

登陸颱風之中心定位-啟德颱風個案研究

楊三吉¹ 周仲島²

空軍氣象中心¹ 國立台灣大學大氣科學系²

摘 要

2000 年啟德颱風，沿著中央山脈東側快速北行，從登陸到出海的過程中，出現颱風中心位置難以界定，甚至登陸地點不明的情形。本研究利用五分山都卜勒雷達降水回波和徑向風場資料，進行啟德颱風中心定位研究，並探討啟德颱風在登陸階段不同定位方法的適用性。

颱風中心定位結果顯示，登陸階段由 WB92 與 VDAD 方法所得到的颱風中心非常不連續，此時以弱回波中心定位方法結果較佳。但若配合回波特徵比對，並考慮颱風中心隨時間變化，及最大風速半徑隨高度變化的連續性則能改善 WB92 中心定位結果。在某些時間 WB92 與弱回波方法所決定之颱風中心位置相當接近，兩者差距約 2 公里。

(2003 年 08 月 08 日收稿；2003 年 08 月 09 日定稿)

一、前言

颱風為台灣地區最重要的災變天氣，根據百年侵台颱風資料統計（謝等 1998），1897~1996 年間共有 407 個颱風侵襲台灣。每年由於颱風災害所造成的損失，約佔氣象災害全額的四分之三。眾所皆知，颱風的路徑與其帶來的風力、降水息息相關，因此，颱風中心定位的正確性則顯的相當重要。2001 年桃芝颱風，因為颱風登陸地點存在數十公里的預報誤差，而造成預測與實際的降水分佈相差甚多。

2000 年啟德颱風，沿著中央山脈東側快速北行，從登陸到出海的過程中，出現颱風中心模糊難以界定的情形，造成登陸地點不明。颱風的結構特徵，由於地面雷達的觀測而漸有了解，隨後飛機觀測與機載雷達的相繼應用，颱風三度空間的中尺

度結構也得以被觀測，但多侷限在開放洋面上，因此對於登陸颱風的結構演變仍然不足。近年來台灣地區環島都卜勒雷達網的建立，提供很高的時間空間解析度資料，並可全天候作業，對於登陸颱風的研究非常有利。

關於颱風中心定位方法有很多，例如：1.由眼牆內雷達弱回波或氣象衛星雲圖影像的幾何颱風中心（Griffin et al. 1992）；2.風場的觀點，環流中心風速為零（Wood and Brown 1992; Wood 1994）；3.以動力的觀點，從流函數、氣壓，或重力位的極小值求得的中心（Willoughby and Chelmow 1982; Dodge et al. 1999）4.以渦度中心來定，眼牆渦度達到最大值（Willoughby 1992; Marks et al. 1992）。在一些極端的個案裡，中心定位的不確定性由幾公里到數十公里（Burpee and Marks

1984), 一般而言, 由飛機或雷達觀測資料所估算的颱風中心, 都比衛星觀測定出的颱風中心正確許多。

地面雷達之颱風中心定位方面, 以環流或渦旋中心, 即風場之分佈來決定中心之定位方法。雷達都卜勒速度場, 對於具有渦旋特性的天氣系統, 其都卜勒速度場具有相當特殊的偶極分佈特徵 (Wood and Brown 1983; 周等 1994), 由於渦旋尺度和強度的差異, 以颱風之都卜勒速度表現最為明顯。然而, 利用此種分佈特性, 有許多定位方法被用來決定環流的中心。Wood and Brown (1992), 以下簡稱 (WB92), 首先利用軸對稱的假設, 提出都卜勒速度場定位渦旋中心的方法。Wood (1994) 應用接近陸地的颱風個案, 發現其與飛機觀測之中心的差距大多在 4 公里以內, 表示以此種方法對於接近陸地的颱風中心定位, 具有不錯的表現。周等 (1996) 以颱風風場存在最大風速的假設, 且平均切線風速大於徑向風, 提出 VDAD (Velocity Distance Azimuthal Display) 定位方法, 分析葛拉絲 (1994) 颱風, 發現颱風登陸後最大風速快速減弱, 且高低層移動速度不一, 低層變慢的程度較高層為大, 於是產生颱風中心高低層分離的情形。當平均氣流或非軸對稱分量明顯時, 上述方法將產生較大誤差, 此時利用弱回波定位, 則成為另一種選擇, 張 (2000) 分析賀伯颱風, 即以此方法得到較穩定的颱風中心。另外以螺旋雨帶 (Anthes 1982) 與眼牆之幾何中心 (Griffin et al. 1992) 定位方法, 受限於其型態的多樣性, 並不容易以客觀方式處理。

過去利用雷達資料分析亞力士

(1987)、葛拉絲 (1994)、賀伯 (1996)、奧托 (1998)、碧莉斯 (2000) 等颱風皆為由東往西直撲台灣的行經路線, 很少分析過像啟德 (2000), 沿著中央山脈東側由南往北行經台灣, 並且移動速度快速的颱風。根據百年侵台颱風資料統計 (謝等, 1998), 雖然此類型的颱風侵台頻率只有 10%, 但是對台灣東部降雨卻有很大的影響。本研究首先探討 WB92、VDAD, 以及弱回波定位方法, 對於啟德颱風的適用性及求得合理的颱風中心。

二、雷達資料來源與處理

(一) 資料來源

中央氣象局: 五分山都卜勒雷達所觀測每 6 分鐘降水回波場及徑向風場資料。

(二) 雷達資料處理

雷達資料對於中小尺度研究提供相當大的幫助, 在本研究的個案啟德颱風, 從整個登陸到出海的過程, 完全由綠島及五分山雷達所監測, 提供高解析度的徑向風場及降水回波資料。關於綠島及五分山雷達之規格與特性, 在周 (2001) 已有詳細說明, 在此就不再贅述。

五分山雷達站位於高度 (766 公尺) 為 WSR-88D (Weather Surveillance Radar-1988 Doppler) 機型或稱為 NEXRAD, 規格為 S 波段都卜勒氣象雷達。該雷達於啟德颱風觀測期間之掃瞄方式以正北方為起點, 同樣以順鐘向一圈做 360 度圓錐面掃瞄, 而依每次觀測所得不同仰角之圓錐面資料組成完整的體積掃瞄。掃瞄策略為每 6 分鐘掃瞄 9 個仰角, 分別為 0.4、1.4、2.3、3.3、4.2、6.0、9.8、14.5 及 19.5 度。其中回波資料觀測範圍為 460 公里, 徑向速度與頻譜寬則為

230 公里, 徑向解析度分別為 1 公里及 0.25 公里。不過速度場觀測範圍雖然設定為 230 公里, 但在去除折錯區域後, 最大可供分析的資料長度約 150 公里, 於張 (2000) 有詳述其原因。

五分山雷達資料皆經 gzip 壓縮後存放, 使用資料需先 gunzip 解壓縮為五分山雷達站 Level II 資料, 再轉為兩組氣象局資料格式。對於資料檔案的命名原則為: YYYYMMDDHHNNwfZ 及 YYYYMMDDHHNNwfWZ, 其中 YYYY 為西元年、MM 為月份、DD 為日期、HHNN 為世界標準時 (UTC) 之時分, wf 表示 RCWF 雷達, Z 表示雷達回波資料, W 表示徑向速度資料。再將此兩組氣象局資料格式轉為 universal format 之後, 使用「Solo」軟體進行風速反折錯、除雜訊等雷達資料品質處理程序。「Solo」編修完成後儲存為「可變動長度 universal format」, 仍為極座標之等仰角資料 (PPI display)。之後內插為直角網格點資料, 在等高面 (CAPPI display) 上定出颱風中心。都卜勒風場資料品質處理程序—「Solo」的應用, 乃由美國國家大氣研究中心 (National Center for Atmospheric Research, NCAR) 所開發具有格式轉換、顯示及修改雷達資料等三項主要功能。啟德颱風期間, 五分山雷達折錯速度高低仰角不同, 小於 9.9 度折錯速度為 26.55 m/s, 9.9 度以上折錯速度為 30.95 m/s。

本文使用之內插方法及顯示軟體乃由台灣大學 P-3 中尺度實驗室開發, 內插方法乃根據 (Barnes 1972) 權重函數內插法, 即確認「Solo」處理後的徑向風場無誤後, 在 PPI 平面上以 3 公里半徑搜尋最近資料點, 並在垂直方向上利用線性內插及局部

外延 (0.5 公里), 將極座標資料轉換到 1 公里間距的直角網格點上。

三、雷達資料分析方法

(一) 颱風中心定位

本文使用兩種以都卜勒徑向風場為資料的定位方法, 同時也使用降水回波場以弱回波定位方法, 來探討啟德颱風中心定位問題。

1. Wood and Brown (1992)

都卜勒雷達所觀測的徑向風場一般都具有偶極的分佈型態 (Wood and Brown 1983; 周等 1996)。Wood and Brown (1992), 則利用颱風環流近似軸對稱的特性, 假設颱風環流為軸對稱, 提出以雷達都卜勒徑向速度場之觀測資料, 經由數學與幾何關係的推導, 可決定出渦旋中心與最大風速半徑。WB92 也針對理想軸對稱渦旋作模擬, 發現當渦旋接近雷達時, 其風場的配置將發生變形, 因而造成渦旋中心位置的誤判。在純粹旋轉的情形下, 加入輻散 (輻合) 氣流, 則最大風速值將往反鐘向旋轉 (順鐘向旋轉)。WB92 方法的處理程序乃參考 (張 2000)。

2. 速度距離乘積方位顯示 (VDAD)

周等 (1996) 所提出, 使用雷達觀測之都卜勒徑向速度場 (V_r) 與觀測點至雷達中心距離 (D) 的乘積。以新的參數場作為分析的對象, 此種方法稱之為 VDAD (Velocity Distance Azimuthal Display), 不同於 WB92 方法直接分析都卜勒速度場。VDAD 方法假設颱風環流為軸對稱結構, 並考慮均勻環境氣流, ($V_r * D$) 參數場之兩相對極值的中點

即訂定的颱風中心，兩相對極值距離之半則為最大風速半徑。處理程序參考周等(1996)及張(2000)。

3. 降水回波場中心定位方法

由於回波觀測為一純量，在回波型態受颱風環流主導，及颱風中心區主要為下降運動區(或弱上升運動區)Willoughby(1998)的前提假設下，類似衛星定位的處理方式，利用弱回波定位颱風中心，具有相當的參考價值。在弱回波的定義上，由Z-R關係式 $Z=200R^{1.6}$ (Battan 1973)與 $Z=300R^{1.4}$ (NEXRAD)推估，降水量小於0.1mm/h的降水，其回波強度約介於5-12dBZ，本文將弱回波區域的門檻值設為10dBZ。處理程序參考張(2000)。

四、啟德颱風觀測資料分析

(一) 啟德颱風生命史

啟德(KAI-TAK)颱風為2000年在西北太平洋發生的第4號颱風，也是該年第一個侵襲台灣地區的颱風。啟德颱風原為呂宋島西北方海面上的一個熱帶性低氣壓，於7月5日1800Z發展為輕度颱風，當時中心位置在北緯19.0度、東經120.0度，(中心氣壓992hpa，最大風速18m/s)，往西北方向移動，6日1800Z移速突然減慢，至8日0000Z幾乎在原地(東沙島東方海面)打轉，滯留期間於7日0600Z增強為中度颱風，(中心氣壓970hpa，最大風速33m/s)，8日0600Z開始向東北方朝著巴士海峽移動，中央氣象局也在7日2145Z發佈了海上陸上颱風警報，9日0130Z左右於成功附近登陸(劉,2000)，登陸後不久，颱風強度由中度減弱為輕度(警報單於0335Z發

佈)，隨後於基隆附近出海，向北遠離，於9日1505Z解除陸上颱風警報，1900Z解除海上颱風警報。啟德颱風生命期約5天，移動路徑屬於北進型颱風(圖1)，算是生命期較短且移動路徑少見的颱風。

(二) 衛星雲圖分析

啟德颱風行進至巴士海峽時，由紅外線衛星雲圖可明顯的看到颱風眼非常大(圖2.1)，當颱風中心非常接近台灣時，颱風眼明顯變小，但仍然清晰可見(圖2.2)(9日02Z時)，9日06Z時，颱風眼幾乎無法辨識(圖2.3)，出海後不久颱風眼再度出現(圖2.4)，且隨著颱風遠離地形，颱風眼又開始擴大。

五、颱風中心定位

(一) 決定徑向風場極值之敏感度測試

本研究選擇之個案啟德颱風，重點之一乃探討颱風登陸階段，以不同定位方法決定颱風中心之適用性。侵台颱風在接近地形的過程中，往往受地形影響而破壞其近似軸對稱性結構，本文使用的定位方法中，WB92和VDAD對於近似軸對稱的颱風，有較高的適用性。因此本文目的之一，就是為了了解颱風在登陸過程中，由於非軸對稱結構顯著而導致決定颱風中心的不連續的特性。WB92和VDAD決定颱風中心位置最重要的先前步驟是決定等高面上都卜勒風場的正負極值。我們針對此一過程進行敏感度測試。

Wood(1994)曾針對速度權重問題加以探討，測試了不同個案，得到一個經驗法則：

$$\Delta W = 3m/s, \text{ for } \Delta V < 35 m/s$$

$$\Delta W = 5m/s, \text{ for } \Delta V > 35 m/s$$

其中： $\Delta V = (V_{max} - V_{min})/2$

V_{max} ：徑向風最大值

V_{min} ：徑向風最小值

ΔW ：速度權重

本文研究的個案，啟德為一個中度颱風，且由都卜勒徑向風場之極值估計後發現， ΔV 在各個時間及高度，幾乎都在35m/s以下，因此以3m/s速度權重作為決定等高面上徑向風場中的極值，應該頗為合理。不過為了測試風場極值決定所使用不同權重對中心定位的影響，在(表1)中，進行啟德颱風侵台期間等高面上徑向風場極值之敏感度測試。其中2000年7月9日0455Z為颱風登陸階段裡選取的其中一個時間，在WB92和VDAD方法中，分別測試以3m/s和5m/s速度權重決定颱風中心位置，發現颱風中心位置差距在5公里內，但大多數幾乎在3公里內。

(二) 颱風中心定位

本研究的登陸階段是指颱風中心即將登陸的階段。啟德颱風登陸階段，以WB92和VDAD方法定位颱風中心時，若直接搜尋徑向風場極值來決定，都得到非常不連續的定位結果，但是此時若配合等高面上的回波特徵加以比對，並且考慮颱風中心隨時間的連續性，以及最大風速半徑隨高度變化的連續性，則可決定較為合理的颱風中心。(圖3)為WB92方法利用五分山雷達資料，決定之啟德颱風登陸階段高度3km中心位置。在0425Z，高度3公里吹進/吹離雷達的最大分量分別為32.6m/s與9m/s，位於極小值東北方，存在另一局部的大風速區。因此在WB92方法裡造成決定極值的困擾。0455Z時，高度3公里吹進雷達的最大分量增加至37.6m/s吹出雷

達的最大分量則降至7.5m/s，偶極型態仍然呈現非常不對稱的型態。0525Z時，高度3公里，吹進/吹出雷達的最大分量分別為36.7m/s與8.9m/s，偶極型態依舊呈現非常不對稱的情形。登陸階段，以WB92決定颱風中心時，在高度3，4，及5公里處往往出現兩個大風速區的情形，並且兩者風速幾乎等值，造成決定颱風中心的困擾。同時存在兩個大風速區較明顯的階段，由0400Z至0507Z持續約1個小時的時間。圖4即0400Z在高度4公里及0507Z在高度5公里時，以不同大風速區(左圖以外側極值，右圖以內側極值)決定颱風中心時的情形，可發現所決定之中心位置有明顯位置差異，且最大風速半徑也有顯著的不同。

(圖5)即啟德颱風登陸階段，以WB92方法配合回波特徵比對，並考慮颱風中心隨時間的連續性，以及最大風速半徑隨高度變化的連續性，所決定之颱風中心，其最大風速半徑及徑向風速隨時間變化情形。可發現0400Z時，高度3公里之最大風速半徑約30公里，隨著颱風愈接近地形，最大風速半徑明顯變小，於0525Z時約減小至20公里。最大風速半徑隨著高度則有增大的情形。由徑向風極值可發現，在此階段吹出雷達的風都遠小於吹進雷達的風，隱含著非軸對稱分量可能很大，或是有明顯的平均風分量。而徑向風隨時間變化則呈現不錯的連續性，隨著高度則有些微減弱。

以都卜勒速度場定位方法而言，基本假設為颱風近似軸對稱，或假設颱風環流中存在唯一之最大風速半徑，當平均氣流或非軸對稱分量明顯時，將容易有較大的

誤差發生。此時利用弱回波定位颱風中心，將是另一種選擇，然而在此階段，以弱回波方法決定之颱風中心，不管隨高度或時間，都比以風場方法決定之颱風中心更具連續性。(表二)即以弱回波方法，在此階段決定之近地面啟德颱風中心。

綜合以上分析，在中心定位方面，登陸階段，由WB92與VDAD方法決定之颱風中心，隨著時間及高度的連續性都非常不連續，此時以弱回波方法較佳。但WB92方法若配合回波特徵的比對，並且考慮颱風中心隨時間的連續性，以及最大風速半徑隨高度變化的連續性，則能得到相當程度的改善。在某些時間與弱回波方法決定之颱風中心位置相當接近，約2km。颱風結構由徑向風場也大致可了解到，啟德颱風登陸階段，偶極型態非常不對稱，吹進雷達與吹離雷達的最大分量相差都在20m/s以上，甚至在0455Z時相差達30m/s。颱風登陸(颱風中心在五分山雷達站南方)階段，吹進雷達之最大分量遠大於吹離雷達之最大分量。顯示所分析的高度，除了颱風本身的非軸對稱環流外，隱含著環境平均氣流可能相當明顯。

五、討論與總結

登陸階段之定位結果，由於颱風受地形影響，結構受到嚴重破壞，而WB92與VDAD方法都僅適用近似軸對稱的颱風，因此都得到非常不連續的結果，但WB92方法若配合回波特徵的比對，並且考慮颱風中心隨時間的連續性，以及最大風速半徑隨高度變化的連續性，加以決定颱風中心，則能得到相當程度的改善，在某些時間與弱回波定位結果相當接近，中心位置

差距約2公里。(圖6)即高度3公里與5公里在改善前後所得到之最大風速半徑的結果，由圖(a)可發現0418Z以後結果相當一致，而圖(b)可發現自由搜尋極值得到之結果，隨時間變化相當不連續。因此，對於登陸階段使用WB92方法時，可先決定較低層之颱風中心做為參考依據，若面臨多個大風速區時，則以內側大風速區作為搜尋之極值。

參考文獻

- 周仲島、張保亮與李文兆，1994：都卜勒雷達在颱風環流中尺度結構分析的應用。大氣科學，22，163-187。
- 周仲島、鄧秀明與張保亮，1996：都卜勒雷達在颱風中心定位與最大風速半徑決定的應用。大氣科學，24，1-24。
- 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。
- 張保亮，2000：登陸中颱風環流變化分析：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。
- 張保亮與周仲島，1996：侵台颱風鄰近中心環流結構之分析。天氣分析與預報研討會論文彙編(84)，330-337。
- 劉復誠，2000：民國八十九年颱風調查報告—中度颱風第4號。氣象學報第四十三卷第四期，45-77。
- 謝信良、王時鼎、鄭明典、葉天降，1998：台灣地區颱風輔助系統建立之研究(第二階段之三)。中央氣象局專題研究報告，CWB86-1M-01，共497頁。

- Anthes, R.A., 1982: Tropical cyclone: their evolution, structure and effects. American Meteorological Society, Boston, 208pp.
- Burpee, R.W., and F.D.Marks Jr., 1984: Analysis of digital radar data obtained from coastal radars during Hurricane David(1979), Frederic (1979), and Alicia (1983). Preprints, 10th Conf.on Weather Forecasting and Analysis, Clearwater Beach, FL, AmerMeteor. Soc., 7-14
- Dodge, P., R.W.Burpee, and F.D.Mark Jr., 1999: The Kinematic structure of a hurricane with sea level pressure less than 900 mb. Mon. Wea. Rev., 127, 987-1004.
- Griffin, J.S., R.W.Burpee, F.D.Marks Jr., and J.L.Franklin, 1992: Real-time airborne analysis of aircraft data supporting operational hurricane forecasting. Weather and Forecasting, 7, 480-490.
- Marks, F. D., and J. F. Gamache 1992: Dual-aircraft investigation of the inner core of hurricane Norbert. Part I: Kinematic structure, J. Atmos. Sci., 49, 919-941.
- Willoughby, H.E., 1992: Linear motion of a shallow-weather barotropic vortex as an initial-value problem. J. Atmos.Sci., 49, 2015-2031.
- _____, 1998: Tropical cyclone eye thermodynamics. Mon. Wea. Rev., 126, 3053-3067.
- Wood, V.T., 1994: A technique for detecting a tropical cyclone center using a

Doppler radar. J. Atmos.

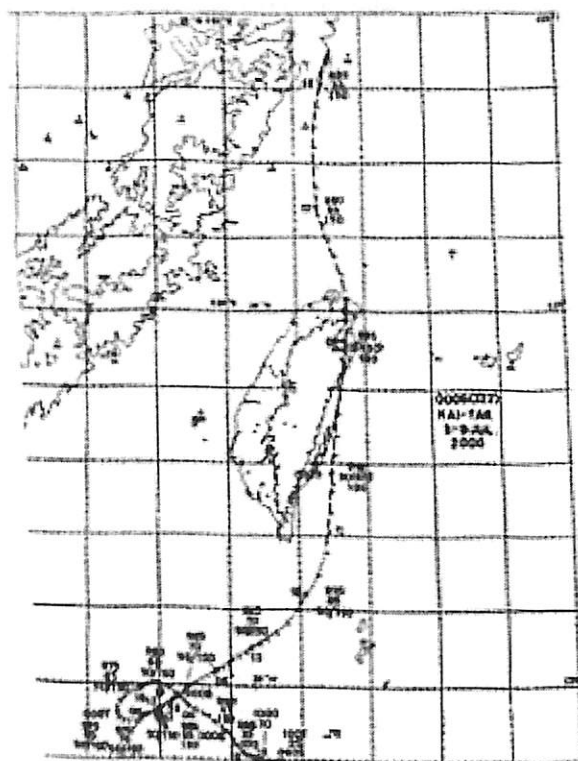
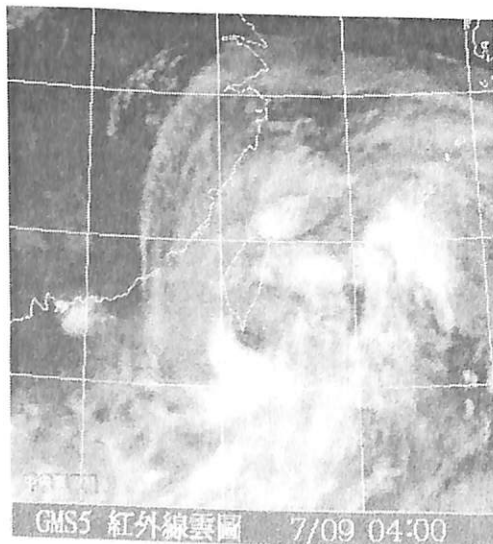
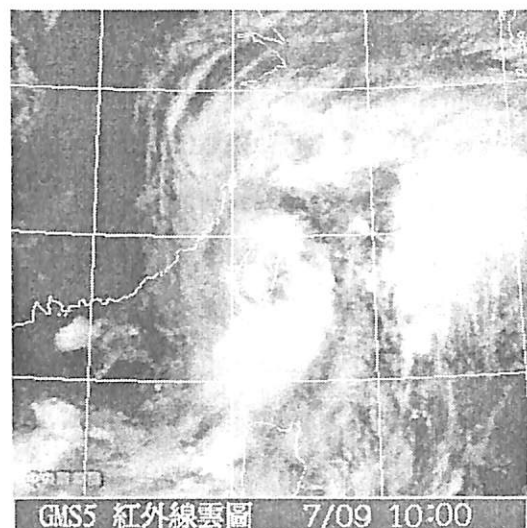


圖1 2000年7月5日至9日啟德颱風逐時路徑圖。數字分別代表中心氣壓(hpa)，中心最大風速(Kts)風速50哩半徑(km)/風速30哩半徑(km)。(王時鼎分析結果)

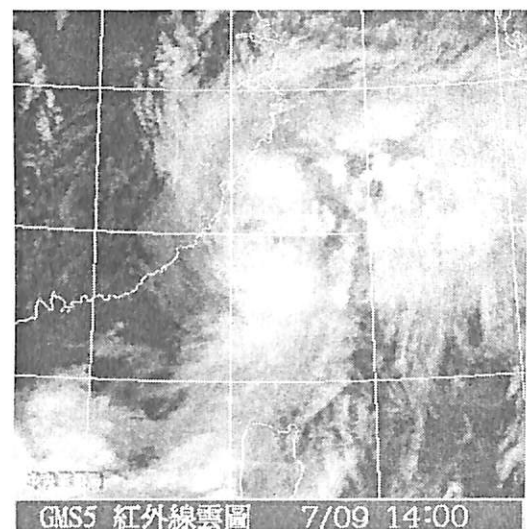
(1) 7/8 20Z



(2) 7/9 02Z



(3) 7/9 06Z



(4) 7/9 12Z

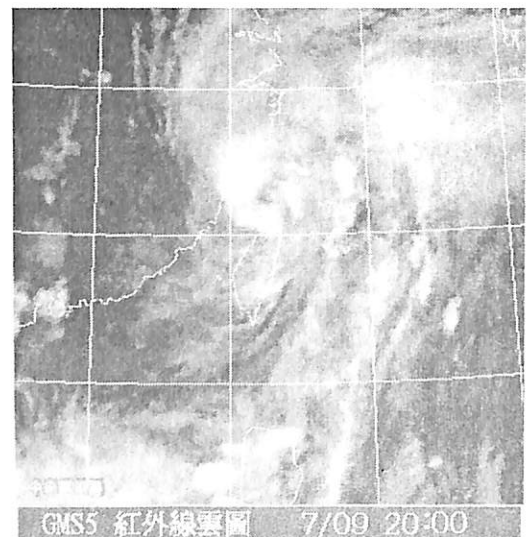
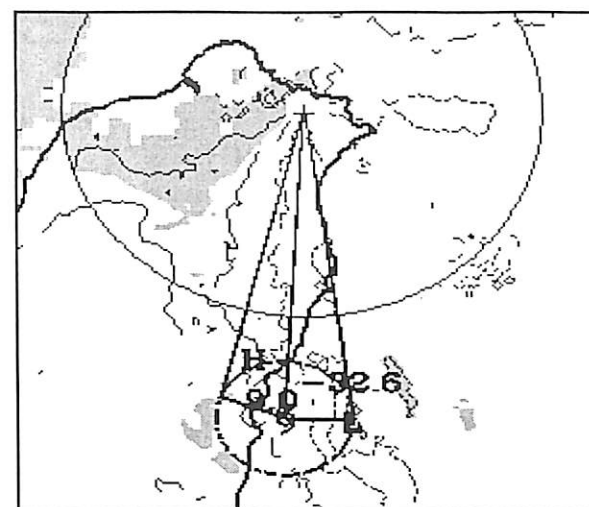
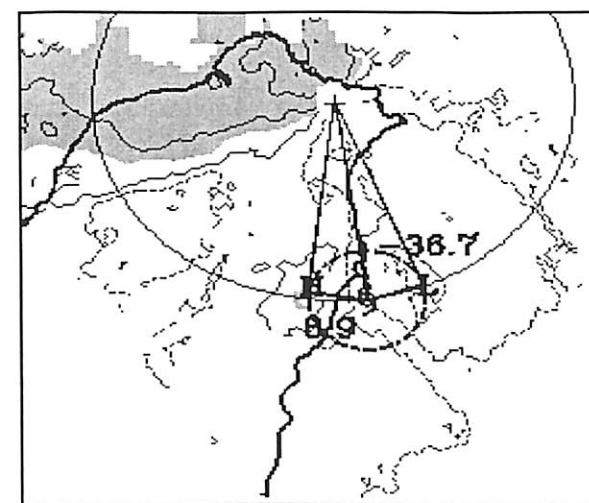


圖2 啟德颱風紅外線衛星雲圖(GMS5)

(1)0425Z



(2)0455Z



(3)0525Z

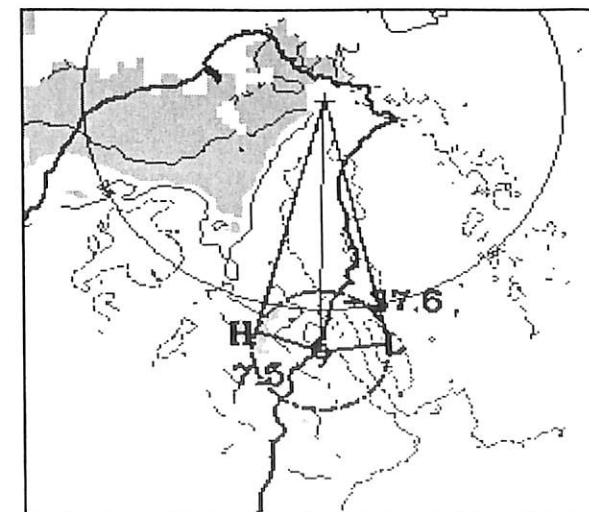
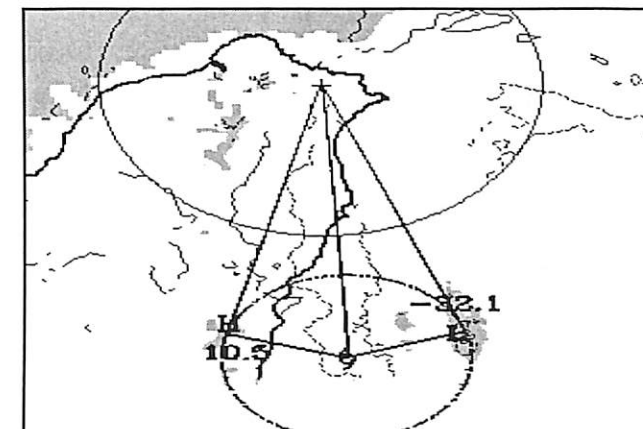


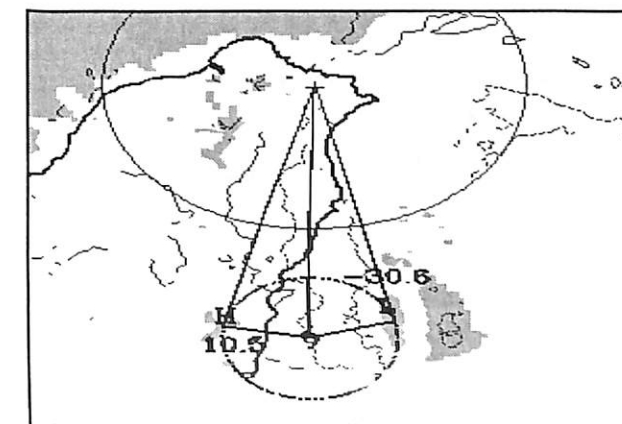
圖3 WB92方法訂定之啟德颱風高度中心。等值線間隔10m/s，陰影區顯示

3m/s的速度權重範圍。由上而下為時間2000年7月9日0425Z~0525Z間隔30分鐘。雷達座標為(0,0)，大圓表示以雷達為中心，距離雷達75公里的位置。

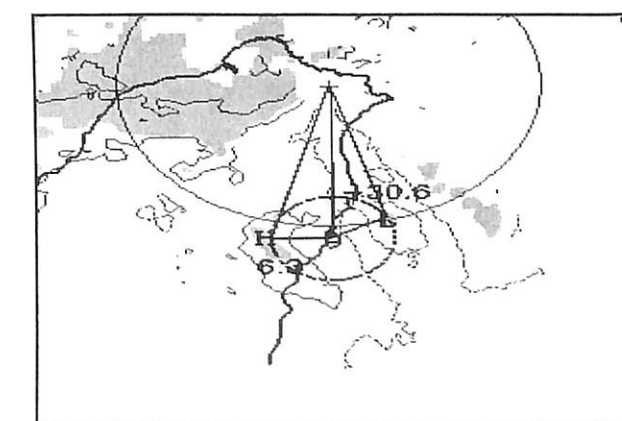
(a) 2000/0709/0400Z H=4km



(b) 2000/0709/0400Z H=4km



(c) 2000/0709/0507Z H=5km



(d) 2000/0709/0507Z H=5km

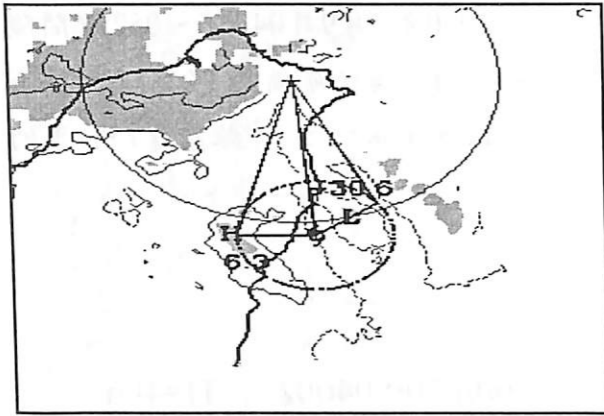


圖4 WB92方法決定啟德颱風中心，(a)(b)時間為2000年7月9日0400Z，高度4km，(c)(d)時間為0507Z，高度5km。等值線間隔10m/s，陰影區顯示3m/s的速度權重範圍。雷達座標為(0,0)，大圓表示以雷達為中心，距離雷達75公里的位置。

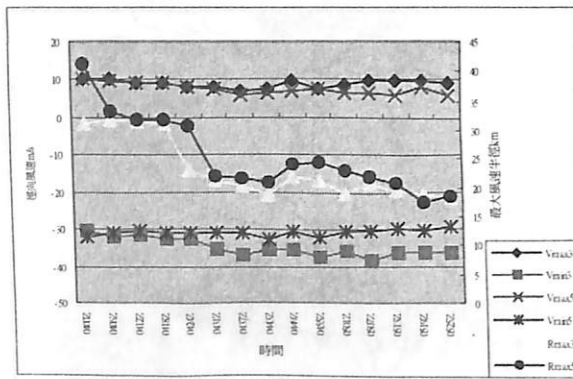
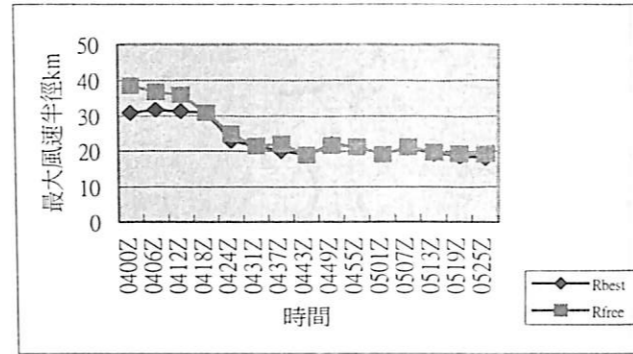


圖5 為啟德颱風登陸階段(0400Z~0507Z)，以WB92方法決之最大風速半徑與徑向風速隨時間變化情形。Vmax3,Vmin3為高度3公里之徑向風極大，極小值。Vmax5,Vmin5為高度5公里之徑向風極大，極小值。Rmax3,Rmax5為高度3及5公里之最大風速半徑。

(a)



(b)

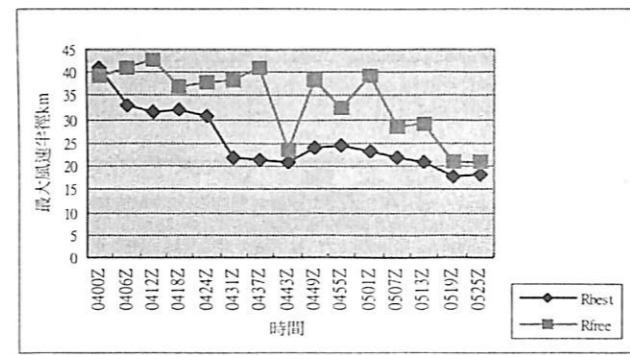


圖6 為啟德颱風最大風速半徑之時間序列圖。(a)代表高度3公里，(b)代表高度5公里。Rbest：WB92方法改善後之結果。Rfree：以WB92方法由搜尋極值之結果。

WB92

height	(X1,Y1)	(X2,Y2)	difference
2km	(-2.2,-89.5)	(-0.9,-92.2)	3.00km
3km	(-2.2,-89.5)	(-0.9,-92.3)	3.09km
4km	(-2.6,-92.7)	(-0.1,-94.2)	2.92km
5km	(-2.6,-89.9)	(-0.8,-92.4)	3.08km
6km	(-1.6,-88.4)	(-0.2,-90.9)	2.87km
7km	(-2.7,-87.8)	(-2.1,-87.7)	0.61km

VDAD

height	(X1,Y2)	(X2,Y2)	difference
2km	(0.6,-95.5)	(1.1,-95.3)	0.54km
3km	(0.6,-95.5)	(1.1,-95.3)	0.54km
4km	(4.4,-106.6)	(4.6,-105.0)	1.61km
5km	(17.0,-93.7)	(18.1,-96.5)	3.01km
6km	(16.4,-94.9)	(16.6,-97.7)	2.81km
7km	(23.3,-103.8)	(20.9,-104.6)	2.53km

表1 分別於WB92與VDAD方法中，以速度權重3m/s與5m/s決定之颱風中心差距(km)。其中，height：代表各個高度層，(X1,Y1)，(X2,Y2)：分別表示以3m/s及5m/s速度權重所決定之颱風中心位置。difference：為不同權重之中心位置差距。

時間(UTC)	颱風中心座標 Xc	颱風中心座標 Yc	弱回波區域半徑(km)
0400Z	9.88	-119.78	10.0
0406Z	7.47	-113.29	6.0
0412Z	6.28	-111.06	6.0
0418Z	5.22	-106.81	8.0
0424Z	3.17	-102.51	4.0
0431Z	2.24	-101.33	4.0
0437Z	0.74	-97.08	4.0
0443Z	2.33	-92.02	6.0
0449Z	2.09	-88.33	5.0
0455Z	-2.04	-86.77	2.0
0501Z	1.01	-84.47	4.0
0507Z	-0.61	-79.33	4.0
0513Z	-0.31	-74.94	4.0
0519Z	-1.52	-73.58	2.0
0525Z	-10.69	-69.18	1.0

表2 弱回波方法訂定啟德颱風之近地面中心。時間為2000年7月9日0400Z~0525Z間隔6分鐘。(Xc,Yc)代表颱風中心座標，五分山雷達位置座標為(0,0)。

Pinpointing the Center of Typhoons Moving over land--- A Case Study of Typhoon Kai-Tak

Yang San Gee Chou Chong Taou

Air force Weather Center National Taiwan University

ABSTRACT

In the year 2000, Typhoon Kai Tak followed a path along the eastern section of Taiwan's Central Mountains moving northward quickly. During the time it came ashore, there was difficulty in locating the typhoon's center. This paper hopes to shed some light on this problem by analyzing its echo characteristics and radial velocity data from the Wu-Fin Shan radar station in Keelung. In addition, the viability of the different methods used in finding the storm's center are also explored.

Results indicate that throughout the typhoon's movement over land, the weak radar echo center method proved to be a better choice than the WB92 or VDAD, where the pinpointing of the center by the latter two were highly uncontinuous. However, if the echo characteristics, along with the fact that the center's position changes constantly with time, and that the maximum wind speed radius varies with the height are taken into account, the added data improves the WB92 method. At various time frames, the distance between the respective centers using the WB92 and the weak radar echo center method was a mere 2 kilometers.