

侵台颱風累積動能(ACE)季節預報可行性研究

李清騰¹、盧孟明¹、BIN WANG²

1. 中央氣象局 科技中心

2. Department of Meteorology, and International Pacific Research Center, University of Hawaii at Manoa, Honolulu, Hawaii

摘 要

本研究建立侵台颱風累積動能(Accumulated Cyclone Energy, 簡稱 ACE) 預報模式。此實驗是利用 5 月的大尺度環流場之各個變數與下半年 (JJASON)ACE 建立相關係數圖,再取高相關區域之平均來當作預報因子,透過 stepwise 的選取方式來選取預報因子,隨後再執行交叉驗證 (cross-validation)法來評估此模式之預報能力,此 ACE 預報結果和實際資料之間的相關係數可達到 0.6 以上,顯示模式有不錯的預報技術。

由於 ACE 與侵台颱風個數的年際變化非常相似,但 ACE 與颱風災損的關係略優於颱風個數,且與大尺度環流場的關係也較佳,因此 ACE 的季節預報上可能具有比較高的應用潛在價值。研究發現 ACE 變異與赤道太平洋的低層風場 (850hPa)以及伴隨的熱帶環流距平關係密切,另外在高緯度的環流變化也會影響 ACE 的改變,未來將進一步分析此預報因子與 ACE 之間的相關性。

一·前言

中央氣象局預報中心長期課於 2007 年建立侵台颱風個數之統計預報模式,此統計模式針對通過台灣區域(119°E-125°E ; 21°N-26°N)之颱風個數進行 6-12 月的個數預報(Chu et al.,2007)。此統計預報模式使用 5 月大尺度環流分析場與 6-12 月侵台颱風個數之間的相關性,找出最有可能環流場之預報因子,隨後將此預報因子代入多變數線性迴歸模式 (Least Absolute Deviation; LAD)而進行侵台颱風個數預報。Chu et al (2007)找出主要的預報因子為海平面溫度(sea surface temperature)、海平面氣壓(sea level

pressure)、可降水量(precipitable water)、低層渦度場(low-level relative vorticity)及垂直風切(vertical wind shear),從交叉驗證(cross-validation)的結果中得到此統計模式預報侵台颱風個數和實際發生個數的相關可達 0.63,並且明顯優於隨機預報(相關係數為 0.42)之個數。然而颱風個數對於通過台灣區域(119°E-125°E ; 21°N-26°N)之選取範圍非常敏感,且個數的預報對於防災單位,並沒有直接性的應用與參考。此外從分析侵台颱風個數、侵台颱風累積動能與颱風造成的災害損失之時間序列結果中,可以得到颱風累積動能明顯和災害損失有顯著的相關性。另外從統計分析分法中可以得

到 ACE 比颱風個數對大尺度環流之間的相關性更加顯著。所以本研究針對此區域進行侵台颱風累積動能(ACE)之 6-12 月預報，並且嘗試找出重要之預報因子與 ACE 之間的關連性。

二·資料

本研究使用 1970-2005 年每 6 小時的颱風最佳路徑資料，資料來源是 Joint Typhoon Warning Center(JTWC, https://metocph.nmci.navy.mil/jtwc/best_tracks)，資料格式為颱風中心位置之經緯度以及颱風中心之風速大小。另外使用 ERSST 的全球海平面溫度(Smith and Reynolds, 2004)資料，資料網格點數為 180x89 ($2.0^{\circ} \times 2.0^{\circ}$)，大尺度環流分析場資料是採用 NCEP-NCAR Reanalysis I 資料(Kalnay et al., 1996)，其中變數包含了海平面氣壓(SLP)、各氣壓層之風場(U,V wind)與重力位高度(HGT)，資料網格點數為 144x73($2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$)，另外也利用風場資料來計算求得垂直風切場，其計算方程式則參考 Chu et al. (2007) 的文章。

此外本研究所使用之颱風累積動能(ACE)的計算方法是採用每 6 小時的 JTWC best track 資料，計算颱風中心位置在此 $119^{\circ}\text{E}-125^{\circ}\text{E}$ ； $21^{\circ}\text{N}-26^{\circ}\text{N}$ 區域內的颱風中心最大風速平方的總和(Bell et al., 2000)。

三·大尺度環流之預報因子

在建立預報模式之前，首先要先了解颱風季(Jun-Aug-Sep; JAS)時，大尺度環流場與侵台ACE之間的相關性。圖1顯示1970-2007年JAS侵台ACE與海平面溫度(SST)及海平面氣壓(SLP)之相關係數分佈圖。圖中SST在換日線赤道地區有顯著正相關，且SLP從換日線到台灣地區之西北太平洋區域為顯著負相關，推測颱風季節時，若中太平洋換日線有暖海溫距平以及西北太平洋有出現顯著氣旋式環流距平，此

時侵台之ACE會偏多。

Chu et al. (2007)的侵台颱風個數預報模式如下，首先建立5月的預報因子與侵台的颱風個數建立空間之相關係數分佈，再利用統計方法選取有顯著性之預報因子，隨後此預報因子與颱風個數建立多變數線性迴歸模式，並且進行交叉驗證(cross-validation)來評估此統計預報模式是否有預報技術。所以本研究也採取此方法來建立ACE之預報模式。圖2顯示5月海平面溫度(SST)、海平面氣壓(SLP)、850mb東西向風場(u850)、可降水量(PWAT)、850mb渦度場(Vor850)、垂直風切(VWS)與6-12月侵台颱風ACE之延時相關係數圖。圖中可以看到SST在赤道附近 $140^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{E}$ 有顯著正相關情形，SLP在中國大陸地區($80^{\circ}\text{E}-130^{\circ}\text{E}$ ； $30^{\circ}\text{N}-40^{\circ}\text{N}$)出現顯著正負相關的分佈形態，u850及PWAT同樣在赤道地區約 $120^{\circ}\text{E}-140^{\circ}\text{E}$ 有正相關，另外850mb渦度場及垂直風切場在赤道附近 $120^{\circ}\text{E}-140^{\circ}\text{E}$ 及 $120^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{E}$ 分別呈現出南北分佈及東西分佈的正負相關情形。Chu et al. (2007)選取預報因子方式是計算通過95%以上的統計檢定之網格點區域的平均來當作其預報因子，若採用此計算方法，除了得到正相關網格點平均之預報因子外，負相關網格點平均的預報因子也應被採納，如此一來，預報因子則會多出許多，尤其是Vor850及VWS。

為了有效選取正負相關的分佈形態，本研究使用了經驗正交函數(Empirical Orthogonal Function; EOF)的統計方法來取得各個主成份分量(Principal Components; PC)，各個PC分別與侵台ACE做相關係數分析，由最高的相關係數值之PC分量則為其變數場之預報因子。圖3顯示SST之EOF分佈圖與PC之時間序列圖，主成份為第二個分量，佔全部變異量之27.48%，從EOF圖中可以看到整個 $120^{\circ}\text{E}-160^{\circ}\text{W}$ 為顯著負相關區域，且第二分量與ACE的相關係數達-0.41。SLP(圖略)則是取第一個分量，佔全部變異量

之 44.85%，與 ACE 之相關係數達 0.44。VWS 的 EOF 與 PC 圖中(圖 4)，此時 EOF 的分佈圖和相關係數圖的分佈特性相同(圖 3)，同樣也是呈現出東西對稱的正負分佈形態，此時第二個分量(23.66%)與 ACE 相關係數可達-0.38。另外 u850、Vor850 與 PWAT 都是取第一個分量，分別佔全部變異的 75.32%、35.21%與 39.42，分別與 ACE 的相關係數為 0.33、0.41 與 0.4。

四·ACE 預報結果

從以上的 EOF 分析中，除了可以得到具有代表空間變化特徵之時間序列外，也可以減少預報因子的變數，經由以上的分析結果，可得到預報因子有 SST、SLP、U850、VWS、Vor850、PWAT。為了有效的選取預報因子，採用逐步迴歸分析之統計方法(Stepwise regression)來篩選預報因子，結果得到其最終預報因子為 SST、SLP、VWS 及 PWAT。分別將此 4 個預報因子代入多變數線形迴歸模式來進行交叉驗證(cross-validation)，結果如圖 5 所示。預報的 ACE 值雖然明顯比觀測值較偏弱，但兩者相關係數可高達 0.67，顯示此預報變化特性和觀測值相似，且此相關係數比隨機預報有更高的技術得分(Chu et al., 2007)。另外 1993 年之後，預報值的強度則較接近觀測值。

五·結論

本研究嘗試建立侵台颱風累積動能(ACE)之統計預報模式，此 ACE 指標比侵台颱風個數有更多訊息之外，也可以用來代表侵台颱風強

度之強弱。從統計分析方法中所得到的大尺度環流之預報因子有海平面溫度(SST)、海平面氣壓(SLP)、垂直風切(VWS)及可降水量(PWAT)，分別將這些預報因子代入多變數迴歸模式進行交叉驗證，結果得到此預報模式具有相當高的預報技術得分。推測侵台颱風之 ACE 的變異與赤道太平洋海平面溫度異常以及伴隨的熱帶環流距平有密切關係，另外在高緯度的環流場的變化特性也會間接影響 ACE 的改變，未來將進一步分析預報因子與 ACE 之間的相關性。

六·參考文獻

- Bell, G. D., M. S. Halpert, R. C. Schnell, R. W. Higgins, J. Lawrimore, V. E. Kousky, R. Tinker, W. Thiaw, M. Chelliah, and A. Artusa (2000), Climate assessment for 1999, *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, 81(6), 1328.
- Chu, P.-S., X. Zhao, C.-T. Lee, and M.-M. Lu, 2007: Climate prediction of tropical cyclone activity in the vicinity of Taiwan using the multivariate least absolute deviation regression method. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, 18, 805-825.
- Kalnay, E., and Coauthors, 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437-471.
- Smith, T.M., and R.W. Reynolds, 2004: Improved Extended Reconstruction of SST (1854-1997). *J. Climate.*, 17, 2466-2477.

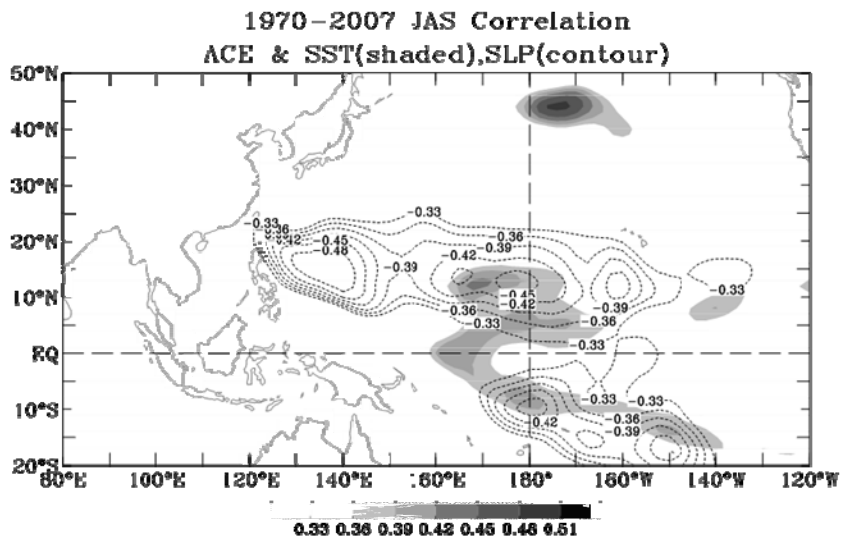


圖1. Jun-Aug-Sep(JAS) ACE與海平面溫度(shaded)、海平面氣壓(contour)之同時相關分佈圖，資料時間長度為1970-2007年。圖中只顯示通過95%以上的統計檢定。

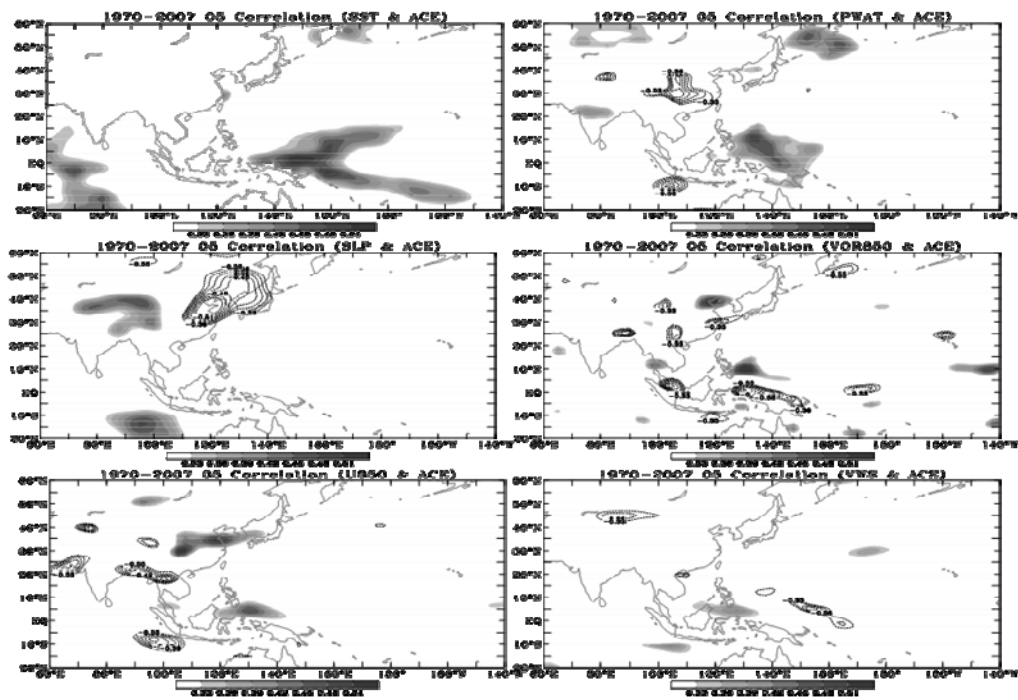


圖2. 6-12月(JASON) ACE與5月之SST、SLP、U850、PWAT、VOR850及VWS之延時相關分佈圖，資料時間長度為1970-2007年。圖中shaded為正相關，contour為負相關，數值只顯示通過95%以上的統計檢定。

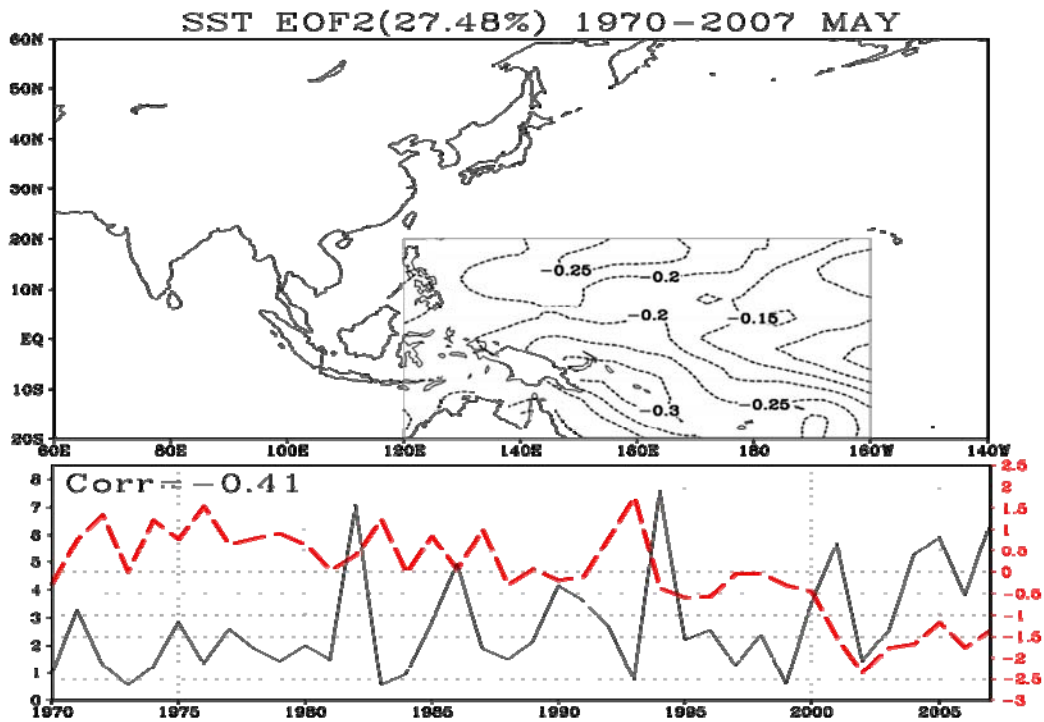


圖3. 1970-2007年5月SST之EOF分佈圖(上圖)與PC之時間序列圖(下圖)。圖中SST是取第二個分量，佔全部變異量為27.48%，下圖實線為實際觀測值，虛線則是PC之時間序列。

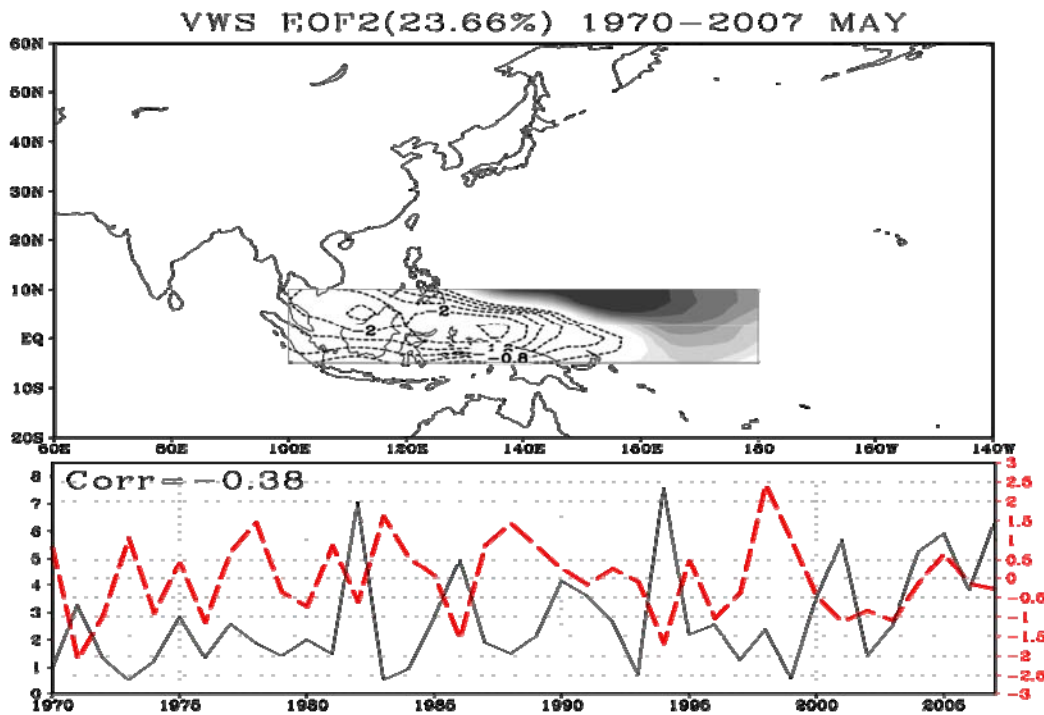


圖4. 同圖3，但為VWS之EOF分佈圖與PC之時間序列圖。

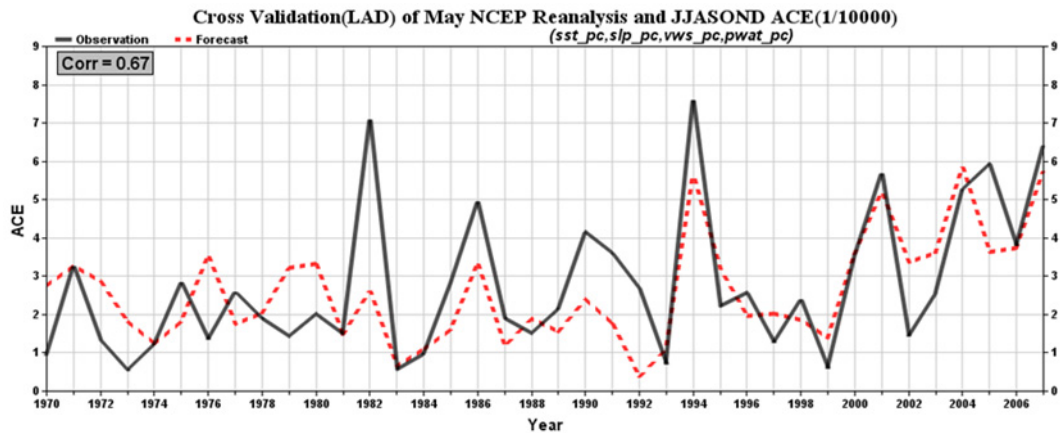


圖5. 多變數迴歸模式經交叉驗證之ACE預報結果，圖中實線為實際觀測值，虛線為預報結果。所選取的預報因子為SST、SLP、VWS及PWAT。