

報告封面格式

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

應用衛星與雷達資料及神經網路於雨區判別雨雲行分析

計畫類別：☒國內 ☐國外

計畫編號：MOTC-CWB-93-2M-03

執行期間：93 年 2 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：劉清煌

執行單位：中國文化大學 大氣科學系

中華民國 93 年 12 月

報告封面格式

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

應用衛星與雷達資料及神經網路於雨區判別雨雲行分析

計畫類別：☒國內 ☐國外

計畫編號：MOTC-CWB-93-2M-03

執行期間：93 年 2 月 1 日至 93 年 12 月 31 日

計畫主持人：劉清煌

執行單位：中國文化大學 大氣科學系

中華民國 93 年 12 月

※ 請連結 www.grb.gov.tw 政府研究資訊系統登錄貴計畫期末摘要
報告

交通部中央氣象局九十三年度政府部門科技計畫期末摘要報告

計畫名稱：應用衛星與雷達資料及神經網路於雨區判別雨雲行分析

審議編號： 部會署原計畫編號： MOTC-CWB-93-2M-03
主管機關： 交通部中央氣象局 執行單位： 中國文化大學大氣科學系
計畫主持人： 劉清煌 聯絡人： 劉清煌
電話號碼： (02) 28625110 傳真號碼： (02)28615274
期程： 93 年 2 月 2 日 至 93 年 12 月 31 日
經費：(全程) 397,000 元 經費(年度) 397,000 元

執行情形：

1.執行進度：

	預定 (%)	實際 (%)	比較 (%)
當年	100	100	0
全程	100	100	0

2.經費支用：

	預定	實際	支用率 (%)
當年	100	100	100
全程	100	100	100

3.主要執行成果：

一、雲分類

a. 現有雲分類法

辨別瞭解雲的類型是研究雲的前提與基礎，運用衛星資料從事分類方法也有不少的時間，經整理大略分為下述 6 點：

(1)物理法：為最直接的辦法，此法試圖通過遙感數據最終計算出雲的各項特性、

如雲的散射係數、吸收係數、雲粒成分、雲滴譜及雲高雲厚和雲量等。

(2)波段交叉法：其方法是以大氣輻射傳輸方程為架構，將紅外窗區頻道與可見

光頻道或二氧化碳吸收頻道甚至微波頻道相結合，把雲高和雲量參數化。此

種方法主要用於泰洛斯作業垂直探測儀 (TIROS Operational Vertical Sounder，

TOVS) 的同步反演中。TOVS 的高解紅外探測儀 (High resolution Infrared

Radiation Sounder，HIRS) 包含了二氧化碳的強吸收頻道 $13.97\text{-}\mu\text{m}$ 和

$13.35\text{-}\mu\text{m}$ ，另外還有微波探測單位(MSU)，利用 TOVS 的多頻道聯合，可以

通過求解方程式算出雲高和雲量，加以確認雲的類型(Reynolds et al.,1977；

Smith et al.,1976；C.M. Hayden,1988)。

(3)閾值法：是一種簡單有效的辦法，使用也是最為廣泛(Koffler et al., 1973；

Stowe, 1984)。由於雲對可見光的散射，可以視為當可見光的反照率大於某一

給定值即為雲層；同理，由於雲對紅外線的吸收，當紅外亮溫低於某一給定

值時也表示有雲的存在，於是可以利用多頻道組合的多重閾值法。實際上

ISCCP (International Satellite Cloud Climatology Project) 對雲的判定正是採用了

了這種紅外閾值法(Rossow and Schiffer,1991)。

(4)統計分類法：以統計理論為出發點，根據某一統計量度，將衛星各頻道的資

料進行分類依據一定的相似度量(距離，角度或概率)對未知的樣本進行分

類，直到滿足給定的準則函數值，分析的方法有最大最小距離法，K 均值法，

聚類法，分層聚類法，然而，其中的相似度量，準則函數等控制量的選擇也

非常的關鍵。

(5)結構分析法：此法是基於雲的空間物理結構，將大尺度大視野的雲特性參數化如雲的尺度，面積和體積等幾何屬性，雲的分數維大小以及某種空間紋理模式的參量，如由空間灰度共生矩陣(Spatial gray level co-occurrence matrix)產生的某一方位和距離的概率統計量 (Joseph,1986; Welch et al.,1982,1987,1989)。結構分析法引入了雲的空間特性，能克服單純基於像素點分類的困難，但是這方法建立在圖像的高分辨率上，因此其計算量自然比較大。

(6)方塊分類法(box classifier)：Haris(1987)的方塊分類法就是利用紅外線以及可見光雲圖上雲塊的亮度強度強弱來大略地決定出雲的類別。基於閾值法其流程明確，分析過程較為謹慎，易被研究分析單位所接受，因此本文將以閾值方法將雲種予以歸類。然而運用的閾值法於分析過程受限於夜間缺乏可見光資料的資料上產生誤差。因而夜間改用統計分類法中的聚類分析予以補救。

b. NEPH 雲分類法

採用了雲分類法 Nephanalysis (Masami and Ryoji, 1996)，是利用 GMS-5 紅外線和可見光頻道進行雲類判別的初步閾值分類試驗。首先利用紅外頻道 1(IR1)的亮度溫度將選取的範圍依所在高度作 4 大分類，分別為(A)高雲區(>400hpa)(B)中雲區(400hpa~600hpa)(C)低雲區(600hpa~900hpa)(D)晴空區(900hpa 以下) (詳見附錄 A)。並給予判別關係閾值 $N = N_A + N_B + N_C + N_D$ ，(A, B, C, D 分別代表上述 4 區)，N 值小於等於 1，閾值 $N_A=0.8$ ， $N_B=0.8$ ， $N_C=0.6$ ， $N_D=0.8$ ，以便判定。在利用紅外線頻道 1, 2(IR1,2)的亮度溫度差，及紅外線頻道 1, 3(IR1,3)的亮度溫度差及可見光(VIS)反照率，就 4 大雲區作雲類細分。雲類初步細分類型如下：積雨雲(Cb)，發展中的積雲(Cg)，卷雲(Ci)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)，中雲(Cm)，積雲(Cu)，厚雲區域(Dense)，層雲(St)，其他(Other)，雲霧和水氣(Fog/Water vapor)，晴空(Clear)。

c. 可見光太陽天頂角的校正

太陽天頂角的差異對於所探測的反照率影響十分的大，所以必須進行校正，可見光反照率的大小由衛星探測器所接受到的能量多寡決定，而反射到探測器的太陽光能量的多寡，受限太陽天頂角的改變，太陽天頂角一年四季，甚至於每一天都有很大的變化，因此對反照率的影響也很大。衛星可見光頻道解析度會隨著地球經緯度而改變在理想的情形之下，假設大氣反射為各向同性，把不同時刻探測的反照率都统一到太陽直射的情況下，乘上一系數 $1/\cos\theta$ ， θ 為探測時的太陽天頂角，由球面三角公式可以得知：

$$\cos\theta = \sin\phi \sin\delta + \cos\phi \cos\delta \cosh$$

ϕ 為網格所處的緯度， δ 為當天的太陽傾角， h 為時角。 δ 和 h 可以分別由探測時間計算出來。當太陽的天頂角很大時，可見光反照率的資料嚴重畸形，故取 $|\theta| \geq 80^\circ$ 為界限(李，1995)。圖 1.1a 及 b 分別是將可見光資料做太陽天頂角校正的情形，選取時間為 2000 年 6 月 11 日 0832Z 由於太陽的角度傾斜使得未校正的雲圖中的鋒面左右兩邊反照率差異很大)，經由可見光的校正後發現有著明顯的差異，其整個鋒面系統的反照較為一致與連續。

需要注意的是，這只是一種理想化情形下的訂正，實際上，由於大氣中的反射、散射等等影響，使得訂正變得相當麻煩，要得到比較精確的計算，必須以探測器接收的可見光輻射能量出發，經過大氣的散射和返射等過程，訂正到太陽直射時探測器接收到的輻射能量，由此再求反照率，這個方法太複雜，所以一般情形下只考慮理想狀態，但是如此仍不可避免的會帶來誤差。

d. 紅外線臨邊昏暗效應的校正

地球曲率和大氣衰減效應的影響，紅外頻道所探測的亮度溫度會隨探測點的天頂角的不同而出現差異，一般而言，衛星的探測路徑越長，大氣衰減的情形越嚴重，探測值越小，雲圖上顯示的溫度就越低，此一現象就稱為臨邊昏暗。為了

使其衛星資料所顯示的輻射亮溫值，可以在同一水平上比較並得到精確的結果，必須對紅外探測值作臨邊校正，就是將各探測值都換成相當於衛星在天頂觀測時的測值（林和曾，1994）。

由於探測路徑在地球上所處的地理位置不同，探測路徑中主要對紅外輻射衰減的吸收氣體水氣差別很大 所以對於紅外線的亮溫訂正不像 NOAA 衛星上的紅外線輻射計（Advanced Very High Resolution Radiometer, AVHRR）那樣有一定的定量計算公式。相同的衰減路徑，由於其水氣含量的差異(如赤道或高緯度)，臨邊昏暗的訂正情形不同，四種模式大氣(中緯度冬天，1976 美國標準大氣、中緯度夏天、和熱帶大氣)情形下衛星天頂角對衛星所測得亮度溫度的影響。其圖顯示了相同的衛星天頂角，不同的大氣(有不同的水含量)的臨邊效應差異很大，對於中緯度冬天大氣而言，在衛星天頂角 45 度時，臨邊效應不到 0.3°C，然而對水氣含量比較大的熱帶大氣，臨邊效應可達 1.3°C 以上（李，1995）。

針對紅外線各頻道作亮度溫度校正的情形，橫座標為衛星天頂角，縱座標為校正前後溫度的比值，發現因為紅外頻道 3(IR3)波長為 6.5~7.0 μm ，主要是反應高度約 400hpa 的高層水氣，而且其波長較 IR1、2 頻道來的短，衰減較為大，所以校正的曲率比 IR1、2 頻道來的大。

二、雲分類結果與比較

運用前面章節所描述的 NEPH 雲分類法對 GMS-5 的紅外線、可見光資料進行雲分類的研究，由於 TBB 值僅反應視場的雲頂溫度，因此就比較容易造成卷雲與對流雲，及積雲之間的混淆。因此在做雲型分辨時可見光頻道反照率的輔助是較好區分雲類的方法。運用 NEPH 類方法時發現到於夜間做雲分類由於缺乏可見光資料的輔助會有過於將雲型位置高估，使觀測時產生不連續的情形。現在以 2000 年 6 月 11 日 06Z 的梅雨鋒面為例，IR1 雲圖（圖 2.1）顯示雲層為多亮度等級中，其鋒面上稍亮的是層狀雲，而更白更亮的是高層積雲和高層層雲。經由可

見光雲圖的輔助發現台灣地區雲圖顏色較為亮白，似乎有較強的對流發生，而卷雲纖維狀結構在可見光資料中顯示的更為清楚（圖 2.2），此時因為具有可見光的資料在使用雲分類之後發現上述臺灣地區有較強對流發生有分析掌握到（圖 2.3）。為了瞭解 NEPH 雲分類在缺乏可見光資料時其分類的準確性，因此在 2000 年 6 月 11 日 06Z（梅雨鋒面）時將可見光資料移除，再予以分析（圖 2.4）發現到 NEPH 在缺乏可見光資料輔助時，將整個鋒面帶均歸類為強對流雲。

由於 NEPH 雲分類法受限於夜間無法判斷雲種型態，因此運用統計學上的聚類分析法加以分析，由於此種聚類分析法在進行雲分類時，需要給予所分雲類的各頻道雲頂溫度參考值，因此再進行一天的雲種分類時，將 NEPH 雲分類中具有可見光資料時的各雲種之各頻道的平均亮度溫度及 IR1-IR2 之亮度溫度差等四個平均值求出當作聚類分析之參考值，因此聚類雲分類法即選用其各雲種於各頻道的平均亮度溫度，加以辯別，於是再將先前 2000 年 6 月 11 日 06Z（梅雨鋒面）紅外線資料運用此聚類法分析（圖 2.5），與之前 NEPH 具有可見光資料所分析的雲圖（圖 2.3）比較，發現其分析結果與聚類分析差異不大。

再運用此分類方法觀察在具有可見光資料的 2000 年 10 月 31 日 0532Z 象神颱風結構，從 IR1 的分析雲圖中（圖 2.6）發現颱風眼區為影像較暗的區域，代表其雲頂溫度較高，從颱風中心區向外旋出者為較冷（色調較白）厚的雲，低層，灰色的對流雲線正潰入颱風中心，自同一時間的可見光雲圖看來（圖 2.7。）颱風眼外圍均是由於對流發展旺盛成垂直方向伸展很高的積雨雲（色調最白），最外層是由由積雨雲衰減下來而遺留的雲砧所生成的，與紅外比對後發現為卷雲和卷層雲類，由於此觀測時間也具有可見光的資料予以輔助，因此運用 NEPH 雲分類法，也十分管用的分析出上述之雲種現象（圖 2.8）。

然而，相同的把可見光資料移除再予以分析如圖 2.9，發現到與先前移除可見光的梅雨鋒面分析個案兩者間有較大的差異，因此使用聚類分析法予以補救（圖 2.10），發現也與先前有可見光時所用的 NEPH 分析（圖 2.8）相當接近，因此乃利用聚類分析法分析所選定之個案內之所有為星雲圖。

三 雲分類中天氣類型和地面觀測的比較

爲印證本文所採用雲分類法的可行性，將五大類型天氣情形下(梅雨、颱風、午後對流、大陸冷氣團)雲分類的結果和地面觀測的資料予以比對，比較之類型如：

積雲類：將所分類出的積雨雲(Cb)，發展中的積雲(Cg)，厚的積雲域(Dense)，

積雲(Cu)與地面觀測低層 C_L ，中層 C_M 的積雲類加以比對。

層雲類：將所分類出的層雲(St)與地面觀測低層 C_L ，中層 C_M 的層雲類

加以比對。

卷雲類：將所分類出的卷雲(Ci)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)與地面綜觀報高層 C_H 的卷雲類加以比對。

各天氣類型的三大雲類與地面觀測的比較情形，整體比較而言，除了西南氣流的積雲部分與雲分類的比較有著較大的差異外，其餘天氣類型均有不錯的相關性；顯示聚類分析能掌握到簡單雲類之佔有百分率。而西南氣流類型掌握的能力較差，可能與該天氣的變化情形有關，因爲西南氣流中，積雲的發展比較迅速，而聚類分析所採用的參考值乃取各類雲種的日平均溫度，因此較不易掌握能力，不及其他類來的好。

在冬季中，積雨雲的含量是很少的，多半爲層雲和積雲的結構，因此冬季所帶來的降水多半爲層狀性，日平均累積雨量也比較少，圖 3.1 爲針對 2000 年台灣地區冬季冷鋒天氣型態所做的雲種分配圓餅圖。圖 3.2~3.4 分別爲 2000 年象神，啓德，碧利斯侵台的颱風，觀察其雲種的分配，不難發現到，其對流性強的雲種如積雨雲 (Cb)，發展中的積雲 (Cg)，和深厚的雲域因此颱風期間所帶來的降水爲十分強對流性的降水。

圖 3.5 爲颱風外圍環流的雲種分佈情形，颱風高層外圍環流一般存在多的卷

雲，此乃颱風上層氣流是以順時鐘方向旋出而外流（Outflow）所造成的，由圖 3.5 中可見含卷雲的比例佔約 1/4 的比率，這種結果與觀測情形相當一致。

圖 3.6 為西南氣流的雲種分析，由於西南氣流所形成的多半為區域性的對流降水，維持的時間也比較短，因此針對台灣區域所做的平均發現雖然積雨雲（Cb），發展中的積雲（Cg），和深厚的雲域（Dense）含量並沒有像其他對流性旺盛的天氣來的多，但是如果其雲種的降水強度如果夠強，也會在短時間內形成豪大雨。

圖 7.7 為梅雨鋒面各雲型所佔的比率，圖中可見各類雲均佔有相當之比率，因為梅雨滯留鋒面存在的時間久，且經常伴隨劇烈的中尺度對流系統，因此當對流性的雲種增加時則平均日降水量就會增加。

四 雲分類估計區域日平均降水量

4.1 運用衛星資料估計區域單日降水量方法介紹

由於所做的雲分類和地面觀測比較後有著不錯的相關結果，因此針對台灣區域中 324 個自動雨量站的逐日雨量資料，與之前所做的雲分類中較易產生降水的三大雲類（對流旺盛積雲類、濃厚積雲類、層雲類）進行日平均雨量的比較驗證，估計區域平均日降雨量的數學概念如下式所示（夏，1989）：

$$R_{24} = K_1 C_1 + K_2 C_2 + K_3 C_3 = \sum_{i=1}^3 K_i C_i \dots\dots\dots (式 4.1)$$

式中的 R_{24} 為 24 小時（1 日）的降水量，單位以毫米（mm）， C_1 、 C_2 、 C_3 分別是易產生降水的三大雲類在所估計的範圍裡所佔的百分比比率， K_1 、 K_2 、 K_3 為經驗降水係數，此一係數將隨著選取地區、天氣類型而有所不同和差異，主要表示易產生降水的三大雲類在所選取的估計區內的日平均降雨量。

4.2 K 值經驗降水係數的求得

由上述方程式(式 4.1)，利用雲分類的結果於同一天氣類型中求得三大雲類於範圍中所佔的百分比比率，不同時間的平均日降雨量也已知，利用解聯立方程

式的原理求得各天氣類型的 K 值經驗降水，之方程式：

$$\begin{cases} K_1 C_{11} + K_2 C_{12} + K_3 C_{13} = R_1 \dots\dots\dots(\text{式4.2}) \\ K_1 C_{21} + K_2 C_{22} + K_3 C_{23} = R_2 \dots\dots\dots(\text{式4.3}) \\ K_1 C_{31} + K_2 C_{32} + K_3 C_{33} = R_3 \dots\dots\dots(\text{式4.4}) \end{cases}$$

R_1 、 R_2 、 R_3 分別為同一天氣類型不同時間的日平均雨量， C_{11} 、 C_{21} 、 C_{31} 分別為同一天氣類型不同時間的對流旺盛積雲類佔面積百分比， C_{12} 、 C_{22} 、 C_{32} 分別為同一天氣類型不同時間的濃厚積雲類佔面積百分比， C_{13} 、 C_{23} 、 C_{33} 分別為同一天氣類型不同時間的層雲類佔面積百分比。同一天氣類型不同時間數學方程式的組合就會多樣化，再將其算出的 K_1 、 K_2 、 K_3 均取正值予以平均，K 值之所以均取為正是因為將這些雲種均認為對降水為正貢獻。

經由前章節求得各天氣類型中台灣區域的對流旺盛積雲類、濃厚積雲類、層雲類所分配的比率（表 4.1~4.5），利用上述的 K 值經驗法將不同天氣類型中單日平均雨量和實際台灣地區的自動觀測雨量站資料予以比較，選取區域之經緯度（東經 120 度~122 度，北緯 22~25.3 度），各種雲的 K 經驗降水係數，在冬季冷鋒類型上，積雨雲、發展中的積雲(K_1)與濃厚積雲類(K_2)的 K 經驗降水係數均遠比層雲(K_3)的降水經驗值高出許多，然而冬季冷鋒類型多半以層雲佔大多數，積雨雲、發展中的積雲、與濃厚雲類只佔有非常小部分，因此冬季冷鋒的估計雨量多半不大。梅雨鋒面類型中以濃厚積雲(K_2)和層雲類(K_3)的 k 經驗降水係數較大。颱風類型中發現到層雲部分其 K 值達到 1355mm/day，但是進一步的分析發現到颱風類型中層雲所佔的比率較為積雨雲、發展中的積雲(K_1)、與濃厚積雲(K_2)類稀少，因此颱風類型的降水多半由積雨雲、發展中的積雲(K_1)、與濃厚積雲類(K_2)貢獻較大。颱風外環流類型中其 K 值較為平均，因此其三類雲種對於此天氣類型均有一樣重要的降水貢獻。至於午後對流部分於雲類的分佈及 K 值中屬濃厚積雲類(K_2)貢獻大部分的日平均降水量。

4.3 台灣區域估計平均日降水量與實際觀測情形

使用上述方法使用表 4.6 各天氣類型的 K 經驗降水係數，估計台灣區域（北緯 22~25.3 度）、（東經 120~122 度）各天氣類型的實際觀測日降水量與估計日平均降水量，結果如表 2.7~2.11，表中的台灣區域全區依序代表的天氣類型為，冬季冷鋒、颱風侵襲，颱風外環流侵襲，西南氣流與梅雨鋒面，於實際的觀測中發現到五種天氣類型中颱風侵襲所帶來的日平均降水為最多，平均日降水量為 85.07mm/day，梅雨鋒面次之，為 27mm/day，西南氣流與颱風外圍環流對台灣區域所造成的平均日降水量較為相同分別為 14.88mm/day，14.51mm/day，冬季冷鋒所造成的日平均降水量為五種天氣類型中最少，其平均日降水量為 8.34mm/day，主要是由於台灣冬季的雲類多半為層雲類，極少對流雲所致。而估計出的各天氣類型日平均降水量也與實際觀測的日降水量的情形類似，以颱風侵襲所帶來日降水量的為最高，冬季冷鋒所帶來的日降水量為最少。

並將估計的日降水量和雨量站實際測量的結果繪製成 xy 散佈圖（圖 4.1），橫軸為實際雨量測站的單日平均降水單位（mm/day），縱軸則是估計的雨量值單位為（mm/day），發現呈現一不錯的線性關係，相關係數為 0.78，取其 43 天的平均估計誤差降水量發現為 9.39mm/day，針對於台灣區域豪大雨（日雨量在 130mm/day 以上稱為豪雨；日雨量在 50~129mm/day 之間稱為大雨，而本文以日雨量超過 50mm/day 即納入計算誤差估計）的情形加以估計誤差，發現到選取的 42 天中有 7 天符合標準，平均誤差為 21.9mm/day，而（丘，2000）所得到豪大雨的誤差值為（50mm/day），因此本方法對於豪大雨的估計誤差是在一個合理的範圍內。

4.4 台灣北、中、南區域估計平均日降水量與實際觀測情形

有鑑於雲分類所估計的降水中有著些許的誤差，為了觀察是否能改善估計誤差，因而將台灣的平均日降水區域依緯度分成北、中、南區域，並觀察誤差比較大的區域再針對其區域降水的特性予以改善。

台灣北區部分，以北緯 24.3~25.3 度為選取範圍，運用之前表 4.6 各天氣類

型的 K 經驗降水係數予以帶入，估計情形如表 4.7~4.11 的台灣區域北區降水情形，依序代表的天氣類型為，冬季冷鋒、颱風侵襲，颱風外環流侵襲，西南氣流與梅雨鋒面，發現到冬季冷鋒時受到冬北季風的影響使得北部區域的日降水量遠大於中部和南部。颱風外圍環流與梅雨鋒面由於其天氣系統最先接觸到台灣北部，因此所造成的日降水量也較大於中部及南部區域，所估計的日降水分佈型態也與先前所述說的分佈相當類似。從北部區域實際觀測雨量與估計雨量的 xy 散佈圖（圖 4.2），橫軸為實際雨量測站的單日平均降水單位（mm/day），縱軸則是估計的雨量值單位為（mm/day）。圖中呈現不錯的線性關係，其相關係數為 0.77。於各天氣類型的降水估計中，對於梅雨鋒面的估計能力較不易掌握。取其 43 天的平均估計誤差降水量，為 13.5mm/day，對於台灣地區各天氣類型的豪大雨估計誤差中，42 天中北區有 6 天符合條件，誤差為 25.56mm/day。

台灣中區部分，選取範圍為北緯 24.3~23.5 度，運用之前表 4.6 各天氣類型的 K 經驗降水係數予以帶入，估計情形如表 4.7~4.11 台灣區域中區降水情形，依序代表的天氣類型為，冬季冷鋒、颱風侵襲，颱風外環流侵襲，西南氣流與梅雨鋒面發現除了冬季冷鋒及梅雨鋒面此種天氣系統由北而來造成日降水量僅次於北部外，其於天氣類型中的日降水量均比北區、南區的日降水量還要少。

中部區域實際觀測雨量與估計雨量的 xy 散佈圖（圖 4.3），橫軸為實際雨量測站的單日平均降水單位（mm/day），縱軸則是估計的雨量值單位為（mm/day），於天氣類型中對於颱風侵襲所估計的降水量其誤差較為大，並多半高估其降水量，其相關係數為 0.82。取其 43 天的平均估計誤差降水量，為 11.78mm/day，估計的情形比北區好一些，對於豪大雨的選取方面，42 天中台灣中部有 7 天符合，估計誤差為 23.31mm/day。

台灣南區部分，以北緯 23.5 度以南為選取範圍，運用之前表 4.6 各天氣類型的 K 經驗降水係數予以帶入，估計情形如表 4.7~4.11 台灣區域南區降水情形，依序代表的天氣類型為，冬季冷鋒、颱風侵襲，颱風外環流侵襲，西南氣流與梅雨鋒面，發現西南氣流的影響使得於此天氣類型中的日降水量較高於北區及

中區，而當年的侵台颱風侵襲走向多半為由南向北，因此日降水量也高於其它兩區，於估計中上述降水特性均有掌握到。

南部區域實際觀測雨量與估計雨量的 xy 散佈圖（圖 4.4），橫軸為實際雨量測站的單日平均降水單位（mm/day），縱軸則是估計的雨量值單位為（mm/day）。於颱風侵襲中的 11 月 1 日由於實際觀測與估計降水量誤差達 160mm/day，如此大的差異使得整體相關係數變差，其相關係數為 0.65。取其 43 天的平均估計誤差降水量，為 15.80mm/day，對豪大雨的選取方面，42 天台灣南部有 6 天符合，估計誤差為 32.56mm/day，比起台灣北區中區誤差較大。

綜合北中南區估計的降雨情形繪製成 xy 散佈圖（圖 4.5），發現到對於台灣南部估計降水與實際觀測降水偏差的個案時間比其他兩區大。因此在實際運用此法估計平均日降水量時，由於地區的降水強度不一定一致，因此若區域的不同和天氣類型的不同而改變降水強度時，是否就能將原本估計比較差的地區予以改善，在這的概念的前提下重新運用 K 經驗降水係數針對不同區域不同類型的天氣形態，求取經驗降水係數。

4.5 台灣北、中、南區域不同 K 值與日降水量之比較

隨著區域的不同和天氣類型的作用之下將使區域的降水因素不盡相同，因此運用前面所述的方法計算出台灣地區隨著區域及天氣類型的 K 經驗降水係數，從表 4.12 發現到於冬季冷鋒類型中中部與南部的積雨雲、發展中的積雲 K 經驗降水係數（ K_1 ）均為一樣強度，濃厚積雲類（ K_2 ）則是北部與南部有著類似的降水強度，層雲部分（ K_3 ）則是以中部與南部的強度較為類似。颱風侵襲的天氣類型中，中部南部各 K 值均為相同的強度，代表此天氣類型中三種雲類給中部南部所帶來的降水強度影響是一樣的。颱風外圍環流的類型中，中部與南部地區的積雨雲、發展中的積雲 K 經驗降水係數（ K_1 ），濃厚積雲類（ K_2 ）有著類似的降水強度，層雲部分（ K_3 ）則是以北部與中部的強度較為類似。西南氣流中積雨雲、發展中的積雲 K 經驗降水係數（ K_1 ）於北、中、南三區以南部地區的

值為較大，原因由於此天氣類型均為吹西南風時發生因此南部有著較大的 (K_1) 值，北部與南部濃厚積雲類 (K_2) 的 K 經驗降水係數強度則較為相同，層雲部分 (K_3) 則是北部與中部有著較為相近的降水強度。梅雨鋒面類型中積雨雲、發展中的積雲 K 經驗降水係數 (K_1) 於南區有著較大的降水經驗值，北部與南部的濃厚積雲類降水經驗係數 (K_2) 強度較為相似，層雲部分 (K_3) 則均不相似。

台灣北區部分，運用表 4.12 各天氣類型的 K 經驗降水係數予以帶入，估計情形如表 4.13~4.17 台灣區域北區降水情形，依序代表的天氣類型為，冬季冷鋒、颱風侵襲，颱風外環流侵襲，西南氣流與梅雨鋒面發現於冬季冷鋒的天氣類型中層雲經驗降水係數 (K_3) 比先前全區冬季冷鋒的層雲經驗降水係數大的多，為 22 mm/day 但對於濃厚積雲區 (K_2) 的經驗降水係數卻遠比全區冬季冷鋒濃厚積雲區的經驗降水係數 (K_2) 小的多為 1mm/day，因此對冬季冷鋒的日降水量而言是低估的。北部區域實際觀測雨量與估計雨量的 xy 散佈圖 (圖 4.6)，橫軸為實際雨量測站的單日平均降水單位 (mm/day)，縱軸則是估計的雨量值單位為 (mm/day)。相關係數為 0.75，和之前運用固定天氣類型北區相關係數分析差異不大。取其 43 天的平均估計誤差降水量，為 14.40mm/day，對於台灣地區各天氣類型的豪大雨估計誤差中，42 天中北區有 6 天符合條件，誤差為 20.21mm/day

台灣中區部分，運用表 4.12 各天氣類型的 K 經驗降水係數予以帶入，估計情形如表 3.2~3.6 台灣區域中區降水情形，依序代表的天氣類型為，冬季冷鋒、颱風侵襲，颱風外環流侵襲，西南氣流與梅雨鋒面發現此區的各經驗降水係數在於估計日降水量有著不錯結果。中部區域實際觀測雨量與估計雨量的 xy 散佈圖 (圖 4.7)，橫軸為實際雨量測站的單日平均降水單位 (mm/day)，縱軸則是估計的雨量值單位為 (mm/day)。整體而言有著不錯的估計能力但以梅雨鋒面的估計誤差較為大，相關係數為 0.80，和之前運用固定天氣類型的 K 經驗降水係數估計中區降水量，其相關係數分析差異不大，對於梅雨鋒面的估計降水比較不易掌握。取其 43 天的平均估計誤差降水量，為 11.39mm/day，對於豪大雨的選取方面，42 天中台灣中部有 7 天符合，估計誤差為 31.76mm/day。

台灣南區部分，運用表 4.12 各天氣類型的 K 經驗降水係數予以帶入，估計情形如表 4.13~4.17 台灣區域南區降水情形，依序代表的天氣類型為，冬季冷鋒、颱風侵襲，颱風外環流侵襲，西南氣流與梅雨鋒面發現到於冬季冷鋒的天氣類型時，雲類多半為層雲(St)，對流性的雲類十分的稀少，但是因為層雲類的經驗降水係數 K_3 於計算時過於低估，使得南區的冬季冷鋒估計日降水量的平均為 0.22mm/day 比起實際觀測平均 1.82mm/day 差異較多。

南部區域實際觀測雨量與估計雨量的 xy 散佈圖（圖 4.8），橫軸為實際雨量測站的單日平均降水單位（mm/day），縱軸則是估計的雨量值單位為（mm/day）。相關係數為 0.88，明顯的改善之前運用固定天氣類型的 K 經驗降水係數估計南區降水量的估計誤差情形，使原本相關係數 0.65 提升為 0.88，圖中呈現一良好的線性關係，取其 43 天的平均估計誤差降水量，為 10.32mm/day，對豪大雨的選取方面，42 天台灣南部有 6 天符合，估計誤差為 25.14mm/day。

重新將綜合北中南區估計的降雨情形繪製成 xy 散佈圖（散佈圖 4.9），可以發現到其整體估計的情形與之前固定於之前所估計的降水散佈圖（圖 4.5）於南區部分有著明顯的改善。在前一節比較發現到估計南部區域的降水誤差情形較比其他兩區大，而在此節中，當 K 經驗降水係數隨著天氣型態和區域而變動時有著明顯改變，使得原先估計誤差比較大的南部區域，有著明顯的改善，使得其估計降水的可信度更為提高。

4.6 小結

- （1） 當於台灣北、中、南區域運用固定天氣類型的 K 值降水經驗係數，估計台灣五大天氣類型，4.4 節的分析比較中發現到區域估計降水量方面，台灣北區、中區的日降水量較南部理想。
- （2） 在 4.5 節中，隨著區域和天氣類型的不同去求取 K 經驗降水係數，發現到台灣北區與中區的估計降水量差異並不大，但時南區有明顯的改善，顯見南部地區的降水型態與北區、中區有所差異。

五 結語

雲分類法 NEPH (Masami and Ryoji, 1996)，利用 GMS-5 的 IR1, IR2, IR3 及可見光將衛星所觀測的雲予以分類，由於此分類法需要可見光的輔助，因此，可以分析的時間僅限於上午十點到下午四點，至於清晨，黃昏以及晚上的時段本方法其分類誤差相當大。因此，本研究進一步使用聚類分析 (Cluster) 將 NEPH 所分析到的雲種依照 IR1, IR2, IR3, 及 IR1-IR2 等四種參數加以聚類分析，然後推至同一天之其他時段，利用有限之地面觀測資料應証之，初步的分析結果發現兩者相當接近。

利用此分析結果針對台灣地區 5 種天氣類型 (冬季冷鋒、颱風侵襲、颱風外圍環流侵襲、西南氣流、梅雨鋒面。) 分析該天氣系統所佔有各種雲的比例，過去台灣地區之研究對於雲類較少被提及，因此，了解各系統之雲類分析有助於了解該天氣系統之物理過程。

各天氣類型中：

- (1) 冬季冷鋒：由於冬季鋒面的斜壓性較弱因此所帶來的降水就比較少，雲型分配以積雲(Cu)及層雲 (St) 佔有率比較多。
- (2) 颱風：積雲的生成將會給颱風 (熱帶低壓) 本身提供能量，而低壓所造成的輻合為積雲的發展輸送了水氣，因此颱風侵襲範圍內以積雨雲 (Cb) 及發展中的積雲 (Cg) 佔多數比率。
- (3) 颱風外圍環流：颱風中心區向外旋出為冷源的高雲團，其中卷雲帶由因積雨雲衰減而遺留下來的雲砧生成，外環流多半為此結構因而以卷雲 + 中雲 (Ci+Cm) 比例較其他雲種多。
- (4) 西南氣流：各種雲種的比例均為平均，可能因為西南氣流所帶來的降雨多半為小尺度的降水，因此若將選定範圍更為縮小，其強對流雲的狀態分佈比率將會更為明顯。
- (5) 梅雨鋒面：梅雨鋒面其雲種中含有積雲、濃積雲、積雨雲和高層雲等，有

時梅雨鋒面雲系中會有一個個大小不等的積雨雲團，其中以發展中的積雲（Cg），卷雲+中雲（Ci+Cm），中雲(Cm)及濃厚雲域（Dense）為主要成分。

對於雲分類法分類誤差的改善方面，由於本文的雲分類法主要是使用聚類法分析雲型，所選取的衛星頻道組合與權重的給予均會影響到其分類的準確性，本文採用了 4 種頻道的組合分別為，即 $11\ \mu\text{m}$ (IR1) 亮溫， $12\ \mu\text{m}$ (IR2) 亮溫，即水汽頻道 $6.7\ \mu\text{m}$ (IR3) 亮溫，以及分裂窗亮溫差 $11\ \mu\text{m}$ - $12\ \mu\text{m}$ 。於今後將考慮更多頻道的亮溫與其權重的組合，以便達到更為準確的分類情形。

對於台灣地區應用雲分類估計日降水量的部分，在選取時間和針對台灣北、中、南區域予以比對，發現對於豪大雨估計雨量而言估計結果之平均誤差介於 (20mm/day~30mm/day)，對於颱風侵襲個案中其降水估計的誤差其值，比先前學者（丘等，2000）所做之估計誤差更小，因此對於運用本文估計特殊天氣類型所產生的區域平均日降水量有著不錯的估計能力。

由於選取天氣類型及個案時間均以 2000 年為主，較為稀少，導致在求解時，K 值之穩定性較低，因此選取更多時間天氣類型的雲分類及降水情形，有助於提高 K 值的準確性。

另外在使用聚類分析時，所選取之參考值乃來自於白天 NEPH 之分析結果，將此結果應用於夜間之衛星資料可能會有些誤差，如日夜變化之效應等等，這可以說明為何西南氣流之分析結果比較不理想，但是其他類之分析結果仍相當合理。而雲分類的資料在未來可以提供給類神經網路予以參考，使得降水估計的準確性更高。

附錄 A (Nephanalysis 雲分類法)

本文採用的是 1996 年日本氣象廳所使用的雲分類法（Nephanalysis，NEPH）(Masami Tokuno and Ryoji Kumabe 1996)，分類概念如下文所示。

(一) 衛星資料網格化分類處理

NEPH 的網格以 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度為分析區域，已知紅外線資料其網格解析度為 5 公里，因此於 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度的範圍中有 25 筆紅外線衛星資料，可見光的網格解析度為 1.25 公里，所以 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度中有約 400 筆可見光資料。示意圖如(圖 A-1)

(二) 網格的雲型層別化

先利用 IR1 的 400hpa，600hpa，900hpa 雲頂亮度溫度來將 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度的網格範圍就其所在的高度做 4 大類的區分。然而隨著季節月份的差異各層溫度會有所改變，示意如(圖 A-2)所示：

在利用 LOWTRAN 軟體分別求出 IR1 在 400hpa，600hpa，900hpa 於 2000 年 1 月份的亮度溫度分別為 256K、273K、286K，於是利用上述的亮度溫度我們可以定義：

- (1)高雲層區：當 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度中的 25 筆 IR1 資料有 20 筆(即 80%)低於 256K 屬之。
- (2)中雲層區：當 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度中的 25 筆 IR1 資料有 20 筆(即 80%)低於 273K 或高於 256K 屬之。
- (3)低雲層區：當 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度中的 25 筆 IR1 資料有 15 筆(即 60%)低於 286K 或高於 273K 屬之。
- (4)晴空雲區：當 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度中的 25 筆 IR1 資料有 20 筆(即 80%)高於 286K 屬之。

(三) 可見光資料的輔助

在 0.25° 緯度 $\times 0.25^\circ$ 經度中可見光資料因為解析度為 1.25 公里，故約有 400 筆反照率的資料，在將 400 筆資料按照反照率的強度排列，在希望資料為常態分佈下，只取資料中 16%~84%的區間，可見光反照率的累積頻率最小值既為常態分佈中的最小反照率值，可見光反照率的累積頻率最大值既為常態分佈中的最大反照率值。取其累積頻率的最高和最低值，並利用其間的差值作為判別雲種的根據示意如圖 A-3 所示。

(四)紅外線資料的判別概念

- (1) 運用 IR1、2 和 IR1、3 的溫度差異當成區分雲類的閾值，高層以 Cb(積雨雲)為主，中層以 Cg(發展中的積雲)為主。
- (2) 當無可見光資料時運用 IR1、3 的輻射情形加以判定高，中，低層雲，從(圖 A-4)所示，橫座標為 IR1 的輻射情形，縱座標為 IR3 的輻射情形。曲線 L 所代表的是觀測資料，我們發現到雲的所在位置若越高則 IR1，3 的輻射值會越低，在雲圖上的色調則越白。圖中有 X 的記號則是比較容易出現半透明雲的高度約是 500~700hpa。

(五) 各處理層的概略說明。

(1)上層雲域處理

所分析的區域網格中(25km×25km)，其 IR1 的亮度溫度需要有 80%的亮度溫度若於 256K 以上既進入上層雲域的分析，上層雲域主要是將網格雲域中的雲自動分類成積雨雲(Cb)，發展中的積雨雲(Cg)、厚的雲區(Dense)、卷雲區(Ci)，卷雲+中層雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)。

利用 IR1 和 IR3 的亮度溫度差以及 IR1 和 IR2 的亮度溫度差符合所設定的閾值。符合條件的雲區為積雨雲區(Cb) (見圖 A-5.1) 。圖中 DT12 的是表示 IR1、2 在 850hpa 的亮溫差值，DT13 是代表 IR1、3 在對流層的亮溫差值。若積雨雲區所佔大於分析網格其中的 70%並具有可見光資料時，再利用累積頻率的最小反照值和累積頻率的最高最小反照值差作為閾值加以判斷分類(圖 A-5.2)，，在此可以分出卷雲+中雲(Ci+Cm)，厚的雲區(Dense)，發展中的積雲(Cg)，積雨雲(Cb)的雲型。若是積雨雲區所佔小於分析網格其中的 70%並具有可見光資料時，再利用累積頻率的最小反照值和累積頻率的最高、最小反照值差作為閾值加以判斷分類(圖 A-5.3)，，再此可以分出卷雲(Ci)，卷雲+積雲(Ci+Cu)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，厚的雲區(Dense)，發展中的積雲(Cg)，積雨雲(Cb)的雲型。

當在沒有可見光資料的情形下，計算 IR1 和 IR3 的相關係數，其相關係數若大於 0.8，則利用之前提過的迴歸方程

$$RAD(IR3)=A \times RAD(IR1)+B \dots\dots\dots (式 A.1)$$

其中 A 作為判斷雲型的閾值，如此可以分出厚的雲區(Dense)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)，卷雲(Ci)。(圖 A-5.4)。

(2)中層雲域處理

所分析的區域網格中(25km×25km)，其紅外 1 的亮度溫度需要有 80%的亮度溫度介於 256K~273K 既進入中層雲域的分析，中層雲的處理方式和上層雲的方法類似，當具有可見光資料時可以分出發展中的積雲(Cg)，中雲(Cm)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)。當不具有可見光資料時可以分出發展中的積雲(Cg)，厚的雲域(Dense)，卷雲(Ci)，中雲(Cm)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)(圖 A-6)。

中層雲的粗略判斷以發展中的積雲(Cg)區域為主，主要是利用 IR1、2 和 IR1、3 的亮溫差做判斷(A-6.1)。圖中 DT12 為 IR1、2 在 850hpa 的溫度差再加上 1.0K，DT12 為 IR1、3 在對流層的溫度差再加上 3.0K 當所屬的雲區有 70%以上符合 Cg 區域並具有可見光資料的時候即利用累積頻率的最小反照值和累積頻率的最高最小反照值差作為閾值加以判斷分類。可以分出發展中的積雲(Cg)，厚的雲域(Dense)，卷雲+中雲(Ci+Cm)(圖 A-6.2)。

若其 Cg 區域大於 70%卻沒有可見光的資料時，即將所有雲型判定為 Cg(發展中的積雲)。

當 Cg 區域小於 70%先計算 IR1 和 IR3 的相關係數，若其相關係數 $R \geq 0.6$ 卻沒有可見光的資料時，運用迴歸方程 A.1 中的 A 作為判斷雲型的閾值，如此可以分出的雲型有厚的雲域(Dense)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)，卷雲(Ci)，見(圖 A-6.3)。

當 Cg 區域小於 70%，相關係數 $R \geq 0.6$ 並具有可見光資料的時候，運用累積頻率的最小反照值和累積頻率的最高最小反照值差作為閾值加以判斷分類。如此可以分出的雲型發展中的積雲(Cg)，厚的雲域(Dense)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)，卷雲(Ci)。見(圖 A-6.4)

Cg 區域小於 70%，相關係數 $R < 0.6$ 並不具有可見光的資料時，所屬的雲型均判定為 Cm(中雲)。Cg 區域小於 70%，相關係數 $R < 0.6$ ，但具有可見光的資料時，可以分出發展中的積雲(Cg)，厚的雲域(Dense)，卷雲+中雲(Ci+Cm)，卷雲+積雲(Ci+Cu)，卷雲(Ci)(圖 A-6.5)。

(3)低層雲域的處理

處理下層雲域的先決條件，所分析的區域網格中(25km×25km)，其 IR1 的亮

度溫度需要有 60%的亮度溫度介於 273K~286K，當具有可見光資料時，利用累積頻率的最小反照值和累積頻率的最高最小反照值差作為閾值加以判斷分類。可以判別出其他(Other)，積雲(Cu)，層雲(St)，(圖 A-7，圖 A-7.1)

IR1、2 的波長相近，主要為觀察低層雲型，但是其波段的衰減程度有所差異所以，在無可見光資料時運用其亮溫的差異予以輔助判別雲型，故可將低雲(Low)和霧區(Fog)辨識 (圖 A-7，圖 A-7.2)。

(4)晴空雲域的處理。

所分析的區域網格中(25km×25km)，其 IR1 的亮度溫度需要有 80%的亮度溫度高於 286K，當具有可見光資料時，利用累積頻率的最小反照值和累積頻率的最高最小反照值差作為閾值加以判斷分類。可以分別出霧區(Fog)，晴空(Clear)(圖 A-8，圖 A-8.1)。

若無可見光資料時，利用紅外線亮度溫度的溫度差加以判斷，可以分別出霧區(Fog)，晴空(Clear) (圖 A-8，圖 A-8.2)。

附錄 B (聚類雲分類法)

分類資料的選取，GMS-5 紅外線各頻道的權重位置是不同的，為了進行較好的雲分類，必須有效的運用各紅外線頻道的特色，並最大限度的突出雲型信息。考慮到絕大部分的雲型的位於對流層下部，綜合以上所述，本分類法選取了四個頻道的組合，即 11 μm (IR1) 亮溫，即 12 μm (IR2) 亮溫，即水汽頻道 6.7 μm (IR3) 亮溫，以及分裂窗亮溫差 11 μm -12 μm 。

常用的樣本相似單位包括距離和角度的相似性，本文所採用的是 Minkowsky 距離法的函數值作為相似性度量(譚，1997)，

$$d_{K_j}(X_K, k_j) = \left[\sum_{l=1}^m |X_{Kl} - k_{jl}|^\rho \right]^{1/\rho} \dots\dots(式 B.1)$$

m 是維數，既是使用的頻道數， $\rho=2.5$ ，並且引入權重係數 w_l 以消除各通道量級的差別本文所採用的權重係數 $w = \{1.0, 1.0, 0.1, 10\}$ ，如此運用可以使各維的特徵值達到同一個量級。

$$d_{K_j}(X_k, K_j) = \left[\sum_{l=1}^m w_l |X_{kl} - K_{jl}|^\rho \right]^{1/\rho} \dots\dots(\text{式 B.2})$$

最後，樣本資料 X_k 對核 K_j 的廣義相似性量度距離值：

$$\Delta(X_k, K_j) = u_{kj}(X_k, K_j) = \frac{1}{\sum_{l=1}^m \left(\frac{d_{K_j}}{d_{kl}} \right)^{\frac{1}{\alpha-1}}} \dots\dots(\text{式 B.3})$$

在聚類的過程中，某一樣本資料 X_k 是否歸屬於類型 ϖ_j ，就應該衡量 X_k 與核心 K_j 之間的相似性 $\Delta(X_k, K_j)$ 。

附表 B.1 表示為 2000 年 1 月份運用 NEPH 方法所分析出的 12 種雲類的各頻道亮溫 and 亮溫差的情形，時間為 00~08Z，具有可見光資料時的平均值。再以表格中的平均值作為動態分類的核心進行分類步驟如下：

- (1) 給定控制參數
- (2) 給定一大致的分類核心值 K ：利用先前 NEPH 雲分類方法求得出，日間 12 種雲系於 IR1，IR2，IR3 和 IR1-IR2 的亮溫平均值。
- (3) 在分析的資料中取一樣本 X_k ，取通道組合：

$$x_{k1} = T_{11} \dots\dots\dots(\text{式 B.4})$$

$$x_{k2} = T_{22} \dots\dots\dots(\text{式 B.5})$$

$$x_{k3} = T_{33} \dots\dots\dots(\text{式 B.6})$$

$$x_{k4} = T_{11} - T_{22} \dots\dots(\text{式 B.7})$$

其中 T_{11} 、 T_{22} 、 T_{33} 分別是 GMS-5 衛星的 IR1、2、3 的亮度溫度。再加以計算每個樣本和每個核心值的相似性，如果

$$\Delta(X_k, K_j) = \max_{j=1,m} \Delta(X_k, K_j) \dots\dots(\text{式 B.8})$$

則 $X_k \in \varpi_j$ (ϖ_i 表示所屬類型)，如此即可將衛星亮度溫度予以分類。

參考文獻

- Hongping Liu, V. Chandrasekar, and Gang Xu, 2001: An adaptive neural network scheme for radar rainfall estimation from WSR-88D observations. *Journal of applied meteorology*, vol 40, 2038-2050.
- .Krasnopolsky, V. M., L. C Breaker, and W. H Gemmill, 1995: A neural network as a nonlinear transfer function model for retrieving surface wind speeds from the Special Sensor Microwave Imager. *J. Geophys. Res.*, 100, 11 033-11 045.
- Martin T. Howard, B. Demuth and Mark Beale, "Neural Network Design" PWS publishing company, 1995.
- Mohr, C.G., L.J. Miller, R.L. Vaughn, and H.W. Frank, 1986: The merger of mesoscale datasets into a common Cartesian format for efficient and systematic analyses. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 3, 143-161.
- William w. hsieh and benyang Tang, 1998: Applying neural network models to prediction and data analysis in meteorology and oceanography. *Bulletin of the American Meteorological society*. Vol, 79, No. 9, 1855-1870.
- Xiao, R., and V. Chandrasekar, 1995: Multiparameter radar rainfall estimation using neural network techniques. Preprints, 27th Conf. on Radar Meteorology, Vail, CO, amer. Meteor. Soc., 199-204.
- Ninomiya, T., 1989: Cloud distribution over east Asia during Baiu period of 1979. *J. Meteor. Soc. Japan*, 67, 639~658.
- Reynolds, D. W., and T. H. Vonder Haar (1977). A bispectral method for cloud parameter determination. *Mon. Wea. Rev.*, 105, 446-457
- Rossow, W. B., and R.A. Schiffer (1991). ISSCP cloud data products *Bull. Am. Meteor. Soc.*, 72, 2-20
- Smith, W. L., and H. M. Woolf (1976). The use of eigenvectors of statistical covariance Matrices for interpreting satellite sounding radiometer data. *J. Atmos. Sci.*, 33, 1127-1140.
- Tokuno, M and K. Tsuchiya, (1994). Classification of cloud types based on data of multiple satellite sensors. *Adv. Space Res.*, Vol. 14, No.3, (3)199-206.
- 王時鼎，1985：「台灣颱風降雨特性及其預報研究（二）」，行政院國家科學委員會防災科技研究報告，73-47 號。
- 丘台光、汪琮、苟潔予、梁信廣，2000：「利用衛星 IR 雲圖對中尺度對流系統作降水估計與定量預報之研究」，天氣分析與預報研討會氣象論文彙編(89)，中央氣象局衛星中心。
- 丘台光、苟潔予、林允才，2000：「利用氣象衛星作颱風降水潛勢預報之研究」，天氣分析與預報研討會氣象論文彙編(89)，中央氣象局衛星中心。

- 黃若澄，1997：「台灣北部地區雷達回波的統計特性與降雨估計」，國立台灣大學大氣科學所碩士論文。
- 黃威雄，2000：「類神經網路應用於颱風期間雷達降雨模擬之研究」，國立台灣大學土木工程所碩士論文。
- 葉天降、吳石吉、謝信良，1999：「簡單統計方法於台灣地區颱風降水預測之研究（一）預測方法與台北颱風降水之預測校驗」，*大氣科學*，第二十七期第四號。
- 葉天降、謝信良、吳石吉，2000：「簡單統計方法於台灣地區颱風降水預測之研究（二）預測結果隨區域之分布」，*大氣科學*，第二十八期第四號。

天氣類別	梅雨	象神 颱風	啓德 颱風	碧利斯 颱風	颱風外 環流	西南 氣流	冬季 冷鋒
地面觀測 資料筆數	4622	898	872	726	2417	900	3385
地面觀測 積雲的筆 數	1523	525	438	537	836	478	913
地面觀測 積雲所佔 百分率	32.9%	58.4%	50.2%	73%	34%	53.1%	27%
雲分類積 雨雲 (Cb) 所佔百分 率	7.0%	17.9%	13.5%	39.9%	3.1%	4.7%	0%
雲分類發 展中的積 雲 Cg 所 佔百分 率	13.1%	20.8%	13.2%	22.18%	6.6%	6.0%	1.9%
雲分類厚 雲 域 Dense 所 佔百分 率	15.5%	16.6%	15.9%	7.6%	13.3%	8.4%	0.9%
雲分類積 雲 Cu 所 佔百分 率	2.7%	1.3%	1.4%	8.9%	6.19%	12.%	33.6%
雲分類積 雲類總百 分率	38.3%	56.7%	44%	74.6%	29.2%	32%	36.4%

表 1.1：雲分類與地面綜觀報資料積雲部分之比對。

天氣類別	梅雨	象神 颱風	啓德 颱風	碧利斯 颱風	颱風外 環流	西南 氣流	冬季 冷鋒
地面觀測 資料筆數	4622	898	872	726	2417	900	3385
地面觀測 層雲筆數	385	66	60	42	167	64	650
地面觀測 層雲所佔 百分率	8.3%	7.3%	6.8%	5.8%	6.9%	7.1%	19%
雲分類層 雲 (St) 佔百分率	4.9%	1.3%	1%	6.9%	7.5%	5%	21%

表 1.2：雲分類與地面綜觀報資料層雲部分之比對。

天氣類別	梅雨	象神 颱風	啓德 颱風	碧利斯 颱風	颱風外 環流	西南氣流	冬季 冷鋒
地面觀測 資料筆數	1796	220	221	269	885	562	970
地面觀測 卷雲筆數	476	25	47	35	200	166	80
地面觀測 卷雲所佔 百分率	26.5%	11%	21%	13%	22.6%	29%	8%
雲分類卷 雲 (Ci) 百 分率	7.3%	1.6%	5.1%	0.8%	4%	3.3%	0.1%
雲分類卷 +雲 (Ci+Cm) 的百分率	15.3%	8.2%	10.4%	6.8%	18.5%	10.5%	14.2%
雲分類卷 + 雲 (Ci+Cu) 的百分 率	6.6%	3.4%	4.1%	2.9%	3.8%	2.2%	0%
雲分類卷 雲總百分 率	29.2%	13.2%	20.2%	10.5%	26.3%	16%	14.3%

表 1.3：雲分類與地面綜觀報資料高層卷雲系部分之比對。

	台灣區域對流旺盛積雲 雲量的百分率				台灣區域濃厚積雲 雲量的百分率				台灣區域層雲 雲量的百分率			
日期	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
1/6	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	10%	18.8%	16.6%
1/7	0%	0%	0%	0%	0.09%	0%	0.019%	0.01%	9.3%	11%	7.2%	9.4%
1/30	0.05%	0%	0%	0.1%	0.05%	0%	0%	0.1%	59%	82%	60.7%	40.4%
1/31	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	49.9%	38%	52%	56%
12/11	0.02%	0%	0%	0.06%	6.1%	9.7%	5.9%	4%	19.6%	19.8%	23.4%	17.5%
12/12	0.1%	0.8%	0%	0.1%	6.6%	12.9%	7.9%	3.2%	19.9%	5.8%	3.6%	18.3%
12/13	0.4%	1.2%	0.039%	0%	7.4%	15.2%	3.8%	0.4%	18.7%	1.5%	15.4%	33.7%
12/18	0.94%	1.4%	2.2%	0.06%	2%	5.3%	1.7%	0.5%	19.6%	26.6%	17.5%	13.7%
12/19	0.06%	0.02%	0.16%	0%	4.6%	7.2%	0.5%	0%	22.2%	21.8%	19.7%	23.1%
平均	0.17%	0.38%	0.266%	0.035%	2.97%	5.58%	2.20%	0.91%	25.91%	24.05%	24.24%	25.41%

表 4.1：台灣區域冬季冷鋒雲量之分佈。

	台灣區域對流旺盛積雲 雲量的百分率				台灣區域濃厚積雲 雲量的百分率				台灣區域層雲 雲量的百分率			
日期	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
7/8	29%	17.3%	26.4%	39.6%	27.7%	33.5%	32.2%	21.3%	0.001%	0.004%	0%	0%
7/9	41.5%	36.6%	50.2%	40.4%	20%	24.2%	18.6%	18.9%	0.7%	0.6%	1.4%	0.4%
8/22	55%	41%	53.8%	67.7%	17%	21.4%	14%	15.2%	1%	1.5%	1.1%	1.2%
8/23	89%	84%	94%	92.6%	6%	12.3%	4.4%	3%	0%	0%	0%	0%
10/31	74%	62.9%	75.7%	82.6%	12%	15.5%	13.9%	8.1%	0%	0%	0%	0.01%
11/1	41%	47.5%	41.4%	36.5%	3.4%	3.8%	2.9%	3.7%	6.8%	2.9%	5.3%	10.9%
平均	54.91%	48.21%	56.91%	59.9%	14.35%	18.45%	14.33%	11.7%	2.8%	0.834%	1.3%	2.01%

表 4.2：台灣區域颱風侵襲雲量之分佈。

	台灣區域對流旺盛積雲 雲量的百分率				台灣區域濃厚積雲 雲量的百分率				台灣區域層雲 雲量的百分率			
日期	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
7/6	5.1%	0%	0.7%	11.4%	4.6%	0.06%	0.6%	10.1%	10.7%	17.2%	11.2%	6.2%
7/7	16.4%	0.17%	11.9%	31.2%	8.3%	0.4%	6.1%	15.5%	3.4%	9.1%	2.3%	0.02%
8/28	9.6%	16.3%	11.2%	4.8%	7.8%	6.1%	8.4%	8.5%	16.2%	16.8%	15.9%	16.2%
8/29	12.9%	19.5%	13.9%	8.8%	10.6%	9.6%	9.8%	12.1%	10.6%	10%	10.7%	9.4%
10/29	12%	17.4%	1.3%	21.4%	12.8%	1.3%	6.6%	32.4%	12.8%	37%	3.2%	0.9%
10/30	10.9%	3.4%	11.3%	16.6%	0.8%	30%	36.5%	35.5%	0.8%	1.5%	0.019%	0.01%
11/5	0.7%	0.58%	0.8%	0.8%	0.9%	14.3%	11.32%	9.7%	0.9%	0.2%	0.5%	1.6%
平均	9.65%	8.19%	7.3%	13.57%	6.54%	8.82%	11.33%	17.68%	7.91%	13.11%	6.25%	4.90%

表 4.3：台灣區域颱風外圍環流雲量之分佈。

	台灣區域對流旺盛積雲 雲量的百分率				台灣區域濃厚積雲 雲量的百分率				台灣區域層雲 雲量的百分率			
日期	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
6/20	6.2%	11.8%	11.3%	0.4%	1.6%	1.6%	3.3%	0.6%	2.6%	3.7%	1.6%	2.7%
7/19	6.7%	4.9%	7.6%	8.3%	14.7%	14.7%	17%	14.4%	4.6%	6.4%	5.7%	2.7%
7/31	9.8%	2.6%	13.9%	13.6%	17.9%	4.8%	18%	28.5%	6.9%	1.6%	0%	2.4%
8/1	15.8%	21.4%	13.9%	16.1%	14.1%	11.7%	18%	16%	0.01%	0%	0%	0%
8/2	22.4%	27%	22.9%	20.4%	10.3%	10.5%	9.6%	11.2%	6%	4.4%	8%	5.8%
8/3	7.4%	2.1%	0.1%	15.3%	6.8%	2.3%	3.6%	11.7%	12.2%	15.5%	14.3%	9.2%
8/11	0.4%	1%	0.4%	0.1%	2.5%	3.4%	3.2%	1.9%	5.2%	3.1%	6.4%	6.3%
8/12	23.8%	23.5%	34.9%	20.3%	5.1%	5.1%	6.8%	4.3%	1.3%	2.3%	1.2%	0.9%
8/15	11.2%	9.9%	8.4%	14%	9.1%	2.7%	10.2%	13.5%	7.4%	6.5%	10.1%	7.3%
8/17	1%	3.3%	0%	0.08%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	5.4%	6.3%	8.4%	3.7%
平均	10.47%	10.75%	11.34%	10.85%	8.22%	5.69%	8.98%	10.22%	5.16%	4.98%	13.13%	4.1%

表 4.4：台灣區域西南氣流雲量之分佈。

	台灣區域對流旺盛積雲 雲量的百分率				台灣區域濃厚積雲 雲量的百分率				台灣區域層雲 雲量的百分率			
日期	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
4/24	0.09%	0.1%	0%	0.09%	2.7%	4%	0.8%	1%	7.9%	2.8%	10.6%	10.5%
4/26	20%	7%	28.9%	8.8%	14%	23.6%	14.4%	6.2%	11%	7.1%	7.6%	16.5%
4/28	5.8%	13.1%	6.2%	0.2%	17.5%	32%	25%	2.8%	3.7%	0.3%	1.7%	7.4%
6/6	13%	21.5%	16%	4.9%	6.5%	7.6%	8.5%	4.5%	2.7%	1.2%	2%	3.6%
6/11	45%	75.4%	47.9%	22.9%	4.5%	11%	8.5%	3.8%	7.2%	0.09%	0.5%	0.4%
6/12	35%	37.3%	45.4%	31.2%	21.6%	32.3%	19%	13.3%	0.08%	0%	0.01%	0.1%
6/13	16%	13.1%	8.6%	18.3%	25.2%	38.4%	33.6%	12.4%	0.6%	0.7%	0%	0.8%
6/16	22.7%	29.7%	22.6%	19.6%	12%	13.1%	11.6%	10.7%	3.6%	8.7%	2.3%	0.8%
6/17	19.5%	11.8%	21%	25.8%	17.4%	19.3%	16%	17.2%	0.7%	1%	1.5%	0.09%
6/18	19%	14%	21.9%	21.3%	11.1%	15.3%	8.2%	7.8%	1%	1.7%	2.9%	1.3%
平均	19.6%	22.3%	21.85%	15.3%	13.25%	19.66%	14.56%	7.97%	3.84%	2.35%	2.91%	4.14%

表 4.5：台灣區域梅雨鋒面雲量之分佈。

天氣類型	K_1 (積雨雲、發展中的積雲)	K_2 (濃厚積雲類)	K_3 (層雲類)
冬季冷鋒	275	220	5.6
梅雨鋒面	23	106	188
颱風	130	25	1355
颱風外圍環流	33	57	82
午後對流	38	101	96

表 4.6：符合台灣地區五大天氣類型的 K 值經驗降水參數。

日期	實際觀測雨量				估計雨量			
	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
1/6	0.9mm	2.14mm	0.02mm	0.4mm	0.84mm	0.56mm	1.05mm	0.92mm
1/7	3.7mm	9.57mm	0.97mm	0.43mm	0.71mm	0.61mm	0.44mm	0.54mm
1/30	3.7mm	10.2mm	0.8mm	0.2mm	3.55mm	4.59mm	3.39mm	2.75mm
1/31	1.75mm	4.45mm	0.61mm	0.17mm	2.79mm	2.12mm	2.91mm	3.136mm
12/11	7.55mm	18.5mm	1.2mm	2.35mm	14.56mm	22.44mm	2.6mm	9.945mm
12/12	18.9mm	36.3mm	17.3mm	4.81mm	18.38mm	30.82mm	1.93mm	8.33mm
12/13	24.50mm	57.81mm	10.96mm	4.63mm	18.45mm	36.82mm	9.32mm	2.767mm
12/18	3.21mm	7.45mm	1.14mm	0.92mm	8.08mm	16.99mm	10.77mm	2.032mm
12/19	10.85mm	28.20mm	0.92mm	2.55mm	11.52mm	17.11mm	2.64mm	1.293mm
平均 雨量	8.34mm	19.4mm	3.66mm	1.82mm	8.76mm	14.67mm	3.89mm	3.52mm

表 4.7：台灣區域冬季鋒面觀測與估計平均日降水量之分佈。

日期	實際觀測雨量				估計雨量			
	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
7/8	18.3mm	17.7mm	13.3mm	22.5mm	44.76mm	31.407mm	42.37mm	56.8mm
7/9	68.5mm	74.32mm	64.74mm	66.12mm	68.43mm	61.76mm	88.88mm	62.66mm
8/22	89.37mm	89.25mm	89.13mm	89.65mm	89.3mm	78.975mm	88.34mm	108.01mm
8/23	115.97mm	43.46mm	110.72mm	183.81mm	117.2mm	112.275mm	123.3mm	121.13mm
10/31	136.8mm	134.27mm	136.95mm	138.98mm	99.2mm	85.645mm	101.88mm	109.54mm
11/1	81.51mm	166.17mm	48.92mm	29.67mm	146.29mm	101.99mm	121.36mm	196.07mm
平均 雨量	85.07mm	87.52mm	77.29mm	88.45mm	94.19mm	78.67mm	94.35mm	109.03mm

表 4.8：台灣區域颱風侵襲觀測與估計平均日降水量之分佈。

	實際觀測雨量				估計雨量			
日期	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
7/6	7.96mm	9.96mm	1.9mm	10.72mm	13.07mm	13.07mm	9.75mm	14.6mm
7/7	13.0mm	5.49mm	10.69mm	21.32mm	20.80mm	12.93mm	9.29mm	19.14mm
8/28	16.5mm	43.51mm	4.75mm	0.95mm	14.35mm	20.89mm	21.52mm	19.71mm
8/29	29.5mm	20.12mm	18.77mm	22.19mm	18.49mm	18.99mm	18.94mm	17.50mm
10/29	3.8mm	9.54mm	0.84mm	0.83mm	24.14mm	24.146mm	6.815mm	26.26mm
10/30	14.39mm	25.29mm	8.4mm	9.01mm	23.23mm	23.23mm	24.549mm	25.72mm
11/5	16.67mm	44.7mm	2.5mm	1.84mm	7.29mm	7.29mm	7.12mm	7.10mm
平均 雨量	14.51mm	22.65mm	6.83mm	9.55mm	17.33mm	17.22mm	13.99mm	18.57mm

表 4.9：台灣區域颱風外圍環流觀測與估計平均日降水量之分佈。

	實際觀測雨量				估計雨量			
日期	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
6/20	6.77mm	9.7mm	8.13mm	3.19mm	6.46mm	9.65mm	9.16mm	3.35mm
7/19	2.62mm	4.92mm	2.32mm	0.79mm	21.80mm	22.85mm	25.53mm	20.29mm
7/31	25.92mm	2.46mm	11.54mm	56.95mm	28.42mm	7.37mm	23.46mm	36.25mm
8/1	19.5mm	18.75mm	14.06mm	24.07mm	20.25mm	19.94mm	23.46mm	22.27mm
8/2	20.55mm	20.12mm	18.77mm	22.19mm	24.67mm	25.08mm	26.07mm	24.63mm
8/3	24.76mm	19.8mm	13.71mm	37.02mm	21.39mm	18.00mm	17.40mm	26.46mm
8/11	10.06mm	7.85mm	4.32mm	16.09mm	7.66mm	6.79mm	9.52mm	8.00mm
8/12	17.94mm	22.06mm	22.36mm	12.57mm	15.44mm	16.28mm	21.28mm	12.92mm
8/15	17.33mm	11.06mm	8.82mm	28.96mm	20.55mm	12.72mm	23.19mm	25.96mm
8/17	3.41mm	4.92mm	1.94mm	0.51mm	5.66mm	7.40mm	8.165mm	3.68mm
平均 雨量	14.88mm	12.16mm	10.59mm	20.23mm	17.23mm	14.60mm	18.72mm	18.38mm

表 4.10：台灣區域西南氣流觀測與估計平均日降水量之分佈。

日期	實際觀測雨量				估計雨量			
	全區	北區	中區	南區	全區	北區	中區	南區
4/24	24.52mm	40.9mm	18.6mm	12.7mm	17.32mm	9.527mm	20.77mm	20.82mm
4/26	7.68mm	18.85mm	4.42mm	0.1mm	40.12mm	38.52mm	36.19mm	40.49mm
4/28	34.48mm	43mm	53.8mm	12.4mm	26.84mm	37.49mm	31.12mm	16.94mm
6/6	15.56mm	24.54mm	16.53mm	6.92mm	14.95mm	15.25mm	16.45mm	13.15mm
6/11	14.95mm	16.78mm	5.98mm	19.7mm	28.65mm	29.17mm	20.96mm	12.33mm
6/12	50.21mm	50.9mm	53.26mm	45.6mm	31.09mm	42.03mm	30.60mm	24.58mm
6/13	72.73mm	56.26mm	80.9mm	81.4mm	41.66mm	45.03mm	37.59mm	20.68mm
6/16	16.15mm	23.4mm	20.21mm	6.82mm	24.70mm	37.07mm	21.81mm	19.31mm
6/17	19.64mm	30.66mm	16.28mm	12.27mm	24.24mm	25.05mm	24.61mm	26.91mm
6/18	14.17mm	18.43mm	17.9mm	7.72mm	18.01mm	22.63mm	19.18mm	17.74mm
平均 雨量	27mm	32.37mm	28.78mm	19.79mm	26.75mm	30.17mm	25.92mm	21.29mm

表 4.11：台灣區域梅雨鋒面觀測與估計平均日降水量之分佈。

天氣	K1			K2			K3		
	北部	中部	南部	北部	中部	南部	北部	中部	南部
冬季冷鋒	91	72	72	1	13	4	22	3.7	0.3
颱風侵襲	39	147	147	87	12	12	4972	198	198
颱風外圍 環流	107	37	57	154	15	4	51	51	60
西南氣流	39	47	31	130	46	143	75	51	113
梅雨鋒面	37	18	57	97	22	84	259	580	122

表 4.12：隨區域和天氣類型而變動的 K 值經驗降水係數。

日期	實際觀測雨量			估計雨量		
	北區	中區	南區	北區	中區	南區
1/6	2.14mm	0.02mm	0.4mm	2.2mm	0.69mm	0.04mm
1/7	9.57mm	0.97mm	0.43mm	2.42mm	0.26mm	0.028mm
1/30	10.2mm	0.8mm	0.2mm	18.04mm	2.24mm	0.19mm
1/31	4.45mm	0.61mm	0.17mm	8.36mm	1.92mm	0.16mm
12/11	18.5mm	1.2mm	2.35mm	4.45mm	1.63mm	0.38mm
12/12	36.3mm	17.3mm	4.81mm	8.68mm	1.16mm	0.25mm
12/13	57.81mm	10.96mm	4.63mm	1.57mm	1.09mm	0.38mm
12/18	7.45mm	1.14mm	0.92mm	7.17mm	2.45mm	0.49mm
12/19	28.20mm	0.92mm	2.55mm	4.88mm	1.49mm	0.069mm
平均 雨量	19.4mm	3.66mm	1.82mm	6.41mm	1.43mm	0.22mm

表 4.13：台灣區域冬季鋒面觀測與估計平均日降水量之分佈(K 值隨區變動)。

日期	實際觀測雨量			估計雨量		
	北區	中區	南區	北區	中區	南區
7/8	17.7mm	13.3mm	22.5mm	37.88mm	42.66mm	60.48mm
7/9	74.32mm	64.74mm	66.12mm	65.16mm	78.79mm	62.44mm
8/22	89.25mm	89.13mm	89.65mm	109.18mm	82.94mm	103.71mm
8/23	43.46mm	110.72mm	183.81mm	43.46mm	138.70mm	136.48mm
10/31	134.27mm	136.95mm	138.98mm	38.01mm	112.94mm	122.41mm
11/1	166.17mm	48.92mm	29.67mm	166.02mm	71.7mm	75.68mm
平均 雨量	87.52mm	77.29mm	88.45mm	76.61mm	103.42mm	93.53mm

表 4.14：台灣區域颱風侵襲觀測與估計平均日降水量之分佈(K 值隨區變動)。

日期	實際觀測雨量			估計雨量		
	北區	中區	南區	北區	中區	南區
7/6	7.96mm	1.9mm	10.72mm	8.56mm	6.06mm	10.62mm
7/7	5.49mm	10.69mm	21.32mm	5.43mm	6.49mm	18.41mm
8/28	43.51mm	4.75mm	0.95mm	35.4mm	13.51mm	12.79mm
8/29	20.12mm	18.77mm	22.19mm	40.74mm	12.07mm	11.14mm
10/29	9.54mm	0.84mm	0.83mm	39.49mm	3.10mm	14.03mm
10/30	25.29mm	8.4mm	9.01mm	50.60mm	9.66mm	10.88mm
11/5	44.7mm	2.5mm	1.84mm	22.74mm	2.24mm	1.80mm
平均 雨量	22.65mm	6.83mm	9.55mm	28.99mm	7.59mm	11.38mm

表 4.15：台灣區域颱風外圍環流觀測與估計平均日降水量之分佈(K 值隨區變動)

日期	實際觀測雨量			估計雨量		
	北區	中區	南區	北區	中區	南區
6/20	9.7mm	8.13mm	3.19mm	9.45mm	7.64mm	4.03mm
7/19	4.92mm	2.32mm	0.79mm	25.8mm	14.29mm	26.21mm
7/31	2.46mm	11.54mm	56.95mm	19.25mm	14.81mm	47.68mm
8/1	18.75mm	14.06mm	24.07mm	23.55mm	14.81mm	27.87mm
8/2	20.12mm	18.77mm	22.19mm	27.48mm	19.25mm	28.89mm
8/3	19.8mm	13.71mm	37.02mm	15.43mm	8.99mm	31.87mm
8/11	7.85mm	4.32mm	16.09mm	7.13mm	4.85mm	9.86mm
8/12	22.06mm	22.36mm	12.57mm	17.52mm	20.14mm	13.45mm
8/15	11.06mm	8.82mm	28.96mm	12.24mm	13.79mm	31.89mm
8/17	4.92mm	1.94mm	0.51mm	6.14mm	4.74mm	4.34mm
平均 雨量	12.16mm	10.59mm	20.23mm	16.39mm	12.33mm	22.60mm

表 4.16：台灣區域西南氣流觀測與估計平均日降水量之分佈(K 值隨區變動)

日期	實際觀測雨量			估計雨量		
	北區	中區	南區	北區	中區	南區
4/24	40.9mm	18.6mm	12.7mm	11.13mm	61.65mm	13.7mm
4/26	18.85mm	4.42mm	0.1mm	43.87mm	52.44mm	30.34mm
4/28	43mm	53.8mm	12.4mm	36.66mm	16.47mm	11.49mm
6/6	24.54mm	16.53mm	6.92mm	18.43mm	16.35mm	10.96mm
6/11	16.78mm	5.98mm	19.7mm	38.80mm	13.39mm	16.73mm
6/12	50.9mm	53.26mm	45.6mm	45.13mm	12.41mm	29.07mm
6/13	56.26mm	80.9mm	81.4mm	43.90mm	8.94mm	21.82mm
6/16	23.4mm	20.21mm	6.82mm	46.22mm	19.96mm	21.36mm
6/17	30.66mm	16.28mm	12.27mm	25.67mm	16.00mm	29.26mm
6/18	18.43mm	17.9mm	7.72mm	25.04mm	22.56mm	20.27mm
平均 雨量	32.37mm	28.78mm	19.79mm	33.48mm	24.01mm	21.4mm

表 4.17：台灣區域梅雨鋒面觀測與估計平均日降水量之分佈(K 值隨區變動)

雲類名	IR1 (K)	IR2(K)	IR3(K)	IR1-IR2(K)
Cb(積雲)	225.84	224.96	223.74	0.88
Cg(發展中的積雲)	246.19	246.01	239.23	0.18
Ci(卷雲)	245.44	241.41	227.13	4.03
Ci+Cm(卷+中雲)	258.98	258.72	243.84	0.26
Ci+Cu(卷+積雲)	243.58	239.94	227.05	3.64
Cm(中雲)	259.51	258.66	246.35	0.85
Cu(積雲)	277.41	276.76	256.30	0.65
Dense(厚雲域)	254.40	254.55	243.85	-0.15
St(層雲)	276.56	277.14	256.94	-0.58
Other(其他)	278.78	278.98	252.975	-0.2
Vapor(水汽)	275.63	274.41	247.83	1.22
Clear(晴空)	292.12	290.45	257.90	1.67

附表 B.1：2000 年 1 月份 NEPH 法分析之 12 種雲類之各頻道亮溫與亮溫差。

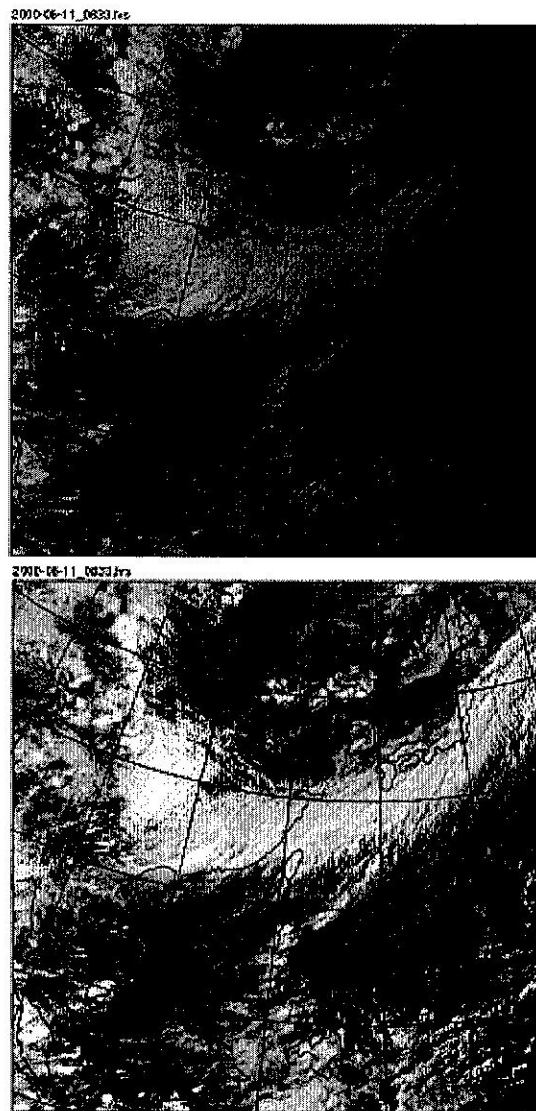


圖 1.1：2000 年 6 月 11 日 0833Z 可見光雲圖（a）未做太陽天頂角校正）（b）已
做太陽天頂角校正）

2000-06-11_0632.IR1

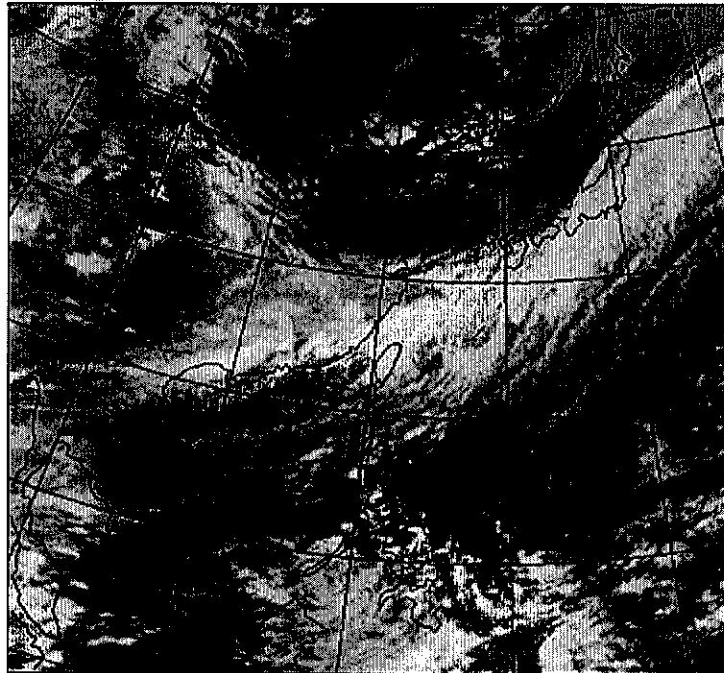


圖 2.1：2000
日 06Z IR1 雲圖

年 6 月 11

2000-06-11_0632.VIS

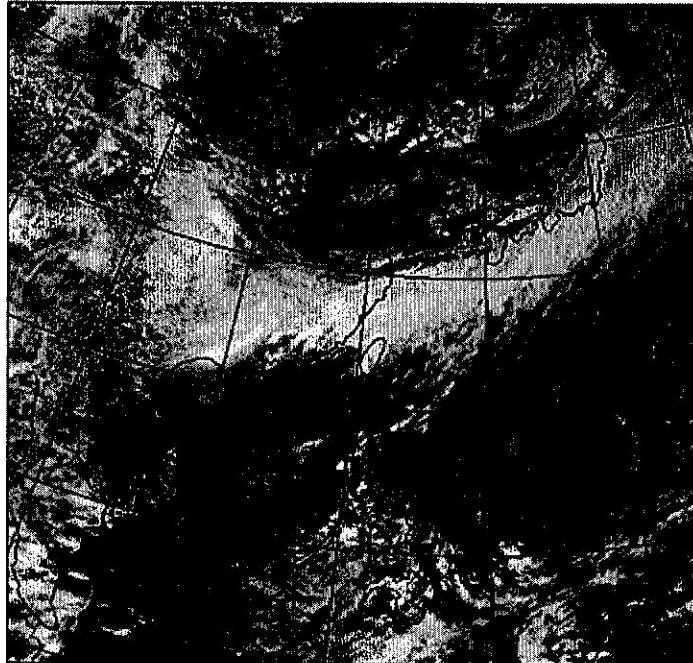
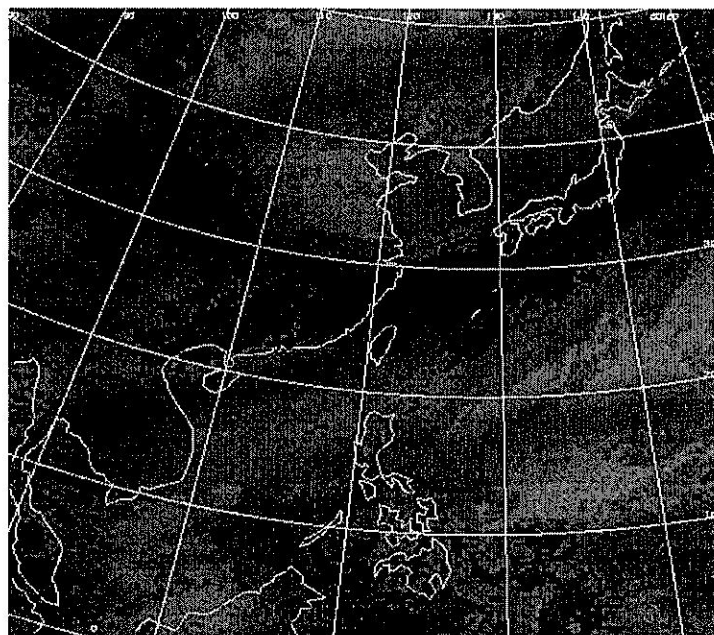
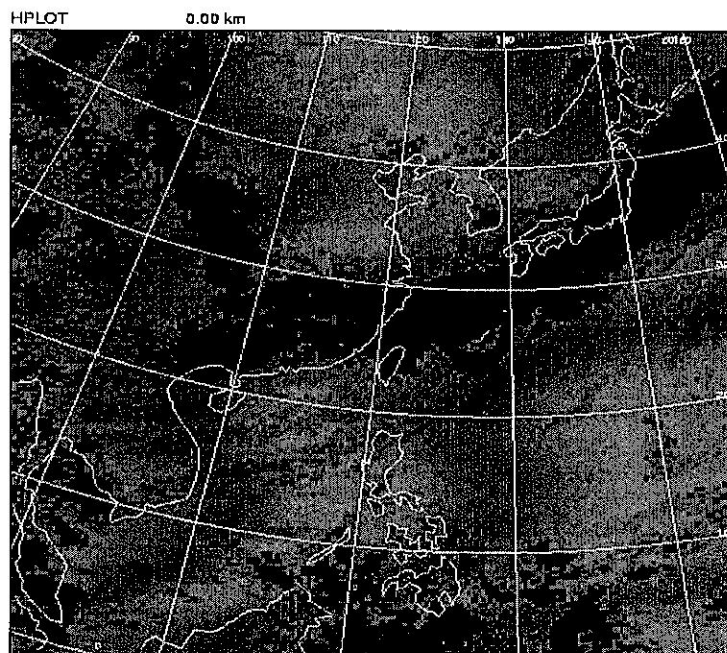


圖 2.2：2000 年 6 月 11 日 06Z 可見光雲圖



Cb Cg Ci CiCn CiCu Cn Cu Dense St Other Fog Clear

圖 2.3：2000 年 6 月 11 日 06Z NEPH 雲分類圖
(具有可見光資料)



Cb Cg Ci CiCn CiCu Cn Cu Dense St Other Fog Clear

圖 2.4：2000 年 6 月 11 日 06Z NEPH 雲分類圖
(無可見光資料)

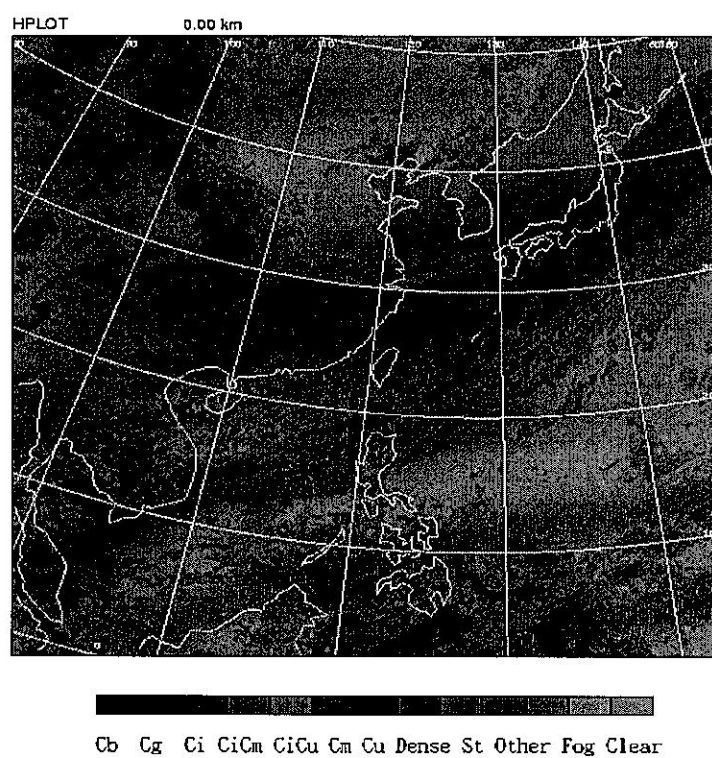


圖 2.5：2000 年 06 月 11 日 06 Z 聚類分析雲分類圖

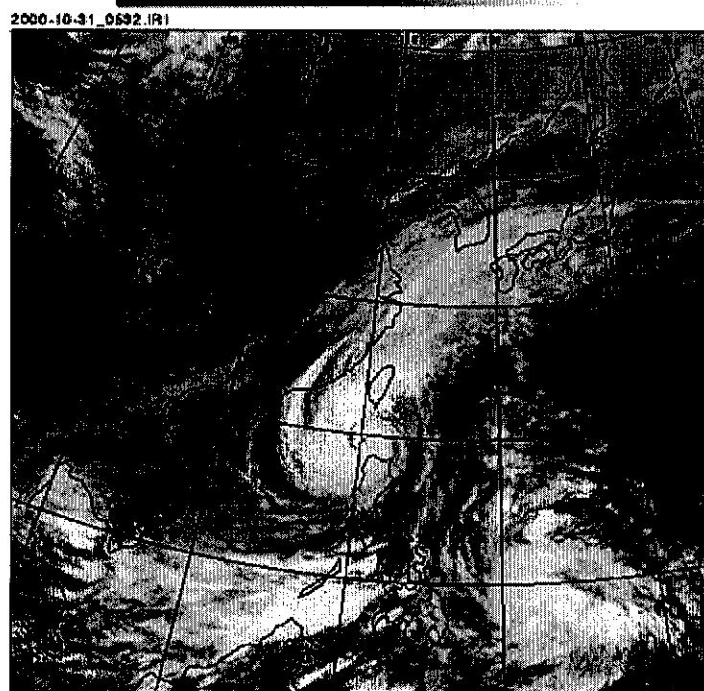


圖 2.6：2000 年 10 月 31 日 06Z IR1 雲圖



圖 2.7：2000 年 10 月 31 日 06Z 可見光雲圖

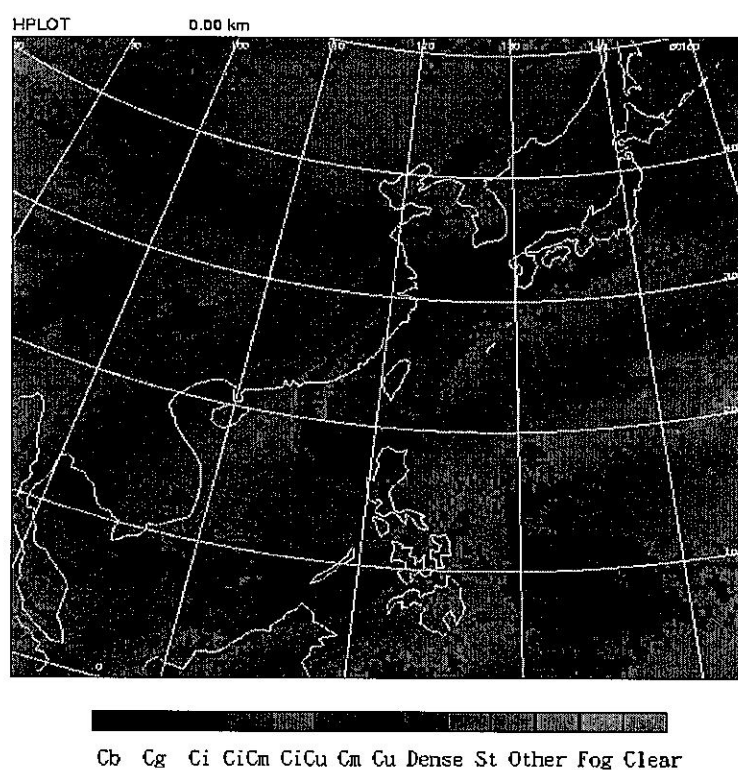


圖 2.8：2000 年 10 月 31 日 06 Z NEPH 雲分類圖
(具有可見光資料)

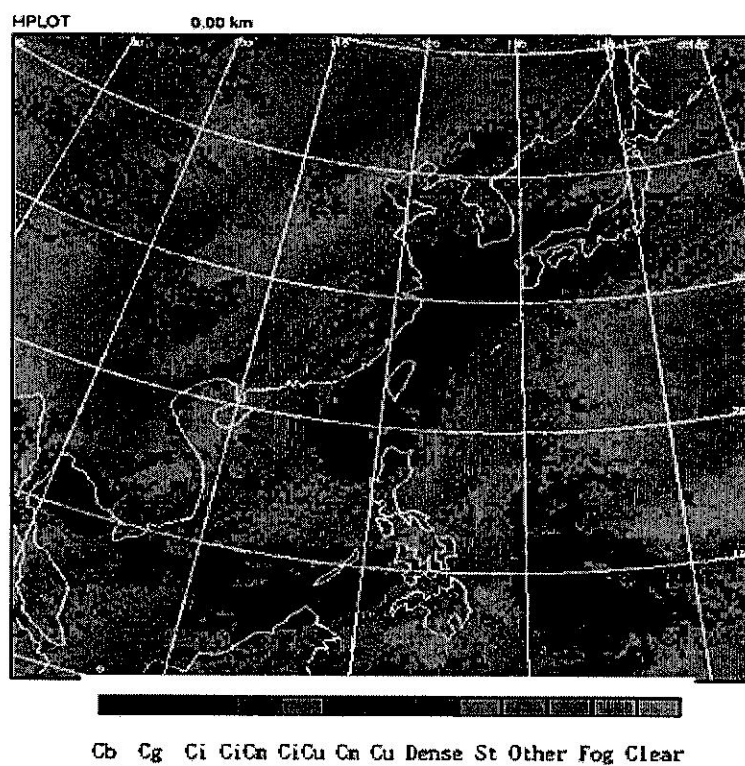


圖 2.9：2000 年 10 月 31 日 06 Z NEPH 雲分類圖
(無可見光資料)

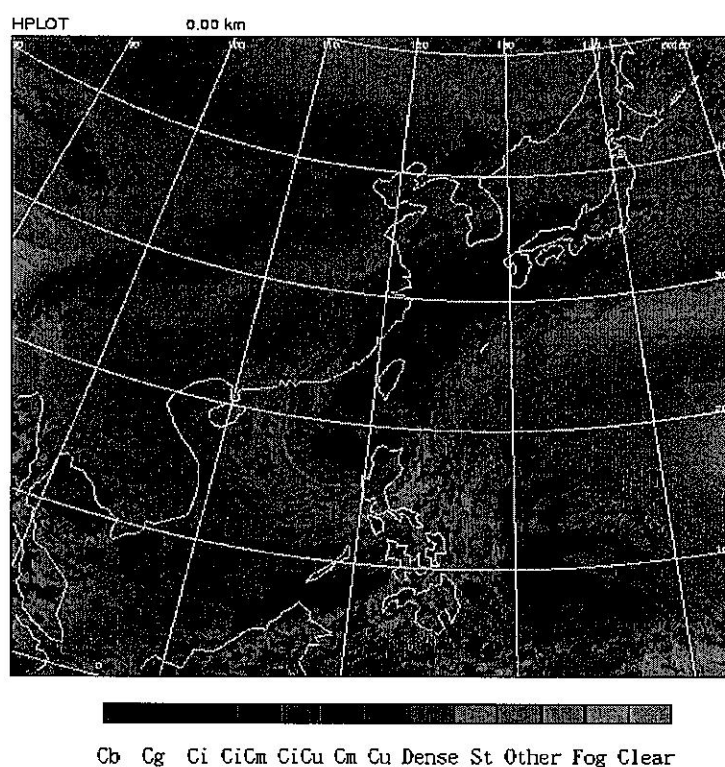


圖 2.10 : 2000 年 10 月 31 日 06 Z 聚類分析雲分類圖

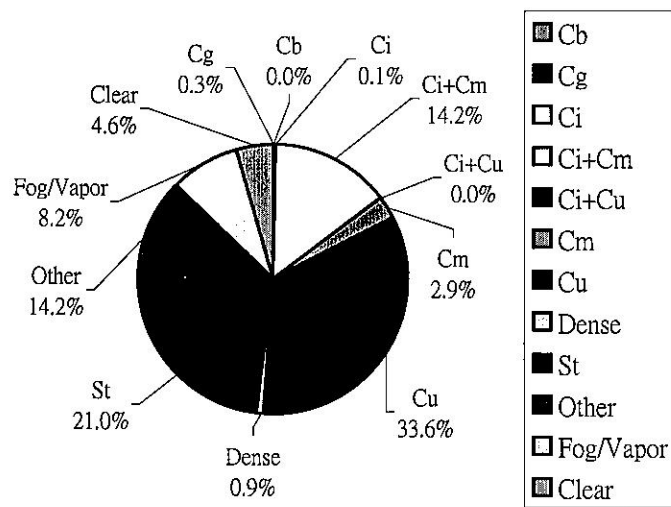


圖 3.1：冬季冷鋒雲種百分率分配圓餅圖

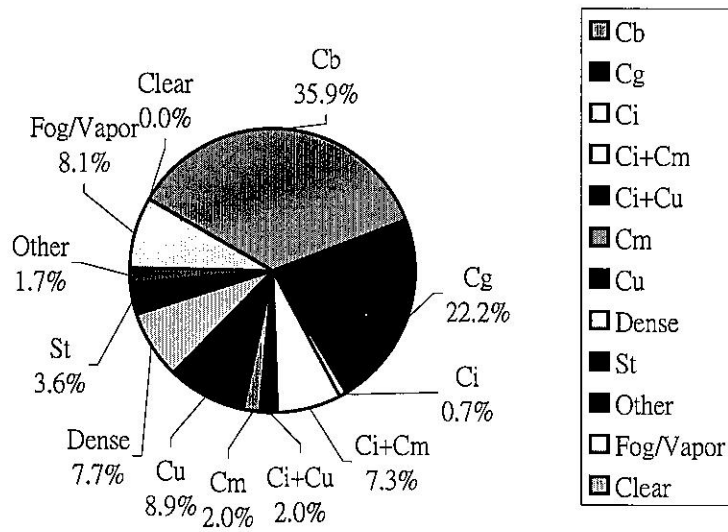


圖 3.2：象神颱風雲種百分率分配圓餅圖

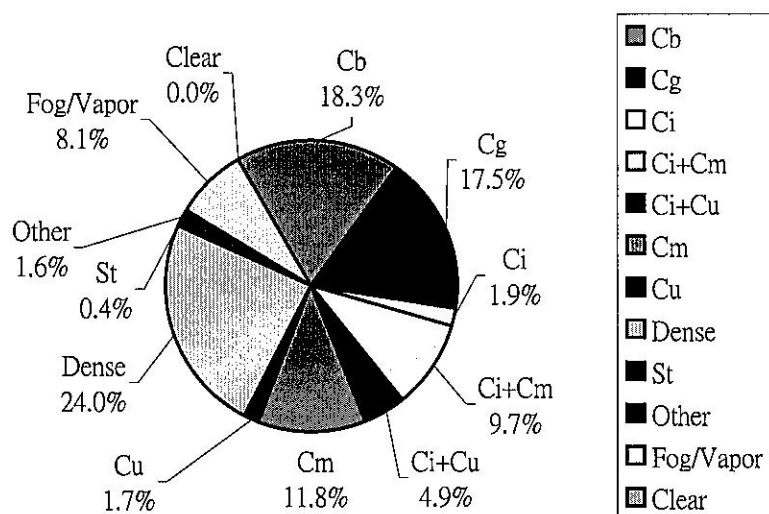


圖 3.3：啓德颱風雲種百分率分配圓餅圖

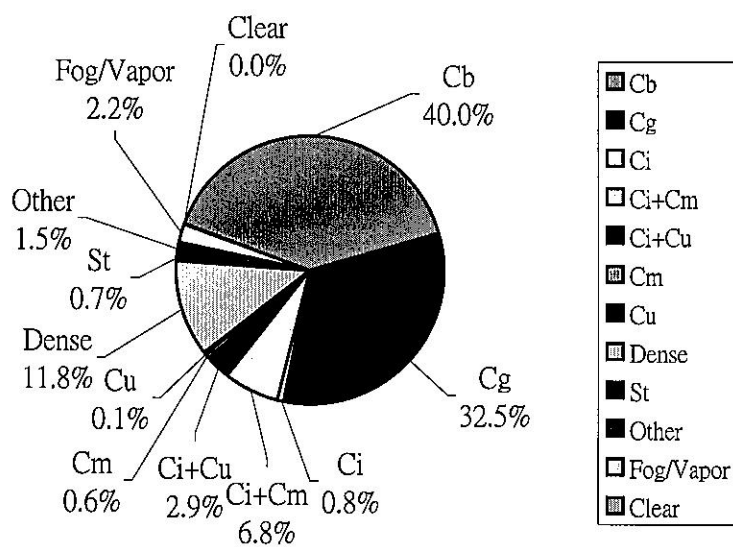


圖.3.4：碧利斯颱風雲種百分率分配圓餅圖

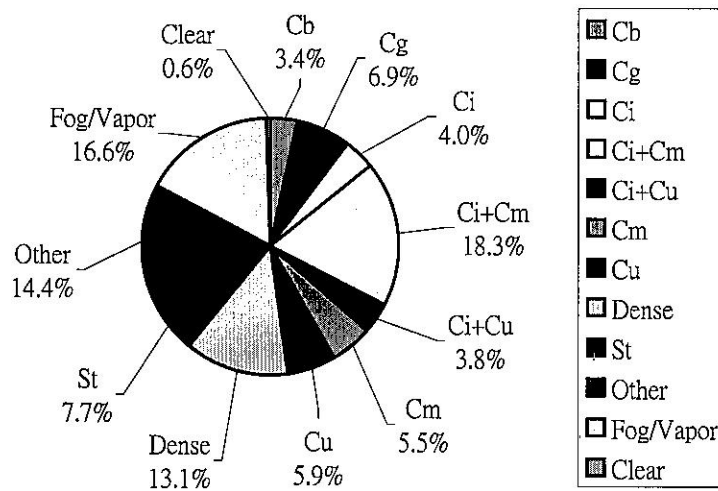


圖 3.5：颱風外圍環流雲種百分率分配圓餅圖

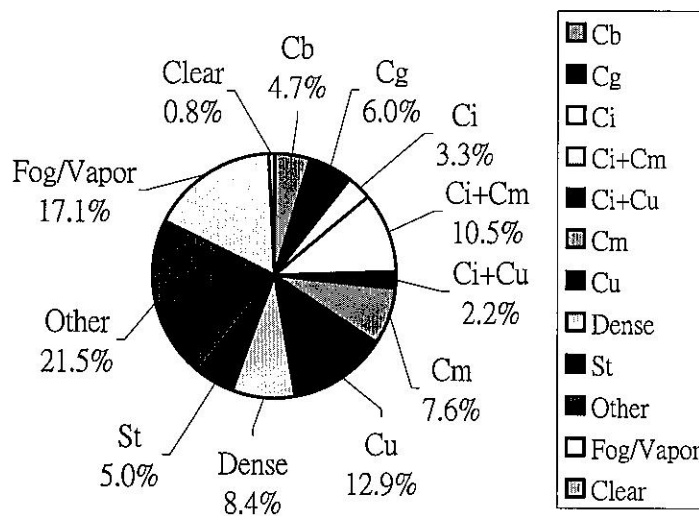


圖 3.6：西南氣流雲種百分率分配圓餅圖

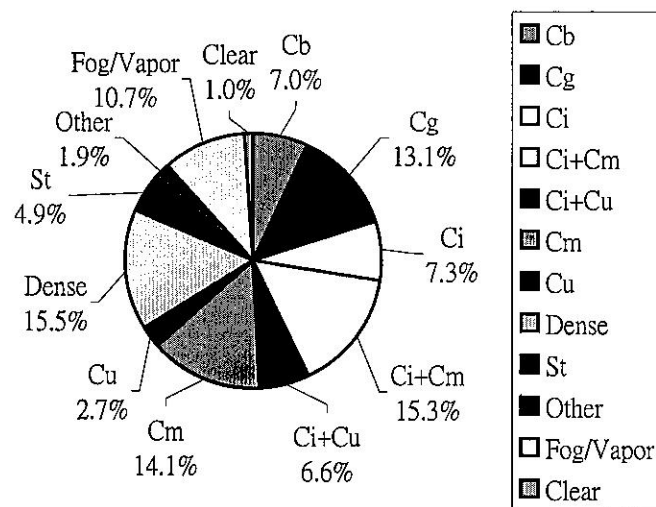


圖 3.7：梅雨鋒面雲種百分率分配圓餅圖

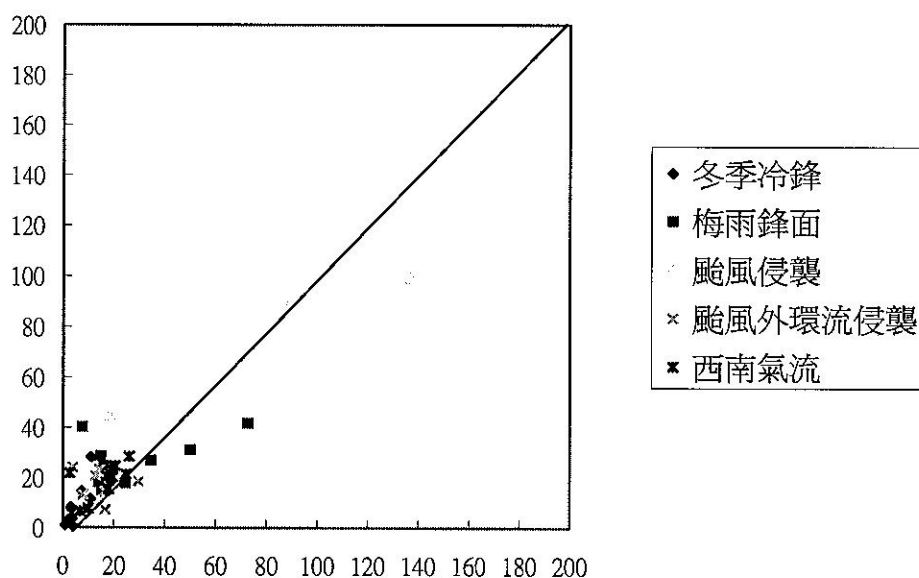


圖 4.1：台灣區域實測與估計平均日降水量 x、y 散佈圖。橫方向為雨量測站的單日平均降水量（單位為 mm），縱方向為雲分類分析所估計的單日平均降水量（單位為 mm）。

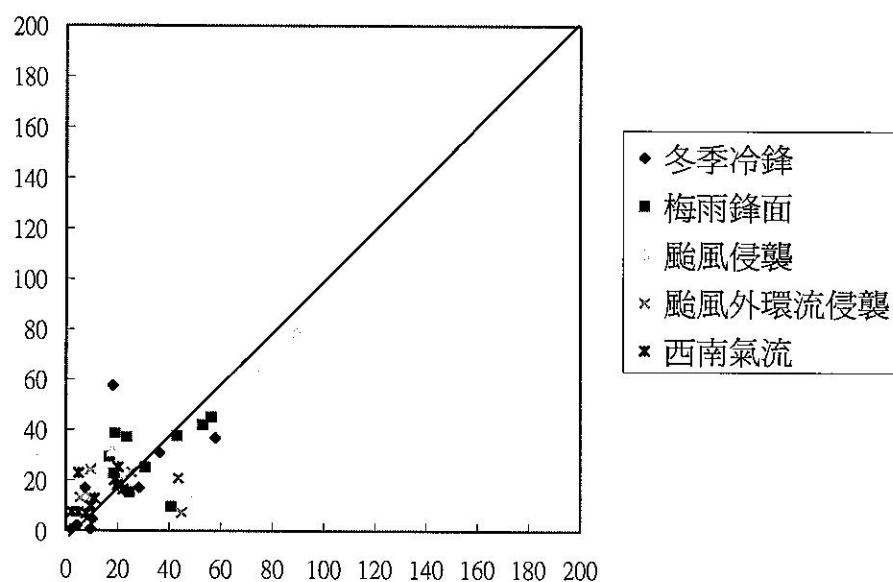


圖 4.2：台灣區域北部實測與估計平均日降水量 x、y 散佈圖。橫方向為雨量測站的單日平均降水量（單位為 mm），縱方向為雲分類分析的單日平均降水量（單位為 mm）。

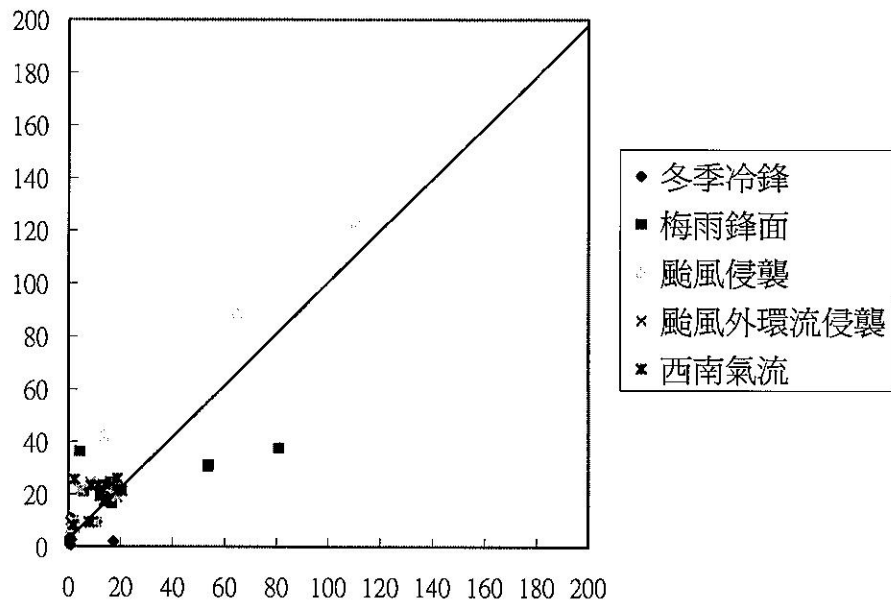


圖 4.3：台灣區域中部實測與估計平均日降水量 x、y 散佈圖。x 方向為雨量測站的單日平均降水量（單位為 mm），y 方向為 雲分類分析的單日平均降水量（單位為 mm）。

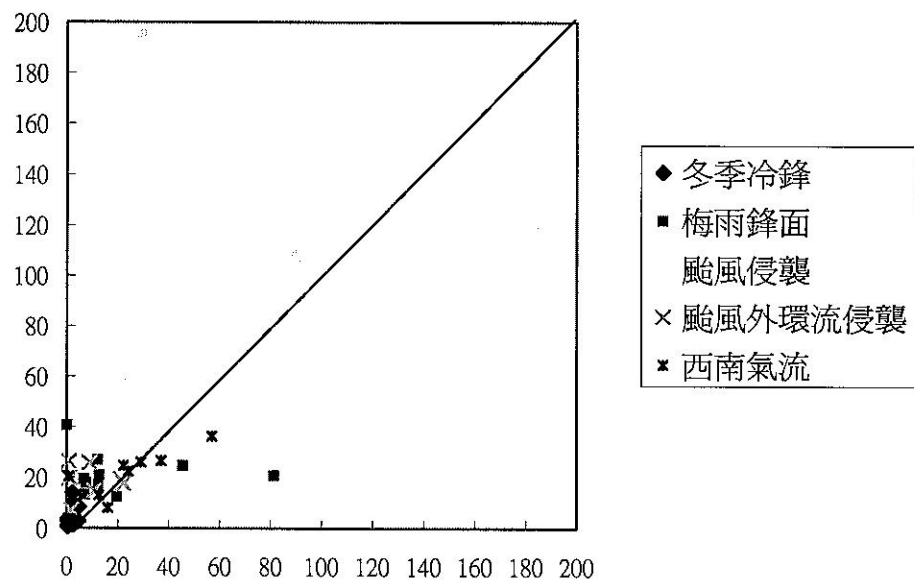


圖 4.4：台灣區域南部實測與估計平均日降水量 x、y 散佈圖。橫方向為雨量測站的單日平均降水量（單位為 mm），縱方向為雲分類分析的單日平均降水量（單位為 mm）。

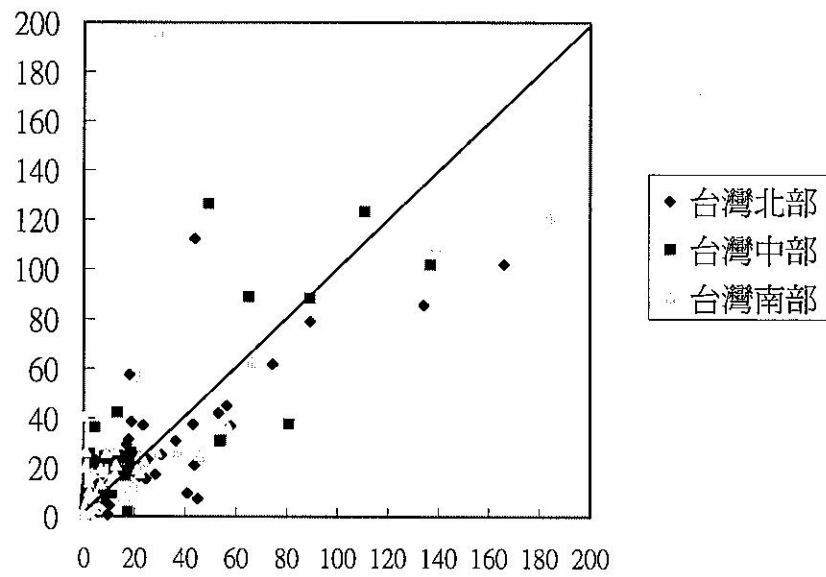


圖 4.5：綜合台灣北、中、南區域（北緯 22~25.3 度）實測與估計平均
日降水量 x、y 散佈圖，橫方向為雨量測站的單日平均降水量
（單位為 mm），縱方向為雲分類分析的單日平均降水量（單
位為 mm）。

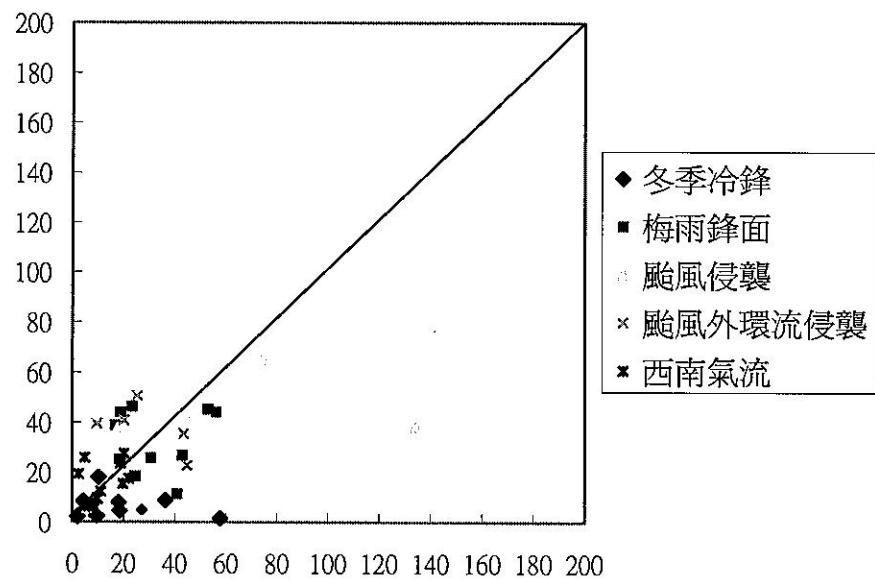


圖 4.6:台灣區域北部實測與估計平均日降水量 x、y 散佈圖(K 值變動)。
橫方向為雨量測站的單日平均降水量 (單位為 mm)，縱方向為雲分類
分析的單日平均降水量 (單位為 mm)。

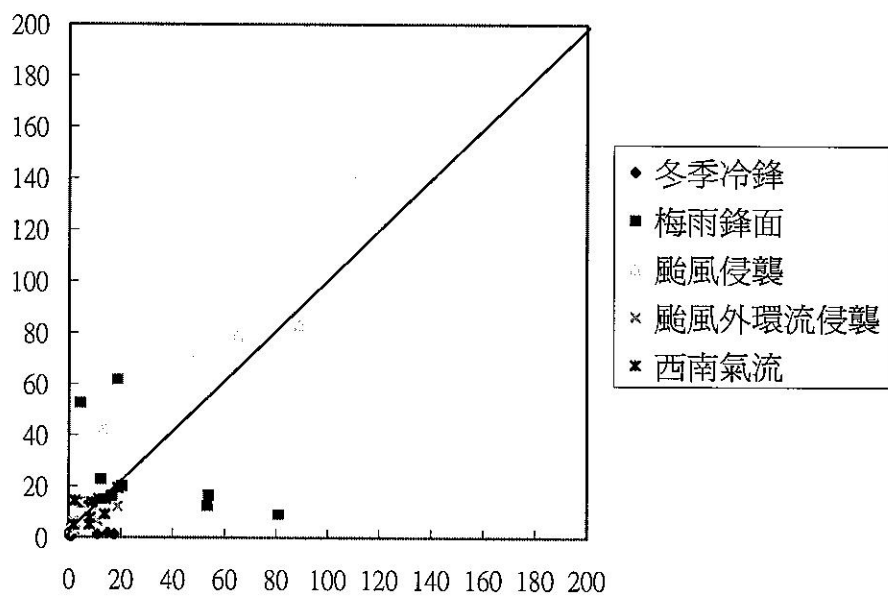


圖 4.7:台灣區域中部實測與估計平均日降水量 x、y 散佈圖(K 值變動)。
橫方向為雨量測站的單日平均降水量 (單位為 mm)，縱方向
為雲分類分析的單日平均降水量 (單位為 mm)。

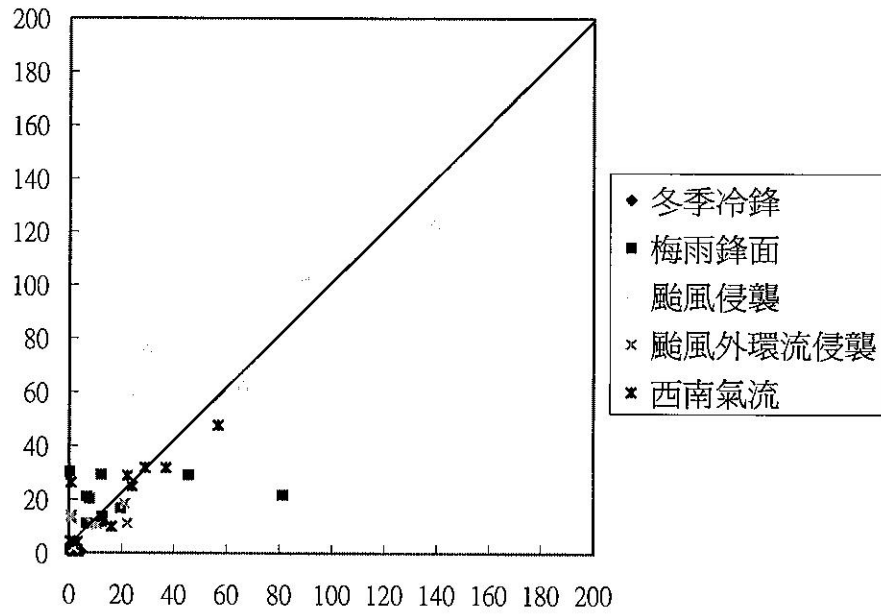


圖 4.8：台灣區域南部實測與估計平均日降水量 x、y 散佈圖(K 值變動)。橫方向為雨量測站的單日平均降水量（單位為 mm），縱方向為雲分類分析的單日平均降水量（單位為 mm）。

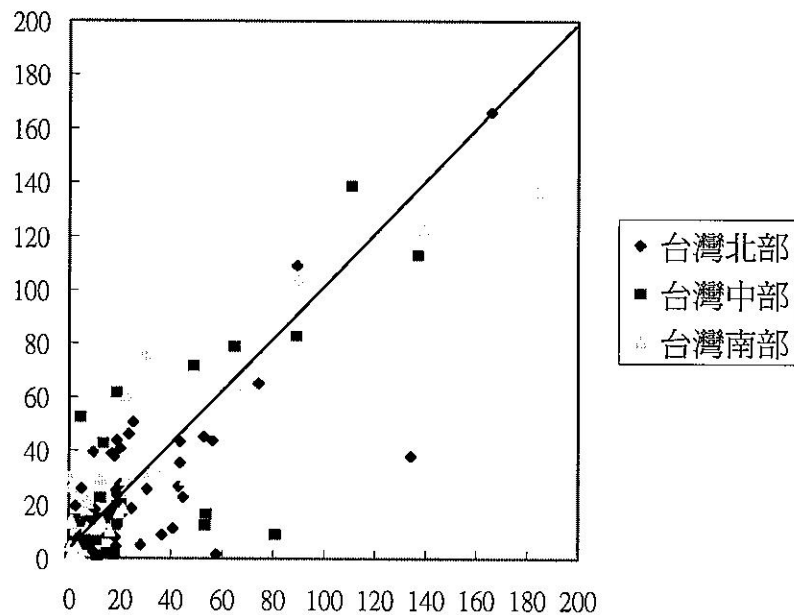


圖 4.9：綜合台灣北、中、南區域實測與估計平均日降水量 x、y 散佈圖 (K 值變動)。橫方向為雨量測站的單日平均降水量（單位為 mm），縱方向為雲分類分析的單日平均降水量（單位為 mm）。