

影響臺灣地區冬季最高/低溫度變化之相關 天氣因子分析

陳重功 羅存文 王惠民
氣象科技中心

摘要

在本研究中使用十年(1980年10月至1989年12月)的資料,分析臺灣地區冬季之最高/低溫度變化與大氣環流變化之相互關係。分析結果顯示,主要與低層大氣熱力場變化有著十分密切的相關變化。其次,在中對流層的動力場,亦存在顯著的相關變化,但相關程度則不及低層熱力場。

應用奇異值分析(SVD; Singular Value Decomposition Analysis)方法,探討在不同尺度環流因子的相關分析。由於冬季變性大陸高壓規律性東移出海,為對臺灣地區提供了大範圍溫度變化的環境趨勢。其最相關之異常冷心相關區,在華中及黃海一帶;而此相關區對臺灣地區之相關分佈中,則突顯出中央山脈地形效應的影響。大致上,大範圍 850 百帕溫度場比局部 850 百帕溫度場因子有較為穩定的對應相關變化。然而在低溫發生時,則情形相反。

一、前言

臺灣地區冬季處於東北季風環流盛行區域,茲以臺北測站為例,自十月至翌年二月期間,低層盛行東北風,且呈現降溫之趨勢(王, 1984)。此期間,由於極地空氣團呈現週期性之南下侵襲,對臺北地區之最高及最低溫度的變化,有極相關之影響。而寒潮爆發,導致氣溫之極速下降,所造成的寒害,更被列為四大氣象災害之一。因此,對於臺灣地區最高/低溫度的變化與鄰近東亞之季風環流影響之相互關係的了解實為防範寒害之必要步驟。

蔡與任(1980),曾對於臺灣地區之寒潮予以定義,並對伴隨之綜觀天氣環流型式進行基礎性分析。目前,本局在發展氣象業務全面電腦化第三期計劃中,逐日之最高及最低溫度預報,即列為統計預報(Perfect-prog)發展項目之一。而本研究中,即透過相關因子的篩選過程,對不同尺度環流因子對局地天

氣變化之影響,做更深入的了解。

二、資料與分析方法

本研究中,所使用的冬季各月(10月-2月)資料期間,起自1980年10月1日至1989年12月31日。資料來源,包括25個氣象局所屬氣象站的逐日觀測最高及最低溫度;以及歐洲氣象中心(ECMWF/WMO)之 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 經緯網格全球客觀分析資料(00Z),研究所截取的東亞季風環流範圍:緯度起自北緯10度至40度,經度自東經100度至140度,共計221個網格點。包含500、700、850及1000百帕各層的高度、溫度、水平風場(u和v分量)及相對濕度等氣象變數。

研究分析過程中,先求取臺灣鄰近四個EC格點資料之平均值,用以代表臺灣地區的區域環流。這四個格點經緯對應位置,由左至右且由較高緯度至較低緯度,其排列如后: 1(25°N,120°E),2(25°N,122.5°E),3

(22.5°N,120°E)和 4(22.5°N,122.5°E)·進而透過相關分析(Correlation Analysis),藉以了解臺灣區域環流因子對臺灣地區最高/低溫度的影響程度·此處臺灣地區僅以五個測站為代表:北部以臺北站為代表,臺中站代表中部地區,南部為高雄站,東部取花蓮站,並加入玉山測站代表山地區域·續而應用奇異值分析方式,探究東亞季風環流對臺灣地區之最高/低溫度的影響·Bretherton、Smith and Wallace (1992)曾深入介紹及應用 SVD 分析方法於氣象資料·在本研究中奇異值分析,做運算的主要副程式取自 LINPACK 軟體資料庫

三、局部環流因子之相關分析

首先對臺灣地區之各種基本局部環流因子與臺灣冬季最高/低溫度的變化進行相關分析·表一及表二各別代表臺灣冬季最高溫度及最低溫度與各層場環流因子的相關係數分佈情形·基本而言,臺灣各區冬季最高及最低溫度與局部環流因子的相關趨勢分佈一致·

溫度場及厚度場顯示最高的正相關係數,其變化趨勢由低層向較高層遞減·其中,以 1000 百帕至 850 百帕間的厚度場與臺中測站之冬季最低溫度之相關係數,達 0.935·而玉山測站則因測站位置較高,鄰近之 700 百帕的相關較突顯·在高度場,則呈現出高低層相反相位之性質,在 1000 百帕呈現負相關·而 850 百帕層,則近乎無顯著之關係存在·向上層發展,則呈現正相關,而 500 百帕為最高相關層,但比溫度及厚度場之表現較差·各層濕度場顯示較弱之相關程度·然而在 850 及 700 百帕層,與最高溫度卻有顯著的負相關出現·

在風場的相關分析,冬季之最高/低溫度和 u 分量的關係顯示,在 1000 百帕層近乎無顯著相關現象·當 u 分量向高層伸展時,呈現負相關增強之趨勢·而至 500 百帕層,相關程度最強·在表二中,即顯示臺北測站之冬季最低溫度與 500 百帕 u 分量相關係數達 -0.849·而在 v 分量的分析中,顯示出與 u 分量反向

之相關變化分佈情形(見表一及二),但強度卻較 u 分量為弱·一般而論,多數局部環流變數與最低溫度的相關變化強度,均較與最高溫度之相關變化為強·然而,相對濕度場及風場 v 分量則呈現相反的相關變化趨勢·

在美國國家氣象局所使用的統計預報迴歸模式中(NGM MOS)採用的預報因子中,即建議低層(950、900、850 或 700 百帕)的溫度場為最高溫度迴歸模式主要的因子,而最低溫度則以低層厚度場為主(Eli, J., J. Bower etc; 1990)·此與本節分析的結果是一致的·

四、東亞季風環流影響之相關分析

由上節的分析結果顯示,低層的溫度場及厚度場之相關情形最佳·因此,在本節研究中取用 850 百帕溫度場與臺灣冬季最高/低溫度進行奇異值分析(資料選取範圍見第二節中敘述)·同時,亦對 500 百帕風場 u 分量進行同樣的分析,以探究從動力變數觀點的相關影響·

(一)、850 百帕溫度場奇異值分析

透過奇異值分析方法分析 850 百帕東亞區域之溫度場和臺灣地區冬季最高/低溫度相互間變化·在表三中,列出各別前三個協方差平方比例(SCF; Squared Covariance Fraction)及相關分佈情形·就分析結果顯示,最高/低溫度變數兩個案例的變化十分一致·

在協方差平方比例中,第一組奇異值分量即佔了 99%以上·而該分量在 850 百帕溫度場上,解釋了 76% 的變方分量;相對的在臺灣地區的最高/低溫度之表現上,各別解釋了 86%與 90%的變方分量·各別的奇異值分量間的相關係數高達 0.92·以上分析顯示了 850 百帕溫度場的第一個奇異值分量之變化,對臺灣地區的冬季最高/低溫度表現有極顯著的影響·

圖一、二中(a)及(b)部份所顯示,各別為 850 百帕溫度場及臺灣地區最高/低溫度第一個奇異值分量的水平均質(Homogeneous;見 Bretherton etc., 1992)相關

分佈情形。在 850 百帕溫度場上，最強負相關出現於韓國南端附近。而相關係數達 -0.90 的涵蓋範圍，由華中一帶向東北延伸至朝鮮半島及日本中、南部附近。此因冬季大陸冷高壓東移，受北方冷空氣侵襲，溫度異常變化影響最大之相關區域。強度向南逐漸減弱。在臺灣地區(圖中(b)部份)最高/低溫度的水平相關變化，則顯出受中央山脈的影響，在山地區域(玉山、阿里山)相關程度較低，而向四週平地區域逐漸增強。吳(1983)在對臺灣的氣候分區的研究中，即提及中央山脈的阻擋形成區域氣候不同的特徵。

圖三、四中(a)及(b)部份所顯示，分別為 850 百帕溫度場及臺灣地區最高/低溫度第一個奇異值分量的水平異質(Heterogenous)相關分佈情形。在東亞季風環流區域，臺灣地區最高/低溫度的第一個奇異值分量與 850 百帕溫度場的水平相關分佈與均質狀況相似。若以相關強度 0.90 為界，其涵蓋範圍較均質分佈為小，且位置較偏南。在最低溫度案例中，最強相關區落在臺灣東北角附近。在臺灣地區，850 百帕的第一個奇異值向量與臺灣地區最高/低溫度水平相關分佈，和均質分佈一致，唯相關程度比較低，而其中以山區(玉山、阿里山)強度差異最大。

由表三中顯示，第二、三組奇異值分量，無論在最高或最低溫度的案例中，其 SCF 均十分微小且不足 0.1%。其在 850 百帕溫度場上，所解釋之變異量僅佔 7% 以下，而在臺灣地區上，亦僅解釋了不足 3%。雖然，其各組分量彼此間相關強度達到 0.50 至 0.60 間極顯著的情形，但是較第一組奇異值分量的貢獻相差頗鉅。

圖五、六分別顯示，最高/低溫度案例的第二組奇異值分量，在 850 百帕溫度場及臺灣地區之均質水平相關分佈情形。在 850 百帕溫度場上，正相關中心，出現在華中、華北附近，而相對應的負中心則分別顯現在中南半島至巴士海峽一帶，呈現出中、低緯度及海、陸分佈差異的特徵性。而在臺灣區域的變化，最高溫度的案例的分佈，呈現中部、西北部及玉山的正相關與其餘負區之對峙。但在最低溫度案例中，則突

顯出東北角地區(以基隆為主)之正相關區與其餘部份負相關分佈的對立，同時亦突顯出山區(玉山、阿里山)為最強之負相關中心。

圖七、八則分別顯示，最高/低溫度案例的第三組奇異值分量，在 850 百帕溫度場及臺灣地區之均質水平相關分佈情形。在 850 百帕溫度場上，最高/低溫度兩案例顯示出反相位之分佈。突顯出延著海陸交界區域與內陸和太平洋相對之分佈。而在臺灣區域，最高溫度案例呈現出南、北對峙之分佈，然最低溫度案例中，則顯示出東北部及玉山、阿里山山區的負相關和西側及南端的正相關區對比情形。在此兩個案例，相關強度均較弱。

(二)、500 百帕風場 u 分量奇異值分析

由 500 百帕風場 u 分量與臺灣地區最高/低溫度間的奇異值分析之 SCF 分佈顯示，第一奇異值均近乎 100%，而其餘皆甚微(見表四)。在 500 百帕風場 u 分量上變異量的解釋率，第一奇異值分量佔約 50%，第二個分量約 12-14%，而第三個分量約 6-9%。相較於 850 百帕溫度場，則第一個分量降低約 15%，其餘則高出約兩倍。由表四中，顯示出各組分量間，彼此相關變化趨勢和 850 百帕溫度場之案例相似，唯相關程度均較低些。

最高/低溫度兩個案例之 500 百帕風場 u 分量的第一個奇異值水平均質相關分佈，均相當一致的顯示最強正相關區，出現在臺灣東北部附近(見圖九(a)及(b))。且向中緯度及赤道低緯度區域迅速遞減。

在奇異值分析中，850 百帕溫度場及 500 百帕風場 u 分量案例上，各別的第一分量均顯示出極高之解釋率。而此兩個第一分量的相關係數亦高達到 0.92。所以，此兩個變數場所各別析出的第一個分量，代表由不同的氣象物理量之觀點，同時在描述冬季大陸冷高壓南侵的主要異常變化的現象。

(三)、局部與大範圍環流對臺灣影響的比較

對 850 百帕溫度場而言，臺灣地區的局部環流及東亞季風環流，對臺灣區域的最高/低溫度相關分佈(見表一、二中，加深框線部份)，均顯示出相近似之強度。大致上，在最高溫度的案例中，大範圍因子比局部環流因子有較高些的相關程度；對最低溫度案例而言，則顯出大範圍因子比局部環流因子較弱些。

由於不同尺度環流的作用，對局地天氣變化提供了不同層次的貢獻。茲就臺北測站之最低溫度為例，圖十(a)及(b)分別為臺北常態化之最低溫度與各別常態化之 850 百帕溫度場的局部環流因子(臺灣附近四點平值)及大範圍環流因子(第一奇異值分量)的對應分佈。以臺北最低溫度的頻率分佈，分為負異常、正常及正異常(各別為 $<30\%$ 、 $>30\%$ 且 $<70\%$ 、 $>70\%$ ；30%的相對應常態化指標為-0.60，而70%為0.57)。基本上，在正異常部份局部因子的分佈較大範圍因子為集中；對正常部份則顯示出，大範圍因子有極穩定且集中的分佈，而局部因子則顯示出較強的發散分佈。在負異常部份，局部環流因子顯出較好的對應相關，而大範圍因子則低估最低溫度的發生。因此，亦突顯出臺北地區之寒潮低溫發生，除了受大範圍綜觀尺度提供環境的貢獻外，局地環流變化之效應的影響，也扮演了極為重要的角色。

五、結語

就上述分析顯示，臺灣地區冬季之最高/低溫度變化，主要與低層大氣熱力場變化有著十分密切的關係。而在中對流層的動力場，亦顯出十分顯著的相關變化，但相關程度則較低層熱力場為弱。

臺灣地區地形效應所導致的影響，在最高/低溫度的水平分佈上亦十分顯著。對於不同尺度環流因子的相關分析，東亞季風環流的變化，對臺灣地區之最高/低溫度提供了大範圍溫度變化的環境條件。而局部環流因子則主要提供局部變化修正因素。在正常案例情形下，大範圍因子較局部因素為重要且較穩定。然在低溫(尤其是寒潮)發生時的現象，可能因大範圍

的主要奇異值向量，無法表達出伴隨環流的異常現象；亦或局地因素的效應增強，而增強降溫。因此，對此二者之相互關係尚需進一步深入研究。

六、參考文獻

- 王時鼎，1984：臺灣區域長期天氣預報之特性。天氣分析與預報研討會論文集編，中央氣象局，臺灣，臺北，363 - 381。
- 吳明進與陳幼麟，1983：臺灣的氣候分區。大氣科學，二十一期，55-66。
- 蔡清彥與任立渝，1980：臺灣地區寒潮之合成天氣型式。國立臺灣大學大氣科學系研究報告 WMS-02 號，p42。
- Bretherton, C. S., C. Smith and J. M. Wallace, 1992: An Intercomparison of Methods for Finding Coupled Patterns in Climate Data. *J. Climate*, 5, 541-560.
- Eli, Jacks, J. B. Bower, V. J. Dagostaro, J. P. Dallavalle, M.C. Erickson, and J. C. Su, 1990: New NGM-Based MOS Guidance for Maximum/Minimum Temperature, Probability of Precipitation, Cloud Amount, and Surface Wind. *Weather and Forecasting*, 5, 128-138.

表一、臺灣地區冬季逐日觀測最高溫度與各層局部環流因子之相關係數分佈。

相關係數	臺北	臺中	高雄	花蓮	玉山
1000H	-0.57	-0.57	-0.64	-0.63	-0.32
850H	0.19	0.00	-0.06	-0.03	0.16
700H	0.65	0.63	0.61	0.64	0.65
500H	0.73	0.74	0.72	0.74	0.80
500-1000ΔH	0.82	0.83	0.85	0.86	0.76
850-1000ΔH	0.86	0.85	0.89	0.91	0.63
500-850ΔH	0.77	0.78	0.80	0.80	0.78
1000T	0.84	0.83	0.86	0.89	0.65
850T	0.85	0.84	0.87	0.89	0.63
850T (SVD1)	-0.89	-0.87	-0.86	-0.86	-0.71
700T	0.79	0.78	0.78	0.81	0.80
500T	0.45	0.50	0.50	0.48	0.63
1000Rh	-0.05	-0.02	0.06	0.02	-0.12
850Rh	-0.39	-0.35	-0.27	-0.29	-0.33
700Rh	-0.31	-0.27	-0.11	-0.21	-0.48
500Rh	0.11	0.06	0.17	0.12	-0.08
1000u	0.19	0.12	0.19	0.19	-0.01
850u	-0.13	-0.18	-0.09	-0.16	-0.32
700u	-0.69	-0.69	-0.61	-0.69	-0.71
500u	-0.79	-0.79	-0.75	-0.80	-0.79
1000v	0.57	0.48	0.47	0.48	0.24
850v	0.22	0.16	0.19	0.18	-0.07
700v	-0.10	-0.14	-0.07	-0.07	-0.31
500v	-0.02	-0.09	-0.06	-0.01	-0.23

表二、臺灣地區冬季逐日觀測最低溫度與各層局部環流因子之相關係數分佈。

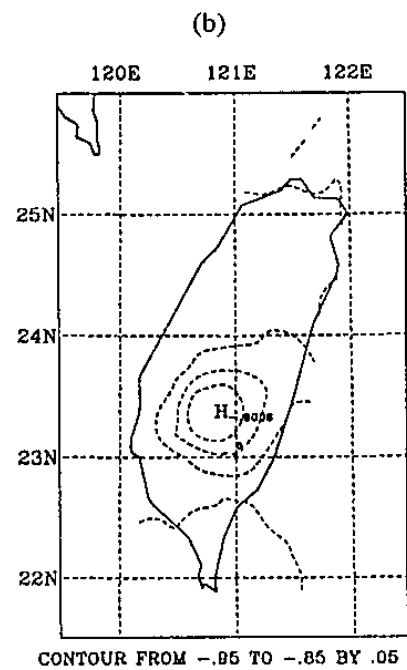
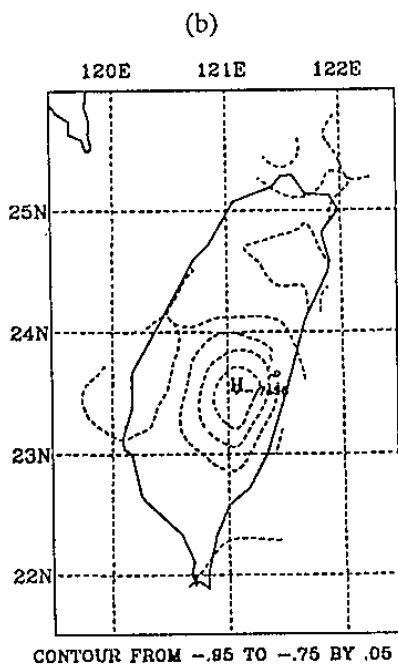
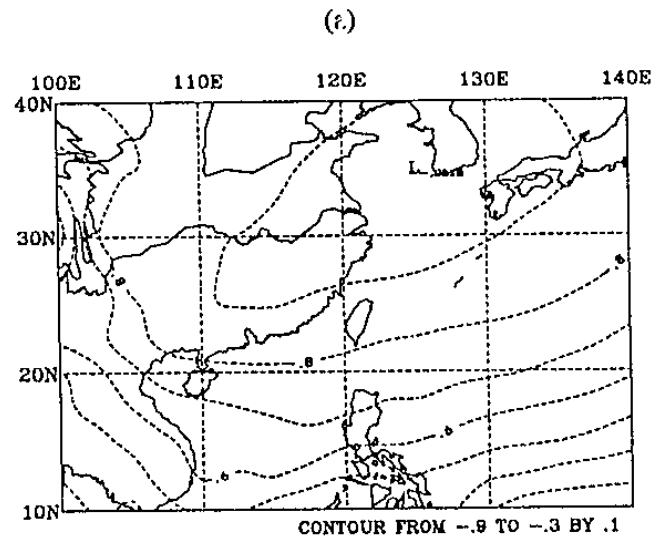
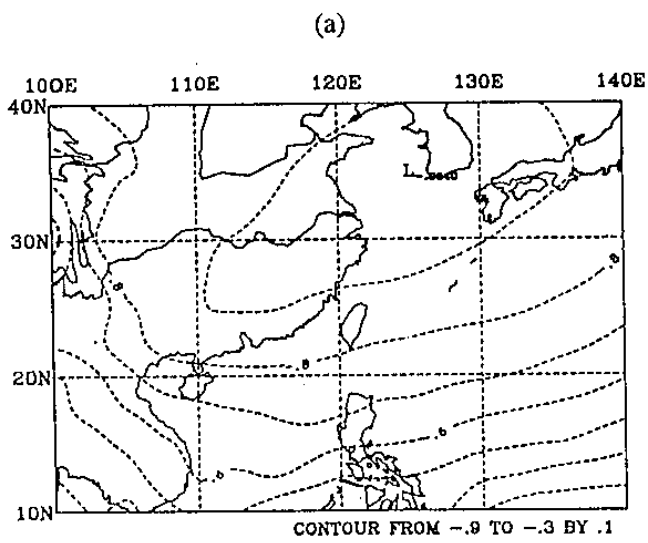
相關係數	臺北	臺中	高雄	花蓮	玉山
1000H	-0.63	-0.68	-0.69	-0.67	-0.53
850H	-0.02	-0.10	-0.09	-0.07	0.02
700H	0.68	0.61	0.64	0.63	0.68
500H	0.79	0.74	0.77	0.76	0.87
500-1000ΔH	0.90	0.88	0.91	0.89	0.90
850-1000ΔH	0.92	0.91	0.94	0.91	0.80
500-850ΔH	0.84	0.83	0.86	0.84	0.91
1000T	0.91	0.89	0.92	0.89	0.79
850T	0.90	0.89	0.92	0.90	0.81
850T (SVD1)	-0.90	-0.84	-0.91	-0.84	-0.76
700T	0.84	0.81	0.84	0.83	0.91
500T	0.51	0.51	0.52	0.51	0.64
1000Rh	0.04	0.10	0.05	0.10	0.02
850Rh	-0.16	-0.05	-0.16	-0.09	-0.14
700Rh	-0.10	0.07	-0.02	-0.01	-0.14
500Rh	0.20	0.29	0.25	0.22	0.22
1000u	0.03	0.06	0.10	0.05	-0.03
850u	-0.29	-0.21	-0.19	-0.25	-0.30
700u	-0.74	-0.63	-0.66	-0.67	-0.66
500u	-0.85	-0.79	-0.81	-0.82	-0.82
1000v	0.35	0.27	0.35	0.25	0.24
850v	0.13	0.10	0.10	0.06	0.08
700v	-0.03	0.02	-0.05	0.00	-0.00
500v	0.01	0.03	-0.01	0.04	0.02

表三、850 毫巴溫度場與臺灣地區冬季最高、低溫度奇異值分析之各向量所佔協方差平方比例及相關分佈。

百分率		SCF	850T Varian.	臺灣 Varian.	相關 係數
最高 溫度	1st	99.84	76.49	86.28	0.92
	2nd	0.08	6.54	2.29	0.56
	3rd	0.05	4.07	2.72	0.52
最低 溫度	1st	99.87	76.17	90.38	0.91
	2nd	0.09	6.15	2.59	0.58
	3rd	0.03	4.17	1.01	0.60

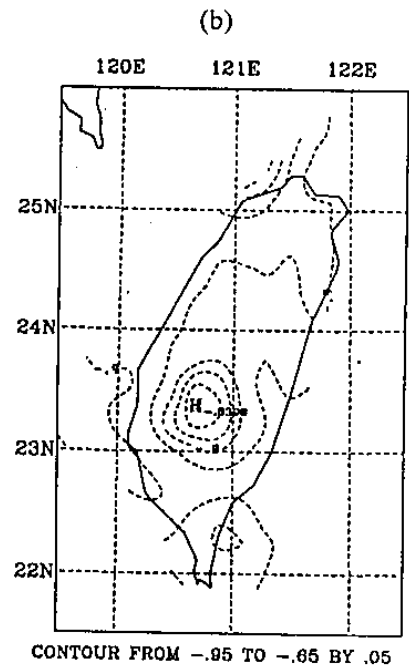
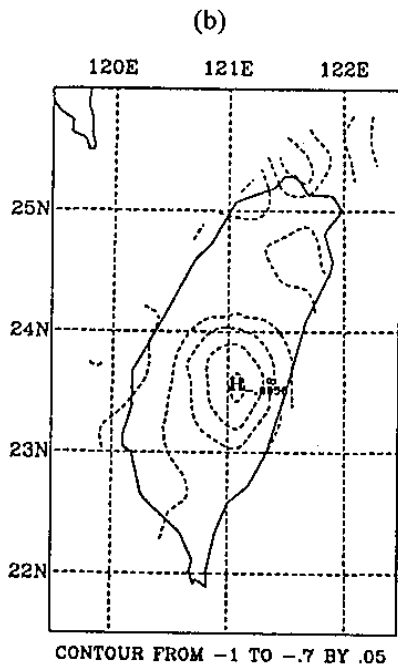
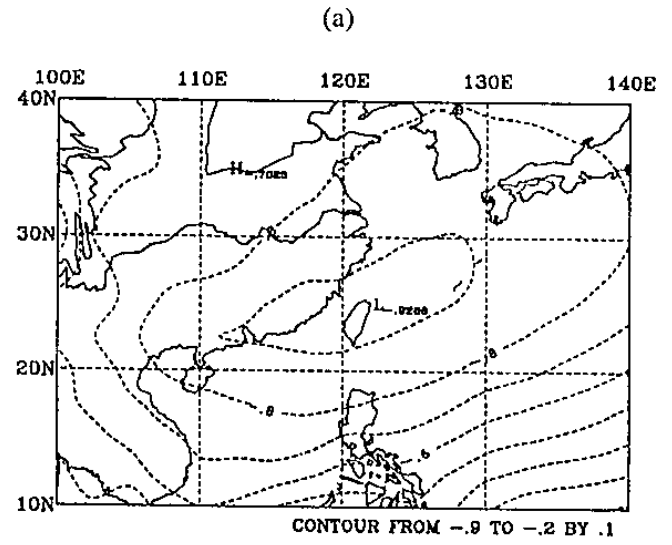
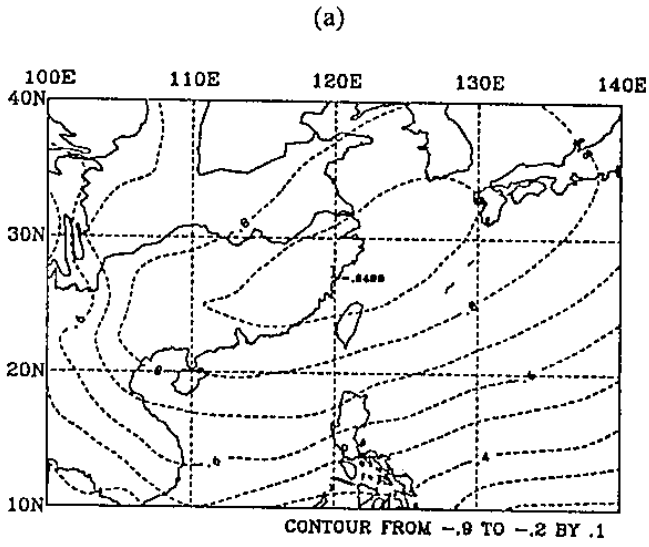
表四、500 毫巴風場 u 分量與臺灣地區冬季最高、低溫度奇異值分析之各向量所佔協方差平方比例及相關分佈。

百分率		SCF	500u Varian.	臺灣 Varian.	相關 係數
最高 溫度	1st	99.54	48.60	86.09	0.87
	2nd	0.29	12.32	3.19	0.49
	3rd	0.12	8.67	2.36	0.43
最低 溫度	1st	99.74	48.74	90.37	0.89
	2nd	0.18	14.09	1.99	0.47
	3rd	0.05	6.31	1.18	0.48



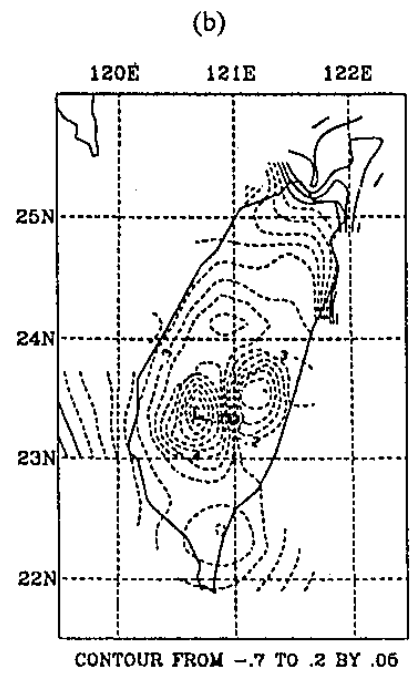
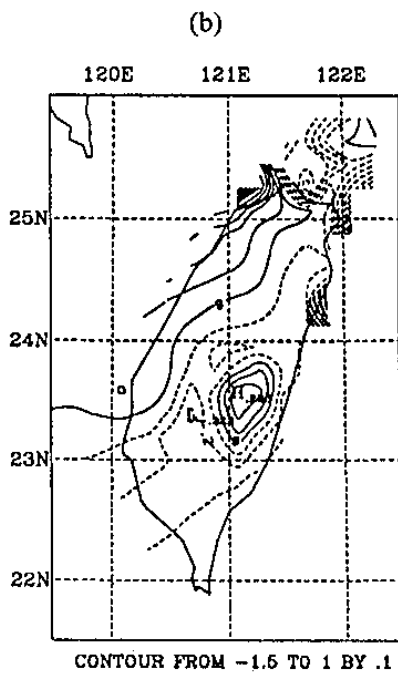
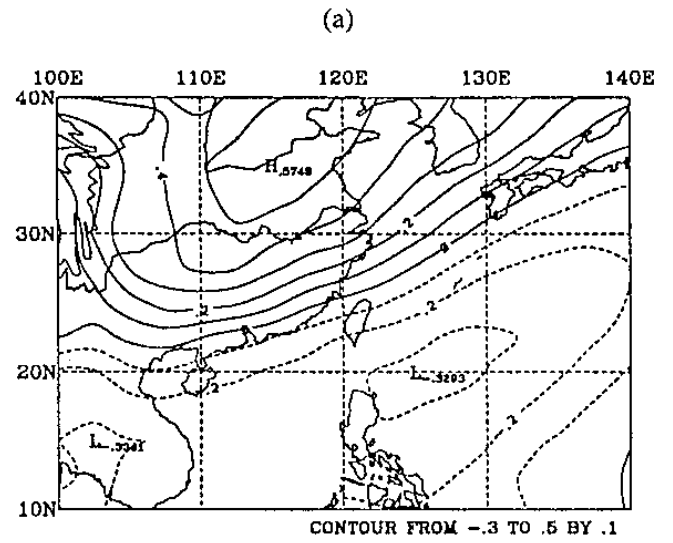
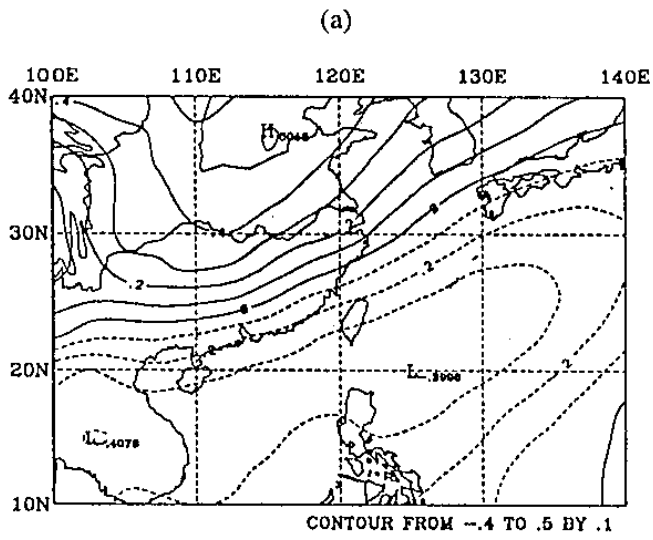
圖一、(a)850 毫巴溫度場與(b)臺灣地區最高溫度的第一個奇異值分量水平均質相關分佈。

圖二、(a)850 毫巴溫度場與(b)臺灣地區最低溫度的第一個奇異值分量水平均質相關分佈。



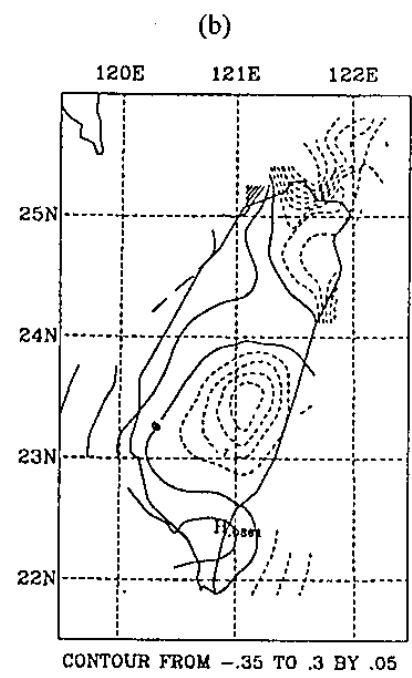
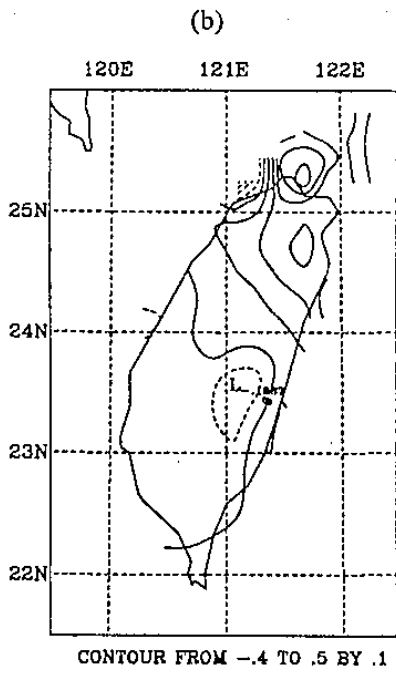
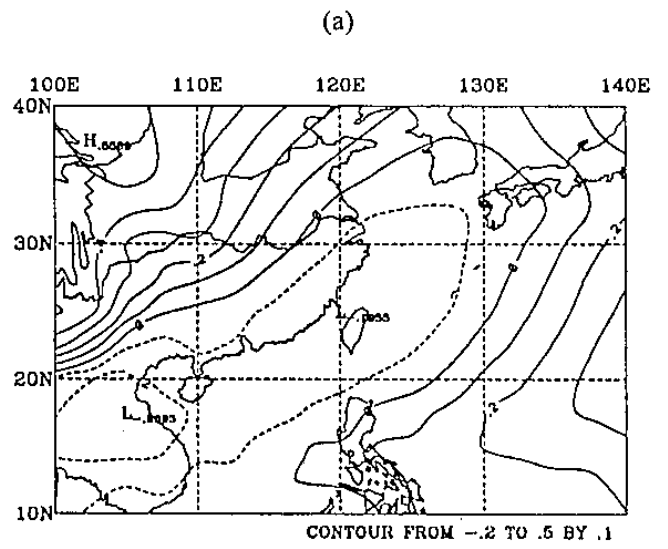
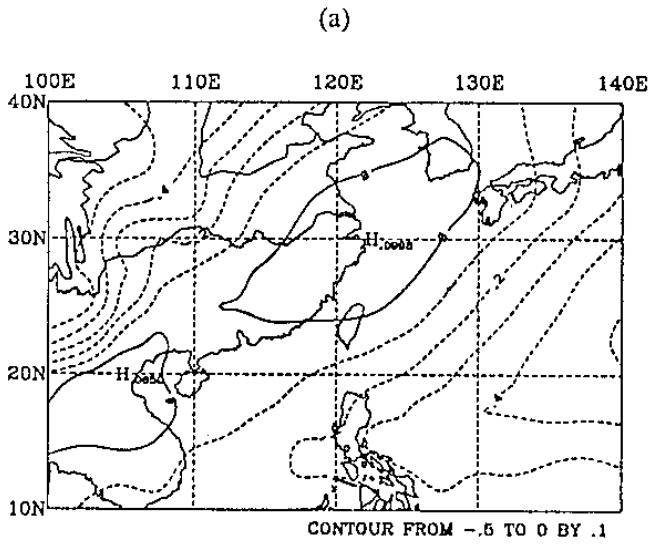
圖三、(a)850 毫巴溫度場與(b)臺灣地區最高溫度的第一個奇異值分量水平異質相關分佈。

圖四、(a)850 毫巴溫度場與(b)臺灣地區最低溫度的第一個奇異值分量水平異質相關分佈。



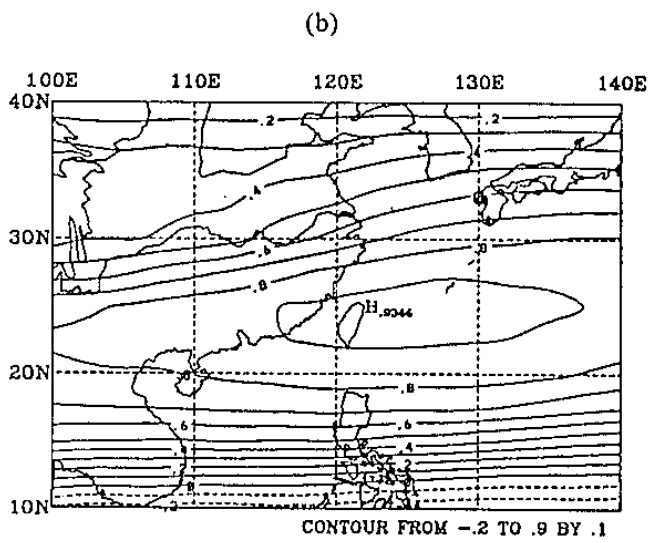
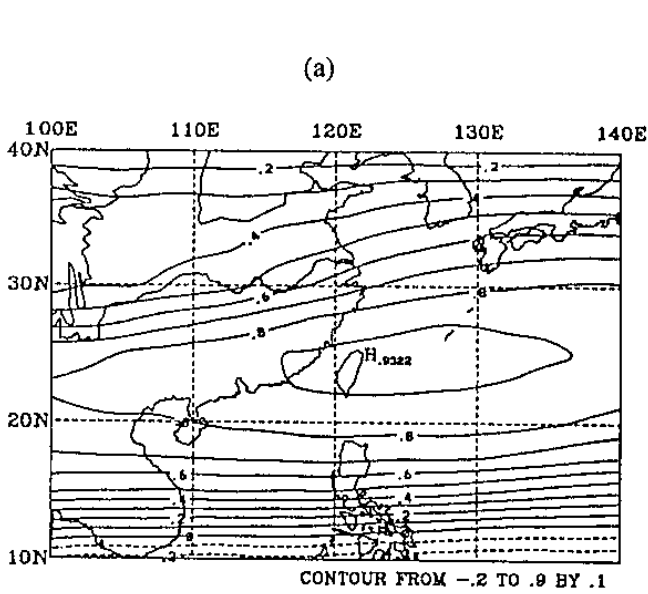
圖五、(a)850 毫巴溫度場與(b)臺灣地區最高溫度的第二個奇異值分量水平均質相關分佈。

圖六、(a)850 毫巴溫度場與(b)臺灣地區最低溫度的第二個奇異值分量水平均質相關分佈。

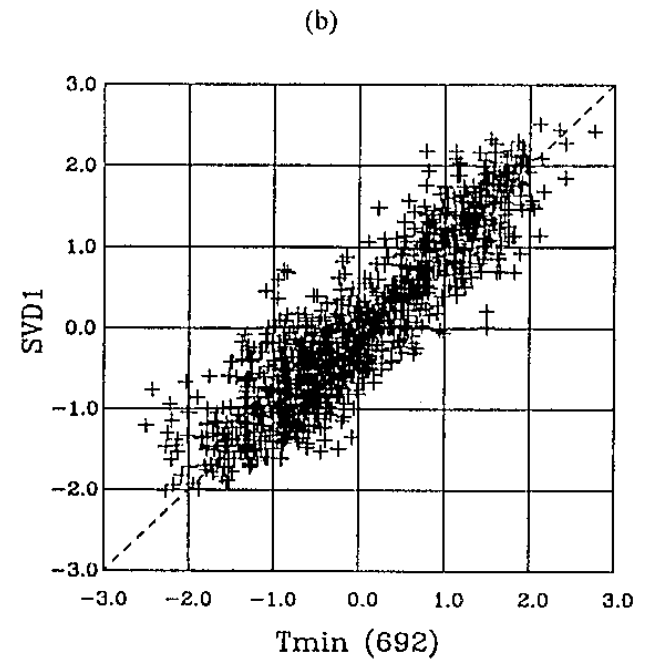
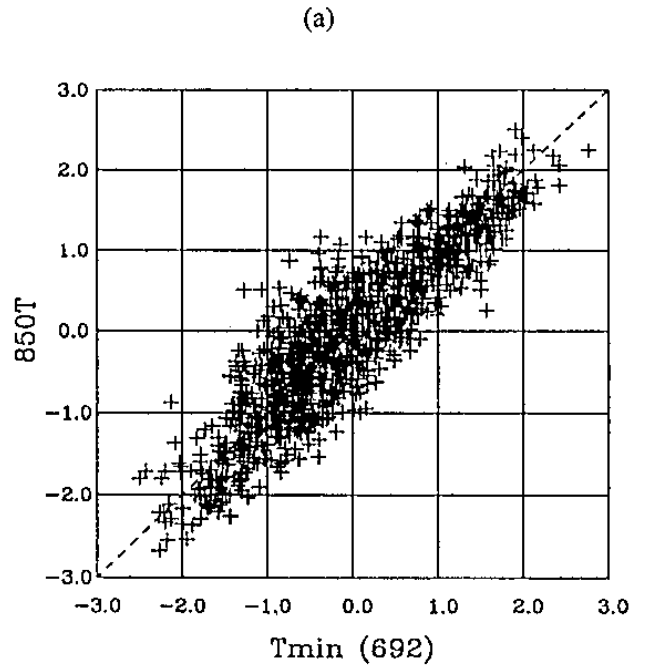


圖七、(a)850 毫巴溫度場與(b)臺灣地區最高溫度的第三個奇異值分量水平均質相關分佈。

圖八、(a)850 毫巴溫度場與(b)臺灣地區最低溫度的第三個奇異值分量水平均質相關分佈。



圖九、500 毫巴風場 u 分量與臺灣地區(a)最高溫度、(b)最低溫度的各別第一個奇異值分量水平平均質相關分佈。



圖十、常態化之臺北最低溫度(Tmin(692))與常態化的850 毫巴溫度場(a)局部環流因子(850T)與(b)第一個奇異值分量(SVD1)相對分佈。