

颱風路徑即時預報系統之研究(I)

李清勝 陳滢圭

謝信良 林雨我

國立台灣大學
大氣科學系

中央氣象局
預報中心 科技中心

摘 要

本計劃之最終目的為在PC上建立颱風路徑即時預報系統，提供中央氣象局預報中心使用。本文是第一年計劃的報告，重點為颱風侵襲機率預報。

這套操作程式以人機對答的方式，視預報員的需要提供服務。包括直接從螢幕上鍵入目前颱風資料；客觀預報方法(HURRAN, PC, CLIPER)的選擇及執行；各地的侵襲機率預報；並提供繪圖的功能；另外還可顯示客觀預報方法的月、季平均預報誤差的統計結果。這些資訊除可提供預報員作為參考用之外，並可顯示颱風預報的不準度，提供一般民衆參考。在歷史颱風的分析上，我們採用HURRAN (Hurricane Analogs) 法的條件選取歷史颱風，並決定預報路徑。在繪出預報路徑及機率橢圓後，可計算某城市在未來24以至72小時內受颱風侵襲的機率。整套程式在386 AT上執行，只須將近2分鐘的時間。

本文首先將對機率預報的概念作一描述，其次介紹這套程式的操作方法，最後，舉幾個頗具代表性的個案，詳細說明這套程式的應用及其成果，並加以分析討論。

一、前 言

颱風是台灣地區四大災變天氣(梅雨、颱風、乾旱、寒潮)中最重要天氣系統，每年大約有3至5個颱風侵襲本省，其所伴隨的強風、豪雨、及暴潮，經常造成嚴重的人力、財力、物力的損失。隨著台灣經濟快速的成長，颱風造成的損失愈來愈高，所以防颱知識的普及、防颱工作的完善益形迫切；正確並快速地發佈颱風警報愈為重要。

傳統的颱風路徑預報僅顯示預報颱風路徑和暴風半徑。然因颱風路徑的多變，預報的困難度相當高，使得24小時颱風中心位置的預報，國際上的平均誤差達200公里左右，中央氣象局

的平均誤差則在177公里左右(李, 1988)。如此高的可能預報誤差，若以點來表示颱風未來位置，實有不足之處，因此，美國和日本皆採用機率預報，而美國則更預報沿海各地區未來受颱風侵襲的機率，以提供量化的資訊(Sheets, 1985)。

在傳統的颱風預報警報單上，加上機率預報，可以作為預報準確度的一個量度，估算可能的潛在損失，提醒有關人員及民衆早作防颱準備工作。另外，颱風侵襲機率預報亦有讓民衆了解颱風路徑預報不準確度的必然性之教育意義。

二、颱風侵襲機率預報簡介

首先，我們立即會遇到一個問題：何謂侵襲 (Strike)？在距離多遠或須達何種程度以上的災害時，才叫侵襲？在這兒首先定義「侵襲」一詞。根據美國國家氣象局 (National Weather Service, NWS) 的定義，當一颱風中心行經某一地點的右方 93 公里 (50 海裡) 或其左方 139 公里 (75 海裡) 的區域內時，此地點即受颱風侵襲 (Sheets, 1985)。為了方便，就將兩者平均，以 116 公里為半徑的圓為範圍，若颱風中心經過此地區，此地即受颱風侵襲。這個數字是以典型的颱風所訂定出來的。在李和劉 (1988) 的颱風侵襲機率預報簡介中認為，若以台灣地區而言，116 公里為半徑似乎太大，因此改以各縣市平均面積為侵襲範圍，有效侵襲半徑定為 46 公里。然而對於不同的颱風，強弱有別，暴風半徑大小亦不同，固定的侵襲半徑雖然便於操作，卻有失客觀。因此，本研究發展的程式，可由預報員視颱風強弱而決定較合理的侵襲半徑。

這套程式計算颱風侵襲機率的方法是：以過去一段長時間 (1945-1986) 之颱風資料為資料庫，用 HURRAN 法 (胡和陳, 1976) 從中選出與所求颱風性質相近的歷史颱風。利用這些選出來的颱風呈雙變數常態分佈的假設，每隔 6 小時在預報路徑上畫出橢圓機率圖。這些橢圓機率圖，中心是某時間的颱風預報位置，由內而外可定出 5%，15%，25%，...，95% 的十個機率橢圓。針對某個時間的機率橢圓，針對某地點或某區域，定出颱風侵襲範圍及外延區。這個帶狀區域與橢圓的交集部分，就是這段時間內的侵襲機率。將每 6 小時的侵襲機率增量累加起來 (橢圓重疊部分則只考慮時間較近者)，即為所求。

在計算機率時，是針對某個時間的機率橢圓，以極座標的觀念，以預報位置為中心，每 10 度方位為準，將機率橢圓切割成機率大小相等的小格子，每個小格子的機率為 0.28% (或 $(10/36)\%$)。換句話說，只須看外延區和橢圓的交集部分有幾個小格子，格子數乘上 0.28%，便是所求了 (參看圖一)。為了程式設計方便，我們並不是要去算格子數，而用相似的觀念，採極座標的作法，在不同機率值的橢圓上均勻地 (等角度、輻射狀) 取點，每一點的意義與上述小格子的意義相同。也就是說，用點數來代表格子數，每

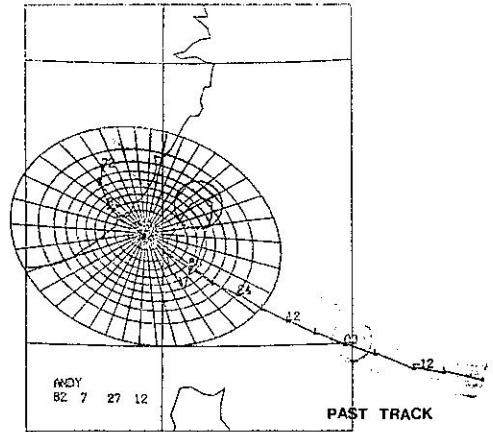


圖 1 颱風侵襲機率示意圖

這是 1982 年 7 月 30 日 1800 UTC 安迪颱風 72 小時預報路徑，及第 48 小時的機率橢圓圖。斜線部份為台北地區的外延區。由外延區與橢圓的交集部份即可算出侵襲機率。

一點代表相同的機率，只要算橢圓上的點落在帶狀侵襲範圍內的總數，乘上每一點所代表的機率值，即可。詳細的程式結構以及流程圖，見附錄 A。

三、本程式之操作方法

首先，要將颱風資料，包括颱風名稱、年、月、日、時間、颱風位置之經緯度、中心風速、風向、移動速度、瞬間最大陣風等，輸入電腦中並存起來。採用 HURRAN 法來作預報，須要有前 6 小時、12 小時、18 小時及 24 小時的資料，才可開始作進行。

程式首先將輸入之颱風資料 (表一的格式) 的格式，轉換成預報程式所須要的格式。接著便開始進行預報，因為程式是採人機對話方式，一開始便會問一連串問題，預報員須一一對答。這些問題包括了是否要將 HURRAN 法所選中的類似的歷史颱風路徑在圖中一併顯示？計算那個城市 (以下用 C 代表) 的侵襲機率 (表二)？侵襲半徑 (R)？預測未來多少小時內的侵襲機率？在一一回答後，程式會開始由 1945-1986 年的歷

表一 颱風資料格式，包括：年月日時，位置，近中心最大風速，行進方向，行進速度，瞬間最大陣風，預測未來24小時之位置。

ANDY	82	7	26	0	182	1350	46	290	28	55	201	1290
	0	7	26	6	190	1330	48	293	30	58	213	1265
	0	7	26	12	184	1319	51	283	25	63	197	1265
	0	7	26	18	188	1305	53	287	25	65	204	1251
	0	7	27	0	190	1294	53	290	25	65	210	1238
	0	7	27	6	196	1280	53	288	25	65	214	1224
	0	7	27	12	200	1269	57	287	22	70	216	1219
	0	7	27	18	204	1254	60	290	22	72	233	1182
	0	7	28	0	207	1244	60	295	22	72	229	1196

表二 人機對話，螢幕顯示：計算那個城市的侵襲機率？並輸入侵襲半徑的大小(內定值為100公里)。

```

=====
Input the latitude and longitude of the city.
-----
The following are some references :
0. INPUT DIRECTLY.
1. CHILUNG      : ( 25.2, 121.7 )
2. TAIPEI      : ( 25.0, 121.4 )
3. TAOYUAN     : ( 25.0, 121.3 )
4. HSINCHU    : ( 24.8, 121.0 )
5. TAICHUNG   : ( 24.2, 120.7 )
6. CHANGHUA   : ( 24.1, 120.5 )
7. CHIA-I     : ( 23.5, 120.4 )
8. TAINAN     : ( 23.0, 120.2 )
9. KAOHSIUNG  : ( 22.6, 120.3 )
10. HENGCHUN  : ( 22.0, 120.7 )
11. TAITUNG   : ( 22.8, 121.1 )
12. HUALIEN   : ( 24.0, 121.3 )
13. I-LAN     : ( 24.8, 121.7 )
14. LAN YU    : ( 22.6, 121.5 )
15. PENGHU TAO : ( 23.6, 119.5 )
=====

```

Please choose numbers (no more than 5) :

史颱風最佳路徑(Best Track)資料中選取類似颱風。選擇類似歷史颱風的條件，包括颱風位置、颱風移動方向、速度、加速度、以及日序等均要滿足一定的限制，才被列為合格的歷史颱風(謝等，1986；參見附錄A，第五項)。再由這些颱風與目前的颱風資料，利用持續法及類比法，預報至未來72小時的颱風路徑。利用統計或然率理論，假設雙變數常態分佈，可以得到每6小時為間隔的橢圓機率圖。

令 $E(T,P)$ 表示未來 T 小時內，颱風侵襲機率為 P 的機率橢圓，如 $E(6,0.25)$ 代表未來6小時內，颱風的侵襲機率是25%的機率橢圓。在 $E(T,P)$ 上，中心為所預報的颱風位置，以此點為極座標原點，每10度取一點，亦即一圈取36點，一一拿來測試是否落在地區 C 、侵襲半徑為 R 的範圍內，或其外延之帶狀區域，計算的過程逐步敘述如下：

(一) 算未來6小時的侵襲機率：

1. 拿E(6,0.05)上的36點來檢查。先檢查第一點，計算此點與C的距離是否小於或等於R，若是，則點數加1；否則，若是此點落在與以C為起點，以6小時預測位置減去現在位置所得的向量為方向的直線的最短距離不超過R，則點數加1，否則跳過。繼續檢查第二點，方法相同。直到36點全部測試完畢，合格總點數記為L1。
2. 測試E(6,0.15)上之36點，作法同上，合格總點數記為L2。繼續作E(6,0.25)，E(6,0.35)，...，E(6,0.95)之檢驗，合格點數分別記為L3，L4，...，L10。
3. 將【L1/2+L2+L3+...+L9+L10】/36*10%之值求出，即是6小時內，C地之侵襲機率。

(二) 計算未來6小時至12小時之颱風侵襲機率增量：

拿E(12,P)上的點來測試，首先，先檢查那些在E(12,P)，亦在E(6,P)內的點要略過不計，否則會重覆計算。其餘的點的測試方法同1.項，但此時外延區的方向乃由12小時預測位置相對6小時預測位置所決定。求出6小時至12小時，C地之侵襲機率增量P2。

(三) 同理，可求得P3，P4，...，P11，P12為每增加6小時之侵襲機率增量。

(四) 計算累計之侵襲機率 $P=P_1+P_2+\dots+P_{11}+P_{12}$ 即是72小時內，C地區之颱風侵襲機率，若為24小時，則 $P=P_1+P_2+P_3+P_4$ 。超過100%者，皆以99%表示，(表示不可能有100%的機率)。計算完成後，在螢幕上會顯示出預報的結果。

四、個案分析

我們選出1982年7月之安迪(ANDY)颱風，以及1980年9月之波西(PERCY)颱風為例，來做分析討論。

(一) 安迪(ANDY)颱風(1982)

安迪颱風其路徑如表三所示，於7月27日

表三 1982年7月安迪颱風各時刻之位置表
依序為年月日時，緯度，經度。

ANDY	82	7	26	0	182	1350			
					7	26	6	190	1330
					7	26	12	184	1319
					7	26	18	188	1305
					7	27	0	190	1294
					7	27	6	196	1280
				→	7	27	12	200	1269
					7	27	18	204	1254
					7	28	0	207	1244
					7	28	6	212	1236
					7	28	12	216	1225
					7	28	18	226	1217
					7	29	0	230	1207
					7	29	6	237	1195
					7	29	12	242	1190
					7	29	18	251	1187
					7	30	0	258	1180

1200 UTC 由HURRAN法預測的結果24小時(28日1200 UTC)之預報位置及48小時(29日1200 UTC)的預報位置及各地區(台北、台中、高雄、花蓮、台東)未來72小時內的侵襲機率，列於表四。可和圖二做一對照。

安迪颱風的路徑預報，由台灣東南方一掃

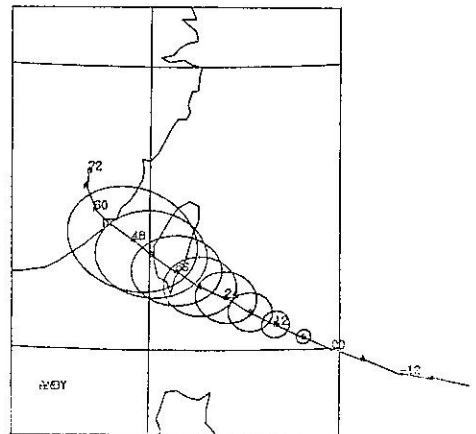


圖2 這是1982年7月27日1200 UTC安迪颱風72小時預報路徑，及48小時內每6小時的機率橢圓圖。

表四 安迪颱風以1982年7月27日1200UTC的資料來作預報，結果可選出歷史颱風69個，並預報未來24小時及48小時颱風中心位置，以及五個城市之颱風侵襲機率。

TYNAME	IY	IM	ID	IT	LAT	LONG	24LAT	24LONG	48LAT	48LONG	HT.NO
ANDY	82	7	27	12	20.0	126.9	21.9	122.9	23.9	119.3	69

Striking Radius: 100.0 KM

Striking Probability of	Taipei	Taichung	Kaohsiung	Taitung	Hualien
in 0 - 6 hours :	.0 %	.0 %	.0 %	.0 %	.0 %
in 6 - 12 hours :	.0 %	.0 %	.0 %	.0 %	.0 %
in 12 - 18 hours :	.0 %	.0 %	.0 %	.0 %	.0 %
in 18 - 24 hours :	.0 %	.0 %	1.1 %	5.6 %	.8 %
in 24 - 30 hours :	.8 %	3.1 %	8.3 %	8.1 %	4.2 %
in 30 - 36 hours :	4.4 %	8.3 %	8.9 %	9.4 %	8.1 %
in 36 - 42 hours :	5.8 %	5.6 %	3.9 %	3.9 %	5.3 %
in 42 - 48 hours :	2.8 %	1.4 %	1.1 %	1.1 %	1.9 %
in 48 - 54 hours :	1.9 %	1.4 %	1.1 %	1.1 %	1.4 %
in 54 - 60 hours :	1.9 %	1.9 %	1.7 %	1.9 %	2.2 %
in 60 - 66 hours :	1.4 %	1.4 %	1.4 %	1.1 %	1.4 %
in 66 - 72 hours :	.6 %	.3 %	.3 %	.6 %	.6 %

Integral Striking Probability	Taipei	Taichung	Kaohsiung	Taitung	Hualien
in 72 hours :	19.7 %	23.3 %	27.8 %	32.8 %	25.8 %

過。各城市機率值以中南部最大，北部稍小。實際情況也相當一致，颱風在台東附近登陸，然後向西北方向移動，在嘉義附近出海(圖三)。

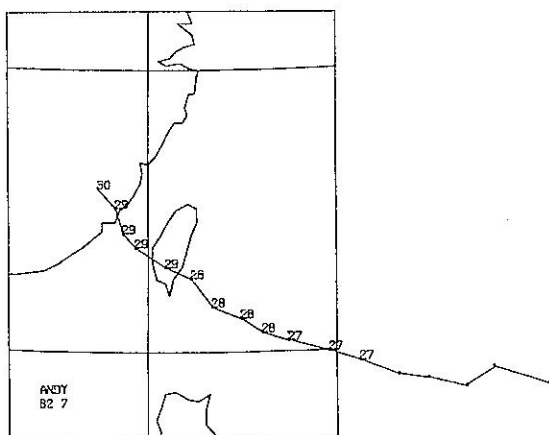


圖3 1982年7月安迪颱風的實際觀測路徑。

表五 1980年9月波西颱風各時刻之位置表。

PERCY	80	9	15	6	194	1270
		9	15	12	197	1261
		9	15	18	193	1258
		9	16	0	190	1258
		9	16	6	190	1257
		9	16	12	191	1257
		9	16	18	195	1255
		9	17	0	201	1248
		9	17	6	204	1241
		9	17	12	209	1232
		9	17	18	211	1223
		9	18	0	220	1207
		9	18	6	224	1195
		9	18	12	226	1188
		9	18	18	235	1178

HURRAN法以其9月17日0600UTC的資料來做預報，算出24小時(18日0600UTC)之預報位置及48小時(19日0600UTC)的預報位置及各地區(台北、台中、高雄、花蓮、台東)未來72小時內的侵襲機率，列於表六。可和圖四做一對照。

颱風此時離台灣尚遠，不過來勢洶洶，可由圖六看出，預報路徑在24小時後會通過台灣南端，然後以西北轉北北西方向移動。各城市

(二) 波西(PERCY)颱風(1980)

波西颱風其路徑如表五所示。我們利用

表六 波西颱風以1980年7月17日0600UTC的資料來作預報，結果可選出歷史颱風34個，並預報未來24小時及48小時颱風中心位置，以及五個城市之颱風侵襲機率。

TYNNAME	IY	IM	ID	IT	LAT	LONG	24LAT	24LONG	48LAT	48LONG	HT.NO
PERCY	80	9	17	6	20.4	124.1	21.9	120.7	23.5	118.6	34

Striking Radius: 100.0 KM

Striking Probability of	Taipei	Taichung	Kaohsiung	Taitung	Hualien
in 0 - 6 hours :	.0 %	.0 %	.0 %	.0 %	.0 %
in 6 - 12 hours :	.0 %	.0 %	.0 %	.0 %	.0 %
in 12 - 18 hours :	.0 %	.0 %	6.7 %	11.9 %	.0 %
in 18 - 24 hours :	.0 %	.8 %	21.1 %	14.2 %	1.1 %
in 24 - 30 hours :	.0 %	1.4 %	9.4 %	5.8 %	1.1 %
in 30 - 36 hours :	.6 %	1.9 %	5.3 %	3.1 %	1.9 %
in 36 - 42 hours :	1.4 %	1.7 %	3.6 %	2.2 %	1.4 %
in 42 - 48 hours :	1.9 %	1.4 %	1.9 %	1.4 %	1.1 %
in 48 - 54 hours :	2.5 %	1.7 %	1.4 %	1.9 %	1.9 %
in 54 - 60 hours :	.6 %	.6 %	.6 %	.6 %	.6 %
in 60 - 66 hours :	1.4 %	1.4 %	1.4 %	1.1 %	1.1 %
in 66 - 72 hours :	.3 %	.6 %	.6 %	.3 %	.3 %

Integral Striking Probability

in 72 hours :	8.6 %	11.4 %	51.9 %	42.5 %	10.6 %
---------------	-------	--------	--------	--------	--------

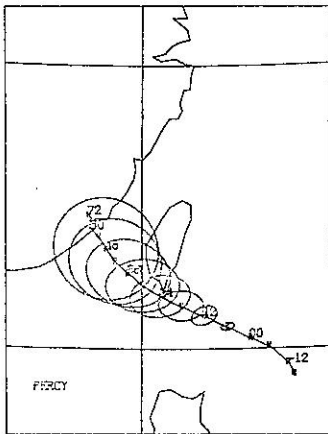


圖4 這是1980年9月17日0600 UTC波西颱風72小時預報路徑，及48小時內每6小時的機率橢圓圖。

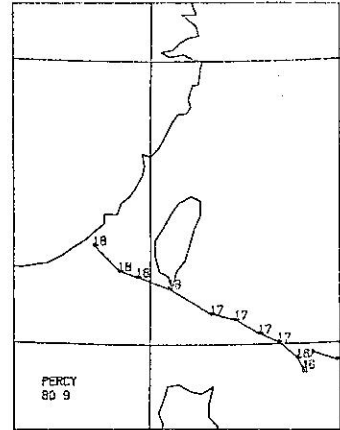


圖5 1980年9月波西颱風的實際觀測路徑。

的侵襲機率以高雄最大，往北漸減。這個路徑預報結果相當準確，實際上，波西颱風於9月18日0000 UTC，掠過台灣南端恆春附近。爾後往西北轉北北西方向前進，逐漸遠離台灣(圖五)。

五、討論及建議

由以上的分析，明顯的指出，各地受侵襲機率主要由該地距預報路徑之遠近以及機率橢圓的大小所決定，機率橢圓的大小乃反應了該

颱風未來路徑變化(或預報不準確度)的大小；因此侵襲機率預報並非協助進行預報路徑，而是提供颱風未來可能變化的量化參考數據。路徑預報準確度的提高則需依賴其他方法。

颱風侵襲機率預報若加諸於傳統的颱風預報作業，將會使颱風預報更具意義，而颱風侵襲機率預報的電腦化及作業化正可滿足此項需求。未來可以朝下列方向研究改進：修改HURRAN法選擇類似歷史颱風的條件，使颱風路徑預報誤差減小；增進程式中人機交談的設計，使得程式的操作更具彈性，例如希望在算機率橢圓圖之前，預報員有機會可以先修正預報位置，如以數值預報的預報位置來修正；而計算侵襲機率的時間間隔若能再縮小至3小時，會更接近連續積分，而使其可信度增加。這些改進均有助於提高系統的合理性。

本研究乃技術上之發展，但仍有些問題需要解決。首先在求機率時，本研究乃假設歷史颱風呈雙變數常態分佈，因而得等機率值呈橢圓分布，然而，台灣地區正好位於西北太平洋地區颱風轉向與不轉向的分支點，因此，雙變數常態分佈的假設可能有欠客觀。未來，可以統

計方法分析所有經過臺灣附近的歷史颱風，將此假設作一合理的修正，使這套颱風侵襲機率預報系統更適合台灣地區之需求。

此外臺灣地區的地形影響，在程式中尚未考慮。假設有一颱風在臺灣東岸登陸，無可避免地，東岸將感受到颱風侵襲的威力以及它所帶來的災害，而臺灣西岸的情況則可能大大地不同，因西岸位居中央山脈背風坡，再加上颱風登陸後，強度減弱，因此很可能不會像預期般的嚴重。也就是說，即使計算得的侵襲機率很大或相當大，也許並不會有什麼災情，甚至可能沒有明顯強風或豪雨。目前，此系統尚無法處理地形影響，需依賴預報員加入主觀的經驗，對於預報結果作一修正。

由於不同的颱風路徑客觀預報方法的基本假設以及考慮的因素不同，對於不同性質的颱風的預報結果，可能有些會相當一致，可能有些會有相當大的差異。這時候，預報員如何作決策便相當重要。本研究亦收錄李(1988)颱風路徑客觀預報方法的評估結果，將它製成一表(表七)，顯示三種客觀預報方法(HURRAN, PC, CLIPER)的氣候統計誤差(1962-1987年之資料統

表七 李(1988)颱風路徑客觀預報方法的評估結果，顯示三種客觀預報方法(HURRAN, PC, CLIPER)的氣候統計誤差，包括各月及各季的平均24小時預報誤差及標準偏差(單位為公里)。三者中，平均預報誤差最小者，以「\$」表示，-99表示沒有資料。

	H U R R A N			P C			C L I P E R			
	MEAN	S_D	\$	MEAN	S_D	\$	MEAN	S_D	\$	
MARCH	-99	-99		-99	-99		-99	-99		MARCH
APRIL	75.	10.	\$	231.	106.		201.	119.		APRIL
MAY	170.	47.	\$	268.	52.		264.	99.		MAY
* SPRING	123.	59.	\$	244.	94.		227.	116.		* SPRING
JUNE	171.	115.	\$	268.	94.		181.	113.		JUNE
JULY	165.	110.	\$	848.	612.		170.	100.		JULY
AUGUST	173.	140.		905.	473.		172.	104.	\$	AUGUST
* SUMMER	169.	124.	\$	790.	551.		172.	104.		* SUMMER
SEPTEMBER	173.	114.		889.	353.		166.	122.	\$	SEPTEMBER
OCTOBER	175.	111.	\$	795.	476.		179.	110.		OCTOBER
NOVEMBER	229.	112.		986.	416.		182.	106.	\$	NOVEMBER
* AUTUMN	176.	114.		876.	386.		170.	119.	\$	* AUTUMN
DECEMBER	-99	-99		-99	-99		-99	-99		DECEMBER
JANUARY	-99	-99		-99	-99		-99	-99		JANUARY
FEBUARY	-99	-99		-99	-99		-99	-99		FEBUARY
* WINTER	-99	-99		-99	-99		-99	-99		* WINTER

計)，包括各月及各季的平均24小時預報誤差以及標準偏差，清楚地顯示出各預報法在不同季節不同月份的預報不準度。例如，長期的平均，以HURRAN法的預報誤差最穩定，也最小；而PC法的預報須要氣壓值，然而我們的資料庫中並無氣壓資料，因此，誤差頗大；CLIPER法的預報大致也不錯，而在秋季，它的表現似乎要比HURRAN法好，春季則稍差。為使預報誤差的資訊更有實用價值，未來將針對個別颱風，即時顯示各種方法過去的誤差，以提供參考。

六、結 論

颱風侵襲機率預報確實能夠給民衆們一個「量」的概念，當所預報的侵襲機率大到某個程度以上時，有關當局將要馬上採取行動，與鄰近地區所預報的侵襲機率無關(Carter, 1983)。

如能比照先進國家，將颱風侵襲機率預報法加於現行台灣地區傳統的颱風預報警報單上，將可提供颱風預報作定量描述的依據，並且有對民衆予颱風預報不準度的教育意義。

七、誌 謝

本研究進行期間，特別要感謝劉麗真小姐、王天胤先生、洪藍傳先生、柯中興先生的寶貴的意見和程式設計之協助，以及林瑞鳳小姐協

助繪圖和文件處理，以及曾美齡小姐打字，特此誌謝。本研究在中央氣象局委托計劃下完成，計劃編號：CWB78-01-02。

八、參考書目

- 李清勝，1988：台灣地區颱風路徑之預報分析，大氣科學，第16期，第2號，133-140。
- 李清勝，劉麗真，1988：颱風侵襲機率預報簡介，中華民國氣象學會會刊，第29期，第2號，9-10。
- 胡仲英，陳熙揚，1976：利用客觀比擬法預報颱風路徑之研究，氣象學報，22，8-16。
- 謝信良，劉復誠，王忠山，1986：颱風路徑客觀預報方法在台灣及鄰近地區應用之初步研究，氣象學報，32卷，2期，59-83。
- Sheets, Robert C., 1985: The National Weather Service Hurricane Probability Program, American Meteorological Society. 4-13.
- Carter, T. Michael, 1983: Probability of Hurricane/Tropical Storm Conditions: A User's Guide for Local Decision Makers. US. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration. 25PP.

附 錄 A

一、 PROGRAM CNTL

目的：主控制程式

視預報員需要，呼叫不同的副程式來提供服務。功能如下：

0：結束

1：呼叫副程式 ADDATA

可以輸入目前颱風資料，並存入(TY)

2：呼叫副程式 SHOW

可以顯示颱風路徑預報誤差統計，提供參考。

3：呼叫副程式 FIT

將TY之颱風資料格式，轉換成適合不同客觀預報法所需的格式。

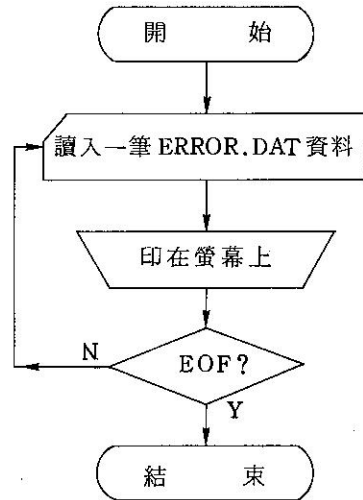
4：呼叫副程式 PREDICT

可以利用HURRAN，PC或CLIPER等預報方法來作路徑預報。

二、 SUBROUTINE SHOW

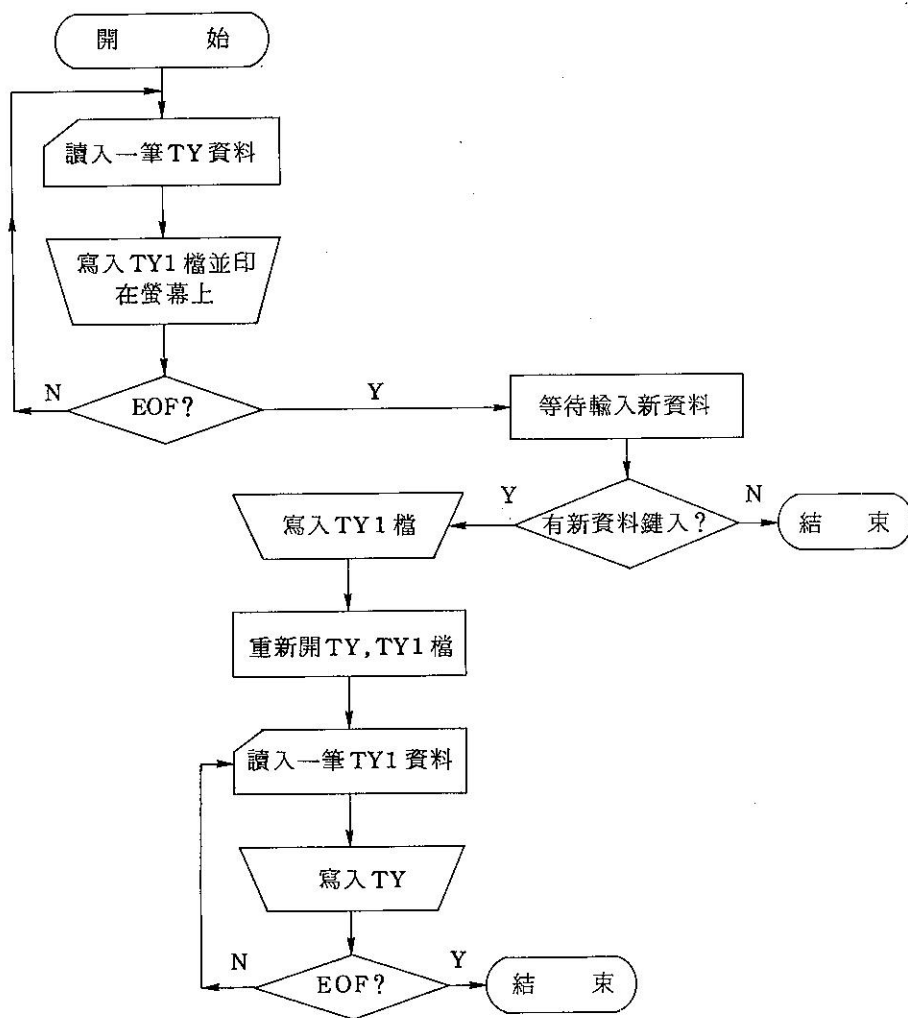
目的：利用1962-1988年的颱風資料，統計各預報法作24小時路徑預報的誤差，包括月平均誤差及季平均誤差。提供預報員參考。
(資料檔為ERROR.DAT)

流程圖：



三、SUBROUTINE ADDATA

流程圖：



四、SUBROUTINE PREDICT

目的：選擇不同之客觀預報法來作預報。為一控制程式。

作法：以人機對答方式，利用HURRAN預報所得之颱風路徑，配合一個侵襲機率的程式，可以算得颱風對於不同的城市或區域所造成的侵襲機率。

五、SUBROUTINE HURRAN

目的：颱風類比法(Hurricane Analogs — HURRAN)為一種颱風路徑客觀預報法。利用持續法與類比法作權重來決定預報路徑。

流程：

1. 以人機對答方式，詢問預報員之需要：
 - (1) 是否要將所選得之合格的類似歷史颱風的路徑一併顯示在圖上(Y/N)。

(2) 選擇幾個要計算機率的都市(或區域)，以及輸入颱風侵襲半徑(內定值100km)。

(3) 輸入要作幾小時的預報(內定值72hr)。

2. 讀入所要作預報之颱風資料(HURRAN.DAT)。

3. 讀入一組歷史颱風資料(Best Track, 1945-1986, 格式Unformatted)。

4. 選出類似歷史颱風：

檢查此組颱風是否合乎下列條件：

(1) 檢查歷史颱風位置：

歷史颱風路徑最接近目前颱風位置(令為P)的距離(這點令為H)，不得大於300海裡。

(2) 檢查歷史颱風的移動方向是否合乎條件：

H點與P點之移動方向的差別不得大於22.5度。

(3) 檢查歷史颱風的移動速度是否合乎條件：

令 ΔV 為H點與P點之速度差，須滿足：

(a) $\Delta V < 5$ (海裡/時)，當 $V < 10$

(a) $\Delta V < 10$ (海裡/時)，當 $10 \leq V \leq 20$

(a) $\Delta V < 15$ (海裡/時)，當 $V > 20$

(4) 檢查歷史颱風的加速度方向是否合乎條件：

H點與P點的加速度方向的差別須小於90度。

(5) 檢查歷史颱風的加速度方向是否合乎條件：

令 Δa 為H點與P點之加速度差，須滿足

(a) $\Delta a < 2.5$ (海裡/時/時)，當 $a < 5$

(a) $\Delta a < 5.0$ (海裡/時/時)，當 $5 \leq a \leq 10$

(a) $\Delta a < 7.5$ (海裡/時/時)，當 $a > 10$

(6) 檢查歷史颱風的日期是否合乎條件：
H點與P點之日序差別不得大於30日。

若(1)-(5)之條件有一不合，則跳過不理，重覆步驟3。若(1)-(5)之條件均符合了，則將類似歷史颱風平移至目前的颱風位置，並利用持續法與類比法作權重，來修正歷史颱風路徑。開始時，依照目前颱風位移的持續性前進，每6小時持續性的權重降低1/6，而歷史颱風位移的類比性權重則增加1/6。直到36小時以後，颱風完權依照歷史颱風運動的方向前進。將此預報位置之經緯度存入(LAT1(I), LONG1(I))及(YLAT(NH, JSUM), YLONG(NH, JSUM))中。同時並將完全用類比法所預報的路徑，存入(LAT(I), LONG(I))及(XLAT(NH, JSUM), XLONG(NH, JSUM))中。其中NH為Time Step，JSUM為類似歷史颱風編號。在此，可能因歷史颱風的生命期並未維持至72hr之久，因此，可能所存之位置只有部分。

5. 重覆步驟3，直到讀完所有歷史颱風資料為止。

6. 合乎條件之歷史颱風總數記為JSUM。

7. 從預測6hr開始，每6hr為Time Step，至72hr，呼叫副程式SD，利用完全由類比法求出的預報路徑，來求出Mean，Standard Deviation及Corelation分別存入PLONG(I)，PLAT(I)；及PXSD(I)，PYSD(I)；及PR(I)；其中，I為Time Step。

8. 將所預測颱風過去24HR，18HR，12HR，6HR位置，現在位置及預測出來的未來6hr，12hr，...，72hr的位置，依序存入(WLAT(I), WOLNG(I))中，I=1，...

17. 將此路徑資料畫到地圖上，存入 OFFPLOT.DAT 中。

9. 若合格歷史颱風總數小於或等於3個，則印出預報路徑，結束。若合格歷史颱風總數多於3個，則：呼叫副程式 ELLIPSE，假設雙變數常態分佈，利用 Standard Deviation(σ_x) 及 (σ_y)，及 Corelation(r) 來計算機率 P 為 5%，15%，... 95% 的橢圓長、短軸動差及橢圓與緯度的夾角(α)。(參看第九項)。

呼叫副程式 ELLI，將10個橢圓畫入地圖中，(存入 OFFPLOT.DAT)。令最外圈(即95%)的橢圓長、短軸之半長，為 ARL(NELL) 及 ARS(NELL)，其中，NELL 為 Time Step

10. 呼叫副程式 AXIE，每10度劃一條通過橢圓中心的直線，將橢圓分成代表固定機率的小格子，最內圈的小格子，每格代表

(5/36)%。其餘，每格代表(10/36)%。

11. 呼叫副程式 CIRCLE，在地圖上描出1中所選的城市(或區域)們，並以侵襲半徑為半徑，劃上圓，結束一張圖。

12. 呼叫副程式 INTER6，將陣列 WLAT(5) 至 WLAT(17) 及 WLONG(5) 至 WLONG(17) 平移至 WNLAT(1) 至 WNLAT(13) 及 WNLONG(1) 至 WNLONG(13)

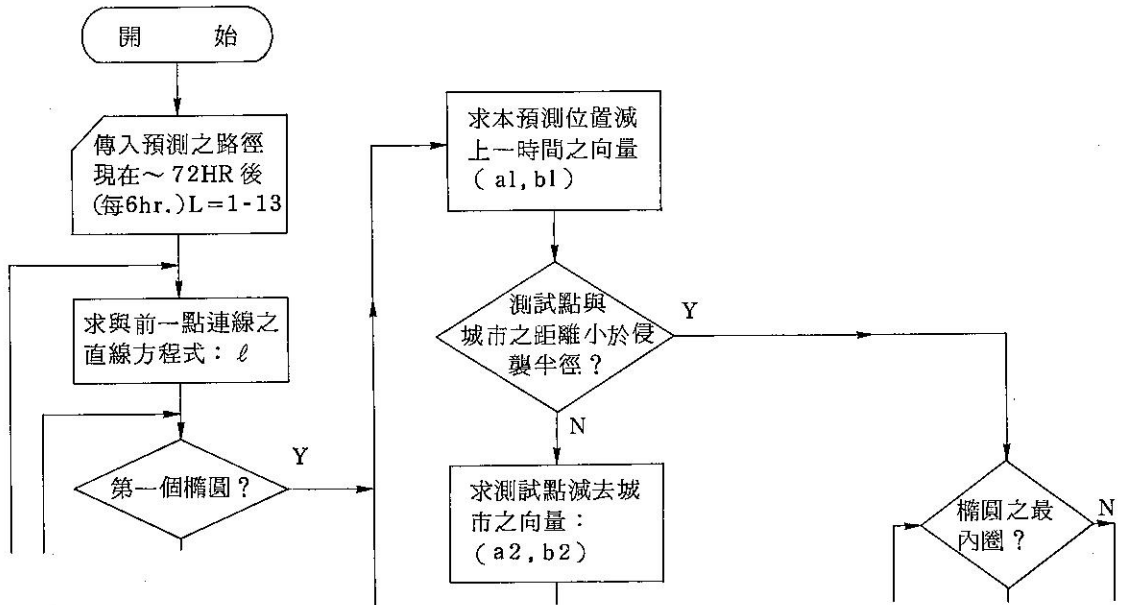
13. 呼叫副程式 ELLPRO，計算侵襲機率，得到 6hr 內之侵襲機率增量。

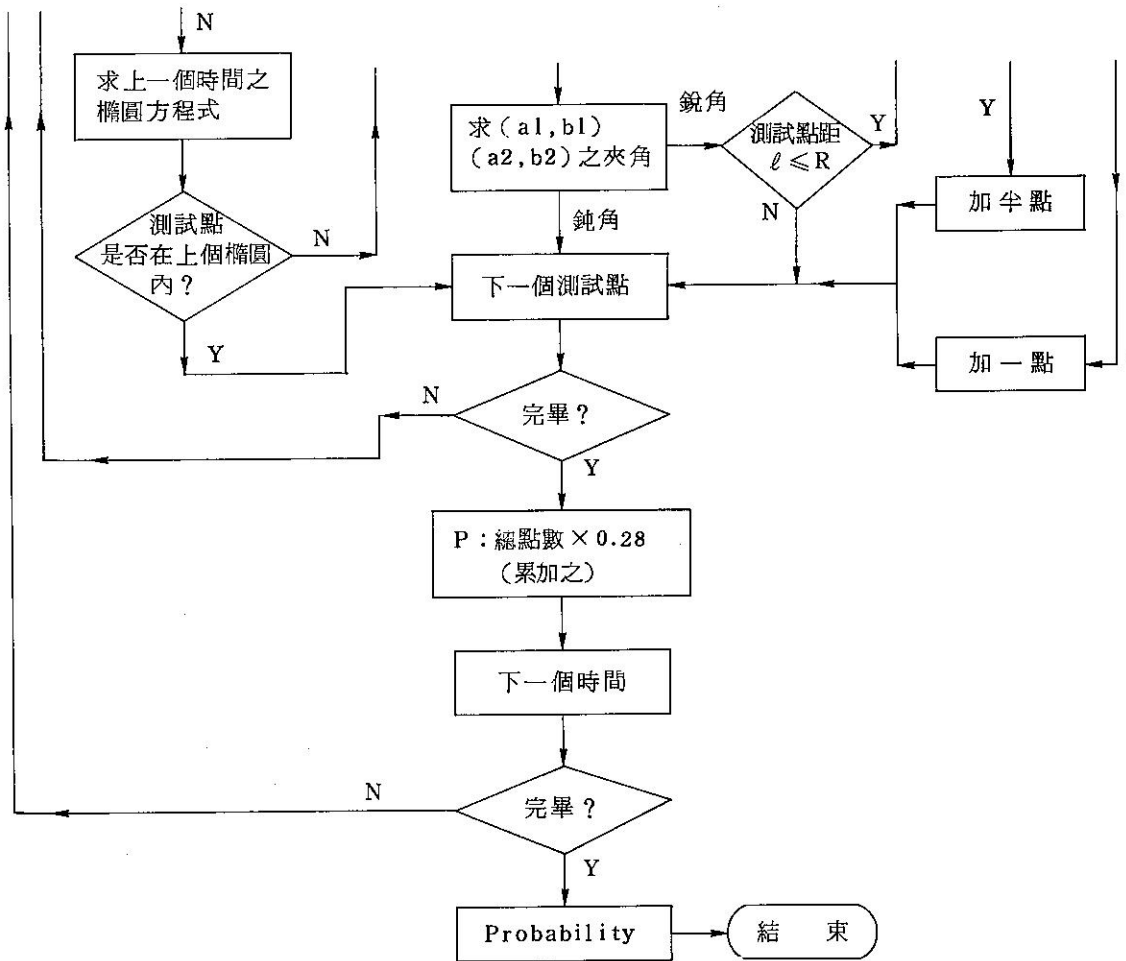
14. 作下一個 Time Step 之預報，重覆步驟9。至欲預測之預報時間的預報工作完成為止。將各 Time Step 之機率增量累加起來，即得颱風侵襲機率。

15. 印出結果。

16. 是否繼續作其他城市之機率預報？若是，則重覆以上步驟；否，則結束程式。

颱風侵襲機率計算流程圖：





六、SUBROUTINE SD

目的：計算所有選出之類似歷史颱風的 Standard Deviation, Mean 及 Correlation

七、SUBROUTINE MAP

目的：將已選好的有興趣的區域，利用 Mercator Projection，得地圖底圖。存入資料檔 MAP.DAT(格式為 Unformatted)。

八、SUBROUTINE READMP

目的：將預存在 MAP.DAT 的地圖底圖資料讀出來，寫到 OFFPLOT.DAT 中(亦為 Unformatted)。

九、SUBROUTINE ELLIPSE

目的：求機率橢圓的長、短軸及旋轉角

引數及變數：P：橢圓的機率值，5%，15%，...，95%

XSD：東西方向(經度)的 Standard Deviation (σ_x)，(Degree)

YSD：南北方向(緯度)的 Standard Deviation (σ_y)，(Degree)

COR：東西及南北方向(經、緯度)的 correlation (γ)

RL：長軸半長(a)

RS：短軸半長(b)

NGL : 橢圓長軸與緯度圈的夾角

k_a : 長軸動差

k_b : 短軸動差

公式 :

由

$$\begin{vmatrix} \sigma_x^2 - k^2 & r\sigma_x\sigma_y \\ r\sigma_x\sigma_y & \sigma_y^2 - k^2 \end{vmatrix} = 0$$

解得 k^2 的二根，即 k_a^2 及 k_b^2

長軸動差 :

$$k_a = \left(\frac{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2) + \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)^2 - 4\sigma_x^2\sigma_y^2(1-r^2)}}{2} \right)^{1/2}$$

短軸動差 :

$$k_b = \left(\frac{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2) - \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)^2 - 4\sigma_x^2\sigma_y^2(1-r^2)}}{2} \right)^{1/2}$$

長軸(2a) :

$$a = \frac{1}{2}k_a[\ln(1-P)^{-2}]^{1/2} = RL$$

短軸(2b) :

$$b = k_b[\ln(1-P)^{-2}]^{1/2} = RS$$

橢圓長軸與緯度圈的夾角(α) :

$$\alpha = \frac{1}{2} \tan^{-1} \left(\frac{2r\sigma_x\sigma_y}{\sigma_x^2 - \sigma_y^2} \right) = ANGL$$

十、SUBROUTINE ELLI

目的 : 在地圖上劃機率橢圓

引數及變數 :

(XPN, YPN) : 中心位置之經緯度

RL, RS : 長、短軸半長

II : 第幾個橢圓圈，最內為1，最外為10，II=1, ..., 10

IJ : 每一圈橢圓，每10°取一點，得36點，IJ=1, ..., 36

(POTX(II,IJ), POTY(II,IJ)) : 球面經緯度坐標

(POINTX(II,IJ), POINTY(II,IJ)) : 投影平面坐標

十一、SUBROUTINE AXIE

目的 : 將機率橢圓切割成機率相同的小格子

最內圈每格代表(5/36)%，其餘每格代表(10/36)%

A Research on Typhoon Track Nowcasting System (I)

Cheng-Shang Lee Ying-Quei Chen

Shin-Liang Shieh Yeh-Woo Lin

Dept. of Atmospheric Sciences
National Taiwan University

Central Weather Bureau

Abstract

The final purpose of this project is to develop a typhoon strike probability forecast system for the use over Taiwan area. This report summarizes the results of the first year project. Emphasis of the first year research is on the development of the computation procedures for the typhoon strike probability. The function of this system also includes making typhoon track forecast using some objective methods and displaying the verified forecast errors of these objective methods.

The current analysis scheme uses the HURRAN (HURRICANE ANALOGS) method to select those historical typhoons (1945-1986) whose tracks are similar to the current typhoon. The predicted typhoon track and the accompanied probability ellipses are determined based on the tracks of those chosen historical typhoons. The cumulative typhoon strike probability for a given city in next 24, 48 or 72 hours can be computed. The whole procedure takes only two minutes if run on a 386 PC.

In this report, we describe briefly the concept of typhoon strike probability at first. We then discuss the operation procedure of this software package. Finally, the predicted results for two typhoons are given and discussed.