

交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

氣候預測水文應用技術發展

946m04.pdf

計畫類別：☒國內 ☐國外

計畫編號：MOTC-CWB-94-6M-04

執行期間：94年01月01日至94年12月31日

計畫主持人：隋中興 教授

執行單位：國立中央大學水文科學研究所

國立中央大學大氣物理研究所

中華民國 九十四 年 十二 月

摘要

本計畫工作包括統計動力氣候預報模式建置(項目一)、統計動力氣候預報模式基礎發展(項目二)、與氣候預測之水文應用評估(項目三)。項目一由李永安、彭于珈負責,項目二之觀測分析部分由隋中興、李思瑩負責,模式發展部份由楊明仁、青麟、郭勉之、詹森負責。項目三由童慶斌、李明旭、劉子明負責。

計畫項目一發展了一套季內尺度的多頻多變數線性迴歸模式:即由一組資料構成的預報因子(predictor, $Y(t)$)及被預報因子(predictand, $Y(t+\tau)$)之間,尋求二者線性關係式 $Y(t+\tau)=AY(t)$ 中的線性傳遞矩陣(linear propagator matrix) A 。模式的發展主要是利用主分量分析(Principle Component Analysis)萃取預報及被預報資料的主要經驗正交模,濾除雜訊,進而透過矩陣運算獲得 $A=Y(t+\tau)Y(t)^{-1}$ 。我們測試單一變數(預報及被預報因子同為 OLR)及多變數模式(預報因子為 OLR 及風場、被預報因子為 OLR)在兩個區域($90^{\circ}\text{E} \sim 140^{\circ}\text{E}$, $25^{\circ}\text{S} \sim 25^{\circ}\text{N}$; $40^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}\text{E}$, $5^{\circ}\text{N} \sim 40^{\circ}\text{N}$)兩個時段(五六月、七八月)的預報能力。結果顯示此統計預報模式在赤道西太平洋、印度次大陸及 maritime continent 的預報能力都有不錯的表現,但是對台灣地區的預報仍嫌不夠。與 NCEP CFS 及氣象局 GFS 兩個動力氣候預報模式在東亞的預報比較,統計預報模式略優。

上述項目一研究與氣象局業務緊密結合,以協助建立氣候預報系統為主。項目二研究以培養氣象局氣候計畫長遠的需求為主,鑑於週至季內尺度的氣候震盪,海氣耦合動力機制不可忽視,氣候預報持續改進必須仰賴耦合動力模式,因此本計畫以發展適於東亞與西太平洋區域之海氣耦合動力模式為主。主要工作為透過觀測分析及模式發展,探討季內尺度的降水過程與海氣及陸氣邊界層的水氣與能量交換過程,進而改進模式對季內變化的預報能力。

在觀測分析部分,我們探討東亞與西太平洋區域暖季季內震盪的水氣與環流過程的主要特徵。將 NOAA OLR 與 NCEP R-2 850 hPa Vorticity 逐日的資料分為 5、6 月與 7、8 月兩時段,利用 ENMA 方法將資料濾為 10-75 天,選取 25°S - 25°N 、 30°E - 160°W 範圍並使用 C-EOF 方法求得時空變化,依據 PC1 與 PC2 組成的角度($\tan^{-1}(\text{PC1}/\text{PC2})$)將 OLR、850hPa 風場合成為八個相位(0° - 360° , 間隔 45°)。合成分析結果顯示,在 5、6 月內,從第一相位到第八相位明顯看到赤道上季內波動東傳以及印度洋季內波動北傳的變化,且此種變化與南海季風肇始有密切的關係,對應合成的八個相位與南海季風肇始的日期發現南海季風的肇始多發生在第四相位至第五相位的轉換時期。而 7、8 月時期合成分析結果顯示,季內震盪在西太平洋有明顯北傳的變化。

在模式發展部分,本研究使用 MM5 及 WRF 兩個大氣模式模擬東亞地區夏季天氣至季內時間尺度現象。因目前 WRF 模式 2.0 版本僅能使用時間固定的海溫 SST 資料,故我們使用 Liang et al.(2004)所發展之 CWRF 模式(Climate-WRF)。

其氣候模擬結果，以及與 MM5 模式結果的比較，顯示模擬的暖季東亞區域氣候，對側邊界條件非常敏感，故必須採用足夠大的區域。此部分結果，報告於附錄一。大區域的模擬部分，鑑於 WRF 2.0 模式版本與 CWRF 模式（目前沒有巢狀網域功能）仍在發展中，故先分析 MM5 模式的東亞地區氣候模擬結果。比較各種雲參數法的表現，我們發現 Kain-Fritsch 積雲參數法與 Kain-Fritsch 2 積雲參數法皆有明顯低估低層高度場的偏差存在，尤其是 Kain-Fritsch 2 積雲參數法更為顯著。Grell 積雲參數法則存在著較小的低估偏差，而 Anthes-Kuo 積雲參數法則有高估低層高度場的偏差。而在各邊界層參數法的表現中，Blackadar 邊界層參數法與 MRF 邊界層參數法存在明顯低估低層高度場的偏差，而 ETA 邊界層參數法則有高估低層高度場的偏差。由於各種積雲與邊界層參數法存在著不同特性的偏差，因此在選擇物理參數法組合時，需要考慮各種物理參數法的特性，以得到較佳的模擬結果。上述 MM5 模式發展之經驗，將轉移至 WRF 模式發展上。

海洋模式發展部分，除了原有的 POM-based 太平洋海洋模式之外，我們也測試了 ROMS。比較兩個版本的模式結果，ROMS-based 太平洋海洋模式的平均表現確實優於 POM-based 版本。因此，我們決定以 ROMS 取代 POM，作為本計畫擬建置的太平洋海洋模式之基礎。本年度的成果報告包括兩個版本的太平洋區域海洋模式(POM-based 的版本之結果說明於附錄二)。目前已利用 ROMS-based 版本完成十年的氣候場積分結果，並可模擬合理的溫鹽場和上層環流場分布。由於在積分過程中採用 Flux correction 和 nudging 等限制，因此並未發生海溫飄移現象。模式對熱帶太平洋區的上層洋流之分佈特性和季節變化有良好掌握，對西太平洋暖池區和熱帶溫躍層的結構也有相當不錯的表現。但是模式對太平洋西邊邊界流的模擬並不理想，初步推測是因為模式水平解析度不夠所致。海溫的時間演化分析顯示模式可重現規律的季節變化特性，表示此模式的穩定性相當高。我們將以 ROMS 與 WRF 結合，逐步建立耦合動力模式，探討週至月尺度以上的氣候震盪與相關耦合動力機制。

計畫項目三之工作，以長期氣候預測統計性降尺度研究、氣候預報資料及其不確定性對農業灌溉用水推估之影響、氣候預報資料及其不確定性對河川流量預測之影響，等三個研究重點為主軸，整合農業灌溉用水與河川流量預測與實際氣候預測資料，完成氣候預測之水文應用評估系統。而項目一與二研發之季內氣候預測（包括主要氣候預測模式結果，如氣象局 GFS、ECHAM4.5、NCEP CFS 等氣候動力模式），對水文應用之影響評估，為本計畫項目甚具挑戰性之議題。本年度的研究與分析在發展統計降尺度方法，將大氣模式 ECHAM4.5 氣候預報資料統計降尺度至河川季節性流量預報。使用統計降尺度方法包含了線性迴歸法及遺傳規劃法。不同方法與不同變數的選取都決定了降尺度方法的結果好壞。降尺度之後將可代入流量模式、農業灌溉用水量模式以及水資源系統動力模式模擬預報河川流量、農業灌溉用水量以及水文收支等模擬。本項目主要成果可總結如下三部分：1) ECHAM4.5 資料的使用——時間尺度上在日與旬的效果在事先的分析

中發現其結果不佳，經過降尺度的資料轉換與誤差修正後，運用月平均資料可以得到不錯的結果；2) 降尺度方法—對於溫度使用線性迴歸的方法於檢定中其平均絕對誤差 (MAE) 為 0.898，較遺傳規劃法的 0.916 佳；對於雨量而言經過分月討論後使用遺傳規劃法其 MAE 為 7.025，較線性迴歸的 8.289 佳。因此，不同的變數應該視其特性之不同運用不同的統計降尺度方法；3) 不確定性分析—流量模擬模式、農業灌溉用水量模式以及水資源系統動力模式本身對於流量模擬、農業灌溉用水模擬以及水文收支模擬雖然均具有不確定性，然而模擬結果最大的不確定性來源還是大氣模式預報資料的不確定性。

目 錄

摘 要.....	I
目 錄.....	IV
項目一：統計動力氣候預報模式建置一.....	1
季內尺度的多頻多變數線性迴歸模式.....	1
成果摘要.....	1
(1) 資料與模式設計.....	1
(2) 統計模式的驗證及分析.....	3
(3) 與其它模式的比較.....	4
(4) 總結與未來期許.....	4
(5) 參考文獻.....	5
項目二：統計動力氣候預報模式基礎發展.....	15
1. 暖季季內變化之觀測分析.....	15
成果摘要.....	15
(1) 資料與方法.....	15
(2) 分析結果.....	16
(3) 小結與未來發展方向.....	19
(4) 參考文獻.....	20
2. 暖季季內變化之模式分析.....	26
成果摘要.....	26
(1) 前言.....	26
(2) 模式介紹.....	27
(3) 實驗設計.....	28
(4) 研究結果.....	29
(5) 討論.....	31
(6) 結論.....	33
(7) 參考文獻.....	33
3. 海洋模式建置.....	53
成果摘要.....	53
(1) 模式簡介.....	53
(2) 北太平洋模式的基本設定.....	53
(3) 模式模擬結果.....	54
(4) 小結和未來發展方向.....	57
(5) 參考文獻.....	58

項目三：氣候預測之水文應用評估系統.....	74
成果摘要.....	74
(1) 前言.....	74
(2) 文獻回顧.....	76
(3) 研究方法.....	79
(4) 統計降尺度結果與季節性河川流量預報實例應用.....	98
(5) 石門集水區之乾旱指數推估與 2002 年之乾旱指數預測分析.....	121
(6) 不確定性分析.....	124
(7) 總結.....	126
(8) 參考文獻.....	127
附錄一 CWRf模式模擬結果	131
附錄二 POM模式模擬結果	135

項目一：統計動力氣候預報模式建置— 季內尺度的多頻多變數線性迴歸模式

成果摘要

本研究藉自迴歸 (autoregressive-1) 方法來發展一套預報模式：即由一組資料構成的預報因子 (predictor, $Y(t)$) 及被預報因子 (predictand, $Y(t+\tau)$) 之間，尋求二者線性關係式 $Y(t+\tau) = AY(t)$ 中的線性傳遞矩陣 (linear propagator matrix) A 。模式的發展主要是利用主分量分析 (Principle Component Analysis) 萃取預報及被預報資料的主要經驗正交模，濾除雜訊，進而透過矩陣運算獲得 $A = Y(t+\tau)Y(t)^{-1}$ 。

本模式以 NOAA OLR 的資料為主，NCEP/NCAR R2 的資料為輔做預報分析，預報的區域為有二，其一為較大的範圍 ($90^{\circ}\text{E} \sim 140^{\circ}\text{E}$, $25^{\circ}\text{S} \sim 25^{\circ}\text{N}$)，另一為較小的區域 ($40^{\circ}\text{E} \sim 180^{\circ}\text{E}$, $5^{\circ}\text{N} \sim 40^{\circ}\text{N}$)。文章開始先使用單一變數 OLR 在大區域做驗證，結果顯示 MJ 期間在赤道西太平洋、印度半島一帶及 maritime continent 的預報能力都有不錯的表現，在 JA 期間 maritime continent 及澳洲也有可看的預報。而同樣的方法對小區域做預報時，MJ 期間有些地區甚至可以達到 60 % 以上，JA 期間則是預報到雨帶的出現，但是對台灣地區的預報仍嫌不夠。為了提高台灣地區的預報能力，接著使用多變數模式，將 850 hpa 的渦度場加入初始條件做預報，其結果顯示在台灣地區的 5 天預報可以達到 30 ~ 40 %，10 天預報也還有百分之二十幾。

除了事後預報的驗證，文中也會取 2004 年及 2005 年的預報與實際的觀測做比較。最後還會與 NCEP CFS 及氣象局 SMIP 的資料比較，這幾個模式都有捉到一個雨帶，但是對台灣地區的預報能力卻不是很好，只有 AR1(II) 有 20 ~ 30 % 的預報能力。

(1) 資料與模式設計

本模式使用的資料可分為二類，其一為 National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) 的外逸長波輻射 (Outgoing Longwave Radiation, OLR)，其二為 National Centers for Environmental Prediction–National Center for Atmospheric Research (NCEP–NCAR) Reanalysis-2 (R2) 850 hpa 及 200 hpa 的風場、渦度、溫度場等。二者的解析度皆為 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ，時間長度為 1979 年到 2005 年的候平均 (Pentad) 資料，但因模式結構的設計，以及本研究的預報主要著重在五月到八月 (MJJA)，因此預報驗證時只使用 1979 年到 2004 年的資料。

除了上述放入模式的資料外，還另外拿了 NCEP Climate Forecast System

(CFS) 及中央氣象局 SMIP 的系集 (ensemble) 預報資料，做為與本模式驗證資料的比較。此二者皆屬於動力預報模式。CFS 的水平解析度為高斯網格，預報的時間從 1981 年到 2003 年，每次預報九個月，詳細的資料說明可參考 Saha et. al (2005) 或 <http://cfs.ncep.noaa.gov/>。SMIP 的解析度則是採用 T42 網格，時間長度從 1980 年到 2004 年的季預報資料 (一月、四月、七月、十月)，每一季預報七個月。

本研究使用的預報方法為 AR1(II)，其實就是自迴歸 (autoregressive, AR) 的意思。現在有一組資料 Y ，其時間長度為 t ，令 $Y(t)$ 為預報因子，與 $Y(t)$ 間隔 τ 時間的 $Y(t+\tau)$ 為被預報因子，兩者之間存在著線性的關係，則此關係式可以寫成 $Y(t+\tau) = AY(t)$ ，而使 $Y(t)$ 及 $Y(t+\tau)$ 得以達到線性關係的係數 A 則是本研究中最重要的一個線性傳遞矩陣 (linear propagator matrix)。

假若現在要預報 2005 年時間 t_1 ，分別取 1979 年到 2004 年 t_1 前後的 N 個時間當做 $Y(t)$ ，也就是每年都取 t_1-N 到 t_1+N ，共 $2N+1$ 個點，則 $Y(t+\tau)$ 即是取每年 t_1-N+1 到 t_1+N+1 (假設 $\tau=1$)，最後我們再取 2005 年的 t_1-N+1 到 t_1+N+1 來當做 $Y'(t+\tau)$ 。以上即是模式的初始資料，接下來用幾個簡單的步驟來說明此方法。

1. 首先對 $Y(t)$ 及 $Y(t+\tau)$ 做主分量分析 (Principle Component Analysis, PCA)，只保留前十個模的時間序列，令其為 $Z(t)$ 及 $Z(t+\tau)$ ，並將由 $Y(t+\tau)$ 做 PCA 之後所產生的特徵向量投影至 $Y'(t+\tau)$ 得到一組新的時間序列 $Z'(t+\tau)$ 。這一步的目的不只可以濾掉一些雜訊 (Noise)，亦可加快計算機的計算時間。
2. 從此關係式 $Z(t+\tau) = AZ(t)$ ，求線性傳遞矩陣 A ， $A = Z(t+\tau)Z(t)^{-1}$ 。
3. 預報 (Prediction)：將線性傳遞矩陣乘上 2005 年 t_1-1 的時間 (假若 $\tau=1$ 時)，以方程式表示可寫成 $pred1 = AZ'(t_1-1)$ ，此乃第一個預報時間，由於本模式每一個時間的預報是用不同的線性傳遞矩陣求得的，因此必需重覆 1 到 3 的步驟，並且在步驟 1 時每次的 τ 值都是逐漸增加的，此法每一個時間的預報可寫成：

$$\begin{aligned} pred1 &= A_1 Z'(t_1-1) \\ pred2 &= A_2 Z'(t_1-2) \\ pred3 &= A_3 Z'(t_1-3) \\ pred4 &= A_4 Z'(t_1-4) \end{aligned}$$
4. 驗證 (Verification)：一般的驗證方法通常是選取某一段前期的時間做訓練期 (training period)，再往後做事後預報 (hindcast) 與觀測資料做驗證。本研究則是使用 Jackknife (亦稱 cross-validation) 的方法做驗證，

可參考 Michaelsen (1987) 及 Yuval (2000) 等文章。此方法在做事後預報時一開始就取了所有年份的資料，要對某一年做預報時，只把那一年的資料去掉，用其它年份的資料對那一年做 hindcast。

(2) 統計模式的驗證及分析

2.1. 單一變數—預報及被預報因子同為 OLR

一開始模式設定的預報區域放在東經 40 度到 180 度，南北緯 25 度之間，預報及被預報因子所使用的時間長度為 11 個侯 (windows = 11)，也就是被預報時間點的前五個侯 (pentad) 到後五個侯，此外，我們將四個月的預報分成 MJ (May and June) 及 JA (July and August) 兩段做驗證。首先把 AR1(II) 模式的預報值 (prediction) 與相對應的觀測值做相關，並對將觀測的 OLR 本身做連續五個侯的延遲相關 (lag correlation)，當做資料本身的持續性 (persistent) 變化。

圖一、圖二是 OLR 的 persistent 及 prediction 的比較，由上到下分別代表第 5 天預報、第 10 天預報、第 25 天預報，圖一是 MJ 圖二是 JA，左排為 persistent 右排則是 prediction。對 persistent 來說，陰影的部份即是延遲相關 (%)，但在 prediction 中，陰影表示通過 95 % 的可信度 (significant level)，與原始資料的相關 (%) 則是以線條表示。大致來看，圖一及圖二在 5 天預報時 prediction 的預報能力與 persistent 差不多，但是時間越長，prediction 的預報能力明顯的較 persistent 好得多。圖一顯示 MJ 期間，在印度半島、赤道西太平洋及 maritime continent 預報結果不錯，圖二顯示在 JA 期間預報結果在 maritime continent 及澳洲的變化與觀測值較接近。

雖然從圖一、圖二來看整體結果還算不錯，但是，台灣地區的預報結果還是不夠好，而且對台灣地區來說，這個區域嫌大，因此將範圍縮小到東經 90 度到 140 度，北緯 5 度到 40 度。結果如圖三及圖四所示，小區域 prediction 的預報能力依然好過 persistent。在 MJ 期間赤道西太平洋及孟加拉灣的預報很不錯，有些地方甚至可以達到 60 % 以上，但是在西北太平洋的預報卻不怎麼好，可是這區域模式在 JA 期間有不錯的表現，圖二最右邊一行從 5 天預報到 25 天預報都可以將雨帶 (rain band) 較完整的呈現出來。而台灣地區在 MJ 及 JA 的第 5 天預報都有 30 ~ 40 % 的預報能力，10 天預報還有百分之 20 幾，然後逐漸降低。

2.2. 多變數模式

為了加強台灣地區的預報能力，因此考慮多加入一組或多組初始資料。以雙變數為例原本假設只有一個預報因子的公式可以改成 $Y(t+\tau) = AY(t) + BX(t)$ ，以矩陣型態表示可寫成 $Y(t+\tau) = \begin{bmatrix} A & B \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y(t) \\ X(t) \end{bmatrix}$ ，如此以來現在的線性傳遞矩陣將不在祇有一個 A ，而是 $\begin{bmatrix} A & B \end{bmatrix}$ 。

經過一些比較，我們決定用 850 hpa 的渦度與 OLR 配對做為初始條件，進行預報驗證的作業。圖五為以雙重變數預報的結果，與圖三及圖四比較，似乎沒有多大的改變，至少用肉眼無法輕易看出，所以對每一個預報時間點取 117°E ~ 125°E, 20°N ~ 27°N 區域平均（圖六），對 MJ 來說雙重變數的確有改善，但在 JA 則有些微的降低。

2.3. 預報與觀測

從 2004、2005 年中選取連續五個候，比較觀測與預報的異常值 (anomaly)，見圖七及圖八。2004 年的 5 天預報結果還不錯，10 天預報差異極大，15 天到 25 天預報還可以，在西太平洋的低值有捉到。但是 2005 年的 5 天預報有顯得有點糟糕，從 15 天到 20 天的預報，其雨帶有略為偏高的情況。

(3) 與其它模式的比較

目前我們的統計模式還是無法讓台灣地區在 10 天之後的預報達到有用的程度，但是這樣的結果與動力模式結果相近，熟優熟劣尚無參考資料，因此在繼續往下做改進之前，我們選了兩個動力模式做比較，其一是 NCEP CFS，其二為中央氣象局的 SMIP。因為 CFS 及 SMIP 只有月的系集平均 (ensemble mean) 資料，為了保持其公平性，必需先將統計模式預報出來的候資料平均成月資料，但是本研究只做到 25 天預報，因此將同一個初始條件預報出的 5 天預報、10 天預報、15 天預報、20 天預報、25 天預報平均當成月資料，接著將三個模式的月資料與 OLR 的月平均做相關。

圖九為上面三個模式八月份的預報驗證，上兩張為 AR1(II)，左下為 CFS，右下為 SMIP。這三個模式都有捉到雨帶，不過 SMIP 捉到的雨帶稍微往北偏了一點。此外，AR1(II)及 CFS 在中國華南沿岸的預報能力都達到了 40 % 以上。三個模式對台灣地區的預報都不是很好，大概只有 AR1(II)有達到 20 ~ 30 % 的預報能力。

(4) 總結與未來期許

此次報告，對模式的設定為：1. 預報因子及被預報因子在做 PCA 分析時只保留 10 個模，2. 每一個時間點的預報包含了過去所有年份的同一時間點的前五候到後五候 (window = 11)，3. 主要的初始資料為 OLR 次要則為 850 hpa 的渦度場。

將單一變數 OLR 應用在統計預報模式 AR1(II)，首先選取 90°E ~ 140°E, -25°S ~ 25°N，不論是對 MJ 或 JA 的驗證，其預報結果都較 persistent 來得好，此外 MJ 在赤道西太平洋、印度半島一帶及 maritime continent 的預報能力都有不錯的表現，JA 則是在 maritime continent 及澳洲有可看的預報。因為重點是在預報台灣地區，所以進一步將範圍縮小到東經 90 度到 140 度，北緯 5 度到 40 度，

MJ 的表現在赤道西太平洋及孟加拉灣一樣亮眼，JA 則是在雨帶的預報上有不錯的成績，此外對台灣的 5 天預報有 30~40 % 的表現，10 天預報也還有百分之二十幾。

為了提高對台灣的預報能力，將 850 hpa 的渦度加入初始條件中，主要型態與只有 OLR 的預報驗證差異不明顯，不過在台灣地區 MJ 的預報能力提高了，但 JA 卻有些微的減少。

將本模式的候預報平均成月預報做驗證，再與 NCEP CFS 及中央氣象局 SMIP 的月資料驗證比較，都有捉到一個雨帶，但是對台灣地區的預報能力都不是很好，只有 AR1(II)有 20~30 % 的預報能力。

即使經過改善，對台灣地區的預報仍然不如預期的好，接下來我們想做的當然是繼續提高台灣地區的預報能力，縮小範圍是必要的，但並不是最好的改進方法，可能會考慮使用多重變數當作初始條件，不一定只有加在預報因子。另外，使用 OLR 做初始場只是模式最初的設定，因為我們想要預報的還是降水和溫度，因此海溫及降水是不可缺少的變數，或者視水氣匯可能對模式的預報能力也可以有較為良好的改善。

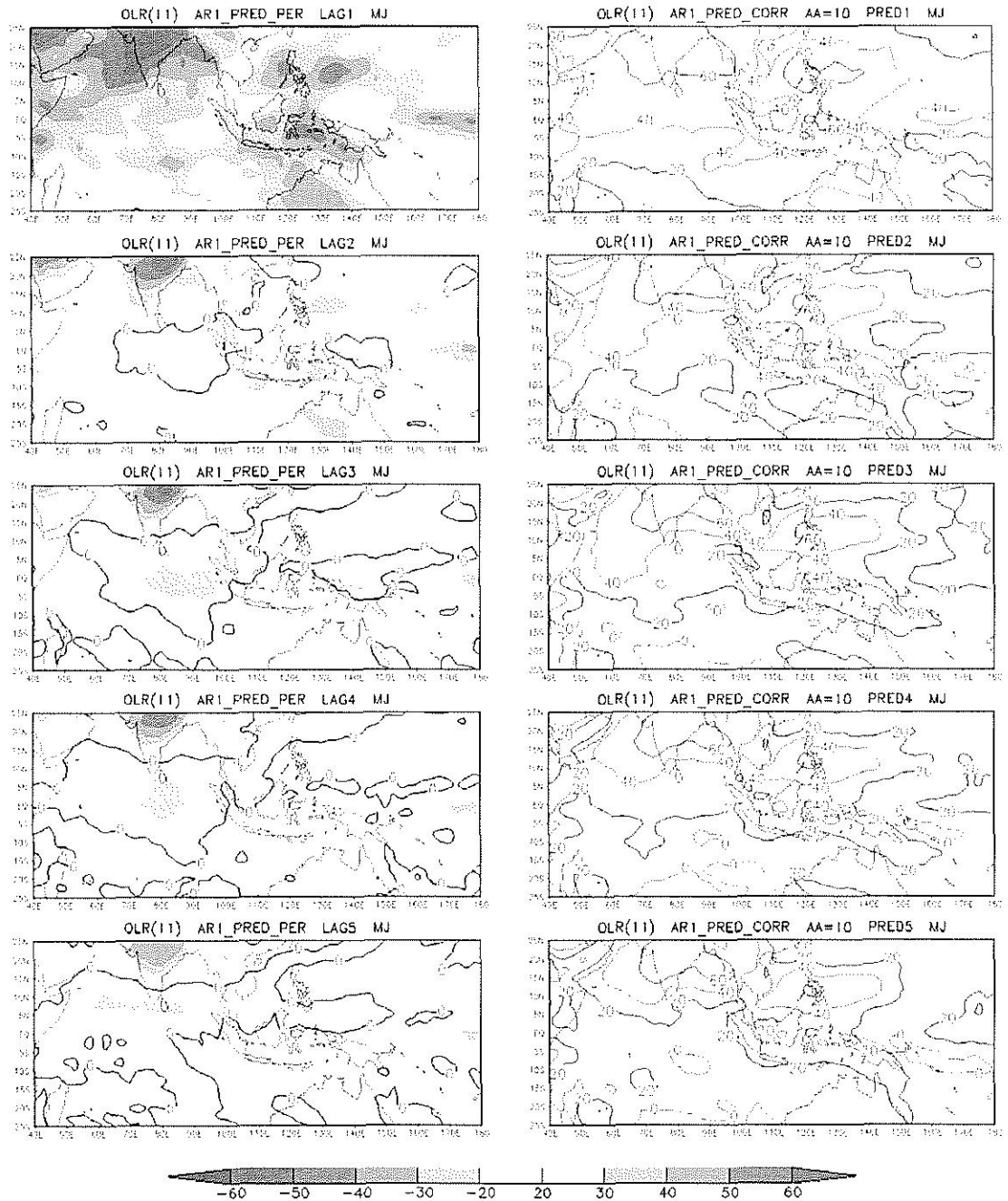
(5) 參考文獻

- Michaelsen J. 1987: Cross-Validation in Statistical Climate Forecast Models. *Journal of Applied Meteorology*, **26**, 1589-1600.
- Gruber A., and A. F. Krueger. 1984: The Status of the NOAA Outgoing Longwave Radiation Data Set. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **65**, 958-962.
- Saha S., S. Nadiga, C. Thiaw, J. Wang, W. Wang, Q. Zhang, H. M. van den Dool, H.-L. Pan, S. Moorthi, D. Behringer, D. Stokes, M. Pena, S. Lord, G. White, W. Ebisuzaki, P. Peng, P. Xie, 2005: The NCEP Climate Forecast System. *Submitted to the J. Climate*.
- Yuval and W. W. Hsieh. 2003: An Adaptive Nonlinear MOS Scheme for Precipitation Forecasts Using Neural Networks. *Weather and Forecasting*, **18**, 303-310.

May and June

Persistent

Verification

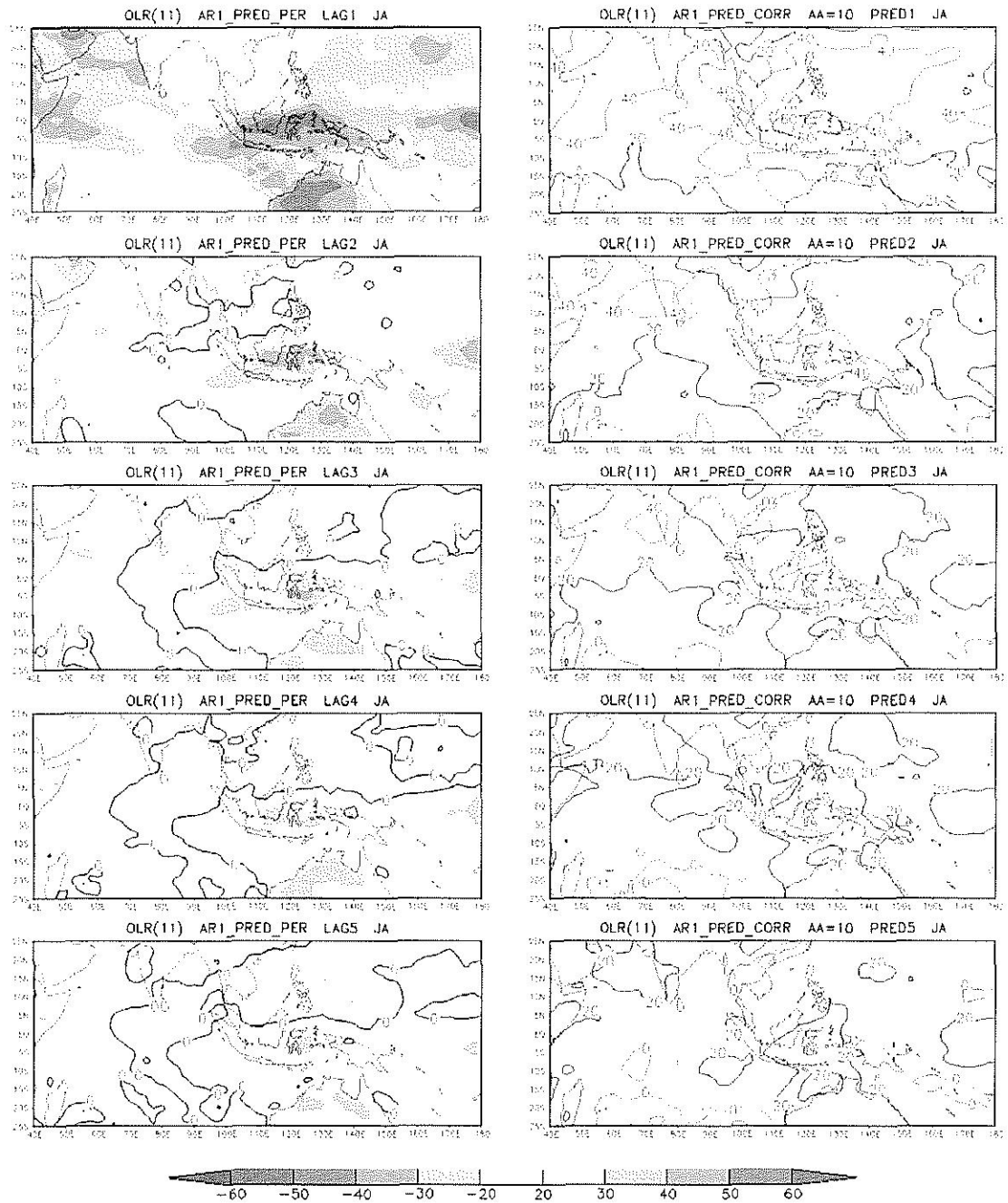


圖一：使用單一變數 OLR 對 AR1(II)模式的預報結果比較。左右排分別是 MJ 的 persistent 及 verification，由上到下則是代表第 5 天預報、第 10 天預報、第 15 天預報、第 20 天預報及第 25 天預報。對 persistent 來說，陰影的部份即是持續變化的百分比；但在 verification 中，陰影表示通過 95 % 的可信度，與原始資料的相關則是以線條表示，其單位為 %。

July and August

Persistent

Verification



圖二：同圖一的解說，但是比較月份變成 JA。