

颱風登陸地點之研判

吳宗堯 陳正政

中央氣象局

摘要

颱風預報作業中最重要問題乃是路徑和登陸地點的研判；而台灣地區因受制於境內複雜且高聳的山系，以致使颱風路徑和登陸地點的預報較周圍鄰近國家更具困難度。

本文由預報作業之觀點針對颱風路徑受中央山脈之阻擋而呈扭曲、連續（自由過山）或不連續（分裂過山）變化之綜觀條件加以討論，並以實例深入分析颱風中心定位和其移動方向之偏差對登陸地點及時機之影響。

一、前言

台灣地區因受颱風侵襲而導致經濟的直接損失，據最保守的估計平均每年可達新台幣一百億元以上，且有逐年上升的趨勢；但在同一時期，因颱風侵襲而造成人員傷亡及房屋之損毀則有減少的趨勢（陳，1995）；同樣遭受熱帶風暴侵襲的美、日等國亦有相同的現象。如以此即認為颱風警報已發揮了最大的效果，那也未必如此。此有二點理由：（一）儘管我們對熱帶氣旋（如颱風）形成的能量轉換和其結構之了解不斷增加，但近十年來對熱帶風暴的預報水準仍停滯不前（Neumann, 1985）；（二）巨大且具有毀滅性的熱帶風暴終屬少見，它不僅對預報員的經驗和知識造成衝擊，同時，也是數值動力預報模式的一大考驗；事實上，目前各國之氣象預報員對數值動力預報模式之依賴度有逐年增加之傾向（蔡、程，1989），然由於受到種種因素之限制，數值預報模式對正常路徑的颱風之預報尚佳，但對異常路徑則會有較大的偏差（李，1988；陳、鄭等，1992；葉，1993；陳，1994；吳，1996；黃等，1996）。

與溫帶氣旋相比，颱風的數值模擬和預報技術是相當的困難，這是因為大多數的颱風所具有的

破壞性風力，均集中在30—80公里之範圍內，而溫帶氣旋的強風帶卻分布得相當廣闊且均勻。於是，當颱風之路徑稍有變化，在海岸地區所引起的危害就大為不同，因此颱風預報作業中最重要問題乃是路徑和登陸地點的研判（蔡等，1992；蔡等，1993；蔡等，1995；吳，1996；陳，1996）。

事實上，侵襲台灣及其周圍海域的颱風路徑預報問題之複雜性及困難度完全受制於境內的山系。台灣境內的山系共有四支，即海岸山脈、雪山山脈、中央山脈和阿里山山脈；其中又以中央山脈為構成台灣境內山系的主幹，北起蘇澳，南至鵝鑾鼻，全長約有三百公里，平均高度在三千公尺以上。綜而言之，台灣地區特有的颱風預報問題（包括路徑、強風、豪雨、副低壓、焚風等），均因中央山脈的存在所引起的。

本文即選取颱風穿越中央山脈或沿山脈東西側移行或由山脈南北側西進時的個案，對其路徑呈扭曲、連續（自由過山）或不連續（分裂過山）變化之綜觀條件予以討論，並深入剖析颱風中心定位和其移動方向之偏差對颱風登陸地點及時機之影響。

二、中央山脈對颱風路徑之影響

(一) 颱風路徑呈連續狀(自由過山颱風)

1. 特徵：山脈西側無副低壓產生

2. 實例(詳見圖 1)

3. 條件：

(1) 颱風移向 $< 320^\circ$ 或暴風半徑 ≥ 300 公里或台灣海峽有東北季風。

(2) 彭佳嶼風向 $< 40^\circ$ 。

(3) 颱風轉折角度與移向度數成正比。

(4) 開始向北偏之距離與暴風半徑成正比。

(5) 愈接近山脈向北偏愈顯著。

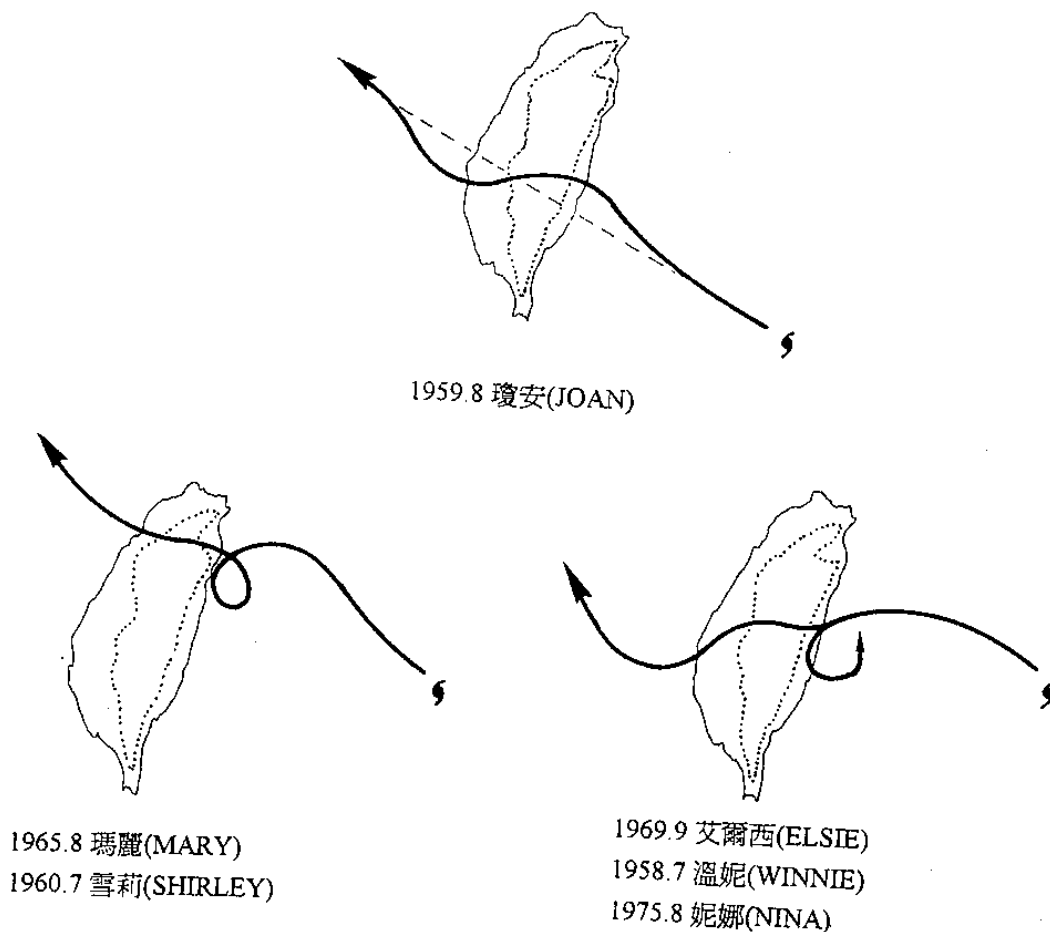


圖 1：颱風路徑呈連續狀(自由過山颱風)

(二) 颱風路徑呈不連續狀(分裂過山颱風)

1. 特徵：山脈西側有副低壓產生

2. 實例(詳見圖 2)

3. 條件：

(1) 颱風移向 $> 320^\circ$ 。

(2) 彭佳嶼風向 $> 40^\circ$ 。

(3) 暴風半徑 < 250 公里。

(4) 台灣附近無明顯氣壓系統。

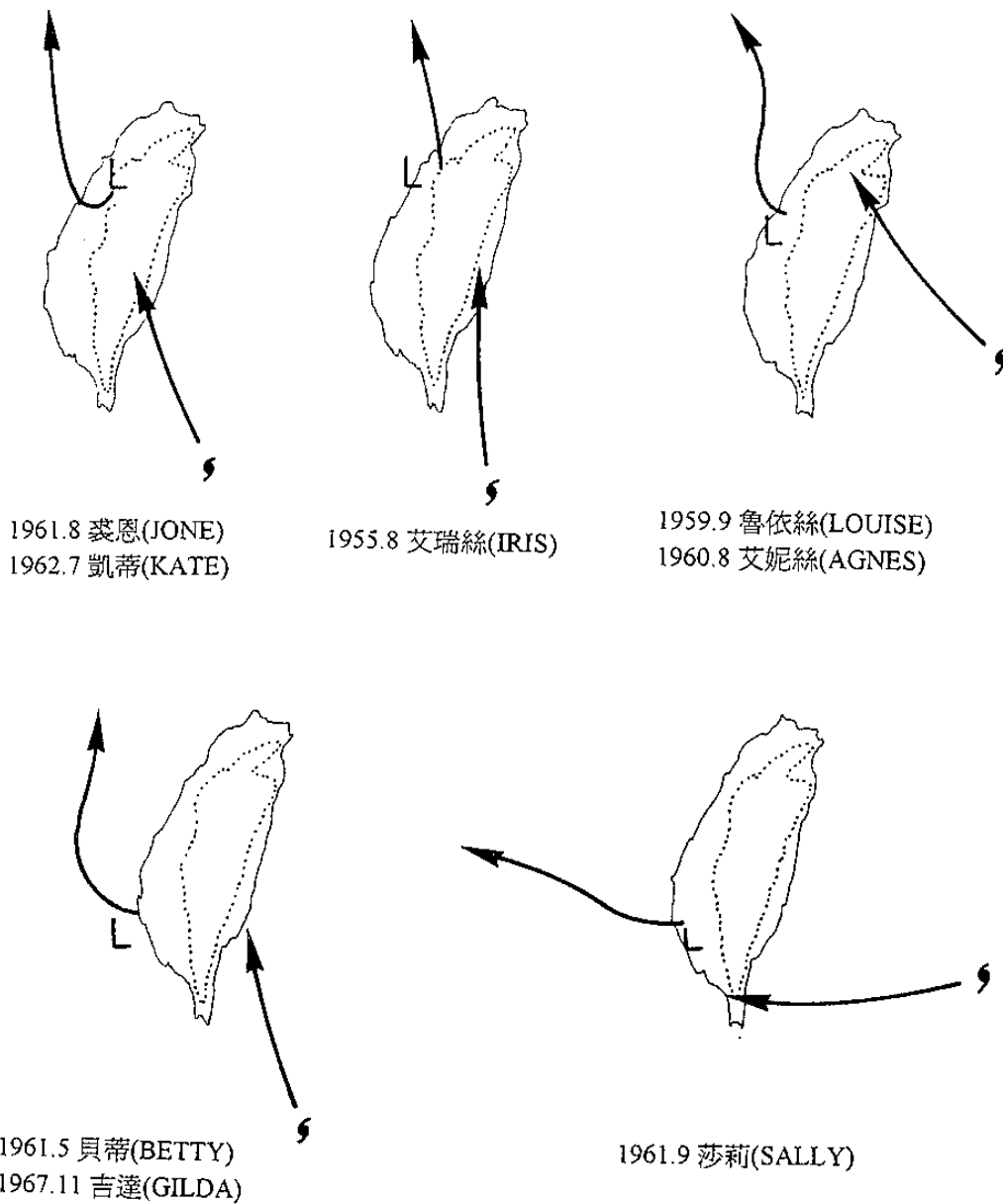


圖 2：颱風路徑呈不連續狀（分裂過山颱風）

(三) 颱風沿山脈北上

1. 沿山脈東側北上之類型及實例(詳見圖 3)——

- I：中心最大風速之環流距海岸 < 50 公里
如 1962.7 凱蒂(KATE)
- II：中心最大風速之環流距海岸 > 50 公里
如 1957.6 佛琴尼(VIRGINIA)

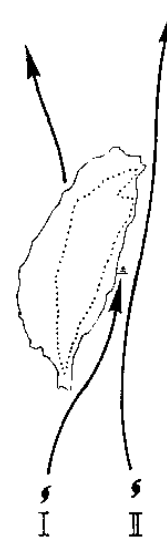


圖 3：颱風沿中央山脈東側北上

2. 沿山脈西側北上之類型及實例(詳見圖 4)一

- I : 中心最大風速之環流距海岸 < 50 公里
如 1952.11 貝絲(BESS), 1977.7 賽洛瑪(HELMA)
- II : 中心最大風速之環流距海岸 > 50 公里
如 1949 年 HOSLIA, 1977.6 魯絲(RUTH)

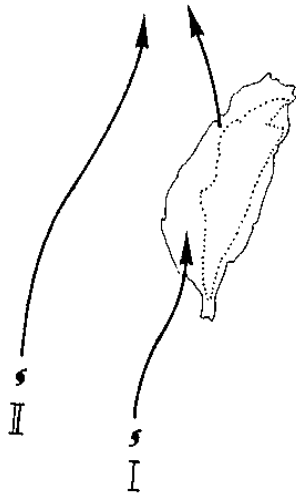


圖 4 : 颱風沿中央山脈西側北上

(四) 颱風由山脈南北側西行之類型及實例(詳見圖 5)一

- I : 由山脈北側西行, 如 1960 年崔絲(TRIX), 1976 年畢莉(BILLIE), 1977 年薇拉(VERA)
- II : 由山脈南側西行, 如 1973 年瓊安(JOAN), 1979 年戈登(GORDON)

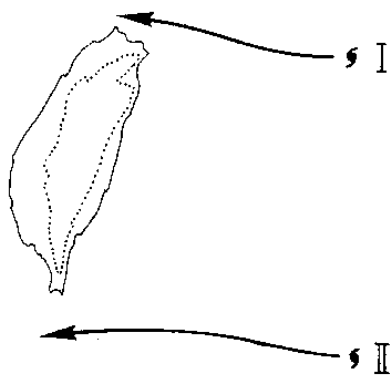


圖 5 : 颱風由中央山脈南北側西行

三、台灣地形對颱風路徑之影響

(一) 影響範圍

當颱風中心移至台灣東方 200 公里處之海面時, 其路徑即開始受台灣地形之影響, 而使颱風呈現轉向或登陸, 圖 6 即為其影響之區域。

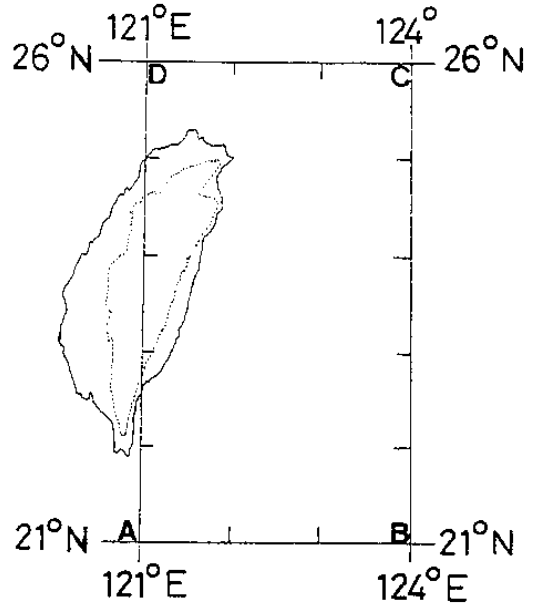


圖 6 : 颱風受到台灣地形影響導致轉向或登陸之範圍

(二) 預報準則

1. 颱風移向 > 320°, 由南方穿過 AB 連線北上或由東南方穿過 BC 連線北上, 其路徑將向北偏轉。
2. 颱風移向 < 320°, 穿過 BC 連線, 其路徑將繼續向西行進並登陸台灣。

四、颱風路徑預報誤差對颱風登陸地點及時機之影響

(一) 颱風路徑預報之誤差

1. 颱風登陸地點之偏離距離與颱風移動方向有密切關係。
2. 以颱風移動方向有 ±10° 偏差, 當預報颱風中心於未來廿四小時登陸台灣, 且颱風移速為每小時 20 公里, 對颱風登陸地點之偏離及時

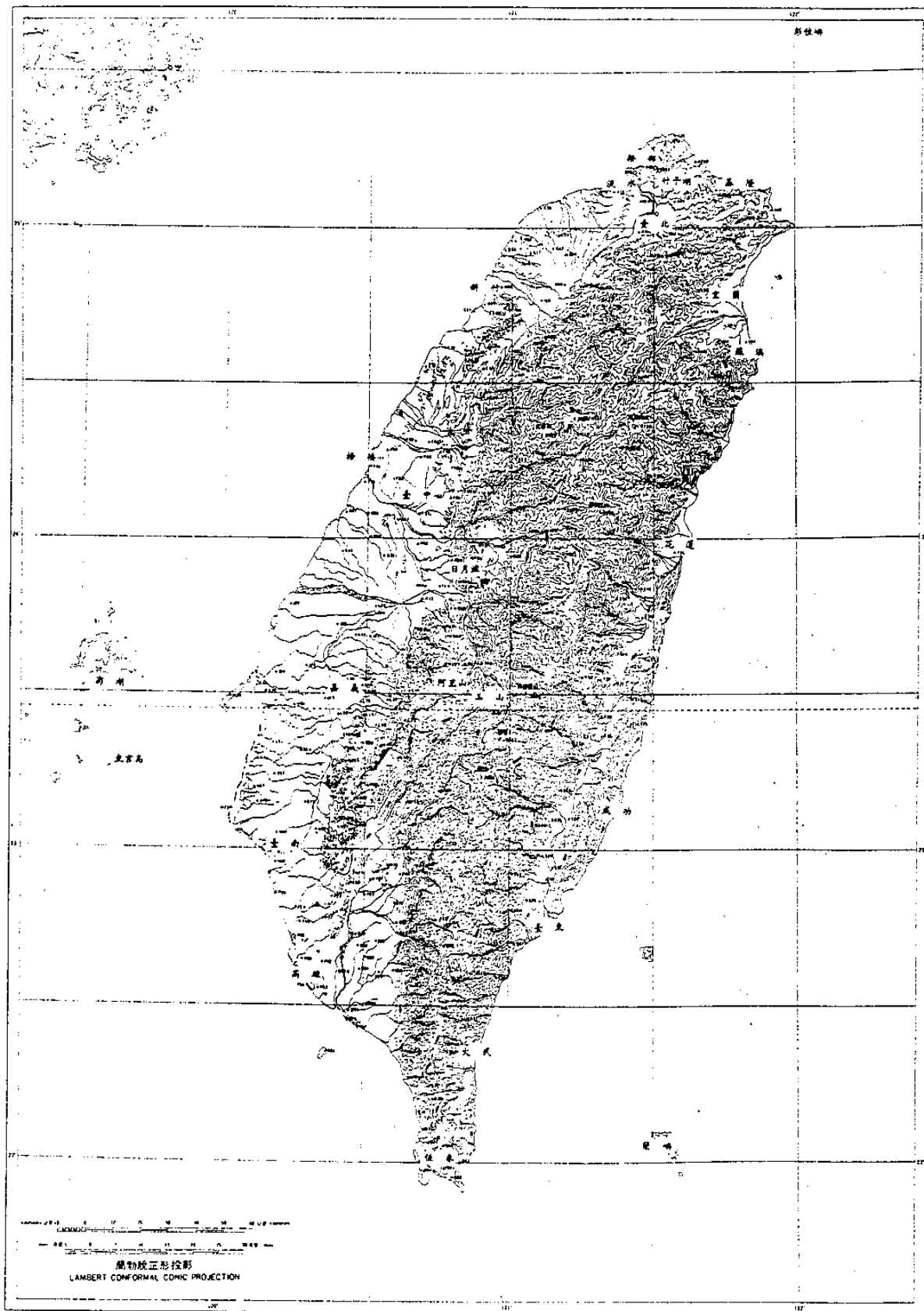


圖 7：台灣地形圖

機，詳見附表 1 及圖 8、圖 9、圖 10 及圖 11 之實例說明。

表 1：颱風移向與登陸地點之偏離及時機比較

颱風移向	左偏(公里)	登陸時機	右偏(公里)	登陸時機
290°	85	提前 20 分	85	落後 20 分
310°	85	提前 1.2 小時	95	落後 2 小時
330°	95	提前 2.8 小時	129	落後 4.5 小時
350°	129	提前 5.4 小時	243	落後 11 小時
010°	244		635	

註：若颱風移速為 10 公里/時，則上列表內數值減半之。

若颱風移速為 30 公里/時，則上列表內數值加二分之一。

(二) 颱風中心定位誤差

1. 根據統計資料，颱風中心定位平均誤差為 50 公里。
2. 定位誤差對颱風中心登陸地點之影響大小(偏離距離)視定位位置與真正颱風中心之方位而定。
3. 定位位置恰在颱風路徑上，對颱風中心登陸地點不致有影響，僅登陸時機可能落後或提前二小時左右。
4. 定位位置如不在颱風路徑上，則對颱風中心登陸地點所造成之偏離距離，視與中心方位而定，如圖 12 所示。
5. 定位位置若位於真正中心之直角距離，計算各類颱風路徑造成登陸地點之偏離距離，如圖 12 範例所示。

(三) 實例計算

1. 預報誤差對颱風中心登陸地點之影響

A. 範例一(詳見圖 8)：

(A) 左偏 10° 時

$$(1) b = 480 \times \sin 10 = 83$$

$$a = 83 \times \tan 10 = 15$$

$$D'' = 83 / \cos 10 = 85$$

即左偏 85 公里

$$(2) C = h - a = 472 - 15 = 457$$

$$\Delta T = \frac{(480 - 457) \text{ km}}{20 \text{ km/時}} = 1.2 \text{ 小時}$$

即登陸時間提前 1.2 小時

(B) 右偏 10° 時

$$(1) d = 480 \times \sin 10 = 83$$

$$h = 480 \times \cos 10 = 472$$

$$D = d / \cos 30 = 95$$

$$D' = d \tan 30 = 48$$

即右偏 95 公里

$$(2) D' + h = 48 + 472 = 520$$

$$\Delta T = \frac{(520 - 480) \text{ km}}{20 \text{ km/時}} = 2 \text{ 小時}$$

即登陸時間落後 2 小時

$$\Delta T = \frac{(700-480)\text{km}}{20 \text{ km/時}} = 11 \text{ 小時(提前)}$$

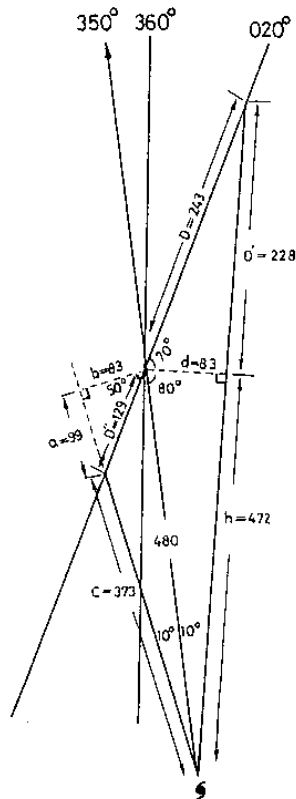


圖 10：當颱風中心距陸地 480 公里、移向 350°、移速 20 公里/時，若移向偏差±10° 時，其路徑預報誤差及登陸時機之計算範例

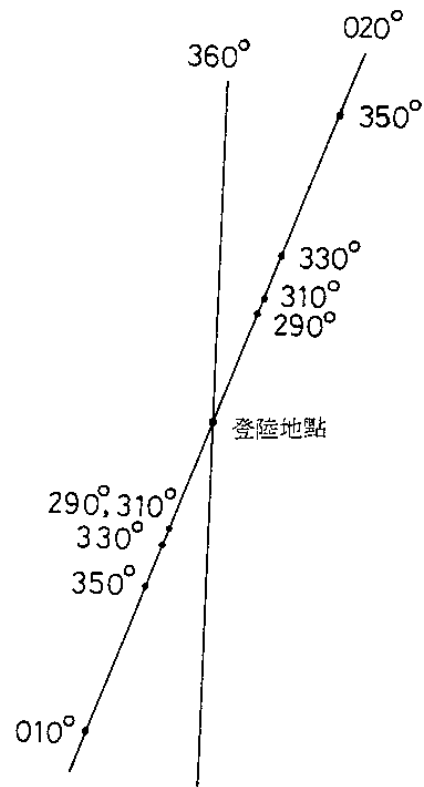


圖 11：颱風路徑預報誤差計算要領

D. 計算要領

(A) 假設條件

- (1) 24 小時預測。
- (2) 颱風移速 20 公里/時。
- (3) 預測路徑±10° 之偏差。
- (4) 台灣東海岸走向為 20°。

(B) 使用方法

按照上例計算所得，設計一簡單表尺(圖 11)(該表尺上之距離應以使用地圖比例設定)，在使用時照下列步驟即可得其偏差距離。

- (1) 將 24 小時預測位置置於登陸地點。
- (2) 按颱風移向分取左(右)偏相當之度數上之一點即為可能偏差之距離。

2. 定位誤差對颱風中心登陸地點之影響

(A) 假設條件

- (1) 定位平均誤差為 50 公里。
- (2) 以定位之最大誤差計算。
- (3) 台灣東海岸走向為 20°。

(B) 範例(詳見圖 12)

- (1) 颱風移向 310° 時，則登陸地點之偏差距離為

$$D = \frac{50}{\cos 20} = 53 \text{ 公里}$$

- (2) 颱風移向 330° 時

$$D = \frac{50}{\cos 40} = 65 \text{ 公里}$$

- (3) 颱風移向 350° 時

$$D = \frac{50}{\cos 60} = 100 \text{ 公里}$$

表 2：颱風中心定位對登陸地點之影響
(最小/最大偏離)(左偏或右偏)

颱風移向	最小偏離(公里)	最大偏離(公里)
290°	0	50
310°	0	53
330°	0	65
350°	0	100

(C)應用

- (1)實際計算時，應將表 1 及表 2 一併考慮，如此即可預估登陸地點之偏差距離；一般對北北西向之颱風的登陸地點之預測，宜較保守；而對西北西向之颱風的登陸地點之預測，則宜用稍肯定之語詞。
- (2)事實上，現行的衛星分析技術已相當進步，對颱風中心定位之準確度亦已大幅提高；尤其颱風發展成熟時，衛星對颱風中心定位之誤差極小，此時本項因素之考慮就不太重要了。

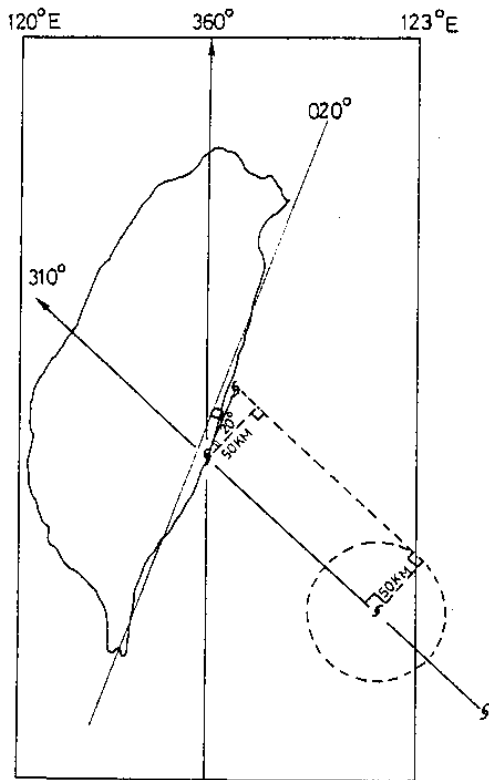


圖 12：颱風中心定位誤差影響登陸地點之計算範例

五、結論

- (一)當颱風路徑受到中央山脈阻擋之影響，將產生下列變化：
 - 1.路徑呈現連續狀，即自由過山；其發生之綜觀條件為颱風之移向小於 320° 或颱風暴風半徑大於 300 公里或台灣海峽盛行東北季風，此時在山脈西側不致誘發副低壓。
 - 2.路徑呈不連續狀，亦即分裂過山；綜觀條件為颱風之移向大於 320° 或暴風半徑小於 300 公里且台灣附近無明顯的氣壓系統，此時在山脈西側經常有副低壓產生。
- (二)當颱風中心移至台灣東方 200 公里處之海面時，其行徑即開始受到台灣地形之影響；若颱風之移向大於 320° (即朝西北方向)時，則其路徑將向西偏轉；若移向小於 320° (即偏西方向)時，則將繼續向西行進並登陸台灣。
- (三)颱風登陸地點之偏離及時機與其移動方向有密切的相關；當移向愈朝北，則偏離之距離愈大；若距離左偏時，登陸時機經常提前；偏右時，則延遲。
- (四)颱風中心定位誤差對颱風登陸地點之影響程度完全取決於定位位置與颱風真正位置之間的方位。當定位位置恰在颱風路徑之上，則颱風登陸地點不致偏離，但登陸時機可能落後或提前二小時左右；若定位位置不在颱風路徑之上，則登陸地點之偏離程度視與中心方位而定。
- (五)由於現行的衛星分析技術對颱風中心之定位已相當準確，故定位誤差對颱風中心登陸地點

之影響甚為式微。

參考文獻

- 李清勝,1988:台灣地區颱風路徑之預報分析。大氣科學,16期第2號,133-140。
- 吳宗堯,1996:綜觀天氣學法之颱風路徑預報。中央氣象局天氣分析與預報研討會論文集編(84),1-7。
- 吳俊傑,1996:用GFDL颱風模式預報1995年西太平洋地區颱風。中央氣象局天氣分析與預報研討會論文集編(84),13-25。
- 黃康寧、陳得松、葉天降、彭順台、張偉正,1996:中央氣象局第二代颱風路徑預報模式1995年之處理與檢討。中央氣象局天氣分析與預報研討會論文集編(84),222-229。
- 陳正改,1994:西北太平洋海域異常路徑颱風氣候特徵之分析。台北師院學報,7期,427-458。
- 陳正改,1995:台灣地區氣象災害之分析。台北師院學報,8期,195-222。
- 陳正改,1996:颱風運動研究之探討。台北師院學報,9期,313-337。
- 陳得松、鄭寶鳳、彭順台、張偉正,1992:中央氣象局原始方程颱風路徑預報模式的簡介與評估。氣象學報,38卷2期,135-145。
- 葉天降,1993:颱風侵台的數值模擬。中央氣象局天氣分析與預報研討會論文集編(82),323-330。
- 蔡清彥、程家平,1989:正壓颱風路徑預報模式之改進研究。大氣科學,第17期第2號,101-120。
- 蔡清彥、王時鼎、林民生,1992:台灣颱風預報專家系統建立之研究(一)。中央氣象局專題研究報告CWB81-IM-01,177頁。
- 蔡清彥、王時鼎、林民生,1993:台灣颱風預報專家系統建立之研究(二)。中央氣象局專題研究報告CWB82-IM-03,263頁。
- 蔡清彥、王時鼎、鄭明典,1995:台灣颱風預報專家系統建立之研究(三)。中央氣象局專題研究報告CWB84-IM-01,370頁。