

# 中央氣象局全球預報系統之近況與發展 - 2003 年之報告

馮欽賜 陳雯美 黃曉薇 鄭明典

中央氣象局

## 摘要

中央氣象局全球預報系統近來已有一些新的發展，其中在分析方法及觀測資料的引用上，分別有相當大的突破，我們採用三維變分取代原先最佳客觀法，並且因另闢資料來源而獲得完整的輻射量資料，促使資料同化過程得以直接引用高密度的衛星原始資料，大幅提升分析場的品質及後續的預報表現。其次，針對中央氣象局全球預報系統在颱風路徑預報上的應用，我們亦進行一些較有系統的測試與評估，希望瞭解在這層應用上的效益及可能之改進。本報告將以這些主要進展作一系列說明。

## 一、前言

中央氣象局全球預報系統為典型波譜模式(Liou et al. 1997)，現行解析度為 T119L30，每六小時實施一次資料同化，於標準時 00Z 與 12Z 分別進行 5 日與 8 日的天氣預報，其預報場除作為中央氣象局預報中心 3 日以上天氣預報之參考資訊外，另一項主要任務為即時提供氣象局、民航局及軍方單位等下游各類中小尺度模式，短期天氣預報所需之分析場及邊界條件。因後者之依存關係，加上近幾年各界對短期劇烈天氣要求更精確的預報以利防災之需求日益加強，使改善全球預報系統之品質，以提供更佳預報場於短期區域天氣預報模式更顯殷切。

如眾皆知，改善數值天氣預報模式之預報能力，資料同化的進展是極為關鍵的過程。當國外其他作業中心，近十年來因受益於衛星資料的大量開發與運用，得以大幅提升其數值天氣預報品質時，中央氣象局卻因客觀環境之阻滯，長期以來難以即時取得這些大量非傳統觀測資料，導致全球預報系統預報能力的提升一直不易突破。所幸，大約二年前 NCEP 將其全球預報系統所使用的完整觀測資料放置於網路上，並且拜賜網路頻寬的改善，中央氣象局得以每日定時輕易地取得過去欠缺的各類衛星資料，為目前獲取觀測資料的現行管道上，開闢另一個極為難得而且豐富的資料源頭。在此同時，為使資料同化過程能更有效率及妥善地運用衛星輻射觀測資料，我們亦開始投入三

維變分法之測試，作為更新作業中最佳統計分析法之選擇。

歷經一年多的平行測試，今年(2003) 5 月以三維變分法為分析基礎之全球預報系統正式上線作業，同時取自 NCEP 處之完整觀測資料亦納入新的同化程序之中。本報告的主題即針對此次全球預報系統的變動提出說明，並且整理去年平行測試的結果，進一步討論此次變動在改善預報品質上所獲得的效益。其次，著眼於全球模式在預報品質的提升，我們亦著手開發其在颱風路徑預報的能力，其中主要工作在於改進分析場之似颱風環流，使其具備較擬似颱風的風場結構以及正確初始中心位置。在報告中，我們亦會提及這方面的工作。

## 二、三維變分法與資料同化

中央氣象局全球預報系統目前所採用三維變分法版本源自 NCEP(Derber et al. 1991)。關於三維變分法的數學原理與型式不在此贅述，簡單來說，基本原理與最佳統計分析法無異，都是在具各自不同誤差特性的背景場（猜測場）與觀測場中，尋求所謂最小誤差之分析場，惟所採行的數學基礎一為變分法一為統計法。不過，三維變分法在可直接納入非傳統觀測要素於分析過程，是較最佳統計分析法有利的優勢。其次，相較原最佳統計分析在標準氣壓面進行以及取高(厚)度變數為分析元素，此版三維變分法選擇在模式 sigma 面分析並取溫度變數為分析元素，其分析場直接為預

報模式輸入場，亦避免原分析場因需要垂直座標及高(厚)度推算溫度等過程所伴隨之誤差。

表一 取自西元 2002 年 11 月 20 日 12Z, 對不同作業中心所使用之各類觀測資料量的統計與比較。

	CWB	NCEP	ECMWF
SYNOP	8277	10400	13706
SHIP	1509	1885	1510
BUOY	----	16	2524
TEMP	530(s)*	566(s)	561(s)
PILOT	129(s)	135(s)	318(s)
PROFILER	----	165(s)	194+133+150(s)
AIREP	1185	748	3387
AMIDAR		4069	7119
ACARS		25296	27014
SATOB	19751	20247	12433
SATEM	2808(s) 30636(p)	-----	-----
RADIANCE	-----	21715(s) 111019(p)**	235760
SSM/I	-----	17289	18764
QSAT	-----	8618	46497
PAOB	-----	-----	245
VAD	-----	6252 (p)	-----

\* s – count by stations

\*\* 111019 is the count of radiance by point but including only NOAA14 HIRS, AMSU and NOAA15 AMSUA, the NOAA 16 radiance obs are not counted here.

在觀測資料方面，長期以來 GTS(Global Telecommunication System)是中央氣象局即時獲得全球觀測資料，所倚賴的最主要途徑，若相較其他國外數值預報作業中心能予運用的資料量與種類，由 GTS 所能獲得的部分除在傳統資料上差距不大之外，在飛機風場報數量是相當不足，並且在衛星輻射通量資料上付諸闕如。表一為取自某一時間，比較 GTS 與另兩個主要作業中心所獲得資料量的統計結果，在最重要的探空 (TEMP)及一般地面綜觀氣象站(SYNOP)、海洋船報(SHIP)、PILOT 風場、衛星雲導風(SATOB)等資料上，數量雖稍少但接近，不過那些空間及時間密度高

的飛機報及衛星原始輻射量資料則嚴重偏少或缺乏，遑論來自較特殊之 SSM/I 與 QSAT 兩種衛星的地面風場資料。因此，在無法得以運用這些額外豐富資料的條件下，中央氣象局全球預報系統發展上便一直存有這麼一道瓶頸。

雖然 NCEP 將觀測資料公布於網路，不過，其放置的時間並非真正地即時，而有近六小時的延遲。為此目前全球預報系統在三維變分資料同化過程，基本上在一般具有時效性的主執行(major-run)階段，我們仍只有來自 GTS 的觀測資料可用，但至後執行(post-run)階段，則與主階段全然不同，它完全取用來自 NCEP 的觀測資料，為下一次資料同化過程製造最佳的六小時預報場(猜測場)。表面看來，中央氣象局目前只能在後執行階段使用這些 NCEP 觀測資料，對於有作業即時需求的主執行階段，相較於過去情況亦僅於分析過程獲得較佳猜測場，對主執行的助益似乎間接關連，但事實上資料同化過程所產生分析場品質的良莠，其使用之猜測場品質是至關重要的關鍵因素。因此，由平行測試的結果顯示，因後執行階段對六小時預報場的大幅改進，透由資料同化的不斷循環而產生全球預報系統主執行之預報能力的提升亦是令人鼓舞(詳見下面討論)。

圖 1 是綜合 2002 年 8 月至 12 月平行測試期間所有 12Z 個案，不同條件之執行與當時作業版(最佳分析法且不含 NCEP 觀測資料)之比較。整體而言，由結果顯示兩項重點，首先是中央氣象局全球預報系統在改變分析方法並使用較完整的觀測資料後，其預報品質的改善極為顯著，在我們進一步的實驗中發現衛星輻射量資料是引發改善的主要貢獻者，由南半球預報表現的大幅變化亦充分說明此一事實，因南半球在傳統探空資料稀少的條件下，其衛星輻射量資料在資料同化中的權重更顯凸出。當然上述結果也證明過去造成中央氣象局全球預報系統預報品質提升的阻滯，衛星觀測資料的缺乏是相當重要的因素。另一方面，由主執行與後執行兩階段所獲得預報場得分表現之比較，可知主執行階段雖僅有 GTS 較為貧乏的觀測資料量，但因具備相同優質的猜測場(即前一次後執行產生的六小時預報場)，其資料同化過程產生的分析場仍具有相當的品質，因此得分表現雖仍有因資料量偏少造成

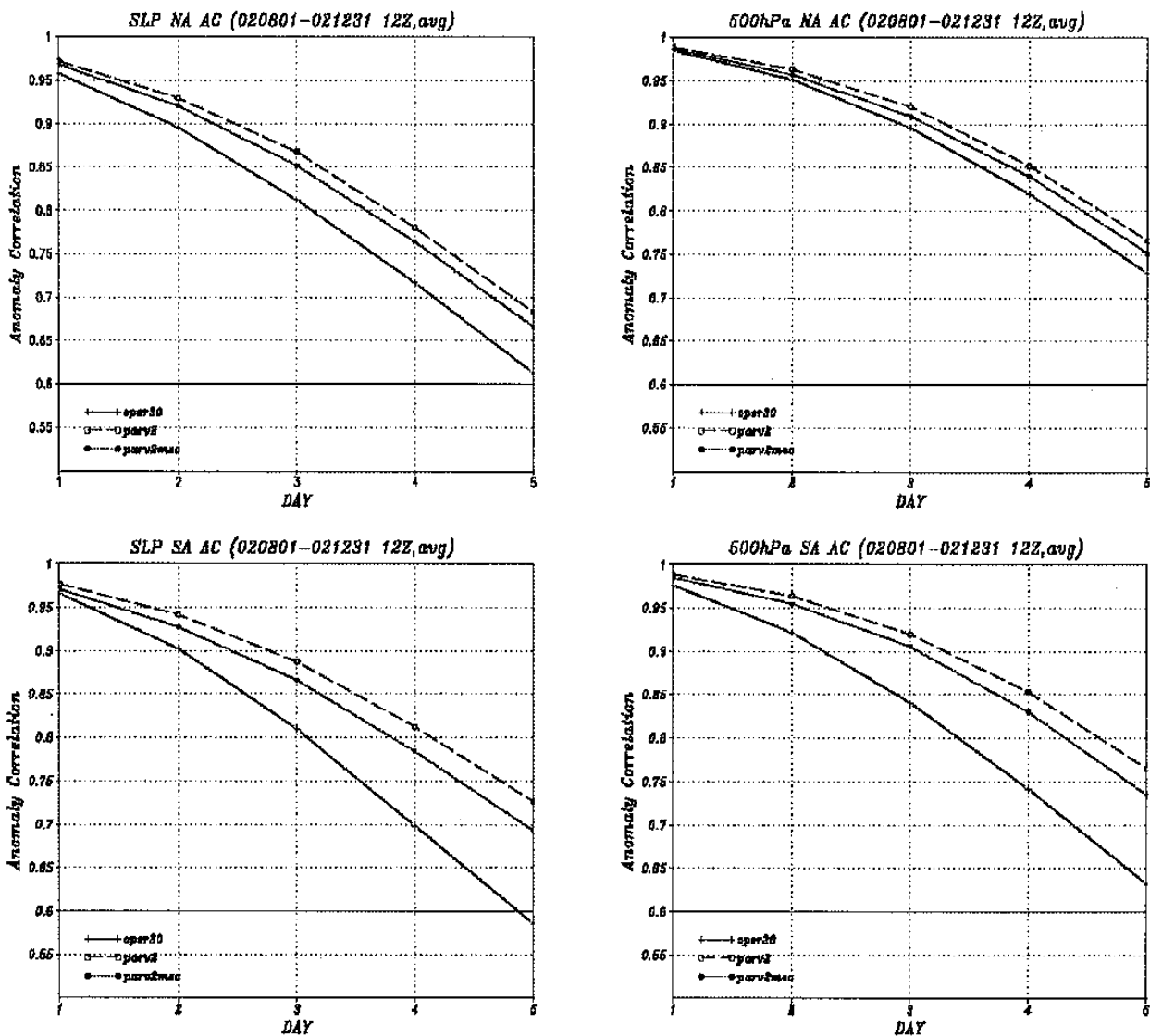


圖 1 西元 2002 年 8 月至 12 月期間，平行測試版本與作業版(得分最低之曲線)之第 5 日預報海平面氣壓場與 500hPa 高度場之距平相關得分比較，其中平行測試版結果分別呈現主執行與後執行兩種得分。

的負面影響，但其影響有限僅占全部改善的一小部分。

此外，瞭解此次分析過程變動所產生的具體效益，可以從過去全球預報系統第五日 500hPa 高度場預報得分校驗的長期歷史紀錄，如圖 2 所示，獲得進一步的比較。大體而言，全球預報系統在過去長期的投入各種改進努力下(包含提高解析度，由 12 小時一次之資料同化縮短為 6 小時，以及模式物理參數化的調整等等工作)，已見一些具體的成效，從較早時候年平均得分大約 0.65，近年漸提升至 0.7 左右。再經過此次變動，由平行測試的得分結果估計，應可使得分繼續推升至 0.75，相較之前漫長的歷程，反觀此次變動即獲致如此幅度之改進，確是前所未有。

### 三、全球預報系統之颱風處理

由於現今大多全球作業模式的水平解析度已達 70 至 50 公里，對維持似颱風的渦旋結構具有良好能力，加上全球模式不受區域模式般之邊界條件的影響可以合理地掌握大尺度駛流場與颱風之間交互作用，因此就提供颱風路徑預報的用途而言，直接採用全球模式進行颱風路徑預報已是國外氣象作業中心的一種趨勢，校驗證據亦顯示其颱風路徑預報精確性不比中尺度颱風模式遜色。

中央氣象局全球預報系統目前之版本為 T119L30，以水平解析度 100 公里左右從事颱風路徑預

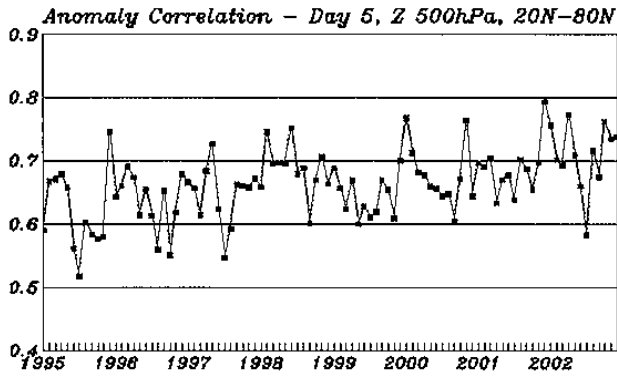


圖 2 西元 1995 年至 2002 年期間全球預報系統在第 5 日預報 500hPa 高度場距平相關之得分變化。

報上略顯粗糙，但鑑於系統預報品質已著實改善，其颱風路徑預報的精確度縱使不足，然行進趨勢或許仍有值得提供作業參考之處。不過，全球預報系統於目前解析度下，分析場所呈現的颱風渦旋似乎過於微弱，使模式中颱風渦旋往往隨著預報即逐漸消散。因此，現行全球預報系統欲從事颱風路徑預報，不可避免需採用傳統置入人為虛擬颱風環流的類似方法，使分析場先具備結構較顯著的似颱風環流。目前作法是依據觀測之颱風位置、強度及範圍等資料，先製造虛擬的颱風環流風場，再於分析過程將虛擬之颱風環流風場視為一種觀測資料，納入三維變分資料同化之中。虛擬的颱風環流風場結構，由三種成分組成，分別為理想的 Rankin Vortex、由前六小時之預報場所推估的環境風場以及前六小時的颱風行徑速度及方向。

其次，另一個植入颱風同時被考量的問題，是如何避免猜測場之颱風渦旋中心位置，因預報誤差與當時的真正颱風中心有所偏移，導致在置入虛擬的颱風環流時產生雙中心結構，影響後續的路徑預報成效。在解決此一問題上，我們採取對猜測場之颱風環流(含地面氣壓、風場、溫度場與水氣場)中心位置進行平移重置(relocation)，方法與 NCEP 全球預報系統處理此問題的程序相仿(Liu et. al. 2000)。

圖 3 為西元 2002 年 9 月 2 日 12Z 至 5 日 12Z 期間每 12 小時進行一次颱風路徑預報測試的路徑分布圖。在未作任何颱風處理條件下，全球預報系統不僅在初始場之颱風渦旋中心已有偏差，其後續的預報路徑相較觀測路徑亦呈現明顯往南偏轉的系統性誤差。

反觀，作過前述颱風處理後，颱風路徑預報的結果獲得顯著地改善，從進一步的測試發現路徑方向的改善，主要與置入虛擬之颱風環流風場使初始場具有較佳的颱風結構有關。

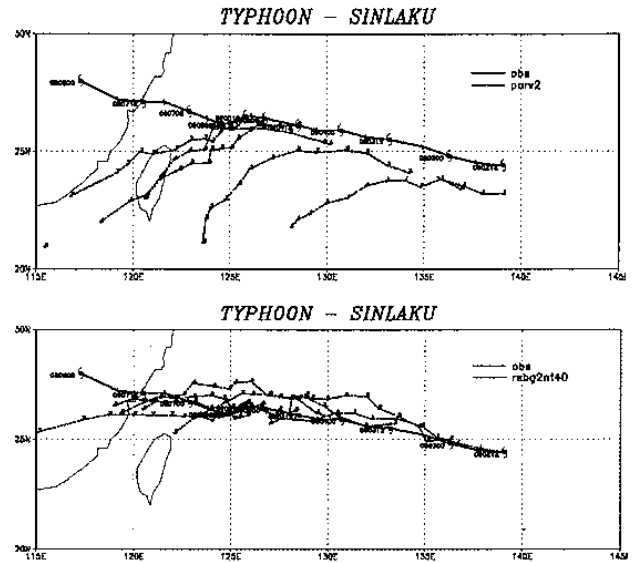


圖 3 西元 2002 年 9 月 2 日 12Z 至 5 日 12Z 辛樂克(Sinlaku) 颱風期間，所進行之颱風路徑預報測試結果，上圖為未作額外颱風處理，下圖則經過內文所敘之相關處理。

#### 四、進展中之工作

在目前的基礎上，我們為下一階段擬定了一些重點工作，大多已著手進行，整體而言包括：

- (1) 將由現行 T119 之水平解析度提高至 T179(相當於 0.66 度)，初步檢視平行測試的結果，發現在較高解析度下，夏季預報場可以獲得進一步的改善。我們預計於年底前正式上線作業。
- (2) 更新現行三維變分法分析過程所使用的猜測場之誤差統計特性，這是促使資料同化能獲致最佳成效的關鍵工作。猜測場的誤差統計特性應隨模式系統的變動隨時更新。
- (3) 更新現行三維變分法的版本，以納入 NOAA 16 及 17 兩顆衛星的輻射資料，因為我們採用的是 NCEP 稍早的版本，當時程式尚未加入。若能涵蓋，對分析場品質的提升定有助益。
- (4) 在 T179L30 的全球預報系統下，對颱風處理問題及路徑預報著手進一步的測試與調整。按 NCEP 全球預報系統的測試報告，顯示置入虛擬颱風環

流風場的作法未必為最佳選擇，若模式本身已有明顯的颱風渦旋，只施以平行重置的處理反能獲致更好的路徑預報效果(Liu et. al. 2000)。

- (5) 改進全球預報模式的系統性誤差，由於這涉及各種物理參數化複雜的交互作用，屬長期持續性的工作，目前以更新土壤模式以及相關地表通量參數化為短期目標。

## 致謝

中央氣象局全球預報系統能有此次順利的進展，需感謝許多旅美華人氣象專家於這段期間持續提供的寶貴經驗與協助，其中在 NCEP 服務的吳婉淑博士協助我們引進三維變分分析法，潘華陸博士協助我們獲取觀測資料，並且熱心安排第一作者於 2002 年夏天前往 NCEP 研習颱風重置處理方法，他們的鼎力相助是促使此次進展成功的重要因素。此外長期關心我們的

劉其聖博士亦時常不吝給予鼓勵與建議，我們同時致上由衷的謝意。

## 參考文獻

- Derber, J. C., D. F. Parrish and S. J. Lord, 1991: The new global operational analysis system at the National Meteorological Center. *Wea. and Forecasting*, 6, 538-547.
- Liou, C. S. and Coauthors, 1997: The second-generation global forecast system at the Central Weather Bureau in Taiwan. *Wea. and Forecasting*, 12, 653-663.
- Liu, Q., T. Marchok, H. L. Pan, M. Bender and S. Lord, 2000: Improvements in hurricane initialization and forecasting at NCEP with global and regional (GFDL) models. *Technical Procedures Bulletin No. 472*. Available at: <http://www.nws.noaa.gov/om/tpb>.