

# 中央氣象局最佳化海溫預報系統之校驗

童雅卿

中央氣象局

## 摘要

中央氣象局目前發展最佳化海溫預報系統 (OPGSST) 於每個月中旬預報未來八個月的全球海溫。這套系統利用多重變數線性回歸將4組統計預報模式及2組中間海氣耦合模式的預報海溫整合出一組最佳化的海溫預報，提供下游氣候模式使用。

4組統計預報模式除了Persistence為統計持續法，另外3組統計模式均採用SVD (singular value decomposition) 方法但使用不同的預報因子來預報全球海溫。這些預報因子分別為NINO地區海溫、菲律賓附近的海平面氣壓及ocean heat content。中間海氣耦合模式為動力預報模式，但只預報赤道太平洋地區的海溫，二組海溫預報 (ICM2a、ICM2b) 的差異在於資料同化處理時，觀測資料與預報資料所使用的權重不同。

此套海溫預報系統針對西元1981年至今每個進行8個月海溫預報，於hindcast mode (西元1981年1月至2005年12月) 之個案統計模式採用3個月running mean的觀測海溫當初始資料用cross validation方法來預報。對於2006年1月至今的個案為forecast mode，統計模式的初始場為當月與上個月海溫權重平均場。

由於赤道太平洋地區海溫變化影響全球氣候甚鉅，本文主要針對OPGSST與個別的模式對赤道太平洋地區 (NINO3.4) 的海溫預報進行校驗，以了解各模式的表現，做為未來模式改進之基礎。校驗結果顯示即使是相同模式在不同的季節，其表現也差異甚大。於hindcast mode之個案中以OPGSST及3個SVD統計模式的表現最佳，但在forecast mode的校驗中卻以ICM2a表現最好。

## 一、前言

近年來全球暖化，氣候變化影響民生甚鉅，因此氣候預報成為重要的氣象議題。氣象局最近幾年來也積極發展本局的氣候模式預報系統，全球海溫變化之預報即為其中重要的一環。對於海溫預報，中央氣象局目前發展最佳化海溫預報系統 (OPGSST) 來預報全球未來八個月的海溫。這套系統利用多重變數線性回歸方法將4組統計預報模式 (NINO6f1、Ps1p3f1、TPOHC、Persistence) 及2組中間海氣耦合模式 (ICM2a、ICM2b) 的預報海溫整合出一組最佳化的海溫預報，提供下游大氣氣候模式及降尺度統計報系統使用。Weng (2006) 已介紹此套系統並說明統計模式各個子模式預報因子之選取原因，更針對模式對西元1981年至2003年之個案事後預報成果進行校驗，校驗結果顯示統計模式有較佳的預報能力，動力模式則較不理想，TPOHC模式可改善「春季障礙」的問題。

由於此系統目前已進入作業性測試，每個月均會對全球海溫進行8個月的海溫預報。本文主要是針對此系統之最近2年作業性的海溫預報進行校驗，校驗結果可以做為未來預報資料之使用與模式改進的基礎。

## 二、模式簡介

此最佳化海溫預報系統包含4組統計模式其中除了Persistence為統計持續法，另外3組統計模式均採用SVD (singular value decomposition) 方法但使用不同的預報因子來預報全球海溫。NINO6f1模式採用NINO index；Ps1p3f1模式採用菲律賓附近的海平面氣壓；THOHC模式則採用ocean heat content。當預報因子。另外兩組動力模式海溫預報 (ICM2a、ICM2b) 均是採用Kang and Kug (2000) 所發展Modified Cane-Zebiak模式。這是一個中間海氣耦合模式，其大氣的部分是統計大氣模式，海洋的部份則是相當簡化的海洋模式。此二組動力模式目前只預報赤道太平洋地區的海溫。而這二組預報資料的差異來自於資料同化處理時，觀測資料與預報資料所使用的權重不同，造成初始場資料的不同。ICM2a使用觀測的風場當初始資料；ICM2b在資料同化時初始風場則是觀測風場與預報風場的組合。

此系統針對西元1981年至今的每個月個案進行預報。對統計模式而言，西元1981年1月至2005年11月為事後預報，所用的初始場為3個月的平均觀測場；從2005年12月至今為作業性預報，其初始場由當

月與前一個月觀測海溫權重平均而來。對動力模式而言不同時間的預報，初始場的處理並無差別。

此系統所使用的觀測資料包括NCEP Reanalysis 2的海平面氣壓及925百帕的風場、OISST version 2的海溫資料及澳洲BMRC的次表面海水溫度。

目前每月中旬定期進行海溫預報。整個預報系統約需10分鐘的執行時間。模式的海溫預報均展示在科技中心之氣候網站。

### 三、模式校驗結果

由於全球海溫之最大變異在赤道太平洋上，其聖嬰與反聖嬰現象影響全球氣候最大，而聖嬰與反聖嬰現象之研判，一般以NINO3.4地區之平均海溫為指標。因此本文以赤道太平洋NINO3.4地區的平均海溫變化作為主要的校驗對象，來探討各個模式對此海溫預報的能力。

對於事後預報個案（西元1981年1月至西元2005年11月），在此依不同月份計算NINO3.4的平均海溫與觀測海溫的時間相關係數，如圖1所示。圖中顯示OPGSST和各個子模式在不同季節的模式的預報能力相差甚多。用7月和10月觀測海溫當初始場開始的預報對於冬季海溫的預報甚佳，但用1月和4月的預報對於春夏季海溫的掌握能力尚不理想，此可能與所謂的「春季障礙」(spring barrier)有關。Ninop6f7和TPOHC模式在四月起始的預報仍可維持較佳的預報能力，和Weng(2005)提到TPOHC模式可以改善spring barrier的問題一致。若就同一月份不同模式之間的比較，以OPGSST模式和3個SVD統計模式較佳；動力模式ICM2a則較差，特別是四月份的預報。

若將各個模式的預報結果與ENSO Clipper統計方法相比較，圖2為西元1995年至2005年模式預報與觀測就NINO3.4區的root mean square error(RMSE)橫軸為所預報的季節，由此圖中可以發現對於預報第一季大部分模式均優於ENSO Clipper。隨著預報時間增長，3個SVD統計模式和OPGSST模式的誤差和ENSO Cliper相當，但是動力模式與統計持續法的誤差逐漸變大，主要誤差還是來自4-6月起始的預報，仍可能是spring barrier 的問題。

對於西元2006年以後的forecast mode的表現，由於只作業2年，個案數不多，因此暫不考慮季節因素，將所有個案合在一起校驗。圖3為OPGSST模式2006年1月至2008年5月每個月的預報的lead1-lead8海溫與觀測資料在NINO3.4區的平均海溫隨時間的變化圖。左上角的數字為二者的相關係數與RMSE。由此圖中可以發現在實際上在西元2006年冬季有暖海溫異常，但其強度不強，持續時間不夠久，不算是個聖嬰現象，此暖海溫異常在2007年2月即迅速衰退成冷海溫異常，並在冬季形成一個很強的La Nina事件。對

此海溫變化，OPGSST的預報能力隨這預報時間增長而降低，與觀測資料的相關係數在第5個月預報仍可大於0.6，但其最大震幅的預報隨預報時間拉長明顯偏弱。圖4為OPGSST模式每個個案(細線)對NINO3.4的預報海溫，黑色實線為所對應的觀測海溫。OPGSST對於西元2006年底暖海溫異常的強度預報得不甚理想，但是自西元2007年9月以後的個案預報對於2007年底的反聖嬰現象的發展和減弱趨勢掌握的相當不錯。

同樣方式來校驗各個子模式(如圖5所示)，對於3個SVD統計模式(Ps1p3f1、Nninop6f7和TPOHC)中以TPOHC模式之預報最佳，其對2006年底暖海溫異常的發展和減弱掌握的不錯但其對反聖嬰現象的預報強度不夠。Ps1p3f1和Ninop6f7模式的預報與統計持續法類似，對事件的發展趨勢都掌握不佳，強度均太弱。

兩個動力模式結果顯示ICM2a的預報大致與觀測海溫的變化相似，顯示對2006年底的暖海溫異常和反聖嬰現象不論是強度和發展與衰退的趨勢都掌握得相當好，不過預報反應似乎稍早、稍強了些(圖6a)。ICM2b對二個事件的發展掌握的還不錯，但對於warm event的快速衰減則無法掌握(圖6b)。將ICM2a自2006年以來的個案依不同lead和觀測資料作比較，如圖7所示，預報的NINO3.4與觀測相當接近，即使是第8個月的預報與觀測海溫之相關係數也可以達到0.77。

### 四、結論

根據事後預報的個案分析，ICM2a的表現最差，但在實際作業性預報的個案則表現最佳。反之統計模式在事後預報有極好的成績但在實際作業預報的個案表現則不近理想。事實上，事前預報與事後預報初始場的差異只是針對統計模式，對動力模式則沒有什麼差別。但是不論是統計模式或是動力模式均有如此大的差異，除了氣候變遷，是否有其他可能性，值得未來作更深入的探討。

### 參考文獻

- Kug, Jong-Seong and In-Sik Kang, 2000: The impacts of the model assimilated wind stress data in the initialization of an intermediate ocean and the ENSO predictability. *Geophysical Research Letters*, 28, 3713-3716.
- Weng Shu-Ping, Y.-C. Tung, and W.-H. Huang, 2005: Predictions of global sea Surface Temperature anomalies: introduction of CWB/OPGSST1.1 forecast system. 94天氣分析與預報研討會論文彙編341-345。

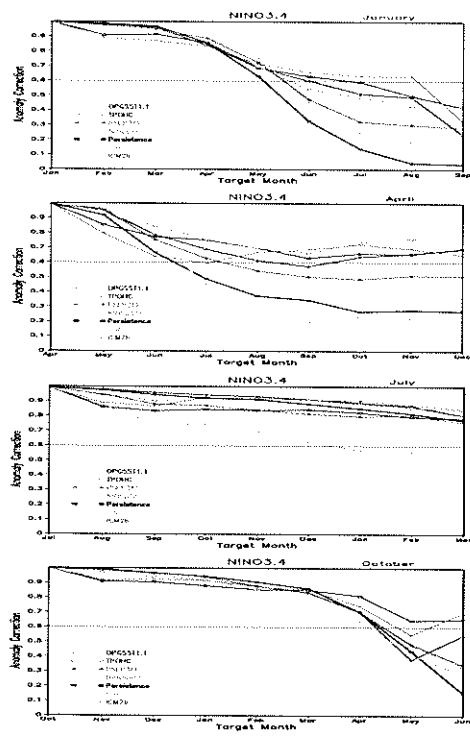


圖 1. 各個模式在 1 月、4 月、7 月和 10 月起始的預報資料與觀測資料對 NINO3.4 區海溫的相關係數。

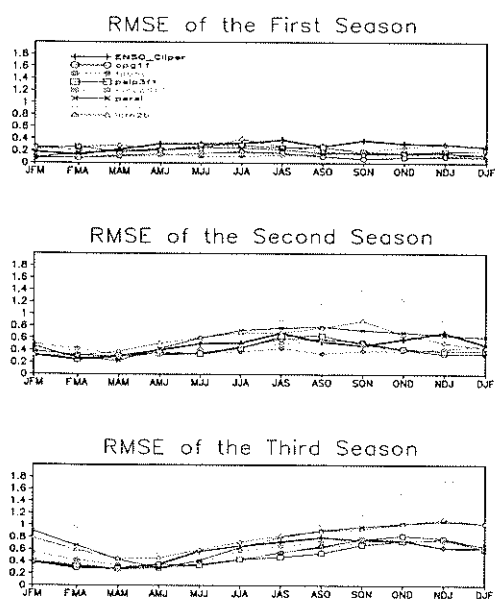


圖 2. 各個模式(不同顏色的線)和 ENSO Cliper(黑線)對 NINO3.4 區海溫的 root mean square error。橫軸為所預報的季節；直軸為 root mean square error。

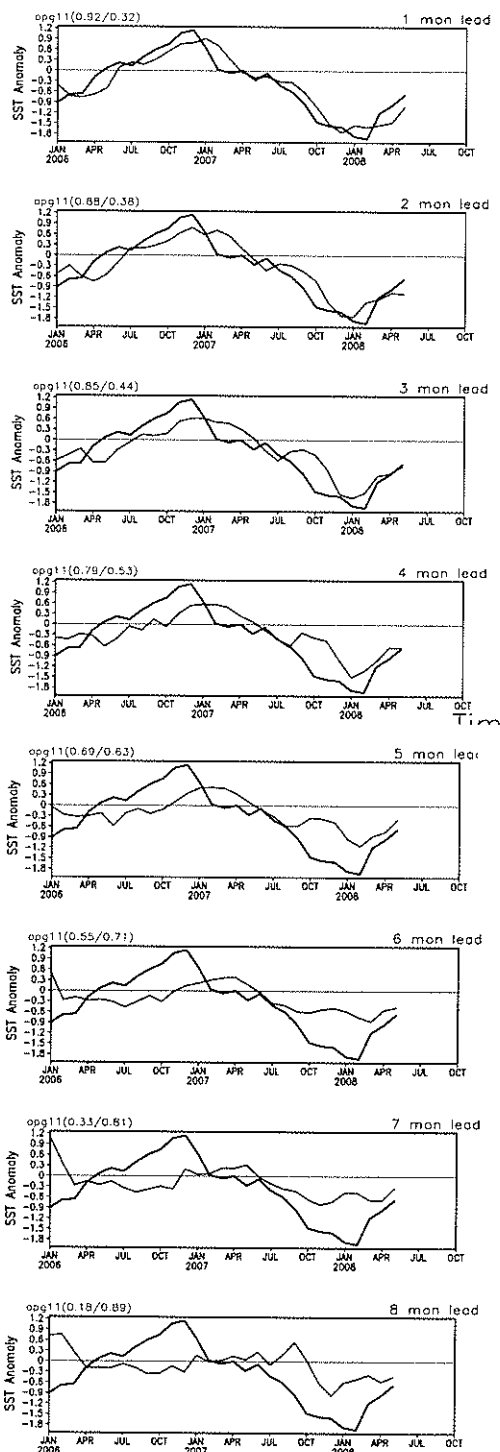


圖 3. OPGSST 模式 lead1 至 lead8 (由上至下) 之預報(紅線)與觀測資料(黑線)在 NINO3.4 之平均海溫變化圖。左上角括弧內為二者之(temporal anomaly correlation / RMSE)。直軸為 SST Anomaly；橫軸為時間。

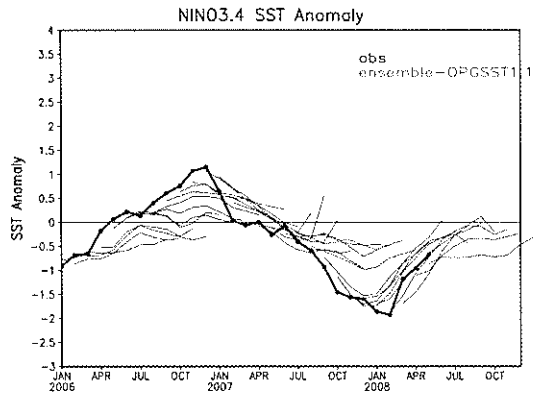


圖 4. OPGSST 模式作業性預報（西元 2006 年 1 月至 2008 年 5 月）（細線）與觀測資料（實線）對 NINO3.4 的平均海溫。細線為 OPGSST 模式每個月的預報。

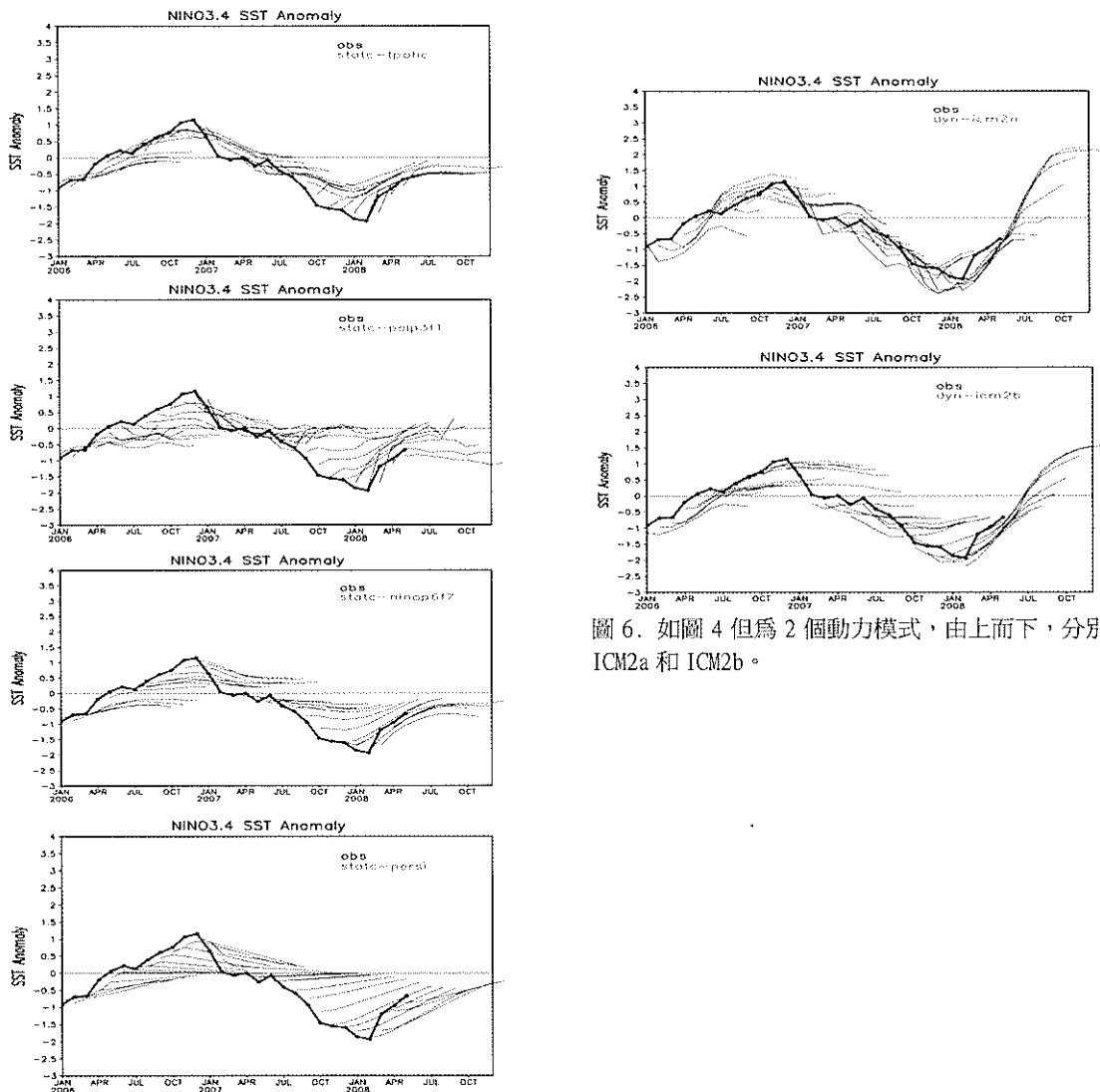


圖 6. 如圖 4 但為 2 個動力模式，由上而下，分別為 ICM2a 和 ICM2b。

圖 5. 如圖 4 但為 4 個統計模式，由上而下，分別為 TPOHC、Pslp3f1、Ninop6f 和統計持續法。

## NINO3.4

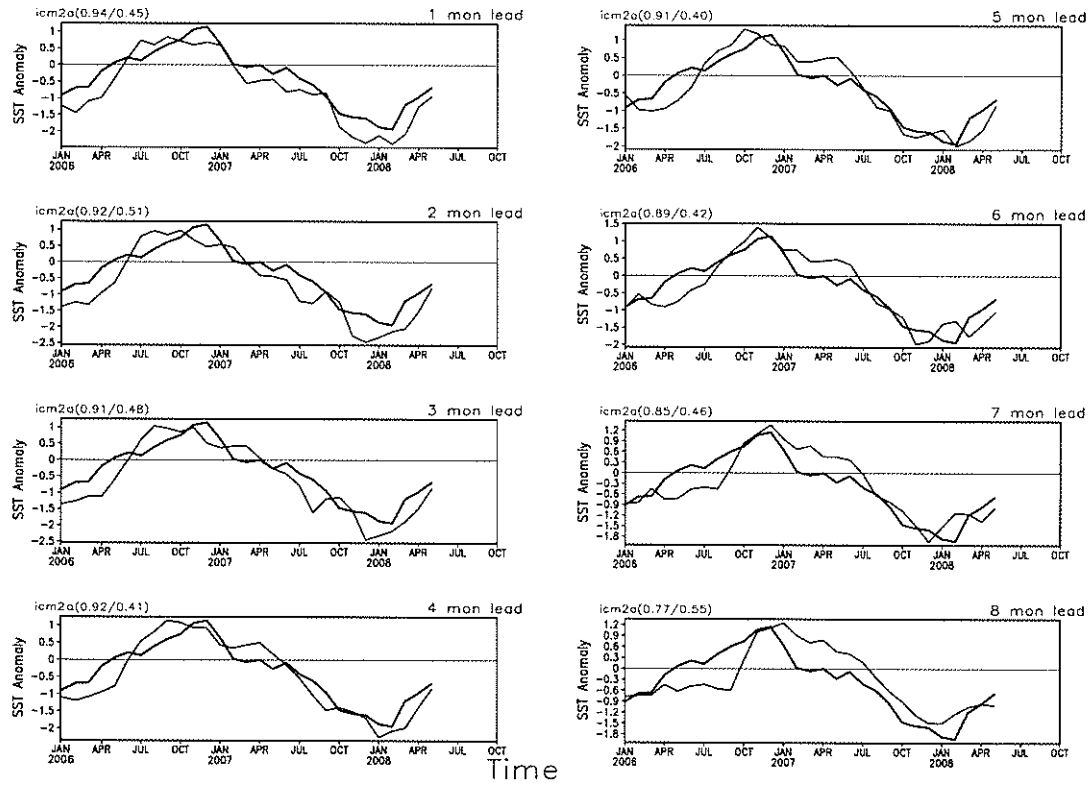


圖 7. 如圖 3 但為 ICM2a 模式，由上而下，由左而右分別為 lead1-lead8 (紅線)，黑線為觀測海溫。

