

題名	作/譯者	卷期號	頁碼	出版年
東亞與西太平洋地區中高層水氣之區域性特徵：1996年夏季	潘琦 盧孟明	42/01	1	1998.03
台灣即時地震資訊發布系統之評估	吳逸民 陳承俊 辛在勤 蔡義本	42/01	16	1998.03
氣象電腦輔助學習之簡介	林博雄	42/01	29	1998.03
民國八十三年颱風調查報告——道格颱風(9413)	呂國臣	42/01	44	1998.03
民國八十四年颱風調查報告——肯特颱風(9509)	謝明昌	42/01	60	1998.03
民國八十五年颱風調查報告——賀伯颱風(9608)	林秀雯	42/01	80	1998.03
即時加速度型地震觀測網之波相到時自動檢拾系統	吳逸民 陳承俊 鍾仁光 辛在勤	42/02	103	1998.06
台灣地區地震預警之初探	辛在勤	42/02	118	1998.06
台灣地區三維速度構造陳燕玲	辛在勤	42/02	135	1998.06
嘉義地區農漁民接觸氣象傳播媒介及使用氣象訊息之研究	李炳和 董時毅	42/02	170	1998.06
民國八十三年颱風調查報告——弗雷特颱風(9415)	蔡甫旬	42/02	184	1998.06
運用一維變分反演法於NOAA-12衛星資料及其相關問題之探討	周鑑本	42/03	201	1998.09
台灣地區蒸發散量的估算模擬模型研究	梁仁有 耿旭	42/03	212	1998.09
台灣地區八十三年至八十六年颱風暴潮特性之初步研究	徐月娟 曾淑芬 陳進益 蔡恆雄	42/03	230	1998.09
民國八十六年颱風調查報告——溫妮颱風(9714)	陳得松 黃康寧	42/03	248	1998.09
民國八十六年颱風調查報告——中度颱風安珀(9717)	劉復誠	42/03	270	1998.09
地球同步氣象衛星雲導風場之推演與應用(一)：推演部分	陳嘉榮 顏泰崇	42/04	313	1998.12
以區域強震網從事地震速報之研究——花蓮子網	吳逸民 鍾仁光 陳承俊 辛在勤	42/04	331	1998.12
1998年嘉義瑞里地震之初步探討	吳逸民 張建興 辛在勤	42/04	343	1998.12
民國八十七年颱風調查報告——強度颱風瑞伯(9810)	劉復誠	42/04	356	1998.12

# 氣象學報

季刊

第四十二卷 第一期

## 目次

### 研究論文

- 東亞與西太平洋地區中高層水氣之  
區域性特徵：1996年夏季 ..... 潘琦 盧孟明 (1)
- 台灣即時地震資訊發布系統之評估  
..... 吳逸民 陳承俊 辛在勤 蔡義本 (16)
- 氣象電腦輔助學習之簡介 ..... 林博雄 (29)

### 報告

- 民國83年颱風調查報告—道格颱風(9413) ..... 呂國臣 (44)
- 民國84年颱風調查報告—肯特颱風(9509) ..... 謝明昌 (60)
- 民國85年颱風調查報告—賀伯颱風(9608) ..... 林秀雯 (80)

中央氣象局氣象學報社

臺北市公園路六十四號

電話：3491091

出版者  
發行所  
社址  
編輯委員會  
主任委員

謝信良  
謝信良  
鄭明典

王乾  
李汴  
李清  
李賢  
林民  
林松  
柯文  
陳台  
黃玉

陳盈  
張軍  
莊勝  
劉文  
葉生  
葉錦  
鄭雄  
韓琦  
絲

泰隆  
文廣  
永義  
明素

然男  
思英  
田雄  
典蘭

(按姓氏筆劃排列)

幹

事

# 東亞與西太平洋地區中高層水氣之 區域性特徵：1996年夏季

潘 琦

中央氣象局資訊中心

盧孟明

中央氣象局科技中心

## 摘 要

本報告對1996年夏季中高層累積水氣的區域性特徵做了簡單的分析，研究的範圍是 $100^{\circ}\text{E}$ — $140^{\circ}\text{E}$ 及 $10^{\circ}\text{N}$ — $40^{\circ}\text{N}$ 。結果顯示，在這個區域內，最為潮濕的大氣主要是在中南半島一帶的陸地或沿海地區；而西太平洋海面上的水氣於副高範圍內外乾濕分明，低頻變化特別顯著。南海上的水氣分佈也甚不均勻，比較潮濕的區域位於東南部與靠菲律賓一帶。整個東亞與西太平洋地區夏季中大氣最濕的月份是七月。根據特定區域當中的深對流區域比例，我們定義了一個水氣指標(MI)，做為判斷西太平洋季風肇始的參考。換言之，西太平洋夏季季風的肇始可謂是中高層大氣乾期的結束與濕期的開始。另外，延遲相關分析結果顯示，水氣變化的固有路徑也有極明顯的區域性差異，其中海陸的分佈與太平洋副高的特徵是最重要控制因素。最後，我們發現在整個夏季當中，按水氣的五日平均值所顯示極端變化定義出的區域非但不零亂，且是相當規律地分佈在西太平洋與華北一帶，這些區域應可看為是東亞與西太平洋區域夏季季內變化最為明顯的區域。

關鍵字：水氣頻道資料、亞洲夏季季風

## 一、前 言

「水氣」是大氣中最重要之溫室氣體，對於氣候特性有決定性的影響作用。然而，以往因受限於資料缺乏，對於東亞及西太平洋地區的水氣特徵，人們所知甚為有限。1995年6月，日本GMS-5衛星正式取代GMS-4進行作業性例行觀測，其中新增的水氣頻道( $6.5\mu\text{m}$ — $7.0\mu\text{m}$ )資料可代表中高層大氣的累積水氣含量(吳等，1995)，為觀察及了解亞洲與臨近地區的水氣特性開啓了一條新的通路。

本研究的目的是利用GMS-5水氣頻道的衛星資料來觀察與分析東亞及西太平洋地區水氣的區域性特徵。所選取的資料在空間上的範圍為 $100^{\circ}\text{E}$ — $140^{\circ}\text{E}$ 及 $10^{\circ}\text{N}$ — $40^{\circ}\text{N}$ ；其中主觀地分成如圖1所示的五個小區域，分別是A區： $100^{\circ}\text{E}$ — $120^{\circ}\text{E}$ ， $10^{\circ}\text{N}$ — $25^{\circ}\text{N}$ ；B區： $120^{\circ}\text{E}$ — $140^{\circ}\text{E}$ ， $10^{\circ}\text{N}$ — $25^{\circ}\text{N}$ ；C區： $100^{\circ}\text{E}$ — $120^{\circ}\text{E}$ ， $25^{\circ}\text{N}$ — $40^{\circ}\text{N}$ ；D區： $120^{\circ}\text{E}$ — $140^{\circ}\text{E}$ ，

$25^{\circ}\text{N}$ — $40^{\circ}\text{N}$ 以及E區： $110^{\circ}\text{E}$ — $130^{\circ}\text{E}$ ， $17.5^{\circ}\text{N}$ — $32.5^{\circ}\text{N}$ 。前四區分別在以台灣為原點的四個象限位置，E區則是以台灣為中心點的區域。

本研究中的分析時間從1996年5月1日到8月31日。這段期間包含了氣候上的華南、華中與華北的雨季以及西太平洋夏季季風期。在不同的雨季或季風期當中，水氣在不同的區域是否有其獨特的區域性特徵？正是本文要探討的問題。

在第二章中，我們要討論水氣頻道資料特性以及本研究的分析方法與步驟。第三章討論水氣在各個區域的平均特性，第四章討論水氣隨時間變化的特徵，在第五章中將討論亞洲季風系統的水氣特徵，第六章為總結與討論。

## 二、資料與分析方法

GMS-5水氣頻道之頻寬為 $6.5\mu\text{m}$ — $7.0\mu\text{m}$ ，與美國GOES衛星上的水氣頻道( $6.4\mu\text{m}$ — $7.0\mu\text{m}$ )類似(Japan

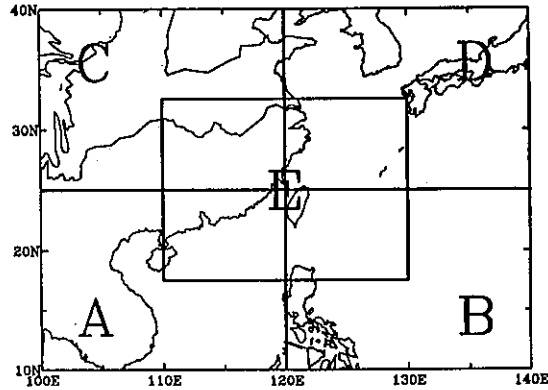


圖 1. 整個分析區域 $100^{\circ}\text{E}$ - $140^{\circ}\text{E}$ ,  $10^{\circ}\text{N}$ - $40^{\circ}\text{N}$ 。再分五個小區域，分別是A區： $100^{\circ}\text{E}$ - $120^{\circ}\text{E}$ ,  $10^{\circ}\text{N}$ - $25^{\circ}\text{N}$ ；B區： $120^{\circ}\text{E}$ - $140^{\circ}\text{E}$ ,  $10^{\circ}\text{N}$ - $25^{\circ}\text{N}$ ；C區： $100^{\circ}\text{E}$ - $120^{\circ}\text{E}$ ,  $25^{\circ}\text{N}$ - $40^{\circ}\text{N}$ ；D區： $120^{\circ}\text{E}$ - $140^{\circ}\text{E}$ ,  $25^{\circ}\text{N}$ - $40^{\circ}\text{N}$ 及E區： $110^{\circ}\text{E}$ - $130^{\circ}\text{E}$ ,  $17.5^{\circ}\text{N}$ - $32.5^{\circ}\text{N}$ 。

Fig. 1. The areas of analyses. The whole region is within  $100^{\circ}\text{E}$ - $140^{\circ}\text{E}$  and  $10^{\circ}\text{N}$ - $40^{\circ}\text{N}$ . The region is separated into five areas. Area A:  $100^{\circ}\text{E}$ - $120^{\circ}\text{E}$ ,  $10^{\circ}\text{N}$ - $25^{\circ}\text{N}$ ; Area B:  $120^{\circ}\text{E}$ - $140^{\circ}\text{E}$ ,  $10^{\circ}\text{N}$ - $25^{\circ}\text{N}$ ; Area C:  $100^{\circ}\text{E}$ - $120^{\circ}\text{E}$ ,  $25^{\circ}\text{N}$ - $40^{\circ}\text{N}$ ; Area D:  $120^{\circ}\text{E}$ - $140^{\circ}\text{E}$ ;  $25^{\circ}\text{N}$ - $40^{\circ}\text{N}$  and Area E:  $110^{\circ}\text{E}$ - $130^{\circ}\text{E}$ ,  $17.5^{\circ}\text{N}$ - $32.5^{\circ}\text{N}$ .

Meteorological Agency, 1993)。水氣頻道是根據水氣可吸收長波輻射的特性來設計的，因此測量到的亮度強弱基本上反應了大氣中高層(500hPa-200hPa)水氣的累積含量，受到低層水氣的影響則比較少(Soden and Bretherton, 1993)。雖然水氣頻道資料與大氣中高層的平均相對濕度之間有相當好的對應關係，但是因目前的觀測技術與儀器的限制以及自然界本身的複雜性，使得水氣頻道的資料和相對濕度的定量關係仍存在有相當大的不確定性。本研究避開了定量解釋水氣頻道資料的難題，完全按照水氣頻道資料灰度值的統計特性來討論東亞及西太平洋地區的中高層水氣特徵，一方面也是藉此作為熟悉水氣頻道資料的入門方法。

GMS-5水氣頻道原始資料的水平解析度大約是5km，為了簡化資料的處理程序，我們將資料轉換到經緯座標上，並將解析度降低成 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 。原始資料的表示方式是以256個灰度值來表示，灰度值愈大對應的亮度溫度愈低，表示大氣柱中水氣含量愈高，亦即中高層的空氣愈濕。當亮度溫度為240K左右，每1度灰階值的改變所對應到的亮度溫度改變約為1.14K (Japan Meteorological Agency, 1993)

，這與GOES的0.1K(Soden and Bretherton 1993)有相當大的差異，顯示出不同衛星所裝設之儀器靈敏度可以有很大的不同。原始資料為每小時一筆，在本研究中我們只使用了每日兩筆(OOZ與12Z)的資料。

本研究採用簡單的分析方法來直接顯示水氣的區域性特徵。首先，我們統計不同區域的灰度值( $G_{6.7}$ )之平均值與變化幅度，其中變化幅度包括了四個月當中的最大變化與日變化。根據 $G_{6.7}$ 的平均值與標準差，我們定義出一水氣指標(MI)，用以代表各特定區域內空氣的平均潮濕程度。MI的時間序列一方面可以清楚顯示出在所分析的五個區域內水氣隨時間的變化方式有何異同，另一方面亦可將不同區域的季風肇始時間表示出來。另外，水氣在四個月當中變化幅度最大的區域及變化最鉅的時間均可將伴隨亞洲與西太平洋季風發展的水氣變化特性清楚的呈現出來，為研究者提供了一個思考的方向。另外，為求證在不同區域大氣的乾濕變化是否有特定路徑可循，我們還針對不同區域計算了單點延遲相關係數。計算結果顯示，變化路徑確實有其區域性的差異。



### 三、區域性乾濕特徵

#### (一)季與月平均

表1為在100°E-140°E，10°N-40°N範圍內水氣的四個月與逐月平均值。表中顯示整個區域的四個

月平均 $G_{6.7}$ 為218.1(按GMS-5對照表所對應的亮度溫度約240K)，五月到七月個別月份之月平均值則是逐漸增加，八月之月平均值又下降到和五月之月平均值相當。顯示在這一年東亞與西太平洋區域，中高層大氣平均而言是在七月最為潮濕，潮濕程度隨

表 1. 1996年5、6、7、8分別及四個月之平均GMS-5水氣頻道資料灰度值，區域範圍為100°E-140°E，10°N-40°N。水氣頻道資料是以256灰度值計。

Table 1. The averaged GMS-5 water vapor channel gray level data in May, June, July and August, 1996. The spatial area is from 100°E to 140°E in longitudes and from 10°N to 40°N in latitudes. The water vapor channel data are counted by 256 gray levels.

	MAY	JUN.	JUL.	AUG.	MAY-AUG.
MEAN	217.2	218.3	219.6	217.2	218.1

時間變化的特性，在 $G_{6.7}$ 的平均圖中表現得更為清楚。圖2a-c依續是五至八月的平均及五、六、七、八各個月份平均的水氣空間分佈圖，陰影愈深表示該區中高層大氣愈潮濕。圖中的白色區域表示 $176 < G_{6.7} \leq 221$ ，陰影最深部分約為 $G_{6.7} \geq 231$ 。因 $G_{6.7} \leq 176$ 的點數甚少，為了繪圖方便，在圖2中予以忽略。白色區域灰階的上限(221)是以經驗方式決定的。我們發現 $G_{6.7} = 221$ 的等值線的水平分佈特徵最接近500hPa高度場的5880gpm等值線。5880gpm等值線在預報作業上通常用以代表太平洋副高的勢力範圍，其之所以可用的物理意義我們將在別文中繼續探討。若以221為 $G_{6.7}$ 的特徵值，我們發現太平洋副高勢力範圍內外乾濕分明的特徵可以清楚的表示出來(盧與潘，1995)。從五到八月的平均值來看(圖2a)，台灣東側有一舌狀的乾燥區，自太平洋往西橫向台灣，大致上代表了太平洋副熱帶高壓的勢力範圍。一九九六年五至八月的平均副高位置非常靠近台灣東部，這四個月的東部累積雨量，以恆春為例有1083.5mm，較氣候平均值(1363.7mm)要少了280.2mm(月長期天氣展望212—318期)。平均雨量的偏少應是直接受到副高平均位置近乎籠罩台灣的影響。另外，圖2a-c顯示中南半島和菲律賓附近海域比其他區域明顯的潮濕。

圖2b-e分別是五至八月各月分之月平均 $G_{6.7}$ 。圖中清楚顯示太平洋副高從五月到七月逐月北抬，並在八月南退。伴隨副高的變化，大氣潮濕區亦隨月份不同而明顯不同，其中以從五月到七月在華南，特別是長江流域一帶所發展出的濕舌最為醒目。另外，我們也注意到在南海上比較潮濕的區域位於南海的東南部靠近菲律賓一帶(圖2c與d)，至於這種區域性特徵是否亦為一種氣候上的固有特徵？有待日後繼續觀察。另一方面，圖2b顯示出南北交替出現的帶狀乾濕結構甚為有趣，也值得我們日後繼續觀察。由圖2b-e我們可以看出，GMS-5的水氣頻道資料的確為觀察及研究東亞與西太平洋地區的環流特性提供了另一種重要的資訊。

#### (二)區域時間序列

為了進一步分析水氣的區域特性，我們按照在第一章中所定義的五個區域，探討在不同的區域當中水氣變化特徵的異同。

##### 1. 基本統計特性

表2為各區月平均的區域平均(MEAN)，各月中出現之最大值(MAX)，最大值與最小值之差距(MAX-MIN)，標準差(SDE)及日夜變化(DV)。其中，標準差是指每一特定區域當中相對於區域平均值之差值；日夜變化與其月平均值的計算方法

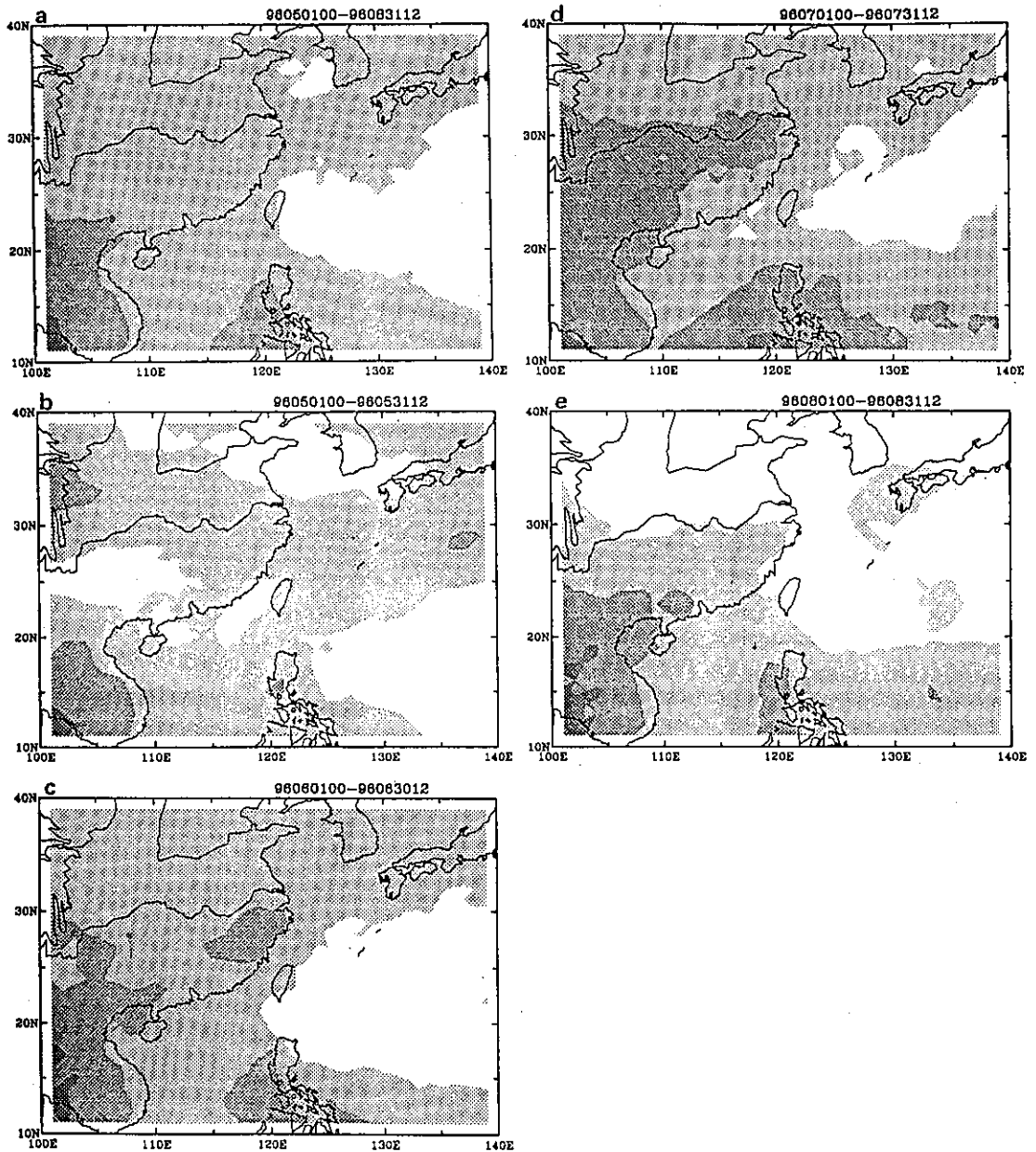


圖 2. 1996 年月平均水氣頻道資料。水氣之原始資料以 256 灰度值計，圖中僅標出灰度值高於 176 的資料，陰影部分表示灰度值高於 221，陰影最深部分相當於灰度值 231。(a) 5 月－8 月，(b) 5 月，(c) 6 月，(d) 7 月，(e) 8 月。

Fig. 2. The (a) seasonal, (b) May, (c) June, (d) July and (e) August averaged water vapor channel data. The water vapor channel data are counted by 256 gray level, the data with gray level less than 176 are neglected for the convenience of plotting, gray levels larger than 221 are shaded. The darkest shaded area corresponds to gray levels larger than 231.

表 2. 1996年A-E區水氣頻道資料基本統計分析。MEAN為區域平均值。MAX為該區在定義時間中出現過的最大值。(MAX-MIN)為最大和最小值差距。SDE為標準差。DV為每日00Z和12Z資料差值，再計算月平均和區域平均。A-E區定義如圖1。

Table 2. Basic statistics of the water vapor channel data in the areas of A-E. MEAN is area mean, MAX the maximum gray level within a specified period of time, (MAX-MIN) the difference between the maximum and minimum gray levels within a specified period of time, SDE the standard deviation of the data within different area averaged within a specified period of time, DV the difference between 00Z and 12Z data averaged within specified ares and time.

Mon.	MEAN					MAX.					MAX. - MIN.					SDE.					DV				
	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
MAY.	218.8	215.2	217.5	217.3	217.0	242.0	242.0	241.0	241.0	242.0	47.0	51.0	48.0	49.0	47.0	7.99	8.30	6.72	7.25	7.45	-1.06	-.16	-.38	-.28	-.21
JUN.	220.9	216.1	219.1	217.3	217.3	242.0	242.0	241.0	241.0	241.0	43.0	44.0	46.0	49.0	47.0	7.76	6.67	6.75	7.29	7.21	-1.52	-.35	-.87	-.01	-.76
JUL.	222.1	218.9	220.4	216.8	218.4	243.0	243.0	241.0	241.0	242.0	40.0	44.0	156.0	59.0	157.0	7.98	9.01	7.10	6.86	7.90	-1.68	-.68	-1.45	.30	-1.03
AUG.	221.4	217.4	215.3	214.8	216.7	242.0	242.0	241.0	241.0	242.0	45.0	115.0	51.0	50.0	50.0	8.05	8.25	8.25	7.18	7.85	-1.78	-.48	-.93	.21	-1.06
MAY. - AUG.	220.8	216.9	218.1	216.5	217.3	243.0	243.0	241.0	241.0	242.0	48.0	116.0	156.0	59.0	157.0	8.04	8.23	7.48	7.22	7.64	-1.51	-.42	-.90	.05	-.76

分別是將每日的00Z資料減去12Z資料，然後求取其區域平均的月平均值。

表2中的MEAN在五個區域中無論在那一個月份，均以A區的值最高，最低值在五、六月份出現在B區，七、八月出現在D區。我們發現皆出現過月平均最低值的B和D區內均以海洋所占的比例較高，相比之下另三區陸地所占的比例則要高許多。另外，表2還顯示各區之MAX值皆出現在七月，顯然七月是水氣最豐的一個月份。不論是在那一個月份，A區的(MAX-MIN)值與其它區比較均為最小，這可能是因為A區中下沈氣流較弱，因此較少出現極端偏乾的情況，後文中我們還要繼續討論這一點。相較於A、D二區，B、C及E三區的水氣在一個月當中均出現了比較極端。例如，七月的C、E二區及八月的B區水氣的變化皆甚顯著((MAX-MIN)>100)。這顯示伴有深對流運動的系統在A、D二區的活動相對而言比較沒有極端的變化，而在B、C與E三區明顯變化的情況相對較多，亦即在同一區域內比較會出現極乾或極濕的情況。在SDE方面，除了六月份外，在其餘的月份各區中之最大值均出現在B區，可見B區的水氣分佈最不均勻。從表二中DV值來看，以A區的日夜變化特別顯著，而B區的日夜變化比C、E二區來得較

不明顯，D區水氣日夜變化則是最小，且最不規則的。另外，E區在五月時日夜變化雖不明顯，但至六、七、八月卻變得愈來愈顯著。可見控制這些區域水氣日夜變化的因素並不單純。表2所列數值可作為接下來分析的參考。

## 2. 低頻特徵

東亞和西太平洋地區的深對流運動變化有其豐富的韻律特徵(Lau et al., 1989)，除了在前一節中稍微提到的日夜變化之外，還有2日、5日、14日及30-60日等振盪現象。本報告中我們不準備對不同的振盪現象做深入的探討，但我們有興趣直接地將代表不同地區水氣特性指標的時間序列展現出來，以顯示各個區域的水氣低頻變化特徵。

我們定義了一種水氣指標(MI)用以代表各個區域內的平均乾濕程度。MI的定義如下：

$$MI = (\text{深對流點數}) - (\text{非深對流點數}),$$

$G_{6.7} \geq 218$ 者定為深對流， $192 \leq G_{6.7} \leq 217$ 者定為非深對流， $G_{6.7} < 192$ 者則不予考慮。灰度值218是根據 $100^{\circ}\text{E}-140^{\circ}\text{E}$ ， $10^{\circ}\text{N}-40^{\circ}\text{N}$ 全區的四個月平均灰度值(見表1)所設定的，而灰度值192是依據平均灰度值(218)與表2中所列五區中的最大MAX值(243)的差值(25)，而由217向下設定的。MI的定義應該是以物理意義比較清楚的方式來制定為較佳，但

因本報告的重點不在於深入討論水氣變化之物理與動力機制，因此採取此一簡單定義，也可以作為一種區別中高層大氣乾濕程度的指標。A-E區每一區的網格間隔為 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ ，總點數為2090點。

圖3是MI在各個區域的時間序列圖。MI > 0表示該區內有深對流性質的格點相對地數目較多，亦即大氣較濕；反之，則表示深對流雲系所占比例較少，大氣較乾。圖3a顯示A區在五月至八月這段期間，大部分時候深對流雲系占有較高比例，並分別有明顯的幾波對流旺盛期，如五月下旬(約5/23以後)、六月中旬(約6/12以後)及七月中旬以後。B區(圖3b)則是在七月中、下旬之後，全區內深對流系統的比例明顯增多，和五、六月形成強烈的對比。B區MI值在七月下旬的驟增，意味著MI或許可以作為西太平洋夏季季風肇始的一項指標。另外，B區的MI在西太平洋季風肇始前，其特徵與其他四區甚為不同。換言之，在西太平洋季風肇始前，B區相對於其他的四區為乾，而這種特徵在圖2中已可見端倪。圖2顯示在五、六月間B區主要為副熱帶高壓所籠罩，若參考圖3b我們可知高壓的北抬主要是發生在七月下旬。比較圖3b與d，我們看到高壓北抬的同時D區也明顯轉乾，更確切地說D區的轉乾是發生在B區的轉濕之前。圖3c顯示C區大氣比較濕的一段期間為五月下旬至七月底，到了八月C區明顯轉乾，這種轉乾的現象在圖2中也可以清楚看到。圖3d顯示D區的濕期主要從五月下旬到七月上旬，圖3e顯示E區的濕期有最明顯的低頻(季內尺度)振盪現象，較濕的時間出現在五月下旬，六月中旬及七月下旬，濕期之間的間距大約為30天。

#### 四、乾濕變化路徑

我們接下來利用延遲相關(lag correlation)分析來探討A、B、C、D、E等五區中層大氣乾濕的系統性變化在方向性的特徵。我們取每一區之中心點為參考點，並將水氣頻道資料先作日平均(OOZ和12Z平均)後，再計算從-3日到+3日之延遲相關圖，用以顯示各個區域乾濕變化的方向性。圖4-8分別是A至E五區的水氣延遲相關分析，圖中陰影區表示與參考點為正相關大於0.3的關係，空白則表示是負相關及相關程度小於0.3之區域。

##### (一)A區(中南半島及南海)

A區參考點的經緯座標值為 $110^{\circ}\text{E}$ ， $17.5^{\circ}\text{N}$ 。圖4a顯示 $17.5^{\circ}\text{N}$ 以南，相關係數在 $110^{\circ}\text{E}$ 以東(南海地區)為正，在 $110^{\circ}\text{E}$ 以西(中南半島西南部)為負。接著在延遲時間為-2天(圖4b)和-1日(圖4c)時，上述的正相關區隨之逐漸向西北方向擴展，同時相關係數在延遲時間為-1日時明顯增大(極大值約為0.7)，而其西側的負相關分佈範圍卻逐漸變小，看似向西南方向移動。在延遲時間為0日(圖4d)時，整個區域就完全為一以參考點為中心的正相關分佈。有趣的是圖4d中的相關係數分佈特徵似乎明顯受到地形的影響，極大值的軸線呈從西南到東北走向，並且中南半島上 $15^{\circ}\text{N}$ 以南的地區正相關係數偏低。換言之，南海與中南半島的泰國與柬埔寨上大氣的乾濕狀態有一種反相位的關係。究竟這種相關的關係是這一季當中獨特的現象還是該區水氣分佈的基本特徵？有待日後進一步研究方可回答。

##### (二)B區(西太平洋)

B區的參考點經緯座標為 $130^{\circ}\text{E}$ ， $17.5^{\circ}\text{N}$ 。和A區相比，B區(圖5)的延遲相關係數的型態與變化要簡單多了。首先，我們看到除了圖4a中的小塊負區之外，圖4a-g整個區域的相關係數均為不小的正值。當延遲時間為-1，0，及1日，相關係數的等值線主要呈東西方向的走向。

##### (三)C區(東亞大陸)

C區的參考點經緯座標為 $110^{\circ}\text{E}$ ， $32.5^{\circ}\text{N}$ 。相關係數的分佈圖形以在0日延遲時最清楚，為一長軸成東西方向的橢圓。除此之外，其他延遲時間的相關圖形的系統性變化並不明顯，大致上在延遲時間為負值時南北相關係數有異號的特徵，延遲時間為正值時有趨於北、中、南呈負、正、負值分佈的傾向，然而相關係數並不高。

##### (四)D區(韓國、日本與西北太平洋)

D區(圖7)是以 $130^{\circ}\text{E}$ ， $32.5^{\circ}\text{N}$ 為參考點。這一區的相關特徵與其他地區最大的不同點在於負相關區域的比例明顯較高。另外，從延遲時間為-3日到+1日間相關係數圖形的變化相當規律，但是延遲時間從+1日轉變到+2日時圖形則出現相當大的變化。圖7d清楚顯示正相關區基本上是呈從西南到東北走向的分佈，其南北均為負區。似乎當延遲時間為-3到-

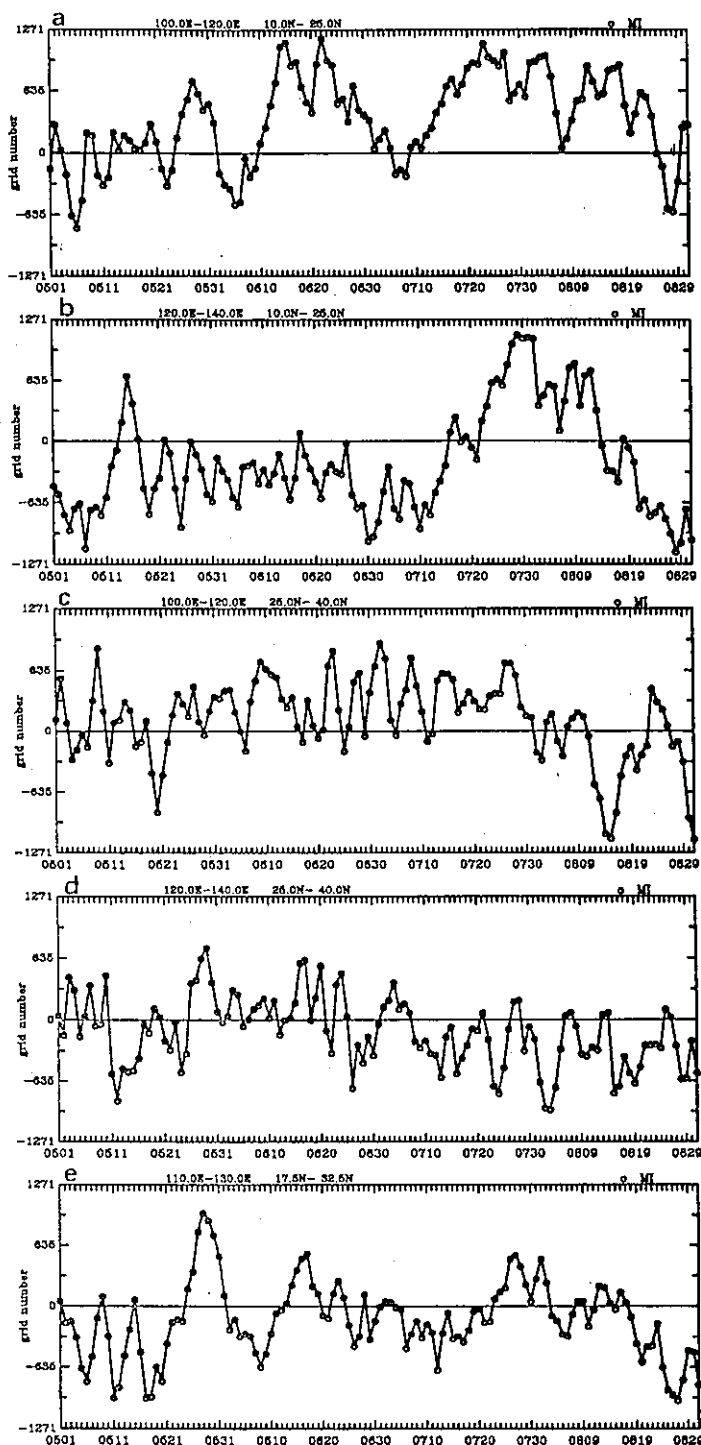


圖 3. MI 時序，MI 之定義參內文。若  $MI > 0$ ，表示該區具有深對流的區域較大，反之則否。(a)A 區，(b)B 區，(c)C 區，(d)D 區，(e)E 區。

Fig. 3. The time series of MI in area (a)A, (b)B, (c)C, (d)D and (e)E. MI is defined in the text.  $MI > 0$  means that larger portion of the corresponding area is with deep convection and vice versa.

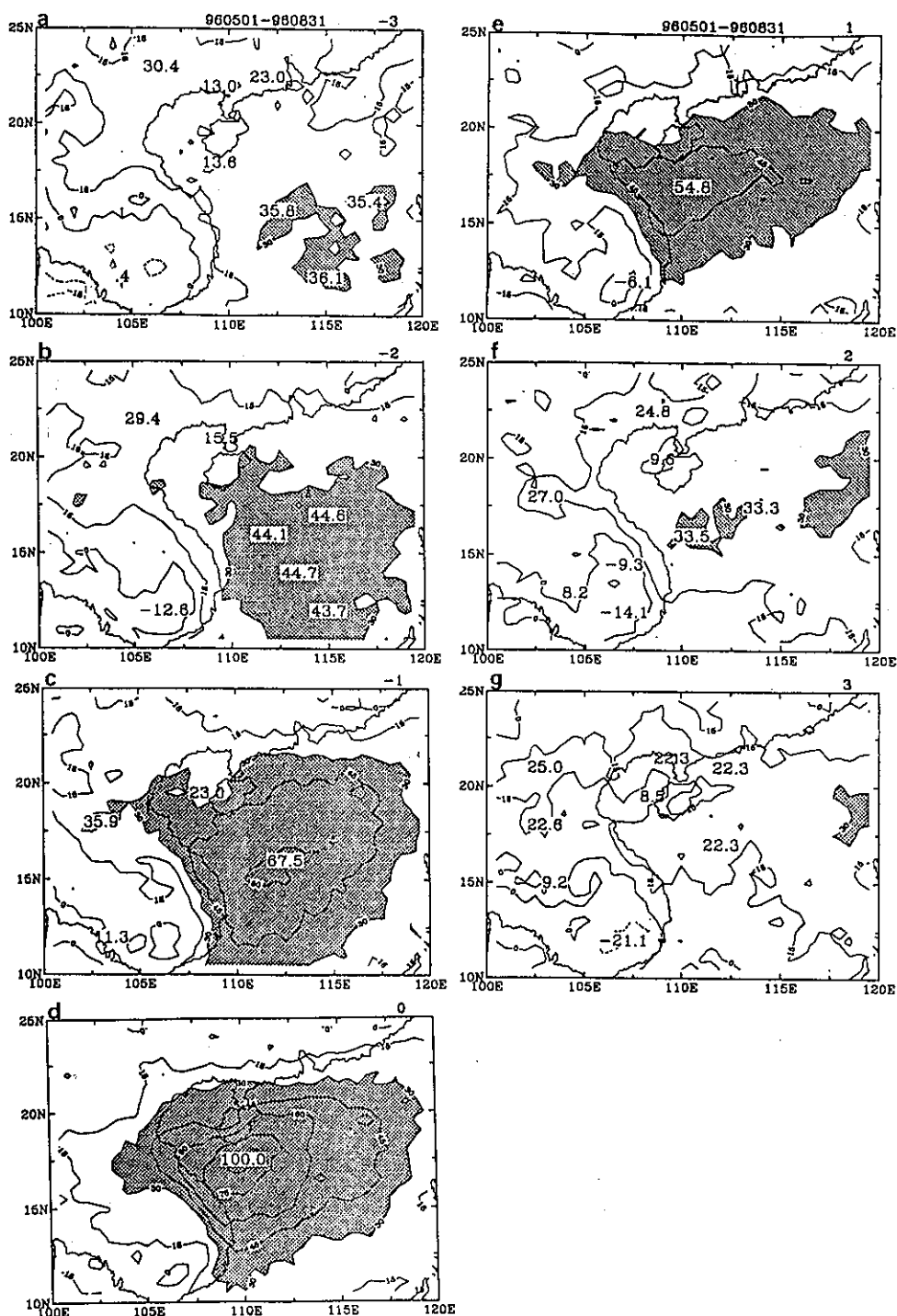


圖 4. 1996年5月-8月A區水氣頻道資料延遲相關分析。圖中標示為相關值 $\times 100$ ，以每間隔15畫出，正值實線(陰影區 $> 30$ )，負值虛線。(a)-3日，(b)-2日，(c)-1日，(d)0日，(e)+1日，(f)+2日，(g)+3日。

Fig. 4. The lag correlation maps for the area A. The correlation coefficients are multiplied by 100, contour interval is 15. Positive values are drawn with solid lines and negative values with dashed lines. Values larger than 30 are shaded. The lag is (a)-3, (b)-2, (c)-1, (d)0, (e)+1, (f)+2 and (g)+3 days.

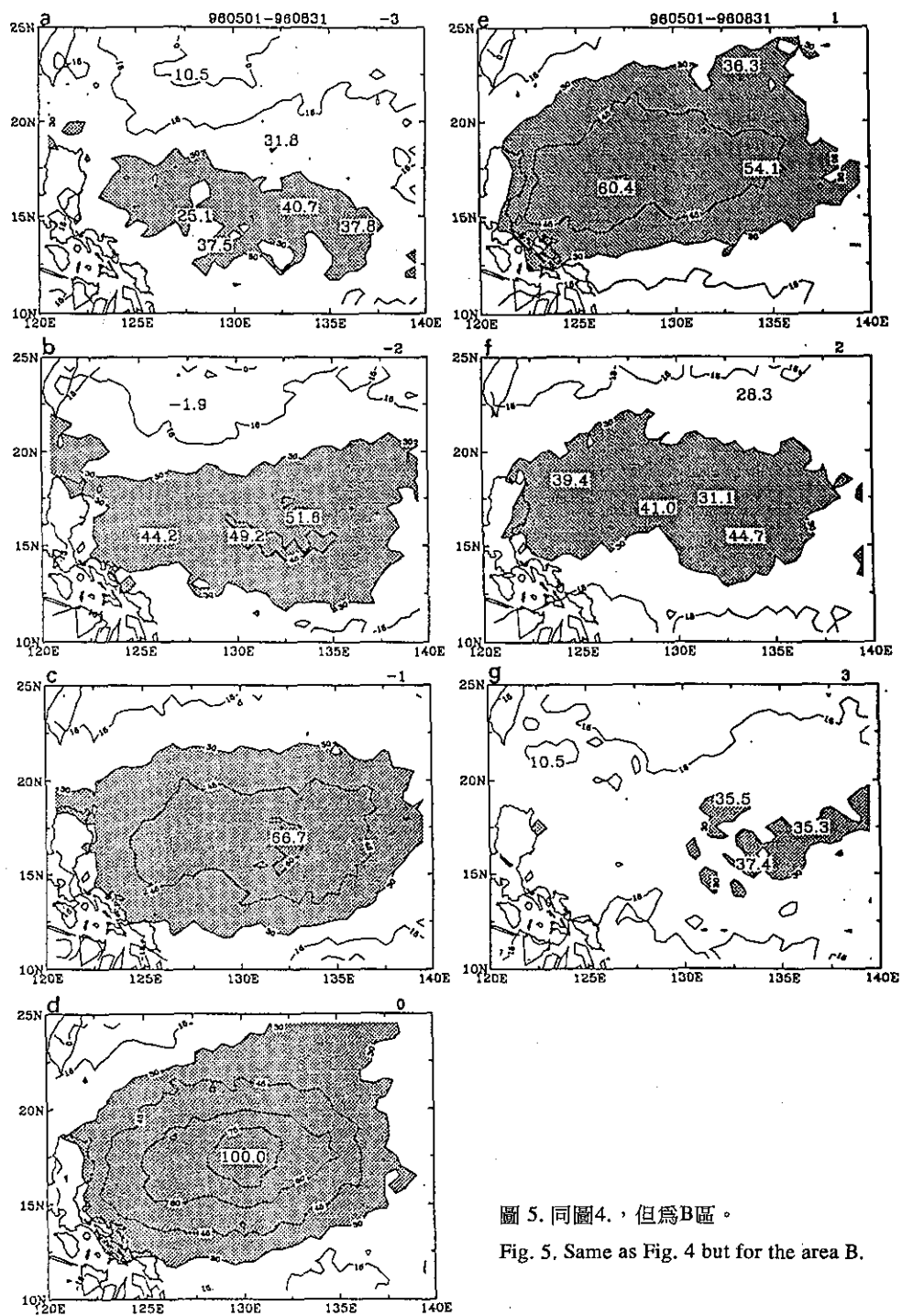


圖 5. 同圖4.，但為B區。

Fig. 5. Same as Fig. 4 but for the area B.

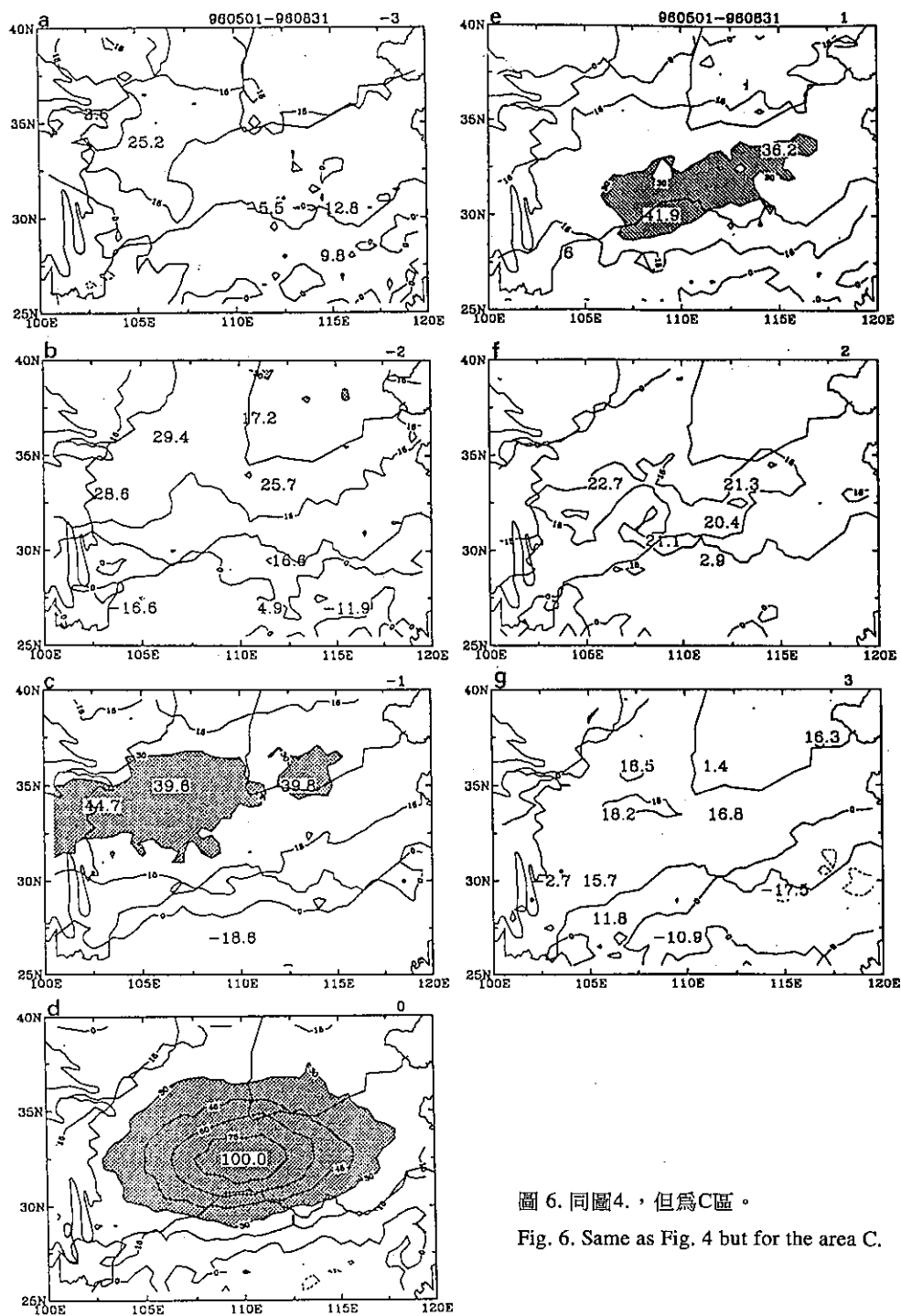


圖 6. 同圖 4，但為 C 區。

Fig. 6. Same as Fig. 4 but for the area C.



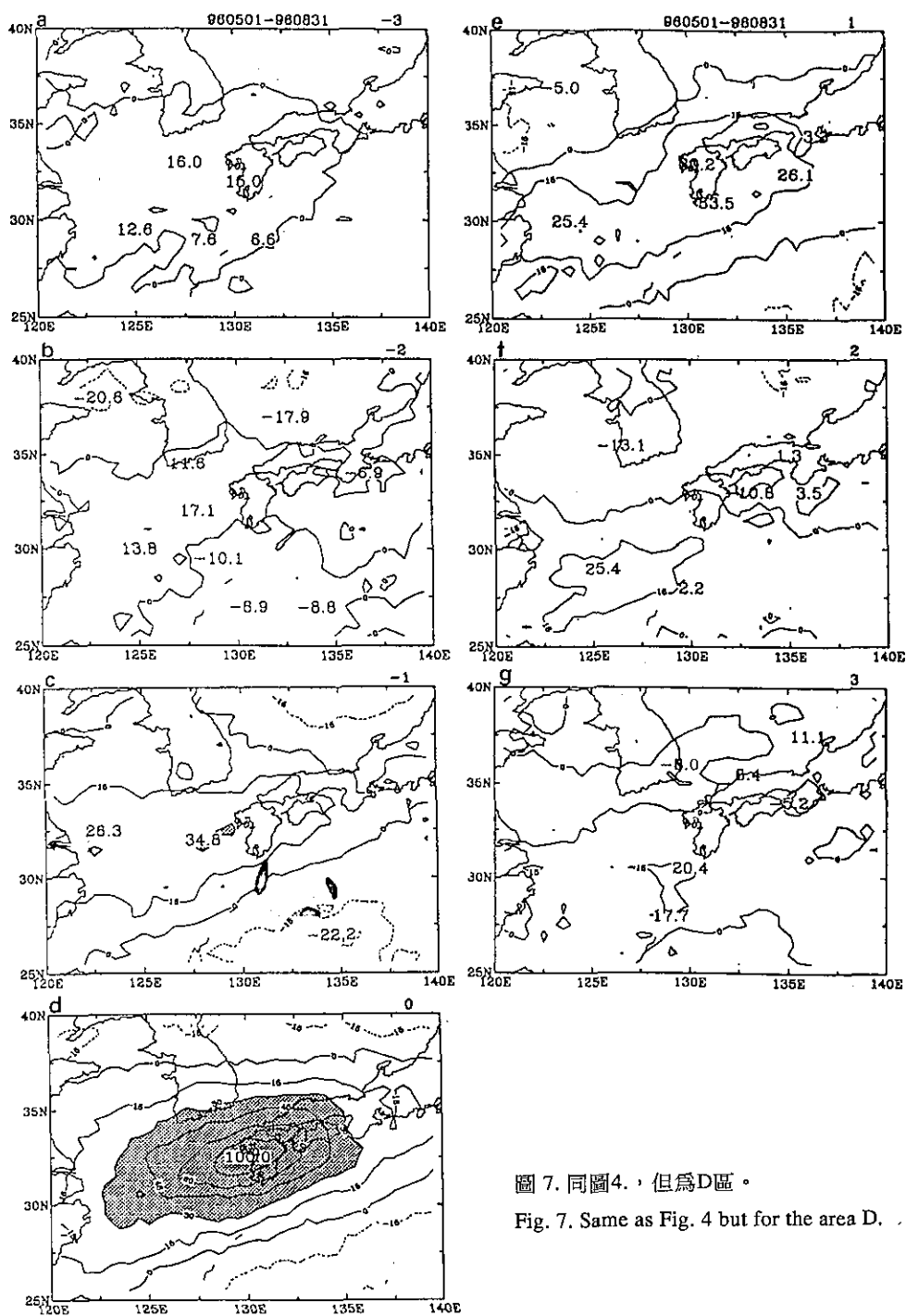


圖 7. 同圖 4.，但為 D 區。

Fig. 7. Same as Fig. 4 but for the area D.



1日是這種相關型出現的醞釀期；而當延遲時間為+1日時，正區些許南移，從延遲時間為+1日到+2日時，圖中北半部迅速變負而南半部變為正，但相關係數均不大。

#### (d) E區(台灣附近)

E區之參考點在120°E，25°N，其相關圖形的變化甚為有趣。圖8a顯示當延遲時間為-3日時，台灣以東的西太平洋上出現較大的正相關係數，而正相關係數值隨延遲時間改變成-2與-1日時有向西集中的趨勢。圖8d顯示當延遲時間為0日時，正相關圖形明顯變成彷彿依海岸分佈的型態。當延遲時間為+1日時，正相關圖形有向西移動的現象。這種相關係數變化的特徵與一般印象中水氣藉西南氣流往東北方向輸送的差異極大。目前我們正在研究造成這種乾濕變化特徵的動力機制。

## 五、季風系統水氣特徵

東亞與西太平洋之夏季季風爆發現象中最受矚目的特徵就是爆發過程中伴隨的大尺度環流與大氣特性的顯著轉變。本章中我們利用簡單的分析方法，探究伴隨著季風的爆發在水氣方面有何顯著的轉變，這種轉變的時間與空間特徵如何。

我們首先將每日二次的資料做日平均之後，再計算其每五日的平均值。如此，每一個網格點都有24個五日平均的水氣資料。接下來我們計算了每一格點的24個五日平均值中最大與最小的差值，並將其空間分佈圖表示在圖9。圖9中陰影愈深的區域代表在所分析的這四個月當中那裡出現過有極端的水氣變化。

圖9顯示極端變化的區域分佈並不零散，可說是非常有系統的出現在一些特定區域，這些區域應可看為是東亞與西太平洋區域夏季內變化最為明顯的區域。變化最大的區域在台灣以東的西太平洋上，其次分別在菲律賓以東之熱帶西太平洋、南海、華中與華北和渤海及朝鮮半島附近。比較圖9與圖2；我們看到在水氣變化不極端的區域大致上是屬於全季偏濕的情況，其中以中南半島最為明顯。極可能是因為中南半島上大氣明顯由乾轉濕的時間遠較其他地區為早(五月以前)，並且轉濕之後可一直維持在偏濕狀態。中南半島上水氣的季節性

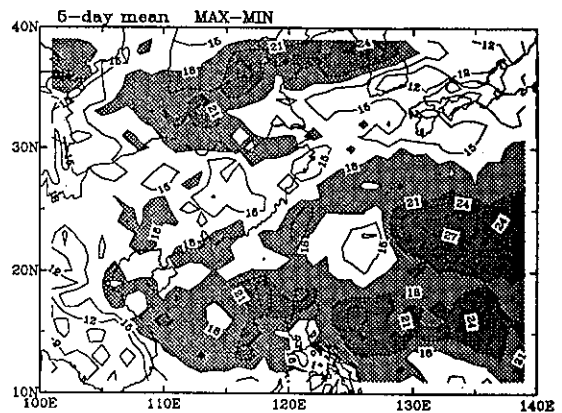


圖 9. 五日平均水氣頻道資料最大值與最小值差值之空間分佈圖。陰影部分表示差值大於18。

Fig. 9. The difference between the maximum and the minimum pentad averaged gray levels. The areas with difference larger than 18 are shaded.

轉變是我們日後準備繼續研究的課題。另一方面，西太平洋上水氣的極端變化與副高軸之季節性移動(參圖2)有密切的關係。至於華中與華北一帶的極端變化，與這些區域在八月份轉變成非常乾燥的特性是不可分的。這些結果顯示大氣中的水氣變化有極明顯的區域性特徵，然而我們對其確切的變化機制所知仍甚為有限。

## 六、總結與討論

本報告中對1996年夏季中高層累積水氣作了簡單的分析。結果顯示，東亞與西太平洋區域的中高層水氣有極豐富的區域性特徵。平均而言，在我們研究的這個區域內，最為潮濕的大氣主要是在中南半島一帶的陸地或沿海地區；而西太平洋海面上的水氣深受副高所主宰，低頻變化特別顯著。南海上的水氣分佈也甚不均勻，比較潮濕的區域位於東南部與菲律賓一帶。這些區域性特徵的確切造成原因，以及其在氣候上的顯著程度，仍有待進一步的研究。另外，整個東亞與西太平洋地區夏季中大氣最濕的月份是七月。

根據特定區域當中的深對流區域比例，我們定義了一種水氣指標(MI)。MI的時間序列顯示，MI可以做為西太平洋季風肇始的指標。換言之，西太

平洋夏季季風的肇始正是乾期的結束與濕期的開始。至於這種極端變化是否也發生在中南半島上，但是時間要比五月為早？是我們正在研究的問題。另外，延遲相關分析結果顯示，水氣變化的固有路徑也有極明顯的區域性差異，其中海陸的分佈與太平洋副高的特徵是最重要的控制因素。最後，我們發現在整個夏季當中，水氣出現極端性變化的區域並非零星出現，而是相當規律地出現在一些特定區域，這些區域應可看為是東亞與西太平洋區域夏季內變化最為明顯的區域。對於大氣中水氣分佈的區域性特徵，我們所知仍是非常有限，需要繼續研究與觀察之。

## 七、誌 謝

本研究承中央氣象局氣象衛星中心王光華博士協助提供水氣頻道資料，特此致謝。

## 八、參考文獻

- 月長期天氣展望，交通部中央氣象局。
- 吳倩雯，張拱祿，丘台光，1995：氣象衛星水氣影像在天氣分析的應用。天氣分析與預報研討會論文彙編。120-123。
- 盧孟明，潘琦，1995：利用GMS-5水氣頻道資料分析與校驗費依颱風環境場。氣象學報。41，198-210。
- Japan Meteorological Agency, 1993: Revision of GMS stretched-VISSR data format. (*Technical Note*)
- Soden, B. and F. P. Bretherton 1993: Upper tropospheric relative humidity from the GOES 6.7 $\mu$ m channel: Method and climatology for July 1987. *J. Geophys. Res.*, 98, 16669-16688.
- Lau, K. M., T. Nakazawa and C. H. Sui, 1989: Observations of cloud cluster hierarchies over the tropical western Pacific, *J. Geophys. Res.*, 96, 3197-3208.

# CHARACTERISTICS OF THE UPPER-LEVEL WATER VAPOR IN THE AREA OF THE EAST ASIA AND WEST PACIFIC: 1996 SUMMER

**Chi Pan**

Computer Center

**Mong-Ming Lu**

Research and Development Center, Central Weather Bureau

Taipei, Taiwan R.O.C.

## ABSTRACT

The characteristics of the upper-level water vapor in the region within 100°E-140°E and 10°N-40°N are analyzed. Our results show that within this region the wettest atmosphere is over the Indochina peninsula. Over the western Pacific, the contrast between dry and wet atmosphere is particularly clear within and without the Pacific subtropical high. The low-frequency fluctuations are particularly clear around the Pacific subtropical high. Over the South China Sea, the Water vapor distribution is far from uniform. The atmosphere is wetter near the Philippines than other part. July is the wettest month in this summer. A water vapor index, MI, is defined for identifying the onset of the western Pacific monsoon. MI is based on the ratio of deep convective area within a domain with a fixed area. It is found that the onset of the western Pacific summer monsoon can be defined as the end of the period of dry upper-level atmosphere and the beginning of the wet period. In addition, the characteristic paths of water vapor transportation revealed by lag correlation analysis suggest that the land and sea contrast be the most important controlling factor of the paths. Finally, our results show that the areas where extreme variations in water vapor tend to occur do not randomly appear in the region of analyses. Instead, the areas are well organized in the western Pacific and north China. These areas are the areas with particularly clear intraseasonal variations in upper-level water vapor.

**Key Words:** Water Vapor Channel Data, Asian Summer Monsoon

# 臺灣即時地震資訊發布系統之評估

吳逸民

中央氣象局地震測報中心  
國立中央大學地球物理研究所

陳承俊

中央氣象局地震測報中心

辛在勤

中央氣象局

蔡義本

國立中央大學地球物理研究所

## 摘要

中央氣象局在1996年3月5日開始測試臺灣即時地震資訊發布系統(TREIRS)，以完全自動化訊號處理方式求取地震相關參數，然後藉由電子郵件等傳播管道將地震訊息傳送給使用者。根據一年來(1996.3.5~1997.3.24)的統計資料得知，在一般正常的情形下，地震發生後60秒的時間內TREIRS即可計算出震源參數及各地震度，而此時間約略在第一個測站收到初達波後的53秒。比較TREIRS自動發出與事後由人工決定訊號處理方式之震源參數，發現震源位置在臺灣島內時其誤差都小於10公里，而震源位置的誤差與測站分佈空餘夾角成指數關係，測站分布空餘夾角小於225度時誤差都在15公里以內；而規模之誤差一般都小於0.2。綜合而言，目前定位誤差以臺灣東南外海地區為最大，但若加入蘭嶼及綠島等外島測站，必可改善該區域之自動定位品質及偵測能力。

本系統經一年來的測試，其消息發布方式已較舊有的系統有大幅進步；就時效性而言，亦較其它國家之地震網發布地震消息之內容更充實且快速。對於未來的發展，建議朝下列兩方向努力：(1)由於地震發布的時效與電腦中央處理器之速度、測震網的站數多寡及系統之設定參數等因素相關，所以利用區域小網之偵測作業並與全區網聯合作業必可更增進時效；(2)地震消息自動發布已漸達成熟之階段，未來如何運用此快速之地震資訊，事先規劃完整的防救災相關佈署及作業，必能實質地降低地震所帶來的災害。

關鍵字：臺灣即時地震資訊發布系統、即時加速度型地震觀測網、地震反應時間、有效地震反應時間。

## 一、前言

近年來，對於地震後能夠快速地提供地震相關資訊之要求變得越來越高。快速的地震資訊除了能夠滿足一般大眾和傳播媒體的關切及詢問之外，也能夠提供決定性之訊息給緊急應變單位。深切體認到這項資訊對於地震救災作業的重要性，中央氣象局地震測報中心於1994年12月底設立了「即時加速度型地震觀測網」(吳逸民等，1996)，以縮短地

震發布的時間，並做為地震速報預警系統(Early Warning System)先期作業的一部分(Lee, 1994; Teng et al., 1994; Lee, 1995; Teng et al., 1995; Teng et al., 1996; Shin, et al., 1996; Lee, et al., 1996)。最近十年來，世界各國紛紛投注心力從事快速地震資訊系統的發展(Nakamura and Tucker, 1988; Kanamori et al., 1991; National Research Council, 1991; Buland and Person, 1992; Romanowicz et al., 1992; Ekström, 1992; Ammon et al., 1993; Bakun et al.,

1994; Malone, 1994; Espinosa Aranda et al., 1995)。雖然我國起步稍晚，但是以目前的成果(Shin, et al., 1996; Lee, et al., 1996; Teng et al., 1997; 吳逸民等, 1997)和其他國家相比則是毫不遜色。

中央氣象局以「即時加速度型地震觀測網」為基礎，於1996年3月5日開始測試「地震消息自動發布系統」，至1997年3月24日成功地發布了51筆有感地震消息。本文之目的即在評估地震消息自動發布系統之正確性及時效性，結果可提供往後運用此系統自動發布地震消息之參考，亦可檢驗此系統之功能。

「即時加速度型地震觀測網」是中央氣象局將各地震觀測站(圖1)內強震儀的即時數位訊號輸出以電信專線接回台北中心站所構成的，訊號傳回中心站後，由個人電腦所組成的作業系統加以自動處理及分析(Allen, 1978; Allen, 1982; McEvilly and Majer, 1982)，分析結果可由幾個消息傳播管道自動傳遞出去(吳逸民等, 1997)。這是一個完全自動化的地震資訊系統(圖2)，我們將其命名為「臺灣即時地震資訊發布系統」(Taiwan Rapid Earthquake Information Release System，簡稱為TREIRS)。此系統接收的訊號為強震訊號，因此主要觀測的對象以規模5.0以上之地震為生(吳逸民等, 1996; 陳承俊等, 1996; Shin et al., 1996)，規模小的有感地震並不一定為本系統所記錄(圖3)。從即時加速度型地震觀測網設立以來陸續增加觀測站，臺灣地區於1997年6月30日已設立了48個觀測站(圖1)，預計將設立約60-70個測站(Lee, et al., 1996; Teng et al., 1997)。測站陸續建立完成後，應該可以更有效地觀測臺灣地區之有感地震，以增進地震防救災的能力。

## 二、地震即時資訊發布系統

台灣地區最近三年以來，每年平均觀測到的地震數目約在16,500個左右，有感地震之數目平均每年亦約有950個。這麼多的有感地震要逐一發布是不可能的，因此必須有一定的發布標準。中央氣象局所採用之標準為：(1)有人測站(圖3A)單站的震度在3級以上，或是有人測站有二個站以上感受到2級的震度；(2)無人測站單站的震度在4級以上，或是

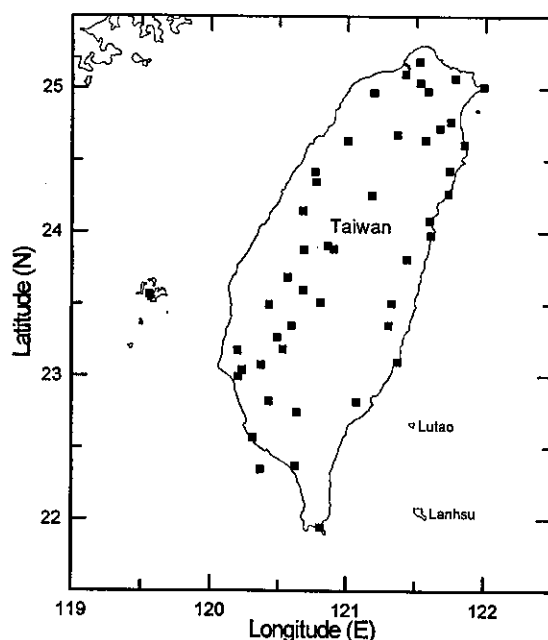


圖 1. 台灣即時地震資訊發布系統(TREIRS)之測站分布圖。

Fig. 1. Station distribution of the Taiwan Rapid Earthquake Information Release System (TREIRS)

無人測站二個站以上達3級的震度。

在TREIRS運作的一年期間，中央氣象局總共發布了53筆有感地震報告(圖3A)，其中26筆為TREIRS所記錄並自動發布，另外的27筆TREIRS並未記錄。由規模的分布可知TREIRS未記錄的地震主要以規模小於5.0的地震為主(圖3B)，而規模大於5.0未記錄的地震則大部分分布於東部外海為主，尤其是東南海域。總之，27筆地震TREIRS未記錄到的原因可分為兩類：

1. 地震發生之位置接近有人站且規模小：本局發布地震之標準以有人站之有感震度為主，發生於有人站附近之小規模地震，就有可能造成該有人站3級以上的震度，因而達發布之標準。例如：台南地區就曾發生規模2.7之地震，規模雖不及3.0但卻造成台南測站達3級的震度，而為本局所發布。相對地，TREIRS的發布標準採自動定位中有6個測站以上明顯的波相(P or S arrival)才發布，有明顯波相的測站，往往震度都超過1級。有6個測站超過1級

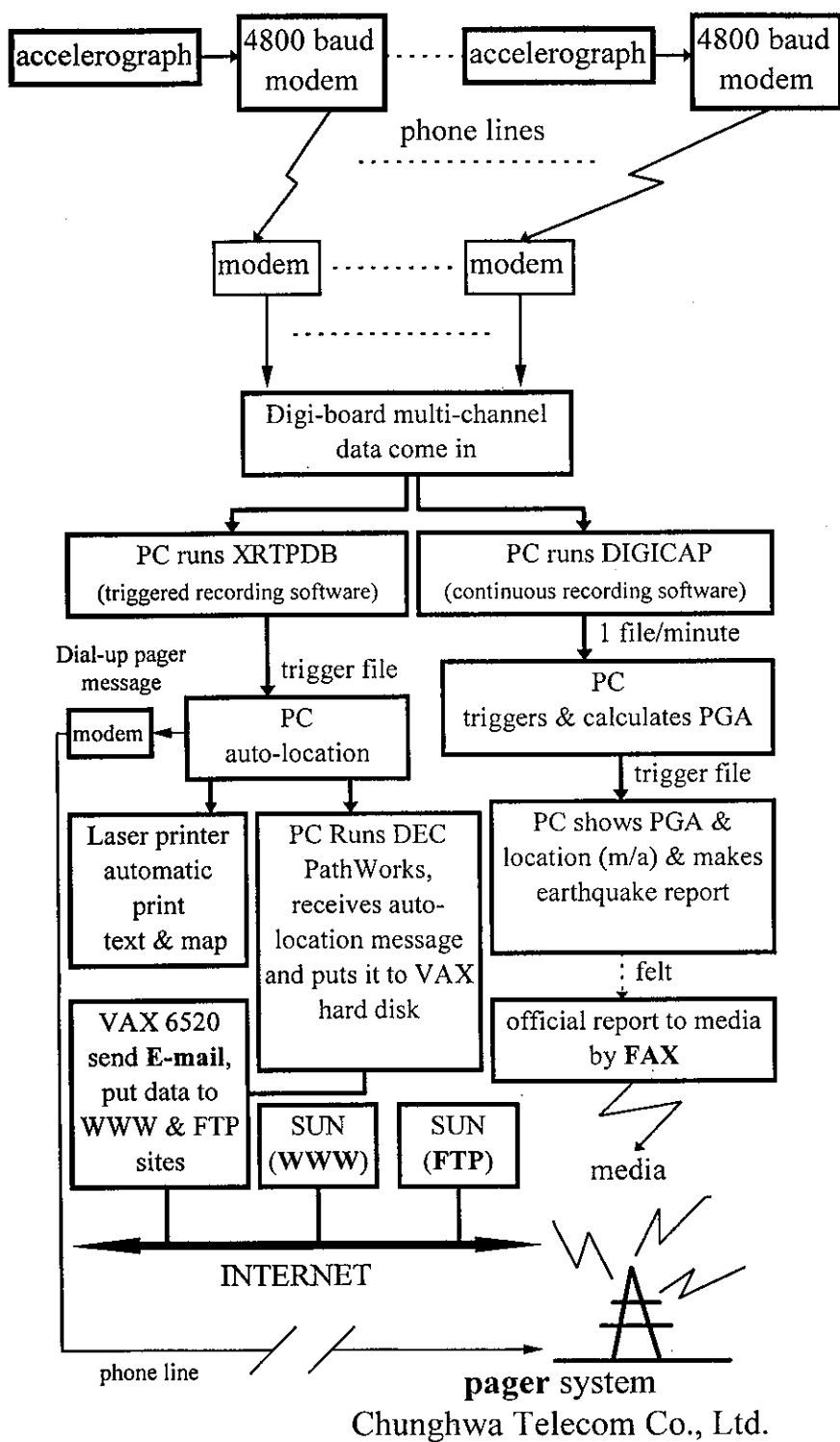


圖 2. TREIRS之作業流程圖。

Fig. 2. Data processing flow chart of the TREIRS.



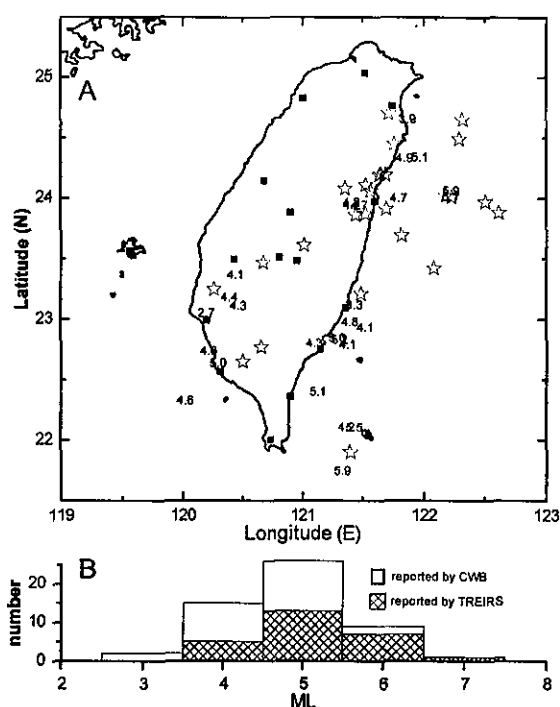


圖 3. (A)從1996年3月5日到1997年3月24日，中央氣象局所發布的53筆有感地震，其中26個星號表示為TREIRS所記錄；另27個數字代表規模為TREIRS未記錄。實心四方形表示中央氣象局所屬有人測站。  
(B)柱狀圖分別表示由中央氣象局及TREIRS所發布的地震數目。

Fig. 3. (A)Epicenter distribution of 53 felt earthquakes reported by the CWB. The stars show the events that were also recorded by TREIRS, the numbers represent the magnitudes of events that were not record by the TREIRS, and the solid squares indicate the reporting stations defined by CWB.  
(B)Histogram of the earthquakes reported by the CWB and TREIRS.

震度之地震，其有感面積都超過某一定之範圍。相對地，小規模的地震有感面積都不大，故不易被TREIRS記錄。

2.發生於東南海域的地震：TREIRS之測站目前已設立了48個，但是測站之數目仍然不夠多，由圖1可以看到測站的分布並不均勻，在台灣南半部的測站密度遠小於北部，尤其東南部的測站更為稀疏。因此，東南海域一帶的地震不易為TREIRS所記錄。

以上兩項原因，第一項為觀測標準不同之故，本局發布有感地震之標準主要以觀測點的震度為主；相對地，TREIRS則是比較偏於有感面積為其

標準。因此較局部性的有感地震，不一定會被TREIRS所發布。第二項由於臺灣東南地區觀測站較少而未能有效地觀測有感地震之問題，只要增加測站即可改善。

### 三、地震消息自動發布的時效性分析

本文將地震發生(origin time)後至系統計算出結果的時間稱為地震反應時間(earthquake response time)。TREIRS於1996年11月14日開始記錄地震消息發布的時間，至1997年3月24日共有24筆資料(表1)。由24筆紀錄可得知TREIRS的地震反應時間分布從42至88秒之間，平均值為60秒(圖4)。就一般

表 1. 54筆由TREIRS所發布之有感地震報告。

Table 1. 54 earthquake reports broadcasted by the TREIRS.

Date	Origin Time	Auto-picking				Manual-picking				Reporting Time	Tr (s)
		Lat. (N)	Lon. (E)	Depth (km)	ML	Lat. (N)	Lon. (E)	Depth (km)	ML		
03/05/96	14:53:35.3	23.99	122.30	8	6.5	24.01	122.23	4	6.4		
03/05/96*	14:54:05.0	24.44	121.31	0	6.0						
03/05/96	17:33:30.9	24.02	122.16	5	6.1	24.02	122.18	7	6.1		
03/05/96*	17:33:30.9	23.90	122.26	29	6.4						
03/05/96	21:19:53.5	23.02	121.38	3	4.9	23.02	121.39	8	5.0		
03/11/96	01:29:30.8	24.91	122.16	102	4.7	24.89	122.04	110	4.3		
03/26/96	15:42:11.7	24.26	121.89	33	4.5	24.28	121.81	38	4.6		
04/07/96	16:55:39.0	23.47	120.65	0	5.1	23.47	120.67	2	5.0		
04/19/96	07:26:23.6	23.71	121.79	32	4.8	23.69	121.82	35	4.8		
05/26/96	07:36:45.0	24.56	121.67	60	4.5	24.53	121.64	60	4.6		
05/27/96	18:36:40.2	24.19	121.56	18	4.1	24.20	121.55	15	4.1		
05/28/96	21:53:24.5	24.10	121.53	18	5.5	24.11	121.53	18	5.4		
05/29/96	21:56:16.0	22.73	120.67	36	4.9	22.77	120.65	27	4.9		
06/09/96	01:30:28.4	24.03	121.60	48	5.0	24.06	121.57	46	5.0		
07/06/96	01:27:06.7	22.63	120.27	4	5.5	22.65	120.50	36	5.5		
07/21/96	05:11:59.7	24.47	122.56	48	4.9	24.52	122.42	67	5.0		
07/29/96	20:20:58.8	24.48	122.31	60	6.3	24.49	122.29	60	6.4		
07/29/96*	20:20:57.8	24.52	122.47	38	6.5						
08/05/96	18:41:17.0	23.22	121.70	25	4.9	23.21	121.49	44	5.0		
08/06/96	03:19:55.3	23.57	121.58	27	4.2	23.57	121.52	25	4.3		
08/10/96	06:23:08.6	24.07	122.31	0	5.7	23.88	122.62	33	5.9		
09/05/96	23:42:10.2	21.68	121.44	40	7.0	21.90	121.40	5	6.7		
09/15/96	23:01:03.4	24.24	121.61	14	4.2	24.24	121.66	16	4.3		
10/09/96	09:29:13.3	23.62	121.01	17	4.9	23.61	121.01	17	5.0		
10/13/96	08:35:04.1	24.12	121.81	26	4.4	24.12	121.79	27	4.7		
10/19/96	19:16:07.2	23.15	120.52	27	4.6	23.18	120.49	12	4.5		
11/01/96	18:07:36.3	24.51	121.64	43	4.7	24.52	121.61	46	4.9		
11/05/96	05:39:03.3	23.73	121.35	15	4.3	23.69	121.43	12	4.5		
11/07/96	07:26:23.6	24.29	121.71	43	4.6	24.30	121.73	43	4.5		
11/14/96	01:39:16.1	23.38	122.07	40	5.3	23.42	122.08	13	5.4	01:40:14	58
11/14/96	01:43:42.5	22.93	120.68	0	4.6	22.92	120.68	6	4.6	01:44:48	66
11/16/96	00:22:46.4	23.27	120.21	0	4.4	23.25	120.26	8	4.5	00:23:38	52
11/26/96	08:22:25.2	24.16	121.68	21	5.7	24.20	121.65	21	5.7	08:23:22	57
11/30/96	06:33:43.0	23.89	121.42	20	4.2	23.86	121.45	17	4.2	06:34:38	55
12/01/96	16:06:29.0	23.85	121.39	22	4.0	23.85	121.39	21	4.2	16:07:26	57
12/03/96	22:41:58.9	24.25	121.69	12	4.1	24.26	121.66	25	4.3	22:42:52	57
12/15/96	08:10:51.8	24.46	121.90	8	4.0	24.47	121.90	6	4.1	08:11:34	42
12/15/96	18:56:29.5	24.08	121.36	58	5.0	24.08	121.36	63	5.0	18:57:30	60
12/21/96	16:05:23.9	24.78	122.75	103	5.2	24.74	122.98	83	5.4	16:06:50	84
12/23/96	08:53:13.6	23.92	121.42	19	4.3	23.87	121.53	21	4.5	08:54:12	58
12/25/96	13:36:01.6	24.67	121.74	7	3.8	24.68	121.73	7	3.9	13:36:56	54
12/25/96	21:52:19.3	24.36	122.08	0	4.8	24.25	122.17	13	5.0	21:53:20	59
01/05/97	10:34:23.1	24.64	122.24	0	5.5	24.65	122.32	2	5.8		
01/05/97	18:41:01.2	23.27	122.77	29	5.5	23.04	122.68	36	5.6	18:42:28	88
01/18/97	17:13:46.8	24.14	122.44	0	5.6	23.97	122.51	7	5.6	17:15:00	73
01/20/97	05:53:03.4	24.15	121.70	39	4.8	24.13	121.79	30	4.8	05:54:02	59
01/26/97	19:18:03.8	24.10	121.67	25	4.6	24.09	121.63	25	4.6	19:18:58	54
01/28/97	04:09:11.5	24.44	121.78	26	4.5	24.44	121.78	26	4.5	04:10:14	57
02/02/97	17:45:50.4	24.69	121.73	5	3.7	24.70	121.72	8	3.9	17:46:44	56
02/09/97	21:42:28.7	23.53	121.63	25	4.7	23.53	121.64	26	4.7	21:43:32	63
02/10/97	16:50:17.8	24.19	121.68	19	5.1	24.19	121.69	24	5.1	16:51:18	60
02/27/97	15:44:44.7	23.95	121.58	27	4.9	23.91	121.70	20	4.9	15:45:44	59
03/22/97	23:37:41.9	24.45	121.77	9	4.5	24.45	121.76	9	4.5	23:38:40	58
03/24/97	23:32:23.6	24.17	121.65	28	5.3	24.19	121.64	25	5.2	23:33:24	60

\* retrigger

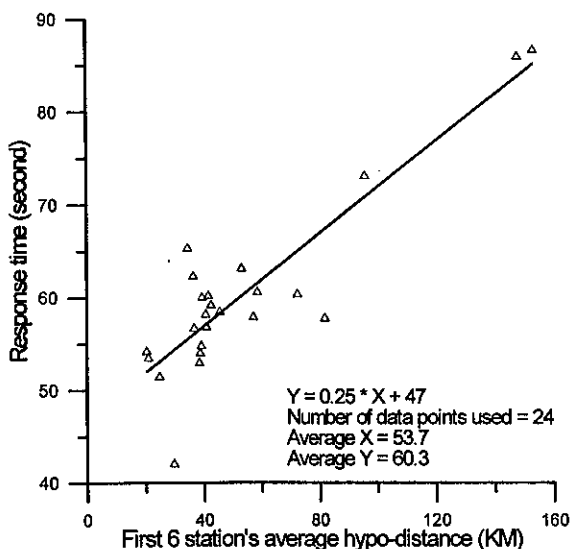


圖 4. 地震反應時間及前6個測站平均震源距離之對應圖。

Fig. 4. The earthquake response time versus 6 stations' average hypo-distance near epicenter.

而言TREIRS可於地震發生後一分鐘開始傳遞地震消息，而經由試用者之回應，在一般情況，國內使用者約於地震發生後一分半鐘可收得到電子郵件，對於國外使用者約三分鐘左右可以收到由中央氣象局發出之電子郵件(Teng et al, 1997)。美國加州柏克萊大學(UC Berkeley)目前亦從事於類似的工作，他們現在的系統(Rapid Earthquake Data Integration System)需要6到9分鐘才能得到定位結果，即使在測試系統(test system)中也需3分鐘的時間(Gee et al., 1996)，因此在時效上中央氣象局是稍微快一些。

分析最臨近震源的6個測站之平均震源距離與地震反應時間之對應圖(圖4)，可發現兩者為線性關係，其最佳擬合曲線(best fitting curve)關係為：

$$Tr = 0.25 \times \bar{D} + 47$$

Tr：地震反應時間

$\bar{D}$ ：接近震央前6測站之平均震源距離

由此關係式可以估計地震發生於臺灣地區時

TREIRS的反應時間，圖5所示為參考深度10公里時TREIRS的地震反應時間。就震源深度10公里而言，地震發生於臺灣島內，TREIRS應該可以在60秒內計算出結果並開始傳遞消息。本文中取靠近震央之前6個測站的平均震源距離與地震反應時間相對應，其主要原因為在前置分析時發現：有6個測站以上的地震信號方能計算出較佳的震源參數(位置及規模)。所以TREIRS系統以6個測站為觸發門檻(tigger threshold)。

本文中地震反應時間是以地震發生之初始時間計算起，但是在地震波尚未到達測站之前為系統無法反應之時間，就觀測網而言，尚未知有地震發生。因此，本文另外將第一個測站收到初達波(P phase)至計算出結果的時間定義為有效地震反應時間(effective earthquake response time)。則24筆地震有效反應時間從40至65秒，其平均值為53秒(圖6)。有效地震反應時間是從第一個測站收到初達波時間算起，其與地震的大小並無太大關係，但由於

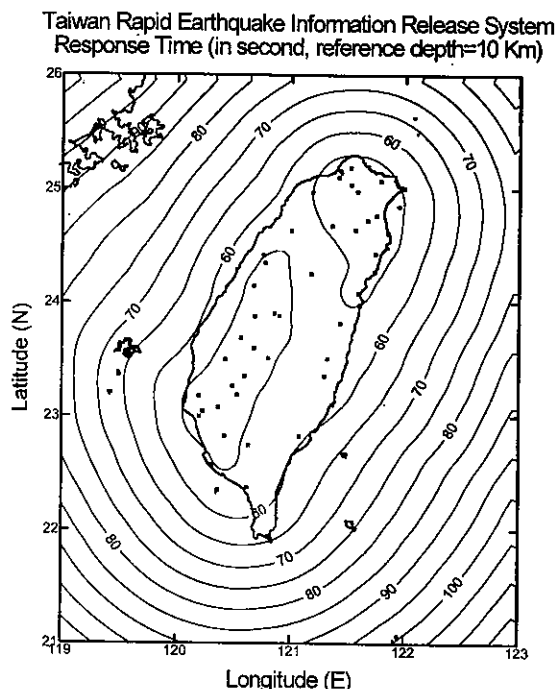


圖 5. 本文所推算震源深度為10公里時各地區之地震反應時間。

Fig. 5. Contour shown the earthquake response time of the TREIRS calculated in this study.

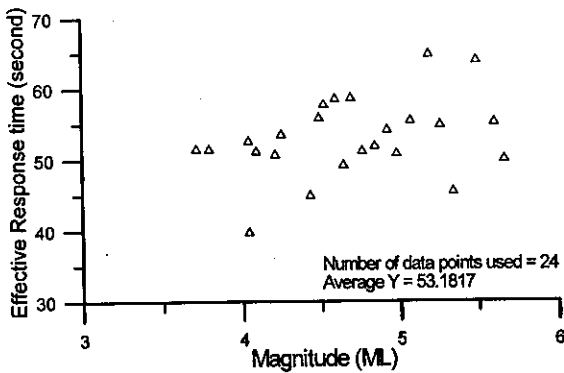


圖 6. 有效的地震反應時間及規模之對應圖。

Fig. 6. Earthquake effective response time versus magnitude.

TREIRS是以6個測站為觸發門檻，因此其與各地區測站的分布密度較相關，但就目前的系統而言有效反應時間都約為53秒，未來若有再增加測站其時間應會再縮短。

#### 四、地震消息自動發布的正確性

##### 正確率

TREIRS從1996年3月5日起開始採用地震消息自動發布系統，至1997年3月24日共發出54次消息，其中有51次為正確的有感地震消息，而有3次為一個地震觸發第二次之消息。3次多發之原因為當較大的地震發生後，其地震尾波會再觸發(retrigger)而形成另一次紀錄。因TREIRS系統在每一次記錄都會保留觸發前35秒的訊號，因此，雖然由尾波觸發，但加上觸發前的35秒訊號，也是一完整的地震記錄，所以造成同一個地震再次發布，同樣問題亦曾經出現在美國加州柏克萊大學的系統中(Gee et al. 1996)。這多重觸發的問題已於1996年8月5日改善，改善後已達近8個月的時間，發出了36次消息，都為正確的地震消息未再有多發之狀況。

##### 震源位置之正確性

圖7所示為TREIRS所自動發布之51筆地震與最後由人工方式決定之震源位置之對應圖，以人工定位之位置為標準，自動發布震源位置之水平誤差分布從0.0至37.9公里，平均為7.4公里。深度方面之

誤差分布從0.0至35.0公里，平均為7.0公里。由數據可知TREIRS所發布之震源位置一般誤差都在15公里以內。而震源位置之誤差與測站分布空餘角度(gap)(Lee and Lahr, 1975)有關，如圖8所示為震源位置誤差與測站分布空餘角度之對應圖。由其分布可知震源位置之誤差在測站分布空餘角度小於225度時誤差都小於15公里。而當測站分布空餘角度超過225度時則有較大的誤差，震源位置之誤差與測站分布空餘夾角呈指數增加，其最佳的擬合曲線為：

$$E_{loc} = 0.05 \cdot e^{0.0215\alpha} + 3.0$$

$E_{loc}$ ：自動發布震源位置之誤差

$\alpha$ ：測站分布空餘角度

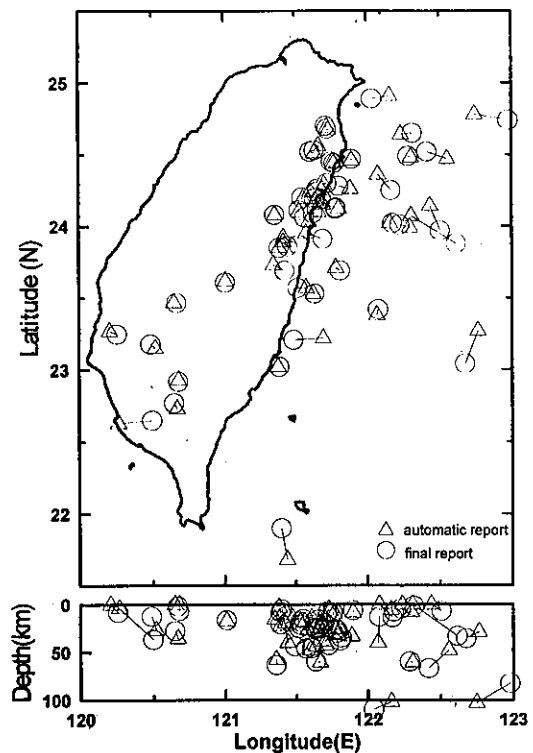


圖 7. 51筆自動發布的地震與最後定位結果之位置比較。

Fig. 7. Location difference of 51 earthquakes determined by automatic and manual procedures.

利用此關係式及48個觀測站的地理位置，可計算出TREIRS自動發布震源位置之理論誤差分布情

形(圖8)，在臺灣島內及部份臺灣海峽的地區其誤差都在5公里左右，在東部外海之誤差則分布在5至15公里，由於測站之分布受限於臺灣島之形狀，因此在臺灣島的北方及南方海域有較大的誤差。而在臺灣海峽由於有澎湖及金門兩個測站，所以對地震定位有較好的控制，若缺這兩個測站則在臺灣海峽之誤差相當於東部海域，相同地，若能增加臺灣東部的觀測站，則可有效地改進該地區所發生地震位置的準確性。

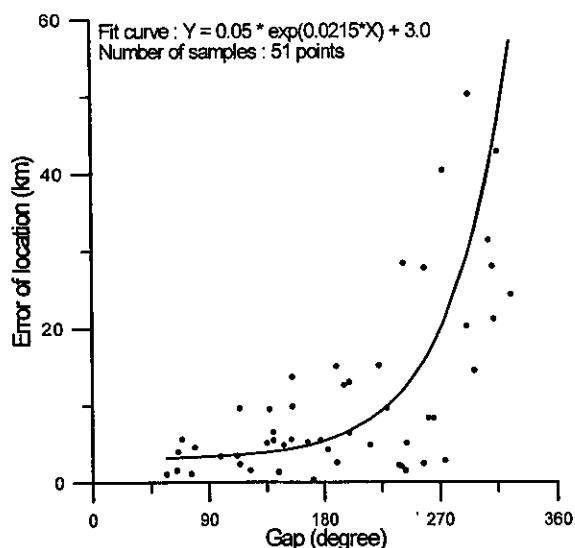


圖 8. 定位誤差與測站分布空餘角度(gap)之對應圖。

Fig. 8. The relationship of the TREIRS automatic location error and the stations' gap.

### 規模之正確性

回顧由TREIRS所發出之51筆地震自動發布與最後人工決定之規模關係圖(圖10A)，其線性關係顯示自動處理與人工處理的訊號部份是相當一致，而其誤差的因素與來自定位誤差所造成規模之距離修正量(log Ao)不同。其差值之分布從0.0到0.4，平均值為0.1，標準偏差為0.1(圖10B)。因此，95%之信賴區間為0.2，也就是自動發布規模之誤差95%都小於0.2。

## 五、討 論

在傳統的地震測報作業下，中央氣象局有感地

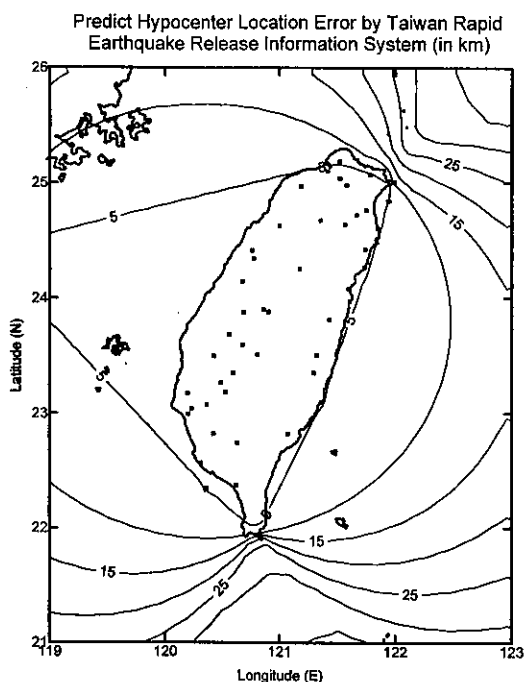


圖 9. 本文所計算各區域地震定位誤差的分布圖。

Fig. 9. Predicted automatic location error estimates by the TREIRS in this study.

震發布之標準主要是依據測站的震度，例如：某一有人測站超過三級震度即達發布標準。而以有人站的震度訊息為發布標準，受限於有人站分布稀疏而無法顧及全面性。而TREIRS的發布標準為48個即時強震站中有6個測站以上有明顯的波相才發布，有明顯波相的測站，往往震度都超過一級，所以TREIRS的發布標準較偏向超過某一面積的有感範圍，因此TREIRS的發布標準較能顧及全面性。是故規模小的地震不會為TREIRS所發布，但是小地震若發生在中央氣象局之即時觀測站附近，就有可能為中央氣象局所發布。

TREIRS自動發布震源位置的誤差與測站分布之空餘夾角呈指數增加，由於測站之分佈受限於臺灣島的形狀，因此臺灣島之北部及南部外海定位誤差較大(圖9)。本文認為將來可於外島的地區增設測站，如蘭嶼、綠島、龜山島及澎佳嶼等地。這些地區增設測站將有助於北部、南部及東部外海的地震定位。臺灣地區的地震大多發生於東部及其外海地區。因此，在蘭嶼、綠島設立測站尤其重要。

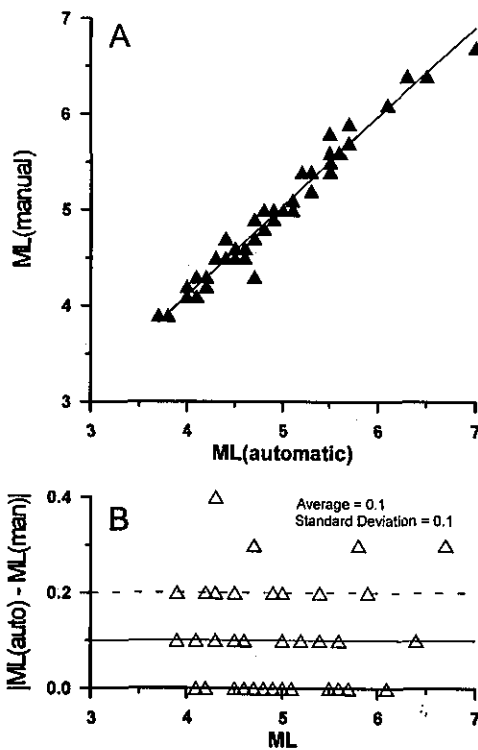


圖 10. 51筆自動發布的地震與最後定位結果之規模比較。

Fig. 10. Magnitude relationship (A) and difference (B) of 51 earthquakes determined by automatic and manual results.

本文所定義的地震反應時間是從地震發生後至系統計算出結果之時間，故地震反應時間會與地震發生的位置成正相關(圖4)，也就是地震發生位置離地震網越遠則反應時間越長。但是在地震波尚未達第一個測站之前，就地震觀測網而言，尚未感知有地震發生。所以，本文另訂定一個有效地震反應時間，也就是從第一個測站收到初達波後至計算出結果的時間。有效地震反應時間為較固定的時間，通常與地震發生之位置或規模大小無關(圖6)，而與地震網的系統效能有關，例如：電腦的中央處理器的速度、測震網的站數多寡及系統設定參數等。

在試用期間，TREIRS之有效反應時間約為53秒，這53秒分由以下幾個系統因素所組成：

1. 通常地震觸發都在第一個站收到初達波後1~3秒。

2. 為了蒐集足夠的地動訊號，TREIRS系統於地震觸發後還繼續記錄了約40~45秒鐘的訊號。

3. 48個測站、取樣率50點/秒及長度80秒鐘的紀錄，其資料處理及計算約需6~8秒的時間。

綜合評估以上幾個因素中，第一項時間可縮短的空間較少，但是第二及第三項時間是可縮短的。其中第二項觸發後持續記錄40~45秒鐘的訊號，其主要的考慮是要讓大部分的測站都記錄到S波的訊號。一般而言，於S波到達後之幾秒鐘，地表最大加速度(Peak Ground Acceleration; PGA)即不再增加(圖11)，這些測站可以用來顯示震度及計算芮氏規模(Richter, 1935; Shin, 1993)。就地震速報的角度而言，計算規模及觀測震源區的震度是必要的，但是對於較遠測站的震度觀測是非必要的。因此，本文認為觸發後之持續記錄時間可縮短為15~25秒。就6/25/1996  $M_L=6.5$ 的地震為例，在地震發生後20秒時至少已有10個以上的測站收到S波的訊號(圖11)，而這些站已經可以有效地決定地震的位置、規模及震源區震度。所以地震觸發後持續記錄的時間採用15~25秒已足夠。第三項6~8秒的資料處理時間與測站之多寡有關，經本文的測試16個測站40秒鐘的紀錄僅須3~4秒。因此，適當地減少測站數目可降低資料處理之時間。地震發生後20~30秒之時間，只有近震的測站有助於震源參數之決定，而且測站數目少資料處理之時間較短。因此，我們認為可將TREIRS以約15個測站左右成立幾個小觀測網(圖12)，當地震發生後約15~25秒之時間，S波已傳遞至小觀測網的各測站，若於此時結束地動訊號之蒐集而進行資料分析，約可於地震發生後30秒內得到初步的震源參數及震源區的震度。這項改善是以目前的系統中稍加改變即可達成。

運用次觀測網在地震反應時間方面可有效的縮短，但是由於次觀測網涵蓋的面積較小。對於網外之地震，測站的分布空餘夾角大，定位準確性則較低(圖8)。因此，規劃未來的發展可採幾個區域性小網相互重疊，與已運行的全區性大觀測網同時作業，透過網路的運用，以一台電腦為管理系統同時監視這幾個大小觀測網，當地震發生後由觀測網管理員，在第一時間選擇最佳的結果，將消息發布。例如：發生於花蓮地區之地震，花蓮地區的區域性

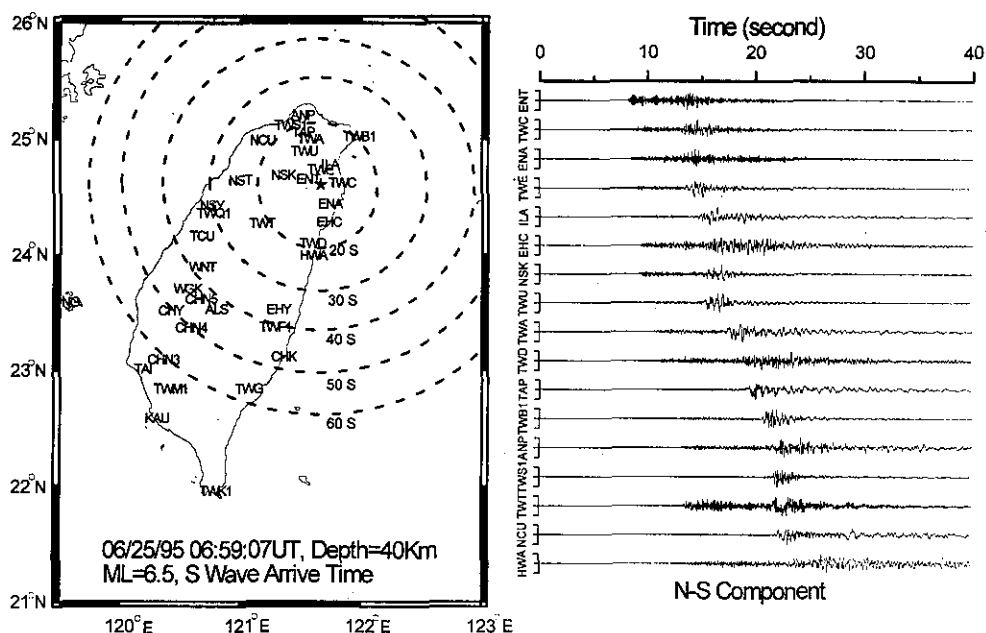


圖 11. 6/25/1996  $M_L$ 6.5地震S波走時等值圖及部份測站加速度歷時紀錄。

Fig. 11. The S wave-fronts of the June 25, 1995  $M_L$ 6.5 earthquake and waveforms.

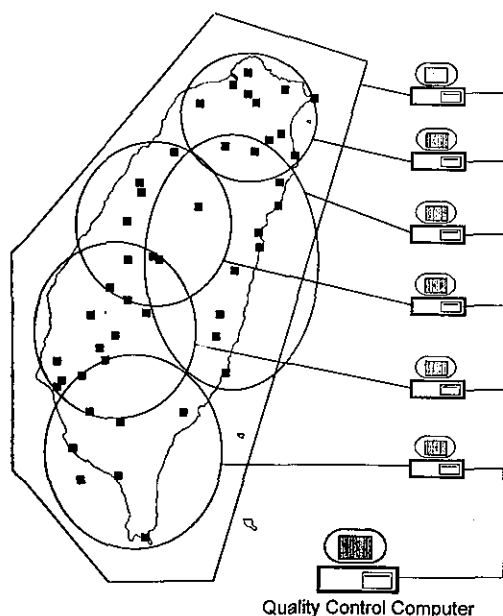


圖 12. 大小區域地震觀測網配合作業之示意圖。

Fig. 12. A diagram showing the combined system of the local and regional seismic networks.

小網會最先計算出結果，若地震發生於其觀測網內，其結果應有良好的控制，觀測網管理員即可將其結果發布；若地震發生於外海，區域性小網可能因測站分布空餘夾角過大，震源位置控制較差。因此，須以全區性觀測網之結果發布，因為其測站分布之涵蓋面積較區域性觀測網大，測站分布空餘角度較小，所以定位的控制會較好。觀測網管理系統的主要功能即在控制消息發布之品質。就震度之觀測而言，地震後30秒僅能掌握震源區的震度，但並無法完整的觀測到臺灣區之各地震度，因為剪力波尚未傳遞至所有測站(圖11)。因此，我們認為較佳的發布方法可採兩段式，首先於地震發生後約30秒的時間，先發出震源區的震度及初步的震源參數結果(區域性小網)；其次再於一分鐘後發出全區的震度之消息，並更新較佳的震源參數之結果(全區性大網)。

## 六、結 論

中央氣象局地震測報中心利用地震網中48個具有即時強震數位訊號輸出的測站建置了臺灣即時地

震資訊發布系統(TREIRS)，從1996年3月5日起開始測試，分析過去一年多由本系統發布的51筆資料，並與目前的測報作業系統之結果相比較，有下列幾點結論可提供後續發展之參考

1.比較51筆由TREIRS系統自動發布與事後人工決定有感地震之震源參數，得知自動發布位置之水平誤差分佈從0.0~37.9公里，平均為7.4公里；深度誤差分佈從0.0~35.0公里，平均值為7.0公里。震源位置的誤差與測站分佈空餘夾角成指數關係(圖8)。一般而言，測站分布空餘夾角小於225度時地震位置的誤差都小於15公里以下。自動發布與事後人工決定的規模誤差都很小，一般的誤差都小於0.2以下(圖10)。

2.TREIRS自動發布震源位置的誤差與測站分布空餘夾角相關，所以本文認為未來有必要在蘭嶼及綠島等外島地區設立測站，以改善臺灣東南外海一帶TREIRS自動定位之品質及偵測之不足。

3.由最近24筆有記載發布時間的報告中，得知TREIRS系統一般可在地震發生後60秒的時間計算出震源參數及各地震度，此時間約在第一個測站收到初達波後53秒。

4.TREIRS在早期由於再觸發而多發布了3次地震消息，此狀況已於1996年8月5日改善，改善後8個月期間，未再有多報的情形發生。

5.中央氣象局有感地震之發布標準，主要以少數地點的有感震度為主；而TREIRS以有感的面積為發布標準。有感面積較能代表地震之影響程度，所以可為爾後制定有感地震發布標準之參考。

6.地震發布的時效與電腦中央處理器之速度、測震網的站數多寡及系統設定參數等相關，所以本文認為可於TREIRS中成立多組的區域小網與全區網配合(圖12)。採用區域小網可有效地縮短地震測定之時間，進而將TREIRS推向地震速報預警系統。

中央氣象局目前達到的「一分鐘」的速報時間，比起美國1994年加州北嶺地震的30分鐘，日本1995年的神戶地震的數小時及大陸1976年唐山地震後半天才用直昇機收取災情。這在及時的搶救、滅火及水壩、電廠等採取緊急措施上便有極大的差別。例如：日本之神戶地震死亡超過5000人，財產

損失達2000億美元，據估計若能早幾小時得到準確地強震速報，及時的救傷滅火，生命財產的損失可降低三成以上。是故發展有效地「強震速報系統」，充分地應用到今天臺灣地震防救災系統上是不宜忽視之急務。

## 七、參考文獻

- 吳逸民、辛在勤、李汝鑑、蔡義本，1996：台灣即時加速度型地震觀測網的系統設計與發展。台灣地區強地動觀測計畫研討會(二)論文摘要，106-112頁。
- 吳逸民、陳承俊、蕭乃祺、辛在勤、蔡義本，1997：地震消息自動傳播系統之建立與探討。(氣象學報，第四十一卷第四期，272-280頁)
- 陳承俊、吳逸民、辛在勤，1996：台灣即時加速度型地震觀測網-1995年資料分析。台灣地區強地動觀測計畫研討會(二)論文摘要，113-119頁。
- Allen, R. V., 1978: Automatic earthquake recognition and timing from single traces. *Bull. Seism. Soc. Am.* 68, 1521-1532.
- Allen, R. V., 1982: Automatic phase picker: their present use and future prospects. *Bull. Seism. Soc. Am.* 72, S2245-S242.
- Ammon C., A. Velasco, and T. Lay, 1993: Rapid estimation of rupture directivity: application to the 1992 Landers ( $M_s = 7.4$ ) and Cape Mendocino ( $M_s = 7.2$ ) California earthquakes. *Geophys. Res. Lett.* 20,97-100.
- Bakun, W. H., F. G. Fischer, E. G. Jensen, and J. Van Schaack, 1994: Early warning system for aftershocks. *Bull. Seism. Soc. Am.* 84, 359-365.
- Buland, R. and W. Person, 1992: Earthquake early alerting service. *EOS* 73, 69.
- Ekström, G., 1992: A system for automatic earthquake analysis. *EOS* 73, 70.
- Espinosa Aranda, J., A. Jiménez, G. Ibarrola, F. Alcantar, A. Aguilar, M. Inostroza, and S. Maldonado, 1995: Mexico City seismic alert system, *Res. Lett.* 66, 42-53.



- Gee, Lind S., Douglas S. Neuhauser, Douglas S. Dreger, Michael E. Pasyanos, Robert A. Uhrhammer, and Barbara Romanowicz, 1996: Real-Time Seismology at UC Berkeley: The Rapid Earthquake Data Integration Project. *Bull. Seism. Soc. Am.* 86, 936-945.
- Kanamori, H., E. Hauksson, and T. Heaton, 1991: TERRA scope and CUBE project at Caltech. *EOS* 72, 564.
- Lee, W. H. K., 1994: A project operation plan for an advanced earthquake monitoring system. Research Report of the Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan, R. O. C., No. 445, 69pp.
- Lee, W. H. K., 1995: A project implementation plan for an advanced earthquake monitoring system. Research Report of the Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan, R. O. C., No. 448, 411pp.
- Lee, W. H. K., and J. C. Lahr, 1975: HYPO71 (REVISED): A computer for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes. *U. S. Geol. Surv. Open-File Report* 75-311, 114pp.
- Lee, W. H. K., T. C. Shin and T. L. Teng, 1996: Design and implementation of earthquake early warning system in Taiwan. Paper No. 2133, 11th World Conference of Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico.
- Malone, S., 1994: A review of seismic data access techniques over the Internet. *EOS* 75, 429.
- McEvilly, T. V. and E. L. Majer, 1982: ASP: an automated seismic processor for microearthquake networks. *Bull. Seism. Soc. Am.* 72, 303-325.
- Nakamura, Y. and B. E. Tucker, 1988: Japan's earthquake warning system: should it be imported to California? *California Geol.* 41, 33-40.
- National Research Council, 1991: Real-Time Earthquake Monitoring. National Academy Press, Washington, D. C.
- Shin, T. C., 1993: The calculation of local magnitude from the simulated Wood-Anderson seismograms of the short-period seismograms. *TAO* 4, 155-170.
- Shin, T. C., Y. B. Tsai, and Y. M. Wu, 1996: Rapid response of large earthquakes in Taiwan using a real-time telemetered network of digital accelerographs. Paper No. 2137, 11th World Conference of Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico.
- Richter, C. F., 1935: An instrumental magnitude scale. *Bull. Seism. Soc. Am.* 25, 1-32.
- Romanowicz, B., G. Anderson, L. Gee, R. McKenzie, D. Neuhauser, M. Pasyanos, and R. Uhrhammer, 1992: Real-time seismology at UC Berkeley. *EOS* 73, 69.
- Teng, T. L., M. Hsu, W. H. K. Lee, Y. B. Tsai, F. T. Wu, Y. T. Yeh and G. Liu, 1994: Annual report to the Central Weather Bureau on earthquake early warning system and implementation of the strong motion instrumentation program. Research Report of the Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan, R. O. C., No. 446, 147pp.
- Teng, T. L., M. Hsu, W. H. K. Lee, Y. B. Tsai, F. T. Wu and G. Liu, 1995: Annual report to the Central Weather Bureau on earthquake early warning system and implementation of the strong motion instrumentation program. Research Report of the Central Weather Bureau. Taipei, Taiwan, R. O. C., No. 449, 191pp.
- Teng, T. L., M. Hsu, W. H. K. Lee, Y. B. Tsai, F. T. Wu and G. Liu, 1996: Annual report to the Central Weather Bureau on earthquake early warning system and implementation of the strong motion instrumentation program. Research Report of the Central Weather Bureau. Taipei, Taiwan, R. O. C., Vol. 13, 214pp.
- Teng, T. L., Y. M. Wu, T. C. Shin, Y. B. Tsai and W. H. K. Lee, 1997: One minute after-intensity map, epicenter, and magnitude. *Bull. Seism. Soc. Am.* 87, 1209-1219.

# **AN EVALUATION OF THE TAIWAN RAPID EARTHQUAKE INFORMATION RELEASE SYSTEM**

**Yih-Min Wu**

Seismological Observation Center, Central Weather Bureau, Taipei, R. O. C.  
Institute of Geophysics, National Central University, Chung-li, R. O. C.

**Chen-Chun Chen**

Seismological Observation Center, Central Weather Bureau, Taipei, R. O. C.

**Tzay-Chyn Shin**

Central Weather Bureau, Taipei, R. O. C.

**Yi-Ben Tsai**

Institute of Geophysics, National Central University, Chung-li, R. O. C.

## **ABSTRACT**

Taiwan Rapid Earthquake Information Release System (TREIRS) has been in operation since March 3, 1996. A total of 54 events that have been automatically processed, 3 events were retriggered due to the effect of the coda signal of a big earthquake. This problem has been solved by adding a new detection algorithm. Based on 24 reports that recorded the broadcast time, we found that TREIRS was capable of sensing earthquake source parameters and regional intensity one minute after original time, which corresponds to about 53 seconds after the first station has received P phase arrival. By comparing the source parameters of 51 automatic broadcast reports with manual reports, we found that the locating errors were smaller than 10 km from where the locating error and station gap could be fitted with an exponential curve. Generally speaking, the station gap smaller than  $225^\circ$  the location error within 15 km. The TREIRS will be greatly improved on the offshore area and southeastern Taiwan when additional stations are available on Lanhsu and Lutaio. We also found that the earthquake effective response time depended on the speed of computer's CPU, the number of stations, and system setup parameters. It also suggests that combination of narrow and wide region seismic networks reduce the earthquake response time and upgrade the TREIRS to an earthquake early warning system. We think the rapid earthquake information release system already has reached an acceptable level. The following important work is how to use this rapid information to reduce the earthquake damage.

**Keywords:** Taiwan Rapid Earthquake Information Release System, real-time acceleration seismic network, earthquake response time and effective earthquake response time.

# 氣象電腦輔助學習之簡介

林 博 雄

台灣大學大氣科學系

## 摘 要

傳統的單向、黑板謄寫式的教育或訓練方法，已經面對電腦多媒體功能與網際網路媒介的強勢挑戰。如何善加運用電腦資源成為教學輔助工具，是教師無可推卸之責任。本文論述歐美四個國家的氣象電腦輔助學習(computer aided learning in meteorology, CALMet)進展，包括澳洲氣象局訓練中心、美國COMET、法國EuroMET網站以及英國愛丁堡大學氣象系，並回顧台灣大學大氣科學系的相關作品，期待國內大氣科學界透過CALMet來思考如何善用電腦科技與資源，讓大氣科學學門領域借力使力、更上一層樓。

關鍵字：電腦輔助學習，網際網路，多媒體光碟

## 一、前 言

### (一)電腦輔助學習

電腦輔助學習(Computer Aided Learning，以下簡稱CAL)又稱之為電腦輔助教學(Computer Assisted Instruction，簡稱為CAI)，舉凡教學與訓練過程中借助電腦軟體或硬體做為輔助性工具，均是CAL的涵意。CAL在個人電腦普及之後才真正落實在教育界。1992年「多媒體(multi-media)」掀起全球性的電腦科技熱潮，帶動大眾傳播與科學應用全新又豐富的視聽表達方式，提供了人類思潮的嘉年華會；資訊的新興媒介「光碟」的出現，其超大記憶容量則提供了CAL華麗的舞台。1995年另一波電腦科技熱潮「全球網際網路(world wide web internet)」，更將CAL舞台從光碟的「小世界(micro-world)」推進到「超世界(hyper-world)」；透過網際網路，CAL的新風貌是無限交錯聯結的網站(web site)以及無遠弗及的遠距教學(distance learning)。姑且不論電腦科技對人類思潮的終極影響是正面或負面，傳統的單向、黑板謄寫式的教育或訓練方法，已經面對全球網際網路科技的強勢挑戰。如何善加運用電腦資源為教學輔助工具，是教師無可推卸之責任。

亞太地區的澳洲與日本正大力投入CAL領域，台灣省教育廳於1987年開始舉辦「中華民國電腦輔助教學研討會」，針對中小學教師群推展CAL理念與作品。國家科學委員會在1992年成立「智慧型電腦輔助學習」研究群，其中的交通大學「珊瑚系統」(Cooperative Remotely Accessible Learning，簡稱CORAL；孫與周，1996)以及中央大學的「Learning is Active」計畫(陳，1997)是該研究群中成功發展的典範。同時「中華民國電腦輔助教學學會」也在1995年成立，並在1996年12月舉辦的「與網路共舞：網際網路、NII、與未來社會」論壇活動，會中主題討論了教師、學生如何看待網路教育前景與可能的負面影響。綜合言之，國內資訊學者與教育學者正抱著「為教育而發展的科技」理念共同合作(游，1997)。除了校園內的CAL探索與應用之外，張(1997)也說明CAL理念如何落實於科學博物館的教育功能。

CAL的完整製作流程，可細分為八個步驟；(1)使用對象需求分析(2)大架構的設計(3)腳本各細節的進行(4)初版完成(5)測試(6)修飾(7)發布使用(8)評估。CAL作品的評估高低，和以上所有步驟的紮實程度有莫大關聯，尤其是第一步驟的謹慎與第二步驟的方向，決定設計者將以何種方式去誘

發使用者的高度學習動機。Papert(1996)以電腦遊戲的程式設計為例子，說明「教導論式遊戲」、「建構論式遊戲」以及「學著去學習」三種方法論，如何將知識融入CAL遊戲之中加以呈現。但是他也提醒CAL軟體的三大通病是(1)直線式思考，學習過程由機器帶動(2)內容誇大不夠誠實(3)重快速反應勝於長期思考。目前大多數的CAL作品架構，是以教導論式為主；至於「建構論式」或「學著去學習」式的CAL模組設計，教師需要更長期的內容編排以及結合心理、美術等其他學識，才能克盡全功，不過CAL學習效果的評估也將相對地提升。換言之，CAL製作流程可以用電腦製作來比擬，一部電影作品的成功來自劇本、導演與聲光效果的全部集合；CAL教育性作品宛如劇情片，需要考慮作品與使用者的互動與後續關係，所以重點不在於聲音與畫面的精緻程度，而是使用者是感受到作品的引導意義而思考，這一特點是和一般的電動遊戲軟體(動作片)的感官刺激與反應練習的重點不同。

## (二)電腦輔助學習在氣象上的需求與應用

CAL在氣象教學或在職訓練上的應用(Computer Aided Learning in Meteorology)，簡稱爲CALMet；由於大氣科學的研究與預報作業人員，經常需要面臨大量的傳統觀測與非傳統觀測天氣資料的分析與診斷工作，傳統的平面圖表以及數學公式的教學與訓練方式，對於非線性演變的大氣流體運動，都是事倍功半的表達手段。透過電腦多媒體範例的解釋，學習者可以藉由反覆練習，提升學習的效果與樂趣。以英國愛丁堡大學氣象系CALMet網站之中的「Vorticity」模組(圖1)為例，使用者先學習渦度的物理意義與數學表示方式，並在每一段落必須回答題目，接著在一張天氣分析圖上找出氣旋最容易發展的位置，然後觀看一份數值天氣預報的模擬動畫結果。這種導覽式(tutorial style)作品結合了大氣動力學、天氣學與數值天氣預報多種課程，教師可以將其運用於課堂進行中，使用者也可以隨時隨地自行進行學習。換言之，CALMet作品

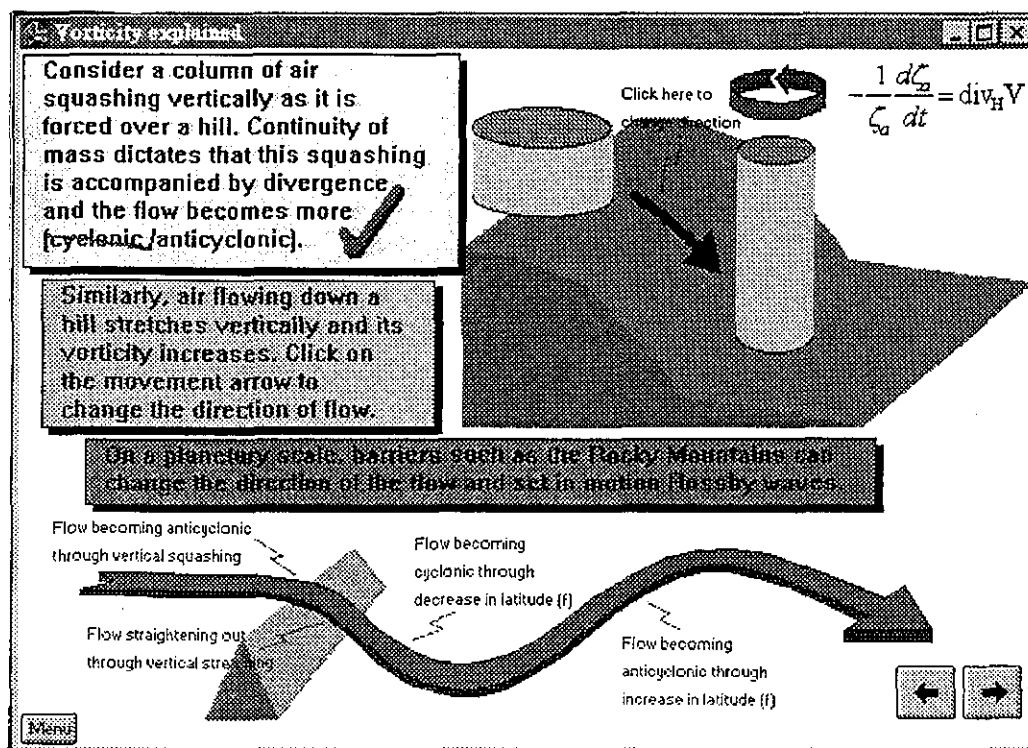


圖 1. 英國Meteorology Office College CALMet作品「Vorticity」畫面。

可以讓學生在課程之中或是課餘時間，提供邏輯思考能力較貧弱的學生一個輕鬆的學習情境與充裕的思考時間，以提高學習樂趣。由於 CALMet 作品之包裝是一種數位化氣象資料與文件的混合編輯，因此諸如衛星影像辨識練習以及天氣個案分析診斷練習，都是 CALMet 發揮的好題材；如何在短短數分鐘飛快地提供令人印象深刻的電視氣象播報，也是 CALMet 應用的舞台。

CALMet 的雛型可以溯及 1970 年代美國威斯康辛大學的人機交談資料處理系統 (Man-computer Interactive Data Access System, McIDAS; Suomi et al., 1983)。1992 年 Standing Conference of Heads of Training Institutes (SCHOTI) CAL 工作群 (working group) 確立了二年一次 CALMet 國際研討會舉辦的決議，並於英國愛丁堡大學氣象系建立 CALMet 網站，以宣導 CALMet 理念與相關作品；工作群成員中的 Duncan (1993) 與 Bell (1994) 也進一步透過聯合國世界氣象組織向科學界闡明 CALMet 理念以及工作群的進度。1993 年、1995 年以及 1997 年 CALMet 研討會分別在美國 Boulder、法國 Toulouse 以及澳洲 Melbourne 舉行。1997 年的第三屆 CALMet 研討會作品，主要來自美國 University Cooperation for Atmospheric Research of the Cooperative Program for Operational Meteorology, Education and Training (以下簡稱 COMET)、英國愛丁堡大學氣象系 (Department of Meteorology, University of Edinburgh, U.K.)、法國氣象局國家氣象學校 (Ecole Nationale de la Meteorologie, Meteo-France)，以及澳洲氣象局訓練中心 (Bureau of Meteorology training Center, Australia, 以下簡稱 BMTC)。除了 SCHOTI/CAL 工作群的群體組織之外，一些機構也有耀眼的作品，比如美國伊利諾大學大氣科學系在 1997 年的「美國科學教學研究學會」年會之中，展現遠距教學的合作視訊 (collaborative visualization) 的教學實例。

### (二) 氣象電腦輔助學習在東亞推展的現況

東亞地區的台灣、大陸、韓國與日本等國的氣象研究與作業單位，雖然擁有先進的電腦硬體設備與數值天氣預報作業，但是似乎忽略了教學與訓練方面的軟體開發，鮮有人談論歐美國家的 CALMet 進度。1992 年中央氣象局引入的美國海洋暨大氣總

署環境研究實驗所預報系統實驗室 (NOAA/ERL/FSL) 氣象資料整合與即時預報系統 (Weather Integration and Nowcasting System, 簡稱為 WINS; 程, 1992)，可算是一種 CALMet 模型。美國 COMET 教學模組也曾經被中央氣象局、中央大學大氣物理系、空軍氣象聯隊等單位購置使用，但是真正的 CALMet 中文作品並未曾有任何機構進行研發工作。中國大陸南京氣象學院苗春生副研究員，師承英國愛丁堡大學 Dr. Duncan，亦從 1993 年開始嘗試建立 CALMet 中文模組，可惜截至 1997 年仍未有作品公開發展。日本與韓國的氣象研究與作業單位也未曾有任何學術期刊或研討會發表 CALMet 作品。

筆者於 1994 年冬天首度於台灣大學大氣科學系引介 CALMet 網站的樣本，並於 1996 年開始製作 CALMet 作品，並參與 1997 年 CALMet 研討會 (Lin and Wang, 1997)，該作品並且是亞洲國家的唯一作品。本文擴大整理筆者參與第三屆 CALMet 研討會的與會報告，論述之焦點不在 CAL 電腦軟體的製作以及使用方法，而在於引介現有世界各國重要的 CALMet 作品評介，知彼知己，並期待引起國內氣象界同好之興趣。

第二節將介紹歐美國家四個機構的 CALMet 進展，包括澳洲氣象局訓練中心、美國 COMET、法國 EuroMet 網站以及英國愛丁堡大學氣象系；其中較為特殊的是法國 EuroMet 網際網站，該網站是目前歐洲最具規模的網路型態 COMET 模組，其他國家的 CALMet 作品仍然採用光碟媒體，以便負載動畫、聲音與圖片等高容量的多媒體資訊。第三節回顧台灣大學大氣科學測計實驗室在過去一年製作的 CALMet 作品概要，最後論述 CALMet 在國內外氣象界發展的展望。本文文中所提及的國內外與 CAL 或 CALMet 有關的各網站站址，均集中整理於附錄之中。

## 二、各國 CALMet 發展介紹

### (一) 澳洲氣象局訓練中心

Dr. Ian Bell 是澳洲氣象局訓練中心的 CALMet 設計應用核心人物，他認為個人電腦是 CALMet 作品發揮與推廣的平台，因為該單位採用 Asymetrix Multimedia 的 ToolBook 軟體，大量製作各種小型化、

單一主題的作品，表一整理了這些BMTC作品名稱與內容綱要；其中最著名的作品是「Cloud Identification」(圖2)，其內容是解說雲的屬性以及雲型辨識，已經被世界氣象組織收納為全球氣象訓練教材。由於現今全球電腦市場多媒體周邊設備平價化與光碟片容量的持續增大，BMTC作品的內容也驅於多層次結構與以及多樣化的主題，畫面編

排、美工色彩以及聲音亦逐年增強。BMTC作品的對象設定是它自己的內部員工訓練，或是合作的氣象作業單位，因此其作品大都不必顧及大氣科學理論基礎教育。1993年世界氣象組織於漢城舉辦的亞太區域氣象訓練研習會，以及1996年11月於墨爾本舉辦的亞太地區氣象衛星應用與訓練研習會，都是引用BMTC的CALMet模組進行示範教學。台灣中央

表 1. 澳洲氣象局訓練中心(BMTC)CALMet作品一覽表。

title	description
appicat.tbk	satellite applications
baroleaf.tbk	examples of baroclinic leaf cloud systems
cyclogen.tbk	imagery from about 25 cases cyclogenesis
darwintb.tbk	satellite imagery of thunderstorms near Darwin
downburs.tbk	toolbook program to run downburs.avi
equinox.tbk	equinox, March 1995 - 24 hours of GMS full disk visual imagery
etcsapix.tbk	satellite imagery of an extratropical cyclone and associated cold outbreak
etctemp.tbk	temperature fields associated with the above case
gmills.tbk	two cases studies of cold air cyclogenesis
gravwave.tbk	water vapour imagery
identify.tbk	identify different cloud types
isenflow.tbk	isentropic relative flow analysis example of a baroclinic leaf
karman.tbk	an example of Karman vortices in the lee of new Zealand
kinemat.tbk	Kinematics and frontogenesis
moisten.tbk	an example of moistening of a dry area in the water vapour imagery
potinst.tbk	the development of potential instability by cold, dry air advecting over warm, moist air
proggoes.tbk	example of prognostic GOES imagery
progms.tbk	example of Australian prognostic GMS imagery
rollup.tbk	a large, upper level, cyclonic vortex in the northern Pacific
rotation.tbk	the processes involved in the development of comma cloud systems
ruapehu.tbk	eruption of Mt. Ruapehu (New Zealand)
sevtb.tbk	satellites detection of severe thunderstorms
solsticD.tbk	solstice, December 1994 - 24 hours of GMS full disk visual imagery
solsticJ.tbk	solstice, June 1995 - 24 hours of GMS full disk visual imagery
squalls.tbk	satellites imagery example of two squall lines (SE and NW Australia) and conceptual model
sunglint.tbk	satellite imagery showing good sunglint example
uppcirc.tbk	some examples where the upper circulation is not shown by infra imagery but is clear in the water vapour imagery
worldcld.tbk	world composit satellite imagery
armsl.tbk	Australian Region animated mean sea level analysis sequence
austclim.tbk	Australian monthly cyclonicity and anticyclonicity charts
austmean.tbk	Australian Region mean monthly analyses
bmtc.tbk	Bureau of Meteorology Training Centre: An Overview
clouds.tbk	cloud identification
longwave.tbk	Southern Hemisphere 500 hPa spatially smoothed analysis sequence
sh500.tbk	500 hPa Southern Hemisphere animated sequence
train.tbk	case study using Training Regional Area NWP Model (TRAM)

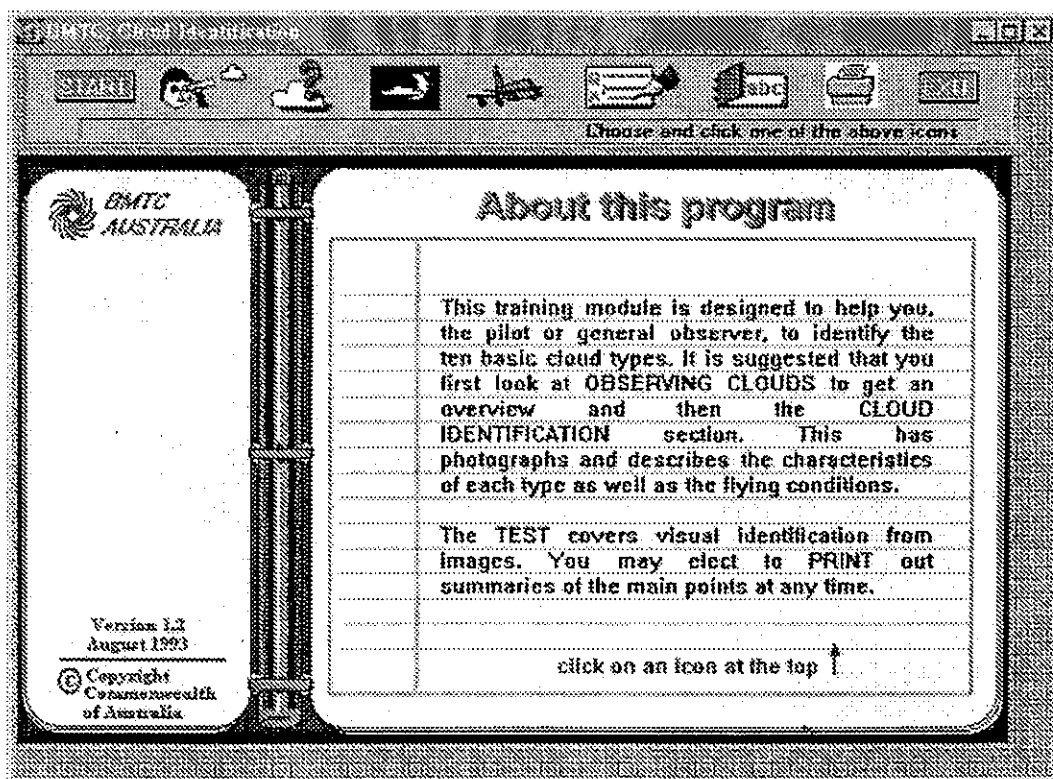


圖 2. 澳洲BMTC CALMet作品「Cloud Identification」畫面。

氣象局也有意引用BMTC的氣象衛星圖CAL辨識練習作品，做為衛星中心工作人員在職訓練之用。BMTC也發展一份可在個人電腦執行的54\*54\*15的區域氣象模式，讓更高階的使用者測試與了解數值天氣預報模式的敏感性問題。綜合言之，BMTC是目前全球政府氣象機構投入CALMet製作最熱烈的單位。

#### (二)美國COMET

COMET於1989年在UCAR成立，其由美國National Weather Service、the Air Weather Service、the Naval Meteorology and Oceanography Command，以及海洋大氣總署(NOAA)共同贊助，因此授課對象是以上述單位的員工以及地球科學教師、院校學生為主。1991年推出第一份錄影帶教學節目，1996年推出第一份光碟版教學節目，其出版的教學訓練教材區分為二大類，一是課堂式面對面輔助教材，一是多媒體居家式自學教材。1997年COMET開始測試透過網際網路與光碟混合型態的線上教學

新型態，引用遠端視訊會議的概念與硬體設備，進行CALMet教材播放。表二是COMET公布的作品，在其網站之上有更詳細的說明與樣本可供參考。由其作品簡介可以發現其所設定的使用對象大氣科學學識程度偏高，然而作品的整體性仍相當完整，從腳本內容、流程安排到各頁的畫面美工都有上乘的品質，由其作品獲得New Media雜誌推選，以及預報員使用後的評語「宛如一位專家坐在你身旁」可見一斑。國內中央氣象局、中央大學大氣物理系以及空軍氣象聯隊等單位均有引進其教學模組產生供做教學與訓練使用，使用者反應堪稱良好。

#### (三)法國EuroMet網站

雖然過去曾有零星光碟教學作品在歐盟國家使用，比如法國作品「METAR電碼」，已被世界氣象組織收納為全球氣象訓練教材，並有法文、西班牙文與英文三種版本。但是考量該地區的政經合作關係與文化語言的複雜性，歐盟決定贊助法國Ecole Nationale de la Meteorologie, Meteo-France

表 2. UCAR/COMET CALMet作品一覽表。

title	media
A Convective Storm Matrix : Buoyancy/Shear Dependencies	CD-ROM
Satellite Meteorology: Remote Sensing Using the New GOES Imager	CD-ROM
Hydrology For The Meteorologist : Basic Hydrology for Headwater Forecasting	CD-ROM
Forecast Process	video-laser / CD-ROM
Anticipating Convective Storm Structure & Evolution	CD-ROM
Fire Weather	CD-ROM
Marine Meteorology	video-laser
Satellite Meteorology: Case Studies Using GOES Imager Data	CD-ROM
Aviation Meteorology: Aircraft Icing	CD-ROM
Satellite Meteorology: The GOES 8 Sounder	CD-ROM
Aviation Meteorology: Low Stratus and Fog	CD-ROM
Extratropical Cyclones	video-laser
Numerical Weather Prediction (NWP)	video-laser
Heavy Precipitation & Flash Flooding	video-laser
Boundary Detection & Convection Initiation	video-laser
Workshop On Doppler Radar Interpretation	video-laser

(National School of Meteorology)製作EuroMet網站，由其負責氣象教育資源統合與CALMet模組製作，讓西歐十五個會員國家共享線上氣象教育資源。EuroMet網站是由Dr. Gondouin領導製作，該網站自從1996年開始建構，1997年完成第一版並公開給會員使用，使用者的評估調查工作預定在1998年年初完成並隨即推出正式版本。由於歐洲聯盟共有十三種官方語言流通，因此EuroMet先期將有四種語言版本，第一份版本的教育內容將先有「衛星氣象」(圖3)與「數值天氣預報」二類。EuroMet最大的挑戰來自線上主從架構(on-line server-client)電腦互動的即時性，以同一類型的美國伊利諾大學大氣科學系Weathe Visualizer網站為例，筆者幾度在不同時段嘗試連線，均因傳輸等待時間過長而放棄。在網路頻寬問題尚未解決之前，EuroMet網站的使用將不甚順暢，不過由於電腦界仍然看好全球網際網路前景，因此網站形態的CALMet也將是世界潮流趨勢。

#### 四英國愛丁堡大學氣象系

英國愛丁堡大學氣象系所經營CALMet網站，是SCHOTI/CAL工作群的重要據點。該網站說明了

如何運用toolbook與Java語言在個人電腦環境下自製作品，並列出了九份小型、有趣又有深度的CALMet作品免費下載使用；其中的「Vorticity」、「Ageostrophic motion」與「synoptic code quiz」來自U.K. Meteorology Office College，前二作品融合了數學公式、物理圖解與天氣圖實例，相當值得大學的動力學與天氣學教學參考使用。「Synoptic code quiz」以有趣的圖形猜題方式來進行地面電碼辨識練習，適合天氣學實習課程以及新進觀測員作業練習使用。網站負責人Dr. Duncan於1993年教授年度休假時間造訪BMTC，亦曾受邀短期指導大陸南京氣象學院；該系最近作品是在歐盟EuroControl贊助下製作一份飛航管制人員使用的CALMet教材(Duncan and Drain, 1997)，圖4.即是該作品之中，假設某一種天氣形態下的哥本哈根機場客機降落導航模擬的動態畫面；透過這份作品Dr. Duncan藉以說明CALMet的流程製作並不困難，可以利用市面上的商用軟體如Photoshop、Corel Draw、Word 95、Excel 95與VR 2.0，完成CAL模組的架構，他並且強調CALMet作品內容的適用與否，是需要使用者與研製者(電腦程式設計師)雙方的充分溝通合



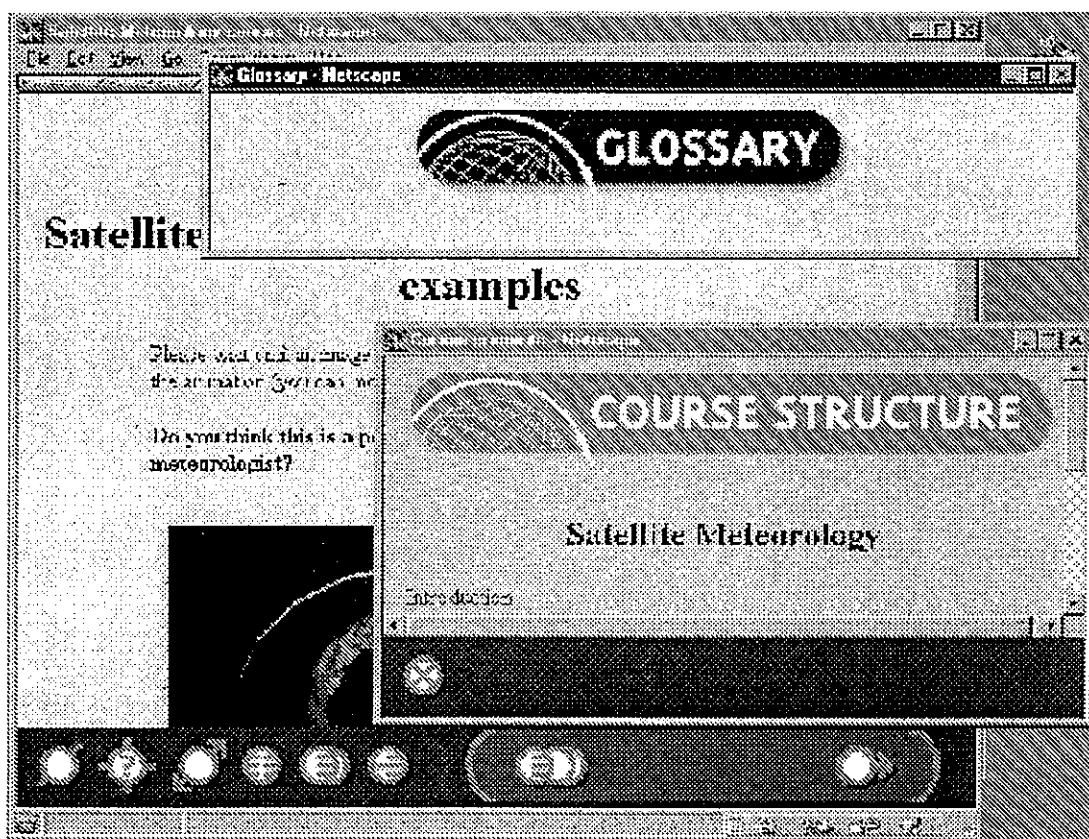


圖 3. 法國EuroMET網站的衛星氣象課程畫面。



圖 4. 歐盟EuroControl 飛航管制CALMet作品「Aviation Meteorology」畫面之一，客機導航降落動畫。

作，以及具備氣象學識人員的居中參與，才能克盡全功。

### 三、台灣大學大氣科學系CALMet進度

1993年台灣大學大氣科學系引進中央氣象局WINS系統，做為「天氣學實習」課程的教學輔助設備。CALMet網站內容在1995年春天首度被筆者引介於該系，並將BMTC的Cloud Identification模組應用於「大氣測計學」雲觀測單元，學生上課使用反應熱烈。林等(1996)開始嘗試模擬美國國家大氣研究中心整合探空系統之中的工作站資料即時整合軟體，在UNIX作業系統之下以X-window的Motif視窗管理軟體，撰寫氣象資料整理繪圖的交談式視窗介面，踏出自製CALMet作品的第一步。為了進一步引用電腦多媒體功能，以及考量經費與程式設計人力問題，後續的CALMet作品開始在個人電腦平

台上製作，並引用多媒體製作相關軟體(如Authorware、Media-studio、photoshop、Corel Draw)以及視窗管理軟體(如Delphi)。表3是各作品依完成時間先後次序的一覽表，其中的「東亞夏季季風環流」(圖5)是以筆者的博士論文(林，1996)第一章內容為腳本，並隨機取樣該系大二到大四的30位同學進行使用後的問卷調查，以了解使用者層面的反應(林等，1997)；大體而言，高年級學生對季風學術主題較有共鳴，低年級學生則重視作品的趣味性，但是二者都認為該份作品的線上輔助文件與音效需要特別加強。顯然CALMet作品製作後的評估工作以及評估方式的專業性，也是不可或缺的環節。「Cocktail」(圖6)是改編自美國氣象期刊Weatherwise的「Using your computer」專欄中的十二份Basic程式(表4)，以C語言和Win95視窗環境重新換裝；內容多樣並且記憶容量甚小，從彩虹光學

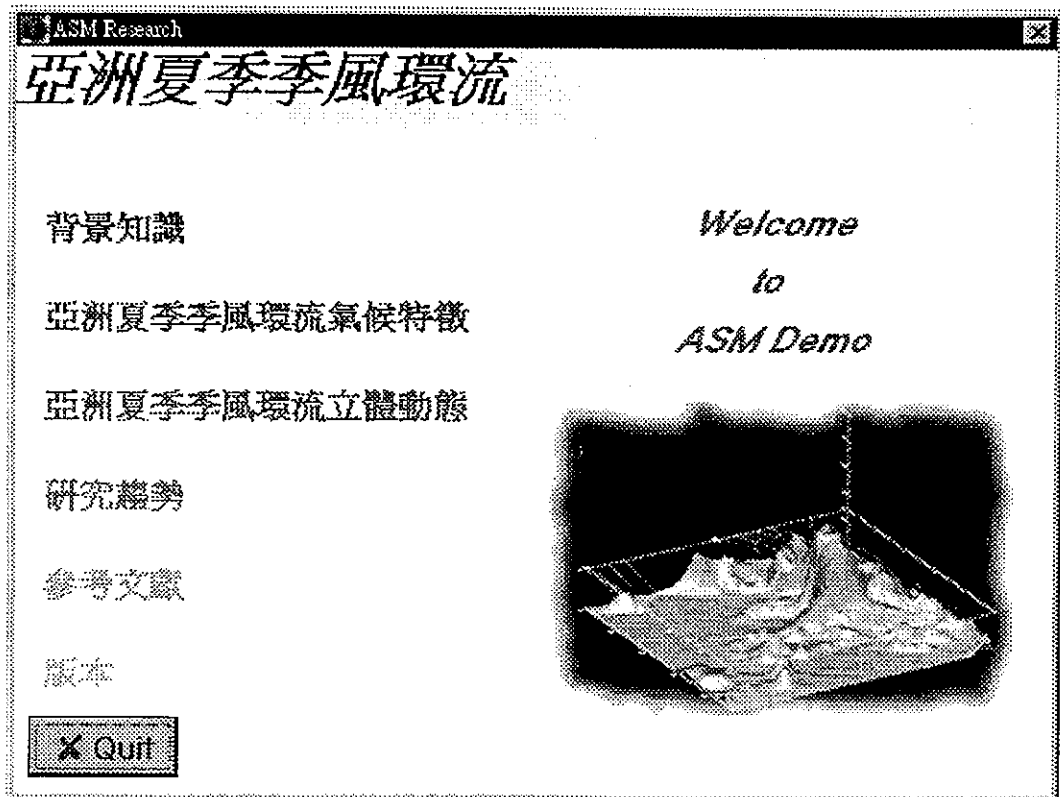


圖 5. 台灣大學大氣科學系CALMet作品「東亞夏季季風環流」首頁畫面。

表 3. 台灣大學大氣科學系大氣測計實驗室作品一覽表。

作品名稱	製作期間
東亞夏季季風環流	1996年7月-12月
cocktail	1997年2月-4月
系所簡介-多媒體篇	1997年3月
雲的家族	1996年7月-1997年4月
Living Game	1997年5月
雲與氣懸溶膠實驗	1997年6月
3D動畫實驗	1997年6月

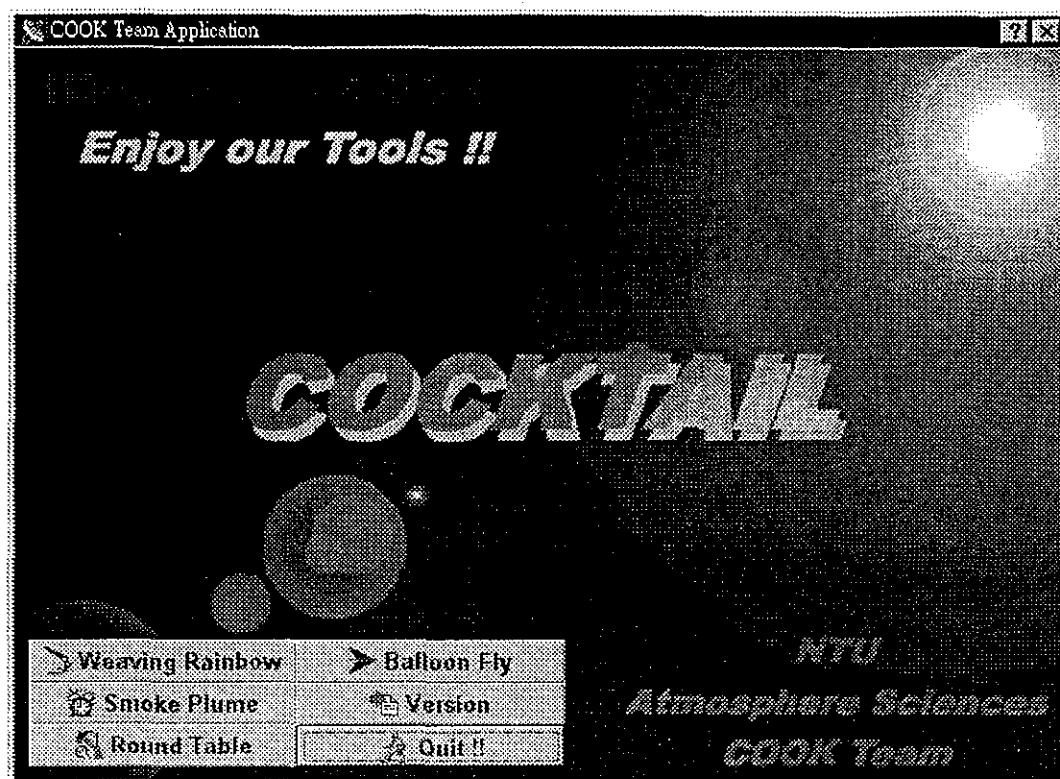


圖 6. 台灣大學大氣科學系CALMet作品「Cocktail」首頁畫面。

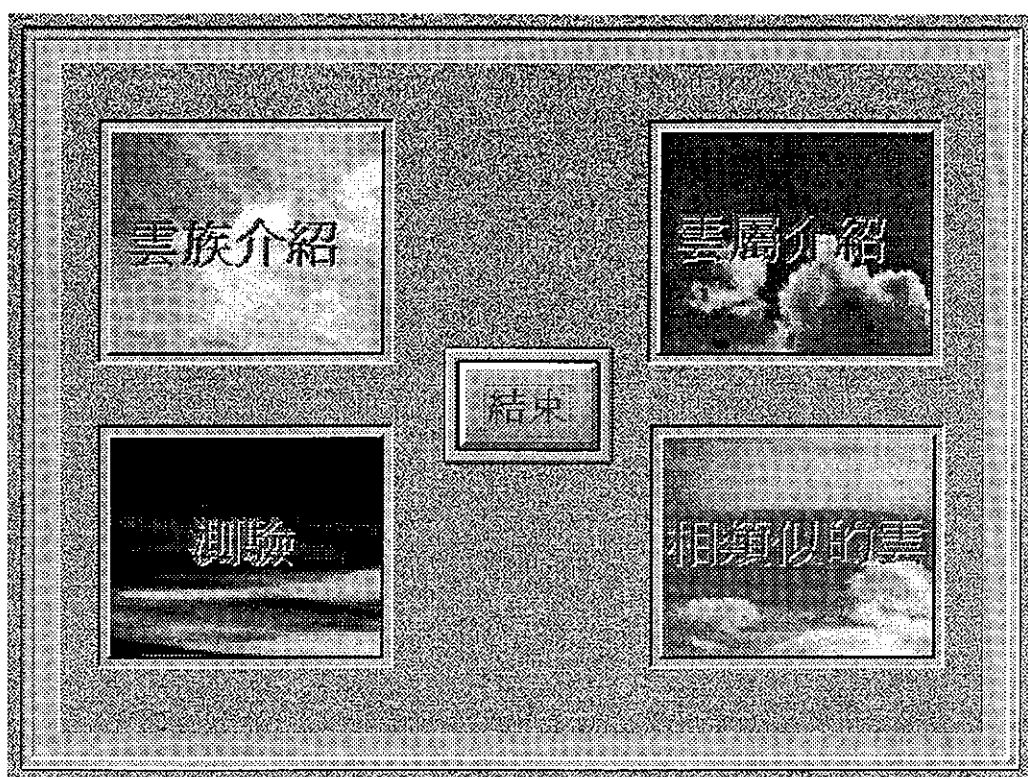


圖 7. 台灣大學大氣科學系CALMet作品「雲的家族」首頁畫面。

表 4. 台灣大學大氣科學系CALMet作品「Cocktail」所引用的美國氣象期刊Weatherwise「Using your computer」專欄中的文章名稱一覽表。

名稱	出版月份年度
Solar Energy Budget	October, 1985
The Beaufort Wind Scale	October, 1986
Great Circle Navigation	October, 1987
The Drunkard's Walk: A Monte Carlo Simulation of Smoke Plumes	June, 1988
A Wind Analysis Program	August, 1988
Coping with Uncertainty	August, 1989
The Wind Above the Willows	April, 1990
Estimating Smokestack Pollution Concentrations	June, 1991
Calculating Precipitable Water	October/November, 1991
Weaving Rainbows. part 1, The Rainbow Beam	April/May, 1993
Weaving Rainbows. part 2, Dotting the Bow	June/July, 1993
Why does it rain ?	December 1994/January, 1995

成像原理、雲滴碰撞合併、氣球立體軌跡追蹤到煙團擴散模擬等等，完整的磁片與文件說明收錄在教育部八十六學年度「改善大學基礎科學物理地科組教材」。「雲的家族」(圖7)是與南投開南工商專校資訊管理科王天胤老師合作，在1997年春天定稿，該作品是仿照BMTC的「Cloud Identification」作品風格，介紹雲屬、雲族的照片與其特征說明，以及彼此之間的異同之處，並有看雲圖猜雲屬種類的趣味測驗；該作品曾報名參加教育部舉辦的「校園軟體創作獎勵」競賽，可惜未獲評審青睞。「Living Game」(圖8)是一份迷你型的CAL作品，腳本取材自英國數學家J.H. Conway的生命遊戲概念，由 $100 \times 100$ 矩陣的0(die, 空白表示)與1(live, 黑格表示)初始分布(可隨機或刻意指定)，按照使用者給定的生死規則來演變發展；這一作品理念原本是筆者教授Fortran電腦語言的邏輯與迴圈練習題，經過Delphi視窗軟體包裝Fortran程式後的邏輯遊戲。「雲與氣懸溶膠實驗」是陳正平副教授與筆者

在台灣大學大氣科學系合開的選修課程，課程之中的龍捲風模擬實驗(圖9)以及學生的期末實驗均被錄影處理，實驗之中的重要步驟再被剪接成數位動畫，並搭配學生的文字報告內容混合編輯在光碟片，以便日後教學參考使用。

#### 四、總結與未來展望

##### (一) CALMet技術發展趨勢

CALMet作品目前是以光碟為主要媒介，製作工具大都採用市面上普及性高的電腦軟體；未來CAL或CALMet的技術發展方向有二，一是以網際網路為傳播方式與途徑，二是資料內容立體化與虛擬化。目前在網際網路上已有許多國外大氣科學方面的教育資源網站，並有大規模的網路氣象資料庫型態出現，比如伊利諾大學的Weather Visualizer、美國Lawrence Livermore National Laboratory的Program for Climate Model Diagnosis and Intercomparison(PCMDI)網站，以及美國NOAA/

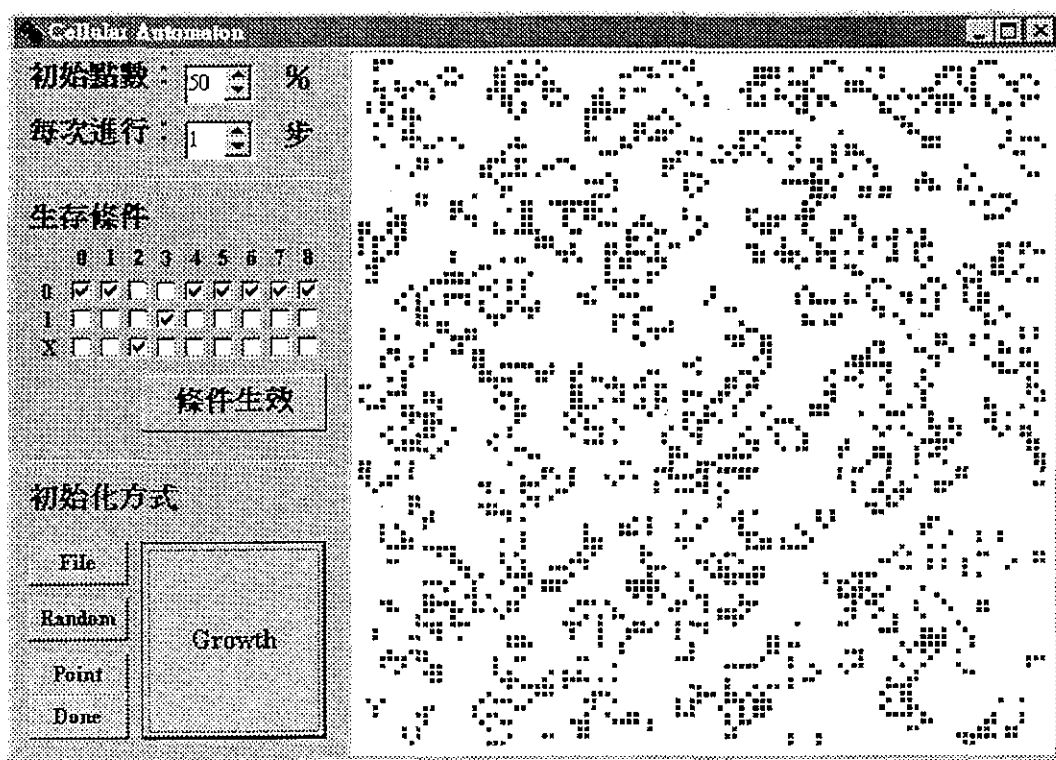


圖 8. 台灣大學大氣科學系CALMet作品「Living Game」畫面。

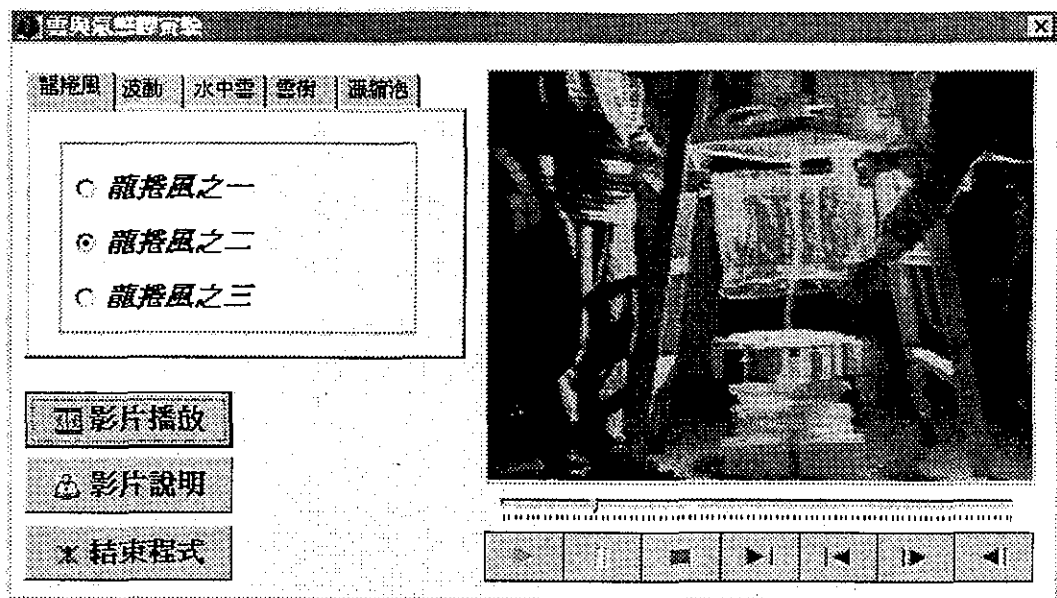


圖 9. 台灣大學大氣科學系CALMet作品「雲與氣懸溶膠課程」龍捲風模擬實驗畫面。

National Climatic Data Center的 CLIMVIS網站，都讓使用者直接線上選取其天氣圖表與數值模式產品資料庫內容，播放觀看。由於電腦工商界看好全球網際網路前景，已經開始發展網路使用者介面(Network User Interface, NUI)，擬進一步重整個人電腦桌面視窗功能，將使用者與電腦之間的互動關係，由現今的現行的圖形使用者介面(GUI)硬碟、目錄存取過程，改進為網路瀏覽器、網路伺服器存取過程。因此，CALMet也需要朝向網路傳播的方向發展製作。此外，為了讓CALMet內容生動化，立體動畫製作與播放等技術也需要加以考慮；這一技術除了可以運用於數值天氣模式輸出的網格資料，做為研究與作業之資料分析工具，也可以將上述過程轉化成CALMet作品來使用；1988年美國依利諾大學Visualization Teamy在超級電腦上所製作的雷雨胞數值模擬立體動態畫面，就現今電腦硬體科技技術層面而言，已經不再遙不可及。筆者曾利用市面上頗受歡迎的3D Studio軟體，在個人電腦平台上製作冷暖氣團交會的立體動態畫面(圖10)，用以表達較完整的氣旋發展過程，讓大氣運動的流體特性突顯出來。筆者也將與郭鴻基教授在1997年秋季合開「大氣數值實驗」課程，課程設計即以現成

的數值天氣模式加上圖形視覺軟體，透過電腦工作站進行多維網格資料的動態繪圖與討論，讓修課學生能更容易地了解大氣動力、輻射、雲物理等一些觀念。

#### □CALMet的未來發展

以上第二與第三節內容說明了國內外學術與作業機構的CALMet進展。國外方面，結合歐洲、美國與澳洲的SCHOTI/CAL工作群自從1992年成立至今，已有若干作品流傳以及三次國際性研討會的交流活動；英國皇家氣象學會於1984年發起的International Conferences on School and Popular Meteorological and Oceanographic Education,1996年第五屆研討會於愛丁堡大學舉行，而1999年第六屆研討會則選定於澳洲舉行；澳洲墨爾本大學Science Multimedia Teaching Unit亦邀請1999年的第四屆CALMet年度研討會與其當年的夏季研討會串連舉辦，以便能讓更多的地球科學學者與中小學教師有機會認識與使用CALMet各種作品。明顯地，經過SCHOTI/CAL工作群四年來的推展成果，已經獲得各國氣象機構與教育團體的認同與肯定，今後SCHOTI/CAL工作群仍將繼續是領導全球CALMet的主流。國內方面，CALMet理念雖然是陌生名詞，

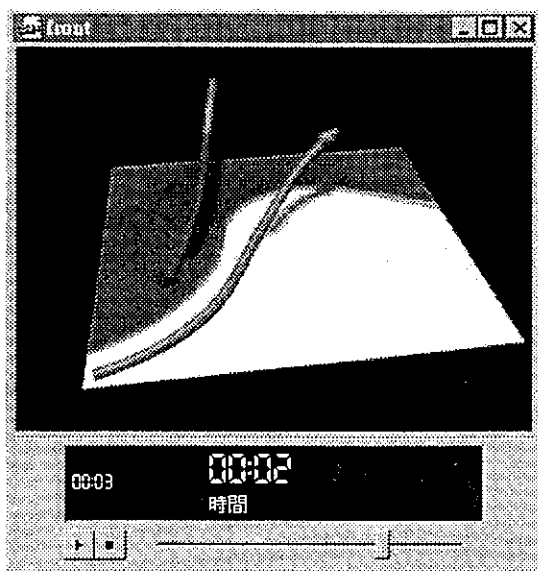


圖 10. 台灣大學大氣科學系CALMet作品「3D動畫實驗」之一，冷暖氣團交會立體示意圖。

但是筆者深信國內氣象界的接受度是毋庸置疑的。目前國際網路已有中央氣象局、國家科學委員會「大氣研究資料庫」、台灣大學大氣科學系大氣測計室、中央大學洪秀雄教授等大氣科學網路資源網站；但是真正開始進行CALMet中文光碟作品製作，目前只有台灣大學大氣科學系默默耕耘。

Dr.Duncan一再強調CALMet的流程製作並不困難與昂貴，可以利用市面上的商用軟體完成CAL模組的架構，但是他強調CALMet作品內容的適用與否，是需要程式設計師、氣象專業人員、使用者三方的充分溝通合作，再透過科學的評估方法修正作品的瑕疵，才能克盡全功。過去一年台灣大學大氣科學系的CALMet作品製作，在製作流程摸索以及應用軟體功能試驗所耗費的時間比例偏高，而在腳本撰寫的心思以及畫面美工細緻方面貧弱不少，並且作品的試用評估付之闕如；整體而言，台灣大學的CALMet作品實用性相對於國外作品，仍有一段距離待迎頭趕上。個人亦認為CALMet在台灣發展的最大的隱憂，在於教師群的投入程度與程式人才的延續。為了吸引氣象教師或資深氣象作業人員的製作意願，一種更簡便的超媒體課程製作作用的語言需要被開發出來，因為即使功能齊全的商用電腦軟

體，每一種軟體以及各種軟體之間的靈活使用，都需要專職人力的時間投入才能運用自如。此種針對課程編排的超媒體課程語言，已經在空中大學進行研發(楊，1996)，據私人聯繫得知該語言預定在1997年冬天完成推出。

總而言之，歐美先進國家教育資源之公開化與電腦化速度，讓我們感到汗顏並待學習與仿效。從BMTC、COMET以及EuroMET的發展例子可以發現，氣象作業單位的需求才是CALMet發展的最大動力，因此筆者呼籲國內民用與軍方氣象作業單位，慎重考量CALMet的發展與應用對其業務輔助與精進之可能。國內氣象界如果一味因循惰性，以為購買現成套裝電腦軟體或是截取他人網站資源省時又省錢，而不開始累積CALMet人才與經驗，日後將真正淪落成科技強國的電腦奴隸；更令人不安的是，彼岸氣象界目前雖然電腦設備落後，但是其人力充裕的優勢，一旦用心投入CALMet軟體製作，將是我們最大的競爭對手。本文內容雖然僅陳述電腦輔助學習的優點與應用，但是最終目標是在於呼籲國內大氣科學界，透過CALMet來思考如何善用電腦科技與資源，讓大氣科學學門領域借力使力，更上一層樓。

## 五、致 謝

筆者要向台灣大學大氣科學系大氣測計實驗室的電腦工作小組致敬，他們是陳英浩、徐彰健、陳奕良、何孟翰與吳健銘同學。該實驗室的CALMet部分作品於教育部八十六會計年度「大學基礎科學物理地科類改善教學」計劃項下贊助。

## 六、附 錄

本文文中所提及的各機構網站地址：

單位或站名/URL

中央大學洪秀雄教授→<http://www.lib.ncu.edu.tw/~hong/atmhmpg/atmhome.htm>

中央氣象局→<http://www.cwb.gov.tw>

中華民國電腦輔助教學學會→<http://doc.yzit.edu.tw/acbe/acbehome.html>

台灣大學大氣測計實驗室→<http://ram.as.ntu.edu.tw>

交通大學「珊瑚系統」→<http://coral.cis.nctu.edu.tw>

美國伊利諾大學大氣科學系，合作視訊→<http://www.atmos.uiuc.edu/geosciences>  
 美國伊利諾大學大氣科學系 Weather Visualizer→  
<http://covis.atmos.uiuc.edu/covis.visualizer>  
 Beauru of Meteorology,Australia→<http://www.bom.gov.au>  
 Department of Meteorology,University of Edinburgh,  
 U.K.→<http://www.met.ed.ac.uk>  
 EuroMET→<http://www.euromet.meteo.fr>  
 Lawrence Livermore National Laboratory/PCMDI→  
<http://www.pcmdi.llnl.gov>  
 NOAA/NCDC/CLIMVIS→<http://www.ncdc.noaa.gov/onlineprod/drought/xmgr.html>  
 SCHOTI/CAL working group→<http://www.met.ed.ac.uk/calmet>  
 UCAR/COMET→<http://www.comet.ucar.edu>  
 University of Wisconsin/McIDAS→<http://www.ssec.wisc.edu/software/mcidas>

## 七、參考文獻

- 林博雄，1996：亞洲夏季季風環流與梅雨鋒。台灣大學大氣科學研究所博士論文。
- 林博雄、陳奕良、徐彰健，1996：大氣觀測資料整合處理的電腦視窗設計，第五屆全國大氣科學研討會論文彙編，238-245。
- 林博雄、陳英浩、張然峰，1997：氣象資料視覺化的應用：亞洲夏季季風環流的演變。天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局，499-509。
- 孫春在、周倩，1996：電腦網路與遠距合作學習—珊瑚學習環境簡介。高速計算世界，4,28-31。
- 陳德懷，1997：智慧型電腦輔助學習研究群成果簡介。科學發展月刊，25，386-390
- 游寶達，1997：遠距教學。資訊與教育，58，序言。
- 張美珍，1997：科學博物館的資訊教育。科技博物，1(4)，30-41。
- 程家平，1992：WINS整體系統設計。天氣分析與預報研討會論文彙編，中央氣象局，327-334。
- 楊家興，1996：超媒體課程軟體的發展工具。高速計算世界，4，32-37。
- Bell, I. 1994：Computer aided learning in meteorology. WMO Bulletin，43，318-325。
- Duncan, C.，1993：Computer-aided learning in meteorology:current status. WMO Bulletin，42(2)，137-141
- Duncan,C.and A. Drain，1997：Developing a CAL course:a case study. 1997 Joint assemblies of the international association of meteorology and atmospheric sciences & international association for physical sciences of the oceans. WM1-5。
- Lin,P.H. and T.E. Wang，1997：CALMet program in NTU/ATM。1997 Joint assemblies of the international association of meteorology and atmospheric sciences & international association for physical sciences of the oceans. WM1-1。
- Papert, S.，1996：The Connected Family—Bridging the Digital Generation Gap。
- Longstreet Corp.press.
- Suomi, V. E., R. FOX, S. Limaye and W. L. Smith，1983：McIDAS III: a modern interactive data access and analysis system。J. Appli. Meteor.，22，766-778。



# INTRODUCTION TO COMPUTER AIDED LEARNING IN METEOROLOGY

**Po-Hsiung Lin**

Department of Atmospheric Sciences

National Taiwan University

## ABSTRACT

As a result of rapid increase on personal computer users, multi-media CD-ROM and world-wide web internet have been greatly challenging the traditional deucation system. Searching for a way to convert computer utilities into useful tools for teaching and learning has become an important responsibility for all instructors. Progress in developing computer-aided learning in meteorology (CALMet) for four foreign institutions — Bureau of Meteorology Training Center in Australia,UCAR/COMET in the United States, EuroMET in Europe and the Department of Meteorology, University of Edinburgh, U.K.—is introduced in this paper. The current status of CALMet development in the *Department of Atmospheric Sciences, National Taiwan University* is also reviewed. It is suggested that our meteorology community has to put more effort on the CALMet development.

Key words: computer-aided learning, internet, multi-media

# 民國83年颱風調查報告—道格颱風(9413)

呂 國 臣

中央氣象局氣象預報中心

## 摘 要

本文針對道格(Doug)颱風的發生經過、路徑、侵台時各氣象要素和主、客觀路徑預報模式的校驗做分析探討。

道格颱風是在關島西北西方海面形成的，其路徑大致呈拋物線型式向西移動，朝台灣東北部方向而來，其強度一度增強為強烈颱風，在登陸台灣東北角前已減弱為中度颱風，最後在通過台灣向北進入東海打轉數天後減弱為熱帶性低氣壓。雖然道格颱風中心僅從台灣東北部通過，但是卻造成台灣地區民眾傷亡和農作物之損失。

由道格颱風侵台時的風雨資料分析顯示，道格颱風造成台灣中部以北地區出現豪雨，而山區之雨勢尤大。另外，在台灣東半部地區有明顯焚風發生。在風力方面，主要是在暴風半徑影響的東北部有較強的風力發生。

路徑方面，由於可能受台灣地形影響，颱風中心接近台灣東北角時，有向陸地偏向的現象。路徑預報誤差方面，中央氣象局動力模式(原始方程模式及相當正壓模式)24小時預報誤差約188公里，48小時預報誤差約400公里，中央氣象局24小時及48小時官方主觀預報誤差分別為155公里及260公里。

關鍵詞：最佳路徑，豪雨。

## 一、前 言

道格颱風是1994年在西北太平洋地區發生的第十三個颱風，也是民國八十三年第三個侵台的颱風。道格颱風於八月三日在關島西北西方形成之後便快速發展，並且以拋物線路徑通過台灣東北角地區，八月十二日0600UTC進入黃海之後強度逐漸減弱為熱帶性低氣壓，共歷時九日之久。

雖然道格颱風僅從台灣東北角地區通過，但在影響台灣期間其強度仍保持中度強度，因此在台灣各地區造成不同程度的災情。另外，由於颱風通過台灣四天後引進旺盛的西南氣流，造成台灣南部地區發生嚴重水患。

本文對有關道格颱風形成及經過之綜觀分析，在第二節中討論；第三節、第四節將分別分析其強度和路徑方面情況，以及有關最佳路徑與主客觀路徑預報之比對；至於受道格颱風影響之各地風雨分

布，則在第五節詳細分析；第六節為災情之綜合報告；第七節為結論。

## 二、道格颱風的發生及經過

八月三日十四時(0600UTC)道格颱風在關島西北西方約七百公里附近海面形成(北緯15.3度，東經139.2度)，當時輕度颱風凱特琳(9412)正侵襲台灣地區(圖1)，而西北太平洋地區地面副熱帶高壓中心位於日本附近。18小時後八月四日0000UTC道格颱風增強為中度颱風，而凱特琳颱風則剛通過台灣，即將登陸大陸(圖2)，副熱帶高氣壓的位置變化並不大，由當時500hpa天氣圖分析(圖3)發現，5880gpm等高線的軸線位於北緯30度以北，其北方並沒有深槽出現。24小時後(八月五日0900UTC)道格颱風增強為強烈颱風，凱特琳颱風登陸大陸之後減弱為熱帶性低氣壓(圖4)，

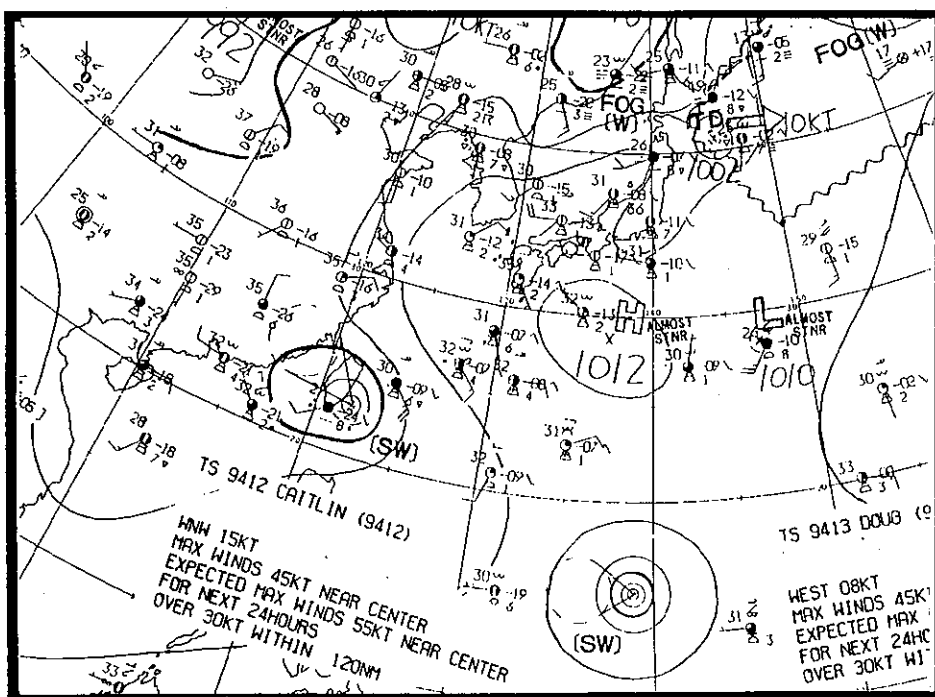


圖 1. 83年3月3日14時東亞地區地面天氣圖

Fig. 1. Surface chart at 06Z 3 AUG 1994

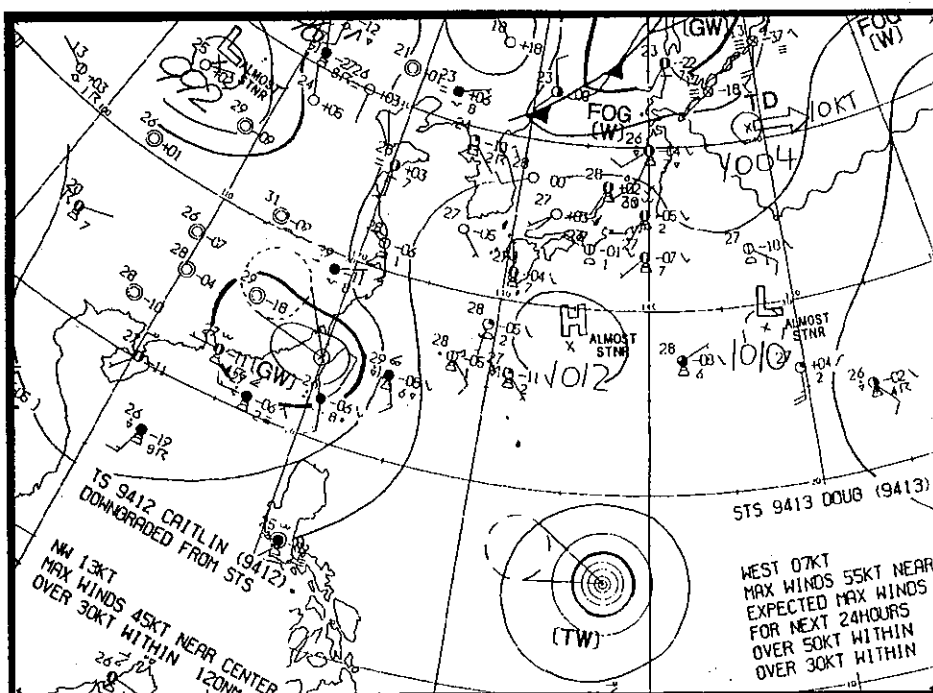


圖 2. 83年8月4日8時東亞地區地面天氣圖

Fig. 2. Surface chart at 00Z 4 AUG 1994

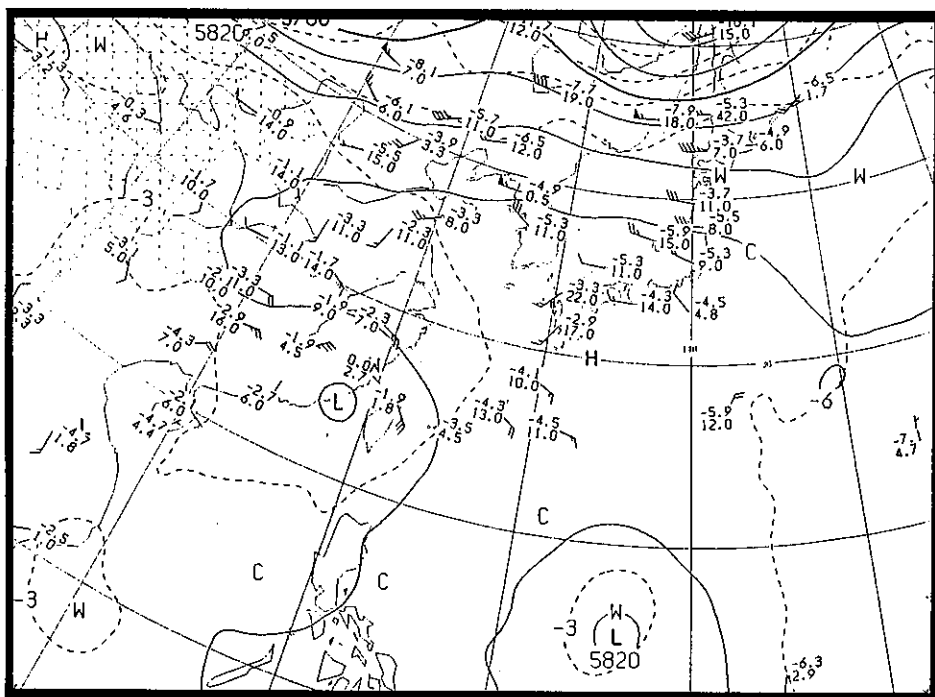


圖 3. 83年8月4日8時500百帕天氣圖

Fig 3. 500hPa chart at 00Z 4 AUG 1994

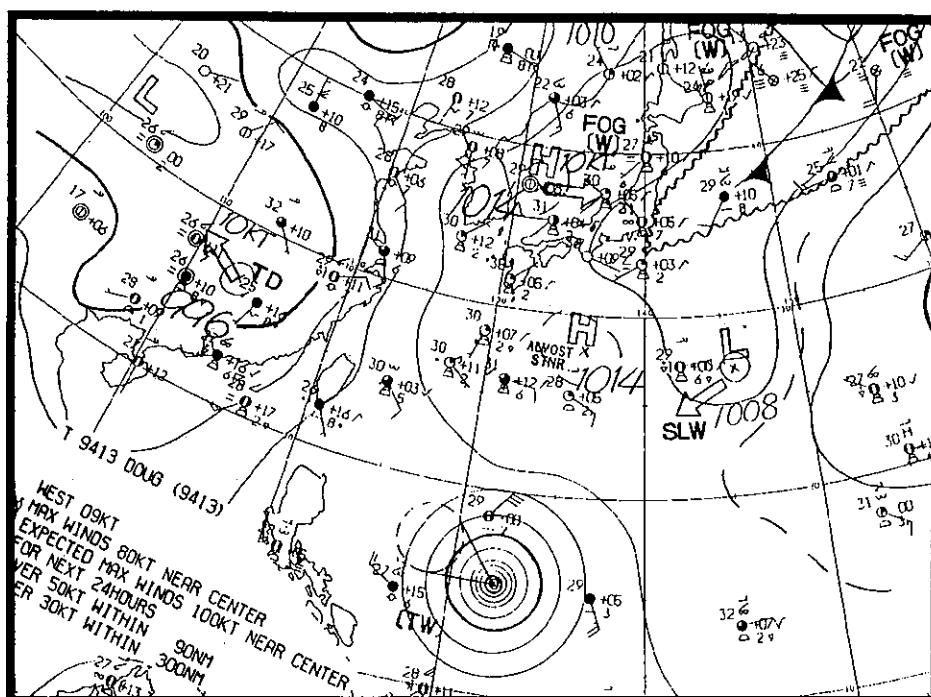


圖 4. 83年5月8時東亞地區地面天氣圖

Fig 4. Surgace chart at 00Z 5 AUG 1994

其後道格颱風路徑開始轉向西北西，由當時500hpa天氣圖(圖5)與其前24小時之500hpa天氣圖(圖3)比較可以發現，原位於大陸華中之副熱帶性高氣壓已有東退減弱的現象。

八月六日清晨九時，中央氣象局對巴士海峽及台灣東南部海面發布海上颱風警報，當天下午陸續發布海上陸上颱風警報(表1)，八月八日凌晨道格颱風登陸台灣東北角，八月九日清晨，當道格颱風進入東海，並朝北移動之後，中央氣象局才解除道格颱風警報。八月十日當其進入黃海南部之後，其中心便呈打轉現象，且強度緩慢減弱，直到十二日中午才減弱為熱帶性低氣壓。不過在其北上打轉期間卻給台灣地區引進相當旺盛的西南氣流，造成南部地區發生嚴重水患。

### 三、道格颱風強度及路徑分析

道格颱風形成為颱風之後即快速發展，生成十八小時後(八月四日0000UTC)增強為中度颱風(表

2)，更在30小時後(八月五日0600UTC)發展成強烈颱風。由形成輕度颱風至發展成強烈颱風僅48小時，即使以衛星強度估計之T指數(T Number)而言(表3)也在八月三日0600UTC至八月五日0000UTC期間由T2.5增至T5.5，所以道格颱風是一個快速發展的颱風。當道格接近台灣陸地時(八月七日1200UTC)，其強度減弱為中度颱風，更在其進入東海之後減弱為輕度颱風，最後在黃海打轉兩天之後減弱為熱帶性低氣壓，其生命期共歷九天左右。

路徑方面，在道格颱風生成發展期間(八月三日0000UTC至八月十五日0000UTC)，主要向西移動(圖6)，但增強為強烈颱風後，即以西北西轉北的拋物線型式通過台灣東北角往東海移動，進入黃海時，打轉兩天才逐漸減弱消失。

移動速度方面，在登陸台灣前的拋物線路徑上，時速大多維持在20至30公里左右，俟其轉向偏北移動後(八月八日1200UTC起)速度有減慢的情形，尤其在進入東海後一度更有滯留現象。

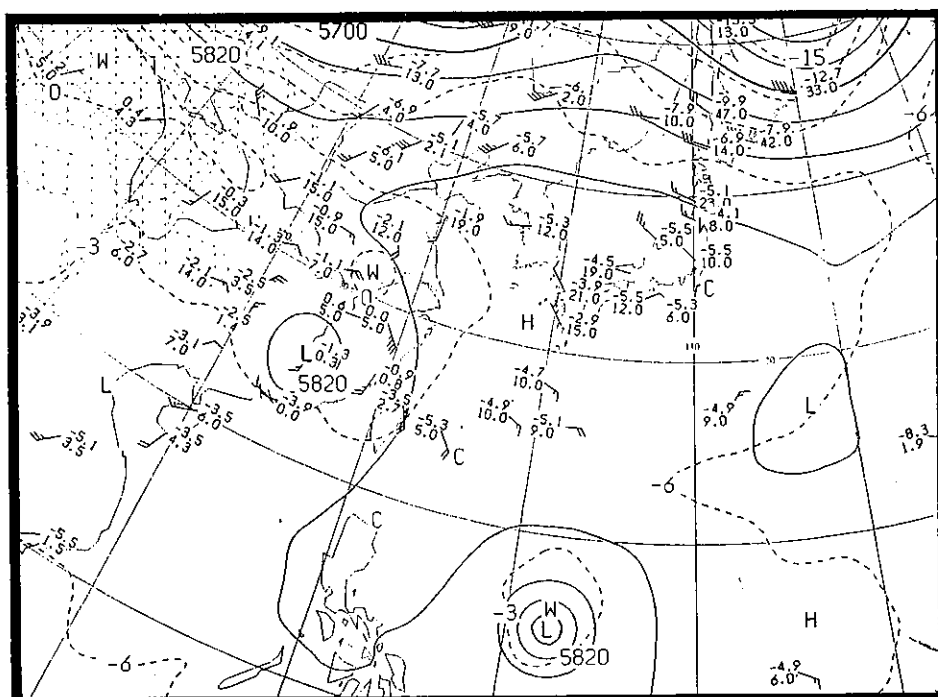


圖 5. 83年8月5日8時500百帕天氣圖

Fig 5. 500hPa chart at 0500UTC OF AUG., 1994

表 1. 道格颱風侵台期間中央氣象局警報發布一覽表

Table 1. Warning schedules issued by CWB for Typhoon Doug

種類	次序	號	報	日	時	分	警戒地區		備註
							海上	陸上	
海上	3	1	6	9	10		巴士海峽及台灣東南部海面		強烈
海上	3	2	6	11	25		巴士海峽及台灣東南部海面		強烈
海陸	3	3	6	14	30		巴士海峽及台灣東南部海面	台東地區及恆春半島	強烈
海陸	3	4	6	17	30		巴士海峽及台灣東南部海面	花蓮、台東地區及恆春半島	強烈
海陸	3	5	6	20	40		台灣北部、東北部海面及巴士海峽	宜蘭、花蓮、台東地區及恆春半島	強烈
海陸	3	6	6	23	30		台灣北部、東北部海面及巴士海峽	宜蘭、花蓮、台東地區及恆春半島	強烈
海陸	3	7	7	2	40		台灣附近各海面及巴士海峽	台灣各地區	強烈
海陸	3	8	7	5	30		台灣附近各海面及巴士海峽	台灣各地區	強烈
海陸	3	9	7	8	50		台、澎、金、馬各海面及巴士海峽	台灣各地區及金門、馬祖地區	強烈
海陸	3	10	7	11	15		台、澎、金、馬各海面及巴士海峽	台灣各地區及金門、馬祖地區	強烈
海陸	3	11	7	14	30		台、澎、金、馬各海面及巴士海峽	台灣各地區及金門、馬祖地區	強烈
海陸	3	12	7	17	30		台、澎、金、馬各海面及巴士海峽	台灣各地區及金門、馬祖地區	中度
海陸	3	13	7	20	45		台灣附近海面、馬祖海面及巴士海峽	台灣各地區及馬祖地區	中度
海陸	3	14	7	23	20		台灣附近海面、馬祖海面及巴士海峽	台灣各地區及馬祖地區	中度
海陸	3	15	8	2	20		台灣附近海面、馬祖海面及巴士海峽	台灣各地區及馬祖地區	中度
海陸	3	16	8	5	20		台灣附近海面、馬祖海面及巴士海峽	台灣各地區及馬祖地區	中度
海陸	3	17	8	8	40		台灣附近各海面及馬祖海面	嘉義以北、澎湖、馬祖及東部地區	中度
海陸	3	18	8	11	25		台灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、馬祖及東部地區	中度
海陸	3	19	8	14	25		台灣海峽、台灣北部、東北部海面及馬祖海面	新竹以北、宜蘭、蘇澳、馬祖地區	中度
海陸	3	20	8	17	25		台灣海峽、台灣北部及東北部海面	新竹、桃園、台北及基隆地區	中度
海上	3	21	8	20	20		台灣北部海面		中度
海上	3	22	8	23	40		台灣北部海面		中度
海上	3	23	9	2	20		台灣北部海面		中度
解除	3	24	9	6	15			南部、東南部及中部山區將有豪雨	中度

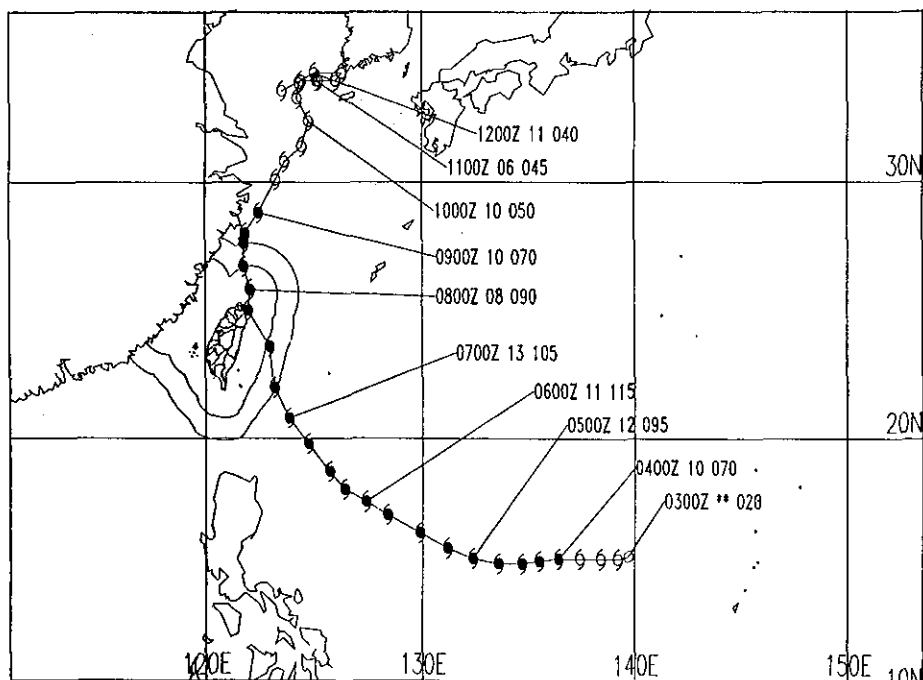


圖 6. 道格颱風之最佳路徑圖

Fig 6. The best track of typhoon Doug

表 2. 道格颱風強度、定位、移向、移速及暴風半徑資料表

Table 2. The best track information of Doug

時間(Z) 月日時	經度	緯度	中心氣壓 (hPa)	最大風速 (m/s)	暴風半徑 (km)	移動方向	移動速度 (km/hr)
080306	15.3N	139.2E	998	35	100	260	5
080312	15.3N	138.4E	992	45	100	270	8
080318	15.3N	137.4E	985	60	120	270	10
080400	15.3N	136.4E	978	70	150	270	10
080406	15.2N	135.5E	970	70	200	265	9
080412	15.1N	134.7E	965	90	250	265	8
080418	15.1N	133.6E	955	95	250	270	11
080500	15.3N	132.4E	945	95	300	280	12
080506	15.7N	131.2E	940	105	300	290	12
080512	16.3N	129.9E	940	110	300	295	14
080518	17.0N	128.4E	935	115	300	295	16
080600	17.5N	127.4E	930	115	300	300	11
080606	18.0N	126.4E	930	115	350	300	11
080612	18.7N	125.7E	930	115	350	315	10
080618	19.8N	124.7E	935	110	350	320	14
080700	20.8N	123.8E	935	105	350	320	13
080706	22.0N	123.1E	938	105	350	330	14
080712	23.5N	122.8E	945	95	300	350	15
080718	25.0N	122.1E	945	95	300	335	16
080800	25.7N	121.9E	945	90	300	345	7
080806	26.7N	121.7E	950	80	250	350	10
080812	27.6N	121.7E	958	75	200	000	9
080818	28.0N	121.8E	958	75	200	010	4
080900	28.8N	122.4E	970	70	200	035	10
080906	30.1N	123.2E	975	60	200	030	15
080912	30.8N	123.6E	978	60	200	025	8
080918	31.4N	124.4E	978	60	200	050	9
081000	32.4N	124.7E	982	50	150	015	10
081006	33.3N	124.2E	982	50	150	335	10
081012	33.9N	124.3E	985	45	150	010	6
081018	34.0N	124.4E	985	45	150	040	1
081100	34.0N	125.1E	985	45	150	090	6
081106	34.0N	125.2E	990	45	150	090	1
081112	34.0N	126.0E	990	40	120	090	7
081118	34.3N	126.3E	992	40	120	040	4
081200	34.3N	125.0E	992	40	120	270	11
081206	33.6N	123.5E	995	30	120	240	14

表 3. 中央氣象局衛星中心道格颱風定位及強度估計資料表

Table 3. The eye fix data for typhoon Doug by CWB Satellite Center

時間(Z) 月日時分	緯度	經度	PCN	強度估計 T#/CI#
08030600	15.3N	139.2E	5	25/25
08031200	15.6N	138.2E	5	35/35+
08031800	15.4N	137.3E	4	40/40+
08040000	15.5N	136.4E	3	40/40
08040600	15.3N	135.0E	2	45/45+
08041200	15.2N	134.3E	2	45/45
08041800	15.2N	133.4E	2	45/45
08050000	15.4N	132.5E	1	50/50
08050600	15.8N	131.1E	1	55/55
08051200	16.3N	130.0E	1	60/60
08051800	17.0N	128.5E	1	65/65
08060000	17.5N	127.7E	1	70/70
08060600	18.2N	126.4E	2	70/70+
08061200	19.0N	125.7E	2	65/70
08061800	19.8N	124.5E	2	60/60
08070000	20.9N	123.8E	1	55/65
08070600	22.1N	123.3E	1	55/60
08071200	23.5N	123.0E	1	50/55
08071800	26.6N	122.0E	1	50/55
08080000	25.5N	122.0E	3	50/55
08080600	26.7N	121.7E	3	45/50
08081200	27.1N	121.8E	4	40/45-
08081800	28.0N	122.6E	5	35/40
08090000	29.0N	122.7E	5	35/40
09090600	33.6N	123.9E	3	20/25
08091200	30.3N	123.6E	6	25/30
80091800	31.5N	125.0E	6	20/25
08100000	32.5N	124.7E	4	20/25
08100600	33.6N	123.9E	4	20/25
08101200	33.9N	124.1E	3	20/25
08101800	33.9N	124.4E	5	15/20
08110000	34.0N	125.0E	4	15/20
08110600	34.0N	125.0E	5	15/20
08111200	34.1N	126.7E	5	15/20
08111800	34.4N	126.9E	5	15/20
08120000	34.5N	125.2E	5	15/20
08120600	33.6N	123.5E	4	15/20
08121200	33.4N	122.4E	5	15/20
08121800	32.3N	121.2E	5	10/15
08130000	31.7N	120.4E	5	10/15

附註：PCN:Position Code Number

T#.CI#:Tropical Number,Cuttent Intensity Number (單位:0.1)



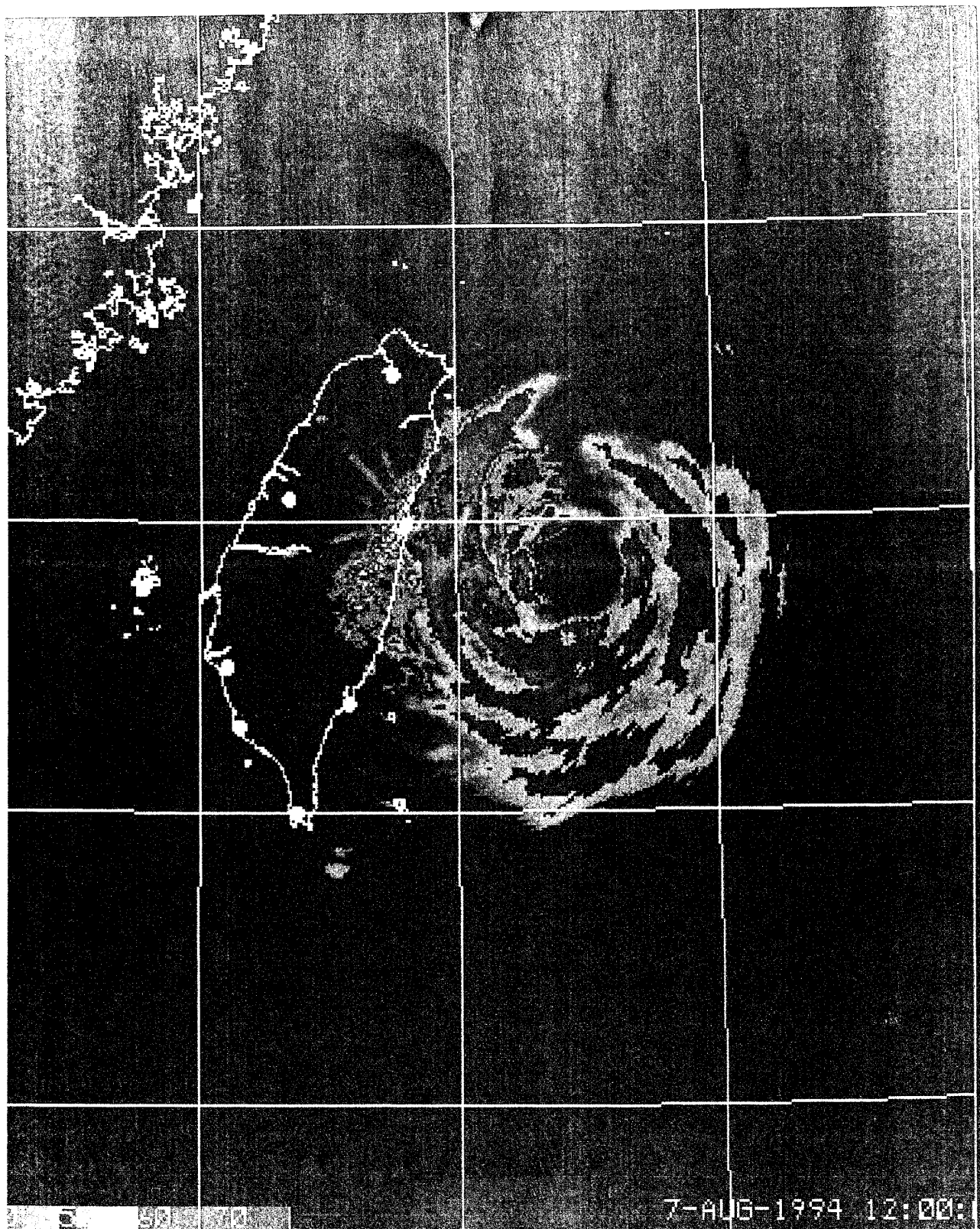


圖 7. 花蓮雷達隆水回波(8月7日20時 LST)

Fig 7. The Radar Echo for Hualin raear station at 12Z 7 AUG 1994

爲了瞭解道格颱風在登陸台灣前後其路徑變化情形，除了利用花蓮雷達定位資料外，各測站逐時地面觀測資料分析可以補充雷達觀測死角之定位問題。由於颱風在登陸前其結構完整(圖7)，雷達定位準確度良好，由花蓮雷達定位資料(表4)可發現，七日廿三時至八日二時期間道格颱風有明顯轉向東北移動的現象，由地面測站逐時觀測之氣壓及風場時間分布(圖8)也可發現，七日廿三時之後蘇澳氣壓一

小時下降14.7hPa，而風向也由北風轉成西南西風，另外位於蘇澳北方之宜蘭地區氣壓及風向也有類似的轉變，可見當時颱風中心更接近宜蘭及蘇澳地區。由於八月一時之後道格颱風已進入花蓮雷達死角，另外由於此颱風雲系也受台灣地形影響，結構較為鬆散，衛星定位準確度較差，因而在中心定位上僅能利用地面觀測資料輔助。由宜蘭及基隆風向變化明顯，由原來東北風轉爲西北風，可知道格颱

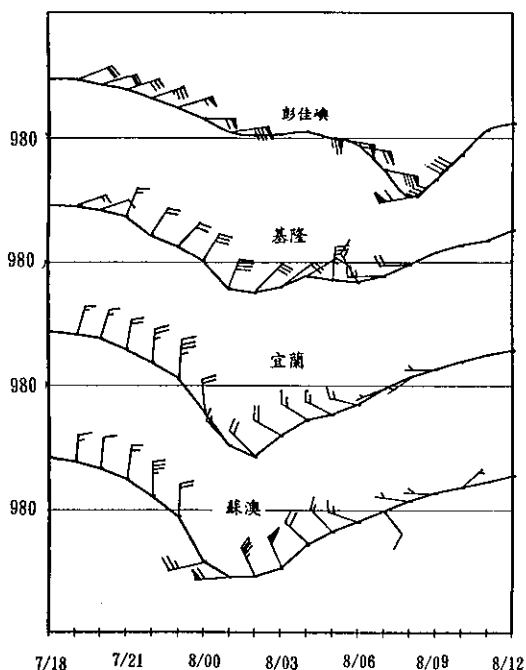


圖 8. 道格颱風侵台期間彭佳嶼、基隆、宜蘭及蘇澳區測站逐時氣壓及風標圖，垂直座標上下格氣壓間距40hPa。

Fig 8. Hourly Wind bar and Pressure at 46695、46694、46708、46706、from 0718L to 0812L, VERTICAL COORDINATE INTERVAL 40hPa.

風已漸由基隆東南方移往東北方，同時該站氣壓亦開始上升。另一方面，彭佳嶼的氣壓已開始急速下降，且風向由偏東風明顯轉爲西南風，由其氣壓及風向變化情形發現，道格颱風在八日七時至八日八時之間由彭佳嶼附近通過，且從該站西北或北西方遠離(其風向由東南東轉西南西)。

綜合上述討論發現，道格颱風中心在接近台灣東北部陸地前，其路徑有由北北西轉西北的現象，

而且其移動速度也有減慢的趨勢，當其通過台灣東北角出海之後，才又恢復其原路徑的現象。

#### 四、道格颱風的最佳路徑及路徑預報誤差校驗

由於道格颱風自生成後便很快發展爲強烈颱風，所以在初期的定位方面並沒有太大爭議，尤其當颱風經過台灣附近時，花蓮雷達定位資料(如表4)

表 4. 花蓮雷達定位表

Table 4. Radar eye-fix data for Typhoon Doug  
by Hualian Radar Station (46699)

時間	緯度	經度
070800L	21.0	123.9
070900L	21.1	123.8
071000L	21.4	123.6
071100L	21.5	123.4
071200L	21.7	123.3
071300L	21.9	123.2
071400L	22.2	123.3
071500L	22.4	123.3
071600L	22.6	123.3
071700L	22.9	123.3
071800L	23.1	123.1
071900L	23.4	123.0
072000L	23.6	122.9
072100L	23.9	122.9
072200L	24.1	122.8
072300L	24.4	122.7
080000L	24.6	122.5
080100L	24.8	121.9
080200L	24.8	121.8

及地面逐時觀測資料，皆可幫助更精確的颱風定位，不過當其中心通過台灣東北角往北移動時，由於颱風強度正在減弱階段，所以，中心定位準確度(如表3)較差。至於道格颱風的最佳路徑，可綜合參考中央氣象局及其他作業單位之衛星定位資料獲得，有關道格颱風最佳路徑資料詳如表2及圖6。

在道格颱風路徑預報誤差校驗方面，主要校驗中央氣象局動力模式(原始方程模式PE MODEL及正壓模式EBM)及官方預報(表5)，24小時預報誤差方面，官方預報誤差最小(155公里)，較兩種動力模式佳；48小時預報誤差方面，官方預報誤差平均260公里，PE MODEL367公里，相當正壓預報誤差451公里。

## 五、道格颱風侵台期間各天氣要素狀況

由於道格颱風由台灣東南方海面向北移進台灣陸地，中心並通過台灣東北角(宜蘭地區)，登陸時

其強度雖已減弱為中度颱風，但是對台灣地區仍帶來相當大的風雨。由於中央山脈之屏障，台灣各地區的天氣變化程度差異頗大，而在台灣東部地區更有明顯焚風現象發生。本節將討論台灣地區在道格颱風侵襲期間出現的極端天氣要素及大風大雨的分布情形，另外，也將分析發生在台灣東半部地區的焚風現象。

首先分析道格颱風侵台期間台灣各地區出現的極端氣象要素情況(表6)。在最低氣壓方面，以宜蘭蘇澳及彭佳嶼出現約956百帕最低，主要是颱風中心接近的原因。在累積雨量方面，以山區雨量較大(圖9)，其中以阿里山598公釐最多，其次是北部的鞍部、陽明山及中部的日月潭地區，皆有400公釐以上的累積雨量。就平地而言，西半部的台中以北地區都有200公釐左右的雨量，東部地區則僅有大武壠站雨量超過200公釐，至於其他地區，除了宜蘭地區有134公釐以外，其餘地區雨量皆在100公釐以下。在降雨強度方面，就平地而言，以台中的53.5公釐時雨量最大，十分鐘降雨強度則以大武的14.5公釐最多。在各地出現最大風力方面(圖10)，以離島的彭佳嶼出現的陣風61.1m/s(十七)級及平均風41.8m/s(十四級)最強，其次是蘇澳出現的陣風59.9m/s(十七級)及平均風29.6m/s(十一級)；大範圍而言，在東半部地區，由成功以北到基隆之間皆出現了七級以上的平均風及十一級以上的陣風，西半部則在北部地區(新竹以北)及南部恆春地區出現過七級之平均及十一級陣風。

降雨強度的時間分布方面，台灣北部地區，由基隆、台北及新竹的降雨強度分布(圖11)而言，有兩個較大值出現，第一個較大降雨強度發生在颱風中心接近期間，另一個較大值發生在颱風中心逐漸遠離(颱風中心通過彭佳嶼後)，反而當颱風由台灣東北部出海到彭佳嶼之間北部地區降雨強度較弱。在台灣中部地區的降雨強度方面，以台中及日月潭為例(圖12)可以發現，山區降雨量較平地大，但在降雨強度的間分布上，兩者類似，在八日清晨四時後皆有明顯增強，且其降雨強度最大發生在八日清晨七時左右。此外，台灣東北部宜蘭及蘇澳地區，則僅在颱風接近時有較雨勢發生，當颱風中心遠離後降雨強度迅速減弱(圖略)。

表 5. 道格颱風中央氣象局主觀及動力模式預報誤差校驗表

Table 5. Error statistics for CWB and dyanmic models on typhoon Doug

預報時間	PE MODEL		EBM		CWB官方預報	
(Z)	24小時	48小時	24小時	48小時	24小時	48小時
0306					158	285
0312	174	513	204	305	203	308
0318					202	343
0400	279	725	91	450	158	254
0406					80	128
0412	267	342	388	527	88	147
0418					144	248
0500	159	177	479	772	138	269
0506					125	343
0512	38	11	97	391	78	356
0518					63	缺
0600	77	88	32	294	54	169
0606					104	31
0612	178	296	46	186	155	83
0618					113	97
0700	131	210	224	677	55	238
0706					37	283
0712	116	324	224	644	82	277
0718					202	382
0800	320	526	235	584	192	414
0806					231	349
0812	297	529	222		231	缺
0818					252	缺
0900	322	523	173		280	304
0906					197	157
0912	131	476	67		192	169
0918					127	110
1000					158	477
1006					230	552
1012					304	
1018					177	
1100					154	
平均	192	367	183	451	155	260

表 6. 道格颱風侵台期間台灣地區各氣象測站氣象要素表

Table 6. The meteorological summary of CWB's station during typhoon Doug's pas sage

測站	最低氣壓(hPa)		最大陣風					最大平均風			最大降水量(mm)				總降水量(mm)		
	氣壓	發生時間(L)	風向	風速(m/s)	發生時間	氣壓(hPa)	氣溫(℃)	濕度	風向	風速(m/s)	時間	一小時	起始時間	十分鐘	起始時間	雨量	起始時間-結束時間
澎湖	956.3	8/07:44	E	60.1	8/01:48	978.2	26.4	91%	ESE	41.8	8/06:39	27.5	8/06:20	11.5	8/14:10	314.6	7/13:20-9/04:45
基隆	970.1	8/02:00	NE	39.9	8/00:22	971.5	25.3	77%	NNE	19.4	8/01:00	30.0	8/11:00	11.0	8/11:25	246.2	6/23:10-8/17:15
竹子湖	974.4	8/01:10	NW	31.7	8/01:14	976.1	22.0	98%	WSW	8.3	8/01:30	35.5	8/02:12	13.5	7/15:59	423.3	7/04:50-8/21:00
鞍部	887.8	8/02:51	N	52.9	8/01:16	890.2	21.6	100%	NNW	24.2	8/01:21	44.0	8/00:01	11.0	8/00:30	420.5	7/00:10-8/20:00
台北	971.0	8/01:41	N	34.8	8/01:58	973.5	25.3	91%	N	14.0	8/01:43	23.6	8/00:01	9.5	7/16:40	181.7	7/00:50-8/20:01
新竹	981.9	8/03:28	NW	28.8	8/09:59	992.8	24.2	96%	NW	14.0	8/01:56	37.5	8/12:14	11.0	8/12:36	221.8	6/15:45-不明
台中	993.1	8/01:18	NNW	18.1	7/23:14	993.4	26.1	87%	NNW	8.5	7/23:32	53.5	8/05:30	13.0	8/04:19	243.5	6/16:55-8/19:40
梧棲	992.6	8/03:38	WNW	28.1	8/05:08	993.2	25.3	90%	NNW	18.4	7/22:26	24.5	8/05:07	10.0	8/04:01	95.7	7/17:15-9/01:55
日月潭	883.2	8/02:06	WNW	34.4	8/06:59	896.0	20.4	95%	WNW	12.8	8/07:02	79.0	8/05:42	18.0	8/06:00	429.4	7/10:18-8/16:05
阿里山	751.8	8/02:06	NW	31.5	8/00:47	752.3	14.2	100%	W	10.4	8/03:16	48.0	8/11:15	15.0	8/17:11	598.5	7/19:10-8/19:30
玉山	缺	缺	缺	缺	缺	缺	缺	—	NW	20.7	8/03:40	27.5	8/10:00	13.2	8/10:30	297.8	7/08:10-8/21:00
嘉義	993.9	8/02:04	WSW	14.1	8/10:20	1002.3	24.5	86%	WSW	8.1	8/10:25	9.0	8/05:28	4.0	8/06:18	31.0	6/17:10-8/13:10
台南	992.5	7/19:02	NW	20.2	8/00:10	997.4	27.3	81%	WNW	10.8	8/00:57	10.5	8/02:54	9.5	8/04:40	24.9	7/10:20-8/19:45
高雄	996.0	7/17:40	WNW	20.1	7/20:19	997.0	28.2	84%	NW	12.0	8/00:30	7.0	8/01:55	6.0	8/01:55	30.0	7/09:50-8/19:30
恆春	994.4	7/23:16	W	28.2	8/01:30	995.5	25.2	92%	WNW	13.5	8/01:06	24.5	8/13:28	10.0	8/13:36	100.5	7/08:21-不明
宜蘭	956.6	8/01:29	NW	36.3	8/00:27	965.0	25.2	90%	NNE	20.5	7/22:42	22.5	7/15:05	14.0	7/15:05	134.4	7/00:20-8/15:10
蘇澳	956.9	8/01:19	W	59.9	8/00:57	958.3	29.3	79%	WNW	29.6	8/01:11	21.5	7/21:30	10.5	7/21:50	81.0	7/00:01-8/16:05
花蓮	964.7	8/01:44	WSW	37.5	8/02:37	968.8	35.8	40%	WSW	18.8	8/03:00	8.5	7/08:01	3.5	7/08:01	41.0	7/07:45-8/13:10
成功	974.0	8/00:14	W	39.5	8/00:34	976.2	38.3	33%	SSW	23.8	8/07:21	10.5	7/12:56	6.5	7/12:56	34.6	7/07:15-7/15:50
台東	787.8	8/01:17	SW	18.9	8/06:30	988.8	26.8	76%	SSW	6.7	8/11:38	2.4	7/13:20	1.1	7/13:30	7.6	7/07:20-8/10:10
大武	984.5	8/00:49	SW	27.1	8/03:46	990.4	27.7	73%	SW	7.4	8/06:48	30.5	8/06:17	14.5	8/11:37	211.3	7/07:40-8/20:00
澎湖	997.7	7/18:46	WNW	16.0	8/02:51	999.1	27.6	88%	W	10.3	8/12:52	1.6	8/06:40	1.0	8/07:12	3.5	7/13:40-8/07:40
東吉島	992.3	7/18:00	N	28.5	7/18:35	992.4	27.3	91%	NNW	17.5	7/19:40	0.8	8/00:20	0.7	7/15:40	3.1	7/15:40-8/08:50
蘭嶼	952.0	7/22:36	WSW	49.0	8/00:16	989.6	25.2	87%	WSW	33.5	7/22:32	9.5	7/15:40	5.5	7/13:35	74.2	7/01:38-8/19:00

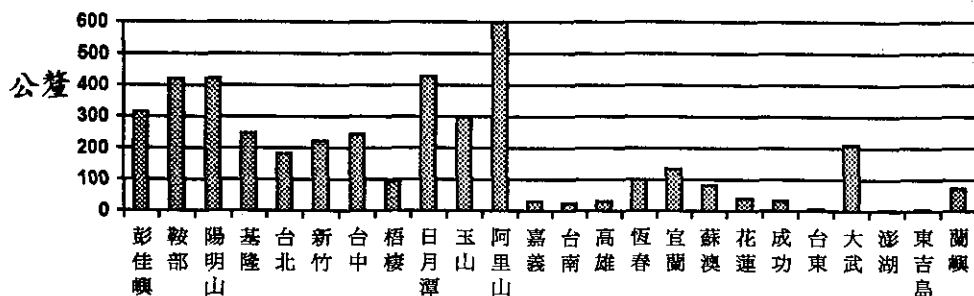


圖 9. 道格颱風侵台期間台灣各測站累積雨量分布圖(單位：公釐)

Fig 9. The total precipitation amount of selected stations during typhoon Doug passage (unit:mm)

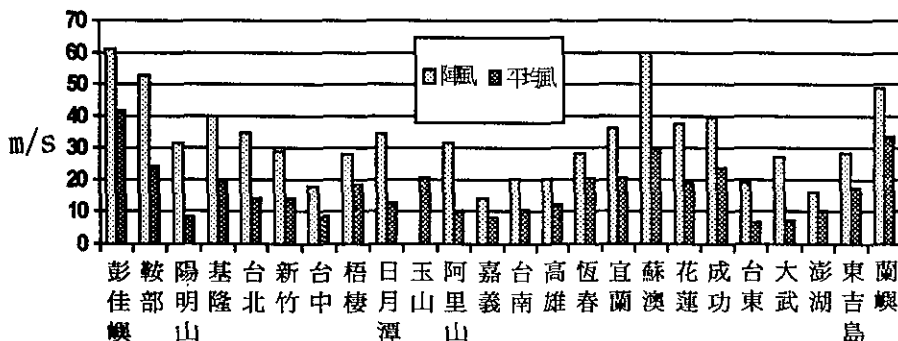


圖 10. 道格颱風侵台期間台灣各測站風力分布圖(單位:m/s)

Fig 10. Gust and average wind (nesled bar)of selected station during typhoon Doug passage (unit:m/s)

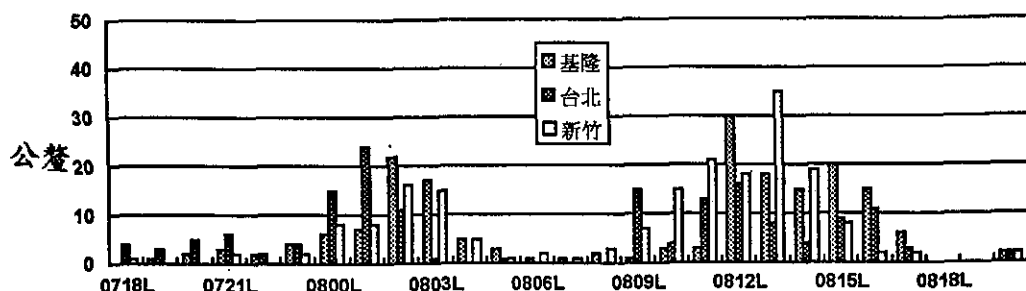


圖 11. 基隆、台北及新竹地區時雨量分布圖(單位:公釐)

Fig 11. Hourly precipitation amounts of keelung (46694)、Taipei(46692)、Hsin chu (46767)during typhoon Doug passage (unit:mm)

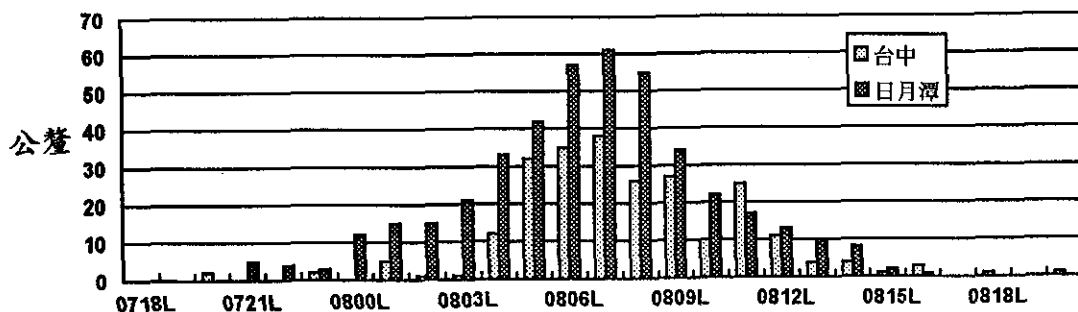


圖 12. 台中及日月潭地區時雨量分布圖(單位：公釐)

Fig 12. Hourly rain amount of Taichung(46749)and SunMonLake(46765)during typho on Doug passage (unit:mm)

在風力的時間分布方面，以最接近的台灣東北部地區而言(以蘇澳為例，圖13)，較強的風力主要發生在颱風接近期間，而當颱風遠離時，風力迅速減小，另外一個風力較大的北部地區(以台北為例，圖13)，其主要強風也發生在颱風接近期間，但持續的時間較東北部地區為長。

另外一個現象是普遍發生在台灣東部地區的焚風現象。由於道格颱風從台灣東部外海向北移動，所

以台灣東半部地區起焚風的時間也由較南邊的台東，向北逐漸延伸到蘇澳(圖14)其中以成功的增溫最大，以花蓮地區為例(表7)，在七日廿三時起其相對濕度開始下降，觀測風之風向也由北北東轉為南南西，雨勢也減弱，當溫度上升期間，風力同時增強，八日三時左右達最高點，當時平均風速也增強到18.8m/s，之後隨著颱風北移，焚風現象逐漸消失。

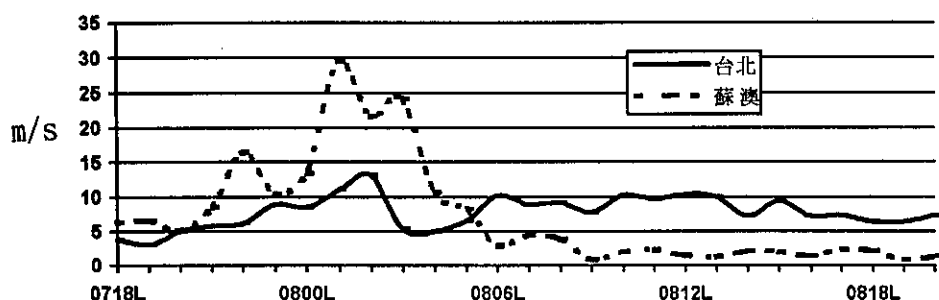


圖 13. 台北、蘇澳測站風力的逐時分布圖(單位:m/s)

Fig 13. Hourly mean wind and gust of Taipei(46692)and Suao(46706) during typho on Doug passage (unit:m/s)

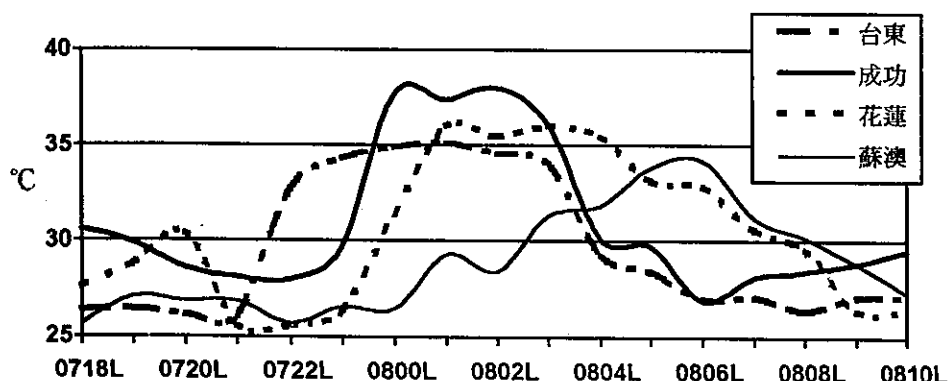


圖 14. 道格颱風焚風期間蘇澳、花蓮、成功及台東溫度分布圖(單位：°C)

Fig 14. Hourly temperature of Suao(46706)、Hualien(46699)、Changkung(46761)、Taitung(46766)from 0718L to 0810L

## 六、道格颱風之災情報告

道格颱風在登陸台灣東北角時仍是中度颱風，台灣北部、東北部出現大風大雨，在中部山區更有豪雨及大雨出現，造成若干災情，茲將道格颱風造成之災情摘錄如下：

### 1. 人員傷亡：

死亡十一人(南投縣五人、宜蘭縣及台中縣各二人、新竹縣一人。)

失蹤五人(台北縣、新竹縣、苗栗縣、南投縣和花蓮縣各一人)。

重傷四人(桃園縣、南投縣各一人，宜蘭縣二人)。

2. 房屋損失：全倒八間、半倒六十四間。

表 7. 道格颱風造成焚風現象期間花蓮氣象站氣象要素表

Table 7. The hourly weather elements of Hualian meteorological station (46699) from 0721 to 0808L

時間 日/時	溫度 ℃	相對濕度	風向	風速 m/s	時雨量 mm
07/21	25.6	73%	SSW	5.5	4.0
07/22	25.6	75%	SE	2.2	T
07/23	26.4	70%	WSW	4.2	0
08/00	31.4	52%	WSW	6.6	1.0
08/01	36.0	42%	WSW	16.2	0
08/02	35.5	42%	WSW	10.1	0
08/03	36.0	39%	WSW	18.8	0
08/04	35.5	41%	SW	12.2	0
08/05	33.1	47%	WSW	8.4	0
08/06	32.8	48%	SW	9.7	0
08/07	30.6	55%	SW	7.4	T
08/08	29.6	58%	WSW	6.4	T
08/09	26.4	72%	WSW	6.4	1.0

附註：T表示雨跡

### 3. 交通影響：

航空方面：中正機場因受停電影響班機嚴重延誤。

鐵路方面：竹東鐵橋斷落，一貨車五節車廂掉落溪中。

阿里山森林鐵路方。

公路方面：山區公路嚴重中斷。

### 4. 農業損失：總計損失新台幣三十二億八千餘萬元，其中以部受洪水影響較大。

## 七、結 論

綜合以上對道格颱風分析結果可歸納以下幾點：

1. 強烈颱風道格生命期有九天左右，以增強速度而

言，道格颱風是一個發展迅速的颱風，其路徑屬拋物線型式，中心通過台灣東北角地區。

2. 由於受台灣地形影響，台灣北部及東北部地區風力較大；雨量則以中部地區較為豐沛，尤以山區為最；東半部地區普遍有焚風出現；另外，颱風北上後引進旺盛西南氣流，在南部地區有豪雨發生。

3. 對道格颱風路徑預報誤差校驗方面，中央氣象局24小時主觀路徑預報誤差為155公里，48小時為260公里。

4. 災情方面，中部及東北部地區皆有人員傷亡，財物損失方面，以農作物較嚴重，主要是中部山區發生洪水造成之影響。



## **REPORT ON TYPHOON DOUG OF 1994**

**George Kuo-Chen Lu**

Weather Forecast Center

Central Weather Bureau

### **ABSTRACT**

Typhoon Doug formed over the vicinity of Guam. It then moved approximately along a parabolic trajectory toward eastern Taiwan. Doug intensified as a typhoon before it approached to the northeastern corner of Taiwan and decreased to a tropical depression over the East China Sea. The rainfall distribution associated with Doug indicated that northern Taiwan, especially over the mountain area, exhibited a remarkable amount. The northeastern part of Taiwan experienced a maximum sustained wind up to 60.1m/s. The most significant mesoscale feature during Doug's invasion was the phenomena of foehn over the leeward side of the Central Mountain Range.

The track of Typhoon Doug was deflected to the land area and the movement was slowed down by the topography effect. The 24hr forecast errors of cws were 155 Km for official issues and 185 Km for dynamic typhoon model outputs, and the 48hr errors were 260 Km and 400 Km respectively.

Keywords : Best track, Heavy rain

# 民國84年颱風調查報告——肯特颱風(9509)

謝 明 昌

中央氣象局預報中心

## 摘 要

肯特颱風(KENT)，編號9509號，是民國84年在西北太平洋上形成的第9個颱風，也是中央氣象局在該年發布警報的第5個颱風。肯特於8月27日清晨2時在呂宋島東方海面發展為輕度颱風，形成以後向西北移動，其移動速度逐漸減緩，約經過30小時左右時間，肯特增強為中度颱風，七級風暴風半徑亦擴大，並專向西北西移動。當肯特颱風進入巴士海峽東部時，移動速度明顯加快，其中心在行經巴士海峽、東沙島海面後，於8月31日14時在香港與汕頭間登陸中國大陸，而於9月1日20時減弱為熱帶性低氣壓，其生命期共5天又18小時。中央氣象局從8月27日17時10分發布肯特之颱風警報，至8月31日14時45分解除警報止，期間陸續對巴士海峽、台灣東南部海面、台灣海峽南部、東沙島海面及金門海面發布了海上颱風警報，及陸續對恆春半島、台東、高雄、台南及澎湖等地區發布了陸上颱風警報。而在肯特颱風的影響下，台灣東部地區、東南部地區及恆春半島累積降雨量皆超過100公厘；風速方面，以接近颱風中心的台灣東南部地區及恆春半島出現的風速最大，而受颱風外圍環流及地形影響，北部及東北部地區亦有較強陣風出現。台灣各地於肯特颱風移經巴士海峽期間，並沒有重大的災情發生。

## 一、前 言

肯特颱風(KENT)是民國84年在西北太平洋形成的第9個颱風，也是中央氣象局在該年發布警報的第5個颱風。肯特颱風於民國84年8月27日清晨2時在呂宋島東方海面上形成，然後沿著太平洋高壓南緣向西北緩慢移動，速度並逐漸減緩，約經過30小時左右的時間，肯特於8月28日20時增強為中度颱風，七級風暴風半徑亦擴大，並轉向西北西移動，當颱風移至巴士海峽東部時，移動速度明顯加快，其中心通過巴士海峽、東沙島海面後，於8月31日14分在香港與汕頭間登陸中國大陸，然後其強度逐漸減弱，其最佳路徑示於圖1及表1。而圖2為肯特颱風於此期間內每二十四小時一張之紅外線衛星雲圖，另中央氣象局發布之颱風中心定位則列於表2。

本文將針對肯特颱風的發生、經過、強度的變

化、颱風影響期間中央氣象局所屬氣象站所觀測之氣象要素的變化、中央氣象局對颱風的處理經過以及各種模式的預報校驗結果做分析說明。

## 二、資料蒐集

本文所採用的資料包括：

### (一)肯特颱風的動向方面

在氣象衛星雲圖的定位方面，有中央氣象局每三小時之颱風中心定位，在發布海上颱風警報之後，有每一小時之中心定位，表3為肯特颱風形成後，中央氣象局每六小時之中心定位。另外還有關島聯合颱風警報中心(PGTW)、日本(CCAA)、琉球美國空軍基地(RODN)等之衛星定位(表4)。而表中之T/Ci-number(Dvorak, 1975)是衛星中心人員依衛星雲圖之颱風環流資料來判斷颱風的強度，T/Ci-number值越大表示颱風強度越強。當颱風進入雷達的有效偵測距離內，花蓮氣

象雷達站及高雄氣象雷達站即開始每一小時對颱風做中心定位(表5)，並求出其過去一小時之移動方向及速度。

#### (二)在風雨資料及氣壓變化方面

於發布颱風警報期間，中央氣象局所屬各氣象站針對氣壓、風速、雨量等氣象因子做逐時之觀測，並提供颱風侵台期間氣象站所出現各種氣象要素之最大值(表6)。

#### (三)在主、客觀路徑預報校驗方面

利用中央氣象局所引進之電腦輔助颱風決策系統(CATDS)，可對各預報單位(中央氣象局、PGTW、RJTD等單位)、統計模式(HURRAN、CLIPER)及動力模式(相當正壓模式)每次所做的預報及誤差做詳細的比較分析(表7)，另有中央氣象局氣象資訊中心提供的各種模式的預報及誤差校驗。

#### (四)最佳路徑的定位

各預報單位根據氣象衛星及雷達所定出的颱風中心位置，並依其定位之精確度做權重分析求出一平滑曲線，最後在經由主觀之修正而得。

### 三、颱風發生、經過及處理過程

#### (一)颱風之發生經過

肯特颱風於民國84年8月27日清晨2時於呂宋島東方洋面上發展為輕度颱風(北緯16.2度，東經126.8度)，是民國84年在西北太平洋面上形成的第9個颱風。其形成之初，緩慢向西北移動，由當時之綜觀資料分析顯示：在500hPa方面，由8月27日上午8時之500hPa之高空天氣圖(圖3)分析顯示，太平洋高壓的勢力(即5880gpm等高線之範圍)自太平洋面上向西延伸經華中地區到西康省除近(東經度)，而588gpm等高線穿過台灣南部地區。北方槽

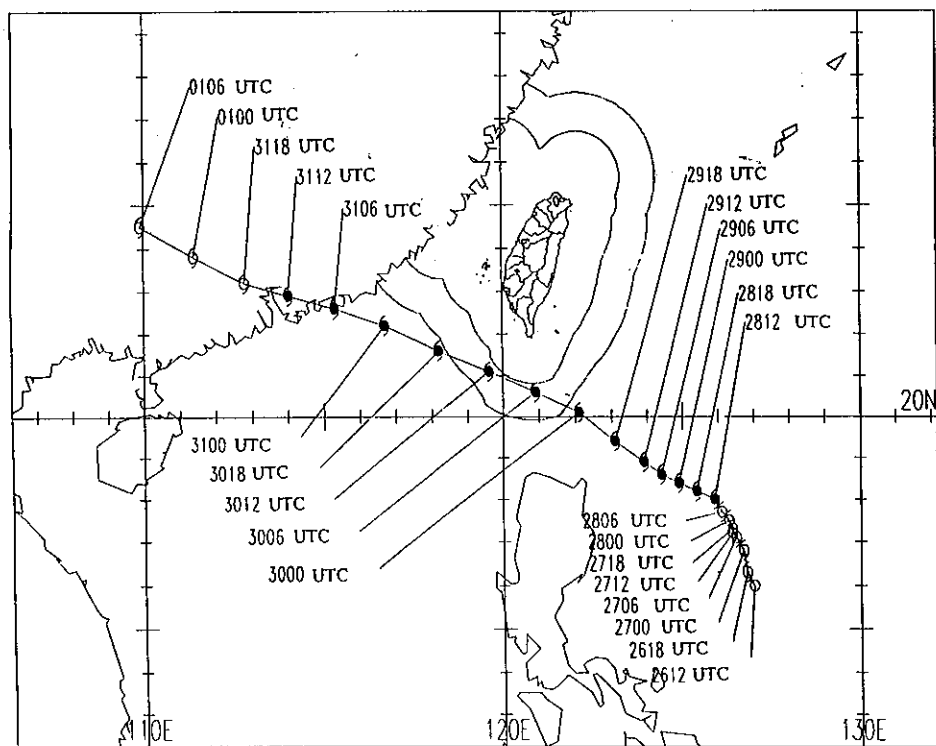


圖 1. 肯特颱風之最佳路徑。

Fig. 1. The best track of Typhoon Kent.

表 1. 肯特颱風之最佳路徑、強度變化及動態資料。

Table 1. The best track position, intensity and movement of Typhoon Kent.

時間(UTC)			中心位置		中心氣壓 (hPa)	移動方向 (Deg)	移動速度 (knots)	最大風速(m/s)		暴風半徑(km)		備註
月	日	時	北緯	東經				持續風	陣風	30Kts	50Kts	
8	26	18	16.3	126.8	998	315	3	18	23	100	—	輕度
8	27	00	16.8	126.7	995	015	8	18	23	120	—	輕度
8	27	06	17.1	126.5	990	310	6	20	25	150	—	輕度
8	27	12	17.2	126.4	985	290	3	25	33	150	—	輕度
8	27	18	17.3	126.4	985	225	1	25	33	150	—	輕度
8	28	00	17.5	126.3	980	120	2	28	35	150	—	輕度
8	28	06	17.7	126.1	978	325	6	30	38	150	—	輕度
8	28	12	18.0	125.0	970	315	3	3	43	200	60	中度
8	28	18	18.2	125.4	968	315	4	35	45	200	60	中度
8	29	00	18.4	124.9	968	310	5	35	45	200	60	中度
8	29	06	18.6	124.4	968	280	6	38	48	200	60	中度
8	29	12	18.9	123.9	965	300	4	40	50	200	60	中度
8	29	18	19.4	123.1	955	310	8	43	53	200	60	中度
8	30	00	20.1	122.1	955	305	12	45	55	200	100	中度
8	30	06	20.6	120.9	955	295	13	45	55	200	100	中度
8	30	12	21.1	119.6	955	295	12	45	55	200	100	中度
8	30	18	21.6	118.2	955	290	15	45	55	200	100	中度
8	31	00	22.2	116.7	955	295	16	45	55	200	100	中度
8	31	06	22.6	115.3	960	290	16	43	53	200	100	中度
8	31	12	22.9	114.9	965	280	15	35	45	150	60	中度
8	31	18	23.2	112.8	980	290	16	28	35	120	—	輕度
9	01	00	23.8	111.4	985	300	19	25	33	120	—	輕度
9	01	06	24.5	109.9	995	290	15	18	23	100	—	輕度

表 2. 中央氣象局官方發布之肯特颱風中心定位、強度變化及動態資料。

Table 2. The center position, intensity and movement of Typhoon Kent by CWB.

時間(UTC)			中心位置		中心氣壓	移動方向	移動速度	最大風速(m/s)		暴風半徑(km)		備註
月	日	時	北緯	東經	(hPa)	(Deg)	(knots)	持續風	陣風	30Kts	50Kts	強度
8	26	12	16.0	127.0	1000	—	—	15	—	—	—	TD
8	26	18	16.2	126.8	998	315	3	18	23	100	—	輕度
8	27	00	17.0	127.0	995	015	8	18	23	120	—	輕度
8	27	06	17.4	126.5	990	310	0	20	25	150	—	輕度
8	27	12	17.5	126.2	985	290	3	25	33	150	—	輕度
8	27	18	17.4	126.1	985	225	1	25	33	150	—	輕度
8	28	00	17.3	126.3	980	120	2	28	35	150	—	輕度
8	28	06	17.8	125.0	978	325	6	30	38	150	—	輕度
8	28	12	18.0	125.7	970	315	3	33	43	200	60	中度
8	28	18	18.3	125.4	968	315	4	35	45	200	60	中度
8	29	00	18.6	125.0	968	310	5	35	45	200	60	中度
8	29	06	18.7	124.4	968	280	6	38	48	200	60	中度
8	29	12	18.9	124.0	965	300	4	40	50	200	60	中度
8	29	18	19.4	123.4	955	310	8	43	53	200	60	中度
8	30	00	20.1	122.3	955	305	12	45	55	200	100	中度
8	30	06	20.6	121.0	955	295	13	45	55	200	100	中度
8	30	12	21.1	119.8	955	295	12	45	55	200	100	中度
8	30	18	21.6	118.3	955	290	15	45	55	200	100	中度
8	31	00	22.3	116.8	955	295	16	45	55	200	100	中度
8	31	06	22.8	115.1	930	290	16	43	53	200	100	中度
8	31	12	23.0	113.5	965	280	15	35	45	150	60	中度
8	31	18	23.5	111.8	980	290	16	28	35	120	—	輕度
9	01	00	24.5	110.0	985	300	19	25	33	120	—	輕度
9	01	06	25.0	108.5	995	290	15	18	23	100	—	輕度

表 3. 中央氣象局對肯特颱風之衛星定位。

Table 3. Satellite fixes of Typhoon Kent based on Satellite Center of CWB.

時間(UTC)			中心位置		強度估計
月	日	時	緯度	經度	R/Ci-No
8	26	18	16.4	127.0	2.5/2.5
8	27	00	17.0	127.0	2.5/2.5
		06	17.4	126.6	2.5/2.5
		12	17.2	126.5	3.0/3.0
		18	17.2	126.5	3.0/3.0
8	28	00	17.4	126.3	3.5/3.5
		06	17.8	126.0	3.5/3.5
		12	18.0	126.0	4.0/4.0
		18	18.3	125.4	4.0/4.0
8	29	00	18.5	125.1	4.0/4.0
		06	18.3	124.4	4.5/4.5
		12	18.9	124.0	5.0/5.0
		18	19.5	123.4	5.5/5.5
8	30	00	20.2	122.2	5.5/5.5
		06	20.7	120.9	5.0/5.0
		12	21.0	119.6	5.0/5.0
		18	21.7	118.2	5.0/5.5
8	31	00	22.4	116.7	5.0/5.0
		06	22.8	115.1	4.5/5.0
		12	23.0	113.5	4.0/4.5
		18	23.6	111.8	3.5/4.0
9	01	00	24.5	111.0	3.0/3.5
		12	24.8	106.2	2.5/3.0

表 4. 各單位對肯特颱風之衛星定位。

Table 4. Satellite fixes of Typhoon Kent based on PGTW, CCAA and RODN.

時間(UTC)				中心位置		資料	強度估計
月	日	時	分	緯度	經度	來源	T/Ci-No
8	26	17	30	15.4	126.4	PGTW	3.0/3.0
8	27	00	00	16.9	126.9	CCAA	2.5/2.5
		05	30	17.2	126.2	PGTW	3.5/3.5
		11	30	16.9	126.6	PGTW	4.0/4.0
		12	00	17.5	126.2	CCAA	2.5/2.5
		17	30	16.8	126.7	PGTW	4.0/4.0
		23	30	17.4	126.1	PGTW	4.0/4.0
8	28	04	36	17.7	126.6	RODN	4.0/4.0
		05	30	17.9	126.2	PGTW	4.5/4.5
		06	00	17.7	126.3	CCAA	3.5/3.5
		08	54	18.1	126.2	RODN	4.5/4.5
		11	30	17.8	126.2	PGTW	4.5/4.5
		12	00	18.1	126.2	CCAA	3.5/3.5
		20	30	18.2	125.0	PGTW	4.0/4.5
		21	24	18.5	125.0	RODN	4.0/4.5
		23	30	18.4	125.2	PGTW	4.5/4.5
9	29	00	33	18.4	124.7	RODN	4.5/4.5
		05	30	18.6	124.7	PGTW	5.0/5.0
		06	00	18.5	124.6	CCAA	4.5/4.5
		11	30	19.0	124.2	PGTW	6.5/6.5
		17	30	19.5	123.5	PGTW	6.5/6.5
8	30	00	00	20.2	122.3	CCAA	5.5/5.5
		05	56	20.6	120.9	RODN	6.0/6.5
		11	30	21.0	120.1	PGTW	6.5/7.0
		12	00	21.0	119.7	CCAA	5.5/5.5
		17	30	21.6	118.4	PGTW	6.0/7.0
		22	44	22.2	117.6	RODN	6.0/6.5
		23	30	22.3	116.9	PGTW	6.0/7.0
8	31	00	00	22.3	116.8	CCAA	5.5/5.5
		01	49	22.4	116.1	RODN	5.5/6.5
		05	30	22.6	115.4	PGTW	5.0/6.0
		06	00	22.8	115.2	CCAA	4.5/4.5
		11	30	22.4	113.8	PGTW	5.0/6.0
		23	30	24.5	109.7	PGTW	3.0/4.0
9	1	04	30	24.8	108.0	PGTW	1.5/2/5

表 5. 肯特颱風之雷達定位。

Table 5. Radar fixes of Typhoon Kent.

雷達站		時間(UTC)			中心位置	
站名	站號	月	日	時	北緯	東經
高雄	46744	8	30	00	20.1	122.5
		8	30	01	20.4	122.2
		8	30	02	20.5	121.8
		8	30	03	20.4	121.5
		8	30	04	20.5	121.4
		8	30	05	20.6	121.2
		8	30	06	20.7	121.0
		8	30	07	20.7	120.8
		8	30	08	20.8	120.7
		8	30	09	20.9	120.5
		8	30	10	20.9	120.3
		8	30	11	21.0	120.0
		8	30	12	21.1	119.8
		8	30	13	21.2	119.6
		8	30	14	21.2	119.4
		8	30	15	21.3	119.1
		8	30	16	21.4	118.8
		8	30	17	21.5	118.5
		8	30	18	21.6	118.3
		8	30	19	21.7	118.1
		8	30	20	21.7	117.9
		8	30	21	21.7	117.6
		8	30	22	22.0	117.3
		8	30	23	22.1	117.1
		8	31	00	22.2	116.8
花蓮	46699	8	30	05	20.77	121.36
		8	30	06	20.77	121.24
		8	30	07		

線由韓國東北方海面(北緯40度,東經129度)向西南延伸至山東省省附近(北緯36度,東經120度),另蒙古地區及河南省附近亦各有一槽線,所處緯度皆偏高,而肯特颱風則位於太平洋高壓之邊緣,而在海南島附近海面有一於8月27日上午8時剛形成的輕度颱風洛依絲(LOIS),正以偏西的方向朝著越南北部前進;由圖4可分析出700hPa在韓國東北方海面至山東省附近以及蒙古地區至山西省一帶亦各有一槽線;在850hPa方面,顯示出也有存在風切線與高層槽線配合(圖5);由地面天氣圖分析顯示,肯特颱風位於呂宋島東方洋面上,海南島附近海面為另一輕度颱風洛依絲,北方低壓帶位置偏高,而台灣至華中一帶為一相對高壓區(圖6)。肯特颱風在向西北緩慢移動後逐漸進入一鞍形場(圖7為500/700/850 hPa之中、低層大氣平均氣流場),而後其移動速度更加減緩,約經過30小時左右的時間,肯特颱風於8月28日20時增強為中度颱風,七級風暴風半徑擴大為200公里,並轉向西北西移動,北方槽線雖平均以每天20個經度的速度沿著北緯33度向東移動,不過這些系統較強的結構均在北緯33度以北的地區,無法有效地影響到太平洋高壓的強度,使得太平洋高壓勢力在此期間內均能維持較強的情況(由圖8可見,8月28日20時500hPa上之5880gpm等高線之西緣位於東經105度)。當肯特颱風於8月29日20時移至巴士海峽東部時(北緯18.9度,東經124.0度),其移動速度逐漸加快,在此之後,肯特颱風在明顯地受到太平洋高壓駛流的導引下,穩定地朝西北西方向移動。8月31日14時中度颱風肯特在香港與汕頭間登陸中國大陸。肯特颱風在明顯地受到太平洋高壓駛流的導引下,穩定地朝西北西方向移動。8月31日14時中度颱風肯特在香港與汕頭間登陸中國大陸。肯特颱風在進入大陸後,其強度逐漸減弱,9月1日清晨2時肯特颱風減弱為輕度颱風,並於9月1日20時後再減弱為熱帶性低氣壓,其生命期共5天又18小時。

#### (二) 警報作業處理經過

肯特颱風於民國84年8月27日清晨2時在呂宋島東方海面上發展為輕度颱風,由於大氣環境場支持颱風沿著太平洋高壓駛流移動,有影響台灣附近之可能,所以中央氣象局於颱風形成之初即開始密切

表 6. 肯特颱風氣象要素統計表

Table 6. A summary of the extreme values observed by CWB's stations during the passage of Typhoon Kent.

站名	最低氣壓 (hPa)		瞬間最大風速 (m/s)						最大風速 (m/s)			強風 (10m/s 以上)	最大降水量 (mm)				降水總量 (m/s)	
	數值	時間	風速	風向	時間	氣壓	氣溫	溼度	風速	風向	時間	時間始迄	一小時	時間始迄	十分鐘	時間始迄	數量	時間始迄
彭佳嶼	1005.1	30/17:00	29.1	SSE	30/22:35	1007.0	25.8	93 %	20.2	SSE	30/22:38	30/09:05-	4.6	30/20:35-30/21:35	4.4	30/20:35-30/20:45	17.9	30/13:10-31/02:50
基隆	1003.2	30/16:36	23.2	SSE	30/22:18	1005.6	27.8	84 %	10.3	SE	30/15:37	30/11:26-31/03:23	4.5	31/01:45-31/02:45	2.3	31/02:37-31/02:47	15.5	30/04:30-05:30
鞍部	910.8	30/19:05	35.5	S	31/06:41	913.2	22.3	84 %	18.3	S	31/06:50	30/16:35-31/11:58	1.5	30/11:50-30/12:10	1.3	30/11:50-30/12:00	3.4	30/08:40-31/03:05
竹子湖	1003.2	30/16:10	9.7	S	30/14:57	1004.2	24.3	90 %	2.7	S	30/13:03	—	2.5	30/11:50-30/11:59	2.5	30/11:50-30/11:59	4.5	30/11:50-30/22:20
台北	1001.5	30/17:01	21.1	ESE	30/17:01	1001.5	30.1	62 %	10.3	SSE	31/02:33	—	0.3	30/11:30-30/12:30	0.3	30/11:30-30/11:40	0.8	30/11:30-31/02:50
新竹	995.1	30/16:57	20.4	ENE	30/15:18	995.4	34.0	48 %	11.1	NE	30/10:33	30/07:45-30/15:20	0.1	31/03:27-31/03:47	0.1	31/03:27-31/03:37	0.1	31/03:27-31/03:47
梧棲	995.2	30/15:21	7.8	ESE	30/19:28	997.5	29.3	80 %	4.9	SW	30/11:52	—	1.0	31/03:00-31/04:00	0.5	31/03:30-31/03:40	1.0	31/01:45-31/04:40
台中	994.7	30/16:48	5.9	WSW	30/17:24	995.7	29.8	81 %	3.2	SW	30/19:06	—	2.5	31/02:50-31/03:50	0.8	31/03:10-31/03:20	3.0	31/01:30-31/04:30
日月潭	888.5	30/17:23	19.3	SSE	30/19:44	890.4	26.5	52 %	8.4	SE	30/19:47	30/17:55-31/00:02	2.8	31/02:20-31/03:20	0.5	31/02:36-31/02:46	4.2	30/09:55-31/03:42
澎湖	996.1	30/16:11	18.5	SSE	31/02:39	1001.2	29.8	70 %	11.3	SSE	31/04:00	30/15:02-31/05:04	T	30/15:30-30/15:40	T	30/15:30-30/15:40	T	30/15:30-31/00:50
東吉島	996.4	30/16:36	27.8	S	31/07:07	1003.8	29.2	71 %	18.8	SSE	31/04:01	31/01:00-	0.5	30/22:10-30/22:35	0.5	30/22:13-30/22:23	0.5	30/22:10-30/22:35
嘉義	992.5	30/16:43	4.7	S	30/20:26	998.6	27.1	99 %	2.6	S	30/20:21	—	1.1	31/00:00-31/01:00	0.7	31/00:05-31/00:15	1.5	30/14:10-31/04:10
阿里山	756.2	30/16:33	13.7	S	30/13:48	757.4	151.1	90 %	5.3	SSE	31/01:57	—	4.5	31/01:30-31/02:30	1.0	31/01:45-31/01:55	19.5	30/09:50-
玉山	3044.1	30/17:35	—	—	—	—	—	—	18.3	SSE	31/04:20	30/16:40-	—	—	—	—	92.0	30/05:00-31/05:00
台南	994.8	30/16:19	13.4	SSE	31/02:30	1000.8	27.9	71 %	7.4	SSE	31/02:38	—	1.8	30/17:20-30/18:20	0.8	30/17:30-30/17:40	3.5	30/07:40-30/21:40
高雄	995.4	30/15:23	20.4	SSE	30/23:51	1000.7	28.4	70 %	8.4	SE	31/02:56	—	4.0	30/16:29-30/17:29	2.5	30/16:29-30/16:39	13.5	30/07:20-30/21:15
恆春	994.5	30/15:48	29.6	E	30/17:14	995.2	26.7	87 %	13.2	E	30/17:14	30/04:00-	35.5	30/10:52-30/11:52	17.0	30/11:28-30/11:38	107.0	30/05:05-31/00:35
蘭嶼	994.5	30/11:10	39.3	NE	30/14:40	996.4	24.7	98 %	30.0	NE	30/00:05	30/03:25-31/01:17	2.2	31/02:05-31/03:05	0.5	31/04:50-31/04:58	4.8	30/04:48-
大武	997.9	30/14:55	23.2	NE	30/14:00	998.9	25.6	88 %	12.2	NE	30/14:08	—	23.0	30/14:35-30/15:35	9.5	30/15:05-30/15:15	123.0	30/01:05-31/08:10
台東	1000.6	30/15:44	19.7	ENE	30/19:11	1004.3	25.9	96 %	6.1	ENE	30/12:12	—	48.0	30/13:00-30/14:00	18.0	30/13:30-30/13:40	255.5	30/01:42-31/06:00
成功	1002.6	30/16:22	21.9	NE	30/16:22	1006.6	26.1	87 %	11.4	N	30/11:28	30/00:00-30/19:00	33.0	30/17:27-30/18:27	19.0	30/18:47-30/18:57	257.6	30/04:15-31/06:00
花蓮	1003.9	30/15:47	11.3	SE	30/19:37	1007.1	26.7	98 %	6.1	SE	30/19:45	—	3.05	31/01:25-31/02:25	9.5	31/01:42-31/01:52	142.0	29/21:50-31/11:50
宜蘭	1004.4	30/15:50	15.2	SE	31/01:06	1006.2	27.8	91 %	5.9	ESE	30/21:01	—	4.5	30/10:52-30/11:52	2.3	30/11:13-30/11:23	23.0	30/03:35-31/03:50
蘇澳	1004.4	30/16:28	21.5	SSE	30/20:35	1003.1	27.9	80 %	12.7	SSE	30/20:43	30/10:27-31/05:00	6.9	31/02:05-31/03:05	6.7	31/02:09-31/02:19	31.0	30/05:00-31/05:00



表 7. 肯特颱風之廿四小時及四十八小時預測位置誤差檢驗表。

Table 7. 24hr and 48hr forecast errors selective typhoon forecasting techniques for Typhoon Kent.

24-HOUR MEAN FORECAST ERROR (KM)																		
	CLIP		CWB		EBM		HURA		PGTM		RJTD		BCGZ		VHHH		RPMM	
CLIP	18 137	137 0																
CWB	18 162	137 25	19 172	172 0														
EBM	9 183	150 33	9 183	164 18	9 183	183 0												
HURA	18 153	137 16	18 153	162 -9	9 174	183 -3	18 153	153 0										
PGTW	18 153	137 16	19 155	172 -16	9 153	183 -29	18 153	153 0	20 157	157 0								
RJTD	18 170	137 33	18 170	162 7	9 170	183 -12	18 170	153 16	18 170	153 16	18 170	170 0						
BCGZ	16 224	148 75	17 225	181 44	8 307	177 129	16 224	150 74	18 225	170 55	16 224	177 46	18 225	225 0				
VHHH	9 114	127 -12	9 114	148 -33	4 87	148 -61	9 114	125 -11	9 114	127 -12	9 114	177 -62	8 107	87 20	9 114	114 0		
RPMM	6 159	162 -3	6 159	194 -35	4 172	177 -5	6 159	177 -18	6 159	159 0	6 159	188 -29	5 166	157 9	1 398	177 220	6 159	159 0

A	B
C	D

48-HOUR MEAN FORECAST ERROR (KM)

	CLIP		CWB		EBM		HURA		PGTW		RJTD		BCGZ		VHHH		RPMM	
CLIP	14 351	351 0																
CWB	14 340	351 -11	15 362	362 0														
EBM	7 424	355 68	7 424	359 64	7 424	424 0												
HURA	14 437	351 85	14 437	340 96	7 494	424 70	14 437	437 0										
PGTW	14 316	351 -35	15 311	362 -51	7 301	424 -122	14 316	437 -120	16 312	312 0								
RJTD	14 333	351 -18	14 333	340 -7	7 342	424 -81	14 333	437 -103	14 333	316 16	14 333	333 0						
BCGZ	12 394	377 16	13 390	392 -1	5 596	422 153	12 394	427 -33	14 401	311 90	12 394	364 29	14 401	401 0				
VHHH	5 285	466 -181	5 285	355 -70	2 272	324 -51	5 285	464 -179	5 285	285 0	5 285	446 -161	5 285	264 20	5 285	285 0		
RPMM	1 863	500 362	1 863	398 464	1 863	272 590	1 863	437 425	1 863	303 559	1 863	520 342	1 863	187 675	1 863	255 607	1 863	863 0

A表示X與Y軸預報時間相同的次數

B表示X軸上預報方法的誤差

C表示Y軸上預報方法的誤差

D表示Y軸預報方法比X軸預報方法好的程度

CLIP：中央氣象局統計模式預報。

EBM：中央氣象局相當正壓模式預報。

PGTW：關島之客觀預報。

BCGZ：廣州之客觀預報。

RPMM：菲律賓之客觀預報。

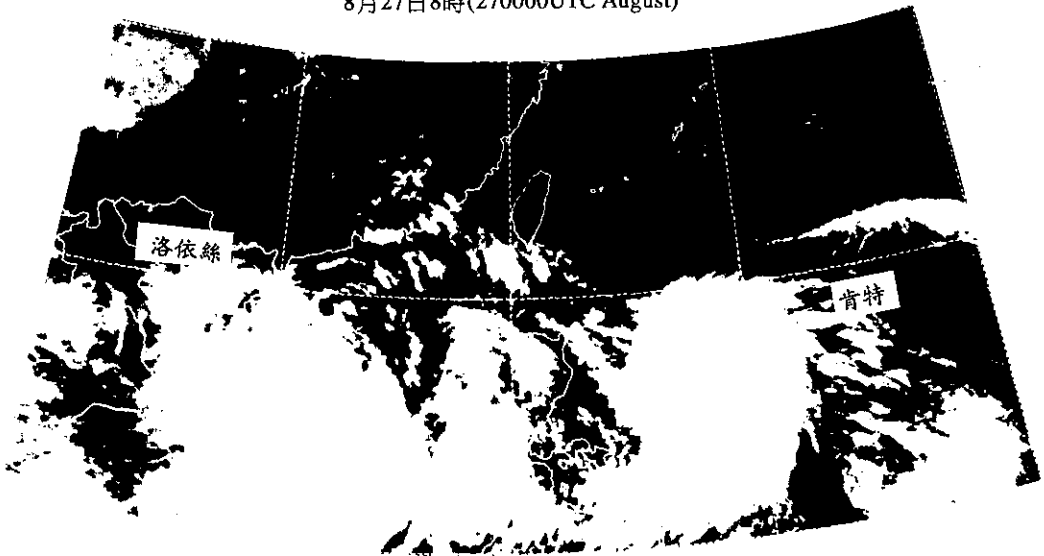
CWB：中央氣象局官方預報。

HURA：中央氣象局統計模式。

RJTD：日本之客觀預報。

VHHH：香港之客觀預報。

8月27日8時(270000UTC August)



8月28日8時(280000UTC August)

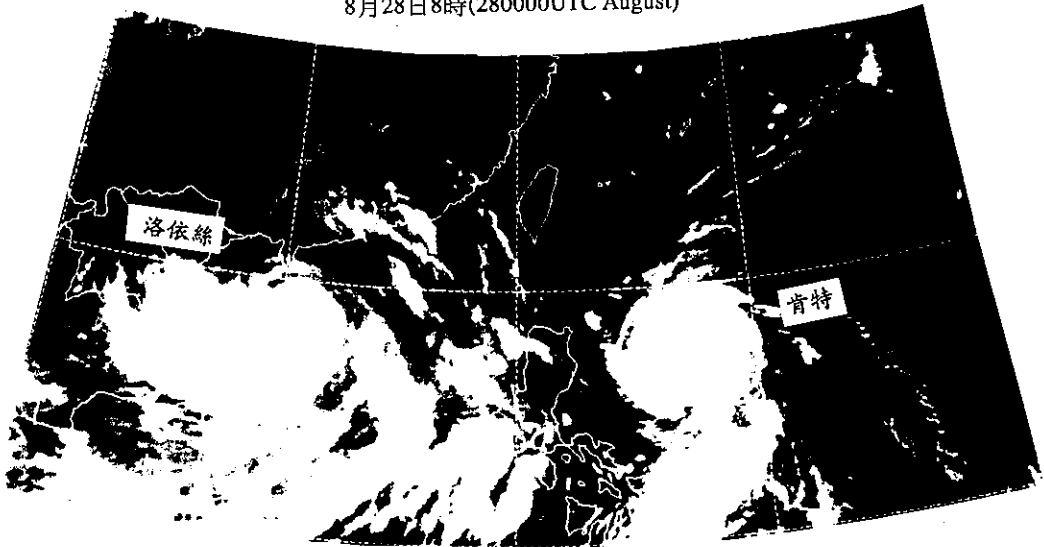
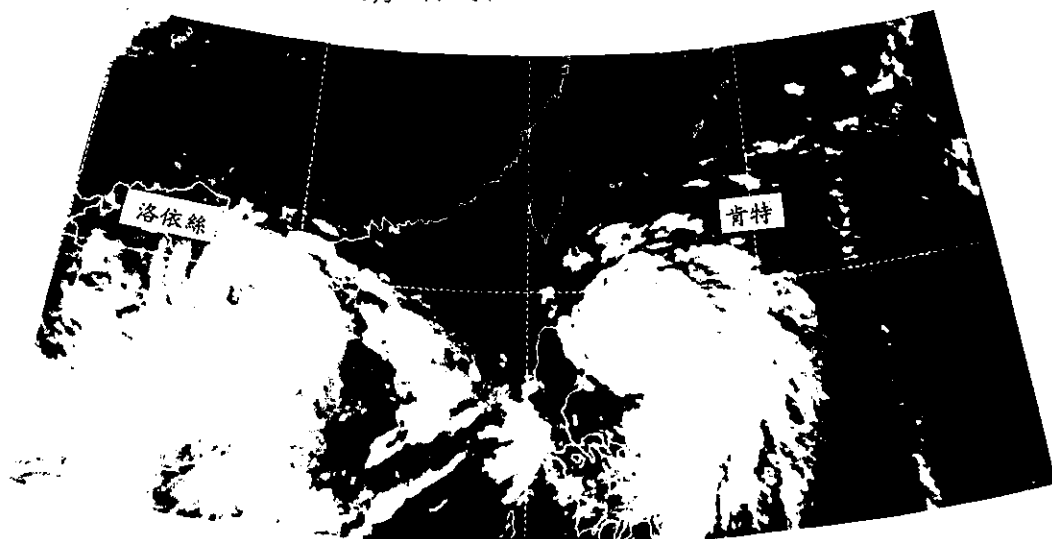


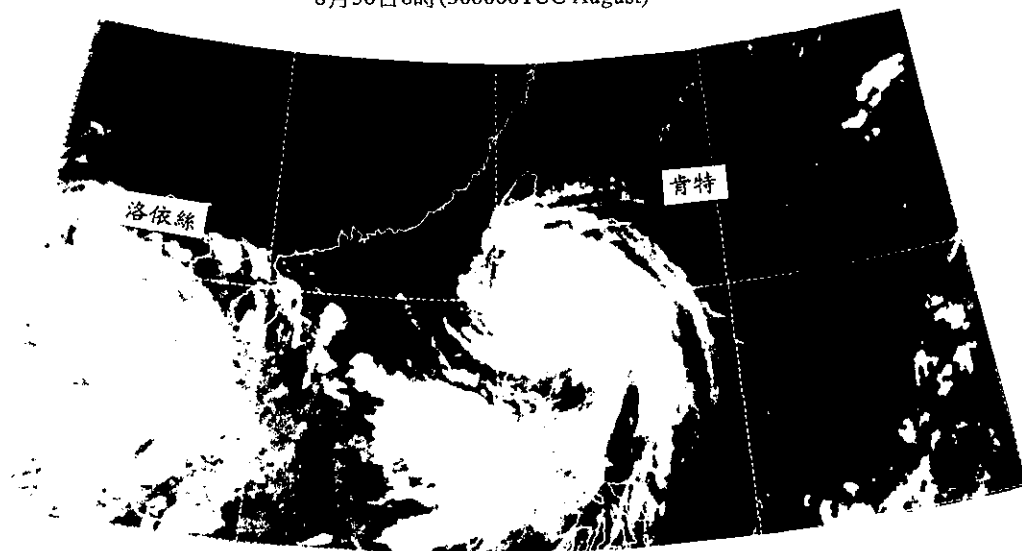
圖 2. 肯特颱風每24小時一張之紅外線衛星雲圖。

Fig. 2. GMS IR images per 24hr from 270000UTC August to 010000UTC September of 1995.

8月29日8時(290000TUC August)



8月30日8時(300000TUC August)



續圖2

Fig. 2. (continued)

8月29日8時(290000TUC August)



續圖2

Fig. 2. (continued)

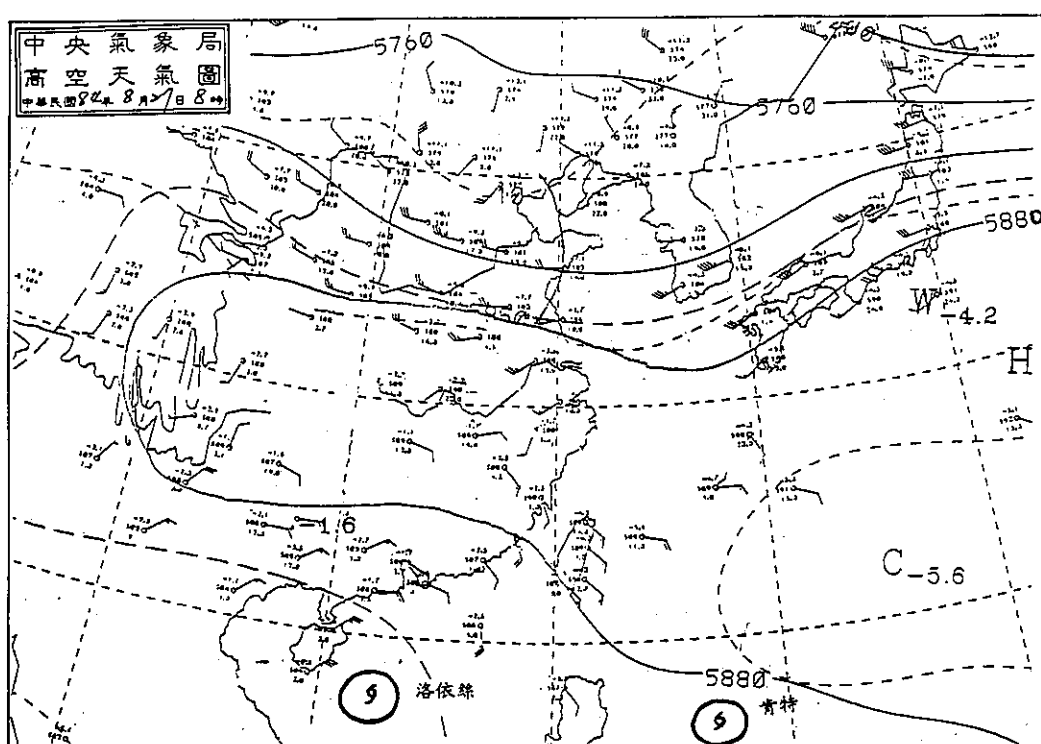


圖 3. 民國84年8月27日8時之500hPa高空圖。

Fig. 3. The 500hPa chart at 270000UTC August of 1995.

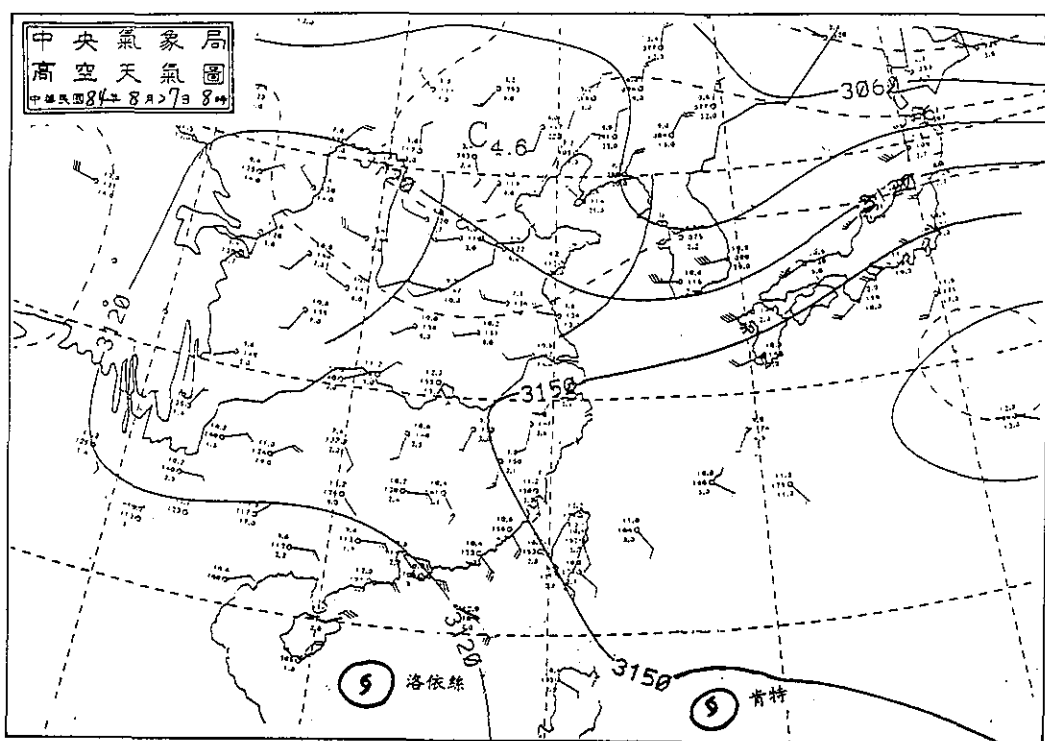


圖 4. 民國84年8月27日8時之700hPa高空圖。

Fig. 4. The 700hPa chart at 270000UTC August of 1995.

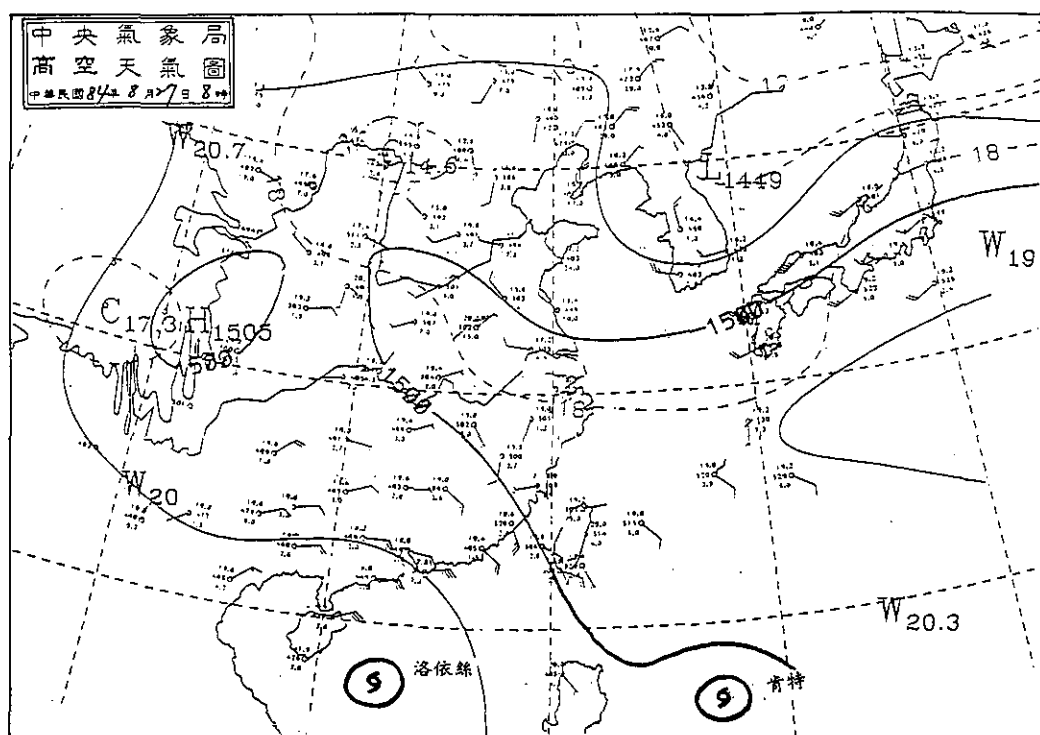


圖 5. 民國84年8月27日8時之850hPa高空圖。

Fig. 5. The 850hPa chart at 270000UTC August of 1995.

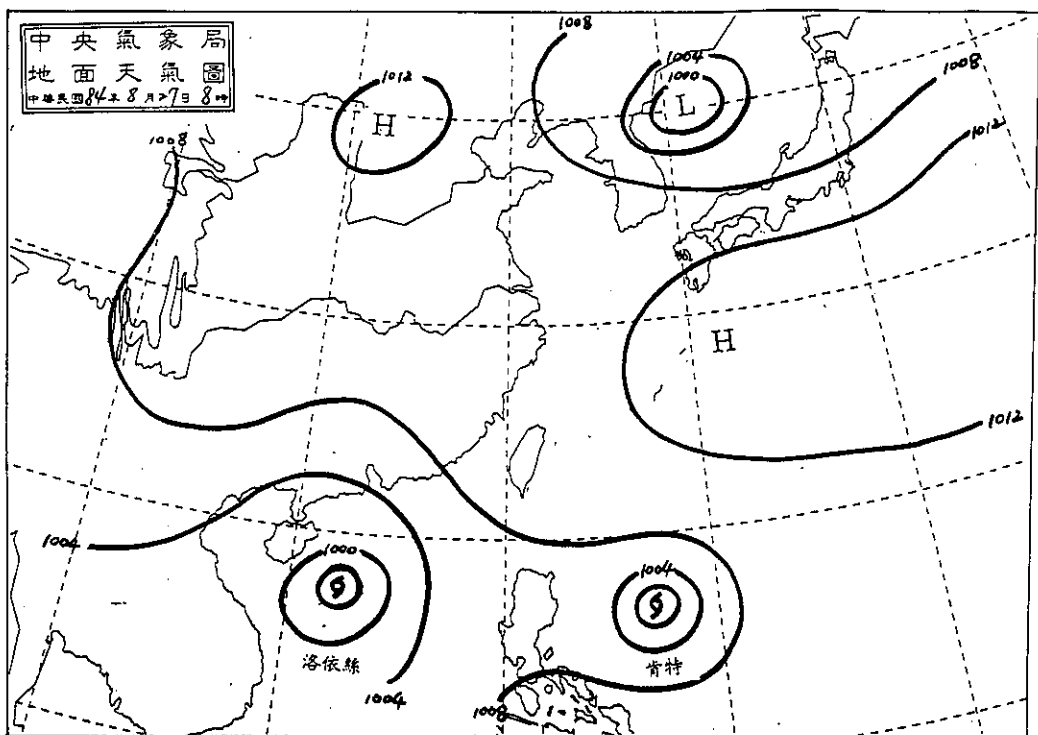


圖 6. 民國84年8月27日8時之地面天氣圖。

Fig. 6. The surge chart at 270000UTC August of 1995.

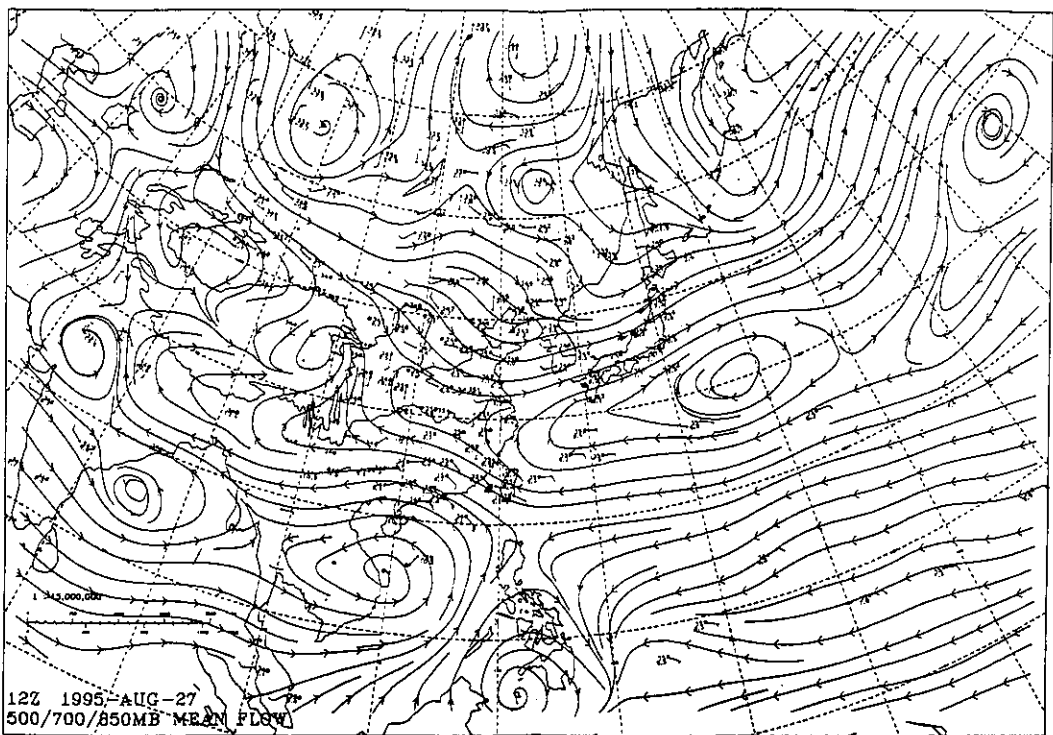


圖 7. 民國84年8月27日20時之500/700/850hPa平均氣流圖。

Fig. 7. The 500/700/850hPa mean flow stream lines at 271200UTC August of 1995.

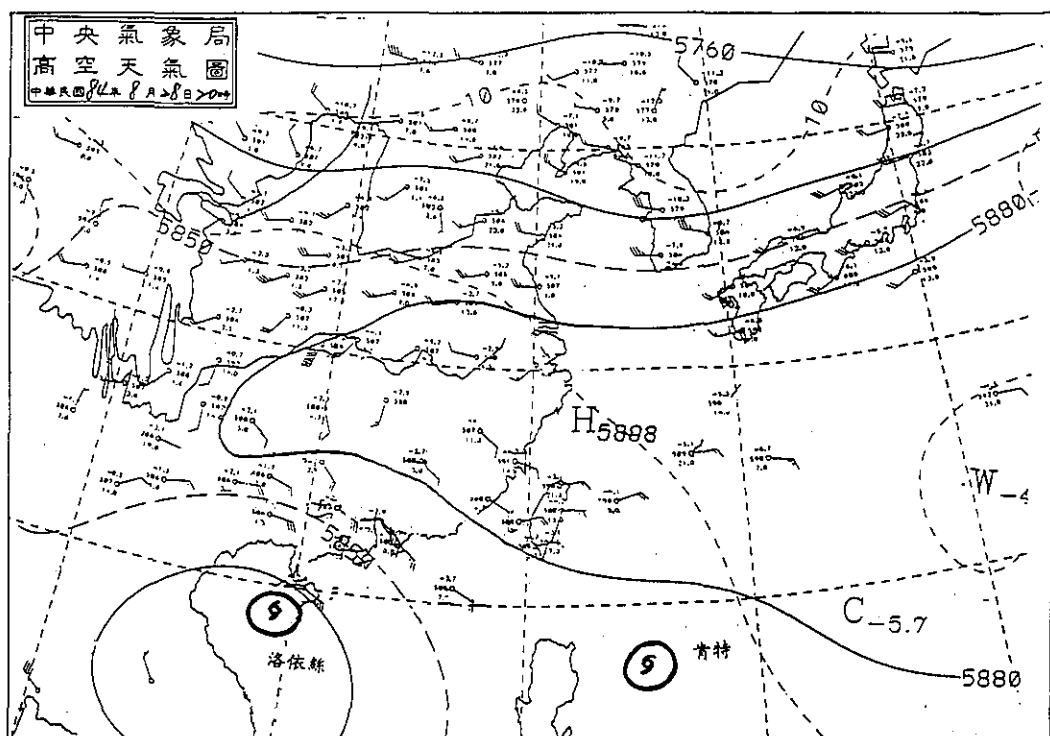


圖 8. 民國84年8月28日20時之500hPa高空圖。

Fig. 8. The 500hPa chart at 281200UTC August of 1995.

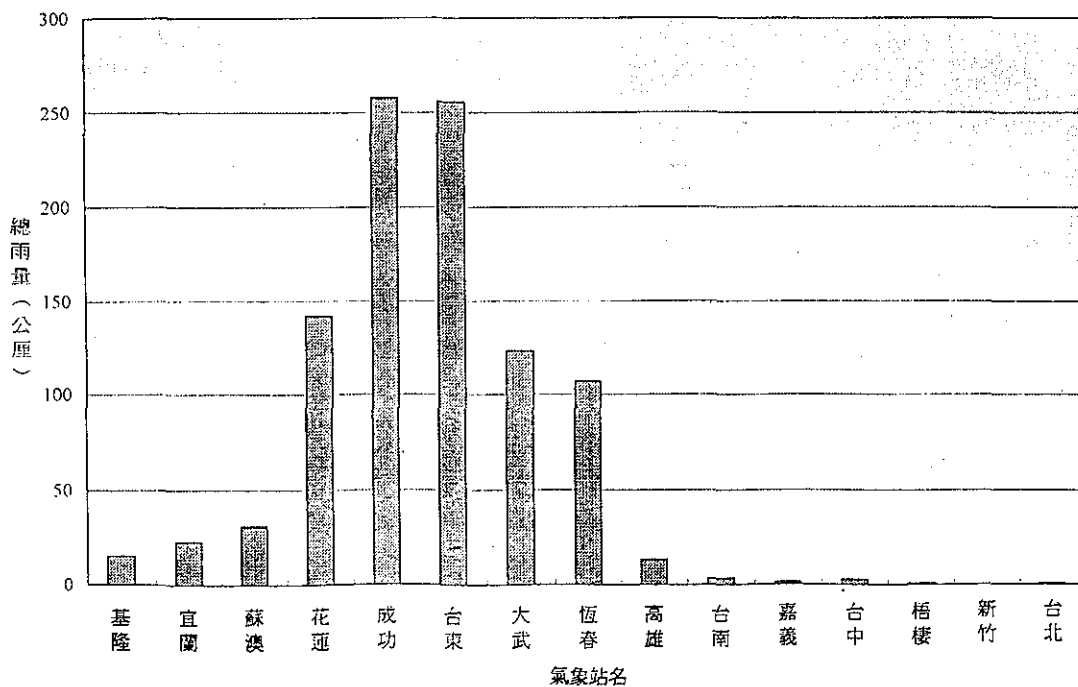


圖 9. 肯等颱風侵台期間中央氣象局各氣象站之雨量分布圖。

Fig. 9. The distribution of rainfall observed by CWB's stations during the passage of Typhoon Kent.

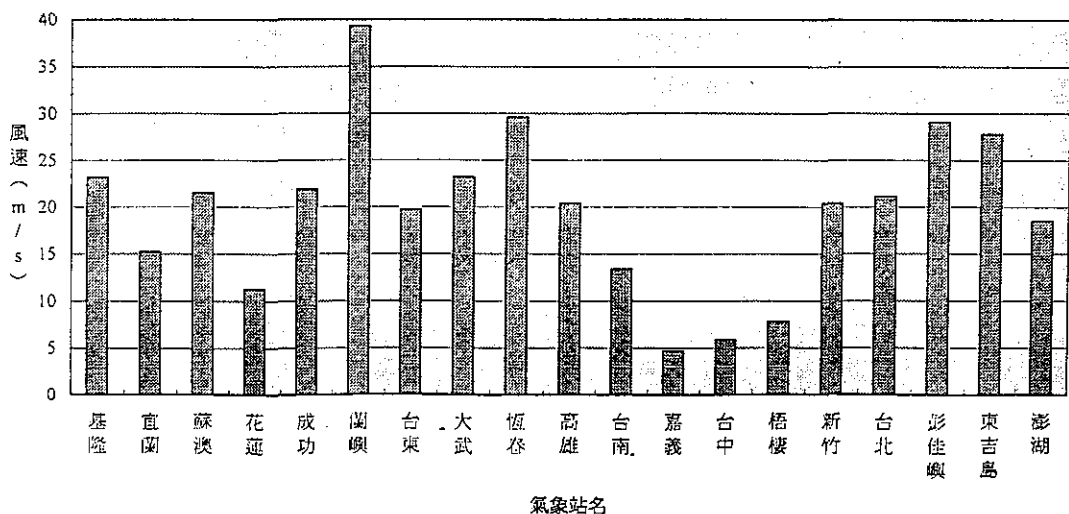


圖 10. 肯特颱風侵台期間中央氣象局各氣象站之風速分布圖。

Fig. 10. The distribution of windspeed observed by CWB 's stations during the passage of Typhoon Kent.

注意其未來之動向。現行中央氣象局發布颱風警報的準則是當颱風之七級風暴風半徑在未來24小時之內將侵襲台灣或金門、馬祖一百公里之海域時，即發布海上颱風警報；而當颱風之七級風暴風半徑於未來18小時之內將侵襲台灣或金門、馬祖陸地時，即發布陸上颱風警報。中央氣象局氣象預報中心經過不斷地監視颱風運動及大氣環境變化，並分析討論各種觀測資料及客觀模式資料後，判斷肯特颱風七級風暴風半徑有影響台灣附近海域之趨勢，因此首先於8月27日17時10分對台灣東南部海面及巴士海峽發布海上颱風警報，而後由於肯特颱風增強為中度颱風，其七級風暴風半徑擴大為200公里，進行速度亦逐漸加快，再於8月30日清晨3時20分增加對台灣海峽南部及東沙島海面發布海上颱風警報，同時並對恆春半島發布陸上颱風警報，隨著颱風之移近台灣附近地區，又增加對金門海域發布海上颱風警報，陸上颱風警報部分，也陸續增加台東、屏東、高雄、台南及澎湖等地區，當颱風通過東沙島海面以後，中央氣象局預測未來其將繼續朝西北西移動，所以在8月31日上午9時10分解除肯特颱風的陸上颱風警報，再隨颱風登陸中國大陸後，於8月31日14時45分解除肯特颱風之海上颱風警報。總計對肯特颱風發布警報時間共歷時3天21

時35分鐘。警報發布期間詳細之警報發布情形記錄於表8。

#### 四、颱風影響期間各地氣象要素分析

在肯特颱風影響台灣地區期間內，中央氣象局所屬氣象站各種氣象要素的觀測結果，詳如表6所示，以下分別就氣壓、雨量及風速三方面來進一步討論：

(一)氣壓：表6資料中鞍部、竹子湖、阿里山、日月潭及玉山等氣象站之測站高度較高，所以在之後的討論中不與其他氣象站做比較分析。而於颱風影響期間，中央氣象局所屬氣象站中，首先觀測到最低氣壓的是蘭嶼氣象站在於8月30日11時10分所觀測到的994.5hPa(此時颱風所在位置在北緯20.4度，東經121.5度)，而後隨颱風繼續向西北西行進，氣壓值逐漸回升。而其他氣象站之最低氣壓大約都在8月30日下午以後觀測到。由表6可發現北部地區(台北氣象站出現之最低氣壓為1001.5hPa)東北部地區(宜蘭氣象站為1004.4hPa)、東部地區(花蓮氣象站為1003.9hPa)及東南部地區(台東氣象站為1000.6hPa)所觀測到之最低氣壓均在1000hPa以下的最低氣壓。此次肯特颱風侵台期間，台灣地區所出現之最低氣壓發生在嘉義氣象站(992.5hPa)，是



表 8. 肯特颱風警報發布經過一覽表

Table 8. Warnings issued by CWB FOR Typhoon Kent.

種類	次序		發布時間			警戒區域		備註
	號	報	日	時	分	海上	陸上	
海上	5	1	27	17	10	巴士海峽、臺灣東南部海面		輕度
海上	5	2	27	20	40	巴士海峽、臺灣東南部海面		輕度
海上	5	3	27	23	15	巴士海峽、臺灣東南部海面		輕度
海上	5	4	28	02	45	巴士海峽、臺灣東南部海面		輕度
海上	5	5	28	05	40	巴士海峽、臺灣東南部海面		輕度
海上	5	6	28	09	00	巴士海峽、臺灣東南部海面		輕度
海上	5	7	28	11	15	巴士海峽、臺灣東南部海面		輕度
海上	5	8	28	14	50	巴士海峽、臺灣東南部海面		輕度
海上	5	9	28	17	30	巴士海峽、臺灣東南部海面		中度
海上	5	10	28	20	55	巴士海峽、臺灣東南部海面		中度
海上	5	11	28	23	30	巴士海峽、臺灣東南部海面		中度
海上	5	12	29	02	55	巴士海峽、臺灣東南部海面		中度
海上	5	13	29	05	20	巴士海峽、臺灣東南部海面		中度
海上	5	14	29	08	50	巴士海峽、臺灣東南部海面		中度
海上	5	15	29	11	15	巴士海峽、臺灣東南部海面		中度
海上	5	16	29	14	45	巴士海峽、臺灣東南部海面		中度
海上	5	17	29	17	45	巴士海峽、臺灣東南部海面		中度
海上	5	18	29	20	55	巴士海峽、臺灣東南部海面		中度
海上	5	10	29	23	30	巴士海峽、臺灣東南部海面		中度
海陸	5	20	30	03	20	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	恆春半島	中度
海陸	5	20-1	30	03	45	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	恆春半島	中度
海陸	5	20-2	30	04	10	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	恆春半島	中度
海陸	5	21	30	05	20	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	恆春半島、台東地區	中度
海陸	5	21-1	30	06	10	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	恆春半島、台東地區	中度
海陸	5	21-2	30	07	10	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	恆春半島、台東地區	中度
海陸	5	22	30	09	00	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	22-1	30	09	45	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	22-2	30	10	30	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	22	30	09	00	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	22-1	30	09	45	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	22-2	30	10	30	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	22	30	09	00	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	22-1	30	09	45	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	22-2	30	10	30	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	23	30	11	30	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	23-1	30	12	30	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	23-2	30	13	30	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	24	30	15	40	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面、金門海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	24-1	30	16	25	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面、金門海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	24-2	30	16	40	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面、金門海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	25	30	17	40	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面、金門海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	25-1	30	18	40	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面、金門海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	25-2	30	19	05	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面、金門海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	26	30	20	55	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面、金門海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	26-1	30	21	45	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面、金門海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	24-2	30	22	20	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面、金門海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	27	30	23	40	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面、金門海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	27-1	31	00	40	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面、金門海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	27-2	31	01	40	巴士海峽、臺灣東南部海面、臺灣海峽南部、東沙島海面、金門海面	屏東、台東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	28	31	02	55	臺灣東南部海面、東沙島海面、金門海面、巴士海峽	屏東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	28-1	31	03	25	臺灣東南部海面、東沙島海面、金門海面、巴士海峽	屏東、高雄、台南、澎湖	中度
海陸	5	28-2	31	04	25	臺灣東南部海面、東沙島海面、金門海面、巴士海峽	屏東、高雄、台南、澎湖	中度
海上	5	29	31	05	40	臺灣東南部海面、東沙島海面、金門海面、巴士海峽		中度
海上	5	30	31	09	10	臺灣東南部海面、東沙島海面、金門海面		中度
海上	5	31	31	11	50	臺灣東南部海面、東沙島海面、金門海面		中度
解除	5	32	31	14	45	肯特颱風已進入大陸，對臺灣海峽南部及金門海面威脅解除		中度

於8月30日16時43分所觀測到的(此時颱風相對應位置在北緯20.8度,東經120.2度)。而離颱風最近的恆春氣象站所觀測到之最低氣壓為hPa。這些實際觀測到之氣壓值與颱風中心氣壓(955hPa)相差許多,那是由於肯特颱風只994.5通過巴士海峽,離台灣仍有一段距離之故。

#### (二)雨量:

##### 1.降雨時間

由於颱風是從台灣東南方海面移近台灣地區的,所以迎風面的東半部地區先觀測到降雨現象,其中花蓮氣象站是中央氣象所屬氣象站中最先發生降雨的地(8月29日21時50分),而東部其他各氣象站也陸續在30日清晨2時以後觀測到降雨情況,而西半部地區降雨時間稍落,其中,南部地區(以高雄氣象站為例)之降雨時間始於30日上午7時20分,而北部地區(台北氣象站)之降雨時間則落後到30日1時30分,中部地區(台中氣象站)之降雨時間更延後至31日凌晨1時30分。

##### 2.降雨分布與雨量

從8月30日清晨5時陸上颱風警報發布後,至8月31日清晨5時陸上颱風警報解除期間,肯特颱風所造成的降雨現象,主要發生在台灣東部地區、東南部地區及恆春半島,累積之降雨量皆超過100公厘,其中,以成功氣象站的257.6公厘最多,台東氣象站的255.5公厘次之,花蓮氣象站142.0公厘,大武氣象站123.0公厘,恆春氣象站107.0公厘。而其他氣象站除東北部地區之蘇澳氣象站觀測到31.0公厘、宜蘭氣象站23.0公厘較多外,其餘皆在20公厘以下,其中,高雄氣象站是在陸上警報發布之警戒區內,降雨量也僅13.5公厘,台中氣象站累積雨量為3.0公厘,台北氣象站為0.8公厘,新竹氣象站為0.1公厘,澎湖氣象站僅觀測到雨跡而已,為肯特颱風侵台期間觀測到降雨量最少的地區。圖9為颱風侵台期間台灣地區平地氣象站之總降雨量分布圖,可看出東部、東南部及恆春半島是降雨較多的地區,其中以成功氣象站之降雨量最多,東北部地區受颱風外圍環流影響,平均之降雨量為2-30公厘,西半部地區位處背風側,除高雄因較接近颱風中心,有十幾公厘的降雨量外,其他地區降雨明顯偏少。

至於高山氣象站部分,以玉山氣站觀測到92.0公厘最多,其他如阿里山、日月潭、鞍部及竹子湖氣象站之累積雨量皆在20公厘以下。

(三)風速:在特颱風侵台期間,中央氣象局所屬氣象站中,蘭嶼氣象站是最先觀測到有強風出現,受到颱風影響,其於8月30日上午7時以後平均風速皆在10m/s以上,至8月31日午零時以後平均風速才減小到10m/s以下,期間瞬間最大風速高達39.3m/s,發生於8月30日11時10分(當時風向為東北風),為此次颱風影響期間所出現之最大陣風,蘭嶼氣象站之最(平均)風速為30.0m/s(8月30日零時5分),亦是各氣象站中所觀測到的最大值。隨著颱風進入巴士海峽,北部及東北部地區也於8月30日上2午起陸續出現強風,北部地區之台北氣象站於8月30日17時1分出現瞬間最大風速21.1m/s(當時風向為東南東),鞍部氣象站於8月31日清晨6時41分出現瞬間最大風速35.3m/s(當時風向為偏南風),東北部地區之蘇澳氣象站於8月30日20時35分出現瞬間最大風速21.5m/s(當時風向為南南東),而距離颱風最近的恆春氣象站是於8月30日17時14分出現瞬間最大風速29.6m/s(當時風向為偏東風)。至於中、南部地區之氣象站因受中央山脈的阻擋,直到8月31日零時以後,當肯特颱風逐漸進入東沙島海面時(當時颱風位置約在北緯21.4度,東經118.9度),台灣西部地區風向轉為偏南風時,才開始有較大風速出現。而離島的澎湖及東)吉島則一直有強風出現。台灣地區之強風在肯特颱風於香港與汕頭間登陸中國大陸後才明顯減弱下來。圖10為颱風侵台期間台灣地區平地氣象站風速分布圖,可看出除迎風面之東半部地區及距颱風較近之恆春半島有較大之陣風出現外,彭佳嶼至東吉島間亦有一強風區,而台中至嘉義一帶第力較小。

## 五、最佳路徑與各種預方法之校驗

肯特颱風之最佳路徑如圖1所示。由於肯特颱風在發布海上颱風警報之初期,逐漸地移入一鞍形場,使得其移動速度減緩,致使初期之預報位置誤差較大(表9為中央氣象局官方預報每6小時一次之廿四小時及四十八小時預測位置誤差表,我們可以看出在8月27日晚上8時以前之廿四小時預測位置誤

表 9. 中央氣象局官方發布之肯特預測位置誤差表

Table 9. The position errors forecasted by CWB for Typhoon

Kent.

時間(UTC)			最佳路徑中心位置		預測位置誤差(km)	
月	日	時	北緯	東經	24hr	48hr
8	26	18	16.3	126.8	362	663
8	27	00	16.8	126.7	215	472
8	27	06	17.1	126.5	253	479
8	27	12	17.2	126.4	336	584
8	27	18	17.3	126.4	214	347
8	28	00	17.5	126.3	127	188
8	28	06	17.7	126.1	139	144
8	28	12	18.0	125.9	34	151
8	28	18	18.2	125.4	73	268
8	29	00	18.4	124.9	133	361
8	29	06	18.6	124.4	123	285
8	29	12	18.9	123.9	206	268
8	29	18	19.4	123.1	291	439
8	30	00	20.1	122.1	205	397
8	30	06	20.6	120.9	177	302
8	30	12	21.1	119.6	155	—
8	30	18	21.6	118.2	102	—
8	31	00	22.2	116.7	68	—
8	31	06	22.6	115.3	82	—
8	31	12	22.9	114.0	—	—
8	31	18	23.2	112.8	—	—
9	01	00	23.8	111.4	—	—
9	01	06	24.5	109.9	—	—

差皆在336公里以上，而四十八小時預測位置誤差則皆在472公里以上，此遠高於廿四小時平均預測位置誤差172公里及四十八小時平均誤差362公里)，而後肯特颱風增強為中度颱風，受到太平洋高壓駛流之導引，始有較穩定之移動。以下進一步就中央氣象局的統計模式中的HURRAN模式及CLIPER模式預報、動力模式中的相當正壓模式

(EBM)和中央氣象局發布之官方預報等分別對肯特颱風的廿四小時及四十八小時預測之校驗來討論：

(-)由表7之廿四小時的預測誤差統計來看，中央氣象局官方預測肯特颱風廿四小時預測位置之平均誤差為172公里；而HURRAN模式的表現比官方預測略好，預測的誤差較官方預測少9公里，CLIPER模式的表現則比官方預測差，預測的誤差

較官方預測多25公里；相當正壓模式的表現也比官方預測差，預測的誤差較官方多18公里。

(二)由表7之四十八小時的預測誤差統計來看，中央氣象局官方預測肯特颱風四十八小時預測位置之平均誤差為362公里；而HURRAN模式的表現反比官方預測差，預測的誤差較官方預測多96公里，CLIPER模式的表現則比官方預測佳，預測的誤差較官方預測少11公里；相當正壓模式的表現仍然比官方預測差，預測的誤差較官方多64公里。

## 六、災情報告

中央氣象局雖然對台灣地區發布了肯特颱風的海上、陸上颱風警報，所幸颱風中心離台灣本島有一段距離，且在颱風較接近台灣附近地區期間其移動速度較快，以致較無重大災情發生。依據內政部消防署災害防救中心、台灣省政府農林廳漁業局及台灣電力公司等有關單位之災情統計，中度颱風肯特於侵台期間，帶來台灣東部地區、東南部地區及恆春半島明顯之降雨及較強之陣風，也是發生災情較之地區，計有1人死亡、1人失蹤、14人輕傷。經過災害損失彙計後，在航空交通方面，台東、屏東、高雄、台南及台東蘭嶼、綠島等機場，除高雄機場之國際航線正常飛行外，其餘皆關閉停飛。在鐵路交通方面，南迴鐵路於8月30日14時起全部停開。而在公路交通方面，南橫公路、南迴公路及中橫公路數處因落石、坍方造成交通中斷。而因颱風造成電力中斷部分以台東縣大武地區、屏東縣琉球鄉及高雄市鼓山區較為嚴重，其損失之恢復費用約481萬元，而漁業損失部分總計613萬元。

## 七、結 論

肯特颱風是民國84年在西北太平洋上形成的第9個颱風，也是中央氣象局在民國84年對台灣附近地區發布颱風警報的第5個颱風，其在民國84年8月27日清晨2時於呂宋島東方海面形成，行經巴士海

峽、東沙島海面後於8月31日14時在香港與汕頭間登陸中國大陸，並於9月1日20時以後減弱為熱帶性低氣壓，生命期5天又18小時。中央氣象局是在8月27日17時10分發布颱風警報，於8月31日14時45分解除颱風警報，警報發布時間歷時3天又21小時35分鐘。就上述之討論、說明以及颱風對台灣地區之影響，歸綸以下四點結論：

(一)肯特颱風在形成之初，由於逐漸移入鞍形場的緣故，其移動速度減緩約30小時左右時間，此現象颱風預報初期預測位置之誤差偏高。之後，颱風基本上受到太平洋壓影響，穩定地朝西北西方向快速前進。

(二)中央氣象局對肯特颱風發布之官方預報，廿四小時的預測位置平均誤差為172公里，四十八小時預測位置平均誤差為362公里。而廿四小時預測誤差部分，HURRAN模式的表現比官方預測略好，CLIPER模式的表現反比官方預測佳，而HURRAN模式與當正壓模式較官方預測差。

(三)肯特颱風侵台期間，台灣東部地區、東南部地區及恆春半島有較明顯之降雨，累積降雨量皆超過100公厘以上，其中以成功氣象站量測到257.6公厘最多，台東氣象站的255.5公厘次之。而在風速方面，以蘭嶼氣象站所觀測到的瞬間最大風速39.3 m/s最大(當時風向為東北)，中、南部地區起風時間較為落後，當颱風逐漸移入東沙島海面，風向轉為偏南風時，始有較大陣風出現。

(四)中央氣象局雖然對台灣地區發布了肯特颱風海上、陸上颱風警報，不過由於颱風中心離台灣本島有一段距離，再加上颱風在較接近台灣附近地區期間其移動速度較快，致使災害輕微。

## 八、參考文獻：

- Dvorak, V.F., 1975: Tropical cyclone intensity analysis and forecasting from satellite imagery. Mon. Wea. Rev., 103, 420-430.

## **AN INVESTIGATION REPORT ON TYPHOON KENT OF 1995**

**Ming-Chang Hsieh**

Forecast Center of the Central Weather Bureau

### **ABSTRACT**

Typhoon kent, numbered 9509, originated as the 9th typhoon of 1995 in the northwestern Pacific Ocean, also was the 5th typhoon warning issued by the Central Weather Bureau around the Taiwan area this year. Kent developed into tropical storm over the eastern sea of Luzon Island in the early morning of August 17, 1995. After taking shape, it then moved northwestward with staggering speed. About 30 hours later, its intensity was graded as typhoon with an expanded near-gale radius of storm, afterwards, it turned westnorthwestward and moved slowly. After entering the eastern portion of the Bashi Channel with an obvious speed-up, Kent moved through the Bashi Channel and the sea of Pratas, kent landed on mainland China through somewhere between Hong-kong and San-Tow at 14:00 August 31st (local time), then dissipated as tropical depression at 20:00 September 1st (local time), the Central Weather Bureau issued the Typhoon Kent warning and lifted it until 14:45 August 31st (local time). During the warning session, the sea-warning issues aimed at the Bashi Channel, the southeastern sea of Taiwan, the southern Taiwan Strait, the sea waters of Pratas and Kingmen area. The land-warning issues mainly aimed at the Hengchun Peninsula, Taitung, Kaohsiung, Tainan and Penghu. Under the influence of Typhoon Kent, the accumulated rainfall amounted over 100mm for eastern and southeastern Taiwan and the Hengchun Peninsula. As for wind speed, the maximum wind speed appeared at the southeastern Taiwan area and the Hengchun Peninsula which were the closest area to the center of Typhoon Kent. Due to the effect of the outskirt circulation of Kent and the topography of Taiwan island, strong gusts were also detected over the northern Taiwan area. There were no major damages reported during the passage of Kent through the Bashi Channel.

Keywords :

# 民國85年颱風調查報告—賀伯颱風(9608)

林 秀 雯

中央氣象局預報中心

## 摘 要

賀伯(HERB)颱風為民國85年在西北太平洋海域生成的第8個颱風，也是中央氣象局於該年發布警報的第3個颱風。7月24日12UTC在關島東北方海面形成颱風後，開始以偏西方向移動，然後轉向西南西，29日起再朝西北移動，這段期間其強度亦不斷地增強，並達到強烈颱風程度。由於賀伯颱風於成熟階段時橫掠台灣，造成台灣地區近30年來罕見的嚴重災害。賀伯颱風中心在7月31日晚上8時44分於宜蘭附近登陸，之後通過北部陸地，於8月1日清晨4時左右再由新竹附近出海。至於風力方面，北部及東北部地區均出現超過44m/s以上之陣風；降雨方面，在南投山區及桃竹苗山區累積雨量皆超過一千公厘。另外，賀伯颱風侵襲期間，台灣東部地區則有焚風現象發生。

從颱風路徑預測校驗顯示，不論主觀或客觀方法的預報，當賀伯颱風移動方向有明顯變動時，顯示其路徑預報誤差皆有增大的情形。

## 一、前 言

賀伯(HERB)颱風，編號9608，係於民國85年7月24日12UTC在關島東北方海面形成的颱風；而在8月2日12UTC於福建省減弱為熱帶性低氣壓，賀伯颱風之生命期共計九天，其強度最強曾發展至強烈颱風程度。賀伯形成時，中央氣象局正針對葛樂禮(GLORIA)颱風發布颱風警報，六天後，強烈颱風賀伯侵襲台灣地區，其中心在台灣東北部地區登陸，並通過北部地區後，於新竹附近出海。伴隨賀伯颱風而來的強勁風力及豐沛的雨量，對台灣地區造成近30年來罕見之嚴重災害。在賀伯颱風影響台灣期間之降雨方面，以南投山區及阿里山附近的降雨量最大，另外一個較大地區則出現在桃竹苗山區，兩者累積雨量皆在一千公厘以上。至於南部、東部及東南部地區則降雨較少。在風力方面，各地區陣風除澎湖外，皆在十級以上，尤以東北部及北部地區風力較大(基隆十七級最強)。

本報告將以討論賀伯颱風的發生、經過、強度

變化及颱風侵台時中央氣象局所屬各氣象站之氣象要素變化為重點，並校驗各種主、客觀颱風預報方法的誤差及表現。

## 二、颱風的發生、經過及處理過程

賀伯(HERB)颱風是民國85年在西北太平洋發生的第八個颱風，也是該年中央氣象局發布警報的第三個颱風。7月24日12UTC，賀伯颱風在關島東北方約八百公里海面上生成(北緯19.9度，東經148.8度)，當時葛樂禮颱風正在呂宋島東方近海，以時速十五公里的速度向台灣南端逼近，中央氣象局並對台灣南部地區及南部海面發布海上陸上颱風警報。圖1是賀伯颱風7月24日12UTC至8月2日12UTC的最佳路徑圖，各項資料詳見表1。當賀伯颱風形成後，開始以偏西方向移動，同時其強度及暴風範圍亦逐漸增大，26日以後颱風移動路徑由偏西轉為西南西，在26日12UTC其強度增強為中度颱風，近中心最大風速增強為33 m/s，27日06UTC更增強為強烈颱風，中心氣壓

下降至925百帕，近中心風速已達51m/s，其七級風暴風半徑擴大為三百公里，十級風暴風半徑亦達一百五十公里。

在持續兩天的偏西南西移動後，29日再度轉向，以西北的方向朝巴士海峽及台灣東部海面接近，暴風半徑更擴大為三百五十公里。中央氣象局研判賀伯颱風將對台灣附近海域構成威脅，遂於當日(29日)上午11時30分(地方時)對巴士海峽及台灣東部海面發布海上颱風警報，由於賀作颱風持續向西北移動，至29日晚上11時(地方時)其中心距離花蓮東南東方約八百公里的海面上，中央氣象局預測此颱風將對台灣東部、東北部及北部陸地構成嚴重威脅，因此於當晚11時20分(地方時)發布海上陸上颱風警報。隨著颱風的逐漸逼近，海上陸上颱風警報之警戒地區亦逐步擴及其他地區，7月30日20時(地方時)所發布之海上陸上颱風警報，其警戒區域已包括全台澎金馬及各海面，遂呼籲各地應防強風、豪雨及海水倒灌。7月31日賀伯颱風接近台灣陸地時，路徑轉為西北西，其中心於31日20時44分(地方時)在宜蘭附近登陸，隨後通過北部地區，惟其強度受到地形破壞，在8月1日凌晨2時(地方時)減弱為中度颱風，中心附近風速由53m/s減為45m/s，暴風範圍亦縮小至三百公里。1日清晨4時(地方時)颱風中心在新竹附近出海，進入台灣海峽北部後，繼續向西北西方向移動，其強度亦繼續減弱。1日11時(地方時)賀伯颱風在福建平潭附近登陸，至23時(地方時)更減弱為輕度颱風，其對台澎金馬及各海面之威脅才完全解除。有關賀伯颱風之警報發在情形如表2所示。

颱風警報發布期間，中央氣象局衛星中心提供颱風逐時定位資料(表3)。此外，7月30日起颱風亦進入日本雷達站及中央氣象局花蓮、高雄雷達站的監視範圍(表4)，衛星及雷達定位資料皆為颱風小組定位作業之主要參考，亦為決定最佳路徑之依據。

### 三、颱風強度及路徑探討

賀伯颱風於7月24日形成後，以偏西方向移動，其路徑至26日12UTC均在北緯20至21度間移動，此時颱風一直沿著太平洋高壓南緣前進，但在

26日12UTC至29日00UTC期間颱風路徑則偏向西南西移動。圖2a至d分別為7月26日至29日各日00UTC之500百帕氣流線圖，由圖2a顯示副熱帶高壓脊線在北緯三十度以北，賀伯颱風在副熱帶高壓南緣的東風駛流場內活動，因此開始以偏西方向移動。之後，由氣流線圖分析(圖2a至2c)顯示，在菲律賓附近的反氣旋式環流自26日起有增強的趨勢，導致賀伯颱風26日起偏向西南西移動，此反氣旋式環流增強可能與葛樂禮颱風有關，Carr和Elsberry(1995)研究有關熱帶擾動與綜觀系統交互影響作用(RMT: Ridge modification by a large TC)，發現在颱風東南象限會有反氣旋式環流發展。葛樂禮颱風登陸福建後，強度逐漸減弱，因此29日之後，菲律賓地區反氣旋環流減弱(圖2d)，賀伯颱風受到副熱帶高壓駛流加上地球自轉效應(Beta effect)影響，路徑轉向西北移動。

7月30日，當賀伯颱風逐漸接近台灣東北部陸地時，移動軌跡出現略有搖擺現象，且自31日起颱風移動方向略偏西(圖3)，轉向西北西移動，此應與地形效應有關外，亦是颱風愈接近副熱帶高壓南緣，駛流愈強所致。颱風中心自新竹出海後，恢復西北西方向移動，於8月1日登陸福建省，隨即迅速減弱，至8月2日20時減弱為熱帶性低氣壓。

有關賀伯颱風強度之變化可由圖4看出，颱風於27日18UTC至31日12UTC期間強度達到最強的階段，發展至強烈程度，中心氣壓920百帕，中心附近最大風速達53m/s，之後強度迅速減弱。由十天平均海水溫度(圖5)分析，賀伯颱風路徑在31日以前皆在較高的海溫下移動，致颱風強度得以持續發展。31日12UTC之後由於颱風登陸陸地，受地形破壞，強度迅速減弱。

### 四、賀伯颱風影響期間各地氣象狀況

表5為賀伯颱風侵台期間中央氣象局所屬各氣象站氣象要素統計表，由於強烈颱風賀伯(HERB)中心由宜蘭登陸，其颱風眼通過台灣北部地區，再由新竹附近出海進入台灣海峽北部，因此較強風力出現在東北部及北部地區，其中以基隆的陣風高達17級最強。圖6為7月31日12UTC至8月1日06UTC每6小時紅外線衛星雲圖，30日颱風外圍雲帶已開始影

表 1. 賀伯颱風最佳路徑、強度變化及動向資料表

Table 1. The best-track positions, intensity and movement of typhoon HERB

時間 (UTC)			中心位置 (度)		中心氣壓 (百帕)	移動方向 (DEG)	移動速度 (km/hr)	近中心最大風速 (m/s)		暴風半徑 (km)	
月	日	時	北緯	東經				平均	瞬間	七級風	十級風
7	24	12	19.9	148.8	998	310	26	18	23	150	—
		18	20.2	147.8	998	290	19	18	23	150	—
	25	00	20.3	146.5	995	275	22	20	25	180	—
		06	20.3	144.9	990	270	28	23	28	180	—
		12	20.3	143.6	990	270	22	23	28	180	—
		18	20.4	142.6	985	275	17	25	33	180	—
	26	00	20.7	140.8	980	280	31	28	35	180	—
		06	20.8	139.2	975	275	28	30	38	200	—
		12	20.7	137.8	970	265	24	33	43	220	50
		18	20.2	136.8	962	250	20	38	48	250	100
	27	00	19.6	135.6	950	240	24	43	53	250	120
		06	19.4	134.6	925	255	19	51	63	300	150
		12	19.0	134.0	920	235	13	51	63	300	150
		18	18.8	133.1	920	255	17	53	65	300	150
	28	00	18.6	132.4	920	255	13	53	65	300	150
		06	18.4	131.8	920	250	11	53	65	300	150
		12	18.3	131.0	920	265	15	53	65	300	150
		18	18.3	130.4	920	270	11	53	65	300	150
	29	00	18.6	130.0	920	310	9	53	65	350	150
		06	19.3	129.4	920	315	17	53	65	350	150
		12	19.8	128.7	920	310	15	53	65	350	150
		18	20.3	128.2	930	315	13	53	65	350	150
	30	00	21.0	127.9	930	330	15	53	65	350	150
		06	21.9	127.2	930	330	20	53	65	350	150
		12	22.4	126.4	930	315	17	53	65	350	150
		18	23.2	125.9	930	320	17	53	65	350	150
	31	00	23.9	124.7	930	305	24	53	65	350	150
		06	24.1	123.8	930	290	15	53	65	350	150
		12	24.9	122.4	930	300	28	53	65	350	150
		18	24.9	121.1	950	270	22	45	60	300	100
8	1	00	25.3	120.3	965	300	15	40	53	300	100
		06	25.9	118.9	968	295	26	38	48	300	100
		12	26.3	117.4	972	280	26	33	43	300	100
		18	26.6	116.0	980	290	24	23	33	200	—
	2	00	27.2	115.2	990	310	17	20	28	200	—
		06	27.5	114.2	990	290	17	20	28	180	—



表 2. 賀伯颱風警報發布一覽表

Table 2. Warning stages issued by CWB for typhoon HERB

警報 種類	強 度	次號		發布時間(L)				警戒區域		附註
		號	報	月	日	時	分	海上	陸上	
海上	強烈	3	1	7	29	11	30	巴士海峽、臺灣東部海面		
海上	強烈	3	2	7	29	15	25	巴士海峽、臺灣東北及東南部海面		
海上	強烈	3	3	7	29	17	20	巴士海峽、臺灣東北及東南部海峽		
海上	強烈	3	4	7	29	21	10	巴士海峽、臺灣北部、東北部及東南部海面		
海陸	強烈	3	5	7	29	23	20	巴士海峽、臺灣北部、東北部及東南部海面	臺灣東部、東北部及北部	西部濱海地區將出現較強偏北風
海陸	強烈	3	6	7	30	2	40	巴士海峽、臺灣北部、東北部及東南部海面	臺灣東部、東北部及北部	西部濱海地區將出現較強偏北風
海陸	強烈	3	7	7	30	5	15	巴士海峽、臺灣北部、東北部及東南部海面	臺灣東部、東北部及北部	西部濱海地區將出現較強偏北風
海陸	強烈	3	8	7	30	9	20	巴士海峽、臺灣北部、東北部、東南部海面及臺灣海峽北部	台北、桃園、新竹、基隆、宜蘭、花蓮、台東及蘭嶼	西部濱海地區將出現較強偏北風，達大潮，沿海低窪地區防海水倒灌
海陸	強烈	3	9	7	30	11	40	巴士海峽、臺灣北部、東北部、東南部海面及臺灣海峽北部	台北、桃園、新竹、基隆、宜蘭、花蓮、台東及蘭嶼	西部濱海地區將出現較強偏北風，達大潮，沿海低窪地區防海水倒灌
海陸	強烈	3	10	7	30	15	25	巴士海峽、臺灣北部、東北部、東南部海面及臺灣海峽北部	嘉義以北、臺灣東半部、蘭嶼及馬祖	西部濱海地區防較強偏北風，達大潮，沿海低窪地區防海水倒灌
海陸	強烈	3	11	7	30	17	50	臺灣附近各海面及巴士海峽	臺灣、蘭嶼、馬祖及澎湖	西部濱海地區防較強偏北風，達大潮，沿海低窪地區防海水倒灌
海陸	強烈	3	12	7	30	20	50	臺灣附近各海面、金門、馬祖海面及巴士海峽	臺灣、蘭嶼、澎湖、金門及馬祖	西部濱海地區防較強偏北風，達大潮，沿海低窪地區防海水倒灌
海陸	強烈	3	13	7	30	23	35	臺灣附近各海面、金門、馬祖海面及巴士海峽	臺灣、蘭嶼、澎湖、金門及馬祖	西部濱海地區防較強偏北風，達大潮，沿海低窪地區防海水倒灌
海陸	強烈	3	14	7	31	3	20	臺灣附近各海面、金門、馬祖海面及巴士海峽	臺灣、蘭嶼、澎湖、金門及馬祖	達大潮，沿海低窪地區防海水倒灌
海陸	強烈	3	15	7	31	6	10	臺灣附近各海面、金門、馬祖海面及巴士海峽	臺灣、蘭嶼、澎湖、金門及馬祖	達大潮，沿海低窪地區防海水倒灌
海陸	強烈	3	16	7	31	9	35	臺灣附近各海面、金門及馬祖海面	臺灣、蘭嶼、澎湖、金門及馬祖	達大潮，沿海低窪地區防海水倒灌，防山洪暴發
海陸	強烈	3	17	7	31	11	50	臺灣附近各海面、金門及馬祖海面	臺灣、蘭嶼、澎湖、金門及馬祖	達大潮，沿海低窪地區防海水倒灌，防山洪暴發
海陸	強烈	3	18	7	31	15	10	臺灣附近各海面、金門及馬祖海面	臺灣、蘭嶼、澎湖、金門及馬祖	達大潮，沿海低窪地區防海水倒灌，防山洪暴發
海陸	強烈	3	19	7	31	17	55	臺灣附近各海面、金門及馬祖海面	臺灣、蘭嶼、澎湖、金門及馬祖	防山洪暴發
海陸	強烈	3	20	7	31	21	10	臺灣附近各海面、金門及馬祖海面	臺灣、澎湖、金門及馬祖	颱風中心於地方時20時44分在基隆與蘇澳之間登陸
海陸	強烈	3	21	7	31	23	55	臺灣附近各海面、金門及馬祖海面	臺灣、澎湖、金門及馬祖	颱風中心在台北附近
海陸	中度	3	22	8	1	3	20	臺灣附近各海面、金門及馬祖海面	臺灣、澎湖、金門及馬祖	
海陸	中度	3	23	8	1	5	45	臺灣附近各海面、金門及馬祖海面	臺灣、澎湖、金門及馬祖	颱風中心於地方4時在新竹附近出海
海陸	中度	3	24	8	1	9	20	臺灣附近各海面、金門及馬祖海面	臺灣、澎湖、金門及馬祖	
海陸	中度	3	25	8	1	12	10	臺灣附近各海面、金門及馬祖海面	台南以北、宜蘭、花蓮、澎湖、金門及馬祖	颱風中心於地方11時在福建平潭附近登陸
海陸	中度	3	26	8	1	15	15	臺灣附近各海面、金門及馬祖海面	台南以北、宜蘭、花蓮、澎湖、金門及馬祖	河川下游防山洪暴發
海陸	中度	3	27	8	1	17	50	臺灣附近各海面、金門及馬祖海面	台南以北、宜蘭、花蓮、澎湖、金門及馬祖	河川下游防山洪暴發
海陸	中度	3	28	8	1	21	20	臺灣北部海面、臺灣海峽、金門及馬祖海面	金門及馬祖	河川下游防山洪暴發
解除	輕度	3	29	8	1	23	20			河川下游防山洪暴發

表 3. 警報期間氣象局衛星中心對賀伯颱風之中心定位表

Table 3. Eye-fixes for typhoon HERB by the Satellite Center of CWB

時間			中心位置		定位	強度估計
月	日	時	緯度	經度	準確度	T/C/D/S/W/hr
7	29	03	19.0	129.6	G	5.5/6.0/W/6
		04	19.0	129.5	G	5.5/6.0/W/6
		05	19.1	129.4	G	5.5/6.0/W/6
		06	19.2	129.3	G	5.5/6.0/W/6
		07	19.3	129.2	G	5.5/6.0/W/7
		08	19.4	129.1	G	5.5/6.0/W/8
		09	19.6	129.0	G	5.5/6.0/S/6
		10	19.6	128.9	G	5.5/6.0/S/6
		11	19.7	128.7	G	5.5/6.0/S/6
		12	19.8	128.7	G	5.5/6.0/S/6
		13	19.9	128.5	G	5.5/6.0/S/6
		14	20.0	128.4	G	5.0/5.5/W/6
		15	20.0	128.3	F	5.0/5.5/W/6
		16	20.1	128.2	F	5.0/5.5/W/6
		17	20.2	128.1	F	5.0/5.5/W/6
		18	20.3	128.0	F	5.0/5.5/W/6
		19	20.4	128.0	F	5.0/5.5/W/6
		20	20.5	127.8	F	5.0/5.5/S/6
		21	20.5	127.8	F	5.0/5.5/S/6
		22	20.5	127.8	F	5.5/5.5/D/6
		23	20.6	127.8	F	5.5/5.5/D/6
7	30	00	20.7	127.8	F	5.5/5.5/D/6
		01	21.0	127.7	F	5.5/5.5/D/6
		02	21.3	127.7	F	5.5/5.5/D/6
		03	21.5	127.5	F	6.0/6.0/D/6
		04	21.7	127.4	F	6.0/6.0/D/6
		05	21.9	127.3	F	6.0/6.0/D/6
		06	22.0	127.2	F	6.0/6.0/D/6
		07	22.0	127.0	F	5.5/6.0/S/6
		08	22.1	126.8	F	5.5/6.0/S/6
		09	22.2	126.7	F	5.5/6.0/W/6
		10	22.3	126.6	F	5.5/6.0/W/6
		11	22.3	126.5	F	5.5/6.0/W/6
		12	22.3	126.4	F	5.5/6.0/W/6
		13	22.4	126.4	F	5.5/6.0/S/6
		14	22.5	126.4	F	6.0/6.0/D/6
		15	22.7	126.3	F	6.0/6.0/D/6
		16	22.8	126.2	F	6.0/6.0/D/6
		17	23.0	126.1	F	6.0/6.0/D/6
		18	23.2	125.9	F	6.0/6.0/D/6
		19	23.4	125.7	F	6.0/6.0/D/6
		20	23.6	125.6	F	6.0/6.0/S/6

時間			中心位置		定位	強度估計
月	日	時	緯度	經度	準確度	T/C/D/S/W/hr
7	30	21	23.8	125.3	F	6.0/6.0/S/6
		22	23.9	125.1	F	6.0/6.0/S/6
		23	23.9	124.9	F	6.0/6.0/S/6
7	31	00	23.9	124.7	G	6.0/6.0/S/6
		01	23.9	124.5	G	6.0/6.0/S/6
		02	24.0	124.3	G	6.0/6.0/S/6
		03	24.0	124.1	G	6.0/6.0/S/6
		04	24.0	123.8	G	6.0/6.0/S/6
		05	24.0	123.8	G	6.0/6.0/S/6
		06	24.0	123.7	G	6.0/6.0/S/6
		07	24.1	123.6	G	6.0/6.0/S/6
		08	24.3	123.4	G	6.0/6.0/S/6
		09	24.4	123.3	G	6.0/6.0/S/6
		10	24.6	123.0	G	5.5/6.0/W/6
		11	24.7	122.8	G	5.5/6.0/W/6
		12	24.9	122.4	G	5.5/6.0/W/6
		13	24.8	122.0	G	5.5/6.0/W/6
		14	24.7	121.7	G	5.5/6.0/W/6
		15	24.7	121.5	F	5.5/6.0/W/6
		16	24.6	121.1	F	5.5/6.0/W/6
		17	24.7	120.9	F	5.5/6.0/W/6
		18	24.7	120.8	P	5.0/5.5/W/6
		19	24.7	120.7	P	5.0/5.5/W/6
		20	24.8	120.7	P	5.0/5.5/W/6
		21	24.9	120.5	P	5.0/5.5/W/6
		22	25.1	120.5	P	5.0/5.5/W/6
		23	25.2	120.4	P	5.0/5.5/W/6
8	1	00	25.4	120.2	P	4.5/5.0/W/6
		01	25.4	120.0	P	4.5/5.0/W/6
		02	25.5	119.8	P	4.5/5.0/W/6
		04	25.8	119.4	P	4.0/5.0/W/6
		05	25.8	119.2	P	4.0/5.0/W/6
		06	25.9	119.0	P	4.0/5.0/W/6
		07	26.1	118.7	P	4.0/5.0/W/6
		08	26.3	118.3	P	4.0/5.0/W/6
		09	26.3	118.0	P	4.0/5.0/W/7
		10	26.5	117.7	P	4.0/5.0/S/6
		11	26.5	117.5	P	4.0/5.0/S/6
		12	26.5	117.3	P	4.0/4.5/W/6
		13	26.5	117.1	P	4.0/4.5/W/6
		14	26.6	116.9	P	4.0/4.5/W/6
		15	26.6	116.7	P	3.5/4.0/W/6

附註：P代表定位誤差大於60公里，F代表定位誤差在30至60公里之間，G代表定位誤差在10至30公里之間。

表 4. 賀伯颱風中心之雷達定位表

Table 4. Eye-fixes for typhoon HERB by 47920, 47937, 46699 and 46744 radar stations

時間(UTC)			緯度	經度	雷達站 站名及編號
月	日	時			
7	30	14	22.6	126.4	石垣島(47920)
		15	22.7	126.3	"
		16	22.9	126.2	"
		17	23.0	126.1	"
		19	23.5	125.9	"
		20	23.7	125.7	"
		21	23.8	125.4	"
		22	23.9	125.1	"
		19	23.6	125.9	那霸(47937)
		20	23.7	125.7	"
7	31	21	23.8	125.4	"
		22	23.9	125.1	"
		00	24.0	124.8	花蓮(46699)
		01	24.0	124.5	"
		02	24.0	124.3	"
		03	24.0	124.2	"
		04	24.0	124.0	"
		05	24.0	123.9	"
		06	24.2	123.9	"
		07	24.3	123.7	"
8	1	08	24.5	123.6	"
		09	24.5	123.4	"
		10	24.6	123.1	"
		11	24.7	123.0	"
		12	25.0	122.6	"
		13	25.0	121.9	"
		18	24.9	121.1	高雄(46744)
		19	24.9	121.1	"
		20	25.0	121.0	"
		00	25.2	120.0	"
		01	25.3	119.9	"
		02	25.5	119.8	"
		03	25.7	119.6	"
		04	25.8	119.4	"

響台灣地區，隨著颱風逐漸接近，全省皆籠罩在深厚雲帶內。由於颱風環流雲系範圍很大(七級風暴風圈直徑高達700公里)，中心通過台灣北部陸地時間長達將近8小時，給台灣各地帶來豪雨，尤其是中部山區阿里山氣象站7月31日測得之日雨量多達1094.5公厘(表6)，打破該站自1993年設站以來的最高單日降雨紀錄。以下就此次颱風侵台期間台灣各地的雨量分布及風力狀況做扼要分析(皆以地方時討論)如下：

#### (一)降雨分析

賀伯颱風侵襲台灣期間在雨量分析方面以三部分描述，第一部分是總雨量分布，分析各地的雨量

累積情形，其次是分析各地日雨量分布，最後分析主要豪雨中心時雨量變化的時間序列。

#### 1.總雨量

圖7為7月30日至8月1日在賀伯侵台期間各地總雨量分布情形。圖中顯示有三個豪雨中心，最大降雨中心出現在南投、嘉義山區，以阿里山氣象站總雨量最高，為1987公厘，另外一個中心在桃竹苗山區的鳥嘴山雨量站，累積雨量達1044公厘，高屏山區新發雨量站亦高達886公厘，而在東部及東南部地區降雨則較少。

#### 2.日雨量

由圖8顯示在7月30日之日雨量以苗栗及嘉義山區較多，在150至200公厘之間。7月31日北部雨量中心在桃園、新竹山區(圖9)，雨量值高達888公厘，而嘉義及南投山雨量明顯倍增，在阿里山氣象站的日雨量更高達1094.5公厘，打破該站在民國52年9月11日葛樂禮颱風所創下最大日雨量874.3公厘之紀錄。8月1日雨量中心在苗栗、台中山區(圖10)，最大日雨量達783公厘之紀錄。另南投至嘉義山區，出現有兩個豪雨中心，在南投山區雨量中心有789公厘，嘉義阿里山有892公厘。值得注意的是，阿里山連續兩天的日雨量均創歷史新高紀錄。

#### 3.時雨量

由日雨量分析得知，降雨主要集中在7月31日及8月1日兩天。茲就淡水河流域(火燒寮雨量站)、新竹山區(鳥嘴山雨量站)、南投山區(望鄉雨量站)、嘉義山區(阿里山氣象站)、曾文溪流域(馬頭山雨量站)及高雄山區(新發雨量站)等豪雨中心的逐時雨量時間序列做進一步的分析。

(1)在淡水河流域的火燒寮雨量站(圖11a)，其降雨量集中在31日下午至晚間，大部分時間之時雨量皆在30公厘以下，僅17時之時雨量最大達52公厘。8月1日之後雨勢明顯趨緩。

(2)在桃竹苗山區的鳥嘴山雨量站(圖11b)，其降雨量主要集中在31日下午至晚間，在31日上午起時雨量便開始增加，在31日下午13時至23時之時雨量皆在40公厘以上，其中最大時雨量發生在19時，高達78公厘。8月1日之後雨勢才明顯趨緩。

(3)在南投山區的望鄉雨量站，7月31日上午起

表 5. 賀伯颱風侵台期間氣象要素統計表(時間為地方時)

Table 5. The meteorological elements summary of CWB stations during typhoon HERBS passage

測站 站名	最低氣壓		瞬間最大風速及當時氣象要素						最大平均風速			強風 (10m/s 以上)	最大降水量				總降水量 (mm)	
	數值 (hPa)	時間 (LST)	風速 (m/s)	風向	時間 (LST)	氣壓 (hPa)	氣溫 (°C)	濕度 (R.H.)	風速 (m/s)	風向	時間 (LST)	時間 (起-止) (LST)	一小時	時間 (起-止) (LST)	十分鐘	時間 (起-止) (LST)	數量	時間 (起-止) (LST)
彭佳嶼	956.5	31/20:12	52.0	NNE	31/19:42	968.3	25.4	100 %	38.0	NNE	31/19:43	30/11:35-01/11:00@	40.5	31/19:01-31/20:01	22.0	31/19:39-31/19:49	185.1	30/11:50-01/11:00
基隆	954.1	31/21:32	59.5	NE	31/21:30	954.9	28.4	83 %	36.3	NE	31/21:31	30/14:00-01/23:00	46.0	01/21:47-01/22:47	11.5	01/21:47-01/21:57	206.0	29/08:35-01/22:00
鞍部 *	1076.9	31/21:30	50.1	N	31/20:01	1109.7	22.3	98 %	31.5	N	31/20:08	30/13:38-01/16:20	54.0	31/21:21-31/22:21	12.5	31/21:35-31/21:45	561.1	30/11:15-01/20:40
竹子湖 *	960.2	31/21:43	37.9	W	31/18:23	975.2	22.9	98 %	12.7	NW	31/18:26	31/14:22-31/21:39	64.0	31/21:30-31/22:30	14.0	31/21:39-31/21:49	522.5	30/17:01-01/12:00
台北	956.5	31/21:47	44.6	NNE	31/22:04	957.6	24.7	100 %	17.1	NNE	31/21:55	31/21:30-31/23:00	38.0	31/21:20-31/22:20	13.5	31/21:39-31/21:49	247.1	30/08:30-01/18:25
新竹	964.7	31/23:34	29.8	N	31/21:30	972.5	27.5	87 %	16.2	N	31/23:41	31/07:00-01/02:00	29.5	31/05:19-31/06:19	19.0	31/05:41-31/05:51	354.4	30/11:30-01/17:50
梧棲	969.1	01/01:53	36.9	NW	31/23:17	974.5	25.7	95 %	23.0	NNW	31/19:04	30/09:20-02/02:45	34.0	01/04:11-01/05:11	9.5	01/04:11-01/04:21	383.0	30/14:55-01/19:30
台中	973.4	01/02:30	25.5	NW	31/18:25	981.0	25.9	92 %	10.5	NNW	31/18:04	31/16:45-01/06:00	49.5	01/12:35-01/13:35	13.0	01/12:35-01/12:45	514.6	30/15:20-01/20:10
日月潭 *	867.4	01/00:52	39.5	WSW	01/01:00	868.1	20.7	88 %	14.1	SW	01/04:18	01/00:45-01/06:58	76.0	01/03:34-01/04:34	37.0	01/03:57-01/04:07	652.9	30/13:52-01/20:05
澎湖	983.0	01/02:58	23.7	W	01/03:23	983.2	25.7	95 %	13.9	W	01/06:16	01/01:10-01/20:20	21.0	01/05:20-01/06:20	6.0	01/05:20-01/05:30	183.0	31/02:45-01/23:50
東吉島	984.0	01/02:49	34.6	N	31/14:08	991.8	27.2	84 %	22.5	SW	01/16:17	30/04:50-01/23:00@	34.0	01/18:27-01/19:27	19.5	01/19:17-01/19:27	219.0	31/04:40-01/23:18
阿里山	740.2	01/02:16	30.6	ENE	31/22:58	742.0	15.3	100 %	12.6	WNW	31/23:28	31/08:59-01/11:00@	114.5	01/00:02-01/01:02	24.5	01/00:02-01/00:12	1885.0	31/01:12-01/11:00@
玉山 *	2797.0	31/23:30	42.4	W	31/17:28	2854.0	8.9	98 %	30.3	WNW	31/22:10	31/05:30-01/21:50	47.7	01/05:00-01/06:00	10.7	31/14:20-31/14:30	710.5	30/13:10-01/18:50
嘉義	979.3	01/02:20	27.8	WSW	01/02:23	979.3	25.3	94 %	16.5	W	01/02:30	31/09:20-01/05:50	34.0	01/13:28-01/14:28	12.5	01/13:28-01/13:38	416.5	30/16:40-01/22:30
台南	982.5	01/01:53	24.3	NW	31/17:35	987.7	26.3	84 %	12.6	WNW	31/18:03	31/07:55-31/20:05	41.5	01/09:50-01/10:50	21.0	01/10:10-01/10:20	210.5	30/19:20-01/17:50
高雄	985.8	01/01:37	26.0	W	31/16:38	987.7	26.0	99 %	14.7	WNW	31/15:30	31/02:58-01/02:45	29.0	01/04:45-01/05:45	9.5	01/07:43-01/07:53	183.7	30/22:45-01/20:45
恆春	985.0	31/17:32	31.4	WNW	31/20:19	987.3	25.8	95 %	14.6	WSW	31/15:17	31/02:16-01/03:52	44.5	01/03:02-01/04:02	32.0	01/03:22-01/03:32	141.5	30/21:09-01/09:00
蘭嶼	975.6	31/17:54	55.8	W	31/18:30	976.2	23.3	95 %	39.4	W	31/17:48	29/24:00-01/23:00@	10.0	01/04:40-01/05:40	4.5	01/04:42-01/04:52	46.2	30/09:52-01/08:10
大武	973.7	31/17:59	25.9	SSE	31/23:03	980.2	27.9	78 %	7.8	SE	31/13:52	—	22.0	01/04:10-01/05:10	8.7	01/05:40-01/05:50	184.5	30/22:50-01/15:20
台東	971.4	31/18:27	24.0	W	01/01:55	976.0	29.0	66 %	8.7	W	01/03:48	—	16.0	01/07:00-01/08:00	5.8	01/07:36-01/07:46	65.1	30/13:55-01/14:50
成功	966.6	31/23:56	34.8	SSW	01/03:02	973.4	28.1	79 %	25.4	SSW	01/02:17	31/21:15-01/23:20	11.5	01/11:16-01/12:16	5.5	01/11:16-01/11:26	58.6	30/11:50-01/23:20
花蓮	952.8	31/23:08	28.8	SSW	01/13:09	993.0	26.2	97 %	17.5	S	01/00:47	01/00:00-01/11:30	60.0	01/11:50-01/12:50	15.0	01/12:10-01/12:20	158.5	31/07:10-01/23:00
宜蘭	944.7	31/21:36	35.6	N	31/21:07	951.0	25.6	94 %	13.9	ENE	31/23:10	31/19:15-01/01:40	40.5	31/20:28-31/21:28	13.0	31/20:39-31/20:49	373.0	30/07:40-01/20:20
蘇澳	948.6	31/21:24	52.1	W	31/21:04	949.5	25.3	89 %	28.9	W	31/21:11	31/19:35-01/23:30	43.5	31/22:27-31/23:27	9.0	31/22:32-31/22:42	308.7	30/04:15-01/23:20

註：「\*」—表該站屬高山測站，其氣壓值以重力位高度代表。

「@」—表加強觀測結束時，該現象仍持續中。

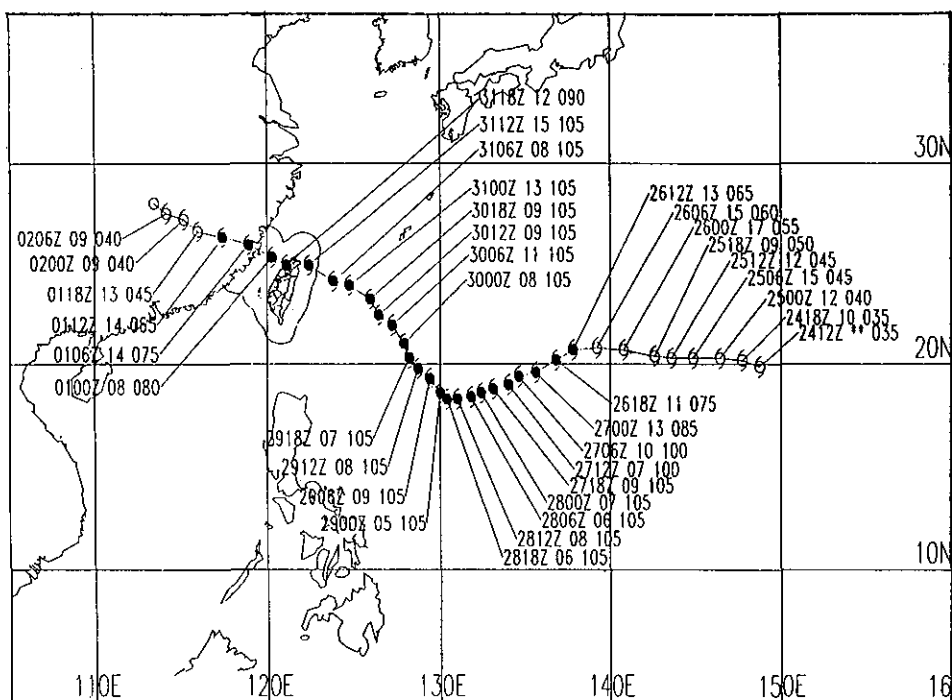


圖 1. 賀伯颱風最佳路徑圖(7月24日12UTC—8月2日12UTC)(空心代表強度為輕度颱風，實心代表中度颱風以上，指標表示時間、移速(kts)及近中心最大風速(kts))

Fig 1. The best track for typhoon HERB

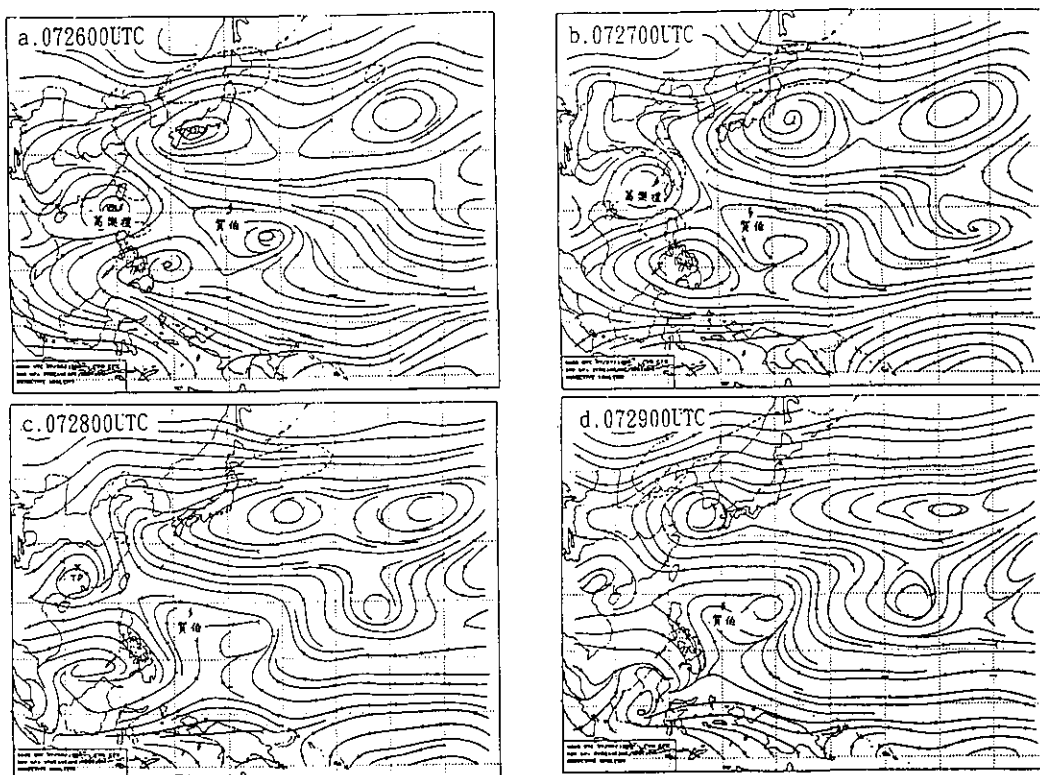


圖 2. 民國85年7月26日至29日各日00UTC 500百帕氣流線圖

Fig 2. The 500hPa streamline analysis from 2600UTC to 2900UTC in Jul 1996

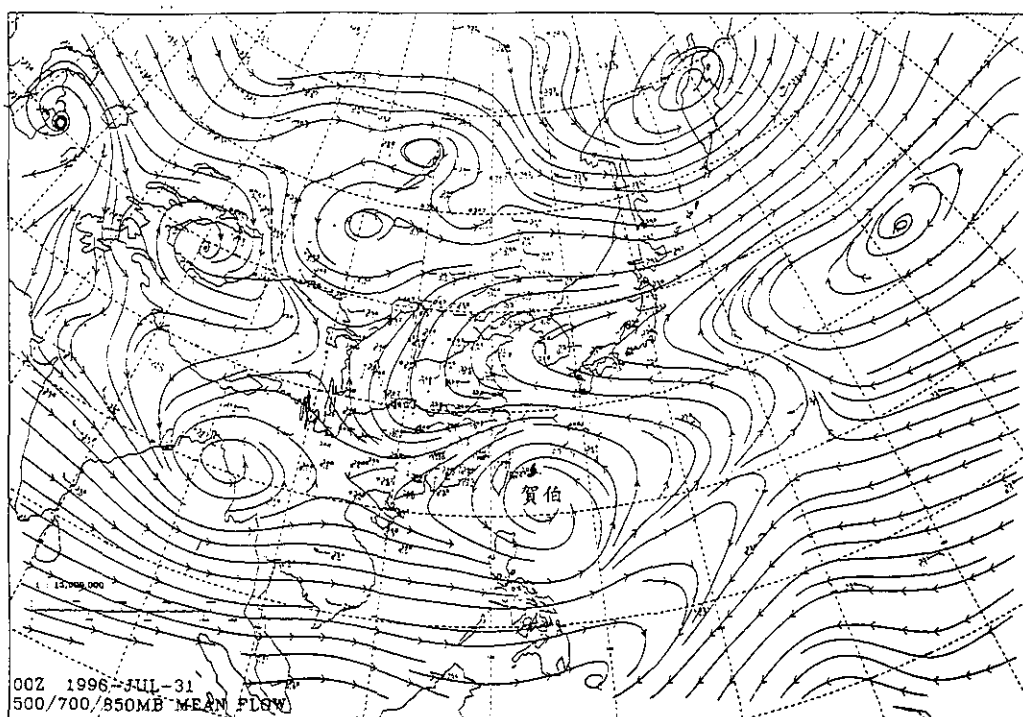


圖 3. 民國7月31日0000UTC 500/700/850百帕平均氣流線圖

Fig 3. The 500/700/850hPa mean flow streamline analysis at 3100UTC Jul 1996

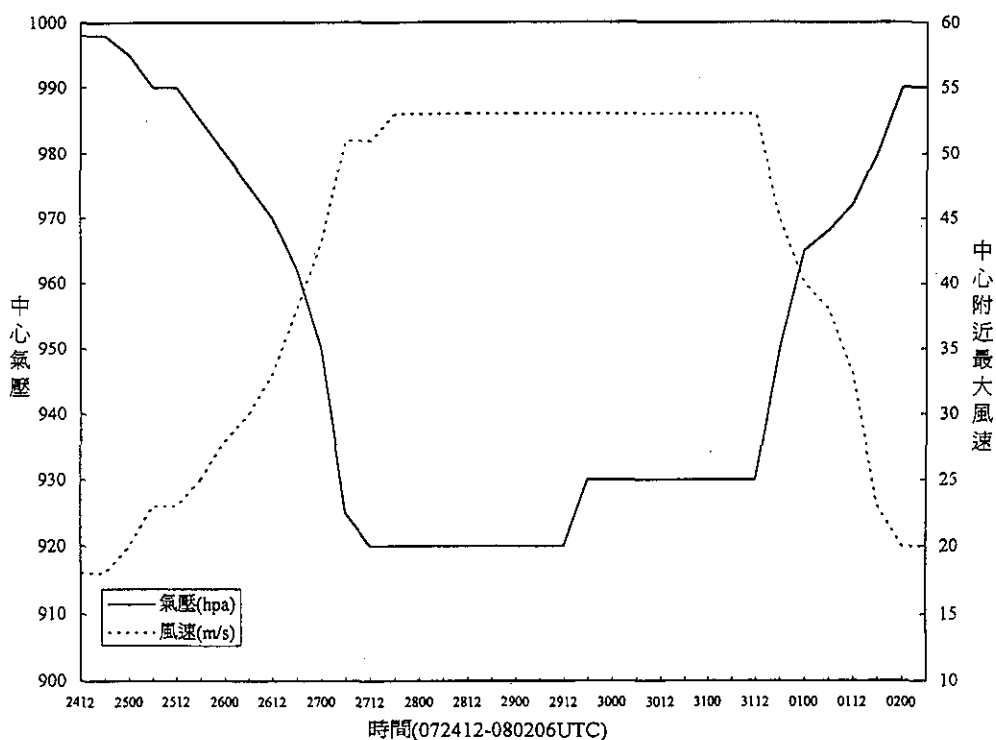


圖 4. 賀伯颱風之中心氣壓及中心附近最大風速變化圖

Fig 4. The variation of the minimum pressure and maximum wind speed of typhoon HERB

表 6. 賀伯颱風影響期間各氣象站日雨量及總雨量  
Table 6. The daily and accumulated rainfalls of CWB stations during typhoon HERB'S passage

雨量 測站	逐日雨量(公釐)				總計
	7月30日	7月31日	8月1日	8月2日	
彭佳嶼	2.0	146.0	43.9	0.0	191.9
基隆	7.5	168.0	28.9	0.0	204.4
淡水	12.9	209.9	23.3	0.0	246.1
鞍部	30.5	482.1	48.5	0.0	561.1
竹子湖	24.6	439.3	60.7	0.0	524.6
台北	22.2	203.3	21.6	0.0	247.1
新竹	31.3	237.4	86.2	2.1	357.0
梧棲	23.0	148.9	234.1	8.4	414.4
台中	17.8	269.0	227.8	3.2	517.8
日月潭	4.8	193.8	454.3	0.7	653.6
澎湖	0.0	28.6	156.0	13.3	197.9
東吉島	0.0	39.5	179.0	7.5	226.0
阿里山	0.5	1094.5	892.0	7.0	1994.0
玉山	3.1	448.2	259.2	4.0	714.5
嘉義	11.5	122.5	282.5	0.0	416.5
台南	2.5	101.5	110.0	1.5	215.5
永康	4.5	105.5	132.0	0.5	242.5
高雄	0.5	85.5	97.7	8.0	191.7
恆春	0.5	60.5	81.0	0.0	142.0
蘭嶼	4.5	13.9	28.3	0.0	46.7
大武	0.3	37.4	146.8	13.1	197.6
台東	0.5	2.6	62.0	24.5	89.6
成功	1.8	3.7	52.2	18.3	76.0
花蓮	1.5	22.5	134.5	T	158.5
蘇澳	23.1	190.9	96.2	1.0	311.2
宜蘭	16.0	274.0	84.0	0.0	374.0

\*\*T: 雨跡

(圖11C)時雨量已增加到20公厘左右，到傍晚17時之後增大至50公厘，在23時之時雨量增至最大之67公厘，豪雨持續到8月1日清晨之後才漸緩和，31日總雨量值亦高達631公厘。

(4)在嘉義山區的阿里山氣象站，在7月31日上午起便出現時雨量30公厘以上之降雨(圖11d)。隨著賀伯颱風逼近，時雨量逐漸增加，在8月1日凌晨一點之時雨量達到極大值112.5公厘。其中特別在31日18時至8月1日6時期間，時雨量皆在80公厘以上，並且連續13小時之久，共累積1246公厘的雨量。顯示豪雨持續時間長且非常集中，並且連續24小時累積最大降雨量高達1748.5公厘，更締造台灣最大24小時降雨量的歷史紀錄。

(5)在曾文溪流域的馬頭山雨量站(圖11e)，在7月31日上午起便出現10至20公厘左右之時雨量。隨著賀伯颱風逼近，時雨量逐漸增加，至17時每小時

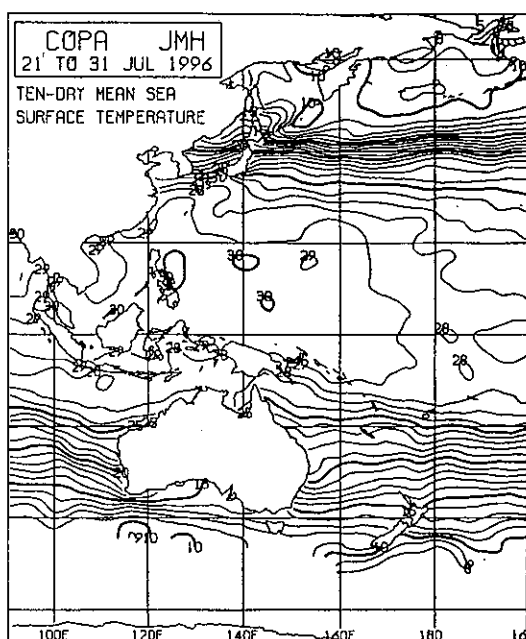


圖 5. 民國85年7月21日至31日10天平均海水溫度圖  
Fig 5. The ten-day(21 to 31 Jul 1996) mean sea surface temperature

表 7. 賀伯颱風影響期間各地出現之最大平均風速、陣風及對應級數表

Table 7. The maximum wind, gust of CWB stations during typhoon HERB'S passage

測站	最大平均風速		最大陣風	
	風速(m/s)	對應級數	風速(m/s)	對應級數
彭佳嶼	38.0	13	52.0	16
基隆	36.3	12	59.5	17
鞍部	31.5	11	50.1	15
竹子湖	12.7	6	37.9	13
台北	17.1	7	44.6	14
新竹	16.2	7	29.8	11
梧棲	23.0	9	36.9	12
台中	10.5	5	25.5	10
日月潭	14.1	7	39.5	13
澎湖	13.9	7	23.7	9
東吉島	22.5	9	34.6	12
阿里山	12.6	6	30.6	11
玉山	30.3	11	42.4	14
嘉義	16.5	7	27.8	10
台南	12.6	6	24.3	9
高雄	14.7	7	26.0	10
恆春	14.6	7	31.4	11
蘭嶼	39.4	13	55.8	16
大武	7.8	4	25.9	10
台東	8.7	5	24.0	9
成功	25.4	10	34.8	12
花蓮	17.5	8	28.8	11
蘇澳	28.9	11	52.1	16
宜蘭	13.9	7	35.6	12

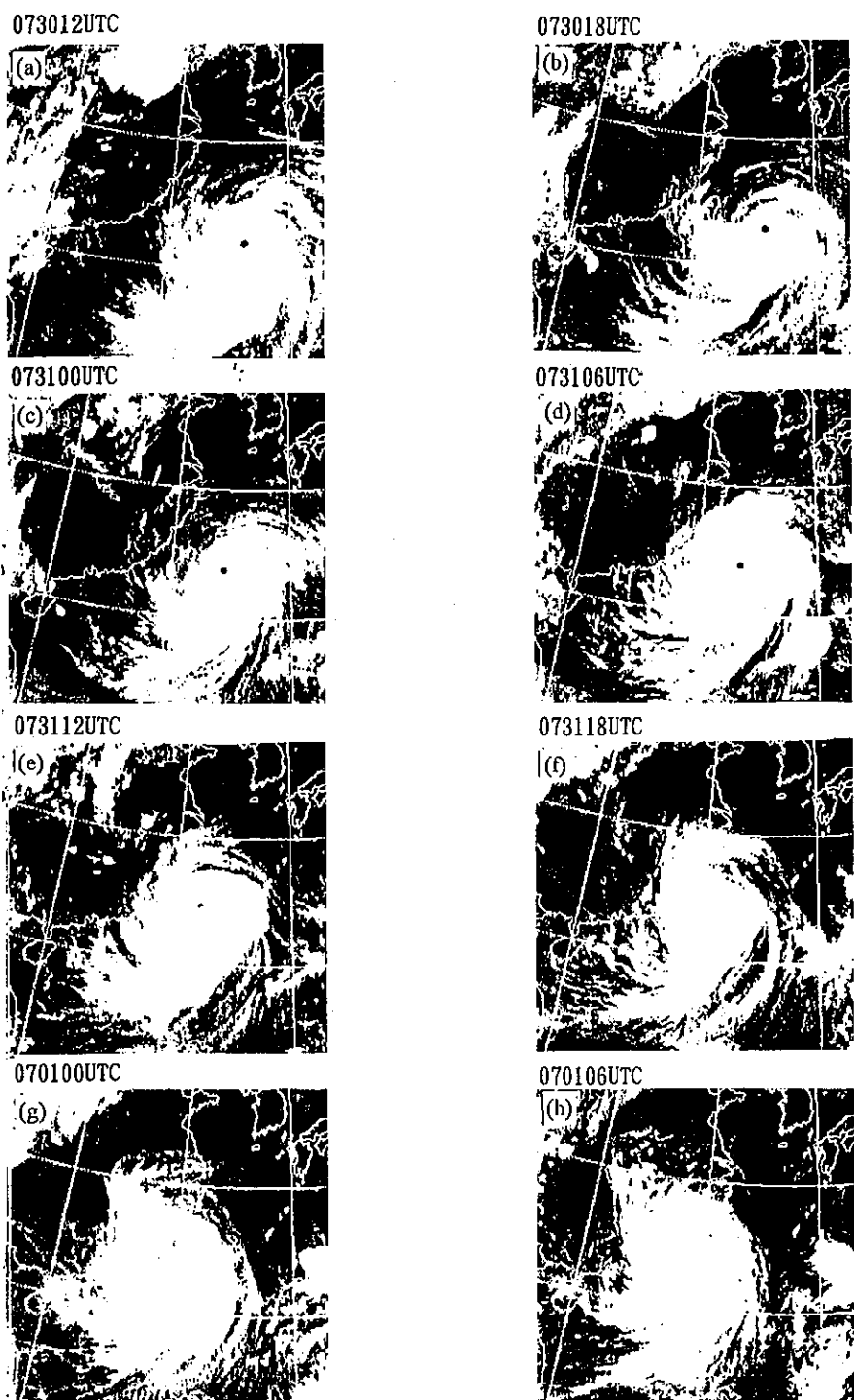


圖 6. 民國85年7月30日12UTC至8月1日06UTC賀伯颱風每6小時衛星雲圖

Fig 6. The GMS IR satellite images of HERB (a)073012UTC , (b)073018UTC , (c)073100UTC , (d)073106UTC , (e)073112UTC , (f)073118UTC , (g)080100UTC , (h)080106UTC



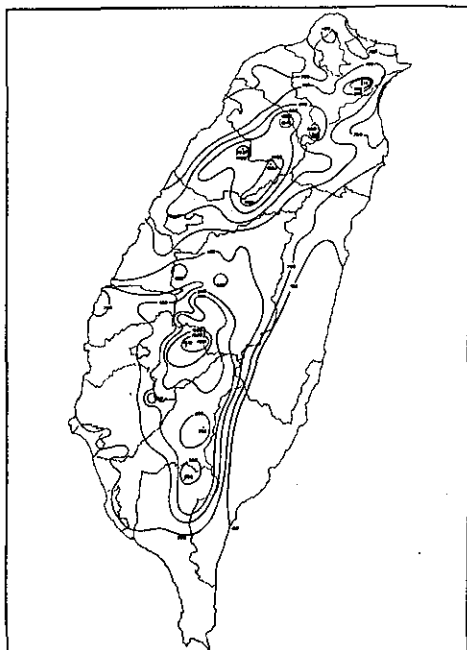


圖 7. 賀伯颱風影響期間臺灣地區總雨量圖(7月30日至8月1日), 單位公厘

Fig 7. The accumulated rainfalls from 30 Jul to 1 Aug (LST) 1996 in Taiwan Area (units in mm)

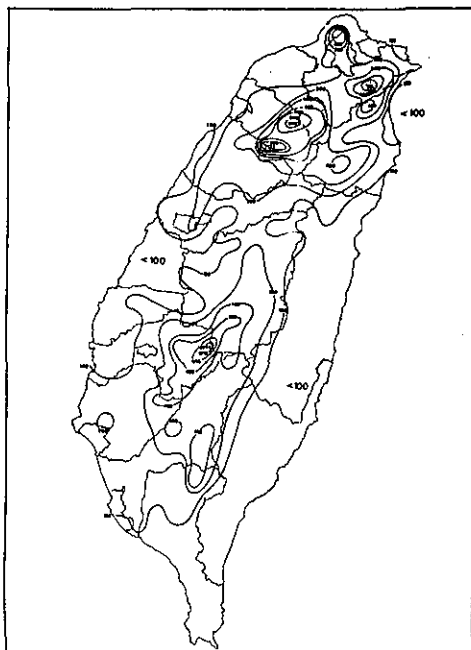


圖 9. 賀伯颱風影響期間臺灣地區7月31日雨量圖, 單位公厘

Fig 9. The daily rainfalls on 31 Jul (LST) 1996 in Taiwan Area (units in mm)

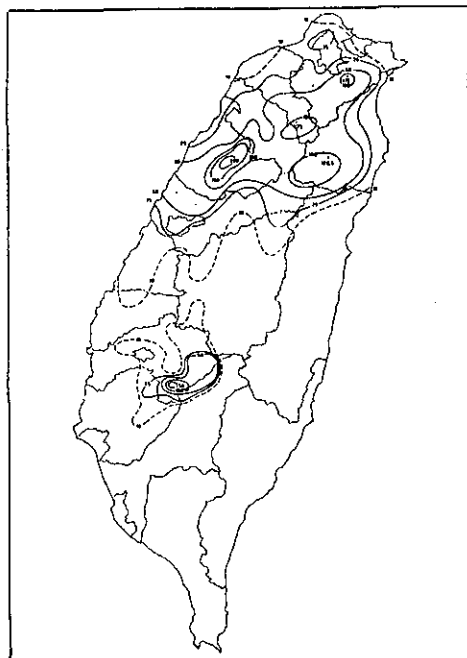


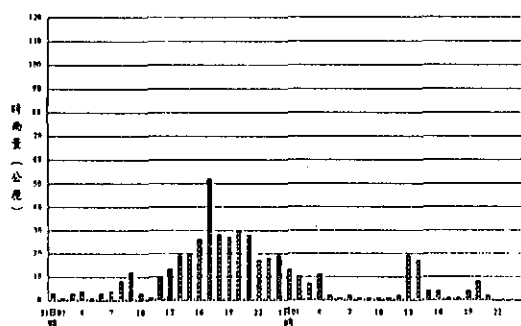
圖 8. 賀伯颱風影響期間臺灣地區7月30日雨量圖, 單位公厘

Fig 8. The daily rainfalls on 30 Jul (LST) 1996 in Taiwan Area (units in mm)

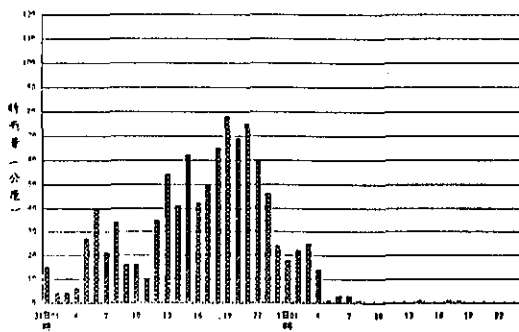


圖 10. 賀伯颱風影響期間臺灣地區8月1日雨量圖, 單位公厘

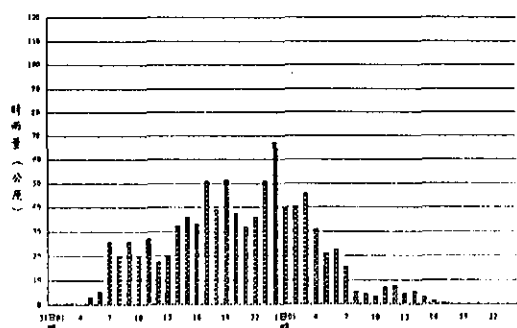
Fig 10. The daily rainfalls on 1 Aug (LST) 1996 in Taiwan Area (units in mm)



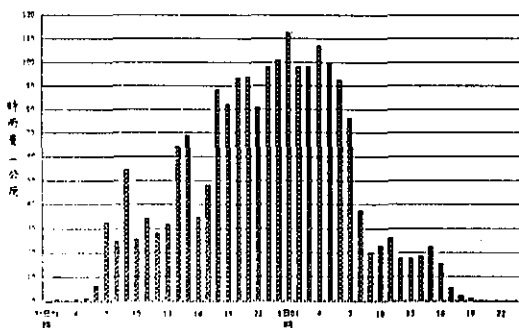
a、火燒寮



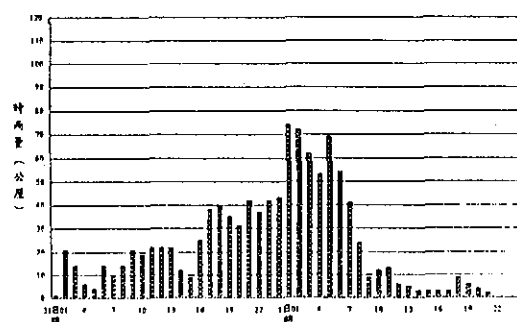
b、鳥嘴山



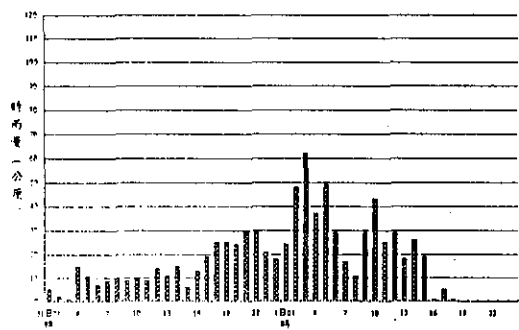
c、望鄉



d、阿里山



e、馬頭山



f、新發

圖 11. 7月31日至8月1日時雨量圖(地方時)a.火燒寮(台北縣)、b.鳥嘴山(新竹縣)、c.望鄉(南投縣)、d.阿里山(嘉義縣)、e.馬頭山(嘉義縣)及f.新發(高雄縣)

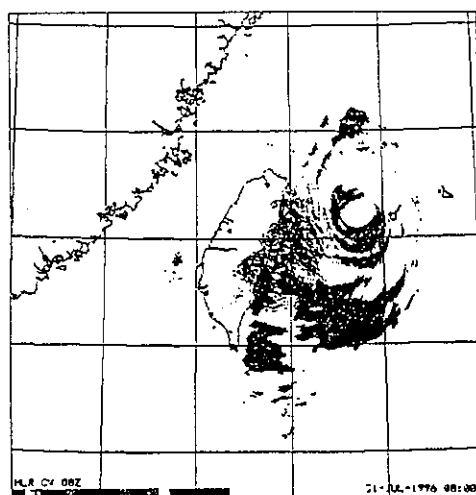
Fig 11. The hourly rainfall distribution of six stations in Taiwan from 31 Jul to 1 Aug (LST) 1996

雨量超過30公厘，在8月1日凌晨一點之時雨量達到極大值為74公厘，8月1日上午之後降雨立即減緩。

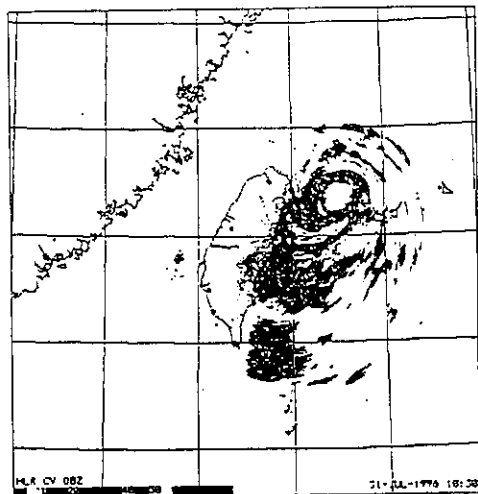
(6)在高屏山區新發雨量站(圖11f)，31日晚間19時之後時雨量已漸增加到20公厘以上，並以8月1日時之時雨量61.5公厘最大，至1日下午15時之後雨勢才逐漸減弱。由時雨量的分布情形顯示，其降雨

分布較平均，時雨量大於40公厘的時間亦不集中，且延時性較短。

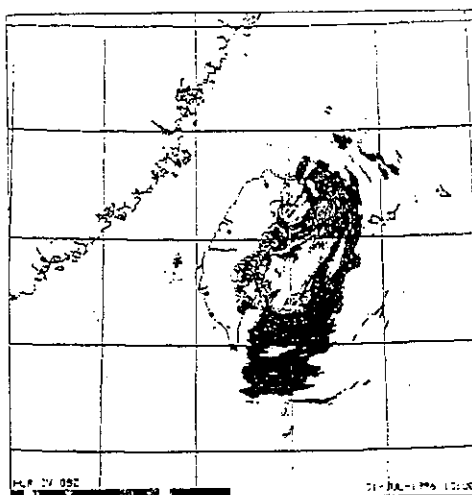
由上以分析發現，北部山區最大時雨量出現在颱風中心位於宜蘭東方外海之際，而中部及南部山區最大的時雨量出現在颱風中心位於北部陸地時，其降雨延時亦比北部為長。



a .310800UTC



b .311030UTC



c .311300UTC

圖 12. 民國85年7月31日花蓮雷達站偵測賀伯颱風降水回波圖

a.310800UTC、b.311030UTC、c.311300UTC

Fig 12. The radar echoes detected by Hualian radar station at (a)310800UTC(b)311030UTC (c)311300UTC July 1996

謝、徐及丘(1996)分析賀伯颱風侵台期間豪雨發生的原因，認為賀伯颱風環流範圍很大(直徑超過700公里)，颱風中心通過北部陸地時間長達8小時，受到颱風本身環流雨帶及其所蘊藏之中小尺度降水系統過境影響，加上氣流輻合及地形抬升增強作用，是造成此次持續性豪雨的主要因素。

## (二) 風力分析

### 1. 風力強度

賀伯颱風侵襲台灣地區時，由於其強度正值高峰，為一強烈颱風，因此造成全省各地皆有9級以上陣風出現(表7)。颱風中心於31日20時44分在宜蘭附近開始登陸，由花蓮雷達在31日16時至21時之降水回波圖(圖12)，可看出賀伯颱風中心逐漸接近東北部陸地，之後通過北部地區，於1日4時在新

竹附近出海，因此較強風力出現在東北部及北部地區。在最大陣風方面，台灣本島地區以基隆十七級(59.5m/s)最強，其次是蘇澳十六級(52.1m/s)，台北也出現十四級(44.6m/s)強風，宜蘭氣象站雖距颱風中心較近，但受到地形影響，所觀測到之最大陣風為十二級(35.6m/s)。上述這些地區最強陣風出現的時間皆在31日晚上8時及10時左右，正值颱風中心登陸宜蘭前後約一小時，顯然是與颱風中心附近最大風速區通過有密切相關。

### 2. 時間序列

從時間序列變化來看，台灣西半部地區(圖13)自31日清晨開始受到颱風環流偏北風影響，平均風力已有增強現象。但在東部及東南部地區(圖14)由於受到地形阻擋，在颱風接近時，風力一直很微

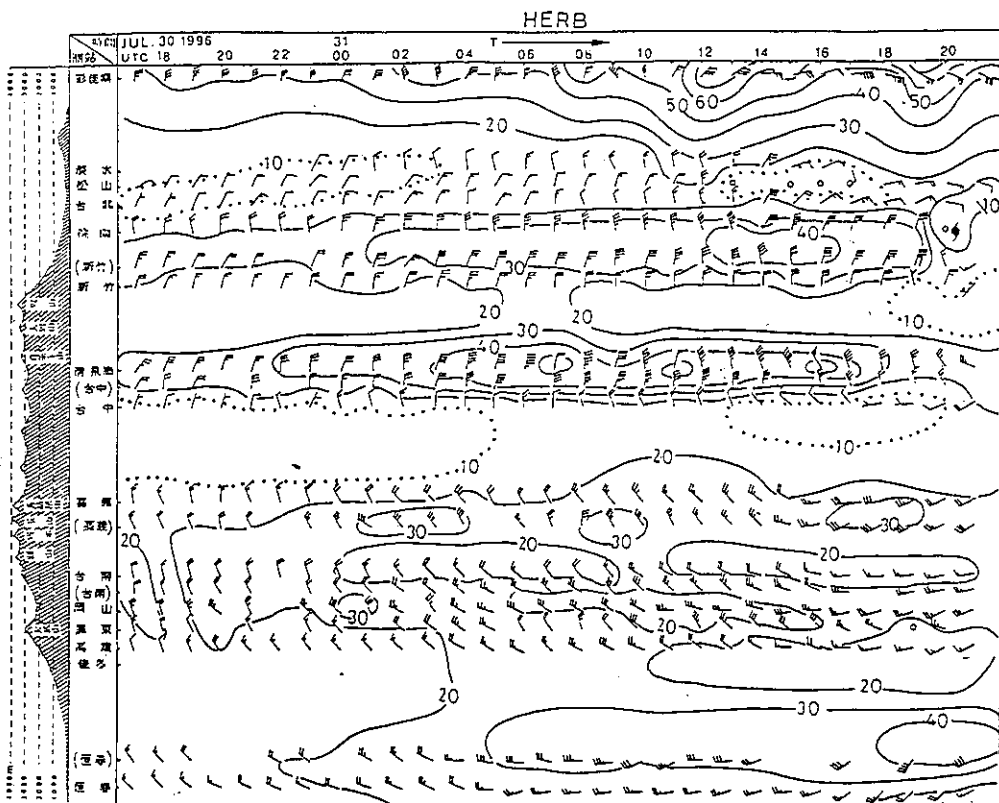


圖 13. 臺灣西半部測站(自北而南)7月30日1700UTC至7月31日2100UTC平均風逐時風標及等風速線圖(間距10kts)

Fig 13. The hourly mean winds and isotachs on the west part of Taiwan(north to south) from 301700UTC to 312100UTC Jul 1996

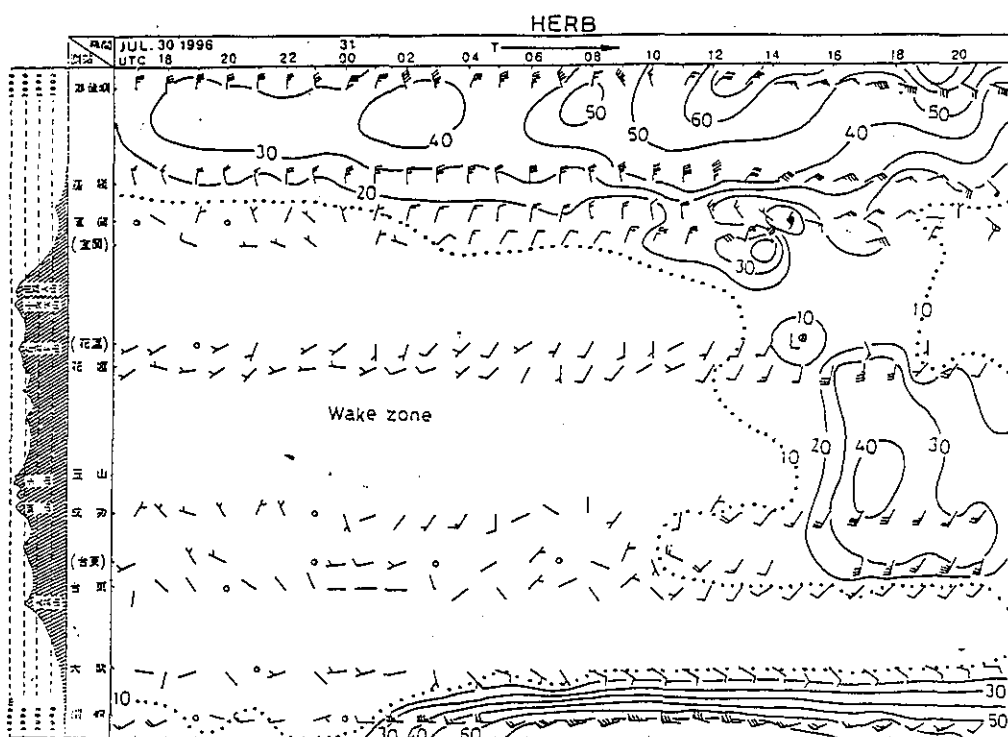


圖 14. 臺灣東半部測站(自北而南)7月30日1700UTC至7月31日2100UTC平均風逐時風標及等風速線圖(間距 10kts)

Fig 14. The hourly mean winds and isotachs on the east part of Taiwan (north to south) from 301700UTC to 312100UTC Jul 1996

弱，直到颱風中心在北部陸地，環流由偏北轉為西南風時，31日深夜之後才有強風出現，且在花蓮至台東一帶，由於西南風過山，31日晚上有焚風現象發生。

另以基隆、宜蘭及台北為例(圖15a至15c)，基隆位於海邊，30日之陣風便都維持在六級以上，31日上午之陣風已增強到八級，中午之後再增強至十級，入夜後風速急遽攀升到十七級強風(31日23時到24時)。在台北，31日白天有八級至十級的陣風，入夜後風速開始竄升，在午夜24時陣風達到最強(十四級)；就宜蘭而言，風力在十級以上也維持五小時左右，但最強陣風則小於基隆及台北。

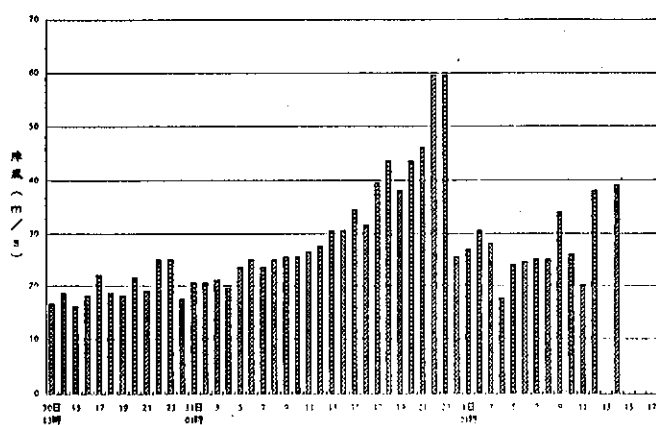
#### (三) 氣壓分析

就平地測站而言，以宜蘭在31日21時36分所測得之944.7百帕最低(表5)，此時風向約為偏北風，而稍南的蘇澳站測得最低氣壓948.6百帕居次，風

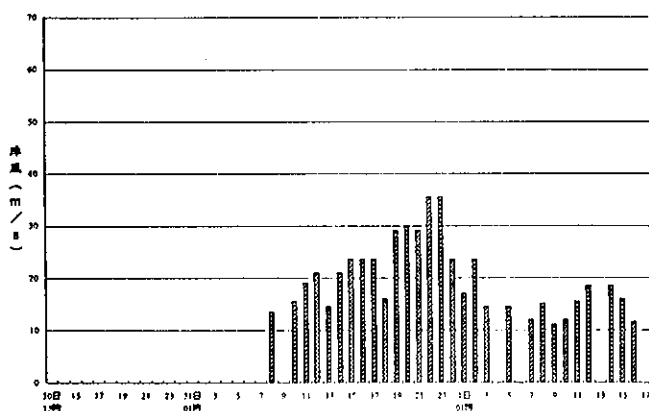
向為西風，可判斷颱風中心在宜蘭與蘇澳之間登陸。台北則在31日21時47分出現956.5百帕的最低氣壓。再由逐時的海平面氣壓趨勢圖(圖16)可看出，宜蘭在31日22時時左右氣壓最低，隨後就上升。颱風中心之後通過北部陸地，1日清晨4時左右由新竹附近出海，但新竹最低氣壓出現的時間卻提早在31日23時34分，可能原因為颱風中心登陸後受地形破壞而減弱，雖中心於稍後經過其附近，但中心氣壓已不如前。由圖16亦可看出北部測站在1日4時起氣壓皆有上升的情形，此時颱風中心逐漸進入台灣海峽北部。

#### (四) 焚風分析

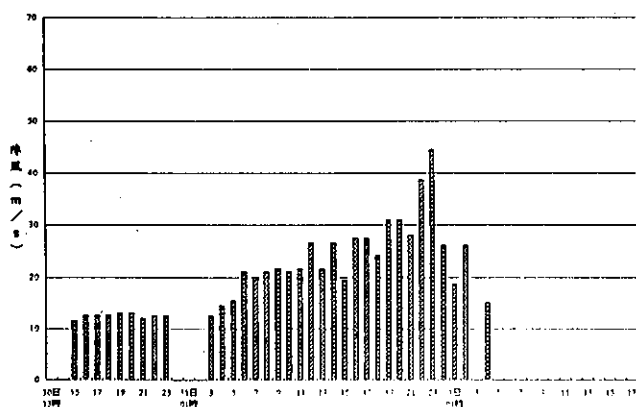
賀伯颱風侵襲期間，另一個現象是發生在台灣東部的焚風，由圖十七可看出焚風發生的時間主要出現在7月31日晚上，由較南邊的台東向北逐漸延伸至花蓮，其中以成功的增溫最大，溫度達35.5



a. 基隆



b. 宜蘭



c. 台北

圖 15. 7月30日1700UTC至7月31日2100UTC逐時最大陣風直條圖(a)基隆(46694)、(b)宜蘭(46708)、(c)台北(46692)

Fig 15. The hourly distribution of gust at stations 46694, 46708 and 46692 from 301700UTC to 312100UTC Jul 1996

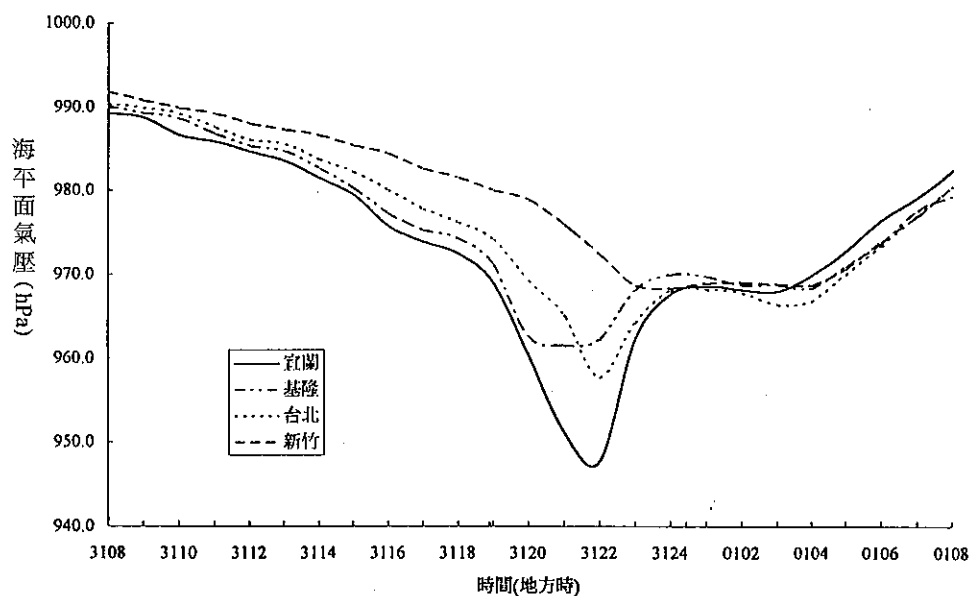


圖 16. 基隆、宜蘭、台北及新竹氣象站海平面氣壓逐時分布圖(地方時)

Fig 16. The hourly sea level pressure of station 46694, 46708, 46692 and 46757 from 073108L to 080108L 1996

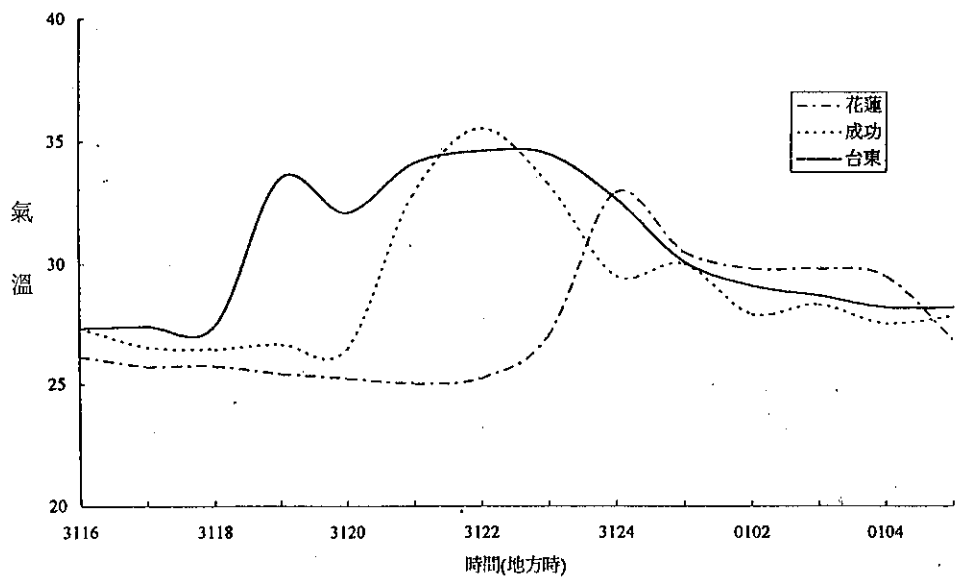
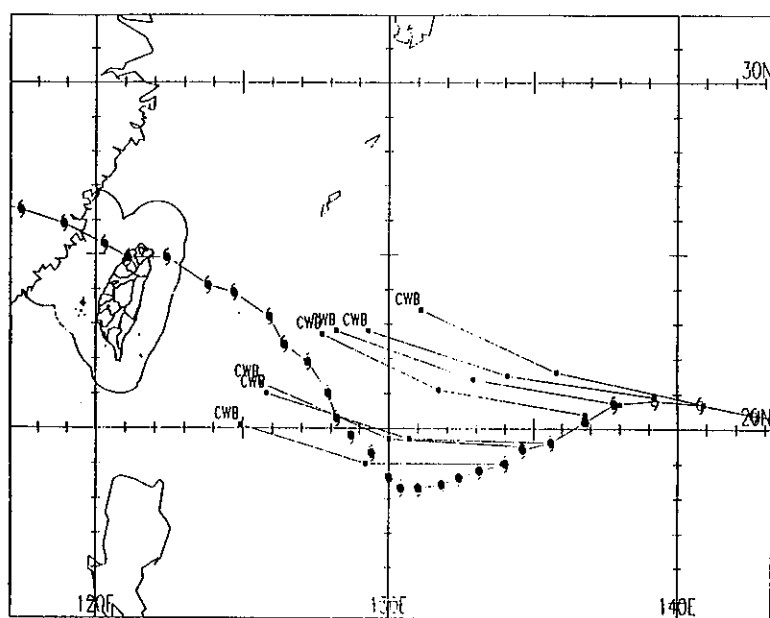
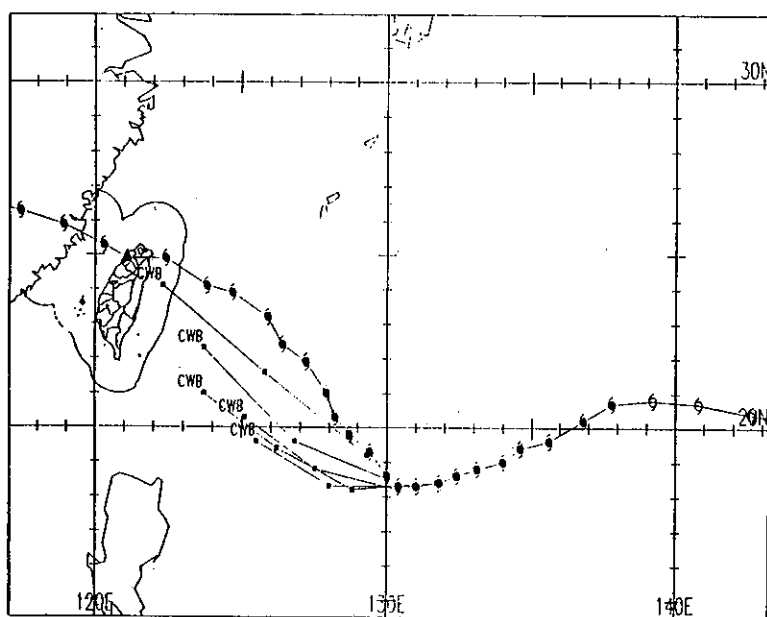


圖 17. 賀伯颱風焚風發生期間花蓮、成功及台東氣象站氣溫逐時分布圖(地方時)

Fig 17. The hourly temperature of station 46699, 46761 and 46766 from 073116L to 080105L 1996



a .072600UTC-072712UTC

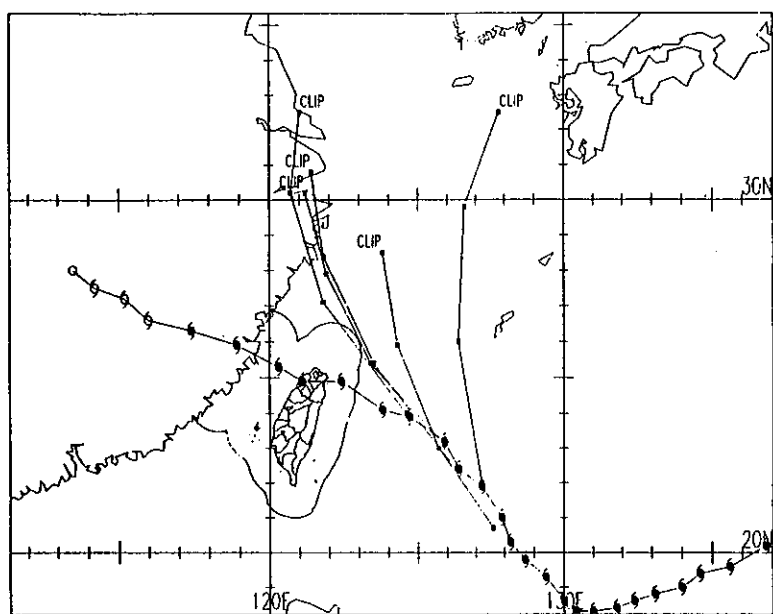


b .072806UTC-072906UTC

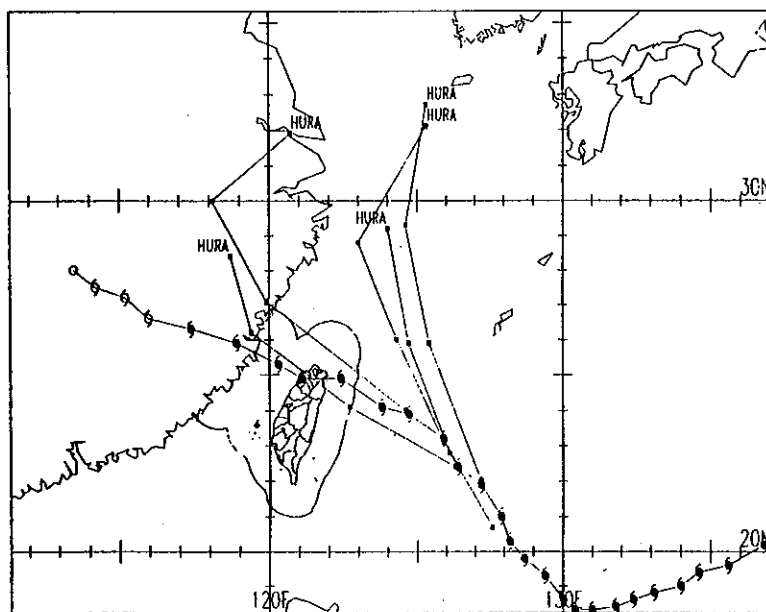
圖 18. 中央氣象局官方發布之預報路徑與賀伯颱風最佳路徑之比較圖(a)072600UTC-072712UTC、(b)072806UTC-072906UTC

Fig 18. The comparison between CWB official forecasts with best track of typhoon HERB (a) 072600UTC-072712UTC、(b)072806UTC-072906UTC





a .Clipper



b .Hurrán

圖 19. 073000UTC-073100UTC之各次預報路徑與賀伯颱風最佳路徑之比較圖(a)Clipper、(b)Hurrán

Fig 19. The comparison between the forecasts of Clipper and Hurrán with best track of typhoon HERB from 0730 00UTC to 073100UTC

表 8. 花蓮焚風發生期間逐時氣溫、相對濕度、風向及平均風速表(地方時)

Table 8. The hourly temperature, relative humidity, wind direction and wind speed of station 46699 from 073116L to 080103L

月	日	時	氣溫(°C)	相對濕度(%)	風向	風速(m/s)
7	31	16	27.3	85	SE	1.1
		17	27.4	86	NE	1.7
		18	27.4	85	SE	0.6
		19	33.5	50	SW	3.1
		20	32.1	55	SSW	5.7
		21	34.1	45	SW	4.4
		22	34.6	42	WSW	4.6
		23	34.5	43	SW	5.7
		24	32.7	51	SW	5.5
8	1	1	30.1	62	SW	7.0
		2	29.1	66	SW	6.2
		3	28.7	73	SW	6.5

度，台東34.6度，花蓮33.4度。

以台東地區為例(表8)，在31日18時起其相對濕度開始下降，氣溫亦明顯上升，觀測風向由東南轉為西南風，風大亦同時增強。溫度在31日22時達到最高，之後焚風現象逐漸消失。

## 五、各種颱風路徑預報法校驗

表9及表10係將中央氣象局官方發布(CWB)、兩種統計預報方法(CLIPER及HURRAN)及兩種數值模式(原始方程PE及相當正壓EBM)之24小時及48小時預報位置誤差予以列出。

在中央氣象局官方預測方面，24小時平均誤差約152公里，48小時平均誤差約289公里，而由個別預報配合最佳路徑(圖1)，可發現不論24小時或48小時預報，較明顯的誤差均出現在26日00UTC至27日12UTC，即在颱風開始轉向西南西移動的時候。另外，在轉向西北時，預報誤差亦稍大，顯示預報上對於颱風移動方向有變化時，掌握較差。且由圖18看出，對於颱風動向(西北)之預測較實際路徑有落後現象。不過，在30日00UTC開始至颱風陸台灣這段期間，中央氣象局則掌握得不錯，24小時的預報誤差皆小於100公里。

統計模式無論24小時或48小時預報，CLIPER表現比HURRAN略佳，與官方預報相同，在颱風移動方向變化時誤差較大。另外，當颱風穩定向西

北移動時，兩種統計預報誤差亦偏大，由圖19發現，兩種模式皆有預報北轉的偏差。而兩種數值模式PE及EBM同樣對於颱風移動方向變化時之預報掌握不佳，PE模式雖然在24小時預報表現最佳，但48小時預報誤差則是最大，超過400公里。

## 六、災情報告

賀伯颱風侵襲，由於狂風中又夾帶豪雨，造成台灣地區近30年來極為嚴重災害，中部山區(南投)並發生土石流現象。茲將此次受災情形依內政部消防署所提供資料分為內政、農業、交通、水利及環境衛生等五個項目簡要報告：

### (一)內政

人員死亡51人，失蹤22人，重傷47人，輕傷416人。房屋全倒503間，半倒880間；其中以南投縣及嘉義縣山區受災較嚴重。

表 9. 賀伯颱風路徑24小時預報誤差表，單位公里

Table 9. 24-hours forecast position errors for typhoon HERB (units in km)

預報種類 時間(UTC)	CWB	CLIP	HURA	PE	EBM
072500	293	235	139	69	11
072506	177	94	10		
072512	181	99	104	134	91
072518	155	208	170		
072600	223	271	328	237	236
072606	239	335	314		
072612	290	282	174	237	176
072618	294	190	142		
072700	216	54	122	221	179
072706	237	109	175		
072712	204	89	33	182	77
072718	133	91	91		
072800	104	61	113	118	92
072806	137	73	153		
072812	182	118	172	66	169
072818	182	161	239		
072900	193	100	69	135	354
072906	148	32	82		
072912	135	95	65	154	233
072918	114	107	128		
073000	87	142	187	30	53
073006	78	336	256		
073012	60	123	93	150	90
073018	90	237	343		
073100	83	249	203	100	252
073106	48	109	173		
073112	68	108	160	96	189
073118	109	49	112		
080100	128	224	264	221	95
080106	38	206	88		
080112	90	49	51		
平均	152	150	153	143	153

表 10. 賀伯颱風路徑48小時預報誤差表，單位公里

Table 10. 48-hours forecast position errors for typhoon HERB (units in km)

時間(UTC)	ČWB	CLIP	HURA	PE	EBM
072500	604	545	521	435	164
072506	344	355	435		
072512	349	350	415	645	164
072518	331	446	481		
072600	550	558	673	708	544
072606	553	705	653		
072612	578	511	436	632	396
072618	563	328	358		
072700	513	100	263	707	191
072706	454	106	283		
072712	398	100	118	510	157
072718	169	33	157		
072800	202	122	191	190	354
072806	296	196	300		
072812	324	235	300	234	430
072818	332	282	415		
072900	205	161	201	153	813
072906	152	113	24		
072912	112	83	125	254	362
072918	9	164	121		
073000	50	406	445	194	149
073006	48	871	676		
073012	67	492	199	288	99
073018	196	600	730		
073100	132	631	420	305	277
073106	148	349	471		
073112	127	262	299	481	330
平均	289	337	360	410	316

#### (一)農業

台閩地區農業損失包括農田、農作物、林業、漁業、畜產及水土保持損失，共計約新台幣199億元。並公告台北縣、宜蘭縣、新竹縣、苗栗縣、台中縣、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣、台南縣、高雄縣、屏東縣及基隆市等13縣市為農漁業受災最嚴重之地區。

#### (二)交通

全省公路坍方、路基流失、橋樑損毀共1315處，其中造成交通中斷者101處(道路坍塌82處，橋樑流失19處)。災情較嚴重地區為：公路部分在嘉義縣、台北縣、南投縣、新竹縣、苗栗縣、屏東縣及台北市北投區；鐵路部分在內灣支線、阿里山鐵路、北迴線、花東線、台中線、集集線及平溪線。航空部分未受嚴重損壞。電信部分，台灣地區市內電話受損204,846戶，南投縣水里、信義山區3,940戶通信中斷。

#### (三)水利

有26.2公里河堤被沖毀及受損，23.4公里海堤

被沖毀及受損。較嚴重地區為台北市社子島、台北縣、新竹縣、苗栗縣、台中縣、南投縣、彰化縣、雲林縣、嘉義縣、高雄縣及屏東縣。

#### (四)環境衛生

在淹水方面，台灣省淹水面積計34,677公頃，台北市淹水面積713公頃。垃圾場受損有73處。垃圾淤泥方面，台灣省淤泥60,882公噸，垃圾90,659公噸，台北市垃圾及淤泥量共67,629公噸。

## 七、結 論

由上述分析可歸納下列七點結論：

(一)賀伯颱風在其為期9天的生命期間，曾發展至強烈颱風強度，近中心風速最強時達53m/s，七級風暴風範圍最大亦達350公里。由於賀伯侵襲台灣期間正值強度高峰期，中心登陸宜蘭附近，再由新竹附近出海，進入台灣海峽北部，其所伴隨的強風豪雨，給台灣地區帶來近30年來最嚴重的災害。

(二)賀伯颱風影響期間，降雨方面，累積雨量以南投山區阿里山附近最大，另一較大降雨區在桃竹苗山區。阿里山氣象站在7月31日所測得日雨量為1094.5公厘，打破該站設站以來最高紀錄。風力方面，較強風力出現在北部、東北部地區，以基隆出現17級(59.5m/s)陣風最大。

(三)此次賀伯颱風侵台發生豪雨，根據謝，徐及丘(1996)研究分析，主要為賀伯颱風環流範圍很大，中心通過陸地時間長達8小時，受到颱風本身環流雨，加上氣流輻合及地形抬升作用，是造成此次豪雨的主要原因。

(四)賀伯颱風登陸後，台灣的東部及東南部地區，由於西南風增強，氣流過山發生沉降作用，在31日晚上出現範圍廣大的焚風現象。

(五)賀伯颱風中心登陸台灣東北部陸地後，受到地形破壞的影響，其強度開始有迅速減弱的現象。

(六)賀伯颱風的移動主要是受到副熱帶高壓強度變化的控制，其中颱風路徑在26日晚至29日一度偏向西南西移動，此可能與位於其西北西方的葛樂禮颱風有關。

(七)賀伯颱風路徑預測，不論主觀或客觀預報，皆對於颱風移動方向有變化時掌握較差，不過中央氣象局官方發布預測，在30日開始至登陸台灣這段

期間，則掌握得不錯，24小時預報誤差皆在100公里以內。

降雨分析，國科會專題研究計畫報告，NSC 85-2621-P-052-002, 116-123

## 八、參考文獻

謝信良、徐辛欽及丘台光，1996：賀伯颱風歷程及

Carr.L.E.,and R.L.Elsberry,1995 : Monsoonal interactions leading to sudden tropical cyclone track change. Mon.Wea.Rev.,123,265-298

## REPORT ON TYPHOON HERB OF 1996

Show-wen Lin

Weather Forecast Center

Central Weather Bureau

### ABSTRACT

Herb, the 8th typhoon occurred in the northwestern Pacific in 1996, was the third one that influenced the Taiwan area. Herb originated over the northeastern sea of Guam at 1200UTC, 24 July 1996. As it moved westward, it intensified and developed into typhoon (33m/s) at 1200UTC, 26 July 1996. Then, Herb turned westsouthwestward and continuously intensified; it reached its maximum intensity with wind of 53m/s near the center at 1800UTC, 27 July 1996. Starting from the 29th of July, Herb moved northwestward and approached Taiwan. It landed on and crossed Taiwan while in its mature stage, which was accompanied by strong winds and heavy torrential rain that caused the greatest damages in the Taiwan area within the past 30 years. Later, it dissipated over south mainland China at 1200UTC, 2 August 1996.

During Herb's passage, the strongest wind occurred in the northeast part of Taiwan, which conformed well with the fact that Herb landed on northeastern Taiwan. The passage of Herb also resulted in a large amount of precipitation in northern and central Taiwan. Particularly, the rainfall amount in mountain area exceeded 1000mm.

All available subjective and objective typhoon track forecasts experienced relatively larger forecast errors during the period when Herb significantly changed its direction.

Volume 42 Number 1

March 1998

# Meteorological Bulletin

(Quarterly)

---

## CONTENTS

### Articles

- Characteristics of the Upper-level Water Vapor  
in the Area of the East Asia and West  
Pacific : 1996 Summer ..... Chi Pan and Mong-Ming Lu ( 1 )
- An Evaluation of the Taiwan Rapid Earthquake  
Information Release System  
..... Yih-Min Wu, Chen-Chun Chen, Tzay-chyn shin and Yi-Ben Tsai (16)
- Introduction to Computer Aided Learning in  
Meteorology ..... Po-Hsiung Lin (29)

### Report

- Report on Typhoon Doug of 1994 ..... George Kuo-Chen Lu (44)
- An Investigation Report on Typhoon Kent of 1995 ..... Ming-Chang Hsieh (60)
- Report on Typhoon Herb of 1996..... Show-Wen Lin (80)



**CENTRAL WEATHER BUREAU**  
64 Kung-Yuan Road, Taipei, Taiwan  
Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版台誌字 第〇九七六號  
中華郵政臺字第一八九三號登記為第一類新聞紙類

統 一 編 號  
〇〇九〇八八八七〇〇一七

ISSN 0255-7785

# 氣象學報

季 刊

第四十二卷 第 二 期

目 次

## 研究論文

即時加速度型地震觀測網之

波相到時自動撿拾系統… 吳逸民 陳承俊 鍾仁光 辛在勤 (103)

台灣地區地震預警之初探…………… 辛在勤 (118)

台灣地區三維速度構造…………… 陳燕玲 辛在勤 (135)

嘉義地區農漁民接觸氣象傳播媒介

及使用氣象訊息之研究…………… 李炳和 董時叡 (170)

## 報 告

民國83年颱風調查報告—弗雷特颱風(9415)…………… 蔡甫甸 (184)

出 版 者  
發 行 人  
社 長  
編 輯 委 員 會  
主 任 委 員

中 央 氣 象 局 氣 象 學 報 社  
信 信 良  
謝 信 良  
鄭 明 典  
王 乾 盈  
李 汴 軍  
李 清 勝  
李 賢 文  
林 民 生  
林 松 錦  
柯 文 雄  
陳 台 琦  
黃 玉 絲

臺北市公園路六十四號  
電 話：(02)23491091

陳 泰 然  
張 隆 男  
莊 文 思  
劉 廣 英  
葉 永 田  
葉 義 雄  
鄭 明 典  
韓 素 蘭

(按姓氏筆劃排列)

幹 事

# 即時加速度型地震觀測網之 波相到時自動檢拾系統

吳逸民

中央氣象局地震測報中心  
國立中央大學地球物理研究所

陳承俊 鍾仁光

中央氣象局地震測報中心

辛在勤

中央氣象局

## 摘 要

本文以STA/LTA波相到時自動檢拾之技術應用在加速度型地震資料，分析了85個地震共1728筆加速度資料。其中以人工檢拾的P波中約有49%可以由電腦自動檢拾出來，S波的自動檢拾率則只有21%。自動與人工檢拾的時間差，P波一般約在 $\pm 0.25$ 秒的範圍，而S波則在 $\pm 0.5$ 秒以內。自動定位及人工定位在深度上的平均差異為4.2公里，震央的平均差異為6.5公里。自動及人工定位所產生的震源差異與測站分布空餘夾角(GAP)呈指數型態的正相關，然而GAP小於200度時差異可控制在15公里以下。淺部地殼的構造複雜是造成淺源地震有較大的震源深度差異的原因。

關鍵詞：波相到時自動檢拾、測站分布空餘夾角、地震自動定位及即時加速度型地震觀測網

## 一、前 言

中央氣象局執行強地動觀測計畫(辛在勤, 1993)已在臺灣地區廣設高解析度之強震儀。計畫中有一部分工作是充分利用傳輸短週期地震訊號所剩的傳輸頻寬，將即時地震站之強震儀訊號以即時方式傳回地震測報中心，並於1995年據此建立了有感地震的自動觀測網(吳逸民等, 1996; Shin et al, 1996; Lee et al, 1996; Teng et al, 1997)。在1996年間，陸續連結數個消息傳遞媒介，進而建立一個地震資訊快速發布系統(Taiwan Rapid Earthquake Information Release System; TREIRS)(吳逸民等, 1997a)，本系統目前包含51個測站(圖1)。TREIRS上線運作的第一年共自動發布了50個有感地震(Wu et al, 1997a; 1997b)，有效縮短了地震發布的時間，而結果經過評估也能符合地震測報之要求(吳逸民等, 1997b)。TREIRS的建立關鍵，在硬體上為能將強震訊號即時傳回，在軟體上為地震的自動觀測作業，而地震自動觀測作業之癥結在於波相到時之自動檢拾。因此，本文將介紹TREIRS的波相到時自動檢

拾系統之流程及其成果，以分享我們的工作經驗。

P&S波相自動檢拾的技術已發展多年(如：Stewart, 1997; Allen, 1978; 1982; McEvilly and Majer, 1982; Cichowicz, 1993)，一般波相自動檢拾的方法都應用在短週期速度型的資料，較少使用於加速度紀錄上，TREIRS運用即時的加速度訊號從事波相到時自動檢拾及自動地震定位是目前世界上少數先進的系統。地動訊號因儀器型態的不同而表現出不同的特性，短週期速度型儀器是為能觀測較小的地震，採用高的放大倍率，因此一般記錄之P波初動較為明顯，但對於地動稍大的訊號，常因超過最大記錄範圍而造成波型紀錄滿格的現象，不利於S波的檢拾；相反地，加速度型儀器則專為記錄強震訊號而設計，不但可記錄完整的強地動波形，並可排除前者於S波的檢拾上所遭遇的問題，但這也使得所記錄的P波初動不若速度型訊號明顯(圖2)。雖然如此，傳統的STA/LTA波相自動檢拾方法，仍然適用於加速度紀錄上。本文所用的波相自動檢拾方法類

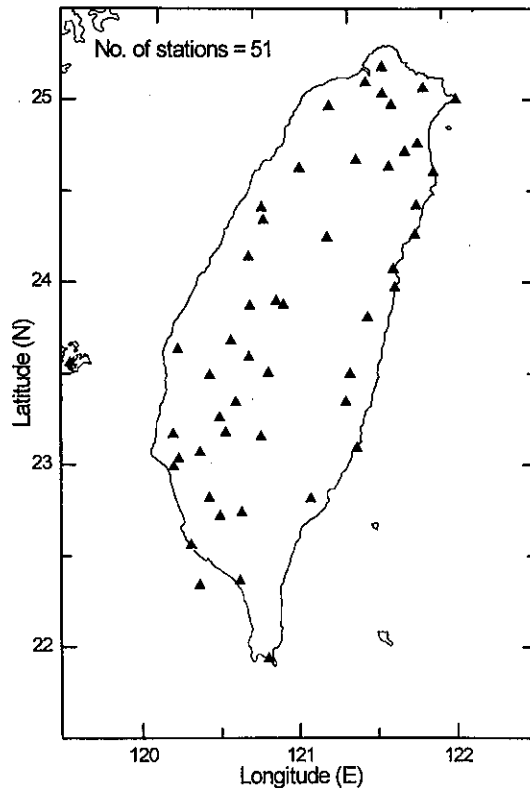


圖 1. 台灣地震資訊快速發布系統51個測站分布圖。

Fig. 1. The location of 51 stations of the Taiwan Rapid Earthquake Information Release System (TREIRS).

似於Allen(1978; 1982)及McEvelly and Majer(1982)所提出的方法，這種流程計算簡易，而且費時短，因此極適合應用於地震快速反應系統(Earthquake Rapid Response System)。

## 二、P & S波相到時之自動撿拾

即時加速度型地震觀測網傳回觀測中心的資料為3軸向、16位元、每秒50點的加速度訊號，最大記錄範圍為 $\pm 2g$ 。我們從垂直向的訊號撿拾P波到時，再從兩個水平向的訊號撿拾S波到時。基本上，撿拾P波及S波到時的方法相同，只是在特徵函數(Characteristic Function; CF)的計算及參數的設定上有所不同而已。圖3所示為自動撿拾之流程圖，其步驟為先設定系統參數及計算初始短時間平均值(Short Time Average; STA)及長時間平均值

(Long Time Average; LTA)，然後開始撿拾波相到時，每當下一個取樣資料進來後，依序計算CF、STA與LTA，再求取STA/LTA之比值。若STA/LTA比值小於波相到時門檻(Phase Arrival Threshold; PAT)，則先設定此點為波相到時；若否，則進行下一步驟；接下來比較STA/LTA比值是否超過波相觸發門檻(Phase Trigger Threshold; PTT)，若未達波相觸發門檻，則回頭檢視下一筆資料，若達波相觸發門檻，則將最新指定的波相到時點，指定為波相到時；到時求得後開始計算此到時之撿拾品質(Picking Quality; PQ)，並確認是否為雜訊觸發(false trigger)，若為雜訊觸發則移除此到時，若非雜訊觸發，則儲存此撿拾結果，結束撿拾流程。撿拾P波到時所採用的特徵函數為：

$$CF_p = X_k^2 + (X_k - X_{k-1})^2$$



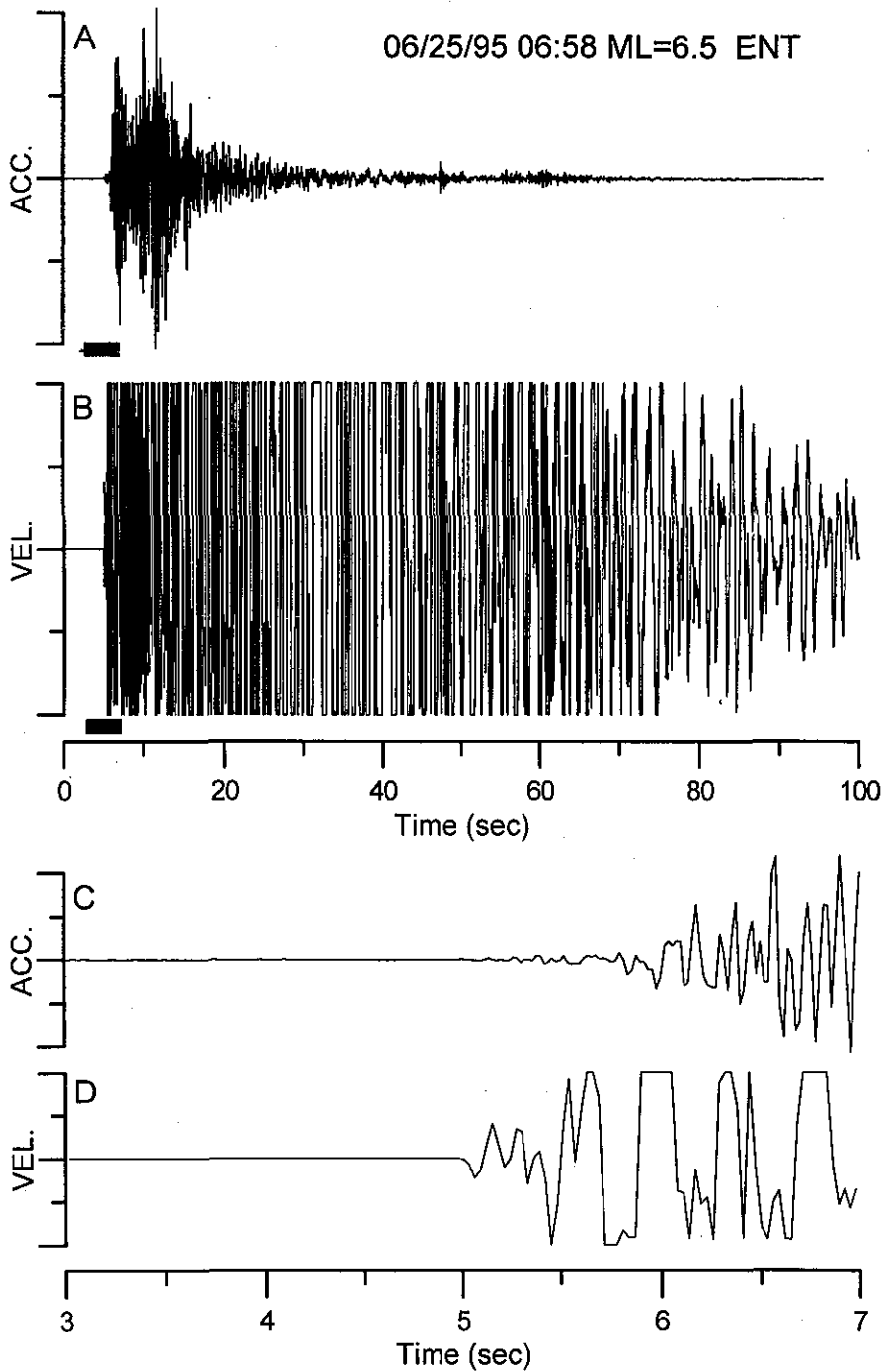


圖 2. 兩種型態的地震紀錄(A)加速度型，(B)速度型，(C)加速度型紀錄的P波起始部分，(D)速度型紀錄的P波起始部分。

Fig. 2. Two types of seismograms of (A) acceleration and (B) velocity. P-waves indicated by the black bars in the upper two seismogram (A) and (B) are expanded and showed in (C) and (D), respectively.

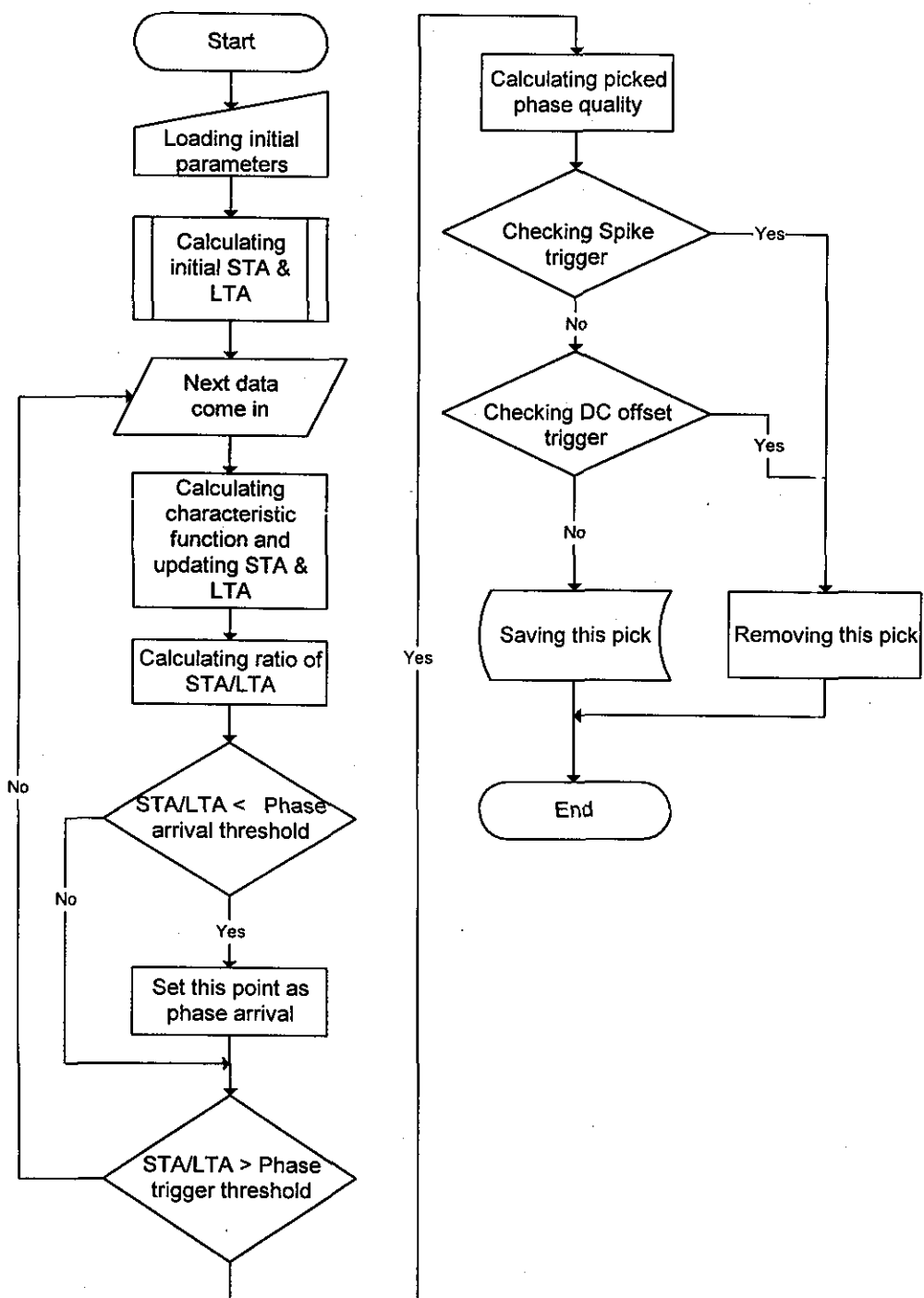


圖 3. 自動檢拾程式的流程圖。

Fig. 3. The flow chart of auto-picking program.

$CF_p$ : 第k點的特徵值

$X_k$ : 第k點垂直向的加速度振幅

$X_{k-1}$ : 第k-1點垂直向的加速度振幅

這種特徵函數是目前常被使用的一種，我們也嘗試不同的特徵函數，但仍以這種效果較佳。而於撿拾S波到時所採用的特徵函數為：

$$CF_s = Xn_k^2 + Xe_k^2 + (Xn_k - Xn_{k-1})^2 + (Xe_k - Xe_{k-1})^2$$

$CF_s$ : 第k點的特徵值

$Xn_k$ : 第k點南北向的加速度振幅

$Xn_{k-1}$ : 第k-1點南北向的加速度振幅

$Xe_k$ : 第k點東西向的加速度振幅

$Xe_{k-1}$ : 第k-1點東西向的加速度振幅

撿拾過程中所使用的參數設定列於表1，這些參數是經過嘗試錯誤後所得，適合我們目前的系統，若要運用於其它的系統則須做微幅調整。至於撿拾品質之制定，P波之撿拾品質分別取P波到時後1秒與前1秒垂直向振幅平方和的比值；而S波之撿拾品質則為分別取S波到時後1秒與前1秒兩水平向振幅平方和的比值。

表 1. 自動波相撿拾的設定參數。

Table 1. Setup parameters of automatic phase picker.

	P wave	S wave
STA	0.4 sec	0.5 sec
LTA	40.0 sec	3.0 sec
PAT	1.25	1.25
PTT	2.85	3.0

此系統所記錄的訊號為經電信專線傳回的數位化強震資料，16位元的解析度，在最大記錄範圍為 $\pm 2g$ 的情形下，雖然一般的背景雜訊(background noise)都在10個單位(count)以下，但是偶有出現傳輸品質不良所產生的非地動雜訊(圖4)，依其持續之時間長短可將雜訊分為兩種型態：(1)短時間傳輸不良的雜訊，如spike狀，本文將之稱為尖峰信號(spike noise)(圖4A)；(2)較長時間傳輸中斷的雜訊則稱為直流電位準偏移(DC offset noise)，因其現象會造成直流電位準偏移(DC offset)(圖4B)。這兩種雜訊在自動撿拾過程中都會造成誤判，但是可以由其

特性之差異加以排除。尖峰信號因其持續時間較短，可藉由比較觸發後1~2秒與前1秒之平均振幅之比值來加以確認，若是尖峰信號觸發，則此比值會接近於1；若為地震訊號觸發，則不管是P或S波的訊號在觸發後會有較大的振幅進來，而此比值通常都會大於2以上。對於直流電位準偏移所造成的觸發，可以檢查下列兩項來加以確認：(1)比較觸發前1~2秒與後1秒之基準線(base line)，直流電位準偏移觸發後基準線會有大幅的偏移，若為地震則無此現象，因此可以區分出來；(2)比較觸發後1秒內振幅的變化量，直流電位準偏移一般為較長時間的傳輸中斷所引起，因此並無振幅之變化量，可以容易的加以區分。在我們的作業過程中，若有偵測到這類之雜訊觸發，即放棄此站的資料，因為在出現此類雜訊的情況下，若再繼續進行波相撿拾，除了造成地震定位的困擾之外，也會造成定位規模及計算震度的偏差。

### 三、資料與結果

本研究使用了85筆地震資料(附錄1)，為1995至1996年即時加速度型地震觀測網中，以波相自動撿拾的方法可取得6個測站以上之到時的地震，也是這兩年來台灣地區主要的有感地震。85筆地震中共有1728個測站的紀錄，人工可撿拾出的P波到時資料有1623筆，S波到時有1387筆。以電腦自動撿拾的P波到時資料有801筆，S波到時有292筆。以人工撿拾的P波資料中約有49%可為電腦自動選取，S波則只有21%。圖5所示為自動撿拾到時減去人工撿拾到時的時間差與撿拾品質之對應圖，一般而言，撿拾品質越大則到時誤差越小。801筆自動撿拾之P波時間誤差其平均值為0.10秒，標準偏差為0.23秒；292筆自動撿拾之S波時間誤差其平均值為0.05秒，標準偏差為0.47秒。就這些資料可知，自動撿拾的到時較人工所撿拾的時間稍微晚一些，而自動與人工撿拾的時間差，P波一般都在 $\pm 0.25$ 秒，而S波則在 $\pm 0.5$ 秒以內。

當運用於地震定位時，本文將自動撿拾的到時，依品質分為4個等級：0、1、2及3(圖5)，區分的標準及各等級自動與人工撿拾時間差的統計資料列於表2，由統計的結果顯示，0及1級P或S波之自

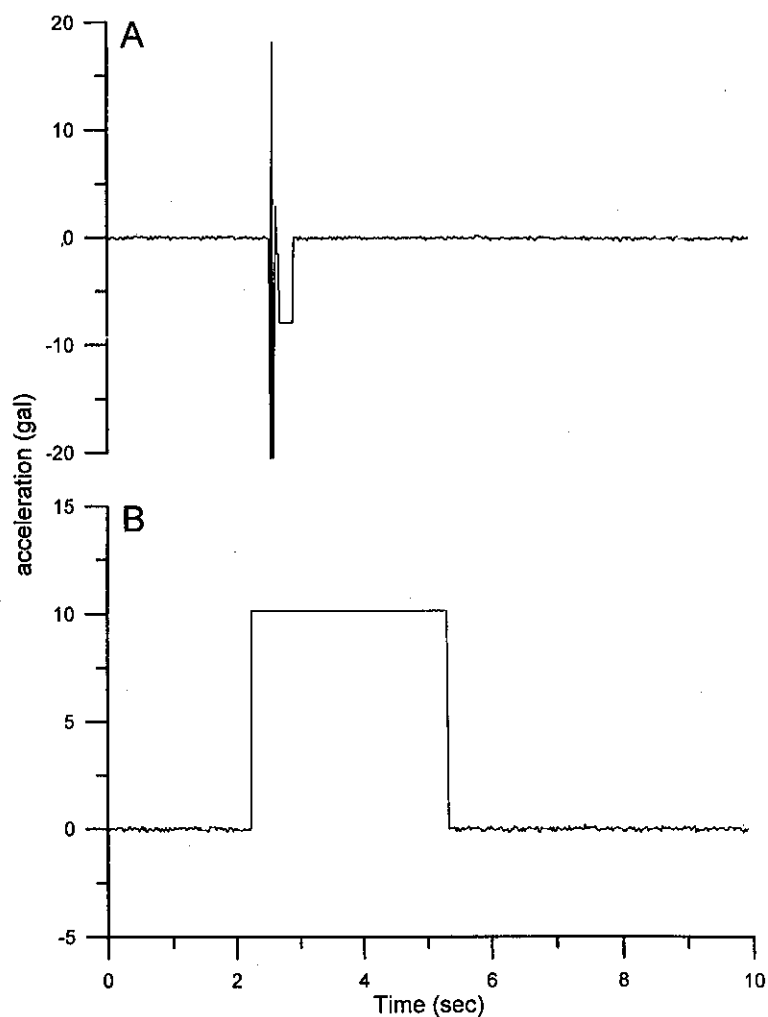


圖 4. 即時加速度型地動訊號中的雜訊：(A)尖峰信號(B)直流電位準偏移。

Fig. 4. Examples of (A) spike noise and (B) DC offset noise recorded in the real-time accelerograms.

表 2. 區分P和S波相的撿拾品質等級的統計資料。

Table 2. The statistical data of picking quality of P- & S- phases.

P wave	PQ	NP	Mean	Medium	SDV	S wave	SQ	NP	Mean	Medium	SDV
0	>100	165	0.02	0.04	0.12	0	>40	44	0.08	0.08	0.11
1	100-20	241	0.07	0.08	0.13	1	40-15	105	0.10	0.12	0.13
2	20-3	374	0.15	0.12	0.24	2	15-5	121	0.16	0.12	0.49
3	3-1.5	21	0.04	0.04	0.76	3	5-2	22	-0.84	-0.80	0.83

NP : Number of data points

SDV : Standard Deviation

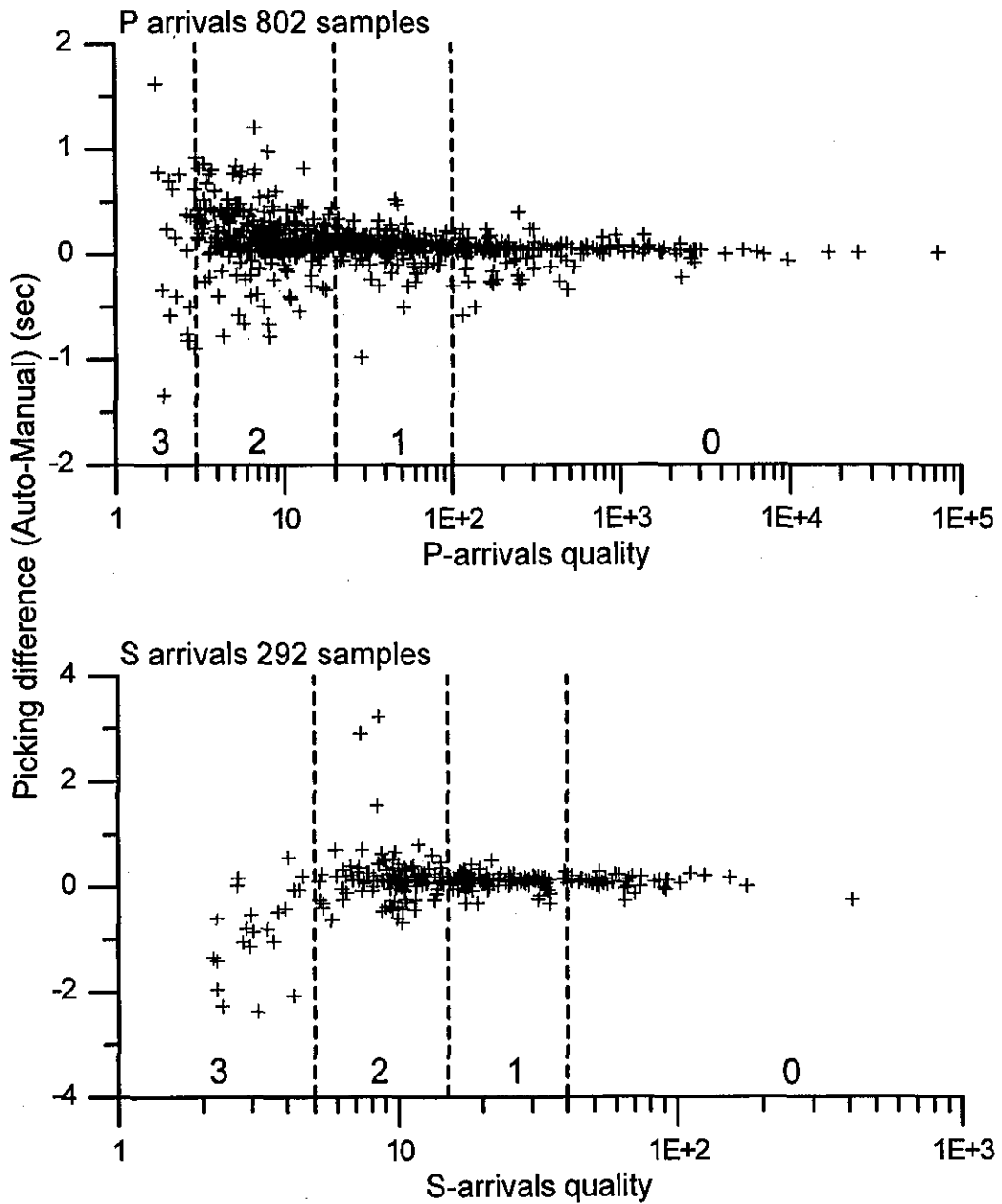


圖 5. 自動檢拾品質的分級。

Fig. 5. The quality classification of automatic phase picking.

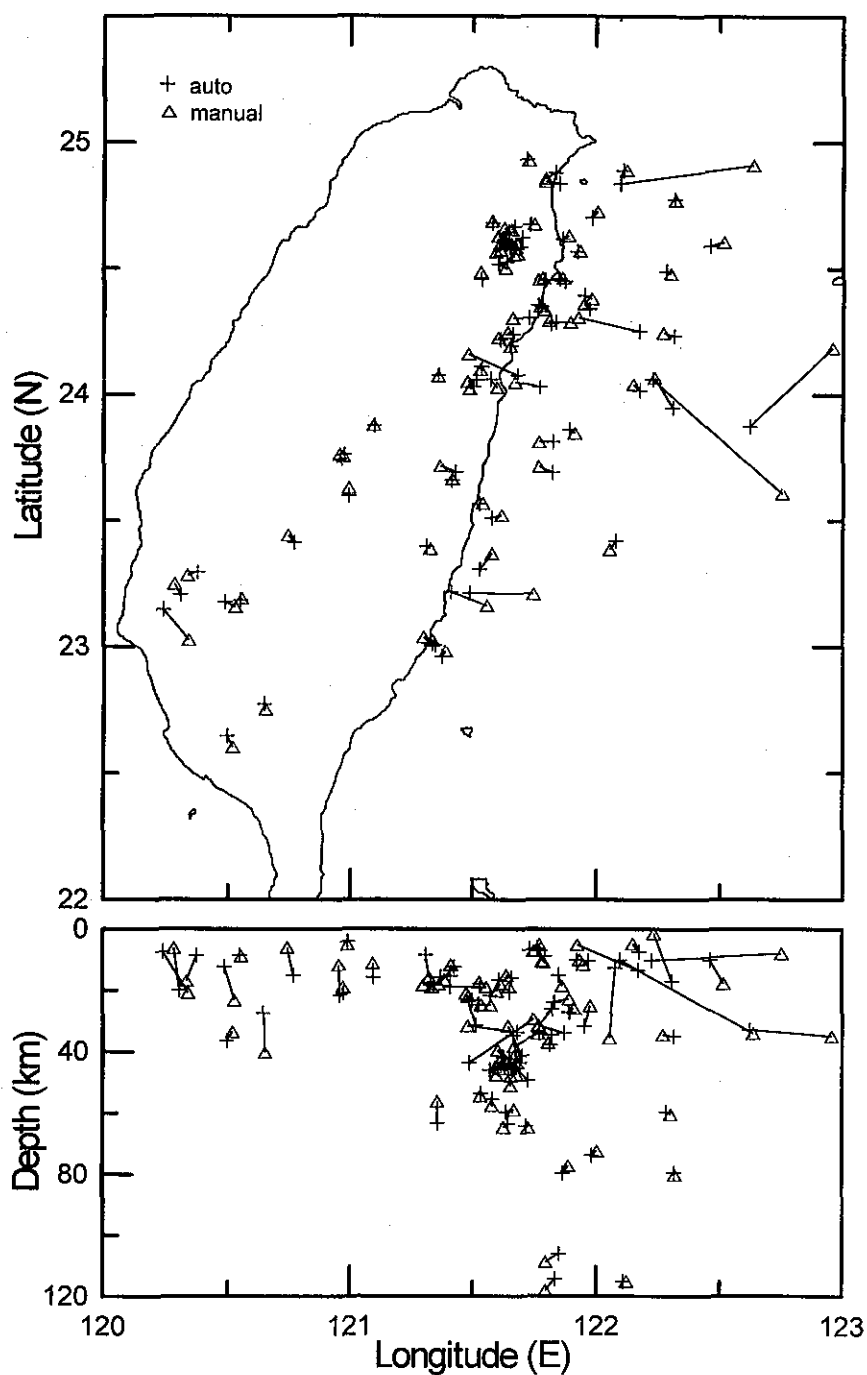


圖 6. 自動定位(+)及人工定位(Δ)之位置對應圖。

Fig. 6. The locations derived respectively from the automatic phase picking procedure (crosses) and manual phase picking procedure (triangles).

動檢拾誤差都在0.15秒之內。本文利用修改自HYPO71(Lee and Lahr, 1975)之平行層定位程式進行地震定位，地殼模型為中央氣象局地震測報中心現行所採用的模型(表3)，圖6顯示85筆地震自動定位及人工定位的震源分布，深度上的平均差異為4.2公里，震央的平均差異為6.5公里，而其標準偏差分別為5.0及11.7公里。

#### 四、討論與結論

由自動定位及人工定位的震源分布之差異(圖6)顯示出，自動定位的結果以觀測網內及深度大於40公里的地震較佳，而觀測網外及淺層的地震則較差。由測站的分布空餘夾角GAP (Lee and Lahr, 1975)可說明地震分布與觀測網的相對位置，而定位之差異有隨GAP呈指數增加的趨勢(圖7)，圖中顯示，若GAP小於200度，則差異都在15公里以內。對於淺源地震有較大的定位差異之現象，本文

表 3. 本文中所使用的地殼P波速度模型。

Table 3. The Earth's crust model used in this study.

Depth (km)	P-wave velocity (km/sec)
0-2	3.48
2-4	4.48
4-9	5.25
9-13	5.83
13-17	6.21
17-25	6.41
25-30	6.83
30-35	7.29
35-50	7.77
50-70	8.05
70-90	8.16
90-110	8.34
110-170	8.35
170-200	8.38
200-240	8.57
240-	8.70

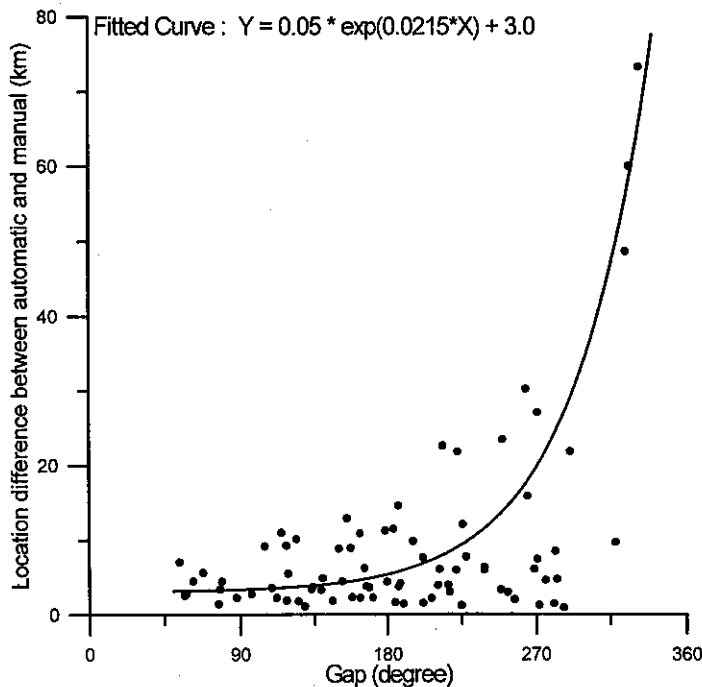


圖 7. 自動定位與人工定位的震源差異與測站的分布空餘夾角之關係圖。

Fig. 7. Relationships between the hypocenter difference due to computerization and the gap of the station distribution.

認為與地殼的構造有關，由於淺部地殼構造較為複雜，因此定位的地殼模型在深度小於35公里內，設定有較多的地層，因此在定位反演時會出現許多的局部極小值，而在波相撿拾上，因自動撿拾會出現少量的擾動量，因此在地震定位反演時會在這幾處局部極小值之位置跳動，而造成淺源地震有較大的定位差異，相對的較深部的地震，因所用的模型層次較少，局部極小值也減少，即使加上自動撿拾的擾動量，反演時也會收斂至人工所定出的震源附近。

在地震定位時通常都以走時殘差的均方根(RMS)來描述定位之優劣，但從自動定位及人工定位的震源分布差異與RMS之對應圖(圖8)可知，自動定位的差異與RMS並沒有明確的關係。為了檢測RMS的影響，本文挑選附錄1中07/07/1995 03:04:48，ML=5.6之網內地震，震央位置23.88°N，121.1

0°E，深度為15公里，於人工撿拾的到時中，加入0.5~1.0倍波相到時自動撿拾誤差的標準偏差量，P波0.125~0.25秒及S波0.25~0.5秒之隨機擾動量進行500次的定位，再與人工定位的位置加以比較(圖9)，由測試結果可知，加入隨機擾動量所造成的定位影響，在震央上偏移的標準偏差為1.0公里，而在深度偏移的標準偏差也只有3.7公里，即使加入1~2倍波相到時自動撿拾誤差的標準偏差量，P波0.25~0.5秒及S波0.5~1.0秒之隨機擾動量，震央上偏移的標準偏差也只有放大到1.7公里，而深度上偏移的標準偏差亦僅放大到4.7公里，由此項測試可歸納出測站的分布可能為控制定位誤差的主要因素。

雖然波相到時自動撿拾的方法已經有很多種，但是傳統的STA/LTA的方法(Allen, 1978; 1982; McEvilly and Major, 1982)仍適用於加速度型的地震資料中，其簡單的運算方式尤其適用於地震快速反

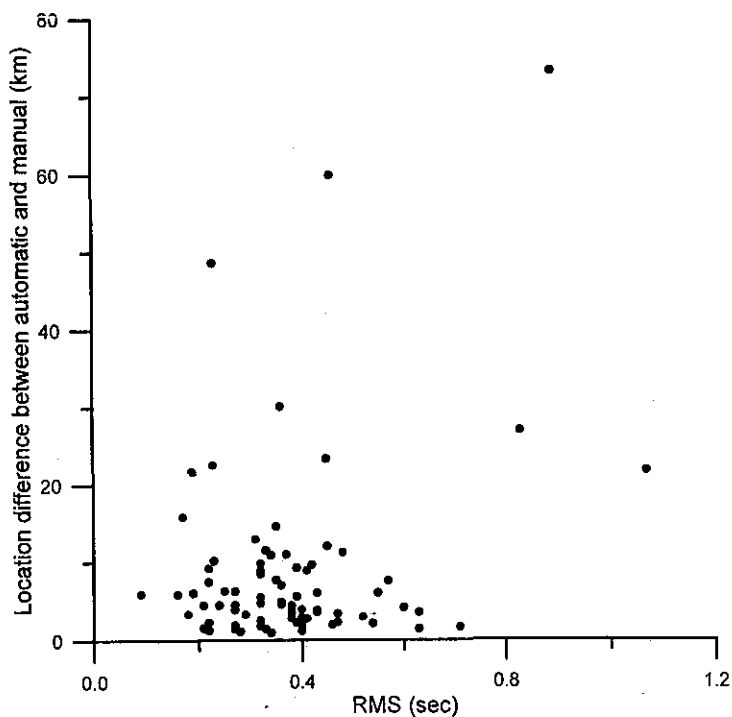


圖 8. 自動定位與人工定位的震源差異對應走時殘差的均方根。

Fig. 8. Relationships between the hypocenter difference due to computerization and the RMS of the travel time residual.



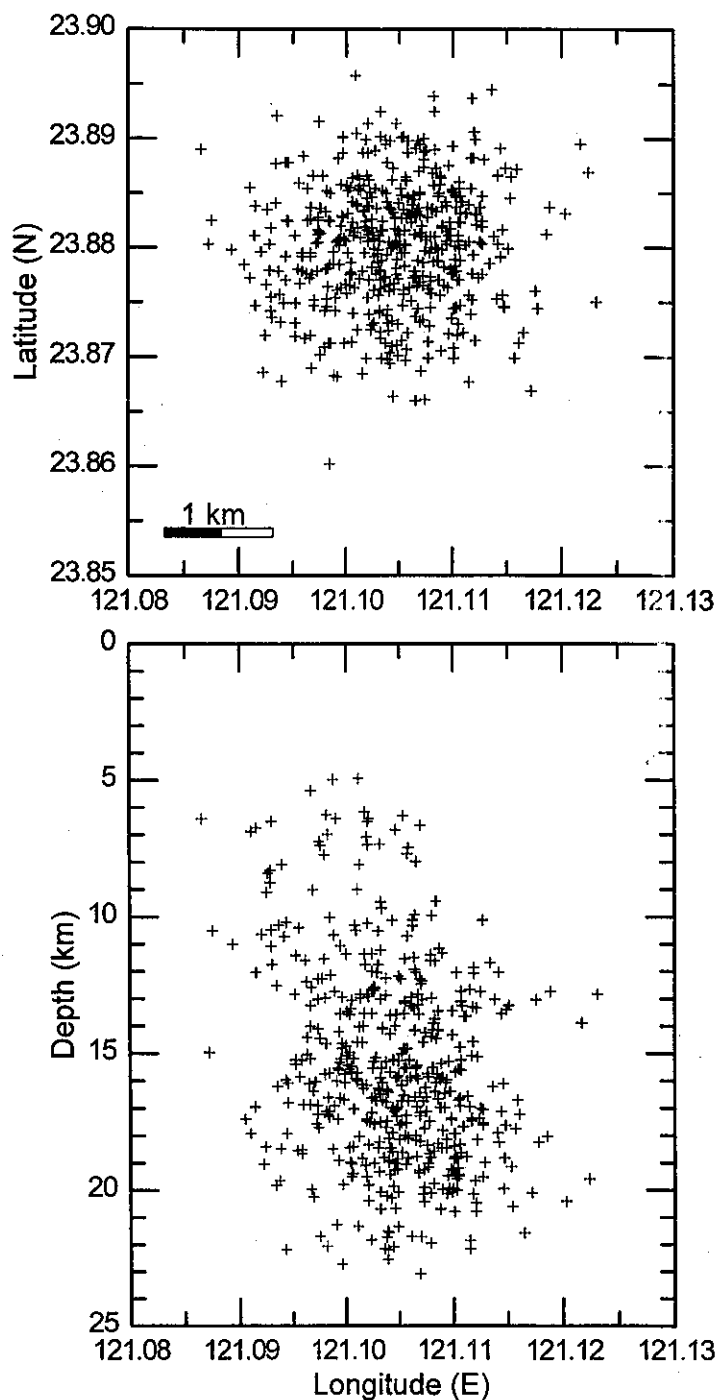


圖 9. 隨機加入0.5~1.0倍波相到時自動檢拾誤差的標準偏差量所進行500次定位測試的震源分布。

Fig. 9. Hypocenters determined from 500 sets of picks which are randomly contributed by 0.5~1.0 times of the standard deviation of the automatic phase picking's error, respectively.

應系統。以本系統的經驗，雖然網外地震定位的結果較為不好，但就地震救災的角度而言，網外地震造成災害之威脅較小，自動定位的誤差仍可接受。未來若能在外島地區建立測站，應可改善外海地震定位的品質。

## 五、參考文獻

- 辛在勤, 1993: 台灣地區強地動觀測計畫, 台灣地區強地動觀測計畫研討會論文摘要, 1-10頁。
- 吳逸民、辛在勤、李沅鑑、蔡義本, 1996: 台灣即時加速度型地震觀測網的系統設計與發展。台灣地區強地動觀測計畫研討會(二)論文摘要, 106-112頁。
- 吳逸民、陳承俊、蕭乃祺、辛在勤、蔡義本, 1997a: 地震消息自動傳播系統之建立與探討。氣象學報第四十一卷第四期, 272-280頁。
- 吳逸民、陳承俊、辛在勤、蔡義本, 1997b: 台灣地震資訊快速發布系統之評估。氣象學報第四十二卷第一期, 16-28頁。
- Allen, R.V., 1978: Automatic earthquake recognition and timing from single traces. *Bull. Seism. Soc. Am.* 68, 1521-1532.
- Allen, R.V., 1982: Automatic phase picker: their present use and future prospects. *Bull. Seism. Soc. Am.* 72, S 225-S242.
- Cichowicz, A., 1993: An automatic S-phase picker. *Bull. Seism. Soc. Am.* 83, 180-189.
- Lee, W.H.K., and J.C. Lahr, 1975: HYPO71(REVISED): A computer for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes. U.S. Geol. Surv. Open-File Report 75-311, 114pp.
- Lee, W.H.K., T.C. Shin and T.L. Teng, 1996: Design and implementation of earthquake early warning system in Taiwan. Paper No. 2133, 11th World Conference of Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico.
- McEvelly, T.V. and E.L. Majer, 1982: ASP: an automated seismic processor for microearthquake networks. *Bull. Seism. Soc. Am.* 72, 303-325.
- Shin, T.C., Y.B. Tsai, and Y.M. Wu, 1996: Rapid response of large earthquakes in Taiwan using a real-time telemetered network of digital accelerographs. Paper No. 2137, 11th World Conference of Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico.
- Stewart, S.W., 1977: Real-time detection and location of local seismic events in central California. *Bull. Seism. Soc. Am.* 67, 433-452.
- Teng, T.L., Y.M. Wu, T.C. Shin, Y.B. Tsai and W.H.K. Lee(1997): One minute after-strong motion map, effective epicenter, and effective magnitude. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 87, 1209-1219.
- Wu, Y.M., T.C. Shin, C.C. Chen, Y.B. Tsai, W.H.K. Lee, and T.L. Teng, 1997a: Taiwan Rapid Earthquake Information Release System. *Seism. Res. Lett.* (in press)
- Wu, Y.M., T.C. Shin, J.K. Chung, Y.B. Tsai and C.C. Chen, 1997b: Toward a 30-seconds Rapid Earthquake Information System in Taiwan (abstract). 29<sup>th</sup> IASPEI meeting, Thessaloniki, Greece.

# **AN AUTOMATIC PHASE PICKER OF THE REAL-TIME ACCELERATION SEISMIC NETWORK**

**Yih-Min Wu**

Seismological Observation Center, Central Weather Bureau, Taipei, R.O.C.  
Institute of Geophysics, National Central University, Chung-li, R.O.C.

**Chen-Chun Chen    Jen-Kuang Chung**

Seismological Observation Center, Central Weather Bureau, Taipei, R.O.C.

**Tzay-Chyn Shin**

Central Weather Bureau, Taipei, R.O.C.

## **ABSTRACT**

Based on the conventional STA/LTA algorithm, the automatic phase picking technique was examined on the accelerograms in this study. We investigated 1728 accelerograms from eighty-five earthquakes that occurred during 1995 and 1996. About half of the P-phases picked manually could be picked by the programming procedure, while smaller part of S-phases is picked automatically. The time differences of phases arrivals determined from automatic picking and manual picking are within  $\pm 0.25$  sec for the P-phases, and  $\pm 0.5$  sec for the S-phases. The average depth difference between automatic and manual-location is 4.2 km, while the average epicenter difference is 6.5 km. The hypocenter difference between automatic and manual-location expresses approximately an exponential relationship with the gap of the station distribution. When the gap is less than 200 degrees, the hypocenter difference can be reduced to less than 15 km. In general, the depth difference is large when the earthquakes occurred in the very shallow layer. It may have connection with the shallower crust structure that is more complex than the deeper one.

Key words : automatic phase picking, GAP, automatic earthquake location and real-time acceleration seismic network.

附錄 1. 本文中所使用的地震資料

Appendix 1. Earthquakes used in this study.

Origin time	Lat.(N)	Lon.(E)	Depth (km)	M <sub>L</sub>	Nsta*	RMS
01/10/95 07:51:16.1	23.66	121.41	15	5.2	12	0.43
02/10/95 02:22:11.9	23.81	121.82	26	5.1	20	0.39
02/23/95 05:26:18.9	24.19	121.64	26	4.4	14	0.23
03/24/95 04:13:52.1	24.62	121.86	79	5.8	24	0.28
04/01/95 09:12:24.6	24.89	122.11	115	5.3	19	0.24
04/03/95 11:54:48.0	23.95	122.31	16	5.9	25	0.20
04/03/95 22:33:33.7	23.97	122.26	32	5.3	20	0.29
04/24/95 10:04:01.5	24.65	121.65	63	5.4	28	0.34
05/02/95 22:48:22.6	23.86	121.89	27	5.5	32	0.30
05/06/95 02:06:06.5	24.67	121.67	45	4.4	15	0.30
05/09/95 01:03:54.3	22.96	121.37	15	5.3	19	0.15
05/09/95 09:36:38.0	23.51	121.57	21	4.7	21	0.21
05/15/95 18:58:39.2	24.78	122.32	79	5.6	28	0.25
05/27/95 18:11:14.3	23.01	121.35	18	5.7	33	0.53
05/28/95 10:16:27.4	23.01	121.33	17	5.0	16	0.64
05/30/95 18:42:44.0	24.46	121.85	14	4.6	15	0.51
05/31/95 14:09:32.4	24.45	121.87	34	5.0	23	0.38
06/11/95 17:22:04.2	23.96	121.75	46	4.8	18	0.49
06/25/95 06:59:08.7	24.58	121.69	43	6.5	36	0.53
06/25/95 07:00:44.5	24.60	121.63	44	5.0	21	0.36
06/25/95 07:34:18.4	24.60	121.63	43	4.6	18	0.38
06/25/95 09:11:58.0	24.59	121.65	42	4.4	13	0.32
06/25/95 09:49:06.6	24.58	121.67	34	4.1	12	0.39
06/26/95 11:10:34.6	24.62	121.63	41	4.5	18	0.34
07/04/95 21:15:13.1	24.60	121.63	45	4.8	19	0.48
07/05/95 17:33:49.8	24.84	122.10	10	4.7	14	0.57
07/07/95 03:04:48.3	23.88	121.10	15	5.6	28	0.34
07/07/95 08:46:12.1	24.62	121.70	41	4.7	11	0.30
07/14/95 16:52:47.9	24.36	121.76	6	5.7	23	0.68
07/14/95 17:40:49.7	24.35	121.77	7	5.0	21	0.62
07/28/95 08:00:30.6	24.70	121.98	73	4.9	17	0.36
08/07/95 11:59:20.3	24.88	121.83	114	5.0	17	0.34
08/20/95 09:25:05.4	24.68	121.58	55	5.1	23	0.33
09/03/95 01:16:52.2	23.74	120.96	21	4.4	14	0.18
09/07/95 19:49:51.0	23.76	120.98	20	4.5	15	0.20
10/14/95 03:01:38.2	24.59	122.46	10	5.2	19	0.54
10/31/95 22:27:08.1	23.30	120.38	8	5.4	25	0.46
11/06/95 00:45:28.1	23.41	120.77	14	4.4	12	0.36
11/06/95 19:31:23.0	24.45	121.79	8	4.6	19	0.41
11/14/95 07:26:25.9	24.03	121.50	23	4.5	8	0.46
12/01/95 03:17:04.9	24.60	121.64	45	5.9	33	0.48
12/08/95 13:14:42.7	24.23	122.31	35	5.2	26	0.47
12/20/95 23:56:37.1	24.03	121.77	33	5.3	30	0.52

\* Nsta is the number of stations

Appendix 1 (continue)

Origin time	Lat.(N)	Lon.(E)	Depth (km)	M <sub>L</sub>	Nsta	RMS
01/07/96 16:17:20.1	24.61	121.62	41	4.3	17	0.32
01/17/96 12:12:05.1	23.31	121.53	24	4.8	21	0.29
01/17/96 22:04:08.8	24.06	121.51	31	4.3	9	0.34
01/20/96 04:24:42.8	23.40	121.31	8	4.9	17	0.24
01/22/96 05:58:55.1	24.29	121.83	23	4.2	11	0.24
01/22/96 19:22:59.3	24.93	121.72	64	5.3	29	0.24
01/23/96 14:23:24.6	24.46	121.53	53	4.5	20	0.29
01/24/96 21:21:15.2	24.22	121.61	16	4.0	8	0.32
02/11/96 11:34:04.5	24.84	121.85	106	4.9	20	0.25
03/04/96 04:39:16.2	23.15	120.24	7	4.4	12	0.25
03/05/96 17:32:11.5	24.02	122.18	7	6.1	40	0.30
03/26/96 15:42:12.2	24.28	121.81	37	4.6	14	0.22
03/29/96 03:28:58.6	24.06	122.23	10	5.9	28	0.35
04/19/96 07:26:24.0	23.69	121.82	34	4.8	29	0.25
05/05/96 19:39:07.7	24.57	121.92	10	4.3	12	0.19
05/16/96 17:37:05.6	24.39	121.95	31	4.7	16	0.16
05/26/96 07:36:43.2	24.53	121.64	59	4.6	19	0.33
05/28/96 21:53:24.6	24.11	121.53	17	5.4	34	0.35
05/29/96 21:56:14.2	22.77	120.65	27	4.9	16	0.32
06/09/96 01:30:27.9	24.06	121.57	45	5.0	29	0.30
07/06/96 01:27:09.1	22.65	120.50	36	5.5	22	0.34
07/08/96 03:15:11.1	23.18	120.55	8	4.4	13	0.25
07/13/96 04:46:32.3	24.08	121.68	33	4.5	17	0.18
07/21/96 05:12:00.3	24.52	122.42	66	5.0	15	0.21
07/27/96 00:26:42.3	24.34	121.97	10	5.1	18	0.29
07/29/96 20:20:56.9	24.49	122.29	59	6.4	30	0.35
08/05/96 18:41:16.2	23.21	121.49	43	5.0	14	0.19
08/06/96 03:19:54.8	23.57	121.52	24	4.3	10	0.36
08/10/96 06:23:08.4	23.88	122.62	33	5.9	20	0.48
09/15/96 23:00:59.6	24.24	121.66	15	4.3	10	0.32
10/09/96 09:29:11.0	23.60	120.99	3	5.0	31	0.30
10/19/96 19:16:08.1	23.18	120.49	12	4.5	17	0.26
11/01/96 18:07:34.6	24.52	121.61	45	4.9	24	0.23
11/05/96 05:39:02.6	23.69	121.43	12	4.5	20	0.17
11/07/96 07:26:18.8	24.31	121.72	49	4.7	21	0.26
11/14/96 01:39:11.5	23.42	122.08	12	5.4	30	0.34
11/16/96 00:22:44.8	23.21	120.31	19	4.5	14	0.26
11/26/96 08:22:24.0	24.20	121.65	20	5.7	33	0.23
12/15/96 18:56:27.1	24.08	121.36	63	5.0	35	0.33
12/20/96 10:50:08.8	23.22	121.41	18	4.7	18	0.23
12/25/96 13:36:00.1	24.68	121.73	6	3.9	8	0.27
12/25/96 21:52:18.7	24.25	122.17	13	5.0	33	0.30

# 台灣地區地震預警之初探

辛 在 勤

中 央 氣 象 局

## 摘 要

本文利用22組中央氣象局在過去6年所收錄的強震資料，探討地震預警的可行性，在簡化某些繁雜的計算及模擬後，可歸納出適用於台灣地區的PGA衰減公式及各測站的場址效應因子，配合所得PGA在震源處與ML之關係，各地震度可在地震位置及規模被計算出的同時獲得，而估算的結果已能有效的描述地振動加速度在8gal以上之區域。雖有小局部地方的加速度仍舊超出估算值，其是否受波徑的影響尚待探討，但此地震預警模式已具相當程度之應用性。

關鍵字：地震預警

## 一、前 言

地震預警並不是一個新的名詞或觀念，早在百年前Cooper (1868) 就已經提出了地震預警的可行性。其實地震預警的基本觀念並不複雜，尤其當地震學家充分瞭解地震波的特性，P波傳遞速度遠比S波速度快，而以S波為主體的剪力波群往往是造成破壞的主要來源，因此如果能利用P波傳遞快的特性快速的分析地震各項相關參數，將可能在剪力波群尚未到達前預估其強度。這樣明確的觀念無法落實在應用上，主要因為過去觀測點太少，再加上1960至1980年間地震界把焦點放在地震預測上，但當地震預測仍侷限於研究的範疇無法突破時，基於地震防災的需求，地震預警逐漸被大家再度重視，此時觀測站的數目亦成長至相當程度，就某些地區而言，已造就了很好的環境去深入探討或進行地震預警系統的建立。

爭取因不同地震波傳遞速度快慢所造成的時間差，以作有效之應用是地震預警之基本觀念，因此目標地距震央愈遠則所能爭取的時間相對變長，例如以台灣地區為例，地殼內之平均P波之波速約為6.35km/sec，S波為3.67km/sec，震央距為100公里時P波傳遞約需15.7秒，S波則在其後11-12秒到達，但距離至200公里時P波傳遞約31.5秒，而S波

則晚到22-23秒，可見在震央距200公里之處，則有更充裕的時間去處理較近震源之觀測資料。但在較遠地點的地震預警並無太大的防災功能，因為震波隨著傳遞距離會有衰減效應，所以如何界定具破壞力的震波可能到達的距離範圍，作為地震預警的目標地是地震預警的重要課題之一，尤其考慮在各種不同地質狀況下會反應出不同的地振動特性（即所謂的場址效應）時，地震預警的實用性開始變得複雜了。這種複雜性在台灣地區更為明顯，震波不論朝那一個方向傳遞只要超過數十公里即可能穿過不同的構造區，構造區間的不同波速構造亦可能造成震波不同的特性，但即使再複雜的情況如能在研究的區域內有足夠的觀測站蒐錄足夠的資料，在合理的假設下亦有可能理出一個可用的頭緒。當然這些主客觀的條件是見仁見智的問題，卻關係到應用層面的寬廣，因此在條件未充足前就應適度的放寬嚴謹性以達成各階段的目標，地震預警的應用正是此狀況的寫照。

台灣地區自從中央氣象局建立強震觀測網至今已滿6年，其間陸續建置超過600個以上強震站，就測站密度而言已相當具代表性，所蒐錄地震雖有數千筆，但規模大的地震資料加上同一地震觸發上百個測站之資料僅十數筆，由於筆數不

多，因此以之從事地震預警的探討必有所不足，但鑑於地震預警的複雜及肯定其在防災上的功能，利用現有的資料建立一個階段性的模式以資應用，亦應有其正面的效益，並且初探的經驗及結果，可為日後累積更多資料時詳細分析的墊腳石。

從強震觀測的角度而言，所謂的地震預警就是最大地動加速度（Peak ground accerleration,PGA）的預估，此數值是評估地震災害的最重要參數之一，亦廣為地震工程界訂定耐震設計及評估之用，本研究將從防災實用的眼光去探討至目前為止所收錄之強震資料其PGA的特性，歸維出可用以預估PGA行為的模式，包括PGA隨震波傳遞的衰減及其在不同地質狀況下的效應，配合目前正進行之地震速報系統（Shin et al.,1996），將有助於地震預警之建立。

## 二、方 法

一般而言PGA是剪力波群中的波相，在彈性波理論中剪力波歷時函數可以下式表示

$$O(Az,t)=S(f)*G*R*A*P*R\Phi \quad \dots\dots(1)$$

其中

$O(Az,t)$ ：在方位角Az之歷時函數

$S(t)$ ：震源歷時函數

G：擴張因子（Geometric Spreading factor）

R：測站場址效應

A：衰減因子

P：波徑效應

$R\Phi$ ：震源輻射型態（Radiation pattern）

若考慮波傳遞的均勻性或視研究區為整體性及PGA大部分落於剪力波群而非單一波相的表現時，則P及 $R\Phi$ 可為單一常數亦或歸入G，R或A因子內亦即不考慮方位角的差異，而其中G及A隨距離的衰減是指數下降關係，則上式可簡化為

$$O(t)=S(t)*r^{-a} \cdot R \quad \dots\dots(2)$$

其中r是震源距，本文使用震源距以便更能代表震波能量隨傳遞的衰減，式中a即為綜合幾何擴散及能量衰減之效應。而PGA即為 $O(t)$ 歷時函數的峰值。因此

$$PGA=PGA(0) \cdot r^{-a} \cdot R \quad \dots\dots(3)$$

其中PGA(0)表示震源破裂時在震源距近乎零

時之最大加速度值，此項因子將與地震規模有密切之關係，而式中R因子則與測站座落的地質狀況相關。所以能解出上式中右邊之各因子，則PGA是可預估的。

## 三、資料分析

從中央氣象局強震觀測網在過去6年所蒐錄的強震資料中，尋找出22個地震資料，作為本研究之用，這些地震資料符合下列3項條件：

- 1.同一個地震必須觸發100個以上之強震儀，如以該觀測網之命名分區原則（即台北(TAP)、台中(TCU)、嘉南(CHY)、高雄(KAU)、宜蘭(ILA)、花蓮(HWA)、台東(TTN)，則觸發之測站須涵蓋兩個區以上。
- 2.同一個地震所觸發最近及最遠測站間之距離須超過100公里，以便在衰減分析時能有較大的間距。
- 3.最近測站之PGA值超過40gal。

這22個地震的空間分布如圖1，其詳細的地震參數則列於表1內，其中前14個屬於地殼內之地震，後8個地震則發生於地底35-100公里間，表1的最後一欄是地震規模，由於所選用的地震大都在規模5.0以上，因此依中央氣象局在過去6年的正常定位程序（尚未使用即時強震資料）規模會有較大的誤差，蓋因速度型地震儀器有較高的放大倍率，當地震稍大則易達記錄之飽和，而無法用於計算規模，因此只有在較遠的測站紀錄可用，規模計算時的資料相對減少，誤差則相對增大，為了有較合理的地震規模值，所使用的地震資料皆計算出其模擬伍德安德森之地震紀錄並依Shin(1993)的方式分別計算出新的規模，表1的規模欄並列兩個規模值作為比較，括弧內的數值即為原中央氣象局發布之地震規模。選用的22個地震中1996年3月的兩個地震及1996年9月的地震分別位於花蓮外海及蘭嶼附近，距離台灣本島較遠，但其規模夠大且觸發站數夠多，仍將其納入分析，因這些地區如果發生稍大地震，似仍有地震預警之需求。

## 四、分析結果

為了進一步瞭解震源深度在PGA隨距離衰減關

係中所扮演的角色，以及區域場址效應的影響，圖2為選用1995年6月25日的地震為範例，將PGA隨距離之變化繪製如實心方形，顯而易見在距離小於40公里（約為震源深度）資料點的分布與大於40公里的資料分布有很大的差異，如以震源距為橫軸如空心方形所示，則PGA隨距離的衰減在對數座標軸上則有明顯的線性關係，但在實心方形資料分布中以點線圓所圈出的資料分別為台北地區及嘉南地區，仍舊可在空心方形的資料分布中出現，區域的場址效應有別於一般正常情況下之衰減，顯然是在衰減分析中不可不事先考量的因素。

但在資料分析的過程中亦發現有些非常小局部的測站其場址效應表現非常突出，為了防止類似的現象影響衰減分析或其可能是造成區域場址效應的主要來源，本研究將每一PGA資料予以平均化，即每一單點PGA資料與其距離5公里內，方位角5°以內之資料予以幾何平均代表該點之資料，如圖2中實心三角形，其資料之分布則有較集中之現象，但原先所提之區域效應雖較改善但仍可能造成衰減分析之誤差，經仔細分析發現所謂造成區域效應的站皆在台北盆地內、嘉義市及台南市附近，因此將三個地區內的站從衰減分析中剔除，即視其並未設站，重複上述分析（平均化），如圖2中之實心圓點，其線性關係已經非常明顯。本研究發現除了上述三區外，台中、彰化沿海有相同情況，所以該資料亦被摒除在衰減分析之外。

本文所採用之22組地震資料經上述方式分析後，發現各組地震資料之線性關係非常相似，因此採用多重迴歸取得共同的衰減因子(a)，可表為

$$PGA = PGA(0) \cdot R^{-1.837} \quad \dots\dots(4)$$

圖3為選取四個地震資料為例，顯示其共同衰減關係之情形，各小圖右上方之數字表示所選用地震之日期（可對照表1），經由多重迴歸各地震資料組在縱軸（PGA）之截點即為該地震之PGA(0)，其與表1所計算出之規模ML有如圖4之關係即：

$$PGA(0) = 12.44e^{1.31ML} \quad \dots\dots(5)$$

由此二公式已可算出在某一震源距的理論PGA值，將此式代入公式(3)中則成

$$PGA = 12.44e^{1.31ML} \cdot r^{-1.837} \cdot R \quad \dots\dots(6)$$

和

$$R = \frac{12.44e^{1.31ML} \cdot r^{-1.837}}{PGA}$$

利用上式則各地震在某一特定測站的場址效應即可算出，而該測站的場址效應因子可用平均方式求得，圖5為本研究所求得台灣地區的場址效應以等值圖形表現，綠線代表相對於估算值無放大之地方，而紅線是代表放大倍率為2之地區，概括言之西部地區有較大的場址放大數值，尤其台北地區及嘉南地區，此與台灣地區地質狀況甚為吻合。

## 五、結論與討論

本文選用22組發生在台灣地區之地震資料，其規模範圍介於5.3至6.7之間，來探討地震預警之可行性，由於地震預警是一須與地震波競時的工作，因此如何在合理的假設下簡化繁雜的計算及模擬，而能有效的描述台灣地區不同地質狀況下複雜的強地動特性是成功的要素，本文首先仔細分析過去所蒐集之強震資料，即最大地動加速度（PGA）的特性歸納出一平均的PGA衰減公式（公式(5)），並找出PGA在震源處與地震規模的關係，由此再計算出台灣地區592個地震測站的場址放大因子，利用這些結果各測站的PGA在計算出地震位置及規模後是可以預估的。

綜合本文之探討有下列的結果可資討論：

1. 一般的場址效應研究其結果皆呈現測站點相對的放大效應，及其與地質狀況間的關係，這些結果在地震預警的應用是有限的，而本文所計算的測站場址效應似可視為相對性但並不是測站間的相對，而是相對於衰減效應及PGA與ML的關係，但如納入衰減及ML所計算出的PGA則可視為絕對的數值，即其可與觀測站PGA值直接互相比對，就是在地震發生後真正的可預估最大地動加速度。當然本文省略了所謂波徑效應及震源輻射型態，是基於資料及計算時間的考量，雖然已選用了22組地震資料，但就地震的空間分布及所觸發測站數而言，欲仔細探討震波經不同構造區的差異仍嫌不足，況且它以什麼樣的方式進入預警模式尚待評估，如要用到太多的時間去計算此效應可能就失去了預警的效果，至於輻射型態方面，如果在計算地震位置參數或規模時能同時求



得震源輻射型態參數則可計算在各方位角及距離之數值而直接利用它，亦或有效的區分台灣地區為不同的震源區，而各震源區皆給一個代表性的震源輻射型態，則這問題亦可解決，唯此一震源輻射型態的適用性是需事先加以評估的。

2. 仔細分析圖5的台灣地區場址效應圖，可發現嘉南平原區的放大效應最大（超過2倍），尤其是在濱海地區，此現象亦發生在新竹至苗栗間，顯示在這些沿海地區的開發尤應注意，所應注意的是受限於資料範圍，本文所用強震資料的PGA值一般而言並不太大，是否有資料非線性化及液化事件的發生，尚不足以討論。在北部及東北部地區，台北盆地內的西南及信義區是放大較大的地方，而宜蘭平面雖具放大作用，但似仍不如其北方地區的放大情形，此結果有點出人意料，但如仔細分析強震資料，可發現本文使用的PGA是屬較寬頻之資料，嚴格說來是高頻（3HZ以上，Campbell(1985)）資料，而在蘭陽平原及台北盆地內軟弱地質的放大作用可能較偏向稍低頻的範圍（1HZ左右），作者亦正進行分頻之分析研究，初步可看出在不同頻率範圍其場址效應會有很大的不同。

3. 結果的校驗是非常重要的事，本文綜合22組地震資料的PGA特性，歸納出一PGA預估模式，其中省略波徑效應，平均同一測站不同地震的放大因子，因此其預估模式佔有一定比例的平均效應。圖6為選用6個可代表不同震區的地震並利用本文結果繪製估算之等震度圖與實際觀測等震度圖之比較，考量規模計算的誤差（約±0.2），圖中同時展示規模±0.2時之估算等震度圖。圖中左上小圖為觀測圖，右上小圖為根據表1所列規模所估算之等震度圖，左下小圖及右下小圖分別為（規模-0.2）及（規模+0.2）時之情況。

圖6(a)為1994年6月5日南澳地帶，比較估算及觀測之等震度圖可見加速度大於8gal以上之區域甚為吻合，而80gal以上的地區，估算結果令人滿意。圖6(b)為1993年12月15日大埔地震，雖然估算250gal以上區域有低估的現象，但如考量規模加0.2時則亦可有效描述。圖6(c)1995年5月27日台灣東南地區地震，估算結果雖在嘉南地區有些

地方高估，但基本上結果不錯，況且以等震度描述震度分布時會受限於觀測資料點的完整與否，但就估算模式而言，每一測站皆可計算出，因此難免會有所差異，圖6(d)1995年6月25日東北部深度約40公里之地震，在新竹地區較高的加速度分布並無法掌握，比較圖6(a)，地震位置相當，唯其深度差異較大，是否有波徑上的問題值得探討。圖6(e)1995年4月25日台灣西南約40公里深之地震，8gal以上之區域尚稱吻合。圖6(f)1996年9月5日蘭嶼地震，距台灣本島有較大之距離，估算結果對於描述恆春半島甚至8gal以上之振動區亦令人滿意。

4. 根據目前中央氣象局利用即時強震資料之定位作業，假如地震發生在台灣本島附近（20公里以內）規模大於4.5的地震可在20-30秒內獲得初步定位結果（Wu and Shin, 1997），其位置誤差在5公里以內，規模值之誤差在0.2以內，利用本文之結果台灣地區的地震震度分布情形亦可在相同時間內估算出，顯而易見此地震預警模式已有其實用價值，亦即震度大於3級（PGA > 8gal）的區域已能有效掌握，未來該定位作業系統在增加即時強震測站而作有效的子網域作業時，定位時間亦將相對縮短，其地震預警之功效亦將可隨之提昇。

## 六、參考資料

- Campbell, K.W., (1985). Strong motion attenuation relations : a ten-year perspective, *Earthq. Spectra*, 4, 759-804.
- Cooper, J.D., (1868). Letter to editor, *San Francisco Daily Evening Bulletin*, Nov. 3, 1868.
- Shin, T.C., (1993). The calculation of local magnitude from the simulated Wood-Anderson seismograms of the short-period seismograms, *TAO*, 4, 155-170.
- Shin, T.C., Y.B. Tsai, and Y.M. Wu (1996). Rapid response of large earthquakes in Taiwan using a real-time telemetered network of digital accelerographs, Paper no. 2137, 11<sup>th</sup> World Conference of Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico.
- Wu, Y.M., T.C. Shin, and Y.B. Tsai (1997). Quick and reliable determination of magnitude for Seismic Early Warning, Submit to TAO.

表一 地震參數

發震時間 世界標準時	地 震 位 置		地震深度 (公里)	地震規模
	緯度 (°N)	經度 (°E)		
1993-12-15 21:49:43.10	23.21	120.52	12.50	5.91(5.70)
1994-06-05 01:09:30.09	24.46	121.84	5.30	6.42(6.20)
1994-10-05 01:13:24.47	23.16	121.72	31.28	6.49(5.83)
1994-10-28 23:51:10.48	24.63	122.27	2.00	6.09(5.66)
1995-02-23 05:19:02.78	24.20	121.69	21.69	6.53(5.77)
1995-05-02 22:48:20.54	23.83	121.97	23.93	5.75(5.24)
1995-05-27 18:11:11.12	23.01	121.46	19.73	6.17(5.26)
1995-07-07 03:04:48.36	23.89	121.09	13.07	6.01(5.30)
1995-07-14 16:52:46.48	24.32	121.85	8.79	6.03(5.80)
1995-10-31 22:27:06.94	23.29	120.36	10.65	5.39(5.19)
1995-12-18 16:17:54.53	24.02	121.69	22.06	5.97(5.80)
1996-03-05 14:52:27.13	23.93	122.36	6.00	6.69(6.40)
1996-03-05 17:32:08.56	23.90	122.30	10.81	6.39(5.96)
1996-09-05 23:42:07.88	22.00	121.37	14.76	6.70(7.07)
1996-11-26 08:22:23.71	24.16	121.70	26.18	5.97(5.35)
1994-10-12 09:08:22.13	24.81	122.00	73.14	5.90(5.67)
1995-03-24 04:13:51.09	24.64	121.86	76.00	6.20(5.64)
1995-04-24 10:04:00.96	24.65	121.62	63.07	5.70(5.28)
1995-04-25 08:29:02.96	22.65	120.51	43.67	6.00(5.49)
1995-06-25 06:59:07.09	24.61	121.67	39.88	6.58(6.50)
1995-12-01 03:17:04.62	24.61	121.64	45.07	6.00(5.72)
1996-01-22 19:22:57.53	24.93	121.72	66.86	5.67(5.11)

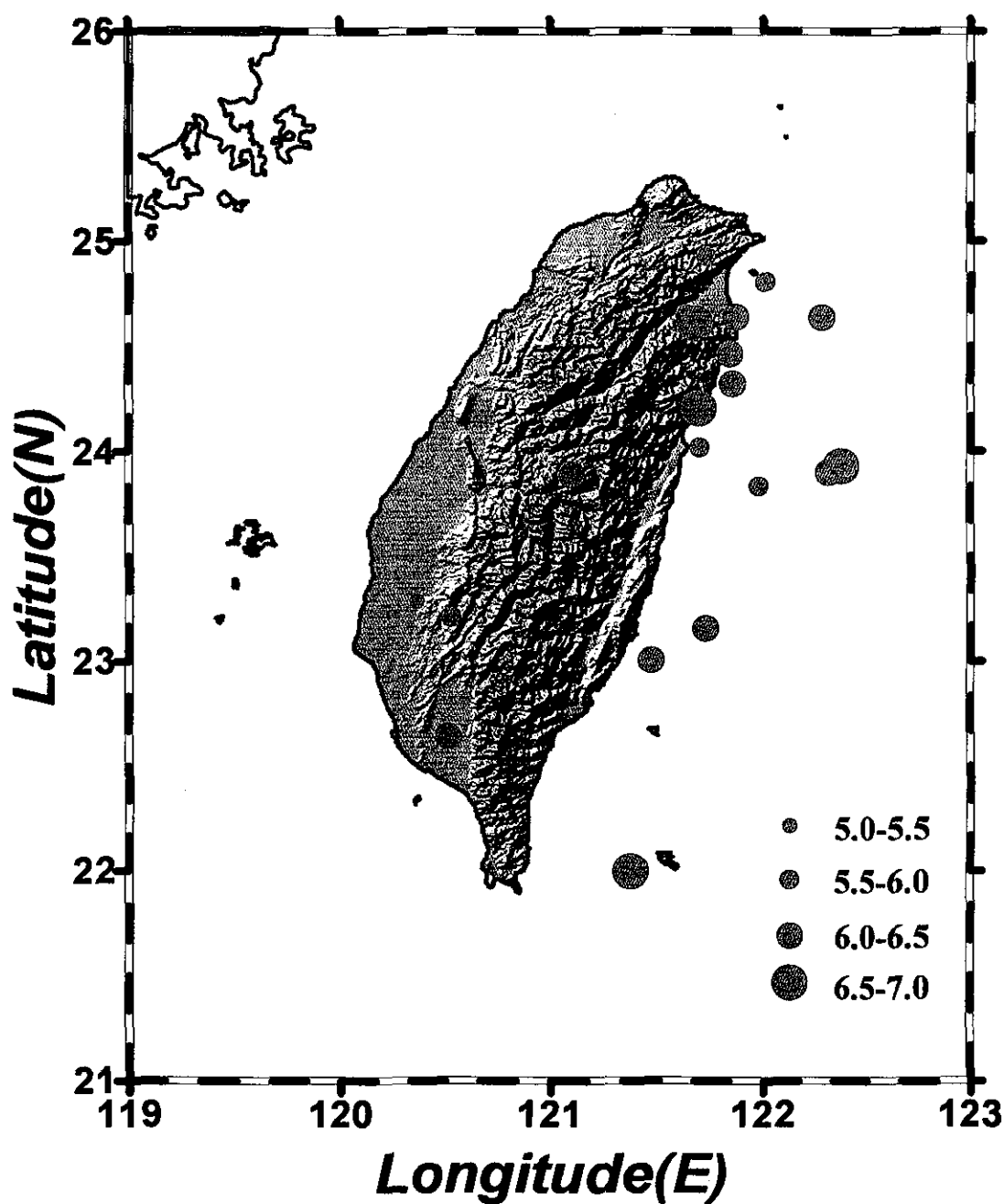


圖 1. 本文所使用22個地震之空間分布圖。

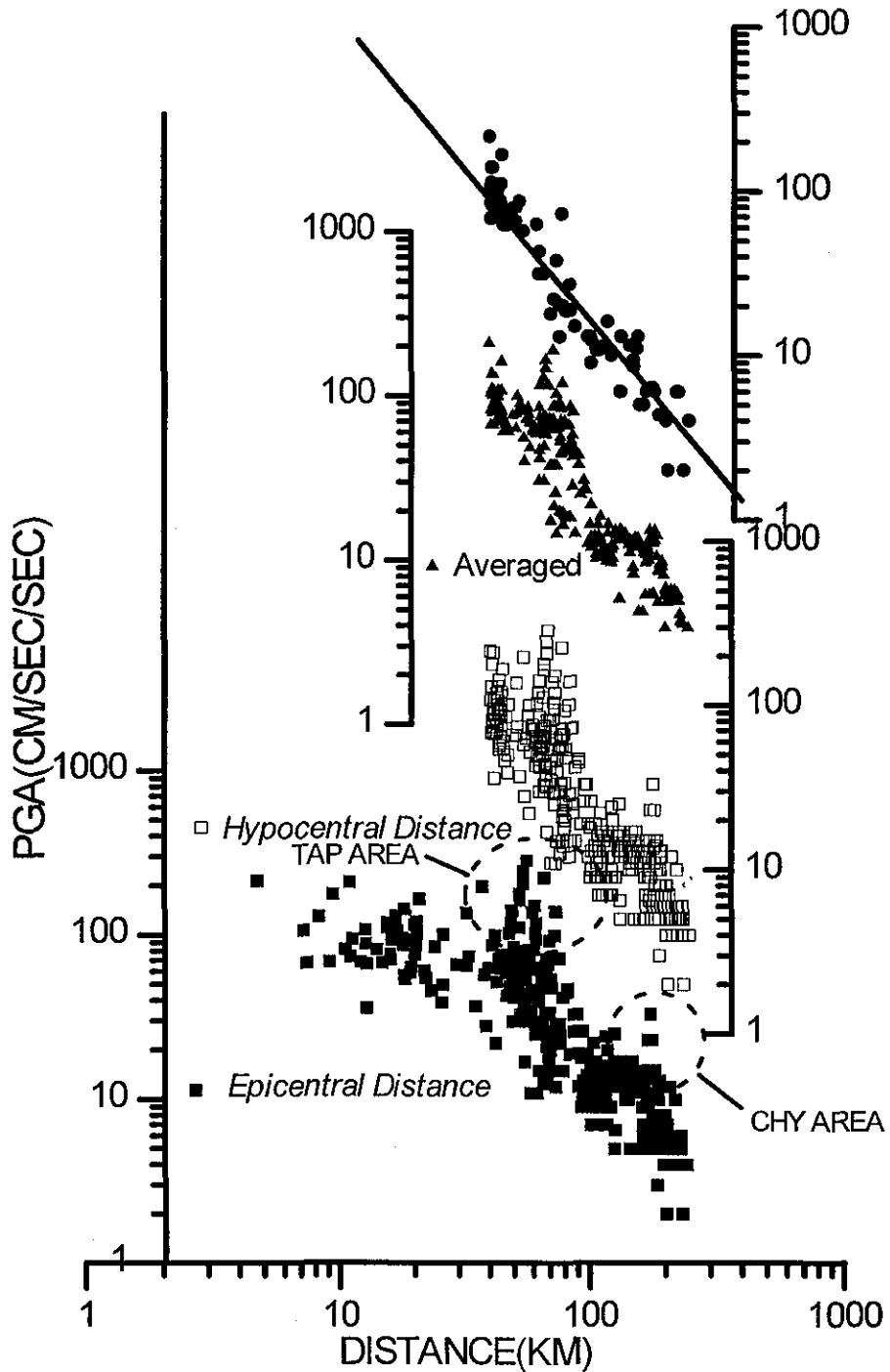


圖 2. 1995年6月25日台灣東北地區震源深度約40公里，規模6.58地震所觸發地震資料之PGA隨距離衰減之情形。實心方形為PGA vs 震央距離，空心方形為PGA vs 震源距離，實心三角形為平均化PGA vs 震源距離，最上之實心圓形為過濾後PGA vs 震源距離，其線性分布最為明顯。

# Attenuation Fit

-1.837

$$PGA = PGA(0) * HYPO\_DISTANCE(KM)^{-1.837}$$

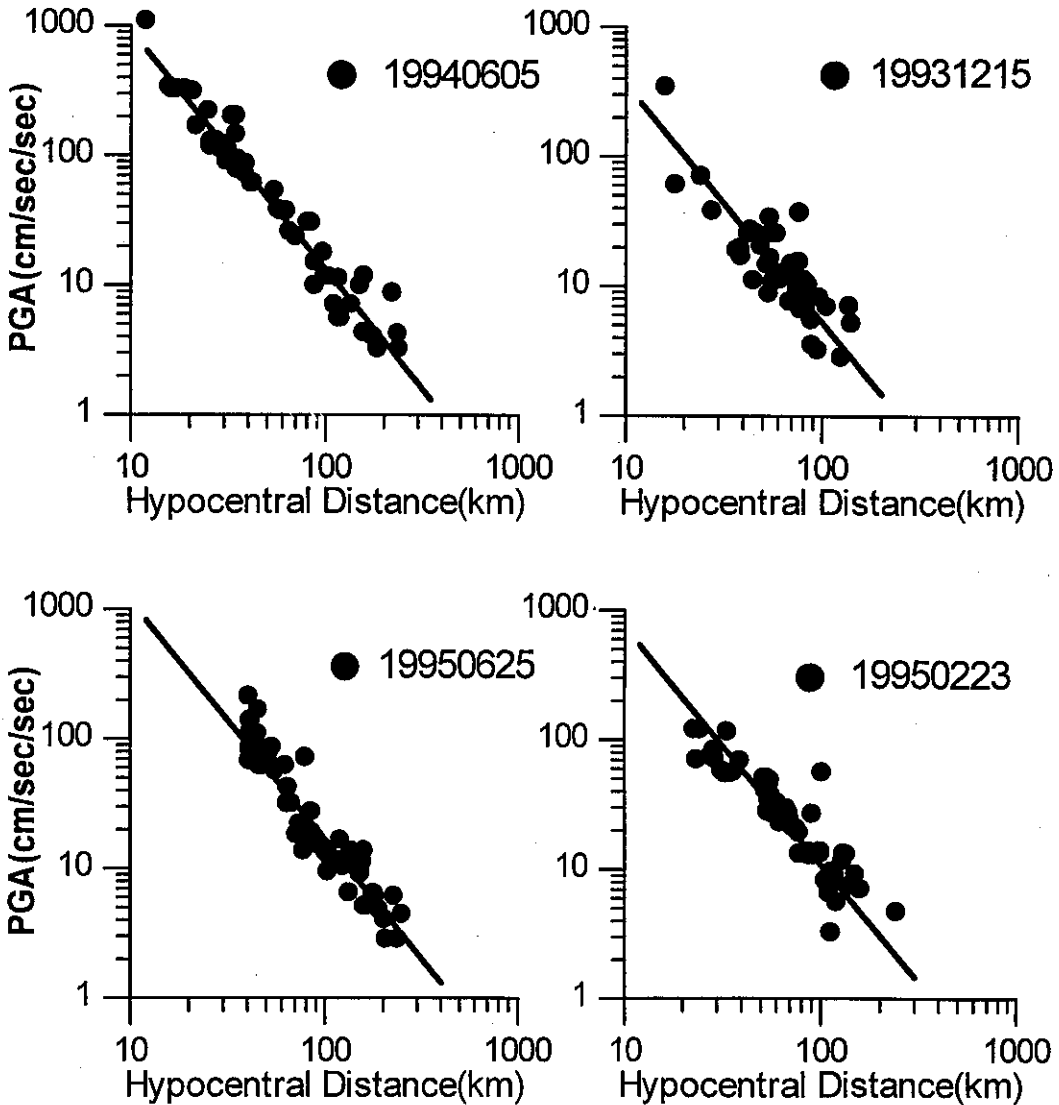


圖 3. 經過濾及平均之處理後，以4組地震資料為例顯示共同之衰減關係。所選用地震日期如圖內數字，其詳細資料可見表1。

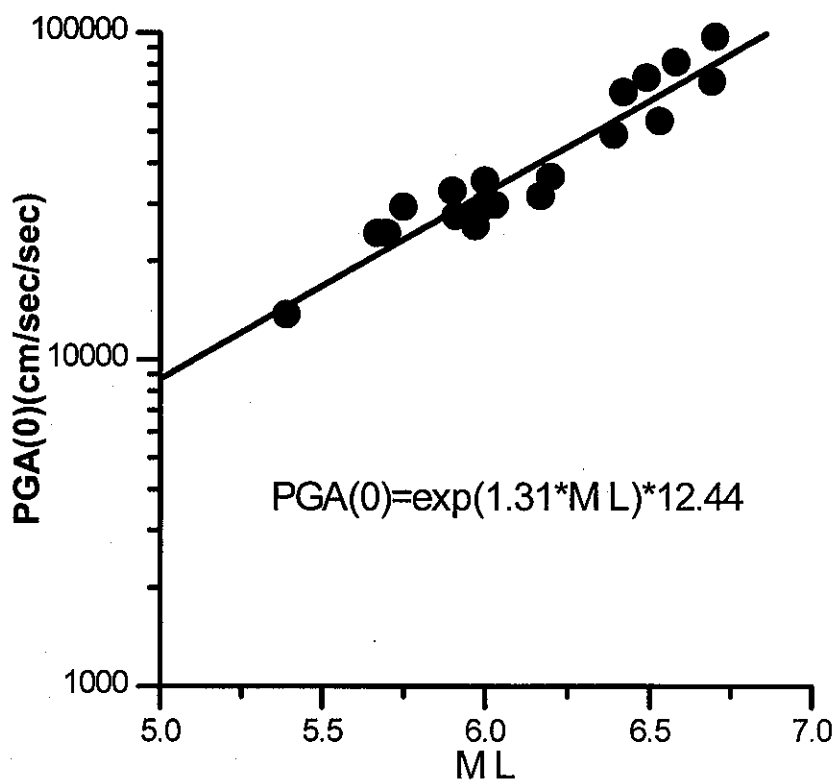


图 4. PGA(0) vs ML。

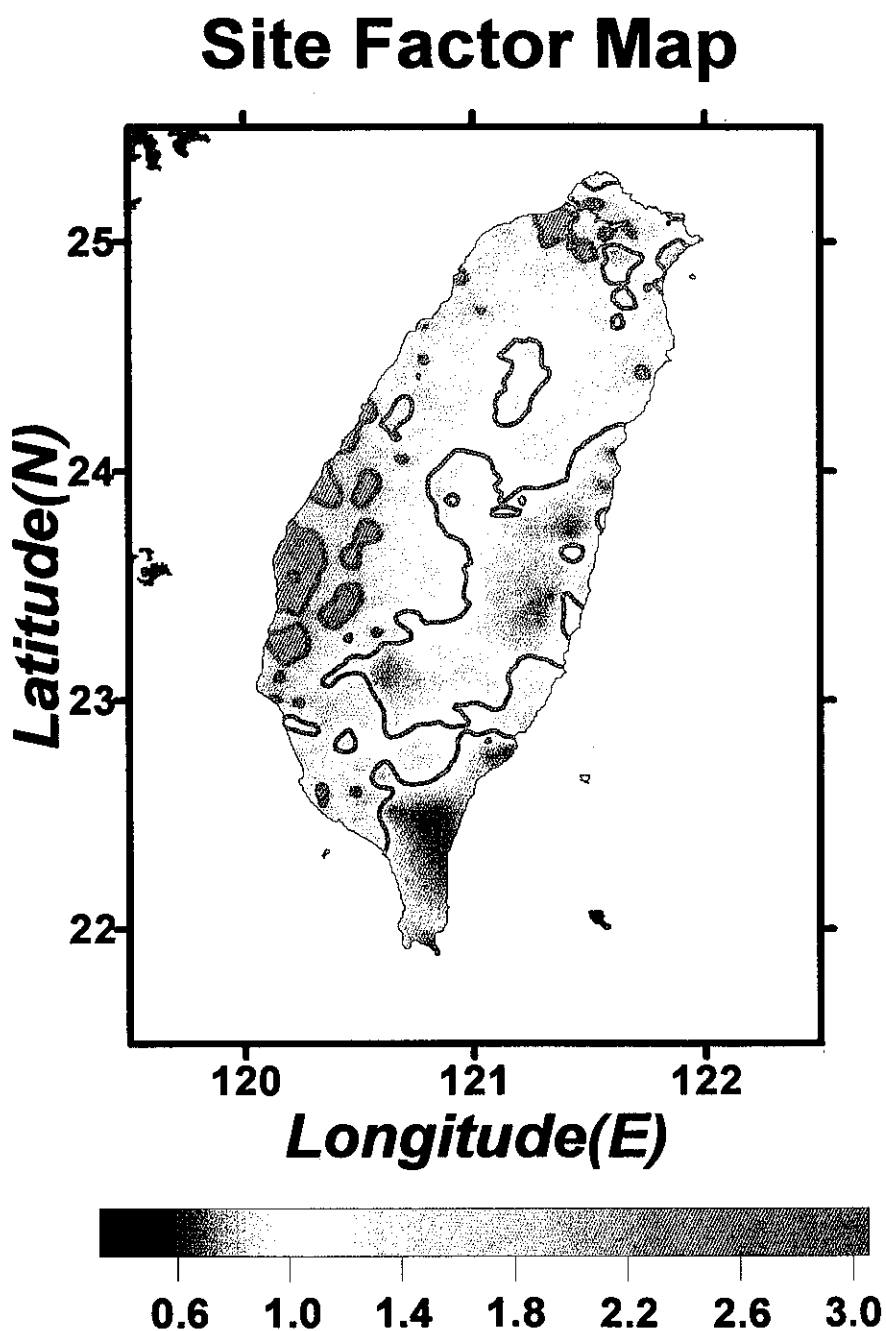


圖 5.台灣地區之場址效應圖。綠線代表相對於估算值無放大之地方，而紅線是代表放大倍率為2之地區。

19940605 ML=6.42 Depth= 5.30km

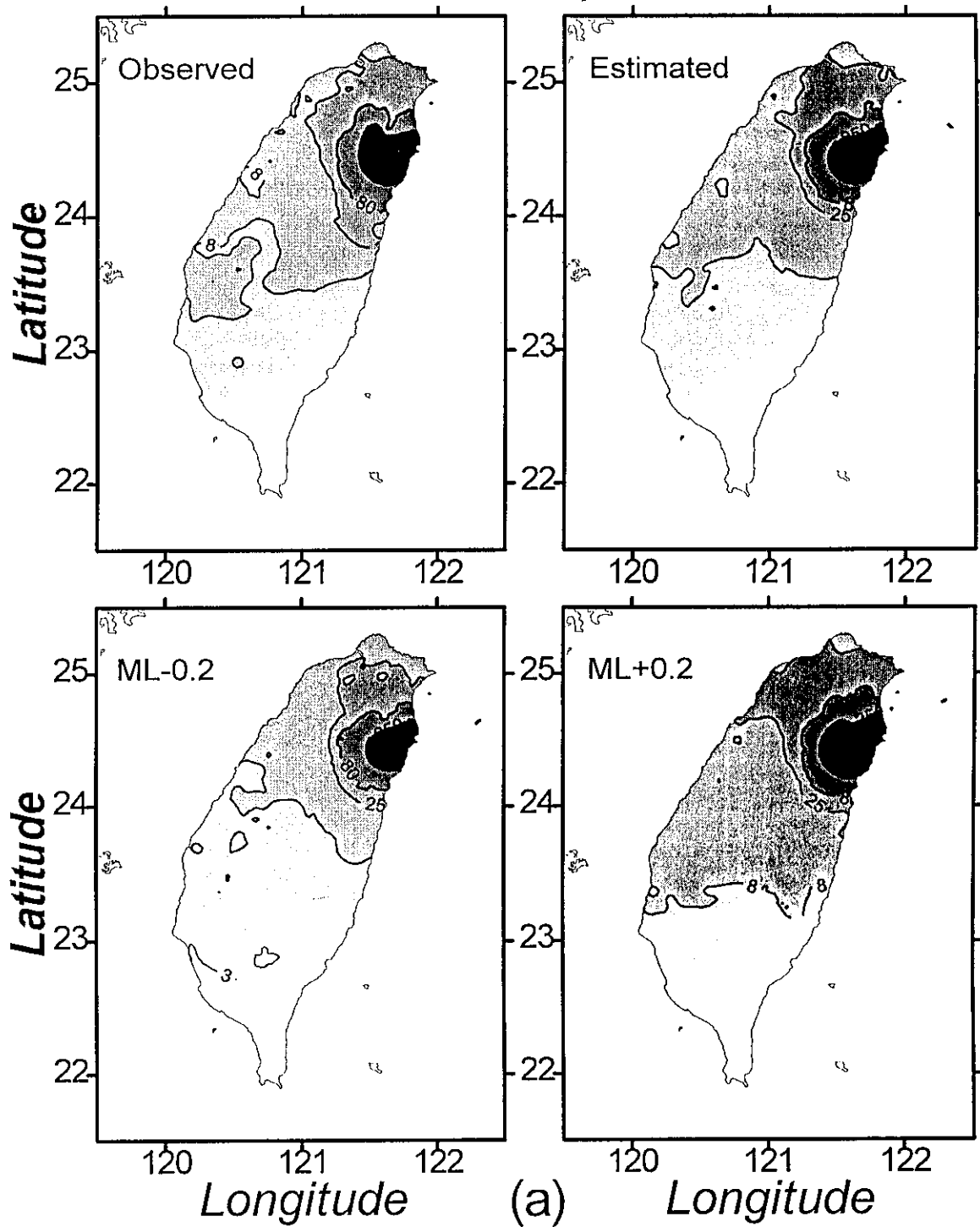


圖 6(a). 1994年6月5日地震



19931215 ML=5.91 Depth=12.50km

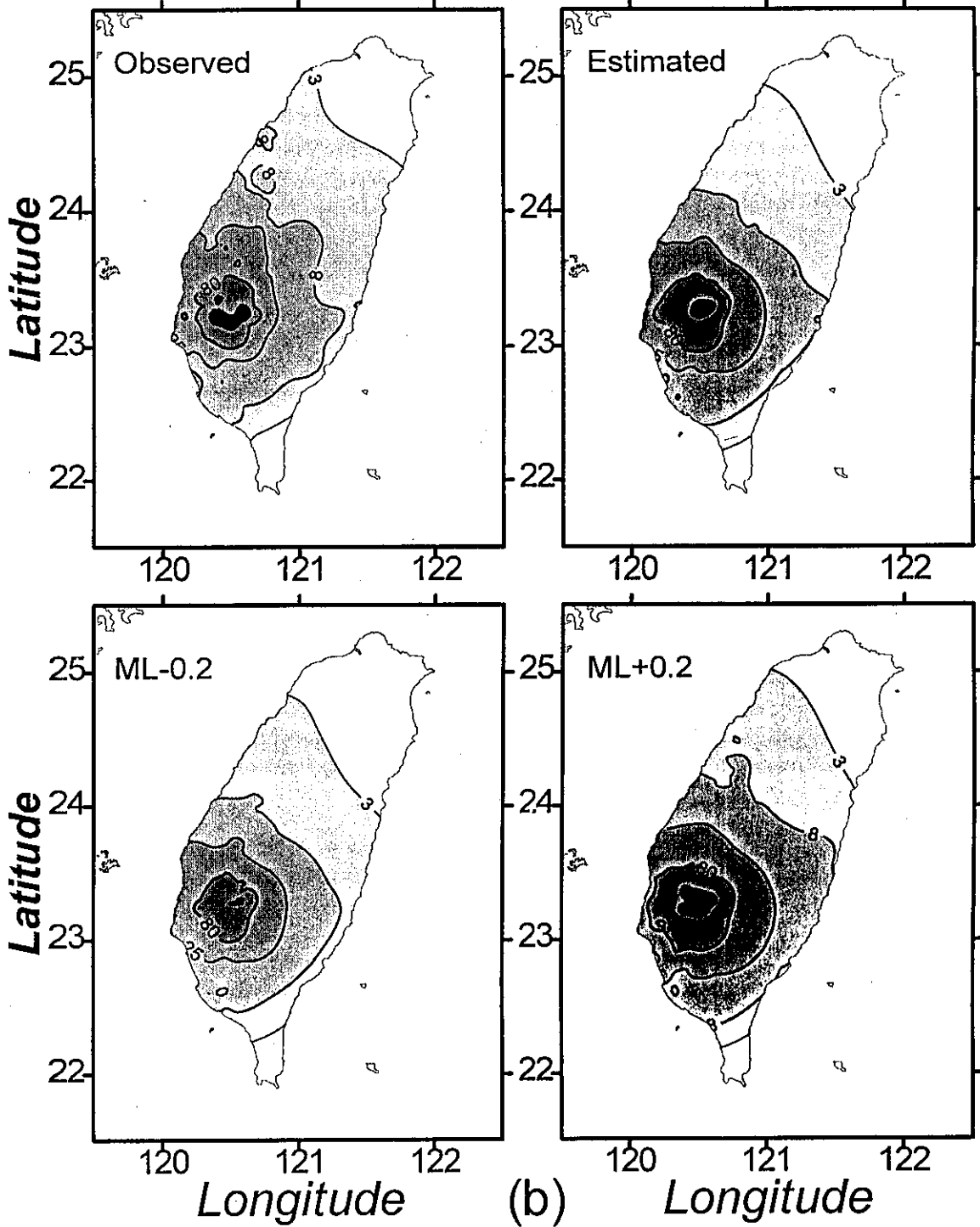


圖 6(b). 1993年12月15日地震

19950527 ML=6.17 Depth=19.73km

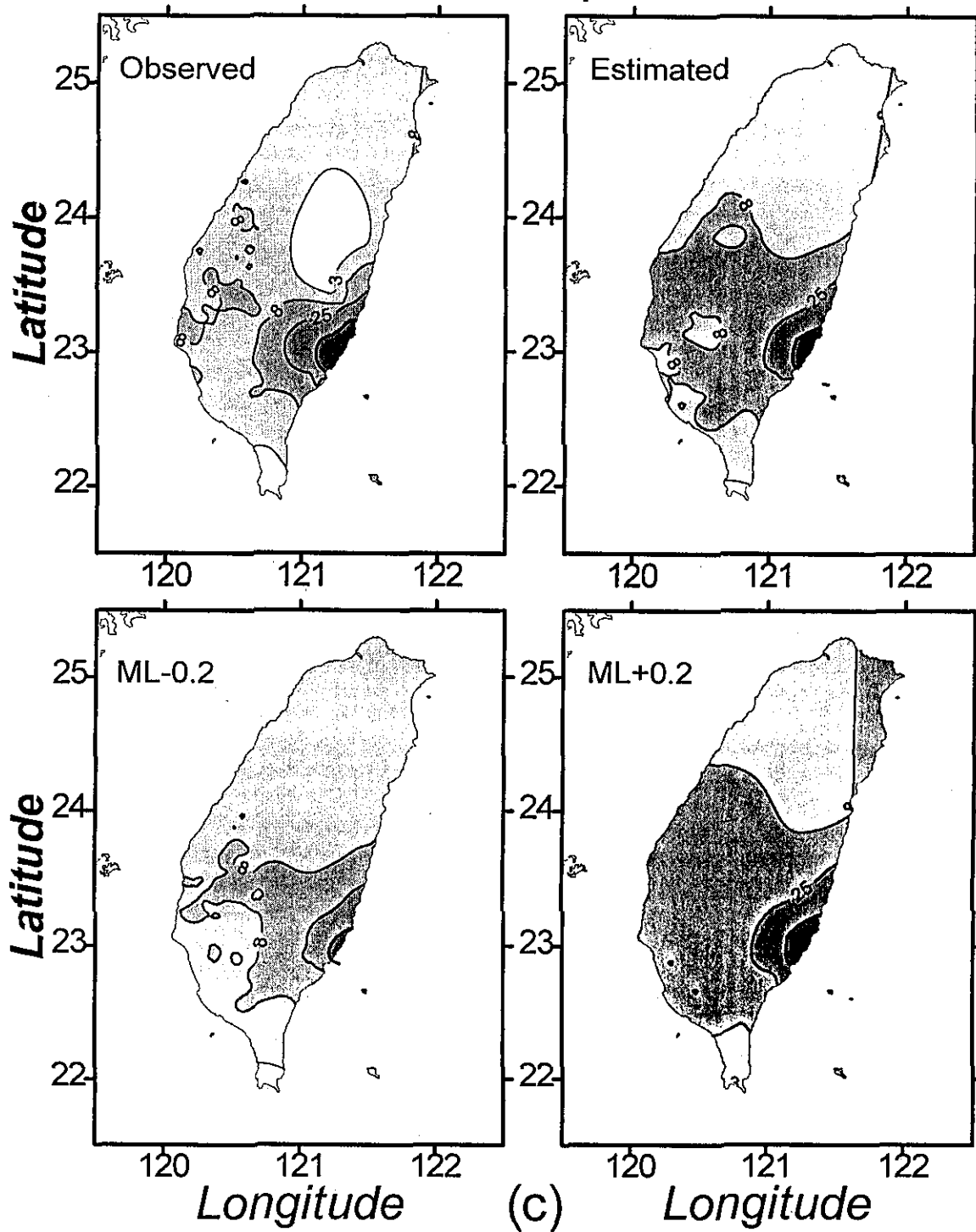


圖 6(c). 1995年5月27日地震

19950625 ML=6.58 Depth=39.88km

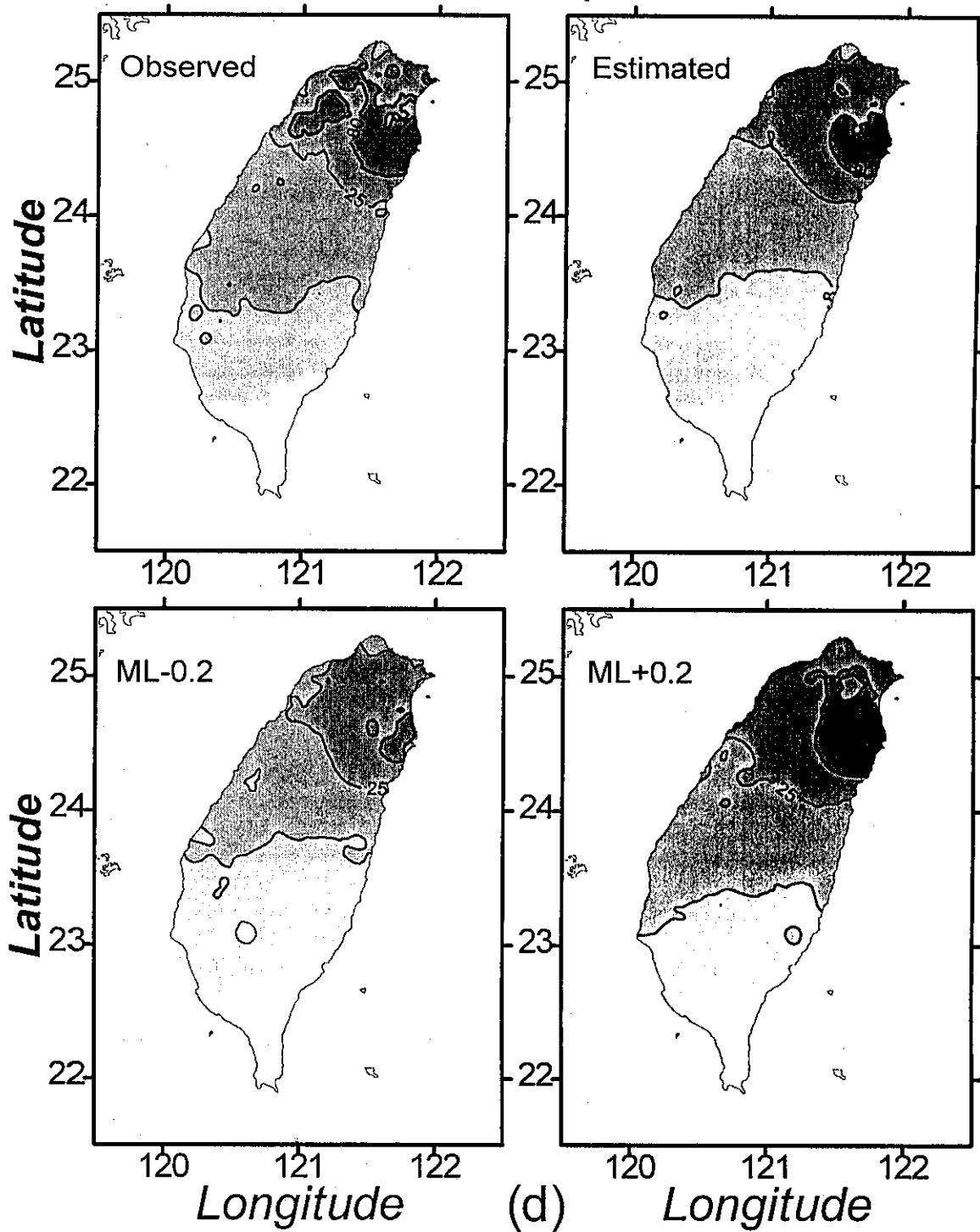


圖 6(d). 1995年6月25日地震

19950425 ML=6.00 Depth=43.67km

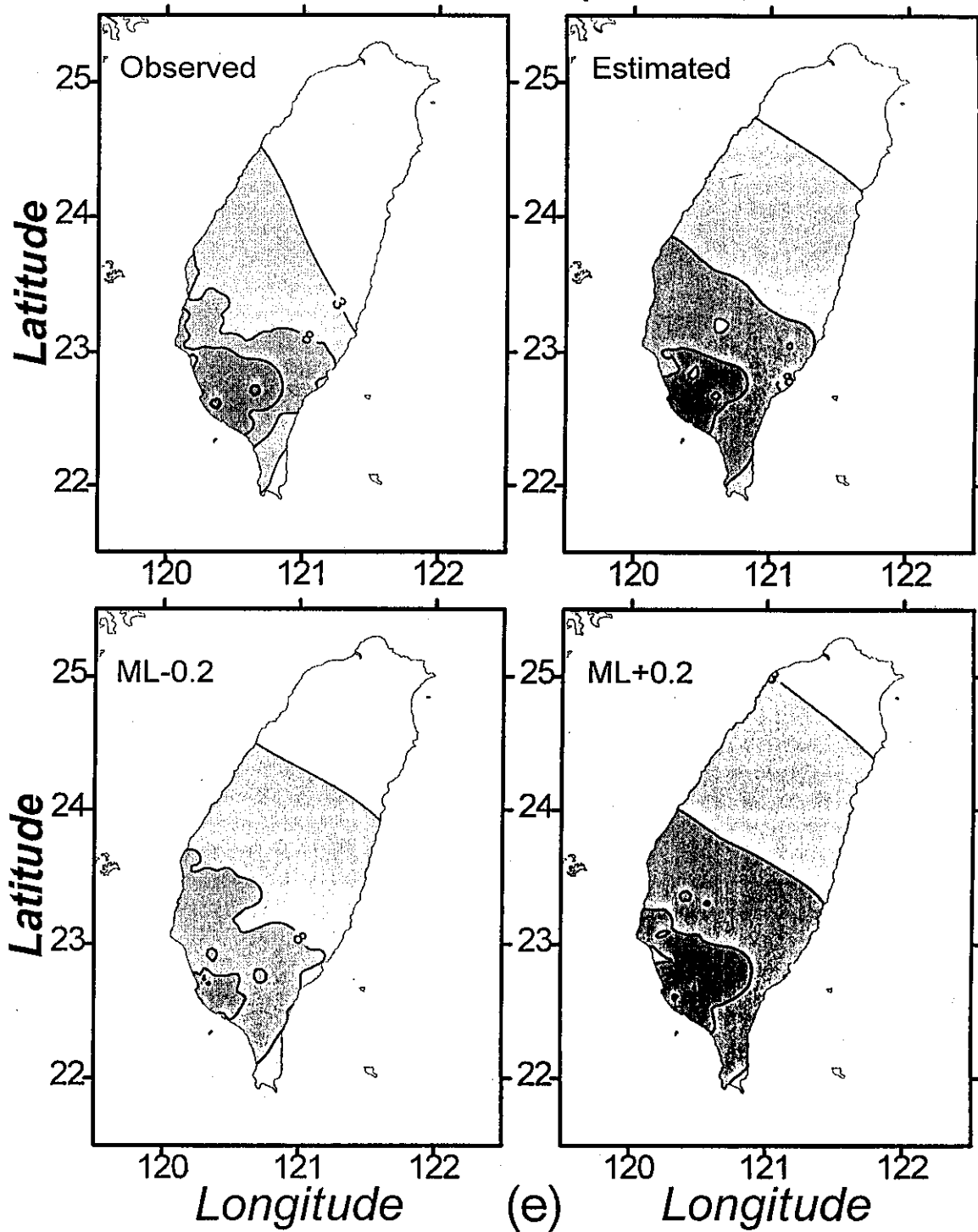


圖 6(e). 1995年4月25日地震

19960905 ML=6.70 Depth=14.76km

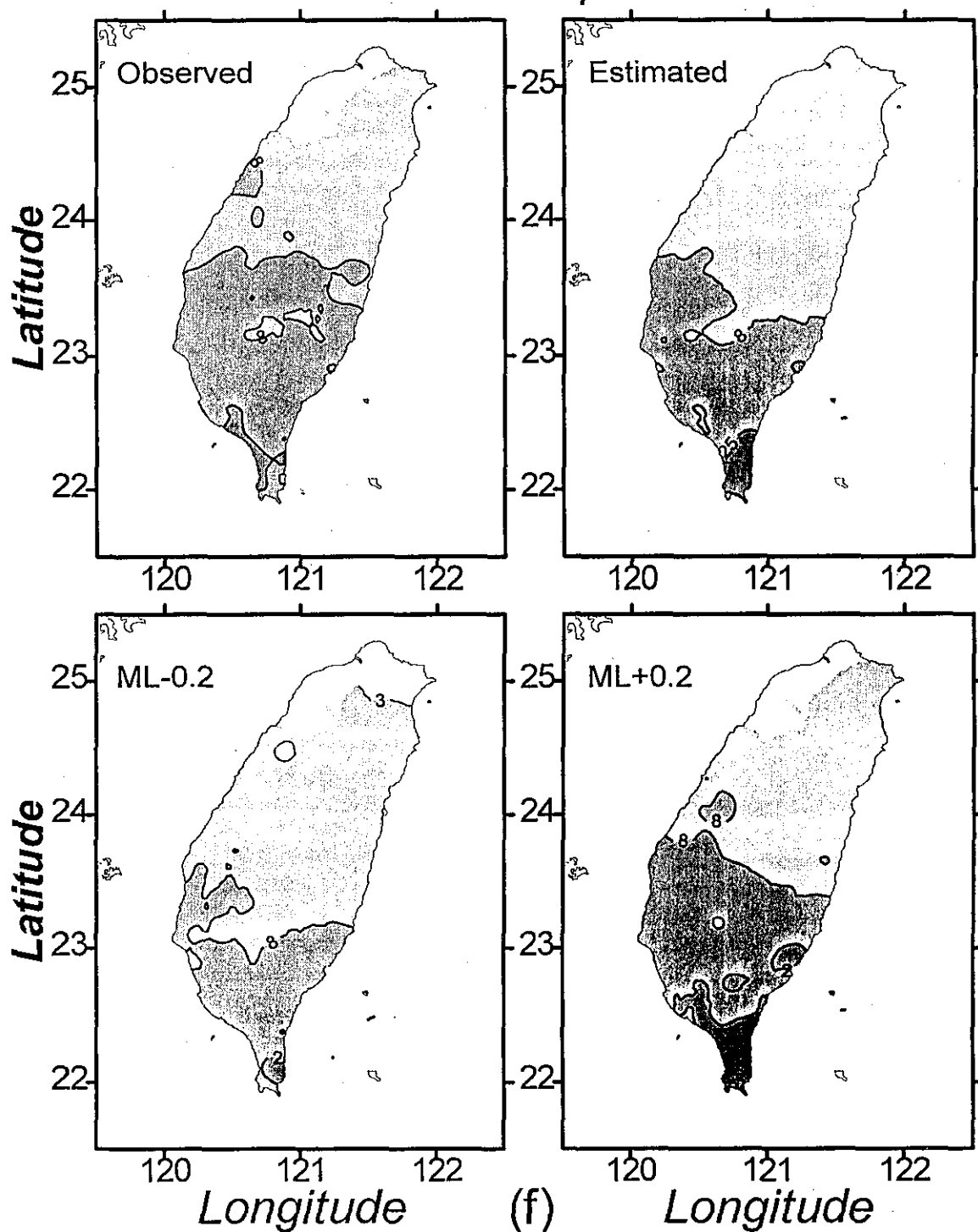


圖 6(f). 1996年9月5日地震

圖 6. 6個可代表不同震區的地震其估算之等震度圖與實際觀測等震度圖之比較，同時考量規模誤差約為 $\pm 0.2$ 時之情況，各圖中左上小圖為觀測圖，右上小圖為根據表1所列規模所估算之等震度圖，左下小圖及右下小圖分別為（規模-0.2）及（規模+0.2）時之情況。

# **A PRELIMINARY STUDY OF THE EARTHQUAKE EARLY WARNING SYSTEM IN THE TAIWAN AREA**

**Tzay-Chyn Shin**  
Central Weather Bureau

## **ABSTRACT**

Using the 22 sets of strong motion data collected by the Central Weather Bureau, the feasibility of an earthquake early warning system for the Taiwan area is studied. The attenuation curve of peak ground accerleration(PGA), site effects of strong motion site, and the relationships between PGA and the magnitudes of earthquakes are constructed for the prediction of PGA. The results can be easily applied right after the determination of earthquake epicenter and magnitude. Comparing the observed and calculated isoseismal map of the 22 earthquakes used by this study, it shows that the area of ground motion exceeding  $8\text{gal}(\text{cm}/\text{sec}^2)$  can be effectively depicted. Some of strong motion sites occasionally show very local site effects which are underestimated by using this method. This may be caused by the effects of radiation pattern or path effects. Nevertheless, the results are stable enough to be tested in the operational mode.

**Key words :** Early warning system.

# 台灣地區三維速度構造

陳燕玲 辛在勤

中央氣象局地震測報中心

## 摘要

本研究選用中央氣象局地震觀測網在1991年9月至1995年1月所收錄台灣地區之地震資料逆推一維速度構造模型，再據以探討台灣地區之三維速度構造模型。逆推所得之一維初始模型由深度0公里至240公里共分16層，以下為半空間。而三維速度構造在淺層2至4公里之速度構造表現出地層之構造，西部平原為低速區，中央山脈高山區為高速帶，東南部海域上之海相沈積物區則為低速區；愈向深度9至17公里處是速度構造較為散亂之區域，西部台中、苗栗與高雄、屏東附近兩低速區，中間為北港高速區，西南部馬尼拉海溝向北延伸之低速帶深至17公里均有跡可尋，東部沖繩海槽擴張尖端延伸至北緯24度附近之低速帶都已形成，台東縱谷向北延伸到北緯24度至24.5度深度13至25公里之間亦可發現P波S波比值高之菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊之邊緣痕跡，東南部之高速海板塊亦非常明顯，皆屬於大構造作用下之形貌。地震活動大都發生於相對高速區邊緣之速度梯度高的區域與速度比稍低於平均值2-6%之處。

在東北部之隱沒帶部分，自北緯24度起向北隱沒，傾角由淺部之20-30度向深部轉為50-60度，深至180公里；此隱沒帶自東經121.6度起有逐漸向東傾斜（約10度）至東經122.2度，地震活動大多發生於相對速度高之板塊上緣，但自東經121.8度以東地震活動多發生於兩相對高區之間。而南部之隱沒帶並不如東北部隱沒帶完整，自東經120.5度起向東傾沒，傾角由淺部之20-30度至深部約40-50度且有愈向北緣傾沒角度愈平緩之趨勢，伴隨地震發生於板塊上緣之較高速地區並有向南逐漸變深之趨勢。

本研究初步獲得有三項結論，其一是三維速度模型在台灣地區地震定位分析上均方根值之分布明顯降低，可以解決傳統一維模型忽略震波側向不均性而造成誤差偏大之現象。其二是三維速度模型在走時分析上解決了隱沒帶深層地震震波傳遞效應在中央山脈東西部測站所造成之分歧特性，其三是三維速度模型計算之走時極為符合東西部測站之P波波相初達時間。

關鍵詞：三維速度構造

## 一、前言

地震監測網的首要目的為地震定位，而地震定位則需要藉由精確的速度構造模型以計算震波傳遞走時才能準確求得。由精確速度構造模型與對應的地震定位結果所得的地震活動空間分布特性，則為研究構造運動的重要依據。

震波速度構造掃描(seismic tomography)可提供高解析度的速度構造空間分布，其原因在於區域性的地震觀測資料具有高密度的波線取樣(ray

sampling)和測站分布，以及在短距離內所收錄的高頻震波波相品質相當良好。震波速度構造掃描是根據均布在地表所有測站的震波波相初達時間的走時差異，應用波線追跡(ray tracing)的技術，同時決定震源參數（發震時間和震源座標）與震波速度構造模型。由於實際震源和速度構造的複雜性，在求解過程中需要針對不同的研究對象和目的，將震源與速度模型作相應的簡化，由此產生各種實際的逆推方法。各種方法的主要差異在於設定速度模型的表示方式以及波線追跡的技

術。

在震波速度構造模型的表示方式上，Crosson (1976)採用一維常速層，Pavlis(1980, 1983)在各常速層中引入連續函數；Hawley等(1981)則在各常速層中加入側向變化速度層；Aki和Lee(1976)、Aki (1980)採用三維常速區塊；Thurber (1983, 1984, 1985, 1986, 1992, 1993) 則採用三維網格速度節點之設定方式。每一種模型都各有其優缺點，選用方式需依照測站密度、地震分佈、地質構造的複雜程度以及實際的研究目的來決定。

使用波線追跡的技術是爲了決定震源與測站之間的傳遞波徑和計算走時。傳統的波線追跡方法有波線射出法(shooting method)和彎曲法(bending method)(Julian and Gubbins, 1977) (Pereyra et. al., 1980) (Prothero et al., 1988)，其模擬震波傳遞波徑，使其符合波線方程(ray equation)或最短時間波徑的基本原理(Fermat's principle)。在實際的應用上，近年來研究大都採用近似(approximate)波線追跡的方法，例如Thurber and Ellsworth (1980)、Horie (1980)、Thurber (1983)、Eberhart-Phillips (1986, 1989, 1990, 1993)、Kissling et al. (1988)、Um and Thurber (1986)與Moser (1991)。

以往受地震資料品質與數量的限制，台灣地區大都沿用Yeh and Tsai (1981)所發表的台灣中部地區一維平均速度構造模型。但就台灣地區構造運動之複雜性與側向不均質的地質環境而言，一維模型難以詳細描述台灣地區之構造運動。

近年由於中央氣象局地震觀測網(Central Weather Bureau Seismic Network, CWBSN)快速成長，在測站分布密度與地震資料品質方面都有很大的改善，足以提供台灣地區三維速度構造之逆推研究，近年來已有若干學者使用CWBSN之資料進行此項研究工作，諸如 Roecker et.al(1987)、葉義雄(1994)、Rau(1992, 1994)、馬國鳳、何美儀(1994)與陳燕玲(1995)等。其中Roecker et. al (1987) 以TTSN(Taiwan Telemetered Seismographic Network)之1260個地震資料，設定三維常速區塊爲逆推模型；Rau(1994)使用Thurber(1983)之方法進行台灣地區岩石圈震波速度構造掃描之研究；馬國鳳使用Zhao(1990)應用於日本地區之原理；何美儀(1994)

使用Thurber(1983)之方法，逆推台灣西部地區之三維速度構造。

本研究應用Thurber(1983)之方法，使用中央氣象局地震觀測網(CWBSN)近年所收錄的地震資料，首先逆推一維之初始速度模型，再依此模型進行三維速度構造逆推，期望能以三維速度模型探討台灣地區地下構造之特性與形貌，並且利用此三維模型進行地震定位分析、走時分析、平面與剖面速度分析，在剖面分析方面著重在東北部與南部之隱沒帶上之速度形貌。本研究之目的在於推求精確的台灣地區三維速度構造模型，用以求得較準確的地震活動空間分布特性，分析地震活動特性及其與速度構造、地體構造活動的關係。

## 二、理論與方法

理想的三維波線追跡可以研究較真實的波線傳遞問題，但由於計算費時而不適於實際的常式工作。本研究之近似波線追跡法係採用Um and Thurber (1986) 所發展的類彎曲法(pseudo-bending method)，其基本原理是修正一維圓弧波線路徑傳遞方式的側向變化，使其較趨近於三維空間的實際波線傳遞路徑。

本研究之速度模型的設定方式是採用三維網格速度節點(Thurber, 1983)，其優點是設定速度模型在任何方向都具有連續函數方式的變化，因此較趨近於真實的地球速度構造。在三維速度構造內的任意點由其相鄰的8個網格節點速度值以簡單的線性內插方式求得，在沿每一波徑元素計算速度模型偏導量時，則根據鄰近速度網格點給予不同的權值。

地震定位與三維速度模型之同時逆推(simultaneous inversion)是僅以觀測的測站波相初達時間爲已知資料參數(data parameter)，而將震源參數與震波速度構造模型都視爲未知模型參數(model parameter)，以極小化波相初達時間之觀測值與理論值間的殘值方式，同時進行逆推的工作。

$$r_{ij} = t_{ij}^{obs} - t_{ij}^{cal}$$

殘值 $r$ 可由震源參數與速度模型之偏導量(partial derivative) $H, M$ 以及擾動量(perturbation)，以參數離散化(discrete)方式表示如公式(1)

$$r = H\Delta h + M\Delta m \quad (1)$$



或者以發震時間與震波走時 $\tau_i, T_{ij}$ 方式表示如公式(2)

$$r_{ij} = \Delta\tau_i + \sum_{k=1}^3 \frac{\partial T_{ij}}{\partial h_k} \Delta h_k + \sum_{l=1}^L \frac{\partial T_{ij}}{\partial m_l} \Delta m_l \quad (2)$$

由於震源參數與速度模型都會產生計算理論波相初達時間的誤差，所以同時逆推可推求較準確的地震定位與速度模型結果。

由於同時逆推方程是經過參數離散化的方式，因此可應用參數分離(parameter separation)的方法(Lawson and Hanson, 1974)，以正交轉換矩陣(orthogonal transformation matrix)  $U_0$ 將同時逆推方程進行正交轉換以消除震源參數偏導項H，即

$$\text{令 } U_0^T H_i = 0$$

$$\text{則 } r_i' = U_0^T r_i = U_0^T M_i \Delta m = M_i' \Delta m$$

其優點在於簡化逆推方程以方便計算工作。在實際的應用上，通常使用一維速度模型所決定的適當震源參數作為重複嘗試的初始地震定位結果，如此可在重複求解的過程中僅專注於三維速度模型的逆推工作。

對於經過正交轉換後的簡化逆推方程可以使用地球物理逆推方法(Menke, 1984)求解，廣義的逆推方程式可表表示如公式(3)

$$d = Gm \quad (3)$$

其中d, m, G分別為資料參數、模型參數與廣義媒介(generalized kernel)。應用阻尼最小方差(damped least-squares)技術所求得的速度模型矩陣m與解析度(resolution)矩陣R分別為

$$m = (G^T G + \epsilon^2 I)^{-1} G^T d$$

$$R = (G^T G + \epsilon^2 I)^{-1} G^T G$$

其中 $\epsilon, I$ 分別為阻尼因子與單位矩陣。阻尼因子是為了解決當偏導矩陣含有很小的特徵值(eigenvalue)所引起的奇異值問題，而以限制最大擾動量的方式避免，解析度矩陣則顯示逆推解所估計的速度模型參數與平滑(smooth)後的品質範圍。

地球物理逆推結果所面臨的基本問題是解析度與準確度(fidelity)的消長(trade-off)關係：在推求低解析度(即長波長)的構造形貌時，可以得到較高的準確度，而在推求高解析度(即短波長)的構造形貌時，所得到的準確度就會變差。解析度品質的評估方式是根據其平均向量(解析度矩陣的每一列

元素)與delta函數的相似程度而定，理想的解析度矩陣是趨近於單位矩陣，此時每一個平均向量都是一個delta函數。在實際應用上，解析度分析的方法是使用與解析度矩陣具有對等特性的擴張函數(spread function)(Backus and Gilbert, 1967; Menke, 1984)與導數權值總合(derivative weight sum)(Toomey and Foulger, 1989)。

$$\text{擴張函數 } S(p) = \sum_{q=1}^L \omega(p, q) R_{pq}^2$$

其中p, q為模型節點(node)、L為模型參數個數、w為權值函數(weighting function)、R為解析度矩陣。

$$\text{導數權值總合 } DWS(\alpha_n) = N \sum_i \sum_j \int \omega_n(x) ds$$

其中i, j, x,  $\alpha_n, \omega_n, P_{ij}, N$ 分別為震源、測站、座標位置、速度參數、權值、波線路徑與歸一化因子(normalization factor)。擴張函數是用以估計模型節點的解析度，如果擴張函數值愈小(最理想的擴張函數值是趨近於0)，代表逆推解愈集中性的受小區域鄰近模型節點所影響(較遠的模型節點影響力很小)，故解析度較高；如果擴張函數值偏大，代表逆推解的結果是較大區域的相鄰模型節點的平均效應，故解析度較低，所得的模型較模糊(smear)。導數權值總合DWS是用以估計在模型節點附近之波線取樣密度的平均相對測量，導數權值總合愈大表示波線取樣密度愈大，故解析度愈高。本文對於逆推結果所使用的品質指標因子，是採用導數權值總合DWS與初達時間的均方根(RMS; root mean square)誤差，分別用以量化模型參數與震源參數的求解品質。

### 三、資料蒐集與處理

#### (一) 資料蒐集

本文使用CWBSN自1991年至1995年1月所收錄之地震資料，由於地震網測站數目多，地震偵測率大為提高，蒐集了相當多的地震資料。研究三維速度構造，豐富的波線穿過台灣地區地下構造是必須的，CWBSN提供了充分的條件。

本文研究範圍為台灣地區北緯21.5度至25.5度、東經119.9度至122.2度之範圍，選取之地震至少有15個測站收到紀錄；同時注意選取之地震在區域與深度上均勻分佈，以期三維速度構造模型可真

正表現出各區域之速度構造變化。本文共選用了999個高品質之地震，其中最大之規模為6.2，總計29364個P波、16468個S波之走時資料；其中包含

了東北部與南部之深震，希望對隱沒帶之速度構造、構造運動做深入研究，最深地震達218.6公里。震源分佈如圖1。

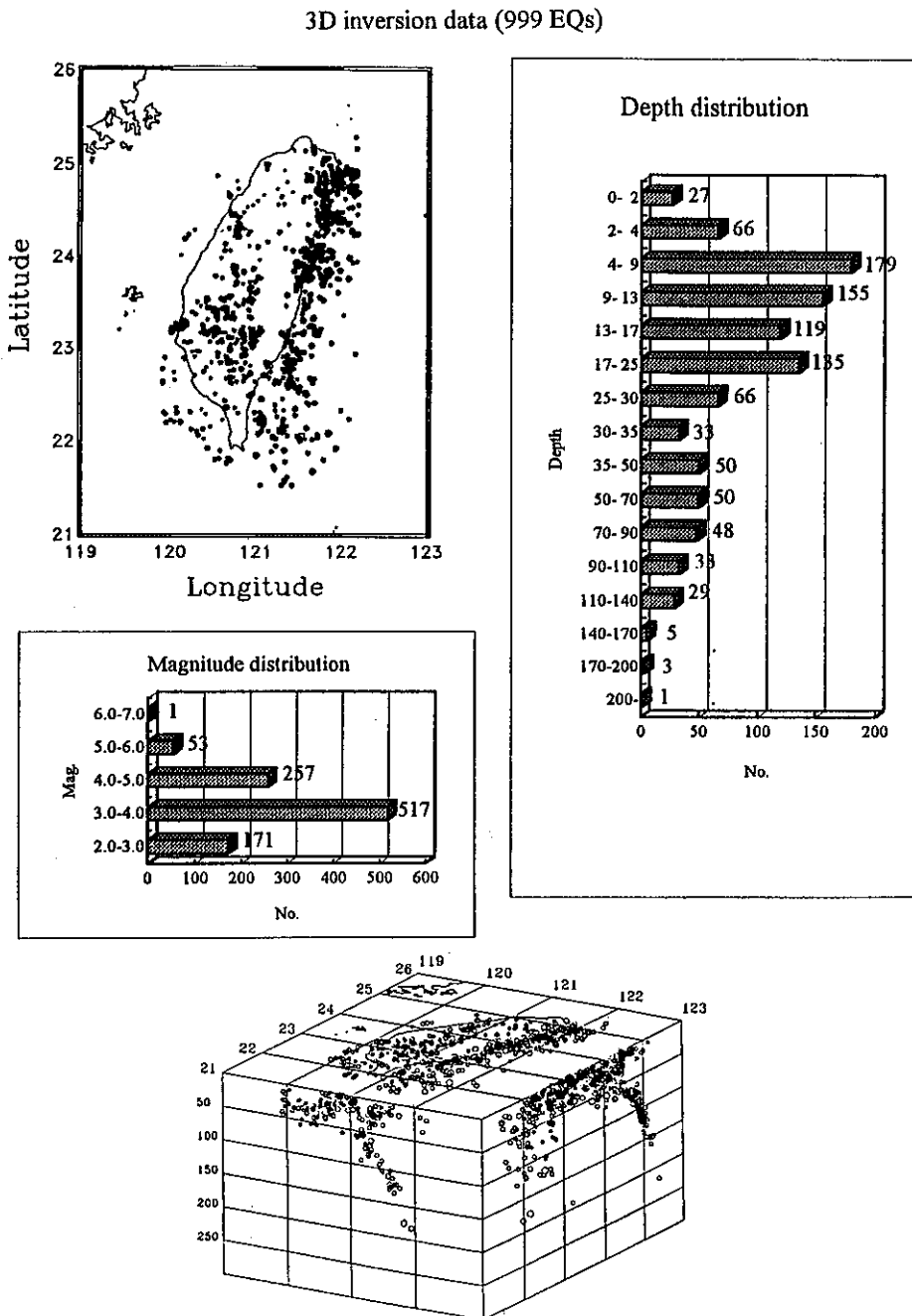


圖 1. 本文所選用參與逆推資料之震央分布圖、深度分布柱狀圖、規模分布柱狀圖與震源分布立體圖(共999個)。

Fig 1. The epicenter, depth distribution and magnitude distribution of 3-D inversion data.

## (二) 資料處理

資料處理流程如圖2。三維速度構造逆推中,最重要的參數是P波、S波之觀測達時,用大量之觀測達時資料同時逆推震源參數(震源位置與發震時間)與速度模型;於是P波、S波的觀測到達時間與權重值是整個逆推過程中最重要的依據,為避免逆推出之新速度模型受舊模型之影響,而且為求資料之一致性,重新檢視波相是必須的。

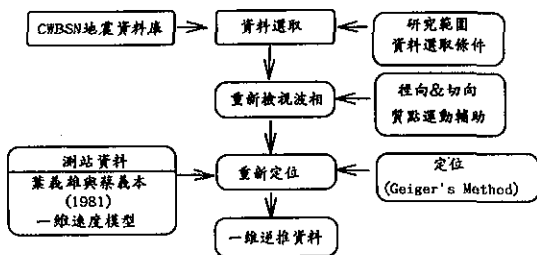


圖 2. 資料處理流程。

Fig 2. Data processing flow.

檢視波相時, P波為初達波辨識較容易, S波之波相較不清楚,容易誤挑P-S轉換波,為了降低檢視波相時之不確定性與主觀成分,引入徑向、切向與垂直方向之質點運動做為輔助,繪出徑向-垂直方向與切向-垂直方向兩個座標之質點運動,若為S波其質點運動方向為徑向與切向,垂直方向幾乎沒有運動(圖3下);相對地,若為P波則質點運動只有在垂直方向(圖3上)。

重新檢視波相後,利用檢視的P波與S波觀測到達時間重新定位,使用Yeh and Tsai (1981)之台灣中部地區之平均P波地殼速度模型。經過挑選200個地震,做為一維模型逆推之逆推資料,這200個地震必須平均分布在台灣各區域,各個深度,震央平均分布於台灣各區域,其中200個地震規模均大於3.0,各個深度均有地震篩選出來,其中不乏東北部與南部班氏地震帶上之地震,如此嚴格篩選期望一維模型能表現出各個層次之平均速度效應。這200個地震經過資料格式轉換後,就是一維速度模型逆推之初始資料。

## 四、一維與三維速度模型逆推與分析

### (一) 一維速度模型逆推與分析

一維速度逆推流程如圖4。在一維速度模型逆推中,使用Kissling(1988)所發展出之一維速度模型逆推程式, 200個分布均勻的地震為逆推資料進行逆推。首先是最初一維模型之設定,以Yeh and Tsai (1981)之速度模型為參考模型,在各層次內再增加層次, 240公里以下為半空間, P波速度參考舊模型, S波速度之設定準則為P波S波速度比為1.73,大致設定一個初始模型進行逆推,逆推過程使用嘗試錯誤的方法進行遞疊逆推。

最後得到之一維速度模型(表1),在深度0-50公里之間速度梯度較大, P波速度由3.48 km/sec增加到7.77 km/sec,尤其在0-9公里部分,速度隨深度跳升很快,與舊模型比較是差異較大的部分;深度50公里以上P波速度到達8.05 km/sec以上,延伸到模型深度邊界240公里P波速度為8.51 km/sec。P波S波速度比除了在地表0-2公里較大為1.78以外,其餘大約在1.72-1.74之間接近柏松物質(Poisson's material)之P、S速度比 $\sqrt{3}$ 。圖5所示為各測站之測站修正值範圍,圖中以灰階方式表現,各站之測站修正值為右下角灰階所示值之正負0.04之間,而括弧內之數值為測站修正值在該範圍內之測站數。由圖中可知道大部分之測站均有較小之修正值,測站修正值較大的有介於 $0.2 \pm 0.05$ 之間測站有5個,合歡山(WHF)、阿里山(ALS)、台東(TTN)、新化(CHN3)、九如(SGL),另外,測站修正值最大介於 $0.3 \pm 0.05$ 之間有1個玉山(YUS),明顯可看出其中不乏高山站,其較高之測站修正值可能是因高層造成,其他不在高山上的站,但卻有較高之測站修正值,推測可能因淺層有較大之震波速度構造變化造成。

### (二) 三維速度構造逆推與分析

三維速度逆推流程如圖6。一維初始速度模型產生後,進入三維速度模型逆推之前必須先將999個地震資料先以一維新模型重新定位,然後設定逆推之參數便可進行三維速度構造之逆推。

三維速度模型之設定使用Thurber(1983)所提出網格節點之方式,以北緯21.5度、東經119.9度為原

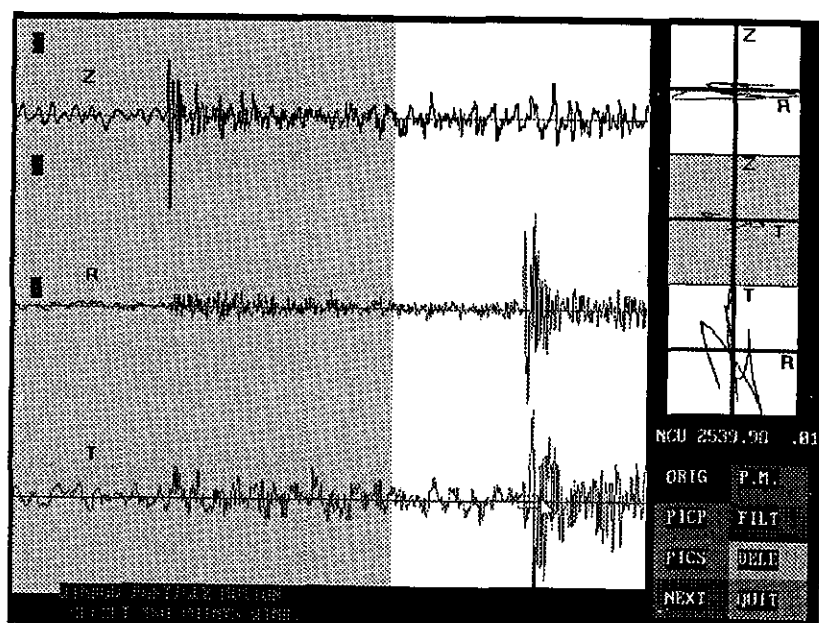
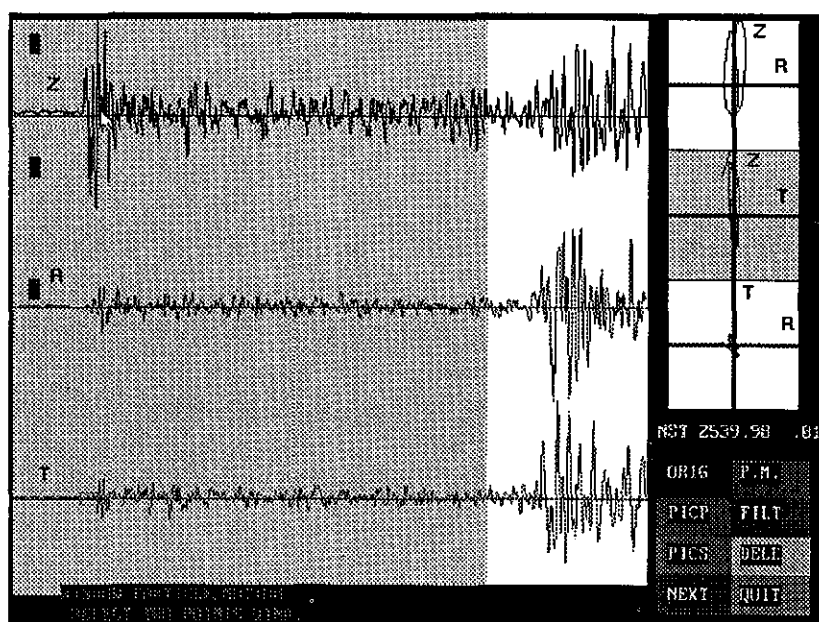


圖 3. P 波(上圖)、S 波(下圖)在徑向(R)、切向(T)與垂直方向(Z)質點運動之特性。  
Fig 3. The radial and tangential particle motion of P wave and S wave.

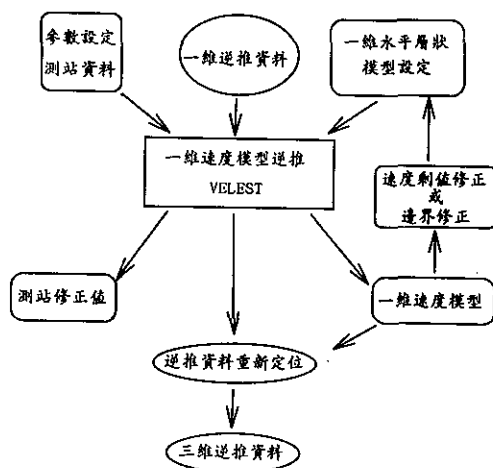


圖 4. 三維速度逆推流程。

Fig 4. 3-D velocity model inversion flow.

表 1. 本研究所得之一維速度模型，1995。

Table 1. 1-D velocity model, 1995.

thick	depth	Vp (km/sec)	dVp (km/sec)	Vs (km/sec)	dVs (km/sec)
2	0 - 2	3.48	-0.013	1.96	-0.017
2	2 - 4	4.48	-0.013	2.62	0.006
5	4 - 9	5.25	0.020	3.03	0.014
4	9 - 13	5.83	0.014	3.35	0.003
4	13- 17	6.21	0.003	3.61	0.000
8	17- 25	6.41	0.004	3.71	0.001
5	25- 30	6.83	0.012	3.95	0.007
5	30- 35	7.29	0.007	4.21	-0.008
15	35- 50	7.77	0.015	4.49	-0.008
20	50- 70	8.05	0.001	4.68	0.000
20	70- 90	8.16	0.00.	4.72	0.002
20	90- 110	8.34	0.002	4.79	-0.007
30	110-140	8.35	0.020	4.80	0.004
30	140-170	8.20	-0.013	4.74	-0.009
30	170-200	8.40	-0.003	4.86	-0.001
40	200-240	8.51	0.003	4.92	0.008
half space	240-	8.70	0.000	5.49	0.000

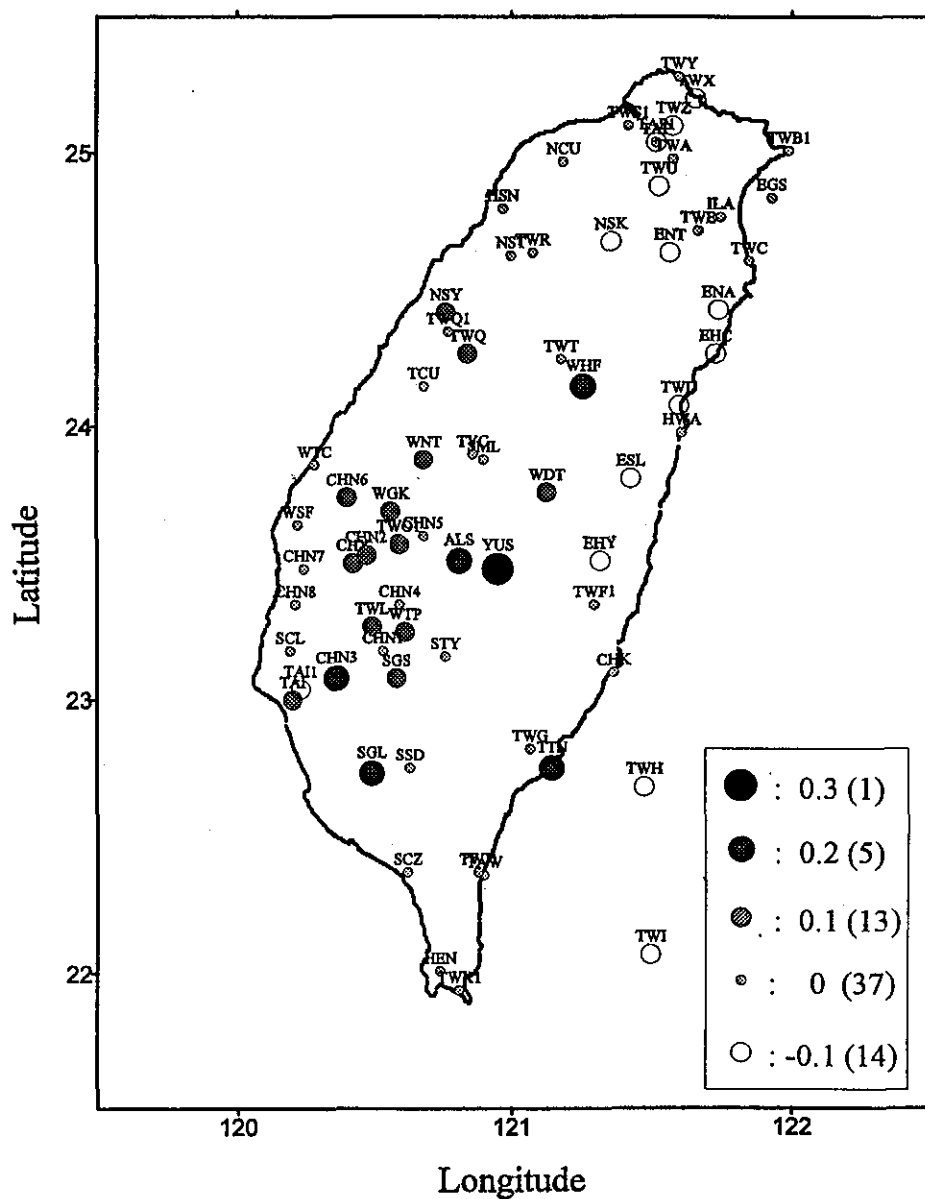


圖 5.. 一維速度模型逆推所得之測站修正值分布圖，圖中各測站修正值範圍為右下角圖例灰階所示數值之正負 0.05 之間，括弧內之數值為測站修正值在該範圍內之測站數。

Fig 5. Station correction was produced by 1-D velocity inversion.

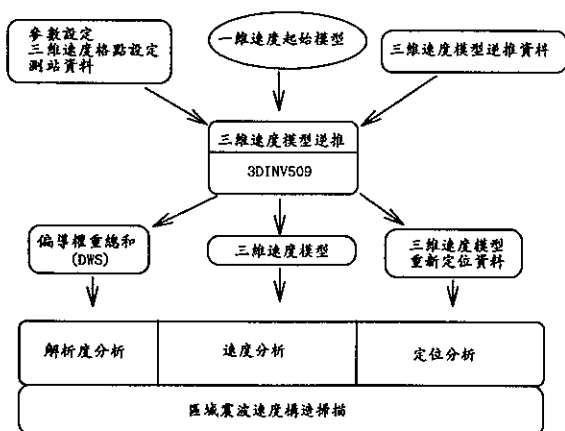


圖 6. 三維速度逆推流程。

Fig 6. 3-D velocity model inversion flow.

點，向經度、緯度、深度（一維模型層次）設定格點，且在三個方向兩端之邊界各設一向外延伸很遠之格點，以防止波線超出模型範圍產生錯誤，一共是 $(13 \times 16 \times 17)$ 個點，其平面格點(x-y平面)之分布如圖7，圖上所標示為格點之x、y軸座標值，單位是公里。

三維速度構造逆推是使用Thurber(1983)發展之逆推程式，經由辛在勤修改為適用於台灣觀測網之程式。逆推地震一共999個，使用P波之走時資料與S波減P波觀測走時之資料，總計有29364個P波與16468個S波之資料。

三維速度模型逆推完成後，999個地震震源參數均與三維速度模型同時逆推完成，利用這999個三維速度逆推後之地震和一維初始模型之震源參數與均方根值做一比較。圖8為定位結果之震央位置差異，圖中小方塊為一維模型定出之位置，較大之圓為三維模型定出之位置，深黑色表示該地震三維模型定出之深度較深，淺灰色表示變淺。島內西部之地震震央位置幾乎不變，深度變化較散亂，外海之地震震央大部分向島內集中，這是因為速度構造更符合海板塊高速之特性，但是發生在東北部與南部隱沒帶深部之深震其震央變化較散亂沒有一定規則，因為位於隱沒帶板塊傾沒之複雜地區，速度側向變化劇烈，影響波徑路線，故發生於隱沒帶附近之地震以三維模型重新定位後震源參數變化大。

一維與三維震源參數差異值之統計，深度、經度與緯度上之變化最大到正負9公里之間，其中以緯度上之變化較小，由發震時間差異 $0.0 \pm 0.05$ 之間最多，顯示初始模型已達平均效果。在均方根值之分布上，三維速度模型明顯地降低了均方根值，初始模型之均方根值大部分介於 $(0.3 \pm 0.05)$ 與 $(0.4 \pm 0.05)$ 之間，而三維模型之均方根值最多在 $(0.2 \pm 0.05)$ 之間，其次是 $(0.3 \pm 0.05)$ 之間，不乏介於 $(0.1 \pm 0.05)$ 之間之地震，三維速度構造成功地解決地震定位上一維速度模型無法完全表達各區域側向不均性所造成誤差之結果。

### (三) 三維速度模型走時分析

深層地震其波傳效應在東部與西部測站中所表現出分歧之特性，這現象較早已由辛在勤(1992)提出。這些地震在三維速度模型重新定位後，討論其震源參數之變化與波相理論達時之情形。以1994年12月10日9點8分發生在宜蘭外海之地震為例，其震央在北緯24.81度。東經122.03度，深度為75.96公里，規模5.67。圖9是以新一維模型與三維模型計算走時之地震紀錄，上圖為中央山脈西邊測站南投站(WNT)所收到之地震紀錄，而下圖為東邊之測站玉里站(TWF1)所收到之地震紀錄。分別以新一維模型(細線)與三維模型(粗線)表示計算理論之P波初達時間。上圖中三維模型理論初達時比一維模型更偶合初達之波相。下圖新一維模型理論初達時所指波相為一明顯振幅但並非初達波相，真正之P波初達波相則在之前約2-3秒之微弱波相，而三維速度模型計算出之理論P波初達時，則能偶合初達波相，三維速度模型將隱沒帶上來自海洋板塊之高速區域波向描繪出來，改善一維速度模型無法解決震波側向不均性之困擾。

### (四) 分區一維速度模型

將三維速度模型分A、B、C三區，其分區情形如圖10所示，將各區內之速度格點平均，速度隨深度變化之情形如圖，其P波速度、S波速度與P波S波速度比列於表2。淺層0-17公里以西部地區速度最低，是西部平原沖積層之表現；淺層0-9公里以東北部地區速度最高；9-35公里東南部地區之速度高出其他兩區約百分之六，明顯之較高速區域，應是來自菲律賓海板塊之高速海板塊；深度70

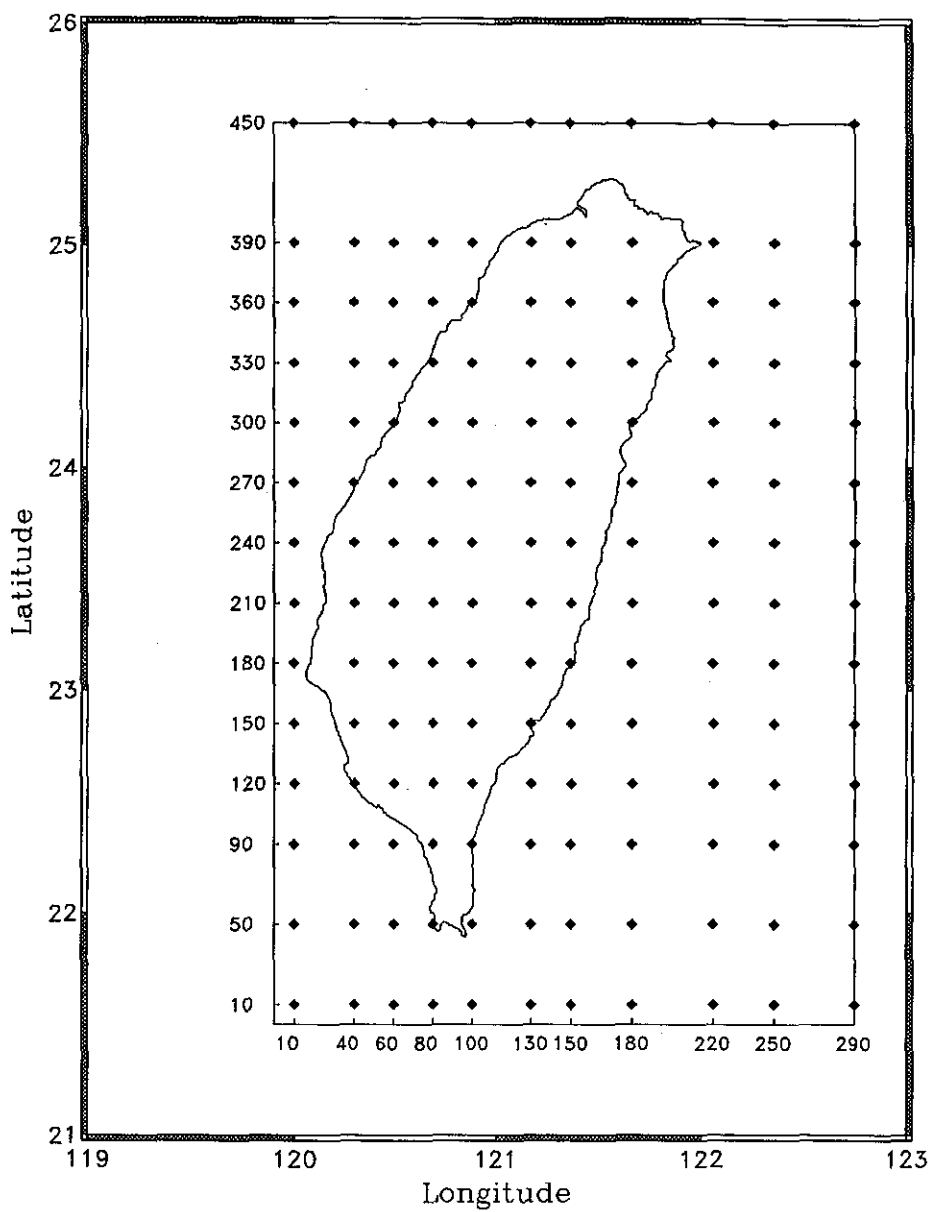


圖 7. 三維速度模型格點設定之平面分布圖。

Fig 7. The grid points distribute for 3-D velocity model.



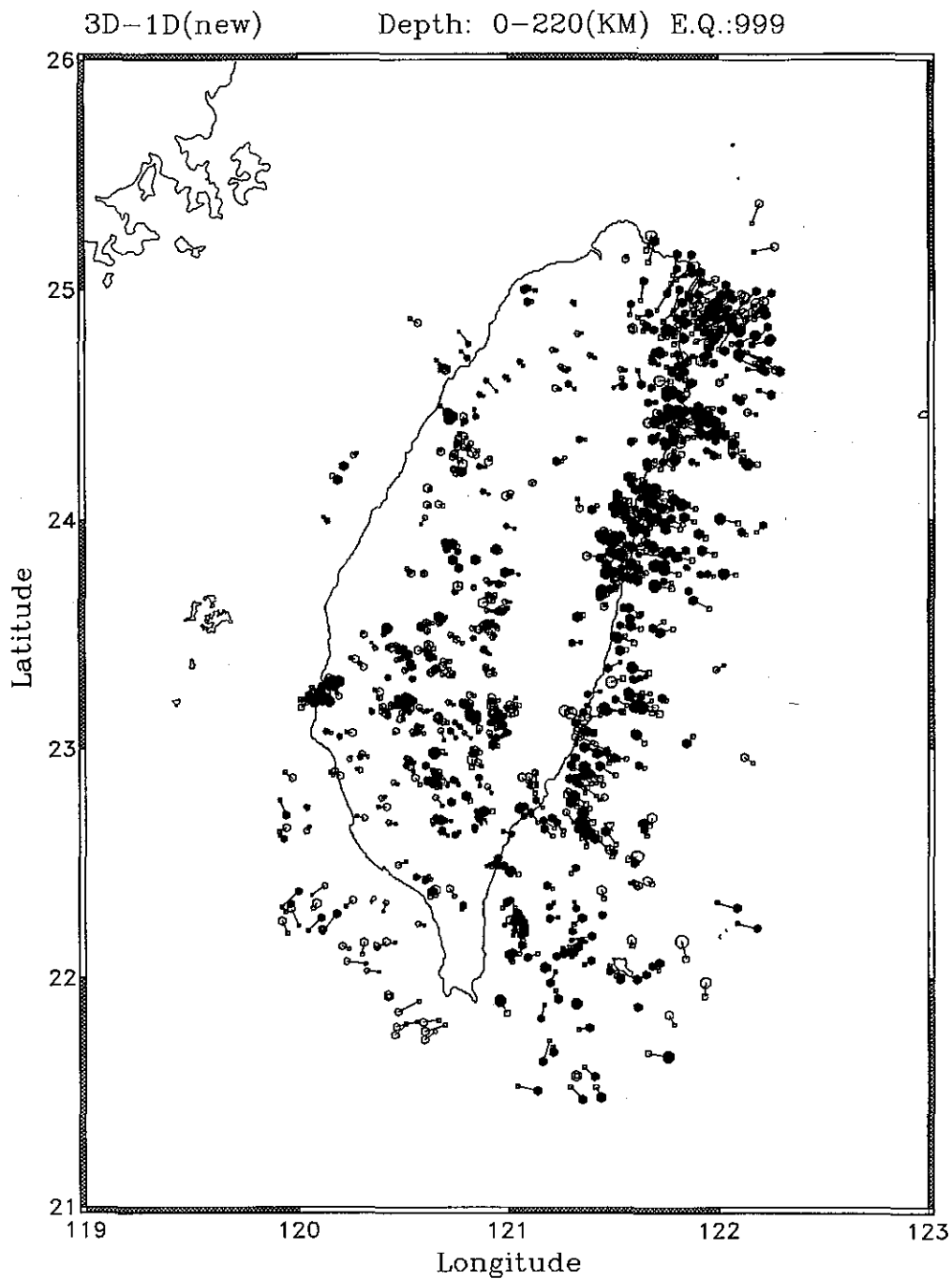


圖 8. 999個地震之三維速度模型與一維新模型震央差異分布圖。圖中方塊與圓分別代表一維與三維模型定出之震央位置，深黑色與淺灰色分別表示該地震三維模型定出之深度變深或變淺。

Fig 8. The difference of epicenters from located by 1-D velocity model to located by 3-D velocity model.)

19941012 9 8 24.81 122.03 75.96 5.67  
T-DIST/8.0

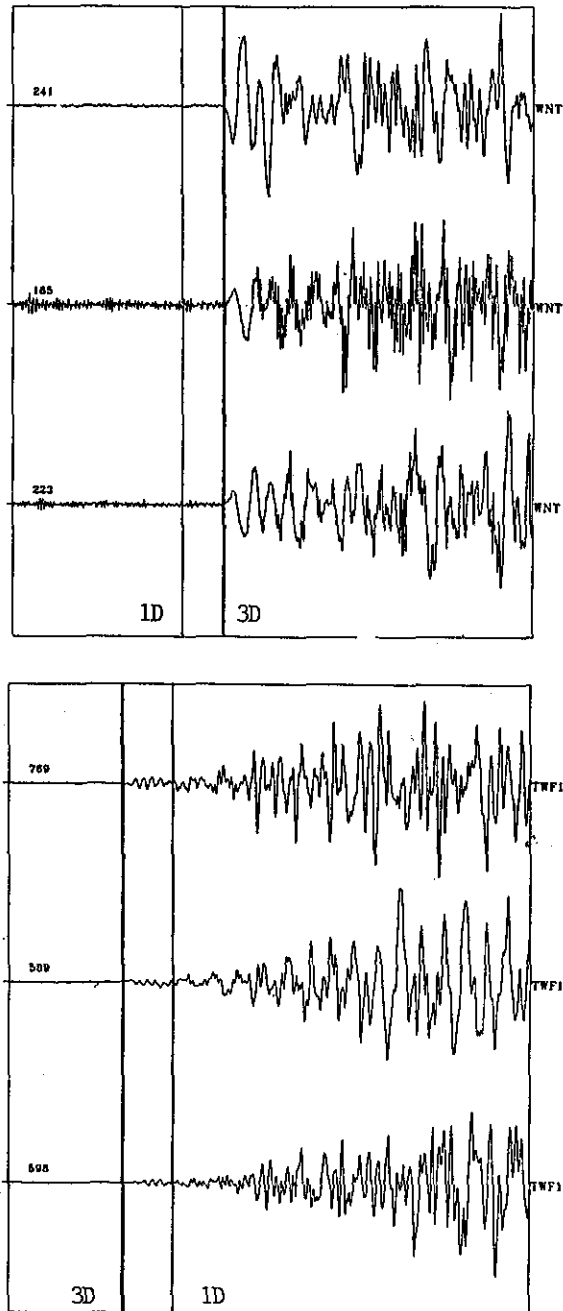


圖 9. 一維起始速度模型與三維速度模型在西部測站(上圖)與東部測站(下圖)之理論走時與地震紀錄。

Fig 9. The theoretical travel time calculated by 1-D and 3-D velocity model wave and seismogram(upper: western station, lower: eastern station).

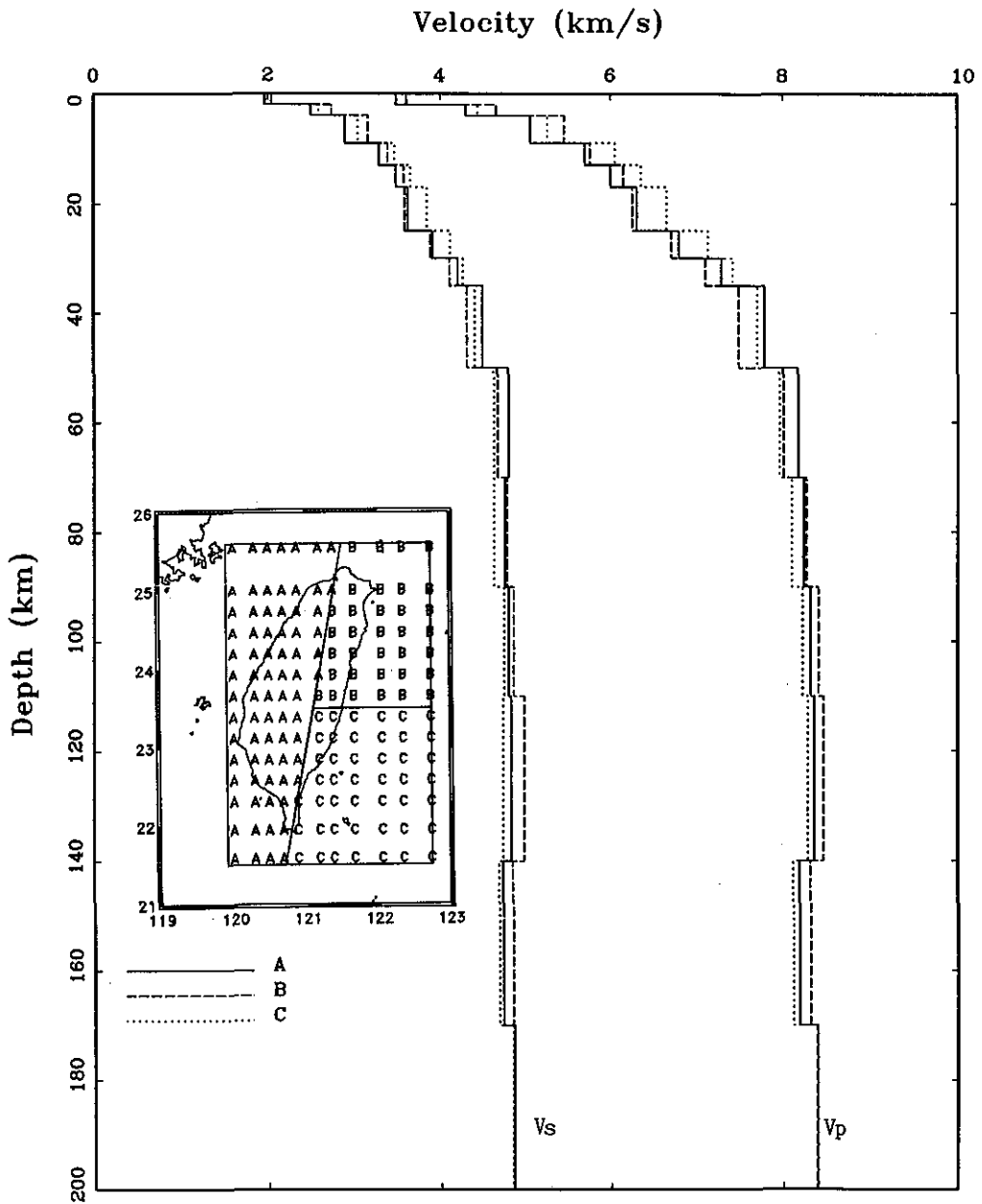


圖 10. 三維速度模型分區各平面深度之平均速度隨深度變化圖，如圖所示共分三區，分別為A區：西部地區，B區：東北部地區，C區：東南部地區。

Fig 10. The averaged 1-D velocity model from 3-D velocity model in three subarea, area A: western Taiwan, area B: north-eastern Taiwan, area C: south-eastern Taiwan.

表 2. 三維速度模型分區各平面深度之速度平均值，分別為A區：西部地區，B區：東北部地區，C區：東南部地區。

Table 2. 3-D velocity model average into three subarea A, B and C, area A indicate western Taiwan, area B indicate north-eastern Taiwan and area C indicate south-eastern Taiwan.

Depth (km)	Vp (km/sec)			Vs (km/sec)			Vp/Vs		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
0- 2	3.49	3.61	3.50	1.96	2.04	1.97	1.78	1.77	1.78
2- 4	4.30	4.66	4.44	2.49	2.73	2.58	1.74	1.71	1.73
4- 9	5.05	5.45	5.25	2.89	3.16	3.04	1.75	1.73	1.73
9- 13	5.70	5.76	6.05	3.29	3.39	3.47	1.74	1.70	1.75
13- 17	6.00	6.15	6.36	3.49	3.58	3.66	1.72	1.72	1.74
17- 25	6.31	6.26	6.66	3.63	3.59	3.85	1.74	1.75	1.73
25- 30	6.80	6.71	7.14	3.91	3.89	4.12	1.74	1.73	1.74
30- 35	7.30	7.11	7.43	4.21	4.11	4.27	1.74	1.73	1.74
35- 50	7.79	7.50	7.71	4.50	4.32	4.41	1.74	1.74	1.75
50- 70	8.18	8.01	7.96	4.79	4.67	4.63	1.71	1.72	1.72
70- 90	8.24	8.27	8.10	4.75	4.77	4.63	1.74	1.74	1.75
90-110	8.32	8.41	8.23	4.79	4.85	4.74	1.74	1.73	1.74
110-140	8.36	8.47	8.29	4.82	4.97	4.73	1.73	1.70	1.75
140-170	8.19	8.31	8.12	4.73	4.84	4.68	1.73	1.72	1.73
170-200	8.40	8.39	8.40	4.86	4.85	4.84	1.73	1.73	1.73
200-	8.51	8.51	8.51	4.92	4.92	4.92	1.73	1.73	1.73

-170公里以東北部最高，高約百分之二，此現象表現出東北部海板塊傾沒至深部之高速度作用。

#### (五) 三維速度構造平面分析

將三維速度構造依一維模型之層次切平面，自深度2公里至140公里一共13個層次（分別列於圖11—圖17）其中圖11包括P波速度(Vp)、S波速度(Vs)與P波S波速度比(Vp/Vs)與導數權值總合(DWS; derivative weight sum)，而圖12—17只繪出P波速度(Vp)與S波速度(Vs)。圖中Vp、Vs與Vp/Vs以相對於平均值之百分比差值表示。另外圖中深黑色星形標記表示發生於各層次深度（其厚度依各層次間距而定）之間所發生之地震，這些地震是999個逆推資料三維逆推後之位置。

首先討論淺層深度2公里、4公里與9公里三個平面層次速度構造變化。西部平原在深度2、4公里均可看到比平均值低8%之震波低速區，但在嘉南地區為Vp/Vs之相對高值區，顯示出西部平原沖積層鬆軟S波低速之特性，而且配合地震活動本區淺層地震似乎發生於震波高速區圍繞著低速區（速度梯度大之地區）之速度比值梯度較高之破碎地區，即

褶皺衝斷帶上。2公里之西部平原低速現象深至4公里仍存在，但在9公里處則消失，低速區在此深度內分裂成南北兩區，北部為台中、苗栗、南投附近，南為高雄、屏東地區，其間為北港高區，此區在2公里處於北緯23.5度東經120.0度即顯現，隨深度增加漸向東北延伸至濁水溪附近、向南延伸至台南附近，在9至17公里處最為明顯，直到25公里處則變模糊，而此區之地震活動隨著速度變化圍繞在其周圍發生，故北港地區在西部地區之地震發生機制中扮演的角色是值的深入探討的問題。至於東北部淺層之宜蘭平原與西部平原類似為速度比高區之平原沖積層，但相對於西部平原，宜蘭平原有較高之震波速度，地震活動亦發生於速度與速度比梯度大之區域，且與速度構造線大致平行。

由台灣西南方海域向北延伸至西南部高雄屏東一帶均可發現速度構造低區且為速度比值較高之區域，此現象由深度2公里一直深至17公里均有跡可尋。許多學者曾提出台灣西部構造前緣是馬尼拉海溝向北延伸之處（何春蓀，1982，1986），本文不敢斷言在西部構造前緣發現之速度低區即為馬尼

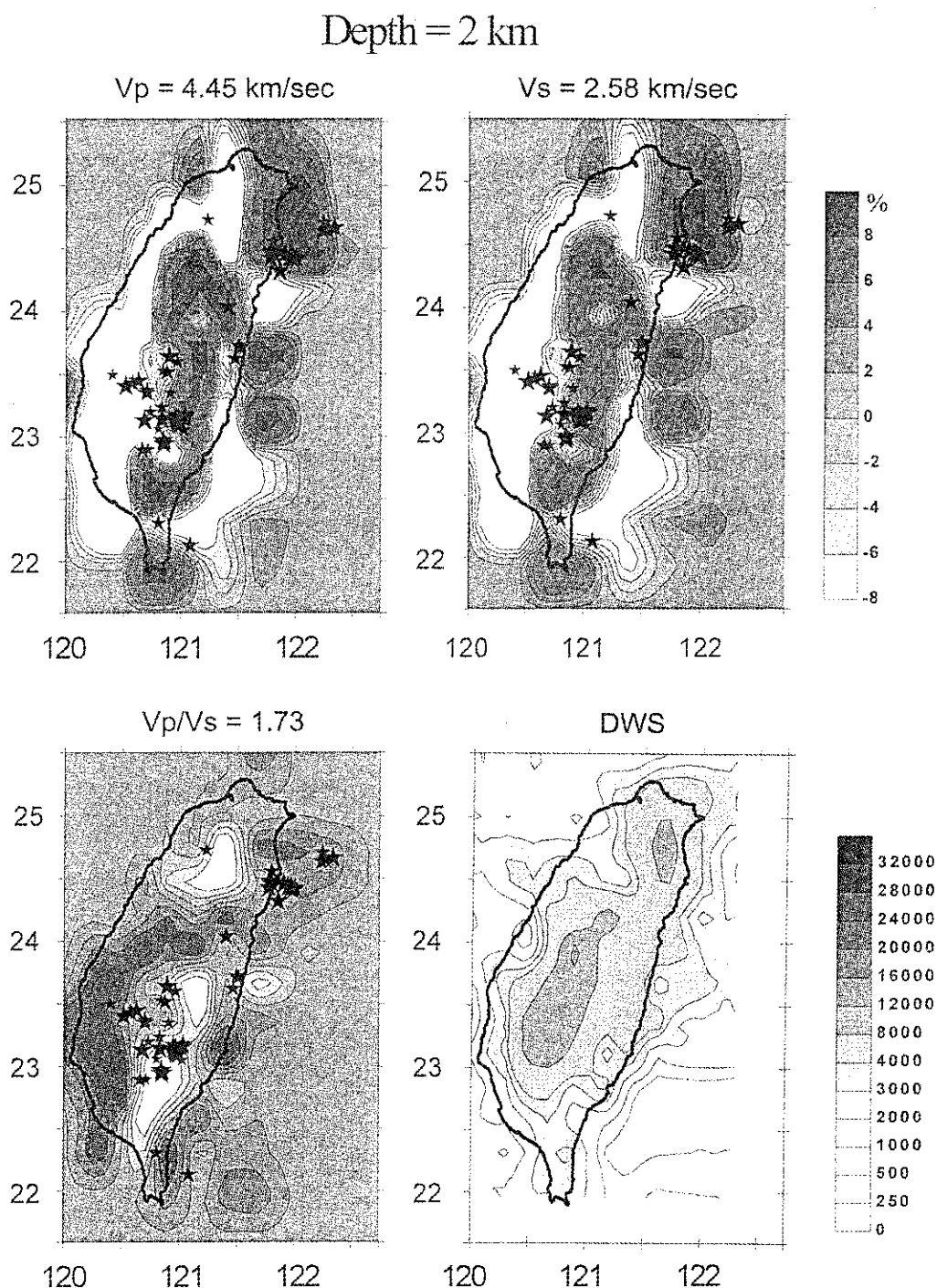
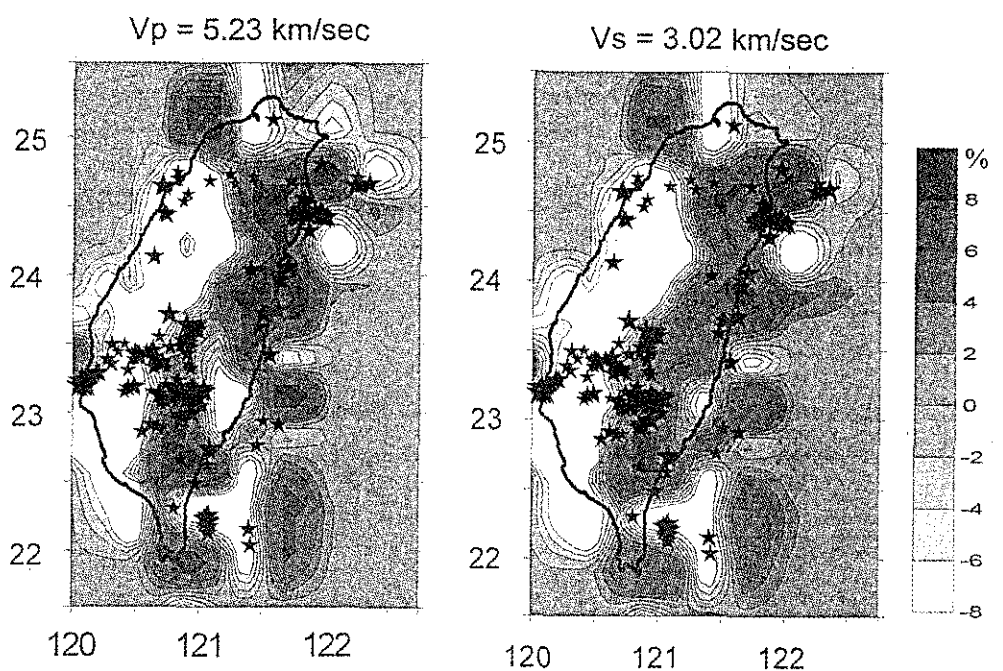


圖 11. 三維速度構造平面分析，包括 P 波速度( $V_p$ )、S 波速度( $V_s$ )、P 波 S 波速度比( $V_p/V_s$ )與導數權值總和(DWS; derivative weight sum)，深度2公里。

Fig 11. The 3-D velocity structure in 2 km depth,  $V_p$ : P wave velocity,  $V_s$ : S wave velocity,  $V_p/V_s$ :  $V_p$  and  $V_s$  ratio, DWS: derivative weight sum.

Depth = 4 km



Depth = 9 km

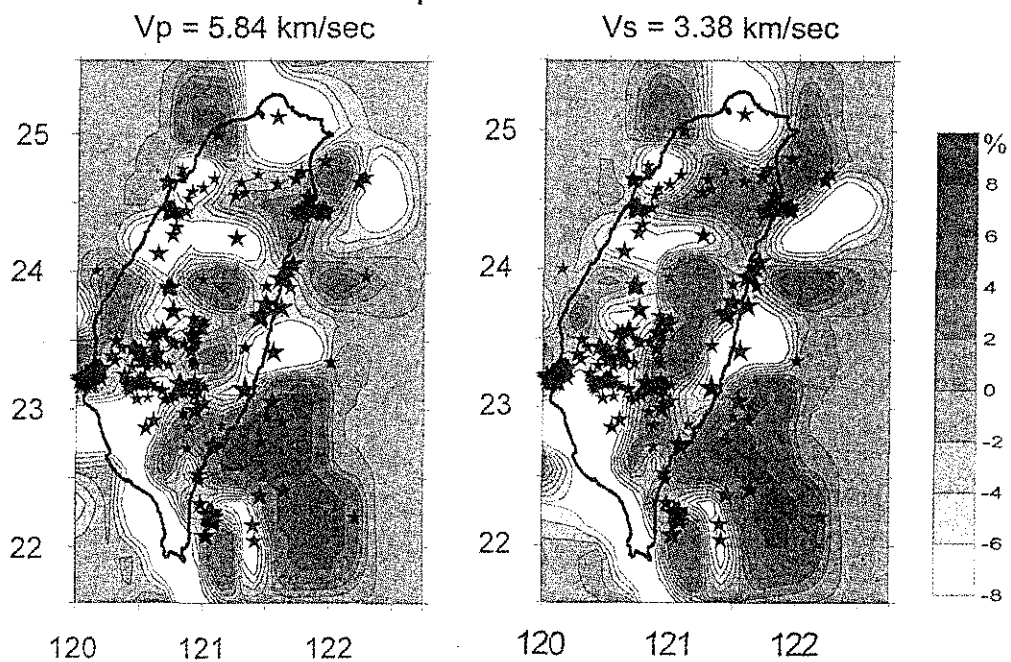
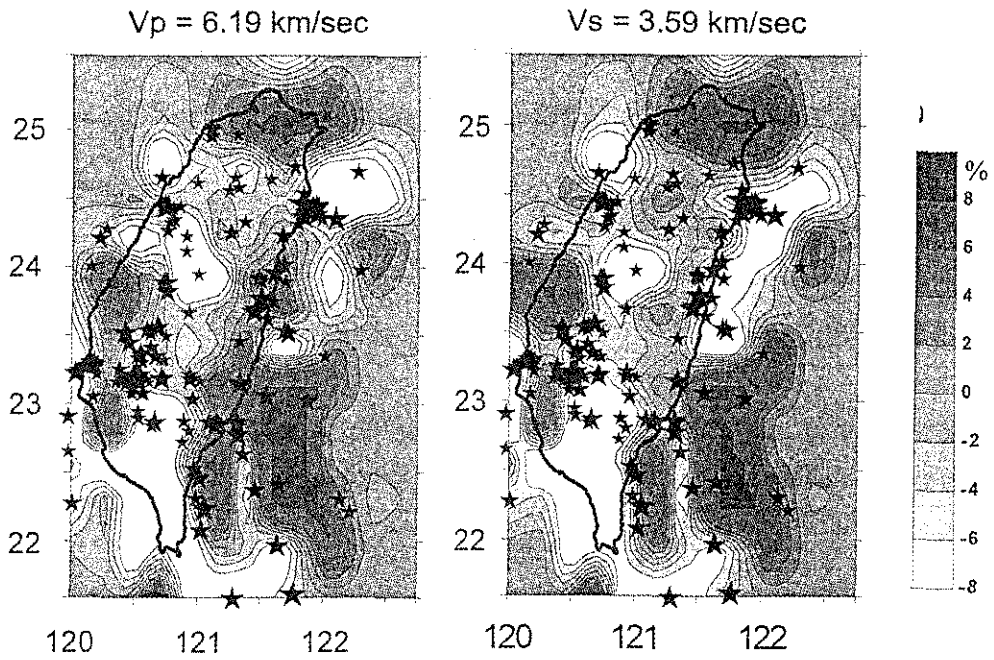


圖 12. 三維速度構造平面分析，包括P波速度( $V_p$ )、S波速度( $V_s$ )，深度4公里、9公里。

Fig 12. The 3-D velocity structure in 4 and 9 km depth,  $V_p$ : P wave velocity,  $V_s$ : S wave velocity.

Depth = 13 km



Depth = 17 km

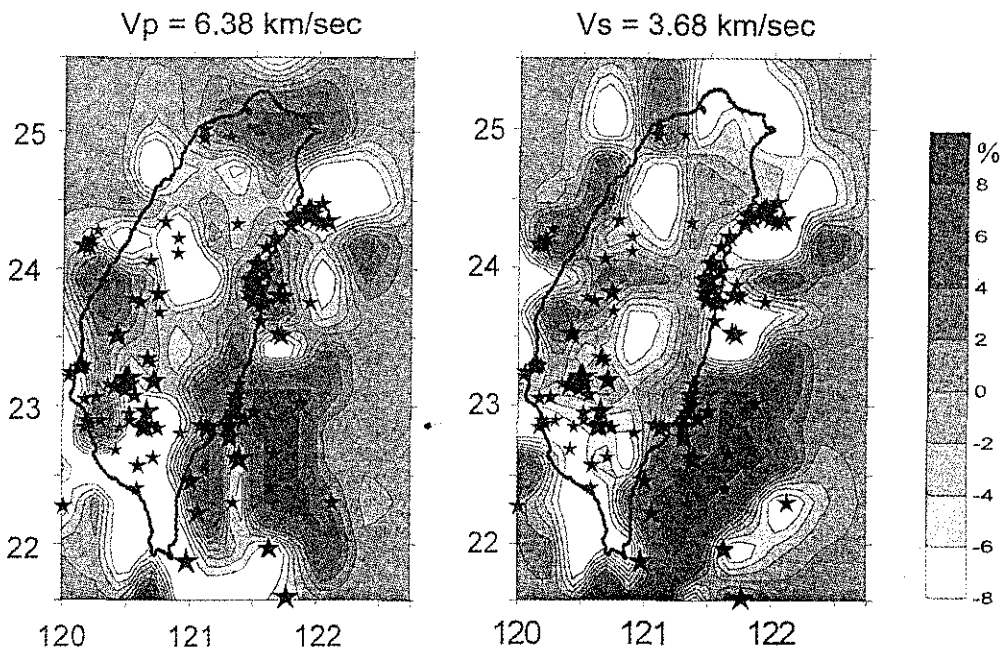
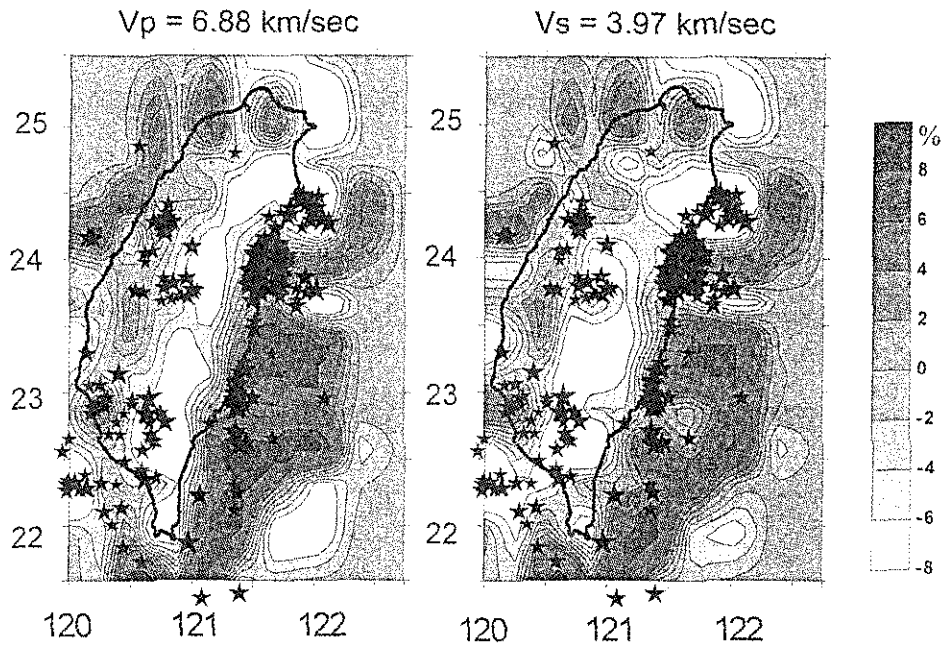


圖 13. 三維速度構造平面分析，包括 P 波速度( $V_p$ )、S 波速度( $V_s$ )，深度13公里、17公里。

Fig 13. The 3-D velocity structure in 13 and 17 km depth,  $V_p$ : P wave velocity,  $V_s$ : S wave velocity.

Depth = 25 km



Depth = 30 km

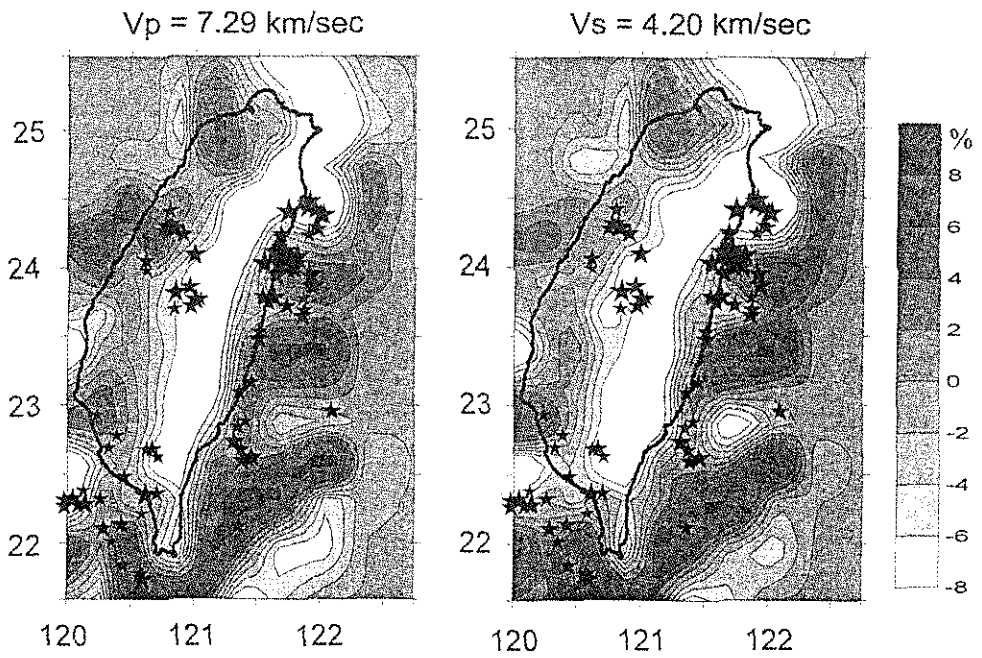


圖 14. 三維速度構造平面分析，包括 P 波速度( $V_p$ )、S 波速度( $V_s$ )，深度 25 公里、30 公里。

Fig 14. The 3-D velocity structure in 25 and 30 km depth,  $V_p$ : P wave velocity,  $V_s$ : S wave velocity.



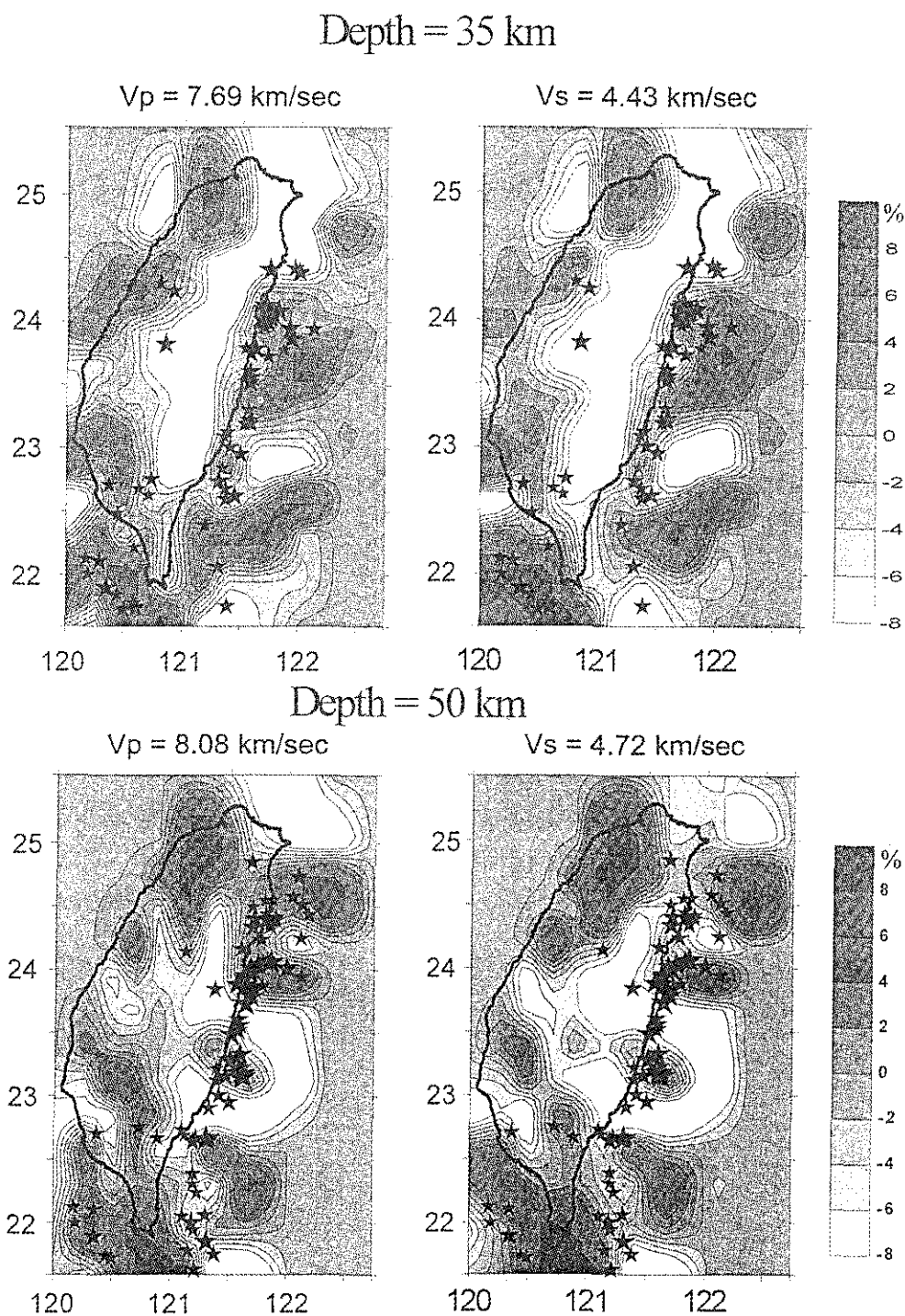


圖 15. 三維速度構造平面分析，包括 P 波速度( $V_p$ )、S 波速度( $V_s$ )，深度 35 公里、50 公里。

Fig 15. The 3-D velocity structure in 35 and 50 km depth,  $V_p$ : P wave velocity,  $V_s$ : S wave velocity.

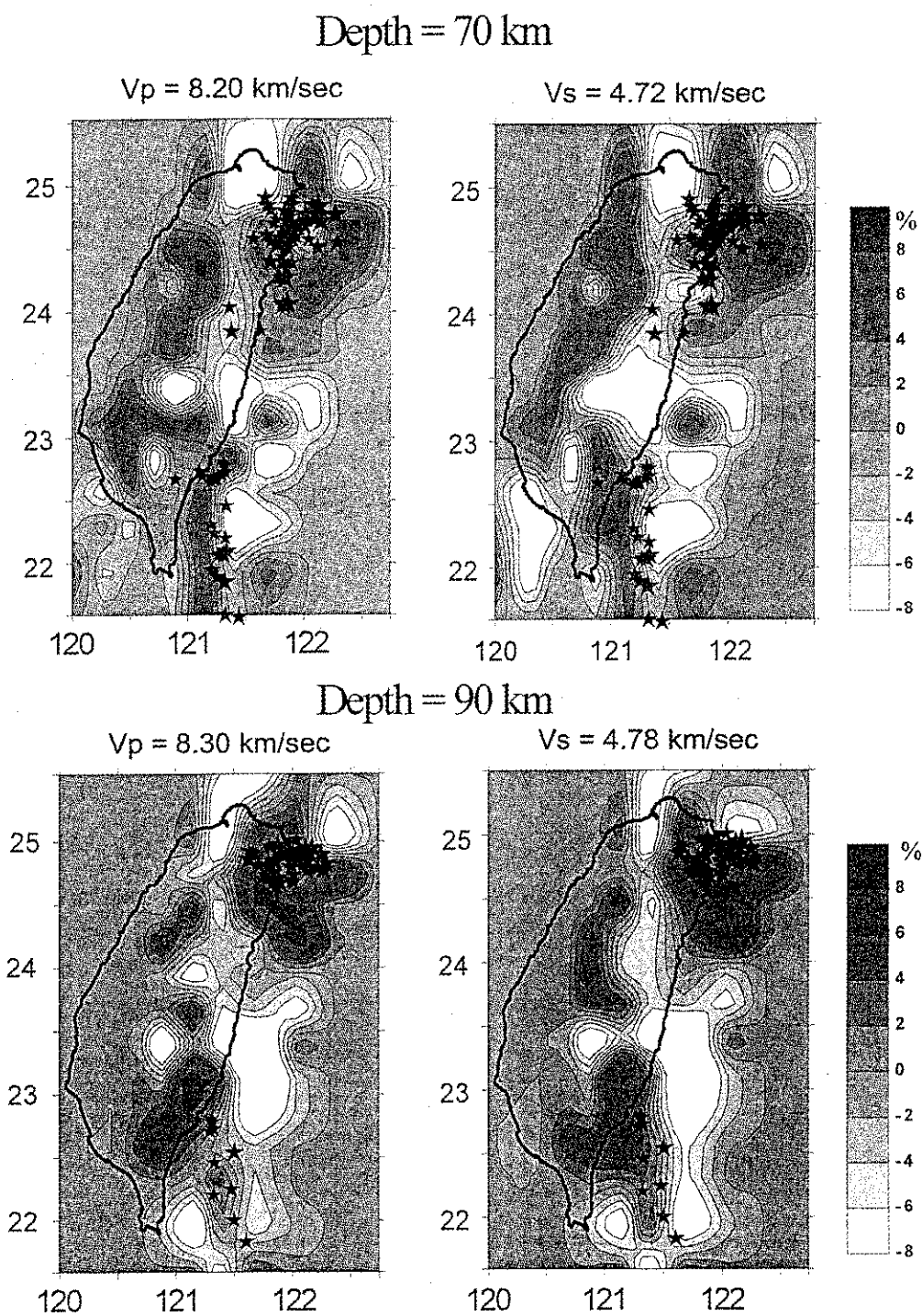


圖 16. 三維速度構造平面分析，包括 P 波速度( $V_p$ )、S 波速度( $V_s$ )，深度70公里、90公里。

Fig 16. The 3-D velocity structure in 70 and 90 km depth,  $V_p$ : P wave velocity,  $V_s$ : S wave velocity.

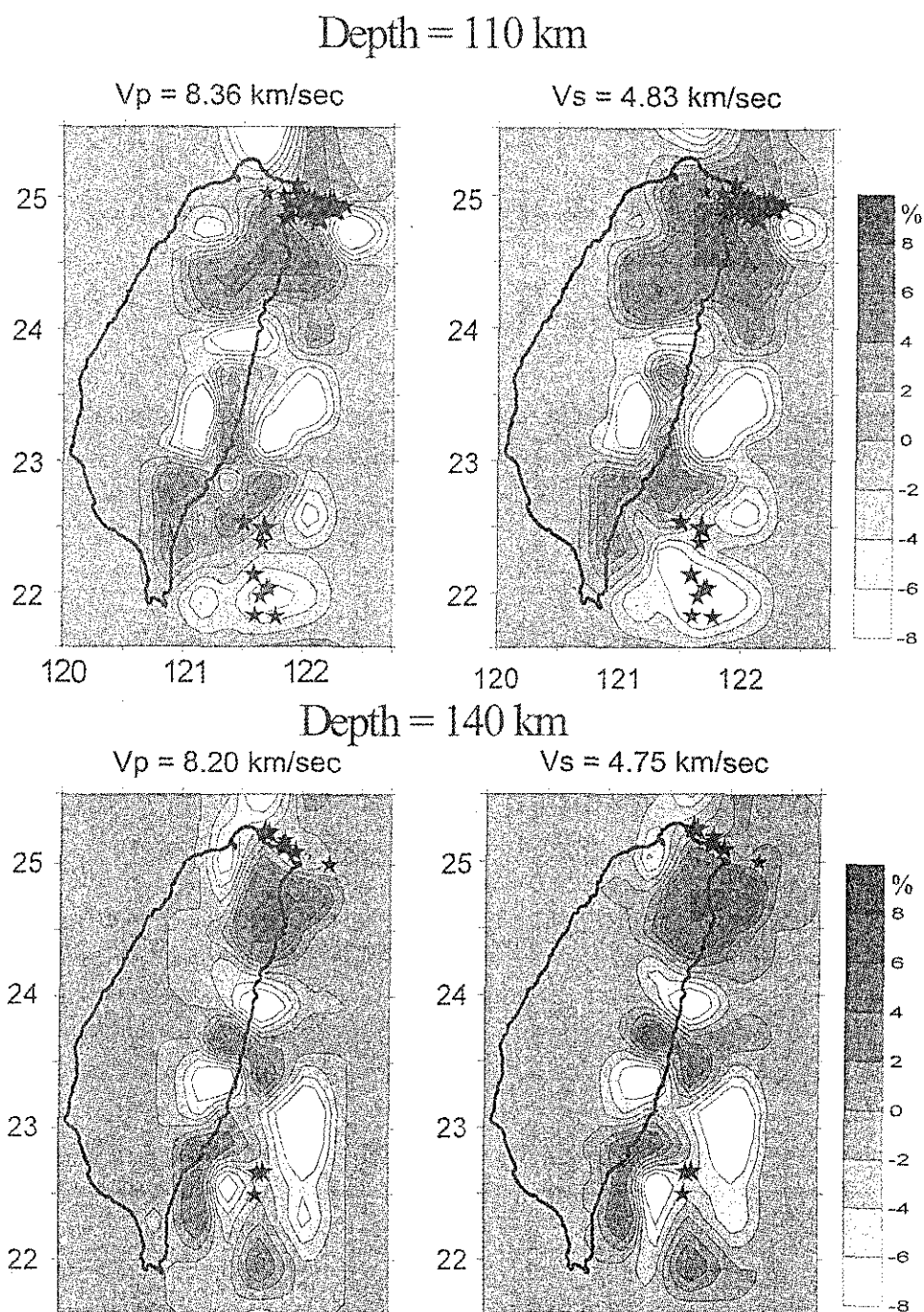


圖 17. 三維速度構造平面分析，包括P波速度( $V_p$ )、S波速度( $V_s$ )，深度110公里、140公里。

Fig 17. The 3-D velocity structure in 110 and 140 km depth,  $V_p$ : P wave velocity,  $V_s$ : S wave velocity.

拉海溝向北延伸之處，只提出三維速度所見到之現象供參考、研究。地震活動即圍繞著速度低區周圍之速度變化大之地區發生。

前一節地震定位分析時曾提到在花蓮蘇澳外海之淺層地震經三維速度逆推後深度變深，由三維速度平面構造本文發現在深度2-17公里之間，尤其在13、17公里處花蓮蘇澳外海為震波低區且為速度比高區，該地區之現象是否因為沖繩海槽擴張成琉球弧南移，使弧陸碰撞圈退縮到花蓮北緯24度附近，而造成該區之震波低速現象，提供參考。地震活動與西南部之低速區特性相同，均發生於低速區外圍速度梯度大之區域發生。

中央山脈在淺層是屬於震波高速區，且為速度比偏高之區域，是造山運動向上抬升擠壓之高山地區，地震活動即發生於西部平原與山脈地區之褶皺衝斷帶上；隨著深度增加至25、30、35公里，中央山脈下可明顯看到由北至南與台灣地質構造線平行之震波低速區，顯示其為較厚的地殼岩層，此現象有可能是因地溫梯度造成深度30公里處之地熱活動造成之低速現象，而且在此低速度帶上幾乎沒有地震活動。

綜合4-35公里之平面構造上，在東部北緯24度以南隱約可看到一較完整之高速區且為速度比高值，為菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊碰撞之海板塊。此地區之震波速度高，地震活動發生於局部速度變化較大之地區，圍繞著速度比大之梯度大的區域，是屬於小構造之地震。

綜合各層次速度構造與地震活動之關係發現在35公里以內大多數地震活動均發生於速度梯度高區，也就是速度變化較快，較不穩定之位置，有時亦圍繞著速度比較高(即稍低於平均值2-6%之處)之區域。例如深度9公里處嘉南地區之地震、東南部地震；深度30、35、50公里之花蓮蘇澳地震皆有上述之特性，而在深度50公里之下P波S波之速度分布較趨於相似，其地震活動大都發生在相對高區之邊緣，在東北部的隱沒區發生於高區偏北之處，在南部的隱沒區則發生於高區偏東之區域，顯示較深的隱沒帶地震發生在相對速度高區之隱沒板塊與低區之間。

整體來說淺層2至4公里之速度構造表現出地層

之構造，西部平原為低速區，中央山脈高山區為高速帶，東南部海域上之海相沈積物區則為低速區；愈向深度9至17公里處是速度構造較散亂之區域，處於淺部地形構造與更深度地函構造交界處之地殼部分，在此深度區域內西南部馬尼拉海溝向北延伸之低速帶與東北部沖繩海槽擴張至北緯24度附近之低速帶都已形成，在35公里至25公里之間，由P波S波速度比之分布在北緯24度至24.5度之間可找到兩板塊邊緣之痕跡，從台東縱谷處向北延伸隨深度增加有相對P波S波速度比值較大之區域，為板塊邊界處較破碎之區域存在之現象，東南部之高速帶亦非常完整且明顯，皆屬於大構造作用下之形貌。其餘地區之散亂構造是地表地形構造過渡到地函構造之現象；深至25公里至35公里部分，速度構造相當一致，呈南北向之速度構造線，縱貫台灣中央山脈下明顯之速度低區，東西兩側速度高區亦大致呈南北向分佈。在50公里以下之P波S波速度之相對速度分布有非常相似之趨勢，即高低速區出現之位置相同。

區域小構造之地震在深度大於30公里後因為上層覆蓋愈厚而逐漸消失，台灣地區大於30公里之中深度地震最後只有在大構造運動之作用才可能發生。

#### (六) 三維速度構造剖面分析

本節將三維速度構造剖面，一共切了AA'、BB'、CC'三種剖面，圖18為剖面AA'、BB'、CC'剖面位置之平面示意圖，深度為-4至200公里之範圍，其中剖面繪出Vp、Vs、Vp/Vs與DWS，而剖面BB'與CC'繪出Vp、Vs，其中Vp、Vs、Vp/Vs均以相對於平均值之百分比差值表示，深黑色星形標記表示發生於各剖面厚度正負15公里內三維速度逆推後之地震投影於剖面上之位置。

剖面AA' (圖19) 縱切台灣東經121度之剖面，剖面切經中央山脈底下有一深度25-120公里呈Y字型之低速區，在淺部25-35公里之間，其低速帶窄長介於北緯22.5度向北延伸至北方海域，愈向深部其低速帶愈向北緯23.5度集中縮小，直至深度120公里處亦可看到較低速之區域，且為速度比值高之較軟物質，為地熱活動而造成之低速區。

東北部之隱沒帶綜合圖20至21判斷，大約於北

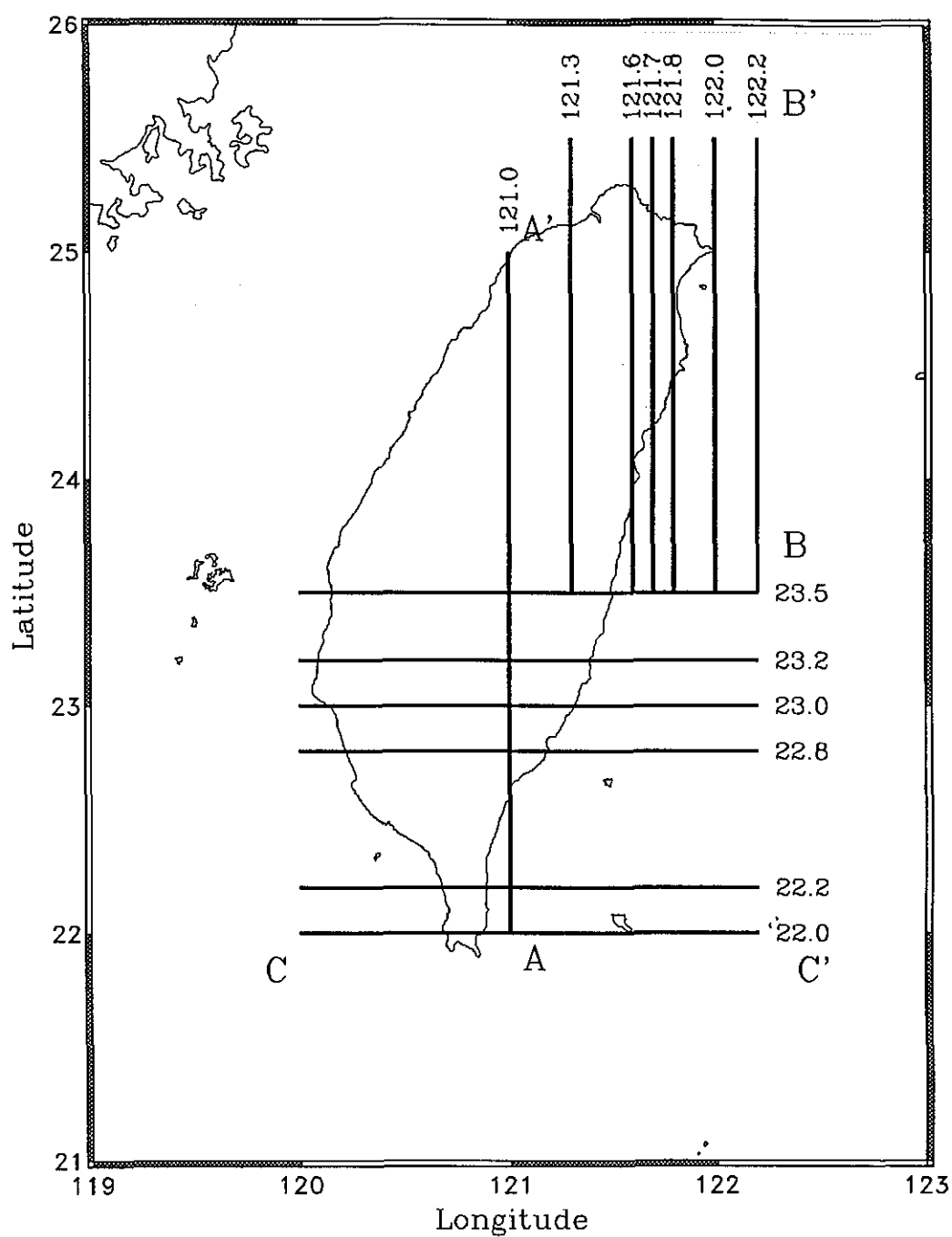


圖 18. 本文所選速度構造剖面位置之平面示意圖，共切三種剖面AA'、BB'、CC'。

Fig 18. Present the profile position for cross section AA'、BB' and CC'.

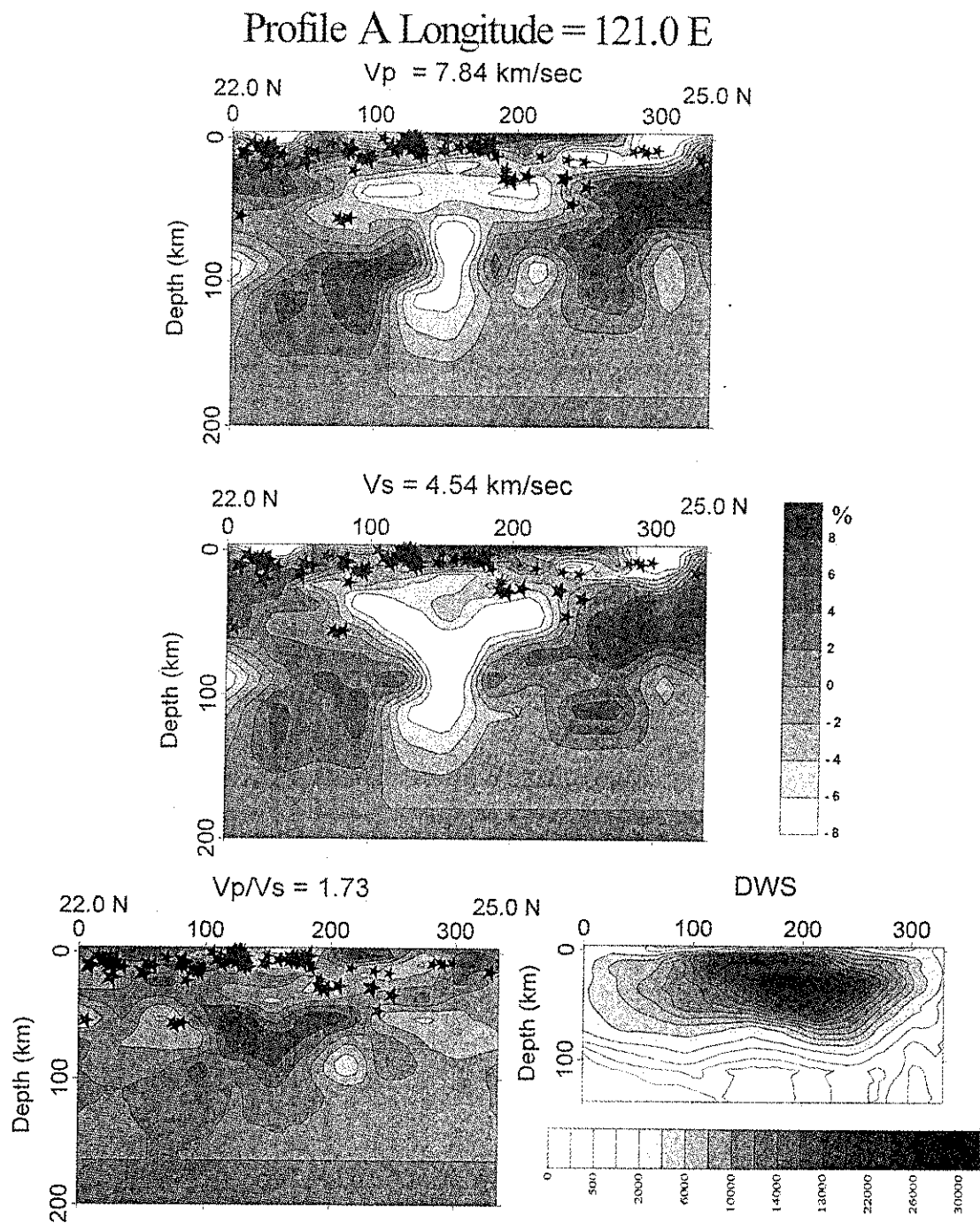


圖 19. 剖面AA'之三維速度構造分析，包括P波速度( $V_p$ )、S波速度( $V_s$ )、P波S波速度比( $V_p/V_s$ )與導數權值總和(DWS)，剖面AA'切北緯22.0度、東經121.0度(A)至北緯25.0度、東經121.0度(A')。

Fig 19. The 3-D velocity structure in cross section ,  $V_p$ : P wave velocity,  $V_s$ : S wave velocity,  $V_p/V_s$ :  $V_p$  and  $V_s$  ratio, DWS: derivative weight sum.

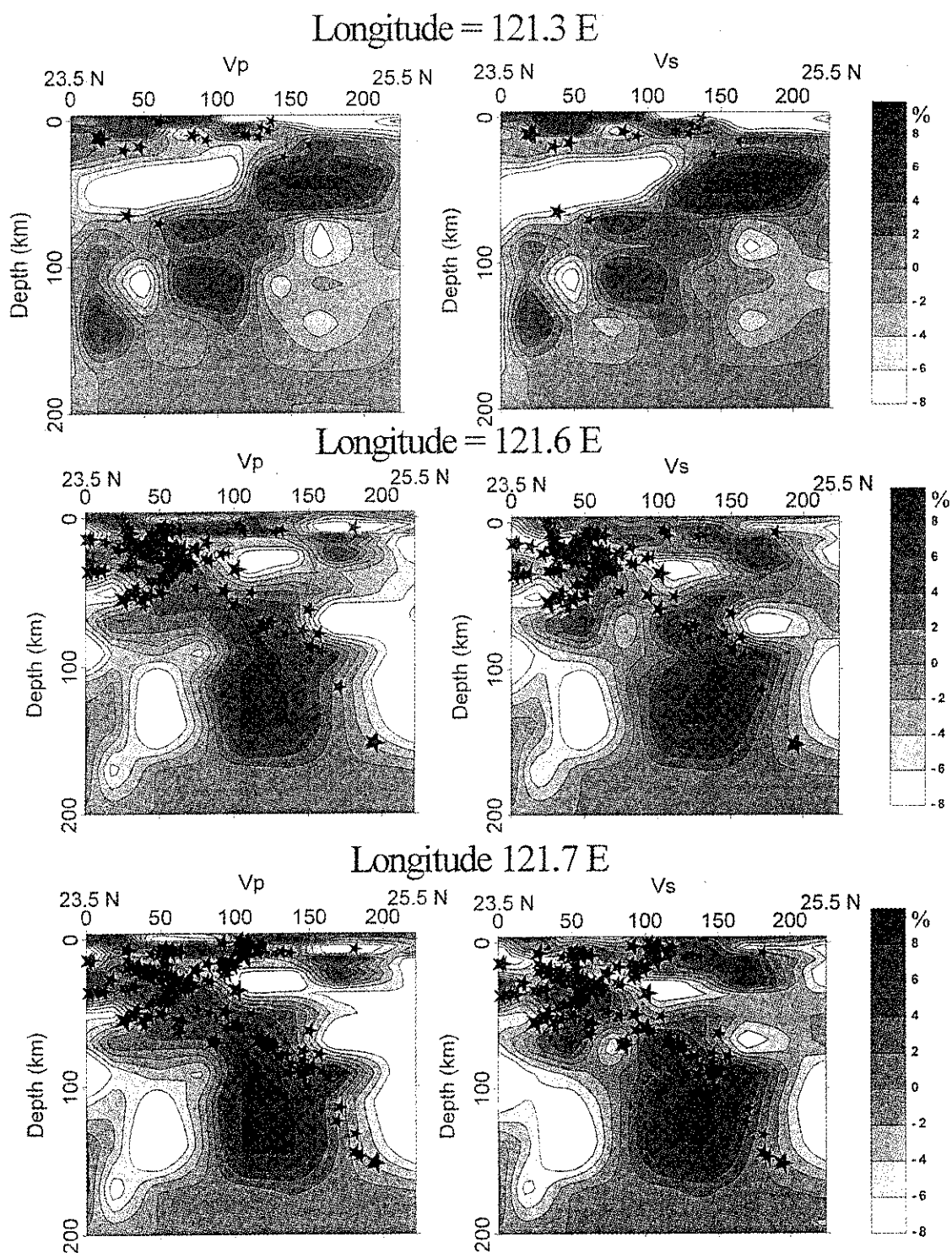


圖 20. 剖面 $BB'$ 之三維速度構造分析，包括P波速度( $V_p$ )、S波速度( $V_s$ )，剖面 $BB'$ 切北緯21.5度(B)至25.5度( $B'$ )，東經分別為121.3、121.6、121.7度。

Fig 20. The 3-D velocity structure in cross section  $BB'$ , north latitude 121.3, 121.6 and 121.7 degree,  $V_p$ : P wave velocity,  $V_s$ : S wave velocity.



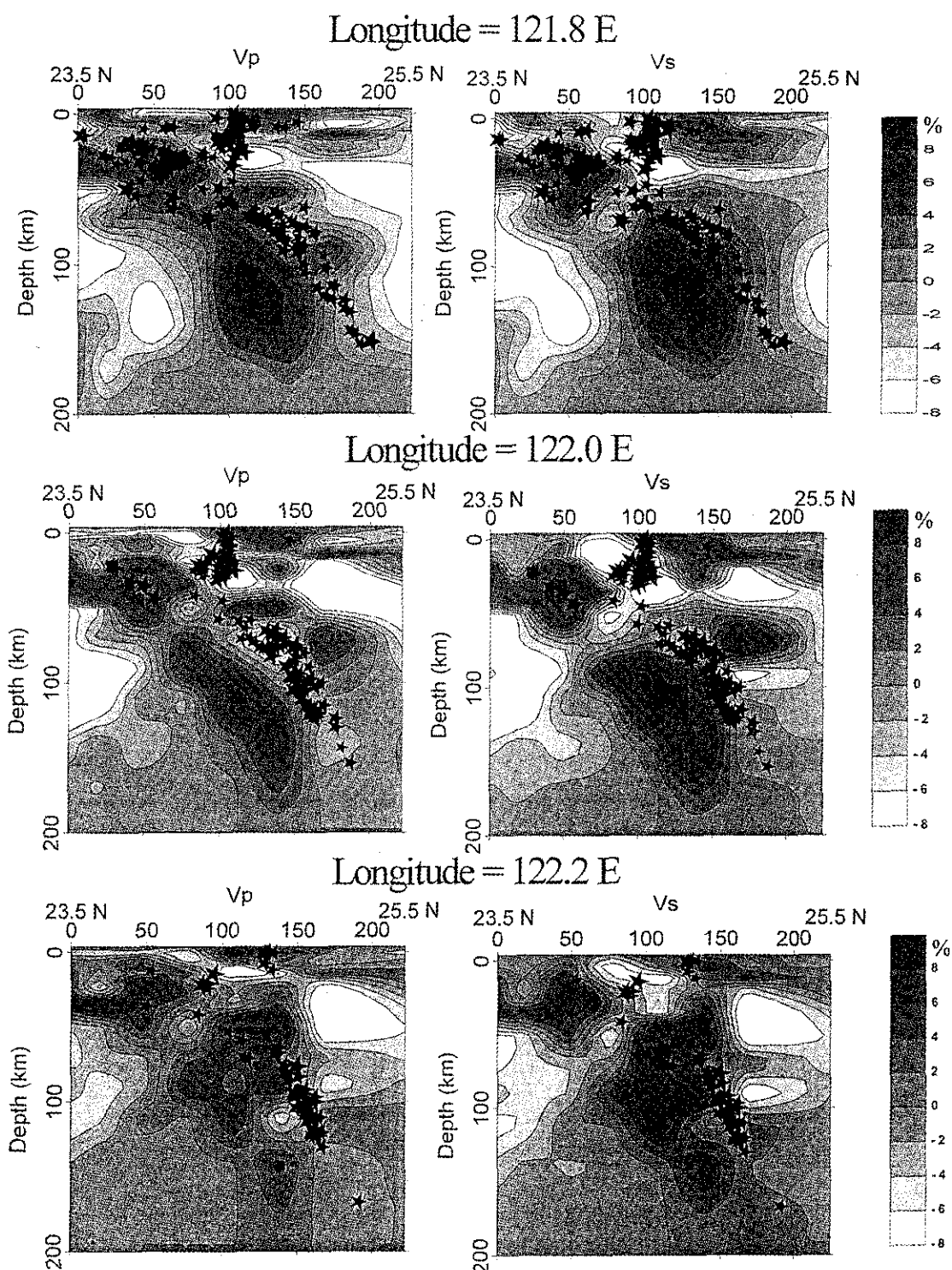


圖 21. 剖面 $BB'$ 之三維速度構造分析，包括P波速度( $V_p$ )、S波速度( $V_s$ )，剖面 $BB'$ 切北緯21.5度(B)至25.5度(B')，東經分別為121.8、122.0、122.2度。

Fig 21. The 3-D velocity structure in cross section  $BB'$ , north latitude 121.8, 122.0 and 122.2 degree,  $V_p$ : P wave velocity,  $V_s$ : S wave velocity.



緯24度為板塊傾沒之初始緯度，其寬度上在西側約於東經121.5度隱約有雛形但並不明顯，至東經121.6度起至東經122.1度均可明顯看到傾沒之板塊震波高速區，東側至東經122.2度仍有隱沒帶跡象但已較不明顯。傾沒之角度由西側至東側略有變化，基本上是一向東傾斜之趨勢，此現象辛在勤(1992)從地震分布剖面發現台灣東北部的隱沒帶向東傾斜之結果一致。在東經121.6度至121.7度附近，傾沒之板塊分兩個部分以50至60公里分界，淺部傾角較低約20-30度厚約50公里，深部向下延伸至約170-180公里深，傾角約40-50度厚度更厚之傾沒板塊，深度大於180公里以下，由於受限於觀測資料的缺乏而無法再看到板塊之痕跡。繼續向東自東經121.8度至東經122.1度，板塊深部與淺部傾角一致約45度，且愈向東傾角略大且厚度愈薄。

東北部隱沒帶速度構造與地震活動之偶合現象，在淺部50公里以內之地震活動屬於花蓮附近之淺震，地震發生在板塊內；至於深部大於50公里之地震發生於板塊上緣，速度梯度大之區域，但從東經121.8度以東之剖面地震卻發生於兩相對高區之間，直到東經122.2度以東侷限於測站分布，波線較少，其解析度相對亦較差。

南部之隱沒帶(圖22至圖23)大致上之形態與東北部隱沒帶之形貌不同，基本上南部之隱沒帶速度高區比較破碎，不如東北部隱沒帶明顯，南部隱沒帶由東經120.5度起向東傾沒，其寬度由南緣之北緯22.0度起隱約可看到傾角40度左右之破碎高速帶，向北延伸至北緯22.8度隱沒帶之形貌較完整，高速帶傾沒之傾角大約50度，厚約30-40公里，傾沒之深度約170公里而且板塊上方速度梯度大覆蓋了一層厚約20-30公里明顯之震波低速帶，而地震活動便位於速度梯度大之板塊上方區域，此低速板塊可能是海相沈積物受傾沒板塊牽引而形成，另一種推測為此低速板塊本身即為較重之板塊，藉著重力之牽引而傾沒形成。繼續向北至北緯22.9度與23.0度板塊呈較平緩之角度20-30度之間，最北緣至北緯23.3度仍可見到高速之傾沒板塊，直到北緯23.5度傾沒板塊就幾乎模糊消失。有一點提出討論的是，在北緯23.0度至23.3度之間有清晰之板塊形貌，但是在該地區附近卻沒有伴隨著板塊發生之深

震，對於這一點曾經懷疑較北緣之板塊可能是南緣高速板塊向北內插而平均出來之高速區，但配合DWS在北緣之板塊確實有比南緣更高之DWS值，而且模型逆推之初設定走時計算路線間距為1.25公里，所以誤差不致於大於10里以上，所以本文認為在北緯23.0度至23.3度之間仍有隱沒帶存在，至於沒有地震活動之原因是個值得進一步探討之問題。深度達120公里以下因DWS值較低，解析度較差。

## 五、討 論

比較台灣地區的布蓋重力異常圖(葉義雄與顏宏元, 1992, 圖24)與本文之三維速度構造之異同發現，台灣東部布蓋重力異常為正值之區域輪廓相當清楚為東部北緯24度以南沿著中央山脈東側之部分，其布蓋異常值由0向東增至+70毫伽(Milligals)完整地描繪出菲律賓海板塊之輪廓，與速度模型所看到一完整之速度高區完全吻合。布蓋異常絕對低區有兩處，台中、苗栗、南投附近異常值低至-50毫伽，速度構造上由深度9公里、13公里至17公里亦可看到比平均值低了百分之八之速度低速區；高雄屏東地區附近異常值低至-40毫伽，速度構造上從9公里深至25公里都可看到由西南海域延伸上來之低速帶，符合本文中所提到之馬尼拉海溝向北延伸至台灣西南部之情形。東北部宜蘭、蘇澳、花蓮地區有相對之重力低區，大約在-10至-30毫伽之間，推測與速度構造深至35公里均可見之速度低區符合，為沖繩海槽擴張尖端延伸至台灣東北部附近造成之現象。北部有相對重力高區+20毫伽，速度構造上17至25公里亦可見較高之速度構造，為地熱活動之區域。

Roecker et.al.(1987)曾使用TTSN所收錄之1260個地震以三維常速區塊逆推，一維逆推時把每一層僅使用一個區塊的方式處理，再分小區塊逆推台灣地區三維速度構造；Rau(1994)以CWBSN之地震資料，利用Thurber(1983)網格節點之方式逆推台灣地區三維速度構造。Roecker et.al. (1987)與Rau(1994)之結果皆分三個地區表示，本文藉著這三個區域討論與Roecker et.al. (1987)與Rau(1994)結果之異同。一、東部菲律賓海板塊由南向北隱沒入歐亞大陸板塊的形態，可藉由地震活動與震波高速區描繪出

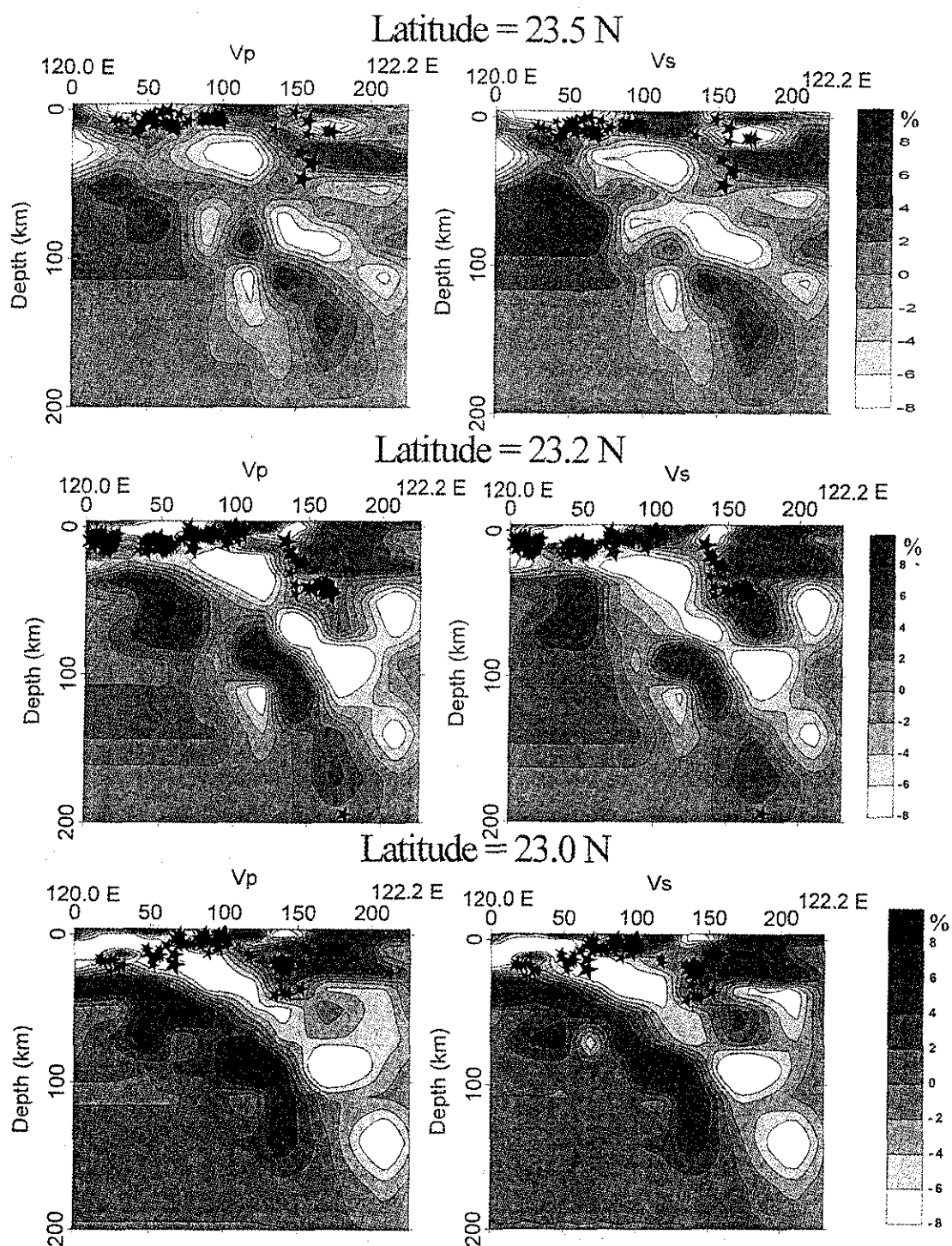


圖 22. 剖面CC' 之三維速度構造分析，包括P波速度(Vp)・S波速度(Vs)，剖面CC'切東經120.0度(C)至122.2度(C')，北緯分別為23.5、23.2、23.0度。

Fig 22. The 3-D velocity structure in cross section CC', east longitude 23.5, 23.2 and 23.0 degree, Vp: P wave velocity, Vs: S wave velocity.

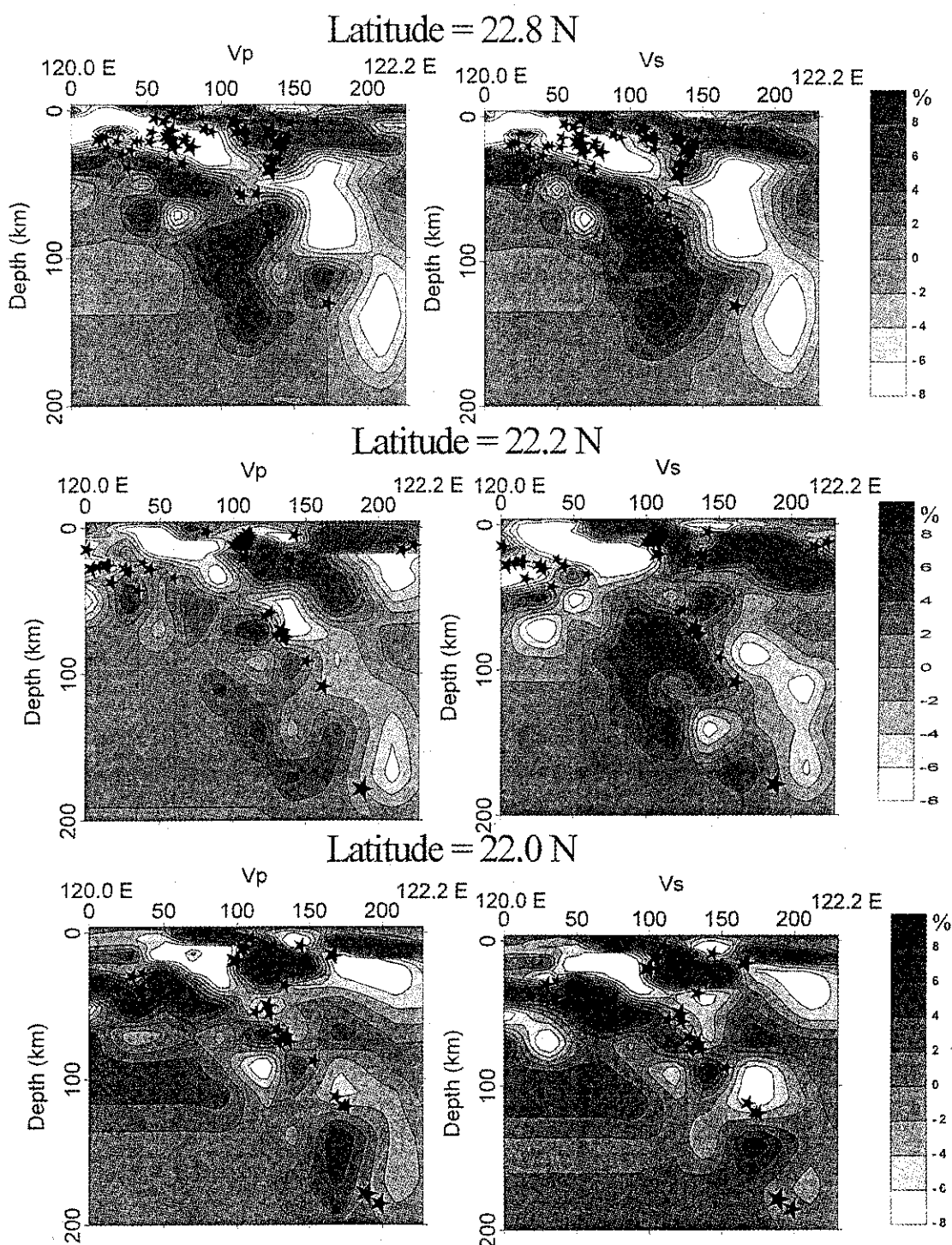


圖 23. 剖面  $CC'$  之三維速度構造分析，包括 P 波速度 ( $V_p$ )、S 波速度 ( $V_s$ )，剖面  $CC'$  切東經 120.0 度 (C) 至 122.2 度 (C')，北緯分別為 22.8、22.2、22.0 度。

Fig 23. The 3-D velocity structure in cross section  $CC'$ , east longitude 22.8, 22.2 and 22.0 degree,  $V_p$ : P wave velocity,  $V_s$ : S wave velocity.

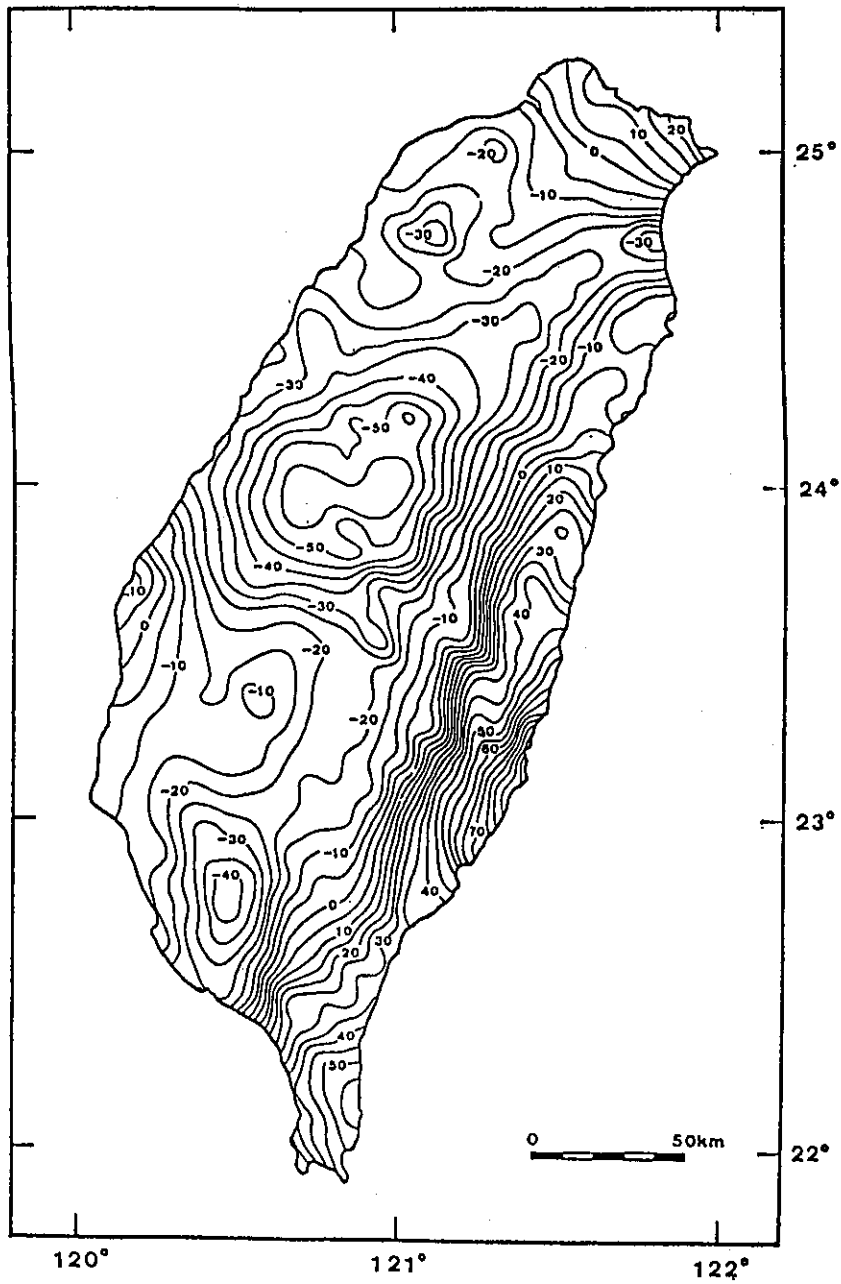


圖 24. 台灣地區布蓋重力異常圖(等值線間隔：5毫伽，葉義雄與顏宏元，1992)。

Fig 24. The bouguer gravity anomaly in Taiwan. (Yeh and Yen, 1992).

來。根據Roecker et.al. (1987)之結果，其地震活動並非發生於傾沒板塊內之高速區，但理論上常速區塊之解析度問題並不易瞭解地震活動之精確位置。另外Rau(1994)之結果表示，傾沒板塊之初始位置為北緯24度、東經121.6度以傾角40度傾沒至深度120公里處，板塊內速度比初始模型高出4-8%，其地震活動發生於板塊內高速區。本文逆推所得之結果傾沒板塊之初始位置亦為北緯24度、東經121.6度，傾沒深度約自20-30公里起，而傾角在深度50至60公里之間由20-30度轉為50-60度，深部向下延伸至約170-180公里，速度比平均高約4-8%，地震活動於高速板塊之上緣，有別於Rau(1994)與Roecker et.al. (1987)之結果。二、南部歐亞大陸板塊隱沒入菲律賓海板塊，可由地函地震活動與低速帶描述，根據Roecker et.al. (1987)之結果表示其隱沒角度淺緩直到台灣東部約50公里處之呂宋島附近消失，北緣至北緯23度，傾沒深度至少50公里。而Rau(1994)之結果表示南部板塊傾沒之初始位置約北緯23度、東經120.5度深度40公里處，傾角為較平緩之20度傾沒至80公里處。本文之結果板塊傾沒起點為東經120.5度，北緣至23.3度仍有板塊之存在，似乎比Rau(1994)之結果更北，傾沒角度平緩向南緣角度愈大，深至170公里附近，深度亦較深，板塊上覆蓋一層厚約20-30公里之低速帶，而地震活動即發生於板塊與其上覆之低速帶之間之速度變化大之區域（約在北緯22.8度至22.0度之間可看到），板塊南緣至北緯22.0度附近。三、台灣本島，在Roecker之結果中北緯23度以北有淺緩的傾斜低速帶，西部中央山脈下20至50公里深度有窄狹的低速帶，外圍輪廓以地震活動包圍。Rau(1994)之結果顯示在中央山脈下50至80公里北緯22.7度至24度之間有一高速帶，其速度高於一維模型4-8%，高速帶上方深度20-45公里處有一低速帶，低於一維模型約2-12%，地震活動在40公里之內除了中央山脈以外之區域。Rau(1994)之結果在深部45公里以下與本文有較大之不同，本文之低速帶在中央山脈下北緯23.5度附近可深至120公里附近，更深之地區因解析度不夠而不加以討論。

南部隱沒帶之形貌不如東北部隱沒帶清晰，有幾點特徵提出討論：一、明顯之低速帶厚約20-30

公里上覆於南部傾沒板塊之上，其來源推測為受傾沒板塊牽引而下插之海相沉積物；另一推測為因本身之密度大（為較重之物質），受重力之牽引而傾沒形成。二、南部隱沒帶之較北緣（北緯22.9度至23.3度）有明顯之傾沒板塊高速區，但沒有地震活動。所以板塊存在與否或是地震活動形態之特殊性值得深入探討。

本文於CWBSN之資料庫中挑選出至少有30個測站收到紀錄之地震，由1991年9月至1995年3月中一共篩選出2326個地震，大部分為規模3.0至4.0之地震，每一層次均有地震選出，這些地震由CWBSN資料庫選取後，並未重新檢視波相，以不同模型重新定位後做地震定位之分析。圖25是震源參數變化之分布柱狀圖與均方根值分布柱狀圖，從發震時間（圖25(c)）變化分布上顯示大部分為 $0.5 \pm 0.25$  sec之間可看出三維速度模型定出較晚之發震時間，縮短了走時，因為三維模型表現出震源側向不均性，提供波線高速度之波徑路線，故縮短了走時。在深度變化（圖25(d)）與經度變化（圖25(e)）分布較廣，即變化大；在緯度上之變化（圖25(f)）明顯較小在正負4.5公里之間；由圖25(a)(b)中可見三維速度模型明顯地降低了均方根值之分布。三維速度構造可以合理的解釋各區地震定位上震源差異之變化與速度構造之偶合關係。

## 六、結 論

逆推一維速度模型時以增加層次之方式，逆推出一個可以表現出三維速度模型側向不均性之平均效應模型；在定位分析上顯示一維速度模型提供東部與西南部地區之地震更高之速度效應，縮短了走時，更提供了隱沒帶高速度構造發展空間。

三維速度模型以網格節點之方式設定模型表示參數，逆推出之三維速度模型依一維速度模型之層次平均層內網格點之速度，所得之模型比較於初始一維速度模型差異極小，最多不過1%之變化，顯示一維初始模型之三維平均效應。

三維速度模型地震定位分析之結果顯示三維速度模型大幅降低了均方根值之分布。

三維速度模型在走時分析上解決了隱沒帶深震波傳效應在中央山脈東西部測站所造成之分歧特

For 2326 EQs

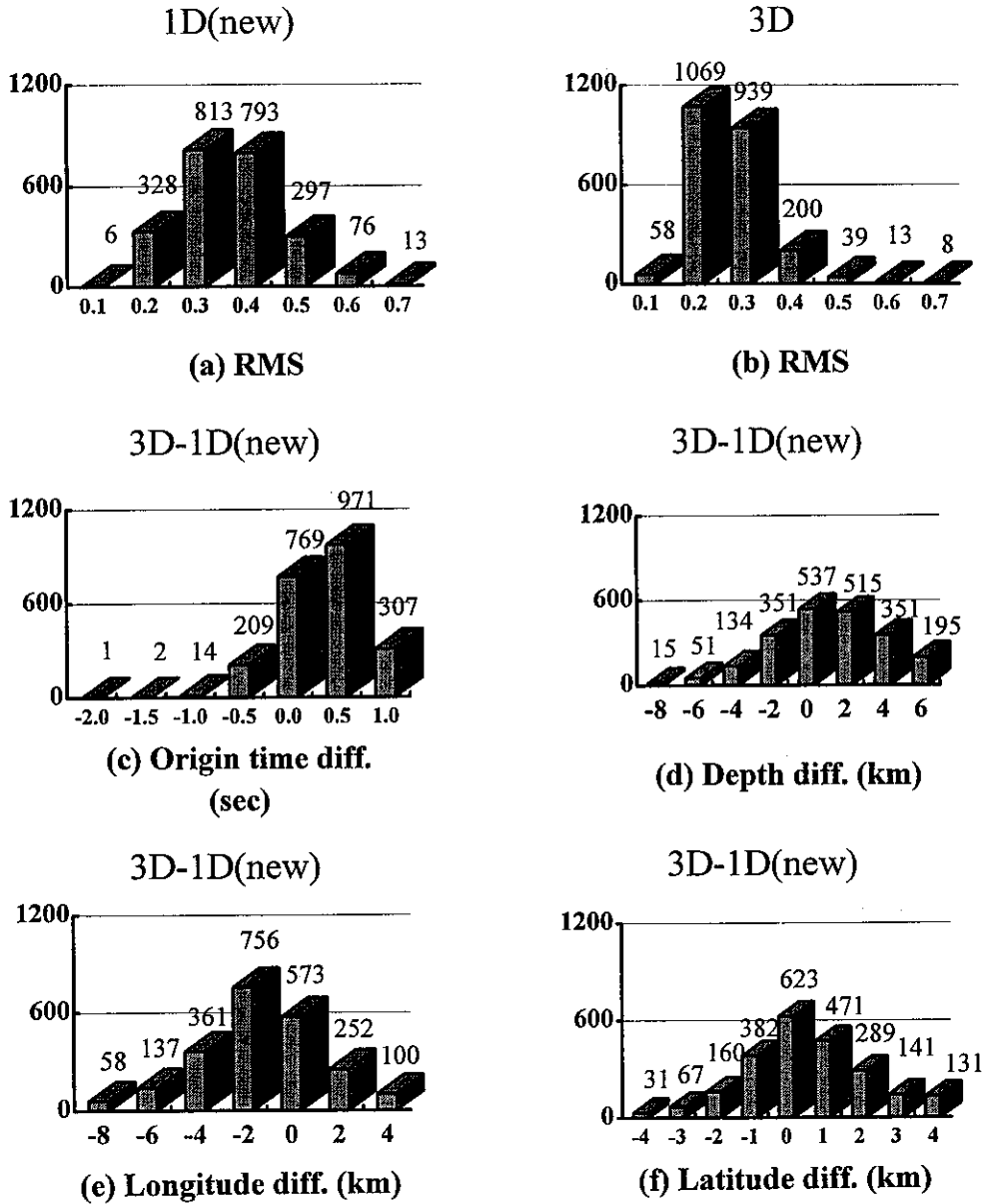


圖 25. 2326個地震三維速度模型與一維新模型震源參數差異與均方根值分布統計圖柱狀統計圖，圖(a)(b)則為新一維模型與三維模型均方根值之分布圖，其區間範圍為正負0.05，圖(c)為發震時間分布圖，其中每個區間範圍為正負0.5秒，圖(d)(e)(f)分別為深度、經度與緯度之分布圖，其區間範圍分別為正負1公里、正負1公里與正負周0.5公里。

Fig 25. The root mean square (a, b) and the different of seismic parameter (c, d, e, f) were located by 3-D and 1-D velocity model.

性，計算之走時能符合東西部測站之P波初達波相。

由三維速度構造之平面分析上淺層2至4公里之速度構造表現出地形之構造，西部平原之低速區，中央山脈高山高速帶，東南部海域上之海相沈積物之低速區；愈向深度9至17公里處是速度構造較為散亂之區域，西部台中、苗栗與高雄、屏東附近兩低速區，中間為北港高速區，西南部馬尼拉海溝向北延伸之低速帶深至17公里均有跡可尋，東北部沖繩海槽擴張尖端延伸至北緯24度附近之低速帶都已形成，台東縱谷向北延伸到北緯24度至24.5度深度13至25公里之間亦可發現P波S波比值高之菲律賓海板塊與歐亞大陸板塊之邊緣痕跡，東南部之高速海板塊亦非常明顯，皆屬於大構造作用下之形貌。地震活動大都發生於相對高速區邊緣之速度梯度高的區域與速度比稍低於平均值2-6%之處。

東北部之隱沒帶自北緯24度起向北隱沒，傾角由淺部之20-30度向深部轉為50-60度，深至180公里；其寬度西起東經121.6度向東傾斜至東經122.2度，地震活動於相對速度高區之板塊上緣，但自東經121.8度以東地震活動於兩相對高區之間。南部之隱沒帶不如東北部隱沒帶完整，自東經120.5度起向東傾沒，傾角由淺部之20-30度至深部約40-50度且有愈向北緣傾沒角度愈平緩之趨勢，其寬度北起北緯23.3度至北緯22.0度均可見高速板塊之蹤跡，其上覆蓋一層厚約20-30公里明顯之低速帶，地震活動集中於北緯22.9度以南之相對高速板塊上緣，而板塊北緣沒有地震活動是值得深入探討之問題。

## 六、參考文獻

- 辛在勤，1992 中央氣象局地震監測網資料對台灣地震的研究，氣象學報，第三十八卷第一期，23-48。
- 何春燕，1982，台灣地體構造的演變 - 台灣地體構造圖說明書，經濟部出版。
- 何春燕，1986，台灣地質概論 - 台灣地質圖說明書，經濟部中央地質調查所出版。
- 何美儀，1994，台灣西部地區三維速度構造，中央大學地球物理研究所碩士論文。

陳燕玲，1995，台灣地區三維速度構造與隱沒構造之相關探討，中央大學地球物理研究所碩士論文。

葉義雄，顏宏元，1992，台灣布蓋重力異常圖(1:500,000)，中央研究院地球科學研究所。

Aki, K. and Lee, W.H.K., 1976. Determination of three-dimensional velocity anomalies under a seismic array using first P arrival times from local earthquakes, 1, a homogeneous initial model, J. Geophys. Res., 81, 4381-4399.

Aki, K., and Richards P. G., 1980. Quantitative Seismology, W.H. Freeman, San Francisco, 1, 63-121.

Backus, G. E., Gilbert, F., 1967. Numerical application of a formalism for geophysical inverse problem, Geophys. J. R. Astron. Soc., 13, 247-276

Crosson, R.S., 1976. Crustal structure modeling of earthquake data 1. Simultaneous least squares estimation of hypocenter and velocity parameters, J. Geophys. Res., 81, 3036-3046.

Eberhart-Phillips, D., 1986. Three-dimensional velocity structure in northern California coast ranges for inversion of local earthquakes arrival times, Bull. Seismol. Soc. Am., 76, 1025-1052.

Eberhart-Phillips, D., 1989. Active faulting and deformation of the Coalinga anticline as interpreted from three-dimensional velocities structure and seismicity, J. Geophys. Res., 94, B11, 15565-15586.

Eberhart-Phillips, D., 1990. Three-dimensional P and S velocity structure in the Coalinga region, California, J. Geophys. Res., 95, B10, 15343-15363.

Eberhart-Phillips, D. and Michael, A.J., 1993. Three-dimensional velocity structure, seismicity, and fault structure in the Parkfield region, central California, J. Geophys. Res., 98, B9, 15737-15758.

Eberhart-Phillips, D., 1993. Local earthquake tomography : earth-quake source regions, in Seismic Tomography : Theory and Practice,

- edited by H.M. Iyer and K. Hirahara, 613-643.
- Hawley, B. W., Zandt, G. and Smith, R. B., 1981. Simultaneous inversion for hypocenters and lateral velocity variations: an iterative solution with a layered model. *J. Geophys. Res.*, 86, 7073-7076.
- Julian, B. R. and Gubbins, D., 1977, Three-dimensional seismic ray tracing. *J. Geophys. Res.*, 43, 95-113
- Kissling, E., 1988. Geotomography with local earthquake data, *Rev. Geophys.*, 26, 659-698.
- Lawson, C. L. and Hanson, R. J., 1974. *Solving Least Squares Problems*, Prentice-Hall. Englewood Cliffs. NJ.
- Menke, W., 1984, *Geophysical Data Analysis : Discrete Inverse Theory*, Academic Press Inc., Orlando, 260.
- Moser, T.J., 1991. Shortest path calculation of seismic rays, *Geophysics*, 56, 59-67.
- Pavlis, G.L., and Booker, J.R., 1980. The mixed discrete continuous inverse problem : application to the simultaneous determination of earthquake hypocenters and velocity structure, *J. Geophys. Res.*, 85, 4801-4810.
- Pavlis, G.L., and Booker, J.R., 1983. A study of the importance of nonlinearity in the inversion of earthquake arrival time data for velocity structure, *J. Geophys. Res.*, 88, 5047-5055.
- Pereyra, V., Lee, W.H.K., and Keller, H.B., 1980. Solving two-point seismic ray-tracing problems in heterogeneous medium, Pt. 1. A general adaptive finite difference method, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 70, 79-99.
- Prothero, W.A., Taylor, W.J., and Eickemeyer, J.A., 1988. A fast two-point three-dimensional ray tracing algorithm using a simple step search method, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 78, 1190-1198.
- Rau, R.J., 1992. Flexure modeling and Taiwan tectonics, Master thesis in Geology, State Univ. of New York at Binghamton.
- Rau, R.J., and Wu, F.T., 1994. Tomography images of lithosphere under Taiwan, *Earth and Planetary Science Letters*.
- Roecker, S.W., Yeh, Y.H., and Tsai, Y.B., 1987. Three-dimensional P and S wave velocity structure beneath Taiwan : deep structure beneath an arc-continent collision, *J. Geophys. Res.*, 92, B10, 10547-10570.
- Thurber, C.H., and Ellsworth, W.L., 1980. Rapid solution of ray tracing problems in heterogeneous media, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 70, 1137-1148.
- Thurber, C.H., 1983. Earthquake locations and three-dimensional crustal structure in the Coyote lake area, central California, *J. Geophys. Res.*, 88, 8226-8236.
- Thurber, C.H., 1984. SIMUL3, in documentation of earthquakes algorithms, (ed. E.R. Engdahl), Report SE-35, World Data Center A for Solid Earth Geophysics, Boulder, CO, 15-17.
- Thurber, C.H., 1985. Nonlinear earthquake location : theory and examples, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 75, 779-790.
- Thurber, C.H., 1986. Analysis methods for kinematic data from local earthquakes, *Rev. Geophys.*, 24, 793-805.
- Thurber, C.H., 1992. Hypocenter-velocity coupling in local earthquake tomography, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 75, 55-62.
- Thurber, C.H., 1993. Local Earthquake Tomography : velocities and  $V_p/V_s$  theory, *Seismic Tomography : Theory and Practice*, edited by H. M. Iyer and K. Hirahara, 563-583.
- Thurber, C.H., and Atre, S.R., 1993. Three-dimensional  $V_p/V_s$  variations along the Loma Prieta rupture zone, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 83, 717-736.
- Toomey, D.R., and Foulger, G.R., 1989. Tomographic inversion of local earthquake data from the Hengill-Grensdalur central volcano complex, *J. Geophys. Res.*, 94, 17,497-17,510.



- Um, J., and Thurber, C.H., 1987. A fast algorithm for two-point seismic ray tracing, Bull. Seismol. Soc. Am., 77, 972-986.
- Yeh, Y.H., and Tsai, Y.B., 1981. Crustal structure of central Taiwan from inversion of P-wave arrival times, Bull. Inst. Earth. Sci., Aca. Sinica, 1, 83-102.
- Zhao, D., 1990. A tomographic study of seismic velocity structure in the Japan islands, Tohoku Univer. Ph. D. Thesis.

## STUDY ON THE EARTHQUAKE LOCATION OF 3-D VELOCITY STRUCTURE IN THE TAIWAN AREA

**Tzay-Chyn Shing and Yen-Ling Chen**

Seismology Center, Center Weather Bureau

### ABSTRACT

The inversion of local earthquake data (LED) for three-dimensional velocity structure requires the simultaneous solution of the coupled hypocenter-model problem. The investigations of kinematic in the Taiwan area included seismicity, velocity structure, and fault plane solution. We imaged the earthquake distribution jointly with the 3D velocity structure by investing 29364 P and 16468 S arrival times from 999 selected events using the method developed by Thurber (1983). In northern Taiwan, a high velocity zone corresponding to the subducted Philippine sea plate is identified from 121.6°E to 122.2°E longitude. The imaged zone extends northward with a dip of 50° - 60° to 180 km in depth. The seismicity located at the upper part of the subducted high velocity plate where the velocity gradient value is large. In southern Taiwan, under the Central Range, an inclines high velocity zone can be seen at depths of 40 - 120 km with a dip of 40° - 50° toward the east. Along the Central Range, at 121.0°E longitude, there are an elongated low velocity zone at depth 25 - 35 km, a low velocity zone at depth 4 - 35 km under the Ilan Plain of northern Taiwan (north of 24°N latitude) at the west end of Okinawa Trough, and a low velocity zone at depth 4 - 17 km of the west by south of Taiwan at the north end of Manila Trench.

**Key words:** 3-D velocity structure.

# 嘉義地區農漁民接觸氣象傳播媒介 及使用氣象訊息之研究

李 炳 和

中央氣象局嘉義氣象站

董 時 叡

國立中興大學

## 摘 要

農漁民接觸氣象傳播媒介中，以大眾傳播媒介為主，人際傳播媒介次之，通信電子媒介接觸最少。氣象訊息使用程度最高者為降雨及氣溫，有60.8、50.4%的農漁民達「經常」使用程度。影響氣象傳播媒介接觸與訊息使用的主要因素為農業經營種類及都市化程度；次要因素為受災經驗及地理區位；而年齡與教育程度則無影響。

關鍵詞：農漁民、傳播媒介、氣象訊息。

## 一、前 言

嘉義地區居民多數以務農為主，為典型的農業縣市，由於民風純樸，農民教育程度偏低，又因傳播等因素影響，氣象媒介接觸頻率較少，訊息獲得亦相對少於都會區，因而對於瞬息萬變之天氣現象，在認知上有實質的差距，再加上特殊的地形差異，因此不同地區之災害損失各異，為了有效服務農漁民及減少農業氣象災害之損失，唯有瞭解其個人對氣象媒介接觸、訊息之利用情形等，才能針對農民之需要，檢討改進氣象預報服務與訊息傳播的管道，以達服務農民之目的。

## 二、名詞釋義

### (一)氣象訊息(meteorological information)

在解釋「氣象訊息」之前，首先要界定什麼是「訊息」？有關訊息(或資訊)的定義繁多。Curras(1987)認為應該具備可以傳遞與為人所理解兩項條件，換言之，便是能夠傳播。Farradane(1979)定義訊息是傳播過程中，代表或替代知識或特定思想的任何實體形式，例如口頭、印刷或電子形式。因此，吾人認為在我們日常生活中從各種傳播媒介得到所有氣象有關的消息，都可稱為氣象訊息，它同時也是資訊。本文中之氣象訊息包含天氣預報及警(特)報資訊二大類。

### (二)傳播媒介(communication media or channel)

依據中央氣象局預報服務方式及對象，將氣象訊息傳播媒介歸納如下三大類：

1.大眾傳播媒介：電視(含有、無線電視)、廣播電台、報紙。

2.通信電子媒介：氣象電話錄音廣播(166、167)、氣象資訊傳真回覆系統(Fax On Demand; FOD)、氣象資訊電子佈告欄(BBS)、全球資訊網(WWW)。

3.人際傳播媒介：

(1)氣象諮詢媒介：有氣象諮詢服務專席(設於中央氣象局局本部)、地方氣象站(如當地之嘉義氣象站)諮詢。

(2)其他媒介：如農業有關之技術與推廣人員(農業試驗所、改良場、農會)或親戚、朋友、鄰居等。

## 三、研究方法

### (一)研究架構

根據研究目的及理論、文獻探討，推測農民個人因素、經營因素、區位因素對氣象訊息使用有影響，因此衍生本研究之架構(如圖1)，左者個人等三個因素為自變項，右者氣象訊息為依變項。

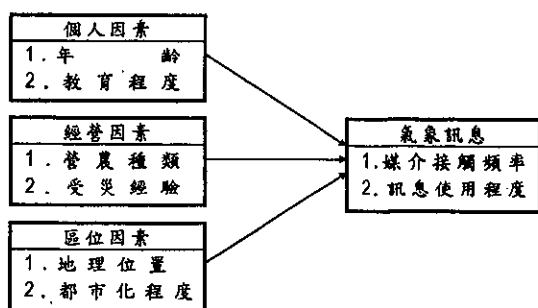


圖1 研究架構

## (二)變項說明與測量

研究架構之主要變項或指標之測量說明如下：

### 1.個人因素

即受訪農民個人之年齡、教育程度等屬性，測量方法如下：

(1)年齡：問卷採用農民慣用之虛歲，分成六個等級，分別是30歲以下、31~40歲、41~50歲、51~60歲、61~70歲、71歲以上。

(2)教育程度：依正式教育高低階段分成五個等級，依序為小學及以下、國(初)中、高中(職)、專科(含二、三、五專)、大學(含獨立學院)及以上。

### 2.經營因素

(1)營農種類：營農種類實際上係指經營或從事之主要產業而言，區分為農作物、水產(不含漁撈)、畜牧等三大類，為顧及農民從事多種種類生產，農民答卷時可多重選擇，並依其所占份量多寡填入主要和次要的營農種類，以便分析時之判斷。

(2)受災經驗：災害經驗意指過去有過農業災害損失之農民，依主要農業氣象災害(颱風害、雨害(不含颱風雨)、低溫害、旱害之輕重(農民自行主觀判斷)區分為非常嚴重、嚴重、普通、輕微及無損失等五種程度，分別給予5~1分。在推論性統計分析中，本變項再依農民各種受災程度平均分數劃分為五等級，4.5分以上為非常嚴重；3.5~4.4分為嚴重；2.5~3.4分為普通；1.5~2.4分為輕微；1.4分以下為無損失。

## 3.區分因素

(1)地理位置：依農漁民居住地區分為山區、平原、沿海三個區，各區再分別選取三至四個鄉鎮市，總計選取十個鄉鎮市。

(2)都市化程度：經選定之抽樣地區，分為市街型、農村型、偏遠型等三種(依客運車行使種類多寡及其班次作為客觀判斷的標準)，其中以市街型都市化程度最高，其次是鄉村型，偏遠型都市化程度最低，分別給予3、2、1等三種等級。

## 4.氣象訊息之媒介接觸及使用

### (1)氣象訊息傳播媒介接觸頻度

測量農民各種氣象傳播媒介接觸之頻率，如前所列三大類傳播媒介，分每天、經常、偶而、很少、從不等五個等級，請農漁民回答其接觸頻度，並分別給予5、4、3、2、1分。在推論性統計中再依頻度平均得分劃分為五級，分數1.4分(含)以下為低度接觸；1.5~2.4分為中低度；2.5~3.4分為中度；3.5~4.4分為中高度；4.5分以上為高度接觸。

### (2)氣象訊息使用程度

農漁民對於與農業較有關之各種訊息種類(含各種災變天氣警報或特報)，如溫度、相對濕度、降雨、風速、日照、蒸發、風(波)浪、潮汐等在農漁事作業或工作計畫之參考情形，分經常、常、偶而、不常、從不等五級，亦分別給予5、4、3、2、1分。在推論性統計中再依程度平均得分劃分為五級，劃分方法同媒介接觸程度。

## (三)抽樣

本研究旨在探討影響嘉義地區農漁民對氣象訊息的使用情形，因氣象受地形影響甚巨，所以地理環境因素成為重要考量，故採用分層隨機抽樣法(Stratified random sampling)，即依嘉義地區的地理環境將之區分為山區、平原、沿海等三區分別給予以取樣。山區中阿里山、大埔鄉由於高山國有林地居多，農民亦多經營林業為主，並且農民居住地分散，調查訪談不易，故本地區選取以經度、地理環境和海拔高度均相當的梅山鄉、竹崎鄉、中埔鄉等三鄉鎮為本區代表。平原區則以西部縱貫鐵、公路經過之民雄鄉、嘉義市、水上鄉，以及中山高速公路設有交流道之太保市(嘉義縣縣治)等四鄉鎮市為

代表。沿海區則以嘉義縣瀕臨海岸線之東石鄉、布袋鎮、義竹鄉等三鄉鎮為代表。在上述10個選取代表鄉鎮市中，每個鄉鎮市再各隨機抽取當地之農漁(養殖業者)民為調查對象，總計樣本人數為285人。

#### 四資料蒐集

問卷設計在初步完成階段，為求內容適切、完善，隨意請本地區相識的農民朋友(有居住嘉義市者，亦有嘉義縣竹崎鄉、番路鄉者)計15位，對他們進行試訪，農民朋友咸認為問卷內容大多可以瞭解，僅有少部份較難理解的文辭須予刪除或修正，待試訪階段完成之後，則依抽樣的十個鄉鎮市中進行正式的問卷調查。在十個鄉鎮市中除嘉義市由筆者親自對農民進行問卷訪問外，嘉義縣的九個鄉鎮市，則委請農會人員將問卷調查表轉請農民真實作答，並且負責悉數回收。待問卷調查工作完成後，隨即進行問卷整理，在整理當中發現11份問卷填答遺漏多數題目及勾選時用心不足，另外有沿海地區問卷抄襲嚴重，及極少數問卷漏填部份題目，若無法以電話追蹤補足者，則視為無效，計有14份，加上上列11份，總計無效問卷為25份。將上述無效問卷予以剔除，有效問卷量表分數則登錄於電腦，並依本研究之需求進行統計分析。

#### (四)分析方法

問卷量表分數之統計分析，係以SPSS (Statistical Package for the Social Science)電腦統計軟體為處理工具，配合研究目的進行如下之分析：

##### 1.描述性分析

以次數分配、百分比來描述受訪農漁民個人背景、營農、居住區位等因素及氣象傳播媒介接觸、氣象訊息的使用情形。

##### 2.推論性分析—變異數分析(analysis of variance, ANOVA)

分析受訪農漁民個人背景、經營、區位等三因素對氣象訊息傳播媒介接觸及訊息使用之影響，並將影響呈顯著性之變項進一步以最小顯著性測驗(LSD)方法，比較各變項組內之差異是否顯著。

## 四、結果與討論

#### (一)樣本特性

在嘉義地區十個鄉鎮市調查訪問中，總計發出

問卷285份，剔除無效問卷25份，共取得有效問卷260份，為便於資料分析結果之研判，對於樣本農漁民之個人背景等有關資訊須加以瞭解，以作為探討農漁民農業氣象訊息利用的基礎。以下為綜合各樣本農漁民之特性及相關資料之概述。

#### 1.年齡

取樣調查之農漁民年齡分布中，30歲以下及71歲以上二個年齡層所占百分率較少，此乃母群體中年青及老年農漁民即占少數的緣故，但就整體而言，尚符合母群體之分布(表1-1)。

表 1-1：農漁民年齡分布表

年 齡	人 數	百分比 (%)
30歲以下	16	6.2
31—40歲	64	24.6
41—50歲	78	30.0
51—60歲	59	22.7
61—70歲	38	14.6
71歲以上	5	1.9
合 計	260	100.0

#### 2.教育程度

目前全省農漁民之教育程度有偏低現象，在本研究的260個樣本當中，其教育程度以高中(職)以下占大多數，將近90%，小學(及以下)、國(初)中、高中(職)各占30%左右，而高學歷(專科以上)之農漁民較少，尤以大學學歷者(有4人)，僅占所有樣本的1.5%(表1-2)，因而在統計分析時，本層代表性較為不足。

表 1-2：農漁民教育程度分布表

教 育 程 度	人 數	百分比 (%)
小學及以下	78	30.0
國(初)中	76	29.2
高中(職)	77	29.6
專 科	25	9.6
大學及以上	4	1.5
合 計	260	100.0

#### 3.農業經營種類

表1-3中顯示本研究調查對象之中，以種植農作物之農民為多數，養殖為業之漁民次之，畜牧類之農民最少，此因母群體中從事畜牧業之農民即占少數。

表 1-3：農漁民農業經營種類分布表

營 業 種 類	人 數	百分比 (%)
農 作 物 類	181	69.6
水 產 養 殖 類	63	24.2
畜 牧 類	16	6.2
合 計	260	100.0

#### 4. 受災經驗

表1-4是台灣四種主要農業氣象災害嘉義地區農漁民受害經驗分布表，由表中得知受訪的260位農漁民以颱風的損失最為嚴重，其中認為損失「非常嚴重」者最多，超過總受訪者的五成，且約有1/3農民認為有「嚴重」的受害經驗，僅少數人之受災經驗為「普通」及「輕微」，唯獨1人「無損失」。農漁民受災經驗程度次於颱風災害者為豪雨

表 1-4：農漁民農業氣象災害經驗分布表

災 害 經 驗	人 數	百分比 (%)
風	非常嚴重	133
	嚴 重	95
	普 通	22
	輕 微	9
	無 損 失	1
合 計	260	100.0
雨	非常嚴重	57
	嚴 重	112
	普 通	62
	輕 微	24
	無 損 失	5
合 計	260	100.0
低 溫	非常嚴重	15
	嚴 重	55
	普 通	89
	輕 微	84
	無 損 失	17
合 計	260	100.0
旱 害	非常嚴重	20
	嚴 重	49
	普 通	74
	輕 微	78
	無 損 失	39
合 計	260	100.0

害，在全數的受訪者當中，近半數有「嚴重」程度的雨害經驗。低溫害的農業損失經驗以「普通」和「輕微」程度者較多。乾旱災害的損失程度與寒害相近，因同時有較多的農漁民認為是「普通」和「輕微」，二者合計達五成以上。在旱害經驗中雖有一成半的人認為「無損失」，但也同時有部份農民有過非常嚴重的旱害經驗，這可能與其居住地區或營農種類不同有關。以上調查結果與前人(謝，1985；楊，1996)等調查嘉義地區災害實際損失的情形一致，本地區四種主要農業氣象災害中仍以颱風災害損失最為嚴重，其次是豪雨災害，旱害和低溫害損失較輕。

#### 5. 地理區位

為顧及氣象災害會造成空間上的差異，特將研究區區分為山區、平原、沿海三區，然後依此區位分別隨機取樣，因此樣本農漁民之居住地區分布比率極為均勻，三區人數分別是87、88、85人，百分比約為33%左右(表1-5)。

表 1-5：農漁民居住地區分布表

地 理 位 置	人 數	百分比 (%)
山 區	87	33.5
平 原	88	33.8
沿 海	85	32.7
合 計	260	100.0

#### 6. 都市化程度

農漁民因工作環境因素的關係，其居住地區都市化程度一般均較低，亦即所謂的農(鄉)村地區，所以抽樣的260位農漁民中，以居住在農村者較多，偏遠者次之，而居住於都市化程度最高的市街最少(表1-6)。

表 1-6：農漁民居住都市化程度分析表

都 市 化 程 度	人 數	百分比 (%)
市 街	34	13.1
農 村	174	66.9
偏 遠	52	20.0
合 計	260	100.0

## (二) 農漁民氣象傳播媒介接觸及氣象訊息使用程度之情形

### 1. 氣象訊息傳播媒介接觸頻度

近年來台灣傳播媒介快速發展，使得大眾傳播媒介成為社會中傳遞訊息最為便捷之管道，表2-1顯示出農漁民仍以大眾傳播媒介為獲知氣象訊息的主要來源，其次為人際傳播媒介，而最近正蓬勃發展中的通信電子媒介，農民的接觸程度反為最低，這與農漁民之年齡偏高及教育程度偏低有關，以致使用上有其困難，或是習慣性的問題。就三種大眾傳播媒介—電視、廣播電台、報紙而言，其中以電視媒介為農民最常接觸的媒介(4.73分)，此與McNew等人(1991)調查農業生產者就氣溫、降雨、相對濕度、風速(向)等訊息來源之結果相近，其研究中顯示，多數農業生產者(平均70%)以電視媒介為該等訊息的來源。本研究區農民其接觸電視頻度情形如表2-1所示，有197人(75.8%)「每天」從電視媒介獲得氣象訊息，再者有21.9%的農民「經常」接觸電視得知氣象訊息，二者合計即高達97.7%，而且沒有人「從未」接觸電視，由上可知大多數的農民對電視的涉入極深。陳 (1982)調查台北市成人收看十八類電視節目之動機，發現65.3%的受訪者幾乎每次收看新聞及氣象節目，相關的研究也有類似的發現，亦即顯示電視媒介傳播氣象訊息是最有效的管道。廣播媒介接收氣象訊息者當中，在程度上以「偶而」接觸較多，為42.3%，「很少」與「經常」接觸者約為15~17%，但也有18.5%的農民「從未」利用廣播媒介作為獲知氣象訊息的來源，由此可知，農民接觸廣播電台的頻度很低，與電視媒介相比相差甚遠，顯示廣播媒介受電視的影響很大。此調查結果與楊(1978)研究結果相同，亦即廣播已不再是一項主要的氣象訊息傳播媒介，取而代之者為電視。報紙是大眾傳播界的元老，歷史最久，也是傳統上最有影響力的新聞媒介，但其時效性無法與電視、廣播相比擬(陳，1987)。本調查研究資料顯示，農民接觸報紙的程度(得3.24分)、頻度都很高，有28%的農民「每天」接觸報紙、20.4%「經常」接觸、15.4%「偶而」接觸、19.2%「很少」接觸，但也有9%的農漁民「從不」接觸報紙，以接觸頻度之分布而言，報紙較其它大眾

傳播媒介均勻，即接觸頻度在各等級的人數落差較小。

通信電子媒介中以電話錄音(166、167均為站台代號，分別代表國語及台、客語發音)發展最早，農民利用其作為氣象訊息來源者也較多(2.01分)，但接觸頻度並不深，有25%的受訪農漁民「偶而」利用其作為氣象訊息獲取之媒介，有21.2%的農民「很少」接觸，甚至有45%的農民「從未」使用過氣象電話廣播，在電話普及率非常高的現代農村中，農民仍未普遍利用電話廣播為取得氣象訊息的來源。氣象資訊傳真回覆系統與電腦網路為近一、二年發展的訊息傳遞工具，但因為傳真機與電腦在今日農村中擁有者較少，又此二種工具較高教育程度者在使用上較為方便，因此調查資料顯示83.8%及94.6%的農民「從未」接觸過這二類通信電子媒介，同時也是所有傳播媒介接觸程度最低者(得1.24、1.10分)。

由於農漁民多數居住在鄉村，傳統的人際網路仍舊是彼此互傳訊息的主要管道，陳(1987)研究中亦認為人際接觸在目前農村地區仍為舉足輕重的傳播媒介，許多農業知識與消息皆是經由此管道傳散到鄉村廣大的農民，人際接觸在開發中地區的鄉村社會裡，對知識或教育程度較低的農民尤為重要。本研究調查資料獲知，人際媒介在氣象傳播中功能勝於通信電子媒介，為農漁民獲知氣象訊息次要的傳播媒介。比較四種人際傳播媒介當中，農民以接觸親朋鄰居的程度較深(2.91分)，有28.8%的農民「經常」從此人際媒介傳遞氣象訊息，又「偶而」接觸者亦佔33.8%。農民在人際媒介中，接觸程度僅次於親朋鄰居者為農會推廣人員(2.02分)，但其接觸層面僅止於「偶而」(25.4%)和「很少」(17.3%)，且亦有近五成的農漁民「從不」以此為氣象訊息傳遞管道。氣象諮詢服務及農試單位人員二種為農民接觸程度較低的人際傳播媒介(1.55、1.42分)，只有少數人「偶而」或「很少」接觸，且有較多比率的農民「從未」以此作為氣象訊息獲得的來源。

### 2. 氣象訊息使用程度

本調查列舉氣壓等九項與農業經營有關的氣象要素，請農漁民就各項氣象訊息填答其利用程

表 2-1：農漁民接觸氣象傳播媒介頻度分布表

氣象傳播媒介	分數	每天	經常	偶而	很少	從不	合計
大眾傳播媒介	電視 (含無線台)	4.73 (75.8)	197 (21.9)	57 (1.5)	4 (0.8)	2 (0)	260 (100)
	廣播電台	2.76 (7.3)	19 (15.0)	39 (42.3)	44 (16.9)	48 (18.5)	260 (100)
	報紙	3.24 (28.1)	73 (20.4)	53 (15.4)	40 (19.2)	44 (16.9)	260 (100)
通信電子媒介	電話錄音 (166、167)	2.01 (3.1)	8 (5.8)	15 (25.0)	65 (21.2)	55 (45.0)	117 (100)
	氣象資訊傳 真回覆系統	1.24 (0.4)	1 (1.5)	4 (3.8)	10 (10.4)	218 (83.8)	260 (100)
	電腦網路 (BBS、WWW)	1.10 (0.4)	1 (0.8)	2 (1.5)	4 (2.7)	246 (94.6)	260 (100)
人際傳播媒介	諮詢服務 (氣象人員)	1.55 (1.9)	5 (2.3)	6 (13.8)	36 (13.1)	179 (68.8)	260 (100)
	農業試驗所、 改良場人員	1.42 (0)	0 (0.8)	2 (9.2)	24 (20.8)	54 (69.2)	180 (100)
	農會 推廣人員	2.02 (1.2)	3 (9.6)	25 (25.4)	66 (17.3)	45 (46.5)	121 (100)
	親戚、朋友 、鄰居..等	2.91 (5.2)	16 (28.8)	75 (33.8)	88 (11.9)	31 (19.2)	260 (100)

註：( )內數字為百分比

度，統計結果(表2-2)得知，九種氣象訊息中以「經常」使用者，以降雨訊息得4.44分、氣溫訊息4.27分、日照訊息3.17分較高；相對濕度(2.67分)、風速(向)(2.62分)、氣壓(2.13分)等訊息居中；使用程度最低的是蒸發、潮汐(1.60分)、風

表 2-2：農漁民使用氣象訊息程度分布表

氣象訊息	分數	經常	常	偶而	不常	從不	合計
氣 壓	2.13	21 (8.1)	23 (8.8)	47 (18.1)	46 (17.7)	123 (47.3)	260 (100)
氣 溫	4.27	131 (50.4)	89 (34.2)	26 (10.0)	6 (2.3)	8 (3.1)	260 (100)
相對濕度	2.67	27 (10.4)	58 (22.3)	55 (21.2)	41 (15.8)	79 (30.4)	260 (100)
降 雨	4.40	158 (60.8)	67 (25.8)	24 (9.2)	3 (1.2)	8 (3.1)	260 (100)
風速(向)	2.62	37 (14.2)	41 (15.8)	52 (20.0)	47 (16.1)	83 (31.9)	260 (100)
日 照	3.17	58 (22.3)	70 (26.9)	48 (18.5)	27 (10.4)	57 (21.9)	260 (100)
蒸 發	1.60	5 (1.9)	9 (3.5)	23 (8.8)	62 (23.8)	161 (61.9)	260 (100)
風(波)浪	1.56	15 (5.8)	14 (5.4)	12 (4.6)	19 (7.3)	200 (76.9)	260 (100)
潮 汐	1.60	17 (6.5)	17 (6.5)	11 (4.2)	15 (5.8)	200 (76.9)	260 (100)

註：( )內數字為百分比

(波)浪(1.56分)。就其使用頻度而言，降雨訊息有60.8%、氣溫訊息有50.4%、日照訊息有22.3%的農民達「經常」使用程度，為農民使用頻度最高的三種氣象訊息。以上使用頻度(或程度)最高的三種訊息—氣溫、降雨、日照即農業經營三大重要氣象因素，此調查結果與理論頗為契合，並且與McNew(1991)調查結果相同。農漁民使用程度較低之氣壓、風(波)浪、潮汐三種氣象要素為養殖業參考較多，與農作物、畜牧業較無關係，因本研究樣本中漁民僅佔24.2%，所以造成上述三種氣象訊息在整體使用程度上有偏低的現象。

### ㄟ農漁民氣象傳播媒介接觸及氣象訊息使用之差異比較

氣象訊息傳播媒介係指①電視②廣播電台③報紙④電話⑤傳真機⑥電腦⑦氣象人員⑧農試所及改良場人員⑨農會推廣人員⑩親朋、鄰居等十種，為研究分析方便起見，特將之歸成三大類，即①②③項為大眾傳播媒介，④⑤⑥項為通信電子媒介，⑦⑧⑨⑩項為人際傳播媒介，類別之分數即為農漁民在該類中各媒介接觸頻度之加總分數後的平均分數，然後再將此三大類分數加總再作平均，使其成為整體媒介接觸程度的分數。在訊息使用方面，同上之方式將列舉的九種氣象訊息—氣壓、氣溫、相對濕度、降雨、風速(向)、日照、蒸發、風(波)浪、潮汐加總平均，成為整體訊息分數。以上變項是為依變項，在以下分析中將分別與農漁民背景、經營、區位等三個因素作為變異數分析，探討其對整體及各氣象傳播媒介接觸與使用氣象訊息程度之影響。然後再將達顯著水準之因素作個別多重比較，以進一步瞭解變項內個別的差異。

### 1.背景因素

#### (1)年齡

人口學的變項中，年齡為個別農民最基本的背景因素，由表3-1得知農民的年齡僅影響人際傳播媒介接觸程度，此如同之前所述，人際傳播媒介在現今農村中仍占舉足輕重的地位同。個別比較其差異時發現，在農民六個年齡層當中，以61~70歲接觸人際傳播媒介程度最高(2.28分)，且本年齡層與其他各年齡層農民之間呈顯著的差異，

表 3-1：背景因素對接觸氣象傳播媒介及氣象訊息使用程度影響之變異數分析摘要表

變 項	F 值				
	媒介接觸 (整體)	大眾傳播 媒介	通信電子 媒介	人際傳播 媒介	訊息使用 (整體)
年 齡	0.35	0.28	0.98	2.27*	2.23
教育程度	2.01	1.48	0.82	1.43	1.78

\*:  $p < 0.05$

其他各層之間的差異則不顯著(表3-2)，其原因可能是本年齡層屬於年老農民，仍習慣於傳統的人際接觸方式傳播訊息，而71歲以上之農漁民在行動上可能較不方便，又本層年齡之農民在抽樣總樣本中僅有5人(1.9%)，代表性稍嫌不足(但又礙於取樣上之困難，實不得已)。但由此結果應可以推測農民之人際接觸頻度，仍以高年齡層者較高。年齡對整體、大眾傳播、通信電子等媒介接觸及氣象訊息使用程度均無顯著影響。徐等人(1975)分析台灣地區民眾接觸媒介時間與個人基本因素的關聯性時，亦發現電視使用程度和年齡、教育程度無關，可能原因是農民年齡層偏高且分布較集中有關。

表 3-2：農漁民年齡對接觸氣象傳播媒介及使用氣象訊息程度之多重比較

年 齡	人際傳播媒介
30 歲以下	1.94 <sup>a</sup>
31—40 歲	1.98 <sup>a</sup>
41—50 歲	1.94 <sup>a</sup>
51—60 歲	1.84 <sup>a</sup>
61—70 歲	2.28 <sup>b</sup>
71 歲以上	1.85 <sup>a</sup>

\*: 同行字母相同者表示差異不顯著( $p > 0.05$ )

## (2)教育程度

教育程度是農民學習的指標，氣象災害的認知亦透過各種傳播媒介宣導，以增進其認知。理論上而言，農民教育程度愈高者，其接觸各種氣象傳播的頻率及使用氣象訊息程度也愈高，因而較高教育程度者在氣象災害認知上也會高於低教育程度者。前人等(劉等，1989；廖等，1991)的研究均一致指出，教育程度愈高者接觸(使用)媒介的

頻度愈高。然而，農民教育程度變項在本研究中可能因同質性較高的緣故，所以教育程度對各種氣象傳播媒介接觸及使用氣象訊息程度無顯著影響(表3-1)。此與假設相左的原因，其一可能是本研究對象只限於小群體—農漁民，以及研究區域較小的關係；其二是本研究僅針對特定的氣象訊息媒介，非泛指全數傳播媒介，所以研究結果會有差異。

## 2.經營因素

### (1)營農種類

不同農業經營種類對於各項氣象因子之反應和需求也不一致，因此農民營農種類的不同，對於氣象傳播媒介的接觸及使用氣象訊息程度也會有差異，本研究調查分析結果如表3-3所示，在整體媒介接觸之F值為3.75，P值小於0.05，表示營農種類對整體媒介接觸有顯著的差異，就個別的傳播媒介而言，營農種類對大眾傳播媒介之影響不顯著，而對通信電子媒介及人際傳播媒介則有顯著的差異，推測其原因可能是大眾傳播媒介在農村中普及率極高(尤以電視為甚)，農民的接觸頻度差異不大；而通信電子媒介及人際傳播媒介因受限於設備、使用者個人須具某些條件限制，以及訊息取得無時間性，因而較容易產生差異性。就氣象訊息使用而言，本研究之整體訊息使用程度之計分，是總合農業經營所有有關的氣象因子，結果顯示，在整體氣象訊息使用程度上，經營種類不同的農漁民會產生顯著性的差異。

以上所述，營農種類除影響整體媒介的接觸外，通信電子媒介及人際傳播媒介也因營農種類而有顯著的差異，表3-4為個別差異的比較表，表中得知，畜牧經營的農民接觸整體媒介的得分2.66分最高，且與農作物類農民、水產養殖類漁民

表 3-3：經營因素對接觸氣象傳播媒介及氣象訊息使用程度影響之變異數分析摘要表

變 項	F 值				
	媒介接觸 (整體)	大眾傳播 媒介	通信電子 媒介	人際傳播 媒介	訊息使用 (整體)
營農種類	3.75	2.46	6.51**	7.76**	10.58**
受災經驗	0.82	1.33	1.02	0.66	3.11*

\*:  $p < 0.05$     \*\*:  $p < 0.01$



表 3-4：農漁民農業經營種類對接觸氣象傳播媒介及氣象訊息使用程度之多重比較

營 農 種 類	媒介接觸 (整體)	通信電子 媒介	人際傳播 媒介	訊息使用 (整體)
農作物類	2.32 <sup>a</sup>	1.40 <sup>a</sup>	2.06 <sup>a</sup>	2.54 <sup>a</sup>
水產養殖類	2.31 <sup>a</sup>	1.47 <sup>a</sup>	1.71 <sup>b</sup>	3.08 <sup>b</sup>
畜 牧 類	2.66 <sup>b</sup>	1.94 <sup>b</sup>	2.09 <sup>a</sup>	2.54 <sup>a</sup>

：同行字母相同者表示差異不顯著(p>0.05)

之分數呈顯著差異，而農作物類農民、水產養殖類漁民二者間之差異不顯著。通信電子媒介之接觸程度仍以畜牧業者分數最高，水產養殖類漁民次之，農作物類農民最低，至於個別間之差異與整體媒介接觸的情形相同，在人際傳播媒介接觸比較方面，亦以畜牧經營者之分數最高，農作物者次之，但二者間差異不顯著，人際傳播媒介接觸程度最低的是水產養殖類漁民(此可能與居住於沿海地區居民生活習性有關，其較不習慣人際接觸)，此類漁民人際傳播媒介接觸程度與另二類農民達顯著的差異。比較三類經營種類對整體訊息使用之差異，可由表3-4得知，水產養殖業者使用氣象訊息程度最高，農作物、畜牧業者次之，且水產養殖業漁民與另二類經營者之差異顯著。

## (2)受災經驗

由表3-3資料顯示，農漁民並未因以往受災經驗而其在氣象傳播媒介的接觸上產生影響。但是在整體氣象訊息的使用程度上則有顯著的差異，由此可知，農民的災害經驗會影響其在整體的訊息使用。從表3-5的多重比較結果可知，農民過去經驗損失愈嚴重者在整體訊息使用得分則愈高。比較

表 3-5：農漁民農業氣象災害經驗對使用氣象訊息程度之多重比較

受災經驗	訊息使用程度 (整體)
輕 微	2.45 <sup>a</sup>
普 通	2.69 <sup>b</sup>
嚴 重	2.79 <sup>b</sup>
非常嚴重	3.46 <sup>c</sup>

：同行字母相同者表示差異不顯著(p>0.05)

其個別差異之顯著性，「非常嚴重」經驗者與其他三種經驗者之間呈顯著的差異，且「輕微」程度經驗者亦與「普通」、「嚴重」、「非常嚴重」等三等級呈顯著差異，但「普通」與「嚴重」二級之間其訊息利用得分無差異，由以上分析可知，受過農業氣災害損失愈為嚴重的農民，氣象訊息使用的程度愈高，受災等級差距愈大其個別比較呈現顯著差異的可能性也愈高。

## 3.區位因素

### (1)地理位置

農漁民居住地區對氣象傳播媒介接觸與使用氣象訊息的影響，由表3-6顯示，在整體的媒介接觸

表 3-6：區位因素對接觸象傳播媒介及氣象訊息使用程度影響之變異數分析摘要表

變 項	F 值				
	媒介接觸 (整體)	大眾傳播 媒介	通信電子 媒介	人際傳播 媒介	訊息使用 (整體)
地理位置	1.50	0.92	1.32	12.15 <sup>**</sup>	12.86 <sup>**</sup>
都市化程度	9.12 <sup>**</sup>	14.72 <sup>**</sup>	1.62	8.77 <sup>**</sup>	6.64 <sup>**</sup>

\*\*：p<0.01

無顯著差異，就個別之媒介而論，居住地區在大眾傳播、通信電子媒介上亦無影響，但地理位置不同則會顯著影響人際傳播媒介。再者，地理位置不同對農民氣象訊息使用(整體)亦有顯著的差異。農漁民居住地區不同對大眾傳播媒介接觸與通信電子傳播媒介接觸程度無影響的原因，一者可能是今日農村中大眾傳播媒介已相當普遍，且農漁民在接觸上皆非常頻繁，並未因地區之不同而有差異；相對的，通信電子傳播媒介在農(鄉)村中尚未普及，全省農民擁有電腦的比率僅為5.45%，遠較非農民的20.0%低(馮，1996，引述自陳昭昭之研究)，因而接觸頻率普遍偏低，所以接觸程度無顯著差異。

比較農民居住地區不同對人際接觸傳播媒介程度個別的差異，表3-7顯示山區農民的接觸程度，較平原和沿海高，而且山區與平原、沿海二個地區差異達5%顯著水準，但平原與沿海地區之間則無顯著差異。在整體氣象訊息使用程度最高者為沿海地區，其次是山區，平原地區的使用程度最低，彼

表 3-7：農漁民居住地區對接觸氣象傳播媒介及氣象訊息使用程度之多重比較

地理位置	人際傳播媒介	訊息使用 (整體)
山區	2.20 <sup>a</sup>	2.58 <sup>a</sup>
平原	1.88 <sup>b</sup>	2.45 <sup>a</sup>
沿海	1.84 <sup>b</sup>	2.99 <sup>b</sup>

\*：同行字母相同者表示差異不顯著(p>0.05)

此間的差異由表中平均分數之英文字母標示知，沿海地區與平原、山區均達顯著水準，但平原與山區二者間差異不顯著。

## (2)都市化程度

都市化程度影響氣象傳播媒介接觸差異，經變異數分析結果如表3-6所示，整體氣象媒介、大眾傳播媒介、人際傳播媒介、整體訊息使用之顯著水準多在1%以下，表示都市化指標對上列各項媒介之接觸及訊息使用程度均有極顯著的差異，杜(1984)研究顯示，居住地之行政區域等級愈高之居民接觸電視新聞氣象之程度愈高。而通信電子媒介接觸不受都市化程度的影響，此因農民接觸該媒介的頻度普遍偏低所致。

經由多重比較結果得知，整體媒介接觸較高者為居住市街及農村的農民，偏遠地區之農民接觸程度較低，且接觸較高者與較低者呈顯著差異。農民接觸大眾傳播媒介分數仍依都市化程度高低順序排列，亦即都市化指標愈高的地區，農民接觸大眾傳播媒介的程度也愈高，表3-8顯示都市化指標由高而低之分數為3.81、3.65、3.16分，多重比較結果，偏遠地區與市街及農村之間均呈顯著差異，而市街與農村無差異。人際傳播媒介接觸程度較高者為居住農村的農民，較低的仍是偏遠地區農民，居住市街的農民居中，可見農村地區之農民較習慣以人際接觸方式傳播氣象訊息。

個別比較市街、農村、偏遠三者間差異，由表中英文字母標示可知，偏遠地區農民分數與農村地區農民分數有顯著差異，與居住市街者無差異，市街農民與農村農民亦無差異。氣象訊息使用程度亦隨都市化指標之增高而增高，顯著性比較結果與整體媒介接觸相同，顯示農漁民氣象訊

息使用與媒介的接觸有正的相關性。

表 3-8：農漁民居住地都市化程度對接觸氣象傳播媒介及使用氣象訊息程度之多重比較

都市化程度	媒介接觸 (整體)	大眾傳播媒介	人際傳播媒介	訊息使用 (整體)
市街	2.41 <sup>a</sup>	3.81 <sup>a</sup>	1.99 <sup>ab</sup>	2.81 <sup>a</sup>
農村	2.40 <sup>a</sup>	3.65 <sup>a</sup>	2.05 <sup>a</sup>	2.75 <sup>a</sup>
偏遠	2.09 <sup>b</sup>	3.16 <sup>b</sup>	1.73 <sup>b</sup>	2.31 <sup>b</sup>

\*：同行字母相同者表示差異不顯著(p>0.05)

## 五、結 論

(一)農漁民接觸氣象傳播媒介以大眾傳播媒介為主，當中又以電視媒介接觸頻度最高，「每天」接觸之農民高達75.8%，其次是廣播媒介，有42.3%農民「偶而」接觸。顯然的，氣象訊息傳播效果以電視媒介最好。再者，人際傳播媒介在農村中仍占有一席之地，有33.8%的農漁民「偶而」透過親戚、朋友、鄰居傳播氣象訊息。而電子媒介正蓬勃發展的今天，農民接觸之頻度仍低，有45%的農民「從不」使用氣象電話廣播；83.8%農民「從未」接觸氣象傳真回覆系統；更有高達94.6%農民「沒有」使用電腦網路獲取氣象訊息。

(二)在氣象訊息使用方面，農漁民使用最多的只有降雨及氣溫二項，有60.8%「經常」使用降雨訊息；有50.4%「經常」使用氣溫，其他各項訊息僅少數達「經常」使用程度。

(三)氣象傳播媒介接觸與訊息使用大多不受背景因素一年齡及教育程度變項影響，研究中惟有年齡會顯著影響人際傳播媒介的接觸程度。經營因素中管農種類對氣象傳播媒介接觸(大眾傳播除外)及對訊息使用大多有顯著影響，其中又以畜牧經營者氣象媒介接觸與訊息使用程度為三類中最高。而受災經驗對氣象傳播媒介接觸無影響，但對訊息使用有影響。區位因素中都市化程度對氣象傳播媒介接觸與訊息使用較地理位置具有影響力。研究結果沿海地區接觸媒介頻度較高；都市化程度較高者接觸媒介及使用訊息程度也較都市化程度低者高。

## 嘉義地區農漁民農業氣象災害預防態度問卷調查表

編號：

親愛的農漁民朋友 您好：

您辛苦了！在此耽誤您幾分鐘時間，請教您幾個問題。煩請詳細且真實作答，本問卷才會有意義。您的寶貴意見，除可提供學術研究之外，亦可作為中央氣象局提供預報服務及防災宣導參考。本問卷絕不作其他用途，敬請鼎力支持。謝謝您的合作！

敬祝

闔家平安

國立中興大學農業推廣教育研究所

副教授 董時叡

交通部中央氣象局嘉義氣象站

技士 李炳和 敬上

86.03.06

[電話：(05)2321992 傳真：(05)2328816]

### 一、地理區位

(1)請問您的居住地是：\_\_\_\_\_鄉、鎮、市\_\_\_\_\_村、里。  
(如果您方便的話，請您留下電話號碼，TEL：\_\_\_\_\_)

(2)請問您是居住在：

☐ (1)市街 (說明：您家或附近有二種以上客運車行駛，或一種客運車行駛但班次較多者)

☐ (2)農村 (說明：您家或附近有一種客運車行駛，但班次較少者)

☐ (3)偏遠 (說明：您家或附近完全沒有客運車行駛)

## 二、訊息管道與接觸程度

訊 息 管 道		請問您是否經常從下列媒體注意到有關氣象的訊息？				
		(1)每天	(2)經常	(3)偶而	(4)很少	(5)從不
大眾傳播媒介	電 視 (含有線台)					
	收 音 機					
	報 紙					
通信	電話錄音 (166、167)					
電子媒介	氣象資訊傳 真回覆系統					
	電 腦 網 路 (BBS、WWW)					
人際傳播媒介	諮 詢 服 務 (氣象人員)					
	農 業 試 驗 改 良 場 所 人 員					
	農 會 推 廣 人 員					
	親 戚、朋 友 、 鄰 居... 等					

### 三、氣象訊息利用程度

氣象要素	請問在左列氣象要素中，您使用於農業經營之情形？				
	(1)經常	(2)常	(3)偶而	(4)不常	(5)從不
氣 壓					
氣 溫					
相對濕度					
降 雨					
風速(向)					
日 照					
蒸 發					
風 浪					
潮 汐					

#### 四、基本資料

(一) 性別：☐ (1) 男 ☐ (2) 女。

(二) 年齡（虛歲）：☐ (1) 30 歲以下 ☐ (2) 31-40 歲 ☐ (3) 41-50 歲  
☐ (4) 51-60 歲 ☐ (5) 61-70 歲 ☐ (6) 71 歲以上

(三) 教育程度：☐ (1) 小學及以下 ☐ (2) 國（初）中 ☐ (3) 高中（職）  
☐ (4) 專科 ☐ (5) 大學（含獨立學院）以上

(四) 農業經營種類（可多選）

☐ (1) 農作物類 ☐ (2) 水產養殖、漁撈類 ☐ (3) 畜牧類

在以上三類中，若您勾選二種以上，請問您：

主要是何種類別？\_\_\_\_（請填入經營種類代號）

次要的是：\_\_\_\_（請填入經營種類代號）

或者是二種類差不多\_\_\_\_\_（請打√）

(五) 災害經驗：下列四種氣象災害中，您過去在農業方面損失程度如何？

非常嚴重    嚴重    普通    輕微    無損失

(1) 颱風害：☐      ☐      ☐      ☐      ☐

(2) 雨 害：☐      ☐      ☐      ☐      ☐

(3) 寒 害：☐      ☐      ☐      ☐      ☐

(4) 旱 害：☐      ☐      ☐      ☐      ☐

## 參考文獻

- 杜麗芳，1984，台灣地區民眾收看電視新聞與氣象報告的動機與行為之研究，國立政治大學新聞研究所碩士論文。
- 徐佳士、楊孝滄、潘家慶，1975，台灣地區大眾傳播過程與民眾反應之研究，行政院國家科學委員會專題研究報告。
- 陳以瑚，1982，台北市民收看電視動機之研究，國立政治大學新聞研究所碩士論文。
- 陳昭郎，1987，農業法規宣導之規劃研究，國立台灣大學農業推廣學系印，台北市。
- 馮祥勇，1996，運用資訊科技的推廣策略，台灣農業32(4):62-73。
- 楊純明，1996，台灣地區的乾旱災害及土壤缺水對水稻產量之影響，台灣農業32(6):76-88。
- 劉清榕、陳元暉，1989，屏東地區農業生產者環境問題知覺與處理之分析，行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
- 廖正宏、謝雨生，1991，台中、彰化沿海地區漁民對環境污染的知識、態度和行為調查研究，農業金融論叢25:253-270。
- 謝信良、陳正改，1985，臺灣地區氣象災害之調查研究，行政院國家科學委員會防災科技研究報告73-40號。
- Curras, E. 1987. Information as the forth vital element and its influence on the culture of people. *J. Inform. Sci.* 13: 149-157. Farradane, J. 1979. The nature of information. *J. Inform Sci.* 1: 13-17.
- McNew, K. P., H. P. Mapp, C. E. Duchon and E. S. Merritt. 1991. Sources and uses of weather information for agri-cultural decision makers. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 72(4): 491-498.

## A STUDY OF THE REACHING METEOROLOGICAL COMMUNICATION CHANNEL AND EXPLOITING METEOROLOGICAL INFORMATION AMONG THE FARMERS/FISHERMEN IN THE CHIAYI AREA

Bing-Her Lee

Chiayi Weather Station, Central Weather Bureau

Shih-Jui Tung

National Chung Hsing University

### ABSTRACT

Among all the communication channels, mass media is the most common instrument for the farmers/fishmen to receive meteorological information or materials, interperson communications the second, and the meteorological information from electrical devices the minor one. In terms of exploitation of meteorological data, the frequency lies the most in terms of rainfall and temperature at 60.8% and 50.4% respectively. The main factors in affecting the communication media and the information exploitation of the meteorological materials reside in the patterns of the agriculture managements and urbanization degree. The second factors are the disaster experiences of the agrometeorology and the geographical locations. And no relevance occurs with regard to ages and educations of the farmers/fishmen.

Key words: farmers/fishmen, communication media, meteorological information.

# 民國83年颱風調查報告—弗雷特颱風(9415)

蔡甫甸

中央氣象局預報中心

## 摘要

本報告針對弗雷特(FRED)颱風發生的經過、路徑、侵台時風雨及氣壓變化情形和預報路徑的校驗作分析探討。

弗雷特颱風在民國83年8月15日0600UTC於關島北北西方海面(18.1° N, 141.4° E)形成後，以偏西至西北西方向移動朝台灣東部海面而來，其強度則持續增強，最高達到強烈颱風的程度。當其接近台灣東部海面時則略向北移，經台灣東北部海面時再轉向西北移行，於登陸大陸後隨即迅速減弱。

由弗雷特颱風侵台時的風雨分析顯示，由於其接近台灣東部海面時略為偏北移動，使北部及東北部所受影響程度稍減，而最大風速和最低氣壓都在彭佳嶼氣象站出現，其中瞬間最大風速達到53.2m/s，最低氣壓為963.0百帕，北部山區則雨量最多，其中竹子湖累積雨量達311.0公厘。另外，弗雷特颱風侵襲期間，台灣東南部地區曾有焚風現象發生。

從路徑預報校驗分析顯示，中央氣象局(CWB)的24小時預報平均誤差在143公里左右，其中預報誤差較大的部分出現在弗雷特颱風接近台灣東部海面並轉而偏北移動之時。

## 一、前言

弗雷特(FRED)颱風，編號9415，係於1994年發生在西北太平洋地區的第15個颱風，也是民國83年第4個侵襲台灣地區的颱風。弗雷特颱風在8月15日0600UTC於關島北北西方海面形成颱風後，便先朝偏西至西北西方向移動，然後轉西北的方向朝台灣東部海面而來，其強度則不斷的增強，在8月16日1800UTC增強為中度颱風，8月18日0600UTC增強為強烈颱風。弗雷特颱風到達125° E接近台灣東部海面時，其行進路徑逐漸偏北，繞過台灣東北部海面後再轉向西北，於22日0時(地方時)左右從大陸浙江省溫州灣附近登陸，登陸後其強度迅速減弱而消散，其最佳路徑如圖1及表1。

弗雷特颱風在接近台灣東部海面時已增強為強烈颱風，但因轉而向北移動，並沒有登陸台灣陸地，而係從東北部海面繞過，對台灣造成的影響稍為紓緩，因之稱之為「救命的北跳」，但在台灣北部、東北部地區仍有強風豪雨發生。

本報告在第二節為弗雷特颱風的發生與經過的綜觀分析；第三節則討論弗雷特颱風侵台期間的各種氣象要素分析及風雨分析情況；第四節為災情報告；第五節為颱風強度與路徑的有關分析及路徑預報誤差的檢討；第六節為討論及結論。

## 二、弗雷特颱風的發生與經過

弗雷特(FRED)颱風於民國83年8月15日0600 UTC在關島北北西方海面上生成(北緯18.1度，東經141.5度)，從當日0000UTC衛星雲圖(如圖2)可看出其位置正在間熱帶輻合區(ITCZ)上，水汽供應良好，而其時之平均海面水溫約攝氏30度左右(圖3)，由500百帕天氣分析圖(圖4)可知當時的太平洋高壓軸線位於日本附近，弗雷特颱風位於太平洋高壓南緣，受駛流影響，弗雷特颱風形成後，即以穩定的速度朝偏西至西北西方向行進，在接近東經130度時再以西北方向朝台灣行進，其強度則不斷增強，在16日1800UTC先增強為中



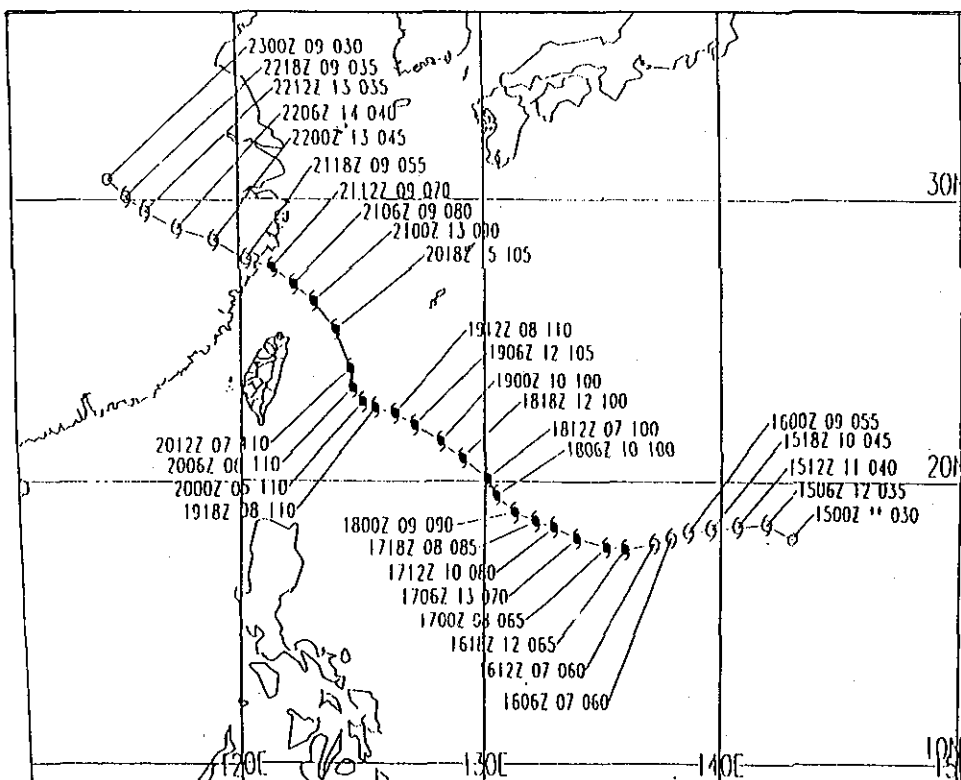


圖 1. 弗雷特颱風最佳路徑圖(空心代表為輕度颱風，實心代表中度颱風以上，指標表示時間、移速(kts)及強度(kts.)

Fig 1. The best track for typhoon FRED.

表 1. 弗雷特颱風最佳路徑、強度變化及動向資料表

Table 1. The best-track positions, intensity and movement of typhoon FRED.

時間 (UTC)	緯度	經度	中心氣壓 (hPa)	最大風速 m/s	暴風半徑 km	移動方向 degree	移動速度 km/hr
94081506	18.1N	141.5E	998	35	120	320	9
94081512	18.3N	140.6E	995	40	120	285	9
94081518	18.1N	139.6E	992	45	130	260	10
94081600	18.0N	138.7E	985	55	150	265	9
94081606	17.8N	137.7E	982	60	180	260	10
94081612	17.6N	136.8E	980	60	180	255	9
94081618	17.5N	135.9E	975	65	220	265	9
94081700	17.9N	134.5E	970	65	220	285	14
94081706	18.5N	133.1E	970	70	250	295	15
94081712	18.7N	132.4E	965	80	250	285	7
94081718	18.8N	132.0E	960	85	250	285	4
94081800	19.0N	131.5E	958	90	250	295	5
94081806	19.5N	130.7E	948	100	300	305	9
94081812	20.1N	129.8E	945	100	300	305	10
94081818	20.7N	128.8E	945	100	300	305	11
94081900	21.3N	127.8E	940	100	350	305	11
94081906	21.7N	126.9E	940	105	350	295	9
94081912	22.1N	126.1E	935	110	350	300	8
94081918	22.5N	125.4E	935	110	350	300	8
94082000	22.9N	124.9E	935	110	350	310	6
94082006	23.5N	124.6E	935	110	350	335	7
94082012	24.4N	124.3E	940	110	350	345	9
94082018	25.4N	123.8E	940	105	350	335	11
94082100	26.3N	122.9E	950	90	300	320	12
94082106	26.9N	122.0E	960	80	300	305	10
94082112	27.4N	121.1E	970	70	180	300	9
94082118	28.0N	120.1E	980	55	150	305	11
94082200	28.5N	118.8E	988	45	120	295	12
94082206	29.0N	117.4E	995	40	100	295	13
94082212	29.6N	116.1E	998	35	100	300	13
94082218	30.2N	115.1E	998	35	100	305	11

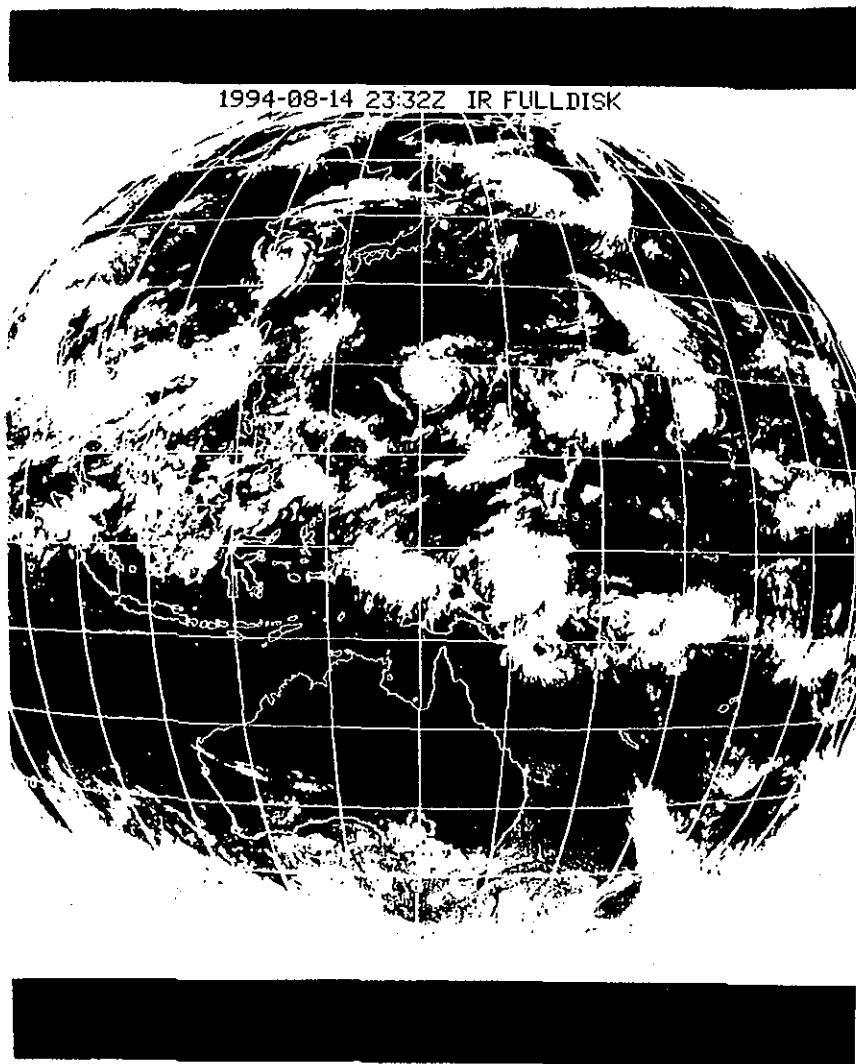


圖 2. 民國83年8月15日0000UTC紅外線衛星雲圖

Fig 2. GMS IR imagery at 0000UTC 15 AUG 1994.

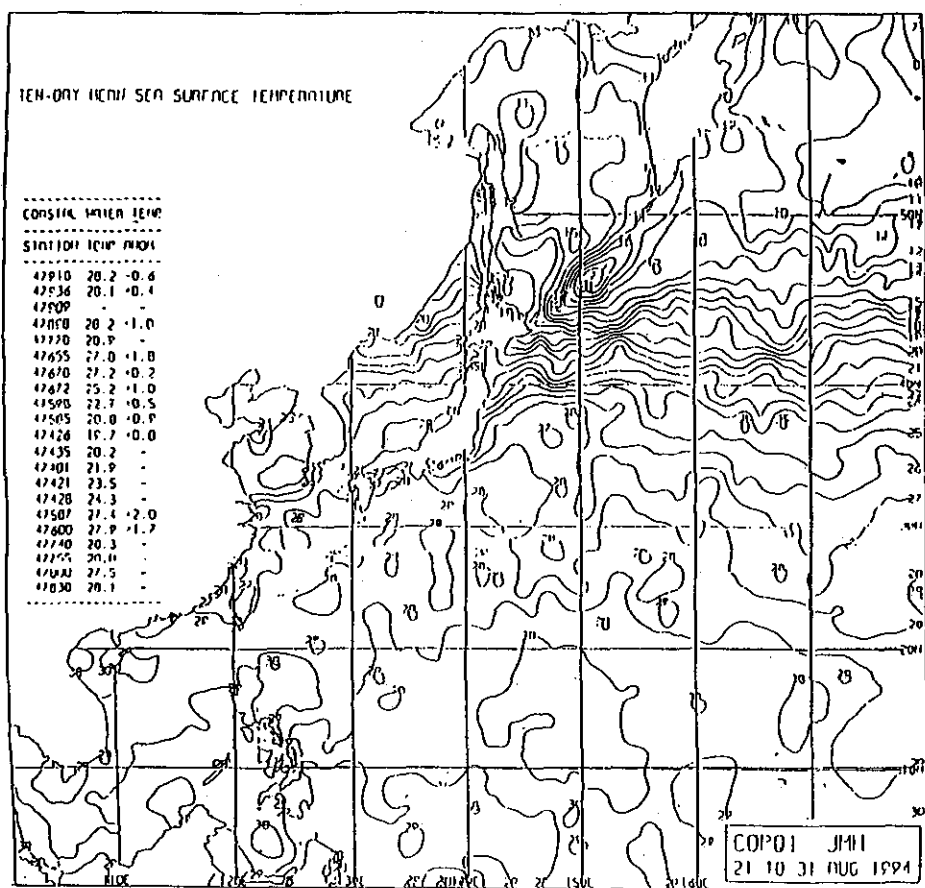


圖 3. 民國83年8月21日至31日10天平均海水溫度圖

Fig 3. The ten-day (21 to 31 AUG 1994) mean sea surface temperature.

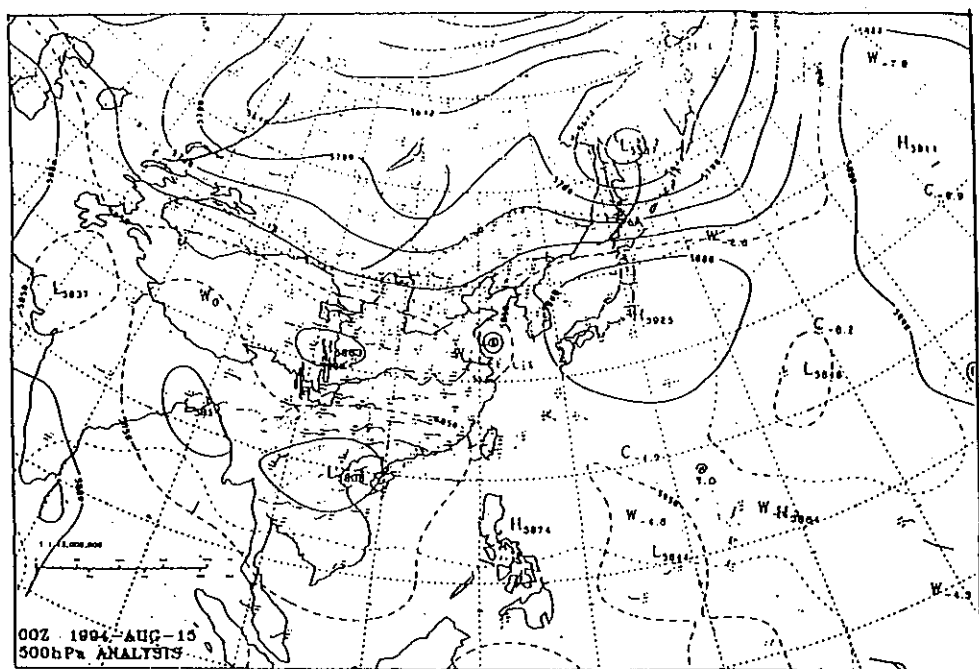


圖 4. 民國83年8月15日0000UTC 500百帕天氣圖

Fig 4. The 500hPa weather chart at 0000UTC 15 AUG 1994.

度颱風，而後於18日0600UTC再增強為強烈颱風。比較值得注意的是，弗雷特颱風在20日0600UTC通過東經125度後接近台灣東部海面時即轉向偏北移動，以當時的500百帕天氣圖可知原先在日本的太平洋高壓中心向南移位(圖5)，在19日1200UTC的平均流場(圖6)亦可發現颱風附近向北駛流增強，另外以過去的研究(吳、謝，1988)指出，颱風與台灣地形的交互作用亦有可能使颱風以較大角度北轉，也因此「救命的北跳」使強烈颱風弗雷特對台灣不致造成太大災害。其後弗雷特颱風繞過台灣東北部海面即朝西北方向於22日0時(地方時)左右從大陸浙江省溫州灣一帶登陸，隨即減弱消散，1994年關島颱風聯合警報中心的颱風報告曾繪出登陸前綜觀風場分布的情形(圖7)，可由接近颱風中心的南甯山資料顯示颱風風速逐漸減弱，氣壓值也在952.7百帕附近，有關弗雷特颱風的最佳路徑如圖1及表1。

由於弗雷特颱風來勢洶湧，中央氣象局在19日2時35分發布了海上颱風警報，針對台灣東部及北部海面航行及作業船隻提出警戒呼籲，其時弗雷特

颱風已是強烈颱風，由於弗雷特颱風持續以西北方向往台灣本島接近，中央氣象局在19日14時40分對台灣附近各海面及北部、東北部和東部陸地發布了海上陸上颱風警報，隨後並針對台灣各地發布警報，有關警報發布情形如表2。當弗雷特颱風登陸大陸後迅速減弱並持續朝西北行進，中央氣象局在22日5時50分解除颱風警報。

### 三、弗雷特颱風侵台期間各地氣象要素分析

#### (一)氣壓：

以平地氣象站而言，台灣各地最低氣壓出現時間如下：以彭佳嶼氣象站在21日9時19分的963.0百帕最低，且與其他地方差距頗大(如表3)，因颱風中心在其附近通過，由中正機場的氣象雷達在21日8時(地方時)可看到颱風眼逐漸通過北部海面(圖8)，並可看出當時颱風與台灣的相對位置。另外，蘇澳氣象站在21日3時59分測得986.5百帕之最低氣壓，宜蘭氣象站則於21日3時55分測得989.2百帕，由圖9逐時的氣壓趨勢可看出彭佳嶼的氣壓變化仍

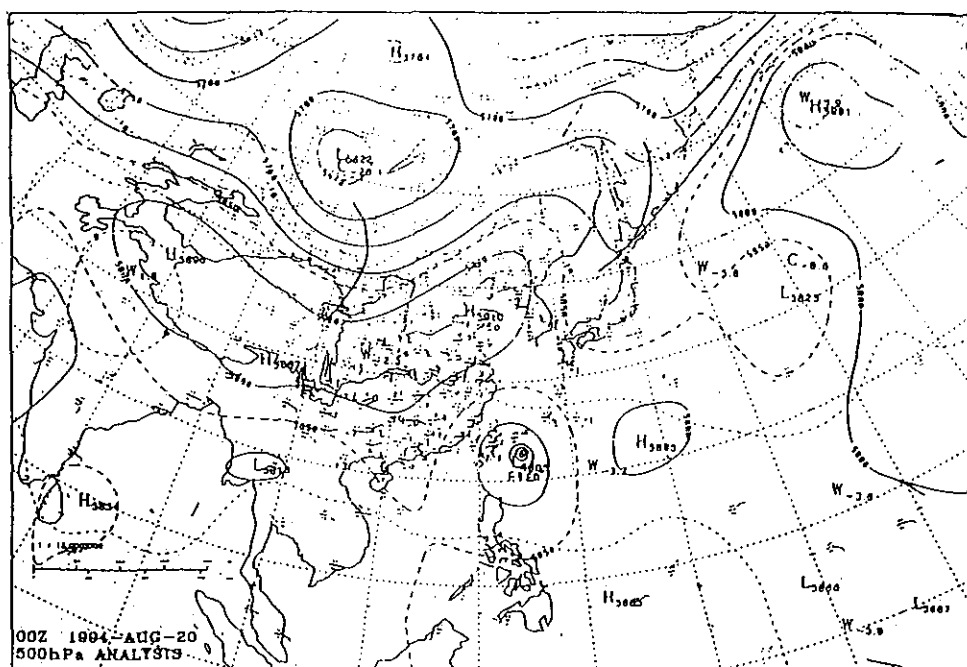


圖 5. 民國83年8月20日0000UTC 500百帕天氣圖

Fig 5. The 500hPa weather chart at 0000UTC 20 AUG 1994.

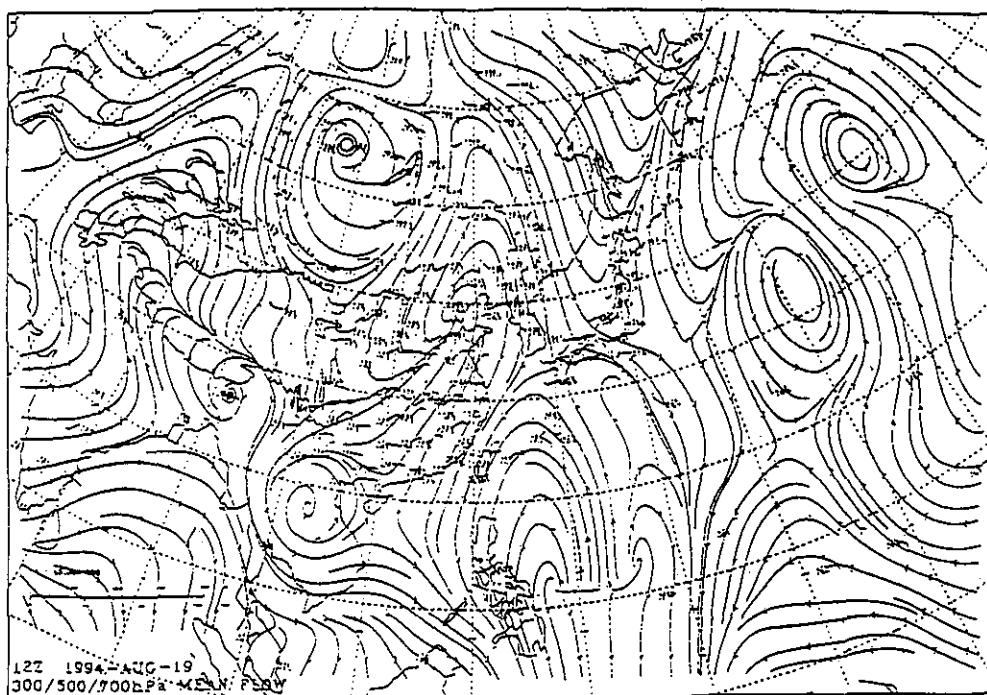


圖 6. 民國83年8月19日1200UTC 300/500/700百帕平均氣流線圖

Fig 6. The 300/500/700hPa mean flow streamline analysis at 1200UTC AUG 1994.

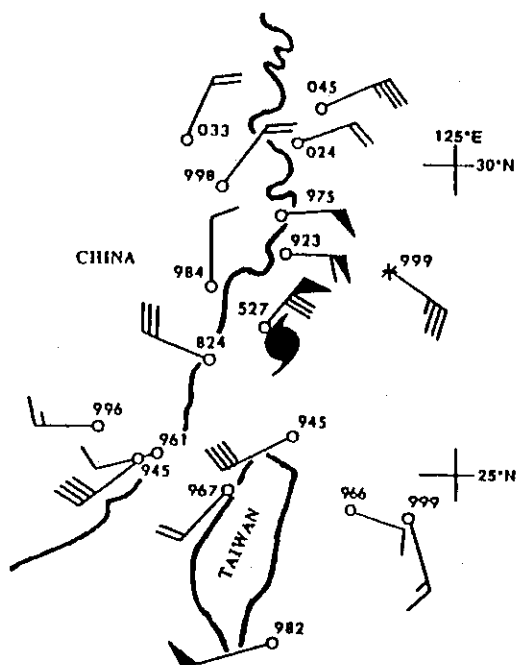


圖 7. 民國83年8月21日1200UTC弗雷特颱風登陸前的地面綜觀資料

Fig 7. Synoptic report at 21 1200UTC August as Fred makes landfall on the east coast of China.

中心位置：

26.4°N

122.8°E

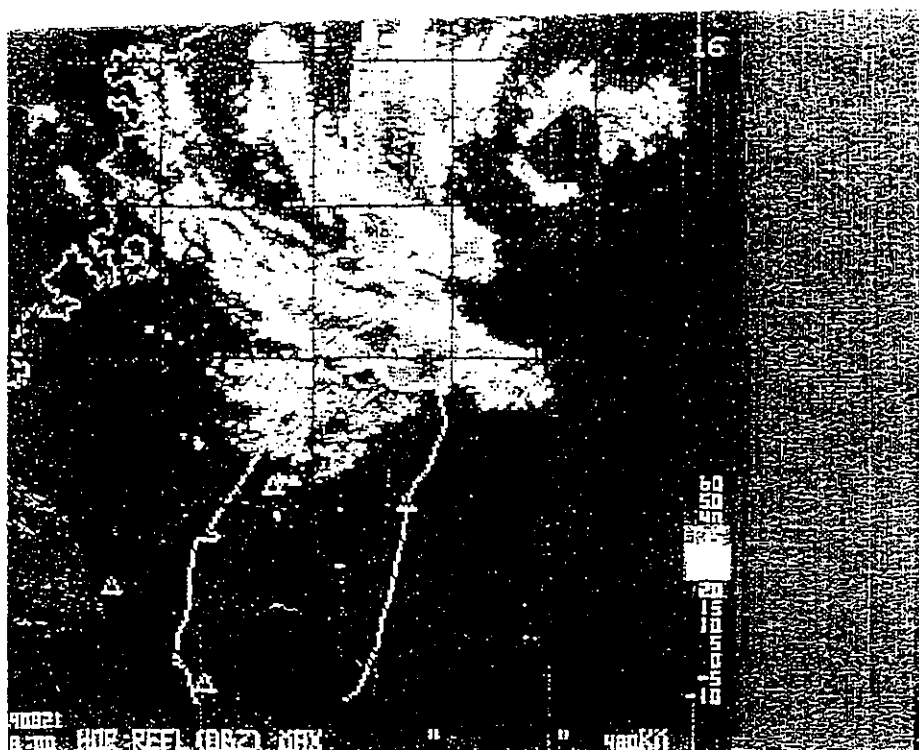


圖 8. 民國83年8月21日8時中正機場(CKS)雷達圖

Fig 8. CKS Radar imagery at 0000UTC 21 AUG 1994.

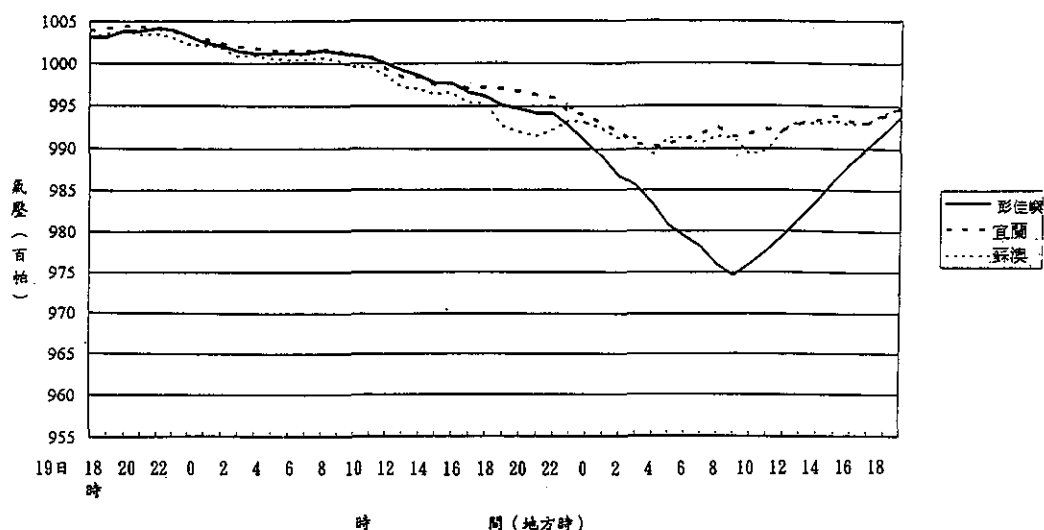


圖 9. 彭佳嶼46695、宜蘭46708及蘇澳46706氣象站逐時氣壓趨勢圖(地方時)

Fig 9. The hourly pressure of station 46695, 46708 and 46706.

然最大；在20日22時以後，氣壓迅速降低，在21日9時左右颱風最接近時氣壓最低，21日10時以後逐漸回升，而宜蘭及蘇澳則因距颱風較遠，變化較少。

#### (二)風速：

圖10選了彭佳嶼、台北及台南三個氣象站來作逐時風速的分析，彭佳嶼在8月20日20時以後風速逐漸增強，在21日8時左右達到最強，最大風速為40.0m/s，在21日9時11分之瞬間最大風速更高達53.2m/s，其後隨颱風離去而減弱，台北的風速則一直較台南小，一直到21日5時以後，台南風速減小，台北的風速則增大，在17時以後才減小，顯然係地形阻擋的作用，以及風向的改變，才導致此種變化。

#### (三)雨量：

在陸上颱風警報發布期間各地總雨量分布如圖11，由圖11可知，全省雨量以北部、東北部(尤其山區)較大，例如竹子湖從19日22時23分至21日17時59分累積降水量即高達311.0mm，鞍部亦有253.1mm，其他地區如台北亦有110.6mm，宜蘭有105.9

mm。大雨之原因，可由圖12(20日1200UTC的衛星雲圖)顯示弗雷特的颱風雲帶結構非常結實，颱風眼清晰可見，北部、東北部直接受到其雲雨帶影響，且山區有地形舉升作用，因而有較大雨量。另外，中部山區(如玉山)亦有較大雨量，玉山累積雨量有184.9mm，而在東部及東南部則雨量少，甚至沒有下雨。

#### (四)焚風：

由圖13台東氣象站氣溫及濕度的逐時變化可知，由21日中午12時附近開始有焚風現象，相對濕度迅速降低，氣溫則明顯升高，最高達38.5℃，此現象亦為東南部不易下雨的原因之一，由圖8可知21日8時台灣與颱風的相對位置，其時台灣位於颱風的第三象限，大範圍的西北風過山沉降，才導致焚風的發生。

### 四、弗雷特颱風的災情報告

弗雷特颱風在接近台灣時轉而偏北進行，從東北部海面繞過，雖未有劇烈的災害，但仍造成部分地區發生人命財物的損失，根據內政部消防署統



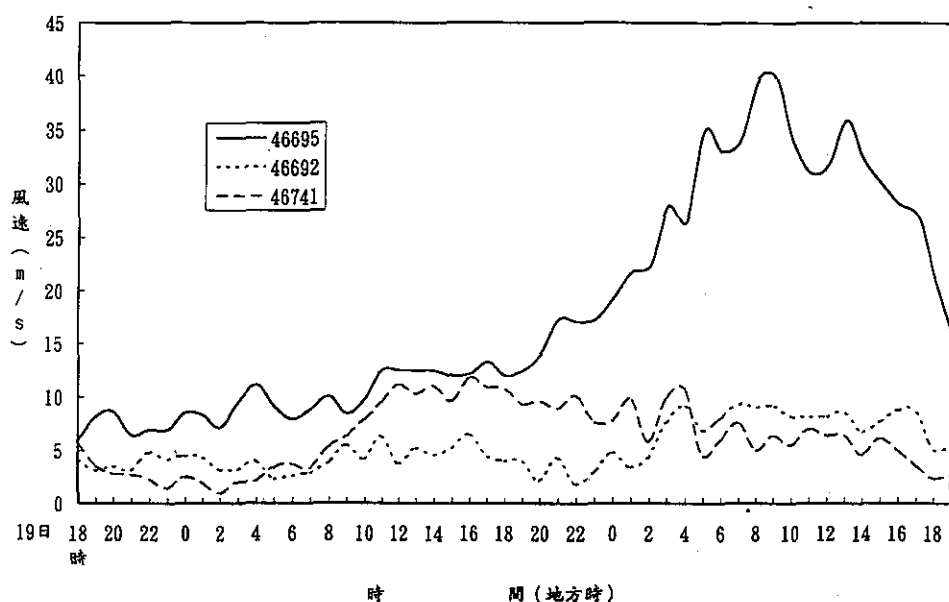


圖 10. 彭佳嶼46695、台北46692及台南46741逐時風速分布圖

Fig 10. The hourly mean wind speed of station 46695, 46692 and 46741.

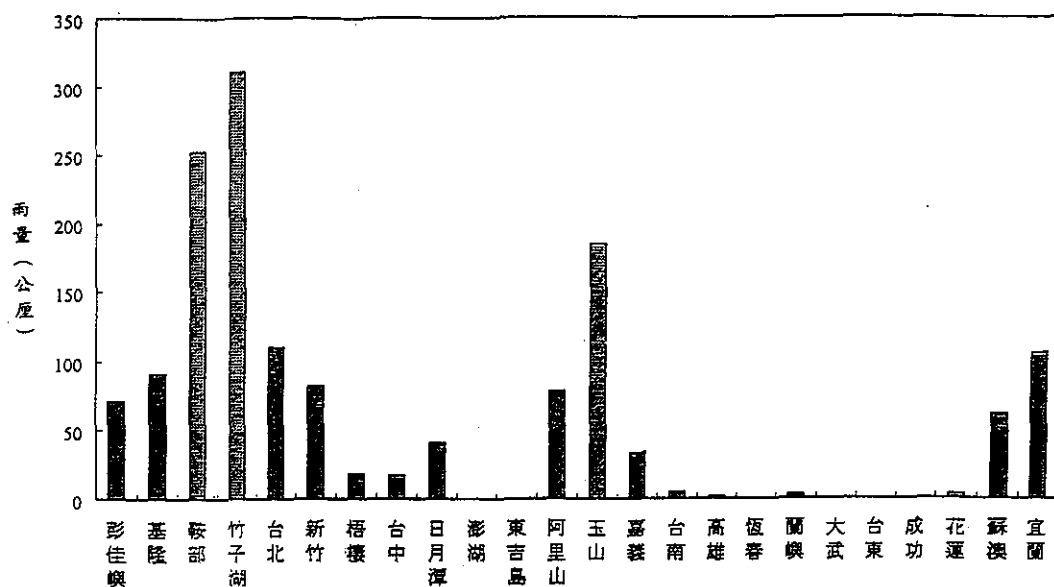


圖 11. 弗雷特颱風侵台期間中央氣象局總雨量圖

Fig 11. The total rainfalls of all CWBS weather stations.

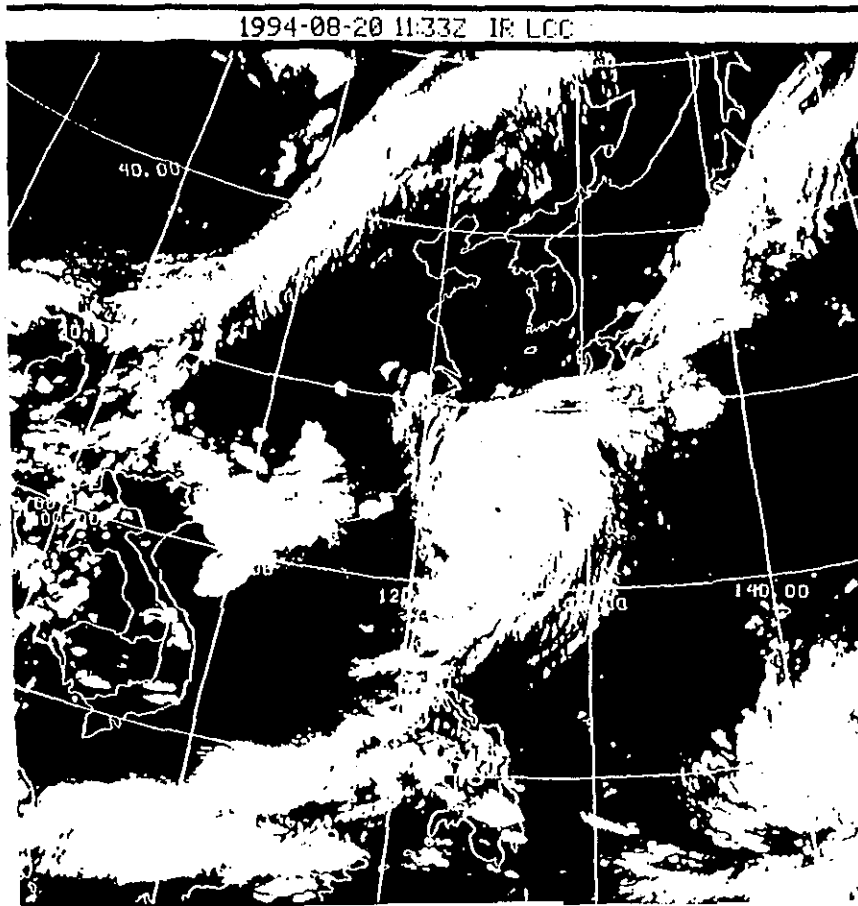


圖 12. 民國83年8月20日1200UTC紅外線衛星雲圖

Fig 12. GMS IR imagery at 1200UTC 20 AUG 1994.

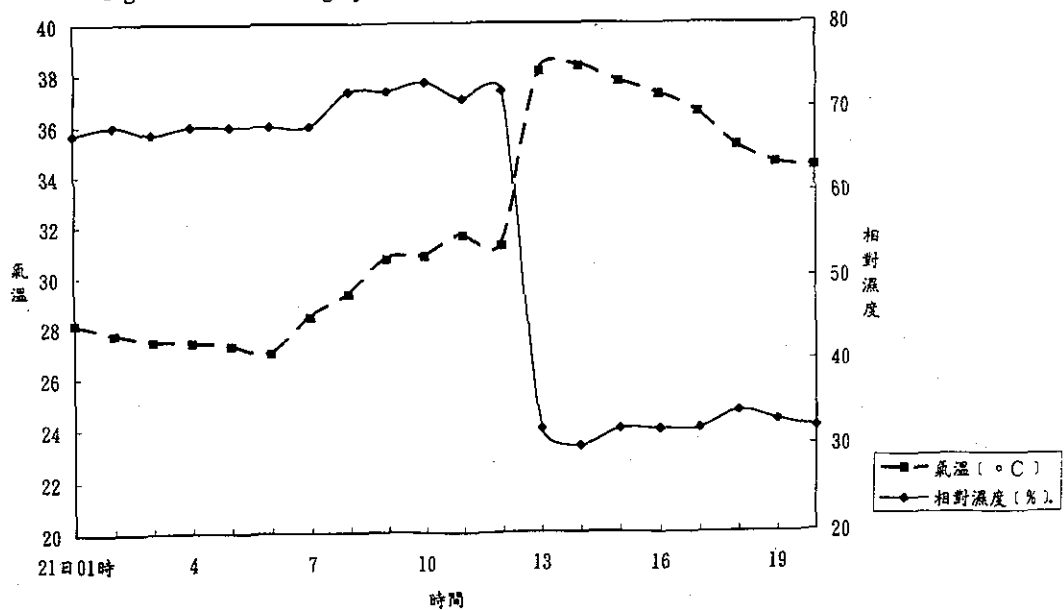


圖 13. 台東46766氣溫及相對濕度逐時變化(地方時)

Fig 13. The hourly temperature (°C) and relation humidity (%) of station Taitung (46766).

計，有關災情如下：

- 1.人員方面：死亡三人(台北縣)、失蹤一人(台東縣)、重傷二人(台北縣)。
- 2.公路交通方面：部分公路坍方，交通受阻。
- 3.航空運輸方面：國際線班機照常運作，國內線除松山、嘉義及蘭嶼機場關閉外，其餘各機場正常運作。
- 4.電力及電信方面：六萬多戶停電，二萬戶停話。

## 五、弗雷特颱風的最佳路徑及路徑預報誤差較驗

弗雷特颱風的最佳路徑如圖1及表1，此最佳路徑係由衛星、雷達等客觀定位的權重再加上主觀稍作調整而得。基本上，由於弗雷特颱風的颱風眼清

晰可見，因此定位上較為準確；其中中央氣象局的衛星定位如表4，雷達定位如表5。

由表6可看出各預報單位主觀及客觀的路徑預報誤差比較情形，由逐報預測誤差(表7)分析中央氣象局(CWB)在24小時的預報誤差為143公里，48小時的預報誤差為164公里，若取同樣有較多預報個案(24個)的預報單位來比較，24小時的預報誤差CWB為137公里；日本(RJTD)142公里及關島(PGTW)120公里，三者比較則大致相當，其中以PGTW最佳，由表7知CBW在19日至20日的預報誤差明顯偏高，顯示當弗雷特颱風接近台灣東部海面隨即北轉的預報較無把握，其原因為一方面由於資料上無法明確的支持，一方面由於颱風較接近台灣的保守心態所致。

表 2. 弗雷特颱風警報發布經過一覽表

Table 2. Warnings issued by CWB for typhoon "FRED".

種類	次序		發布時間			警戒區域		備註
	號	報	日	時	分	海上	陸上	
海上	4	1	19	2	35	台灣東部及北部海面		強烈
海上	4	2	19	5	30	台灣東部及北部海面		強烈
海上	4	3	19	8	30	台灣東部及北部海面		強烈
海上	4	4	19	11	20	台灣東部、北部海面及巴士海峽		強烈
海陸	4	5	19	14	40	台灣附近各海面	花蓮、宜蘭、基隆、台北、桃園、新竹及苗栗	強烈
海陸	4	6	19	17	20	台灣附近各海面	宜蘭、花蓮、台東、基隆、台北、桃園、新竹、苗栗、台中、彰化、雲林及嘉義	強烈
海陸	4	7	19	20	30	台灣附近各海面	全台灣各地區、澎湖及馬祖地區	強烈
海陸	4	8	19	23	20	台灣附近各海面	全台灣各地區、澎湖、金門及馬祖地區	強烈
海陸	4	9	20	2	30	台灣附近各海面	全台灣各地區、澎湖、金門及馬祖地區	強烈
海陸	4	10	20	5	45	台灣附近各海面	全台灣各地區、澎湖、金門及馬祖地區	強烈
海陸	4	11	20	8	30	台灣附近各海面	全台灣各地區、澎湖、金門及馬祖地區	強烈
海陸	4	12	20	11	30	台灣附近各海面	全台灣各地區、澎湖、金門及馬祖地區	強烈
海陸	4	13	20	14	30	台灣附近各海面	全台灣各地區、澎湖、金門及馬祖地區	強烈
海陸	4	14	20	17	30	台灣附近各海面	全台灣各地區、澎湖、金門及馬祖地區	強烈
海陸	4	15	20	20	30	台灣附近各海面	嘉義以北、花蓮以北及馬祖地區	強烈
海陸	4	16	20	23	20	台灣附近各海面	嘉義以北、花蓮以北及馬祖地區	強烈
海陸	4	17	21	3	00	台灣東部海面、北部海面及台灣海峽北部	嘉義以北、花蓮以北及馬祖地區	強烈
海陸	4	18	21	5	30	台灣東部海面、北部海面及台灣海峽北部	台中以北、花蓮以北及馬祖地區	強烈
海陸	4	19	21	8	45	台灣北部海面、東北部海面及台灣海峽北部	苗栗以北、宜蘭以北及馬祖地區	中度
海陸	4	20	21	11	30	台灣北部海面、東北部海面及台灣海峽北部	苗栗以北、宜蘭以北及馬祖地區	中度
海陸	4	21	21	14	30	台灣北部海面、東北部海面及台灣海峽北部	苗栗以北、宜蘭以北及馬祖地區	中度
海陸	4	22	21	17	45	台灣北部海面、東北部海面及台灣海峽北部	苗栗以北、宜蘭以北及馬祖地區	中度
海上	4	23	21	20	30	台灣北部海面及馬祖海面		中度
海上	4	24	21	23	30	台灣北部海面及馬祖海面		中度
海上	4	25	22	2	40	台灣北部海面及馬祖海面		輕度
解除	4	26	22	5	50	對台灣陸地及海面威脅解除		輕度

表 3. 弗雷特颱風侵台期間氣象要素統計表

Table 3. The meteorological summary of CWB's stations during typhoon Fred passage.

測站 站名	最低氣壓 (hPa)		瞬間最大風速 (m/s)				最大風速 (m/s)				強風 (10m/s 以上)		最大降水量 (mm)				降水總量 (mm)	
	數值	時間	風速	風向	時間	氣壓	氣溫	溼度	風速	風向	時間	時間始迄	一小時	時間始迄	十分鐘	時間始迄	數量	時間始迄
彭佳嶼	963.0	21/09:19	53.2	—	21/09:11	963.3	26.2	89 %	40.0	—	21/07:56	20/08:00-21/21:23	10.3	21/11:30-21/12:30	2.7	21/12:00-21/12:10	71.3	20/20:30-21/17:30
基隆	989.5	21/08:56	27.5	S	21/11:24	990.0	23.2	92 %	12.0	SW	21/09:54	20/10:07-21/16:00	23.0	21/09:21-21/17:40	7.5	21/03:25-21/03:35	91.8	19/22:03-21/17:40
鞍部 x	1308.2	21/03:40	40.3	N	21/03:38	1309.2	20.8	100 %	27.2	N	21/03:43	20/08:57-21/10:10	33.5	20/08:38-21/09:38	17.0	21/03:46-21/03:56	253.1	19/20:40-21/18:05
竹子湖 x	992.2	21/05:00	27.0	NW	20/13:28	999.5	23.7	86 %	7.6	NNW	21/03:42	—	44.5	21/08:49-21/09:49	17.0	21/03:48-21/03:58	311.0	19/22:23-21/17:59
台北	990.4	21/03:38	22.8	WNW	21/03:27	990.9	25.5	95 %	11.9	WNW	21/03:11	—	17.5	21/01:34-21/02:34	7.1	21/01:51-21/02:01	110.6	19/19:12-21/17:36
新竹	996.3	21/18:05	23.9	NE	20/14:45	999.2	27.2	80 %	12.2	NNE	20/14:46	20/10:45-20/14:55	12.0	20/01:31-20/02:31	7.0	20/14:14-20/14:24	82.6	19/23:30-21/17:20
梧棲	996.2	20/17:16	28.0	N	20/17:20	996.2	27.9	84 %	16.6	N	20/13:40	19/09:00-21/08:00	12.2	20/20:45-20/21:45	4.6	20/20:50-20/21:00	18.6	20/02:30-22/04:50
台中	986.2	20/17:19	17.2	N	20/12:19	997.8	32.5	57 %	7.0	N	20/10:48	—	6.2	21/00:10-21/01:10	3.3	21/00:40-21/00:50	17.5	20/03:15-21/09:10
日月潭 x	887.2	20/17:19	12.9	NW	21/03:14	888.9	20.1	93 %	4.9	S	21/14:20	—	11.5	21/01:42-21/02:42	6.5	21/16:21-21/16:31	41.3	20/02:45-21/17:28
澎湖	998.3	20/17:00	20.0	NNE	20/17:54	998.5	28.2	80 %	10.1	N	20/11:37	20/11:30-20/11:40	—	—	—	—	—	—
東吉島	996.2	20/17:00	27.2	NNE	20/14:50	997.4	28.4	83 %	19.2	NNE	20/14:50	19/17:00-21/09:00	—	—	—	—	—	—
阿里山 x	754.3	20/16:48	17.1	NNW	21/05:11	755.6	13.6	99 %	7.0	NW	21/11:30	—	10.0	21/10:00-21/11:00	3.5	21/02:12-21/02:22	78.5	21/01:20-21/18:00
玉山 x	3019.2	21/05:50	—	—	—	—	—	—	16.3	N	21/06:00	20/23:30-21/16:00	21.6	21/09:05-21/10:05	6.4	21/09:20-21/09:30	184.9	20/14:10-21/20:00
嘉義	995.4	20/16:42	19.8	N	20/13:58	996.4	30.9	72 %	11.4	N	20/13:44	20/13:30-20/14:20	24.0	21/01:05-21/02:05	9.0	21/01:34-21/01:44	34.0	20/23:20-21/03:30
台南	992.3	20/16:35	23.7	N	20/13:10	995.6	32.2	65 %	12.4	N	20/18:30	20/11:30-21/04:25	5.0	21/01:02-21/01:50	3.5	21/01:02-21/01:12	5.0	21/01:02-21/01:50
高雄	994.0	20/16:40	17.8	NW	20/14:22	995.2	31.9	63 %	9.9	NNW	20/15:22	—	1.5	21/02:42-21/02:57	1.0	21/02:47-21/02:57	2.0	21/01:01-21/02:57
恆春	990.0	20/16:30	23.0	WNW	21/07:10	994.0	28.0	85 %	11.8	NW	21/07:10	21/06:40-21/08:10	—	—	—	—	—	—
蘭嶼	992.0	21/07:09	42.2	SW	21/12:11	994.2	27.8	66 %	29.0	WSW	21/13:51	21/06:05-持續中	2.0	20/00:27-20/01:27	1.0	20/00:46-20/00:56	3.0	20/00:27-20/01:42
大武	989.7	21/06:00	25.4	SW	21/16:35	993.6	30.5	50 %	9.0	SSW	21/15:51	—	0.5	20/19:12-20/19:20	0.5	20/19:12-20/19:20	0.5	20/19:12-20/19:20
台東	988.9	21/04:27	18.3	W	21/13:38	990.3	38.2	31 %	6.9	WNW	21/14:08	—	—	—	—	—	—	—
成功	991.2	21/05:43	15.6	NE	19/13:39	1003.1	31.4	65 %	9.2	NNE	19/14:49	19/10:18-19/21:40	—	—	—	—	—	—
花蓮	988.7	20/15:10	21.0	ENE	20/11:05	994.3	33.0	54 %	10.9	NE	20/13:56	20/13:56-20/14:05	2.0	21/01:00-21/02:00	1.0	21/01:25-21/01:35	3.5	21/00:45-21/05:30
蘇澳	986.5	21/03:59	30.0	NE	20/16:10	993.5	28.1	70 %	17.0	W	21/06:38	20/20:58-21/07:35	26.8	20/22:40-20/23:40	12.5	20/23:15-20/23:25	61.0	19/23:30-21/05:30
宜蘭	989.2	21/03:55	21.2	N	21/04:12	990.3	24.6	74 %	8.0	N	20/18:04	—	47.0	21/03:58-21/04:58	20.0	21/04:05-21/04:15	105.9	19/19:10-21/10:45

註：x - 表該站屬高山測站

表 4. 中央氣象局弗雷特颱風中心之衛星定位

Table 4. Satellite fixes of Typhoon "FRED".

時間(UTC)	緯度	經度	精確度	T#/C1#
08150600	18.7N	141.8E	5	2.5/2.5
08151200	18.4N	140.8E	6	2.5/2.5
08151800	18.1N	139.7E	6	3.0/3.0
08160000	17.8N	138.8E	5	3.0/3.0
08160600	18.0N	137.5E	3	3.5/3.5
08161200	17.5N	136.8E	4	4.0/4.0
08161800	17.5N	136.1E	4	4.0/4.0
08170000	17.8N	135.3E	3	4.5/4.5
08170600	18.1N	133.8E	3	4.5/4.5
08171200	18.5N	132.9E	5	5.0/5.0
08171800	18.7N	132.1E	4	4.5/4.5
08180000	18.8N	131.3E	4	4.5/4.5
08180600	19.6N	130.7E	1	5.0/5.0
08181200	20.2N	130.1E	3	5.5/5.0
08181800	20.9N	128.9E	3	6.0/6.0
08190000	21.2N	127.9E	1	6.0/6.0
08190600	21.9N	127.0E	1	6.0/6.0
08191200	22.2N	126.0E	2	6.5/6.5
08191800	22.3N	125.5E	2	6.5/6.5
08200000	22.8N	125.0E	1	6.0/6.0
08200600	23.4N	124.7E	1	6.0/6.5
08201200	24.3N	124.7E	1	5.5/6.0
08201800	25.6N	123.9E	1	5.0/5.5
08210000	26.5N	122.9E	1	5.0/5.5
08210600	26.9N	122.1E	1	5.0/5.5
08211200	27.5N	121.3E	3	4.5/5.0
08211800	27.8N	120.3E	4	3.5/4.0
08220000	28.6N	118.6E	3	3.0/3.5
08220600	29.0N	117.5E	5	2.5/3.0
08221200	29.7N	116.2E	5	—
08221800	30.1N	115.4E	5	—

表 5. 弗雷特颱風中心之雷達定位表

Table 5. Eye-fix for typhoon Fred by 46699 radar stations.

時間	緯度	經度	站號
200800L	22.8	124.8	46699
200900L	22.8	124.7	46699
201000L	23.0	124.7	46699
201100L	23.1	124.5	46699
201200L	23.3	124.6	46699
201300L	23.4	124.7	46699
201400L	23.6	124.8	46699
201500L	23.6	124.7	46699
201600L	23.8	124.6	46699
201700L	23.9	124.6	46699
201800L	24.1	124.6	46699
201900L	24.1	124.6	46699
202000L	24.2	124.5	46699
202100L	24.5	124.5	46699
202200L	24.7	124.4	46699
202300L	24.8	124.2	46699
202400L	25.1	124.2	46699
210100L	25.3	124.1	46699
210200L	25.4	124.0	46699
210300L	25.6	123.8	46699
210400L	25.8	123.7	46699
210500L	26.1	123.5	46699
210600L	26.2	123.3	46699
210700L	26.4	123.1	46699
210800L	26.4	123.0	46699

註：花蓮雷達站號—46699

表 6. 各預報單位對弗雷特颱風預測誤差比較

Table 6. The error statistics for selected objective techniques for typhoon "FRED"

## 24-HOUR MEAN FORECAST ERROR (KM)

[illegible]

## 48-HOUR MEAN FORECAST ERROR (KM)

	CLIP		CWB		EBM		HURA		PGTW		RJTD		BCGZ	
CLIP	23 274	274 0												
CWB	23 162	274 -111	23 162	162 0										
EBM	11 320	274 46	11 320	161 159	11 320	320 0								
HURA	23 298	274 24	23 298	162 135	11 277	320 -42	23 298	298 0						
PGTW	19 175	298 -122	19 175	161 14	8 140	353 -212	19 175	318 -142	19 175	175 0				
RJTD	22 153	277 -124	22 153	155 -1	10 150	320 -170	22 153	305 -151	19 157	175 -18	22 153	153 0		
BCGZ	9 166	374 -207	9 166	159 7	5 168	331 -162	9 166	401 -235	7 179	225 -46	9 166	142 24	9 166	166

A 表示 X 與 Y 預報時間相同的次數

B表示X軸上預報方法之24小時平均誤差(KM)

C表示Y軸上預報方法之24小時平均誤差(KM)

D表示Y軸之預報方法比X軸之預報方法好的程度  
(KM)

CLIP：中央氣象局統計模式預報。

CWB：中央氣象局官方預報。

BCGZ：廣州之主觀預報。

EBM：中央氣象局相當正壓模式預報。

HURA：中央氣象局統計模式預報。

PGTW：關島之主觀預報。

RJTD：日本之客觀預報。

RPM: 菲律賓之主觀預報。

表 7. 弗雷特颱風路徑預報誤差表

Table 7. 24-hour and 48-hour forecast position errors for typhoon FRED.

WRNG		BEST TRACK			POSITION ERRORS		
DTG	NO.	LAT	LONG	WIND	00	24	48
94081518	1	18.1N	139.6E	47	22	111	34
94081600	2	18.0N	138.7E	53	22	103	59
94081606	3	17.8N	137.7E	58	38	171	147
94081612	4	17.6N	136.8E	64	57	191	248
94081618	5	17.5N	135.9E	70	23	152	304
94081700	6	17.9N	134.5E	76	87	157	328
94081706	7	18.5N	133.1E	81	110	133	237
94081712	8	18.7N	132.4E	84	66	103	191
94081718	9	18.8N	132.0E	86	30	155	211
94081800	10	19.0N	131.5E	87	23	122	97
94081806	11	19.5N	130.7E	92	20	56	11
94081812	12	20.1N	129.8E	101	31	131	66
94081818	13	20.7N	128.8E	109	23	177	194
94081900	14	21.3N	127.8E	115	32	100	9
94081906	15	21.7N	126.9E	121	34	202	97
94081912	16	22.1N	126.1E	126	34	193	144
94081918	17	22.5N	125.4E	129	11	212	189
94082000	18	22.9N	124.9E	128	11	205	227
94082006	19	23.5N	124.6E	125	24	191	261
94082012	20	24.4N	124.3E	118	45	190	356
94082018	21	25.4N	123.8E	110	0	29	88
94082100	22	26.3N	122.9E	102	11	67	48
94082106	23	26.9N	122.0E	94	14	22	225
94082112	24	27.4N	121.1E	85	29	116	
94082118	25	28.0N	120.1E	72	22	159	
94082200	26	28.5N	118.8E	60	22	213	
94082206	27	29.0N	117.4E	50	9	204	
94082212	28	29.6N	116.1E	41	9		
AVERAGE					31	143	164
# CASES					28	27	23

## 六、結 論

由上述分析可歸納下列四點結論：

- (一) 弗雷特颱風順利發展為一結構結實的強烈颱風，因其有清晰之颱風眼，故在最佳路徑的定位較無問題。
- (二) 弗雷特颱風的路徑則大致受太平洋高壓明顯駛流的導引，行進方向容易把握。不過在接近台灣東部海面隨即北轉到東北部海面再繞回西北方向的

過程，以預報校驗而言有較大誤差，因以綜觀資料而言仍不易判斷，而且颱風與地形的交互作用影響仍待深入研究。

- (三) 弗雷特颱風雖是一朝著台灣而來的強烈颱風，但因其接近台灣東部海面時隨即偏北移動，使造成之災害減低。
- (四) 風雨狀況主要在北部及東北部有較大風雨，另外在中部山區亦有較大雨量。而東南部在21日曾出現焚風現象。

## 參考文獻

## 致 謝

本文承蒙中央氣象局氣象預報中心及氣象衛星  
中心之支援資料，特此一併致謝。

吳宗堯、謝信良. 1988. 現有颱風預報研究成果作業  
化之研究(一)、(二)、(三)

Joint Typhoon Warning Center GUAM, MARIANA IS-  
LANDS, 1994: 1994 Annual Tropical Cyclone  
Report.

## REPORT ON TYPHOON FRED OF 1994

Fred Fu-Dien Tsai

Weather Forecast Center Central Weather Bureau

## ABSTRACT

This article deals with the formation process, the moving path, the distribution of winds and rainfall, the pressure variation, and the verifications of forecast tracks for Typhoon Fred.

Fred took its shape to the north-northwestern sea area of Guam around 0600 UTC 15 August 1994. At the preliminary stage, it moved with a pro-westward to west-northwestward direction toward the eastern sea area of Taiwan, and with an increasing intensity to the level of intense typhoon. As approaching the eastern Taiwan sea area, it gradually changed to a northward course, passed through the northeastern sea area of Taiwan, then turned northwestward and landed on Mainland China and finally weakened to a tropical depression rapidly.

According to the distributions of winds and rainfall caused by Typhoon Fred, it was due to the northward-heading as it reached the eastern sea area of Taiwan. The northern and northeastern parts of Taiwan were free from the most severe influence. Therefore, the maximum wind speeds and the lowest pressure measured occurred in Pengchiayu with a instantaneous maximum-wind-speed value of 53.2m/s, the lowest pressure value of 963.0hPa, and the most abundant rainfall amount in the northern mountain range with an accumulated value of 331mm. Besides, during Fred's invasion, fohn occurred in southeastern Taiwan.

Verification of the typhoon track forecasts showed that the 24-hour forecast error of the Central Weather Bureau was about 143km; and the larger error was due to the recurving process of typhoon Fred as it approached the sea east of Taiwan.



Volume 42 Number 2

June 1998

# Meteorological Bulletin

(Quarterly)

---

## CONTENTS

### Articles

An Automatic Phase Picker of the Real-time

Acceleration Seismic Network

..... Yih-Min Wu, Chen-Chun Chen, Jen-Kuang Chung and Tzay-Chyn Shin (103)

A Preliminary Study of the Earthquake

Early Warning System in the Taiwan Area ..... Tzay-Chyn Shin (118)

Study on the Earthquake Location of 3-D Velocity

Structure in the Taiwan Area ..... Tzay-Chyn Shin and Yen-Ling Chen (135)

A Study on Reaching Meteorological Communication

Channel and Exploiting Meteorological Information  
among the Farmers / Fishermen in Chiayi Area

..... Bing-Her Lee and Shih-Jui Tung (170)

### Report

Report on Typhoon Fred of 1994 ..... Fred Fu-Dien Tsai (184)

行政院新聞局出版事業登記證局版台誌字 第〇九七六號  
中華郵政臺字第一八九三號登記為第一類新聞紙類

統 一 編 號  
〇〇九〇八八七〇一七

ISSN 0255-5778



**CENTRAL WEATHER BUREAU**  
64 Kung-Yuan Road, Taipei, Taiwan  
Republic of China

# 氣象學報

季刊

第四十二卷 第三期

目次

## 研究論文

- 運用一維變分反演法於NOAA-12衛星資料  
及其相關問題之探討 ..... 周鑑本 (201)
- 台灣地區蒸發散量的估算模擬模型研究 ..... 梁仁有 耿旭 (212)
- 臺灣地區八十三年至八十六年  
颱風暴潮特性之初步研究 ..... 徐月娟 曾淑芬 陳進益 蔡恆雄 (230)

## 報 告

- 民國86年颱風調查報告—溫妮颱風(9714) ..... 陳得松 黃康寧 (248)
- 民國86年颱風調查報告—中度颱風安珀(9717) ..... 劉復誠 (270)

中央氣象局氣象學報社  
出版者 謝信良  
發行 謝信良  
社 鄭明典  
編輯委員 王乾 盈 陳  
主任委員 李汧 軍 張  
委 李清 勝 莊  
主 林賢 文 劉  
委 林民 生 葉  
委 柯松 錦 葉  
委 陳文 雄 鄭  
黃玉 琦 韓

臺北市公園路六十四號  
電話：(02)23491091

泰隆 然男  
文思  
廣英  
永田  
義義  
明典  
素明  
蘭

(按姓氏筆劃排列)

# 運用一維變分反演法於NOAA-12衛星資料 及其相關問題之探討

周 鑑 本

中央氣象局

## 摘 要

本篇運用一維變分反演法反演NOAA-12號的衛星觀測資料，由反演的結果顯示，一維變分反演法確能改善數值模式的預報場，即使是在傳統探空資料密集的地區仍有正面的影響；就水汽而言，上層的水汽改善十分明顯；對溫度剖面而言，在預報場高精度度下，仍有一定程度的改善。

在一維變分反演中，衛星資料誤差分析與偏差修正對於反演品質的好壞有重大的影響，本篇中將由資料統計得到的偏差值直接用來修正誤差較大的反演頻道，由實驗的結果發現確可改善反演結果的品質。至於預報場的垂直誤差相關矩陣，對於一維變分反演法而言也是一個值得謹慎處理的問題，我們以1997年7、8兩個月的區域預報模式預報場與分析場資料求取預報場的垂直誤差相關矩陣，並將其運用於一維變分反演模式中，由實驗中發現當預報場誤差特性比較偏離垂直誤差矩陣所描述時，反演的效果受到限制。

關鍵詞：反演，偏差

## 一、前 言

以變分學為基礎的資料反演法或同化法，近年來發展至為快速，就目前而言，無論於理論或實際運用上都是極具潛力的資料同化方法。這個方法最大的優點在於，它可以利用前推模式(Forward model)(例如處理衛星資料時的輻射模式)同時結合其它各類非傳統氣象參數的觀測(如衛星輻射值、雷達回波等資料)於資料同化的過程中。Eyre(1989)將一維變分反演法運用於GALE(Genesis of Atlantic Lows Experiment)的衛星觀測資料，進行個案分析，結果顯示對背景場的修正有正面的影響。McNally and Vesperini(1995)應用一維變分法求出的水汽剖面，改善熱帶地區的環流結構。Anderson et al.(1992)以三維變分法改進ECMWF的分析場及預報場。Prigent et al.(1997)將變分學的方法運用於SSM/I的資料，於Atlantic Stratocumulus Transition Experiment(ASTEX)Campaign期間反演海面風場、全柱水汽含量等參數。

由於要運用變分學的方法於衛星資料的反演或同化，需要使用可以模擬衛星觀測的輻射模式，而任何的輻射模式，往往為求計算之時效而作某些程度之簡化，或對某些氣象參數無法掌握等因素，而產生微小的誤差，而衛星觀測資料也會因衛星所載探測儀器的噪聲或衛星資料前置處理的過程中產生誤差。因此必需對衛星觀測與由預報場經輻射模式計算出之輻射模擬觀測的總和誤差進行評估與修正，始能以衛星的觀測資料進行修正數值預報場的工作。同時建立此一誤差分析系統，亦可用於偵測衛星資料好壞，對後續使用衛星資料從事研究或作業有其必要性。

至於變分法中用來當作初始猜值(背景場)的垂直溫、溼剖面的垂直誤差相關特性對資料同化(反演)的重要性如Eyre(1989)與周、李(1996)經由模擬的實驗可以得到證明。本篇以中央氣象局有限區域模式的預報場與分析進行計算，再將它運用到實驗資料反演的過程中，由實驗的結果來看，目前所計算得到的誤差相關矩陣對反演的結

果有幫助。

以下各節內容如下：第二節簡介一維變分法之原理，第三節為資料來源與誤差分析，第四節敘述一維變分法運用於真實資料的結果，第五節討論與結論。

## 二、理論回顧

以變分學為基礎的資料同化方法，一般而言是尋找一個大氣狀態使得所定義的代價函數發生極小，Lorenz(1986)描述在貝氏理論(Bayesian estimation theory)與假設觀測與背景場誤差是高斯分布的情下導出的代價函數(cost function)定義如下：

$$J(x) = (x - x^b)^T C^{-1} (x - x^b) + \{y^m - y(x)\}^T E^{-1} \{y^m - y(x)\} \quad (1)$$

其中 $x^b$ 是某數值預報場當做背景場，矩陣 $C$ 是背景場的誤差協方差矩陣， $y^m$ 是衛星觀測各頻道的輻射值或亮度溫度， $y(x)$ 是代表由輻射計算模式模擬在大氣狀態 $x$ 時的衛星觀測值， $E$ 是衛星觀測與輻射計算模式二者誤總和的誤差協方差矩陣，上標 $t$ 代表矩陣的轉置，上標 $-1$ 代表該矩陣的逆矩陣。所定義代價函數大小的意義即是量度大氣狀態 $x$ 與背景場的偏差，與在大氣狀態 $x$ 時輻射計算模式模擬的觀測值與真實衛星觀測值偏差的總和，因此我們求其極小的意義即是要使我們所分析的大氣狀態 $x$ 合於衛星的觀測，而且不致於偏離背景場太遠。就目前的情形 $x$ 是垂直(一維)的大氣變數，此時我們可以將(1)式以兩種不同的觀點加解釋，一是將其視為一個衛星資料反演的問題，而在反演過程中以數值預報的預報場當做約束條件，另一是將它視為以變分分析法分析大氣的狀態，而以衛星觀測做為其約束的條件。

要尋找代價函數極值的方法有許多種，在此我們採用Rodgers(1976)所提出的疊代公式(Newtonian iteration)進行數值上的計算，公式如下：

$$X_{n+1} = X^b + W_n \{y^m - y(x_n) - k_n(x^b - x_n)\} \quad (2)$$
$$W_n = CK_n^T (k_n CK_n^T + E)^{-1}$$

其中 $k$ 是 $y$ 對 $x$ 的微分， $n$ 代表疊代的次數， $k_n = k(x_n)$ 。採用這個公式的原因是因為在實際的狀況下，即使晴空의 視場時，問題只是趨近於線性而非

真實的線性，而在有雲的情形下，則問題的非線性特質將會增強，因此我們採用疊代公式以解決非線性的問題，當疊代計算至 $X_{n+1} - X_n$ 小於某一設定值時判定為收斂，將收斂得到的 $X_{n+1}$ 代入輻射計算模式中模擬衛星的觀測，若模擬值與觀測值小於設定的品質檢定值，則視 $X_{n+1}$ 合於品質檢定的條件。

## 三、資料來源與誤差分析

本次實驗資料選取的時間是1996年7、8及9月份。衛星資料是中央氣象局衛星中心的NOAA-12衛星存檔資料。所使用的預報場及分析場資料是中央氣象資訊中心所提供的有限區域模式之存檔資料，並且有探空的資料可作為驗證結果的佐證資料。

首先就衛星資料部分加以說明，本次修正偏差的方法是源自於歐洲中心所採用的方法，但作適當的修正，採取比較簡單的方法進行，但是可以由實驗的結果得到證明我們所使用的方法可以改善反演的結果，以下大致介紹資料誤差處理的流程。首先是資料的收集，收集衛星觀測資料與經由預報模式提供在衛星觀測時間3小時內的預報場或分析場，代入輻射模式中計算出衛星的觀測模擬值，並記錄每一個掃描點的掃描角度與雲晴判斷。接著是品質檢定的動作，首先是約略的總括性檢定，MSU觀測儀2、3及4頻道的亮度溫度，需在150°K至350°K之間，觀測與模擬的差值需在-20°K至20°K之間。接著窗區頻道的檢查，此一頻道的觀測與模擬的差值需在-4°K到8°K之間。最後是各個頻道的檢定，經由上述方法選取的資料，計算每個頻道觀測與模擬之差值的平均與標準方法，若有任何一個頻道的差值減去該頻道的平均的值大於方差的三倍，則視為不好的資料。當品質檢定完成後所剩的資料，再進行掃描角度的修正，由於掃描角度的不同，大氣光程的長度理論上會有改變而引起誤差，假設光程愈長誤差愈大，因此其修正的方法是比較角度為零與其它角度時的誤差統計特性，期能找到因角度所引起的誤差，但是由實驗的結果顯示，角度誤差效果不是十分顯著，因此在我們並沒有作此項之修正。最後是大氣特性的修正，這個方法是要修正在不同大氣狀態下，衛星與輻射模式的總和誤差。此法主要在求得一個誤差修正矩陣，在實際運用時，衛星

資料的觀測值乘上該矩陣可以得到各頻道的修正值，詳細的方法可參看Eyre(1992)之文獻。但是由實驗的結果顯示Eyre(1992)的方法運用於本次實驗時結果並不令人滿意，可能的原因是他的方法是運

用於全球的衛星資料，因此其資料量比較龐大，所求得的矩陣比較有代表性，至於真實的原因則仍不十分清楚。本實驗的結果如圖1，圖中縱坐標是亮度溫度，橫坐標是衛星觀測頻道的序號；1到19代

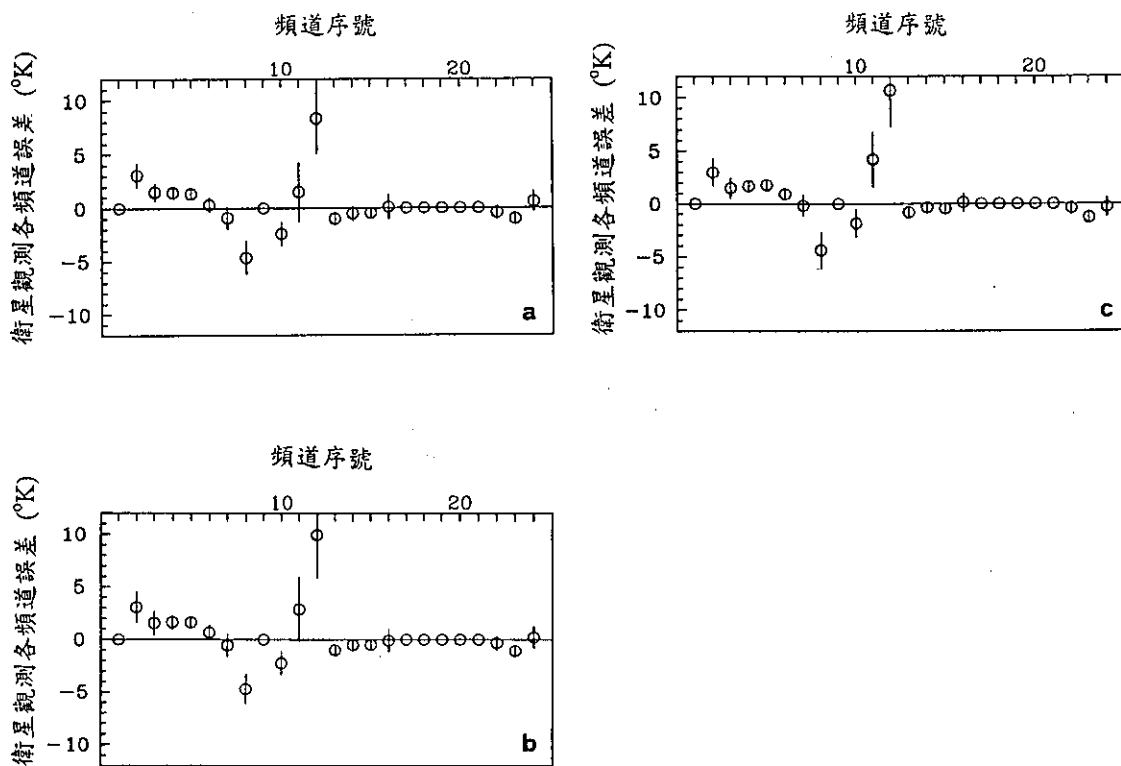


圖 1. 衛星觀測誤差分析，圖a、b及c分別代表7月、8月及9月的資料。

Figure 1. The errors of satellite measurement in(a)July,(b)August, and(c)September of 1996.

表HIRS頻道1到19，而21到24代表MSU頻道1到4，圓圈所在位置代表衛星觀測誤差的平均值，穿過圓圈的短棒長度代表誤差的標準方差。沒有短棒的圓圈是在本次實驗中並未用來反演的頻道，圖1a、b及c分代表7月、8月及9月的資料分析，由圖中可以發現，三者誤差情形變動並不大，因此要移除平均誤差(偏差)，只需在做反演前將偏差大的頻道觀測值減去過去資料的平均誤差即可，而實驗的結果也證明確實可行。

至於預報場誤差分析的方法，我們收集7月到8月的預報場與分析場，資料選取的空間範圍在北緯2度到47度，東經94度到150度之間，約為NOAA衛

星在本地接收時的資料掃描範圍。以預報場減分析場的值當作預報場的誤差，分析的結果各層的誤差大小如表1，相關性如圖2所示，圖2中垂直坐標為氣壓值，橫坐標是相關大小，圖2中所示為溫度與水汽的相關情形。

#### 四、反演結果

由上節所述的方法，我們以7、8月份的資料完成初始猜測(背景)場的垂直誤差相關矩陣，及衛星資誤差分析結果，我們將所得的誤差相關矩陣代入反演公式中，以9月份的衛星觀測資料進行測試，總共有14次的掃描資料。首先我們以未經修正的衛

星觀測資料進行反演測試，爲了簡化問題的複雜性，我們只選取晴空的觀測，反演溫、溼剖面與背景場溫、溼剖面的誤差均方根如圖3所示，實線代表背景場誤差，虛線代表反演誤差，我們選取個案的方式如下：當反演成功且在反演成功觀測點附近200公里範圍內有探空的資料者才加以選取，反演溫溼剖面與分析場的差值當作反演誤差，背景場與分析場的差當作背景場誤差，我們未直接與探空比對，是因探空與反演成功處有空間上的距離，因此在有探空存在於附近的分析場內插至反演成功處可能更具代表性。圖3是本次實驗453個反演成功的個

案，與下一個實驗(除去衛星觀測偏差)相同觀測點415個個案的平均特性，溫度剖面上，反演具正面修正效果的在500hPa到900hPa之間，而在500hPa至200hPa之間則是具有反面的效果，產生這種結果的原因，可由圖1中找到答案，在圖1中用來反演溫度的HIRS頻道中2、3、4及5頻的偏差都比較大，而這些頻道的權重函數大部分都在500hPa以上，因此，將未經偏差修正的觀測導入反演模式後，反而破壞原有背景場的準確度，至於水汽場的修正幅度則在上層比較明顯而在下層比較微弱，由以上的實驗可以得知衛星觀測偏差的修正是必要的。

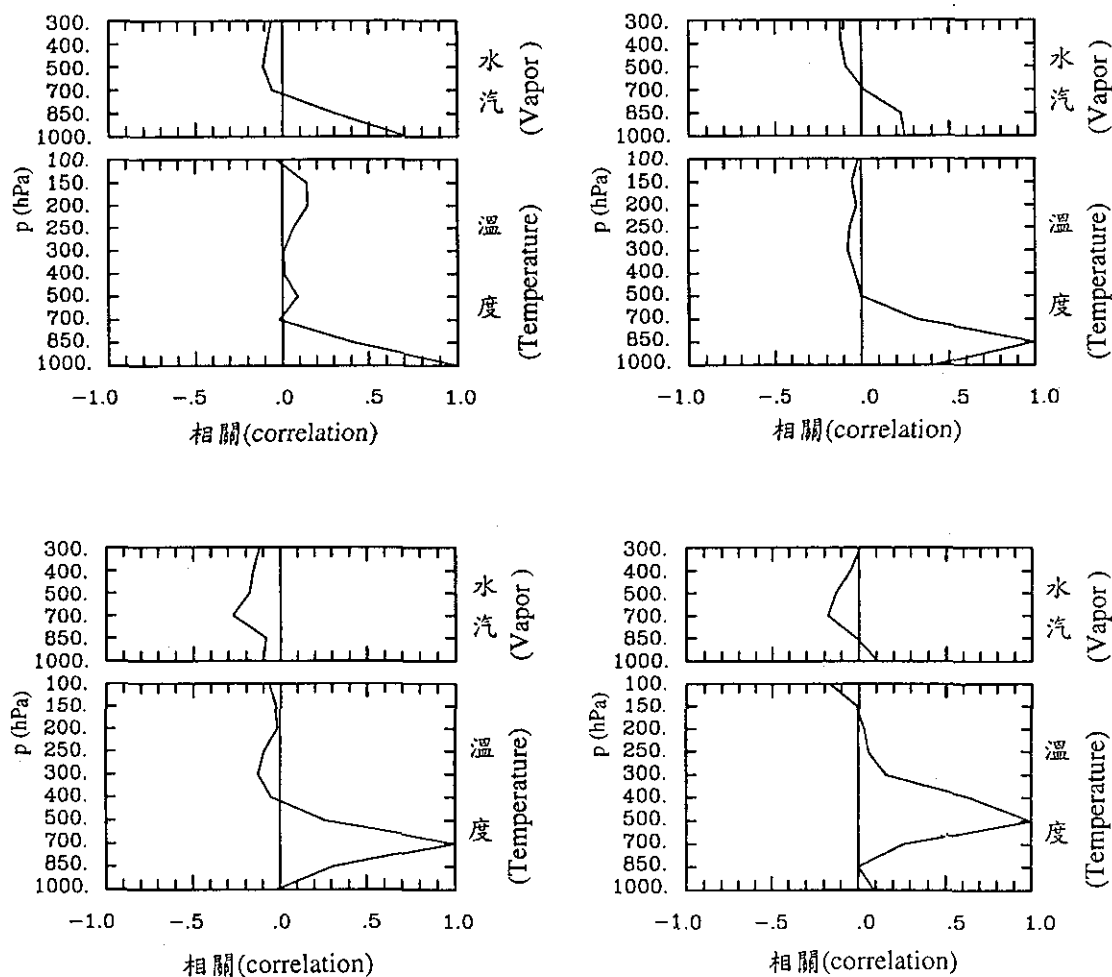


圖 2. 中央氣象局區域預報模式的溫度與水汽的垂直誤差相關圖。

Figure 2. Vertical correlation of forecast errors for 1DVAR: Temperature and water vapor.

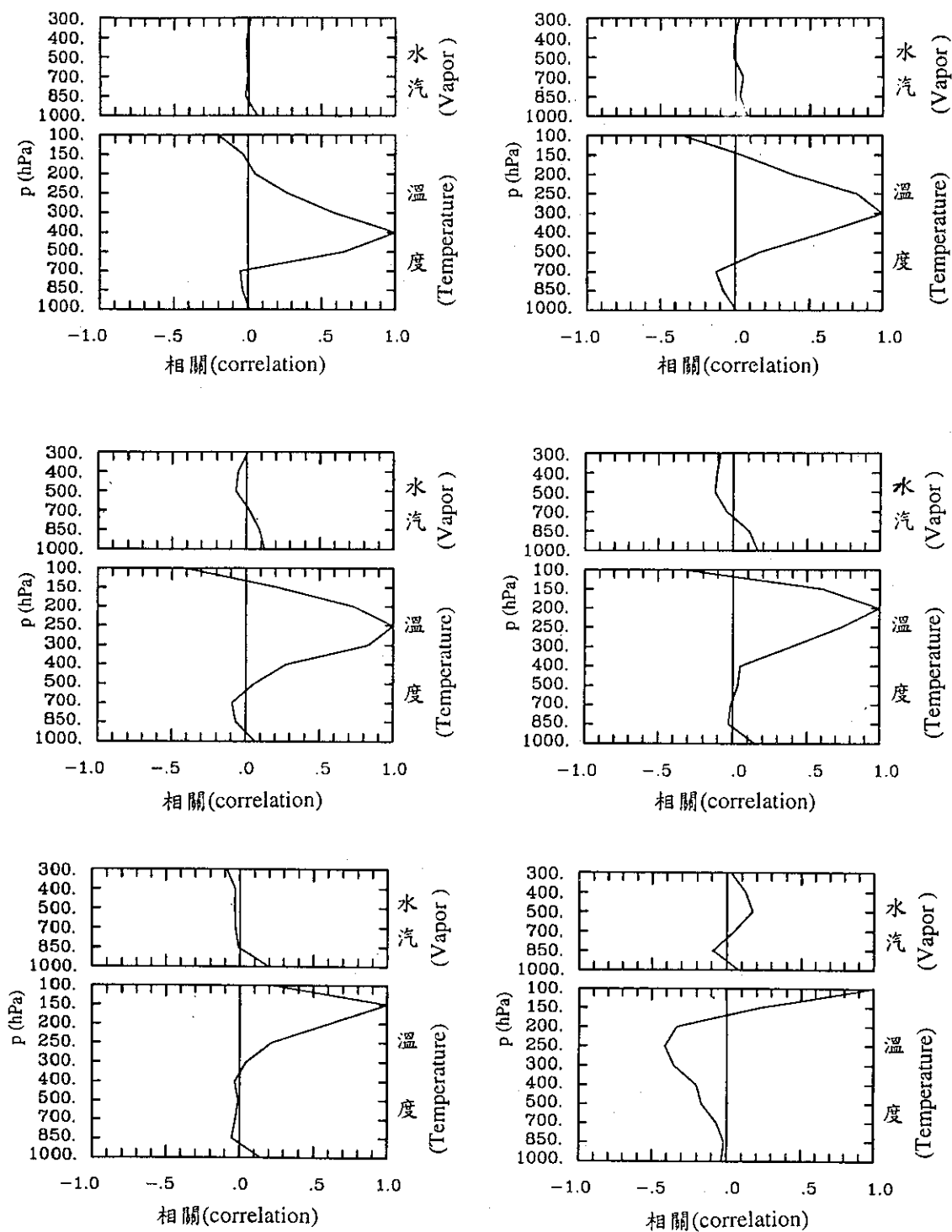


圖 2. 續。

Figure 2. continue

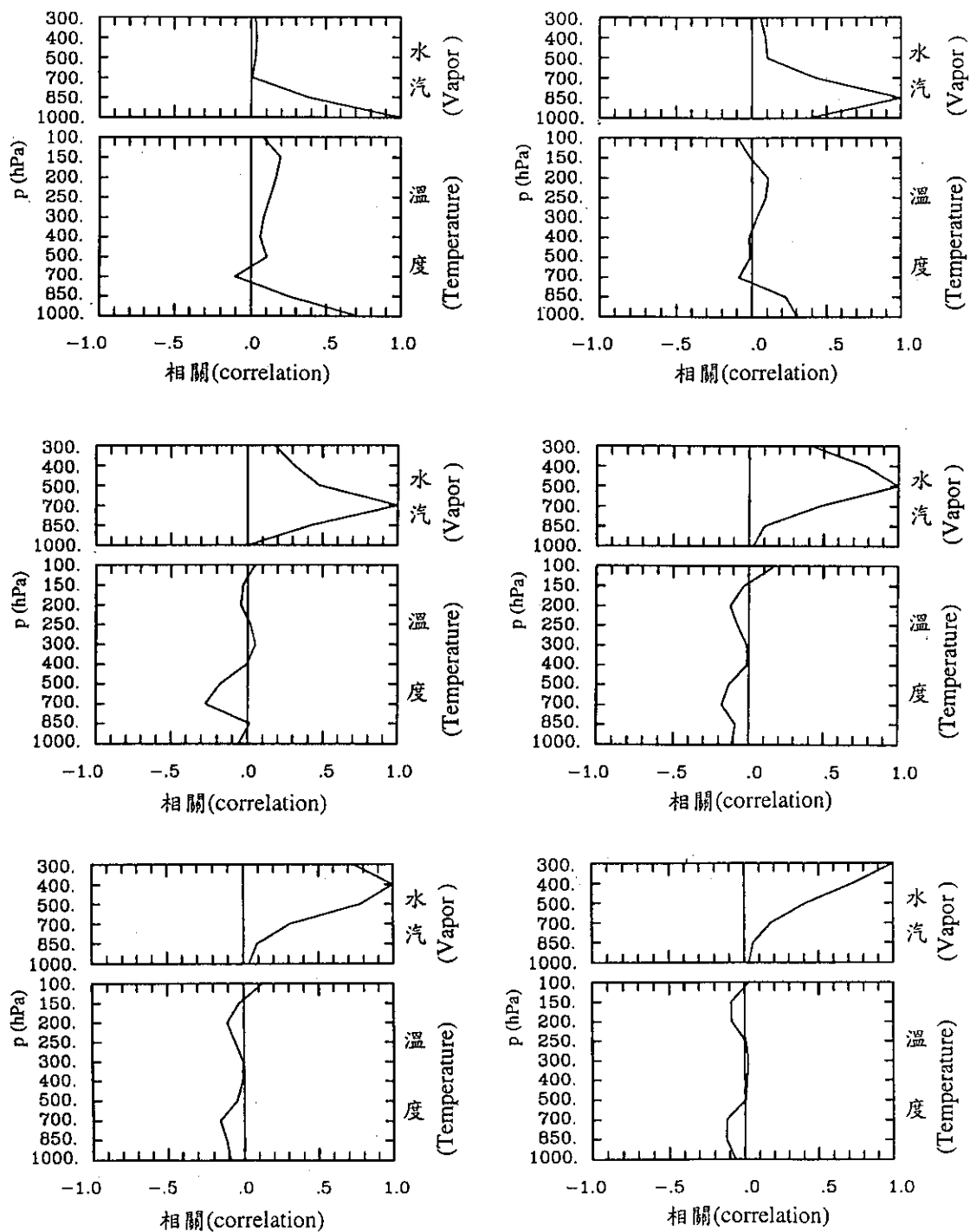


圖 2. 續。

Figure 2. continue



表 1. 垂直誤差各層的大小 (誤差標準差)

Table 1. Standard deviation of background error for 1DVAR

氣壓(hpa)	參數種類	誤差標準差
100	溫度	0.899° K
150	溫度	1.061° K
200	溫度	1.005° K
250	溫度	0.819° K
300	溫度	0.732° K
400	溫度	0.664° K
500	溫度	0.663° K
700	溫度	0.730° K
850	溫度	1.006° K
1000	溫度	1.452° K
300	水汽(對數)	0.121g/kg
400	水汽(對數)	0.095g/kg
500	水汽(對數)	0.086g/kg
700	水汽(對數)	0.058g/kg
850	水汽(對數)	0.054g/kg
1000	水汽(對數)	0.047g/kg

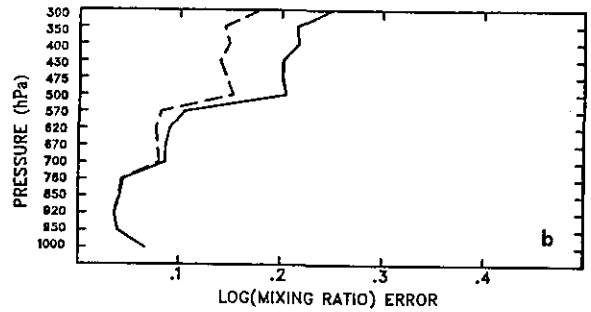
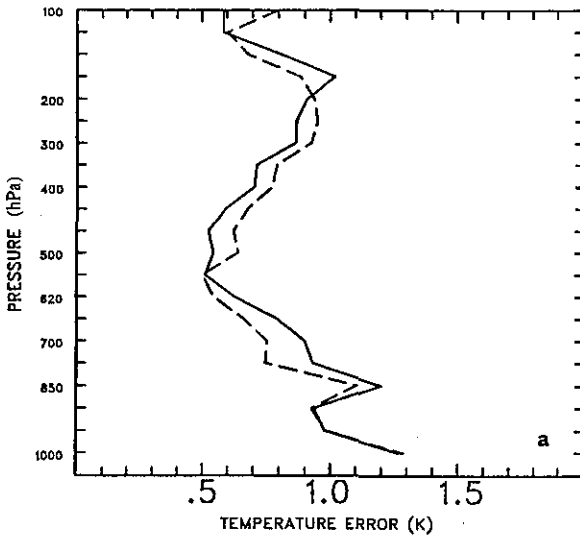


圖 3. 衛星資料未經訂正時，9月份的反演結果的均方根誤差。a圖是溫度的情形，

b圖是水汽的情形。實線代表背景的誤差，虛線代表反演場的誤差。

Figure 3. The RMS error of retrieval and background:(a)temperature, and(b)water vapor. The solid line represents background error, and dash line the retrieval error

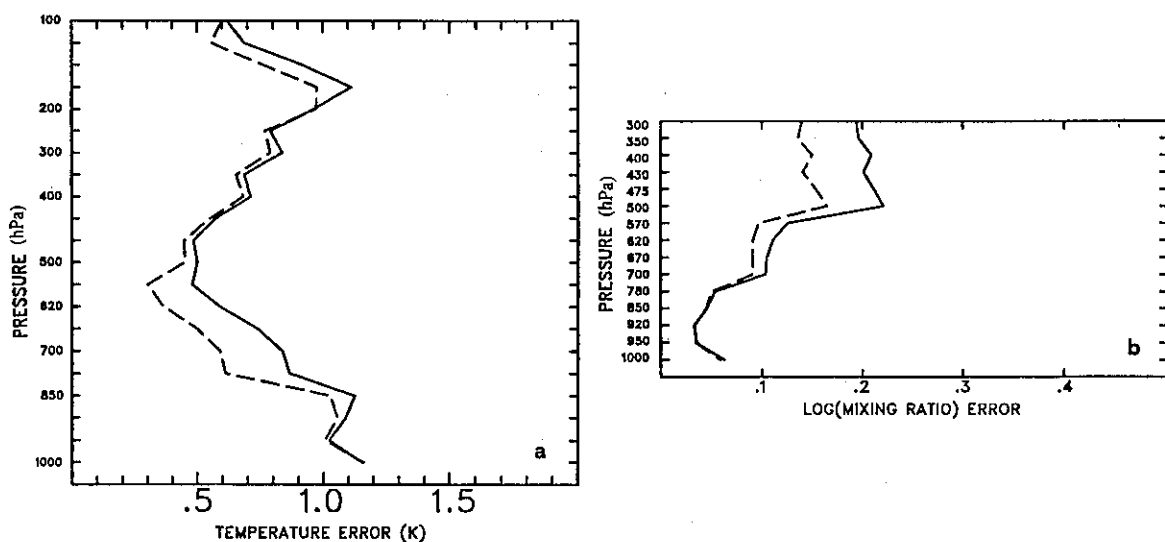


圖 5. 如圖4, 時間比較早的(約前7天)250個個案的平均情形。

Figure 5. As in Fig4. But for the first 250 cases.

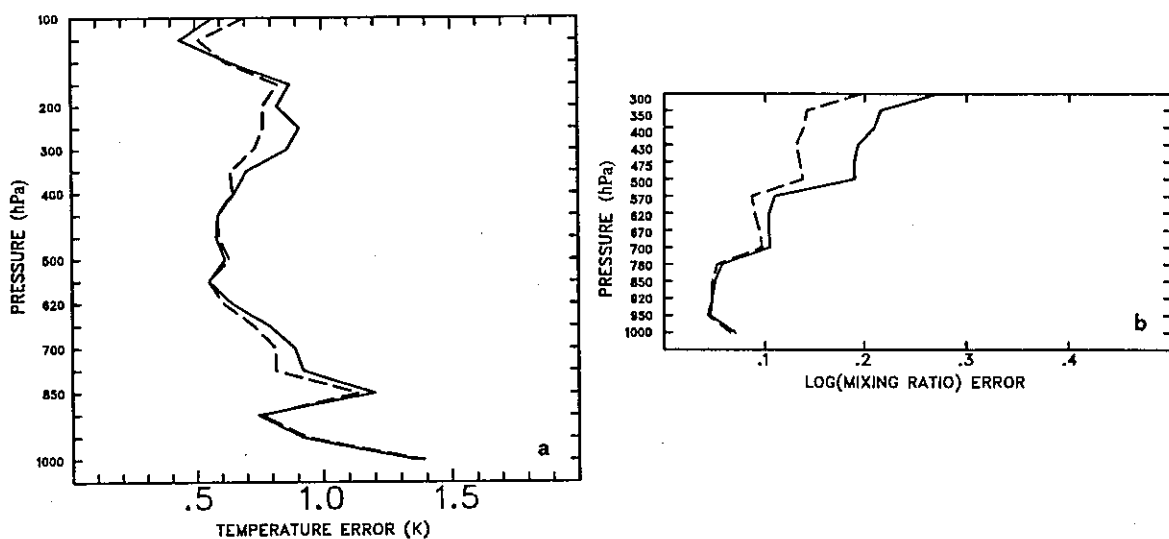


圖 6. 如圖4, 但為第251個案起時間較晚(約後7天)的個案平均情形。

Figure 6. As in Fig4, but for the cases from 251 to 506.

對初始猜測場的誤差作適度的修正, 實驗的結果顯示, 未來對衛星資料的使用應可抱持較過去更為樂觀的態度。

另外一個重要的問題是背景場垂直誤差矩陣的問題, 由實驗的結果顯示平均而言是有正面的修

正, 但就某些的個案來看, 修正的結果十分的有限, 探究其中的原因, 初步的猜測結果可能是因為在這些觀測點的預報場誤差, 比較偏離由統計計算出的垂直誤差矩陣所描述的型態所致。因此如何處理這個問題, 將是進一步改進本法的一個努力方

接下來所作的實驗是以上節所述的方法除去衛星觀測偏差的衛星資料重做上述的實驗。反演成功的個案共506個，選取與上一實驗相同的415個個案，其誤差情形如圖4所示。實線代表背景場誤差，虛線代表反演誤差，由圖4.a中可以發現500hPa以上較原先未經修正者(圖3.a)改善很多，足見我們所採用的偏差修正是可行且必要的。因修正的頻道是HIRS頻道中2、3、4及5頻道，而這些頻道是用來修正氣溫的頻道，故水汽的修正情形則幾乎不變。圖5是506個個案中較早的250個個案(約前7天之觀測)的誤差情形，也就是距離背景場垂直誤差及衛星觀測誤差統計完成時間較接近的反演情形，而圖6則是250個個案起到506個個案(約後7天之觀測)的反演誤差特性。實線仍然代表背景場誤差，虛線仍然代表反演誤差，比較圖5與圖6可以發現，似乎圖5的溫度修正比較明顯，而圖6的修正比較不明顯。可能的原因不是十分了解，而由理論與模擬可知，反演結果的好壞，與背景場誤差和統計所得的垂直誤差相近程度有關，然而在處理真實資料時尚有其他因素，難以獨立探討，但相信此一因素可能是造成差異的原因之一。由圖5與圖6的水汽場比

較也可以發現，圖6的水汽場上層背景場誤差較圖5為大，這也有可能是造成溫度修正減少的原因。

## 五、討論與結論

過去由於衛星反演資料的垂直解析度不夠精確，因此在數值模式作客觀分析或資料同化時，往往被視為品質不好的資料，只有在傳統資料稀少的地區才被採用，近年來發展迅速的變分學反演法或同化資料的方法，提供了一個新的研究方向，使得衛星資料運用於數值預報的價值再度受到重視。本篇主要的目的即是要以實際的衛星資料驗證理論與模式，並對此法的相關問題進行探討。

由實驗的過程得知，當建立初始猜測(背景)場的垂直誤差相關矩陣，與衛星觀測誤差評估和偏差修正後，衛星反演的結果平均而言對初始猜測值具正面的修正效果，即使在初始猜測值已十分精確的情形下仍然如此。然而我們在此要強調的不是反演結果的絕對準確度，因為它已用了數值預報模式的高精確度的預報場作為初始猜測值，而是要指出衛星資料在經過適當處理之後，可以降低衛星資料的誤差對初始場準確度之干擾，而讓衛星資料的資訊

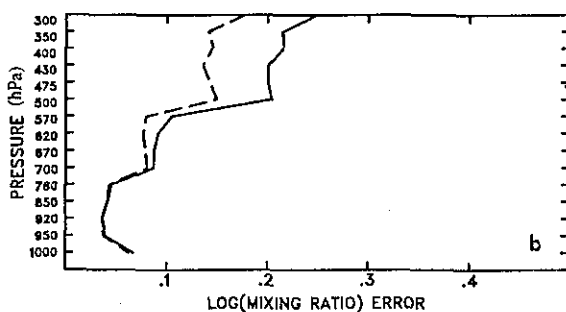
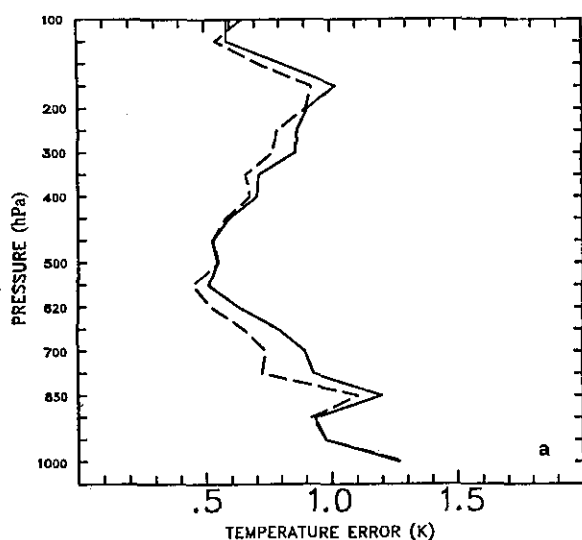


圖 4. 與圖3相同，但是衛星資料是經訂正過的。

Figure 4. As in Fig3, but with corrected satellite data.

向，或許依天氣型態來加以分類計算是一個可行的方式，這也是我們下一個重要的研究方向。

這次我們以晴空的個案進行分析研究，以降低問題的複雜性，但由實驗的結果，晴空所占觀測點的比例不是很高，這可能是我們篩選晴空的標準過於嚴苛，但是無論如何當天氣變化時雲量的遮蓋率必大幅的提高，如何對有半雲或全雲的觀測點進行反演以提高資料量，仍是一個值得研究的方向，儘管紅外線為主的遙測儀器受雲層的干擾很大，而使反演的問題更具挑戰性。

## 誌 謝

本文感謝科技中心陳雯美小姐在數值預報資料提供上的幫助及電腦執行控制方面的協助，衛星中心張拱祿先生在衛星資料之提供與處理上的協助，以及資訊中心滕春慈、黃麗玫小姐及科技中心童雅卿小姐提供相關程式，王公正先生在電腦管理上的協助也使本文能夠順利完成的重要幫助，在此一並誌謝。最後謝謝NCEP吳婉淑博士的指導與鼓勵。

## 參考文獻

周鑑本、李尚武，1996：一維變分分析的衛星輻射值同化的數值模擬實驗。第五屆全國大氣科學學術研討會，527-531，1996年6月26日～29日

- Anderson, E., J. Paillenx, J-N, Thepant, Eyer, A.P. McNally, G.A. Kelly, and P. Courter, 1992: Use of radiances in 3D/4D variational Data Assimilation. Workshop Proceedings in "Variational assimilation, with special emphasis on three-dimensional aspects", 9-12 November 1992, ECMWF, 123-156.
- Eyre, J.R., 1989: Inversion of cloudy satellite sounding radiances by nonlinear optimal estimation, Q.J.R. Meteorol. Soc., 115, 1001-1237.
- Eyre, J.R., 1992: A bias correction scheme from simulated TOVS brightness temperatures. ECMWF Tech Memo 186, pp28.
- Lorenc, A.C., 1986: Analysis methods for numerical weather prediction. Q.J.R. Meteorol. Soc., 112, 1177-1194.
- McNally, A.P., M. Vesperini, 1995: Variational analysis of humidity information from TOVS radiances. EOMETSAT/ECMWF fellowship programme RESEARCH REPORT No.1.
- Prigent, C., L. Phalippou, S. English, 1997: Variational Inversion of the SSM/I observations during the AS-TEX Campaign. Q.J.R. Meteorol. Soc., 36, 493-508.
- Rodgers, C.D., 1976: Retrieval of atmospheric temperature and composition from remote measurements of thermal radiation. Rev. Geophys. Space. Phys., 14, 609-624.

# **ONE DIMENSIONAL VARIATIONAL RETRIEVAL SCHEME ON TOVS DATA AND ITS ASSOCIATE PROBLEM STUDY**

**Chien-Ben Chou**

Central Weather Bureau

## **ABSTRACT**

In this study a One Dimensional Variational Retrieval (1DVAR) was applied to the TIROS Operational Vertical Sounder (TOVS) data from the NOAA-12 satellite. The result revealed that this method substantially improved the forecast background field, even in the place where the traditional observation was relatively dense. Specifically, the retrieval slightly improved the temperature profiles of the forecast background which was already quite accurate. More positive impact was found on humidity profiles at upper tropospheric levels.

It is important for this method to analyze the error statistics of satellite data and to remove the bias characteristics. We used a statistical method from the ECMWF to evaluate the error of satellite data. We then removed the bias from satellite observations by a simple way whenever those observational channels had large bias. After the bias had been removed, the result of this method showed considerable improvement. The forecast background's expected error covariance is another factor to affect the retrieval result. We calculated the error covariance matrix by using the forecast and analysis fields from the regional model of the Central Weather Bureau in the period of July-August 1996, and found that the usefulness of 1 DVAR Scheme was limited when the forecast background did not fit the characteristics described by error covariance.

Key words: Retrieval, Bias

# 台灣地區蒸發散量的估算 模擬模型研究

梁 仁 有

交通部中央氣象局  
Michael Ransom  
美國加州大學戴維斯分校

耿 旭

美國加州大學戴維斯分校  
Chris Reberg-Horton  
美國加州大學戴維斯分校

## 摘 要

本文利用 SIMETO 軟體取九個估算公式代入台灣九個地區氣象資料來計算參考蒸發散量，此九個公式包括：Original Penman, Penman-Monteith, Corrected FAO Penman, Priestley/Taylor, Jensen/Haise, FAO radiation method, FAO Blaney/Criddle, SCS Blaney/Criddle, Hargreaves，以及平均值。決定上列公式中何者最適合於台灣的氣候條件，可用來正確評估全球氣候變遷對台灣地區農業生產力及蒸發散量的可能影響。本文中的結果顯示，各方法之間不因地理環境不同而有明顯差距。研究工作人員如要應用 SIMETO 來評估蒸發散量，應按當地情況選擇一最適當的方法。但是從在多數的情況下，各方法間的區別並不顯著，而且多數是在可接受的範圍之內。當迴歸法和變異係數同時考慮時，在各站中適用的最好的方法台北有 HARG；台中有 HARG、AVG；嘉義有 HARG、PT；台南有 PT；高雄有 PEN、AVG HARG、PM；宜蘭有 HARG；花蓮有 PM、HARG；台東有 PM。

關鍵字：SIMETO 軟體，蒸發散量，農業生產力。

## 一、前 言

全球氣候變遷對地球上生命系統及一切支持生命的循環系統的永續性有巨大的影響(ASA Special Publication No. 53, 1990, and No. 59, 1995; UNEP report No. 10, 1993; Bongaarts, 1994; Pimm and Sugden, 1994)。大氣中稀有氣體增加對氣象的直接影響是產生溫室效應使得溫度上升，溫度上升則將會增加植物、土地及海洋的水份蒸發，進而增加降雨量。然而這些可能的氣候改變的程度，將因地而異(UNEP report No. 10, 1993)。雖然環境問題是全球性的，但對其影響的瞭解卻必須從各個不同地方上開始。因此，我們必須做一些地方上的或地區內的研究，以便明瞭全球氣候改變的實際影響。之前我們曾做過氣候改變對台灣地區蒸發散量影響的模擬研究(梁等, 1997)，模擬現在的氣候狀況及 CO<sub>2</sub> 倍增時之氣候變化對台灣 ET 的影響。該文僅討論蒸發散量估計方法平均估算的結果，本文則將各別公式對台灣的

適用性予以討論。

蒸發散(ET)作用對農作物的耕種佈局及水資源經營管理的設計上是一個重要的考慮因素(Penman, 1948; Monteith, 1964; Campbell, 1977; Loomis and Connor, 1992)。蒸發散作用是用來表達水分從土壤及植物體中散發到空氣中的作用。蒸發散的方式可直接從土地上來(此謂蒸發)，也可透過植物的水運輸作用(此謂蒸散)。植物水運輸作用和光合作用有直接關係。當水缺乏時，會降低葉面氣孔的排水能力並可阻礙光合作用進行或將導致減少植物生長，因此對農業生產者來說，作物生長期間的蒸散量的正確估計是非常重要的，也有助於對該作物的生產力的瞭解及其生長期中各時期的需水量。

作物蒸散作用(ET<sub>c</sub>)可直接從作物生長過程中測量到，但所需的儀器設備都比較昂貴。相對的說，參考蒸發散量(ET<sub>o</sub>)或 A-Pan 蒸發量就比較容易取得，並可直接從氣象因子中計算出來(Allen et al., 1989, Allen and Pruitt, 1991; Grattan et al., 1998)。ET<sub>o</sub>

也可由一些公式估算出，並利用蒸發皿修正。這些公式如：

Penman (1948)

$$ET_o = \frac{\{S(Rn - G) + \gamma f(u)(e^* - e_a)\}}{(s + \gamma)}$$

Monteith (1964)

$$ET_o = \frac{\{S(Rn - G) + \rho_a C_p (e^* - e_a/r_a)\}}{\{(s + \gamma)(1 + r_c/r_a)\}}$$

Priestley and Taylor (1972)

$$ET_o = \frac{\alpha S(Rn - G)}{(S + \gamma)}$$

各式中

$r_a$ ：氣體動力學阻抗 (aerodynamic resistance)

$r_c$ ：作物冠蓋阻抗 (canopy resistance)

$f(u)$ ：風速的函數

$Rn$ ：淨輻射 (net radiation)

$G$ ：相對於水或植物的可感熱通量 (heat fluxes)

$\rho_a$ ：濕空氣的密度

$C_p$ ：定壓下空氣之比熱 (specific heat)

$\alpha$ ：為一平衡蒸發參數 (parameter)

$e^*$ ：飽和水氣壓

$$= 6.11 \exp \left\{ \frac{(17.27T)}{(T + 237.3)} \right\} \quad (\text{mbar})$$

$e_a$ ：由濕球溫度  $T_w$  所測得的實際水氣壓

$$= e_w^* - \gamma(T_a - T_w)(\text{bar})$$

此處  $e_w^*$ ：為在  $T_w$  溫度時的飽和水氣壓

$T_a$ ：實際溫度

$\gamma$ ：是由  $e_a$  到  $e_w^*$  的斜率 (slope)

或是濕度計 (psychrometric) 常數

$T_w$  和  $e_w^*$  由濕度計測得

$s$  是飽和蒸氣壓在葉溫  $T_l$  溫度下的曲線斜率 (slope)

一般  $ET_o$  代表在溫帶氣候的草生長過程中的需水量。參考蒸發散量也代表是作物的可能蒸散量，如能乘上特別的作物係數即可轉化為該作物的蒸散量。一般所謂參考蒸發散量 (reference ET) (Jensen et al., 1990) 是指參考作物 (通常是指短草類或紫花苜蓿) 的潛在蒸發散量。一個特定作物的 ET ( $ET_c$ ) 和參考 ET 間的關係及蒸發散量的成份 (Component)，表示如下：

$$ET_c = C(ET)$$

$$ET = E_s + E_p$$

$$E_s = \tau ET$$

$$E_p = (1 - \tau)(ET)$$

$$\tau = Rn \exp(-KLAI)$$

此處  $C$ ：係作物係數 (a crop coefficients)

$E_s$ ：土壤蒸發量

$E_p$ ：植物蒸散量

$\tau$ ：是一調和係數 (a proportionality coefficient)

$K$ ：是淨輻射的補償係數，通常值約 0.4

$LAI$ ：葉面積指數 (leaf area index)

植物生長初期  $E_s$  是主要成份支配其蒸發散量，後期則是  $E_p$  為主要成份決定其蒸發散量。蒸發散量和產量及水份利用效率的關係如下：

$$\text{產量} = \alpha E_p \sim \alpha ET$$

$$\text{作物水份利用率 (WUE)} = \text{產量} / ET$$

其中  $\alpha$  為一調和係數，上二式說明了蒸發散量和產量以及作物水利用率的關係。因為蒸發散量及其成份和產量與水利用率 (WUE) 有關，因此在設計一灌溉系統的效率，適合於作物和森林生產系統，以及河水流域和其他自然資源管理方法時，蒸發散量必須要考慮進去 (Campbell, G.S. 1977; Barros and Hanks, 1993; Torres and Hanks, 1989)。

因此正確的轉換此種蒸發散量是需要有正確的作物係數估算值。而實際有效的應用作物蒸散量作為農業用水的參考是需要瞭解氣象改變時對作物蒸散量的影響。換言之，或是需要有多數完整的氣象資料及作物的蒸散量的多年資料才能看出年與年間的變異情況。但是多年完整的氣象資料因有無設站或設站的早晚的不同並非都適合作綜合分析，為此，我們應用了 SIMETO 軟體 (Geng and Ransiom, 1995) 模擬蒸發散量在各地區的可能變化 (Geng et al. 1995; 梁等, 1997)。SIMETO 軟體用到以下的氣象變數 (1) 每月的降雨日數 (2) 降雨量 (3) 最高氣溫 (4) 最低氣溫 (5) 輻射量 (6) 水氣壓 (7) 平均風速 (8) 最高相對濕度 (9) 最低相對濕度 (10) 日/夜風速比值。其他有關地區需要的資料為緯度、經度、高度、風切、作物株高、氣象儀器的高度等。雖然所需輸入的是月平均資料，但 SIMETO 卻可以產生每日氣象資料及日參考蒸發散量。SIMETO 不但可以模擬平均值，並可模擬出年與年間的變異情形。SIMETO 取九個估算公式代入氣象資料來計算參考蒸發散量，此九個公式包括：Origanl Penman (PEN), Penman-Monteith (PM), Corrected FAO

Penman (CFAO), Priestley/Taylor (PT), Jensen/Haise (JH), FAO radiation method (RAD), FAO Blaney/Criddle (FBC), SCS Blaney/Criddle (SBC), Hargreaves (HARG), 以及平均值(AVG)(Snyder and Pruitt, 1994)。

本文主要目的是決定上列公式中何者可用來正確估算台灣地區的蒸發散量，並可用來評估氣候變遷對台灣地區的蒸發散量，並可用來評估氣候變遷對台灣農業需水量的影響。

## 二、方 法

本文中所用的軟體主要是 SIMETO。SIMETO 乃是利用 Snyder 和 Pruitt(1994)發展的程式，其包括 10 種不同的常用的方程式，計算月參考蒸發散速率。程式中包含下列公式：

### ORIGINAL PENMAN METHOD (Penman, 1963):

evapotranspiration ( $E_{EPEN}$ )

$$E_{EPEN} = R_{do} + A_{do}$$

### PENMAN-MONTHLITH FAO METHOD (Smith, 1990):

evapotranspiration ( $E_{PENM}$ )

$$E_{PENM} = R_{dp} + A_{dp}$$

### CORRECTED FAO PENMAN METHOD

(Doorenbos and Pruitt, 1977):

The corrected FAO penman  $ET_o(E_{CPEN})$  is calculated as:

$$E_{CPEN} = CE_{EFAO}$$

### PRIESTLEY/TAYLOR METHOD:

evapotranspiration ( $E_{PT}$ )

$$E_{PT} = 1.26[\Delta/(\Delta + \gamma)][R_{no} - G]$$

### JENSEN/HAISE METHOD:

evapotranspiration ( $E_{EJH}$ )

$$E_{EJH} = [0.87/\lambda][C_T(T_m - T_{xj})R_s]$$

### HARGREAVES METHOD:

evapotranspiration ( $E_{HARG}$ )

$$E_{HARG} = (0.0023/\lambda)R_a(\sqrt{T_d})(T_m + 17.8)$$

### SCS BLANEY/CRIDDLE METHOD:

evapotranspiration ( $E_{SCSBC}$ )

$$E_{SCSBC} = (25.4/100)K_T K_C T_F P$$

where P is the monthly percentage of annual sunshine hours

和另外 4 個修正的 FAO 公式。此 4 個修正的 FAO 公式是：

### FAO PENMAN METHOD (Doorenbos and Pruitt, 1977):

evapotranspiration ( $E_{EFAO}$ )

$$E_{EFAO} = R_{dr} + A_{dr}$$

### FAO BLANEY/CRIDDLE METHOD

(Doorenbos & Pruitt):

evapotranspiration ( $E_{FAOBC}$ )

$$E_{FAOBC} = A + B(0.46T_m + 8.13)P$$

### FAO RADIATION METHOD (Doorenbos & Pruitt):

evapotranspiration ( $E_{FAORD}$ )

$$E_{FAORD} = \{B[\Delta/(\Delta + \gamma)][R_s/\gamma]\} - 0.3$$

### FAO EVAPORATION PAN METHOD:

evapotranspiration ( $E_{CPAN}$ )

$$E_{CPAN} = E_p P_C$$

where  $E_p$  is the measured evaporation from the pan.

(以上方程式之公式及定義請參考中央氣象局氣象學報第四十一卷第四期 262 頁~270 頁)。利用這些方程式算出的平均值可討論氣候變化在蒸發散量上的影響及模擬氣候對 ET 的影響。本篇則是比較這些方程式在台灣的適用性。將此 10 個方程式套入一個 FORTRAN 程式(Geng et al., 1998, Geng and Ransom, 1995)發展出上列九個公式來計算 ET。這些方程式可用來計算一個地區的參考蒸發散量，因這些公式是根據氣象資料來計算蒸發散量，因此如果輸入的氣象資料是日平均資料，則輸出也是日平均的蒸發散量。如果輸入的是月平均氣象資料，則輸出的也是月平均蒸發散量。SIMETO 可接受各種不同單位的氣象變數，但在計算參考的蒸發散量之前，我們首先檢查 SIMETO 在改換各種不同氣象變數的單位時的正確性，以使台灣的氣象因子單位可正確的使用。在檢定蒸發散計算的準確性時，除用以上九個公式，也把九個公式的平均值，當作另一個估算方法。本文取台灣九個地區(台北、台中、嘉義、台南、高雄、恆春、宜蘭、花蓮及台東)氣象站的(1974~1993 年)資料作估算，並將此九個氣象站過去二十年 A-Pan 觀測之蒸發值代入公式中，作為對九個計算公式模擬結果的對比和檢定。為著比較的關係，每一氣象站也用 SIMETO 模擬產生出二十年的資料值，此二十年的資料可用來計算每一站的平均及年間的變異數。

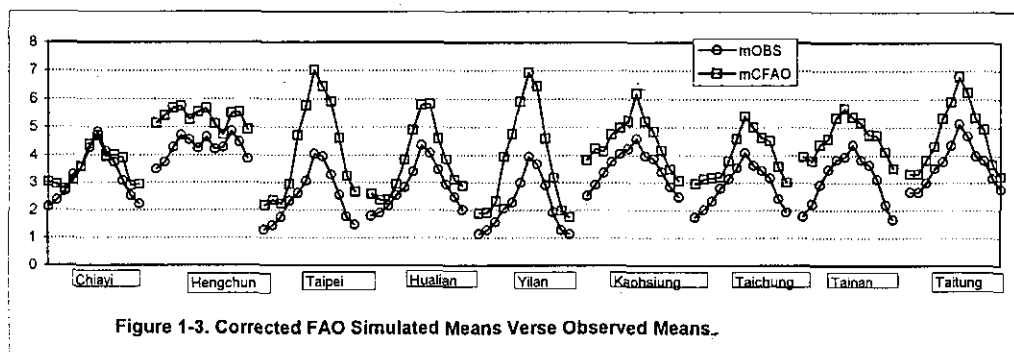
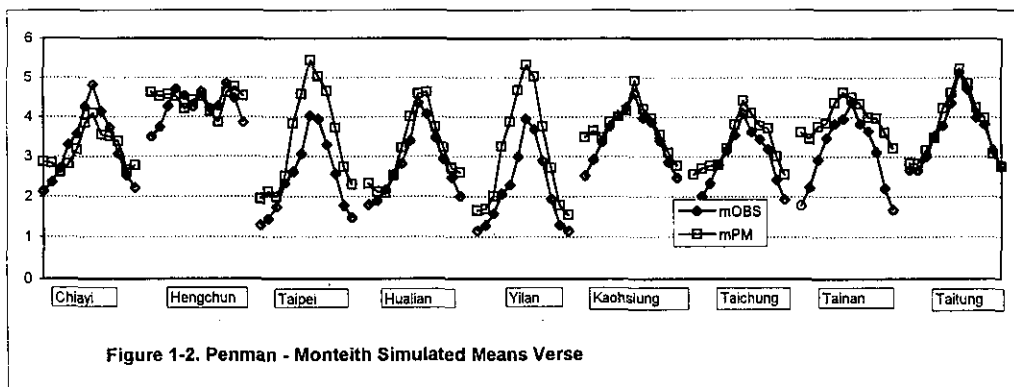
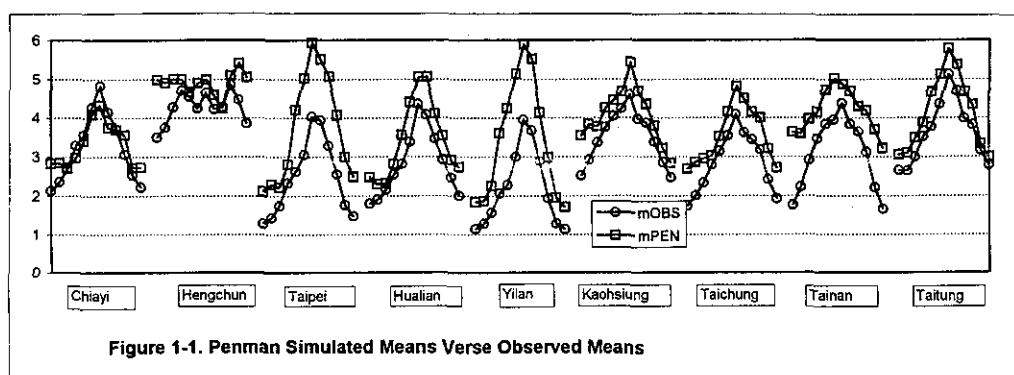


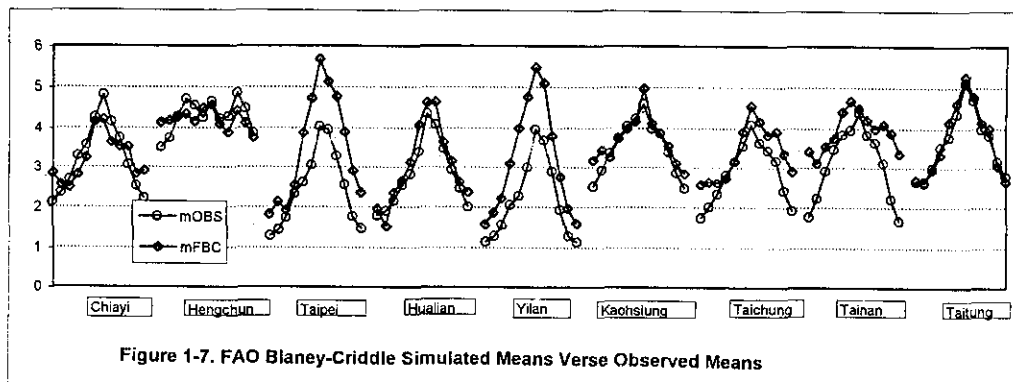
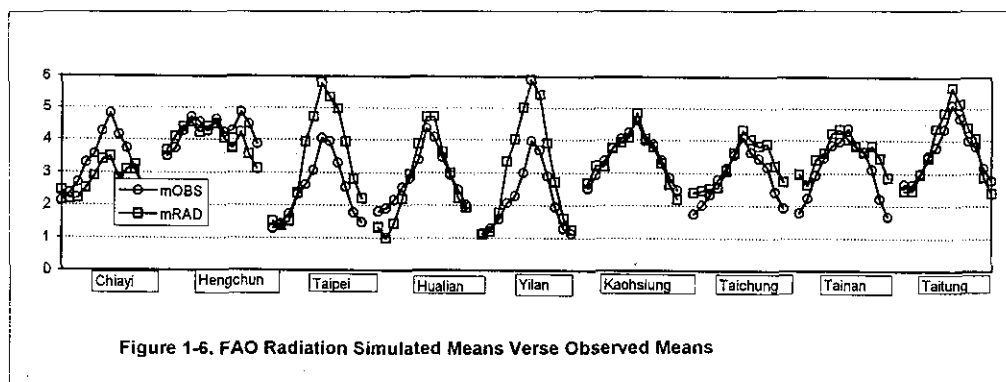
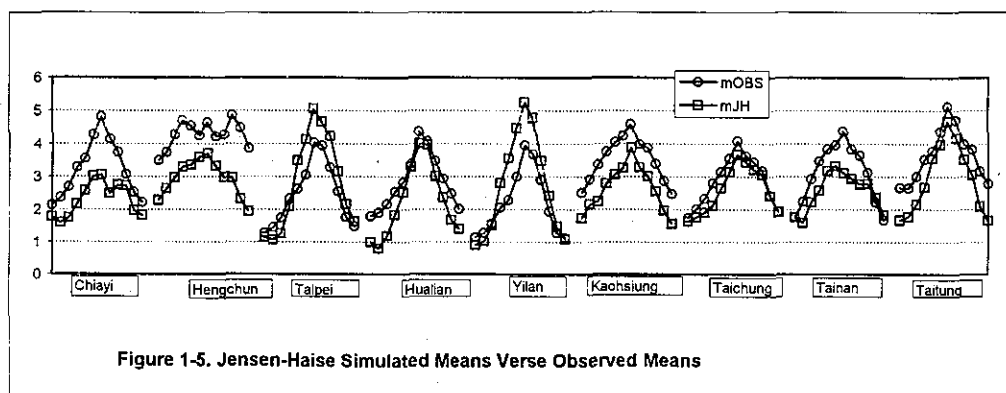
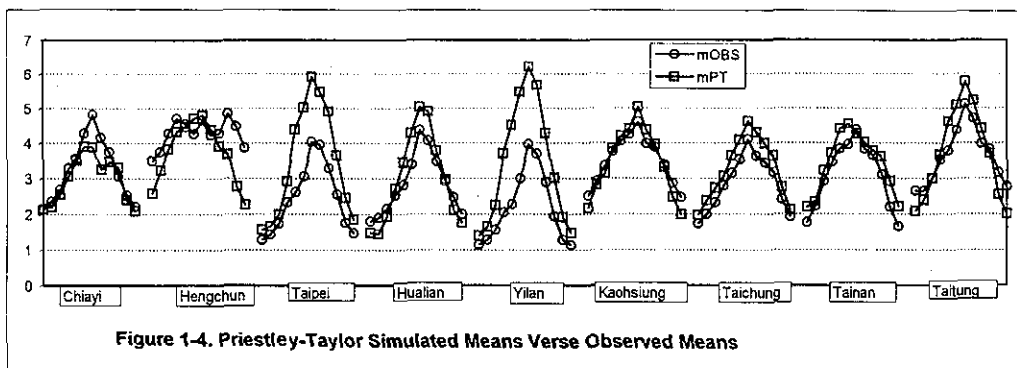
在比較觀測及模擬兩組資料時，除了比較平均數之外，也比較了年間的變異數。如果兩組資料的平均數完全吻合的話，其迴歸分析的迴歸係數應該是 1，截距係數靠近 0，而且  $R^2=100\%$ 。 $R^2$  代表迴歸模型所能解釋的觀測值間變異程度。同時我們採用 95 % 信賴區間的上下限數來決定其迴歸係數及截距係數是否和理論值有顯著差異。在比較年間的變異數時，也用 95 % 信賴區間係數來決定觀測及模擬兩組資料的年間變異係數的差距是否等於 0。這兩種比較方法的結合，不但可以決定觀測平均值和模擬平均值之間的相似性，並且可以決定其年份間的分佈

型態是否相似。

### 三、結果和討論

在觀測 ET 及模擬 ET 中，直線迴歸分析結果顯示，幾乎所有方法所產生的模擬結果和觀測的蒸發量關係相當密切，除恆春 ( $0 < R^2 < 0.45$ ) 外，所有  $R^2$  均大於 80 %，而恆春的特殊性我們曾在另一篇文章中提到(梁等，1997)。當然，一個較高的  $R^2$  值並不能完全證明模擬蒸發散量的正確性。估計值如果是一貫性的偏差高估或低估，同樣也會有高的  $R^2$  值。由圖 1-1 至圖 1-10 中可看出模擬的數據和觀測值間





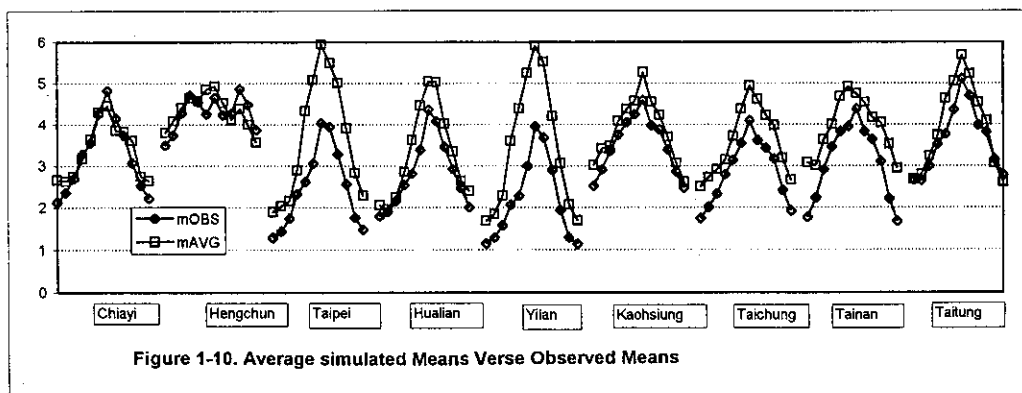
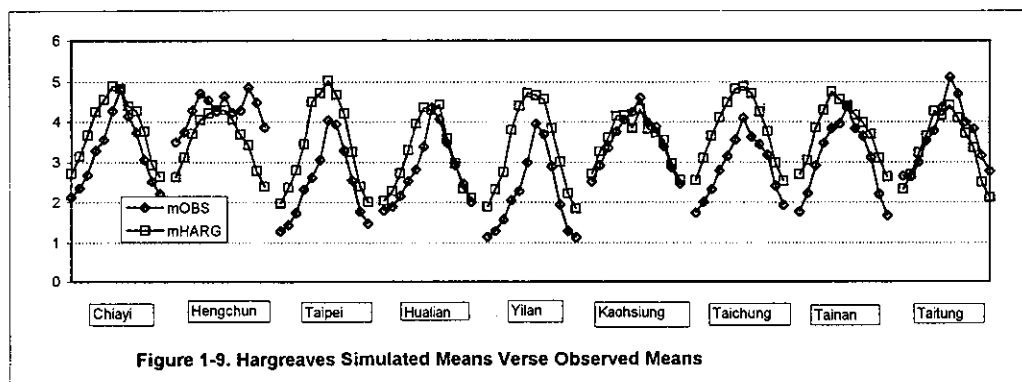
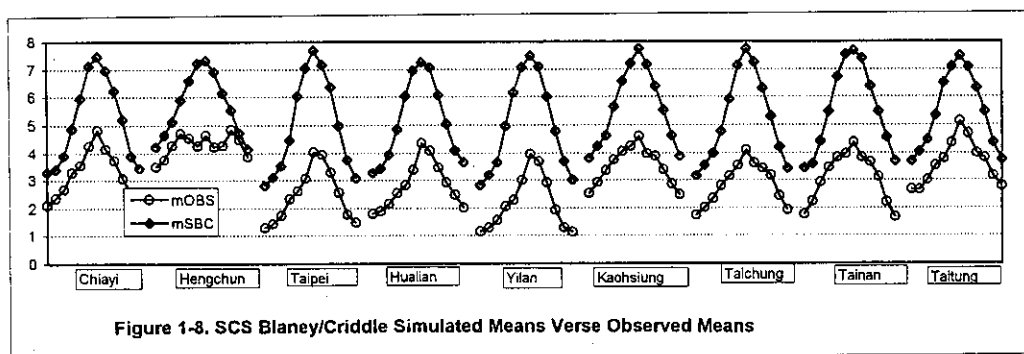
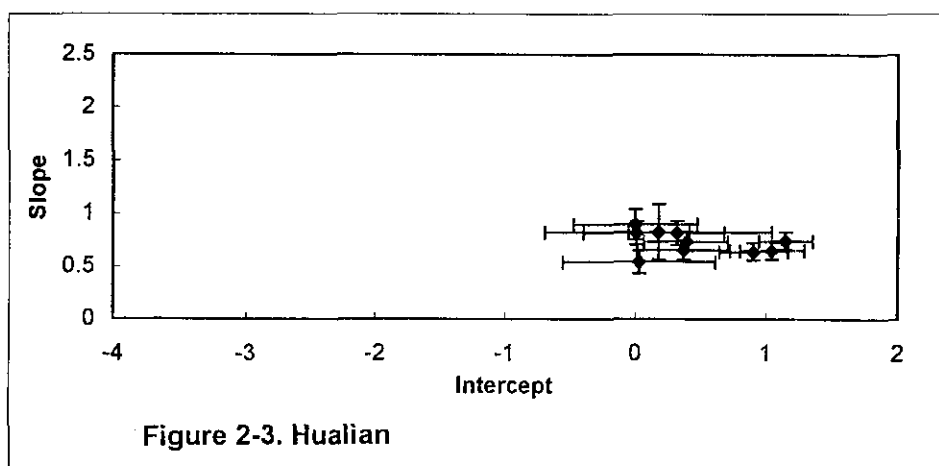
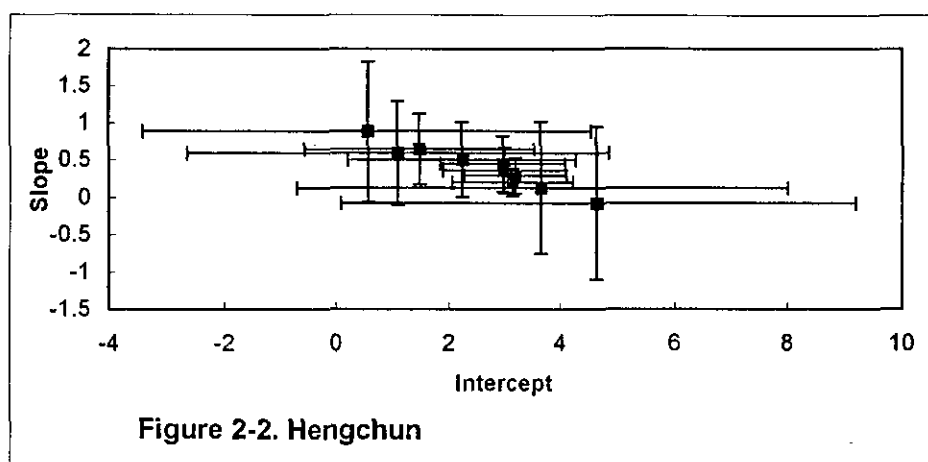
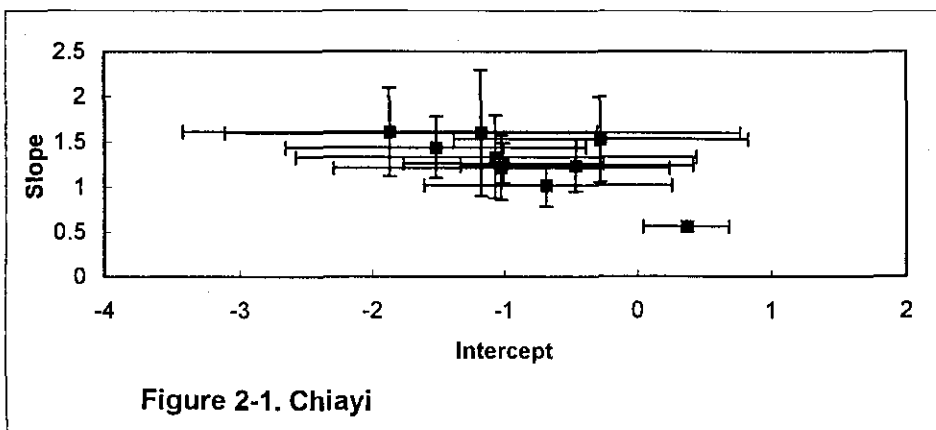
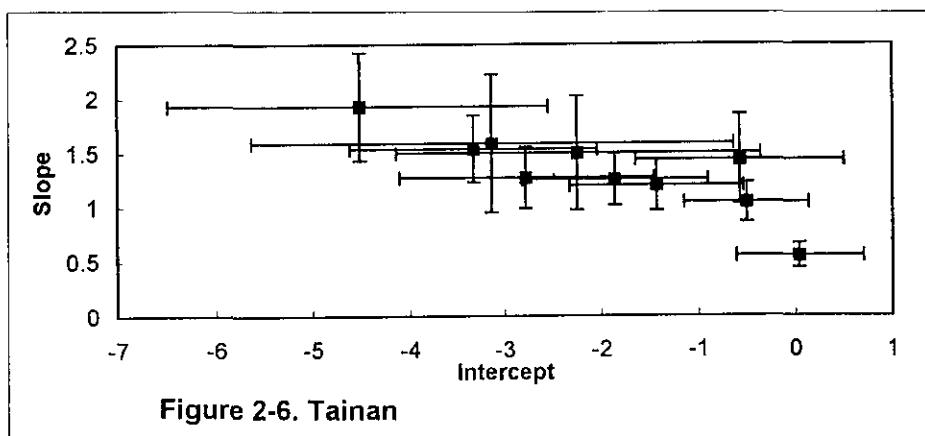
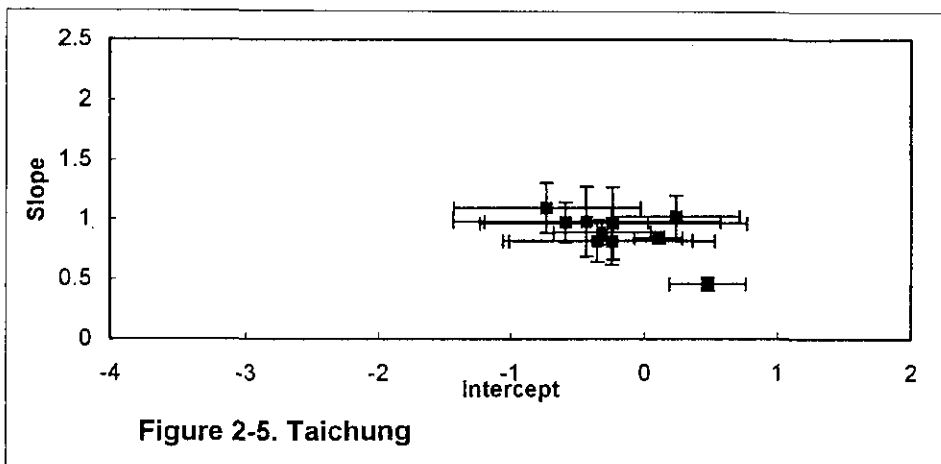
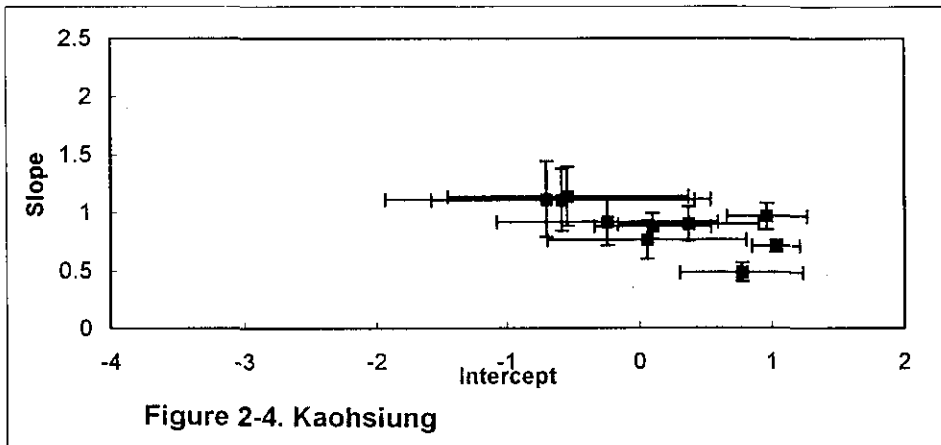


圖 1-1 至 1-10 為 Penman, Penman-Monteith, Corrected FAO, Priestley-Taylor, Jensen-Haise, FAO Radiation, FAO Blaney-Criddle, SCS Blaney/Criddle, Hargreaves 等九種方法蒸發模擬月平均值和實際觀測蒸發量的比較

的吻合程度。圖中 F AO Blaney-Criddle 及 Corrected FAO Penman 方法在所有站中幾乎都是高於實測值，這些過高的估計並非嚴重的問題，因為偏差問題可以很容易的利用截距係數來調整更正。因此需進一步的評估其迴歸係數和截距係數。一個可被接受的誤差是它的迴歸係數的 95 % 的信賴區間包含 1 在內，而且其 95 % 的截距係數區間應包括 0 在內。圖

2-1 至圖 2-9 顯示各種方法在每一站中的迴歸係數和截距關係以及其 95 % 的信賴區間的上、下限數，其結果以花蓮、台北、台東、宜蘭為最佳。圖 3 表示所方法在所有站中的集體反應。除了恆春、嘉義及台南外，其餘站的精確性皆在可被接受的範圍內，此範圍是迴歸係數 0.5~1.5，截距係數-1~1。從圖 1 中可看出大多數的估算方法在台南地區都趨向於過





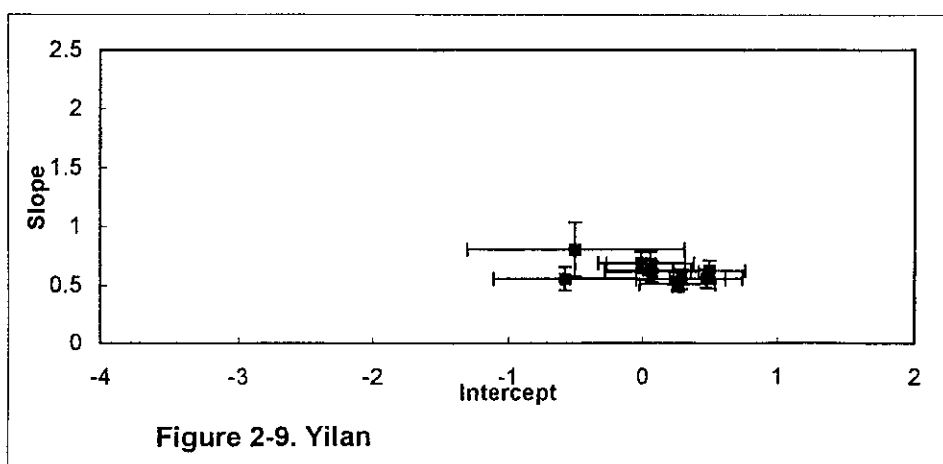
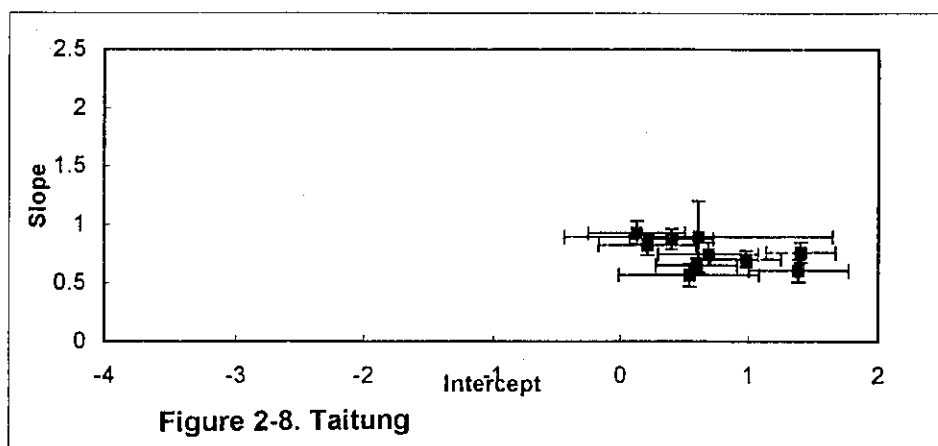
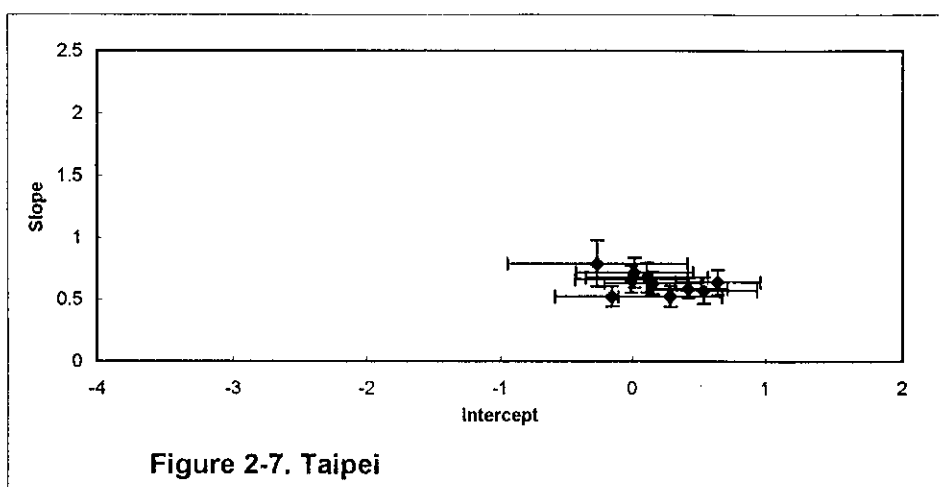


圖2-1 至 2-9 為 Penman, Penman-Monteith, Corrected FAO, Priestley-Taylor, Jensen-Haise, FAO Radiation, FAO Blaney-Criddle, SCS Blaney/Criddle, Hargreaves 等九種方法在每一站中的 slope 和截距的關係

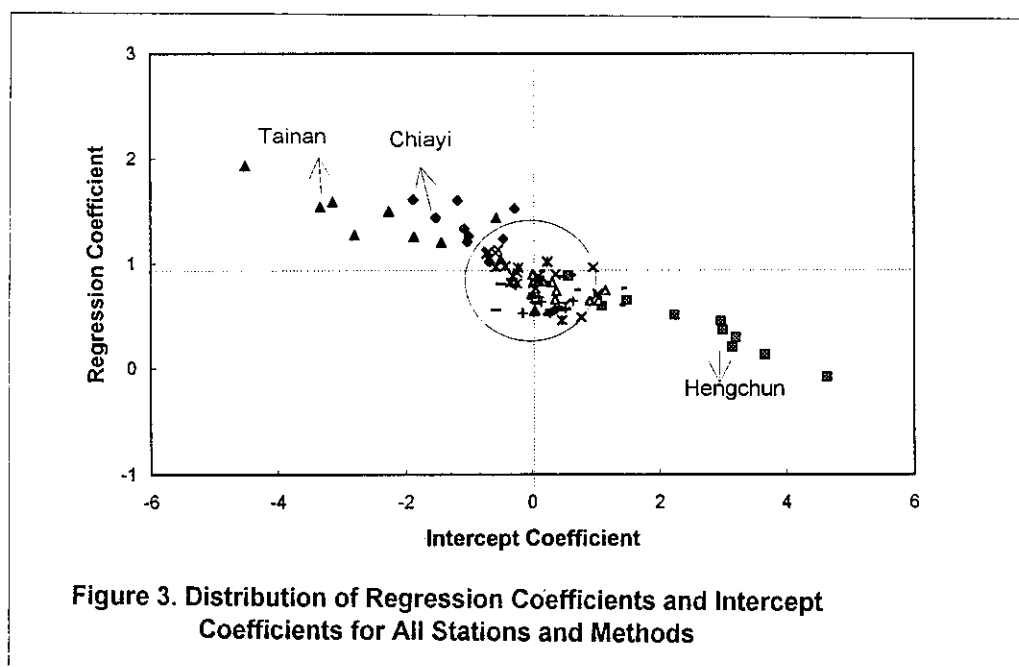


Figure 3. Distribution of Regression Coefficients and Intercept Coefficients for All Stations and Methods

圖 3. 所有方法在所有站中的迴歸係數和截距係數的分佈

高的估算，特別是在冬季。同樣的問題也發生在嘉義站，只是過度估算略為少些，而且當迴歸係數大於 1 時，其截距係數傾向於負值。表 1 中列出在各站中可被接受的方法(也即迴歸係數於 1 不顯著差異，截距係數於 0 不顯著差異，且  $R^2 > 80\%$ )。在所有方法中，HARG 法可應用於大多數的站中，除了台南其截距係數有一小的負值，HARG 法可應用其他各站。由於在夏天所估計的 ET 大於實際觀測的 ET，大多數的方法在各站(除了恆春、嘉義及台南)

皆有一小於 1 的迴歸係數。PM(Penman/Monteith method)方法在台灣東部(台東、花蓮)地區比其他方法較適合，故表示台東、花蓮除了溫度外，其他氣象因子對 ET 的影響也很大(因 PM 所需氣象因子項目最多)。大多數的估測方法在台中、高雄、嘉義皆可被接受適用，出乎意料的是，各公式的平均值的方法在除恆春外的 8 個城市中有 5 個城市無法接受。

若只從觀測和模擬的平均值做比較，並不能完全決定這些方法的適用性，用 SIMETO 模擬方法的

表 1. 各計算公式利用迴歸分析法在各站中可被接受的。

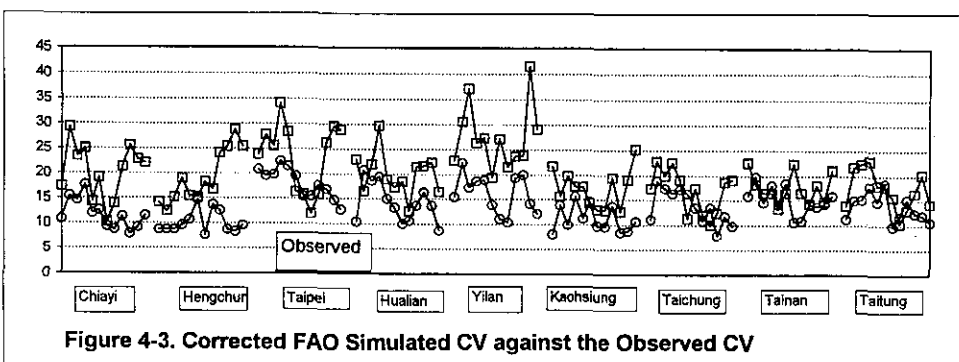
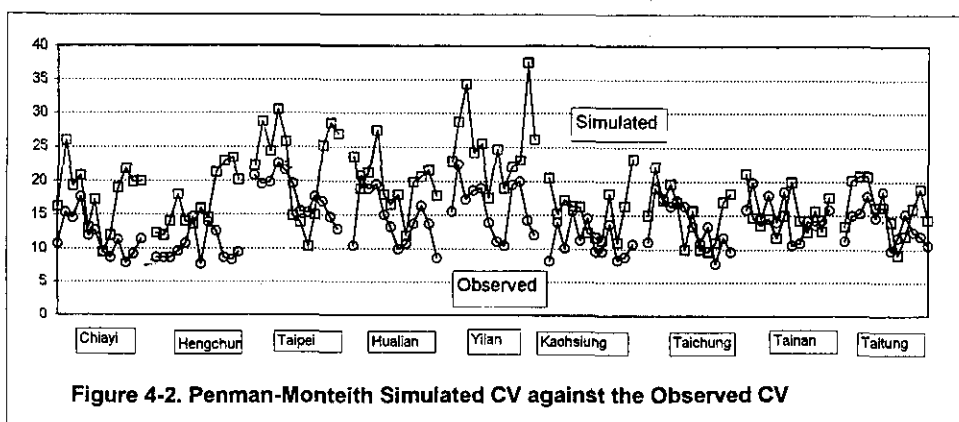
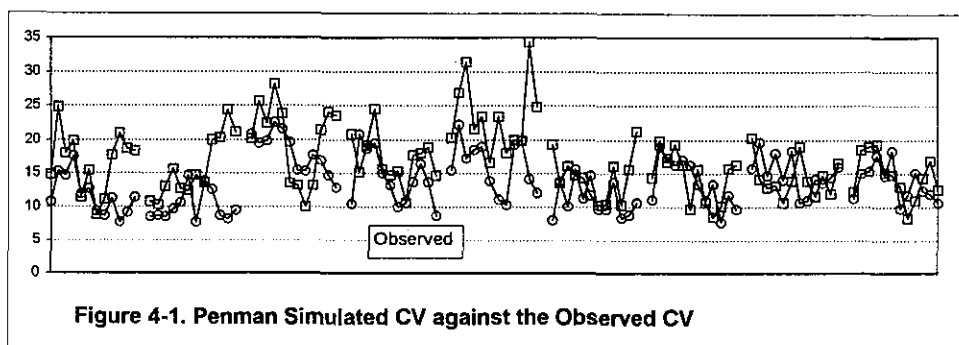
Station	Methods satisfied the regression criteria
Taipei	HARG
Taichung	JH; RAD; HARG; FBC; CFAO; AVE; PEN;
Chiayi	HARG; PT; CFAO; FGC; RAD.
Tainan	PT
Kaohsiung	PEN; AVG; RAD; FBC; HARG; PM.
Yilan	HARG
Hualian	PM; HARG
Taitung	PM; HARG

表 2. 各計算公式經過 CV 分析在各站中可被接受的(差異低於 5 %的)。

Stations	Methods satisfied the CV criterion
Taipei	PEN; AVG; PM; PT; FAO; SBC; FBC; HARG
Taichung	HARG; PT; SBC; AVG
Chiayi	HARG; SBC; PT; AVG; PEN
Tainan	HARG; SBC; AVG; PEN; PT; PM
Kaohsiung	PT; PEN; HARG; AVG; SBC; PM
Yilan	HARG; PEN; PT; AVG; PM; CFAO
Hualian	AVG; PT; PEN; FBC; PM; HARG
Taitung	PM; PEN; PT; AVG; FBC; CFAO; RAD; JH

優點是在於能夠模仿實際資料的年與年間的變異程度，一個能模擬年與年間的變異程度的方法，就可以用來估算作物的蒸散量會超過降雨的水供給量的機率或作物因缺水而減產的機率，也就是該方法可用來作冒險性評估的工具。圖 4-1~圖 4-10 表示實際觀測蒸發月平均值和各方法模擬蒸發平均值間的變異係數的比較。圖 4-1 顯示 Penman(PEN)方法的結果。除了嘉義(嘉義冬天多出 20 %)、恆春及宜蘭外，模擬值的變異係數和觀測值的變異係數都非常接近

，同樣情形也適用於 Penman/Monteith(PM)和 Corrected FAO Penman(CFAO)法(圖 4-2、圖 4-3)。Priestley/Taylor(PT)法的結果和前三法雷同，但在宜蘭卻有顯著的進步(圖 4-4)。Jensen/Haise(JH)、FAO radiation(RAD)、FAO Blaney/Criddle(FBC)三法(圖 4-5、圖 4-6、圖 4-7)所模擬的年與年間的差異都顯著的大於觀測值的年與年間的差異。相反的，SBC(SCS Blaney/Criddle)法所模擬的變異卻低於觀測值的變異係數(圖 4-8)。Hargreaves(HARG)法低估了台北、台中、台南三地的





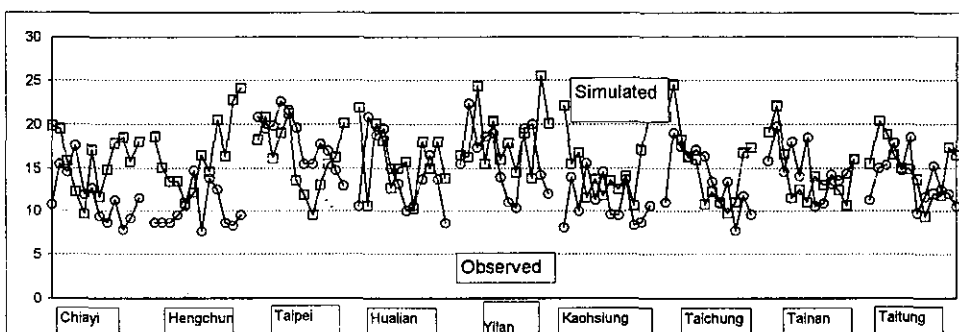


Figure 4-4. Priestly-Taylor Simulated CV against the Observed CV

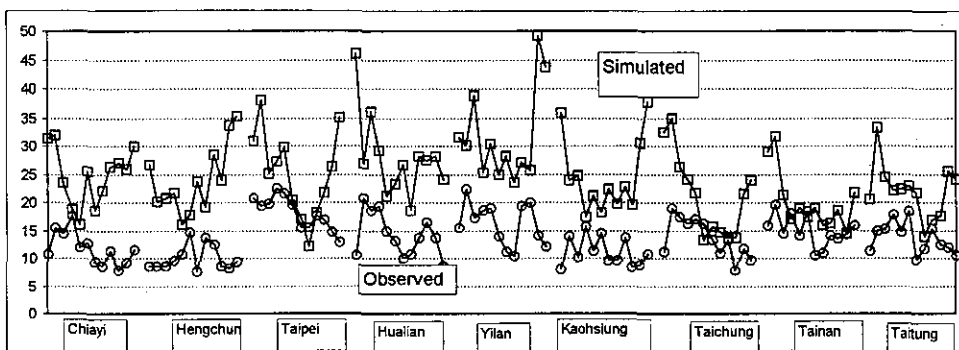


Figure 4-5 Jensen-Haise Simulated CV versus Observed CV

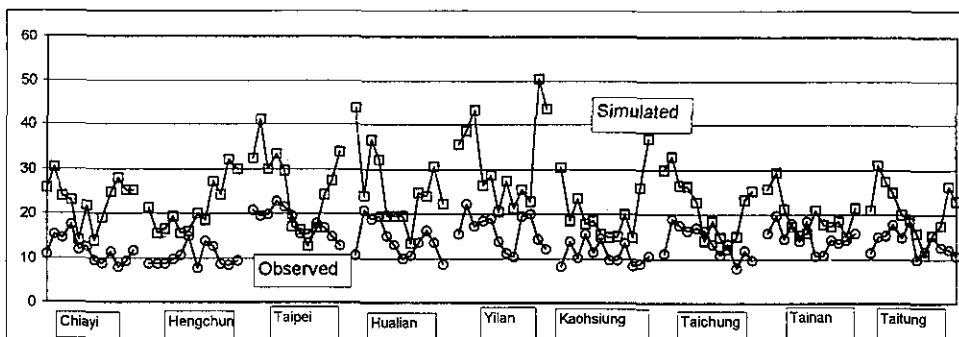


Figure 4-6. FAO Radiation Simulated CV against the Observed CV

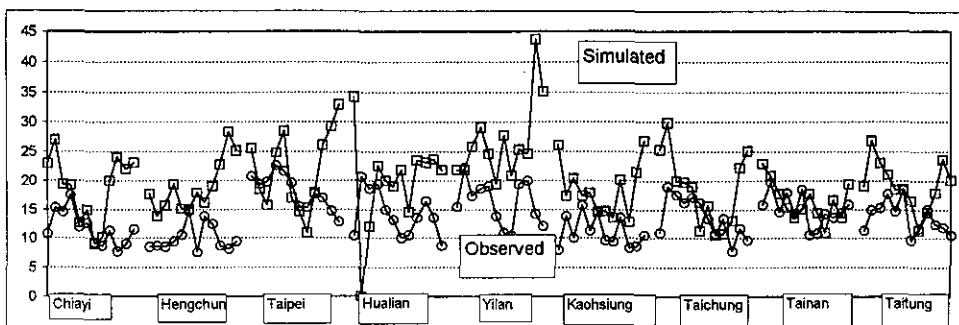


Figure 4-7. FAO Blaney-Criddle Simulated CV versus the Observed CV

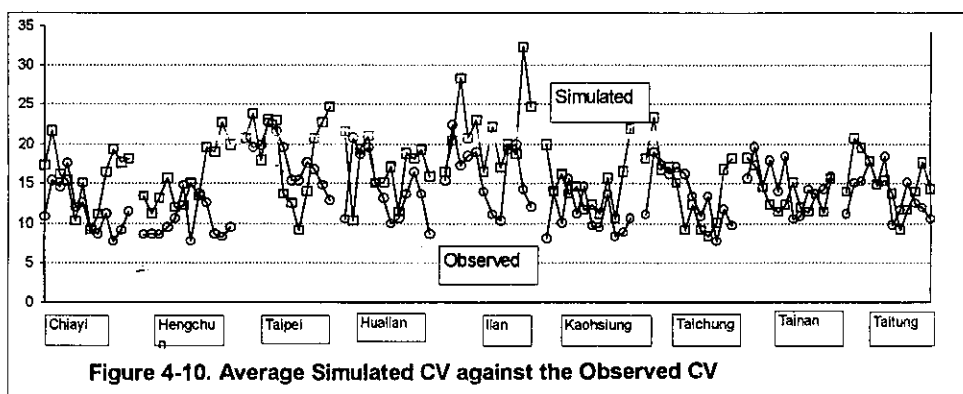
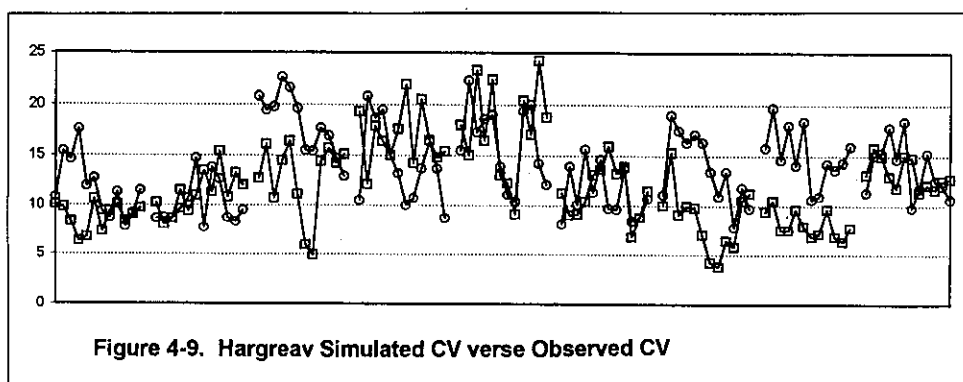
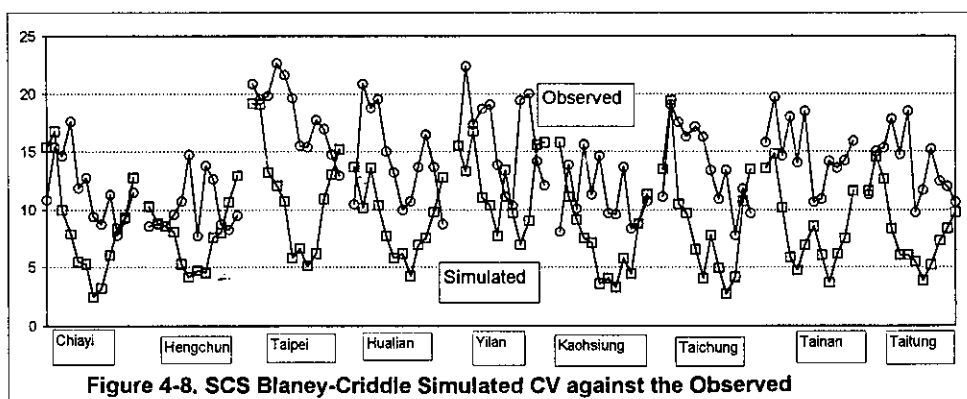
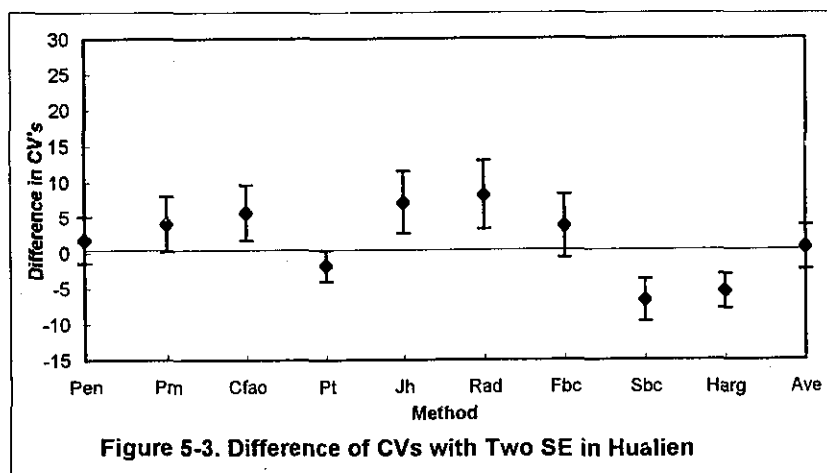
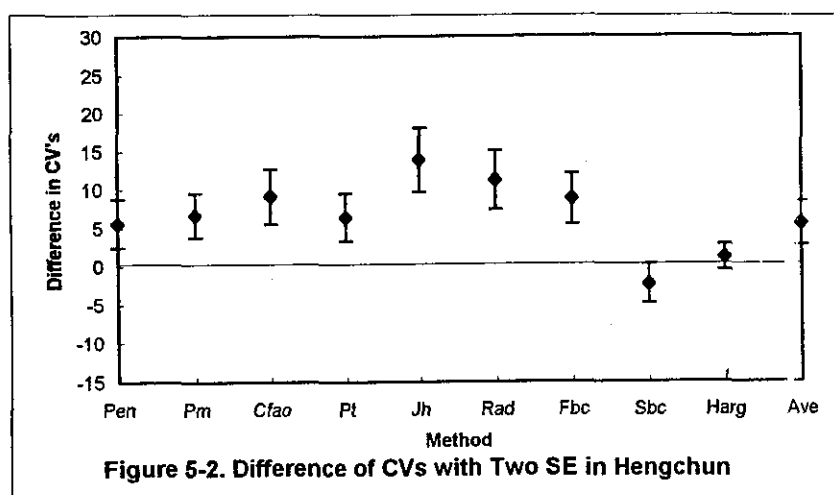
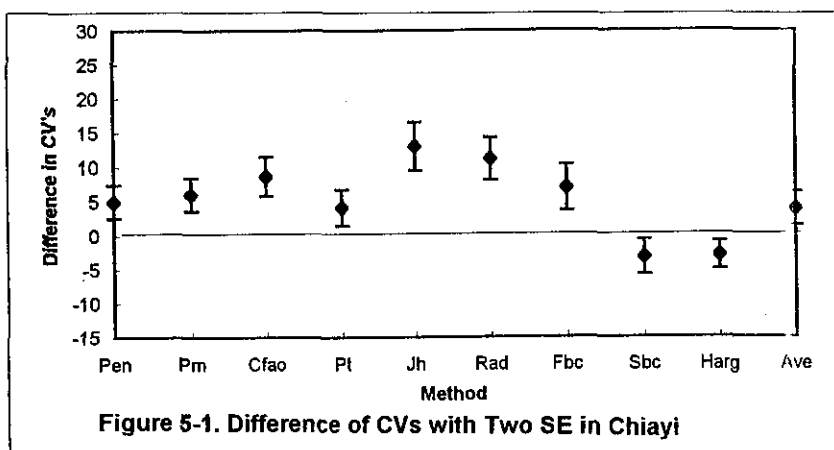


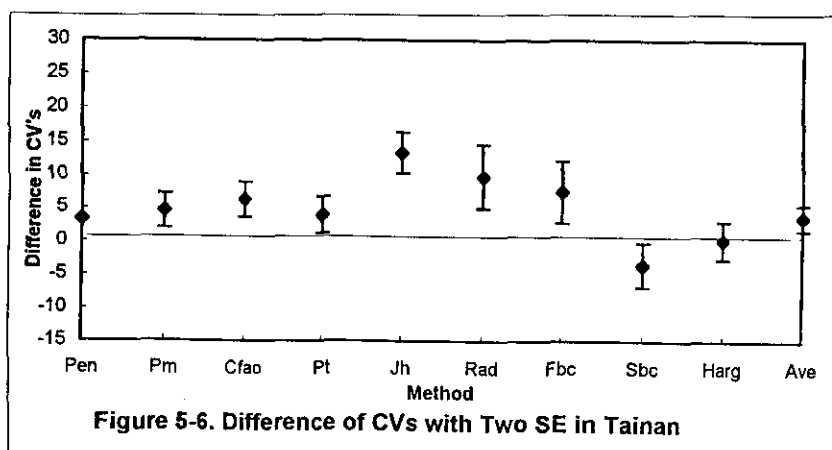
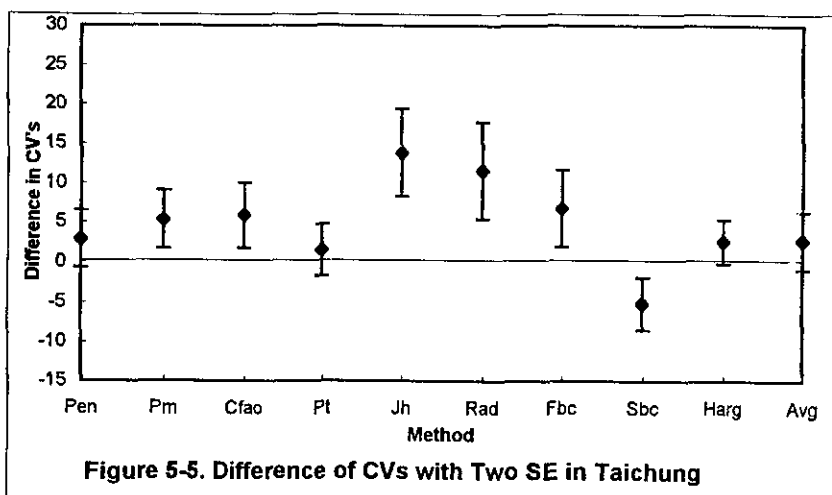
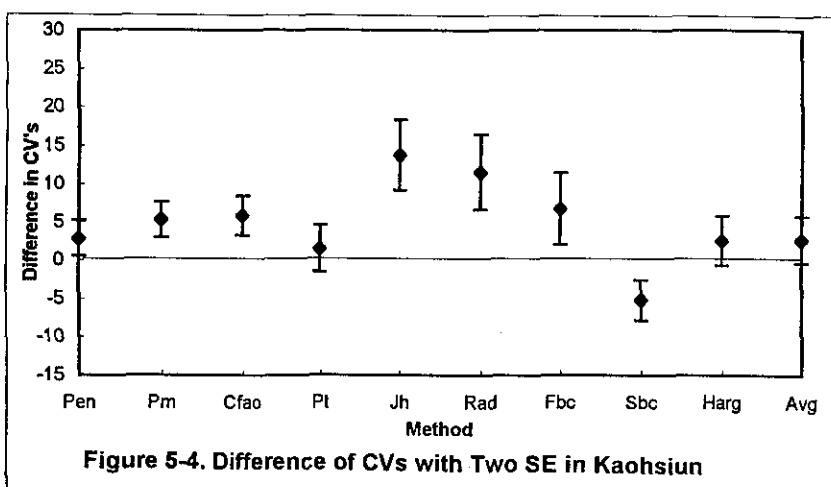
圖 4-1 至圖 4-10 為 Penman, Penman-Monteith, Corrected FAO, Priestley-Taylor, Jensen-Haise, FAO Radiation, FAO Blaney-Criddle, SCS Blaney/Criddle, Hargreaves 等九種方法蒸發模擬月平均值的變異係數與實際蒸發觀測月平均值的變異係數之比較

觀測的 ET 的變異係數(圖 4-9)。在每一站中，各方法模擬的 ET 的年與年間變異係數和觀測值的年與年間變異係數之差別列於圖 5-1 到圖 5-9 中。在各站中，其顯著差異低於 5 % (統計中  $\alpha$  型錯誤) 的列於表 2 中。大多數方法的變異數都相當符合實際的情況。

HARG 的結果符合各地的要求，但在台東則不理想。而 JH 與 RAD 法適用於觀測 ET 的變異係數的站則很少。

以上不同方法在不同地區比較結果顯示，有許多方法在台灣各地，除了恆春之外 ( $R^2$  值太低)，都可





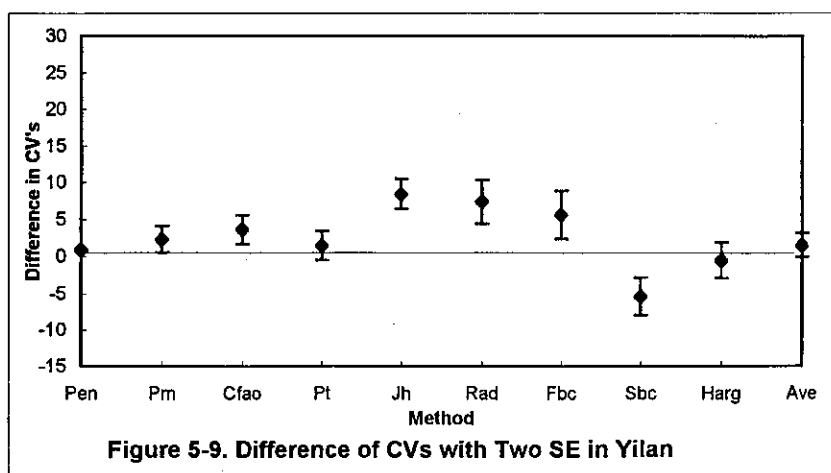
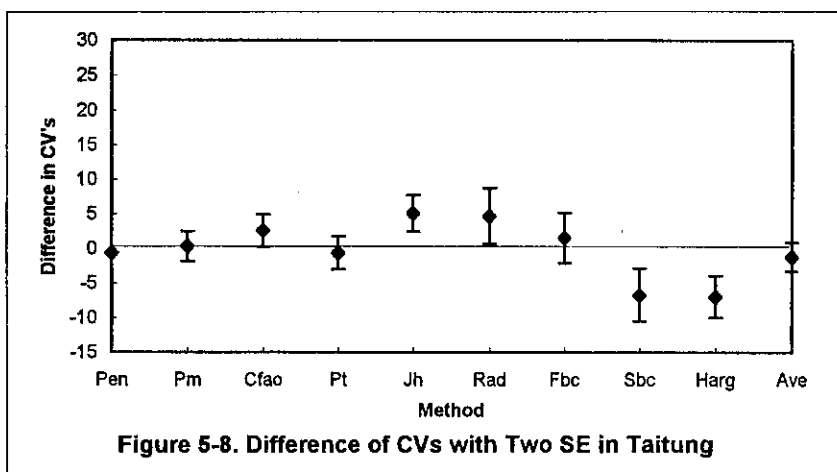
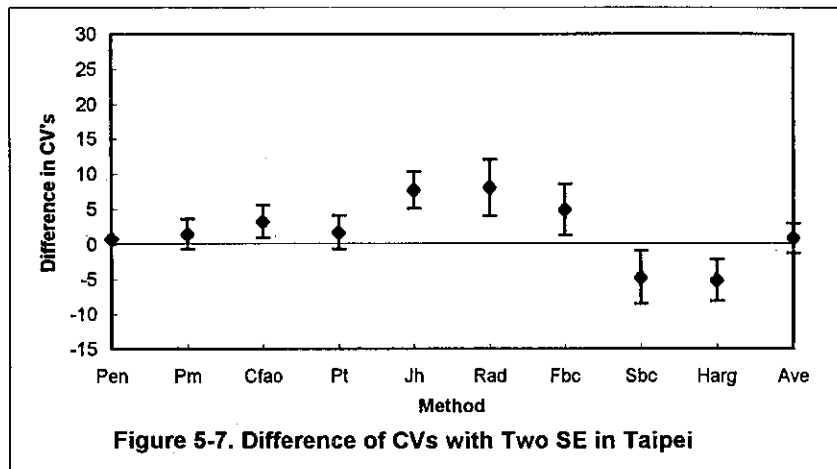


圖 5-1 至圖 5-9 為各種模擬方法及模擬平均在嘉義、恆春、花蓮、高雄、台中、台南、台北、台東、宜蘭之模擬 ET 值和實際觀測值年與年間變異係數的比較。

適用。一個方法適合與否除要取決於其平均值是否正確，也要看它是否能用來估算年與年間的變異情況。沒有一個方法是明顯的優於其他方法。但在各方法中，HARG 似乎比其他方法適用於更多的地方。各方法之間也不因地理環境不同而有明顯差距。研究工作人員如要應用 SIMETO 來評估蒸發散量，應按當地情況選擇一最適當的方法。但是從本文中的結果顯示，在多數的情況下，各方法間的區別並不顯著，而且多數是在可接受的範圍之內。當迴歸法和變異係數同時考慮時，在各站中適用的最好的方法台北有 HARG；台中有 HARG、AVG；嘉義有 HARG、PT；台南有 PT；高雄有 PEN、AVG、HARG、PM；宜蘭有 HARG；花蓮有 PM、HARG；台東有 PM(表3)。

表 3. 各計算公式同時考慮迴歸法和 CV 時在各站中適用的最好方法。

Station	Best Methods
Taipei	HARG
Taichung	HARG; AVE
Chiayi	HARG; PT
Tainan	PT
Kaohsiung	PEN; AVG; HARG; PM
Yilan	HARG
Hualian	PM; HARG
Taitung	PM

在一個較早的報告中(梁等，1997)，SIMETO 被用來評估全球氣候改變對台灣地區蒸發散量的可能影響，該文中指出，當 $CO_2$ 倍增加時會對台灣地區的 ET 有正面的影響，也就是會增加每月的蒸發散量，而最大的增加量是在 12 月份，會增加 9.1%，最小的增加量會發生在 6 月份，大約是 3.3% 左右。當 $CO_2$ 濃度增加一倍時，台灣的溫度會上升約 1.9 到 4.9℃，降雨量將約略增加 2%，淨 ET 將會上升 5.8%。本文進一步確定，SIMETO 在台灣地區的可應用性。

## 參考文獻

梁仁有，劉復誠，耿旭，林深林，氣候改變對台灣

地區蒸發散量影響的模擬研究 1997，交通部中央氣象局氣象學報第四十一卷第四期，P246-271.

- Allen, R.G., M.E. Jensen, J.L. Wright, and R.D. Burman. 1989. Operational Estimates of Reference Evapotranspiration. *Agron. J.* 81: 650-662.
- Allen, R.G., and W.O. Pruitt. 1991. FAO-24 Reference Evapotranspiration Factors. *J. of Irrigation and Drainage Engineering* 117(5): 758-773.
- ASA Special Publication Number 53. 1990. Impact of Carbon Dioxide, Trace Gases, and Climate Change on Global Agriculture. American Society of Agronomy, Inc. Crop Science Society of America, Inc., and Soil Science of America Inc., Madison, WI, USA.
- ASA Special Publication Number 55. 1993. Agricultural Ecosystem Effects on Trace Gases and Global Climate Change. American Society of Agronomy, Inc, Crop Science Society of America, Inc., and Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI, USA.
- ASA Special Publication Number 59. 1995. Climate Change and Agriculture: Analysis of Potential International Impacts. American Society of Agronomy, Inc, Crop Science Society of America, Inc., and Soil Science Society of America, Inc., Madison, WI, USA.
- Bongaarts, J. 1994. Can the Growing Population Feed Itself. *Scientific America*. 270(3): 36-42.
- Campbell, G.S. 1977. *An Introduction To Environmental Biophysics*. Springer-Verlag, New York.
- Geng, S., J. Auburn E. Brandstetter and B. Li. 1988. A program to simulate meteorological variables: Documentation for SIMMETEO. Agronomy Progress Report No. 204. Department of Agronomy and Range Science, University of California, Davis.
- Geng, S. and M. Ransom 1995. Manual and Documentation for SIMMETEO. Department of Agronomy and Range Science, University of California,

- Davis. Genglab Report.
- Gratten, S.R., W. Bowers, A. Dong, R.L. Snyder, J.L. Carroll, and W. George. 1998. New Crop Coefficients Estimate Water Use of Vegetables, Row Crops. *California Agriculture* 52: 16-21.
- Jenson, M.E., R.D. Burman, R.G. Allen (Editors). 1990. *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements. Manual and Reports on Engineering Practice No. 70*, American Society of Civil Engineers, New York, NY.
- Loomis, R.S. and D.J. Connor. 1992. *Crop Ecology: Productivity and Management in Agricultural Systems*. Cambridge University.
- Monteith, J.L. 1964. Evaporation and Environment. *Symp. Soc. Exp. Biol.* 19:205-234.
- Penman, H. L. 1948. Natural Evaporation from Open Water, Bare Soil and Grass. *Proc. R. Soc. A* 194: 220.
- Pimm S.L. and A. Sugden. 1994. Tropical diversity and global change. *Science* 263: 933-934.
- Priestley, C.H.B. and R. J. Taylor. 1972. On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large Scale Parameters. *Mon. Weather Review* 100: 81-92.
- Snyder R.L. and W.O. Pruitt. 1994. Users Guide and Program Documentation of Eto. Report of Department of Land, Air and Water Resources, University of California, Davis, CA 95616.
- The Impact of Climate Change. 1993. United Nations Environment Programme. UNEP/GEMS Environment Library No. 10, P.O. Box 30552, Nairobi, Kenya.

## A SIMULATION STUDY OF THE ESTIMATION ON TAIWAN'S EVAPOTRANSPIRATIONS

**Jen-yu Liang**  
(Central Weather Bureau)

**Shu Geng, Michael Ransom and  
Chris Reberg-Horton**  
(University of California-Davis, CA, USA)

### ABSTRACT

The emphasis of this report is to determine which of the available estimation methods are most useful for Taiwan's conditions or most reliable in making inference about weather impact on ET and agricultural productivity in Taiwan. Nine commonly used ET estimation methods are included in SIMETO. They are Original Penman (PEN), Penman/Monteith (PM), Corrected FAO Penman (CFAO), Priestley/Taylor (PT), Jensen/Haise (JH), FAO radiation method (RAD), FAO Blaney/Criddle (FBC), SCS Blaney/Criddle (SBC), Hargreaves (HARG), Average of generated values (AVG). The best methods used in these stations are HARG in Taipei, HARG and AVG in Taichung, HARG and PT in Chiayi, PT in Tainan, PEN, AVG, HARG and PM in Kaohsiung, HARG in Yilan, PM and HARG in Hualien, and PM in Taitung.

Key words : SIMETO program, evapotranspiration, agricultural productivity.

# 臺灣地區八十三年至八十六年 颱風暴潮特性之初步研究

徐月娟 曾淑芬 陳進益 蔡恆雄

中央氣象局海象測報中心

## 摘 要

臺灣地區颱風暴潮有其地域特性，欲防範因颱風引起暴潮的侵害，需分析和了解不同路徑、大小和強度的颱風在臺灣各處海岸可能造成的異常水位上升現象。本文使用民國83年至86年臺灣海岸各潮位站的海水位觀測資料，經過初步品質檢定後，選擇其中資料較完整的時段，以調和分析方法計算各分潮的振幅和遲角，再用來推算在颱風期間的逐時天文潮位，然後與同時間的水位紀錄相減，而得到估算的暴潮偏差，並根據此偏差值討論暴潮的特性及成因。氣象界慣用的7種侵臺颱風路徑分類，係以陸地災害為主，對海岸災害而言並不夠用。然而從臺灣外海經過的颱風，雖未登陸，其在本省東北部、東部和西南部海岸引起的暴潮偏差卻不容忽視。本文將中央氣象局最近4年曾發布警報的颱風，選擇其中對臺灣沿海地區海水位變化影響較大的18個颱風，提出一套依據颱風生成地點和路徑的分類法，探討各類型颱風在臺灣海岸引起海水位升高的現象和特性，分析造成暴潮偏差的原因，研究其與颱風特性的相關性。由於這四年的個案有限，本文僅做初步的定性敘述。颱風暴潮偏差受颱風大小、強度、路徑和移動速度，以及當地地形、水深和天文潮位而異，與颱風中心附近的倒轉氣壓計效應，向岸或離岸強風吹襲的風揚作用，以及颱風波浪和湧浪在岸區碎波的波揚作用有密切關係。臺灣地區天文潮差很大，颱風暴潮引起災害的程度與當時之天文潮高有關。本文研究結果可作為颱風暴潮預報作業的參考，以及提供暴潮數值模擬結果驗證之用。

關鍵字：颱風暴潮特性、暴潮偏差、分類、調和分析、天文潮、海岸災害

## 一、前 言

臺灣地區每年平均受3至4個颱風侵襲，伴隨颱風而來的低壓、強風、豪雨和巨浪，往往在海岸地區引起異常水位的堆升，進而造成海岸結構物的破壞，以及人民生命、財產的損失。這種在海岸地區因颱風引起的異常水位(abnormal water level)稱為颱風暴潮(typhoon surge)。欲防範因颱風引起暴潮的侵害，需分析和了解不同路徑、大小和強度的颱風在臺灣各處海岸可能造成的異常水位上升現象。

當颱風過境時，由於颱風中心氣壓降低造成海水位上升；通常氣壓每下降1百帕將使得水位上升約1公分，被稱之為「倒轉氣壓計效應」(inverted barometer effect)。又由於颱風中心附近的強風吹襲造

成迎風面海水的堆積，經常使海岸地區的水位全面昇高。當近岸水位被抬高後，水深增加使大浪得以侵入近岸區發生碎波，在碎波帶內的水位往往急遽湧升。這異常水位與平時具有週期性變化的天文潮(astronomical tide)水位之差值稱為暴潮偏差(surge deviation)。暴潮偏差乃因颱風大小、強度、路徑和移動速度，以及海岸地形、水深和天文潮位而異(Harris 1963; Jelesnianski et al. 1992)。當颱風直接侵襲海岸時，往往破壞當地的潮位觀測設備，以致歷史暴潮資料相當缺乏；有關臺灣地區暴潮特性分析的歷史文獻也相當缺乏。中央氣象局海象測報中心自民國82年7月成立以來，致力於潮位站的設立、更新和維護，海水位資料的收集、整理和檢定，並建置於



海象資料庫中。本文即收集民國83年至86年颱風侵襲期間全省各地潮位站資料，依颱風生成地點和路徑，來分類探討因颱風引起的異常水位。研究結果可作為颱風暴潮預報作業的參考，以及提供臺灣地區颱風暴潮數值模擬結果驗證之用(徐1996；徐和曾1997)。

本文第一節為前言。第二節將介紹潮位資料蒐集情形和分析方法，第三節將颱風暴潮依颱風生成地點和路徑加以分類，第四節為颱風暴潮個案描述，第五節為暴潮偏差和高潮位極值。第六節則是結論和建議。

## 二、資料收集與分析

目前中央氣象局海象資料庫架構已初具規模，採用 Oracle 關聯式資料庫軟體，各種海象資料的輸入標準格式及 Oracle 資料儲存欄位均已訂定，並與臺南水工所合作開發資料庫應用軟體。我們優先將本中心成立以來，即民國83年至86年臺灣海岸各潮位站的海水位觀測資料，包括中央氣象局負責的13個潮位站，以及來自水利局、港研所和其他研究單位的觀測資料，納入資料庫中。又發展潮位資料品管程式，提升資料品質。藉助於海象資料庫的初步成果，本研究得以適時順利進行。

潮位站因設在大洋或外海之不易，臺灣的潮位站大多設於商港或漁港內，受到港埠結構物影響和港池水深的限制，所觀測到的暴潮其振幅和潮時，經常與港外自然海岸所發生的暴潮有所差別。然而數值模式的暴潮推算格點位於港外，目前使用潮位觀測資料在驗證模式時，暴潮推算值需乘上一個事先估計的淺水化係數。此外，目前本省各潮位站大都缺乏海水位置量測基準面的定期檢驗，故各站的水位紀錄只能代表當地的相對水位差值，而不能做臺灣全省的絕對水位比較。

為分析颱風引起的暴潮水位，本文依據83至85年經過初步檢定的水位紀錄，選擇其中資料較完整的時段，以調和分析法(Foreman 1977)計算各分潮的振幅和位相遲角(phase lag)，再用來推算在颱風期間的逐時天文潮位，然後與同時間的水位紀錄相減，而得到估算的暴潮偏差，並根據此偏差值討論暴潮的特性及成因。調和分析所用時段和資料缺失日數

如表1，我們發現所用時段太短或資料缺失太多，都會影響計算結果的品質。有關調和分析資料選樣和濾波處理(簡仲和 1994)，未來均可作進一步測試改善。在臺灣西岸從北到南我們使用淡水河口、桃園竹圍、新竹南寮、嘉義東石、澎湖馬公和高雄6處潮位觀測資料；在臺灣東岸我們使用基隆、宜蘭鹽寮、宜蘭梗枋、蘇澳和台東成功5處(圖1)。

表 1. 潮位觀測資料表。

Table 1. Tidal gauge data.

站碼	潮位站位置	調和分析所用時段	資料缺失日數
150	基隆港	1994.01~1995.12	33
151	宜蘭鹽寮漁港	1994.01~1995.07	45
152	宜蘭梗枋漁港	1994.01~1995.12	5
122	宜蘭梗枋漁港	1996.05~1996.12	23
153	蘇澳港	1994.06~1996.01	6
127	臺東成功漁港	1994.12~1996.11	10
140	淡水河口	1995.01~1996.12	13
111	桃園竹圍漁港	1995.06~1996.12	47
112	新竹南寮漁港	1994.01~1995.12	12
116	嘉義東石漁港	1995.11~1996.12	7
136	澎湖馬公港	1995.05~1996.12	61
148	高雄港	1994.01~1995.12	11

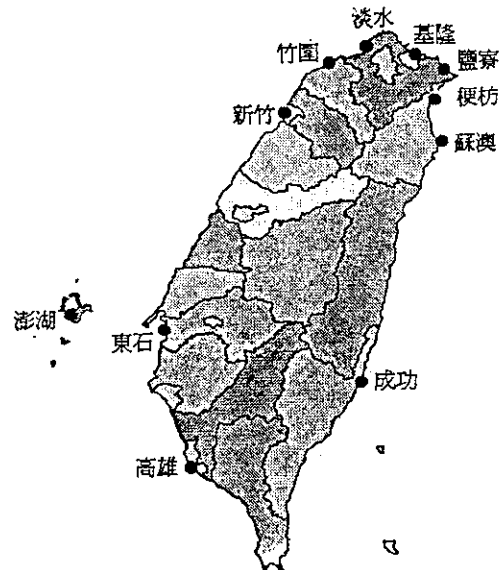


圖 1. 潮位站位置圖。

Fig.1. Map of tidal stations

### 三、颱風暴潮分類

中央氣象局在民國83年至86年一共對23個颱風發布了警報，本文選擇其中對臺灣沿海地區海水位變化影響較大的18個颱風加以分類研究。圖2為氣象界慣用的7種侵臺颱風路徑分類(颱風百問1997)，係根據1897-1996年侵臺颱風資料統計而得。但從第四節之颱風暴潮個案描述可知，圖2的分類並不夠用。

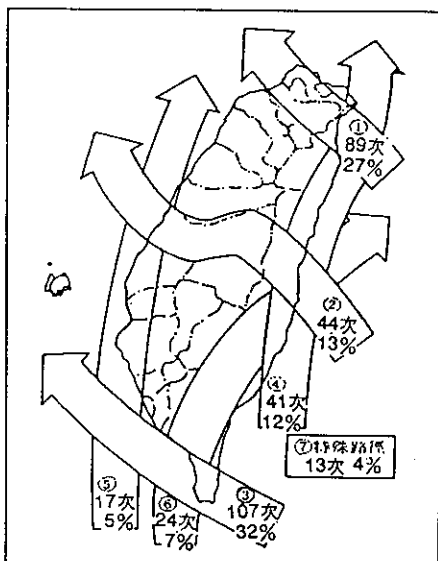


圖 2. 根據1897-1996年侵臺颱風之颱風路徑分類。

Fig. 2. Classification of typhoon tracks based on typhoons invading Taiwan from 1897-1996.

若加重海岸災害考量，本文建議如圖3，先依颱風生成於西北太平洋或南海地區分成兩部分，再以是否登陸臺灣各分兩種，最後依颱風路徑加以細分，並以英文字母A至K來表達，共分為11類。表2即為前述18個颱風根據圖3的分類法製表，其中颱風名稱後面括弧中的數字是颱風編號。相關颱風路徑圖見圖4，圖中標示出每3小時的颱風中心位置；路徑右方標示中心氣壓(hPa)，最大風速(m/sec)和七級風暴風半徑(km)，提供颱風強度和大小的概念。在這四年中B類(經東北部近海)颱風為數最多共五個，其次是E類(經中部陸地)共三個。

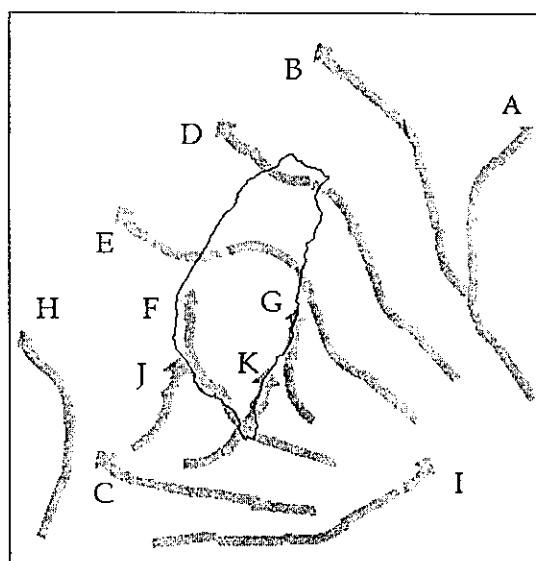


圖 3. 根據83至86年臺灣地區颱風暴潮之颱風分類。

Fig. 3. Classification of typhoons based on typhoon surges of Taiwan area from 1994-1997.

### 四、颱風暴潮個案描述

由於這四年的颱風暴潮個案有限，本文僅做初步的定性敘述。圖5是水位歷線圖，其中實線是觀測水位紀錄(m)，虛線是調和分析法推算的天文潮位，點斷線則是兩者之差值，代表暴潮偏差。圖右上方R6、R10、R60分別代表該站水位紀錄為每6、10、60分鐘一筆。為方便比較，各站水位紀錄均調整至零值線上下變動，右上方小數為其調整值。圖下方的線段標示出中央氣象局發布的海上颱風警報期間，粗線段則是同時發布陸上警報。圖6是測站氣壓和暴潮偏差歷線圖，其下方的線段是10分鐘平均風速，其長度比例值示於圖右上方；風向採16方位，在950hPa直線以上風向南吹；反之則向北吹。

#### (一) 颱風生成於西北太平洋

颱風在西北太平洋海面生成後，如對臺灣地區造成影響，則大致朝西北、偏北或偏西方向前進。

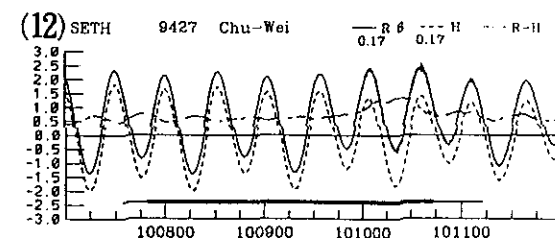
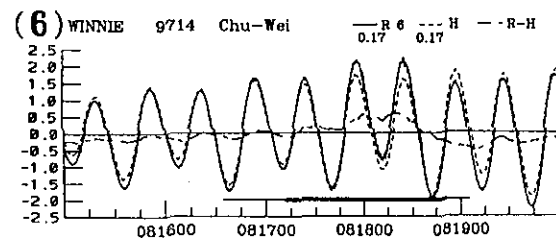
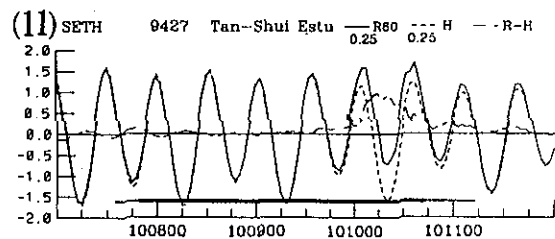
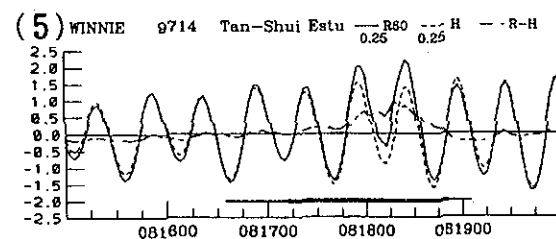
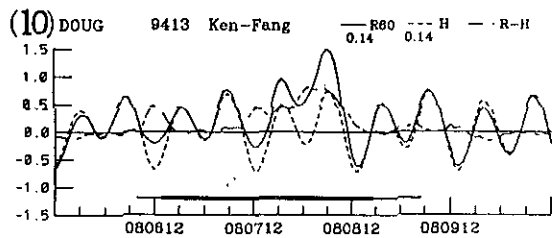
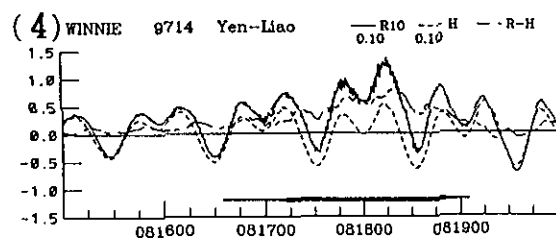
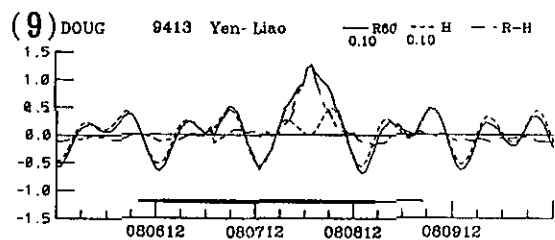
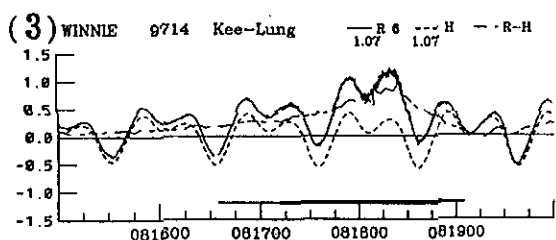
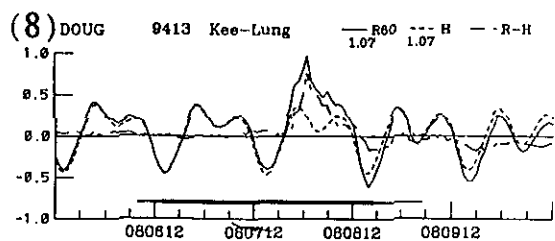
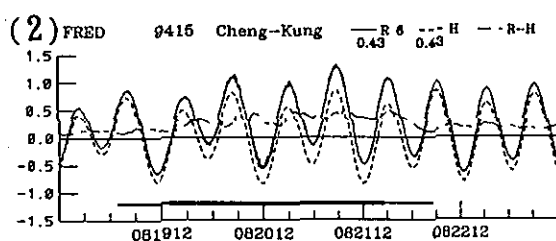
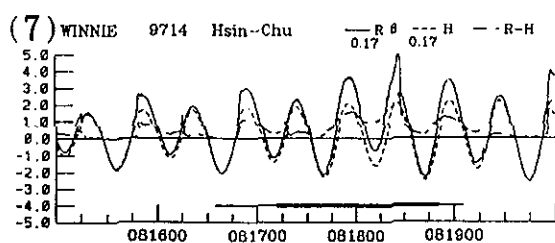
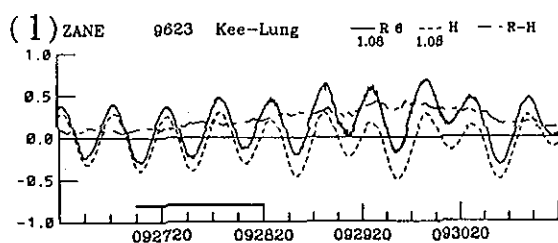
##### 1. 颱風未登陸臺灣

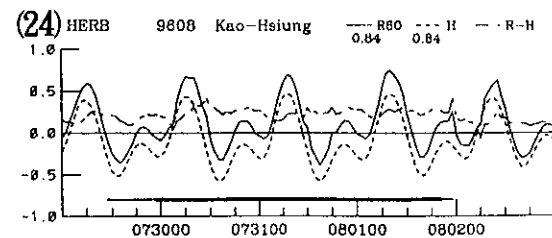
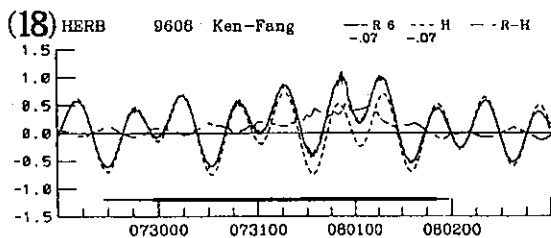
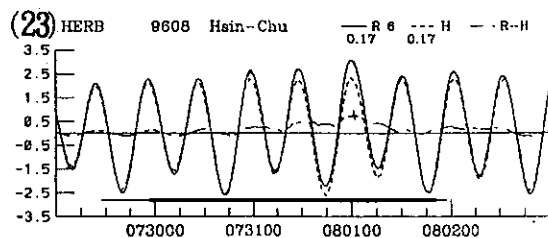
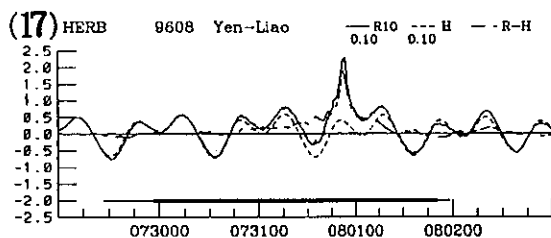
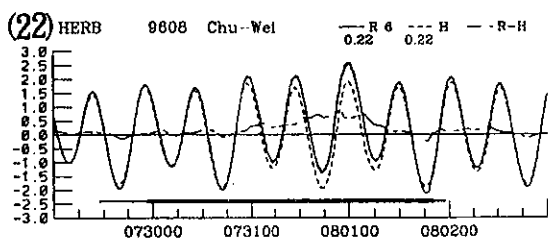
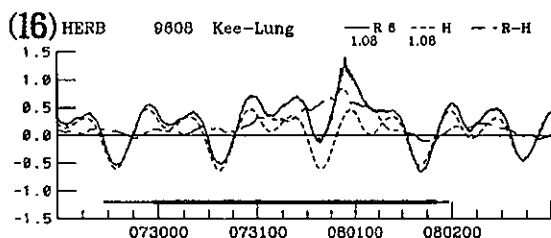
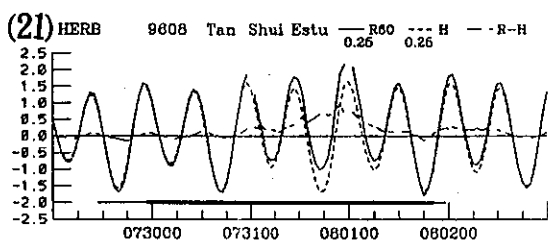
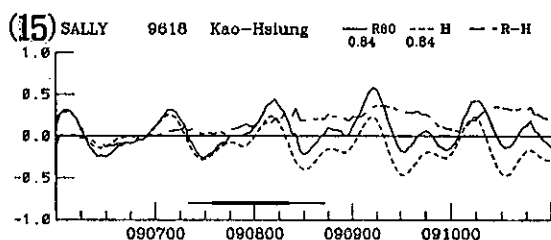
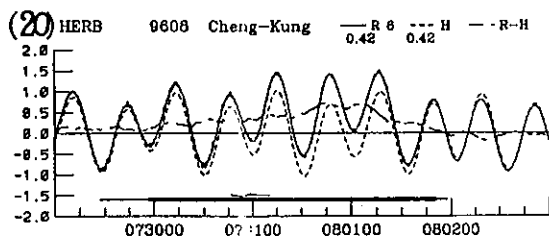
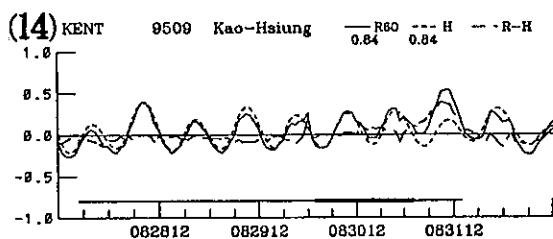
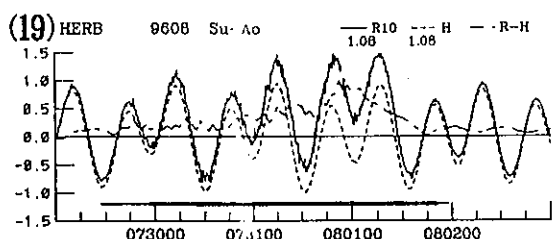
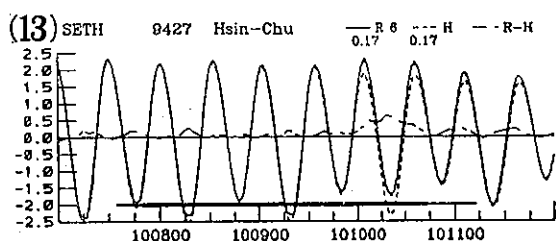
這四年中此種颱風計有1個經過東部近海，5個經過東北部近海，2個向西通過巴士海峽。











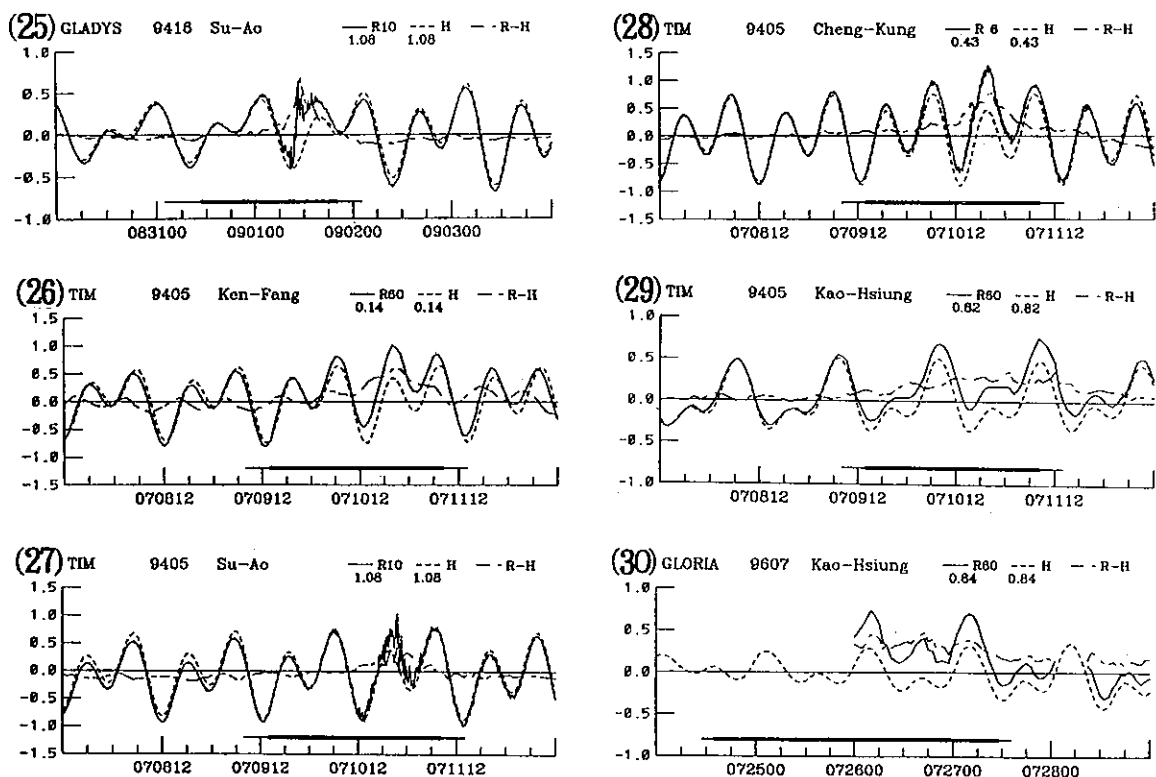


圖 5. 颱風暴潮偏差和海水位歷線圖。

Fig. 5. Time series of typhoon surge deviation and sea level.

表 2. 民國 83-86 年根據臺灣地區颱風暴潮之颱風分類表。

Table 2. Classification of typhoons based on typhoon surges of Taiwan area from 1994-1997.

生成地點	登陸臺灣	颱風路徑	分類	颱風名稱及編號
西北太平洋	否	經東部近海	A	薩恩[ZANE,9623]
		經東北部近海	B	溫妮[WINNIE,9714]、弗雷特[FRED,9415]、珍妮絲[ JANIS,9508]、道格[DOUG,9413]、席斯[ SETH,9427]
		西過巴士海峽	C	肯特[KENT,9509]、莎莉[SALLY,9618]
	是	經北部陸地	D	賀伯[HERB,9608]、葛拉絲[GLADYS,9416]
		經中部陸地	E	提姆[TIM,9405]、琥珀[AMBER,9717]、凱特琳[CAITLIN,9412]
		經西南部陸地	F	葛樂禮[GLORIA,9607]
		經東部陸地	G	無個案
南海	否	北上台灣海峽	H	荻安娜[DEANNA,9502]、蓋瑞[GARY,9505]
		東過巴士海峽	I	賴恩[RYAN,951]、凱姆[CAM,9603]
	是	經西部陸地	J	無個案
		經東南部陸地	K	無個案



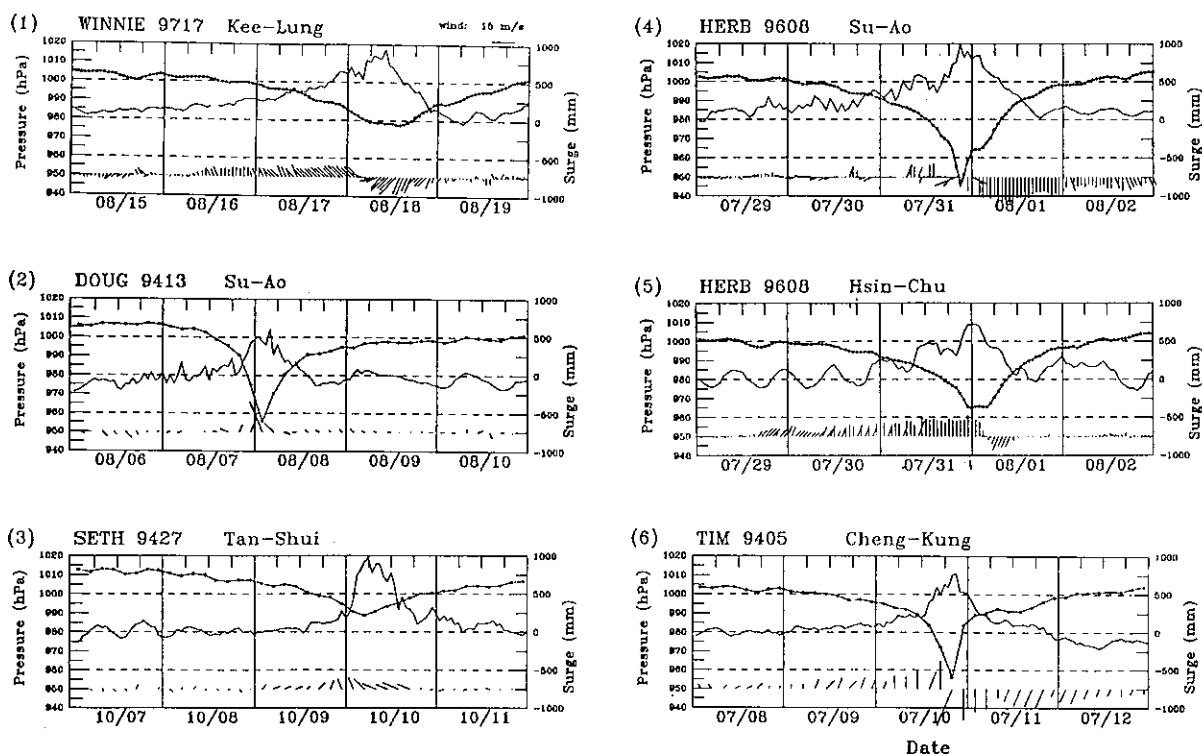


圖 6. 颱風期間的測站氣壓、暴潮偏差歷線圖和風資料。

Fig. 6. Time series of station pressure and surge deviation, and wind data in typhoon period.

#### A 類、颱風經過東部近海—薩恩[9623]

中度颱風薩恩(圖 4.1)在呂宋島東方海面形成後，先以西北方向前進，至臺灣東部外海時路徑偏北，後轉向北北東方向前進，抵北緯 27.4 度後再轉向東行。經過臺灣東部近海時，颱風中心氣壓維持在 955 百帕左右，近中心最大風速為 43m/s。薩恩侵台期間正值天文大潮。薩恩北上的路徑大致維持在東經 126 度以東，雖與臺灣東岸保持一段距離，但在蘇澳和成功呈現持續明顯的偏高水位，約超過 30 公分。基隆(圖 5.1)、鹽寮和淡水河口的暴潮偏差自 85 年 9 月 28 日凌晨起則一路上揚，於 9 月 30 日達到最大值，分別為 43、44、和 53 公分。值得注意的是，中央氣象局對此颱風僅於 9 月 27 日 14 時 55 分起發布了 30 小時的海上颱風警報；並於 9 月 28 日 20 時 25 分解除警報。然而基隆和鹽寮的暴潮偏差此時正繼續上升。在海洋大學海埔新生地校區附近，波浪幾乎於堤前碎波，

巨大的衝擊力造成海洋大學臨海校區轉角處的海堤崩塌(臧 1997)。

#### B 類、颱風經過東北部近海—溫妮[9714]、弗雷特[9415]、珍妮絲[9508]、道格[9413]、席斯[9427]

強烈颱風溫妮、弗雷特和輕度颱風珍妮絲經過臺灣東北部和北部近海後登陸大陸。溫妮(圖 4.2)在進入臺灣東北部近海之前的路徑較偏北，故成功的暴潮偏差不大。弗雷特(圖 4.3)則先經過臺灣東部近海，故成功(圖 5.2)的海水位連續數日顯著抬升，暴潮偏差達 50 公分以上，直至颱風中心越過臺灣北部海面進入臺灣的西北象限時才開始下降。當這些颱風經過臺灣東北部近海時，基隆(圖 5.3)、鹽寮(圖 5.4)、梗枋、蘇澳、淡水河口(圖 5.5)、竹圍(圖 5.6)和新竹(圖 5.7)均出現明顯的暴潮偏差，鹽寮和基隆的最大暴潮偏差發生時間稍早於淡水河口和新竹。當颱風中心通過臺灣北部近海時，溫妮的行進方向先向西

再轉北北西,弗雷特則朝向西北。此時溫妮在基隆氣象站(圖6.1)測得的最低海平面氣壓為977.4百帕,較弗雷特約低10百帕;最大風速為15.3 m/sec,較弗雷特約高6 m/sec。因此溫妮在基隆所引起的最大暴潮偏差為94公分,較弗雷特約高出37公分。溫妮並且在新竹漁港一帶造成嚴重的淹水現象。由於珍妮絲(圖4.4)是輕度颱風,並沒有造成明顯的暴潮偏差。

強烈颱風道格和席斯在呂宋島東方海面形成後朝西北西方向行進,至臺灣東北部近海時路徑稍偏北。稍後道格(圖4.5)緩慢通過彭佳嶼與宜蘭間海面,向北朝大陸長江口撲去;席斯(圖4.6)則通過彭佳嶼北部海面,朝北北東方向遠離本省。當颱風中心抵達北緯20度以北,成功的海水位便開始上升,直至過了臺灣東北角水位才開始下降。道格和席斯相當接近臺灣東北部陸地,在臺灣東北部海岸的基隆、鹽寮、梗枋和蘇澳都引起明顯的水位上升。稍後在淡水河口、竹圍和新竹也測得顯著暴潮。在民國83年8月8日2時道格極接近臺灣東北角,此時蘇澳氣象站(圖6.2)測得的最低海平面氣壓為955.7百帕,最大風速為21.6m/sec。道格在臺灣東北角附近停留約4小時,鹽寮(圖5.9)曾測得125公分的暴潮偏差,梗枋、基隆(圖5.10、5.8)則分別測得81、76公分的最大暴潮偏差,對龍洞遊艇港造成很大的損壞。席斯的七級風暴風半徑為350公里較道格的300公里大,且經過東北部近海時一直位於臺灣的北北東方向,故在淡水氣象站(圖6.3)維持著向岸風,最大風速為10.9m/sec。雖然席斯在淡水氣象站測得的海平面氣壓991百帕較道格高出15百帕,但在北部海岸引起的暴潮偏差較大延時較長。席斯帶來北部的豪雨,竹圍、淡水河口、和新竹(圖5.12、5.11、5.13)分別測得134、98、63公分的最大暴潮偏差。

綜合而言,B類颱風除可能影響臺灣東岸的海水位外,當臺灣位於B類颱風行進方向的左前方時,將造成東北海岸海水位顯著抬升,稍後則影響西北海岸。

C類、颱風向西通過巴士海峽—肯特[9509]、莎莉[9618]

中度颱風肯特和莎莉在呂宋島東方海面形成後,朝西北西方向通過巴士海峽。肯特(圖4.7)向西北越過北緯20度時,成功的水位只有短暫上升現象,是

因颱風中心很快就通過了臺灣南端。當臺灣位於肯特行進方向的右後方時,高雄的海水位(圖5.14)隨即向上抬升,但為時不長,最大暴潮偏差為39公分,是因肯特不久便在汕頭和香港之間登陸,強度迅速減弱。莎莉(圖4.8)在北緯20度以南通過巴士海峽,由於路徑偏南對陸地造成的災害較小。但莎莉的中心氣壓較肯特為低,七級風暴風半徑較大,且強度保持不變,其在高雄海岸引起的暴潮偏差(圖5.15)延時較長,最大暴潮偏差為37公分。

由此二個案可見C類颱風行進至臺灣西南外海時,對西南海岸海水位影響最大。

## 2. 颱風登陸臺灣

此種颱風在民國83年至86年間,有2個經過北部陸地,3個經過中部陸地,1個經過南部陸地。

D類、颱風通過北部陸地—賀伯[9608]、葛拉絲[9416]

強烈颱風賀伯和中度颱風葛拉絲通過臺灣北部陸地,相當於侵臺颱風第一類型路徑(圖2)。

賀伯(圖4.9)接近臺灣東北部陸地時,颱風中心氣壓維持在930百帕,近中心最大風速為53m/s,七級風暴風半徑高達350公里,十級風暴風半徑為150公里,伴隨16級以上的陣風,是這4年中最強的侵台颱風。賀伯於85年7月31日20時44分在蘇澳以北附近登陸,由於颱風環流結構受到北部地形的阻擋和破壞,其強度即明顯且持續的衰減。在8月1日4時颱風中心由新竹附近出海,進入臺灣海峽北部。賀伯颱風環流雲系之範圍相當寬廣,中心通過北部陸地的時間長達8小時以上,7月31日曾在阿里山帶來高達1094.5公厘的雨量,創下臺灣有氣象觀測資料以來的單日降雨量最高紀錄。臺灣全島受賀伯颱風侵襲,又適逢農曆6月16、17日天文大潮,颱風、大潮、豪雨交加,造成全省嚴重災情。

賀伯引起最大暴潮偏差是發生在鹽寮(圖5.17)的188公分,其次是蘇澳(圖5.19)的99公分。賀伯於7月31日21時在蘇澳氣象站(圖6.4)測得最低海平面氣壓為947百帕,最大風速達27.2 m/sec,與最大暴潮偏差發生的時間一致。賀伯在基隆、梗枋(圖5.16、5.18)分別測得85、58公分的最大暴潮偏差。成功(圖5.20)自7月30日凌晨起颱風中心抵達北緯20度以北,海水位便有抬升情形出現,最大暴潮偏差為71公分,發生於7月31日17至18時,較上述四站為早,可能

與脫離颱風暴風圈的長週期湧浪提早到達臺灣東部沿海產生碎波有關。較大的暴潮偏差持續至8月1日3時颱風減弱以後才逐漸減小。西岸的淡水、竹圍(圖5.21、5.22)最大暴潮偏差為95、90公分,均稍後出現於7月31日22時。新竹(圖5.23)最大暴潮偏差為73公分,延後至8月1日1時發生。新竹氣象站(圖6.5)在7月31日24時測得最低海平面氣壓965.1百帕和最大風速15.6 m/sec,與最大暴潮偏差發生的時間很接近。北部各潮位站正暴潮偏差僅維持至颱風中心出海後不久。基隆、淡水、竹圍和新竹在8月2日均存在另一相對的水位高值時段,可能與集水區排水有關。澎湖較大暴潮偏差發生在7月31日22時和8月1日10時,分別為78和72公分。東石因地形關係進水宣洩不易,暴潮偏差持續一段時間。高雄(圖5.24)有持續數日近30公分的正暴潮偏差。賀伯曾引起中、南部沿海地區之海水倒灌。

葛拉絲(圖4.10)形成後大致以偏西方向前進,於83年9月1日11時左右在蘇澳附近登陸,在蘇澳氣象站測得最低海平面氣壓為973.6百帕,最大風速為35m/s。登陸後強度減弱,稍後於1日14時左右在新竹附近出海。最大暴潮偏差出現於中心登陸蘇澳(圖5.25)時,有72公分。葛拉絲強度較賀伯弱,故各測站暴潮偏差較小。葛拉絲出海後強度又減弱,在臺灣西岸並未造成顯著的水位變化。

由此二個案可見D類颱風對臺灣東岸中心登陸地點海水位影響最大,對東北及西北海岸影響也大。颱風進入臺灣海峽時,中、南部沿海受向岸風吹襲可能造成影響。

E類、颱風通過中部陸地—提姆[9405]、安珀[9717]、凱特琳[9412]

強烈颱風提姆、安珀和輕度颱風凱特琳通過臺灣中部陸地,相當於侵臺颱風第二類路徑。

提姆(圖4.11)是屬於颱風中心分裂過山的個案。從7月10日清晨起,在彰化 and 雲林附近逐漸有一個副低壓形成。在7月10日8時,臺南和高雄沿海地區也有一個副低壓形成。隨著提姆颱風中心向臺灣東海岸漸漸逼近;西岸的副低壓也逐漸加深。當提姆在83年7月10日20時於花蓮秀姑巒溪口登陸時,中心低壓為950百帕;臺灣西岸的副低壓則加深至974百帕。接著2小時中,西岸的副低壓中心就逐漸取代了

原來的颱風中心,中心低壓約為970百帕。提姆在臺灣東岸登陸前,中心低壓最深達945百帕,中心附近的氣壓梯度很大,最大陣風高達53m/s,七級風暴風半徑為250公里。但登陸後颱風結構受中央山脈破壞。於11日凌晨在臺中附近出海後中心低壓填塞很快,中心附近的氣壓梯度較平均,風速也減弱很多,其結構與登陸前迥然不同。

提姆侵臺時正值天文大潮,成功(圖5.28)於7月10日21時出現最大暴潮偏差77公分,正值當日天文潮第二次滿潮時,約與颱風中心在東岸登陸同時,成功氣象站(圖6.6)測得最低海平面氣壓為956.1百帕,最大風速為25.7m/s。蘇澳、梗枋(圖5.27、5.26)位於颱風登陸地點以北,受向岸風吹襲,最大暴潮偏差分別發生於10日22時、20時,海水位約增加62、58公分,隨距離颱風中心漸遠,暴潮偏差漸減。高雄(圖5.29)因副低壓的生成,9日起海水位即開始上升,颱風進入臺灣海峽後,又受南來氣流的影響,正暴潮偏差持續至7月12日。

安珀(圖4.12)和凱特琳(圖4.13)的路徑與提姆類似,但安珀移動速度較慢,暴潮偏差持續時間較長。基隆和鹽寮在颱風登陸前有持續的正暴潮,在颱風登陸後海水位隨即有降低的情形與提姆類似。此外,東岸各潮位站在颱風進入臺灣海峽以後海水位均有低降的情形。淡水河口在颱風出海前,可能因離岸風的影響,有持續的負暴潮。臺灣西南沿海則因低氣壓及南風的吹襲,有持續的上升水位。安珀進入臺灣海峽後,在東經120度先轉向北,再轉向西北北進入大陸。新竹在民國86年8月29日21時測得1.93公尺的高水位,可能與淹水有關。凱特琳因強度較弱,暴潮偏差值較小。

綜合而言,E類颱風對臺灣東岸中心登陸地點及其以北附近海岸之海水位影響最大。在臺灣中南部地區產生之副低壓,及颱風進入臺灣海峽時倒入之西南氣流,將造成西南部沿海水位上升。

F類、颱風通過南部陸地—葛樂禮[9607]

中度颱風葛樂禮從臺灣南端登陸,通過南部陸地後從西岸出海,相當於侵臺颱風第三類路徑。

葛樂禮(圖4.14)在呂宋島東海面形成後即向西北方向前進,於民國85年7月26日16時左右登陸恆春半島,中心氣壓維持在965百帕左右,近中心最大

風速為 35m/s。繼續以西北方向前進，經高雄、臺南、臺中市後，在 26 日 20 時由濁水溪口出海，強度減弱，然後以西北西方向朝大陸前進。受颱風環流及西南氣流雙重影響，花蓮、臺東、屏東地區豪雨持續數日。成功在颱風中心登陸前即一直測得明顯的暴潮偏差；蘇澳也有類似的趨勢。高雄(圖 5.30)受低氣壓和向岸強風雙重影響，海水位明顯抬升，於 7 月 26 日 17 時達最大暴潮偏差 48 公分。箔子寮、澎湖和東石，也出現持續的正暴潮偏差，直至颱風中心登陸大陸後才開始下降。

## (二) 颱風生成於南海

颱風在南海生成後，如對臺灣地區造成影響，則大致朝東北方向或偏北方向前進。

### 1. 颱風未登陸臺灣

這四年中此種颱風有 2 個向東通過巴士海峽，2 個向北經過臺灣西南部近海或臺灣海峽。

H 類、颱風向北抵達臺灣海峽一荻安娜[9502]、蓋瑞[9505]

輕度颱風荻安娜(圖 4.15) 在呂宋島西南方海面形成，8 日清晨在臺灣海峽南部加速向東北東移動，不久減弱為熱帶性低氣壓。因荻安娜颱風強度弱且暴風半徑小，對全省海岸海水位影響並不太大，僅東石在 8 日以後，因颱風中心接近而海水位有持續抬昇情形。蓋瑞(圖 4.16)在東沙群島東南方海面形成後即向北前進，於 31 日 13 時在汕頭附近登陸大陸。蓋瑞中心位置雖與臺灣有一段距離，但強度較強暴風半徑較大，在高雄出現持續的海水位升高現象。

由此二個案可見 H 類颱風可能對臺灣中南部海岸造成影響。

I 類、颱風向東通過巴士海峽一賴恩[9515]、凱姆[9603]

中度颱風賴恩(圖 4.17)和輕度颱風凱姆(圖 4.18)在南海形成後，即向東北方向前進，通過巴士海峽。賴恩通過恆春南方海面後，繼續朝日本前進。

由此二個案可見 I 類颱風對臺灣西海岸的影響普遍不大。因颱風路徑為自西向東北前進，高雄受離岸風吹襲，出現負暴潮現象。颱風中心通過巴士海峽後，成功則有水位抬升情形。

## 五、暴潮偏差和高潮位極值

颱風暴潮偏差受颱風大小、強度、路徑和移動

速度，以及當地地形、水深和天文潮位而異。我們選擇資料較可靠的九個潮位站，將民國 83 年至 86 年的 18 個颱風在各潮位站引起之最大暴潮偏差取前三名列表於表 3。據當地民眾告知，在溫妮和安珀期間新竹漁港一帶曾發生淹水情形，可能影響潮位站紀錄，故多取一名列表。這九個潮位站大多數位於北部，其中較缺少中西部的潮位站。如以表 3 第一列資料舉例說明：在這 4 年中，基隆站曾出現之最大暴潮偏差為 94 公分，係由強烈颱風溫妮引起，屬 B 類颱風，發生於 86 年 8 月 18 日上午 10 時左右，正值農曆 7 月 16 日天文大潮期間；而該年該月該站的平均潮差為 53 公分，故此最大暴潮偏差相當於該月平均潮差的 1.77 倍。該年該月該站最高高潮位為 229 公分，也發生於溫妮侵臺期間，乃是在上午 7 時 54 分，稍早於最大暴潮偏差出現的時間；而該年該月該站的平均高潮位為 148 公分，故此最高高潮位比該月平均高潮位還高出 82 公分。

從表 3 中我們發現賀伯除了在高雄以外，在其餘 8 個潮位站引起之暴潮偏差均列於最大值的前三名。賀伯的確是這 4 年中最強的侵臺颱風，其次是溫妮囊括了五站，再其次是道格、提姆和席斯各包括三站。以上五個均屬強烈颱風，因此颱風強度是影響暴潮偏差的重要因素。B 類(經東北部近海)及 D 類(經北部陸地)颱風對西北部及東北部海岸之潮位站影響最大。E 類(經中部陸地)颱風對臺灣東岸中心登陸地點及其以北附近之梗枋、蘇澳影響很大。從低緯度太平洋經臺灣東部外海北上之颱風(B、D、E 類)對成功影響很大。高雄則主要受到 F 類(經南部陸地)及 C 類(西過巴士海峽)颱風影響最大。圖 6 顯示表 3 中各潮位站列為第一名之暴潮偏差與颱風中心經過當地氣象站附近時，所測得之風和氣壓隨時間變化情形。在臺灣東邊水較深氣壓場對水位影響很大，倒轉氣壓計效應非常明顯(圖 6.2、6.4、6.6)，最大暴潮偏差與最低海平面氣壓發生時間幾乎一致；在臺灣海峽水較淺，風應力(wind stress)可抵達海床，受海底地形影響暴潮偏差變化較複雜，風場對淺水區水位的影響不可忽略(圖 6.1、6.3、6.5)，與模式模擬結果一致(徐 1996)。

臺灣地區之天文潮差變化很大；東北和西南海岸平均潮差較小，西岸的平均潮差則自臺灣海峽南北

表3. 民國83年至86年各潮位站暴潮偏差及高潮位極值。

Table 3. Extremes of typhoon surge deviations and high tide levels at tidal stations for the years 1994-1997.

單位:公分(cm)

潮位站 站碼	最大 暴潮偏差	出現時間	平均潮差	最大暴潮偏差 /平均潮差	農曆日期	颱風名稱	強度	類別	最高 高潮位	出現時間	平均 高潮位	最高高潮位- 平均高潮位
基隆 150	94	1997/8/18 10:00	53	1.77	7/16	溫妮[9714]	強烈	B	229	1997/8/18 7:54	148	82
	85	1996/7/31 21:00	54	1.59	6/16	賀伯[9608]	強烈	D	248	1996/7/31 21:36	150	98
	76	1994/8/8 1:00	49	1.54	7/2	道格[9413]	強烈	B	204	1994/8/8 1:00	144	60
鹽寮 151/1511	188	1996/7/31 21:00	62	3.05	6/16	賀伯[9608]	強烈	D	240	1996/7/31 21:20	44	196
	125	1994/8/8 2:00	53	2.34	7/2	道格[9413]	強烈	B	137	1994/8/8 2:00	45	92
	80	1997/8/18 8:00	58	1.39	7/16	溫妮[9714]	強烈	B	146	1997/8/18 6:10	54	92
梗枋 152	81	1994/8/8 2:00	82	0.99	7/2	道格[9413]	強烈	B**	164	1994/8/8 6:00	70	94
	58	1994/7/10 20:00	81	0.72	6/2	提姆[9405]	強烈	E	116	1994/7/10 20:00	63	53
	122	1996/7/31 22:00	66	0.88	6/16	賀伯[9608]	強烈	D	103	1996/7/31 20:42	35	68
蘇澳 153	99	1996/7/31 21:00	101	0.98	6/16	賀伯[9608]	強烈	D*	255	1996/7/31 6:00	170	85
	72	1994/9/1 11:00	96	0.74	7/26	葛拉絲[9416]	中度	D***	191	1994/9/6 6:10	160	31
	62	1994/7/10 22:00	92	0.68	6/2	提姆[9405]	強烈	E	213	1994/7/10 21:30	150	62
成功 127	77	1994/7/10 21:00	106	0.73	6/2	提姆[9405]	強烈	E	171	1994/7/10 19:54	96	75
	71	1996/7/31 17:00	114	0.63	6/16	賀伯[9608]	強烈	D*	189	1996/7/31 6:06	106	83
	51	1994/8/21 8:00	105	0.49	7/15	弗雷特[9415]	強烈	B	174	1994/8/21 5:42	102	72
淡水河 140	98	1994/10/10 6:00	223	0.44	9/6	席斯[9427]	強烈	B**	196	1994/10/10 15:00	134	62
	95	1996/7/31 22:00	221	0.43	6/16	賀伯[9608]	強烈	D	241	1996/7/31 23:00	142	99
	91	1997/8/18 8:00	226	0.40	7/16	溫妮[9714]	強烈	B	245	1997/8/18 10:00	137	108
竹圍 111	134	1994/10/10 9:00	263	0.51	9/6	席斯[9427]	強烈	B**	274	1994/10/10 14:42	202	72
	90	1996/7/31 22:00	267	0.34	6/16	賀伯[9608]	強烈	D	281	1996/7/31 23:42	162	119
	57	1997/8/18 9:00	268	0.21	7/16	溫妮[9714]	強烈	B	241	1997/8/18 10:06	144	97
新竹 112	266	1997/8/18 11:00	382	0.70	7/16	溫妮[9714]	強烈	B	511	1997/8/18 10:48	239	272
	190	1997/8/29 21:00	382	0.50	7/27	安琪[9717]	強烈	E	511	1997/8/18 10:48	239	272
	73	1996/8/1 1:00	360	0.20	6/17	賀伯[9608]	強烈	D	325	1996/7/31 23:54	200	125
	63	1994/10/10 8:00	351	0.18	9/6	席斯[9427]	強烈	B**	249	1994/10/10 2:12	190	59
高雄 1481	48	1996/7/26 17:00	44	1.08	6/11	葛樂禮[9607]	中度	F*	158	1996/7/26 4:00	113	45
	39	1995/8/31 9:00	40	0.98	8/6	肯特[9509]	中度	C***	139	1995/8/8 5:00	103	36
	37	1996/9/9 8:00	46	0.80	7/27	莎莉[9618]	中度	C***	145	1996/9/23 4:00	112	33

註: 最大暴潮偏差發生於\* 一日次高的滿潮時 \*\* 乾潮時 \*\*\* 一月的較小潮差期間。

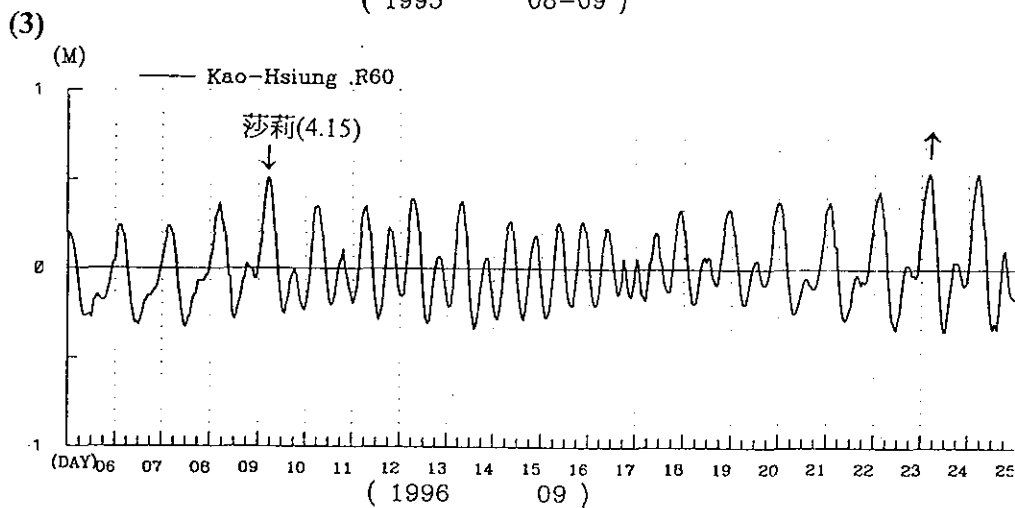
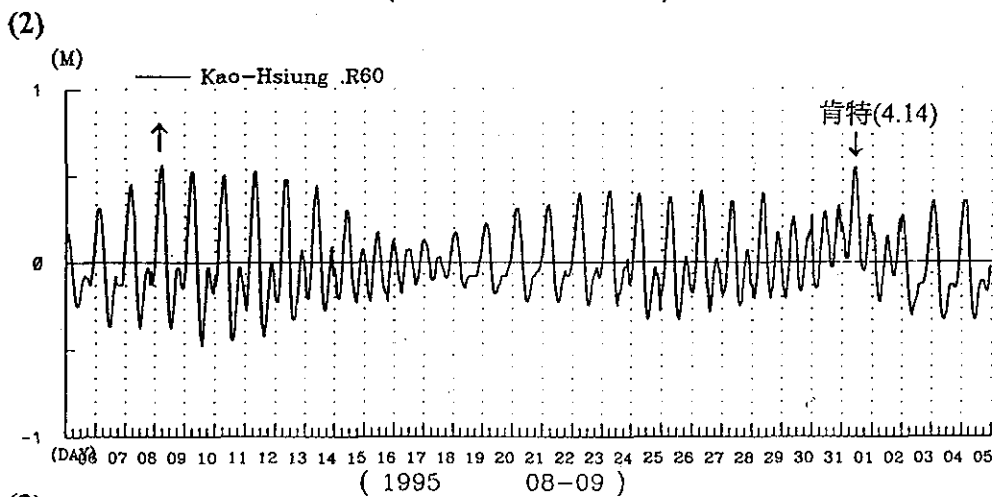
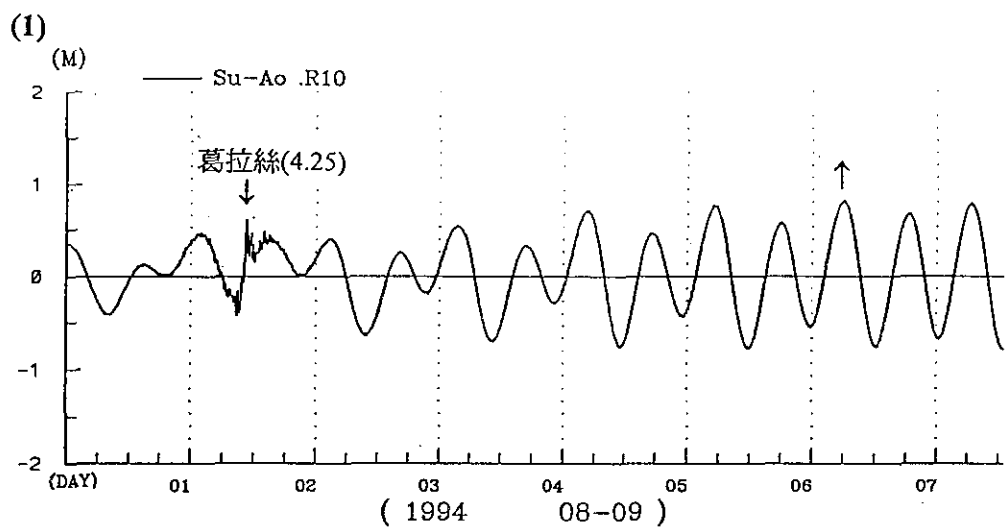


圖 7. 颱風侵臺前後的海水位歷線圖。

Fig. 7. Time series of sea level before and after typhoon invaded Taiwan.

兩端起向中間遞增，在新竹至臺中一帶達到最大值，東岸的平均潮差則變化不大。表3中最大暴潮偏差超過平均潮差 0.9 倍以上者，計有東北部的基隆、鹽寮、梗枋、蘇澳，和西南部的高雄。其中賀伯颱風在鹽寮曾引起了3倍於平均潮差以上的暴潮偏差，出現的時間與當天第二次滿潮的時間相近(圖5.17)，較該年該月該站的平均高潮位還高出約2公尺。竹圍與新竹也有超過1公尺以上的暴潮偏差，但該二處的平均潮差本來就很大，故與平均潮差的比值不大。表3中又顯示最大暴潮偏差出現時間常與該年該月該站最高高潮位出現時間不一致，有時甚至相差很遠，這也是因為臺灣地區天文潮差變化大所造成。表3中標註\*是當地每日兩次滿潮時的潮高有高低之差，而最大暴潮偏差發生於較低的滿潮時間附近，故當時的最高水位還不及較高的滿潮潮高。例如賀伯在蘇澳和成功(圖5.19、5.20)，葛樂禮在高雄(圖5.30)。標註\*\*是因最大暴潮偏差正好發生在當地的乾潮時間附近。例如道格在梗枋(圖5.10)，席斯在淡水河口、竹圍和新竹(圖5.11、5.12、5.13)。標註\*\*\*則是最大暴潮偏差由中度颱風引起且發生於天文潮潮差較小的期間，故當時的最高水位並不及天文潮大潮時的滿潮潮高。例如葛拉絲在蘇澳(圖5.25與7.1)，肯特和莎莉在高雄(圖5.14與7.2，圖5.15與7.3)。

## 六、結論和建議

本文選擇83至86年對臺灣沿海地區海水位變化影響較大的18個颱風，提出一套依據颱風生成地點和路徑的分類法，探討各類型颱風在臺灣海岸引起海水位升高的現象和特性，由於這四年的個案有限，本文僅做初步的定性敘述。

颱風暴潮偏差受颱風大小、強度、路徑和移動速度，以及當地地形、水深和天文潮位而異，與颱風的倒轉氣壓計效應，向岸或離岸強風吹襲的風揚作用，以及颱風波浪和湧浪在岸區碎波的波揚作用有密切關係。在颱風中心附近，氣壓梯度越大所引起的暴潮越高；颱風涵蓋區域的風速越大所引起的暴潮也越高。颱風移動速度越緩慢或颱風涵蓋區域愈大，則所引起的暴潮越持久。在臺灣東邊水較深，氣壓場對水位影響很大；在臺灣海峽水較淺，風場對淺水區水位的影響不可忽略。

颱風在西北太平洋生成後，如對臺灣地區造成影響，則大致朝西北方向前進。如通過臺灣中部以北的陸地(D、E類)，颱風結構受到臺灣地形的破壞後，往往在臺灣中南部地區產生副低壓，造成西南部沿海水位上升。當颱風進入臺灣海峽以後，又引進西南氣流。在低氣壓和向岸強風雙重影響下，常引起中、南部低窪地區海水倒灌。

颱風形成後，從低緯度經臺灣東部外海向中、高緯度前進。當抵達北緯20度以北，成功的海水位便開始有抬升情形出現。因成功外海水較深，此處暴潮偏差發生的時間較早，可能與脫離颱風暴風圈的長週期湧浪提早到達臺灣東岸產生碎波有關。其中B類颱風(經東北部近海)，當中心越過臺灣北端進入台灣海峽時，成功的海水位才開始下降。

颱風在南海生成後，如自西向東通過巴士海峽(I類)，則在臺灣西岸引起的暴潮偏差普遍不大。但在暴風圈影響範圍內可能造成陸地災害。

臺灣地區天文潮差很大，最大暴潮偏差出現時間常與該年該月最高高潮位出現時間不一致，有時甚至相差很遠。颱風暴潮引起災害的程度與當時之天文潮潮高有關。颱風侵襲時，如適逢當地之天文大潮滿潮時，則強風、大潮、豪雨交加，將造成嚴重災情。

中央氣象局以往發布的颱風警報，較著重於陸地災害的警戒。氣象界慣用的7種侵臺颱風路徑分類，也以陸地災害為主，對海岸災害而言並不夠用。本文提出一套依據颱風生成地點和路徑的分類法來探討臺灣地區的颱風暴潮。從臺灣外海經過的颱風，雖未登陸，其在本省東北部、東部和西南部海岸引起的暴潮偏差卻不容忽視，應加強颱風暴潮預報技術的改進，提高對海岸防災的重視。

## 七、誌謝

本研究獲國科會支持，計畫編號為NSC 87-2621-P-052-011。作者也感謝論文審查者的寶貴意見。

## 八、參考文獻

1. 徐月娟，1996：一個西進颱風引起臺灣沿海暴潮之數值實驗。天氣分析與預報暨海象測報研討會論文彙編(84)，中華民國85年3月4-6日，

臺北，646-650。

2. 徐月娟和曾淑芬，1997:賀伯颱風暴潮推算之初步研究。天氣分析與預報研討會海象與地震論文彙編(85)，中華民國 86 年 3 月 3-5 日，臺北，611-622。
3. 臧效義, 1997：東北部海域海岸結構物之賀伯颱風破壞原因探討案例研究－海洋大學鄰近海域之海堤與防波堤。第十九屆海洋工程研討會論文集，中華民國 86 年 11 月，322-329。
4. 颱風百問,1997。交通部中央氣象局編印，74pp。
5. 簡仲和，1994:彌陀海域潮汐及暴潮之特性研究 (I)，國立成功大學水利及海洋工程研究所報告，國科會計畫編號 NSC 82-0410-P-0006-13B，70pp。
6. Foreman M.G.G., 1977: Manual for tidal heights analysis and prediction, Pacific Marine Science.
7. Report 77-10, Institute of Ocean Sciences, Patricia Bay, Victoria, B.C., Canada, 101pp.
8. Harris, D. L., 1963: Characteristics of the hurricane storm surge. Technical Paper No. 48, Weather Bureau,U.S. Department of Commerce, 139pp.
9. Jelesnianski, C. P., J. Chen and W. A. Shaffer, 1992: SLOTH: Sea, lake, and overland surges from hurricanes. NOAA Technical Report NWS 48, National Oceanic and Atmospheric Administration,U.S. Department of Commerce, 71pp.



## **A PRELIMINARY STUDY OF CHARACTERISTICS OF TYPHOON SURGES IN TAIWAN FOR THE YEARS 1994-1997**

**Yueh-Jiuan G. Hsu Shu-Fen Tseng Jih-Yih Chen Heng-Shuing Tsai**

Marine Meteorology Center, Central Weather Bureau  
Taipei, Taiwan R.O.C.

### **ABSTRACT**

Typhoon surges have local characteristics in Taiwan. To minimize damage caused by typhoon surges requires the analyses and understanding of the abnormally high water levels around the Taiwan coast due to typhoons of various tracks, sizes and intensities. We use tidal gauge data around the Taiwan coast for the years 1994-1997, which are checked by a primary data quality control procedure. We perform harmonic analyses on selected integral data periods to determine amplitudes and phase lags of tidal components for each tidal station. Accordingly, we calculate the astronomical tide in typhoon periods. Typhoon surge deviations are estimated from the difference of the observed data and the computed astronomical tide. Accordingly, we discuss the characteristics and causes of typhoon surges. The classification of 7 typhoon tracks used in meteorology was mainly based on continental disasters. This might not be suitable for coastal disasters since typhoons passing by near shore of Taiwan could cause disasters on the northeast, east, or southwest coasts although they never land. We analyze 18 typhoons warned by the Central Weather Bureau in the past 4 years which affected the Taiwan coast more apparently, and then present a classification method based on the formation location and track of typhoon to study the phenomena and characteristics of the typhoon surge. The typhoon surge is related to the size, intensity, track and moving speed of a typhoon, the local coastal shape, water depth, and the astronomical tide, the inverted barometer effect, onshore wind setup, and the breaking wave setup. Because the tide difference is significant in Taiwan coast, the seriousness of damage is closely related to the astronomical tide level at that time. The results of this study will be helpful for the routine work of typhoon surge prediction, and for the evaluation of numerical simulation.

**Key Words:** Characteristics of the Typhoon Surge, Typhoon Surge Deviation, Classification, Harmonic Analysis, Astronomical Tide, and Coastal Disaster.

# 民國86年颱風調查報告 ——溫妮颱風(9714)

陳 得 松      黃 康 寧

中央氣象局科技中心

## 摘 要

本文針對溫妮(Winnie)颱風的發生經過、強度、路徑、侵台時各氣象要素和主、客觀路徑預報模式的校驗及災情做分析探討。

溫妮颱風於1997年8月9日發生在關島東方約1000公里海面上，為1997年西太平洋地區發生的第14個颱風，也是此年中央氣象局發布警報且侵臺的第一個颱風，其路徑大致呈西北西方向移動，朝臺灣北部及東北部方向而來，其強度一度增強為強烈颱風，而在靠近臺灣東北部海面時轉為中度颱風，最後登陸於大陸浙江省溫州灣，並迅速減弱為熱帶性低氣壓。雖然溫妮颱風中心並未直接登陸臺灣，但其所挾帶充沛之雨水卻造成臺灣北部人民生命及財產嚴重損失。

由溫妮颱風侵臺時的風雨資料分析顯示，溫妮颱風造成臺灣北部出現豪雨，而山區之雨勢尤大。在風力方面，主要是在暴風半徑影響的東北部有較強的風力發生。

路徑預報誤差方面，中央氣象局原始方程模式(TFS)及相當正壓模式(EBM)24小時誤差各為92公里、126公里、48小時預報誤差為184公里、214公里，中央氣象局(CWB)24小時及48小時官方主觀預報誤差分別為155公里及222公里。

## 一、前 言

溫妮颱風(Winnie)是民國86年西太平洋地區發生的第14個颱風(編號為9714)，也是此年中央氣象局發布警報且侵襲臺灣的第一個颱風。溫妮颱風自形成後便一直以穩定的速度以西北西方向接近臺灣，最後經過臺灣北部海面，登陸於大陸浙江省溫州灣附近。此颱風結構良好、範圍甚大，雖然預測中心不會登陸臺灣，但仍可能在臺灣地區發生強風豪雨，所以中央氣象局對溫妮颱風發布海上陸上颱風警報。溫妮颱風的移動路徑一直與中央氣象局的預測相近，不過由於此颱風伴隨之風雨甚強，仍對臺灣地區造成嚴重災害。

本文主要目的在描述溫妮颱風的生命過程，以及其對臺灣地區及附近海面的影響。以下第二節先說明溫妮颱風之發生及經過，第三節主要探討其強度及路徑變化，第四節則描述溫妮颱風的最佳路徑

(best track)並做各種預報方法之校驗，第五節主要分析颱風影響期間各氣象站之氣象狀況(包括風雨狀況)，主要災情則摘錄於第六節，最後則對此颱風做綜合討論。

## 二、溫妮颱風之發生及經過

民國86年8月9日06UTC溫妮颱風(北緯14.5度，東經155.2度)在關島東方約1000公里海面上生成。表1為溫妮颱風8月9日06UTC至8月20日00UTC的最佳路徑、中心定位、強度變化及動向資料表。溫妮颱風形成後，開始以偏西北西方向移動，期間速率相當穩定，大致介於17-22kts，而其強度及暴風範圍則逐漸增大，在8月10日12UTC更增強為強烈颱風，中心氣壓下降至925百帕，近中心最大風速已達51m/s，其七級風暴風半徑擴大為300公里，十級風半徑亦達120公里。而後四天中，由於高壓脊線(約位於北緯35度)持續橫亘於颱風北邊(圖1)，溫妮颱風乃延著駛流往

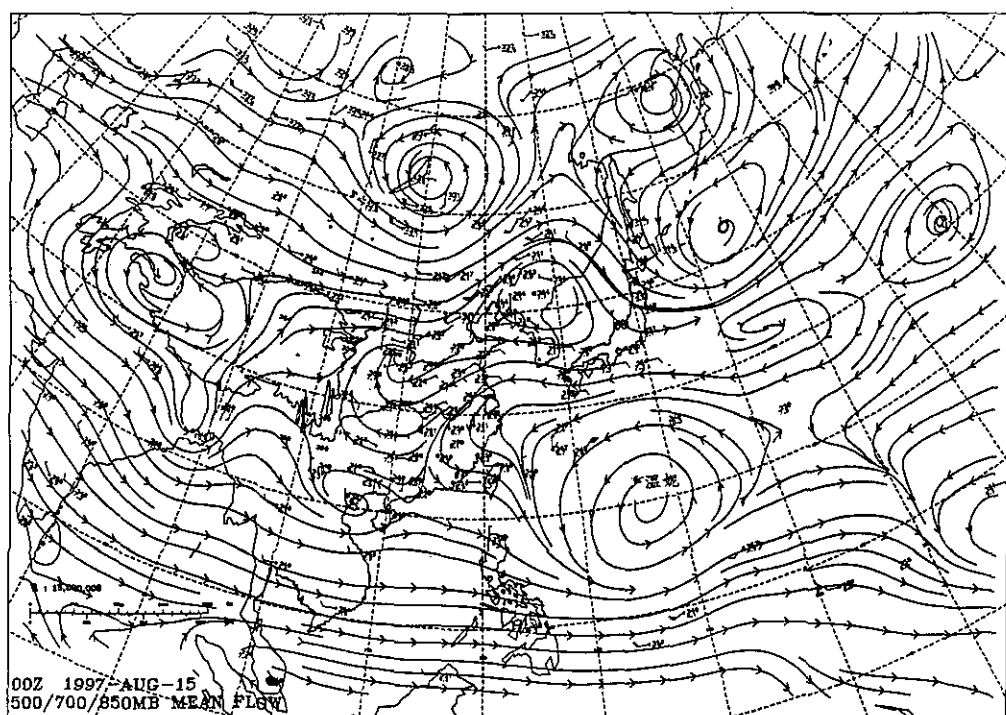


圖 1. 8月15日00UTC之500/700/850百帕平均氣流圖

Fig.1. The 500/700/850 hPa mean flow streamline chart of 00UTC August 15 of 1997

西北西方向進行，朝著臺灣北部海面移動。中央氣象局研判溫妮颱風將對臺灣附近海域構成威脅，遂於8月16日下午2時(地方時)對臺灣北部及東北部海面發布海上颱風警報。由於溫妮颱風持續向西北西方向移動，至8月17日清晨5時其中心位於距離台北東方約730公里海面上，中央氣象局預測此颱風將對臺灣北部及東北部陸地構成嚴重威脅，因此於當日清晨5時20分發布海上陸上颱風警報。隨著颱風的逐漸逼近，海上陸上颱風警報之警戒區域亦逐步擴及其他地區，8月17日8時40分所發布之海上陸上颱風警報，其警戒地區已包括基隆、宜蘭、台北、桃園、新竹、苗栗及臺灣北部、東北部、東南部各海面，並呼籲各地應防強風、豪雨及海水倒灌。8月18日晚間10時左右溫妮颱風在浙江省溫州灣附近登陸，其強度受到地形破壞，近中心最大風速由40m/s減為33m/s，暴風半徑亦縮小至250公里，中央氣象局在此時解除臺灣地區陸上警報。此後溫妮颱風轉向西北再轉北移動，並於8月19日

0時減弱為熱帶性低氣壓，其對臺灣及附近海面之威脅才完全解除，中央氣象局隨即於8月19日3時解除海上颱風警報。詳細溫妮颱風之警報發布情形如表2所示。

### 三、颱風強度及路徑變化

溫妮颱風於8月9日06UTC形成之後，即以穩定之速率(介於17~22kts)沿著太平洋高壓南緣朝西北西方向前進。由8月12日00UTC之500百帕高空圖(圖2)顯示，太平洋高壓的勢力以5880gpm等高線之位置為例，自太平洋向西南延伸經過臺灣，北方槽線由韓國西北方向西南延伸至華中地區(北緯26度，東經115度)附近，一直到8月14日00UTC，由圖3之500百帕高空圖可見雖因上述槽線往東移出海而使太平洋高壓略有減弱，但仍然橫亙於溫妮颱風北方，此時溫妮颱風仍在太平洋高壓南緣的東風駛流區內活動，因此仍持續朝西北西方向進行。兩天後(即8月16日00UTC)之綜觀環境如圖4的500百帕

表 1、溫妮颱風最佳路徑中心定位、強度變化及動向資料表

Table1、The best track center positions, intensity and movement of typhoon WINNIE

時間 (UTC)			中心位置 (度)		中心氣壓 (百帕)	移動方向 (DEG)	移動速度 (km/hr)	近中心最大風速 (m/s)		暴風半徑 (km)	
月	日	時	北緯	東經				平均	瞬間	七級風	十級風
8	09	06	14.6	155.0	998	---	---	18	23	100	---
		12	14.9	154.6	995	310	9	20	25	120	---
		18	15.2	154.2	990	310	9	23	28	120	---
	10	00	15.4	153.5	985	285	13	25	33	150	---
		06	15.6	152.6	980	285	16	28	35	150	---
		12	15.9	151.7	975	290	16	30	38	180	---
		18	16.0	150.8	970	275	16	33	43	200	80
	11	00	16.2	150.0	970	285	15	33	43	200	80
		06	16.3	149.3	962	280	13	38	48	200	80
		12	16.6	148.6	960	295	13	40	50	250	80
		18	16.9	147.8	940	290	15	45	55	250	80
	12	00	17.4	146.7	925	295	22	51	63	250	100
		06	17.9	145.3	920	290	25	53	65	250	100
		12	18.3	144.3	915	295	18	53	65	250	100
		18	18.5	143.6	915	285	13	53	65	250	100
	13	00	18.8	143.0	905	300	11	55	68	300	120
		06	19.3	142.2	905	305	16	55	68	300	120
		12	20.0	141.2	905	305	22	55	68	300	120
		18	20.5	140.2	905	300	20	55	68	300	120
	14	00	21.0	139.3	915	300	18	53	65	300	120
		06	21.5	138.5	925	305	16	51	63	300	120
		12	22.0	137.6	925	300	18	51	63	300	120
		18	22.4	136.6	925	295	18	51	63	300	120
	15	00	22.7	135.6	930	290	18	48	58	300	100
		06	23.0	134.8	930	290	15	48	58	300	100
		12	23.3	134.0	930	290	15	48	58	300	100
		18	23.6	133.1	930	290	16	48	58	300	100
	16	00	23.8	132.1	940	285	16	45	55	300	100
		06	23.9	131.0	945	275	18	43	53	300	100
		12	24.1	130.1	945	285	15	43	53	300	100
		18	24.3	129.2	953	285	15	40	50	300	100
	17	00	24.7	128.2	953	295	18	40	50	300	100
		06	25.1	127.1	953	290	20	40	50	300	100
		12	25.5	126.0	953	290	20	40	50	300	100
		18	26.0	124.9	953	295	20	40	50	300	100
	18	00	26.6	123.8	953	300	22	40	50	300	100
		06	27.3	122.7	953	305	22	40	50	300	100
		12	28.2	121.6	960	315	24	38	48	300	100
		18	29.2	120.5	970	315	25	33	43	250	80
	19	00	30.3	119.5	985	320	25	25	33	250	---
		06	31.5	118.7	988	330	25	23	28	200	---
		12	32.7	118.4	992	350	22	20	25	200	---
		18	34.2	118.3	994	355	27	18	23	150	---
	20	00	36.0	118.2	994	355	33	18	23	150	---
		06	38.1	118.1	998	0	38	18	23	100	---

表 2、溫妮颱風侵台期間中央氣象局警報發布一覽表

Table 2、Warnings issued by CWB for typhoon WINNIE

種類	次序		發布時間				警戒地區		備註
	號	報	月	日	時	分	海上	陸上	
海上	1	1	8	16	14	35	臺灣北部及東北部海面		中度
海上	1	2	8	16	17	40	臺灣北部、東北部及東南部海面		中度
海上	1	3	8	16	20	50	臺灣北部、東北部及東南部海面		中度
海上	1	4	8	16	23	40	臺灣北部、東北部及東南部海面		中度
海上	1	5	8	17	02	55	臺灣北部、東北部及東南部海面		中度
海陸	1	6	8	17	05	20	臺灣北部、東北部及東南部海面	臺灣北部及東北部地區	中度
海陸	1	6-1	8	17	06	10	臺灣北部、東北部及東南部海面	臺灣北部及東北部地區	中度
海陸	1	6-2	8	17	07	10	臺灣北部、東北部及東南部海面	臺灣北部及東北部地區	中度
海陸	1	7	8	17	08	40	臺灣北部、東北部及東南部海面	苗栗以北、宜蘭地區	中度
海陸	1	7-1	8	17	09	40	臺灣北部、東北部及東南部海面	苗栗以北、宜蘭地區	中度
海陸	1	7-2	8	17	10	15	臺灣北部、東北部及東南部海面	苗栗以北、宜蘭地區	中度
海陸	1	8	8	17	11	50	臺灣北部、東北部及東南部海面	苗栗以北、宜蘭地區	中度
海陸	1	8-1	8	17	12	50	臺灣北部、東北部及東南部海面	苗栗以北、宜蘭地區	中度
海陸	1	8-2	8	17	13	15	臺灣北部、東北部及東南部海面	苗栗以北、宜蘭地區	中度
海陸	1	9	8	17	14	50	臺灣附近各海面	苗栗以北、宜蘭地區	中度
海陸	1	9-1	8	17	15	25	臺灣附近各海面	苗栗以北、宜蘭地區	中度
海陸	1	9-2	8	17	16	15	臺灣附近各海面	苗栗以北、宜蘭地區	中度
海陸	1	10	8	17	17	30	臺灣附近各海面	苗栗以北、宜蘭地區	中度
海陸	1	10-1	8	17	18	20	臺灣附近各海面	苗栗以北、宜蘭地區	中度
海陸	1	10-2	8	17	19	20	臺灣附近各海面	苗栗以北、宜蘭地區	中度
海陸	1	11	8	17	20	45	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	11-1	8	17	21	20	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	11-2	8	17	22	30	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	12	8	17	23	40	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	12-1	8	18	00	25	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	12-2	8	18	01	25	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	13	8	18	03	15	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	13-1	8	18	03	55	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	13-2	8	18	04	30	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	14	8	18	05	40	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	14-1	8	18	06	25	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	14-2	8	18	07	30	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	15	8	18	08	50	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	15-1	8	18	09	40	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	15-2	8	18	10	50	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	16	8	18	11	55	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	16-1	8	18	12	45	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	16-2	8	18	13	40	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	17	8	18	15	20	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	17-1	8	18	15	50	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	17-2	8	18	16	45	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	18	8	18	17	45	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	18-1	8	18	18	30	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	18-2	8	18	19	35	臺灣附近各海面及馬祖海面	台中以北、宜蘭地區及馬祖地區	中度
海陸	1	19	8	18	21	10	臺灣北部海面及馬祖海面	桃園以北地區及馬祖地區	中度
海陸	1	19-1	8	18	22	05	臺灣北部海面及馬祖海面	桃園以北地區及馬祖地區	中度
海陸	1	19-2	8	18	22	35	臺灣北部海面及馬祖海面	桃園以北地區及馬祖地區	中度
海上	1	20	8	18	23	45	臺灣北部海面及馬祖海面		中度
解除	1	21	8	19	03	00	溫妮颱風已進入大陸		中度

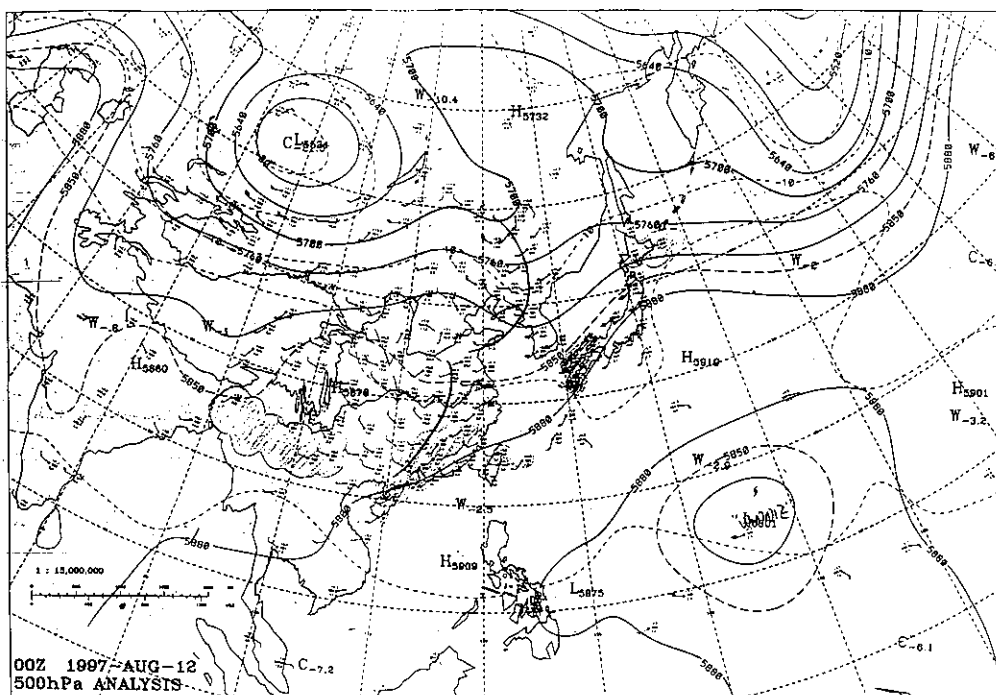


圖 2. 8月12日00UTC之500百帕高度場天氣圖(等高線間距60gpm等，溫線間距5°C)  
 Fig. 2. The 500 hPa chart of 00UTC August 12 of 1997 (contour interval of height is 60 gpm and contour interval of temperature is 5°C)

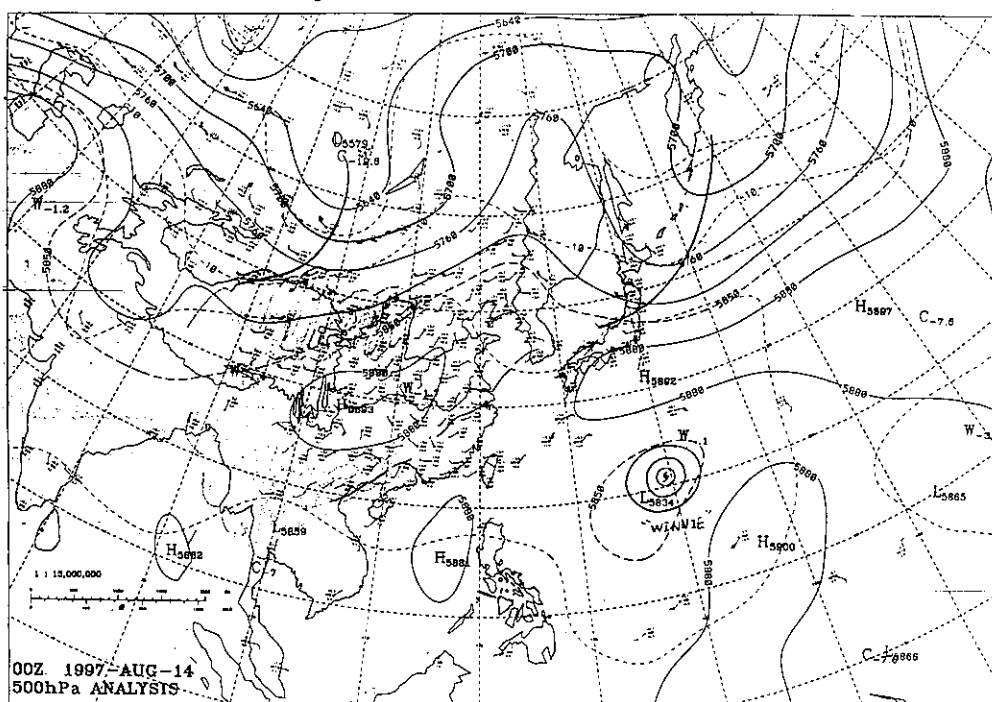


圖 3. 8月14日00UTC之500百帕高度場天氣圖(等高線間距60gpm等，溫線間距5°C)  
 Fig. 3. The 500 hPa chart of 00UTC August 14 of 1997 (contour interval of height is 60 gpm and contour interval of temperature is 5°C)

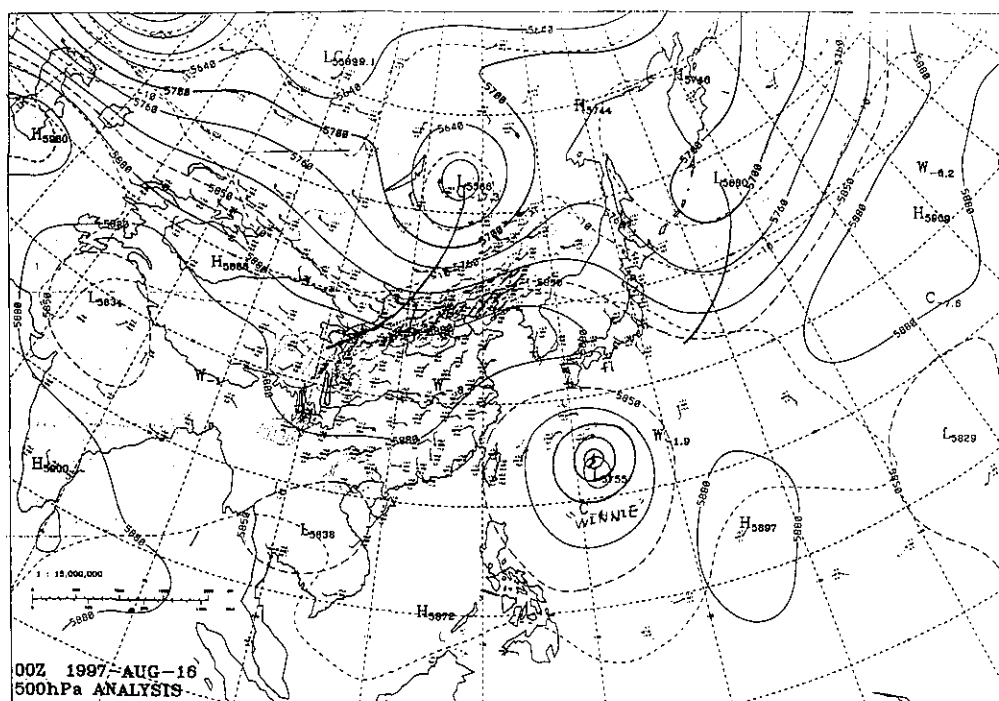


圖 4. 8月16日00UTC之500百帕高度場天氣圖(等高線間距60gpm等, 溫線間距5°C)

Fig. 4. The 500 hPa chart of 00UTC August 16 of 1997 (contour interval of height is 60 gpm and contour interval of temperature is 5°C)

高空圖所示，由於日本東北方槽線不夠深，並未影響溫妮颱風轉向北方，太平洋高壓勢力範圍則持續東退，但大陸華中高壓在此時增強並往東伸，溫妮颱風便又受此高壓南方東風駛流加上地球自轉效應( $\beta$ -effect)影響，行進方向仍持續朝向西北西。到了8月18日00UTC，綜觀環境如圖5的500百帕高空圖所示，太平洋高壓再度增強並往西伸至東經130度，脊線則位於北緯35度，而北方槽線由西伯利亞(北緯50度，東經125度)向西延伸至山西省，溫妮颱風即順著太平洋高壓南緣駛流於8月18日晚間10時左右在浙江省溫州灣附近登陸，此後受到北方槽線系統影響，繼續由西北西轉向西北方向移動。溫妮颱風登陸大陸後即轉為輕度颱風，並於8月19日零時減弱為熱帶性低氣壓，其生命史共10天又12小時。

有關溫妮颱風強度之變化可由圖6看出，颱風於8月13日00UTC至13日12UTC期間強度達到最強的階段，發展至強烈程度，中心氣壓905百帕，中心最大風達達55m/s，七線風暴風半徑達300公里，

十級風暴風半徑則達120公里。之後，強度緩慢減弱，一直到8月15日00UTC轉為中度颱風，而隨著颱風中心穩定往西北西進行，颱風強度也在8月18日18UTC減為輕度颱風。由10天平均海水溫度(圖7)分析，溫妮颱風在8月18日00UTC以前其上海水溫度大於27°C之海面上移動，致使颱風得以保持在中度強度以上。8月19日14UTC之後由於颱風登陸，受地形破壞，強度迅速減弱。

#### 四、溫妮颱風之最佳路徑及路徑預報誤差檢驗

中央氣象局衛星中心提供颱風逐時定位資料，表3列出其每六小時間距之結果。而自8月16日起，颱風進入日本雷達站之監視範圍，因此有雷達之定位資料(表4)。在颱風警報發布期間，其他作業單位之衛星及雷達定位資料皆為中央氣象局颱風定位作業之參考，亦為決定最佳路徑之依據。表1及圖8為溫妮颱風最佳路徑相關資料，與表3、表4比較，颱風定位方面並無太大爭議，但在颱風掠過臺灣北部

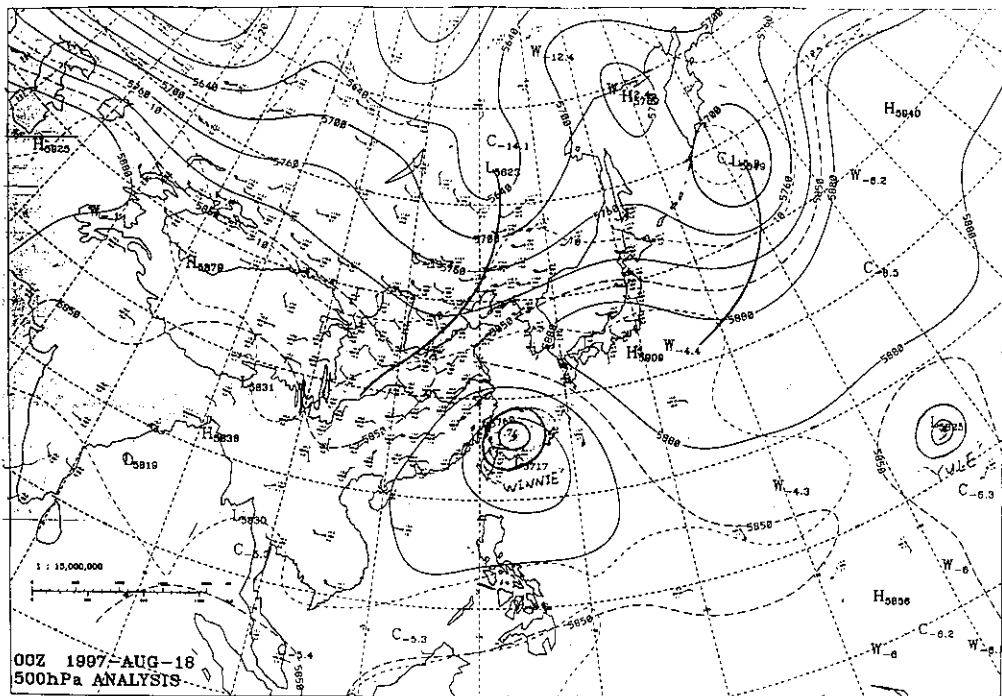


圖 5. 8月18日00UTC之500百帕高度場天氣圖(等高線間距60gpm等，溫線間距5°C)

Fig. 5. The 500 hPa chart of 00UTC August 18 of 1997 (contour interval of height is 60 gpm and contour interval of temperature is 5°C)

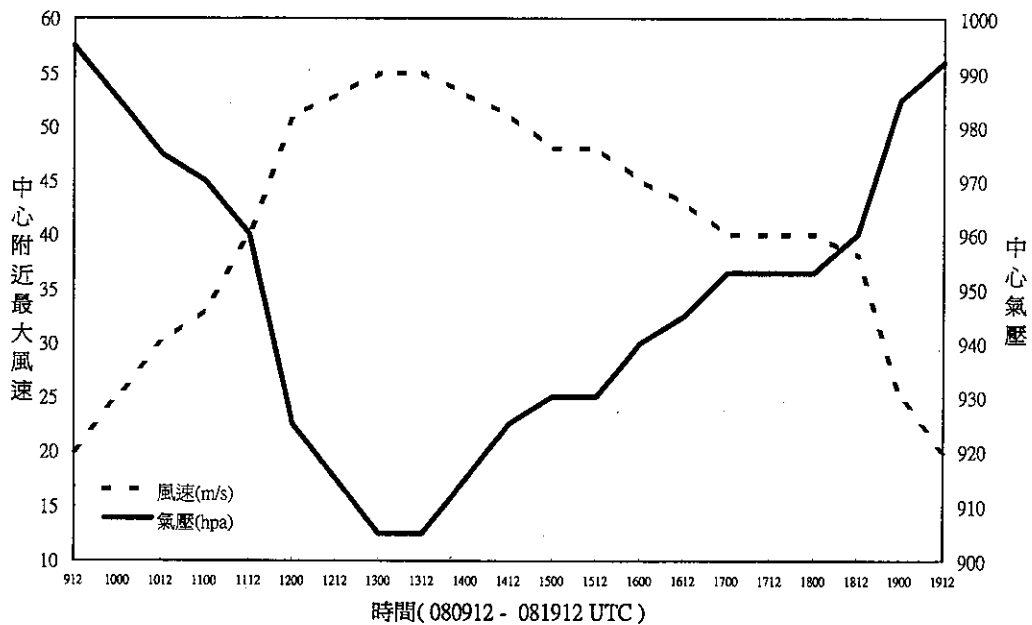


圖 6. 溫妮颱風之中心氣壓及中心附近最大風速變化圖

Fig. 6. Time sequence of the minimum pressure and the maximum wind speed of typhoon WINNIE



表 3、中央氣象局衛星中心溫妮颱風定位及強度估計資料表

Table 3、Center locations and intensities of typhoon WINNIE observed by the  
Satellite Center of CWB

時間			中心位置		定位 準確度	強度估計 T/C/D/S/W/hr
月	日	時	緯度	經度		
8	09	06	14.4	155.5	P	2.0/2.0/D/6
		12	14.9	154.7	P	3.0/3.0/D/6
		18	15.3	154.3	P	3.5/3.5/D/6
	10	00	15.3	153.4	P	3.5/3.5/S/6
		06	15.6	152.3	P	4.0/4.0/D/6
		12	15.7	151.6	P	4.5/4.5/D/6
		18	16.0	150.7	P	4.5/4.5/S/6
	11	00	16.2	150.0	F	5.0/5.0/D/6
		06	16.3	149.3	F	5.0/5.0/S/6
		12	16.5	148.7	F	5.0/5.0/S/6
		18	16.9	148.1	G	5.5/5.5/D/6
	12	01	17.3	147.0	G	6.0/6.0/D/6
		06	17.7	145.9	G	6.5/6.5/D/6
		12	18.0	144.7	G	6.5/6.5/D/6
		18	18.3	143.7	G	6.5/6.5/S/6
	13	00	18.5	143.1	G	6.5/6.5/S/6
		06	19.5	142.2	G	6.5/6.5/S/6
		12	20.1	141.1	G	6.0/6.5/W/6
		18	20.6	140.1	G	5.5/6.0/W/6
	14	00	21.0	139.5	G	5.0/5.5/W/6
		06	21.6	138.7	G	5.0/5.5/S/6
		12	22.1	137.5	G	5.0/5.5/S/6
		18	22.4	136.5	G	5.0/5.5/S/6
	15	00	22.7	135.4	G	5.0/5.5/S/6
		06	23.0	135.0	G	5.0/5.5/S/6
		12	23.2	134.0	G	4.5/5.5/W/6
		18	23.6	132.8	G	4.5/5.5/S/6
	16	00	23.8	132.0	G	4.5/5.5/S/6
		06	24.1	131.0	G	4.5/5.5/S/7
		12	24.0	130.0	G	4.5/5.5/S/6
		18	24.1	129.2	G	4.0/5.0/W/6
	17	00	24.6	128.2	F	4.0/5.0/S/6
		06	25.1	127.2	F	4.0/5.0/S/6
		12	25.4	125.8	F	4.0/5.0/S/6
		18	26.0	124.8	F	4.0/5.0/S/6
	18	00	26.6	124.0	F	4.0/5.0/S/6
		06	27.2	122.3	G	4.0/5.0/S/6
		12	27.8	122.0	F	4.0/5.0/S/6
		18	29.5	120.2	P	3.5/4.0/W/6
	19	00	30.2	119.3	P	3.0/3.5/W/6
		06	31.6	118.5	P	3.0/3.5/S/6
		12	32.8	118.5	P	2.5/3.0/W/6
		18	33.8	118.7	P	2.0/2.5/W/6
	20	00	36.0	119.0	P	2.0/2.5/S/6
		06	38.1	118.3	P	1.0/1.5/W/6

附註：P 代表定位誤差大於 60 公里，F 代表定位誤差在 30 公里至 60 公里之間，G 代表定位誤差在 10 公里至 30 公里之間。

表 4、溫妮颱風中心之雷達定位表

Table 4、Center locations of typhoon WINNIE observed by 47937 and 47920 radar stations

時間(UTC)			緯度	經度	雷達站 站名及編號
月	日	時			
8	16	12	24.0	130.3	那霸(47937)
		13	23.9	130.3	"
		14	23.9	130.1	"
		15	24.0	129.7	"
		16	24.2	129.7	"
		17	24.2	129.4	"
		18	24.3	129.2	"
		19	24.3	129.0	"
		20	24.5	128.8	"
		21	24.4	128.6	"
		22	24.4	128.5	"
		23	24.5	128.3	"
	17	00	24.5	128.2	"
		01	24.6	128.1	"
		03	24.9	127.8	"
		04	25.1	127.6	"
		05	25.1	127.2	"
		06	25.2	127.0	"
		07	25.2	126.8	"
		08	25.2	126.7	"
		09	25.2	126.5	"
		10	25.2	126.4	石垣島(47920)
		11	25.3	126.3	"
		12	25.3	126.0	"
		13	25.4	125.8	"
		14	25.4	125.7	"
		15	25.5	125.5	"
		16	25.7	125.4	"
		17	25.9	125.1	"
		18	26.0	124.9	"
		19	26.0	124.7	"
		20	26.1	124.5	"
		21	26.2	124.5	"
		22	26.4	124.4	"
		23	26.5	124.2	"
	18	00	26.6	124.0	"

海面時，由於颱風正在減弱階段，中心定位準確度較差(表3)。

在溫妮颱風路徑預報誤差方面，表5列出中央氣象局官方發布(CWB)、CLPER及HURRAN兩種統計預報方法、以及原始方程模式(TFS)及相當正壓模式(EBM)兩種動力預報模式之24小時與48小時預報位置誤差。在中央氣象局官方預測方面，24小時及48小時之平均路徑預報誤差分別為155公里及222

公里。而由個別預報與最佳路徑比較顯示(圖9與表5)，主要較大誤差出現在颱風形成初期(8月9日06 UTC至10日00UTC)及颱風警報發布期間(8月16日12UTC至18日06UTC)，顯示當颱風愈接近臺灣且逐漸偏西北方移動時，CWB之預報掌握較差。

至於統計預報模式CLIPER法之24小時與48小時平均路徑預報誤差為116公里與281公里，HURRAN法則是139公里及266公里，與CWB三者

表 5、溫妮颱風中央氣象局主觀、統計及動力模式預報誤差校驗表(單位公里)

Table 5、Error statistics for CWB, statistical and dynamic models for typhoon Winnie

預報時間 (UTC)	CWB 官方預報		CLIPER		HURRAN		TFS		EBM	
	24 小時	48 小時	24 小時	48 小時	24 小時	48 小時	24 小時	48 小時	24 小時	48 小時
080906	177	378			176	332				
080912	200	383			128	234				
080918	196	322			193	320				
081000	162	233			186	308				
081006	168	190			149	214				
081012	166	161			69	73	200	230	140	163
081018	118	100			33	225				
081100	67	31			43	117	123	421	115	104
081106	54	147	64	115	104	126				
081112	46	133	57	22	134	239	213	503	88	76
081118	77	191	114	98	127	232				
081200	64	129	73	111	66	126	212	167	62	150
081206	34	63	86	229	84	112				
081212	93	171	180	309	147	160	53	145	175	273
081218	98	156	127	188	108	704				
081300	104	112	45	113	121	105	119	113	31	168
081306	46	78	136	399	185	346				
081312	48	75	118	368	15	156	84	68	189	376
081318	37	45	37	167	32	67				
081400	15	83	39	205	52	150	38	118	127	267
081406	48	123	156	427	150	355				
081412	97	187	201	457	165	233	56	90	247	398
081418	67	311	83	246	32	123				
081500	75	222	24	146	23	142	122	264	110	240
081506	45	155	134	342	396	211				
081512	73	155	142	341	40	183	0	83	46	148
081518	122	166	107	160	152	152				
081600	42	149	63	91	23	255	30	60	115	224
081606	91	261	81	306	64	346				
081612	80	243	51	239	77	271	52	135	101	190
081618	97	397	126	455	156	501				
081700	142	395	149	469	125	398	35		166	
081706	74	309	79	297	62	232				
081712	155	523	116	443	243	658	44		173	
081718	253	519	294	554	192	389				
081800	249	537	256	478	234	455				
081806	175	365	200	380	234	575				
081812	253		253		258					
081818	162		18		339					
081900	210		193		252					
081906	223		33		316					
平均	155	222	116	281	139	266	92	184	126	214

比較，互有高下。HURRAN法與CWB類似，在颱風形成初期與警報發布期間，都出現較大誤差。CLIPER法的24小時預報誤差雖較CWB及HURRAN法為小，但48小時預報誤差卻是三者中最大。CLIPER法及HURRAN法在警報發布期間皆出現較大誤差(圖10、圖11與表5)，顯示統計預報模式在颱風移動方向有變化時掌握較差。而兩種動力預報模式對整期的颱風路徑預報誤差表現並不比官方及

統計模式差，尤其TFS24小時平均路徑預報誤差只有92公里，48小時為184公里，在五種主、客觀預報方法中表現最佳(圖12與表5)，但在8月10日12UTC至11日12UTC之間，TFS亦出現較大誤差，這可能是因中低緯度太平洋上較缺乏觀測資料，以致影響TFS對大尺度環流之解析能力。至於EBM模式的24小時與48小時平均路徑預報誤差為126公里及214公里(圖13與表5)，亦較CWB略佳。

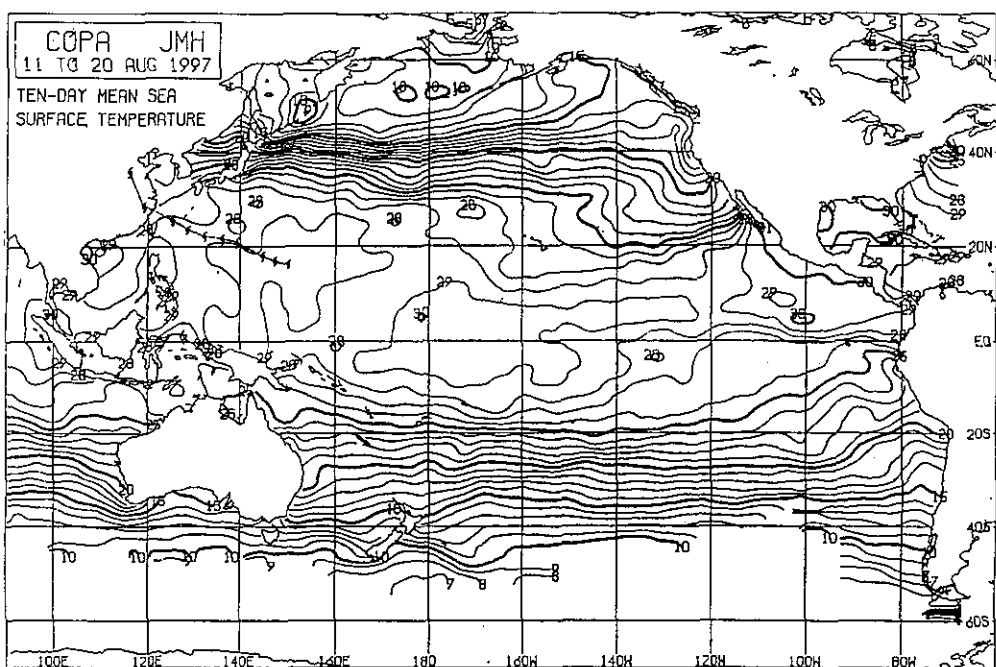


圖 7. 1997年8月11日至20日之10天平均海水溫度圖(單位：°C，圖來自日本氣象廳)

Fig. 7. 11 to 20 August, 1997 ten-day mean sea surface temperature(°C)

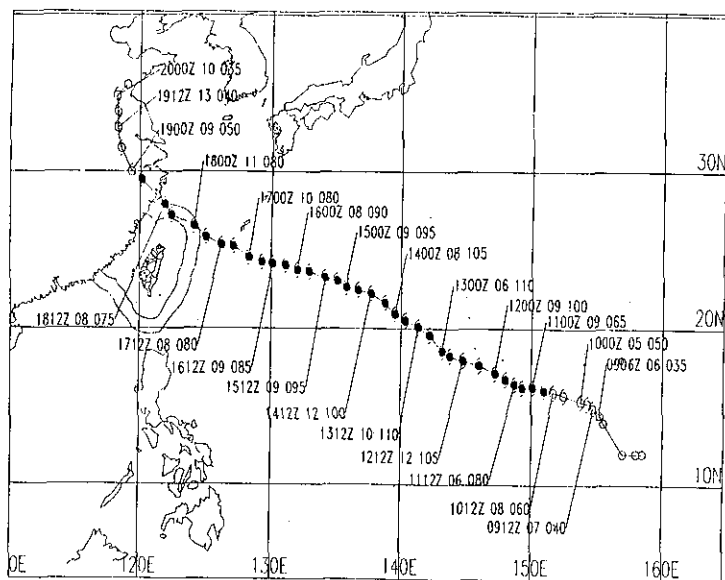


圖 8. 溫妮颱風最佳路徑圖(8月9日06UTC-8月20日00UTC)，空心代表強度為輕度颱風，實心代表中度颱風以上，指標表示時間、移速(kts)及近中心最大風速(kts)

Fig. 8. The best track of typhoon WINNIE

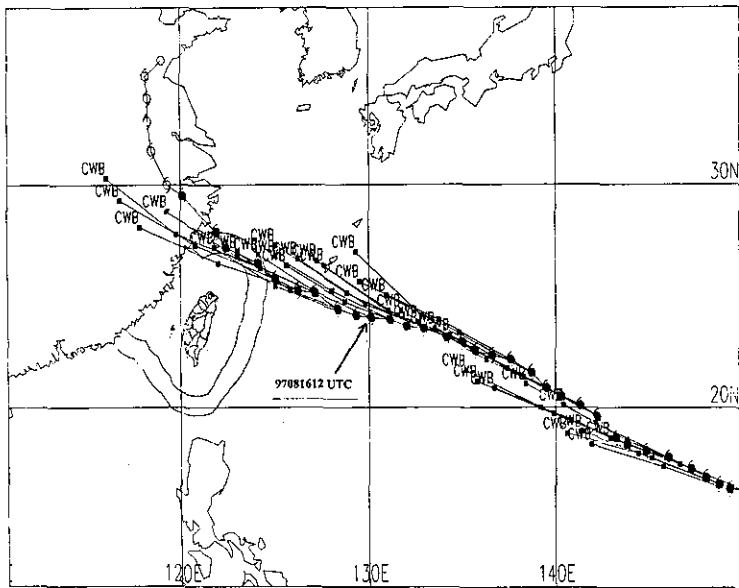


圖 9. 中央氣象局官方發布之預報路徑與溫妮颱風最佳路徑之比較圖  
(081112UTC至081800UTC)

Fig. 9. CWB official forecasts and the best track of typhoon WINNIE  
(081112UTC-081800UTC)

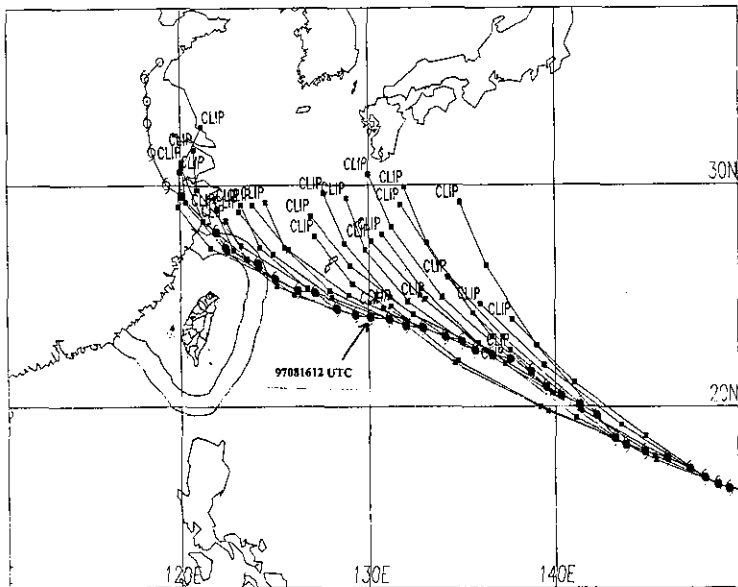


圖 10. CLIPER法之預報路徑與溫妮颱風最佳路徑之比較圖(081112UTC至081800UTC)

Fig. 10. The forecasts of CLIPER (CLIP) and the best track of typhoon WINNIE  
(081112UTC-081800UTC)

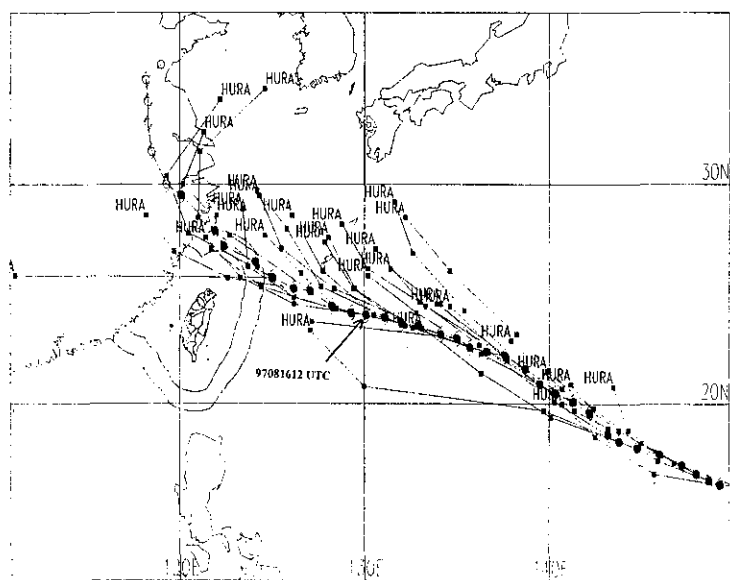


圖 11. HURRAN法之預報路徑與溫妮颱風最佳路徑之比較圖(081112UTC至081800UTC)  
 Fig. 11. The forecasts of HURRAN (HURA) and the best track of typhoon WINNIE  
 (081112UTC-081800UTC)

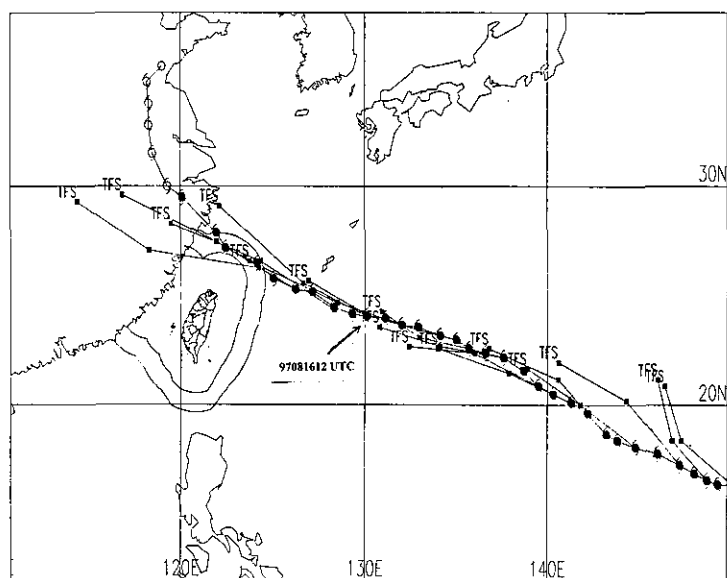


圖 12. TFS模式之預報路徑與溫妮颱風最佳路徑之比較圖(081112UTC至081800UTC)  
 Fig. 12. The forecasts of TFS model and the best track of typhoon WINNIE  
 (081112UTC-081800UTC)

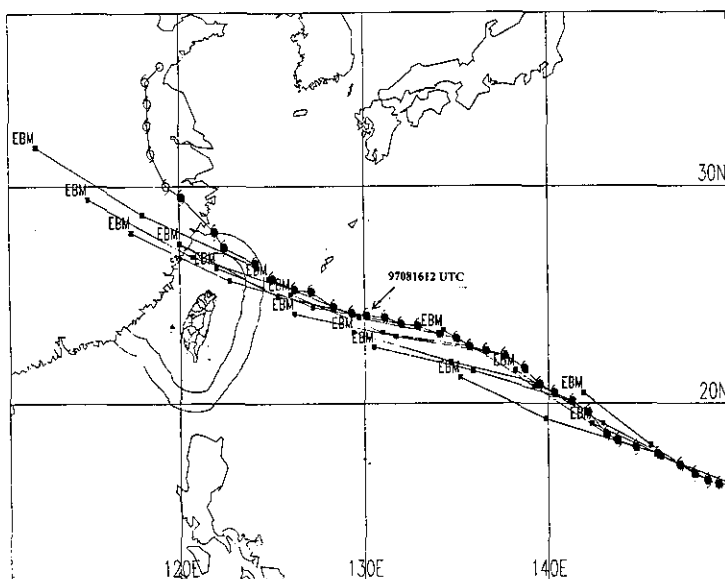


圖 13. EBM模式之預報路徑與溫妮颱風最佳路徑之比較圖(081112UTC至081800UTC)

Fig. 13. The forecasts of EBM model and the best track of typhoon WINNIE (081112UTC-081800UTC)

## 五、溫妮颱風影響期間臺灣地區各地氣象狀況

由於溫妮颱風在通過東經130度後，行進方向逐漸轉向西北方，因颱風中心並無登陸臺灣，而從臺灣北方海面通過，較強的風力出現在北部及東北部地區，其中以彭佳嶼地區陣風達15級為最強。

圖14為8月15日12UTC至18日12UTC每12小時紅外線衛星雲圖。由圖14b及圖14c可見在8月16日及8月17日兩天期間，溫妮颱風有雙同心圓颱風眼牆發生。根據Willoughby(1990)研究顯示：雙同心圓颱風眼牆之形成可能與地形效應有關，而此一觀點是否適用於溫妮颱風，尚待進一步研究。

由圖14C可見8月17日颱風外圍雲帶已開始影響臺灣地區，隨著颱風逐漸接近，全省皆籠罩在溫妮颱風雲帶內，但由於中央山脈之屈障，臺灣各地區的天氣變化程度差異頗大。如位於北部之竹子湖氣象站在溫妮颱風影響期間測得總雨量高達717.3公釐，打破該站設站以來的8月全月份累積總雨量最高紀錄，但在台中以南之平地地區，則無明顯降水情形。此外，在臺灣東部地區則出現焚風現象。以

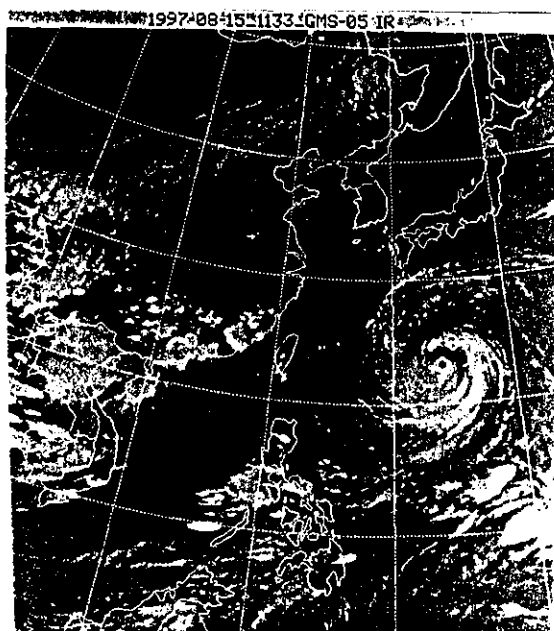
下就溫妮颱風侵臺期間臺灣各地的氣壓、雨量分布及風力狀況做扼要分析(皆以地方時討論)；另外，也將分析發生在臺灣東半部地區之焚風現象。

### (一)氣壓分析

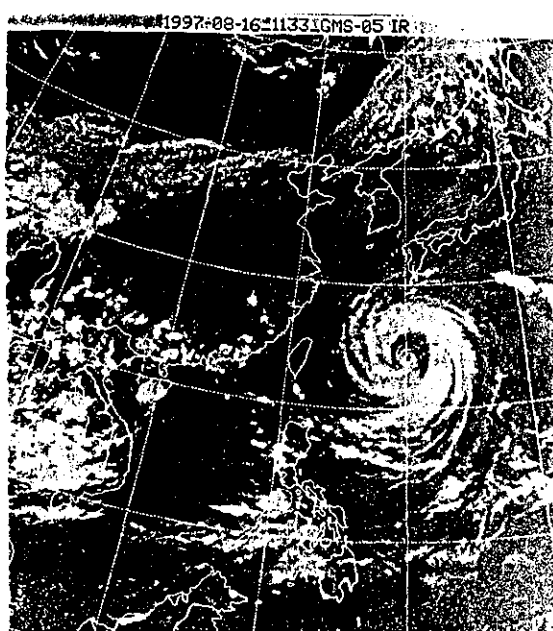
表6為溫妮颱風影響臺灣期間中央氣象局所屬各氣象站出現之極端氣象要表統計表。在最低氣壓方面，以宜蘭、蘇澳、彭佳嶼及基隆出現980百帕以下之氣壓為最低，主要是颱風正通過臺灣北部海面，而此四地區為臺灣最接近颱風之區域，因此降壓最多。至於最低氣壓的時間分布上，則以位於臺灣東邊的離島蘭嶼最先接觸颱風勢力範圍，於18日4時01分出現最低氣壓983百帕；之後陸續是臺灣東部出現降壓，再來是臺灣西部，其中以最接近颱風的臺灣東北部及北部地區降壓最多。

### (二)降雨分析

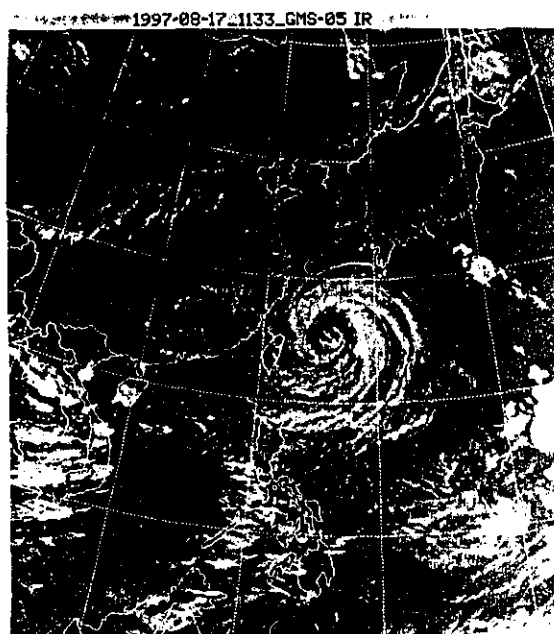
在累積雨量方面，以山區降水最多(圖15)，最大的降雨中心出現在大屯山區，其中以竹子湖氣象站的717.3公釐最多。另外一個較大的降雨中心在南投、嘉義山區的玉山氣象站，累積雨量為344.9公釐。就平地而言，僅有新竹以北地區的累積雨量超過100公釐，其餘地區的累積雨量皆在60公釐以



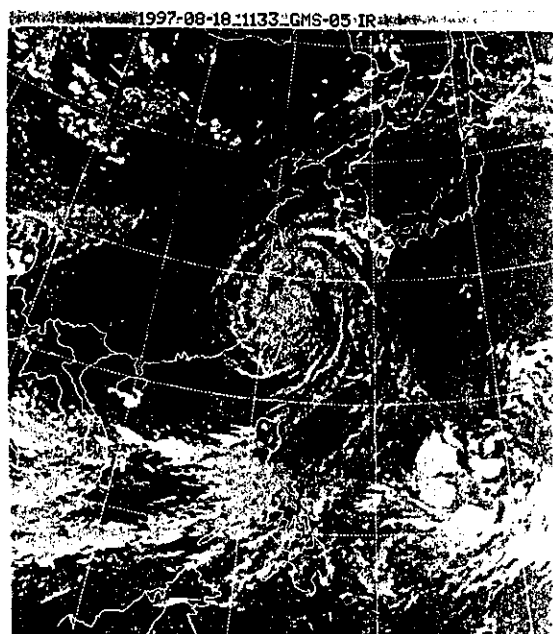
(a)081512UTC



(b)081612UTC



(c)081712UTC



(d)081812UTC

圖 14. 1997年8月15日12UTC至18日12UTC溫妮颱風每24小時紅外線衛星雲圖

Fig. 14. The GMS IR images at (a)081512UTC, (b)081612UTC, (c)081712UTC, (d)081812UTC



表 6、溫妮颱風侵台期間氣象要素統計表(時間為地方時)

Table 6、The meteorological elements summary of CWB stations during typhoon WINNIE's passage

測站 站名	最低氣壓		最高氣溫		最低溼度		極大瞬間風			最大平均風			最大降水量(mm)				總降水量	
	數值 (hPa)	時間 (LST)	數值 (°C)	時間 (LST)	數值 (%RH)	時間 (LST)	風速 (m/s)	風向 (度)	時間 (LST)	風速 (m/s)	風向 (度)	時間 (LST)	一小時	起始時間 (LST)	十分鐘	起始時間 (LST)	數量	起迄時間 (LST)
彭佳嶼	971.8	18/08:34	28.5	17/09:56	67	18/20:36	50.0	290	18/12:54	37.0	250	18/13:18	26.0	18/13:31	25.0	18/13:33	217.2	17/11:30-18/24:00
基隆	979.8	18/14:19	28.6	18/19:14	63	18/19:26	29.5	260	18/13:15	16.5	220	18/13:18	4.0	18/05:20	13.5	18/11:35	143.5	17/08:00-19/02:00
鞍部*	1244.8	18/09:30	21.7	18/00:01	92	17/23:19	37.8	350	18/02:55	23.6	350	18/02:16	57.0	18/05:10	12.6	18/05:10	448.4	17/05:00-18/22:12
竹子湖*	984.2	18/06:20	23.3	17/21:00	85	17/01:28	22.8	310	18/01:28	8.5	330	18/01:19	60.5	18/05:20	14.5	18/05:24	717.3	17/01:10-18/24:00
台北	980.2	18/12:01	28.3	18/19:13	80	17/16:35	24.2	210	18/15:40	9.9	240	18/12:32	26.5	18/04:00	6.5	18/04:33	224.0	17/04:10-18/18:10
新竹	986.8	18/17:25	28.3	17/17:52	66	18/23:52	18.9	220	18/14:22	9.9	210	18/12:31	21.0	18/08:34	5.0	18/07:49	118.1	17/06:00-18/23:10
梧棲	990.3	18/04:27	29.5	17/10:32	66	18/02:14	19.5	020	17/09:39	13.8	020	17/11:23	6.5	18/08:39	2.5	18/08:39	29.6	17/03:10-18/23:45
台中	991.2	18/04:16	30.8	17/13:30	66	17/13:05	20.1	030	17/09:59	7.8	030	17/10:06	10.0	18/09:34	3.0	18/10:18	52.9	17/17:20-18/21:40
日月潭*	1331.0	18/14:59	24.3	17/11:54	72	18/23:45	13.5	250	18/09:12	5.7	200	18/19:02	6.3	18/09:15	2.5	18/09:19	46.8	17/16:12-18/21:05
澎湖	990.2	18/16:40	31.2	17/15:17	69	17/12:50	16.3	360	17/11:41	9.2	010	17/11:09	0.2	18/17:30	0.2	18/17:35	0.2	18/17:30-18/19:30
東吉島	991.6	18/14:39	29.1	17/15:54	67	17/16:01	21.4	010	17/12:01	15.7	360	17/11:54	---	---	---	---	---	---
阿里山*	---	---	22.1	17/12:22	66	17/12:20	19.4	060	17/19:24	11.0	030	17/19:35	19.0	17/22:02	4.0	17/22:02	251.0	17/17:50-18/19:50
玉山*	---	---	16.2	17/12:41	52	17/12:14	28.3	320	17/23:19	15.4	320	18/17:45	18.4	18/11:00	4.5	18/11:50	272.9	17/19:00-18/24:00
嘉義	---	---	---	---	---	---	17.4	360	17/15:42	8.5	360	17/11:11	2.3	18/10:00	1.4	18/12:23	8.1	17/17:50-18/15:30
台南	991.9	18/04:55	31.1	17/11:13	65	18/20:05	19.7	350	17/15:33	10.8	340	17/13:56	---	---	---	---	---	---
高雄	991.2	18/04:39	30.9	17/12:29	64	17/21:12	17.1	320	17/16:59	9.6	330	17/19:13	---	---	---	---	---	---
恆春	987.6	18/08:00	---	---	---	---	22.3	020	17/20:36	10.1	280	18/04:25	0.5	18/00:01	0.5	18/00:01	0.5	18/00:01-18/00:09
蘭嶼	983.0	18/04:01	29.4	17/14:47	62	17/21:34	46.4	240	18/09:07	32.0	240	18/09:41	---	---	---	---	---	---
大武	983.6	18/03:47	33.2	18/08:42	48	18/09:15	17.0	240	18/13:03	7.5	180	18/13:17	---	---	---	---	---	---
台東	981.3	18/05:15	37.7	18/14:17	34	18/10:16	17.9	360	18/10:40	5.6	290	18/07:09	---	---	---	---	---	---
成功	981.3	18/08:14	35.1	18/19:40	40	18/19:41	21.5	230	19/04:39	13.4	220	19/05:29	---	---	---	---	---	---
花蓮	980.9	18/07:14	30.9	17/09:49	65	17/09:49	7.3	040	18/20:26	4.9	020	18/20:22	1.0	17/22:16	0.5	17/22:16	1.0	17/21:30-18/00:10
宜蘭	978.9	18/06:27	30.4	18/18:47	57	18/18:48	22.1	030	17/19:33	66	240	18/11:06	17.5	18/01:12	4.0	18/01:31	116.0	17/07:10-18/23:45
蘇澳	979.3	18/08:01	33.3	18/09:42	45	18/09:56	28.7	280	18/07:44	14.3	270	18/06:04	3.5	17/20:37	2.5	17/20:37	13.5	17/16:40-18/22:40

註：「\*」—表該測站屬高山測站，其氣壓值以重力位高度表示。

下。

在日雨量方面(表7)，8月17日溫妮颱風中心尚未進入臺灣海域，但其颱風外圍環流已在台中以北地區及中部山區引起降水，以北部山區及中部山區降雨較明顯。8月18日颱風通過臺灣北部海面，主要颱風雨帶籠罩臺灣中部以北地區，降雨量明顯增加，豪雨中心分別在北部山區(竹子湖565公釐)及中部山區(玉山272.9公釐)。

表 7、溫妮颱風影響期間各氣象站日雨量及總雨量  
Table 7、The daily and total accumulated rainfalls (mm) at each CWB stations during Typhoon WINNIE's passage

測站	逐日雨量(公釐)			總計
	8月17日	8月18日	8月19日	
彭佳嶼	11.4	205.8	0.0	217.2
基隆	10.5	130.5	2.5	143.5
鞍部	30.8	417.6	0.0	448.4
竹子湖	152.3	565.0	0.0	717.3
台北	49.0	176.0	0.0	225.0
新竹	11.9	106.2	0.0	118.1
梧棲	2.5	26.7	0.0	29.2
台中	2.0	50.9	0.0	52.9
日月潭	3.7	43.1	0.0	46.8
澎湖	0.0	0.2	0.0	0.2
東吉島	0.0	0.0	0.0	0.0
阿里山	72.5	178.5	0.0	251.0
玉山	72.0	272.9	0.0	344.9
嘉義	1.5	6.6	0.0	8.1
台南	T	T	0.0	T
高雄	0.0	0.0	0.0	0.0
恆春	0.0	0.5	0.0	0.5
蘭嶼	0.0	0.0	0.0	0.0
大武	0.0	0.0	0.0	0.0
台東	0.0	0.0	0.0	0.0
成功	0.0	0.0	0.0	0.0
花蓮	1.0	T	0.0	1.0
蘇澳	4.5	9.0	0.0	13.5
宜蘭	30.5	86.5	0.0	117.0

附註：T 代表雨跡

在降水強度上，以竹子湖的60.5公釐時雨量最大(表6)，十分鐘降雨強度則以彭佳嶼的25公釐為最多。至於在降雨強度的時間分布方面，平地部分的降水主要集中在新竹以北地區，此區內基隆、台北及新竹的降雨強度分布(圖16)可看出在18日凌晨起雨勢逐漸加大，亦即臺灣北部逐漸進入溫妮颱風暴風圈，降雨情形延續至外圍環流雨帶逐漸遠離。至於發生累積雨量最多的竹子湖氣象站的降雨強度的時間分布(圖17)，顯示其強降雨亦發生在颱風暴風圈逐漸接近、籠罩的期間，自18日凌晨4時起連續9小時之時雨量皆超過40公釐，直至下午1時，雨勢才見緩和。

表 8、溫妮颱風影響期間各地出現之最大平均風速、陣風及對應級數表

Table 8、The maximum wind and the gust wind at each CWB stations during typhoon WINNIE's passage

測站	最大平均風速		最大陣風	
	風速(m/s)	對應級數	風速(m/s)	對應級數
彭佳嶼	37.0	13	50.0	15
基隆	16.5	7	29.5	11
鞍部	23.6	9	37.8	13
竹子湖	8.5	5	22.8	9
台北	9.9	5	24.2	9
新竹	9.9	5	18.9	8
梧棲	13.8	6	19.5	8
台中	7.8	4	20.1	8
日月潭	5.7	4	13.5	6
澎湖	9.2	5	16.3	7
東吉島	15.7	7	21.4	9
阿里山	11.0	6	19.4	8
玉山	15.4	7	28.3	10
嘉義	8.5	5	17.4	8
台南	10.8	6	19.7	8
高雄	9.6	5	17.1	7
恆春	10.1	5	22.3	9
蘭嶼	32.0	11	46.4	15
大武	7.5	4	17.0	7
台東	5.6	4	17.9	8
成功	13.4	6	21.5	9
花蓮	4.9	3	7.3	4
蘇澳	14.3	7	28.7	11
宜蘭	6.6	4	22.1	9

### (三)風力分析

溫妮颱風在通過臺灣北部海面時，為一中度颱風，加上颱風中心並無登陸臺灣，因此只有在臺灣北部、東北部及離島地區出現9級以上的強陣風(見表8與圖18)。在最大風力方面，臺灣本島地區以鞍部出現的13級(37.8m/s)陣風及9級(23.6m/s)平均風最強，其次是基隆出現的陣風11級(29.5m/s)及平均風7級(16.5m/s)，台北與宜蘭地區亦出現9級陣風。至於離島地區，則以彭佳嶼出現的陣風50m/s(15級)及平均風37m/s(13級)為最強，蘭嶼出現的陣風46.4m/s(15級)及平均風32m/s(11級)次之。

在風力的時間分布方面，以受颱風影響較大的臺灣東北部地區而言(圖19)，蘇澳地區之較強的風力主要發生在颱風接近期間，當颱風遠離時，風力即迅速減小。另一個風力較大的基隆地區，其主要強風亦發生於颱風接近期間，但持續時間較蘇澳地區為長。至於台北地區(圖19)可能受到地形屏障之影響，其風力在颱風接近時並沒有明顯增大。

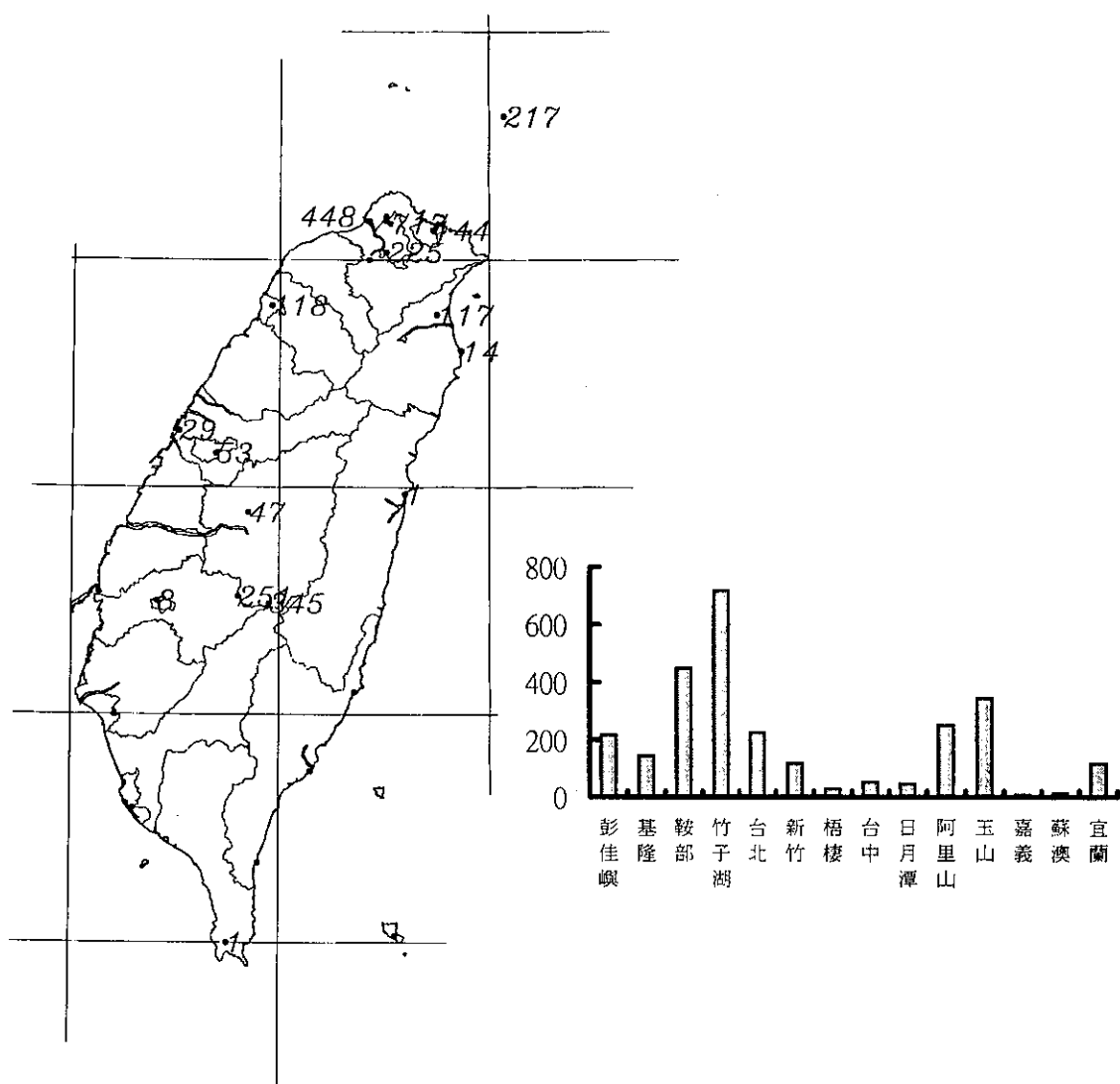


圖 15. 溫妮颱風侵臺期間臺灣各測站累積雨量分布圖

Fig. 15. The accumulated precipitation (mm) at selected stations during typhoon Winnie's passage

#### (四)焚風分析

溫妮颱風影響期間另一個現象是普遍發生在臺灣東部的焚風現象，由圖20可看出焚風發生的時間為8月18日凌晨至上午之間，隨著溫妮颱風的偏西北西方掠過臺灣北方海面，焚風也由較南邊的大武，向北逐漸推移至蘇澳，其中以台東的增溫最大且持續最久。以台東地區為例(表9)，在8月18日4時起其相對溼度開始下降，氣溫也明顯上

升，觀測風向由東北風轉西南風，風速亦同時增強。溫度在18日2時達到最高。此焚風現象持續至18日晚上，隨著颱風北移進入大陸，才逐漸消失。

#### 六、溫妮颱風災情報告

溫妮颱風在接近臺灣時仍是中度颱風，雖然颱風中心並未登陸臺灣，但仍為新竹以北帶來較大降

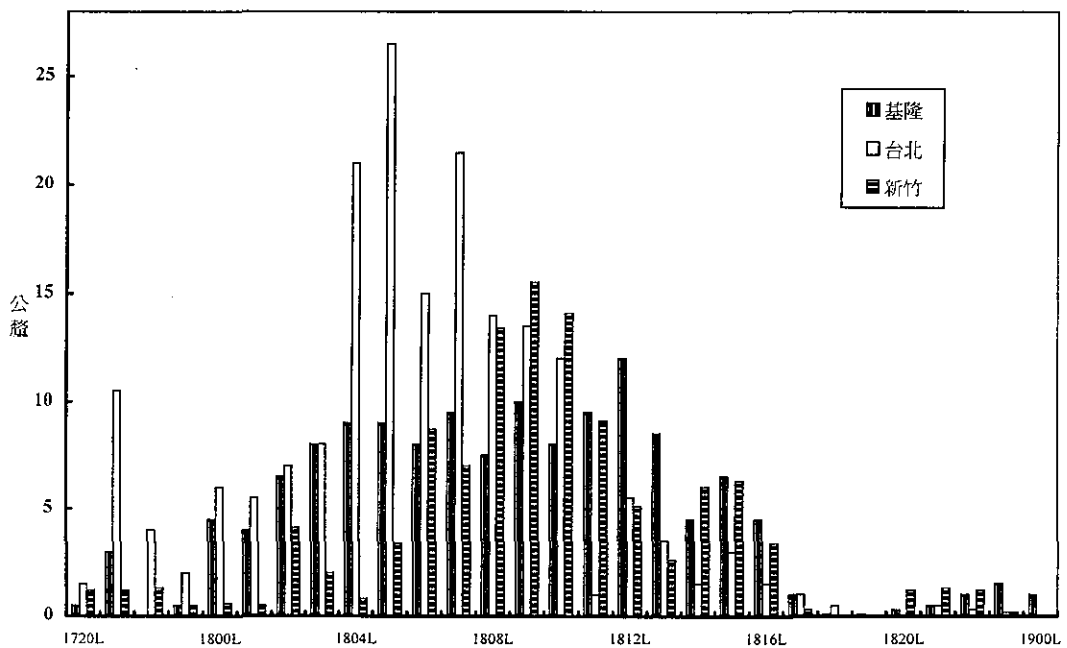


圖 16. 基隆、台北及新竹地區時雨量分布圖

Fig. 16. The hourly precipitation (mm) at Keelung, Taipei and Hsinchu during typhoon Winnie's passage

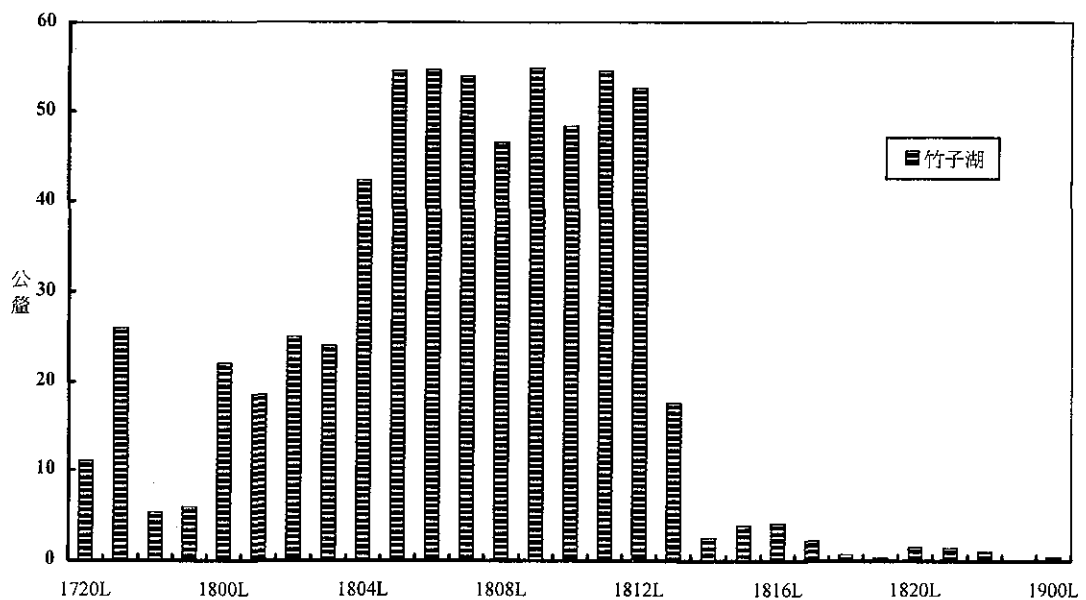


圖 17. 溫妮颱風影響期間竹子湖地區時雨量分布圖

Fig. 17. The hourly precipitation (mm) at Chutsehu during typhoon Winnie's passage

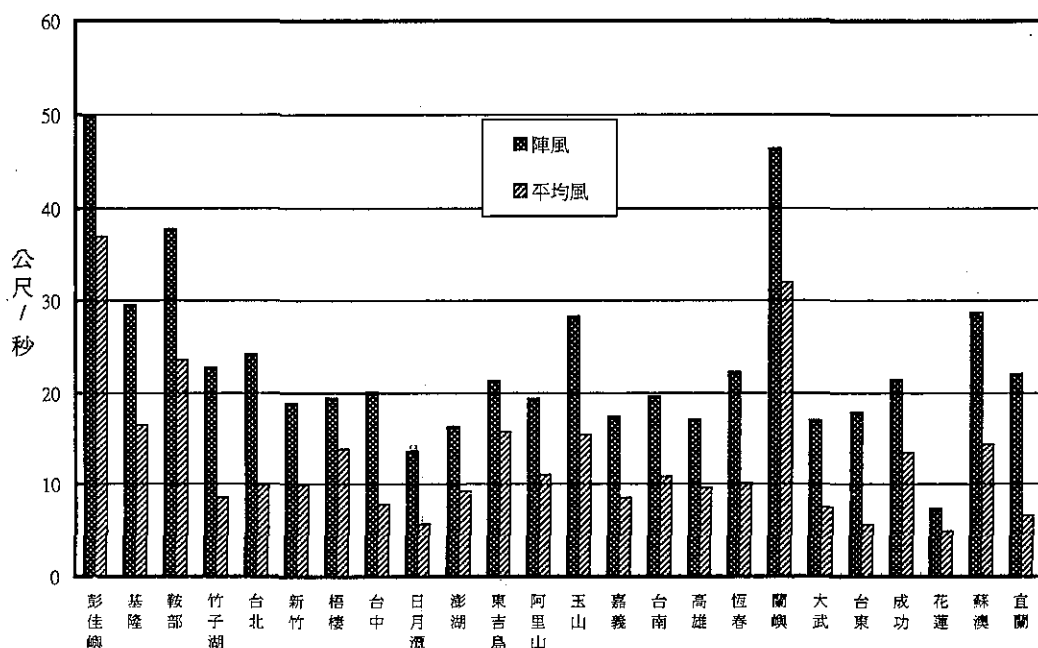


圖 18. 溫妮颱風影響期間各地出現之最大平均風速及陣風風力分布圖

Fig. 18. The maximum wind and gust wind at selected CWB stations during typhoon Winnie's passage

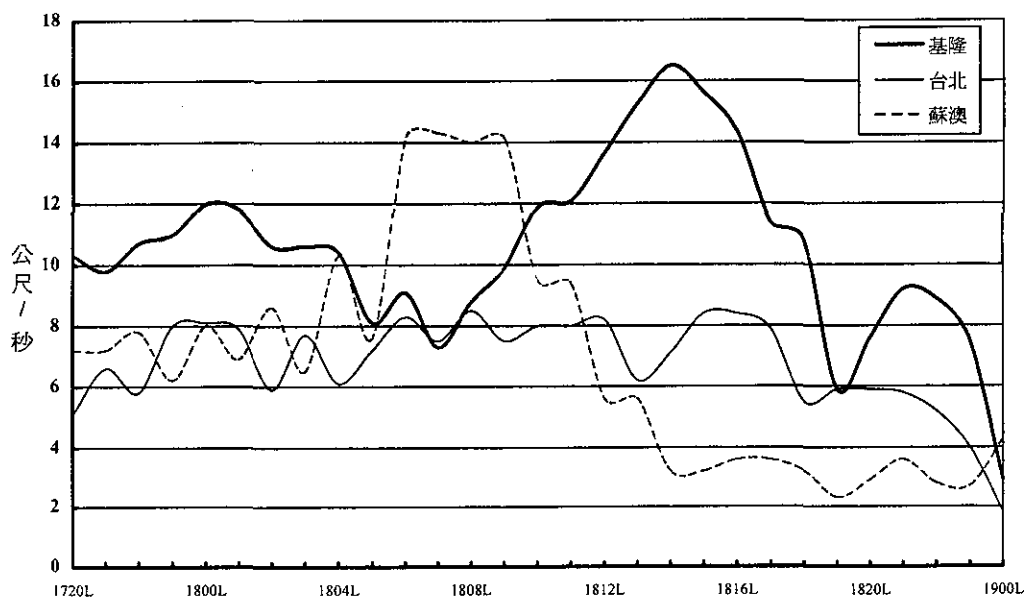


圖 19. 基隆、台北、蘇澳測站風力之逐時分布圖

Fig. 19. Time sequences of wind speed (m/s) observed at Keelung, Taipei and Suao during typhoon Winnie's passage

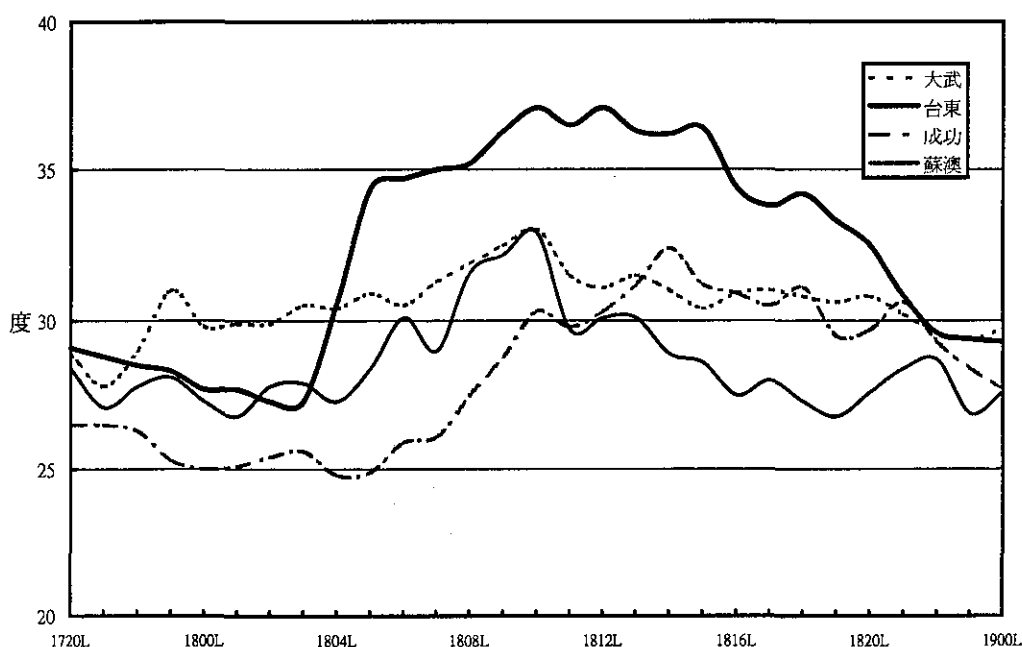


圖 20. 溫妮颱風焚風期間蘇澳、成功、台東及大武溫度分布圖

Fig. 20. Time sequences of temperature (°C) observed at Suao (46706), Changkung(46761), Taitung (46766), Tawn (46754) from 1720L to 1900L

表 9、溫妮颱風造成焚風現象期間台東氣象站氣象要素表

Table 9、The hourly weather elements of Taitung meteorological station (46766) from 081801L to 081824L

月	日	時	氣溫(°C)	相對濕度(%)	風向(度)	風速(m/s)	時雨量(mm)
8	18	01	27.7	80	20	1.1	0
		02	27.3	86	50	1.4	0
		03	27.3	87	50	1.9	0
		04	30.6	62	300	2.0	0
		05	34.4	39	280	3.8	0
		06	34.7	38	300	5.5	0
		07	35.0	38	300	5.1	0
		08	35.2	38	290	5.6	0
		09	36.3	36	290	5.1	0
		10	37.1	35	290	5.5	0
		11	36.5	35	300	5.4	0
		12	37.1	35	290	5.3	0
		13	36.3	36	300	4.8	0
		14	36.2	39	300	4.6	0
		15	36.4	37	300	3.2	0
		16	34.4	42	260	2.6	0
		17	33.8	43	230	2.2	0
		18	34.2	41	40	1.6	0
		19	33.3	41	270	1.8	0
		20	32.5	46	140	2.3	0
		21	30.8	58	180	2.5	0
		22	29.6	65	210	4.2	0
		23	29.4	65	210	4.0	0
		24	29.3	65	220	3.1	0

水，尤其在北部山區及中部山區更有豪雨出現，造成台北縣汐止鎮林肯大郡的倒塌，以及其他若干災情。茲將溫妮颱風造成之災情摘錄如下：

#### (一)內政

人員死亡44人，其中台北市13人、台北縣28人、宜蘭縣2人、台東縣1人。重傷14人，其中台北縣13人、基隆市1人。輕傷70人，其中台北市31人、台北縣37人、桃園縣1人。房屋全倒121間，其中台北市1間、台北縣120間。半倒2間(台北市)。其中以台北縣、市因豪雨導致房屋倒塌造成傷亡最爲嚴重。

#### (二)農漁業

臺灣地區農業損失包括農田、農作物、林業、漁業、畜產及水土保持損失，共計約新臺幣5億2千萬，以台北縣、花蓮縣及台東縣之農漁業受災最嚴重。又以台東縣農業受焚風影響損失最嚴重。

#### (三)交通

公路方面，因風雨造成公路坍方、路基流失以及橋樑損毀，以北部山區及中部山區較爲嚴重。鐵路部分爲花東線及北迴線部分停駛，平溪支線則因部分路基流失，交通中斷。航空方面，則因風雨關係而有部分班機停飛。

## 七、結 論

綜合以上對溫妮颱風分析結果可歸納為以下幾點：

- (一)溫妮颱風在為期10天半的生命期間，曾發展至強烈颱風強度，近中心風速最強時達55m/s，七級風暴風範圍最大亦達300公里。由於太平洋高壓北方脊線勢力甚強，溫妮颱風自生成後，便一直以穩定速度朝西北西方向行進，最後從臺灣北部海面掠過，而於8月19日登陸於浙江省溫州灣附近，並迅速減弱成熱帶性低氣壓。
- (二)溫妮颱風為1997年西太平洋地區第14個颱風，也是當年中央氣象局第一個發布颱風警報的颱風，其中海上警報開始發布於8月16日14時，陸上警報則於8月17日5時發布。
- (三)溫妮颱風開始影響期間，較強的風力出現在臺灣北部及東北部地區，其中以彭佳嶼的陣風達15級為最強。此外，由於中央山脈之屏障，臺灣地區的天氣變異頗大，如竹子湖氣象站之總雨量達717.3公釐，打破該站設站以來8月份全月累積雨量

之最高紀錄，但台中以南平地地區則無明顯降雨情形。而在臺灣東部地區則因氣流過山發生沈降作用而出現焚風，造成災情。

(四)溫妮颱風路徑之預測，不論主觀或客觀預報，皆有不錯之表現。中央氣象局官方之24及48小時預報誤差各為155公里及222公里，統計模式CLIPER法之24及48小時預報誤差各為116公里及281公里，HURRAN法之24及48小時預報誤差各為139公里及266公里，動力模式方面EBM模式之24及48小時預報誤差各為126公里及214公里，而TFS模式之24及48小時預報誤差各為92公里及184公里，在五種預報方法中表現最佳。

(五)溫妮颱風在臺灣北部造成嚴重災害，導致44人死亡、重傷14人、輕傷70人、房屋全倒121間、半徑2間。此外，農漁業及公路方面亦災情慘重。

## 參考文獻

- Willoughby, H.E., 1990: Temporal changes of primary circulation in tropical cyclones. *J. Atmos. Sci.*, 47, 242-264.

## TYPHOON REPORT : TYPHOON WINNIE OF 1997

Der-Song Chen Kang-Ning Huang

Research and Development Center

Central Weather Bureau

### Abstract

Typhoon Winnie(9714) was the 14<sup>th</sup> typhoon in 1997 over the northwestern Pacific Ocean; it also was the first typhoon that the Central Weather Bureau(CWB) issued warnings in that year. Typhoon Winnie reached the tropical storm intensity in the early morning of August 9, 1997 when it moved over the vicinity of Guam, and then it moved west-northward steadily. On August 18, Winnie made landfall on Chejiang province of mainland China. The system downgraded to a tropical depression soon after landfall. Typhoon Winnie brought heavy rainfall and strong winds in the northwestern part of Taiwan. Severe property damage and loss of life were reported in the northern and the southwestern parts of Taiwan.

The 24/48hr forecast errors of the TFS and the EBM (dynamic models) were 92 km/126 km and 184 km/214 km respectively. The 24hr and 48hr official forecast errors of the CWB were 155 km and 222 km respectively.

# 民國86年颱風調查報告 ——中度颱風安珀(9717)

劉復誠

中央氣象局氣象預報中心

## 摘 要

本文之主要目的在探討民國86年第2個侵臺颱風—安珀(Amber)的發生經過、路徑、強度變化、侵臺期間的氣壓、風速、降雨量分布及波浪高低變化，以及各種主、客觀颱風路徑預報的誤差校驗分析，最後就安珀颱風侵臺後，臺灣各地區之災情予以統計說明。

安珀颱風是在菲律賓東北方海面形成，隨後即由緩慢至加速的向西北方向朝臺灣接近，其中心於8月29日清晨3時50分左右由花蓮秀姑巒溪口附近登陸，再穿過中央山脈由台中附近出海，進入臺灣海峽登陸中國大陸後，迅速減弱為熱帶性低氣壓。

就安珀颱風侵臺期間的氣壓及風雨分析，最低氣壓及最大風力均出現在颱風中心登陸附近的花蓮，分別為957.9hPa及49.4m/s；就各地區風力分布比較，以北部、東北部及東部之風力最大；降雨量方面，亦以迎風面的北部、東北部及東部雨量(尤其山區)最多，高達500公厘以上，背風面的中南部較少。至於波浪方面，花蓮於8月28日觀測到6.49公尺的示性波高。由於安珀颱風之暴風雨範圍遍及全省，故除造成共38人死亡及輕重傷外，農業、水利、電力及交通總損失高達新臺幣14億6千萬元以上。

就颱風路徑預報誤差校驗比較，中央氣象局的官方24小時及48小時平均誤差分別為92公里及183公里，顯示此次的颱風路徑預報表現尚佳。

關鍵詞：颱風、氣壓、降雨量分布、登陸、路徑預報

## 一、前 言

安珀(Amber)颱風為民國86年北太平洋西部發生的第17個颱風(編號9717)，也是該年第2個侵襲臺灣地區的颱風。安珀颱風前身為衍生於菲律賓東方海面的熱帶性低氣壓(Tropical depression, 簡稱T.D.)，經數日發展後從輕度颱風轉變成中度颱風，平均以西北方向移動，於8月28日下午至29日夜間以雷霆萬鈞之勢侵襲臺灣，為民國86年最強勁的侵臺颱風。

安珀颱風於形成後，即以極緩慢的速度並以西北至北北西方向向巴士海峽及臺灣東南部海面移動，中央氣象局(Central Weather Bureau, 縮寫CWB)鑑於安珀颱風暴風圈即將威脅臺灣附近海域，乃於8月27日8時35分(地方時)正式發布了第2

號第1報的海上颱風警報，提醒在巴士海峽與臺灣東南部海面的航行及作業船隻應嚴加戒備。至8月27日20時安珀颱風仍以西北西移動走向並略加速朝臺灣東南部(陸地)推進，即可能在18小時以後威脅臺灣陸地局部地區，中央氣象局於是在27日20時40分正式發布了陸上颱風警報，首先以蘭嶼、恆春半島、台東及花蓮地區為警報區域範圍。

本次安珀颱風從形成侵襲臺灣本島、澎湖及金馬地區，於8月29日3時50分左右在花蓮南方秀姑巒溪口附近登陸，並於8月29日20時左右由馬祖附近進入中國大陸，而最終於台北時間8月30日8時(083000 UTC)轉弱成熱帶性低氣壓，總計生命期達8天6小時(082200UTC~083000UTC)之久，並在臺灣造成重大災害。



本文之主要目的為探討安珀颱風的發生經過、強度及路徑變化，颱風影響臺灣期間各地(氣象站)之氣象要素特徵(尤其氣壓、風、雨及波浪變化狀況)、各種主觀(Subjective)、客觀(Objective)颱風路徑預報方法之校驗，以及災情統計等，以作為爾後調查或研究之參考。

為提供進一步作調查分析之用，本文所採用的資料來源包括：

- 1.中央氣象局及空軍氣象中心(參考用)各氣象站的觀測報告。
- 2.中央氣象局花蓮及高雄氣象雷達站的觀測報告。

- 3.中央氣象局氣象衛星中心的颱風中心定位及強度(Dvorak, 1975)研判報告。
- 4.中央氣象局海象測報中心的波浪觀測報告。
- 5.中央氣象局發布安珀颱風的各號次颱風警報。
- 6.國外有關安珀颱風的氣象資料：包括關島聯合颱風警報中心(JTWC)、日本氣象廳所屬單位(RJTD及JMH)、琉球美國空軍基地(RODN)等之氣象衛星颱風中心之定位及海溫資料。
- 7.空軍氣象聯隊清泉崗及綠島雷達站的觀測報告。
- 8.中央氣象局氣象資訊中心的各種數值預測圖、颱風模式預測圖及各種主、客觀颱風路徑預測資



圖 1. 1997年8月18日2033UTC日本GMS-05紅外線衛星雲圖，圖中顯示當溫妮颱風登陸中國大陸的浙閩地區後，位於低緯度(北緯10-20度間)的大片熱帶雲簇為形成安珀颱風的主要源頭。

Fig. 1. GMS-5 Ir Imagery at 2033UTC August 18 of 1997.

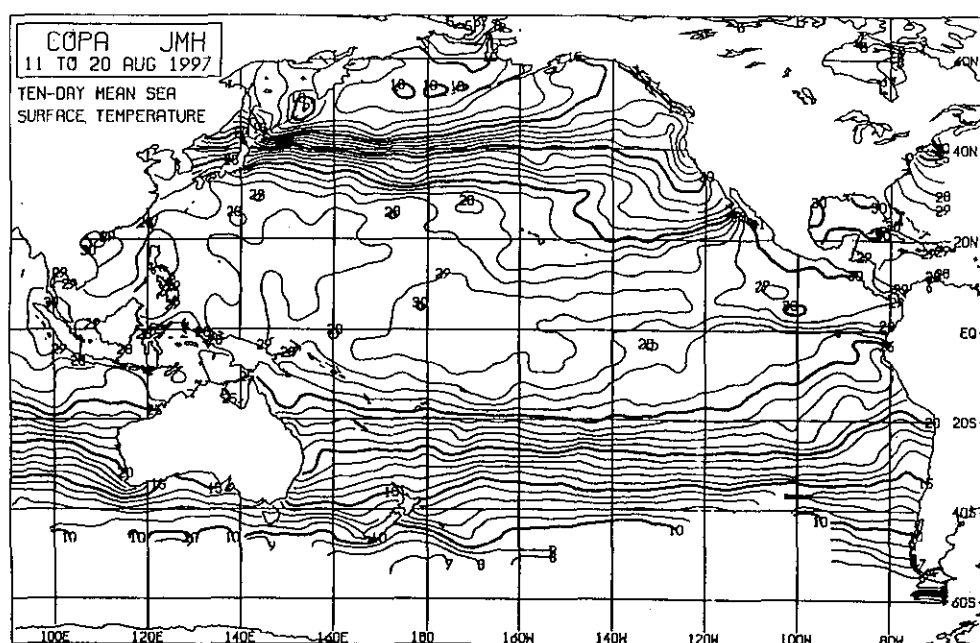


圖 2a. 1997年8月11-20日太平洋平均海溫圖。

Fig. 2a. Ten-day (11 to 20 Aug. 1997) mean sea surface temperature for the Pacific Ocean.

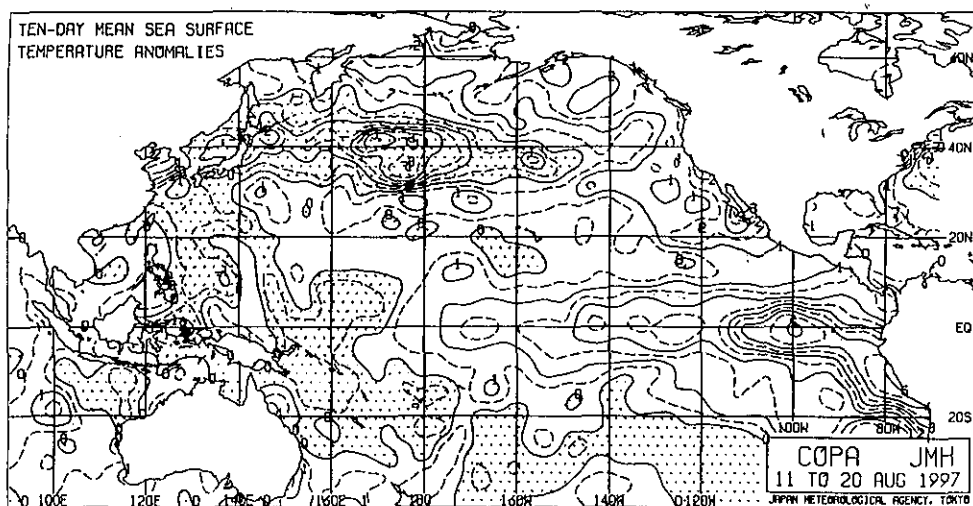


圖 2b. 1997年8月11-20日太平洋平均海溫距平圖。

Fig. 2a. Ten-day (11 to 20 Aug. 1997) mean sea surface temperature anomalies for the Pacific Ocean.

料。

9.臺灣省政府農林廳、農委會及內政部消防署中央防救中心發布的災情報告。

## 二、安珀颱風的發生及經過

當86年第一個侵襲(8月18日)臺灣中北部的溫妮(Winnie)颱風衝向中國大陸的閩浙地區造成600多人的喪亡後，此時位於低緯度(北緯10~20度間)所殘存的熱帶雲系或熱帶雲簇(Tropical Clusters，圖1)在適宜的溫暖洋面即有屬於第二條件不穩定(CISK)的熱帶對流活動出現(圖2a、2b)，首先位於菲律賓群島中部的雲系於8月21日00UTC發展為瑞達(Zita)颱風(編號9716)，並向西北西朝海南島移動

(圖3a)，而位於呂宋島東南東方的雲系因對流活動的不斷增強，於8月21日12UTC成為熱帶性低氣壓，當時中心位置在北緯14.0度，東經132.0度，中心氣壓1002hPa，近中心最大風速15m/s。之後隨即於8月22日00UTC正式發展為(輕度)颱風(圖3b)，並經JTWC命名為安珀(Amber)颱風(編號9717)，其時中心位置在北緯14.6度，東經131.6度，中心氣壓998hPa，近中心最大風速18m/s，陣風23m/s，中心近似滯留，7級風暴風半徑100公里。有關最佳颱風路徑(best track)資料，請參考圖4及表1a。

研判安珀颱風之發展，與十天平均海溫之暖區(28~29℃)有關(圖2b)，加上ITCZ(Intertropical Convergence Zone)正位於北緯10度至20度間。而由

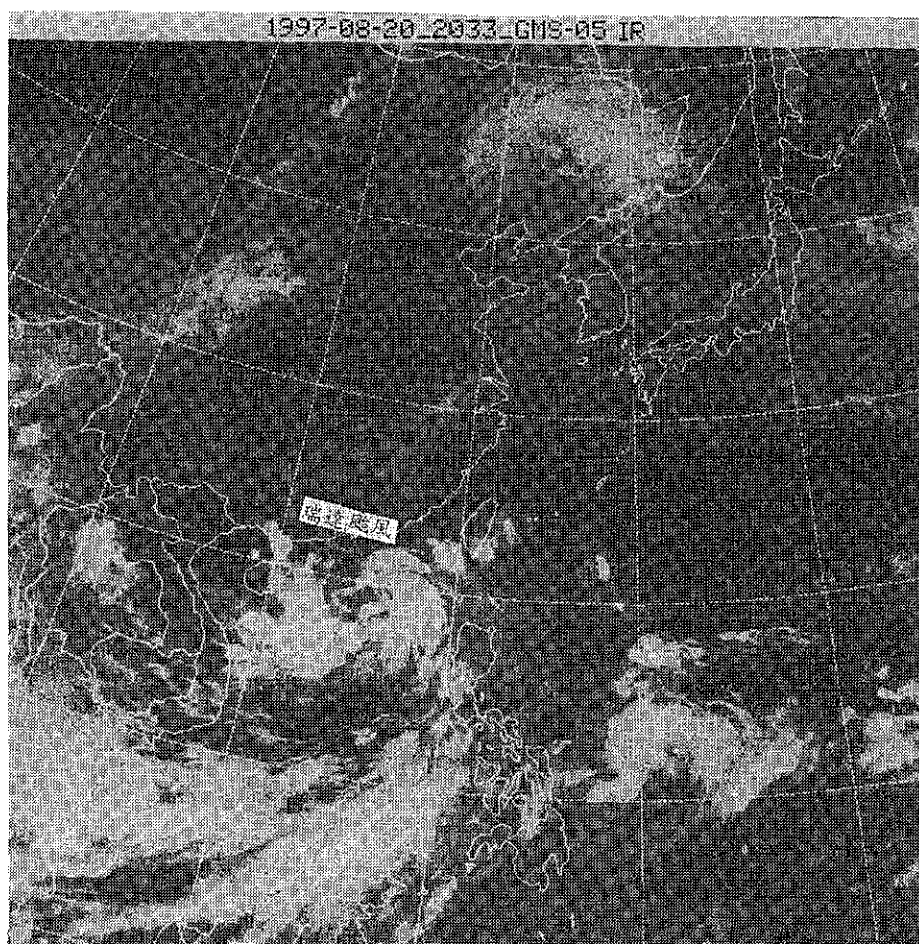


圖 3a. 1997年8月20日2033UTC日本GMS-5紅外線衛星雲圖。

Fig. 3a. GMS-5 IR Imagery at 2033UTC August 20 of 1997.

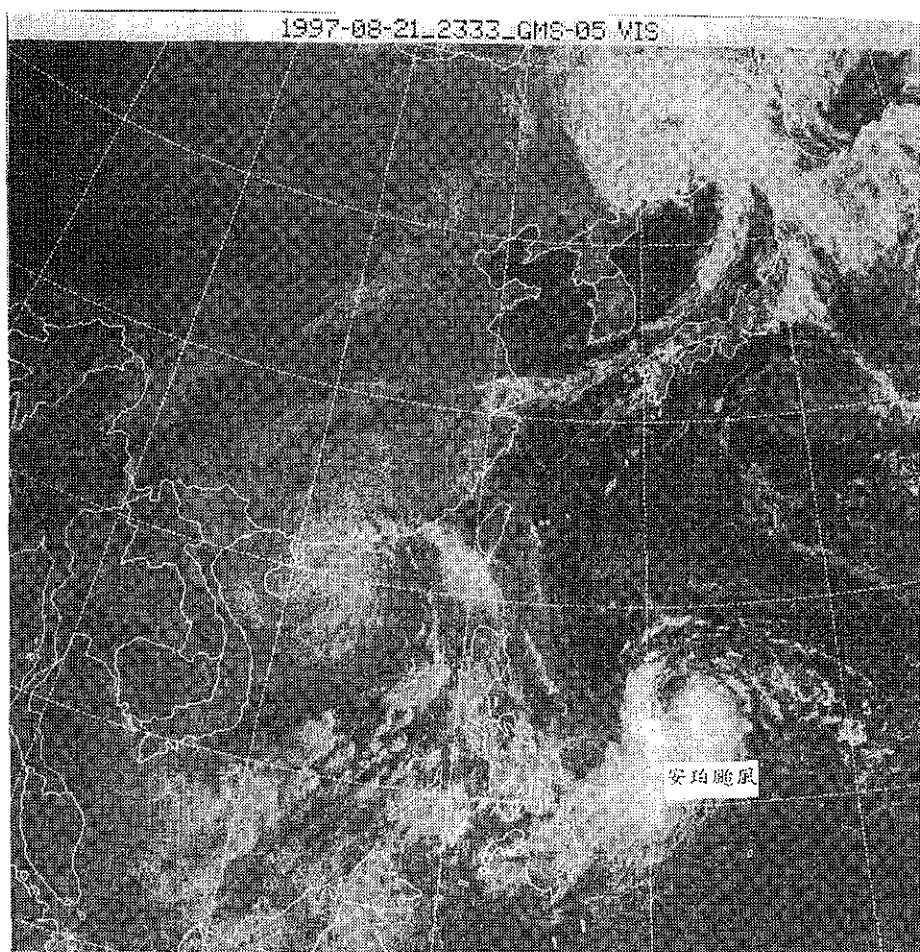


圖 3b. 1997年8月21日2333UTC日本GMS-5可見光衛星雲圖。

Fig. 3b. GMS-5 VIS imagery at 2333UTC August 21 of 1997.

082200UTC地面圖(圖5)分析，不斷的對流活動(增強)才有了安珀颱風的出現。另分析082200UTC的三層500/700/850hPa平均氣流圖(圖6a)及三層300/500/700hPa平均氣流圖(圖6b)，可發現安珀颱風的高空氣旋式環流(Cyclonic circulation)已大致形成，且其周圍環境場配置正與Riehl(1969)所闡述的一致(p. 339頁圖11.38，圖略)。

當安珀颱風形成後，由於位在間熱帶輻合區(ITZC)內，一連串的低壓活動加上北方低、高層太平洋高壓勢力薄弱(圖6a、6b、6c及6d)導致其初期有五天(指082200UTC~082618UTC)移動速度極為緩慢(幾乎呈滯留狀態)，就如082400UTC地面天氣

圖(圖6e)看，其外界環境導引氣流亦很微弱可見一斑。

就颱風強度發展來說，由於安珀颱風的衍生地已非常接近菲律賓群島陸地，故早期近中心最大風速並非很強，初期5天由18m/s、陣風23m/s，增強至43m/s、陣風53m/s，7級風暴風半徑則由100公里擴大至200公里。

中期(082700UTC~082918UTC)則於8月28日2時(082718UTC)達到最巔峰強度，此時中心氣壓降至945hPa，近中心最大風速達45m/s，陣風58m/s，7級風暴風半徑亦擴大至250公里，10級風暴風半徑為100公里，此情況共維持了30小時，一直到8月29

表 1a. 安珀颱風（編號 9717）最佳路徑中心位置及其動態資料

Table 1a. The best track center positions, intensity and movement of typhoon Amber.

月	日	時 (UTC)	北緯 (度)	東經 (度)	中心 氣壓 (hPa)	最大 風速 (m/s)	強 度	颱風 進行 方向	時速 (公里)	7 級風 暴風半徑 (公里)	10 級風 暴風半徑 (公里)	備註
8	21	12	14.0	132.0	1002	15	TD					
		18	14.5	132.5	1002	15	TD					
8	22	00	14.6	131.6	998	18	輕	N	7	100	---	生成
		06	15.1	131.6	992	23	輕	N	6	120	---	
		12	15.3	131.6	985	25	輕	NNW	4	120	---	
		18	15.5	131.5	980	28	輕	NNW	4	150	---	
8	23	00	15.7	131.5	980	30	輕	NNW	4	150	--	
		06	16.0	131.1	980	30	輕	NW	7	150	---	
		12	16.3	130.9	970	33	中	NW	7	180	50	
		18	16.5	130.6	965	35	中	NW	8	180	50	
8	24	00	16.8	130.3	965	35	中	NW	8	180	50	
		06	17.0	129.8	965	35	中	WNW	9	180	50	
		12	17.1	129.4	962	38	中	WNW	9	200	50	
		18	17.2	128.9	960	40	中	WNW	7	200	50	
8	25	00	17.4	128.6	950	43	中	NW	7	200	80	
		06	17.5	128.3	950	43	中	NW	6	200	80	
		12	17.5	127.9	950	43	中	WNW	6	200	80	
		18	17.6	127.5	950	43	中	NNW	7	200	80	
8	26	00	18.0	127.5	950	43	中	NNW	8	200	80	
		06	18.2	127.2	950	43	中	NW	8	200	80	
		12	18.5	126.8	950	43	中	NW	9	200	80	
		18	18.7	126.4	950	43	中	NNW	9	200	80	
8	27	00	19.1	126.3	950	43	中	NW	11	200	80	
		06	19.4	125.6	950	43	中	NW	11	200	80	
		12	19.8	125.0	945	45	中	NW	17	250	100	
		18	20.3	124.3	945	48	中	NW	15	250	100	
8	28	00	20.8	123.7	945	48	中	NW	17	250	100	
		06	21.5	123.0	945	48	中	NW	18	250	100	
		12	22.1	122.6	945	48	中	NW	28	250	100	
		18	23.4	121.6	945	48	中	NW	18	250	100	
8	29	00	24.2	121.0	958	40	中	NW	20	250	100	
		06	25.2	120.3	965	35	中	NW	21	250	100	
		12	26.1	119.2	945	30	輕	NW	25	250	100	
		18	27.2	117.8	995	20	輕	NW	29	150	100	
8	30	00	28.0	116.5	1000	15	TD	NW	27	---	---	死亡

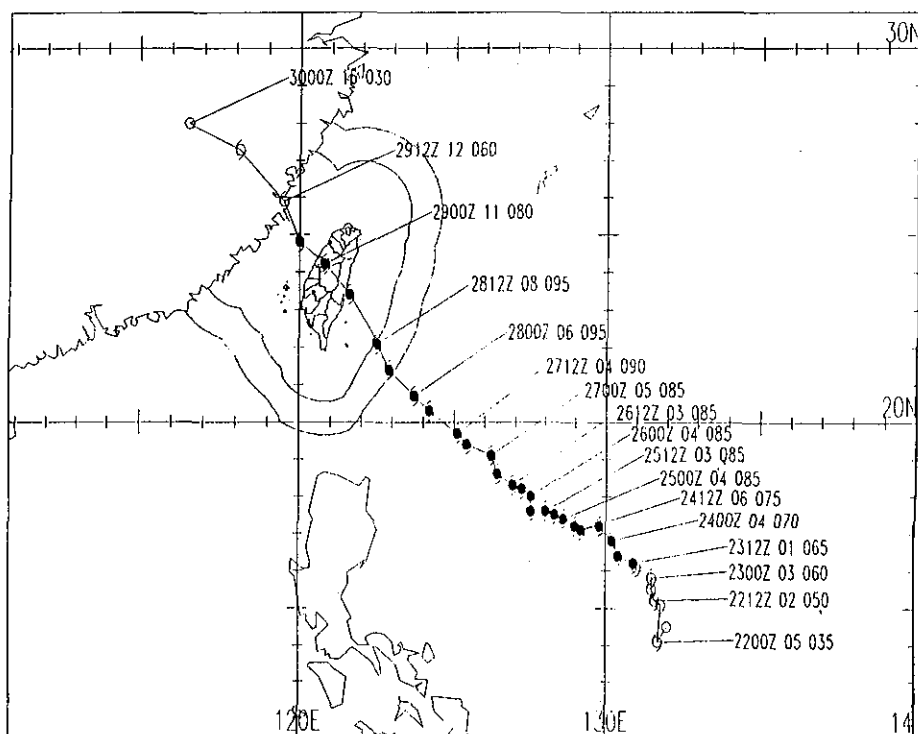


圖 4. 安珀(Amber)颱風(編號9717)最佳路徑圖。空心代表強度為輕度颱風，實心代表中度颱風以上，每隔24小時之標示資料，由左至右分別為UTC時間、移速(kts)及近中心最大風速(kts)。

Fig. 4. Best track for typhoon Amber of 1997.

日8時(082900UTC)才減弱為平均風速40m/s，陣風50m/s，7級風暴風半徑則仍保持250公里，而最終於8月30日8時(083000UTC)減弱為熱帶性低氣壓(中心氣壓1000hPa)，結束安珀颱風之生命(圖4及表1a、1b及1c)。其發展狀況可參考86年8月27日20時(地方時)之日本GMS-5氣象衛星雲圖(圖7a、7b、7c、7d及7e)，由圖7a及7b中可發現安珀颱風之結構已相當完整，且可明顯看出其清晰的中心眼位。而圖7c及7d因安珀颱風已接近臺灣陸地，其環流已略受破壞，故颱風眼位較前二圖模糊。

就安珀颱風之移動方向分析(圖4及表1a)，幾乎毫無偏折迴旋。基本上她的走向由於受到自2600UTC~2912UTC高空穩定的太平洋高氣壓影響(圖

8)，一直保持西北西/西北/北北西方向移動，而很少向左或向右偏移，基本上她是屬正常的颱風路徑，因此此颱風路徑變化一直為中央氣象局官方所正確掌握。

至於安珀颱風之移動速度方面，初期(8月22日00UTC~26日18UTC)因導流(Steering flow)不明顯(圖6a~6e)加上與南海的瑞達(Zita)颱風間之半交互作用(Carr III et al.,1996)故移動速度較慢，每小時平均速度僅7.0公里，迄8月27日8時(082700UTC)後，因駛流增強，才導致安珀颱風的速度加快，由平均時速7.0公里增加至19.1公里。

此外，值得一提的是，當安珀颱風中心位於台灣東南方約160公里之海面上正要向臺灣陸地登陸

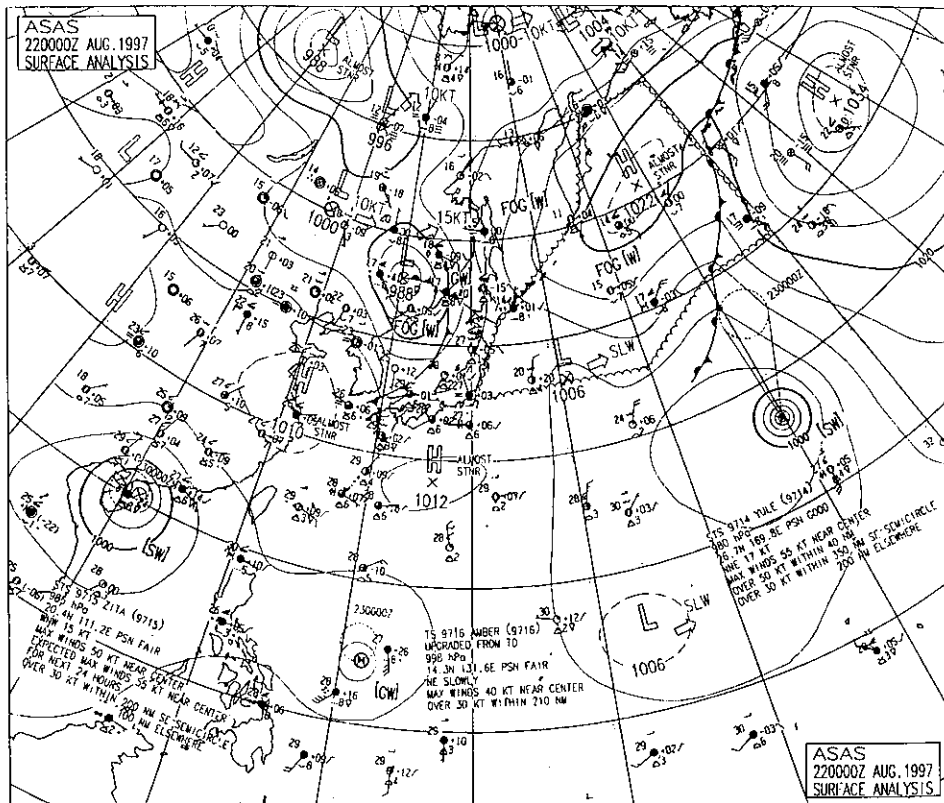


圖 5. 1997年8月22日0000UTC地面天氣圖。

Fig. 5. The surface chart at 0000UTC August 22 of 1997.

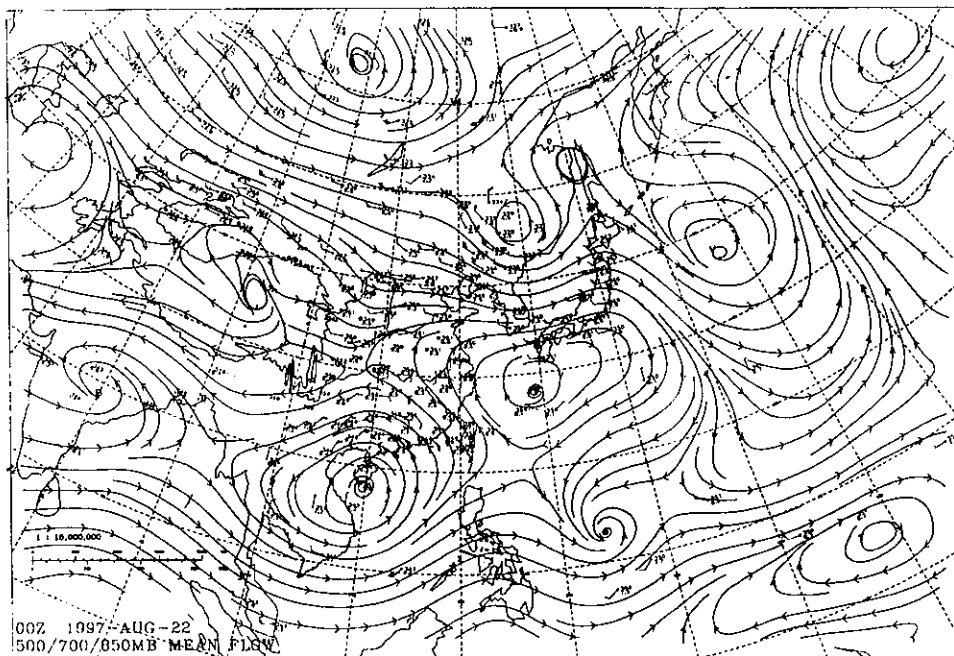


圖 6a. 1997年8月22日0000UTC 500/700/850百帕三層平均氣流圖。

Fig. 6a. The 500/700/850 hPa mean flow at 0000UTC August 22 of 1997.



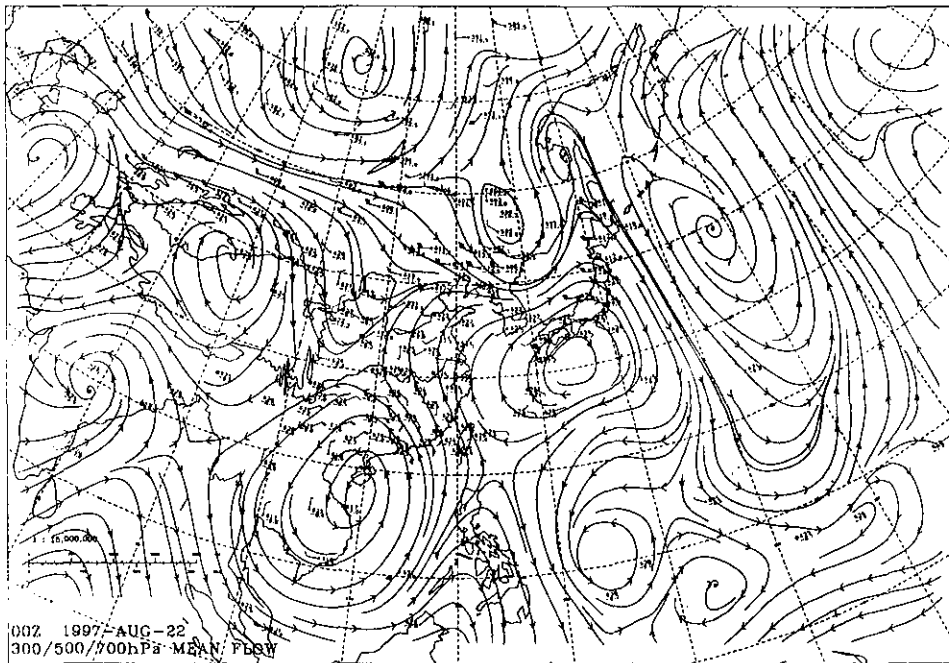


圖 6b. 1997年8月22日0000UTC 300/500/700百帕三層平均氣流圖。

Fig. 6b. The 300/500/700 hPa mean flow at 0000UTC August 22 of 1997.

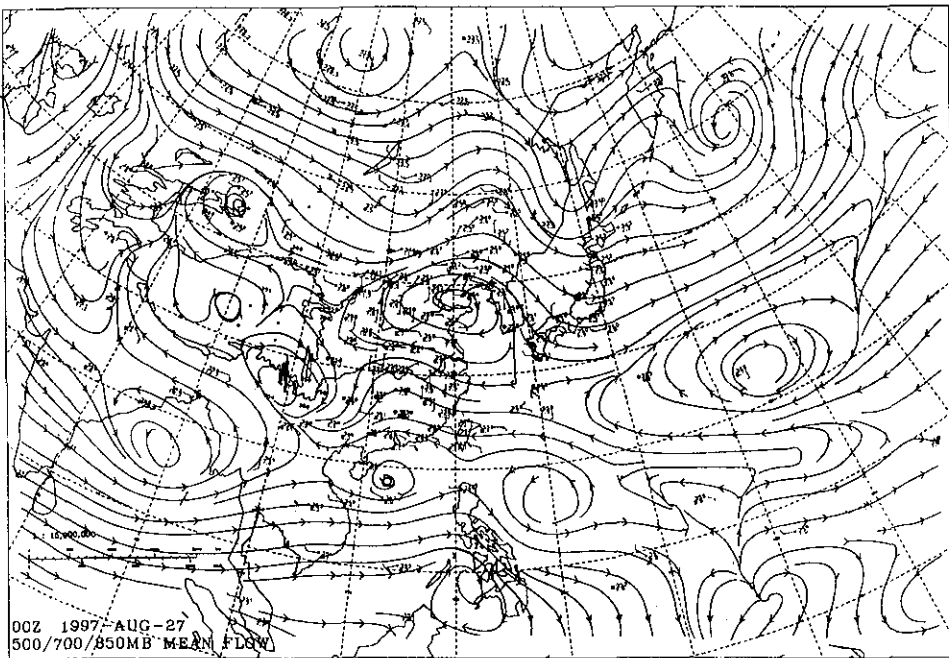


圖 6c. 1997年8月27日0000UTC 500/700/850百帕三層平均氣流圖。

Fig. 6c. The 500/700/850 hPa mean flow at 0000UTC August 27 of 1997.



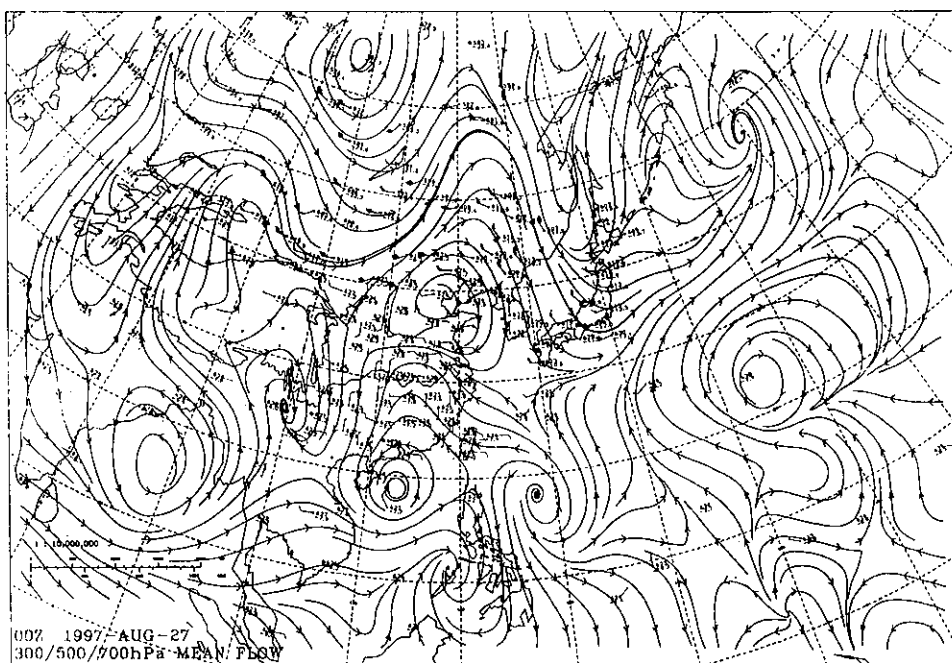


圖 6d. 1997年8月27日0000UTC 300/500/700百帕三層平均氣流圖。

Fig. 6d. The 300/500/700 hPa mean flow at 0000UTC August 27 of 1997.

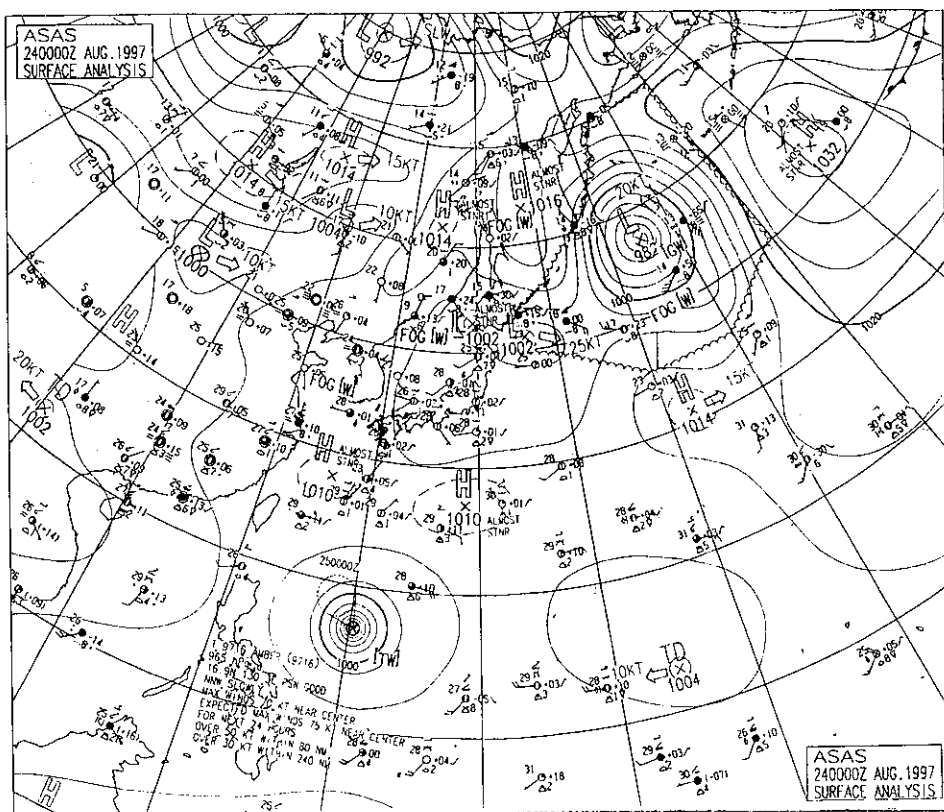


圖 6e. 1997年8月24日0000UTC地面天氣圖。

Fig. 6e. The surface chart at 0000UTC, August 24 of 1997.

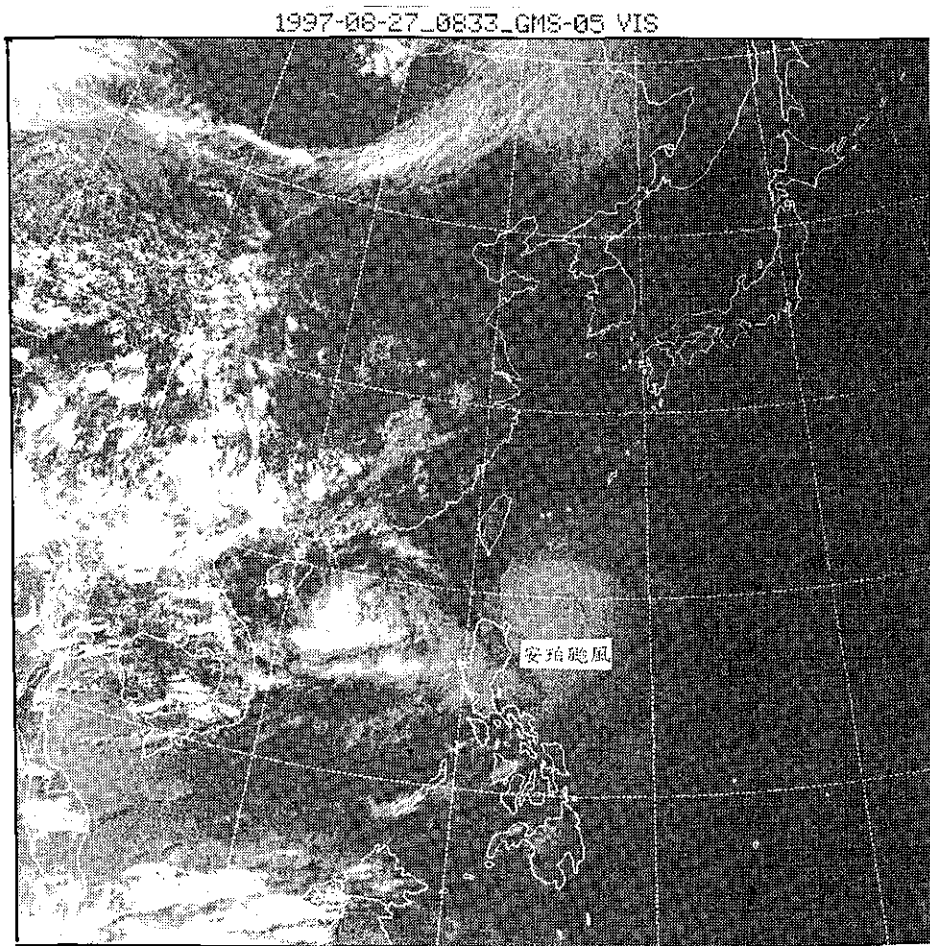


圖 7a. 1997年8月27日0833UTC日本GMS-5可見光衛星雲圖。

Fig. 7a. The visible satellite imagery at 0833UTC August 27 of 1997.

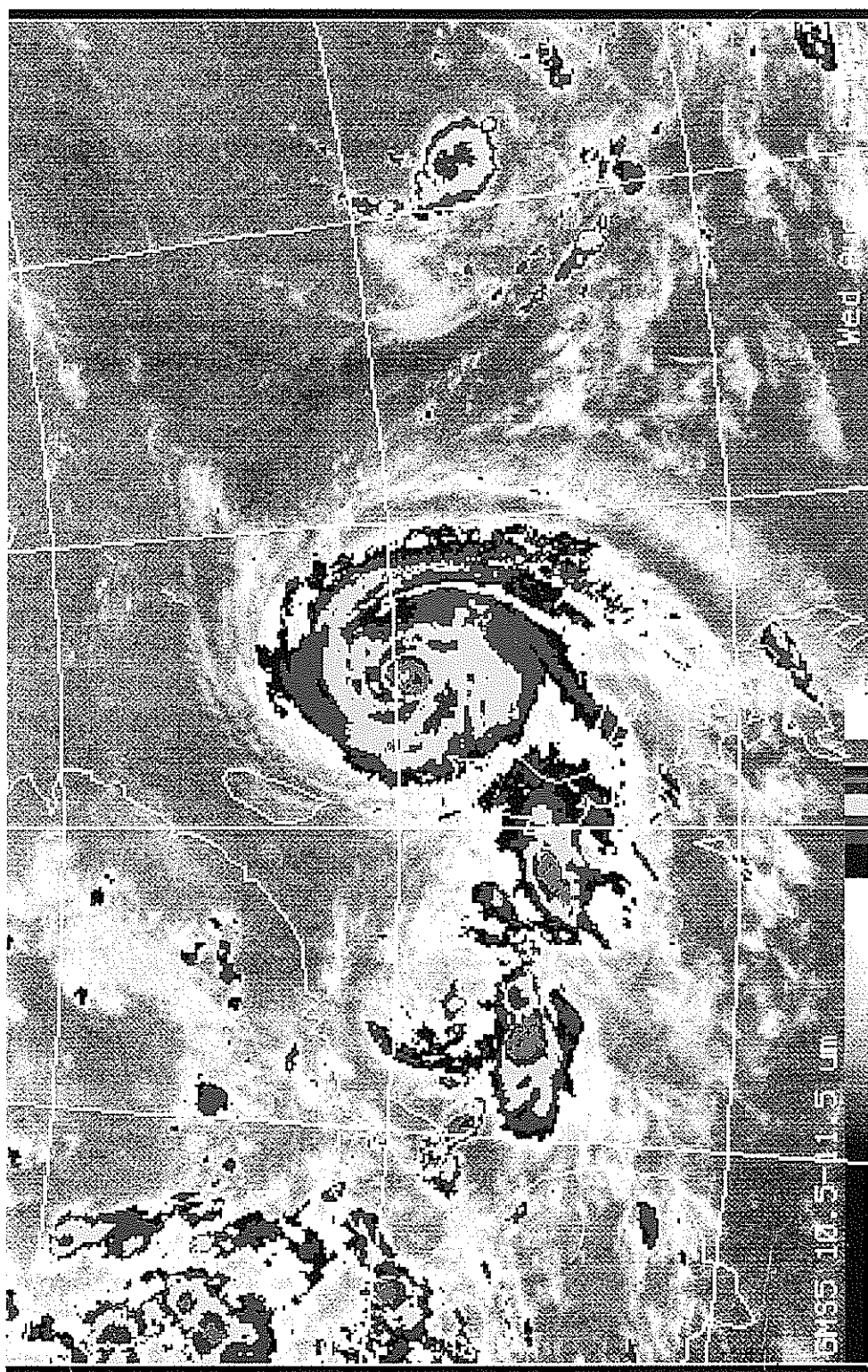


圖 7b. 1997年8月27日1200UTC日本GMS-5水汽頻道衛星雲圖。

Fig. 7b. The water vapour satellite imagery at 1200TC August 27 of 1997.

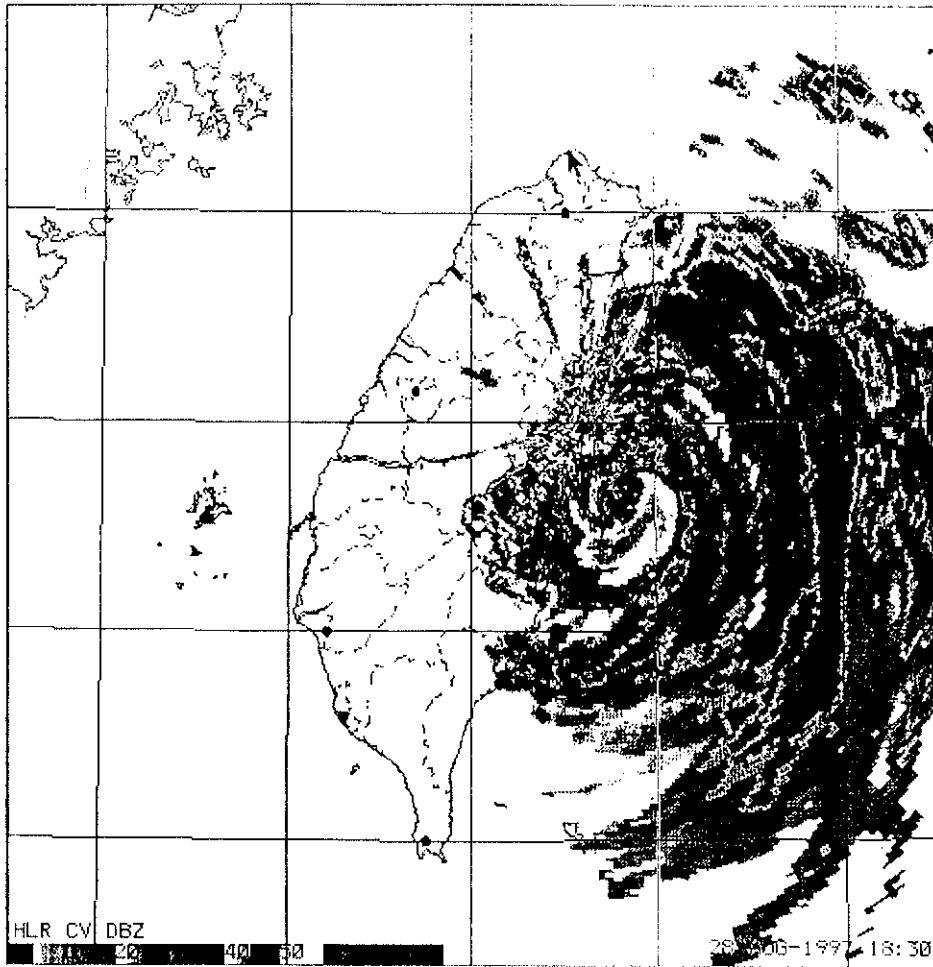


圖 7c. 1997年8月28日18:30(地方時)花蓮雷達站降水回波圖。

Fig. 7c. The precipitation echoes at 18:30 LST August 28 of 1997 by Hualien radar station.

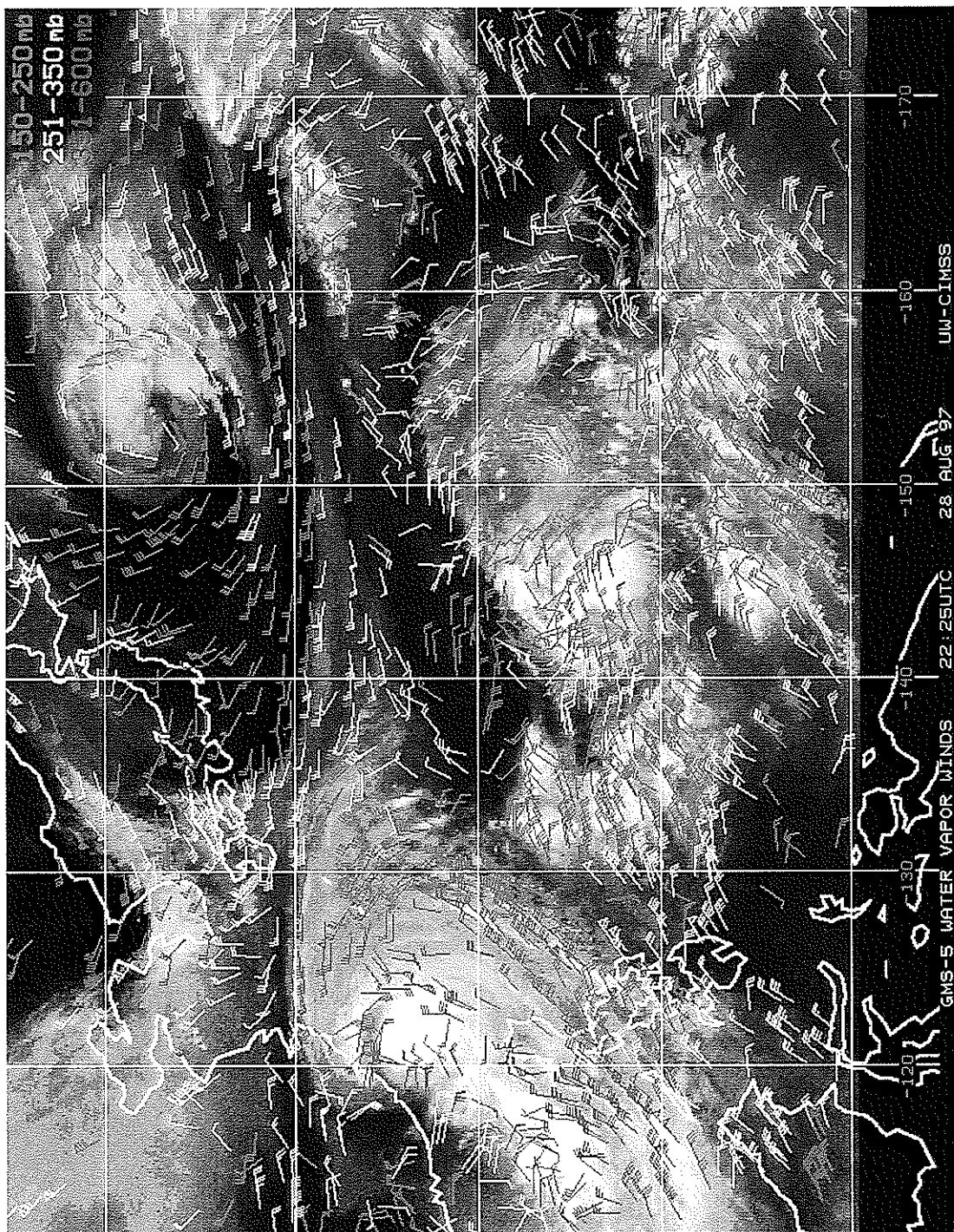


圖 7d. 1997年8月28日2225UTC日本GMS-5水汽及風場圖。

Fig. 7d. The GMS-5 water vapor winds at 2225UTC August 28 of 1997.

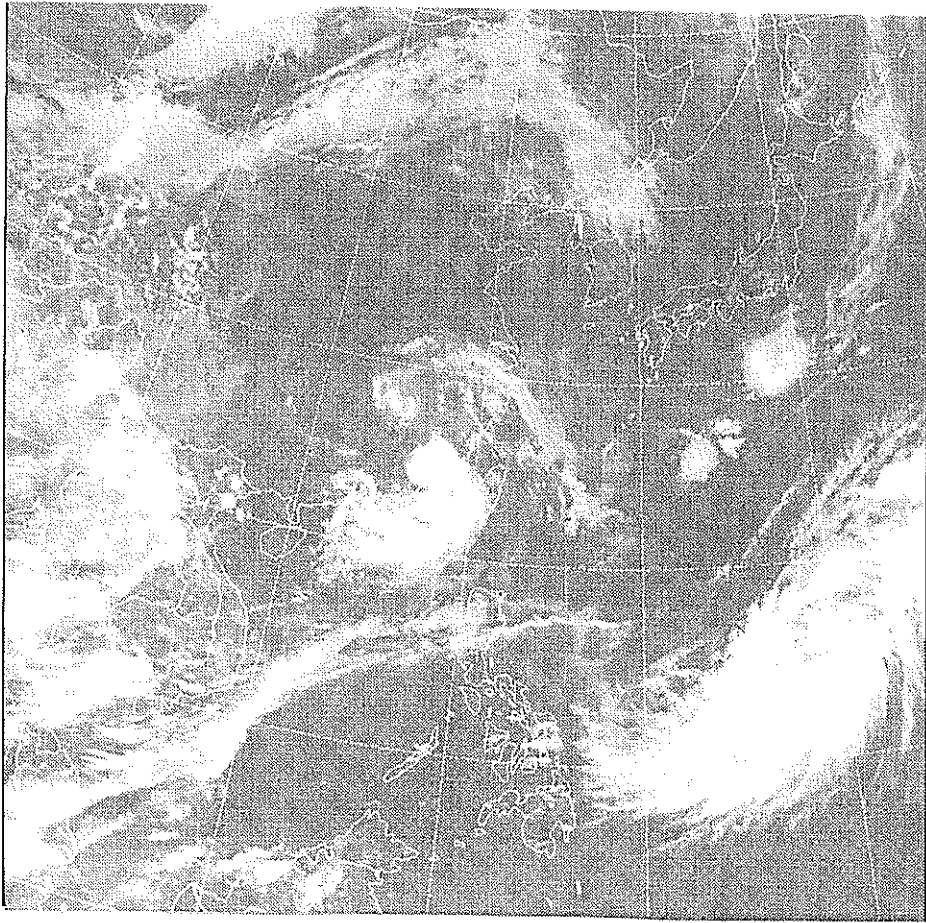


圖 7e. 1997年8月30日0533UTC日本GMS-5紅外線衛星雲圖。  
Fig. 7e. The IR satellite imagery at 0533UTC August 30 of 1997.



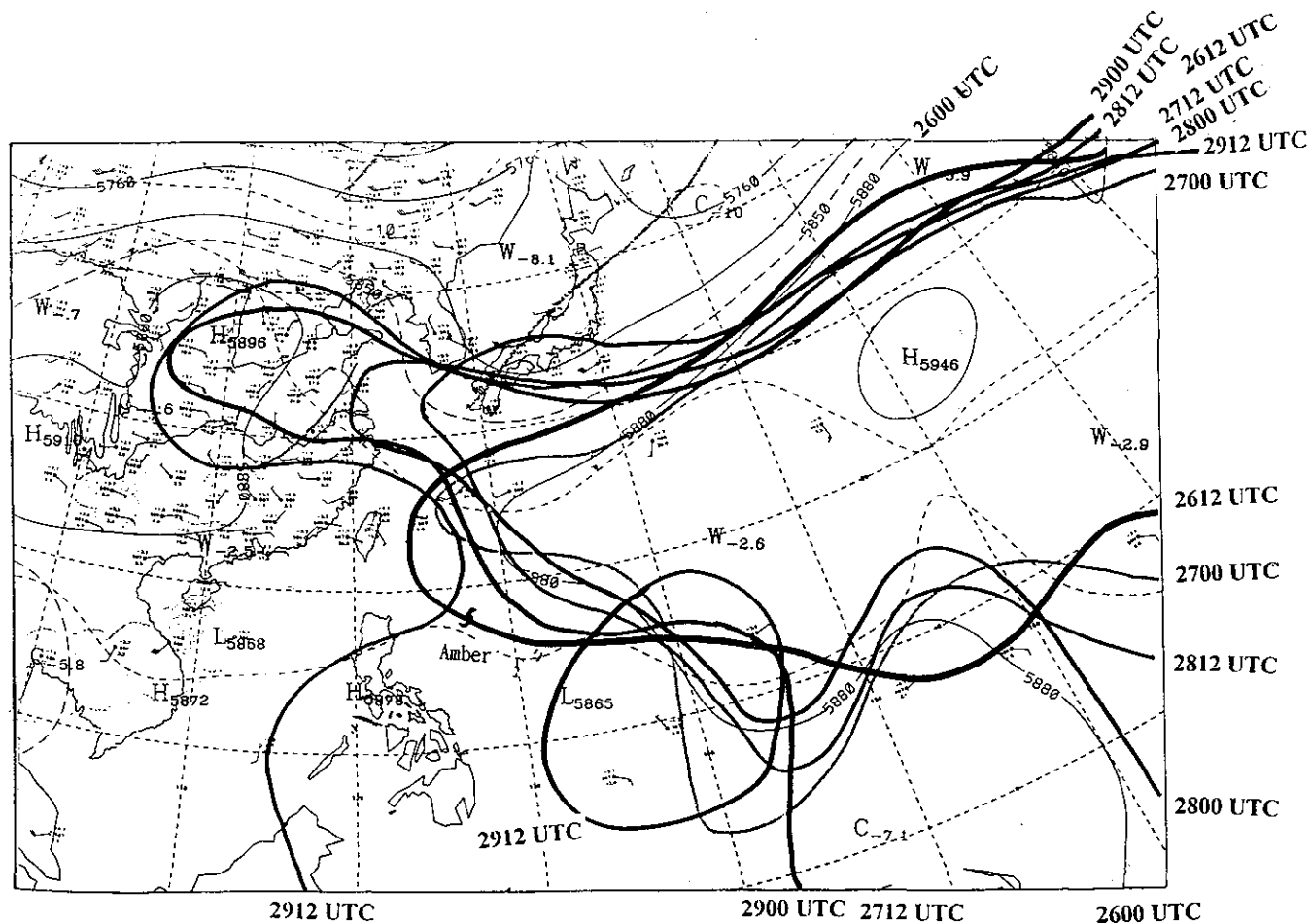
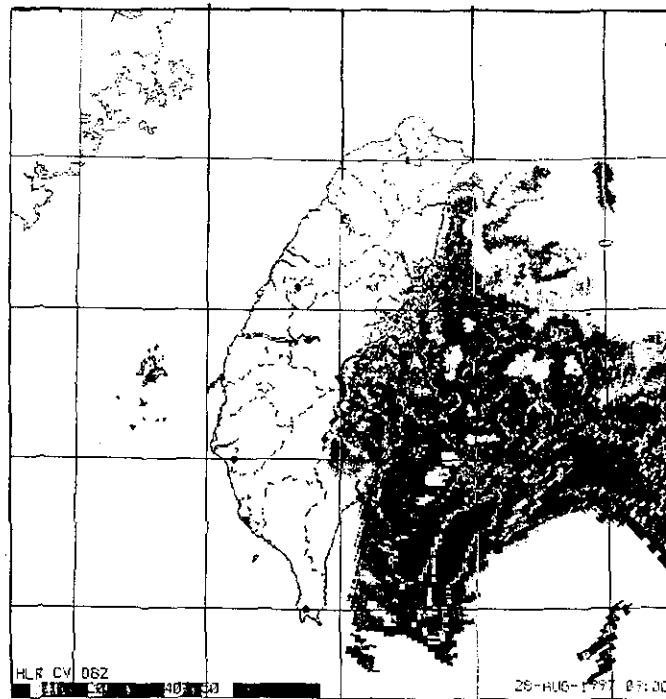
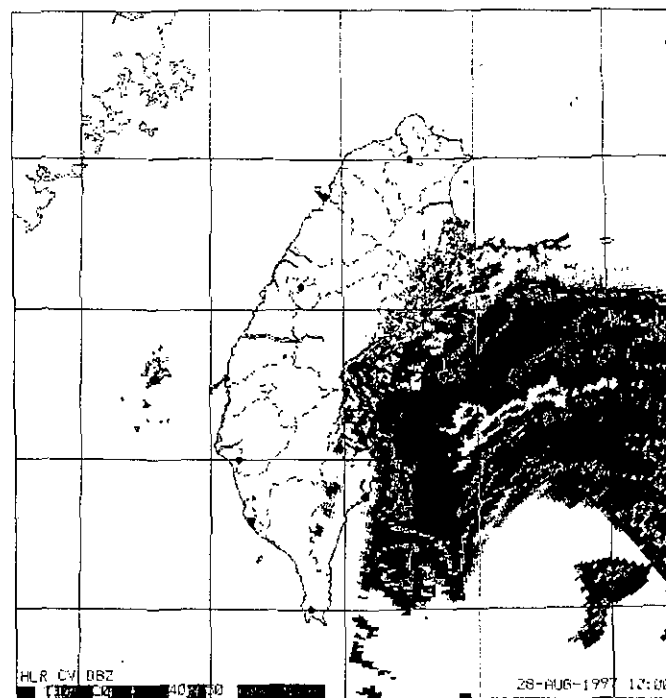


圖 8. 1997年8月26日000UTC至29日1200UTC 500百帕太平洋高壓追蹤圖，圖中顯示500百帕5800gpm等高線一直盤踞在安珀颱風之東北方，使她一直偏向西北移動，而無偏折迴旋。

Fig. 8. The 500hPa Pacific high pressure trace from 260000UTC to 291200UTC of August, 1997.

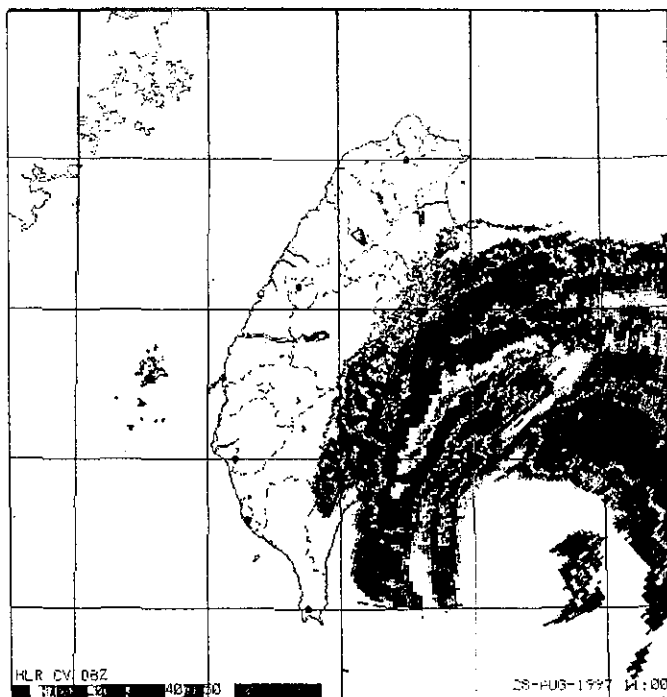


(a)9:00

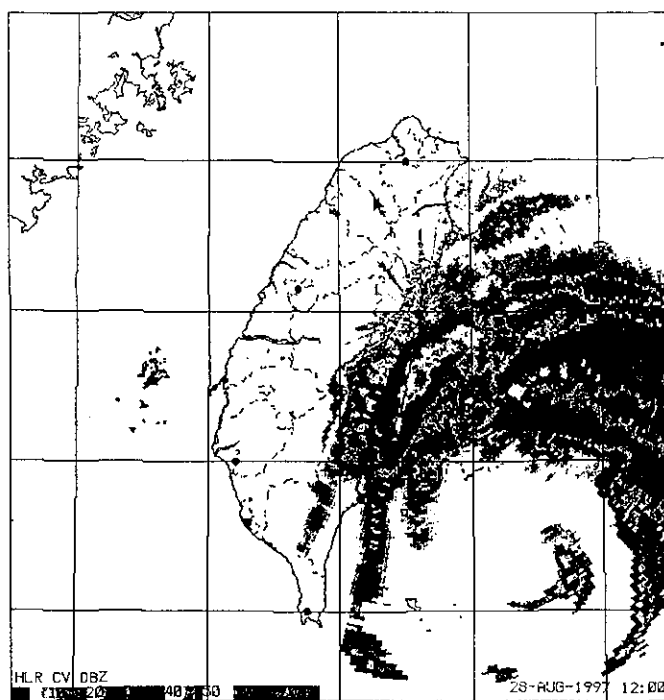


(b)10:00

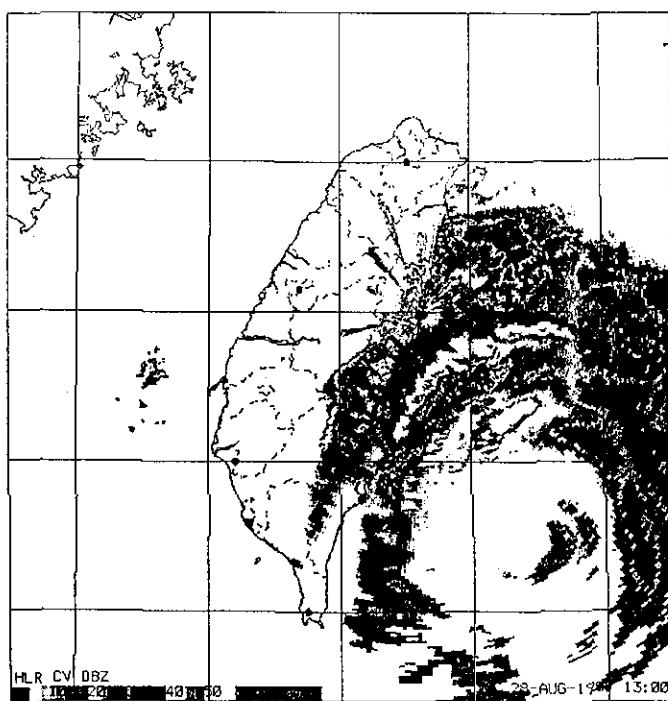




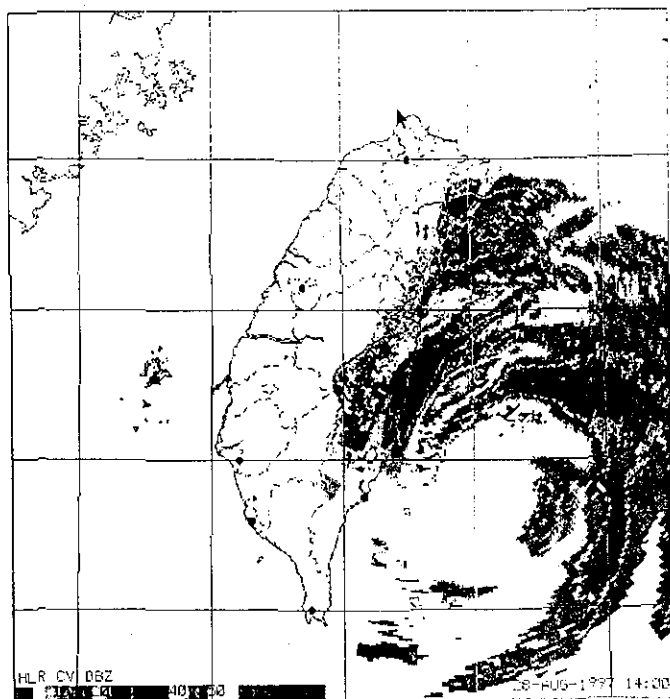
(c)11:00



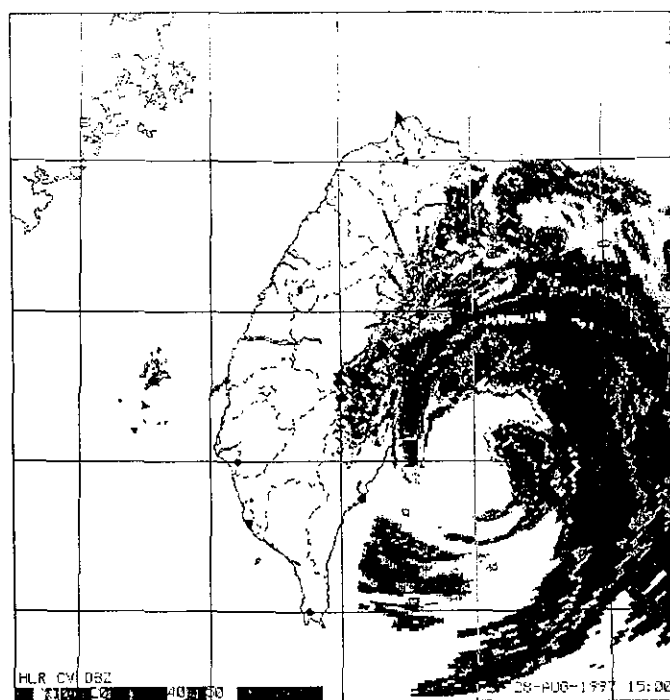
(d)12:00



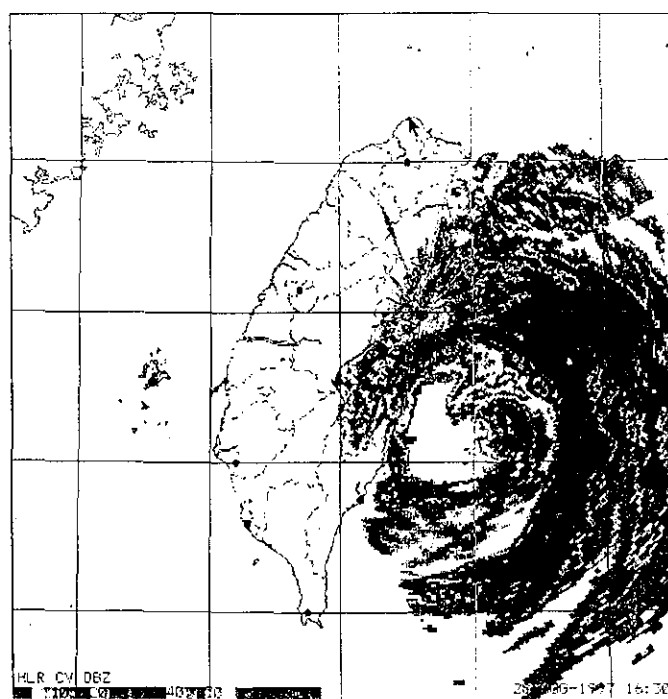
(e)13:00



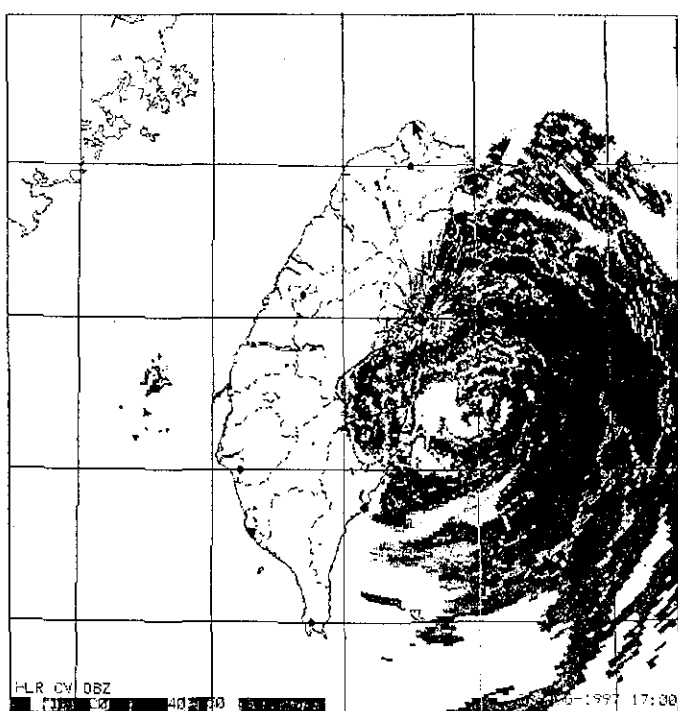
(f)14:00



(g)15:00



(h)16:30(因 16:00 缺)



(i)17:00

圖 9. 1997年8月28日花蓮雷達站每隔一小時(地方時)之連續降水回波圖。  
(a)9:00,(b)10:00,(c)11:00,(d)12:00,(e)13:00,(f)14:00,(g)15:00,(h)16:30(因16:00缺)及  
(i)17:00

Fig. 9. Continuous radar precipitation echoes from 9:00 LST to 17:00 LST, August of 28, detected from Hualien radar station of CWB.

時，其速度突然由每小時18公里增加至28公里，顯示有加速現象，其造成原因可能為地形吮吸作用(suction effect)，加上右方太平洋高氣壓高層的導引氣流壓迫所致(圖8)。此可由花蓮氣象雷達站所偵測得連續性雷達回波圖(圖9a~9i)看出(表1b)。

### 三、安珀颱風中央氣象局警報發布經過

鑑於從8月27日8時(0000UTC)的地面天氣圖(圖10)分析研判安珀颱風之動向未來24小時有可能對臺灣附近海面形成威脅，中央氣象局乃於是日(即8

月27日)8時35分首度對臺灣東南部海面及巴士海峽發布了86年度第2號第1報安珀颱風海上警報(表2)。依據8月27日8時中度颱風安珀之中心位置在北緯19.1度，東經126.3度，中心氣壓950hPa，中心距離恆春東南東方約660公里之海面上，以每小時9公里的速度向西北西進行，近中心最大風速43 m/s，瞬間最大陣風53m/s，7級風暴風半徑100公里，10級暴風半徑80公里。

嗣後，安珀颱風以穩定的速度及方向繼續朝本省撲來，歷經12小時後，其暴風圈將足以同時威脅

表 1b. 安珀颱風雷達定位資料

Table 1b. Radar fixes of typhoon Amber from Hualien(46699) · Kaohsiung(46744) and Chingchuankung(46770) stations.

站 名(編 號)	時 間 (地方時)	北緯(度)	東經(度)	方 向 (度)	速 度 (km/hr)	精 確 度
花蓮站 (46699)	8/28 13:00	21.27	123.02	---	---	2
花蓮站 (46699)	8/28 14:00	21.45	122.89	324.8	23.5	2
花蓮站 (46699)	8/28 15:00	21.53	122.84	326.5	10.9	2
花蓮站 (46699)	8/28 16:00	21.60	122.80	335.1	8.1	2
花蓮站 (46699)	8/28 17:00	21.73	122.78	353.8	15.1	3
花蓮站 (46699)	8/28 18:00	21.93	122.69	338.4	29.2	3
花蓮站 (46699)	8/28 19:00	22.04	122.70	13.7	7.2	3
花蓮站 (46699)	8/28 20:00	22.19	122.63	335.0	17.7	3
花蓮站 (46699)	8/28 21:00	22.43	122.57	346.4	27.7	3
花蓮站 (46699)	8/28 22:00	22.68	122.46	337.2	29.9	2
花蓮站 (46699)	8/28 23:00	22.81	122.21	299.8	29.7	2
花蓮站 (46699)	8/29 00:00	22.84	122.02	278.1	19.8	2
花蓮站 (46699)	8/29 01:00	23.85	121.80	316.4	33.4	2
花蓮站 (46699)	8/29 02:00	23.39	121.62	33.33	41.7	2
高雄站 (46744)	8/29 07:00	24.20	120.90	352.0	25.0	4
高雄站 (46744)	8/29 08:00	24.30	120.70	310.0	32.0	4
高雄站 (46744)	8/29 10:00	24.60	120.50	340.0	16.0	4
清泉崗 (46770)	8/29 05:00	24.13	121.42	---	---	---
清泉崗 (46770)	8/29 06:00	24.30	121.38	---	---	---
清泉崗 (46770)	8/29 07:00	24.66	121.14	---	---	---
清泉崗 (46770)	8/29 08:00	24.77	120.70	---	---	---

表 1c. 中央氣象局衛星中心安珀颱風之中心定位資料

Table 1c. Satellite fixes of typhoon Amber from Satellite Center of CWB.

時間(UTC)	緯度	經度	精確度	T#/CI#
08251800	17.4N	127.5E	Poor	4.5/5.0
08252100	17.7N	127.6E	Poor	4.5/5.0
08260000	17.7N	127.6E	Fair	4.5/5.0
08260300	18.1N	127.3E	Fair	4.5/5.0
08260600	18.1N	127.2E	Fair	4.5/5.0
08260900	18.2N	127.0E	Fair	4.5/5.0
08261200	18.3N	126.8E	Fair	4.5/5.0
08261500	18.4N	126.2E	Fair	4.5/5.0
08261800	18.6N	126.3E	Fair	4.5/5.0
08262100	18.8N	126.3E	Fair	4.5/5.0
08270000	19.1N	126.2E	Fair	4.5/5.0
08270100	19.1N	126.1E	Fair	4.5/5.0
08270200	19.3N	126.0E	Fair	4.5/5.0
08270300	19.3N	125.9E	Fair	4.5/5.0
08270400	19.3N	125.7E	Fair	4.5/5.0
08270500	19.3N	125.5E	Fair	4.5/5.0
08270500	19.3N	125.5E	Good	5.0/5.0
08270700	19.4N	125.5E	Good	5.0/5.0
08270800	19.4N	125.5E	Good	5.0/5.0
08270900	19.6N	125.4E	Good	5.0/5.0
08271200	19.7N	125.0E	Good	5.0/5.0
08271300	19.8N	124.9E	Good	5.0/5.0
08271400	19.9N	124.8E	Good	5.0/5.0
08271500	20.0N	124.7E	Good	5.0/5.0
08271600	20.2N	124.6E	Good	5.5/5.5
08271700	20.2N	124.3E	Good	5.5/5.5
08271800	20.3N	124.2E	Good	5.5/5.5
08271900	20.3N	124.2E	Good	5.5/5.5
08272000	20.4N	124.0E	Fair	5.0/5.5
08272100	20.5N	124.0E	Fair	5.0/5.5

時間(UTC)	緯度	經度	精確度	T#/CI#
08272200	20.6N	123.9E	Fair	5.0/5.5
08272300	20.7N	123.8E	Fair	5.0/5.5
08280000	20.8N	123.7E	Fair	5.0/5.5
08280100	20.9N	123.6E	Fair	5.0/5.5
08280200	21.0N	123.5E	Fair	5.0/5.5
08280300	21.1N	123.4E	Fair	5.0/5.5
08280400	21.3N	123.2E	Fair	5.0/5.5
08280500	21.3N	123.0E	Fair	5.0/5.5
08280600	21.4N	122.9E	Fair	5.0/5.5
08280700	21.4N	122.8E	Fair	5.0/5.5
08280800	21.5N	122.7E	Fair	5.0/5.5
08280900	21.7N	122.7E	Fair	5.0/5.5
08281000	21.8N	122.7E	Fair	5.0/5.5
08281100	22.0N	122.6E	Good	4.5/5.0
08281200	22.2N	122.5E	Good	4.5/5.0
08281300	22.3N	122.4E	Good	4.5/5.0
08281400	22.6N	122.3E	Good	4.5/5.0
08281500	22.8N	122.1E	Good	4.5/5.0
08281600	23.0N	122.0E	Good	4.5/5.0
08281700	23.2N	122.0E	Good	4.5/5.0
08281800	23.4N	121.9E	Good	4.5/5.0
08281900	23.7N	121.8E	Poor	4.5/5.0
08282000	缺	缺	缺	缺
08282100	24.2N	121.6E	Poor	4.0/5.0
08282200	缺	缺	缺	缺
08282300	24.3N	121.5E	Poor	4.0/5.0
08290000	24.7N	121.3E	Poor	4.0/5.0
08290300	24.6N	120.6E	Poor	3.5/4.5
08290600	25.0N	120.5E	Poor	3.5/4.5
08290900	25.8N	120.3E	Poor	3.0/4.0

表 2. 安珀颱風中央氣象局發布警報概況紀錄

Table 2. Warnings issued by CWB for typhoon Amber.

種類	次序	發布時間					警 戒 區 域		強度	備 註
		號	報	月	日	時 分	海 上	陸 上		
海上	2	1	8	27	8	35	台灣東南部海面、巴士海峽	—	中度	
海上	2	2	8	27	11	15	台灣東南部海面、巴士海峽	—	中度	
海上	2	3	8	27	14	45	台灣東南部海面、巴士海峽	—	中度	
海上陸上	2	4	8	27	17	45	台灣東南部海面、巴士海峽	—	中度	
海上陸上	2	5	8	27	20	40	台灣東部海面、巴士海峽	蘭嶼、恆春半島、台東及花蓮地區	中度	
海上陸上	2	6	8	27	23	20	台灣東部海面、巴士海峽	同上	中度	
海上陸上	2	7	8	28	2	50	台灣東部海面、巴士海峽、台灣海峽南部	同上	中度	
海上陸上	2	8	8	28	5	10	台灣東部海面、巴士海峽、台灣海峽南部	同上	中度	
海上陸上	2	9	8	28	8	40	台灣附近各海面及金門、馬祖海面	台灣各地區	中度	
海上陸上	2	10	8	28	11	40	台灣附近各海面及金門、馬祖海面	台灣及金馬各地區	中度	
海上陸上	2	11	8	28	14	45	台灣附近各海面及金門、馬祖海面	同上	中度	
海上陸上	2	12	8	28	17	35	台灣附近各海面及金門、馬祖海面	同上	中度	
海上陸上	2	13	8	28	20	20	台灣附近各海面及金門、馬祖海面	同上	中度	
海上陸上	2	14	8	28	23	20	台灣附近各海面及金門、馬祖海面	同上	中度	
海上陸上	2	15	8	29	2	55	台灣附近各海面及金門、馬祖海面	同上	中度	
海上陸上	2	16	8	29	5	20	台灣附近各海面及金門、馬祖海面	同上	中度	
海上陸上	2	17	8	29	9	40	台灣附近各海面及金門、馬祖海面	同上	中度	
海上陸上	2	18	8	29	11	45	台灣附近各海面及金門、馬祖海面	同上	中度	
海上陸上	2	19	8	29	14	50	台灣附近各海面及金門、馬祖海面	同上	中度	
海上陸上	2	20	8	29	17	50	金門、馬祖海面、台灣海峽、東部海面及台灣東南部海面	金門、馬祖地區、台灣東北部、東南部及西半部各地區	中度	
海上陸上	2	21	8	29	20	55	金門、馬祖海面、台灣海峽及台灣北部海面	馬祖地區、台中以北地區、基隆、宜蘭及金門地區	輕度	
海上	2	22	8	29	23	40	馬祖海面、台灣北部海面	—	輕度	合併卡絲(CASS)颱風警報發布
解除	2	23	8	30	2	35	—	—	輕度	

到本省海上及陸地，中央氣象局於是在8月27日20時40分首度對蘭嶼、恆春半島、台東及花蓮地區與臺灣東部海面及巴士海峽發布了第2號第5報海上陸上颱風警報(表2)。

至8月28日8時(0000UTC)安珀颱風中心已距台東的東南方約350公里之海面上時，中央氣象局即將海上陸上颱風警報範圍擴大至臺灣附近各海面，臺灣各地區，以及金門、馬祖地區。如此，再經歷33小時後，安珀颱風中心已離開臺灣本島，即將登陸中國大陸，才將海上陸上颱風警報範圍縮小，至8月29日23時40分解除陸上颱風警報，此時安珀颱風已登陸中國大陸，最後在8月30日2時35分解除海上颱風警報。

總計，此次中央氣象局對安珀颱風共發布了23報海上颱風警報，17報海上陸上颱風警報，前後歷

經66小時結束，有關安珀颱風中央氣象局發布警報概況紀錄參考表2。

#### 四、安珀颱風侵臺期間各種氣象要素分析

##### (一)氣壓(表3)：

安珀颱風以第2類(中央氣象局，1997)侵臺路徑侵襲臺灣(圖4)，中心由花蓮秀姑巒溪附近登陸越過中央山脈，由此顯示臺灣地區之氣壓勢必產生巨大變化。以平地氣象站而言，臺灣各地最低氣壓出現時間如下：以花蓮站於8月29日3時57分(地方時)測得之海平面氣壓最低，達957.9hPa，其測站氣壓為955.7hPa(圖11)，由此顯示安珀颱風大致在8月29日清晨3時50分左右在花蓮南方登陸無誤。而本省測得次低氣壓之氣象站為成功站，於8月29日2時31分

表 3. 安珀颱風侵臺期間中央氣象局各氣象站氣象要素統計表

Table 3. Meteorological summary of CWB's observation stations during the passage of typhoon Amber.

測站	最低氣壓 (hPa)		瞬間最大風速 (m/s)			最大風速 (m/s)			最大降水量 (mm)				降水總量 (mm)			
站名	數值	地方時	風速 (m/s)	風向	時間 (L)	風速 (m/s)	風向	時間 (L)	一小時	起始時間 (L)		十分鐘	起始時間 (L)		數值	時間 (開始－終止) (L)
台北	989.4	29/06:00	31.2	ESE	29/13:27	12.1	E	29/04:03	21.5	29/04:25		6.0	29/05:10		94.8	28/05:25-29/20:20
竹子湖	992.8	29/06:30	20.5	ENE	29/11:19	4.2	NE	29/00:35	37.0	29/00:50		13.0	29/04:41		129.9	28/02:00-29/24:00
鞍部	990.3	29/06:44	38.1	S	29/12:45	19.8	S	29/11:36	33.0	29/00:57		13.8	29/03:30		129.5	28/02:54-29/21:30
新竹	985.6	29/04:35	28.4	ENE	29/04:23	14.2	NE	29/04:01	16.5	29/13:19		4.5	29/17:33		57.3	29/00:50-29/19:10
台中	985.4	29/04:48	19.7	S	29/12:06	9.1	S	29/12:09	20.9	29/07:00		6.0	29/07:16		63.8	28/21:55-29/19:10
梧棲	984.5	29/04:47	24.7	S	29/13:15	14.5	NNE	29/00:18	30.5	28/15:00		10.5	29/15:07		82.6	29/03:50-29/17:45
日月潭	1282(GPM)	29/04:40	21.6	S	29/14:51	8.2	SW	29/14:21	19.5	29/14:10		5.0	29/15:33		82.2	28/19:50-29/18:20
嘉義	986.4	29/05:02	18.3	SW	29/11:17	9.1	SW	29/11:26	22.6	29/16:07		12.0	29/16:23		49.9	28/16:30-29/18:20
阿里山	747.7	29/06:02	22.1	E	28/20:24	10.7	NW	29/00:27	45.0	29/11:10		9.0	29/11:50		250.5	28/15:57-29/21:45
玉山	940.8(GPM)	29/03:25	41.4	ESE	30/04:30	23.5	ESE	30/04:25	13.5	29/01:00		4.0	29/01:20		168.4	28/03:30-30/08:00
台南	987.7	29/03:52	17.9	SW	29/14:04	10.6	SSW	29/14:07	8.1	29/14:20		5.5	29/14:20		22.5	28/19:50-29/18:50
高雄	991.0	29/02:56	16.1	SE	29/22:31	9.4	SSE	29/22:50	27.0	29/10:28		7.5	29/11:03		42.0	28/16:25-29/12:30
恆春	990.2	29/01:53	18.4	W	29/01:00	9.6	W	29/01:03	17.5	28/12:05		15.0	28/12:05		54.0	28/05:03-29/22:59
基隆	993.5	29/05:50	34.8	SE	29/05:11	15.9	N	29/05:39	34.0	29/16:50		10.0	29/17:00		219.3	28/14:05-29/24:00
蘇澳	990.5	29/03:52	39.0	E	29/03:27	27.7	NNE	29/03:38	32.5	29/21:50		12.5	29/22:19		235.0	28/02:25-29/23:00
宜蘭	991.2	29/05:44	27.1	SSE	29/04:14	13.3	E	29/04:18	34.5	29/04:15		11.0	29/04:33		191.0	27/21:00-29/23:30
花蓮	957.9	29/03:57	49.4	E	29/03:20	38.3	E	29/03:28	39.5	29/22:30		15.0	29/21:05		326.5	28/02:45-29/24:00
成功	980.3	29/02:31	43.6	N	28/22:11	26.0	N	28/22:11	55.0	28/21:20		16.0	28/21:30		248.2	27/23:25-29/23:10
台東	983.3	29/02:44	25.1	E	28/20:02	7.8	SSW	29/03:00	19.0	28/21:30		5.0	28/20:40		106.5	27/23:40-29/22:40
大武	987.2	29/00:31	16.7	E	28/15:50	7.9	NE	28/09:17	14.0	29/21:35		11.0	29/21:40		66.1	27/23:42-29/00:00
蘭嶼	982.2	28/17:14	62.7	NNE	28/10:49	40.2	NNE	28/09:12	37.4	28/19:00		12.6	28/19:46		218.9	27/01:47-29/16:00
彭佳嶼	986.8	29/04:06	46.0	S	29/04:35	30.4	ESE	29/04:28	6.2	29/13:58		1.4	29/13:53		46.4	29/01:40-29/20:00
澎湖	988.9	29/06:03	24.7	NNE	29/03:00	13.7	WNW	29/08:52	8.0	29/11:16		5.0	29/11:16		13.7	29/05:30-29/16:05
東吉島	991.0	29/05:13	30.3	S	29/22:24	21.5	S	29/22:29	3.3	29/07:50		2.2	29/23:35		13.8	29/07:15-29/23:45



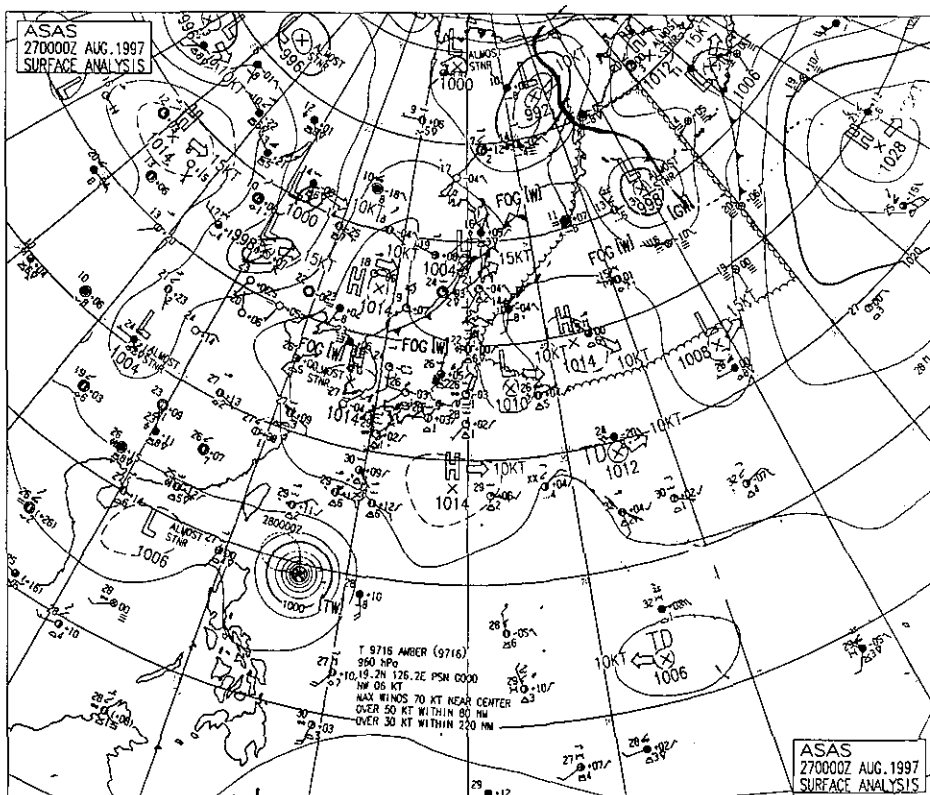


圖 10. 1997年8月27日0000UTC地面天氣圖。

Fig. 10. the surface chart at 0000UTC 27 August of 1997.

(地方時)測得980.3hPa，台東氣象站於8月29日2時44分(地方時)測得最低氣壓為983.3hPa排名第三，其餘各地因距颱風中心較遠或在颱風登陸或安珀颱風環流受中央山脈破壞後減弱，故未能測得比此三個氣象站為低的氣壓值。而當安珀颱風於8月29日10時(地方時)在台中北方出海前，台中氣象站於8月29日4時48分(地方時)已先測得最低氣壓為985.4 hPa，而位於臺灣海峽的澎湖亦在8月29日6時3分(地方時)測得最低氣壓為988.9hPa。

至於安珀颱風是否有在越過中央山脈時出現副低氣壓情形，由小區域地面天氣圖分析(圖12a)，卻有與王(1992)所述的分裂過山型態颱風相似，即颱風中心越過中央山脈時，中心因被破壞而模糊，出海後卻又與另一副中心合併而繼續向西北前進(圖12b)。

至於更進一步之分析，安珀颱風之氣壓與其

近中心最大風速之變化可參考圖12c，由圖12c中可顯示當安珀颱風接近臺灣陸地之前中心氣壓降至最低，近中心最大風速達到最強，而於登陸後迅速減弱(圖12d)。

## (二)風速：

於安珀颱風的生命期中，其近中心最大風速變化可分三階段，即8月22日00UTC~8月23日06 UTC期間為輕度颱風，8月26日12UTC~8月29日06UTC為中度颱風，而於8月29日12UTC再減弱為輕度颱風。

就安珀颱風侵臺期間臺灣地區各氣象站之瞬間風速比較，以外島的蘭嶼最大，出現在8月28日10：49(地方時)的62.7m/s(風向為北北東風)，其次才是安珀颱風中心登陸點的花蓮，為出現在8月29日3：20(地方時)的49.4m/s(風向為東風，圖13)，再其次為8月22日22：11(地方時)出現在北部海面

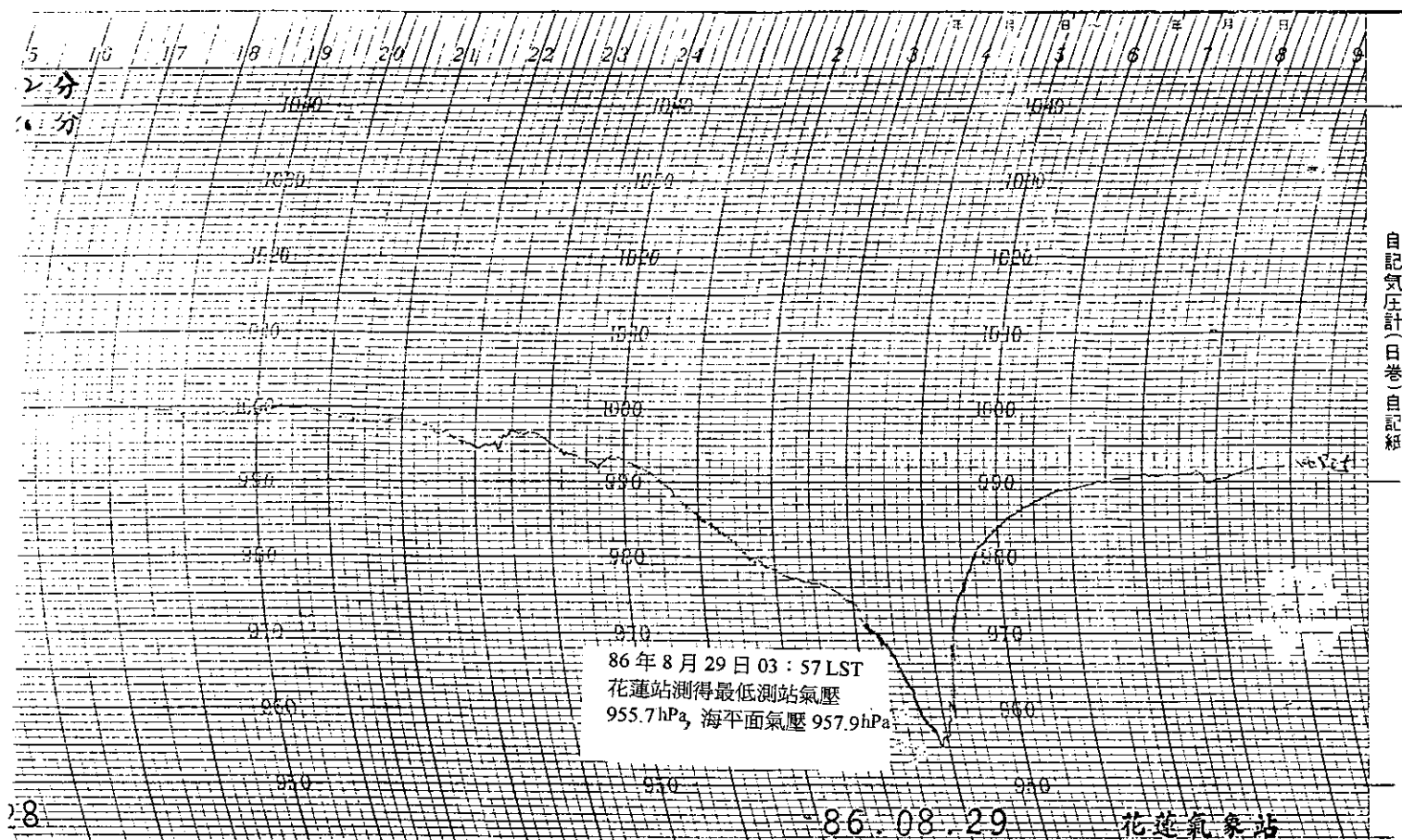


圖 11. 安珀颱風侵臺期間中央氣象局花蓮氣象站測得之最低氣壓紀錄圖。

Fig. 11. The minimum pressure record detected by Hualien meteorological station of CWB.

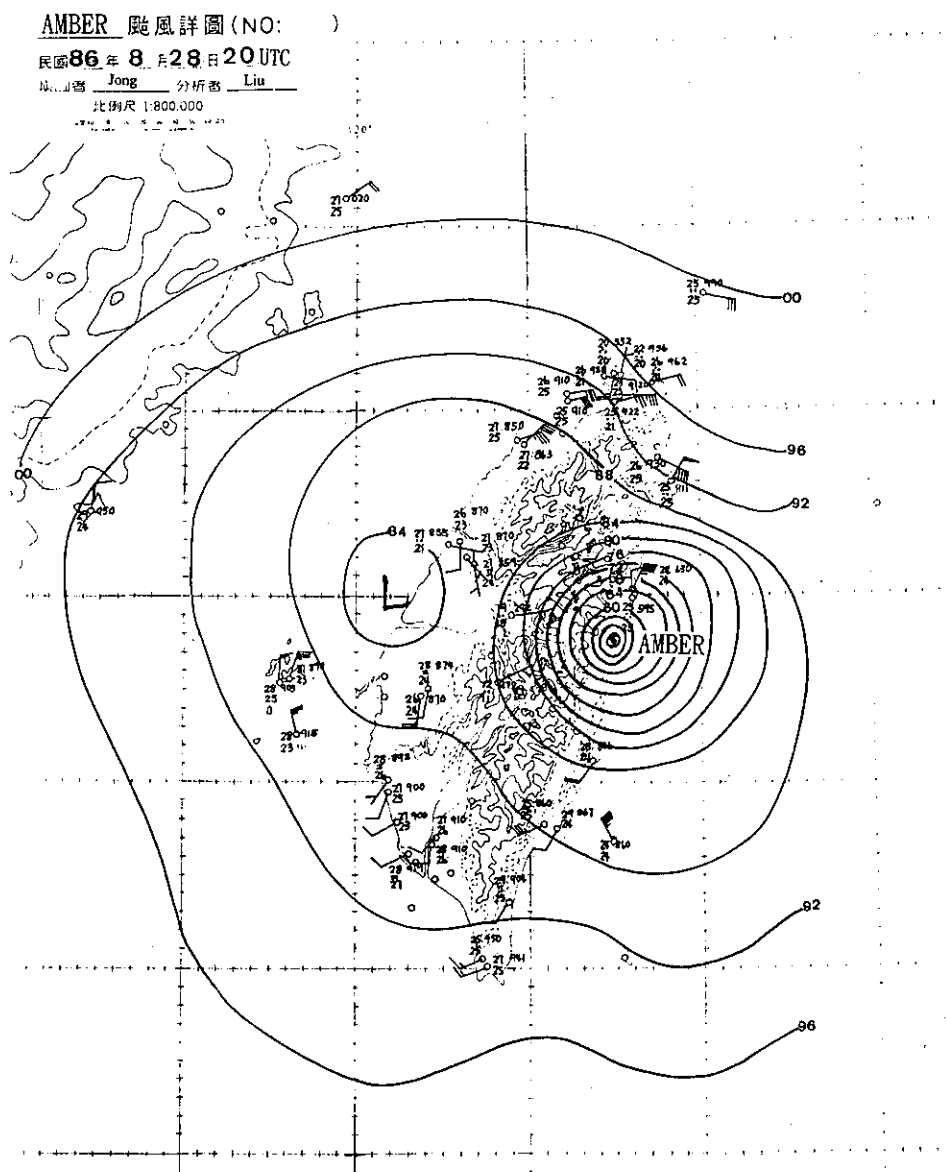


圖 12a. 1997年8月28日2000UTC安珀颱風小區域地面分析詳圖。

Fig. 12a. The local surface analysis chart at 2000UTC (4:00 LST) August 28 of 1997 typhoon Amber's attacking Taiwan.

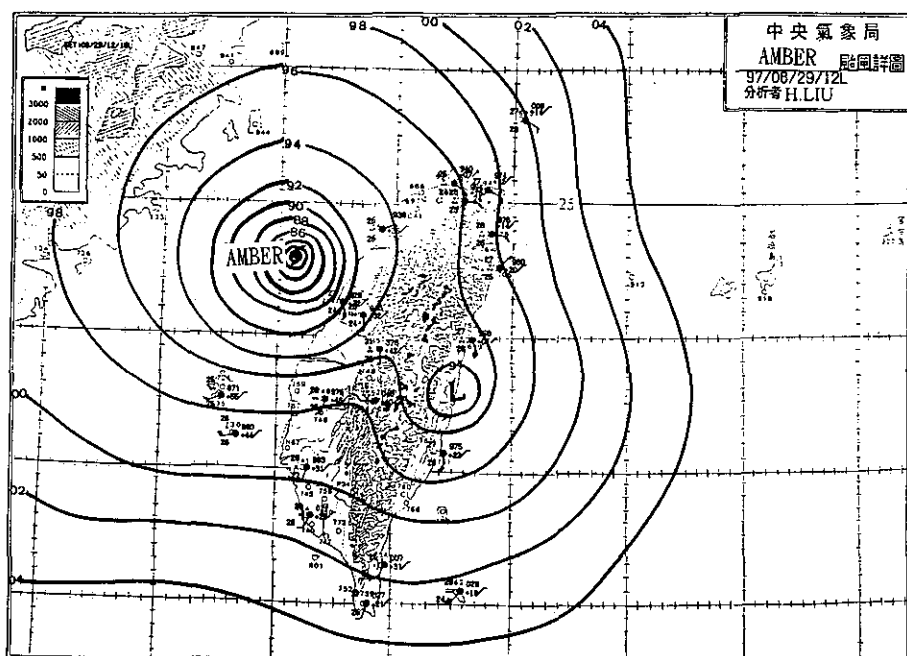


圖 12b. 1997年8月28日0400UTC安珀颱風小區域地面分析詳圖。

Fig. 12b. The local surface analysis chart at 0400UTC (12:00 LST) August 29 of 1997 for typhoon Amber's attacking Taiwan.

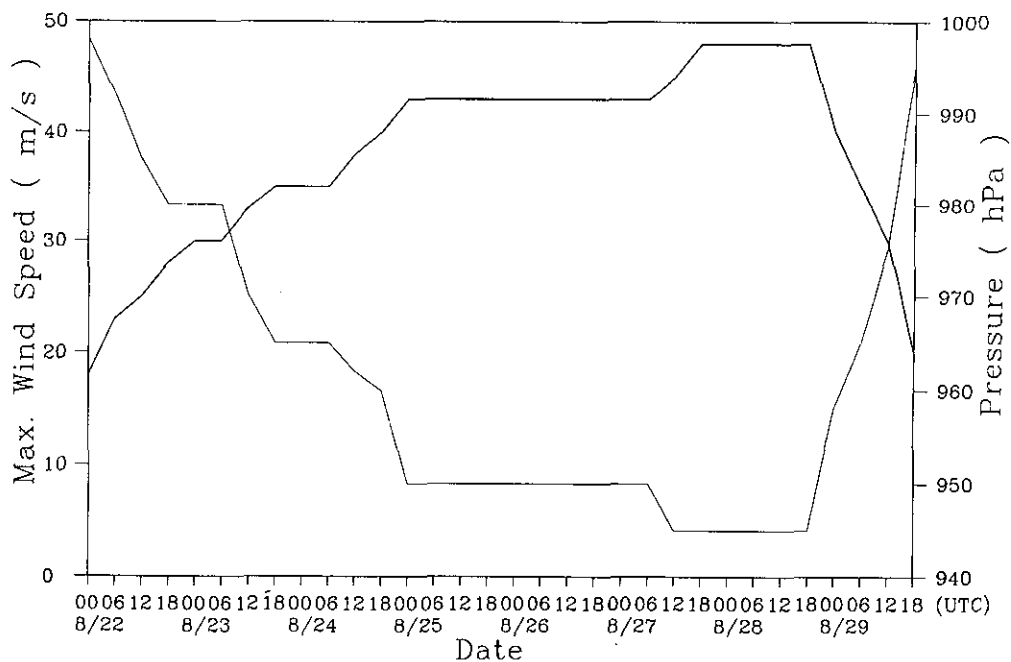


圖 12c. 安珀颱風生命期內之中心氣壓與近中心最大風速(m/s)變化。

Fig. 12c. Central pressure and maximum winds for typhoon Amber from 2200UTC to 2918UTC of August, 1997.

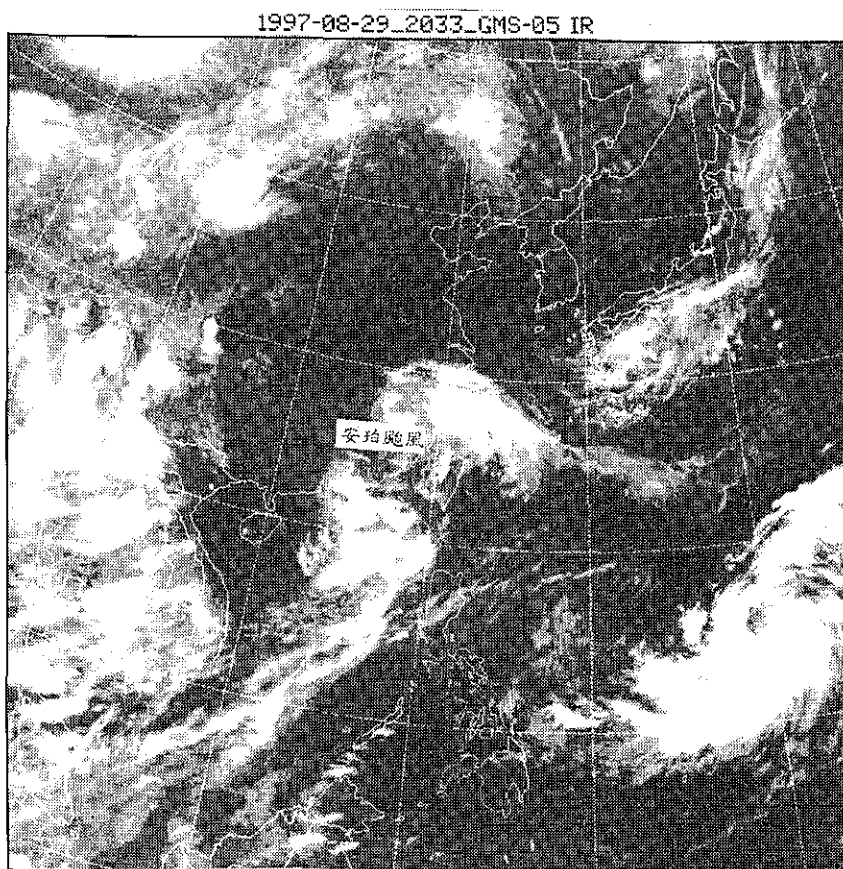


圖 12d. 1997年8月29日2033UTC (30日4:33LST)安珀颱風登陸中國大陸後，其螺旋雲系結構已遭破壞，威力迅速減弱。

Fig. 12d. GMS-5 IR imagery at 2033UTC August 29 of 1997.

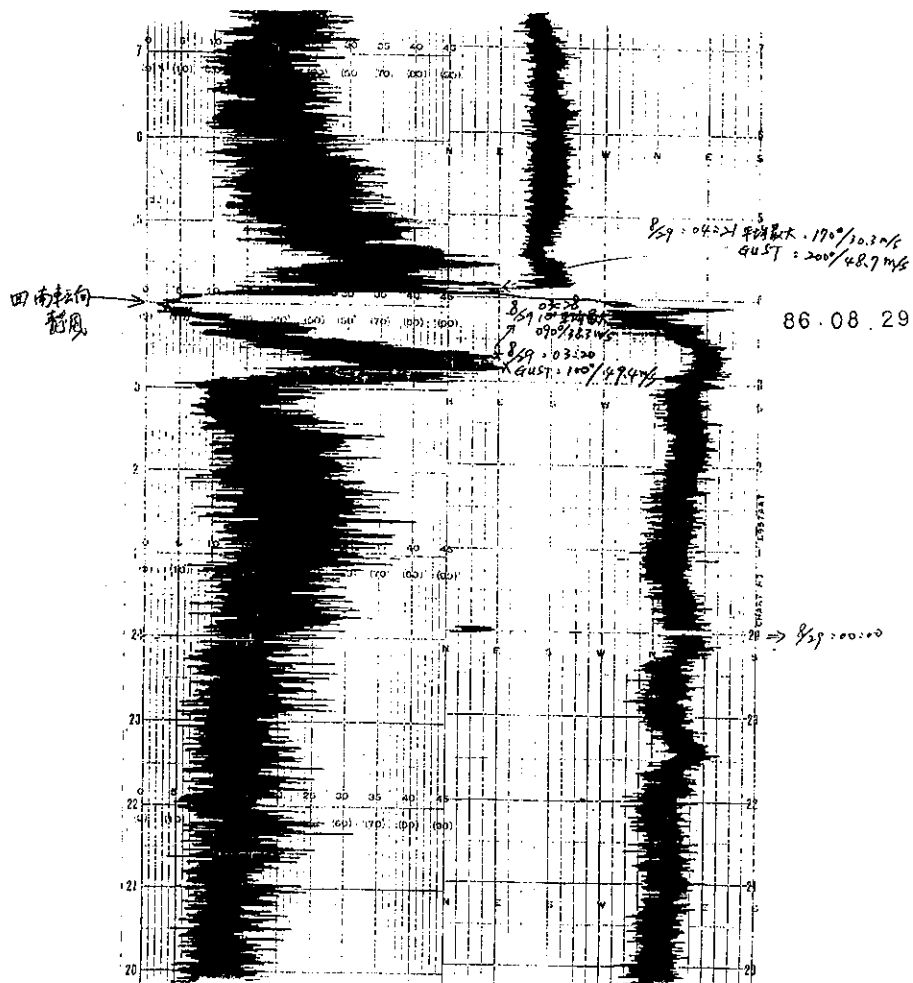


圖 13. 安珀颱風侵臺期間中央氣象局花蓮氣象站測得之中心最大風速紀錄圖。

Fig. 13. The maximum wind record detected by Hualien meteorological station of CWB.

表 4. 民國 86 年 8 月 28 日 00 時(地方時)至 8 月 29 日 23 時(地方時) 安珀颱風侵臺期間累積雨量及最大陣風紀錄。

Table 4. Accumulated rainfall and gust winds from 2800LST to 2823LST of Aug. 1997, during typhoon Amber's attacking the Taiwan area.

站 名	累積雨量 (mm)	最大平均 風速(Kts) 五級以上	對應級數	出現時間 (地方時)	最大陣風 (Kts)	對應級數	出現時間 (地方時)
彭佳嶼	46	60	11	2906	92	15	2905
基隆	219	27	6	2908	70	12	2906
宜蘭	216	20	5	2901	55	10	2905
蘇澳	235	50	10	2904	79	13	2904
鞍部	129	39	8	2913	76	13	2913
陽明山	133				36	8	2905
淡水	83				64	12	2905
台北	95	24	6	2904	62	11	2914
松山	84	33	7	2904	53	10	2904
新竹	57	28	7	2904	57	11	2902
台中	64				39	8	2913
梧棲	83	26	6	2913	49	10	2914
日月潭	82				43	9	2915
玉山	164	32	7	2908	81	14	2908
阿里山	249				44	9	2821
嘉義	50				37	8	2912
台南	23				36	8	2917
高雄	43				32	7	2914
花蓮	321	62	11	2904	99	15	2904
成功	215	38	8	2823	87	14	2823
台東	107				50	10	2821
大武	50				33	7	2814
恆春	56				37	8	2902
蘭嶼	100	75	13	2811	125	17 以上	2811
澎湖	14	26	6	2909	49	10	2904
東吉島	11	39	8	2823	54	10	2823
巴陵	417						

8月28日8時-30日8時逐時風速圖

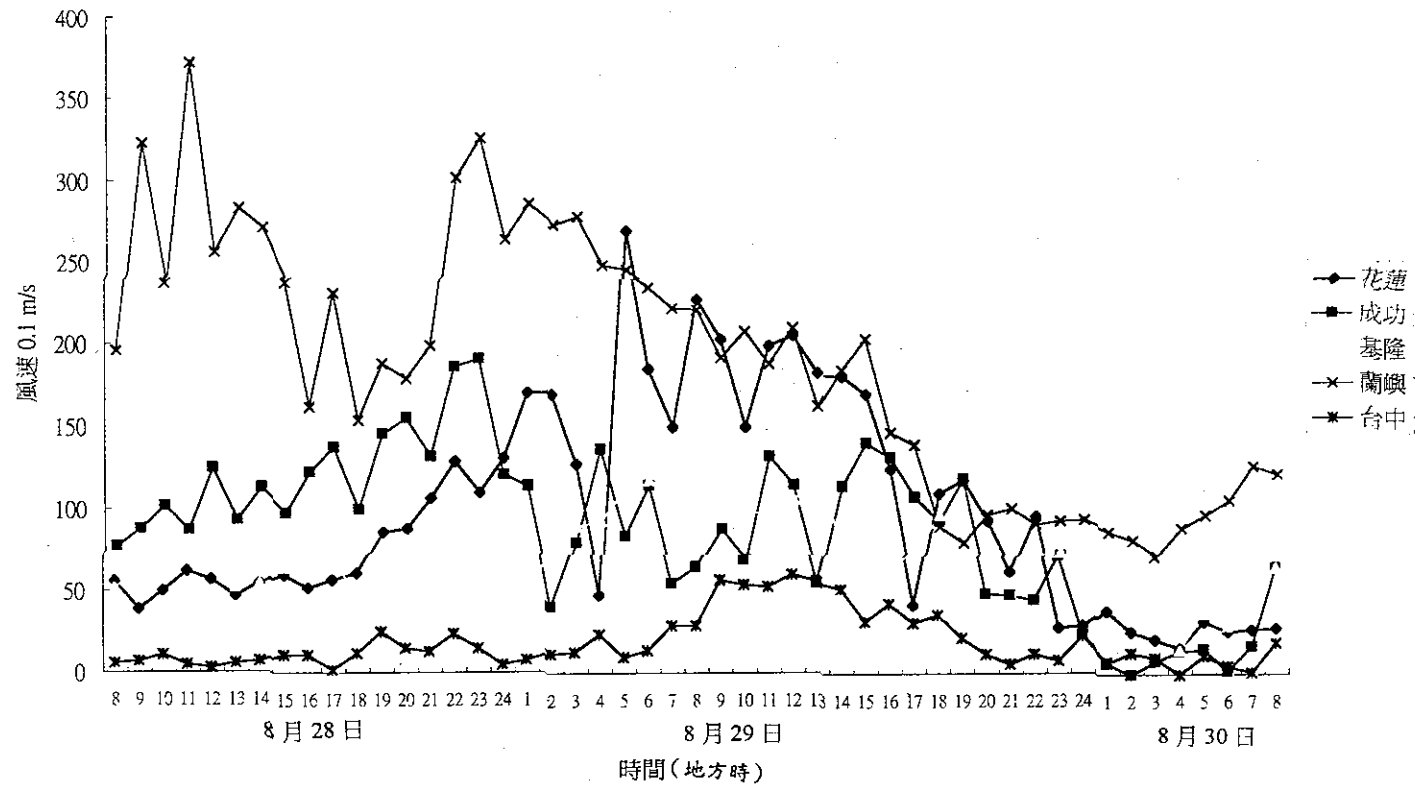


圖 14. 花蓮(46699)、成功(46761)、基隆(46694)、蘭嶼(46762)及台中(46749)在氣象站  
安珀颱風侵臺期間之逐時平均風速變化圖。

Fig. 14. Wind speeds at Hualien、Chengung、Keelung、Lanyu and Taichung stations of CWB  
during typhoon Amber's attacking the Taiwan area.



表 5. 民國 86 年 8 月 28 日至 29 日，受安珀颱風影響期間，中央氣象局所屬各氣象站日雨量。  
Talbe 5. Daily rainfall records of CWB's stations during typhoon Amber's invasion.

站 名	8 月 2 8 日	8 月 2 9 日	2 8 日至 2 9 日
彭佳嶼	—	59	59
基 隆	2	217	219
宜 蘭	25	191	216
蘇 澳	23	215	238
鞍 部	16	114	140
陽明山	15	117	132
淡 水	10	73	83
台 北	1	94	95
新 竹	—	57	57
台 中	0.7	63	63.7
梧 棲	—	83	83
日月潭	3	79	82
玉 山	68	98	166
阿 里 山	27	224	251
嘉義	T	50	50
台 南	1	22	23
高 雄	2	39	41
花 蓮	84	243	327
成 功	228	65	293
台 東	180	27	107
大 武	31	33	64
恆 春	33	22	55
蘭 嶼	91	9	100
澎 湖	—	14	14
東 吉 島	—	14	14

的彭佳嶼，瞬間風速為46.0m/s(風向為南風)，而靠颱風中心南邊的成功，則出現在8月28日22：11(地方時)的43.6m/s(風向為北風)，其他各氣象站則介於161.1m/s~39.0m/s。有關各地氣象站出現之最大陣風對應級數可參考表4。

至於各氣象站平均最大風速之比較，由表3中可知仍以發生於蘭嶼站在8月28日9：12(地方時)所測得的40.2m/s最大，其次為花蓮站在8月29日3：28(地方時)所測得的38.3m/s居次，再次為彭佳嶼站在8月29日4：35(地方時)所測得的30.4m/s。至於其他各氣象站出現之平均風速對應級數可參考表4。

另本文再選擇花蓮、成功、基隆、蘭嶼及台中等5個氣象站之十分鐘平均風速對應逐時(地方時)變化(8月28日8時至30日8時)剖面圖(圖14)以供

參考。由圖中顯示除蘭嶼站有二個波峰外，其餘氣象站均只有一個波峰，花蓮站出現在颱風登陸後的5：00(地方時)，其十分鐘平均風速為27.1m/s，風向為東風。至於背風面的臺灣中南部，一般風速均不大，平地僅有7-8級最大陣風，山區的山則高達14級。此外，根據8月28日下午3-5時台中、梧棲及日月潭的觀測報告，有局部焚風現象出現，氣溫分別達35.1℃、35.6℃及31.4℃，而台東地區因為在迎風面，故此次反而無焚風發生。

### (三)雨量(表3)：

從8月27日20時40分(地方時)陸上警報發布後，至8月29日至23時40分颱風警報解除止，各氣象站累積雨量(表3)，主要以北部、東北部及東部地區之降雨量最多(圖15a)，尤其山區更高於平地的2-5倍，例如從28日00時至29日4時(地方時)山區

累積較大雨量的地點為東北部山區的太平山861mm、北部山區的烏來575mm、巴陵417mm、天祥827mm、中部山區的翠巒327mm、阿里山251mm、玉山166mm、南部山區的瀨頭171mm。

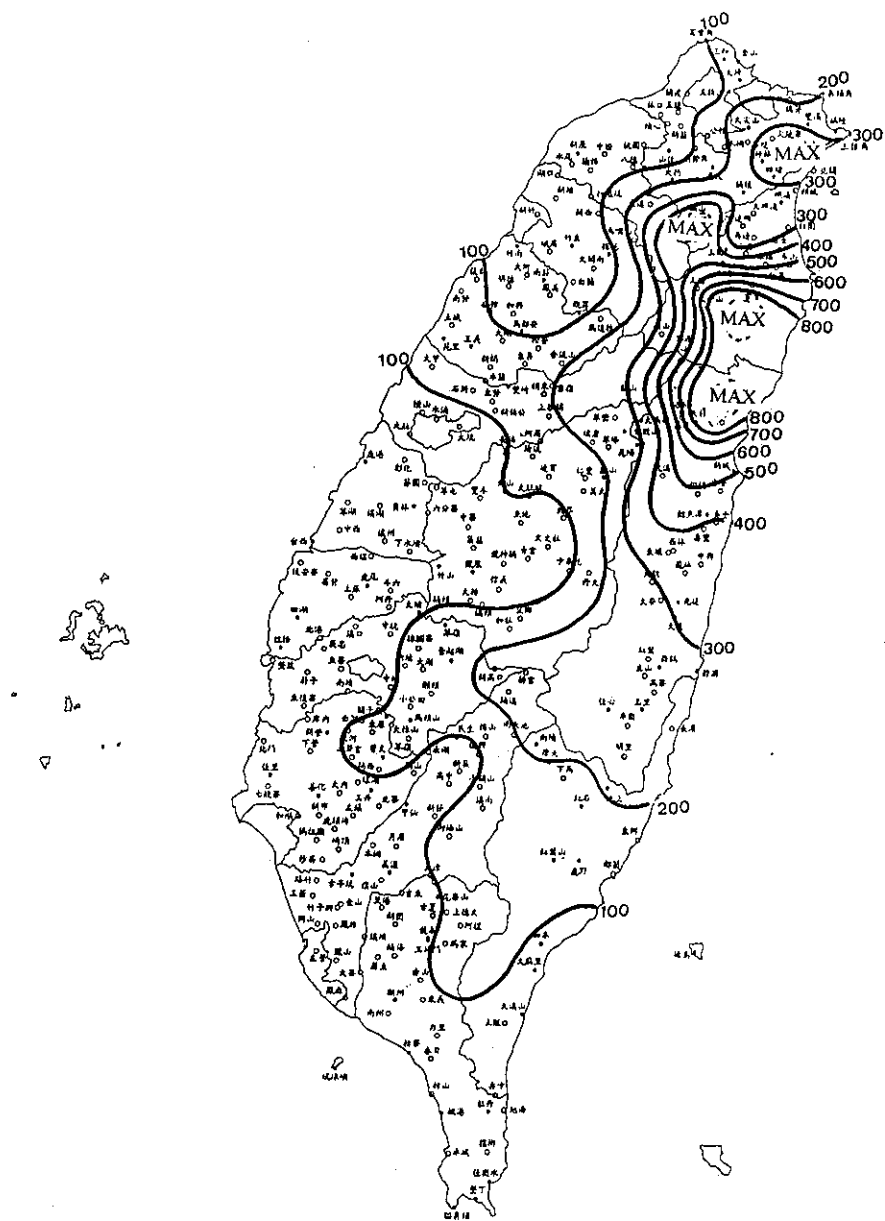
至於8月28日及29日之累積雨量如表5所示。由表5中顯示，最大雨量出現在安珀颱風中心登陸點的花蓮，高達327公厘，成功次之，達293公厘，蘇澳的238公厘排名第三，基隆的219公厘排名第四，其他地區介於14~216公厘間，由此顯示雨量分布範圍如此廣闊與颱風中心由花蓮登陸越過中央山脈有關。此外，本文另選取花蓮、成功、基隆、蘭嶼及台中等5個氣象站的逐時(地方時)雨量分析(圖15b)，以供參考。由圖15b中顯示這些氣象站之時雨

量並不均勻，而呈現有不同的高峰與谷底降雨型式，例如花蓮站從8月28日8時至30日8時，即有三個高峰期，三個次高峰期，最大時雨量出現在8月29日22時30分(地方時)，達39.5公厘，使其總雨量高達326.5公厘，三日雨量比8月月平均雨量高36.25%。而位於其南方的成功站僅有一個特高峰期，其出現的時間在8月28日21時20分(地方時)，為55.0公厘。

由安珀颱風之降雨量分布看，迎風面的北部、東北部及東部因獲得較多水汽供應，所以降雨量較背風面的中部及南部多很多(註：此時西南氣流尚來不及反應，參考圖16)。加上安珀颱風在颱風停留時間很短，即她在離開臺灣陸地後，便迅速往西

表 6. 民國 86 年 8 月 28 日花蓮浮標站風速波浪日報表  
Table 6. Hualien's wind and wave records of August 28, 1997.

日 期	中 華 民 國 86 年 08 月 28 日			測 站	花 蓮 資 料 浮 標	天 氣	
時 間 (地方時)	陣 風 (公尺/秒)	平均風速 (公尺/秒)	平均風向 (度)	示性波高 (公分)	示性週期 (秒)	備 註	
86082800	3.6	2.4	缺	198	7.7		
86082802	8.8	6.2	缺	274	8.5		
86082806	8.6	3.4	缺	613	8.5		
86082806	7.8	5.7	缺	309	8.7		
86082808	9.5	6.9	缺	273	8.0		
86082810	9.5	6.5	缺	346	8.2		
86082812	9.2	6.4	缺	368	8.6		
86082814	13.4	9.4	缺	485	9.8		
86082816	13.1	9.2	缺	542	9.8		
86082818	12.1	8.4	缺	649	10.1		
86082820	0.0	0.0	缺	0	0.0		
86082822	0.0	0.0	缺	0	0.0		
日 最 大 值	13.4	9.4	缺	649	10.1		
發 生 時 間	14	14	缺	18	18		



1997.08.21 修正

圖 15a. 安珀颱風侵臺期間，臺灣全區累積雨量分布圖。

Fig. 15a. The distribution of accumulated rainfall in Taiwan areas during typhoon Amber's attack.

8月28日8時-30日8時逐時雨量圖

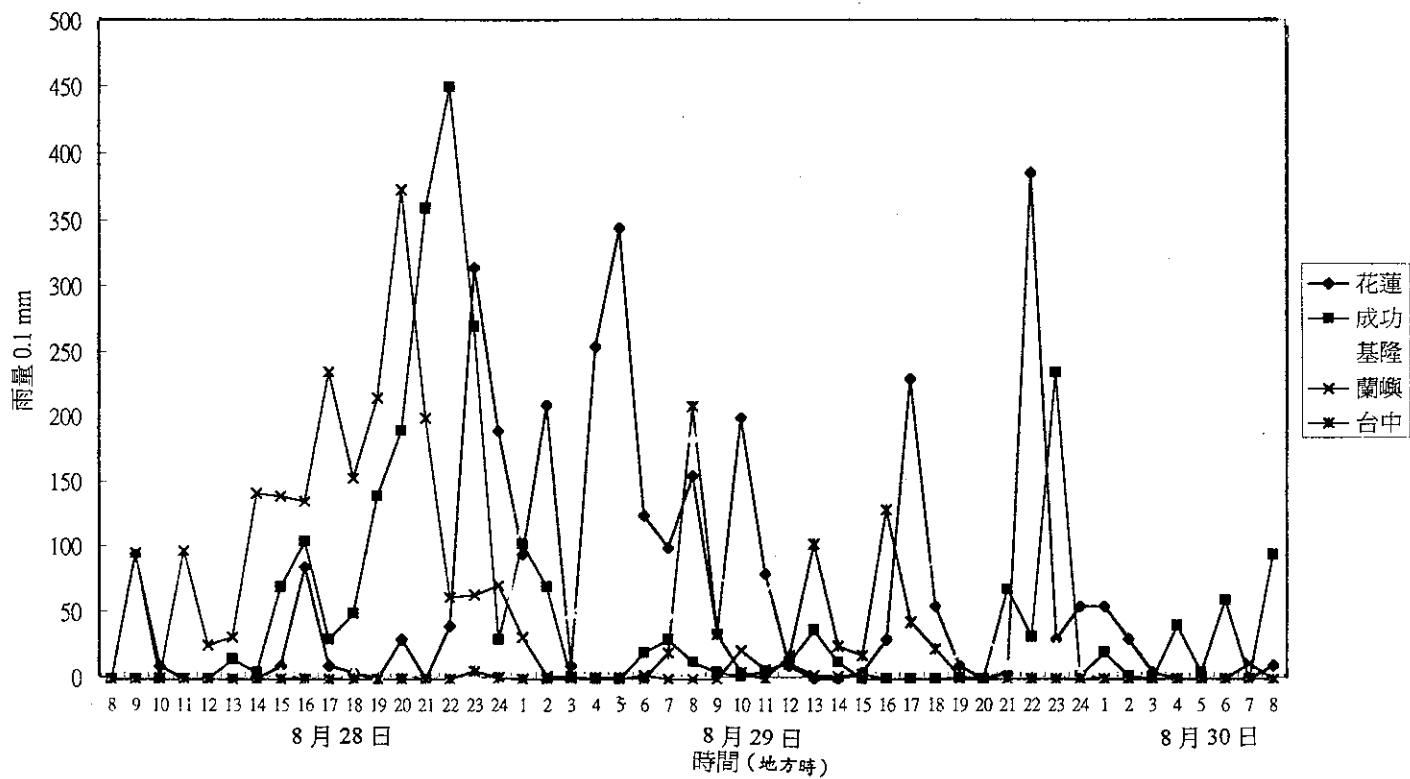


圖 15b. 1997年8月28日8時~30日8時花蓮、成功、基隆、蘭嶼及台中氣象站之逐時雨量分布圖。

Fig. 15b. The distribution of hourly rainfall from 00LST 28 to 00LST 30 of August, 1997 for the Hualien, Chengkung, Keelung, Lanyu and Taichung stations of CWB.

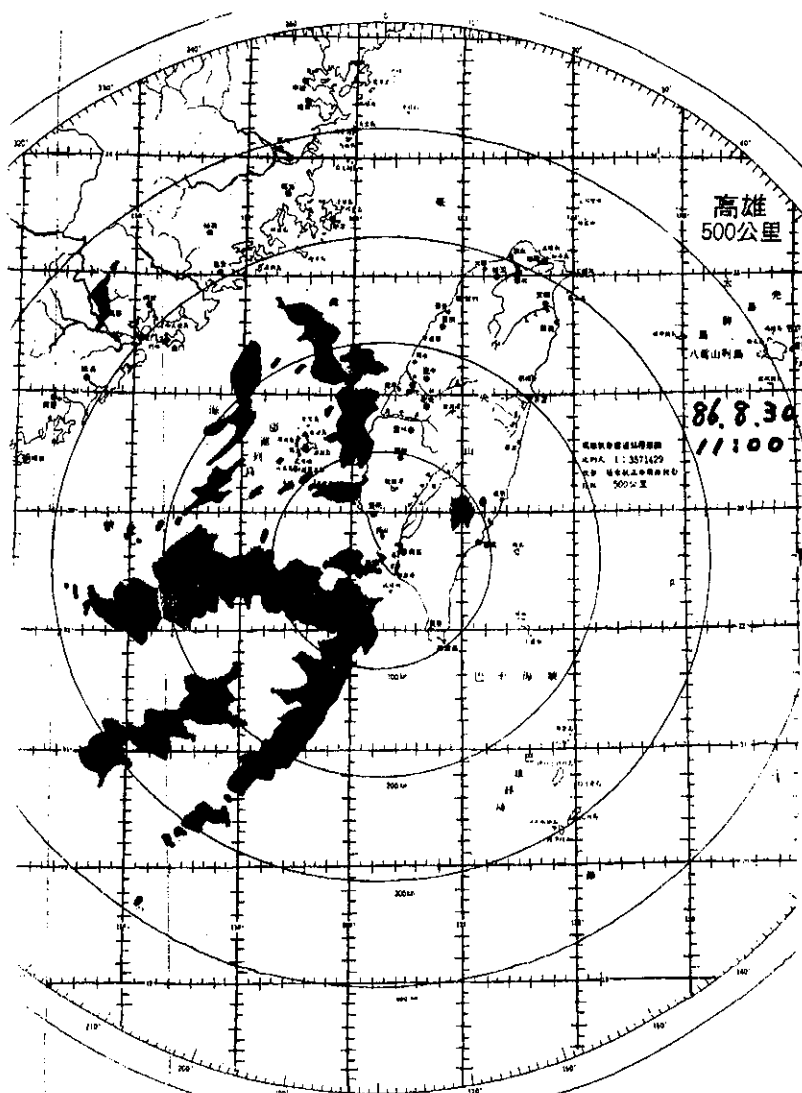


圖 16. 1997年8月30日11時(0300UTC)安珀颱風登陸中國大陸後，高雄雷達站測得之降水回波圖，圖中顯示中南部降水回波不很強。

Fig. 16. Kaohsiung radar precipitation echoes at 30030UTC of August of 1997.

北衝向中國大陸。

#### (四)波浪(表6)：

受到安珀颱風之侵襲，臺灣附近各海面風浪也隨著颱風的接近而逐漸增強，而於8月29日登陸時達到高峰。

就花蓮浮標站紀錄來看，其示性波高(即1/3波高)如下：8月25日最大值1.02公尺、8月26日最大值1.84公尺、8月27日缺、8月28日最大值6.49公尺、8月29日缺，由此項波浪觀測紀錄(表6)顯示安珀颱風所帶來之強風巨浪與平常比較仍然相當威猛。

### 五、安珀颱風路徑預報誤差校驗

颱風路徑之變化受周遭環境場的影響甚大，所以預報員對其路徑之遷移(Transportation and movement)必須謹慎處理，檢視各種可能對其之影響，進而做出最正確的路徑預報。而本次安珀颱風在侵臺的過程中，因未受其他颱風之干擾(因為北太平洋西部僅有她一個颱風存在)，加上她的強度與移向穩定，故中央氣象局對其路徑之掌握是參考了各種主觀與客觀的預報資料，再參酌當時的氣象條件予以訂定或預測未來24及48小時中心位置。

基本上，此次被列為安珀颱風路徑預報的參考報告分為主觀(官方)預報：(1)中央氣象局(CWB)、(2)日本(RJTD)、(3)香港(VHHH)、(4)關島(PGTW)、(5)中國大陸廣州(BCGZ)及(6)菲律賓(RPMM)。客觀(統計或動力模式)預報：(1)CLIP or CLIPER(氣候與持續法)、(2)TFS(中央氣象局颱風模式)、(3)EBM(相當正壓模式)、(4)HURA or HURRAN(類比法)、(5)美國海軍GFDN(動力模式)、(6)美國海軍NGPS(全球模式)及(7)日本JTYM(颱風模式)(圖17)。

以上這些主觀與客觀預報的24小時及48小時路徑預報誤差，經選取前列十種作電腦校驗，其結果列於表7a(24hr)及表7b(48hr)。

由表7a中可知，24小時的路徑預報誤差以關島的最小，為81公里(29個個案)，中央氣象局的92公里次之(29個個案)，日本的107公里排名第三(29個個案)，其餘主觀(官方)預報介於120~144公里。而客觀的統計或動力模式預報則誤差過度偏高，例如

HURRAN模式誤差竟高達346公里(29個個案)，EBM模式為116公里(15個個案)，中央氣象局的TFS為196公里(15個個案)。

另由表7b可知，48小時的路徑預報誤差與24小時相似，即關島最小，為146公里(25個個案)，中央氣象局的183公里次之(25個個案)，日本的187公里排名第三(25個個案)。其他主、客觀路徑預報誤差均偏大，HURRAN竟高達522公里(25個個案)，令人質疑其應用價值。中央氣象局的TFS為333公里(13個個案)。

### 六、災情

此次中度颱風安珀以快速的步伐朝本省撲來，其中心並直接在花蓮南方的秀姑巒溪口附近登陸，再越過中央山脈由台中北方出海，於30日8時在中國大陸變成熱帶性低氣壓而衰亡。安珀颱風挾帶的15級強風及在花蓮出現327公厘雨量，可說威力驚人。由於安珀颱風的暴風範圍涵蓋全臺灣地區及金、馬、澎湖外島，民眾如不在事前加以防範(29日全省停止上班、上課一天)災情勢必加重，幸全國上下防災得宜，加上安珀颱風未在本省停留，迅速遠離，故除農業受重創外，其他民眾生命財產損失比前一個溫妮(Winnie)颱風減少許多。

茲依據內政部消防署及臺灣省政府農林廳發布的災情統計臚列如下：

(一)民眾傷亡情形：失蹤1人，重傷1人，輕傷36人(其中台北市占26人)。

(二)房屋損失情形：半倒26間(其中花蓮縣占15間)。

(三)農業總損失：新臺幣14億6千50萬元，包括

(1)農田損失：4千零45萬元。

(2)農作物損失：10億9千3百58萬元。

(3)畜禽損失：1千7百56萬元。

(4)漁業損失：1億2百81萬元。

(5)林業損失：1億6千5百92萬元。

(6)水土保持工程損失：4千零18萬元。

(四)其他紀錄：

(1)鐵公路及航空部分中斷。

(2)公路多處坍方。

(3)停電：94萬戶，電力損失嚴重。

(4)有線電視停視：超過10,000戶。

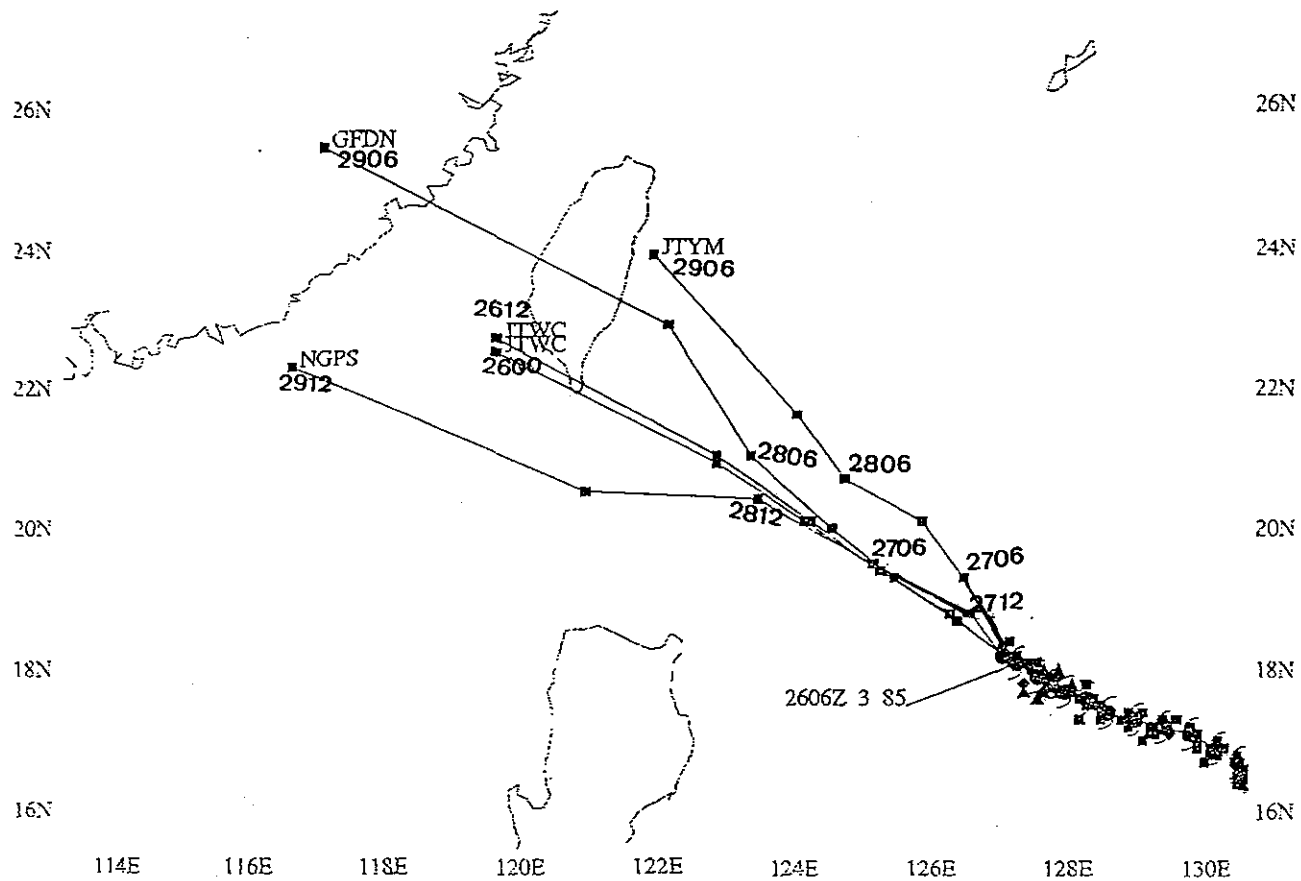


圖 17. GFDN、JTYM及NGPS各72小時安珀颱風路徑預報參考圖。

Fig. 17. 72-hour typhoon track forecasts of GFDN、JTYM and NGPS for typhoon Amber.

表 7a. 安珀颱風各種主觀預測、模式及氣候統計法之 24 小時颱風路徑預報平均誤差檢驗分析比較表。

Table 7a. Error of selective track-forecast techniques for typhoon Amber.

24-HOUR MEAN FORECAST ERROR (KM)

	CLIP		CWB		TFS		EBM		HURA		PGTW		RJTD		BCGZ		VHHH		RPMH	
CLIP	28	198																		
	181	72																		
CWB	28	198	29	92																
	88	-109	92	0																
TFS	14	109	15	94	15	196														
	181	72	196	101	196	0														
EBM	14	109	15	94	15	196	15	116												
	101	-7	116	22	116	-79	116	0												
HURA	28	198	29	92	15	196	15	116	29	346										
	200	1	346	253	411	214	411	294	346	0										
PGTW	28	198	29	92	15	196	15	116	29	346	29	81								
	79	-118	81	-11	77	-118	77	-38	81	-264	81	0								
RJTD	28	198	29	92	15	196	15	116	29	346	29	81	29	107						
	111	-87	107	14	111	-85	111	-5	107	-238	107	25	107	0						
BCGZ	5	127	5	116	2	237	2	177	5	107	5	87	5	179	5	144				
	144	16	144	27	181	-55	181	3	144	37	144	57	144	-35	144	0				
VHHH	3	150	3	129	2	237	2	177	3	151	3	125	3	190	2	181	3	140		
	140	-9	140	11	138	-98	138	-38	140	-11	140	14	140	-50	138	-42	140	0		
RPMH	2	57	2	46	2	116	2	64	2	51	2	62	2	50	0	0	0	0	2	120
	120	62	120	74	120	3	120	55	120	68	120	57	120	70	0	0	0	0	120	0

NUMBER OF CASES	X-AXIS TECHNIQUE ERROR
Y-AXIS TECHNIQUE ERROR	ERROR DIFFERENCE Y-X

表 7b. 安珀颱風各種主觀預測、模式及氣候統計法之 24 小時颱風路徑預報平均誤差檢驗分析比較表。

Table 7b. Error of selective track-forecast techniques for typhoon Amber.

48-HOUR MEAN FORECAST ERROR (KM)

	CLIP		CWB		TFS		EBM		HURA		PGTW		RJTD		BCGZ		VHHH	
CLIP	24	357																
	183	-174																
CWB	24	357	25	183														
	183	-174	183	0														
TFS	12	251	13	187	13	333												
	301	50	333	146	333	0												
EBM	12	251	13	187	13	333	13	237										
	225	-25	237	50	237	-96	237	0										
HURA	24	357	25	183	13	333	13	237	25	522								
	351	-5	522	338	596	262	596	359	522	0								
PGTW	24	357	25	183	13	333	13	237	25	522	25	146						
	144	-212	146	-37	138	-194	138	-98	146	-375	146	0						
RJTD	24	357	25	183	13	333	13	237	25	522	25	146	25	187				
	192	-164	187	3	190	-142	190	-46	187	-335	187	40	187	0				
BCGZ	1	146	1	300	0	0	0	0	1	233	1	157	1	275	1	335		
	335	188	335	35	0	0	0	0	335	101	335	177	335	59	335	0		
VHHH	1	320	1	214	0	0	0	0	1	288	1	288	1	312	0	0	1	333
	333	12	333	118	0	0	0	0	333	44	333	44	333	20	0	0	333	0



(5)全省菜價飆漲。

(6)花蓮縣80%路樹倒伏。

此外，全省重要水庫如石門、曾文、德基及石岡等因降雨過多而一致作了調節性的洩洪。

## 七、結 論

由以上之分析及探討，可歸結如下數點結論：

(一)安珀颱風為民國86年侵臺颱風中唯一從花蓮秀姑巒溪口登陸，進而越過中央山脈及由台中出海，並在臺灣地區造成重大災害損失的颱風。

(二)就安珀颱風之發展，強度變化及移動方向研判，因受制於東北方的太平洋高氣壓影響，故一直呈穩定西北走(移)向移動，而速度則由慢而快，強度則受地形(環流容易受破壞)影響，最高僅達中度颱風程度。

(三)安珀颱風侵臺過程中，出現最低的海平面氣壓值，在花蓮出現(957.9hPa)，最大風速亦在花蓮出現，瞬間最大風速高達49.4m/s。比較上，較強風分布在北部、東北部及東部，中南部一般風力均不大。雨量分布亦集中在北部、東北部及東部，尤其部分山區(烏來、太平山、天祥等)之累積雨量高達500公厘以上。而在颱風中心未登陸前之8月28日，花蓮浪高已達6.49公尺。

(四)颱風路徑預報誤差校驗結果，24小時路徑預報誤差以關島(PGTW)、中央氣象局(CWB)及日本(RJTD)最小，分別為81、82及107公里。48小時

路徑預報誤差與24小時路徑預報誤差類似，各達146、183、187公里。其他以統計或動力模式預報路徑之效果均不佳。

(五)災害損失總計失蹤1人，輕重傷37人，農業總損失新臺幣14億6千萬元。

## 誌 謝

本文之完成，謝謝中央氣象局各單位及花蓮氣象站提供之觀測資料，以及劉文俊技正、楊慧玉技正與王碧霞技佐等幫忙謄稿與繪製部分圖表，謹此誌謝。

## 參考文獻

- Carr III, L. E., M. A. Boothe, and R. L. Elsberry, 1997: Observation evidence for alternate modes of track-altering binary tropical cyclone scenarios, *Mon. Wea. Rev.*, 125, 2094-2111.
- Dvorak, V. F., 1975: Tropical cyclone intensity analysis and forecasting from satellite imagery. *Mon. Wea. Rev.*, 103, 420~430.
- Riehl, H., 1969: *Tropical Meteorology*, 大學出版社，392p.p.。
- 王時鼎，1992：侵臺颱風路徑、強度、結構及風雨整合研究。國科會防災科技研究報告80-73號，285頁。
- 中央氣象局，1997：颱風百問，74p.p.。

## REPORT ON TYPHOON AMBER OF 1997

Henry Fu-Cheng Liu

Weather Forecast Center, Central Weather Bureau

### ABSTRACT

This article mainly deals with typhoon Amber about its origination, evolution, track, and distribution of rainfall and variations of central pressures. Discussions on its verifications of various subjective and objective tracking forecasts are also included.

Amber originated over the ocean northeast to the islands of the Philippines and then moved northwestwardly toward Taiwan. Its center landed around the outlet of the Show-Gu-Lucan Brook and later on moved away to the sea from the Taichung area. After passing through the Taiwan Strait, it made a second landfall on Mainland China, and finally dissipated as a tropical depression over land.

The observations show that there was a heavy rainfall over the northern, northeastern and eastern parts of Taiwan during Amber's passage. Owing to the effects of the rainbands within the northeast quadrant of Amber and the topography of Taiwan, a maximum accumulated rainfall of 861mm was observed during Amber's invasion. In addition, a peak gust of 49.4m/s and a minimum pressure of 957.9 hPa were observed at the Hualien station. With vigorous rainbands and strong gust winds, Amber had the potential to make more severe damage than it did to the Taiwan area.

To all subjective track-forecasts for Amber done by the Central Weather Bureau (CWB), the averaged 24hr track forecast error is 92 km and the averaged 48hr track forecast error is 183 km. Comparably, among all official track forecasts is lower than PGTW.

Key words: typhoon 、 pressure 、 distribution of rainfall 、 landfall 、 track forecast

Volume 42 Number 3

September 1998

# Meteorological Bulletin

(Quarterly)



## CONTENTS

### Articles

- One Dimensional Variational Retrieval Scheme on TOVS Data  
and Its Associate Problem Study ..... Chien-Ben Chou (201)
- A Simulation Study of The Estimation on Taiwan's  
Evapotranspirations ..... Jen-yu Liang, Shu Geng,  
Michael Ransom and (212)  
Chris Reberg-Horton
- A Preliminary Study of Characteristics of Typhoon Surges in  
Taiwan for The Years 1994-1997 ..... Yueh-Jiuan G.Hsu, Shu-Fen Tseng,  
Jih-Yih Chen and Heng-Shuing Tsai (230)

### Reports

- Typhoon Report : Typhoon Winnie of 1997 ..... Der-Song Chen and  
Kang-Ning Huang (248)
- Report on Typhoon Amber of 1997 ..... Henry Fu-Cheng Liu (270)



**CENTRAL WEATHER BUREAU**  
64 Kung-Yuan Road, Taipei, Taiwan  
Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版台誌字 第〇九七六號  
中華郵政臺字第一八九三號登記為第一類新聞紙類

統 一 編 號  
〇〇九〇八八七〇〇一七

ISSN 0255-5778

# 氣象學報

季刊

第四十二卷 第四期

目次

## 研究論文

地球同步氣象衛星雲導風場之推演與應用(一)：

推演部分 .....	陳嘉榮 謝信良	顏泰崇 (313)
以區域強震網從事地震速報之研究一 花蓮子網 .....	吳逸民 陳承俊 蔡義本	鍾仁光 辛在勤 (331)
1998 年嘉義瑞里地震之初步探討 .....	吳逸民 辛在勤	張建興 (343)

## 報 告

民國八十七年颱風調查報告一強烈颱風瑞伯 (9810) .....	劉復誠 (356)
----------------------------------	-----------

出版者  
發行所  
社址  
編輯委員會  
主任委員

中央氣象局氣象學報社  
謝信良  
鄭明典  
王乾  
李汴  
李清賢  
李民松  
林文台  
柯玉  
陳黃

臺北市公園路六十四號  
電話：(02)23491091

陳張莊劉葉葉鄭韓  
泰隆文廣永義明素  
然男思英田雄典蘭  
(按姓氏筆劃排列)

幹事

# 地球同步氣象衛星雲導風場之推演與應用(一)：推演部分

陳嘉榮 顏泰崇 謝信良  
中央氣象局氣象衛星中心 中央氣象局

## 摘要

本文之主要目的在於介紹現行利用地球同步氣象衛星觀測數據資料以推演（計算）雲導風場的方法，並簡介中央氣象局引進衛星雲導風場技術的進展及對該技術所做的若干修改。欲進行雲導風場的推演，首先必須解決衛星觀測所伴隨的導航誤差問題。接下來則是在雲圖數據資料中選取適合的目標區，以供在時間上連續的衛星雲圖數據資料中對目標區做追蹤工作，以求得該目標區的位移向量（亦即雲導風向量）。對  $15 \times 15$  像元的目標區（或稱追蹤物）的選取方式恰當與否，決定了是否能成功地計算出雲導風場。潛在目標區內(1)局部地區的像元之亮度溫度梯度需大於某些經驗值；(2) 225 像元的亮度溫度之平均值與標準差需分別大於與小於某些經驗值才能確定成為目標區。中央氣象局與氣象衛星聯合研究中心研究人員刻正利用一局部對比法來擇定目標區。利用目標區內之諸  $3 \times 3$  像元的方形區域內之平均亮度溫度與亮度溫度標準差作二維簇群分析，以過濾一些難以確定其所在高度的目標區。然後，即可藉助數值預報的風場資料，進行對一下個時間之雲圖影像內找出與前一時間相同（近似）的目標區，來求得該目標區在兩個連續雲圖時間內的位移向量（或稱初步雲導風）。初步雲導風向量所在高度之指定則是另一挑戰性的工作，雲高指定如出現過大誤差，雲導風向量的實用性便顯著降低，甚至會成為負面的訊息。例如，垂直風切的存在與否可顯著影響颱風的發展、強度維持及行進方向。現有三種雲高指定方法：(1)最早期的紅外線窗區頻道法，中央氣象局與氣象衛星聯合研究中心研究人員目前正嘗試修正本法，配合輻射傳輸方程與數值預報場之溫溼度剖面，期望能得出更準確的高度指定；(2)二氧化碳切割法及(3)最新的水汽截取法。水汽截取法對半透明的卷雲之雲高指定最為準確。為保證雲導風向量場之實用性（風速及風向的準確性及高度的可靠度等），必須對初步雲導風向量作品質管制。為同時使垂直與水平方向的初步雲導風向量有較佳之動力與熱力的一致性，必須參考數值預報模式的風場、溫度場及高度場資料，解（或最小化）一懲罰函數以調整初步導風向量之風向、風速，並對雲導風向量所在之高度重新指定。最後，調整雲導風向量偏慢傾向之系統性誤差，而成為最終之雲導風產品。

關鍵辭：雲導風、導航誤差、目標區（追蹤物）、高度指定、品質管制。

## 一、前言

從 1970 年代起美國國家環境及衛星資訊局（National Environmental Data and Information Service，簡 NESDIS）即利用自動化或手動方式以產生雲導風（Cloud Motion

Winds, Young 1975; Green et al. 1975）。早期的技術可產生高品質的低層（依據可見光頻道）雲導風場，但同法所產生之中高層（紅外線頻道）雲導風場則常出現風向、風速或高度的不一致性（相鄰之雲導風場的風向或風速存在不連續性等）。雲導風所在高度（即雲頂

高)之指定則是一個相當困擾的問題。半透明的卷雲之雲高指定即為最明顯的難題，由於來自地表或低層大氣之較暖的輻射會穿透高層之卷雲而傳播至外太空(衛星)，此使利用衛星觀測所估計之卷雲高度會比卷雲實際所在高度低許多。為此操作員即常須依其主觀經驗來判斷被追蹤之雲層的高度。在1992年，NESDIS正式使用由氣象衛星聯合研究中心(Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies, 簡稱CIMSS)所發展之新版全自動化雲導風場技術，其中完全不需要任何人為力量的介入。該技術在三張時間上連續之雲圖(間隔半小時)的首張雲圖中自動選取適合的目標區，然後指定其高度。對後續的雲圖影像之追蹤則利用圖形配對(pattern matching)法來自動完成(Merrill et al. 1991)。比較目標區在前後時間之雲圖內的相對位置，即可計算出初步雲導風向量。最後則利用一自動化品質管制方法(或稱自動編輯器, auto-editor)，對照數值模式之風場、溫度場及高度場，將初步雲導風向量加以篩選及調整以求得較為可靠的雲導風向量。自1992年起NESDIS與CIMSS開始採用此更新之雲導風推演法，引進新式目標區之過濾法；啓用水汽截取法以配合二氧化碳切割法以更準確地推估半透明追蹤物之高度；應用更高速之計算機來做更細緻的圖形配對法及較複雜的品質運算，以獲致高密度與高品質的雲導風場(圖6.2a及6.2b)。中央氣象局正在進行引進衛星雲導風場的各項相關技術，期望能在兩年內完成此項技術之引進及發展，期能供氣象預報人員研判資料缺乏地區(如洋面)之天氣系統演化過程及作為增強數值天氣預報模式初始化能力以提昇其預報準確率之重要依據(Goerss et al., 1998)。本文主要目的及內容有二，第一部分為簡介與綜合討論衛星雲導風場之推演原理及實務上中央氣象局與CIMSS研究人員在進行技術引進與對若干推演步驟之修改(以更有效率地計算出高品質雲導風場)所面臨之問題；第二部分則為探討技術引進、提昇的成果及雲導風場在中

央氣象局數值天氣預報系統方面之應用績效。後者則留待下一篇文章再作討論。

## 二、衛星雲圖影像導航誤差之校正

雲導風向量的誤差來源起始於所使用之諸連續雲圖影像間的衛星觀測導航誤差(navigation error)。在開始估計雲導風向量之前，地上物特徵(諸如海岸線等)在諸連續雲圖影像間的相對位置必須在可容許的範圍內保持靜止，才有可能獲致較為穩定及可靠的初步雲導風場。圖2.1a與b即分別為導航誤差修正前與後之日本GMS-5號同步衛星之可見光雲圖影像。當間隔30分鐘的雲圖影像彼此之間在南北向有2.25公里或東西向有3.1公里的導航誤差時，即可造成初步雲導風向量的差異達到2.0米/秒以上(Menzel and Purdom 1994)。目前中央氣象局所接收之日本GMS-5號同步衛星雲圖數據影像在例行性的作業上已幾乎完全解決導航誤差的問題。

## 三、目標區之選取(target selection)

當導航誤差的問題解決之後即可進行選取目標區的工作供計算雲導風之用。目前本局正嘗試兩種目標區的選定方法，第一種為仿照NESDIS的方法，在雲圖數據影像資料中依序選取 $15 \times 15$ 像元(pixel)的方形區域作為潛在(potential)目標區，如圖3.1a所示。對日本GMS-5氣象衛星而言，兩個紅外線頻道之波長分別為10.5-11.5微米與11.5-12.5微米，其單位像元大小為5公里 $\times$ 5公里；水汽頻道之波長為6.7微米，其單位像元大小亦為5公里 $\times$ 5公里；可見光頻道之單位像元大小則為1.25公里 $\times$ 1.25公里。當滿足後述三特定條件，該一 $15 \times 15$ 像元範圍區域即可確定成為目標區而能有較大的機會在後續(30分鐘後)的雲圖數據影像資料中追蹤到該目標區，以計算出該目標區的位移向量(亦即雲導風場)。潛在目標區確定成為目標區的條件為：(1)潛在目標區範圍內存在許多相對的局部亮度溫度最大值，圍繞在亮度溫度最大值之像元四周的亮

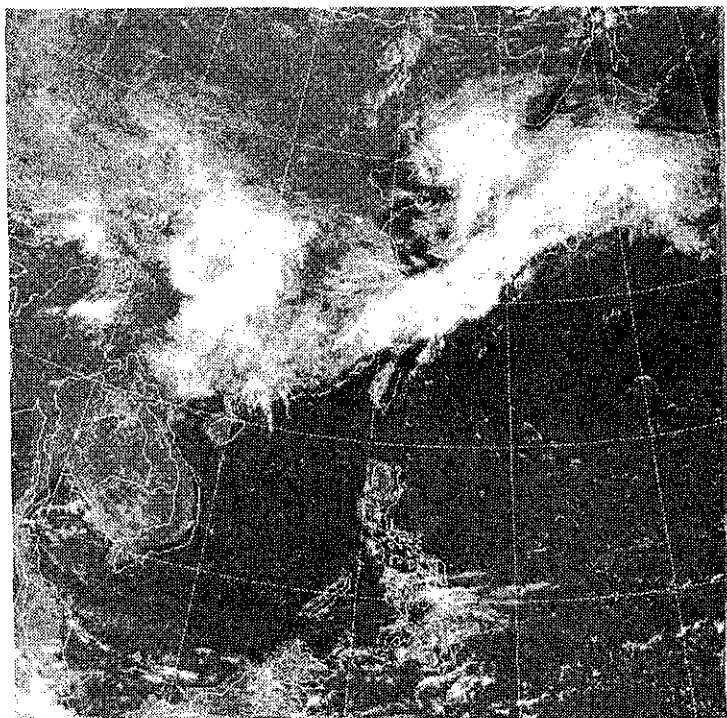


圖 2.1a 未經過導航誤差訂正之日本 GMS-5 號衛星可見光雲圖

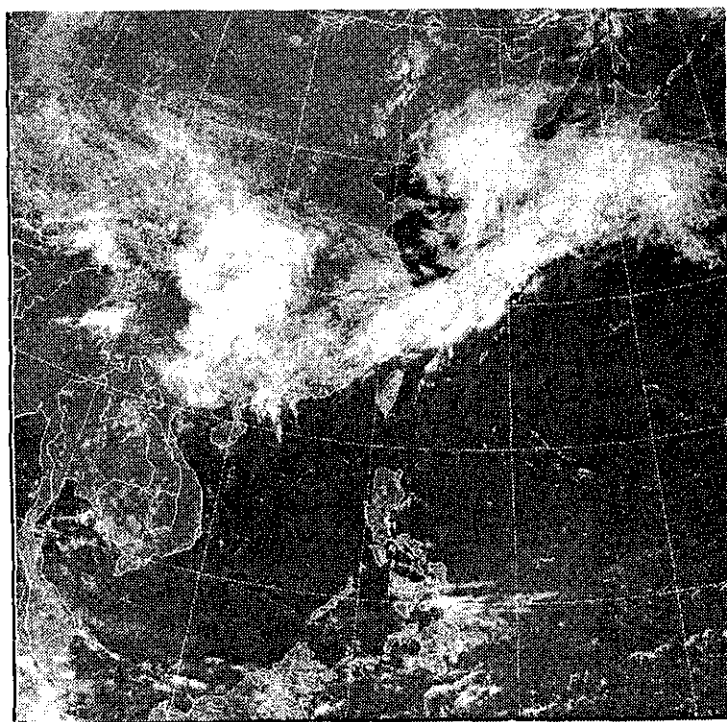


圖 2.1b 已經過導航誤差訂正之日本 GMS-5 號衛星可見光雲圖

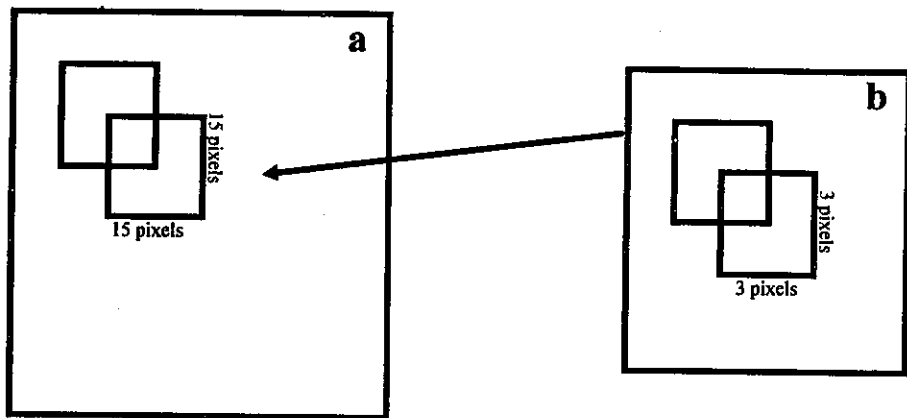


圖 3.1(a) 衛星雲圖內之諸  $15 \times 15$  像元的潛在目標區 ( potential target areas ) ,  
(b) 目標區中之衆  $3 \times 3$  像元區域之亮度溫度平均值與標準偏差 ( standard deviation ) 可供  
二維族群分析 ( two-dimensional cluster analysis ) 之用，以過濾一些難以處理的目標區  
，詳見內文。



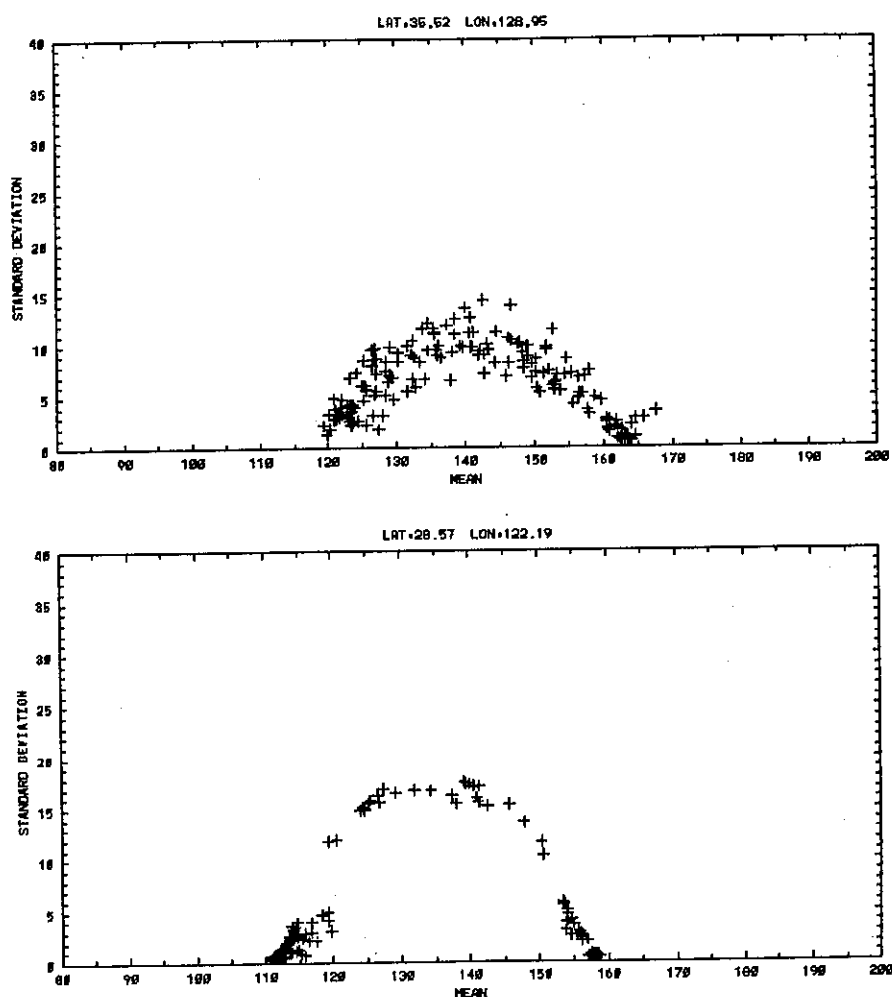


圖 3.2 目標區內眾追蹤物亮度溫度之平均值（橫軸）與標準偏差值（縱軸）之散佈圖。上圖顯示某一目標區內之雲系含兩個以上不同雲頂高度，下圖顯示另一目標區內僅存在單一雲頂高度之雲系。僅存單一雲頂高度之目標區內的雲區向外太空外逸平均值較低（因雲頂溫度較低）且標準偏差值（standard deviation）較低之輻射圖（雲頂高度單一使其對外太空散發之輻射量較均勻）如下圖之左腳（foot）所示；僅存單一雲頂高度之目標區內的晴空區向外太空外逸平均值較高（因地面溫度較高）且標準偏差值較低之輻射量，如下圖之右腳所示。反之，當目標區內存在兩個以上雲頂高度之雲系時則其輻射量之平均值呈現相對均勻的形式，如上圖所示。

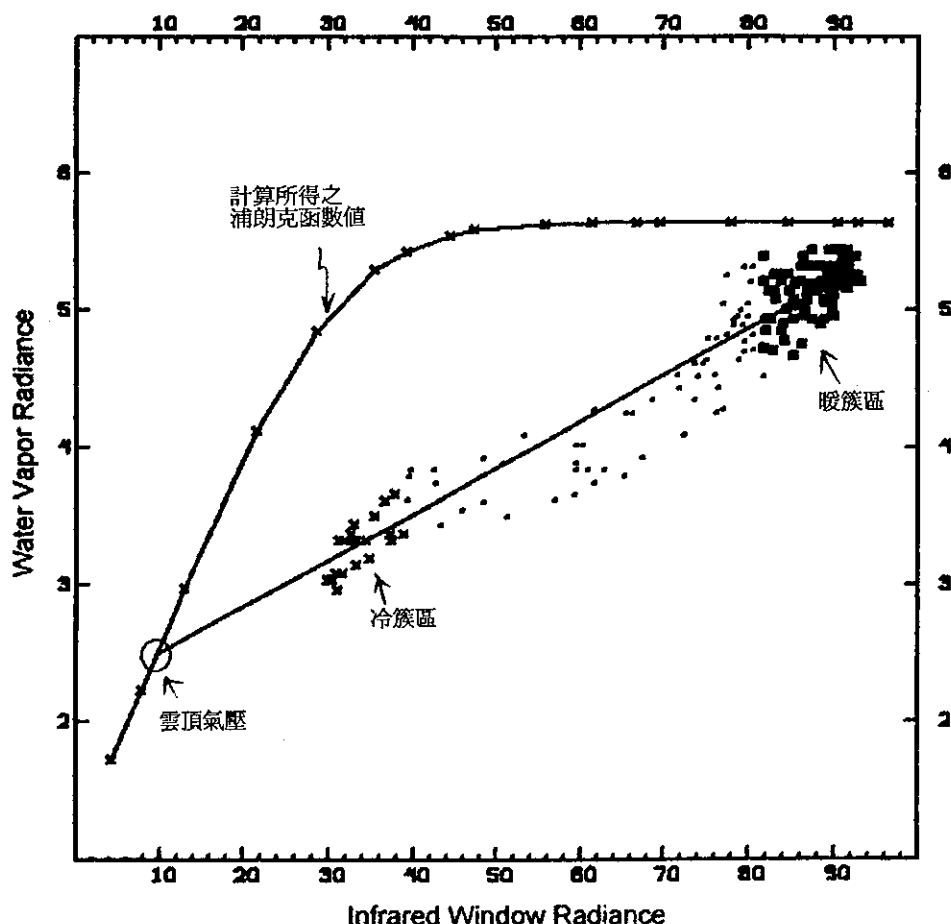


圖 4.1 水汽截取法 (H<sub>2</sub>O intercept) 之綜合示意圖 (摘自 Schmetz et al., 1993)。目標區內之單 (高度) 層雲區與晴空區各自對外太空散發較冷與較暖的水汽與紅外線頻道之輻射量，故分別在輻射量散布圖內顯示冷與暖兩簇 (cluster) 聚集區域；以最小平方方法 (least square method) 內插求取連結冷暖兩簇輻射量值之直線；利用數值預報模式之溫溼度垂直剖面對輻射傳輸方程 (radiative transfer equation) 及浦朗克 (Planck) 函數做垂直向的積分，積分的下限則為不同的氣壓值，如此即可點繪出如圖中所示普朗克函數值隨不同雲頂氣壓的分佈曲線 (亦即使浦朗克函數成為諸不同雲頂氣壓值之函數)；將前述內插所得之直線作簡單的線性外延 (linear extrapolation) 後與浦朗克函數值曲線之交點 (如圖中左下角空心圓圈所示) 所對應之氣壓值即作為目標區所在之氣壓 (或高度)。

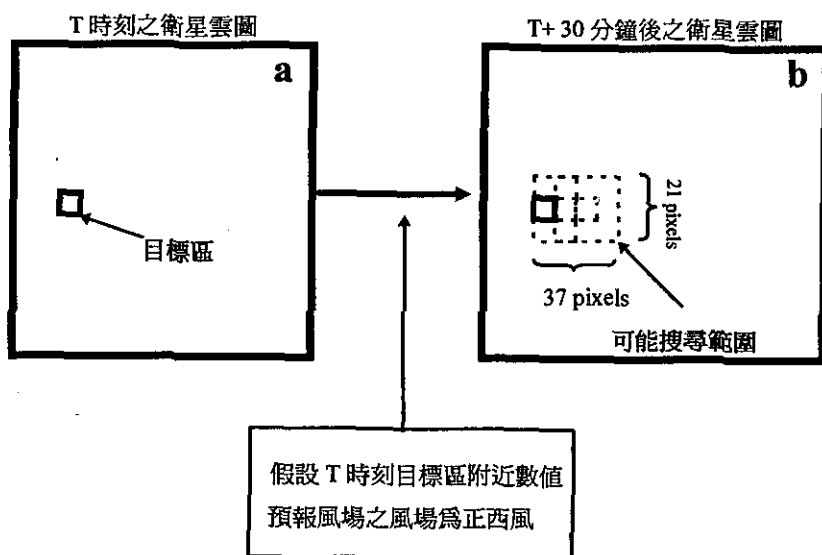
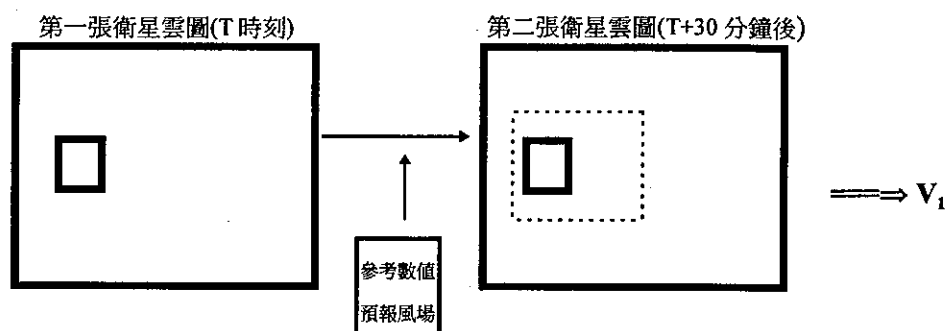
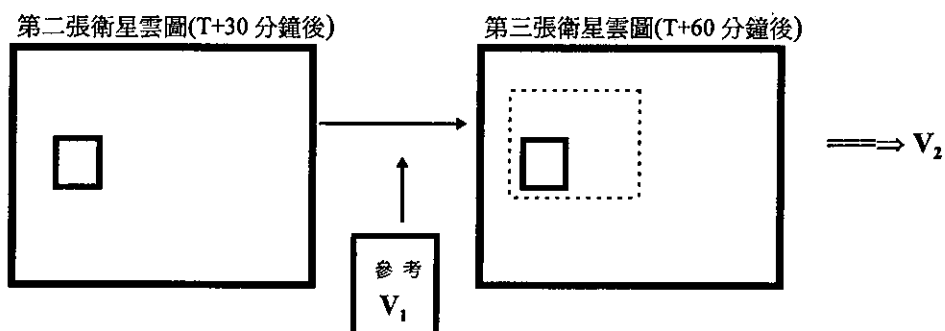


圖 5.1 對目標區作追蹤 ( tracking ) 的過程之示意圖。(a) 在 T 時刻之首張衛星雲圖 ( 外框 ) 內之目標區 ( 實線內框 ) 與 (b) T+30 分鐘後之次張衛星雲圖內的可能搜尋範圍 ( possible searching domain , 如較大範圍之長方形虛線範圍所示 ) , 其中假設在 T 時刻之目標區附近的數值預報風場為正西風。在 T+30 分鐘後之次張衛星雲圖內的可能搜尋範圍之中可劃出許多  $15 \times 15$  像元的區域 ( 如 b 圖內之諸多較小範圍之方形虛線範圍區 ) 做為原 T 時刻之目標區在 T+30 分鐘後的可能位置 ( 可能目標區 possible target ) ; 分別求取 (a) 圖內之目標區與 (b) 圖內 ( T+30 分鐘後 ) 的可能目標區作為與 (a) 圖內之目標區相同之目標區 ; 如此即可計算出 (a) 圖內之目標區在 30 分鐘後的位移向量 ( 即初步雲導風 ) 。

(a) 第一步



(b) 第二步



(c) 第三步

$$\text{初步雲導風向量} = (V_1 + V_2)/2$$

圖 5.2 初步雲導風向量之推導步驟。

- (a) 參考數值預報模式風場資料定出第二張衛星雲圖內的可能搜尋範圍後以最小均方根差異之可能目標區之位置求出首張雲圖內目標區之第一風向量 ( $V_1$ ) ；
- (b) 參考第一風向量定出第三張衛星雲圖內的可能搜尋範圍後以最小均方根差異之可能目標區之位置求出第二張雲圖內目標區之第二風向量 ( $V_2$ ) ；
- (c) 初步雲導風向量即為第一風向量與第二風向量之幾何平均 [  $(V_1 + V_2) / 2$  ] 。

度溫度梯度達 15 以上（此閾值 threshold 為經驗值，可依地理位置與季節而調整）。亮度溫度對比稍強之目標區較容易在次張雲圖影像中被尋獲；(2)潛在目標區範圍內之 225 個像元之平均亮度溫度介於 5 與 250 之間（亮度溫度值介於 0 與 255 之間），以避免因目標區內某些像元缺資料，導致無法進行後續的追蹤工作；(3)潛在目標區內之 225 個像元的亮度溫度之標準差須小於某經驗值。均方根偏差過大的目標區代表其範圍內存在兩層以上高度的雲系，會對後續之雲導風之高度指定產生極大的困擾及誤差，必須予以捨棄。

目前中央氣象局與 CIMSS 研究人員正嘗試利用第二種所謂的局部對比（local contrast）法來選定目標區供後續的追蹤工作之用。某一  $5 \times 5$ （亦可選  $7 \times 7$  或  $15 \times 15$  等）像元範圍可作為潛在目標區，其中存在許多  $3 \times 3$  像元範圍區域，同時求取與  $3 \times 3$  像元範圍區域中心點相鄰之像元的南北與東西方向之亮度溫度梯度，亦即每個中心點有南北向與東西向各兩個亮度溫度梯度值，南北向較大之梯度與東西向較大之梯度兩向量之純量合記作 TBG；亦即每個潛在目標區會許多 TBG 值，當諸 TBG 值中的最大值大於某經驗性閾值時，潛在目標區即可作為供後續追蹤用之目標區。至於經驗性閾值之大小，則正在依季節而系統性地確定之中。初步統計所執行的數個個案結果顯示，本法的主要好處在於較前述擇定目標區法節省約十分之一的計算時間，可較快地執行後續之追蹤工作。至於兩目標區擇定方式所呈現的差異之正式統計結果，則留待下一篇文章再討論。

當目標區確定之後，在其中擷取許多彼此重疊的  $3 \times 3$  像元範圍（圖 3.1b），求取這些 9 個像元的亮度溫度之平均值與均方根偏差，當這些值小於某經驗值時（此經驗值依可見光、紅外線或水汽數據影像之不同而異，參見 Velden et al., 1997, Velden et al., 1998），吾人即可確認目標區內的這些  $3 \times 3$  像元範圍彼此相關，而能作二維簇群分析（two-dimen-

sional cluster analysis，Coakley and Bretherton 1982）處理以進一步過濾在某張衛星數據影像中一些不想要的目標區（如含有兩種不同高度之雲系的目標區）。另一方面，目標區內的眾  $3 \times 3$  像元區域彼此間之相關性亦不能太高，相關性太高代表目標區內含有靜止的地上物（諸如海岸線等），不需對此種目標區作任何進一步的處理；當二維簇群分析結果發現目標區內的諸  $3 \times 3$  像元範圍的亮度溫度之平均值相對於其均方根偏差的分布形式不呈現聚集成兩腳的型態時（圖 3.2），代表該目標區內包含兩個以上不同雲高的雲區，這對後續之追蹤物或目標區的高度指定將產生極大的不確定性，此類目標區須予以排除。因為目前中央氣象局與 CIMSS 研究人員正嘗試使用的局部對比法的適用對象已是  $3 \times 3$  像元區域，吾人可以方便地將目標區作二維簇群分析，可節省許多簇群分析所需之計算時間。

#### 四、目標區之高度指定（height assignment）

目標區之高度指定一直是項非常挑戰性的工作。必須將觀測衛星輻射儀的反應函數列入考慮，同時必須對各地理氣候區的風場隨高度變化在統計上的特徵有所認識才能獲致最佳的高度指定。現行高度指定共有三法：

##### (一)紅外線窗區頻道（infrared window channel）法

紅外線窗區法是最早期的雲高指定法（Fritz and Winston 1962）。本法將目標區內最冷的 20 % 諸像元之平均亮度溫度代表該目標區之雲頂溫度，將此雲頂溫度與數值預報模式產品中相近地理位置的溫度剖面分布相比較，便可決定該雲頂溫度所對應之高度。本法簡單方便，其缺點則在於對卷雲或其他半透明之雲系的雲高指定會產生嚴重的誤差（Menzel et al. 1983）。為利用本法簡單的特性並能儘量避免其缺點，目前中央氣象局與 CIMSS 研究人員正嘗試發展一與本法類似的高度指定法。利用中央氣象局數值預報模式分析（或預

報) 所得之溫溼度剖面對一幅射傳輸方程(其中已參酌 GMS-5 衛星輻射儀的反應函數)作垂直向的積分, 積分的下限(下邊界)則為不同之氣壓(或高度), 因此對某一區域而言會得出許多理論上向外太空(衛星)的輻射量。將這些理論上的輻射量對照觀測所得之目標區所外逸的實際輻射量, 即可定出目標區之高度。此修正之高度指定方法所伴隨的不確定性(誤差)來源, 主要來自所參考之數值預報模式分析(或預報)場的準確度及對卷雲雲高之難以判斷。中央氣象局與 CIMSS 研究人員正深入研究中氣象局數值預報模式所提供之溫溼度與風場在不同季節裡的系統性誤差(諸如模式大氣溫度偏暖或偏冷等), 據以合理調整數值預報模式之分析(或預報)場, 期能實質性地提昇此修正之目標區高度指定方法。至於追蹤卷雲所得之雲導風向量的高度指定之不確定性, 則必須透過後述的品質管制過程依數值預報模式所提供之風場與高度場來加以重新指定。如前言所述, 通常卷雲所在之高度常會被誤判過低, 追蹤卷雲所得之雲導風向量如與同地點高度相近之數值預報模式風場差異過大, 該雲導風向量即會被剔除; 如差異不大, 則品質管制過程將會依數值預報模式風場的垂直分佈狀況, 對卷雲雲導風作高度的重新修正。

#### (二) 二氧化碳切割 (CO<sub>2</sub> slicing method) 法

二氧化碳切割法的概念最早由 Smith 等 (1970) 所提出。其步驟為: (1) 利用數值預報模式產品的垂直溫溼度場剖面對幅射傳輸方程 (radiative transfer equation) 作垂直積分, 垂直積分時的下限(下邊界)則為不同的氣壓(或高度); 亦即使所積分之幅射傳輸方程成為不同高度之函數, 以獲得某一目標區在不同高度範圍內對外太空所應外逸的理論輻射量; (2) 將這些理論輻射量與實際衛星觀測之輻射量比較求得該追蹤物所應存在之高度(或雲頂氣壓)。本法對半透明目標區之高度指定在目前仍是相當可靠的方法 (Nieman et al. 1993)。由於 GMS-5 衛星並無二氧化碳吸收

波段之輻射儀, 本法即不適用於臺灣及鄰近地區之雲導風場之高度指定。

#### (三) 水汽截取 (H<sub>2</sub>O intercept) 法

水汽截取法 (Schmetz et al. 1993) 的原理在於, 來自單層雲雲頂對外太空(衛星)所外逸之全波譜輻射中的二頻道(如紅外線與可見光頻道; 或紅外線與水汽頻道)輻射量之差異與該單層雲之雲量多寡呈正相關。水汽截取法的步驟如圖 4.1 所示: (1) 搜集某一目標區對外太空所外逸紅外線窗區與同時間之水汽頻道輻射量; (2) 求取不同雲頂高度(或氣壓)所對應之浦朗克 (Planck) 黑體輻射值, 其間需對幅射傳輸方程作垂直積分, 積分所需之資料來自數值預報模式產品中的垂直溫溼度場剖面; (3) 以紅外線窗區輻射量為縱軸, 水汽頻道輻射量為橫軸, 點繪出步驟(1)所得之目標區內諸像元的輻射量散布圖 (scattering diagram); (4) 求取目標區所顯示之輻射量散布圖中連結最暖與最冷的兩簇 (cluster) 像元間之直線; (5) 將步驟(2)所得之隨不同雲頂高度(或氣壓)而變化的浦朗克黑體輻射值繪製在步驟(4)之輻射量散布圖內; (6) 利用步驟(4)之直線作線性外插與浦朗克黑體輻射值曲之交點所對應之雲頂高度(或氣壓)即視為該目標區所在之高度(或氣壓)。本法對高層 (400mb 左右, 主要依據為衛星水汽頻道之觀測數據) 雲導風向量的高度指定具有相當的準確性 (Velden et al. 1998)。中央氣象局與 CIMSS 研究人員亦將採用本法以定出水汽數據影像目標區所在之高度。

### 五、追蹤 (tracking) ——初步 (preliminary) 雲導風向量之求取

最簡易的追蹤方法為利用所謂的型態相似 (配合) 程度 (pattern matching) 分析法, 如能在次張雲圖中找出與前張雲圖近似(或相同)的目標區後, 即可計算出初步雲導風向量。目前利用間隔 30 分鐘\* 的連續三張數據雲圖影像資料來追蹤目標區之軌跡。在完成第一張影像內各目標區的高度指定工作後, 即利用

數值預報產品中的風場資料選定第二張雲圖影像內諸目標區的可能搜尋範圍，以避免在次張雲圖影像中耗費過多的電腦計算時間以搜尋該目標區並確保初步雲導風的品質。追蹤的方式為：定出第一張影像中某一  $15 \times 15$  像元目標區的高度後，即參考其對應之高度及地理位置的數值預報模式風場資料，在第二張雲圖影像內劃出一比第一張影像目標區南北向加大 21 像元及東西向加大 37 個像元（21 與 37 像元皆為經驗值，加大之數值可依季節、地理區域調整以縮短追蹤所需時間）的可能搜尋範圍內之諸任意  $15 \times 15$  像元間亮度溫度的均方根差異值。以最小的均方根差異值之該第二張雲圖影像的  $15 \times 15$  像元區域作為第一張影像中目標區在 30 分鐘後的位置，如此即可定出目標區的位移向量，而成為第一風向量。以第一向量為基礎，繼續在第三張雲圖影像內又可定出另一可能搜尋範圍，依循求取第一風向量的方式，可求得同一目標區在 30 分鐘後（第三張雲圖影像）的第二風向量。目標區的初步雲導風向量即為第一與第二風向量的幾何平均。而當第一與第二向量的差異達 5 米/秒以上時，代表初步雲導風場有加速或減速的現象，可以予以踢除或在後續之自動品管過程中作速度及方向的修正。圖 5.2 即為追蹤過程之示意圖。

至於利用交互相關係數（cross-correlation）來求取不同時間之雲圖影像間某目標區的相似（相關）程度以決定雲導風向量的方式是最為可靠與準確的方法。其缺點在於，當此法應用於求取龐大數量的雲導風場資料時，則明顯地太過耗費計算機時間。另一方面，用以研判目標區間相關程度的相關係數閾值之訂定（相關係數高於某閾值才視不同時間之兩目標區為同一目標區），亦須倚賴許多經驗上的判斷，閾值可能須依季節而變動，中央氣象局與

CIMSS 研究人員已計劃朝此方法努力以提高對目標區追蹤結果的合理程度。

## 六、初步雲導風之品質管制

為同時使垂直和水平方向的初步雲導風向量有較佳的連續性與一致性，就必須了解雲導風場與數值預報模式的分析場（諸如風場、溫度場及高度場等）間的差異，並依據數值預報模式的分析場來對初步雲導風向量在動力與熱力方面作一些調整（tuning）。舉例而言，熱帶地區的天氣系統多呈正壓或相當正壓，初步雲導風向量在當地即必須呈現此種特性，若有不相符之初步雲導風場出現（垂直風切過大或天氣系統呈現傾斜狀態等）即須予以修正或剔除。目前 NESDIS 與 CIMSS 所使用的雲導風自動化品管過程（Hayden, 1993）相當複雜，但基本上可分成四大主要步驟（圖 6.1）。第一步：將數值預報模式網格點上的風場、溫度場等資料作第一次的（first pass）三維回歸過濾分析（recursive filter analysis, 參見 Hayden and Purser 1995），將這些數值預報模式資料客觀地分析至諸初步雲導風向量所在的位置與高度。第二步：針對諸初步雲導風向量，進行第二次的（second pass）三維回歸過濾分析。在執行此步驟的過程之中，與數值預報模式分析場差異過巨之初步雲導風向量在此步驟即被剔除，至於“過巨”之標準則隨初步雲導風場所在之地理位置與季節而異（Velden et al., 1997）。第三步：利用一變分法（variational method），依據數值預報模式之資料，解（或最小化，minimize）一經驗性的懲罰函數（penalty function），以進一步拉近初步雲導風場與數值預報模式分析場的距離及重新指定初步導風場之高度、風速及風向（詳見 Nieman et al., 1997）。此步驟所用的懲罰

\* 亦可使用間隔 60 分鐘之雲圖數據影像作追蹤的工作，但因許多雲系在時空的變異性相當大（如直展雲等），它們在 60 分鐘內垂直方向成長及消散的速度很快，此會使追蹤的工作之困難度增加（如不易找到原先之目標區或原先之目標區早已消失等），而使所獲致之雲導風場品質亦受到不利的影響，因此經驗上以採用間隔 30 分鐘之雲圖數據影像作追蹤的效果最佳。

函數之中有若干經驗參數值可隨季節、區域及對數值預報模式資料之信賴程度而自由調整 ( Velden et al., 1997 )。第四步：對第三個步驟所得之修正後雲導風場再度配合數值預報場資料，執行第三次（最後一次）的回歸過濾分析，以確定最終雲導風向量之高度。

根據 CIMSS 的經驗顯示，高度被重新指定之雲導風向量與初步雲導風向量高度之差異只能容許在 150mb 之間，否則即必須拋棄該雲導風向量，以免提供使用者過度不確定甚至錯誤的訊息。另外，依據歐洲中期天氣預報中心 ( European Center for Medium-range Weather Forecasts, ECMWF ) 的統計，雲導風場有偏慢傾向 ( slow bias ) 的系統性誤差 ( Nieman et al., 1997 )。為修正這項誤差，CIMSS 研究人員將數值預報風場資料內插至經過品管的雲導風場所在的高度。如果內插所得之數值預報模式風場風速大於 10 米／秒，則將該地之雲導風風速加上 70 % 的預報模式風場風速作為向外界提供之最終雲導風風速。

圖 6.2a 與 b 即分別為 CIMSS 依據日本 GMS-5 號同步衛星觀測的水汽、紅外線與可見光頻道資料所得之雲導風向量場分布情況。此圖顯示自動化雲導風推演法可獲得相當高密度的衛星風場資料。其最為珍貴處在於，高密度衛星風場可彌補缺乏傳統探空及地面觀測區域（如洋面地區）無資料可供研判天氣系統（如颱風或梅雨鋒面等）演化過程的缺憾。由於雲導風場在空間上的密度甚高於數值預報模式的風場，此使經過四步驟品管過程的最終雲導風場對其所參考之數值預報模式風場資料的依賴程度相對降低。換言之，最終雲導風場對第三步驟品管過程中所必需指定的一些經驗參數值之大小的敏感程度有限 ( Nieman et al., 1997 )。

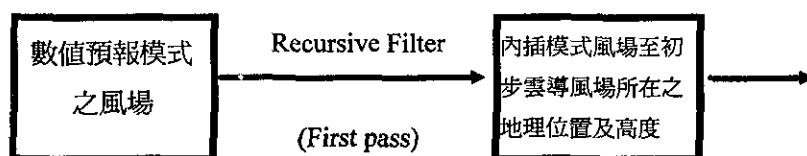
## 七、結 語

自動化的低層雲導風（主要依據可見光衛星雲圖）推演法已在 NESDIS 執行達數十年之久，中及高層雲導風場之推演（主要依據紅外

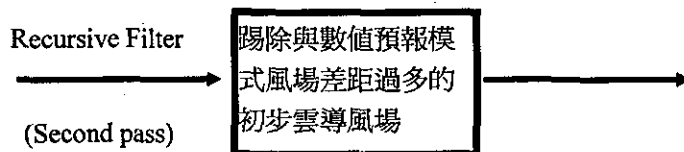
線衛星雲圖）直到 1991 年仍需操作員目視與主觀追蹤目標物在連續衛星雲圖間的變化及對被追蹤之目標物作出關鍵性的取捨。現行自動化雲導風場推演作業則因增加數據水汽雲圖影像之處理，使雲導風場在空間上的密度較過去顯著增加十倍以上 ( Velden et al., 1997 )，風場的品質也相對提高許多。改進後的追蹤技術，已能自動排除雲導風高度將難以判斷的區域（如高低層雲並存之目標區），以避免浪費計算機時間及確保雲導風場的品質。水汽截取法的出現，顯著地改善對半透明雲系（如卷雲）之高度指定。對雲導風場品質改善的最重要原因則在於自動化編輯（品管）系統的改進及更新，此更新之雲導風後處理 ( post-processing ) 系統容許雲導風場能偏離其所參考之數值預報模式風場甚遠。在數值預報風場準確性有問題之區域（如嚴重缺乏傳統觀測資料的洋面或沙漠地區），此更新之雲導風後處理系統可降低雲導風場對數值預報模式風場資料的依賴程度，而仍能產生高品質之雲導風場。中央氣象局已與 CIMSS 研究人員著手進行整套雲導風場推演技術之引進，其中對前述的推演流程（如目標區的選取與其所在高度的指定方式等）作了若干細節上的調整（修改）以適應臺灣及鄰近地區的特殊氣候環境並縮短獲致高品質雲導風場所需的計算時間。圖 7.1 即為依據局部對比法擇定目標區對一個案作追蹤所得之第一風向量分佈圖，此圖中所顯示之風場尚未經過加或減速的檢驗工作，風場所在之高度指定工作亦尚待進行，風場結構合理與否則會在下一篇文章作系統性評估，亦即本圖僅供示意之用。另一方面吾人在品質管制的步驟上亦將會有所修正以更進一步減少雲導風場對數值預報模式風場資料的依賴程度，避免雲導風場亦呈現所依據之數值預報模式的系統性誤差（風向、風速在某區域有季節性的高或低估等）。至於修改的細節與雲導風場在中央氣象局數值天氣預報系統方面之應用成果則留待下一篇文章再作討論。



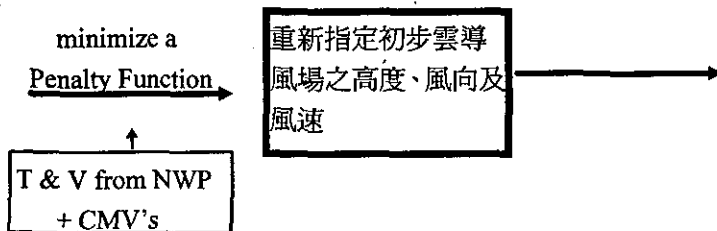
第一步:



第二步:



第三步:



第四步:

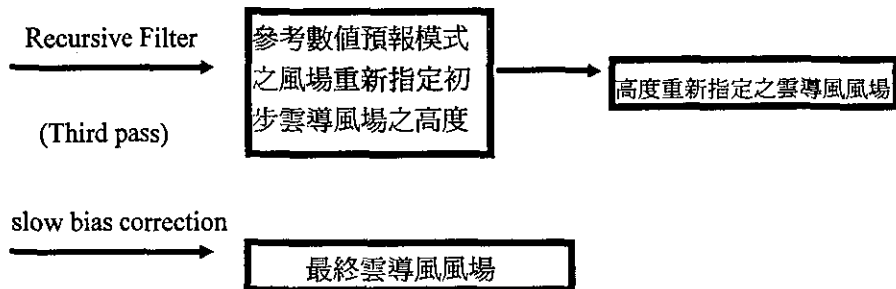


圖 6.1 雲導風場之四步驟品質管制流程示意圖

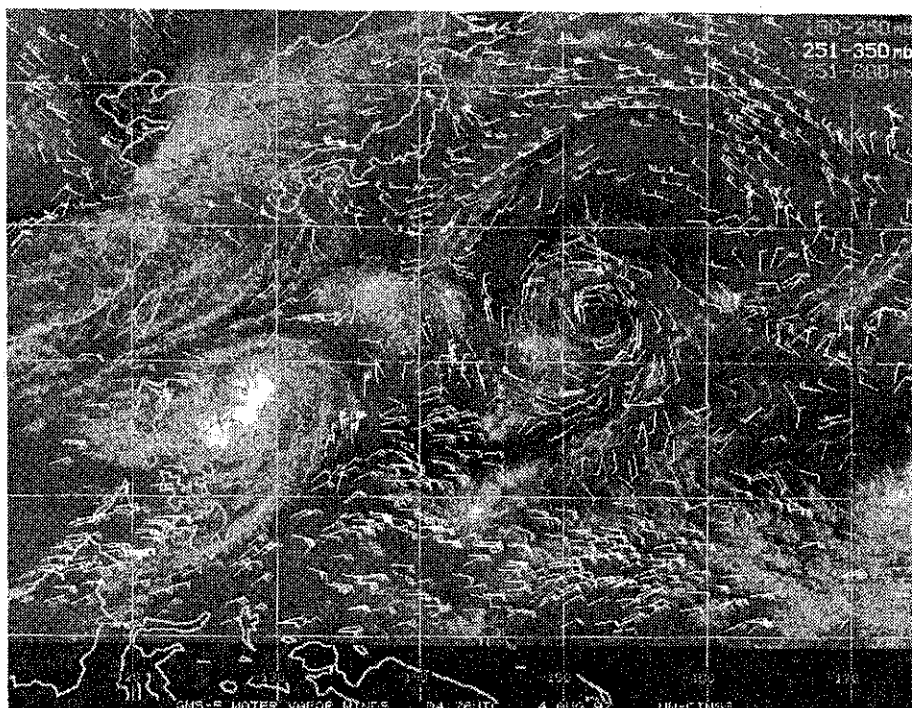


圖 6.2(a) 美國 CIMSS 和用日本 GMS-5 號同步衛星水汽與紅外線頻道製作之雲導風場在 150-250mb，251-350mb 及 351-600mb 等三個不同厚度層內的分佈狀況，本圖之有效時間為 1997 年 8 月 4 日 06UTC。事實上每個最終雲導風向量皆有其所在高度（氣壓）值，可直接進入數值預報系統的初始場。本圖將雲導風場分列三層後合併顯示，可供預報人員在缺乏傳統地面或探空觀測資料的洋面地區作主觀研判天氣系統（如圖中的颱風）的演化過程之用。

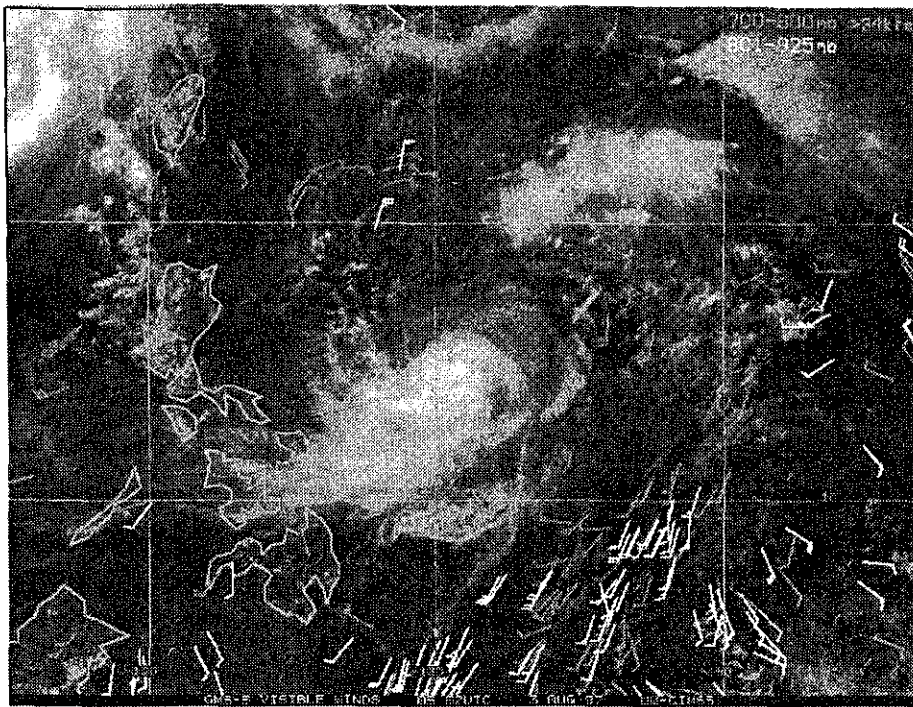


圖 6.2(b) 美國 CIMSS 利用日本 GMS-5 號同步衛星可見光頻道之雲導風場在 700-800 及 801-925mb 等兩個不同厚度層內的分佈狀況，本圖的有效時間為 1997 年 8 月 3 日 06UTC。

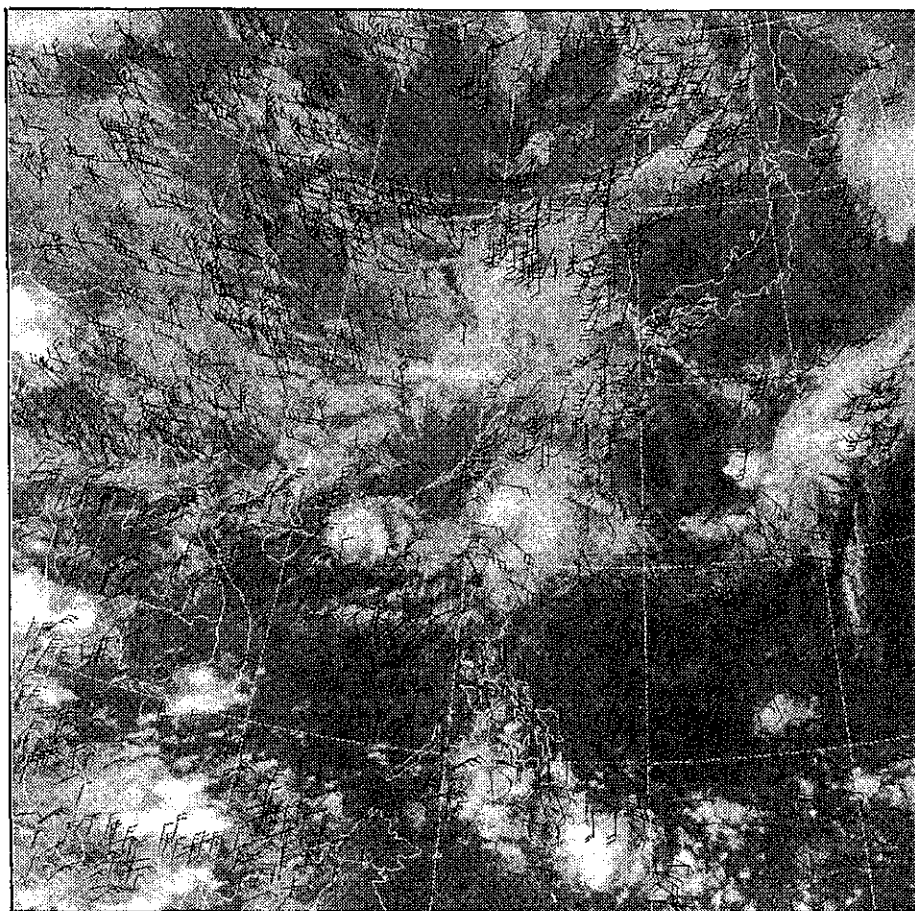


圖 7.1 利用局部對比法 ( local contrast method ) 確認目標區並作追蹤後所得之第一雲導風向量分布圖，第二雲導風向量場則尚未求取，各風向量高度仍有待確定。局部對比法所需之關鍵性經驗性閾值 ( 參見內文第三節 ) 則正用統計歸納法求取中，本圖僅供示意之用。

## 致 謝

本文在行政院國家科學委員會研究計畫「同步衛星資料估計風場在颱風上之應用研究(一)」(編號 NSC87-2621-P052-001)支助下得以完成,中央氣象局氣象衛星中心張拱祿、王文隆先生協助製作若干圖像,謹此一併致謝。

## 參考文獻

- Coakley, J., and F. Bretherton, 1982: Cloud cover from high resolution scanner data: detecting and allowing for partially filled fields of view. *J. Geophys. Res.*, 87(C7), 4917-4932.
- Fritz, S., and J. S. Winston, 1962: Synoptic use of radiation measurements from satellite TIROS-II. *Mon. Wea. Rev.*, 90, 1-9.
- Goerss, J.S., C. S. Velden, and J. D. Hawkins, 1998: The impact of multispectral GOES-8 wind information on Atlantic tropical cyclone track forecasts in 1995. Part II: NOGAPS forecasts. *Mon. Wea. Rev.*, 126, 1219-1227.
- Green, R., G. Hughes, C. Novak, and R. Schreitz, 1975: The automatic extraction of wind estimates from VISSR data. NOAA Tech. Memo. NESS 64, 94-101.
- Hayden, C. M., 1993: Recursive filter objective analysis of meteorological fields, applications to NESDIS operational processing. *J. Appl. Meteor.*, 34, 3-15.
- , and R.J. Purser, 1995: Recursive filter objective analysis of meteorological fields, applications to NESDIS operational processing. *J. Appl. Meteor.*, 34, 3-15.
- Menzel, W. P., W. L. Smith, and T.R. Steward, 1983: Improved cloud motion vector and altitude assignment using VAS.J. *Climate Appl. Meteor.*, 22, 377-384.
- , and J.F. W. Purdom, 1994: Introduction of geostationary operational environmental satellites. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 75, 757-781.
- Merrill, R., W. P. Menzel, W. Baker, J. Lynch, and E. Legg, 1991: A report on the recent demonstration of NOAA's upgraded capability to derive cloud motion satellite winds. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 72, 372-376.
- Nieman, S. J., J. Schmetz, and W. P. Menzel, 1993: A comparison of several techniques to assign heights to cloud tracers. *J. Appl. Meteor.*, 32, 1559-1568.
- , W.P. Menzel, C. M. Hayden, D. Gray, S.T. Wanzong, C.S. Velden, and J. Daniels, 1997: Fully Automated cloud-drift winds in NESDIS operations. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78, 1211-1233.
- Smith, W.L., H. M. Woolf, and W.J. Jacob, 1970: A regression method for obtaining real-time temperature and geopotential height profiles from satellite spectrometer measurements and its application to Nimbus-3 SIRS observations. *Mon. Wea. Rev.*, 98, 604-611.
- Schmetz, J., K. Molmlund, J. Hoffman, and B. Strauss, 1993: Operational cloud motion winds from meteosat infrared images. *J. Appl. Meteor.*, 32, 1207-1225.
- Velden, C. S., C. M. Hayden, S. J. Nieman, W. P. Menzel, S. Wanzong, and J.S. Goerss, 1997: Upper-tropospheric winds derived from geostationary satellite water vapor observations.

- Bull. Amer. Meteor. Soc., 78, 173-195.
- \_\_\_\_, T.L.Olander, and S. Wanzong, 1998: The impact of multispectral GOES-8 wind information on Atlantic tropical cyclone track forecasts in 1995. Part I: Dataset methodology, description, and case analysis. Mon. Wea. Rev., 126, 1202-1218.
- Young, M.T., 1975: The GOES wind operation. NOAA Tech. Memo. NESS 64, 111-121.

## THE DERIVATION AND APPLICATIONS OF CLOUD MOTION WINDS PART I: DERIVATION

**Chia-Rong Chen    Tai-Chung Yen**  
Meteorological Satellite Center  
Central Weather Bureau

**Shinn-Liang Shieh**  
Central Weather Bureau

### ABSTRACT

Cloud motion(or cloud-drifted) winds are valuable guidances for the predictions of weather systems in data sparse areas, such as the oceans. The ways to derive the cloud motion winds by using the observations of geostationary meteorological satellites are introduced in this article. The progress of the corporation between the Central Weather Bureau and the CIMSS toward the technical transfer of cloud motion winds is also reported. The navigation error associated with the satellite observation has to be corrected in the first place. The ensuing processes of target/tracer selection, tracking, and quality control processes of preliminary cloud motion winds need the assistance from the wind fields generated by numerical weather prediction models. The uncertainty of height assignment of preliminary cloud motion winds is discussed and needs to be kept in mind when interpretation the final product of cloud motion winds. The second part of this article will discuss the modifications made to promote the efficiency of the retrieval technique by the scientists in the CWB and CIMSS. The applications of cloud motion winds to subjective weather forecasts and to numerical weather prediction models will be shown in the second part of this article.

Key words: cloud motion winds, navigation error, target area/tracer, height assignment, quality control

# 以區域強震網從事地震速報之研究—花蓮子網

吳逸民

中央氣象局地震測報中心  
國立中央大學地球物理研究所

鍾仁光 陳承俊

中央氣象局地震測報中心

辛在勤

中央氣象局

蔡義本

國立中央大學地球物理研究所

## 摘 要

本研究從中央氣象局即時加速度型地震觀測網中並接一組訊號，另組成花蓮子網速報系統，於 1997 年 7 月完成軟、硬體之安裝工作並進行測試，至 1998 年 2 月 24 日止計收錄 22 筆地震紀錄，規模分布從 3.69 至 5.50。經由分析這些資料可得知該網定位誤差可控制在 20 公里以內，規模的誤差亦不超過 0.3 個單位。此區域子網具有優異的觀測時效性，一般而言，在地震發生後 20 秒內即可決定震源參數，較臺灣地震資訊快速發布系統的 60 秒大幅縮短了 40 秒。因此，對發生於花蓮地區的地震，平均約 20 秒的地震反應時間將可以為台北地區帶來約 10 秒的預警時間。本文認為，未來於花蓮地區適當地點增設測站，預期可以再有效地縮短花蓮地區地震之反應時間。

關鍵詞：臺灣地震資訊快速發布系統、地震速報系統、即時加速度型地震觀測網、有感地震及地震反應時間。

## 一、前 言

近幾年來，中央氣象局地震測報中心積極投入地震速報系統之研發工作（Lee et al., 1996; Shin et al., 1996; Teng et al., 1997; Tsai and Wu, 1997; Wu et al., 1997a, 1997b, 1998; 吳逸民等, 1997a, 1997b, 1998），技術發展至今，其作業能力已經可以在地震發生後一分鐘內自動計算出震源參數及各地震度（含等震度圖）等資訊，其可靠性也能符合一般地震發布之要求。根據地震學理和過去的研究（Wu et al., 1997a; 吳逸民等, 1997b），本文認為在全區速報監測網下建立區域子網可有效縮短觀測時間，是達到地震速報甚至預警的方法之一。因此，中央氣象局地震測報中心目

前正積極籌備發展地震速報區域子網系統，本計畫於花蓮地區率先實施，進行實驗性質的觀測，蒐集資料並進行研究以提供往後建立區域子網的參考，本文即分析了其初步結果。

依據不同目的和環境限制，地震預警系統主要可分為兩種型態：一為在震源區建立觀測網，利用地震波傳遞比電訊波慢的原理，在地震發生之初期即加以觀測而提出預警消息，墨西哥的墨西哥市地震預警系統（Espinosa-Aranda et al., 1995）則為最典型且成功的例子；另一種的系統為現地（on site）預警系統，將儀器設立在預警的目標區，利用地震 P 波傳遞較 S 波快的原理，由 P 波的初期振動來估計地震的規模大小及即將來襲的振動大小，並提出預警，日本的 UrEDAS 系統（Naka-

mura, 1988, 1989) 為最具代表性的例子。本研究以花蓮為中心建立子網的作法即屬前者，宜蘭、花蓮及台東一帶為台灣地震發生最頻繁的地區，1986 年花蓮發生規模 6.8 的地震，除了於震源區造成部分災情之外，其主要的地震災害卻發生遠在一百公里外的台北地區。因此，針對發生於花蓮地區的地震，若能改進觀測技術，對於台北地區則能有至少 10 秒的預警時間 (Lee, 1993; Wu et al., 1997c)。鑑於此前提之下，速報區域子網的建立優先考慮花蓮地區。

## 二、花蓮地區子網之建立

中央氣象局即時地震觀測網之儀器可分為兩類：一為速度型感應器；另一為加速度型感

應器。早期安裝速度型感應器以觀測台灣地區之地震活動為主要目的，然為地震減災之目的，從 1990 年開始推動強震儀的安裝計畫 (辛在勤, 1993)，在六年的計畫期間，台灣九大都地區設置了超過 600 部自由場強震儀，同時也安裝具有即時數位訊號輸出功能之強震儀於早期的即時地震觀測站，並於 1994 年底開始更新數據機，增加傳輸空間，陸續將觀測站之強震儀訊號傳回，架構成一個加速度型的地震觀測網。這個觀測網的任務在於有感地震的監測及地震速報系統之發展，目前完成安裝有 58 個測站 (圖 1)，1995 至 1997 三年期間收錄超過 500 筆的地震紀錄，幾乎涵蓋大部分之有感地震，已在地震測報的工作上扮演一個重要之角色。

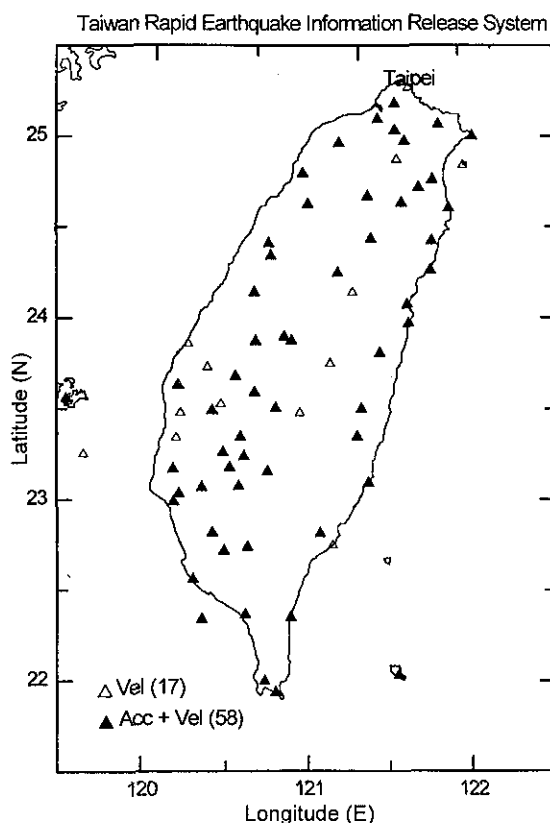


圖 1 台灣地震資訊快速發布系統之 58 個測站。

Figure 1 Station distribution of the Taiwan Rapid Earthquake Information Release System.



花蓮區域子網乃是利用速報系統傳回的即時強地動訊號，將花蓮附近的 16 個測站（圖 2）之訊號並接彙總至個人電腦，而形成一區域觀測網。其架構如圖 3 所示，地動訊號由野外經數據專線傳回，先接至多重序列埠（Digi-board; Digi International Inc., 1993），藉由多重序列埠將訊號接至 MS-DOS 作業系統之個人電腦，此電腦執行由 IASPEI 所出版的軟體 X RTPDB（Tottingham and Mayle, 1994）將訊號加以收集。本研究將 X RTPDB 設定在觸發的記錄狀態，當傳回的訊號超過預設的門檻值，X RTPDB 會將地動訊號記錄成檔案，當檔案紀錄完成時，以 Lantastic 區域網路（Artisoft, Inc., 1997）相連結的 Windows / 95 個人電腦便會將該檔案搬至硬碟中儲存，同時進行訊號判讀，當判讀為地震訊號則進行定位及定規模，最後將結果以 FTP 方式傳至電

子郵件伺服器，由電子郵件伺服器發出地震的訊息予使用者。

### 三、資料蒐集狀況及效益評估

花蓮子網速報系統於 1997 年 7 月完成安裝，於 8 月 11 日收錄第一筆紀錄，至 1998 年 2 月 24 日計收錄 22 筆地震紀錄（表 1），規模分布從 3.69 至 5.50，以速報的角度而言，所蒐錄的地震規模太小，但經由這些地震的測試仍然可以檢驗此觀測網之效益。

定位之正確性 圖 4 所示為花蓮子網速報系統自動定位和全區網以人工定位之震央分布比較圖，由該圖可知子網自動定位的品質仍以網內地震較佳，網外地震則出現較大的差異。花蓮子網自動定位與全區網人工定位之震央差異為  $8 \pm 9$  公里，此結果與臺灣地震資訊快速發布系統（Taiwan Rapid Earthquake Infor-

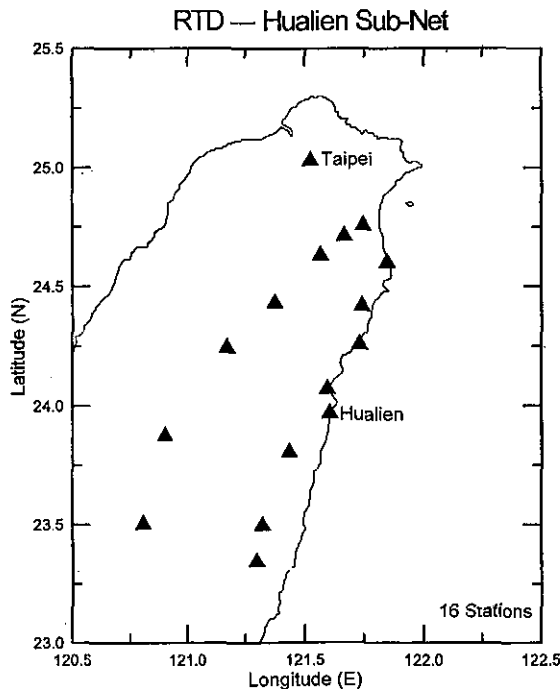


圖 2 花蓮子網之 16 個測站。

Figure 2 Station distribution of the rapid response system of the Hualien subnet.

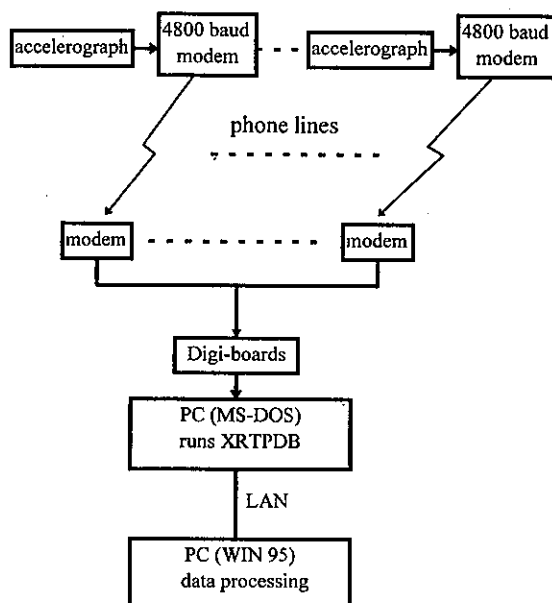


圖 3 速報子網之作業架構示意圖。

Figure 3 System configuration of the rapid response system of the Hualien subnet.

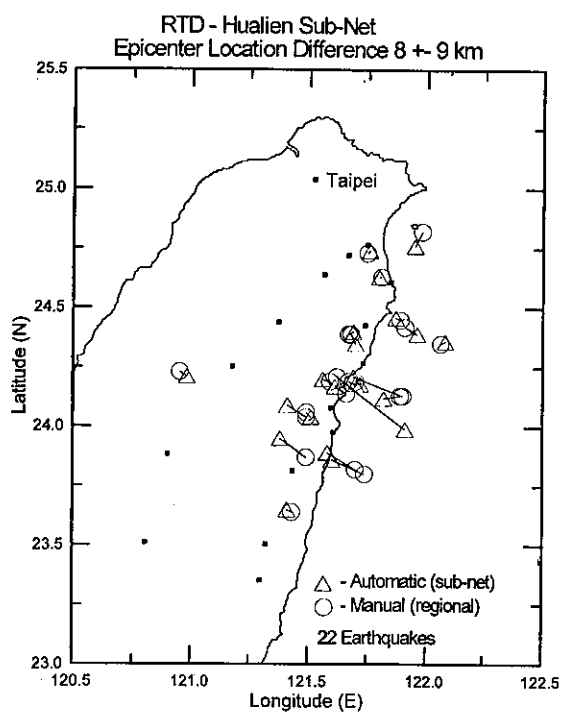


圖 4 22 筆地震由花蓮子網自動定位及由全區網所定位震央的對應圖。

Figure 4 Epicenter location differences between Hualien subnet ( automatic ) and regional network ( manual )

表 1 速報花蓮子網於本研究期間所記錄之 22 筆地震。

Table 1 The twenty-two events recorded by the rapid response system of the Hualien subnet in this study.

Date	Time	Lat. (N)	Lon. (E)	Depth (km)	M <sub>L</sub>	Gap	First P arrival	Reporting time	Tr <sup>#</sup> (sec)	Ter <sup>%</sup> (sec)
97/08/11*	13:25:57.85	24.06	121.49	26.72	4.33	105	--	--	--	--
97/08/20*	07:12:04.86	24.23	120.95	32.52	4.71	230	--	--	--	--
97/10/22	19:01:51.22	24.13	121.89	48.27	4.79	225	01:59	02:10	18	10
97/10/31	23:08:35.73	24.73	121.75	12.01	3.71	167	08:38	08:50	14	11
97/11/07	10:19:25.65	24.13	121.90	49.5	4.49	167	19:32	19:46	20	13
97/11/12	22:36:48.38	24.19	121.67	8.73	4.92	187	36:51	37:04	15	12
97/11/13	14:12:52.32	24.21	121.62	4.23	3.69	307	12:55	13:12	19	16
97/11/14	04:29:54.36	24.19	121.70	6.71	5.50	193	29:57	30:10	15	12
97/11/17	04:58:56.68	24.14	121.66	9.07	4.14	201	58:59	59:14	17	14
97/11/19	03:31:13.85	23.80	121.74	31.39	4.88	198	31:21	31:34	20	12
97/11/23	16:04:10.80	24.19	121.59	10.45	4.08	197	04:14	04:32	21	17
97/11/24	03:47:10.22	23.82	121.70	17.5	4.70	193	47:15	47:28	17	12
97/12/09	21:39:26.65	24.45	121.89	16.58	4.56	261	39:30	39:46	19	15
97/12/15	16:26:47.64	24.63	121.81	6.72	3.94	124	26:49	27:04	16	14
97/12/21	14:52:22.03	24.42	121.91	10.81	4.23	250	52:26	52:42	19	15
98/01/05	14:43:30.20	23.87	121.49	17.78	3.69	230	43:35	43:48	17	12
98/01/15	02:12:48.41	24.82	121.98	7.22	4.47	295	12:53	13:10	21	16
98/01/23	22:20:37.03	24.35	122.06	6.81	4.58	291	20:44	21:02	24	17
98/02/03	03:21:20.47	24.04	121.49	20.56	4.11	230	21:25	21:40	19	14
98/02/07	07:21:38.62	23.64	121.43	7.03	4.65	170	21:42	21:56	17	13
98/02/24	06:45:33.79	24.39	121.68	27.16	4.84	137	45:38	45:56	22	17
98/02/24	06:59:47.58	24.39	121.67	28.08	4.75	108	59:53	00:08	20	15

# Response time

% Effective response time

\* Testing period

mation Release System, TREIRS ) ( Wu et al., 1997a ) 最近統計的結果  $7 \pm 10$  公里 ( Lee et al., 1997 ) 相近。震源深度的差異則為  $2 \pm 5$  公里 ( 圖 5 )，略小於 TREIRS 系統  $-1 \pm 11$  公里。

**規模之正確性** 規模的決定會受地震定位是否正確之影響，因此，在比較規模時僅將震源誤差小於 12 公里的 17 筆地震加以比較。圖 6 圖示為速報花蓮子網及全區網所測定之規模的對應圖，由對應圖可知花蓮子網所決定的規模大部分都小於全區網，其原因為我們將地震觸發記錄的最長時間設定為 10 秒，監測網會於第三或第四個測站收到 P 波後觸發，記錄 10 秒時間，S 波尚未傳達到所有的測站便截止地震記錄，因此規模有低估的現象，但是區域子網所決定與全區網所決定的規模是呈線性關係 ( 圖 6 )，可由此關係加以修正，將誤差範圍控制在 0.3 個單位以內。地震觸發記錄的最長時間設定為 10 秒，其原因為在自動定位過程中，約於觸發後 8-10 秒的時間震源位置才能較準確決定 ( Wu et al., 1998 )，而地震規模之決定與地震發生的位置有絕對的關係，因此，地震觸發記錄的最長時間設定才訂定為 10 秒。雖然延長地震觸發記錄的時間可使得規模之求

取更加準確，但是對於目標區的預警時間必然減少，規模之誤差控制在 0.3 個單位以內對於地震預警已可以接受，權衡兩者對於目標區能多提供預警時間仍顯得重要。

**時效性** 本文所蒐集的 22 個地震中有 20 筆記載了算出震源參數的時間，因此我們將地震的反應時間 ( 地震發生至算出震源參數 ) 及有效地震反應時間 ( 第一個測站收到地震訊號至算出震源參數 ) 分別算出 ( 圖 7 及圖 8 )，其時間分別為  $18.5 \pm 2.5$  秒及  $14 \pm 2$  秒，與 TREIRS 系統的  $60 \pm 9$  秒及  $53 \pm 8$  秒 ( Lee et al., 1997 )，速報花蓮子網的時效性遠遠優於 TREIRS 系統，且有效反應時間  $14 \pm 2$  秒，對於花蓮地區的地震，本系統則至少可提供台北 10 秒的預警時間 ( 圖 9 )。此 10 秒的預警時間將可有效地運用於緊急減災之反應。例如：降低行駛中列車的速度，以避免翻車脫軌之危險；及時關閉瓦斯管線以降低火災的災害；控制工廠之關閉以降低潛在的損失；儲存電腦記憶體中之資訊等等。雖然，幾秒至十幾秒的預警時間，對於人員尚不足夠充分逃離至安全之地，然而對於都會區的人員，仍可利用該段時間尋找相對安全之地，例如：躲入堅固的桌椅底下及遠離玻璃門窗等易受傷之地。

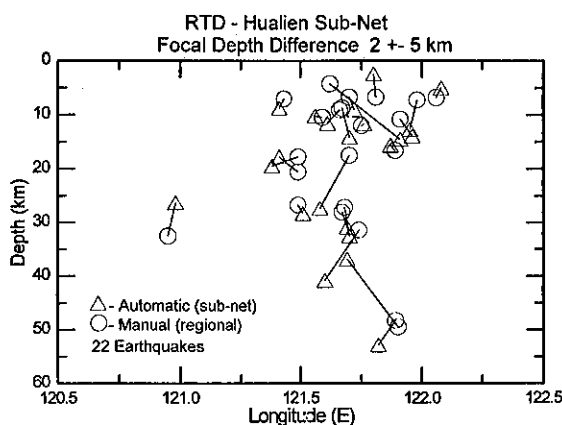


圖 5 22 筆地震由花蓮子網自動定位及由全區網所定位震源的對應圖。

Figure 5 Focal depth location differences between Hualien subnet ( automatic ) and regional network ( manual )

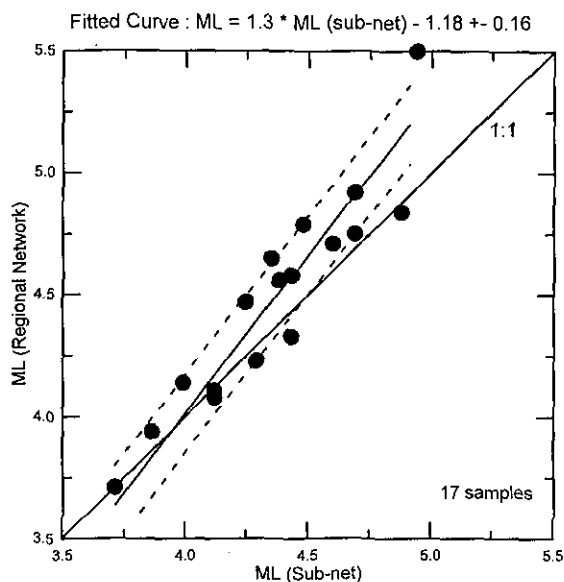


圖 6 17 筆地震由花蓮子網及由全區網所定出規模的對應圖。

Figure 6 Relationship of the magnitude determined by Hualien subnet and regional network.

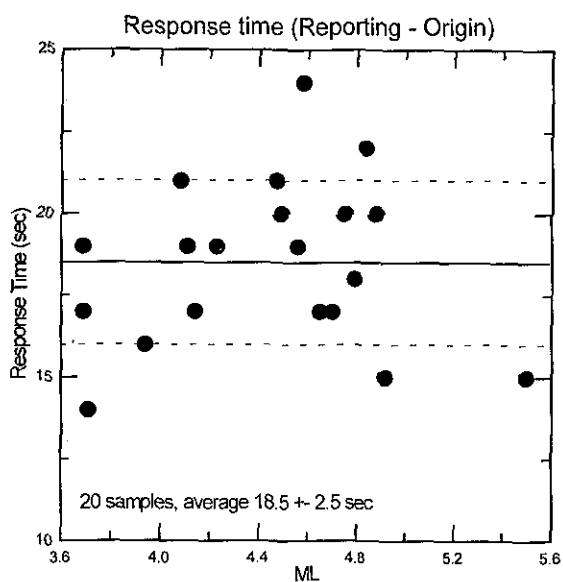


圖 7 20 筆由花蓮子網所記錄之地震反應時間。

Figure 7 Response times of the twenty events recorded by Hualien subnet.

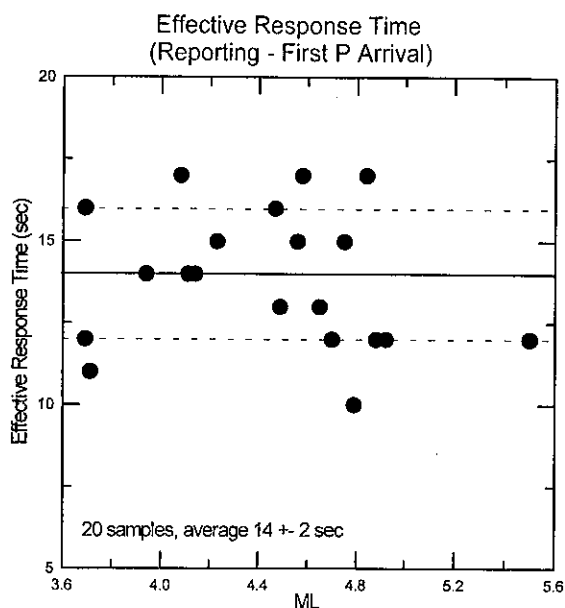


圖 8 20 筆由花蓮子網所記錄之有效地震反應時間。

Figure 7 Effective response times of the twenty events recorded by Hualien subnet.

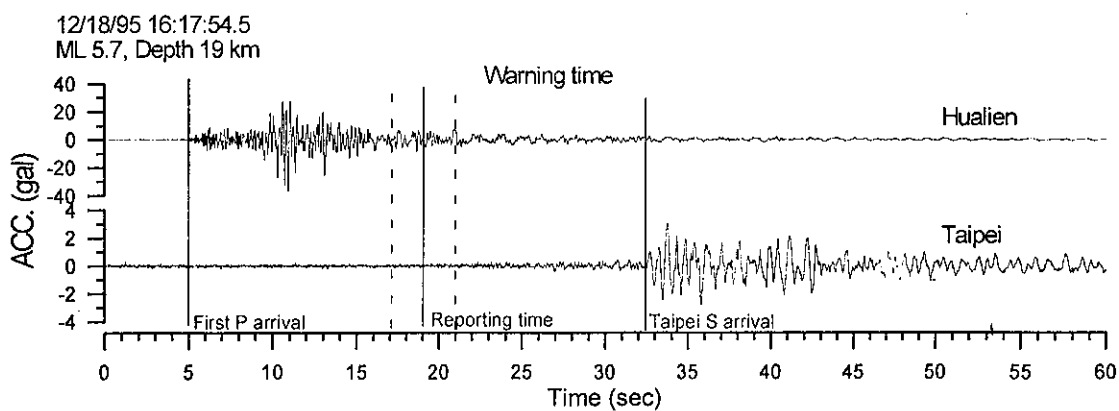


圖 9 花蓮子網對台北地震預警時間之示意圖。

Figure 9 Depiction of the early warning time for Taipei City using Hualien subnet for Hualien area earthquakes.

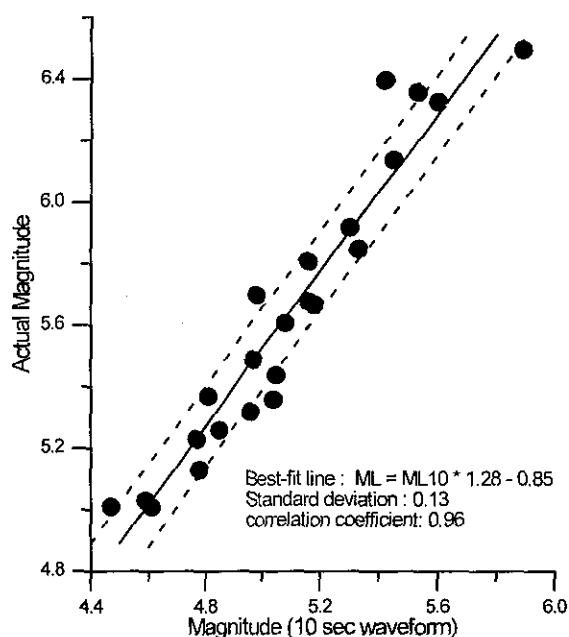


圖 10 由第一個初達波後 10 秒與最後所決定之規模的對應圖 ( Wu et al., 1998 )。

Figure 10 Correlation between the actual  $M_L$  and tentative  $M_{L10}$  using the first 10-sec signals on an accelerogram after the arrival of the P wave at the nearest station. ( Wu et al., 1998 )

#### 四、討 論

地震速報預警系統中一項重要的關鍵就是規模之決定，本計畫中雖然可將誤差範圍控制在 0.3 個單位以內，但是由於資料蒐集的時間太短（6 個月），缺少規模大於 5.5 的地震。然而，根據作者等先前之研究 ( Wu et al., 1998 )，利用第一個測站收到初達波後 10 秒之各測站地震紀錄所求出的規模，與最後所決定的規模呈明顯的線性關係 ( 圖 10 )，因此可推測由花蓮子網所求出的規模經過線性修正後仍可適用到規模 6.5 以下的地震。然而，規模 7 以上的地震可能牽涉到較為複雜的破裂過程，以第一個初達波到後 10 秒之地震紀錄及區域子網的方法可能無法真正反映出規模 7 以上地震之大小，但是此系統能在最短時間內提供大地震規模的下限，這對於地震速報預警系統中仍

扮演一項重要的角色。

花蓮子網地震的反應時間約 20 秒，依據系統參數之設定，可歸納由下幾個時間單元所組成：

- (1) 地震波傳到第一個測站約需 5 秒 ( 表 1 )。
- (2) 觀測系統約於第一個測站收到地震訊號後 2-4 秒觸發 ( 第 3-4 個測站收到地震訊號 )。
- (3) 系統於地震觸發後持續記錄 8-10 秒的地動訊號。
- (4) 資料處理的時間約需 3 秒。

雖然採用子網已經大幅改進地震之反應時間，但是綜觀上列的 4 項時間單元中仍然有再縮短的空間；4 項時間單元中前 3 項與測站多寡及分布有關，就平均而言，地震波需傳遞 5 秒的時間才到第一個測站，顯然是目前的測站分布仍太稀疏，而第二項觀測系統於第一個測

站收到地震訊號後 2-4 秒才觸發，這也是測站分布太稀疏所致，這兩項的改善方法就是增加測站的密度，測站密度增加除了減少地震波傳到第一個測站的時間，更可以提前地震觸發的時間。第三項地震觸發後持續紀錄 8-10 秒的地動訊號，當初的考慮為在目前的測站密度下，約在觸發後 8-10 秒才有足夠的測站從事震源定位 (Wu et al., 1998)，但在測站密度增加之下，觸發後之持續紀錄時間應可再縮短。第四項資料處理的時間與硬軟體設備及紀錄資料量 (測站數) 多寡有關，隨著電腦科技的進步，雖然測站數目增加，但是只要保持使用最新的個人電腦及研發更快的資料處理技術，資料處理時間應不至於再增加。綜合上述討論，速報花蓮區域子網地震之反應時間在未來仍應可以再縮短。

對於測站之增密，在考慮主要的預警目標區 (台北) 及 1986 年花蓮規模 6.8 地震的案例之下，測站之增加仍應以花蓮地區為主，而且將原有花蓮速報雛型系統之部分測站改裝成為速報花蓮子網的測站，則是目前最有利的方案。

## 五、結 論

本研究從現有的加速度型地震觀測網中，並接 16 個測站之地震訊號成立速報花蓮區域子網，於 1997 年 7 月完成安裝，至 1998 年 2 月 24 日計收錄 22 筆地震紀錄，規模分布從 3.69 至 5.50。分析這些資料可得知該網定位誤差可控制在 20 公里以內，規模的誤差則控制在 0.2 個單位以內。本觀測網表現極佳的地震觀測時效性，一般可以在地震發生後 20 秒內決定震源參數，較 TREIRS 的 60 秒大幅縮短了 40 秒。對於花蓮的地震，20 秒的地震反應時間將可以為台北地區帶來 10 秒的預警時間，在未來於花蓮地區應該再適度增加測站，以增加更多的預警時間。速報子網能提供極佳的地震觀測時效性，因此，除了花蓮子網已完成建立之外，嘉義地區的觀測網也已經在建立中。

## 六、參考文獻

- 辛在勤，1993：臺灣地區強地動觀測計畫。臺灣地區強地動觀測計畫研討會論文摘要集，1-10 頁。
- 吳逸民、陳承俊、蕭乃祺、辛在勤、蔡義本，1997a：地震消息自動傳播系統之建立與探討。氣象學報第四十一卷第四期，272-280 頁。
- 吳逸民、陳承俊、辛在勤、蔡義本，1997b：臺灣地震資訊快速發布系統之評估。氣象學報第四十二卷第一期，16-28 頁。
- 吳逸民、陳承俊、鍾仁光、辛在勤，1998：即時加速度型地震觀測網之波相到時自動檢拾系統。氣象學報第四十二卷第二期，103-117。
- Artisoft, Inc., 1997: LANtastic network software (Version 7.0). Tucson, Arizona, U.S.A..
- Digi International Inc., 1993: DigiBoard software manual. Eden Prairie. Minnesota, U.S.A., Doc. No. 92000162A, 64pp.
- Espinosa Aranda, J., A. Jim'enez, G. Ibarrola, F. Alcantar, A. Aguilar, M. Inostroza, and S. Maldonado, 1995: Mexico City seismic alert system. Seism. Res. Lett., 66, 42-53.
- Lee, W. H. K., 1993: A project implementation plan for an advanced earthquake monitoring system. Research Report of Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan, R.O.C., No. 444, also as U.S. Geological Survey Open-File Report 94-004, 89pp.
- Lee, W. H. K., T. C. Shin, and T. L. Teng, 1996: Design and implementation of earthquake early warning system in Taiwan. Paper No. 2133, 11th World Conference of Earthquake Engineering,



- Acapulco, Mexico.
- Lee, W. H. K., T. C. Shin, T. L. Teng, Y. B. Tsai, and Y. M. Wu, 1997: Results of the Taiwan Rapid Earthquake Information System. AGU Fall Meeting, San Francisco, USA.
- Nakamura, Y., 1988: On the urgent earthquake detection and alarm system (UrEDAS). Proceeding of 9<sup>th</sup> world conference on earthquake engineering, Tokyo-Kyoto, Japan.
- Nakamura, Y., 1989: Earthquake alarm system for Japan railways. Japanese Railway Engineering, 109, 1-7.
- Shin, T. C., Y. B. Tsai, and Y. M. Wu, 1996: Rapid response of large earthquakes in Taiwan using a real-time telemetered network of digital accelerographs. Paper No. 2137, 11th World Conference of Earthquake Engineering, Acapulco, Mexico.
- Teng, T. L., L. Wu, T. C. Shin, Y. B. Tsai, and W. H. K. Lee, 1997: One minute after strong motion map, effective epicenter, and effective magnitude. Bull. Seism. Soc. Am., 87, 1209-1219.
- Tottingham, D. M. and A. J. Mayle, 1994: User manual for X RTPDB. IASPEI Software Library 1 (Second Edition), 255-263.
- Tsai Y. B. and Y. M. Wu, 1997: Quick determination of magnitude and intensity for seismic early warning. 29<sup>th</sup> IASPEI meeting, Thessaloniki, Greece.
- Wu, Y. M., C. C. Chen, T. C. Shin, Y. B. Tsai, W. H. K. Lee, and T. L. Teng, 1997a: Taiwan Rapid Earthquake Information Release System. Seism. Res. Lett., 68, 931-943.
- Wu, Y. M., T. C. Shin, J. K. Chung, Y. B. Tsai, and Y. C. Chen, 1997b: Toward a 30-seconds rapid earthquake information system in Taiwan. 29<sup>th</sup> IASPEI meeting, Thessaloniki, Greece.
- Wu, Y. M., C. C. Shin, and Y. B. Tsai, 1998: Quick and reliable determination of magnitude for seismic early warning. Bull. Seism. Soc. Am., 88, 1254-1259.

# **AN APPROACH OF EARTHQUAKE INFORMATION RAPID REPORTING BY USING A SUBNETWORK ( HUALIEN )**

**Yih-Min Wu**

Seismology Center, Central Weather Bureau, Taipei, R.O.C.  
Institute of Geophysics, National Central University, Chung-li, R.O.C.

**Jen-Kuang Chung    Chen-Chun Chen**

Seismology Center, Central Weather Bureau, Taipei, R.O.C.

**Tzay-Chyn Shin**

Central Weather Bureau, Taipei, R.O.C.

**Yi-Ben Tsai**

Institute of Geophysics, National Central University, Chung-li, R.O.C.

## **ABSTRACT**

In July, 1997, We setup a real-time strong-motion subnet at Hualien region from the current Taiwan Rapid Earthquake Information Release System ( TREIRS ) for rapid reporting. Twenty-two events, with magnitude distribution from 3.69 to 5.5 were recorded, until February 24, 1998. By comparing the subnet results with TREIRS's, the location differences are generally within 20 kilometers while the magnitude differences are less than 0.3 units. To the 60-sec reporting time of the TREIRS, the subnet performed a faster reporting time ( i.e. 20 seconds ) . For earthquakes occurred in the Hualien area, a 20-sec reporting time will offer about ten seconds of early warning for Taipei area. In the future, this subnet will offer more early warning time for Taipei City by installing more dense stations at Hualien area.

Keywords: TREIRS, earthquake rapid response system, a real-time acceleration seismic network, felt earthquake and earthquake rapid response time.

# 1998年嘉義瑞里地震之初步探討

吳逸民 張建興

中央氣象局地震測報中心

國立中央大學地球物理研究所

辛在勤

中央氣象局

## 摘要

本文利用強震紀錄探討 1998 年 7 月 17 日嘉義瑞里地震的震源位置及震源破裂機制，經利用強震紀錄之 S-P 時間差與即時測站的到時紀錄對瑞里地震重新定位結果為：震央位置為北緯 23.51 度，東經 120.66 度，震源深度為 6.0 公里深。根據此重新定位的震源位置及強震儀所紀錄的初動資料，得到一組逆斷層的震源機制解，其主要的應力方向為東南—西北的壓應力。參照該震源附近之地質構造環境，推測此次地震的斷層面可能為走向北 45 度東，向東傾斜 50 度的構造面。此次地震速報系統能夠頗具時效性的將消息發布出去，顯示其發揮了應有的功能，然而也出現幾個首次發生的觀測問題，例如：遇有通訊中斷時的震度推估問題以及自動定位深度定於地表的問題。這些問題也於地震後就適時加以修正。

關鍵詞：瑞里地震、震源機制、地震速報系統及有感地震。

## 一、前言

民國 87 年 7 月 17 日 2 時 51 分許，在嘉義縣竹崎鄉發生規模 6.2 的地震，後續引發了大小七百多次餘震（圖 1），由於這起地震是台灣嘉南地區近三十多年來唯一有較大災情之地震事件，因而引起各界的關切，沉寂已久的嘉南地震活動也因此再次被討論。根據中央氣象局例行測報的數據顯示，地震發生的位置在東經 120.66 度、北緯 23.50 度，震源深度 2.8 公里，規模值為 6.2，由於震央接近瑞里，遂以嘉義瑞里地震名之。就規模 6.2 的地震而言，尚不足以稱大地震，但是由於瑞里地震震源深度淺，震央附近實測到超過 0.7g 的地動加速值，可見震源區之搖晃程度著實驚人，因此對鄰近之建築物、橋樑及道路造成破壞。

本次地震除了中央氣象局之速報系統發揮其快速作業的功能獲得佳評之外，例行性的觀測作業將震源深度定於 2.8 公里深也帶來不少

爭議。因此，本文中將針對此次地震所呈現的觀測問題，檢討現行速報作業之處理狀況，以及根據氣象局所觀測的資料作初步分析，針對瑞里地震的主震重新定位，以提供較精確的震源位置。

## 二、中央氣象局地震測報作業分析

瑞里地震發生於民國 87 年 7 月 17 日 12 時 51 分，由於中央氣象局地震測報中心於一年多前已完成建立臺灣地震資訊快速發布系統（吳逸民等，1997；Wu et al., 1997），因此於 12:52 快速發布系統已藉由多重管道將地震消息自動送出（圖 2），12:53 時初步的報告（包括自動定位結果及各地震度消息）已由列表機印出，地震中心的同仁經審慎的確認後於 12:56 以傳真存轉一對多方式將初步震度消息發布。地震發生地的嘉義縣政府消防隊於 12:59 接獲初步震度消息，而嘉義縣政府於 13:10 成立地震災害處理中心。地震測報中心於 13:20 最後

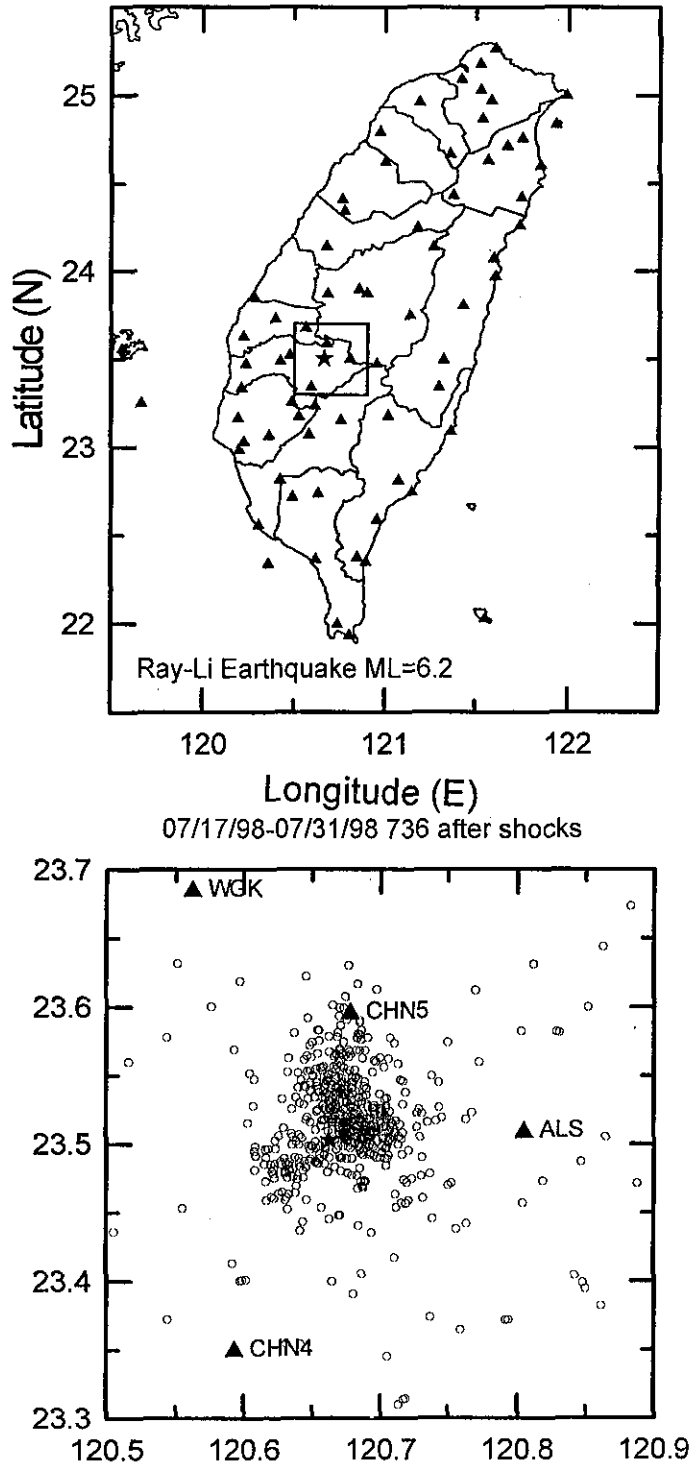


圖 1、中央氣象局即時地震站的分布及瑞里地震主、餘震之分布圖。

Figure 1 The location of main shock and the stations of the Central Weather Bureau Seismic Network ( CWBSN ) ( upper ) . Distribution of the after shocks is shown in the lower.

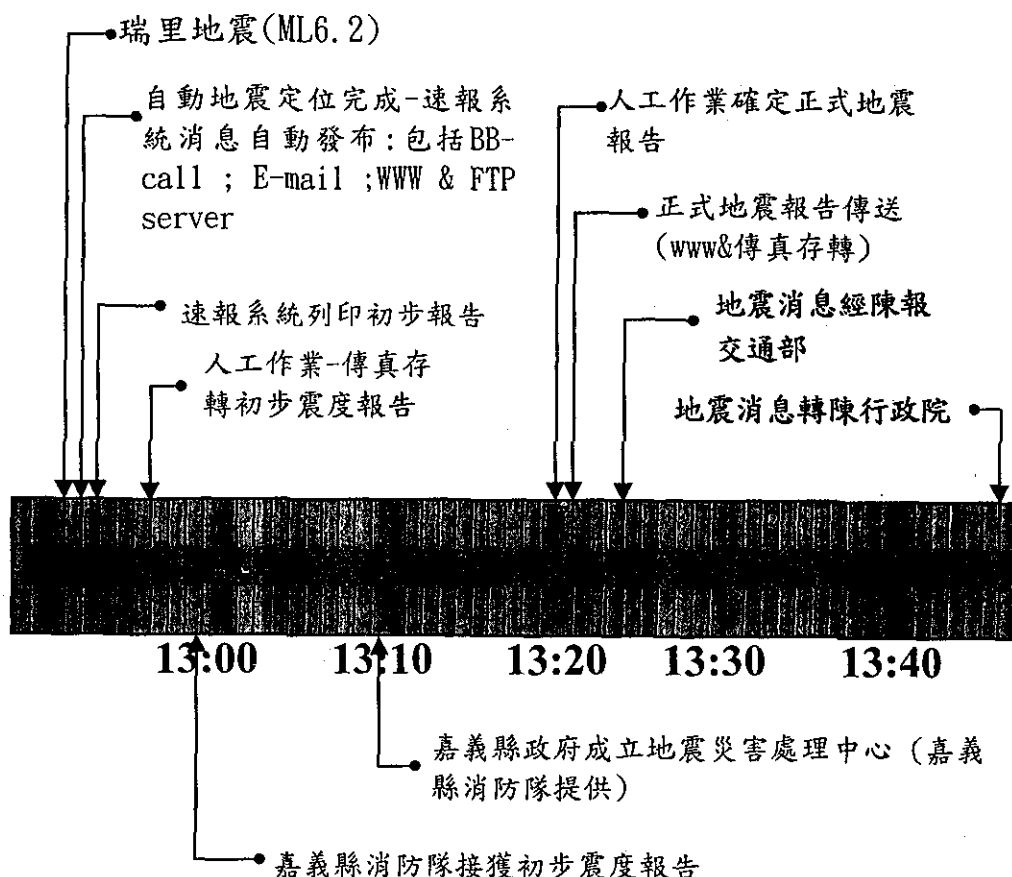


圖 2、瑞里地震中央氣象局地震處理程序之示意圖。

Figure 2 Rapid response procedure for Ray-Li earthquake of the Central Weather Bureau (CWB)

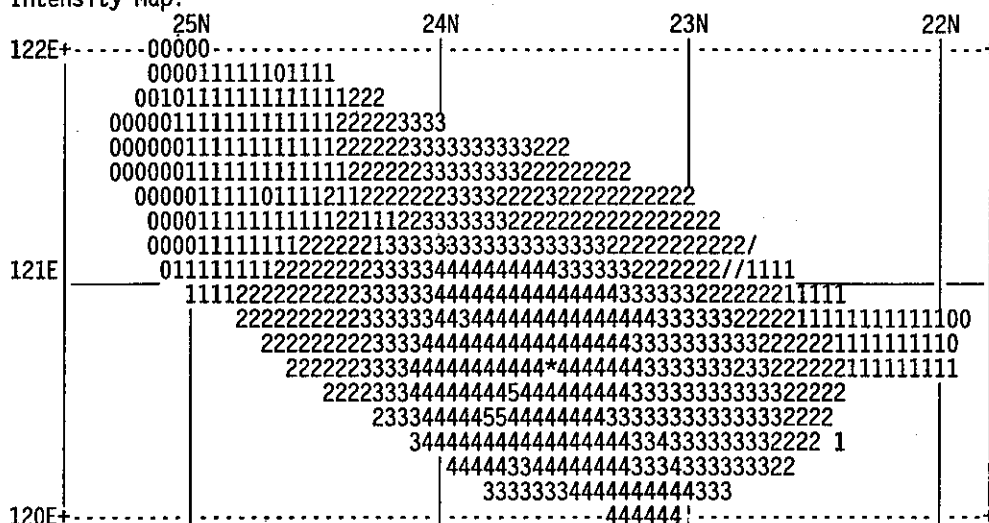
確認地震消息並製作正式地震報告，於 13:21 將正式地震報告以傳真存轉發布並公布於本局的全球資訊網站 ( www.cwb.gov.tw )。中央氣象局於 13:24 將消息陳報至交通部，13:46 消息轉報至行政院。此時完成初步的地震測報，對於後續餘震的發生保持高度之監測及研判。

此次本局之速報系統，能在短時間內自動透過多種管道將消息散布出去 (例如：以電子郵件送消息至核能電廠及國內外地震學者、以呼叫器傳達訊息至消防單位及在網路上公布地

震消息等)，而地震發生地之縣政府也能在 20 分鐘內成立地震災害處理中心，時效上都符合速報之最新要求 ( United States Geological Survey, 1998 )。然而我們認為速報的資訊利用仍嫌不夠。在日本已將近即時的地震資訊與消防救災之地理資訊系統結合 ( Yamazaki, 1998 )，對於救災的規劃及災害的評估有相當大的幫助。我國的地震速報系統雖然已見雛型，然而對於速報資訊的利用及與消防救災體系之相互聯繫方式仍應再加強。目前國家科學

Earthquake Auto-Location Report  
 Central Weather Bureau, Taiwan, R.O.C.  
 Magnitude, ML=5.95  
 Origin Time: 7/17/98 4:51:17.13  
 Get Result Time ==> 04:52:28  
 Location: 23.52N 120.65E, Depth: .00 KM

Intensity Map:



Number is intensity, / -> No data

\* -> Epicenter

Next map observed data post:

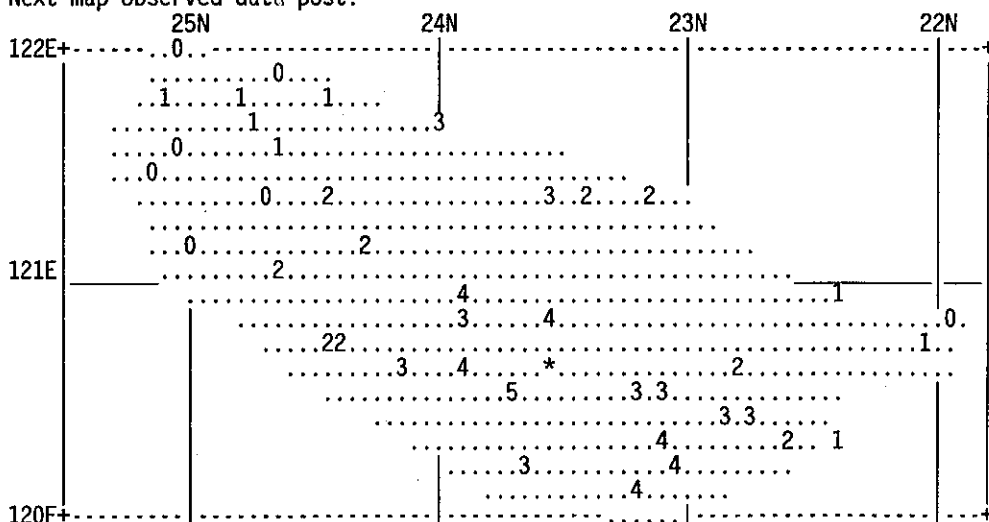


圖 3、瑞里地震之初步自動報告。

Figure 3 Preliminary automatic report for the Ray-Li earthquake.

委員會與經濟部共同合作，由美國引進的地震災害潛勢分析與損失評估方法稱 HAZTAI-WAN，係為配合整合地理資訊系統的應用，除可作為地震災害境況模擬外，尚提供地震防、救災決策支援及規劃緊急應變措施等參考。因此，未來若能將速報的資訊即時與 HAZ-TAIWAN 相結合，對於我國的地震防救災能力則更能大幅的提升。

### 三、有感範圍

地震發生初期由地震速報系統的初步結果（圖 3）及各測站人員的回報震度研判，嘉義市及震源區有五級的震度。然而，經事後蒐集自由場強震紀錄顯示，震源區不僅僅只有五級的震度，部分地區實際上已達震度六級（圖 4），而其中最大的加速度峰值更高達  $0.7g$ ，因此於震央區造成建築物及橋樑的損壞。但是，由於此次地震為極淺源的地震，所以造成

破壞的區域不大且集中於震央區。此次地震於初期地震測報中心並未發布有六級的震度，其主要的原因乃在震度六級的區域中並無本局的有人觀測站，雖然有一速報系統的觀測站（CHN5）位於震度六級的區域中，但是由於該站之電信專線在搖晃最厲害的 10 秒內出現了傳輸中斷情形，以致振幅超過  $0.25g$  的訊息未能被傳回（圖 5 及圖 6），也因此於地震發生之初期並未發布六級的震度。然而，由地震速報系統的初步結果（圖 3）以及事後蒐集之自由場強震紀錄所製成之震度圖（圖 4）則可以看出，震央半徑 50 公里的範圍都有四級（含）以上之震度。

由此次瑞里地震的資料顯示目前本局所租用的數據線路，其耐震的程度似乎不足，由我們所觀測的資料顯示，在地動超過  $0.25g$  時就會造成傳輸中斷的情形（圖 5 及圖 6），以致於此次地震無法即時報導出六級的震度。這種

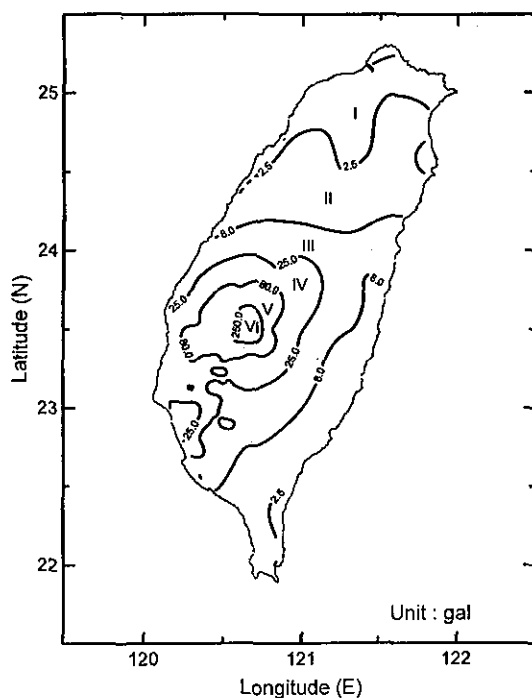


圖 4、瑞里地震之等震度圖。

Figure 4 Peak ground acceleration contours of the Ray-Li earthquake.

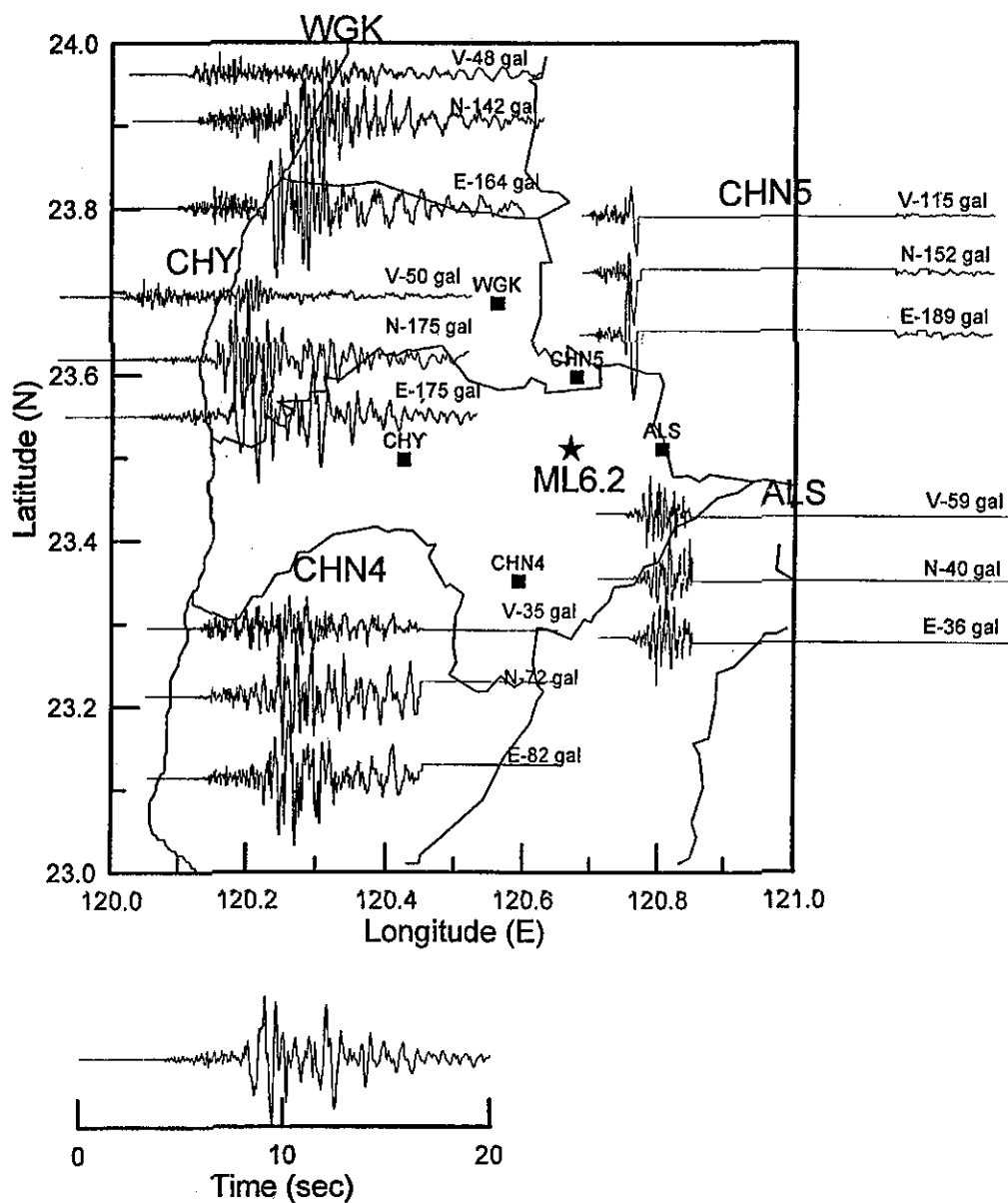


圖 5、瑞里地震震央附近即時強震站由電信專線所傳回之紀錄。

Figure 5 Real-time strong motion records of the Ray-Li earthquake near source area.



UT:1998/07/17\_04:51:15.00

LOCATION:23.51°N 120.66°E DEPTH: 6.0 ML:6.20

This study

V,NS,EW COMPONENTS

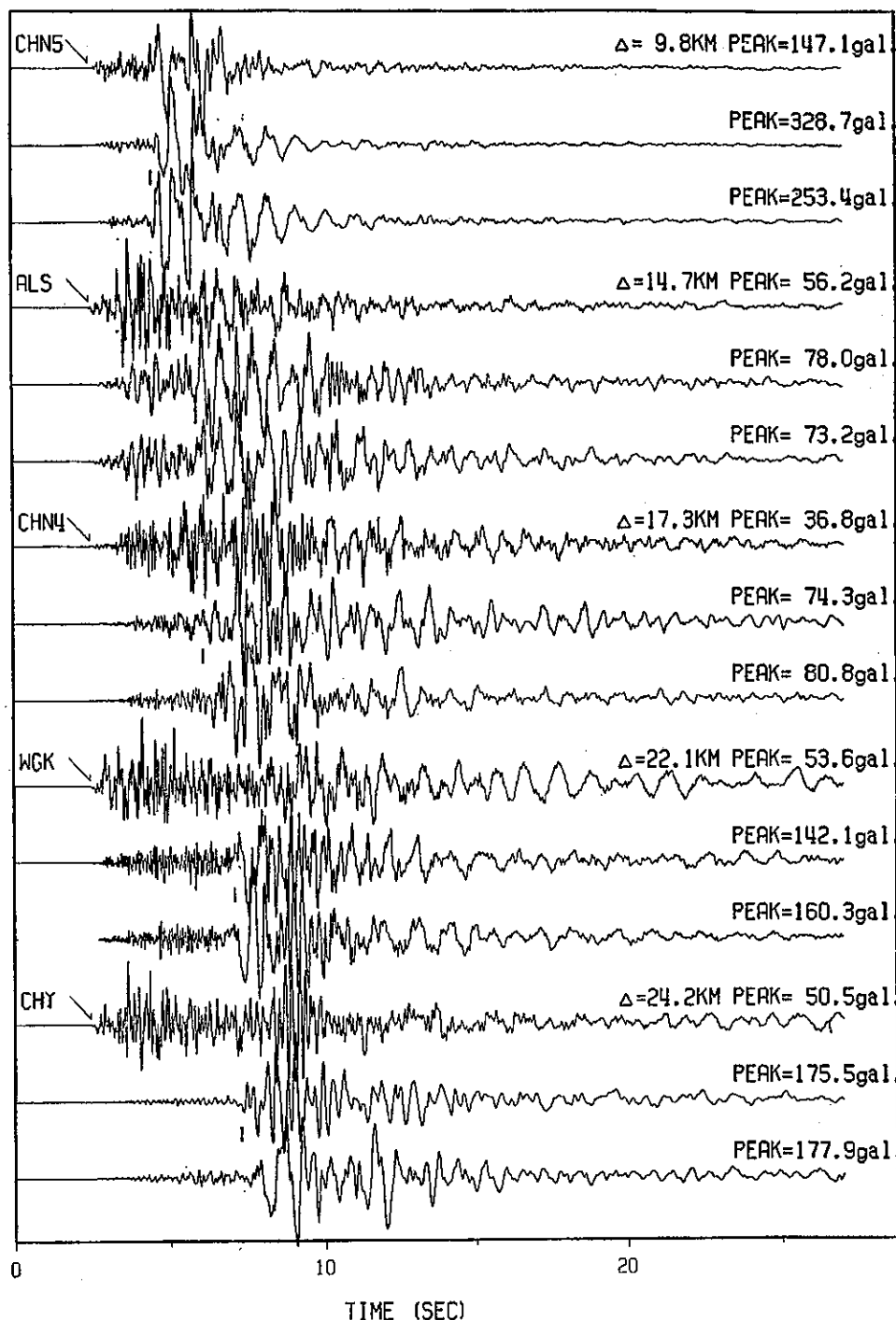


圖 6、瑞里地震震央附近即時強震站由當地取回之紀錄。

Figure 6 Strong motion records of the Ray-Li earthquake near source area that retrieved on site.

情形對於地震的救災可能會造成影響，因此，須設法加以補救。目前本局地震資訊快速發布系統的正確性可以控制在某一定的水準內（吳逸民等，1998a），因此我們認為可以利用地動衰減公式（辛在勤，1998）來重建震度六級的區域，以彌補可能因傳輸線路瞬斷所造成震度的低估。辛在勤（1998）所求出的衰減公式如下：

$$PGA = 12.44 \cdot e^{1.31M_L} \cdot R^{-1.837}$$

其中

PGA：地表加速度峰值（單位：gal）

R：震源距離（單位公里）

$M_L$ ：地震規模

圖 7 及圖 8 分別為依最後及初步之定位參

數以衰減公式預估的震度，兩者對於震央區的震度預估都相當的接近。因此，經此次地震之經驗後我們修改了計算震度圖的流程，當規模大於 5.5 的地震發生時，對於震央附近地表加速度峰值大於 200gal 的部分以衰減公式預估的值加以重建。圖 9 則為瑞里地震速報系統之震度預估圖，此圖則有大幅的改進，對於震度 5 及 6 級之區域都可以有效的描繪出。

日本氣象廳在神戶地震後對於地震的觀測做了大幅改進（Doi，1998），已完成利用衛星傳輸震度消息以掌握地震消息。目前中華電信公司與新加坡已經共同將商業用的通訊衛星發射並實際運作，因此，利用衛星傳遞地震信號或消息值得考慮。

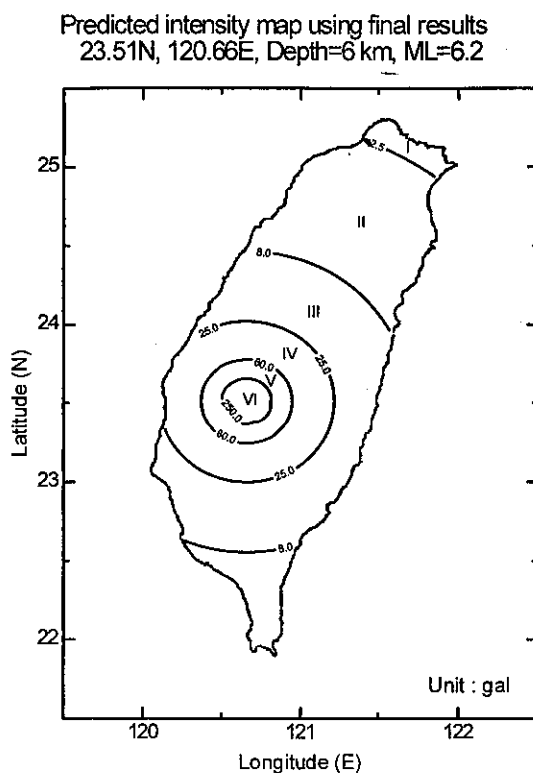


圖 7、瑞里地震以最後定位參數由衰減公式預估的震度分佈。

Figure 7 Distribution of estimated intensity of the Ray-Li earthquake by using the final location results.

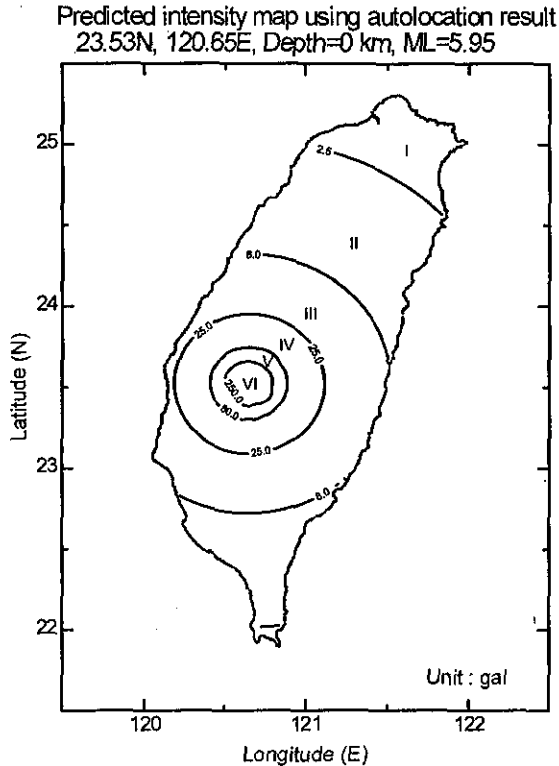


圖 8、瑞里地震以自動定位參數由衰減公式預估的震度分佈。

Figure 8. Distribution of estimated intensity of the Ray-Li earthquake by using the automatic location results.

#### 四、震源參數之決定

於地震發生後一分鐘，本局的地震資訊快速發布系統立即發布初步自動定位結果，之後陸續又將人工定位的結果發布（表 1）。比較自動定位與人工定位的結果，自動定位的規模比人工定位的規模約小 0.2 個單位，震央則相差約有 2 公里，深度相差有 2.8 公里。自動定位系統規模略小於人工定位是可以理解的，因為，為了爭取時效自動定位系統僅擷取地震發生後約一分鐘的地動訊號加以分析，此時較遠的測站尚未記錄到地動峰值，所以規模會有略小的現象。但是，經過去的資料分析（吳逸民等，1998a），大部分地震近震規模數值之差異都可以控制於 0.3 以內。此次地震自動定位與人工定位震央位置的差異也是在可容忍的範

圍內。對於震源深度方面，自動定位深度收斂點為 0 公里，而人工定位震源深度收斂點為 2.8 公里，由於餘震多分布於深度 5 至 10 公里的位置（張建興等，1998），因此主震的震源位置是定淺了，其主要原因為缺乏近震央的 S 波到時，速報系統因近震央之部分測站通訊中斷及 S 波到時自動挑選不易（吳逸民等，1998b），故缺 S 波到時，速度型觀測網也因近震央之部分測站通訊中斷及振幅滿格而無法挑取 S 波到時。因此，本研究結合自由場強震站紀錄所提供的 S-P 時間差及即時站所提供的 P 及 S 波到時重新定位（Wu et al., 1998），重新定位後之結果如表一所示。本研究所重新定位與地震中心例行人工定位的結果其主要差異為將震源深度定為 6.0 公里，根據由兩組震源位置所決定出的震源機制（圖 10），可以發現根據本

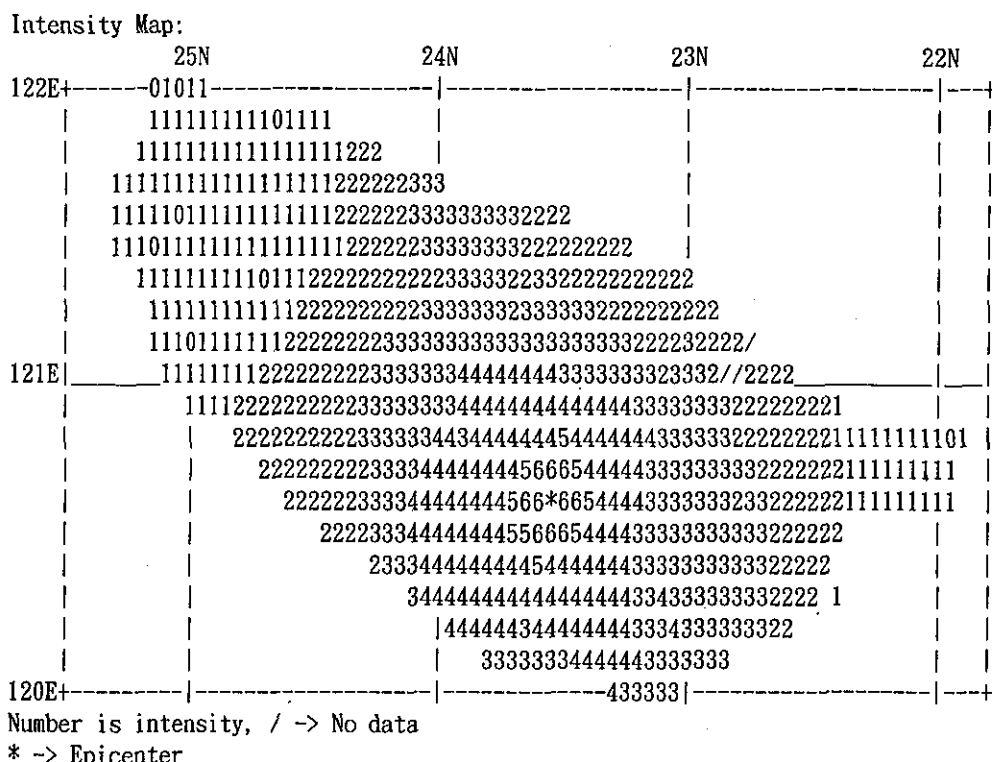


圖 9、瑞里地震以新的作業流程製作的震度分佈圖。

Figure 9 Distribution of intensity of the Ray-Li earthquake reproduced by new operation procedure.

表 1、瑞里地震由不同資料及程序所得的震源參數

Table 1 Source parameters of Ray-Li earthquake determined by different data sets and processing.

	位置	深度 (km)	規模 ( $M_L$ )
自動定位	23.52N 120.65E	0	6.0
人工定位	23.50N 120.66E	2.8	6.2
本研究	23.51N 120.66E	6.0	6.2

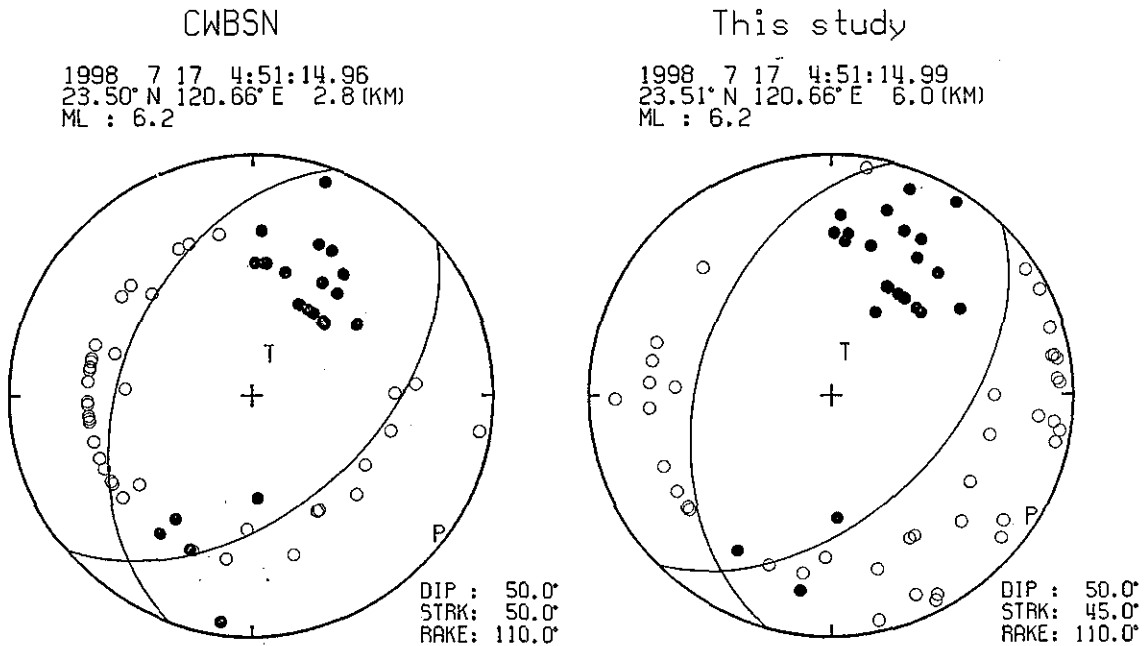


圖 10、瑞里地震由例行定位結果及本研究重新定位結果所得之震源機制。

Figure 10 Two focal mechanisms of the main shock reported by the CWB (left) and the new location determined in this study (right).

研究之震源位置所決定的震源機制有較佳的結果，因此，可以確定將震源深度訂定在 6.0 公里深較為合理。此次地震之震源機制（圖 10）為一逆斷層解，其主要的應力方向為東南—西北的壓應力，此應力方向與大地應力的方向一致。根據震源機制及地質構造環境，本文推測此次地震的斷層面可能為走向北 45 度東，向東傾斜 50 度的構造面。

此次地震的震源深度極淺，然而自動定位發出 0 公里及人工定位定位出 2.8 公里的震源深度，卻帶來許多詢問及質疑。自動定位有其誤差存在，尤其是要定極淺源的地震，常常震源深度會收斂於深度 0 公里的位置。因此，經此次地震後我們將自動定位之過程加以修正，規模 5.5-6.5 的地震自動定位的結果，若深度小於 5 公里，則將深度設定於 5 公里；規模 6.5-7.0 的地震自動定位的結果，若深度小於 7.5 公

里，則將深度設定於 7.5 公里；規模大於 7.0 的地震自動定位的結果，若深度小於 10 公里，則將深度設定於 10 公里。這項調整的主要是考慮斷層的破裂面與地震規模之關係，地震規模與其破裂面成正比，破裂面之深度分布亦然（Kanamori and Anderson, 1975），規模 6 的地震破裂面的深度分佈約有 10 公里，然而至規模 8.5 的地震則可達 200 至 300 百公里。因此，對於定位時深度收斂於地表的地震，隨規模增大將定位深度適度的調深是可以接受的。

根據作者等先前的研究（Wu et al., 1998）已發現氣象局例行的地震定位，對於嘉南地區淺源的地震有定淺的現象，此次人工定位定位出 2.8 公里的震源深度也是同樣的情形。然而考慮與餘震的同系統性，2.8 公里的震源深度暫且不用改變，然而當近震源的強震紀錄

收回後，可以利用強震紀錄的 S-P 時間差與即時測站的到時再加以重新定位，以得到最佳的震源位置。然後可利用聯合震源定位法將餘震重新定位，使主震與餘震有相同的系統性。

## 六、結 論

速報系統於本次地震中的表現是值得肯定的。本次地震由於電信線路的中斷造成震央區的震度低估，為速報系統運作以來首次出現的問題，經過這次經驗後，對於大地震震央區的震度，可以衰減公式加以重建，避免因通信中斷而造成的震度低估之問題。例行性的地震作業將震源深度定於 2.8 公里深也帶來不少爭議，經本文對瑞里主震重新定位結果為：震央位置為北緯 23.51 度，東經 120.66 度，震源深度為 6.0 公里深，我們認為此為較合理的震源位置供參考。根據此重新定位的震源位置及強震儀所紀錄的初動資料，本研究得到一組逆斷層的震源機制解，其主要的應力方向為東南—西北的壓應力。推測此次地震的斷層面可能為走向北 45 度東，向東傾斜 50 度的構造面。

## 誌 謝

作者感謝地震中心同仁江嘉豪先生協助繪圖，何美儀小姐及許麗文小姐協助校稿。

## 參考文獻

- 辛在勤，1998：台灣地區地震預警之初探。氣象學報四十二卷第二期，118-134 頁。
- 吳逸民、陳承俊、蕭乃祺、辛在勤、蔡義本，1997：地震消息自動傳播系統之建立與探討。氣象學報第四十一卷第四期，272-280 頁。
- 吳逸民、陳承俊、辛在勤、蔡義本，1998a：臺灣地震資訊快速發布系統之評估。氣象學報四十二卷第一期，16-28 頁。
- 吳逸民、陳承俊、鍾仁光、辛在勤，1998b：即時加速度型地震觀測網之波相到時自動撿拾系統。氣象學報四十二卷第二期，103-117 頁。
- 張建興、辛在勤、王乾盈，1998：1998 年嘉義瑞里地震——長逆衝構造上的片段錯動。第七屆台灣地區地球物理研討會論文集，1-12 頁。
- Doi, K., 1998: Earthquake early warning system in Japan. International Conference on Early Warning Systems for the Reduction of Natural Disasters (EWC '98), September 7 to 11, Potsdam, Germany.
- Kanamori, H. and D. L. Anderson, 1975: Theoretical basis of some empirical relations in seismology. Bull. Seism. Soc. Am., 65, 1075-1095.
- United States Geological Survey, 1998: A plan for implementation a real-time seismic hazard warning system-A report to congress required by public law 105-47. March 27, 1998, USA.
- Wu, Y. M., C. C. Chen, T.C. Shin, Y. B. Tsai, W. H. K. Lee, and T.L. Teng, 1997: Taiwan Rapid Earthquake Information Release System. Seism. Res. Lett., 68, 931-943.
- Wu, Y. M., C. H. Chang, Y. B. Tsai, J. K. Chung, T. C. Shin, and C. Y. Wang, 1998: Improvement on earthquake location by using near-source P&S arrivals and S-P time differences. Proceeding of the seventh Taiwan symposium on geophysics, 165-180.
- Yamazaki, F., 1998: Early warning systems for the mitigation of earthquake-related technological risks. International Conference on Early Warning Systems for the Reduction of Natural Disasters (EWC '98), September 7 to 11, Potsdam, Germany.

# A PRELIMINARY STUDY OF 1998 RAY-LI EARTHQUAKE

**Yih-Min Wu, Chien-Hsin Chang**

Seismology Center, Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan, R.O.C.

Institute of Geophysics, National Central University, Chung-li, R.O.C.

**Tzay-Chyn Shin**

Central Weather Bureau, Taipei, Taiwan, R.O.C.

## ABSTRACT

In this study, we investigated the location and focal mechanism of the Ray-Li earthquake in Chai-I Hsien on the 17th of July, 1998, by using the strong motion data. The relocated main shock epicenter was  $23.51^{\circ}\text{N}$ ,  $120.66^{\circ}\text{E}$  with 6.0 km focal depth, which was calculated by the S-P time differences of strong motion records and real-time P&S arrivals. A reverse focal mechanism solution was determined based on the new hypocenter and the first motion polarities of strong motion records. Considering the geological setting, we suggested a fault plane of strike  $\text{N}45^{\circ}\text{E}$  and dip  $50^{\circ}\text{E}$  for this event.

Keywords: Ray-Li earthquake, focal mechanism, earthquake rapid reporting system, and felt earthquake.

# 民國八十七年颱風調查報告—強烈颱風瑞伯 (9810)

劉 復 誠

中央氣象局氣象預報中心

## 摘 要

本文之主要目的在探討民國 87 年第 4 個侵台颱風瑞伯 ( Zeb ) 的發生經過、路徑、強度變化、侵台期間的氣壓、風速、降雨量分佈及波浪高低變化, 以及各種主、客觀颱風路徑預報的誤差校驗分析, 最後就瑞伯颱風侵台後台灣各地區之災情予以統計說明。

瑞伯颱風在菲律賓東方海面形成, 隨即由緩慢至加速的向西北再轉北方向朝台灣接近, 其中心於 10 月 15 日至 16 日上午從台灣東方外海約 60 至 100 公里以偏北方向進行並影響台灣, 其中心並未直接登陸本島。

就瑞伯颱風侵台期間的氣壓及風雨分析, 最低氣壓及最大風力均出現在最接近颱風中心附近的成功及彭佳嶼, 分別為 974 hPa 及 55m / s ; 就各地區風力分佈比較, 以北部、東北部及東部之風力最大, 最大陣風高達 16 級; 降雨量方面, 亦以迎風面的北部、東北部及東部雨量 ( 尤其山區 ) 最多, 高達 700 公厘以上, 背風面的中南部較少。至於波浪方面, 苗栗後龍國光平台站曾於 10 月 16 日 5 時觀測到 7.54 公尺的示性波高 ( H1 / 3 ) 。由於瑞伯颱風之暴風雨範圍遍及全省, 故除造成共 28 人死亡、10 人失蹤及 27 人輕重傷外, 農業、水利、電力及交通總損失高達新台幣 51 億 6 千萬元以上。

就颱風路徑預報誤差校驗比較, 中央氣象局 24 小時及 48 小時平均預報誤差分別為 187 公里及 387 公里, 而 CWB TFS / PE 模式之 24 小時及 48 小時平均路徑預報誤差僅為 109 公里, 顯示對此颱風之路徑預報表現尚佳。

關鍵詞: 颱風、氣壓、降雨量分佈、西風帶、路徑預報。

## 一、前 言

瑞伯 ( Zeb ) 颱風為民國 87 年在北太平洋西部發生的第 10 個颱風 ( 編號 9810 ), 也是該年第 4 個侵襲台灣地區颱風, 造成影響全省性的瑞伯颱風最早為衍生於關島西南方海面的熱帶性低氣壓 ( Tropical Depression ), 經數日之發展而成為輕度颱風, 再增強至中度颱風及強烈颱風。瑞伯颱風開始是向偏西方向移動, 後轉西北再轉北進行, 於 10 月 15 日至 16 日間進襲台灣, 為 87 年度最強的侵台颱風及唯一的強烈颱風。

瑞伯颱風於形成後, 即以每小時 18 至 28

公里的速度和以西至西北方向向巴士海峽及台灣東南部海面移動, 中央氣象局 ( Central Weather Bureau, 縮寫 CWB ) 鑑於瑞伯颱風於登陸呂宋島北部後有機會轉北向台灣接近, 乃於 13 日 14 時 20 分 ( 地方時 ) 對巴士海峽及台灣東南部海面正式發布了第 4 號第 1 報的海上颱風警報, 提醒在巴士海峽與台灣東南部海面的航行及作業船隻應嚴加戒備。至 13 日 20 時瑞伯颱風仍繼續以西北移動判斷, 其暴風圈未來有侵襲台灣本島之可能, 中央氣象局於是在當日 20 時 20 分發布了陸上颱風警報, 首先以恆春半島、蘭嶼、綠島及台東地區為警報範圍。



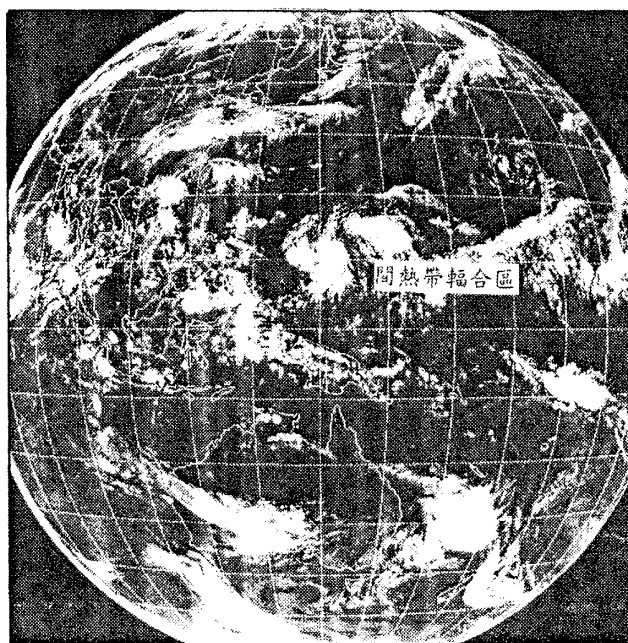
瑞伯颱風因屬典型的「秋颱風」，故在侵台前三日即已在北部、東北部及東部地區下了相當巨量的豪雨，以至災情擴大。瑞伯颱風進入台灣東南部海面後，受到左右兩邊高氣壓的擠迫，故一路以偏北走向再轉北北東向日本而去，最終於 18 日 8 時（18 日 0000UTC）成為溫帶氣旋，總計瑞伯颱風的生命期達 7 天 12 小時（10 日 1800UTC-18 日 0000UTC），並在台灣造成極嚴重的災害。

本文之主要目的為報導瑞伯颱風的發生經過、強度及路徑變化、颱風影響台灣期間各地（氣象站）之氣象要素特徵（尤其氣壓、風雨及波浪變化狀況）、焚風及海龍捲現象、中央氣象局颱風模式的預報檢討、各種主觀、客觀颱風路徑預報方法之校驗，以及災情統計等，以作為爾後調查或研究之參考。

為提供進一步作調查分析之用，本文所採用的資料來源（含時間單位）包括：

1. 中央氣象局及空軍氣象中心（參考用）各氣象站的觀測報告。
2. 中央氣象局花蓮、高雄及台北五分山氣象雷達站的觀測報告。
3. 中央氣象局氣象衛星中心的颱風中心定位及強度估測報告。
4. 中央氣象局海象測報中心的波浪觀測報告。
5. 中央氣象局發布瑞伯颱風的各號次颱風警報。
6. 國外有關瑞伯颱風的氣象資料：包括關島聯合颱風警報中心（JTWC）、日本氣象廳（RJTD 及 JMH）、琉球美國空軍基地（RODN）等之氣象衛星颱風中心定位及海溫資料。
7. 空軍氣象聯隊綠島雷達站的觀測報告。
8. 中央氣象局氣象資訊中心的各種數值預測圖、颱風模式預測圖及各種主、客觀颱風路

中華民國 87 年 10 月 10 日 14 時紅外線衛星雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖 1. 1998 年 10 月 10 日 0600UTC 紅外線衛星雲圖。

Fig.1. The satellite infrared imagery at 0600UTC 10 October of 1998.

徑預測資料。

9. 台灣省政府農林廳、農委會及內政部消防署中央災害防救中心發布的災情報告。

10. 本文中所使用國際時均加註 UTC，用地方時（LST）為 UTC + 8。

## 二、瑞伯颱風的發生及經過

瑞伯颱風為 87 年入秋以來形成的第 6 個颱風，前 5 個颱風依序為 9805 的史特拉（Stella），9806 的陶德（Todd），9807 的維琪（Vicki），9808 的瓦爾道（Waldo），9809 的楊妮（Yanni）。瑞伯颱風原為位在關島西南方海面的熱帶雲簇，經不斷的對流活動，於 10 月 10 日 0600UTC 發展為熱帶性低氣壓，中心位置在北緯 10.5 度，東經 141.5 度（參考圖 1），之後於當日 1800UTC 正式增強為輕度颱風，並經 JTWC 命名為瑞伯（Zeb），

編號 9810，其時中心位置在北緯 10.5 度，東經 139.0 度，中心氣壓 998hPa，近中心最大風速 18m/s，最大陣風 23m/s，向西北西移動，時速 20 公里，7 級風暴風半徑 100 公里。有關瑞伯颱風之最佳路徑（Best track）資料（參考圖 2 及表 2），主要是以 Dvorak（1975）方法應用雷達觀測（表 1a）與衛星觀測（表 1b）而得。

研判瑞伯颱風之發展，與十天平均海溫之暖區（27℃至 29℃）有關（圖 3），加上間熱帶輻合區（Intertropical Convergence Zone），正位於北緯 7 度至 20 度間（偏向赤道），與夏日不同。而由圖 1 及 10 日 0600UTC 之地面天氣圖研判，不斷的加強性對流活動使瑞伯颱風很快形成。

就瑞伯颱風強度的發展來說，由於其衍生地在關島西南方海面，因此在迅速獲得能量

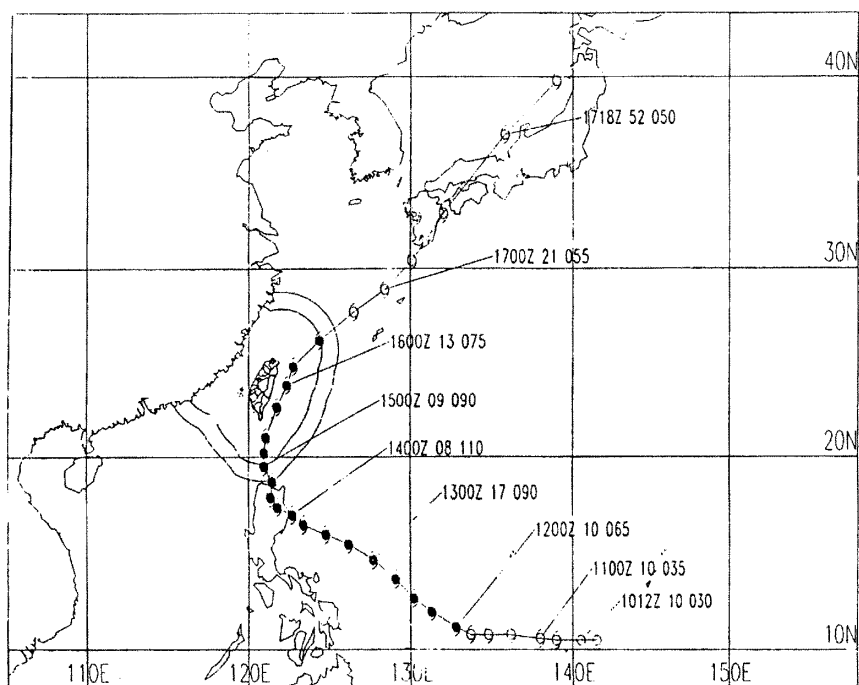


圖 2. 1998 年瑞伯颱風最佳路徑圖

圖中空心代表強度為輕度颱風，實心代表中度颱風以上，每隔 24 小時之標示資料，由左至右分別為 UTC 時間、移速 (kts) 及近中心最大風速 (kts)。

Fig.2. The best track of typhoon Zeb (1998).

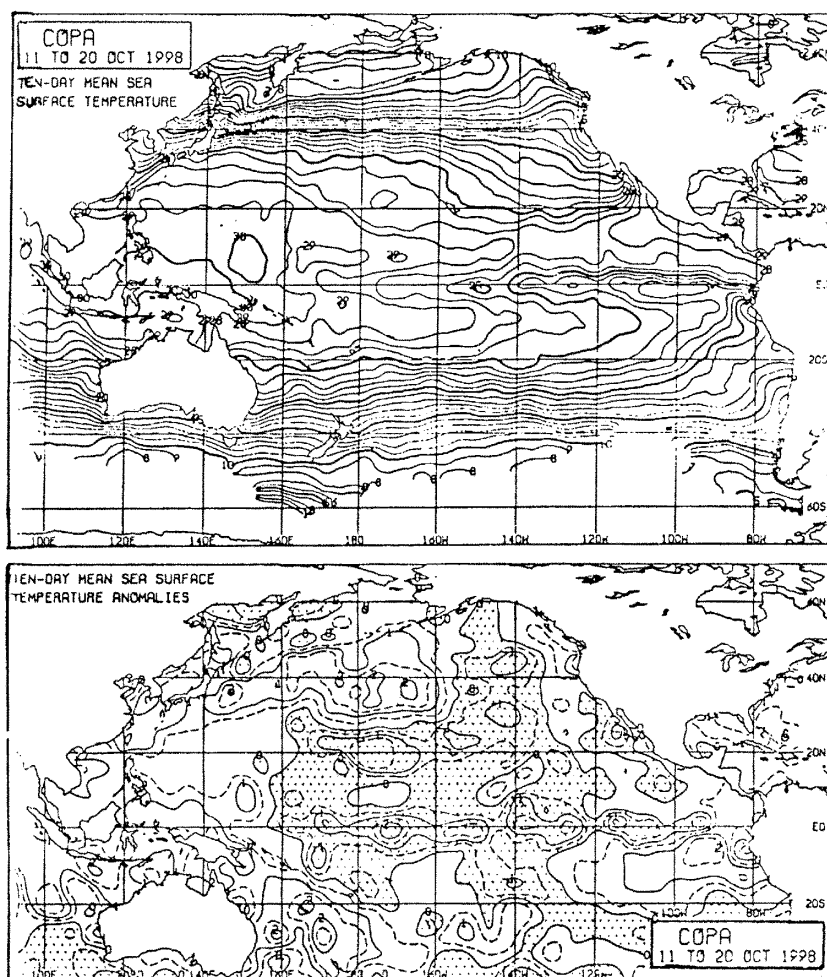


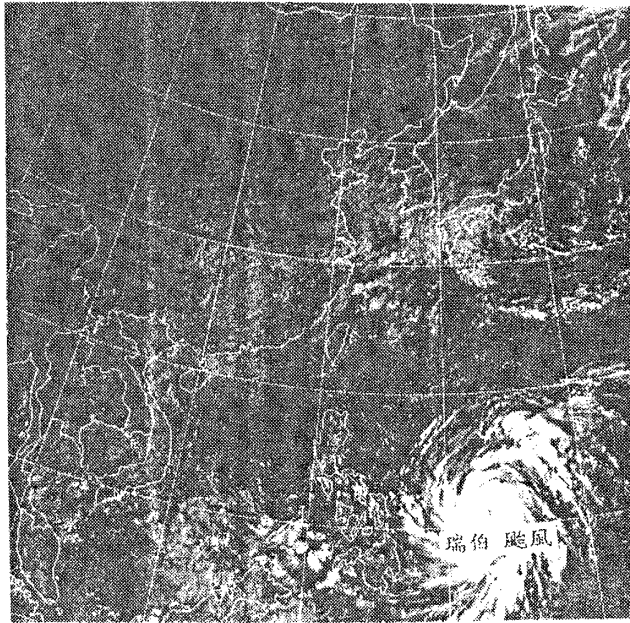
圖 3. 1998 年 10 月 11 日至 20 日太平洋區域海溫（上）與海溫距平（下）圖。

Fig.3. Ten-day ( 11 至 20 日, October of 1998 ) mean sea surface temperature ( top ) and anomalies ( bottom ) over the Pacific area.

後，強度逐漸增強，12 日 0000UTC 已成為中度颱風，中心位置在北緯 11.2 度，東經 132.8 度，中心氣壓 970hPa，近中心最大風速 33m / s，陣風 43m / s，7 級風暴風半徑 250 公里，10 級風暴風半徑 100 公里（圖 4）。至 13 日 0600UTC 再增強為強烈颱風，中心位置在北緯 15.5 度，東經 126.2 度，中心氣壓 930hPa，近中心最大風速 57m / s，陣風 63m / s，7 級風暴風半徑 350 公里，10 級風暴風半徑 150 公里。之後 18 小時，瑞伯颱風之

強度達到最高峰，近中心最大風速 55m / s，陣風 68m / s，由 10 月 13 日 16 時（0800UTC）的紅外線衛星雲圖（圖 5）可以看見瑞伯颱風的清晰眼位，其左半暴風圈已橫掃菲律賓北部及中部地區。當瑞伯颱風中心移到呂宋島北部時，在 10 月 14 日 1200UTC 轉弱為中度颱風，中心位置在北緯 17.9 度，東經 121.4 度，中心氣壓 945hPa，近中心最大風速 45m / s，陣風 55m / s，7 級風暴風半徑仍維持 350 公里，10 級風暴風半徑 120 公里。追

中華民國 87 年 10 月 12 日 08 時可見光衛星雲圖

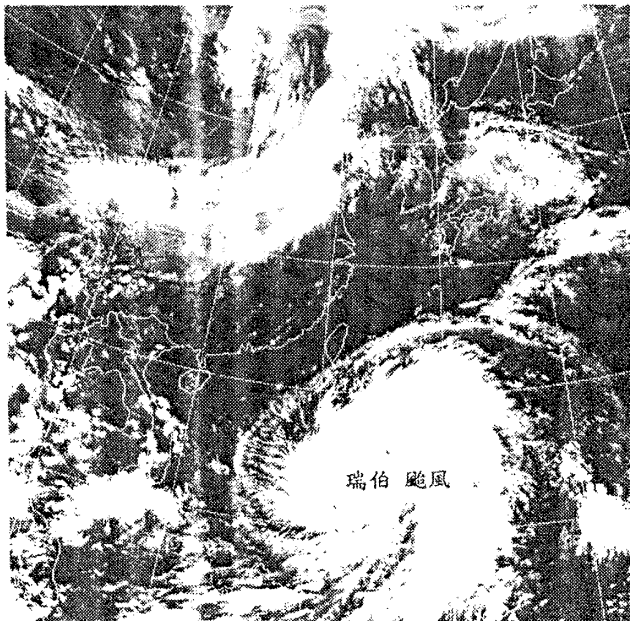


中央氣象局氣象衛星中心

圖 4. 1998 年 10 月 12 日 0000UTC 可見光衛星雲圖。

Fig.4. The satellite visible imagery at 0000UTC 12 October of 1997.

中華民國 87 年 10 月 13 日 16 時紅外線衛星雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖 5. 1998 年 10 月 13 日 0800UTC 紅外線衛星雲圖，由圖上可見瑞伯颱風眼位清晰。

Fig.5. The satellite infrared imagery at 0800UTC 13 October of 1998.

表 1a. 瑞伯颱風侵台期間中央氣象局 (a) 高雄雷達站、(b) 花蓮雷達站及 (c) 五分山雷達站颱風中心定位資料。

Table 1a. Radar fixes of the center location of typhoon Zeb from (a)Kaohsiung(46744), (b)Hualien (46699), and (c)Wufensan(46685).

(a) 瑞伯颱風 高雄雷達站定位資料

時間(地方時)	緯度	經度
1517L	20.70	121.00
1518L	20.80	121.00
1519L	20.90	121.10
1520L	21.00	121.10
1521L	21.10	121.10
1522L	21.20	121.10
1523L	21.30	121.20
1524L	21.50	121.20
1601L	21.70	121.30

(c) 瑞伯颱風 五分山雷達站定位資料

時間(地方時)	緯度	經度
160600L	23.70	122.20
160630L	23.70	122.20
160700L	23.40	122.30
160730L	X	X
160800L	24.10	122.30
160830L	24.30	122.30
160900L	24.40	122.30
160930L	24.40	122.40
161000L	24.50	122.50
161030L	X	X
161100L	X	X
161130L	X	X
161200L	X	X
161230L	X	X
161300L	25.00	122.50
161330L	25.00	122.50
161400L	25.20	122.70
161430L	25.70	123.10
161500L	24.80	123.40
161530L	24.90	123.80
161600L	25.00	124.00
161630L	25.20	124.00
161700L	25.30	124.10
161730L	25.50	124.30
161800L	25.70	124.70
161830L	X	X
161900L	25.80	124.70
161930L	25.80	124.70
162000L	25.90	124.70
162030L	X	X

(b) 瑞伯颱風 花蓮雷達站定位資料

時間(地方時)	緯度	經度
1603L	22.96	121.95
1604L	23.20	121.90
1605L	23.38	121.94
1606L	23.47	122.05
1607L	23.76	122.13
1608L	23.91	122.19
1609L	24.10	122.35
1610L	24.40	122.50
1611L	24.60	122.70
1612L	24.83	122.92
1613L	X	X

表 1b. 中央氣象局衛星中心瑞伯颱風之中心定位與強度資料。

Table 1b. Center location and intensity of typhoon Zeb analyzed by Satellite Center of CWB.

時間 (UTC)				中心位置		準確度	強度估計
月	日	時	分	北緯 (度)	東經 (度)		T/C/INO.
10	10	00	00	10.8	141.9	Poor	1.0/1.0
		06	00	10.0	141.2	Poor	1.0/1.0
		12	00	10.0	140.1	Poor	1.5/1.5
		18	00	10.1	138.6	Poor	2.0/2.0
		21	00	10.2	138.0	Poor	2.0/2.0
10	11	00	00	10.6	138.0	Poor	2.5/2.5
		03	00	---	---	---	---
		06	00	10.9	136.4	Poor	2.5/2.5
		09	00	11.2	135.7	Poor	2.5/2.5
		12	00	11.3	134.8	Poor	3.0/3.0
		18	00	10.5	133.8	Poor	3.5/3.5
		21	00	10.5	133.2	Poor	3.5/3.5
10	12	00	00	11.0	132.6	Fair	3.5/3.5
		03	00	11.7	132.1	Fair	4.0/4.0
		06	00	12.2	131.3	Fair	4.0/4.0
		09	00	12.4	130.6	Fair	4.0/4.0
		12	00	12.6	130.2	Fair	4.5/4.5
		18	00	13.6	129.0	Good	5.5/5.5
		21	00	14.2	128.4	Good	5.5/5.5
10	13	00	00	14.6	127.7	Good	5.5/5.5
		03	00	15.1	126.9	Good	6.0/6.0
		05	00	15.4	126.4	Good	6.0/6.0
		06	00	15.5	126.0	Good	6.5/6.5
		07	00	15.5	125.7	Good	6.5/6.5
		08	00	15.6	125.5	Good	6.5/6.5
		09	00	15.7	125.5	Good	6.5/6.5
		10	00	15.8	125.1	Good	7.0/7.0
		11	00	15.9	125.0	Good	7.0/7.0
		12	00	15.9	124.7	Good	7.0/7.0
		13	00	16.0	124.5	Good	7.0/7.0
		16	00	16.1	123.9	Good	7.0/7.0
		17	00	16.1	123.8	Good	7.0/7.0
		18	00	16.2	123.7	Good	7.0/7.0
		19	00	16.3	123.7	Good	7.0/7.0
		20	00	16.5	123.6	Good	7.0/7.0
		21	00	16.7	123.4	Good	7.0/7.0
		22	00	16.9	123.1	Good	7.0/7.0
		23	00	17.0	122.9	Good	7.0/7.0
10	14	00	00	17.0	122.7	Good	7.0/7.0
		01	00	17.1	122.6	Good	7.0/7.0
		02	00	17.2	122.5	Good	7.0/7.0
		03	00	17.2	122.3	Good	6.5/7.0
		04	00	17.3	122.0	Fair	6.0/6.5
		05	00	17.4	121.8	Fair	5.5/6.0
		06	00	17.4	121.6	Fair	5.0/5.5

(Continued Table 1b)

10	14	07	00	17.4	121.4	Fair	5.0/5.5
		08	00	17.4	121.4	Fair	5.0/5.5
		09	00	17.4	121.3	Fair	5.0/5.5
		10	00	17.4	121.3	Fair	4.5/5.0
		11	00	17.4	121.3	Fair	4.5/5.0
		12	00	17.4	121.3	Fair	4.5/5.0
		13	00	17.6	121.3	Fair	4.5/5.0
		14	00	---	---	---	---
		15	00	---	---	---	---
		16	00	18.3	121.1	Fair	4.5/5.0
		17	00	18.6	121.4	Fair	4.5/5.0
		18	00	18.8	121.3	Fair	4.5/5.0
		19	00	18.9	121.1	Fair	4.5/5.0
		20	00	19.0	121.1	Fair	4.5/5.0
		21	00	19.1	121.1	Fair	4.5/5.0
		22	00	19.2	121.1	Fair	4.5/5.0
		23	00	19.3	121.4	Fair	4.5/5.0
10	15	00	00	19.4	121.4	Fair	4.5/5.0
		01	00	19.5	121.3	Fair	4.5/5.0
		02	00	19.6	121.2	Fair	4.5/5.0
		03	00	19.7	121.0	Fair	4.5/5.0
		04	00	19.9	120.9	Fair	4.5/5.0
		05	00	20.1	121.0	Fair	4.5/5.0
		06	00	20.2	121.1	Fair	4.5/5.0
		07	00	20.3	121.1	Fair	4.5/5.0
		08	00	20.5	121.1	Fair	4.5/5.0
		09	00	20.7	121.2	Fair	4.5/5.0
		10	00	20.8	121.2	Fair	4.5/5.0
		11	00	21.0	121.2	Fair	4.5/5.0
		12	00	21.2	121.2	Fair	4.5/5.0
		13	00	21.3	121.4	Fair	4.5/5.0
		14	00	---	---	---	---
		15	00	---	---	---	---
		16	00	22.0	121.7	Fair	4.0/5.0
		17	00	22.3	121.8	Fair	4.0/5.0
		18	00	22.5	121.9	Fair	4.0/5.0
		19	00	22.8	122.0	Fair	4.0/4.5
		20	00	23.0	122.1	Fair	4.0/4.5
		21	00	23.1	122.2	Fair	4.0/4.5
		22	00	23.3	122.4	Fair	4.0/4.5
		23	00	23.4	122.5	Fair	3.5/4.0
10	16	00	00	23.6	122.5	Fair	3.5/4.0
		01	00	23.8	122.6	Fair	3.5/4.0
		02	00	24.2	122.6	Poor	3.5/4.0
		03	00	24.3	122.7	Poor	3.5/4.0
		04	00	24.4	122.7	Poor	3.5/4.0
		05	00	24.6	122.7	Poor	3.5/4.0

(Continued Table 1b)

		05	00	24.8	122.7	Poor	3.5/4.0
		07	00	25.0	122.7	Poor	3.5/4.0
		08	00	25.1	122.9	Poor	3.5/4.0
10	16	09	00	25.3	123.3	Poor	3.0/3.5
		10	00	25.3	123.9	Poor	3.0/3.5
		11	00	25.3	123.9	Poor	3.0/3.5
		12	00	25.8	124.0	Poor	3.0/3.5
		13	00	26.0	124.1	Poor	3.0/3.5
		14	00	---	---	---	---
		15	00	---	---	---	---
		16	00	27.0	125.4	Poor	3.0/3.5
		17	00	27.2	125.7	Poor	3.0/3.5
		18	00	27.4	126.1	Poor	2.5/3.0
		19	00	27.5	126.6	Poor	2.5/3.0
		20	00	27.7	127.1	Poor	2.5/3.0
		21	00	28.0	127.7	Poor	2.5/3.0
		22	00	28.3	128.3	Poor	2.5/3.0
10	17	00	00	29.3	128.6	Poor	2.5/3.0
		03	00	29.5	129.3	Poor	2.5/3.0
		06	00	29.9	130.0	Poor	2.5/3.0
		09	00	30.9	131.5	Poor	2.5/3.0
		12	00	32.8	132.4	Poor	2.5/3.0
		15	00	33.9	134.5	Poor	2.0/2.5
		18	00	36.4	136.0	Poor	2.0/2.5
		21	00	37.8	137.2	Poor	1.5/2.0
10	18	00	00	40.3	140.2	Poor	1.5/2.0

至 16 日 1800UTC 再轉弱為輕度颱風，中心位置在北緯 27.7 度，東經 126.5 度，中心氣壓 975hPa，近中心最大風速 30m / s，陣風 38m / s，7 級風暴風半徑減為 300 公里（圖 6）。瑞伯颱風在維持了 180 小時（7 天 12 小時）生命期後於 10 月 18 日 0000UTC 減弱為溫帶氣旋（圖 7）。

瑞伯颱風形成後，由於受到北方太平洋副高壓的影響，一直以偏西路徑（270 至 293 度），並快速（時速 20 至 25 公里）向菲律賓前進，至 12 日 1200UTC 後，受西北方強烈高層氣流之導流影響（參考圖 8a 及 8b），開始偏向西北，至 14 日 1800UTC，再受到西風帶（Westerlies）之牽引轉向正北移動，朝向台灣本島而來。隨後至 16 日 0000UTC 由於大陸

冷高壓的不斷進迫台灣，使瑞伯颱風中心一直未能登陸並穿越台灣本島，自 16 日 00 時至 14 時（LST）為距離台灣東部海岸線最近（約 60 至 100 公里）（圖 9a 及 9b），隨後即逐漸遠離。基本上，瑞伯颱風一直能夠維持向北再轉北北東至東北方向（呈典型拋物線路徑）侵入日本。其移動路徑與 1959 年 11 月 17 日至 19 日發生的芙瑞達 (Freda) 颱風極相似（圖 10，JTWC，1960）。

在瑞伯颱風的移動速度方面，由於此颱風未遭到其他颱風之干擾，其移動速度主要受導引氣流之牽制，早期（10 月 10 日 1800UTC 至 10 月 14 日 0600UTC）均維持時速 18 至 25 公里，中期（10 月 14 日 1200UTC 至 10 月 16 日 0600UTC）因正在向北移動關係，移動速度稍



表 2. 瑞伯颱風（編號 9810）最佳路徑中心位置及其他動態資料

Table2. The best track center positions, intensity and movement of the typhoon Zeb.

月	日	時 (UTC)	北緯 (度)	東經 (度)	中心 氣壓 (hpa)	近中心 最大 風速 (m/s)	強度	颱風 進行 方向	時速 (公里)	7級風 暴風半徑 (公里)	10級風 暴風半徑 (公里)	警報種類	備註
10	10	06	10.5	141.5	1002	13	T.D.	W	15	---	---		
		12	10.5	140.5	1000	13	T.D.	W	15	---	---		
		18	10.5	139.0	998	18	輕	WNW	20	100	---		生成
10	11	00	10.6	138.0	998	18	輕	WNW	20	100	---		
		06	10.8	136.2	990	23	輕	WNW	20	100	---		
		12	10.8	134.8	980	28	輕	W	20	150	---		
		18	10.8	133.7	980	28	輕	W	20	150	---		
10	12	00	11.2	132.8	970	33	中	WNW	20	250	100		
		06	12.0	131.3	965	35	中	NW	25	300	120		
		12	12.7	130.2	965	35	中	NW	25	300	120		
		18	13.7	129.1	960	40	中	NW	25	300	120		
10	13	00	14.7	127.7	940	45	中	NW	25	350	150		
		06	15.5	126.2	930	51	強	NW	25	350	150	海上	
		12	16.0	124.8	920	55	強	NW	22	350	150	海上陸上	
		18	16.5	123.4	920	55	強	NW	18	350	150	海上陸上	
10	14	00	17.0	122.7	920	55	強	NW	18	350	150	海上陸上	
		06	17.4	121.8	930	51	強	NW	18	350	150	海上陸上	
		12	17.9	121.4	945	45	中	NNW	15	350	120	海上陸上	
		18	18.7	121.5	945	45	中	N	15	350	120	海上陸上	
10	15	00	19.5	121.0	945	45	中	N	15	350	120	海上陸上	
		06	20.2	121.0	945	45	中	NNW	15	300	120	海上陸上	
		12	21.0	121.1	945	45	中	NNW	15	300	120	海上陸上	
		18	22.6	121.8	948	43	中	NNE	15	300	120	海上陸上	
10	16	00	23.8	122.4	955	38	中	NNE	22	300	120	海上陸上	
		06	24.8	122.8	965	33	中	NNE	22	300	100	海上陸上	
		12	26.2	124.4	970	33	中	NE	26	300	100	海上陸上	
		18	27.7	126.5	975	30	輕	NE	28	300	---	海上	
		21	28.2	127.3	975	30	輕	NE	35	300	---	解除	
10	17	00	28.9	128.4	978	28	輕	NE	40	250	---		
		06	30.4	130.1	985	25	輕	NE	46	250	---		
		12	32.8	132.0	985	25	輕	NE	46	250	---		
		18	36.9	135.8	985	25	輕	NE	73	250	---		
10	18	00	39.8	139.0	990	20	L	NE	75	---	---		消散

（說明： T.D. = 熱帶性低氣壓， L = 溫帶氣旋）

表 3. 瑞伯颱風中央氣象局發布警報概況紀錄

Table 3. Warnings issued by CWB for typhoon Zeb.

種 類	次序 號 報	發 布 時 間					警 戒 地 區		備 註
		月	日	時	分	海 上	陸 上		
海上	4 1	10	13	14	20	巴士海峽及台灣東南部海面	---		
海上	4 2	10	13	17	10	巴士海峽及台灣東南部海面	---		
海上陸上	4 3	10	13	20	20	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣海峽南部及東沙島海面	恆春半島、蘭嶼、綠島及台東地區		
海上陸上	4 4	10	14	0	15	同上	同上		
海上陸上	4 5	10	14	2	30	同上	同上		
海上陸上	4 6	10	14	5	30	同上	同上		
海上陸上	4 7	10	14	8	40	巴士海峽、台灣東南部海面、台灣東北部海面、台灣海峽及東沙島海面	屏東、蘭嶼、台東、花蓮、高雄及台南地區		
海上陸上	4 8	10	14	11	20	同上	同上		
海上陸上	4 9	10	14	15	15	同上	花蓮以南、蘭嶼、綠島、嘉義以南及澎湖地區		
海上陸上	4 10	10	14	17	45	同上	同上		
海上陸上	4 11	10	14	20	45	同上	同上		
海上陸上	4 12	10	15	0	40	同上	同上		
海上陸上	4 13	10	15	2	50	巴士海峽、台灣附近各海面及東沙島海面	台灣各地區、蘭嶼、綠島及澎湖地區		
海上陸上	4 14	10	15	5	30	同上	同上		
海上陸上	4 15	10	15	8	55	同上	同上		
海上陸上	4 16	10	15	11	40	同上	同上		
海上陸上	4 17	10	15	14	55	同上	同上		
海上陸上	4 18	10	15	17	40	巴士海峽、台灣附近各海面、金門、馬祖及東沙島海面	同上		
海上陸上	4 19	10	15	20	10	同上	同上		
海上陸上	4 20	10	15	23	45	同上	同上		
海上陸上	4 21	10	16	3	10	巴士海峽、台灣附近各海面、金門及馬祖海面	同上		
海上陸上	4 22	10	16	5	40	同上	同上		
海上陸上	4 23	10	16	8	50	同上	同上		
海上陸上	4 24	10	16	11	50	同上	同上	台東地區已有焚風現象	
海上陸上	4 25	10	16	14	55	台灣北部、東北部、東南部海面、台灣海峽北部、金門及馬祖海面	嘉義以北各縣市、宜蘭、花蓮、台東、蘭嶼及綠島地區	台東地區持續焚風現象	
海上陸上	4 26	10	16	17	55	同上	台中以北各縣市、宜蘭及花蓮地區	台東地區持續焚風現象	
海上陸上	4 27	10	16	21	00	台灣北部、東北部及東南部海面	新竹以北及宜蘭地區	台東地區焚風現象停止	
海上陸上	4 28	10	16	23	35	同上	台北、基隆及宜蘭地區		
海上	4 29	10	17	2	45	台灣北部及東北部海面	---		
解除	4 30	10	17	6	45	---	---		

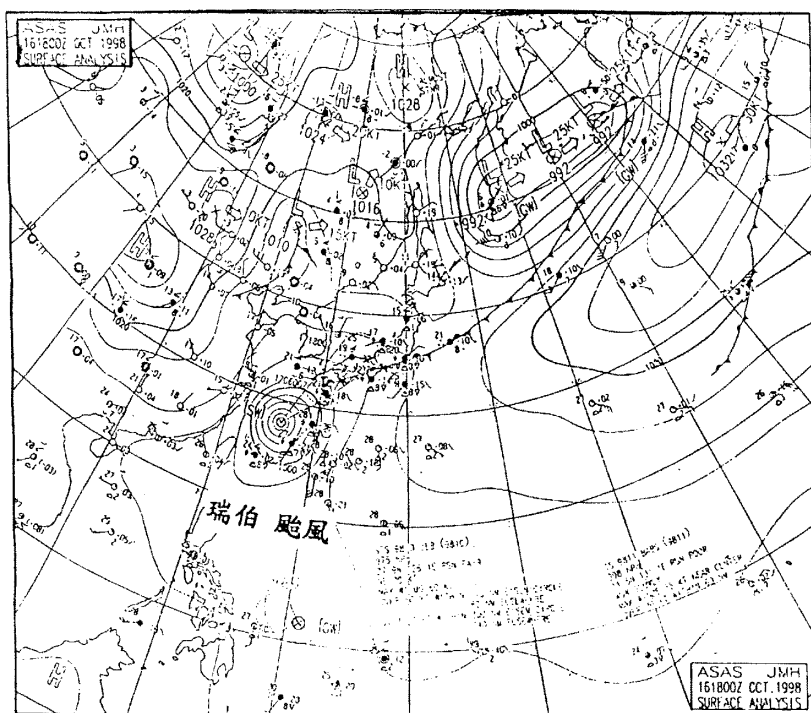


圖 6. 1998 年 10 月 16 日 1800UTC 地面天氣圖。

Fig.6. The surface analysis at 1800UTC 16 October of 1998.

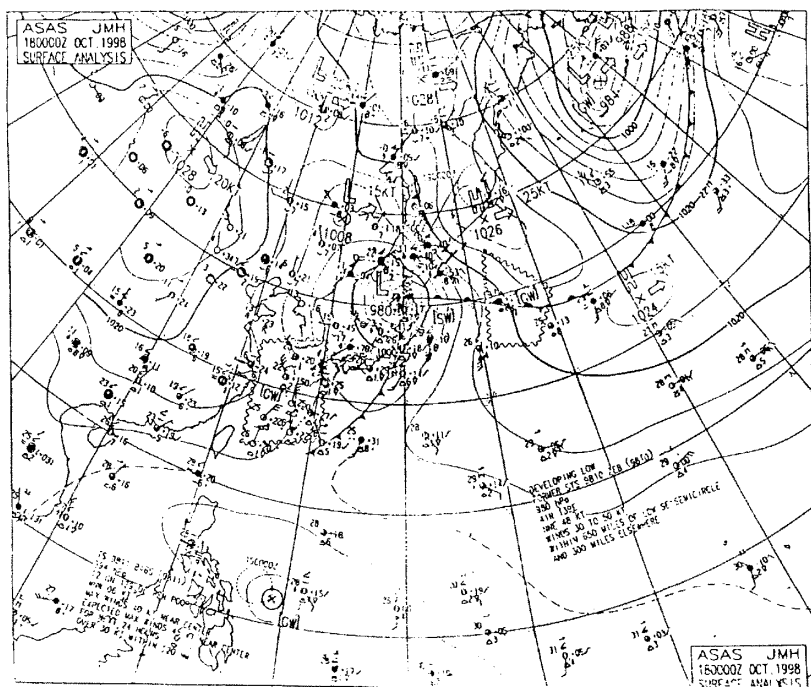


圖 7. 1998 年 10 月 18 日 0000UTC 地面天氣圖。

Fig.7. The surface analysis at 0000UTC 18 October of 1998.

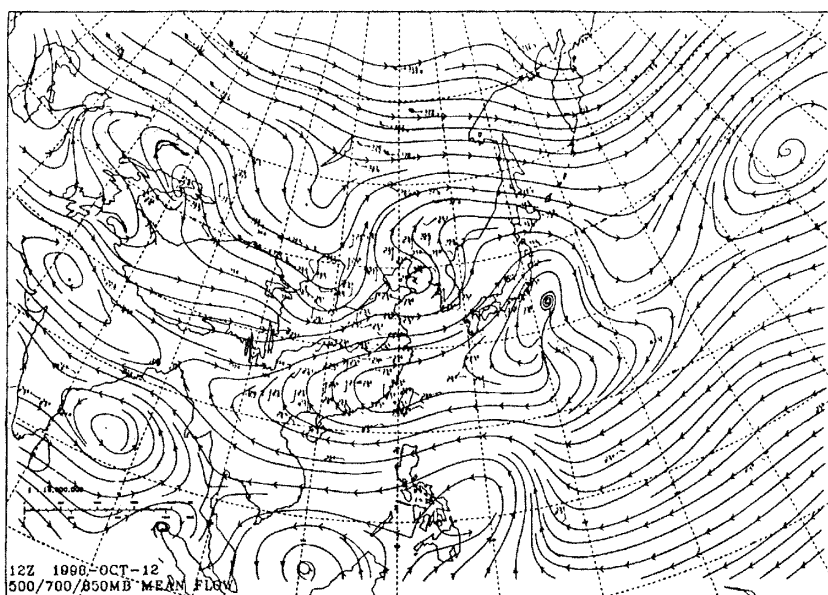


圖 8a. 1998 年 10 月 12 日 1200UTC 500 / 700 / 850 百帕 (高空圖) 三層平均氣流圖。  
Fig.8a. The 500 / 700 / 850 hPa mean flow at 1200UTC 12 October of 1998.

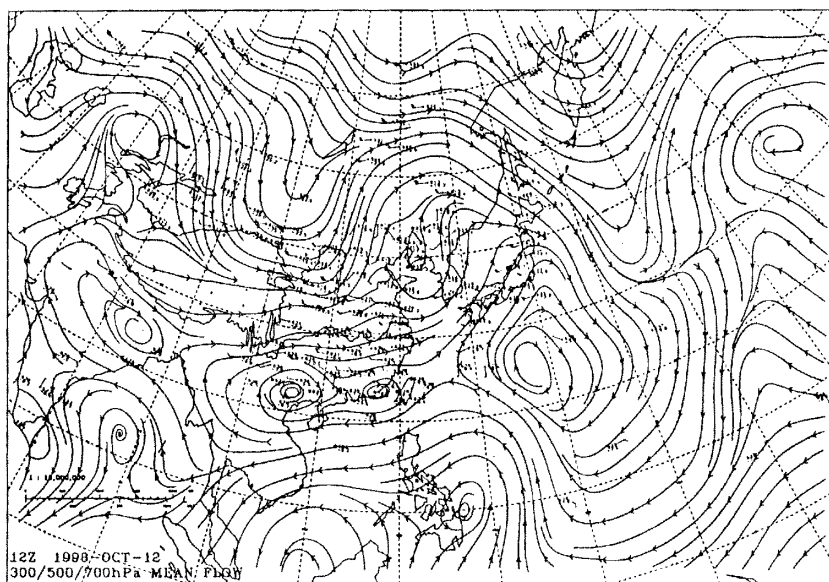


圖 8b. 1998 年 10 月 12 日 1200UTC 300 / 500 / 700 百帕三層平均氣流圖。  
Fig.8b. The 300 / 500 / 700 hPa mean flow at 1200UTC 12 October of 1998.

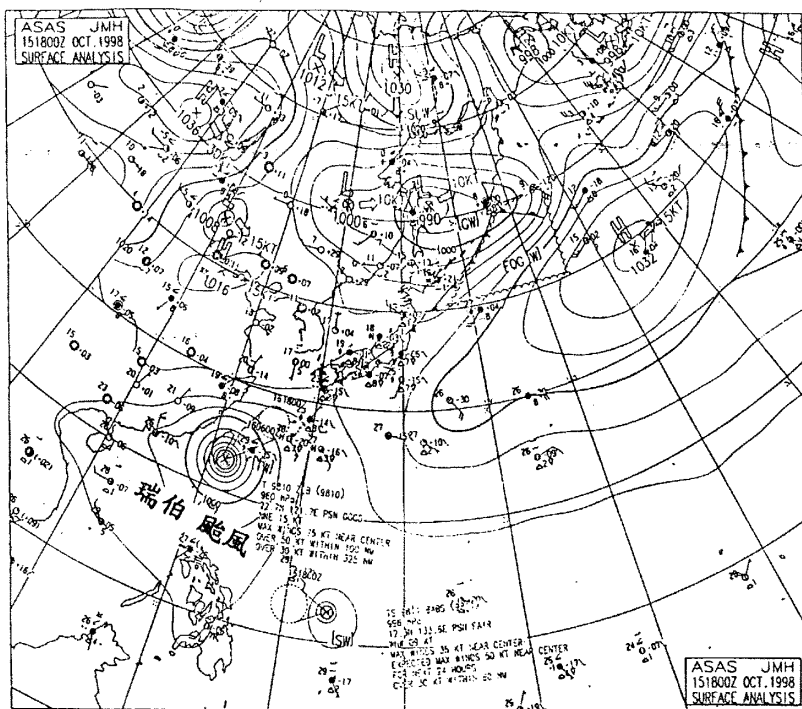


圖 9a. 1998 年 10 月 15 日 1800UTC 亞洲區域地面天氣圖

Fig.9a. Surface analysis over the Asia area at 1800UTC 15 October of 1998.

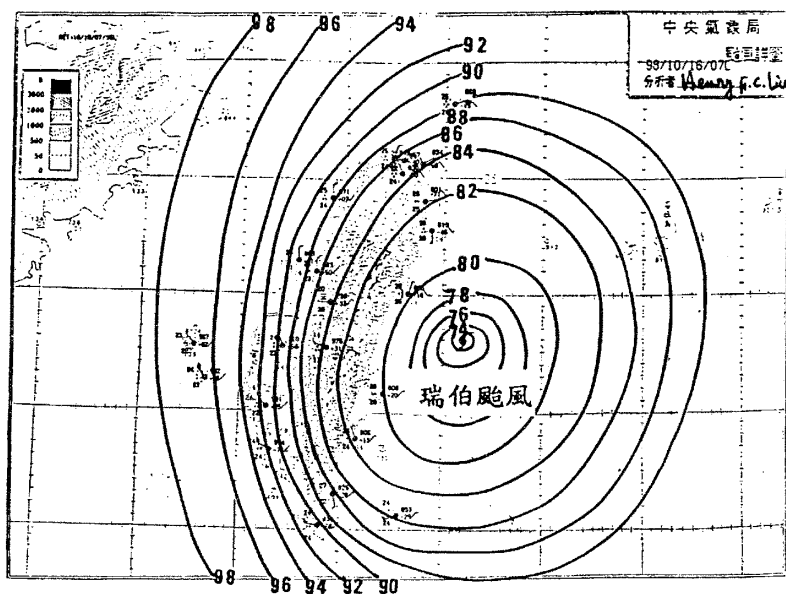


圖 9b. 1998 年 10 月 15 日 2300UTC ( 7:00LST ) 台灣地區地面天氣圖

Fig.9b. Surface analysis over the Taiwan area at 2300UTC 15 October of 1998.

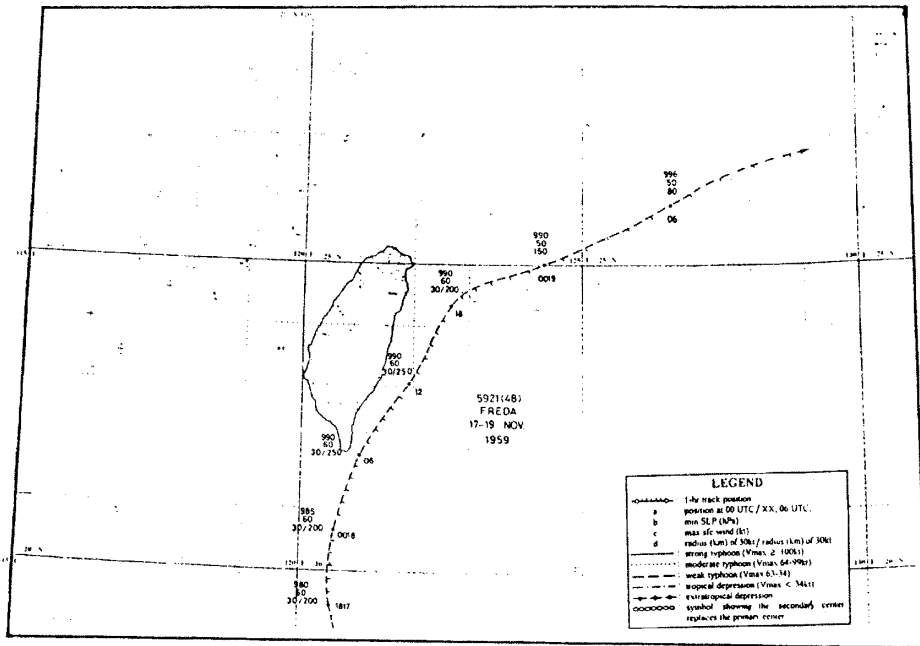


圖 10. 1959 年 11 月 17-19 日芙瑞達颱風路徑圖（取自 JTWC,1960）。

Fig 10 the best track of typhoon freda suring 17-19 november of 1959 ( From JTWC, 1960 ) .

微緩慢下來，時速減為 15 至 22 公里，至末期（ 10 月 16 日 1200UTC 至 10 月 17 日 1800UTC ），因瑞伯颱風已進入較強西風帶，受其導引因此時速加快至 26 至 73 公里（表 2 ），最後登陸日本後消散（參考圖 7 ）。

### 三、瑞伯颱風中央氣象局警報發布經過

鑑於從 10 月 13 日 14 時（ 0600UTC ）的地面天氣圖分析研判瑞伯颱風之動向，在未來 24 小時有可能在台灣附近海面作業船集形成威脅，中央氣象局乃於是日（即 10 月 13 日）14 時 20 分（ LST ）首度對巴士海峽及台灣東南部海面發布了 87 年度第 4 號第 1 報瑞伯颱風海上警報（表 3 ），依據當時最新颱風動態資料（表 2 ），13 日 14 時強烈颱風「瑞伯」之中心位置在北緯 15.5 度，東經 126.2 度，中心氣壓 930hPa ，颱風中心距離恆春東南方約 910 公里之海面上，以每小時 25 公里的速度向西北進行，近中心最大風速 51m / s ，近中心最大

風速 51m / s ，瞬間最大陣風 63m / s ， 7 級風暴風半徑 350 公里， 10 級風暴風半徑 150 公里。

之後，瑞伯颱風以穩定的速度（時速 22 至 25 公里）和方向（西北）繼續朝本省撲來，經研判十八小時後其暴風圈將會威脅到台灣地區附近海域及陸地，中央氣象局於是在 13 日 20 時 20 分首度對恆春半島、蘭嶼、綠島及台東地區發布陸上警報，並將海上警報區域擴大至台灣海峽南部及東沙島海面（表 3 ）。

至 14 日 8 時 40 分，因瑞伯颱風明顯偏北而向台灣地區撲來，中央氣象局乃再將陸上警報區域擴大至高雄及台南地區，海上警報區域亦增加了台灣東北部海面及台灣海峽北部。14 日 15 時 15 分，陸上警報區域再擴大至嘉義以南及澎湖地區。15 日 2 時 50 分，因瑞伯颱風未來之暴風範圍將擴及全省（圖 11 ），故此時（第 4 號第 13 報）之陸上警戒區域改為台灣各地區、蘭嶼、綠島及澎湖地區，海上警報區域改為巴士海峽、台灣附近各海面及東沙島海

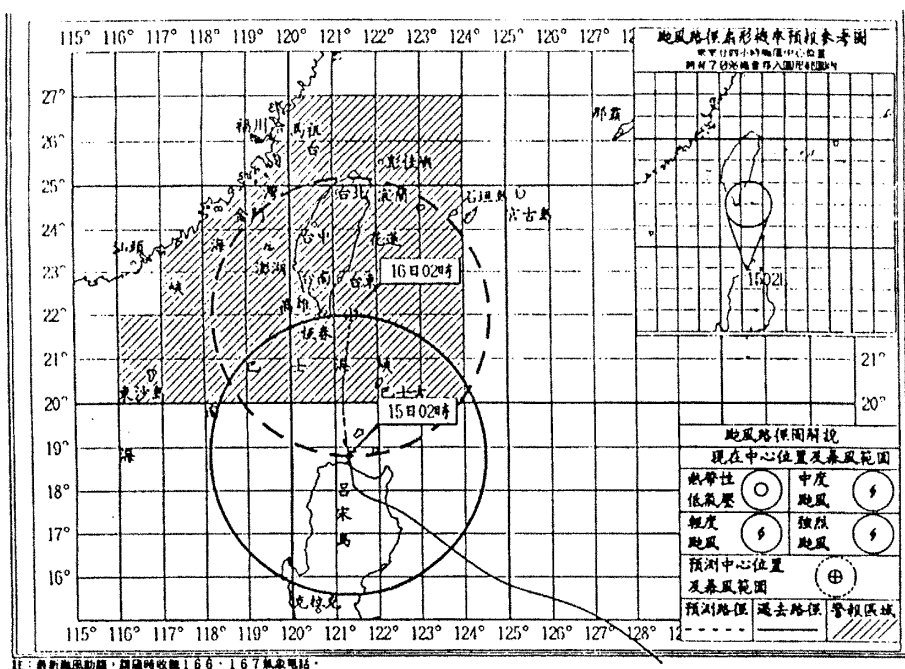


圖 11. 中央氣象局發布之第 4 號第 13 報海上陸上警戒區域。

fig.11. The warning area issued by CWB.

面。

至 15 日 17 時 40 分，除陸上警報區域不變外，海上警報區域再增加金門及馬祖海面。16 日 3 時 10 分，解除東沙島海面海上警報，陸上警報區域仍然不變。16 日 14 時 55 分（第 4 號第 25 報）因瑞伯颱風之暴風圈已逐漸離開，故解除局部陸上警報區域，僅保留嘉義以北各縣市、宜蘭、花蓮、台東、蘭嶼及綠島地區；海上警報區域保留台灣北部、東北部、東南部海面、台灣海峽北部、金門及馬祖海面。16 日 17 時 55 分，除海上警報外，陸上警報區域則僅剩台中以北各縣市、宜蘭及花蓮地區。16 日 21 時 00 分，陸上警報區域僅剩新竹以北及宜蘭地區；海上警報區域剩台灣北部、東北部及東南部海面。10 月 16 日 23 時 35 分，除海上警報區域不變外，陸上警報區域僅剩台北、基隆及宜蘭地區。

17 日 2 時 45 分，中央氣象局以瑞伯颱風之暴風圈已完全脫離台灣地區，即解除陸上警報，而海上警報區域僅存台灣北部及東北部海

面。最後，17 日 6 時 4 分（第 4 號第 30 報）解除海上颱風警報。

總計，中央氣象局對瑞伯颱風共發布了 30 報海上颱風警報，26 報陸上颱風警報，前後歷經 90 小時。有關瑞伯颱風中央氣象局發布警報概況紀錄，請參見表 3。

#### 四、瑞伯颱風侵台期間各種氣象要素分析

(一)氣壓：瑞伯颱風以第 4 類（中央氣象局，1997）侵台路徑侵襲台灣（參考圖 9a 及 9b），因受大陸冷高壓的影響，再加上北方深槽吸引，其中心一直距離本省 60 至 100 公里間（類似 1959 年 11 月的芙瑞達颱風，圖 10）偏北移動，以致台灣地區各氣象站氣壓並未出現特殊變化或劇降現象（表 4）。以平地氣象站而言，台灣各地出現之最低氣壓以成功站最低，該站於 16 日 3 時 2 分（地方時）測得之最低海平面氣壓（圖 12a、12b 及 12c）為 974hPa（此時颱風中心氣壓 948hPa 亦是瑞伯

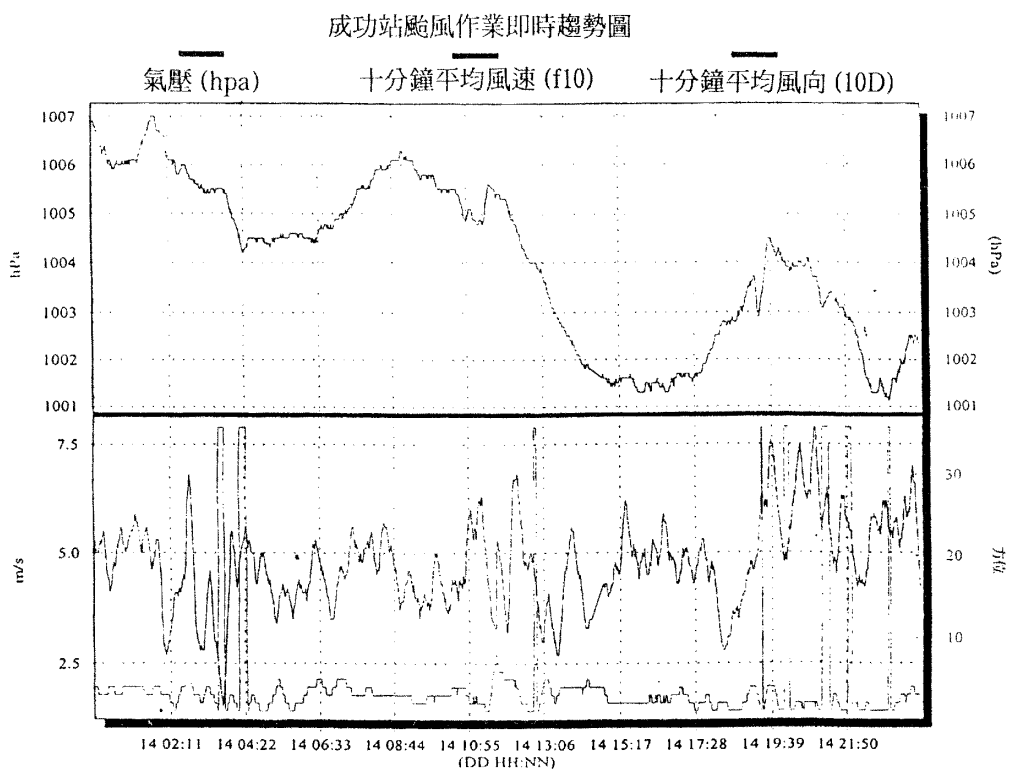


圖 12a. 1998 年 10 月 14 日中央氣象局成功氣象站颱風作業即時趨勢圖。

Fig.12a. Typhoon operation tendency for 14 Oct. of 1998 for Chengkung meteorological station of CWB.

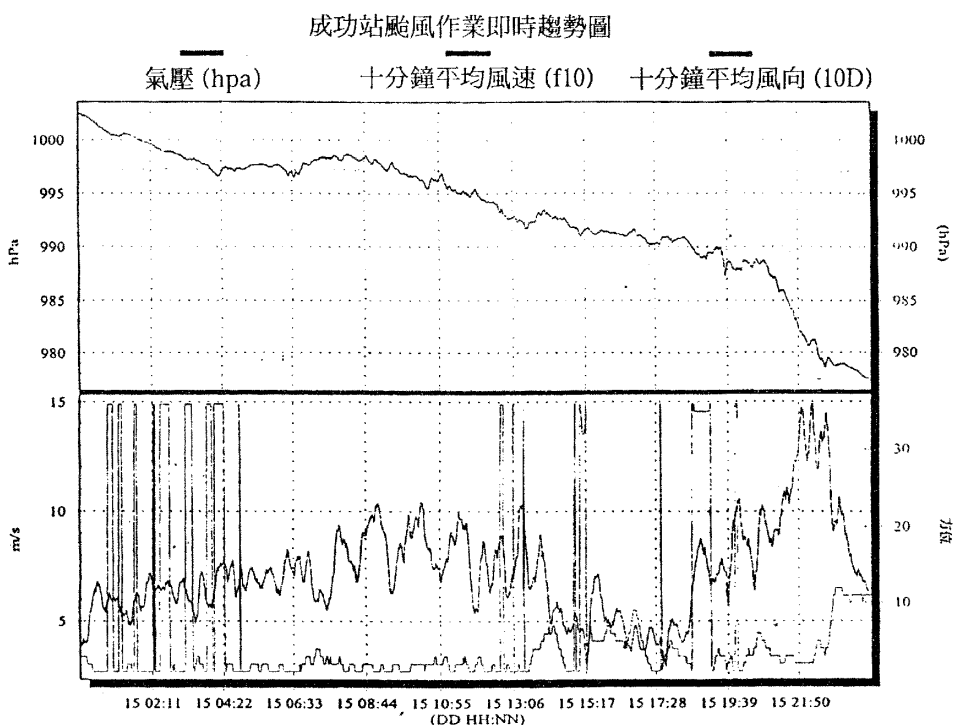


圖 12b. 同圖 12a，但時間為 1998 年 10 月 15 日。

Fig.12b. Same as Fig. 12a but for 15 Oct. of 1998.



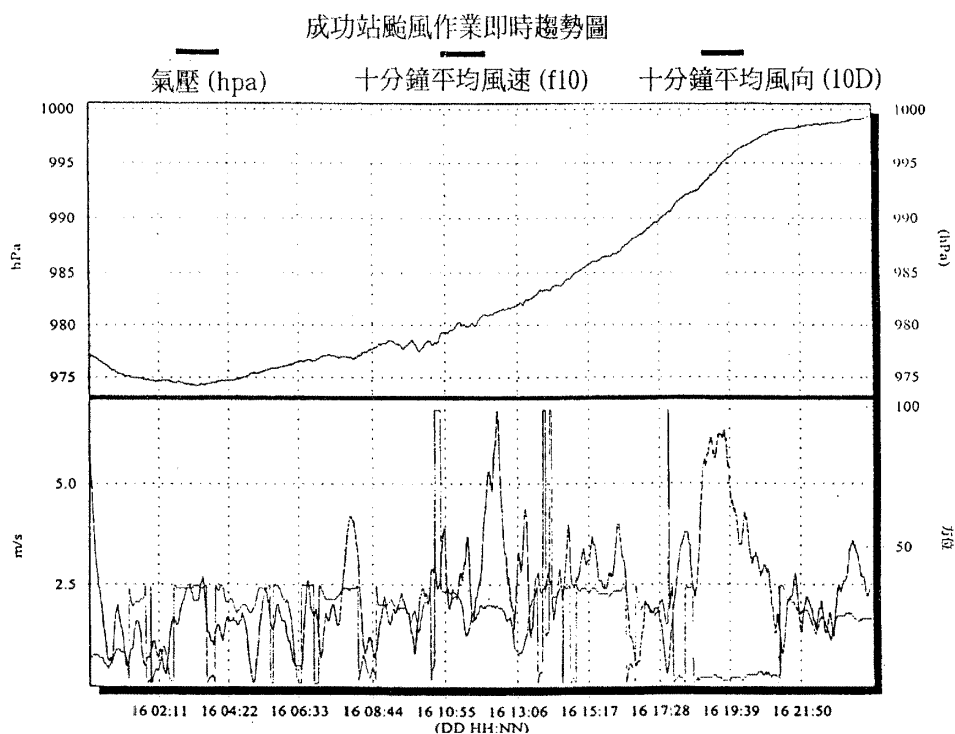


圖 12c. 同圖 12a，但時間為 1998 年 10 月 16 日。

Fig.12c. Same as Fig. 12a but for 16 Oct. of 1998.

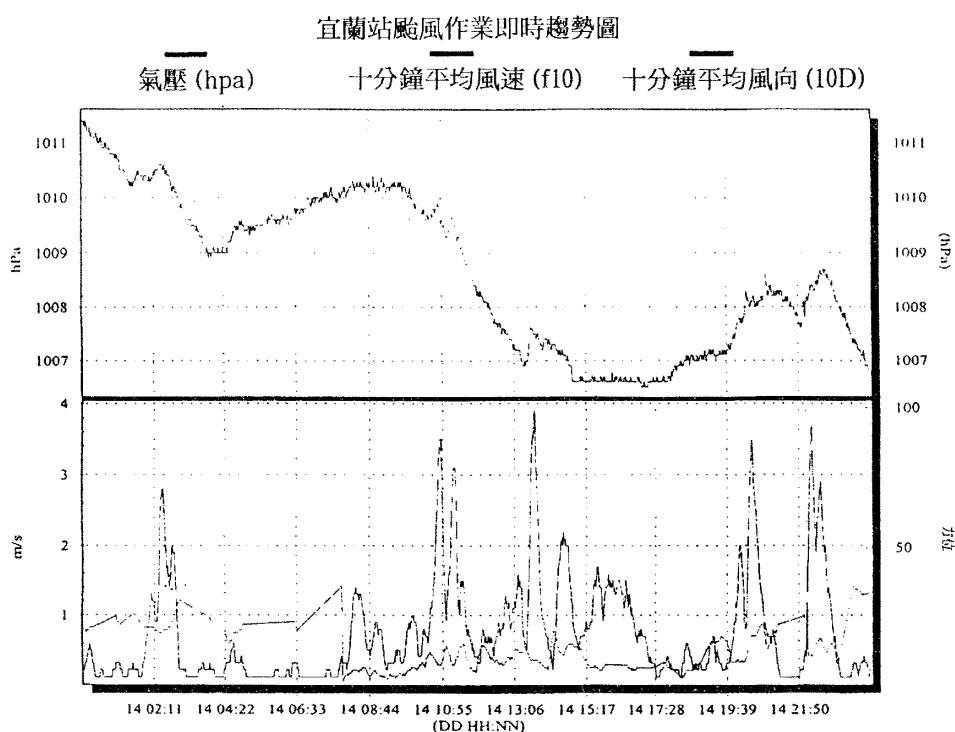


圖 13a. 1998 年 10 月 14 日中央氣象局宜蘭氣象站颱風作業即時趨勢圖。

Fig.13a. Typhoon operation tendency for 14 Oct. of 1998 for Ilan meteorological station of CWB.

宜蘭站颱風作業即時趨勢圖

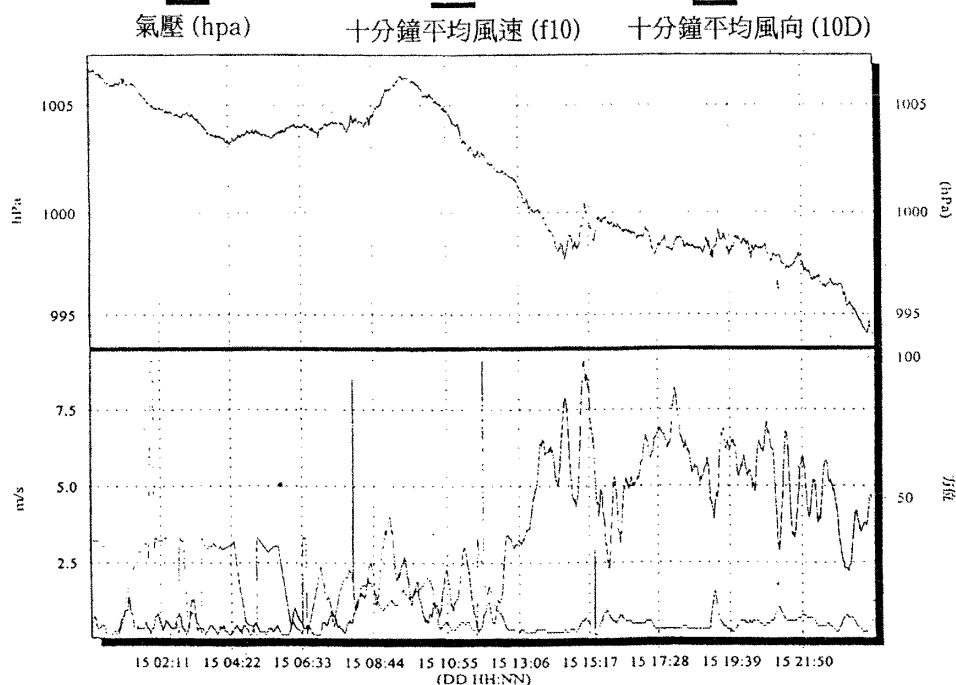


圖 13b. 同圖 13a，但時間為 1998 年 10 月 15 日。

Fig.13b. Same as Fig. 13a but for 15 Oct. of 1998.

宜蘭站颱風作業即時趨勢圖

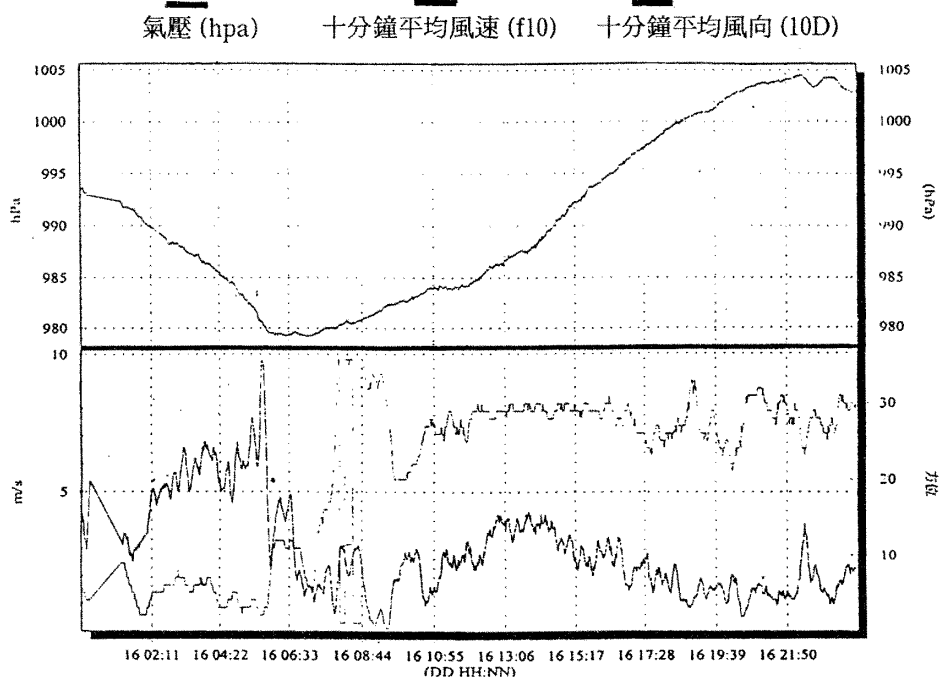


圖 13c. 同圖 13a，但為 1998 年 10 月 16 日。

Fig.13c. Same as Fig. 13a but for 16 Oct. of 1998.

颱風中心距台灣地區陸地最接近的時刻（約 60 公里，見圖 9a）；台灣地區測得海平面氣壓次低之氣象站為大武站，該站於 16 日 2 時 36 分（地方時）測得 978.3hPa；蘭嶼站於 16 日 1 時 12 分（地方時）測得 978.8hPa 排名第三，其餘各氣象站在颱風侵襲期間測得之最低氣壓資料則如表 4 所示。由表 4 分析，當瑞伯颱風行進至宜蘭東方海面後（16 日 0600UTC），因颱風之強度減弱（近中心最大風速由 55m/s 減為 33m/s）及向北北東移動關係，北部、東北部各氣象站（如宜蘭站）所測得最低氣壓已見回升 3 至 8hPa（圖 13a、13b 及 13c）。

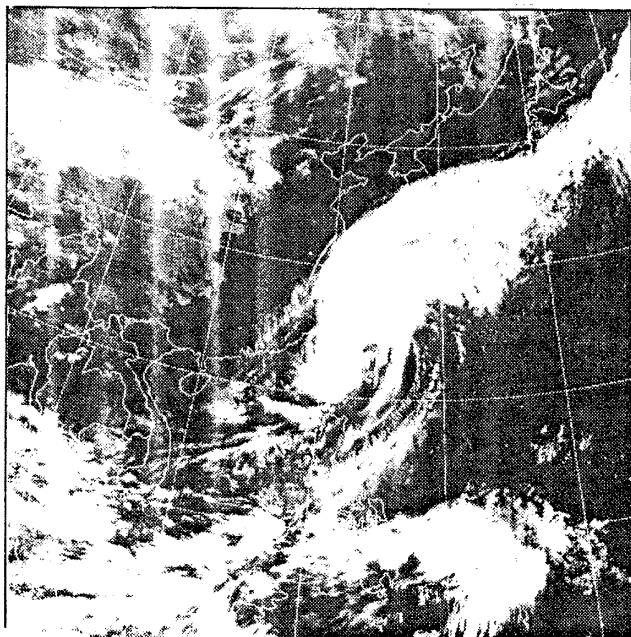
（二）風速：由於瑞伯颱風暴風圈於 15 日 0000UTC 接近本省時，其強度已自強烈轉為中度（近中心最大風速 45m/s，中心氣壓 945hPa），故在台灣地區各氣象站測得之瞬間最大風速與最大風速已不是瑞伯颱風強度之最

高峰階段（指 13 日 0600UTC 至 14 日 0600UTC 強烈颱風階段）。

就瑞伯颱風侵台期間，台灣地區山區以外各氣象站之瞬間最大風速比較，以最接近颱風中心的蘭嶼最大（圖 14），出現在 16 日 7 時 58 分的 55.0m/s（西風，16 級），其次才是彭佳嶼站，出現時間為 16 日 14 時 57 分（地方時）的 53.2m/s（北北西風，16 級），再其次出現在台灣海峽的東吉島站，出現時間在 15 日 23 時 56 分（地方時）的 45.5m/s（北北東風，14 級）。其餘各氣象站觀測到之最大風速於 18.0 至 41.2m/s 間（8 至 13 級），顯示各地受瑞伯颱風影響風力仍然不小。有關各地氣象站出現之瞬間最大風速可參考表 4 與表 5。

至於各氣象站之十分鐘平均最大風速，由表 4 及表 5 中可知以彭佳嶼站最大，出現時間在 16 日 13 時 49 分（地方時）測得的 39.0m/s

中華民國 87 年 10 月 16 日 08 時紅外線衛星雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖 14. 1998 年 10 月 16 日 0000UTC 紅外線衛星雲圖。

Fig.14. The infrared satellite imagery at 0000UTC 16 Oct. of 1998.

表 4. 瑞伯颱風侵台期間中央氣象局各氣象測站氣象要素統計表

Table 4. Meteorological summary at each CWB observation stations during the passage of typhoon Zeb.

測站	最低氣壓(hPa)		瞬間最大風速(m/s)			最大風速(m/s)			最大降水量(mm)				降水總量(mm)	
	數值	時間(L)	風速	風向	時間(L)	風速	風向	時間(L)	一小時	起始時間(L)	十分鐘	起始時間(L)	數值	時間(開始-終止)(L)
台北	982.6	16/07:11	32.4	NNE	16/12:17	13.8	WNW	16/12:25	79.0	15/15:43	19.0	15/15:58	505.6	14/12:20-16/22:30
竹子湖	985.4	16/07:24	28.8	NNW	16/10:04	11.3	N	16/10:13	66.0	16/12:32	15.5	15/23:04	920.9	14/07:45-17/00:24
鞍部	1254.4(GPM)	16/10:48	48.9	N	16/13:15	29.2	N	16/12:51	59.5	15/19:51	18.5	15/20:41	788.5	14/07:31-17/02:10
新竹	986.0	16/04:08	33.7	N	16/09:31	15.3	NNE	15/22:03	32.5	16/11:17	26.0	16/11:12	170.9	15/11:30-16/19:25
台中	982.7	16/03:18	23.7	E	16/01:08	9.2	NNE	16/01:12	19.2	16/10:20	4.8	16/09:54	99.0	15/09:05-16/07:40
梧棲	983.0	16/03:31	41.2	NNE	16/01:38	26.0	N	16/05:17	7.0	16/08:37	1.5	16/09:08	49.0	15/10:03-17/00:50
日月潭	1261(GPM)	16/02:21	18.0	WNW	16/10:57	4.8	S	16/03:35	15.5	16/03:54	4.0	16/04:28	102.4	14/20:43-16/20:10
嘉義	983.4	16/00:25	25.1	N	16/05:39	10.6	N	16/05:42	12.5	16/04:00	3.0	16/03:10	96.5	15/01:00-16/14:45
阿里山	2934(GPM)	16/01:50	22.3	N	16/09:28	6.9	E	15/10:36	31.5	16/09:18	6.5	16/09:56	321.0	14/19:35-16/18:20
玉山	2920.4(GPM)	15/23:33	35.9	NW	16/11:25	16.9	NNW	16/12:18	30.5	16/09:20	4.8	16/08:50	324.4	14/12:08-16/19:00
台南	983.3	15/23:43	30.7	NNE	15/22:34	17.2	N	15/22:42	10.2	16/00:25	3.5	16/07:22	72.0	14/20:20-16/13:20
高雄	981.8	15/20:58	27.1	NNW	16/08:25	14.9	NW	16/08:03	14.0	16/06:10	3.5	16/06:30	72.5	14/15:50-16/13:15
恆春	979.4	15/20:04	29.3	E	15/17:00	13.8	W	16/07:34	52.5	15/16:15	12.5	15/18:23	377.0	14/02:10-16/08:31
基隆	983.3	16/07:15	34.8	NNE	16/13:28	17.3	NNW	16/12:40	53.0	15/20:19	13.5	15/20:46	458.6	14/07:30-16/22:50
蘇澳	980.3	16/05:37	34.0	NE	16/12:59	15.7	ESE	16/03:21	42.0	15/13:39	18.0	15/18:38	453.5	14/01:15-16/16:30
宜蘭	980.1	16/06:27	21.2	E	16/13:50	9.8	NNE	16/05:43	54.4	15/18:36	21.0	15/18:54	542.2	14/01:30-16/19:10
花蓮	979.9	16/05:31	18.0	ESE	16/02:44	12.0	E	16/02:29	56.0	15/17:18	17.0	15/23:13	547.0	14/12:53-16/09:20
成功	974.1	16/03:02	28.6	NE	15/22:10	14.9	NNE	15/22:13	71.9	15/21:58	20.0	15/22:25	483.1	14/02:38-16/08:59
台東	978.6	16/02:20	22.8	NE	15/20:48	8.8	NE	15/20:34	65.5	15/21:00	15.0	15/19:40	524.3	14/02:20-17/02:20
大武	978.3	16/02:36	38.5	E	15/18:19	13.2	NE	15/18:37	46.5	15/18:41	10.5	15/19:26	337.6	14/02:08-17/02:00
蘭嶼	978.8	16/01:12	55.0	W	16/07:58	37.5	WSW	16/08:39	30.0	15/09:31	10.0	15/09:32	209.5	13/20:00-17/06:00
彭佳嶼	980.6	16/13:42	53.2	NNW	16/14:57	39.0	NNW	16/13:49	42.6	16/09:02	17.0	16/00:20	388.0	14/15:15-16/23:30
澎湖	987.5	16/01:13	35.0	ENE	15/20:28	16.5	N	16/02:12	3.5	16/06:00	1.5	16/06:23	12.0	15/13:05-16/07:30
東吉島	985.5	16/01:35	45.5	NNE	15/23:56	31.0	NNE	16/01:30	11.5	16/01:32	4.5	16/01:41	42.5	15/12:02-16/08:10

表 5a. 中央氣象局所屬各氣象站於 1998 年 10 月 13 日所觀測到的瑞伯颱風最大平均風、最大陣風及降水量。

Table 5. The maximum winds、gust and rainfall observed at CWB stations on October 13,1998.

日期：民國 87 年 10 月 13 日

氣象要素	最 大 平 均 風		最 大 陣 風		降 水 量
站 別	風向 (度)	風速 (m/s)	風向 (度)	風速 (m/s)	mm
彭佳嶼	75	10.7	225	17.1	5.6
鞍部	180	7.0	190	17.3	0
竹子湖	50	2.4	100	10.4	T
淡水	130	4.3	130	11.7	0
基隆	70	6.1	110	10.8	2.6
台北	80	7.8	120	14.2	0
板橋	110	8.1	110	13.9	0
新竹	60	6.0	50	11.3	0
宜蘭	70	4.3	110	8.1	0
蘇澳	110	5.2	150	7.1	0
台中	340	3.0	60	5.9	0
梧棲	340	5.7	360	7.6	0
花蓮	70	4.7	90	7.7	0
日月潭	30	2.1	30	3.3	0
澎湖	10	6.8	30	12.4	0
阿里山	280	2.6	140	4.8	0
嘉義	340	4.3	10	7.6	0
玉山	90	7.0	90	11.9	0
東吉島	20	10.3	20	13.4	0
成功	50	7.6	100	12.0	0
台南	340	5.2	310	8.7	0
台東	50	4.6	120	10.6	0
高雄	290	4.3	320	6.8	0
大武	50	6.7	130	13.5	0
蘭嶼	30	25.3	30	33.0	14.2
恒春	40	8.4	110	17.6	0

附註：1. — 無觀測 T 雨跡

2. 資料來源：交通部中央氣象局第二組

表 5b. 同表 5a，但時間為 1998 年 10 月 14 日。

Table 5b. Same as Table 5a, but for October 14, 1998.

日期：民國 87 年 10 月 14 日

氣象要素 站 別	最 大 平 均 風		最 大 陣 風		降 水 量 mm
	風向 (度)	風速 (m/s)	風向 (度)	風速 (m/s)	
彭佳嶼	200	16.2	200	23.4	1.0
鞍 部	180	12.8	160	25.6	11.1
竹子湖	70	2.3	170	10.7	6.9
淡水	140	5.0	130	12.8	0.5
基隆	130	6.5	180	15.3	10.1
台北	80	7.1	110	13.1	2.4
板 橋	90	8.4	70	16.2	* 0.9
新竹	60	7.2	80	14.6	0
宜蘭	90	3.9	200	9.6	73.0
蘇 澳	170	8.7	190	17.0	58.5
台 中	250	2.4	260	4.4	0
梧 棲	350	3.7	360	5.9	0
花蓮	120	9.8	130	13.2	61.5
日月潭	30	4.7	360	9.4	1.1
澎湖	20	6.9	60	13.6	0
阿里山	340	3.2	130	6.5	3.5
嘉義	300	3.4	320	5.3	0
玉山	100	13.0	110	22.3	7.8
東吉島	20	11.5	20	15.2	0
成功	20	7.9	50	14.1	96.7
台南	340	4.3	10	6.0	0.5
台東	40	5.0	20	11.7	49.8
高雄	290	4.5	330	7.6	2.5
大 武	50	8.0	110	18.6	38.8
蘭 嶼	20	23.2	50	34.5	46.0
恒 春	30	13.5	90	25.4	27.0

附註：1. — 無觀測 T 雨跡

2. 資料來源：交通部中央氣象局第二組

3. \* 儀器有疑問，資料供參考。

表 5c. 同表 5a，但時間為 1998 年 10 月 15 日。

Table 5c. Same as Table 5a, but for October 15, 1998.

日期：民國 87 年 10 月 15 日

氣象要素 站 別	最 大 平 均 風		最 大 陣 風		降 水 量 mm
	風向 (度)	風速 (m/s)	風向 (度)	風速 (m/s)	
彭 佳 嶼	45	23.2	45	31.8	102.7
鞍 部	190	11.5	180	28.9	365.4
竹 子 湖	180	5.5	100	17.2	371.0
淡 水	20	6.9	140	15.1	201.3
基 隆	60	12.7	90	22.3	232.5
台 北	60	8.0	110	21.1	276.5
板 橋	90	7.4	40	16.0	* 131.6
新 竹	30	15.3	40	26.8	37.7
宜 蘭	70	9.1	90	21.1	288.1
蘇 澳	90	14.4	180	33.5	299.5
台 中	20	6.4	120	15.3	16.1
梧 棲	20	20.1	50	37.0	21.0
花 蓮	70	10.4	100	15.5	373.0
日 月 潭	20	4.4	10	11.0	34.1
澎 湖	30	15.9	70	35.0	5.0
阿 里 山	100	6.9	150	16.9	92.5
嘉 義	10	10.1	30	22.9	16.4
玉 山	90	14.3	120	35.4	112.2
東 吉 島	360	29.8	20	45.5	12.5
成 功	20	14.9	40	28.6	381.9
台 南	360	17.2	30	30.7	15.0
台 東	40	8.8	40	22.8	463.0
高 雄	360	11.5	30	25.0	28.5
大 武	30	13.2	90	38.5	289.9
蘭 嶼	70	34.2	70	48.1	151.5
恒 春	40	13.3	90	29.3	339.0

附註：1. — 無觀測 T 雨跡

2. 資料來源：交通部中央氣象局第二組

3. \* 儀器有疑問，資料供參考。

表 5d. 同表 5a，但時間為 1998 年 10 月 16 日。

Table 5d. Same as Table 5a, but for October 16, 1998.

日期：民國 87 年 10 月 16 日

氣象要素 站 別	最 大 平 均 風		最 大 陣 風		降 水 量 mm
	風向 (度)	風速 (m/s)	風向 (度)	風速 (m/s)	
彭 佳 嶼	295	39.0	295	53.2	283.7
鞍 部	350	29.2	350	48.9	412.0
竹 子 湖	350	11.3	340	28.8	543.0
淡 水	320	12.9	320	27.8	145.3
基 隆	330	17.3	20	34.8	216.0
台 北	300	13.8	20	32.4	226.7
板 橋	320	10.5	340	28.0	180.0
新 竹	10	15.1	360	33.7	133.2
宜 蘭	20	9.8	90	21.2	181.1
蘇 澳	110	15.7	50	34.0	95.5
台 中	20	9.2	100	23.7	82.9
梧 棲	10	26.0	10	41.2	27.5
花 蓮	90	12.0	110	18.0	112.5
日 月 潭	180	4.8	300	18.0	102.4
澎 湖	10	16.5	30	32.8	7.0
阿 里 山	300	6.7	360	22.3	225.0
嘉 義	350	10.6	10	25.1	78.0
玉 山	330	16.9	310	35.9	204.7
東 吉 島	20	31.0	20	43.5	30.0
成 功	240	6.8	230	11.6	4.5
台 南	360	15.9	330	25.2	56.5
台 東	290	4.9	30	14.4	11.0
高 雄	310	14.9	340	27.1	41.5
大 武	190	7.3	260	19.7	8.4
蘭 嶼	250	37.5	260	55.0	2.5
恒 春	280	13.8	330	28.9	11.5

附註：1. 一無觀測 T 雨跡

2. 資料來源：交通部中央氣象局第二組



表 5e. 1998 年瑞伯颱風影響台灣期間中央氣象局的風雨統計資料

Table 5e. Some extreme values observed at each CWB station during the influence of typhoon Zeb attacked from 00LST 14 to 02LST 17 October of 1998.

10 月 14 日 00 時至 10 月 17 日 02 時止累積雨量及最大陣風統計表

站名	累積雨量 (mm)	最大平均 風速 (Kts) 五 級以上	對應級數	出現時間 (地方時)	最大陣風 (Kts)	對應級數	出現時間 (地方時)
彭佳嶼	483	75	13	1614	106	16	1614
基隆	459	29	7	1615	70	12	1614
宜蘭	542	N/A	N/A	N/A	42	9	1517
蘇澳	455	28	7	1613	68	12	1613
鞍部	788	56	11	1613	98	15	1614
陽明山	921	N/A	N/A	N/A	53	10	1616
淡水	344.5	23	6	1611	55	10	1612
台北	506	25	6	1611	65	12	1613
新竹	171	29	7	1522	67	12	1610
台中	99	N/A	N/A	N/A	47	9	1602
梧棲	49.5	48	10	1605	82	14	1602
日月潭	137.5	N/A	N/A	N/A	33	7	1614
玉山	327	27	6	1620	72	13	1614
阿里山	322.5	N/A	N/A	N/A	45	9	1611
嘉義	97	19	5	1600	50	10	1608
台南	72.5	31	7	1523	61	11	1523
高雄	74	28	7	1607	54	10	1611
花蓮	548	28	7	1607	36	8	1605
成功	473	28	7	1522	57	11	1523
台東	524.5	N/A	N/A	N/A	46	9	1523
大武	333.5	22	6	1518	67	12	1519
恆春	378	26	6	1608	59	11	1517
蘭嶼	201	73	13	1608	110	17	1608
澎湖	12	31	7	1521	70	12	1521
東吉島	43	60	11	1600	91	15	1600

(北北西風，13 級)，其次才是蘭嶼站，出現時間在 10 月 16 日 8 時 39 分（地方時）測得的 37.5m/s（西南西風，13 級），再次為東吉島站於 16 日 1 時 30 分測得的 31.0m/s（北北東風，11 級）。其餘各氣象站之十分鐘平均最大風速介於 8.8 至 26.0m/s（5 至 10 級）之間。

由以上各氣象站之瞬間最大風速及十分鐘平均最大風速研判，因為此次瑞伯颱風以沿台灣東方海岸偏北進行，風向以偏北風居多，東北風和南風均不明顯，風速方面因正值大陸冷氣團南下，導致東北季風及颱風雙重環流影響的效應更加顯著，使海上風浪特別加大，此種效應（秋颱風型颱風）亦可在下節所述的雨量變化上窺出端倪。

（三）雨量：從 13 日 20 時 20 分（地方時）陸

上警報發布後，至 17 日 2 時 45 分解除陸上警報止，各氣象站之日雨量已列於表 5a、5b、5c 及 5d，其中最大十分鐘雨量、一小時雨量與累積總雨量則列於表 4。

由表 4 中，最大十分鐘雨量以新竹站最高，於 16 日 11 時 12 分（地方時）開始所測得的 26mm，其次為宜蘭站於 15 日 18 時 54 分（地方時）開始所測得的 21mm，而於 10 月 15 日 22 時 25 分（地方時）開始成功站所測得的 20mm 則排名第三。在一小時最大雨量方面，則以台北站於 15 日 15 時 43 分開始所測得的 79mm 最大，其次為成功站於 15 日 21 時 58 分（地方時）開始所測得的 71mm，至於竹子湖站於 16 日 12 時 32 分（地方時）開始測得的 66mm 則排名第三。

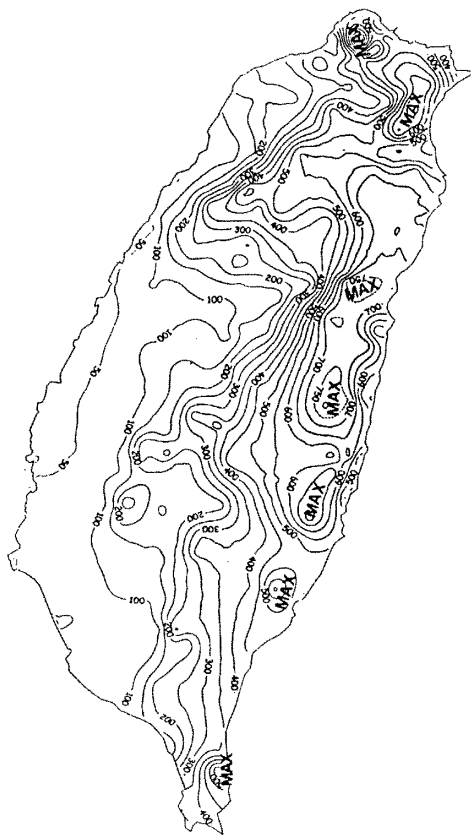


圖 15a. 1998 年 10 月 14 至 16 日瑞伯颱風侵台期間累積雨量（mm）。

Fig. 15a. The accumulated rainfall（mm）from 14 to 16 October of 1998.

在累積總雨量方面，由表 4 可知，以北部山區的竹子湖最大，自 14 日 7 時 45 分至 17 日 0 時 24 分（地方時）止，共高達 921mm，約占全年平均（1961 至 1990 年）總雨量的 20.3%，其次為鞍部的 789mm，累積時間自 14 日 7 時 31 分至 17 日 2 時 10 分（地方時）止，其總雨量約占全年平均總雨量的 16.0%，再其次為花蓮站自 14 日 12 時 53 分至 16 日 9 時 20 分（地方時）止，所測得的 547mm，約占全年平均總雨量的 25.1%。

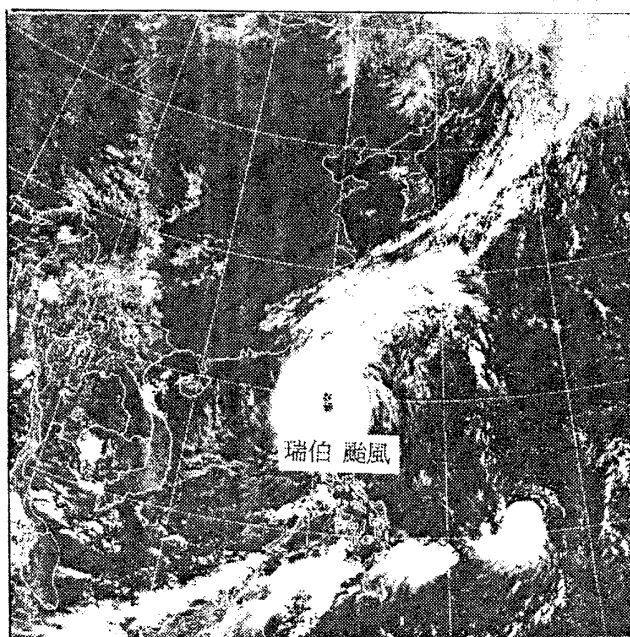
就日雨量比較分析（表 5），13 日僅彭佳嶼、基隆及蘭嶼等三個氣象站下雨，14 至 16 日各站均有雨，其中以竹子湖站於 16 日所測得的 543mm 最大，其次為台東站於 15 日所測得的 463mm，16 日鞍部所測得的 412mm 排名第三。

就 14 日至 16 日三天的累積降雨量分析（圖 15a），可以很明顯看出瑞伯颱風侵台期

間受東北季風（秋雨）及颱風環流的雙重效應極為明顯（圖 15b），與民國 76 年 10 月的琳恩（Lynn）颱風雖路徑不同，但使台灣北部、東北部地區造成大洪水極為類似。

而北部山區的竹子湖與鞍部因在氣候型態上即為月降雨量之全年最高峰值（圖 15c），加上迎風面關係，故引致之大洪水造成汐止嚴重淹水及災害。至於花蓮地區因最靠近颱風環流中心（參考雷達降水回波圖，圖 15d、15e 及 15f），也有較大雨量。綜結言之，以面積雨量分布研判，可發現瑞伯颱風所造成之雨量分布型態呈多個極大雨量中心，最明顯者以北部山區最大，東部次之，東北部山區居第三位。至於中南部雨量除山區外，因受制於中央山脈地形阻隔作用（雨蔭帶），總雨量均不大，大約介於 49 至 170mm，離島的雨量呈兩極化，澎湖及東吉島各為 43mm 及 12mm，而蘭嶼及彭佳嶼各為 210mm 及 388mm。

中華民國 87 年 10 月 15 日 11 時可見光衛星雲圖



中央氣象局氣象衛星中心

圖 15b. 1998 年 10 月 15 日 0300UTC 可見光衛星雲圖。

Fig.15b. The satellite visible imagery at 0300UTC 15 October of 1998.

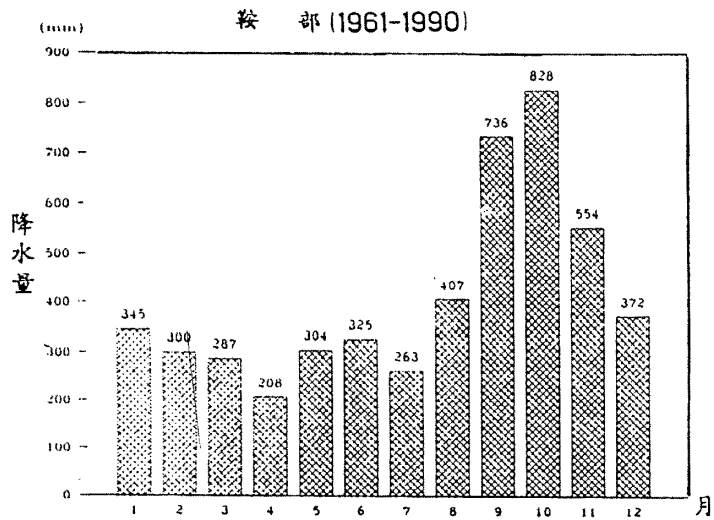


圖 15c. 鞍部的全年降水量逐月分布形態 (取自戚啓勳及陳孟青, 1995)。

Fig.15c. The 30-year mean precipitation at Anpu station of Taiwan.

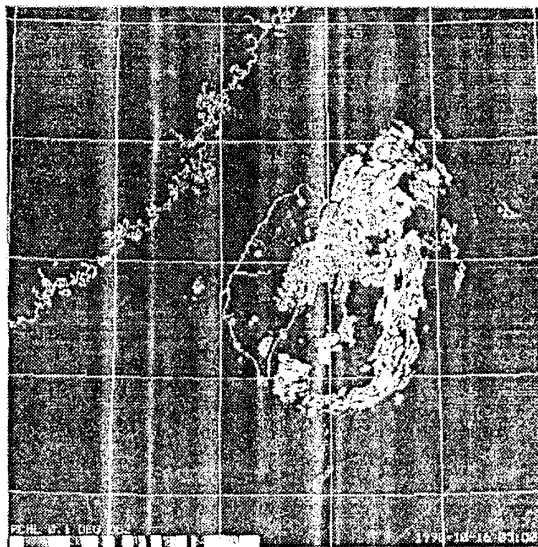


圖 15d. 1998 年 10 月 16 日 5 時中央氣象局花蓮雷達站降水回波圖。

Fig. 15d. The precipitation echoes of CWB Hualien radar station at 0500 LST 16 October of 1998.

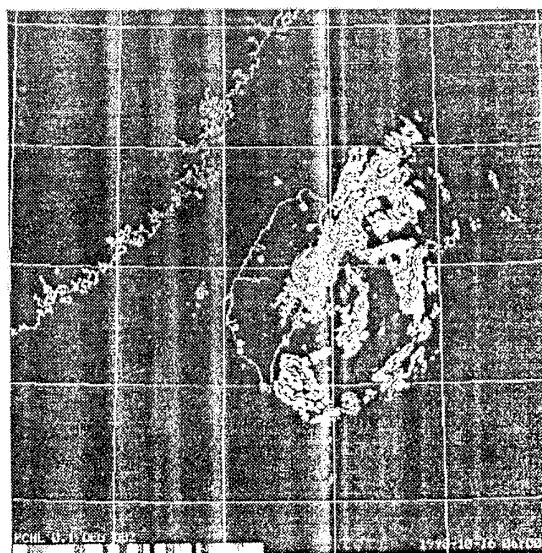


圖 15e. 同圖 15d，但為 1998 年 10 月 16 日 6 時。

Fig. 15e. Same as Fig. 15d, but for 0600 LST 16 October of 1998.

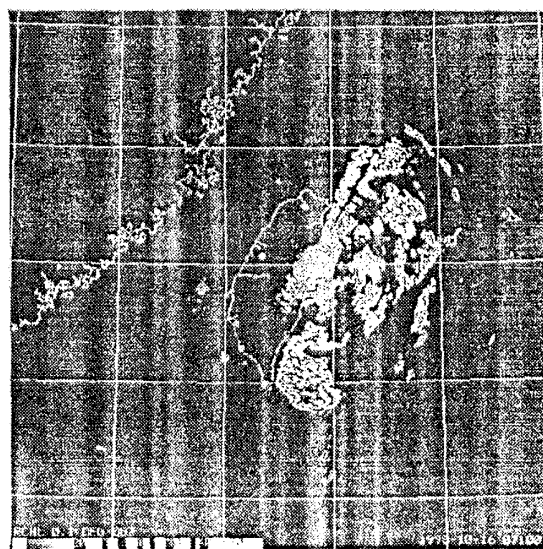


圖 15f. 同圖 15d，但為 1998 年 10 月 16 日 7 時。

Fig. 15f. Same as Fig. 15d, but for 0700 LST 16 October of 1998.

四波浪：受到瑞伯颱風之侵襲，台灣附近各海面之風浪也隨著颱風的接近而增強，而於 16 日當颱風最靠近台灣時，其引發的波浪亦達到最高峰。

本文選取位於苗栗後龍的國光平台（WHS467571）、新竹、東吉島、花蓮及彭佳嶼等 5 個海象觀測站或浮標站所測得之最大風速、三分之一波高（ $H_{1/3}$ ）及週期，列於表 6。

由表 6 中可見  $H_{1/3}$  波高以國光平台於 16 日 5 時 0 分（地方時）所測得的 7.54 公尺最高，週期高達 10.1sec，而其最大波高（ $H_{max}$ ）及週期（ $T_{max}$ ）各為 11.0 公尺及 9.0sec（表略），顯見瑞伯颱風所帶來之巨大波浪確對海上船隻有重要危險性的影響。至於各日（13 日 00 時至 16 日 7 時地方時）國光平台觀測站所顯現之海浪變化如圖 16 所示，由圖 16 中顯示隨著瑞伯颱風之接近台灣，海面風浪亦愈來愈大，於 10 月 16 日達於最高峰。

ㄅ焚風：受到瑞伯颱風路徑影響，16 日上午 8 時（LST）當瑞伯颱風進逼到台灣東海岸臨花蓮東南東方約 70 公里之海面時（圖 14），台東地區即開始有焚風現象。而宜蘭的壯圍鄉亦有出現局部焚風現象，使 50 公頃稻穗白化。

事實上，此次台東地區出現的焚風現象係自 16 日 8 時至 9 時（地方時）開始，氣溫由 26.1℃ 陡升至 30.4℃，相對濕度由 91% 降至 61%，之後隨著瑞伯颱風沿東海岸北上至 20 時（地方時）左右結束，期間最強焚風出現在下午 5 時，當時氣溫 33.7℃，相對濕度 37%（圖 17a 及 17b），此紀錄與省台東區農業改良場斑鳩分場儀器顯示的資料相符合（表 7）。

基本上，此次台東地區之焚風生成實與瑞伯颱風背風氣流（西北風），以及與山脈高度有關。加上正值枇杷、釋迦等水果成熟期，故最易受到高溫低溼之傷害，值得我農業界重視。中央氣象局亦曾於第 4 號第 24 報海上颱風警報（16 日 11 時 50 分發布）中提出預警，籲請果農防範焚風所可能帶來之傷害。

ㄆ海龍捲：受到瑞伯颱風的影響，台灣北部及東北部除帶來傾盆大雨外，根據聯合報記者楊迪文在台北縣的瑞芳海濱所拍得照片顯示，北部濱海還出現罕見的海龍捲（過去曾出現在屏東外海及東沙島），其出現時間在 15 日下午 2 時（地方時）左右，距瑞芳海域約一公里的海面，直徑約 20 公尺方圓的灰色水柱，自海面躍入約 200 公尺高的雲層，與附近的深灰色雲層截然不同，其持續時間很長，約五十分鐘左右。

表 6. 瑞伯颱風侵台期間各海象觀測站所測得之最大風速、波高及週期

Table 6. The wind speed, the  $H_{1/3}$  and period at WHS467571, Hsinchu, Tungchitao, Hualien and Pengchiayu wave stations during the period of typhoon Zeb affection Taiwan area.

站名	時間 (地方時)	平均風速 (m/s)	波高 ( $H_{1/3}$ , 公尺)	週期 (sec)
國光站 (WHS467571)	10 月 16 日 5:00	29.1	7.54	10.1
新竹	10 月 16 日 6:00	16.9	5.87	7.7
東吉島	10 月 15 日 15:19	缺	5.72	缺
花蓮	10 月 16 日 2:00	缺	5.11	9.0
彭佳嶼	10 月 16 日 20:50	缺	6.13	10.9

表 7. 1998 年 10 月 16 日省農林廳台東改良場斑鳩分場之觀測資料

Table 7. The agrometeorological data at Bangchow Substation of Taitung District Agricultural Improvement Station for October 16, 1998.

Agrometeorological Data													
Station: 72S20		TALTUNG		Date: 1998 10/16									
Time	Air Temp	Air Temp	Air Temp	Dew Point	RH%	Precp. (HA)	Precp. (DA)	Wind Speed	Wind Speed	Wind Direc	SUN(H)	Solar Rad(H)	Evap (H)
		max	min			mm	mm	mean	max	max	h	MJ/m2	mm
01:00	24.2	25.6	24.2	24.8	100.0	21.5	21.5	1.3	10.4	N	0.0	0.00	0.0
02:00	24.0	24.2	23.9	24.4	100.0	6.5	28.0	1.1	6.9	ENE	0.0	0.00	0.0
03:00	23.5	24.2	23.5	24.3	100.0	0.0	28.0	1.5	3.2	SW	0.0	0.00	0.0
04:00	24.2	24.7	23.5	24.2	100.0	0.0	28.0	1.2	4.6	SW	0.0	0.00	0.0
05:00	23.6	24.4	23.5	24.1	100.0	0.0	28.0	1.4	4.4	WNW	0.0	0.00	0.0
06:00	23.6	25.2	23.5	23.9	100.0	0.0	28.0	1.4	6.4	WSW	0.0	0.00	0.0
07:00	24.3	24.3	23.5	24.0	98.2	0.5	28.5	2.4	4.6	WNW	0.0	0.00	0.0
08:00	25.5	25.5	24.0	23.6	89.3	0.0	28.5	2.0	6.6	W	0.0	0.07	0.0
09:00	27.9	29.5	24.4	22.3	71.6	0.0	28.5	2.8	8.6	WNW	0.0	0.20	0.0
10:00	28.4	29.6	26.9	21.2	65.0	0.0	28.5	4.0	14.2	WSW	0.0	0.33	0.0
11:00	29.5	29.9	28.0	19.7	55.6	0.0	28.5	2.8	14.6	SSE	0.0	0.30	0.0
12:00	29.7	30.3	26.9	18.8	52.0	0.0	28.5	4.3	13.6	WNW	0.0	0.34	0.0
13:00	29.5	29.8	28.1	18.7	52.2	0.0	28.5	2.7	10.1	NW	0.0	0.47	0.0
14:00	30.1	30.2	28.9	17.9	48.0	0.0	28.5	5.6	17.9	NW	0.0	0.44	0.0
15:00	30.4	30.4	29.8	17.6	46.3	0.0	28.5	5.3	16.4	N	0.0	0.27	0.0
16:00	31.1	31.1	30.2	17.7	44.7	0.0	28.5	8.0	24.5	NW	0.0	0.41	0.0
17:00	32.0	32.0	31.2	17.0	40.6	0.0	28.5	6.6	19.1	WNW	0.0	0.25	0.0
18:00	31.7	32.3	31.6	16.3	39.5	0.0	28.5	5.2	13.1	NW	0.0	0.03	0.0
19:00	31.1	31.9	30.7	16.6	41.7	0.0	28.5	2.9	11.5	NW	0.0	0.00	0.0
20:00	25.4	31.1	25.0	20.6	74.8	0.0	28.5	1.7	5.9	WNW	0.0	0.00	0.0
21:00	24.4	25.2	24.0	20.9	80.9	0.0	28.5	2.4	4.0	W	0.0	0.00	0.0
22:00	24.0	24.3	23.5	19.8	77.5	0.0	28.5	2.0	5.0	W	0.0	0.00	0.0
23:00	23.8	23.9	22.9	22.6	93.0	0.0	28.5	1.3	3.2	W	0.0	0.00	0.0
24:00	24.6	24.9	23.7	23.2	91.9	0.0	28.5	1.6	3.1	W	0.0	0.00	0.0

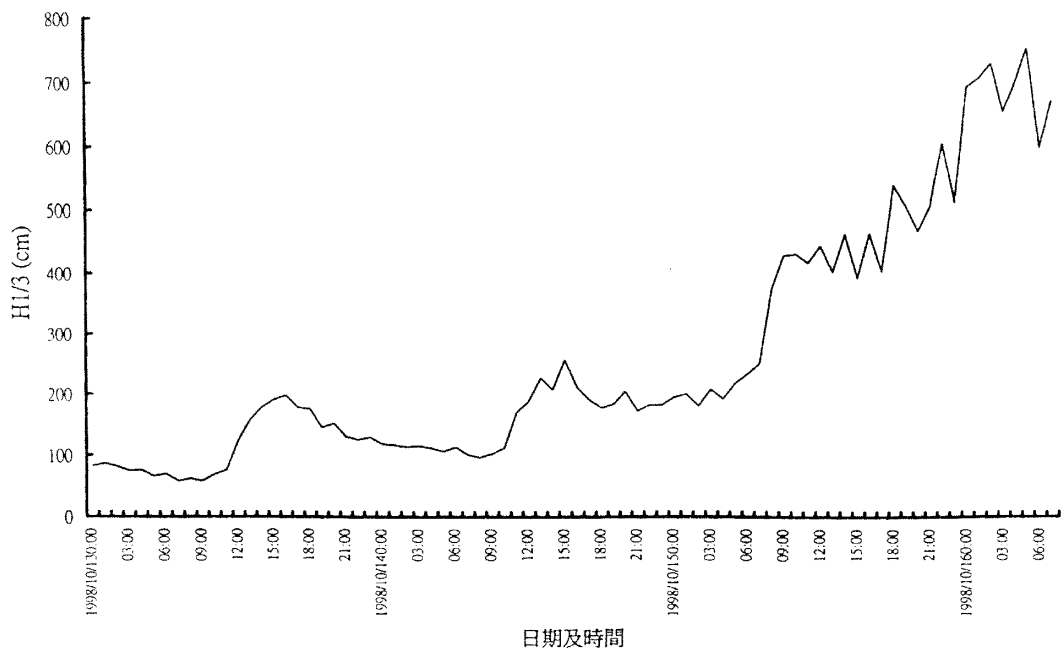


圖 16. 1998 年 10 月 13 日 00 時至 16 日 07 時苗栗國光平台 (WHS467571) H1 / 3 波浪變化。

Fig.16. The time sequence of H1/3 wave variation at WHS467571 during 00LST 13 October to 07 LST 16 October of 1998.

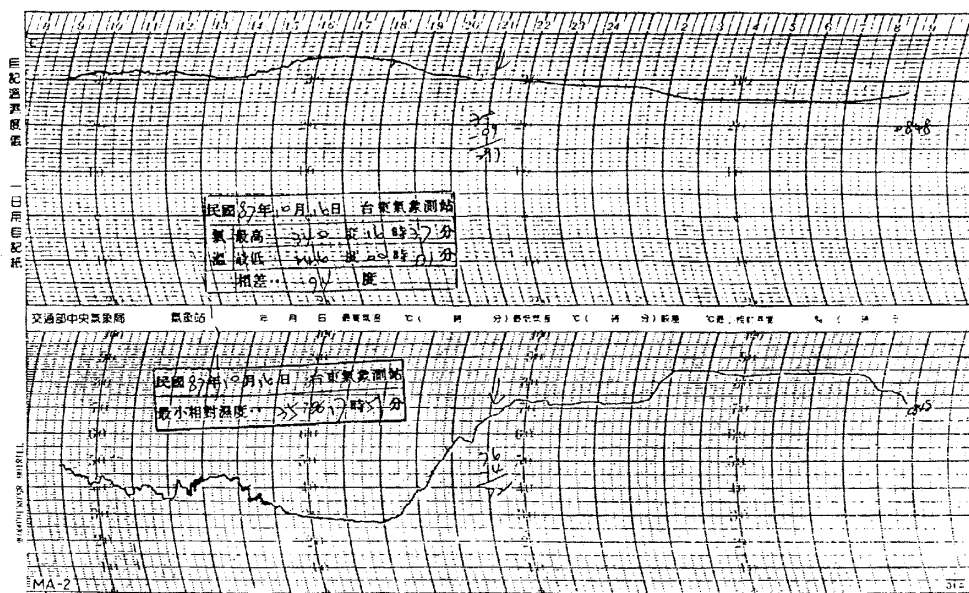


圖 17a. 1998 年 10 月 16 日中央氣象局所屬台東氣象站之自記溫濕度儀 (上) 與相對濕度 (下) 紀錄。

Fig.17a. Auto-hygrothermograph record of temperature ( top ) and relative humidity (bottom) at Taitung station on 16 October of 1998.



台東站氣溫／相對濕度時間變化圖

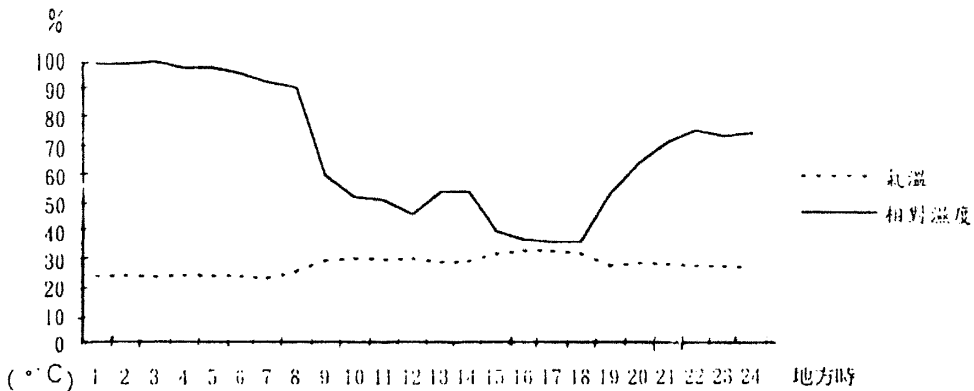


圖 17b. 1998 年 10 月 16 日中央氣象局所屬台東氣象站之氣溫與相對濕度時間變化。

Fig.17b. The sequence of temperature and relative humidity at Taitung meteorological station on 16 October of 1998.

## 五、瑞伯颱風路徑預報檢討

### (一)中央氣象局颱風模式預報檢討

事實上，此次瑞伯颱風路徑預報的掌握，中央氣象局除了參考各種主、客觀預報資料外，中央氣象局颱風模式（CWB TFS / PE）亦發揮了很大的效用，尤其當瑞伯颱風移動至呂宋島東南方海面時（12 日 1200UTC，中心位置在北緯 12.7 度，東經 130.2 度），中央氣象局颱風模式即已預測瑞伯颱風未來有轉北沿台灣東海岸北上之趨勢（圖 18），之後經過 12 小時的間距（interval）作業，其結果如圖 19，各時段預報颱風路徑都是令人滿意。

以上之颱風模式路徑預報中，最關鍵的 15 日 00UTC 為瑞伯正偏北移動其暴風圈即將進入台灣本島，其預報分析結果（以地面及降水量預測圖為代表）如圖 20。

### (二)瑞伯颱風路徑預報誤差校驗

颱風路徑之變化受周遭環境場的影響甚大，所以預報員必須小心謹慎，考慮各種可能對颱風之影響因子，進而做出最正確的路徑預報。

基本上，此次被列為瑞伯颱風路徑預報的

參考報告分為：A、主觀（官方）預報：(1)中央氣象局（CWB）、(2)日本（RJTD）、(3)香港（VHHH）、(4)關島（PGTW）、(5)中國大陸廣州（BCGZ）及(7)菲律賓（RPM）。

B、客觀（統計或動力模式）預報：(1)CLIP（氣候與持續法）、(2)TFS（中央氣象局颱風模式）、(3)EBM（相當正壓模式，如圖 21）、(4)HURA 或稱 HURRAN（類比法）、(5)美國海軍 GFDN（動力模式）、(6)美國海軍 NGPS（全球模式）及(7)日本 JTYM（颱風模式）。

以上這些主觀與客觀預報的 24 小時及 48 小時路徑預報誤差，經選取前列八種作電腦校驗，其結果列於表 8。

由表 8a 中可知，24 小時的路徑預報誤差以中國大陸廣州的最小，為 146 公里（15 個個案），中央氣象局的 187 公里次之（24 個個案），CLIP 的 188 公里排名第三（23 個個案），其餘主觀（官方）預報介於 211 ~ 298 公里。而其他的主客觀模式預報有些誤差過度偏高，例如香港模式誤差竟高達 298 公里（僅 3 個個案），HURA 模式及菲律賓官方為 246 公里（23 個及 6 個個案），中央氣象局的 TFS 平均路徑誤差（表 8c）為 109 公里（9

個個案)。

另由表 8b 中，可知 48 小時的路徑預報誤差各種模式均互異，其中以日本最小，為 296 公里（22 個個案），關島的 357 公里次之（21 個個案），中國大陸廣州（BCGZ）的 377 公里排名第三（14 個個案），中央氣象局的 387 公里排名第四（22 個個案）。其他主、客觀路徑預報誤差均偏大，香港竟高達 844 公里（3 個個案），HURA 模式為 505 公里。中央氣象局的 TFS 平均路徑誤差（表 8）為 109 公里（7 個個案）。

## 六、災 情

此次瑞伯颱風以穩定速度（時速 15 至 28 公里）偏北移動，其中心雖未登陸本省，但因其暴風範圍及季節性的「秋颱風」因素，導致全省性的廣泛災害。平地蘇澳、大武及梧棲等地的 12 級，離島蘭嶼及彭佳嶼的 16 級，東吉島 14 級的瞬間最大陣風與台灣北部山區的鞍部、竹子湖及台灣東部花蓮的超級豪雨（各為 921mm、789mm 及 547mm），在在使得各地感受到瑞伯颱風的威力。由於瑞伯颱風並未

Zeb. TYPHOON TRACK FORECAST DATE (98/10/11/12Z-98/10/16/12Z)

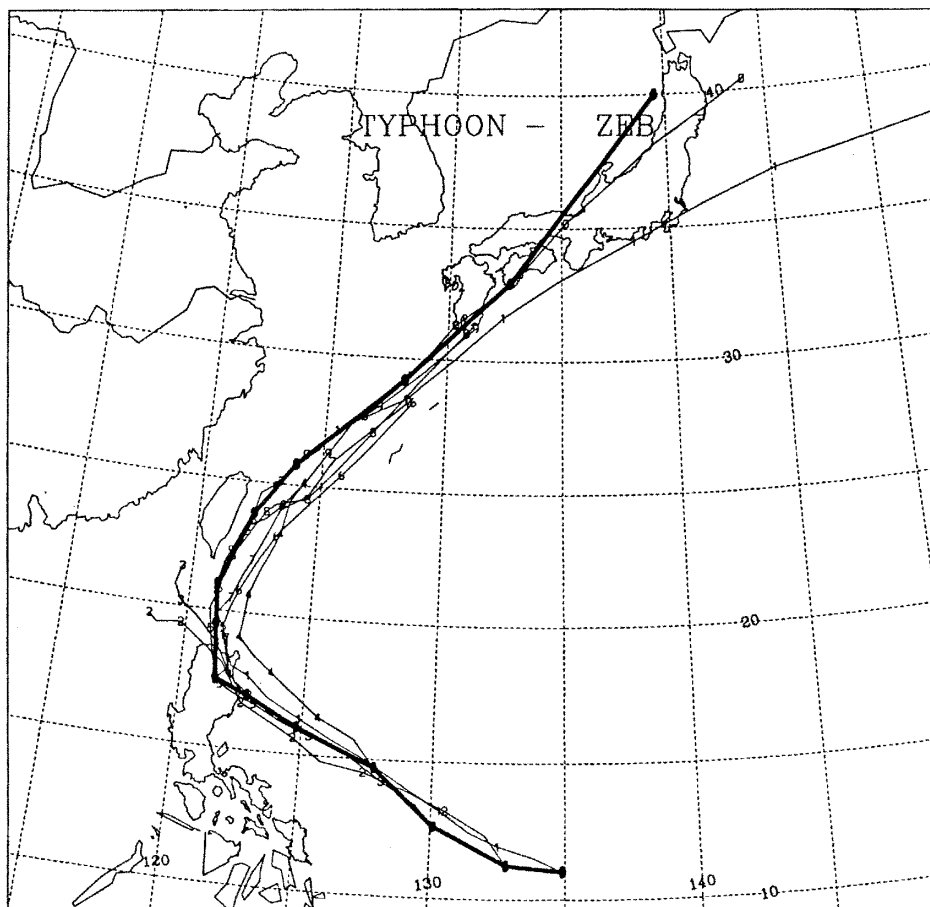


圖 18. 中央氣象局颱風模式對瑞伯颱風之路徑預報。

Fig.18. The stepwise track forecasts of CWB TFS / PE model for typhoon Zeb.

CWB TFS / PE DATE ( 98 / 10 / 13 / 12Z ) OPERATION

BY VORT

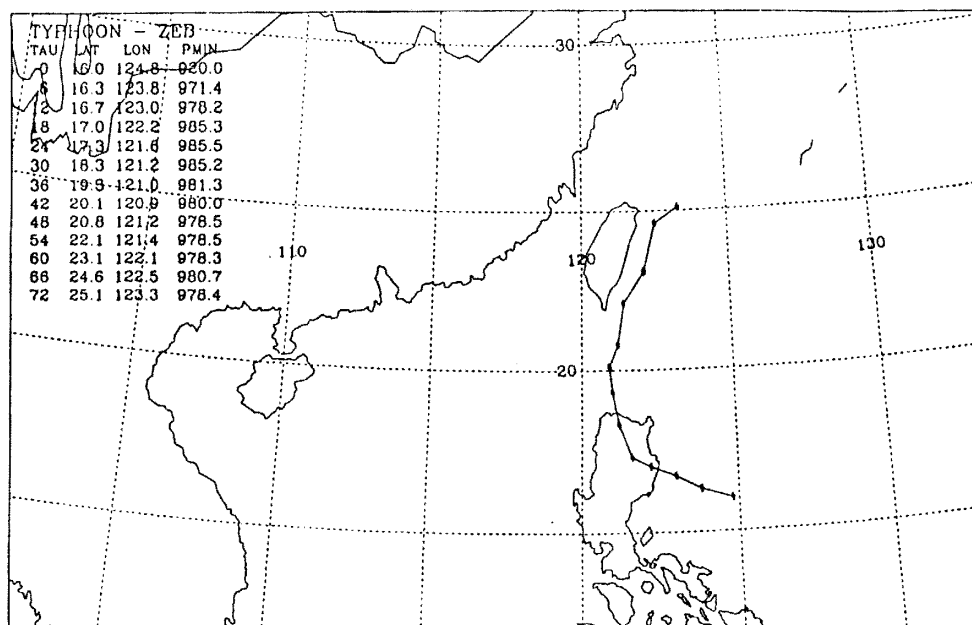


圖 19a. 1998 年 10 月 13 日 1200UTC 中央氣象局颱風模式以渦度決定中心。

Fig.19a. The track determined by the vorticity maximum forecast of CWB TFS / PE model for the date 1200UTC 13 Oct. of 1998.

CWB TFS / PE DATE ( 98 / 10 / 13 / 12Z ) OPERATION

BY PS

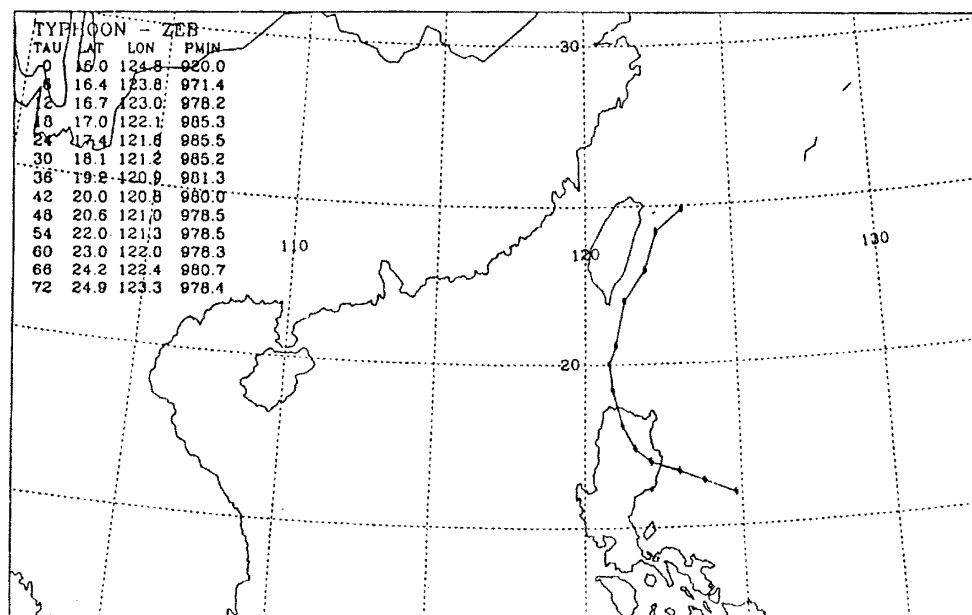


圖 19b. 同圖 19a, 但為以地面氣壓決定中心。

Fig. 19b. Same as Fig. 19a, but were determined by the forecasted surface pressure centers.

CWB TFS / PE DATE ( 98 / 10 / 14 / 00Z ) OPERATION

BY VORT

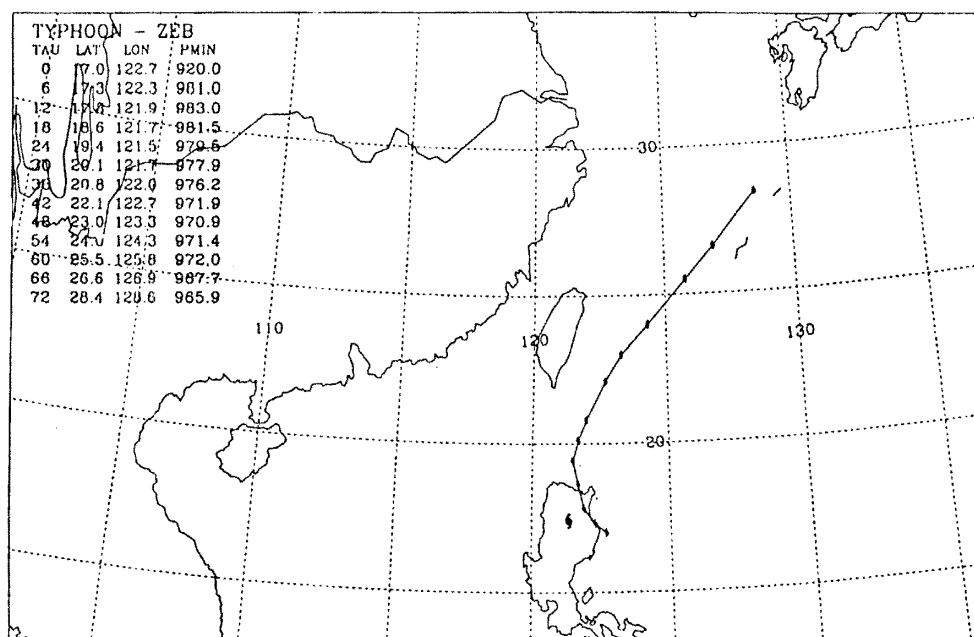


圖 19c. 同圖 19a, 但為 1998 年 10 月 14 日 0000UTC。

Fig. 19c. Same as Fig. 19a, but for 0000UTC 14 October of 1998.

CWB TFS / PE DATE ( 98 / 10 / 14 / 00Z ) OPERATION

BY PS

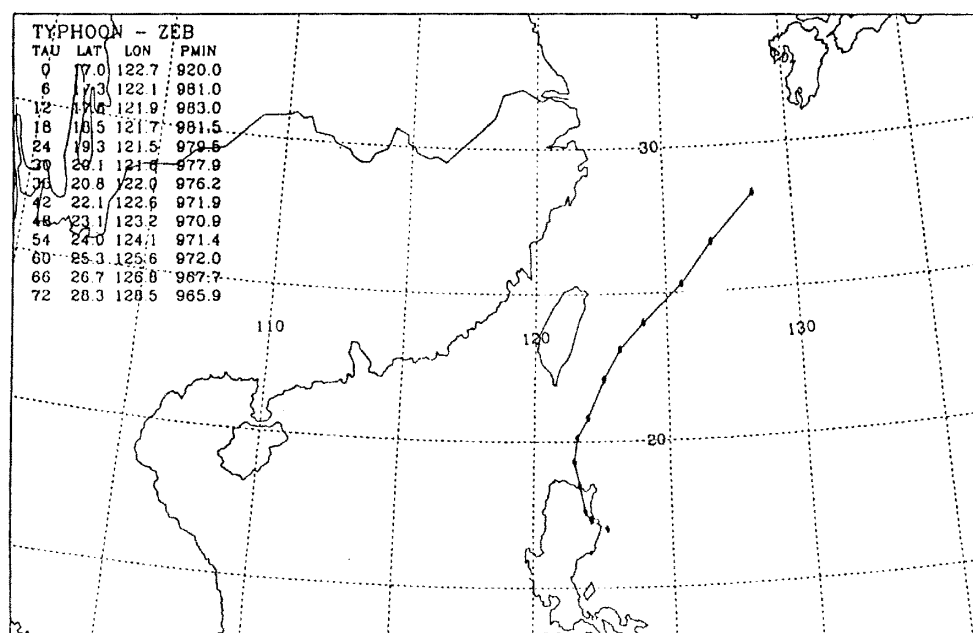


圖 19d. 同圖 19b, 但為 1998 年 10 月 14 日 0000UTC。

Fig. 19d. Same as Fig. 19b, but for 0000UTC 14 October of 1998.

CWB TFS / PE DATE ( 98 / 10 / 13 / 12Z ) OPERATION

BY VORT

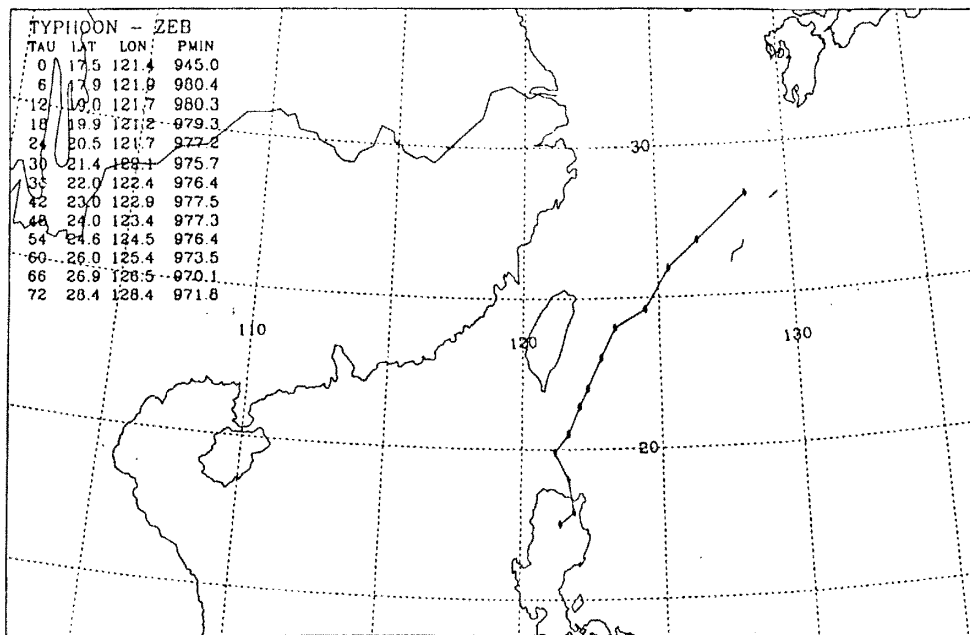


圖 19e. 同圖 19a，但為 1998 年 10 月 14 日 1200UTC。

Fig. 19e. Same as Fig. 19a, but for 1200UTC 14 October of 1998.

CWB TFS / PE DATE ( 98 / 10 / 14 / 12Z ) OPERATION

BY PS

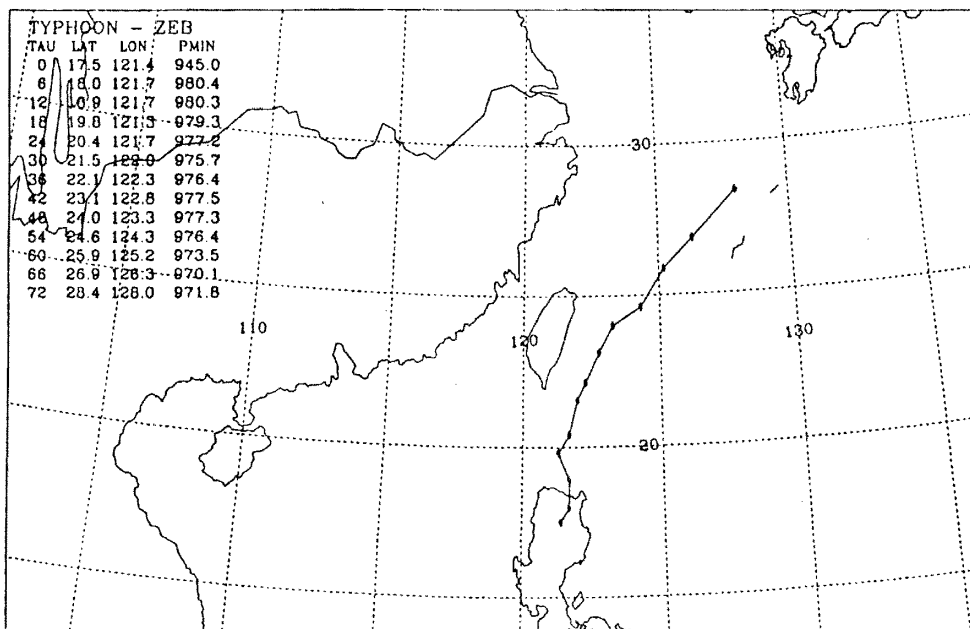


圖 19f. 同圖 19b，但為 1998 年 10 月 14 日 1200UTC。

Fig. 19f. Same as Fig. 19b, but for 1200UTC 14 October of 1998.

CWB TFS / PE DATE ( 98 / 10 / 15 / 00Z ) OPERATION BY VORT

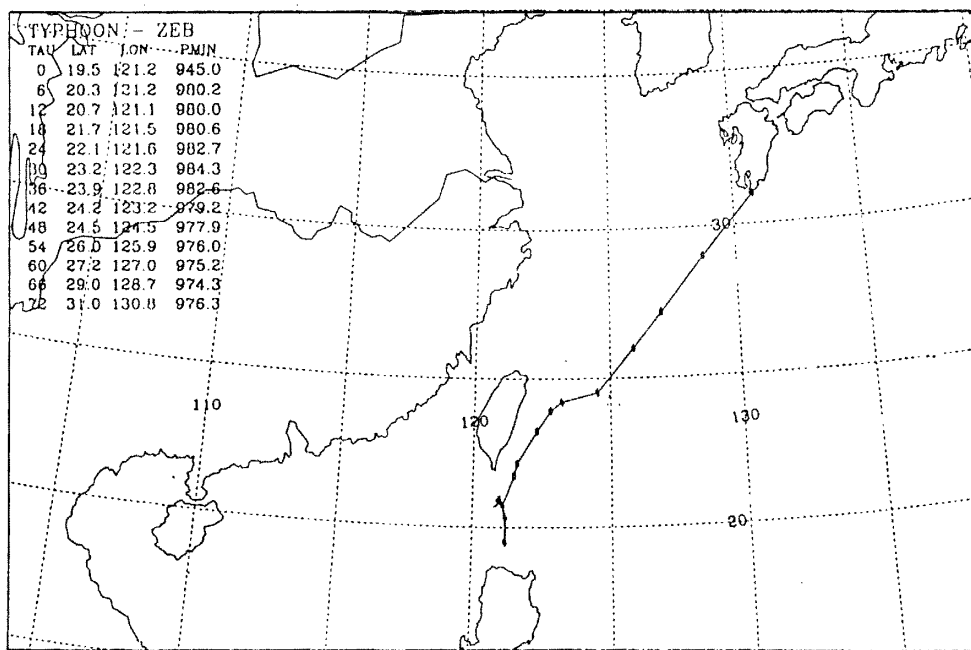


圖 19g. 同圖 19a，但為 1998 年 10 月 15 日 0000UTC。

Fig. 19g. Same as Fig. 19a, but for 0000UTC 15 October of 1998.

CWB TFS / PE DATE ( 98 / 10 / 15 / 00Z ) OPERATION BY PS

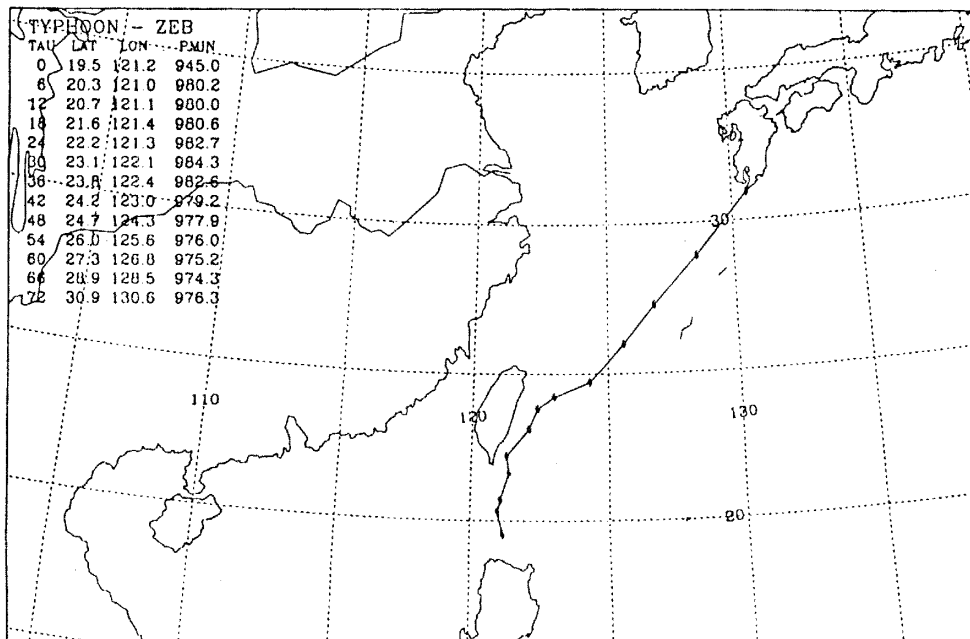


圖 19h. 同圖 19b，但為 1998 年 10 月 15 日 0000UTC。

Fig. 19h. Same as Fig. 19b, but for 0000UTC 15 October of 1998.

CWB TFS / PE DATE ( 98 / 10 / 15 / 12Z ) OPERATION BY VORT

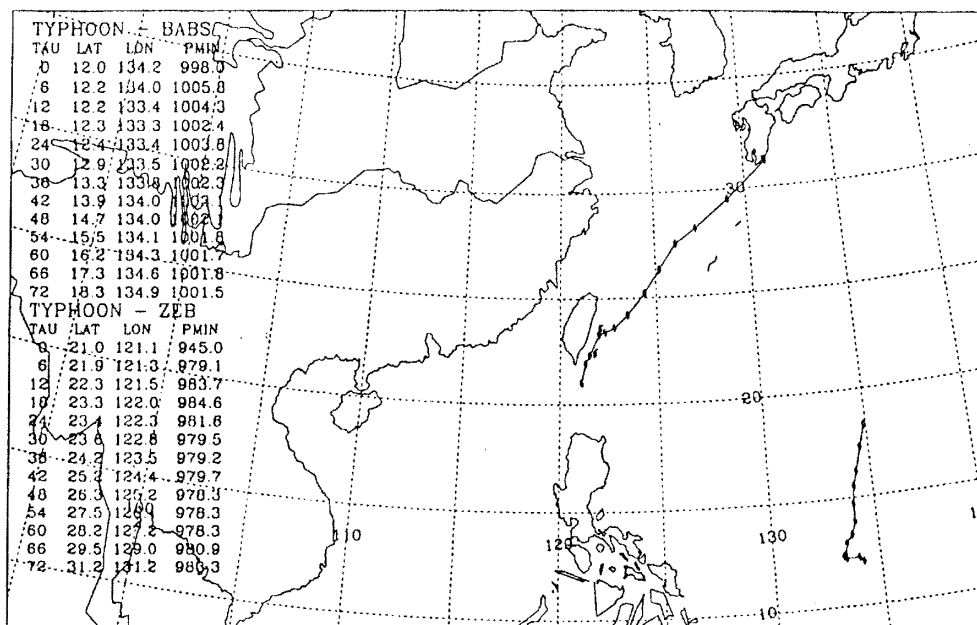


圖 19i. 同圖 19a, 但為 1998 年 10 月 15 日 1200UTC。

Fig. 19i. Same as Fig. 19b, but for 1200UTC 15 October of 1998.

CWB TFS / PE DATE ( 98 / 10 / 15 / 12Z ) OPERATION BY VORT

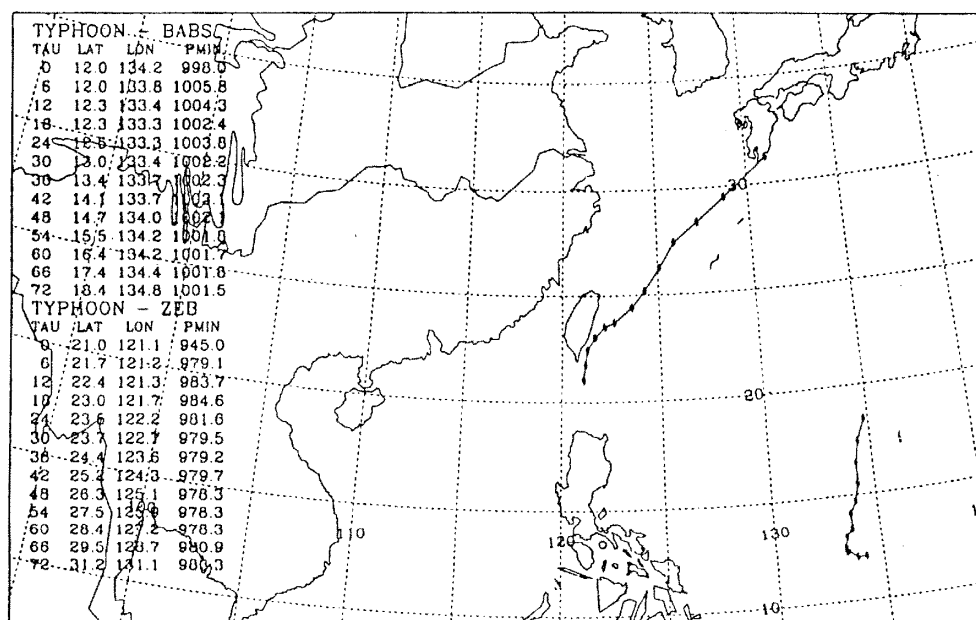


圖 19j. 同圖 19b, 但為 1998 年 10 月 15 日 1200UTC。

Fig. 19j. Same as Fig. 19b, but for 1200UTC 15 October of 1998.

CWB TFS / PE DATE ( 98 / 10 / 16 / 00Z ) OPERATION

BY VORT

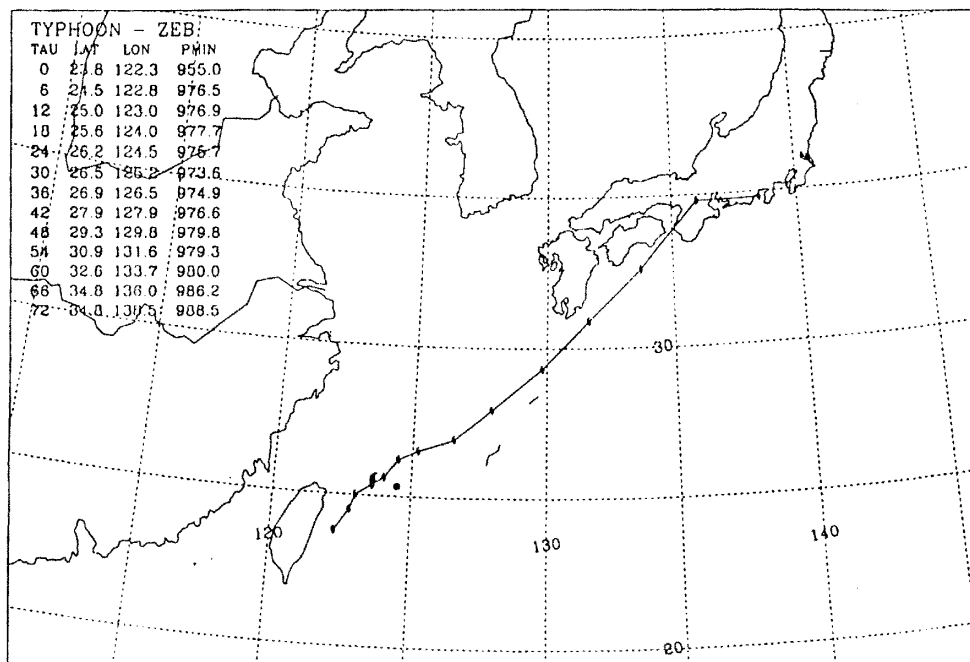


圖 19k. 同圖 19a , 但爲 1998 年 10 月 16 日 0000UTC 。

Fig. 19k. Same as Fig. 19a, but for 0000UTC 16 October of 1998.

CWB TFS / PE DATE ( 98 / 10 / 16 / 00Z ) OPERATION

BY PS

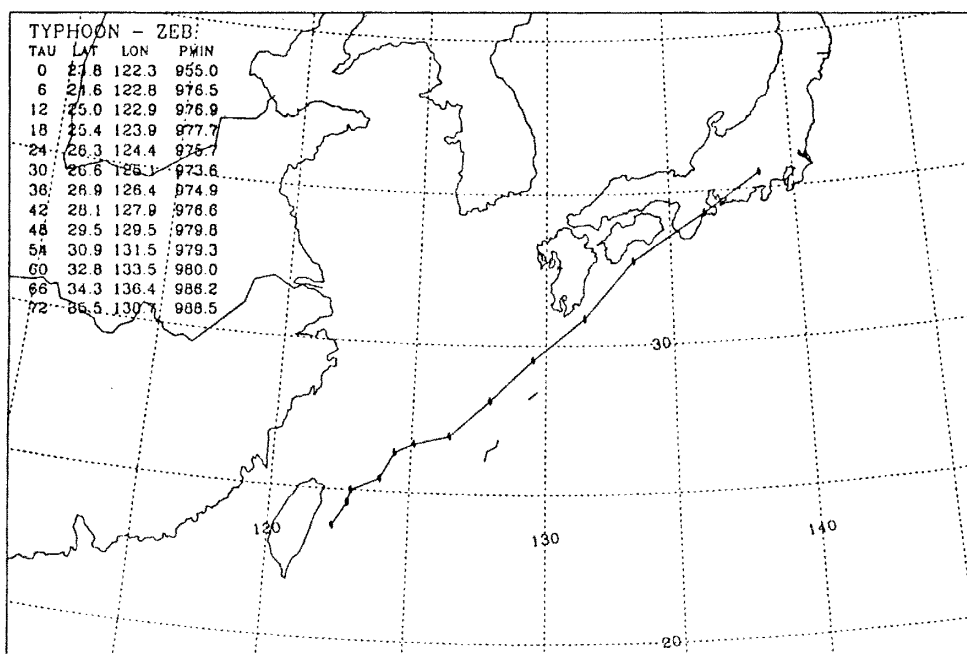
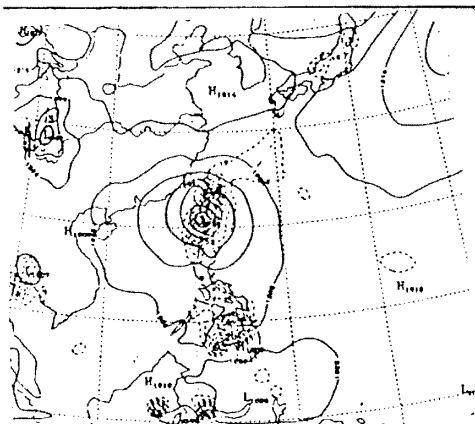


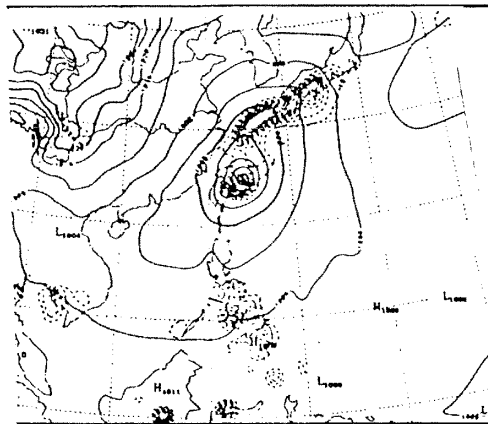
圖 19l. 同圖 19b , 但爲 1998 年 10 月 16 日 0000UTC 。

Fig. 19l. Same as Fig. 19b, but for 0000UTC 16 October of 1998.

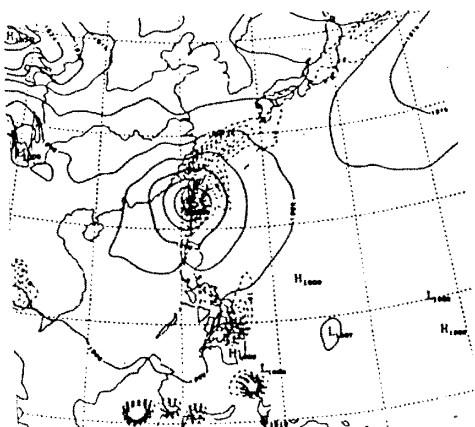




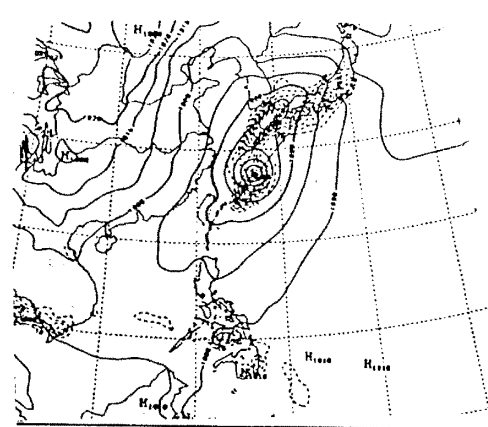
20a ( 12hr )



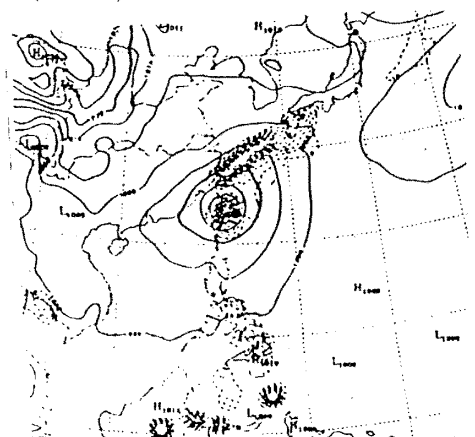
20d ( 48hr )



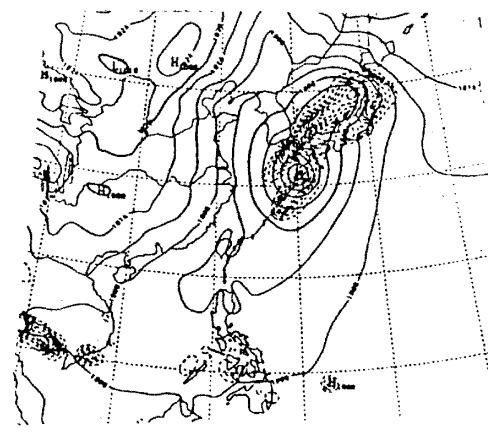
20b ( 24hr )



20e ( 60hr )



20c ( 36hr )



20f ( 72hr )

圖 20. 1998 年 10 月 15 日 0000UTC 中央氣象局颱風模式海平面氣壓與降水量預測圖 (a)12 小時、(b) 24 小時、(c)36 小時、(d)48 小時、(e)60 小時及 (f)72 小時。

Fig.20.The(a)12hr , (b)24hr , (c)36hr , (d)48hr , (e)60hr , and(f)72hr sea level pressure and precipitation ( mm ) formatted by CWB TFS / PE model at 0000UTC 15 Oct of 1998.

CWB EBM FORECAST TRACK ( 98 / 10 / 11 / 12Z-98 / 10 / 16 / 00Z )

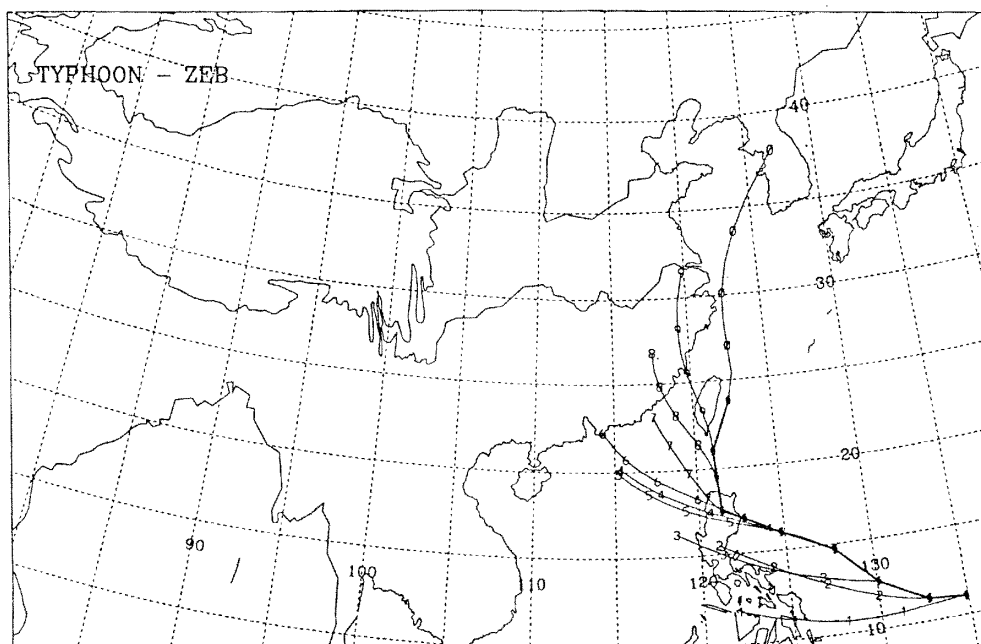


圖 21. 1998 年 10 月 11 日 1200UTC 中央氣象局 EBM 模式對瑞伯颱風之路徑預報。

Fig.21. Typhoon tracks stepwise-forecasted by EBM for typhoon Zeb from 1200UTC 11 Oct. to 0000UTC 16 Oct. of 1998.



圖 22a. 瑞伯颱風侵台災情之一（取自 1998 年 10 月 26 日聯合晚報）。

Fig. 22a. Photo shows the flood condition after typhoon Zeb's attack

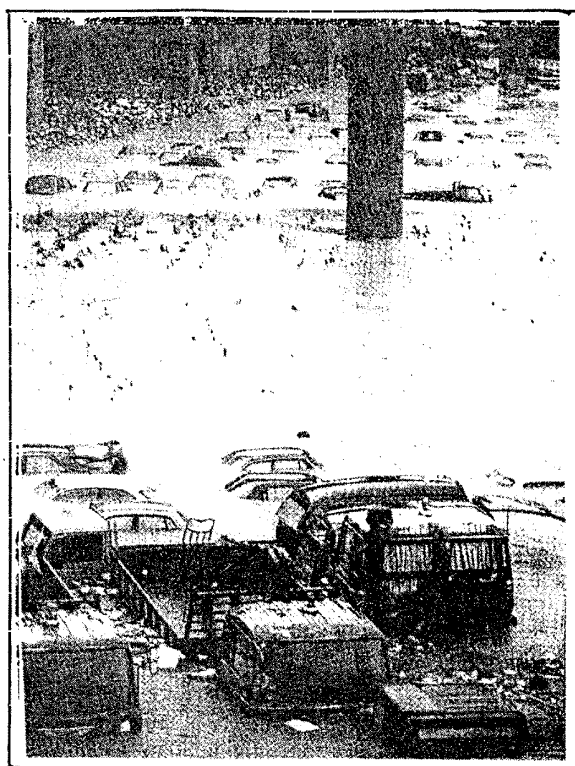


圖 22b. 瑞伯颱風侵台災情之二（取自 1998 年 10 月 26 日聯合晚報）。

Fig. 22b. Photo shows the flood condition after typhoon Zeb's attack.



圖 22c. 瑞伯颱風侵台災情之三（取自 1998 年 10 月 27 日聯合報），圖中人物係台北縣長蘇貞昌陪同行政院蕭萬長院長視察災區汐止土石流情形。

Fig. 22c. Photo showed the mud slide condition over northern Taiwan associated with the typhoon Zeb.

表 8. 各種主觀預測、模式預測及氣候統計法之 (a)24 小時與 (b)48 小時颱風路徑預報平均誤差檢驗分析比較表。

Table 8a. Errors of selected track forecast techniques at (a)24hr and (b)48hr for typhoon Zeb.

24-HOUR MEAN FORECAST ERROR (KM)													
	CLIP		CWB		HURA		PGTW		RJTD		BCGZ		VHHH
CLIP	23	188											
	188	0											
CWB	23	188	24	187									
	188	0	187	0									
HURA	23	188	23	188	23	246							
	246	57	246	57	246	0							
PGTW	23	188	24	187	23	246	24	211					
	214	25	211	24	214	-31	211	0					
RJTD	23	188	24	187	23	246	24	211	24	211			
	209	20	211	24	209	-37	211	0	211	0			
BCGZ	15	190	15	194	15	261	15	264	15	229	15	146	
	146	-44	146	-48	146	-114	146	-118	146	-83	146	0	
VHHH	3	201	3	233	3	248	3	94	3	146	3	185	3
	298	96	298	64	298	50	298	203	298	151	298	112	298
RPMM	6	240	6	227	6	301	6	162	6	118	4	168	1
	246	5	246	18	246	-55	246	83	246	127	231	62	138
													335
													-196
													246
													0

48-HOUR MEAN FORECAST ERROR (KM)													
	CLIP		CWB		HURA		PGTW		RJTD		BCGZ		VHHH
CLIP	21	440											
	440	0											
CWB	21	440	22	387									
	398	-42	387	0									
HURA	21	440	21	398	21	505							
	505	64	505	107	505	0							
PGTW	20	442	21	400	20	501	21	357					
	361	-81	357	-42	361	-140	357	0					
RJTD	21	440	22	387	21	505	21	357	22	296			
	294	-146	296	-90	294	-211	309	-48	296	0			
BCGZ	14	529	14	457	14	603	13	429	14	309	14	377	
	377	-151	377	-79	377	-225	400	-29	377	68	377	0	
VHHH	3	677	3	729	3	648	3	475	3	538	3	587	3
	844	166	844	114	844	196	844	368	844	305	844	257	844
													844
													0

表 8c. 中央氣象局颱風模式對瑞伯颱風之路徑預報平均誤差。

Table 8c. Mean track forecast errors of thphoon Zeb from CWB TFS / PE model.

ZEB	12HR						24HR						36HR						48HR						60HR						72HR					
ERRORS	DIST	ANG	SPD	D90	DIST	ANG	SPD	D90	DIST	ANG	SPD	D90	DIST	ANG	SPD	D90	DIST	ANG	SPD	D90	DIST	ANG	SPD	D90	DIST	ANG	SPD	D90								
98101112	84.	15.	4.	39.	70.	8.	0.	42.	31.	1.	1.	8.	33.	2.	0.	23.	78.	3.	1.	43.	178.	6.	1.													
98101200	80.	14.	0.	44.	48.	-3.	1.	-20.	46.	-3.	0.	-28.	40.	-2.	0.	-24.	270.	4.	4.	63.	283.	-5.	3.													
98101212	64.	-3.	-5.	-8.	63.	0.	-3.	0.	12.	1.	0.	9.	144.	6.	2.	66.	175.	-1.	3.	-13.	165.	-2.	2.													
98101300	96.	14.	-4.	39.	138.	13.	-1.	69.	197.	15.	1.	108.	183.	12.	0.	99.	339.	19.	1.	182.	248.	12.	1.													
98101312	46.	-5.	-4.	-10.	31.	-2.	-1.	-7.	31.	-3.	0.	-15.	22.	-1.	-1.	-6.	80.	-3.	-1.	-24.	98.	-4.	-1.													
98101400	63.	24.	-2.	27.	33.	4.	-1.	11.	96.	10.	-1.	40.	135.	8.	-2.	50.	193.	11.	0.	103.	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****								
98101412	76.	16.	-4.	25.	83.	10.	-2.	31.	200.	5.	-5.	24.	206.	1.	-4.	7.	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****								
98101500	33.	0.	-3.	0.	202.	-5.	-8.	-14.	238.	-3.	-7.	-15.	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****								
98101512	186.	-5.	-15.	-7.	312.	-3.	-13.	-8.	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****								
98101600	128.	-3.	-11.	-4.	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****								
NCASE :	10	10	10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6	5	5	5													
MEAN :	86.	7.	-4.	15.	109.	-2.	-3.	12.	106.	3.	-2.	16.	109.	4.	-1.	31.	189.	5.	1.	59.	194.	1.	1.													
ABSMEAN		10.	5.	20.		5.	3.	22.		5.	2.	31.		5.	1.	39.		7.	2.	71.		6.	2.													

在台灣東海岸滯留，因此除了靠近瑞伯颱風中心的台灣北部、東北部及東部災情較嚴重外，其他地區損失較少。但農業災害範圍則遍佈全省，其中以宜蘭縣、台中縣、彰化縣、南投縣、雲林縣、嘉義縣、台南縣、高雄縣、屏東縣、台東縣及花蓮縣等 11 縣市損失最為嚴重。

茲依據內政部消防署中央災害防救中心、農委會及台灣省政府農林廳發布的統計災情敘列如下：

(一)民衆傷亡情形：死亡 28 人（其中包括內湖活埋 5 人、10 月 18 日台北縣五股灰渣場活埋 7 人）、失蹤 10 人（其中桃園縣 6 人），重傷 2 人、輕傷 25 人。

(二)房屋損失情形：全倒 4 間、半倒 16 間。

(三)農業總損失：新台幣 51 億 6 千萬元包括：

(1)農田損失：6 億 2 千萬元。

(2)農作物損失：37 億 1 千萬元。

(3)畜禽損失：3 千萬元。

(4)漁業損失：4 億 5 千萬元（主要在宜蘭地區）。

(5)林業損失：1 億 1 千萬元。

(6)水土保持工程損失：2 億 5 千萬元。

四其他紀錄：

(1)台北汐止大洪水最嚴重。基隆河、大漢溪、淡水河水位亦暴漲（圖 22a 及 22b），逾 100 家工廠淹水。

(2)鐵公路及航空部分中斷。

(3)公路多處坍方。

(4)電力：170 萬戶停電，電力損失嚴重。

(5)有線電視停視超過 600,000 戶。

(6)全省菜價飆漲。

(7)全省 40 % 縣市之路樹有倒伏。

(8)花蓮、南投、汐止等地土石流尤其嚴重（圖 22c）。

此外，翡翠及石門兩水庫因降雨過多，而一致作了調節性的洩洪。另有 70 % 縣市於 10 月 16 日宣布停止上班上課。澎湖部分地區且吹鹽風，侵蝕了許多樹木。

## 七、結 論：

由上述之分析及探討，可歸結如下數點結論：

(一)瑞伯颱風為民國 87 年侵台颱風中（其他為 9801 的妮寇兒 Nichole，9802 的奧托 Otto，9809 的楊妮 Yanni 及 9812 的芭比絲 Babs）最為強烈且造成最嚴重災害的颱風。

(二)就瑞伯颱風之發展，強度變化及移動方向研判，因受制於左右兩方高氣壓之擠迫及北方西風帶之導引，故一直以穩定速度偏北行進，再偏北北東、東北向日本離開。

(三)瑞伯颱風侵台過程中，成功站出現最低的海平面氣壓值（974hPa），十分鐘平均最大風速 39.0m/s 出現在彭佳嶼站，瞬間最大風速 53.2m/s 在蘭嶼站測得。風力以濱海及離島最強，最大陣風 12 至 17 級，平地之強風亦不小，最大陣風達 8 至 12 級。累積總雨量分布則集中在北部、東部及東北部，山區尤其大，中南部平地因背風面影響，雨量較小。

(四)就波浪大小而言，以國光平台於 10 月 16 日 5 時 0 分（地方時）所測得的 H1/3 波高 7.54 公尺最高，其他如 16 日在台東、宜蘭出現之局部焚風及 15 日在瑞芳濱海出現之海龍捲均為過去罕見的現象。

(五)颱風路徑預報誤差校驗結果（註：每個模式之個案均非相同），24 小時路徑預報誤差以 CWB TFS/PE 的 109 公里最優，其他依次為大陸廣州（BCGZ）的 146 公里，中央氣象局官方的 187 公里及統計模式 CLIP 的 188 公里。48 小時路徑預報誤差亦以 CWB TFS/PE 的 109 公里最佳，其他依序為日本 RJTD 的 296 公里，關島 PGTW 的 357 公里及中國大陸廣州的 377 公里。

(六)災害損失總計失蹤 10 人，死亡 28 人，輕重傷 27 人。房屋全、半倒計 20 間，農業總損失新台幣 51 億 6 千萬元。

## 誌 謝

本文之完成，謝謝中央氣象局各單位與台東氣象站提供之觀測資料，以及第三組楊慧玉技正幫忙謄稿與繪製圖表，謹此誌謝。

## 參考文獻

I. Dvorak, V. F., 1975: Tropical cyclone

intensity analysis and forecasting from satellite imagery. Mon. Wea. Rev., 103, 420-430.

2. JTWC, 1960, Annual Tropical Cyclone Report.

3. 中央氣象局，1997：颱風百問。

# REPORT ON TYPHOON ZEB OF 1998

Henry Fu-Cheng Liu

Weather Forecast Center, Central Weather Bureau

## ABSTRACT

This article mainly deals with typhoon Zeb about its evolution, movement, and the rainfall and central pressure observed over Taiwan area. Discussions on the verifications of various subjective and objective track forecasts are also included.

Typhoon Zeb formed over the ocean of the Philippine islands and then moved northwestward toward Taiwan. The center did not land over Taiwan but passed offshore about 60 to 100 km of eastern Taiwan and later on moved north-northeast toward Japan, and finally dissipated as a tropical depression over Japan islands.

The observations showed that there were heavy rainfall over the northern, northeastern and eastern parts of Taiwan when typhoon Zeb were nearby. Owing to the effects of the rainbands within the northeast quadrant of typhoon zeb and the topography of Taiwan, the maximum accumulated rainfall of 921mm was observed at the Chutzeu station during the period of Zeb's invasion. In addition, a peak gust of 55m / s was observed at the Lanyu station and a minimum pressure of 974 hPa was observed at the Chengkung station. The total losses estimated about US\$16 million.

To all subjective track forecasts for typhoon Zeb done by the Central Weather Bureau, the averaged 24hr track forecast error is 187km and the averaged 48hr track forecast error is 387km. Among all track forecasts available at CWB, the CWB TFS / PE model provided the best track forecast for typhoon Zeb. The forecast track errors are only 109km for 24hr and 109km for 48hr.

Key words: typhoon、pressure、distribution of rainfall、westerlies、track forecast

Volume 42 Number 4

December 1998

# Meteorological Bulletin

(Quarterly)

---

## CONTENTS

### Articles

- |                                                       |                                                      |       |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------|
| The Derivation and Applications of Cloud Motion Winds |                                                      |       |
| Part I: Derivation .....                              | Chia-Rong Chen<br>Tai-Chung Yen<br>Shinn-Liang Shieh | (313) |
|                                                       |                                                      |       |
| An Approach of Earthquake Information Rapid .....     | Yih-Min Wu<br>Jen-Kuang Chung<br>Chen-Chun Chen      | (331) |
| Reporting by Using a subnetwork ( Hualien)            | Tzay-Chyn Shin<br>Yi-Ben Tsai                        |       |
|                                                       |                                                      |       |
| A Preliminary Study of 1998 Ray-Li Earthquake .....   | Yih-Min Wu<br>Chien-Hsin Chang<br>Tzay-Chyn Shin     | (343) |

### Report

- |                                     |                    |       |
|-------------------------------------|--------------------|-------|
| Report on Typhoon Zeb of 1998 ..... | Henry Fu-Cheng Liu | (356) |
|-------------------------------------|--------------------|-------|



**CENTRAL WEATHER BUREAU**

64 Kung-Yuan Road, Taipei, Taiwan  
Republic of China

行政院新聞局出版事業登記證局版台誌字 第〇九七六號  
中華郵政臺字第一八九三號登記為第一類新聞紙類

統 一 編 號  
〇〇九〇八八七〇〇一七

ISSN 0255-5778