

應用CWB TC Tracker於全球預報模式 之熱帶氣旋客觀偵測

蔡孝忠 呂國臣 盧孟明
中央氣象局

隋中興 賴彥廷
中央大學水文科學研究所

摘要

中央氣象局目前研發之熱帶氣旋追蹤系統(CWB TC Tracker；蔡孝忠等人2008)於2008年6月上線測試，主要針對NCEP全球系集預報系統(NCEP global ensemble forecast system；簡稱NCEP GEFS)預報資料之西北太平洋區域，進行熱帶氣旋之客觀偵測。

偵測方法採用蔡孝忠等人(2008)發展之颱風路徑客觀辨識邏輯，主要分為兩個過程：(i) 颱風中心偵測(detection)；(ii) 颱風路徑追蹤(tracking)。辨識方法所需之變數場有：平均海平面氣壓、風場(近地面、300 hPa、850 hPa)、氣溫(300 hPa、850 hPa)。

經過2008年颱風季的測試，系統於今年度將熱帶氣旋辨識範圍擴大為全球之熱帶與副熱帶區域，偵測範圍為0°E~359°E、40°N~40°S。此外，系統亦納入目前中央氣象局接收之高解析度決定性預報模式(deterministic model)，包含NCEP GFS、ECMWF、JMA、NOGAPS、CWB GFS等模式。高解析度全球預報模式之熱帶氣旋偵測結果，目前僅提供氣象局內部參考使用。一般使用者可透過 Google 搜尋關鍵字“CWB TC Tracker”，或由 <http://tafislx2.cwb.gov.tw/NcepGefs/> 直接進入系統網頁檢視NCEP GEFS之偵測結果。

關鍵字：颱風辨識, CWB TC Tracker

一、前言

中央氣象局目前研發之熱帶氣旋追蹤系統(CWB TC Tracker；蔡孝忠等人2008)於2008年6月上線測試，主要針對NCEP全球系集預報系統(NCEP global ensemble forecast system；簡稱NCEP GEFS)預報資料之西北太平洋區域，進行熱帶氣旋之客觀偵測。

經過2008年颱風季的測試，系統於今年度將熱帶氣旋辨識範圍擴大為全球之熱帶與副熱帶區域，偵測範圍為0°E~359°E、40°N~40°S(請參考圖1)。此外，系統亦納入目前中央氣象局接收之高解析度決定性預報模式，包含NCEP GFS、ECMWF、JMA、NOGAPS、CWB GFS等模式；唯此高解析度全球預報模式之熱帶氣旋偵測結果，目前僅提供氣象局內部參考使用。

二、資料

NCEP GEFS模式之水平解析度為1°×1°，每天有四次預報(00Z、06 Z、12Z、18Z)，提供未來16天的全球預測。此外，NCEP GEFS具有21個系集成員(ensemble member)，CWB TC Tracker方法所需之變數場有：平均海平面氣壓、風場(近地面、300 hPa、850 hPa)、氣溫(300 hPa、850 hPa)等資料。

由於NCEP GEFS資料量龐大，如果沒有經過特別處理，直接下載完整資料並進行後續轉檔工作，將會耗費大量時間，無法符合實際預報作業需求。針對此一問題，在自動化作業流程之資料下載部分，採用cURL (Client for URLs)技術，配合GRIB資料清單(inventory file)，進行部份資料擷取下載(partial-http downloading 或 Fast Downloading of GRIB Files)，直接由各個GRIB-2檔案擷取CWB TC Tracker所需之變數場，以大幅減少資料下載時間。

此外，系統亦納入目前中央氣象局接收之高解析度決定性預報模式(deterministic model)，包含CWB GFS、ECMWF、JMA、NCEP GFS、NOGAPS等模式。各模式之解析度、預報時間、預報間隔，請參

考表1。唯表1所列之高解析度全球預報模式之熱帶氣旋偵測結果，目前僅提供氣象局內部參考使用。

三、研究方法

3.1 颱風路徑客觀辨識

颱風偵測方法採用蔡孝忠等人(2008)發展之颱風路徑客觀辨識邏輯，主要分為兩個過程:(i)颱風中心偵測(detection)；(ii)颱風路徑追蹤(tracking)。辨識方法所需之變數場有:平均海平面氣壓、風場(近地面、300 hPa、850 hPa)、氣溫(300 hPa、850 hPa)。根據Tsai et al. (2007)的研究指出，客觀辨識方法可有效找出數值模式中結構近似颱風的渦旋(TC-like vortex)，並提供颱風與溫帶氣旋的簡易分辨結果。

颱風路徑客觀辨識方法主要分為兩個過程(Camargo and Zebiak 2002):

(1) 颱風中心偵測(TC detection):

颱風中心偵測具有下列8個偵測條件：

- (i)海平面氣壓為局部最小值。此為颱風中心偵測之基本條件。
- (ii)近地面風速：近地面風速最大值 ≥ 10.0 m/s。
- (iii)相對渦度：850 hPa之相對渦度值 $\geq 3.0 \times 10^{-5} s^{-1}$ 。
- (iv)氣溫距平：300 hPa氣溫距平 ≥ 0 。
- (v)氣溫距平差異：300 hPa氣溫距平 ≥ 850 hPa氣溫距平。
- (vi)渦流動能(eddy kinetic energy; EKE)差異：850 hPa EKE ≥ 300 hPa EKE。
- (vii)個案判別：連結符合以上(i)-(vi)偵測條件之網格資料，如果兩者距離在2個網格之內，則視為同一個案。
- (viii)生命期：若個案生命期可至少延續24小時，則將其定義為模式內之“颱風”。

上述偵測邏輯以及對應之門檻值主要是Tsai et al.(2007)應用於NCEP重分析資料(reanalysis data)所使用之參數。目前NCEP GENS資料的收集長度不足，故適合NCEP GENS使用之參數必須留待後續累積較長資料後再評估。為了讓目前產品較具有彈性，本研究將偵測結果分為兩種：

- (1) 基本條件(basic criteria)：可符合上述(i)-(iv)和(vii)-(viii)條件的個案。
- (2) 所有條件(all criteria)：可符合上述(i)-(viii)所有條件的個案。

當颱風中心偵測過程完成之後，即可分別針對兩組偵測結果進行颱風路徑追蹤。

(2) 颱風路徑追蹤(TC tracking)：

- (i)定義個案成熟期。以先前所定義之颱風個案為基礎，找出海平面氣壓為最小值的時間點，將此一時間定義為“成熟階段”(mature stage)。
- (ii)以個案成熟期之時間和中心位置為基準，進行向前和向後搜尋，若渦度值門檻值 $2.0 \times 10^{-5} s^{-1}$ ，即停止路徑搜尋。
- (iii)判別是否為轉變為溫帶氣旋。由Klein et al.(2000)之研究可知，熱帶氣旋在變性為溫帶氣旋的過程中，強度會先減弱，隨後可能會明顯增強，因此僅使用渦度或是中心低壓做為參考指標可能會產生誤判。本研究採用計算300 hPa之氣溫標準偏差，若連續兩個時間間隔之300 hPa 氣溫標準偏差大於 1.5° ，亦停止颱風路徑搜尋，並認定該個案已變性為溫帶氣旋。
- (iv)去除相同的個案。上述偵測邏輯可能會將相同颱風個案分割為2個以上，若再依此結果進行成熟期的前後搜尋及中心連結，可能會產生多個相同的個案，故將重複的案例去除。

3.2 颱風中心之模糊偵測

3.1小節之颱風中心偵測條件是否有通過門檻值的判斷方式，隱含採用了單位步階函數(unit step function): 大於等於門檻值即通過偵測；小於門檻值則判定不通過偵測。為了降低僅以些微差距略小於門檻值，導致未通過偵測條件判斷的影響，本研究利用模糊邏輯(Fuzzy Logic)之概念，以歸屬函數(membership function) 整合3.1小節之颱風中心偵測條件，將此一整合指標稱為TC fuzzy combined-likelihood value (TCFV)，數值範圍為0~1，數值越大表示模式預測該區域可能有颱風存在。

此外，本研究將所有預報成員之TCFV，以每天為一張圖的方式，顯示每個網格之最大值、最小值、平均值和有效資料數，提供使用者快速檢視系集預報成員間的分歧度(ensemble spread)，做為預報評估之參考指標，稱為TC fuzzy combined-likelihood map (TCFM)。颱風通常以10-30 km/hr的速度移動，如果模式預測在某一時段內有颱風存在，整合4天預報之TCFM可顯示颱風可能的活動區域。此外，TCFM可減少因模式輸出之時間間距較大(例如：24小時一次)，以致於不易進行3.1節颱風路徑連結的影響，亦無颱風生命期至少為24小時之假設。

四、討論

經過測試，使用者藉由CWB TC Tracker系統可快速檢示模式預測資料中是否有類似颱風的系統存在，尤其是應用於資料量龐大的系集模式，使用者可大量減少原本需要逐一檢視資料的時間。以圖1為例，圖1為CWB TC Tracker應用於NCEP GEFS之TCFM，模式預報起始時間為2009年6月14日00UTC，TCFM內數值較大區域即可能為颱風活動區域。在0~192 hr的時段內，NCEP GEFS預測蓮花(Linfa)颱風將由菲律賓東方，經由台灣東方海面北上，此外，美國西方之東太平洋海面上亦有一顯著個案，預報顯示會往西行進。在196~288 hr和294~384 hr兩時段的預測，可發現美國西方之東太平洋海面上可能會有颱風活動。

NCEP GEFS可提供長達16天之預報資訊，熱帶氣旋偵測結果除了提供中央氣象局內部參考之外，美國國家環境預報中心(NCEP)之氣候預測中心(Climatic Prediction Center)亦採用本系統提供之NCEP GEFS偵測結果，做為每週發布未來兩週全球熱帶災害評估報告(Global Tropics Benefits/Hazards Assessment)的指引。一般使用者可透過Google搜尋關鍵字“CWB TC Tracker”，或由<http://tafislx2.cwb.gov.tw/NcepGef5/>直接進入系統網頁檢視NCEP GEFS之偵測結果。

參考文獻

- 蔡孝忠，呂國臣，劉嘉騏，李孟陽，2008年9月，“CWB TC Tracker在NCEP全球系集預報模式之應用：颱風路徑與生成”，天氣分析與預報研討會。
- Camargo, S. J., and S. E. Zebiak, 2002: Improving the detection and tracking of tropical cyclones in atmospheric general circulation models. *Wea. Forecasting*, 17, 1152-1162.
- Klein, P. M., P. A. Harr and R. L. Elsberry, 2000: Extratropical transition of Western North Pacific tropical cyclones: An overview and conceptual model of the transformation stage. *Wea. Forecasting*, 15, 373-39.
- Toth, Z., and E. Kalnay, 1997: Ensemble forecasting at NCEP and the breeding method. *Mon. Wea. Rev.*, 125, 3297-3319.
- Tsai, Hsiao-Chung, Kuo-Chen Lu, Mong-Ming Lu, 2007: Development of a Detection and Tracking Algorithm for Tropical Cyclones in Atmospheric General Circulation Models: Preliminary Results, International Conference on Mesoscale Meteorology and Typhoon in East Asia (ICMCS-VI).

表1. NCEP GEF, NCEP GFS, JMA, NOGAPS, CWB GFS, ECMWF全球預報模式之解析度與預報時段。

Model	Resolution	Forecast Time and Interval
CWB GFS	0.5°×0.5°	00Z, 12Z: 00-72hr/6hr, 84-120hr/12hr, 144-192hr/24hr
ECMWF	2.5°×2.5°	00Z, 12Z : 00-168hr/ 24hr
JMA	0.5°×0.5°	00Z, 06Z, 18Z : 00-84hr/6hr 12Z : 00-84hr/6hr, 96-192hr/12hr
NCEP GEFS	1.0°×1.0°	00Z, 06Z, 12Z, 18Z : 00-384hr/6hr
NCEP GFS	0.5°×0.5°	00Z, 06Z, 12Z, 18Z : 00-12hr/3hr, 12-180hr/6hr
NOGAPS	1.0°×1.0°	00Z, 06Z, 12Z, 18Z : 00-120hr/6hr, 132-144hr/12hr

CWB TC Fuzzy Likelihood Map (2009061400)

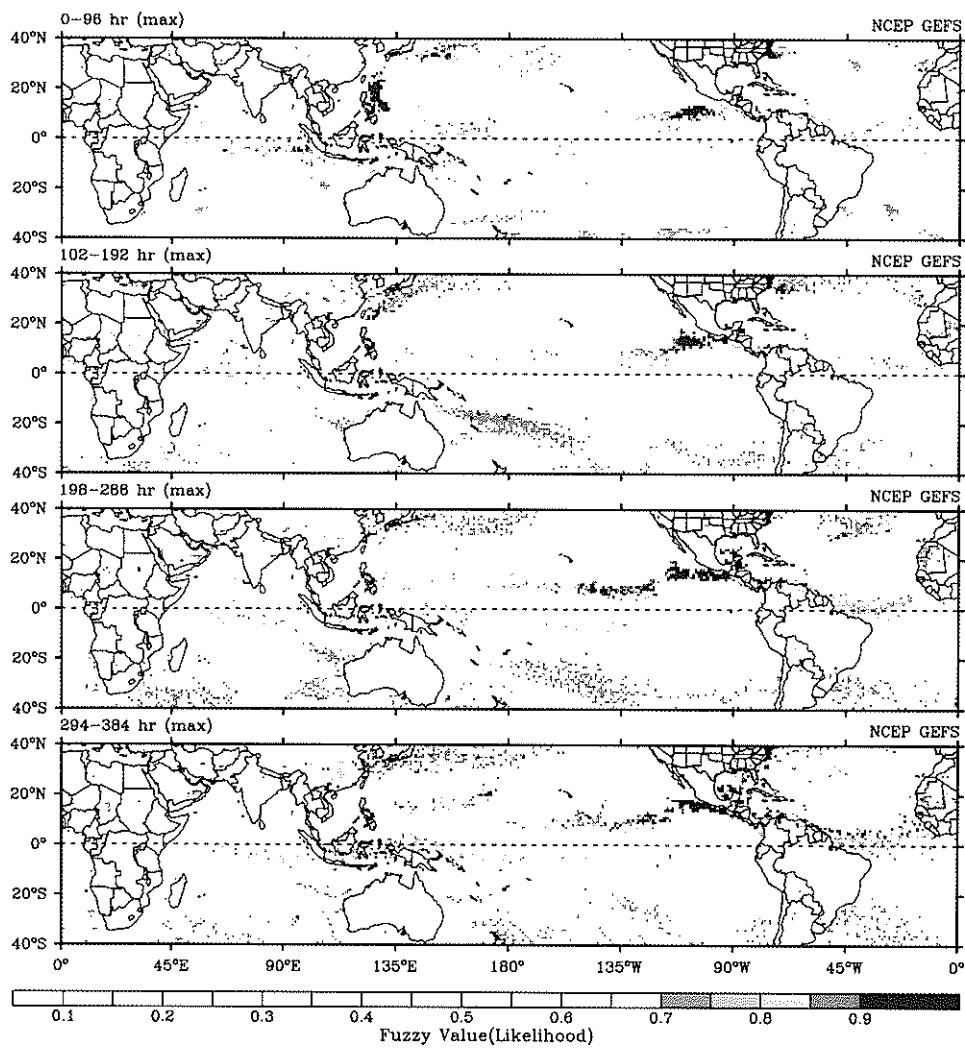


圖1. CWB TC Tracker應用於NCEP GEFS之範圍示意圖(2009年6月14日00UTC之TC fuzzy combined-likelihood map (TCFM))。