

日本數值預報應用之校驗

任立渝 陳來發 周蘭芬 林燕璋

中央氣象局

摘要

日本數值預報產品是目前天氣預報作業時之主要參考資料，影響預報績效甚鉅。本文針對其產品在影響台灣地區選擇範圍內，進行 500 毫巴高度、槽線及降水預測等多項校驗。結果顯示，除青康藏高原東側的高度預測值有偏高現象外，其他地區均偏低且 40°N 之偏差值較 25°N 為大，如按月份比較，二月預測結果最佳，三月最不理想。槽線預測中緯度準確度準確性較低緯度為優，但有落後現象，低緯度在 24~48 小時超前，72 小時預測亦落後。以台北校驗的降水預測在本校驗期內之可信度甚高，其他時期之結果仍有待考慮。另外對大陸強冷高氣壓之南下進行校驗，預測值偏低，誤差可達 12~16 毫巴。

此外，再以數值預報產品應用於預報作業之實例，來說明使用時之問題，希望促使對這些問題之重視。

一、前言

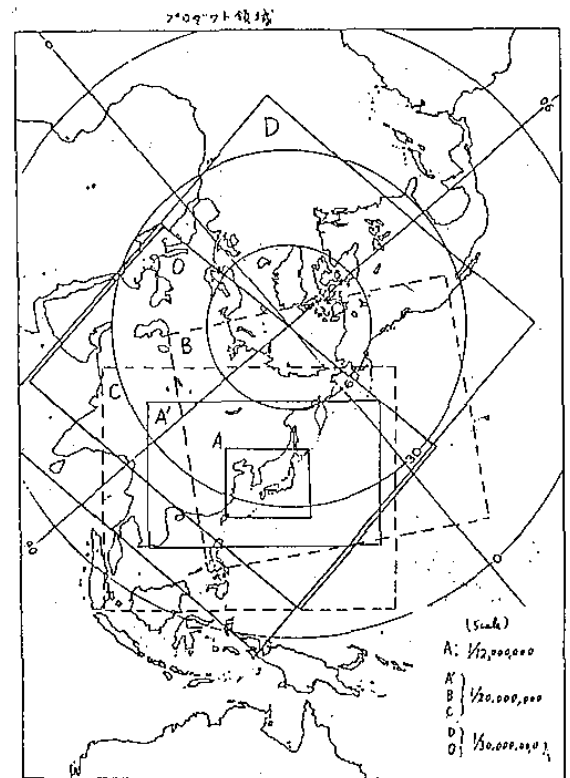
數值預報自 1955 年開始應用於日常天氣預報作業以來，對提高預報準確率已有相當之成效，並獲氣象科學家們公認為最有效之預報工具，目前最好的數值預報模式對七天以內的預報已有很好的準確性。有鑒於此，中央氣象局在多年前即籌劃發展台灣地區的數值預報，於民國六十五年七月以極有限的經費租用一套美國 GA SPC16/45 型的小型電腦，嘗試製作數值預報，用最簡化的相當正壓數值模式，從事 500 毫巴 36 小時渦旋度與等高線的預測，大致可預測中緯度槽脊線移動情形，但低緯度氣流與降水等則無法預測，對實際預報作業幫助不大，必須發展較精密的數值預報模式。由於數值預報模式所需之資料量極大以及複雜的處理過程，需用記憶容量大與速度快的電腦運算，故氣象先進國家均用超大型電腦從事數值預報。國內為有效提高預報水平與氣象服務品質，近年來，中央氣象局積極規劃進行換裝超大型電腦，發展數值天氣預報。

日本自 1960 年起將數值預報引用到日常預報作業，經二十餘年不斷研究改進，並在 1982 年 3 月改用新型快速的 HITAC M200H 電腦，同時將過去使用的北半球模式及有限細網格模式經數次更改，到 1983 年 3 月使用 12 層北半球光譜模式 (12-Level Northern Hemispheric Spectral Model, 12L-HSM)、12 層細網格模式 (12-Level Fine Mesh, Limited Area Model, 12L-FLM)、以及 11 層極細網格模式 (11-Level Very Fine Mesh, Limited Area Model, VFM65)，從事一天二次 (00Z, 12Z) 72 小時預測與每周二次 192 小時預測。除 VFM65 以日本地區為預測區外，其他數值預報資料國內均已接收。國內每天都接收這些數值預報資料，作為預報作業時的重要參考資料。由於台灣地理環境特殊，應用日本為中心的數值預報有嚴重的缺點，故在短期預報上仍以主觀預報為主，但數值預

報結果常影響預報員的主觀判斷，二天以上的天氣預報則對數值預報資料甚為倚重。既然日本傳真的數值預報在預報作業上佔如此重要的份量，並為每日必定參考的資料，對其適用性應予了解，何況任何數值預報都有多種誤差，必須經常校驗，才能發現其特性與缺點，此項校驗工作已列入預報作業內之固定工作。本文即在探討日本數值預報應用在台灣地區的準確性，以作為預報作業時應用之參考。

二、日本數值預報模式概述

目前接收日本氣象廳無線電傳真廣播的數值預報有每日兩次以 12L-FLM 作亞洲地區 12 至 36 小時預測圖，北半球地區 12L-NSM 作每日兩次的 48 至 72 小時預測圖與每周兩次 96 至 192 小時預測圖。各種預測圖內容如表一，範圍如圖一所示。



圖一 數值預報作業範圍

表一 接收日本無線電傳真廣播之數值預報產品一覽表

標題	模式	內容	初始值時數(Z)	範圍
FSFE02	FLM	24小時地面氣壓，0~24小時降水量	00, 12	A'
FSFE03	"	36小時地面氣壓預測，24~36小時降水量	"	"
FXFE782	"	24小時 850mb 氣溫、風，700mb 預測	"	"
FXFE783	"	36小時 850mb 氣溫、風，700mb 預測	"	"
FUFE502	"	24小時 500mb 高度、渦旋度預測	"	"
FUFE503	"	36小時 500mb 高度、渦旋度預測	"	"
FSAS04	NSM	48小時地面氣壓，24~48小時降水量預測	"	C
FSAS07	"	72小時地面氣壓，48~72小時降水量預測	"	"
FXAS504	"	48小時 500mb 高度、渦旋度預測	"	C
FXAS507	"	72小時 500mb 高度、渦旋度預測	"	C
FXAS784	"	48小時 850mb 氣溫、風，700mb 預測	"	C
FEAS509	"	96小時 500mb 高度、氣溫預測	每週日 12Z	O
FEAS512	"	120小時 500mb 高度、氣溫預測	"	"
FEAS514	"	144小時 500mb 高度、氣溫預測	"	"
FEAS516	"	168小時 500mb 高度、氣溫預測	"	"
FEAS519	"	192小時 500mb 高度、氣溫預測	"	"
FEAS09	"	96小時地面氣壓預測	"	"
FEAS12	"	120小時地面氣壓預測	"	"
FEAS14	"	144小時地面氣壓預測	"	"
FEAS16	"	168小時地面氣壓預測	"	"
FEAS19	"	192小時地面氣壓預測	"	"

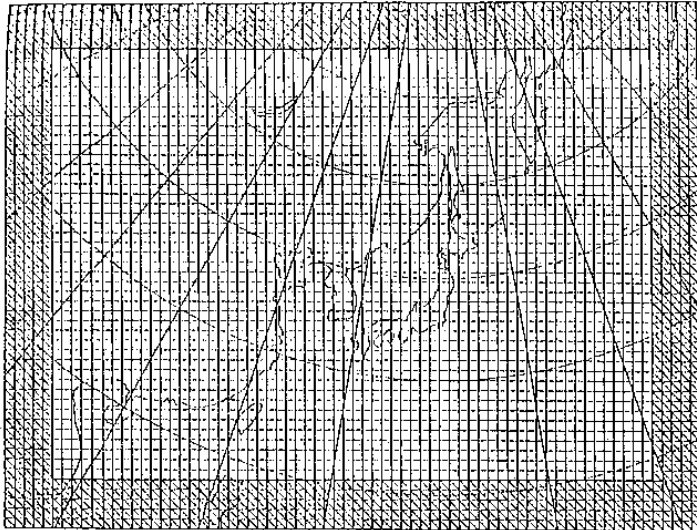
表二 日本 12L-FLM 與 12L-NSM 之特徵說明

項目	12L-FLM	12L-NSM
範圍	亞洲及太平洋	北半球
網格系統	60度正射投影	經度、緯度
網格長度	127公里(在60°N)	2.5度
垂直解析	σ 座標(P=1000-0mb 非均勻分 12層)	$\sigma=0.995-0.025$ 非均勻分 12層
網格點數	73 x 55	144 x 37
分析內容	Surface, 850, 700, 500, 400 mb : Z, V, T, T-Td 300, 250, 200, 150, 100mb : Z, V, T	Surface, 850, 700, 500, 400 mb : Z, V, T, T-Td 300, 250, 200, 150, 100mb : Z, V, T 70, 50, 30, 20, 10mb : Z, (V), T

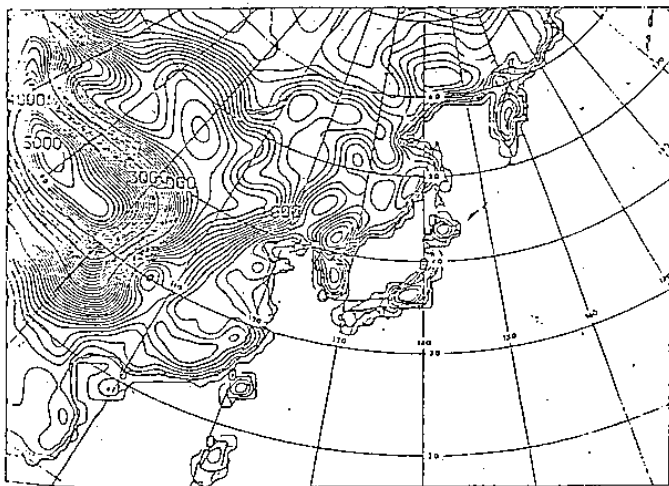
除以上這些數值預報產品外，還有未接收的 12、18、24 小時 500mb、300mb、250mb、200mb 高度、氣溫、風等的預測圖，此外在颱風接近日本時，用

移動式多重網格颱風預報模式 (Moving Mested Grid Typhoon Prediction Model, MNG-TFM)從事 72小時路徑預報，

12L-FLM 及 12L-NSM 之基本特徵如表二，水平方向網格結構與地形如圖二、圖三所示，至於模式結構與數理依據，已詳述於中央氣象局研究報告第 096 號 (劉復誠，1983)，不再贅述。



圖二 12L-FLM 模式之水平結構圖



圖三 模式中所考慮之地形

三、校驗方法與步驟

(一)日本數值預報應用於預報作業之情形

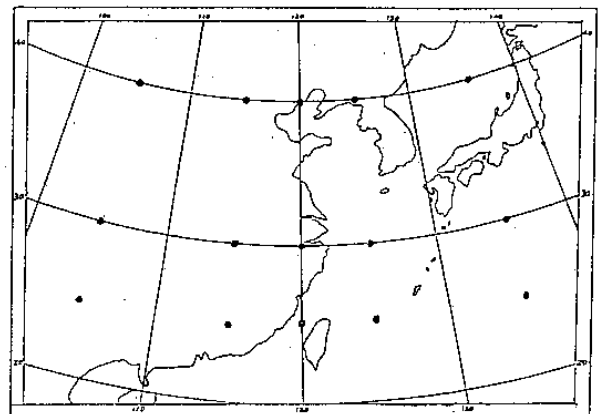
中央氣象局預報中心目前對 3 - 7 天之天氣預報作業，除採用系統追蹤及波數分析等方法外，並

參考日本數值預報產品，應用 96~ 192 小時 500mb 高度與地面氣壓場之預測圖；72 小時天氣預報時除參考上述兩類外，另包括 500 mb 渦度場及降水預測；24~ 48 小時之天氣預報參考圖更增加 700 mb 垂直速度場 (P-velocity), 850mb 風場等。在預報過程中，先由預報員檢驗過去 24~ 72 小時 500 mb 高度場、槽綫移動以及地面氣壓系統預測之誤差情形，以此考量對未來系統預測的修正，再以 500 mb 之渦度場及 700 mb 垂直速度場以及 850mb 風速系統垂直結構一致性等來研判地面氣壓系統之發展、移動以及降水預測之合理性，配合 36 小時正壓模式所作 500 mb 高度場及渦度場預測圖、厚度圖等，再參考衛星觀測資料，製作 36 小時地面氣壓系統預測圖。決定各地區之天氣預報時，當然首需參考各種實際觀測資料，再按前述過程進行。

(二)校驗內容、範圍、方法

由於工作繁多及人力的限制，謹就 36 小時內可能影響台灣地區天氣範圍內之 500 mb 高度場、槽綫以及降水預測等項作季節性之統計校驗。

以系統在 36 小時內可能影響台灣地區天氣之範圍為準 (20~ 45° N / 100~ 140° E)，選擇固定點為計算對象 (見圖四)，此區域涵蓋西藏高原可能產生地形效應之影響，海陸效應以及溫帶與亞熱帶地區之預報成果。此外再以實際應用數值預報結果，來探討對預報作業影響之問題。統計檢驗之內容與方法如下：



圖四 校驗範圍內之 15 個固定選擇點

(1) 500mb 高度場校驗：以 73 年 12 月至 74 年 2 月之資料在 15 個選擇點上計算 24、36、48 及 72 小時各預測值 (00Z 及 12Z) 與實際觀測值之平均誤差 \bar{Z} Average Error, 均方根誤差 RMSE (Root Mean Square Error) 及標準差 SD (Standard Deviation)。各種計算之方式為：

$$(a) \text{平均誤差: } \bar{Z} = \Sigma(Z_F - Z_0) / N \text{ ---- ①}$$

Z_F : 預測值

Z_0 : 實測值

N : 校驗總次數

\bar{Z} 為正值表示預測值偏高, \bar{Z} 為負值表示預測值偏低, 如此可看出各月或季的預測偏差。

(b) 均方根誤差 RMSE (Root Mean Square Error)

$$RMSE = \sqrt{\frac{\Sigma(Z_F - Z_0)^2}{N}} \text{ ②}$$

式中字母代表意義與①式同

(c) 標準差 (Standard Deviation)

$$S.D. = \sqrt{\frac{\Sigma(\Delta Z - \bar{Z})^2}{N}} \text{ ③}$$

$\Delta Z = Z_F - Z_0$, \bar{Z} 為平均誤差

由於 \bar{Z} 之值在計算過程中, ΔZ 之正負值有抵消之虞, 使 \bar{Z} 只能看出模式中系統誤差 (Systematic Error) 之偏向 (Bias) 而無法看出其真正偏差值之平均狀態, 此種缺憾必須由 RMSE 及 S.D. 來補足。

(2) 500 mb 槽綫移動校驗：由於 10L-LFM 之網格點距為 127Km, 且考慮人為主觀校驗之可能誤差, 以 ± 1 度經度為正確預測 (FC), 預測偏東為較快 (FA), 預測偏西為較慢 (FS), 分別計算各月與季 24, 36, 48 及 72 小時槽綫位置預測結果中 FC、FA、FS 等所佔之頻率。

(3) 降水預測校驗：以 0-24、24-48 及 48-72 之三種 24 小時降水預測對台北地區之降雨為對象, 用預報命中率 (PC) 及 HSS 技術得分 (Heidke Skill Score 表示：

$$(a) PC = \frac{FX}{N} \times 100\% \text{ ④}$$

式中 FX 為 FC 或 FA 或 FS 之次數。

$$(b) HSS = \frac{F - E}{T - E}$$

預報 實際	出現	未出現	總計
出現	A	C	R_1
未出現	B	D	R_2
總計	C_1	C_2	T

式中 F 表正確預測次數

T 表總預測次數

E 表根據機遇率能預期的正確預測次數
其計算方式如下：

$$F = A + D$$

$$R_1 = A + C$$

$$R_2 = B + D$$

$$C_1 = A + B$$

$$C_2 = C + D$$

$$T = R_1 + R_2 = C_1 + C_2$$

$$E = \frac{C_1 R_1 + C_2 R_2}{T}$$

如果僅以 PC 的百分比來表示預測的可信度, 但 HSS 則可為對該項預報技術評估比較之重要依據。

四、校驗結果

(一) 500 mb 高度預測：統計 1984 年 12 月至 1985 年 3 月在固定選點上各月 00Z 及 12Z 之 24、36、48 及 72 小時 500 mb 預測高度場之平均誤差 (\bar{Z}), 均方根誤差 (RMSE) 及標準偏差 (S.D.), 結果如表三(a)~(d), 經分析得有以下幾點特性：

(1) 各選擇點上之 \bar{Z} 值有偏向負值 (預測值小於實際觀測值) 之傾向, 表示模式系統誤差對高度預測有偏低現象。但在統計季節性 \bar{Z} 值時 (見表四) 發現 10L-LFM 所作 24~36 小時預測中在緊臨西藏高原東側 $105^\circ E$ ($25^\circ N \sim 30^\circ N$)

表三(a) 1984年12月500mb高度預測各選擇點上之 \bar{Z} , RMSE與S.D.

預報有效時間 (小時)	經度 緯度 項目	105E			115E			120E			125E			135E		
		\bar{Z}	RMSE	S.D.	\bar{Z}	RMSE	S.D.	\bar{Z}	RMSE	S.D.	\bar{Z}	RMSE	S.D.	\bar{Z}	RMSE	S.D.
24hr	40 N	-2.67	25.98	25.84	-5.83	26.36	25.71	-9.17	26.03	24.36	-10.42	29.02	27.08	-12.08	35.22	33.08
	30 N	15.58	28.25	23.56	-1.80	19.84	19.75	-4.67	23.73	23.27	-5.50	21.72	21.01	-4.92	26.05	25.58
	25N	16.83	28.03	22.42	-1.67	19.12	19.08	-2.17	23.00	22.90	0.75	42.18	42.17	1.08	35.08	35.06
36hr	40 N	-9.58	38.00	36.77	3.00	32.51	32.37	9.25	28.76	27.23	8.42	31.66	30.52	2.41	34.85	34.77
	30 N	-0.08	38.35	38.35	-5.50	32.98	32.52	-7.75	33.31	32.40	-9.33	33.25	31.92	-11.58	37.43	35.60
	25 N	10.08	26.23	24.21	-5.25	21.28	20.62	-9.00	23.33	21.52	-13.67	25.43	21.45	-21.28	29.95	21.08
48hr	40 N	-39.5	56.22	40.01	-33.67	51.61	39.11	-13.42	38.93	36.54	-3.20	43.12	43.00	0.08	43.99	43.99
	30 N	-9	35.19	34.02	-12.13	31.35	28.91	-11.97	32.76	30.49	-16.39	35.84	31.87	-26.31	42.67	33.59
	25 N	-1.72	24.84	24.78	-11.80	24.11	21.02	-13.44	23.06	18.74	-14.34	25.42	20.99	-24.84	31.87	19.98
72hr	40 N	-54.92	69.07	4.90	-47.13	70.05	51.82	-32.62	63.47	54.45	-13.44	60.92	59.41	9.92	68.12	67.39
	30 N	-16.48	38.00	34.24	-19.51	42.05	37.25	-32.70	63.55	54.48	-11.31	40.34	38.72	-6.48	39.19	38.65
	25 N	-11.89	29.09	26.55	-19.75	31.17	24.11	-13.08	33.36	30.69	-8.36	33.90	32.85	-15.08	26.62	21.93

表三(b) 1985年1月500mb高度預報各選擇點上之 \bar{Z} , RMSE與S.D.

預報有效時間 (小時)	經度 緯度 項目	105E			115E			120E			125E			135E		
		\bar{Z}	RMSE	S.D.	\bar{Z}	RMSE	S.D.	\bar{Z}	RMSE	S.D.	\bar{Z}	RMSE	S.D.	\bar{Z}	RMSE	S.D.
24hr	40 N	-4.11	25.63	25.30	-5.81	25.69	25.04	-7.18	24.30	23.22	-4.5	21.78	21.31	-6.95	24.87	23.88
	30 N	5.92	25.49	24.79	-3.75	16.29	15.85	-9.92	17.52	14.45	-5	18.17	17.46	-4.92	23.74	23.22
	25 N	13.20	22.39	18.09	0	19.78	19.78	-1.94	21.76	21.67	2.18	26.16	26.07	-5.42	21.28	20.58
36hr	40 N	1.37	23.36	23.32	0.16	26.75	26.75	2.07	26.18	26.10	-2.58	29.42	29.30	-10.48	33.47	31.78
	30 N	3.79	29.59	29.34	-10.48	26.50	24.34	-13.63	30.21	26.96	-12.26	29.03	26.32	-10.32	30.27	28.45
	25 N	12.5	24.73	21.34	-3.71	22.58	22.27	-3.47	27.77	27.56	-6.45	29.91	29.20	-7.42	36.75	36.00
48hr	40 N	-19.84	32.64	25.92	-11.48	39.84	38.15	-4.34	37.09	36.84	-1.31	40.38	40.36	-20	40.80	35.56
	30 N	-10.79	32.48	30.83	-17.30	34.09	29.37	-18.17	36.64	31.82	-17.46	34.81	30.12	-20.08	42.98	38.00
	25 N	-4.10	20.04	19.62	-11.56	25.24	22.44	-11.56	27.75	25.23	-12.62	28.67	25.74	-23.92	34.92	25.45
72hr	40 N	-31.75	60.54	51.54	-24.84	51.34	44.93	-12.46	36.39	59.00	-1.83	61.26	61.23	-1.64	50.77	50.75
	30 N	-13.52	35.80	33.15	-22.46	39.34	32.30	-23.36	46.38	40.07	-20.33	44.00	39.02	-18.85	40.84	36.23
	25 N	-8.22	25.30	27.93	-17.5	30.35	24.79	-17.83	31.79	28.32	-15.92	31.56	27.26	-21.25	37.54	30.95

表三(c) 1985年2月500mb高度預報各選擇點上之 \bar{Z} , RMSE與S.D.

預報有效時間 (小時)	經度 緯度 項目	105E			115E			120E			125E			135E		
		\bar{Z}	RMSE	S.D.	\bar{Z}	RMSE	S.D.	\bar{Z}	RMSE	S.D.	\bar{Z}	RMSE	S.D.	\bar{Z}	RMSE	S.D.
24hr	40 N	-9.09	26.58	24.97	-3.09	27.15	26.98	6.07	29.02	28.37	1.91	26.69	26.62	4.34	36.13	35.87
	30 N	0.35	28.73	28.73	-1.88	31.00	30.95	-3.66	24.74	24.47	0.18	24.68	24.68	10.18	32.25	30.60
	25 N	6.43	26.69	25.91	-2.96	21.30	21.09	-5.36	18.15	18.14	4.38	16.05	15.44	8.04	27.87	26.69
36hr	40 N	-11.16	39.49	37.88	2.82	32.98	32.86	11.79	33.49	31.35	15	34.59	31.17	19.06	46.28	42.17
	30 N	-3.93	25.14	24.83	-0.71	30.47	30.46	0.52	29.15	29.15	6.11	34.24	33.69	22.26	38.61	31.54
	25 N	4.18	35.65	35.40	-3.57	27.65	27.41	0	21.49	21.49	10.37	30.43	28.61	8.91	21.87	19.97
48hr	40 N	-22.5	43.34	55.24	-2.73	40.43	40.34	10.53	36.75	35.62	12.73	40.54	38.49	13.45	53.12	51.39
	30 N	-18.21	39.42	35.24	-4.82	40.55	40.27	-3.82	32.16	31.99	2.86	37.22	37.12	5.09	34.56	34.18
	25 N	-5.74	31.48	30.95	-9.82	32.19	30.66	-7.09	29.01	28.13	-5.18	30.91	30.47	-0.36	28.54	28.53
48hr	40 N	-25	40.80	32.25	7.06	116.37	116.15	13.70	59.63	58.03	35	70.01	60.64	52.5	99.06	84.01
	30 N	1.48	28.54	28.50	3.15	31.24	31.08	6.48	30.64	29.95	20.73	39.45	34.14	37.92	55.74	40.86
	25 N	5.85	24.76	24.06	2.04	22.65	22.56	4.26	20.50	20.06	12.78	22.81	18.90	17.04	31.03	25.94

表三(d) 1985年3月500mb高度預報各選擇點上之 \bar{Z} , RMSE與S.D.

預報有效時間 (小時)	經度 緯度 項目	105 E			115E			120E			125E			135E		
		\bar{Z}	RMSE	S.D.	\bar{Z}	RMSE	S.D.	\bar{Z}	RMSE	S.D.	\bar{Z}	RMSE	S.D.	\bar{Z}	RMSE	S.D.
24hr	40 N	-21.5	41.65	35.68	-21.17	38.23	31.84	-16.83	34.95	30.63	-12.33	29.64	26.98	-7.17	27.60	26.65
	30 N	2.03	31.41	31.34	-13.77	29.48	26.06	-17.67	29.10	23.12	-15.83	24.26	18.37	-11.17	19.62	16.13
	25 N	2.83	34.23	34.11	-9.83	18.21	15.33	-15.67	22.80	16.57	-13.67	19.92	14.49	-9.17	18.66	16.26
36hr	40 N	-31.33	53.45	43.30	-21.5	48.46	43.43	-14.67	39.07	36.22	-5.83	37.08	36.62	2.33	36.51	36.44
	30 N	-3.5	32.74	32.55	-17.87	39.86	35.96	-25.83	36.31	25.51	-18.69	31.98	25.96	-8.5	22.55	20.88
	25 N	6.23	28.86	28.78	-15.17	26.74	22.02	-19.67	29.50	21.98	-15	27.93	23.56	-9.49	17.47	14.66
48hr	40 N	-42.5	74.44	61.12	-30.33	52.95	43.40	-18.85	46.68	43.09	-8.33	43.17	42.35	-4.17	43.49	43.29
	30 N	-16.27	39.45	35.93	-24.83	46.13	38.88	-27.33	42.27	32.24	-26.72	39.57	29.18	-23.28	31.67	21.48
	25 N	-5.67	29.44	28.89	-17.67	29.38	23.48	-27.97	52.71	44.68	25.67	33.57	21.63	-24.75	29.62	16.26
72hr	40 N	-36.72	70.06	59.67	-23.84	67.54	63.20	-11.15	20.29	69.98	2	67.53	67.50	22.13	73.59	70.13
	30 N	-6.07	44.63	44.22	-5.57	47.70	47.37	-11.80	47.56	46.08	-10	37.87	36.53	-2.79	25.25	25.10
	25 N	2.13	33.17	33.10	-9.51	35.67	34.38	-13.5	33.99	31.19	-14.10	30.51	27.06	-8.52	22.03	20.31

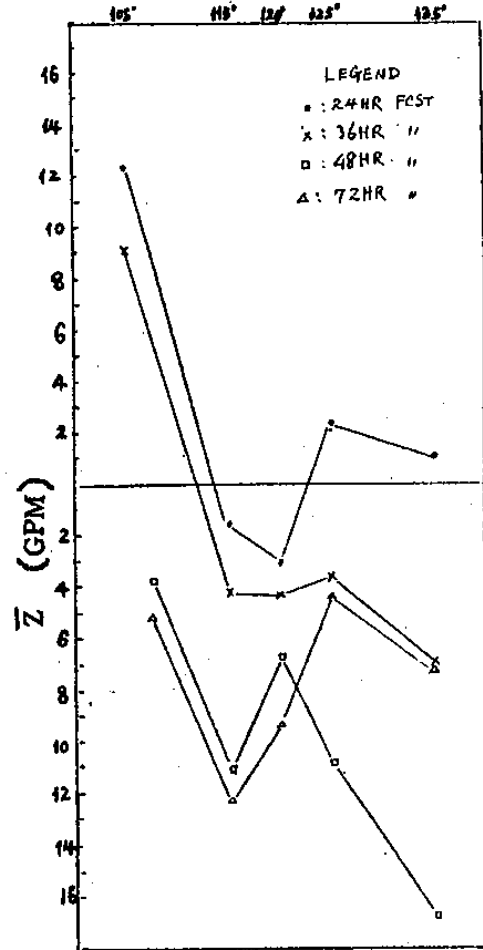
表四 1984年12月~1985年2月各選擇點500mb
高度預測之平均誤差 \bar{Z}

單位:GPM

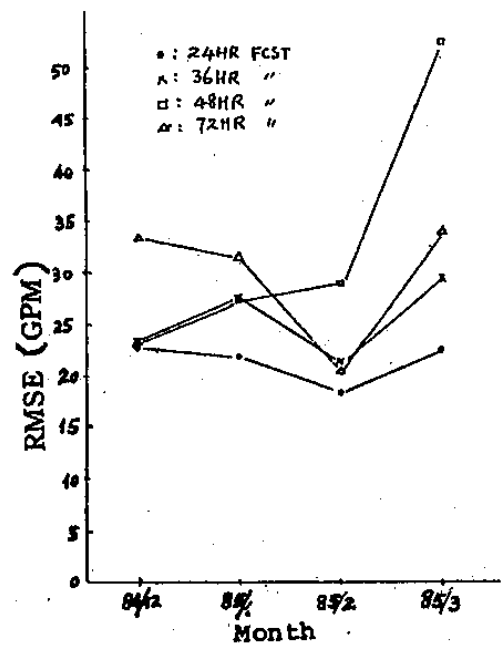
預報有效 時間 (小時)	經度 緯度	105°E	115°E	120°E	125°E	135°E										
		24hr	40° N - 5.19	30° N + 7.42	25° N +12.29	40° N - 6.26	30° N + 0.06	25° N + 9.07	40° N -27.41	30° N -12.51	25° N - 3.80	40° N -37.74	30° N - 9.92	25° N - 5.16		
36hr	40° N	- 3.97	- 6.18	- 3.68	- 4.48	- 5.13	+ 1.95	- 5.73	- 4.24	+ 6.66	+ 3.16	- 6.26	- 0.49	- 6.95		
	30° N	- 2.50	- 6.18	- 3.68	- 4.48	- 5.13	- 4.19	- 4.24	- 3.59	- 0.49	- 6.95	- 12.51	- 11.53	- 10.70	- 14.3	
	25° N	- 1.49	- 3.09	+ 2.39	+ 1.01	- 6.26	+ 0.06	- 5.73	- 4.24	- 3.59	- 6.95	- 12.51	- 11.53	- 10.70	- 14.3	
48hr	40° N	- 6.26	- 4.24	- 3.59	- 6.95	- 12.51	- 11.53	- 10.70	- 14.3	- 37.74	- 9.92	- 5.16	- 12.25	- 9.36	- 4.43	- 7.28
	30° N	+ 1.95	- 4.24	- 3.59	- 6.95	- 12.51	- 11.53	- 10.70	- 14.3	- 37.74	- 9.92	- 5.16	- 12.25	- 9.36	- 4.43	- 7.28
	25° N	- 4.19	- 4.24	- 3.59	- 6.95	- 12.51	- 11.53	- 10.70	- 14.3	- 37.74	- 9.92	- 5.16	- 12.25	- 9.36	- 4.43	- 7.28
72hr	40° N	- 27.41	- 11.53	- 10.70	- 14.3	- 37.74	- 9.92	- 5.16	- 12.25	- 9.36	- 4.43	- 7.28	- 12.25	- 9.36	- 4.43	- 7.28
	30° N	- 12.51	- 11.53	- 10.70	- 14.3	- 37.74	- 9.92	- 5.16	- 12.25	- 9.36	- 4.43	- 7.28	- 12.25	- 9.36	- 4.43	- 7.28
	25° N	- 3.80	- 6.64	- 10.87	- 16.82	- 37.74	- 9.92	- 5.16	- 12.25	- 9.36	- 4.43	- 7.28	- 12.25	- 9.36	- 4.43	- 7.28

皆為正值，而 8L-NHM 模式所作 48~72 小時預測則無此現象（見圖五），且偏差值亦小於前者。顯示兩種模式在地形處理上雖採用相同方法，可能因 10L-LFM 模式之網格點距離小，對西藏高原地形產生之影響，更為顯著。

- 比較 25°N 緯度圈上各月 24、36、48 及 72 小時 500mb 高度預測在各經度之 RMSE 與 S.D. 值（表五(a)~(d)），顯示 105° 以東最大誤差值出現在三月份，最小誤差值則在二月份。如以 25°N / 120°E 單點比較 RMSE 變化（見圖六）亦以二月份之誤差值最小且最穩定，除 48 小時預測外，誤差值皆在 20 GPM 左右。如以預測時間而言，則預測時間越短，誤差值越小。
- 若將 RMSE 及 S.D. 值依緯度來作比較，可以看出整季中中緯度預測之偏差值總較低緯度大，少有例外，這或是因中緯度 500mb 高度值梯度遠大於低緯度，使其誤差容易被擴大之結果。



圖五 1984年12月~1985年2月500mb \bar{Z} 值在 105°E ~ 135°E (25°N 圖) 之變化



圖六 1984年12月~1985年3月 RMSE 變化圖 (25°N / 120°E)

表五(a) 25° N各經度上24小時500mb 高度預測各月之 \bar{Z} ，RMSE與S.D.

年度	月份	經度分類	經度				
			105°	115°	120°	125°	135°
一九八四年	十二月	\bar{Z}	16.83	-1.67	-2.17	0.75	1.08
		RMSE	28.03	19.12	23.00	42.18	35.08
		S.D.	22.42	19.08	22.90	42.17	35.06
一九八五年	一月	\bar{Z}	13.20	0	-1.94	2.18	-5.42
		RMSE	22.39	19.78	21.76	26.16	21.28
		S.D.	18.09	19.78	21.67	26.07	20.58
一九八五年	二月	\bar{Z}	6.43	-2.96	-5.36	4.38	8.04
		RMSE	26.69	21.30	18.15	16.05	27.87
		S.D.	25.91	21.09	18.14	15.44	26.69
一九八五年	三月	\bar{Z}	2.83	-9.83	-15.67	-13.67	-9.17
		RMSE	34.23	18.21	22.80	19.92	18.66
		S.D.	34.11	15.33	16.57	14.49	16.26

表五(c) 25° N各經度上48小時500mb 高度預測各月之 \bar{Z} ，RMSE與S.D.

年度	月份	經度分類	經度				
			105°	115°	120°	125°	135°
一九八四年	十二月	\bar{Z}	-1.72	-11.80	-13.44	-14.34	-24.84
		RMSE	24.84	24.11	23.06	25.42	31.87
		S.D.	24.78	21.02	18.74	20.99	19.98
一九八五年	一月	\bar{Z}	-4.10	-11.56	-11.56	-12.62	-23.92
		RMSE	20.04	25.24	27.75	28.67	34.92
		S.D.	19.62	22.44	25.23	25.74	25.45
一九八五年	二月	\bar{Z}	-5.74	-9.82	-7.09	-5.18	-0.36
		RMSE	31.48	32.19	29.01	30.91	28.54
		S.D.	30.95	30.66	28.13	30.47	28.53
一九八五年	三月	\bar{Z}	-5.67	-17.67	-27.97	25.67	-24.75
		RMSE	29.44	29.38	52.71	33.57	29.62
		S.D.	28.89	23.48	44.68	21.63	16.26

表五(b) 25° N各經度上36小時500mb 高度預測各月之 \bar{Z} ，RMSE與S.D.

年度	月份	經度分類	經度				
			105°	115°	120°	125°	135°
一九八四年	十二月	\bar{Z}	10.08	-5.25	-9.00	-13.67	-21.28
		RMSE	26.23	21.28	23.33	25.43	29.95
		S.D.	24.21	20.62	21.52	21.45	21.08
一九八五年	一月	\bar{Z}	12.5	-3.71	-3.47	-6.45	-7.42
		RMSE	24.73	22.58	27.77	29.91	36.75
		S.D.	21.34	22.27	27.56	29.20	36.00
一九八五年	二月	\bar{Z}	4.18	-3.57	0	10.37	8.91
		RMSE	35.65	27.65	21.49	30.43	21.87
		S.D.	35.40	27.41	21.49	28.61	19.97
一九八五年	三月	\bar{Z}	6.23	-15.17	-19.67	-15	-9.49
		RMSE	28.86	26.74	29.50	27.93	17.47
		S.D.	28.78	22.02	21.98	23.56	14.66

表五(d) 25° N各經度上72小時500mb 高度預測各月之 \bar{Z} ，RMSE與S.D.

年度	月份	經度分類	經度				
			105°	115°	120°	125°	135°
一九八四年	十二月	\bar{Z}	-11.89	-19.75	-13.08	-8.36	-15.08
		RMSE	29.09	31.17	33.36	33.90	26.62
		S.D.	26.55	24.11	30.69	32.85	21.93
一九八五年	一月	\bar{Z}	-8.22	-17.5	-17.83	-15.92	-21.25
		RMSE	25.30	30.35	31.79	31.56	37.54
		S.D.	23.93	24.79	26.32	27.26	30.95
一九八五年	二月	\bar{Z}	5.85	2.04	4.26	12.78	17.04
		RMSE	24.76	22.65	20.50	22.81	31.03
		S.D.	24.06	22.56	20.06	18.90	25.94
一九八五年	三月	\bar{Z}	2.13	-9.51	-13.5	-14.10	-8.52
		RMSE	33.17	35.67	33.99	30.51	22.03
		S.D.	33.10	34.38	31.19	27.06	20.31

(二) 500 mb 槽綫預測：根據 1984 年 12 月～1985 年 2 月每日兩次 (00Z 及 12Z) 之預測，按 24、36、48 及 72 小時預測，選擇校驗範圍內 40°N 及 25°N 上槽綫，計算該三個月各種預報得失結果佔其總數之百分比 (表六) 可得以下三個結果。

表六 1984 年 12 月～1985 年 2 月校驗範圍內槽綫預測得失次數之百分比統計

預報有效時間 (小時)	分 類 緯 度	正 確	較 慢	較 快	未預測到
		(±1°long.)	(Slow)	(Fast)	(Loss)
24hr	40 N	38%	24%	24%	14%
	25 N	23%	21%	36%	20%
36hr	40 N	38%	24%	26%	12%
	25 N	22%	24%	33%	21%
48hr	40 N	24%	31%	27%	18%
	25 N	22%	22%	26%	30%
72hr	40 N	13%	47%	36%	20%
	25 N	14%	48%	27%	26%

- (1) 預測時間越長，則未預測到 (實際有槽預測無槽，或實際無槽預測有槽) 之百分比越高。
- (2) 24～36 小時預測中，正確預測百分比有中緯度 (40°N) 優於低緯度之情況，但 48～72 小時預測中低緯度結果無什差異。
- (3) 北緯 40 度 24、36 小時預測較快或較慢之比率相當，48 小時開始較慢之比率增多，72 小時更高達 47%。在北緯 25 度則預測時間越短越有較快之傾向，隨預測時間的增長而趨緩和，到 72 小時則與高緯同樣有明顯的偏慢情形。比率達 48%。

(三) 24 小時降水預測：

利用 1984 年 12 月至 1985 年 2 月地面預測圖中 0-24 hr, 24-48 hr, 及 48-72 hr 降水量預測，與台北地區實際觀測有無降水作比較，不論雨量多少，只要觀測有雨，而預測有雨時，即為命中，計算命中率 (PC) 的百分比以及 HSS 技術得分

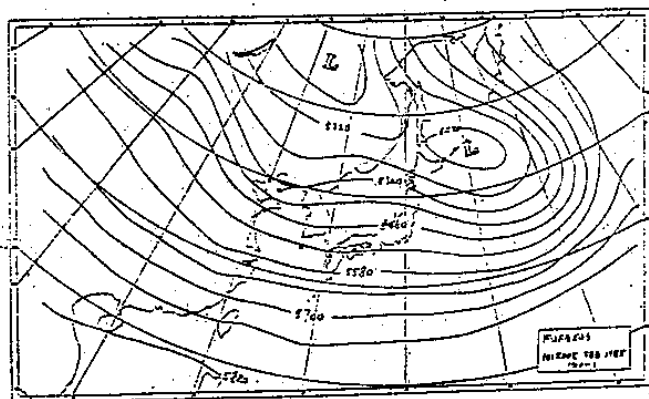
，結果如表七，顯示降水預測之可信度極高，單以命中率而言，二月份都在 80% 以上，1 月份 48～72 小時預報最差也有 58%，若以季平均來看也都在 70-80% 之間。這段時期降雨日特多，亦可能是命中率較高之原因，其他時期是否亦高，則可待進一步校驗。不論分月或整季皆可明顯看出預測時間越短，準確性亦越高。

表七 1984 年 12 月～1985 年 2 月預報台北 24 小時降水校驗表

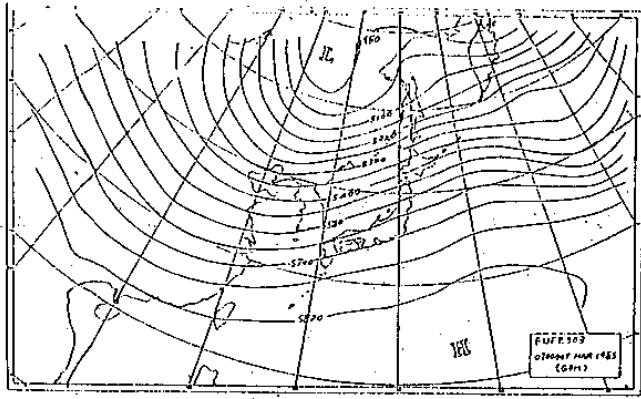
預報項目 有效時間	73/12		74/1		74/2		73/12~74/2	
	命中率 (PC) %	HSS 技術得分	命中率 (PC) %	HSS 技術得分	命中率 (PC) %	HSS 技術得分	命中率 (PC) %	HSS 技術得分
0-24HR	77	0.54	77	0.5	85	0.51	80	0.54
24-48HR	73	0.46	67	0.28	89	0.52	76	0.44
48-72HR	73	0.45	58	0.17	82	0.21	72	0.37

(四) 個例校驗：

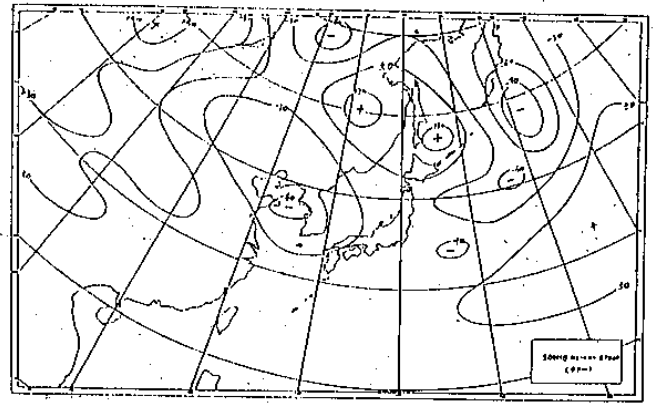
- (1) 依前述校驗，500 mb 高度及槽綫預測皆以二月份最佳，三月份最差，現特選取二月份中預測亞洲區誤差最小的 2 月 10 日 12Z 所作 36 小時 500 mb 預測圖 (圖七)，三月份中預測較差的 3 月 7 日 00Z 所作 36 小時預測圖 (圖八) 與實際分析圖 (圖九、十) 分別校驗，用圖減法 (預測減實際) 得誤差圖如圖十一、十二)，



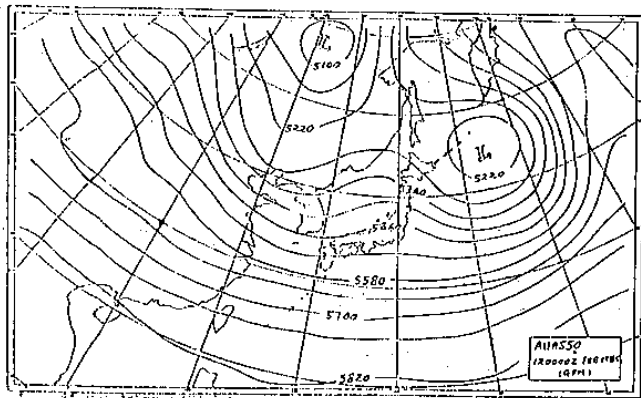
圖七 1985 年 2 月 10 日 12Z 預測 12 日 00Z 之 36 小時 500mb 高度預測圖



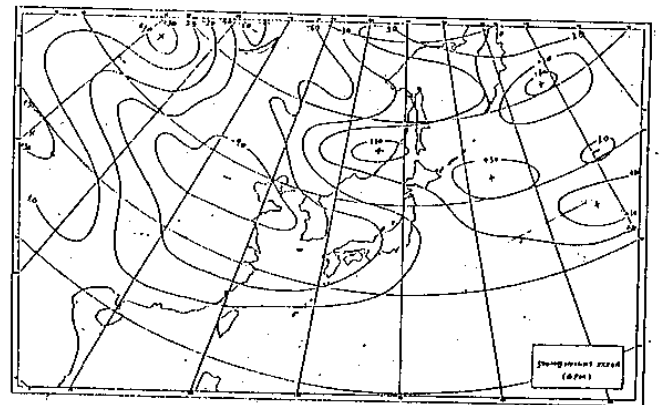
圖八 1985年3月7日00Z預測8日12Z之
36小時500mb高度預測圖



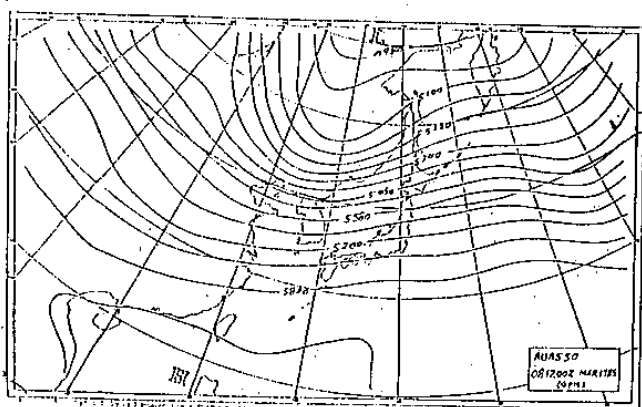
圖十一 1985年2月10日12Z預測12日00Z
之36小時500mb高度預測誤差圖



圖九 1985年2月12日00Z 500mb高度分
析圖



圖十二 1985年3月7日00Z預測8日12Z
之36小時500mb高度預測誤差圖

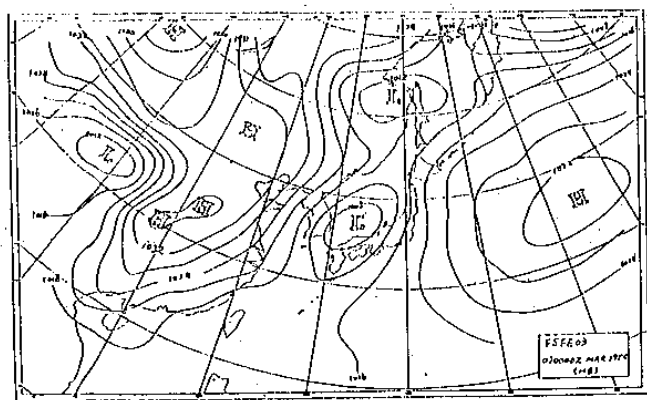


圖十 1985年3月8日12Z 500mb高度分
析圖

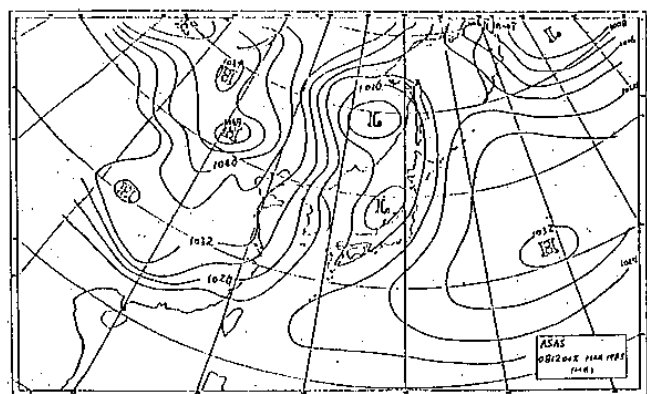
分析結果如下：

- (a) 亞洲東岸 $40^{\circ}N$ 附近之誤差值較 $25^{\circ}N$ 附近為大。
- (b) 西藏高原東緣有正誤差值。
- (c) 2月10日12Z預測12日00Z最大負值誤差由黃海北部擴展至日本西岸以及蒙古地區，3月7日00Z預測8日12Z之最大負值誤差在華北，兩者皆有正的誤差最大值在東北方，為槽綫預測較實際為慢之結果。
- (2) 另以1984年3月7日00Z所作36小時地面氣壓預測圖(圖十三)與實際分析圖(圖十四)校驗，得誤差圖如圖十五所示，在大陸強冷高壓之前緣有8mb以上之誤差(實際比預測值強)，最大誤差在韓國可達12~16mb左右。如以美國海軍NOGAPS同時間的

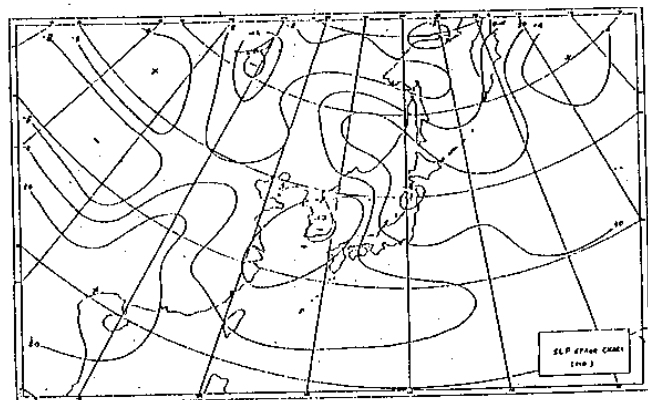
資料比較(見圖十五、十六、十七)，最明顯不同是在 $25^{\circ}\text{N}\sim 40^{\circ}\text{N}$ ， $105^{\circ}\text{E}\sim 115^{\circ}\text{E}$ 地區，日本預測圖可顯示高壓之南下，但對高壓的東移都有落後現象。



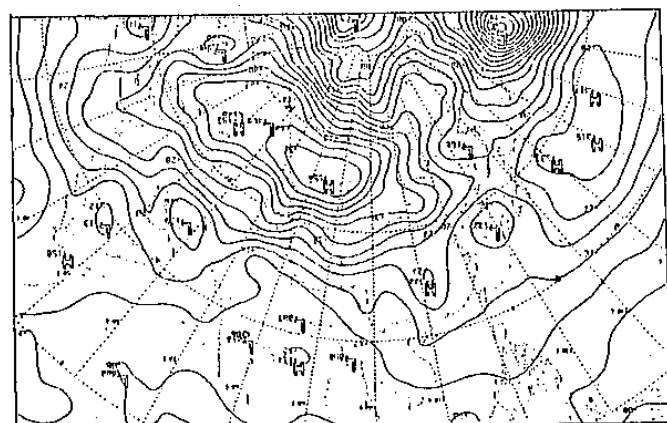
圖十三 1985年3月7日00Z預測8日12Z之36小時地面氣壓預測圖



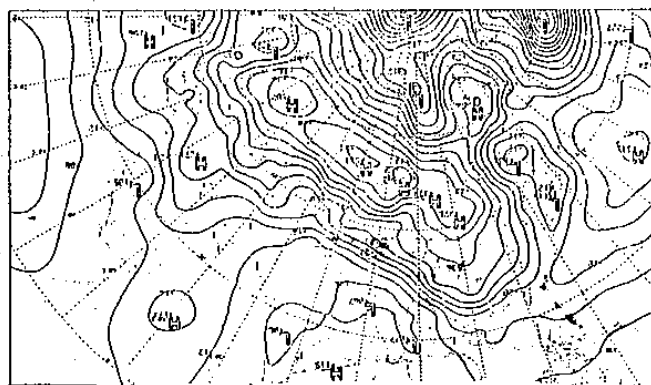
圖十四 1985年3月8日12Z地面氣壓分析圖



圖十五 1985年3月7日00Z預測8日12Z之36小時地面氣壓預測誤差



圖十六 1985年3月7日00Z預測8日12Z之NOGAPS 36小時地面氣壓預測圖

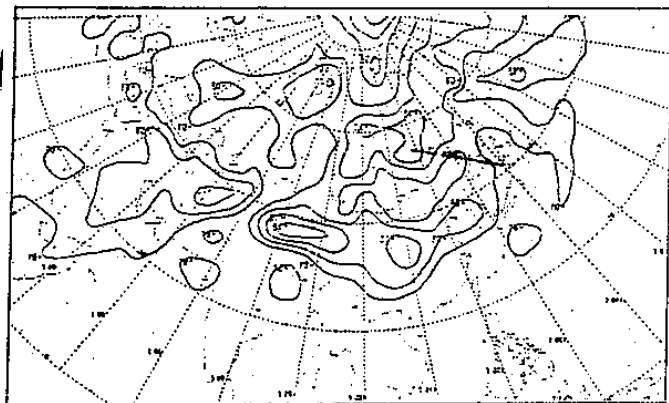


圖十七 1985年3月8日12Z之NOGAPS地面氣壓分析天氣圖

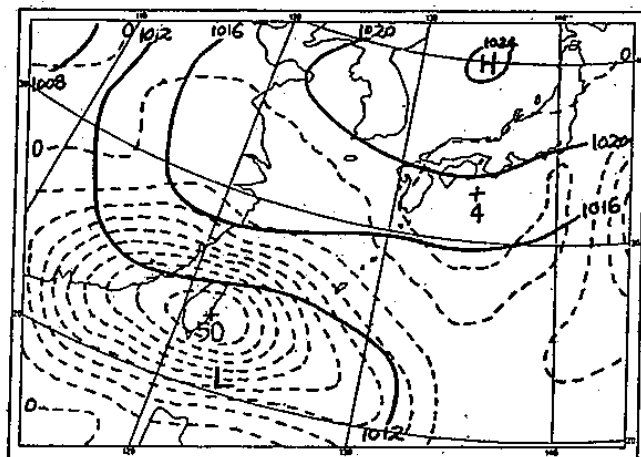
五、數值預報對預報作業影響之實例

由於數值預報存在許多問題而無法穩定地提供正確預測資料，預報員對它採信程度的問題就變得非常重要，過於相信而忽略主觀判斷，或是不予採信而以主觀為主，都可能發生預報的失誤，現以二個實例來探討這些問題。

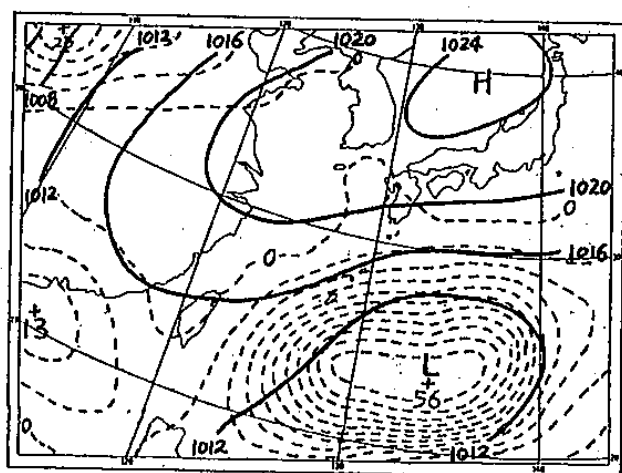
(一) 1984年5月16日台灣地區進入梅雨季節，16日以後一直持續降雨，直到21日下午南部開始放晴，北部則到22日才停止降雨，其中20日11時起至21日8時北部雨勢較大，台北雨量達63公厘。22至26日連續五天無雨，27日凌晨起又開始降雨。持續天氣在預報上一般均能正確報出，重要的是在連續下雨中準確預報天氣之好轉，或是好天時預報天氣之轉壞。故就22日的好轉與27日的下雨，從日本48與72小時地面氣壓與降水預測圖上看其變化情形。圖十九、廿是19日00Z預測21日00Z與22日00Z的地面天氣圖，圖十九顯示從20日00Z至21日00Z在台灣上空有高達50公厘的降雨，實際上該段時間北部雨勢甚大，完全相符。24小時後雨區東移，日本海上的高氣壓範圍擴大並向西南伸展，將雨區往南推（見圖廿），顯示22日天氣好轉。20日00Z預測22日00Z的48小時預測圖上的低氣壓更偏南，台灣西方無其他低壓系統移入，台灣在高氣壓影響下應為好天氣（見圖廿一），果然22日起出現七天來首次陽光，為成功的預測。在22、23日兩天均正確預報好天之後，到24日預報25日的天氣時，記得當時主觀判斷，認為位於日本上空割離低壓，移動十分緩慢，從20日12Z建立後到24日00Z仍位於日本上空，40°N以北之槽線已通過130°E，其後槽線距離仍遠，南支槽移動緩慢（見圖廿二），所以主觀認為25日仍可維持好天，但數值預報預測25日12日將出現大雨（見圖廿三），受其影響而以多雲轉陰雨或雷雨報出，到25日仍參考數值預報（見圖廿四），預報26日為多雲午後雷雨，實際這二天天氣晴朗，這是數值預報影響主觀判斷而發生的預報失誤。27日凌晨北方槽綫到達，



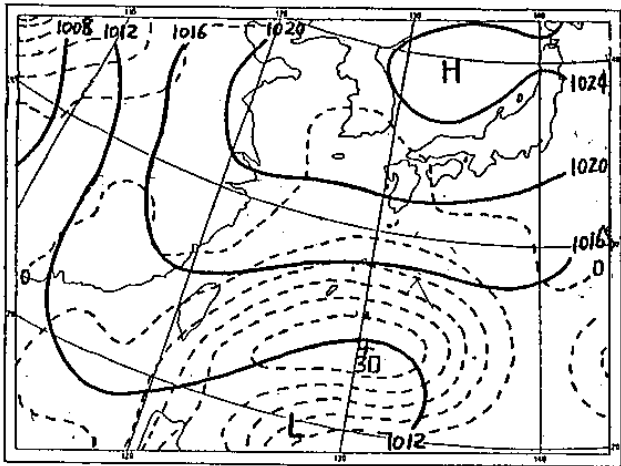
圖十八 1985年3月7日00Z預測8日12Z之NOGAPS 36小時地面氣壓預測誤差



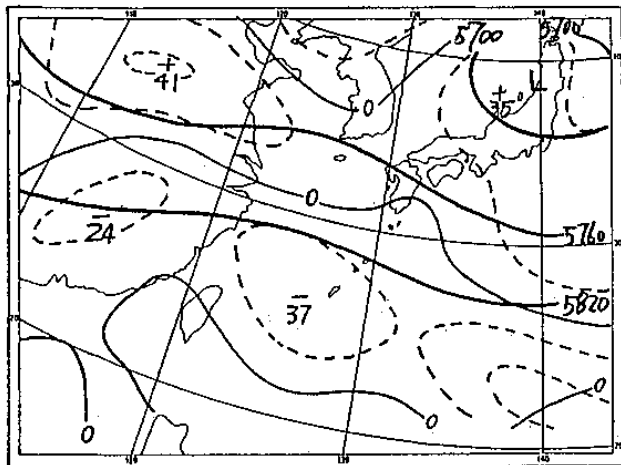
圖十九 1984年5月19日00Z預測21日00Z之48小時地面氣壓與與降雨(MM)預測圖(雨量為24~48小時間之降雨)



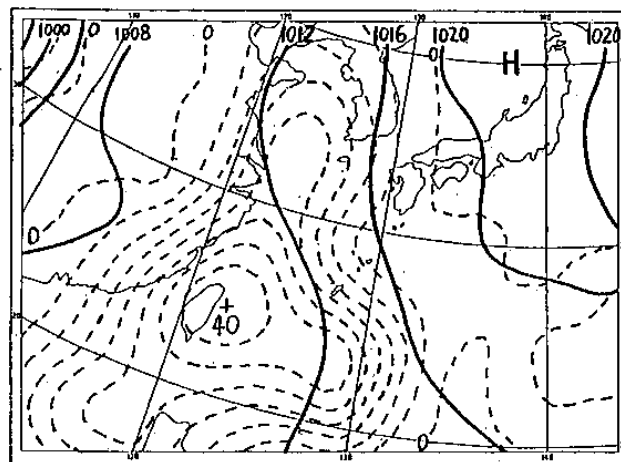
圖二十 1984年5月19日00Z預測22日00Z之72小時地面氣壓與降雨預測圖(雨量為48~72小時間之降雨)



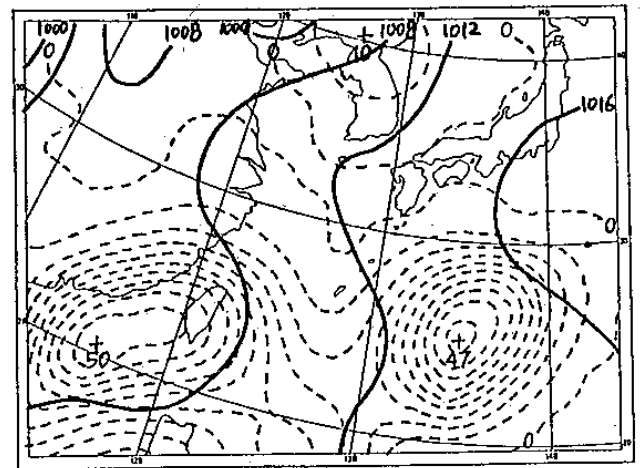
圖廿一 1984年5月20日00Z預測22日00Z之48小時地面氣壓與降雨預測圖



圖廿二 1984年5月24日00Z 500毫巴天氣圖



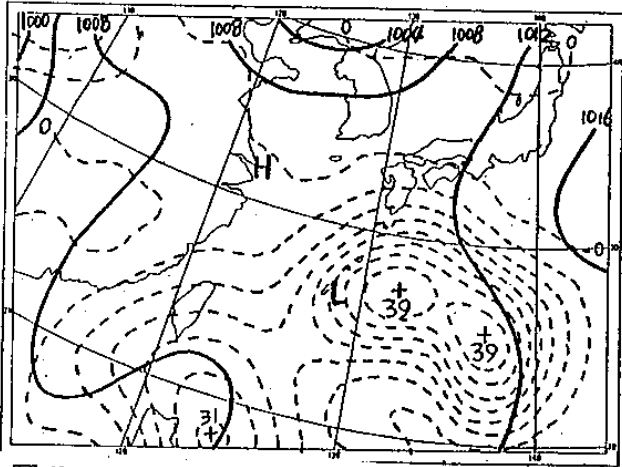
圖廿三 1984年5月23日12Z預測25日12Z之48小時地面氣壓與降雨預測圖



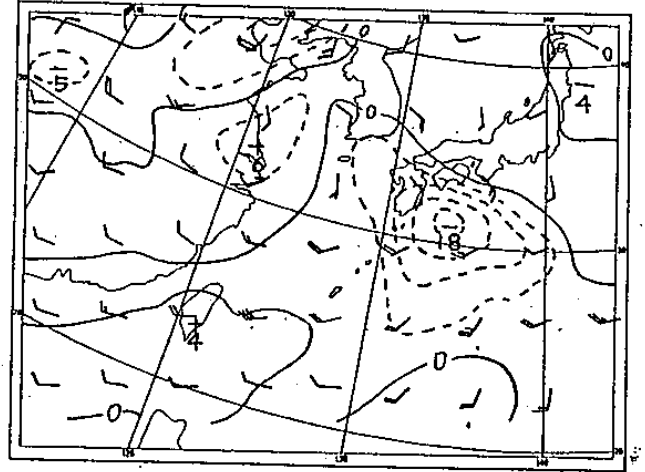
圖廿四 1984年5月24日12Z預測26日12Z之48小時地面氣壓與降雨預測圖

同時南方雨區北移，再度出現連續性降雨，數值預報對這次的降雨亦無法預測（見圖廿五、廿六）。這段時期數值預報的連續失誤，可能是對移動緩慢的割離低壓及南方系統的北移等，仍無預測能力。

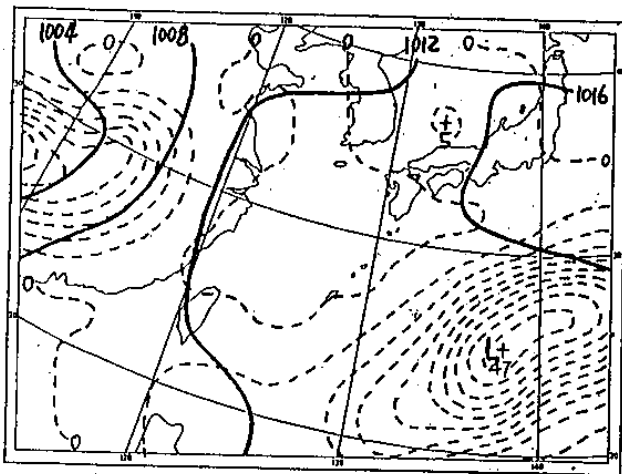
(二) 1984年6月3日凌晨台北上空突降下破紀錄的豪雨，短短六小時內降雨量達248公厘，造成空前嚴重的災難，預報員未能事前預報此劇烈天氣而倍受指責。數值預報雖對這類尺度較小的天氣系統仍無預測能力，但是否能顯示有較惡劣天氣出現，而給預報員特別的警示是探討的主題。圖廿七是6月2日00Z預測3日00Z的500 mb天氣圖，指示槽線將到達東海，並有較強正渦度場。在低層強風軸雖通過台灣上空，但為下沉氣流（見圖廿八），且主要降雨區在琉球東北方，台灣的雨區不顯（見圖廿九），這些資料表示鋒面將通過台灣，但不至於出現劇烈天氣。何況與前12時的數值預報資料比較，低層強風與雨區均見減弱（見圖卅、卅一），實際上2日晚上未見數值預報預測的降雨，造成預報員對鋒面強度之錯誤估計，雖正確預報鋒面之通過及雷陣雨的出現，但未能提出豪雨的警告。



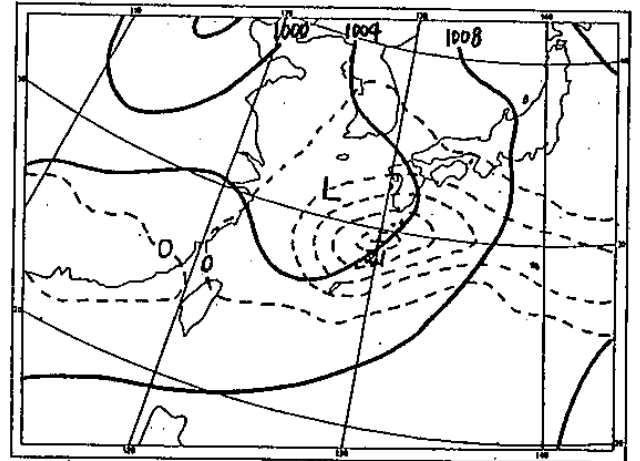
圖廿五 1984年5月25日00Z預測27日00Z
之48小時地面氣壓與降雨預測圖



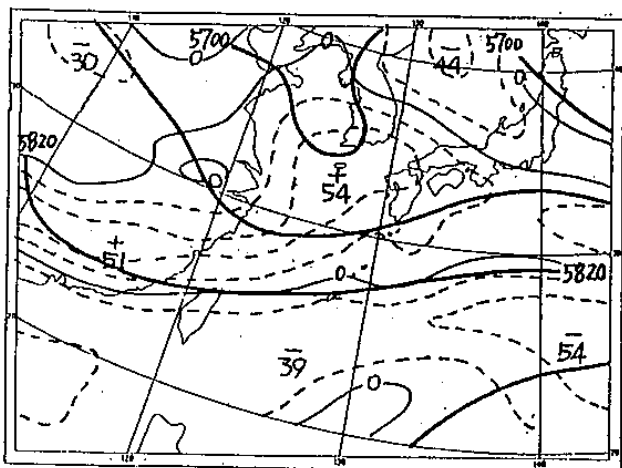
圖廿八 1984年6月2日00Z預測3日00Z
之24小時850毫巴風場與700毫巴垂
直速度(MB/H)預測圖



圖廿六 1984年5月24日00Z預測27日00Z
之72小時地面氣壓與降雨預測圖



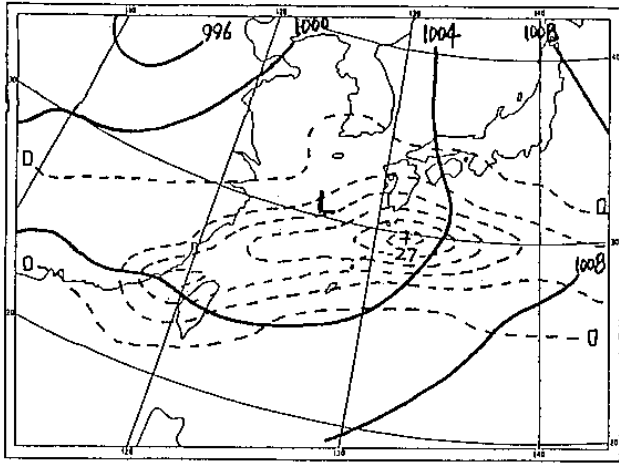
圖廿九 1984年6月2日00Z預測3日00Z
之24小時地面氣壓與降雨(MM)預
測圖(雨量為0~24小時間之降雨)



圖廿七 1984年6月2日00Z預測3日00Z
之24小時500毫巴高度與渦度(10^{-6} MM/SEC)預測圖



圖卅 1984年6月1日12Z預測2日12Z之
24小時850毫巴風場與700毫巴垂
直速度預測圖



圖卅一 1984年6月1日12Z預測2月12Z
之24小時地面氣壓與降水預測圖

從以上二個實例顯示，日本數值預報對中緯度與中層環流系統預測準確性較高，低層與低緯度的預測準確性甚差，尤其是降雨量預測誤差最大。所以預報員對數值預報不能過份依賴，否則導致之失誤率可能高於主觀判斷，但需要依賴時期，多為主觀較難決定時，在此重要時刻又無法獲得可信之資料，易使預報員對數值預報失去信心而放棄使用，此為目前應用日本數值預報最大之困難處，即使未來應用自己的數值預報，相信仍有相似的問題，如何建立預報員對數值預報產品之取捨能力，是值得深入研討的問題。

六、結 論

本文對日本數值預報產品以統計校驗及對預報作業影響二方面進行分析檢討，在統計校驗方面得到以下幾點結果：

- (一) 500 mb 高度值預測除在 105°E 之 24~36 小時預測偏高外，其他地點與時間均偏低。
- (二) 24、36 小時預測槽線，在 40° N 地區較低緯區準確，48 小時以上之預測各地結果相似。
- (三) 預測槽線快慢之比率在 36 小時以內之預測相同，48、72 小時預測則有偏慢現象，72 小時預測偏慢比率達 48%。
- (四) 以台北降雨來校驗降水預測，可信度相當高，尤以二月份為最，命中率高達 82% 以上。四個月平均結果 24 小時預測有 80% 的命中率，72 小時預測

亦達 72%。然以實際應用之經驗，降水預測效果並不如統計結果好，可能因校驗期間降雨特多有關，故其成效有待進一步證明。

- (五) 在個案校驗內，對大陸高氣壓之東移與強度有落後與偏低現象，結果與美國海軍 NOGAPS 預測相似，但在 25° N~40° N、105° E~115° E 地區，兩者結果有顯著不同。

數值預報提供的是氣象預報，其準確性對天氣預報成效有極密切關係，但與天氣預報之間仍有許多過程與問題，最主要的問題是預報員對它的了解與取捨能力，所以數值預報之應用並不只是將數值預報產品交到預報員手中就算完成，何況任何精細的數值預報都有缺點與誤差，誤差之出現又無規律可尋，往往在最需要它的時候出錯，使預報員失去信心，更影響對它取捨之決定，從文內例舉的實例可了解此情形。因此在發展數值預報時，除了對模式、產品之研究改進外，更應該注重的是使用的作業單位，在得到各種數值預報產品後，是否有能力真正提高預報準確率與增加氣象服務項目，以完成發展數值預報之目標，是應該深入探討的問題。

參考文獻

- 劉復誠，1983：日本新數值天氣預報模式之校驗，研究報告 096 號，中央氣象局，89 頁。
- 陳泰然，1984：數值天氣預報應用，數值天氣預報訓練教材，中央氣象局。
- 任立渝，1985：預報業務配合預報電腦化之研究，研究報告 121 號，中央氣象局。
- Wash, C.H., 1984: Synoptic Forecasting with Numerical Weather Prediction Methods. Lecture Notes from Workshop on NWP, April 23-27, 1984, Sponsored by the Central Weather Bureau.
- Wash, C.H., 1985: Synoptic Forecasting With Numerical Weather Prediction Models. Lectures in NWP Model Errors and Weather Forecasting, April 24-27, 1985, NWP Short Course 1985-4.

A Verification of JMA NWP Products

Jen, Li-yu

Chen, Lai-fa

Chou, Lan-fan

Lin, Yann-jiang

Central Weather Bureau

Abstract

Being a valuable reference available to the forecasters, the Current JMA Numerical Weather Prediction Facsimile Products are recently playing as the most important guidance of objective skill to field forecast and have led to a notable efficiency improvement on day-to-day weather forecasts at the National Forecasting Center, Central Weather Bureau.

To understand the model properties and systematic errors, the authors evaluated the accuracy of those NWP forecasts by calculation of a variety of verification statistics comparing the forecast fields to the observed ones (such as 500mb Heights, 500mb troughs exist and their movement and occurrence of precipitation over Taipei, etc.) for the period from December 1984 through March 1985.

The results presented some noticeable features:

- (I) A prominent positive error for 500mb Height forecast was displayed just over lee side of Tibet (the region is likely to be bounded by 30°N - 25°N and west of 105°E) in both 24 & 36 hours forecasts while the negative errors were found for remainders.
- (II) The RMSE and S.D. of systematic errors for 500mb Height forecast along 40°N were obviously larger than those along 25°N but the accuracy of the 500mb trough forecasts for mid-latitude were higher than those for low-latitude.
- (III) The 500mb troughs presented rather slow in movement (westward) for 24 up to 72 hr forecasts while the low-latitude trough forecast got rather fast (eastward) in 24-48hr forecasts.
- (IV) The reliability on the event forecast for the occurrence of precipitation (using the 24hr accumulated precipitation NWP charts) over Taipei was in general quite good (with average of the probability around 80%).
- (V) For monthly evaluation, the best forecasts were made for February and the worst for March.
- (VI) An individual case examination for sea level pressure forecast at 1200Z 8 March 1985 showed that the intensity of polar continental highs were overweakened, the maximum error of 12-16mbs was shown in the error chart.

Finally in this paper, the authors demonstrated two practical cases to illustrate the operational procedures of the problems in using both JMA NWP facimile products and empirical forecast techniques.