

冬季台灣鋒面氣候監測系統雛形介紹

盧孟明 羅英祥

氣象科技研究中心

摘要

根據 Chen et al. (2002)提出的方法，本文介紹台灣鋒面氣候監測系統的開發構想與初步結果。以 2004 年 12 月至 2005 年 3 月期間資料測試初步結果顯示，此監測系統除了可統計鋒面通過台灣的次數與影響程度之外，還可顯示冷氣團強度與環流配置，以及與影響台灣天氣的區域性特徵。此監測系統的作業化不但可充實冬季天氣概述內容，亦可增加氣候監測的深度及提供更多客觀數據作為進一步氣候分析和研究工作的參考。

1. 前言

氣象局自 2004 年 12 月起發佈月《氣候監測報告》，其中月氣候分析包括了「天氣概述」和「氣溫與雨量」兩部份。冬季月份(十二月至三月)的「天氣概述」以記錄鋒面與冷氣團活動和台灣的溫度及雨量變化為主，並描述了寒流、大陸冷氣團對台灣的影響。為充實冬季天氣概述的內容，我們認為可根據 Chen et al. (2002)分析的方法，監測鋒面及其對台灣氣候影響，並依此建立台灣鋒面氣候監測雛形系統。此監測系統除了具備統計鋒面通過台灣的次數與影響程度的功能之外，還可顯示冷氣團強度與環流配置，以及影響台灣天氣的區域性特徵。

Chen et al. (2002) 仔細分析了 1996 年 1 月上旬的寒潮 (cold surge) 個案，發現東北亞高層大氣的波列結構有助於東亞冷鋒的南下，導致台灣氣溫驟降。他們指出，分析氣象局的地面與高山測站資料可以幫助了解在大氣高層的東南亞高壓系統南移至台灣以南時如何與接近大氣下邊界從台灣北方順東亞沿岸南下的低層鋒面系統共同作用，進而造成台灣天氣的變化。他們提出的監測方法清楚可行，值得納入氣象局的氣候監測預報作業輔助系統長期觀察。

2. 分析方法

2.1.1 鋒面個案判定

Chen et al. (2002) 根據鋒面南下接近台灣時的地面氣壓劇烈上升，溫度急遽下降，以及北風分量加強等基本特徵來辨識鋒面通過台灣的時間。定義出的四個條件是：(1).地面氣壓的遽升(升幅 ≥ 5 mb/day)，(2).地面溫度的遽降(降幅 $\geq 4^{\circ}\text{C}/\text{day}$)，(3).北風分量的增強(增幅 $\geq 3\text{ms}^{-1}/\text{day}$)，(4).在 24 小時內的氣壓和溫度的變化幅度大於其日循環(diurnal cycle)和半日循環(semidiurnal cycle)。寒潮對台灣天氣影響的特徵可用不同的符號表示：○為滿足條件(1,2,3,4)的情況；□為滿足條件(1,2,3)的情況；△為滿足條件(2,3,4)的條件；*為滿足條件(2,3)的情況；◇為滿足條件(2)的條件；▲則為無特徵出現。因此，本監測系統可以根據氣壓、溫度和風場的變化來判定鋒面通過台灣的時間和主要的影響特徵，地面溫度遽降是判定鋒面的基本條件。若連續 12 小時之內的觀測資料至少有 2 個測站滿足條件(2)，即判定為有鋒面影響台灣天氣。

2.1.2 大尺度環流對應關係

在大尺度環流對應關係上，我們參考 Chen et al. (2002)的做法監測由速度位(χ)和輻散風場(\vec{V}_D)代表的輻散環流，與用流線場(ψ)和旋轉風(\vec{V}_R)代表的旋轉環流，以及由質量通量函數(ψ_M)顯示的區域環流的垂直剖面。

表一 鋒面對台灣天氣影響記錄，以 2004 年 12 月 28 日 LST 12 時至 2005 年 1 月 1 日 LST 12 時為例。

NAME	STID	2004															2005		
		122812	122818	122824	122906	122912	122918	122924	123006	123012	123018	123024	123106	123112	123118	123124	010106	010112	
淡水	690	▲	▲	▲	□	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	○	□	□	▲	▲	
鞍部	691	▲	▲	△	△	*	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	△	*	△	▲	
台北	692	▲	△	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	○	◇	□	▲	▲	
竹子湖	693	▲	▲	△	△	◇	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	◇	◇	◇	▲	▲	
基隆	694	▲	▲	△	*	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	○	□	□	▲	▲	
彭佳嶼	695	▲	▲	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	○	□	□	▲	▲	
花蓮	699	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	○	◇	◇	▲	
蘇澳	706	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	◇	◇	▲	
宜蘭	708	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	○	○	□	○	▲	
東吉島	730	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	*	▲	▲	
澎湖	735	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	○	*	▲	▲	
台南	741	▲	▲	▲	▲	*	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	△	△	▲	
高雄	744	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	*	△	△	*	
嘉義	748	▲	▲	▲	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	○	*	△	▲	
台中	749	▲	▲	▲	△	*	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	○	*	△	▲	
阿里山	753	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	◇	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	
大武	754	▲	▲	▲	▲	▲	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	*	△	△
玉山	755	*	*	*	*	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	▲	▲	▲	▲	▲
新竹	757	▲	▲	▲	◇	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	○	◇	◇	◇	▲	
恆春	759	▲	▲	▲	△	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	*	△	△	▲	
成功	761	▲	▲	▲	▲	○	□	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	○	○	▲
蘭嶼	762	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	△	△	*
日月潭	765	▲	◇	▲	◇	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	◇	◇	◇	◇	▲
台東	766	▲	▲	▲	▲	▲	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	○	◇	◇
梧棲	777	▲	▲	▲	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	△	○	*	△	▲

○ Ps jump / Ts drop / Vs increase / no Ts diurnal cycle (1,2,3,4)
 □ Ps jump / Ts drop / Vs increase / suppressed Ts diurnal cycle (1,2,3)
 △ no Ps jump / Ts drop / Vs increase / no Ts diurnal cycle (2,3,4)
 * no Ps jump / Ts drop / Vs increase / suppressed Ts diurnal cycle (2,3)
 ◇ no Ps jump / Ts drop / no Vs increase (2)
 ▲ no obvious impact

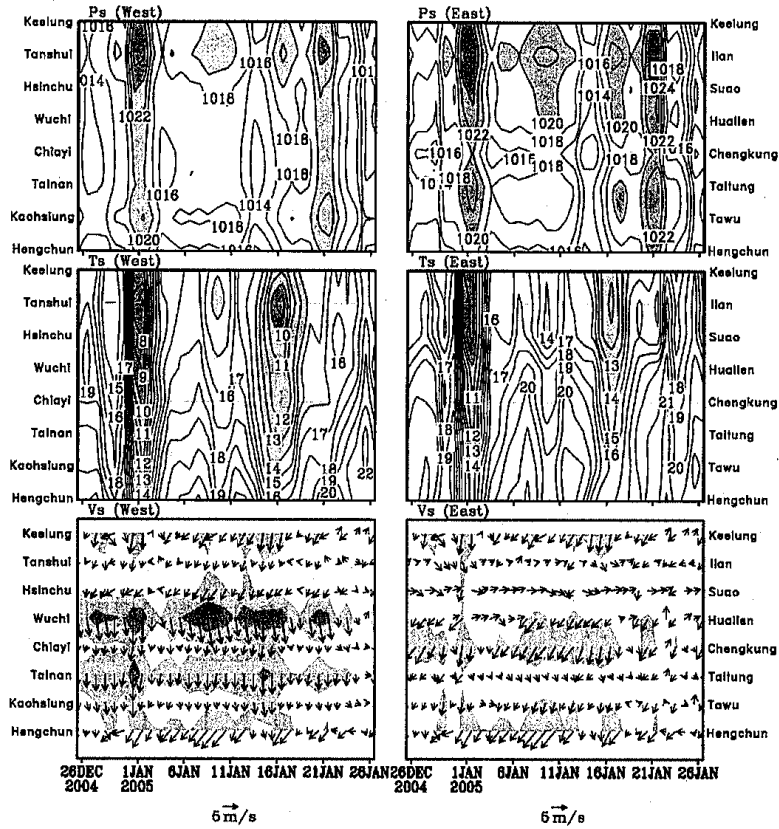


圖 1 台灣東部(右圖)和西部(左圖)於氣壓(Ps)、溫度(Ts)和風場(Vs)隨時間變化的剖面圖，橫軸時間從 2004 年 12 月 25 日到 2005 年 1 月 26 日。在地面風(Vs)中，陰

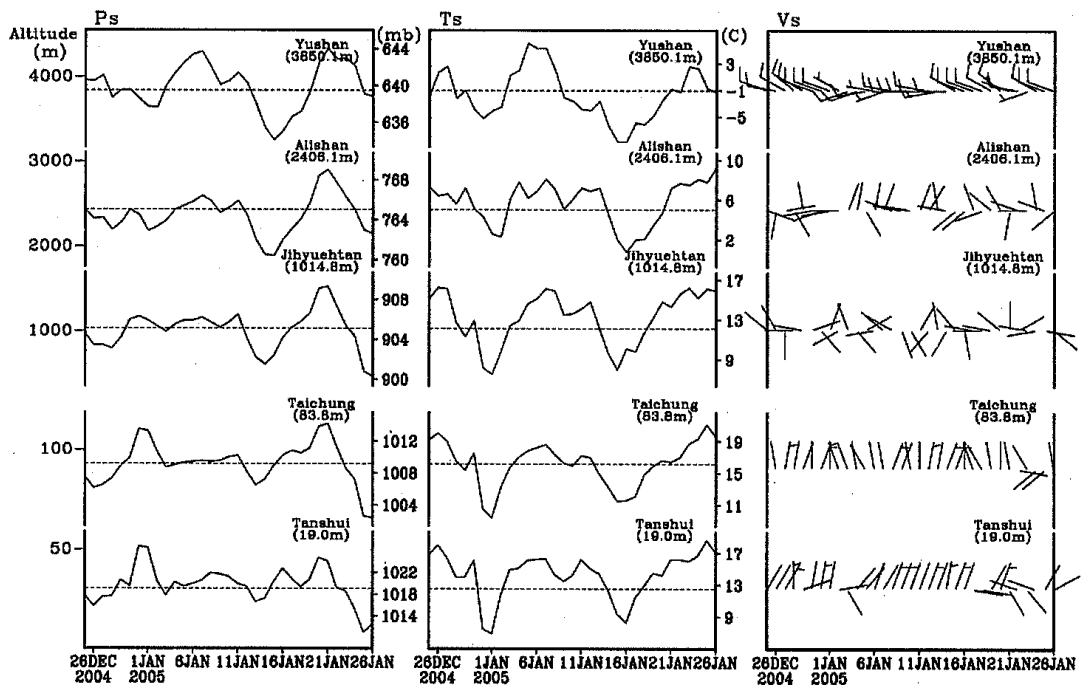


圖 2 台灣不同高度的測站於氣壓(Ps)、溫度(Ts)和風場(Vs)隨時間變化的剖面圖，橫軸時間從 2004 年 12 月 25 日到 2005 年 1 月 26 日。

3. 結果

3.1 鋒面監測

從 2004 年 12 月 1 日到 2005 年 3 月 31 日共監測到 16 次鋒面通過，亦即連續三個時間的觀測(每個時間相差 6 小時)，25 個測站觀測資料當中至少有 2 個測站每日同一個時間的溫度在 24 小時內下降了 4°C。我們以 2004 年 12 月 28 日 12 時至 2005 年 1 月 1 日 12 時為例(表一)來說明監測的內容。表一顯示這段期間台灣天氣發生了兩波變化，第一波在 12 月 28 日 12 時至 29 日 18 時，有 17 個站出現鋒面影響訊號，第一個訊號出現在玉山站。12 月 29 日 24 時至 30 日 12 時為短暫空檔，溫度沒有明顯的下降變化，然而在 30 日 12 時阿里山監測到溫度驟降，30 日 18 時玉山站監測到溫度驟降與風速加強，接著在 31 日 06 時北部的 6 個站都監測到溫度驟降，31 日 12 時全省都出現了鋒面影響的訊號。阿里山站的訊號最弱，日月潭站只監測到溫度的變化，風速變化不明顯。從十二月到三月的 16 次鋒面影響(表略)阿里山和日月潭的訊號都相對偏弱。我們發現日月潭在十二月和三月的溫度變化要比一、二月明顯，但是玉山並沒有類似阿里山和日月潭一、二月溫度降幅較小的現象。這些高山站的溫度變化特徵值得繼續觀察。

16 次鋒面過境的個案中，第一時間最常出現的訊號是「◇」和「△」，即氣溫驟降同時北風增強，並且溫度下降和氣壓上升的幅度大於日循環與半日循環幅度。為顯示鋒面對西部和東部影響的差異，我們依照 Chen et al. (2002)的做法將測站從北往南排列監測氣壓、溫度、風向和風速隨時間的逐日變化。以 2004 年 12 月 25 日至 2005 年 1 月 26 日為例，圖 1 顯示氣溫有 4 個明顯的低溫極值，如台北測站在 2004 年 12 月 29 日和 2005 年 1 月 1、9、16 日都出現了低溫。低溫出現時在西半部伴有比較明顯的北風增強而在東半部伴有比較明顯的氣壓升高。這種東西半部差異的特徵在二、三月仍然存在，但是東半部低溫與北風增強的關係在三月比較明顯。

鋒面過境對台灣天氣的影響隨著高度而不同，把不同高度的測站稍事排列畫出的垂直剖面圖(Chen et al., 2002)就可以呈現這種差異。以 12 月 31 日和 1 月 16 日為例，圖 2 可以顯示造成這兩次低溫的天氣系統特性不同。因為雖然這兩次從平地到高山都出現了降溫，但是前者從淡水(高度：19m)到日月潭(高度：1014.8m)都出現氣壓升高的現象，顯示冷空氣的厚度約有一千餘公尺；而後者在出現低溫的

同時僅有淡水和台中出現了微弱的氣壓升高現象，顯示冷空氣非常淺薄。另外，氣溫在 1 月 14 日開始降低，

同時從淡水到玉山(高度：3850.1m)都出現氣壓降低的現象，並且降幅隨高度增加，顯示有深槽伴隨鋒面通過。所以，根據這些監測結果可以推論 12 月 31 日的低溫是由強烈大陸冷氣團南移造成，1 月 16 日的低溫是由短波槽通過造成的。

3.2 環流監測

3.2.1 輻散風場

圖 3 為 2004 年 12 月 28 日的輻散風場和速度位。高層(200 hPa)輻散風場顯示在青藏高原東南角的印緬山區有一個明顯的輻合中心(30°N, 100°E)，流入此中心的氣流除了來自大陸西北區域、蒙古、阿拉伯海以外，最主要的是源自南半球的跨印度洋輻散氣流。低層(925 hPa)輻散風場則顯示有明顯從北半球 30°N 附近往南半球輻散的氣流。另外，中高緯度西北太平洋上的高層輻散風場顯示從白令海(50°N, 170°E)往夏威夷群島附近(25°N, 160°W)有一西北東南走向的輻散帶，而在低層也有輻合帶與之相對應。與前述輻散帶相關聯的有日本東南(35°N, 140°E)和馬歇爾群島(25°N, 160°E)上方的高層輻合氣流中心，還有相當靠近台灣，菲律賓海上的低層輻合氣流中心。這個輻合氣流中心可能是受到日本東南伴隨高層輻合的下沉氣流和伴隨大陸冷高壓南移而從亞洲大陸流出的輻散氣流的匯集而形成的。

2005 年 1 月 1 日的輻散風場和速度位(圖 4)顯示 12 月 28 日的印緬山輻合中心已往東移至華中(30°N, 110°E)，阿拉伯海上的輻散中心也往東移至印度上空(22°N, 80°E)，印度洋上的低層輻散風場並沒有太大的變化。太平洋上的高層與低層輻散風場在三天之內卻有顯著的變化。圖 4 顯示 1 月 1 日太平洋上有兩個明顯的輻散中心，分別是西北太平洋上自庫頁島南方(40°N, 155°E)至菲律賓海東北方(25°N, 140°E)的自東北往西南走向的輻散帶和夏威夷群島附近(25°N, 160°W)的輻散中心。兩個輻散中心之間在換日線附近約 30°N 則有一個輻合中心。兩個輻散和一個輻合中心在低層都可以看到相對應的輻合與輻散中心。

3.2.2 旋轉風場

為了解輻散風場和環流系統的關係，需要檢視與輻散風場配合的流函數和旋轉風場。在此限於篇幅故省略。

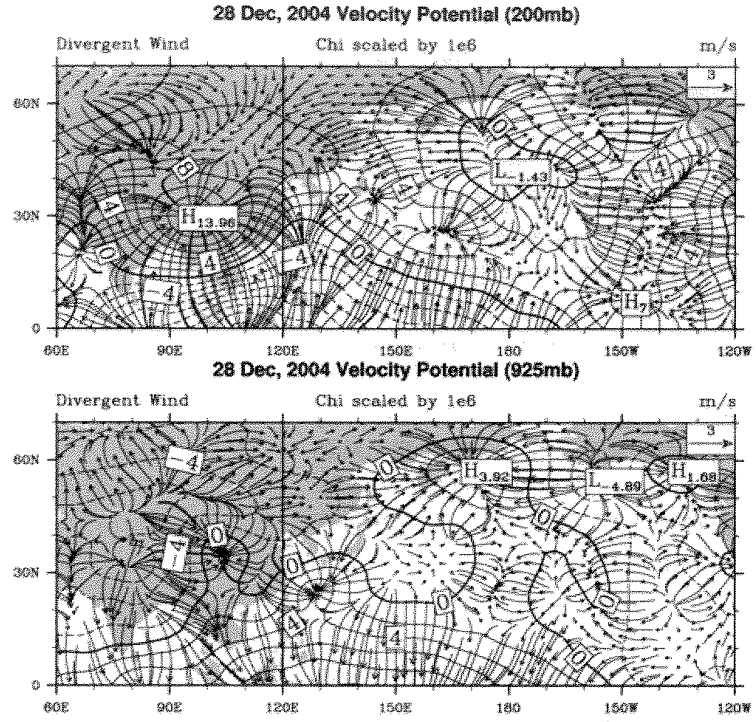


圖 3 2004年12月28日的輻散風場和速度位，(a) 200mb，(b) 925mb，其中速度位(χ)的單位為 $10^6 m^2 s^{-1}$ 。

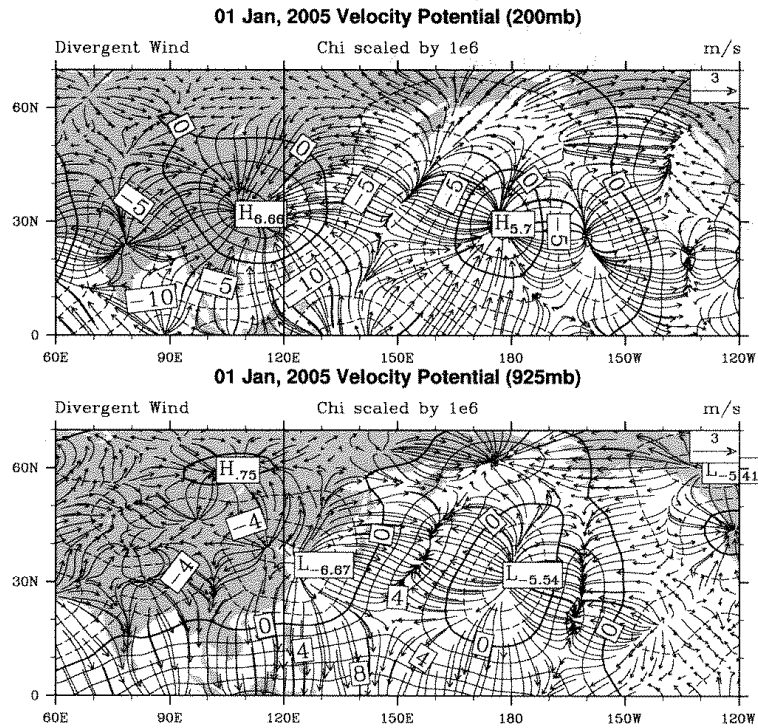


圖 4 同圖 3，但為 2005 年 1 月 1 日。

4. 結論

本文介紹了根據 Chen et al. (2002) 提出的方法發展台灣鋒面氣候監測系統的構想與初步結果。以 2004 年 12 月至 2005 年 3 月為目標所建立的系統雛形顯示，此監測系統除了可統計鋒面通過台灣的次數與影響程度之外，還可顯示冷氣團強度與環流配置，以及與對台灣天氣影響的區域性特徵。作業性的監測結果可充實冬季天氣概述內容，增加氣候監測的深度並提供更多客觀數據作為進一步氣候分析研究工作的參考。

台灣鋒面氣候監測系統雛形作業流程分為鋒面個案判定與監測兩大部份。本監測系統將在 95 年度藉氣象局「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展計畫」建置完成，並配合製作監測結果分析報告。

致謝

本研究是在氣象局「氣候變異與劇烈天氣監測預報系統發展計畫」資助下完成。

參考文獻

- Buja, L. E. 1994: CCM Processor User's Guide (Unicos Version). NCAR Technical Note NCAR/TN-384+IA, pages B-17 to B-18.
- Chen, T.-C., M.-C. Yen, W.-R. Huang, and W. A. Gallus Jr., 2002: An East Asian cold surge: Case study. *Mon. Wea. Rev.*, 130, 2271-2290.
- Kalnay, E. M., and the coauthors, 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 3, 437-471.