

颱風路徑數值預報模式初始場處理： 兩種方法對模式預測誤差之比較

葉天降¹ 陳得松¹ 黃康寧¹ 彭順台² 謝信良¹

¹中央氣象局

²美國海軍研究院

(中華民國八十八年四月十二日收稿；中華民國八十八年六月三十日定稿)

摘 要

由於觀測資料不夠完整，現今颱風路徑數值預報作業模式仍需引用虛擬處理方式，使模式有比較佳之初始場。本文以 1996 年 10 個颱風中之 52 個案，透過中央氣象局颱風路徑預報模式之模擬，比較兩種颱風初始處理方法對模式路徑預測誤差之影響。而此兩種初始處理方法中，一種是 1996 年中央氣象局當時作業採用之方法，另一種則是所要測試之新方法，此方法包含引用類似於 Kurihara et al.(1993)之渦旋濾波技術、加入由相當正壓所模擬由地球自轉效應造成之非對稱渦旋、以及容許觀測資料透過分析過程再修改所加之渦旋。測試之結果顯示，不同之初始處理方法造成模式路徑預測結果有顯著的差異，引用新的初始處理方法使 51 個 24 小時路徑預測之平均誤差減小 12 公里，而使 47 個 48 小時路徑預測之平均誤差減小 148 公里。進一步之分析顯示，引用新的初始處理方法後，對部份移動速度較持續的颱風，其 24 小時預測誤差有增大的現象。

關鍵詞：颱風路徑預報、模式初始場處理

一、前 言

颱風是許多地區共同的重要天氣系統，其中尤以在西北太平洋地區最為活躍，據 McBride(1995)之資料，西北太平洋地區從 1968 至 1989 年共有 565 個颱風其中心最大風速達到 17m/s 以上，每年平均 25.7 個，約占全球颱風主要分佈八大地區所有個案之 30%。台灣地區，位於西北太平洋西濱，據中央氣象局統計，由 1897 年至 1996 年共經 357 次颱風中心登陸(含部分在台灣近海通過並在陸上造成災情)，平均每年約 3.6 次。事實上，颱風暴風雨半徑可達數百公里，即使中心不登陸也造成部分地區有明顯的風雨，因此每年遭受颱風影響之次數遠超過中心登陸之次數。

颱風來襲，往往挾帶暴風雨，除影響日常工作外，也常造成經濟之損害或生命之傷亡。以極端之個案為例，1996 年賀伯颱風即造成本省地區高達 350 億元之損失，而後 1997 年溫妮颱風及 1998 年瑞伯颱風也相繼造成多人之死亡。因此，如何增進颱風路徑與風雨預報之準確度，以及如何防範與減少災害是當前防颱防災最重要的課題。

目前台灣地區颱風作業路徑預報之長期平均，24 小時預報誤差約為 180 公里(李 1988; 葉等 1998)，和統計方法之預報能力相當。48 小時預報誤差約為此之二倍，此誤差值之大小約和台灣南北距離之尺度相似，更較台灣東西兩側之距離為大，加上台灣中部為高聳之山脈，颱風相對於山脈位置之不同對風雨在各地之分布產生明顯之差異(王 1980)，因此要在事前準確預報颱風之風雨，首在於改進颱風之路徑預報能力。

由統計方法預測颱風移動路徑已不容易有大幅度改進，目前主要寄望於動力模式預報能力之提升，如美國 GFDL 颱風模式(Kurihara et al. 1995)與美國海軍 NOGAPS 模式(Goerss 1997)近年在預測誤差上都有顯著的改善。國內中央氣象局也於 1989 年首先完成其第一代颱風路徑預報模式(Peng et al. 1993)，而後於 1994 年更新為第二代颱風路徑預報模式(Chen et al. 1995)。在 1995 年與 1996 年颱風季裡，此模式之 24/48 小時預測誤差分別為 203/412 公里與 173/336 公里，其預測準確度並未如預期的好。

颱風大部分之生命期是在海洋中生成與發展，在廣大洋面上，傳統之觀測設備稀少，尤其在 1987 年美國撤除西太平洋颱風飛機觀測之後，西太平洋主要之颱風觀測仰賴衛星，而颱風觀測則有許多的限制，未能完全彌補探空觀測之不足。在此種觀測非常不完整的情況下，一般之颱風路徑預報模式都需要透過虛擬之處理，使模式初始場有比較完整之颱風環流結構和比較正確之位置及移動路徑。Elsberry(1995)曾對當時作業模式之初始處理做綜合之介紹，基本上可將現今模式初始處理之方法分成三大類。第一類為虛擬少數觀測資料，將此資料輸入分析方法，使分析之結果有較佳之颱風結構，如美國 NOGAPS 颱風路徑預報(Goerss and Jeffries 1994)是屬此種方法；第二大類為在分析後，再植入比較完整之虛擬颱風結構，如美國 GFDL 颱風模式(Kurihara et al. 1993)是屬此種方法；第三大類是新近開發中，嘗試用較複雜之四維資料同化技術得到較佳之初始場，如 Peng and Chang(1996)、Liu et al. (1997)及 Zou(1999)都引用不同之四維資料同化過程和引用不同之觀測資料來嘗試改進颱風之初始結構。

前述第一大類方法，通常被引用到全球模

式上，在相對模式解析度較粗之情況下，此方法是一種相當經濟又能改善颱風位置與移動預測之作法。第二大類方法是現今一般作業颱風預報模式所選用之方法，詳細各模式之處理亦有所差異(參見 Elsberry 1995)，Kurihara et al. (1993)之處理方法是在植入虛擬颱風結構前，先用濾波技術濾除由較粗解析度模式分析所得不完整之颱風結構，而植入之虛擬颱風結構則是以簡化之軸對稱二維模式，在相同之大氣結構下所模擬之結果。第三類方法一般需透過更複雜的同化過程，不過這些方法仍然需要在開始時加入虛擬之處理過程，再透過觀測資料逐漸修正。目前這類方法尚未達到作業應用的階段。

中央氣象局颱風路徑預報模式在初始處理上也採用上述第二類方法，不過在植入虛擬颱風結構時，並未如 Kurihara et al. (1993)完整，本文主要報導我們參考其他模式之處理方法後研擬新的初始處理，並測試在相同預報模式下不同初始處理所造成之路徑預測差異，結果顯示新的初始處理使模式預測路徑誤差有顯著改善，第二章將對此新的初始處理方法做較詳細之介紹，第三章將討論此新的初始處理方法對測試個案路徑預測改善之情形，第四章為結論。

二、模式初始處理

(一)模式與原處理方法

Peng et al. (1993)曾對中央氣象局第一代颱風路徑預報模式做比較詳細的說明，中央氣象局第二代颱風路徑預報模式和第一代颱風路徑預報模式之差異主要包括：1.提高模式解析度，由原水平格距 70 公里提高為 45 公里，由原來垂直九層提高為 20 層。2.改變原來基於全

混合假設之邊界層處理(Deardorff 1972)為較高解析之 TKE $E-\epsilon$ 邊界層參數化處理(Detering and Etling 1985)。3.不再包含複雜之大氣輻射效應以節省計算所需時間。4.程式之全面更新以配合新的電腦系統和新的作業系統，並可進一步做小幅度修改成包含多層格組之功能。5.前置處理中客觀分析由 Barnes 分析方法(Koch et al. 1983)改為最佳內差方法(Optimal Interpolation, Lorenc 1981)，同時虛擬渦旋處理方法也做改變。

Peng et al.(1993)提及，中央氣象局第一代颱風預報模式在虛擬渦旋處理上，主要是在分析場加入所謂之”spunup vortex”，此”spunup vortex”是預報模式在理想大氣情況下模擬所得穩定之颱風風場、海面氣壓、溫度及溼度結構，在作業預報開始之前，系統已備妥幾大類之”spunup vortices”，而在執行作業預報時依所預報颱風當時之特性，由此 vortices 中選擇一較接近的，植入於初始場中。當時所採用”spunup vortex”之類別包括了強渦旋、弱大渦旋以及弱小渦旋，而此三類又分別依是否包含地轉 β 效應，因此共有六大類。

在建立中央氣象局第二代颱風路徑預報模式之時，由於前述”spunup vortex”是模式經模擬計算 96 小時之結果，雖達到近似平衡，但各層之中心、以及各場之中心間並不一定重合，並有比較明顯小尺度之結構，以致在進行模式預報之初期，往往會有比較明顯之不規則躍動，因此在中央氣象局第二代颱風路徑預報模式中，虛擬渦旋之處理不再植入”spunup vortex”，而是植入理想”Rankine vortex”風場，詳細處理情形為：

1.軸對稱結構

中央氣象局第二代颱風路徑預報模式在虛擬渦旋處理方面，首先是在分析後之風場中依觀測颱風之中心位置，植入中心軸對稱之 "Rankine vortex"，此渦旋之環向風場 V ，隨距中心半徑 r 之關係滿足

$$V = V_{\max}(r_{\max}/r)^a$$

其中， V_{\max} 為渦旋最大風速， r_{\max} 為最大風速所在位置離中心之距離。而參數 a 則為風場水平分布參數，當 $r < r_{\max}$ 設定其值為 -1，使角速度維持相同；當 $r > r_{\max}$ 時令 $a = 1 - 0.5(R - 80)/(350 - R)$ ，使其值介於 0.5 與 1 之間。其中 R (單位公里) 為颱風之大小半徑且介於 80 公里與 350 公里間，大颱風之時 a 小， V 隨 r 遞減慢，小颱風之時 a 大， V 隨 r 遞減快。 R 、 V_{\max} 與 r_{\max} 之值在作業時係依當時颱風之大小、最大風速及最大風速所在位置而定。

2. 非對稱結構

虛擬渦旋之非對稱結構主要考慮由地轉效應所造成之 " β -gyre" (Fiorino and Elsberry 1989)，其加入方法乃依颱風過去之移動方向 θ ，在半徑 r_β 範圍內以經驗公式設定流線函數 Ψ ，使

$$\Psi = 10^7 \sin(\theta) \sin(r/r_\beta)$$

3. 駛流之修正

DeMaria(1987)以正壓模式研究颱風之移動，發現在模式中若以颱風過去之移動速度修正颱風中心附近之深層平均氣流，則能有效的改進模式預測誤差。因此，在加入虛擬渦旋之前，也採用 DeMaria 之方法先以颱風過去之平均移速，修正中低層之駛流場。

4. 質量場之修正

在風場經虛擬處理之後，模式在颱風中心附近之初始質量場是透過梯度風平衡之關係加以修正。

(二) 新的測試

1. 引進濾波技術

從 Kurihara et al. (1993)之研究顯示，由於颱風環流之部分結構會透過觀測和資料之同化過程而存在於較大尺度之分析場中，而此分析場所所得之颱風環流往往和真實之颱風有很大差異，若未將此不完整之颱風環流濾除，則會影響所加入虛擬渦旋之移動，而增加模式預測誤差。Elsberry et al. (1998)之研究也顯示有相同之結果，他們並發展一種事後修正此系統性誤差之方法來提高模式預測之準確度。為有效的降低此種不完整之颱風環流，新的測試中將在植入虛擬渦旋前引進 Kurihara et al. (1993)之濾波方法。他們對颱風渦旋的初始處理方法概要為：

$$\text{初始場} = \text{分析結果} - \text{分析之渦旋} + \text{給定的渦旋}$$

其中分析結果減去分析之渦旋即可視為是環境流場。他們認為原始之分析結果裏可分為基本場以及擾動場，這兩者可由簡單的濾波平滑處理分離，濾波平滑之結果即為基本場。而，剩餘部分即為擾動場，此擾動場則包含了分析的渦旋以及環境場之擾動量，在他們的報告裏是藉著環狀濾波的方式將兩者分離，也就是在此擾動場中如有以中心(颱風中心)呈環狀結構的視為分析之渦旋，其餘的擾動則為環境場的一部分，應加回到基本場裏。也就是：

$$\text{初始場} = \text{分析結果經平滑處理結果} + (\text{分析結果} - \text{平滑處理結果}) - \text{以中心呈環狀結構部分} + \text{給定的渦旋}$$

有關此方法在原作者與吳(1997)之報告中有詳細說明，因此不再重複。

2. 軸對稱渦旋之植入

對軸對稱渦旋之植入方法和前一節中所述之方法大部分相似，同樣依颱風之強弱與結構選擇 V_{\max} 及 r_{\max} 使風速滿足 $V=V_{\max}(r_{\max}/r)^a$ 。唯對水平風場參數 a 之選取則做更仔細之考慮， a 值不只由颱風大小決定，也考慮颱風七級風 V_7 之半徑(r_7)大小及最大風速兩因素，其決定方式為

$$a = \ln(V_7/V_{\max}) / \ln(r_{\max}/r_7)$$

3. 非對稱結構之植入

原有非對稱結構是以近似之三角函數模擬地轉 β 效應之非對稱流場，新的測試將以相當正壓模式積分產生 β 效應之非對稱結構。其作法是以相當正壓模式，在無平均駛流場下，於颱風所在位置植入上述之軸對稱渦旋，經 72 小時之模擬預測，其預測結果，以模擬之颱風中心，做環向之波譜分析，取其波數為 1 之結構，再依颱風過去 6 小時之移速與移向，調整此波數 1 結構之值與方位，而後將此調整後之結構加入於初始場。

4. 處理程序

在風場經虛擬處理之後，模式在颱風中心附近之初始質量場仍是透過梯度風平衡之關係加以修正。而在處理程序上，原有之虛擬渦旋處理是在客觀分析之後進行，新的測試則是在客觀分析之前進行，虛擬處理將改變分析所用之"first guess"場，因此合適之觀測資料，仍可能在分析過程被採用而修正所加入之虛擬結構。

三、結果與討論

(一) 個案與誤差

在 1996 年，中央氣象局颱風路徑預報作業模式，曾針對西北太平洋 24 個颱風，進行路徑預測作業，所進行模式預測作業之颱風個數較發布警報之颱風個數為多，主要是因為監視上之必要，早在颱風影響台灣地區前，就需要注意其動向，尤其是颱風在東經 150 度以西時，更需要充分的掌握其可能之行徑。對此 24 個颱風中 22 個颱風有完整之校驗，當時作業模式之 24 小時路徑預測平均誤差為 173 公里(184 個案)，48 小時路徑預測平均誤差為 336 公里(144 個案)，較相同個案以統計方法 CLIPER 預測之平均誤差 154 與 353 公里相近。

在此研究裏，我們針對 22 個颱風中之 Cam, Eve, Gloria, Herb, Orson, Violet, Tom, Zane, Dale 及 Ernie 等 10 個颱風，共進行 52 個測試以比較兩種颱風模式初始處理方法，在路徑預測之差異情形。詳細之個案和各個案之模式預測誤差如表一。對此 52 個案，原作業預測之平均 24 小時與 48 小時預測誤差分別為 179 公里(51 有校驗個案)與 404 公里(47 有校驗個案)，而引用新初始處理後，24 小時與 48 小時之平均預測誤差分別為 167 公里與 256 公里。總體而言，對 24 小時之預測，其準確度有小幅度之改善，而對 48 小時之預測則其準確度有非常明顯之改善。

若和全數 22 個颱風 184 個案平均之 24 小時模式預測誤差 173 公里比較，所選取 51 個案其平均之 24 小時模式預測誤差 179 公里，兩者相似。而對 48 小時模式預測，所選取 47 個案之 48 小時預測誤差 404 公里則較全數 22 個颱風 144 個案之 48 小時模式預測誤差 336 公里大。

表一 52 颱風個案之詳細資料。由左而右各欄位之內容分別為：名稱、時間(月日時)、颱風中心之緯度與經度、颱風中心最大風速(浬/時)、七級風暴風半徑(公里)、24 小時與 48 小時 CLIPER 方法路徑預測誤差(公里)、24 小時與 48 小時原作業模式路徑預測誤差、24 小時與 48 小時新初始處理方法模式路徑預測誤差、以及 24 小時與 48 小時原作業路徑預測誤差與新初始處理方法路徑預測誤差之差異。資料中-9999 表資料缺，表中最後兩列為有效個案數與平均值。

TY	MYHH	lat.	lon.	Vmax	Size	CP24	CP48	24OPER	48OPER	24TEST	48TEST	24DIFF	48DIFF
Cam	52200	19.7	118.7	20	150	121	366	166	741	249	557	-83	184
	52212	20.2	120.3	20	150	69	-9999	100	-9999	126	-9999	-26	-9999
	52300	20.9	122	20	150	244	-9999	453	-9999	257	-9999	196	-9999
Eve	71412	21	140.8	18	100	-9999	-9999	192	369	286	223	-94	146
	71500	21.8	139	23	150	39	149	126	171	304	219	-178	-48
	71512	23	137	33	250	22	55	115	44	231	184	-116	-140
Gloria	72312	16	126.1	25	200	145	150	221	251	139	122	82	129
	72400	16.8	124.8	30	200	38	99	79	373	31	207	48	166
	72412	17.6	123.5	33	250	76	285	21	162	77	178	-56	-16
	72500	18.8	122.4	35	250	56	93	129	339	347	538	-218	-199
Herb	72700	19.6	135.6	43	250	54	111	221	715	176	528	45	187
	72712	19	133.9	51	300	89	100	182	503	145	323	37	180
	72800	18.6	132.4	53	300	69	83	128	201	103	242	25	-41
	72812	18.3	131	53	300	115	230	57	229	80	61	-23	168
	72900	18.5	130	53	350	69	175	106	139	118	46	-12	93
	72912	19.8	128.6	53	350	85	87	144	245	75	87	69	158
	73000	20.7	127.6	53	350	157	394	45	179	89	150	-44	29
	73012	22.4	126.3	53	350	132	-9999	157	-9999	90	-9999	67	-9999
Orson	82300	23.3	142.5	18	100	199	648	129	407	113	246	16	161
	82312	24.1	141.7	23	100	508	1071	308	508	385	518	-77	-10
	91400	19.5	144.5	23	120	93	567	74	361	224	563	-150	-202
	91412	20	143.4	25	150	443	836	326	491	363	439	-37	52
	91500	20.4	143	28	150	361	683	405	588	286	337	119	251
Tom	91512	20.9	145.1	30	150	192	195	99	229	235	360	-136	-131
	91600	21.8	145.3	33	200	302	725	258	597	68	49	190	548
	91612	22.6	146.5	33	200	48	193	101	596	147	192	-46	404
	91300	16.5	129.4	18	100	-9999	-9999	139	428	89	81	50	347
	91312	16.5	129.1	28	150	74	138	48	115	65	101	-17	14
	91400	16.4	128.8	30	180	111	239	110	160	165	237	-55	-77
	91412	17.2	128.3	33	200	45	241	81	174	35	162	46	12
	91500	18	127.3	40	250	147	509	230	540	206	482	24	58
Violet	91512	18.8	126.6	43	250	169	522	137	570	166	351	-29	219
	91600	20	126.3	51	300	241	540	365	1045	137	308	228	737
	91612	20.5	126.6	51	300	186	360	289	700	99	225	190	475
	91700	21.4	127.5	40	280	159	375	245	548	60	105	185	443
	92600	18.9	129.4	33	220	147	268	76	121	33	146	43	-25
	92612	20	127.9	38	200	78	88	94	438	70	74	24	364
	92700	20.9	126.6	40	200	81	237	79	259	46	235	33	24
	92712	21.7	125.7	43	200	130	253	187	491	195	236	-8	255
Zane	92800	22.9	125.4	43	200	68	184	170	440	224	349	-54	91
	92812	24.3	125.6	43	200	63	357	636	1200	187	207	449	993
	92900	26.1	126.3	43	200	360	632	178	704	70	140	108	564
	92912	27.4	126.7	43	200	295	568	379	1008	70	326	309	682
	110612	11.7	150.2	28	150	-9999	-9999	144	468	367	427	-223	41
	110700	11.5	147.8	33	180	56	124	245	49	163	232	82	-183
	110712	11.6	146.4	35	200	258	349	241	372	403	527	-162	-155
	110800	11.7	143.3	43	250	87	311	141	54	242	222	-101	-168
Ernie	110812	11.6	141.2	43	250	237	480	237	119	126	153	111	-34
	111012	20	118	18	120	185	411	137	315	160	253	-23	62
	111100	20.2	118.1	20	150	208	504	133	224	178	78	-45	146
Cases						48	44	51	47	51	47	51	47
Mean						153	341	179	404	167	256	12	148

圖 1 進一步繪出各個案以新初始處理方法模式預測誤差隨原初始處理方法模式預測誤差之散布情形，由圖可見，個案中原作業 24 小時預測

誤差較年平均值大者有 20 個，較年平均值為小者有 31 個；對 48 小時預測，原作業誤差較年平均值為大者則有 27 個，較年平均值為小者有 20 個。若以全數 22 個颱風之平均誤差值為劃分，低於此平均誤差值之個案在採新初始處理方法後使 24 小時模式預測誤差平均增加 43 公里，並使 48 小時模式預測誤差平均增加 1 公里；而對高於此平均值之個案，在採用新初始處理方法後，使 24 小時模式預測誤差平均減少 98 公里，並使 48 小時模式預測誤差平均減少 259 公里。顯示新初始處理方法能相當有效的改善預報模式對 1996 年颱風季中預測誤差較大的個案，而同時此新方法也不致於使原預測誤差小的個案造成顯著不利的影響。

(二)預測路徑比較

圖 2 為 Cam 與 Eve 兩颱風之移動路徑，以及原作業與採用新初始處理方法後模式在不同初始位置所預測之路徑，此兩颱風中 Cam 在南海形成後往西通過巴士海峽，原作業颱風路徑模式預測誤差大，而 Eve 颱風形成於西太平洋，往西北登陸日本，除形成之初期與登陸後預測誤差稍大外，原作業颱風路徑模式之預測誤差小。由圖 2a 可見 Cam 颱風於 5 月 22 日 00UTC 時，原作業模式之路徑預測(符號 1)明顯偏向台灣,使 48 小時路徑預測誤差達 741 公里。而 22 日 12UTC 與 23 日 00UTC(符號 2 與 3)之模式路徑預測則未能掌握 Cam 颱風加速東移的情形, 23 日 00UTC 時之 24 小時路徑預測誤差也達 453 公里。圖 2b 顯示採用新初始處理方法後模式對 Cam 颱風於 22 日 00UTC 之預測(符號 1)，雖一開始時預測路徑仍有北偏之誤差，但 48 小時後之位置則在觀測路徑之上。而對 Cam 颱風於 22 日 12UTC 與 23 日 00UTC 兩次(符

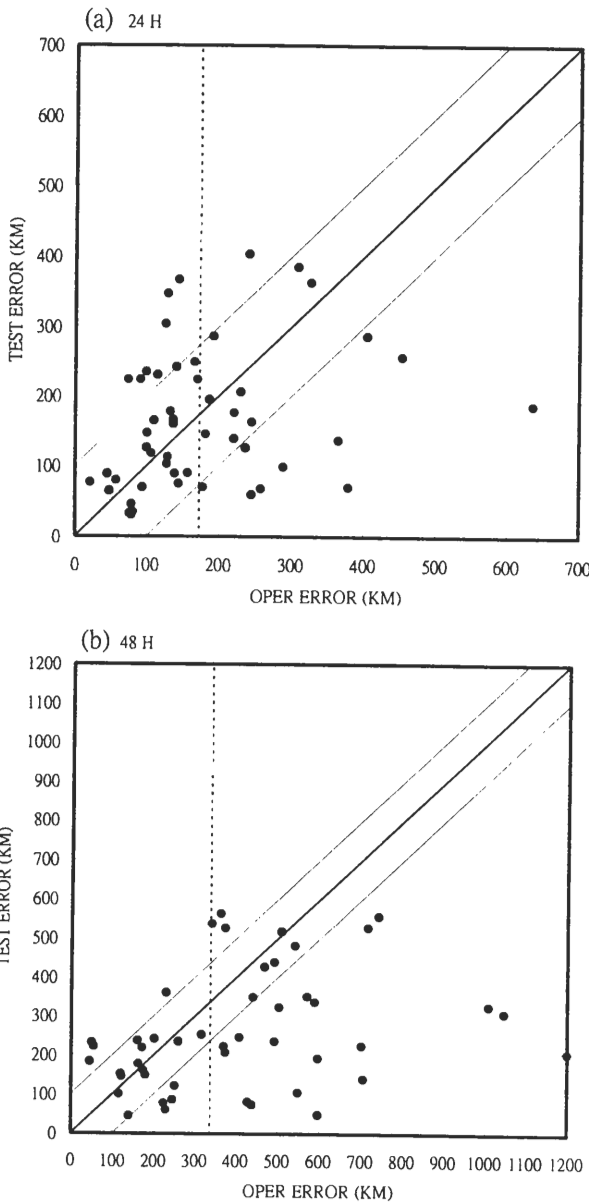


圖 1 引用新初始處理方法後模式在(a)24小時與(b)48小時之路徑預測誤差(縱軸)相對於原作業模式路徑預測誤差(橫軸)之散布圖。圖中虛線所示值為原作業模式對 1996 年所有 22 個颱風之平均路徑預測誤差。

號 2 與 3)所做路徑預測之移動速度較圖 2a 所示已有明顯改進,但仍較實際為慢,如 22 日 00UTC 所做 48 小時預測誤差仍達 557 公里。葉等(1999)進一步分析認為此誤差可能是因為當時環境場有較強垂直風切,在增加高層之影響後可使預測誤差進一步改善。圖 2b 另外顯示對 Eve 颱風形成開始後三個預報時間之路徑預測結果,由圖可見對 7 月 14 日 12UTC 之預測(符號 1)有明顯改進,48 小時路徑預測誤差由原 369 公里改進為 223 公里,其後兩組預測之結果雖較原作業颱風路徑模式預測誤差稍大,48 小時預測誤差由 177 公里與 44 公里增加至 219 公里與 184 公里,但這誤差值變異小。

圖 3 為對 Gloria 與 Herb 兩颱風之路徑預測結果,Gloria 颱風於菲律賓東方海面形成,Herb 颱風則形成於中太平洋,但兩者相繼於 7 月下旬侵襲台灣,平均而言原作業模式對此兩颱風之路徑預測結果都不壞。Gloria 颱風在 23 日與 24 日以較穩定的速度朝西北移動,但在移到呂宋島北方時路徑偏北,直接侵襲屏東半島,48 小時平均路徑預測誤差為 245 公里,主要誤差是在 24 日 00UTC(符號 2)之預測路徑北偏且移速較快誤差 373 公里以及 25 日 00 UTC(符號 4)之預測速度較快誤差 339 公里。以新的初始處理方法所做之測試,對 24 日 00 UTC 之 48 小時預測誤差降低至 207 公里,但 25 日 00 UTC 之預測則增加至 538 公里,主要之誤差在未能掌握 Gloria 颱風路徑北偏入侵台灣。24 日 00 UTC 之預報也有相同的情形,但 24 日 12 UTC(符號 3)之預報則有正確北轉。對造成台灣地區最大災害之 Herb 颱風,從 28 日 00UTC 之後原作業模式路徑預測相當好,由 28 日 00 UTC 至 30

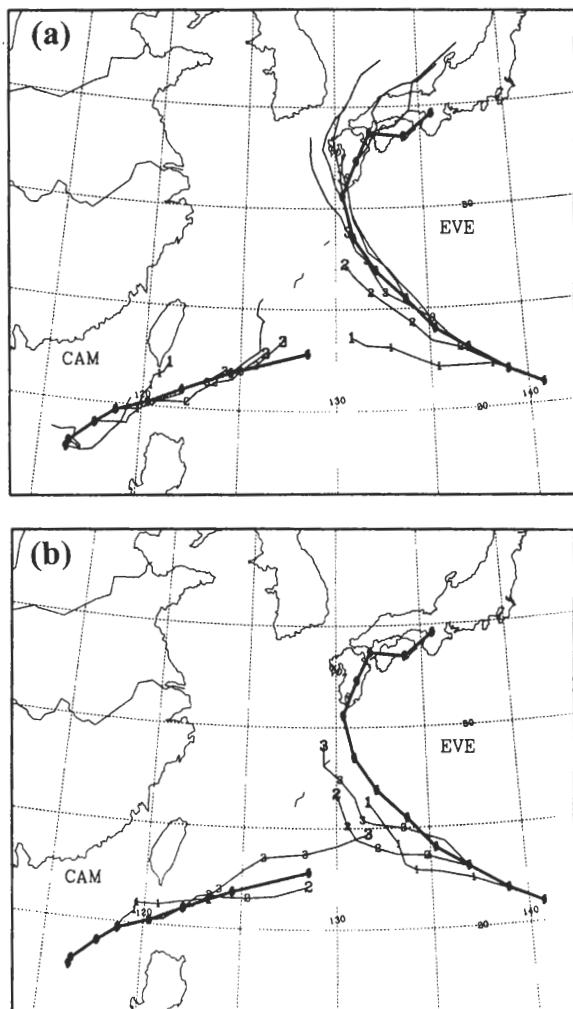


圖 2 Cam 與 Eve 兩颱風每 12 小時之定位與移動路徑(粗線)以及中央氣象局颱風路徑預報模式在 (a)原作業時與(b)採用新初始處理方法後在各時間所做之模式預測路徑。對同一颱風圖(a)與(b)中預測路徑標號(每 12 小時)相同者為起始時間相同之預測。

日 00 UTC (符號 3 至 7)共五次路徑預測之 48 小時平均誤差為 199 公里。相同時段以新初始處理方法之路徑預測平均誤差更降至 117 公里,較 GFDL 模式預測與中央氣象局主觀預報之誤差約 170 公里都好。

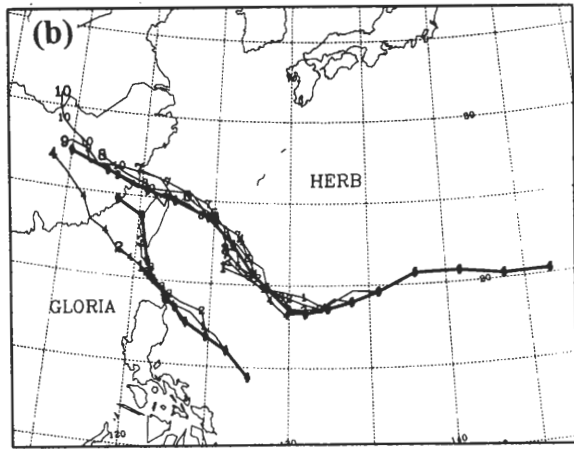
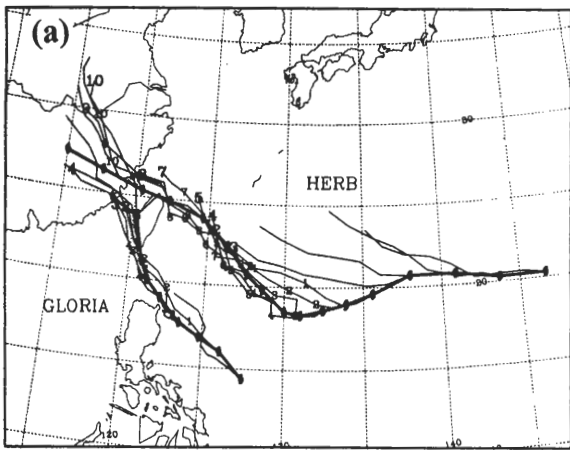


圖 3 如圖 2，唯為 Gloria 與 Herb 兩颱風之情形。

圖 4 為對 Tom 與 Violet 兩颱風之模式路徑預測結果，此兩颱風分別於 9 月 13 日 00UTC 左右形成，相距約 20 度，形成初期向西北移動而後折轉向東北移動，兩颱風都未對台灣地區造成影響，而原作業模式對此兩颱風之路徑預測誤差皆相當大。原作業模式對 Tom 颱風從 13 日 00UTC 至 17 日 00UTC 共 9 次 48 小時預測之平均誤差高達 528 公里，主要誤差在未能掌握 15 日 00UTC 後之路徑折向，而在折向後預測之移速偏慢，且有偏向西之誤差。新初始處理會進行 14 日 00UTC 至 16 日 12UTC 共 6 次

測試，48 小時預測平均誤差降至 323 公里，其中尤以 16 日 00UTC 與 12UTC 之預測誤差分別是 49 公里與 192 公里改善最明顯，已能掌握其向東北之移動，但對前段(符號 1 至 3)之測試則仍未能預測 Tom 於 15 日 00UTC 後突然折向東北方。Violet 颱風在 126° E 左右時轉向東北移動，原作業模式也是未能預測這種路徑轉向，同時在轉向後 Violet 颱風持續朝東北移動時，原作業模式仍預測其將往西北移動，因此造成在 15 日 00UTC 至 17 日 12UTC 間所有 48 小時預測誤差都超過 500 公里，其中並以 16 日 00UTC(符號 7)預測颱風登陸台灣東部之誤差最

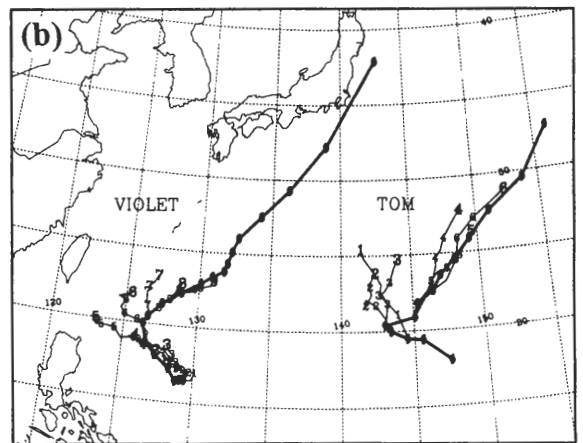
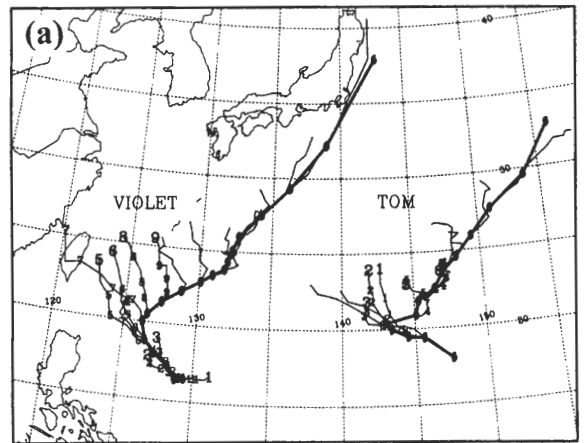


圖 4 如圖 2，唯為 Violet 與 Tom 兩颱風之情形。

大，達 1045 公里。這些預測誤差，對轉向後之部分在引用新初始處理方法後得到改善，16 日 12UTC(符號 8)及 17 日 00UTC(符號 9)之誤差已降至 225 公里與 105 公里。但如同對 Tom 颱風，新初始處理方法仍未能完全改正路徑轉向之預測誤差，由 15 日 00UTC、15 日 12UTC 與 16 日 00UTC(符號 5,6 與 7)所做預測雖遠較原作業模式之結果為佳，但仍分別有 482 公里、351 公里與 308 公里之誤差，此誤差由進一步改善模式使能同時處理雙颱風後減小(圖未附)，因此初步認為和當時引用之初始處理方法未能同時處理雙颱風有關。

圖 5 為對 Zane 與 Dale 兩颱風之預測路徑，原作業模式對 9 月下旬 Zane 颱風之路徑預測誤差大，對 11 月中上旬 Dale 颱風之路徑預測誤差小。類似於 Violet 颱風，Zane 颱風也是朝西北向移動到約 125° E 左右轉向，原作業模式對 9 月 26 日 00UTC 至 29 日 12UTC(符號 1 至 8)共 8 次 48 小時預測其平均誤差達 583 公里，其中尤其以 28 日 12UTC 與 29 日 12UTC 之誤差皆大於 1,000 公里為最明顯。引用新初始處理後相同時段之平均預測誤差僅為 214 公里，而新初始處理之預測路徑也能反應颱風轉向。對 Zane 颱風，新初始處理之所有路徑預測中，以 28 日 00 UTC(符號 5)與 29 日 12UTC 之預測誤差最大(符號 8)，主要之誤差在於 Zane 颱風在往北與進入西風帶後迅速向東移動，模式預測之速度則較慢，而造成 48 小時預測誤差分別為 349 公里與 326 公里。對颱風 Dale，原作業模式 11 月 8 日 12UTC 之後的預測路徑和觀測路徑相當一致，能反應 Dale 向西北移動而後在 130° E 附近轉向。但在 Dale 颱風形成之初期，從 6 日 00UTC 至 8 日 00UTC 間預測路徑有比較偏

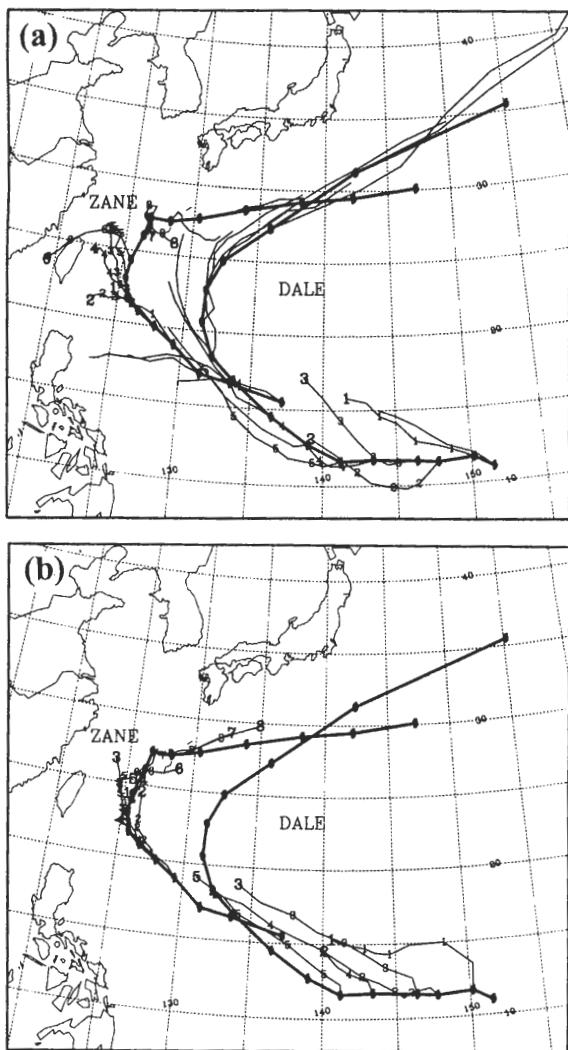


圖 5 如圖 2，唯為 Zane 與 Dale 兩颱風之情形。

北之誤差。對此時段新的初始處理方法並未有效改善對 Dale 颱風之預測誤差，由 6 日 12UTC(符號 1)之 48 小時路徑預測誤差仍達到 427 公里，和原作業模式預測誤差 468 公里相近。而 7 日 00UTC 與 7 日 12UTC(符號 2 與 3)之 48 小時預測誤差 232 公里與 527 公里則較原作業模式誤差 49 公里與 372 公里為大，未能反應 Dale 颱風繼續往西移。葉等(1999)以歐洲聯合氣象中心 7 日 12UTC 之分析場做測試，發現

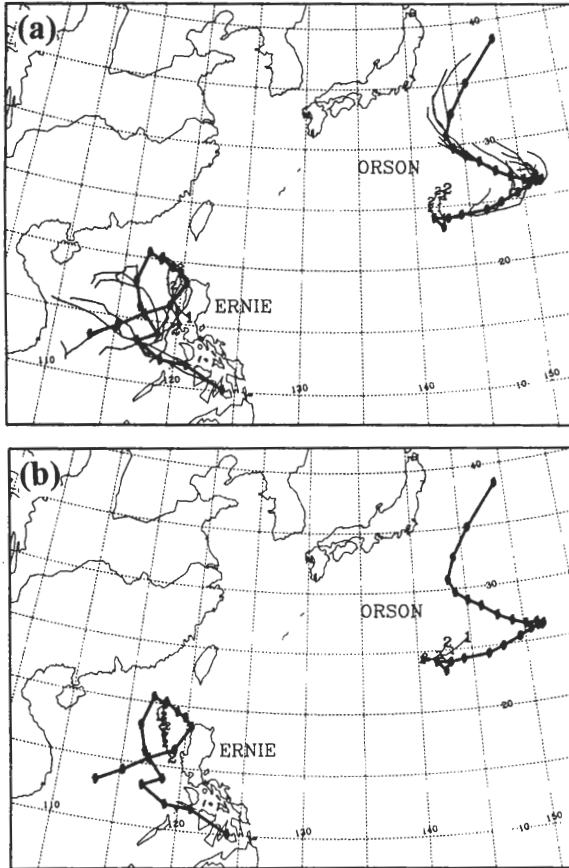


圖 6 如圖 2，唯為 Ernie 與 Orson 兩颱風之情形。

同樣之處理方法與模式，初始場以歐洲聯合氣象中心之分析場取代後可將 48 小時預測誤差降至 204 公里。

Orson 與 Ernie 兩颱風之移動路徑皆相當不規則(圖 6)，Orson 颱風在形成後向西北移動，8 月 23 日 12UTC 後折向東，而後再折回向西北，至 30° N 後再折向東北，路徑呈 S 形。原作業模式對此颱風之路徑預測平均結果卻相當好，由 23 日 00UTC 至 30 日 12UTC 共 16 次 48 小時路徑預測之平均誤差僅 241 公里，最大誤差發生在 3 日 00UTC 與 23 日 12UTC(符號 1 與 2)所做之預測結果，由於此時模式預測雖顯

示 Orson 颱風移動並不繼續向西北，但未能預測其向東移動，使 48 小時預測誤差分別達到 407 公里與 508 公里。新初始處理測試之結果，在趨勢上可見 Orson 颱風有折返向東之情形，使得由 23 日 00UTC 之 48 小時預報誤差降至 246 公里，但路徑仍偏東北，對 23 日 12UTC 之預測路徑雖亦有折返向東之現象，但可能是在植入 β -gyre 時有原移動方向與速度之訊息，使折返時間明顯延後 24 小時，這也使 48 小時預測誤差達 518 公里。不過，預測誤差值雖和原作業模式誤差值相近，但兩預測路徑卻十分不同。Ernie 颱風則在往西移出菲律賓群島後，在南海東側先向西北移動，而後逐漸向東南再向西南移動，以順時鐘方式繞了一圈，原作業模式對 Ernie 颱風向北繞轉時之路徑預測誤差大，而對 Ernie 颱風向南繞轉時之路徑預測誤差相對較小，以 10 日 12UTC 與 11 日 00UTC(符號 1 與 2)之預測而言，原作業模式能顯示 Ernie 颱風緩慢向南移動之特性，48 小時預測誤差分別為 315 與 224 公里，採用新初始處理方法後模式 48 小時路徑預測誤差分別減小為 253 與 78 公里。

(三)誤差分析與討論

在第一節中曾討論在 51 個 24 小時預測之個案裏，有 31 個案其原作業路徑預測之誤差小於年平均誤差值。進一步由圖 1a 可見，對此 24 小時預測之 51 個案裏有 26 個案在圖之對角線下方，表示此 26 個案在引用新的初始處理方法後使模式路徑預測誤差值變小，此個案數和引用新的初始處理後反而使模式路徑預測誤差增加之個案數 25 個相似，因此總體個案在引用新初始處理方法後之平均路徑預測誤差值僅較原作業預測之誤差值有小幅度之改進。然而對於原作業預測誤差小於年平均誤差之 31 個案中，

則有 21 個案在引用新的初始處理方法後，反而使模式路徑預測誤差值增加，平均誤差值為 186 公里，較原作業時之平均誤差值 107 公里增加 79 公里，若能進一步了解這些個案預測誤差增加之原因加以改善，則能更有效的提升模式路徑預測能力。

對於 48 小時路徑預測之 47 個案(圖 1b)中，則有 33 個案在引用新初始處理方法後使模式路徑預測之誤差值變小，其中原作業時之預測誤差小於年平均誤差值之 20 個案中，各有一半之個案在引用新的初始處理方法後使模式路徑預測之誤差值變小或變大。而對於 27 個原作業路徑預測誤差大於年平均誤差值之個案裏，則有 23 個案在引用新的初始處理方法後模式路徑預測之誤差值變小，僅有四個案在引用新的初始處理方法後，反而使模式路徑預測之誤差值變大。而此四個案分散於 Gloria(於 7 月 25 日 00UTC，圖 3 標號 4)，Orson(於 8 月 23 日 12UTC，圖 6 標號 2)，Tom(於 9 月 14 日 00UTC，圖 4 標號 1)與 Dale(於 11 月 7 日 12UTC，圖 5 標號 3)等四颱風。而事實上，這四個原作業路徑預測誤差大於年平均值而在引用新初始處理方法後反而使模式 48 小時路徑預測誤差更大之個案，其誤差變大的主要原因是誤差在模式預測之前 24 小時內已成長。如表一所示，對 Tom 颱風於 9 月 14 日 00UTC 之預測，在引用新的初始處理方法後在 24 小時之路徑預測誤差已較原作業時之誤差增大 150 公里，24 小時至 48 小時之間僅再增大 52 公里。而對其它三個案在 24 小時至 48 小時之間之相對預測誤差不但未增加反而減小，如對 Gloria 颱風於 7 月 25 日 00UTC 之預測，在引用新的初始處理方法後，在 48 小時之路徑預測誤差較原作業時之誤差增大 199

公里，但在 24 小時之路徑預測誤差卻已較原作業時之誤差增大 218 公里，因此在 24 小時至 48 小時之間相對誤差減小了 19 公里。相同的情況也發生在 8 月 23 日 12UTC 之 Orson 颱風與 11 月 7 日 12UTC 之 Dale 颱風，24 至 48 小時之間之路徑預測使相對誤差分別減小 77 公里與 7 公里。

若進一步分析引用新初始處理方法造成 24 小時路徑預測誤差改變量對 48 小時路徑預測誤差改變量之影響，圖 7 繪示所有進行 48 小時路徑預測之 47 個案在以 24 小時預測誤差之改變量為橫軸，和以 48 小時預測誤差改變量為縱軸之分布情形。而上述預測誤差改變量是指原作業路徑預測誤差減去採用新初始處理方法後之路徑預測誤差，此值相當於引用新初始處理方法後對路徑預測之改善情形。圖中以橫軸和縱軸劃分所得的四個象限，在右上與左下象限之個案分別表示採用新初始處理方法後使 24 小時與 48 小時之預測誤差改變量有相同之符號，

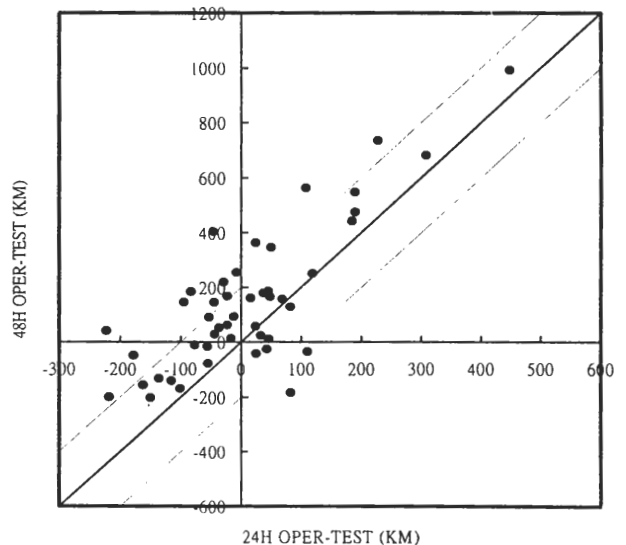


圖 7 47 個案之 48 小時路徑預測誤差改變量(縱軸)相對於 24 小時路徑預測誤差改變量(橫軸)之分布。

右上象限為皆有改善，而左下象限則皆使誤差增加。在左上與右下象限之個案則是採用新初始處理方法後使 24 小時與 48 小時之預測誤差改變量有相反之符號，左上象限之個案雖在 24 小時預測誤差相對增加，但在 48 小時之預測誤差則相對變小，這樣的個案共有 14 個；右下象限之個案則是在 24 小時之預測誤差相對變小，但在 48 小時之預測誤差反而相對增大，這樣的個案共有四個。另外，圖 7 也顯示大部分之個案是在圖對角線上方，表示新的初始處理方法使 48 小時路徑預測誤差之改善情形大致為 24 小時路徑預測誤差改善情形之兩倍以上，而對部分 24 小時路徑預測誤差變大的個案，在 48 小時路徑預測誤差則變小或變大的程度不到兩倍。

在對角線下方的七個個案，三個在右上象限，分別是 Gloria(於 7 月 23 日 12UTC)，Violet(於 9 月 14 日 12UTC)與 Zane(於 9 月 27 日 00UTC) 颱風，這三颱風在原作業路徑預測時誤差即已相當小，分別為 251、174 與 259 公里，使得引用新初始處理方法後改善之幅度較小，分別只改善 129、12 與 24 公里，不到 24 小時預測誤差改善量之兩倍。在右下象限之四個個案分別是 Herb(於 7 月 28 日 00UTC)，Zane(於 9 月 26 日 00UTC)與 Dale(於 11 月 7 日 00UTC 與於 11 月 8 日 12UTC) 颱風，而此四個案，原作業路徑預測誤差值較前三個案更小，分別為 201、121、49 與 119 公里，在採用新的初始處理方法後使 48 小時預測誤差增加為 242、146、232 與 153 公里，這些誤差值仍遠較平均誤差值小。

座落於圖 7 左下象限 10 個案之詳細資料如表二，由表二可見此 10 個案除 Eve 颱風於 7

表二 圖 7 左下象限 10 個案之詳細資料。前五欄位說明見表一，最後欄為 24 小時至 48 小時間誤差改變量之增加量(公里)。

TY	MYHH	CP24	24DIFF	48DIFF	24-48
Eve	71500	39	-178	-48	-130
Eve	71512	22	-116	-140	24
Gloria	72412	76	-56	-16	-40
Gloria	72500	56	-218	-199	-19
Orson	82312	508	-77	-10	-67
Tom	91400	93	-150	-202	52
Tom	91512	192	-136	-131	-6
Violet	91400	111	-55	-77	22
Dale	110712	258	-162	-155	-7
Dale	110800	87	-101	-168	68

月 15 日 12UTC 等四個案(格位以陰影標示)在 24 小時至 48 小時間相對誤差仍有成長外，其它之個案皆在 24 小時至 48 小時間之預測使相對誤差變小，而這四個案之共通特性是這些個案若以統計路徑預測方法 CLIPER (CLImatology-PERsistence)進行 24 小時路徑預測時，其誤差(分別為 22、93、111 與 87 公里)遠較平均誤差 153 公里(表一)小。事實上此 10 個案以及圖 7 右下角四個案(CLIPER 方法之預測誤差分別為 69、147、56 與 237 公里)以 CLIPER 方法之 24 小時路徑預測誤差除 Orson 與 Dale 兩颱風外皆偏小。

為進一步確認引用新初始處理方法在颱風路徑預測誤差之改善情形與 CLIPER 預測誤差之相關性，圖 8 顯示當 CLIPER 24 小時路徑預測誤差小於 153 公里(為 52 個案 CLIPER 預測誤差之平均值，見表一)時，引用新初始處理方法後模式預測誤差改善程度很有限，事實上有更多個案在引用此新初始處理方法後使模式預測誤差變大。而對 CLIPER 預測誤差大於 153 公里之個案，則有比較多個案在引用新初始處理方法後使模式預測誤差得到改善。在圖中有

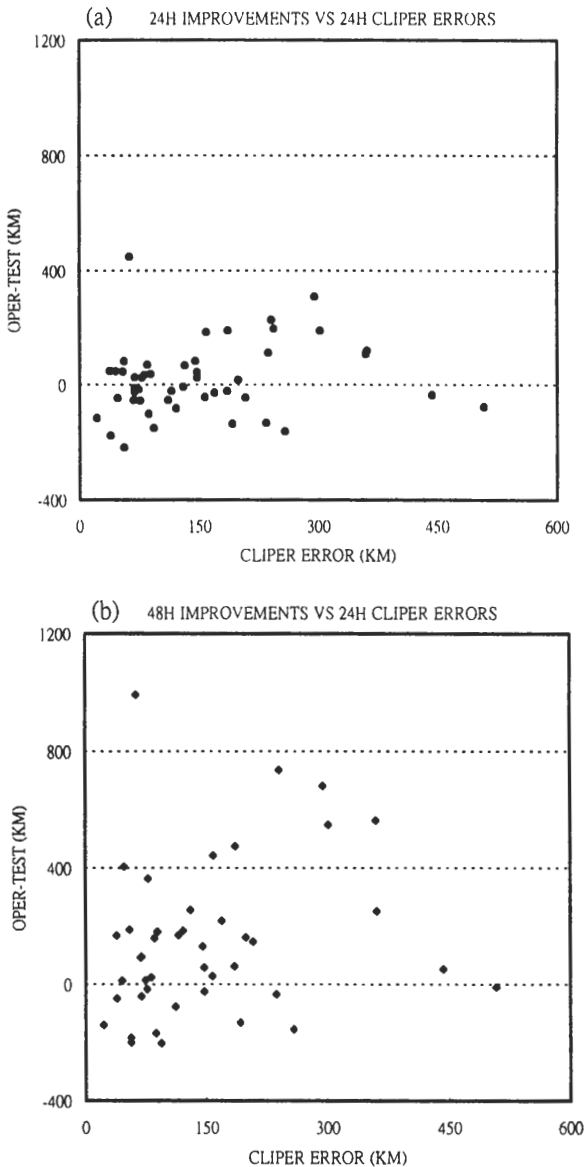


圖 8 (a)24 小時與(b)48 小時路徑預測誤差改變量相對於統計方法預測誤差之分布。

三個案是明顯之例外，其中 Zane 颱風於 9 月 28 日 12UTC 時 CLIPER 預測誤差很小(63 公里)，卻在引用新的初始處理方法後使模式預測誤差得到明顯改善(449 公里)。由圖 5 中標號 6 可見，此個案之原作業預測路徑很嚴重的偏離實際路

徑，有可能是在作業時某種錯誤所造成。另外兩個案為 Orson(於 8 月 23 日 12UTC)與 Tom(於 9 月 14 日 12UTC) 颱風，其 CLIPER 預測誤差皆很大，分別為 508 與 443 公里，但卻在引用新的初始處理方法後，預測誤差仍無法改善。由圖 4 與圖 6 可見，此兩颱風都在預測時間稍後有急劇折向的情形，新的初始處理方法雖使路徑預測情形與原作業預測路徑有所改變，但仍無法完全正確預測此種路徑急劇折向。

對 48 小時之預測，由圖 8b 可見，對 CLIPER 誤差小於 150 公里之個案，已有較多之個案在引用新的初始處理方法後使 48 小時誤差得到改善，而對絕大部分 CLIPER 誤差大於 150 公里之個案，在引用新的初始處理方法後，使 48 小時的誤差維持不變或能得到改善，其中僅有四個例外，分別為 Orson(於 8 月 23 日 12UTC)，Tom(於 9 月 14 日 12UTC)與 Dale(於 11 月 7 日 12UTC 與 11 月 8 日 12UTC) 颱風，其中如前述 Orson 颱風於 8 月 23 日 12UTC 時之 CLIPER 預測誤差達 508 公里，但新初始處理方法仍無法正確預測移動之突然折向，Tom(於 9 月 14 日 12UTC)與 Dale(於 11 月 7 日 12UTC)兩個案則主要是誤差於開始 24 小時內已形成(如表二)。對 Dale 颱風於 11 月 18 日 12UTC 之預測，雖引用新初始處理方法使誤差增大 34 公里，但 48 小時路徑預測誤差值只有 153 公里。

綜合而言，新的初始處理方法能使模式路徑預測之平均誤差縮小，而其中又以 48 小時之路徑預測結果較明顯，對部分 48 小時路徑預測誤差增大的個案，則是因為在前 24 小時內誤差成長的結果。對 24 小時預測誤差之改善情形則和各個案 CLIPER 預測誤差值的大小有關，對 CLIPER 預測誤差值小的個案，在引用新的初始

處理方法後誤差反而增加，這可能是因為原作業預測之初始處理方法引用觀測颱風之移動速度來修正駛流的關係，使得颱風移動較接近持續性時路徑預測誤差小，而新初始處理方法並未做如此之處理，使得這些個案的路徑預測誤差增大。

圖 9 另外繪示預測誤差之改變量隨颱風暴風半徑的變化情形。由圖可見，基本上暴風半

徑小的颱風在引用新初始處理方法後，有比較多的個案反而使 24 小時路徑預測誤差增加，而對暴風半徑大的颱風則相反。圖 9a 中暴風半徑小於等於 150 公里的四個誤差改變量為正值的是少數例外個案中，這四個個案除 Violet(於 9 月 13 日 00UTC)未執行 CLIPER 預測外，其它三個案之 CLIPER 24 小時路徑預測誤差分別為 199(Orson 颱風於 8 月 23 日 00UTC)、244(Cam 颱風於 5 月 23 日 00UTC)以及 361(Tom 颱風於 9 月 15 日 00UTC)公里，皆是 CLIPER 路徑預測誤差較大的個案。另外，圖右側下方對暴風半徑大於等於 300 公里的個案中，而誤差改變量為負值的個案也是例外，這些個案則是 CLIPER 24 小時路徑預測誤差分別為 115、69、157 與 234(Herb 颱風於 7 月 28 日 12UTC、29 日 00UTC、30 日 00UTC 與 31 日 00UTC)公里，除於 31 日 00UTC Herb 颱風中心已接近台灣可能受地形之影響，其它都是 CLIPER 路徑預測誤差較小的個案。對 48 小時之路徑預測(圖 9b)，其誤差改變量和暴風半徑大小之相關性就比較不明顯。另外，值得一提的是，路徑預測誤差改變量與颱風暴風強度之相關性，因為 52 個案之暴風半徑與暴風強度間有很高的相關，因此其結果與暴風半徑之分析相似。

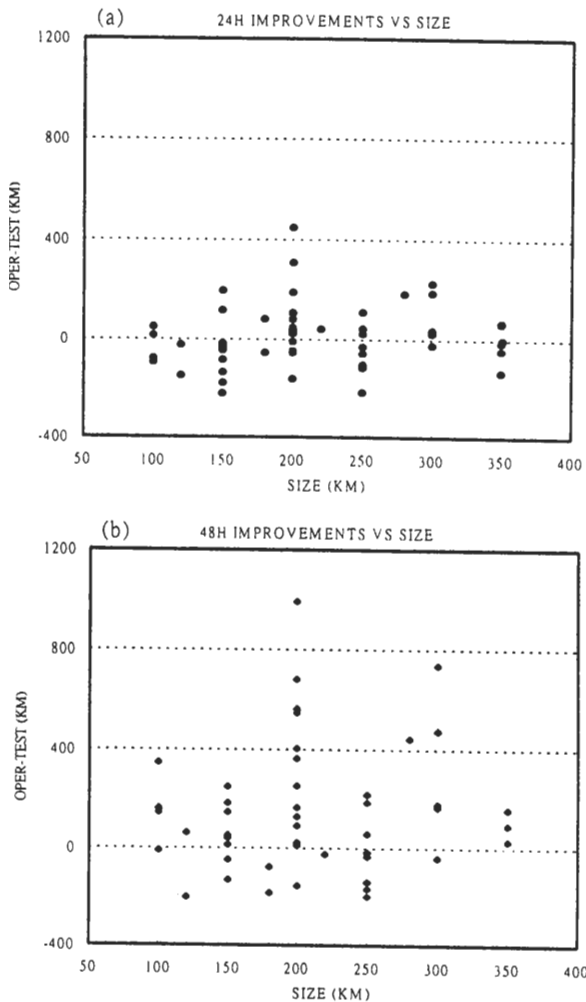


圖 9 (a)24 小時與(b)48 小時路徑預測誤差改變量相對於七級風暴風半徑之分布。

四、總 結

由於廣大洋面上缺乏傳統之觀測資料，而現今之衛星觀測又無法完全取代傳統觀測，因此颱風數值預報作業模式大多需要透過虛擬處理的方式，以得到較正確之初始場。中央氣象局之颱風路徑預報模式，原來採用 Peng et al. (1993)之方法做模式虛擬初始處理，而對 1996

年 22 個颱風之作業路徑預測結果，其平均路徑預測誤差和統計路徑預測方法 CLIPER 之平均路徑預測誤差相近。

爲了解模式虛擬初始處理方法對模式路徑預報誤差之影響以及尋求改進此模式之預報準確度，本研究利用 1996 年中央氣象局模式作業預報 22 個颱風中之 52 個案，進行新初始化處理方法之測試，以中央氣象局作業相同之預報模式進行路徑模擬預測，而後分析比較此新初始處理方法對模式路徑預測誤差之改變情形。而新的初始處理方法包括引用類似 Kurihara et al. (1993) 濾除渦旋之技術、加入含相當正壓模式所造成 β 效應之非軸對稱渦旋、並容許觀測資料透過客觀分析修正所加入之虛擬渦旋。

所選取之 52 個案分別來自 10 個颱風，在原作業 24 小時與 48 小時之路徑預測平均誤差分別爲 179 與 404 公里，誤差值較 1996 年所有個案之平均預測誤差 173 與 336 公里爲大。若以全年平均誤差值爲劃分，則在 24 小時預測 51 個案中有 20/31 個案之路徑預測誤差較年平均路徑誤差大小，而在 48 小時預測 47 個案中，則有 27/20 個案之路徑預測誤差較年平均路徑預測誤差大小。

由模式測試結果顯示，初始處理方法之不同，造成模式路徑預測很明顯的差異，在引用新初始處理方法後，模式 24 小時路徑預測之平均誤差由 179 公里小幅減小爲 167 公里，模式 48 小時路徑預測之平均誤差則由 404 公里顯著減小爲 256 公里。其中，24 小時預測之 51 個案中，有 26/25 個案之預測誤差值變小，48 小時預測之 47 個案中，則有 33/14 個案之路徑預測誤差值變小。若以年平均路徑預測誤差值爲參

考，在 24/48 小時預測中原作業路徑預測誤差小於年平均值之 31/20 個案在採用新初始處理方法後使平均路徑預測誤差增加 43/1 公里，而對原作業路徑預測誤差大於年平均值之 20/27 個案則在採用新初始處理方法後，使平均預測誤差減小 98/259 公里。由此可見新初始處理方法能有效改進原作業路徑預測中誤差較大的個案，而也不致使原路徑預測誤差較小的個案有太不利的影響。

經由進一步的分析，顯示許多在引用新的初始處理方法後路徑預測誤差反而增大的個案，是因為在模式進行路徑預測的前 24 小時誤差即已成長。而新的初始處理方法能否改善前 24 小時之預測誤差，則和這些個案以統計路徑預測方法 CLIPER 之預測誤差值有密切關係。對移速較穩定、持續的個案，可能因爲原作業初始處理方法是以觀測颱風之移速修正駛流，而使得路徑預測誤差小，同時使得對這一類颱風個案在引用新初始處理方法後反而增大模式路徑預測誤差。

由表一也可見，雖然引用新的初始處理方法後使 24 小時路徑預測之平均誤差較原作業時之平均預測誤差減小 12 公里，但此平均預測誤差值 167 公里，仍高於這些個案以 CLIPER 方法之預測誤差值 153 公里，因此如何進一步改善初始處理方法使兼具持續性之優點，縮小初始 24 小時期間之預測誤差，將是進一步提高此模式預測準確率之首要工作。

表一也顯示，新的初始處理方法雖能有效的改進 48 小時之路徑預測誤差，使 48 小時之平均誤差值較 CLIPER 平均誤差值小約 25%。但在 47 個案中，仍有九個案之 48 小時路徑預

測誤差超過 400 公里，這九個案路徑預測誤差之主要現象包括：未完全掌握颱風急劇轉向，如 Tom(二個案)、Violet 與 Orson 颱風；預測移速太快同時未反映移向改變，如 Gloria 與 Herb 颱風；預測移速太慢，如 Cam 颱風；以及預測路徑偏北，如 Dale 颱風(二個案)。葉等(1999)曾討論 Dale 颱風在引用歐洲聯合氣象中心(ECMWF)之初始場後使模式預測誤差變小，Cam 颱風則在改變渦旋垂直結構增加上層駛流之效應後也使模式預測誤差變小。其它的個案值得進一步分析誤差之造成原因，若能加以改進則能再次提升此模式之預測能力。

致 謝

本文有關研究是在國家科學委員會 NSC85-2111-M-052-008-API 計畫支助與中央氣象局支持下完成，彭順台博士之參與則是透過中央氣象局委託研究 CWB-86-6M-02。特別感謝台灣大學吳俊傑教授提供颱風濾波相關資料與程式使本文有關研究得以順利進行，而兩位審查者之建議則使本文更完整。

參考文獻

- 王時鼎, 1980: 台灣近海颱風運動及強度預報法, 國科會研究報告 NSC67-M0202-05(01), 100 頁。
- 李清勝, 1988: 臺灣地區颱風路徑預報分析。 *大氣科學*, **16**, 133-139。
- 吳俊傑, 1997: 颱風數值預報作業模式改進研究 (一)。中央氣象局委託研究報告 CWB86-2M-04, 72 頁及 Abstract 等。
- 葉天降, 吳石吉, 與謝信良, 1998: 臺灣附近颱風路徑預報校驗與統計方法之應用。 *大氣科學*, **26**, 227-248。
- 葉天降, 黃康寧, 與陳得松, 1999: 颱風模式初始場不確定性對路徑預測影響之初步研究。 *大氣科學審查中*。
- Chen, D.-S., T.-C. Yeh, K.-N. Huang, M. S. Peng, and S. W. Chang, 1995: A new operational typhoon track prediction system at the Central Weather Bureau in Taiwan. Preprints, 21st Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, AMS, 51-52.
- Deardorff, J. W., 1972: Parameterization of the planetary boundary layer for use in general circulation models. *Mon. Wea. Rev.*, **100**, 93-106.
- DeMaria, M., 1987: Tropical cyclone track prediction with a barotropical spectral model. *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 2346-2357.
- Detering, H. W., and D. Etling, 1985: Application of the E- ϵ turbulence model to the atmospheric boundary layer. *Boundary Layer Meteorol.*, **33**, 113-133.
- Elsberry, R. L., 1995: Tropical cyclone motion. *Chapter 4, Global Perspectives On Tropical Cyclones*. Technical Document Report No. TCP-38, WMO, 106-197.
- Elsberry, R. L., M. A. Boothe, G. A. Ulses, and P. A. Harr, 1998: Statistical post-processing of NOGAPS tropical cyclone track forecasts. (paper submitted *Mon. Wea. Rev.*)
- Fiorino, M., and R. L. Elsberry, 1989: Some aspects of vortex structure related to tropical cyclone motion. *J. Atmos. Sci.*, **46**, 975-990.
- Goerss, J. S., 1997: NOGAPS 1996 tropical cyclone forecast performance. Preprints, 22nd Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology, AMS, 617-618.
- Goerss, J. S., and R. A. Jeffries, 1994: Assimilation of synthetic tropical cyclone observations into the Navy Operational Global Atmospheric Prediction System. *Wea. Forecasting*, **9**, 557-576.

- Koch, S. E., M. des Jardins, and P. J. Kocin, 1983: An interactive Barnes objective map analysis scheme for use with satellite and conventional data. *J. Climate Appl. Meteorol.*, **22**, 1487-1503.
- Kurihara, Y., M. A. Bender, and R. J. Ross, 1993: An initialization scheme of hurricane model by vortex specification. *Mon. Wea. Rev.*, **123**, 2791-2801.
- Kurihara, Y., M. A. Bender, R. E. Tuleya, and R. J. Ross, 1995: Improvements in the GFDL hurricane prediction system. *Mon. Wea. Rev.*, **123**, 2791-2801.
- Liu Y., D.-L. Zhang, and M. K. Yau, 1997: A multiscale numerical study of hurricane Andrew (1992). Part I: Explicit simulation and verification. *Mon. Wea. Rev.*, **125**, 3073-3093.
- Lorenc, A. C., 1981: A global three-dimensional multivariate statistical interpolation scheme. *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 701-721.
- McBride, J.L., 1995: Tropical cyclone formation. *Chapter 3, Global Perspectives On Tropical Cyclones*. Technical Document Report No. TCP-38, WMO, 63-105.
- Peng, M. S., B.-F. Jeng, and C.P. Chang, 1993: Forecast of typhoon motion in the vicinity of Taiwan during 1989-90 using a dynamical model. *Wea. Forecasting*, **8**, 309-325.
- Peng, M. S., and S. W. Chang, 1996: Impacts of SSM/I retrieved rainfall rates on numerical prediction of a tropical cyclones. *Mon. Wea. Rev.*, **124**, 1181-1198.
- Zou, X., 1999: Initial structures within a mature hurricane vortex generated by a variational initialization scheme. *Proceedings, 23rd Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology*, AMS, 658-661.

The Initialization Process of the Numerical Typhoon Track Forecasting Model : Comparisons of The Forecast Errors from Two Bogus Methods

T.-C. Yeh D.-S. Chen K.-N. Huang M. S. Peng* S.-L. Shieh

Central Weather Bureau

(Manuscript received 12 April 1999 · in final form 30 June 1999)

ABSTRACT

For lack of complete observations, a special vortex bogus procedure is usually employed for most of the operational forecast model to begin the typhoon track forecast. This study compares the impact of two vortex bogus procedures to the model track forecast errors. Two methods studied are the operational system used at the Central Weather Bureau in 1996 and a new vortex bogus procedure. The new vortex bogus procedure includes a vortex filtering scheme similar to Kurihara et al. (1993), implanting a wave number one asymmetric beta gyre generated by an equivalent barotropical model, and allowing the observations to modify the bogus vortex through the objective analysis. From the analysis of 52 simulations by using the Typhoon Track Forecasting Model/Central Weather Bureau, we found the model track forecast is significantly affected by the vortex bogus procedure. Applying the new vortex bogus procedures reduce the mean 24 hours track forecast error by 12 km, and reduce the mean 48 hours track forecast error by 148 km. We also found that for some cases, which the CLIPER (CLImatology-PERsistence) forecast errors are small, the 24 hours forecast error increased when the new vortex bogus procedure is applied.

Key words : Typhoon track forecasting, Model initialization process.

*On leave from the Naval Research Laboratory, Monterey, CA, USA