

# AMSU 觀測的偏差修正 及其在一維變分資料反演的運用

周鑑本 葉天降

中央氣象局

(中華民國九十年十一月八日收稿；中華民國九十一年十一月二十一日定稿)

## 摘 要

NOAA-15 號衛星承載的 AMSU(The Advanced Microwave Sounding Unit)是新一代微波探空儀，由其觀測資料可反演大氣的垂直溫度與水汽探空剖面。但分析顯示許多 AMSU 觀測頻道的誤差具有隨掃描位置而變化的特性，若未予以修正將引起反演結果之差誤。而分析衛星觀測誤差是以衛星觀測減去模擬觀測的差值為誤差樣本，模擬觀測是以 12 小時預報經輻射方程計算而得，這樣的分析結果會使觀測誤差的結果包含 12 小時預報的誤差在內。本文首度嘗試以 National Meteorological Center (NMC)方法計算 12 小時誤差的溫溼剖面資料，經輻射模式轉至輻射量度空間，再計算出 12 小時預報所引起的誤差在輻射量度表示的大小，以修正可能因 12 小時預報誤差所引起高估的衛星觀測誤差。本文探討 AMSU 頻道在台灣地區觀測誤差情形，並發展一隨掃描角度、位置不同而作不同的偏倚修正之方法，有效的除去 12 小時預報誤差對衛星誤差分析的干擾。而後並以此方法修正的衛星觀測，透過一維變分方法反演大氣的溫溼度剖面。結果顯示經此處理之反演結果即便在背景場已具相當準確度的情形下，對背景場仍有正面的改進。合成分析顯示 780hPa 以上的大氣溫度剖面，反演的過程可改進背場達 0.45k 左右。

關鍵詞：反演、偏差修正

## 一、前 言

初始資料的品質是決定數值預報結果優劣的重要因素，傳統探空觀測在時間解析及海陸的分布上有明顯的缺陷，而衛星觀測恰可彌補

傳統探空在時空上分布的不足。隨著數值預報模式精確度之提昇，以傳統方法反演衛星觀測所得的探空資料逐漸受到考驗，由已往的經驗可知，以迴歸方法反演衛星觀測所得的探空資料在南半球及北半球傳統資料較少的地區對數

值預報有正面的貢獻，但在傳統觀測資料密集的北半球地區效果並不明顯，甚至產生負面的影響(Salstein *et al.* 1987; Mo *et al.* 1995)。這種負面的作用，是因衛星觀測頻道的權重函數過寬而且相互重疊，這使得由反演衛星觀測所得的探空剖面資料其垂直解析度不如數值模式的垂直解析度。此外反演過程本身在數學上是非適定的(ill posed)問題，需要加入適當的約束條件。Chedin *et al.* (1985) 以大量的大氣剖面資料庫作為選取初始猜測剖面的方法，但是無論如何，初始剖面本身所具的誤差，會隨著反演約束條件的作用，進入經反演而得的探空剖面資料中。

要解決上述的問題，近年來被廣泛採用的變分學反演/同化方法提供一個可行的方向。Lorenz(1986)曾對變分分析在資料同化的理論有詳細敘述。針對衛星資料的應用，Rodgers(1976)提出疊代法來處理反演計算的問題，Eyre(1989)則以模擬研究討論一維變分反演法運用於 Television Infrared Observation Satellite (TIROS) Operational Vertical Sounder (TOVS)資料的可行性，他並於 1993 年結合一維變分法與最佳內插法同化 TOVS 輻射資料(Eyre 1993)，證實衛星資料可改進北半球的全球模式預報。而後 Wu and Deber (1997)使用三維變分法同化 TOVS 衛星的輻射資料獲致不錯的結果，歐洲中心並推廣至四維資料同化之應用，發現使用濾雲後的 TOVS 衛星觀測輻射值對預測準確度之提昇有正面的影響。

除了反演技術的改進，遙測儀器的進步與發展，使衛星資料在氣象方面運用的潛力日益明顯。對於繞極軌道衛星 NOAA 系列而言，在 NOAA-14 號衛星之前，其所載的大氣探空剖面觀測儀器，主要是以紅外線觀測儀 HIRS(High

Resolution Infrared Radiation Sounder)為主，並輔以微波探空儀 MSU(Microwave Sounding Unit)及探測平流層的紅外線觀測儀器 SSU(Stratospheric Sounding Unit)。HIRS 觀測在星下點水平分辨率約為 18 公里，SSU 約為 150 公里，MSU 約為 111 公里。而就垂直解析度而言，HIRS 包括 20 頻道，SSU 包括 3 個頻道，而 MSU 則包括 4 頻道。因此就水平解析度及垂直解析度的精確性而言，NOAA-14 號衛星之前的衛星遙測是以紅外線觀測為主。因為紅外線會受到雲層的阻擋，因此其功能受到較大的限制。在 1998 年 5 月 13 日升空的 NOAA-15 號衛星，其上所承載的觀測儀器中以 Advanced Microwave Sounding Unit (AMSU)取代原先的 MSU 及 SSU，AMSU 的頻道擴充 MSU 原先的 4 個頻道為 20 個微波頻道。AMSU 包括 AMSU-A 與 AMSU-B，其中 AMSU-A 的頻率由 23.0GHz 到 89.0GHz，內含 23.8、31.4、50.3 及 89.0GHz 四個主要為探測地表特性或液態水含量的窗區頻道，另外 11 個頻道由 52.8 到 58.0GHz 主要的用途是反演溫度探空剖面；AMSU-B 包括 5 個微波頻道，其中 89.0GHz 與 150.0GHz 為窗區頻道，另外 3 個頻率在 183.3GHz 的水汽吸收線的頻道，主要的目的是反演水汽的探空剖面，AMSU 各頻道的權重函數極值所在高度及中心頻率列於表一。雖然這些頻道也會受到冰雲或降水的散射問題及地面放射率(發射率)變化較大的問題所影響(Eyre 1990)，但微波頻道對雲的穿透性較紅外線頻道為佳，並且新一代的微波遙測儀器 AMSU 在水平與垂直解析度都有改進，因此如何進一步應用這些觀測資料是一個值得探試研究的課題，尤其是在台灣地區，附近洋面缺乏傳統觀測資料，建立衛星觀測資料之應用能力更為迫切。

表一 AMSU 各頻道的權重函數極值之位置與中心頻率。

AMUS Channel no	Weighting Function peak	Center Frequency
1	surface	23 800 MHz
2	surface	31 400 MHz
3	surface	50 300 MHz
4	900hPa	52 800 MHz
5	600hPa	53 596 ± 115 MHz
6	400hPa	54 600 MHz
7	250hPa	54 940 MHz
8	150hPa	55 500 MHz
9	90hPa	57 290.344 MHz = f
10	50hPa	f ± 217 MHz
11	25hPa	f ± 322.2 ± 48 MHz
12	10hPa	f ± 322.2 ± 22 MHz
13	5hPa	f ± 322.2 ± 10 MHz
14	2.5hPa	f ± 322.2 ± 4.5 MHz
15	Surface	89.0 GHz
16	Surface	89.0 GHz
17	Surface	150.0 GHz
18	About 480hPa	183.31 GHz
19	About 600hPa	183.31 ± 3.0GHz
20	About 850hPa	183.31 ± 7.0GHz

如前所述，由過去多年的努力，以變分學為基礎的反演/同化方法確實可在初始猜測值已具較高精確度的情形下，提供更多的資訊而反演出更佳的探空剖面(Eyre 1989)，進而改進數值預報的結果(Eyre 1993；Anderson *et al.* 1994；Derber and Wu 1998；Powers and Gao 2000)。因此本文我們採用變分反演法進行對 AMSU 資料的測試。採用變分學法反演或同化衛星資料一個重要的問題即是衛星觀測誤差的偏倚修正與隨機誤差估計。衛星觀測誤差的估計是經由統計分析衛星觀測減模擬衛星觀測的差值而得，其中模擬衛星觀測是由短期預報模式預報之大氣剖面經輻射模式計算得之。因此以統計上述差值所分析的衛星觀測誤差，其來源除了包括

衛星觀測本身及衛星觀測前置處理所造成的誤差外，尚包含短期預報大氣剖面的誤差及輻射模式的誤差。要將上述誤差完全獨立討論並非十分容易，但也有可經適當方法加以釐清的，例如因掃描角度不同而產生的誤差即可能源自於衛星觀測。統計結果顯示，即便是沿著衛星掃描角度的光程進行衛星觀測之模擬，乃然存在著因角度掃描位置不同而有不同的偏倚須要訂正(Goldberg *et al.* 2001)。由短期預報誤差導致對分析衛星觀測誤差的影響十分可觀，我們利用計算背景場(本文之背景場，即為作為反演初始猜值的 12 小時數值預報場)誤差的資料配合輻射模擬計算，將此一誤差轉至輻射量度空間加以處理，以降低其對分析衛星觀測誤差造

成的影響，因此我們建立一個分不同角度而作誤差分析的誤差統計訂正法，進行衛星資料誤差的監測和偏倚修正以作為變分反演的基礎。

上述模擬衛星觀測時，輸入的參數溫溼剖面來自於數值預報模式，至於雲量雲高的設定，我們採用 AVHRR 資料分析每一個 AMSU 的雲高雲量狀況，合併 AVHRR 與 AMSU 的方法採用 Aoki (1985)合併 AVHRR 與 HIRS 的公式，但在此須將公式中 HIRS 的掃描參數改變為 AMSU 的掃描參數。地表參數的設定，是先以一個窗區頻道(AMSU 頻道 2)求取初始的猜測值，而在後續的反演中再與其它的反演參數一起代入變分公式中同時反演。本文將在第二節中介紹使用的方法與資料，第三節中介紹實驗結果，第四節為結論。

## 二、方法與資料

以變分學為基礎的資料同化/反演方法，其求解的過程是將下述的代價函數(cost function)求出極小值(Rodgers 1976；曾 1997)而得最佳的大氣狀態  $x$ 。

$$J(x) = (x - x^b)^T C^{-1} (x - x^b) + \{y^m - y(x)\}^T E^{-1} \{y^m - y(x)\} \quad (1)$$

其中  $x^b$  是當作初始猜測值的背景場，它可以是數值模式的預報場或是氣候值等，矩陣  $C$  是背景場的誤差協方差矩陣。 $y^m$  是觀測值，在此為衛星各頻道的觀測亮度溫度， $y(x)$ 代表由輻射計算模式模擬大氣狀態為  $x$  時的衛星觀測值。 $E$  是衛星觀測與輻射模擬計算誤差和的協方差矩陣，上標  $T$  代表取矩陣之轉置，上標  $-1$  代表取矩陣之逆矩陣。在此所定義的代價函數大小的意義，即是在量度大氣狀態  $x$  與背景場的偏離與大氣狀態  $x$  時輻射模式所模擬之衛星觀測與真實衛星觀測偏離的總和。因此求取代價函數極小值的意義即是在找尋一個大氣狀態  $x$  使其合於觀測且不致過於偏離初始猜測的背景場。求解上式的數值方法在此採取 Newtonian 疊代法並以 Eyre (1989)的公式進行計算，公式如下：

$$x_{n+1} = x^b + W_n \{y^m - y(x_n) - K_n(x^b - x_n)\} \quad (2)$$

$$W_n = CK_n^T (K_n CK_n^T + E)^{-1}$$

表二 用於反演的背景場各項參數 (Eyre, 1990)。

Element	Variable
1-40	Temperature in k at 40 pressure levels from 0-1 to 1000 hPa
41-55	ln(mixing ratio in g/kg) at 15 pressure levels from 300 to 1000 hPa
56	Surface airtemperature in k
57	Surface ln(mixing ratio in g/kg)
58	Surface skin tempertaure in k
59	Surface presure in k
60	Total column ozone amounts in Dobson units
61	Cloud top pressure in hPa
62	Fractional cloud coverage
63-66	4 surface emissivity parameters as defined by Eq.(3)
67	Total column cloud liquid water in mm

其中  $K$  是  $y$  對  $x$  的微分,  $n$  代表疊代的次數,  $K_n=K(x_n)$ 。採用這個公式的原因是因為在實際的狀況下,問題只是趨近於線性而非真實的線性,因此我們採用疊代公式以解決非線性的問題。當疊代計算至  $x_{n+1}-x_n$  小於某一設定值時判定為收斂,將收斂得到的  $x_{n+1}$  代入輻射計算模式中模擬衛星的觀測,若模擬值與觀測值之差小於設定的品質檢定值,則視  $x_{n+1}$  合於品質檢定的條件。

於後反演的參數  $x$  如表二所示,包括大氣的溫度、濕度剖面、近地表空氣溫度、地表溼度溫度、地表氣壓、全臭氧含量、雲高、雲量、四個描述頻率為  $\nu$  之微波放射率(發射率)  $\epsilon(\nu)$  公式的參數及液態水含量。描述微波放射率(發射率)的公式如下(Grody 1988) :

$$\epsilon(\nu) = \frac{\epsilon_0 + \epsilon_x (\nu / \nu_0)^k}{1 + (\nu / \nu_0)^k} \quad (3)$$

其中四個參數的設定在海面為:  $\epsilon_0=0.344$ ,  $\epsilon_x =0.926$ ,  $\nu_0=120.7$  GHz,  $k=1.184$ 。在乾的陸地

為:  $\epsilon_0=0.95$ ,  $\epsilon_x =0.95$ ,  $\nu_0 =120.7$  GHz,  $k=1.184$ 。

背景場誤差協方差矩陣矩陣  $C$  是經由統計大量作為背景場的 12 小時預報場之誤差樣本而來。至於獲得背景場誤差樣本的方法有兩種:一是以 12 小時的預報場內插到探空所在位置減去該點的探空資料而得,若以這樣的方法估算所得到之誤差,嚴格而言並非真實的 12 小時預報誤差,因為它還包括探空觀測之誤差及內插過程之誤差。另一種收集 12 小時誤差樣本以求取誤差協方差矩陣的方法是 NMC 所採取的方法(Parrish and Derber 1992),這個方法取得誤差樣本的方式,是假設由兩不同起始時間對同一預報標的之兩預報場的差可代表預報的誤差。例如 24 小時的預報場減去 12 小時的預報場可當作 12 小時預報場的誤差,同樣的也可用 36 小時預報場減去 24 小時預報場或 12 小時預報場減去分析場,當作 12 小時預報場的誤差。Rabier *et al.* (1998)顯示以上任一種差值所分析

表三 用於反演的背景場溫、溼度剖面在各層的誤差方差與相關。

Variable	Level hPa	Standard deviation of error	Inter-Level correlations of error (x100)																				
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
T	50.00	1.47	1	100																			
T	70.00	1.80	2	45	100																		
T	100.00	1.81	3	9	65	100																	
T	150.00	1.05	4	13	4	2	100																
T	200.00	89	5	6	-15	-25	40	100															
T	250.00	83	6	2	-18	-29	-3	51	100														
T	300.00	77	7	-4	-19	-28	-25	0	56	100													
T	400.00	60	8	-10	-24	-29	-33	-14	32	80	100												
T	500.00	75	9	-14	-20	-15	-28	-23	-12	4	37	100											
T	700.00	1.05	10	-5	-10	-6	-11	-9	-7	-8	-4	20	100										
T	850.00	1.62	11	-4	-11	-5	-13	-4	-1	-1	1	13	15	100									
T	950.00	2.00	12	0	-4	-5	-7	-1	3	5	6	4	-23	42	100								
T	1000.00	2.54	13	5	1	-1	4	2	5	5	4	-2	-28	14	89	100							
LNC	300.00	61	14	3	3	3	4	0	0	1	0	-5	-7	-4	0	3	100						
LNC	400.00	40	15	2	4	3	6	2	-2	-2	-3	-4	-8	-5	0	1	67	100					
LNC	500.00	46	16	1	2	0	4	3	0	-2	-4	-9	-4	-5	0	1	18	44	100				
LNC	700.00	32	17	0	0	0	0	3	3	1	0	-4	-12	-4	-5	-5	8	12	20	100			
LNC	850.00	24	18	-6	-7	-4	-6	0	2	3	3	0	-12	-2	7	2	5	7	8	34	100		
LNC	950.00	20	19	-5	-2	-1	3	4	5	3	2	-4	-23	-1	32	37	8	12	12	23	63	100	
LNC	1000.00	22	20	-6	-5	-8	3	7	7	5	4	-4	-25	-2	39	40	6	10	11	20	49	91	100
			Element	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

T = temperature in k  
LNC = ln(mixing ratio in g/kg)

出的背景場誤差協方差矩陣，其結果都十分接近。於後計算背景場誤差協方差矩陣時收集誤差樣本的方式係採取後者，並且假設溫度、溼度剖面的誤差具相關性，而其它的參數誤差則不具相關性，計算的結果如表三。其他參數誤差設定分別如下(Eyre 1990)：近地表空氣溫度 2.34k，近地表溼度 0.3 ln(g/kg)，地表溫度 1.67k，地表氣壓 3.42hPa，全臭氧含量 40 Dobson，雲高 200hPa，雲分量 0.5，液態水含量 0.5mm。公式(3)中的四個參數設定為：

$$\epsilon_o=0.7, \epsilon_x=0.7, \nu_o=90 \text{ GHz}, k=3。$$

用於反演大氣溫度剖面的衛星頻道  $y^m$  則是 AMSU 微波觀測頻道，其特性已列於表一。衛星觀測資料在反演過程中對背景場的修正量，取決於觀測誤差與背景場誤差的比例，背景場誤差的估計，如上所述，並由矩陣 C 所代表。至於觀測誤差協方差矩陣 E 之估計及觀測系統性誤差(偏倚)的修正方法稍為複雜，衛星資料隨機誤差的估計及偏倚修正工作，需收集與

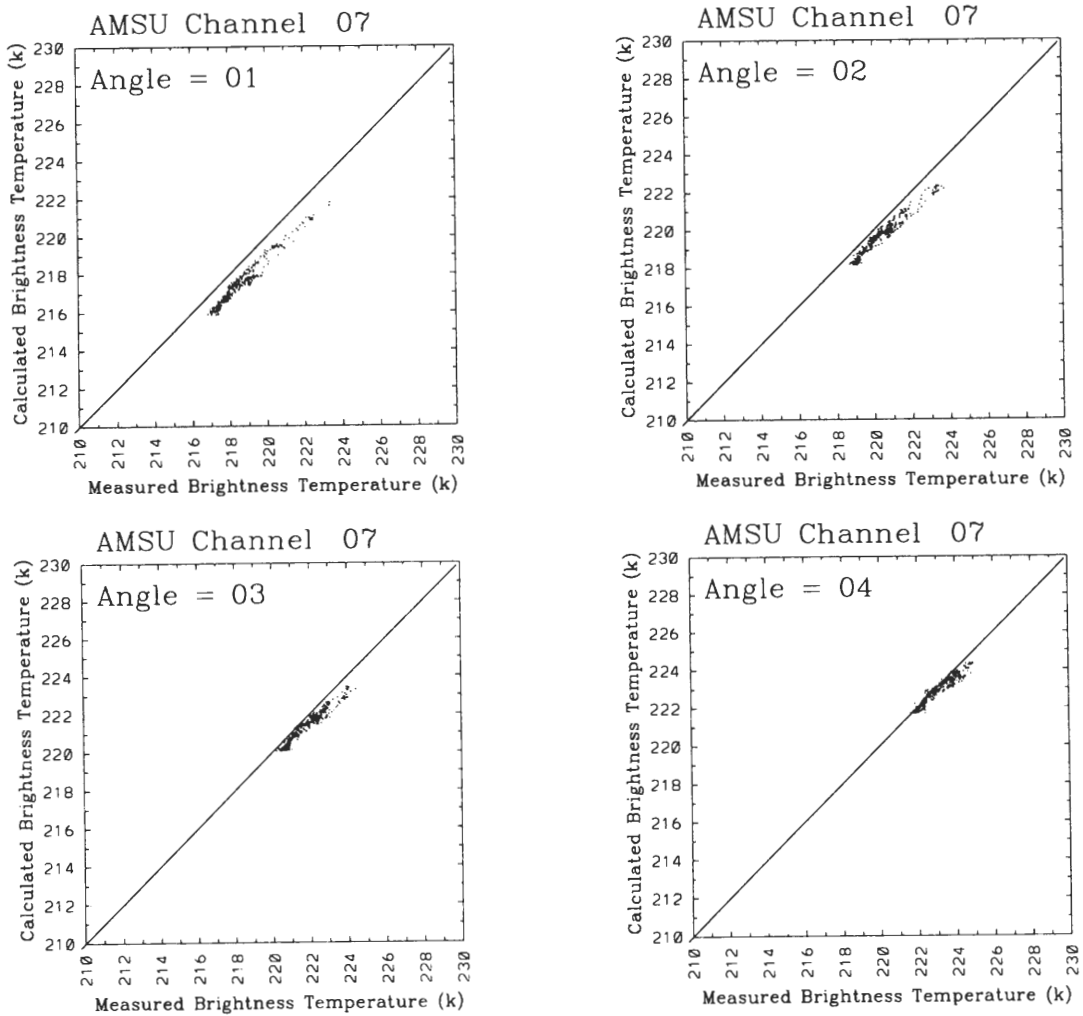


圖 1 AMSU 頻道 7 分別在掃描角度 1 到 4 的模擬與觀測亮度溫度的散落圖。

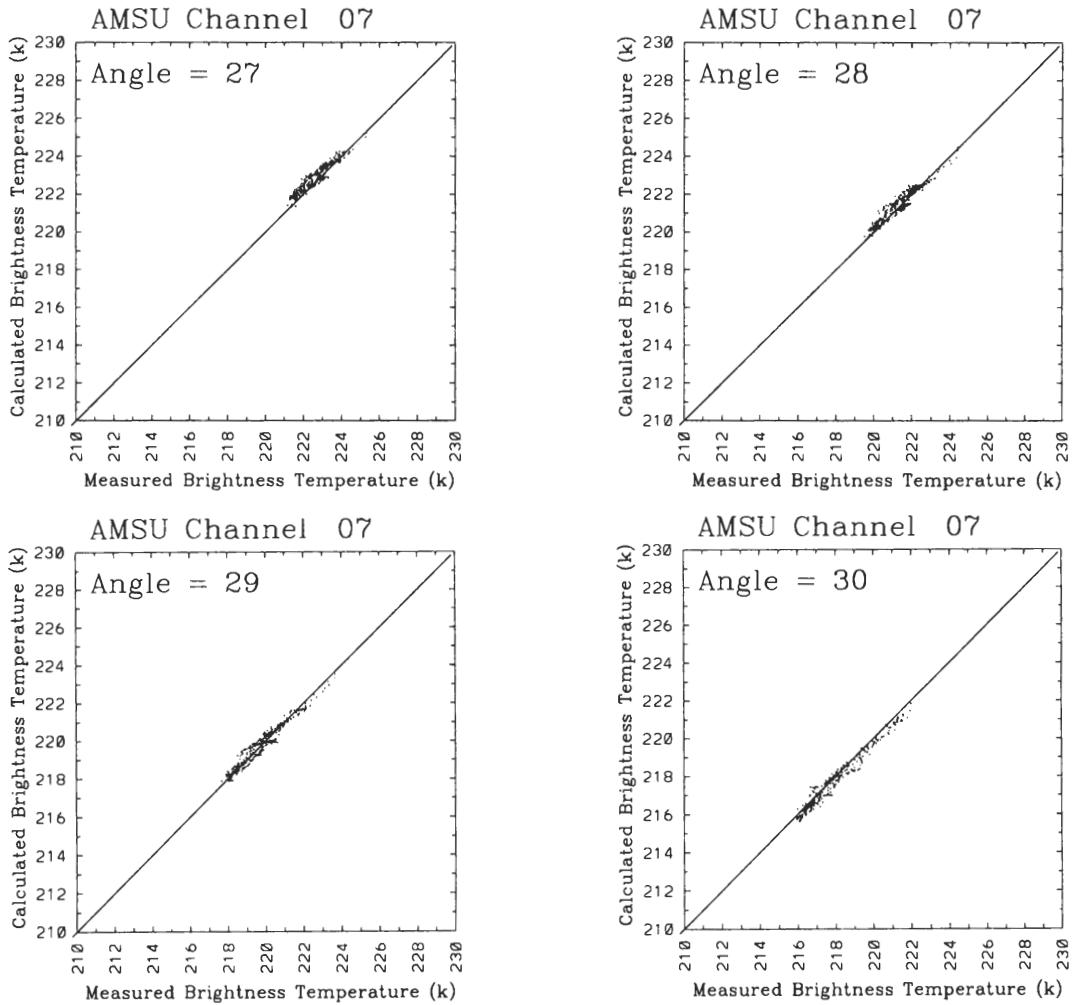


圖 2 如圖 1，但為掃描角由 27 到 30。

統計衛星觀測與模擬衛星觀測之差值的大量樣本，其中模擬衛星觀測是以預報溫溼度場內插至衛星觀測位置經輻射模式計算得到。因此經統計此一資料而得到誤差分析結果其來源有下列數種：(1)衛星觀測儀器本身、(2)衛星資料處理過程產生之誤差、(3)輻射模式、(4)輸入輻射模式參數之來源，例如將預報場內差至衛星觀測位置之方法及(5)預報場本身的誤差。要將上述誤差獨立討論並非十分容易，但是無論如何，總和誤差可分為系統性誤差(誤差之偏倚)與隨機

性誤差(誤差之標準差)。系統性誤差是可修正的，隨機性誤差的平方就是 E 矩陣中的對角元素，在假設各個觀測頻道是不相關，則 E 矩陣中的非對角元素為零。

變分反演/同化方法的一個主要的優點，在於它可直接使用原始的衛星觀測進行反演/同化的工作。如 Eyre(1989)指出原始的衛星資料可避免受到衛星資料前置處理時所累積的誤差，如濾雲的過程或臨邊訂正的過程等，這可避免上述誤差來源之第(2)項。但是，即便使用

原始的衛星觀測，衛星觀測與模擬衛星觀測之  
 差值也受其他來源產生的誤差所影響。對於  
 AMSU 的衛星資料的誤差而言，隨掃描角度、  
 位置不同而產生明顯不同的偏倚，舉例而言如  
 圖一所示，AMSU 頻道 7 在掃描位置為 1、2、  
 3 及 4 時(AMSU-A 的一條掃描線有 30 個掃描  
 位置點)，有明顯的不同偏倚存在，若進一步與  
 圖二比較可以發現，掃描位置 1 與 30、2 與 29、  
 3 與 28 及 4 與 27 具相同的掃描角度，但也會有  
 不同的偏倚出現，例如掃描位置 1 與 30 的偏倚，  
 就可發現明顯的不同。這樣的情形也可在第 6、

5 及 4 頻道中發現，只是權重愈靠近地面的頻道  
 會受到地面放射率(發射率)變動的影響愈大，例  
 如海面的放射率(發射率)會受風浪大小而變化，  
 比較難以區分是否為角度所造成。由以上的觀  
 察結果可以知道，分不同角度作偏倚修正是必  
 須的。另外觀察頻道 8 的情形，如圖三所示，  
 可以發現偏倚隨角度的變化不如頻道 7 明顯，  
 而其偏倚的情形有隨觀測亮度溫度變化而改變  
 的情形，要作此類頻道誤差的偏倚修正需以迴  
 歸統計的方法比較適合，第九頻道也有類似的  
 特性。

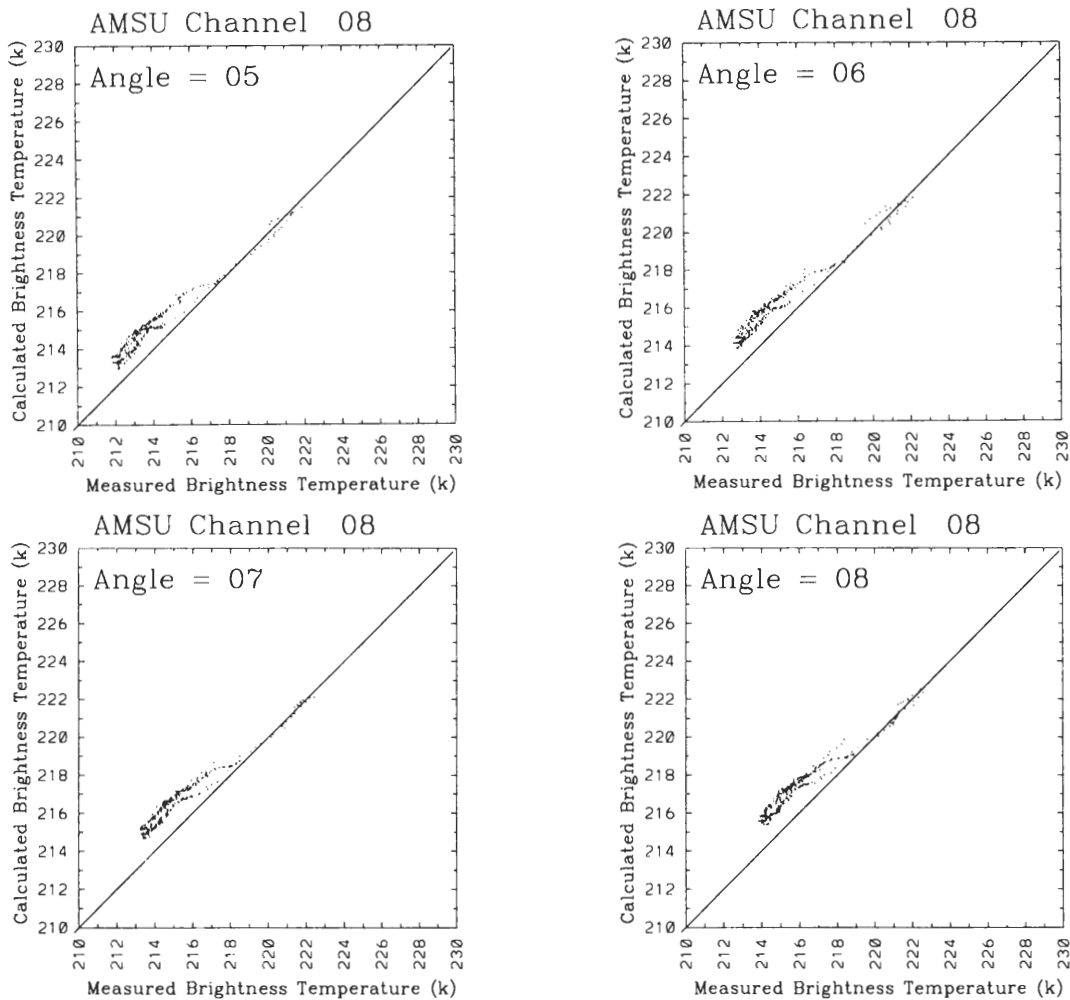


圖 3 AMSU 頻道 8 分別在掃描角度為 5 到 8 的模擬與觀測的散落圖。



在觀察各頻道的誤差特性後，參考 Eyre(1992)處理 HIRS 觀測資料的方法，採取下列的步驟進行偏倚修正與隨機誤差的估計：首先是約略的總括性檢定，確定所有頻道觀測與模擬的差值需在-20°K 到 20°K 之間，並且計算每個頻道觀測與模擬的差值的平均與標準差，若有任一個頻道的模擬與觀測差值減去該頻道的平均值大於標準差的三倍，則視為不佳的資料；當品質檢定完成後，所選取的資料再依掃

瞄角度(位置)加以分類，針對每個角度(位置)進行迴歸分析，找出調整衛星觀測的迴歸係數，經此偏倚修正後的衛星觀測亮度溫度  $T_B^*$  可用下列公式得到

$$T_B^* = aT_B + b \tag{4}$$

其中  $T_B$  為原始衛星觀測亮度溫度， $a$  為斜率， $b$  為截距(Li *et al.* 2000)。求斜率及截距的方法是收集反演前的九十萬個(約反演實驗前 1 至 3 月)

表四 修正衛星觀測頻道誤差的迴歸係數。

		AMSU Channel number																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
sa 1	a	1.10	1.00	.80	.72	.83	.90	.94	.87	.85	.86	*	.32	.25	*	.63	*	*	*	*	*
	b	-30.1	.0	54.6	72.9	38.4	20.9	10.8	26.2	30.4	26.8	*	142.7	157.1	*	101.3	*	*	*	*	*
sa 2	a	1.09	1.00	.81	.82	.79	.87	.92	.87	.86	.88	*	.33	.25	*	.52	*	*	*	*	*
	b	-27.5	.0	50.8	98.2	50.0	28.5	17.0	27.9	30.3	22.2	*	140.1	155.9	*	130.4	*	*	*	*	*
sa 3	a	1.07	1.00	.84	.85	.81	.87	.91	.86	.85	.90	*	.35	.26	*	.53	*	*	*	*	*
	b	-21.5	.0	41.5	92.6	46.0	28.8	19.2	29.1	30.8	19.1	*	136.8	154.1	*	125.8	*	*	*	*	*
sa 4	a	1.05	1.00	.86	.89	.82	.88	.89	.86	.85	.90	*	.36	.28	*	.56	*	*	*	*	*
	b	-15.1	.0	36.1	82.6	43.9	28.4	22.5	31.0	31.1	17.7	*	133.5	150.7	*	116.7	*	*	*	*	*
sa 5	a	1.04	1.00	.88	.71	.82	.88	.88	.85	.85	.91	*	.37	.28	*	.57	*	*	*	*	*
	b	-11.8	.0	31.4	77.0	44.0	28.2	25.0	31.8	31.9	16.8	*	131.3	150.2	*	113.3	*	*	*	*	*
sa 6	a	1.03	1.00	.88	.73	.81	.89	.88	.85	.84	.91	*	.38	.28	*	.59	*	*	*	*	*
	b	-9.4	.0	29.8	73.0	46.8	26.1	27.3	33.5	33.1	17.1	*	130.2	149.5	*	109.2	*	*	*	*	*
sa 7	a	1.02	1.00	.89	.76	.84	.90	.87	.84	.84	.91	*	.39	.29	*	.61	*	*	*	*	*
	b	-7.5	.0	26.8	63.9	40.4	23.8	28.8	35.4	33.5	17.1	*	127.1	148.0	*	103.5	*	*	*	*	*
sa 8	a	1.01	1.00	.89	.76	.83	.90	.86	.84	.84	.91	*	.40	.29	*	.61	*	*	*	*	*
	b	-5.2	.0	27.2	63.4	43.1	23.1	30.4	36.0	34.0	17.4	*	125.6	148.1	*	103.1	*	*	*	*	*
sa 9	a	1.01	1.00	.89	.78	.85	.91	.86	.83	.84	.91	*	.41	.30	*	.60	*	*	*	*	*
	b	-3.6	.0	28.0	58.7	37.9	21.6	32.7	37.8	34.5	16.7	*	121.8	145.2	*	105.2	*	*	*	*	*
sa 10	a	1.01	1.00	.89	.79	.86	.92	.85	.82	.84	.91	*	.42	.31	*	.60	*	*	*	*	*
	b	-3.4	.0	27.0	55.2	36.6	19.5	33.5	38.7	34.6	16.6	*	119.5	143.5	*	105.5	*	*	*	*	*
sa 11	a	1.01	1.00	.89	.81	.87	.92	.85	.82	.84	.91	*	.43	.31	*	.60	*	*	*	*	*
	b	-3.2	.0	26.3	51.9	33.7	18.7	35.0	39.5	35.1	16.7	*	117.6	142.4	*	102.6	*	*	*	*	*
sa 12	a	1.01	1.00	.89	.81	.86	.92	.84	.81	.83	.91	*	.43	.31	*	.61	*	*	*	*	*
	b	-3.6	.0	25.9	51.7	37.1	19.1	36.5	41.4	35.4	16.9	*	118.2	143.0	*	99.7	*	*	*	*	*
sa 13	a	1.01	1.00	.90	.82	.88	.93	.85	.81	.83	.91	*	.43	.31	*	.62	*	*	*	*	*
	b	-3.6	.0	25.3	48.9	31.0	17.9	35.6	41.8	35.7	16.6	*	117.0	142.4	*	97.7	*	*	*	*	*
sa 14	a	1.01	1.00	.90	.82	.87	.92	.85	.81	.83	.91	*	.42	.30	*	.63	*	*	*	*	*
	b	-3.5	.0	23.8	46.9	34.2	19.1	34.8	42.7	35.9	17.2	*	120.0	145.0	*	96.5	*	*	*	*	*
sa 15	a	1.01	1.00	.90	.83	.88	.93	.84	.80	.83	.91	*	.43	.30	*	.63	*	*	*	*	*
	b	-3.3	.0	23.4	46.4	31.0	16.3	36.1	43.6	36.4	17.3	*	118.4	144.6	*	94.8	*	*	*	*	*
sa 16	a	1.01	1.00	.90	.82	.88	.93	.84	.80	.83	.91	*	.43	.31	*	.62	*	*	*	*	*
	b	-3.2	.0	24.8	48.1	30.0	17.4	36.1	43.5	35.9	17.0	*	118.5	144.3	*	97.6	*	*	*	*	*
sa 17	a	1.01	1.00	.90	.82	.88	.93	.85	.80	.83	.91	*	.43	.31	*	.62	*	*	*	*	*
	b	-3.0	.0	24.2	48.2	31.1	17.2	34.8	43.2	36.0	16.6	*	117.0	143.6	*	97.8	*	*	*	*	*
sa 18	a	1.01	1.00	.90	.81	.87	.93	.85	.81	.83	.92	*	.44	.32	*	.62	*	*	*	*	*
	b	-3.5	.0	24.2	50.8	32.9	18.6	35.0	42.9	35.4	15.2	*	114.4	140.7	*	97.8	*	*	*	*	*
sa 19	a	1.01	1.00	.91	.82	.87	.93	.85	.81	.84	.92	*	.45	.32	*	.63	*	*	*	*	*
	b	-3.5	.0	22.5	49.1	32.3	17.5	33.9	42.0	34.9	14.5	*	114.3	140.5	*	94.6	*	*	*	*	*
sa 20	a	1.00	1.00	.90	.81	.87	.92	.85	.81	.84	.93	*	.43	.31	*	.83	*	*	*	*	*
	b	-2.9	.0	23.9	49.5	33.6	19.0	33.7	41.2	34.6	14.0	*	116.6	142.2	*	96.1	*	*	*	*	*
sa 21	a	1.00	1.00	.90	.81	.88	.93	.85	.81	.84	.93	*	.45	.32	*	.62	*	*	*	*	*
	b	-2.0	.0	25.4	50.3	29.4	17.1	34.1	40.9	33.9	13.2	*	112.9	139.8	*	96.8	*	*	*	*	*
sa 22	a	1.00	1.00	.90	.82	.90	.93	.85	.82	.85	.93	*	.45	.33	*	.84	*	*	*	*	*
	b	-1.3	.0	24.1	47.6	24.6	16.2	33.8	40.2	33.1	12.2	*	112.6	138.9	*	93.4	*	*	*	*	*
sa 23	a	1.00	1.00	.90	.82	.90	.94	.85	.83	.85	.94	*	.45	.33	*	.65	*	*	*	*	*
	b	-.4	.0	25.4	48.4	25.6	15.6	33.3	38.3	32.3	10.9	*	113.4	139.1	*	90.9	*	*	*	*	*
sa 24	a	.99	1.00	.89	.82	.91	.94	.86	.83	.86	.95	*	.44	.33	*	.66	*	*	*	*	*
	b	.3	.0	26.7	49.1	23.8	14.9	31.1	36.2	31.1	9.0	*	114.4	138.0	*	88.6	*	*	*	*	*
sa 25	a	.99	1.00	.90	.83	.92	.94	.87	.84	.86	.95	*	.45	.34	*	.67	*	*	*	*	*
	b	-.2	.0	26.0	45.8	20.0	15.3	29.5	34.4	30.4	7.9	*	111.9	136.0	*	84.4	*	*	*	*	*
sa 26	a	1.00	1.00	.88	.83	.93	.93	.88	.85	.87	.96	*	.45	.34	*	.67	*	*	*	*	*
	b	-1.0	.0	30.9	44.3	16.8	17.5	26.7	33.0	28.6	6.5	*	112.8	134.5	*	85.9	*	*	*	*	*
sa 27	a	1.00	1.00	.86	.83	.92	.91	.88	.86	.87	.96	*	.46	.35	*	.66	*	*	*	*	*
	b	-.8	.0	36.3	44.9	18.5	21.1	25.4	31.4	27.8	5.3	*	111.2	132.6	*	89.5	*	*	*	*	*
sa 28	a	1.00	1.00	.84	.83	.90	.90	.90	.86	.88	.96	*	.45	.35	*	.66	*	*	*	*	*
	b	-1.0	.0	42.1	46.0	23.3	24.1	21.6	30.0	26.8	5.0	*	113.4	132.9	*	89.6	*	*	*	*	*
sa 29	a	1.00	1.00	.81	.85	.90	.90	.92	.87	.88	.97	*	.46	.36	*	.69	*	*	*	*	*
	b	-1.2	.0	49.9	39.4	23.2	21.4	17.6	28.6	25.5	4.3	*	109.3	130.2	*	82.1	*	*	*	*	*
sa 30	a	1.00	1.00	.80	.85	.88	.95	.93	.87	.89	.96	*	.47	.38	*	.75	*	*	*	*	*
	b	-1.7	.0	55.6	38.1	26.7	10.9	13.3	26.7	24.4	4.5	*	106.6	126.0	*	65.7	*	*	*	*	*

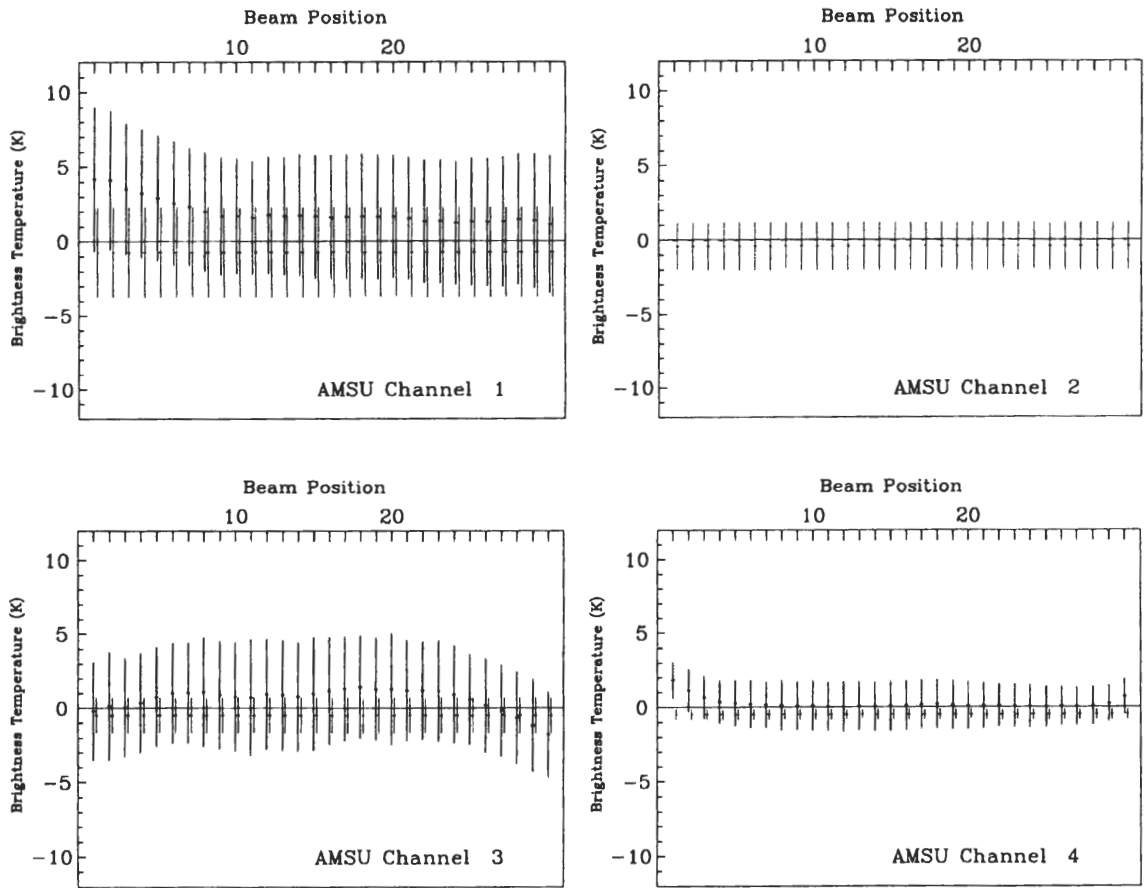
sa = scan angel a = slope b = intercept

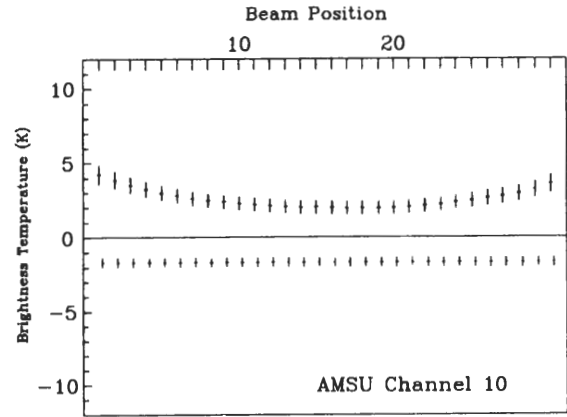
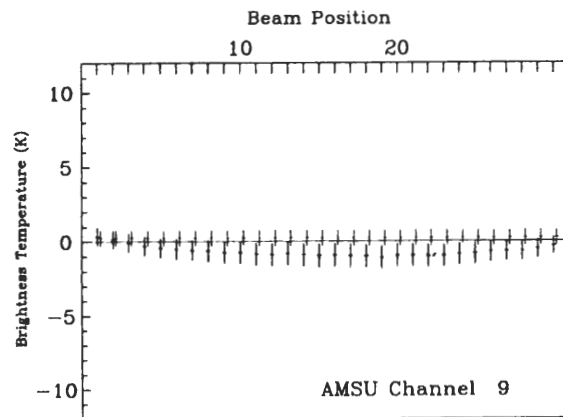
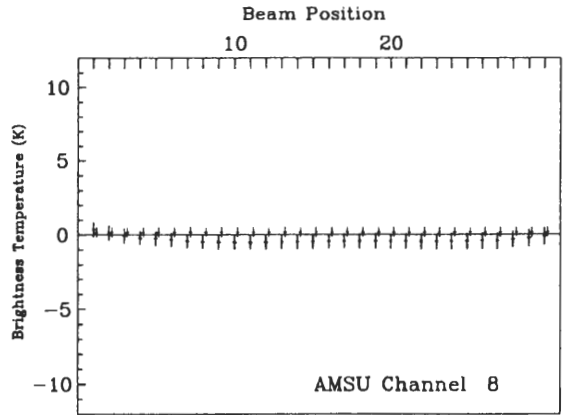
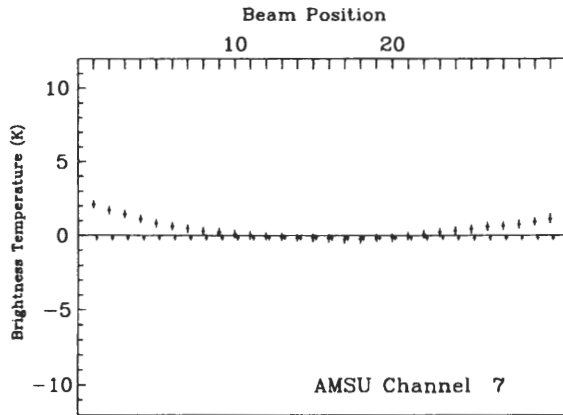
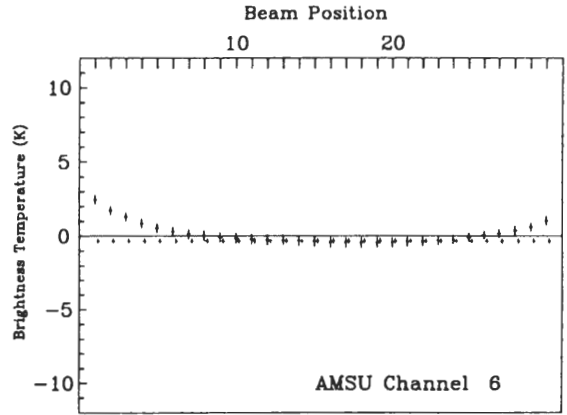
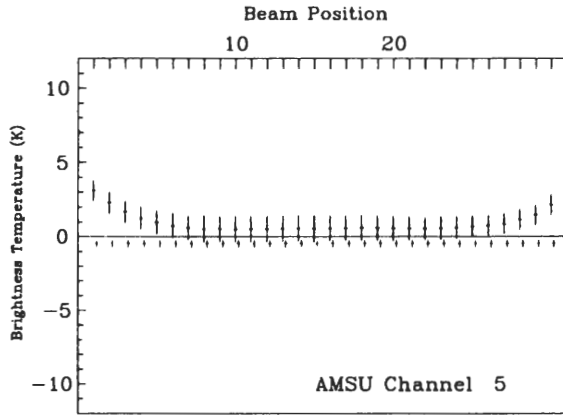
掃描點資料與模擬的觀測作統計迴歸而得，修月)掃描點資料與模擬的觀測作統計迴歸而得，正 AMSU 各頻道誤差偏倚的迴歸係數斜率(a)與截距(b)在各個掃描位置的值列於表四中。而所估計出衛星觀測誤差偏倚量及誤差標準差隨不同角度之變化，如圖 4 中粗線段所示。

以上估計所得衛星觀測之誤差，無論是偏倚(系統性誤差)或隨機誤差，都可能包括預報模式 12 小時的預報誤差，因此我們利用輻射方程，將以 NMC 方法計算 12 小時預報場誤差的溫度場轉至輻射量度空間。NMC 方法是假設兩個不同預報起始時間對相同預報標的的預報場的差可代表預報的誤差，例如 24 小時前啓始所做 24 小時的預報場減去 12 小時前啓始所做 12 小

時預報場的差。現在只將 24 與 12 小時的預報場經由輻射模式轉成輻射場，則其差值亦代表 12 小時的預報場誤差在輻射空間之量度，因此利用此一資料計算出代表 12 小時的預報場誤差的偏倚與標準差可自上述估計的衛星觀測誤差中移除，12 小時預報誤差在輻射量度時的大小如圖四中細線段所示。

上述計算模擬衛星觀測所需的垂直探空溫度與溼度是由中央氣象局非靜力區域模式 12 小時預報提供，至於地面放射率(發射率)的設定，在此是以一個窗區頻道(AMSU 頻道 2)作為擬合的對象，調整地面放射率(發射率)使得模擬的衛星亮度溫度與觀測的衛星亮度溫度一致為止，





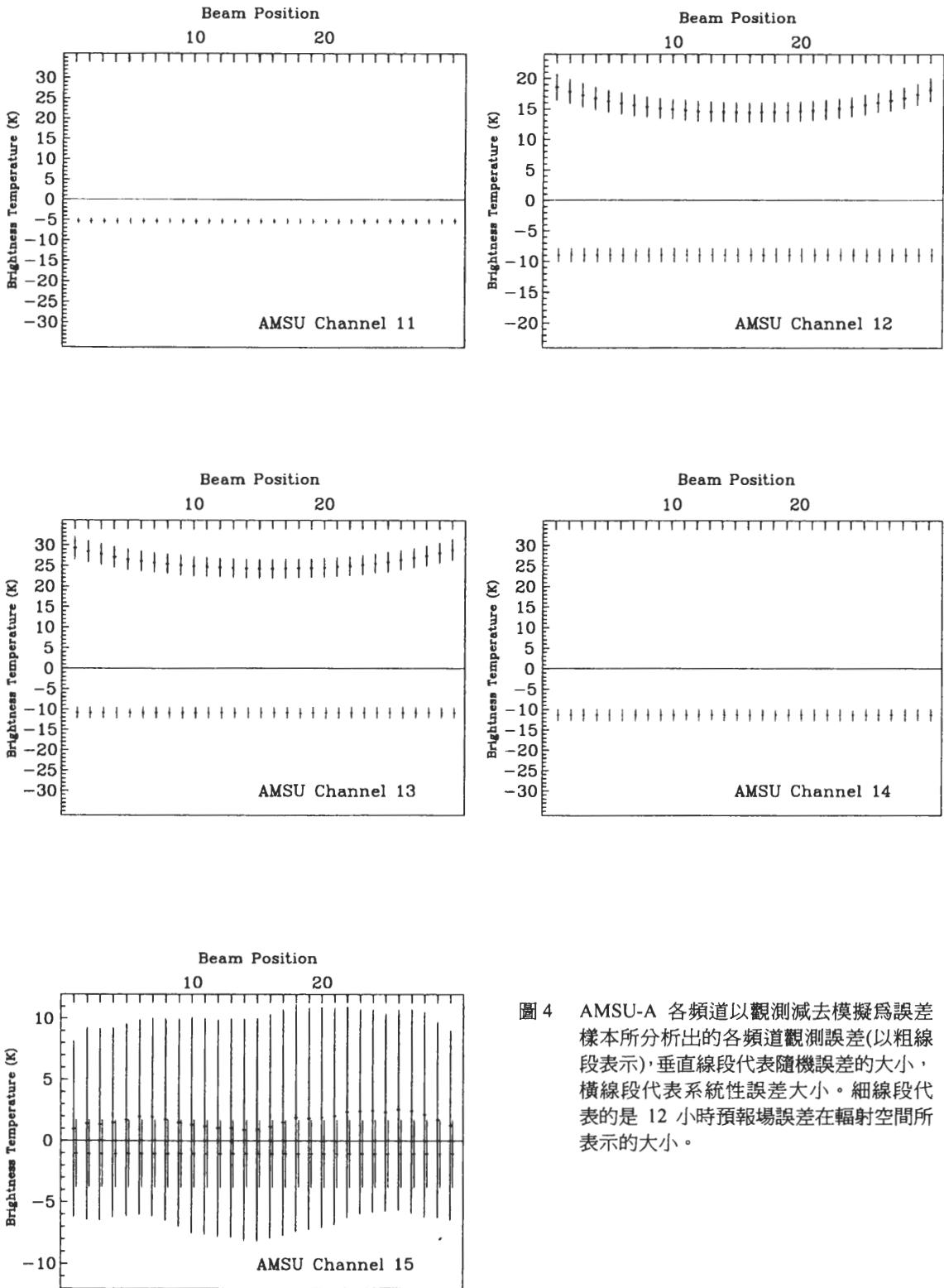


圖 4 AMSU-A 各頻道以觀測減去模擬為誤差樣本所分析出的各類道觀測誤差(以粗線段表示),垂直線段代表隨機誤差的大小,橫線段代表系統性誤差大小。細線段代表的是 12 小時預報場誤差在輻射空間所表示的大小。

如此得到的地表放射率(發射率)並非真實的地表放射率(發射率)，因它並未考慮其它的物理參數。但是可以作為一個初始的猜測值。

雲高和雲量的設定是以 AVHRR 資料作為求取的參考。首先是以 Aoki(1985)所提出方法找出落於 AMSU 觀測視場中的 AVHRR 觀測資料，Aoki 的方法原是用於找出落於 HIRS 視場中的 AVHRR 資料而設計的，在此須將原先 HIRS 的掃描參數改為 AMSU 的掃描參數，運用 AVHRR 落於 AMSU 視場的資料，可判別出該 AMSU 視場為全雲遮、單層雲、多層雲等不同的類別。在部分雲遮單層雲的情形下可利用下列的公式計算出雲分量：

$$N = \frac{I_{clr} - I_{mean}}{I_{clr} - I_{cloud}} \quad (5)$$

其中  $N$  為雲分量， $I_{clr}$  是晴空輻射值， $I_{cloud}$  是雲遮輻射值， $I_{mean}$  是平均輻射值。估計雲高的方法是計算各均勻層的亮度溫度，再比對預報場的溫度剖面而得。對於 AMSU 觀測而言，雖然其具有較佳的穿雲特性，但仍會受到大水滴或冰晶的影響，其判斷的方法可用散射指數(scattering index)作為判斷，散射指數值越大，觀測受到污染的程度越大，以此可做為篩選反演探空的依據。散射指數( $SI$ )的計算公式如下(Grody 1999)：

$$SI = -113.2 + (2.41 - 0.0049T_{23})T_{23} + 0.454T_{31} - T_{79} \quad (\text{水面}) \quad (6)$$

$$SI = T_{23} - T_{89} \quad (\text{陸面}) \quad (7)$$

其中  $T_{23}$ 、 $T_{31}$  及  $T_{89}$  代表 AMSU 頻道 1、2 及 15 的亮度溫度。

目前中央氣象局氣象衛星中心所接收的

NOAA-15 號衛星資料，經由 AAPP(AVHRR and ATOVS Processing Package)處理，可產生 level 1d 的資料。AMSU-A 及 AMSU-B 的水平解析度各不相同，AMSU-A 約 48 公里，每條掃描線 30 個掃描點；AMSU-B 約 16 公里，每條掃描線 90 個掃描點。level 1d 的資料則將 AMSU-B 的觀測內插至 AMSU-A 觀測點中，因此若使用 level 1d 的資料，則在一個 AMSU-A 觀測點上包函 AMSU-A 與 AMSU-B 共 20 個頻道。本文研究 level 1d 的 AMSU-A 的觀測頻道。

本文所使用的衛星資料是由中央氣象局氣象衛星中心接收 NOAA-15 號衛星。時間是由西元 2002 年 4 月到 6 月份，其中 4 與 5 月份的資料及部分 6 月份資料用來作偏倚分析與修正，6 月份的資料進行反演分析的工作。

作為初始猜測值的溫度與水汽參數是採用由中央氣象局非靜力區域模式所產生的 12 小時預報場，做為初始猜測(背景場)的預報場誤差分析的方法是收集作反演前 90 萬個(約反演前 1 到 3 月之資料)預報場與分析場垂直剖面的差值作為誤差計算的資料，資料選擇的空間範圍是 NOAA 衛星在中央氣象局氣象衛星中心可接收的區域，約在北緯 2 度到 47 度，東經 94 度到 150 度之間。

### 三、分析結果與討論

首先是衛星觀測資料誤差分析的結果，如圖四，圖中粗線段所代表的是含 12 小時預報誤差在內之分析結果，細線段為 12 小時預報誤差之分析結果，垂直線段代表誤差中隨機誤差的大小，橫線所在位置代表偏倚之大小，圖中為各頻道在不同掃描位置下的誤差情形。頻道 2

因為用於擬合觀測，因此其誤差為零或趨近於零，但是真實的誤差並非如此，在後續的反演計算也不可再使用這個頻道。AMSU-A 頻道 11 與 14 分析結果顯示已有問題，水汽頻道亦然，故未列出其誤差情形。頻道 10 到 13 為高層的頻道，這些頻道的誤差被高估，而其原因可能來自預報場對上層的精確度，及模式層頂以上的資料是以外延得到，而造成幅射模擬偏差所致，由圖中可以看到 12 小時預報場產生的誤差亦有較大的偏倚及隨機誤差。AMSU-A 頻道 5、6、7、8 及 9 的誤差則無論其偏倚或隨機誤差都很小，移除 12 小時的預報誤差後，則隨機誤差的數值幾乎都小於 0.5k，部分頻道可達到 0.2k(表五)。這些用於反演大氣溫度剖面的頻道誤差越小，則代表反演溫度剖面的精確度可能越好，頻道 4 權重函數極值比較接近地面因此有較大

的誤差，至於頻道 1、2、3 及 15 為窗區頻道受地表參數設定影響較大，雖然使用頻道 2 擬合觀測求取地表參數，但是仍有不小的誤差。由以上的分析可知，各頻道的偏倚值都有隨角度變化的情形，因此隨角度不同求取各自迴歸係數做偏倚修正是必須的，而估計與濾除 12 小時預報誤差對獲得更為精確的觀測誤差分析也是十分重要的。

地面放射率的設定對以微波為主的遙測反演是重要的一項參數，本文採用一個窗區頻道 (AMSU 第 2 頻道) 觀測擬合的方式，確可使其受地面放射率(發射率)影響的頻道之模擬亮度溫度接近於衛星觀測值，但是對中心頻率與第 2 頻道相距較遠之另一窗區頻道 AMSU 第 15 頻道效果並不很好。所幸用於反演溫度剖面的頻道受地表放射率的影響不大。但是，無論如何

表五 經修正後衛星觀測各頻道在各掃描點的隨機誤差大小，表中\*號是這幾個頻道中央氣象局 AAPP 解出之 level 1d 資料沒有者，頻道 2 是用於擬合觀測與模式之頻道(見內文)故其誤差並無任何意義。

	AMSU Channel number																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
sa 1	1.80	****	2.10	.83	.40	.10	.07	.16	.06	.32	*	.96	1.31	*	4.43	*	*	*	*	*
sa 2	1.64	****	2.43	1.05	.46	.10	.07	.15	.06	.25	*	.85	1.23	*	5.08	*	*	*	*	*
sa 3	1.36	****	2.10	1.07	.48	.11	.06	.14	.09	.21	*	.76	1.17	*	5.04	*	*	*	*	*
sa 4	1.27	****	2.13	1.08	.50	.12	.06	.12	.10	.19	*	.70	1.08	*	4.96	*	*	*	*	*
sa 5	1.19	****	2.15	1.16	.52	.13	.06	.12	.11	.16	*	.64	1.05	*	5.07	*	*	*	*	*
sa 6	1.13	****	2.17	1.22	.56	.14	.07	.12	.14	.15	*	.60	1.01	*	5.18	*	*	*	*	*
sa 7	.92	****	2.17	1.19	.56	.14	.07	.12	.16	.14	*	.57	.99	*	5.32	*	*	*	*	*
sa 8	.95	****	2.46	1.30	.61	.15	.07	.12	.17	.13	*	.53	.97	*	5.47	*	*	*	*	*
sa 9	.91	****	2.43	1.25	.58	.15	.08	.13	.19	.12	*	.51	.93	*	5.70	*	*	*	*	*
sa 10	.83	****	2.46	1.31	.61	.15	.07	.13	.20	.12	*	.47	.88	*	6.03	*	*	*	*	*
sa 11	.78	****	2.69	1.29	.60	.15	.08	.12	.21	.11	*	.45	.85	*	6.04	*	*	*	*	*
sa 12	.88	****	2.51	1.33	.64	.16	.08	.13	.21	.12	*	.44	.85	*	6.07	*	*	*	*	*
sa 13	.92	****	2.49	1.28	.59	.15	.08	.14	.23	.12	*	.43	.84	*	6.13	*	*	*	*	*
sa 14	1.07	****	2.44	1.28	.60	.15	.08	.14	.22	.12	*	.44	.85	*	6.27	*	*	*	*	*
sa 15	1.10	****	2.59	1.32	.62	.15	.08	.14	.24	.12	*	.42	.85	*	6.33	*	*	*	*	*
sa 16	1.14	****	2.41	1.30	.60	.15	.08	.14	.23	.12	*	.43	.85	*	6.36	*	*	*	*	*
sa 17	1.16	****	2.31	1.27	.59	.15	.08	.15	.24	.12	*	.42	.86	*	6.45	*	*	*	*	*
sa 18	1.16	****	2.24	1.27	.59	.15	.08	.16	.24	.12	*	.42	.86	*	6.50	*	*	*	*	*
sa 19	1.15	****	2.24	1.26	.59	.14	.07	.16	.23	.12	*	.42	.86	*	6.29	*	*	*	*	*
sa 20	1.09	****	2.53	1.23	.56	.12	.07	.16	.23	.12	*	.43	.88	*	6.20	*	*	*	*	*
sa 21	1.08	****	2.19	1.18	.53	.12	.07	.16	.22	.12	*	.42	.88	*	6.09	*	*	*	*	*
sa 22	1.10	****	2.09	1.07	.48	.10	.07	.18	.20	.13	*	.43	.89	*	5.83	*	*	*	*	*
sa 23	1.12	****	2.19	1.10	.50	.11	.08	.18	.19	.12	*	.44	.91	*	5.60	*	*	*	*	*
sa 24	1.10	****	2.08	1.08	.49	.10	.08	.19	.18	.13	*	.45	.89	*	5.52	*	*	*	*	*
sa 25	1.25	****	1.80	1.00	.45	.09	.08	.20	.18	.14	*	.46	.92	*	5.28	*	*	*	*	*
sa 26	1.25	****	1.95	.94	.41	.08	.08	.21	.15	.16	*	.50	.93	*	5.42	*	*	*	*	*
sa 27	1.33	****	1.87	.93	.42	.09	.09	.21	.14	.17	*	.53	.96	*	5.55	*	*	*	*	*
sa 28	1.38	****	1.89	.91	.44	.10	.09	.22	.11	.19	*	.58	.99	*	5.60	*	*	*	*	*
sa 29	1.48	****	1.89	.83	.42	.08	.09	.25	.08	.22	*	.62	1.06	*	5.23	*	*	*	*	*
sa 30	1.60	****	1.66	.81	.43	.09	.11	.25	.04	.26	*	.71	1.10	*	4.97	*	*	*	*	*

sa = scan angel

這樣的處理並不嚴謹，因此若要使用窗區頻道求取其他物理參數，或輔助求取溫度剖面，必須尋找更適當的方法。就理論而言，在海面上放射率(發射率)與風浪的大小有關連性，或許將來可測試應用數值預報場的近地面風為參考，找出海面的放射率。

大氣中除了溫度和水汽外，其他參數對衛星觀測與輻射模擬計算也會有不小的影響，因此若能找出影響觀測頻道的參數加以分類分析，對後續的反演結果將有助益(Chou and Huang 2000)。圖三中可以發現頻道 8 的資料似乎分為兩個族群，頻道 9 亦有類似的特徵，本文尚未探討此一分類因子，值得未來做進一步研究。

對實際反演結果，我們使用包括 AMSU-A 頻道 4 至 10 及 12 和 13，分析 6 月 22 日 22 時，6 月 22 日 23 時及 6 月 23 日 09 時共三筆衛星掃描資料的反演結果(一筆掃描資料約有 3000 個掃描點)，以探討觀測誤差修正對反演結果的影響。為比較三筆衛星掃描資料作反演數值計算時收斂之情形及反演結果，每筆掃描資料反演的實驗分不同的設定，一為設定衛星觀測依前述方法加以修正，一是各頻道都不做誤差訂正，而將反演公式中的觀測隨機誤差分別乘上 5、6、7、8、9 及 10 等 6 種不同的設定。由反演計算收斂的情形(表六)，可見三個個案經偏倚修正後，收斂成功的反演個數都達 95%以上，

而未經修正時，當反演計算時觀測隨機誤差乘以 5 時反演成功率僅為 5%以下，而在當觀測隨機誤差乘以 9 時才達與經修正時相同的水準。

如前所述觀測誤差設定越大，觀測對背景場的修正越小。比較在不同設定下反演得到的溫、溼剖面與背景場誤差的均方根，因為三筆掃描資料的反演情形十分類似，因此只選其中一筆掃描資料(6 月 22 日 23 時之觀測)做進一步討論。圖五為經誤差修正之情形，圖六為未經誤差修正，而將隨機觀測誤差乘 6 的情況，圖七為未經誤差修正，而將隨機觀測誤差乘 7 的情況。各圖中虛線代表反演誤差，實線代表背景場誤差。我們選取個案的方式如下：反演成功且反演成功點附近 200 公里範圍內有探空資料者才加選取。反演溫溼剖面與分析場的差值當作反演誤差，背景場與分析場的差值視為背景場誤差，為降低問題的複雜性，選取反演個案時，只選取該衛星觀測之散射指數小於 20 者。比較以上三圖可知大部分的溫度剖面都以修正後的衛星資料反演結果較佳，顯示偏差修正確有其必要性。

以 2002 年 6 月 20 日至 2002 年 6 月 26 日，共 8 筆衛星掃描資料的個案合成分析結果，衛星觀測經本文所述偏差修正方法處理過。由 AAPP 處理的 level 1d 的衛星資料，依掃描點所在位置地表特性，分出陸面、水面及水陸混

表六 三個不同衛星掃描時間的反演收斂百分比。反演時作下列不同設定：經衛星資料修正(correction)與衛星資料未經修正而將觀測誤差之隨機誤差分別乘以 5、6、7、8、9 及 10 的情形。

Case	correction	x5	x6	x7	x8	x9	x10
1	99.61%	4.97%	45.12%	68.07%	95.10%	99.10%	99.57%
2	96.29%	3.87%	39.23%	63.66%	85.17%	96.29%	99.29%
3	99.35%	0.27%	8.11%	42.25%	86.82%	98.30%	98.70%

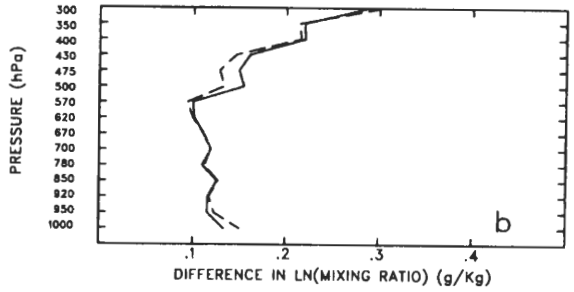
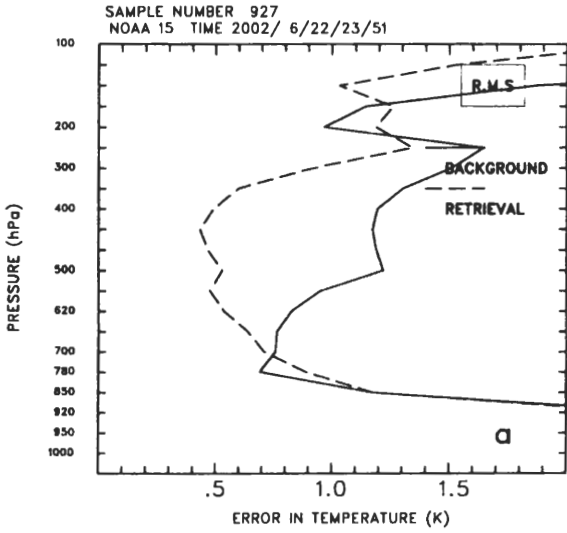


圖 5 2002 年 6 月 22 日 23 時共 927 掃瞄點衛星資料經修正後反演 (a) 溫度 (b) 比溼誤差均方根。實線代表背景場的誤差、虛線代表反演場的誤差。

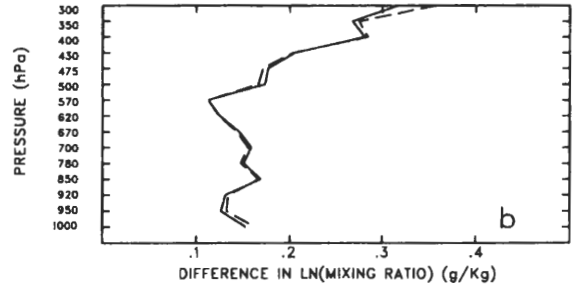
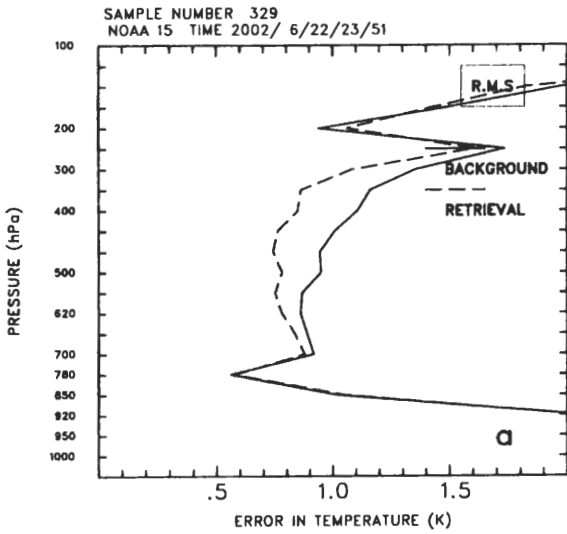


圖 6 如圖 5，唯是未經偏差修正而在反演過程中，將隨機誤差乘上 6，共 329 個反演掃瞄點。

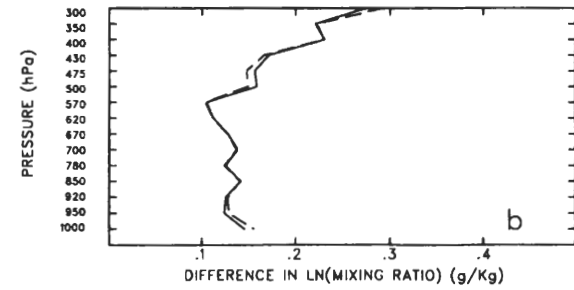
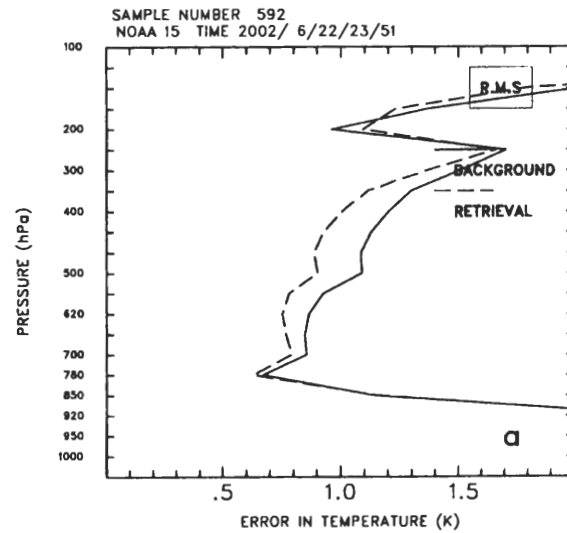


圖 7 如圖 5，唯反演過程中隨機誤差乘以 7，共 592 個反演掃瞄點。



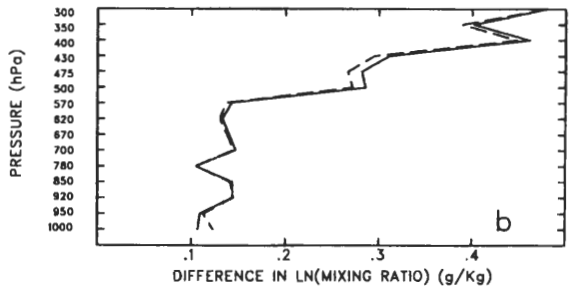
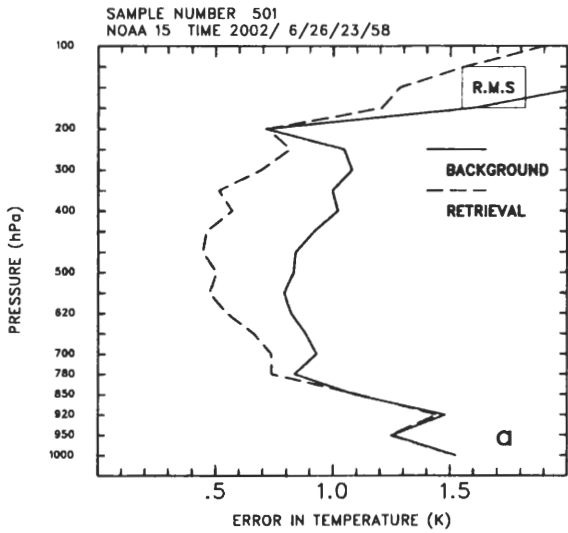


圖 8 衛星資料經誤差訂正，2002 年 6 月 20 至 26 日共 8 筆衛星掃瞄，反演成功的 501 個海上掃瞄點合成結果。實線代表背景場誤差，虛線代表反演誤差。

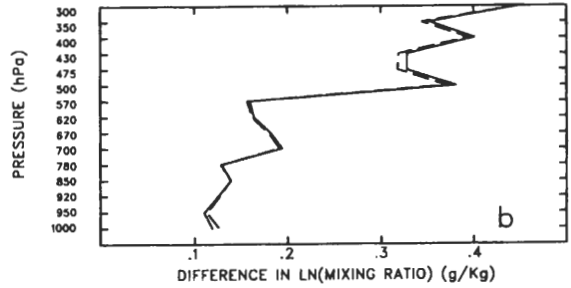
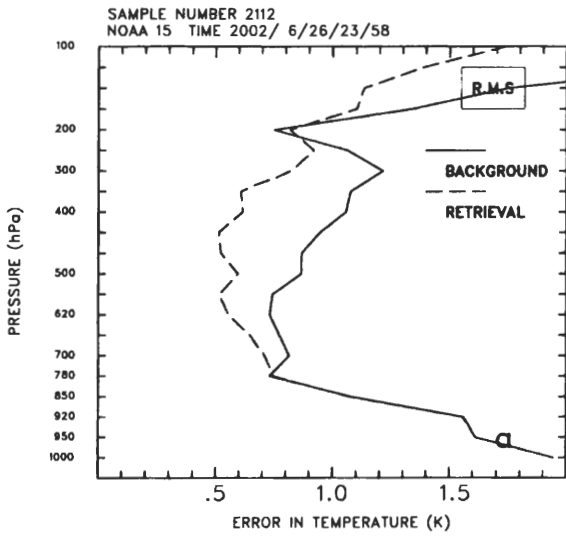


圖 9 如圖 8，只是在水陸混合的地表上，共 2112 個掃瞄點合成結果。

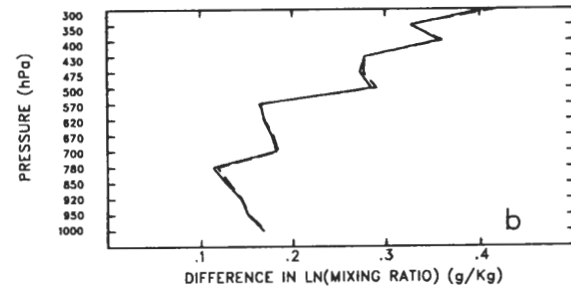
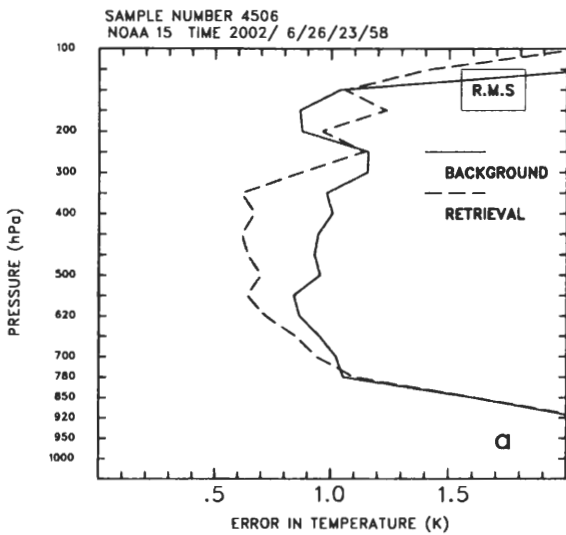


圖 10 如圖 8，只是在陸上的情形，共 4506 個掃瞄點合成結果。

合三種情形，圖八至十分別為三種不同地表情形下的反演誤差分析，圖八為衛星觀測點在海面上的情形，圖中顯示溫度剖面的修正在 700hPa 之上較為明顯，由 AMSU-A 的頻道權重值所在位置可知，頻道 4 的極值位置在 900hPa，頻道 5 的極值位置在 600hPa，頻道 6 在 400hPa，頻道 7 在 250hPa，其它的 7 至 13 頻道權重函數的極值都在 250hPa 之上，因此這樣的結果是可理解的。圖九及十是衛星觀測點在 AAPP 判定為水陸混合及陸地的情形，由圖中可以看到反演對背景場都有一定程度的改進，而比較三者反演誤差的大小，可以發現以海上的情形最佳，而陸上的情形最差，當然這樣的比較有失公允，因為背景場並不相同，但是無論如何海面的情形是比較單純的，例如海的表面是較陸地均勻，這些因素也許會影響反演的結果。由三個分析來看，反演誤差都可小於 0.5 至 0.6 度，且都有有效的改善背景場，這顯示 AMSU-A 頻道具很好的反演溫度能力。

## 四、結 論

衛星觀測資料誤差的偏倚修正與隨機誤差的估計，對以變分學為基礎的反演方法至為重要。由於 AMSU(Advanced Microwave Sounding Unit)的觀測資料誤差的偏倚特性，會因掃描位置及角度而有變化，本文將用於分析觀測誤差的資料，依不同掃描位置做迴歸統計，而將此因素納入考慮，並將 12 小時預報誤差，經輻射模式轉至輻射量度的表示方式，將背景場誤差對衛星觀測誤差分析的影響濾除，建立一套有效的提高衛星觀測偏倚修正與隨機誤差分析的方法。

由此方法修正後的衛星觀測頻道其隨機誤差並不大，例如 AMSU 頻道 6 與頻道 7 的隨機誤差低於 0.3K。而由合成個案分析顯示從 700hPa 到 200hPa 之間衛星資料都能對背景場產生有效的修正。最大的地區可達 0.3~0.4 度以上，足見本文所提的衛星觀測誤差的偏倚修正與隨機誤差估計的方法對進一步使用衛星資料是十分有益而重要的。

建立此一誤差修正評估系統，除了對反演工作有助益外，它也可以用來監測衛星資料的好壞，尤其是衛星資料會因儀器的衰老而產生誤差，這會使衛星資料的誤差隨時間產生變化，在此所提出的方法可做為定量分析的參考，持續監視各頻道的好壞。

AMSU 的資料具有較 HIRS(High-Resolution Infrared Radiation Sounder)為佳的穿雲特性，但其垂直與水平空間的解析度仍不及 HIRS 觀測，因此進一步結合兩種觀測以反演溫溼剖面也是往後值得嚐試之課題。最後我們認為本文發展之偏差修正與溫溼度反演之方法所得之結果，在傳統觀測資料附近都顯示有其應用價值。由於臺灣東臨廣大洋面，缺乏傳統觀測，應用此反演所得結果究竟對天氣分析與預報之影響，值得以數值模式做進一步探討。

## 致 謝

本文蒙中央大學黃清勇教授指導特致謝意，在國科會 NSC89-2111-M-008-026-API 支持下完成。另外中央氣象局王光華博士提供有關 AMSU 特性之相關資料，中央氣象局顏泰崇組長與美威斯康辛大學黃鴻榮博士對我們之鼓勵在此一並致謝。最後感謝中央氣象局衛星中心

廖美慧小姐與王文隆先生之資料處理和張惠玲小姐迪共統計相關程式及資訊中心滕春慈博士黃麗玫課長之討論與協助及林弘昌先生於電腦資源之協助。

## 參考資料

- 曾忠一，1997：氣象資料同化。國立編輯館主編，渤海堂出版，臺北市，584頁
- Anderson, E., J. Paillex, J.-N. Thepant, J. R. Eyre, A. P. McNally, G. A. Kelly, and P. Courtior, 1994 : Use of cloud-cleared radiances in three/four-dimensional variational data assimilation. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **120**, 627-653。
- Aoki, T., 1985 : A method for matching the HIRS/2 and AVHRR pictures of TIROS-N satellites. Tech. Proc. Second Int. TOVS Study Conf., Igls, Austria, Cooperation Institute for Meteorological Satellite Studies, 308-318。
- Chedin, A., N. A. Scott, C. Wahiche, and P. Moutinier, 1985: The improved initialization inversion methods: A high resolution physical method for temperature retrievals from the TIROS-N series. *J. Climat. Appl. Meteor.* **24**, 128-143
- Chou, C. B., and H. P. Huang, 2000: Application of AVHRR data to a one dimensional variational retrieval scheme for cloudy TOVS data. *Mon. Wea. Rev.*, **128**, 3867-3878.
- Derber, J. C., and W. S. Wu 1998 : The use of TOVS cloud-cleared radiance in the NCEP SSI analysis system. *Mon. Wea. Rev.*, **126**, 2287-2299。
- Eyre, J. R., 1989 : Inversion of cloudy satellite sounding radiances by nonlinear optimal estimation : Application to TOVS data. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **115**, 1027-1037.
- Eyre, J. R., 1990 : The information content of data from satellite sounding system : A simulation study. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **166**, 401-434。
- Eyre, J. R., 1992: A bias correction scheme from simulated TOVS brightness temperatures. ECMWF Tech Memo 186, pp28.
- Eyre, J. R., G. A. Kelly, A. P. McNally, E. Anderson, and A. Persson, 1993 : Assimilation of TOVS radiance information through one-dimensional variational analysis. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **119**, 1427-1463.
- Goldberg, M. D., D. S. Crosby, and L. Zhou, 2001 : The limb adjustment of AMSU-A observations : Meteorological and validation. *J. Appl. Meteor.*, **40**, 70-83.
- Grody. N. C., 1988: Surface identification using satellite microwave radiometers. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, **26**, 850-859
- Grody, N., 1999: Application of AMSU for obtaining water vapor cloud liquid water, precipitation, and surface measurements. *Tech. Proc. 10 th Int. TOVS Syudy Conf.*, Boulder, CO, WMO and Cosponsors, 230-240
- Li, J., W. W. Wolf, W. P. Menzel, W. Zhang, H. L. Huang, and T. H. Achtor, 2000: Global sounding of the atmosphere from ATOVS measurements: The algorithm and validation. *J. Appl. Meteor.*, **39**, 1248-1268.
- Lorenc, A. C., 1986: Analysis methods for numerical weather prediction. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **112**, 1177-1194
- Mo, M. O., 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.
- Parrish, D. F. and Derber, J. C. 1992: The National Meterrological Center's spectralstatistical interpolation analysis system. *Mon. Wea. Rev.*, **120**, 1747-1763
- Powers, J. G. and K. Gao, 2000 : Assimilation of DMSP and TOVS satellite sounding in a mesoscale model. *J. Appl. Meteor.*, **39**, 17-27-1741.

- Rabier, F., A. McNally, E. Andersson, P. Courtier, P. Uden, J. Eyre, A. Hollingsw and F. Bontier, 1998: The ECMWF implementation of three dimensional variational assimilation (3D-Var) II : **Structure functions**. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **124**, 1809-1829
- Rodgers, C. D., 1976 : Retrieval of atmospheric temperature and composition from remote measurement of thermal radiation. *Rev. Gerphys. Phys.*, **14**, 609-624.
- Salstein, D. A., R. D. Rosen, W. E. Baker, and E. Kalnay, 1987: Impact of satellite-based data on FGGE general circulation statistics. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **133**, 255-277.
- Wu, W.-S. and J. C. Derber, 1997: Direct use of TOVS radiances in NCEP's SSI analysis system. Proceedings of Meteorology, Conference on Weather Analysis and Forecasting, March 3~5, 1997, Taipei, ROC.

# **The AMSU Observation Bias Correction and Its Application on The One-Dimensional Variational Retrieval Scheme**

**Chien-Ben Chou      Tien-Chiang Yeh**

**Central Weather Bureau**

**(Manuscript received 08 November 2001 ; in final form 21 November 2002 )**

## **ABSTRACT**

The Advanced Microwave Sounding United-A (AMSU-A) on NOAA-15 is the new generation of microwave sounders for providing information on the vertical profiles of atmospheric temperature and humidity. Since most of AMSU channels have beam position-dependent bias, therefore it is crucial to remove such bias for providing useful profiles of atmosphere. The measurement errors are estimated from the differences between satellite observations and the simulated satellite observations which were obtained from a radiative transfer operator with 12-hours forecasts as their input. The measurement errors estimated in this way will contain the forecast error of 12 hours forecast. The NMC method assume that the statistics of differences between forecasts at different ranges valid at the same time are the representative of forecast-error statistic. The differences used in NMC method have been transfer to brightness temperature in each AMSU channels with the radiative transfer operator. This data can be used to obtain the value of 12hours forecast error in brightness temperature for each AMSU channels. So that the effect from the 12 hours forecast errors in each AMSU channels can be removed when the measurement errors are estimated as mentioned above. In this study, we carefully examined the AMSU beam near Taiwan area. A bias correction method which concerns about the beam position-dependent bias and the effect of 12 hours forecast error used on the regression equations has been built. A data retrieval method based on one-dimensional variational scheme has also been developed. Through the comparison of the retrieved profiles and the background fields, we found that the method worked well near Taiwan area. Even with quite accurate background fields, the retrieved profiles have show positive impact to improve the fields. The result show that the improvement made in the retrieval scheme over background error is about 0.45K in the temperature profiles above 780hPa.

**Key words : Retrieval , Bias correction**