

聖嬰／南方振盪之研究

吳明進 李清騰
台大大氣科學系

摘要

本研究透過大氣海洋觀測資料分析來了解聖嬰／南方振盪(ENSO)之現象。使用的資料主要由UCSD-SIO所提供的海面溫度(SST)、海面氣壓(SLP)及海面熱容量(HS)等,1955 1月~1997 12月,月平均資料。結果顯示,熱帶赤道中東太平洋(NINO3)的異常增暖,在不同季節影響全球海平面氣壓和海面溫度異常分佈也不相同。而影響台灣氣候比較顯著的東海及南海區域海面溫度變化落後NINO3海溫大約半年。另外由NINO3時間序列分析中得到Nino3的SST有顯著的3.3年週期。由EOF分析結果顯示SST主要年際變化在中太平洋及東太平洋,SLP主要變化則在較高緯度,HS主要的年際變化在東太平洋及西太平洋。顯示ENSO在海洋上的反應呈東西偶極的反應,另外由SST及HS的奇值分解分析結果顯示SST和HS呈現同時變化,但最大互變異區域不一致,HS顯示大尺度海洋動力的結果,而SST變化則同時受到海洋和大氣動力及熱力影響較為複雜。HS為El Niño狀態的較佳指標。

一、前言

聖嬰／南方振盪(El Niño/Southern Oscillation, ENSO)現象為目前所知影響大氣／海洋氣候係最顯著的現象。1982-83及1997-98年強烈的El Niño(聖嬰)皆造成全球氣候顯著的異常。

Bjerknes(1966,1969)發現大尺度大氣環流的擺動,可能和太平洋海面溫度變化有關,引起氣象學家對大尺度大氣海洋交互作用研究的興趣。Wyrki(1975)由海洋觀測分析的研究結果指出El Niño的發生和西太平洋低層風切強迫有關,因而將科學家的注意力轉移到西太平洋,多年來科學家不斷的努力我們對於ENSO的動力過程及相關的現象,有了一初步的架構。Philander,1990或巢紀平,1993。對於ENSO及相關的現象的研究雖然很多,然而確切的物理機制,包括海洋及大氣中,不同時間尺度與

空間尺度的交互作用(包括ENSO與亞洲季風的交互作用),海洋與大氣間的交互作用過程則未完全明瞭。有必要透過資料收集分析,理論探討與模式模擬增進對ENSO物理的了解。本文分析全球海洋大氣長期觀測資料說明ENSO演化特性。

二、資料與分析方法

分析由Scripps Institute of Oceanography (SIO) University of Californian San Diego (UCSD)所提供的1958~1997月平均全球海平面溫度、海平面氣壓及熱容量三種資料,選取NINO3(150W-90W, 5N-5S)、南海(110E-120E, 6N-20N)及東海(120E-130E, 20N-32N),分別做成SST的時間數列,再和全球海平面溫度、海平面氣壓及熱容量的資料做分月延時相關。另外再針對SST, SLP及HS作波譜分析、經驗函數分析(EOF)分析。此外選擇東西熱帶

太平洋赤道地區和北緯10~20N區域的海洋資料作剖面時間演化圖，來說明ENSO演化特性。

三. 結果討論

(A) 延時相關分析：以NINO3 SST為基準對全球SST、SLP及HS作分月延時相關，由圖1.為一月NINO3 SST為基準對全球SST的同時相關圖，由圖中可以明顯看到在印度洋、加勒比海以及西北副熱帶太平洋都是呈現正相關，另外明顯負相關則出現在西太平洋及中太平洋，這也就表示了聖嬰現象極盛時的全球海面溫度分佈狀態。由NINO3七月SST為基準對全球SST的同時相關圖(圖2.)，可以看到和一月最大不同的區域在加勒比海及台灣東部外海，可見在不同時間NINO3的異常增暖，所影響的區域也會不同。另外由圖3，以NINO3一月SST為基準對領先全球SST六個月的相關圖中，可以看到在西北副熱帶太平洋有明顯的正相關，同樣七月的領先相關圖也有相同的特徵，這就表示西太平洋及南海SST的變化落後於NINO3 SST變化大約半年時間，這也就是說當NINO3 SST異常增暖時，經過半年的時間，西北副熱帶太平洋及南海的海溫會異常增暖。然而由圖4.NINO3的SST和南海的相關指數圖中，更可以明顯看到當NINO3 SST在一月時異常增暖，大約經過半年後，南海有最大正相關，表示此時南海的SST會有異常增暖現象，但七月(圖略)卻不太明顯。同樣的，對於西北副熱帶地區(東海)(圖5.)一月的相關指數圖中，可以看到在NINO3變暖前3個月，東海有最大負相關，但相關值卻很小，表示此地區受NINO3的影響並不明顯。對於氣壓而言，由NINO3一月SST為基準和全球SLP的同時相關圖(圖6.)，可以看到當NINO3 SST異常增暖時在菲律賓東方有最大正相關(氣壓上升)，而在加洲外海及佛羅里達附近有最大負相關(氣壓下降)，但七月(圖7)的時候顯示

的相關圖卻不太一樣，圖中顯示最大正相關在澳洲北方，負相關中心卻有三個，在西北太平洋、東南赤道及50度S，50度N，由以上兩張圖可以看到一月時SLP的負相關區域其中一個在巴哈馬，此時NINO3的SST會擴展至加勒比海，而七月SLP的負相關往北移，而相對的SST也就沒有擴展至加勒比海區域，所以NINO3在不同季節的異常增暖也會使全球氣壓產生不同的現象進而影響到其它區域的海溫。圖8是顯示NINO3一月SST領先SLP六個月的相關圖，由圖3可知NINO3增暖六個月後。南海的SST會增暖，而由SLP來看，可以看到在整個印度洋是呈現負距平，而西北副熱帶太平洋是呈現正距平，顯示此時的南海SST增暖，有可能是由於大氣環流的改變而導致SST的改變。另外對針HS來分析，HS是代表熱容量，其定義為 $H = \int \rho_0 C_p T$ ，(ρ_0 : density, C_p : specific heat, 積分至海面下400公尺(White, 1995))。將HS Anomaly的資料取範圍130E-150E和120W-90W的平均15S-15N，以及10N-20N和5S-5N平均120E-90W的剖面演化圖(圖9 1983-1997)，由圖可以看出主要HS距平的循環。HS大的正距平從東太平洋沿著15N的緯度圈，西傳約一年多後抵達西太平洋，而後在130E-150E處往南傳，約半年後抵達赤道地區，然後此正距平延赤道東傳約一年後抵達東太平洋沿岸，而後正距平沿著海岸往南北傳遞，約四個月後抵達10N-20N之間，然後再開始一個新的循環，其它的ENSO個案也有類似的特徵，由此可以看出ENSO循環顯著的特徵。然而SST由於受到大氣、海洋動力及熱力的作用，ENSO訊息的傳遞較不顯著。圖10.為以一月NINO3 SST為基準對全球海洋熱容量HS的同時相關圖，由圖中可以看到沿赤道東西對稱的結構，而在東太平洋有最大正相關，另外在美洲岸沿岸及西北副熱帶太平洋也呈現正相關。而七月(圖11)的相關圖和一月的很類似，但相關值就小了許多。顯示北半球冬季

為El Niño的成熟期年際變化顯著。

(B) 由圖12.對NINO3的SST作波譜分析，另外又將資料先經過5月滑動平均去除雜訊再做波譜分析(圖13.)，對資料對以上所得到的波譜分析先做統計顯著性分析，以檢驗各個波段是否為一紅噪過程。而圖14.則是將NINO3的SST作最大熵譜法。由NINO3的波譜分析圖中(圖12.)可以明顯的看到在40個月(大約3.3年)及5個月(大約0.4年)的時候，這兩個高峰有超過百分之95的信心區間，然而從5月滑動平均圖中(圖13.)，可以看到在40個月(3.3年)、25個月(2.2年)、16.6個月(1.4年)及11.1個月(0.92年)這四個時間都有超過百分之95的信心區間，而且由這兩張圖中可以明顯看到擾動(短波)的部份在5月滑動平均圖(圖13.)是被濾除。由最大熵譜圖中(圖14.)可以看到有三個高峰，在40個月(3.3年)、7.7個月(0.64年)及5.2個月(0.43年)，這三個時間，由以上所得到的各種週期，得知3.3年是NINO3的主要年際變化週期。

(C) 別外對全球SST、HS及SLP做經驗正交函數(EOF)(圖略)，顯示SST年際變化主要在在中太平洋及東太平洋這兩個區域。而HS主要的年際變化則是在東太平洋及西太平洋。另外SLP主要的年際變化是在中北太平洋(阿留申群島附近)。

四、總結

由以上的分析可以歸納以下幾點：

1. 當NINO3區域的海面溫度(SST)異常增暖時，台灣東方及南海的海溫會在大約半年時間才會異常增暖。(但對海洋熱容量HS而言並不會如此)
2. NINO3的SST有3.3年的年際變化。
3. 在不同季節的NINO3異常增暖，所影響的全球SST及SLP的區域也會不同。
4. 由HS的時間演化距平圖可以顯示出ENSO

的主要訊息。當正距平的HS從東太平洋沿著15N的緯度圈往西傳，約一年多後抵達西太平洋，而後在西北太平洋往南傳，約半年後抵達赤道，隨即延赤道東傳，大約一年後抵達東太平洋，而後沿著海岸南北傳遞，約四個月後抵達10N-20N之間，然後開始一個新的循環。然而在SST的時間演化距平圖中，由於SST受到大氣、海洋動力及熱力的作用，所以ENSO傳遞的訊息較不顯著。上層海洋熱容量，可能是ENSO循環較佳的監測指標

5. 海平面溫度(SST)的主要年際變化在中太平洋，其次在東太平洋。而海洋熱容量(HS)也是如此，但是兩者的位置略有偏差。另外海平面氣壓(SLP)的年際變化主要在中高緯度(阿留申群島附近)，若只考慮赤道地區的話，主要年際變化則在東太平洋。
6. 海洋熱容量(HS)和海面溫度(SST)分佈情形非常類似，然而熱容量的定義中有考慮到斜溫層深度的變化，所以使用海洋熱容量(HS)的資料或許比海面溫度(SST)更具有代表性。

五、誌謝

本研究由國科會專題計劃NSC-88-2111-M-002-003和NSC-89-2111-M-002-002支助，作者特此表示感謝。

參考文獻

- 巢紀平, 1993: 厄你諾和南方濤動動力學, 氣象出版社, 北京, 309頁。
- Bjerknes, J., 1966: A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. *Tellus*, XVIII, 4, 820-828.
- Bjerknes, J., 1969: Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. *Mon. Wea. Rev.*, 97, 3, 163-172.

Bretherton C. S., C. Smith, and J.M. Wallace, 1992: An Intercomparison of methods for finding coupled patterns in climate data. *J. Climate*, vol. 5, No. 6, 541-560.

Gill, A. E. 1980: Some simple solution for heat-induced tropical circulation. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 106, 447-462.

Philander, S. G. H., 1990: Oceanic Adjustment I. Philander (editor), *El Niño and La Niña*, and

the southern oscillation, 103-156.

White, W. B., 1995: Design of a global observing system for gyrescale upper ocean temperature variability., *Progress in Oceanography*, 36, 169-217.

Wyrtki, K., 1975: El Niño - the dynamic response of the equatorial Pacific ocean to atmospheric forcing. *J. Atmos. Sci.*, 38, 572-584.

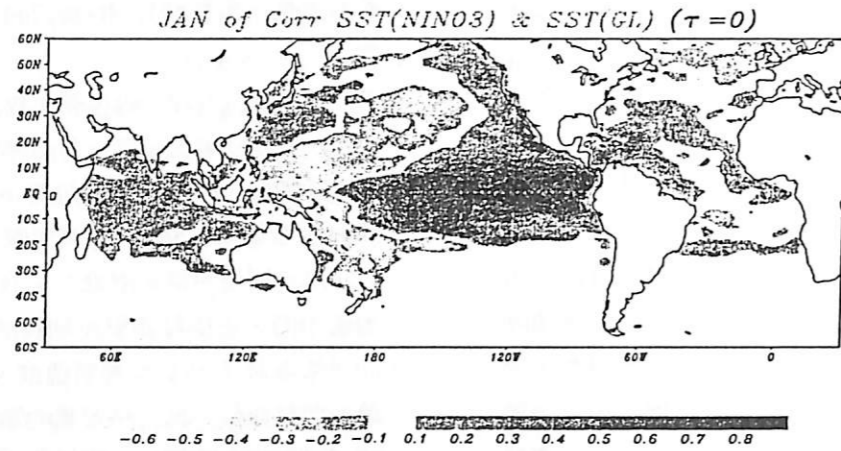


圖1 以一月 NINO3 SST 為基準對全球 SST 的同時相關圖。

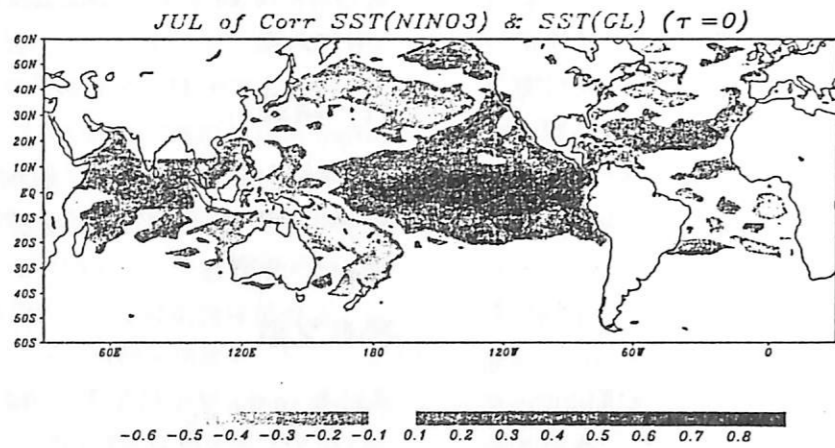


圖2 以七月 NINO3 SST 為基準對全球 SST 的同時相關圖。

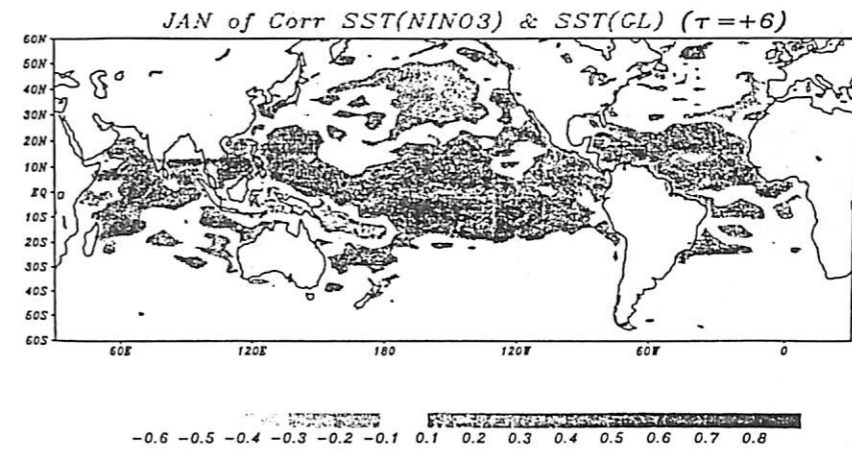


圖3 以一月 NINO3 SST 為基準對全球 SST 領先 6 個月的相關圖。

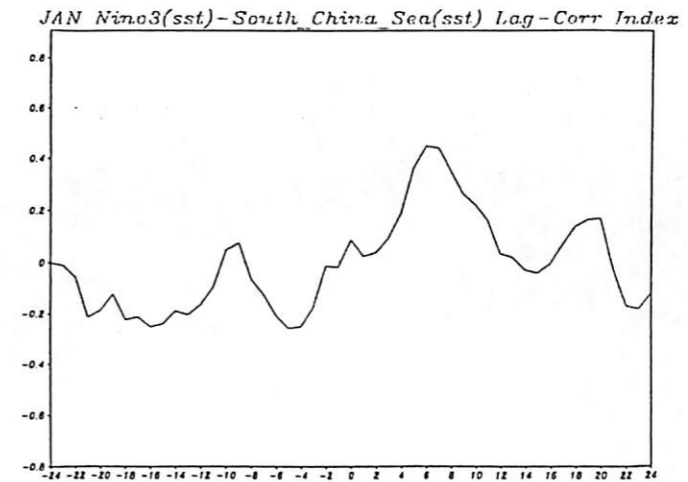


圖4 以一月 NINO3 SST 為基準對南海 SST 的延時相關圖。其中 0 是代表同時相關，+ 是 NINO3 領先，NINO3 落後。

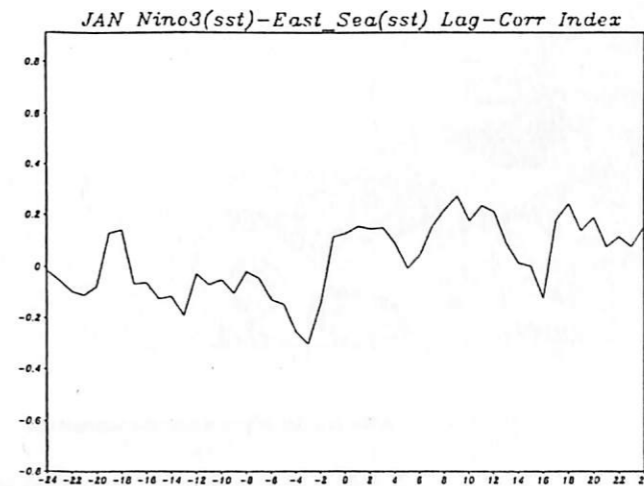


圖5 同圖4，但為東海地區。

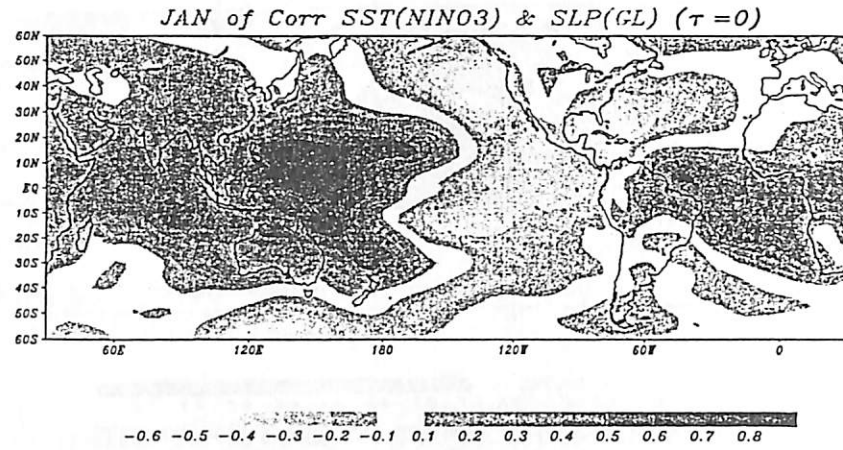


圖6 以一月NINO3 SST為基準對全球SLP的同時可關圖。

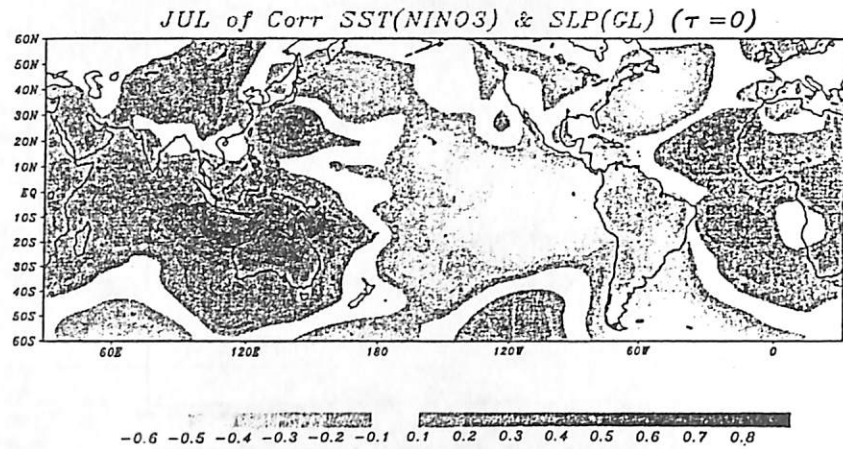


圖7 以七月NINO3 SST為基準對全球SLP的時關圖。

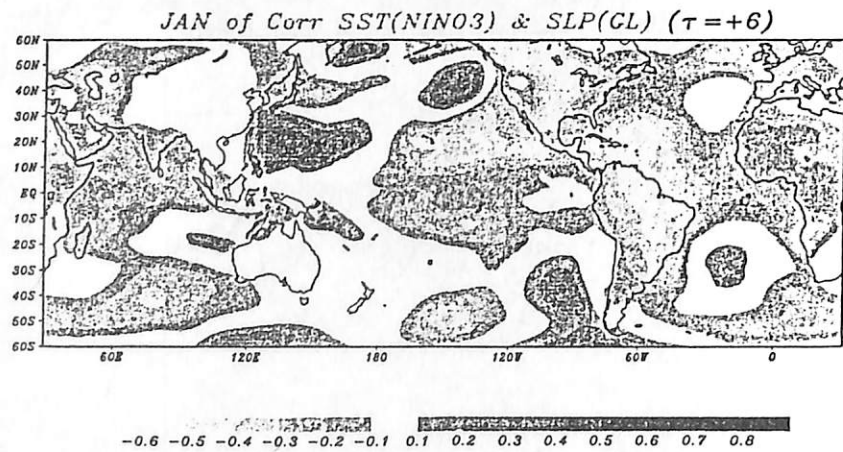


圖8 以一月NINO3 SST為基準對全球SLP領先6個月的相關圖。

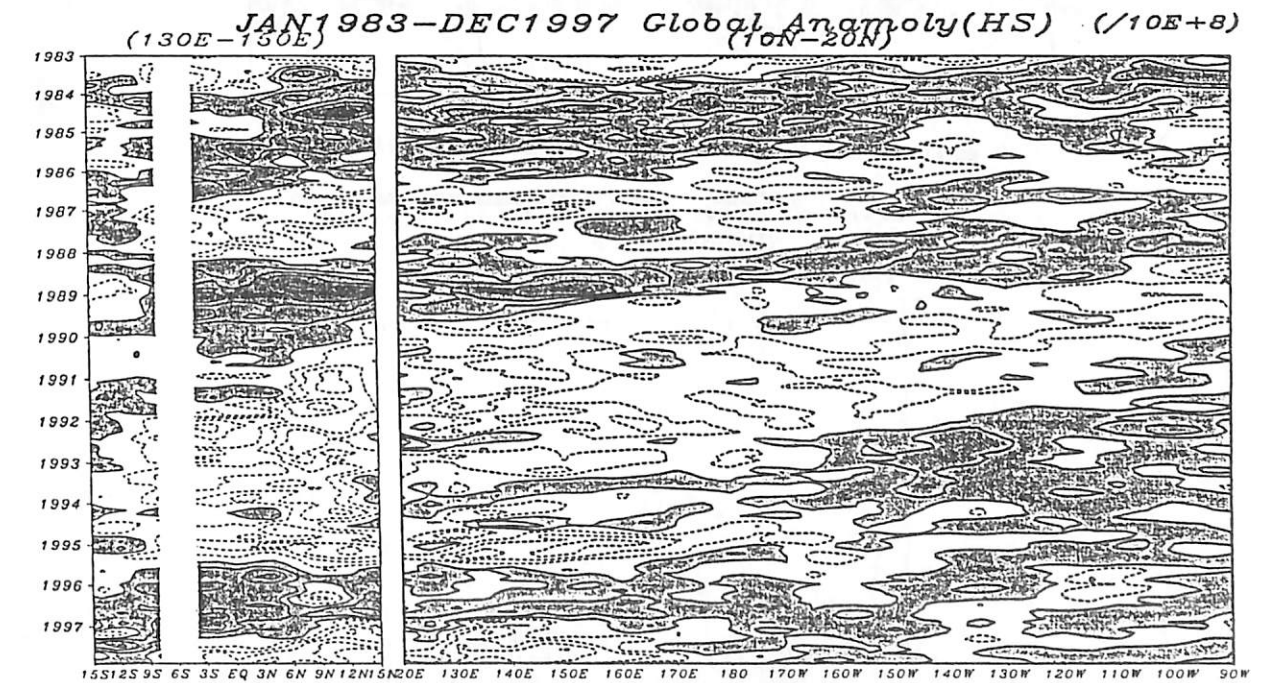
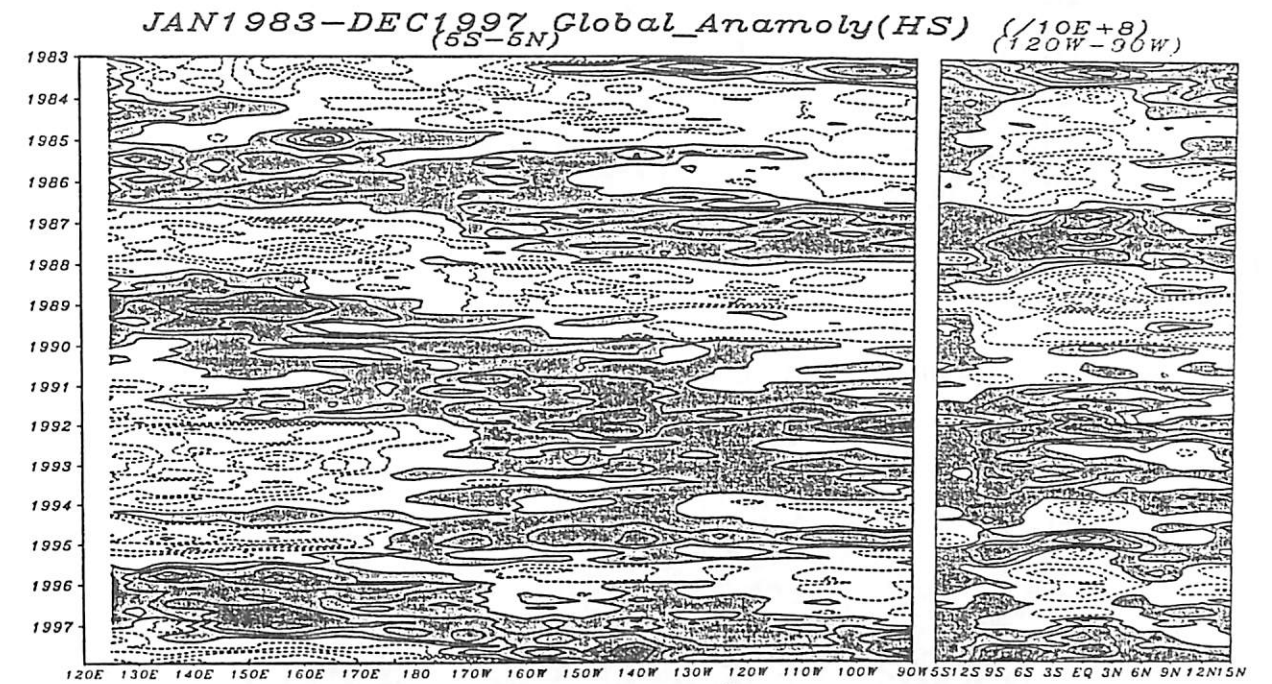


圖9 HS的時間演化圖，從83年至97年，圖中有顏色部份是代表正值，圖形上方所顯示的經緯度是代表所取範圍內的平均，下圖則為15S-15N，其右圖為120E-90W，分別取130E-150E平均及10N-20N平均。

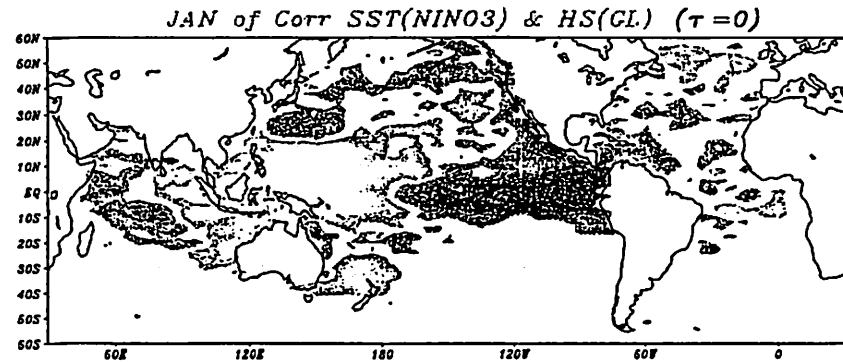


圖 10 以一月 NINO3 SST 為基準對全球 HS 的同時相關圖。

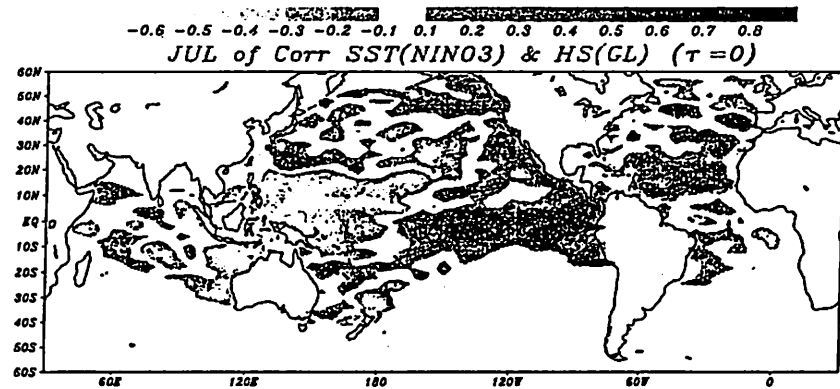


圖 11 以七月 NINO3 SST 為基準對全球 HS 的同時相關圖。

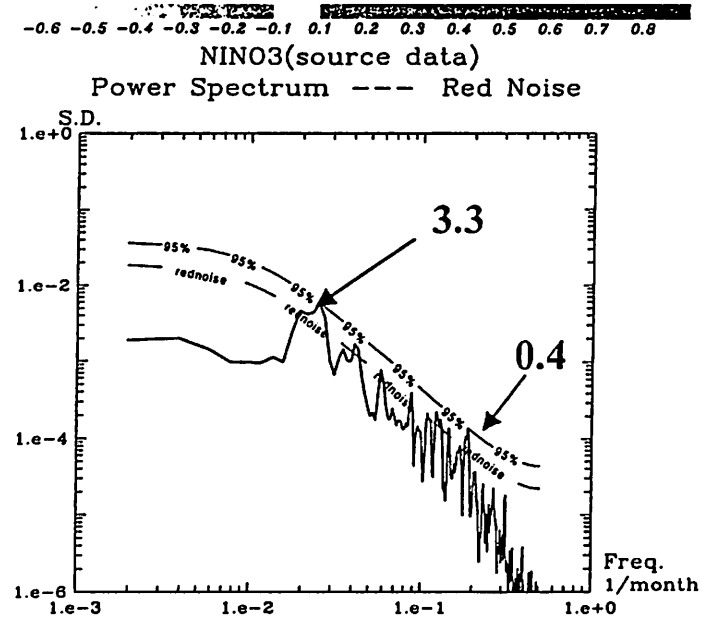


圖 12 NINO3 的時間序列的波譜，棋座標是頻率，單位是 1/month，縱座標是波譜密度，單位是 m^2/sec^2 。橫座標和縱座標均以對數表示。同時畫出紅噪及 95% 信心區間。

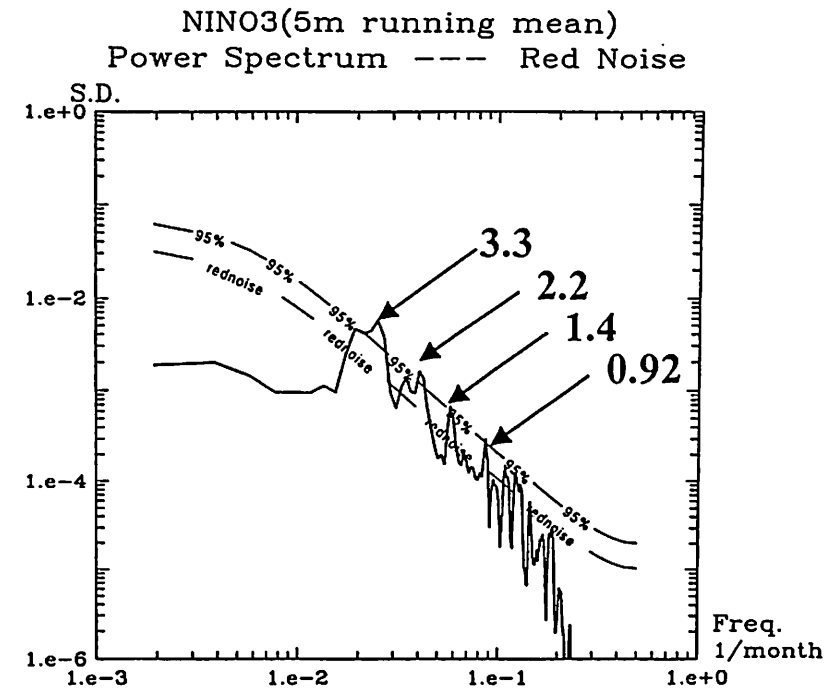


圖 13 同圖 12，但資料是經過 5 月滑動平均後的时间序列。

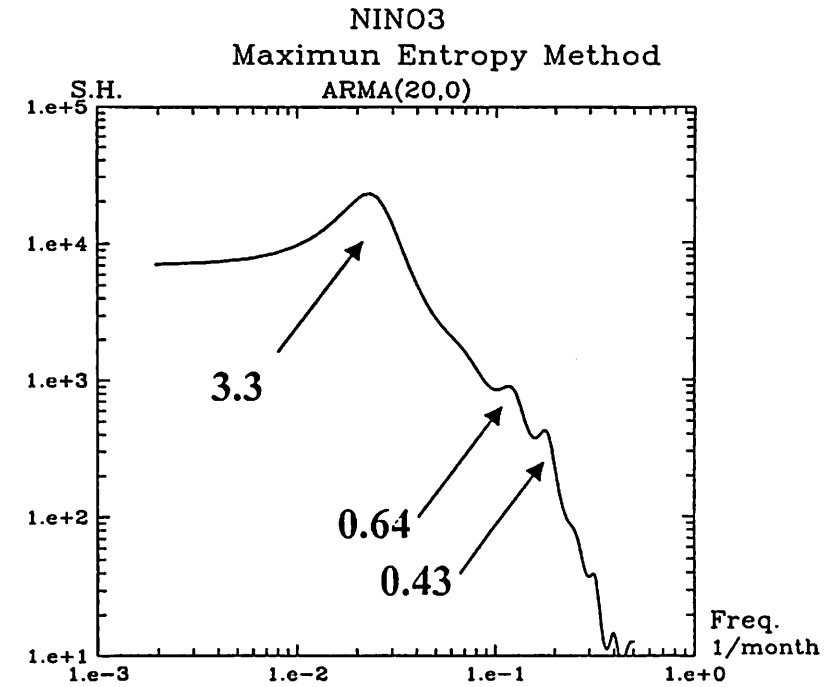


圖 14 NINO3 時間序列的最大熵譜圖，橫座標是頻率，單位是 1/month，縱座標是波譜密度，單位是 m^2/sec^2 。橫座標和縱座標均以對數表示，AR = 20, MA = 0。