

西北太平洋颱風個數預報與檢驗

李清勝

中央氣象局氣象預報中心

摘要

本文嘗試建立西北太平洋颱風個數之預報流程，利用1970-2005年5月大尺度環流場之NCEP重分析資料來當作預報因子，並使用LAD颱風個數預報模式(Chu et al. 2007)來進行6月至12月(JJASOND)西北太平洋颱風個數預報。透過颱風個數與大尺度環流場之相關係數分析，且採用相關係數值達95%以上的統計檢定方法來找出最佳預報因子。決定之預報因子有海平面溫度之正相關區域、200百帕重力位高度、200百帕南北向風場之負相關區域及500百帕南北向風場之正相關區域。此預報因子經交叉驗證所得到之個數預報結果與實際颱風個數的相關係數可高達0.74。針對此建立之預報方法進行2006年至2008年西北太平洋颱風個數預報，預報個數分別為20.3、21.7與22.5，而實際颱風個數為19、20與18個，約有1-4個的差異，尤其在2008年誤差較大，主要因為2008年的預報因子呈現出相反的類別分佈。

一、前言

颱風的生成位置、移動路徑以及颱風強度是世界各關心熱帶地區天氣國家氣象單位作業的預報重點，然而這些相關的颱風預報產品多屬於短期預報，有部分氣象單位發展颱風活動(個數)之長期預報實驗，如美國氣象單位IRI (http://iri.columbia.edu/forecast/tc_fcst/wn_pacific/)，香港城市大學之大氣研究實驗室 (http://weather.cityu.edu.hk/tc_forecast/)，這些研究單位會在每年4-6月間，發表當年夏季至冬季的西北太平洋颱風個數預報。然而，颱風個數是否真的可以有預報技術？在許多的文獻中指出颱風個數是具有預報技術，如大西洋區域(Gray et al. 1992, 1993, 1994; Elsner and Schmertman 1993; Hess et al. 1995)，澳洲區域(Nicholls 1984, 1992)及西北太平洋區域(Chan et al. 1998)對於颱風個數均有相當不錯的預報技術得分。

Chu et al (2007)建立了侵台颱風個數預報模式(Least Absolute Deviation Regression Model;

LAD)，作著利用5月的大尺度環流分析場來當作預報因子，並且預測當年的侵台颱風個數，結果顯示此模式對於侵台颱風個數之預報結果有相當不錯的預報技術得分，且優於隨機預報。故本研究將利用1970-2005年大尺度環流場資料來建立LAD模式，並且進行2006-2008年的西北太平洋颱風個數預報。

二、資料與颱風個數分析

本研究使用1970-2005年每6小時Joint Typhoon Warning Center (JTWC)颱風最佳路徑資料。另外使用Extended Reconstructed Sea Surface Temperatures (ERSST)全球海平面溫度資料(Smith and Reynolds, 2004)，資料網格點數為180x89(2.0°x2.0°)。大尺度環流分析場資料是採用NCEP-NCAR Reanalysis I資料(Kalnay et al. 1996)，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°x2.5°)，另外也利用風場資料來計算垂直風切場(Chu et al. 2007)。定義西北太平洋颱風個數是採用JTWC的颱風最佳路徑資料計算所得到，計算6月至12月

間(JJASON)在西北太平洋區域所生成的颱風個數，並且限定颱風在生命週期內的風速要大於 33knots。

三·西北太平洋颱風個數預報因子

選取颱風個數預報因子之前，首先討論在西北太平洋主要颱風季期間，大尺度環流場與西北太平洋颱風個數之間的相關特徵，藉此了解何種變數場有顯著的相關性。圖1顯示1970-2005年西北太平洋7月至10月(JASO)的颱風個數與JASO海平面溫度(SST)及JASO海平面氣壓(SLP)之相關係數。圖中海平面溫度在換日線及北緯20度附近有顯著正相關，且整個北太平洋區域(10°N-30°N)的海平面氣壓都呈負相關，顯示此季節若西北太平洋颱風個數偏多，整個西北太平洋至中北太平洋都呈現出顯著的氣旋式環流。由於受到此氣旋式環流影響下，使得海平面溫度在180度、北緯20度左右有出現正相關，這可能是由於大氣與海洋之間的交互作用所造成的局部海溫變化。另外圖中赤道地區(SST)相關性並不顯著，有可能是赤道地區夏季的海溫較無劇烈變化。

另外在850百帕的重力位高度也是呈現和SLP相似的特徵(圖略)，在中北太平洋區域出現顯著的負相關。由此可以知道，西北太平洋颱風個數的多寡主要受到大尺度環流變化所影響。故本文使用5月的大尺度環流場中之海平面溫度、海平面氣壓場、各氣壓層的風場與重力位高度以及垂直風切場來當作西北太平洋颱風個數之預報因子。

預報西北太平洋颱風個數的詳細步驟如下：

1. 利用5月的海平面溫度(SST)、氣壓場(SLP)、各氣壓層的風場和重力位高度以及垂直風切場來當作西北太平洋颱風個數之預報因子，並且利用相關係數分析方法找出具有統計上顯著意義之網格點。而後選取通過檢定之網格點平均來當作其預報因子，分析這些預報因子彼此間的相關性，嘗試找出最合適的預報因子。

2. 將選取的預報因子以4個為一組，分別代入颱風個數統計預報模式中，並進行交

叉驗證(cross validation)，此颱風個數的統計預報模式是採用Chu et al. (2007)的多變數迴歸模式(LAD)。

3. 經交叉驗證所得到的結果，與實際颱風個數值做相關係數分析，然後根據相關係數的高低，決定最後之預報因子。

4. 利用最終決定之預報因子進行下一年的颱風個數預報。

由圖2顯示出5月的海平面溫度(SST)與西北太平洋颱風個數(JJASON)間相關係數之空間分佈圖，圖中只顯示出相關係數有達95%以上的統計檢定。圖中在換日線的東西兩側有呈現顯著的正負相關特徵，代表此海溫的分佈特性與颱風個數間存在顯著相關，故海平面溫度的預報因子選出二個，第一為正相關區域平均(SSTp)，第二則是負相關區域平均(SSTn)，另外增加第三個預報因子是正相關區域減去負相關區域所得到的差異(SSTd)，所以由此可以得到海平面溫度的三個預報因子分別為SSTp, SSTn和SSTd。另外在SLP及HGT(850百帕、500百帕)並沒有與西北太平洋颱風個數出現高相關係數的區域(圖略)，但在200百帕的重力位高度場的相關係數分佈圖中(圖3)，可以看到在北太平洋換日線上，北緯約40度有顯著的負相關，所以此採用此區域平均來當作200百帕重力位高度(HGT)的預報因子。

圖4顯示垂直風切場與西北太平洋颱風個數之相關係數分佈圖，可以看到在整個北太平洋換日線上，由南往北方向有存在顯著正負相關的分佈特性，其中又以北緯15°與30°的相關係數值最高。由於垂直風切場也有出現顯著的正負相關區域，所以採用的預報因子分別為正相關區域(VWSp)，負相關區域(VWSn)和兩者差異(VWSd)。另外在200百帕的東西向風場(圖略)也呈現出相同的相關係數分佈特性，但由於垂直風切場中是採用上下兩層(850百帕與200百帕)風場所計算得到，所以在此將只選用垂直風切場來當作預報因子。圖5顯示500百帕的南北向風場與西北太平洋颱風個數之相關係數分佈，由圖可以看到在西經約140度、北緯10-20度間有正相關存在，同樣在換日線上

也出現負相關的情形，所以選取正相關區域(V500p)、負相關區域(V500n)以及兩個區域的差異(V500d)來當作500百帕的南北向風場之預報因子。另外在200百帕的南北向風場中(圖略)也呈現出和500百帕相似的相關係數分佈圖，所以同樣也可以得到三個預報因子，分別為V200p、V200n及V200d。

經由以上之相關分析與統計檢定的方法後，選出的大尺度預報因子有海平面溫度(SSTp, SSTn, SSTd)、200百帕的重力位高度場(H200)、垂直風切場(VWSp, VWSn, VWSd)、500百帕及200百帕的南北向風場(V500p, V500n, V500d, V200p, V200n, V200d)，共13個預報因子。然而，在這13個預報因子中可以明顯看到有統計上的共線性問題。如SSTd與SSTp或SSTn有很高的相關，代表若此2預報因子都選取於統計迴歸模式中，則SSTp或SSTn會因受限於統計上的共線性問題，而導致迴歸預報模式有誤差存在，所以並不合適將高相關係數的2個因子皆代入同一個模式中作為預報因子。所以本研究嘗試利用了逐步迴歸的統計方法(Stepwise Regression)來選取較合適的預報因子，但經逐步迴歸方法篩選後的預報因子，代入颱風個數的LAD預報模式來進行交叉驗證，其結果與實際颱風個數比較後並不理想。另外為了能讓各個變數都能夠代入模式中去做敏感度測試，首先將測試13個變數中任取2-5個來進行敏感度實驗，測試結果顯示取4個為一組之預報因子經交叉驗證後所得到的相關係數值有顯著增加，但取5個之後則無明顯變化。所以本文使用4個預報因子來進行敏感度預報實驗(C13取4)，總共為715次的實驗，再將這715次的每一種組合來進行LAD模式之交叉驗證，利用每一次驗證後所得到的預報結果與實際西北太平洋颱風個數做相關係數分析，利用相關係數的高低來決定最後之預報因子。經過此組合方法測試之後，可以得到最終的預報因子為SSTp、H200、V200n及V500p，此組合後之預報結果具有較高的相關係數，並且此種組合之預報因子所產生共線性問題的影響較低(相關係數較低)。

四·西北太平洋颱風個數預報模式

檢驗

由上一節選取預報因子的分析結果中，可以得到5月的預報因子有SSTp、H200、V200n及V500p，然後把這些預報因子代入颱風個數預報模式(LAD)來進行交叉驗證。圖6顯示預報因子之交叉驗證的結果與實際颱風個數之時間序列，圖中可看到LAD模式的預報結果與颱風個數的變化趨勢相似，且兩者相關係數高達0.74，另外本文隨機產生1萬次的颱風個數來進行相同實驗，結果得到在99.9%的最高相關係數值為0.45，顯示0.74比隨機預報有更高預報技術。實際與預報個數的平均年變化分別為3.18與2.21，顯示個數預報的平均差異為0.97，另外近10年的西北太平洋颱風個數有較明顯的劇烈變化情形，此LAD模式的預報結果也有相當程度的掌握，顯示出此預報模式具有一定的預報能力。

另外可以看到1997與1999年預報結果與觀測值誤差較大，表1則列出1996年至1999年颱風個數與預報因子偏大(A)、正常(N)或偏小(B)之3分類。由表可見在1996年的預報因子都呈現一致的特性，也就是SST為正相關，H200為負相關，V200n為負相關，V500p為正相關，且其中有3個預報因子出現極端的事件，使得預報結果誤差較小。然而對1999年的預報，預報因子則沒有出現一致性，尤其是V200n及V500p反而呈現出相反的特性，導致1999年的預報誤差較大。由此歸納當預報因子之間呈現出相反的類別分佈，則會使得預報結果誤差較大。另外進行2006年到2008年西北太平洋颱風個數預報，結果分別為20.3、21.7及22.5個颱風，而實際上發生的颱風個數為19、20與18個，顯示出此LAD模式在預報2006至2008年約有1至4個的差異，尤其2008年誤差較大，這是因為2008年預報因子呈現出相反的類別分佈所導致。然而由於預報模式本身有自己的颱風個數氣候值，所以透過三分類的分析方法，可以得到2006至2008年預報為偏少的類別，且實際個數也為偏少，顯示出此模式對於西北太平洋颱風個數三分類的類別預報有相當不錯的預報技術。

五· 結論與討論

本研究嘗試建立西北太平洋颱風個數之預報方法，利用 5 月大尺度環流場來當作預報因子，並且進行 6-12 月(JJASON)西北太平洋颱風個數預報，其中所使用的統計預報模式為 LAD 模式(Chu et al. 2007)。透過大尺度環流場之各個變數與颱風個數之相關分析，且利用統計檢定方法來找尋高相關之預報因子，決定之 5 月的預報因子有海平面溫度正相關區域(SSTp)、200 百帕重力位高度(H200)、200 百帕南北向風場負相關區域(V200n)以及 500 百帕南北向風場正相關區域(V500p)，此預報因子經交叉驗證所得之個數預報結果與實際颱風個數的相關係數可高達 0.74。本研究也利用上述之 5 月預報因子進行 2006 年至 2008 年西北太平洋颱風個數預報，藉此來了解此模式是否可正確掌握住颱風個數的預報。2006 年至 2008 年颱風個數預報結果分別為 20.3、21.7、22.5，而實際發生的颱風個數為 19、20 與 18 個，顯示出此預報模式約有 1 至 4 個的差異，尤其在 2008 年預報誤差較大，此誤差是因為 2008 年預報因子呈現出相反的類別分佈所導致。若使用三分類的預報技術得分的方法來分析，則可得到此預報結果為偏少的類別，而實際颱風個數也是偏少，由此可見雖然預報的颱風個數與實際值有差異，但對於颱風個數的類別則有預報技術。

六· 參考文獻

Chan, J. C. L., J. E. Shi, and C. M. Lam, 1998: Seasonal forecasting of tropical cyclone activity over the western North Pacific and the South China sea. *Wea. Forecasting*, **13**, 997-1004.

Chu, P.-S., and 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. *TAO*, **18**, 805-825.

Elsner, J. B., and C. P. Schertmann, 1993: Improving extendedrange seasonal predictions of intense Atlantic hurricane activity. *Wea. Forecasting*, **8**, 345-351.

Gray, W. M., C. W. Landsea, P. W. Mielke, and K. J. Berry, 1992: Predicting Atlantic basin seasonal hurricane activity 6-11 months in advance. *Wea. Forecasting*, **7**, 440-455.

———, ——, ——, and ——, 1993: Predicting Atlantic basin seasonal hurricane activity by 1 August. *Wea. Forecasting*, **8**, 73-86.

———, ——, ——, and ——, 1994: Predicting Atlantic basin seasonal hurricane activity by 1 June. *Wea. Forecasting*, **9**, 103-115.

Hess, J. C., J. B. Elsner, and N. E. LaSeur, 1995: Improving seasonal hurricane predictions for the Atlantic basin. *Wea. Forecasting*, **10**, 425-432.

Kalnay, E., and Coauthors, 1996: The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **77**, 437-471.

Nicholls, N., 1984: The Southern Oscillation, sea-surface temperature and interannual fluctuations in Australian tropical cyclone activity. *J. Climate*, **4**, 661-670.

———, 1992: Recent performance of a method for forecasting Australian tropical cyclone activity. *Aust. Meteor. Mag.*, **40**, 105-110.

Smith, T.M., and R.W. Reynolds, 2004: Improved extended reconstruction of SST (1854-1997). *J. Climate*, **17**, 2466-2477.

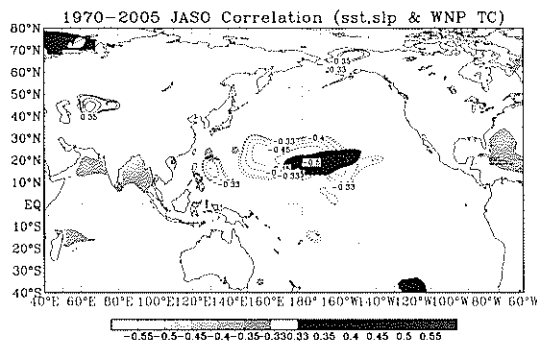


圖1. 1970-2005年西北太平洋7-10月(JASO)颱風個數與7-10月(JASO)平均海平面溫度(顏色)及海平面氣壓(線)間通過95%以上統計檢定的相關係數分佈。

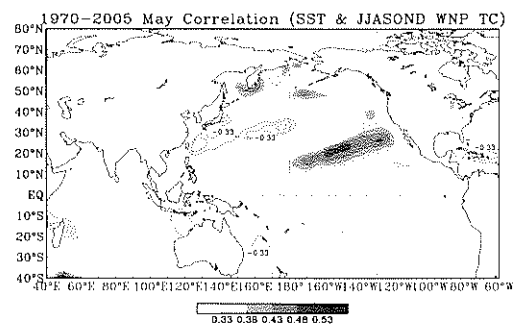


圖2. 1970-2005年5月的海平面溫度與6-12月西北太平洋颱風個數間正(顏色)負(線)相關係數分佈圖,圖中只顯示相關係數值通過95%以上的統計檢定。

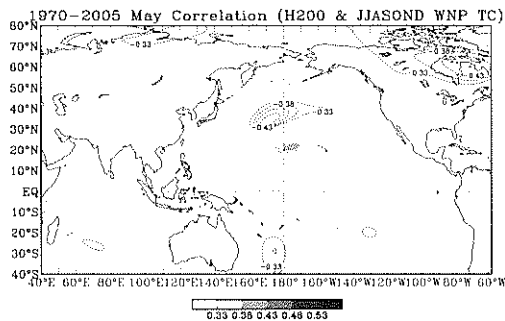


圖3. 同圖2,但為5月的200百帕重力位高度場與6-12月西北太平洋颱風個數間相關係數分佈圖。

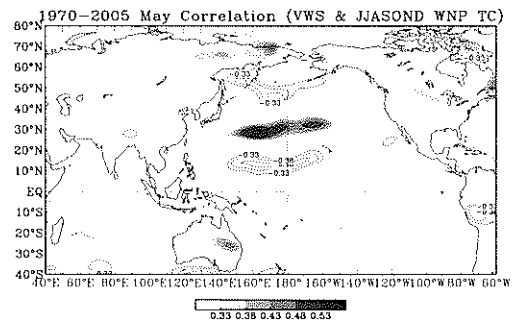


圖4. 同圖2,但為5月的垂直風切場與6-12月西北太平洋颱風個數間相關係數分佈圖。

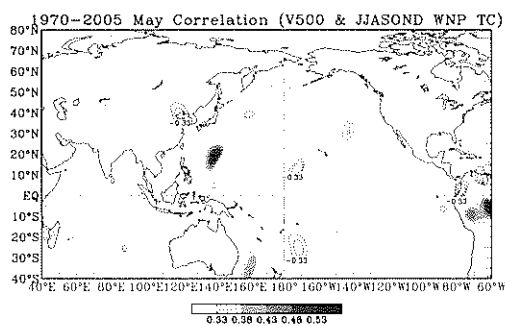


圖5. 同圖2,但為5月的500百帕南北向風場與6-12月西北太平洋颱風個數間相關係數分佈圖。

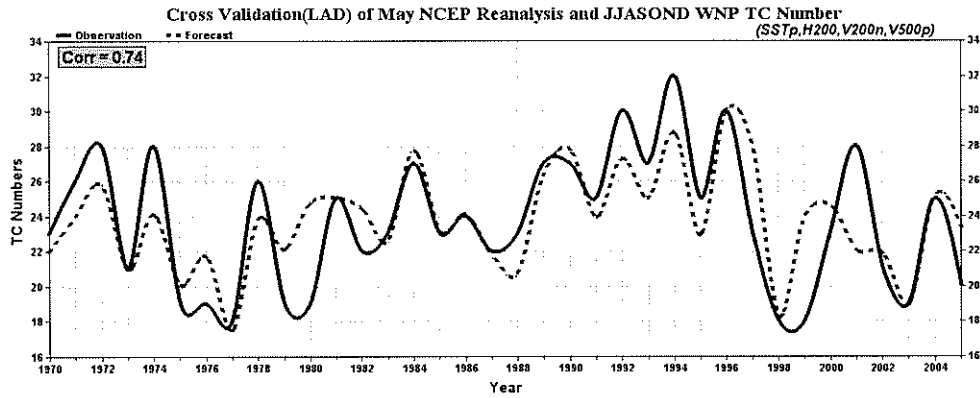


圖6. 1970-2005年5月的預報因子經過交叉驗證之實際颱風個數(實線)與預報(點線)時間序列圖。左上數值代表兩者之相關係數值，X軸為年份，Y軸為個數。

	OBS	FCST	預報誤差	SSTp	H200	V200n	V500p
1996	A+	A+	0.2	A+	B+	B	A+
1997	N	A	5.8	A+	N	B	N
1998	B+	B+	-0.05	B	A+	A+	N
1999	B+	N	4.9	B+	N	B	A

表1. 1996至1999年實際(OBS)與預報(FCST)偏多(A)、正常(N)或偏少(B)個數與4個預報因子偏大(A)、正常(N)或偏小(B)間之關係。表中+代表類別中處於極端的事件。