

中央氣象局颱風路徑機率預報的初步校驗

呂國臣 蔡孝忠

氣象預報中心

中央氣象局

摘要

中央氣象局2007年開始發佈西北太平洋地區未來72小時內颱風中心附近120公里以內通過機率之測試產品，以及台灣各主要城市的時序機率分佈值。此資訊主要呈現颱風預測位置不確定性的特徵，並藉此強化颱風來襲前的使用者啟動風險管理機制的參考。本研究將驗證此新產品的可信度及其對台灣主要城市預測值的變化。初步分析果顯示，中央氣象局發佈之預測之機率分佈特徵基本上可以反映出預報不確定的現象。機率值的可信度與時間分佈特徵皆可合理反映出事件取樣的空間範圍的特性。

關鍵字：颱風位置、機率預報

及每6小時累積機率的驗證分別於第3、4節討論，第5節為結論。

一、前言

天氣預報準確度受限於大氣混沌特徵、大氣量測資料不足以及對大氣變化過程瞭解有限等因素，使得天氣預測結果有其不確定性。以機率方式預測特定天氣事件，客觀的表現出預測的不確定，可提供使用者定量評估損益，和啟動應變機制時機的參考。

近年中央氣象局致力於改善颱風預報技術，對颱風路徑預報準確度有了明顯提升，平均距離誤差已有顯著降低（呂，2005）；近5年來第1至第3天之逐日誤差約分別減小為111公里、198公里及306公里。但是，預報仍具不準確性，且越長時間的預報，誤差越大。對於許多使用者來說，描述「預報不確定性程度」的資訊，對其決策研判具有一定程度之參考價值。決策者對於事件發生概率的了解程度越佳，越能顧及決策背後所需負擔的風險，亦越能提高其決策之合理性及正確性。

中央氣象局目前對短期天氣事件發佈之機率預報產品，有降雨事件和颱風位置兩種，前者起自1993年發佈降雨機率預報（呂和謝，2000），後者自2007年颱風季節開始，在其官方網頁（<http://www.cwb.gov.tw>）以測試方式發佈颱風中心72小時內可能通過區域120公里內的機率值，並針對全台各地22個主要城市發佈每6小時的累積機率。本研究的目的是校驗2007年通過台灣附近的颱風案例，比對和驗證中央氣象局發佈的機率預測值與實際發生與否的頻率。

本文第1節為前言，第2節為描述中央氣象局發佈颱風位置通過的機率產品特徵，有關預測0-72小時以

二、機率產品說明

中央氣象局之預報誤差機率估計方法參考Jarrell et al.(1978)所提出之算法，假設中央氣象局之颱風中心預報誤差分佈近似二變量常態分佈，利用2002至2006年中央氣象局發布之12/24/48/72小時颱風路徑預報資料，計算二變量常態分佈機率橢圓之各項參數，發展預報誤差之機率分佈模式（顧和呂，2006）。此外，定義120公里（約為十級風暴風半徑）為侵襲影響半徑，以計算某特定地區或是經緯度網格點之颱風侵襲機率值。在計算過程中，將12/24/48/72小時之颱風中心預報座標內插至每小時一筆，計算某特定地點之機率值時間累積，並配合貝氏定理的概念去除可能重疊的部分，以求得某段預報時間內之侵襲機率值。

為了量化路徑預報之不確定性資訊，以充實預報完整性，中央氣象局於2007年起在該局網頁提供颱風路徑預報之輔助產品。本產品是以機率的形式呈現，依據原發布之72小時颱風路徑潛勢預報（如圖1），估計未來72小時內以及每6小時的時段內，各地受到颱風中心120公里範圍通過的機率。機率值代表事件發生的機會，係由近年中央氣象局颱風路徑預報誤差之統計而得。使用者可藉由本產品得知：(1)事件發生之可能機率；(2)哪個時段最有可能發生該事件。

茲以2007年8月之聖帕颱風為例說明本產品。使用者可於路徑潛勢預報網頁中（圖1），點選“靜態”按鈕旁“路徑預報輔助產品測試網頁”之超連結，進入測試頁面。圖2為聖帕颱風於2007年8月16日20:00

(LST)起，72小時內颱風中心120公里範圍內進入當地之機率圖。由圖可知台灣地區之機率多為60~80%，僅有西北部及北部之機率略低，約為40~60%。另於本網頁之右半側採用“問題與回答”之方式，簡要說明產品之意義；亦可點選網頁上方之“說明”，閱讀詳細文件。

除此之外，使用者亦可點選網頁上方之“台灣”，檢閱台灣各主要地區之機率資訊。圖3之網頁右側即為8月16日20:00 (LST)起72小時內，聖帕颱風之中心120公里範圍通過台灣各地區機率值，其中以蘭嶼、綠島及台東的數值為最大。圖3網頁之左半側，可顯示各地於8月16日20:00 (LST)起每6小時之機率值。使用者可依需求於右側台灣地圖上點選欲檢視之主要地點，以更換左側顯示之該地點每6小時機率。由圖3左側可知，颱風中心120公里範圍通過蘭嶼的機率，大約在8月17日14:00至20:00 (LST)的時段達到最大，約為27%。

此機率形式之資訊可做為風險評估之指標，提供颱風防救災決策者參考，採取適當的防颱準備和因應決策。不過由於颱風對於各行各業之衝擊並不相同，防颱作為所需之時間及程度亦有所差異，因此使用者應依需求，針對不同機率值，採取對應之防範策略。

三、0-72小時累積機率

72小時以內颱風中心移入該地區120公里以內的機率值，係結合當時颱風預測路徑以及過去颱風路徑預報距離誤差特徵計算而得，機率累積算法和颱風移動速度與方向有關(顧與呂2006)。為比較其間差異，本研究分別以移速為5、15及25公里之西進及北進颱風類型，計算預測72小時內，每6小時颱風預測所在位置之對應機率值。結果顯示，在相同的預報時間，颱風移動速度越快，累積機率值越低(圖4)，例如相同是24小時的預測位置，時速為5公里者，機率值可達90%以上，而時速為25公里者，僅為63%左右。同時間同移速颱風的北進颱風的機率低於西進颱風，例如時速15公里颱風，同為48小時的預測位置，西進颱風機率值為58%，北進颱風為55%。顯示北進颱風的歷史個案背景誤差大於西進颱風個案。

機率預報值的可信度(reliability)為常應用於評估機率預報的一種指標，預報機率值與事件出現頻率值相當，表示預測機率可信度高。本研究分別取樣機率值1-10%、11-20%、21-30%等區間的樣本，計算樣本空間內實際發生的頻率。此資料可以表現出各個預報機率區間內出現的偏差，如果預報機率大於實際出現頻率，則表示有過度預報的現象，反之則為預報不足。圖5顯示，除了預報機率為5% (代表1-10%)和85% (代表81-90%)預報不足的現象，其餘皆是過度預報。過度預報現象由機率值為35%以上漸趨明顯，在65%時過度預報的現象最明顯，至75%則

又縮小為5%以下。此結果反映出在預測機率25%以下以及75%以上有較佳得可信度，可是在35%至65%則顯示預報機率過高的現象。以上分析顯示，機率值在50%左右的過度預報情形，此情形可能反映於事件發生採樣的定義，亦即以颱風中心範圍120公里以內之機率，和受限於預報誤差120公里的定義有關。

例如圖4預報機率70%的相對預報時間，其值約為30至36小時之預測時間(以平均時速為15公里代表)。顯示，在24小時以內預測機率(約大於70%以上)有較佳的可信度，在36小時的預測可信度則較低。分析2007年24、36及48小時颱風位置距離預測誤差分佈(圖6)顯示，三者誤差在120公里以內之比例分別為69%、55%和42%，表示預測時間在36小時以後之預報有近5成可能落在120公里範圍以外。換言之，在預報誤差小於120公里的範圍內，預報可信度較優，當預報誤差大於120公里，有過度預報的現象。

四、每6小時之累積機率

定時定點的預測困難度遠大於長時間和大範圍的預測，所以，相較於0-72小時預測機率，固定地點的每6小時固定時段的機率預測值較低。以2007年聖帕(Sepat)颱風為例，該颱風約在2007年8月17日2200UTC於台東花蓮一帶登陸。當聖帕颱風逐漸接近台灣東部期間，由基隆、花蓮以及恆春等地理位置分別位於台灣北、中、南之的預測機率值顯示，0-72小時累積機率有逐漸上升(圖7)每6小時累積機率亦隨颱風接近台灣陸地，各時段之最大機率值亦有上升的現象，由於颱風中心進入花蓮120公里範圍，因此花蓮之0-72小時以及0-6小時累積機率值於17日2100 UTC及18日0000UTC達100%。

就個別預報案例而言，每6小時的累積機率明顯小於0-72小時累積機率，以颱風中心逐漸接近台灣陸地前約24小時之17日0000UTC為例，當時預測基隆、花蓮以及恆春之0-72小時累積機率分別為66%、72%和66%，而每6小時最大累積機率分別為22%、29%和24%，個別出現的預測時段為24-30小時、18-24小時和18-24小時。此外，對固定城市而言，在單次預報中，0-72小時內每6小時最大累積機率出現時段，可以視為颱風中心最接近該處之時段。

由2007年台灣各主要城市每6小時預測時段內出現的最大機率值統計(圖8)顯示，定時定點的預報機率隨時間呈指數遞減，e-folding time約24小時。此結果亦顯示出，單考慮颱風中心120公里範圍通過地點之機率值，其預報機率遞減程度之e-folding time約為該預報時段之平均預報誤差，例如預測颱風24小時位置之平均距離誤差約為118公里(資料採樣期間為2002至2006年)，此值幾乎可視為與事件發生之定義範圍。換言之，預測機率隨預報時間增長成指數遞減的現象，不但可由本研究採用之數學方法獲

得，此特徵同時類似於實際預測資料驗證預報命中率的结果（Lu 2007）。

五、結論

本研究係採樣氣象局發佈之颱風路徑預報機率值，分析台灣各主要城市的機率分佈特徵，並校驗機率值的應驗頻率。結果顯示，機率值可以反映實際的颱風事件發生的頻率。0-72小時累積機率值在50%左右的可信度有過度預報的特徵，此特徵與事件的定義對於預報誤差值的範圍有關。每6小時累積機率值可以有效的反應颱風接近特定地點的時間點，其機率值隨預報時間的增長，呈指數下降的現象，可合理反映出定點定時的颱風中心位置預報不確定的特徵。

六、參考文獻

- 呂國臣，2005：2005年西北太平洋颱風路徑預報-各國預報評估及系集預報應用。《海峽兩岸災變天氣分析與預報研討會，論文彙編》，111-118。2005年11月24-25日，台北，台灣。
- 呂國臣和謝信良，2000：中央氣象局降雨機率預報校驗分析。《氣象學報》，第43卷第3期，17-28。
- 顧欣怡和呂國臣，2006：颱風侵襲機率之預報與分析。《天氣分析與預報研討會，論文彙編》，台北，4-6至4-11頁。
- Jarrell, J.D., S. Brand and D.S. Nicklin, 1978: An analysis of Western North Pacific tropical cyclone forecast errors. *Mon. Wea. Rev.*, 106, 925-937.
- Lu Kuo-Chen, 2007: A Study on Accuracy of Tropical Cyclone Position Forecast. *Conference on Weather Analysis and Forecasting 2007. Proceedings*, p259-261. May. 15-17. Acer Aspire Park, Longtan, Taoyuan County, Taiwan.

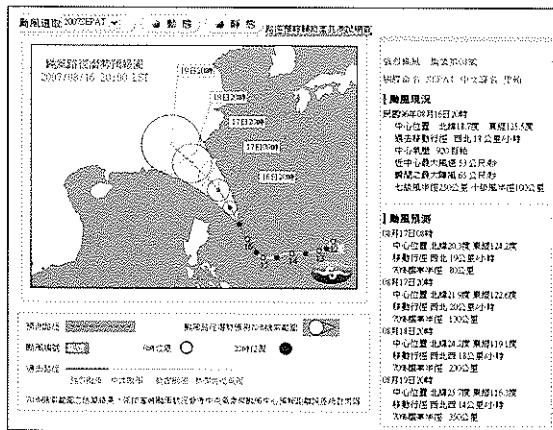


圖1. 2007年8月16日20:00 (LST) 聖帕颱風之路徑潛勢預報圖

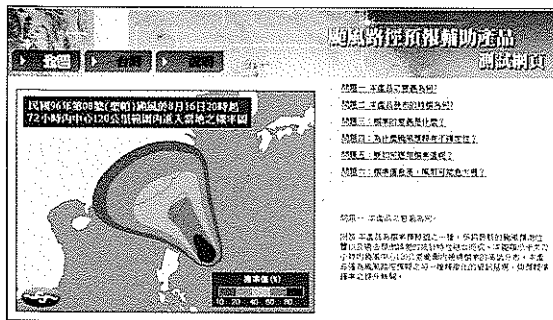


圖2. 2007年8月16日20:00 (LST) 起72小時內，聖帕颱風中心120公里範圍內進入各地之機率圖

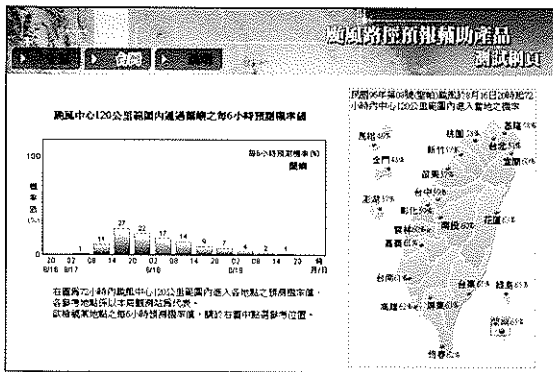


圖3. 2007年8月16日20:00 (LST) 起，聖帕颱風中心120公里範圍內進入蘭嶼之每6小時機率值時間序列

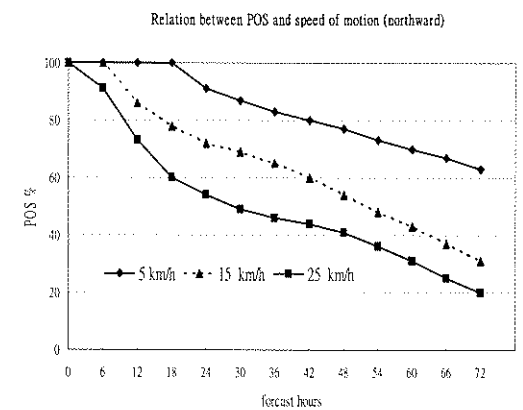
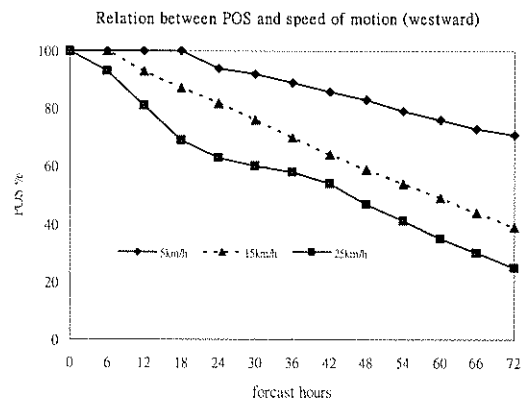


圖4. 西行颱風(上圖)與北行(下圖)颱風移動時速為5、15及25公里時，出現在每6小時預測點上之0-72小時內累積機率值。

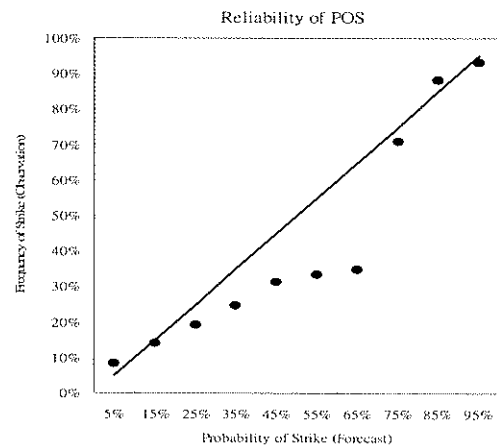


圖5. 2007年台灣總和22個主要城市0-72小時累積機率值與實際出現頻率值之對照圖，直線為完全可信值。

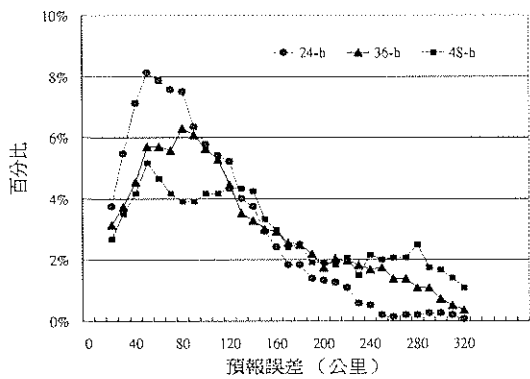


圖 6. 2007 年中央氣象局颱風路徑預報 24、36 及 48 小時平均預報誤差之每 10 公里預報誤差間距出現之頻率分佈圖。

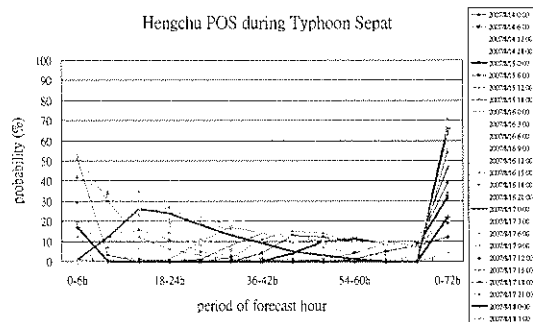


圖 7. 2007 年聖帕颱風侵襲台灣前段期間 (8 月 14 日 0000UTC 至 8 月 18 日 0300UTC) 氣象局逐報發佈之基隆 (上圖)、花蓮 (中圖) 及恆春 (下圖) 預測機率分佈圖, 圖中顯示 0-72 小時內每 6 小時區段之累積機率以及 0-72 小時累積機率值。

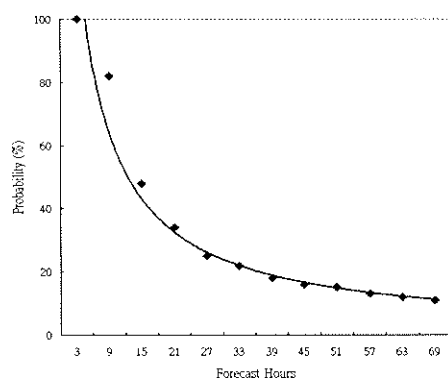
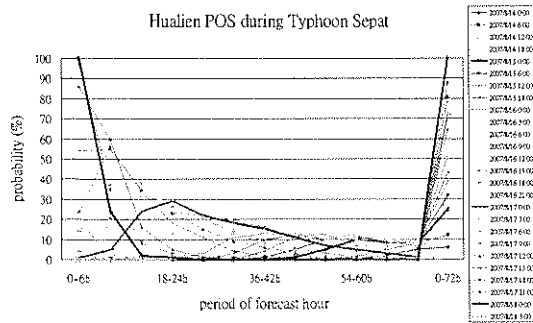
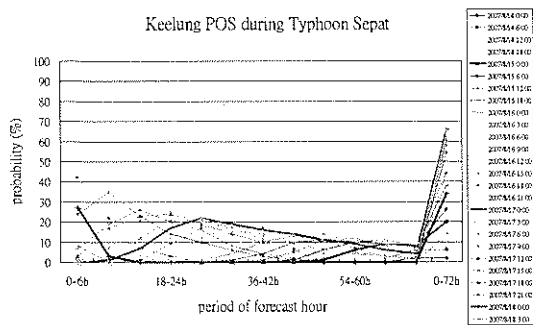


圖 8. 2007 年總和台灣 22 個主要城市在每 6 小時預報時時段內, 出現之最大機率值, 其中橫軸 3、6、等, 分別代表 0-6 小時、6-12 小時等。曲線為各時段資料求得之指數趨勢線。

