

臺灣冬季溫度統計預報模式之建立

李思瑩 盧孟明

中央氣象局科技研究中心

摘要

本研究的目的是建立有物理概念的統計預報模式 (physics-based empirical (PE) model) 以預報臺灣冬季 (12-2 月) 氣溫。預報對象是以臺灣本島的 13 個平地站的平均溫度製作的溫度指數 WTMP，但是在建立預報模式的時候是用 NCEP/NCAR 重分析的 2 米氣溫在臺灣附近區域 (117.5E-125E, 20N-27.5N) 平均的溫度指數 T2Mtw 代替，以便未來將本研究的結果進一步運用到與動力預報模式產品結合。T2Mtw 與 WTMP 的 54 年相關係數有 0.95，顯示以前者建立的預報模式同樣適用於後者。預報因子則根據 T2Mtw 與海表面溫度和海平面氣壓的相關係數挑選高相關區域，再以逐步迴歸 (stepwise regression) 的方式篩選，建立 P-E 模式。過程中發現預報因子對訓練期年代的敏感程度大於預報期的預報結果，為避免挑出的預報因子過於複雜，決定先以 1961 年起每隔 5 年的 30 年為期程挑出候選因子，再以 30、40、50 年為訓練期程剩餘的年份為預報年評估候選預報因子的預報表現，最後根據預報表現穩定性決定預報因子，建議預報方程。預報因子和臺灣冬季溫度變化的可能關係將在報告中討論。

一、前言

由純統計方法建立的預報模式往往發現雖然在訓練期 (training period) 有很高的預報技術 (skill)，但是進入實際預報作業階段常有預報表現不如預期的困難。為了改善這個問題，氣象局「災害性天氣監測與預報作業建置計畫」，又稱五期計畫，開始發展有物理概念的預報模式，也就是依據大氣下墊面變化和主要的大尺度氣候模態是長期預報的可預報度根源兩個原則挑選預報因子，建立有物理概念的統計預報模式 (physics-based empirical model; P-E model)。過去幾年已陸續完成預報颱風季 (6-9 月) 臺灣附近的颱風累積動能 (Accumulated Cyclone Energy, ACE) (Lu et al. 2013) 和臺灣梅雨季 (5-6 月) 降雨變化趨勢 (Yim et al. 2014) 的預報模式。2015 年則以臺灣冬季 (12-2 月) 溫度為預報對象，期能建立有預報技術的 P-E 模式。

二、資料

本文所使用的資料，臺灣溫度指數是使用中央氣象局 13 個局屬平地測站 (分別為淡水、台北、基隆、花蓮、宜蘭、台南、高雄、台中、大武、新竹、恆春、成功、台東) 之逐月溫度。預報因子以及預報模式建立所使用的有 NCEP/NCAR 重分析之逐月資料，變數為海平面氣壓 (mean sea level pressure; MSLP)、2 米溫度 (2 meter air temperature; T2M)，以及 NOAA 海表面溫度 (Extended Reconstructed Sea Surface Temperature; SST)。3 個變數的空間解析度分別為 144x73 (2.5 度)、192x94 (經度為 1.875、緯度為高斯分布)、180*89 (2 度)。資料時間為 1951 年至 2014 年，文中是以前一年 12 月至當年 2 月為當年冬季，即 2010 年 12 月至 2011 年 2 月是代表 2011 年冬季。

三、臺灣冬季溫度預報模式建立

3.1 臺灣冬季溫度指數

在建立臺灣冬季溫度預報模式之前，需先定義一個代表臺灣全島冬季溫度的指數。首先計算 13 個平地測站平均的冬季（12、1、2 月）平均溫度

（WTMP），WTMP 與 13 站各個單站的冬季平均溫度相關係數均高於 0.91（表 1），且用 WTMP 決定的極端冷冬或暖冬與使用各站的極端溫度定義的結果相當一致，因此可以合理地以 WTMP 代表臺灣全島的平均溫度。而為了預備未來結合統計與動力預報結果，本研究希望可以使用區域平均的下墊面空氣溫度即 2 米氣溫作為預報對象以取代 WTMP，作為代表臺灣附近區域冬季溫度的指數。因此，接著計算 WTMP 與全球網格 T2M 的時間相關係數找出兩者相關係數最高的範圍（圖 1），用此範圍的區域平均來代表臺灣全島冬季溫度（T2Mtw）。

3.2 挑選預報因子

由於月與季預報的理論基礎乃是建立在大氣對其下邊界條件緩慢變化的反應，因此挑選預報因子時僅考慮大氣下墊面溫度（T2M、SST）、MSLP 與臺灣冬季溫度的關係。而在挑選預報因子之前，須先了解冬季期間 T2Mtw 與此 3 個變數之間的相關特徵，因此，計算了不同時期（DJF、SEP、OCT、SO 以及 9 月減 8 月、10 月減 8 月、10 月減 9 月）與 T2Mtw 的相關係數。

T2Mtw 與全球冬季 T2M 的相關係數分析結果顯示，臺灣冬季溫度與亞洲大陸南緣和東緣的臨近海表面溫度有顯著的正相關的關係，和東北亞高緯度區域如西伯利亞、鄂霍次克海、勘察加半島等高緯度區域有顯著的負相關的關係。這些同時相關的特性在南北緯 30 度以內的熱帶低緯區域有相當強的持續性，秋季 9 月就已出現，因此熱帶區域的 T2M 和 SST 是相當理想的大尺度預報因子。但 T2Mtw 與高緯度的負相關關係在 9、10 月都不明顯，直至 11 月才出現，並且在北非和烏拉爾山附近負相關比較明顯，這兩個區域的 11 月 T2M 以及氣溫從 9、10 月轉變到 11 月的幅度都是本研究挑出的候選預報因子。另一方面，T2Mtw 與全球冬季 MSLP 的相關係數分析結果顯示，太平洋、非洲、印度洋、西伯利亞與白令海及阿拉斯加等高緯度區域的海平面氣壓都與 T2Mtw 有顯

著的相關。T2Mtw 與秋季 MSLP 的相關係數分析顯示 9 至 10 月有比較強的持續性，11 月相關係數普遍下降，表示大尺度環境發生變化。從 T2Mtw 與秋季 MSLP 變化趨勢的相關係數來看，在亞澳季風區與西太平洋區域若 10 月至 11 月的季節轉變較平均狀態明顯，臺灣冬季氣溫偏低的發生機率較大。

根據 3 個變數與 T2Mtw 的相關係數分析結果，在預報因子挑選方面選取顯著相關（超過 99% 統計顯著性）的範圍，選取的標準除了亞洲、西北太平洋地區顯著相關範圍外，因臺灣冬季溫度與東亞冬季季風相關，而東亞冬季季風與 ENSO（El Niño–Southern Oscillation）相關（Tomita and Yasunari 1996; Ji et al. 1997; Zhang et al. 1997; Wang et al. 2000; Wang et al. 2006），因此其他區域顯著相關的範圍則以是否與 ENSO 相關為選取的標準。接著，為去除導致迴歸預報模式產生誤差的預報因子之間統計上共線性問題，以逐步迴歸（Stepwise Regression）的統計方法來篩選較合適的預報因子。而考慮資料收集的時間以及預報的時間無法使用當月資料（10 月才有 9 月的觀測資料，11 月才有 10 月的觀測資料），因此，10 月時所做的預報需使用 9 月以前的資料，11 月則需使用 10 月以前的資料。

時間上從 1961 年起，每隔 5 年訂出建立預報模式的 5 個 30 年，即 1961-1990、1966-1995、1971-2000、1976-2005、1981-2010。每個 30 年都需進行逐步迴歸來挑選預報因子。

在此，先以 11 月預報為例，表 2 分別為 5 個 30 年 11 月預報所挑選出來的預報因子變數、時間和範圍，其挑選的步驟為：

- 1) 選取 T2Mtw 與 MSLP、T2M、SST 顯著相關（超過 99% 統計顯著性）的範圍，10 月資料挑出 38 個候選預報因子。
- 2) 使用逐步迴歸法，先選出對臺灣冬季溫度最重要的預報因子 A，接著對應各預報因子相關係數，刪去與 A 相關係數高（低）於 0.5（-0.5）的預報因子，再進行一次逐步迴歸。
- 3) 重覆步驟 2，直到找出最後的預報因子。

最後，以這 5 個 30 年所選出的 11 個預報因子，將 1952-2014 年期間分為前、後 30、40、50 年 6 段訓練期進行測試，以 30 年為例，即分別以前面 30 年 1952-1981 年以及後面 30 年 1985-2014 年兩種時段重複進行上述的步驟，執行逐步迴歸、選取預報因子，最後，以此 6 段訓練期所選取的預報因子中重複出現最多次數的預報因子為最終的結果。

3.3 預報模式建立

由上述的步驟選取了 11 月預報的 3 個預報因子（圖 2-圖 4）分別為 9-10 月平均的日本附近 T2M（JP）、9-10 月平均的中東太平洋海溫（PAC）、南太平洋 8、9 月海平面氣壓的變化（SP），以此 3 個預報因子建立多變數迴歸模式並進行交叉驗證（cross validation）。在此，交叉驗證法是使用 1961-2010 年期間移除 10 年後利用其餘年份對該 10 年進行預報，亦即使用 1971-2010 年建立迴歸模式，對 1961-1970 年進行預報，以此類推，分別對 5 個 10 年進行預報。圖 5 為 1961-2010 年 11 月預報因子經過交叉驗證的預報結果（虛線）以及觀測 T2M_{tw} 冬季溫度（實線）時間序列，2011-2014 年則為使用 1971-2010 年所建立的多變數迴歸模式之預報值。交叉驗證的預報結果與觀測的冬季溫度相關係數為 0.67，表示此模式有一定的預報程度。若用 5 個 40 年所建立的多變數迴歸模式預報 2011-2014 年，平均的相關係數為 0.75，其中以 1971-2010 年所建立的多變數迴歸模式去預報 2011-2014 年冬季溫度的結果最好，相關係數為 0.88。

四、未來工作

本研究發現預報臺灣冬季溫度的預報因子以 9-10 月平均的日本附近 2 米氣溫、9-10 月平均的中東太平洋海溫以及南太平洋 8、9 月海平面氣壓的變化最佳。用這些預報因子經過交叉驗證所得之冬季溫度預報結果與實際結果的相關係數為 0.67，而使用 5 個 40 年所建立的多變數迴歸模式預報 2011-2014 年，平均的相關係數為 0.75，其中以 1971-2010 年所建立的多變數迴歸模式去預報 2011-2014 年冬季溫度的結果最好，相關係數為 0.88。目前正在分析這幾個預報因子與

ENSO 和其他氣候變化主要模態的關係，分析預報模式的物理基礎和可預報度的根源。

五、參考文獻

- Ji, L. R., S. Shuqing, K. Arpe, and L. Bengtsson, 1997: Model study on the interannual variability of Asian winter monsoon. *Adv. Atmos. Sci.*, **14**, 1–22.
- Lu M-M, Lee C-T and Wang B (2013) Seasonal prediction of accumulated tropical cyclone kinetic energy around Taiwan and the sources of the predictability. *Int. J. Climatol* **33**, 2846-2854.
- Tomita, T., and T. Yasunari, 1996: Role of the northeast winter monsoon on the biennial oscillation of the ENSO/monsoon system. *J. Meteor. Soc. Japan*, **74**, 399–413.
- Wang, B., 2006 : The Asian Monsoon. Praxis Publishing .
- , R. Wu, and X. Fu, 2000: Pacific–East Asia teleconnection: How does ENSO affect East Asian climate? *J. Climate*, **13**, 1517–1536.
- Yim SY, Wang B, Xing W, and M –M Lu, 2015: Prediction of Meiyu rainfall in Taiwan by multi-lead physical – empirical models. *Clim Dyn* **44**:3033–3042.
- Zhang, Y., K. Sperber, and J. Boyle, 1997: Climatology and interannual variation of the East Asian winter monsoon: Results from the 1979–95 NCEP/NCAR reanalysis. *Mon. Wea. Rev.*, **125**, 2605–2619.

	13站
淡水	0.91
台北	0.96
基隆	0.93
花蓮	0.95
宜蘭	0.98
台南	0.95
高雄	0.93
台中	0.97
大武	0.91
新竹	0.98
恆春	0.91
成功	0.95
台東	0.96

表 1 臺灣 13 個測站分別冬季溫度與 13 站的平均冬季溫度 (WTMP) 相關係數。

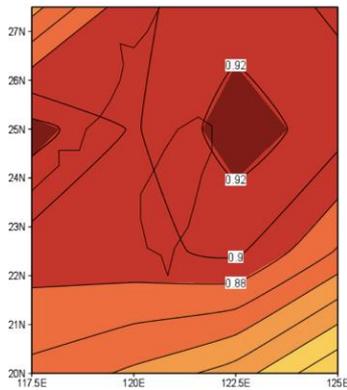


圖1 用全球格點分析資料計算臺灣冬季溫度指數T2Mtw的區域範圍及區域內與臺灣測站溫度指數WTMP的相關係數。

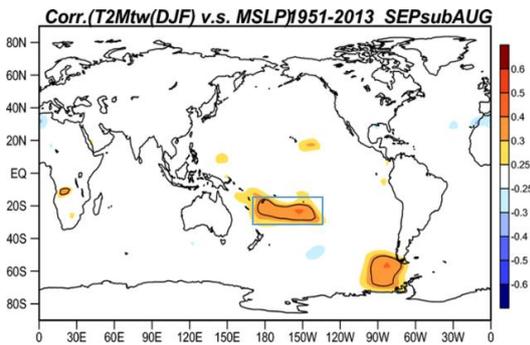


圖2 T2Mtw與9月減8月海平面氣壓相關係數。黑色線為0.33等值線，表示相關係數達99%顯著程度。方框為選取的預報因子 (SP)。

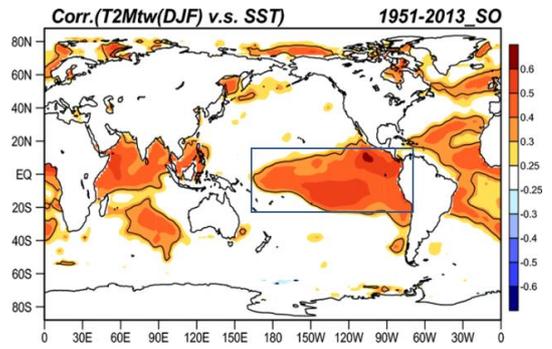


圖3 T2Mtw與9、10月平均海表面溫度相關係數。黑色線為0.33等值線，表示相關係數達99%顯著程度。方框為選取的預報因子 (PAC)。

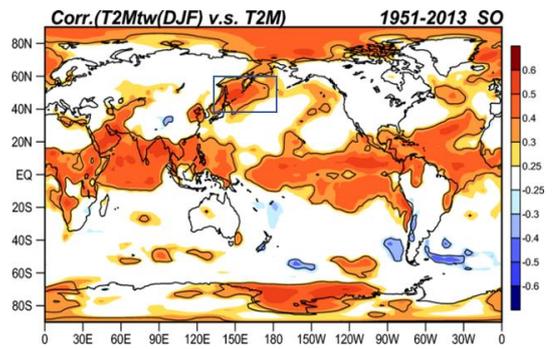


圖4 T2Mtw與9、10月平均2米空氣溫度相關係數。黑色線為0.33等值線，表示相關係數達99%顯著程度。方框為選取的預報因子 (JP)。

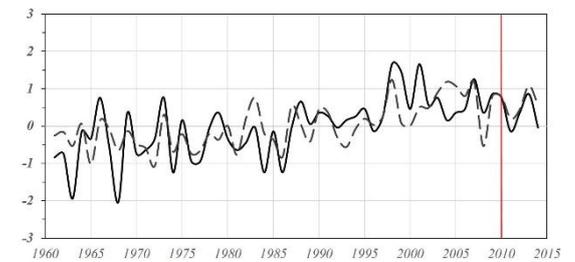


圖5 1961-2014年觀測T2Mtw冬季溫度 (實線) 與預報 (虛線) 時間序列，1961-2010年為11月預報因子經過交叉驗證的結果，2011-2014年為1971-2010年所建立的多變數迴歸模式之預報值。X軸為年份，Y軸為溫度距平值。