

用紅外線衛星資料來加強深對流之水汽場

柳再明
中央氣象局
氣象資訊中心

張偉正
美國海軍研究院

沈秀蓉
中央氣象局
氣象衛星中心

摘要

在數值天氣預報工作裡，好的初始場為有好預報的必要條件是大家的共識。海洋面觀測資料稀少，海上的天氣系統如離岸的低壓、高層冷心低壓時常無法正確掌握，或無法掌握。

我們利用紅外線衛星資料來找出深對流的位置，然後就其位置修改預報模式的水汽場，企圖對天氣系統的預報有所改進。初步研究結果指出，由紅外線衛星資料可以確定深對流的位置（尤其是在洋面上），而如何修改預報模式的水汽場，使天氣系統因水汽的調整而有較好的模擬，是今後研究的重點。

一、簡介：

在數值天氣預報工作裡，決定預報良好的因素很多，但首要之務便是要有一個好的初始場，好的初始場為有好預報的必要條件是大家的共識。海洋面觀測資料稀少，探空更少，海上的天氣系統如離岸發展中的氣旋、高層冷心低壓常因為資料缺乏的因素無法做正確的描述，也就是說預報模式的初始場沒有能夠掌握到這些海上的天氣系統，當然模式的預報結果也會沒有這些系統的訊息。

本文不是要掌握所有海上的天氣系統，我們的研究對象只針對有強烈深對流的海上系統。我們利用紅外線雲頂溫度衛星資料來確定深對流的位置，然後就其位置修改模式的初始水汽場，使模式的水汽初始場納入深對流有旺盛水汽的效果，以俾提高模式的預報結果。文中第二節是資料來源及處理，第三節是個案討論，結論則放在第四節。

二、資料來源及處理

取用中央氣象局氣象衛星中心所接收的 GMS-4 衛星 VISSR 紅外線資料，衛星位於東經 140 度，赤道上空 35800 公里之處，其掃描範圍如圖一所示，波長為 10.5-12.5 μm ，在垂直下點的解像度為 5 公里。資料時間為每日 00,12Z。範圍定於北緯 0-50 度，東經 90-150 度，網格為 0.5 \times 0.5 度。計算每一掃描點的亮度溫度數值資料，其數值範圍由 0 至 255，表一為每一數值所代表的亮度溫度，當數值愈小，亮度溫度愈高；反之亦然。有雲時若假設掃描點內的雲為均勻覆蓋且厚度足以阻擋雲下之輻射向上穿透，並忽略雲頂至大氣層頂的大氣衰減，則此高度溫度可視為此掃描點的雲頂溫度。所以對於薄卷雲或破碎積雲常會高估了雲頂溫度。

要分析各窗區 (window) 的資料，如水汽頻道、 CO_2 ，才能得到衛星溫度資料的垂直變化，中央氣象局衛星中心還沒有作這些處理。本文使用紅外線雲頂溫度衛星資料來確定深對流的位置，雲頂溫度愈低表雲發展愈深厚，表一中灰度 180 亮度溫度 252.

325°K，以美國標準探空來對照，是 500mb 的高度。若再計算各點灰度的標準差，標準差愈小，表示附近的雲結構發展良好，溫度差別不大，見表一灰度 200 其亮度溫度 237.51°K，灰度 180 和 200 相差 20，溫度相差約 15°。

嘗試要得出深對流的位置，我們取灰度大於 180，九點標準差小於 20 的取捨標準（見圖二），同一時間的紅外線及可見光衛星雲圖為圖四及圖五，雲圖右下角的颱風在圖二的取捨標準下似乎掌握得很好，只選取颱風內部對流較旺盛的區域（可見光及紅外線都指出有雲的部份），高層外流的卷雲不是深對流且標準差大，就沒有在圖二中表現。另外南韓的低雲，也沒有納入圖二中。圖三和圖二約同，唯是二十五點標準差，二十五點標準差計算的點數較多，標準差較大，符合標準的點數較少為 801 點（全部有 12221 點），而圖二有 1214 點較多。

經半年多的測試，我們決定以灰度值大於 180，九點標準差小於 20 的取捨標準來定出深對流的位置，經驗指出這種準則對洋面上的深對流掌握得很好，因為海水溫度較高，但在陸地上尤其是雪地（或是高緯度），背景溫度已經是很低（如冬季的青藏），我們常會指出北緯 45° N 以北及青藏地區是一大片深對流區域。所以我們的取捨標準客觀的來講只適用在海洋面上，主觀來說夏季的陸地也適用。

三、個案討論：

1993 年 2 月 15 日 1200 UTC 的個案是在長江口的低壓離岸後發展加深的預報，圖六是 1993 年 2 月 15 日 1200UTC 的海平面氣壓客觀分析，低壓 1013mb 在長江口，同一時間的紅外線衛星雲圖見圖七，蒙古高壓前緣的雲帶往西南延伸經長江口到廣西一帶，深厚的雲層顯示，這附近的大環境場提供充沛的水汽，給長江口低壓發展極佳的環境條件。圖八是根據紅外線亮度溫度灰度大於 180，九點標準差小於 20 所得出同一時間的深對流位置，蒙古往西南延伸的雲帶，在圖八得出相當好的結果，不只形狀很像，南韓南端、江西的雲洞，在圖八也能

表現出來，稀落的高層卷雲因其標準差大，也沒有納入圖八深對流位置的選取中。

根據圖八所選出的深對流位置，我們改變中央氣象局區域預報模式 (Region Forecast Model) 的水汽場，在深對流位置附近的模式網格點，改變其水汽初始場為 95%，且根據紅外線亮度溫度及配合模式溫度的客觀分析，在垂直方向我們可以正確的定出加濕到那一高度。圖九及圖十是 500mb 及 250mb 加濕後和未加濕水汽的差值場，二圖指出加濕的位置和圖八深對流的位置是一致的，250mb 加濕的位置較 500mb 加濕點少很多。

圖十一及圖十二是加濕後海平面氣壓及降水量的 12、48 小時預報，圖十三及圖十四是未加濕海平面氣壓及降水量的 12、48 小時預報。12 小時預報圖十一及圖十三指出長江口的低壓加濕的圖十一強度為 1007 mb，較未加濕的圖十三 (1008mb) 強 1 個 mb，48 小時預報的圖十二及圖十四指出，就發展中的東海低壓而言，加濕的圖十二強度為 997mb，比未加濕的圖十四 999mb 強 2 個 mb。就圖八的深對流位置，僅改變水汽初始場，48 小時的預報就增強了 2 個 mb。然而加濕與未加濕二者的降水強度就 48 小時預報而言，加濕的圖十二為 55mm，較未加濕的圖十一 (33mm) 為多，降水較多低壓發展更強是合理的。

青藏地區加濕很多（見圖十）然而系統的強度幾乎沒有變化，只有降水稍增加。或許是青藏地區地形較高，溫度較低水汽少，而我們加濕的氣象變數是相對濕度，在 500mb 以上相對濕度雖達 95%，水汽也不多，所以實際加濕的水汽很少，天氣系統強度才沒有改變。

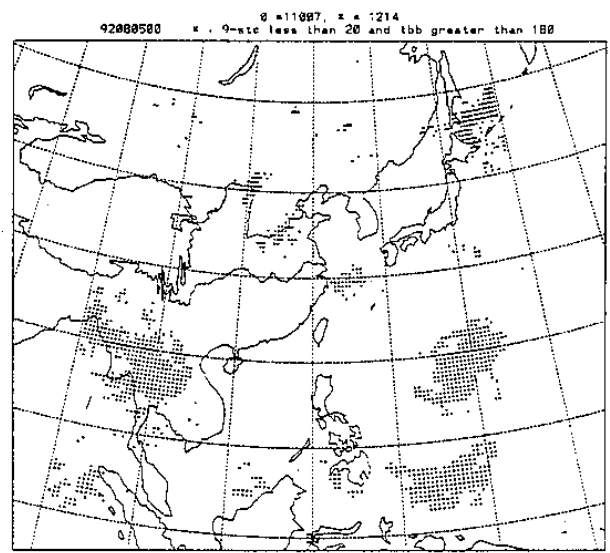
我們有另一種加濕的手法，不管雲系的實際高度，只要是圖八所選取的深對流位置，一律加濕到 500mb。圖十五即為此種方式加濕後與未加濕的 500mb 水汽差值場，相較圖九，北緯 40 度以北明顯有較多的加濕水汽，北緯 40 度以北在模式的溫度客觀分析中，252°K 大多低於 500mb，所以圖九加濕到雲頂實際高度的手法，北緯 40 度以北才會沒有加濕到，長江流域的雲帶，圖十五也比圖九有稍多的加

濕水汽。以圖十五此種方式加濕的 48 小時海平面氣壓及降水量預報為圖十六，東海低壓強度 996mb 較圖十二強 1 個 mb(去檢查數值為 996.74 ，只強了 0.26mb 不足 1mb)。只加濕到 500mb 的手法，在 500mb 以下所加的水汽比加濕到實際雲頂高度的手法為多，但在中高層沒有加入任何額外水汽，卻會更強 1 個 mb, 表示中高層的水汽並不明顯，不額外加入影響不大。

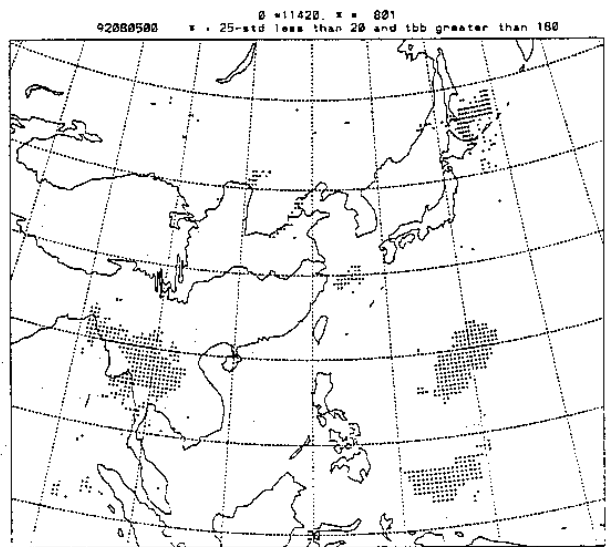
四、結 論

以紅外線亮度溫度大於 180 ，九點標準差小於 20 的取舍標準，我們很輕易的定出海上深對流的位置（有十足的把握可以掌握住海上深對流的位置），然而對於冬季的陸地，或者因為雪地或是因為溫度低常被此種取舍標準誤為深對流（冬季的大陸因為溫度低被模式額外加濕的水汽也有限）。所以大致來說，我們所發展出來的取舍標準（灰度大於 180 ，九點標準差小於 20 ），可以掌握海上及夏季陸地的深對流位置。

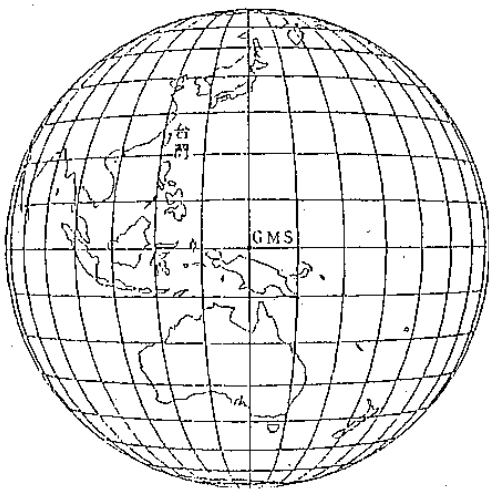
只改變模式的水汽場，對離岸發展中的低壓強度，在 48 小時預報可增強 2 個 mb ，或許今後再加入四維資料同化的作業階段，可以將此只修正水汽場的效果更加凸顯出來。



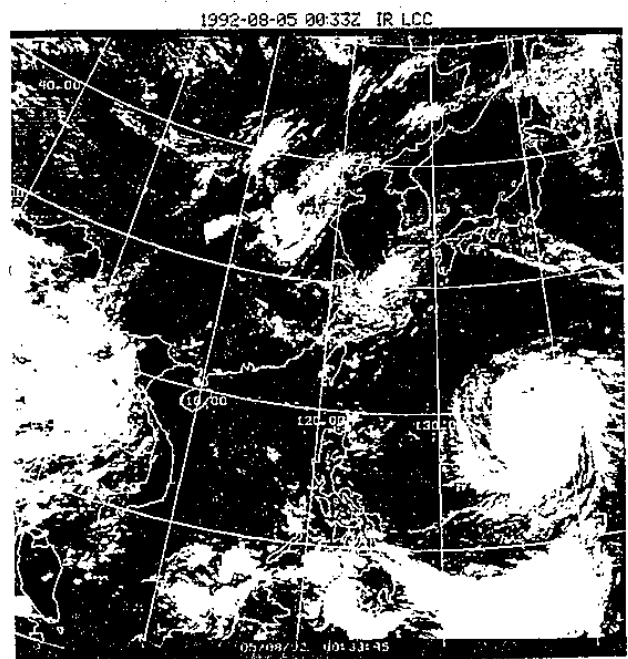
圖二 深對流的位置，灰度大於 180 ，九點標準差小於 20 。



圖三 和圖二約同，唯是二十五點標準差。



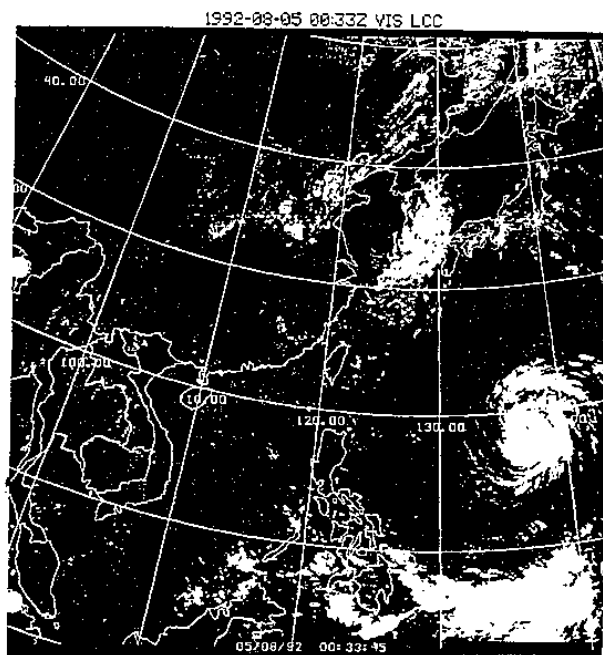
圖一 GMS-4 同步氣象衛星的掃描範圍。



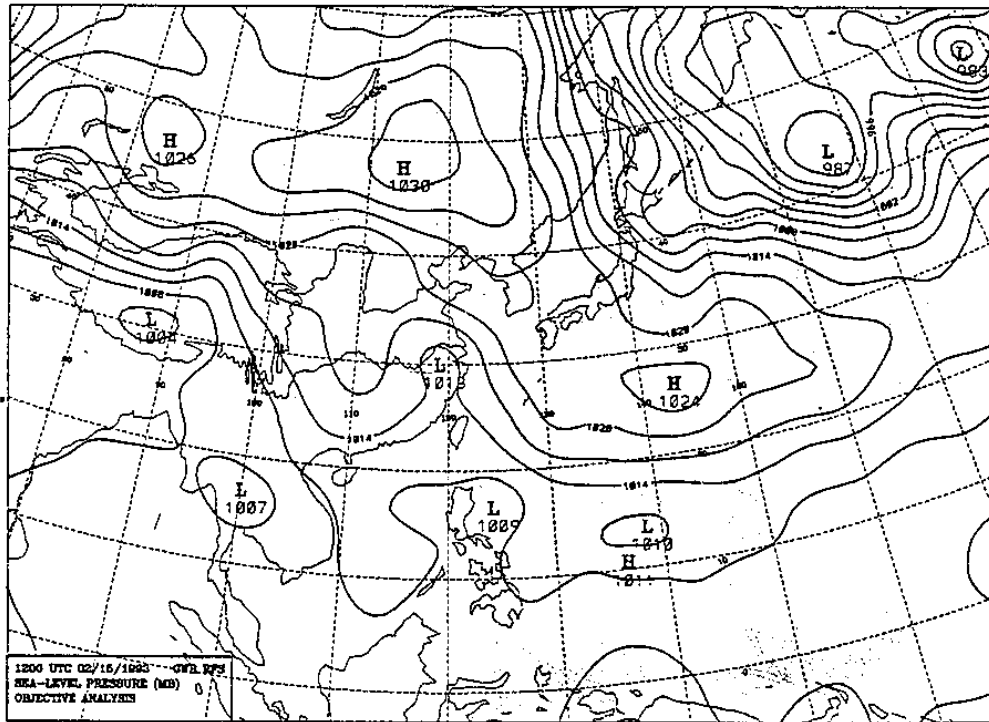
圖四 紅外線衛星雲圖。

數值	亮度溫度(°K)	數值	亮度溫度(°K)	數值	亮度溫度(°K)	數值	亮度溫度(°K)
0	349.438	64	310.077	128	281.996	192	243.749
1	345.613	65	309.681	129	281.502	193	243.037
2	342.456	66	309.283	130	281.005	194	242.274
3	339.854	67	308.884	131	280.507	195	241.502
4	337.711	68	308.484	132	280.006	196	240.722
5	335.945	69	308.084	133	279.502	197	239.934
6	334.488	70	307.682	134	278.997	198	239.138
7	333.280	71	307.279	135	278.488	199	238.333
8	332.275	72	306.876	136	277.977	200	237.519
9	331.430	73	306.472	137	277.464	201	236.696
10	330.713	74	306.066	138	276.948	202	235.863
11	330.096	75	305.660	139	276.429	203	235.021
12	329.556	76	305.253	140	275.907	204	234.169
13	329.075	77	304.844	141	275.383	205	233.307
14	328.632	78	304.435	142	274.855	206	232.434
15	328.232	79	304.024	143	274.325	207	231.549
16	327.850	80	303.613	144	273.792	208	230.654
17	327.484	81	303.200	145	273.256	209	229.746
18	327.127	82	302.786	146	272.717	210	228.826
19	326.777	83	302.371	147	272.175	211	227.893
20	326.430	84	301.954	148	271.630	212	226.946
21	326.084	85	301.536	149	271.082	213	225.985
22	325.737	86	301.116	150	270.531	214	225.009
23	325.388	87	300.696	151	269.977	215	224.017
24	325.038	88	300.273	152	269.419	216	223.009
25	324.685	89	299.849	153	268.859	217	221.984
26	324.331	90	299.424	154	268.295	218	220.941
27	323.973	91	298.997	155	267.728	219	219.878
28	323.614	92	298.568	156	267.157	220	218.796
29	323.254	93	298.130	157	266.583	221	217.692
30	322.891	94	297.706	158	266.006	222	216.567
31	322.528	95	297.272	159	265.426	223	215.418
32	322.164	96	296.836	160	264.842	224	214.245
33	321.799	97	296.399	161	264.255	225	213.046
34	321.433	98	295.960	162	263.664	226	211.820
35	321.067	99	295.520	163	263.069	227	210.565
36	320.700	100	295.077	164	262.471	228	209.280
37	320.333	101	294.633	165	261.869	229	207.962
38	319.966	102	294.187	166	261.264	230	206.611
39	319.598	103	293.740	167	260.654	231	205.223
40	319.230	104	293.291	168	260.041	232	203.796
41	318.861	105	292.840	169	259.423	233	202.327
42	318.492	106	292.387	170	258.801	234	200.813
43	318.122	107	291.933	171	258.175	235	199.251
44	317.751	108	291.477	172	257.544	236	197.634
45	317.380	109	291.019	173	256.909	237	195.959
46	317.007	110	290.560	174	256.269	238	194.219
47	316.633	111	290.099	175	255.625	239	192.405
48	316.258	112	289.636	176	254.975	240	190.511
49	315.882	113	289.172	177	254.321	241	188.524
50	315.504	114	288.706	178	253.661	242	186.433
51	315.125	115	288.239	179	252.996	243	184.222
52	314.745	116	287.769	180	252.325	244	181.874
53	314.363	117	287.298	181	251.649	245	179.367
54	313.980	118	286.826	182	250.967	246	176.670
55	313.596	119	286.351	183	250.279	247	173.776
56	313.210	120	285.875	184	249.585	248	170.626
57	312.823	121	285.397	185	248.885	249	167.188
58	312.434	122	284.917	186	248.178	250	163.413
59	312.045	123	284.435	187	247.464	251	159.246
60	311.653	124	283.951	188	246.744	252	154.621
61	311.261	125	283.465	189	246.017	253	149.460
62	310.868	126	282.978	190	245.283	254	143.676
63	310.473	127	282.488	191	244.542	255	137.163

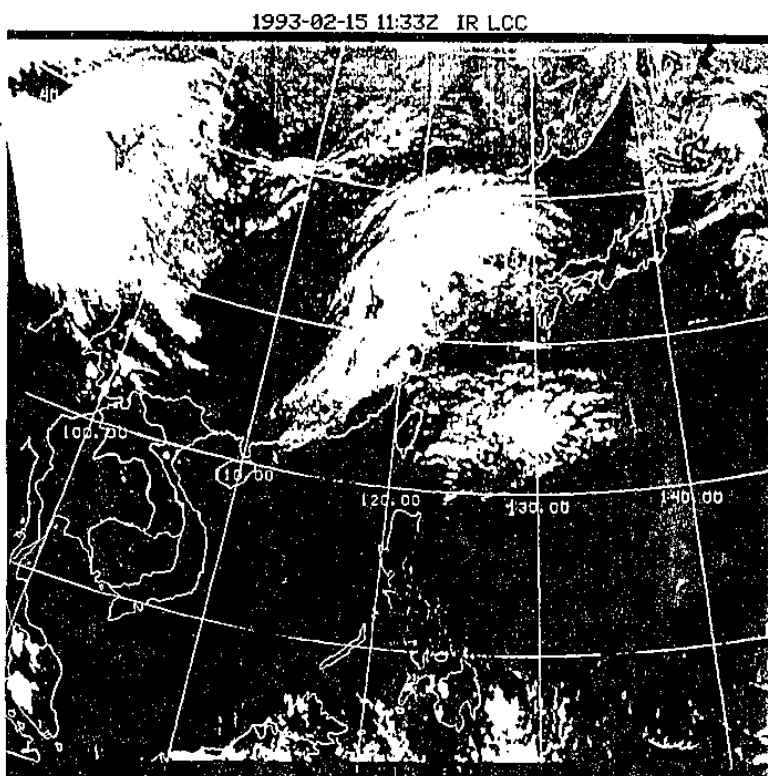
表一 衛星紅外線數值資料與亮度溫度對照表。



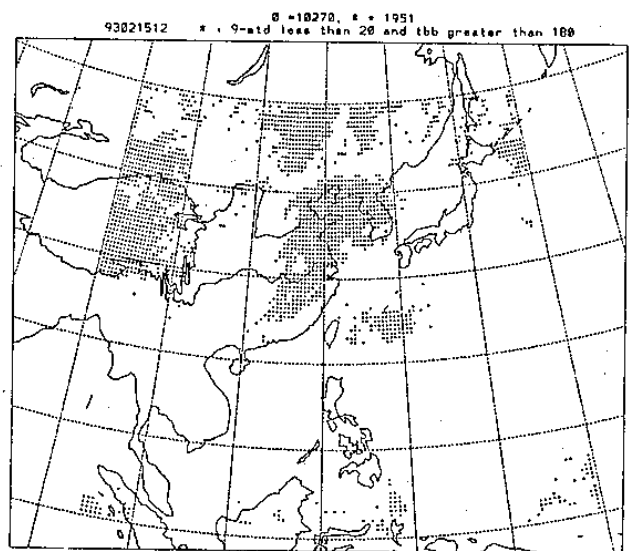
圖五 可見光衛星雲圖。



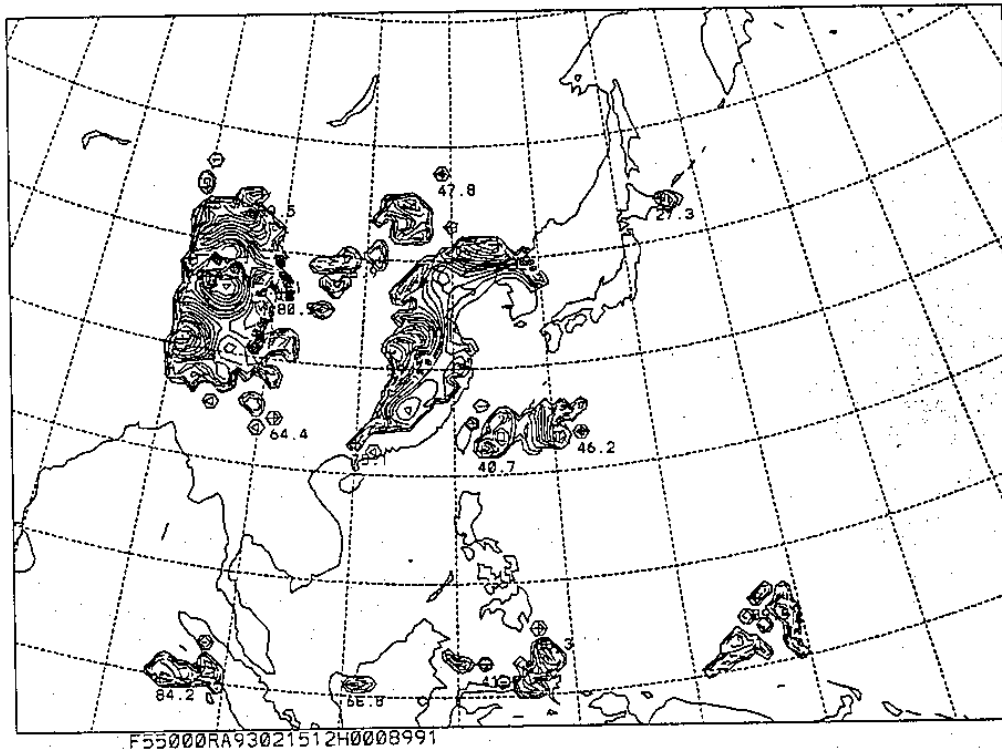
圖六 1993年2月15日1200UTC海平面氣壓客觀分析。



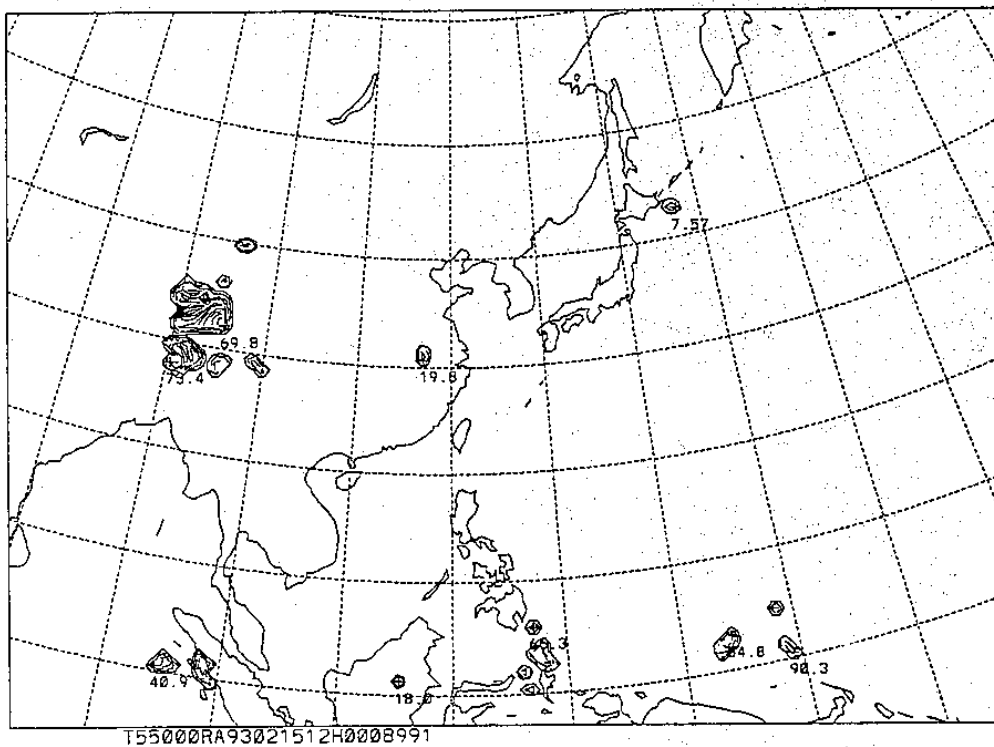
圖七 1993年2月15日1200UTC紅外線衛星雲圖。



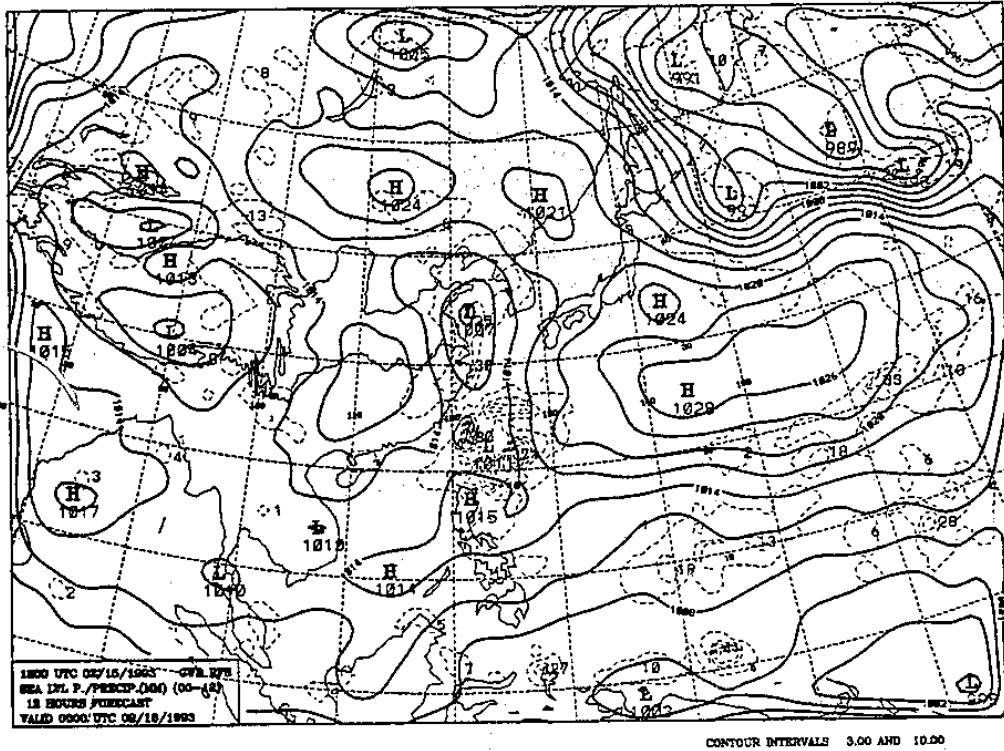
圖八 1993年2月15日1200UTC深對流的位置。



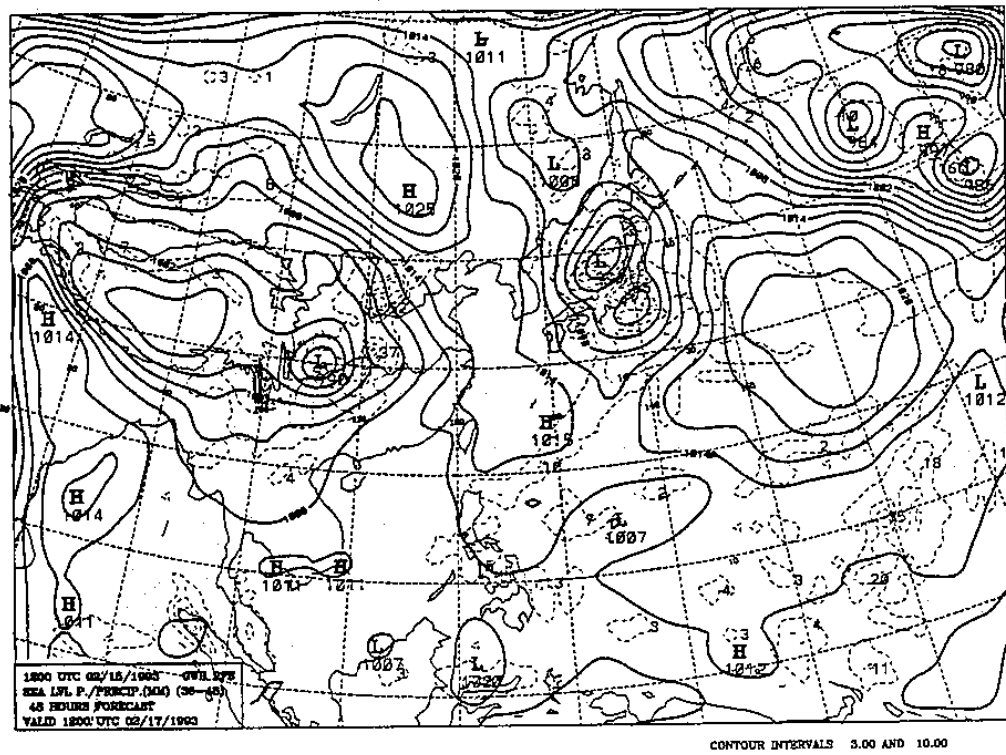
圖九 加濕後與未加濕500mb水汽差值場。



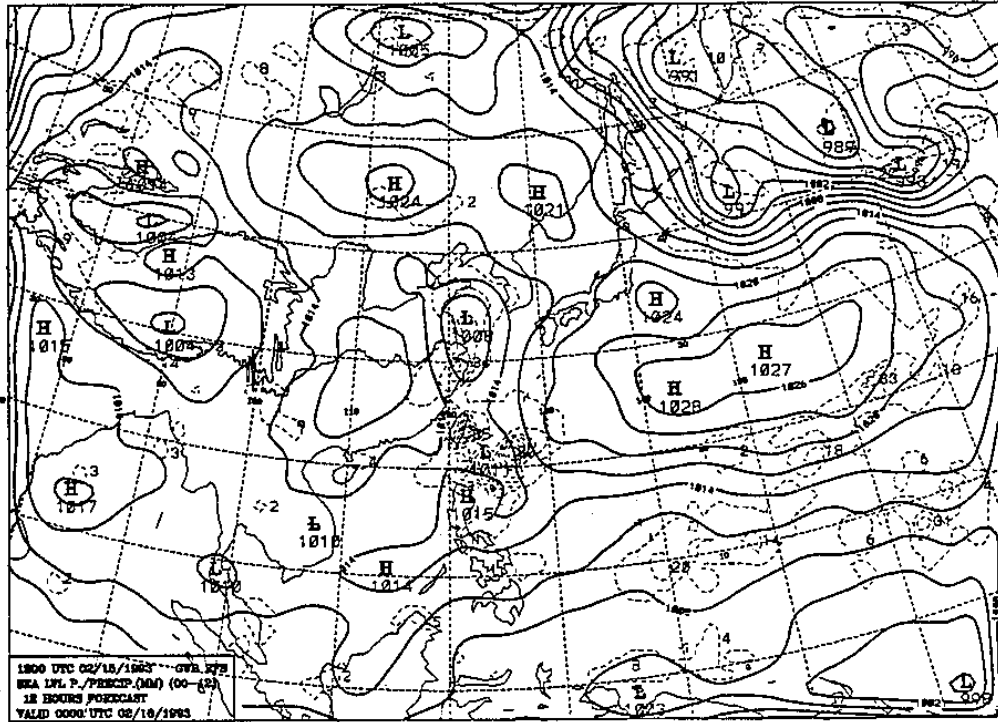
圖十 和圖九約同，唯250mb。



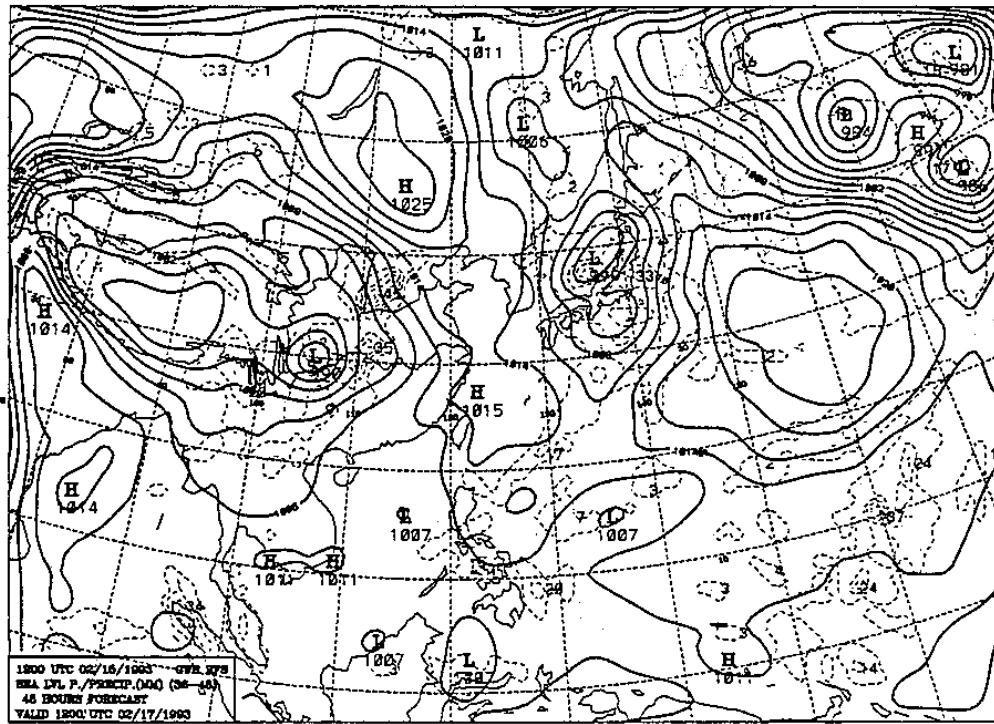
圖十一 加濕後海平面氣壓及降水量之12小時預報。



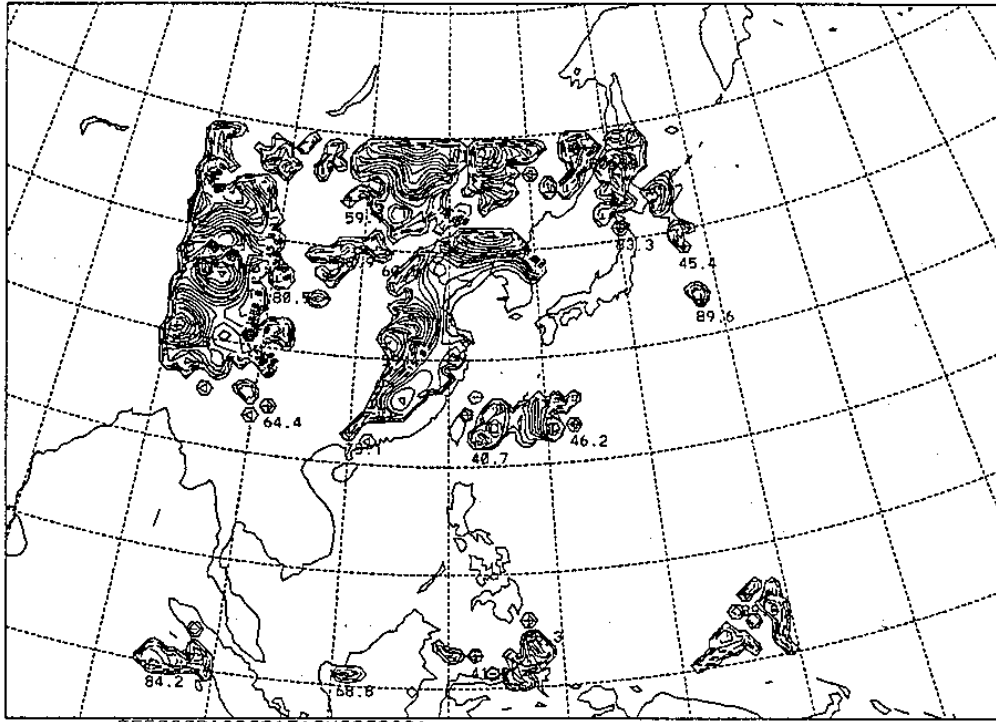
圖十二 和圖十一約同，唯是48小時預報。



圖十三 和圖十一約同，唯未加濕。

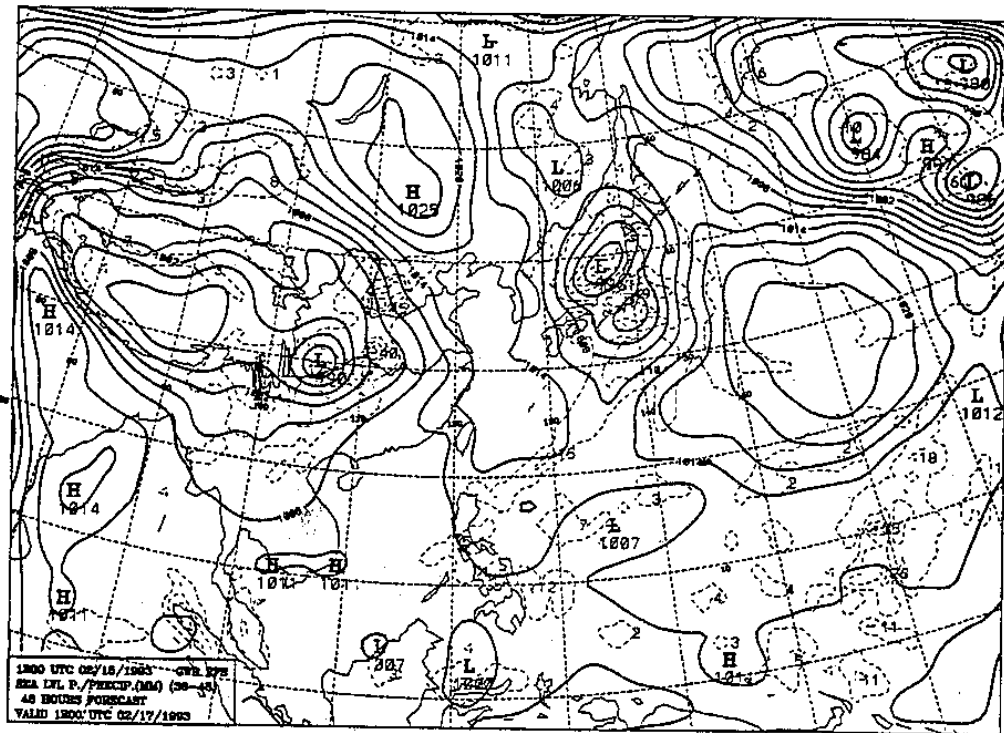


圖十四 和圖十二約同，唯未加濕。



F55000RA93021512H0008991

圖十五 和圖九約同，唯是一律只加濕到500mb。



圖十六 和圖十二約同，唯只加濕到500mb。

Enhancement of Moisture Analysis in the Regional Forecast System Using GMS IR Brightness Temperatures

Tzay-Ming Leou
Center Weather Bureau
Computer Center

Simon Chang
Naval Research
Laboratory

Hsiu-Jung Shen
Center Weather Bureau
Satellite Center

ABSTRACT

Brightness temperature field from GMS infrared channels was used to enhance the objectively analyzed initial moisture fields of the CWB's Regional Forecast System(RFS). From a 0.5*0.5 degree lat.-long. sampling of the brightness in the 10.5-12.5 μm window, an area auto-correlation was first computed to filter out the isolated convection and to identify the major precipitation bands and convective systems. The brightness temperatures within the identified convective region were the used to determine the cloud-top heights.

We further assume a relative humidity(RH) of 95% below the cloud top. The 95% RH within the identified convective regions were used to modified the objectively analyzed initial moisture field of the RFS, which is obtained by an update cycle and a successive-correction analysis method. The effect of such enhancement on the moisture analysis and on the RFS prediction were discussed. Major improvements were found over the ocean where conventional data are sparse.