

由板橋探空站探討臺北地區整層大氣溫度之變化趨勢

林博雄

臺灣大學大氣科學系

王基城

中央氣象局

摘要

本文分析 1985 年~2007 年期間板橋探空站施放日本 Meisei RS2-80 無線電探空儀，所得到 20 層探空剖面資料，將臺北地區的整層大氣區分為低對流層(950~700hPa)、中高對流層(600~150hPa)以及低平流層(75~20hPa)，再探討這三層大氣氣溫的年際變化趨勢。低對流層氣溫升降似有 4~6 年的週期，中高對流層的氣溫振盪週期則約有 10 年；對流層和平流層溫度距平跳動幅度最大的空層，分別發生在 400~250hPa 和 50~30hPa 高度；1992 年和 1991 年整層大氣的溫度距平跳動最為劇烈，相對地，1987 年則是最為平緩的一年。1991~1992 年呂宋島 Pinatubo 火山二次爆發，以及 1997 年印尼森林火災霾煙能分別干擾臺北大氣剖面的溫度變動。

一、前言

自由大氣的增溫趨勢是全球增溫議題之一，Luers and Rober(2000)曾採用全球10種被普遍使用的radiosonde，經過資料品質分析之後，再探討1960年代迄今的高層大氣氣候趨勢；Gaffen(2000)先檢查radiosonde硬體歷經工業技術演變所可能造成的資料偏差，再討論平流層大氣的變遷趨勢；Onogi(2000)則討論ECMWF ERA-40氣象資料庫中的RAOBS資料可信度。2007年IPCC氣候變遷第四次評估報告指出，1958~2005年期間對流層大氣增溫率略高於地面增溫，平流層自1979年以來則有降溫的趨勢。林等(2006)首次進行臺灣地區radiosonde比較實驗，蕭(2007)利用板橋探空資料，指出臺北近10年(1997~2006年)較前20年(1987~1996年)增溫0.4°C，隨著高度上升而增溫趨勢減緩，到了對流層頂(~100hPa)則是-0.4°C的降溫。鄰近香港的研究結果則顯示地面增溫+0.17°C/10年、50~300hPa低對流層+0.16°C/10年、300~100hPa高對流層-0.25°C/10年和100~50hPa低平流層-0.64°C/10年(Leung et al., 2004)。以上研究的共同點是地面增溫與平流層降溫現象，但是對於對流層大氣增溫程度的結果則不盡相同，這一疑慮正被探索討論(McCarthy et al., 2008)。美國海洋大氣總署(NOAA)成立RATPAC(The Radiosonde Atmospheric Temperature Products for Assessing Climate)來整理其所收錄的全球radiosonde資料，並存入Integrated Global Radiosonde Archive(IGRA)供做研究使用。然而，IGRA並無收錄中央氣象局板橋探空站資料，因此本文

重新檢視板橋探空使用的Meisei RS2-80 radiosonde溫度量測誤差範圍，再重新檢視臺北上空對流層大氣的增溫現象。本文第二節說明板橋RS2-80 radiosonde特性和可能誤差，第三節分析診斷1985~2007年板橋探空站探空氣候的特徵和可能原因。

二、資料來源與誤差評估

板橋探空站自1984年7月迄今，一直沿用日本Meisei RS2-80 radiosonde。這款探空儀和RS2-91 radiosonde的全球使用率約3%(WMO, 2002)，主要使用在日本和臺灣板橋探空站(日本自1990年將RS2-80替換成RS2-91)。RS2-90 radiosonde以 6ms^{-1} 上升速度在23:00UTC(07:00LST)與11:00UTC(19:00LST)施放，以便讓radiosonde能在00UTC和12UTC時刻升抵大氣中層。RS2-80 radiosonde的溫度探棒是白色上漆的熱敏電阻，量測誤差是 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ；這種溫度探棒在白晝時刻無雲遮蔽時，太陽直接輻射引起的誤差將隨氣球高度而放大。舉例來說，2008年5月15~16日兩天清晨與中午，三套radiosonds(Vaisala RS92、Graw DFM-97以及Meisei RS2-80)利用三角型拉竿由同一份探空氣球舉升(林等, 2006)，同步量測當時的大氣剖面。三種radiosonde的氣象參數均由相同的資料品質程序和內插程式，並處理成1hPa垂直解析度以利討論彼此的差異(Ciesielski and Lin, 2008)。我們發現Meisei RS2-80溫度在清晨的探空觀測比平均值高出 0.4°C ，中午時刻200hPa高度以上差異值更提高到 $0.6\sim 0.8^\circ\text{C}$ 。本文第二作者長年參與板橋探空作

業，本文所使用的 1985 年至 2007 年的 23 年探空資料係由其整理提供。

三、23 年探空氣候特徵分析

我們首先將 23 年板橋 20 層探空剖面資料，先根據各層氣溫距平值的絕對值大小，將臺北上空整層大氣區分為低對流層(900~700hPa)、中高對流層(600~150hPa)以及低平流層(75~20hPa)等三段大氣，來診斷臺北大氣氣溫的年際變化(圖 1)；低對流層大氣的溫度距平跳動從-0.6°C (1986) 到+0.6°C (2006)，中高對流層-1.3°C (1992) 到+1.2°C (2004)，低平流層則有-2.8°C (2002) 到+2.7°C (1991)。整體而言，低對流層氣溫升降似有 4~6 年的週期，中高對流層的氣溫振盪週期則約有 10 年；對流層和平流層溫度距平跳動幅度最大的空層，分別發生在 400~250hPa 和 50~30hPa 高度；1992 年和 1991 年整層大氣的溫度距平跳動最為劇烈，相對地，1987 年則是最為平緩的一年。表 1 列出香港(Vaisala radiosonde)與那霸(Meisei radiosonde)和臺北的大氣溫度變化趨勢(°C /10 年)，香港與那霸探空資料是經過 Haimberger (2008) 使用 ECMWF ERA-40 再分析場資料的均質化(homogenization)處理，板橋探空站並不在 Haimberger 的探空測站資料庫。表 1 顯示臺北的高對流層增溫與平流層降溫幅度都比香港與那霸來得大，因此我們針對其中 3 年(1988、1992、1997 年)和香港探空氣候資料(Leung et al., 2004) 進行單年比較，表 2 列出兩地的大氣剖面變動特徵是十分接近的(1992 年平流層除外)，因此我們認為板橋探空這 23 年平均溫度和距平值所透露出的訊息，仍然具有參考價值。圖 2 是臺北上空由 1986 年到 2006 年期間每隔 5 年的大氣溫度距平曲線，可以更清楚地比較大氣各空層之間以及在各年之間的溫度變動幅度。

圖 1 顯示 1991~1992 年期間，臺北上空低平流層異常升溫對流層異常降溫的顯著現象，其導因有可能是臺灣南方的呂宋島 Pinatubo 火山，在 1991 年 4 月~9 月以及 1992 年 7 月~10 月分別發生 VEI (Volcanic Explosivity Index)第 6 級和 VEI 第 6 級以及第 1 級的爆發，這兩年在臺灣附近所噴出的火山灰和雲朵，加強高層大氣的陽光反射效應以及衰減陽光輻射的穿透，導致低平流層異常增溫與對流層異常降溫的現象(Pollack, et al., 1993)。此外，中高對流層大氣比低對流層大氣增溫率顯著的原因，可能和高空的冰晶特性有關，相關證據仍有待科學實驗計畫飛機觀測資料來驗證。1997 年到 1998 年期間對流層偏冷的現象，可能是受到當年印尼森林大火的大尺度霾煙擴散影響(Jacobson, 2004)。這些訊息都是臺灣區域氣候模擬可以相互驗證的焦點。

參考文獻

- 林博雄、徐仲毅、林大偉、林得恩、辛昌祺，2006：臺灣地區無線電探空剖面交叉比較，九十五年天氣分析與預報研討會論文集編，P.1-9-10
- 蕭長庚，2007：1987-2006 年台北與花蓮上空對流層頂之氣候分析，第九屆全國大氣科學研討會，桃園龍潭。
- Ciesielski, P and P.H. Lin, 2008: Preliminary assessment of the pre-TIMREX sonde intercomparison study. Submit to 11th Conference of SoWMEX/TIMREX at Taipei.
- Gaffen, D. J., 2000: Radiosonde observations and their use in SPARC-related investigation. *J. Climate*, 11, 1002-1019.
- Haimberger, L., C. Tavolato and S. Sperka, 2008: "Towards elimination of the warm bias in historic radiosonde temperature records -- some new results from a comprehensive intercomparison of upper air data". Submitted to *J. of Climate*.
- Jacobson, M.Z., 2004: "The Short-Term Cooling but Long-Term Global Warming Due to Biomass Burning". *J. Climate*, 14, 2909 - 2926.
- Leung, Y. K., K.H. Yeung, E.G.L. Ginn and W.M. Leung, 2004: Climate Change in Hong Kong. Hongkong Observatory, Technical Note. No. 107. pp 48.
- Luers, J. K. and E. E. Rober, 2000: Use of radiosonde temperature data in climate studies. A project of the World Climate Research Program, *J. Climate*, 11, 1002 - 1019.
- McCarthy, M.P. and co-authors, 2008: Assessing bias and uncertainty in the HadAT-adjusted radiosonde climate record. *J. of Climate*, 21, 817-832.
- Onogi, K., 2000: The long-term performance of the radiosonde observing system to be used in ERA-40. *ERA-40 Project Report Series No. 2*, ECMWF.
- Pollack, J.B. and co-authors, 1993: "GCM simulations of volcanic aerosol forcing. Part 1: climate changes induced by steady-state perturbations. *J. Climate*, 6, 1719 - 1742.
- WMO, 2002: "Radiosonde Compatibility Monitoring." .CIMO-XIIII/Doc. 5.2

表 1: 東亞三城市的大氣溫度變化趨勢 (單位: °C /10 年)。香港與那霸的資料長度是 1958~2006 年, 臺北則是 1985~2007 年。

Height/station	Hongkong	Okinawa	Taipei
20 hPa	-0.30 ±	-0.42 ±	-1.31 ±
	0.06	0.03	0.13
30 hPa	-0.51 ±	-0.46 ±	-1.09 ±
	0.04	0.03	0.11
50 hPa	-0.41 ±	-0.50 ±	-0.91 ±
	0.04	0.03	0.09
100 hPa	-0.04 ±	-0.20 ±	+0.03 ±
	0.03	0.03	0.003
300 hPa	+0.15 ±	+0.15 ±	+0.36 ±
	0.02	0.03	0.04
500 hPa	+0.09 ±	+0.17 ±	+0.29 ±
	0.02	0.02	0.03
700 hPa	+0.14 ±	+0.16 ±	+0.10 ±
	0.02	0.02	0.01
850 hPa	+0.22 ±	+0.16 ±	+0.10 ±
	0.02	0.03	0.01

表 2: 臺北(TP)與香港(HK)在 1988、1992、1997 三年期間大氣溫度距平比較 (單位: °C)。

	1988		1992		1997	
	TP	HK	TP	HK	TP	HK
850~300hPa	0.3	0.5	-0.8	-0.65	-0.7	-0.6
300~100hPa	0.0	0.35	-0.1	-0.1	-0.2	-0.5
100~ 50hPa	-0.6	-1.5	2.8	1.3	-0.1	-1

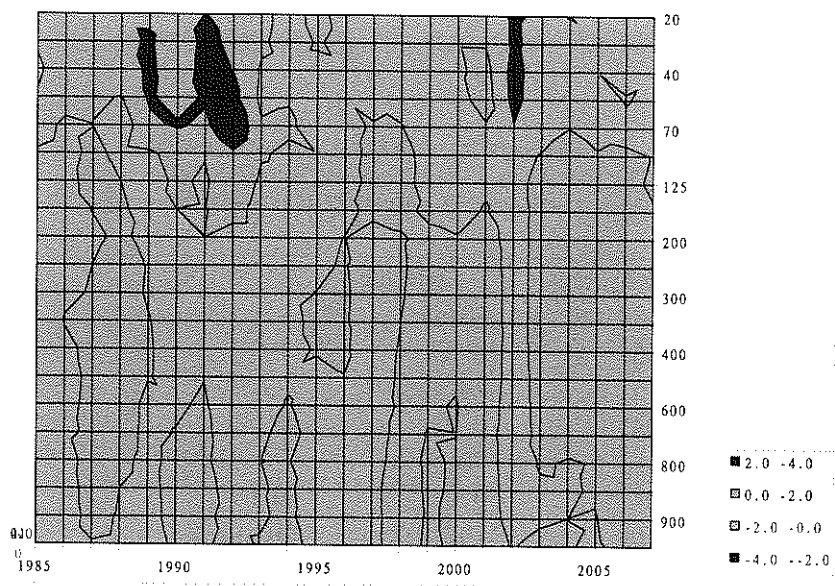


圖 1: 1985~2007 年臺北大氣剖面的溫度距平等值圖。

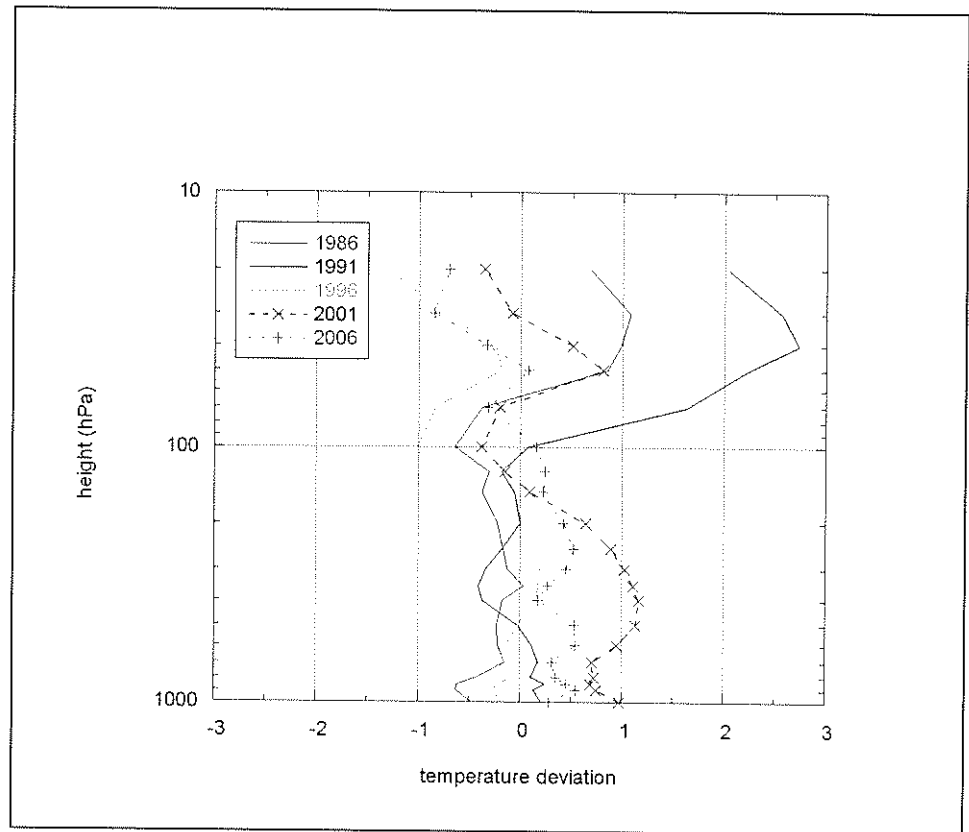


圖 2: 1986~2006 年期間每 5 年的臺北高空之氣溫距平剖面。