

ECMWF S2S 颱風展期預報評估

陳昀靖¹ 陳孟詩² 羅資婷³

預報中心¹ 第三組² 科技中心³

摘要

本文使用透過 ECMWF S2S 的預報資料並透過渦度、風速及暖心結構等客觀方法來辨識及追蹤數值模式中類似熱帶氣旋的系統，並評估到第4週模式對於颱風路徑的掌握程度。

本文將西北太平洋地區大致區分成南海、菲律賓東方及中太平洋三個區域，除了南海之外，其餘地區不論生成以及路徑預報在二週以內皆有預報參考價值。到了三週以後颱風生成預報仍稍具預報技術。顯示出模式預報到三四週後，仍有辦法預報出大尺度環境是否相對適合颱風發展。

關鍵字：S2S、TC Tracke

一.前言

近年來，因數值模式日益成熟模式之可預報度逐漸提升。世界各個氣象組織也開始推動整合型實驗計畫如 S2S(Subseasonal to Seasonal Prediction Project) 以及 SubX(Subseasonal Experiment)等。上述計畫以提前掌握次季節內(2-4週)之災變性天氣系統為主要目標之一。在災變性天氣之預報中，颱風預報為相當重要的一環，尤其颱風降雨又為台灣主要降水來源之一，因此若能及早得知颱風之生成數量及路徑預報等資訊，除了防災之外，也有助於水利單位對水資源進行控管。

本研究採用歐洲中期天氣預報中心(European Centre for Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF)之S2S計畫資料，搭配使用

Tsai et al.(2011)發展之熱帶氣旋偵測程式，透過暖心低壓結構以及風速等限制，自動且客觀得判別出模式預報之颱風生成與路徑，並提供颱風生成以及路徑之機率預報。

本研究針對西北太平洋地區之颱風季評估模式1-4週颱風生成及路徑預報表現。藉以

了解模式預報颱風之能力及極限所在，作為颱風預報之參考。

二、資料來源和研究方法

1. 使用資料

本研究針對2015年至2017年颱風季(5月-10月)西北太平洋地區之颱風預報表現進行評估。本研究使用ECMWF之S2S計畫模式，其解析度為 $1.5^{\circ} \times 1.5^{\circ}$ ，於每週一及週四進行預報，預報46天，輸出時間間隔為24小時。此外此模式包含Control Run以及50個系集成員。最後，本研究使用之UINSYS颱風路徑資料作為校驗比對之路徑資料。

2. 熱帶氣旋偵測方法

本研究參考Tsai et al.(2011)發展之熱帶氣旋偵測方法，主要分為兩大步驟

一. 熱帶氣旋定義

1. 850hPa相對渦度 $\geq 5 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$
2. 近地面風速 $\geq 10 \text{ m/s}$
3. 300hPa氣溫距平 > 0

4. 300hPa氣溫距平 > 850hPa氣溫距平
5. 850hPa渦流動能 > 300hPa渦流動能
6. 符合1-4點之兩個案之間距離 < 11.3度
7. 生命期 > 1天以上

符合上述所有條件，及定義為颱風個案。

二. 路徑追蹤

1. 在個案中找出最低海平面氣壓定為成熟期。
2. 以成熟期為中心，向前向後追蹤，若渦度 < $3 \times 10^{-5} s^{-1}$ 及停止搜尋。
3. 為避免颱風變性成為溫帶氣旋，當連續兩個點之300hPa氣溫標準差 > 1.5，或者緯度大於40度時即停止搜尋。

三、模式表現分析

1. 校驗方法

Reliability diagram

Reliability用來診斷機率預報之可信度，舉例來說，若預報發生之機率為80%的次數有100次，那這100次的預報中實際發生的機率是否接近80次。如圖(1)所示，橫軸為預報機率，縱軸為觀測機率，黑色對角線為完美的機率預報，若為紅線代表實際發生的機率比預報還高，代表模式低估其發生的機率，反之藍線則為高估。

ROC 曲線 (Receiver Operating Characteristic Curve)及 ROC 曲線下面積 (Area Under the Curve of ROC,AUC)

將每一次預報之機率，給定不同門檻值後，即可對不同門檻值建立二維列聯表。

| | | |
|-----------|--------------------|--------------------------|
| Fc Obs | yes | no |
| yes | h (hit) | m (miss) |
| no | f (false alarm) | c (correct rejection) |

其中，Hit rate = $h / (h+m)$ ；

$$\text{False alarm rate} = f / (f+c)$$

不同的門檻值會得到不同的 Hit rate 以及 False alarm rate，即可繪出 ROC 曲線。利用梯形法可計算其面積即為 AUC。當 AUC 等於 1 時及為完美預報，AUC 大於 0.7 代表此預報模式具有良好的區辨能力。

Performance diagram

如圖(2)，橫軸為 Success Ratio，縱軸為 POD(Probability of Detection)，其式如下：

$$\text{POD} = h / (h + m)$$

$$\text{Success Ratio} = 1 - \text{FAR}$$

$$\text{其中，FAR} = f / (h + f)$$

POD 越高預報能掌握住大部分觀測有發生的事件，而 Success Ratio 越高代表預報的假警報越少。而圖中的綠線為 TS(Threat score)，橘線代表 Bias。若當預報結果出現在圖的左上角時，代表雖然能掌握住大多數觀測有發生的事件，但也有過多的假警報，整體來說有過度預報的情形。反之，若預報結果出現在右下角時，代表雖然出現假警報的次數較少，但卻漏掉許多觀測有發生的事件，因此有低估的情形。當預報結果出現在右上角時，代表此預報結果能掌握多數觀測有發生的事件且鮮少有假警報的情況，因此當預報結果越靠近右上角代表預報表現越佳。

2.預報表現

本研究將整個西北太平洋又區分為三個部分進行校驗如圖(3)，比較哪個區域表現最佳。首先，圖(4)為以20170720為初始場預報至第二週之路徑結果及對應時間之觀測路徑資料。由圖可知，雖然誤差較大，但模式仍有機會抓到第二週以上之颱風。

本研究分別對機率預報以及二元式預報進行較驗。將機率式預報轉成二元式預報時需篩選出最佳機率門檻。為了盡可能增加POD也為了要避免太嚴重的過度預報，在此選用Bias

趨近於1.3。也就是說，以此方法篩選出之機率門檻會使預報有颱風的次數比真實觀測多0.3倍。

首先，討論整個西北太平洋地區之預報表現，圖(5)為整個西北太平洋地區之Reliability、ROC以及Performance diagram。其結果顯示出1至4週之Reliability都很好的表現，由ROC曲線下面積可看出第一週表現明顯較佳，而二到四週則緩慢遞減。圖(6)為整個西北太平洋地區之Performance Diagram。由圖可知從第一週至第二週以及第二至第三週預報表現有明顯差異，而第三及第四週則無明顯差別。其中第一週POD可達0.7以上，TS也有0.4以上，到了第二週TS仍有0.3以上的表現，這代表到了第二週仍有不錯的預報表現。到了第三及第四週TS約在0.2附近，也稍微具有參考價值。

接著分三區進行校驗，圖(7)代表分別代表這三區的Reliability以及ROC曲線，而圖(8)代表這三區的Performance diagram。在菲律賓東方海域，不論 Reliability 以及 Performance diagram 都有最好的表現，其一到四週之 Reliability 都貼近黑色斜線，且到了第四週TS都還接近0.2。而南海區域表現最差，且在預報較高機率有明顯過度預報的情形。此外，只有第一週TS達0.2以上，顯示出此區域之颱風可預報度只達第一週。而在接近中太平洋的區域，直到第二週TS都還有0.2以上，但到了第三第四週明顯衰退，顯示此區域到了第三週後便無預報參考價值。

四、結論

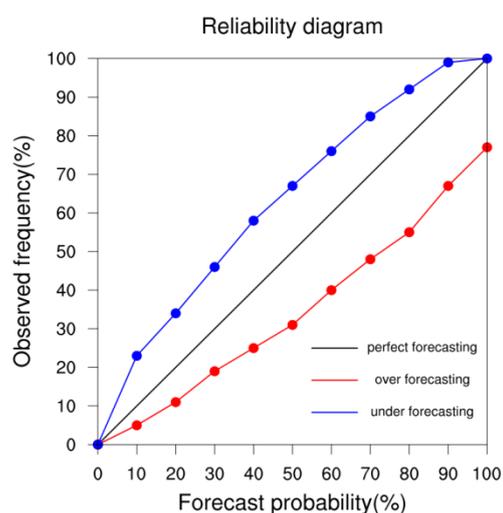
本研究評估EC S2S模式對於1-4週颱風活動之預報表現。整體來說，模式對於颱風活動之預報在第一週最好，過了第一週後雖有明顯

衰退，到了第三第四週仍稍具有預報參考價值。

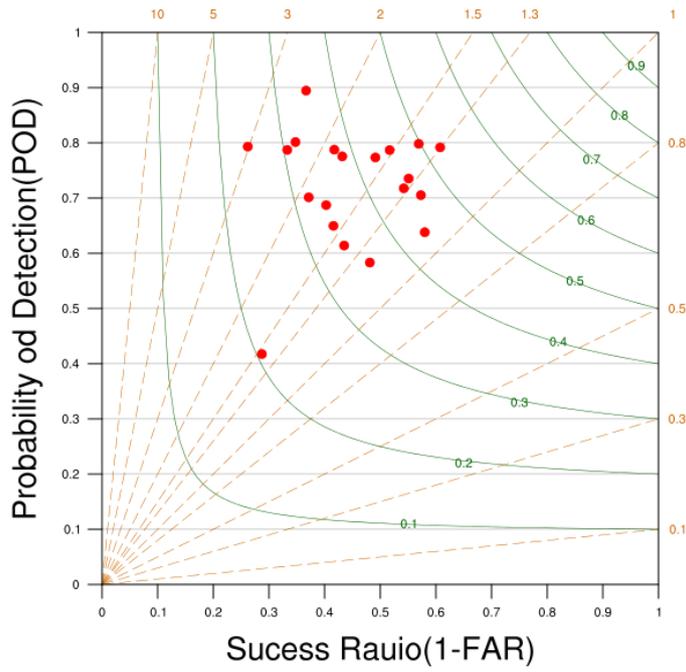
分區域校驗後，雖在南海以及中太平這兩個區域表現較不佳，但在菲律賓東方海域有相當不錯的預報表現，而此區域是颱風活動最活躍也是最容易影響台灣的區域，因此此模式對於台灣之颱風預報能提供有幫助的資訊。

五、參考文獻

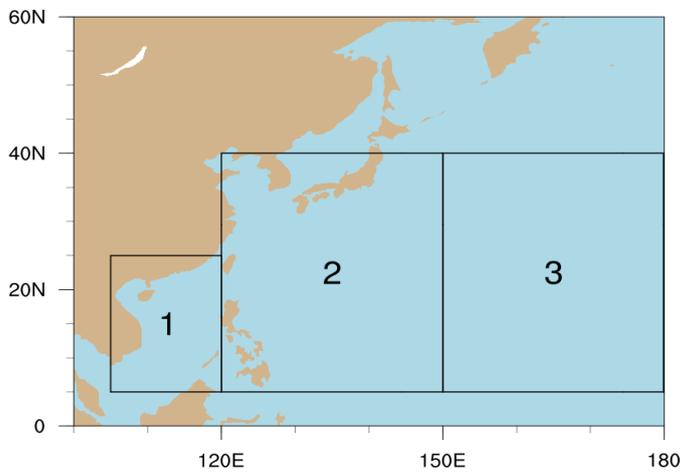
Tsai, H.-C., K.-C. Lu, R. L. Elsberry, M.-M. Lu, and C.-H. Sui, 2011: Tropical cyclone-like vortices detection in the NCEP 16-day ensemble system over the western North Pacific in 2008: Application and forecast evaluation. *Wea. Forecasting*, 26, 77–93.



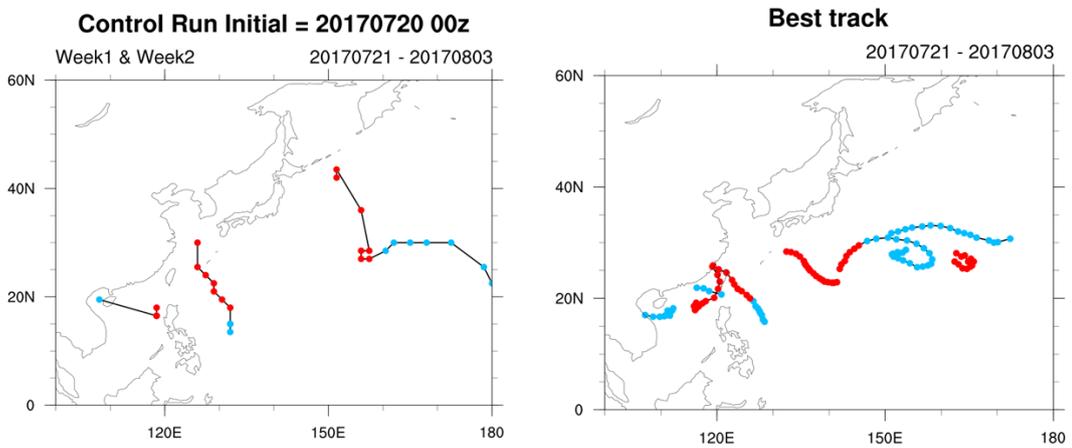
圖(1). Reliability diagram範例，黑色為完美預報，紅線為過度預報，藍線則為低估。



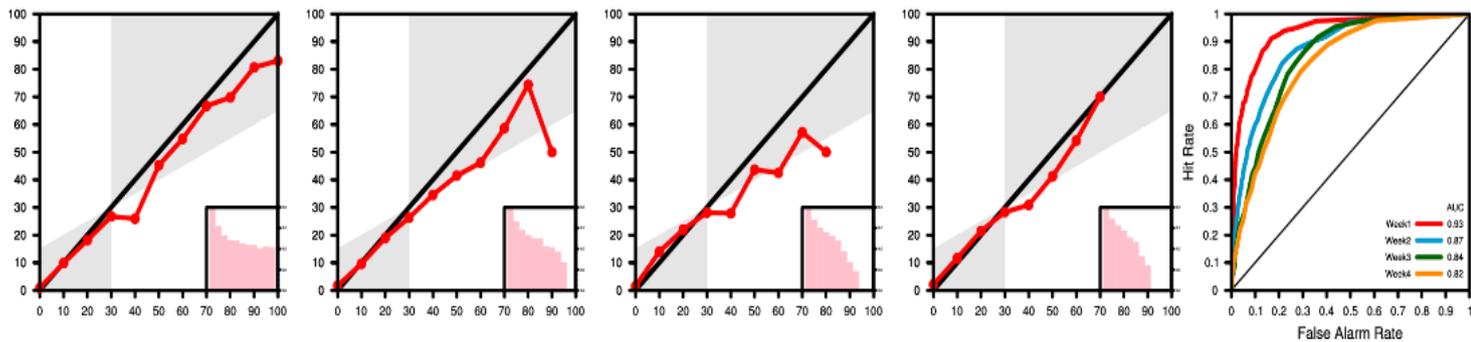
圖(2). Performance diagram範例，橫軸為POD縱軸為SR，綠線為TS，橘線為Bias。若紅點越接近右上角代表預報表現越佳。



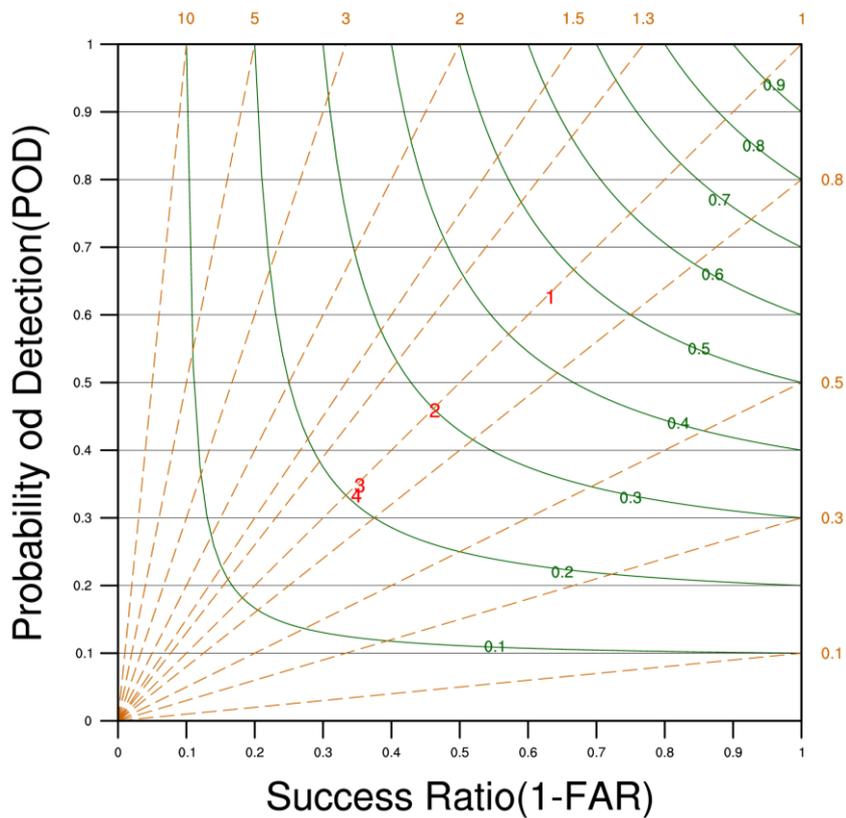
圖(3). 颱風分區示意圖。



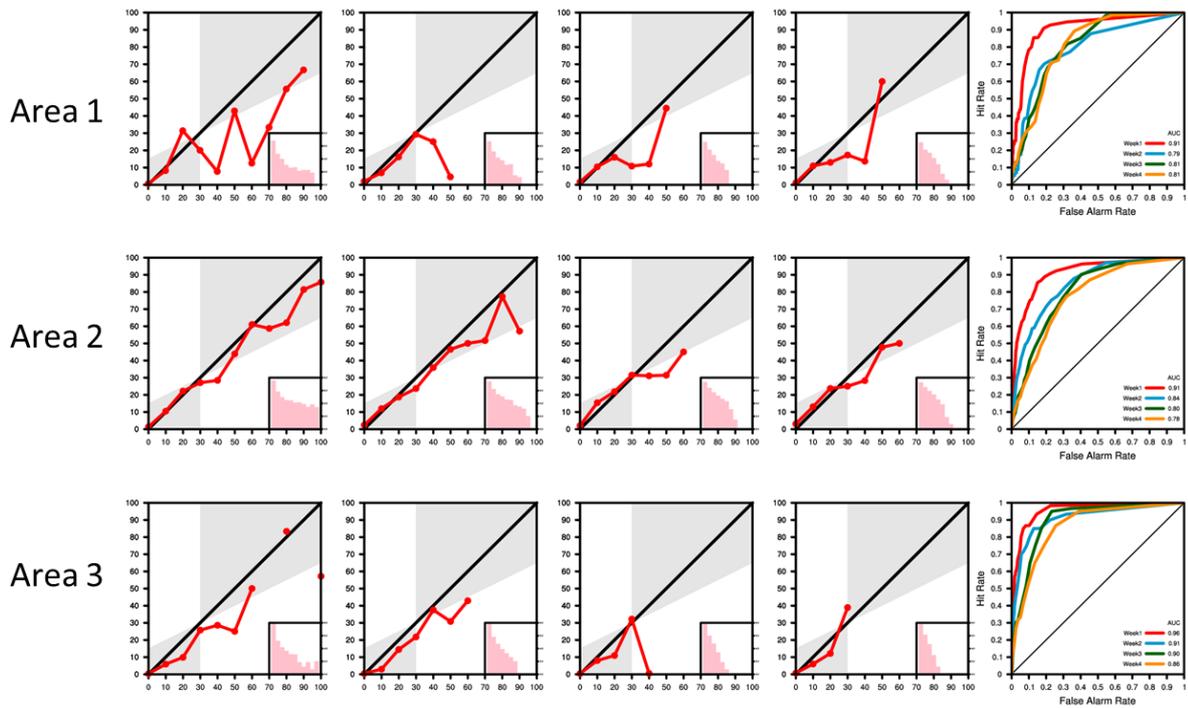
圖(4). 以20170720 00Z為初始場之Control Run預報2週後之颱風路徑以及對應時間之觀測路徑。



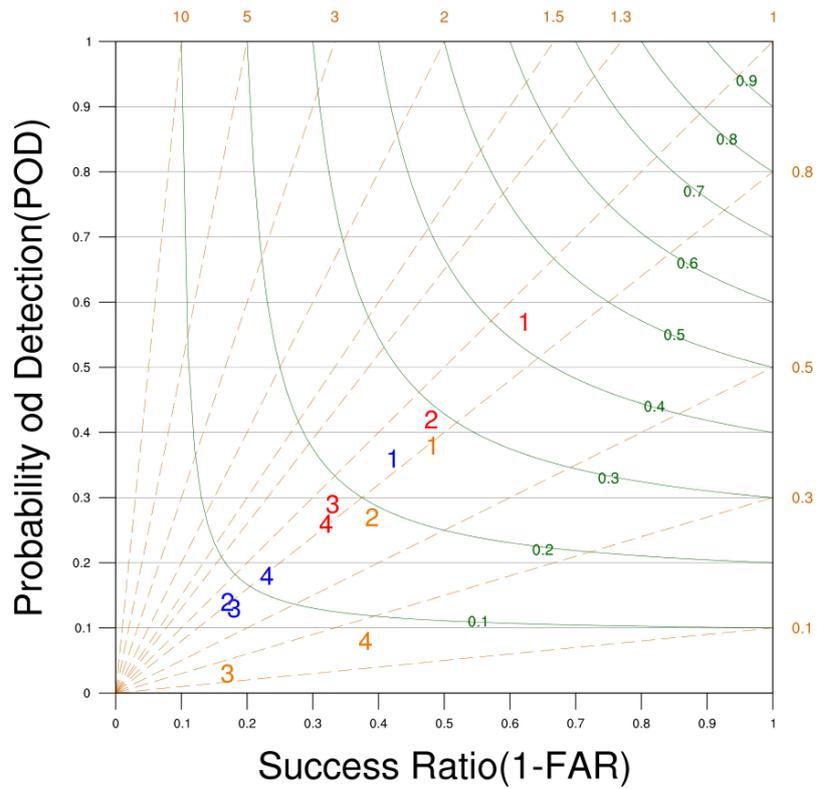
圖(5). 西北太平洋地區預報第一道四週之颱風侵襲機率之Reliability以及ROC曲線。由左至右分別為第一至第四週之Reliability，最後一張則為ROC曲線。



圖(6). 西北太平洋地區颱風侵襲預報之Performance diagram。其中數字分別代表第一至第四週之預報表現。



圖(7).同圖(5)，但分別為三個區域之Reliability以及ROC曲線。



圖(8). 三個區域之Performance diagram預報表現。其中數字代表預報第1至4週之表現。藍字代表區域1之表現，紅字代表區域2而橘字代表區域3。