

1-4 週颱風系集預報評估與比較

蔡孝忠¹ 羅資婷² 陳孟詩² 陳昀靖²

¹淡江大學水資源及環境工程學系

²中央氣象局氣象科技研究中心

摘 要

本研究評估未來1-4週之颱風預報技術。主要採用2種全球系集模式之歷史再預報資料(reforecast)：(1)美國NCEP GEFS之35天系集預報模式(SubX版本；簡稱GEFS-SubX)；(2)歐洲ECMWF之45天系集預報模式(簡稱ECEPS)。本研究採用中央氣象局之熱帶氣旋偵測程式(簡稱CWB TC Tracker；Tsai et al. 2011)，進行1-4週之熱帶氣旋自動偵測。CWB TC Tracker已於中央氣象局實際應用於多個系集模式之熱帶氣旋自動偵測，以監測未來1-4週之熱帶氣旋活動狀況，協助預報員評估颱風可能形成區域、路徑影響區域...等颱風展期(extended-range)預報資訊。

初步評估結果顯示，相較於GEFS-SubX歷史再預報，ECEPS之ROC(receiver operating characteristic curve)曲線較佳，AUC(Area Under Curve)高出8-10%。整體而言，ECEPS於一、二週之POD(Probability of Detection)及TS(Threat Score)較高；兩模式於第三、四週之各項指標差異則較小。模式在第三、四週之POD雖仍可維持63-68%，但是誤報率也較高。本研究亦評估大尺度環境場(例如：ENSO與MJO)與熱帶氣旋預報技術的關聯性，將於會議中報告詳細評估結果。

關鍵字：颱風、展期預報、歷史再預報

Evolutions and Comparisons of Typhoon Ensemble Forecasts in Weeks 1-4

Hsiao-Chung Tsai¹ Tzu-Ting Lo² Meng-Shih Chen² Yun-Jing Chen²

¹Tamkang University, Taiwan

²Central Weather Bureau

In this study, the skills of week 1-4 western North Pacific tropical cyclone (TC) forecasts are investigated by using two long-term reforecast datasets: (1) SubX version of the NCEP GEFS (GEFS-SubX) and (2) ECMWF 45-day ensemble prediction system (ECEPS). CWB TC Tracker (Tsai et al. 2011) system is used to objectively detect TCs in the GEFS-SubX and ECEPS reforecasts. This system has been applied at Central Weather Bureau to assist the forecasters in monitoring TC formations and tracks in multiple global extended-range forecast models.

Preliminary results show that the AUCs (Area Under Curves) of the ECEPS reforecasts are 8-10% higher than those of the GEFS-SubX. Overall, the ECEPS reforecasts have higher POD (Probability of Detection) and TS (Threat Score) in weeks 1-2. In weeks 3 and 4, the difference between two reforecast datasets are not significant. The PODs in weeks 3-4 could still remain 63-68% for both models. However, the false alarms are also higher. The relationships between the TC predictabilities and the large-scale environment (i.e., ENSO and MJO) are also investigated in this study. Further details about the evaluation results will be presented in the meeting.

Key words: Typhoon, Extended-Range Forecast, Reforecast

一、研究資料

本研究評估未來1-4週之颱風預報技術。主要採用2種全球系集模式之歷史再預報資料(reeforecast)：(1)美國NCEP GEFS之35天系集預報模式(SubX版本；簡稱GEFS-SubX)；(2)歐洲ECMWF之45天系集預報模式(簡稱ECEPS)。

SubX計畫(Subseasonal Experiment)係由NOAA Climate Testbed主導，計畫細節及模式相關資訊請參考<http://cola.gmu.edu/kpegon/subx/data/modelinfo.html>及<http://cola.gmu.edu/kpegon/subx/data/descr.html>。

本研究採用之GEFS-SubX為NCEP EMC(Environmental Modelling Center)針對SubX計畫提供的1999-2016年再預報資料：

1. 模式原始解析度：T574(~33km)L64 for 0-8 day 及 T382 (~55km) for 8-35 day。
2. 模式輸出之水平解析度：1°×1°經緯度網格。
3. 系集成員：11個系集成員。
4. 歷史再預報之產製頻率：每週三之00 UTC提供1次歷史再預報。
5. 預報長度：35天。
6. 涵蓋日期：1999/01/06-2016/12/28。

本研究透過與中央氣象局的計畫合作，取得ECEPS即時預報及歷史再預報資料。ECEPS系集預報模式之相關基本資訊如下：

1. 模式原始解析度：前10天為TL639L91，10天後之預報解析度降低為TL319L91。
2. 模式輸出水平解析度：0.8°×0.8°經緯度網格。
3. 系集成員數量：11個系集成員。
4. 預報長度及產製頻率：每週一、四提供即時預報及歷史再預報資料。
5. 預報長度：32天。
6. 涵蓋日期：
(a)即時預報之起始時間：2019年1月3日至12月30日。
(b)歷史再預報資料：提供過去20年於相同32天預報時段的歷史再預報資料。

ECEPS系集模式相關細節，請見：<https://www.ecmwf.int/en/forecasts/documentation-and-support/extended-range-forecasts/ecmwf-monthly-forecasting-system>。

其中，GEFS-SubX歷史再資料是預先產生的，研究人員可提前分析模式之預報技術及特徵，但後續應用可能會因模式更新而受到影響。相較之下，ECEPS的歷史再預報是即時產生的，系統在完成最新的即時預報之後，隨即產製過去20年於相同時段的系集預報，因此不會受到模式更新的影響。

二、研究方法

本研究採用中央氣象局之熱帶氣旋偵測程式(簡稱CWB TC Tracker；Tsai et al. 2011)，進行1-4週之熱帶氣旋自動偵測。CWB TC Tracker已於中央氣象局實際應用於多個系集模式之熱帶氣旋自動偵測，以監測未來1-4週之熱帶氣旋活動狀況，協助預報員評估颱風可能形成區域、路徑影響區域...等颱風展期(extended-range)預報資訊。

在預報技術校驗的部分，以10°×10°為一單位網格，計算颱風侵襲機率，並採用以下三種評估方法評估模式預報技術：(a)可靠度分析圖(Reliability Diagram；RD)；(b)ROC曲線(Receiver Operating Characteristic Curve)；(c)Performance Diagram(PD)。本研究亦評估大尺度環境場(例如：聖嬰現象與Madden-Julian Oscillation)與熱帶氣旋預報技術的關聯性。

由於GEFS-SubX提供之變數層場較少，因此後續預報技術評估，僅採用CWB TC Tracker之Basic Criteria熱帶氣旋偵測結果；ECEPS則可同時提供All Criteria及Basic Criteria之結果。

三、預報評估之初步結論

GEFS-SubX與ECEPS於1-4週颱風侵襲機率RD圖請見圖1及2。由RD圖之比較可知，兩模式之颱風侵襲機率預報技術相似，且皆具有高估現象(over-forecasting)。其中，ECEPS之高估狀況較GEFS-SubX低，但ECEPS之年際差異較大。整體而言，兩模式於Week-1預報約高估25%左右，Weeks 2-4高估範圍在50%-65%左右，顯示模式可能產生較多熱帶氣旋，因此校驗時會出現較多誤報(false alarm)。此外，GEFS-SubX於0%的區間有略為低估的現象，平均約低估5%，ECEPS則較無明顯低估。

由ROC曲線之分析結果可知(圖3及圖4)，ECEPS(GEFS-SubX)之Week-1之AUC為0.86(0.77)，Week-2之AUC為0.77(0.74)，Week-3之AUC為0.79(0.71)，Week-4之AUC為0.80(0.70)。整體而言，ECEPS之AUC較GEFS高出8-13%

利用Youden's Index(Youden 1950)求取最佳操作門檻值，將機率預報轉換為二元式預報(yes/no)，並繪製Performance Diagram，結果請見圖5及圖6。由圖5可知，除了Week-1之外，GEFS-SubX於Weeks 2-4之POD(Probability of Detection)、SR(Success Ratio)、Bias及TS(Threat Score)皆無明顯差異。由圖6可知，採用All Criteria之ECEPS預報，雖然其POD較低，但SR、Bias及TS皆較高於Basic Criteria之偵測結果。

整體而言，ECEPS於Weeks 1-2之POD、TS及SR較高；兩模式在Weeks 3-4之各項指標差異則較小。此外，模式在第三、四週之POD雖仍可維持63-68%，但是誤報率也較高。

本研究之預報技術評估結果可做為未來預報應用之參考。然而，Youden's Index僅考慮POD及TNR(True Negative Rate)；TS值沒有考慮正確否定(correct negative)的數量，因此較保守的預報

可能會具有較高的TS值。建議預報人員可視預報策略的不同，再選用適合的預報指標做為最佳機率操作門檻。

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.

Youden, W. J., 1950: Index for rating diagnostic tests. *Cancer*, 3(1), 32-35.

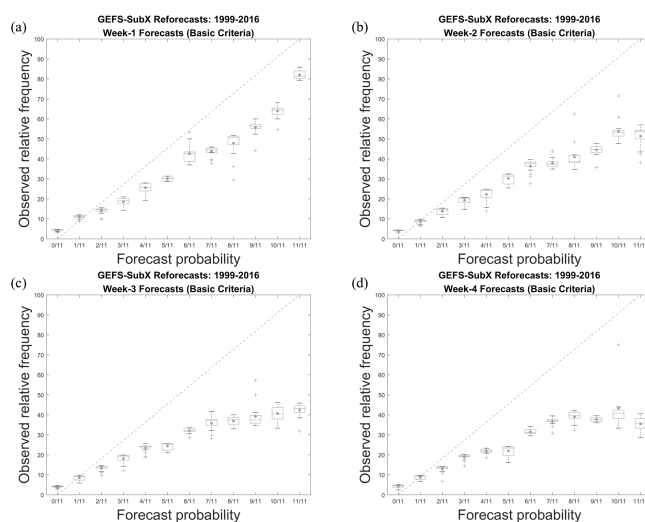


圖 1. GEFS-SubX 歷史再預報之颱風侵襲機率 Reliability Diagram。

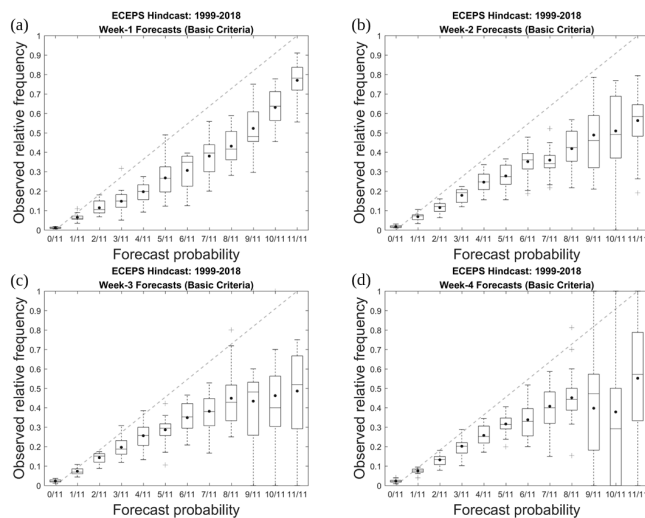


圖 2. ECEPS 歷史再預報之颱風侵襲機率 Reliability Diagram。

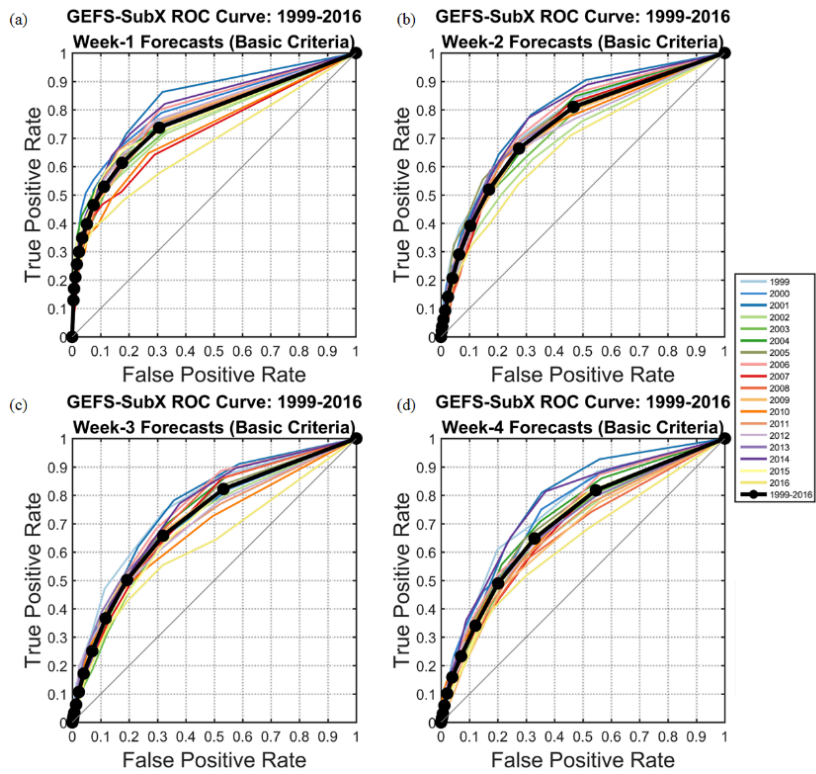


圖 3. GEFS-SubX 歷史再預報之颱風侵襲機率 ROC 圖。

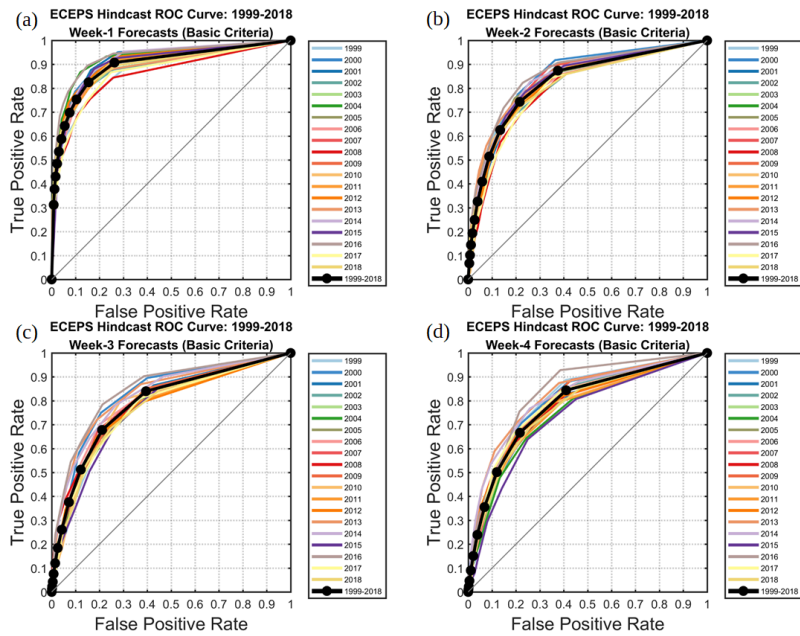


圖 4. ECEPS 歷史再預報之颱風侵襲機率 ROC 圖。

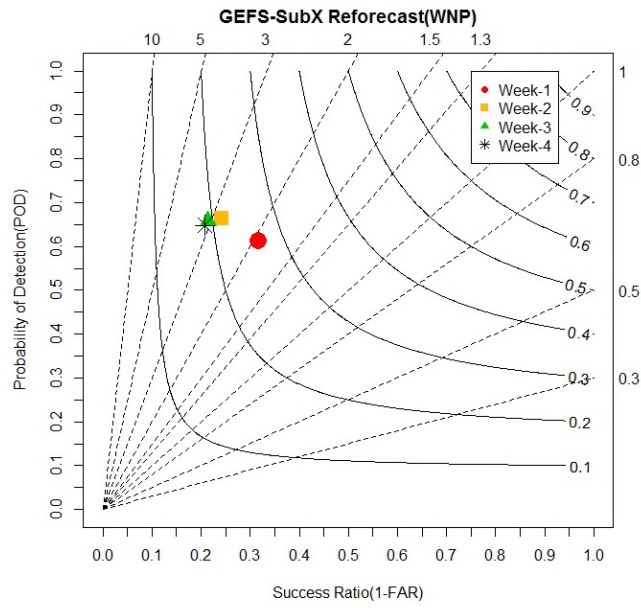


圖 5. GEFS-SubX 歷史再預報之颱風預報 Performance Diagram。

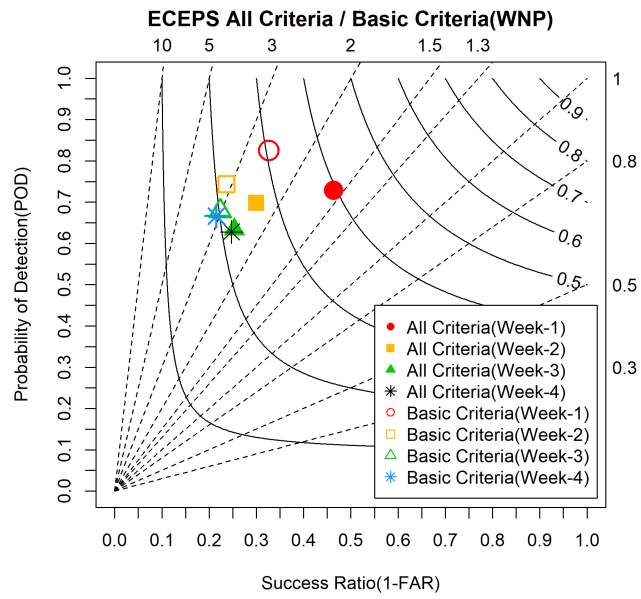


圖 6. ECEPS 歷史再預報之颱風預報 Performance Diagram。