

# 臺灣地區無線電探空剖面交叉比較

林博雄<sup>1</sup> 徐仲毅<sup>1</sup> 陳詠昌<sup>1</sup> 林大偉<sup>2</sup> 林得恩<sup>3</sup> 辛昌祺<sup>4</sup>

<sup>1</sup>臺灣大學大氣科學系

<sup>2</sup>中央氣象局

<sup>3</sup>空軍氣象聯隊

<sup>4</sup>海軍大氣海洋局

## 摘要

本文說明 2006 年春季臺灣地區首次的無線電探空儀交叉比較實驗及其初步結果，這一無線電探空儀定量比較之目的，是用以了解國內現有 4 種廠牌 6 種探空儀的異同性，以及做為校驗福爾摩莎 3 號衛星大氣反演之參考。我們認為有必要再度並擴大進行這一種 radiosonde 同步施放交叉比較實驗，將樣本數量增加到具有統計分析意義，以及增加同地的日夜比較施放的實驗，提供作業與學術單位資料引用的依據。

關鍵字：無線電探空儀、交叉比較、大氣剖面

## 一、前言

無線電探空資料(RAOBS)在大氣科學的應用與研究相當廣泛；天氣診斷方面，預報員經常利用 RAOBS 繪製斜溫圖分析大氣穩定度、鋒面強度、逆溫種類和高度、雲層厚度等等資訊(Wang and Rossow, 1995; Chernykh and Eskridge, 1996)。氣候趨勢研究方面，Luers and Rober(2000)採用全球 10 種被普遍使用的無線電探空儀(radiosonde)，經過資料品管分析之後，用以探討 1960 年代迄今的高層大氣氣候趨勢；Gaffen (2000) 也討論探空儀硬體歷經工業技術演變所可能造成的資料偏差，並加以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。由於各種 radiosonde 都已採用 GPS 風導技術來取代 Loran-C 以及 Omega 導航通訊網絡，世界氣象組織乃於 2005 年於 Mauritius 舉行 GPS radiosonde intercomparison 活動(Pathack et al., 2006)。臺灣地區於 2006 年 4 月升空的福爾摩莎 3 號(FORMOSAT-3)氣象衛星，與 26 顆 GPS 衛星群所進行的掩星觀測(黃，2001)，將提供全球性的大氣溫度和濕度的垂直剖面探空資料。Wickert (2004) 曾利用 GTS 系統的全球探空資料和 FORMOSAT-3 相同性質的歐洲 CHAMP 衛星進行相互比較，該文利用各大洲各國家 2001~2004 年探空資料和 CHAMP 衛星進行比較分析，因此本文第一作者在太空中心計畫贊助下，邀請國內氣象作業單位不同探空作業系統和 radiosonde 來進行臺灣地區第一次的 radiosonde 交叉比較實驗。本文第二節簡述臺灣地區氣象探空發展與現況，包括現行使用中的各種 radiosonde 及其基本特性。第三節簡要敘述 2006 年 3 月探空交叉比對的操作流程和資料分析初步結果。

## 二、臺灣氣象探空發展與現況

臺灣地區早於 1949 年於中央氣象局台北測站開始進行氣球探空觀測，1973 年板橋測站(測站代碼 46692)啟用，花蓮測站(測站代碼 46699)則於 1987 年啟用(陳，1997)。空軍方面，桃園機場(測站代碼 46697)和馬公機場(測站代碼 46734)之探空記錄可溯及 1952 年，而東港測站(測站代碼 46747)建立於 1957 年。1984 年空軍撤銷桃園機場探空作業，並於 1985 年建立綠島測站(測站代碼 46780)(劉等，1985)，1999 年搬遷東港測站(測站代碼 46747)到屏東機場(測站代碼 46750)，上述五處現有測站分布在全台北(板橋)、東部(花蓮)、東南部(綠島)、西南部(屏東)和西部海峽(馬公)，環繞臺灣中央山脈不同方位以及臺灣海峽；至於中央氣象局台南永康測站以及東沙島(海軍大氣海洋局代為操作)探空觀測時序較不完整。目前世界上常用的探空儀廠牌計有 10 種(Luers and Rober, 2000)，Ondras(2002)整理了其在全球各國使用的佔有率。臺灣地區氣象局所屬測站使用日本 Meisei RS 系列 Rawinsonde，空軍所屬測站則使用美國 Sippican MARK-II Microsonde，兩種探空儀都是 1680Hz 的雷文送(Rawinsonde)，由地面追蹤天線的仰角與方位角來換算高風場。表 1 整理了上述作業單位現行的 radiosonde 型號和使用地點。學校研究單位方面，除了中正理工學院之外，其餘各大學(臺灣大學、中央大學、文化大學、輔英科技大學)均採用芬蘭 Vaisala 系統，風場資料都是 GPS (navigation-aided wind finding) 風導邏輯所得出。海軍氣象單位則採用德國 Graw GPS 探空系統，陸軍氣象單位則是採用 Vaisala Rawinsonde 系統。

## 三、探空同步作業與資料分析初步結果

由於經費限制，本文利用臺灣大學大氣科學系攜帶式的無線電探空系統(Vaisala WM15 主機搭配 RS92 radiosonde)，分別於台南永康測站、屏東機場、

板橋和花蓮探空站，與中央氣象局、空軍氣象聯隊、海軍大氣海洋局等單位，進行radiosonde同步升空觀測交叉比較(表2)。同時，本節所討論的radiosonde差異比較，均以Vaisala RS92 radiosonde(表1的VG9)為參考基準，圖表製作與分析均與WMO 2005年inter-comparison campaign 作法雷同。交叉比較的探空儀都懸掛在同一支架，隨同一副降落傘由單一探空汽球一起舉升(圖1)，地面接收設備則由不同主機系統自行接收，再將原始探空剖面資料統一交由臺灣大學處理與繪圖分析，並無經過各探空主機內定的資料檢定和編碼軟體處理。本文現階段的資料品質比起官與林(2005)的流程簡要，只有進行顯著不合理值剔除，並以25 hPa間距分層進行各氣象變數的平均。由於風場瞬變現象較大，因此取用最接近該分層界線的該筆資料。

溫度場方面(圖 2)，MG 比 VG9 略高約 0.5°C (150~200hPa 除外)；GG 比 VG9 略低並隨著高度增加而放大到 1.2°C (200hPa 高度以上差異又減小)；500hPa 以下 MT 高於 VG9 500hPa 以上則相反，溫差約 1.0°C。VT 和 VG9 相當一致，但隨著高度增加而放大到 0.8°C。ST 和 VG9 也相當一致，但系統接收狀況不甚穩定，在 800hPa 和 150hPa 有顯著不連續現象。

相對濕度場方面(圖 3)，在 800~600hPa 之間 MG 比 VG9 略為潮濕，其餘高度則略為乾燥，但差異都在 5%之內。600hPa 以下 GG 比 V 乾燥，600hPa 以上轉為潮濕，差異可達 10%。MT 和 VG9 的濕度差異除了在 500hPa 以下包保持在<5%之內，兩者的差異由-15%到 30%。VT 和 VG9 相當一致，500hPa 以下前者少於後者 5%之內。ST 和 VG9 的差異變化也較大，800hPa 以下偏濕(<10%)，800~600hPa 以及 200hPa 以上偏乾(<-10%)。

風速方面(圖 3)，300hPa 以下，MG 與 GG 和 VG9 的差異都甚小，300hPa 以上差異值不合理放大，我們懷疑當日這一份 VG9 GPS 地面或高空接收訊號失效造成。除了 800hPa 高度短暫異常之外，MT 和 VG9 風速差異甚小；400hPa 以上 VG9 GPS 接收訊號失效，無法比較。除了在 350hPa 高度之間訊號有異常之外，VT 和 VG9 兩者的風速相當一致。400hPa 以上 ST 顯著小於 VG9，甚至高達 20m/s。

風向方面(圖 4)，MG 與 GG 和 VG9 的差異表現如同風速剖面，再度顯示當日該份 VG9 GPS 接收訊號品質有異狀或干擾。MT 和 VG9 風向差異隨著探空儀高度昇空高而減小(<45°)。VT 和 VG9 在 350hPa 以下差異甚小，隨後 GPS 訊號可能被干擾而不合理地放大擺盪。ST 和 VG9 風差異有不少異常不連續層，但前者仍有大於後者 45°的跡象。

#### 四、展望

上節的資料分析尚屬初步診斷，進一步的比較分析包括所有原始探空資料品質的嚴謹修正(Collins, 2001；曾，1992；曾，1997)。此外，空軍氣象單位探空系統將於2006~2007年汰換，我們

認為有必要再度並擴大進行這一種radiosonde同步施放交叉比較實驗，將樣本數量增加到具有統計分析意義，以及增加同地的日夜比較施放的實驗，提供作業與學術單位資料引用的依據。

#### 參考文獻:

- 官岱瑋，林博雄，2005：臺灣地區大氣探空剖面特徵分析。天氣分析與預報研討會，中央氣象局，台北。
- 黃清勇，2001：「華衛三號」科學研究簡介。科學發展月刊，29，804-809。
- 曾文雯，1992：中央氣象局自動氣象資料處理系統之現況研究。氣象學報，38，119-133。
- 曾忠一，1997：氣象資料同化。渤海堂出版，台北市，pp594。
- 陳福來，1997：窺豹臺灣百年地面與高空氣象觀測及儀器沿革。中華民國氣象學會年刊，38，5-25。
- 劉廣英，葉文欽，張儀峰，1985：臺灣區探空氣象因子量氣候參考值之分析。國家科學委員會研究報告，NSC-74-0202-M072-05，pp132。
- Chernykh, I. V. and R. E. Eskridge, 1996: Determination of cloud amount and level from radiosonde soundings. *J. Appl. Meteor.*, 35, 1362-1369.
- Collines, W. G., 2001: The operational complex quality control of radiosonde heights and temperatures at the National Centers for Environmental Prediction. Part II: examples of error diagnosis and correction from operational use. *J. Appl. Meteor.* 40, 152-168.
- Gaffen, D. J., 2000: Radiosonde observations and their use in SPARC-related investigation. *J. Climate*, 11, 1002-1019.
- 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.
- Ondras, M., 2002: Report by the Rapporteur on Radiosonde Compatibility Monitoring. WMO CIMO-XIII/Doc. 5.2.
- 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.
- Pathack, B., J. Nash, R. Smout and S. Kurnosenko, 2006: Preliminary results of WMO intercomparison of high quality radiosonde systems, Mauritius, February 2005.
- Wang, J. and W. B. Rossow, 1995: Determination of cloud vertical structure from upper-air observations. *J. Appl. Meteor.* 34, 2243-2258.
- Wickert, J., 2004: Comparison of vertical refractivity and temperature profiles from CHAMP with radiosonde measurements. Scientific Report No.04-9, Danish Meteorological Institute. Pp 35.

表 1: 臺灣地區各氣象作業與學術單位使用的 radiosonde 型號、觀測地點與本文的代號。

Manufacturer	Radiosonde	Simbol	Owner	Site
Vaisala Oyj	RS92	VG9	NTU	Mobile
Vaisala Oyj	RS80-67	VT	CWB	Hua-Lien (HL)
Vaisala Oyj	RS80-15G	VG8	CWB	Pan-Chiao (PC)
Meisei Electric Co.	RS01-GT	MG	CWB	Yon-Kang (YK)
Meisei Electric Co.	RS-2-80	MT	CWB	Pan-Chiao (PC)
				Tung-Sha (TS)
Graw Radiosonde GmbH	DFM97	GG	CNAVY	Tung-Sha (TS)
Sippican Inc.	AIR RT-2	ST	CAF	Ping-Tung (PT)
				Green Island (GI)
				Peng-Hu (PH)

表 2: 本文所討論的 radiosonde 相互比對實驗地點、日期和種類。

Date(yy/mm/dd)	Time (UTC)	Site (見表 1)	Type of radiosonde (見表 1)
2006/03/08	07:00	YK	VG9、MG、GG
2006/03/08	12:00	PT	VG9、ST
2006/03/13	09:00	PC	VG9、MT
2006/03/15	04:00	HL	VG9、VT

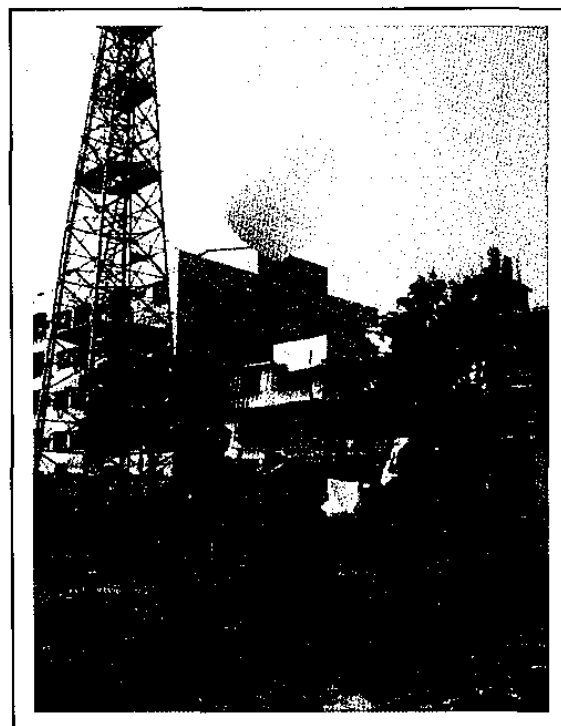
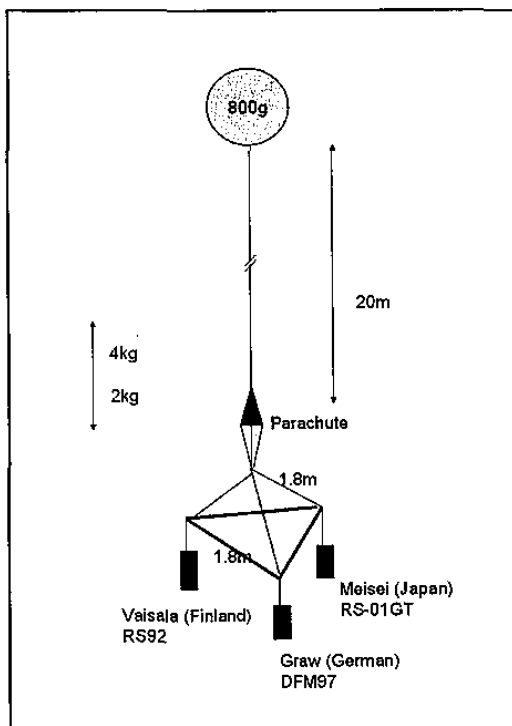


圖 1: GPS radiosonde 於永康測站同步施放的示意圖和實際作業現場(2006 年 3 月 8 日)。

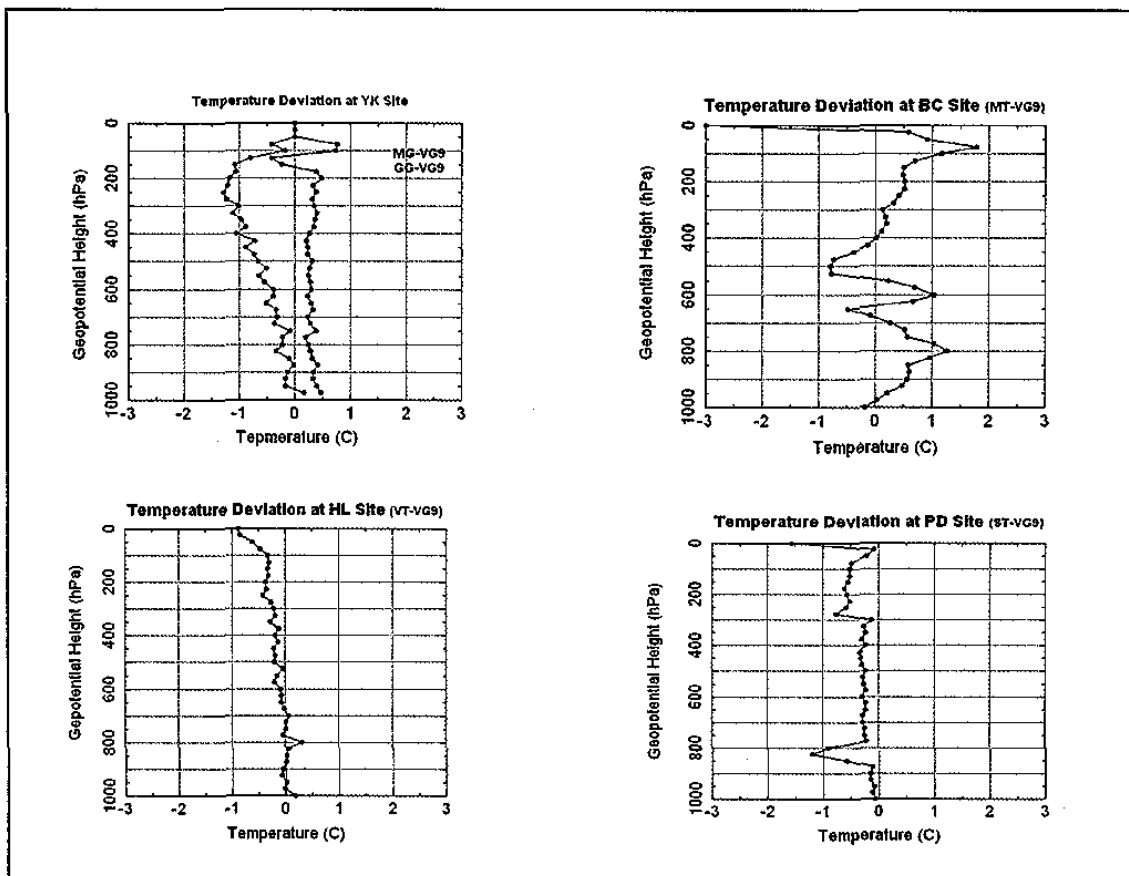


圖 2: 溫度探空剖面比較。日期、地點與 radiosonde 代號見表 1 與表 2。

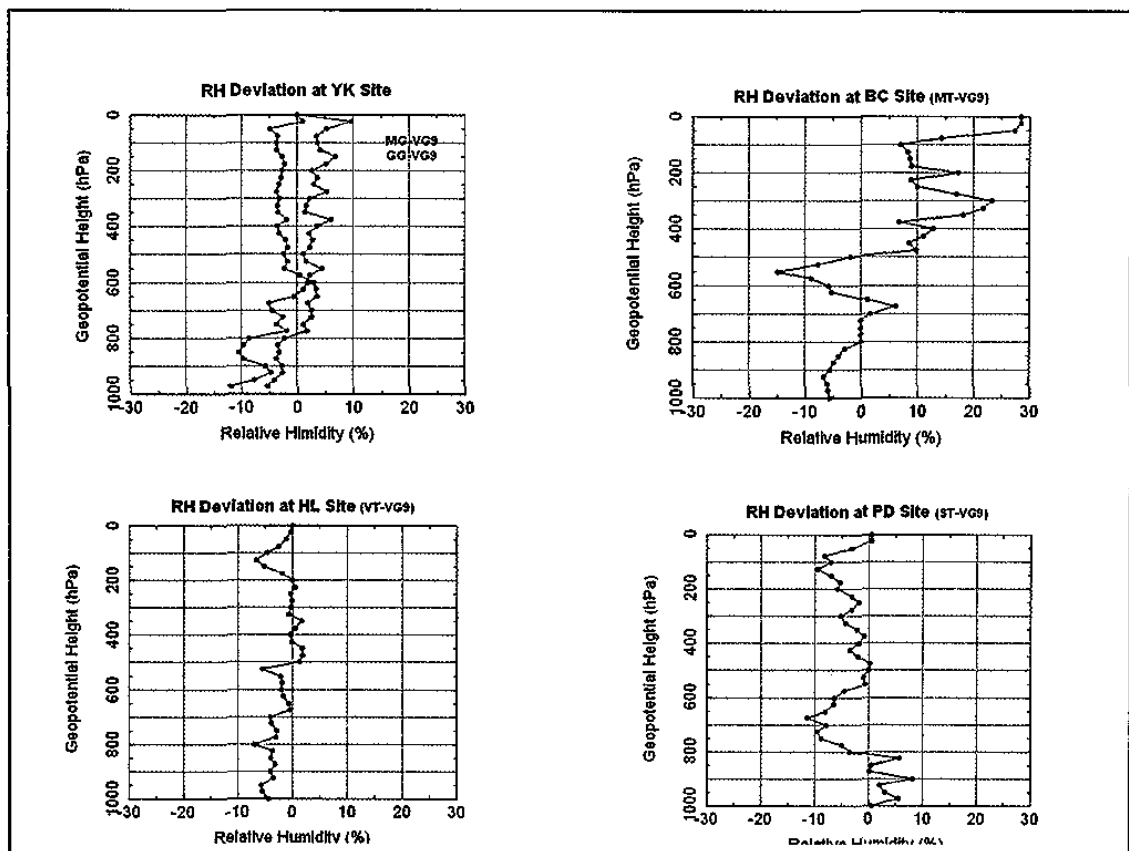


圖 3: 相對濕度探空剖面比較。日期、地點與 radiosonde 代號見表 1 與表 2。

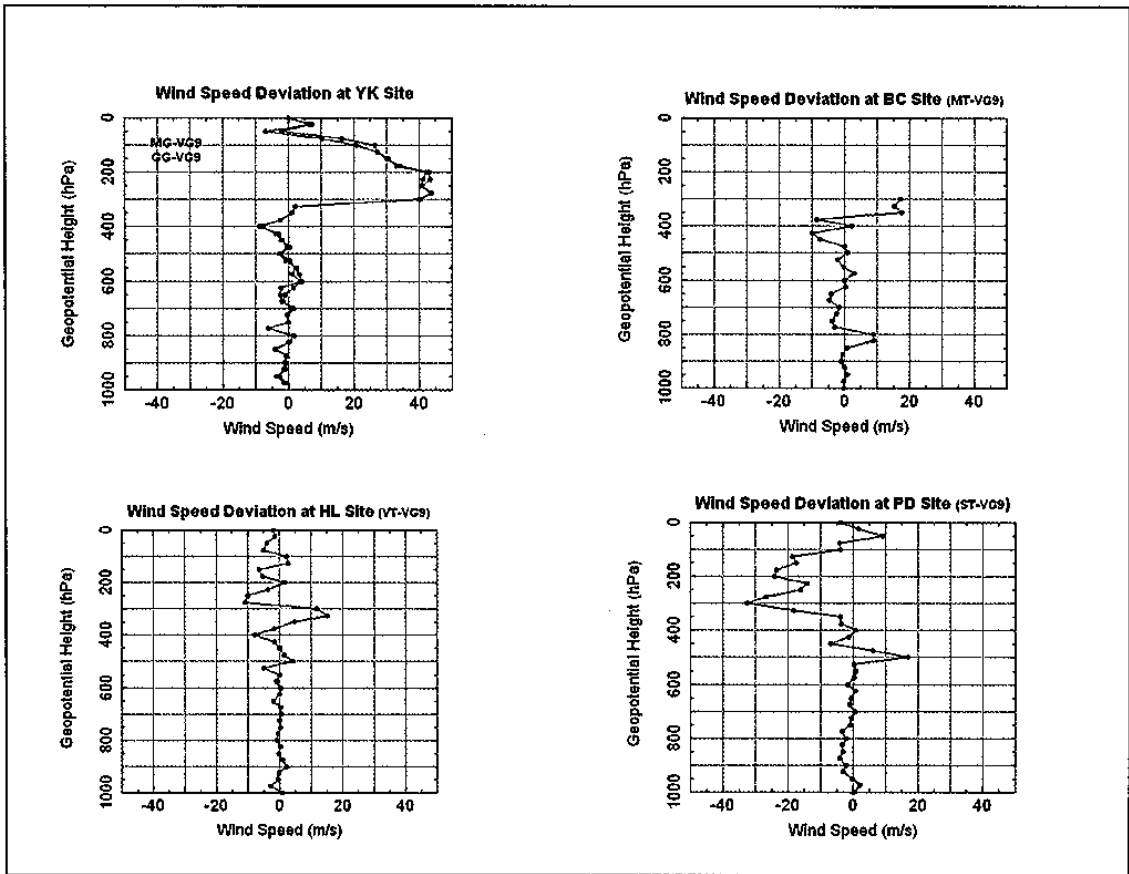


圖 4: 風速探空剖面比較。日期、地點與 radiosonde 代號見表 1 與表 2。

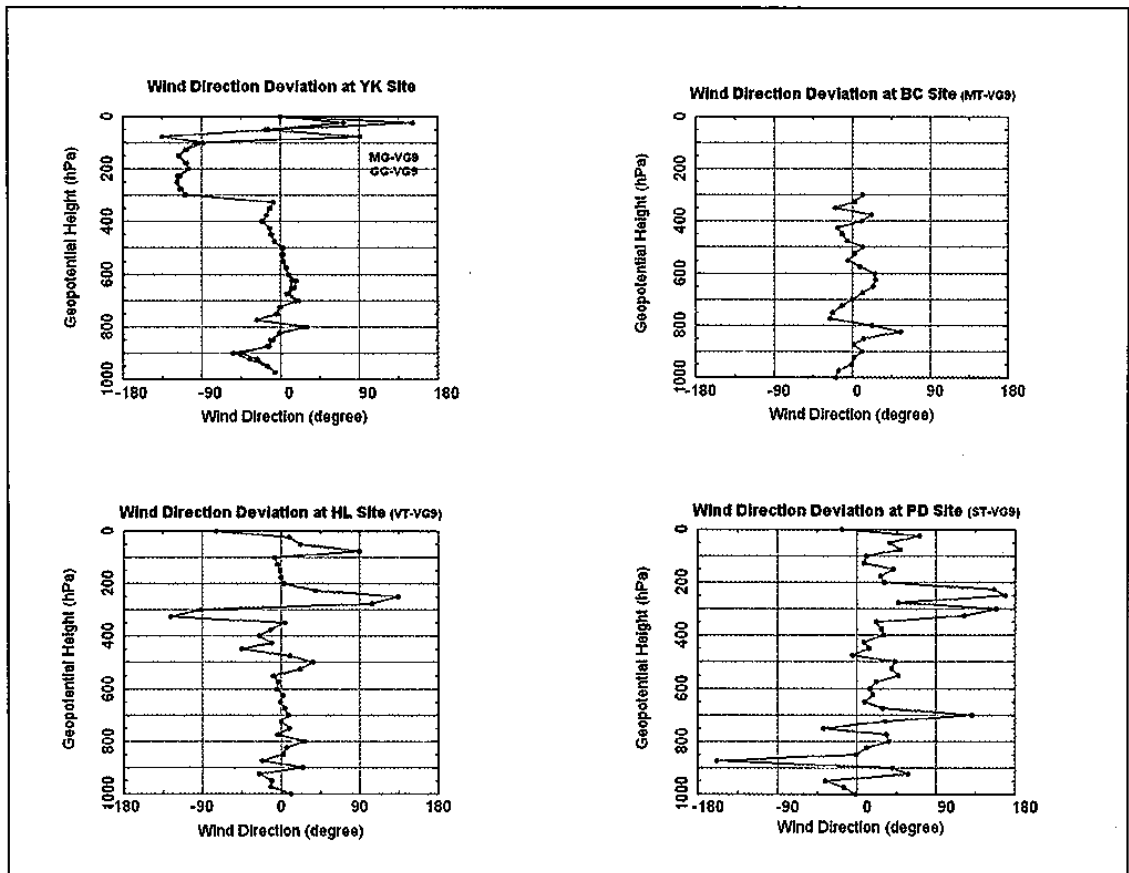


圖 5: 風向探空剖面比較。日期、地點與 radiosonde 代號見表 1 與表 2。