

冬季最高/低溫度統計預報測試分析

陳重功 羅存文
氣象科技中心

呂國臣
氣象預報中心

摘 要

中央氣象局在氣象業務全面電腦化第三期計劃中，不僅繼續數值模式預報作業的發展，且將統計預報之開發列入發展業務項目之中。現階段統計預報採取完全預報(Perfect Prog)的方式，其目的在於對數值預報能力及穩定度進行校驗外，並對於對影響臺灣地區天氣變化的大氣環流因子深入了解。

本文中為 1997 年 1 月及 2 月，台北、高雄、花蓮與玉山站的冬季最高/低溫度之統計迴歸預報測試分析。本局區域數值模式(CWB)與 NMC-MRF 數值模式(NMC)，皆被採用以提供客觀分析場量及 24、48 小時之超前預報場量，進行預報測試。經統計預報測試分析顯示，CWB 數值模式的客觀分析場在準確度(平均絕對誤差:MAE; Mean Absolute Error) 與平均偏差度，均較 NMC 模式的客觀分析場表現為優。而 24 及 48 小時預報的比較，顯出 CWB 的最高溫度預報較 NMC 為佳，對於最低溫度預報則情形相反。同時，測試分析亦顯示出 CWB 模式預報，存在明顯的冷偏差，而 NMC 模式的預報則顯出暖偏差。基本上，CWB 模式大範圍的綜觀系統預報的表現上，顯示出良好的穩定性存在。

一、前言

統計預報開發的目的之一，在於提昇數值天氣預報的使用價值。現階段本局統計預報擬採取 PP 的方式，並配合本局數值模式的發展，對其預報產品進行校驗與穩定程度等分析(陳，1997)。

本研究主要在於初步了解，影響台灣地區天氣變化的環流因子及數值模式在統計預報應用上的表現。台灣地區冬季最高/低溫度的變化，主要的影響來自於大範圍的綜觀尺度溫度場的支配。因此，EC 客觀分析資料場被用以建立統計迴歸預報模式。同時，以目前本局預報作業上所使用最完整的數值預報模式(本局區域模式與 NMC-MRF 模式)的預報產品，應用於統計預報。並對此二模式的統計預報表現的平均狀態、準確度與誤差成長速度進行析，以建立統計預報作業對數值模式預報產品的穩定程度需求。

二、資料與研究方法

本研究建立迴歸模式部份，使用冬季各月(10-2月)的資料期間，起自 1980 年 10 月 1 日至 1989

年 12 月 31 日。資料來源，包括四個氣象局所屬氣象站(台北、高雄、花蓮與玉山)的逐日觀測最高及最低溫度；以及歐洲氣象中心(ECMWF/WMO)之 2.5° x 2.5° 經緯網格全球客觀分析資料(00Z)，研究所截取的東亞季風環流範圍：緯度起自北緯 10 度至 40 度，經度自東經 100 度至 140 度，共計 221 個網格點。包含 700、850 百帕的溫度場與 500、700、850 及 1000 百帕各層的相對濕度場(RH)。

迴歸模式建立研究分析過程，在陳(1997)論文即曾詳細分析。上述各測站之最高/低溫度統計迴歸模式確立後，即取用 CWB 及 NMC 兩個數值模式的 00Z 客觀分析場與 24、48 小時的預報場產品，在 1997 年 1-2 月期間，進行各測站之各天氣因素進行統計預報測試。

本研究中，主要使用 Forward 選取相關迴歸因子方式(Neter *et al.*; 1983)。因子析取過程中，使用主要成份分析方式(PCA; Principal Component Analysis/簡稱為 EOF)。Bretherton、Smith and Wallace (1992)曾深入應用主要成份分析方法於氣象資料，對選取因子之建議與預報分析之方法，

亦參考美國現行統計預報之分析結果(Eli, J., J. Bower *et al.*; 1990)。

三、CWB 與 NMC 數值模式統計預報測試分析

(一)、各測站所使用統計迴歸模式特徵分析

由表一顯示，每一組迴歸預報模式均含有溫度場的第一個主要成份(EOF1)為首要預報因子，而在最低溫度的迴歸預報模式中，亦均含有第二個主要成份(EOF2)為次要預報因子。在平地測站：台北、高雄及花蓮，最高/低溫度統計迴歸模式的主要差異，在於最低溫度迴歸預報模式較最高溫度之模式，多了 850 百帕相對溼度場的預報因子。而山區的玉山測站之情形，則與平地測站相反。

此外，除玉山最高溫度迴歸模式的變異解釋率(R^2)僅達 73%，其餘迴歸模式均高過 80%的變異解釋率。由迴歸模式建立與同性質資料組測試結果顯示，各測站之迴歸及預報平均絕對誤差表現均低於 1.5°C，僅玉山最高溫度模式表現高於 2.3°C。

(二)、統計模式預報成果分析

1、偏差(bias)與絕對平均誤差(MAE)分析

上述四個測站之冬季最高/低溫度迴歸預報，使用 CWB 及 NMC 數值預報模式之 00Z 客觀分析場與 24、48 小時預報場進行上線預報平行測試。表二所示為一、二月測試評比。其中 NMC 模式於各預報案例，平均預報偏差值均顯示出正(暖)偏差，較 CWB 模式的偏差量為高。而 CWB 模式在最低溫度的案例中，突顯出負(冷)偏差的存在。但在最高溫度的分析中，僅花蓮測站及高雄測站的 48 小時預報出現負偏差。基本上隨預報時段超前，CWB 模式有顯著趨冷現象，而 NMC 模式則呈現相反的趨勢。

對各模式的預報準確度的表現上(見表二)，最高溫度各時段預報絕對誤差，顯示出 CWB 模式均較 NMC 模式的各時段誤差為低。在最低溫度的預報上，CWB 模式的客觀分析場預報均較 NMC 的為優。但 24 小時預報上，高雄測站與花蓮測站顯示出，CWB 模式較 NMC 模式存在較大的預報誤差，而台北測站與玉山測站，此二模式的預報準確

性，則表現近似一致。在 48 小時的預報上，除玉山測站顯出 CWB 模式預報誤差較 NMC 模式的為低，其餘皆表現出相反的情形。

對於預報誤差隨不同預報時段的變化，CWB 模式最低溫度平地預報案例的客觀分析與 24 小時之預報誤差，存在顯著差異。其快速的誤差增長現象，並未表現在其他迴歸預報組。此不僅歸因於迴歸模式的結構各異，且反應出數值模式的本質。

2、預報趨勢與誤差成長分析

表三中所示“測站觀測”一欄，詳列出各預報組的實際觀測與各時段預報的相關係數。其中 CWB 模式的相關係數值均較高於 NMC 模式的表現，顯示 CWB 模式預報變化趨勢較穩定些。但在玉山測站最低溫度預報案例，則顯出相反的結果。綜觀而論，隨預報時段的超前，相關的預報趨勢減弱。

在表三中“客觀分析誤差”一欄，列出各預報組在各別預報時段的預報誤差，與同一數值模式客觀分析場預報誤差的相關變化。在最低溫度預報誤差成長比較上，NMC 模式相較於 CWB 模式，存在較穩定的預報誤差成長趨勢，亦即誤差隨超前預報時段成長變化 NMC 模式較為穩定。但在最高溫度預報誤差的表現上，則各有不同的結果(詳閱表三)。圖一及二分別代表 CWB 與 NMC 模式，在台北測站最高/低溫度各時段預報與觀測的誤差逐日變化情形。在各段預報誤差逐日變化中，顯示出 NMC 模式預報誤差平均狀態為正，而 CWB 模式則顯出負誤差的平均狀態。其中，以 NMC 模式的最低溫度各預報時段誤差成長趨勢變化最一致。而最弱的是 NMC 模式的最高溫度預報，尤其以 2 月 1-20 日期間模式誤差量增長極大，但此現象在最低溫度預報時則未顯現出來。誤差成長變化量增長最突顯的是 CWB 模式的最低溫度預報誤差。

(三)、各時段預報因子的變化分析

本節分析中，因 NMC 模式客觀分析場所析取的預報因子未予以儲存，因此僅以 CWB 模式之客觀分析場所析取的預報因子作對應分析。

1、綜觀尺度因子的變化(850 與 700 百帕溫度之 EOF1 及 EOF2)

圖三及四分別代表，CWB 與 NMC 模式 850

百帕溫度場的第一與第二主要成份，在不同時段預報的逐日變化，由各圖中，突顯出 CWB 模式預報的各主成份變化，有隨預報時段增長而呈現增加趨勢，且最大變化量產生在脊處，而 NMC 模式預報，則呈現相反遞減的變化，但其隨預報時段的變化量較 CWB 模式的為和緩。表四詳列測試期間，各模式於不同時段時各預報因子的平均值與標準偏差。其中，850、700 百帕溫度場的 EOF1 與 EOF2 的變化上，均顯出 CWB 及 NMC 模式本質，所造成平均值的差異，而標準差值的分析顯示出，除 700 百帕溫度場的 EOF2 在不同預報組中，顯出近似的標準差值，餘皆表現出 CWB 模式的 24、48 小時預報的預報量之變化度，比客觀分析場的值為高，且亦較 NMC 模式的為高。此反應出在極值時(峰、谷)，較易預報不足或過量。

2、局地因子(858 與 700 百帕相對濕度場)

表四中顯示在 850 百帕上，CWB 模式超前預報的平均值比客觀分析及 NMC 預報低了 7-10%(偏乾)。此情形，在 700 百帕的表現上則呈現相反的狀態(NMC 模式偏乾)，而標準差的變化上，除了 850 百帕 CWB 模式 48 小時預報及 700 百帕 NMC 模式 48 小時預報結果偏高外，餘皆十分相近。

圖五為迴歸模式中所使用之單網格點的 850 百帕相對濕度場，在此二模式各預報時段的變化，在圖中 CWB 模式 850 百帕的相對濕度案例，顯出隨著預報時段的超前，預報變化度加大。其間尤以 2 月 9 日至 14 日之超前預報量相較於客觀分析場，振盪誤差高達約-40%，而由客觀分析與各預報時段的相對應散布分布，顯示出 24 小時的預報較 48 小時為穩定。然 48 小時的案例，突顯出分為兩個類別，當客觀分析值大於 70%時，預報值變化範圍由 50%至 100%。在客觀分析值小於 70%時，預報值變化量僅由 50%至 30%，近乎在小於 70%時預報場和客觀分析場表現呈獨立相關。而在 CWB 模式 700 百帕的案上，相較於 850 百帕的情形，則顯現較為穩定的相關變化存在。但獨立相關的現象仍然存在。

五、結語

在本研究中，經由主要成份分析方式，由較大

的東亞範圍所析取出的綜觀尺度因子，突顯出較高變化趨勢穩定度。雖然，CWB 模式有明顯偏冷的現象，而 NMC 模式則呈偏暖的表現。且對第一主要成份因子而言，隨超前時段的增加數值模式，CWB 模式的預報因子誤差量的成長亦較 NMC 模式的為大(標準差增大)。但在最冬季高/低溫度的預報準確度表現上，CWB 模式的統計預報結果略優於 NMC 模式的表現。

在測站附近單點的相對濕度表現則顯出 NMC 模式的預報可信度較高，而 CWB 模式的預報則穩定性不足。因此，造成使用此 CWB 模式預報因子之統計預報模式，預報評比下降。

由本研究可見，當數值預報透過適切的因子處理，能達到更穩定的統計預報的功用，且更能發揮數值模式之預報潛力。

六、參考文獻

- 陳重功, 1997: “氣象統計預報作業的發展與應用”, 第二屆交通部統計應用分析研討會論文, 25 頁.
- Bretherton, C. S., C. Smith and J. M. Wallace, 1992: An Intercomparison of Methods for Finding Coupled Patterns in Climate Data. *J. Climate*, 5, 541-560.
- Eli, Jacks, J. B. Bower, V. J. Dagostaro, J. P. Dallavalle, M.C. Erickson, and J. C. Su, 1990: New NGM-Based MOS Guidance for Maximum/Minimum Temperature, Probability of Precipitation, Cloud Amount, and Surface Wind. *Weather and Forecasting*, 5, 128-138.
- Neter, John, William Wasserman and M. H. Kutner, 1983: Applied Linear Regression models, Richard D. Irwin, INC., Homewood, Illinois, 547pp.

表一、冬季最高/低溫度統計預報模式 (*:850 百帕溫度場、@:700 百帕溫度場及 50a:500 百帕以下平均值)

變數	測站	R ²	MAE (fit/test unit=°C)	預報因子							
				1	2	3	4	5	6	7	8
最高溫度	台北	0.87	1.48/1.46	EOF1*	EOF4*	EOF5*	EOF13*	EOF3*	EOF11*		
	高雄	0.81	1.11/0.97	EOF1*	EOF2*	EOF4*	EOF3*	EOF6*			
	花蓮	0.85	1.30/1.29	EOF1*	EOF2*	EOF4*	EOF11*	EOF3*	EOF6*	EOF9*	EOF7*
	玉山	0.73	2.37/2.57	EOF1@	EOF3@	EOF10@	EOF6@	700RH			
最低溫度	台北	0.89	1.13/1.09	EOF1*	EOF2*	EOF5*	EOF4*	EOF11*	EOF15*	850RH	
	高雄	0.90	1.01/0.98	EOF1*	EOF2*	EOF4*	EOF5*	EOF3*	50aRH		
	花蓮	0.86	1.06/1.24	EOF1*	EOF2*	EOF5*	EOF16*	EOF9*	850RH		
	玉山	0.82	1.27/1.33	EOF1@	EOF2@	EOF3@	EOF6@	EOF8@	EOF9@		

表二、冬季最高/低溫度統計預報測試分析(°C)

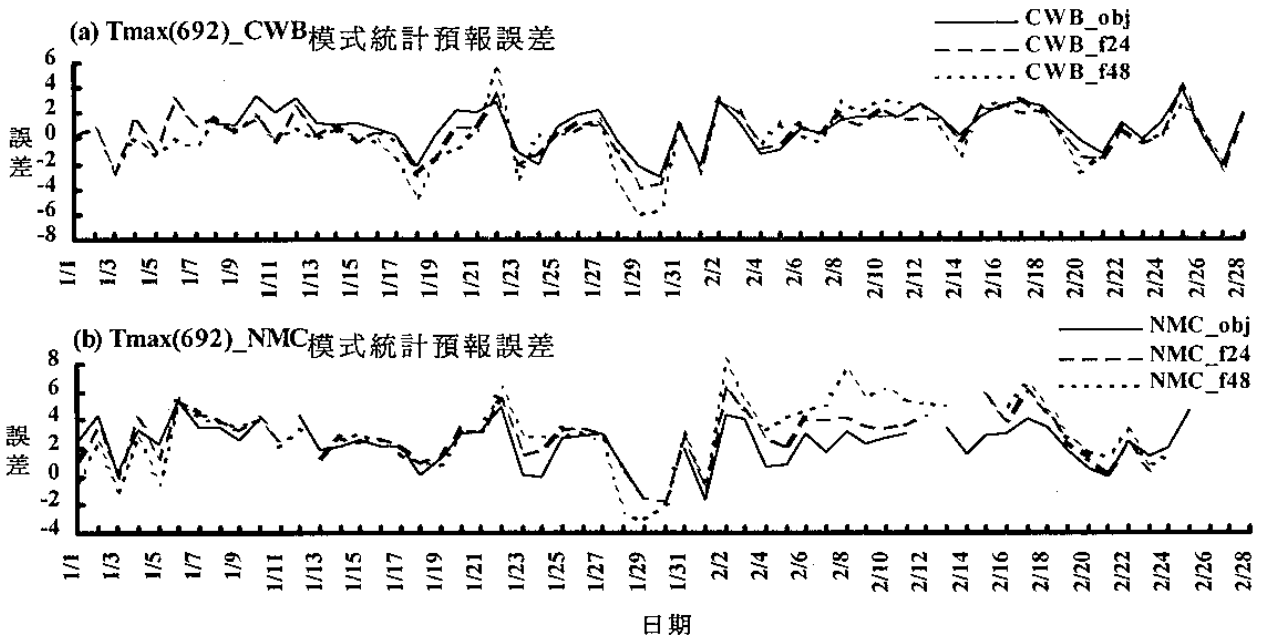
變數	測站	MAE(cwb / nmc)			bias(cwb / nmc)		
		obj	24h	48h	obj	24h	48h
最高溫度	台北	1.62	1.50	1.63	0.89	0.46	0.14
		2.48	2.96	3.35	2.35	2.79	2.97
	高雄	1.24	1.27	1.49	0.35	0.09	-0.18
		1.65	1.75	1.97	1.23	1.38	1.53
	花蓮	1.53	1.92	2.40	-0.51	-1.32	-1.74
		1.57	2.08	2.72	0.30	0.38	0.23
玉山	2.65	2.96	3.09	2.51	2.56	2.66	
	3.20	3.50	3.90	3.12	3.50	3.84	
最低溫度	台北	1.31	1.91	2.37	0.09	-1.35	-1.90
		1.57	1.95	2.28	1.29	1.74	1.92
	高雄	0.97	1.71	2.13	-0.63	-1.59	-1.96
		1.11	1.34	1.62	0.22	0.87	1.18
	花蓮	1.02	1.83	2.19	-0.31	-1.53	-1.86
		1.19	1.19	1.36	-0.21	0.08	0.45
玉山	1.16	1.27	1.43	-0.28	-0.78	-0.71	
	1.13	1.36	1.59	0.62	0.76	1.13	

表三、冬季最高/低溫度統計預報測試相關分析

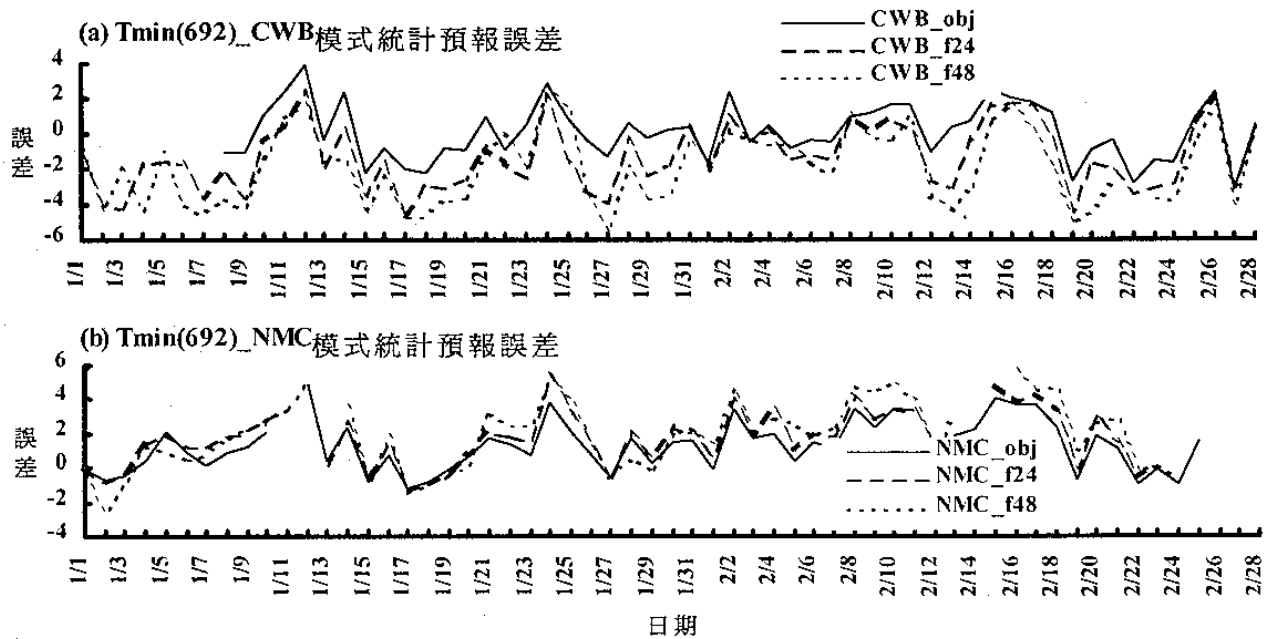
測站		預報最高溫度					預報最低溫度				
		測站觀測			客觀分析誤差		測站觀測			客觀分析誤差	
		obj	24h	48h	24h	48h	obj	24h	48h	24h	48h
台北	CWB	0.91	0.89	0.82	0.92	0.80	0.82	0.76	0.69	0.88	0.80
	NMC	0.89	0.86	0.75	0.87	0.68	0.78	0.73	0.64	0.97	0.90
高雄	CWB	0.76	0.74	0.67	0.97	0.93	0.84	0.83	0.78	0.91	0.80
	NMC	0.67	0.65	0.60	0.99	0.96	0.74	0.71	0.63	0.96	0.92
花蓮	CWB	0.85	0.79	0.70	0.94	0.88	0.82	0.74	0.69	0.90	0.81
	NMC	0.81	0.78	0.71	0.98	0.93	0.73	0.68	0.62	0.96	0.90
玉山	CWB	0.83	0.76	0.77	0.91	0.81	0.78	0.73	0.72	0.85	0.75
	NMC	0.78	0.73	0.72	0.85	0.75	0.88	0.83	0.87	0.97	0.80

表四、測試期間各時段預報因子之平均值及標準偏差值變化

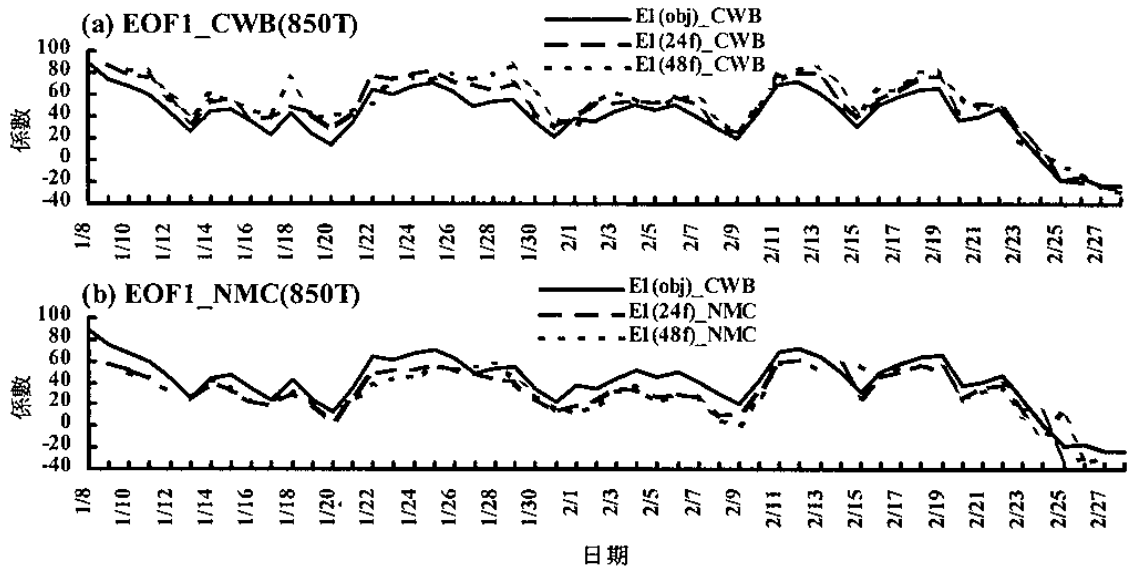
NWP 模式 預報因子	CWB(mean/std)			NMC(mean/std)	
	obj	24h	48h	24h	48h
EOF1(850T)	41.5/ 24.87	48.1/ 27.36	51.5/ 27.94	32.5/ 20.29	31.1/ 21.71
EOF2(850T)	8.4/ 16.34	16.8/ 19.23	17.9/ 19.02	2.8/ 18.48	0.3/ 19.73
850RH	78.6/ 18.36	73.3/ 17.60	70.3/ 20.95	79.5/ 16.86	81.8/ 17.37
EOF1(700T)	38.4/ 21.98	43.9/ 23.87	41.6/ 25.52	37.2/ 18.87	35.6/ 19.97
EOF2(700T)	-8.4/ 6.55	-8.8/ 8.90	-9.9/ 9.24	-2.3/ 9.14	-2.0/ 9.39
700RH	59.5/ 19.70	61.1/ 19.86	60.2/ 22.22	56.8/ 22.92	56.6/ 26.80



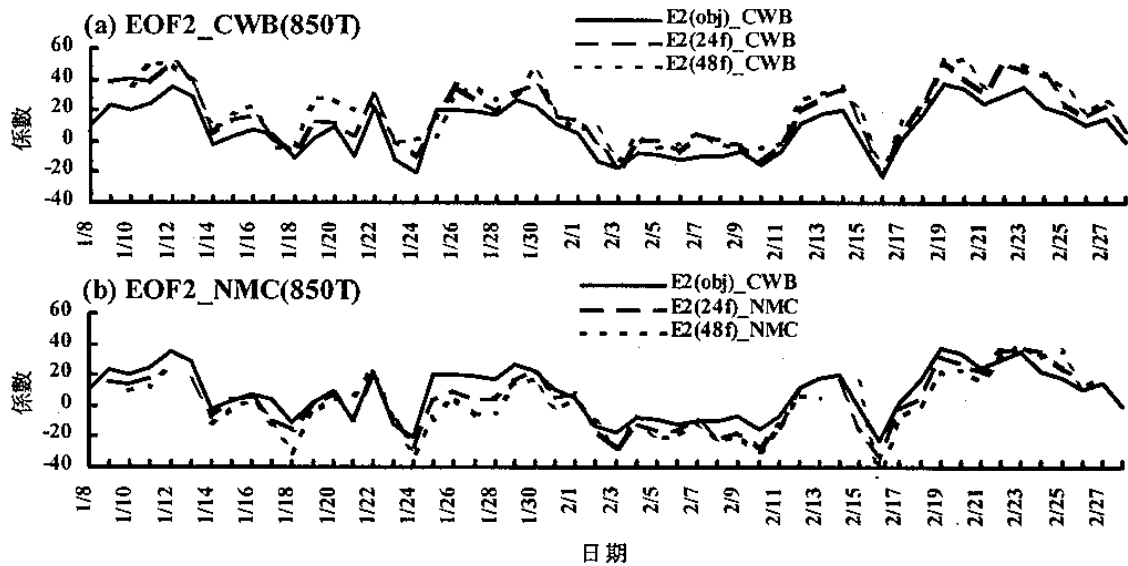
圖一、台北冬季最高溫度統計預報誤差逐日變化



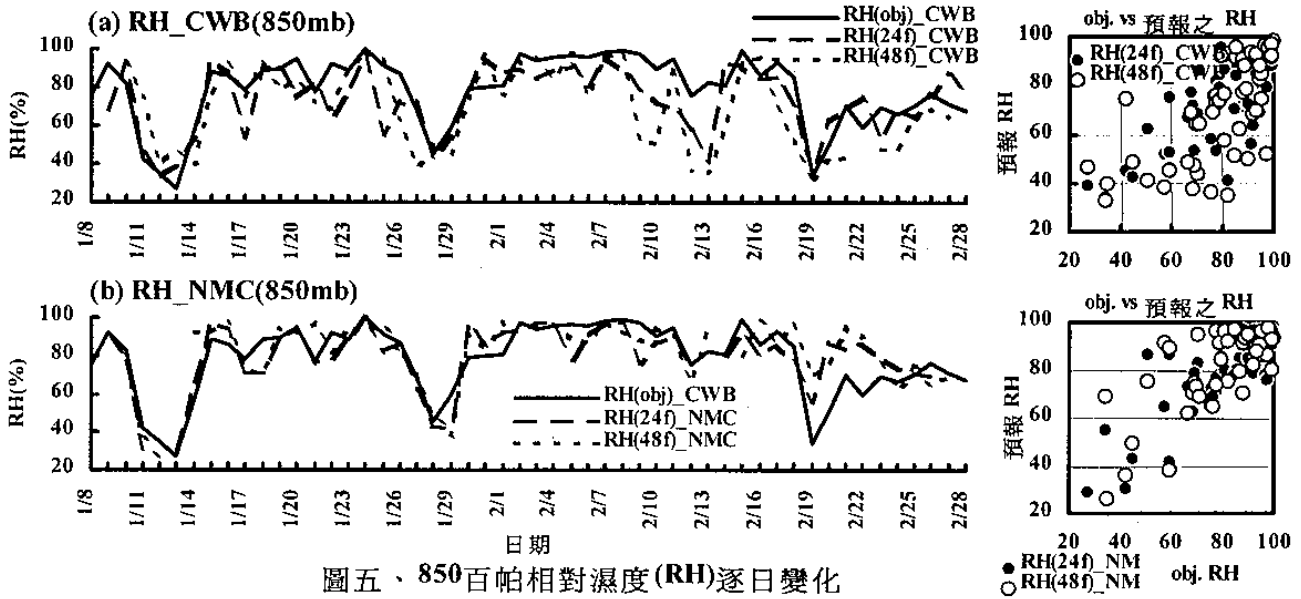
圖二、台北冬季最低溫度統計預報誤差逐日變化



圖三、850百帕 EOF1 逐日變化



圖四、850百帕 EOF2 逐日變化



圖五、850百帕相對濕度(RH)逐日變化