

# 四維資料同化週期對全球預報模式結果之影響

陳雯美

李尚武

中央氣象局

## 摘要

在間歇式資料同化方法中，縮短資料同化的週期(update cycle)往往可以縮短模式與觀測資料間的差距。本研究探討資料同化週期由12小時縮短為6小時對中央氣象局全球預報模式的影響。由於6小時週期的四維資料同化的初始場是利用目前作業的12小時同化週期的客觀分析結果開始，為避免兩者在測試初期有相關性，我們維持6小時同化週期14天以後再進行比較，結果顯示將同化週期由12小時縮短成6小時在觀測資料的使用上，最顯著的差異是衛星探空資料的使用。兩者分析場差異較顯著的地區在南緯40度以南及北緯80度以北。以傳統探空資料校驗的結果則顯示其為正面的影響。在模式的預報方面，以ECMWF的分析場為校驗場，縮短資料同化週期在北半球，僅東亞地區有些微負面的影響，對其他地區則有正面的影響。影響最顯著的是南半球，不論分析場或預報場均有顯著的正面影響。

## 一、前言

在數值模式各方面均有長足進步的今天，模式初始場對預報結果的影響也越顯重要。影響初始場品質的因素，除了觀測資料的質與量外，如何以有限的觀測資料得到模式的最佳初始場，則是近年來四維資料同化(4 dimensional data assimilation)之主要研究課題。

四維資料同化可以區分成兩大類，一為連續式資料同化(continuous data assimilation)，例如緩植和植入法(Nudging or Relaxation Method；Anthes 1974)及四維變分法(4 Dimensional Variational Method；LeDimet and Telegrand 1986)等。另一類則為普遍為一般數值預報中心使用的間歇式資料同化(intermittent data assimilation)，即利用預報模式的預報場為初始猜測場(first guess)，經客觀分析結合觀測資料，提供預報初始場給預報模式，目前中央氣象局也是採用間歇式資料同化進行數值預報作業。

在間歇式資料同化方法中，縮短資料同化的週期(update cycle)往往可以縮短模式和觀測資料之間的差距，而縮短的程度則受限於觀測資料。Andersson(1991)及Petersen(1989)在發表的論文

中分別提到當時ECMWF及NMC的數值預報作業已採用6小時資料同化週期，而目前中央氣象局則採用12小時同化週期，因此我們認為在發展連續性資料同化的同時，值得先去探討將資料同化週期由12小時縮為6小時對中央氣象局全球預報模式結果的影響。

首先面臨的是資料的問題，李等人(1994)及陳等人(1995)指出目前中央氣象局數值預報作業使用的資料有傳探空觀測(US)、高空風觀測(UP)、飛機觀測(UA)、地面陸地(SM)及船舶觀測(SH)、衛星風(TS)及探空(TT；主要是厚度資料)觀測。而各資料的觀測頻率則顯示除傳統探空資料以外其餘各類資料在時間上均足以提供6小時資料同化週期。本文的目的即在探討資料同化週期由12小時縮短為六小時對中央氣象局全球預報模式的影響。

## 二、實驗設計

中央氣象局的全球數值預報系統採用最佳客觀分析法(滕等，1988；黃等，1994)進行客觀分析提供預報模式初始場。全球預報模式為一波譜模式，其水平解析度為三角形截斷方式的T79，垂直為18

層，使用原始方程組。有關模式的詳細介紹請參考陳等人(1994)。目前以12小時資料同化週期進行數值預報作業。

實驗中的12小時資料同化週期部份，正是目前的作業方式，基於電腦資源的考慮，不再重新執行預報，而直接由作業的備份資料取得。在6小時資料同化週期方面，我們任選1995年6月為實驗期間，由6月1日12小時資料同化週期的客觀分析場開始，為避免與12小時資料同化週期之相關(Mo et al. et al. 1995)，至6月14日先維持2週6小時資料同化週期作業，6月15日至6月30日則於00Z及12Z進行較長時間的預報，並分析比較此6小時及作業的12小時資料同化週期的結果。

## 二、結果分析

不同的資料同化週期在資料的使用方式上並不相同，圖一是實驗期間任一個案之資料量的垂直分佈，由圖可以知道12小時同化週期各類資料00Z的資料量約為6小時同化週期00Z及06Z之資料量的總和。在傳統探空資料方面，主要的觀測是在00Z及12Z，相較之下06Z及18Z的資料量則非常少，100hpa以下各層約只有00Z的4%左右(圖一(a))，因此不同資料同化週期造成資料使用方式不同的情況並不顯著。其他資料在6小時同化週期作業時，00Z與06Z的資料量相當(圖一(b)至(e))，表示各類資料都有一半的資料被使用之權重與12小時同化週期時不同，這其中衛星探空資料的資料量最多，是使用差異最顯著的一種資料。

最佳客觀分析法使用資料時須依狀況做時間及空間之權重及資料之篩選(黃等，1994)，圖三是6小時同化週期250hpa等壓面上00Z及06Z客觀分析實際所使用的資料之水平分佈。在00Z(圖二(a))，12小時同化週期使用之資料分佈(圖未示)與6小時週期類似，傳統探空觀測的分佈二者幾乎完全相同，主要分佈於北半球的陸地(陳，1993)，其他資料差異在於6小時資料同化的資料密度較小；由圖可以知道衛星探空是北半球洋區及南半球的主要觀測資料來源。6小時同化週期06Z所使用的資料分佈如圖二(b)所示，最顯著的差異是幾乎完全沒有

傳統探空資料，少數幾個資料分佈於西歐。其他類別資料的分佈和00Z相近，而以衛星探空資料的量最多。因此，對6小時同化週期而言，00Z及12Z為以傳統探空及衛星探空資料為主要資料來源，06Z及18Z則僅以衛星探空資料來源進行客觀分析，李等(1995)對這兩種資料對客觀分析結果之影響有詳細的分析。

實驗期間不同資料同化週期高度及溫度之平均分析場差值的緯向平均剖面如圖三所示。就高度場而言(圖三(a))，主要的差值出現在南半球南緯40度以南以及北半球北緯80度以北地區，其中南半球的差值尤其顯著。且除了接近南極(南緯70度以南)900hpa以下為6小時同化週期的分析場較低外，其餘在縮短同化週期為6小時後均使高度分析場偏高。而這些差值較大的區域乃缺乏傳統探空觀測的地區(參考圖二)，即不論00Z、12Z或06Z、18Z，衛星探空觀測均為其主要的資料來源。在溫度分析場方面(圖三(b))，差值較大的地區與高度場相同，縮短同化週期為6小時使這些地區溫度分析偏暖，在接近南極地區甚至偏暖達8度。相對的，在這些地區以外(南半球低緯度及北半球中、低緯度地區)，中、低層大氣的溫度分析普遍偏低，致使南、北溫度梯度變小。Andersson(1991)在對衛星探空資料的分析結果也顯示衛星探空資料的觀測誤差與氣團之特性有關，有減小溫度梯度的情形，也就是相對而言，對暖氣團的觀測溫度過冷而冷氣團則過暖。在東西向風速方面(圖未示)，配合南北向溫度梯度的變化，也出現風速度強或變弱的情形。由不同資料同化週期的500hpa高度分析場及850hpa溫度分析場差值的水平分佈(圖四)，也顯示差值較大的地區分佈於南半球南緯40度以南，相較之下北半球北緯80度以北的差值則較不顯著。此外，不論南、北半球陸地的差值均普遍較洋區顯著。這可能因為傳統探空觀測主要分佈於陸地且改變同化週期對其使用方式並無太大影響所致。

進一步以傳統探空觀測資料針對差值最為顯著的南半球南緯40度以南地區驗證縮短資料同化期對分析場所造成的影響。表一列出6小時及12小時同化週期500hpa高度分析場與傳統探空觀測資料於實

驗期間之平均誤差、均方根誤差及二者之平均偏差值。縮短資料同化週期為6小時幾乎使所有測站上之高度分析值偏高，17個測站中僅有位於較低緯度的紐西蘭的測站93417及南非的測站68906例外，平均而言，偏高20公尺。在其各別與傳統探空觀測資料的平均誤差方面，幾乎都以6小時資料同化週期的分析與傳統探空觀測較接近，較差的幾個測站是89532、89564、61998及93417，其中前三個測站位置集中於同一地區，位於非洲大陸東南方的海島或南極洲上，顯示縮短資料同化週期對此區為負面的；另一測站93417屬此區之較低緯度，且相差值並不大；平均而言，在南緯40度以南地區與傳統探空觀測之平均誤差由原先的-17.96公尺降為2.11公尺，有顯著的正面影響。均方根誤差也顯示相同的結果，平均誤差值由62公尺降為39公尺，改進相當顯著。對850hpa的溫度場而言(未示)也有相同的結果，除了2個測站上為負面影響外，其餘均為正影響，此區平均誤差由-1.03度降為-0.60度，均方根誤差則由3.95度降為2.96度，改進相當顯著。

在天氣場的形勢(pattern)方面，我們以ECMWF的分析場為校驗場，6小時及12小時資料同化週期的500hpa高度分析場在北半球(北緯20度至80度)的距平相關值(Anomaly Correlation; AC)非常接近(參考圖六(a))，約為0.94；而南半球(南緯20度至80度)則相差很大(參考圖六(b))，6小時同化週期的分析場與ECMWF分析場之距平相關為0.90，12小時同化週期的則僅為0.75左右。這可能是因為衛星探空資料是南半球的主要觀測資料來源，而資料同化週期的縮短對衛星探空資料的使用影響最顯著之故。

同樣的，我們以ECMWF的分析場來討論縮短資料同化週期對中央氣象局全球預報模式預報模式預報結果的影響。首先將全球分成七個區域，北半球(NA)及南半球(SA)各為緯度20度至80度之間的北半球及南半球地區，對北半球傳統觀測資料較充足的陸地再細分成東亞(EA)、歐洲(EU)及美洲(US)，而傳統觀測資料稀疏的北太平洋(PO)及北大西洋(AO)則自一區，分區如圖五所示。由實驗

期間500hpa高度場的平均距平相關，在北半球(NA)(圖六(a))，不同的資料同化週期對分析場至5天的預報並無顯著的影響，二者的平均距平相關值幾乎相同；在南半球(SA)(圖六(b))則如前面對分析的討論，6小時同化週期方面延續分析場的顯著改進，預報模式5天以內的預報也有明顯的改進，這也顯示模式初始場對預報結果影響之鉅。在圖中亦繪出ECMWF預報之距平相關值，明顯的均較中央氣象局全球模式的表現較佳，這一方面固然是以自己的分析場為校驗場所致，但實際上ECMWF預報模式在各方面之表現均為國際所肯定；因此，本局預報模式在與ECMWF在初始場上的差異，也顯示在模式初始場方面仍有相當的改進空間，並進而能改進模式的預報結果。

以北半球分區的距平相關值(圖六(c)至(g))來看，基本上不論分析或預報不同資料同化週期的距平相關值均非常接近，其中僅東亞區(EA)以12小時同化週期的預報結果表現略好，其餘各區則是6小時同化週期的預報結果有較好的表現，其中太平洋地區(PO)尤其顯著，這可能也是因為在這個地區衛星探空資料為其主要資料來源。在Kelley等人(1991)對衛星探空資料的研究中也指出在某些地區或某種大氣狀況下，衛星資料的品質會較差，造成數值預報模式對北半球的預報呈現部份地區為正影響而部份地區為負影響的情形。

#### 四、總結

由以上的分析討論可以知道將資料同化週期由12小時縮短為6小時對衛星探空資料的使用方式有最顯著的改變。因此，它對預報模式結果的影響和一些有關衛星探空資料對數值預報模式之影響的研究結果(Andersson 1991; Mo et al. 1995)非常類似。因此，不論使用傳統探空資料來校驗分析值或使用ECMWF來校驗大氣場的形勢，均顯示它對南半球有顯著的正面影響，相較之下，北半球則影響不明顯。而在北半球方面大部份地區有些微正面影響，其中又以太平洋地區略為明顯，但部份地區如東亞地區6小時同化週期之距平相關就略低於12小時同化週期的結果。

整體而言，縮短資料同化週期為6小時對中央氣象局全球預報模式以正面的影響較為顯著，值得實際作業的採行。但仍須考慮幾個問題，首先，基於電腦資源的考慮，以上分析所使用的12小時同化週期的資料乃取自實際作業的備份資料，由於作業時在時效的需求，約有5%的傳統探空資料於作業啟動後才抵達而未被預報作業使用（李等人，1994），而6小時同化週期為事後進行，故無此問題，雖資料量所佔比率很小，但其影響仍值得注意。其次，因為6小時同化週期的預報結果在亞洲略遜於12小時的預報結果，且由於全球預報模式提供邊界資料給下游的有限區域模式及颱風模式，此改變對其影響亦有待進一步評估。

## 誌謝

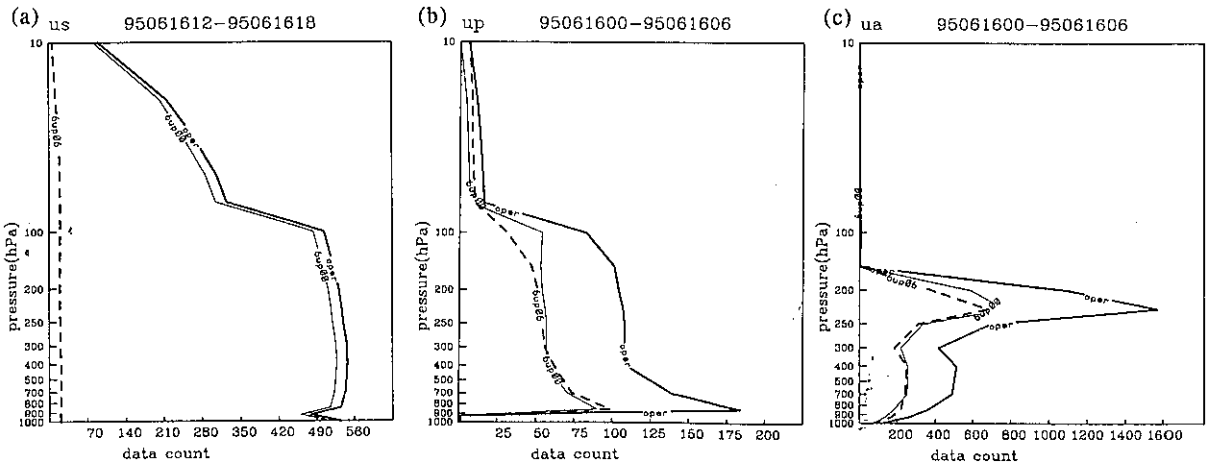
本研究主要的電腦計算與資料儲存在中央氣象局資訊中心的電腦設備下進行。本文由資訊中心葛行珏小姐悉心打字特此誌謝。本研究主要資源來自中央氣象局全面業務電腦化第三期計畫，部份經費則由國科會NSC85-2111-M-052-004 AP4計畫支助。

## 參考文獻

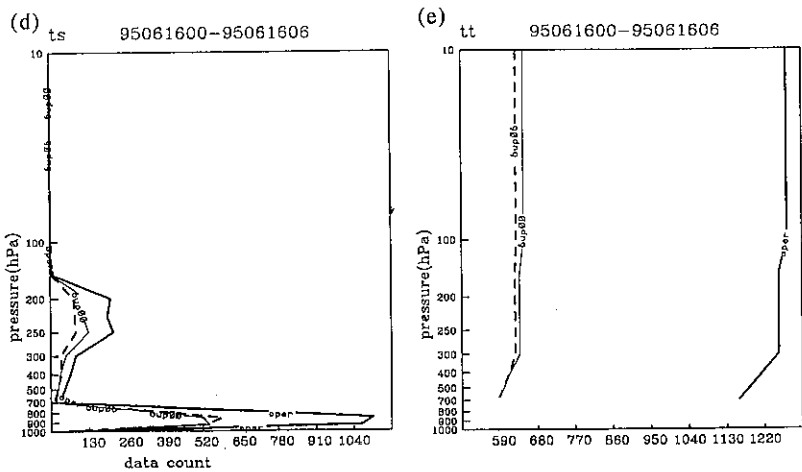
- 李尙武、陳雯美、黃麗玫、滕春慈、周鑑本、洪景山，1994：中央氣象局數值預報系統四維資料同化之現況與展望—資料性質與客觀分析。氣象學報，40，271-280。
- 李尙武、陳雯美，1995：衛星資料與傳統探空資料在四維資料同化結果之比較。本期天氣分析與預報研討會。
- 陳建河、劉其聖、馮欽賜、汪鳳如、蕭志惠，1994：中央氣象局第二代全球波譜模式。天氣分析與預報研討會論文集編，1-10。
- 陳雯美，1993：CWB地面與探空資料現況及數值天氣預報成效的客觀評估。中央氣象局數值預報小組技術報告第82003號，46頁。
- 陳雯美、李尙武、葉莉貞、劉姿惠、鄭明典，1995：中央氣象局GTS資料接收與同化。氣象雷達應用與四維資料同化研討會論文集編，1994，95-106。
- 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集編，95-106。
- 滕春慈、劉其聖，1988：中央氣象局最佳客觀分析法的發展現況。天氣分析與預報研討會論文集編，17-22。
- Andersson, E., A. Hollingsworth, G. Kelly, P. Lönberg, J. Pailleux and Z. Zhang, 1991: Global observing system experiments on operational statistical retrievals of satellite sounding data. *Mon. Wea. Rev.*, 119, 1851-1867。
- Anthes, R.A., 1974: Data assimilation and initialization of hurricane prediction models. *J. Atmos. Sci.* 31, 702-719。
- Kelly, G., E. Andersson, A. Hollingsworth, P. Lönberg, J. Pailleux and Z. Zhang, 1991: Quality control of operational physical retrievals of satellite sounding data. *Mon. Wea. Rev.*, 119, 1866-1880。
- LiDomet, F.X. and O. Talagrand, 1986: Variational algorithms for analysis and assimilation of meteorological observation; theoretical aspects, *Tellus*, 38A, 97-110。
- Mo. K.C., X.L. Wang, R. Kistler, M. Kanamitsu and E. Kalnay, 1995: Impact of satellite data on the CDAS-Reanalysis system. *Mon. Wea. Rev.*, 123, 124-139。

表一：84年6月15日至6月30日6小時(UPD06)及12小時(OPER)資料同化週期  
500hpa高度分析場在南緯40度以南的探空測站(OBS)上二者的差值及  
其各別與觀測資料的平均誤差和均方根誤差。

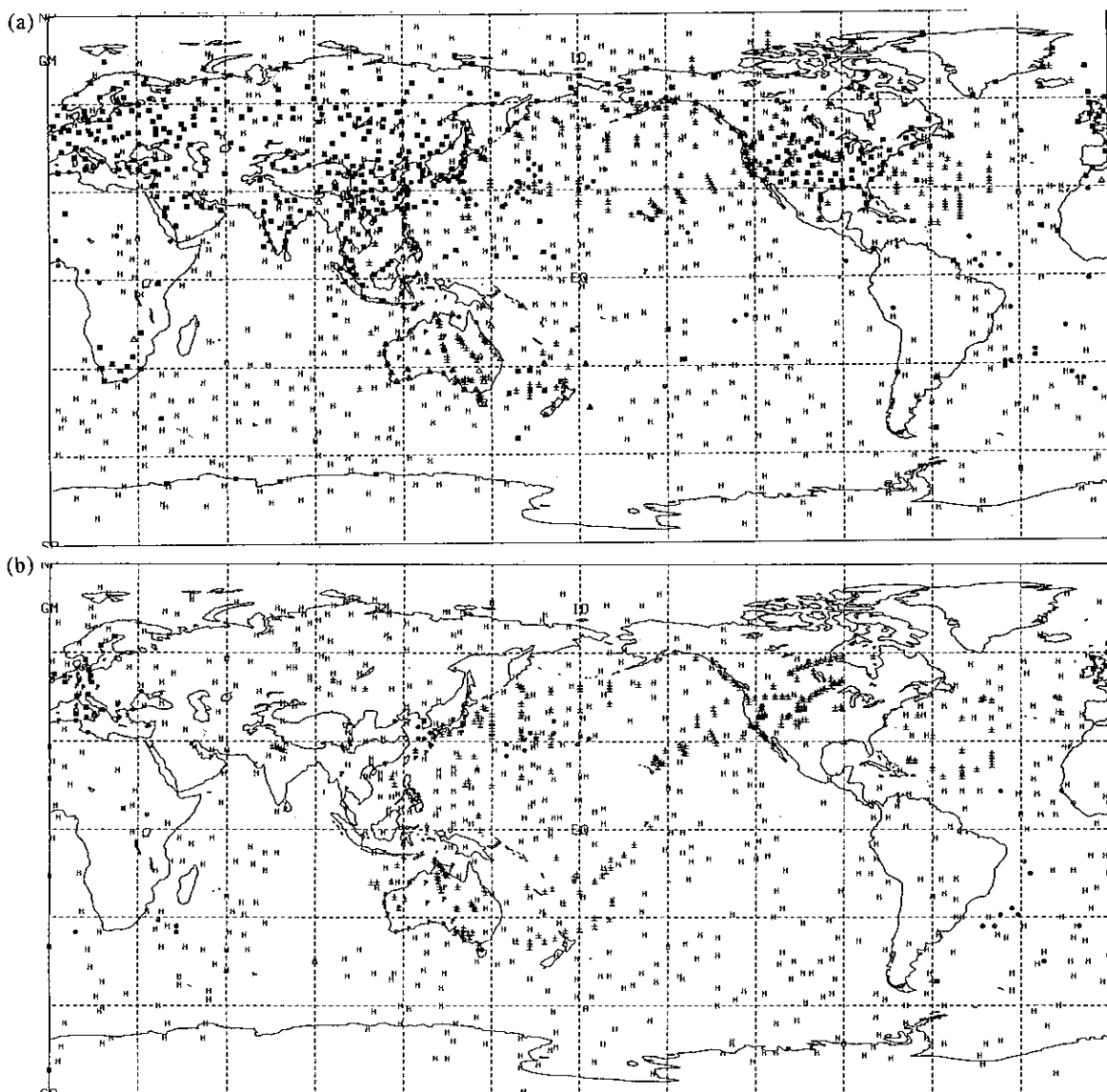
station	obs hour	lat	lon	UPD06 -obs	OPER-obs	UPD06 - OPER	(UPD06 - obs)rms	(OPER-obs)rms	count
89002	10	-70.62	351.63	-22.90	-47.39	24.49	71.0	92.4	14
89532	12	-69.00	39.58	15.36	3.05	12.30	32.0	11.0	14
89571	12	-68.57	77.95	1.71	-9.50	11.21	9.9	19.5	13
89564	12	-67.60	62.87	30.77	23.84	6.93	84.7	83.7	15
89611	12	-66.28	110.52	1.48	-25.28	26.77	51.4	68.4	15
89055	12	-64.23	303.28	.63	-2.64	3.27	8.4	11.9	4
94998	11	-54.48	158.93	5.29	-37.90	43.19	27.6	107.8	15
85934	12	-53.00	289.15	-8.75	-50.73	41.98	35.3	97.9	13
88889	11	-51.82	301.55	-9.42	-21.94	12.53	39.8	60.9	16
61998	11	-49.35	70.25	35.35	-17.33	52.67	70.4	94.8	15
68994	11	-46.88	37.87	.18	-36.29	36.47	32.1	104.6	15
93844	11	-46.42	168.33	-5.41	-18.39	12.98	8.9	48.2	16
87860	12	-45.78	292.50	1.64	-27.93	29.56	28.0	76.0	14
94975	11	-42.83	147.48	3.81	-21.46	25.27	26.2	68.3	16
85799	12	-41.42	286.92	.04	-6.22	6.26	44.2	72.0	14
93417	11	-40.90	174.98	-4.78	-2.08	-2.71	9.0	19.2	16
68906	12	-40.35	350.12	-9.11	-7.20	-1.91	16.6	26.4	16
mean	--	--	--	2.11	-17.96	20.07	39.03	62.53	--



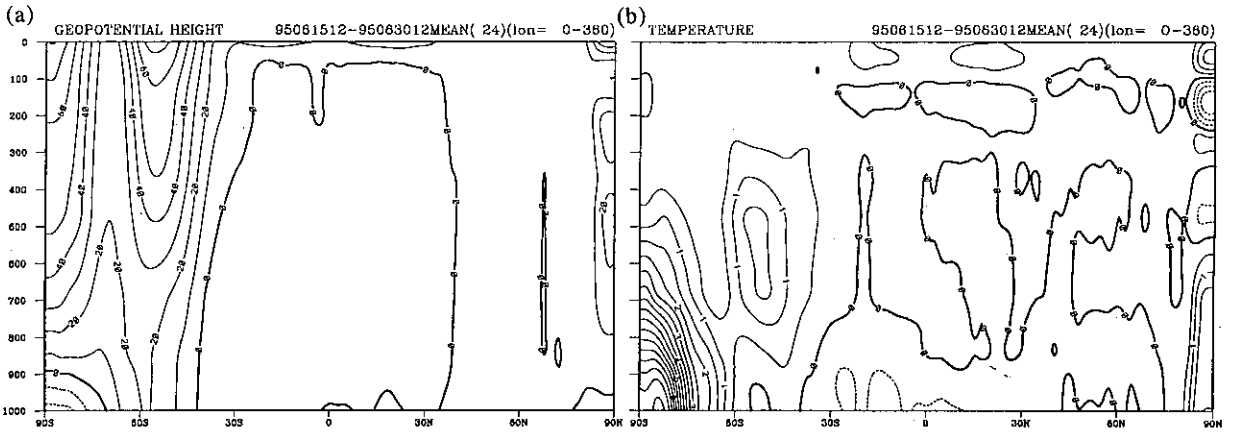
圖一：84年6月12日各類資料6小時同化週期(00Z及06Z)及12小時同化週期(00Z)垂直各層的資料量分佈。(a)傳統探空資料(us)。(b)高空風觀測(up)。(c)飛機觀測(ua)。(d)衛星風觀測(ts)。(e)衛星探空觀測(厚度資料)(tt)。粗實線(標以op1600)為12小時同化週期16日00Z的資料量,細實線(標以6up1600)為6小時同化週期16日00Z的資料量,虛線(標以6up1606)則為16日06z的資料量。



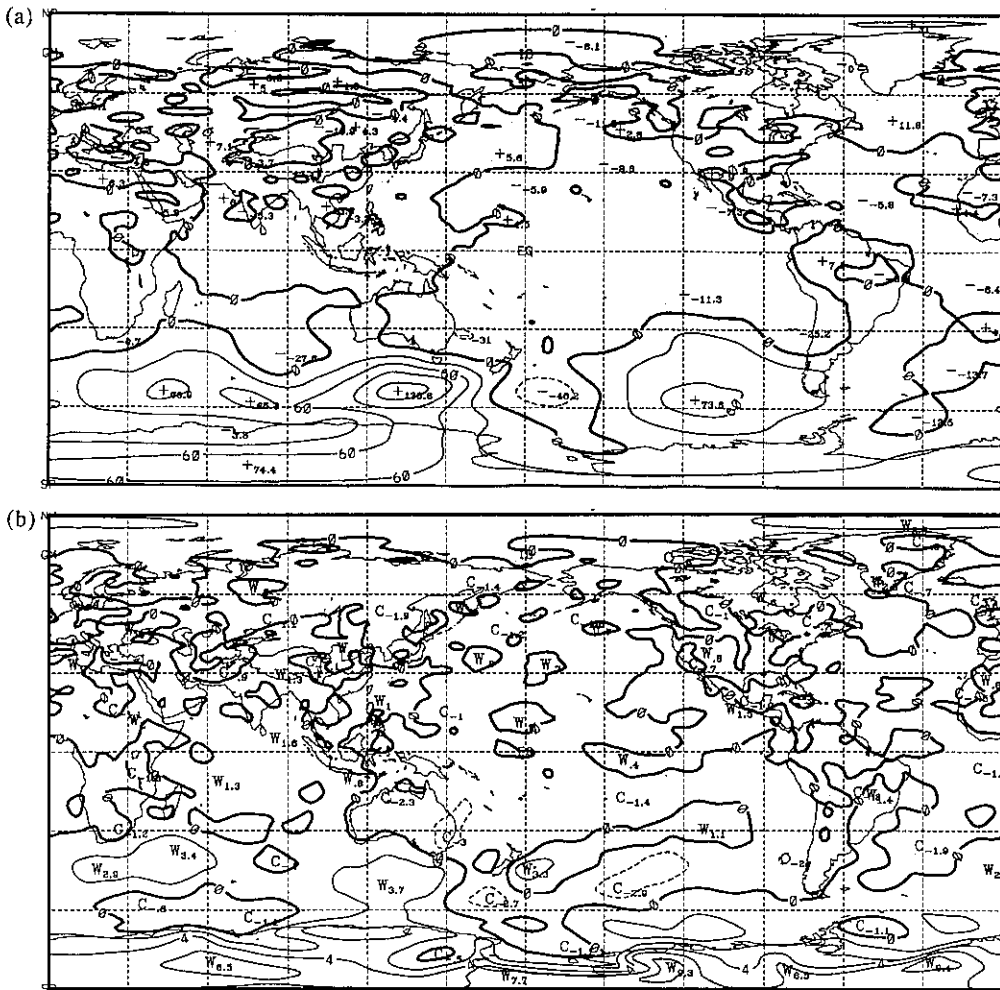
圖一。



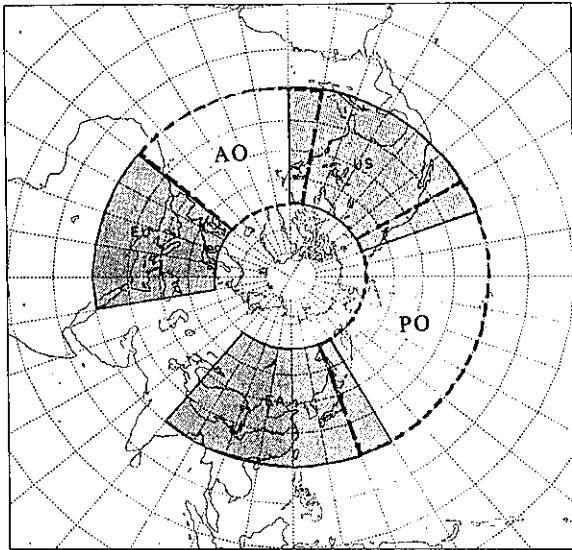
圖二：84年6月16日250hpa等壓面上最佳客觀分析實際使用之資料分佈。  
 (a)00Z, (b)06Z。圖中符號標示為如下：  
 △—傳統探空高度觀測、  
 ■—傳統探空高度及風觀測、▽—傳統探空風觀測、P—高空風觀測、±—飛機觀測、Θ—衛星風觀測、H—衛星探空觀測(厚度)。



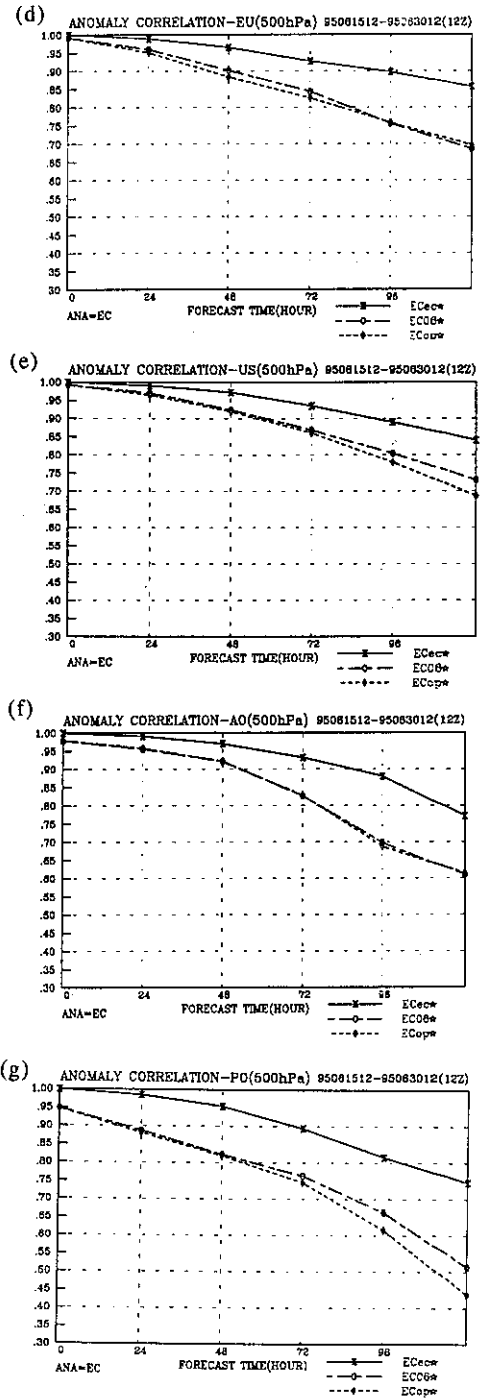
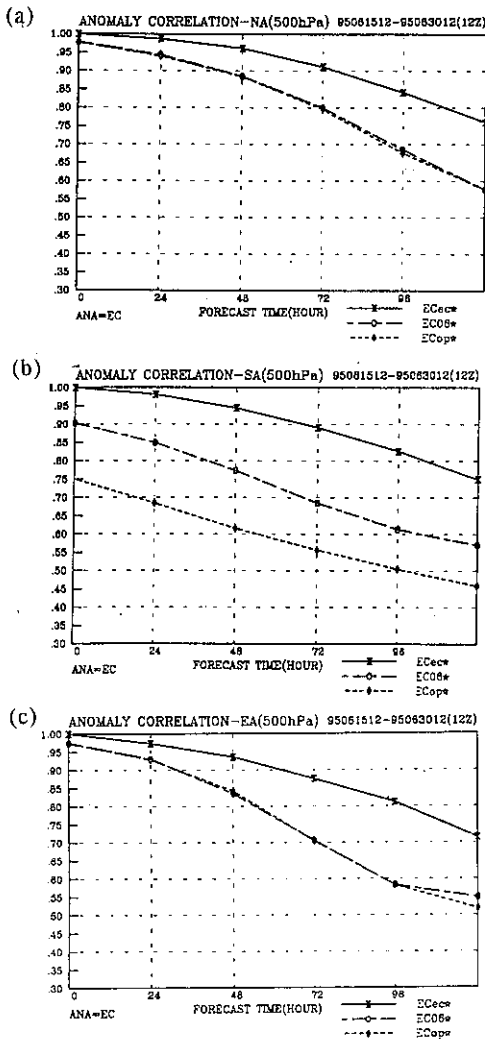
圖三：84年6月15日至6月30日6小時與12小時同化週期平均分析場差值之緯向平均剖面圖。(a)高度分析場，等值間距為10公尺，(b)溫度分析場，等值間距為0.5度。



圖四：84年6月15日至6月30日6小時與12小時同化週期平均分析場差值。(a)500hpa高度場，等值間距10公尺，(b)850hpa溫度場，等值間距為0.5度。



圖五：距平相關值計算的分區示意圖。陰影區分別表示EA(東亞)、US(美國地區)及EU(歐洲區)、AO(大西洋區)及PO(太平洋區)則分別以粗虛線標示其涵蓋範圍。



圖六：以ECMWF為校驗場，CW B全球模式各分區6月15日至30日12Z之分析與預報之平均距平相關。(a)北半球(NA)，(b)南半球(SA)，(c)東亞區(EA)，(d)歐洲區(EU)，(e)美洲區(US)，(f)大西洋區(AO)，(g)太平洋區(PO)。