

# 侵台颱風雷達資料庫之建立與應用

周仲島 高聿正 林昀瑛  
國立台灣大學 大氣科學研究所

## 摘要

中央氣象局於 2001 年完成環島都卜勒雷達網之建置，提供了台灣本島及鄰近海域的高時空解析度之雷達觀測資料，在過去幾年當中對進入雷達觀測網範圍內的颱風有相當完整之觀測，這也使得我們有機會對侵台颱風的降雨及環流結構時空分佈特徵進行較深入的研究。本文說明在氣象局和水利署支援下有系統收集過去歷史颱風個案之雷回波風場觀測資料，建立侵台颱風降雨及環流資料庫，透過颱風降雨及環流特徵分析，進一步了解侵台颱風風雨結構變化特性，以期能夠提高對侵台颱風風雨短期預報的能力。

本文選取 1996 賀伯颱風及 2005 海棠颱風為例說明資料庫分析內容以極可能的應用。賀伯和海棠兩個同為強烈颱風且行進路徑類似，其降雨結構有顯著的差異，可能和環境條件以及結構特徵差異有關。另外並針對 2004 年納坦颱風環流結構特徵進行分析，並獲得一些初步結果。

關鍵詞：侵台颱風降雨及環流資料庫，颱風降雨及環流特徵分析。

## 一、前言

過去的 15 年由於觀測技術迅速發展，包含 WP-3D 機載都卜勒雷達、作業化之 WSR-88D 雷達觀測網、偏極化都卜勒雷達及 NASA TRMM 星載雷達等現代化觀測設備的建置，提供更新更多的資料以及能夠從不同角度來進行對颱風風雨結構進行分析，使我們對颱風有更進一步的了解及認知。在台灣地區，長年遭受颱風侵襲，颱風伴隨之強風及豪雨，往往造成相當嚴重的災害，尤其是近幾年颱風豪雨所造成的生命財產損失更是難以估計，因此對於侵台颱風特性的了解，以提高颱風風雨短期預報的能力是當務之急。

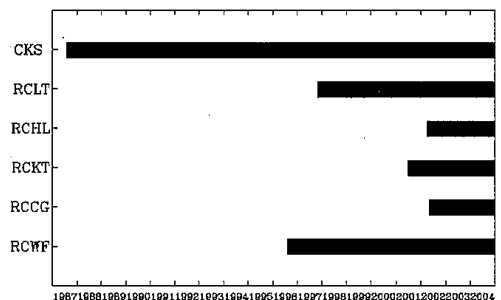
過去有關颱風豪雨研究的相關論文相當多，尤其是不同路徑颱風對本島降雨強度和分佈都有不少研究，王等(1986)、吳與謝(1990)的研究顯示，由台灣地形與颱風環流之相對配置，可大致決定出台灣地區的風雨分布，但是若伴隨有中小尺度對流系統之劇烈降水，則雨量預報將會出現低估。另外陳等(1993)歸納出颱風影響台灣期間，各地降雨主要受到四個因素影響(1)颱風結構-包含環流大小、眼內，此一颱風即列入有都卜勒氣象雷達觀測資料之颱風個案，經統計從民國七十六年(1987)的亞力士颱風一直到民國九十四年(2005)的珊瑚颱風，共計有四十三個有都卜勒氣象雷達觀測資料之颱風個案(表一)，同時我們依照中央氣象局的颱風路徑分類方式，將 43 個颱風個案分為 7 類。先針對 2004、2005 年的颱風個案進行資料收集及分析，總計共有 12 個颱風進入都卜勒雷達觀測範圍內，颱風雷

達和螺旋狀雲係(包括中小尺度對流胞)特徵，(2)颱風之移速，(3)環境條件特徵，(4)台灣地形。

本文主要將收集過去歷史颱風個案之雷達觀測資料，建立侵台颱風降雨及環流資料庫，透過降雨及環流特徵分析，進一步了解侵台颱風風雨結構變化之特性，以期能夠提高對侵台颱風風雨短期預報的能力。

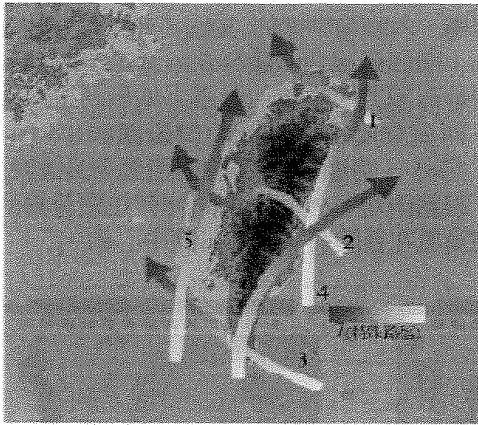
## 二、颱風雷達資料之收集

颱風雷達氣候資料庫之 data base 為過去歷史上(2004 年以前)侵台颱風個案的都卜勒氣象雷達觀測資料，因此首先就台灣所有作業化之都卜勒氣象雷達站開始進行觀測作業之時間以及觀測資料保存情況進行調查，目前台灣地區作業化之都卜勒氣象雷達站有：**中央氣象局**)五分山、墾丁、花蓮、七股氣象雷達站，**民用航空局**)中正機場氣象雷達站，**中華民國空軍**)綠島氣象雷達站，扣除因故或是雷達損壞而無觀測資料的時段(圖一)，當颱風中心進入東經  $116^{\circ} \sim 125^{\circ}$  以及北緯  $20^{\circ} \sim 28^{\circ}$  範圍之內或是颱風中心有進入任一氣象雷達之觀測範圍



圖一 各都卜勒氣象雷達站進行觀測作業情況。藍色區域為正常情況，紅色區域則是因故或是雷達毀損，期

間無觀測資料。



圖二 中央氣象局颱風路徑分類。

達資料目前已經收集完成，包括中央氣象局四個雷達站、民航局中正機場雷達站以及空軍綠島雷達站的資料。

### 三、颱風降雨及環流結構特徵分析

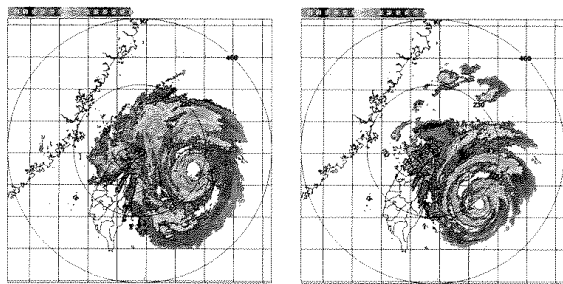
#### (一) 降雨結構特徵分析

在颱風降雨結構特徵分析部份，主要包含平均降雨強度特徵分佈、降雨非對稱結構、登陸期間降

第一類	第二類	第三類	第四類	第五類	第六類	第七類
YANCY (1990)	OFELIA (1990)	CHEBI (2001)	ALEX (1987)	MEARI (2004)	NAKRI (2002)	CIMRON (2001)
ELLIE (1991)	OMAR (1992)	TRAMI (2001)	SARAH (1989)	MINDULLE (2004)		NANGKA (2003)
GLADYS (1994)	AMBER (1997)	LEKIMA (2001)	KAI-TAK (2000)	HAIMA (2004)		MELOR (2003)
HERB (1996)	OTTO (1998)	MORAKOT (2003)	BOPHA (2000)	NOCK-TEN (2004)		CONSON (2004)
SINLAKU (2002)	BILIS (2000)	DUJUAN (2003)	XANGXANE (2000)	MATSA (2005)		NANMADOL (2004)
VAMCO (2003)	TORAJI (2001)	COMPASU (2004)	HAIYAN (2001)			
RANANIM (2004)		SANVU (2005)	RAMMASUN (2002)			
AERE (2004)			KUJIRA (2003)			
HAITANG (2005)			SOUDELOR (2003)			

表一 都卜勒雷達資料歷史颱風個案路徑分類列表。

雨結構變化、眼牆範圍及雨帶傳播，目前已經針對一些颱風個案完成初步分析。在降雨結構特徵分析部份，本文選取路徑分類同為第一類，且強度皆為強烈颱風的1996賀伯颱風(圖三A)以及2005海棠颱風(圖三B)的分析結果進行說明。



圖三 A 賀伯颱風、B 海棠颱風五分山雷達0.5°仰角回波圖。

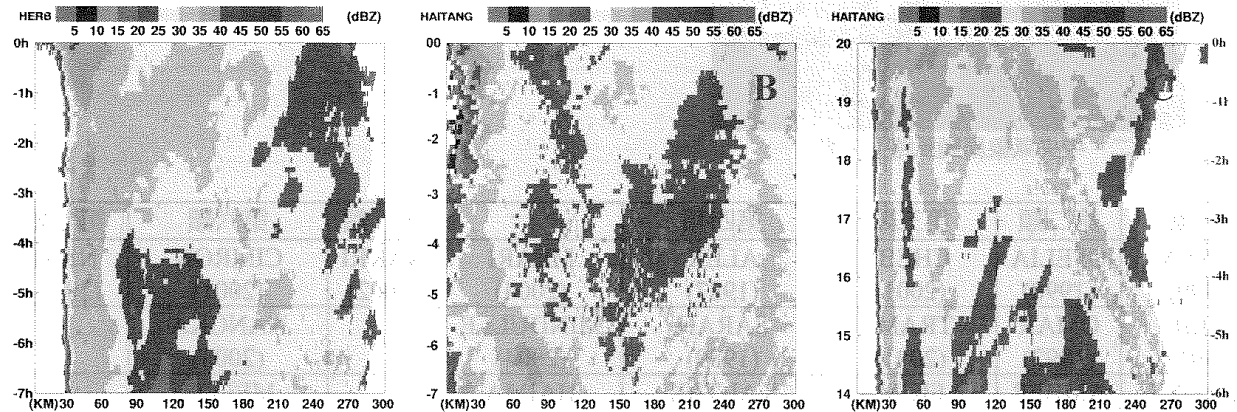
圖四為賀伯颱風以及海棠颱風登陸前7小時之環狀平均回波哈莫圖，圖中可以清楚看到颱風登陸

前結構特徵的變化。賀伯颱風眼牆回波強度(35-40dbZ)及範圍(30-40km)在登陸前相當穩定變化不大，在登陸前1小時眼牆回波強度有明顯增強情形；海棠颱風登陸前7~4小時眼牆有明顯內縮情況，而在登陸前1小時眼牆回波同樣有加強的情形；此外分別比較兩個颱風在登陸前4小時以前及以後的降雨結構，可以發現兩者有明顯的差異。在登陸前7~4小時，賀伯颱風較強降雨回波集中在眼牆區，在距離颱風中心90~150公里處有一明顯弱回波區，150公里以外為回波次大區；而海棠颱風較強降雨回波除了出現於眼牆區之外，另外在距颱風中心約270公里處一直存在與眼牆回波強度相當之大回波區，在兩大回波區之間雖然同樣存在一較弱回波區，但整體而言在颱風登陸前7~4小時這段期間海棠颱風的降雨結構較賀伯颱風來得紮實。而在颱風登陸前4~0小時這段期間情況則是剛好相反，賀伯颱風原本位於90~150公里處的弱回波區，回波強度明顯增強，回波值大於30dbZ的範圍由原本的眼牆區向外擴展到距中心約150公里處；而海棠颱風在登陸前

4~0 小時期間，可以明顯看出颱風降雨結構變得較為鬆散。造成此一明顯差異之原因為海棠颱風在登陸前於花蓮外海轉而向南移動，中心繞圈後又轉向北移動，最後於宜蘭東澳附近登陸，從轉向到登陸約歷時 10 小時，期間颱風結構受地形影響而破壞。

為了對受地形影響前的海棠颱風降雨結構特徵變化有所了解，我們選取颱風轉向前 6 小時的回波環狀平均哈莫圖，與賀伯颱風(圖四 A)比較，可以發現兩者雖然皆為強烈颱風且移動路徑相似但是

其降雨結構特徵有明顯之差異，賀伯颱風眼牆結構相當厚實(約 30km)，而海棠颱風則是具有明顯雙眼牆結構，內眼牆半徑約 30km，而外眼牆的半徑約為 70km；兩個颱風均明顯存在外圍環流經地形舉升產生的地形雨帶，唯賀伯颱風之地形雨帶範圍較為寬廣，而海棠颱風之外圍雨帶範圍較小但是強度較強；另外一明顯特徵為在兩個颱風距離海岸較遠時，眼牆雨帶及外圍雨帶間皆存在顯著弱回波區，賀伯颱風在登陸前 4 小時，距中心約



圖四 賀伯颱風(1996)、海棠颱風(2005)之回波環狀平均哈莫圖，橫軸為距離颱風中心距離(km)，縱軸為時間(h)。圖 A、B 分別為賀伯、海棠颱風登陸前 7 小時回波環狀平均，圖 C 為海棠颱風轉向前 6 小時回波環狀平均。

90-150km 範圍處，且相當持續；而海棠颱風在轉向前 4 小時有兩個弱回波區，分別位於距中心約 90-110km 及 150-210km 範圍處。就整體降雨結構而言可以看出賀伯颱風較為紮實，而海棠颱風則相對顯得較為鬆散。

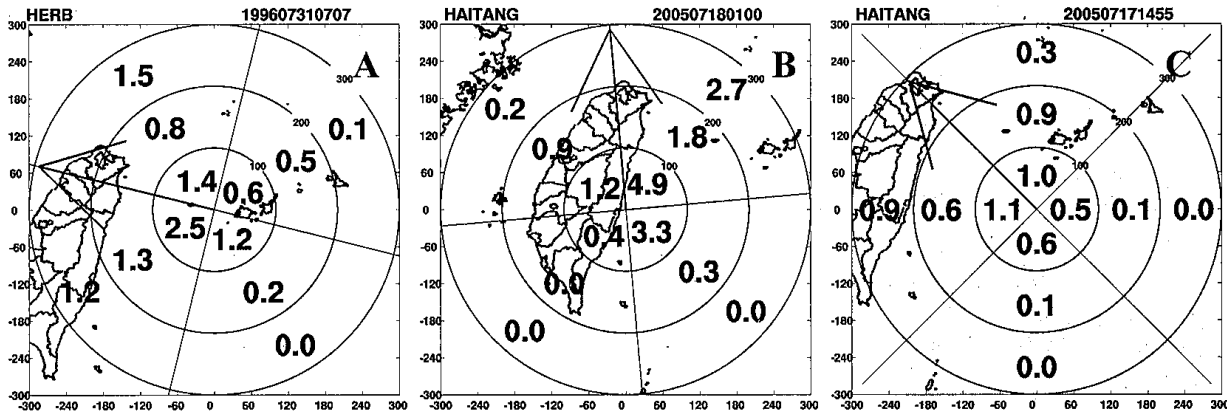
雖然兩個颱風在降雨結構特徵上有明顯之差異，但降雨結構在時間上的變化趨勢仍有一些相同的特徵。賀伯颱風眼牆，及海棠颱風的內、外眼牆回波強度隨著颱風接近陸地都有明顯增強情況，此外原本介於眼牆雨帶和外圍雨帶間的弱回波區，也逐漸被強回波取代而消失，颱風整體降雨結構明顯增強且向內集中。

在降雨非對稱結構分析部份，我們以颱風移動方向分為四個象限，並將距颱風中心半徑 100 公里、100~200 公里、200~300 公里區域定義為內核區、外圍 1 區以及外圍 2 區，透過 Z-R 關係式分別計算各區域面積上的每小時平均降雨率(mm/h)。

比較兩個颱風在登陸前 7 小時的降雨率分佈(圖五 A、B)，可以發現颱風降雨呈現非對稱性結構，賀

伯及海棠颱風在外圍 1、2 區的較大降雨率出現在颱風移動方向的前方象限；而在內核區賀伯颱風的較大降雨率同樣出現在移動方向的前方象限；而海棠颱風的較大降雨率則是出現在移動方向的右方象限，這主要是因為在海棠颱風登陸前 7 小時之前颱風近中心結構已受到地形影響有一段時間，因此內核區降雨結構在靠地形一側明顯減弱，若比較賀伯、海棠颱風尚距離陸地有段距離時之降雨率分佈(圖五 A、C)，可以發現雖然海棠颱風的降雨率明顯較小，但是內核區、外圍 1 區及外圍 2 區的較大降雨率皆位於颱風移動方向的前方象限。

另外我們分析計算賀伯、海棠登陸前 7 個小時和海棠颱風轉向前 6 個小時，這段期間之颱風面積總降雨率以及內核區、外圍 1 區、2 區面積降雨率所占比例的變化(表二)。比較兩颱風登陸前第 6 小時的面積總降雨率可以發現兩颱風面積總降雨率相差不大(HERB28.9mm/h、HAITANG 33.3mm/h)，但是比較各區域所占降雨率比例可以發現賀伯颱風



圖五 A 賀伯、B 海棠颱風登陸前第 7 小時降雨率分佈圖，C 海棠颱風轉向前第 6 小時降雨率分佈圖。圖中數字代表該面積平均降雨率，單位為 mm/h，箭頭為颱風移動方向。

TYPHOON	Total rain rates(mm/h)	內核區(0~100km)	外圍 1 區 (100~200km)	外圍 2 區 (200~300km)
HERB(1996) 登陸前 7h 變化	28.9→48 (+66.1%)	50→30(%)	29→54.4(%)	21→15.6(%)
HAITANG(2005) 登陸前 7h 變化	33.3→29.5 (-11.4%)	29.5→15.9(%)	27→41.6(%)	43.5→42.4(%)
HAITANG(2005) 轉向前 6h 變化	14.3→37.9 (+165%)	22.4→32.7(%)	35.6→47.5(%)	42→19.8(%)

表二 賀伯、海棠颱風總降雨率以及內核區、外圍 1 區及外圍 2 區降雨率所佔比率在時間上的變化。

風的降雨分佈主要集中在內核區(50%)，而海棠颱風的降雨分佈主要集中在外圍 2 區(43.5%)；當颱風接近登陸時，可以看到賀伯颱風的總降雨率極劇增加，增加率達 66.1%，此外降雨分佈由內核區及外圍 2 區向外圍 1 區集中，此時外圍 1 區降雨率所佔比例達到 54.4%，而海棠颱風的總降雨率則是有稍微減低的情況，降幅 11.4%，降雨分佈由內核區向外集中到外圍 1 區，外圍 2 區的降雨率所佔比例則無明顯變化。若將海棠颱風轉向前的降雨率分佈和賀伯颱風的降雨率分佈進行比較可以，從面積總降雨率變化我們可以發現，雖然海棠颱風的面積總降雨率增加率達 165%，但是面積總降雨率都較賀伯颱風低約 11~14mm/h，因此就降雨的角度而言，賀伯颱風是較海棠颱風來得強，此一結果和前面哈莫圖之降雨結構特徵分析結果相當一致。另外在三個分區的降雨率佔有率變化上可以發現，除了在內核區兩者的變化趨勢為相反之外，在外圍 1、2 區的變化趨勢皆為一致，且隨著颱風越接近陸地，各區域降雨率所佔比例在此相當相似，尤其是外圍 1 區的降雨率佔有率都達約 50%左右。

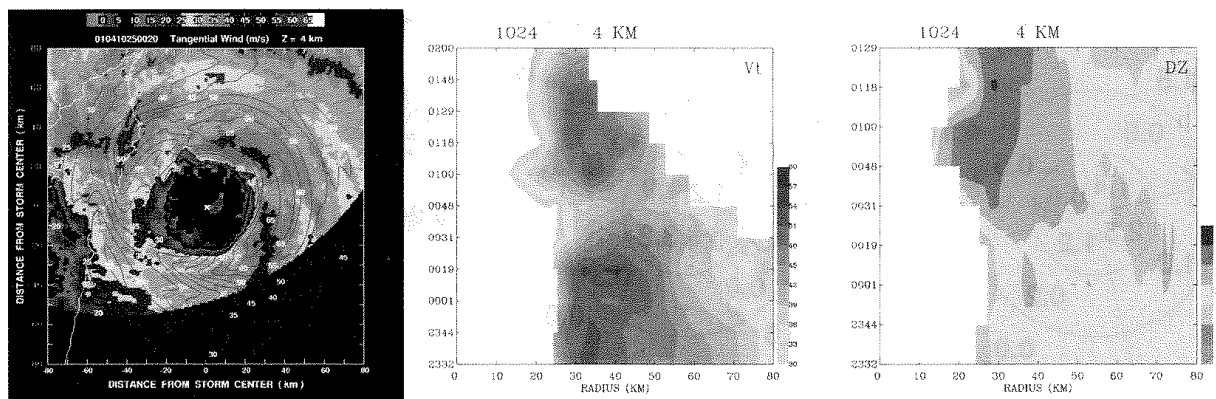
## (二) 環流結構特徵分析

颱風環流結構特徵分析部分，主要包含平均切向風分佈、最大風速區、十級風、七級風範圍，本文利用 2004 年納坦颱風個案分析結果進行說明。環流結構分析主要利用 GBVD 方法，將雷達所觀測的都卜勒徑向速度場，經由幾何方法及傅立葉分析將颱風主環流結構反演出來(圖六 A)。在每個分析時間當中，將距颱風中心不同半徑上的軸對稱切向風分量抽取出來，透過軸對稱切向風分量隨時間變化的分析(圖

六 B)，可以較清楚的掌握颱風登陸前環流的強度變化。以納坦颱風為例，在颱風登陸前 2.5 小時(2332Z)至登陸前 1.5 小時(0031Z)這段期間，最大風速半徑有隨時間向外擴大的趨勢，約從半徑 35 公里變為 44 公里；風速值登陸前約 1.25 小時(0048Z)有明顯減弱的現象，風速值約降低 5m/s，但隨後風速值又明顯增強且伴隨最大風速半徑的內縮。另外值得一提的是，若同時檢視環狀平均回波時間序列圖(圖六 C)與軸對稱切向風時間序列圖，我們可以發現兩者的強度隨時間都有增強減弱的波動變化，仔細比對更可以發現回波場強度增強的時間有稍微落後風場強度增強的時間，大約 15 分鐘，此種變化特徵在納莉颱風的各案分析中也有被發現。未來將陸續對登陸颱風個案進行分析，若這種變化特徵普遍存在於登陸階段的颱風，這將是能夠提前掌握回波強度變化的重要訊息。

## 四、結論

過去許多研究指出侵台颱風降雨和颱風路徑有明顯關係(俞 1970；魏等 1971；王等 1985；林與徐 1988；許 1991；陳等 1993；謝等 2000)，並依此發展出颱風降雨氣候模式，對於侵台颱風降雨預估已有不錯基礎，但是對於颱風降雨的強度、延時、以及影響範圍尚有很大改進空間。中央氣象局於 2001 年完成環島雷達網之建置，提供了台灣本島及鄰近海域的高時空解析度之雷達觀測資料，使我們有機會對侵台颱風降雨結構特徵、降雨結構隨時間變化的特性、颱風近中心環流結構的特徵及變化特性進行較深入的探討。在颱風降雨結構特徵分



圖六 軸對稱切向風分量時間序列圖，環狀平均回波時間序列圖。橫軸為相對颱風中心距離，縱軸為時間。

析的部份，過去已經針對一些歷史颱風進行個案分析(周等 2004；顏健文 2003)，從中發現到不同颱風間的不同降雨結構特性；而在侵台颱風環流結構的分析部份，過去同樣也累積不少颱風個案的分析結果(張保亮，2000；周晉民，2001；楊三吉，2003；高聿正，2003)，目前所欠缺的是有系統的將過去所累積的研究成果進行整理，並針對更多的歷史颱風個案進行分析，因此本文主要目的為有系統的收集歷史颱風個案之雷達觀測資料，並予以適當分類，建立颱風降雨及環流資料庫，並透過降雨及環流結構特徵分析，對侵台颱風的特性有更深入的了解，希望能夠提升對颱風風雨的預報能力。

本文中針對賀伯、海棠颱風的降雨結構特徵分析以及納坦颱風的環流結構分析初步結果如下：

1. 平均回波哈圖可以有效率的掌握賀伯及海棠颱風的降雨分佈特徵變化。賀伯颱風登陸前 7 小時和海棠颱風轉向前 6 小時之哈莫圖顯示出兩者降雨結構的變化有一些共同的特徵：(1) 賀伯颱風眼牆，及海棠颱風的內、外眼牆回波強度隨著颱風接近陸地都有明顯增強情況。(2) 隨著颱風接近陸地，原本介於眼牆雨帶和外圍雨帶間的弱回波區，逐漸被強回波取代而消失，颱風整體降雨結構明顯增強。(3) 兩個颱風均明顯存在在外圍環流經地形舉升產生的地形雨帶，主要是因兩颱風行進路徑類似所造成。
2. 由降雨率分佈分析，兩颱風之降雨分佈皆成不對稱分佈，在距離陸地較遠時，兩颱風的較大降雨率皆位於颱風移動方向的前方象限；面積總降雨率的計算發現海棠颱風的總降雨量較賀伯颱風低約 11~14mm/h，從降雨的角度而言賀伯颱風較海棠颱風強；此外隨著颱風接近陸地，兩颱風的降雨有向外圍 1 區(100~200km)集中的趨勢，外圍 1 區的降雨率佔有率皆提升到約 50%。
3. 納坦颱風之軸對稱切向風時間序列圖與環狀平均回波時間序列圖之分析，可以發現兩者的強度隨時間都有增強減弱的波動變化，且回波場強度增強的時間有稍微落後風場強度增強的時間，大約 15 分鐘。

未來希望透過颱風降雨及環流資料庫之建立，經由完整的降雨及環流結構特徵分析，歸納整理出侵台颱風之特性，並定義每個颱風降雨強度指數及環流非軸對稱指數，藉此能夠對颱風降雨強度及環

流結構分佈有一量化且客觀的量度基準，此一工作成果將對於颱風定量降雨預報作業應用有很大的幫助。

## 五、參考文獻

- 王時鼎、顏清連、陳泰然、謝信良，1986：台灣颱風降雨特性及其預報研究(三)。行政院國家科學委員會防災科技研究報告，74-51，100 頁。
- 吳宗堯與謝信良，1990：現有颱風預報研究成果作業化之研究(三)。行政院國家科學委員會防災科技研究報告，79-37，137 頁。
- 張保亮，2000：登陸中颱風環流結構變化分析：賀伯(1996)個案研究。台灣大學大氣科學研究所博士論文，共 158 頁。
- 周仲島、顏健文、趙坤，2004：台灣地區登陸颱風降雨結構之雷達觀測。大氣科學，32，183-204。
- 周晉民，2001：登陸颱風之中尺度特徵分析。台灣大學大氣科學研究所碩士論文，共 94 頁。
- 楊三吉，2003：登陸颱風之中心定位環與中尺度結構－啓德颱風個案研究。台灣大學大氣科學研究所碩士論文，共 94 頁。
- 陳泰然、李清勝、王時鼎、紀水上與周仲島，1993：豪雨預報技術改進之研究颱風部份研究計畫。交通部中央氣象局 82 年委託研究計畫，CWB82-2M-10，276 頁。
- 顏健文，2003：侵台颱風降雨結構之時空變化特徵。台灣大學大氣科學研究所碩士論文，共 112 頁。
- 高聿正，2003：納莉颱風近中心環流結構特徵分析。台灣大學大氣科學研究所碩士論文，共 105 頁。