

## 衛星資料與傳統探空資料在四維資料同化結果之比較

李尚武 陳雯美

中央氣象局

### 摘要

縮短資料同化週期可以增加觀測資料融入數值模式的次數，並減少模式與觀測誤差所引起的錯誤。全球模式從 12 小時分析一次縮短為 6 小時分析一次的主要資料差異為衛星資料的使用。傳統探空的觀測為每日 00z 與 12z 兩次。因此，在 06z 與 18z 兩次客觀分析的主要資料來源則為衛星觀測。為避免不同的主要資料源影響客觀分析的結果，造成 00z/12z 與 06z/18z 的分析結果分屬兩種特性，我們首先比較分別單獨採用衛星觀測與傳統探空資料的分析結果。兩種觀測資料的分析結果主要差異出現在西太平洋的熱帶地區。此種差異在垂直向的分佈上出現在高、低對流層。以歐洲中長期預報中心的分析場為參考，顯示模式預報的初始估計場對分析的結果有很顯著的影響，這種影響在中低緯度及南半球尤其明顯。

### 一、前言

數值模式在時間的積分上，往往由於初始資料的缺陷、物理參數化及數值方法的誤差等因素造成模式預報誤差的累積與增大而偏離實際大氣。因此藉著每一次觀測資料來更新模式的初始場可以減少模式偏離實際大氣的誤差。在作業性的數值預報系統斷續的時間積分與資料同化過程中，增加觀測資料的融入次數，縮短更新資料的週期有助於模式預報結果與觀測資料分析的精確性。一個四維資料同化系統如要縮短模式的資料更新週期，首先需要評估的是各種觀測資料的數量與其觀測週期。美國國家氣中心之快速更新週期模式 (Rapid Update Cycle, RUC) 即採用 3 小時的資料更新週期，該模式只涵蓋美國本土，採用大量的自動飛航報 (ACARS)，在數量及時效上都能達到短週期的要求 (Banjamin 1989)。李等 (1994) 與陳 (1993) 的分析結果瞭解傳統觀測資料的週期為 12 小時，衛星觀測中 SATOB 與 SATEM 則分別為 6 小時與 3 小時。因此，如要縮短同化系統的資料更新週期，對於新資料 (各種高觀測頻率的遙測資料，如衛星觀測) 的應用為不可或缺的技术。傳統上數值模式對衛星資料的使用，通常以反演法獲得衛星探空剖面後再按探空氣象變數 (如高度) 特性應用於客觀分析中。由於衛星探空的垂直解析較傳統氣球探空低，這種方式往往降低高探空密度地區的垂直觀測解析度。但是衛星探空在水平分佈面上超越海陸的限制，對資料較少的地區則

有明顯的正面效益 (陳 1994; 洪 1994; Salstein and Dosen 1987)。

本文的目的在比較分別採用傳統探空資料與衛星觀測資料反演的探空結果之分析差異，藉以瞭解縮短資料同化週期時因這兩種主要觀測資料源的差異可能造成的影響。本文第二節說明採用的數值模式、實驗個案的設計與使用資料，第三節比較分別採用這兩種資料分析的分析的差異。

### 二、實驗設計與使用資料

實驗利用中央氣象局全球預報模式及客觀分析模組。數值模式為 T79 全球波譜模式，含 Arakawa-Schubert 積雲參數化、TKE-ε PBL 參數化、Harshvadhan 的輻射參數化及地形重力波拖曳作用等物理過程 (陳等人 1994)。客觀分析採用最佳內插客觀分析法 (蔣與劉 1988)，主要的分析變數為高度場及風場。在中高緯度並引用地轉平衡作為限制條件。在作業過程中分析的觀測資料包括傳統探空 (TEMP)，高空風 (PILOT)，衛星探空 (SATMP)，衛星雲跡風 (SATOB)，地 (海) 面觀測 (SYNOP, SHIP) 等。探空資料選取的優先順序以傳統探空優先，衛星探空其次。初始估計場採用前一同化處理程序的 12 小時預報場。

實驗期間為 1995 年 7 月 2 日至 7 月 8 日共連續一星期，主要過程包含持續的客觀分析與模式預報。實驗個案的分類如表一所示，FSGGFS 為分析之初始估計場，亦即模式之 12 小時預報結果；USPGFS 為採用傳統

觀測之分析結果；TTSFGFS 為採用衛星觀測之結果。實驗也比較採用所有資料與只用傳統探空與衛星資料的結果，ALLGFS 與 USPTTS。另外，也採用歐洲中長期預報中心的分析結果，ECMWF(5° X 5°，20° N~90° N, 20° S~90° S)，也作為比較各個案的參考場。

表一、各實驗個案與使用資料

US PGFS	TEMP(upper air observations); PILOT(pilot balloons), (12h forecast for the first guess)
TT SGFS	SATEM, SATOB (vertical temperature soundings and cloud drift winds)
US PTTS	TEMP, PILOT, SATEM, SATOB
AL LGFS	TEMP, PILOT, AIREPS(aircraft report, manual),
FS GGFS	GFS 12h forecast, this field is also use to be the first guess for each analysis listed above.
EC MWFS	Analysis field of ECMWF, from operational GTS 5x5 degree in latitude and longitude.

### 三、衛星資料與傳統探空資料結果

由於實驗資料只有一星期，我們比較實驗期間的平均場與氣候平均場以瞭解實驗個案的氣候差異。實驗期間的主要天氣系統與氣候平均是一致的，小部份無法由短期平均濾除較小的波動並不影響我們進行大尺度的比較。500hPa 的目視分析場在各個實驗個案中相當接近。圖一比較 USPFGFS 與 TTSFGFS 的差值，傳統觀測比衛星觀測的 500hPa 高度場分析值在熱帶、亞洲與南美等地區約高 10 至 25 公尺；而在歐美及南極附近海域則低 10 至 25 公尺。因為兩種資料的水平分佈有異，這種差異有一部份因初估計始場在資料缺乏地區扮演重要的角色而受影響。我們利用距平相關來降低初始場的權重後可以顯示這兩種資料的主要差異。定義距平相關值如下：

$$r_{an} = \frac{[(USPFGFS - FSGGFS)(TTSFGFS - FSGGFS)]}{\sqrt{[(USPFGFS - FSGGFS)^2][(TTSFGFS - FSGGFS)^2]}}$$

方括弧[]代表實驗期間的和。上式表示 USPFGFS 與 TTSFGFS 兩組資料偏離 FSGGFS

的相關。圖二為 USPFGFS 與 TTSFGFS 的 500 高度場距平相關值，明顯的負相關出現在亞洲及西太平洋的熱帶地區，這種結果顯示傳統探空與衛星資料在這些地區對中央氣象局全球模式的 12 小時預報會有反向的修正作用。這種差異在垂直的分佈上由緯向平均上顯示出現在熱帶高低對流層(圖三)。

除了分析結果之間的比較以外，我們也將分析結果內插至觀測站與探空觀測值比較。

表二：傳統資料與衛星資料分析結果與觀測點之比較及距平相關值。

區域與代碼	觀測數	探空分析 均方誤差	衛星分析 均方誤差	距平相關
香港 (45)	14	1.29	5.54	-0.36
台灣 (46)	59	1.74	3.71	0.69
日本、韓國 (47)	360	13.99	13.97	0.998
中南半島 (48)	121	1.11	1.84	0.79
大洋洲 (91)	166	0.87	1.59	0.81
澳洲 (94,95)	256	2.96	3.42	0.94
東南亞 (96,97,98)	77,42 19	29.32,3.37 0.93	29.47,4.5 23.85	0.998,0.87, 0.67
美國 (70,72)	198,824	19.30705	19.45708	0.998, 0.998
英國 (10)	114	0.79	2.35	0.51
法國 (07)	96	0.86	1.51	0.61
德國 (10)	126	0.63	1.49	0.69

表二是以測站上的探空觀測為參考值，各區域傳統探空與衛星反演探空資料分析後的觀測數、均方誤差、距平相關。這些地區以美國、日本及澳洲等地兩種資料的相關性最高，但是探空資料的分析場卻有較明顯的均方誤差。台灣地區與歐洲德國、法國及英國的結果較相近。中國大陸(未列出)亦有近似的結果。

對於長波而言，在北半球中高緯度純粹使用衛星資料與純粹使用傳統探空資料的差異較小，而且有一致的趨勢變化。圖四六是沿 60° N 緯度用的 500hpa 高度值做完傅立葉轉換後各主要波數的能量分量之百分比。可以看出平均而言衛星資料在長波(波數<4)有偏高的情形，在短波(波數>7)則有偏低的情形。與 ECMWF 的分析結果比較，在趨勢與變化上是一致的，但能量偏高。這種比較在南半球則在各個個案顯示出較大的差異來(圖五)。TTSFGFS 長波的能量比例仍然高於 USPFGFS。但是與 ECMWF 的分析結果比較則在相位與振幅上都有明顯的差異。一般而言，ECMWF 的結果較易為各中心所接受。顯示我們在南半球的分析與預報仍有很大的改進空間。圖四與

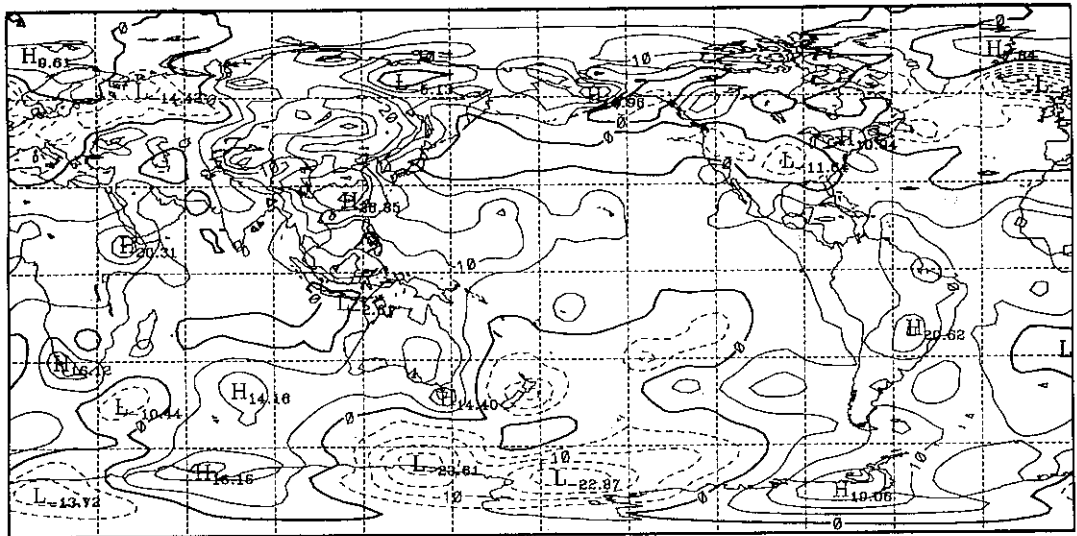
圖五也同時顯示各種不同資料的分析結果與初始估計場(模式的12小時預報)相當接近,而模式預報與初始分析場又息息相關。因此,我們預估改進分析資料將會逐漸改進預報品質,然後再回饋到分析與同化。

誌謝:本實驗蒙中央氣象局資訊中心滕春慈提供客觀分析程式。主要的電腦計算在中央氣象局資訊中心的電腦系統上執行。主要資源由中央氣象局氣象業務全面電腦化第三期計畫提供,部份資源由國科會 NSC84-2111-M-052-008-AP4 及 NSC85-2111-M-052-008-AP4 計畫項下補助。

### 參考文獻

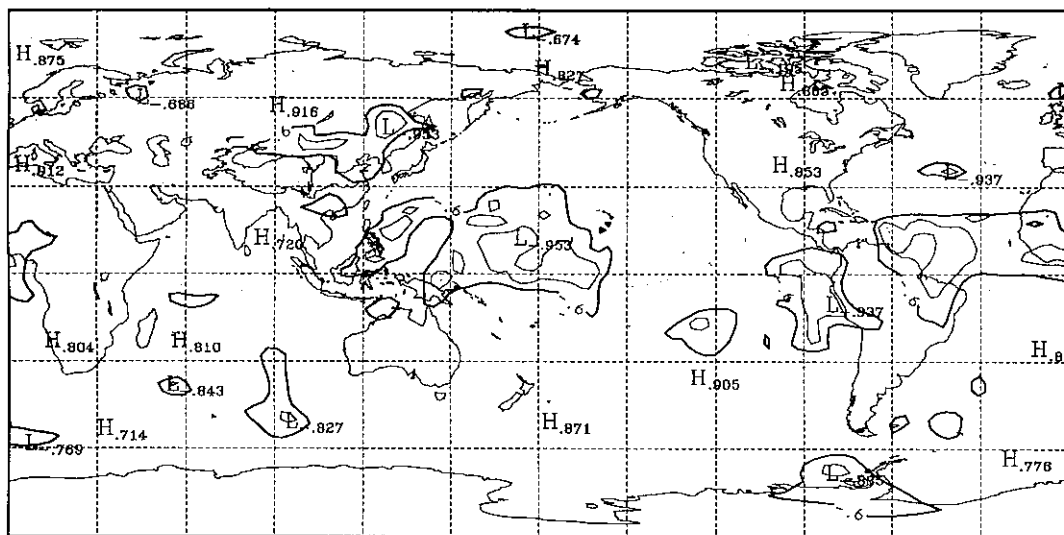
- 李尚武、陳雯美、黃麗玫、滕春慈、周鑑本、洪景山, 1994: 中央氣象局數值預報系統四維資料同化之現況與展望-資料性質與客觀分析。《氣象學報》, 40, 271-280。
- 洪景山 1994: 衛星探空資料(SATEM)在有限區域預報模式中應用之研究。83年度天氣分析與預報研討會論文集編, 115-121。台北。

- 陳雯美, 1993: CWB 地面與探空資料現況及數值預報成效的客觀評估。中央氣象局數值預報小組報告第82003號, 46頁
- 陳建河、劉其聖、馮欽賜、汪鳳如、蕭志惠 1994: 中央氣象局第二代全球波譜模式之介紹。83年度天氣分析與預報研討會論文集編, 1-10。台北。
- 滕春慈、劉其聖 1988: 中央氣象局最佳客觀分析法的發展現況。77年度天氣分析與預報研討會論文集編, 17-22。台北。
- 譚允中、蔡翠碧、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。《氣象學報》, 40, 246-257。
- Banjamin 1989: An isentropic meso-alpha scale analysis system and its sensitivity to aircraft and surface observation. *Mon. Wea. Rev.* 117, 1586-1603.
- Salstein, D. A. And R. D. Rosen 1987: Impact of satellite-based data on FGGE general circulation statistics. *Q. J. R. Meteorol. Soc.*, 113, 255-277.



圖一: USPGFS(單純使用傳統探空資料)與 TTSGFS(單純使用衛星探空資料)的500hPa分析高度場的差值。

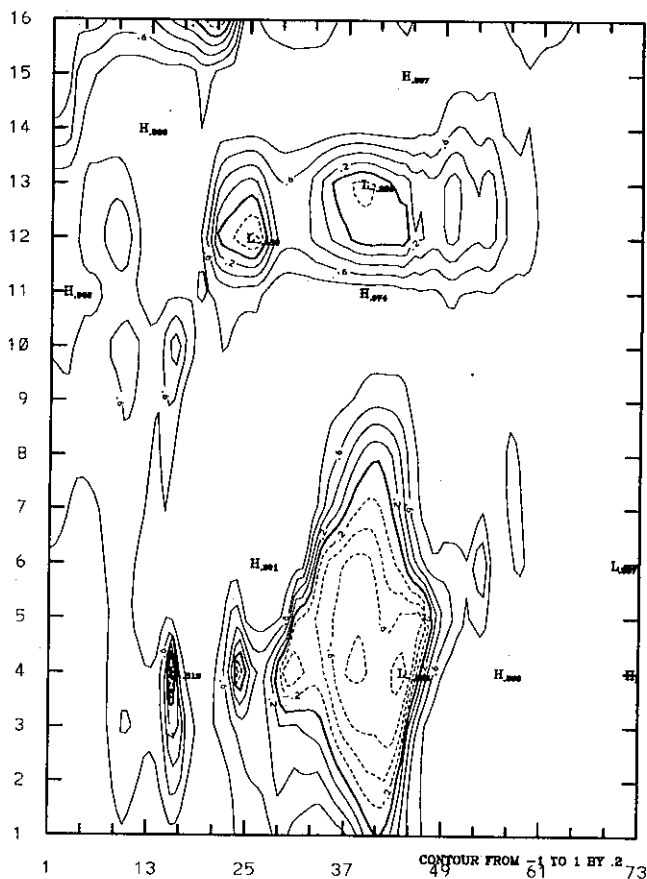
CONTOUR FROM -50 TO 50 BY 5

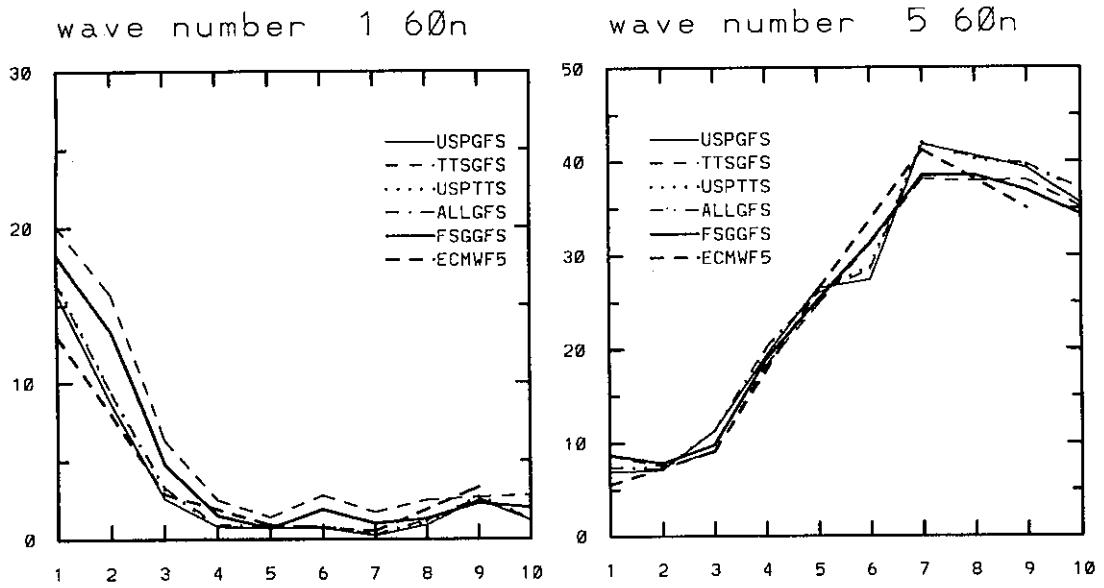


CONTOUR FROM -1 TO -6 BY .2

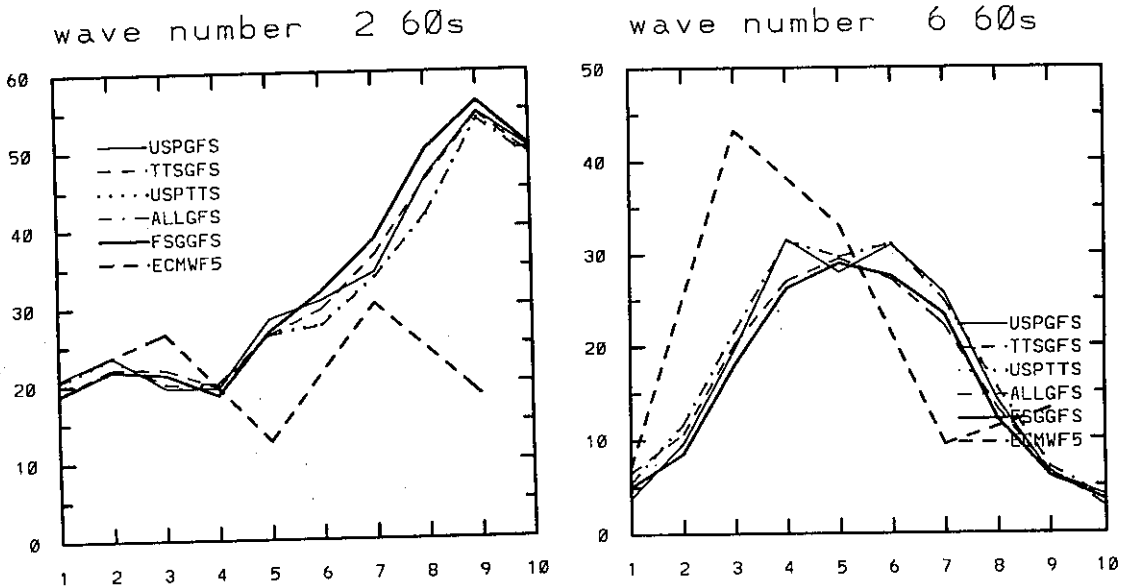
圖二：USPGFS與TTSGFS兩實驗個案的500hPa高度場之距平相關，距平的參考面為其初始估計場(FGSGFS)。

圖三：高度場之距平相關的緯向平均之垂直剖面。





圖四：北半球60° N緯圈500hPa高度場各主要 (>20%)波數的能量百分比，水平軸為時間，間格為12小時。



圖五：同圖四，但為60° S。