

台灣異常夏溫與海氣環流關係探討

陳雲蘭
氣象預報中心
中央氣象局

摘要

本研究的目地在於建立對台灣氣候特徵的認識，並探究本地氣候與大範圍海氣變異型態可能存在的關係，其目的是供長期預報及監測作業的參考。分析台灣氣候與海氣關係，在此選擇以針對出現異常的個案先進行基礎分析。研究方式使用月以上的資料型態進行，主要希望先看看與大尺度較低頻環流的關係，因此暫時並不涉入月以內尺度的高頻系統。

本文開始先針對台灣的暖季特徵作一分析整理，將全台以六個分區進行全年各分月資料特性的比較，並配合區域環流的氣候場分析，決定真正屬於台灣暖季的月份並描述其特徵，在此整理過程並將討論區域之間的差異情形。另外為瞭解暖季發生異常高低溫的海氣型態，將依台灣地區自1958年到1999年暖季中的溫度排序，挑選大於1個標準偏差的高低溫個案進行海氣資料的分析。挑選異常個案的原則除了取其達到明顯的變異程度外，也參考了台灣夏季溫度極端溫度間差異的幅度。在環流分析方面，主要以合成圖法進行，除了以個案合成分析檢視當季海氣型態的特徵外，也將一併對暖季之前的幾個季節作同樣的計算處理，以觀察可能存在的影響系統於暖季前的演化情形。

進一步觀察這些海氣變異在盛夏以前的演化情形，結果發現影響台灣盛夏溫度的系統，其訊號可追溯到前一個冬天，且此一低頻系統基本上呈現類似ENSO現象的特徵，其中暖夏之前為太平洋海溫偏暖的El Niño現象，冷夏之前則為東太平洋海溫偏冷的La Niña現象，由於這些合成個案年是單純由台灣溫度在盛夏出現異常情況下挑出，並沒有考慮到海氣的表現，但合成分析後發現明顯的ENSO特徵，顯示台灣地區與此系統的可能關連。

一、前言

在氣象方面，雖然短期天氣型態仍是大部份民眾最關心的問題，近年來氣候的變化卻也時常成為媒體的話題，除了詢問未來季節可能的趨勢預報外，大家也對已發生的異常氣候形成原因感到興趣。事實上早期由於歷史資料的缺乏，有關氣候的問題，姑且不論其複雜性，並不能作足夠深入的研究。認知於民眾對氣候問題的需求，近年來本局在短期氣候發展方面做了許多的努力，透過不斷與國外學術與作業單位的連繫與合作，逐漸建立起較完整的長期氣候資料庫，接續的研究分析工作並得以推動。

以現階段而言，吾人認為應先從建立基礎分析的整理資料做起，並以增加對本地地區氣候的瞭解為首要目標。吾人近年來在包含本計畫的主要研究方向即希望建立對台灣氣候特徵的認識，並探究本地氣候與大範圍海氣變異型態可能存在的關係。對長期預報及監測的工作而言，這些研究將有助於掌握環流監視重點，並且也可提供統計模式發展過程中選取預報因子的參考。

分析台灣氣候與海氣關係，我們選擇以針對出現異常的個案先進行基礎分析。這是由於台灣位於副熱帶地區，冷暖的差異幅度並不太大，而影響本地的天氣系統也相當複雜，若考慮所有的個案往往很難突顯可能存在的系統性海氣影響訊息。在實質上，異常的氣候也是最需被注意的重點，

雖然相較於其他地區，台灣氣候變化溫和，但若出現季節性的長期溫度偏高或偏低，或出現連續性的多雨或乾旱，仍會給國家及人民帶來嚴重的損失。

這類異常氣候研究的工作，在針對台灣地區冬季溫度的分析方面，吾人已與台大許昇雄等教授合作完成初步結果（Hsu, 2000），本研究接續將進行的是暖季的溫度分析。文中除希望檢視台灣出現異常夏溫時，海氣環流是否也具有相關的影響特徵外，並先針對台灣的暖季特徵作一基礎的分析整理。在環流分析方面，主要以合成圖法進行，這也是在討論異常氣候型態中最基本的分析工作，本文也期望藉此研究建立基本分析資料以提供日後接續更深入研究的參考。

二、台灣夏季溫度特徵與異常夏溫定義

本文希望研究台灣地區全年最暖季節特徵，除了定義暖季月份，分析其特徵外，並將利用合成分析法針對分析資料年中暖季溫度偏高及偏低的海氣型態加以討論，除瞭解暖夏及冷夏的海氣特徵外，也期望協助日後進一步的分析探討台灣氣候與海氣的關連，或是大尺度海氣型態影響台灣局地氣候的途徑。

分析的開始首先的工作是暖季的定義，在此次的研究中主要採用以月為單位的資料型態，因此必須定義所謂暖季的月份，顯然的，這些月份相對於其他季節應該有最高的平

均溫度，此外既為同一季節，這些月份的溫度變化特性及天氣型態也應大致相同，因此同時也將檢視影響區域的環流型態。定義台灣地區溫度首先會面臨的是全島測站代表性的問題，在直接以所有測站資料平均之前，應考慮是否有區域性不同特徵的可能。因此初步先依地理位置將台灣大分為六個區域進行基本資料檢視。分區大約以中央山脈分為東西二部，並分別劃分北、中、南各三區。配合稍後將應用的海氣資料長度，選擇台灣地區包含山區及離島的20個具完整近40年資料的測站，計算各分區的區域平均狀況。而為了便於比較，另外挑選只以13個本島平地資料作分析，雖然個案將略為減少，但將便於比較。由於其結果與使用全部20個測站的情形相去不遠，因此接下來的分析將以這些平地測站作為代表。

在台灣六個地理分區全年各月平均基本分析資料中，可見以六月至九月的氣溫為最高，但若考慮年際變化的變異情形，則發現地區上南北的差異性。雖然台灣區域之間在季節的表現方面仍有一些差別，在進一步檢視過區域環流特徵後，發現以環流系統而言，台灣附近呈現的型態仍以7月及8月最為類似。因此本研究以7、8月定義為台灣的暖季，並稱之為盛夏季節。盛夏時期台灣地區標準差偏小是一項重要特徵，若以現行三分法氣候分類來看，高溫類別與低溫類別的溫度差異也只有 0.5°C 左右，對原本就不易掌握的長期預報而言，盛夏氣溫的預測顯得困難。

瞭解暖季的基本特性後，接下來開始觀察暖季發生異常高低溫的海氣型態。本文依台灣地區自1958年到1999年暖季中的溫度排序，挑選大於1個標準偏差的高低溫個案進行海氣資料的合成分析。事實上，現行長期預報作業中將氣候使用三分法分類，其比例為30%、40%及30%分別區分溫度偏高、正常及偏低的類別，若以本研究42個個案而言，則偏暖及偏冷的個案數均將達12左右，以標準化後的資料而言，約在 ± 0.6 以上，但由前章台灣基本資料分析中，我們已知在三分法下，冷暖的差距幅度並不特別顯著，在此情況下將很難突顯異常型態的特徵。因此本文使用更嚴格的標準，以溫度超過1個標準差以上作為挑選的準則。

此外在本研究分析過程也發現台灣測站資料在近數十年存在明顯的長期增溫現象，並且在海氣環流氣候資料也同樣有類似的低頻周期變化，這可能是在其他的研究分析中所被廣泛討論的暖化特徵。本研究為了避免無法釐清長期趨勢及其他時間尺度的影響程度，在分析中皆先去除此暖化因素。

三、台灣異常夏溫之海氣環流合成分析

本節除了以個案合成分析檢視當季海氣型態的特徵外，也將一併對暖季之前的幾個季節作同樣的計算處理，以觀察可能存在的影響系統於暖季前的演化情形。

觀察異常夏溫當季的環流型態，我們先以區域範圍來說明，圖二由左至右分別以地面氣壓場、850百帕風場、500

百帕度場及200百帕風場來比較冷暖夏。其中由上而下圖二(a)為暖夏合成圖，(b)為冷夏合成圖，(c)則是冷暖夏的差異圖。在地面氣壓的比較方面，可見主要的控制系統為大陸低壓及海上的副高系統，而暖季與冷季最主要的差別在於若以1008百帕等壓線代表大陸熱低壓範圍，可見在冷季時熱低壓勢力較明顯，其勢力並可擴展至菲律賓東方海面一帶，相對來說，自台灣往東南方向至近赤道地區為一低壓槽區，這也是夏季熱帶氣旋易發展的地區，以常態化後的距平來看，此區在暖季為明顯的高壓偏差，顯示較不利熱帶擾動系統的發展。另外在副高方面可見暖季時脊場偏南，冷季時脊場偏北，這種差異也會使南緣熱帶擾動形成不同的影響路徑。在低層風場上除可觀察到類似於地面層的特徵外，尚可提供低緯度的流場情形，由於暖季時高壓南壓，由緯向風距平可見在南海至菲律賓附近為東風距平，顯示此區夏季季風槽氣旋勢力偏弱，台灣主要由高壓系統影響；相反的冷季時副高偏北，台灣則位於其南緣的低壓氣旋環流區。中層的高度場，可由5880等高線來觀察副高系統勢力範圍，發現在冷季副高除偏北外，其強度並且偏弱，圖中並清楚顯示暖季發生時，其實在整個低緯地區皆是顯著的正距平，冷季也有大範圍低壓距平的現象，這種低緯度大範圍的異常現象可能是影響副高系統發展的原因之一。此外高壓的南壓也使得日本區出現明顯的低壓距平，形成盛夏季節台灣區與日本地區為反相相關型態。高層的風場主要觀察的是南亞反氣旋，同樣的，在暖季高層也呈現系統南壓的情況，反氣旋的脊場位置相對於冷季偏南，這種情形在差異圖中較易辨識，台灣上空以北附近為一反氣旋距平。以上冷暖夏合成分析的特徵同樣也出現在未去除長期趨勢的資料分析中，因此更可以增加這些合成結果的可信度。由以上分析可知在台灣冷暖夏雖然溫度差異的幅度並不特別顯著，但在環流場也的循環顯示有一些系統性差異，暗示台灣夏季的氣溫與海氣環流的變化有關，且由大範圍的合成分析也顯示出與全球尺度的關係，而非只是局部環流系統的影響，這將使夏溫的長期預報出現一線曙光。

前段的分析指出一些可能與造成台灣地區異常夏溫有關的海氣特徵，為進一步瞭解這些異常型態的形成過程，本段將進一步分析幾個盛夏以前季節的環流合成圖，觀察異常系統的時空演化情形。圖三至圖八分別以幾個代表性的層場觀察異常盛夏溫度出現前一個冬季以來的狀況，各圖由上至下為自前一年的11月起連續5個2個月平均合成圖，以季節而言即為前年初冬(ND)、當年隆冬(JF)、春季(MA)、梅雨季(MJ)及盛夏(JA)，這樣的分季主要是配合本文中以兩個月定義盛夏季節而來。同樣的，計算這些合成圖之前我們已去除可能存在的長周期。分析結果摘要如下：

在地面氣壓圖(圖三)及500百帕高度場(圖四)中，透過前述的分析，在此我們主要想觀察的是在低緯的大範圍距平由來。從圖中清楚可見這些特徵也存在於前面各季，換言之其確為一低頻影響的系統，且早在之前的冬季就已形成。特別注意冬季的合成圖，會發現在東西太平洋呈現的反向地面氣壓距平是類似於我們熟悉的ENSO型態，而500百帕高度場在熱帶偏高或偏低也同屬其特徵。因此從台灣冷暖

夏環流合成分析出現清楚的反相符號，且具類似於ENSO的特徵看來，台灣地區可能也在這個大尺度海氣異常現象的影響範圍之中，由於此為一低頻影響的系統，因此由冬季的環流異常配置情形，也許可對接下來的夏季形態略窺一二。不過需注意的是，前段所是在台灣與日本區的反相特徵只在盛夏時才出現，這應與季節性控制系統（即夏季副高系統）有關。

圖五及圖六分別繼續觀察高低層流函數場在盛夏前的變化。可見高低層系統表現大致類似，但在低緯高低層為呈反相的斜壓系統，在高緯則偏同相位。雖然由前段分析已知由流函數場看來，盛夏時環流型態異常程度不特別明顯，但看到前面各季會發現與前面高度及氣壓場分析中一致的情形，即自前一個冬季以來已存在一類似於ENSO的低頻異常現象，這個系統性的差異型態在冬季時最為顯著，春季過後東太平洋的異常逐漸減弱，可是在西太平洋區則可持續到夏季。換言之，夏季的異常型態可能有來自於前冬的影響。在高層的流函數場中另有一個導注意的地方，雖然暖年在盛夏時高層反氣旋在東亞地區略為偏強，但事實上這個地區在入夏以前卻是明顯的低壓距平。而冷夏南亞反氣旋雖偏弱，但之前的梅雨季節已可見有反氣旋距平在東亞一帶，而這個距平也是延續自冬季以來的變化，由此看來異常年在夏季反氣旋的型態與前冬的低頻異常型態是反向的。

另外觀察高層輻散（合）情形，我們發現出現異常冷暖夏時，易發生大範圍熱帶對流的地區也有異常變化的情形，圖七將繼續以高層速度位場來說明前季的變化。由圖中同樣發現異常信號為一低頻的表現，並且信號在前面各季都很明顯，接近盛夏則逐漸減弱。大體而言，暖夏西太平洋區在前冬以來即為相疊區，而冷夏之前的西太平洋則為一有利於熱帶對流發展的地區，這些異常型態也是明顯的ENSO特徵。

圖八顯示台灣冷暖年的海溫合成圖，更是可以清楚的看出暖夏之前為太平洋海溫偏暖的El Niño現象，冷年則為東太平洋海溫偏冷的La Niña現象，這也可以解釋在前面所討論的幾個層場中看到的現象。由於這些合成個案年是單純由台灣溫度在盛夏出現異常情況下挑出，並沒有考慮到海氣的表現，但合成分析後發現明顯的ENSO特徵，似乎暗示台灣地區與此系統的關係，因此在下一段的分析中，我們要針對這個部份作更多的討論。

由於本文所選出的異常個案有明顯的ENSO特徵，並且在前季合成圖中顯示在冬季有最明顯的信號，這應與ENSO一般在冬季勢力達到最強有關。下面將針對所選的異常夏溫個案，檢視每一個個案在夏季前後ENSO指數的表現，另外為瞭解其他非異常夏溫年的狀況，也將以散布圖說明之。指數的選用採Trenberth (1997) 的方法，以Niño3.4指標的變異情形來觀察海氣達到ENSO現象的程度。從圖九(a)台灣盛夏與前一年初冬ENSO指數的散布圖中可看出兩者呈一線性關係，以1958至1999年42個個案而言，相關可達+43%，且在所選出達到異常程度的夏溫年，ENSO指標也多出現偏高或偏低的情形，另外值得注意的是若去除異常個案則散布圖中的線性關係將不存在。再以圖(b)(c)分別

檢視暖夏及冷夏各個案前後指數的變化情形，可見暖夏發生前個案指標多為偏高，進入夏季後，則轉為低指標。這種情形以1983及1998年最為清楚，其他3個個案變化幅度則較小。事實上在Trenberth的定義中這5個暖夏年之前的冬天除1967年外，皆屬於El Niño年。冷夏方面，個案之間的差異性明顯較大，其中除了2個El Niño年(73及95年)外，其餘個案在夏季前呈現與暖夏反相的低指標，其中包含屬於La Niña的5個個案(72,74,76,85及99)，進入夏季後有3個發展成El Niño現象的個案轉為高指標，其他個案的指數則呈偏低指標。由以上分析可知，整體相關顯示台灣夏溫與ENSO指數有關的可能，且由散布圖中可知這種關係在異常年時較為顯著。另外，在本文以台灣資料選出的5個暖夏個案，在夏季前的特徵呈現一致的偏高指標，其中的4個是屬於El Niño年，冷夏的個案在夏季前有5個La Niña個案，形成多為低指標，但仍有2個是屬於完全反向的El Niño年，這可能表示造成暖夏的因素較冷夏單純，就預報應用而言，也會使冷夏的預報參考性較暖季為低。

由於前述指出在暖夏前易有高指標的El Niño現象，之後則易呈低指標，因此接下來以發生ENSO個案的角度來檢查台灣盛夏溫度的狀況，並以圖十來說明，由Trenberth的定義中我們列出在分析資料年中冬季出現ENSO現象的個案，並整理出在其之前及之後台灣盛夏季節的溫度情形。其中圖(a)(b)分別顯示在冬季發生El Niño及La Niña現象之後的夏溫，圖(c)(d)則分別顯示在冬季發生El Niño及La Niña現象之前的夏溫。為方便比較，在各圖右方並以橫條圖將冷暖個案比例圖示之。由其分析可知在多數的El Niño冬季之後為暖夏，反之在多數的La Niña冬季之後為冷夏，這與前面自台灣角度所作分析結果相符。而El Niño冬季之前多為冷夏與La Niña冬季之前為暖夏，這個結論也可從前述個案與指標前後時間變化分析中窺知，並且也與陳圭宏(1998)以SOI資料所做的結果一致。但需要提醒的是，前述的關係並非絕對，在圖十的4種組合討論中，我們都可注意到關係完全相反的例外，譬如在El Niño冬季後的夏溫，雖然在15個個案中有高達11個在均溫之上，但仍有4個個案仍仍達偏冷程度，其中更有2個達到異常偏冷。這提醒我們在討論台灣氣候問題時，不可只考慮ENSO的影響，而忽略並也可能存在的因素。

四、結語

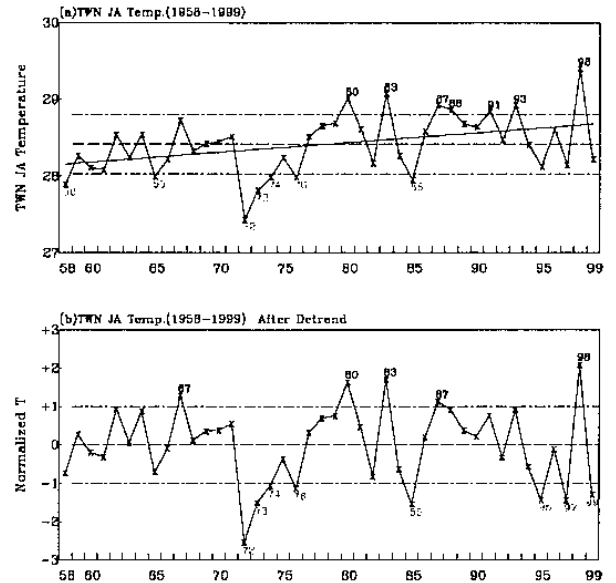
在接續針對台灣異常夏溫與ENSO現象可能關連的分析中，我們的確可見有相關的信號，大體而言在El Niño冬季之後易出現異常暖夏，反之在La Niña冬季之後易出現異常冷夏，這種關係並以前者較為清楚，但ENSO現象對於冷暖夏的影響途徑並不單純，前述的關係也並非絕對，有幾個個案甚至出現完全相反的情形。因此雖然我們從分析中可證實台灣異常氣候的出現存在著ENSO的影響，但仍不可忽略其他可能影響局部地區環流系統的因素。另外日後應對ENSO現象透過何種途徑影響台灣的問題進行更仔細的分析，觀察其如

何影響盛夏期間東亞區域環流中副高與南亞反氣旋等控制系統。

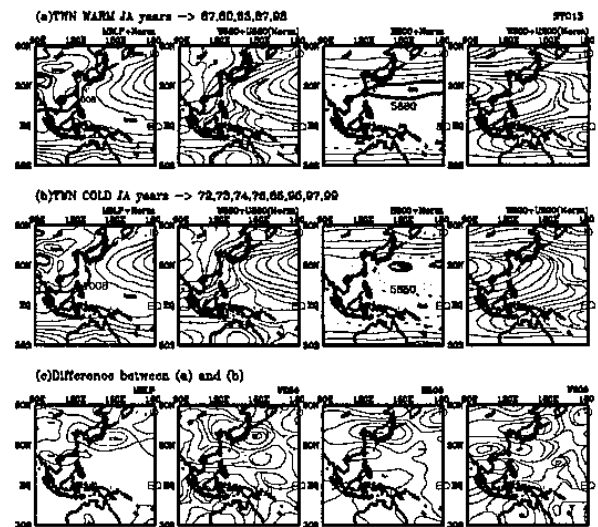
此外，分析盛夏當季與前些季的合成圖時，會發現在暖夏的海氣變異程度較清楚，冷夏合成圖雖有略呈與暖夏反相的信號，但卻較不明顯。換言之台灣與海氣系統的關係在異常暖夏可能比冷夏容易辨識，舉例來說，當副高偏南籠罩台灣上空時，基本上受下沉穩定熱氣團影響，台灣將易偏高溫，但若副高偏北，台灣卻不一定會偏冷，因為高溫雖不能直接透過副高獲得，卻不能排除其他系統影響的可能，如熱帶氣旋經過附近造成外圍地區下沉的高溫現象即是一例。在未來進一步的研究中我們將另對此問題進行分析。

五、參考文獻

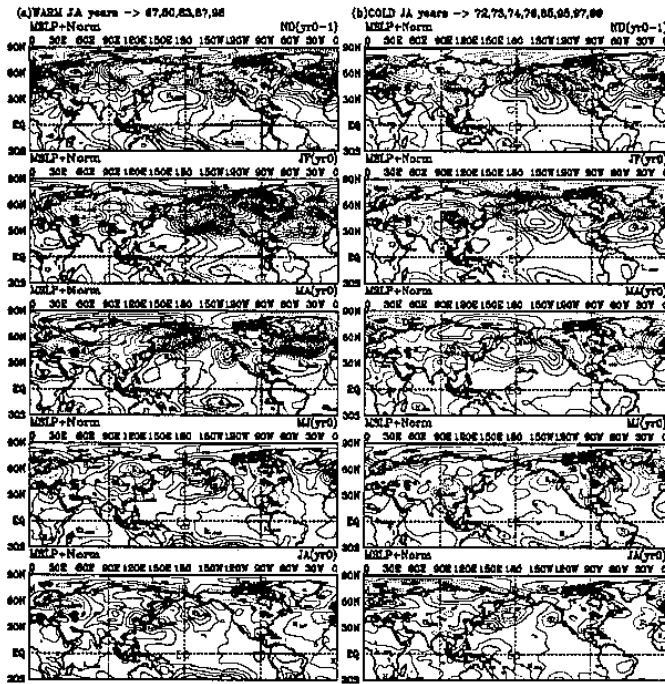
- 中央氣象局，1994：臺灣地區近百年來氣候之變化。臺灣地區氣候變化之分析與評估，附錄 5.3。
- 陳圭宏，1998：台灣地區夏季（7、8、9月）氣候和ENSO的關係。天氣分析與預報研討會論文集編(87)，403-408。
- Kevin E. Trenberth, 1997: "The Definition of El Niño". *Bulletin of the American Meteorological Society*, 2771-2777.
- Huang-Hsiung Hsu, Yuen-Lian Chen, Wen-Shung Kau, 2000: "Effects of Atmosphere-Ocean Interaction on the Interannual Variability of Winter Temperature in Taiwan and East Asia". (Submitted to *Climate Dynamics*)



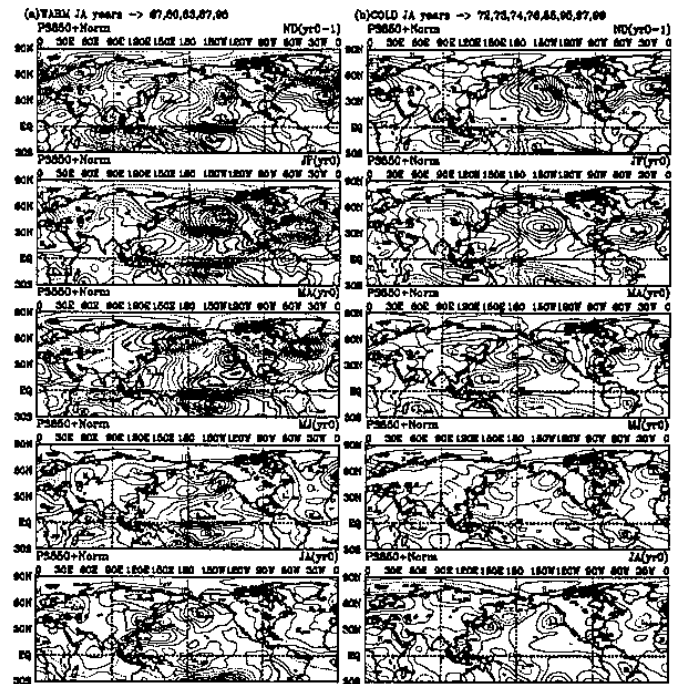
圖一、台灣地區盛夏季節溫度自1958年至1999年的時間序列圖。其中圖(a)曲線為原始觀測資料，均勻虛線及二個長短虛線分別為平均值及加減一個標準差的範圍，中間貫穿的斜線為長期趨勢線。圖(b)則為去掉長期趨勢的時間序列圖。圖中標出的數字為本文所選的異常年份。



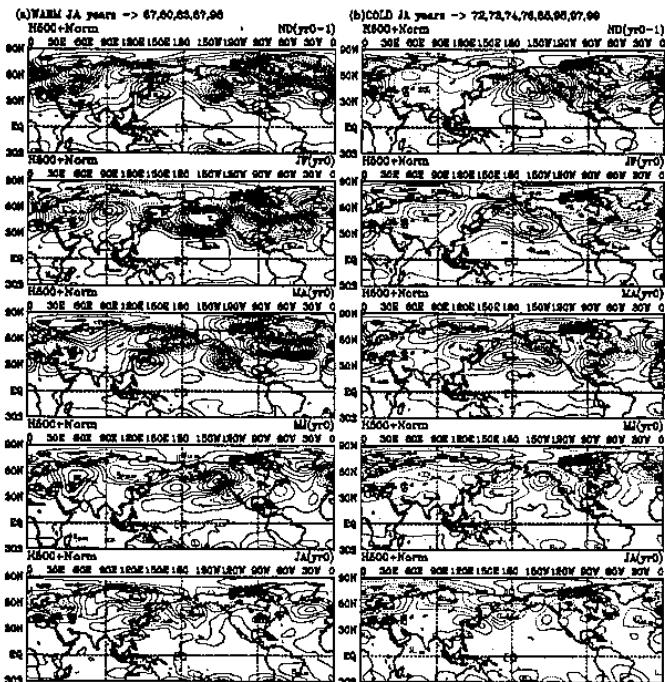
圖二、台灣異常夏溫區域環流合成圖(資料已去長期趨勢)。(a)為暖夏合成圖，(b)為冷夏合成圖，(c)為冷、暖夏差異圖。各圖由左至右分別為地面氣壓場、850百帕風場、500百帕高變場及200百帕風場。其中陰影區為各場超過0.5個標準差的常態化距平範圍(淺色為正值，深色為負)，惟伴隨風場的是緯向風距平。



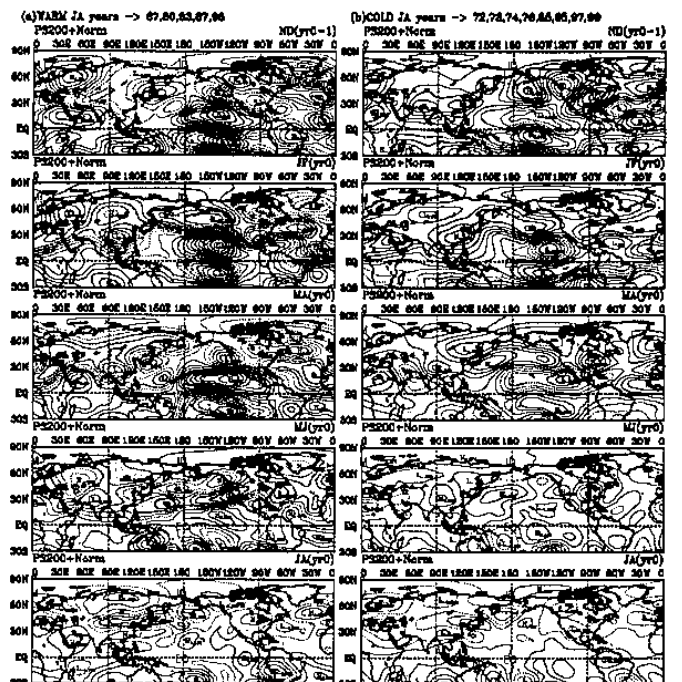
圖三、台灣異常夏溫前各季地面氣壓場合成圖(資料已去長期驅勢)。(a)為暖夏合成圖，(b)為冷夏合成圖。各圖由上而下分別為前一年初冬(ND)、當年隆冬(JF)、春季(MA)、梅雨季(MA)及盛夏(JA)合成圖，其中陰影區為超過0.5個標準差的常態化距平範圍。



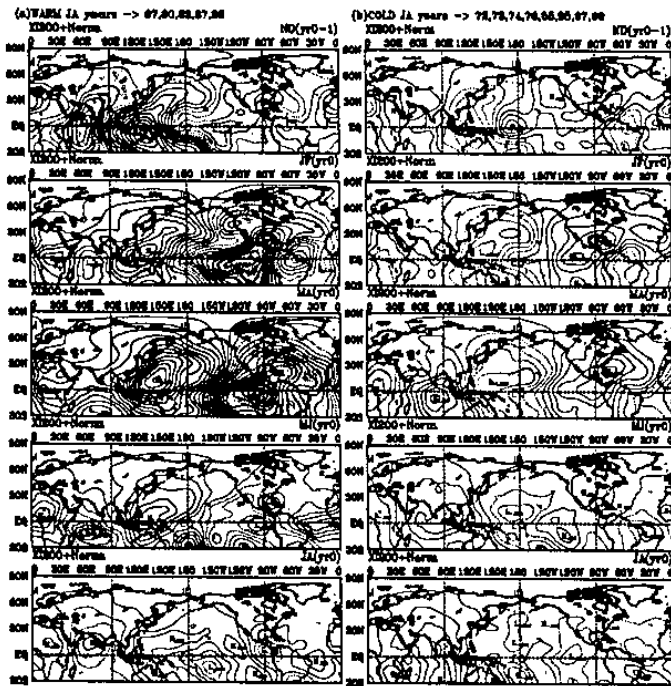
圖五、同圖三。但為850百帕流函數場。



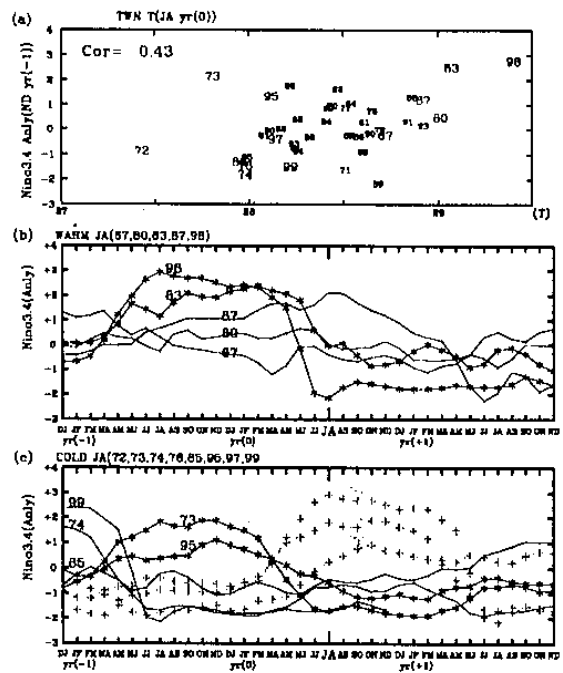
圖四、同圖三。但為500百帕高度場。



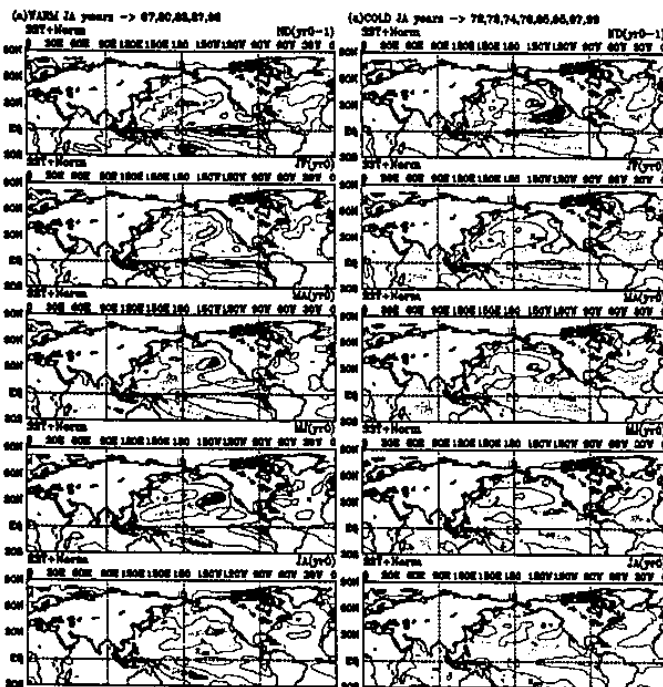
圖六、同圖三。但為200百帕流函數場。



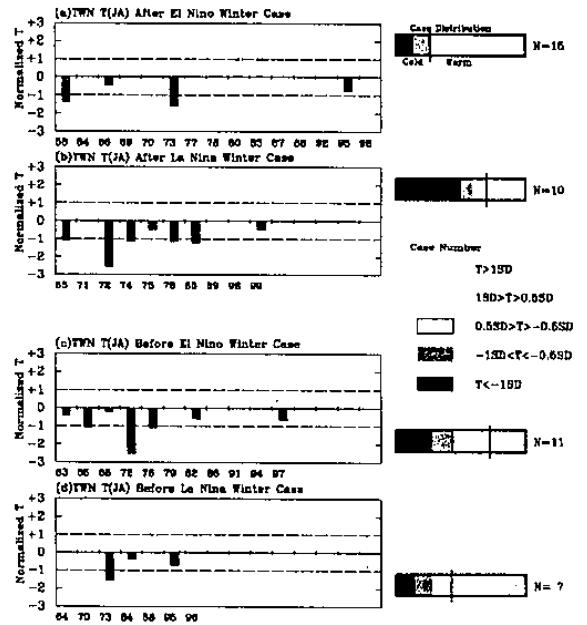
圖七、同圖三。但為 200 百帕速度位場。



圖九、圖(a)為 1958 至 1999 年台灣盛夏(JA)氣溫與前一年初冬(ND) Nino 3.4 指標散佈圖。圖(b)為 5 個暖夏個案年前後的 Nino 3.4 時間序列圖。圖(c)為 8 個冷夏個案年前後的 Nino 3.4 時間序列圖。



圖八、同圖三。但為海平面溫度場。



圖十、冬季出現 ENSO 現象的台灣夏溫分布圖。圖(a)為 El Niño 之後的夏溫；圖(b)為 La Niña 之後的夏溫；圖(c)為 El Niño 之前的夏溫；(d)為 La Niña 之前的夏溫。各圖右方橫長條圖顯示個案中冷暖夏出現的比例。