

熱帶海洋高層冷心低壓之個案分析

苟潔予
氣象衛星中心
中央氣象局

摘要

夏季太平洋地區的高對流層常有高層冷心低壓發生。此環流的溫度結構及伴隨的垂直運動，可能提供發生對流的有利條件。

本文利用 TCM-90 加強觀測期之個案資料，分析高層冷心低壓之環境參數、結構及變化。研究中發現本個案 200hpa 曾同時存在二環流中心，且低壓中心的路徑有跳躍的現象，有別於以往之研究。個案顯示冷區在 200~400hpa，最冷在 250hpa 附近。高層 150hpa 處有暖心，高度距平最低在 150 - 200hpa 處。冷心低壓周圍伴隨之強風軸分別位於東北及西南象限。當冷心低壓在不同生命期時，結構亦不相同。

一、前言

夏季太平洋地區的高對流層常有明顯冷心結構的氣旋發生，強度自 200 ~ 300 hpa 向上及向下減弱。此一具有冷心結構的高層低壓稱為高層冷心低壓 (Cold Core Low)。此環流的溫度結構及伴隨的垂直運動，可能提供產生對流的有利條件。Ricks (1959) 和 Frank (1970) 發現冷心低壓中心是下沉區，外圍是上升區。Shimamura (1981, 1982) 利用傳統探空觀測資料及衛星雲圖分析個案，發現低層槽位於高層冷心低壓之東側。溫度結構以 200~250hpa 最冷，冷心上方 150~125hpa 處則是暖心。陳等 (1988) 利用 300hpa 天氣圖及衛星雲圖分析 1985, 1986 年暖季高層冷心低壓發現：高層冷心低壓的東南象限雲量最多，西北象限雲量最少。周 (1989) 分析 1982 ~ 1987 年夏季高層冷心低壓時指出：伴隨有強風軸的冷心低壓，常具有較長的生命期。顯示冷心低壓周圍環境場對冷心低壓結構的維持具有相當的影響。吳等 (1992) 認為南北兩支強風軸分別是颱風外流及副熱帶高壓環流與高層冷心低壓環流加強所造成；且南支較北支強。鄭 (1994) 認為強風軸存在時，渦度最大值皆發生在強風軸的氣旋式側。強風軸引起的垂直次環流，使得噴流條入區右側及出區左側有較強的輻散，強風軸風速愈大則輻散值愈大，對流發生的貢率亦高。

二、資料與分析方法

世界氣象組織 (WMO) 爲了研究西太平洋區域颱風的特徵，於 1990 年 8-9 月在西太平洋全面展開 TCM-90 (Tropical Cyclone Motion, 1990) 颱風實驗。實驗期間運用多項儀器在海洋地區施行觀測；尤其在加強觀測期間 (IOP) 更是實施密集加強觀測。透過此項實驗可以針對平時受限於地形而無法觀測的海洋地區中的天氣現象加以觀測及進一步瞭解。

資料分析包括傳統天氣圖、日本 GMS 衛星雲圖、澳洲氣象研究中心 (BMRC) 模式分析圖、及 TCM-90 第二次及第三次加強觀測期間 (IOP2 & IOP3) 的資料；IOP2 是針對楊希 (YANCY) 颱風而執行；而 IOP3 則是針對柔拉 (ZOLA) 颱風。雖然是針對不同颱風而實施兩次加強觀測，但是在時間上具連續性。就高層冷心低壓而言則是同一個案。

先分析澳洲氣象研究中心 (BMRC) 200hpa 的客觀風場，尋找具有封閉式氣旋環流、在時間上具有連續性，並分析 200hpa 綜觀天氣圖具有氣旋式環流，且 300hpa 溫度場確認是冷心者。如此則確定高層冷心低壓確實存在。另外針對高層冷心低壓分析衛星雲圖以瞭解及確認其移動路徑及雲系變化的情形。並且運用美國國家氣象中心 (NMC) 對 TCM-90 客觀分析場網格點資料 (0.5 度經緯網格)，繪製不同參數的分析圖以瞭解高層冷心

低壓隨時間的變化及結構。

三、高層冷心低壓之結構

根據 Kelly&Mock (1982) 研究指出：高層冷心低壓最大環流位於 200hpa，因此本文先分析澳洲氣象研究中心(BMRC)200hpa 的客觀風場(圖略)，尋找封閉式氣旋式環流。由圖中分析顯示 15 日 12Z 時在北緯 20 度、東經 158 度附近有明顯的封閉式氣旋環流且維持至 17 日 12Z，配合綜觀天氣圖(圖略)及衛星雲圖(圖一)，確定此高層冷心低壓存在後，再利用 TCM-90 加強觀測期間所得的網格資料分析風場、溫度場、渦度場等以瞭解高層冷心低壓的特徵。

(一)、風場與路徑

利用美國國家氣象中心(NMC)的客觀分析場繪出 15 日 12Z - 17 日 18Z，200hpa 風場(圖二)，200hpa 風場顯示：15 日 12Z 時高層存在一封閉式氣旋環流，同時在封閉氣旋環流的西北方向另有一氣旋式曲率存在，16 日 00Z 時東南環流中心向西北移動，但是 6 小時後(16 日 06Z)環流中心則跳至西北氣旋曲率處，原東南環流中心只有氣旋式曲率存在。16 日 12Z 時環流中心繼續向西北移動、而東南環流中心再度恢復，因此同時存在兩個環流中心。兩環流中心同時存在的現象維持至 16 日 18Z，且 16 日 18Z 時東南環流明顯增強。17 日 00Z 時，東南環流中心消失，轉成以西北中心為主的一個環流中心；持續維持至 17 日 18Z。環流中心位置如表一。

觀察環流中心的路徑(圖三)則發現：16 日 00Z 至 16 日 06Z 中心快速向西北移動，此時即環流中心由東南跳至西北；6 小時後風場出現兩個環流中心、二環流中心相距不遠(約 5 緯度距)。16 日 12Z 至 16 日 18Z 中心再度快速向西北移動，此時兩個環流中心相距較遠(約 10 緯度距)；東南中心近似滯留、而西北中心移動較快。17 日 00Z 至 17 日 06Z 環流中心再一次向西北快速移動。總體而言，200hpa 環流中心平均移動方向以西北為主，但在速率上較不穩定，此現象與環流中心自東南環流跳至西北環流有關。

(二)、雲圖

根據陳等(1989)研究顯示高層冷心低壓環流內之雲類分布，以卷雲最多，對流雲次之，非對流雲最少。各雲類以東南象限發生頻率最高、範圍最大；對流雲系以西北象限發生頻率最少且範圍最小。分析日本 GMS 衛星 1990 年 8 月 15

日北半球紅外線雲圖， $20^{\circ}N$ ， $160.0^{\circ}E$ 一帶是高層冷心低壓的雲系，16 日 00Z - 16 日 06Z 至雲貌呈西北-東南走向、且卷雲條十分清楚，此時 200hpa 環流中心由東南跳至西北；16 日 12Z - 16 日 18Z 時雲系繼續呈現西北-東南走向且向西北移動，並且積狀雲明顯增加。17 日 00Z 時積狀雲明顯減少，層雲、卷雲量增加且西北-東南走向的雲貌以不明顯；17 日 12Z - 18 日 00Z 雲系繼續向西北移動。顯示當高層存在兩環流中心時，雲系呈現西北-東南走向，當高層只有一環流中心時雲系不再如此。

(三)、高度

1、高度距平平面圖

分析 15 日 12Z - 17 日 18Z，1000、850、700、500、300、250、200、150hpa， $10^{\circ} \sim 35^{\circ}N$ ， $135^{\circ} \sim 165^{\circ}E$ 高度距平平面圖(圖四)。500hpa 以上各層等高線明顯顯示低壓系統，而 700、850、1000hpa 則是東風槽的現象；低層東風槽的位置較高層冷心低壓的位置偏東。15 日 18Z 時高層 200、250、300hpa 等高線在低壓中心的西北象限出現明顯曲率。16 日 00Z 時出現二低壓中心且等高線明顯呈西北-東南走向；但此時環流仍只有一中心。環流一直到 16 日 12Z 時才同時出現二中心，顯示高度場較環流先呈現二中心。當 16 日 06Z 時高層中心跳躍時，中低層東風槽則移動較慢，不及高層主中心的位置；介於西北-東南二中心之間。當 17 日 00Z、06Z 環流只有一中心(西北中心)時，高度仍呈現西北-東南走向，且東南仍有曲率存在。17 日 12Z 時只有西北一中心時，低層東風槽位置亦相當。可以發現：高度場較風場先表現中心跳躍的情形，即當環流中心跳躍之前 6 小時，最大高度負距平會先移動。

2、高度剖面圖及高度距平平均值隨時間的垂直剖面圖

分析 200hpa 環流中心的高度垂直剖面圖(圖略)顯示：高度距平最低在 150 - 200hpa 處，高層東西向對稱頗佳，但隨高度降低低值略向東偏。南北向則是隨高度降低向南偏，顯示低層槽線位於高層環流中心的東南向。分析 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 經緯度的高度距平平均值隨時間的垂直剖面圖(圖五)。高層(200 - 300hpa)高度距平值隨時間減小，有 6 小時震盪的情形。由中、低層高度距平顯示：15 日 12Z 至 16 日 00Z 是東風槽，16 日 06Z 至 16 日 12Z 因高層中心跳躍而低層不及跟

上，所以高度值偏高。16日18Z因低層東風槽逐漸接近高層中心則高度值逐漸下降。

(四)、渦度

1、渦度平面圖

分析15日12Z—17日18Z，1000、850、700、500、300、250、200、150hpa， $10^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ ， $135^{\circ}\sim 165^{\circ}\text{E}$ 渦度平面圖(圖六)。300、250、200、150hpa各層渦度值，以200hpa較強。15日12Z—16日00Z在高層冷心低壓主中心的西北象限有另一個次高中心。500—1000hpa是東風槽，伴隨高層主中心位置。16日06Z高層渦度極大值跳至西北中心，東南中心渦度值減弱；低層東風槽伴隨高層西北主中心。16日12Z—16日18Z高層同時存在二中心，16日12Z時二中心渦度最大值位置與環流中心位置一致，但16日18Z時風場的西北環流中心明顯向西北跳，而西北渦度中心則移動較慢，位於二環流中心之間。低層東風槽16日12Z時介於高層二中心之間，16日18Z時則與西北渦度中心位置相近，介於兩高層環流中心之間(高層環流中心與渦度最大值位置中心不一致)。17日00Z中層(500,700hpa)出現二東風槽，一伴隨高層西北主環流中心新東風槽，另一則是16日18Z的東風槽，新東風槽出現在500及700hpa，原東風槽自500hpa至1000hpa。17日06Z新東風槽已向下發展至850hpa，原東風槽已弱。17日12Z後只有一配合高層主環流中心的東風槽。17日18Z低層東風槽明顯減弱。大致而言：17日00Z—17日18Z低層東風槽伴隨高層渦度中心向西北移動。初期低層東風槽伴隨高層環流中心；當高層環流中心明顯向西北跳躍時，渦度場反應則較慢，低層東風槽則與渦度中心較配合，與環流中心相距較遠。17日12Z後則高層冷心低壓位置與低層東風槽位置相當。

2、渦度剖面圖及渦度平均值隨時間的垂直剖面圖

分析200hpa環流中心的渦度剖面圖(圖略)顯示：渦度最大值位於200hpa，且東—西、南—北對稱。由1000hpa至100hpa都是正渦度。分析200hpa環流中心 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 經緯度的渦度平均值隨時間的垂直剖面圖(圖七)。由圖中曲線顯示高層冷心低壓強度以200hpa最強，垂直發展自15日12Z至16日12Z逐漸向中、低層發展且同時明顯增強。但16日18Z時低層明顯成爲負渦度值；則是因高層冷心低壓的中心位置明顯移動，低層尚

未快速移動所致。冷心低壓強度自15日12Z起一直增強，至16日18Z達最大值，而後開始減弱。17日12Z又略增強、18Z減弱。

(五)、溫度

1、溫度平面圖

分析15日12Z—17日18Z，1000、850、700、500、300、250、200、150hpa， $10^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ ， $135^{\circ}\sim 165^{\circ}\text{E}$ 溫度距平平面圖(圖八)。高層冷心低壓的溫度結構是：200—500hpa冷心明顯，150hpa則是暖區，700hpa以下則不明顯，其中以300hpa最明顯。15日12Z—15日18Z在環流中心位置以北有另一溫度極低區。16日00Z—16日12Z冷中心與主環流中心配合，但在冷中心之西北有另一冷中心與西北環流相配合。16日18—17日00Z最冷中心配合西北環流中心，且東南中心同時存在另一次冷中心。值得注意的是此時段僅250,300hpa是冷心、200hpa,500hpa已成爲不明顯。17日06Z時只有一冷中心配合主環流。而17日12Z—18Z時僅300hpa是冷心，其他各層冷中心現象已不明顯。顯示當高層東南環流中心再度出現時，溫度負距平也有兩個中心。當高層東南環流中心減弱消失時，溫度負距平仍維持一段時間。

2、溫度剖面圖及溫度距平平均值隨時間的垂直剖面圖

分析200環流中心溫度距平垂直剖面圖(圖略)顯示：冷心區域在中高層，約400—250hpa，最冷位置約在250—300hpa附近。在冷心上層150hpa處有暖心存在。東—西對稱較好，南—北剖面則可發現冷區較偏北。分析200hpa環流中心 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 經緯度的溫度距平平均值隨時間的垂直剖面圖(圖九)：冷區分布在高層附近(200—400hpa)，隨時間有略微下降的現象。低層則溫度差距不大。

(六)、垂直速度

1、垂直速度平面圖

分析15日12Z—17日18Z，1000、850、700、500、300、250、200、150hpa， $10^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ ， $135^{\circ}\sim 165^{\circ}\text{E}$ 垂直速度平面圖(圖十)。15日12Z—16日12Z環流中心附近低層是上升運動，16日18Z—17日18Z則是下沉運動。中心東側上升運動較西側明顯。

2、垂直速度剖面圖及垂直速度平均值隨時間變化圖

分析 200hpa 環流中心垂直速度剖面圖（圖略）及 5 * 5 經緯度垂直速度隨時間變化剖面圖（圖十一），顯示垂直運動以中層最明顯：15 日 18Z 至 16 日 00Z 是下沉運動，16 日 12Z 至 17 日 06Z 是上升運動，17 日 18Z 至 18 日 00Z 是下沉。低層則是 15 日 12Z 至 16 日 12Z 是微弱上升運動，16 日 18Z 至 18 日 00Z 是下沉運動。大致而言在垂直向分布是：15 日 12Z 至 16 日 06Z 低層上升運動、高層下沉運動，16 日 18Z 後低層下沉運動、高層上升運動。

（七）、強風軸

1、風場及等風速平面圖

分析 15 日 12Z - 17 日 18Z，1000、850、700、500、300、250、200、150hpa， $10^{\circ} \sim 35^{\circ} \text{N}$ ， $135^{\circ} \sim 165^{\circ} \text{E}$ 等風速及風向平面圖（圖二）發現：在高層冷心低壓的周圍伴隨有兩支強風軸，在環流中心的西南象限及北或東北象限，以 200hpa、250hpa、300hpa 較明顯，其中尤以 200hpa 風速最強。一般夏季中低緯度高對流層的水平風場大多不超過 10 公尺/秒，而伴隨冷心低壓的兩支強風軸，風速在 200hpa 可達 25 公尺/秒以上。因此以 20 公尺/秒為標準，大於 20 公尺/秒的強風速帶稱為強風軸。分析 200hpa 強風軸以西南強風軸的風速較強，15 日 12Z 至 16 日 12Z 西南強風軸風速持續增強中，16 日 12Z 風速達最強。16 日 18Z 西南強風軸分為兩支，分別位於高層二環流中心的西南象限；17 日 00Z 風速明顯減弱。另一支強風軸風速較弱，15 日 12Z 至 15 日 18Z 位於中心北方，16 日 00Z 至 16 日 18Z 位於東北象限，而後明顯減弱。

四、討論

（一）高層冷心低壓之生命期

200hpa 5 * 5 經緯度的渦度平均值顯示：冷心低壓強度自 15 日 12Z 起一直增強，至 16 日 18Z 達最大值，而後開始減弱，17 日 12Z 又略增強、18Z 減弱。根據 200hpa 渦度平均值將 15 日 12Z 至 16 日 18Z 視為加強期、16 日 18Z 至 17 日 00Z 視為成熟期、17 日 00Z 至 17 日 06Z 視為減弱期。

（二）不同生命期之特徵

1、加強期

15 日 12Z 至 16 日 18Z 為冷心低壓之加強期，200hpa 渦度明顯增強，明顯向低層、垂直發展較深，且各層明顯增強。溫度負距平中心伴隨環流中心，200 - 500hpa 冷心結構明顯。兩支強風軸位於環流中心之西南及東北象限，西南支較強且最強風速值持續增強中。16 日 18Z 因高層有二中心，西南強風軸同時也有兩支。衛星雲圖則發現積狀雲明顯增強且面積增加。

2、成熟期

16 日 18Z 至 17 日 00Z 為冷心低壓之成熟期，200hpa 渦度由最強稍微減弱。溫度負距平中心伴隨環流中心，但溫度梯度明顯減弱，200hpa 及 500hpa 的負距平較弱、250hpa 及 300hpa 的負距平明顯。強風軸維持兩支但風速明顯減弱。衛星雲圖可見積狀雲明顯減少。

3、減弱期

17 日 00Z 至 17 日 06Z 為冷心低壓之減弱期，200hpa 渦度場明顯減弱，垂直發展明顯減少。溫度僅 300hpa 有負距平中心。環流四周則無強風軸存在。雲圖中之積雲面積繼續減小。

五、結論

本文利用 TCM - 90 加強觀測期間客觀分析網格點資料，分析高層冷心低壓結構及生命期特徵，歸納如下：

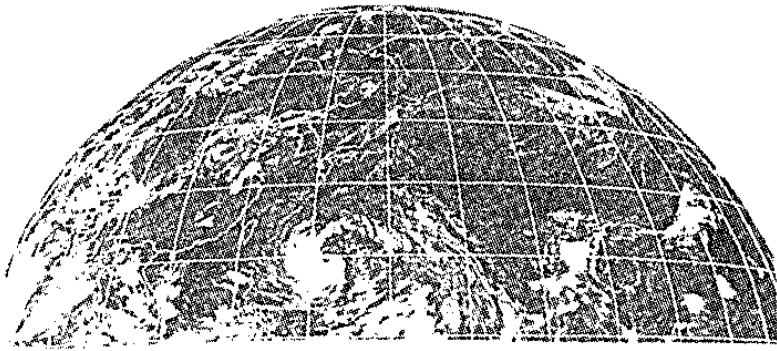
- 1、高層冷心低壓的渦度最大值在 200hpa，強度向上及向下減弱。本個案的高層冷心低壓一度有兩個環流中心同時存在。
- 2、高層冷心低壓速率上較不穩定，此現象與環流中心自東南環流跳至西北環流有關。
- 3、高度場較風場先表現中心跳躍的情形，即當環流中心跳躍之前 6 小時，最大高度負距平會先移動。
- 4、當高層環流中心明顯向西北跳躍時，渦度場反應則較慢。當渦度中心尚未配合上環流中心時，低層東風槽則與渦度中心較配合，與環流中心相距較遠。
- 5、當高層出現二環流中心時，溫度負距平也有兩個中心。當高層東南環流中心減弱消失時，溫度負距平仍維持一段時間。
- 6、當高層存在西北、東南二環流中心時，雲系呈現西北 - 東南走向，當高層只有一環流中心時雲系不再如此。
- 7、增強期，渦度明顯向中、低層發展，垂直發

展較深。溫度負距平中心伴隨環流中心，200 - 500hpa 冷心結構明顯。

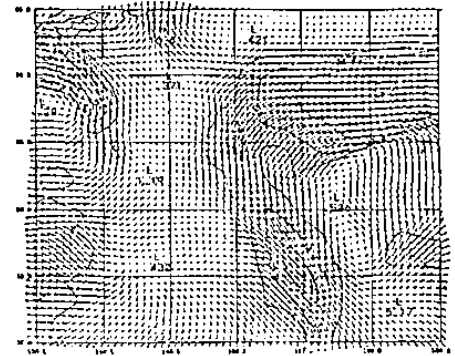
- 8、成熟期，渦度垂直發展較淺。溫度負距平中心伴隨環流中心，但梯度明顯減弱。250 - 300hpa 冷心結構明顯。
- 9、減弱期，200hpa 渦度明顯減弱。僅 300hpa 有溫度負距平中心。
- 10、伴隨高層冷心低壓的強風軸在發展及成熟期時有兩支，以西南支較強，且持續較久。減弱期時，強風軸消失。

參考文獻

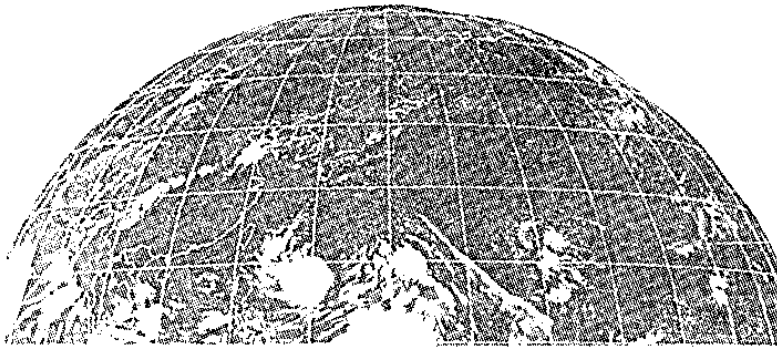
- 吳宗堯，1976：“夏季東亞高層冷心低壓之分析”，大氣科學 第三期 1 - 11.
- 吳權芳、李清勝，1993：“伴隨颱風之高層冷心低壓個案分析”，天氣分析與預報研討會論文彙編（82），55 - 71.
- 周蘭芬，1989：“西太平洋高層冷心低壓之研究”，台灣大學大氣科學研究所碩士論文.
- 陳泰然、紀水上、吳樹旺、苟潔予，1988：“高空冷心低壓之定位分析”，氣象學報，第三十四期，第三卷，175 - 187.
- 陳泰然、陳來發、周蘭芬、李育祺，1988：“1985年與1986年暖季西太平洋高層冷心低壓之初步分析”，氣象學報，第三十四卷，275 - 284.
- 陳泰然、紀水上、苟潔予、吳樹旺、鄒中惠，1988：“高空冷心低壓之綜觀氣候研究”，氣象學報，第三十五卷，31 - 42.
- 陳泰然、紀水上、何景輝、吳倩雯、苟潔予，1989：“暖月高空冷心低壓對台灣天氣之影響”，氣象學報，第三十六卷，315 - 326.
- 鄭月娥，1994：“伴隨黛特颱風(1990)之高層冷心低壓診斷分析研究”，中國文化大學地學研究所碩士論文.
- Frank, N.L., 1970: On the nature of upper tropospheric cold core cyclones over the Tropical Atlantic. Ph.D. dissertation, Florida State University, Tallahassee, 241 pp.
- Kelly, W.E., and D.R. Mock, 1982: “A diagnostic study of upper tropospheric cold lows over the Western North Pacific”, Mon. Wea. Rev., 471 - 480.
- Palmen, E., 1949: “Origin and structure of high level cyclones south of the maximum westerlies”, Tellus, 22 - 31.
- Palmer, C.E., 1953: “The impulsive generation of certain changes in tropospheric circulation”, J. Meteor., 1 - 9.
- Ricks, E.L., 1959: “On the structure and maintenance of high tropospheric cold-core cyclones of the tropics”. M.S. thesis, University of Chicago, 32 pp.
- Shimamura, M., 1981: “The Upper Tropospheric cold lows in the North-western Pacific as revealed in GMS satellite data”, Geophys. Mag. 39, 119 - 156.
- , 1982: “An application of GMS satellite data in analysis of the Upper cold low in the Western North Pacific”, Geophys. Mag. 49, 113 - 115.



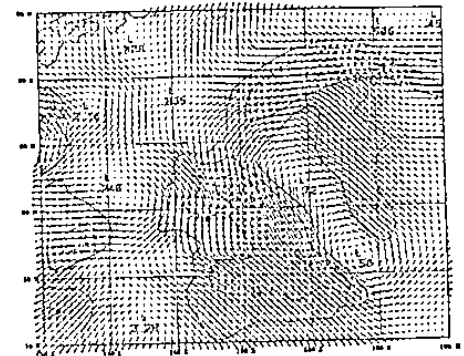
15日 12Z



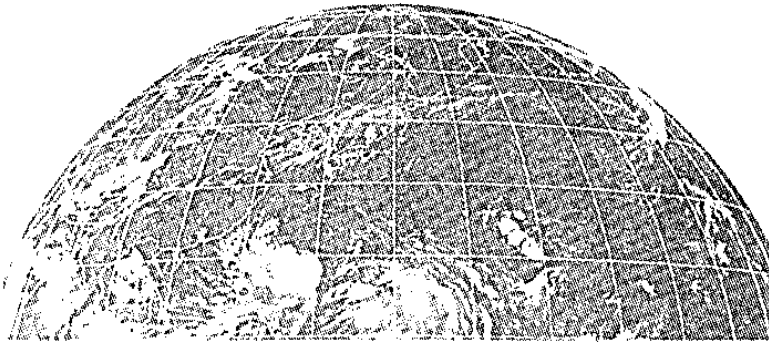
15日 12Z



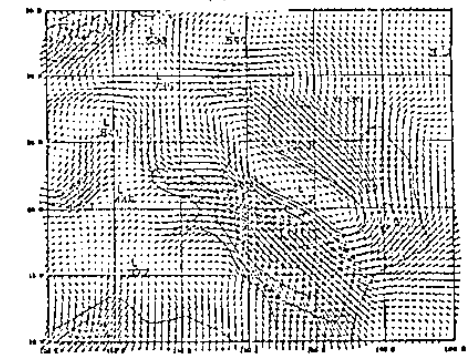
16日 00Z



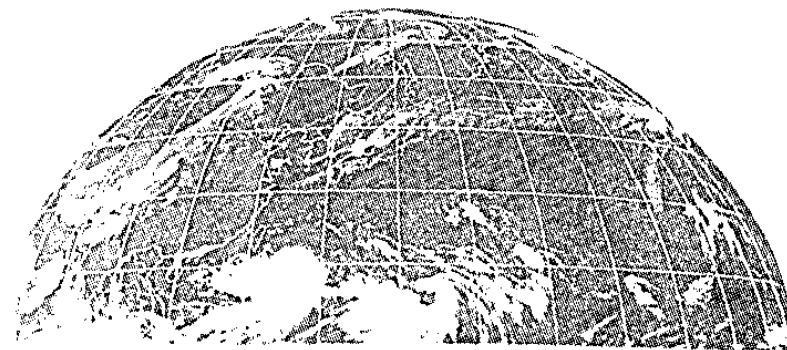
16日 00Z



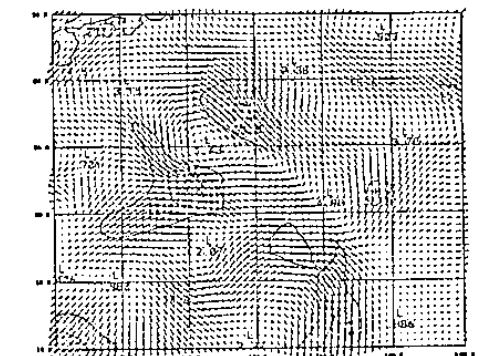
16日 12Z



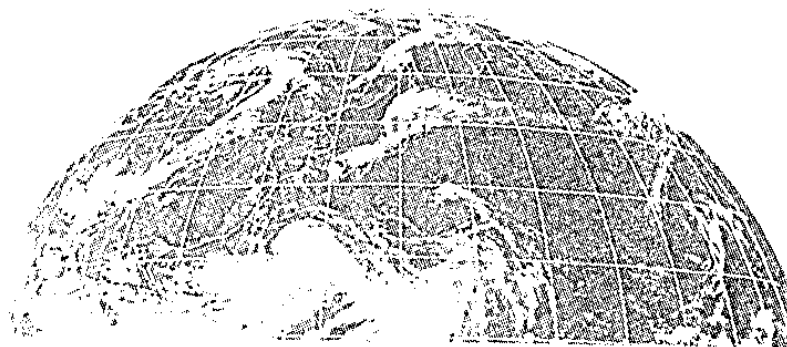
16日 12Z



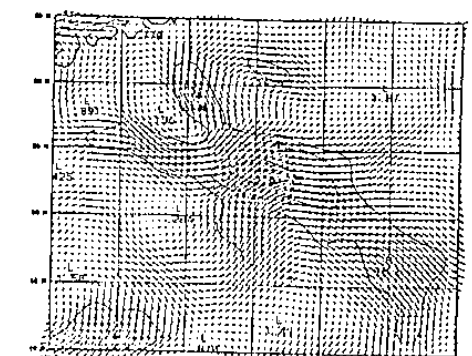
17日 00Z



17日 00Z



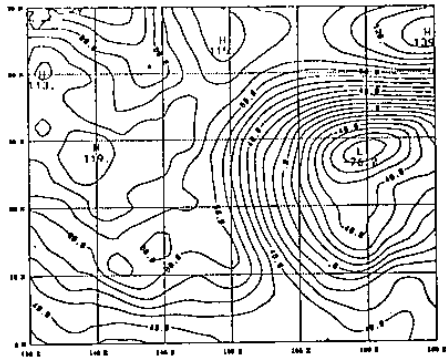
17日 12Z



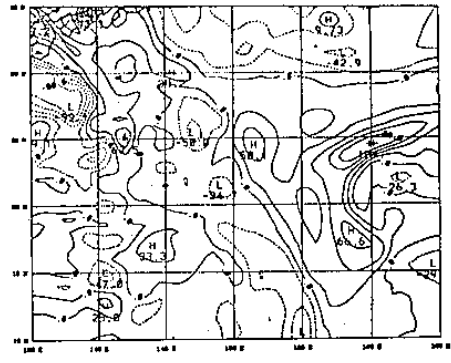
17日 12Z

圖一 日本地球同步衛星紅外線雲圖

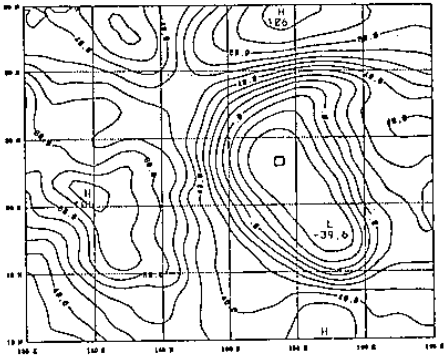
圖二 200hpa 客觀分析風場及等風速圖



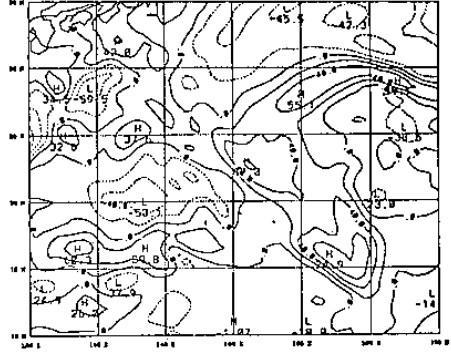
15日 12Z



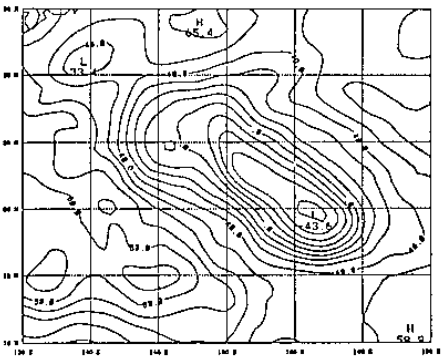
15日 12Z



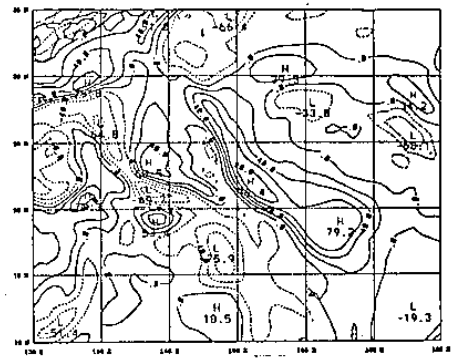
16日 00Z



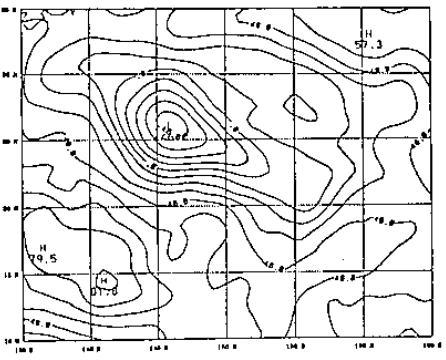
16日 00Z



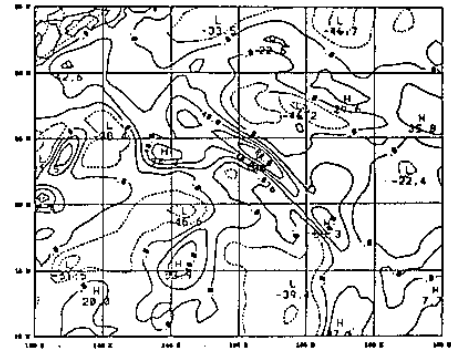
16日 12Z



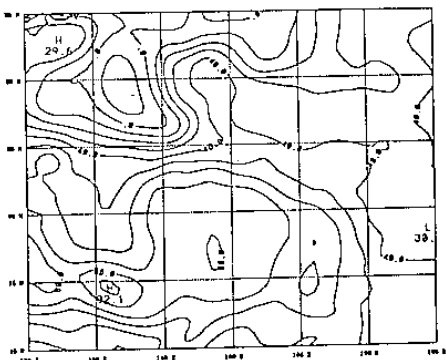
16日 12Z



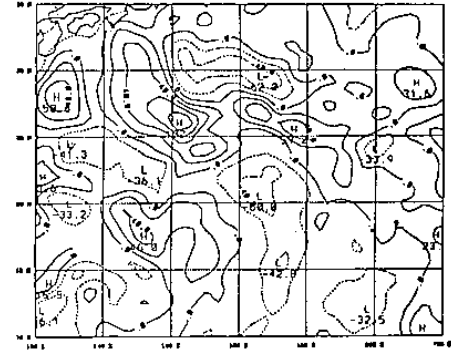
17日 00Z



17日 00Z



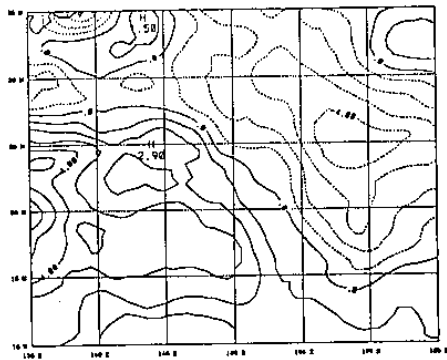
17日 12Z



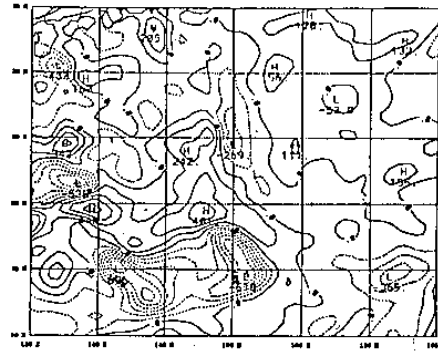
17日 12Z

圖四 200hpa 高度距平平面圖 (其他各層略) 37

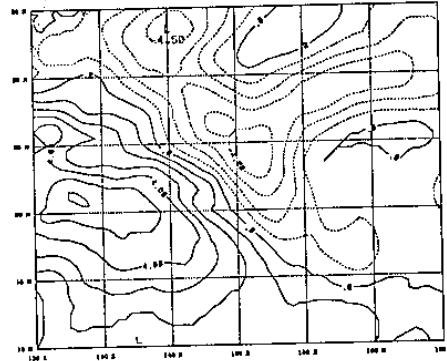
圖六 200hpa 渦度平面圖 (其他各層略)



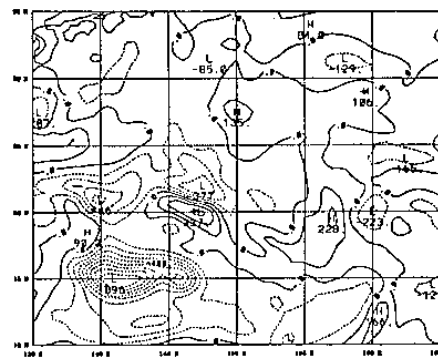
15日 12Z



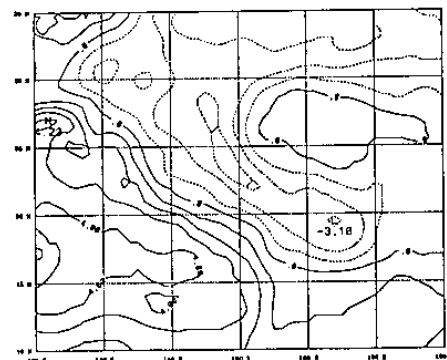
15日 12Z



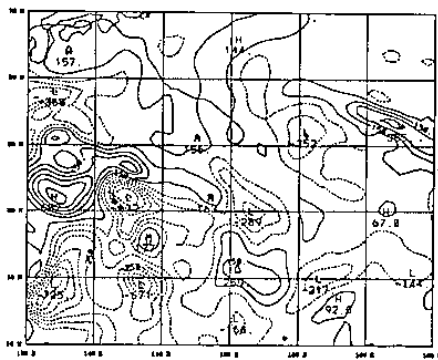
16日 00Z



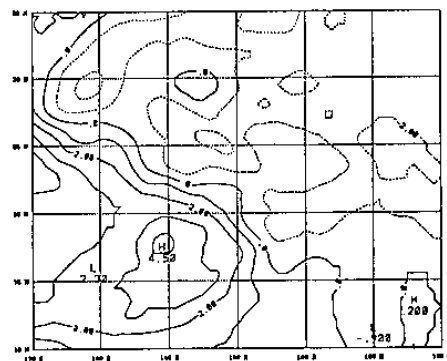
16日 00Z



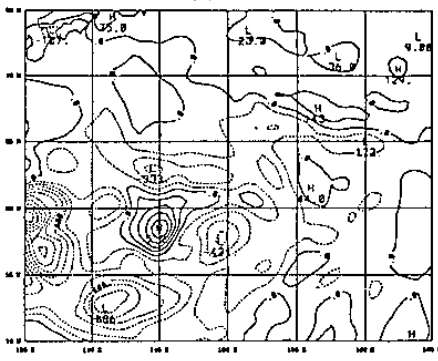
16日 12Z



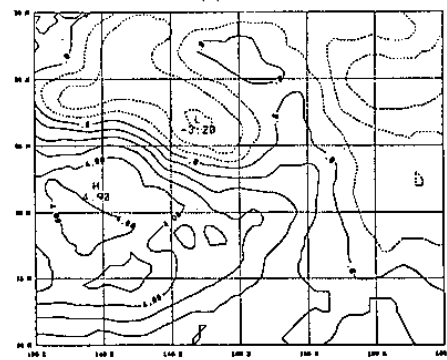
16日 12Z



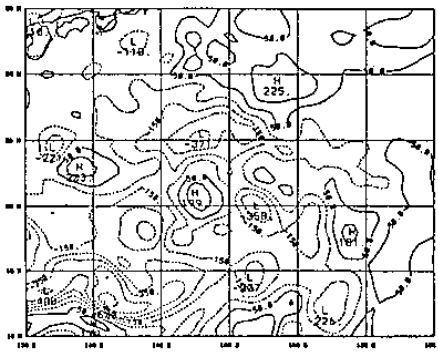
17日 00Z



17日 00Z



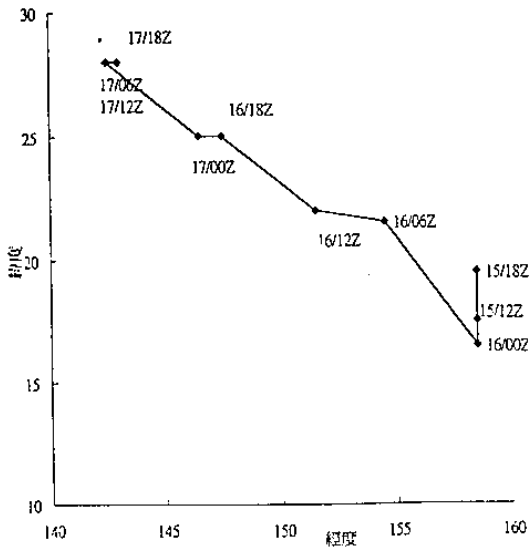
17日 12Z



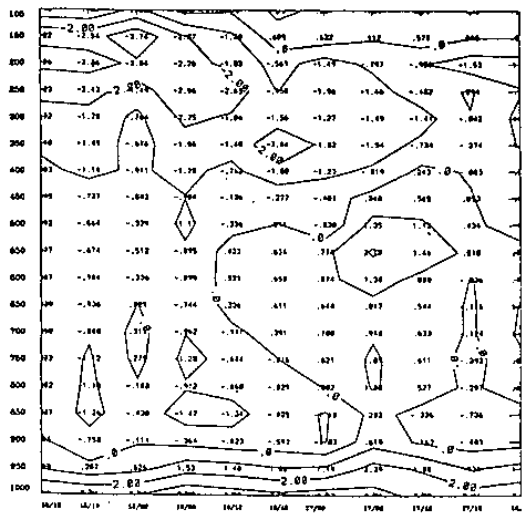
17日 12Z

圖八 200hpa 溫度距平平面圖 (其他各層略) 38

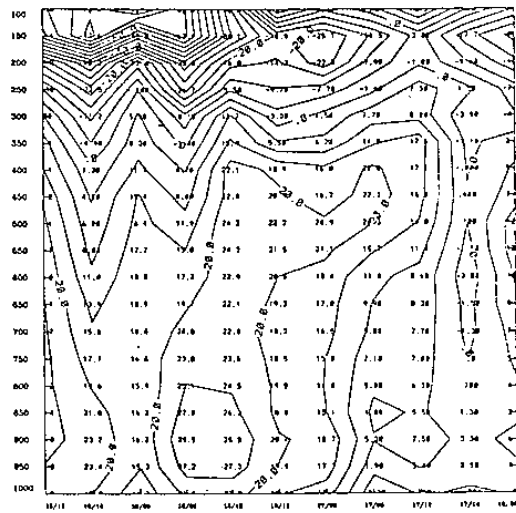
圖十 200hpa 垂直速度平面圖 (其他各層略)



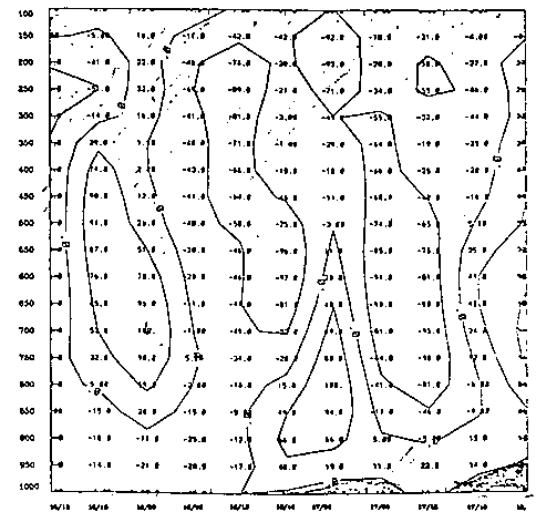
圖三 高層冷心低壓 200hpa 環流中心路徑圖



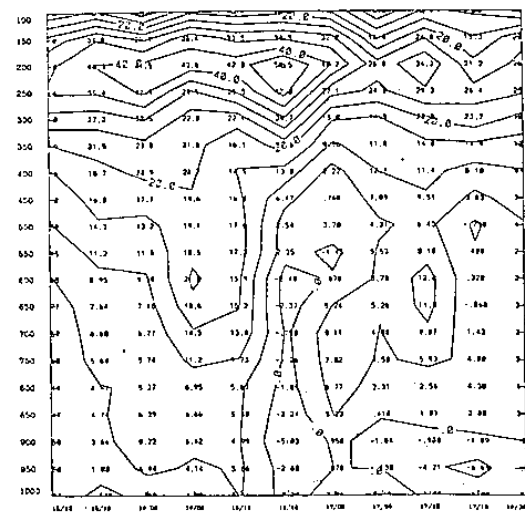
圖九 5*5 經緯度溫度距平平均值垂直剖面圖



圖五 5*5 經緯度高度距平平均值垂直剖面圖



圖十一 5*5 經緯度垂直速度平均值垂直剖面



圖七 5*5 經緯度渦度平均值垂直剖面圖

表一 高層冷心低壓 200hpa 環流中心位置

	經度	緯度
15日12Z	158.5	17.5
15日18Z	158.5	19.5
16日00Z	158.5	16.5
16日06Z	154.5	21.5
16日12Z	151.5	22
16日18Z	147.5	25
17日00Z	146.5	25
17日06Z	142.5	28
17日12Z	142.5	28
17日18Z	143	28