

# 中央氣象局

## 第二代有限區域預報系統之建置與現況

葉天降 林淑卿 李尚武 陳雯美  
中央氣象局資訊中心 中央氣象局科技中心

張偉正 彭順台  
美國海軍研究院 美國海軍研究學院

### 摘 要

中央氣象局第二代有限區域預報系統 (LAFS) 於 1990 年開始規劃、發展並於 1994 年開始進行作業性測試，初步之結果顯示 LAFS 之預報結果有參考價值並較中央氣象局原有之區域預報系統之預報結果更好。本文扼要的報告 LAFS 之建置情形、架構與初步之測試結果。

## 一、前言

中央氣象局於 1989 年底完成了第一期數值天氣預報系統之建置工作，隨後於 1990 年開始執行第二期數值天氣預報系統的建置計畫。其中，工作主要包括：更新電腦系統、強化天氣資料之接收、解譯、檢驗與填繪圖以及發展全球波幅模式、第二代有限區域與颱風路徑預報等作業系統。第二期數值天氣預報系統之建置作業即將於今 (1994) 年底告一段落，於今各工作皆依原訂時程進行，各新完成之作業系統也正進行作業性測試之中，本文主要在報告建置第二代有限區域預報系統之概要情形、系統架構以及作業測試之初步結果。

## 二、系統之建置與架構

第二代有限區域預報系統 (簡稱 LAFS) 之建置大致可分為三個階段，在新的超級電腦 Cray YMP 於 1992 年 6 月完成安裝之前為規劃與單元發展階段，1993 年初起開始進行系統整合，而後於 1994 年初開始進行作業測試與改善。

完成之 LAFS 含一 20 公里解析之細網格組及一 60 公里解析之粗網格組，在結構上大致包括範圍設定、背景場處理等模組，詳如圖 1，而各模組之主要功能如表一，系統作業之運作主要靠事件驅動，使上一模

組執行完畢後啟動下一模組，各模組在執行時若有錯誤則令透過監控顯示設施，使維護人員得以即時介入設法排除問題。有關 LAFS 之系統控制部分譚等 (1994) 有較詳細說明。

表一：有限區域預報系統各模組主要功能。

MappingTopo：由設定之資料決定有限區域預報系統之投影方法，各格點所在經緯度、地形高度和海陸分布。

BackGround：處理有限區域模式所需之地表濕度、地表粗糙度與地表反照率之氣候值。

FirstGuess：處理分析所需之初始猜測場。

Analysis：客觀分析。

H-INTP：執行水平內外插。

V-INTP：資料由等壓力面內外插至等 Sigma 面。

VNNMI：垂直非線性正模初始化。

LTBoundary：從全球預報模式預報結果截取側邊界資料。

Forecast：執行預報。

Output：資料由等 Sigma 面內外插到等壓力面。

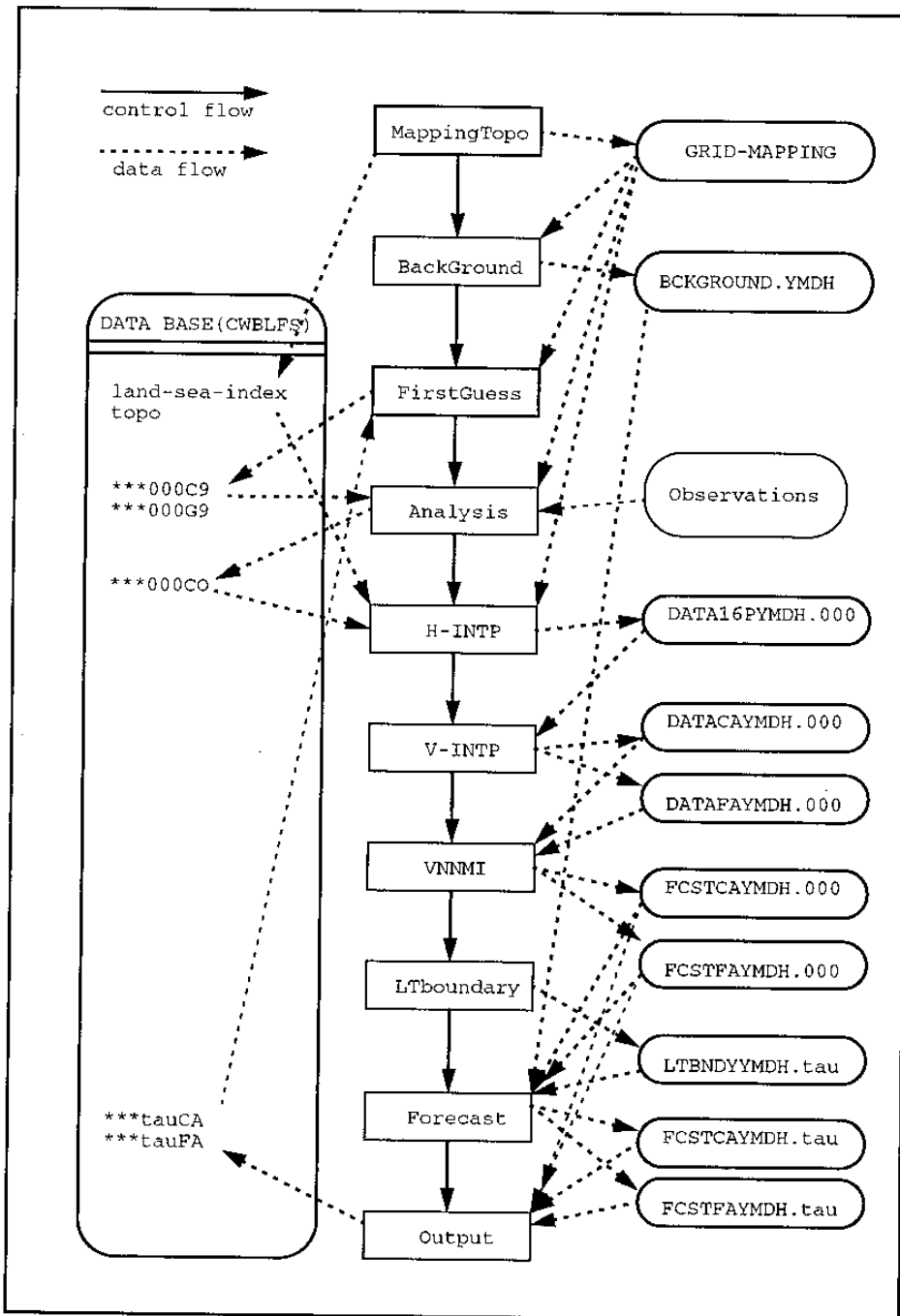


圖 1：有限區域預報系統架構。其中 YMDH 表年月日時，如 1994 年 10 月 10 日 00 UTC 為 94101000，tau 表預報時間。

為使系統順利每日運行，除了需要嚴緊之流程控制與監控設施外，資料檔案之設計、管理也是重要的一環，在 LAFS 中，各模組間通常以一般之 UNFORMATTED SEQUENTIAL 檔案為介面（如圖 1），而需要繪圖、儲存或校驗計算之場值則沿用了第一期數值預報系統引用資料庫管理系統之概念，各種氣象場 KEY 之定義基本上也沿用以往之設計方式，然而由於近年來，一方面變數增多，同時輸出之形式也日益增

加，如各種場有在等壓座標面、等位溫座標面或等  $\sigma$  座標面之不同，因此部分 KEY 之欄位有逐漸達到飽和的情形，有重新調整欄位長度或進一步做更完整規劃之需要。

背景氣候場之處理部分主要是預報模式中需要地表濕度、地表粗糙度及地表反射率等資料，而這些資料並沒有像其它氣象場有每日觀測結果，目前，地表濕度等皆引用和中央氣象局全球預報系統相同之資料（汪鳳如小姐整理），其中地表濕度與地表粗糙度之解

析度為每 0.5 經緯度，而地表反射率則為每 1 經緯度。不過，前兩者僅有夏冬兩季之值，而後者也僅有四季之值，因此有必要再搜集更完整的資料以充實背景氣候場。

客觀分析初始猜測場之處理方式和中央氣象局原有之區域預報系統之處理方式相似，對大氣中各主要氣象場可以依設定選用全球預報系統之分析、預報或有限區域預報模式之預報結果。對海水溫度部分，則因為現今之預報模式皆沒有從事海水溫度之預測因此引用過去之分析值為初始場。資料之客觀分析，在本年九月以前係用 Barnes (1973) 方法，而後用最佳內插 (OI) 方法，有關這一部分，黃等 (1994) 有更詳細的說明。

在等壓面所進行分析之各種氣象資料，需經過垂直方向由等壓力面內插到各 Sigma 面，同時在 Arakawa-A 格點所做之分析也需經水平內插到預報模式之 Arakawa-C 格點。而在進行預報計算之前，LAFS 也建立了非線性垂直正模初始化處理 (詳細資料參見柳與張, 1994)。預報所需之側邊界則由全球預報系統提供，現今每 12 小時提供一次側邊界資料的作法，偶而會在邊界上有較大的梯度產生，有必要進一步嘗試縮短側邊界資料之提供時距。

LAFS 的主體為預報模式，其中動力部分之處理方式和中央氣象局原有之區域預報模式 (Jeng et al. 1991) 相似，係採用 SPLIT-EXPLICIT 時間積分並包含有擴散和時間平滑處理。物理計算方面則和原有之預報模式有較大改變，其中地表邊界層除了增加解析度外也引用了 TKE  $E-\epsilon$  參數化處理，對輻射效應方面，則分別試用了簡化的處理方式與 Harshvardhan et al. (1987) 參數化處理，在吳等 (1994) 之報告裡對 LAFS 之地表邊界層與輻射參數化處理有更進一步說明。LAFS 之積雲參數化也試用了 Kuo 以及 Betts and Miller (1986) 兩種方法，童和彭 (1994) 有進一步說明。而由於 Harshvardhan et al. 之輻射參數化及 Betts and Miller 積雲參數化所需之計算時間較多，目前尚未在例行作業中使用。

### 三、作業測試初步結果

現行 LAFS 之預報模式係構建在 Lambert 投影 20 層 Sigma 面上，預報之區域大致以台灣地區為中心涵蓋了廣大的東亞與西北太平洋地區 (圖 2)，在粗網格 (60 公里，共  $161 \times 121$  格點) 內含細網格組 (20 公里格距，共  $91 \times 91$  格點) 使台灣附近有更好的水平解

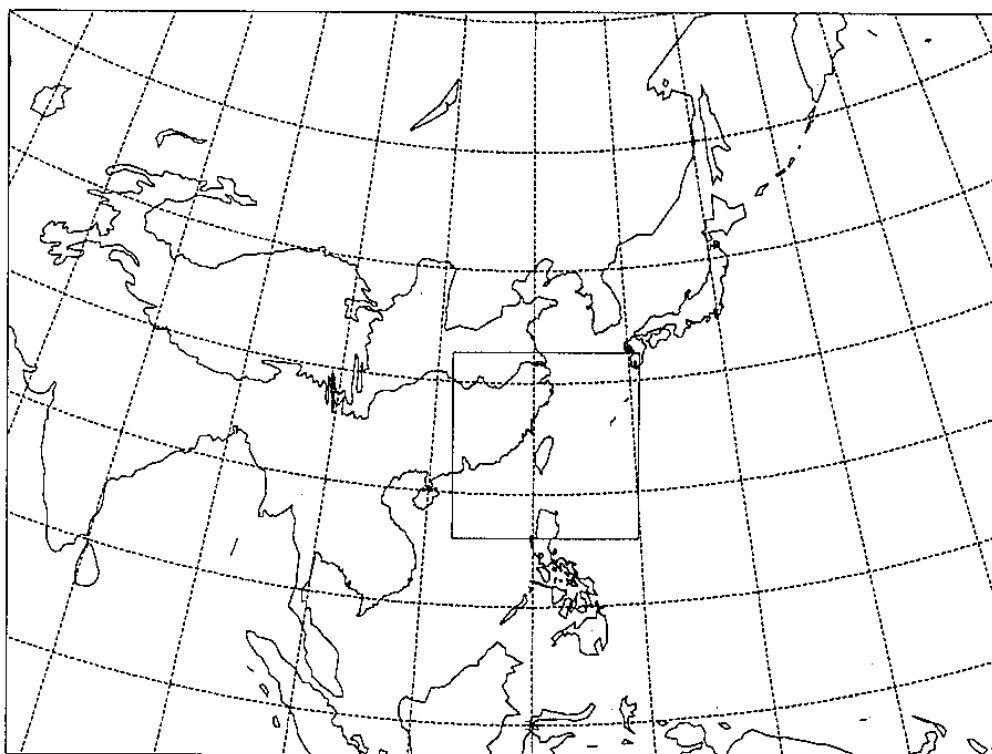


圖 2：有限區域預報模式之預報範圍。

析。LAFS 自 1994 年初起開始每日兩次 (00 及 12) 預報作業測試，至 1994 年 9 月底之海平面氣壓及 500 hPa 高度場之 S1 SCORE，海平面氣壓、850 hPa 高度場及 500 hPa 高度場之預報標準誤差 (簡稱 SDE)，以及海平面氣壓、850 hPa 高度場及 500 hPa 高度場之預報平均誤差 (簡稱 MER) 分別列於圖 3、4 及 5。在測試的這段期間，LAFS 也有幾個重大改變，這些改變也明顯的表現在預報結果之統計圖 (圖 3、4 及 5) 上。

在 LAFS 作業測試之初期，其預報結果並不好，尤其是 SDE (標準誤差) 及 MER (平均誤差) 皆相當大而且明顯隨預報時間增加而增長，此原因主要是在這段時間 LAFS 之側邊界是固定的，並不隨預報時間而變。在 4 月 12 日開始由全球預報系統提供每 12 小時之側邊界資料後，最明顯的改變是 SDE 隨預報時間增加成長的較少，而對較長時間預報之 S1 SCORE 也較以前改善。不過由於側邊界條件改變後，MER 也隨之改變成較不規則並有稍為變大的趨勢。由預報結果 (圖略) 可以看到這時期最主要的現象是太平洋高壓常有過度的發展。這種現象直到 6 月底在限制整個預報之三維區域不容許有過大之質量輻合或輻散後才得到改善。

在 5 月中 (12 日至 16 日) 曾錯誤的引用低層資料進行由 LAFS 提供初始猜測場之測試，這使得有不正確的結果，這也使得海平面氣壓之 S1 SCORE 及 SDE 在 5 月 12 日至 18 日間有不正常的跳動。而在 6 月初顯示在 850 hPa STD 上之改進則是因為改善了 LAFS 在地表以下高度場之推算方式。

LAFS 另外一次較大改變是在 9 月 1 日開始使用 OI 分析，由於客觀分析方法之改進使得 S1 SCORE 有明顯改善，尤其是對較短時間之預報，不過不同之分析方法卻也使 LAFS 之 MER 也有變化，原來中低層有偏暖現象，在用 OI 分析場後中低層變冷了。

LAFS 從 10 月開始統計預報結果之 ANOMALY CORRELATION，從圖 6 可見 LAFS 有預報較好也有預報較差的時候，以 500 hPa 之預報與觀測對氣候場 ANOMALY CORRELATION (AC) 而言，在 10 日以前及 20 日以後 48 小時之 AC 約為 85%，而在預報較壞的那段時期之 AC 也多在 70% 以上。

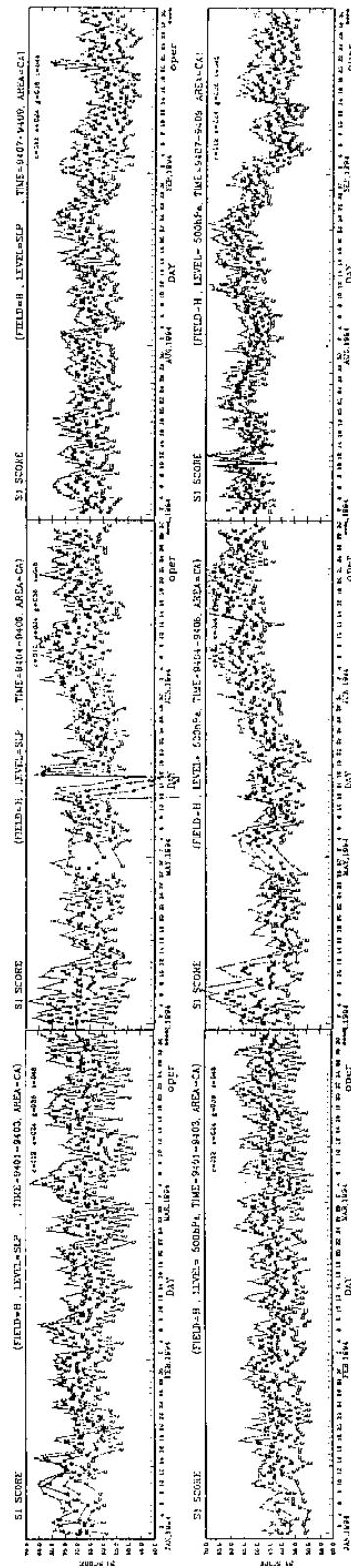


圖 3：有限區域預報模式從 1994 年 1 月至 9 月 (水平軸) 之海平面氣壓 (上圖) 與 500 hPa 高度場 (下圖) S1 SCORE。

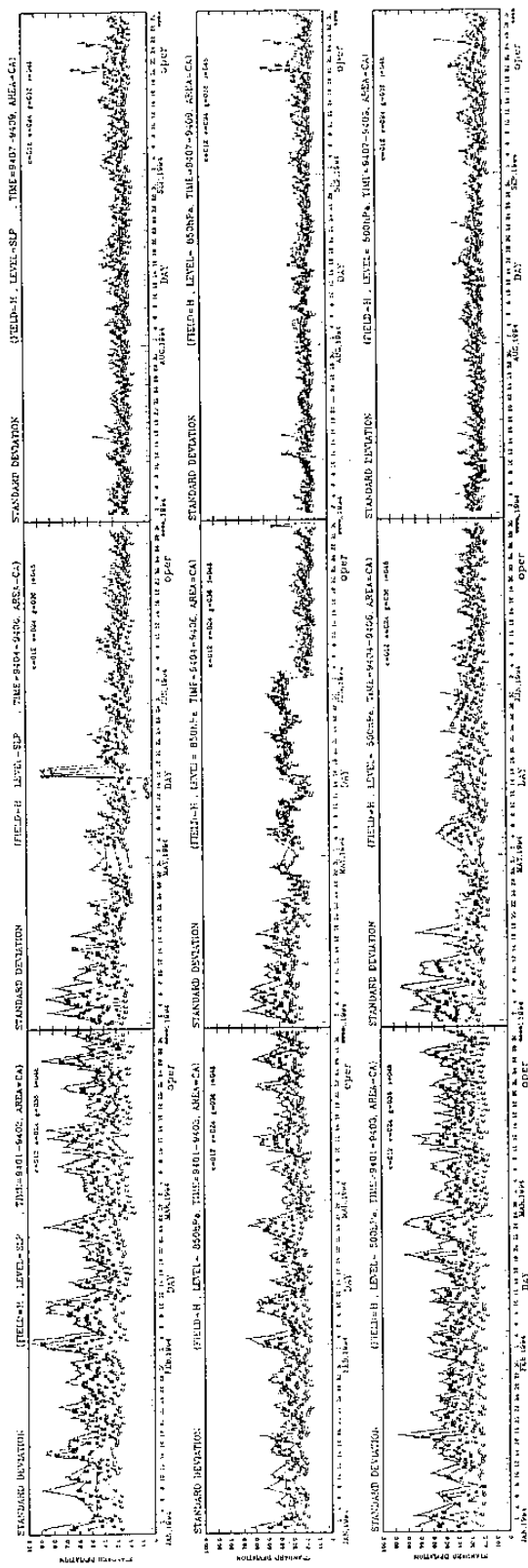


圖 4：有限區域預報模式從 1994 年 1 月至 9 月（水平軸）之海平面氣壓（上圖，單位為 hPa）、850 hPa 高度（中圖，單位 gpm）及 500 hPa 高度場（下圖，單位為 gpm）之標準預報誤差。

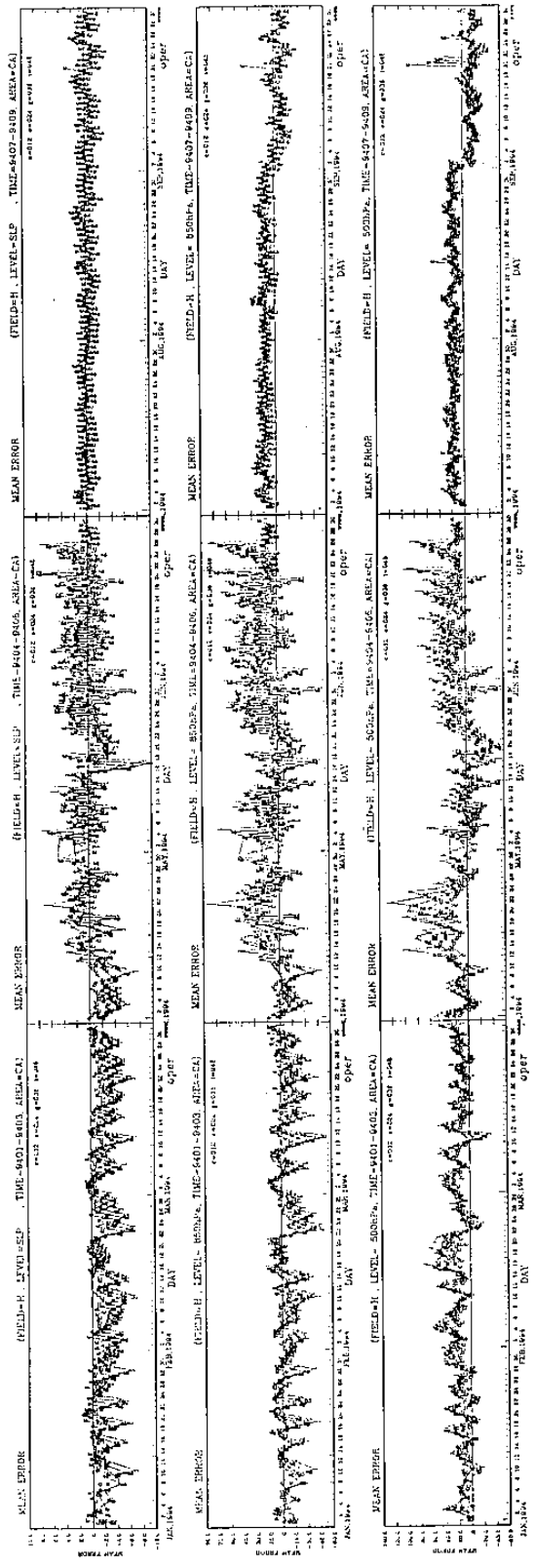


圖 5：同圖 4，唯為平均誤差。

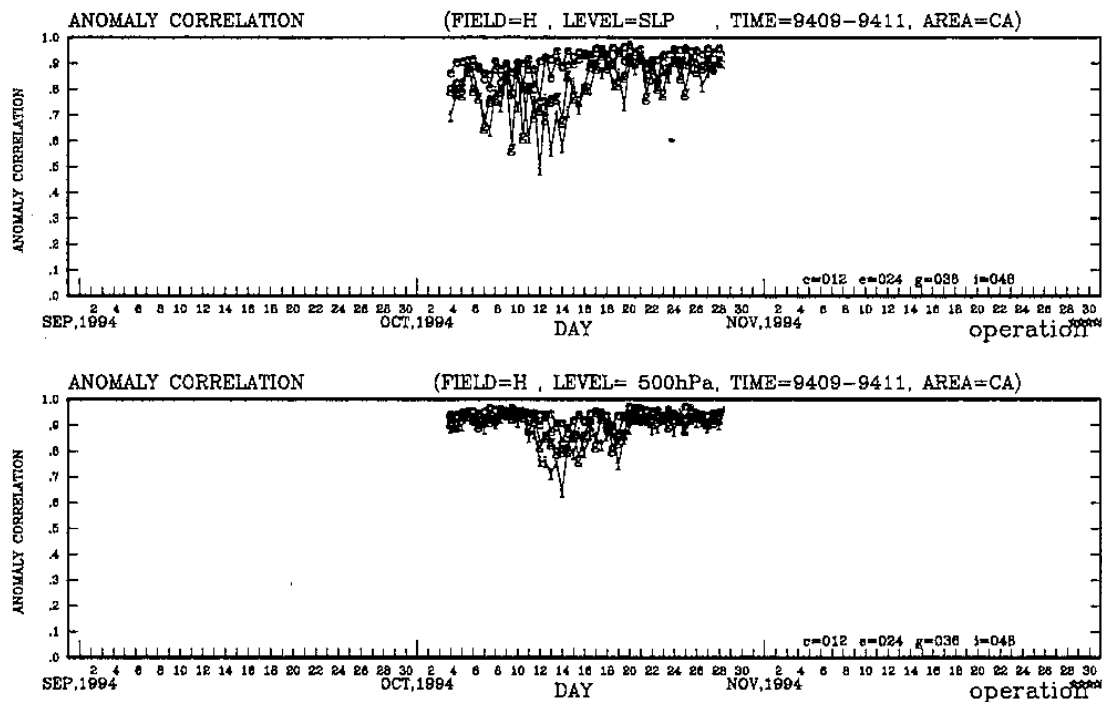


圖 6：同圖 3，唯為 1994 年 10 月之 ANOMALY CORRELATION。

以對 10 月 5 日 12 UTC 之預報 (圖 7) 可見各不同時間為初始之預報結果都十分相似，其中除太平洋高壓稍為變弱 (LAFS 在 500 hPa 上高度場平均誤差為負值) 外，槽、脊之位置和觀測結果也都十分近似。相反的對 10 月 12 日 12 UTC 之預報 (圖 8) 裡各不同時間為初始之預報結果就有相當大的誤差，較長時間之預報除了對槽脊預報之強度較弱外，相位也有相當大的誤差，這其中，席斯颱風之結構未能得到正確之解析可能是造成預報有較大誤差之原因。

最近我們也重新以 LAFS 並引用 LAFS 預報場為初始猜測場來預報 6 月中下旬之天氣，其海平面氣壓與 500 hPa 高度場之 S1 SCORE 與 AC 如圖 9，由將近一週之預報結果可見 12 h 之 S1 SCORE 大致都在 35 左右，48 h 之 S1 SCORE 也在 60 以下，而 AC 也大部在 80% 以上。因此不論是在夏季或冬季，LAFS 之結果都具有參考價值。

#### 四、結語

經過四年多的努力，中央氣象局建立了第二代數值預報系統，這其中以有限區域預報系統 (LAFS) 為例，新的預報結果平均而言較原有之區域模式預報結果更有參考價值，這些改進中，除了預報模式有更細之解析度，並包含有更完整之物理外，較好之資料收集與分析方法也都直接提昇了預報之精確性。

LAFS 之結果雖然都具有參考價值，不過其預報場也有不小之平均誤差，以 500 hPa 高度場而言平均誤差大致為 -20 gpm，同時底層也有過明顯之晝夜變化，這些都有待進一步之改善。此外，如何進一步縮小預報之誤差 (S1 SCORE 或標準誤差) 隨預報時間成長的現象也是未來主要努力的課題。

由測試之結果也顯示初始場和當時天氣現象越相近則預報之結果也越好，因此如何引用新的觀測資料和進一步改善客觀分析也將是爾後要改進 LAFS 重要的一環工作。

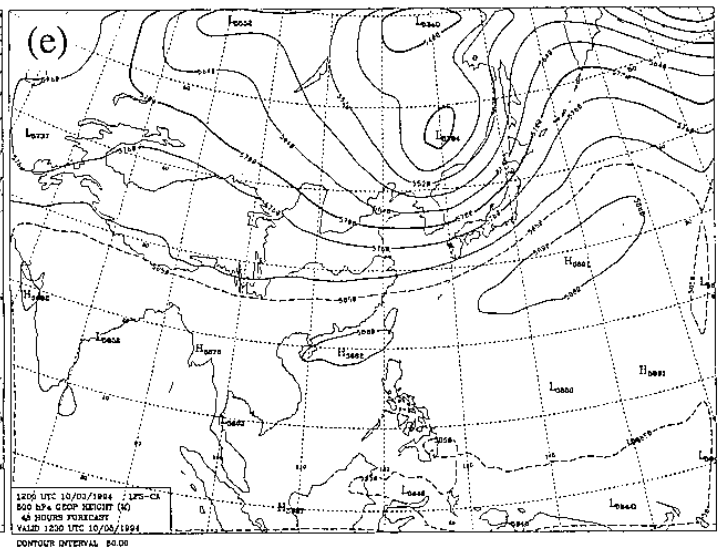
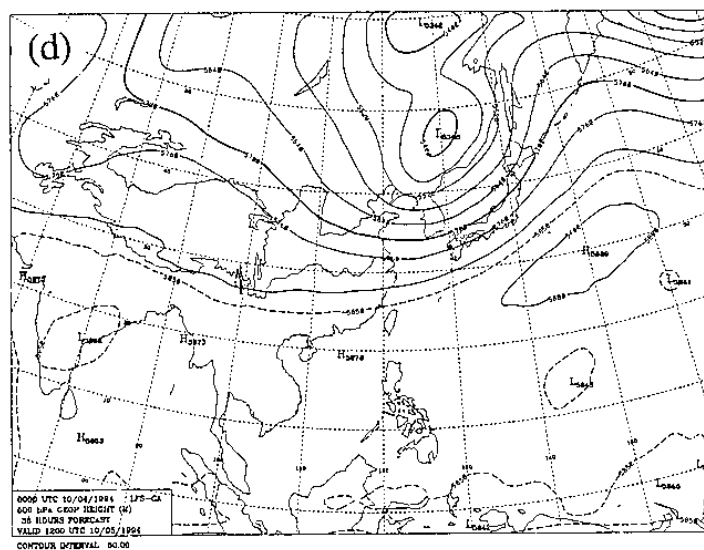
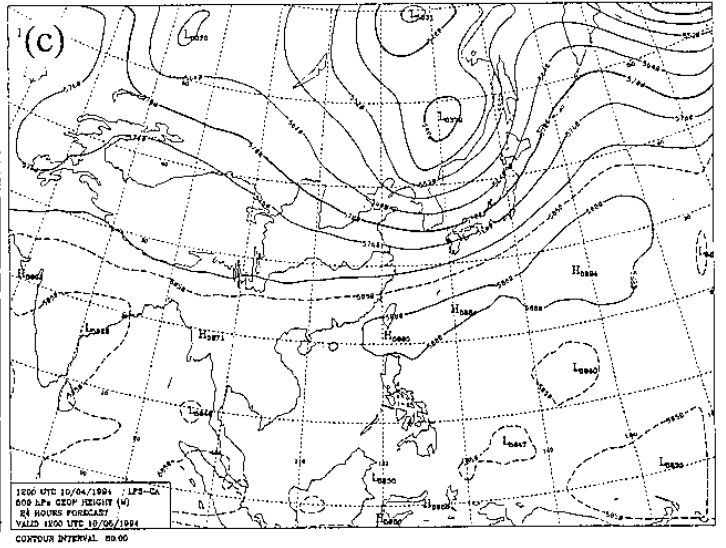
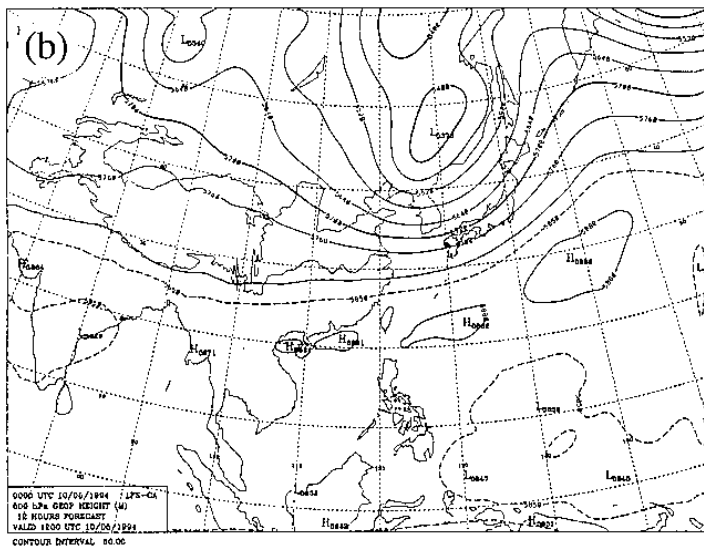
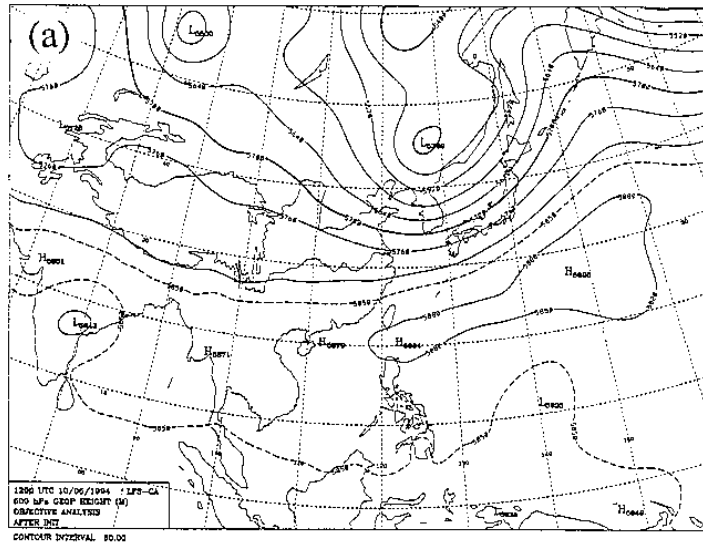


圖 7：(a)1994 年 10 月 5 日 12 UTC 之 500 hPa 分析與不同初始場：(b)10 月 3 日 12 UTC，(c)10 月 4 日 00 UTC，(d)10 月 4 日 12 UTC 及 (e)10 月 5 日 00 UTC 對 10 月 5 日 12 UTC 之預報結果。

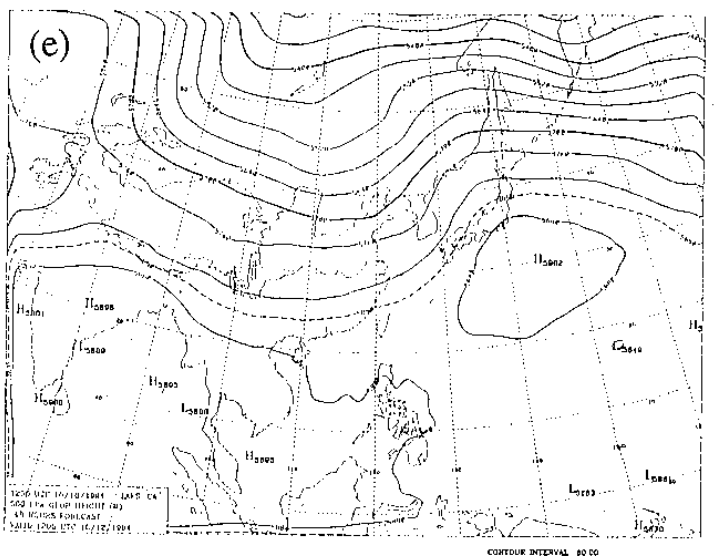
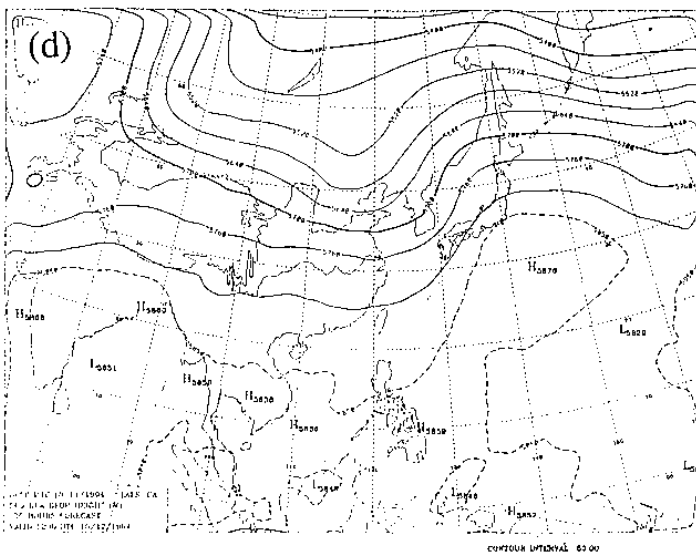
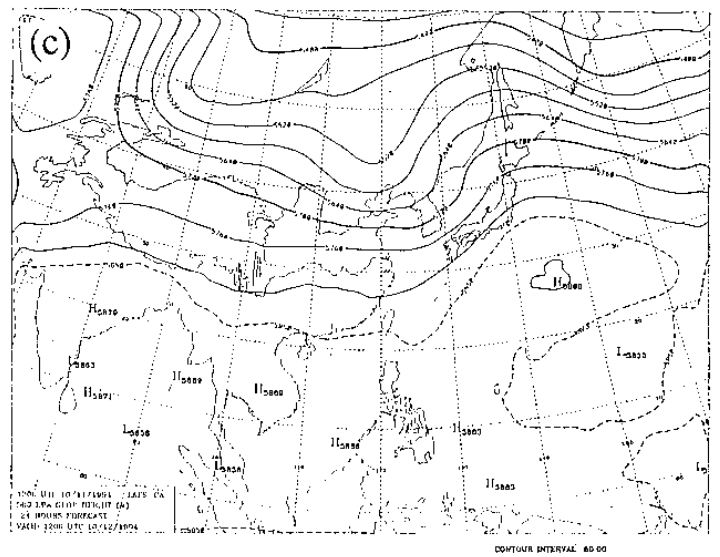
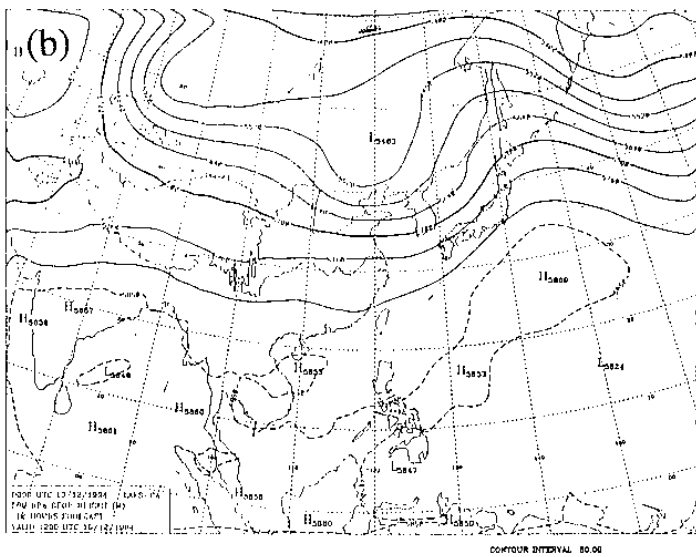
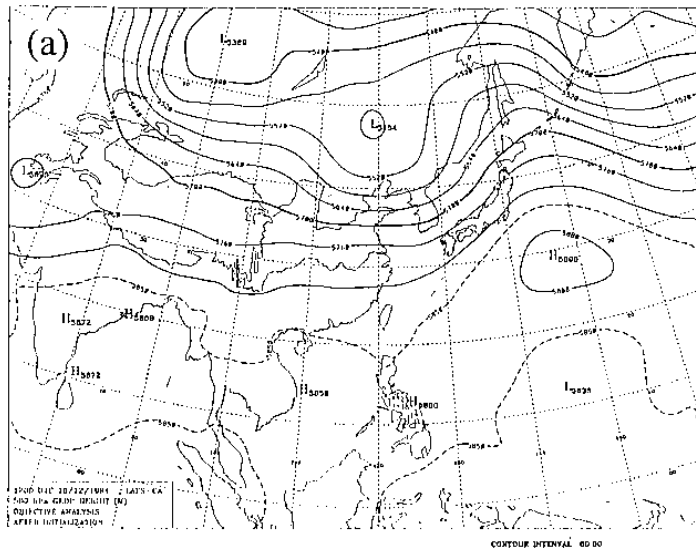
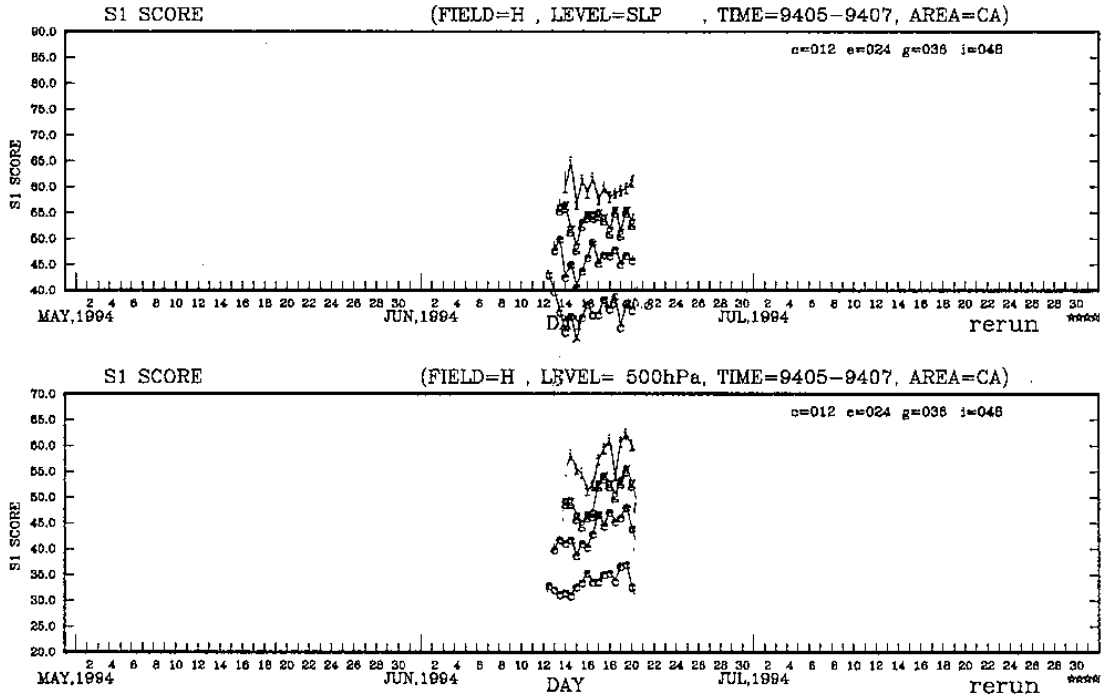


圖 8：相似於圖 7，唯為對 1994 年 10 月 12 日 12 UTC 之預報校驗情形。



(a)



(b)

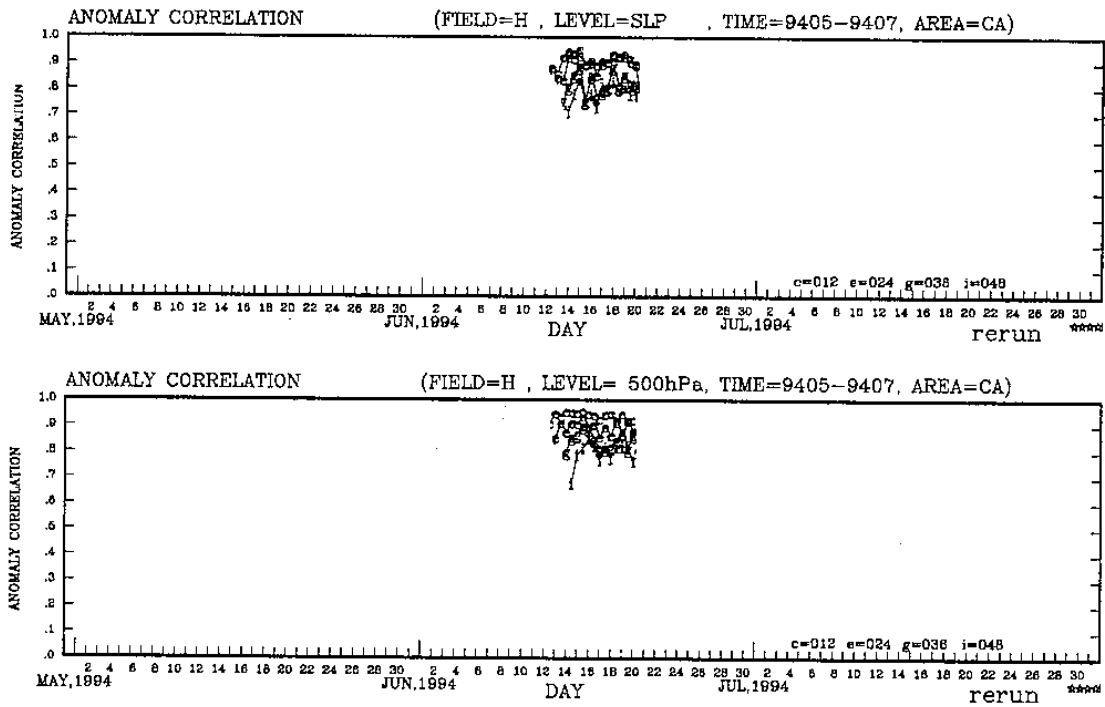


圖 9：相似於圖 3，唯為 1994 年 6 月份之 (a)S1 SCORE 與 (b)ANOMALY CORRELATION。

## 誌謝

中央氣象局第二代有限區域預報系統係在中央氣象局各管理階層之支持與全體數值預報小組組員之合作下才得以完成。

## 參考文獻

- 吳石吉、張美玉、葉天降與張偉正，1994：中央氣象局有限區域預報模式之地表邊界層與輻散參數化處理之特性。天氣分析與預報研討會論文彙編。
- 柳再明與張偉正，1994：中央氣象局有限區域巢狀模式之初始化過程。天氣分析與預報研討會論文彙編。
- 童雅卿與彭順臺，1994：Betts-Miller 積雲參數化法與 Kuo 積雲參數化法在熱帶地區之比較。天氣分析與預報研討會論文彙編。
- 黃麗玫、滕春慈與劉其聖，1994：最佳客觀分析法於中央氣象局有限區域模式之使用現況。天氣分析與預報研討會論文彙編。

譚允中、蔡翠碧與黎兆濱，1994：中央氣象局第二代數值天氣預報整體控制系統發展近況。天氣分析與預報研討會論文彙編。

Barnes, S. L., 1973: Mesoscale objective map analysis using weighted time series observations. NOAA Tech. Memo. ERL/NSSL62, National Severe Storms Lab., Norman, Oklahoma 60 PP.

Betts, A. K., and M. J. Miller, 1986: A new convective adjustment scheme. Part I: Observational and theoretical basis. *Quart. J. R. Meteor. Soc.*, 112, 677-691.

Harshvardhan, R. D., D. Randall, and T. Corsetti, 1987: A fast radiation parameterization for the atmospheric circulation model. *J. Geophys. Res.*, 92, 1009-1016.

Jeng, B.-F., H.-J. Chen, S.-C. Lin, T.-M. Leou, M. S. Peng, S. W. Chang, W.-R. Hsu and C.-P. Chang, 1991: The limited-area forecast system at the Central Weather Bureau in Taiwan, *Wea. and Forecasting*, 6, 155-178.