

數值模式在颱風路徑預報之應用

顧欣怡 呂國臣 賈新興

中央氣象局預報中心

摘 要

本研究利用中央氣象局所接收國外 4 個作業的全球模式預報資料，針對 2002 年(19-26 號颱風)至 2003 年(1-10 號颱風)期間 18 個颱風個案，分析比對各數值模式的預報誤差，並將各模式預報路徑利用非選擇性平均（各模式等時間預報位置之算數平均）及選擇性平均（72 小時位置預測與非選擇性平均位置相差 400 公里以內模式之算數平均）整合模式資料，評估此 4 個模式之颱風路徑系集預報結果應用於實際颱風預報作業的適用性。此外，由於模式資料運算及傳輸較費時，在實際颱風作業使用此非即時數值模式資料，仍須評估資料延遲對預報作業的影響。本研究利用向量平移的方法，以颱風實際位置與模式對等時間預報位置間差異之向量，平移模式對等時間後各預測時間渦旋路徑位置，藉此評估其在預報作業上誤差特徵。

相較氣象局預報誤差的均勻比較顯示，非選擇性平均及選擇性平均差異不大且皆優於個別的模式約 18% 至 38% 之間。利用定位差異向量平移方法處理資料接收延遲 6、12、18、24 小時後之結果顯示，相較於氣象局的預報 48 小時內的預報誤差有明顯改進，其中 24 小時之預報誤差以延遲 6 小時改進率 26% 最佳（選擇性平均），延遲時間越久預報誤差值越大。就目前現有資料而言，此方法在實際作業上對 24 小時颱風路徑預報準確度應有助益，可是對於 72 小時的路徑預報則尚待改進。

一、前言

目前利用複雜模式應用在颱風路徑預報的系集預報方法大致可分兩種，較典型的一種是利用同一個模式在初始資料上調整各類敏感參數，並就各類預報結果的分散程度，研判颱風路徑（Zhang and Krishnamurti 1997）。另一種取自同一預報時間之不同作業中心提供之預報模式，比較並整合各類模式颱風路徑預報（Goerss 2000）。前者較屬於數值預報作業中心單一模式發展的產品，後者則較屬於預報作業單位對不同資料源的整合應用。本研究主要針對後者，探討中央氣象局現有接收的國外複雜模式應用在颱風路徑預報作業上的可行性策略。

在實際的預報作業上，預報人員已經大量參考來自不同來源天氣預報模式的校驗和比對，綜合研判大氣的變化。在颱風路徑預報方面，Aberson (2001)列舉了 1976 至 2000 年大西洋部分颶風路徑的各類預報指引指出，早期在 70 和 80 年代颱風路徑預報主要是參考颱風路徑的統計預報模式，或者是統計加上綜觀環境預報的模式，90 年代後複雜動力模式明顯改進，更逐漸的提升路徑預報的能力。較知名的模式或作業單位數值模式的預報能力皆有明顯的進步，例如 GFDL（Geophysical fluid Dynamics Laboratory）、AVN（NCEP Global model）、NOGAPS（Navy Global Atmospheric

Prediction System）、ECMWF（European Center Medium Range Forecast）、JMA（Japan Meteorology Agency Global Model）和 UK-MET（United Kingdom Meteorology Global Model）等。

Goerss(2000)使用三個全球模式及二個區域模式預報路徑以非選擇性平均的（Non-Selective Consensus, NCON）方法所得到的年路徑預報誤差較任單一模式的年預報誤差為小，其中約有 70% 個案是所有路徑預報中最佳或次佳的。Elsberry and Carr(2000)證實剔除 72 小時路徑預報分歧度最大模式後再取平均之選擇性平均法（Selective Consensus, SCON）較 NCON 對颱風路徑預報有更進一步的改善。可是作者表示，實際作業仍無法預估最佳的 SCON 組合。Carr et. al. (2001)利用複雜方法以預報實驗方式檢定測試可能導致預報誤差較大的個案執行 SCON，結果顯示，利用較複雜的方法產生的 SCON 可以改善 NCON 約 10%。美國海軍聯合氣象中心（Joint Tropical cyclone Warning Center, JTWC）自 2000 年已在颱風預報作業加入 NCON 及 SCON 兩種產品作為重要參考，並因此大幅提昇預報準確度。

本研究收集現有中央氣象局接收的國外知名數值模式資料，評估現有的資料應用在颱風路徑預報作業的適用性。其中分析 2002 年 19-26 號颱風及 2003 年 1-10 號颱風共 18 個颱風

風個案。本文第二段將描述使用的資料來源和分析方法的說明，第三段討論各類颱風路徑預報指引的誤差及 NCON/SCON 特徵，第四段說明在實際颱風預報作業的應用，利用對等時間向量平移後，可以提供預報作業參考的資料特性，最後為總結說明。

二、資料來源與分析方法

(一)、資料來源和特性

中央氣象局全球模式(Global Forecast System, GFS) 今年五月起增加植入颱風渦旋的功能，且第二代區域模式(Non-hydrostatic Forecast System)和颱風路徑模式皆使用其預報邊界，相關資料仍待收集，故暫不將其納入本研究之分析。而僅針對氣象局現有接收 4 種國際上知名的數值模式，包括歐洲氣象中心(簡稱 ECMWF)、美國(簡稱 NCEP)、日本(簡稱 JMA)、英國(簡稱 UKM) 等全球預報模式之格點資料進行分析。由於資料傳輸的限制，資料的時間和空間的解析度與原模式解析度並非相同。表一顯示氣象局接收各模式的資料格式特性，ECMWF 格點解析度為 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ，而且僅有 12 UTC 的預報，JMA、NCEP 及 UKM 則為 $1.25^{\circ} \times 1.25^{\circ}$ 。其中 JMA 全球模式在 2003 年 4 月以前部分資料只有 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 的解析度。預報有效時間 NCEP 和 UKM 僅僅達 72 小時，ECMWF 和 JMA 預報時間超過 96 小時以上。另外，氣象局接受到各類數值模式的時間有所差異，通常與模式初始時間的延遲，NCEP 和 UKM 約 6 小時，JMA 在 6 至 12 小時，而 ECMWF 則要經過 12 小時後本局才能接收到該模式預報場資料。另外，實際颱風路徑資料取自氣象局作業定位資料，距離誤差計算皆已考慮地球曲率。

表一、CWB現有國外數值模式之水平解析度、預報時間、產品時距及延遲時間表

	ECMWF	JMA	NCEP	UKM
水平解析度	$2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$	$1.25^{\circ} \times 1.25^{\circ}$ ($2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$)	$1.25^{\circ} \times 1.25^{\circ}$	$1.25^{\circ} \times 1.25^{\circ}$
預報時間	12UTC	00/12UTC	00/12UTC	00/12UTC
產品時距(TAU)	24hr	6hr (24hr)	6 或 12hr	12hr
延遲時間	12hr	12hr	6hr	6hr

(延遲時間：模式初始時間與 CWB 接收到模式時間之時差)

由於資料收集和處理關係，本研究個案為 2002 年 19-26 號颱風至 2003 年 1-10 號颱風共 18 個颱風。此外，氣象局接收國外作業數值

模式資料時，偶有缺資料的情況，所以部分資料無法完全等時間比對。

(二)、分析方法

1、模式渦旋中心定位

由於模式資料水平解析度約在 125 公里至 250 公里，相對於一個颱風的尺度，要去定位模式中精確的渦旋位置，顯然有些困難。本研究採用 bi-cubic splint 內插法(賈，2002)，將模式內插為 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ 的水平解析度，再去尋找 850hPa 最大渦度值和海平面最低氣壓值所在的格點位置，作為渦旋中心。可是並不是所有渦旋結構都可以得到較優定位中心。尤其因為颱風的強弱、結構、初生期或與中緯度系統合併期、進入高垂直風切或冷水區域時及模式的初始誤差、對綜觀環境場掌握能力、是否正確呈現颱風結構等等而有其限制性。本研究針對校驗個案誤差分析發現，誤差較大的情況除了颱風到中緯度後預報本身不容易外，另外也發現當颱風結構不完整，以參考點來找模式的相對渦度最大中心時，可能無法正確的找到颱風中心(Heming 1994)。而當颱風太弱時地面氣壓場也可能沒有封閉，亦無法找到正確的颱風中心。另外，小颱風在資料水平網格間距太大的模式當中亦不容易獲得較佳的定位資料。

2、非選擇性與選擇性平均的條件

賈(2002)分析部分 2001 和 2002 年 ECMWF、NCEP 和 JMA 颱風路徑預報的非選擇平均預報(NCON)結果顯示，24/48/72 小時的誤差分別為 144/238/345 公里較優於個別模式誤差。本研究嘗試運用 NCON 及 SCON 方法，比較現有的 4 個模式當中選擇性平均(SCON)的誤差特性有否優於 NCON 的平均。有關 SCON 的選擇標準則是，各模式中渦旋位置與對等時間之 NCON 的 72 小時路徑位置相差 400 公里以內則為選擇對象，與目前 JTWC 其 SCON 去除 72 小時預報誤差大於 417 公里的模式類似。

3 時間延遲的處理

以實際預報作業而言，預報人員接收到模式資料與模式初始時間大約相差 6 至 24 小時，所以需要適當處理資料延遲對預報影響的評估。本研究利用模式預測之颱風運動向量平移的方法，將個別數值模式預測路徑分別以 6、12、18 及 24 小時資料延遲的時段，針對對等時間颱風實際位置與模式預測位置差異之向量(定位差異向量)，平移各模式對等時間後各預測時間的路徑位置。再依照上述計算 NCON 和 SCON 的資料處理過程，得到 NCON06、SCON06、NCON12、SCON12、NCON18、SCON18、NCON24、SCON24 等八組平移過的預報場(例如 NCON12 是將各

模式 12 小時預報點平移到對等時刻作業定位點上，計算此兩點間定位差異向量並以此向量修正對等時刻後模式預報路徑再取算數平均，SCON12 則是以 NCON12 中各修正過之模式預報為基準的選擇性平均，藉以此方法探討現有資料應用於颱風路徑預報的可用性。

三、數值模式渦旋位置誤差特性

首先為比較各模式初始時間的渦旋位置誤差，利用 850hPa 渦度場與海平面氣壓分別計算其初始渦旋位置與實際颱風位置距離之平均差異情形（表二），資料顯示 ECMWF 在以上兩種方法初始定位皆有較大的位置誤差，雖然利用海平面氣壓場定位的位置較優於 850hPa 渦度場，卻仍有 129 公里的誤差。其他三模式的定位誤差皆在 40 至 70 公里之間，其中以 JMA 850hPa 的 42 公里較優於其他的定位誤差。此現象反應出沒有植入颱風渦旋位置的 ECMWF 模式在渦旋定位上出現較大的誤差現象。此外，與模式水平網格間距大小有關（初始定位誤差量級平均約為網格解析度的二分之一左右）。

分析顯示，海平面氣壓計算各模式的初始定位誤差差異度（JMA、NCEP 和 UKM 分別為 51、55、56 公里）較少於 850hPa 渦度場，故本文以下之颱風渦旋定位以最低海平面氣壓之定位為主。表二中顯示之個案數目以 ECMWF 海平面氣壓的定位較少（77 個），而 NCEP 和 UKM 較多（170 以上），主要因為 ECMWF 一天只有 12UTC 的資料，其他模式另多了 00UTC。850 hPa 渦度場的個案數有多於海平面氣壓的現象，可能反應出強度較弱的渦旋，用海平面氣壓較不易定出渦旋的位置。

表二、2002 年 9 月到 2003 年 8 月 10 日颱風個案期間數值模式初始場誤差之比較表（非均勻比較）

	ECMWF	JMA	NCEP	UKM
海平面氣壓	129(77)	51(131)	55(171)	56(171)
850hpa 渦度	148(86)	42(131)	70(177)	42(172)

（單位：公里，括號內為個案數）

表三、2002 年 9 月到 2003 年 8 月 10 日數值模式颱風路徑 NCON/SCON 預報誤差比較表（非均勻比較）

	ECMWF	JMA	NCEP	UKM	NCON	SCON
24HR	179(64)	140(101)	149(137)	150(138)	129(145)	124(129)
48HR	294(50)	224(79)	217(103)	265(104)	209(110)	216(104)
72HR	468(39)	326(54)	410(77)	421(73)	344(80)	374(78)

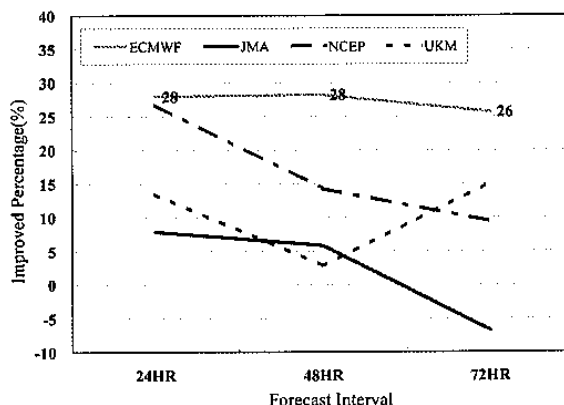
（單位：公里，括號內為個案數）

（一）、各模式預報誤差比較

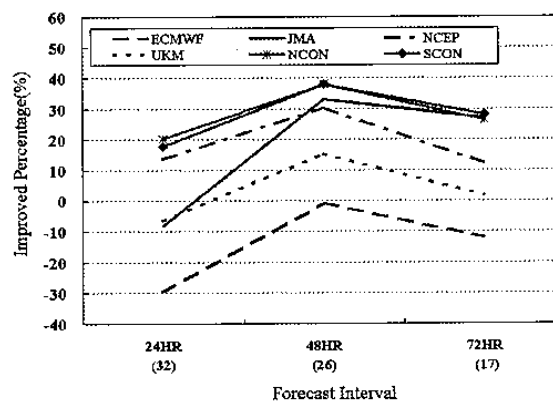
比較各模式的預報誤差顯示（表三），2002 年 19-26 號颱風及 2003 年 1-10 號颱風共 18 個颱風個案當中，24 小時的預報誤差以 JMA 140 公里最小，ECMWF 179 公里最大。48 小時誤差則以 NCEP 217 公里較小，ECMWF 294 公里最大，72 小時 JMA 326 公里最小，ECMWF 468 公里仍為最大誤差模式。整體而言，ECMWF 有較大預報誤差。其中亦顯示 JMA、NCEP 和 UKM 三者 24 小時的預報誤差皆在 140 至 150 公里之間。惟 72 小時 JMA 預報遠較優於其他模式。

（二）、NCON 與 SCON 的比較

在非選擇平均方面（NCON）24/48/72 小時預報誤差（表三）分別為 129/209/344 公里，SCON 則為 124/216/374 公里，其中 24 小時的預報誤差有些微改善，可是 48 和 72 小時則反而有誤差增加的現象。換言之，在單純考量模式預報誤差特性時，72 小時颱風預測位置偏離度大的模式，仍有其參考性。



圖一 2002 年 9 月到 2003 年 8 月 10 日颱風各數值模式(X)與 NCON 誤差非均勻比較圖，圖中縱座標百分比率計算方式為 $(X - NCON)/X$ ，數字為 NCON 針對誤差最大的 EZ 模式預報改善率。



圖二 2002 年 9 月到 2003 年 8 月 10 日各數值模式及 NCON/SCON(X)與 CWB 官方預報誤差均勻比較圖，圖中縱座標百分比率計算方式為 $(CWB - X)/CWB$ ，橫座標括弧內為個案數。

單就考量 NCON 與各模式的改善率（(模式誤差 - NCON 誤差)/模式誤差）顯示（圖一），除 JMA 72 小時的預報外，NCON 皆較優於各模式個別的預測，而且改善率除 UKM 外，有隨預報時間遞減的現象。

(三)、對等時間均勻比較

為考量各模式相同時間預報之公平性，本文亦比較在相同時間 4 個模式和 NCON 及 SCON 之均勻比較，其中由於部分模式偶有缺資料的情形，所以，均勻性比較的個案較少，24/48/72 小時的個案數僅 32/26/17 個。另目前尚未整理 CLIPER 資料，本文僅以氣象局颱風路徑預報（CWB）作為比對的對象。其中百分比計算方法為(CWB 誤差 - 各數值模式誤差)/CWB 誤差。

相較於氣象局預報誤差的均勻比較結果顯示（圖二）各模式中 ECMWF 的改善率最差，其次為 UKM 及 NCEP，而 JMA 在 48 及 72 小時皆有最佳的改善率。而 NCON 及 SCON 兩者差異不大且皆優於個別的模式，其改善率約 18% 至 38% 之間。

四、現行作業的應用

由以上對等時間均勻比較結果顯示，NCON 和 SCON 相較於個別的數值模式皆有較優的預報值，甚至與 CWB 的路徑預報相比較亦有改善的現象。可是，模式資料需要較長的電腦運算和資料傳輸，預報人員實際作業時，預測未來 24 小時的預測位置，僅能參考 NCON 或 SCON 預測的第 36 小時（如果 NCON 需要 12 小時才能產生），甚至第 48 小時的預測位置。以 NCON 的 48 小時預報誤差為 209 公里而言（表三），預報作業流程中如果在模式初始時間 24 小時後才接收到其資料，似乎已沒有太大的參考價值（近五年 CWB 颱風位置 24 小時預報誤差為 158 公里）。

解決因為數值模式參考資料延遲問題的方案可由：一）、提升資料收集的時效性，並增加模式預報的頻率，以解決目前數值模式預報是每天兩次的預報頻率（美國 NCEP 每天提供八次模式預報支援大西洋颶風預報作業）。二）、利用對等時間路徑平移的方法，降低模式初始時間颱風定位誤差或短時段內預報誤差造成的影響，提升颱風路徑預測的準確度。可是前者需要大量電腦資源，且國際知名的數值模式並不可能同步的增加預報頻率，此方法在現行作業環境中可行性不大。本研究將採用第二個方法，以定位差異向量平移各模式預測點的位置，再將平移後各模式的預測位置做非選擇性或選擇性平均。結果如以下說明。

(一)、非均勻樣本比對

各模式資料在與初始時間延遲 6/12/18/24 小時將資料依據其定位差異向量平移預測位置後取平均的 24/48/72 小時預測位置（Y）誤差情形（表四），其中百分比計算方式為(CWB 誤差 - Y 誤差)/CWB 誤差。

以選擇性平均而言，24/48/72 小時的預測位置平均誤差比較顯示，由延遲 6 小時（SCON06）至延遲 24 小時（SCON24），其 24 小時預報誤差由 103 公里增加為 132 公里，48 小時及 72 小時預報誤差分別由 202 公里增加為 297 公里及 399 公里增加為 565 公里，隨延遲時間的增加，其誤差有增加的現象。

相對於氣象局路徑預報的改善率，在模式延遲 24 小時內對 24 小時的路徑預報皆為正值，以延遲 6 至 24 小時差異平均而言，大約每六小時預報誤差增加 6%。而對於 48 小時的路徑預報，延遲 12 小時以內，改善率仍大於 0，可是延遲 18 小時以上，改善率降為負值。對於 72 小時的預報所有的延遲皆為負值。就個別延遲時間的改善率變化而言，延遲 12 小時和延遲 18 小時的改善率差異並不大，反而在兩者與其前後之延遲時間（6 及 24 小時）的改善率的差異性較大。此現象可能與目前預報模式資料產品的頻率與資料時間間距有關（表一）。

相較於非選擇性平均而言，整體而言，其預報誤差大於選擇性平均的結果，尤其以 24 小時預報誤差最為明顯。且其誤差值大致也隨時間增加而增大。

表四、2002 年 9 月到 2003 年 8 月 10 日氣象局預報誤差 (CWB)與對等時間定位差異向量平移之數值模式颱風路徑預報誤差 (Y:非選擇平均與選擇平均)比較表,作業應用之改善率計算方式為(Y - CWB)/CWB (非均勻比較)

	24HR (km)	改善率 (%)	48HR (km)	改善率 (%)	72HR (km)	改善率 (%)
CWB	140		239		359	
NCON06	132	6	209	13	404	-13
NCON12	146	-4	229	4	455	-27
NCON18	138	1	235	2	441	-23
NCON24	153	-9	284	-19	565	-57
SCON06	103	26	202	15	399	-11
SCON12	115	18	228	5	427	-19
SCON18	116	17	248	-4	438	-22
SCON24	132	6	297	-24	565	-57

由 SCON12 與氣象局預報比較顯示，24 和 48 小時 SCON12 較優於氣象局約 18%和 5%，而 72 小時反而是氣象局較優於 SCON12 有 19%之多。此結果顯示，利用定位差異向量方法平移預測路徑可以有效改進 24 小時內的預報，可是對於 48 小時的預測則改進有限，而對 72 小時則參考性不大。其中 72 小時預報

誤差偏大的原因可能與有效的可平均樣本有關（目前僅有 ECMWF 和 JMA 兩個模式有 96 小時預測位置），或者是數值模式當中對於颱風結構的預測通常較弱，在颱風生命期的末期可能影響颱風定位的準確度。

（二）、均勻樣本的比對

為更客觀比對各類組合方法預報誤差的特性，本研究嘗試利用時間相一致的均勻樣本比對，並以模式資料延遲 24 小時時間比對個別颱風氣象局預測誤差（CWB）、模式預測平均位置誤差（NCON/SCON）和經過定位差異向量平移後的預測平均位置誤差（NCON24/SCON24）情形（表五）。其中 NCON/SCON 均勻比較的時間是以實際作業收到模式資料時間為主，即假設實業作業在模式初始時間後 24 小時收到資料，僅能以各模式 48 小時的非選擇性平均（NCON）及選擇性平均（SCON）為作業時 24 小時路徑預測位置的參考。並將此延遲 24 小時之各模式原 48 小時預測位置以定位差異向量平移後計算非選擇性平均（NCON24）及選擇性平均（SCON24）誤差，表五中 24 小時即是上述 NCON/SCON 及 NCON24/SCON24 誤差與 CWB 24 小時誤差作均勻比較，48 及 72 小時誤差值與 24 小時定義相同。由平均值比較顯示，CWB/NCON24/SCON24 之 24 小時預報誤差分別為 125/120/123 公里，其間差異度不大。而 NCON 和 SCON 誤差為 211 和 225 公里，遠大於前者約 80%，而且在 48 及 72 小時仍然類似。顯示直接使用模式預報的渦旋定位將造成較大的預報誤差，若使用模式的路徑預報的向量，將可改善預報誤差。而 NCON24 與 SCON24 在 24/48/72 小時的預報誤差並沒有明顯差異，兩者在 48 小時的誤差優於 CWB 17%，而 72 小時的預測則略差於 CWB 7%。

在 24 小時預報誤差的 56 個有效個案當中，NCON 優於 CWB 約有 53%，48 和 72 小時則分別為 62% 和 38%（表未示）。此結果顯示，即使模式資料延遲了 24 小時，利用模式 NCON24/SCON24 預測 48 小時，仍有一半以上的參考價值。

表五、2002 年 9 月到 2003 年 8 月 10 日間颱風個案 CWB、NCON/SCON、NCON24/SCON24 預報誤差比較表(均勻比較)

	CWB	NCON	SCON	NCON24	SCON24	個案數
24HR	125	211	225	120	123	56
48HR	229	301	322	191	189	37
72HR	311	486	489	334	334	13

五、結論

利用氣象局現有接收 ECMWF、NCEP、JMA、UKM 的全球預報模式的預報資料，發展颱風路徑預報 NCON/SCON 的技術，綜合 2002 年 9 月至 2003 年 8 月 10 日颱風個案的非均勻比較結果顯示，NCON 的 24、48 和 72 小時的誤差皆比其他個別模式的預報誤差來的小，NCON 平均誤差分別為 129/209/344 公里，而最佳模式預報誤差分別為 140/217/326 公里，預報改善率為 8%、4%、-5%，但針對預報誤差最大的 ECMWF 模式的 24/48/72 小時的預報改善率則可達 28%、28%、26%。相較於氣象局預報誤差的均勻比較結果顯示各模式中 ECMWF 的改善率最差，其次為 UKM 及 NCEP，而 JMA 在 48 及 72 小時皆有最佳的改善率。NCON 及 SCON 兩者差異不大且皆優於個別的模式，其改善率約 18% 至 38% 之間。顯示 NCON 方法對本局颱風預報作業實有助益。

在實際作業上，因為模式資料接收有時間上的延遲，藉由定位差異向量平移方法應用於 6、12、18、24 小時資料延遲後之分析結果顯示，相對於氣象局路徑預報的改善率，在模式延遲 24 小時內對 24 小時的路徑預報皆為正值，以延遲 6 至 24 小時差異平均而言，大約每六小時預報誤差增加 6%。其間選擇性平均略優於非選擇平均。以資料延遲 12 小時之選擇性平均與氣象局誤差比較，前者 24 小時預報誤差優於後者 18%，可是 72 小時反而落後 19%。此現象顯示，就目前現有資料而言，此方法對作業單位的短時颱風路徑預報準確度有相當提升的空間。另外，對於較長時間（如 72 小時）之預測方法仍有相當的改進空間。

就均勻樣本的分析顯示，雖樣本分析的個案數仍顯不足，類此評估仍須較多的個案累積，方較具統計特性。可是，初步結果顯示，在時間延遲 24 小時模式資料的整合應用仍有其參考價值，如上述結論，在時間延遲僅 12 小時之結果將可提升 12% 以上的準確度，如此將更具應用價值。

利用各作業模式提供的系集預報指引需要較多的樣本數方能較具代表性，本研究在資料收集仍以氣象局作業時接收的資料為主，且資料時間僅約一年，在統計意義上仍有其缺陷，未來仍有許多方面值得進一步改善。首先在資料方面，一方面逐步納入氣象局全球預報模式、區域預報模式和颱風預報模式 96 小時以內的預測資料，以解決目前 72 小時預報樣本數不足的問題。另一方面將開發和收集其他預報模式資料源（如 NOGAPS、GFDL 等）以改進預報的準確度。

另外在資料整合技術方面，如何進一步改進 SCON 正確剔除預報不佳模式，以更進一步改善預報準確度以供預報員颱風作業時參考（Carr and Elsberry, 2001），也是未來改進的方

向。最近(Vijaya and Krishnamurti ,2003)以 Superensemble方法應用於颱風路徑預報獲得較佳的預報結果，也是值得未來改進的方向。

致謝

本研究在中央氣象局『氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展計畫』之颱風分析與預報整合系統 (Typhoon Analysis and Forecast Integration System, TAFIS) 子計畫支援下完成。

參考文獻

- 賈新興,2002: 颱風路徑系集預報系統。天氣分析與預報研討會論文彙編(91)氣象, p63-66.
- Aberson, S. ,2001:The ensemble of tropical cyclone track forecasting models in the North Atlantic basin (1976-2000) *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 82,1895-1904.
- Carr, L. E. III, R. L. Elsberry, J. E. Peak, 2001: Beta Test of the Systematic Approach Expert System Prototype as a Tropical Cyclone Track Forecasting Aid. *Weather and Forecasting*:Vol.16,No. 3, pp. 355-368.
- Elsberry, R. L. and L. E. Carr III, 2000: Notes and correspondence: Consensus of dynamical tropical cyclone track forecast- Errors versus spread. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 4131-4138.
- Goerss, J., 2000: Tropical cyclone track forecasts using an ensemble of dynamical model. *Mon. Wea. Rev.*, 128, 1187-1193.
- Heming, J. T., 1994: Keeping an eye on the hurricane - Verification of tropical cyclone forecast tracks at the UK Meteorological Office. *NWP Gazette*,1, 3-8.
- Vijaya Kumar, T. S. V., Krishnamurti, T. N., Fiorino, Michael, Nagata, Masashi. 2003: Multimodel Superensemble Forecasting of Tropical Cyclones in the Pacific. *Mon. Wea. Rev.* Vol.131, No. 3, pp. 574-583.
- Zhang,Z. and T. N. Krishnamurti,1997:Ensemble forecasting of hurricane tracks. *Bull. Amer. Meteor.Soc.*,78,2785-2795.