

# 同時物理反演法在 TAMEX 期間反演結果之分析

劉振榮 陳萬金

國立中央大學太空及遙測研究中心  
國立中央大學大氣物理研究所

(中華民國八十年十月二十日收稿；中華民國八十一年五月二十七日定稿)

## 摘 要

本研究修改 CIMSS 反演大氣垂直溫濕剖面的程式套，而以 TAMEX 期間台灣地區接收到的 NOAA 衛星 TOVS 輻射觀測資料進行大氣垂直溫濕剖面反演，探討不同雲量的反演區之反演結果與探空資料相比較之差別及 TAMEX 期間衛星資料反演結果的統計特徵。研究過程中發現，TOVS 微波頻道 MSU 無法穩定使用於模式中，且初始猜測垂直剖面影響到反演的結果極大。本研究結果顯示台灣地區反演大氣垂直剖面最佳的頻道組合為僅用 HIRS/2 紅外頻道輻射值及採用氣候值之初始猜測垂直剖面。

本研究結果亦顯示，不論何種天氣現象，反演區雲量與結果之準確度有明顯的關係。平常時期，溫度垂直均方根差異皆在 3K 左右，重力位高度在 80 公尺左右；但是 TAMEX 的時期則是溫度垂直均方根差異在 150-500mb 之間高達 4-6.5K，其餘各層在 3.5K 以內；重力位高度垂直均方根差異在 100-300mb 之間達 100-160 公尺，其餘各層在 80 公尺以內。顯然不同的天氣現象有不同的反演結果，一般的天氣現象比特殊的天氣現象有較好的反演結果。

另外，在不同雲量反演結果的比較上，平常時期，雲量在 < 20%，20% - 50% 和 50% - 100% 時，溫度均方根差異分別為 2.5，3.0 和 4.0K，而重力位高度均方根差異分別為 55，85 和 106 公尺。顯然反演的準確度在溫度及重力位方面有隨雲量增加而變差的趨勢。在水汽方面，則因其具時間及空間上強烈的變異性，因此難以掌握其隨雲量變化的關係。TAMEX 期間，結果大致和平常時期一致，但因多為雲區，所以結果隨雲量的變化上較不明顯。

關鍵字：反演法，TAMEX，衛星遙測

## 一、緒 論

自從 TIROS-N 衛星在 1978 年發射以來，全球大氣垂直溫濕剖面反演便進入作業階段。一顆繞極軌道衛星每天可提供全球一萬個以上探空反演值，現行作業的二顆 NOAA 系列作業衛星，每天共可提供四次的全球觀測。衛星反演的探空在時間及空間上是相當密集且一致的，此點乃為其優於傳統的觀測

之處，但目前其在雲量較多的地區，所造成的較大誤差，卻又是它的主要缺點。

目前繞行的 NOAA 衛星其上攜有泰勒斯業務垂直探測器 (TOVS)，這組儀器共有 3 種具不同功能的輻射計：

- (1) 高分辨率紅外輻射探測器 (HIRS/2)，由 20 個含可見光及紅外線之頻道組成，可用以探測對流層內氣溫和水汽的垂直分布以及臭氧總含量。

- (2) 平流層探測單元(SSU), 有3個紅外頻道, 可觀測平流層中的氣溫垂直分佈。
- (3) 微波探測單元(MSU), 有4個微波頻道, 可用以探測密雲情況下的氣溫垂直分佈。

溫濕剖面反演的的方法有許多種, 近年來廣為大家接受且採用的方法為同時物理反演法 (Smith et al., 1984; Smith et al., 1985)。它具有下列4個優點:

- (1) 充份利用所有的紅外頻道輻射觀測值, 可同時求出地表(或雲頂)溫度和垂直溫濕度剖面, 亦即同時考慮到地表(或雲頂)溫度和垂直溫濕剖面對輻射觀測值之貢獻, 避免了其他方法

在取某項參數時, 需假設其餘參數均已知且正確之缺失。

- (2) 因為使用直接解析解, 所以反演過程中, 只需要求取一個逆矩陣, 即可得到所有參數, 所以計算上相當有效率。
- (3) 其他輔助的地面觀測資料或飛機上量到的溫濕度值均可很容易地納入求解過程中。
- (4) 同時物理反演法對初始溫濕剖面猜測值較不敏感, 且結果準確度較其他方法為優。

因此, 本研究即以同時物理反演法為基礎, 經威斯康辛大學氣象衛星合作研究機構 (CIMSS, Co-

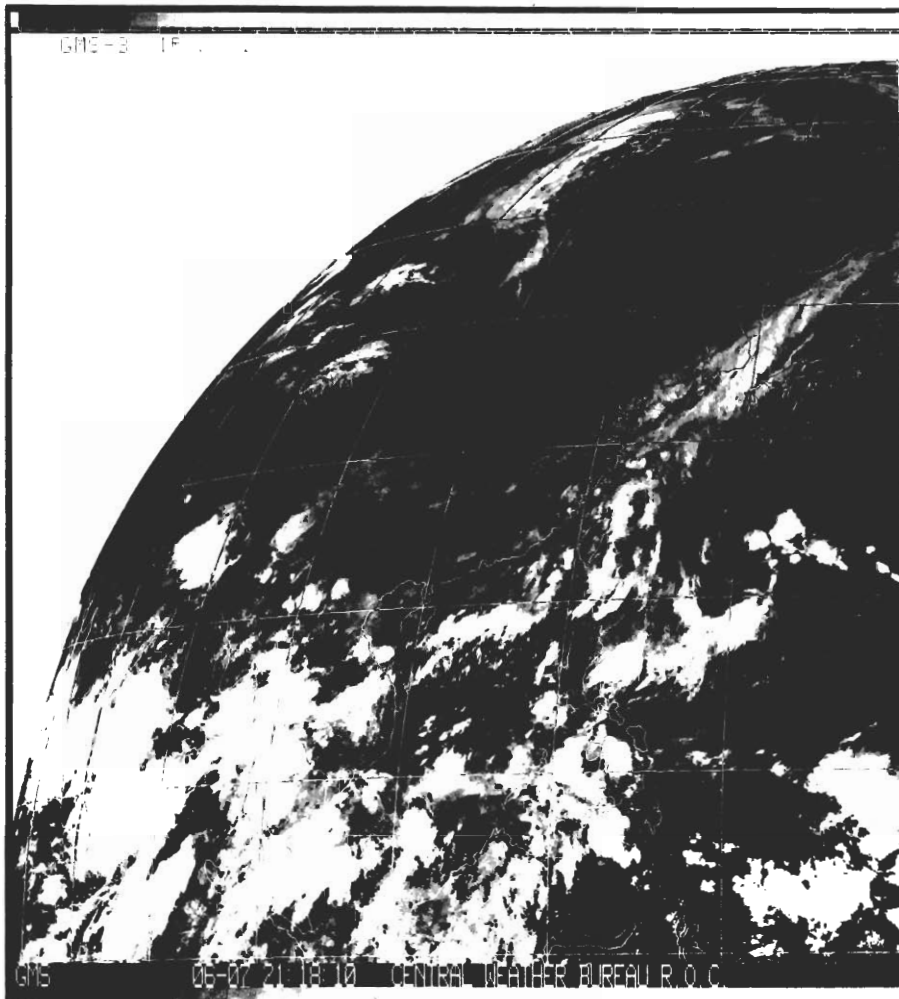


圖1 1987. 6. 7. 12Z GMS紅外線雲圖。(中央氣象局提供)

operative Institute For Meteorological Satellite Studies) 所發展的ITPP(International TOVS Processing Package)程式套為藍本，加上適當的修改，研究修改後的ITPP應用於台灣地區反演探空的適用性，並探討TAMEX期間衛星反演大氣垂直溫濕剖面在與傳統探空相較下的誤差統計特性。本研究所使用的衛星資料為在1987年6月7日12Z NOAA衛星上TOVS所觀測的輻射值，該時間屬於TAMEX密集觀測 IOP 8，當時的GMS同步衛星雲圖如圖1所示。NOAA衛星所掃描的範圍約為北緯20度至40度，東經108度至122度之間，由圖1可明顯看出，該區域幾全為雲雨所籠罩。而由天氣圖上（圖未示）顯示自7日03Z起有3個主要天氣系統存在此區內，即為由浙江向西南延伸至廣西之鋒面雲系，台灣東海面之南北向線狀對流雲系及伴隨琉球東南方海面冷心低壓之對流雲系。由每小時GMS衛星雲圖顯示7日03Z至18Z間，在研究區域內有強烈對流雲存在，甚至發展成meso- $\alpha$ 中尺度對流系統（吳與陳；1987）。本研究即針對此特殊天氣現象，探討衛星反演的結果及其誤差統計分析並比較其與一般天氣現象反演結果的異同。

## 二、同時物理反演法

在雲區的輻射傳遞方程如下式所示

$$I = \int_0^{P_{cld}} \tau dB + (1 - N\epsilon) \int_{P_{cld}}^{P_s} \tau dB + B(0) \quad (1)$$

其中I是衛星輻射計收到的輻射強度，N是雲量， $\epsilon$ 是雲的放射率， $\tau$ 是大氣穿透率，B是蒲朗克函數， $P_s$ 及 $P_{cld}$ 分別是地表及雲頂的氣壓， $B(0)$ 是衛星高度處的輻射強度。

若我們重新定義大氣穿透率如下：

$$\begin{aligned} \tau^* &= \tau & P < P_{cld} \\ &= (1 - N\epsilon)\tau & P \geq P_{cld} \end{aligned}$$

則(1)式可改寫為：

$$I = \int_0^{P_s} \tau^* dB + B(0) \quad (2)$$

(2)式之形式與晴空區之輻射傳遞方程完全一致，只不過其大氣穿透率已經過雲效應的修正，因此我們亦可將此式利用“同時物理反演法”來求取大氣垂直溫濕剖面，即我們可以下式來表示：

$$\begin{aligned} \delta T_b &= \int_0^{P_s} \delta U \left[ \frac{\partial T}{\partial P} \frac{\partial \tau^*(U)}{\partial U} \frac{\partial B(T)}{\partial T} / \frac{\partial B(T_b)}{\partial T_b} \right] dP \\ &\quad - \int_0^{P_s} \delta T \left[ \frac{\partial \tau^*(U)}{\partial P} \frac{\partial B(T)}{\partial T} / \frac{\partial B(T_b)}{\partial T_b} \right] dP \\ &\quad + \delta T_s \frac{\partial B(T_s) / \partial T}{\partial B(T_b) / \partial T_b} \tau_s^* \end{aligned} \quad (3)$$

其中 $T_b$ 是亮度溫度， $U$ 是可降水量， $\delta$ 值代表實際剖面與某一已知參考剖面之差值。為了求取(3)式中之 $\delta U$ ， $\delta T$ 和 $\delta T_s$ ，我們可選取任意的氣壓函數 $\phi(P)$ 使得

$$\delta q(P) = g \sum_{i=1}^L C_i q_0(P) \phi_i(P) \quad (4)$$

$$\delta T(P) = - \sum_{i=L+1}^K C_i \phi_i(P) \quad (5)$$

其中 $L$ 為描述水汽剖面的基本函數之個數， $(K-L)$ 則為描述溫度剖面基本函數之個數， $g$ 為重力加速度，而 $q(P)$ 則為水汽之混合比剖面。下標0代表已知之參考剖面值。(4)式乃是由氣體方程式和靜水方程式得來，因此

$$\delta U(P) = \sum_{i=1}^L C_i \int_0^P q_0(P) \phi_i(P) dP \quad (6)$$

設若令 $C_0 = \delta T_s$ ，且

$$A_{0,j} = \frac{\partial B(T_s) / \partial T}{\partial B(T_b) / \partial T_b} \tau_s^*$$

而在 $1 \leq i \leq L$ 時，

$$A_{i,j} = \int_0^{P_s} \left[ \int_0^P q_0(P) \phi_i(P) dP \right] \frac{\partial T}{\partial P} \frac{\partial \tau^*(U)}{\partial U} \frac{\partial B(T)}{\partial T} / \frac{\partial B(T_b)}{\partial T_b} dP$$

在 $L < i \leq K$ 時，

$$A_{i,j} = \int_0^{P_s} \phi_i(P) \frac{\partial \tau^*(U)}{\partial P} \frac{\partial B(T)}{\partial T} / \frac{\partial B(T_b)}{\partial T_b} dP$$

其中 $j$ 代表所使用的頻道，則(3)式可改寫為：

$$\delta T_{b,j} = \sum_{i=0}^K C_i A_{i,j} \quad (7)$$

若以矩陣方式表示，則(7)式可改寫為：

$$\delta \vec{T}_b = A \vec{C} \quad (8)$$

因此，以最小平方法即可求解得：

$$\vec{C} = (A^T A^{-1}) A^T \delta \vec{T}_b \quad (9)$$

其中 $A$ 可由已知之參考剖面值求得， $\delta T_b$ 為衛星觀測得之各遙測頻道亮度溫度與其由已知參考剖面求得之亮度溫度之差值。

在每一個 $C_i$ 值求得以後，將其代入(5)和(6)式，則 $\delta T_s$ ， $\delta U(P)$ 和 $\delta T(P)$ 即可求得。再將此 $\delta$ 值加回已知各參考剖面值，則實際的地表溫度和垂直溫溼剖面即可求得。

### 三、資料收集與處理

#### (1)資料收集

為配合衛星反演值與探空值比較起見，選擇資料時必須在時間和空間上配置得當。因此所選用的個案資料中，衛星和探空觀測時間相差均在一小時之內，且衛星反演單元( $3 \times 3$  FOV)之中心位置和探空測站的地理位置相差亦均在經緯度各一度之內。本研究共收集了TAMEX期間內 NOAA衛星3個含蓋台灣區域之掃描帶的輻射觀測值。另外為了比較TAMEX期間特殊天氣現象和一般天氣現象之反演結果差異，也收集了另外3個不同觀測時間的衛星資料，其觀測時間如表一所示。

測站探空資料的收集，由於無法獲得TAMEX期間東亞地區完整的探空資料，因此只能由台灣本島及其附近海域中船舶探空站及日本印刷天氣圖上尋求。此外，由於通過東南亞附近之衛星掃描帶不見得都含蓋台灣地區，以及中央氣象局接收站在接收衛星資料時只限定收錄80條掃描線，所以在此種種限制下，本研究所收集的3個TAMEX期間的個案，其衛星反演探空單元和探空測站在時間及地點上相匹配的數量即大為減少。結果，TAMEX期間個案A、B和C之成功匹配數分別僅為16、4和1個，這是本

表一 六個個案的觀測時間及衛星反演單元與探空測站匹配個數

個案	衛星及探空觀測時間	匹配個數
A	1987.6. 7. 12Z	16
B	1987.6.25. 00Z	4
C	1987.6.25. 12Z	1
D	1990.5.14. 12Z	48
E	1990.7. 5. 12Z	38
F	1990.7. 7. 00Z	43

研究中，令人感到較不足的地方。相反地，平常時期中個案D、E和F之成功匹配數，則分別有48、38和43個。

#### (2)資料收集處理

測站的探空資料，可因編碼、電訊傳送以及譯碼而造成錯誤，因此使用前必須加以檢定。本研究使用的探空資料皆通過統計檢定、基本檢定及靜水檢定(曾，1987)，沒有通過檢定的探空資料均捨棄不用。

而為了比較衛星反演值及探空值在各等壓面溫度、水汽混合比和重力位高度的型態及其差別，分別將衛星反演值及探空觀測值二種資料，內插到經緯網格點上。內插法乃採用改良型的Barnes客觀分析法，該法除了具備可選擇波長的優點外，另選用 $4\sqrt{K}$ 為最佳影響半徑，其中 $K$ 為決定權重函數形狀的參數。過去研究結果亦顯示此種改良型的Barnes客觀分析法，可得到最好的結果與最佳的計算速率(林和陳；1987)。

至於本研究所使用的衛星輻射觀測資料為NOAA衛星上TOVS儀器中的HIRS/2及MSU二種輻射計所收到的輻射強度。使用這二種輻射觀測值，經由修改過的ITPP可反演出衛星掃描範圍內的任一反演單元的大氣垂直溫溼剖面。反演過程中，可加入一些輔助資料，以修正初始猜測垂直剖面 and 做為反演方法之強制約束條件。本研究則加入臨近衛星觀測時刻之地面觀測資料，以修正近地面層的初始猜測剖面，並做為反演垂直溫溼剖面時之已知條件。

### 四、結果分析與討論

由於衛星反演的結果與反演使用的頻道數目多寡，初始猜測垂直剖面，反演地區地形高度，以及反演區雲量等因素均有著密切的關係。因此本研究便從這幾方面來分析並加以探討結果的好壞。

#### (1)使用不同頻道數目

圖2為使用HIRS及MSU的所有頻道輻射資料加上地面輔助資料，初始猜測垂直剖面使用氣候值法，利用第二節所述的同時物理反演法，反演出經度121.07度，緯度25.74度處的大氣垂直溫溼度剖面，並且取鄰近的探空資料加以比較。圖中SND表測站

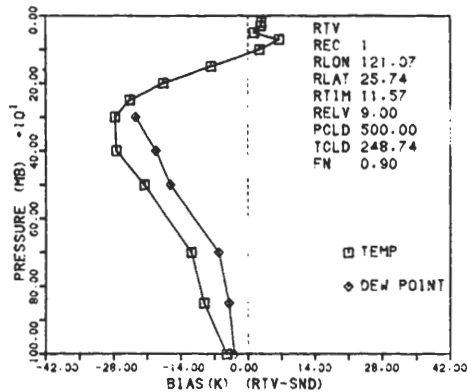
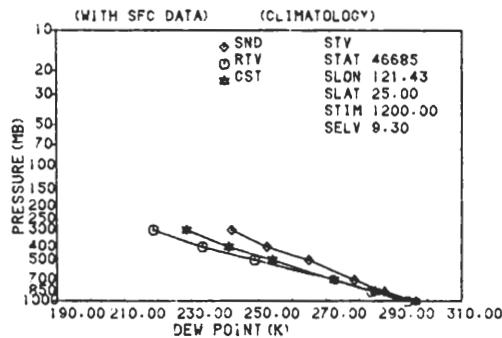
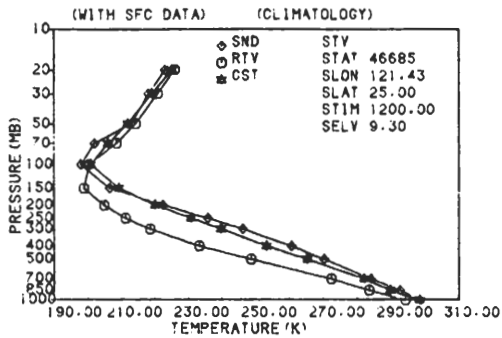


圖2 使用HIRS, MSU頻道輻射資料及地面輔助資料，以氣候初始猜測值反演的結果。由上而下分別為溫度、露點及濕溫度偏差的垂直剖面。

探空值, RTV表衛星反演值, GST表初始猜測值。STAT, SELV, SLON, SLAT及 STIM分別為測站編號、高度、經緯度及觀測時間。RELV, RLOK, RLAT和RTIM分別為反演單元的高度、經緯度及衛星掃描時間；PCLD及TCLD則是雲頂氣壓及溫度。圖3與圖2相同，但為只使用HIRS頻道資料而去除MSU資料。比較圖2與圖3發現只要加入MSU頻道的資料，反演結果就相當地差，反演的溫濕剖面值比測站的探空值低了很多，而且從低層到高層都具一致性。顯然MSU頻道資料不可靠，必須進一步地改正。圖2與圖3只是典型代表值，研究發現其他反演單元亦是相同的結果。

(2)使用不同的初始猜測剖面

圖4與圖3使用相同的資料，但為使用迴歸初始猜測值。比較這二圖發現使用迴歸初始值反演的結果相當不理想，從200mb至1000mb反演的溫、濕度皆一致性地比測站探空值低得多，尤其在雲層所在的附近層相差更鉅。顯然迴歸初始值不適用於多雲的台灣地區，而只能適用氣候初始值。

Smith (1984)認為使用同時物理反演法，可免除反演結果對初始猜測值過度地依賴；但由以上的結果看出，初始猜測值對反演的結果仍然影響甚鉅。所以同時物理反演法應該只是在初始猜測值和反演地區平均的大氣垂直剖面值相近的情形下，才能對初始猜值不敏感。模式中迴歸法的初始猜值可能和台灣地區平均垂直剖面值相差太遠，以至於無法使用在台灣地區。

(3)反演地區地形高度的影響

圖5和圖6分別代表不同地形高度的反演結果，圖5中測站高度值為115公尺，而反演單元的高度為34公尺，相差了81公尺；圖6中測站高度為3公尺，這是TAMEX期間船舶RCJH探空站所在之高度，而反演單元的高度也是3公尺。比較圖5和圖6可看出圖6的偏差值比圖5小，這說明了反演結果仍受地形高度準確度的影響很大，尤其在台灣地區，地形高度變化急遽，地形高度的準確度對反演結果更是鉅大。

(4)不同雲量區反演結果之比較

由於紅外頻道的不透雲性，所以視場中雲的存

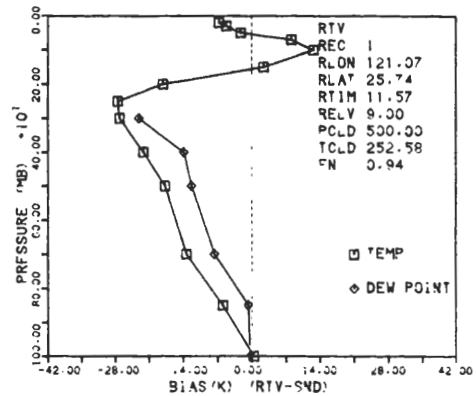
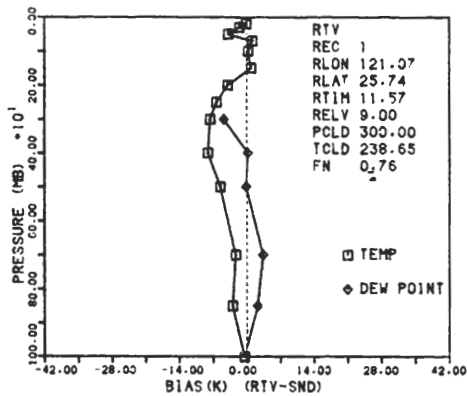
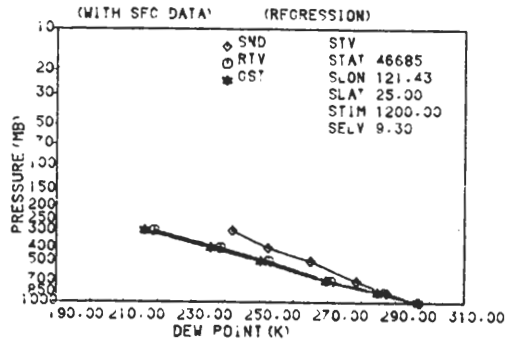
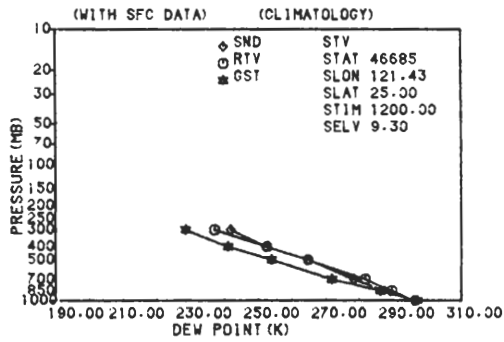
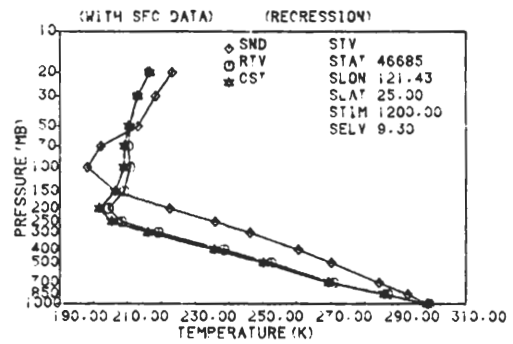
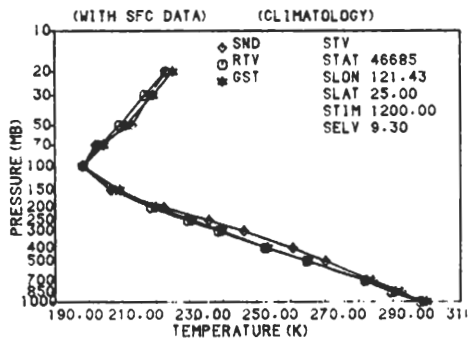


圖3 同圖2，但只使用HIRS頻道資料及地面輔助資料。

圖4 同圖2，但為使用迴歸初始猜測值。

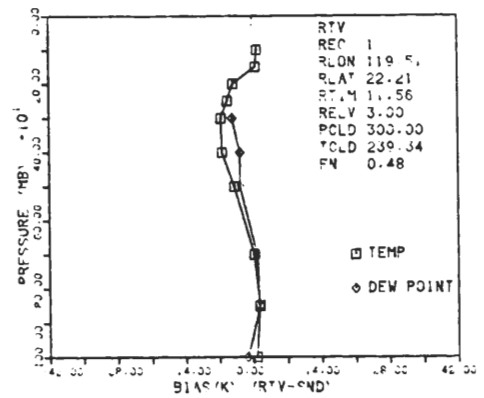
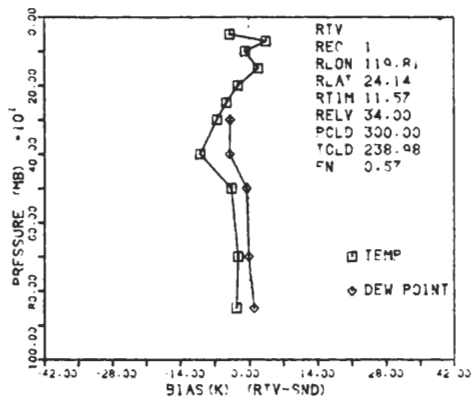
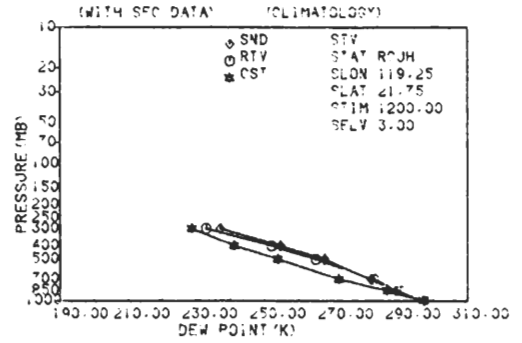
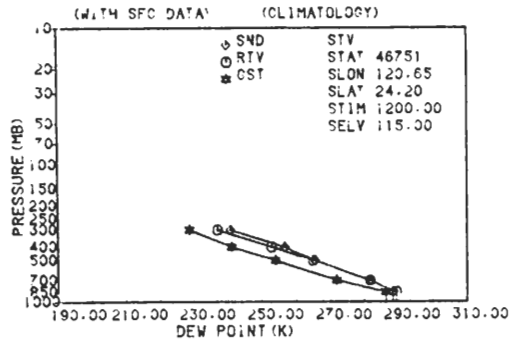
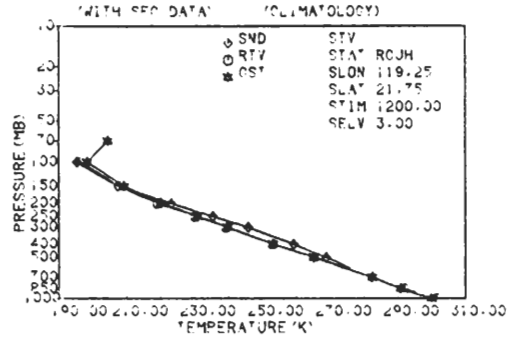
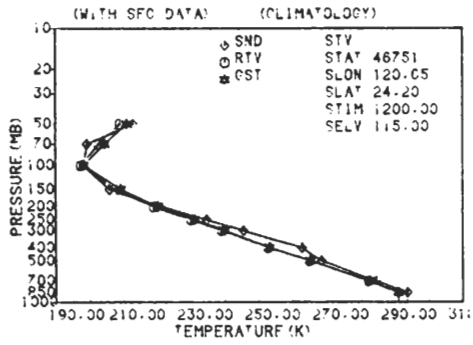


圖5 同圖3，但代表地形高度偏差較大的反演地區。

圖6 同圖3，但代表地形高度偏差較小的反演地區。

在，將使得在雲下有最大權重函數的頻道無法使用，而反演頻道的減少究竟會對反演的結果產生怎樣的影響呢？本研究在探討此問題時，初步僅將反演區依雲量百分比的多寡分成三類，A類為 $< 20\%$ ，B類為 $20\% - 50\%$ ，C類為 $50\% - 100\%$ 。圖7為個案A探空測站及衛星反演單元的地理位置分佈圖，圖8是反演區域上的雲量分佈圖，圖中之數字代表以十分量表示之雲量值。圖9(a)–(c)分別為雲量A類之溫度、水汽混合比及重力位高度各氣壓層之垂直均方根差異圖，圖10, 11, 12同圖9但分別為雲量B, C類及不分類的結果。本研究在此所得之結果，一般均與柳(1988)之結果相當，惟因本研究具有地面輔助資料，因此近地面各層之結果有極為明顯之改善。圖中將露點溫度改用水汽混合比表示，乃是因為水汽含量隨時間、空間有很大的差異性，而露點溫度對水汽量的變化相當敏感，所以改用水汽混合比表示較具代表性。

比較溫度在各氣壓層的均方根差異，A, B類雲量反演區並無多大差別，但C類反演區結果最差；在水汽混合比方面，A, B類相差不太大，但C類反演區結果卻反而是最好，剛好和溫度結果相反；至於在重力位高度方面，三類在300mb以下相差不多，但C類在300mb以上結果最差，由以上的分析，將反演區依雲量的差異，劃分成三類，並沒有原先預期的隨反演區雲量的增加而反演結果隨之變差，原因則可能為各類之統計個數太少所致。

在溫度等值線分佈型態方面，探空與衛星反演值大致相同（見圖13(a)和(b)），亦即衛星反演區域的溫度場分佈在各等壓面能掌握住和廣大探空站觀測值相同的型態，但事實上由於各探空測站在操作上、儀器上和時間上的差異，其所組成的溫度型態可能並非真正的型態，反觀衛星反演值由於使用相同觀測儀器和幾乎同一時間的掃描輻射值，所以其溫度場型態較具真實性。圖14(a)是1000mb之反演水汽混合比等值線圖，圖14(b)為探空觀測值。水汽的分析結果和溫度情形相當，例如探空觀測中水汽混合比密集的鋒面雲雨帶在衛星反演中都能掌握得住。不過，在850mb和700mb層則會有較大的差異。

#### (5)一般時期與TAMEX時期反演結果之比較

為了解TAMEX期間反演單元區是否有其獨特的統計特徵，因此挑選三個一般天氣現象的個案，

\* RTV X SND 87.6.7.12Z

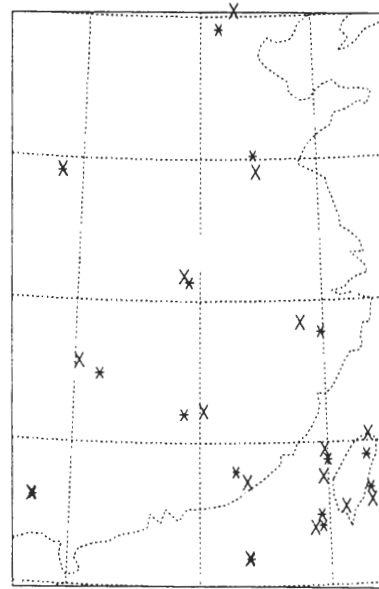


圖7 個案A探空測站及衛星反演單元相匹配的地理位置分佈。

CLOUD AMOUNT 1987.06.07.12Z

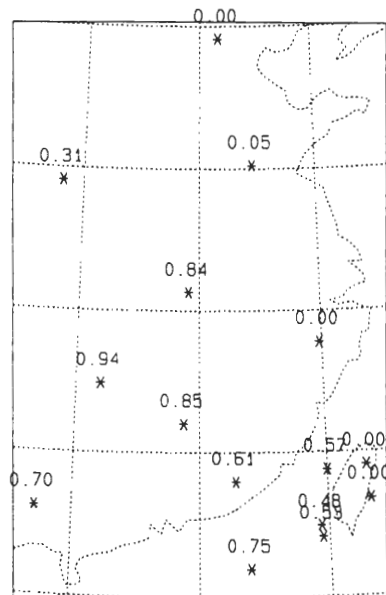


圖8 同圖7，但為衛星反演單元的雲量分佈，雲量以十分量表示。



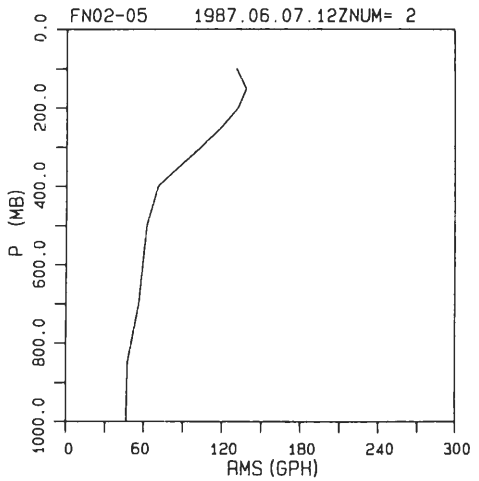
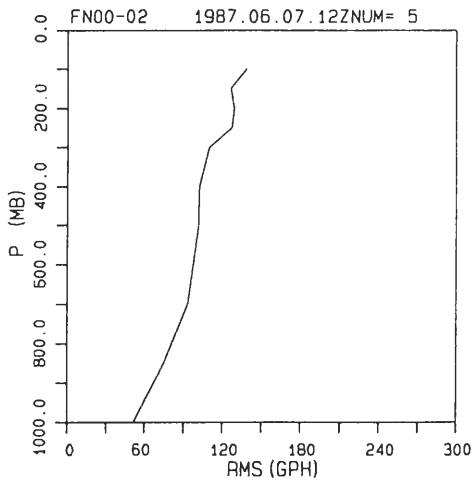
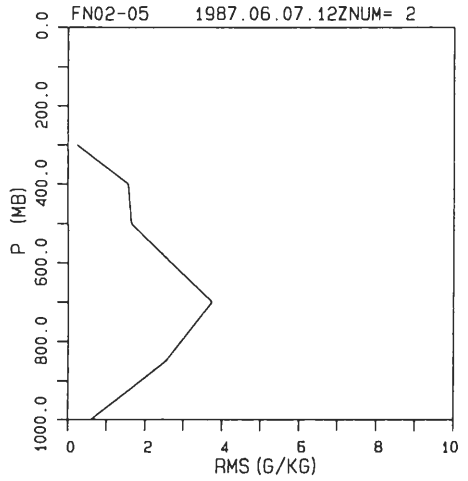
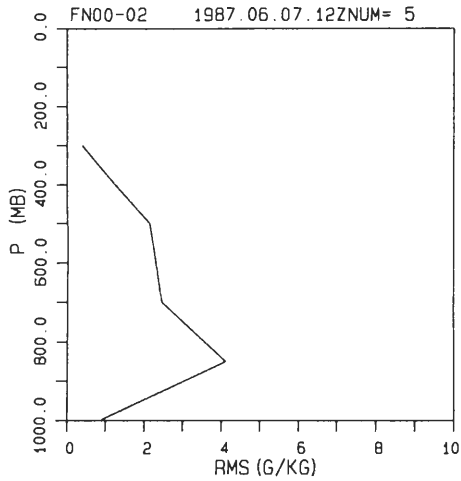
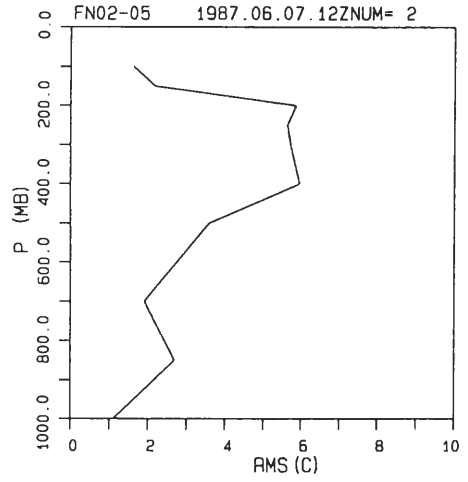
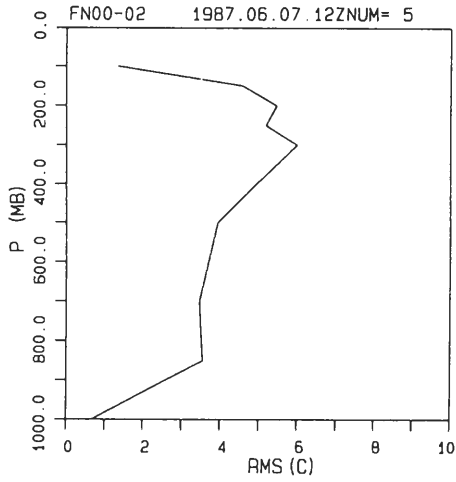


圖9 個案A，雲量<20%的各氣壓層之均方根差異，由上而下分別為溫度，水汽混合比及重力位高度值。

圖10 同圖9，但雲量為20%—50%。

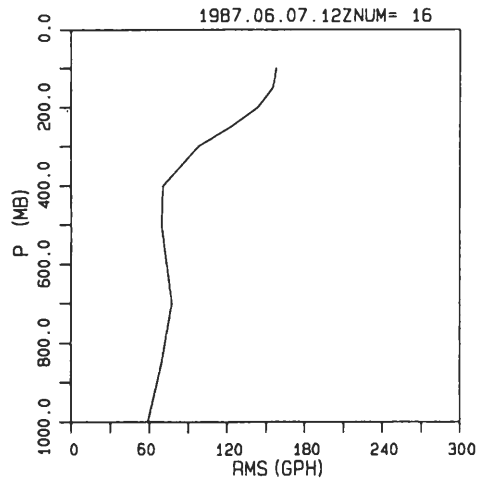
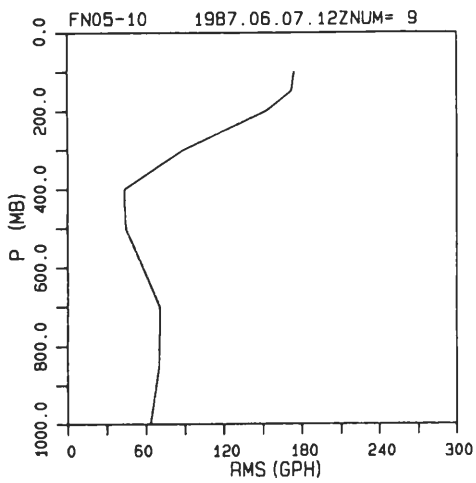
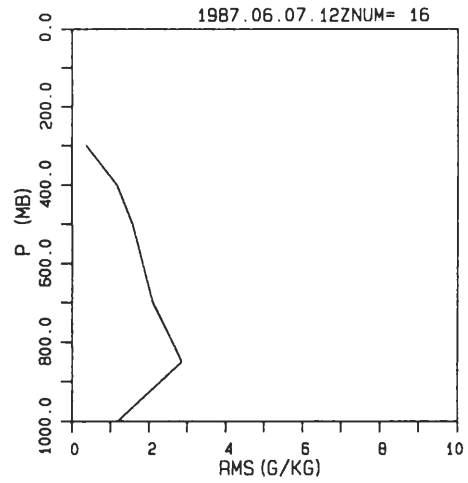
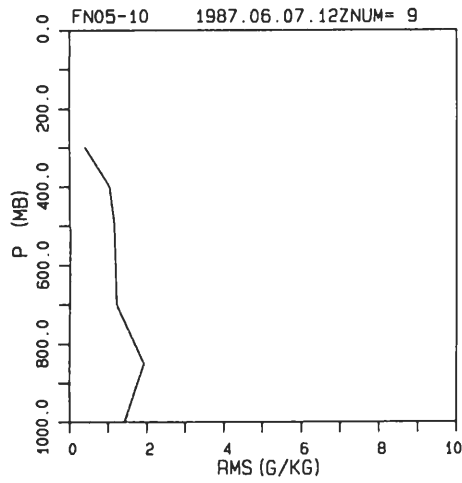
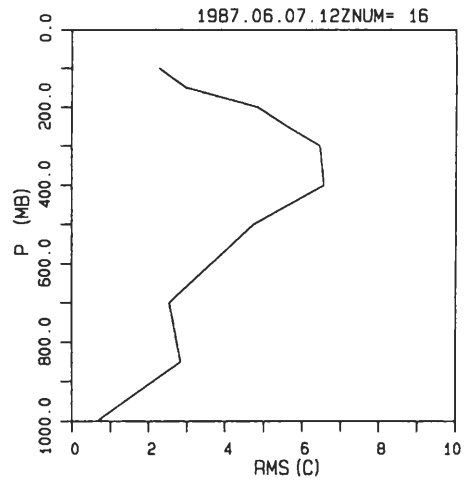
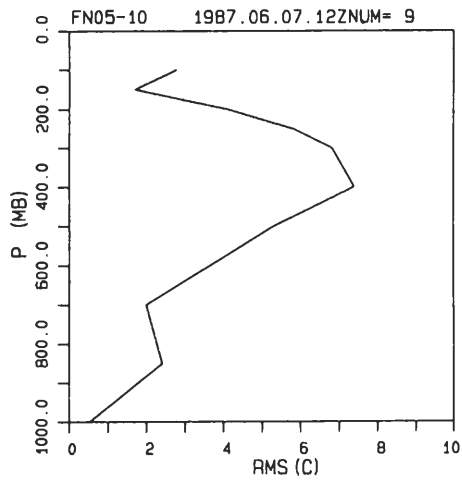


圖 11 同圖 9，但雲量為 50%—100%。

圖 12 同圖 9，但為雲量不分類。

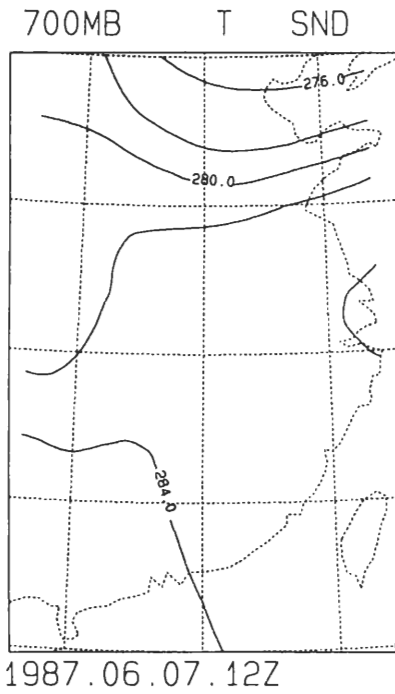


圖 13a 個案A，衛星反演的700mb溫度等值線。

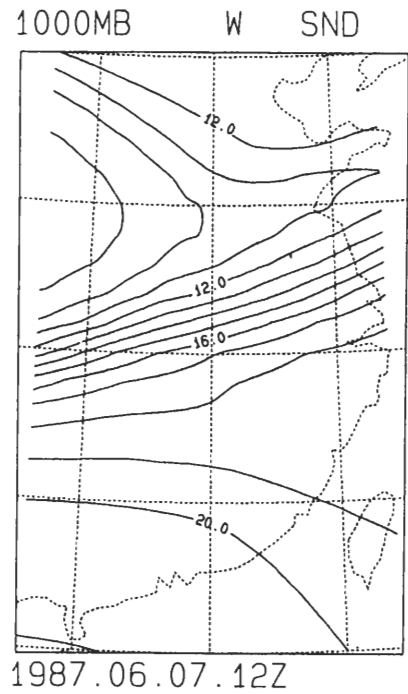


圖 14a 個案A，衛星反演的1000mb水汽混合比等值線圖。

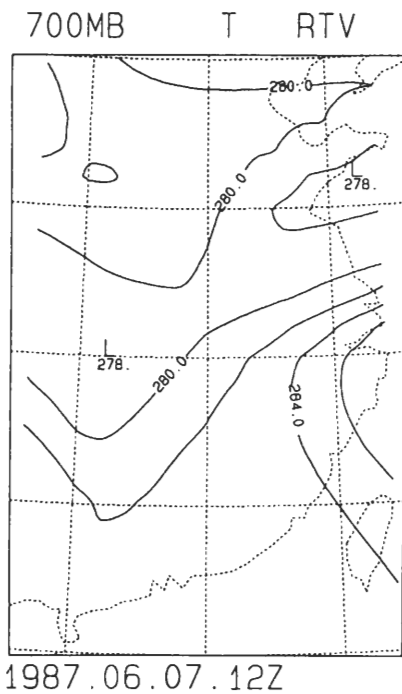


圖 13b 個案A，探空觀測的700mb溫度等值線。

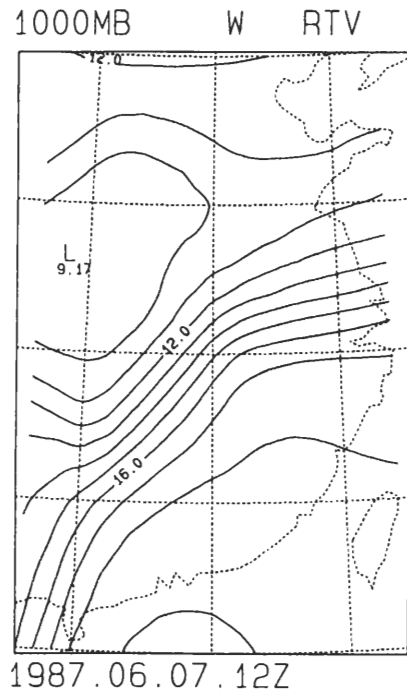


圖 14b 個案A，探空觀測的1000mb水汽混合比等值線圖。

加以分析，以便比較之用。圖15-18為個案D依反演單元雲量分類的各氣壓層之均方根差異，此個案中，溫度及重力位高度的均方根差異有隨雲量增多而變大的趨勢，且相當一致，唯水汽混合比方面沒什麼變化。個案E和F之結果大致和個案D相同，而圖19-22為綜合以上三個個案的結果，由圖上可以看出在一般時期，溫度及重力位高度隨反演區雲量的增多而各氣壓層之均方根差異變大，但水汽混合比方面卻無明顯的關係，原因可能是水汽含量隨時空的分佈變化迅速，較難掌握，且衛星遙測水汽之最佳頻道組合仍未有一致定論所致。

概括而論，個案D, E和F三個一般時期和個案A TAMEX時期之反演結果比較之下，溫度、重力位高度都有隨雲量增多而均方根差異變大的一致趨勢，然水汽混合比則無脈絡可循。但以不分類而言，TAMEX期間之個案A在溫度及重力位高度的各氣壓層均方根差異比較上都較一般天氣現象的個案來得差，顯見反演單元的精確度和天氣狀況有顯著的關連，但水汽混合比卻相差不多。

傳統的探空觀測與衛星觀測在基本上有些差異，對傳統的探空而言，整個觀測時間約90分鐘，垂直解析度高，而水平解析度差，所得的資料是由不同感測器觀測而來的，而感測之參數值為氣球路徑上之定點觀測值，取樣的時間間距為12小時，測站平均百公里以上才有一個。對衛星觀測而言，觀測時間很短，（如台灣地區，只要1分鐘）水平解析度高，但垂直解析度差，所有的觀測資料是由相同感測器觀測到的，而感測之參數值為觀測視場內之氣柱平均，取樣的時間間距為6小時。了解了彼此觀測的差異，就可知道利用衛星輻射資料反演大氣垂直溫濕剖面與傳統探空垂直溫濕剖面產生差異，自然是無可避免的事情，更何況還有反演法本身以及反演探空單元和探空測站觀測上時、空的差異等問題存在。所以以傳統探空觀測值做為評估衛星反演值的優劣，事實上不是很合適，充其量只能做為比較的參考對象。而理論上衛星反演值結果的最重要貢獻，應該是分析出廣大地區天氣型態變化的走勢，尤其是無探空觀測的地區，如海洋、沙漠等，衛星反演更是目前最佳的選擇。另外衛星反演的大氣垂直溫濕剖面也可以提供數值天氣預報使用，做為大氣垂直剖面的初始場。

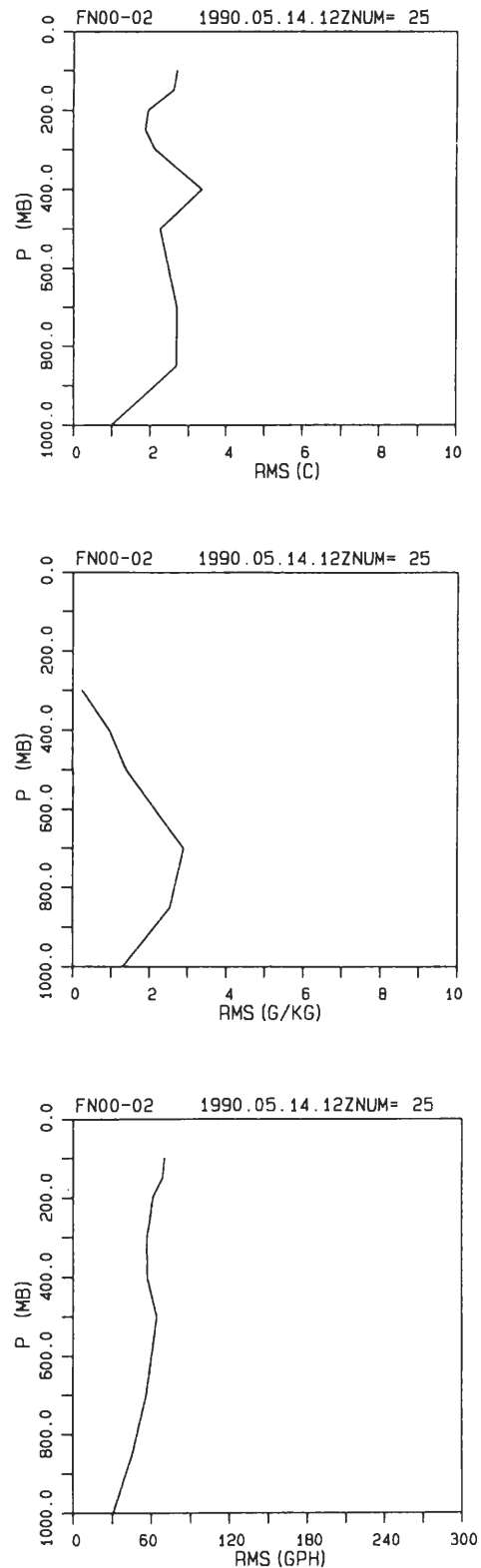


圖 15 同圖 9，但為個案 D。

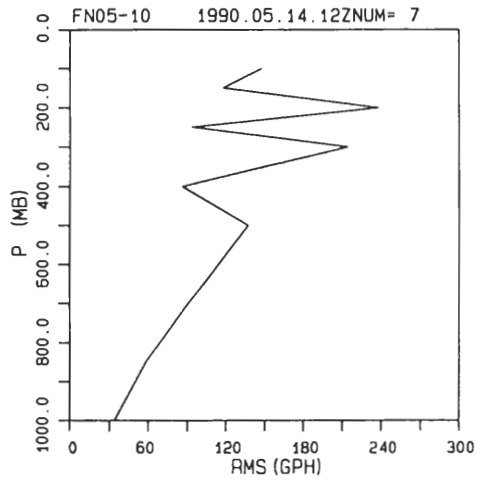
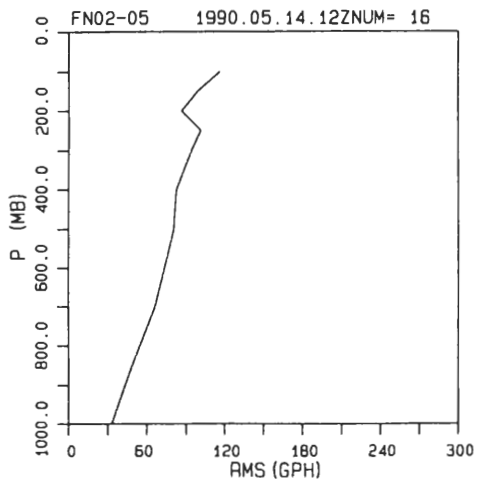
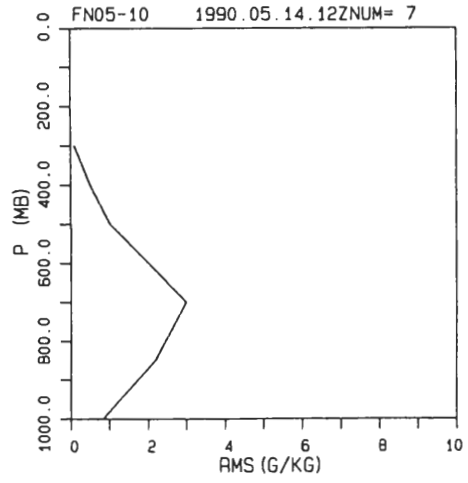
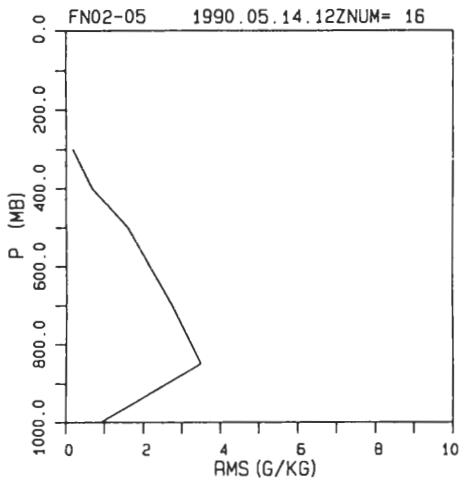
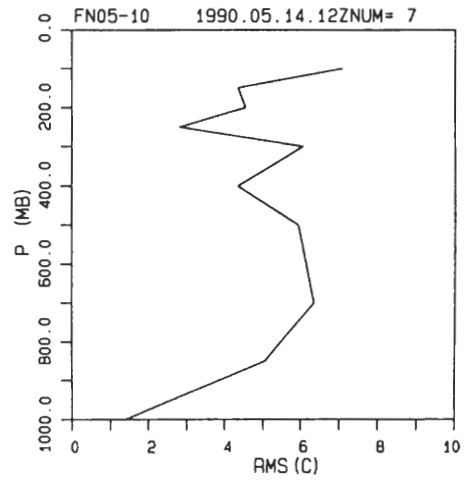
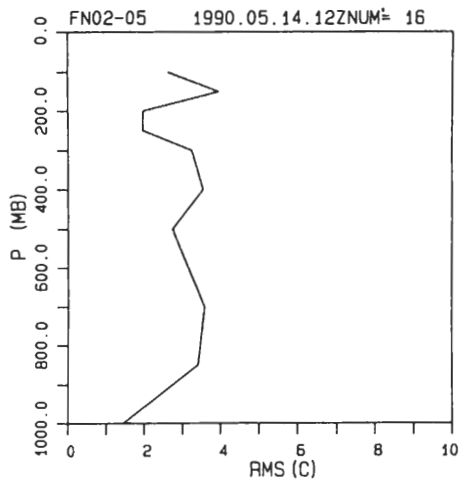


圖16 同圖10，但為個案D。

圖17 同圖11，但為個案D。

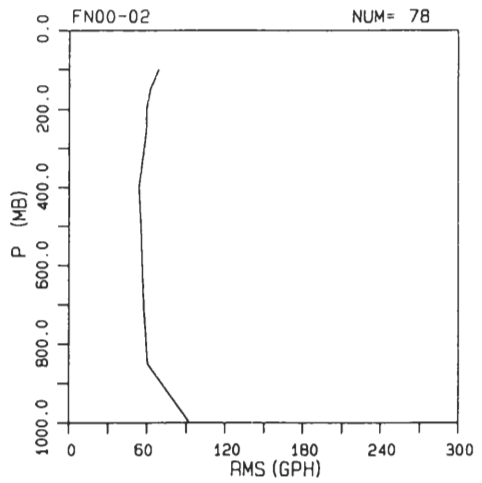
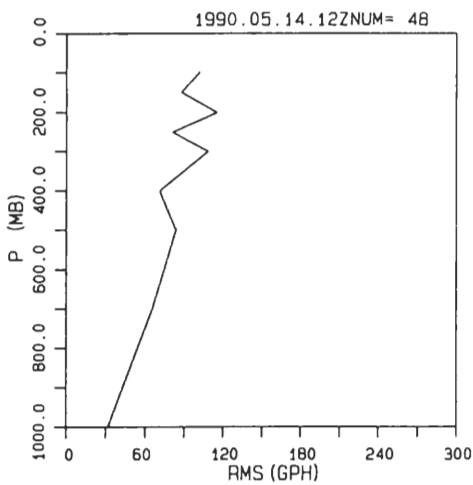
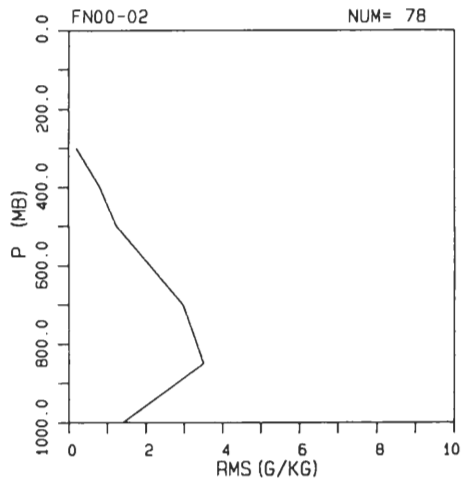
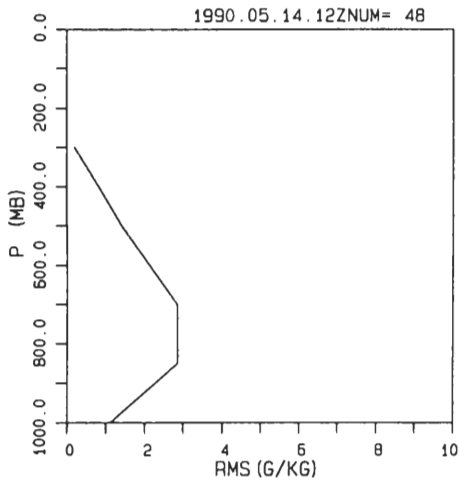
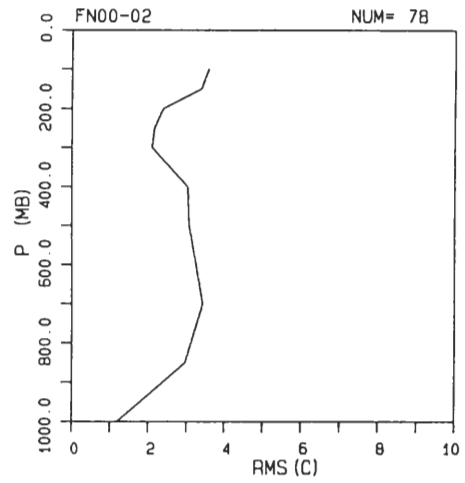
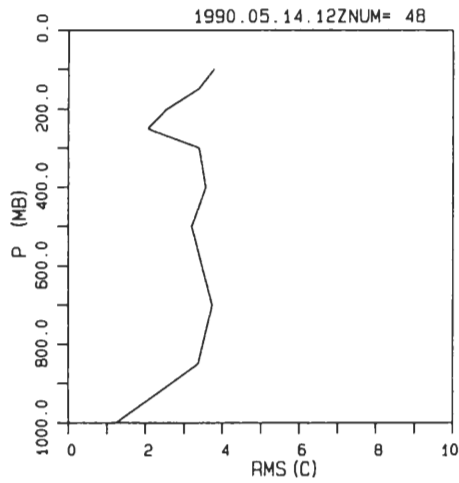


圖 18 同圖 12，但為個案 D。

圖 19 個案 D-F 合成，雲量 < 20% 的各氣壓層之均方根差異，由左而右分別為溫度，水汽混合比及重力位高度值。

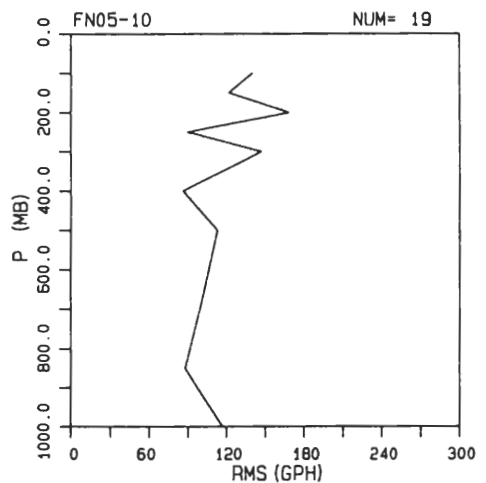
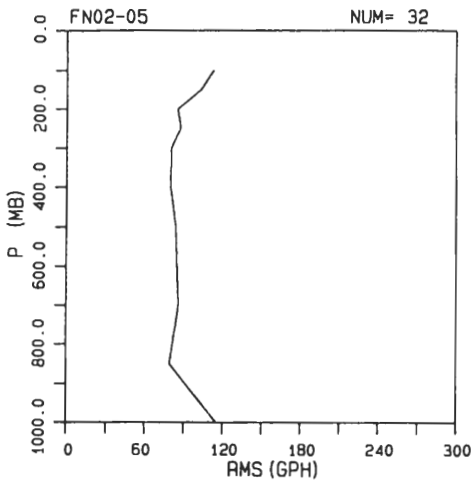
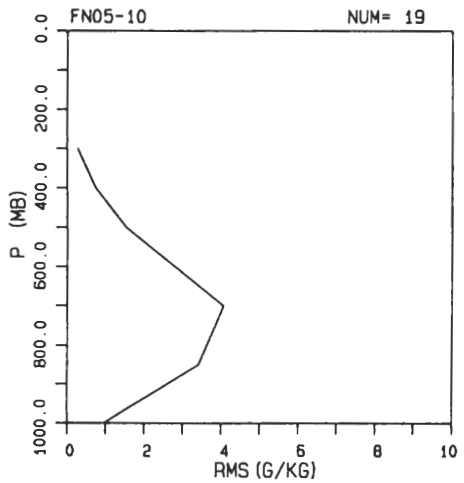
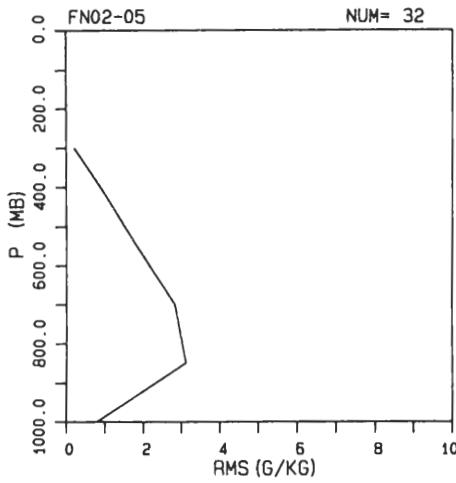
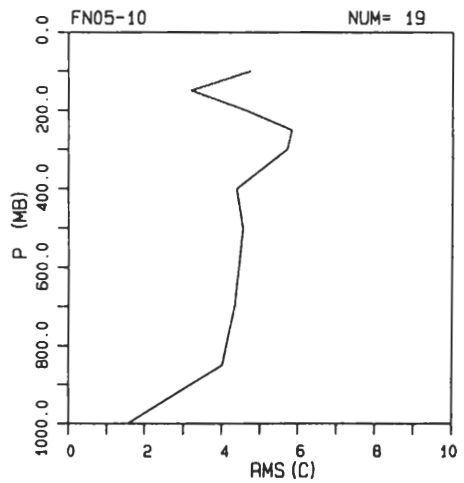
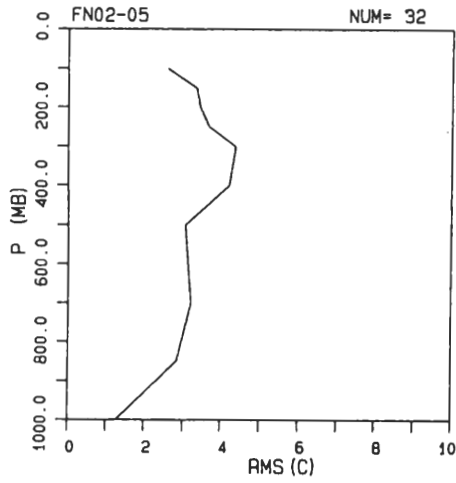


圖20 同圖19，但為雲量20%—50%。

圖21 同圖19，但為雲量50%—100%。

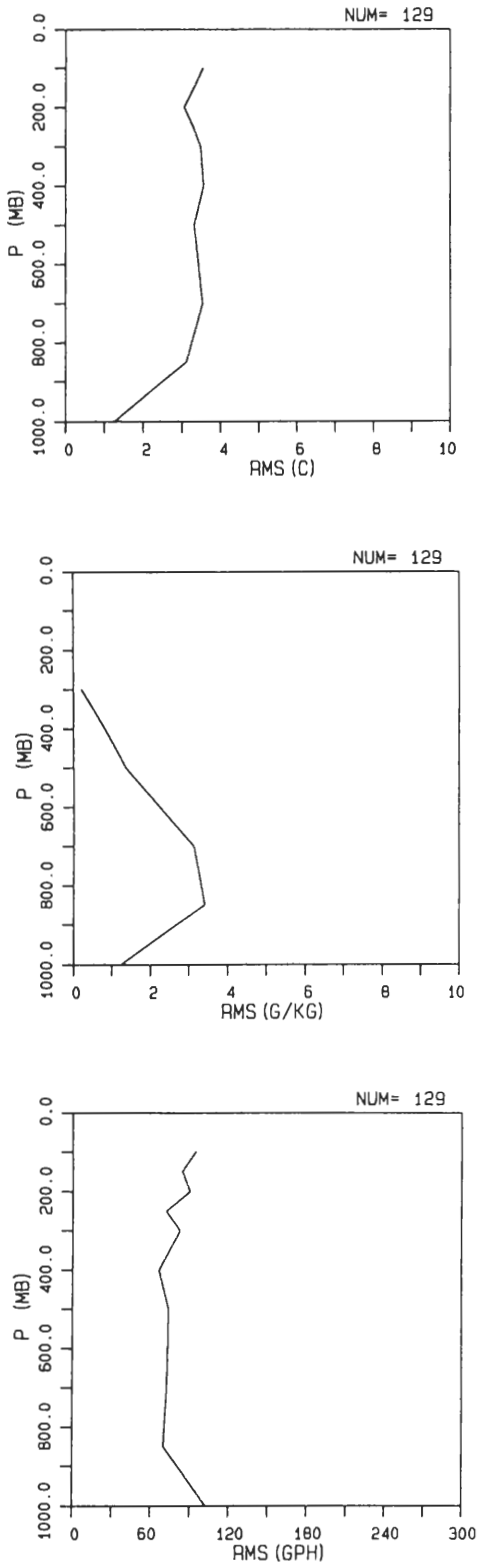


圖 22 同圖 19，但為不分雲量。

## 五、結論與建議

同時物理反演法，根據測試結果 (Smith et al., 1984; Smith et al., 1985; Liu, 1986) 同時使用 HIRS/2 及 MSU 頻道會得到較佳的結果，尤其對雲區的反演，MSU 微波頻道可直接穿透雲層，更是反演過程中不可或缺的利器。但是，以台灣地區實際收到的衛星微波輻射值應用在反演中卻產生相反的結果，而且不論是晴空或雲雨區的反演都是同樣的結果。這和劉 (1990) 的研究結果有相同的現象。推究其原因，可能是台灣地區 MSU 頻道輻射資料由數位灰度值轉換成輻射強度時，轉換係數出了問題。因為對 MSU 頻道資料而言，進入微波輻射計的輻射強度和由微波輻射計讀出的計數 (count)，其彼此間的關係並非線性。但由於衛星飛行中，只能做輻射強度和計數間的線性轉換校正，所以一般均設法先對微波輻射計讀出的計數做非線性校正。而在每一顆新衛星升空之前，NESS (National Environmental Satellite Service) 即針對每一種輻射計 (包括微波輻射計) 進行輻射校正，而由於微波輻射計計數之非線性校正的係數隨著衛星的更新而有明顯的不同，所以必須加以更新，否則將可能產生重大的錯誤。根據以往處理 TOVS 資料的經驗和探詢，發現中央氣象局在所接收衛星資料的處理過程中對頻道的頻道校正係數 (band correction coefficient) 並沒有隨著衛星的更新而更新，這將影響到頻道輻射值和頻道亮度溫度轉換的正確性，尤其對需做非線性校正的 MSU 頻道更是影響巨大。因此 Smith 等人同時使用 HIRS 及 MSU 資料，可得到較佳的反演結果，而在本區恰好相反，可能的原因之一即是其對所有和各種輻射計有關的係數 (包括微波輻射計非線性校正係數)，都已隨著衛星的更新而更新。

雖然 Smith (1985) 以中緯度的資料測試同時物理反演法，得到反演法的結果對初始猜測垂直剖面並不敏感。但是在本研究中卻發現初始猜測垂直剖面對反演結果好壞卻是一個關鍵性的要素，此點與柳 (1988) 將氣候初始猜測值之代表區域範圍縮小可得較佳之結果，具有一致的結論，可見不同地區有不同的資料特性。模式中所使用的統計多重迴歸係數及氣候平均值和所使用的地區性資料有著密切的關係。雖然本研究發現模式中氣候平均值可適用台灣地區並可當成初始猜測垂直剖面。但根本解決之道



，乃是利用大量台灣地區的探空及衛星資料求取真正適合台灣地區的迴歸係數及氣候平均值。

本研究亦探討了反演區雲量多寡對反演結果的影響，結果為溫度和重力位高度垂直剖面的均方根差異有隨雲量增多而變大的趨勢，這說明了反演中使用的頻道數目與濾雲法對反演結果都有相當的影響；而水汽混合比因隨時空的變異量很大所以較難以掌握，看不出隨雲量變化的關係。

比較TAMEX期間特殊天氣現象地區和一般天氣現象地區反演的結果有著明顯地差異。一般天氣現象，溫度垂直均方根差異皆在3K左右，重力位高度垂直均方根差異在80公尺左右；但是TAMEX的時期則是溫度垂直均方根差異在150-500mb之間高達4-6.5K，其餘各層在3.5K以內；重力位高度在100-300mb之間達100-160公尺，其餘各層在80公尺以內。顯然不同的天氣現象有不同的反演結果，一般的天氣現象比特殊的天氣現象有較好的反演結果。

## 六、誌謝

本研究在研究期間，承蒙中央大學大氣物理所林松錦教授提供客觀分析及繪製等值線等軟體使用，林沛練教授提供TAMEX期間台灣地區探空資料以及中央氣象局氣象衛星中心王光華課長、陳興漢先生在申請衛星資料上幫忙，更感謝太空遙測中心提供VAX-390及PC上的使用以及賴美媛小姐行政上的支援，溫珠美小姐耐心地打字、排版。

## 七、參考文獻

吳宗堯和陳泰然，1987：防災科技研究報告，76-

19號，P43-106。

林松錦和陳雯美，1987：Barnes客觀分析法中影響半徑的選擇。大氣科學，Vol.15, NO.1, 59-68.

柳中明，1988：TOVS/NESDIS分析結果之統計特徵。大氣科學，Vol. 16, NO. 1, 75-94.

曾忠一，1987：氣象與遙測資料的客觀分析。中央研究院物理研究所，台灣台北。

劉振榮，1990：台灣區衛星遙測大氣垂直剖面反演方法之研究。大氣科學，Vol. 18, NO. 1, 1-19.

Smith, W.L., H.E. Revercomb, H.B. Howell, and H.M. Woolf, 1984: "Recent advances in satellite remote sounding. In "IRS'84: Current Problems in Atmospheric Radiation", edited by G. Fiocco, A. Deepark. Publishing, Hampton, Virginia, North America, pp. 388-394.

Smith, W.L., H.M. Woolf, and A.J. Schreiner, 1985: Simultaneous retrieval of surface atmospheric parameters: A physical and analytical direct approach. In "Advances in Remote Sensing Retrieval Methods", edited by A. Deepark, H.E. Fleming, and M.T. Chahine, A. Deepark Publishing, Hampton, Virginia, North America, 221-232.

Liu, G. -R, 1986: The Use of Visible Data for Improving VAS Satellite Soundings. Ph. D. Dissertation, The University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, North America, 122PP.

## Applying Satellite Data to Retrieve Atmospheric Vertical Profiles During TAMEX Period

Gin-Rong Liu      Wann-Jin Chen

Center for Space and Remote Sensing Research  
Institute of Atmospheric Physics  
National Central University

(manuscript received 20 October 1991; in final form 27 May 1992)

### ABSTRACT

The package for retrieving temperature and moisture profiles from TOVS radiance observations developed by CIMSS was modified. The TOVS radiance data observed during TAMEX period were used in the modified package to diagnose the retrieval results. The satellite retrievals in different cloud cover area were compared with radiosonde observations to investigate the statistical characteristics during TAMEX period. In the comparisons, it was found that the microwave sounding unit (MSU) of TOVS could not confirmably used in the retrieval algorithm. And the first guess of the sounding for the algorithm greatly influenced the accuracy of the final results. It is suggested that in order to get reasonable retrieval accuracy, the optimal combination of retrieval channels is just using HIRS channels and the best first guess is the climatological profiles.

It was also found in this study that under any weather condition, the accuracies of retrievals are strongly related with the cloud amounts of the retrieval area. In general, the RMSD of retrieval temperature and geopotential height are about 3 k and 80 m, respectively. But during TAMEX period, the RMSD of temperature and geopotential height are about 4 k and 100 m, respectively. The relatively large RMSD of temperature occurs between 150 mb and 500 mb where 4-6.5 k RMSD were found. The relatively large RMSD of geopotential height occurs between 100 mb and 300 mb where 100-160 m RMSD were found. Therefore, it is evident that the accuracies of retrievals strongly depend on weather conditions.

In this study, the retrieval accuracies of various cloud amount during ordinary time are about 2.5, 3.0, and 4.0 k in the temperature and about 55, 85, and 106 m in the geopotential height for cloud amount < 20%, 20%-50%, and 50%-100%, respectively. It is clearly that the retrieval accuracies decrease with the increase of cloud amounts. Because its variability in time and space, there can not find the correlation between the cloud amount and the retrieval accuracy for water vapor. During TAMEX period, there have the similar conclusions with those during the ordinary time, because the retrieval areas are usually covered by large cloud amount, it is difficult to clearly find out the correlation of cloud amount and the retrieval accuracy.

**Key Words:** Retrieval Method, TAMEX, Satellite Remote Sensing.