

聖嬰現象與 1998 年台灣異常氣候： 全年偏暖與春雨偏多現象

陳昭銘¹ 汪鳳如¹ 呂芳川² 郭漱泠²

¹中央氣象局 科技中心

²國防大學中正理工學院 應用物理系

(中華民國九十一年三月十日收稿；中華民國九十一年八月九日定稿)

摘 要

本世紀最強的聖嬰現象發生於 1997-98 年間，台灣地區於 1998 年亦發生顯著氣候變異現象，本文主要目的即是探討上述二氣候現象之間的關聯性。分析結果顯示，1998 年台灣地區全年偏暖與春雨偏多現象均是與聖嬰現象有所關聯的全島性氣候異常變化，其相關動力機制的主要特性概述如下：

(1)全年偏暖現象：當聖嬰現象於 1997/98 冬季發展成熟後，於南海和台灣-日本間海域形成暖 SST 距平，於熱帶西太平洋區形成冷 SST 距平，此二 SST 距平調節低層大氣於台灣鄰近區域形成大尺度輻合中心，於熱帶西太平洋形成大尺度輻散中心，此輻合-輻散中心配置，激發低層環流於台灣東南側熱帶洋面形成強烈反氣旋距平，此反氣旋距平搭配南海暖 SST 距平-熱帶西太平洋冷 SST 距平持續存在於整個 1998 年，並經由其西側環流系統影響台灣地區風場，造成暖平流增強或冷平流減弱效應，形成台灣地區 1998 年全年偏暖現象。

(2)春雨偏多現象：在 1970-98 年間十個聖嬰現象春季(二、三、四月)中，台灣春雨有 7 年偏少，3 年偏多(包括 1998 年)，偏多年所對應熱帶太平洋 SST 距平強度較偏少年明顯增強，且其西太平洋冷距平中心區與熱帶東太平洋暖距平中心區均較偏少年東移。偏少年時，西太平洋冷 SST 距平中心區西北側形成反氣旋距平，且籠罩在台灣上空，提供不利降雨環境；偏多年時，反氣旋距平隨著熱帶西太平洋冷 SST 距平區東移而東偏，不再籠罩台灣，取而代之為氣旋距平外圍環流，提供有利降雨環境。隨著反氣旋、氣旋距平的空間分佈變化，台灣地區於偏少年時位於區域性南北哈德里環流距平的下沈氣流帶，偏多年時則位於上升氣流帶，另哈德里環流距平於偏多年時伴隨較強 SST 距平而具有較大強度，故台灣地區於偏多年之上升氣流距平較偏少年之下沈氣流距平強度明顯增強，因此造成偏多年雨量增加平均多達一倍，但偏少年雨量減少幅度平均約僅三成的不對稱變化結果。

關鍵詞：聖嬰現象、氣候變化、全年偏暖、春雨偏多

一、前言

最近一次聖嬰現象發生於 1997-98 年，其強度為二十世紀所有聖嬰現象之冠，世界各地受其影響伴隨出現多項顯著氣候變異現象，根據美國海洋與大氣總署(NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration)統計資料顯示，以全球氣候而言，1998 年全球年均溫為 14.46°C ，為過去百年最高紀錄，亦較百年(1900-97)長期氣候值(13.8°C)高出 0.66°C ，其中陸地平均值較其百年氣候值高出 1.02°C ，海洋平均值則高出 0.51°C ，顯示陸塊之增溫效應明顯高於海洋。

在降水方面，1998 年全球陸地平均降水量與百年氣候值差異不大，但區域性變化卻出現強烈對比，於 30°N - 55°N 中緯度地區，陸地平均降水量較百年長期氣候值高出 58.7mm ，增加的雨量約相當美國密西西比河一年總流量，而在 10°S - 10°N 熱帶地區，陸地降水卻比氣候值減少達 182.4mm ，1998 年北半球呈現中緯度大雨，熱帶乾旱的對比性氣候異常現象，且在亞洲地區造成重大災情。

亞洲熱帶國家如印尼、菲律賓、巴布亞新幾內亞等國，受制於聖嬰現象所引發西太平洋區強烈的異常下沉氣流，降水明顯減少，產生乾旱現象，不僅造成牲畜死亡、食物短缺，甚而助長森林大火，燃燒所生煙霧飄散各處，於東南亞地區形成霾害(haze)，單單在印尼、馬來西亞、新加坡等國，因霾害所造成觀光業、漁業、工業生產、公共衛生等方面的損失，估計超過十四億美元。同年亞洲夏季季風亦發生異常變化，於中國長江流域持續降下大雨，造成近 44 年來最大水災，經濟損失高達 240 億美元。溫度方面亦出現明顯對比變化，西藏地區於

1997/98 冬季歷經有史以來最嚴寒及最大降雪量的冬季，數以百萬牲口凍死，倖存者只能仰賴外送物資補給維生。但在另一方面，南海海域海溫增溫顯著，滋養浮游生物大量繁衍，形成紅潮，使香港百分之六十的養殖漁業受到損失。

上述回顧清楚指出 1998 年聖嬰時期亞洲地區發生顯著氣候變異現象，也釀成重大災情，在此背景之下，我們不禁思考，1998 年聖嬰現象是否也影響台灣氣候而形成顯著變化?本文主要目的即在探討此問題，研究議題有二個重點：

- (1) 探討 1998 年台灣地區主要氣候變異現象的特性。
- (2) 診斷上述氣候變異現象與 1998 年聖嬰現象的關聯性。

藉由此研究，我們希望能了解台灣氣候變異與聖嬰現象的動力關係，進而尋求建立聖嬰現象影響台灣氣候變異的觀念模式，以做為未來發展短期氣候預報的研究基礎。

二、1998 年台灣氣候變化特性

研究台灣地區氣候變化特性，可用平均分佈台灣本島各區、具區域代表性測站之溫度與降雨平均值加以探討(陳與汪，2000a,b)，本文依此方法，定義台北、台中、台南、恆春、花蓮、台東等六測站溫度與降雨之平均值代表台灣地區平均氣候，並計算台灣地區平均溫度與降雨於 1998 年各月之平均值(圖 1 之曲線圖)，再與當月之長期氣候(1970-98)平均值(圖 1 之直方圖)比較，藉以了解 1998 年台灣地區氣候變化特性。圖 1 顯示 1998 年台灣地區氣候變異之主要特性有五項：

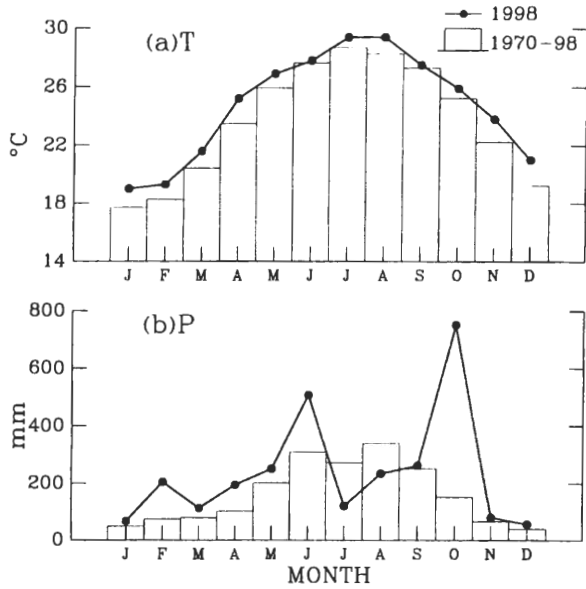


圖 1 台灣地區(a)月平均溫度，(b)月平均降雨於 1998 年季節變化(曲線圖)與 1970-98 年長期氣候平均值(直方圖)之比較，此處台灣地區平均溫度與降雨係以台北、台中、台南、恆春、花蓮、台東等六站觀測值之平均值表示。

三、分析資料

本文分析所用資料計有下列三組：

- 1、中央氣象局地面測站資料：計使用台北、台中、台南、恆春、花蓮、台東等六測站之月平均溫度與降雨資料。
- 2、全球海溫(SST, sea surface temperature)月平均資料：係由 Reynolds and Smith (1994,1995)依據目前所具有的觀測海溫資料為基礎，運用經驗正交函數(EOF, empirical orthogonal function)分析法與最佳內插法重組而成之全球網格點資料，其解析度為 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 。
- 3、大氣環流月平均資料：係採用 NCEP/NCAR 重分析資料(Kalnay et al., 1996)，此資料之解析度為 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。

上述每組資料之分析時間範圍均為 1970-98 年。

四、全年偏暖現象

1998 年台灣地區氣候偏暖程度，可與過去將近三十年歷史資料相比便可清楚看出，圖 2a 所示為 1970-98 年台灣地區平均溫度年平均值之時間序列，此序列之長期氣候平均值為 23.7°C ，而 1998 年年平均值(以黑實線標示)為 24.7°C ，比 1970 年以來任何一年都高。事實上，據中央氣象局統計資料顯示，1998 年台灣地區年均溫為有觀測紀錄以來最高的一年，與 1998 年全球年均溫為觀測有史以來最高者相呼應。就地域而言，台灣各地區年均溫之長期氣候值(圖 2b)呈現北低南高、東部較西部略高的分佈

- 1、各月之溫度均較氣候平均值高，呈現全年偏暖現象，
- 2、春雨(二-四月)偏多，
- 3、梅雨(五-六月)偏多，
- 4、盛夏(七-八月)降雨減少，
- 5、十月降雨高出氣候值數倍之多。

在上述五項主要氣候變化現象中，本文將深入討論全年偏暖與春雨偏多二現象與聖嬰現象之關係，而梅雨偏多、盛夏降雨減少、十月降雨偏多等其他氣候變化現象，則待另行研究討論。

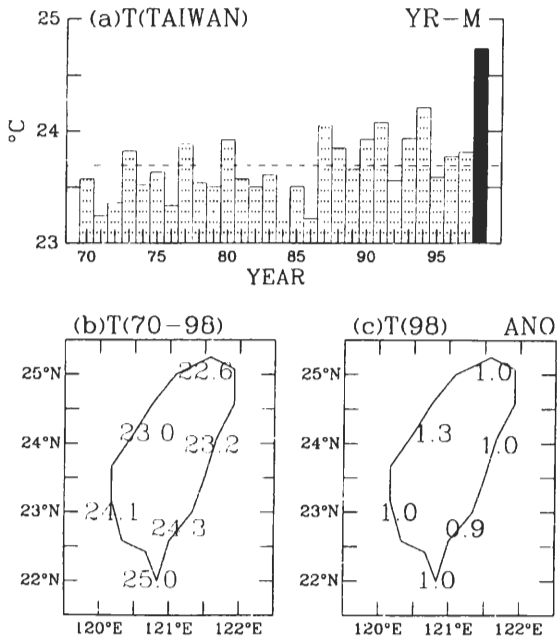


圖 2 台灣地區年平均溫度之變化特性：(a)台北、台中、台南、恆春、花蓮、台東六站平均值所代表「台灣地區平均溫度」之 1970-98 年時間序列，(b)上述六測站年均溫之 1970-98 年氣候平均值的空間分佈圖，(c)各站 1998 年年均溫相對 1970-98 年氣候平均值之距平均分佈圖。

特性，而各地區 1998 年年均溫與長期氣候值之距平均為正值(圖 2c)，呈現全島偏暖現象，各地偏暖程度相當，均在 1°C 左右，大小落於 $0.9\sim 1.3^{\circ}\text{C}$ 之間，變化幅度約為氣候值之 $4\sim 5\%$ 之間。上述全島均勻增暖現象，隱喻台灣 1998 年全年偏暖現象可能是受大尺度背景環境變化之影響，過去研究指出台灣地區溫度變化可受鄰近海溫(SST)變化的調節(陳與汪，2000a; 盧與陳，2000)，因此本文將接續探討這二者間之關係。

討論台灣地區溫度與 SST 變化之關係，可運用相關係數分析法，即是以台灣地區年均溫變化(圖 2a)為指標，計算該指標與 SST 年均

溫於 1970-98 年間變化之相關係數，該相關係數之空間分佈圖(圖 3)指出，與台灣地區年均溫變化關係較密切之 SST 變化主要分佈於南海、台灣、與日本鄰近海域，若以 0.7 相關係數為選取標準(圖 3 之深陰影區)，可以找到三個主要高相關係數區域，分別位於南海海域(約在 $112^{\circ}\text{E}-120^{\circ}\text{E}, 10^{\circ}\text{N}-20^{\circ}\text{N}$)、台灣-日本間海域(約在 $128^{\circ}\text{E}-134^{\circ}\text{E}, 22^{\circ}\text{N}-28^{\circ}\text{N}$)、日本東南側海域(約在 $142^{\circ}\text{E}-150^{\circ}\text{E}, 22^{\circ}\text{N}-34^{\circ}\text{N}$)，上述三海域本文依序

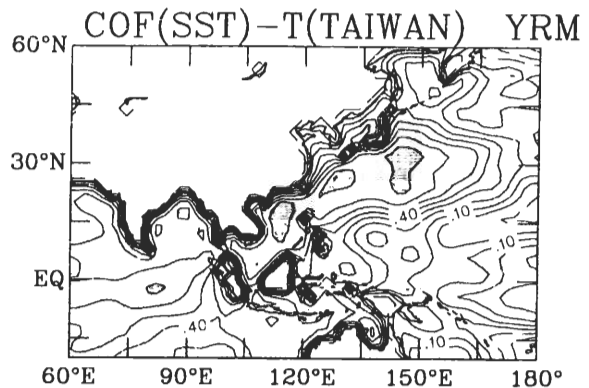


圖 3 以圖 2a 台灣地區平均溫度 1970-98 年年均溫時間序列為指標，與 SST 年均溫之相關係數空間分佈圖，等值線間距為 0.1，淺陰影區數值為 0-0.7，深陰影區大於 0.7。

定義為 SST-A、SST-B、SST-C 區域。雖然相關係數指出上述三海域 SST 年均溫與台灣地區年均溫長期變化關係緊密，但在 1998 年這些海域 SST 之季節變化特性，是否與台灣溫度全年偏暖之變化特性一致，則是首先要了解的問題。

本文依圖 1a 分析台灣地區平均溫度所使用之方法，計算 SST-A、SST-B、SST-C 三區域 SST 區域平均值於 1970-98 年期間各單月之氣候平均值，再與 1998 年各單月之平均值比較(圖 4)，結果顯示在三個區域中，1998 年各月 SST 平均值都比該月氣候平均值為高，全部呈現全

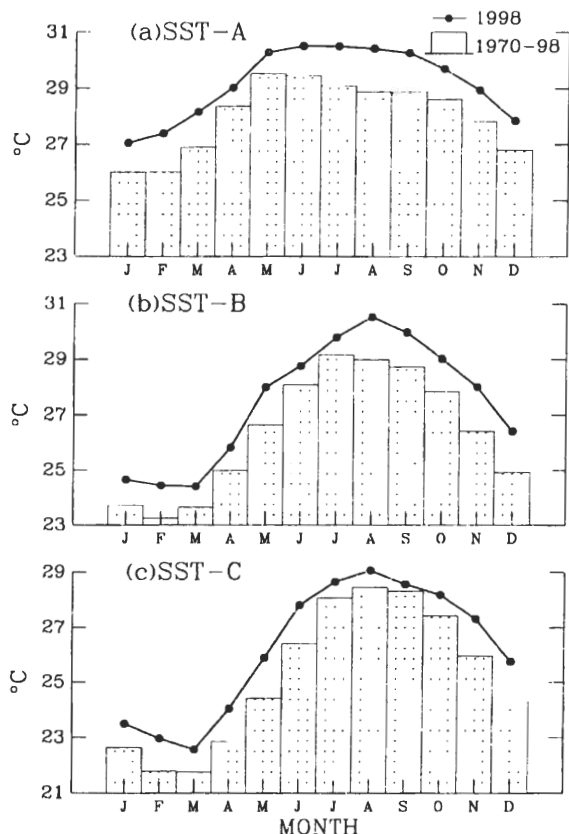


圖 4 不同海域 SST 區域平均值於 1998 年(曲線圖)與 1970-98 年氣候平均值(直方圖)季節變化之比較, 各圖所示區域分別為: (a) 南中國海 (112°E-120°E, 10°N-20°N), (b) 台灣-日本間海域 (128°E-134°E, 22°N-28°N), (c) 日本東南側海域 (142°E-150°E, 22°N-34°N)。

年偏暖現象, 與台灣地區全年偏暖現象一致, 充分顯示台灣地區溫度變化與鄰近海域 SST 變化之密切關聯性。

年均溫之 1970-98 年長期相關係數與月均溫之 1998 年季節變化分析透露台灣地區溫度變化與南海、台灣-日本間海域 SST 變化具有密切關係, 此結果隱喻台灣鄰近海域 SST 變化可能為影響台灣地區溫度變化之機制之一, 因此本文將持續對 1998 年進行分析, 進一步探討影響

台灣溫度變化之動力機制的相關過程。圖 5a 所示為 1998 年 SST 年均溫相對於 1970-98 年年均溫氣候值之距平分佈圖, 於 150°E 以西, 1998 年 SST 呈現偏暖現象, 增暖程度以南海、台灣-日本間海域最高, 台灣恰位於兩個暖距平中心之間。對應於圖 5a 之 SST 距平分佈, 850mb 速

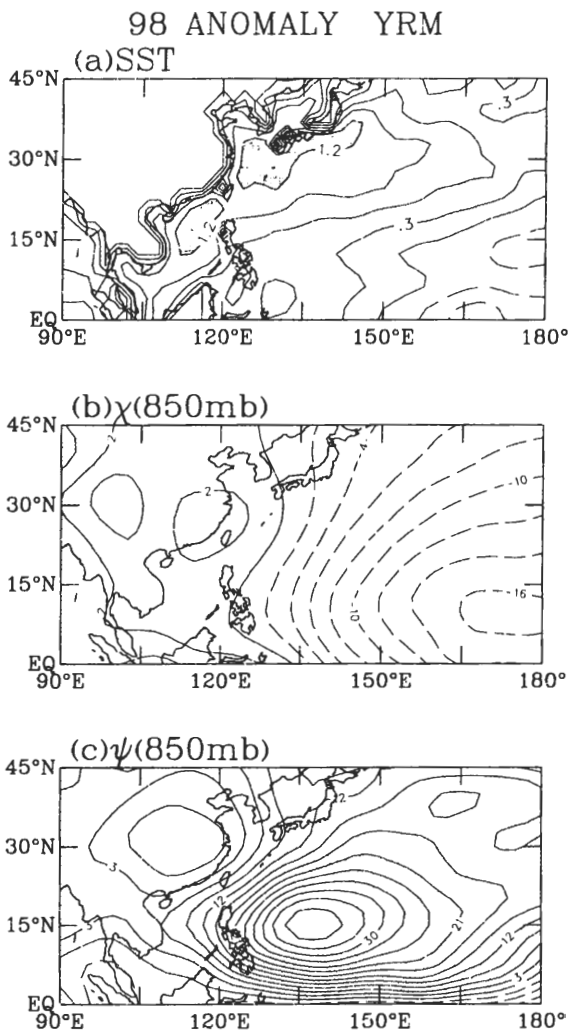


圖 5 大尺度環境場 1998 年年均溫相對於 1970-98 年氣候平均值之距平變化圖: (a)SST, (b)850mb 速度位, (c)850mb 流函數, 等值線間距分別為: (a)0.3°C, (b)2x10⁵m²s⁻², (c)3x10⁵m²s⁻², 陰影區表示正值, (a)之深陰影區大於 1.2°C。

度位(velocity potential)場距平(圖 5b)顯示大尺度輻散場於台灣周遭暖 SST 距平區域形成輻合中心(正值), 而於國際換日線西側之熱帶西太平洋冷 SST 距平區域形成輻散中心(負值), 伴隨速度位場的改變, 850mb 流函數(streamfunction)場距平(圖 5c)所代表的環流場呈現與大尺度輻散場 1/4 波長相位差關係(quadrature relationship)的分佈特性, 在台灣附近輻合中心與熱帶西太平洋輻散中心之間, 即台灣東南側熱帶洋面形成反氣旋距平, 而於台灣輻合中心與其西側輻散中心之間, 即台灣西北側的東亞地區形成氣旋距平, 然而熱帶洋面上的反氣旋距平其強度遠遠大於東亞上空之氣旋距平, 呈現不對稱的對比分佈。根據圖 5 所示 SST、速度位、流函數場距平間之規律空間分佈關係, 可推論 1998 年聖嬰現象相關 SST 變化可經由系統性動力過程導引大氣大尺度背景場(如速度位場、流函數場)的變化, 進而將其影響引進區域氣候變化中。

在區域氣候方面, 對應於 850mb 流函數場的距平變化(圖 5c), 地面風場(10m) (圖 6a)亦在台灣東南側熱帶洋面上呈現反氣旋距平的變化特徵, 距平風場由熱帶西太平洋西行進入南海後轉向北行進, 在南海北部偏向東北, 經台灣朝日本、東海方向前進, 為台灣提供西南風距平。由於地面風場的氣候(1970-98)年平均場(圖 6b)係由華北東行出海後, 順著大陸沿岸南下, 與從太平洋而來的東風於台灣及其南方區域交會, 形成台灣及南海北部的東北風年平均風場。此東北風年平均風場與台灣東南側反氣旋距平所造成的南風、西南風距平風向相反, 遂使台灣及其南方海域之風速大小 $[(u^2+v^2)^{1/2}]$ 減弱而呈現負距平(圖 6c), 讓東北風年平均風場

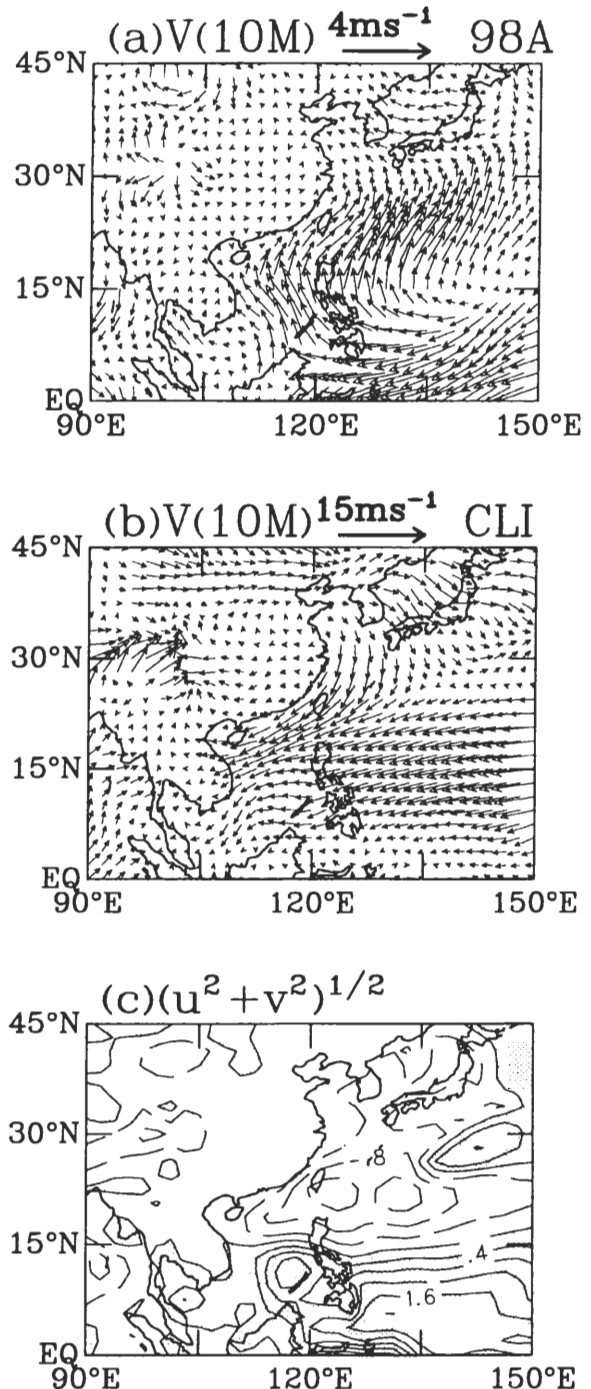


圖 6 (a)1998 年 10m 風場年平均值得對應 1970-98 年長期氣候平均值之距平圖, (b)10m 風場之 1970-98 年氣候平均場, (c)1998 年 10m 風速值對應 1970-98 年長期氣候平均值之距平分佈圖, 等值線間距為 0.4ms⁻¹, 陰影區表示正值。

所帶來的冷平流效應降低，此機制提供有利台灣與南海地區增暖的大氣條件。

前述年平均場的診斷分析顯示影響台灣溫度變化的主要動力機制為南海、台灣-日本鄰近海域的暖 SST 距平搭配熱帶西太平洋的冷 SST 距平，二者系統性調節大氣大尺度環流場，激發台灣東南側熱帶洋面反氣旋距平的生成，此距平之風場有效降低通過台灣地區的冷平流，提供增暖機制。由於年平均場的分析對 1998 年台灣地區每月溫度均比氣候值為高的全年偏暖現象，仍無法充分解釋，尚待進一步分析來補充說明。本文於是將 1998 年平均分為四個季節：1-2-3 月、4-5-6 月、7-8-9 月、10-11-12 月，並將此四個季節分別對應於該季節 1970-98 年氣候平均值之 SST 與地面風場(10m)距平顯示於圖 7。圖 7 左欄清楚顯示 1998 年全年台灣東南側熱帶洋面上均存在反氣旋距平，於 1-3 月與 4-6 月二期，反氣旋距平之西側環流進入南海，經由南海北部後轉向東北，提供台灣地區溫暖的西南風距平與增溫機制。於 7-9 月與 10-12 月二期，反氣旋距平的主要空間分布似乎侷限於菲律賓東側的熱帶西太平洋區，一個分裂性反氣旋距平於 7-9 月延伸進入南海，為台灣帶來西南風距平，亦是有效的增溫機制。在 10-12 月時，反氣旋距平於西側菲律賓附近北上，形成南風、西南風距平，搭配南海地區氣旋距平的發生，於台灣北邊海域轉為東風距平，該距平修正東北季風的方向並減弱其進入台灣的強度，有效降低東北季風冷平流的威力，亦能提供台灣增溫機制。

對應 1998 年台灣東南側反氣旋距平的存在，各季 SST 距平(圖 7 右欄)呈現共同特性：於反氣旋距平東側之熱帶西太平洋地區出現冷

SST 距平，於西側之南海、台灣-日本海域出現暖 SST 距平，此東冷西暖 SST 距平分布與反氣旋距平的空間搭配，與圖 5 中 SST 與流函數年平均場距平所顯示的空間動力關係呈現一致特性，因此可推論由於南海、台灣-日本海域 SST 於 1998 年全年持續偏暖，搭配熱帶西太平洋地區 SST 的持續偏冷，維持台灣東南側反氣旋距平的長期存在，此距平影響台灣鄰近地區風場變化，經由增強暖平流效應或減弱冷平流效應，為台灣提供增溫機制，遂造成台灣地區 1998 年全年偏暖現象。

過去研究指出南海鄰近海域 SST 增暖與台灣東南側反氣旋距平的生成均與聖嬰現象存在關聯性，Klein et al.(1999)研究發現聖嬰現象時期熱帶東太平洋與中太平洋之暖 SST 距平調節熱帶沃克環流(Walker Circulation)，於南海地區形成下沉氣流距平區，使該區雲量減少而有利海水吸收太陽輻射，提供南海 SST 增暖機制。Wang et al.(2000)指出聖嬰冬季成熟時期之熱帶太平洋 SST 變化激發低層大氣於中太平洋與東亞之間形成遙相關(teleconnection)型態距平，其主要環流分量則是台灣東南側熱帶洋面之反氣旋距平，此距平於南海地區生成西南風距平，有效減弱該區冬季東北季風的強度，降低水氣蒸發與潛熱釋放過程，提供南海 SST 增溫機制。Wang et al.(2002)進一步指出聖嬰冬季時期伴隨台灣東南側反氣旋距平發生者為其東方洋面(即熱帶西太平洋地區)的冷 SST 距平與其西方洋面(即南海鄰近地區)的暖 SST 距平(即類似圖 5 所示之空間關係)，且這些距平變化的生成係相輔相成，當東側冷 SST 距平存在時，抑制該區之蒸發與對流發展，激發下沉之大氣羅士比波(Rossby wave)，該下沉羅士比波向西傳

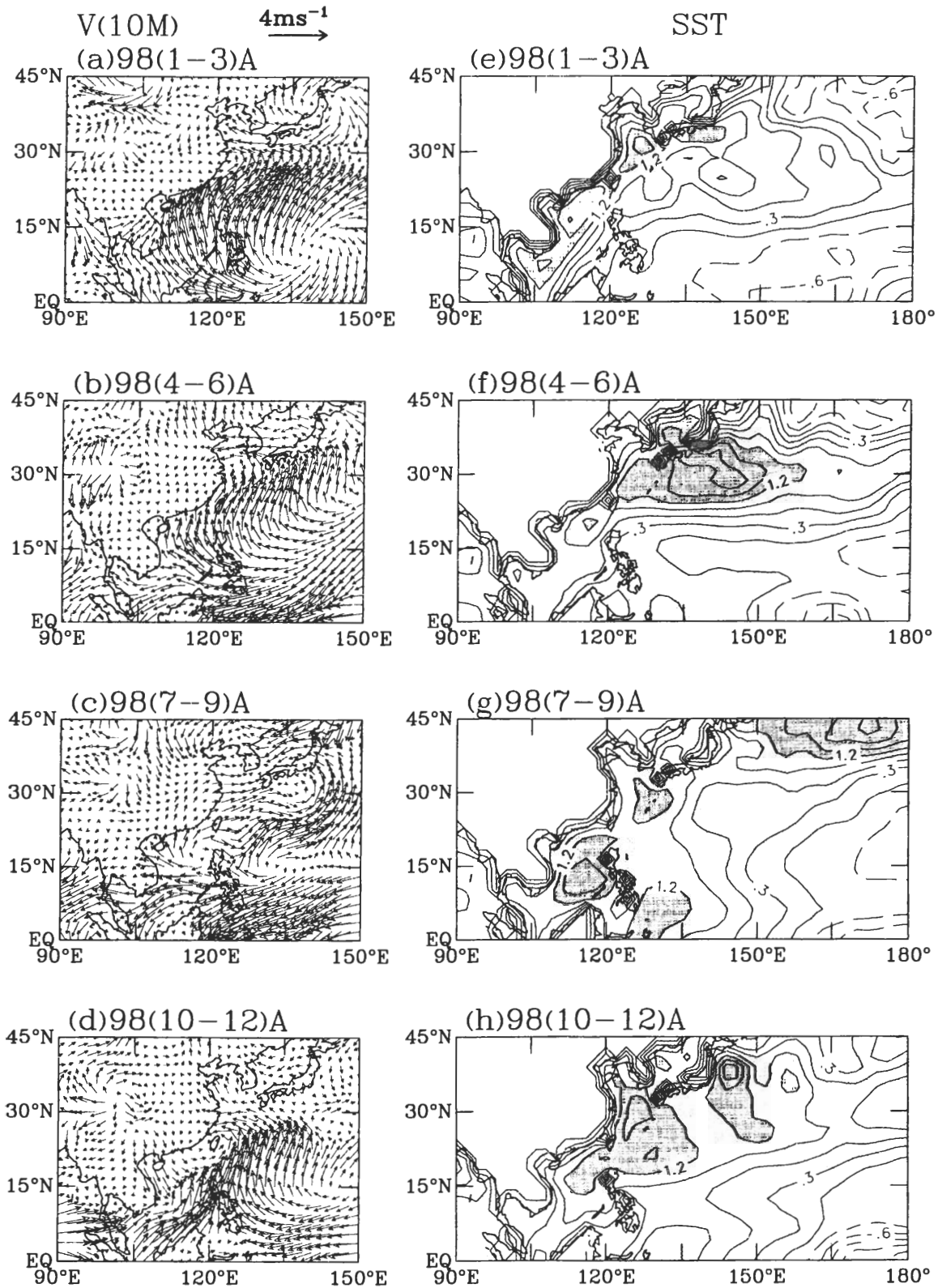


圖 7 1998 年四個不同季節相對於該季 1970-98 年氣候平均值之距平場，左欄為 10m 風場，右欄為 SST 場，由上而下所示分別為(a)和(e)1-3 月距平場，(b)和(f)4-6 月距平場，(c)和(g)7-9 月距平場，(d)和(h)10-12 月距平場。SST 距平場之等值線間距為 0.3°C ，陰影區表示正值。

導時便提供強化台灣東南側反氣旋距平的機制，而此反氣旋距平則如 Wang et al. (2000)所述具有提供南海地區 SST 增暖的機制，上述結果透露於聖嬰冬季(或本文之 1-3 月期間)發展出來的反氣旋距平與其東側冷 SST 距平-西側暖 SST 距平間存有正回饋機制維持彼此的持續發展。由於正回饋機制的存在，使得由聖嬰現象所直接引發的 1-3 月距平場傾向往後持續發展，因此 4-6 月之南海-西太平洋區距平狀態與 1-3 月時並無顯著差異(見圖 7)，可視為係延續冬季距平場之空間分布特性，所以其本身亦應具有正回饋機制與往後持續發展的特性。當 SST 距平持續發展到了 7-9 月，由於夏季大氣氣候特性明顯異於冬季，距平變化特性與動力機制便與冬季有所差異，此時台灣東南側反氣旋距平於南海地區分裂出另一個反氣旋環流，抑制該區水氣蒸發，減少雲量生成，有利海面增加吸收太陽輻射，提供南海增溫機制，可視為係反氣旋距平對南海暖 SST 距平之正回饋機制，因此有助於維持反氣旋距平本身與 SST 距平繼續延伸發展到 10-12 月，最終結果則是台灣東南側反氣旋距平與南海鄰近海域暖 SST 距平持續存在於整個 1998 年，提供台灣地區全年偏暖的增溫機制，所以台灣地區 1998 年全年偏暖現象可視為是受聖嬰現象影響而伴隨發生的氣候變異現象。陳(2000)、盧(2000)之統計研究分析指出台灣地區溫度於聖嬰現象發展成熟之冬季到次年四月傾向呈現偏暖狀態，此分析結果亦可用來支持台灣地區於 1998 年聖嬰現象期間之偏暖現象應與 1997-98 年聖嬰現象之發生有所關聯，換言之即視為係聖嬰現象所引發之相關氣候變異現象。

五、春雨偏多現象

本文取台北、台中、台南、恆春、花蓮、台東等六站雨量平均值代表台灣地區平均降雨，並根據過去相關研究(林與趙，1981；蔡，1986；劉，1987；吳，1992)，定義二、三、四月累積雨量為春雨，並依上述定義，計算台灣地區平均春雨量於 1970-98 年間之變化情形，顯示如圖 8 之時間序列。於此期間，由 Trenberth(1996)根據 Niño3.4 區域 SST 變化所定義的聖嬰現象計有 11 個，除了 1977/7-1978/1 之聖嬰現象外，其餘 10 個聖嬰現象其發生過程均包含春季，分別是 1973、1977、1980、1983、1987、1991、1992、1993、1995、1998 等十年。其中 1983、1992、1998 等三年台灣地區春雨量偏多(圖 8 中以黑實線顯示)，平均降雨量為 517mm，足足比長期氣候平均值 254mm 高出一倍。另 7 個聖嬰年春雨量偏少(圖 8 中以點列顯示)，平均降雨量為 176mm，比氣候值少約三成。總計十個聖嬰年之平均春雨量為 270mm，仍比氣候值為高，呈現聖嬰年春雨偏多的平均現象，此結果和許與陳(1994)，廖(1995)所述聖嬰冬季後隔年二、三月台灣地區降雨偏多之通性相呼應。若將本文六都會區測站以外之山地、河川流域沿線等山區自動雨量站所測降雨情形列入計算，則聖嬰年後春雨偏多情形將更為明顯(馬，1998)，表示山區降雨變化情形遠較平地來得顯著。

圖 8 的時間序列透露一個有趣現象，於 1970-98 年期間不同聖嬰現象時期，台灣地區春雨可能偏多，也可能偏少，偏多的機率較小(3/10)，但雨量增加幅度驚人，平均多達一倍；偏少的機率雖然較多(7/10)，但雨量減少的幅度

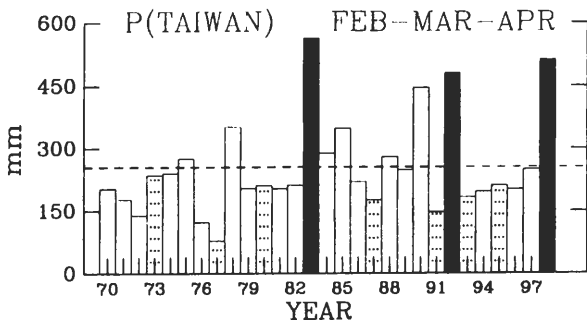


圖 8 台灣地區平均春雨量之 1970-98 年時間序列圖，本文以台北、台中、台南、恆春、花蓮、台東六站平均雨量代表台灣地區平均降雨，並以二、三、四月累積雨量代表春雨。聖嬰時期春雨偏多年份以黑實線顯示，春雨偏少年份以點列線顯示。

不明顯，平均約三成而已。此現象點出一個值得探討的議題，造成台灣地區春雨偏多與偏少的聖嬰現象彼此間到底有何不同？其影響台灣春雨變化的機制主要差異又在哪裏？本節將藉由回答上述問題來討論 1998 年聖嬰現象與該年台灣春雨偏多現象之關係。

台灣地區各地春雨的變化特性顯示如圖 9，就氣候值(1970-98 年)而言(圖 9a)，春雨量呈現由北向南遞減的特色，南部恆春的春雨量不及台北的 1/5，但在東西方面，台中與花蓮，台南與台東之春雨量約略相當，顯現台灣地區春雨量的變化主要受到南北地域分佈的影響。由於二、三、四月期間影響台灣降雨的主要機制仍為冬季延續下來的東北季風(戚與陳，1995)，此季風為台灣帶來的雨量由北向南逐漸減少，因此造成春雨由北向南遞減的分佈特性。

圖 9b 所示為 7 個聖嬰時期春雨偏少年雨量距平的合成分佈圖，各區雨量距平均為負值，呈現全島雨量偏少的現象，減少量則是北部高於南部。而在春雨偏多的三年之中，本文將 1998

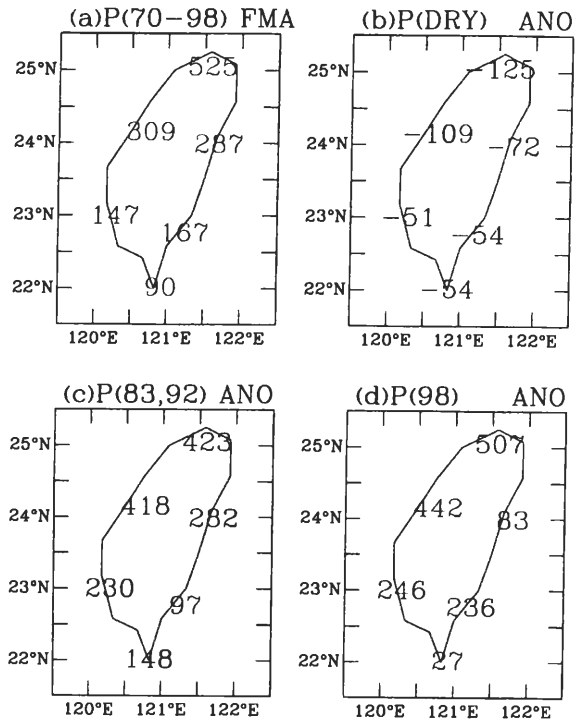


圖 9 台灣地區春雨變化之空間分佈圖：(a)1970-98 年氣候平均值，(b)雨量偏少 7 年的距平合成平均值，(c)雨量偏多 2 年(1983,1992)的距平合成平均值，(d)1998 年距平值。雨量單位為 mm，此處所示為台北、台中、台南、恆春、花蓮、台東六站之雨量值。

年獨立分析(圖 9d)，以便進行個案討論，並與另二春雨偏多年(1983，1992 年)之合成分析(圖 9c)對照比較。從圖 9c 與 9d 均可看出聖嬰時期春雨偏多現象為全島普遍發生現象，與春雨偏少年的變化特性一致。春雨偏多仍以北部增加最明顯，台北最高、台中其次，相形之下南部測站雨量增加較為落後。綜合春雨偏多年與偏少年之雨量距平合成分析，可知聖嬰現象期間台灣地區春雨變化為全島性現象，隱喻主要影響機制可能是外在大尺度環境場的改變，而非島內區域性條件改變所致，吳(1992)指出台灣春季降雨的年際變化是全球系統變化的一部份，

因此本文接續便要探討台灣春雨偏多年與偏少年時外在聖嬰現象相關大尺度環境場的變化特性。

與聖嬰現象關係最密切的大尺度環境場變化當屬熱帶 SST，本文依循圖 9 台灣春雨變化的分析方法，將 7 個春雨偏少年、2 個春雨偏多年(1983、1992 年)之春季(二、三、四月)SST 距平分別進行合成分析，並與 1998 年春季 SST 距平對比，其空間分佈圖顯示於圖 10。比較圖 10a 與 10b 可看出春雨偏多年與偏少年所對應聖嬰時期 SST 變化呈現三個主要差異之處：

- (1)變化強度：春雨偏多年之變化強度較偏少年明顯增強甚多。
- (2)熱帶太平洋 SST 距平位置：春雨偏少年之暖 SST 距平中心位於 180° - 165° W 之間，而 SST 增暖區域之東西分佈約在 165° E- 120° W 之間；但在春雨偏多年，暖 SST 距平中心位置約在 165° W- 135° W 之間，較春雨偏少年東移約 15° - 20° ，SST 增暖區域亦隨強度變大而向東擴伸，主要暖區中心約從國際換日線向東延伸到 90° W 左右。於西太平洋，春雨偏多年之冷 SST 距平位置也同步較偏少年東移。
- (3)南海-台灣-日本間 SST 變化：此區域 SST 於春雨偏少年無明顯變化特性，強度亦弱；但在春雨偏多年，此區域出現明顯的暖 SST 距平，中心位置由日本南方海域向西南延伸到台灣東方海域。

在春雨偏多年方面，1998 年 SST 距平變化(圖 10c)大致與另二個偏多年之合成圖呈現相似變化特性，惟 1998 年變化強度又較另二年為強，其對應熱帶太平洋暖距平分佈呈現由西向

東增強，中心位置落於東太平洋，與另二年位於中太平洋有所差異，但若就整體分佈之大尺度特性而言，此三個春雨偏多年對應之 SST 距平變化仍呈相似特性：熱帶東太平洋與南海-亞洲大陸沿岸增暖，熱帶西太平洋變冷，且距平中心位置均較春雨偏少年東移。

SST 變化可經由海氣交互作用直接促使大氣下邊界熱源重新分佈，再藉由熱源改變進而影響大氣大尺度環流場的變化狀態，特別是低層大氣環流場所受影響最為顯著(Chen and Lu,2000)，因此本文以 850mb 速度位場與流函數場為分析對象，以合成分析法討論春雨偏多年與偏少年之相關 SST 距平對大氣大尺度環流場的影響。前面分析指出 1998 年與另二個春雨偏多年所對應 SST 距平呈現相似的大尺度變化特性，因此宜將此三年合成起來，以其結果顯示春雨偏多年之變化特性，不再討論個別年之變化特性。

850mb 速度位場於七個春雨偏少年與三個春雨偏多年之春季距平合成分析結果顯示於圖 11，比較該二圖可看出二個特色：

- (1)春雨偏多年之距平強度明顯高過偏少年，
- (2)春雨偏多年之距平中心位置較偏少年東移約 20° - 30° 。

這兩點特色與 SST 距平於春雨偏多年與偏少年所呈現的差異特色相呼應，清楚顯示大氣大尺度輻散場順著 SST 變化而伴隨調整變化。圖 11 速度位場距平於西太平洋為輻散區，東太平洋則為輻合區，呈現東西對比的分佈狀態，且熱帶西太平洋之輻散中心位置大致與圖 10 之冷 SST 距平中心位置吻合，但在東太平洋，輻合

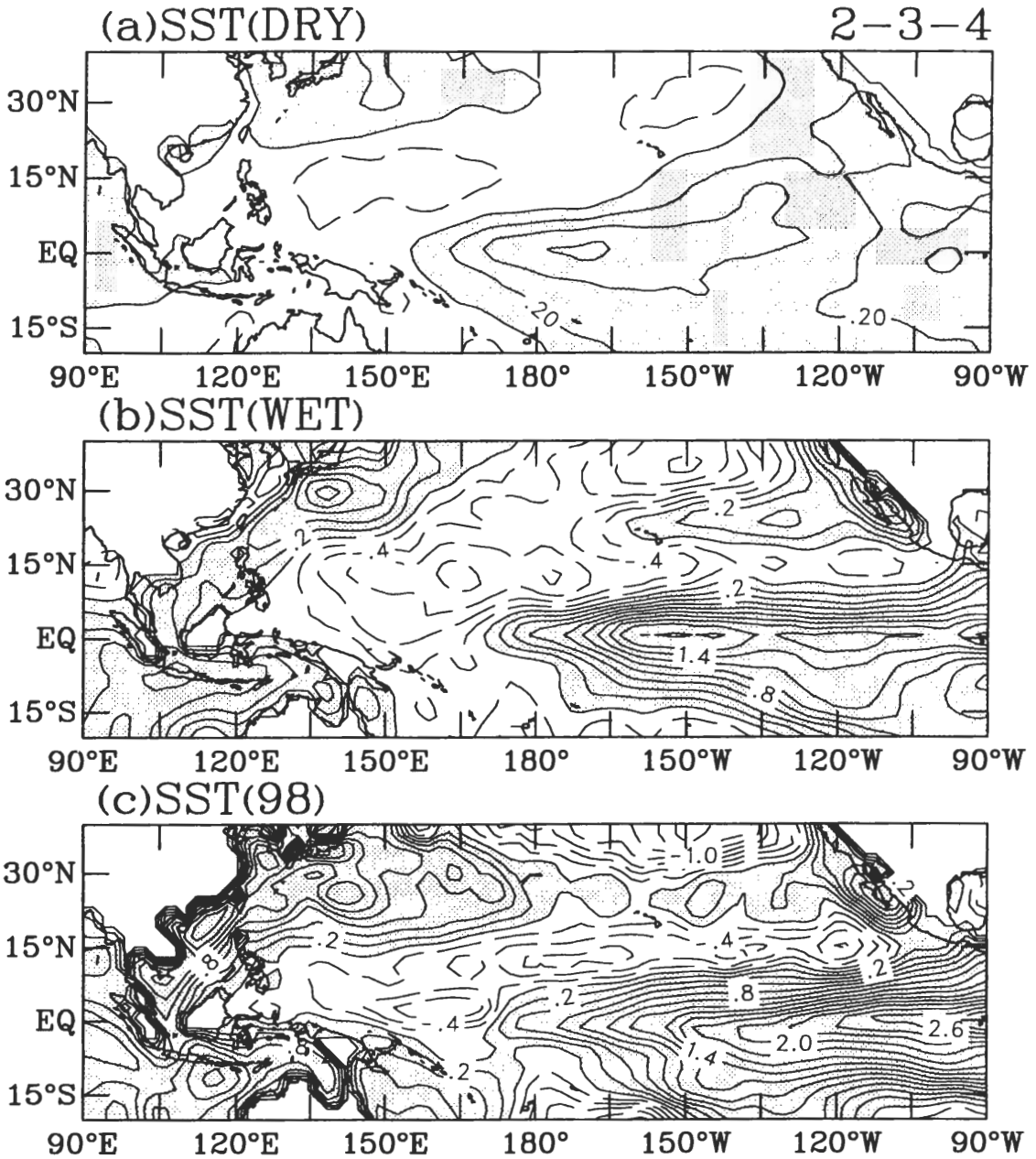


圖 10 SST 場於(a)春雨偏少 7 年，(b)春雨偏多 2 年(1983,1992)，(c) 1998 年的春季距平合成平均圖，等值線間距為 0.2°C，陰影區表示正值。

中心於春雨偏多年之位置與 1998 年暖 SST 距平中心的位置對應，而春雨偏少年之輻合中心位置則較暖 SST 距平中心位置東偏大約 50° 左右

(從約 170°W 到約 120°W)，呈現偏移現象。Wang(1992)指出熱帶西太平洋區氣候常態為上升對流區，大氣不穩定偏高，對下墊面 SST 變

化的反應較靈敏，所以大氣與海洋的變化特性常趨一致。但在東太平洋為下沉氣流區，大氣相當穩定，對 SST 變化反應較不敏感，因此大氣與 SST 變化中心常呈偏離現象。圖 11 距平場之空間關係隱喻，於春雨偏多年時，東太平洋區 SST 距平強度夠大，足以導引其正上方的大氣伴隨變化，而使暖 SST 距平中心與低層大氣大尺度輻合中心呈現對應不偏離的空間關係；反之，於春雨偏少年時，東太平洋 SST 距平強度較弱，大氣變化雖然會反應 SST 變化的趨勢，但變化中心位置則不受弱 SST 距平中心的導引，呈現空間偏離的現象。

速度位場的變化主要在反應大氣熱源受 SST 變化影響後的大尺度重新分佈特性，伴隨大氣熱源重新分佈，大氣大尺度環流場亦有所調整。圖 12 所示為代表大氣環流場的 850mb 流函數場距平於春雨偏多年與偏少年之合成分析圖，環流場與熱帶大氣熱源變化的空間配置關係一般呈現如 Gill(1980)理論所述之羅士比波分布型態，此型態可用春雨偏多年之合成分析圖為例來說明，如圖 11 當熱帶西太平洋 SST 偏冷時，其冷距平中心直接導引上方大氣下沉而形成位於 160°E 之大尺度輻散中心，環流場在輻散中心西側之北、南半球分別形成反氣旋距

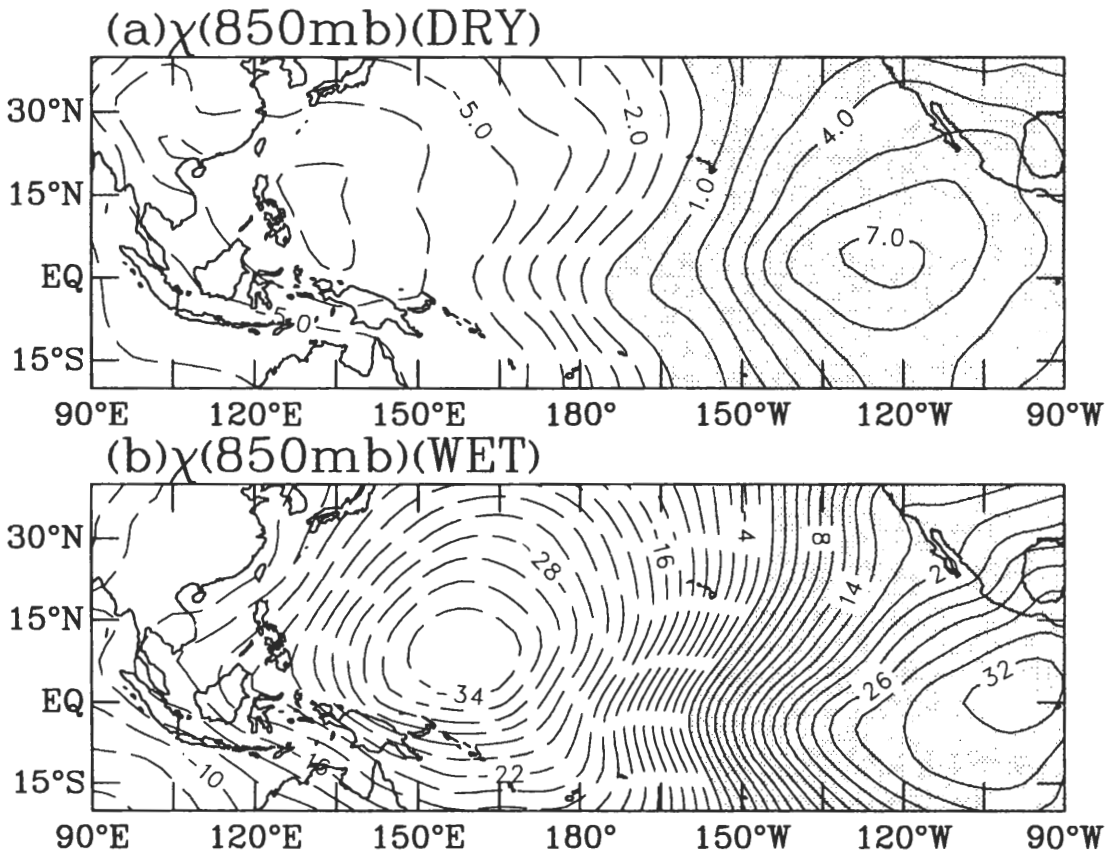


圖 11 850mb 速度位場於(a)春雨偏少 7 年·(b)春雨偏多 3 年(1983,1992,1998)的春季距平合成平均圖，等值線間距為(a) $1 \times 10^5 \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ，(b) $2 \times 10^5 \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ，陰影區表示正值。

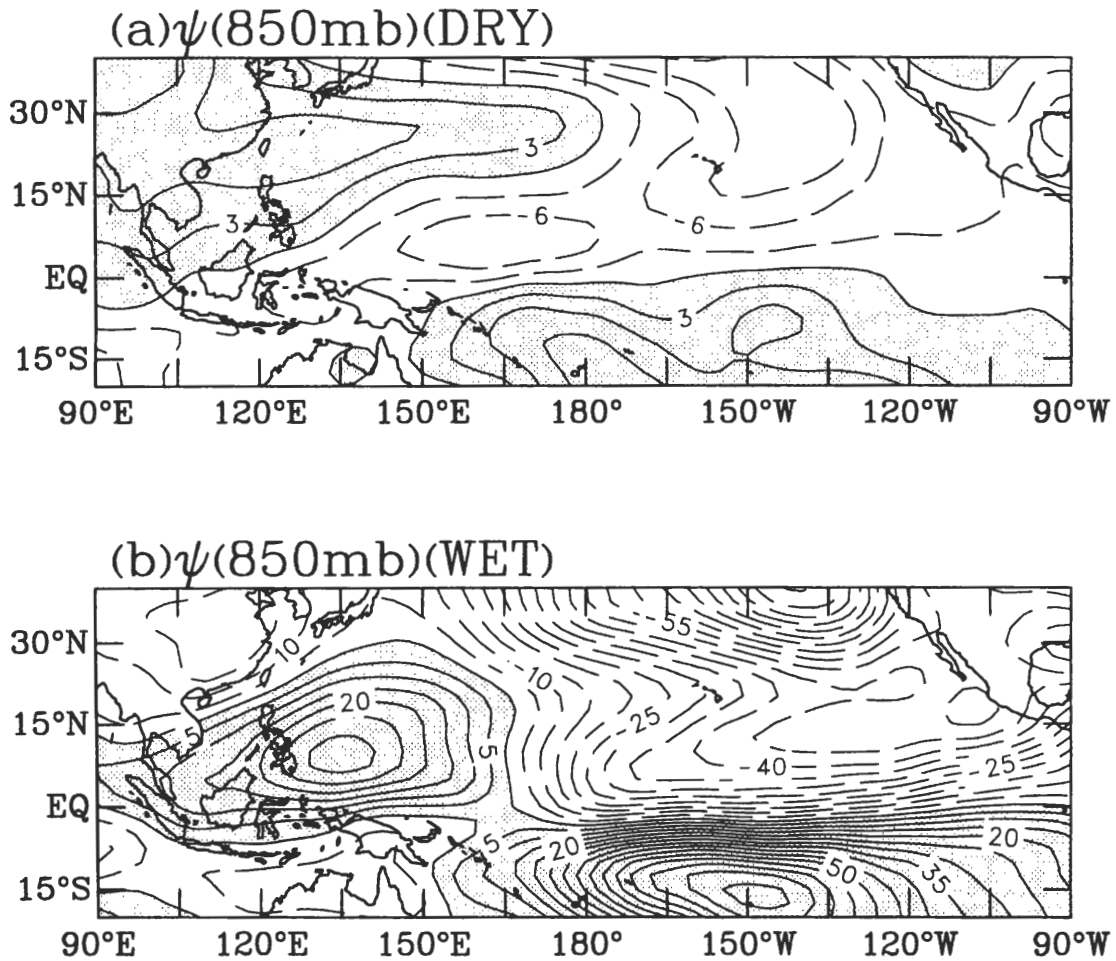


圖 12 如圖 11，但為 850mb 流函數場的春季距平合成平均圖，等值線間距為(a) $3 \times 10^5 \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ，(b) $5 \times 10^5 \text{m}^2 \text{s}^{-1}$ ，陰影區表示正值。

平，導引氣流由輻散中心沿熱帶太平洋向西輻散出去。同理，環流場於輻散中心東側北、南半球分別形成氣旋距平，導引氣流由輻散中心向東沿熱帶太平洋輻散出去。若是在輻合中心兩側，則上述氣旋、反氣旋距平位置互換，導引氣流沿熱帶洋面向輻合中心匯聚，此即為大氣環流與熱帶熱源間的羅士比波型態空間配置關係。在春雨偏少年，西太平洋輻散中心位於 135°E ，流函數場於其西側北、南半球分別形成

反氣旋距平，於東側北、南半球形成氣旋距平，亦顯現羅士比波型態空間配置關係，但由於春雨偏少年之 SST 與速度位距平變化強度較偏多年為弱，其對應環流場距平亦相對較弱，以致羅士比波型態之分佈特徵便不若偏多年來得明確。

在流函數場的羅士比波型態空間分佈特性中，影響台灣春雨的重要因子為輻散中心西北側的反氣旋距平位置，春雨偏少年之輻散中心

位置較偏多年西移約 30°，因此其對應之反氣旋距平亦向西偏，籠罩在台灣上空，提供不利降雨環境；但在春雨偏多年時，反氣旋距平隨輻散中心東移，不再籠罩台灣，取而代之的是被氣旋距平外圍區域所涵蓋，此變化則提供有利台灣降雨的條件。另一個有趣的對比現象是於春雨偏少年時，台灣位於反氣旋距平中心，搭配南方甚微弱的環流距平，但在春雨偏多年時，台灣位於氣旋距平外圍，搭配南方強烈的反氣旋距平，上述不同型態的南北配置，對台灣區域性氣流垂直運動及降雨條件的影響程度為何，值得進一步探討。

分析氣流於南北方向垂直運動的變化情形，可計算區域性哈德里環流(Hadley circulation, Ψ_H) (Newell et al., 1974) 的合成分析，即

$$\Psi_H = \int_{P_1}^{P_0} V_d dp$$

此處 $P_1=100\text{mb}$ ， $P_0=1000\text{mb}$ ， V_d 為經向輻散風， P 為壓力場，本文取 Ψ_H 之南北剖面中心位置為行經台灣的

122.5°E。圖 13a 顯示春雨偏少年時，氣流於 10°S 左右上升，而於 20°N 左右台灣鄰近的反氣旋距平中心下沉，因此抑制台灣地區氣流舉升及降雨機會。於春雨偏多年時(圖 13b)，氣流於台灣南方 7°N 左右的強烈反氣旋區下沉，而於台灣鄰近的氣旋距平區上升，此舉升氣流自然有利台灣地區降雨的增加。圖 13 亦顯示春雨偏多年之哈德里環流距平較偏少年增強甚多，其對應台灣鄰近區域之上升運動與氣流亦較偏少年之下沉氣流偏強甚多，此差別可用以說明何以春雨偏多年雨量增加幅度遠大於偏少年之減少幅度。

綜合本節分析內容，可歸納聖嬰現象相關大尺度環境場影響台灣春雨變化的主要機制如

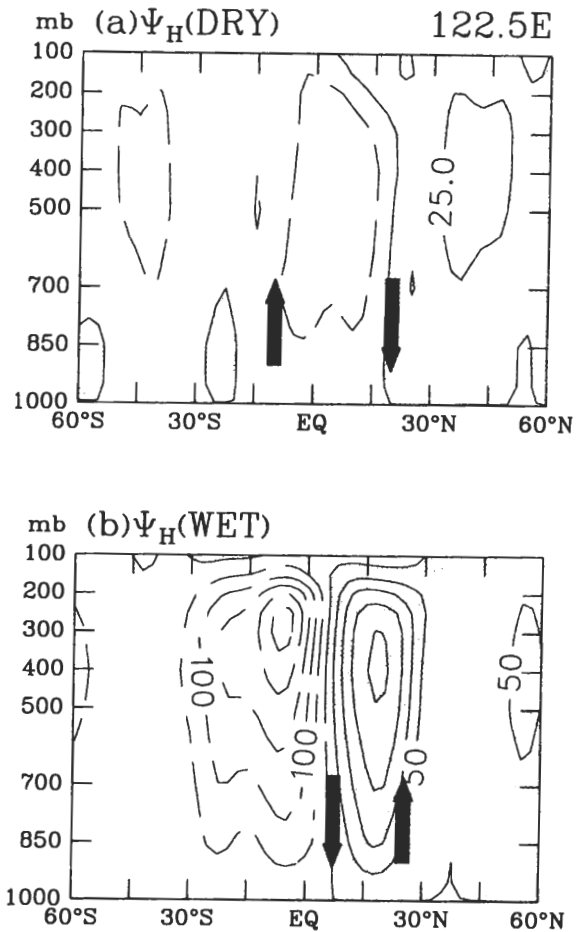


圖 13 如圖 11，但為通過 122.5°E 之區域性哈德里環流春季距平合成平均圖，等值線間距為(a)25 ms⁻¹mb，(b)50 ms⁻¹mb，陰影區表示正值。

下。當聖嬰時期熱帶東太平洋 SST 偏暖，西太平洋 SST 偏冷時，熱帶東、西太平洋分別形成大尺度輻合、輻散中心，經由熱源與環流場交互作用，大尺度環流場因應西太平洋輻散中心的生成，於其西北側形成反氣旋距平，由於春雨偏少年之冷、暖 SST 距平中心較偏多年西偏，因此反氣旋距平於春雨偏少年籠罩台灣上空，搭配南方的微弱環流距平，但在春雨偏多年時，反氣旋距平移到台灣東南側，台灣位於氣旋距

平區，搭配南方強烈的反氣旋距平，上述不同型態的南北環流配置，影響區域性哈德里環流變化，台灣於春雨偏少年時籠罩於下沉氣流區，遂使降雨減少，但於春雨偏多年時位於上升氣流區，有利降雨增多。從上述對照討論，聖嬰現象所以造成台灣春雨偏多或偏少的主要差異應與其熱帶 SST 變化的空間分佈位置有關，當其距平中心東偏時，有利台灣春雨偏多，但當其西移時，則抑制台灣春季降雨的機會。

六、結 論

二十世紀最強的聖嬰現象發生於 1997-98 年期間，其強度於 1997/98 冬季達到極大值後，便於緊接的 1998 年引發全球各地顯著氣候變異現象，導致不同程度災情，造成可觀生命財產損失。台灣地區於 1998 年亦發生明顯氣候異常變化，較顯著者如全年偏暖、春雨偏多、梅雨偏多、夏雨偏少、十月降雨偏多等現象，究竟這些氣候變異現象是否與聖嬰現象的發生有關？若是有關，聖嬰現象又是經由何種機制過程影響台灣氣候變化？上述問題均值得我們深入探討。本文主要目的即是在研究聖嬰現象與 1998 年台灣地區所發生氣候變異現象的關聯性，藉選取「全年偏暖」與「春雨偏多」二現象為分析對象，診斷聖嬰現象影響台灣氣候變異的重要氣候特徵和相關動力過程。

在全年偏暖現象方面，本文選取台北、台中、台南、恆春、花蓮、台東等六個平均分佈台灣各區的代表性測站，定義此六站溫度平均值代表台灣地區平均溫度，此平均溫度於 1998 年每一月均較該月長期氣候(1970-98)平均值為高，呈現明確的全年偏暖現象。就地域而言，1998

年台灣地區偏暖現象普見於本文所選的每一測站，顯示為全島性氣候變化現象，因此推論其背後影響因素當為外在大尺度環境場的變化，而非台灣島內地域性因素所促成。由於台灣為一海島，島上溫度變化與鄰近海域 SST 變化具有密切關聯性，相關係數分析顯示，台灣年均溫的長期變化與南海、台灣-日本間海域 SST 變化均存在高度關聯性，且該海域 SST 於 1998 年亦呈現全年偏暖現象，與台灣全年偏暖變化特性一致，隱喻此海域 SST 變化可能為影響台灣溫度變化的機制之一。

關於促成台灣 1998 年全年偏暖的主要動力機制特性，本文分析結果顯示南海與台灣-日本間之暖 SST 距平搭配熱帶西太平洋區之冷 SST 距平，激發低層大氣於台灣鄰近區域形成大尺度輻合中心，熱帶西太平洋區形成大尺度輻散中心，此輻合-輻散中心配置調節低層大氣環流於台灣東南側洋面形成反氣旋距平，此反氣旋距平與其東側西太平洋區冷 SST 距平、西側南海鄰近地區暖 SST 距平於 1997/98 冬季伴隨聖嬰現象發展成熟而生成後，持續存在於整個 1998 年，並經由反氣旋距平西側環流影響台灣地區風場變化，或增強暖平流效應或減弱冷平流效應，為台灣地區提供增暖機制，結果則是台灣地區於 1998 年全年偏暖。由於台灣東南側反氣旋距平之生成與持續存在，與 1998 年聖嬰時期所伴隨發生西太平洋區與南海地區之 SST 變化息息相關，因此可視為聖嬰現象之相關氣候變化特徵，台灣地區受反氣旋距平影響而出現全年偏暖現象，因此亦可視為屬於 1998 年聖嬰現象所引發的相關氣候變異現象。

在春雨偏多現象方面，本文以台北、台中、台南、恆春、花蓮、台東六站二到四月累積雨

量的平均值代表台灣地區平均春雨量，於 1970-98 年間的十個聖嬰現象中，台灣地區春雨於 1983、1992、1998 三年偏多，而於 1973、1977、1980、1987、1991、1993、1995 七年偏少，平均偏少的幅度約比氣候值少 30%，但偏多幅度卻高達一倍，呈現不對稱的變化特性。但不論春雨偏多或偏少，雨量變化均呈現全島增加或全島減少的變化特性，顯示春雨變化應是受外在聖嬰現象大尺度環境場變化的調節影響。春雨偏多年與春雨偏少年所對應的聖嬰現象 SST 距平呈現明顯差異，偏多年所對應 SST 距平不僅強度明顯增強，且暖 SST 距平中心位置位於熱帶東太平洋，較偏少年時之中太平洋東移，而熱帶西太平洋冷 SST 距平中心位置亦同步較偏少年東移。在此差異之下，春雨偏多年冷 SST 距平於西太平洋所激發低層大氣輻散中心亦較偏少年東移，其對應之大氣環流場於台灣東南側形成反氣旋距平，西北側形成氣旋距平，在此南北環流場距平配置之下，區域哈德里環流於台灣鄰近氣旋距平區上升，而於台灣南側反氣旋距平區下降，提供有利台灣地區降雨的背景機制。而在春雨偏少年，原本偏多年時位於台灣東南側的反氣旋距平隨著輻散中心西移而西偏，中心位置籠罩在台灣上空，台灣南側則搭配微弱環流距平，此南北配置促使氣流於台灣南方熱帶地區上升，於台灣上空之反氣旋區下降，形成抑制舉升降雨機制，而使降雨減少。另春雨偏多年之 SST 距平強度明顯較偏少年為強，其對應之哈德里環流與台灣鄰近地區垂直運動距平強度亦較偏少年為強，因此使得春雨於偏多年之增加幅度明顯大於偏少年減少的幅度。

本文藉由分析 1998 年台灣地區主要氣候

變化現象，討論聖嬰現象如何經由 SST 變化、海洋-大氣交互作用來影響大尺度環境場變化，進而促成台灣地區的氣候變化。本文結果顯示聖嬰時期影響台灣氣候變化的主要因素均與台灣鄰近海域 SST 變化有關，例如南海、台灣-日本間海域、熱帶西太平洋，由於這些海域 SST 變化特性於每一次聖嬰現象中不盡相同，因此台灣地區對應的氣候變化特性亦可能因 SST 的不同變化而有所變化，換言之，聖嬰現象與台灣區域氣候變化二者之間很難存在一體通用的直接對應關係，例如『聖嬰年後台灣地區春雨就會偏多』的直接對應關係，本文分析結果顯示並不成立。過去研究多以相關係數分析法歸納聖嬰現象與台灣氣候變異特性的對應通性，並依此通性做為長期氣候展望的重要參考，但本文結果建議每一聖嬰現象可因其對應 SST 變化的強度與空間分佈特性不同，而對台灣區域氣候產生不同影響，因此欲探討聖嬰現象與台灣氣候變化的關係，可依聖嬰現象的強度與空間分佈特性進行分類，再探討不同類別聖嬰現象對台灣氣候變化的影響機制，如此當有助於釐清聖嬰現象與台灣區域氣候變化的細部關係，亦將有助於台灣地區短期氣候預報作業的研究發展。

誌 謝

作者感謝兩位審查者之細心指正，使本文科學內涵受益良多。本研究係由國科會 NSC 89-2111-M-052-012 計畫與中央氣象局「短期氣候預報計劃」支持下完成，謹此衷心致謝。

參考文獻

- 吳明進，1992：台灣春雨之長期預報。大氣科學，**20**，199-216。
- 林民生、趙世騰，1981：台灣地區春季乾旱之綜觀氣候分析。科氣發展月刊，**9**，215-231。
- 馬家麟，1998：聖嬰現象對台灣地區降雨量之影響。第十六屆天氣分析與預報研討會，1998年11月，中央氣象局，P281-285。
- 許晃雄、陳圭宏，1994：台灣地區低頻大氣變化與熱帶海洋及大氣的關係。氣象科技中心技術報告彙編，**No.-014**，中央氣象局，33-58。
- 戚啓勳、陳孟青，1995：台灣之氣候。交通部中央氣象局出版，台北，531頁。
- 陳圭宏，2000：用CCA模式分析印度洋至西太平洋海溫和台灣地區氣溫之關係。第二屆國際海洋大氣會議，2000年7月，中央氣象局，P83-88。
- 陳昭銘、汪鳳如，2000a：台灣地區長期暖化現象與太平洋海溫變化之關係。大氣科學，**28**，221-242。
- 陳昭銘、汪鳳如，2000b：台灣地區降雨之長期變化特性-秋雨之準二十年振盪。大氣科學，**28**，343-361。
- 蔡清彥，1986：遙地相關與台灣地區冬春季月雨量年際變化。大氣科學，**13**，21-31。
- 廖志翔，1995：台灣地區春季降雨分析及聖嬰/南方振盪(ENSO)關係之探討。八十四年度研究報告第CW84-1A-04號，中央氣象局。
- 劉復誠，1987：台灣地區春季多雨年少雨年500毫巴高度與海溫距平差異特徵之初步分析。大氣科學，**15**，233-245。
- 盧孟明、陳雲蘭，2000：1997/2000台灣氣候異常特徵與大尺度環流關係之回顧。第二屆國際海洋大氣會議，2000年7月，中央氣象局，P462-465。
- 盧孟明，2000：聖嬰現象與台灣異常氣候關係之探討。大氣科學，**28**，91-114。
- Chen, J. - M., and M. - M. Lu, 2000: Interannual variation of the Asian-Pacific atmospheric system in association with the northern summer SST changes. *TAO*, **11**, 833-860.
- Gill, A. E., 1980: Some simple resolutions for heat-induced tropical circulation. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, **106**, 447-462.
- Kalnay, E. and Coauthors, 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Ame. Meteor. Soc.*, **77**, 437-471.
- Klein, S. A., B. J. Soden, and N.-C. Lau, 1999: Remote sea surface temperature variations during ENSO: Evidence for a tropical atmospheric bridge. *J. Climate*, **12**, 917-932.
- Newell, R. E., J. W. Kidson, D. J. Vincent, G. J. Boer, 1974: The general circulation of the tropical atmosphere. MIT Press, 370 PP. ISBN 0-26-14029-9.
- Reynolds, R. W., and T. M. Smith, 1994: Improved global sea surface temperature analyses using optimum interpolation. *J. Climate*, **7**, 929-948.
- Reynolds, R. W., and T. M. Smith, 1995: A high-resolution global sea surface temperature climatology. *J. Climate*, **8**, 1572-1583.
- Trenberth, K. E., 1997: The definition of El Nino. *Bull. Ame. Meteor. Soc.*, **78**, 2771-2777.
- Wang, B., 1992: The vertical structure and development of the ENSO anomaly mode during 1979-1989. *J. Atmos. Sci.*, **49**, 698-712.
- Wang, B., R. Wu, and X. Fu, 2000: Pacific-East Asian teleconnection: How does ENSO affect East Asian climate? *J. Climate*, **13**, 1517-1536.
- Wang, B., R. Wu, and T. Li, 2002: Monsoon-ocean interaction and its impacts on the Asian-Australian Monsoon. (submitted to *J. Climate*).

El Niño and 1998 Climate Variability of Taiwan: Persistent Warming and Excessive Spring Rains

Jau-Ming Chen¹ Feng-Ju Wang¹ Fang-Chung Lu² Shu-Lin Kuo²

¹ Research and Development Center, Central Weather Bureau

² Dept. of Applied Physics, Chung-Cheng Institute of Technology

(Manuscript received 10 March 2002 ; in final form 09 August 2002)

ABSTRACT

The purpose of this study is to delineate the relationship between the 1997-98 El Niño and the 1998 climate variability of Taiwan. Two major abnormal climate phenomena of Taiwan are selected for analysis: persistent warming throughout the 1998 and excessive rains in spring (Feb.-Apr.). Our results show that occurrences of these two abnormal phenomena are associated with the El Niño. Their dynamic relationships are outlined as follows:

(1) Persistent warming: Anomalous warm SSTs over the South China Sea and the open ocean between Taiwan and Japan and anomalous cold SSTs in the tropical western Pacific persistently existed throughout the 1998. These SST anomalies forced lower-tropospheric atmosphere to form a convergent center at the vicinity of Taiwan and a divergent center over the tropical western Pacific. These anomalous divergent circulations further induced an anomalous anticyclone over the ocean southeast of Taiwan. This anomalous anticyclone altered surface wind pattern over Taiwan, either increasing the warm advection or reducing the cold advection. As a result, a persist warming occurred in Taiwan for the entire 1998.

(2) Excessive spring rains: In the ten El Niño springs during the period 1970-98, Taiwan had excessive rains in 3 years and suppressed rains in 7 years. Composite analyses reveal that SST anomalies associated with El Niño events with excessive rains in Taiwan were stronger in magnitude and more eastward in spatial position of anomalous SST centers than those with suppressed rains. During the suppressed rain springs, an anomalous anticyclone was overlying Taiwan that was accompanied with the downward branch of the local Hadley circulation anomaly, suppressing the precipitation mechanism. This anomalous anticyclone moved eastward during the excessive rain springs following the eastward displacement of SST anomalies. Taiwan was then underlying an anomalous cyclone. These changes led to an upward branch of local Hadley circulation anomaly to locate over Taiwan, providing a favorable environment for precipitation. The Hadley circulation anomaly is stronger in excessive rain springs than suppressed ones in correspondence to stronger magnitude of SST anomalies. Thus, increase of rain in the former is much more than decrease in the latter.

Key words: El Niño, Climate variability, Persistent warming, Excessive spring rains