

伴隨颱風之高層冷心低壓個案分析

吳 權 芳

李 清 勝

台 大 大 氣 科 學 系

摘 要

本研究利用TCM-90 (Tropical Cyclone Motion 1990) 密集觀測期間處理所得之網格點資料 (0.5 度經緯網格) , 分析高層冷心低壓之結構與變化。在本個案中, 冷心低壓外圍環境場西側及北側分別存在芙蓉颱風及副熱帶高壓兩個系統, 同時其周圍伴隨兩支強風軸; 在 200hpa 有最大強度, 其中一支強風軸為颱風外流和高層冷心低壓環流加強所造成, 而另外一支強風軸為冷心低壓環流和副熱帶高壓環流加強所造成。若以風速大小定強風軸強度, 則前者的強度大於後者。

由冷心低壓溫度距平場分佈發現, 200hpa層以上為正溫度距平區, 以下至600hpa層則為負溫度距平區; 且在300hpa有最大負溫度距平中心。另外在高度距平場分佈, 200hpa層有最大負距平中心。

一、前言

每年夏季在北太平洋和北大西洋之高對流層經常可發現一連串氣旋式渦旋存在 (Riehl, 1948), 且具有一明顯之冷心結構。高層冷心低壓一般生成在中太平洋或中大西洋之槽區系統內, Colton (1973) 由模式之探討提出在這些槽線系統內形成之低壓是由於短項非線性的正壓不穩定所造成, 由冷心低壓生成之季節特性, 低壓之生成與夏季季風環流作用於中太平洋 (大西洋) 槽有關。Kelly 和 Mock (1982) 利用西北太平洋地區四個島嶼1967, 1969, 1970, 1971四年之雷文送 (rawinsonde) 資料及飛機、衛星資料定出 117 個高層冷心低壓做合成分析, 得到高層冷心低壓之合成結構, 使我們對高層冷心低壓之平均結構有一較完整之了解。

雖然許多學者利用觀測及模式研究探討高層冷

心低壓結構 (Ricks, 1959; Sadler, 1967; Carlson, 1967; Frank, 1970; Erickson, 1971); 但至今尚未能提出低壓普遍能接受之特性。例如, Ricks (1959) 和 Frank (1970) 計算冷心低壓之動能收支, 得到低壓具有直接環流結構, 而 Miller and Carlson (1970) 卻發現為間接環流。在垂直運動之計算, Ricks和 Frank 發現冷心低壓中心為下沉區, 而在其外圍, 一般為上升區, 而 Carlson (1967), Miller 和 Carlson (1970) 和 Erickson (1971) 計算發現渦旋中心之西邊為下沉區, 而東邊為上升區。Ricks和 Erickson同時發現冷心之中心和渦旋中心一致, 而 Carlson發現冷心位於低壓中心之東北方。Frank (1970) 由雲量之合成結構分析冷心低壓, 發現低壓中心為一晴

空，而周圍為多雲區，而 Carlson (1967) 發現低壓中心之西邊為晴空區而中心之東邊為多雲。過去，由於海上之資料極為缺乏，僅有少數之船舶及測站之探空資料，因此對於海上區域發展之高層冷心低壓的了解，受到資料解析度及時間解析度之影響，無法詳盡了解冷心低壓結構，因此以上對高層冷心低壓結構探討明顯之不一致可能來自於不同時期冷心低壓之結構及周圍環境不同所造成。

周 (1989) 利用 1982 年至 1987 年 (1984 年缺) 6 月至 10 月的個案，對高層冷心低壓周圍環境場和生命史關係作統計分析，得到以下二點特性：

1. 伴隨強風軸之高層冷心低壓，具有較長生命史，且同時存在有南北兩支強風軸之高層冷心低壓，其生命期愈長。
2. 高層冷心低壓發生時，經常伴隨有南北兩支強風軸。強風軸出現日數愈長，高層冷心低壓之平均生命期愈長。

因此冷心低壓周圍環境場對冷心低壓結構之維持及其生命史，扮演非常重要角色。

TCM-90 期間共發佈 7 次 IOP (Intensive Observing Period)，但只有 IOP5 到 IOP7 的時間連續且具有高層冷心低壓完整生命期之一個個案，因此本研究利用 TCM-90 之網格點 (0.5 度經緯網格) 及 6 個小時時間解析度之資料，探討此個案之結構及周圍環境場之改變對冷心低壓影響。

二、本個案綜觀環境場分析

本研究個案承襲過去學者之研究方法 (Kelley and Mock 1982) 250hpa 之氣旋式環流中心定位高層冷心低壓位置，探討其結構變化及環境場對此系統之影響。在高層冷心低壓之生命史中 (9 月 14 日 0000UTC 至 18 日 1800 UTC)，冷心低壓之結構隨著周圍強風軸之演變而有不同之發展，以下依強風軸走向分成三個階段，討論冷心低壓環境場演變。

第一階段 (14 日 0000 UTC 至 15 日 1800 UTC)

本個案高層冷心低壓發展初期 (14 日 0000 UTC) 位於西北太平洋地區 (22.5°N, 161.0°E)，由地面天氣圖 (圖 1) 及 250 hpa 高空圖 (圖 2) 顯示，在冷心低壓之底層西北側及高層北側存在太平洋副熱帶高壓系統，芙蓉 (FLO) 颱風位於其西南方；高層為明顯外流區。高層冷心低壓具有氣旋式環流結構，由等高線分佈其水平範圍東西長約 1800 公里，南北可達 1200 公里，近似橢圓形狀；其垂直發展

深度在 500 hpa 層和 150 hpa 層之間；有時可達到 100hpa 層。在此階段中，高層冷心低壓 200 hpa 周圍伴隨南北兩支強風軸 (圖 3)，南支強風軸為西北、東南向，北支強風軸為東西向，由於在夏季中低緯度之高對流層，其水平風場大多不超過 10 公尺/秒，但伴隨冷心低壓之兩支強風軸，其風速在 200 hpa 處往往可達 25 公尺/秒以上，因此以 20 公尺/秒為標準，大於 20 公尺/秒之強風速帶稱為強風軸。若以風速大小定強風軸強度，則在 200hpa 處強風軸有最大強度，且南支強風軸遠大於北支強風軸。由 9 月 13 日 2332 UTC 及 13 日 0533 UTC 衛星雲圖 (圖 4a, 4b)，可清楚發現高層冷心低壓之東南象限具有濃密的廣大雲區，在其它象限或冷心低壓之周圍僅存在有零星卷

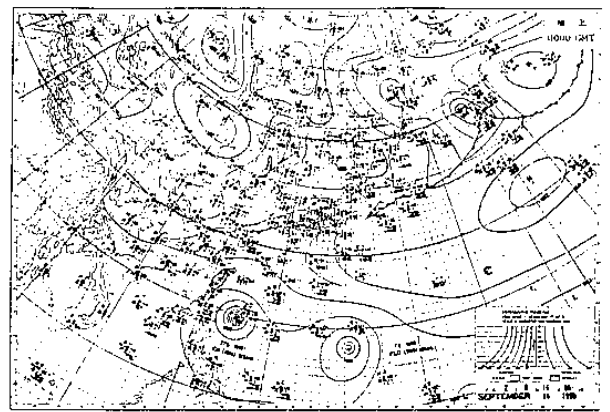


圖 1：1990 年 9 月 14 日 0000 UTC 地面天氣圖

250 HPA V-GRD 0 HRS. AFTER 00 Z 14 SEP 1990

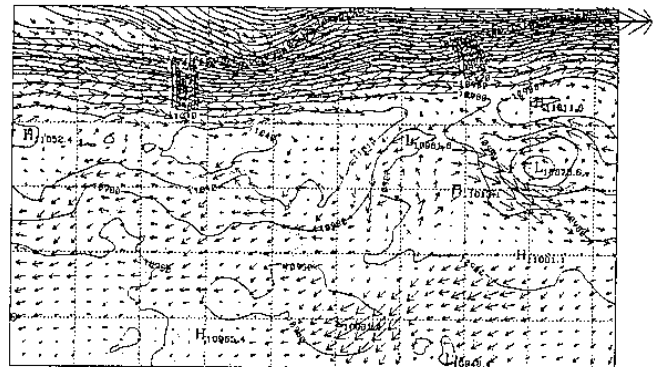


圖 2：TCM-90 資料 9 月 14 日 0000 UTC 250hpa 等高線及風場

雲，大部分區域為無雲區。在冷心低壓之南側則為芙蓉颱風外圍廣闊雲區。此階段中，9 月 14 日 0000 UTC 至 1800 UTC 冷心低壓大致往西北西方向移動，9 月 15 日後則往西南方向移動 (圖 5)。

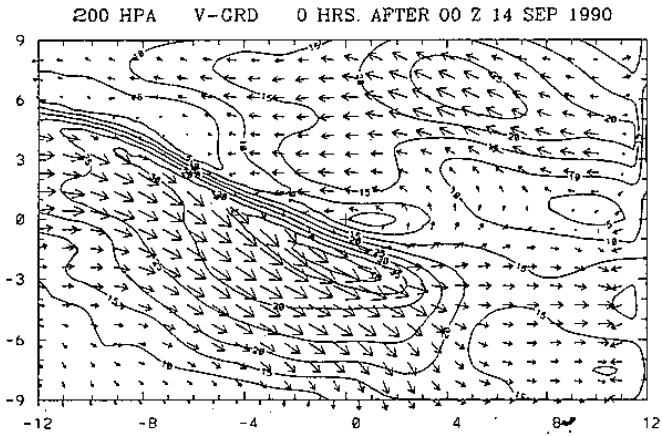


圖 3 : TCM-90資料9月14日0000UTC 200hpa以冷心低壓環流中心東西各取12個經度、南北各取9個緯度之水平風場及等風速線

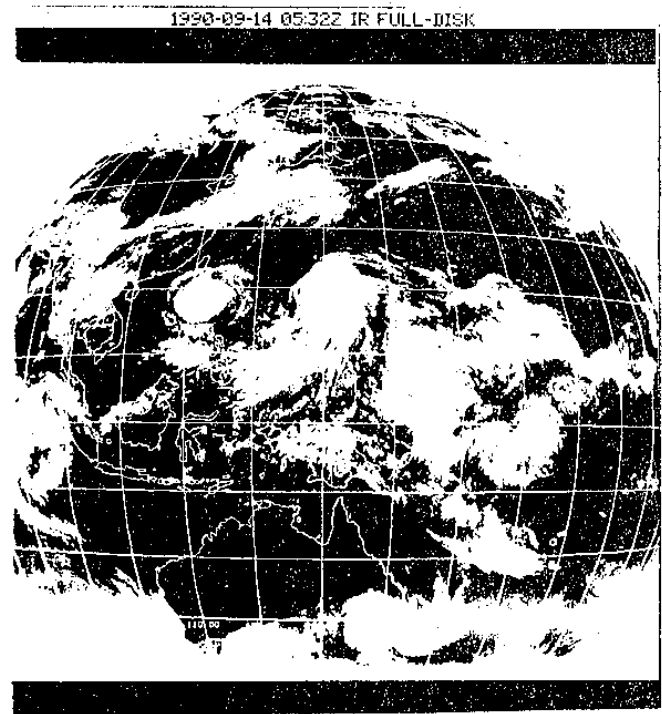


圖 4 : GMS.IR. 衛星雲圖 (a)9月14日2332UTC (b)15日0533UTC

階段中，冷心低壓西側多為無雲區，東側為密雲區；尤其在東南象限經常為濃密雲區所覆蓋。第三階段中則不再有明顯強風軸出現，冷心低壓外圍由三條狹長的雲帶所包圍，中心為無雲區。因此強風軸可能與冷心低壓之維持及發展有一定關係存在。

第二階段 (16日0000UTC至17日1800 UTC)

在此階段中，芙蘿颱風位於高層冷心低壓西北方，由16日0000UTC 250hpa之高度場(圖6)發現冷心低壓由前階段之橢圓狀逐漸轉變為正圓形狀，其周圍仍伴隨兩支強風軸，分別為東側之南風軸及西側之北風軸，且兩支強風軸之強度相近(圖7)。在此階段中，強風軸之最大強度不一定出現在200hpa，甚至可能出現在150 hpa或150hpa至200 hpa間。由9月15日2332UTC及16日0532UTC衛星雲圖(圖8a, 8b)，可清楚發現高層冷心低壓東側區域具有濃密的雲區，且北側之卷雲區明顯增加，但西半部仍大都為無雲區，而冷心低壓外圍西側為芙蘿颱風廣大雲區。在此階段中16日0000UTC至1800UTC冷心低壓仍往西南方向移動，17日後則迅速往西北方向移動(圖5)。

第三階段 (18日0000UTC至18日1800 UTC)

在此階段中，高層冷心低壓持續往西北方向移動，逐漸接近芙蘿颱風(圖5)，其外圍環流則並無明顯之強風軸出現，由18日0000UTC 200hpa之高度場(圖9)形狀仍為近似圓形之環流結構，但水平尺度已顯著減小。由17日2333Z及18日0533Z之衛星雲圖(圖10a, 10b)可明顯發現到高層冷心低壓周圍之雲區分佈有明顯變化，其東側不再具有濃密雲區，僅為帶狀之密雲區，而西半部出現了一片顯著雲區；冷心低壓外圍由三條帶狀雲區所包圍，而中心周圍區域仍大多為無雲區；且無雲之區域顯著增大。

c. 討論

在冷心低壓的生命史中(14-18日)，第一、二階段伴隨有明顯兩支強風軸，強風軸的出現可能與高層冷心低壓結構及外圍環境場有密切關係。在此兩個

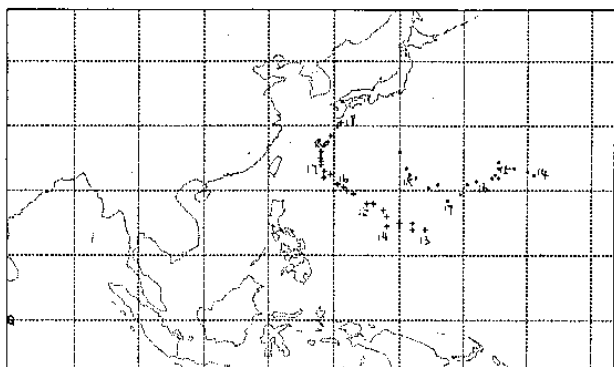


圖 5 : 9月13日 0000UTC至19日 0000UTC高層冷
心低壓與芙蘿颱風移動路徑圖。 '+'表
颱風, 'o'表高層冷心低壓

250 HPA V-GRD 0 HRS. AFTER 00 Z 16 SEP 1990

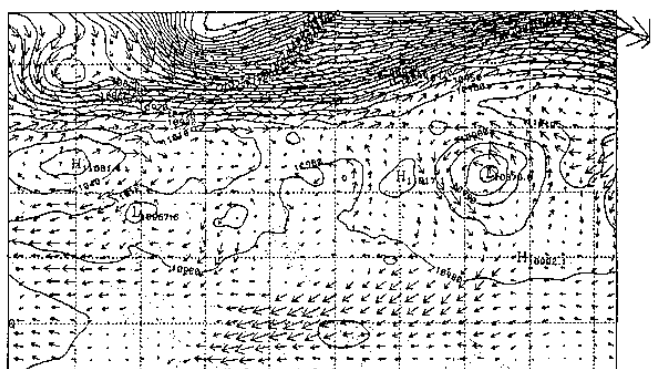


圖 6 : TCM-90資料9月16日 0000UTC 250hpa等
高線及風場

200 HPA V-GRD 0 HRS. AFTER 00 Z 16 SEP 1990

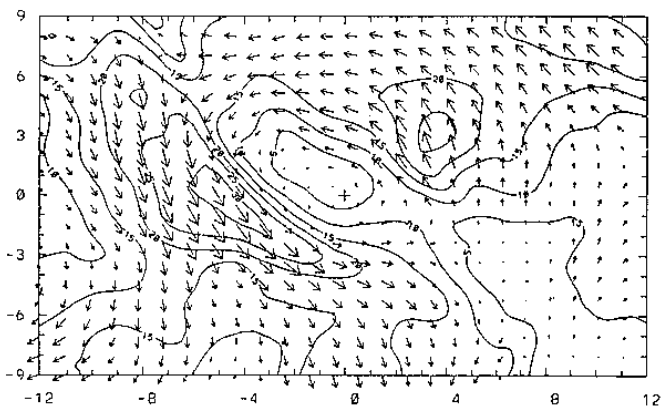
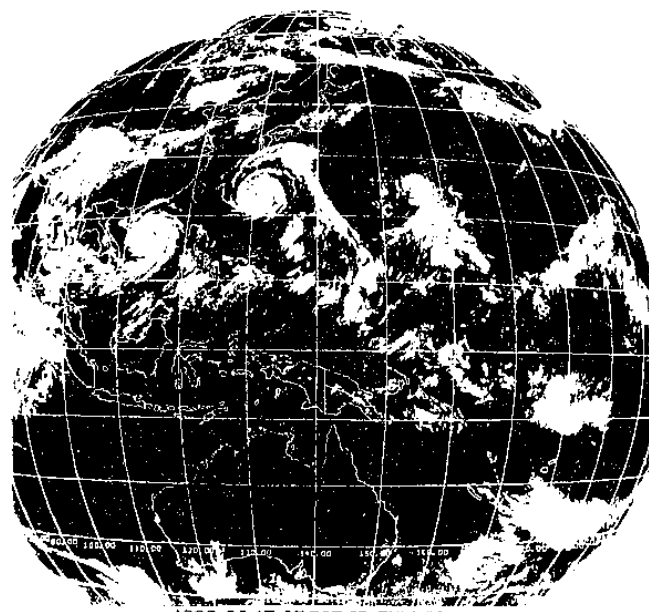


圖 7 : TCM-90資料9月16日 0000UTC 200hpa以
冷心低壓環流中心東西各取12個經度
、南北各取9個緯度之水平風場及等風
速線



1990-09-15 23:32Z IR FULLDISK

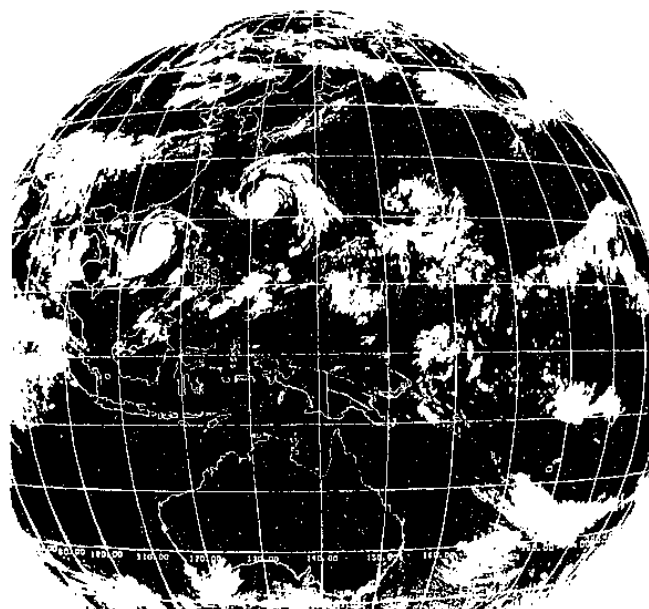


圖 8 : GMS.IR. 衛星雲圖
(a)9月15日 2332UTC
(b)16日 0533UTC

250 HPA V-GRD 0 HRS. AFTER 00 Z 16 SEP 1990

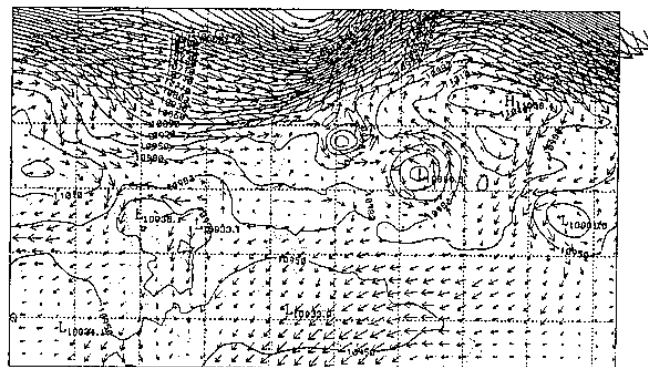


圖 9 : 9月13日 0000UTC至19日 0000UTC高層冷
心低壓與芙蘿颱風移動路徑圖



圖 10 : GMS.IR. 衛星雲圖
(a) 9月17日 2333UTC



(b) 18日 0533UTC

三、 高層冷心低壓結構分析

高層冷心低壓具有明顯的氣旋式環流及冷心結構，且能夠在高層大氣中維持5天之生命史（9月14日0000UTC至18日1800UTC），以下將藉著冷心低壓之結構分析及物理場之計算；探討冷心低壓結構及外圍環境對冷心低壓之影響。

以下將利用TCM-90資料 9月14日0000 UTC至9月18日1800 UTC高層冷心低壓個案，分析其結構及隨時間的演化。

第一階段（14日0000 UTC至15日1800 UTC）

1. 溫度及高度偏差場結構

圖 11a, b分別為9月14日0000 UTC高層冷心低壓溫度及高度距平之東西及南北方向垂直剖面，由溫度距平場之分布，可發現在200hpa以下，冷心低壓具有負溫度距平，可向下延伸至700 hpa，約在300 hpa處有最大負距平中心，而200 hpa以上，則為正溫度距平，其距平值與200hpa下層之負溫度距平絕對值相當。由高度距平場之分布可清楚發現到高層冷心低壓具有明顯之負高度距平，自500 hpa層向上皆為負高度距平區，在200hpa處有最大負高度距平中心。相對於高層冷心低壓環流中心，高度距平場之分布向東偏抬，而溫度距平場明顯向北偏抬。在此階段中，最大負溫度及負高度距平場位置變化不大，最大負溫度及負高度距平中心高度仍分別保持在300 hpa層及200hpa層。

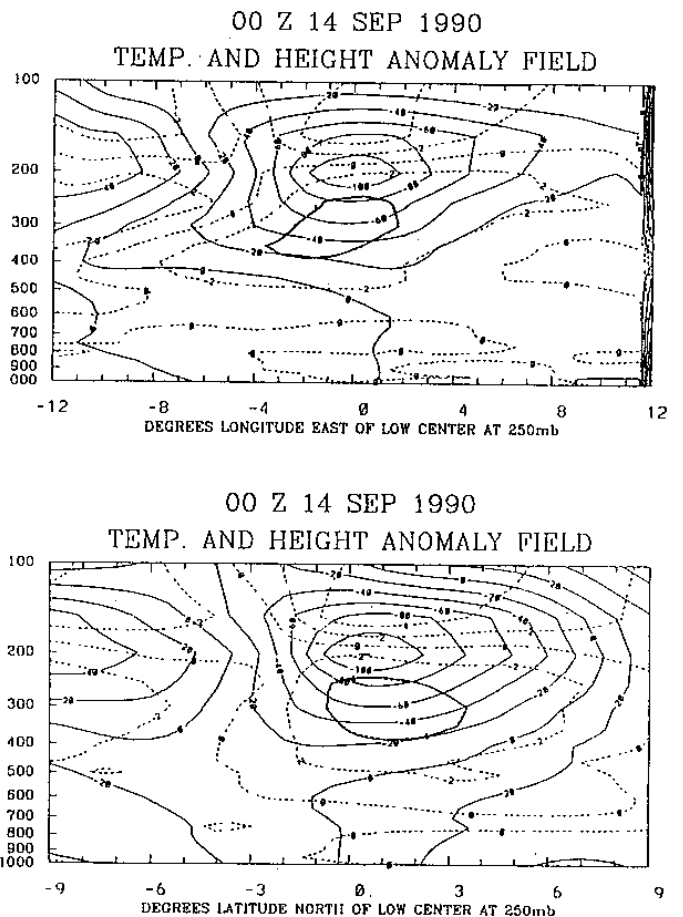


圖 11 : 14日0000UTC高度距平場（實線）及溫度距平場（虛線）垂直剖面圖
(a) 東西方向垂直剖面圖
(b) 南北方向垂直剖面圖

2. 渦度場及輻散場結構

圖 12a, b 及 13a, b 分別為 9 月 14 日 0000 UTC 高層冷心低壓之渦度及輻散場之東西、南北方向垂直剖面，由渦度場之分布可發現在冷心低壓東西方向各 4 個經度及南北方向各 3 個緯度之垂直剖面區域皆為正渦度區，200hpa 處有最大正渦度中心，在冷心低壓外圍西側及南側高層有明顯之負渦度區，且在 200hpa 亦有最大負渦度中心，而在外圍之東側及北側，則為較弱之負渦度區。圖 13a, b 為輻散場之東西、南北方向垂直剖面，輻散場之分布較不規則，由東西方向之垂直剖面，可發現在冷心低壓東側附近，高層為輻散區，而低層為輻合區，200hpa 有最大輻散中心，400hpa 有最大輻合中心，另外在冷心低壓外圍西側約 10 度，200 至 300 hpa 間有一明顯輻散區，而其高低層皆為大的輻合區。由南北方向之垂直剖面，可發現冷心低壓外圍南側 200 至 300hpa 間有一明顯輻合區，250hpa 有最大輻合中心，其上下層皆為輻散區，而冷心低壓外圍之北側，高層為弱輻合區，底層為弱輻散區。

3. 垂直運動場及相對濕度場分析

(1) 圖 14a, b 為高層冷心低壓 9 月 14 日 0000 UTC 垂直運動場及相對濕度場之東西、南北方向之垂直剖面圖，可發現在冷心低壓東側及南側具有明顯之上升運動區，東側之最大上升中心約在 300hpa，而南側之最大上升運動中心高度較低，約在 400hpa。在冷心低壓之北側及西側大都為下降運動區。而相對濕度場之分布，並無明顯之高濕度區，只有在冷心低壓之北側為相對低濕度區。再由 400hpa 水平剖面圖（圖 15），則可更清楚發現冷心低壓之東南側具有明顯之上升運動中心，且與高濕度區配合。由 14 日 0000 UTC 衛星雲圖（圖 4a）可發現冷心低壓之南側及東南側為較濃密之帶狀雲區。

(2) 由於冷心低壓之垂直運動分布多於東側有較明顯之上升運動，西側為下降運動（Carlson 1967、Miller, Carlson 1970、Erickson 1971）或東南象限為明顯之上升運動區，西北象限為明顯之下降運動區（Kelley and Mock 1982），因此以高層冷心低壓為中心，將冷心低壓分為四個象限，求各等壓面上各象限垂直運動場平均之垂直剖面圖。由 14 日 0000 UTC、0600 UTC、1200 UTC 及 1800 UTC 四個時間，發現到冷心低壓之東南及西南象限垂直運動平均場（圖 16abcd），在此階段中大都為上升區而東北及西北象限為下沉運動區。

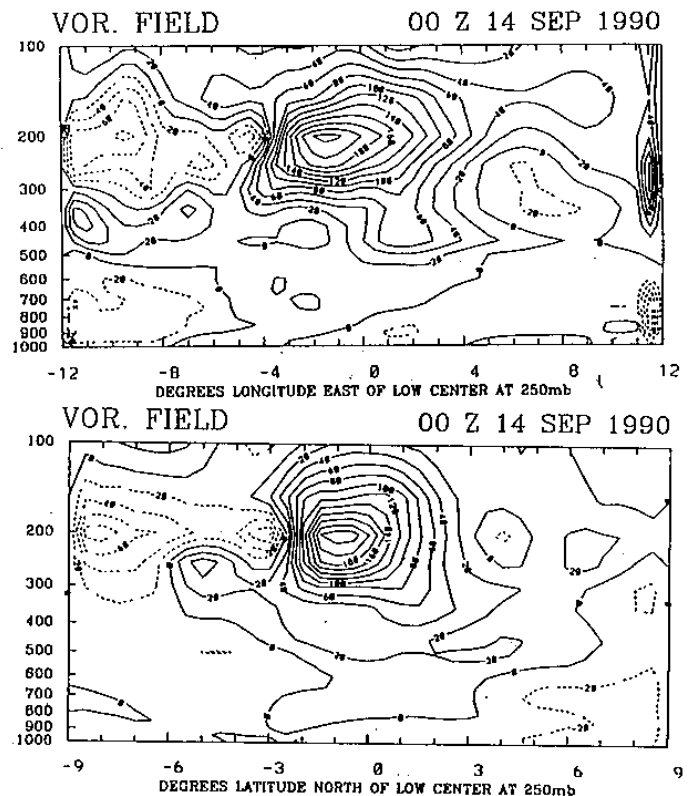


圖 12：14 日 0000 UTC 渦度場
(a) 東西方向垂直剖面圖
(b) 南北方向垂直剖面圖

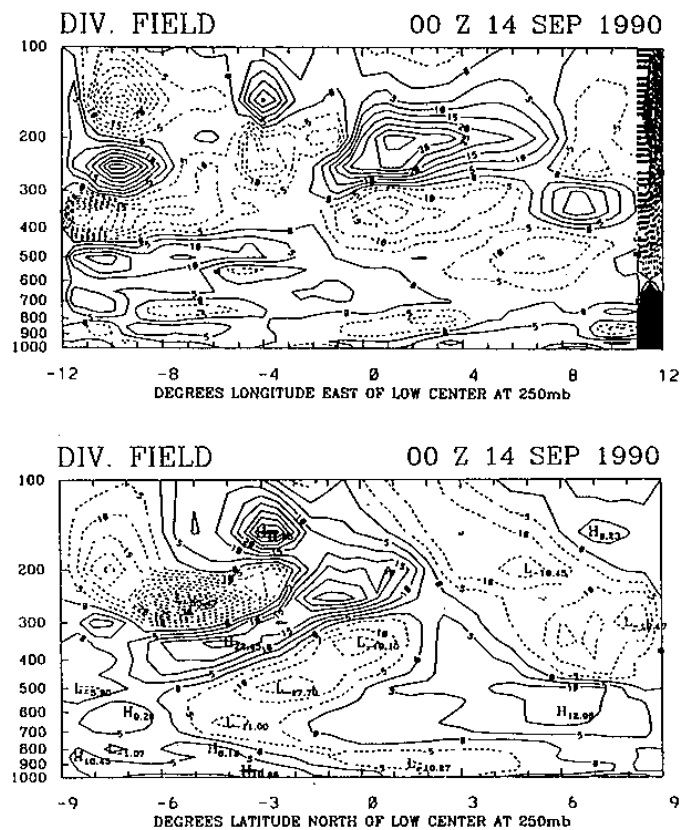


圖 13：14 日 0000 UTC 輻散場
(a) 東西方向垂直剖面圖
(b) 南北方向垂直剖面圖

4. IPV 場分析

(1)等熵面之位渦度乃根據式(3)計算，以下 IPV 的單位是 $10^{-6} m^2 ks^{-1} kg^{-1}$ 在絕熱無摩擦狀態下等熵面的位渦必須保守，且 IPV 場完全由平流過程控制，為大尺度大氣最保守的微觀性質，它的軌跡代表空氣塊在絕熱緩慢混合情況下的軌跡。如果在非絕熱或摩擦作用下總位渦值仍不會改變，僅能由質量流的作用使 IPV 值局部增加或減少 (Haynes and McIntyre, 1987)。Hoskins (1988) 指出低對流層近赤道處 PV 值近似為 0，中緯度值約為 0.3；在中緯度高對流層大氣的典型 PV 值為 1.0；對流層頂或低平流層 PV 值大於 4。在高對流層，冷心低壓具有明顯氣旋式環流及冷心系統，IPV 值相對環境場較大，因此可利用 IPV 場來追蹤高層冷心低壓移動軌跡。

(2)圖 17abcd 為 9 月 14 日 0000 UTC 345 K、340 K、335 K 及 320 K IPV 場分佈，此時在冷心低壓區域，345 K 約位於 200 hpa，340 K 約位於 250 hpa，335 K 約位於 300 hpa 而 320 K 約位於 500 hpa (圖 18ab)。由於冷心低壓約在 200 hpa 有最大強度及 200 hpa 層亦接近對流層頂，因此在冷心低壓區域等熵面愈高其 IPV 值最大。

(3)圖 19abcd 為 9 月 14 日 0000 UTC、0600 UTC 1200 UTC 及 1800 UTC 之 345 K IPV 圖，可發現冷心低壓區域為明顯高 PV 值所覆蓋，此與其冷心結構有密切關係。另外，在冷心低壓之西南西方為芙蓉颱風位置，由 IPV 場的分佈可發現到兩系統有一定之交互作用存在，冷心低壓區域之空氣塊可能來自颱風高層外流，造成冷心低壓周圍南支強風軸出現。在冷心低壓東北象限為副熱帶高壓位置，由 IPV 場的分佈可發現冷心低壓北支強風軸之發生與副熱帶高壓環流有密切關係。

第二階段 (16日 0000 UTC 至 17日 1800 UTC)

1. 溫度及高度偏差場結構

在此階段中，高層冷心低壓溫度及高度偏差場與第一階段仍大致相同，200 hpa 以上為正溫度距平區，200 hpa 以下為負溫度距平區，在 200 hpa 最有最大負高度距平中心。但在此階段中，由 16 日 0000 UTC 之東西及南北方向垂直剖面圖 (圖 20ab) 可清楚發現 200 hpa 層以下之負溫度距平較 14 日 0000 UTC (第一階段) 時減弱，而 200 hpa 以上，正溫度距平大於 200 hpa 以下負溫度距平絕對值，約在 125 hpa 出現明顯之正溫度距平中心。

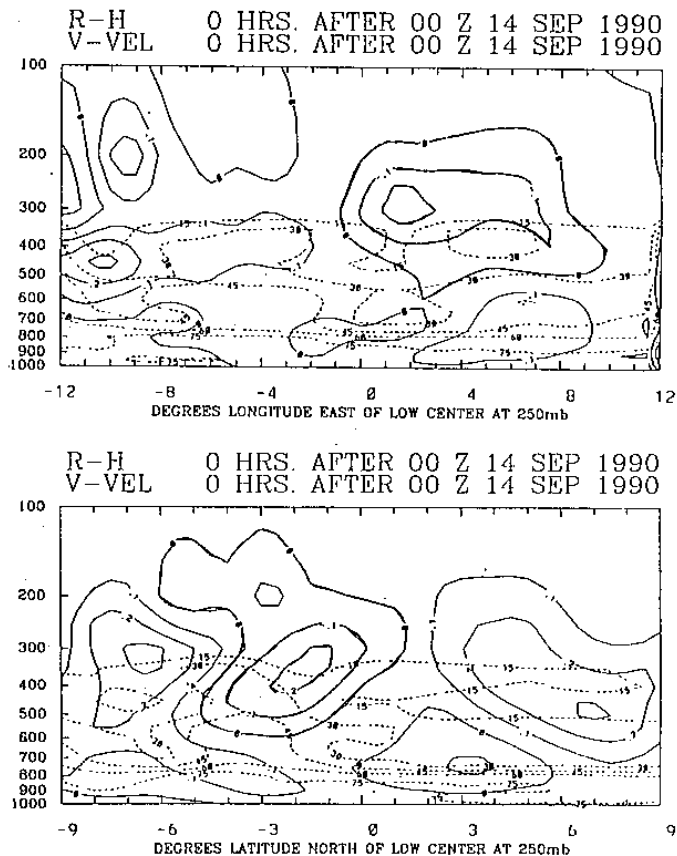


圖 14：14日 0000UTC 垂直運動場 (實線) 及相對濕度場 (虛線) 垂直剖面圖
(a) 東西方向垂直剖面圖
(b) 南北方向垂直剖面圖

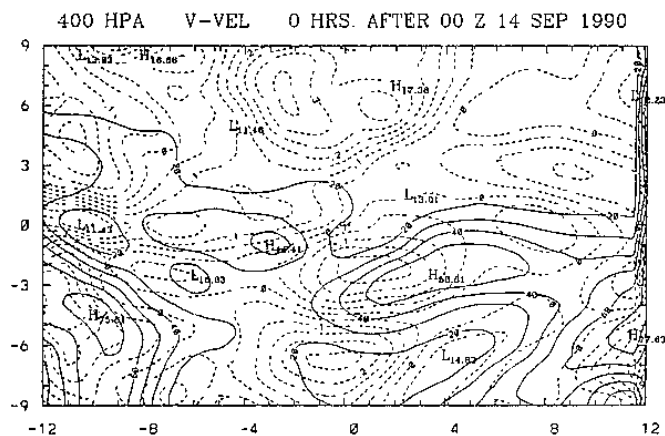


圖 15：14日 0000UTC 垂直運動場 (虛線) 及相對濕度場 (實線) 水平剖面圖

2. 渦度場及輻散場結構

由 9 月 16 日 0000 UTC 之渦度場之東西、南北剖面 (圖 21ab) 發現正渦度區及負渦度區之分布大致與 14 日 0000 UTC (第一階段) 相同，除了冷心低壓東側，其餘各區域都為正渦度區。此階段中最大正渦度值減弱，且高低層各有一個最大正渦度中心。另外由 9 月 16 日 0000 UTC 之輻散場東西、南北剖面

(圖 22) 發現，冷心低壓中心附近高層為弱輻散區，低層為弱輻合區，在冷心低壓東西剖面中 (圖 22a)，其東側高層有明顯之輻散區，約在 200hpa 有最大輻散中心，400hpa 以下則為輻合區。在南北剖面中 (圖 22 b) 冷心低壓南側高層為輻散區，低層為輻合區，在北側則恰好相反，高層為輻合區，低層為輻散區。

3. 垂直運動場及相對濕度場結構

(1) 圖 23ab 為 16 日 0000 UTC 垂直運動場及相對濕度場之東西、南北方向之垂直剖面圖，可發現在高層冷心低壓之東側具有明顯之上升運動區，在南側高層亦為上升運動區，其它區域則大都為下降運動區。由相對濕度場之分布，在冷心低壓之東側及南側具有明顯之高濕度區，再由 400 hpa 水平剖面圖 (圖 24)，更可清楚發現冷心低壓之東側為強上升區且與高濕度區位置配合，由衛星雲圖 (圖 8a) 發現在冷心低壓東側區域具有廣大濃密雲區。

(2) 由 16 日 0000 UTC 及 16 日 0600 UTC 冷心低壓周圍四個象限之平均垂直運動場 (圖 25ab)，可發現各區都為上升運動區，在東南及西南象限，冷心低壓仍存在較大之上升運動。

4. IPV 場分析

由於高層冷心低壓具有明顯之氣旋式結構，因此冷心區域之 IPV 值往往大於 1，以 345 K 等熵面之位渦度場當作追蹤劑，則可發現在此階段 16 日 0000 UTC 至 1800 UTC 高層冷心低壓持續往西南方移動 (圖 27abcd)。由本階段 IPV 場及等熵面風場分佈發現冷心低壓與芙蓉颱風並無交互作用存在，冷心低壓受中緯度西風帶之影響，繼續維持其周圍之強風軸。

第三階段 (18 日 0000 UTC 至 18 日 1800 UTC)

1. 溫度及高度偏差場結構

圖 28ab 為 18 日 0000 UTC 之溫度及高度距平場，其垂直結構與 16 日 0000 UTC (第二階段) 比較有明顯之變化，200hpa 層以下之負溫度距平值明顯增大，且溫度距平之絕對值大於 200 hpa 層以上之正溫度距平。而高度距平場變化不大，負高度距平稍微增大，且 200hpa 最大負高度距平值亦增加。最大負高度及負溫度距平仍分別保持在 200hpa 層及 300hpa 層。

2. 渦度及輻散度結構

圖 29ab 為 18 日 0000 UTC 渦度場之東西及南北方向垂直剖面，除了在冷心低壓中心附近為正渦度

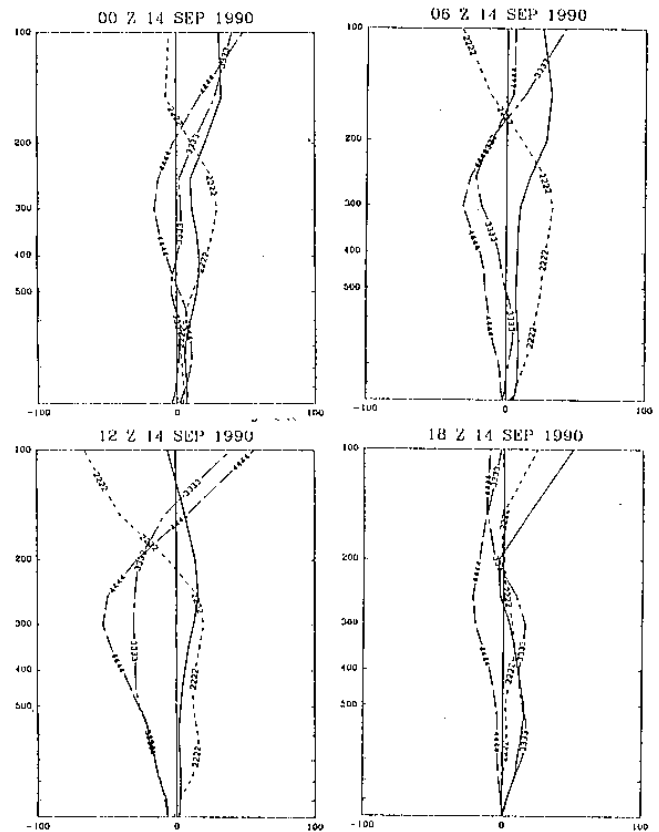


圖 16：冷心低壓周圍四個象限平均垂直運動場
(a) 14 日 0000 UTC (b) 0600 UTC
(c) 1200 UTC (d) 1800 UTC

區，其餘冷心低壓外圍皆有負渦度區出現，且 200hpa 層有最大正渦度及負渦度中心出現，與冷心低壓 14 日 0000 UTC (第一階段) 之結構類似。圖 30ab 為 18 日 0000 UTC 輻散場之東西、南北方向垂直剖面，可發現在冷心低壓周圍 300-400hpa 為輻合區，而上下層皆為弱輻散區，在南側高層 200hpa 以上為強輻散區，底層 200hpa 至 300hpa 間有一強輻合區，在北側 300hpa 以上為輻合區，底層則為弱輻散區。在冷心低壓外圍西側約 4 個經度處，300hpa 至 200hpa 間有一強輻合區，8 個經度處，則出現一強輻散區，200hpa 有最大輻散中心，400 hpa 層以下則大都為輻合區。在東側輻散 (合) 場分布與西側相似，但值皆較小。

3. 垂直運動場及相對濕度場結構

(1) 圖 31ab 為 18 日 0000 UTC 之垂直運動場及相對濕度場之東西、南北方向之垂直剖面，可發現在冷心低壓中心周圍及北側具有明顯之下降區，其它區域則大都為上升區，在西側 4 個經度外圍有明顯之上升運動，400hpa 層有最大上升運動中心。由相對濕度場之垂直分布可發現除了在冷心低壓中心周圍有較低之相對濕度，其外圍皆有明顯之高濕度

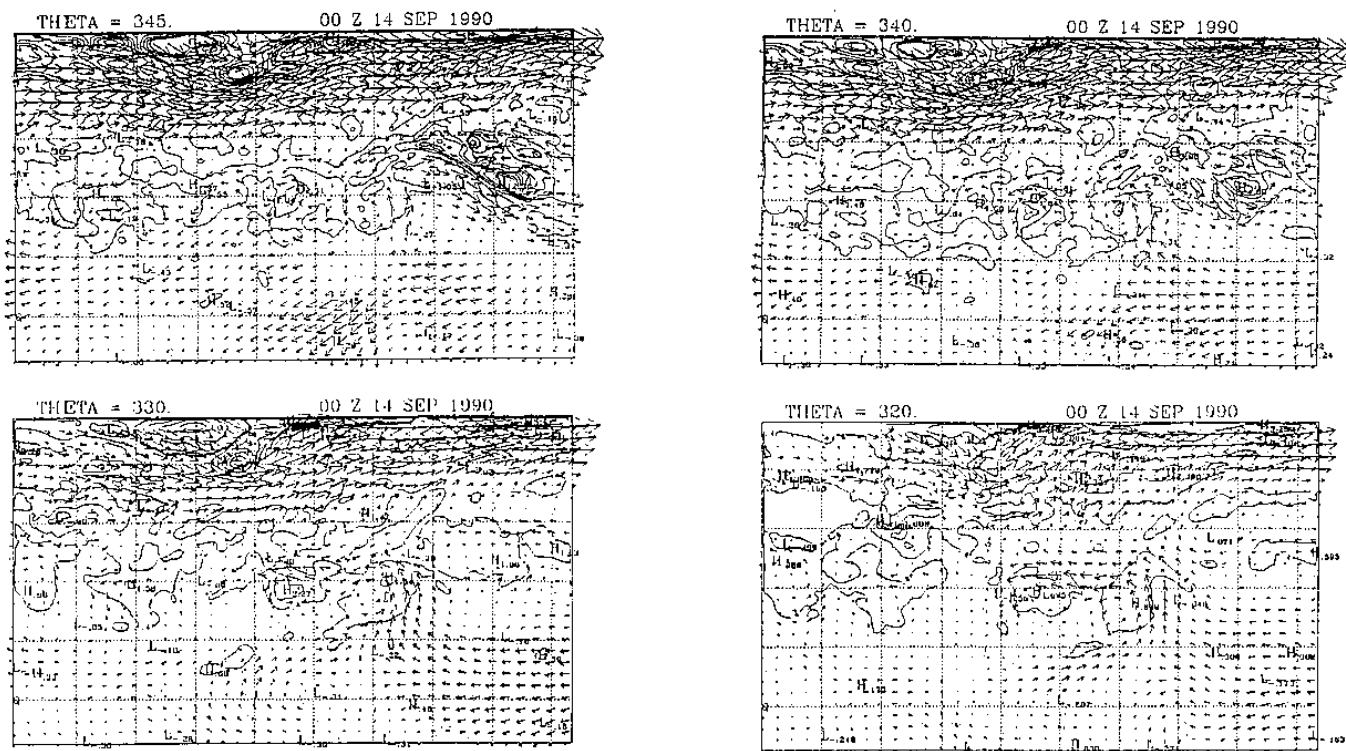


圖 17： 14日 0000UTC各等熵面之位渦場及風場
(a) 345度 (b) 340度

(c) 330度 (d) 320度

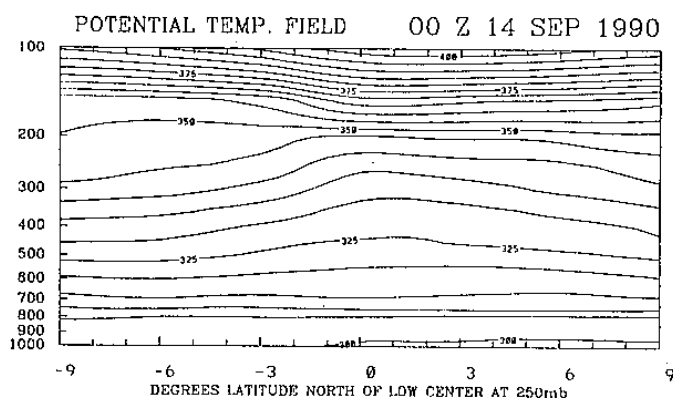
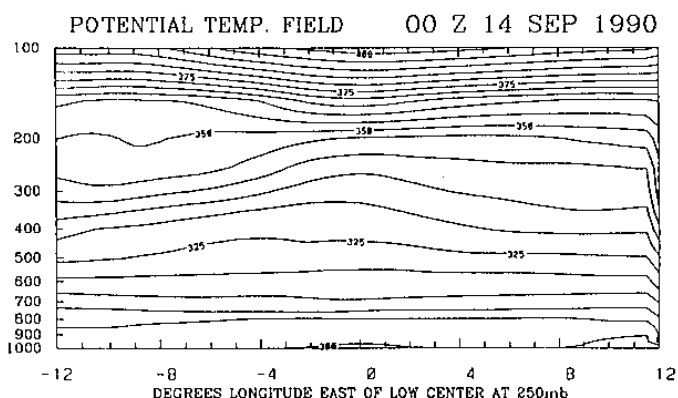


圖 18： 冷心低壓 14日 0000UTC等位溫面分佈
(a) 東西方向垂直剖面圖

(b) 南北方向垂直剖面圖

區分布。再由 400 hpa 之水平剖面圖 (圖 32) 更可清楚看到除了冷心低壓周圍及其北側為下降運動區，其餘各區皆有明顯之上升運動與高濕度區配合，尤其在冷心低壓之西側，此現象更為明顯。由衛星雲圖 (圖 10a) 發現，冷心低壓中心大都為無雲區，僅存在少數之卷雲，在其外圍則由三條明顯帶狀雲區，將冷心低壓包圍。

(2) 由 18 日 0000 UTC 及 0600 UTC 冷心低壓周圍 4 個象限垂直運動平均場 (圖 25cd)，可發現到西北及西南象限具有明顯之上升區，即冷心低壓西側為

上升區，與前面兩階段不同處為西北象限轉變為明顯上升運動區，且東南象限不再具有明顯之上升運動。

4. IPV 場分析

在此階段中，由 345 度 IPV 場分佈 (圖 33abcd) 可發現冷心低壓持續往西北方向移動且逐漸接近芙蓉颱風。在 18 日 0000 UTC 及 18 日 0600 UTC 冷心低壓與中緯度強西風帶仍有交互作用存在。18 日 1200 UTC 時冷心低壓與颱風再次有明顯交互作用

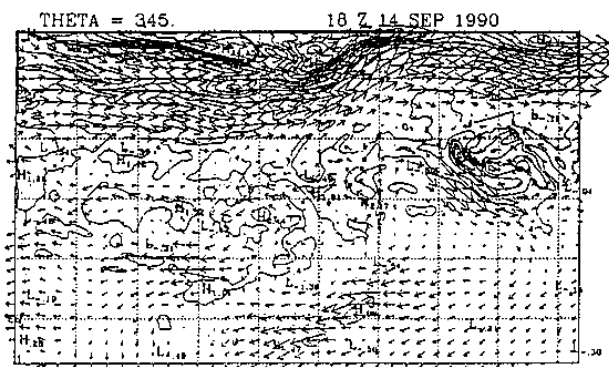
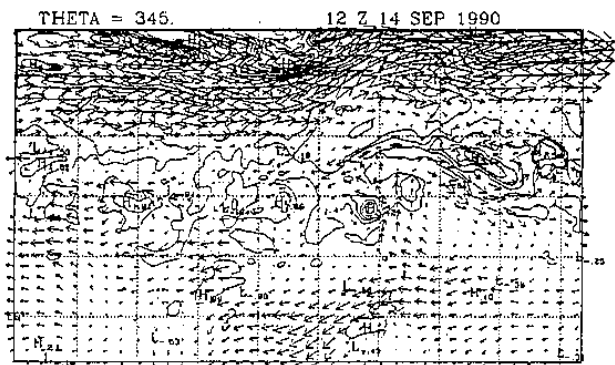
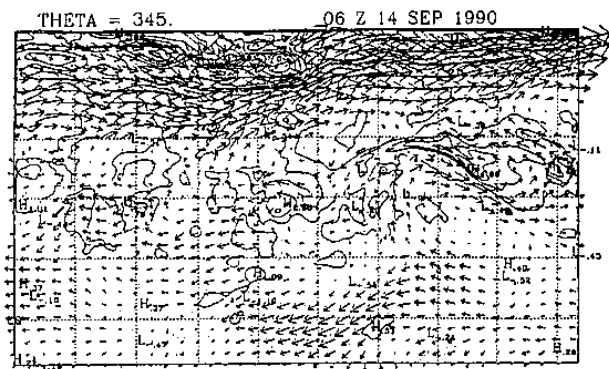
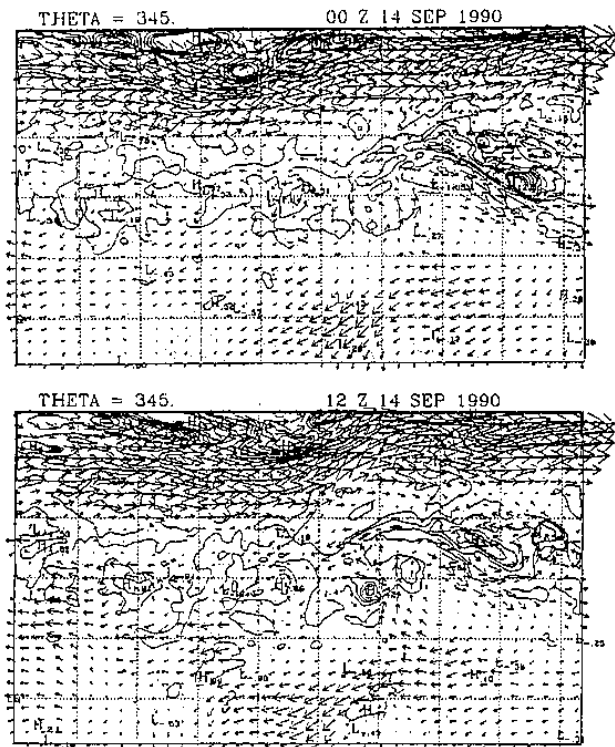


圖 19 : 345度等熵面位渦場及風場
(a) 14日 0000UTC (b) 0600UTC

(c) 1200UTC (d) 1800UTC

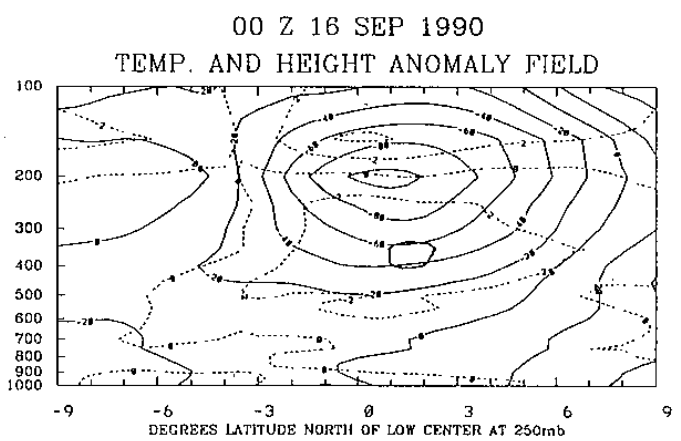
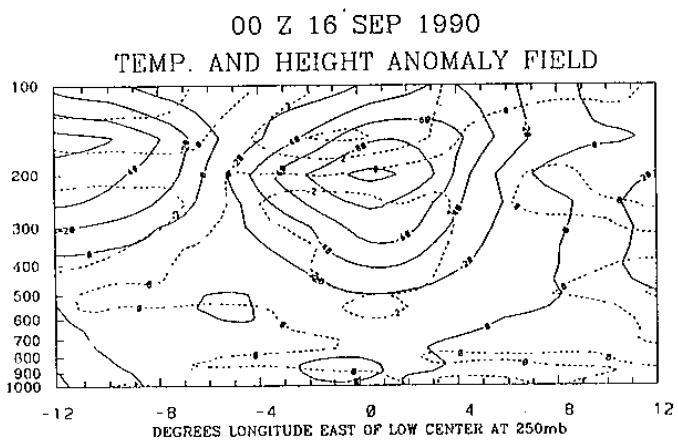


圖 20 : 16日 0000UTC 高度距平場 (實線) 及溫度距平場 (虛線) 垂直剖面圖
(a) 東西方向垂直剖面圖

(b) 南北方向垂直剖面圖

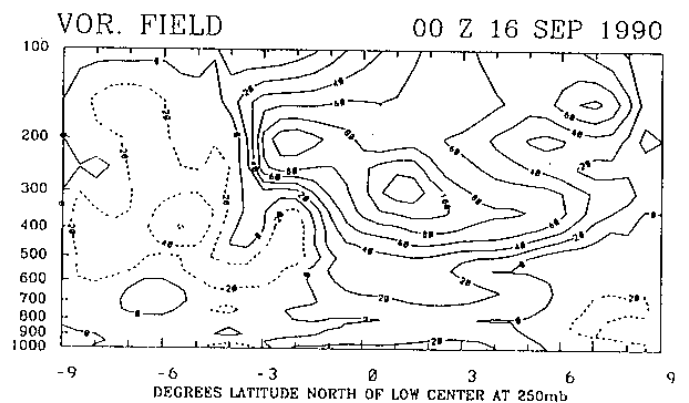
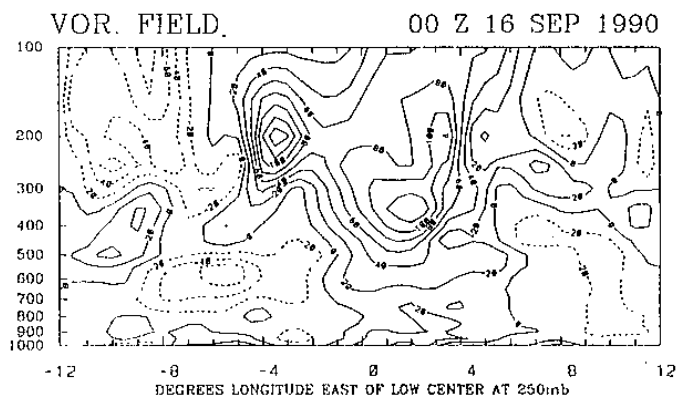


圖 21 : 16日 0000UTC 渦度場
(a) 東西方向垂直剖面圖

(b) 南北方向垂直剖面圖

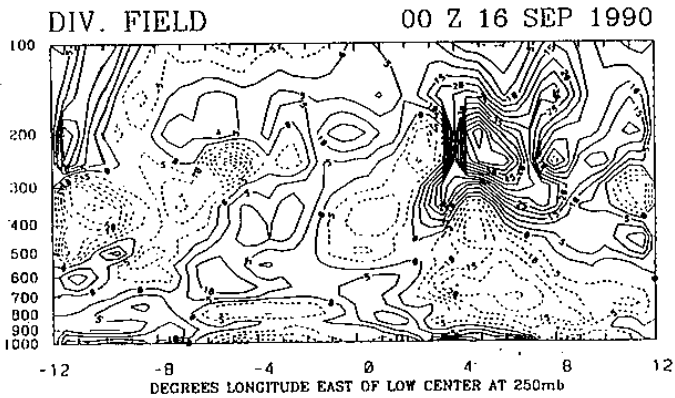
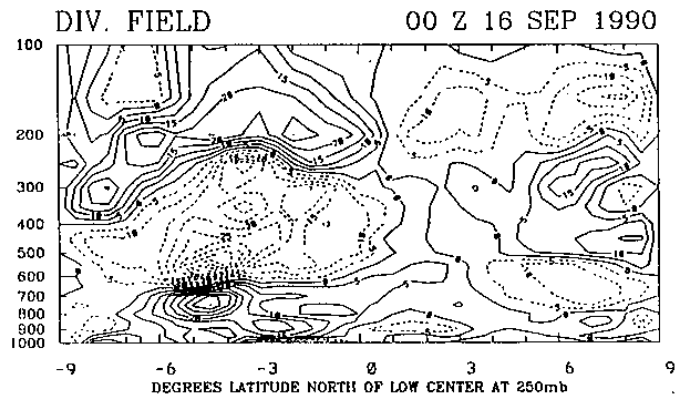


圖 22 : 16日 0000UTC輻散場
(a)東西方向垂直剖面圖



(b)南北方向垂直剖面圖

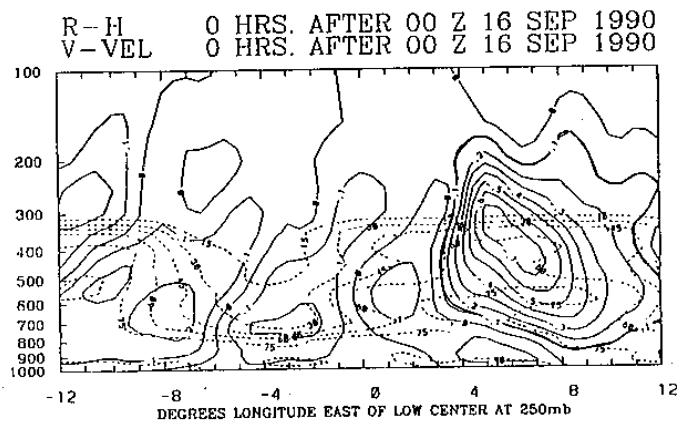
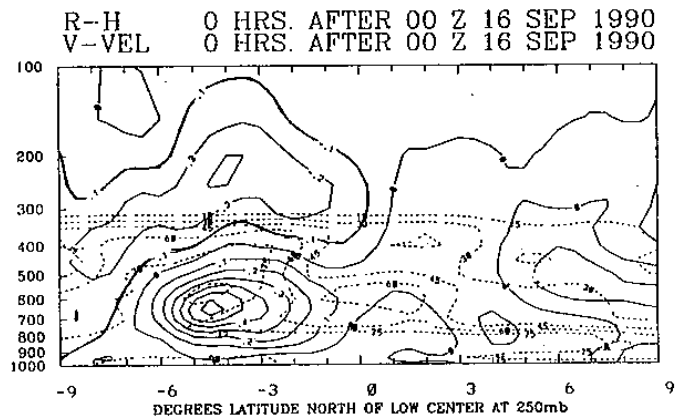


圖 23 : 16日 0000UTC垂直運動場 (實線) 及相對濕度場 (虛線) 垂直剖面圖
(a)東西方向垂直剖面圖



(b)南北方向垂直剖面圖

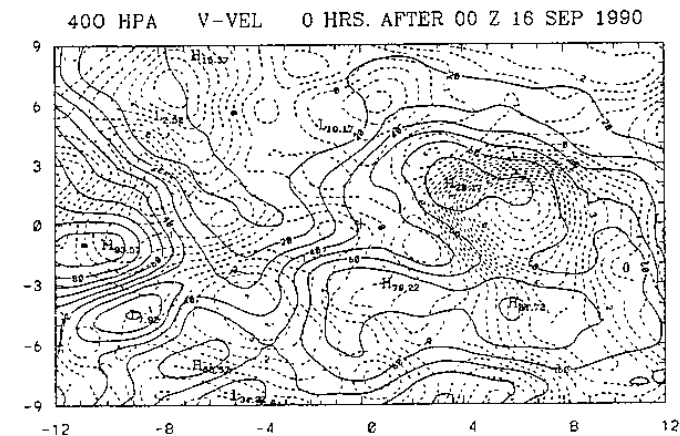


圖 24 : 16日 0000UTC垂直運動場 (虛線) 及相對濕度場 (實線) 水平剖面圖

，冷心低壓受颱風外圍環流之影響，IPV值迅速增加，在 1800 UTC時兩系統非常接近，冷心低壓的IPV值減小，且等熵面之風場已無環流中心存在。

c. 討論

1. 由於冷心低壓具有明顯之氣旋式環流及冷心結構，目前尚無法了解冷心低壓之生成是先有冷心結構或先有氣旋式環流結構，但可確定冷心結構之維持與氣旋式環流有密切關係，由熱力風原理，背風而立，高溫區在右方，低溫區在左方，故氣旋式環流結構有利於冷心結構維持。在本研究案例中，冷心低壓周圍伴隨兩支強風軸，且位於兩支強風軸之氣旋式邊，因此強風軸增強了冷心低壓之氣旋式環流，間接的幫助冷心結構維持。再由實際資料之分析亦發現強風軸之建立，對冷心低壓之結構及氣旋式環流維持有顯著影響，圖 34.35 為 14 日 0000 UTC 至 14 日 1800 UTC 冷心低壓氣旋式流場與冷心垂直結構比較，可清楚發現到冷心結構變化落後強風軸之時間序列變化，當 14 日 0000UTC 至 14 日 0600 UTC 強風軸減弱時 (圖 34ab)，則 14 日 0600 UTC 至 14 日 1200UTC 之冷心減弱 (圖 35ab)，當 14 日 1200UTC 至 14 日 1800 UTC 之強風軸增強時 (

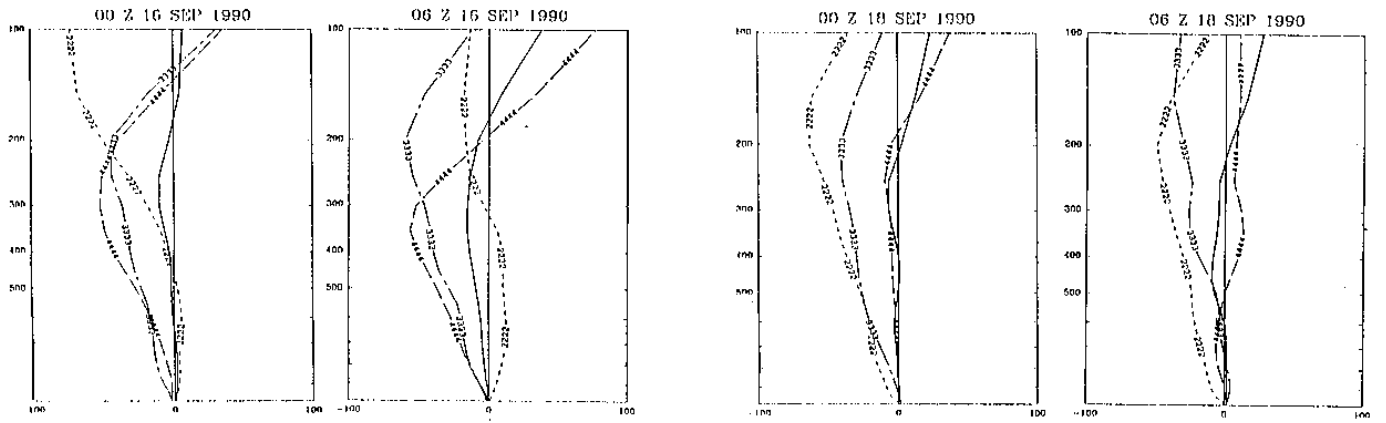


圖 25 : 冷心低壓周圍四個象限平均垂直運動場
(a) 16日 0000UTC (b) 0600UTC

(c) 18日 0000UTC (d) 0600UTC

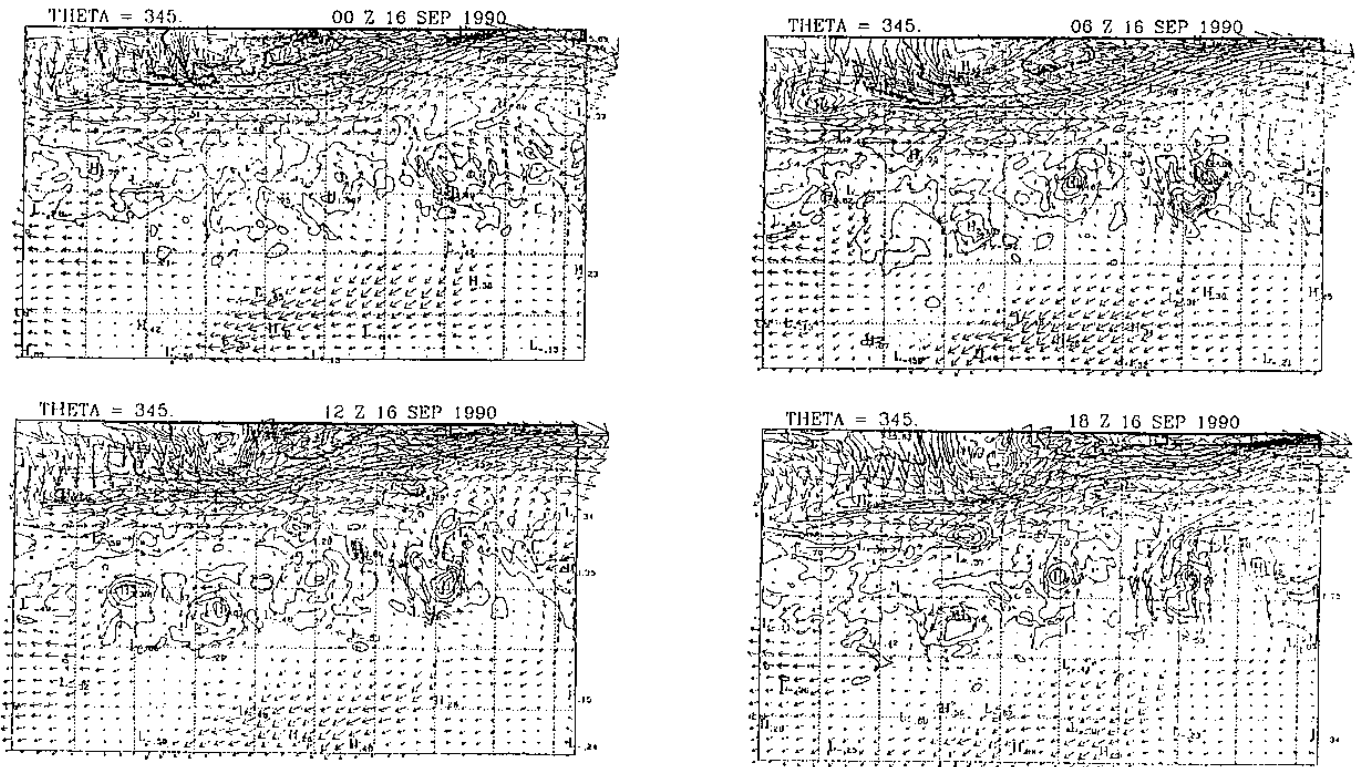


圖 27 : 345度等熵面位渦場及風場
(a) 16日 0000UTC (b) 0600UTC

(c) 1200UTC (d) 1800UTC

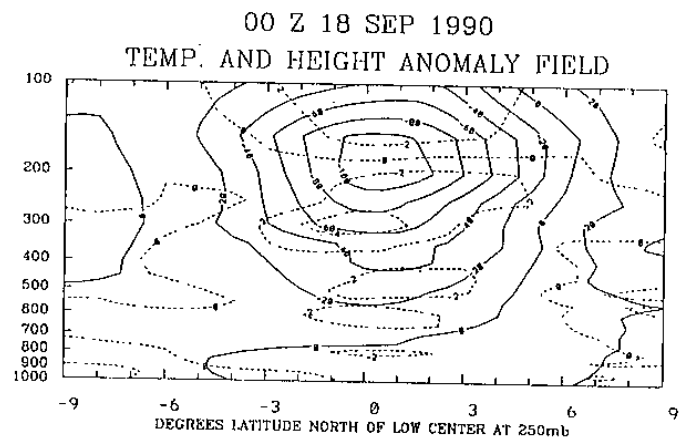
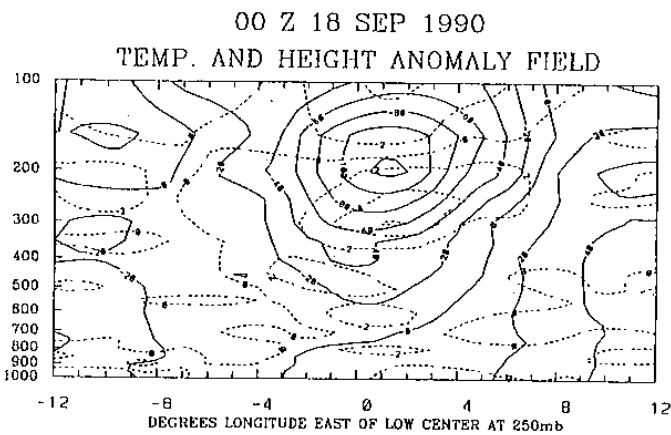


圖 28 : 18日 0000UTC高度距平場 (實線) 及溫度距平場 (虛線) 垂直剖面圖
(a) 東西方向垂直剖面圖

(b) 南北方向垂直剖面圖

圖 34cd) , 則 14 日 1800 UTC 至 15 日 0000UTC 之冷心結構增強 (圖 35cd) , 因此強風軸與冷心結構之維持有密切關係。由以上之討論可印証周 (1989) 得到之統計結果 , 伴隨強風軸之冷心低壓具有較長之生命史。

2 . 由本研究案例冷心低壓之垂直運動場及相對濕度場結構與衛星雲圖雲區非常一致 , 大的上升運動配合高的相對濕度場 , 一般有濃密雲區出現因此雲區之出現與冷心低壓之結構演化有密切關係。在冷心低壓之生命史中 , 雲區之出現之位置大致有以下三種情形 , 第一種為東南象限具有濃密雲區 , 其他區域大都為無雲區 , 只存在少數之卷雲 , 第二種為冷心低壓之東側具有濃密之雲區 , 而其西側則大都為晴空區 , 第三種為冷心低壓周圍大都為無雲區 , 在外圍則由明顯之雲帶將其包圍。以上第二種雲區分布情況與 Carlson (1967) 之研究結果一致 , 第三種情況與 Frank (1970) 之結果相同 , 過去對冷心低壓之研究之所以有這樣之差異性 , 可能為海上地區時間及空間資料解析度不足所致。

3. 垂直運動場之分佈與伴隨冷心低壓之強風軸有密切關係 , 由於強風軸伴隨有明顯之次環流及輻散場分布 , 在強風軸出區左側及入區右側為輻散區 , 而出區右側及入區左側為輻合區 , 因此前者底層應有上升運動配合 , 而後者為下沉運動。由強風軸相對於冷心低壓之位置 , 故冷心低壓之東南象限為上升運動區 , 而西北象限為下沉運動區 (圖 24) 。

4. 由 345 度等燭面的位渦場及風場時間序列分佈發現第一階段 (圖 21abcd) 冷心低壓之南支強風軸出現與颱風外流區有密切關係 , 北支強風軸與副熱帶高壓有關。在第二階段中 (圖 26abcd) , 冷心低壓周圍強風軸的出現與中緯度之強西風帶相關 , 強風軸出現之位置改變且強度較第一階段減小。在第三階段 (圖 33abcd) , 冷心低壓周圍不再有明顯強風軸出現且持續往西北方向移動 , 逐漸接近芙蓉颱風 , 18 日 1200UTC 後兩系統非常接近 , 受颱風環流影響 , 冷心低壓 IPV 值減小且等燭面之環流中心消失。

四、結論

本文係針對 TCM-90 密集觀測期間之一高層冷心低壓個案進行分析 , 探討其結構及隨時間的演化 , 並與過去學者之研究比較 , 以期對冷心低壓有更進一步了解。

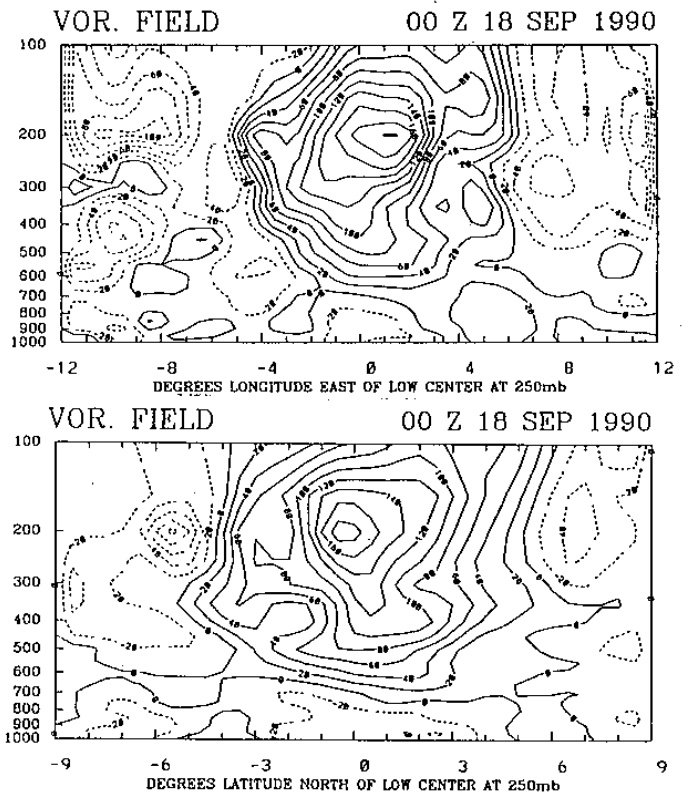


圖 29 : 18 日 0000UTC 渦度場
(a) 東西方向垂直剖面圖
(b) 南北方向垂直剖面圖

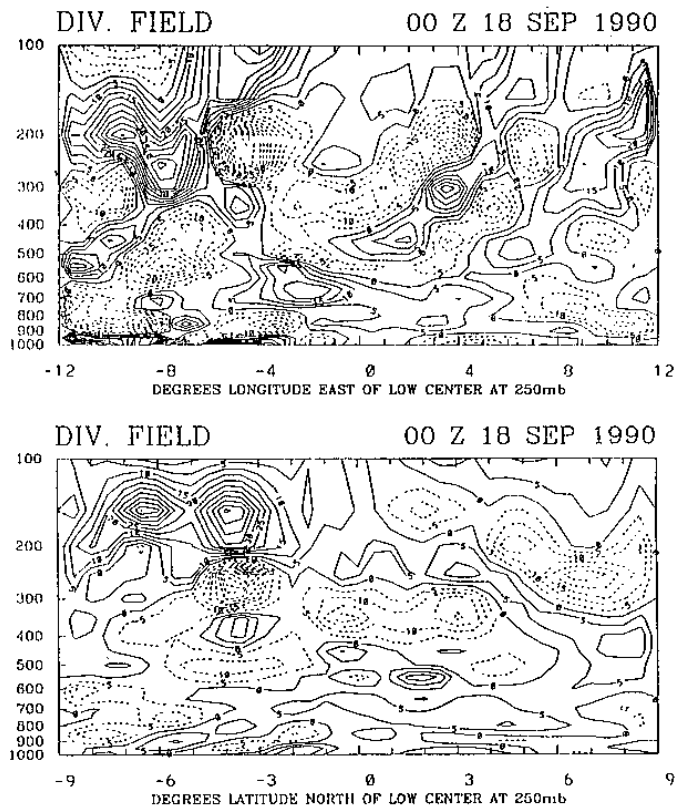


圖 30 : 18 日 0000UTC 輻散場
(a) 東西方向垂直剖面圖
(b) 南北方向垂直剖面圖

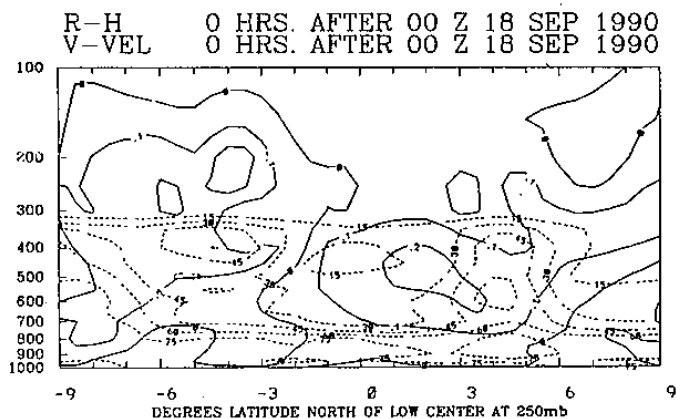
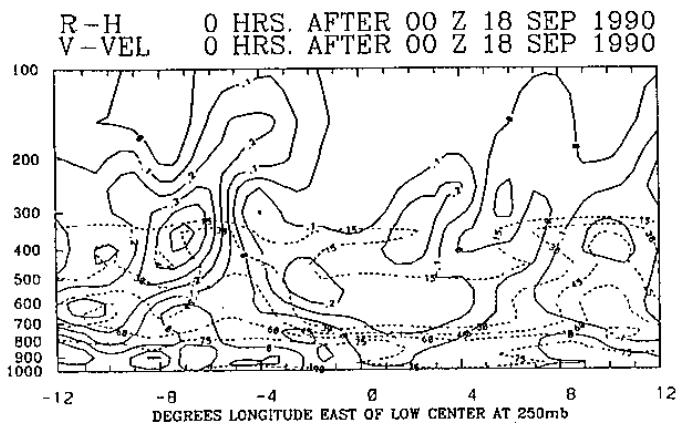


圖 31：18日 0000UTC 垂直運動場（實線）及相對濕度場（虛線）垂直剖面圖
(a)東西方向垂直剖面圖

(b)南北方向垂直剖面圖

1. 本個案冷心低壓發展過程中（9月14日 0000 UTC至18日 1800UTC），其結構在200hpa層有最大負距平中心及最大正渦度中心，300hpa層有最大負溫度距平中心。另外，在垂直運動場及輻散場的分佈，則與強風軸有密切關係。

2. 在本研究個案中，冷心低壓的結構隨著周圍強風軸演變而有不同之發展，因此依強風軸的走向將冷心低壓生命史分成三個階段，在不同階段中，冷心低壓之結構及天氣現象都有所不同。過去許多學者曾利用觀測及模式研究探討冷心低壓結構，但至今尚未提出普遍一致性結構，因此由本研究不同階段冷心低壓結構與過去研究比較，可發現到過去不同學者之研究與本研究個案不同階段有類似結構。在第一階段中，冷心低壓垂直運動場結構，南側為上升運動區，與 Kelly and Mock (1982) 合成分析結構類似。第二階段中，本個案雲區的分佈，東側為明顯雲區，西側為晴空區，此結構與 Carlson (1967) 研究個案類似。在垂直運動場的分佈，除了中心部份外，其外圍大都為上升運動區，與 Ricks and Frank 分析個案的結果類似。在第三階段中，本研究個案冷心低壓外圍由三條狹長雲帶包圍，中心為晴空區，此與 Frank (1970) 分析雲量的合成結構相同。過去的研究，由於冷心低壓生命史大都在海上地區，所得到資料的時間及空間解析度有限，因此大部份利用合成方法來研究冷心低壓。由於在不同環境場及生命期，冷心低壓有不一樣結構，因此過去學者的研究會有不同之結果出現。

3. 高層冷心低壓從底層至200hpa為明顯冷心結構且具有氣旋式環流，由熱力風原理顯示200hpa層應有最強風速帶，經由熱力風公式計算，200hpa最強風速不超過20m/s，但高層冷心低壓在第一階段伴隨之南北兩支強風軸其最大風速分別可達35m/s及20m/s以上，因此冷心低壓伴隨的強風軸與周圍環境場有密切關係。在高層冷心低壓發展期間，周圍有芙蓉颱風及副熱帶高壓兩系統，在第一階段，由IPV場（圖 21abcd）分析發現南支強風軸的發生與芙蓉颱風高層外流有密切關係，北支強風軸的發生與副熱帶高壓環流相關，由冷心低壓環流與周圍兩系統交互作用，因此有南北兩支強風軸伴隨，若以最強風速區定強風軸強度，則南支強風軸強度大於北支強風軸。到了第二

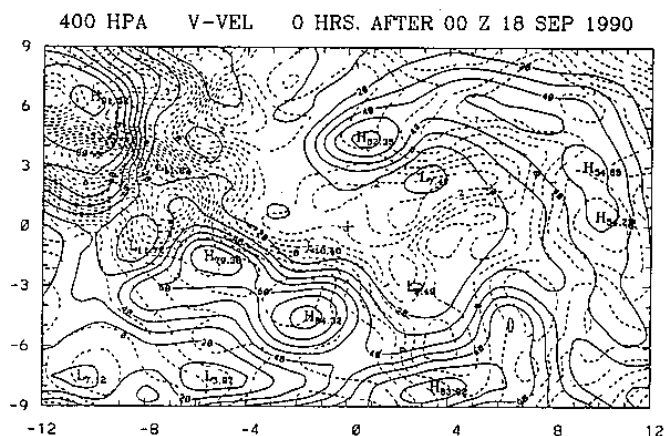


圖 32：18日 0000UTC 垂直運動場（虛線）及相對濕度場（實線）水平剖面圖

強度，則南支強風軸強度大於北支強風軸。到了第二階段，冷心低壓伴隨的強風軸呈南北走向，且兩支強風軸強度相當，由 IPV 場分佈發現，在此階段中強風軸的生成與中緯度西風帶有密切關係。

4. 在冷心低壓的發展過程中，強風軸有助於冷心低壓結構維持，使其有較長之生命史。

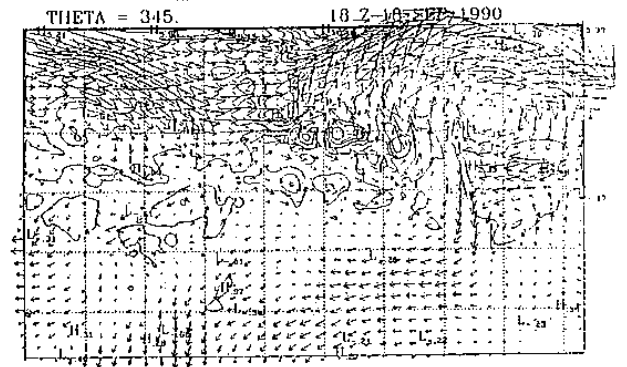
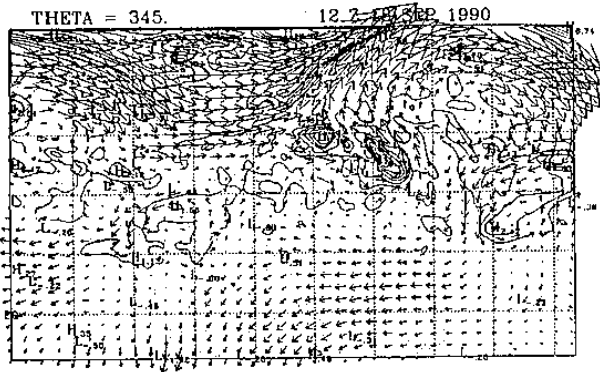
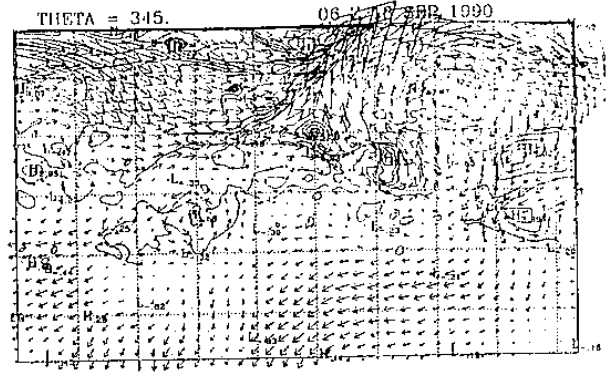
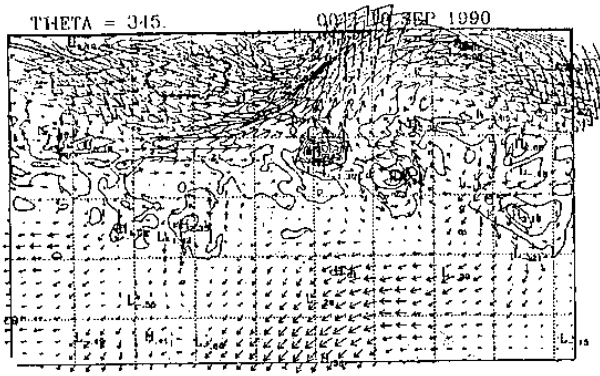


圖 33 : 345度等熵面位渦場及風場
(a)18日 0000UTC (b)0600UTC

(c)1200UTC (d)1800UTC

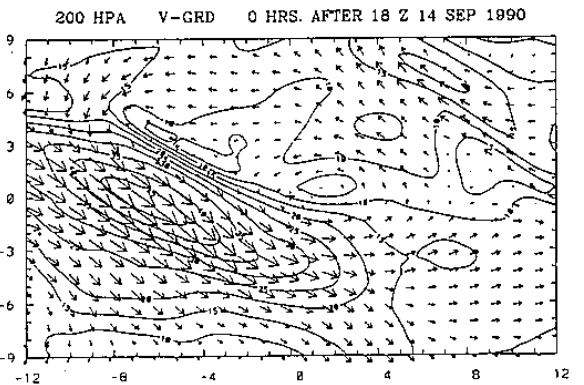
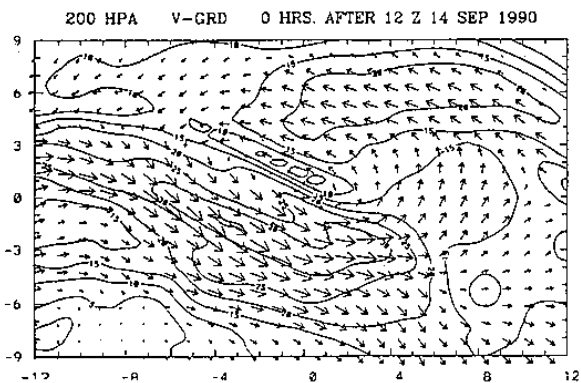
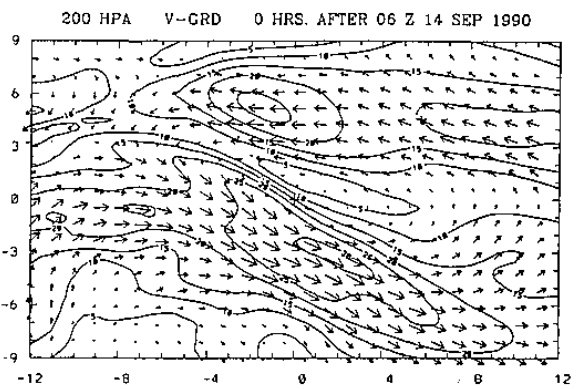
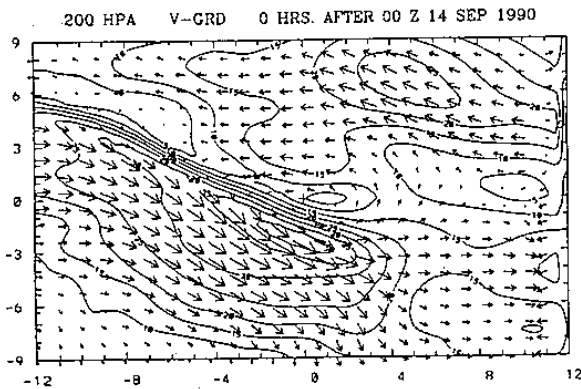


圖 34 TCM-90資料 200hpa以冷心低壓環流中心東西各取12個經度、南北各取9個緯度之水平風場及等風速線
(a)14日 0000UTC (b)0600UTC

(c)1200UTC (d)1800UTC

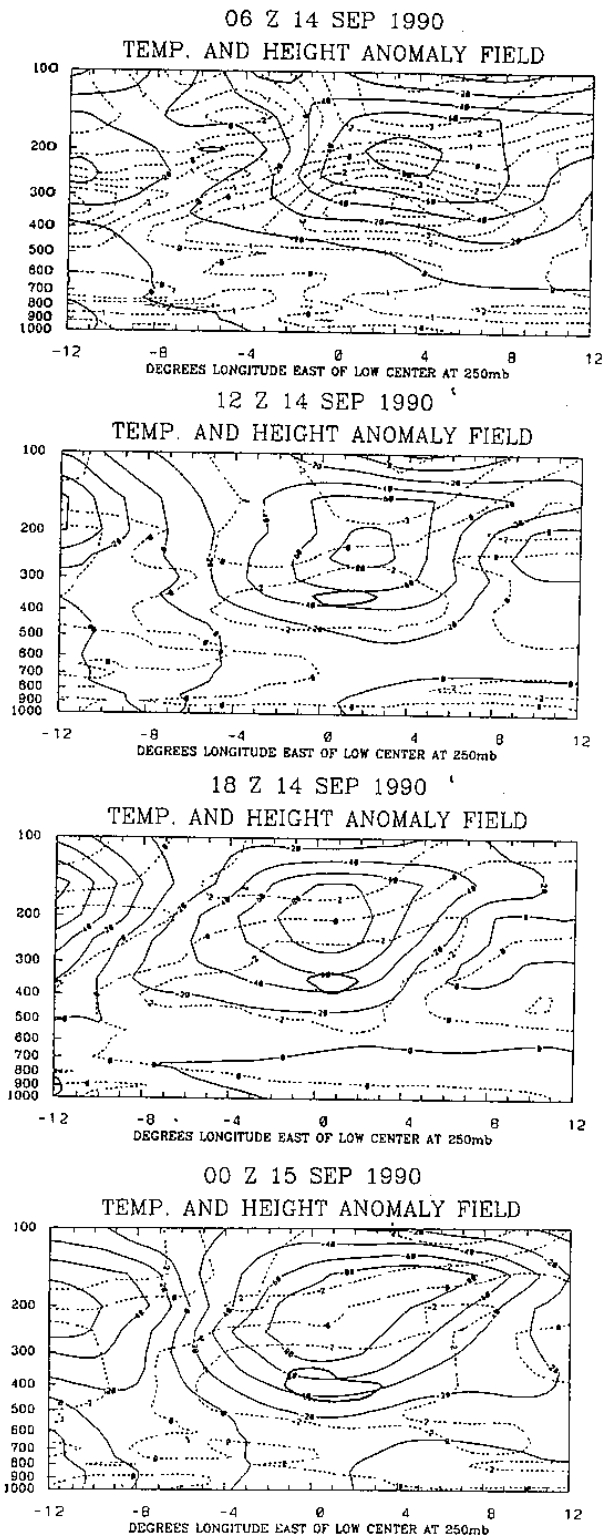


圖 35 : 東西方向高度距平場 (實線) 及溫度距平場 (虛線) 垂直剖面圖
(a) 14日 0600UTC (b) 1200UTC
(c) 1800UTC (d) 15日 0000UTC

五、參考文獻

- 周蘭芬, 1989: 西太平洋高層冷心低壓之研究。國立臺灣大學大氣科學研究所碩士論文。
- 羅季康、梁瑞禎與謝維權, 1983: 夏季高空冷心低壓與颱風之關係。氣象預報與分析, 94, 1-28.
- Carlson, T.N., 1967: Structure of a steady-state cold low. Mon. Wea. Rev., 95, 763-777.
- Colton, D.E., 1973: Barotropic scale interactions in the tropical upper troposphere during the north summer. J. Atmos. Sci., 30, 1287-1302.
- Patrick, A.H., N.Tamar, R.L.Elsberry, 1991: ONR tropical cyclone motion research initiative: Data users guide TC observations. Technical Report NPS-MR-91-002, Naval Postgraduate School, Monterey, CA., 1-87.
- Elsberry, R.L., G.M.Dunnavan, E.J.Mckinley, 1992: Operations plan the tropical cyclone motion (tcm-92) mini-field experiment. Technical Report NPS-MR-92-002, Naval Postgraduate School, Monterey, CA., 1-45.
- Erickson, C.O., 1971: Diagnostic study of a tropical disturbance. Mon. Wea. Rev., 99, 67-78.
- Frank, N.L., 1970: On the nature of upper tropospheric upper cold core cyclones over the tropical Atlantic. Ph.D. dissertation, Florida State University, Tallahassee, 241 pp.
- Frank, W.M., 1977: The structure and energetics of the tropical cyclone, I: Storm structure. Mon. Wea. Rev., 105, 1119-1135.
- Haagenson, P. and M.A.Shapiro, 1979: Isentropic trajectories for derivation of objectively analyzed meteorological parameter. NCAR/TN-149+STR.
- Haynes, P.M., and M.E.Mointyre, 1987: On the evolution of vorticity and potential vorticity in the presence of diabatic heating and frictional or other forces. J. Atmos. Sci., 44, 828-841.
- Holland, G.J., 1983: Angular momentum transports in tropical cyclones. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 109, 187-209.
- Holton, J.R., 1979: An introduction to dynamic meteorology. Chap. 6.
- Hoskins, B.J., and P.Berrisford, 1988: A potential vorticity perspective of the storm of 15-16 Octor 1987. Weather, 23, 122-129.
- Kelley, W.E., and D.R.Mock, 1982: A diagnostic study of upper tropospheric cold lows over the western north pacific. Mon. Wea. Rev., 110, 471-480.

- Lee, C.S., 1986: An observational study of tropical cloud cluster evolution and cyclogenesis in the western North Pacific. Dep. of Atmos. Sci. Paper No.403, Colo.State Univ., Ft.Collins, CO, 250pp.
- Reed, R.J.and R.H.Johnson, 1974: The vorticity budget of synoptic scale wave disturbances in the tropical western Pacific. J. Atmos. Sci., 31, 1784-1790.
- 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.
- Sadler, J.C., 1967: The tropical upper tropospheric trough as a secondary source of typhoons and a primary source of tradewind disturbances. Rep.No.67-12, Hawaii Institute of Geophysics, University of Hawaii, Honolulu, 44 pp. — , 1976: A role of a the tropical upper tropospheric trough in early season typhoon development.Mon. Wea. Rev., 104, 1266-1278. —, 1978: Mid-season typhoon development and intensity changes and the tropical upper tropospheric trough. Mon. Wea. Rev.106, 1137-1152.

