

系集數值模式颱風路徑系集預報系統

賈新興

中央氣象局預報中心

摘要

利用本中心現有接收ECMWF、NCEP、JG的全球預報模式的預報資料，發展颱風系集路徑預報的技術，綜合2001年7至10月和2002年7、8月的颱風個案研究結果顯示，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，兩年平均誤差分別為144、238和345km，路徑系集預報的結果比個別模式的預報來的好。在72小時的路徑誤差，比最佳個別模式的預報誤差有27%的改進，對未來本局發展72小時的颱風路徑預報實有助益。

利用數個不同的數值模式預報資料，發展系集颱風路徑預報，確實比個別模式的颱風路徑預報來的好，未來將朝作業自動化的方向來發展。另外也發現當颱風結構不完整，以參考點來找模式的850-hPa相對渦度最大中心時，可能無法正確的找到颱風中心(Heming 1994)，這些問題也是將來需要改進的。目前正在以本局所有接收的國外預報資料和本局的全球預報資料，以及一個區域模式預報資料和TFS預報資料共6個全球模式預報資料和2個區域模式預報資料，發展系集颱風路徑預報，以期更進一步提高本局颱風路徑預報的準確度，如何進一步結合系集路徑預報，和全球模式預報的環流資料，提供更進一步的預報資訊供預報員參考，也是未來改進的方向。

一前言

颱風是自然界中最具破壞力的天氣系統之一，也是影響台灣最嚴重的災變天氣系統(謝1986)。在民國74年至83年間，因氣象因素所造成之經濟損失，總金額約為1,714億元，平均每年損失約142億元，其中因颱風所造成之災損金額為1,314億元，佔全部之76.6%。而1996年的賀伯颱風、1997年的溫妮與安珀颱風、1998年的瑞伯與芭比絲颱風、1999年和2000年的桃芝、潭美、利奇馬和納莉颱風等侵襲或登陸台灣地區，造成重大災情和經濟損失及人員傷亡(郭等2001)。這些例子正凸顯台灣地區經濟民生對於颱風侵襲與否有高度的敏感度及脆弱性，因此如何加強對颱風之研究、瞭解，以提昇對颱風之預報能力，一直是國內大氣科學研究最重要的努力目標之一，也是本局作業項目中最重要之項目之一。

關於颱風路徑的預報，美國聯合颱風警報中心(Joint Typhoon Warning Center)已將最近六年(1996-2001)24/48/72小時的平均預報誤差減少為約179/315/466km，美國熱帶預報中心(Tropical Prediction Center)也將最近10年(1990-1999)24/48/72小時平均預報誤差減少為157/291/432km。這些預報誤差和預報困難度雖隨不同地區、個案和觀測資料的完整性而不同。但基本上顯示，因為數值預報模式的引用和改

進，對颱風路徑預測能力的改進和較長時間的預報已有初步的成效(葉與謝2001)。

目前系集(Ensemble)預報的技術，已在幾個全球氣象作業中心，應用到實際作業天氣和氣候預報系統中。系集預報的主要想法是，因為觀測的誤差，使得真實大氣的狀態只能被近似地觀測到。因此，藉由多個彼此差異不大的初始場進行重複的預報，在模式預報統計的平均狀態下，期望能減少因為初始場的誤差對模式預報結果的影響，提供另外一種可能天氣形態之預報(Molteni et al. 1996)。Zhang and Krishnamurti(1997)也利用系集預報的想法，以擾動法來作颱風路徑的系集預報。Goerss(2000)利用三個全球模式和兩個區域模式，提出一個容易又經濟的熱帶氣旋系集路徑預報。結果顯示，在70%的個案中，這個方法所提供的系集路徑預報都能達到最準確或第二準確的預報，同時系集路徑預報從不會是最差的預報。系集路徑預報平均24/48/72小時的預報誤差分別為120/194/266km，和個別最好的預報路徑比較，平均24/48/72的預報誤差，系集路徑的誤差約有16%/20%/23%的改進。

Jeffries(2001)指出，當使用4個或4個以上的動力模式發展系集路徑預報時，預報誤差最大可改進約40%。目前JTCW亦利用NOGAPS、GFDL、UK、JG等動力模式，來作系集路徑預報。

本研究即根據Goerss(2000)的想法，發展颱風路徑系集預報技術，以2001年7月到10月和2002年7、8月所有颱風個案，作系集路徑預報的校驗。本文第二段將描述使用的資料和方法，第三段為結果討論，最後為結論。

二 使用資料和方法

本中心現有接收ECMWF、NCEP、JG的全球預報模式的資料，本研究即利用此三種數值模式的預報資料，發展颱風路徑系集預報的技術。此三種模式的相關資料如表一所示，颱風最佳路徑資料則由本局提供，JTWC的颱風預報路徑誤差則由JTWC的網站獲得。本局颱風預報模式(Typhoon Forecast System;TFS)的路徑預報誤差則由本局科技中心陳得松和黃康寧提供。

利用三種全球預報模式的850-hPa的預報風場，計算相對渦度場。如表一所示，因為三種全球模式的水平解析度均相當的小，故本研究採用三次樣條(bi-cubic splint)內插法，將模式內插為0.25x0.25的水平解析度。模式颱風中心位置的決定則根據CWB的最佳颱風路徑資料為參考點，尋找參考點附近850hPa的最大渦度場，並判斷是否為相對最大值，系集平均初步以算術平均來計算。

三 結果討論

圖1為2001年7至10月ECMWF、NCEP、JG、和系集颱風路徑的非均勻比較，同時繪出2001年JTWC的全年颱風預報路徑誤差和TFS的路徑預報誤差，表二則為相對應的資料和預報個案的次數。對每個預報模式而言，颱風路徑預報誤差是由所有初始預報(122)的個案(TFS除外)，分別計算24、48和72小時的路徑預報誤差。如圖1所示，系集颱風路徑預報的結果在24/48/72小時的誤差皆比其他個別模式的預報誤差來的小，24/48/72的誤差分別為156/268/374km。TFS的24小時路徑預報誤差則介於3個模式之間為173km，而系集颱風路徑預報的結果比個別模式的預報來的好，系集颱風路徑預報和個別最佳模式24、48和72小時預報誤差約有6%、13%和26%的改進程度。以2001年7至10月所做的分析也顯示，發展的系集颱風路徑預報的誤差水準雖比JTWC的全年颱風路徑預報的誤差略大一些(JTWC的2001年全年24/48/72小時颱風預報路徑誤差，則分別為135/226/333km)，但亦顯示本方法確實對颱風路徑預報上有明顯的幫助和未來改進的空間。

2002年7至8月ECMWF、NCEP、JG和系集颱風路徑的非均勻比較，同時繪出2002年JTWC從1月至9月8日的預報路徑誤差資料(圖2)，相對應的資料和預報個案的次數則示於表三。系集颱風路

徑預報的結果在24/48/72小時的誤差皆比其他個別模式的預報誤差來的小，系集颱風路徑預報24/48/72的誤差分別為133/208/316km，且比2001年7至10月的系集颱風路徑預報24/48/72的誤差有些微的改善，這個誤差的範圍也和JTWC的誤差水準接近(JTWC的2002年1月至9月8日24/48/72小時颱風預報路徑誤差，則分別為121/208/276km)。24/48的系集颱風路徑預報誤差和JTWC的誤差相近，但72小時的系集颱風路徑預報誤差則比JTWC的預報誤差多了40km。綜合本研究的颱風個案，結果和Goerss(2000)的結果類似，在採用各個數值模式的路徑預報來做路徑系集預報時，在72小時的路徑誤差，比最佳個別模式的預報誤差有27%的改進，對未來本局發展72小時的颱風路徑預報實有助益。

四 結論

利用本中心現有接收ECMWF、NCEP、JG的全球預報模式的預報資料，發展颱風系集路徑預報的技術，綜合2001年7至10月和2002年7、8月的颱風個案研究結果顯示，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，兩年平均誤差分別為144、238和345km，路徑系集預報的結果比個別模式的預報來的好。在72小時的路徑誤差，比最佳個別模式的預報誤差有27%的改進，對未來本局發展72小時的颱風路徑預報實有助益。

利用數個不同的數值模式預報資料，發展系集颱風路徑預報，確實比個別模式的颱風路徑預報來的好，且可作為未來72小時颱風路徑預報的參考，未來將朝作業自動化的方向來發展。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)，這些問題也是將來需要改進的。以上研究主要是以ECMWF、NCEP、JG的全球預報模式為主，目前正在增加本局所接收的國外預報資料和本局的全球預報資料，以及一個區域模式預報資料和本局TFS預報資料，TFS詳細的說明可參考(陳等2001;Huang2000)，共6個全球模式預報資料和2個區域模式預報資料(如表四所示)，發展系集颱風路徑預報誤，以期更進一步提高本局颱風路徑預報的準確度如何進一步結合系集路徑預報，和全球模式預報的環流資料，提供更進一步的預報資訊供預報員參考(Elsberry and Carr,2000)，也是未來改進的方向。

致謝

本研究得以順利完成，本局科技中心陳得松與黃康寧所提供颱風定位和誤差分析相關程式和TFS颱風路徑預報誤差資料及討論，特此致謝。

參考文獻

陳得松、葉天降、黃康寧與彭順台，2001：中央氣象局颱風路徑預報模式之預報檢討及近況。天氣分析與預報研討會論文彙編(90)氣象，103-110。

郭鴻基、吳俊傑與李清勝，2001：天搖地動-颱風研究的挑戰。科學發展月刊，29，859-866。

葉天降與謝信良，2001：中央氣象局颱風數值與統計預報之發展近況，兩岸颱風研討會。

謝信良，1986：台灣地區氣象災害之探討，大氣科學，13，89-108。

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.

Huang, K.-N., T.-C. Yeh, D.-S. Chen, and M. S. Peng, 2000: Performance of the typhoon forecast system of the Central Weather Bureau in Taiwan. *24th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology*. 386-387.

Jeffries, R. A., 2001: Improved tropical cyclone track and intensity forecasting. OAS, visiting scientist program, FY01 report, Office of Naval Research International Field Office.

Molteni, F., r. Buizza, T. N. Palmer, and T. Petroliaigis, 1996: The ECMWF ensemble prediction system: Methodology and validation. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 122, 73-119.

Zhang, Z. and T. N. Krishnamurti, 1997: Ensemble forecasting of hurricane tracks. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78, 2785-2795.

表一、JG、NCEP和 EP三種預報模式的水平解析度和範圍

	JG	NCEP	EP
水平解析	2.5x2.5	5x5	2.5x2.5
範圍	Global	Global	90-180E;45S-45N

表二、2001年7月至10月各種颱風路徑預報誤差(單位：公里)的非均勻比較，括號內為個案數

Dist. Err.	ENS.	JG	NCEP	EP	JTWC	TFS
24HR(62)	156	165	198	243	135	173(153)
48HR(47)	268	302	304	312	226	336(121)
72HR(34)	374	473	404	512	333	526(93)

表三、2002年7月至8月各種颱風路徑預報誤差(單位：公里)的非均勻比較，括號內為個案數

Dist. Err.	ENS.	JG	NCEP	EP	JTWC	TFS
24HR(62)	133	159	178	168	121	145(136)
48HR(47)	208	263	257	220	208	287(114)
72HR(34)	316	344	434	346	276	446(94)

表四、未來發展系集颱風路徑預報所使用的各種預報模式的水平解析度和範圍

	GL	JG	JB	NCEP	EZ	JK	TFS	NFS
水平解析	1x1	2.5x2.5	1.25x1.25	1.25x1.25	2.5x2.5	1.25x1.25	45km	45km
範圍	Global	Global	Global	Global	Global	Global	Regional	Regional

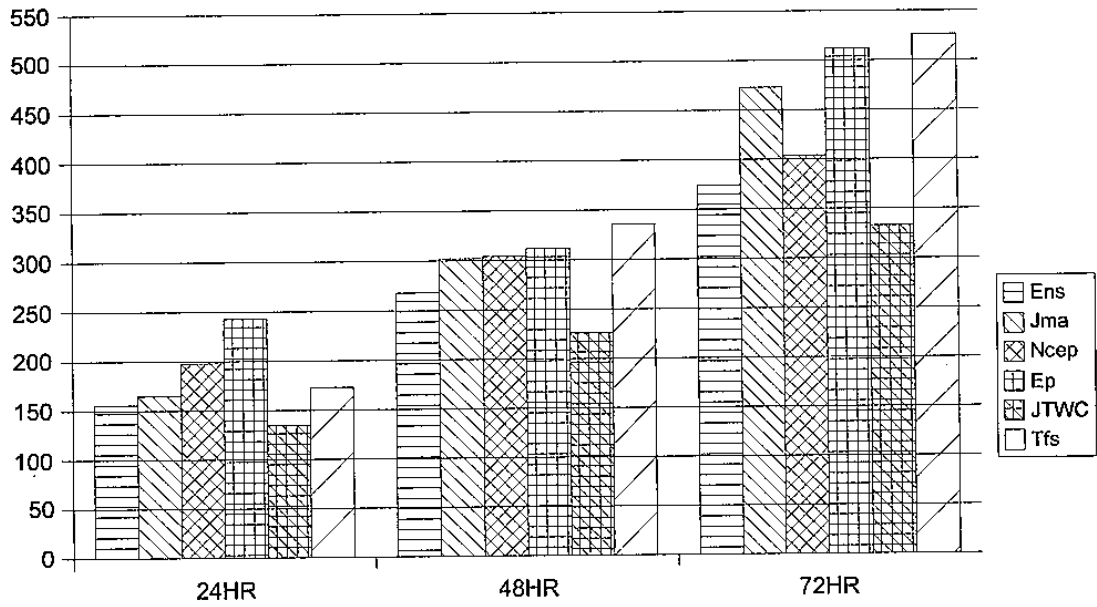


圖 1：2001 年 7 至 10 月各種颱風路徑預報誤差分析(單位:公里)的非均勻比較。

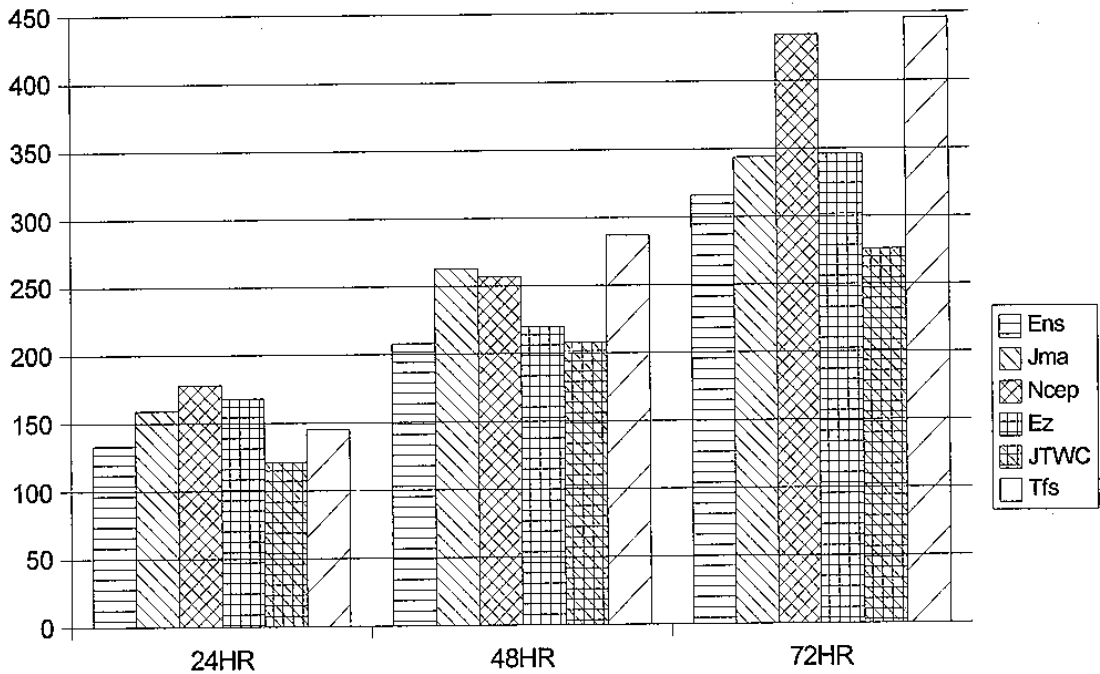


圖 2：2002 年 7 至 8 月各種颱風路徑預報誤差分析(單位:公里)的非均勻比較。