

# 東亞太平洋區域水循環的氣候分析

彭于珈<sup>1</sup> 李思瑩<sup>2</sup> 隋中興<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>中央大學水文科學研究所 <sup>2</sup>中央大學大氣物理研究所

## 一、中文摘要

本計畫的目的是分析中國及台灣的降水氣候時空特徵及相關的東亞太平洋區域水氣收支。使用資料包括 1) 台灣20個測站及中國160個測站50年(1951-2000年)的月降水紀錄, 2) Climatic Research Unit (CRU) 空間解析度0.5 經緯度的月降雨資料, 以及 CMAP與GPCP 1.0 經緯度的月降雨資料, 3) 時空解析度6小時及2.5 經緯度NCEP以及ECMWF的重分析資料所算視水汽匯,  $Q_2$ 。首先, 將各變量每年同月的值相加平均求得各自的月氣候值, 並分析其氣候年週期循環。再將各月變量資料減去各自的月氣候值, 求得月變異值, 以經驗正交函數(EOF)分析其年際間氣候變異特徵。並將測站及主要的EOF modes的時間序列做波譜分析及奇譜分析。資料分析顯示, 台灣中國降雨的變化有准兩年(1.5、2.5)、3.5年及年代際(12~17年)震盪, 共佔約50%總變異量。台灣的年代際震盪與中國的年代際震盪在1978年之前有明顯相差, 台灣地區發生早於中國的變化, 但是1978年之後兩者相位一致。2002年之後, 台灣與中國地區的年代際震盪進入負相位, 還存在著近兩年振盪。

## Abstract

This is a report of the on-going diagnostic study of hydro-climate variability in the East Asia-Pacific

region. Data used include 1) monthly surface rainfall at 20 stations in Taiwan and 160 stations in China for 1951-2000; 2) monthly surface rainfall from CRU, CMAP, and GPCP; 3) NCEP and ECMWF reanalysis. The monthly annual cycle and interannual variability are analyzed. The interannual oscillations in Taiwan and China both show dominant quasi-biennial and 12-17 years oscillations. But the latter shows a transition in phase between Taiwan and China around 1978.

## 二、前言

東亞季風區夏季降雨型態受到多重尺度氣候/天氣的相伴影響, 包括熱帶與局部海溫變化、熱帶波動、中緯度的斜壓系統、副熱帶高壓的強度及位置和鋒面雨帶的移動等, 因此時空分布非常複雜。過去很多分析指出, 當赤道東太平洋海溫升高時(El Niño event), 中國的夏季降雨型態呈帶狀分布, 江淮一帶降雨增加而洪澇, 華北及華南的降雨則會減少而乾旱。1970年代中期以後, 因為熱帶太平洋海溫較高, 西太平洋暖池的海溫增暖, 菲律賓對流加強, 迫使副熱帶高壓北移, 造成江淮一帶乾旱, 華北及華中一帶洪澇。過去研究顯示中國江淮及華南一帶夏季降雨有近兩年、ENSO有關年際間、及年代際間的振盪, 有關這些中國夏季降雨氣候分

析、降雨和熱帶海溫之間的關係、可能之機制等研究請參閱 Shen and Lau (1995), Chang et al. (2000a, 2000b), Li and Zhang (2002) 等及其內引用之文獻。

### 三、結果討論

本研究使用之月降水資料包括台灣測站資料(氣象局提供)、中國測站資料(Wang et al. 2000)、CRU TS2.0 的 0.5 度網格雨量資料(Mitchell et al. 2003; New et al. 1999, 2000)、CMAP 與 GPCP 1.0 經緯度的月降雨資料。比較上述降水資料氣候平均的年循環，以台灣與中國測站為基準，與其最為接近的是 CRU，其次為 CMAP，GPCP 最差。在水氣收支方面，利用 NCEP 以及 ECMWF 的重分析資料來計算視水汽匯 (apparent moisture sink,  $Q_2$ )，並將其垂直積分  $\langle Q_2 \rangle$  作成氣候平均值與觀測資料作比較，結果發現兩組資料的  $\langle Q_2 \rangle$  與降水型態相似。

#### 氣候年週期循環

中國與台灣降水年循環的特徵為：1、2 月時降水主要在中國東南近海地區包括台灣，從 3 月開始降雨往內陸增加，5 月時東北地區的降雨也開始增加，直至 8 月，除中國西北地區降雨仍不足 50 公釐之外，大部分地區都有 100 公釐以上，到了 9 月降水開始往回退，直到 12 月，其雨量可說是全年最少的一個月，大部分地區，其月降雨皆不足 50 公釐。全年降雨的範圍是在 200 ~ 2200 mm/year。

有關之東亞太平洋區域水氣年循環的特徵為：1 月  $\langle Q_2 \rangle$  的正值區在印度洋、maritime continent 延伸至 130-140°W，與降水高值相對應，為水

汽源區，而北半球亞洲季風區、東亞及西北太平洋地區為  $\langle Q_2 \rangle$  負值區，是水汽匯區，2、3 月  $\langle Q_2 \rangle$  正值逐漸北移，與降水帶相同。到了 4、5 月時源匯轉換，6 月最大降水在印度、孟加拉灣及 ITCZ 對應  $\langle Q_2 \rangle$  最大正值區，7 月  $\langle Q_2 \rangle$  持續加強到最大值，9 月北半球  $\langle Q_2 \rangle$  逐漸減弱，同時降水帶南移，11 月時源匯又轉換。

若將 7 月減 1 月  $\langle Q_2 \rangle$  用來檢視北半球亞洲季風區和南半球澳大利亞季風的分布(圖 1)，南北半球  $\langle Q_2 \rangle$  值幾乎完全相反，北半球亞洲季風區為強盛的水汽匯區，南半球低緯印度洋和澳大利亞季風區為強盛的水汽源區。這說明，7 月與 1 月南北半球的水汽源匯存在明顯的差異，1 月北半球季風區為水汽源，南半球季風區為水汽匯，7 月北半球季風區為水汽匯，南半球季風區為水汽源，不論是 1 月還是 7 月南北半球互為水汽源匯。

#### 年際間氣候變異特徵

為了想要了解台灣與中國降水型態年際間氣候變異的時空特徵，本研究將各測站 50 年的資料做經驗正交函數分析(Empirical Orthogonal Analysis, EOF)。首先將各測站的月雨量資料 ( $P$ ) 減去各自的月氣候值 ( $P_m$ )，求得月雨量變異值 ( $P'$ )，再用下列四種方法計算矩陣，以求其特徵值與特徵向量：1. 各測站間  $P'$  的相關係數 (correlation coefficient)，2. 各測站間  $P'$  的共同變量 (covariance)，3. 先將  $P'$  資料做三次三點滑動平均 ( $\bar{P}'$ )，再求各測站間  $\bar{P}'$  的相關係數，4. 求各測站間  $\bar{P}'$  的共變異數。比較結果顯示，使用各測站間的『共同變量』所構成的矩陣其結果顯然比用『相關係數』來

的好，至少在其第一及第二特徵值可達 15% 及 11%，此外事先做過滑動平均的計算結果也的確比沒做的好。不論是用『共同變量』或是『相關係數』所求得的特徵向量，我們可以清楚的看見前二個的空間分布差不多的，除了正負區可能有所交換之外，再者從特徵向量上看到的負值並非表示該區是久旱不雨或長期少雨，而是要再配合其時間序列來看才知。

在比較過測站資料與 CRU TS2.0 的資料後，得知 CRU 的資料是可用的。利用各網格點的『共同變數』所構成的矩陣所求得 EOF 的第一特徵值佔了總變量的 15.02%，其次為 10.69%、5.96% 及 5.52%，其餘的皆在 5% 之下，而且它們所對應到的特徵向量也較為凌亂，所以只先討論這 4 組特徵模的結果。

這四組特徵模的空間分布中，主要以中國東南部為主。以第一特徵向量來說，其所表示的空間分布，只有一個較大的負區在華南地區，雖然到了黃河流域轉負為正，但振幅都不大；第二特徵模的空間分則有了明確的正負二區之分，正區出現在中國南部沿海的幾個省份及台灣地區，長江流域下游的幾個省份則是主要的負區所在。第三特徵模的空間分布有別於前二者是南北的差異，它有了東西之分，從廣東到山東的沿海連線以及台灣地區是主要的正區，負區則在雲南、貴州及四川一帶。到了第四特徵模又變回以南北為主，由南往北分別是：負→正→負的變化。附帶一提的是，台灣地區在前三個空間分布中全部都是屬於同一符號的變化，直到第四特徵模，台灣南北才有所差異。

與這些特徵向量對應到的時間序列 (Time Series)，似乎都隱約可見一些低頻的振盪，但又不是特別的清楚，因此接下來將對這些序列進行波譜分析 (Power Spectral Analysis)，希望可以從這個分析看到更清楚的結果。圖 2 為波譜分析後的結果，第一 EOF 主要的振盪週期是 2.5 年；第二 EOF 的主要週期有 2 年及 1.5 年的較為明顯；第三 EOF 則有一個非常明顯的長波振盪週期為 12~17 年；第四 EOF 的主要週期為 1.5 年。既然波譜分析的結果指出在第三 EOF 有 12~17 年的振盪週期存在於此時間序列中，下面擬用另一種統計方法，試圖將其揭示。

奇譜分析 (Singular Spectral Analysis, SSA)，是以一種客觀的方法讓時間序列本身來決定過濾因子。為了讓 SSA 集中於分析較長的波段，首先將原來的母序列 (EOF3) 重複進行三次三點的滑動平均，再把最大延遲數設定為 12 個月。投影得出的第一個子序列 (EOF3 SSA1)，其中依然參雜了一些高頻的振盪，但不難發現有一低頻的波動存在。若是進一步把延遲的月份設成 60 個月，那麼這一個低頻的振盪週期可以更清楚的突顯出來 (圖 3)。由於投影的過程中，頭尾各損失 30 個月，故子序列是從 1953 年 7 月到 1998 年 6 月止，共 45 年。在 SSA1 中有三個明顯的波動起伏，用 45 年去除，得其振盪週期為 15 年。第三子序列 (EOF3 SSA3) 則僅具備一甚有規律的一年振盪，唯其振幅並非一成不變。第二子序列 (EOF3 SSA2) 則似乎是界於第一及第二子序列的中間產物。子序列一的後段結果顯示它的變

化是往負的方向進行，若配合第三特徵模的空間分布來看，這表示在台灣及中國西南沿海一區降雨會有逐年減少的趨勢，與近幾年降水量偏少有所符合。

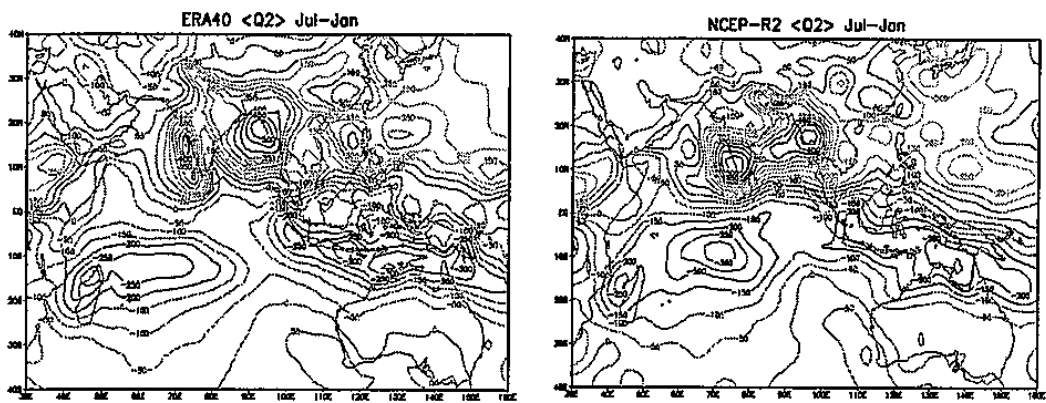
在 Sui and Sheu (2004) 的文章中指出，台灣地區也有一明顯的 17 年的長波週期在，圖四為台灣的測站資料 (EOF1 SSA1) 與 CRU 資料 (EOF3 SSA1) 二者進行延遲 60 個月的 SSA 分析的比較，圖中可見，大約在 1978 年之後二者的時間可說是完全符合的，但是 1977 年之前卻有明顯的時間差出現，台灣地區先發生，接著而來的才是中國的變化。此外，台灣與中國地區的子序列顯示除了有 17 年的長週期之外，還存在著准兩年振盪。

#### 四、討論

本研究初步結果綜述如上。需進一步探討的問題包括：准兩年振盪的水循環與相關機制為何？准兩年與 3.5 年振盪有何差別？年代際振盪的水循環與相關機制為何？中國與台灣地區年代際震盪在 1977 年前後為何會有相位上的差異？台灣地區 2002 年及 2003 乾旱與年代際震盪與准兩年振盪之相位關係為何？是否有預報價值？極端降水天氣與上述氣候變異關係為何？

#### 五、參考文獻

- Chang, C.-P., Y. Zhang, and T. Li, 2000a: Interannual and interdecadal variations of the East Asian summer monsoon and tropical Pacific SSTs. Part I: Roles of the subtropical ridge. *J. Climate*, **14**, 4310-4325.
- Chang, C.-P., Y. Zhang, and T. Li, 2000b: Interannual and interdecadal variations of the East Asian summer monsoon and tropical Pacific SSTs. Part II: Meridional structure of the monsoon. *J. Climate*, **14**, 4326-4340.
- Mitchell, T. D., 2003: A comprehensive set of climate scenarios for Europe and the globe. In preparation
- New, M., Hulme, M., and Jones, P., 1999: Representing 20th-Century Space-Time Climate Variability. Part I: Development of a 1961-90 mean monthly terrestrial climatology. *J. of Climate*, **12**:829-856.
- New, M., Hulme, M., and Jones, P., 2000: Representing 20th-Century Space-Time Climate Variability. Part II: development of 1901-96 monthly grids of terrestrial surface climate. *J. of Climate*, **13**: 2217-2238.
- Sui, C.-H., P.J. Sheu, 2004: Hydrologic Climate Variability in Taiwan. Submit to *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*
- Wang, S. W., D. Y. Gong, J. L. Ye, and Z. H. Chen, 2000: Seasonal precipitation series of eastern China since 1880 and variability, *Acta Geographica Sinica*, **55**, 281-193.
- Li, T. and Y.-S. Zhang, 2002: Processes that Determine the Quasi-Biennial and Lower-Frequency Variability of the South Asian Monsoon, *J. Meteor. Soc. Japan*, **80**, No. 5, 1149-1163.
- Shen, S.-H. and K.-M. Lau, 1995: Biennial Oscillation Associated with the East Asian Summer Monsoon and Tropical Sea Surface Temperatures, *J. Meteor. Soc. Japan*, **73**, No.1, 105-123.



(a) (b)  
 圖 1 七月減一月垂直積分視水汽匯, <Q2>

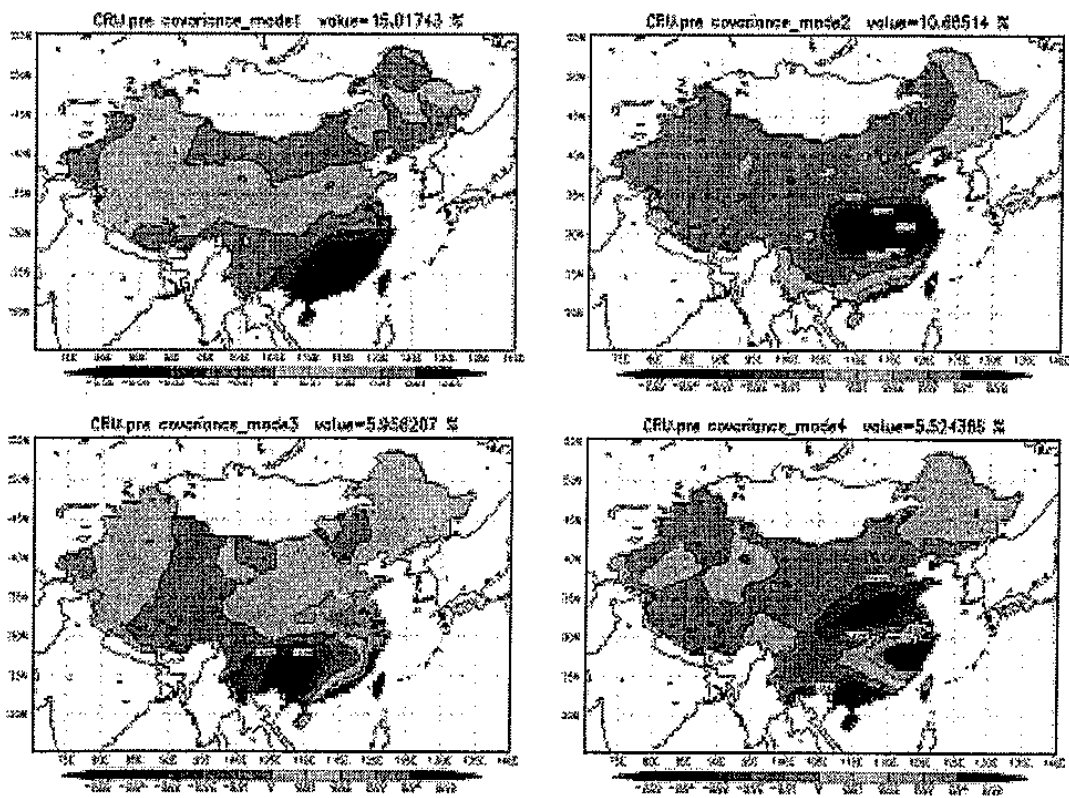


圖 2 CRU 雨量 EOF 分析所得前四組特徵模

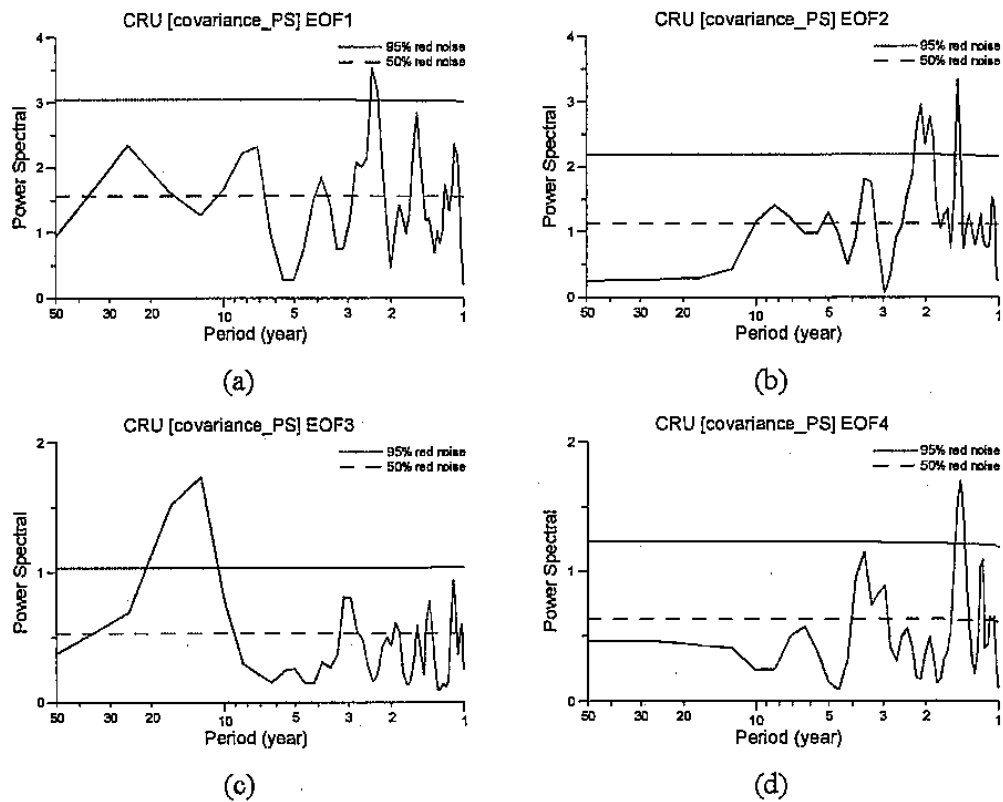


圖 3 CRU 雨量前四組 EOF 特徵模時間序列之波譜分佈

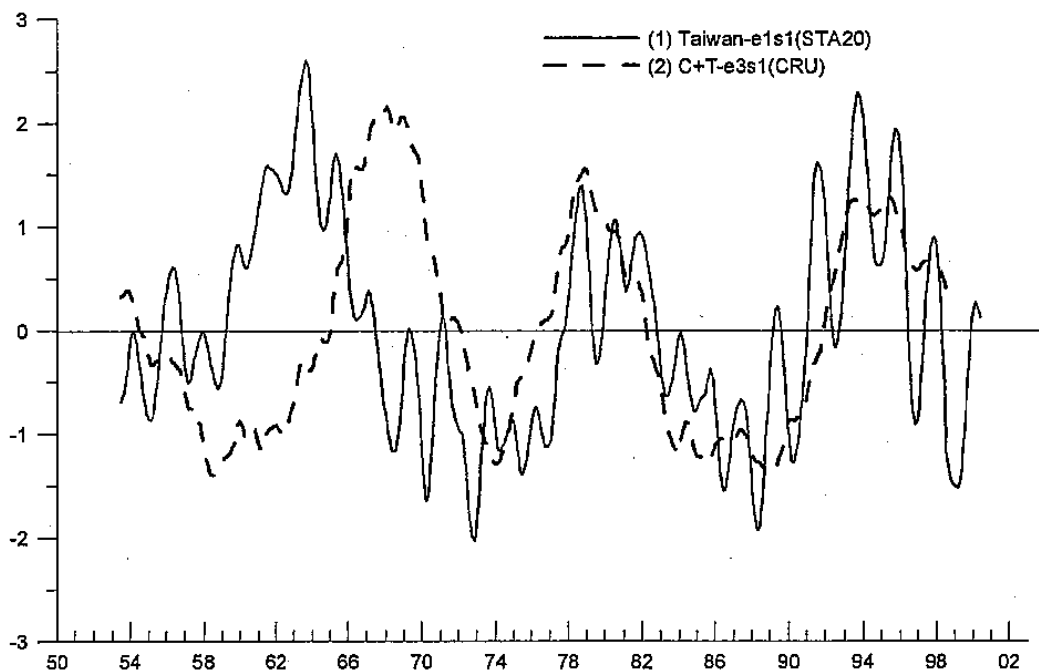


圖 4 奇譜分析台灣 20 個測站第一組 EOF 特徵模時間序列所得之主要分量 (實線) 與奇譜分析 CRU 中國台灣區域第三組 EOF 特徵模時間序列所得之主要分量 (虛線)