

# 地形對東南侵台颱風的環流結構影響之研究

張茂興<sup>1</sup> 曾俊傑<sup>2</sup> 魏志憲<sup>1</sup>

1.國防大學中正理工學院應用物理研究所

2.空軍氣象聯隊

## 一、中文摘要

本研究主要利用綠島都卜勒雷達觀測資料，分析2000年7月9日侵襲本島的啟德(Kaitak)颱風。該颱風自南海朝東北方經巴士海峽進入台灣東南海域，再沿台灣東部外海北行，此過程皆在綠島雷達的監視範圍中，故啟德颱風提供一瞭解此地區地形對颱風風場及降雨影響的機會。

從風場的分析可發現，海岸山脈於低層可對颱風環流產生阻擋及分流效應。颱風路徑左側風場於中央山脈南段的輻合作用(管道效應)，使得此側的風速，得以維持，不致因地形的摩擦作用而太早減弱。恆春半島附近海域的氣流繞流及蘭嶼附近的角效應作用，增強颱風環流第三、四象限風速，若再與颱風移行左側北來風形成輻合，可影響颱風環流後緣的降水回波發展。

## Abstract

Data collected by a C-band Doppler radar from Green Island (GI), operated by the Air Force Weather Wing, were used to analyze the circulation and structure changes of the typhoon Kaitak. Kaitak made landfall near Chengkung on July 9<sup>th</sup> 2000. The evolution of its

circulation until landfalling was within a very good observational coverage area of the GI radar. This is a good opportunity for us to examine the circulation changes of typhoon with respect to topography.

Analyzing wind field we find that Coastal Mountain Range provides blocking and splitting effects in the boundary layer. The convergence effect, channeling effect, caused by southern segment of Central Mountain Range and typhoon circulation, minimizes the friction and maintains the velocity of the left quadrant of Kaitak. Corner wind, near the waters of Hengchune Peninsula and Orchid Island, not only speeds up the velocity of the third and fourth quadrants, it also enhances the convection by converging with the north wind from the left side of Kaitak.

## 二、前言

關於侵襲台灣颱風降雨及風場分佈的研究上：蔡與周(1982)分析颱風所造成的最大地面風速及總降水量的分佈情形時指出，由台東海域北上的颱風會造成兩個最大風速區域包括東南沿海，從大武至成功一帶以及北部濱海地區，且此類路徑再有東北季風的共伴效應下，可大大地增加東部地區

及北部山區的降雨量。

王(1994)指出，山脈對颱風渦旋兩種最重要的效應在於阻擋及管道效應，其結果將產生風場的重新分佈。Smith and Smith(1995)利用淺水方程探討渦旋通過地形的情形，並以台灣地形為模擬對象，他們發現有與王(1980)分析相同的現象，這些現象包括上游阻擋，下游遮蔽，角隅流、焚風以及次環流的形成。

張等(2002)利用五分山都卜勒雷達，分析賀伯颱風(1996)眼牆降水回波時指出，在颱風登陸前後，高、低層具有不同的傾斜特性，可能與地形的影響有關。鄭(1999)首次利用綠島都卜勒氣象雷達分析由南南東方侵台的奧托颱風，以了解地形的阻擋、管道作用下的颱風結構，所得結果顯示，颱風接近台灣東南海域時，環流受東部海岸山脈及中央山脈東南側阻隔影響，雷達回波呈明顯的6字形，眼牆回波集中在行進方向的第二、三象限，此是颱風環流受東岸地形所擠壓的管道效應，造成氣流於此區域輻合，而形成大範圍的回波雨區。周(2001)以綠島雷達資料應用 GBVTD 方法分析奧托及具有雙眼牆的碧利斯颱風環流，說明碧利斯颱風移近台灣時引發地形繞行，與近中心環流在第二、三象限輻合，加強此區域的對流發展；而奧托颱風也有同樣的現象，當奧托更接近地形時內流輻合增強，對流垂直發展旺盛，最大風速半徑縮小，隨高度傾斜程度降低，顯示台灣地形對於即將登陸的颱風環流結構的影響。

根據歷年的颱風路徑統計，約有54%的颱風行經台灣東南海域，比例相當高，因此對行經東南海域的颱風研

究，顯得格外需要，近年雖有鄭(1999)與周(2001)分別對奧托颱風及碧利斯進行分析，讓我們瞭解此區域的颱風侵台前，在地形影響下其結構的演變過程，但綠島都卜勒氣象雷達均於碧利斯、奧托颱風侵襲時，遭颱風的強風破壞，颱風登陸過程中的環流演變觀測有所中斷，使得地形對颱風登陸過程中的結構影響尚無法知悉，尚且地形對此區域的颱風降雨與邊界層風場分佈之影響，仍未詳細探討過。為了更清楚上述的情形，本文以2000年7月9日由東南海域侵襲本島的啟德颱風為主要研究對象，就雷達資料，配合地面測站和綠島探空資料，分析地形所引發的管道、阻擋、角效應，對此颱風環流結構及降雨的影響情形作一探討。

### 三、研究分析方法

本研究是以空軍綠島 DWSR-92C 都卜勒氣象雷達資料為分析對象，該雷達是波長5公分的C波段都卜勒氣象監視雷達，座落在東經121.4度、北緯22.3度，海拔284公尺高的綠島火燒山山頂上。所得雷達資料包含DZ(未濾除地面雜波的降水回波場)、CZ(已濾除地面雜波的降水回波場)、VR(都卜勒徑向風場)、SW(頻譜寬)等四個量場。

在啟德颱風來襲的觀測期間裡，每小時進行3次觀測，雷達掃描策略說明如下：

(一) 當颱風中心距離雷達站240公里以上時，於每小時00分、15分，執行非都卜勒模式480km平面位置顯示體積掃描，其掃描仰角有0.3度、0.5

度、1.0 度、2.4 度、4.0 度共計五層；另外於 30 分將掃描模式切換成都卜勒模式，進行 120km 平面位置顯示體積掃描，掃描仰角從 0.5 度、1.0 度、1.7 度、2.0 度、2.6 度、3.6 度、4.8 度、6.0 度、7.5 度、9.5 度至 12.5 度，共計十一層。

(二) 當颱風中心距雷達站在 240 公里與 120 公里之間時，以執行非都卜勒模式 240km 平面位置顯示體積掃描為主，每小時 00 分、20 分、40 分各掃描乙次，其掃描仰角 0.3 度、0.5 度、1.0 度、2.4 度、4.0 度共計五層。

(三) 當颱風進入雷達半徑 120km 之內時，每小時的 00 分、20 分、40 分則以都卜勒模式 120km 半徑平面位置體積掃描，以獲取速度場資料，掃描仰角 0.5 度、1.0 度、1.7 度、2.0 度、2.6 度、3.6 度、4.8 度、6.0 度、7.5 度、9.5 度、12.5 度，共計十一層。

使用美國國家大氣研究中心 (National Center for Atmospheric Research, NCAR) 發展之 SOLO 軟體，進行雜訊、地形雜波與徑向風場反摺錯之工作。然後對降水回波與徑向風場，以雙線性內差方式製作 CAPPI 圖。利用 Wood and Brown(1992) 方式訂定出颱風中心。

#### 四、結果與討論

啟德颱風源於呂宋島西方近海的熱帶雲簇(Tropical clusters)。2000 年 7 月 5 日 2100UTC 由熱帶低壓發展成小型輕度颱風，7 月 7 日 0600UTC 增強為中度颱風，中心氣壓 970hPa，近中心最大風速 65kts。7 月 8 日 2100UTC 啟德颱風進入本省東南海面，轉北北

東方向，移速由 3.5 m/s 轉為 4.2 m/s，7 月 9 日 0100UTC 暴風半徑登陸台東縣成功鎮。就路徑分類來看，啟德颱風可歸屬為北進型颱風。

2000 年 7 月 7 日 0100UTC 由綠島雷達以非都卜勒模式 480 km 掃描，由降水回波觀測中，得知啟德颱風外圍雨帶已影響臺灣南部及東南部份地區。直至 7 月 8 日 0900UTC 綠島雷達大都以 480 km 掃描為主。所觀測雨帶較強降水回波，大都是在颱風路徑之前緣位置。在東部海岸山脈的新港山附近（位於台東縣成功鎮）及恆春半島的東方海域，因地型阻擋作用，常可發現外圍雨帶中降水回波有加強的現象。海岸山脈的新港山標高約 1700 公尺，附近的平均山高在 1000 公尺以上，山脈為北北東-南南西走向。在颱風外圍雨帶影響期間，比較海岸山脈迎風面及背風面兩側的降雨量，位於海岸山脈新港山附近的成功站，顯然比花東縱谷及中央山脈東側斜坡各測站有較多的降雨。

2000 年 7 月 8 日 2000UTC 時，由圖 1 中 2 km 等高度圖，利用 Wood and Brown(19992)方式與參考最小回波幾何中心，訂定颱風之中心，距綠島雷達站 120 km 內。所以 7 月 8 日 2000UTC 至 7 月 9 日 0300UTC 之間，雷達掃描策略是以 120 km 都卜勒模式為主。

圖 1 是 2000 年 7 月 8 日 2000UTC 綠島雷達資料，內差於 1 km 至 4 km 等高度之降水回波與徑向風場圖。此段時間可看到較強之降水回波仍是在颱風路徑前緣，於成功鎮外海處有強降水回波。2 km 高度上，藍色叉叉符號，是利用 Wood and Brown(1992)方式訂的颱風中心位置，與弱回波幾何

中心是非常接近的，此時颱風中心大致位於恆春東南方 45 km 處。

圖 1 中 1 km 高度上，於颱風路徑右側的最大負值為 -37.4 m/s，而左側最大正值為 31.1 m/s。1.5 km 高度上，右側的最大負值為 -46.4 m/s，而左側最大正值為 31.7 m/s。在其它高度上也是類似配置，但極值是出現在 2 km 等高面上。當然颱風路徑右側除颱風本身環流，加上環境風作用是較左側值高。但 1 km 之右側的最大負值較其它層低許多，顯然是受到地形阻擋作用而減少。而地形作用影響的高度應在 1.5 km~2.0 km 之間，這與海岸山脈的地形高度是相當的。

圖 2 是 2000 年 7 月 8 日 2140UTC 綠島雷達資料，內差於 1 km 至 4 km 等高度之降水回波與徑向風場圖。此段時間可看到較強之降水回波除了在颱風路徑前緣外，於颱風路徑後側也有較強回波區。前緣雨帶較強降水回波仍在成功鎮外海處，所以成功測站量測到時雨量可達 66.5mm。後側之強降水回波之發展，應與地形引發之管道效應 (channeling effect) 與角效應 (corner effect) 有關。

圖 2 上 2 km 高度上，藍色叉叉符號，是利用 Wood and Brown(1992) 方式訂的颱風中心位置，與弱回波幾何中心差距是很大的。楊與周(2003)利用五分山都卜勒雷達，從事啟德颱風中心定位，結果顯示颱風登陸階段，以弱回波中心定位結果較佳。顯然在此個案中，此時段以弱回波中心定位是較好的。1 km 高度上，於颱風路徑右側的最大負值為 -43.1 m/s，而左側最大正值為 35.9 m/s。顯然颱風中心接近陸地時，其環流風速被加強。1.5 km 高

度上，右側的最大負值為 -43.5 m/s，而左側最大正值為 45.4 m/s。左側的風速不祇未減弱，反而增強並高過右側之風速，顯然是管道效應的作用。在其 2 km 以上的高度，又回復颱風路徑右側值較大的情形，但數值已非常接近，近似對稱的型態。與圖 1 時段不同的是極值出現在 1.5 km 等高面上。

在啟德颱風的主環流尚未籠罩本島前，其向外移行的外圍雨帶已開始造成本省的降雨，尤其是東部及恆春半島地區，由於台灣地形的影響，台灣東方海域的綜觀風場與颱風外圍環流的風向，幾近平行山脈走向，增進雨帶與風場間的內流作用，加上此海域大氣層的水汽含量豐富，沿海岸向北移行的外圍雨帶，在此區域得以發展。海岸山脈對雨帶中降雨系統的阻擋作用，增強回波發展，迎風面的降雨明顯。而外圍雨帶於恆春半島的滯留，是恆春半島豪大雨的主因。

在啟德颱風的主環流進入本島東南海域，向北移行時，海岸山脈的阻擋作用。從風場的分析可知，海岸山脈存有阻擋與分流現象。颱風路徑左側因中央山脈南段與颱風環流的管道效應，使得此側的風速，得以維持。恆春半島附近海域的氣流繞流及蘭嶼附近的角效應作用，可增強颱風環流第三、四象限風速，若再與颱風移行左側北來風形成輻合，也可左右環流後緣的回波發展。

未來希望能由更多不同路徑及強度，由東南侵台颱風個案研究，瞭解颱風中心位於何處時，會有管道、阻擋與繞等受地形影響產生的效應。進一步能對東南侵台颱風的預報作業上，提供一些參考資訊，以期使得颱

風所造成的傷害減至最低。參考的資訊：其一是風場的預報上應注意管道效應所造成的局部區域風速增強；另一是降雨分佈受地形阻擋及雨帶移行的影響，可造成局部地區的豪大雨，應留心地形對颱風環流的影響；最後是路徑的預測，應注意氣流繞流對雨帶影響的演變過程，以便掌握颱風可能轉向的時機。

## 五、參考文獻

- 王時鼎，1980：台灣近海颱風運動及強度與報法。國科會研究計劃 NSC-67M-0202 (01)。
- 王時鼎，1994：侵台颱風地形影響實測研究及有關問題。海峽兩岸天氣與氣候學術研討會論文彙編，台北，第 324-338 頁。
- 周晉民，2001：登陸颱風之中尺度特徵分析。國立台灣大學大氣科學研究所碩士論文，P94。
- 張保亮、周仲島與李文兆，2002：賀伯颱風(1996)中尺度分析：第一部：眼牆環流結構。大氣科學，30，201-216。
- 楊三吉與周仲島，2003：登陸颱風之中心定位-啟德颱風個人研究。氣象預報與分析，176，11-22。
- 蔡清彥與周根泉，1982：颱風路徑與台灣地區之風速及雨量分佈。中範圍天氣系統研討會論文彙編，台北，第 209-220 頁。
- 鄭哲聖，1999：奧托 (OTTO,1998) 颱風侵台前都卜勒氣象雷達資料分析。中正理工學院碩士論文，P85。
- Smith, R. B. and D. F. Smith, 1995: Pseudoinviscid Wake Formation by Mountains in Shallow-Water Flow with a Drifting Vortex. *J. Atmos. Sci.*, Vol. 52, 436-454.
- Wood, V. T., and R. A. Brown, 1992: Effects of radar proximity on single-Doppler velocity signatures of axisymmetric rotation and divergence. *Mon. Wea. Rev.*, 120, 2798-2807.

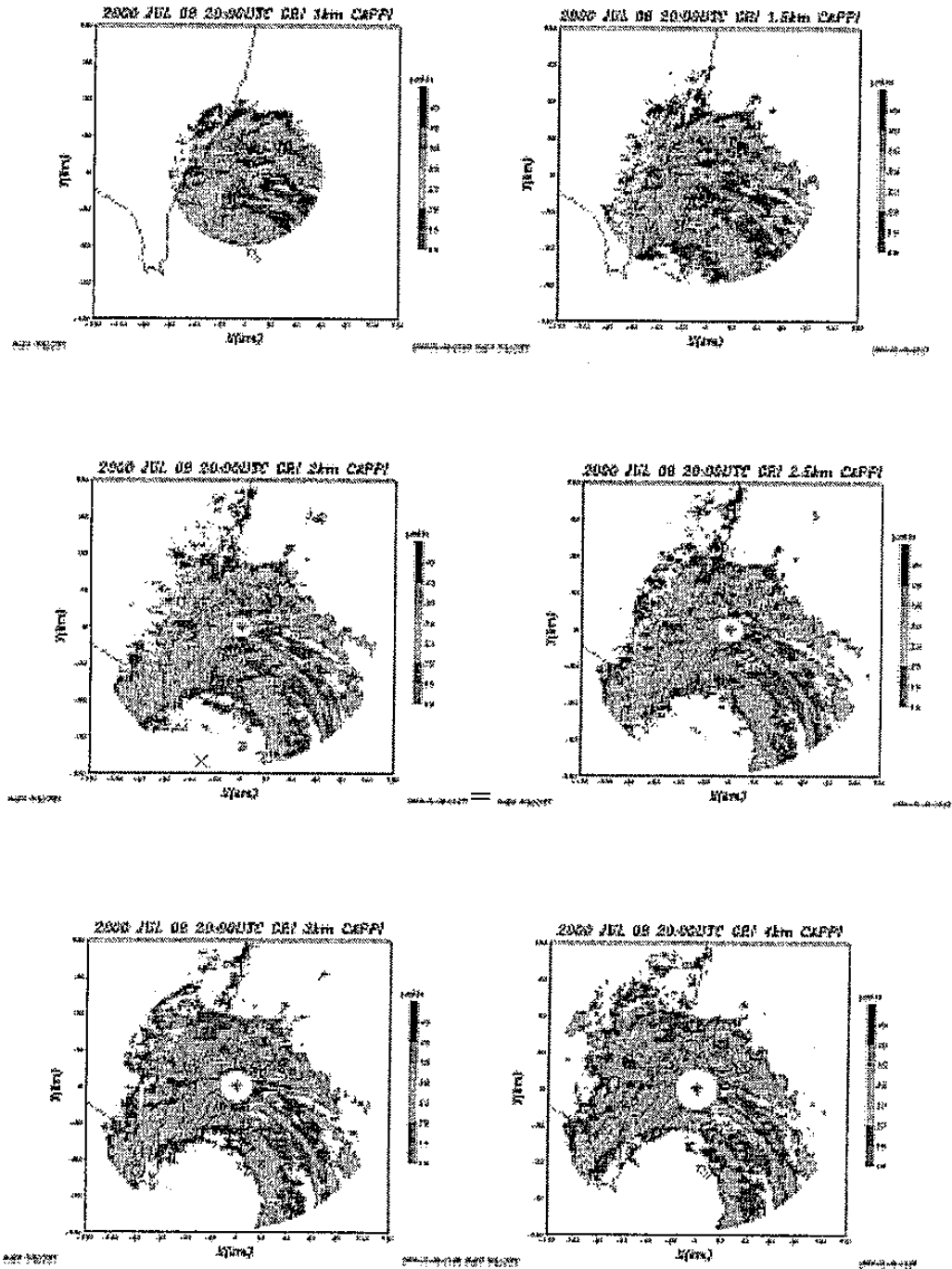


圖 1. 2000 年 7 月 8 日 2000UTC 綠島雷達分別於 1、1.5、2、2.5、3 與 4 公里等高面之降水回波與徑向風場圖。徑向風速單位 m/s，實(虛)線為正(負)值。降水回波以色階表示，色階數值如色階表所示。於 2 公里高度圖內之藍色叉號，是以 Wood and Brown(1992)方式訂定的颱風中心。

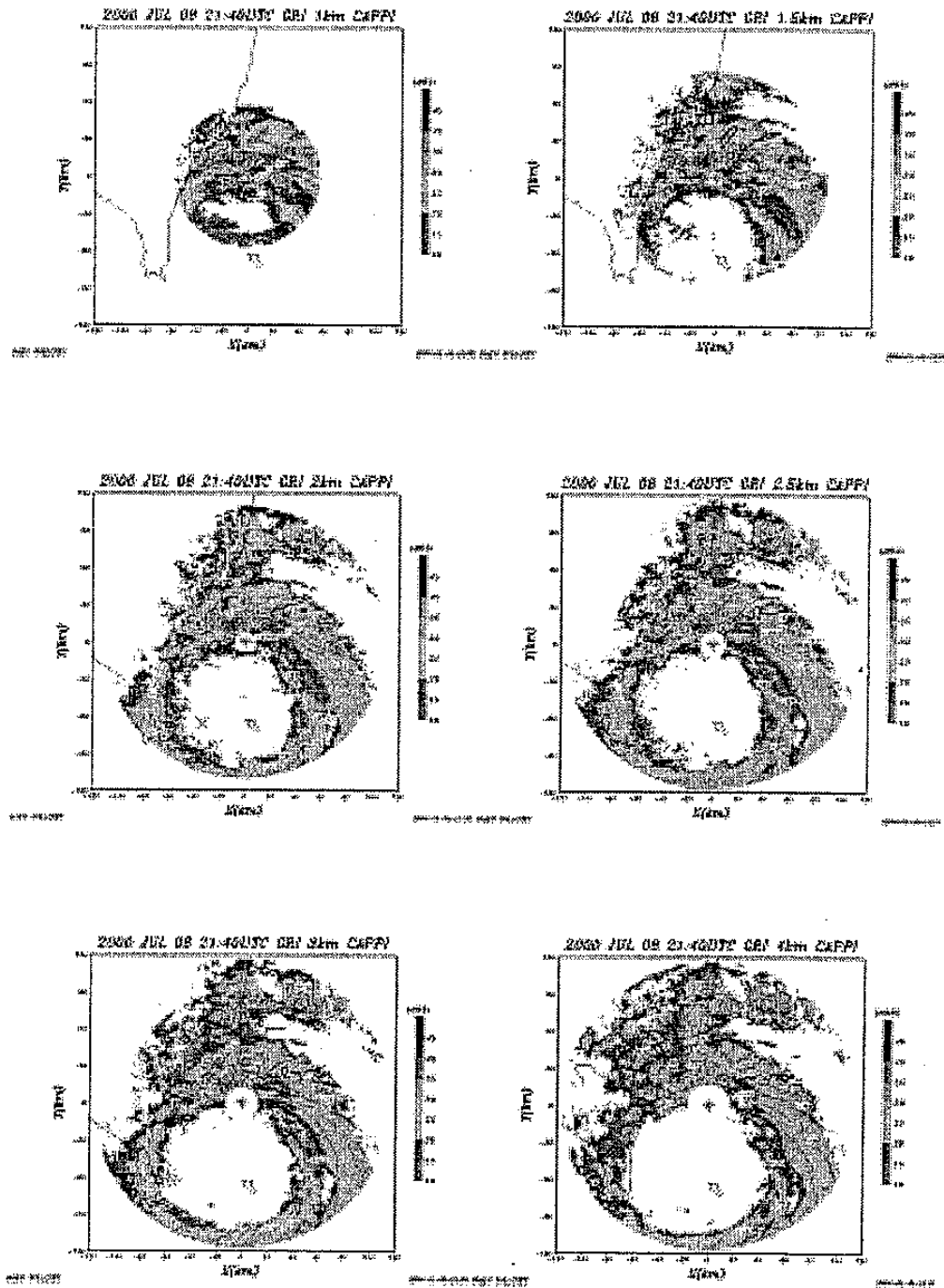


圖 2. 2000 年 7 月 8 日 2140UTC 綠島雷達分別於 1、1.5、2、2.5、3 與 4 公里等高面之降水回波與徑向風場圖。徑向風速單位 m/s，實(虛)線為正(負)值。降水回波以色階表示，色階數值如色階表所示。於 2 公里高度圖內之藍色叉號，是以 Wood and Brown(1992)方式訂定的颱風中心。