

NOAA 衛星反演之個案探討

趙俊傑 簡宏彬

空軍氣象中心

摘要

在廣大之海洋上，氣象觀測站資料稀少，尤其台灣地區四面環海，對於中尺度之天氣分析較為困難，衛星資料提供了很好的解決方式，特別是由 NOAA 衛星上之 AMSU 及 HIRS/3 頻道，可以反演出比過去 MSU 及 HIRS/2 頻道更準確之溫溼度剖面圖，提供天氣分析上無論在空間及時間尺度上更精進之資料。

NOAA 衛星資料反演，首先將 NOAA-15、16、17 原始資料經由 AAPP (ATOVS and AVHRR Processing Package，由歐洲衛星中心發展) 套裝軟體做儀器及地理校正處理後，輸入 IAPP (International ATOVS Processing Package，由美國 Wisconsin 大學發展) 套裝軟體進行反演，所得出之溫溼度剖面與實際探空比較顯示有不錯之估算能力。

本研究將探討今年五、六月份梅雨鋒面及颱風個案分析，目的是希望能利用 NOAA 衛星反演之溫溼度垂直剖面，並藉由各項量場及穩定指數分析，詳細探討梅雨鋒面及颱風外圍之熱力結構，期能對中尺度天氣系統之分析與預報作業有所助益。

關鍵詞：AMSU、HIRS、梅雨、颱風、衛星反演

一、前言：

美國 TIROS (Television and Infrared Observation Satellite) -N 繞極軌道衛星之儀器在 NOAA-15 後有重大變化，微波探空儀由 MSU 提升為 AMSU，其頻道由 5 個增加為 20 個頻道，解析度亦大為增加，AMSU 儀器分為 AMSU-A 及 AMSU-B 兩種，AMSU-A 有 15 個頻道，以 3.3 度之視角 (field-of-view) 交錯掃描 (cross-track)，其星下點 (nadir) 解析度為 48 公里，AMSU-B 有 5 個頻道，以 1.1 度之視角連續交錯掃描，其星下點解析度為 16 公里，AMSU-A 及 AMSU-B 之權重函數如圖一所示，AMSU-A 及 AMSU-B 之頻道特性圖表一及二。AMSU-A 最主要是用於大氣溫度反演，其中三個頻道另可用於對流層之水氣、海面上之降水、海冰覆蓋區及其他地表特性，AMSU-B 主要用於水氣之觀測及陸地或海洋液態降水。由於微波有穿透雲層之特性，故可反演任何天氣系統之溫溼剖面，而不至於如紅外線頻道受雲層之限制。

另一個反演儀器為 HIRS/3，它承襲舊有之 HIRS 儀器，有一個可見光及十九個紅外線共二十個頻道，以 1.3 度之視角交錯掃描，星下點解析度為 18.9 公里，

圖二顯示 HIRS/3 之權重函數，表三顯示 HIRS/3 各頻道特性，HIRS/3 之第二十頻道為可見光頻道。從圖二可以看出權重函數之位置皆在對流層中，故可和 AMSU 一起反演大氣 40 公里內之垂直溫度及溼度剖面。

NOAA 之資料來源為空軍氣象中心，目前可以接收 NOAA-15、16 及 17 之衛星，NOAA 原始資料接收後經 AAPP V3.6 版軟體轉換成 Level-1D 之格式，轉換過程經過地理校正及儀器校正，並將 AMSU-A 及 AMSU-B 之資料內插至 HIRS/3 之網格點，以利於後續反演之位置能一致。

溫度及溼度垂直剖面反演之方法有很多，統計法有用類神經網路 (Shi 2001)，及線性回歸法 (Goldberg 1999) 等，皆只使用 AMSU-A 之資料，物理法有 IAPP 反演軟體 (Li 2000)，或一維變分法 (Chou 2000)，及歐洲衛星中心 (EUMESAT) 發展之 ICI (Inversion Coupled with Image) 反演軟體。本研究使用 IAPP 軟體，它是由舊有 IMPP 版本之提升，加入 AMSU 之頻道反演。IAPP 之反演需要初始場之加入，本次研究並未加入預報模式輸出、地面觀測或探空資料作為初始場，而選用 IAPP 所提供 NOAA88 之統計資料，主要的目

的是能快速運算並檢驗其統計資料。

雖說 AMSU 可反演任何天氣系統之溫溼剖面，但對於降水地區之溫溼反演仍無法達成，故需對於 AMSU 視場之降水及 HIRS/3 視場之雲遮加以判斷，AMSU 視場之降水判斷是用 Grody 的方法 (Grody 1999)，HIRS/3 視場之雲遮判斷是用 Li 之方法 (Li 2000)，若 AMSU 視場判斷有降水，則此視場不能用來反演，若 HIRS/3 視場判斷為雲遮而 AMSU 視場判斷無降水，則只利用權重函數在平流層之 HIRS/3 頻道反演。因為 IAPP 使用 3×3 HIRS/3 視場觀測得到一個反演剖面，故有九個視場之平均晴空 HIRS/3 值及平均 AMSU-A 之亮度溫度帶入回歸式中，各可除去有降水區域之影響。IAPP 之物理反演式是將初始場帶入輻射傳遞方程式中，利用非線性疊代 (iterative) 方法得到更趨於準確之資料。地表微波頻道放射率之初始場則是用 AMSU-A 之 50.3GHz 窗區頻道亮度溫度值取得。

二、驗證：

為驗證 IAPP 反演後之溫溼剖面之結果，本研究將反演後之溫度與溼度剖面與鄰近之探空資料做比較，所用之探空資料有板橋 (46692)、花蓮 (46699) 及馬公 (46734) 等探空測站，選取之條件有二：(一)、距離需相近經緯度一度之內，(二)、時間需相近一個半小時之內。2003 年 4 月 13 日 00Z 之板橋探空與 IAPP 反演之比較如圖三，一個月之 136 個探空之溫度和露點溫度與反演結果相比較之平均如圖四，其溫度之均方根誤差 (RMSE) 值為 3.84，與國外之研究比較，其值偏大，最主要的差異在於降水區域之差異，圖四為 2003 年 5 月 15 日 1432UTC 之 GMS-5 紅外線雲圖，在青康藏高原東南側有一對流發展，而圖五中此對流區反演之 850hpa 溫度較周圍溫度為低，顯示受降雨影響，其區域無法反演而用初始值取代所造成。露點溫度之均方根誤差為 5.26，此誤差值較國外之研究為大，但相差不遠。

反演 850hpa 溫度與當時模式之 850hpa 客觀分析溫度場 (如圖六) 比較，可以看出在海面之反演與預報模式之客觀分析大致相符，但在陸地上則有相不一致，在高山區域及氣團交界處 (即高溼度區) 之反演則有較大之差異。

三、個案分析：

(1) 五月十六日之個案探討：

2003 年 5 月 16 日滯留鋒面位於日本經台灣北部外海至青康藏高原東南側，從圖七可以看出在風場輻合區在日本及青康藏高原東南側，此區域之南來氣流相當強，帶來水氣及暖空氣，圖八及圖十為同年 5 月 16 日 0123 及 0601 時 UTC 之 850hpa 溫度反演，可以看出溫度在日本南方之溫度較日本為高，日本北方外海之溫度則較低，這亦是冷空氣之來源，可與南方比相差約 10 度，而鋒面位置就在其交接處。圖九為同日 0423 時之 850hpa 反演，明顯本區最大溫度為南海，並向北擴及大陸廣東至青康藏高原東南側，而鋒面介面就在其邊緣處，與北方冷空氣相差亦有 12 度，其中青康藏高原東南側溫度之溫度與圖七相比要約 2 度，圖十一 (同日 12 時 UTC) 此處之溫度確實影明顯增加，後續之變化就如圖十二所示，在青康藏高原東南側及台灣海峽有類似中尺度對流系統 (MCC) 之強烈對流。

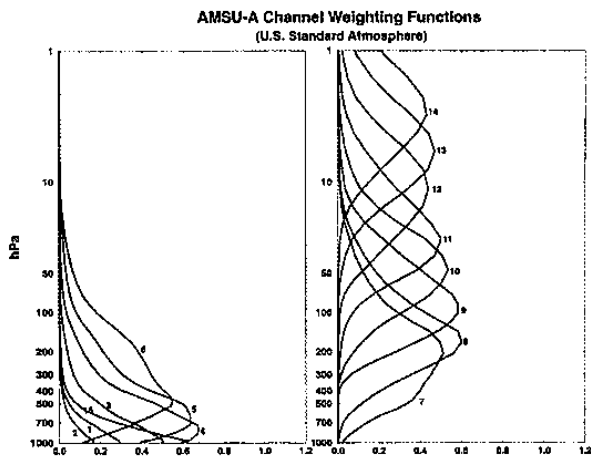
四、結論：

本研究為第一次使用 IAPP 軟體做溫度與露點之反演，並驗證其反演之效果，其結果尚令人滿意，但仍有許多加強之空間。第一、初始場仍可加以改進，可加入中央氣象局之預報場及地面和探空資料當作初始場，由於初始場之改進，其結果亦會有所改善。第二、IAPP 使用 3×3 HIRS/3 視場觀測得到一個反演剖面，這樣的解析度是 HIRS/3 一個視場解析度的三倍，對於中尺度之天氣系統較難掌握，應可改為連續 3×3 HIRS/3 視場反演，不過其效果仍需加以驗證。

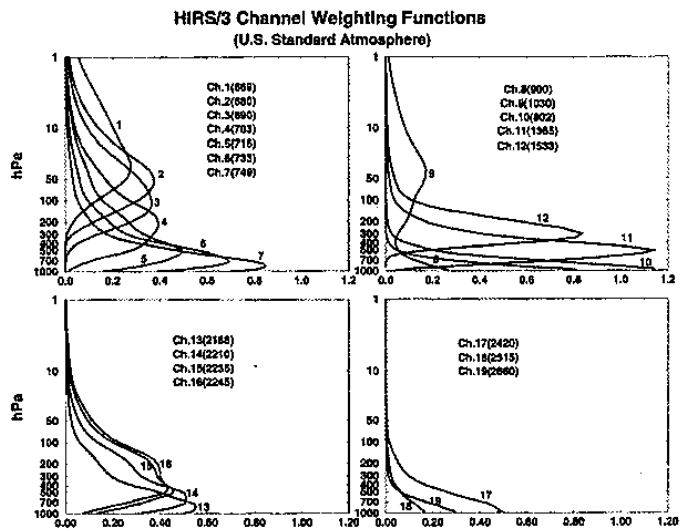
五、參考文獻：

- Chou, Chien-Ben, Huang, Huei-Ping. 2000: Application of AVHRR Data to a One-Dimensional Variational Retrieval Scheme for Cloudy TOVS Data. *Monthly Weather Review*: Vol. 128, No. 11, pp. 3867–3878.
- Christy, John R., Spencer, Roy W., Norris, William B., Braswell, William D., Parker, David E. 2003: Error Estimates of Version 5.0 of MSU-AMSU Bulk Atmospheric Temperatures. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*: Vol. 20, No. 5, pp. 613–629.

- Diak, George R., Kim, Dongsoo, Whipple, Mark S., Wu, Xiaohua. 1992: Preparing for the AMSU. *Bulletin of the American Meteorological Society*: Vol. 73, No. 12, pp. 1971–1986.
- Goldberg, M., 1999: AMSU-A antenna temperature adjustments, limb adjustments, and retrievals. *Tech. Proc. 10th Int. TOVS Study Conf.*, Boulder, CO, WMO and Cosponsors, 219-229.
- Grody, N., 1999: Application of AMSU for obtaining water vapor cloud liquid water, precipitation, and surface measurements. *Tech. Proc. 10th Int. TOVS Study Conf.*, Boulder, CO, WMO and Cosponsors, 230–240.
- Li, Jun, Wolf, W. W., Menzel, W. P., Zhang, W., Hunag, H-L, Achtor, T. H. 2000: Global Soundings of the Atmosphere from ATOVS Measurements: The Algorithm and Validation. *Journal of Applied Meteorology*. Vol 39, No 8, pp. 1248-1268.
- Marécal, Virginie, Mahfouf, Jean-François. 2000: Variational Retrieval of Temperature and Humidity Profiles from TRMM Precipitation Data. *Monthly Weather Review*. Vol. 128, No. 11, pp. 3853 - 3866.
- Shi, Lei. 2001: Retrieval of Atmospheric Temperature Profiles from AMSU-A Measurement Using a Neural Network Approach. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. Vol. 18, No. 3, pp. 340 - 347.
- Spencer, Roy W., Christy, John R. 1992: Precision and Radiosonde Validation of Satellite Gridpoint Temperature Anomalies. Part II: A Tropospheric Retrieval and Trends during 1979 - 90. *Journal of Climate*. Vol. 5, No. 8, pp. 858 - 866



圖一、AMSU-A 權重函數圖



圖二、HIRS/3 各頻道權重函數

Channel No.	Center frequency	No. of pass bands	Bandwidth (MHz)	Center frequency stability (MHz)	Temperature sensitivity (K) NEΔT	Calibration accuracy (K)	Angle θ_p
1	23 800 MHz	1	270	10	0.3	2.0	V
2	31 400 MHz	1	180	10	0.3	2.0	V
3	50 300 MHz	1	180	10	0.4	1.5	V
4	52 800 MHz	1	400	5	0.25	1.5	V
5	53 596 ± 115 MHz	2	170	5	0.25	1.5	H
6	54 400 MHz	1	400	5	0.25	1.5	H
7	54 940 MHz	1	400	5	0.25	1.5	V
8	55 500 MHz	1	330	10	0.25	1.5	H
9	57 290.344 MHz = f_{LO}	1	330	0.5	0.25	1.5	H
10	$f_{LO} \pm 217$ MHz	2	78	0.5	0.4	1.5	H
11	$f_{LO} \pm 322.2 \pm 48$ MHz	4	36	1.2	0.4	1.5	H
12	$f_{LO} \pm 322.2 \pm 22$ MHz	4	16	1.2	0.6	1.5	H
13	$f_{LO} \pm 322.2 \pm 10$ MHz	4	8	0.5	0.80	1.5	H
14	$f_{LO} \pm 322.2 \pm 4.5$ MHz	4	3	0.5	1.20	1.5	H
15	89.0 GHz	1	6 000	50	0.5	2.0	V

表一、AMSU-A 各頻道特性

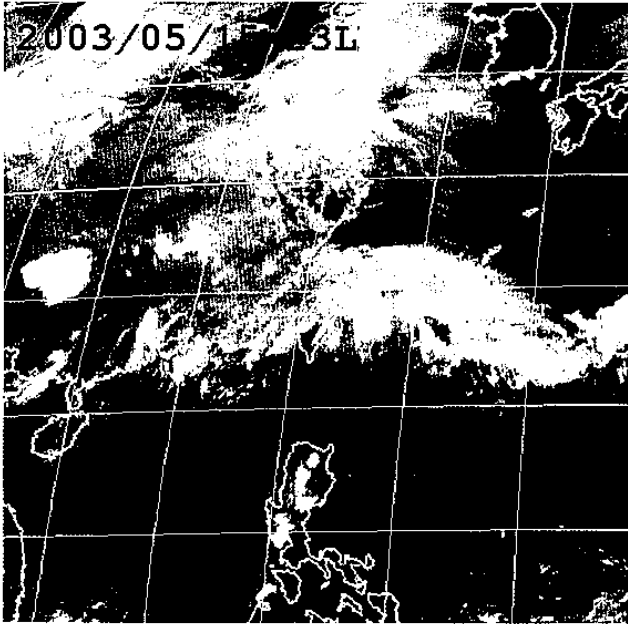
Channel No.	Center frequency (GHz)	Bandwidth			
		Double-sided max (MHz)	Pass band (MHz)	IF band (MHz)	Stop band (MHz)
16	89.0	6000	3000	≈ 1000	± 400
17	150.0	4000	2000	≈ 1000	± 400
18	183.31 ± 1.0	1000	2 × 500	500	—
19	183.31 ± 3.0	2000	2 × 1000	1000	—
20	183.31 ± 7.0	4000	2 × 2000	2000	—

表二、AMSU-B 各頻道特性

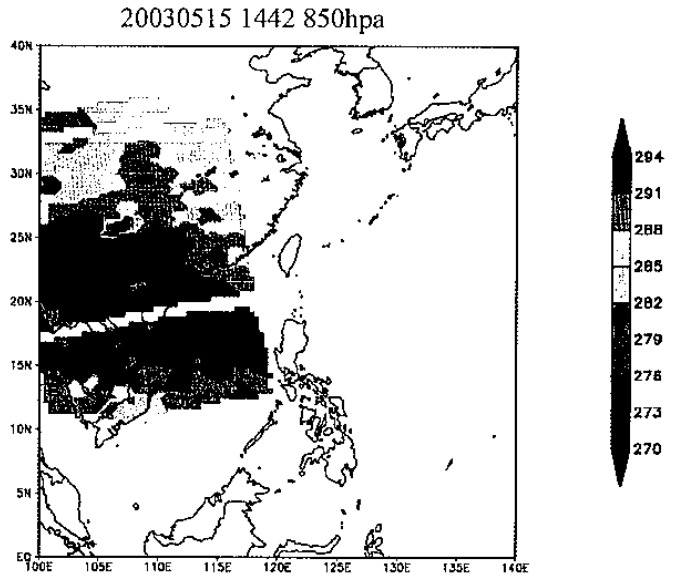
Channel No.	Channel frequency (cm ⁻¹)	Band (μm)	Half-power bandwidth (cm ⁻¹)	Anticipated max scene temperature (°)	Specified sensitivity*	Design goal
1	669	14.95	3	280	3.00	0.75
2	680	14.71	10	265	0.67	0.25
3	690	14.49	12	240	0.50	0.25
4	703	14.22	16	250	0.31	0.20
5	716	13.97	16	265	0.21	0.20
6	733	13.64	16	280	0.24	0.20
7	749	13.35	16	290	0.20	0.20
8	900	11.11	35	330	0.10	0.10
9	1030	9.71	25	270	0.15	0.15
10	802	12.47	16	300	0.15	0.10
11	1365	7.33	40	275	0.20	0.20
12	1533	6.52	55	255	0.20	0.07
13	2188	4.57	23	300	0.006	0.002
14	2210	4.52	23	290	0.003	0.002
15	2235	4.47	23	280	0.004	0.002
16	2245	4.45	23	270	0.004	0.002
17	2420	4.13	28	330	0.002	0.002
18	2515	4.00	35	340	0.002	0.002
19	2660	3.76	100	340	0.001	0.001
20	14 500	0.69	1 000	100% A	0.10% A	—

* NEΔN (mW m⁻² Sr cm⁻¹).

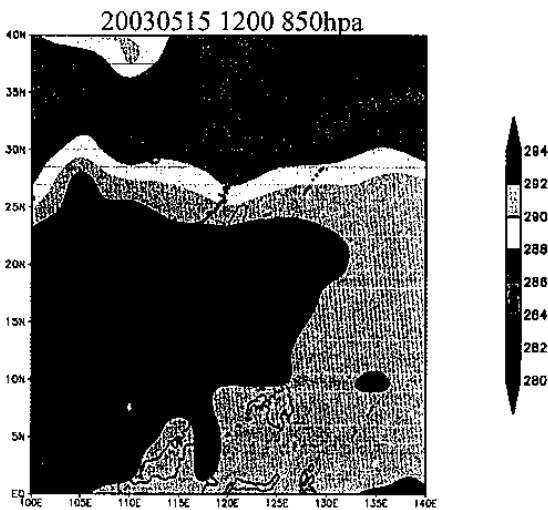
表三、HIRS/3 各頻道特性



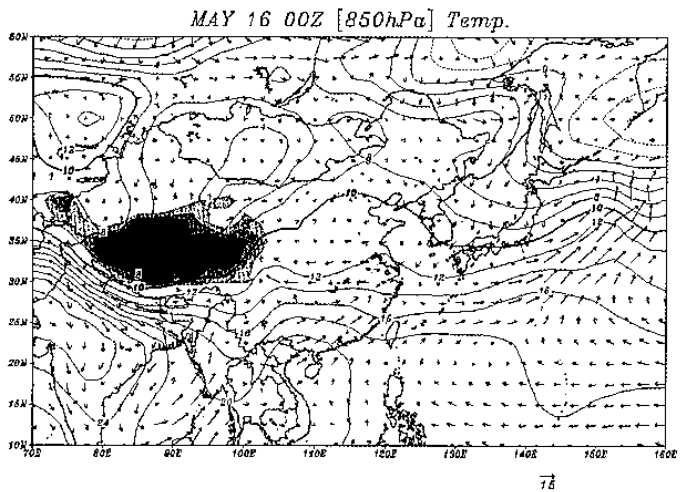
圖四、2003年5月15日1432時UTC GMS-5雲圖。



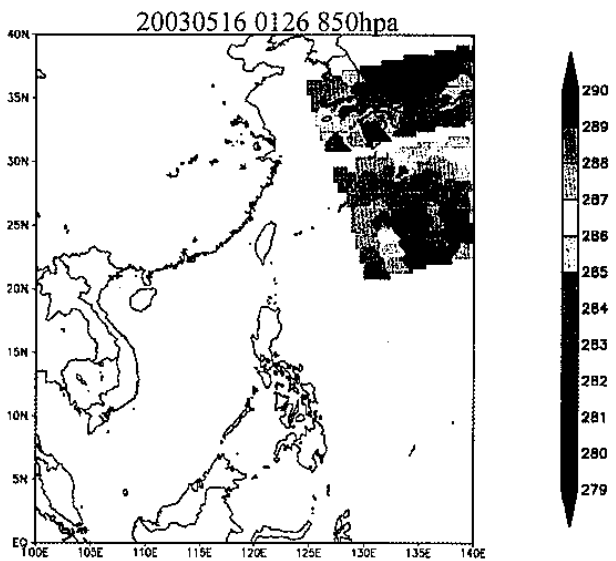
圖五、同圖四 850hpa 之反演。



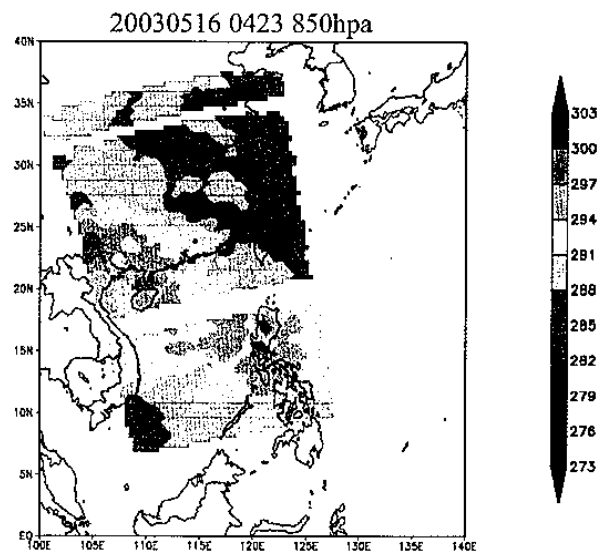
圖六、同圖四 850hpa 之客觀分析溫度。



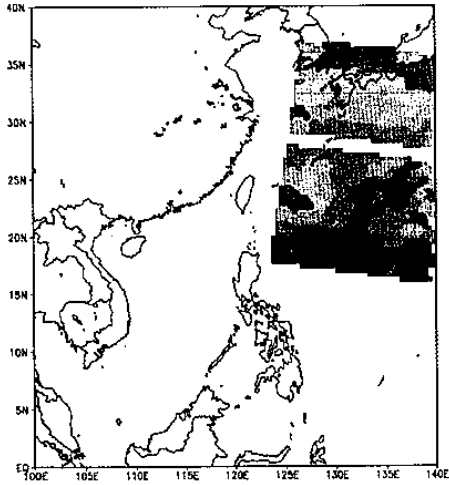
圖七、2003年5月16日00時UTC 850hpa 風場及溫度場



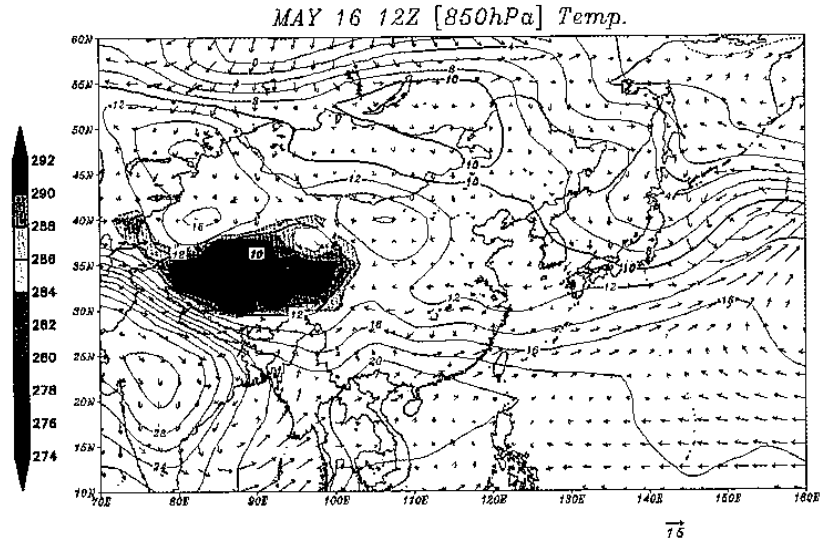
圖八、2003年5月16日0126時UTC 850hpa 溫度場。



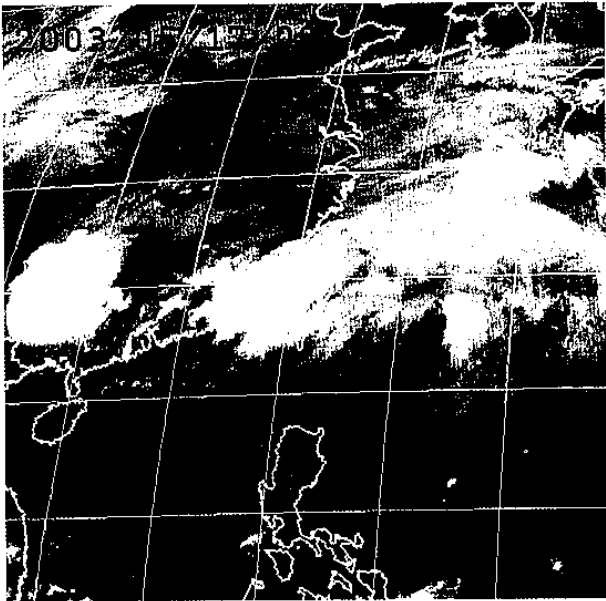
圖九、同圖八為同日 0423 時 UTC



圖十、同圖八為同日 0601 時 UTC。



圖十一、同圖七為同日 12 時 UTC。



圖十二、2003 年 5 月 16 日 16 時 UTC GMS-5 雲圖。