

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

李尚武 陳雯美

中央氣象局科技中心

周鑑本

中央氣象局衛星中心

黃麗玫 滕春慈

中央氣象局資訊中心

洪景山

中央氣象局資訊中心

摘要

本文分析中央氣象局數值天氣預報之資料同化的現況，以做為氣象局數值預報之資料同化未來發展之參考。主要分析內容包括觀測資料在空間與時間上的分析、客觀分析與現行間歇式同化概況。目前本局數值預報接獲與使用的資料在傳統探空資料與歐洲中長期天氣預報中心(ECMWF)之資料量相近，但是在衛星觀測資料上則遠少於ECMWF。傳統探空資料在觀測時間分佈上仍以12小時的觀測週期為主，而在水平空間分佈上以陸地最密而南半球最疏。整體而言，資料在垂直分佈上以高對流層(300hPa-200hPa)與地面觀測為最多。高層風場是觀測資料中最的一種，主要來自傳統探空、衛星觀測及飛機報告等三種。分析與同化的方法上，目前採用最佳內插客觀分析配合12小時更新週期(update cycle)之間歇式同化。客觀分析中誤差相關值採用二階自相關法求得。未來可能新增資料包括衛星輻射與民航機動觀測兩種資料的納入以增加觀測資料量。對於非綜觀觀測時間的資料之使用則以連續式同化方式為目標，此為未來資料同化方式的方向。

關鍵字：資料同化

一、前言

台灣位於亞洲大陸與太平洋之間，具季風氣候區的特徵。在同一季風氣候區域內，除印度、中南半島與中國大陸外，更涵蓋印度洋、南中國海及部分西太平洋等資料匱乏地區，因此，資料分佈並不均勻。觀測資料的缺乏與觀測的時間及空間分佈的不均勻，直接影響我們對大氣的瞭解和認知。更由於此種初始資料的分佈缺陷，增加了研究人員及應用(預報)人員許多困擾。近年來，由於觀測技術的發展，使氣象工作者除了傳統的綜觀觀測網的資料之外，更增加了飛機、衛星與各種雷達等非綜觀尺度的觀測資料。這些數量龐大的觀測資料，可供使用者做更高解析度的天氣分析。但是，由於觀測資料種類與數量增多、觀測時間分散，增加使用上

的困難度。因此，發展一套能正確處理這些資料的方法或系統便成為一重要的課題。正確的資料處理不但可提供數值模式正確的初始場做為正確模擬的必要條件，更可提供診斷分析研究一正確的觀測分析場。所以，如何有效而且有系統地使用這些綜觀及非綜觀觀測資料便成為資料處理的重要研究項目之一。過去的資料處理以綜觀分析及填繪圖提供使用者為主，近年來經由數值模式的輔助使資料同化從原來的靜態客觀分析與初始化進而為動態的連續性同化。此種包容不同時間的四維資料同化，可以提供一正確並具有動力一致性的分析資料。本文的目的在分析中央氣象局的資料與作業現況，以利於未來資料同化系統的規劃設計及推展。第二節分析本局的資料現況，第三節概述資料品質管制，第四節為本局客觀分析與資料同化。

表 1. 主要電報的種類與觀測要素

Table 1. Varieties and observed variables of major meteorological telegram

報別	觀測種類	觀測要素	垂直分佈	水平分佈限制	觀測時間
TEMP (US)	地面探空觀測	高度、溫度、 露點溫度、風	多層(密)	陸地為主	綜觀觀測 (00Z,12Z)
PILOT (UP)	地面高空風觀測	風	多層(密)	陸地為主	綜觀觀測
AIREP (UA)	民航飛機觀測	風	200hPa附近	不限	非綜觀觀測
SATOB (TS)	衛星風觀測	風	多層(疏)	不限	非綜觀觀測
SATEM (TT)	衛星探空觀測	厚度、可降水量	多層(疏)	不限	非綜觀觀測
SYNOP (SM)	地表綜觀天氣	氣壓、溫度、 露點溫度、風	單層	陸地為主	綜觀觀測
SHIP (SH)	船舶綜觀天氣	氣壓、溫度、 露點溫度、風	單層	海面	綜觀觀測

二、傳統資料與衛星資料

資料的蒐集與處理，不只是數值預報或資料同化的重要項目，也是氣象預報作業中不可或缺的一環。主要的氣象資料大約分為傳統綜觀觀測、衛星與雷達遙測資料、民航機自動觀測與傳送之資料(Benjamin 1989)等。新的資料，如利用GPS衛星通訊之折射與衰減估算大氣之水汽含量，仍在陸續開發中(Eyre 1994)。目前中央氣象局接收的資料以GTS(Global Telecommunication System)為主，另外由衛星中心接收衛星觀測資料。前者以電碼形式接收以後再加以解碼、檢定以提供下游的數值處理。後者則分別來自GMS與NOAA兩個衛星系統。另外，新一代的雷達觀測則在規劃中。自動民航機觀測與傳送之資料則尚未取得。

(一)、GTS資料

本局目前是由DATA GENERAL MV7800 前置電腦即時接收來自美國(GWDI)及日本(JWA)兩條線路的GTS資料後，傳送至HP工作站由自動氣象資料處理系統 Automatic Meteorological Data

Processing System; AMDP)進行不同報別資料的分類、解碼及檢定(曾1992; 陳1994; 陳等1995)。目前經解碼檢定可供使用的資料有15種報別(未含網格點資料)。其中提供數值天氣預報使用的以高空觀測之TEMP、PILOT、AIREP、SATOB、SATEM及地面觀測之SYNOP及SHIP等資料為主。各主要報別的說明、代碼及其主要的氣象觀測要素如表1所列。表1顯示傳統觀測資料的分佈以陸地為主，而衛星與飛機的觀測則不受地面或海面的限制，在水平分佈上有較大的伸展空間，但是在垂直分佈的層次則集中在特定幾層(圖1)。SATOB主要以850hPa與250hPa最多。SATEM則以1000hPa與10hPa為參考面；可降水量的資料很少，以1000-700hPa、1000-500hPa及1000-300hPa三層的資料為限。

在資料量方面，表2是日常作業資料量的例子。任意選取1994年4月10日至4月14日各主要報別的平均資料量，其中00Z及12Z係指數值預報系統每天進行兩次客觀分析的時。這兩次客觀分析取用資料的觀測時間範圍分別是00Z為18Z至05Z，而12Z

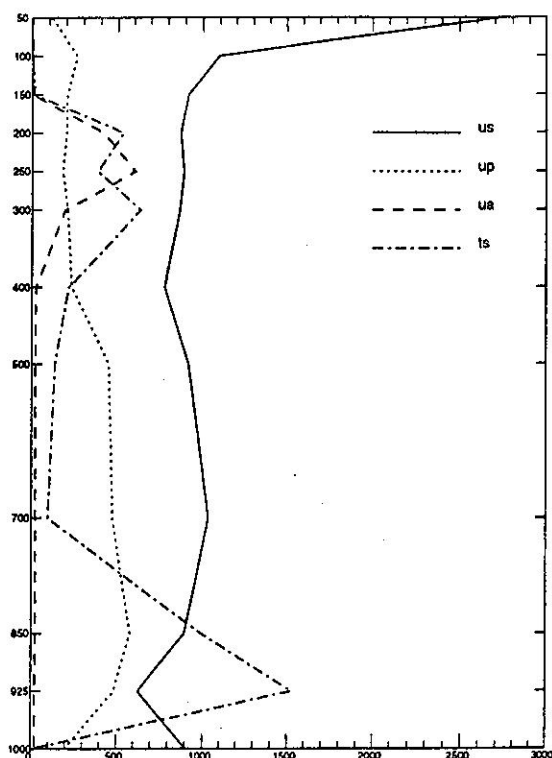


圖 1. US, UP, UA及TS等觀測資料的垂直分佈
Fig. 1. Vertical distribution of observed data amount of US, UP, UA and TS.

表 2. 主要觀測資料在00Z與12Z的資料量 (資料平均時間1994年4月10日至1994年4月14日)

Table 2. Major data amount at 00Z and 12Z, sampling period of the averaged data is from Apr. 10 1994 to Apr. 14 1994.

REPORT	00Z	12Z
TEMP	672	623
PILOT	351	341
AIREP	1481	1455
SATOB	4227	1978
SATEM	1333	1405
SYNOP	3745	3263
SHIP	485	470

則自06Z至17Z。兩次分析在傳統資料量的差別有限，其中12Z略少。但衛星的SATOB，在12Z因太

陽位置而明顯減少。在時間的分佈上，如圖2所示。每一種觀測資料的觀測時間、頻率亦不盡相同。由圖可以知道，其中SYNOP、SHIP及SATEM為每三小時觀測一次，TEMP、PILOT及SATOB則為每6小時一次（但並不集中於某一小時觀測）。AIREP在每個小時均有觀測資料，且資料量在時間的分佈上相當平均，但只集中在250hPa附近。

資料的水平分佈則如圖3至圖5所示。由圖可以看到傳統探空資料(TEMP及PILOT)主要分佈於陸地，廣大的洋面則主要為飛機及衛星觀測資料(AIREP、SATOB及SATEM)所涵蓋。無論是地面或探空資料，傳統觀測資料的分佈相當不均勻。測站分佈主要集中於北半球，占各種由測站觀測的所有資料80%以上（陳1993）。

這些不同的觀測資料分別來自不同觀測儀器，並且各有不同的特性（如誤差、代表性等）與觀測要素。就資料的時間及空間分佈而言，我們能夠瞭解每天作業的觀測資料已包含綜觀及部分中尺度天氣系統。因此，如何善用這些觀測要素、時間、空間及品質不盡相同的資料得到最合理、最接近大氣真實狀態的分析場，為現今資料同化之重要課題。

(二)、衛星資料

除了GTS上的SATEM，SATOB及SARAD等衛星資料外，本局還接收地球同步衛星GMS與繞極軌道衛星NOAA11、NOAA12的訊號。GMS衛星上載有輻射計VISSR，可提供紅外線與可見光兩種頻道的資料，主要的氣象用途為產生衛星雲圖以利偵察天氣現象，如颱風、氣旋、鋒面等。此外，並可進一步計算地表和雲頂溫度，求雲量及追蹤雲塊移動以求衛星觀測風場。GMS可見光頻道的解析度為1.25公里，紅外光頻道解析度為5公里，觀測時間在每正時30分時進行，間隔為每小時一次。於0500Z、1100Z、1700Z、2300Z另外增加4次觀測。

NOAA衛星則可分為TOVS與AVHRR兩個主要系統，TOVS包含三個獨立的子系統，分別為HIRS/2、MSU、SSU三種。HIRS/2有19個紅外線頻道與一個可見光頻道，星下點解析度為17.4公里。MSU提供4個微波頻道，星下點解析度109.3公里。SSU包函3個紅外頻道，主要用於觀測平流層，星下點解析度147.3公里。結合三者的觀測，可計算大氣垂直溫

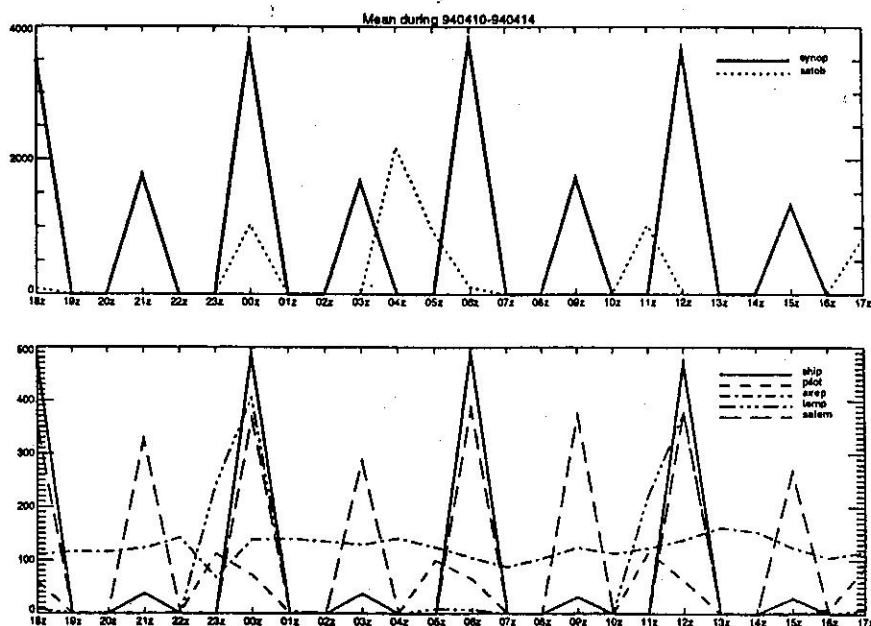


圖 2. 各種觀測資料量的時間分佈（1994年4月10日-14日），上圖為地面(SYNOP)與衛星風(SATOB)，下圖為船舶(SHIP)、地面高空風(PILOT)、飛機報告(AIREP)、地面探空(TEMP)、衛星觀測厚度(SATEM)。
Fig. 2. Time distribution of observed data amount of SYNOP, SATOB, PILOT, AIREP, TEMP and SATEM during Apr.10-Apr. 14 in 1994.

度剖面與水汽剖面等。AVHRR包括一個可見光、一個近紅外光與3個紅外光的頻道，可用來計算海面與雲頂的溫度及求取雲量等。繞極衛星每天約於地方時8時、20時、2時、14時通過上空，因此台灣每天可以接收至少4次的NOAA衛星資料，衛星訊號掃描範圍約1200公里。本局目前天線涵蓋範圍約5500公里×5500公里。

目前對於GMS衛星資料運用，主要在產生可見光與紅外光的衛星雲圖供預報人員參考研判。雲圖範圍經處理後分為東亞地區、台灣附近地區及全球三種。東亞地區的雲圖另外製作藍伯特投影的衛星雲圖，以利與一般天氣圖配合。全球範圍的雲圖另計算5日、10日與月平均圖。除了雲圖製作外，每天在00Z與12Z另計算範圍在東經90°至150°，北緯0°到50°之間，每0.5°經緯度的網格點上之亮度溫度。

目前對於NOAA衛星資料的處理，AVHRR的資料用來計算台灣附近海面的海溫及雲量。海面溫度

的求取採雙頻道訂正法，濾雲則採多頻道濾雲法，此法不但可以濾雲並可進行雲分類，並提高解析度到2公里。目前所求海溫與船舶及海上浮標觀測報告、誤差約為1°K至於TOVS資料的處理，目前仍在發展與測試階段，尚未進行作業。TOVS的資料用於計算水平解析度100×100公里的大氣垂直溫度、水汽剖面、晴空亮度海面溫度、地面溫度、各層大氣厚度等資料，可提供數值預報較高解析度的初始資料，以彌補傳統觀測之不足。目前本局預報作業上對這兩種衛星的使用仍侷限在圖片分析上，數值資料的取用與應用技術仍在發展與測試中。

(三)、雷達資料

近年來，利用單都卜勒雷達觀測所得的降水回波及徑向風場，配合數值模式來預測天氣系統的演化，並提供更精確的降水估計，可以說是結合雷達觀測和數值天氣預報中最重要的工作之一(Nakakita et al. 1991)。本局原有花蓮與高雄兩雷達觀測站以監視東西兩方向來的天氣系統，為提供更高解析度

1994.04.13.00Z UP(359) US(656) ua(1358) ts(4529) 12hrs update 1202wd

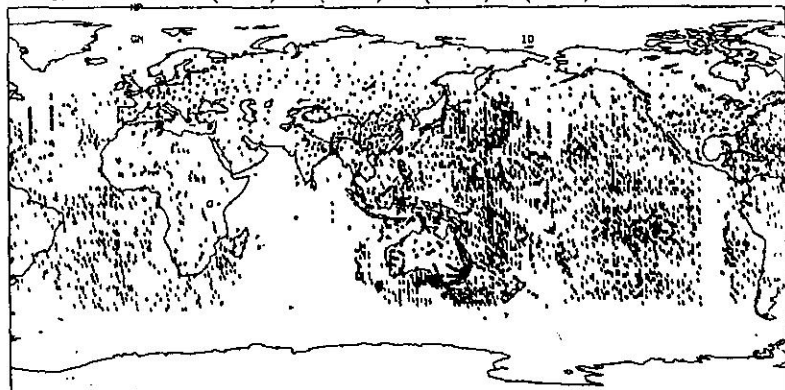


圖 3. 地面探空(US)、地面高空風(UP)、飛機報告(UA)及
衛星觀測厚度(TS)等觀測資料的水平分佈
Fig. 3. Horizontal distribution of US, UP, UA and TS.

1994.04.13.00Z SATEM THICKNESS HAS 1274 POINTS 12hrs update 1051t

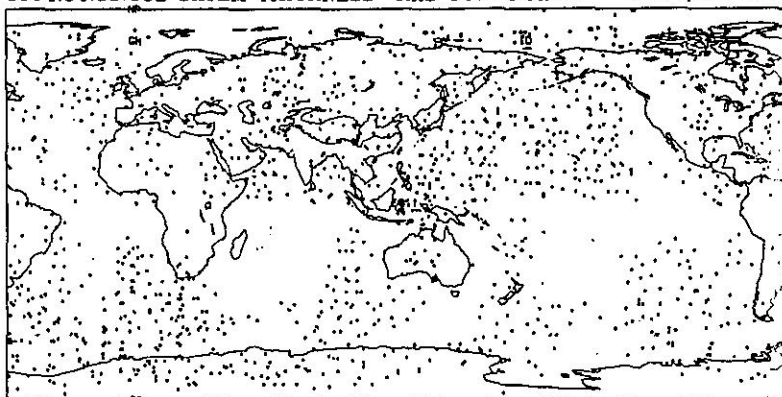


圖 4. 衛星觀測厚度的水平分佈
Fig. 4. Horizontal distribution of SATEM.

1994.04.13.00 SHIP HAS 466 , SYNOP HAS 3706 POINT

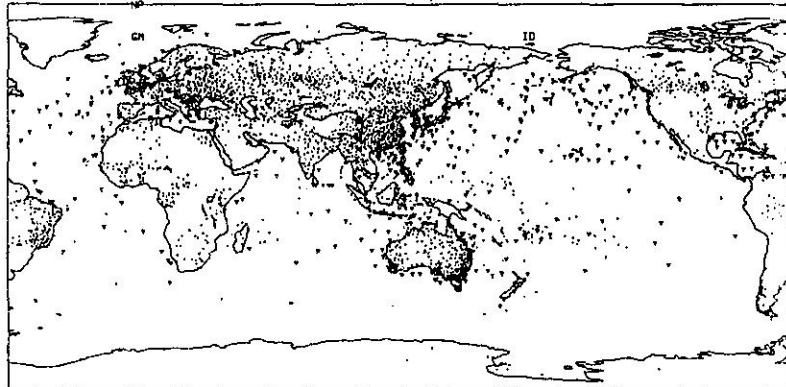


圖 5. 地(海)面觀測資料的水平分佈
Fig. 5. Horizontal distribution of land/sea surface observation.

的局部天氣資料，預計在未來6年內建置4個NEXRAD都卜勒雷達，分別位於五分山、花蓮（原傳統雷達站）、墾丁和七股等。配合現有民航局位於中正機場和空軍所屬位於台中清泉崗的都卜勒雷達降水回波，可構成一個完整的雷達網連系統。此雷達網連系統除了直接提供資料以外，由雷達觀測所提供的風場將成為中小尺度模式四維資料同化的最佳資料來源。因此，雷達資料的應用與同化未來應是一個值得進一步探討的主題。

三、資料品質與客觀分析

AMDP系統對各類資料均進行初步的檢定，檢定方式為單點資料的檢定。因此，幾乎所有的資料均做氣候值檢定。由於探空資料包含垂直各層的高度及溫度觀測，所以也做垂直的資料檢定。本局早期的作業參考歐洲中期預報中心的檢定方法發展而成（胡 1979），除了氣候值檢定外，還對每一站的資料進行儀器結冰檢定、靜力穩定度檢定及流體靜力平衡檢定。近年來，觀測資料品質備受重視，世界各數值預報中心無不致力於發展改進其資料檢定方法，本局亦參考美國國家氣象中心對垂直各層的探空資料檢定方法(Collins and Gandin 1990)發展新的資料品質檢定系統（江等 1991）。這一套綜合式靜力品質管制(Comprehensive Hydrostatic Quality Control; CHQC)主要由靜力平衡關係與錯誤修改決策組成。探空資料經靜力平衡關係檢定後，如誤差大於容許值則進行修正值建議。探空資料的錯誤率平均約為7%左右，容易發生錯誤的地區包括印度、蒙古、太平洋島嶼等資料較少的地區（江與陳 1994）。此系統同時也提供修正值供下游系統參考，如此在資料匱乏地區不會任意捨棄資料，這對自動化作業有相當大的助益。

完成資料品質管後，即可提供客觀分析或填繪圖等下游系統使用。客觀分析是資料同化系統的核心之一。本局的最佳內插客觀分析採用Lorenc(1981)所提區間法(volume method)。在分析的範圍內分成若干個小區間(volume)，相鄰的區間相互重疊。同一區間內所有網格點上的分析值，由該區間內的三維觀測資料分佈，透過最佳內插法求得分析值。除了分析區間以外，為方便執行與說明，本局的全球

客觀分析系統沿著緯度圈定義使用分析帶(strip)，在南北方向分成互相重疊的分析帶，每一個帶則沿東西方向分成一格相重疊的分析區間。分析時以分析區間為單位，完成每一區間的三維多變數分析後再繼續做下一個區間的分析運算。全球模式由南到北共有28個分析帶，但在極區每帶僅有一個分析區。由於南半球的觀測資料量遠小於北半球，在南半球每個分析帶所佔的範圍比北半球大一倍，約18緯度（北半球為9緯度）。中高緯度因為旋轉半徑較低緯地區小，相同經度涵蓋的面積較小，因而令每一個分析帶的分析區間數目在中高緯度較低緯度少。赤道地區每一帶有30個分析區間，往高緯則逐漸減少為24或16區間；在極區附近，南半球每一個分析帶有8個分析區間，北半球則有12個區間；南北極各只有一個分析區間。全球分析主要在經緯座標上執行，極區則改用極投影座標作分析。有限區域模式則在藍伯特投影的直角座標上進行分析。

有限區域模式系統的分析將模式範圍分為13個分析帶及9個分析區間；最南邊的區間在x及y(x,y分別為經藍伯特投影後模式之橫軸與縱軸)方向分別有33及15個網格點，大小約為1920km×840km；最北邊則為33×17網格數，相當於1920km×960km，其他帶則為33×19網格數。進行分析計算時，如果每一分析區間內選取的觀測資料量太少則擴張觀測資料選取範圍。因分析座標的差異，全球模式在擴張資料選取範圍時，在東西方向各擴充該區間的經度個數之半，南北方向則各擴充緯度個數之半；有限區域模式則使用網格點數作為資料選取範圍擴大之依據。

誤差特性是最佳內插客觀分析過程的一個重要依據。正確的誤差特性描述，明顯的影響分析品質。目前全球與有限區域模式所使用的相關誤差值均暫時採用二階自相關法(The Second Order Autoregression; SOAR)的統計誤差相關值，俟本局最佳客觀分析之統計模式建立完成後再各別作更新。基本上，該統計特性將配合不同的模式系統之更新而更新。因此，模式上線作業後亟待處理的便是誤差特性的統計與更新。

有限區域模式分析還有一項需特別處理的就是側邊界部分。為了和預報模式側邊界處理的量趨勢

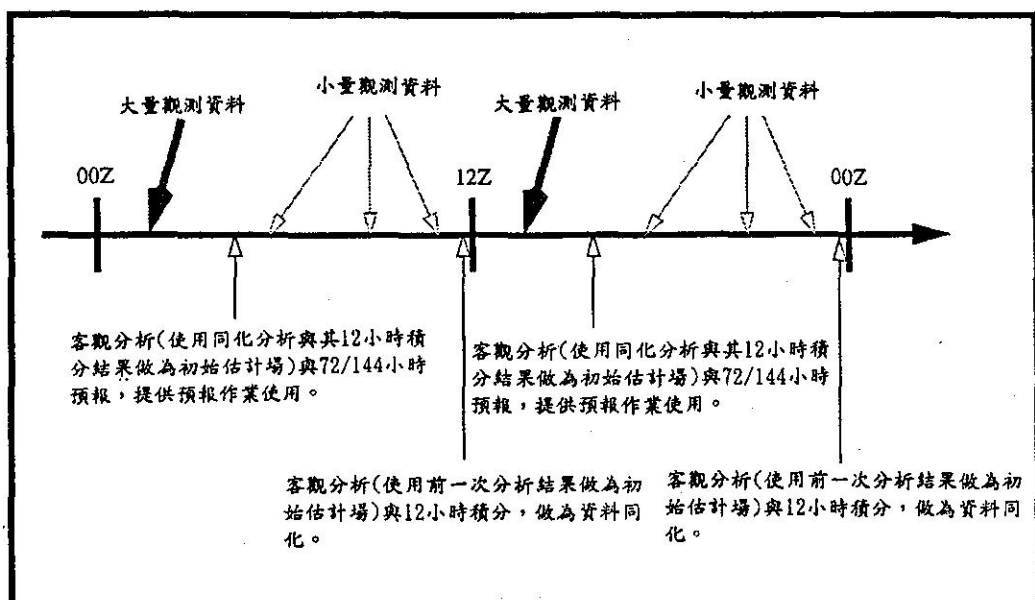


圖 6. :本局數值預報系統中作業分析及預報與同化分析及預報之分佈情形

Fig. 6. Schematic flow of CWB's operational forecast and data assimilation procedure of the NWP system.

一致，側邊界五層分別依0、0.2、0.4、0.6、0.8的權重和全球模式的分析場做混合(blending)處理。目前二模式分析的物理量包含：相對濕度場單變數三維分析、高度場、風場之多變數三維分析及海面溫度單變數一維分析。

初步分析的結果顯示，極區的分析結果因第二代模式提供較佳的背景場而有的顯著改進；在太平洋及大西洋西岸的槽線的相位上也優於第一代模式的分析；在觀測資料較豐富的地區，如中緯度陸地，和ECMWF的分析結果較接近也與觀測資料近似（黃等1994）。此種差異的可能原因之一來自觀測資料的差異。表三為兩中心的資料比較，最明顯的差別在於衛星資料的使用。

四、作業現況與資料同化

本局目前在全球及區域模式系統上已進行間歇式資料同化，在00Z及12Z時利用上一次模式的12小時預報場做為初始預估場(First guess)，分析各主要觀測變數的差值(Increments)。同時在每一個主要觀測週期結束時，大部分的觀測資料都已抵達後重新進行一次分析與12小時預報。此種做法除了可利用

表 3 中央氣象局(CWB)與歐洲中期天氣預報中心(ECMWF)基本資料使用種類與數量(觀測數)比較

Table 3. A comparison on the data types and amounts (in observed number) between CWB and ECMWF.

	CWB	ECMWF
US	1345	1346
UP	754	823
UA	4932	8697
TS	5202	7265
TT	2237	79207
SM	22367	36399
SH	2181	4363
SS	2831	3300
ERS	0	73410

模式來彌補資料匱乏區域以外，也提高觀測資料的使用率。由於模式的介入，分析場多少滿足了模式的動力一致性。但是散佈在不同觀測時間的資料則

無法代表個別觀測時間而被放棄或以較小的權重被視為00Z或12Z資料。目前分析的更新週期(Update Cycle)是12小時，也就是說每12小時進行一次預報作業與同化作業(圖六)。預報作業為主作業步驟，主要功能在於提供預報人員數值預報資料。執行時間在每個分析時間(00Z或12Z)後，有足夠的觀測資料後開始，通常在03Z或15Z時進行(譚等1994)。而同化作業步驟又稱為"事後處理步驟"(post-run)，主要在每一個分析時間後12小時進行，因為這個時候所有12小時前的觀測資料都已抵達。陳等(1995)指出約有5%的資料在主預報步驟開始後才陸續抵達。因此，執行同化作業步驟可以有較充份的觀測資料，而且只執行12至24小時預報模擬，主要目的在進行資料同化(也就是融合所有的觀測資料，進行12小時模擬，提供下一次預報作業一個較好的初始估計場)。

對於短期預報而言，縮短更新週期有助於新觀測資料的加入而減少誤差。美國國家氣象中心之快速更新週期模式(Rapid Update Cycle; RUC)即採用3小時的週期，但該模式有大量的自動飛機報告，在數量及時效上都能達到短週期的要求。本局的同化系統如要縮短更新週期，首先需要評估的是資料的數量與週期。由第二節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SATO與SATEM則分別為6小時與3小時。因此，如要發展較短更新週期的同化系統，對於新資料(各種高觀測頻率的遙測資料)的應用為不可或缺的技術。

五、結 語

從資料與系統現況，我們也瞭解開發新種類的觀測資料與強化現有資料的品質管制都是亟待研究的重點。而資料品質為各作業中心一向重視但較少見於一般學術刊物上的項目。因此，與各作業中心的技術交流上這一項是觀摩重點。由於遙測技術不斷的改進，遙測資料數量的增加與時距縮短，遙測資料(如衛星資料)成為現代氣象觀測資料中不可忽視的一種。各種新資料的使用方法也是引進(獲得)資料後的主要工作。在分析技術上，最佳內插客觀分析是目前各作業中心廣泛採用的客觀分析法。但是配合四維資料同化，變分分析則是近年來

測試的重點，也可能是未來四維資料同化的主要方法。在本局的數值模式中，四維變分同化是較遠程的目標，而三維變分同化應是中程可達到的作業目標。

初始資料的良窳決定了數值產品的優劣。從各國的發展趨勢，我們瞭解四維資料同化是各國數值預報近年內的發展重點之一。而四維變分同化(4DVar)是目前資料同化方法的目標，但是緩和植入法在短期內具有作業能力。我們在以作業為導向的發展目標下，也不能忽視尚處於研究階段的技術。未來的資料同化則以連續式資料同化為主要目標，也就是將過去12小時內包括不同時段的觀測值都與模式結合，使模式在這12小時內能最接近觀測值以確保初始估計場的品質。不同時間的觀測值在模式的積分過程中都能被考量進去(採緩和植入法或變分法)。如此，可以使模式開始預報時有最佳的初始場與降低初始的調整時間，增加短期預報的可用性。

由於變分同化需使用伴隨模式(Adjoint model)來處理梯度最小化問題，緩和植入法也需要深入模式瞭解植入強迫項的在整個模式中的角色。因此，處理資料同化時也需要深入模式，並非單純處理客觀分析及初始化，而是結合分析、初始化與模式的動力(含熱力及物理過程)後一次完成資料同化而獲得一最佳(optimum)分析場。

六、誌 謝

本文蒙資訊中心葛行珏小姐悉心打字與數值預報其他各小組提供資料，特此誌謝。本文在國科會計畫NSC84-2111-M-052-008 AP4支助下完成。

七、附 錄

氣象衛星常用名詞

GMS -Geostationary Meteorological Satellite

TOVS -TIROS Operational Vertical Sounder

HIRS/2 -High Resolution Infrared Radiation Sounder, mod. 2

MSU -Microwave Sounding Unit

SSU -Stratospheric Sounding Unit

VISSR -Visible and Infrared Spin Scan Radiometer

八、參考文獻

- 江火明、曾文雯、陳雯美，1991：中央氣象局的氣象資料檢定系統。天氣分析與預報研討會論文彙編，1991，台北，111-119
- 江火明、陳雯美，1994：中央氣象局更新之氣象資料品控系統。天氣分析與預報研討會論文彙編，1994，台北，107-114。
- 胡仲英，1979：ADAPS系統之研究與設計。氣象學報，25卷第一期，9-24。
- 曾文雯，1992：中央氣象局自動氣象資料處理系統之現況研究。氣象學報，38卷第二期，119-133。
- 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。
- 陳雯美、李尚武、葉莉貞、劉姿惠、鄭明典，1995：中央氣象局GTS資料接收與同化。氣象雷達應用與四維資料同化研討會論文彙編，民用航空局飛航服務總台，台北。
- 黃麗玫、滕春慈、劉其聖，1994：最佳客觀分析法於中央氣象局第二代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，1994，台北，95-106。
- 譚允中、蔡翠璧、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，1994，台北，31-39。
- The GMS USER'S GUIDE, second edition, published by Meteorological Satellite Center 3-325 Nakaiyoto, Kiyose, Tokyo 204, Japan. March 1989.
- Benjamin, S. G. 1989: An isentropic meso-alpha scale analysis system and its sensitivity to aircraft and surface observations. Mon. Wea. Rev., 117, 1586-1603.
- Collins, W. G. and L. S. Gandin 1990: Comprehensive hydrostatic quality control at the National Meteorological Center. Mon. Wea. Rev., 118, 2752-2767.
- Daley, R. 1991: Atmospheric data assimilation. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 460pp.
- Gandin, L. S. 1988: Complex quality control of meteorological observations. Mon. Wea. Rev., 116, 1138-1156.
- Haltiner, G. J. and R. T. Williams 1980: Numerical Prediction and Dynamic Meteorology. second edition. John Wiley & sons. 477pp.
- Kelly, G. A. 1985: The use of satellite radiance measurements in the ECMWF analysis system. ECMWF workshop Proceedings. 24-26 June 1985, 27-40.
- Eyre, J. R. 1994: Assimilation of radio occultation measurements into a numerical weather prediction system. Technical Memorandum No. 199, ECMWF.
- Lorenc, A. 1981: A global three-dimensional multivariate statistical interpolation scheme. Mon. Wea. Rev. 109, 701-721.
- Nakakita, E., M. Shiiba, S. Ikebuchi and T. Takasao, 1991: Hydrological Applications of Weather Radar. Ellis Horward Press. pp.391-408.

**A REVIEW AND PROSPECTIVE DEVELOPMENT ON THE FOUR-
DIMENSIONAL DATA ASSIMILATION SYSTEM OF THE NUMERICAL
WEATHER PREDICTION AT CENTRAL WEATHER BUREAU:
DATA CHARACTERISTICS AND OBJECTIVE ANALYSIS**

**Shang-Wu Li*, Wen-Mei Chen*, Li-Mei Huang+, Churn-Tyer Terng+,
Chan-Ban Chou++, Jing-Shan Hong+**

**R&D Center*, Computer Center+, Satellite Center++,
Central Weather Bureau**

ABSTRACT

The space and time distribution of the observational data, objective analysis scheme and current operational intermittent data assimilation are reviewed in this paper for the purpose of the prospective development on the four dimensional data assimilation of numerical weather prediction at Central Weather Bureau(CWB). Data amount of conventional sounding observations at CWB closes to that of ECMWF while the amount of satellite data is much less than that of ECMWF. Conventional sounding has an observing period of 12 hours and a relatively dense horizontal distribution over northern hemisphere continent and sparse over oceans. Overall data amount has peaks at upper troposphere(200 hPa-300hPa) and ground surface. Upper level wind, provided by conventional sounding system, satellite and aircraft observation, is the most significant observation among all the observation data types. Current analysis and assimilation scheme use the optimum interpolation and intermittent assimilation with a 12 hours update cycle. Prospective data in the near future are the satellite radiance and automatic aircraft report, these can be used to complement the poor data region over oceans. A continuous assimilation scheme may be employed for assimilating those asynoptic observations.