

梅雨季台灣西南部降水回波特徵之研究

黃玟豪

空軍航空技術學校

劉廣英

中國文化大學大氣科學系

摘要

梅雨季的豪雨是台灣地區最嚴重的災害之一，所以這也成爲一般社會大眾所共同關切的問題。本研究是利用高雄氣象雷達所觀測梅雨季的各種降水回波型態，本文蒐集了1981-1990年(缺1985)這九年的梅雨季中尺度降水系統回波資料做分類整理，找出回波特徵，包括水平組織型態、移動發展情況及回波面積大小等等。利用分類比較及統計方式歸納出台灣五、六月氣候特徵，建立降水系統雷達回波之氣候特徵。利用以上類型再進行回波的發展、成熟、消散三階段生命史的分類統計，加上與個案發生當時的綜觀天氣及局部環境做分類探討，找出其特徵。如此可以對伴隨豪大雨之中尺度降水系統組織有進一步的瞭解，所得結果可供豪大雨預報作業參考。

一.前言

在春夏季中影響台灣地區的中尺度天氣系統主要有冷鋒、梅雨鋒、颱風、氣團性熱雷雨、海陸風鋒面以及局部風暴等。這些天氣系統是否會伴隨有劇烈的降水則是預報人員所必須面對的最大挑戰。因爲氣象雷達可以對所觀測範圍內的降水系統，提供近似瞬間定性及定量的訊息，能即時展現(Real Time Display)解析度相當高的降水胞結構圖，得知降水胞內的三度空間結構。因爲雷達觀測不受時間及空間間隔的限制，所以可以彌補傳統觀測網在時間及空間解析度不足的缺點。

國內方面利用雷達資料研究各種降水類型特徵有廖等(1983, 1984, 1985, 1986)曾利用台中清泉崗以及綠島雷達的資料配合地面資料、探空資料、衛星資料，對發生於台灣地區的中尺度天氣系統作研究並分類。陳與林(1986)則分析了鋒面與夏季組織性之雷達回波的特性。王陳台琦等(1990)分析 TAMEX 期間降水回波結構，並加以分類，王陳台琦等(1991)利用中正雷達回波分析 1990 年 6 月 9 日豪雨之回波特徵及風場特性，丘等(1991, 1992)曾究 1981-1989 年降水回波系統按不同月份加以分類，並初步探討梅雨季回波

特性及 10 個豪雨回波之熱力參數及環境條件分析，陳泰然等(1996)利用中正機場雷達探討北部及近海地區線狀回波之氣候特徵。因此本文以丘(1995)所研究整理 1981-1990 年梅雨季雷達回波個案再重新簡化分類定義，利用分類比較及統計方式歸納出台灣西南部五、六月降水回波型態及特徵。由以上類型再進行回波的發展、成熟、消散三階段生命史的分類統計，找出其天氣特徵，建立降水系統雷達回波之氣候特徵，所得到的結果可以供豪大雨預報作業參考。

二.資料與研究方法

蒐集 1981 年到 1990 年(缺 1985 年)的五、六月間中央氣象局高雄氣象雷達回波資料，而且配合(一)相對應地區內至少有一測站日降水量達大雨(日降水量 ≥ 50 mm)標準且非颱風者，(二)回波在海峽上形成但未接觸陸地即消失且層狀降水回波面積達 5000 平方公里以上者兩條件之一，共選取了 101 個案回波資料進行分類統計。我們以主觀方式對回波特性加以分類，重點包含“回波形狀(Ec)”，“排列情形(Ar)”，“移動方向(Mv)”，“移動速度(Ms)”，“層狀回波面積(L1-A)”，“對流回波面積(L3-A)”等六項，回波形狀爲長條狀(Ec=1)

必須長寬比大於 3:1，而回波形狀為塊狀($E_c=2$)必須長寬比小於 3:1，每一項的詳細劃分如表 1 所示。主要研究方法以分類比較及統計的方式來分析五、六月份之間特徵和比較之間的差異所在，並對豪雨與大雨之回波不同及與鋒面所在位置不同之特徵作比較，另利用上述類型探討回波的發展、成熟及消散期之發生時段與持續時間。

三. 回波分類與特徵分析

(一) 五、六月降水回波特徵分析

(1) 五月降水回波特徵分析

五月所蒐集的個案共有 60 個，回波形狀以長條狀鋒面降水為主，佔 43.3%，其次為塊狀回波，佔 36.7%，散狀所佔的比例不高只有 20%。回波排列情況以東北-西南排列方式為最多，佔 46.7%，其次為東-西走向的排列有 23.3%。移動方向以向東方移動為主要，佔 40%，其次東北方佔 28.3%，移向東南方則佔 25%，其他方向所佔的比例甚少。移動速度以 6 m/s - 10 m/s 為主佔 48.3%，其次為小於 5 m/s，再來就以 11 m/s 以上再次之，以滯流狀態就很少有了。層狀降水回波面積以 10000 平方公里以上佔 80% 為主，當中以回波面積達 50000 平方公里以上最多，對流降水回波面積以 3000 平方公里以下就佔了 96.7%。

(2) 六月降水回波特徵分析

六月部份共蒐集有 41 個個案，其中長條狀與塊狀所佔的比例相當，但散狀所佔的比例比五月份高出許多。排列方式也以東北-西南為主，佔了 46.3%，其他走向所佔的比例也高達 26.8%，由此可看出六月份的回波結構是比五月份複雜。移動方向仍以東方為主佔了 48.8%，次之為東北方佔 26.8%，東南方就很少了比其他還少，這一點是與五月份稍有不同的狀況。移動速度就以 6 m/s - 10 m/s 及小於 5 m/s，這兩等級為主佔了七成五，而滯流狀況所佔很少。層狀降水回波面積以 5000 平方公里以上所佔 97.6% 為主，當中以回波面積達 10000-30000 平方公里所佔比

例最多，對流降水回波面積以 3000 平方公里以下佔了 95.1%。

綜合五、六月份中蒐集的 101 個個案而言，回波形狀以長條狀與塊狀佔大部份且為主要回波形狀，但其中以長條狀稍多一些。排列情況則以東北-西南走向為主要，幾乎將近一半。移動方向則以移向東方為主。移動速度則以 6 m/s - 10 m/s 為主要，而滯流狀況很少出現。層狀降水回波面積以 10000 平方公里以上所佔近八成，當中又以回波面積達 10000-30000 平方公里及 50000 平方公里以上為最多。對流降水回波面積以 3000 平方公里以下佔了九成多以上。

(3) 達豪雨降水回波特徵分析

在五、六月份期間達豪雨之個案有 26 個，回波面積以長條狀佔 50%，塊狀佔 42.3%，散狀所佔比例很少只有 7.7%。排列情況以東北-西南為主佔 53.8%，東-西走向次之為 23.1%，南-北走向就幾乎沒有。移動方向以移向東方為主佔 50%，移向東北方佔 26.9% 次之，移向東南方再次之。移動速度以 6 m/s-10 m/s 為主，小於 5 m/s 次之。在層狀降水回波面積及對流降水回波面積之特徵與五、六月整體分析大致相同，L1-A 以 10000 平方公里以上佔 91.7%，L3-A 以 3000 平方公里以下佔 96.2% 且其中在 L3-A 於 500-3000 平方公里這部份佔所有比例甚高，達 69.2%，這裡可看出深對流面積變大引起下豪雨機率高了許多。

(4) 達大雨未達豪雨降水回波特徵分析

在五、六月份期間達大雨未達豪雨之個案有 75 個，其中長條狀佔 37.3%，塊狀佔 33.3%，而散狀所佔比例達 29.3%，這點也可看出形成大雨的回波形狀較形成豪雨情況複雜許多。排列情形以東北-西南向為主要佔 44%，其他的排列類型達 25.3% 為次之，從這點與豪雨狀況有些不同，可見形成大雨的排列情形也較豪雨複雜。在移動方向部份以向東移動為主，佔了 41.3%，移向東北方次之佔 28%，移向東南方更次之。移動速度以 6 m/s - 10 m/s 為主，小於 5 m/s 所佔比例次之，這一點與前面豪雨的分析相同。在層狀回波面積及對流回波面積之特徵與前面五、六整體

分析大致相似。

(二)長條狀降水回波特徵分析

整體五、六月份的長條狀回波的排列情況以東北-西南為主達六成以上，其次為東-西走向。移動方向以東方為主，移向東南方次之，這兩種就佔了七成以上。移動速度除了滯流以外，其他三種等級都有出現不少，但還是以 6 m/s-10 m/s 為最多。層狀降水回波面積及對流降水回波面積與之前五、六月的整體分析描述沒多大差異。

(1)達豪雨標準

在長條狀中又達到豪雨標準的個案共有 13 個，東北-西南走向排列的佔過半數，東-西走向也不少，南北走向完全沒有。移動方向以東方為主，東北及東南為輔，其他就都沒有了。移動速度以小於 5m/s 為主，次之為 6 m/s -10 m/s 及大於 11 m/s 這兩種，這是與之前的分析稍微不同，但也可能因移動速度稍慢一些而在某些地方容易降下豪雨。回波面積與之前的分析描述大致雷同，但是對流回波面積集中在 3000 平方公里以下卻是達 100 %。

(2)達大雨標準但未達豪雨標準

在長條狀中達到大雨標準但未達豪雨標準的個案共有 28 個，又以東北-西南走向排列佔 64.3 % 為最主要，東-西走向及其他為次之但比例以很小了。移動方向以東方及東南方為主要，東北方也有一小部份。移動速度以 6m/s -10 m/s 為主，小於 5m/s 次之，大於 11m/s 以上再次之。回波面積與之前的五、六月分析描述沒多大差異。

(三)塊狀降水回波特徵分析

塊狀回波共蒐集了 36 個個案。排列情況以東北-西南走向佔了 44.4 %，其他佔了 33.3 % 次之也是相當高比例。移動方向以東方為主，移向東北方次之，光這兩種就佔了全部的七成五。移動速度以 6 m/s-10

m/s 為主要，其次為小於 5 m/s，滯流狀態就很少有了。層狀降水回波面積以 10000 平方公里以上佔 86.1 %，其中 50000 平方公里以上就佔 38.3 %，可見塊狀之層狀回波面積比較大。對流降水回波面積以 3000 平方公里以下佔 91.6 %，在 1000 平方公里以下則佔 61.1 %。

(1)達豪雨標準

塊狀達豪雨標準有 11 個個案，回波排列以東北-西南方向為主已達過半比例，次之為其他走向。移動方向以東方為主，佔了 63.6 %，移向東北方佔 27.3 % 次之，光這兩種就佔了全部的九成以上。移動速度以 6 m/s-10 m/s 為主要，其次為小於 5 m/s，而滯流狀態就沒有了。回波面積部份與之前的整體分析大致相同，但對流降水回波面積集中在 3000 平方公里以下卻也是達 100 %，這與長條狀回波達豪雨的特徵是一樣的。

(2)達大雨標準但未達豪雨標準

在這條件下的個案共有 25 個，排列方式以東北-西南走向和其他走向這兩種比例最高，可見形成大雨的排列情形確實比豪雨複雜。移動方向以東方為主，佔 40 %，移向東北方佔 32 % 次之。移動速度以 6m/s-10m/s 為主要，佔了 56 %，其次為小於 5 m/s。回波面積也是與之前的整體分析描述大致相同。

四.降水回波發展、成熟與消散之特徵

(一)回波發展三階段之特徵

從 101 個個案資料中可以觀察出一些共同或類似的發展特徵，例如剛開始強度及面積都不大，之後才漸漸變大，但過不久就會減小直到最後消失。另一特徵為初始階段形狀較不明顯，之後會漸成形但是在減弱階段通常也伴隨著形狀破裂或變形的現象，而且下面回波生命史的三階段的劃分也是依照上述的特徵來定義。

(二)回波發展三階段之持續時間

豪大雨回波發展三階段劃分依序為“發展期”、“成熟期”、“消散期”，持續時間是依照各個階段的進入時間到結束時間為止的時數來計算。

從長條狀個案統計出，發展期、成熟期及消散期的平均持續時間分別為 3.9、4.1、3.2 小時，整個平均生命史為 11.2 小時。從塊狀個案統計出，發展期、成熟期及消散期的平均持續時間分別為 4.6、3.9、3.4 小時，整個平均生命史為 11.9 小時。

綜合上面兩點整體來計算的結果，發展期、成熟期及消散期的平均持續時間分別為 4.2、4.0、3.3 小時，整個平均生命史為 11.5 小時。

(三) 回波發展三階段之發生時間

豪大雨回波發展生命史三階段的發生時間是取該階段之中間值為發生時間，因為如此可以減少人為判斷上的誤差，使誤差達到最小。

從發生時間上可發現，在長條狀之發展期集中於 0900-1500LST 之間，成熟期集中於 1200-1800LST 之間，消散期集中於 1500-2400LST 之間。每一階段剛好間隔一個時段，剛好與持續時間約 3-4 小時左右吻合。這可能是白天太陽短波輻射加熱的熱力作用所導致。在塊狀回波部份的分部狀況與長條狀有很大的差異，發現發展期在白天有集中的趨勢之外，在深夜期間是另一發展集中帶，這可能原因為熱力作用和 MCC 系統夜間有冷雲頂作用所產生的分佈狀況。

五. 降水回波與鋒面位置

(一) 回波形狀與鋒面位置之分佈

本文中以回波所在鋒面的位置去區分為三種類型包括鋒前型、鋒上型、鋒後型等，(a) 鋒前型：當個案發生時，台灣本島位於鋒面系統之前方。(b) 鋒上型：當個案發生時，台灣本島位於鋒面系統之上。(c) 鋒後型：當個案發生時，台灣本島位於鋒面系統之後方。

在達豪雨條件下且為長條狀和塊狀回波共有 24 個個案，其中長條狀有 13 個、塊狀有 11 個。長條狀回

波中以鋒上型 8 個最多，次之為鋒前型 4 個而鋒後型只有 1 個。塊狀中則以鋒上型 6 個、鋒前型 5 個，沒有鋒後型存在。可見長條狀中以鋒上型為主，塊狀中則鋒前型與鋒上型兩種所佔比例相當，這是與長條狀回波之個案有些不同之處。

(二) 鋒面位置與回波持續時間

在鋒面位置與回波持續時間之統計表中發現，不管是長條狀或塊狀的回波，如果是屬於鋒前型則生命史會比整體總平均生命史高出許多。例如：長條狀鋒前型則平均達 15.0 小時，塊狀鋒前型則平均達 14.8 小時，而且長條狀及塊狀鋒前型的發展期、成熟期、消散期都比其它型的時間長出許多。

六. 降水回波天氣類型與環境特徵

針對達豪雨的 24 個個案發生當時的天氣圖作綜觀環境分析，發現整體平均狀態主要為東北-西南走向佔 54.2%，鋒前型佔 58%，地面鋒面走向以東北-西南最多佔 62.5%，華南低壓存在的個案比例為 54.2%，850 hpa 及 700hpa 出現 LLJ 的比例分別為 62.5% 和 100% 而且均為西南風，回波位置出現在 850hpa 溫度槽和 500 hpa 高度槽之前的比例為 100% 和 91.6%，而 500hpa 層出現分流現象的機率有 91.6%。

以豪雨個案發生時及前後時段的馬公探空資料為基礎作分析，利用 T 指數和 K 指數計算公式算出個案發生前後的變化，由計算得知長條狀回波平均 T 指數在發生前、中、後依序為 43.15、44.07、38.43 而 K 指數則為 31.65、36.38、29.03，另外塊狀回波平均 T 指數在發生前中後依序為 41.15、43.32、39.26 而 K 指數則為 31.68、35.69、31.06，發現個案發生時的指數會比發生前後大一些，而發生前又比發生後大一些。

綜合以上的綜觀天氣特徵，本文以最常出現的回波走向配置來細分四類。

(一) 槽前長條狀東北-西南走向回波類型

此類型回波(如圖 1)在 500hpa 高度槽前位置且於

582-588 gpm 之間，地面滯流鋒面系統也成東北-西南走向，呈現溫度槽落後高度槽的配置且 850hpa 的 18 度等溫線橫跨台灣中部。850hpa LLJ 風速約 15-25kts、700hpa LLJ 風速約 20-45kts 而最強達 50kts 且與地面鋒面近似平行。個案發生之前和當時的垂直風向呈現順轉而之後轉為低層出現逆轉。

(二) 槽前長條狀東-西走向回波類型

此類型(如圖2)的500hpa高度槽位置非常接近台灣且亦於582-588 gpm 之間，地面滯流鋒面系統也成東-西走向，呈現溫度槽落後高度槽的配置且台灣上空850hpa溫度介於18-21度之間。850hpa LLJ 約為15-35kts、700hpa LLJ 約為25-45kts，但LLJ跨越地面鋒面。此型的垂直風速變化不大，最大強風在200-250hpa而風速為20-50kts。

(三) 槽前塊狀東北-西南走向回波類型

此類型回波(如圖3)在500hpa高度槽前位置且於582-588 gpm 之間，地面滯流鋒面系統也成東北-西南走向且為鋒上型居多，台灣上空850hpa溫度是介於18-21度之間。850hpa LLJ 風速約15-35kts、700hpa LLJ 風速約30-45kts且與地面鋒面近似平行。500hpa出現合流現象且華南低壓移近到香港附近，最大強風出現在150-200hpa。垂直風向在發生前後的變化與第一類型有相同的特徵。

(四) 槽後回波類型

此類型(如圖4)發生在500hpa高度槽之後，溫度槽亦明顯落後高度槽，LLJ與地面鋒並不平行而呈現一交角。850 hpa LLJ 最強達55kts，700hpa LLJ 約25-40kts，呈現850hpa LLJ 大於700hpa LLJ 的現象，500hpa亦出現合流且華南低壓於廣東一帶。在高層150-300hpa出現最大強風且為北風或西北風，此型個案發生前後均順轉，但在發生後中層約850-300hpa之間出現逆轉打圈現象。

七. 總結

從上面的分析中，我們可以得到以下三部份的結論：

(一) 回波特徵

1. 以豪雨個案而言，回波形狀以長條狀和塊狀為主，前者略多。但大雨個案中則有30%的回波不屬於上述兩種(又稱之為散狀)，此與豪雨係鋒前線狀對流與MCS所引起之結果相符。至於大雨除上述兩成因外，各種局部對流方可造成。以月份區別，五月份是長條狀較多，而六月份則是長條狀與塊狀比例相當。

2. 回波排列方式以東北-西南方向為主，東-西次之。其中長條狀回波以東北-西南排列的比例更高，而塊狀回波以此排列也達五成，但屬其他排列方式達三成。

3. 長條狀回波移動以東方為主，東南方次之。塊狀回波則以東方為主，東北方次之，而兩種回波的移動速度都以6m/s-10m/s之間為主。

4. 在回波面積中，10000平方公里以上之層狀降水回波佔80%，而對流降水回波以3000平方公里以下佔90%以上。此外在長條狀及塊狀回波中，形成豪雨的對流降水回波面積全部都在3000平方公里以下。

5. 從豪大雨回波的生命期三階段發展中發現一些共同的變化特徵且計算出平均生命期為11.5小時，生命史各階段持續時間為3-4小時左右。以長條狀回波而言，發展期是在9點到12點之間，成熟期則在12點到15點之間，消散期則在15點到18點之間，可見長條狀回波深受熱力作用所影響。塊狀回波則發現在白天有個案發展現象而在深夜期間也有明顯集中的個案生成，這點也印證塊狀MCS系統受到夜間冷雲頂作用而有生成發展。

(二) 天氣類型

1. 在本研究中以回波走向區分四種天氣類型，包括：槽前長條狀東北-西南走向回波類型、槽前長條狀東-西走向回波類型、槽前塊狀東北-西南走向回波類型及槽後回波型等。

2. 在豪雨個案合成圖中，主要綜觀天氣特徵為滯留鋒面系統呈東北-西南或東-西走向、850hpa溫度槽落後500hpa高度槽、500hpa前和850hpa槽前的位置發生機率較高、經常出現500hpa合流場與華南低壓等。

3. 在豪雨個案與鋒面位置關係中發現，鋒上型佔60%，鋒前型佔36%，鋒後型只有很少的比例，所以在鋒前型和鋒上型的條件下比較容易形成豪雨。另外，發現鋒前型的生命期是比整體平均生命期高出許多。

(三)風場分析

1. 個案發生時的局部環境特徵為 1000hpa 有 10-20kts 的西南風、850hpa 和 700hpa 出現 LLJ 且為西南風、相對濕度在 700hpa 高度以下非常高、雲底高度 850hpa 下降到 950hpa 或更低。

2. 個案發生當時和之前的垂直風向變化呈現順轉而個案發生後卻改為逆轉現象十分顯著，而在槽後回波類型有中層(400hpa-700hpa)打圈的現象。

3. 以豪雨個案計算的不穩定指數(T指數和K指數)，發現在個案發生當時比之前要大許多，但是個案發生後又迅速變小而且比個案發生前還小。

綜合上面三方面的分析，我們可以對梅雨季的降水回波有更進一步的瞭解。有了這些的認知之後，將有助於以雷達回波來作豪大雨預報。這方面將是未來不久將可達成的目標，因此對於豪大雨所產生的災害將可減至最低。

參考文獻

- 丘台光、陳台崎、王時鼎，1991：“台灣地區春夏降水型態與局部環境條件分析之研究(一)”，國科會防災科技報告 79-42 號，45 頁。
- 丘台光、陳台崎、王時鼎，1992：“台灣地區春夏降水型態與局部環境條件分析之研究(二)”，國科會防災科技報告 80-69 號，40 頁。
- 丘台光、陳台琦、林沛練，1995：梅雨季中尺度降水系統降水特徵與環境條件分析之研究(一)，國科會專題報告，21 頁。NSC-84-2111-M052-003。
- 陳泰然、周鴻祺、林宗嵩與楊進賢，1996：“台灣北部及近海地區線狀對流之氣候特徵”，天氣分析與預報暨海象測報研討會，374-781。
- 王陳台琦、鄭邦傑、李連琨，1991：TAMEX 期間降水回波結構分析及其即時預報之應用，氣象科技研究中心技術報告彙編，4-1 卷，251-288 頁。
- 王陳台琦、林沛練、陳景森，1992：梅雨期中尺度對流系統產生豪雨的雷達分析，天氣分析與預報研討會論文彙編，227-238 頁。

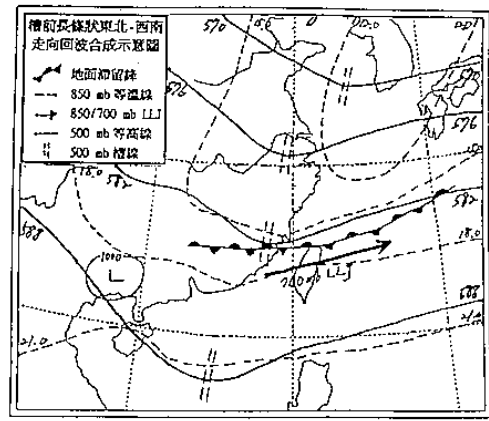


圖 1. 槽前長條狀東北-西南走向回波類型合成示意圖

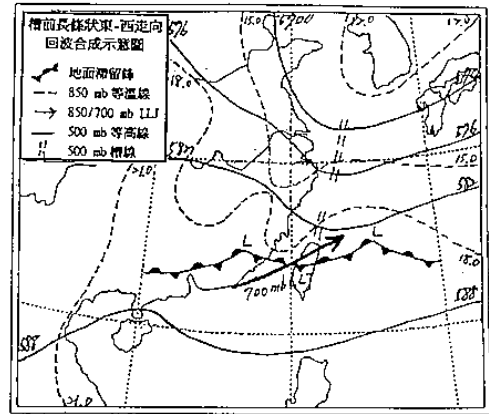


圖 2. 槽前長條狀東-西走向回波類型合成示意圖

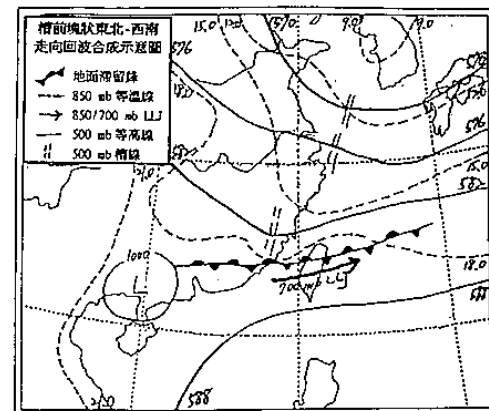


圖 3. 槽前塊狀東北-西南走向回波類型合成示意圖

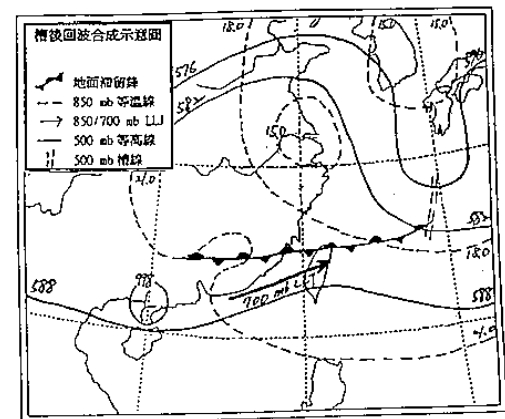


圖 4. 槽後回波類型合成示意圖