

颱風外圍先驅對流雲群之分析

曾憲瑗 童茂祥 王崑洲

民航局飛航服務總台氣象中心

摘 要

當颱風轉向北移動時，在颱風東北方距離氣壓中心數百公里遠處，也就是處於下沉氣流之外，有時觀測到呈線狀之對流雲群（或雷雨胞群），此種對流雲群稱之為颱風先驅對流雲群。

此雲群具下列特性：

- (1) 此雲群在颱風東北象限內發生並向西伸展。
- (2) 雲群中的每一個對流胞皆維持12小時以上。
- (3) 雲群中的每一個對流胞與颱風具有相同之移向和移速。

雲群的生成必須具有下列條件：

- (1) 850hPa上有 340°K 以上之高相當位溫區與雲群生成位置配合。
- (2) 850hPa上有溫度露點差在 4°C 以內的溼區與雲群生成位置配合。
- (3) 雲群生成位置須為下層合流而上層分流之氣流場。
- (4) 雲群生成位置須有不穩定層存在。

一、前言

當颱風進襲時，其本身的環流及其外圍環流皆會帶來強風災和大雨，且吾人亦以此為衆所皆知之事實。然而，在距離颱風中心約八百公里遠處也就是在環流下沉區之外，若在某些有利於對流現象發生的條件下，並常見有數個對流胞成群發展，呈一東西走向之線狀雲帶。由於此種對流雲群距離颱風中心甚遠，因而常被忽視未予詳分析探討。事實上此種對流雲群往往亦會有很好的發展並帶來強風和大量降水，對人民生命和財產構成很大威脅，影響國家的經濟建設，即使對航行於大氣中的航空器亦具危險性。

此種發展良好的對流雲群，大都在颱風的東北象限發展並向西延伸至北北西方，並與颱風中心一直維持著密切的位置關係，此種對流雲群原田知幸(1988)乃將其稱之為颱風先驅對流雲群 (PRE-TYPHOONACTIVE CLOUDS :PTACC)。

由於偏西風帶的接近，在颱風東至東北側之區域每有下層合流上層分流的現象發生。由於上下兩層氣流場的配合，因而對對流胞的產生和發展，提供一有利的激發機制。日人黑田(1983)曾對這種現象加以調查，並予證實。齋藤(1973)、岡林(1976)、門脅(1976)等亦曾對距離颱風主環流中心數百公里處發生之對流雲、外圍降

雨帶、先驅降雨帶等加以探討。國內李與童(1989)對颱風外圍環流的雲帶也曾有過詳細分析及分類，而原田知幸(1988)提出的颱風先驅對流雲之個案分析，發現下層有明顯的合流收束場，其成因可由 PTACC在日本南方海上發生後，經過12小時後對流活動仍然繼續維持，此與壽命在數十分鐘至數小時的孤立對流胞發生機制有所不同。

本研究所欲分析的 PTACC之出現位置，距離颱風中心比上述之活躍對流雲、外圍降雨帶、先驅降雨帶等雲層為更遠。另外在生命史方面 PTACC亦維持較長時間，因此雲層本身與其它雲層之間的差異亦一併予以探討。

二、原田氏範例分析引介

從西太平洋區颱風期日常 GMS氣象衛星雲圖資料上，每可見到位於颱風外圍環流之更遠處、有時存在著大片活躍之對流雲，而帶來顯著天氣。原田(1988)乃選取1987年7月發生的“賽洛瑪颱風”作為分析的個案，其選取原因，乃在例行作業中發現在距離此颱風中心的東北象限內約1000公里處有對流雲群發展並且維持相當長的時間，有效的資料亦較多。

(一)、PTACC 在衛星雲圖上顯現出之特徵

(1) 發展之經過：由個案分析期間之綜觀特徵，可見19

87年 7月13日 1200Z的地面天氣圖，梅雨鋒面自日本東北地區向西南延伸至長江口附近且近似滯留。颱風“賽洛瑪”位於東方海面上並向北移動，太平洋高壓勢力向東退。

由1987年 7月13日 1200Z之日本 GMS紅外線雲圖 (圖1)。可見13日0600Z 日本關東以西的區域，僅有分散之晴天積雲，沒有活躍積雲存在之跡象。雖然在日本南大東島的東南海上(25N,135E)附近有活躍對流雲區，但此雲域區屬颱風外圍環流內之雲層。惟在此雲域的北方較淺雲層內見有一白點 (白色箭號所指之處) 以C1表示，此白點即為往後一併到移動之案例。

3至 6小時後在日本宮崎縣附近亦有一北移之雷雨胞出現，如圖2 中C2所示位置此刻原先的C1雲域已經有相當程度的擴大。

由圖2:13日1200Z 日本鹿兒島西南海上有一較高雲頂的對流雲出現，並且呈現出相當活躍現象。一小時後已發展成雷雨胞，再經 5小時後即 1800Z時雷雨胞的範圍更見擴大，在圖 3上即為白色箭號所指之處而以C3表示。此刻編號為C1、C2、C3的雷雨雲區可見皆處在颱風賽洛瑪之東北象限內，並且都是向北北東方移動。

圖1:1987年7月13日0600Z GMS紅外線雲圖



圖2:1987年7月13日1200Z GMS紅外線雲圖

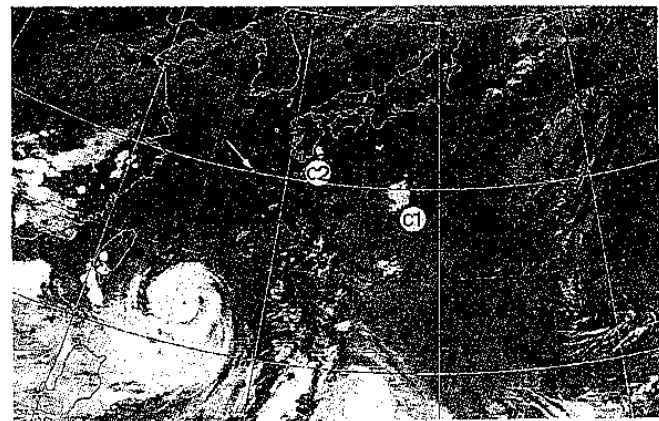
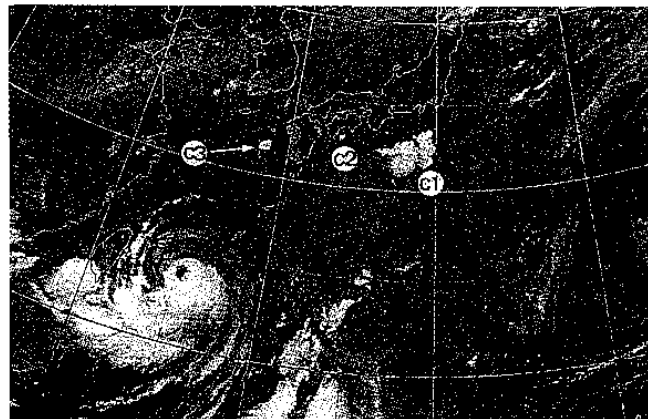


圖3:1987年7月13日1800Z GMS紅外線雲圖



至140000Z(圖4) C1、C2、C3 仍然呈線狀雲域。然

而在濟洲島西方海面上有雷雨胞發生並發展，其後活躍雷雨胞與C1、C2、C3連成螺旋狀雲帶，並由外圍環流併入颱風環流內。再六小時後 (圖5)相連雲帶併入颱風環流內的現象更加明顯。至14日1200Z(圖6)相連之雲帶更與北方鋒面雲帶合併。

圖4:1987年7月14日0000Z GMS紅外線雲圖

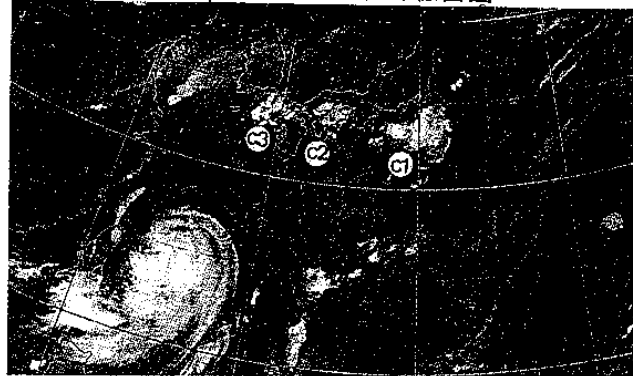


圖5:1987年7月14日0600Z GMS紅外線雲圖

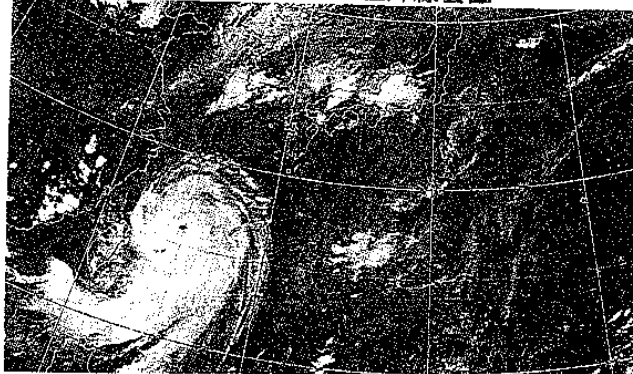
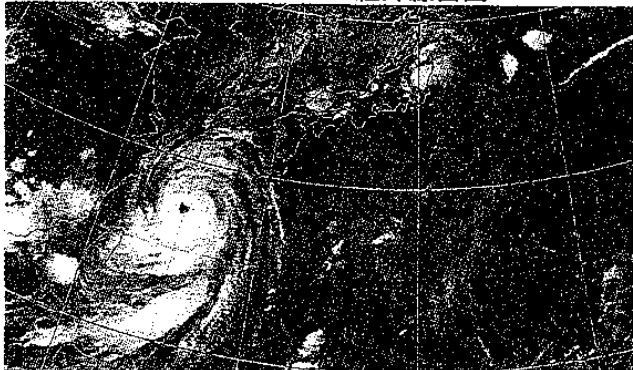


圖6:1987年7月14日1200Z GMS紅外線雲圖



(二)、PTACC 之移動

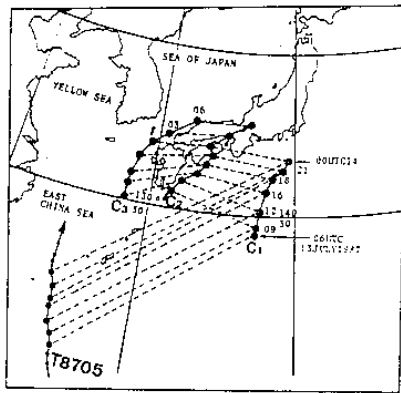
圖 7 為 C1、C2、C3 雷雨胞及賽洛瑪颱風之各自移動路徑圖，以及移動路徑間之相關，其中雷雨胞的位置是取衛星雲圖上雷雨胞雲域之幾何中心作為其中心位置所在地。由此圖中可找出幾項特殊現象：

(1) C1、C2、C3 之生命史皆維持 12 小時以上，並連成一東西方向之直線，且隨同向北北東移動。而 C1 與 C2 之間距離為 480 至 580 公里、C2 與 C3 間之距離為 360 至 470 公里，此後相隔之相對位置變化很小。

(2) C1 在距離颱風中心之北北東方約 1300 公里海面上發生、C2 約 1000 公里、C3 則大約有 800 公里。而賽洛瑪颱風的環流範圍由衛星雲圖上之主雲域來判斷，顯示出圓形雲系的半徑約 300 公里，因此 C1、C2、C3 是在距離主雲系相當遠的場所發生。

賽洛瑪颱風前後的平均時速約為 15 海浬向北移行。而 C1、C2、C3 則約以 15~20 海浬向北北東方移動，因此其移速的向北分量約與颱風之移速相等。此後，颱風中心與 C1、C2、C3 之間的距離，由圖中不難計算出雷雨胞在發生 12 小時後與發生初期的差距僅有 100 公里。故颱風與 PTACC 間的密切關係，由此可顯而易見。

圖 7: C1、C2、C3 雷雨胞與颱風賽洛瑪移動路徑圖。



(三)、PTACC 與颱風有關的其它雲層之比較

PTACC 與前述齋藤等探討之活躍對流雲（如外側降雨帶、先驅降雨帶等）之間的比較，可得到下列關係：

PTACC 與之類似處為當偏西風帶接近颱風時，在颱風中心進行的前方與右前面有對流雲發生，而對流雲發生之位置為距離颱風中心主環流的外側約數百公里、對流雲的移動與颱風中心之移動亦維持相對位置的關係。另一方面，亦有幾點不同之處：

(a) 活躍對流雲出現的位置，大約是在距離颱風中心 300 至 600 公里之處，而 PTACC 出現的位置是在更遠外側之位置約 800 至 1000 公里。

(b) 颱風東北象限內之雲系活躍且對流雲為線狀有多條，對應於颱風中心呈現弧形之帶狀對流雲系，雲系的走向與颱風中心之移動近似。而 PTACC 是由數個向 NNE 移進的獨立對流胞構成的雲帶，雲帶呈東西走向。

(c) 1987 年 7 月 13 日颱風外圍遠處之 C1、C2、C3 互以數百公里之距離各自獨立發生，其後可明白見到向 NNE 移進的弧狀雲帶。

從 C1、C2、C3 發生之形態以及 PTACC 的發展過程跟岡林(1976)、門脅(1976)、黑田(1983)等發表的研究報告相比較，可發現 PTACC 與處於颱風進行前方出現的大曲率對流雲域之發展過程有所不同。此個案顯示 PTACC 與以往報告之颱風外側降雨帶、先驅降雨帶等有某些相似點，但在構造與現象上則有所差異需加以考慮。

由 PTACC 發展過程與發現位置上與以往研究報告之外側降雨帶作相對比較下，有幾點值得考慮之相異處。

(四)、重要特性

原田氏(1988)發現伴隨於颱風賽洛瑪北上，而在東海北部發展之 PTACC 之特徵有下列幾點：

(1) 颱風之東北象限內有一幅度約在 500 至 600 公里之東西向對流不穩定區域持續存在，並以大約 10KT 速度向 N~NNE 方向移行。PTACC 在對流不穩定域內維持對流活動，而不穩定域的運動伴有 PTACC 跟隨向 NNE 移動。然而 PTACC 卻在位於高相當位溫區域之南方發生。

(2) C1、C2、C3 的發生導致 PTACC 之形成並發展，而 PTACC 的移動與颱風移動之間有著密切相關。此現象在距離颱風中心 1000 公里外之場所發生，而 C1、C2、C3 與颱風之間的相對位置關係常維持不變。而且 PTACC 沿著颱風外圍環流之下層流線發生，且呈現出螺旋形狀並且雲系是依次的向下風處伸展，由此現象，正可解釋 PTACC 因受颱風影響而呈現一連串雲系之原因。

三、1985~1990 年颱風實例資料分析

本研究所取資料時間為 1985 至 1990 年共 6 年內之 6 月至 9 月，將此段期間內發生的颱風，根據其移動路徑加以篩選後並加以統計。而過濾的條件為颱風需經本省附近，即界於 125° E 至 115° E 之間，轉向北上的颱風。採用此條件之主要原因是當颱風在 125° E 以東轉向北移的次數亦佔有相當的比率，但此類的颱風皆在洋面上進行，由於資料的缺乏不免會導致分析上的若干困難；另外在符合本文選擇條件的颱風，乃伴有 PTACC 的產生且會影響到本省或附近地區者。

在分析颱風路徑資料後，將合於條件的個案作各種因子的分析，包括：850hPa相當位溫、850hPa的溼度區、不穩定層及氣流場分析。但對於發生在海洋上的個案，由於缺乏資料，因此無法作單站之不穩定層分析。經過分析後將結果列入表一中：

由表一之統計結果，發現在這 6 年內出現在西太平洋區域並符合條件的颱風次數共 27 個，其中伴有 PTACC 生成者為 13 次佔總數的 48% 幾乎達到一半。而 PTACC 影響台灣地區的次數就佔 53.8% 之比率（約佔總數的 25.92%），顯見此 PTACC 的現象確實為一重要的課題。事實上，在無 PTACC 生成的颱風中亦不乏伴有獨立對流胞（isolate Cb）並影響台灣地區者，雖亦有很好的發展惟維持的時間較短，而不符合本文統計的條件。但有此現象亦可見對流雲群對本區的重要性而不可忽視。

表一：1985至1990符合伴有PTACC研究條件之颱風統計表

年份	因子 伴有PTACC 之颱風次數 (距瑪颱風 中心)	未伴PTACC 之颱風次數	影響台灣之 PTACC次數	
1985	1/800KM	2	1	TESS/800KM SEPT
1986	2/960- 950KM	2	1	PEGGY/JUL ABBY/SEPT
1987	3/1000- 650KM	1	2	TREMA/JUL ALEX/JUL GERALD/SEPT
1988	1/910KM	1	1	KIT/SEPT
1989	2/1000- 1100KM	5	1	SARAH/SEPT BRIAN/SEPT
1990	4/700- 1000KM	3	1	BORTH/JUL TANCI/JUL ABE/ICC DOT/SEPT
合計	13	14	7	
百分比	48.15%	51.85%	25.92%	

颱風自生成至消失的過程中，絕大部份時間多在洋面上，因資料極為缺乏且 PTACC 發生的位置離颱風中心約有 800 公里的距離，因而當颱風轉而向北移動超過 20° N 時，PTACC 出現的地方已有一些陸地探空資料可供分析。本研究乃利用有限的資料，嘗試作客觀分析以便求取其相關性。結果發現有四個啓發機制與 PTACC 的生成有很好相關；如：

- (1) 850hPa 上之相當位溫須大於 340° K。
- (2) 850hPa 之溫度露點差須小於 4° C，小於 2° C 更好。
- (3) 有不穩定層存在。
- (4) PTACC 生成的場合，低層(850hPa)須要有輻合高層(200hPa)輻散氣流場之配置。

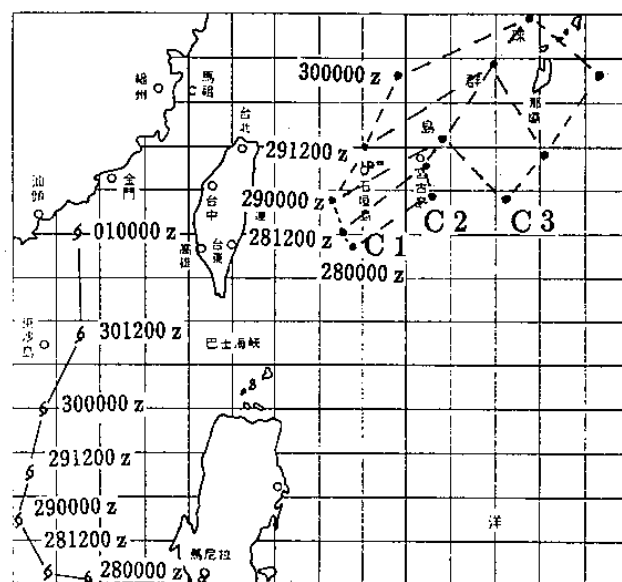
以上所述，其所得的相關僅為必要條件，而非充分必要

條件，因此、目前仍存在一些尚未明瞭的機制，有待今後繼續加以探討。

四、實例驗證

取 1991 年 9 月內發生的露絲颱風作為驗證的個案，此颱風於 9 月 19 日在巴士海峽上由普通熱帶氣旋加強發展而成颱風。240000Z 到達東經 118.3 度並開始向西南移動，接著在 241800Z 更轉向南移。在 261800Z 時移至北緯 10 度附近，隨後經過 12 小時的打轉，最後於 280600Z 開始轉向北方移動。至此，當颱風開始向北進行之際，也就是合乎本研究監視的條件，將每隔 6 小時的颱風中心位置標示並連成路徑圖(圖 8)。

圖 8:1991年9月露絲颱風與相關外圍雲區之移動路徑圖



(一) 850hPa 之等相當位溫線之分析：在本省北端出現一相當位溫大於 340° K 之小區域，但此較高相當位溫區隨後不但數值逐漸減弱而且範圍亦縮小，24 小時後即已消失，但另一方面南海之高相當位溫區也明顯擴大且向東北移動，至 280000Z 時已移到本省的中南部地區。接著在 281200Z 圖上(圖 9)，相當位溫之最大值區已移至本省之東北角的外海上，而此刻相當位溫數值已發展到 345° K 以上。此後至 300000Z 最大相當位溫區仍緩慢續向北北東移動，但最大值則逐漸減弱中，到 301200Z(圖 10) 時與日本地區南方之另一高相當位溫區連在一起，更在 010000Z 消失而僅剩下原先日本南方的向北北東移動並減弱之高相當位溫區。其後台灣海峽出現另一隨颱風北上新的高相當位溫區。

圖 9:1991年9月281200Z等相當位溫線

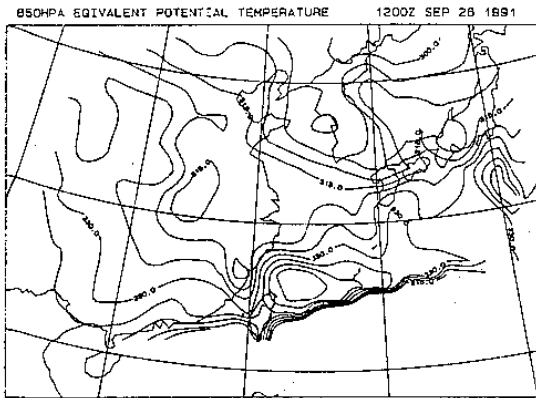


圖10:1991年9月301200Z等相當位溫線

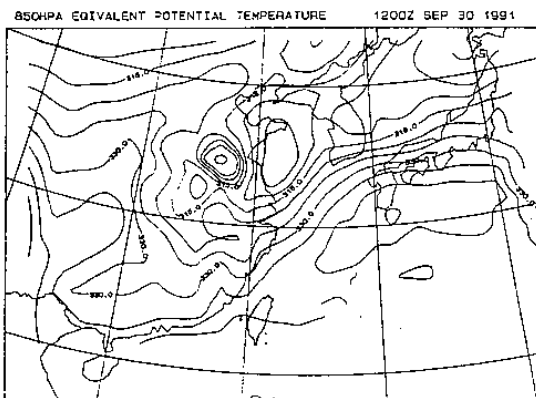


圖12:1991年9月281200Z之850hPa濕區(T-Td<4° C)

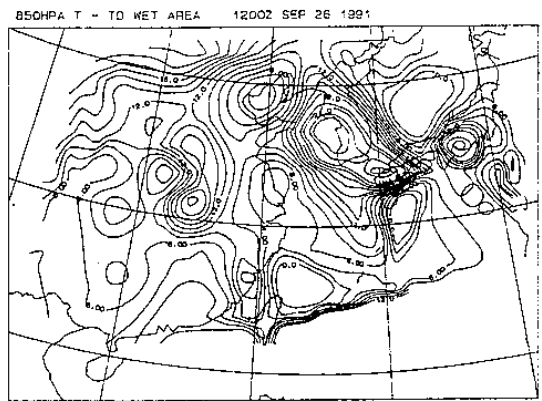
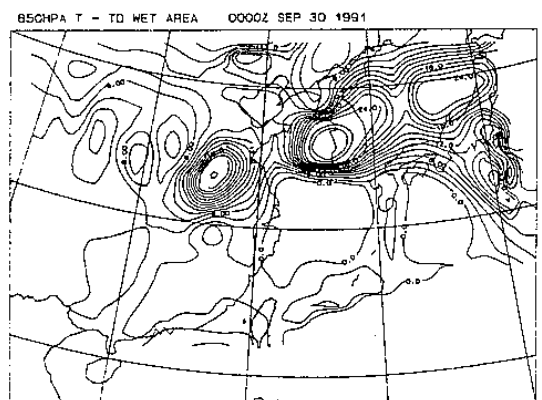


圖13:1991年9月300000Z之850hPa濕區(T-Td<4° C)



(二)850hPa的濕區分析: 就此等壓面而言, 當溫度露點差小於攝氏 3度時($T-T_d < 3^{\circ} C$)可視為濕區。以每隔 $2^{\circ} C$ 劃一等值線, 並將 $T-T_d < 4^{\circ} C$ 視為濕區的界線。由圖 11至圖12明顯的看出、本省北部皆在濕區內, 唯 $T-T_d = 0^{\circ} C$ 之區域在 281200Z時出現在本省之東北角, 接著向北北東移動離開本省並縮小範圍。290000Z 之後不但 $0^{\circ} C$ 減弱為 $2^{\circ} C$ 而且範圍更加縮小, 但本省東方海面很明顯的見到另一濕區快速北上。300000Z 之後(圖13與圖 14)可發現主要濕區(即 $T-T_d = 0^{\circ} C$)出現在 $26^{\circ} N$ 至 $34^{\circ} N$ 之間, 但本省仍處於濕區($T-T_d < 2^{\circ} C$)內。0100 00Z 華南地區出現一大範圍濕區(圖15), 此濕區是跟隨颱風北上、並於 011200Z向西北移動且減弱(圖16)。

圖14:1991年9月301200Z之850hPa濕區(T-Td<4° C)

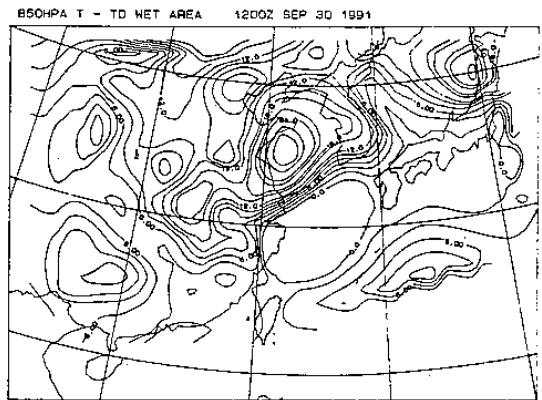


圖11:1991年9月280000Z之850hPa濕區(T-Td<4° C)

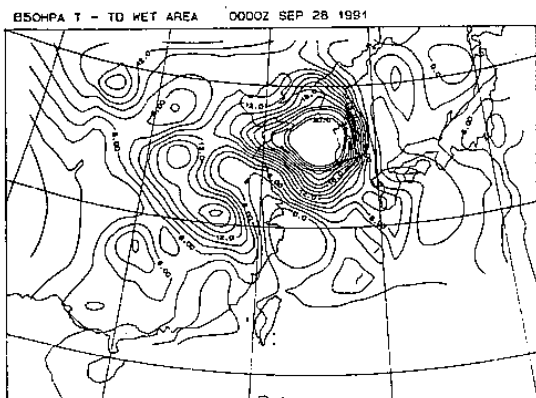


圖15:1991年10月010000Z之850hPa濕區(T-Td<4° C)

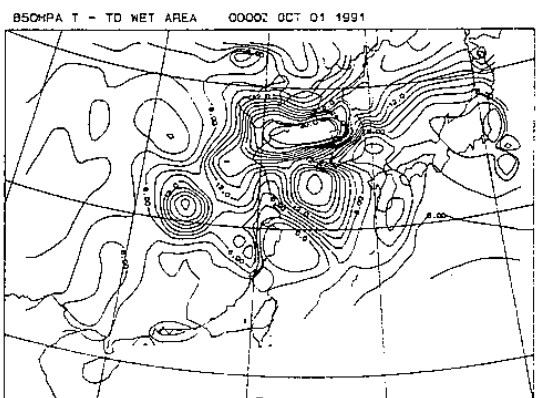


圖16:1991年10月011200Z之850hPa濕區(T-Td<4° C)

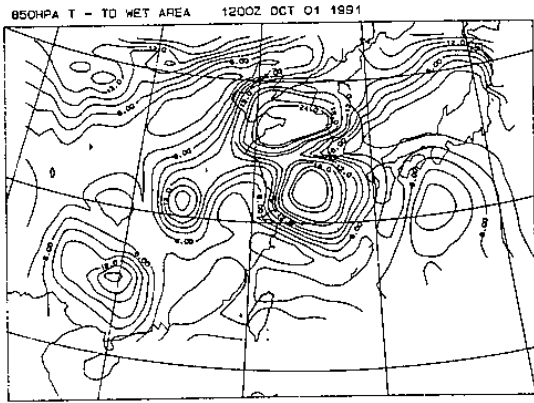
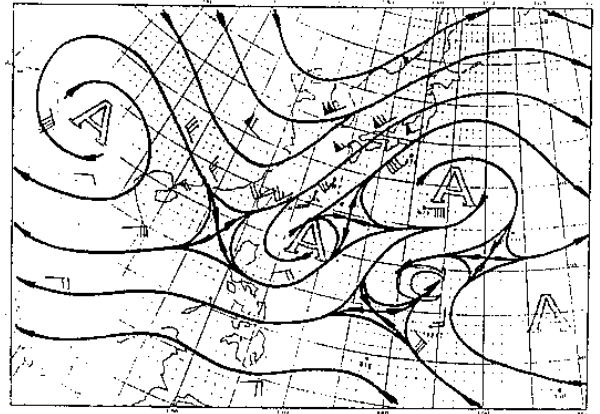


圖18:1991年9月271200Z 200hPa氣流場



(三)氣流場之配置：由 271200Z的下層(850hPa)氣流場(圖17)分析顯示，在南海上有一反氣旋而在日本海及菲律賓西方海上各有一氣旋存在。福建沿海出現一風變線因此台灣海峽為一合流場，但本省卻受反氣旋控制下因此下層為分流場。同一時間的上層(200hPa)氣流場(圖18)上，高層有一主槽向西南沿伸至台灣海峽，顯示本省位於槽前合流區內。因此從下層分流及上層合流的氣流場的分佈形態，此區域是不利於對流雲的產生。12小時後即 280000Z時已有相變化，850hPa氣流場(圖19)上，西風槽由日本向西南沿伸至本省東方海上，另在本省南方海上(呂宋島西北部及近海)有一氣旋，因此低層為一合流場。200hPa氣流場(圖20)上在 16° N、131° E 附近有一高層冷渦，太平洋反氣旋東西向脊線西伸經台灣至南海，故本省在分流場內。此種下層合流與上層分流的配置有利於對流雲的產生。

圖19:1991年9月280000Z 850hPa氣流場

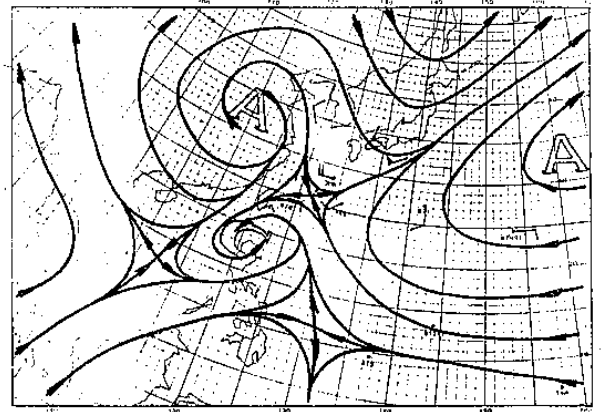


圖20:1991年9月280000Z 200hPa氣流場

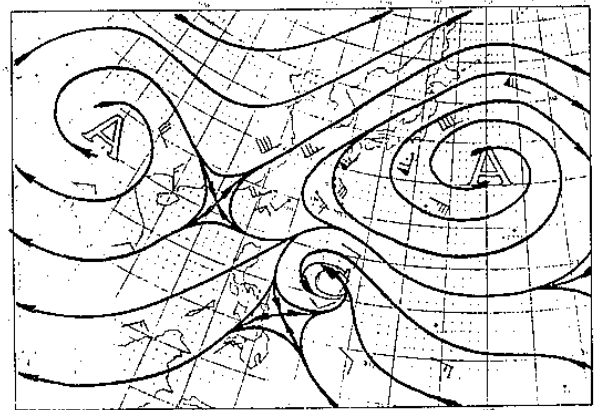
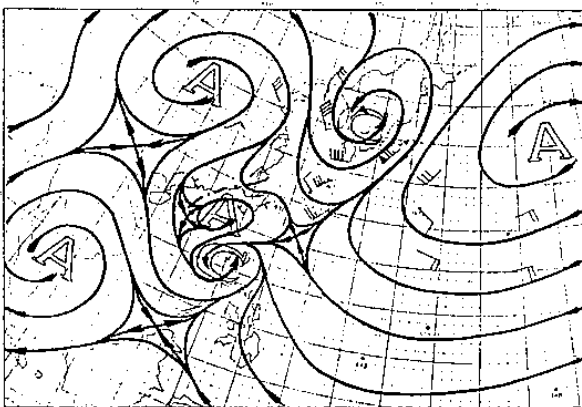


圖17:1991年9月271200Z 850hPa氣流場



(四)衛星雲圖之驗證

由270000Z及271200Z GMS H圖上深知本省東北角海上有一小區域的對流雲並向東伸展，事實上此對流雲是在1000Z 始發生，而耐特颱風此刻仍維持在熱帶氣旋的強度，且呈滯留狀態。由颱風之強度及移動情形來看，此對流雲區亦不符合本文欲分析的條件。

280000Z 由 GMS圖已可見本省東方海上已有發展很好的對流雲群，且對流雲的中心是向北北西移動，與颱風移動的方向相符合如圖21。

281200Z 至300000Z(圖22至圖25) 此一系列之對流雲持續向北北東方移動，而這段時間颱風亦為向北北東移動。且與前述之高相當位溫區與濕區的移動、變化情形亦配合的很好。

至301200Z(圖26) 可見到 GMS H圖上對流雲群已有相當減弱，而本省中部以南有螺旋狀對流雲出現，其後減弱的對流雲群與颱風外圍螺旋狀對流雲帶相連接。

圖21:1991年9月280000Z GMS紅外線雲圖

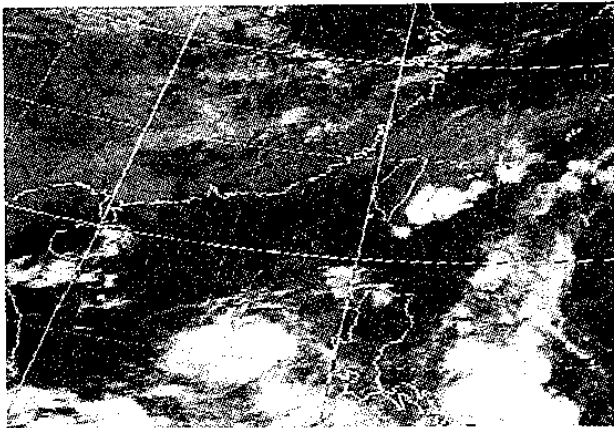


圖22:1991年9月281200Z GMS紅外線雲圖

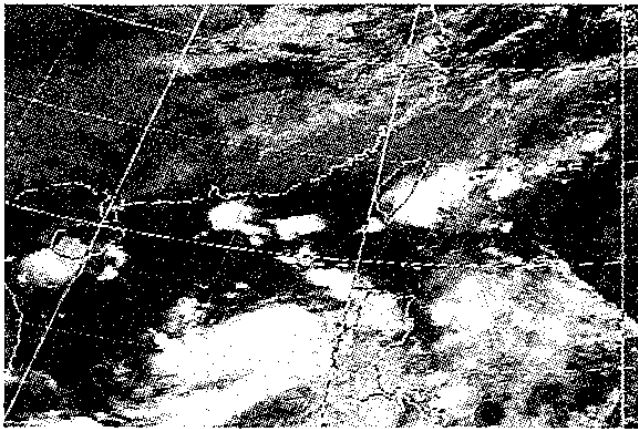


圖23:1991年9月290000Z GMS紅外線雲圖

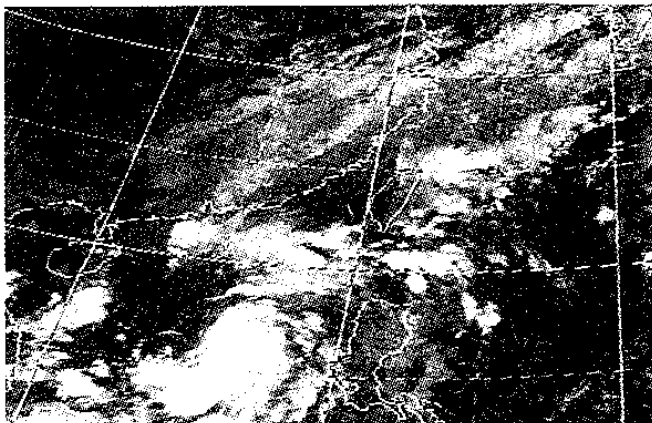


圖24:1991年9月291200Z GMS紅外線雲圖

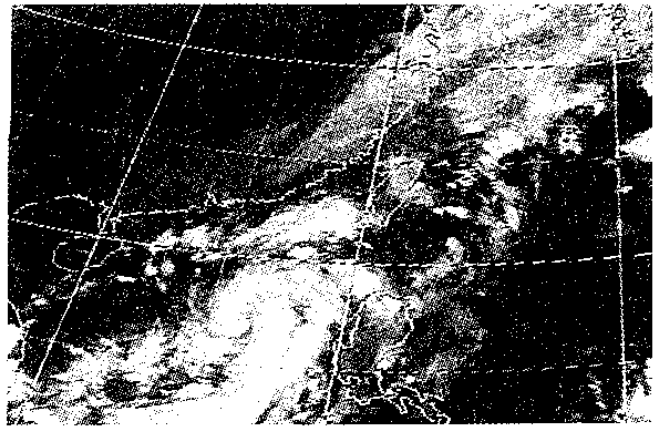


圖25:1991年9月300000Z GMS紅外線雲圖

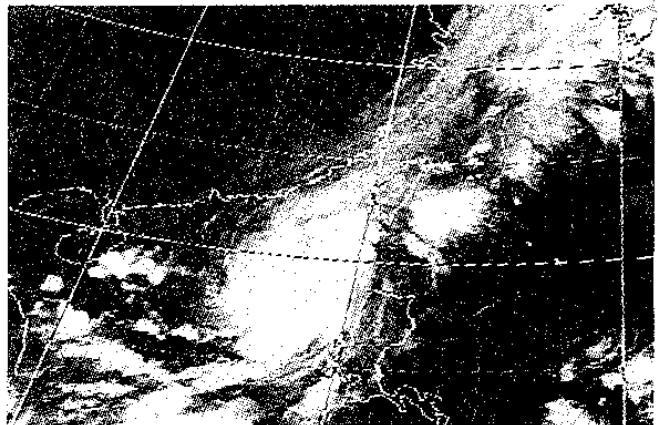
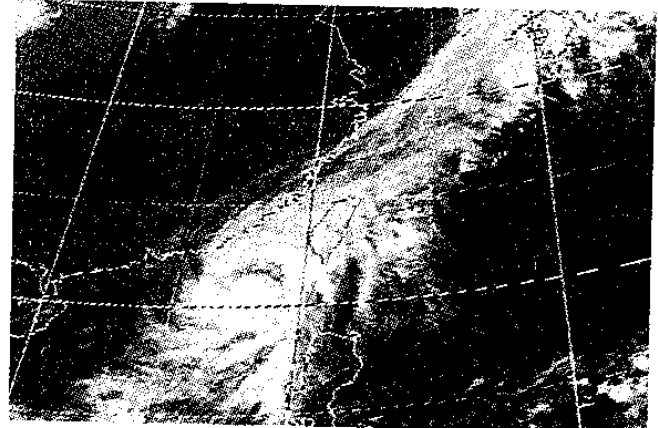


圖26:1991年9月301200Z GMS紅外線雲圖



五、結論與建議

本研究針對六年內27個颱風個案加以分析後，歸納出颱風先驅對流雲群(PTACC) 具有下列特性：

- (一)東西向不穩定區域處於颱風的東北至西北象限內，而對流雲群也就在這區域內生成並向西伸展成線狀雲群。
- (二)每一個對流胞，相對於颱風氣壓中心之距離和位置，幾乎維持不變。

(三)每一個對流胞的移動與颱風移動之間，具有相同的相位與移速。

(四)每一個對流胞自發展至消滅皆維持12小時以上。

另外，此對流雲群生成的環境按原田知幸(1988)與1991年9月露絲颱風之高空風場分析，均具備有下列條件：

(一)在低層(850hPa)有合流現象，而高層(200hPa)則為分流區域。

(二)對流雲群出現的位置在850hPa上、有大於 340° K的高相當位溫區及溫度露點差小於 4° C的濕區與之配合。

(三)低對流層有不穩定區域。

在分析此對流雲群過程中、已能確定此對流雲群雲群對臺灣地區具有相當影響。惟目前對此雲群發生的物理機制並不十分清楚。因此希望能有更進一步的探討、及更深一層的認識，才能有效掌握今後颱風來臨前局部劇烈天氣發生及移形動態，以增進天氣預報的效率。

誌 謝

本研究在國科會編號 NSC80-0202-M117-01 的補助下得以完成，在此謹致以最大的感謝。

參考文獻

1. 李定國、童茂祥(1980): 沿太平洋高壓西側邊緣發展並向北伸對流雲帶之分析 NSC78-0202-M117-01。
2. 岡林俊雄、黑崎明夫(1976): 氣象衛星之利用，天氣預報指針(實用編)，133-138。
3. 門脅俊一郎(1976): 熱帶低氣壓之發生與颱風觀測，氣象研究報告第129號(颱風特集)，123-189。
4. 黑田雄紀、南條政弘(1983): 利用解析衛星畫像熱帶收束帶至太平洋高壓邊緣沿伸之對流雲帶，氣象衛星中心，175-183。
5. 齋藤直輔、門脅俊一郎(1973): 颱風，天氣預報指針(基楚編)136-146。
6. 原田知幸(1988): 颱風先驅對流雲群之事例解析，氣象衛星中心技術報告，73-84。

Study on Pre-Typhoon Active Convective Clouds

Tseng, Hsien-Yuan Tung, Maw-Shiang Wang, kun-Chou

Taipei Meteorological Center, ANWS, CAA

Abstract

Active convective clouds, or Cb (cumulonimbus) clouds, are often observed at several hundred Kms from the northeast of typhoon. We named this band-shaped cloud area consisting of Cb clouds PTACC (Pre-Typhoon Active Clouds).

The characteristics of PTACC are as follow:

- (1) Those clouds occur in the northeast quarter of typhoon, and stretch to the west quarter.
- (2) Each cell of PTACC actives more than 12hrs.
- (3) Each cell has the same moving speed and direction as the typhoon.

The condition of PTACC development are as follow:

- (1) The equivalent potential temperature of 850hPa must be more than 340° K.
- (2) There must have a wet area above 850hPa ($T-T_d < 4^{\circ}$ C).
- (3) The stream field must be a confluence in the lower layer(850hPa) and a diffluence in the upper layer(200hPa).
- (4) The forming position of those clouds must have a unstable layer.