

# 臺灣地區氣象因子之低頻振盪 及其與亞洲季風環流之關係

張隆男 林坤龍 朱延祥

國立中央大學大氣物理研究所

## 摘 要

本文以1979年中央氣象局各主要地面測站逐時觀測資料及板橋探空資料分析台灣地區夏半年各氣象因子（包括地面氣壓、氣溫、雨量、濕度、風場等）之時間序列變化。結果顯示，台灣地區夏季期間各氣象因子的功率譜普遍存在一週期為30-50天之低頻振盪。使用 Murakami (1979) 之二階 Butterworth filter 濾波後，這種30-50天的變化更為明顯。

另一方面，我們以ECMWF之FGGE II -b資料分析，發現亞洲季風區高度場(850mb)及風場亦有明顯的30-50天週期變化。台灣地區氣象因子的低頻振盪明顯的受到亞洲季風環流變化的直接影響，尤其季風槽與太平洋高壓的消長及其相對位置對台灣地區的天氣變化影響最大。本文也探討台灣地區的低頻振盪與印度夏季季的關係，結果顯示，台灣地區的低頻振盪較印度季風之發展呈現相位提前之現象。

## 一、前 言

熱帶地區30-50天的低頻振盪是近年來有關季風最熱門的話題之一。Madden and Julian(1971, 1972)利用中太平洋Canton Island(3° S, 172° W) 1957~1967 10年探空資料以統計的方法分析，發現熱帶地區的地面氣壓場，850mb、150mb緯向風場、溫度場等，存在一40-50天的低頻振盪，其主要特性如下：

(一) 週期性振盪為侷限於熱帶地區的全球性波動。

(二) 波動自源地位於10° N~10° S的印度洋一帶，以等速向東移至中太平洋。

(三) 地面氣壓場與低對流層(850mb)緯向風場同相位，與高對流層(150mb)緯向風場反相位。

由於其具週期性的特性，對低頻振盪的瞭解，將可改善季風區的長期天氣預報。

Krishnamurti and Subrahmanyam(1982)利用

FGGE資料分析印度夏季季風區，經40-50濾波的850mb緯向風場，發現有一系列的槽脊線以子午向尺度約3000公里，0.75 lat / day的相速自赤道等速北移到30° N。這個波動與季風的開始(onset)、活躍(active)、中斷(break)有密切的關聯。Murakami, Nakazawa and He (1984)認為這個低頻振盪向北傳遞，透過季風區內(30° E-150° E)綜觀尺度的對流擾動、局部哈德雷環流及緯向平均流三者之間的交互作用，其振幅在10° N-20° N變得最強。Krishnamurti et al.(1985)研究FGGE年時間尺度為40-50天的輻散環流，發現FGGE年有一行星尺度以8° log/day向東傳的輻散波，其振幅於夏季季風onset前及onset期間，在南亞與西太平洋達到最大。

Krishnamurti(1985)利用FGGE資料探討低頻振盪與季風的關係。發現1979年季風中斷期間(7月

10日至7月25日)，劇烈降水自印度北部移到喜馬拉雅山南麓，並盛行兩種不同時間尺度的波動。一為週期30-50天向東行的波，另一為週期10-20天向西傳的波。兩種波於季風中斷期間同相位存在印度季風區上空，這時期海平面氣壓大約上升2mb。

Chen and Yen(1986)使用FGGE資料分析850mb風場的30-50天振盪，發現印度中部季風槽的加深或填塞與低層季風環流的30-50天振盪同時發生。Chen(1987)以EOF分析印度及西太平洋200mb溫度場及850mb高度場，發現印度季風槽與西太平洋高壓存在一30-50天的振盪。

以上各家的研究顯示，亞洲季風環流（包括東亞季風、印度季風）與低頻振盪存在相當密切的關係。本文的目的著重於探討台灣地區低頻振盪的情形。並研究台灣地區的低頻振盪與亞洲季風環流的關係，期望能對台灣低頻振盪的了解，以改善長期天氣預報的準確性。

## 二、資料來源與處理過程

本文採用的資料包括中央氣象局1979年台灣各測站逐時地面觀測資料、中央氣象局1979年板橋站探空資料及ECMWF(the European Centre for Medium Range Weather Forecasts)的FGGE III -b資料。

為檢查台灣地區低頻振盪的情形，選取板橋探空站850mb、700mb、500mb、200mb各層緯向及子午向風場，自1979年5月1日~9月5日12Z的時間序列以及台灣地區7個主要地面測站（包括台北、花蓮、澎湖、台中、高雄、恆春、台東）的氣象因子（包括緯向、子午向風場、氣壓、氣溫、雨量及水汽等）同樣的時間序列來做分析。其中水汽量由氣壓、溫度及相對濕度推算。

使用快速傅立葉變換(Fast Fourier transformation)的方法，對各氣象因子的時間序列做頻譜分析(spectrum analysis)發現各地面測站的氣壓、緯向風場及板橋850mb的緯向風場，皆存在明顯的30-50天的峰值(peak)。為清楚起見，採用Murakami(1979)的second-order Butterworth filter截取30-50天的訊號。此濾波器的反應函數(response function)可以解析的形式表示如下：

$$W(Z) = \frac{a(1-Z^2)}{1+b_1Z+b_2Z^2}$$

其中 $W(Z)$ 為反應函數， $\omega$ 為頻率， $\Delta T$ 為取樣的間隔。 $a$ 、 $b_1$ 、 $b_2$ 為決定此濾波器尖度(sharpness)的常數。本文使用的反應函數如圖1所示，可將週期短於30天，長於50天的振幅，保留在50%以下，以凸顯本文所欲研究的30-50天低頻振盪。

這是一個可循環濾波器(recursive filter)，當資料長度不長時，其權重的擴展(weight extension)僅及中央點兩側少許資料。此濾波器的優點在於它的尖度及可循環的特性。Murakami(1979)對此濾波器的原理及應用有相當詳細的描述。

為檢查台灣地區氣象因子的低頻振盪與大尺度環流的關係，使用ECMWF的FGGE III -b資料畫出涵蓋亞洲季風區及西太平洋副熱帶高壓廣大區域(-30° S, -45° N, 30° E-180° E)，1979 5-8月850mb氣流線的5月平均圖。另外取板橋探空站及中印度孟買附近850mb緯向風場的5日平均，求取它們的交相關數，以探討台灣低頻振盪與印度季風發展的相位關係。

## 三、台灣低頻振盪的情形

由板橋探空站各層U、V原始時間序列的頻譜分析，顯示其峰值的分布或有差異，但大致皆可看到一30-50天週期的波，由經濾波後的頻譜分析，圖2(a)-(d)及圖3(a)-(d)可更清楚地看到30-50天的峰值(peak)。

由各地面測站氣象因子，包括U、V、P、T、R、Q的原始時間序列之頻譜分析來看，其中U、V及R各測站間出現較大的差異，但整體而言，大致皆存在一30-50天的波動。以下我們選擇各氣象因子皆出現明顯30-50天峰值的三個測站，台北、恆春、台東來加以比較。

圖4(a)-(c)分別是1979年台北、恆春、台東三測站各氣象因子的原始時間序列，我們發現5-9月水汽Q明顯增加，這段期間的降水，主要來自梅雨及颱風。根據陳、蔡(1980)，1979年台灣北部於5月15日入梅，6月18日出梅，雨量為669.6mm。由圖4(a)降水的時間序列看到，5月中至6月底有較明顯的降水，這時期的降水，即屬於梅雨。另外根據中央氣象局的統計，1979年有侵襲台灣及其近海之可能而發布颱風警報者，共有7個颱風，而發布海上、陸上警報者，有7月份之艾勒士(Ellis)、戈登(Gordon)、賀璞(Hope)及8月份之歐敏(Irving)及茱迪(Judy)，各警報之歷程如表一所示。

圖 5 (a)-(f)、圖 6 (a)-(f) 及圖 7(a)-(f) 分別是台北、恆春、台東三站，經 30-50 天濾波的 U、V、P、T、R、Q 各因子時間序列的頻譜我們看到每一個頻譜，皆具有一 30-50 天的峰值，因此可以證實台灣地區低頻振盪的存在。

依照 Madden and Julian(1971, 1972) 對熱帶低頻振盪特性的描述，地面氣壓與 850mb 緯向風場同相位，與 200mb 緯向風場反相位。基於以上觀點，我們取台北站，經濾波後的地面氣壓，分別與板橋探空站經濾波的 850mb、200mb 緯向風場求交相關數 (cross-correlation)，結果如圖 8 (a)、(b) 所示，除地面氣壓稍提前 850mb 及 200mb 緯向風場外，相位的變化與 Madden and Julian(1971, 1972) 的描述相當吻合。

#### 四、台灣低頻振盪與亞洲季風環流的關係

由於低層季風環流主要在 700mb 以下，近地面則受到地形及地物產生摩擦的影響，因此在探討台灣低頻振盪與亞洲季風環流的關係時，皆以 850mb 緯向風場為主。

由涵蓋亞洲季風及西太平洋副熱帶高壓廣大地區 5 月至 8 月 850mb 氣流線的 5 日平均，我們發現 5 月份起台灣天氣主要受西太平洋副熱帶高壓的消長影響，直到 6 月底，影響台灣天氣的氣流才在印度西南季風的控制之下。

圖 9 (a)、(b) 是板橋探空站 850mbU 場的原始時間序列及經 30-50 天濾波的時間序列。圖 10(a)、(b) 是 Krishnamurti and Subrahmanyam(1982) 取 (15° N, 65° E) 相當印度中部以西的阿拉伯海上某測站 1979 年 4 月 28 日至 8 月 25 日 120 天的時間序列及經 30-50 天濾波的時間序列。根據 Wei., Johnson (1981), 1979 年印度夏季季風各階段的發展，如表二所示，季風 onset 日期約在 6 月 16 日至 6 月 18 日左右。由圖 10(a) 我們看到在這段期間，西風突然增強，而在 7 月中旬，西風稍減，是為 break 期間，8 月初西風達到最強，為第二波的活躍期。比較圖 9 (a) 與圖 10(a)，發現板橋站的時間序列顯然複雜許多，而且沒有季風 onset 時，西風突增的現象。由圖 9 (b) 與圖 10(b)，我們看到經 30-50 天濾波的緯向風場時間序列，在印度夏季季風出現三個峰值，而板橋探空站則出現四個峰值，前兩個峰值為西太平洋副熱帶高壓的迴流所造成，後兩個峰值才與印度季風有關。

為進一步檢查與印度季風的關係，取板橋探空站及 FGGE 資料相當中印度孟買附近的網格點，1979 年 5 月 1 日至 8 月 28 日 850mb 緯向風的 5 日平均作交相關數 (cross-correlation) 結果如圖 11(b) 所示，板橋探空站在時間上似有提前發生的現象，這是因為台灣梅雨自 5 月中旬就已開始，而印度夏季季風則自 6 月中旬之後才開始發展的緣故。

#### 五、結 論

本文使用中央氣象局 1979 年板橋探空資料、台灣地區各地面測站逐時觀測資料，及 ECMWF 的 FGGE III -b 資料，來探討台灣低頻振盪的情形及其與大尺度環流的關係，結果發現：

(一) 不論探空資料或地面觀測資料各氣象因子的原始時間序列，其頻譜皆可看到一週期約 30-50 天的低頻振盪，而經濾波後其頻譜更加凸顯。因此我們可以證實台灣地區低頻振盪的存在。

(二) 由台北站地面氣壓與板橋站 850mb 及 200mb 緯向風場交相關數得到，地面氣壓與 850mb 緯向風場同相位，時間則稍提前，而與 200mb 緯向風場反相位，時間亦稍提前。此與 Madden and Julian(1971, 1972) 的結論相當一致。

(三) 在印度夏季季風 onset 前，台灣地區的氣流由西太平洋副熱帶高壓所控制，印度夏季季風 onset 之後，則受印度西南季風的發展控制。

(四) 由台北—孟買之交相關數來看，台灣所代表的東亞夏季季風有提前印度夏季季風發展的跡象。

#### 參考文獻

- 陳正改、蔡清彥，1980：台灣地區梅雨系統之降水特性及降水型式。台灣大學大氣科學系研究報告，Mei-Yu 003。
- 中央氣象局，1980：民國六十八年北太平洋西部颱風概述。氣象學報第 26 卷第 4 期，p24-64。
- Chen, T-C. and M-C. Yen. 1986: The 40-50 day oscillation of the low-level monsoon circulation over the Indian Ocean. Mon. Wea. Rev. 114, 2550-2570.
- Chen, T-C. 1987: 30-50 day oscillation of 200-mb temperature and 850mb height during the 1979 northern summer. Mon. Wea. Rev., 116, 1509-1605.
- Krishnamurti, T. N., and Bhalme, H. N. 1976:

- Oscillation of a monsoon system Part I. Observational aspects. *J. Atmos. Sci.*, 33, 1937-1954.
- Krishnamurti, T. N., and D. Subrahmanyam, 1982: The 30-50 day mode at 850mb during MONEX. *J. Atmos. Sci.*, 39, 2088-2095.
- Krishnamurti, T. N., 1985: Summer monsoon experiment-A review. *Mon. Wea. Rev.* 113, 1590-1626.
- Krishnamurti, T. N., P.K. Jayakumar, J. Sheng, N. Surgi and A. Kumar, 1985: Divergent circulation on the 30-50 day time scale. *J. Atmos. Sci.*, 42, 364-375.
- Lau, K. M., and M.-T. Li, 1984: The monsoon of East Asia and its global associations -A survey. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 65, 114-125.
- Madden, R. A. and P. R. Julian, 1971: Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. *J. Atmos. Sci.*, 28, 702-708.
- Madden, R. A., and P. R. Julian, 1972: Description of global scale circulation cells in the tropics with a 40-50 day period. *J. Atmos. Sci.*, 29, 1109-1123.
- Murakami, M. 1979. Large-scale aspects of deep convective activity over the GATE area. *Mon Wea Rev.* 107, 994-1013.
- Murakami, T., T. Nakazawa and J. He, 1984: On the 40-50 day oscillation during the 1979 Northern Hemisphere summer monsoon. *Mon. Wea. Rev.*, 113, 1458-1469.
- Tao, S. and L. Chen, 1987: A review of recent research on the East Asian summer monsoon in China, *Monsoon Meteorology*, Edited by C. P. Cheng, and T. N. Krishnamurti, Oxford University Press, 60-92.
- Wei, M. Y. and D. R. Johnson, 1981: The spatial and temporal variation of diabatic heating during the summer monsoon. International conference on the scientific results of the monsoon experiment, Denpasar, Bali, Indonesia. 1-3 ~ 1-6.

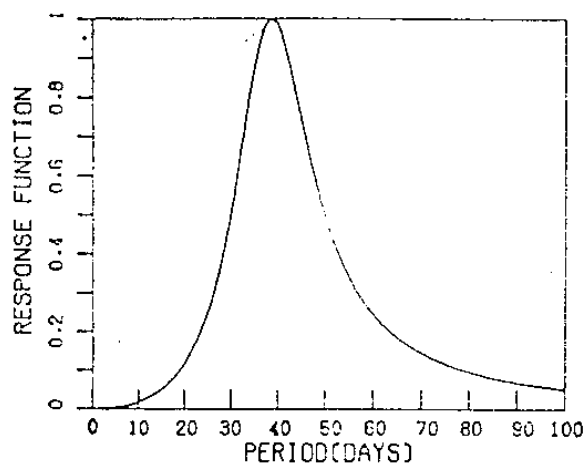


圖1 本文使用之 band-pass filter 的反應函數

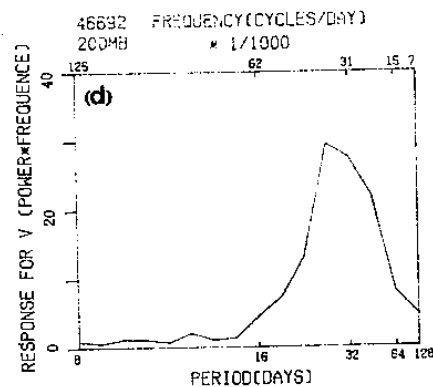
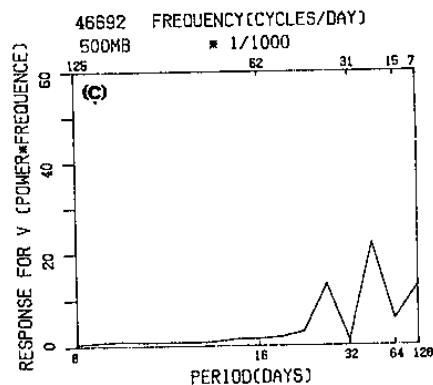
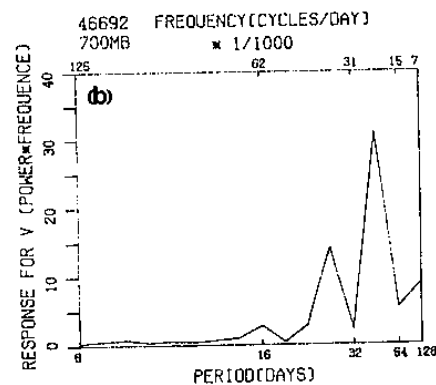
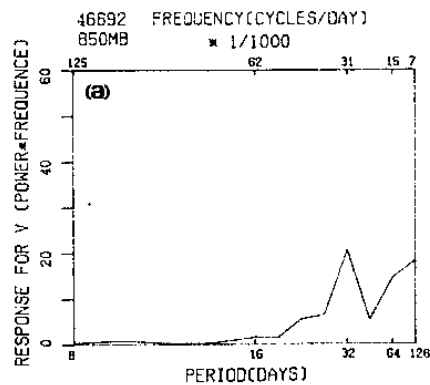
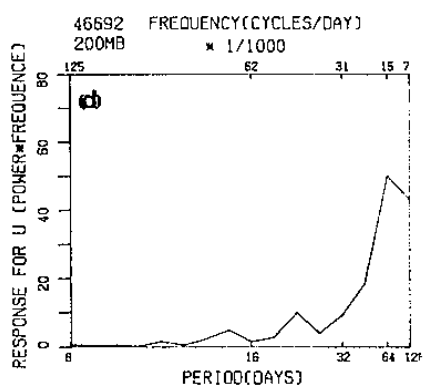
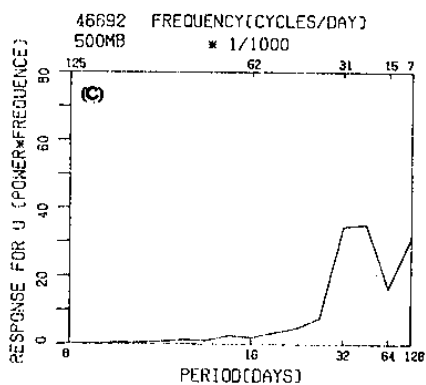
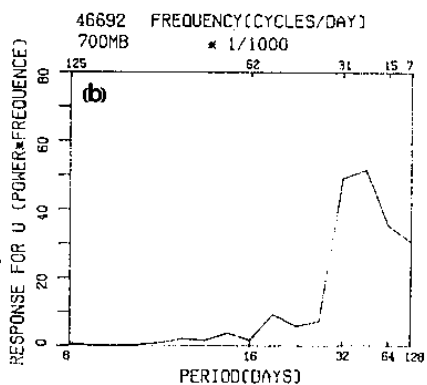
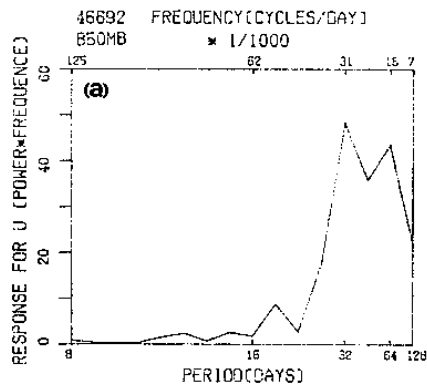


圖 2 (a) 板橋探空站 850mb 緯向風場 (U) 1979 年 5 月 1 日到 9 月 5 日經 30-50 天濾波後的時間序列之頻譜分析。

- (b) 同圖 2(a) 但為 700mb
- (c) 同圖 2(a) 但為 500mb
- (d) 同圖 2(a) 但為 200mb

圖 3 (a) 板橋探空站 850mb 子午向風場 (V) 1979 年 5 月 1 日至 9 月 5 日經 30-50 天濾波後的時間序列之頻譜分析。

- (b) 同圖 3(a) 但為 700mb
- (c) 同圖 3(a) 但為 500mb
- (d) 同圖 3(a) 但為 200mb

次	強	風	警	發	報	時	間	風	暴	警	報	備	註
1	中	風	海上、陸上	7906 艾利士 (ELLIS)	7月3日 16時45分	7月5日 9時30分	8					由南東向西方海面，轉往北北西， 及陸地附近向西北北北西。	
2	輕	風	海上、陸上	7907 戈登 (GORDON)	7月27日 10時10分	7月29日 9時30分	9					由南東向西方海面，轉往南南西， 及陸地附近向西北北北西。	
3	強	烈	海上、陸上	7908 霍普 (HOPE)	7月31日 16時15分	8月2日 15時5分	9					由南東向西方海面，轉往南南西， 及陸地附近向西北北北西。	
4	中	風	海上、陸上	7909 歐文 (IRVING)	8月12日 15時0分	8月16日 5時40分	15					由南東向西方海面，轉往北北西， 及右側之南南西向西北北北西。	
5	強	烈	海上、陸上	7910 朱迪 (JUDY)	8月22日 5時0分	8月24日 10時0分	10					由南東向西方海面，轉往北北西， 及右側之南南西向西北北北西。	
6	強	烈	海上	7915 奧文 (OWEN)	9月25日 21時0分	9月27日 9時30分	7					由南東向西方海面，轉往北北西， 及右側之南南西向西北北北西。	
7	強	烈	海上	7919 艾普 (TIP)	10月15日 16時0分	10月18日 14時15分	13					由南東向西方海面，轉往北北西， 及右側之南南西向西北北北西。	

表一：1979年中央氣象局發布之颱風警報統計表。

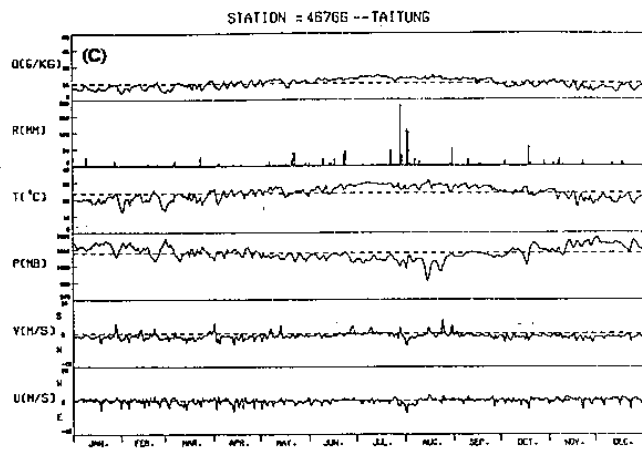
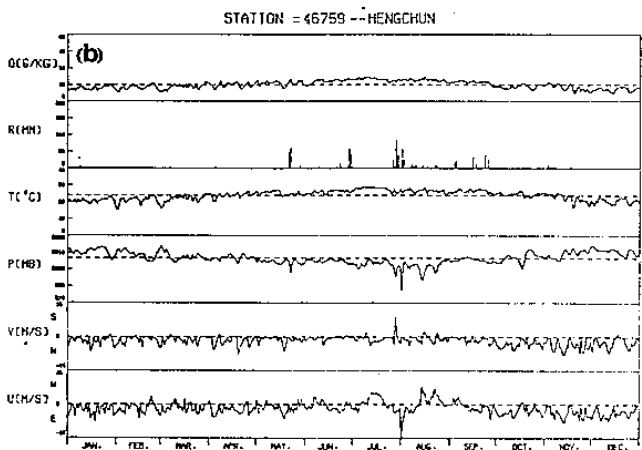
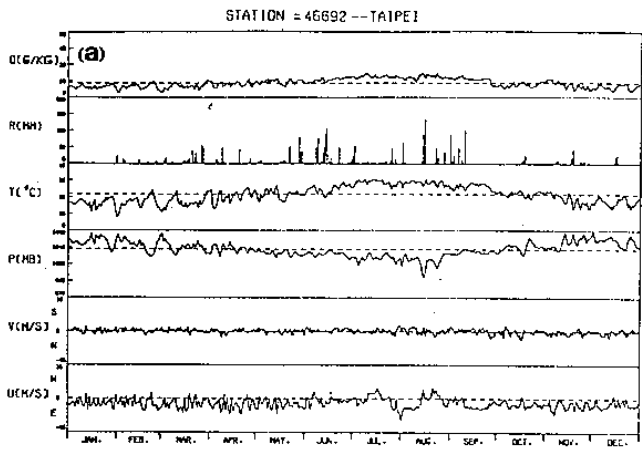
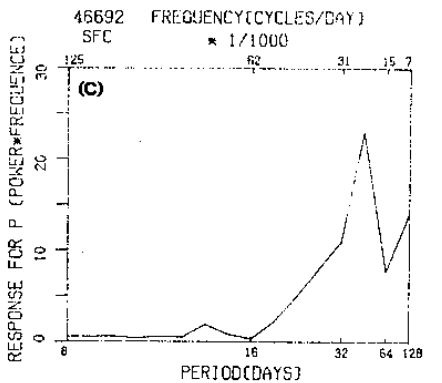
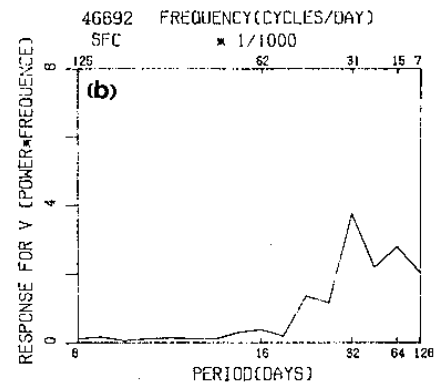
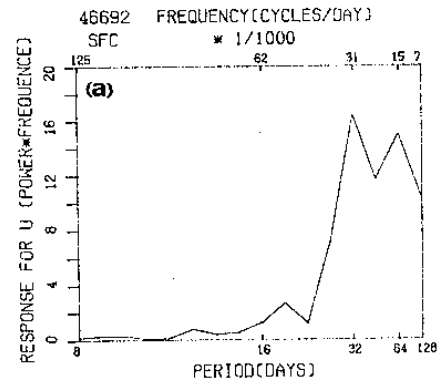


圖 4 (a)1979年台北站地面緯向風場 (U)、子午向風場 (U)、氣壓 (P)、氣溫 (T)、降水 (R)、水汽 (Q) 的原始時間序列。

(b) 同圖 4(a) 但為恆春站

(c) 同圖 4(a) 但為台東站



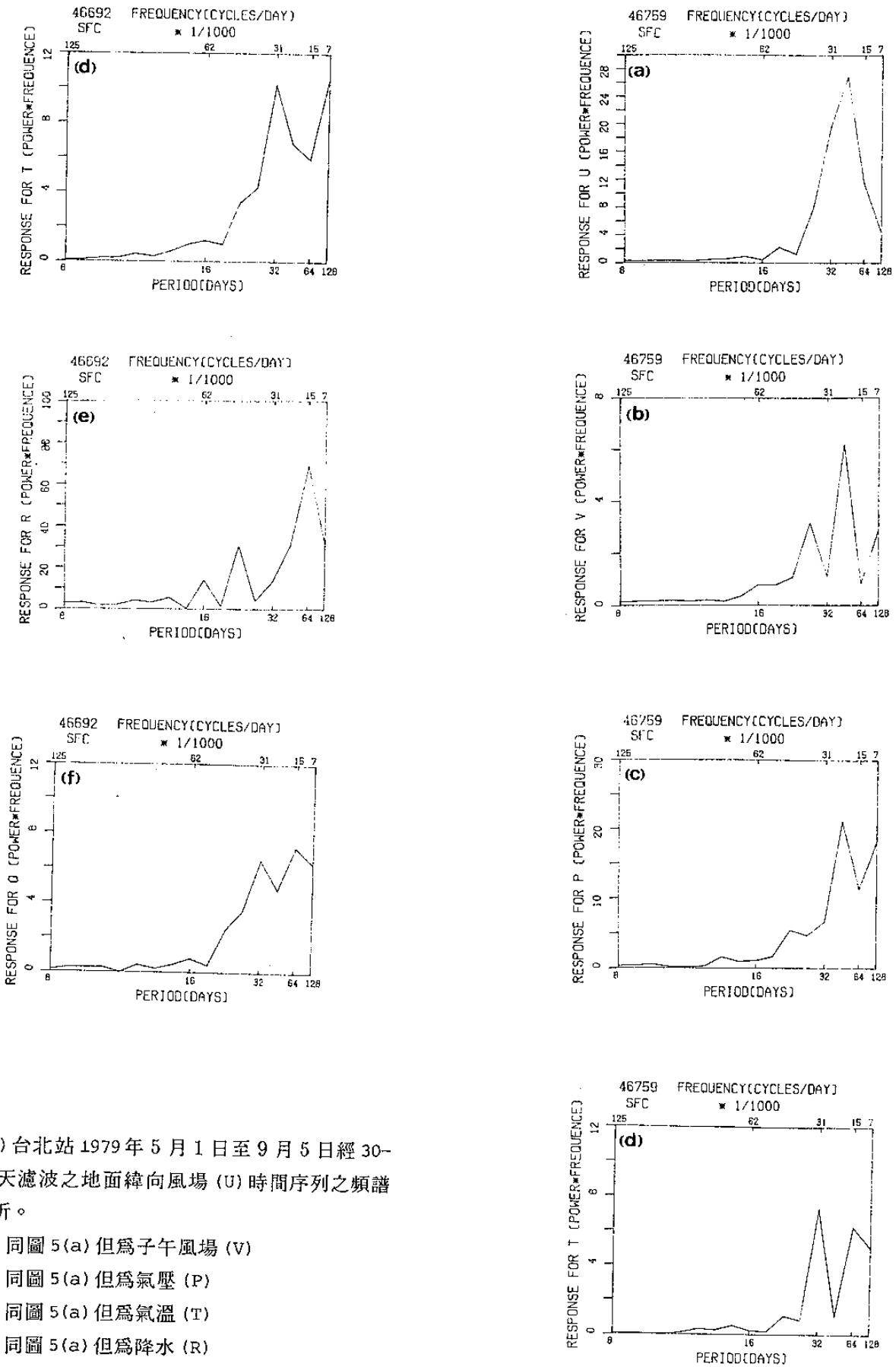


圖 5 (a) 台北站 1979 年 5 月 1 日至 9 月 5 日經 30-50 天濾波之地面緯向風場 (U) 時間序列之頻譜分析。

- (b) 同圖 5(a) 但為子午風場 (V)
- (c) 同圖 5(a) 但為氣壓 (P)
- (d) 同圖 5(a) 但為氣溫 (T)
- (e) 同圖 5(a) 但為降水 (R)
- (f) 同圖 5(a) 但為水汽 (Q)

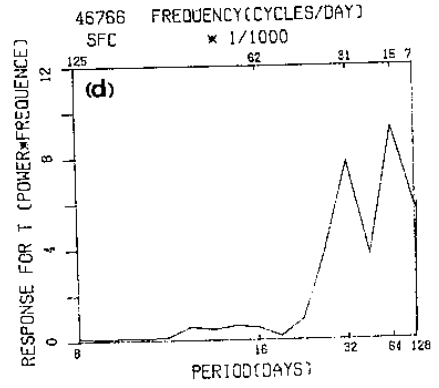
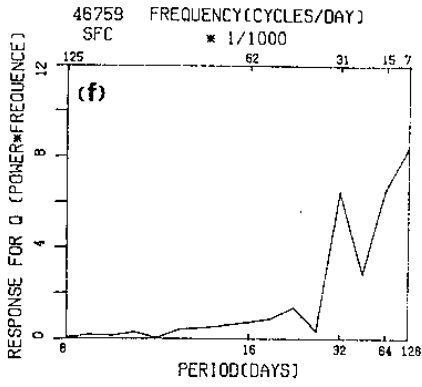
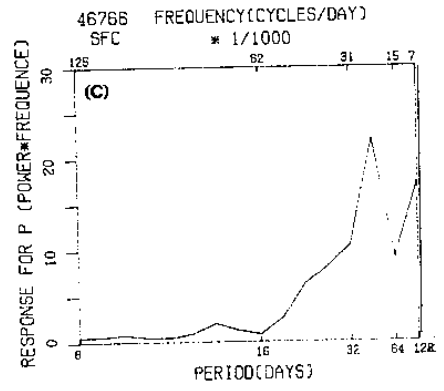
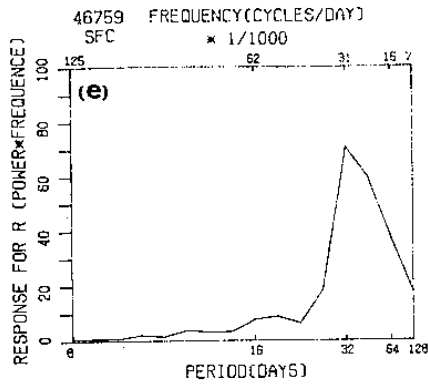


圖 6(a)-(f) 同圖 5(a)-(f) 但為恆春站

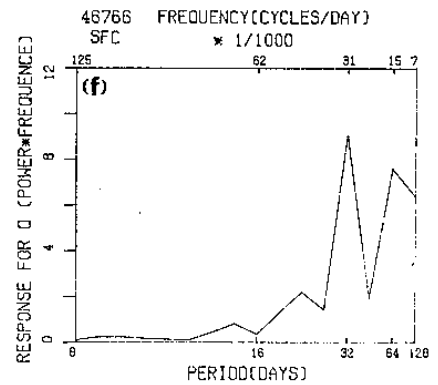
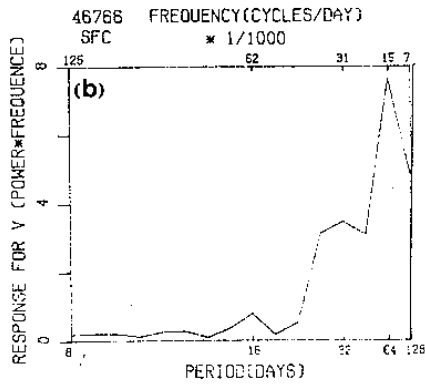
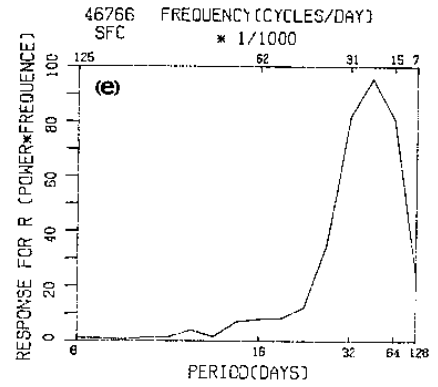
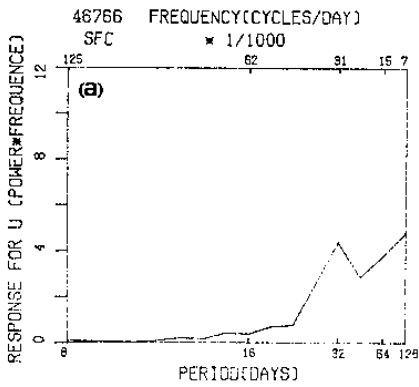


圖 7(a)-(f) 同圖 5(a)-(f) 但為台東站



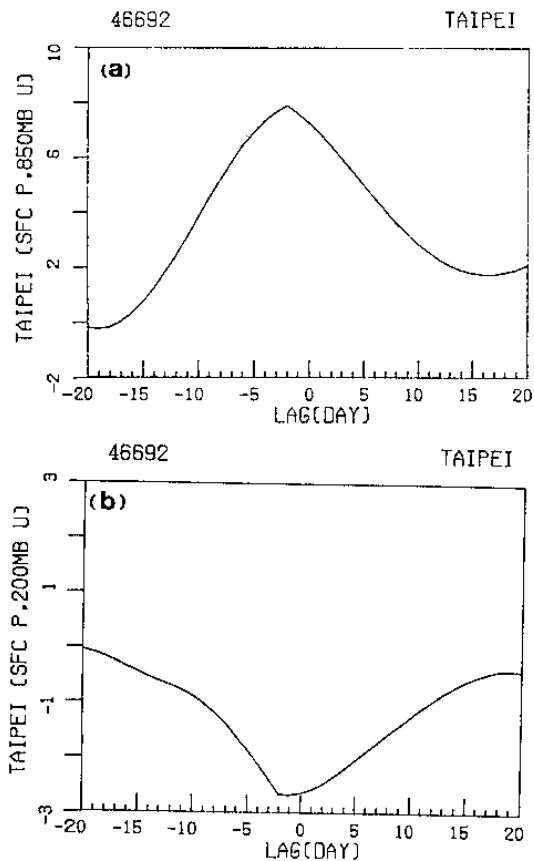


圖 8(a) 台北站地面氣壓與板橋探空站 850mb 緯向風場 (U) 經 30-50 天濾波之時間序列的交互相關數。

(b) 同圖 8(a) 但為 200mb 緯向風場 (U)

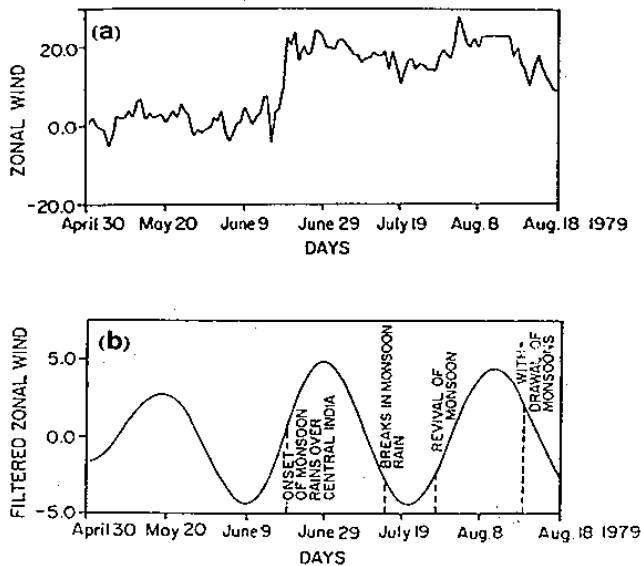


圖 10(a) 取自 Krishnamurti and Subrahmanyam (1982) 阿拉伯海上某測站 ( $15^{\circ} N, 65^{\circ} E$ ) 1979 年 4 月 28 日至 8 月 25 日 120 天的原始時間序列。

(b) 同圖 10(a) 但為經 30-50 天濾波的時間序列。

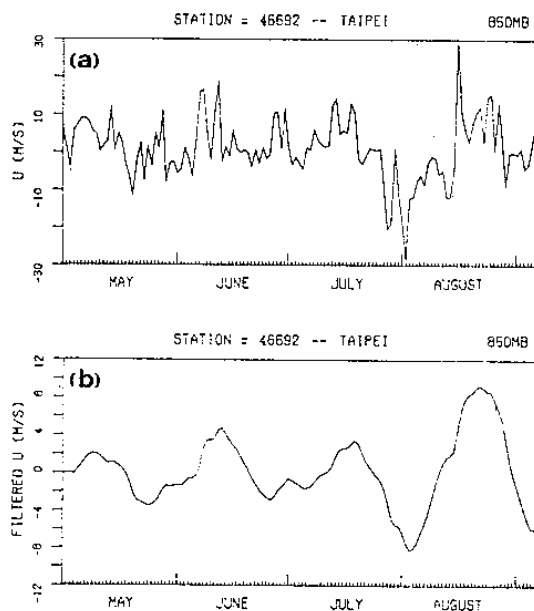


圖 9 (a) 板橋探空站 1979 年 5 月 1 日至 9 月 5 日 850mb 緯向風場 (U) 的原始時間序列。

(b) 同圖 9(a) 但為經 30-50 天濾波的時間序列。

TEMPORAL VARIATION OF MONSOON SYSTEM  
BY: WEI., JOHNSON, (1981)

STAGE	PERIOD:
PRE-ONSET	060100-060412
ONSET	061600-061812
ACTIVE	062600-063012
DEPRESSION	070300-070712
BREAK	071200-071512
REVIVAL	072700-073012
ACTIVE	080500-081000
BREAK	082200-082700

表二：取自 Wei, Johnson (1981) 所定義之中印度夏季季風系統各階段發展的時間變化。

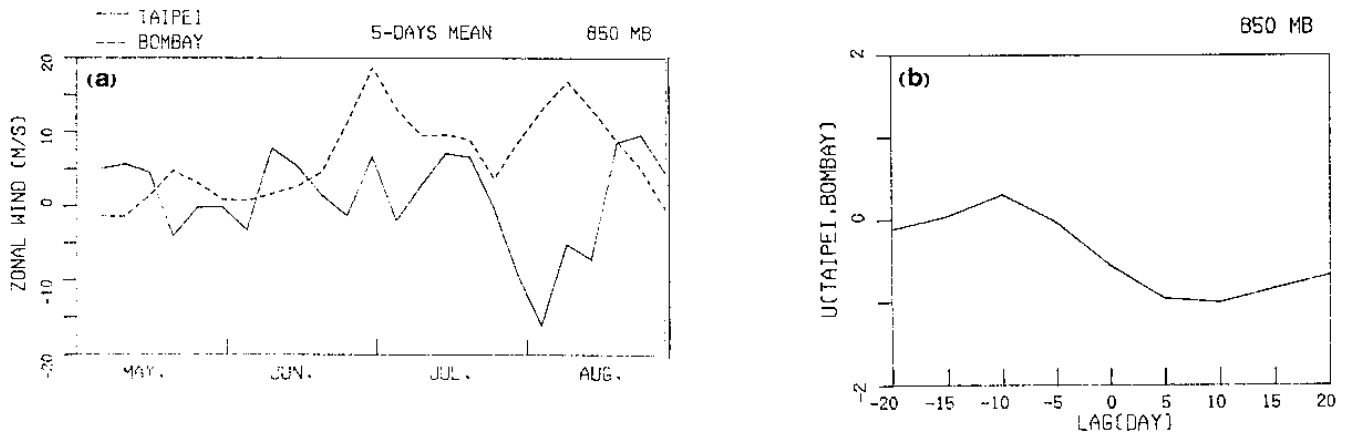


圖 11(a) 板橋探空站與中印度孟買附近 1979 年 5 月 1 日至 8 月 28 日 850mb 緯向風場 (U) 5 日平均之時間序列。  
 (b) 圖 11(a) 之時間序列的交相關數。

## Low frequency oscillation of the summer monsoon during the FGGE year in Taiwan area

Long-Nan Chang Kun-Long Lin Yen-Hsyang Chu

Institute of Atmospheric Physics  
 National Central University

### ABSTRACT

Time series analysis is performed for various meteorological parameters (includes surface pressure, temperature, humidity, winds and precipitation) for major stations in Taiwan area during the 1979 summer season. A 30-50 day oscillation is widely observed in the power spectrum of the parameters analyzed for these stations. These oscillation appears more clearly after applying the Murakami(1979) second order Butterworth filter. The 30-50 day oscillation is found in close relation with that of Asian summer monsoon. The temporal variation of the relative strength and position of the Pacific High and monsoon trough are among the most influencing factors.