

聖嬰現象與台灣異常氣候關係之探討

盧 孟 明

中央氣象局氣象科技研究中心

(中華民國八十八年八月二十六日收稿；中華民國八十九年一月四日定稿)

摘 要

如何將我們對聖嬰的瞭解應用到區域氣候預報上是近來受到廣大關切的課題。本報告嘗試利用比較完整的分析資料重新探討聖嬰與台灣異常氣候的關係。分析步驟有三：(1)按照 Nino4 指標特徵判定「聖嬰」、「反聖嬰」並分類，(2)按照「聖嬰」、「反聖嬰」類別對台灣 18 個測站的溫度和降水百分序作合成分析，(3)挑選在聖嬰現象條件下台灣氣候明顯異常的個案分析其所對應的環流與海溫合成距平特徵。結果顯示，台灣僅有一些特定月份的異常氣候和聖嬰現象有明顯的關係。在溫度方面，「聖嬰 11 月」以前的 5、6 月偏冷，以後的 12-4 月偏暖。「反聖嬰 11 月」以前的 5、6 月則偏暖，以後的 12-4 月偏冷，並且偏冷的現象以 4 月最明顯。在降水方面，「聖嬰 11 月」以前的 6 月偏濕，9、10 月偏乾，以後的 6 月偏乾，9、10 月偏濕。「反聖嬰 11 月」以前的 6 月偏乾，10 月偏濕，以後的 10 月也是偏濕。但是特別要注意的是，這些台灣溫度和雨量的特徵在各個合成個案中也有程度上的明顯差異。

在環流和溫度的關係方面，台灣偏冷時低層有北風距平，偏暖時則有南風距平；而高層的南北風距平對於台灣的溫度異常似乎並不重要。造成低層南、北風距平的系統在 4、6 月是以南海、東海、菲律賓海與西太平洋等海上環流系統為主；在 12 月則是海上與亞洲大陸上的環流系統同等重要。至於雨量方面，我們發現台灣的偏濕或偏乾除了要看低層環流是否配合之外，高層擾動的特性也很重要。台灣偏濕時，上層大氣若不是在一串流函數波列型式距平的負區內，便是在波長較長的長波槽區。特別要注意的是，若在 6 月南海上有低層反氣旋環流，台灣會偏乾。然而，南海上的低層反氣旋環流若是在 10 月出現，台灣不但不會偏乾，在高層短波活躍的情況下還會出現偏濕現象。異常海溫所導致的低層異常環流系統在不同的季節可能會造成區域氣候極端不同的反應，在探討異常海溫與區域氣候關係時不能不留心。

關鍵詞：台灣異常氣候、聖嬰現象

一、前言

近十年來，科學家因受到對聖嬰現象瞭解之增進與數次成功預報的鼓舞，突破短期氣候動力預報瓶頸的信心隨之大增。聖嬰現象分成「聖嬰」(El Niño)與「反聖嬰」(La Niña)兩個狀態，主要是指赤道東太平洋海面溫度的一種3到6年類週期性變化現象(Trenberth 1997)。赤道東太平洋海面溫度進入暖峰態(warm peak phase)時是為「聖嬰」現象，而赤道東太平洋海面溫度進入冷峰態時是為「反聖嬰」。但是「聖嬰」與「反聖嬰」的交替出現，不僅是在其週期性上難以確定規律，海溫的異常程度及發展過程也不盡規律。這些不規律性一方面凸顯出聖嬰現象本身仍有許多未解之謎，另一方面在短期氣候預報業務上如何正確並有效的應用聖嬰資訊更是一個需要深入研究的問題。伴隨聖嬰出現之熱帶大氣類週期性變化現象稱為「南方振盪」(Southern Oscillation)。由於「聖嬰」、「反聖嬰」是由海氣交互作用產生的，因而聖嬰現象也稱為「聖嬰-南方振盪」(El Niño and Southern Oscillation, 簡稱 ENSO)，表明海氣的不可分以及「聖嬰」與「反聖嬰」交替出現的振盪關係。ENSO 可用兩種指標的異常程度來表示，一為代表海溫異常的 Nino 指標，另一為代表大氣熱帶區域異常環流的 SOI (Southern Oscillation Index) 指標。Nino 指標按所代表的海溫區域之不同分為 Nino1+2、Nino3、Nino4、Nino3.4 ... 等等多種指標，SOI 指標則是按照南太平洋大溪地與澳洲達爾文兩個測站的海平面氣壓差值計算而得(可參考日本氣候海洋部 <http://ddb.kishou.go.jp/climate/MRCS> 或美國氣候預報中心 <http://www.cpc.noaa.gov> 使用的 ENSO 監測指標)。

Trenberth(1997) 指出，一個清楚的聖嬰事件(event)指標需要三項規範條件：一、異常海溫的認定區域；二、海溫的異常幅度；三、異常海溫的持續程度。由於赤道海溫資料的歷史並不長，而早期資料的準確程度亦有許多可疑之處，目前國際間尚沒有一個公認的聖嬰事件定義準則。Trenberth 認為在區域的認定上，Nino3.4 指標比過去慣用的 Nino3 指標更為合適。Nino3.4 指標是在 5°S - 5°N 與 120°W - 170°W 範圍內的平均海面溫度距平；Nino3 指標的平均區域在緯度上與 Nino3.4 指標相同而經度範圍則為 90°W - 170°W 。Nino3.4 指標比 Nino3 指標有代表性是因它涵蓋了較多往西的範圍，而在這些區域海氣交互作用甚為活躍，對聖嬰發展過程具重要意義。在海溫的異常幅度方面，Trenberth 建議的距平閾值為 0.4°C ，至於持續程度的要求是5個月滑動平均的海溫距平須滿足閾值要求至少6個月。

Tomita and Yasunari(1993)將 1950 至 1988 年當中的聖嬰按暖海溫狀態持續時間的長短區分為「雙年振盪」(biennial oscillation)和「低頻振盪」(low frequency oscillation)兩種類別，簡稱為 BO-ENSO 和 LF-ENSO。他發現 BO-ENSO 和 LF-ENSO 的最大差別在於 BO-ENSO 之後的北半球冬季期間在菲律賓海上有反氣旋式環流距平的出現，伴隨這種環流距平的愛克曼抽吸(Ekman pumping)作用會加強海洋的沈降流(downwelling)，沈降波向東傳遞後可加速 ENSO 暖海溫狀態的終止。不論菲律賓海上的異常環流和「準雙年振盪」的關係如何，它和台灣冬季溫度的異常程度關係密切是毋庸置疑的。因此，我們認為探討聖嬰與台灣異常氣候關係時，應該也有必要按聖嬰的持續特徵分類尋找關係。

在台灣氣候與聖嬰關係的研究方面，許與陳（1994）發現聖嬰冬季後的隔年9月台灣地區月均溫偏高，其中以高雄最明顯；隔年3月則月雨量偏高，其中以台中最明顯。反聖嬰冬季後的台灣溫度和雨量特徵與前述結果相反。因為台灣附近海域溫度變化落後熱帶東太平洋海溫的變化，作者認為台灣附近大氣的變化可能是由局地海面溫度變化所引起的。廖（1995）使用11月至4月的SOI和Nino3指數統計兩者間與台灣西部地區春季降雨的關係。他發現二月和三月雨量與前一年的十一月至當年三月的SOI與Nino3分別有負和正相關的關係，兩者間以與SOI的相關性較高。聖嬰冬季當SOI有極低的負值時，也就是ENSO系統發展最成熟時，台灣地區二、三月雨量有偏多的趨勢。若二月與三月的前一個月SOI達到最低的負值時，多雨的趨勢越明顯，並且這種趨勢在三月比二月明顯。吳與陳（1996）的研究除了證實了前述結果之外，還指出聖嬰冬季台灣東部1月偏乾，接下來的8-10月也偏乾，其間的3月雖有偏濕跡象，但情況並不顯著。在溫度方面，聖嬰冬季之前的9-10月溫度偏低，但11-12月則顯著偏高，冬季溫度也是偏高的，其中以東部和南部比較明顯。Chang（1996）從侵台颱風數目多寡的角度來探討聖嬰對台灣氣候的影響。他發現當赤道東太平洋海溫正距平達聖嬰標準時或海溫負距平極度偏低（ $\leq -1^{\circ}\text{C}$ ）時，同年夏季（領先海溫距平的異常）侵台颱風的個數偏少。

本報告嘗試利用比較完整的分析資料重新探討聖嬰與台灣異常氣候的關係。我們根據1951-1990四十年的海溫與台灣測站之溫度和雨量資料，分析聖嬰年當中台灣的氣候特徵。這裡的「氣候特徵」特別是指相對於氣候平均狀態有明顯偏差之特徵，也是本文所稱之「異常氣候」。

異常與否是按台灣資料完整的18個測站三個月滑動平均後的溫度和雨量的百分排序來判定，即至少有8個測站的百分排序小於30或大於70，並且屬於相反極端排序的測站數目不超過4站者算為「異常」。之所以在測站數量上有所要求，是希望藉此濾出大尺度外力強迫作用產生的訊號。根據同樣四十年的美國國家環境預測中心重分析資料（NCEP-Reanalysis，參考Kalnay et al. 1996），可分析ENSO年中造成台灣異常氣候的大尺度環流特徵。第二章將描述資料與分析方法。第三章是聖嬰個案之定義與合成分析個案選取標準。第四章將討論對應於不同類別聖嬰現象的台灣異常氣候特徵，第五章將討論對應於台灣異常氣候特徵的大尺度環流特徵，第六章為綜合討論與結論。

二、資料與方法

（一）資料

本研究使用了下列三種逐月資料：一、台灣氣象站溫度與雨量資料；二、海面溫度資料；三、850hPa與200hPa風場資料。資料當中除了風場之外，其餘兩種資料都涵蓋了1951-1998四十八年的資料。測站資料方面共使用了18個氣象站的資料，各站的代碼和經、緯、高度列於表一。海面溫度資料使用了Kaplan（Kaplan et al. 1997, 1998）和NMC（Reynolds and Smith 1995, Smith et al. 1996）兩種資料。Kaplan的時間較長，資料是以1951-1980三十年資料的平均狀態為氣候值，再利用資料同化方法根據實際觀測資料分析海溫距平，原始資料共有136年（1856-1991）。NMC資料從1981年開始到現在，目前中央氣象局氣候監視所使用的海溫資料就是這套資料。Kaplan海溫資料之解析度為 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ ，

表一 台灣氣象站站名與站性一覽表。

站 號	站 名	北 緯	東 經	測站高度 (公尺)	創立 年份	每日觀 測次數
735	澎 湖	23°34'	119°33'	11.4	1896	10
762	蘭 嶼	22°02'	121°33'	305.1	1940	10
759	恆 春	22°00'	120°44'	24.1	1896	10
754	大 武	22°21'	120°54'	8.9	1940	8
761	成 功	23°06'	121°22'	37.8	1940	8
699	花 蓮	23°59'	121°36'	19.1	1911	10
744	高 雄	22°34'	120°18'	3.1	1931	10
741	臺 南	23°00'	120°12'	14.7	1897	10
753	阿里山	23°31'	120°48'	2415.9	1933	8
749	臺 中	24°09'	120°41'	85.3	1896	10
757	新 竹	24°49'	121°00'	28.9	1991	10
692	臺 北	25°02'	121°30'	7.1	1992	10
690	淡 水	25°10'	121°26'	23.0	1942	0
693	竹子湖	25°10'	121°32'	607.6	1937	8
691	鞍 部	25°11'	121°31'	827.1	1937	8
708	宜 蘭	24°46'	121°45'	8.0	1935	10
694	基 隆	25°08'	121°44'	27.7	1946	10
695	彰化縣	25°38'	122°04'	104.6	1909	10

NMC 資料之解析度為 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 。850hPa 與 200hPa 風場資料取自於 1958-1998 三十九年的 NCEP-Reanalysis 資料，解析度為 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。

(二) 分析方法

本研究之分析步驟為：(1) 確定 ENSO 事件 (event) 並分類，(2) 按不同的 ENSO 類別用合成分析法來探討台灣在該事件時期或發生前後的氣候特徵，(3) 分析造成台灣異常氣候之環流特徵。ENSO 事件之確定是根據 Nino4 指標異常程度與延續時間長短來判定，詳細方法於下一章中說明。分類的原則主要是根據是否有類似對流層準雙年振盪 (Tropospheric quasi-Biennial Oscillation, TBO) 的訊號出現。合成分

析法的個案長度為 27 個月：以 ENSO 成熟期的 11 月為中心前後各囊括 13 個月。台灣在該 27 個月期間的氣候特徵則是根據依各 ENSO 類別的台灣氣候平均結果而定，也就是三個月滑動平均後之月溫度或雨量百分排序的平均值。如果 18 站當中至少有 8 站的合成百分序大於 70 或小於 30 則視為有異常氣候的訊號。判定異常氣候訊號之後，便可按訊號分析風場資料來探討造成台灣異常氣候之環流特徵。

三、聖嬰年之定義與選取

分析聖嬰與台灣氣候關係首先必需要對「聖嬰」有明確定義。本研究乃根據 Nino4 指標來定義聖嬰。Nino4 指的是 $160^{\circ} \text{E} - 150^{\circ} \text{W}, 5^{\circ} \text{S} - 5^{\circ} \text{N}$ 範圍內的海溫距平平均值。在比較了 Nino1+2 ($90^{\circ} \text{W} - 80^{\circ} \text{W}, 0^{\circ} - 10^{\circ} \text{N}$)，Nino3 ($90^{\circ} \text{W} - 150^{\circ} \text{W}, 5^{\circ} \text{S} - 5^{\circ} \text{N}$) 和 Nino4 與台灣測站之溫度與雨量關係之後，我們利用每一種指標對台灣的溫度和雨量做過合成分析，發現溫度和雨量的普遍異常特徵從 Nino4 的變化可以較清楚的看出。因此在本文中將僅就根據 Nino4 得到的結果討論，Nino4 也是幾種慣用的指標中位置最靠近台灣的。雖然 ENSO 成熟期最大海溫距平平均發生在 Nino3 海域，然而在後文中我們將看到，台灣與 ENSO 相關的異常氣候主要並非發生在 ENSO 成熟期，而是如春季或秋季等 ENSO 的轉變期。這也許是為何 Nino4 是一個較為合適指標的原因。

我們首先將三個月滑動平均後的四十年 (1951-1990) 12 個月份的 Nino4 按照各個月份分別作百分排序，排序結果如表二。以一月為例，表二顯示四十個一月當中最暖的 Nino4 出現

表二 Nino4 指標百分序一覽表。淡影部分為「聖嬰」事件，深影部分為「反聖嬰」事件。
詳細說明請參閱內文。

Kaplan NINO4 Index

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
1951	14.03	19.24	24.45	34.87	58.32	55.71	60.92	62.22	57.01	60.92	60.92	63.53
1952	58.32	53.11	50.5	53.11	50.5	42.68	32.26	29.66	37.47	34.87	37.47	45.29
1953	53.11	67.43	66.13	68.74	68.74	84.37	71.34	67.43	60.92	58.32	58.32	59.62
1954	60.92	67.43	60.92	58.32	40.08	36.17	24.45	19.24	21.84	21.84	21.84	24.45
1955	27.05	29.66	21.84	19.24	19.24	17.93	19.24	21.84	10.12	11.42	8.82	8.82
1956	11.42	14.03	11.42	14.03	8.82	6.21	11.42	14.03	19.24	17.93	29.66	34.87
1957	40.08	45.29	47.89	71.34	73.95	86.97	76.55	79.16	76.55	73.95	73.95	80.46
1958	97.39	100	100	100	94.79	94.79	89.58	72.64	73.95	66.13	66.13	68.74
1959	76.55	73.95	77.86	73.95	63.53	50.5	53.11	62.22	53.11	50.5	42.68	37.47
1960	37.47	36.17	37.47	43.99	47.89	47.89	50.5	50.5	50.5	50.5	53.11	50.5
1961	55.71	47.89	42.68	27.05	27.05	36.17	40.08	34.87	32.26	32.26	32.26	29.66
1962	32.26	32.26	32.26	32.26	37.47	40.08	47.89	40.08	27.05	29.66	34.87	32.26
1963	34.87	36.17	40.08	50.5	60.92	67.43	73.95	84.37	85.67	84.37	76.55	66.13
1964	68.74	60.92	55.71	37.47	34.87	21.84	16.63	6.21	3.61	8.82	11.42	14.03
1965	21.84	27.05	27.05	24.45	50.5	71.34	94.79	94.79	92.18	86.97	86.97	84.37
1966	79.16	92.18	92.18	94.79	92.18	92.18	84.37	72.64	70.04	55.71	55.71	42.68
1967	29.66	23.14	29.66	50.5	54.41	50.5	45.29	43.99	43.99	43.99	45.29	40.08
1968	42.68	42.68	45.29	29.66	42.68	53.11	66.13	58.32	64.83	63.53	71.34	88.28
1969	100	97.39	94.79	81.76	84.37	80.46	68.74	76.55	85.67	80.46	84.37	80.46
1970	84.37	83.07	81.76	79.16	79.16	67.43	50.5	27.05	24.45	24.45	16.63	11.42
1971	6.21	8.82	6.21	8.82	11.42	8.82	14.03	8.82	16.63	17.93	24.45	27.05
1972	45.29	50.5	71.34	76.55	86.97	89.58	92.18	81.76	81.76	93.49	92.18	92.18
1973	86.97	83.07	77.86	55.71	23.14	14.03	6.21	16.63	10.12	6.21	3.61	1
1974	1	3.61	3.61	1	3.61	3.61	3.61	3.61	14.03	14.03	14.03	16.63
1975	24.45	23.14	19.24	11.42	1	1	1	1	1	1	1	3.61
1976	6.21	6.21	16.63	21.84	32.26	29.66	37.47	50.5	64.83	76.55	80.46	71.34
1977	66.13	55.71	63.53	66.13	68.74	63.53	81.76	86.97	79.16	80.46	80.46	76.55
1978	73.95	71.34	51.8	60.92	45.29	45.29	34.87	37.47	34.87	37.47	40.08	55.71
1979	63.53	63.53	58.32	63.53	68.74	59.62	55.71	55.71	57.01	70.04	68.74	73.95
1980	81.76	86.97	84.37	84.37	76.55	73.95	63.53	67.43	70.04	70.04	63.53	53.11
1981	50.5	50.5	51.8	43.99	29.66	32.26	42.68	43.99	50.5	53.11	49.63	47.89
1982	50.5	58.32	73.95	89.58	100	100	97.39	97.39	97.39	93.49	94.79	94.79
1983	89.58	89.58	89.58	92.18	89.58	76.55	58.32	53.11	29.66	27.05	19.24	21.84
1984	16.63	11.42	8.82	6.21	14.03	24.45	27.05	47.89	47.89	40.08	27.05	19.24
1985	19.24	16.63	14.03	16.63	16.63	27.05	29.66	32.26	40.08	47.89	49.63	50.5
1986	47.89	40.08	34.87	40.08	54.41	59.62	79.16	92.18	94.79	97.39	97.39	97.39
1987	94.79	94.79	97.39	97.39	97.39	97.39	100	100	100	100	100	100
1988	92.18	79.16	68.74	47.89	23.14	17.93	8.82	11.42	6.21	3.61	6.21	6.21
1989	6.21	1	1	3.61	6.21	11.42	21.84	24.45	43.99	43.99	49.63	59.62
1990	71.34	76.55	86.97	86.97	81.76	80.46	86.97	89.58	89.58	89.58	89.58	88.28

在 1969 而最冷的 Nino4 出現在 1974。接著我們定義：『若出現至少連續 6 個月百分序大於或等於 70 者為一「聖嬰」事件；若出現至少連續 6 個月百分序小於或等於 30 者為「反聖嬰」事件。』

若二聖嬰（反聖嬰）事件中間中斷時期不超過三個月，且中斷期內 Nino4 之百序均大（小）於 50（50），則二事件視為同一事件。』滿足「聖嬰」定義的在表二中以淡影標示，滿足「反聖嬰」者

以深影標示。表二顯示在這四十年當中可以找到 8 個「聖嬰」事件與 7 個「反聖嬰」事件。「聖嬰」事件延續時間最長者出現在 1986 年，從 1986 年 7 月到 1988 年 2 月共 20 個月；最短者出現在 1977 年，從 1977 年 7 月到 1978 年 2 月共 8 個月。1979 年 10 月到 1980 年 6 月也出現了一次為期 9 個月的短「聖嬰」事件。在「反聖嬰」事件方面，延續時間最長者出現在 1973 年，從 1973 年 5 月到 1976 年 4 月共 36 個月，其中 1975 年 5 月到 1975 年 11 月均為該月份四十年當中 Nino4 最冷的一個月。延續時間明顯最短者出現在從 1964 年 6 月到 1965 年 4 月，共 11 個月。另外，1983-1985 的「反聖嬰」事件按照本報告中的定義應分為兩個，分別為 11 個月（1983 年 9 月至 1984 年 7 月）和 9 個月（1984 年 11 月至 1985 年 7 月）的短事件。若按此區分，延續時間最短的「反聖嬰」僅 9 個月。

屬於「聖嬰」、「反聖嬰」事件的月份當中，以 11 月出現的頻率最高，因此我們選擇 11 月作為合成分析的中心月份，並特別將「聖嬰」或「反聖嬰」中心月份命名為「聖嬰 11 月」或「反聖嬰 11 月」。每一件合成分析以 11 月為中心，往前後各囊括 13 個月，共計 27 個月。這裡的“27”是一個主觀決定的數字，原則上是希望至少能接近 TBO 的週期長度。因為「聖嬰」和「反聖嬰」的延續時間長短差異甚大，我們按照表二中 11 月的 Nino4 百分序特徵將「聖嬰」分為六類，「反聖嬰」分為七類，類別說明如下。若以“N”（Normal）表示非「聖嬰」亦非「反聖嬰」，“W”（Warm）表「聖嬰」，“C”（Cold）表「反聖嬰」；按照連續三年的 11 月之 Nino4 特徵，可將為期 27 個月的「聖嬰」合成個案分為：NWW、NWN、NWC、WWC、CWC、和 CWN

六類。以 1957 年 11 月為例，該月屬於一「聖嬰」事件，故以“W”代表；前一年（1956）的 11 月屬於「反聖嬰」，故以“C”代表；後一年（1958）11 月不屬於「聖嬰」亦不屬於「反聖嬰」，故以“N”代表。因此，1957 年這個合成個案的類別是屬於“CWN”。1965 年事件也同屬於“CWN”。按照相同的原則，可將「反聖嬰」分為七類：NCC、NCW、CCW、WCN、CCC、WCC 和 CCN。分類結果整理在表三。

表三 (A)「聖嬰」、(B)「反聖嬰」分類表。類別之定義與說明請參閱內文。

(A)

個案 號別	「聖嬰」合成分析組員 (members)			「聖嬰」類別
	合成起點	合成中點	合成末點	
1	1956.10	1957.11	1958.12	CWN
2	1964.10	1965.11	1966.12	CWN
3	1967.10	1968.11	1969.12	NWW
4	1968.10	1969.11	1970.12	WWC
5	1971.10	1972.11	1973.12	CWC
6	1976.10	1977.11	1978.12	NWN
7	1978.10	1979.11	1980.12	NWN
8	1981.10	1982.11	1983.12	NWC
9	1985.10	1986.11	1987.12	NWW
10	1986.10	1987.11	1988.12	WWC

(B)

個案 號別	「反聖嬰」合成分析組員 (members)			「反聖嬰」類別
	合成起點	合成中點	合成末點	
1	1953.10	1954.11	1955.12	NCC
2	1954.10	1955.11	1956.12	CCC
3	1955.10	1956.11	1957.12	CCW
4	1963.10	1964.11	1965.12	NCW
5	1969.10	1970.11	1971.12	WCC
6	1970.10	1971.11	1972.12	CCW
7	1972.10	1973.11	1974.12	WCC
8	1973.10	1974.11	1975.12	CCC
9	1974.10	1975.11	1976.12	CCN
10	1982.10	1983.11	1984.12	WCC
11	1983.10	1984.11	1985.12	CCN
12	1987.10	1988.11	1989.12	WCN

表三顯示出「聖嬰」和「反聖嬰」演變型態相當複雜。「聖嬰」的類別中與 TBO 或 BO-ENSO 有關的類別有 4 類(NWC、WWC、CWC、CWN)，佔個案總數的 3/5；「反聖嬰」也有 4 類(NCW、CCW、WCN、WCC)，佔個案總數的 1/2。此外，連續兩年都是「聖嬰」年的事件有四次，而連續兩年都是「反聖嬰」年的事件有十次。連續兩年都是「聖嬰」年事件者其前一個 11 月均屬正常(1968、1986)，而後一個 11 月均屬「反聖嬰」(1969、1987)。但是，連續兩年都是「反聖嬰」年事件其前後個 11 月的情況就複雜了許多。它之前可能是正常(1954)，也可能是「聖嬰」(1970、1973、1983)或「反聖嬰」(1955、1974)；之後可能是正常(1975、1984)、「聖嬰」(1956、1971)或「反聖嬰」(1955、1974)。這些有限的實例說明了「聖嬰」和「反聖嬰」的韻律特徵其實是相當缺乏規律性的。

四、台灣氣候與聖嬰

過去在研究聖嬰與台灣氣候關係時多半是以 Nino 指數或 SOI 和台灣溫度與降水距平的相關性為出發點(許與陳 1994, 廖 1995, 吳與陳 1996)，我們現在要從另一個角度：「合成分析」來回答這個問題。從一些明顯受到聖嬰影響而出現的大範圍溫度或降水異常的訊息來看(Ropelewski and Halpert 1987)，台灣並不在聖嬰影響顯著的區域內。台灣位處於世界最大陸塊和最大洋的交界處，又在中緯度與熱帶之間，氣候相當溫和，造成短期氣候(月或季平均狀態)異常的因素甚為複雜。在這些條件之下，台灣的溫度與降水距平和 ENSO 指數間之相關係數大小有可能尚不足以代表台灣氣候與聖嬰的相關

程度，「合成分析」可彌補這種不足。相關係數表現的是兩個間序列中時間變化方面普遍的一致性，但是以 Nino 指標和局地氣候的關係而言，應該是只有在「聖嬰」或「反聖嬰」事件發生時或其前後才会有因異常海溫而導致的氣候異常。因此在聖嬰影響不顯著的地區，「合成分析」(僅考慮事件發生時與前後的時段)的結果應是更具代表性。「合成分析」的優點是可按問題需要設計如何將想要得到的訊息濾出；但是若設計不當，也很能得到沒有實際物理意義的合成結果。本報告中，我們希望藉「合成分析」表現「聖嬰」和「反聖嬰」事件當中或前后台灣氣候的異常程度如何，也比對了合成結果與個案的一致性作為驗證。除了分別針對前一章中不同的「聖嬰」、「反聖嬰」類別合成台灣測站資料之外，也合成了所有類別的「聖嬰」和「反聖嬰」事件並發現這個結果的確有相當好的代表性。

合成分析的步驟如下。首先，我們將台灣降水和溫度資料轉換成百分序，百分序為 1 者代表四十年中的最小值，百分序為 100 者代表四十年中的最大值。每一組參與合成的組員長度為 27 個月(如表 3)，從 10 月開始且終止於兩年後的 12 月。在前一章中提到，10 個「聖嬰」事件可分為 6 類，12 個「反聖嬰」事件可分為 7 類，凸顯了以 40 年資料來研究聖嬰之不足。因此，接下來的台灣氣候合成分析結果，僅能將其視為在以 Nino4 為代表的赤道太平洋海溫之連續三年的 3 個 11 月變化特性的條件約束下的個案分析，並沒有統計上的代表意義。此乃受資料長度所限而必須接受的事實。

先從所有個案的合成結果來看台灣氣候與「聖嬰」、「反聖嬰」的基本關係，這也是個案數最多，最有代表性的結果。圖 1 是台灣 18 個測站溫度(圖 1a)與降水(圖 1b)的百分序按

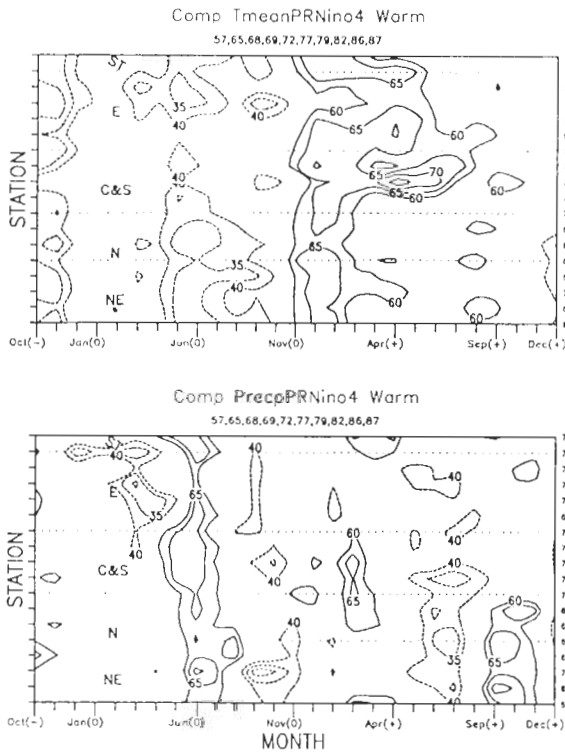


圖 1 台灣 18 個測站的 (a) 溫度與 (b) 降水之百分序按全部的「聖嬰」個案 (詳參內文) 合成結果。共有 10 件個案,「聖嬰 11 月」所屬年份列在圖的上方。測站的位置大致上可分為 5 個部份,「NE」表示東北部,「N」北部,「C&S」中南部,「E」東部,「ST」海峽,均標示在圖內左側。虛線為百分序小於 40 的等值線,實線為百分序大於 60 的等值線,等值線間距為 5。

所有「聖嬰」個案 (共 10 件) 的合成結果,圖中僅標示出小於 40 (虛線) 和大於 60 (實線) 的等值線。圖 1a 顯示在「聖嬰 11 月」前,台灣的 5、6 月 (May(0)、Jun(0)) 溫度都偏低;從同年 12 月 (Dec(0)) 到次年 4 月 (Apr(+)) 溫度則偏高,偏高的現象在北部與東北部不如其他地方那般明顯。圖 1b 顯示的降雨百分序合成結果比溫度要凌亂,「聖嬰 11 月」前的 3 月 (Mar(0)) 中南部與東部降雨偏少,6 月 (Jun(0)) 全省降雨偏多,9、10 月 (Sep(0)、Oct(0)) 全省降雨偏少,

次年 3 月 (Mar(+)) 中南部與北部降雨偏多,6、7 月 (Jun(+)、Jul(+)) 全省降雨偏少,到了 9、10 月 (Sep(+)、Oct(+)) 北部與東北部的降雨又有偏多跡象。在這些凌亂的訊號當中,有一點是值得我們特別注意的:「聖嬰 11 月」的前後這兩年的 3、6、9 月異常降雨有符號相反的特徵,但是異常的測站也有相當大的地理位置差異性。另外,7、8 月是台灣的雨季也是颱風季,但是這段期間的降雨異常以 8 月來看似乎並不明顯,而以 7 月來看在「聖嬰 11 月」前的 7 月 (Jul(0)) 北部和東北部有偏濕的特徵,而之後的 7 月 (Jul(+)) 幾乎全省有偏乾的特徵。

圖 2 為台灣 18 個測站溫度 (圖 2a) 與降水 (圖 2b) 的百分序按所有「反聖嬰」個案 (共 12 件) 的合成結果。從溫度的異常來看,「反聖

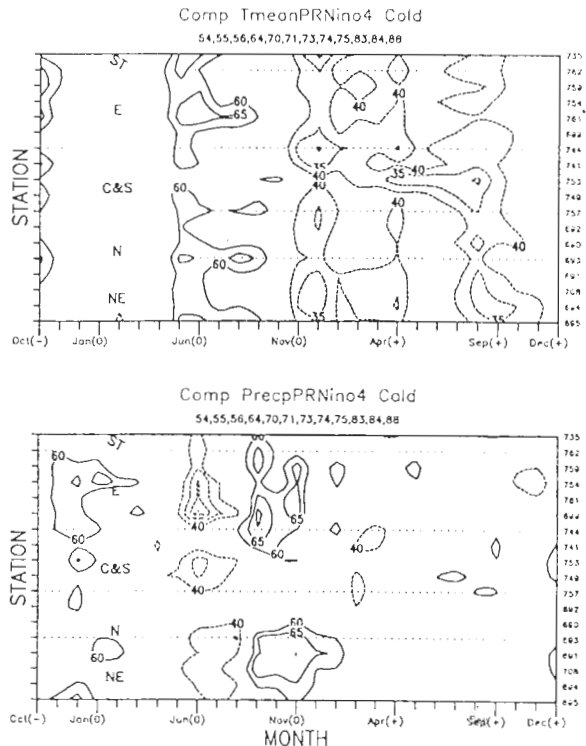


圖 2 同圖 1, 但為 12 個「反聖嬰」個案的合成。

嬰」和「聖嬰」有明顯的反號特徵。圖 2a 顯示在「反聖嬰 11 月」前，台灣的 5、6 月 (May(0)、Jun(0)) 溫度偏高；同年 12 月 (Dec(0)) 與次年 4 月 (Apr(+)) 溫度偏低，8 月和 9 月也有偏低的現象。降雨方面，圖 2b 顯示，「反聖嬰 11 月」前的 6、7 月 (Jun(0)、Jul(0)) 全省降雨偏少，9、10 月 (Sep(0)、Oct(0)) 與「反聖嬰 11 月」(Nov(0)) 則降雨偏多，次年 2、3 月 (Feb(+), Mar(+)) 中南部有些許降雨偏少的訊號。另外，還值得一提的是在「聖嬰」與「反聖嬰」11 月前一年的 10 月 (Oct(-)) 全省溫度在「聖嬰」合成中有偏低而「反聖嬰」合成中有偏高的跡象；「反聖嬰」合成中前一年的 12 月 (Dec(-)) 東部偏濕。綜合而言，台灣氣候在「聖嬰」與「反聖嬰」的條件下還是有一些相當明顯的異常特徵。

爲了進一步確定在「聖嬰」與「反聖嬰」條件下的台灣氣候特徵，我們分別針對不同類別「聖嬰」與「反聖嬰」個案，檢視了台灣溫度和降雨的個別與合成的百分序 (圖略)，將符合「異常」氣候訊號條件者列於表四。這裡「異常」氣候訊號的條件是指 18 個測站當中至少有 8 個測站的百分序大於 70 或小於 30，並且具相反極端值之測站不超過 4 站；因此一些局地特徵 (如 3 月中南部部份測站偏濕或偏乾) 暫不考慮。表四顯示從合成分析中歸納出的台灣氣候特徵在個案之間仍是存在有相當大的差異性。即便如此，台灣氣候在「聖嬰」和「反聖嬰」的條件下仍可規納出下述相反的極端氣候狀態。在「聖嬰年」(當年 11 月 Nino4 指標的百分序大於 70) 的 5、6 月偏冷，6 月偏濕；而「反聖嬰年」(當年 11 月 Nino4 指標的百分序小於 30) 的 5、6 月偏熱，6 月偏乾。「聖嬰年」當年的 9、10 月均偏乾；「反聖嬰年」的 10 月偏濕。從「聖嬰年」當年

表四 台灣異常 (a) 溫度、(b) 雨量與「聖嬰」和「反聖嬰」關係表，詳細說明請閱內文。

(a)		Nino4	WARM	COLD
Taiwan				
May(0)	Warm			NCC(54) NCW(64)
	Cold		NWW(68,86) CWC(72) NWC(82)	
Jun(0)	Warm			NCC(54) WCN(88) CCW(56,71)
	Cold		NWW(68,86) CWC(72) CWN(57,65) NWC(82)	
Dec(0)	Warm		NWW(68,86) CWC(72) CWN(57,65)	
	Cold			WCC(70,73,83) NCW(64)
Feb(+1)	Warm		CWC(72) CWN(57,65)	
	Cold			WCC(70,73,83)
Apr(+1)	Warm		CWC(72) CWN(57,65)	
	Cold			WCC(70,73,83) NCW(64) WCN(88) CCW(56,71)
May(+1)	Warm		CWC(72) NWN(77,79) NWC(82)	
(b)				
Jun(0)	Wet		NWW(68,86) CWC(72) NWN(77,79) NWC(82)	
	Dry			NCC(54) NCW(64) CCW(56,71)
Sep(0)	Dry		CWN(57,65) NWC(82)	
Oct(0)	Wet			NCW(64) WCN(88) CCW(56,71)
	Dry		CWC(72) CWN(57,65) NWC(82)	
Jun(+1)	Dry		NWN(77,79) NWC(82) WWC(69,87)	
Sep(+1)	Wet		NWW(68,86) CWC(72) WWC(69,87)	
Oct(+1)	Wet		NWW(68,86) CWC(72) WWC(69,87)	CCC(55,74) WCN(88)

的 12 月到次年 4 月都有偏暖的訊號；而「反聖嬰年」在相同的月份中卻指向偏冷。「聖嬰年」的偏暖以 12 月案例較多，「反聖嬰年」的偏冷以 4 月案例較多。「聖嬰年」次年的 6 月偏乾，9、10 月有偏濕的訊號，「反聖嬰年」次年的 10 月

也是偏濕。另外，「聖嬰年」次年的5月偏暖。還值得注意的是：在「反聖嬰年」的次年，除了4月的溫度以外，其餘的訊號並不明顯；但是在「聖嬰年」的次年，特別是在雨量方面，有6月偏乾和9、10月偏濕的訊號。這些9、10月偏濕的案例中，「聖嬰年」的次年若不是仍是「聖嬰年」便是「反聖嬰年」。故「聖嬰年」當年的9、10月均偏乾，這個訊號或許不能應用在「聖嬰年」之前是一個「聖嬰年」的情況下。

另外，從表四中我們多少也可看出一點或許與「準雙年振盪」有關的訊號。在前述的「聖嬰年」當年的12月到次年4月都有偏暖訊號。這一方面，若「聖嬰年」次年仍是「聖嬰年」(NWW類)，次年偏暖的訊號並不明顯。換言之，對Tomita and Yasunari(1993)所指的LF-ENSO而言，在「聖嬰年」次年的春季以前，台灣偏暖的訊號不明顯；偏暖訊號較為明顯的是指屬於BO-ENSO的「聖嬰年」，特別是指如CWC、NWC與CWN類別者。但是反之則不盡然。在具有明顯「反聖嬰年」當年的12月到次年4月都有偏冷訊號。這方面，我們看到這個結果和「反聖嬰年」次年的特徵並沒有明顯關係；特別是次年4月，有偏冷訊號者包括了次年是「反聖嬰年」、「聖嬰年」和正常年三種情況。

五、台灣異常氣候與大尺度環流關係

為了進一步探討在「聖嬰」、「反聖嬰」條件下台灣異常氣候與大尺度環流的關係，我們挑選出8件在異常氣候方面有「聖嬰」與「反聖嬰」較強訊號的個案。在「聖嬰」方面，選出的個案有屬於NWW的1968、1986，屬於CWC的

1972和屬於NWC的1982；「反聖嬰」方面，選出的有屬於WCC的1970、1973、1983和屬於NCW的1964。表4顯示1968、1972與1986這三件個案均滿足5、6月(May(0)、Jun(0))溫度異常偏低，並且同年12月(Dec(0))溫度異常偏高。他們也同時滿足6月(Jun(0))全省降雨偏多，和次年9、10月(Sep(+)、Oct(+))降雨偏多的特徵。另一方面，1964年案例滿足「反聖嬰11月」前5月(May(0))溫度偏高，同年12月(Dec(0))與次年4月(Apr(+))溫度偏低。在雨量方面1964年個案也符合「反聖嬰11月」前的6月(Jun(0))全省降雨偏少，10月(Oct(0))降雨偏多。除了1964年個案以外，在溫度方面屬於WCC之1970、1973、1983三件個案的合成溫度從「反聖嬰年」當年的12月(Dec(0))到次年4月(Apr(+))溫度均是異常偏低。因篇幅所限，接下來僅針對Jun(0)、Dec(0)、Apr(+)和Oct(+)四種月份的合成環流距平場進行討論。

(一) 850hPa 流函數與速度位

a. Jun(0)

圖3為850hPa流函數與速度位距平在Jun(0)的「聖嬰」與「反聖嬰」合成圖。「聖嬰」個案有1968、1972、1982、1986四年的6月，「反聖嬰」個案的年份有1964、1970、1973、1983。圖中陰影部分為海溫距平，深影為距平大於 0.4°C ，淡影為小於 0.4°C 。流函數與速度位的正值的等值線以實線標示，負值為虛線。正流函數表示環流的旋轉部分為順時針方向，負值則為逆時針方向。正速度位表示環流的平均幅合量大於幅散，負值則表示幅散大於幅合。流函數與速度位均為環流場量，單獨一點的數值大小意義並不大，但是在適當大的範圍內可用以判斷環流的區域特徵。

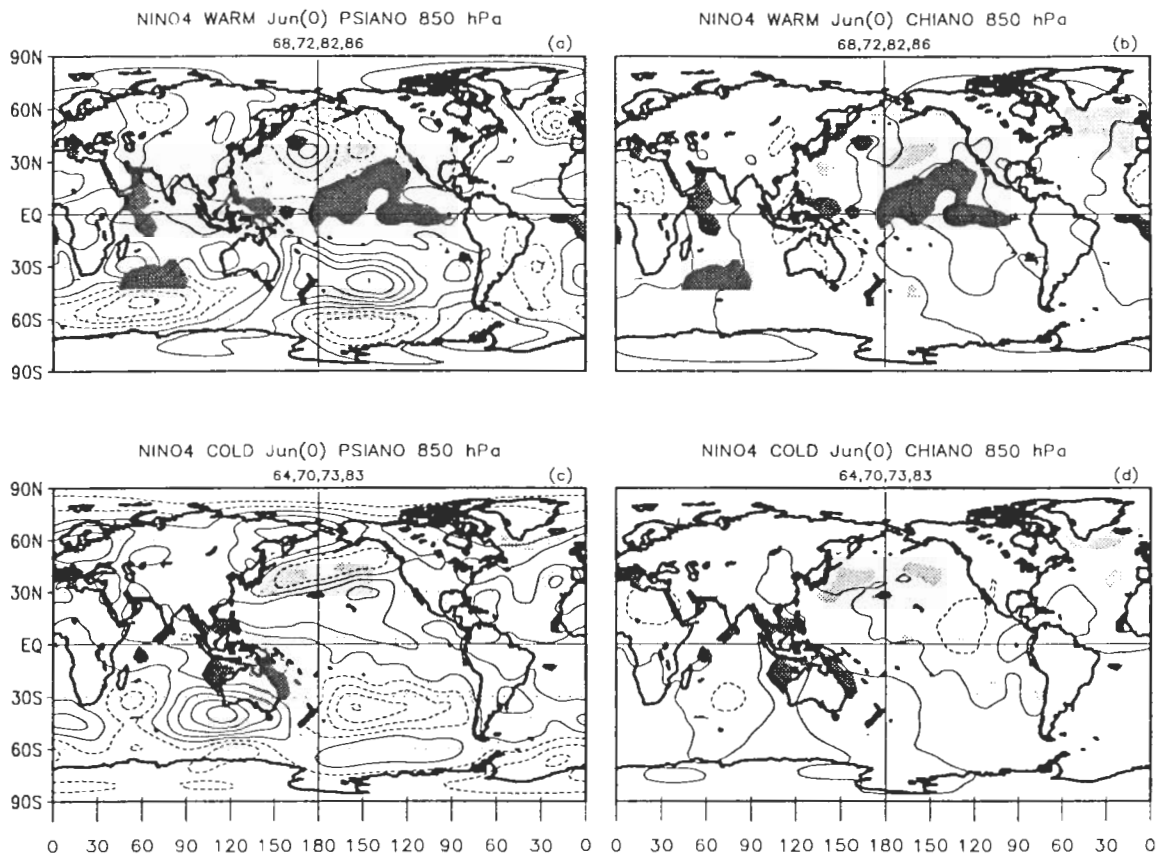


圖3 「聖嬰11月」同年6月之850hPa (a) 流函數, (b) 速度位和「反聖嬰11月」同年6月之850hPa (c) 流函數, (d) 速度位的合成圖。等值線間距: 流函數為 $1 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$, 速度位為 $0.5 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ 。陰影部分為海溫距平, 深影為距平大於 0.4°C , 淡影為小於 -0.4°C 。

根據表三, 台灣氣候特徵在「聖嬰年」的 Jun(0) 為偏冷與偏濕, 在「反聖嬰年」的 Jun(0) 為偏暖與偏乾。雖然在表四中四個選出的「反聖嬰年」個案僅有 1964 一年有明顯的偏暖與偏乾特徵; 但檢視了其餘三年的台灣溫度和雨量百分序合成後, 我們發現, 這些年也不違背偏暖與偏乾的特徵; 尤其是在偏乾這一方面, 除了東部以外其餘區域均有明顯訊號。從圖 3a 和 3c 來看, 「聖嬰年」和「反聖嬰年」的 Jun(0) 環流距平型式明顯不同, 多處符號相反。在太平洋上, 不僅赤道南北的環流配置完全相反, 反應出赤道低層緯流在不同的異常海溫型態下的差異; 中高緯的

太平洋上環流距平型式也是明顯不同。在北太平洋, 圖 3c 顯示從東海到加拿大為負距平 (即低壓環流), 而在此低壓環流的南邊有兩支會合於南海的正距平環流型。北支從南海往東北橫跨太平洋到美國, 南支從南海經換日線橫跨太平洋往東南到秘魯外海; 北支明顯對應於太平洋副熱帶高壓系統, 南支則應作隨有較強的跨赤道氣流, 在東太平洋氣流是從北半球到南半球, 在 120°W 以西到換日線附近則氣流是從南半球到北半球。這種跨赤道流的特徵並沒有在圖 3a 看到相反型式, 顯示「聖嬰」和「反聖嬰」環流距平縱使在赤道附近也非僅具單純的反號關係。在圖 3c

中太平洋副熱帶高壓環流距平與它北方的低壓距平中間的強西風帶相同位置，圖 3a 中出現的是一組從南海到東北太平洋類似波列結構的流函數正負距平。這組波列結構在南海上為正距平，在日本南方為負距平，到換日線附近為正距平，在東北太平洋則為負距平。與台灣氣候特徵有直接關係的僅限於西太平洋亞洲沿海附近的環流距平。這個區域性距平雖然和太平洋上大尺度環流差異相比並不突出；但是在在大尺度環流有明顯差異的前提下，縱使些微的區域性差異仍是可從大尺度看出可能的造成因素。比較圖 3a 與 3c，和台灣最有關係的是西太平洋沿海從印尼到日本的環流差異。圖 3a 中台灣在負距平（即低壓環流）區內，此負區是從日本南方延伸到台灣。整個菲律賓海上也是負距平。圖 3c 中台灣則在正距平（即高壓環流）內，此正區是從菲律賓海延伸到台灣，而菲律賓海上的正區是橫跨太平洋的正距平一部分。這種西太平洋沿海的環流差異是如何造成的，值得日後進一步研究。從圖 3a 與 3c 的差異看來，「聖嬰年」的高緯度短波（波數約為 6）擾動比較活躍，類似波列結構的距平型態比較明顯；「反聖嬰年」的高緯度長波（波數小於 4）擾動比較活躍，中高緯（40° N-60° N）距平除了太平洋外以正距平（即高壓環流）為主。從配合流函數距平的風場與高度場距平（圖略）來看，「聖嬰年」台灣在低壓和北風距平內，和低溫多雨的氣候特徵是一致的；「反聖嬰年」台灣在高壓和南風距平內，這和高溫少雨的氣候特徵也是一致的。

圖 3b 和 3d 是合成環流距平的輻散部分，「聖嬰年」和「反聖嬰年」的距平型式仍是明顯不同，除北非以外多半的地區符號相反。「聖嬰年」台灣在輻散距平區內，「反聖嬰年」在輻合

距平區內。由前面結果已知在「聖嬰年」的 Jun(0) 偏濕而「反聖嬰年」Jun(0) 偏乾，顯示僅藉大尺度低層風場的輻散或輻合，對於台灣區域可能造成的異常降水影響並不大。在後文中我們還會討論到，從大尺度觀點來看區域的異常降水很可能與高層風場距平特徵有關。從海溫距平和速度位距平的關係來看，高海溫距平多半在輻合距平區內，顯示海溫對低層風場輻散的部分應當是有相當大的影響。這種關係在接下來其他月份的合成圖中還會出現。

b. Dec(0)

圖 4 為 850hPa 流函數與速度位在 Dec(0) 的「聖嬰」與「反聖嬰」合成圖。根據表三，台灣氣候特徵在「聖嬰年」的 Dec(0) 為偏暖，在「反聖嬰年」偏冷。圖 4a 與 4c 主要的差異仍是在太平洋上。赤道海溫距平比 Jun(0) 更為明顯，伴隨暖海溫（圖 4a）赤道北邊有流函數的負距平（即逆時針環流距平），南邊有正距平（即順時針環流距平），赤道上是西風距平；伴隨冷海溫（圖 4c）的環流和緯向風距平則相反。除此之外，亞洲大陸、印度洋和大西洋上的環流距平也都是符號相反。和台灣 Dec(0) 溫度最有關係的是亞洲大陸與西太平洋沿海和南海的環流。「聖嬰年」亞洲大陸上流函數是負距平，南海和西太平洋沿海是正距平，並且海溫距平也明顯偏正，這些特徵和台灣的高溫特徵是一致的。「反聖嬰年」亞洲大陸上流函數是正距平，南海和西太平洋沿海是微弱的負距平，這些和台灣的低溫特徵也是一致的。比較圖 4a 與 4c，可以看出台灣在「聖嬰年」和「反聖嬰年」Dec(0) 的溫度除了受控於西太平洋環流距平特徵之外，大陸上的環流距平也是主要影響因素之一。另外，圖 4c 顯示台灣溫度和「反聖嬰」之間關係甚是微妙，若是在印尼和巴布紐

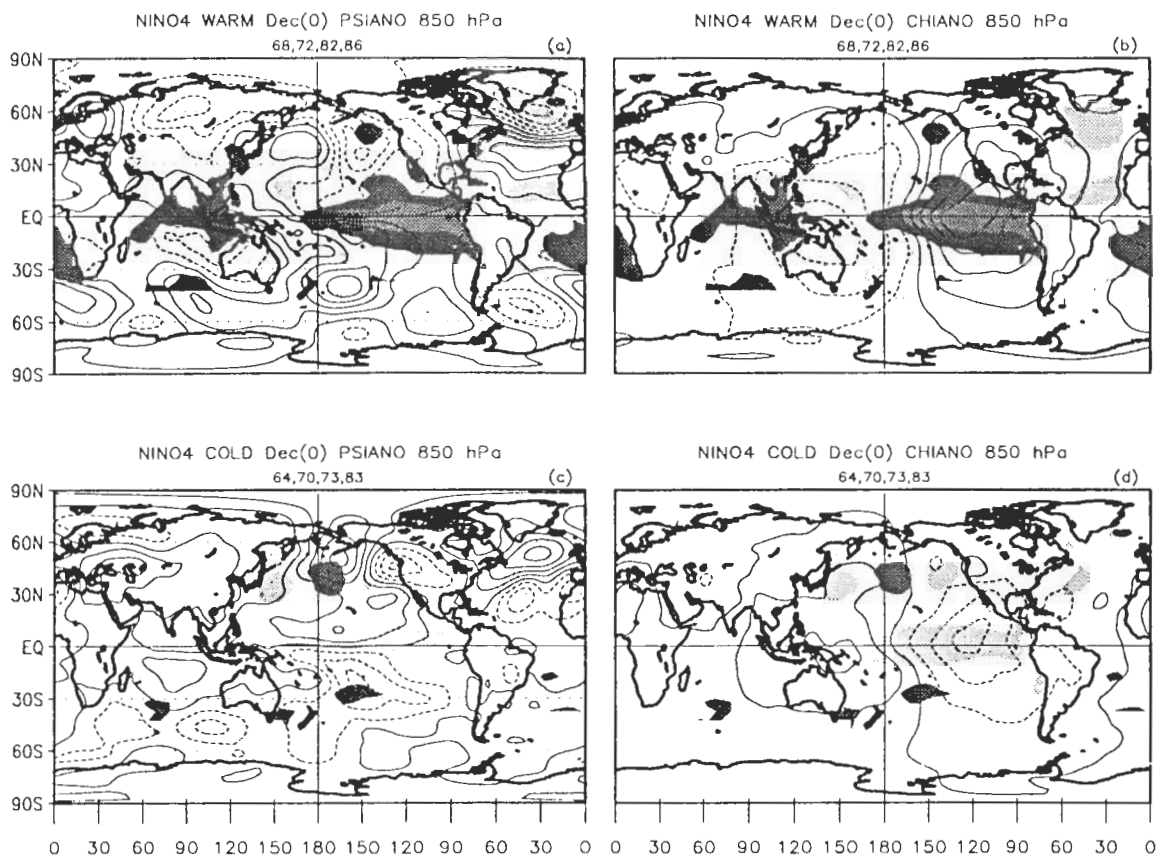


圖4 同圖3，但月份是「聖嬰11月」同年12月(a、b)和「反聖嬰11月」同年12月(c、d)。

幾尼亞上的輻合中心位置稍微偏西，赤道西太平洋上的流函數正距平即可涵蓋南海，台灣溫度距平便可能會由負轉正。

圖4b和4d顯示「聖嬰年」和「反聖嬰年」的環流輻散部分之距平型式明顯不同，多半地區符號相反。「聖嬰年」台灣在輻散距平區內，「反聖嬰年」在輻合距平區內。數度位所表現出的低層輻散場在「聖嬰年」和「反聖嬰年」和海溫距平配合完美。

c. Apr(+)

圖5為850hPa流函數與速度位在Apr(+)

的「聖嬰年」與「反聖嬰年」合成圖。台灣氣候特徵在「聖嬰年」的Apr(+)為偏暖，在「反聖嬰年」偏冷，並且「反聖嬰年」的偏冷要比「聖嬰年」偏暖的個案間一致性要高。圖5a與5c顯示，「聖嬰年」與「反聖嬰年」從印尼到日本的低層環流距平特徵有明顯的差異，「聖嬰年」在西太平洋與菲律賓海上流函數為正距平，對應的順時針環流風場意味在台灣附近的風場應以南風距平為主，這與台灣偏暖的特徵是一致的。「反聖嬰年」在台灣以東、日本以南的海面上是負距平，對應的逆時針環流風場意味在台灣附近的風場應以北風距平為主，這與台灣偏冷的特徵也是

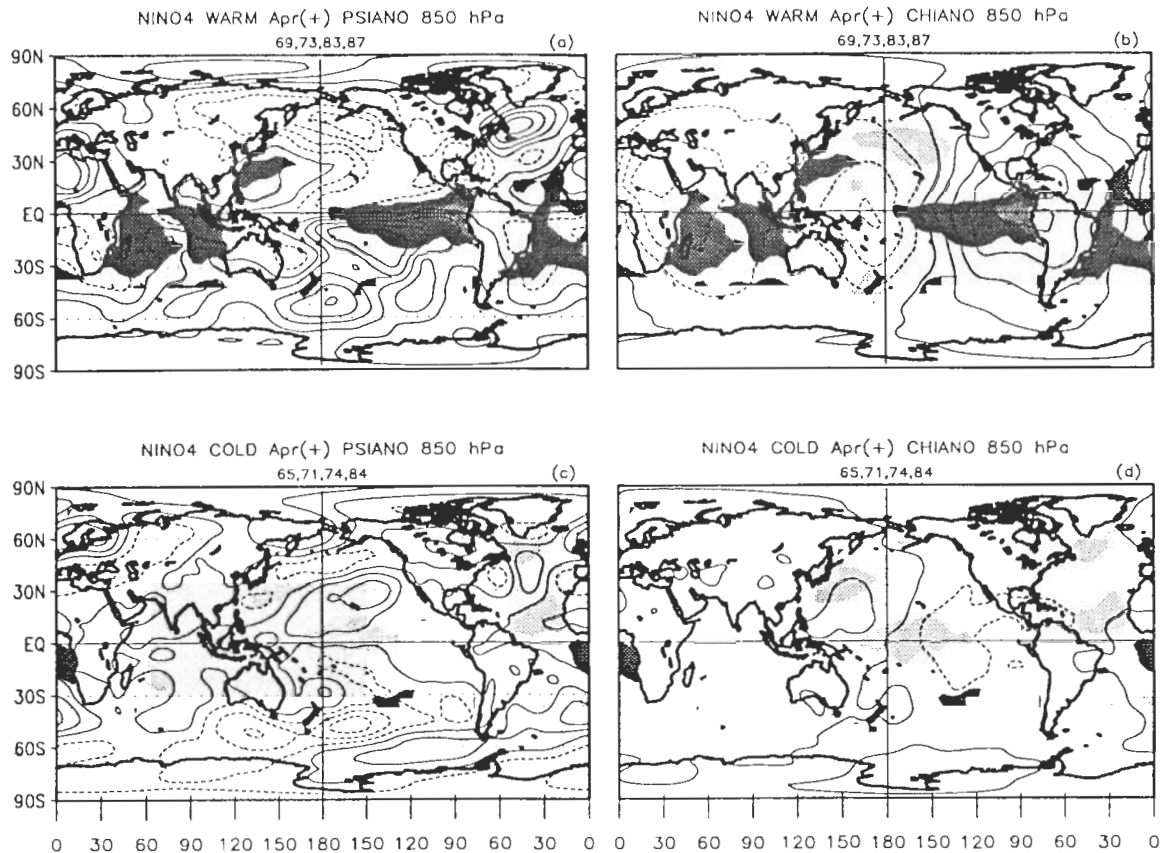


圖 5 同圖 3，但月份是「聖嬰 11 月」次年 4 月 (a、b) 和「反聖嬰 11 月」次年 4 月 (c、d)。

一致的。另外，雖然圖 5a 與 5c 的差異仍然明顯，但已不似 Jun(0) 和 Dec(0) 主要是集中在太平洋上。「反聖嬰年」的距平結構較為凌亂，冷海溫距平的範圍較「聖嬰年」的暖海溫為小，位置也比較偏西。在西北太平洋的日本南方和台灣東方附近，「聖嬰年」和「反聖嬰年」的 Apr(+) 流函數距平也是相反的。這個區域的海溫距平在「聖嬰年」和「反聖嬰年」類型的合成結果上也有明顯的差別，前者為正距平後者為負距平。這種海溫的差異對當地的低層環流特徵是否有重大的影響作用，需由進一步的研究來證明。

圖 5b 和 5d 顯示「聖嬰年」和「反聖嬰年」的環流輻散部分之距平型式明顯不同，特別是在

換日線以東自太平洋到大西洋這個範圍，二者的差異特別顯著。「聖嬰年」台灣在輻散距平區內，「反聖嬰年」在微弱的輻合距平區內。

d. Oct(+)

圖 6 為 850hPa 流函數與速度位在 Oct(+) 的「聖嬰年」與「反聖嬰年」合成圖。台灣氣候特徵在「聖嬰年」與「反聖嬰年」的 Oct(+) 均為偏濕。圖 6a 與 6c 再次顯示，「聖嬰年」與「反聖嬰年」除了從印尼到日本的低層環流距平特徵有明顯的差異，從印度往東到南海的低層環流距平特徵差異也甚明顯。「聖嬰年」在西太平洋與菲律賓海上流函數為正距平，對應的順時針環流風場意味在台灣附近的風場應以南風距平為

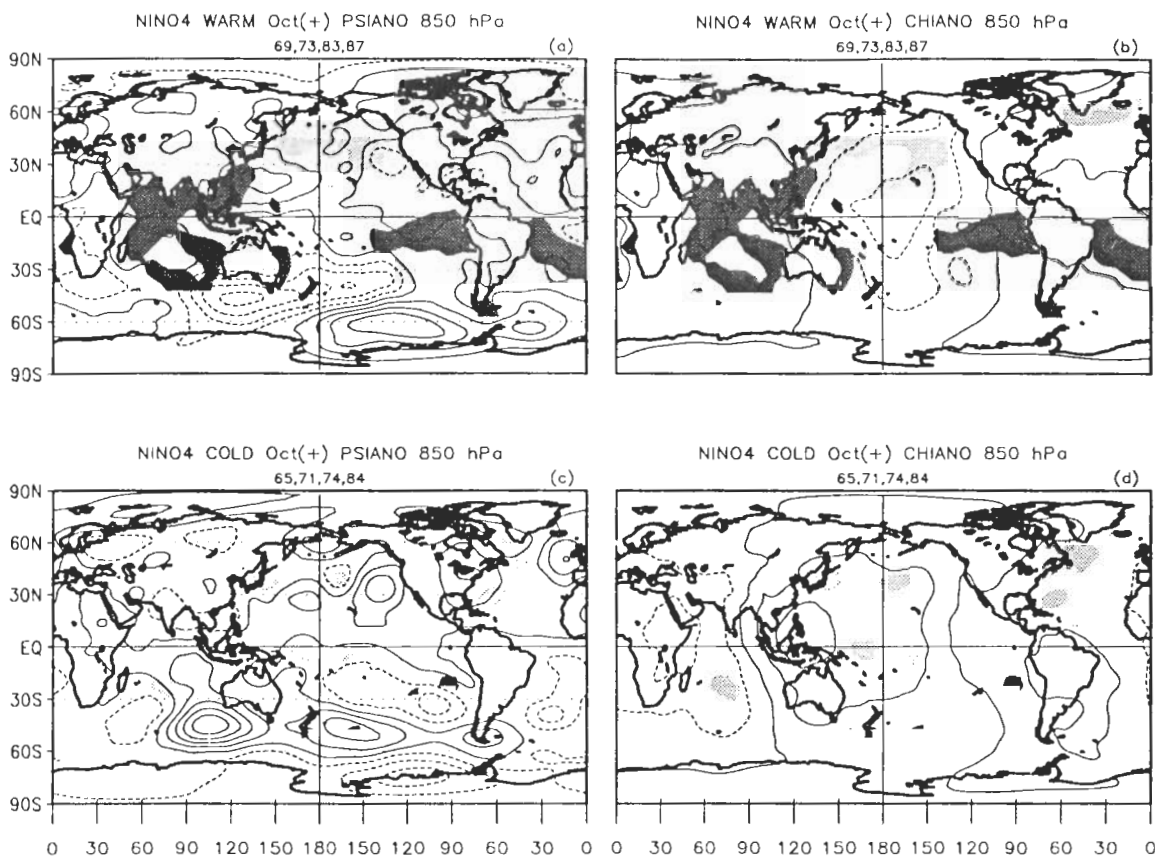


圖 6 同圖 3，但月份是「聖嬰 11 月」次年 10 月 (a、b) 和「反聖嬰 11 月」次年 10 月 (c、d)。

主，並且台灣正在西太平洋副熱帶高壓的邊緣，是一個適合熱帶擾動北侵的位置，這與台灣偏濕的特徵是一致的。「反聖嬰年」西太平洋副熱帶高壓偏東，台灣在涵蓋印度、中南半島與南海的流函數負距平區域內，亦即是在低壓區內，這與台灣偏濕的特徵也是一致的。

在速度位方面，圖 6b 與 6d 顯示「聖嬰年」的主要輻散區在赤道中太平洋換日線附近，赤道印度洋上則有明顯的輻合。「反聖嬰年」的主要輻合區在印尼、菲律賓和西太平洋，輻散區在赤道附近的東非。在我們選擇的合成個案當中，1968 和 1986 年的次年為「聖嬰年」，1972 和 1982 年的次年為「反聖嬰年」。圖 6 顯示出從印度洋

到南海和菲律賓海的海溫均偏暖，赤道東太平洋和南半球的熱帶大西洋的海溫也是偏暖；並且在海溫偏暖的區域內，速度位距平均顯示出低層輻合的特徵。這些合成特徵在西太平洋與「反聖嬰年」特徵較為符合，而在東太平洋與「聖嬰年」特徵較為一致。聖嬰現象可否持續或世事會轉變成反聖嬰可能與大洋兩岸秋季的環流特徵有關。

(二) 300hPa 流函數與速度位

理論上低層環流比較能表現天氣對異常的海溫有何反應，在這一節當中我們要配合上一節的討論來看高層環流和低層環流的配置，藉以認

識與台灣氣候直接有關的異常環流系統之高低層環流配置。

a. Jun(0)

圖 7 為 300hPa 流函數與速度位在 Jun(0) 的「聖嬰」與「反聖嬰」合成圖。比較圖 7a 與圖 3a，我們發現緯度高於 30° 的中高緯區域環流距平主要以正壓結構出現。例如從東北大西洋經歐洲、蒙古、日本到北太平洋換日線附近的一串類似波列結構的擾動，同時出現在圖 7a 與圖 3a 中的類似地點，距平的符號也完全相同。在南半球情況也是類似，南印度洋和南太平洋上中高緯擾動在圖 7a 與圖 3a 中不論是符號或是位置都

是類似的，顯示其正壓特性。在熱帶區域內，情況則不相同。圖 7a 的赤道附近， $180^\circ - 90^\circ$ W 內在赤道北邊為正距平南邊為負距平，這個對偶結構並沒有出現在圖 3a。在台灣附近，前一節中提到的圖 3a 中南海和西太平洋上的流函數距平也沒有出現在圖 7a。直接影響台灣氣候的是以東北西南走向，橫跨中國大陸和韓國日本的一區負距平（低壓環流）。這個環流距平使得台灣位於高空槽前不穩定區內，這和表四台灣在「聖嬰年」Jun(0)多雨的結果是一致的。

比較圖 7c 與圖 3c，我們也得到類似的結論：在南北半球緯度高於 30° 的中高緯區域環流

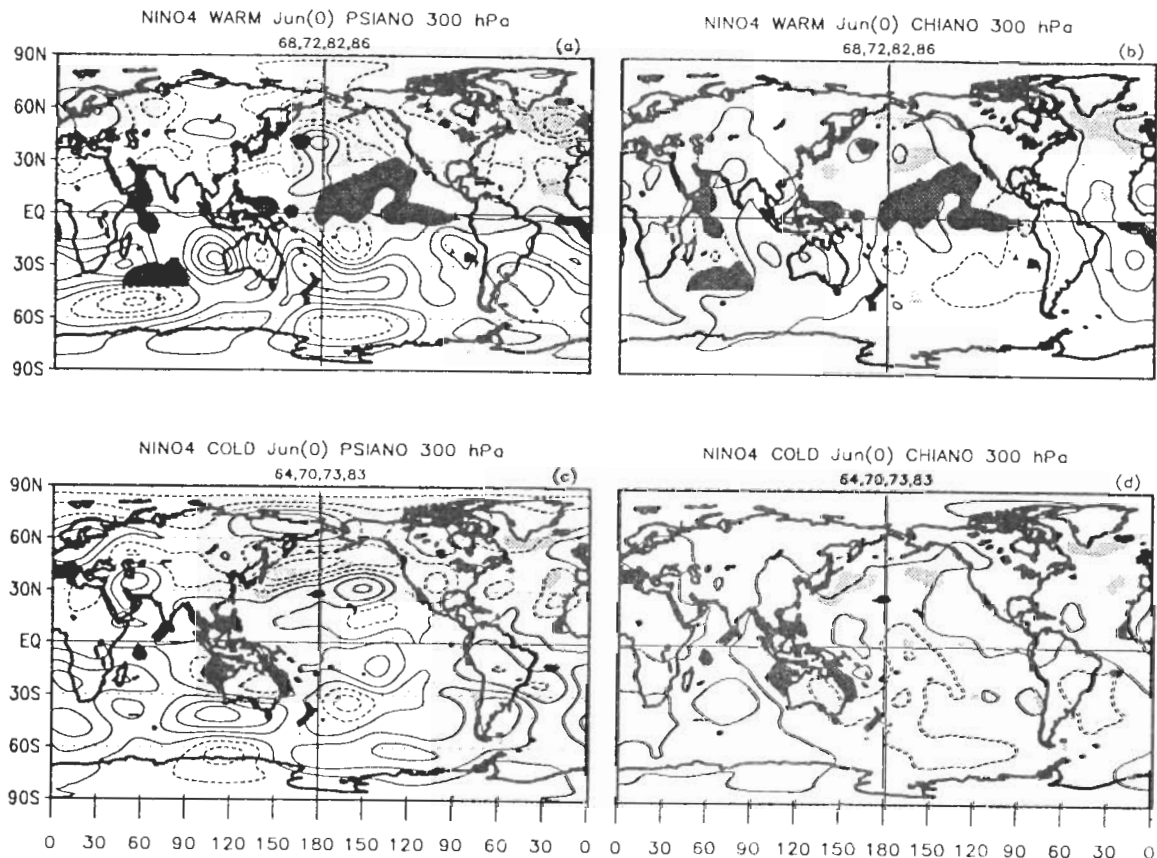


圖 7 同圖 3，但為 300hPa。等值線間距：流函數為 $2 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$ ，速度位為 $0.5 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$ 。

距平主要以正壓結構出現，在熱帶區域內則以斜壓結構為主。在台灣附近高層環流並沒有明顯的擾動系統，台灣上空主要是西風距平，北方為低壓擾動，南方為高壓擾動。從西亞往東傳的擾動主要的位置在台灣的緯度以北，這與台灣在「反聖嬰年」Jun(0)少雨的結果也是一致的。

在速度位方面，分別比較圖 7b 及圖 3b 和圖 7d 及圖 3d，可以看到環流輻散場在高低層異號的現象。不論是「聖嬰年」或「反聖嬰年」，高層輻散距平在主要都偏在南半球。南半球紐西蘭東北方在「聖嬰年」和「反聖嬰年」都出現負（輻散）距平，是一個特別的現象。另外，在歐亞大陸所在的東半球，「聖嬰年」的主要高層輻散距平在熱帶南印度洋馬達加斯加島附近，而「反聖嬰年」的主要的高層輻散距平在澳洲、中南半島、菲律賓以及南海一帶。這種高層輻散距平在「反聖嬰年」的位置比「聖嬰年」偏東的現象還出現在南美洲。「反聖嬰年」主要的高層輻散距平在秘魯西方赤道太平洋海面上，在「反聖嬰年」的位置則位於巴西東岸。

b. Dec(0)

圖 8 為 300hPa 流函數與速度位在 Dec(0) 的「聖嬰」與「反聖嬰」合成圖。比較圖 8 與圖 4，我們可以很快得到與前幾段相同的結論，在流函數方面中高緯距平以正壓結構為主，熱帶區域以斜壓結構為主；而速度位方面面高低層距平基本上是反號的。「聖嬰年」的 Dec(0) 台灣在明顯的沈降區（低層輻合，如圖 4b）內。圖 8a 顯示在菲律賓以東的熱帶西太平洋上為逆時針環流距平，從韓國到換日線的西北太平洋上為順時針環流距平，因而在日本南方的高層西風定是偏弱。在印度北邊和西北邊的亞洲大陸上為逆時針環流距平，而從東非到中南半島的北印度洋上

為順時針環流距平，因而從阿拉伯半島到青藏高原南緣的高層西風定是偏強，但是到了亞洲大陸的東緣便迅速減弱。因此，台灣上空的擾動應會偏弱，北方鋒面活動也較不活躍，這和台灣在「聖嬰年」的 Dec(0) 溫度偏高的結果一致。

「反聖嬰年」的 Dec(0)（圖 8c）在亞洲大陸上和「聖嬰年」（圖 8a）高層環流距平最大的差別在於前者從非洲經阿拉伯半島、印度到亞洲東岸有一明顯的波列結構，而後者沒有。前者在韓國與日本上空為負距平，後者則為正距平。因此，在「反聖嬰年」台灣上空的擾動應是偏強，北方的主槽較深，這和台灣在「反聖嬰年」的 Dec(0) 溫度偏低的結果也是一致的。另外，我們注意到在大西洋上高低層環流在「聖嬰年」和「反聖嬰年」有明顯的對比。「聖嬰年」（圖 4a 與 8a）在北大西洋格陵蘭的東南方為正壓結構的低壓（負）距平，從北美洲東部橫越大西洋到西北非則為高壓（正）距平，這個正距平在中緯度（30°N 以北）是正壓結構，在熱帶則為斜壓結構。在「反聖嬰年」（圖 4c 與 8c）北大西洋為正壓結構的高壓（正）距平，系統呈西南—東北的走向，與「聖嬰年」擾動西北—東南走向大不相同。最有趣的是在高壓距平的南邊有橫跨大西洋的低壓距平，並且這低壓系統一部分有正壓結構而另一部分有斜壓結構；斜壓部分的高層環流是以赤道反對稱型態出現的，可能是因熱帶深對流系統的非絕熱加熱作用強迫造成。前面曾提到在「反聖嬰年」台灣因在從西北非到亞洲東岸的波列下游（圖 8c），擾動應是偏強，因此熱帶大西洋的異常環流特徵是值得我們注意的。

在速度位方面，「聖嬰年」（圖 8b）的高層輻散距平主要在偏暖海面及美洲上方，「反聖嬰年」的距平範圍則比較分散，除了非洲上方之

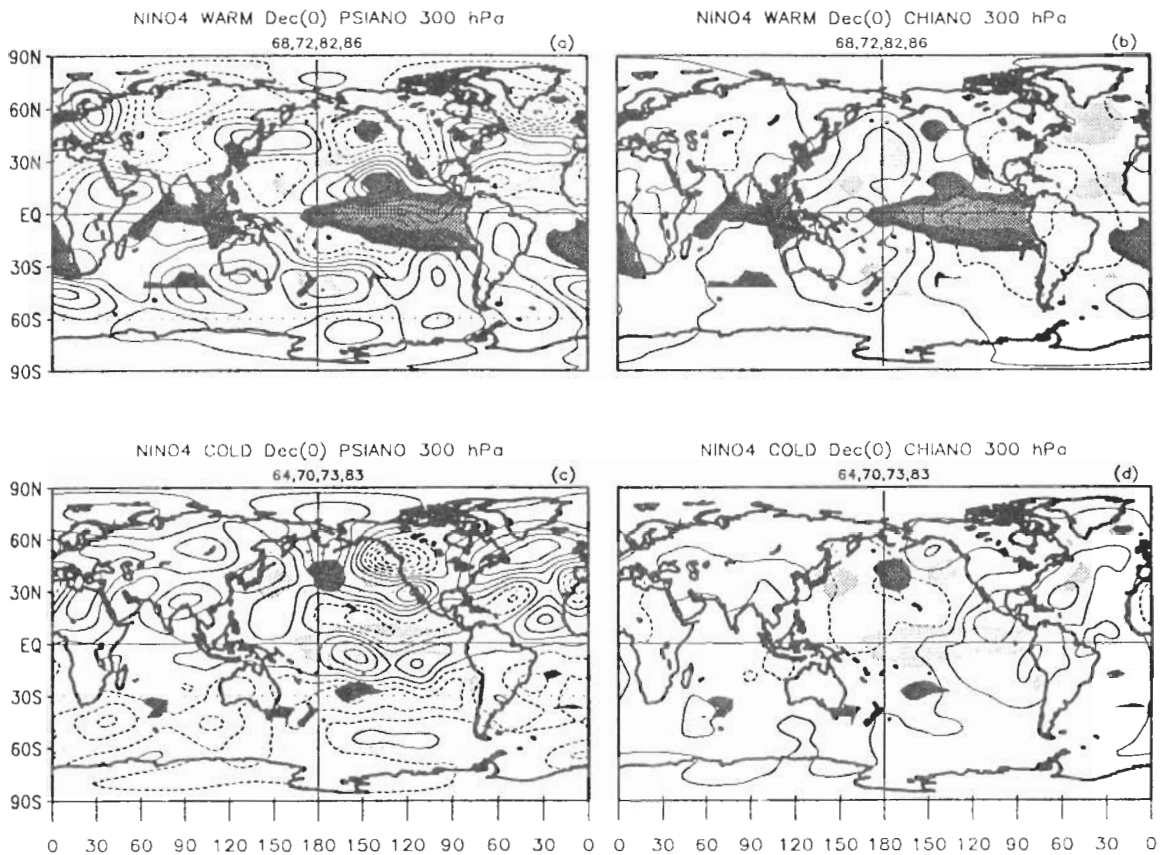


圖 8 同圖 4，但為 300hPa。等值線間距：流函數為 $2 \times 10^9 \text{s}^{-1}$ ，速度位為 $0.5 \times 10^9 \text{s}^{-1}$ 。

外，還又印尼和北太平洋上都有輻散距平。特別要注意亞洲大陸上的差異，「聖嬰年」有明顯的輻散距平，但「反聖嬰年」則是輻合距平。

c. Apr(+)

圖 9 為 300hPa 流函數與速度位在 Apr(+) 的「聖嬰年」與「反聖嬰年」合成圖。首先仍是要比較高(圖 9a 與 c)低(圖 5a 與 c)層流場，來看環流距平的垂直結構特徵。比較結果再次顯示，中高緯擾動以正壓結構為主，熱帶區域內以斜壓擾動為主。另外，比較「聖嬰年」(圖 5a 與 9a)和「反聖嬰年」(圖 5c 與 9c)，看到在太平洋上「聖嬰年」的中高緯距平的水平結構走

向是從西北往東南，亦即從高緯往低緯的方向：

「反聖嬰年」距平水平結構則是從西南往東北，即從低緯往高緯的走向。這種距平走向的差異在的歐亞大陸上也可看見。「聖嬰年」高層大氣在西太平洋上為正距平，從西亞一直延伸到華南則為負距平，在台灣附近高層風以南風距平為主。

「反聖嬰年」高層大氣在西太平洋和中國大陸上均為正距平，其中中國大陸上約以青藏高原為中心 (30°N , 90°E) 的順時針環流距平和台灣的關係最密切。受青藏高原環流距平的影響，台灣附近高層風以北風距平為主。這些高層環流特徵和台灣在「聖嬰年」的 Apr(+) 為偏暖，在「反

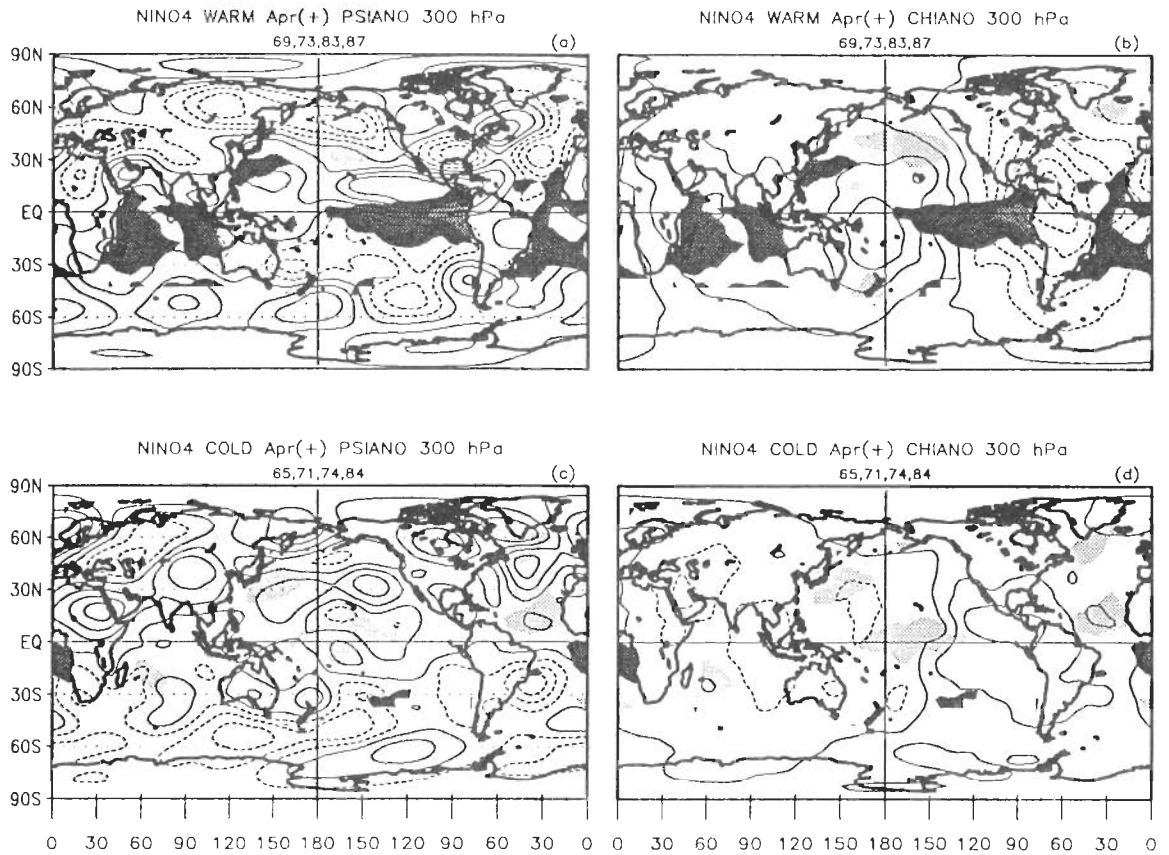


圖 9 同圖 5，但為 300hPa。等值線間距：流函數為 $2 \times 10^6 \text{s}^{-1}$ ，速度位為 $0.5 \times 10^6 \text{s}^{-1}$ 。

聖嬰年」偏冷的氣候特徵是一致的。

在速度位方面，分別比較圖 9b 及圖 5b 和圖 9d 及圖 5d，可以看到環流輻散場在高低層異號的現象。在「聖嬰年」（圖 9b），速度位負距平中心在加勒比海附近，「反聖嬰年」（圖 9d）有兩個速度位負距平中心一在阿拉伯半島上另一在印尼蘇門達臘附近。高層速度位在兩種合成中對比如此明顯，這和我們在前一節中提到的流函數距平水平結構走向差異有何關係，值得未來繼續研究。

d. Oct(+)

圖 10 為 300hPa 流函數與速度位在 Oct(+)

的「聖嬰年」與「反聖嬰年」合成圖。比較高（圖 10a 與 c）低（圖 6a 與 c）層流場，我們發現北半球中高緯擾動，不論是在「聖嬰年」或「反聖嬰年」，其正壓結構不如其他月份的合成結果那麼明顯。在「聖嬰年」，圖 10a 中 40°N - 60°N 之間有一負距平（低壓帶）從俄國往東延伸到東西伯利亞鄂霍次克海附近，並向西南延伸到美洲西岸再往西北延伸到格陵蘭。這個負距平結構在 850hPa（圖 6a）則完全不明顯。但是，南半球中高緯擾動基本上還是清楚的正壓擾動。熱帶地區距平也仍以斜壓結構為主。在「反聖嬰年」，圖 10c 中，中高緯距平的正壓結構雖然比「聖嬰年」要清楚一些，但特別是在亞洲大陸上，距平

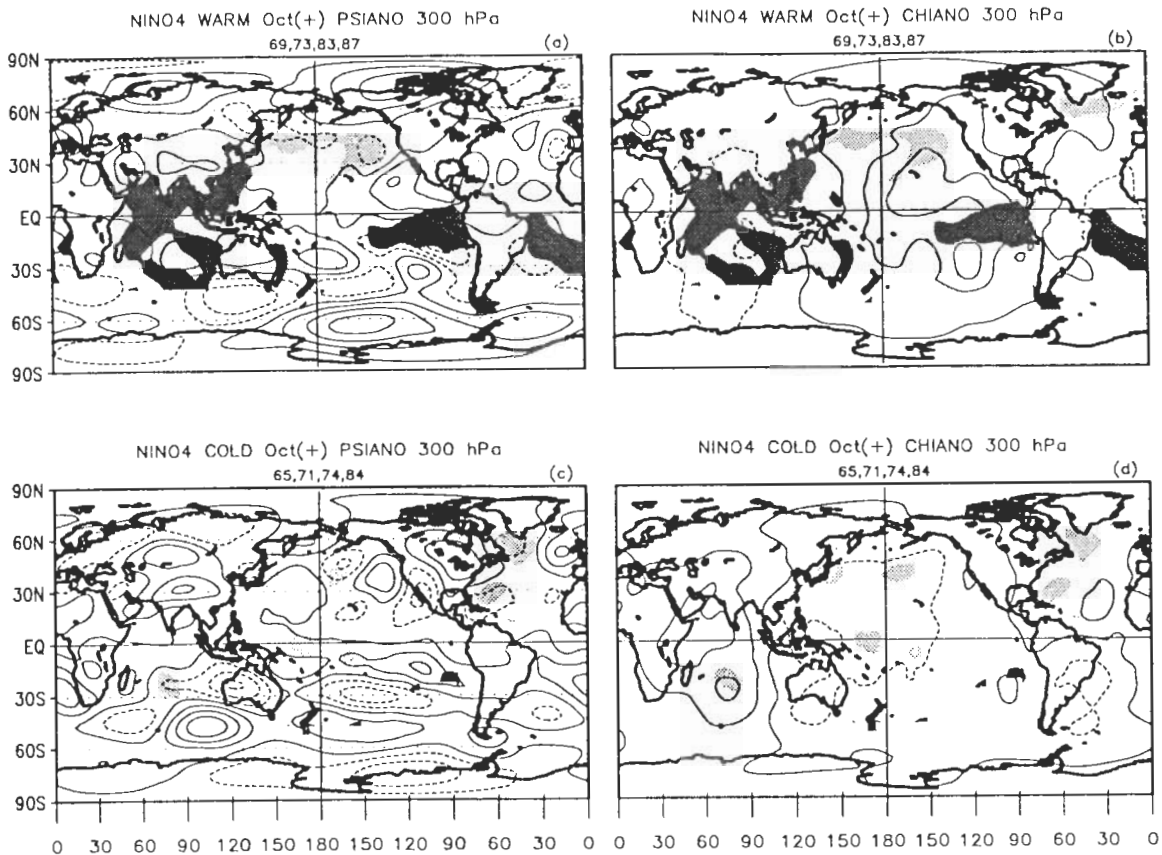


圖 10 同圖 6，但為 300hPa。等值線間距：流函數為 $2 \times 10^6 \text{s}^{-1}$ ，速度位為 $0.5 \times 10^6 \text{s}^{-1}$ 。

的正壓結構仍是比其他月份弱；東北太平洋上的波列狀擾動其走向在高層（圖 10c）和低層（圖 6c）也有明顯的差異。

圖 10a 中沿著 30°N 可以看出一緯向排列整齊，波數約為 10 的波列擾動，沿此波列在台灣上空為正距平，青藏高原上為負距平，西太平洋上也是負距平。這種短波擾動，配合低層的南風距平（圖 6c），和台灣在「聖嬰年」Oct(+)偏濕的氣候特徵是一致的。圖 10c 中沿著 30°N 看到的波狀擾動結構與圖 10a 相差甚多，在波長上前者的波長明顯較長。青藏高原上為明顯的正距平，日本與韓國附近為明顯的負距平，因此台灣的位置可說是甚為有利於短波槽發展。這和台灣

在「反聖嬰年」的 Oct(+)也是偏濕的氣候特徵是一致的。

在速度位方面，圖 10b 與 10d 顯示「聖嬰年」與「反聖嬰年」仍是有明顯的差別。配合圖 6b 與圖 10b 來看，「聖嬰年」的低層主要輻合中心在西印度洋，高層輻散中心位置比低層的輻合中心稍微偏東。圖 6d 與圖 10d 則顯示「反聖嬰年」的低層主要輻合中心在台灣南方的南海、菲律賓海和印尼一帶，高層輻散中心的位置與低層的輻合中心配合得相當完美。從圖 6c 與圖 10c 及圖 6d 與圖 10d 來看，涵蓋台灣的印度、中南半島與南海的流函數負距平（圖 6c）很可能是菲律賓海和赤道西太平洋區域的深積雲對流運動

造成的，這個負距平在赤道另一邊相對的位置距平爲正，而高層方面中南半島上是正距平（圖 10c），南半球的澳洲上方爲負距平。

六、結語與討論

、在本報告中，我們利用了 48 年（1951-1998）的台灣 18 個測站的溫度和雨量資料、全球海溫資料和 39 年（1958-1998）的全球風場資料探討聖嬰現象與台灣異常氣候的關係。聖嬰現象爲赤道太平洋海面溫度的異常現象，本報告是用 Nino4 指標作爲定義赤道太平洋海面溫度的指標。判斷聖嬰現象與台灣異常氣候的基本標準均根據 3 個月滑動平均後的逐月 Nino4 和測站溫度與雨量百分序的大小以及它們異常跡象的持續性或普遍性來判定的。按照「聖嬰 11 月」或「反聖嬰 11 月」的前後年份之 11 月的特性，我們將「聖嬰」分爲六類，「反聖嬰」分爲七類，並發現根據這些有限實例，「聖嬰」和「反聖嬰」的韻律特徵是相當缺乏規律性的。

本研究主要是利用「合成分析法」分析聖嬰現象與台灣異常氣候的關係。爲了探討不同類型的聖嬰現象是否和台灣氣候有不同的關係，合成分析法取用的個案長度爲 27 個月，也就是「準雙年振盪」的時間尺度。27 個月乃是以 ENSO 成熟期的 11 月爲中心前後各囊括 13 個月。合成的方法除了分別按照不同的「聖嬰」與「反聖嬰」類別合成之外，也計算了所有類別的平均值。結果顯示，台灣僅在一些特定月份有異常氣候和聖嬰現象明顯相關的訊號（表四）。在溫度方面，「聖嬰 11 月」以前的 5、6 月偏冷，以後的 12-4 月偏暖。「反聖嬰 11 月」以前的 5、6 月則偏暖，以後的 12-4 月偏冷，並且偏冷的現象以 4

月最明顯。在降水方面，「聖嬰 11 月」以前的 6 月偏濕，9、10 月偏乾，以後的 6 月偏乾，9、10 月偏濕。「反聖嬰 11 月」以前的 6 月偏乾，10 月偏濕，以後的 10 月也是偏濕。但是特別要注意的是，這些台灣溫度和雨量的特徵在各個合成個案中也有程度上的明顯差異，若欲用以作爲預報參考時，需要配合即時氣候監測和 ENSO 預報一起使用。

爲了探討在「聖嬰」與「反聖嬰」條件下台灣異常氣候與大尺度環流的關係，我們挑選出 8 件在異常氣候方面有「聖嬰」與「反聖嬰」強訊號的個案，進行環流的合成分析。所謂強訊號是指在「聖嬰」與「反聖嬰」條件下台灣的異常氣候，特別是溫度方面，有兩種極端異常的表現。分析結果顯示，不論在何季節，台灣偏冷時低層有北風距平，偏暖時則有南風距平；而高層的南北風距平對於台灣的局地溫度異常似乎並不重要。造成低層南、北風距平的系統在 6 月（Jun(0)）以南海、東海、菲律賓海與西太平洋等的海上環流系統爲主；在 12 月（Dec(0)）則是海上與亞洲大陸上的環流系統同等重要；在 4 月（Apr(+)）似乎又是海上的環流系統比較重要。海上環流系統的變化與海溫變化有相當直接的關係。

至於雨量方面，我們發現台灣的偏濕或偏乾除了要看低層環流是否配合之外，高層擾動的特性也很重要。同樣地，我們發現不論在何季節，台灣偏濕時上層大氣若不是在一串流函數波列型式距平的負區內，便是在波長較長的長波槽區。特別有趣的是若在南海上有低層反氣旋環流，如「反聖嬰年」6 月（圖 3c），台灣會偏乾。然而，南海上的低層反氣旋環流若是在 10 月出現（圖 6a），台灣不但不會偏乾，在高層短波活

躍(圖 10a)的情況下還會出現偏濕現象。這主要是因為熱帶深對流系統的季節變化所致。異常海溫所導致的低層異常環流系統在不同的季節有可能會造成區域氣候的不同反應,在探討異常海溫與區域氣候關係時不能不注意。

將「聖嬰」與「反聖嬰」分類後探討台灣異常氣候與聖嬰現象的關係,的確有助於以後進一步研究台灣局地氣候和異常海溫以及大尺度環流的關係。從台灣異常氣候的「聖嬰」和「反聖嬰」訊號來看,我們發現「聖嬰年」的次年春天以前台灣偏暖的特徵只有在「聖嬰年」次年為「非聖嬰年」的條件下比較明顯。這個現象和 Tomita and Yasunari(1993)以及本文中的低層環流合成圖(圖 5a)的結果是一致的。也就是說,台灣的偏暖是因為在台灣南方和東南方的南海、菲律賓海以及赤道西太平洋上有反氣旋環流距平,這個環流距平可能對於加速「聖嬰」的結束有非常重要的作用。但是「反聖嬰年」次年 4 月台灣偏冷的特徵與接下來 11 月的 Nino4 特徵並沒有明顯的關係。從圖 5c 看來,造成台灣偏冷的低壓環流(負距平)沒有擴展到赤道,在水平結構和尺度上也與圖 5a 中的西太平洋高壓環流非常不同。還有一點值得注意,在圖 5a 與 5c 中伴隨西太平洋靠近台灣和日本一帶的異常環流均伴隨有明顯的中緯度海溫距平,圖 5a 中伴隨順時針環流的是海溫正距平,圖 5c 中伴隨逆時針環流的是海溫負距平。這些海溫距平和環流距平造成的平流效應結果是一致的,二者之間的因果關係值得深入研究。

本報告的結論與過去的發現(許與陳 1994, 廖 1995, 吳與陳 1996)大致上是一致的。較有出入的部分有先前結果所指出「聖嬰(反聖

嬰)冬季後的二、三月台灣南部(許與陳 1994)與西部(廖 1995)多雨(少雨)」在本研究中沒有被歸入異常特徵,這可能是因為使用的資料長度與分析方法各不相同所致。過去的學者主要是以 SOI 或 Nino3 為 ENSO 指標,並且在與台灣氣候的關係的探討上主要是參考這些指標與一些代表測站溫度和雨量的相關係數大小或距平配置。本報告中採用的合成分析法並沒有先假設台灣氣候與 ENSO 一定相關,乃是利用清楚的 ENSO 定義將探討二者關係的時間範圍縮小到確實有 ENSO 事件發生的時期內。本報告所用的「異常氣候」定義,不論是在測站數目的要求上或是在百分排序的要求上都比過去的研究更為嚴格,期望對於釐清赤道東太平洋的海溫異常與台灣局地氣候異常之間的關係有所幫助。

台灣氣候溫和,地形複雜,對長期天氣(7-14 天)或短期氣候(30-90 天)預報而言是一具高度挑戰性的地方。近年來因著氣象科技的進步,國際間對於「聖嬰現象」的可預報度信心大為提升,是以也對發展如何將「聖嬰現象」的預報結果落實到局地氣候預報上抱有高度的興趣,本研究工作正是朝此方向起步。從我們嚴格挑選出的極端個案的合成分析結果看來,若要成功的應用「聖嬰現象」預報結果在台灣,該預報必須要適當掌握「聖嬰」與「反聖嬰」的發展和衰退過程;換言之,因對台灣區域氣候有決定性影響的並非 ENSO 這個熱帶海氣現象的本身,而是伴隨其發生與結束過程中的西太平洋沿海的異常環流和海溫;故對台灣而言有意義的「聖嬰現象」預報結果應是指著這些異常環流和海溫而言,冬季中只有 12 月台灣的聖嬰訊號比較明顯;而在這個月份,對台灣區域氣候具決定性影響的不僅有西太平洋沿海的異常環流,還有亞洲大陸

上的異常環流。是否能正確模擬這些異常環流的演變和特性，應該是我們對任何欲用以預報台灣區域氣候之預報模式的基本要求。另一方面，必需要投入更多的研究工作，才能逐漸瞭解這些直接影響台灣區域氣候之異常環流系統的基本特性和可預報度。

誌 謝

本研究部分在行政院國家科學委員會海洋科學研究中心補助，美國國際氣候預測院（International Research Institute）支持下完成，並得到國科會計畫 NSC 89-2621-Z-052-001 支持，特此感謝，也謝謝審查者的細心審查與建議。

參考文獻

- 吳明進、陳圭宏 1996：聖嬰／南方振盪（ENSO）現象對台灣短期氣候變化影響之研究－春雨部份。八十五年度委託計畫研究報告第 CW85-2M-04 號，交通部中央氣象局。
- 許晃雄、陳圭宏 1994：台灣地區低頻大氣變化與熱大海洋及大氣的關係。氣象科技中心技術報告彙編，No.014，中央氣象局，33-58。
- 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，交通部中央氣象局。
- Chang, J.C. 1996: An exploratory study of the relationship between annual frequency of invaded typhoons in Taiwan and El Nino/Southern Oscillation. *TAO*, **7**, 83-105.
- Kalnay, E. M., and the coauthors, 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, **77**, 3, 437-471.
- Kaplan, A., Y. Kushnir, M. Cane, and M. Blumenthal 1997: Reduced space optimal analysis for historical datasets: 136 years of Atlantic sea surface temperatures, *J. Geophys. Res.*, **102**, 27835-27860.
- Kaplan, A., M. Cane, Y. Kushnir, A. Clement, M. Blumenthal, and B. Rajagopalan 1998: Analyses of global sea surface temperature 1856-1991, *J. Geophys. Res.*, **103**, 18567-18589.
- Tomita, T. and T. Yasunari 1993: On the two types of ENSO. *J. Meteor. Soc. Japan*, **71**, 273-284.
- Trenberth, K.E. 1997: The definition of El Nino. *Bull. Meteor. Soc.*, **78**, 2771-2777.
- Reynolds, R. W. and T. M. Smith 1995: A high resolution global sea surface temperature climatology. *J. Climate*, **8**, 1572-1583.
- Ropelewski, C. F. and M. S. Halpert 1987: Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Nino/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 1606-1626.
- Smith, T. M., R. W. Reynolds, R. E. Livezey, and D. C. Stokes 1996: Reconstruction of historical sea surface temperatures using empirical orthogonal functions. *J. Climate*, **9**, 1403-1420.

Taiwan Abnormal Climate and ENSO

Mong-Ming Lu

R&D Center, Central Weather Bureau

(Manuscript received 26 August 1999 ; in final form 4 January 2000)

ABSTRACT

Taiwan ENSO signals are documented in this paper. The investigation follows three steps. First, the warm and cold phases of ENSO are determined and categorized by the percentile ranks of Nino4 index. Second, the temperature and precipitation percentile ranks of the 18 stations in Taiwan are composited according to the ENSO categories. Third, the corresponding circulation and sea surface temperature anomaly patterns are analyzed for the selected months with clear ENSO signals in Taiwan. Our results indicate that the ENSO signals in Taiwan are particularly clear in certain months. It is abnormally cold in the May and June before the "El Nino November", but abnormally warm from December to April after the "El Nino November". It is abnormally warm in the May and June before the "La Nina November", while abnormally cold from December to April after the "La Nina November". The abnormally cold temperature is particularly clear in April. In the precipitation aspect, it is abnormally wet in the June before the "El Nino November", while abnormally dry in the September and October before the "El Nino November". The June after the "El Nino November" is abnormally dry, while the September and October after the "El Nino November" are abnormally wet. The June (October) before the "La Nina November" is abnormally dry (wet), and the October after the "La Nina November" is also abnormally wet. Although variations from case to case exist, there is no evidence showing the opposite signals in these abnormal cases.

Few specific months are selected for depicting the circulation and anomalous sea surface temperature patterns related to the abnormal climate of Taiwan. The selected months are the June before the "ENSO November" and the December, April and October after the "ENSO November". We found that the abnormal temperature in Taiwan is strongly related to the low-level wind direction. When Taiwan is abnormally cold (warm), the corresponding low-level wind anomaly is northerly (southerly). The upper-level wind anomalies seem not much affecting Taiwan temperature anomalies. In April and June, the abnormal climate in Taiwan is associated with the low-level circulation anomalies over the South China Sea, the East China Sea, the Philippine Sea and the western margin of the western Pacific. In December, however, in addition to the low-level circulation anomalies over the marginal seas, the anomalies over the north and central part of mainland China also play a critical role in shaping the low-level wind anomalies over Taiwan. In the aspect of precipitation, we found that in addition to the low-level wind anomalies, the pattern of upper-level perturbations may also be a critical factor. In the abnormally wet condition, Taiwan is under a clear upper-level deep trough that may be a part of a wave train of short waves or a sector of the trough of a long wave. Particular attention should be paid that an anomalous low-level anticyclone over the South China Sea in June may result in abnormal dry situation in Taiwan, however the similar anomalous circulation in October can result in abnormal wet situation. Therefore, the abnormal circulation patterns caused by abnormal sea surface temperature can cause opposite climate situations in Taiwan. Our results suggest that the abnormal Taiwan local climate is sensitive to season, in other words, to the characteristics of the East Asian monsoon system.

Key Words: Taiwan local climate, ENSO