

聖嬰現象與臺灣地區降雨量之相關分析

Correlation Analysis Between El Niño and Precipitation of Taiwan

經濟部水資源局工程司

蕭政宗

Jenq-Tzong Shiau

摘 要

聖嬰現象是近二十年較受關注的氣象事件之一，雖然聖嬰一詞並非起源於氣象災害，但目前聖嬰現象已成為旱災、洪水、風暴等氣象災害的代名詞。臺灣地區之降雨是否受聖嬰現象的影響為本文研究之重點，依據 Trenberth 對聖嬰現象的定義，本文以統計及繪圖方法研究 Niño 3.4 區海面溫度與代表臺灣地區北部、中部、南部、東部四區域的臺北(1)、臺中(1)、里港(1)、花蓮(1)四雨量站降雨量間的關連性。分析結果顯示，臺灣地區之降雨量與聖嬰現象間之關連不大，以各別月份而言，二月及三月份降雨量與海面溫度之相關係數較大，但聖嬰現象發生期間，臺灣地區降雨並未有特定增多或減少的型態存在。

關鍵詞：聖嬰，南方振盪，海面溫度，南方振盪指數，相關分析。

ABSTRACT

The climatic disaster associated with the El Niño brings El Niño into focus for the past two decades. In this study, the relationship between El Niño and precipitation of Taiwan is investigated. According to the definition suggested by Trenberth, the sea surface temperature of Niño 3.4 region is used to define the occurrence of El Niño. Correlation analysis and plotting method are used to detect the relationship between El Niño and the precipitation of Taipei(1), Taichung(1), Likung(1), Hwalien(1) which representing the northern, central, southern, and eastern parts of Taiwan, respectively. The results indicate that El Niño has minor effect on the monthly precipitation of Taiwan. The correlation coefficients of February and March are higher than the coefficients of other months. A specific rainfall pattern does not exist during El Niño.

Keywords: El Niño, Southern oscillation, Sea surface temperature, Southern oscillation index, Correlation analysis.

一、前言

近年來世界上許多不尋常的氣象事件，如熱浪、豪雨、乾旱、風暴等，都有歸因於聖嬰現象的說法，由於所造成的災害損失相當巨大，使得聖嬰現象常成為災難的代名詞。異常的氣象是否全由聖嬰現象所引起的至今仍有爭議，但聖嬰現象受矚目的程度卻是無庸置疑的，主要的原因在於聖嬰現象的影響尺度是全球性的，即使未蒙受直接的氣象災害，但間接的影響亦可能造成重大的損失，例如世界主要糧食生產區若受聖嬰現象影響而欠收時即可能造成全球糧食價格上揚。事實上，除了直接的氣象災害外，聖嬰現象對於社會及經濟方面的影響尚包括糧食短缺、疾病傳染、水源不足等問題，且嚴重性亦因時間、地點不同而異。因此對於聖嬰現象的研究必須整合不同的領域才能有效的妥擬完善的因應措施。

雖然聖嬰現象為人所關注的多為其帶來的災難，但聖嬰現象為人類社會所帶來的影響不全是負面的。由於聖嬰現象影響層面廣泛，相關的研究課題廣及氣象、海洋、及其對社會經濟的衝擊等。一般而言，聖嬰現象發生時，平時雨量較少的熱帶東太平洋地區可能出現豪雨，而原本多雨的熱帶西太平洋地區雨量減少，甚或可能發生乾旱。有關聖嬰現象與降雨間關係的研究有，Ropelewski 等(1987)選取全球一千七百餘個雨量站之月雨量紀錄以調和分析方法研究降雨受聖嬰/南方振盪影響之地區，其研究結果顯示降雨受聖嬰/南方振盪影響最深的地區為熱帶太平洋西部及中部地區，其他受影響的熱帶地區尚包括南美洲的北部、非洲東部、印度南部及斯里蘭卡等地區，在較高緯度地區則有非洲南部、澳洲及南美洲。雖然 Ropelewski 等(1987)所選定的 19 個降雨受聖嬰/南方振盪影響之地區並未包括臺灣地區，惟相關的研究文獻中指出臺灣地區降雨受聖嬰現象影響的有，吳明進(1986)指出「聖嬰現象發生時，臺灣地區中南部初夏梅雨量可能增加」；另唐存勇等(1992)亦指出「當聖嬰發生時，臺灣的梅雨期間有較多的降雨，冬季則會比較乾燥而溫暖」；柳中明等(1998)則指出「聖嬰現象

使臺灣東部海域的黑潮溫度較往常低，西部海域的親潮則減弱，海水溫度上升，造成氣溫梯度大，對流格外旺盛。初春時，容易引起臺灣和大陸東南沿海地區降下豪大雨」；馬家驥(1998)則指出「1997-1998 聖嬰年造成臺灣地區梅雨期及夏初雨量增加、夏末及秋季雨量大幅減少、春雨提早發生且春雨之雨量偏多」。

臺灣位處西太平洋地區，降雨多集中在少數幾個月，水文不確定性高，不預期的乾旱狀態常使得水資源的運用捉襟見肘。假若聖嬰現象為影響臺灣地區降雨的主要因素，則不論是長期的水資源規劃或是緊急的調配都必須確實的掌握聖嬰現象與臺灣地區降雨的關係，方能有效的運用水資源，避免因嚴重缺水而影響民生及傷害國家整體經濟。經彙整前述的文獻回顧，臺灣地區降雨與聖嬰現象間的關係可能為：

- (1)像其他熱帶西太平洋地區，如菲律賓、印尼、澳洲等，於聖嬰發生時期雨量減少；
- (2)由於北迴歸線橫貫臺灣，距離熱帶太平洋地區稍遠，如同 Ropelewski 等(1987)的研究指出臺灣地區不屬於降雨受聖嬰現象強烈影響的地區；
- (3)依據臺灣地區學者的研究，聖嬰對臺灣地區降雨之影響多在於使春夏梅雨季之雨量增加；

聖嬰現象成因複雜，影響範圍廣泛，其與臺灣地區降雨量間之關連性為上述何者為本文研究之重點，但本文不從物理觀點來解釋聖嬰現象對臺灣地區之降雨影響，而以統計及繪圖方法研究聖嬰現象與臺灣地區降雨間之關係。本文首先依據聖嬰現象的量化定義選定代表聖嬰現象的變數並蒐集此變數的紀錄資料，另選取臺灣不同地區較長的月降雨記錄，以統計相關分析研究二者長期間之關連性，並以繪圖方法顯示過去歷史紀錄之聖嬰期間臺灣地區降雨之變化情形。

二、聖嬰現象

Philander(1990)指出聖嬰(El Niño, the Child Jesus)，或直譯作艾尼諾，一詞源自於經常航行於祕魯沿岸的水手所稱每年沿祕魯海岸由北向

南的反向洋流(counter current)，由於緊隨著聖誕節之後發生故稱為聖嬰洋流(the current of El Niño)。此南向暖洋流常為秘魯原本少雨的地區帶來雨量。但每隔數年，此洋流強度變強，影響範圍增大，洋流溫度升高，並且伴隨著豪雨，使得原本不毛的沙漠地區因為雨水豐沛而欣欣向榮，因此又被稱為豐盛之年(años de abundancia, year of abundance)，但秘魯沿岸豐盛的漁產卻因而短暫的消失。

雖然十九世紀時就已觀測到聖嬰現象，但一直到 1960 年代，海洋學者才瞭解到豐盛之年時發生於秘魯沿岸不正常的暖洋流綿延數千公里，其範圍廣及整個熱帶太平洋區域。早期，英國氣象學者 Walker 研究季風(monsoon)時指出，當太平洋之大氣壓較高時，印度洋之大氣壓則偏低，此一在太平洋與印度洋間如翹翹板的氣壓振盪便稱之為南方振盪(Southern Oscillation)，雖然 Walker 及其他學者指出弱信風(trade wind)與熱帶太平洋中部地區降雨之關連，但並未指出其與聖嬰現象之關連。美國加州大學 Bjerknes 教授指出這種關係後，Rasmusson 等(1982)研究熱帶太平洋中部地區海面溫度、風及壓力在聖嬰/南方振盪期間之變化情形，之後科學家便多以聖嬰/南方振盪(El Niño/Southern Oscillation, 簡寫為 ENSO)來代表此一複雜的海洋與大氣現象。現在，聖嬰現象不單指秘魯沿岸局部的季節性洋流，而是指豐盛之年及其相關熱帶太平洋循環及全球大氣的變化。

聖嬰發生期間南方振盪之信風變弱，而熱帶太平洋東部地區之氣壓降低，西部地區之氣壓增加。相反的，熱帶太平洋東部及中部海面溫度不尋常降低，且信風變強的現象便稱為反聖嬰(La Niña)、女嬰，或直譯作拉尼納，為南方振盪之另一段期間。由於聖嬰現象是全球海洋與大氣間之交互作用，因此有將聖嬰稱之為 ENSO 之海洋部分，而南方振盪稱之為 ENSO 之大氣部分。另由於聖嬰發生時之海洋溫度升高，因此又將聖嬰稱之為 ENSO 之暖相(warm phase)，而將反聖嬰稱之為 ENSO 之冷相(cold phase)。Aceituno(1992)則以 ENSO 循環(ENSO cycle)來代表熱帶太平洋

地區的整個海洋-大氣系統連續不斷在聖嬰與反聖嬰間之振盪現象。

聖嬰現象所造成海洋-大氣系統的變化相當複雜，包括雨量、海面溫度、大氣壓力及風速等之變化，因此 Philander(1990)指出實務上對聖嬰現象應該避免嚴格的定義，而以一般性及定性看待之。Glantz(1996)對聖嬰(El Niño)的定性定義如下：

1. 幼年基督(The Christ Child)；
2. 秘魯水手所稱秘魯沿岸季節性的南向暖洋流；
3. 在秘魯海岸原本冷海水湧升(upwelling)地區偶發的不尋常暖海水，常破壞當地的魚類及鳥類群體；
4. 熱帶太平洋中部或東部地區海面溫度的上升及西太平洋地區氣壓的增加現象；
5. 常與 ENSO 通用，用於描述熱帶太平洋地區海氣交互作用；
6. ENSO 暖事件(warm event)的同義，反義為 La Niña、ENSO 冷事件(cold event)、反聖嬰(anti - El Niño)或反 ENSO(anti - ENSO)；

但 Trenberth(1997)指出量化定義最主要的好處為可以非常清楚的瞭解聖嬰何時發生、何時結束、聖嬰發生的長短及聖嬰事件的嚴重性。較常用於定義聖嬰現象的變數有海面溫度及大氣壓力，使用大氣壓力定義聖嬰現象的好處為其觀測紀錄較長，但採用單獨的氣壓站或不同氣壓站的組合則會有不同的定義出現，Chen(1982)指出以大溪地(Tahiti)壓力減去澳洲達爾文(Darwin)壓力作為偵測南方振盪之指數最為有效。若以大溪地與澳洲達爾文間之壓力差作為南方振盪指數(Southern Oscillation Index, 簡寫為 SOI)來定義聖嬰現象，當此指數為負值時，即熱帶太平洋西部地區之氣壓較高，而東部地區之氣壓降低，亦即為聖嬰，相反的，當南方振盪指數為正值時，即為反聖嬰。至於以海面溫度為變數定義聖嬰現象則有，Trenberth(1997)定義聖嬰現象為 Niño 3.4 區(位於北緯 5° 至南緯 5° 及西經 120° 至 170° 間之區域)之海面溫度(Sea Surface Temperature, 簡寫為 SST)距平(anomalies)五個月之移動平均值

超過 0.4°C 達六個月或以上。亦有聯合海面溫度及南方振盪指數以定義聖嬰現象，如 Kiladis 等 (1988)，其定義聖嬰現象為海面溫度距平至少三季為正值，且其中一季之距平大於 0.5°C，而此時期之南方振盪指數應低於-1。

為配合資料的取得，本文採用 Trenberth(1997)的定義，以 Niño 3.4 區的海面溫度來定義聖嬰現象的發生與否，並以月海面溫度與臺灣地區月降雨量的相關分析為基礎探討聖嬰現象與臺灣地區降雨量間之關係。另外，本文以大溪地與澳洲達爾文間之壓力差作為南方振盪指數來探討與臺灣地區間之降雨關連，但並不特別定義南方振盪指數低於何值時為聖嬰現象，僅探討以海面溫度定義之聖嬰與反聖嬰期間，南方振盪指數與降雨量間之變化情形。

Niño 3.4 區(5°N-5°S, 120°-170°W)及大溪地(17.5°S, 149.6°W)、達爾文(12.4°S, 130.9°E)與臺灣的相關位置詳見圖 1。

三、資料

Niño 3.4 區的月海面溫度(以下簡寫為 SST)資料由美國海洋及大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)網站(<http://www.noaa.gov>)上取得，紀錄自 1950 年至今。依據 Trenberth(1997)對聖嬰現象的定義，以 1950 年至 1979 年為基期，並以基期的各月平均值為基準(其數值詳見表 1)，計算各月之海面溫度距平(定義為與平均值之差值)，然後再計算五

個月的海面溫度距平移動平均值，當海面溫度距平五個月移動平均值超過 0.4°C 達六個月或以上時為聖嬰事件，而海面溫度距平五個月移動平均值低於-0.4°C 達六個月或以上時為反聖嬰事件。Niño 3.4 區海面溫度距平的五個月移動平均值如圖 2 所示，依據 Trenberth(1997)的定義，1950 年至 1997 年期間所發生的聖嬰及反聖嬰事件列

表 1 Niño 3.4 區海面溫度及臺灣地區選用雨量站之各月平均值

	SST	臺北(1)	臺中(1)	里港(1)	花蓮(1)
單位	°C	mm	mm	mm	mm
一月	26.40	90.1	35.5	14.2	69.1
二月	26.63	141.7	70.3	20.6	88.8
三月	27.06	172.8	98.4	39.2	100.1
四月	27.57	163.3	125.6	66.0	112.2
五月	27.53	222.2	223.8	203.0	193.9
六月	27.44	302.8	369.4	436.0	205.8
七月	27.01	243.2	265.3	504.1	218.2
八月	26.68	282.9	323.0	565.0	239.9
九月	26.41	253.2	133.3	268.1	321.6
十月	26.52	116.4	18.8	61.6	274.1
十一月	26.39	71.2	18.0	17.3	150.2
十二月	26.41	73.0	27.3	10.5	73.5

說明：SST 為 1950 年至 1979 年之平均值；

臺北(1)站為 1897 年至 1997 年之平均值；

臺中(1)站為 1897 年至 1997 年之平均值；

里港(1)站為 1925 年至 1997 年之平均值；

花蓮(1)站為 1901 年至 1997 年之平均值；

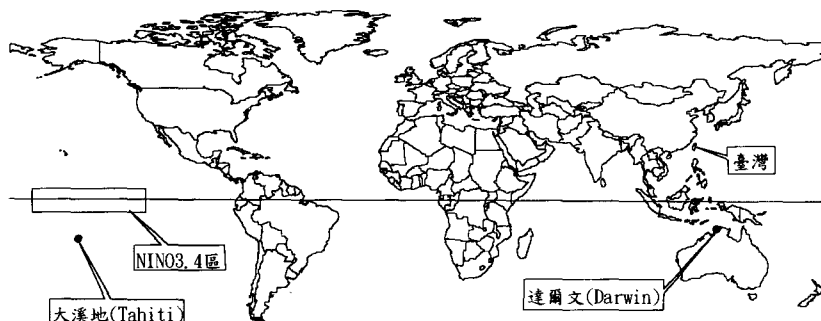


圖 1 Niño 3.4 區、大溪地、達爾文與臺灣之相關位置圖

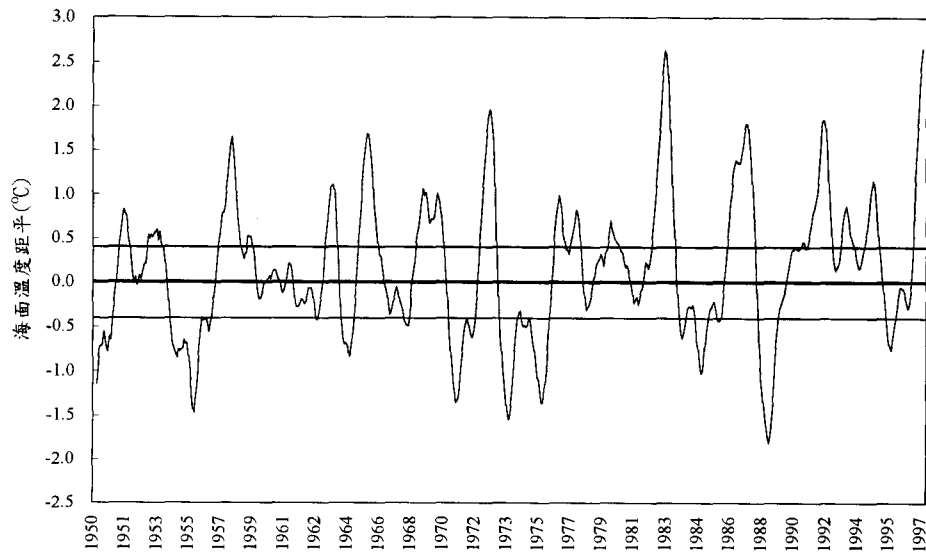


圖 2 Niño 3.4 區海面溫度距平之五個月移動平均值

於表 2，其中 1976 年 8 月至 1977 年 3 月及 1977 年 7 月至 1978 年 1 月為同一聖嬰事件，1991 年 3 月至 1992 年 7 月、1993 年 2 月至 1993 年 9 月及 1994 年 6 月至 1995 年 3 月為同一聖嬰事件。另 1954 年 6 月至 1956 年 3 月及 1956 年 5 月至 1956 年 11 月為同一反聖嬰事件，1973 年 6 月至 1974 年 6 月及 1974 年 9 月至 1976 年 4 月為同一反聖嬰事件。

表 2 1950 年至 1997 年聖嬰及反聖嬰事件起迄時間

聖嬰事件		反聖嬰事件	
起迄時間	延時(月)	起迄時間	延時(月)
1951 年 8 月~1952 年 2 月	7	1950 年 3 月~1951 年 2 月	12
1953 年 3 月~1953 年 11 月	9	1954 年 6 月~1956 年 3 月	22
1957 年 4 月~1958 年 6 月	15	1956 年 5 月~1956 年 11 月	7
1963 年 6 月~1964 年 2 月	9	1964 年 5 月~1965 年 1 月	9
1965 年 5 月~1966 年 6 月	14	1970 年 7 月~1972 年 1 月	19
1968 年 9 月~1970 年 3 月	19	1973 年 6 月~1974 年 6 月	13
1972 年 4 月~1973 年 3 月	12	1974 年 9 月~1976 年 4 月	20
1976 年 8 月~1977 年 3 月	8	1984 年 9 月~1985 年 6 月	10
1977 年 7 月~1978 年 1 月	7	1988 年 5 月~1989 年 6 月	14
1979 年 10 月~1980 年 4 月	7	1995 年 9 月~1996 年 3 月	7
1982 年 4 月~1983 年 7 月	16		
1986 年 8 月~1988 年 2 月	19		
1991 年 3 月~1992 年 7 月	17		
1993 年 2 月~1993 年 9 月	8		
1994 年 6 月~1995 年 3 月	10		
1997 年 4 月~1997 年 12 月	9		

資料來源：Trenberth(1997)

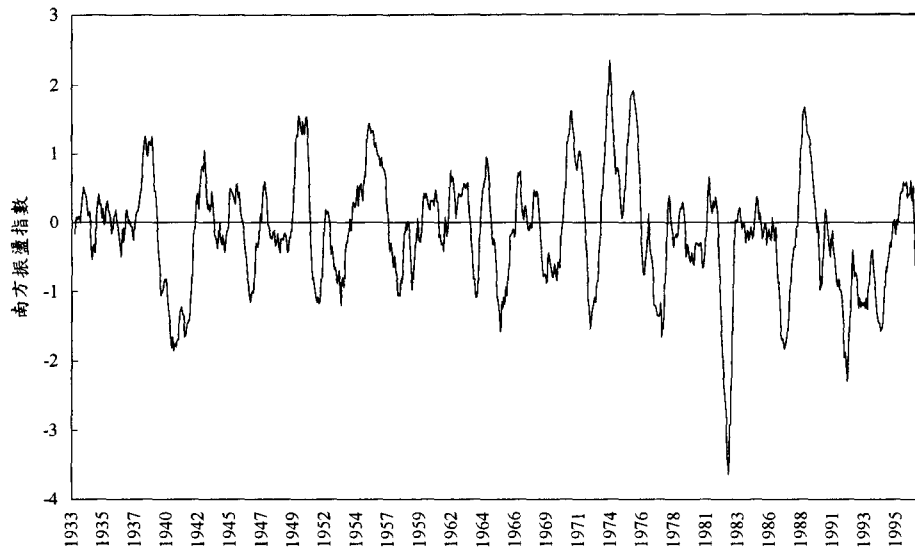


圖 3 標準化南方振盪指數之五個月移動平均值

標準化南方振盪指數(Standardized Southern Oscillation Index, 以下簡寫為 SOI)資料亦由美國海洋及大氣總署(NOAA)網站上(<http://www.noaa.gov>)取得,其定義為以 1951 年至 1980 年為基期,分別計算標準化大溪地及達爾文之氣壓(標準化定義為減去基期各月平均值後再除以基期各月標準偏差),然後再計算其間之差值(大溪地氣壓減去達爾文氣壓),後再除以差值各月之標準偏差。由美國海洋及大氣總署(NOAA)網站上取得之標準化南方振盪指數資料雖可溯自 1882 年,但由於早期有部分資料遺失,以 1933 年以後的資料較為完整,因此本文以 1933 年以後的資料作為分析的基準。由於南方振盪指數每個月之數值變動劇烈,因此 Trenberth(1984)及 Wright(1989)建議應予適當的平滑化,而 Ropelewski 等(1987)的研究採用五個月移動平均值,因此本文亦採用與海面溫度相同的標準,標準化南方振盪指數五個月移動平均值如圖 3 所示。由於本文採用以海面溫度來定義聖嬰現象的發生與否,因此並不特別定義標準化南方振盪指數低於何值時為聖嬰現象,但仍將研究聖嬰期間標準化南方振盪指數與臺灣地區降雨的變化情形。

與圖 2 比較,很明顯的,南方振盪指數與 Niño 3.4 區之海面溫度有異相(out of phase)的關係存在,即當聖嬰現象發生時, Niño 3.4 區之海面溫度升高,而大溪地的氣壓低於達爾文的氣壓,亦即南方振盪指數為負值;反之,當反聖嬰現象發生時, Niño 3.4 區之海面溫度降低,而大溪地的氣壓高於達爾文的氣壓,亦即南方振盪指數為正值。

臺灣地區之雨量資料則由北部、中部、南部及東部區域選取紀錄較長之雨量站作為研究之基礎。本文所選取的雨量站有臺北(1)、臺中(1)、里港(1)及花蓮(1)四站,各站之相關基本資料列於表 3,相關位置詳圖 4。各站紀錄期限之月平均降雨量則列於表 1。

表 3 臺灣地區選用雨量站基本資料

站名	臺北(1)	臺中(1)	里港(1)	花蓮(1)
站號	1140P065	1430P042	1730P055	2445P002
高程 (公尺)	8.0	83.8	37.6	18.0
紀錄期限	1897-1997	1897-1997	1925-1997	1901-1997

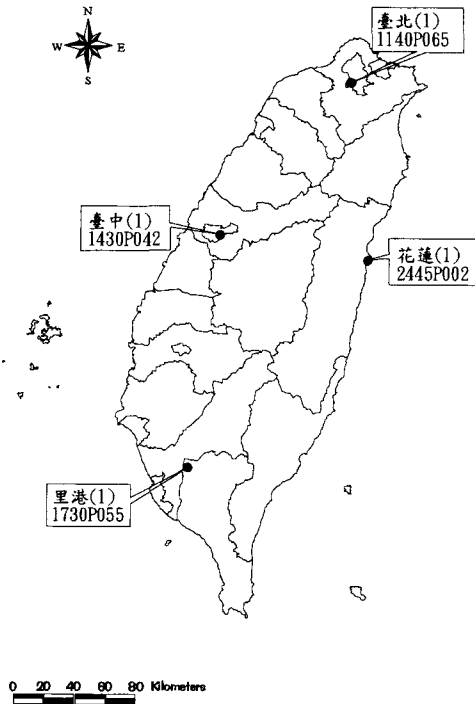


圖 4 臺灣地區選用雨量站位置圖

四、研究方法

本文以統計及繪圖方法研究聖嬰現象與臺灣地區降雨量間之關係，統計方法主要以能代表聖嬰現象之變數與降雨量紀錄之相關係數分析為主。相關係數為測度兩變數間線性相關之係數，數值介於+1 與-1 之間，正值代表正相關，負值代表負相關，當相關係數趨近於+1 或-1，則表示此二變數有高度的線性相關，當相關係數趨近於 0，則表示此二變數有高度的線性獨立。假設 X 與 Y 為所選定的變數，則此兩變數間相關係數之定義為：

$$r_{X,Y} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2]^{1/2} [\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2]^{1/2}} \dots (1)$$

其中 $r_{X,Y}$ ：相關係數；

n ：X 及 Y 變數的樣本數；

\bar{x}, \bar{y} ：X 及 Y 變數的平均值；

代表聖嬰現象的變數，本文依據 Trenberth(1997)的聖嬰定義選定 Niño 3.4 區海面溫度為主，另亦選擇標準化南方振盪指數作為參考。相關係數分析除了分析海面溫度、南方振盪指數與雨量紀錄外，亦分析上述變數不同月份間之相關係數，以瞭解臺灣地區不同月份之降雨量與聖嬰現象之關係。除了上述同一時間的相關係數分析外，本文亦對不同時間稽延作相關係數分析，以瞭解臺灣地區雨量的變化是否較聖嬰現象為早或晚發生。時間稽延為 k 之相關係數定義如下：

$$r_{X,Y,k} = \frac{\sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x})(y_{i+k} - \bar{y})}{[\sum_{i=1}^{n-k} (x_i - \bar{x})^2]^{1/2} [\sum_{i=1}^{n-k} (y_{i+k} - \bar{y})^2]^{1/2}} \dots (2)$$

其中 k：時間稽延；

除了上述相關係數分析外，本文亦對表 2 所列 1950 年至 1997 年聖嬰及反聖嬰期間各月份降雨距平作分析，以瞭解聖嬰及反聖嬰期間各單獨月份之降雨是否有偏多或偏少的趨勢。另亦統計聖嬰及反聖嬰期間之降雨距平累積值，以瞭解聖嬰及反聖嬰期間整體雨量的變化情形。

繪圖法則繪製表 2 所列聖嬰及反聖嬰期間海面溫度、標準化南方振盪指數與降雨量在該期間的變化。

五、分析結果與討論

(一) 海面溫度、南方振盪指數及雨量相關係數分析

選取 Niño 3.4 區海面溫度、標準化南方振盪指數及臺北(1)、臺中(1)、里港(1)、花蓮(1)四雨量站自 1950 年至 1997 年之月資料計算各變數相互間之相關係數，結果如表 4 所示。由表 4 初步可瞭解，海面溫度與標準化南方振盪指數關係密切，但呈負相關，相關係數為-0.619，其原因已述於前節，由於相關係數未達-1，Deser 等(1987)指出在聖嬰期間的高海面溫度並不意味著都會

表 4 海面溫度、標準化南方振盪指數及雨量之相關係數

	SST	SOI	臺北 (1)	臺中 (1)	里港 (1)	花蓮 (1)
SST	1.000	-0.619	0.160	0.205	0.114	-0.063
SOI		1.000	-0.057	-0.049	-0.015	0.031
臺北(1)			1.000	0.642	0.565	0.389
臺中(1)				1.000	0.783	0.364
里港(1)					1.000	0.371
花蓮(1)						1.000

有較低的壓力差，此現象可由後節的繪圖中驗證。雨量站間則以臺北(1)、臺中(1)及里港(1)三雨量站相互間之相關係數較高，東部的花蓮(1)雨量站與其他三站之相關係數均較低。但不論是海面溫度或標準化南方振盪指數與四雨量站間之相關係數均不高，其中臺北(1)、臺中(1)及里港(1)三雨量站之降雨與海面溫度呈正相關，而花蓮(1)雨量站降雨與海面溫度呈負相關。其中海面溫度與雨量站之相關係數最高為臺中(1)站之 0.205，標準化南方振盪指數與雨量站之相關性最大則為臺北(1)站，其相關係數為 -0.057。

另為避免季節性的影響，且聖嬰現象的發生與否是以距平作為判斷，因此本節亦分析海面溫度距平(以 1950 年至 1997 年為基期)、標準化南方振盪指數及降雨量距平(以紀錄期限平均值為基準)之相關係數，其結果列於表 5。與表 4 比較可知，海面溫度距平與標準化南方振盪指數之相關係數略增，而與降雨量距平之相關係數卻大幅降低，其絕對值皆低於 0.06，可見 Niño 3.4 區海面溫度的增減與臺灣地區降雨之多寡應無太大關連。以標準化南方振盪指數作為判斷之基礎，雖然相關係數略有增加，但均甚小，與以海面溫度分析之結果無甚差異。

上述相關係數分析使用的數據自 1950 年至 1997 年，其間包括聖嬰、反聖嬰時期及非聖嬰、反聖嬰時期，為比較聖嬰及反聖嬰期間相關係數與上述分析結果的差異，以下相關係數分析僅以表 2 所列聖嬰及反聖嬰期間為主，不包括非聖嬰

表 5 海面溫度距平、標準化南方振盪指數及雨量距平之相關係數

	SST	SOI	臺北 (1)	臺中 (1)	里港 (1)	花蓮 (1)
SST	1.000	-0.703	0.059	0.034	0.011	-0.055
SOI		1.000	-0.077	-0.082	-0.044	0.028
臺北(1)			1.000	0.488	0.339	0.311
臺中(1)				1.000	0.621	0.216
里港(1)					1.000	0.298
花蓮(1)						1.000

及反聖嬰時期。分析結果列於表 6，與表 5 比較，海面溫度距平與雨量距平之相關係數略有增加，但增加有限，相關係數絕對值皆低於 0.08。標準化南方振盪指數與雨量距平之相關係數則較分歧，有增有減，惟係數均甚小。另表 7 及表 8 則分別列出聖嬰期間及反聖嬰期間海面溫度距平、標準化南方振盪指數及雨量距平之相關係數，聖嬰期間海面溫度距平與雨量距平均呈現正相關，且相關係數較表 6 略增，而反聖嬰期間之海面溫度距平與雨量距平相關係數則除里港(1)站為 0.001 外，餘均為負相關，惟相關係數不大，尚無法判斷聖嬰期間雨量增加而反聖嬰期間雨量減少。整體而言，綜合上述分析結果可初步判定臺灣地區之降雨量與代表聖嬰現象之海面溫度與南方振盪指數間之相關性不大。更詳細之相關係數分析於下節中討論。

表 6 聖嬰及反聖嬰期間海面溫度距平、標準化南方振盪指數及雨量距平之相關係數

	SST	SOI	臺北 (1)	臺中 (1)	里港 (1)	花蓮 (1)
SST	1.000	-0.786	0.074	0.068	0.015	-0.073
SOI		1.000	-0.088	-0.075	0.004	0.017
臺北(1)			1.000	0.506	0.353	0.301
臺中(1)				1.000	0.606	0.234
里港(1)					1.000	0.381
花蓮(1)						1.000

表 7 聖嬰期間海面溫度距平、標準化南方振盪指數及雨量距平之相關係數

	SST	SOI	臺北 (1)	臺中 (1)	里港 (1)	花蓮 (1)
SST	1.000	-0.463	0.122	0.133	0.079	0.027
SOI		1.000	-0.207	-0.171	-0.047	-0.131
臺北(1)			1.000	0.525	0.407	0.386
臺中(1)				1.000	0.615	0.240
里港(1)					1.000	0.376
花蓮(1)						1.000

表 8 反聖嬰期間海面溫度距平、標準化南方振盪指數及雨量距平之相關係數

	SST	SOI	臺北 (1)	臺中 (1)	里港 (1)	花蓮 (1)
SST	1.000	-0.337	-0.085	-0.051	0.001	-0.046
SOI		1.000	0.158	0.066	0.047	-0.013
臺北(1)			1.000	0.482	0.259	0.249
臺中(1)				1.000	0.593	0.242
里港(1)					1.000	0.404
花蓮(1)						1.000

(二) 海面溫度與雨量不同時間稽延及不同月份之相關係數分析

為避免數據因季節性的變化影響，以下的分析均將以數據的距平作為分析的基礎。首先分析 Niño 3.4 區海面溫度距平與臺灣地區降雨距平不同時間稽延時之相關係數，Niño 3.4 區海面溫度距平以 1950 年至 1979 年的平均值為基準，降雨則以紀錄期限的平均值為基準，海面溫度與雨量各月平均值詳表 1。海面溫度距平與降雨距平不同時間稽延之相關係數如圖 5 所示，其中臺北

(1)、臺中(1)、里港(1)三雨量站不同時間稽延相關係數變化的型態頗為類似，均由正相關隨時間稽延增加而變為負相關，而花蓮(1)雨量站不同時間稽延之相關係數則均為負值。整體而言，四個雨量站不同時間稽延的相關係數均甚小，約介於 0.06 與 -0.1 之間。以臺中(1)站為例，雖然長時間稽延之相關性(時間稽延 11 月相關係數為 -0.096)較短時間稽延之相關性(零時間稽延相關係數為 0.034)為高，但由於相關係數均不高，若欲利用 Niño 3.4 區前幾個月海面溫度的變化預判臺灣地區未來降雨多寡的準確性應該不高。

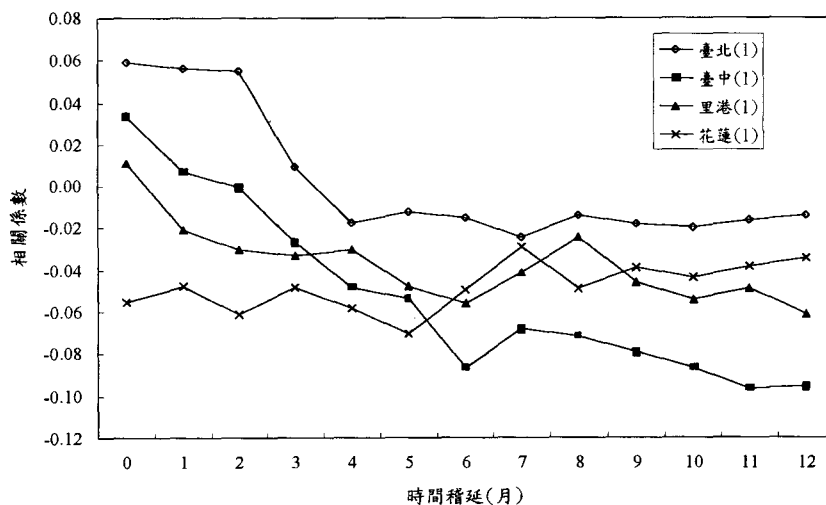


圖 5 海面溫度距平與降雨距平不同時間稽延時之相關係數

表 9 不同月份之海面溫度距平與雨量距平之相關係數

	臺北(1)	臺中(1)	里港(1)	花蓮(1)
一月	0.199	0.081	0.163	-0.150
二月	0.239	0.229	0.161	0.127
三月	0.359	0.446	0.271	0.327
四月	0.028	0.058	-0.030	-0.131
五月	-0.044	-0.050	0.047	-0.043
六月	0.204	0.155	0.198	0.167
七月	0.033	0.004	0.075	0.376
八月	0.188	0.021	-0.060	-0.211
九月	-0.122	-0.173	-0.178	-0.047
十月	-0.162	-0.126	-0.196	-0.431
十一月	-0.078	0.248	0.132	0.069
十二月	-0.030	-0.019	-0.161	0.087

其次分析不同月份之海面溫度距平與降雨量距平之相關係數，結果列於表 9。由表 9 可知，臺北(1)、臺中(1)及里港(1)等三雨量站之最大相關係數均發生於三月，分別為 0.359、0.446 及 0.271，花蓮(1)站則發生在十月，但為負相關，相關係數為-0.431。整體而言，各站各月份雨量距平與海面溫度距平之相關係數均較整體分析之係數略大，但係數不高，且正、負係數攙雜其間，一般而言，以二月及三月份降雨與聖嬰現象的相關性較大，且為正相關。

(三) 南方振盪指數與雨量不同時間稽延及不同月份之相關係數分析

由前節分析可知，標準化南方振盪指數與雨量距平之相關係數甚低，本節則分析二者不同時間稽延之相關係數，標準化南方振盪指數與雨量資料均由 1933 年至 1997 年，雨量距平以紀錄期限平均值為基準(詳表 1)。標準化南方振盪指數與雨量距平不同時間稽延之相關係數如圖 6 所示，由圖可知，不同時間稽延之相關係數均甚低，約介於 0.1 與-0.1 之間。與海面溫度的分析結果類似，臺北(1)、臺中(1)及里港(1)三雨量站不同時間稽延的相關係數變化趨勢頗為類似，均由負相關隨時間增加而變為正相關，而花蓮(1)站不同時間稽延的相關係數則均為正值。由於不

表 10 不同月份之標準化南方振盪指數與雨量距平之相關係數

	臺北(1)	臺中(1)	里港(1)	花蓮(1)
一月	-0.102	-0.048	-0.106	0.135
二月	-0.174	-0.191	-0.041	-0.064
三月	-0.334	-0.458	-0.398	-0.220
四月	0.044	0.051	0.019	0.103
五月	-0.073	-0.226	-0.313	0.108
六月	-0.223	-0.250	-0.297	-0.030
七月	0.005	0.013	0.028	-0.218
八月	-0.173	0.084	0.136	0.138
九月	0.055	0.128	0.132	-0.020
十月	0.014	0.201	0.278	0.377
十一月	0.085	-0.221	-0.180	-0.095
十二月	0.076	-0.016	0.086	-0.111

同時間稽延之相關係數均不高，若欲利用前期南方振盪指數來預測臺灣地區降雨的變化準確性不高。

其次分析不同月份之標準化南方振盪指數與降雨量距平之相關係數，結果如表 10 所示。由表 10 可知，臺北(1)、臺中(1)及里港(1)等三雨量站之最大相關係數(負相關)均發生於三月，分別為-0.334、-0.458 及-0.398，花蓮(1)站則發生在十月，係數為 0.377。此結果類似於前述海面溫度距平與降雨距平之關係，整體而言，臺灣地區以二月及三月份降雨與聖嬰現象相關性較高。

(四) 聖嬰及反聖嬰期間各月份雨量偏離分析

聖嬰或反聖嬰期間雨量的偏多或偏少可以顯示聖嬰或反聖嬰期間臺灣地區降雨量的型態。表 2 所列聖嬰及反聖嬰期間各月份雨量偏離長期平均值的次數比較列於表 11，由該表可知各月份發生聖嬰的機會差別不大，反聖嬰則以四月份發生的機會較小。整體而言，不論是聖嬰或反聖嬰期間，雨量偏少的次數似乎較偏多次數為多，但此並不意味著聖嬰或反聖嬰期間臺灣地區雨量偏少，因為除偏離的次數外，尚需考量偏離的量，且聖嬰或反聖嬰期間內各月份雨量未必全然偏少，因此必須考慮該段期間內之累積降雨量，相關的分析詳下節。

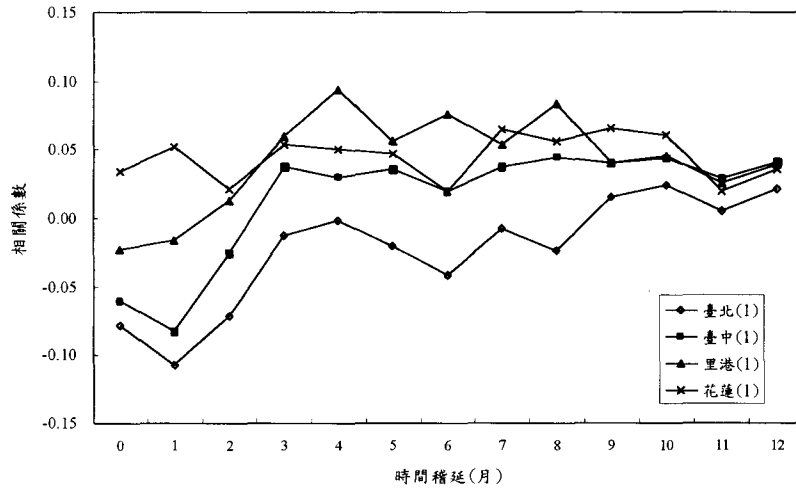


圖 6 標準化南方振盪指數與雨量距平不同時間稽延時之相關係數

表 11 聖嬰及反聖嬰期間各月份雨量偏離次數比較表

聖嬰事件(1950~1997)									
月份	發生次數	臺北(1)		臺中(1)		里港(1)		花蓮(1)	
		偏多次數	偏少次數	偏多次數	偏少次數	偏多次數	偏少次數	偏多次數	偏少次數
一月	15	11	4	9	6	8	7	5	10
二月	15	6	9	6	9	5	10	5	10
三月	14	7	7	7	7	7	7	6	8
四月	14	6	8	3	11	4	10	3	11
五月	14	4	10	7	7	7	7	5	9
六月	16	6	10	7	9	7	9	9	7
七月	15	5	10	8	7	5	10	6	9
八月	16	8	8	6	10	7	9	5	11
九月	17	7	10	5	12	3	14	10	7
十月	17	4	13	5	12	4	13	5	12
十一月	17	9	8	9	8	6	11	7	10
十二月	16	7	9	3	14	3	14	6	11
反聖嬰事件(1950~1997)									
月份	發生次數	臺北(1)		臺中(1)		里港(1)		花蓮(1)	
		偏多次數	偏少次數	偏多次數	偏少次數	偏多次數	偏少次數	偏多次數	偏少次數
一月	12	5	7	5	7	5	7	7	5
二月	10	2	8	2	8	3	7	3	7
三月	10	1	9	2	8	0	10	3	7
四月	8	3	5	5	3	3	5	3	5
五月	10	5	5	2	8	3	7	4	6
六月	12	3	9	7	5	4	8	2	10
七月	10	3	7	1	9	2	8	0	10
八月	10	6	4	3	7	4	6	5	5
九月	13	7	6	4	9	5	8	4	9
十月	13	7	6	5	8	8	5	10	3
十一月	13	8	5	2	11	3	10	4	9
十二月	12	4	8	2	10	4	8	4	8

(五) 聖嬰及反聖嬰期間累積雨量偏離分析

前節分析表 2 所列聖嬰及反聖嬰期間各單獨月份雨量偏離紀錄期限平均值的次數，本節則分析表 2 所列聖嬰及反聖嬰期間累積雨量偏離量。表 12 列出臺北(1)、臺中(1)、里港(1) 及花蓮(1) 四雨量站在 1950 年至 1997 年發生聖嬰及反聖嬰期間累積雨量偏離量，表 13 則列出 1950 年至 1997 年期間聖嬰及反聖嬰期間累積雨量偏多及偏少次數的比較。由表 12 可知不論是聖嬰或反聖嬰期間，累積雨量均有可能偏多或偏少，即未

有聖嬰期間雨量偏少而反聖嬰期間雨量偏多的情況存在，反之亦然。另由表 13 可知，聖嬰及反聖嬰期間臺灣地區降雨量並無一定增加或減少的趨勢，以臺北(1)及花蓮(1)二雨量站為例，聖嬰及反聖嬰期間降雨量偏多的次數均較偏少的次數為多，而里港(1)雨量站在聖嬰及反聖嬰期間雨量偏少的次數均較偏多的次數為多，顯見聖嬰與反聖嬰的發生無法說明該期間臺灣地區降雨的多寡，亦即甚難判斷臺灣地區降雨量在聖嬰或反聖嬰期間存在增加或減少的趨勢。

表 12 聖嬰及反聖嬰期間累積雨量偏離量

單位：mm

	臺北(1)	臺中(1)	里港(1)	花蓮(1)
聖嬰事件				
1951 年 8 月~1952 年 2 月	-398.99	-396.92	-184.36	245.07
1953 年 3 月~1953 年 11 月	304.59	452.28	253.28	156.67
1957 年 4 月~1958 年 6 月	-357.36	-404.02	-526.38	111.18
1963 年 6 月~1964 年 2 月	164.44	328.13	-653.92	-150.86
1965 年 5 月~1966 年 6 月	-356.61	283.45	650.37	373.62
1968 年 9 月~1970 年 3 月	460.32	-208.69	-141.82	497.54
1972 年 4 月~1973 年 3 月	260.72	580.64	1128.18	34.16
1976 年 8 月~1977 年 3 月	-342.24	-89.06	-275.68	-582.33
1977 年 7 月~1978 年 1 月	259.68	133.16	172.31	132.16
1979 年 10 月~1980 年 4 月	114.30	-32.34	-71.26	-467.98
1982 年 4 月~1983 年 7 月	406.18	102.45	-155.27	-305.44
1986 年 8 月~1988 年 2 月	110.73	-354.48	-1039.19	435.74
1991 年 3 月~1992 年 7 月	297.63	-671.49	-585.28	-299.24
1993 年 2 月~1993 年 9 月	-324.71	-558.83	-1189.80	-772.60
1994 年 6 月~1995 年 3 月	71.78	225.89	180.96	57.94
1997 年 4 月~1997 年 12 月	376.38	249.03	-184.63	-471.85
反聖嬰事件				
1950 年 3 月~1951 年 2 月	75.82	489.24	885.68	237.36
1954 年 6 月~1956 年 3 月	-603.10	-284.86	-475.36	-199.69
1956 年 5 月~1956 年 11 月	391.99	61.69	146.85	64.00
1964 年 5 月~1965 年 1 月	-440.65	-408.84	-714.99	208.91
1970 年 0 月~1972 年 2 月	-340.30	-263.60	-585.41	268.63
1973 年 6 月~1974 年 6 月	16.10	-76.27	232.41	353.36
1974 年 9 月~1976 年 4 月	271.17	-211.46	299.42	1066.50
1984 年 9 月~1985 年 6 月	466.92	-119.60	-341.45	10.89
1988 年 5 月~1989 年 6 月	36.39	-780.15	-1010.13	946.02
1995 年 9 月~1996 年 3 月	-380.00	-235.94	-318.20	-242.83

表 13 聖嬰及反聖嬰期間累積雨量偏離次數比較表

	發生次數	臺北(1)		臺中(1)		里港(1)		花蓮(1)	
		偏多次數	偏少次數	偏多次數	偏少次數	偏多次數	偏少次數	偏多次數	偏少次數
聖 嬰	16	11	5	8	8	5	11	9	7
反聖嬰	10	6	4	2	8	4	6	8	2

(六) 聖嬰及反聖嬰期間海面溫度、標準化南方振盪指數與雨量變化趨勢比較

前述以統計方法研究海面溫度距平、標準化南方振盪指數與雨量距平間之關係，本節則以繪圖方式顯示表 2 所列聖嬰及反聖嬰期間海面溫度距平、標準化南方振盪指數與雨量距平間之變化情形。圖 7 及圖 8 分別為聖嬰及反聖嬰期間海面溫度距平、標準化南方振盪指數與雨量距平比較圖，其中海面溫度距平、標準化南方振盪指數均以五個月移動平均值為代表，雨量由於所採用的四個雨量站相似性較高且為利於比較，本文僅以與海面溫度距平相關係數最高的臺北(1)站為代表。另為便於比較，所有圖形之海面溫度距平、南方振盪指數及雨量距平皆採用相同的刻度。

由圖 7 及圖 8 可清楚的看出海面溫度距平與標準化南方振盪指數間之異相關係存在，亦即當 Niño 3.4 區海面溫度升高，標準化南方振盪指數則減少，當 Niño 3.4 區海面溫度降低，標準化南方振盪指數則增加。但局部地方亦有違反上述的現象存在，如 1976 年及 1996 年，海面溫度與南方振盪指數均有同時增加的情形存在，此亦即二者之相關係數未達 -1 的主要原因。但聖嬰及反聖嬰期間雨量的變化則無一定的型態，不論是聖嬰或反聖嬰期間，各月份雨量均有可能增加或減少而且攙雜其間，亦即從過去的資料無法反應聖嬰或反聖嬰期間雨量是增多或減少的趨勢。此結果與前述分析一致(表 12 及表 13)，可見影響臺灣地區降雨應是有其他較聖嬰現象為重要的因素。

另由圖 7 及圖 8 亦可看出不同的聖嬰或反聖嬰事件其海面溫度距平的變化及發生期距均不相同，較嚴重的聖嬰事件除 1997 年外，以

1982-1983 年聖嬰事件海面溫度距平幾達 3°C(標準化南方振盪指數幾達 -4)最為嚴重，而 1954-1956 年發生的反聖嬰事件則長達 22 個月，另 1997 年聖嬰事件則顯然未結束，由該圖可知聖嬰現象將延續至 1998 年。

由表 9 可知臺灣地區降雨以二月及三月與海面溫度有較高的相關係數，圖 9 為二月及三月份臺北(1)站雨量距平的散佈圖(scatter plot)，由於該圖仍然呈現相當程度的分散，且在聖嬰發生期間，雨量偏多及偏少均有可能發生，反聖嬰期間亦然。因此雖然二月及三月份降雨與聖嬰現象的相關係數較高，但並不意味聖嬰或反聖嬰現象發生時雨量必然偏多或偏少。

六、結論與建議

聖嬰現象是全球性尺度的海洋與大氣間的交互作用，其所引起氣象與海洋的變化是多方面的，本文僅探討聖嬰及反聖嬰期間臺灣地區月降雨量變化的趨勢是否受聖嬰現象的影響而有特定的型態存在。本文依據 Trenberth(1997)的定義，以 Niño 3.4 區海面溫度的變化來判斷聖嬰現象是否發生，綜合前述的統計相關及繪圖分析可獲致以下的結論：

1. 不論是原始數據或距平，代表聖嬰現象的 Niño 3.4 區海面溫度及南方振盪指數與臺灣地區月降雨量之相關係數均相當小。另不同月份的相關係數分析則顯示，二月及三月份之降雨與海面溫度及南方振盪指數間存在有較高的相關係數。
2. 在歷史紀錄之聖嬰及反聖嬰期間，臺灣地區的降雨並未有固定增多或減少的型態存在，亦即無法判定聖嬰期間臺灣地區雨量減少或反聖嬰期間雨量增多，反之亦然。

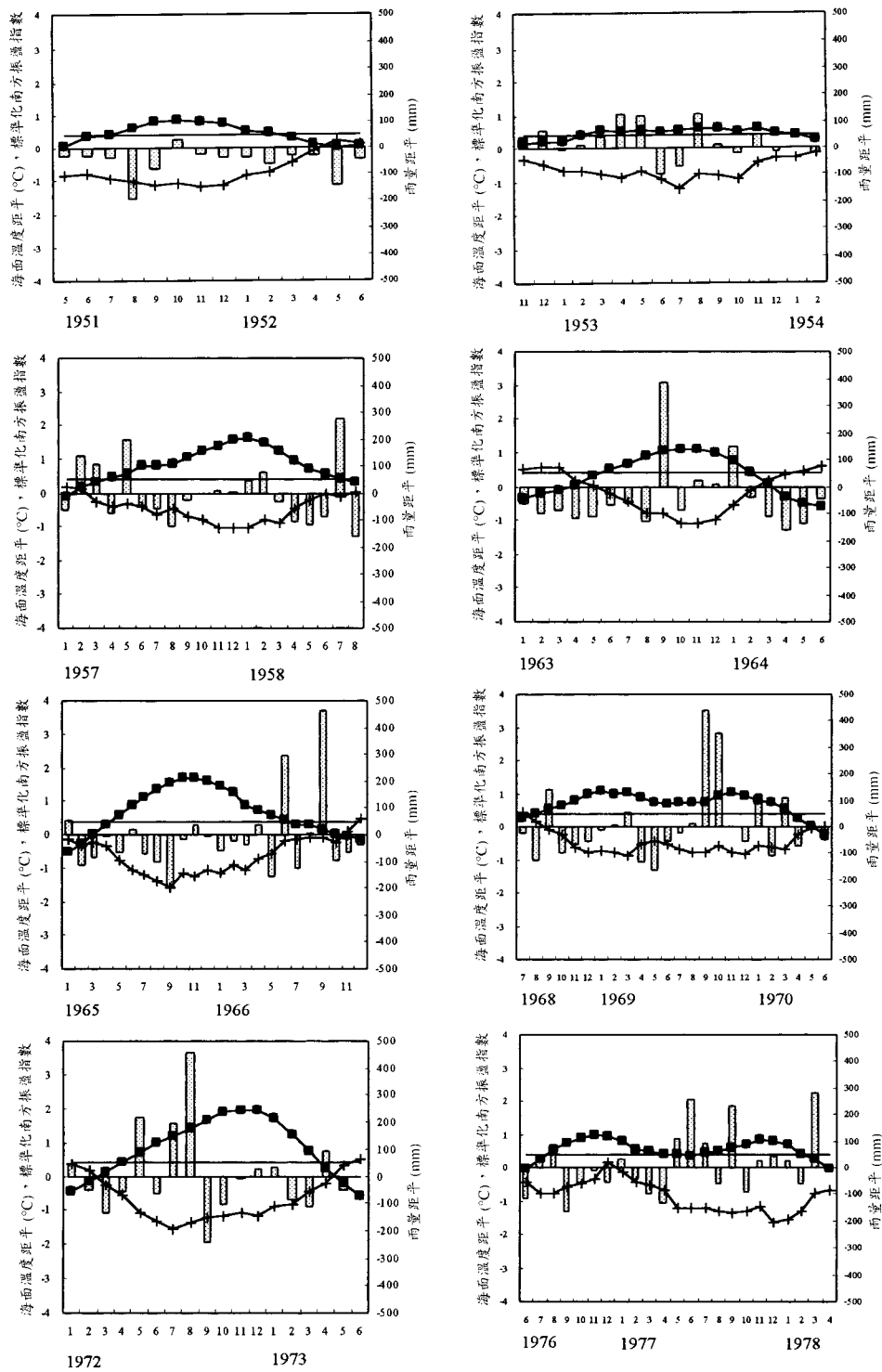


圖 7 聖嬰期間海面溫度距平、標準化南方振盪指數與臺北(1)站雨量距平比較圖
 (■海面溫度距平；+標準化南方振盪指數；□雨量距平)

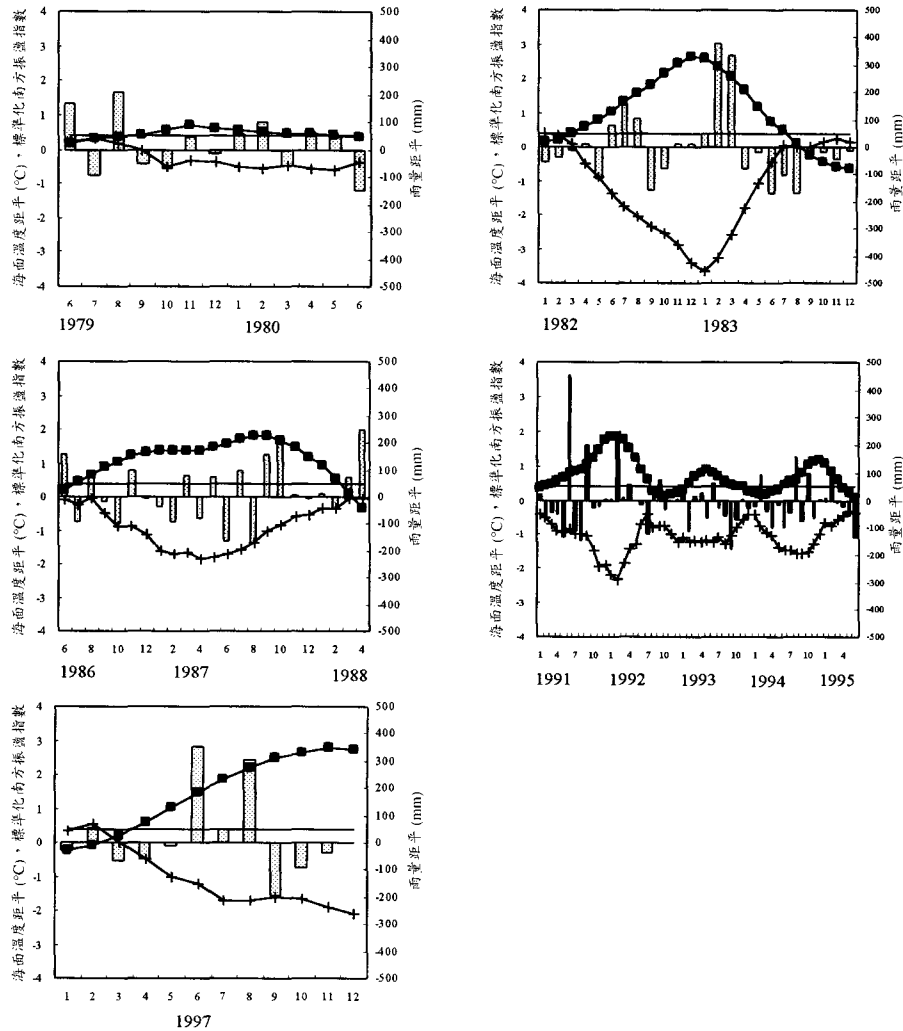


圖 7(續) 聖嬰期間海面溫度距平、標準化南方振盪指數與臺北(I)站雨量距平比較圖
(■海面溫度距平；+標準化南方振盪指數；□雨量距平)

本文依據 Niño 3.4 區海面溫度變化定義聖嬰現象，由於海面溫度與臺灣地區降雨間之相關係數甚小，復以聖嬰發生期間降雨量並未有特定增多或減少的型態存在，由此可知聖嬰現象對臺灣地區之降雨影響不大，聖嬰現象應不是影響臺灣地區降雨最主要的因素。但由於聖嬰現象影響的尺度是全球性的，即使對臺灣地區沒有直接的影響，對其他地區所造成的直接影響亦可能間接影響到臺灣地區。因此，未來仍然值得長期的監測

及研究聖嬰現象。其他相關於水文方面值得探討的課題有：

1. 區域性降雨與聖嬰現象之關係，本文僅以點降雨量做為分析基礎，未來應進一步瞭解區域性平均降雨量與海面溫度或南方振盪指數間之關係。
2. 不同時間刻度降雨量與聖嬰現象之關係，本文僅討論月降雨量與代表聖嬰現象變數間之關連，未來應進一步探討極端降雨事

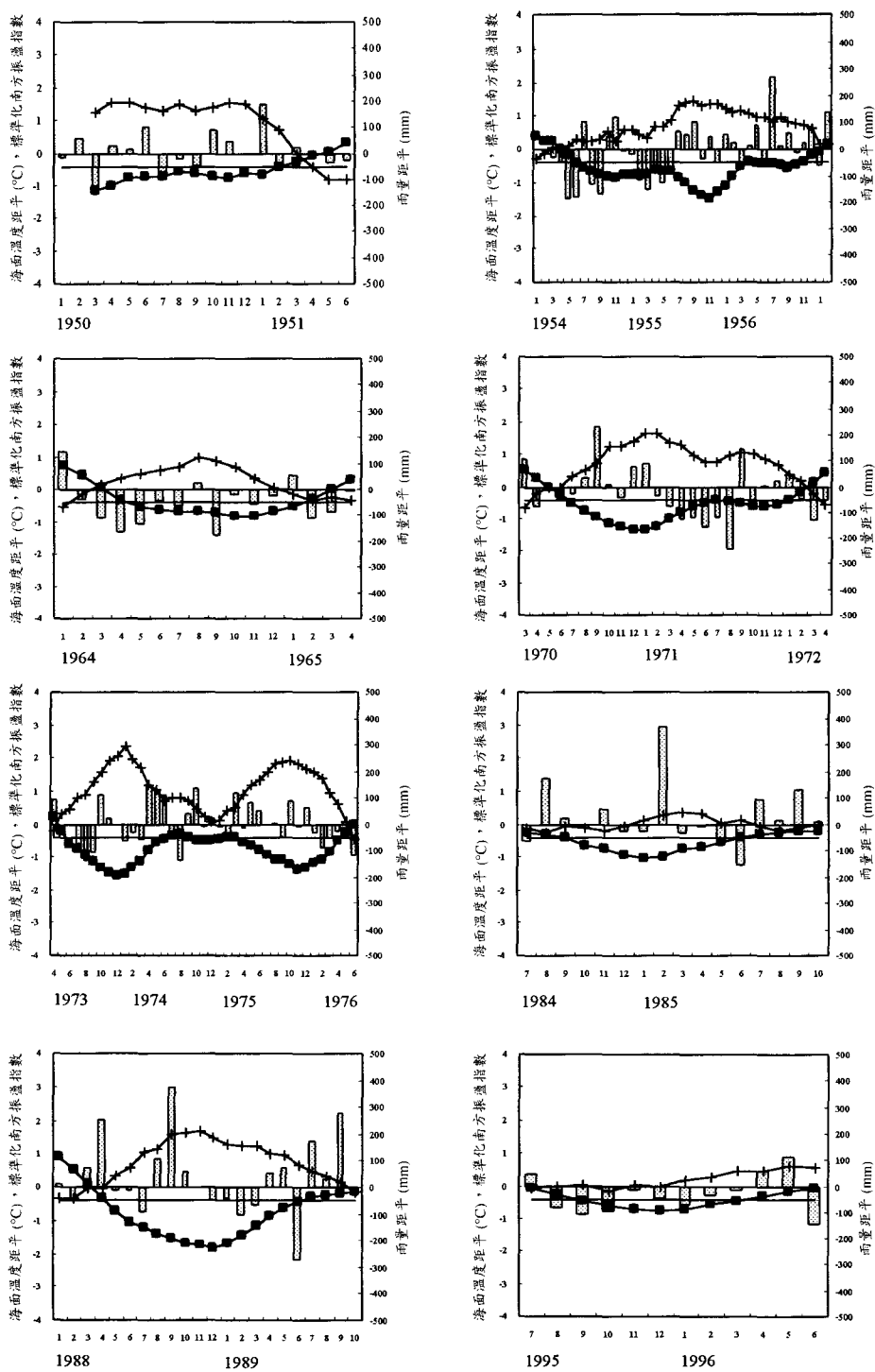


圖 8 反聖嬰期間海面溫度距平、標準化南方振盪指數與臺北(1)站雨量距平比較圖
 (■海面溫度距平；+標準化南方振盪指數；■雨量距平)

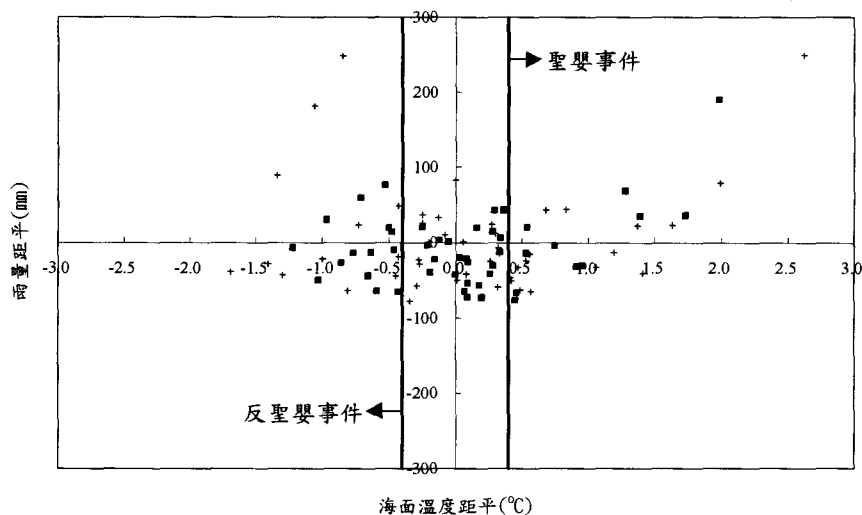


圖9 二月及三月海面溫度距平與臺北(1)站雨量距平散佈圖
(■二月；+三月)

件與聖嬰現象間之關係。

3. 其他氣象變數與聖嬰現象之關連，臺灣地區未位於熱帶太平洋地區，聖嬰現象對降雨的影響也許不若氣溫般敏感，未來應值得分析氣溫在聖嬰期間的變化。另外臺灣周圍海域的溫度的變化，亦值得分析其與聖嬰現象間的關連。

參考文獻

1. 吳明進，1986，聖嬰/南方振盪現象，*科學月刊*，第17卷，第2期，第107-112頁。
2. 唐存勇、吳明進，1992，什麼是ENSO事件，*科學月刊*，第23卷，第1期，第25-31頁。
3. 柳中明、吳佳瑜，1998，1997全球氣象災害分析，*科學月刊*，第29卷，第6期，第493-499頁。
4. 馬家麟，1998，1997-1998聖嬰年臺灣地區降雨現象，*第四屆海峽兩岸水利科技交流研討會*，臺北，第361-367頁。
5. Aceituno, Patricio, 1992, El Niño, the Southern Oscillation, and ENSO: Confusing Names for a Complex Ocean-Atmosphere Interaction, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 73(4), 483-485.
6. Chen, W. Y., 1982, Assessment of Southern Oscillation Sea-Level Pressure Indices, *Monthly Weather Review*, 110, 800-807.
7. Deser, Clara, and Wallace, John M., 1987, El Niño Events and Their Relation to the Southern Oscillation: 1925~1986, *Journal of Geophysical Research*, 92(C13), 14189-14196.
8. Glantz, M. H., 1996, *Currents of Change: El Niño's Impact on Climate and Society*, Cambridge University Press.
9. Kiladis, George N., and Loon, Harry van, 1988, The Southern Oscillation. Part VII: Meteorological Anomalies over the Indian and Pacific Sectors Associated with the Extremes of the Oscillation, *Monthly Weather Review*, 116, 120-136.
10. Philander, S. George, 1990, *El Niño, La Niña, and the Southern Oscillation*, Academic Press, San Diego.
11. Rasmusson, Eugene M. and Carpenter, Thomas

- H., 1982, Variations in Tropic Sea Surface Temperature and Surface Wind Fields Associated with the Southern Oscillation /El Niño, *Monthly Weather Review*, 110, 354-384.
12. Ropelewski, C. F. and Halpert, M. S., 1987, Global and Regional Scale Precipitation Pattern Associated with the El Niño/Southern Oscillation, *Monthly Weather Review*, 115, 1606-1626.
13. Ropelewski, C. F. and Jones, P. D., 1987, An Extension of the Tahiti – Darwin Southern Oscillation Index, *Monthly Weather Review*, 115, 2161-2165.
14. Trenberth, Kevin E., 1984, Signal Versus Noise in the Southern Oscillation, *Monthly Weather Review*, 112, 326-332.
15. Trenberth, Kevin E., 1997, The Definition of El Niño, *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(12), 2771-2777.
16. Wright, Peter B., 1989, Homogenized Long-Period Southern Oscillation Indices, *International Journal of Climatology*, 9, 33-54.

收稿日期：民國 88 年 11 月 18 日

修正日期：民國 88 年 12 月 30 日

接受日期：民國 89 年 1 月 17 日