

2000 年象神颱風之研究

林怡平 劉清煌

中國文化大學大氣科學系

摘要

象神颱風於 2000 年 10 月 25 日生成之後沿西北西方向移動至菲律賓西方海面上，於 10 月 30 日突然轉向東北東朝台灣地區直撲而來，在台灣地區造成很大的災情。本文利用 NCEP / NCAR 再分析資料，QuikSCAT 海面風場及五分山雷達回波探討象神颱風之環流強度，以及到達台灣地區時，颱風中心對流之變化。QuikSCAT 分析結果顯示象神颱風通過菲國時，受地形影響，環流結構受到破壞且強度減弱，而後再度增加。颱風接近台灣地區時，環流與東北季風產生交互作用而降下大雨。低對流層 925 百帕及 850 百帕天氣圖顯示在 10 月 30 日至 11 月 1 日位於台灣西側有冷舌存在，而東側有暖空氣之移近，強大的溫度平流與大雨有一致性的相關。颱風中心沿台灣東部海面北上，雷達資料顯示颱風中心並無登陸台灣。由於地形影響及乾空氣的進入，使得颱風中心之結構受到相當大的破壞而消散。

(2001 年 4 月 30 日收稿；2001 年 5 月 8 日定稿)

一、前言

以台灣地區而言，颱風的研究一直是大氣科學重要研究課題之一。2000 年 10 月 26 日至 11 月 1 日期間，象神颱風侵襲台灣，造成台灣地區連續性的降水，其外環流所帶來的豐沛雨量更是讓台灣各地頻頻傳出災情。全台上百萬用戶停電、各縣市政府宣布停止上班上課、鐵路航班停駛停飛、許多地區一片水鄉澤國，全台農牧損失近 24 億元及 52 人死亡、5 人受傷、10 人失蹤的嚴重災情，於侵台期間新加坡航空發生空難事件，不過當時惡劣的天氣狀況及颱風所造成的強風對於飛安的確是一大威脅。

由於發生期間適逢台灣的秋天，屬於秋颱。在季節逐漸進入冬天，蒙古 - 西伯利亞冷高壓勢力逐漸增強，而此時若颱風的位置出現在台灣南方附近的海域，將會增強整個東亞地區南北方向的氣壓梯度，因而有強風出現。伴隨秋颱的對流雲系，加上冬季東北季風所帶來的東北風，將會在台灣東部地區產生額外的水氣輻合，再加上受到台灣特殊地形的影響，將會導致東半部出現較強的雨勢（吳等，1999）。

另外，共伴環流也是造成很多降水的原因。所謂共伴環流乃是由熱帶尺度系統與中緯

度系統交互作用而產生。當台灣進入冬季，由大陸極地冷高壓環流所形成的東北季風盛行，此東北風常在北部及東北部地區帶來降雨。又當颱風（秋颱）在巴士海峽附近（恆春外海附近）時，因颱風低層外圍環流（逆鐘向氣流）與東北季風，在台灣東北外海附近造成合流的現象，此謂之共伴環流。簡言之，即當台灣地區北部有大陸極地冷高壓籠罩，南部外海有低壓時，就易形成共伴環流。此共伴環流因混合著東北季風較冷的空氣，以及颱風環流所挾帶的暖濕空氣，所以造成此氣流中含有較多的水氣，再配合著台灣東北部地形的舉升，以致形成劇烈降水。且颱風外圍環流不停的提供暖濕空氣，因而降雨時間也會明顯增長許多，過去此類颱風的個案較少（如 1998 年之芭比絲颱風），但往往造成重大的災情，相當值得進一步探討。

再者象神颱風的行進路徑較為特別，當它通過菲律賓時，其移動近似滯留，然後向北直撲，緊沿著台灣東部海面向北移動，這類路徑在預報上相當難以掌握（謝等，1998；Wang, 1980），尤其當它靠近台灣地區時，提供正確的預報往往是一個很大的挑戰，行進路線類似之颱風有 1999 年 10 月之丹恩颱風及 1987 年 10 月的琳恩颱風，這三個颱風都是屬於生成

後原本朝西北方向移動但卻突然改變行進方向，動向不易掌握。

若要有正確的預報可由多方面著手改進，如：增加海上之觀測資料，颱風動力之了解，以及數值預報模式之改進等等(Wu and Kuo, 1999; 李等, 1998; 喬等, 1996)，在觀測資料方面，近幾年台灣地區由澳洲引進多架無人遙控飛機(林等, 2000)，預期能提供颱風及外圍環流之氣象資料，且台灣地區未來將增建200多個GPS即時接收站，透過訊號之反演，將能提供更多水氣分佈之資料，再者，美國NASA JPL之QuikSCAT (Quik Scatterometer) 衛星將可提供25km解析度，每天兩次之海面風場資料(Zhang et al, 1999; Linwood, et al, 1999)。本文將利用NCEP / NCAR再分析場，QuikSCAT之觀測風場及其他相關資料探討象神颱風環境場及環流情形，以及到達台灣附近時，颱風中心對流系統之變化情況，預期對此一秋颱有更進一步之了解。

文中第二段，將對象神颱風的行進情形及所用的資料作一說明，而QuikSCAT所觀測到的颱風風場情形將在第三段中討論，第四段乃針對象神颱風接近台灣地區時所造成的降雨分佈以及雷達所觀測到的雨區做一說明，而第五段為本文之總結。

二、資料及象神颱風路徑分析

(一) 所使用的資料

所用到的資料有每六小時之NCEP / NCAR再分析場、地面天氣圖、地面觀測資料、QuikSCAT海上風場觀測資料、五分山雷達資料、自動雨量資料、GMS-5高解析度可見光、IRI衛星雲圖，其中高解析度可見光衛星雲圖的解析度為1.37公里，IRI的解析度為5.5公里，五分山的雷達資料採用低仰角(1.4°)的回波資料，而QuikSCAT資料將在往後之小節中提出說明。

(二) 象神颱風分析

1、颱風路徑圖

10月25日菲律賓東南方的海面上有一熱帶低壓生成，26日變成颱風由颱風聯合預報中心之最佳路徑顯示(圖1)，進入菲律賓東南方海面上後加速朝西北西方向移動，之後受到低壓槽線及鋒面影響，於10月29日在呂宋島附近轉向，沿台灣東部近

海向東北東方向移動，進入東海並減弱消失。從路徑圖的分析可以發現，當10月29日以前，颱風仍在呂宋島附近，台灣仍未受到颱風的威脅，所以從雨量分佈圖(圖2)上可以看到台灣地區並無明顯降雨，但到了30日颱風轉向後，先在台灣的東南部地區形成降雨，等到颱風在31日越過台灣東部近海時造成東半部地區降下豪雨，台灣東部日累積雨量均超過500公厘。11月1日颱風快速朝東北方移動，暴風範圍離開台灣後，造成北部地區仍有大量降雨，雨勢主要集中在台北、基隆。

2、地面天氣圖及高空圖

從10月27日的地面天氣圖(圖3a)上可以看到象神颱風在菲律賓的東南方海面朝西北西方向前進，其近中心最大風速為25 m/s。由於蒙古之大陸冷高壓開始分裂且分裂高壓向東移動。在庫頁島附近，有一低壓系統，伴隨一道鋒面的發展，另外在台灣東北方之海面上存在一熱帶低壓，但基本上台灣的天氣型態並未受到颱風及此鋒面的影響。從925百帕及850百帕的高空圖上顯示(圖3b-c)，有相當明顯的溫度槽存在於東經115°，北緯20°到35°之間，且在台灣附近存在一相對濕度超過80%的東北-西南走向狹長區域。由500百帕的高空圖(圖3e)可見副熱帶高壓的發展非常深厚，5880公尺等高線勢力範圍延伸到華南地區，更因其深厚的發展使得颱風無法越過，而繞其外圍環流朝西北方向移動。

10月28日，大陸冷高壓繼續發展且中心氣壓值也由10月27日的1042百帕變為1052百帕，強度逐漸增強，將有助於另一分裂高壓的產生，而原先位於韓國附近的高壓向東移動到日本附近。基本上，颱風仍受到副熱帶高壓的影響持續往西北方向移動到達菲律賓附近，其中心氣壓值亦由985百帕下降至975百帕，近中心最大風速增加至30 m/s。從925百帕的高空圖(圖4b)上可見，溫度槽依然存在，但大陸冷高壓的勢力有明顯的增強，另外，在台灣附近一直都存在著相對濕度高達80%以上的區域。500百帕的高空圖顯示，副熱帶高壓的勢力範圍與27日大致相同。

10月29日地面天氣圖(圖5a)顯示，原先之分裂高壓移至日本東方海面上，低壓中

心位於日本東南方海面，冷鋒延伸至台灣東部地區。而原先之大陸冷高壓分裂為二，分裂高壓向華中地區移出，由於冷空氣的移出使得925百帕及850百帕的溫度槽有加深的趨勢，台灣及華南地區溫度梯度增大且伴隨較高之相對濕度。而500百帕5880公尺之等高線有減弱的趨勢，顯示副熱帶高壓有向東退的傾向，由於副熱帶高壓的東退、分裂高壓的逼近以及之間鋒面帶的存在使得象神有轉向的機會。

10月30日隨著分裂高壓的南移，鋒面系統之結構更為完整(圖6a)，而500百帕的5880公尺線已經退出台灣地區，鋒面對颱風似乎已經造成牽引的效應，使得颱風迅速轉向北北東方向移動。分裂高壓所帶來的冷空氣與颱風暖濕空氣在台灣附近會合，低層大氣之高濕度場依然存在強溫度梯度區域，兩股氣流的匯合，在台灣南部地區已經開始造成豪雨(圖2)。

10月31日，象神颱風以近中心最大風速為38 m/s快速朝台灣前進，中心氣壓值降至960百帕，強度增強，雖然鋒面結構不如前日之完整，且華南、華中、韓國到日本地區整個受到高壓帶籠罩，但由於副熱帶高壓的東退及鋒面的導引，使得颱風得以迅速北上。925百帕及850百帕的高空圖顯示，溫度槽加深得相當明顯，冷舌及暖舌在台灣附近會合，造成相當大的溫度對比。從500百帕的高空圖上可看出副熱帶高壓的勢力範圍持續東退，而氣象局在30日18:45UTC發布陸上颱風警報，台灣地區已進入暴風範圍。

此後颱風繼續往北移動，逐漸遠離台灣，到了11月1日06UTC時刻颱風中心已經離開台灣，氣象局也在當日09:45UTC解除陸上颱風警報，鋒面亦遠離台灣。象神颱風30日轉向之後移動速度很快，中心並未登陸台灣，雖然部分結構受到台灣地形的破壞，但中心西側之環流仍然存在，引進南來之暖濕空氣，與東北季風之冷空氣在台灣附近交會，使得台灣地區降下相當大之雨量。

3、溫度平流之分析

由前面之地面及高空圖分析，吾人發現由於大陸分裂高壓的移出帶來的冷空氣與南來之暖濕氣流之交會，因此一直在台灣地區一直存在相當高的相對濕度。利用NCEP / NCAR

再分析場的網格點資料計算溫度平流(圖9)，溫度平流之計算公式為 $\vec{V} \cdot \nabla T$ 。結果顯示於10月30日00UTC，暖平流最強的區域出現在台灣西南邊與東沙島間之海面上，而在台灣南邊有微弱的冷平流存在，然而整個台灣島地區都是處在東北季風的勢力範圍下(圖9a, b)，由於東北季風之氣流較平行於等溫線，因此，雖然是較冷的空氣，但並無明顯之冷平流存在(圖6b, c)，而颱風環流所帶來之暖空氣氣流較垂直於等溫線，因此，有較強之暖平流存在，最大暖平流區域向東北方移動，11月1日則移動到台灣北部地區。這個區域的分佈與925百帕及850百帕濕區的分佈一致，而且與台灣地區的降雨量分佈相當一致。

三、QuikSCAT資料及分析

(一) QuikSCAT資料特性

QuikSCAT衛星是由美國太空總署(NASA)於1999年6月19日，在泰坦二型火箭承載下從佛羅里達范登堡空軍基地發射的一氣象衛星，其為一繞極軌道衛星，與太陽同步，軌道高度803km，仰角98.6度，其所籌載之儀器(Quik Scatterometer)為一風場散射儀，其任務是彌補NSCAT(NASA Scatterometer)資料之不足，由於海面上的觀測資料很少，所以NSCAT從1996年9月起，就已在收集海上的風場資料，但NSCAT衛星於1997年停止運轉，QuikSCAT繼續其收集風場資料的重要任務。而QuikSCAT上所承載之SeaWind儀器是一個特殊化的微波雷達，可以在所有的天氣情況下，經過地球海洋上量測出之近地面風速和風向。此雷達使用一旋轉之碟型天線，有著兩個波寬(beam)能夠循環的掃描，放射出的脈波頻率為13.4GHZ，可含蓋地表廣大的面積，這儀器會連續收集經過海洋的資料，其單一路徑含蓋的寬度為1800公里，使得在一天之內能夠含蓋90%的地表面積，接近40,000筆的觀測資料，誤差為2 m/s，風向誤差為20°，其解析度為25x 25 km，在資料提供上分為科學用及作業用。QuikSCAT衛星的特性為一繞極衛星，每天路徑略有不同，但四天為一循環，即第五天與第一天衛星星下點所經過的地方相同。一般而言，衛星同一天會經過頭頂附近兩次。

(二) QuikSCAT 資料及衛星資料分析

將 QuikSCAT 資料與 GMS-5 衛星雲圖疊加在一起，由於風場觀測與衛星雲圖之觀測時間有些許的差別，因此，將此風場配合雲圖時，解釋上均非常小心。圖 10 為 10 月 27 日~11 月 1 日 00 及 12UTC IRI 與前後 3 小時 QuikSCAT 之觀測風場，黑色箭頭代表 QuikSCAT 衛星行進方向之星下點軌跡，圖中所畫的颱風路徑為 GMS-5 衛星資料前後一天每 6 小時之颱風位置。

27 日 00UTC 時(圖 10a)，象神颱風位於菲律賓東方海面上，而 QuikSCAT 之海面風場顯示出颱風環流涵蓋區域約在北緯 5° 到 20°，東經 120° 至 135° 之間，颱風外圍環流結構完整。另外，在台灣東北方海面上仍存在一封閉環流，此環流乃一熱帶性低氣壓(圖 3a)，此低壓之前身為雅吉颱風，27 日 12UTC (圖 10b) 雖然颱風非常接近菲國陸地，然而風速卻較前 12 小時有增加的趨勢，中心出現 50knots 之風。28 日 00UTC 颱風通過菲律賓，由於受到菲國地形的影響，結構不明顯，風速減弱至 30 knots 左右，由於菲國之陸地與 QuikSCAT 位置關係，無法完全掌握颱風環流。29, 30 日颱風之移動近似滯留，QuikSCAT 呈現出完整颱風西側之風場(圖 10e-h)。29 日 12UTC，颱風外圍雲帶已經到達台灣地區，巴士海峽呈現偏東的風，30 日 00UTC，颱風開始向北移動，颱風中心的結構堅固，且 QuikSCAT 觀測到之風場高於 50 哩/小時，且風速持續在增強，台灣南部地區已經感受到颱風的到來，在台東地區日雨量累積超過 100mm(圖 2b)。31 日 00UTC 象神颱風位於菲國西北方，進入巴士海峽，颱風眼非常明顯，颱風環流雖然同時受到菲國及台灣陸地之影響，雨帶(rain band)仍相當明顯，則中心附近之風場仍維持在 50 哩/小時(圖 10j)左右，此時台灣東部地區籠罩在颱風強大的風場之下，風場與地形走向成 90°，勢必有很強的輻合，再加上地形的抬升作用，使得東岸地區降下傾盆大雨，日累積雨量超過 500mm(圖 2c)。11 月 1 日 00UTC，颱風中心位置位於宜蘭外海，台灣北部地區仍有大雨，但颱風強度急速減弱，颱風眼消失，不易判別，此乃受地形之

破壞與冷空氣的作用有密切關係，之後受到槽線的導引，象神颱風迅速向北移動而消散，但 11 月 1 日並無 QuikSCAT 之觀測風場予以佐證。

四. 雷達資料分析

圖 11 為 10 月 31 日 2200UTC 至 11 月 1 日 0300UTC 每小時之五分山雷達仰角 1.4° PPI 回波資料，圈距 50, 100, 150 及 200km。圖中之颱風中心位置乃利用雷達回波及雷達風速場決定之，由雷達回波資料發現，象神颱風中心位置沿著台灣東岸向北北東方向移動，中心位置緊沿岸邊北上並沒有登陸。雷達回波顯示颱風東側外圍之雨帶(rain band)相當清楚(圖 11a-d)，且台灣北部地區全部籠罩在濃密的回波區，颱風中心北側的風場方向與地形幾乎垂直，由於水氣之輻合與地形的抬升，在東部地區降下大雨。另外，相當特別的是在颱風中心的東邊出現一弱回波區域(圖 11b-f)，此一弱回波區代表較乾之空氣。隨時間，此一弱回波區漸漸捲入颱風中心的北側，之後颱風伴隨之雨量漸漸減弱(圖 11f)。由一系列的回波資料顯示，此一乾空氣由颱風南邊進入颱風中心，使得颱風中心之對流迅速減弱(然而地形對颱風中心結構的破壞也是一個重要的因子)。利用花蓮機場逐時之 θ_e 資料顯示(圖 12)，於 10 月 31 日 12 時起 θ_e 逐漸上升，此時花蓮地區一直籠罩在雷達下雨回波區內，到 21 時 θ_e 達最高值，之後 θ_e 開始下降，而 θ_e 值的下降顯示水氣減少或冷空氣的移入，此與雷達觀測到之弱回波區相當一致。

五. 結論

本文探討 2000 年 10-11 月間發生之象神颱風的發展過程，台灣地區同時受到颱風環流及大陸冷高壓氣流的影響，一日之間降下傾盆大雨，造成莫大的損失。象神颱風生成之後一直沿著西北西方向進行，10 月 30 日突然轉向北北東朝台灣直撲，初步認為颱風的轉向與高壓的位置及鋒面的移近有密切的關係。在副熱帶高壓東退之後，兩分裂高壓形成一道鋒面，此鋒面導引颱風北上。本颱風乃一秋颱，加上東北季風的影響，在台灣地區造成很大的降水，過去對於此類颱風之研究報告較少，本文之目的乃利用各種可用之資料，探討象神颱風

接近台灣時環流及中心對流情況之變化。文中之一特點乃利用 QuikSCAT 海面觀測風場分析颱風在不同時間海面風速的分佈情形，由雲圖及風場的配合，我們更能掌握颱風內部及外圍的環流情形，隨時間風速不斷增強。若能將此風場放入數值模式，勢必對颱風強度的掌握有莫大的助益。

當颱風靠近台灣時，在北部地區產生很大的降水，雷達回波顯示在北部有很強之回波。此乃由於環流靠近地形時，受到中央山脈的擠壓與抬升所出現之強降水。另外，由溫度平流顯示在強暖平流地區伴隨水氣之輻合，這些資訊將有助於了解颱風環流與地形交互作用之研究及預報。由初步分析結果我們可以得到以下幾點：

1. 本颱風南來之暖濕氣流與北來之東北季風在台灣地區交會，產生共伴環流效應，造成在台灣地區有大量的降水。
2. 500 百帕 5880 公尺線東退，顯示副熱帶高壓向東退出，加上兩分裂高壓間產生之鋒面系統之導引，使得颱風得以轉向迅速向北北東移動。
3. 由於兩不同氣流之交會，因北來之東北季風較平行於等溫線，而颱風環流之風場幾乎與等溫線垂直，因此在台灣地區造成明顯之暖平流，此暖平流區域與 925 百帕及 850 百帕之濕區相當一致。於 10 月 30 日至 11 月 1 日，隨著時間，此暖區向北移動到台灣北部，這與台灣地區的降雨有一致的關係。
4. QuikSCAT 是一個很特別的資料，可以提供海面 25 公里解析度之風場，且含蓋時間一天兩次，資料用以研究海面上之天氣系統。於此，吾人利用此資料分析象神颱風接近台灣地區時其環流強度之變化。當颱風還在菲國東方時，其結構完整，10 月 29 日颱風移動到菲國西岸，由於受到地形影響其環流有減弱的趨勢，到了 10 月 30 日颱風移速減慢，此時 QuikSCAT 的風場資料顯示風速逐漸加強，近中心風速可達 60 海哩/小時以上，此後颱風向北移動，漸漸受到台灣地形的影響，風場顯示颱風東北側的環流幾乎與地形垂直，在東部地區產生很大的輻合效應，加上地形的抬升，在東部地區造成很大的降雨。

5. 五分山雷達回波顯示，颱風中心沿著東部海岸北上，於颱風之東側觀測到一弱回波區，此弱回波區乃颱風引進之較乾的空氣，這些乾空氣對颱風中心對流系統之維持有不利之影響，使颱風急速消散，此一冷空氣可由花蓮測站之相當位溫得到印證。

致謝

感謝各單位所提供的資料。本研究由國科會計畫 NSC-89-2111-M-034-006-AP 與 NSC-89-2625-Z-034-004 資助，設備由中國文化大學大氣科學系提供，陳書筠小姐及朱良斌先生在美工及資料處理所給予之協助，文化大學劉廣英院長及徐天佑先生之諸多指導及討論，QuikSCAT 資料由 JPL, NASA QuikSCAT 及 TRMM 研究計畫提供。

參考文獻

- 林伯雄、李清勝、鄭文通、林民生，1997：南海季風實驗期間無人飛機探空之資料診斷。大氣科學，28-3，243-262。
- 李清勝、林慧娟，1998：菲莉颱風(1990)之數值模擬。大氣科學，27-3，235-256。
- 吳俊傑、卓瑜甄、王時鼎，1999：葛拉絲颱風(1994)及其受到台灣地形影響之研究第一部分：觀測分析。大氣科學，27-1，1-28。
- 喬森、黃清勇、郭英華，1996：黛特 Dot 颱風的 MM5 數值模擬。大氣科學，24-2，123-144。
- 謝信良、王時鼎、鄭明典、葉天降，1997：台灣地區颱風預報輔助系統建立之研究第二階段：侵台颱風路徑、強度、風力預報之應用研究(五)。中央氣象局專題研究報告 CWB85-1M-01, 382-382。
- 謝信良、王時鼎、鄭明典、葉天降，1998：百年(1897-1996)侵台颱風之統計分析與應用—台灣地區颱風預報輔助系統建立之研究第二階段之三。中央氣象局專題研究報告，415-454。
- Linwood Jones W., et al, 1999: NASCAT High-Resolution Surface Wind Measurements in

Typhoon Violet, NSCAT: Scientific Applications, P11, 247-11, 260.

Wang, S.-T., 1980: Prediction of the Behavior and Strength of Typhoons in Taiwan and Its Vicinity. Res. Rep. 108, National Science Council, Taipei, Taiwan, P100.

Wu, C.-C., and Y. H. Kuo, 1999: Typhoons Affecting Taiwan - Current Understanding and Future Challenges. Bulletin of Amer. Meteor. Soc. 80, P 67-80

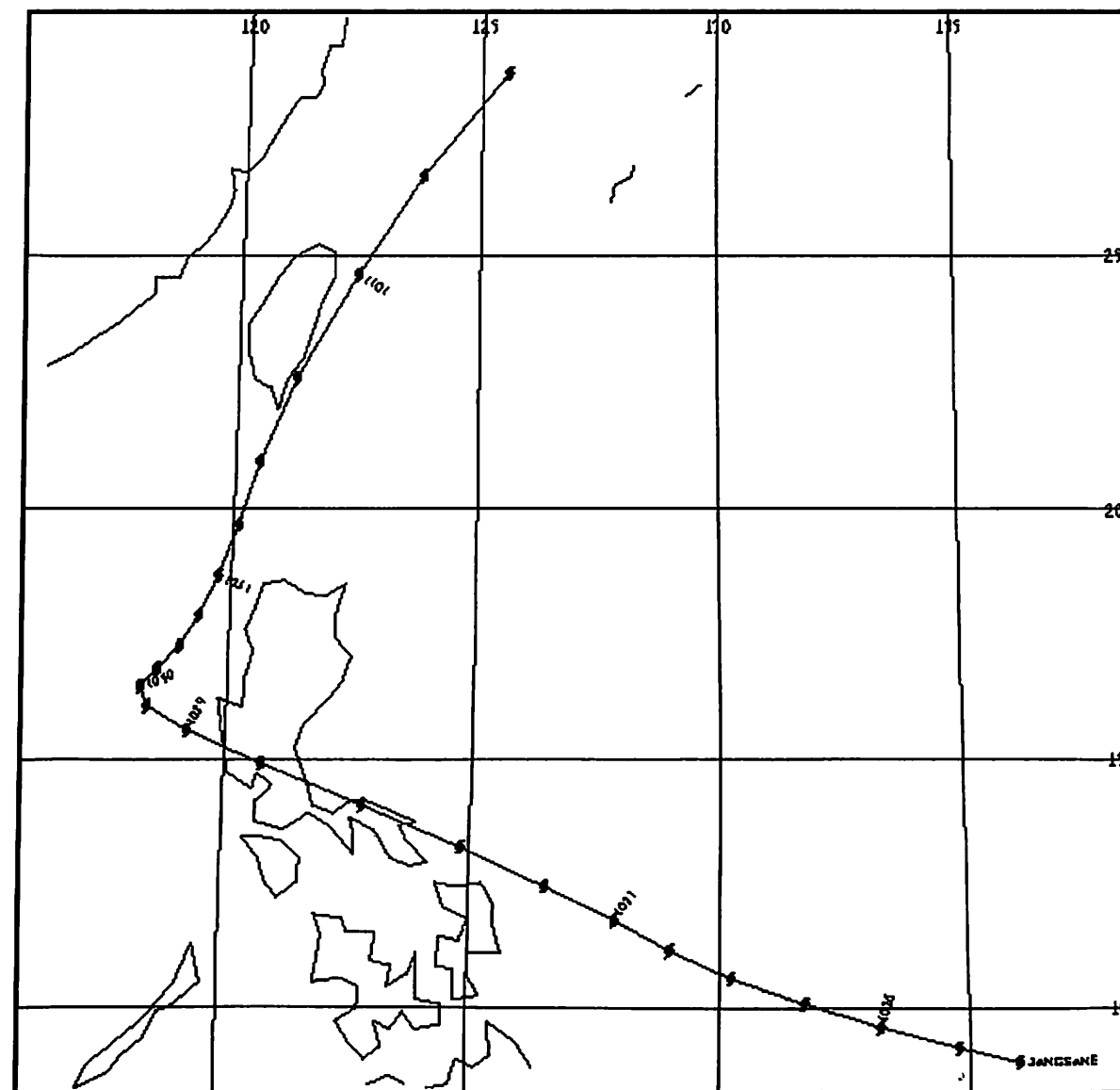


圖1·2000年10月25日至11月1日象神颱風每六小時中心位置。標示日期處為該日00UTC之中心位置。

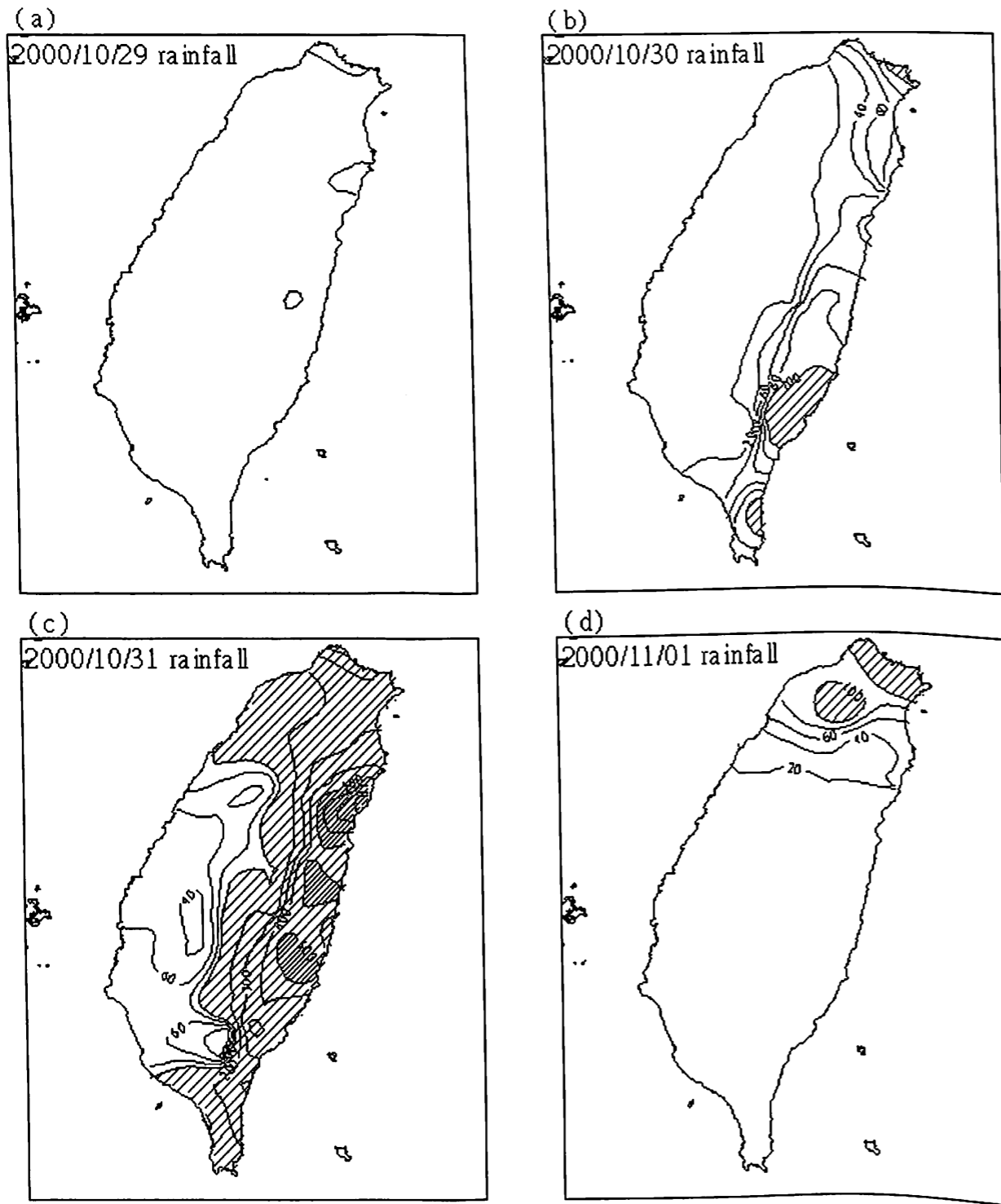


圖2·2000年10月29日至11月1日之日累積雨量分佈圖。(單位mm) 100mm以下之等值線為每20mm，100mm以上之等值線為每100mm，且以疏斜線表示之。500mm以上以密斜線表示之。

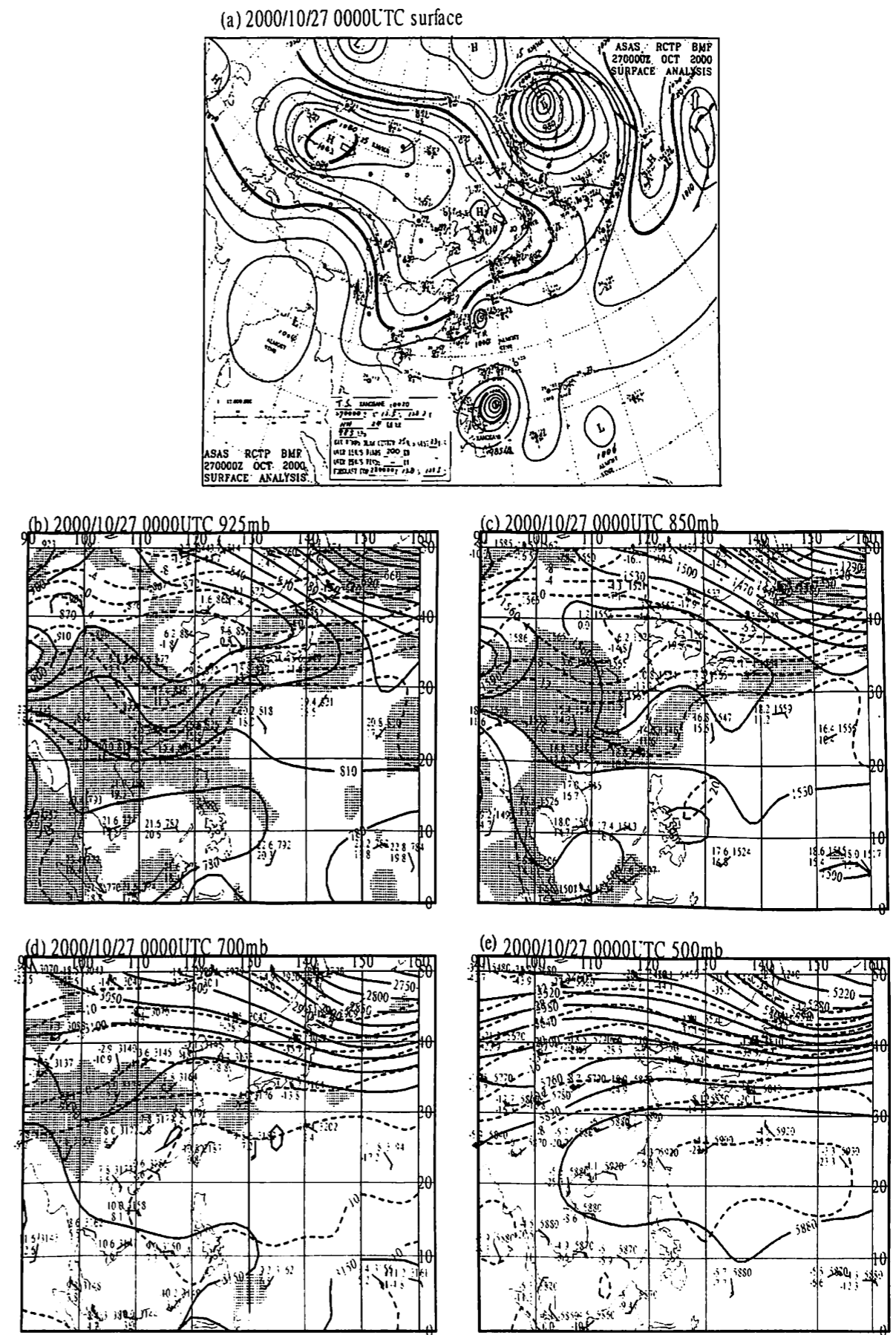
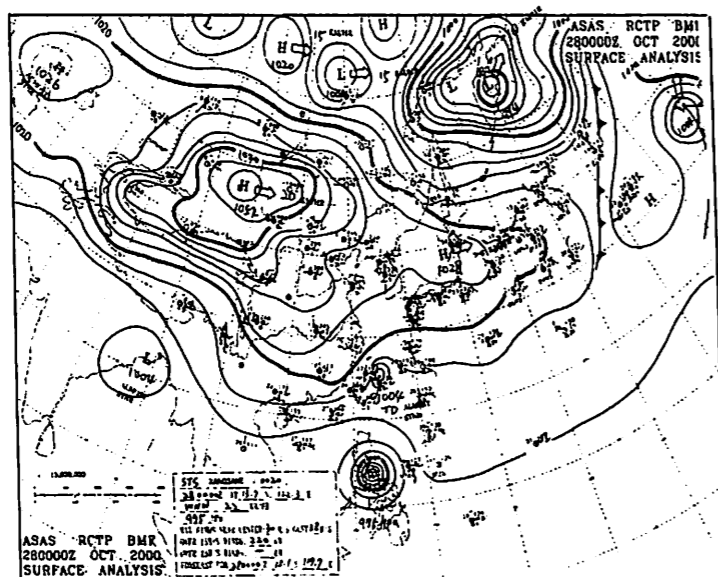
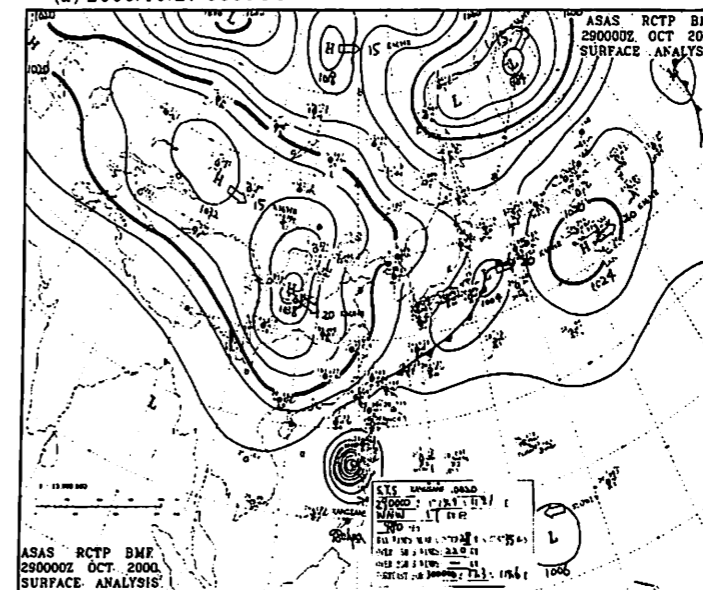


圖3·2000年10月27日00UTC之(a)地面天氣圖及(b)925百帕(c)850百帕(d)700百帕(e)500百帕之高空圖，打點區域為相對濕度高於80%。

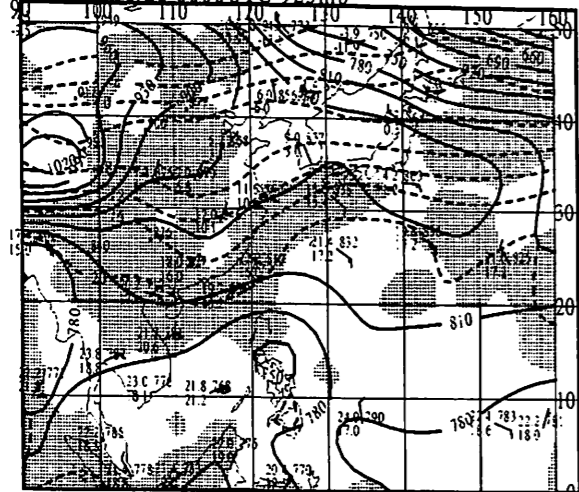
(a) 2000/10/28 0000UTC surface



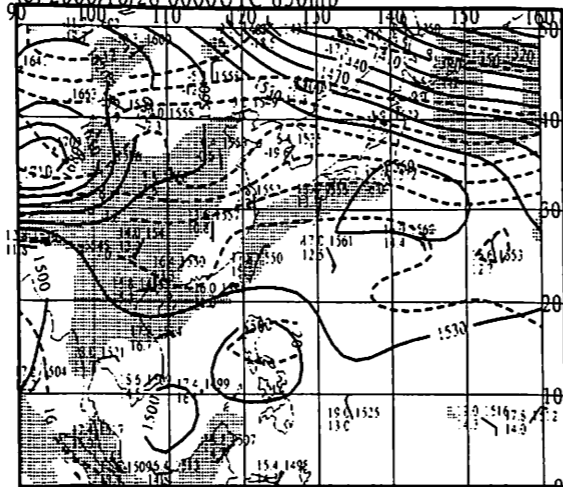
(a) 2000/10/29 0000UTC surface



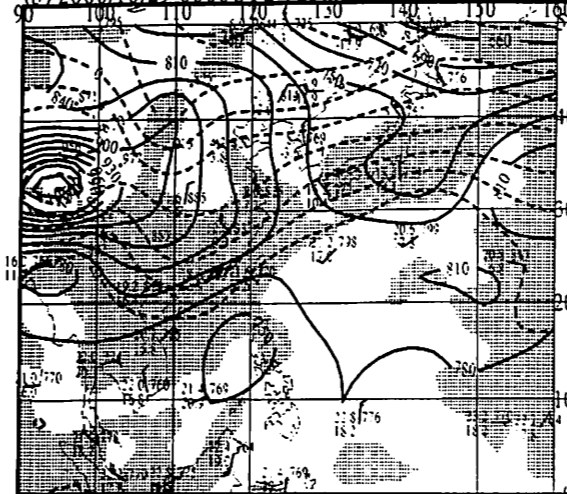
(b) 2000/10/28 0000UTC 925mb



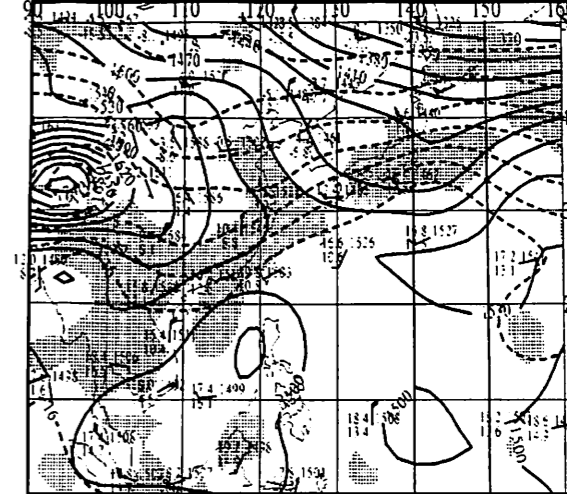
(c) 2000/10/28 0000UTC 850mb



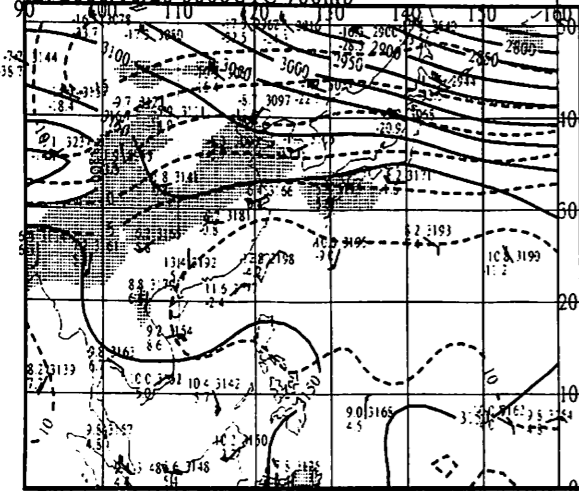
(b) 2000/10/29 0000UTC 925mb



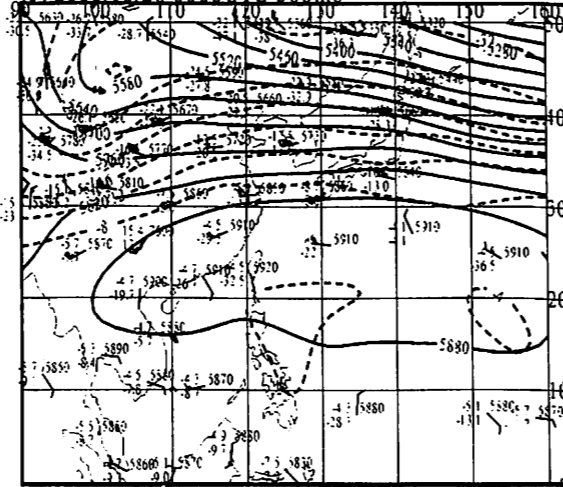
(c) 2000/10/29 0000UTC 850mb



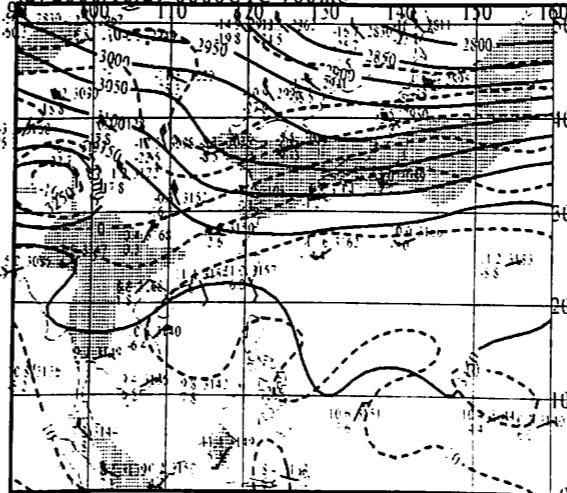
(d) 2000/10/28 0000UTC 700mb



(e) 2000/10/28 0000UTC 500mb



(d) 2000/10/29 0000UTC 700mb



(e) 2000/10/29 0000UTC 500mb

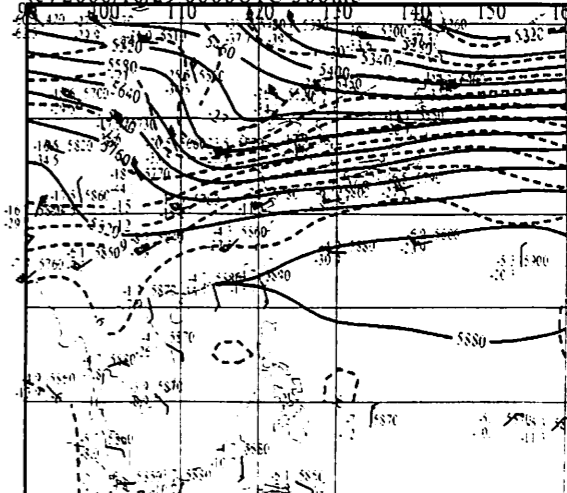
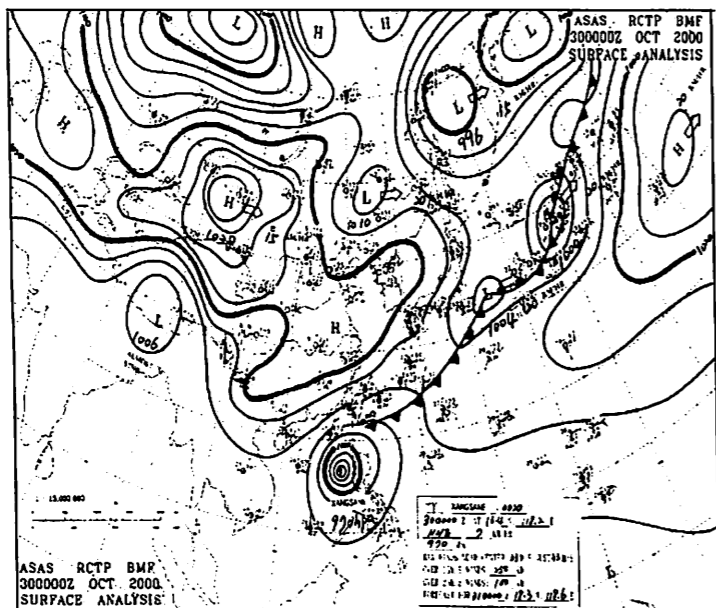


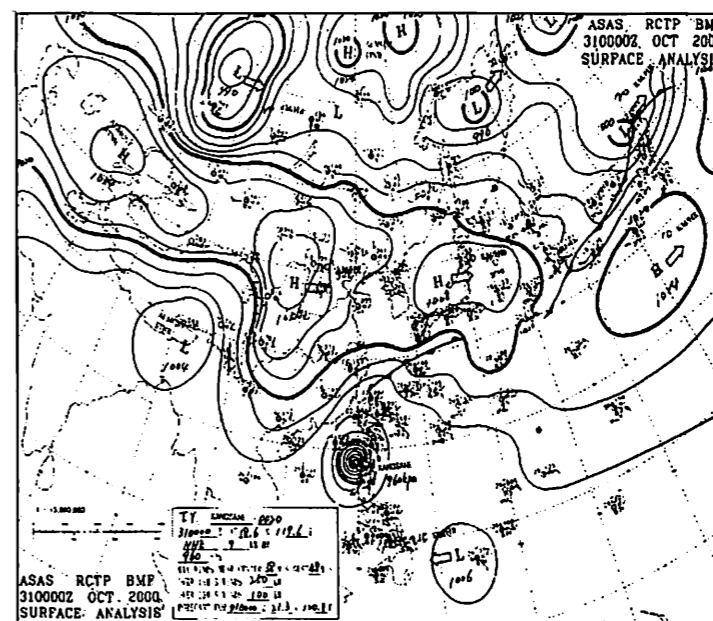
圖4·2000年10月28日00UTC之(a)地面天氣圖及(b)925百帕(c)850百帕(d)700百帕(e)500百帕之高空圖，打點區域為相對濕度高於80%。

圖5·2000年10月29日00UTC之(a)地面天氣圖及(b)925百帕(c)850百帕(d)700百帕(e)500百帕之高空圖，打點區域為相對濕度高於80%。

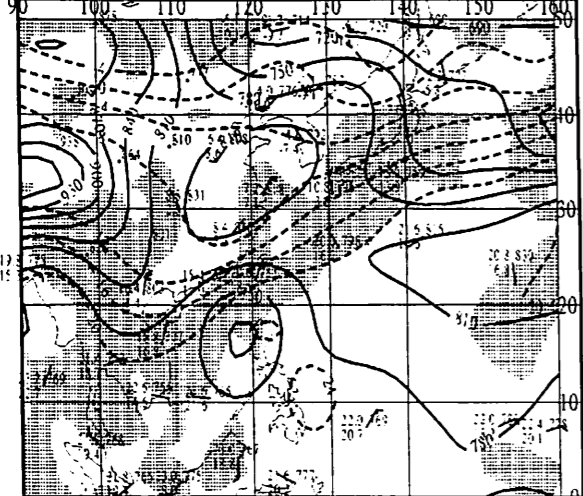
(a) 2000/10/30 0000UTC surface



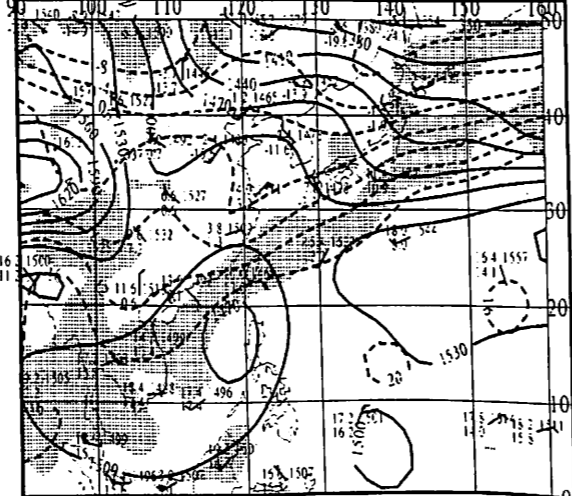
(a) 2000/10/31 0000UTC surface



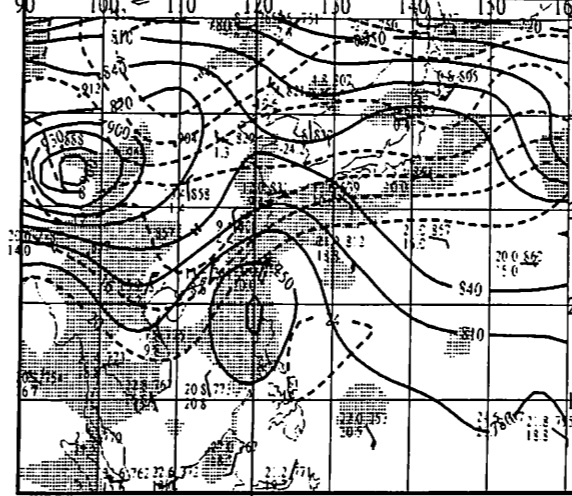
(b) 2000/10/30 0000UTC 925mb



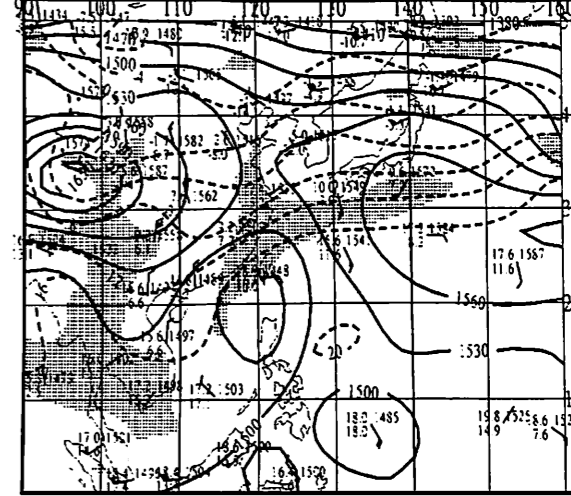
(c) 2000/10/30 0000UTC 850mb



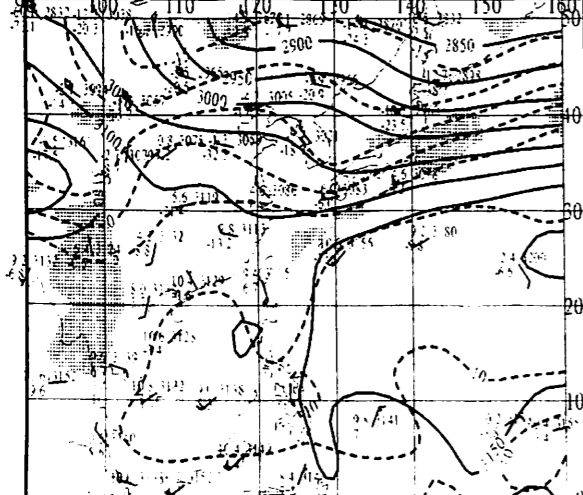
(b) 2000/10/31 0000UTC 925mb



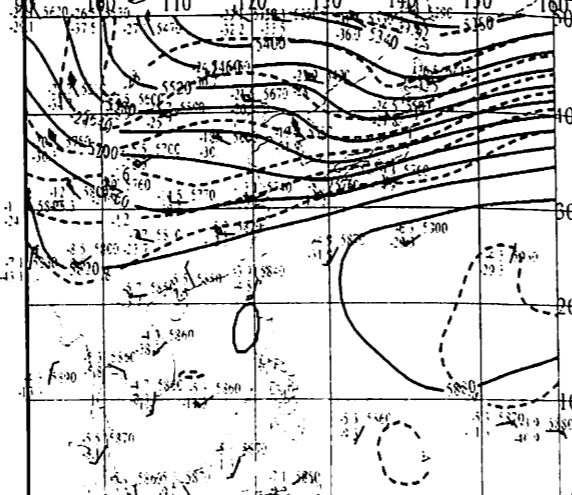
(c) 2000/10/31 0000UTC 850mb



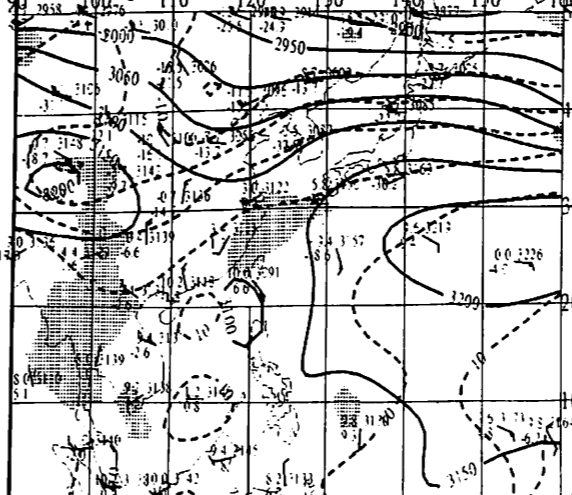
(d) 2000/10/30 0000UTC 700mb



(e) 2000/10/30 0000UTC 500mb



(d) 2000/10/31 0000UTC 700mb



(e) 2000/10/31 0000UTC 500mb

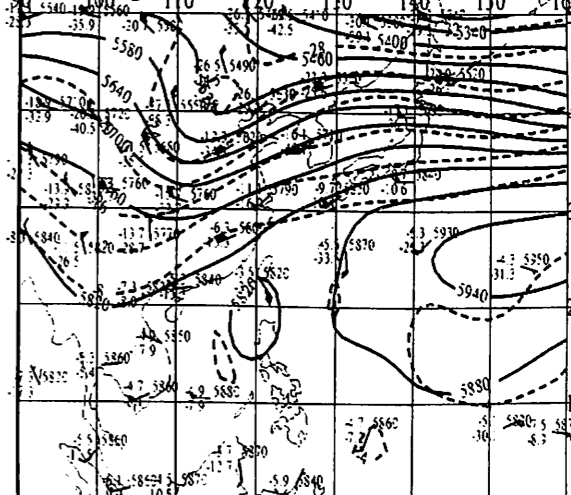


圖7·2000年10月31日00UTC之(a)地面天氣圖及(b)925百帕(c)850百帕(d)700百帕(e)500百帕之高空圖，打點區域為相對濕度高於80%。

圖6·2000年10月30日00UTC之(a)地面天氣圖及(b)925百帕(c)850百帕(d)700百帕(e)500百帕之高空圖，打點區域為相對濕度高於80%。

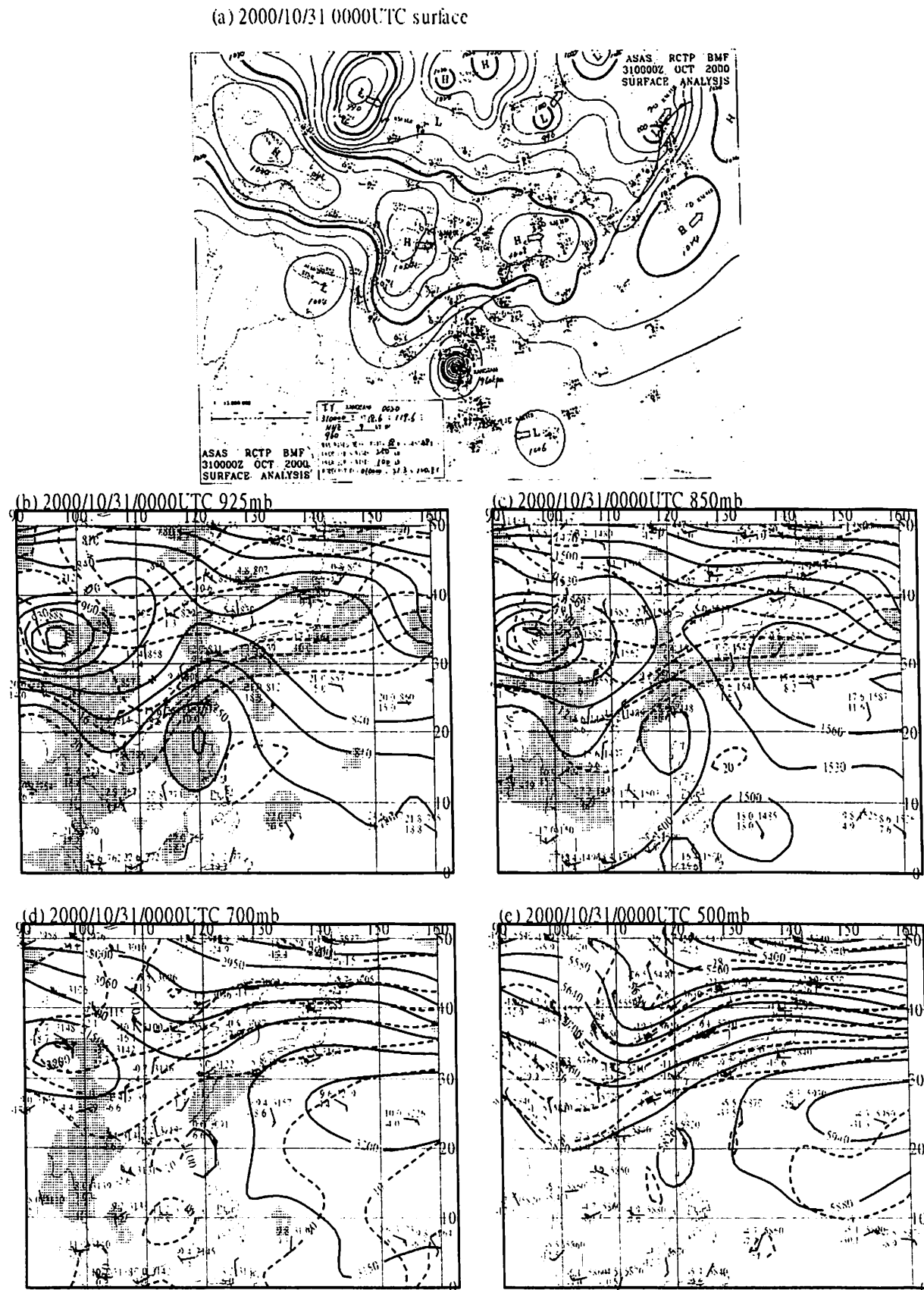


圖8·2000年11月1日00UTC之(a)地面天氣圖及(b)925百帕(c)850百帕(d)700百帕(e)500百帕之高空圖，打點區域為相對濕度高於80%。

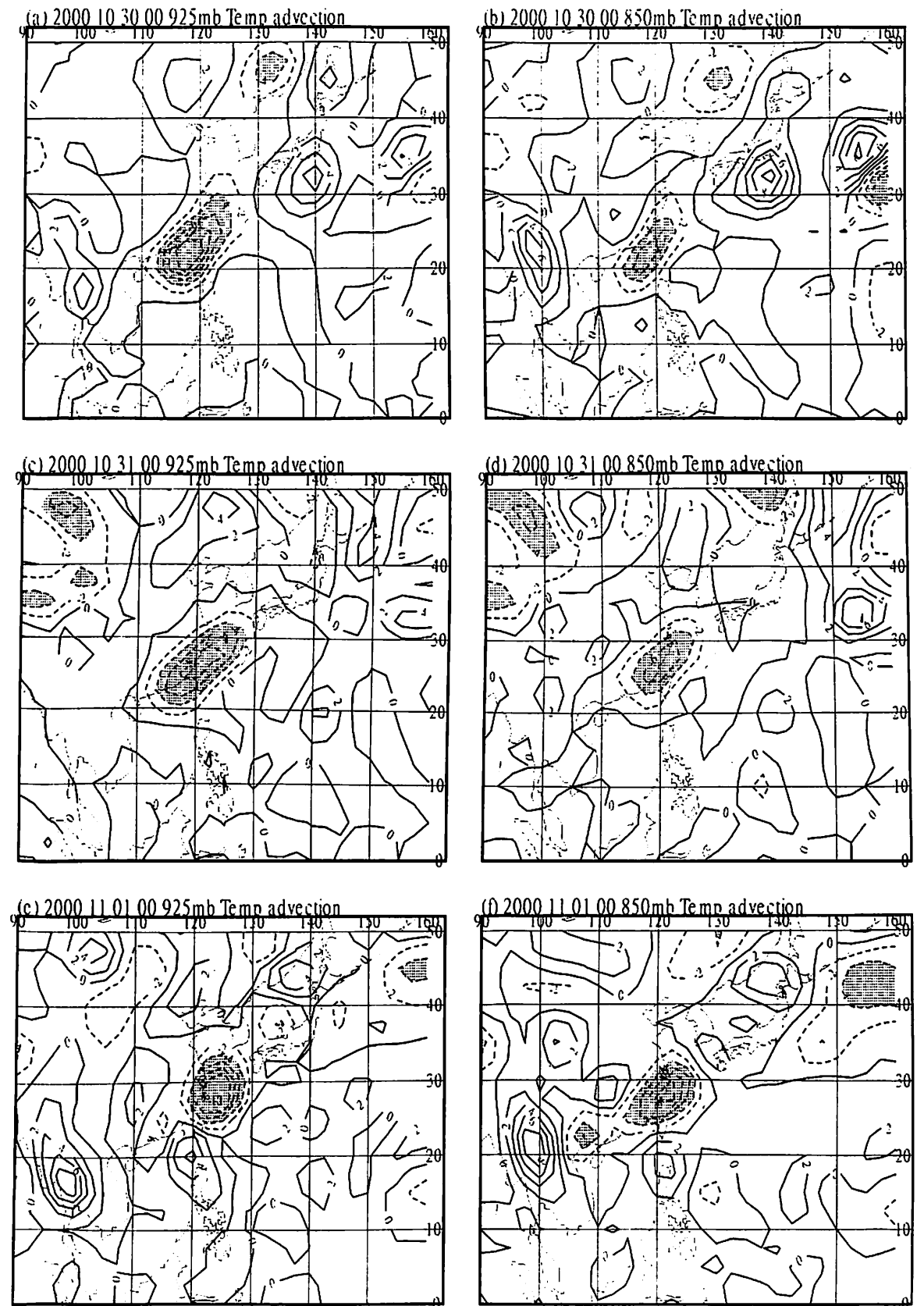
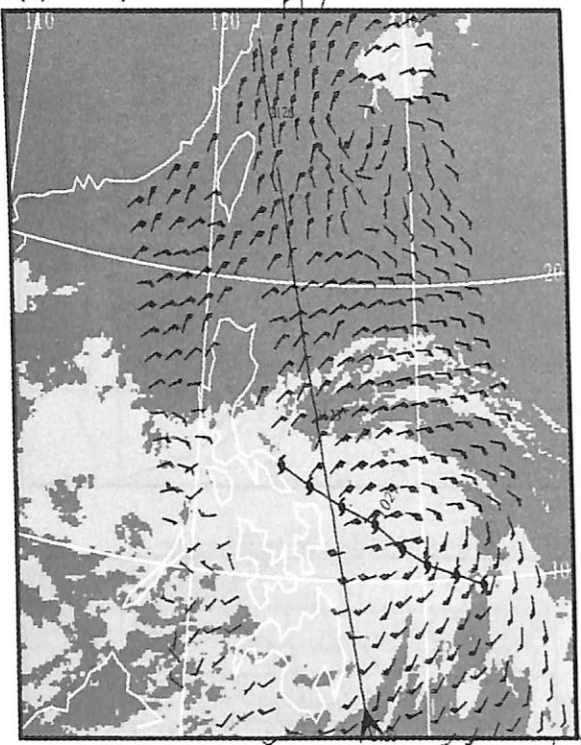
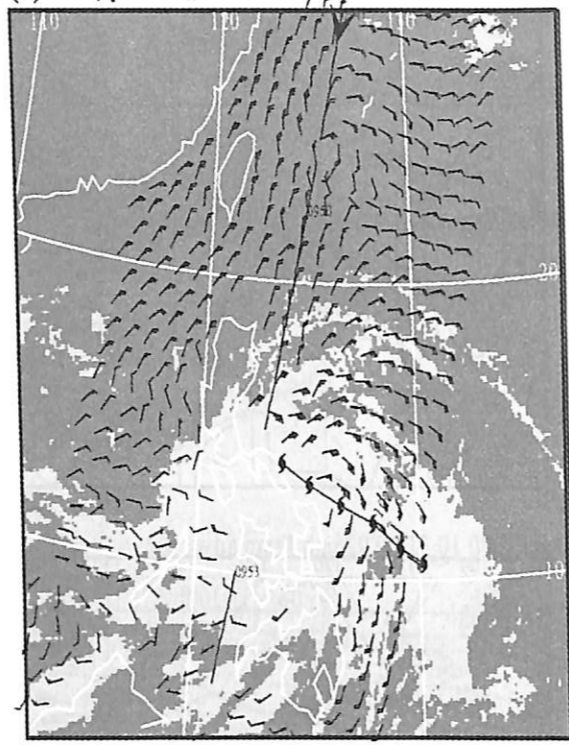


圖9·2000年10月30日至11月1日00UTC 925百帕及850百帕之溫度平流($\vec{V} \cdot \nabla T$)。單位 1.7×10^{-6} K/s，打點區域為小於 -6.8×10^{-6} K/s。

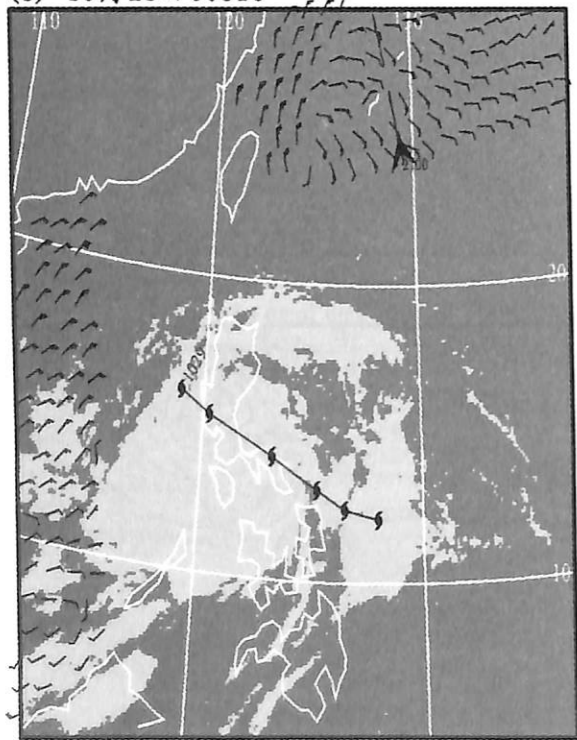
(a) 10月27日00UTC



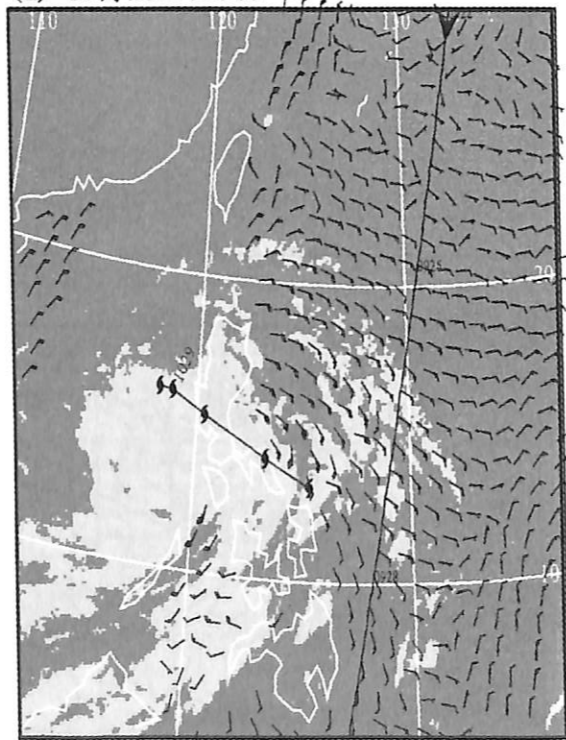
(b) 10月27日12UTC



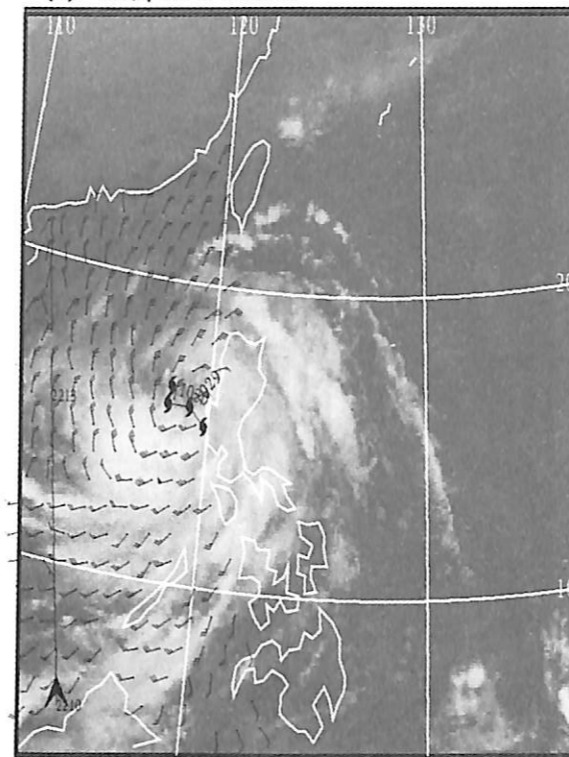
(c) 10月28日00UTC



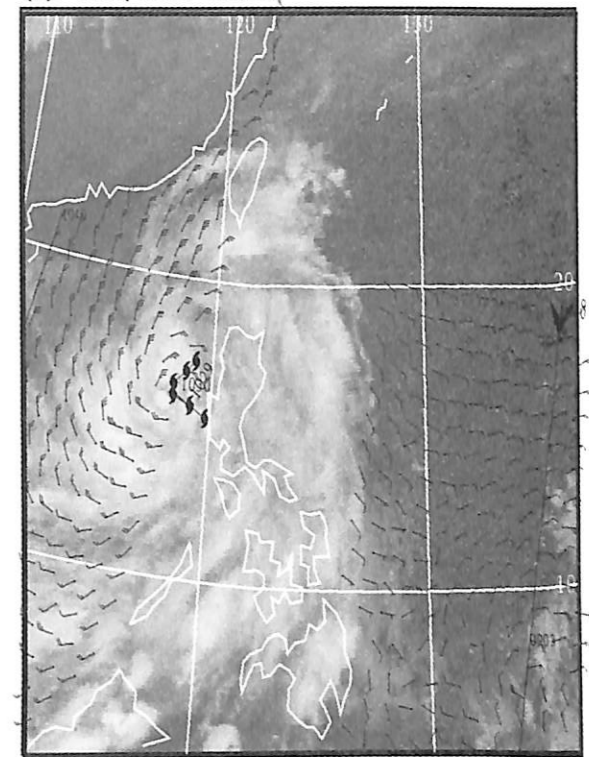
(d) 10月28日12UTC



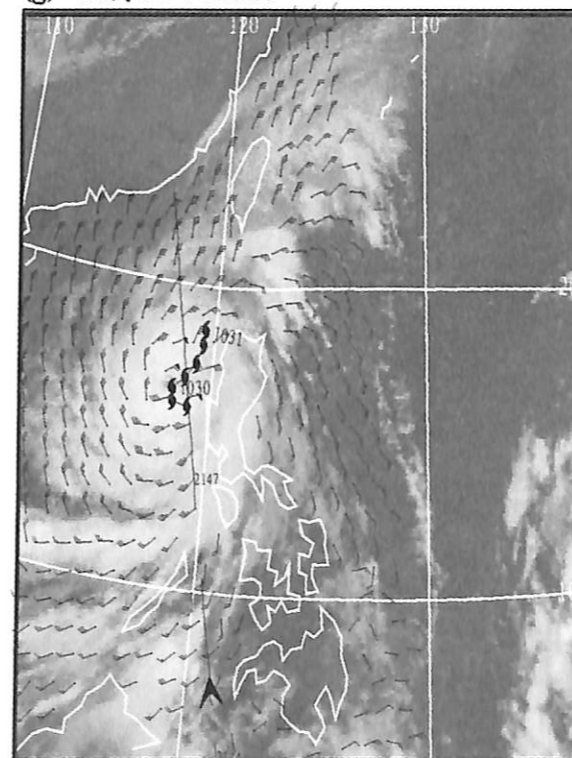
(e) 10月29日00UTC



(f) 10月29日12UTC



(g) 10月30日00UTC



(h) 10月30日12UTC

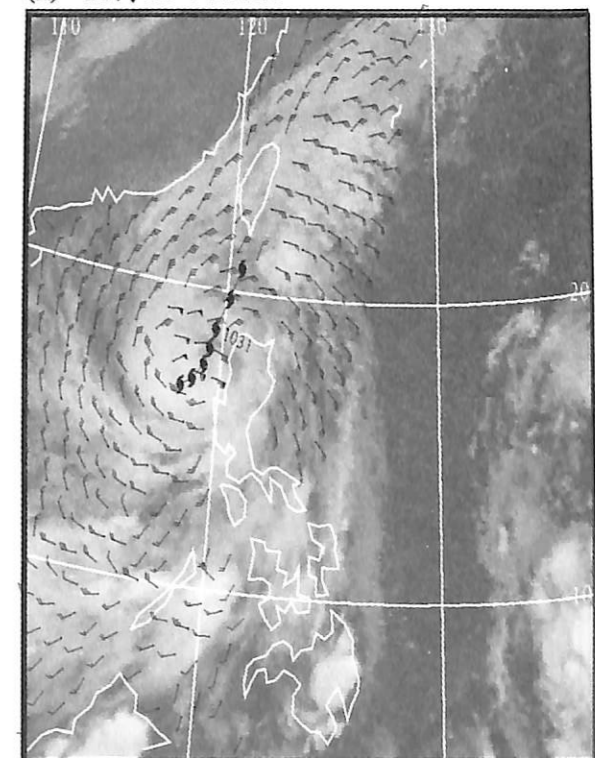
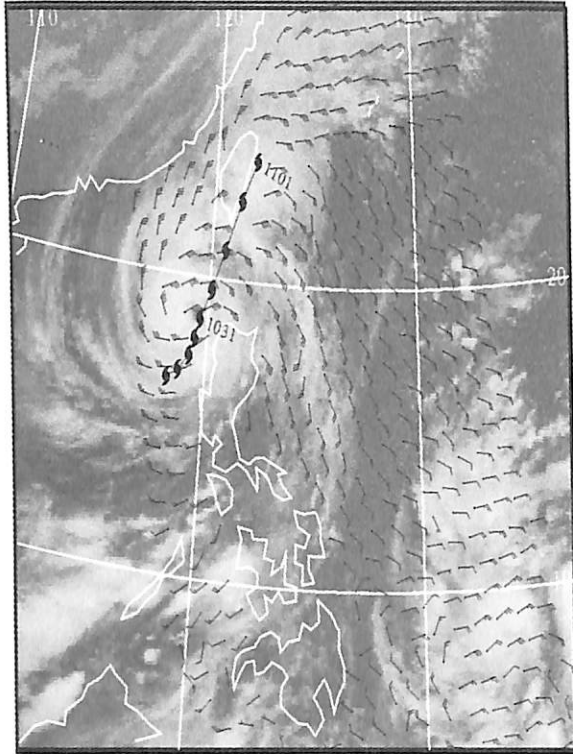


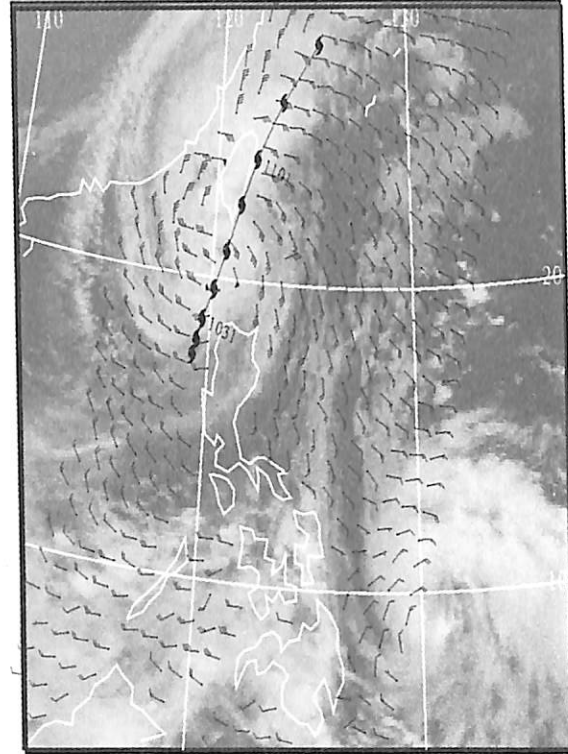
圖 10 · 2000 年 10 月 27 日至 11 月 1 日 每日 00UTC 及 12UTC 之 GIS-5 IR 衛星雲圖與前後 3 小時 QuikSCAT 之觀測風場。黑色箭頭代表 QuikSCAT 衛星行進方向及星下點軌跡，圖中所畫的颱風路徑為 GIS-5 衛星資料前後一天每 6 小時之颱風位置，颱風路徑所標之數字為颱風中心在 00UTC 時之月及日。

圖 10 續

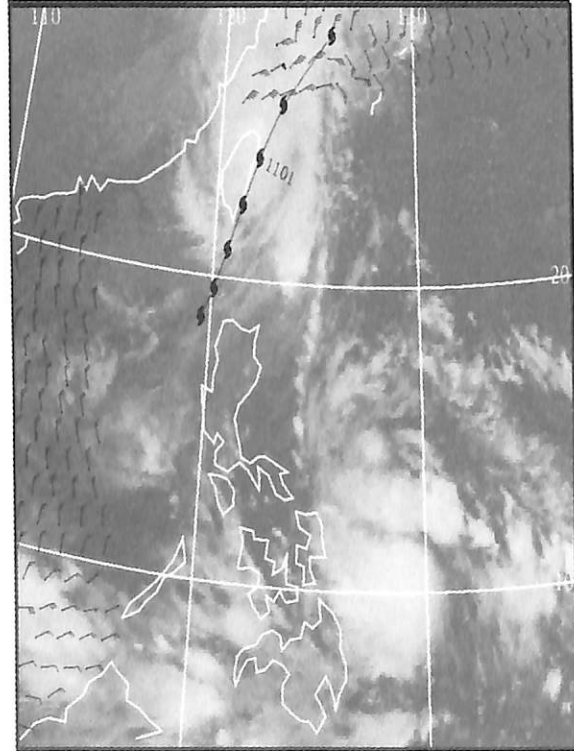
(i) 10月31日00UTC



(j) 10月31日12UTC



(k) 11月01日00UTC



(l) 11月01日12UTC

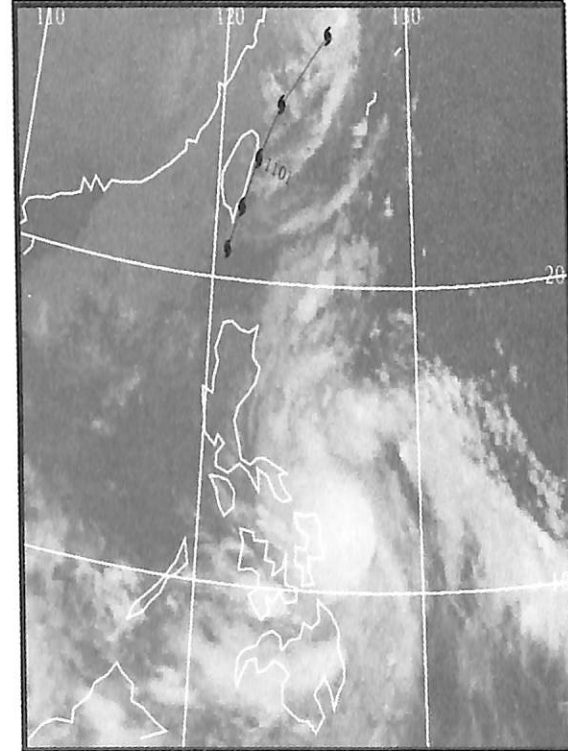
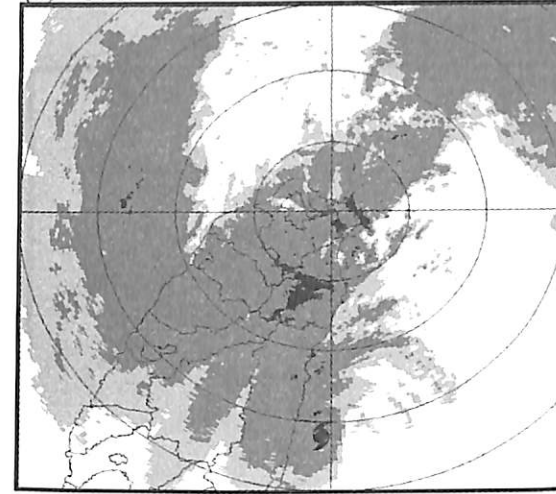
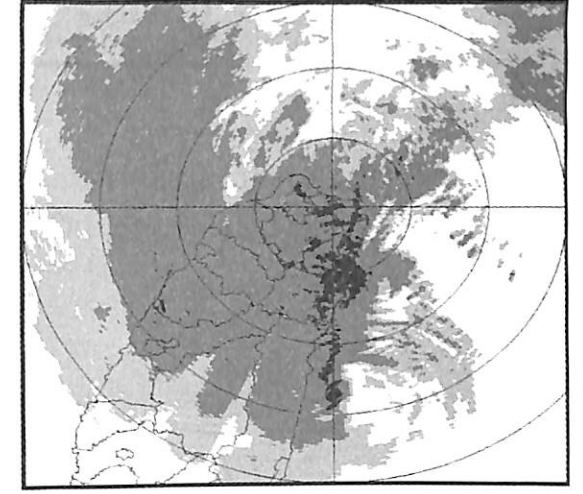


圖10續

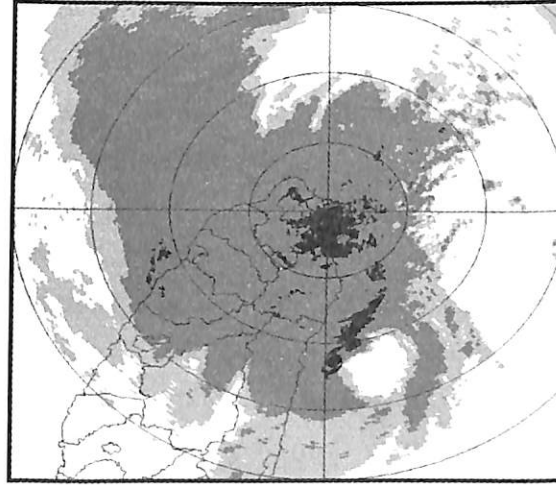
(a) 2000/10/31 22:00:40 UTC DZ E=1.4



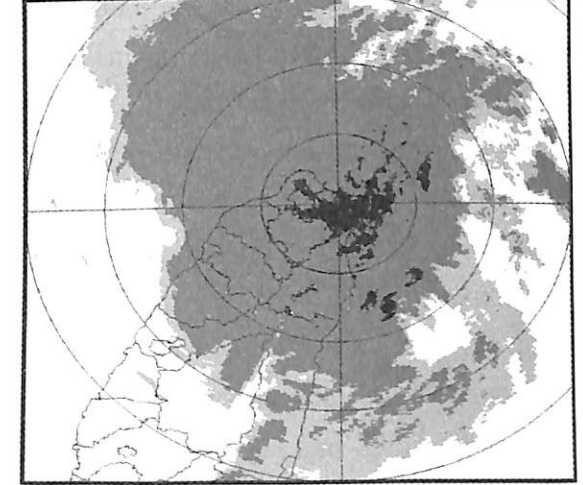
(b) 2000/10/31 23:00:36 UTC DZ E=1.4



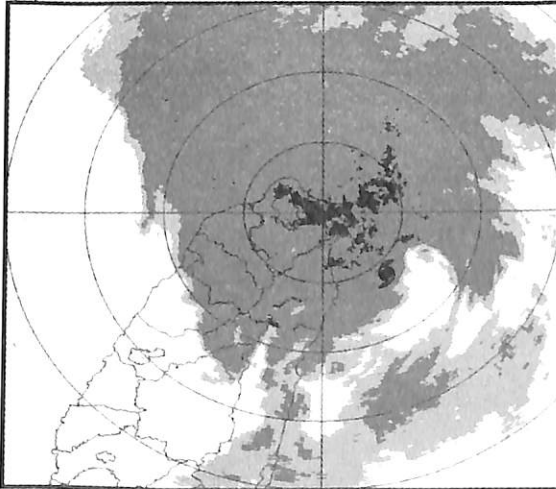
(c) 2000/10/31 00:00:56 UTC DZ E=1.4



(d) 2000/11/01 01:00:50 UTC DZ E=1.4



(e) 2000/11/01 02:00:44 UTC DZ E=1.4



(f) 2000/11/01 03:00:40 UTC DZ E=1.4

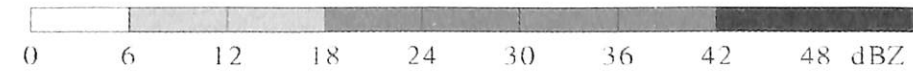
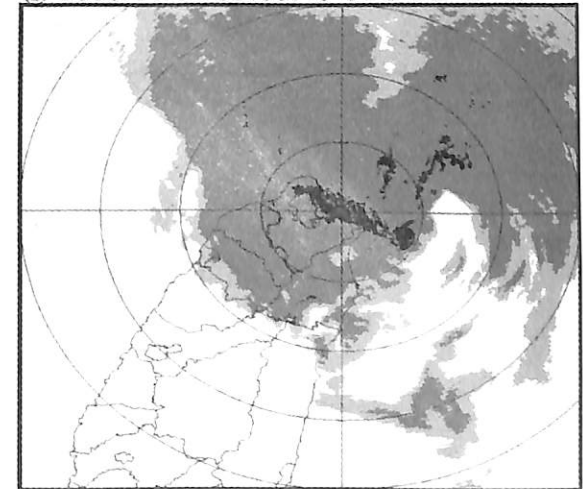


圖11·2000年10月31日22UTC至11月1日03UTC每小時之五分山雷達仰角1.4° PPI回波資料，圈距50、100、150及200km。黑點為颱風中心位置。

A Study of Typhoon Xangsane of year 2000

Yi-Ping Lin

Ching-Hwang Liu

Department of Atmospheric Sciences Chinese Culture University

Abstract

The Typhoon Xangsane was development on October 25, 2000. It maintained the west-northwest route to the west coast of Philippine and, suddenly, turned north-northeast on October 30. The typhoon traveled closely to the Taiwan coast and caused very severe damage. In this paper, the NCEP/NCAR reanalysis data, QuikSCAT sea surface wind and radar reflectivity from Wu Fan Shan are used to study the circulation intensity during the whole period and the center convective structure when it travels near the Taiwan area. The QuikSCAT observation shows the typhoon has a well circulation before it crossed the Philippine island. The Island terrain effect tends to weaken the circulation. After crossing the island, the circulation redevelops and gains the wind speed over 60 knots near the center area. The typhoon warm moist flow interacting with the northeast cold winter monsoon produces a heavy rainfall over the entire Taiwan area. The 925hpa and 850hpa indicate a cold tongue located at the western side (southeast China) of Taiwan and warm air at the eastern side. This strong warm temperature advection well co-located with the heavy rainfall area. Owing the terrain effect and dry air induced into the center, the typhoon intensity weaken substitutionally.

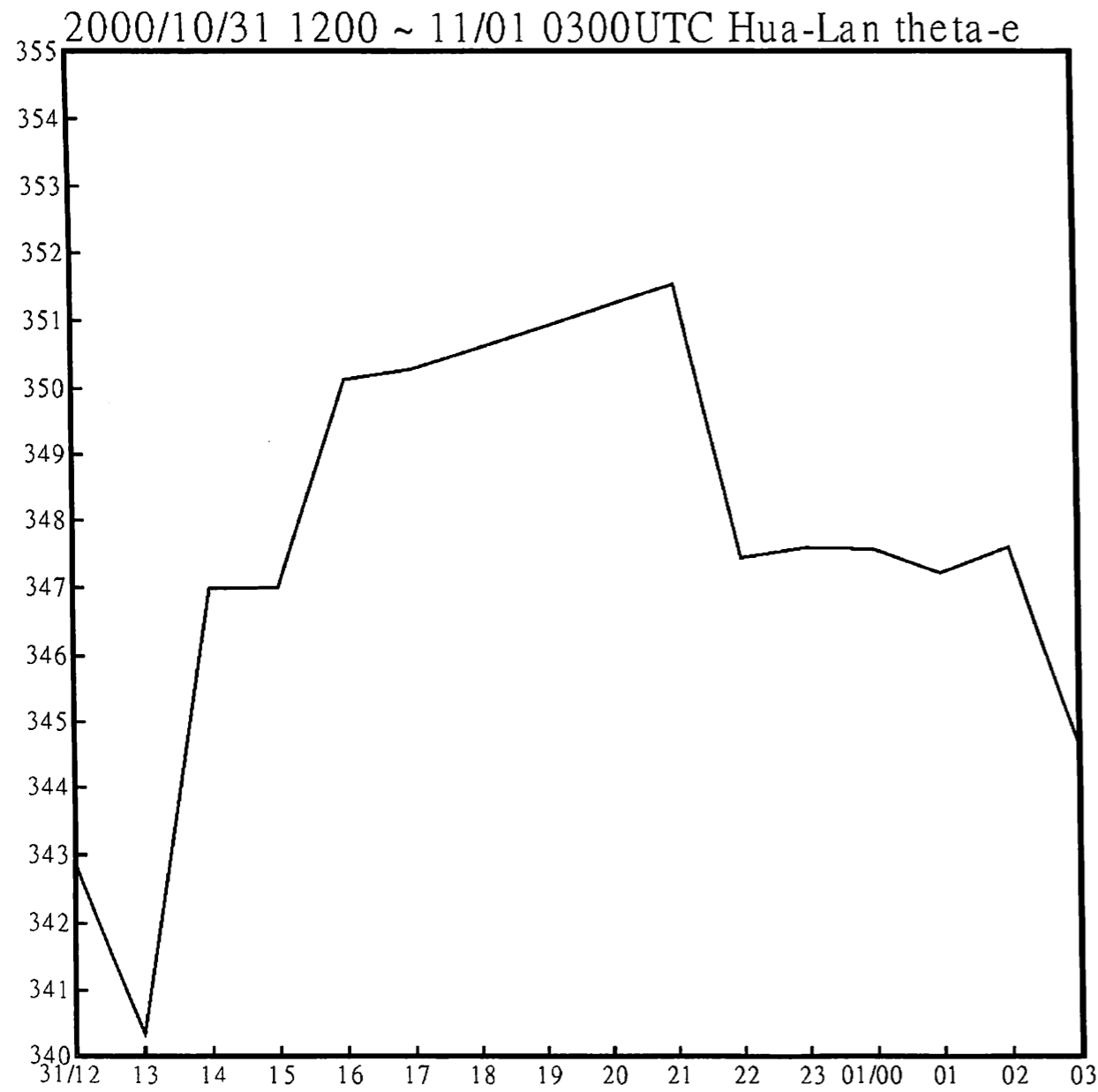


圖 12 · 2000 年 10 月 31 日 1200UTC 至 11 月 1 日 0300UTC 花蓮機場地面逐地逐時之相當位溫。