

南海季風實驗期間整合探空系統之觀測分析

林沛練 賴信志 顏永安 夏天祐 任俊儒

國立中央大學

大氣物理研究所

一、前言

台灣地區位於歐亞大陸與太平洋交界地區，又位於中、低緯度過度之副熱帶地區，其天氣與氣候的變化受到獨特的大尺度季風環流所控制（即東亞季風系統）。台灣的梅雨季節和季風之起始期大約是在同一時間發生，並為季風系統的一部份，He 等（1987），Yanai 等（1992）及其他學者的研究指出，在南中國海（South China Sea, SCS）及其附近地區的對流活動及西南風的建立，被認為是亞洲夏季季風最早發生的地區，研究結果指出在五月中旬，南海地區 850hPa 的風向會先有西南氣流之產生，而這個時間也和 ITCZ 北移的時間相當接近。

南海季風對流系統以及大氣邊界層熱動力過程的結構及特性，其日變化以及由潛熱釋放及輻射效應所導致之加熱效應的垂直分布，對流降系統中層狀結構與對流區結構的分布特性等，目前都不清楚，這些特性的了解不僅其本身即是中尺度對流系統發展過程非常重要的特徵，而且也關係到季風預報以及大尺度模式對流參數化的改進，非常值得重視。過去由冬季季風實驗（Winter MONEX）的研究指出季風對流系統包括了層狀區與對流區兩個主要部份，一些研究也指出百分之 40 到 50 的季風降水是來自對流系統層狀區的貢獻，由於層狀降水與深積雲對流降水加熱效應的垂直分布有很大的不同，嘗試了解南海季風對流系統的特性無疑是件非常重要的事情。

總之，南海季風不僅是亞洲季風系統的主要組成部份，而且也對鄰近地區和全球的天氣和氣候起重要作用。對台灣而言，台灣梅雨季對流之發生與降水系統的活躍程度除了深受梅雨鋒面與局部環流的影響之外，也與西南季風的建立與發展息息相關，西南季風內北移的中尺度擾動，水汽輸送與台灣梅雨期的豪大雨形成與發展，有很密切之關係，很值得重視。過去資料的缺乏是研究南海季風有關物理過程的主要障礙，1998 年進行的南海季風實驗（SCSMEX）將提供一組相當良好的密集資料，讓我

們研究相關的科學問題，本研究擬利用南海季風實驗期間在南海北部的整合探空系統（ISS）陣列加上加密的地面與探空觀測來診斷分析南海季風的大氣邊界層結構、對流系統特性與日變化。

二、南海季風實驗與整合探空系統觀測

國際南海季風實驗密集觀測於 1998 年 5 月 5 日至 6 月 25 日間在 10°S-30°N，95°E-130°E 之區域內進行，包含了以探空、無人飛機、地面站、整合探空系統、船上及陸上雷達、海洋表層海水與海流之觀測、海上觀測浮台陣列（Atlas Buoy）等不同觀測平台來收集資料。在此國際觀測實驗計畫期間，執行了二段密集觀測期（IOP），分別為 5 月 5 日至 5 月 25 日及 6 月 5 日至 25 日。第一個 IOP 持續 20 天偵測夏季季風發生之狀況，第二個則是以 15-20 天為原則來偵測東亞季風系統內降水系統劇烈北移的狀況。

整合探空系統(Integrated Sounding System, ISS)是一種整合性、連續、高解析的對流層探空系統。ISS 基本上是由各組件個別設計以符合各種觀測特性，並且配合各觀測特性進行現場儀器、主動式和被動式遙測儀器資料之同化與互補，期望以一整合的系統滿足各方面對局部密集觀測資料的需求。目前我們使用之 ISS 系統包括配有無線電聲波探測系統 RASS 的 UHF 剖風儀(UHF 雷達)、衛星定位式 GPS 探空系統及地面氣象觀測站。

(1)915MHz 剖風儀(Profiler)及無線電聲波探空系統(RASS)

過去十幾年來，地面作業式的遙測剖風探空系統之發展有很快速的進展，都普勒式剖風儀不斷被利用於主要的觀測作業。剖風儀之操作主要有幾種頻帶，例如 50MHz 的 VHF、405MHz 及 915MHz 的 UHF 頻帶。無線電聲波探空系統之技術，過去幾年來也有很大的進展，將之與剖風儀結合，可以用來測量

大氣虛溫的垂直剖面分佈，而利用 915MHz 的頻道測量時就只能測量至約一公里左右的高度。低頻之 VHF 雷達也具有低降水干擾之優點，因此是測量對流層頂的利器。雖然 UHF 雷達無法像 VHF 雷達般可測量到較高的度，但卻具有重量輕、體積小及易安裝的特性。UHF 雷達可測得低對流層垂直解析度相當高的剖風資料，但卻易受到降水之干擾，即使是小雨都有影響。但也因此種特性可用來研究雨滴大小之分佈，因此與傳統氣象雷達之整合就可提供雨滴相對於空氣運動之下降速度，以及雨滴大小之分佈情形。

(2) 衛星定位式探空系統(GPS Rawinsonde System)

GPS 探空系統是一獨立、可移動的高空探測系統，裝設於 3.6 公尺×2.4 公尺×2.1 公尺的拖車貨櫃內。貨櫃內有一套電子軌跡追蹤器以接收探空儀無線電頻率之訊號；另有一科學用個人電腦用以處理由電子軌跡追蹤器收集到的資料及系統控制。即時之 GPS 探空資料包括 240 秒平均之風向、風速及其他 10 秒平均之氣象要素資料(包括高度、氣壓、溫度、露點溫度、相對濕度等)。風的資料係由三個以上的 GPS 衛星所發射之訊號到達時間的差異來定位計算之。

觀測值或推導值可在觀測中即時繪圖顯示，亦可於觀測之後重繪，以利資料之分析及整理。可顯示之圖形包括探空氣球的高度、方位及軌跡，風向、風速、溫度和露點溫度隨高度或氣壓變化圖，氣壓隨高度的變化圖及斜溫圖。觀測結束後亦可將 WMO 規定之標準層及特性層的資料予以自動編碼以供 GTS 傳輸。

(3) 地面氣象觀測系統

此地面氣象觀測系統可以測量地面的風速、風向、溫度、露點溫度氣壓及降水等一般氣象資料，這些資料的觀測是利用 NCAR 移動式自動中尺度觀測氣象站(PAMII)來進行。此外亦加入測量地表能量收支的能力，這包括淨輻射平衡、可見光輻射強度、長波輻射強度等。地面能量收支之測量技術並可與 NCAR 地面資料收集系統配合。所有此系統所觀測到的資料均由地面自動資料收集系統處理後，再經線上或離線方式將資料送入資料處理系統的工作站中匯整及顯示。

(4) ISS 資料處理系統

ISS 觀測資料之處理系統包括：(a)從觀測儀器收集各種觀測資料，(b)各種觀測資料的儲存，(c)各種觀測資料的品質控制及處理，(d)各種觀測資料的除錯、精簡、顯示以及分析，(e)可設定將資料經由衛星傳送至其他地方。

ISS 資料處理系統乃是 ISS 系統的核心，主機為一 SUN-4 等級的工作站，配備有二台硬式磁碟機，一台可讀寫式光碟機，一台高解析度圖形顯示器，網路介面卡以及列表機。軟硬體系統之充分配合使本系統可以迅速將各觀測系統送進之資料予以儲存、重組、分析以及立即圖型顯示。所以此系統非常方便於即時觀測資料的快速察看與分析。

整套觀測系統具有直接及透明化的資料存取設計。整個系統的設計基於網路方便使用為原則，每個觀測系統的資料收集處理單元均為網路之節點。

在國防部支援下，今年四月中旬 C-Pol 雷達與整合探空系統的貨櫃由空軍之 C-130 專機運抵東沙，海軍也以專艦運送大吊車以利 ISS 與 C-Pol 雷達系統之組裝作業，四月下旬 ISS 已組裝完畢並完成新裝衛星地位式探空系統之初步測試，依原定計畫於 5 月 5 日早上 8 時展開密集觀測作業。ISS 的觀測作業從 5 月 5 日持續到 6 月 25 日，二階段的密集觀測期間內衛星定位式探空系統每天 06Z 與 18Z 施放兩次，(另外兩次 00Z 與 12Z 由海軍氣象中心東沙站依例行作業方式施放)。觀測期間內剖風雷達、RASS 及地面站進行連續之觀測。

三、SCSMEX 觀測分析

整合探空系統具有四個主要的子觀測系統，本節分析即將此四個子系統在 SCSMEX 期間所觀測到的結果分述如下：

(1) 地面觀測

東沙為一四面臨海的平坦小島，由於面積很小，因此海陸比熱差異所引發的熱力效應並不明顯，由地面觀測時序的風場與溫度場變化分析中，可得到風場並沒有明顯的日變化，但是溫度則有清楚明顯每日週期改變的趨向。熱力效應不明顯的結果，使得觀測得到的風場可視為天氣尺度或更大尺度氣壓梯度力的反應結果，這對利用東沙島觀測風場來觀察季風的肇始提供了有效的證據(圖一)。在地面風場的時序分析中可明顯得到季風肇始的訊息，

U、V 風場分量的時序分布可看出原本微弱的且偏東風的風場在 5 月 15 日時有極大的轉變，U、V 分量均呈現較大的正值趨向(西南風)，而後僅在梅雨鋒面系統南下或降水發生時會轉成東北風，6 月 7 日後則全為西南風的環境風場(圖二)。在 SCSMEX 期間，地面氣壓呈現出以下數個特性：(a) 明顯的半日潮現象，在低緯地區的半日潮振幅變化約為 2hPa 左右，此與觀測結果相當吻合。(b) 低頻振盪，由將近兩個月的地面氣壓時序變化中發現，除了每日固定的半日潮變化外，還存在一週期約為 7-8 天的低頻振盪現象，當 5 月 15 日季風肇始時，氣壓恰處於此低頻振盪振幅最低處。(c) 降雨發生時，氣壓與溫度會受到地面降水的影響而下降。此外季風肇始前後的濕度變化呈現明顯的變化，5 月 15 日之前，濕度的日週期變化非常明顯，平均相對濕度約在 75%。但在 5 月 15 日之後，濕度平均增加了 10% 左右，顯示西南季風帶入了具有潮濕特性的空氣。

(2) GPS 探空系統

整合探空系統的探空部分由原本的 OMEGA 探空改成 GPS 探空後，首次應用在台灣地區的觀測實驗中。其任務是在東沙島執行每日 06Z 與 18Z 的探空觀測。由於 ISS 的探空具有高空間解析的觀測能力，因此能較精確的觀察高空熱、動力場的變化。季風肇始前的風場時序分析結果顯示 500hPa 以下的風場風速較小，850hPa 的風向偏東風形態，但自 5 月 15 日後整層的風速增強且西風分量顯著增強。除了梅雨鋒前緣侵臨時低層會轉成偏東北風形態外，基本上可視為西南氣流的勢力已建立完成。

(3) 915MHz 剖風儀

首先比較剖風儀與 GPS 探空的觀測結果(圖三)，以 5 月 10 日至 19 日間的探空時序與剖風儀時序分析來討論，5 月 15 日後風速增強且風向偏西分量亦增加，除了近地面層有些許不同外，兩種儀器的觀測結果相當一致。顯示剖風儀具有較佳時間解析度且可信度相當高的風場觀測結果。剖風儀除了能觀測風場外，雷達回波的原始資料亦可求得許多與天氣系統特性有關的資訊。如訊號-雜訊比(Signal-to-Noise Ratio, SNR)隨高度的強弱變化，可推出降水系統的型態與強弱。將整個南海季風觀測實驗期間 ISS 所觀測到的 SNR 隨高度變化進行時序分

析，如圖四，發現東沙島的降水形態大多為一波一波的對流胞，SNR 強度較強的分布時間短暫且沒有發現具有回波亮帶的層狀降水發生，此情形亦可反應出梅雨季低緯地區降水的特性是屬於對流性降水。

(4) 聲電波探空系統(RASS)

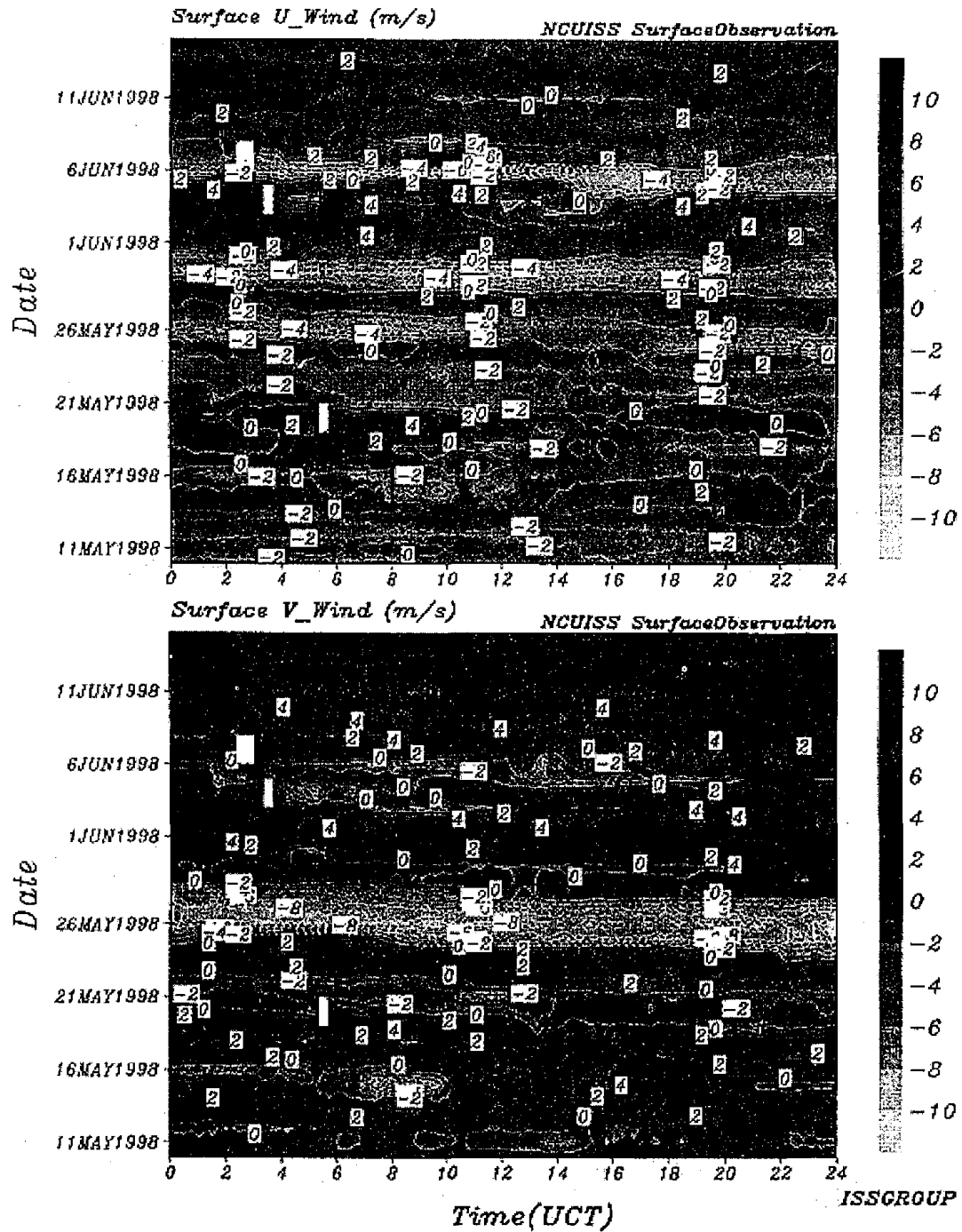
比較 RASS 的探空和 GPS 的垂直虛溫分布進行比較，結果兩種儀器所觀測到的結果也相當吻合，顯示剖風儀具有較佳時間解析度且可信度相當高的風場外，溫度場的觀測結果亦可提供良好的熱力場觀測。

四、展望

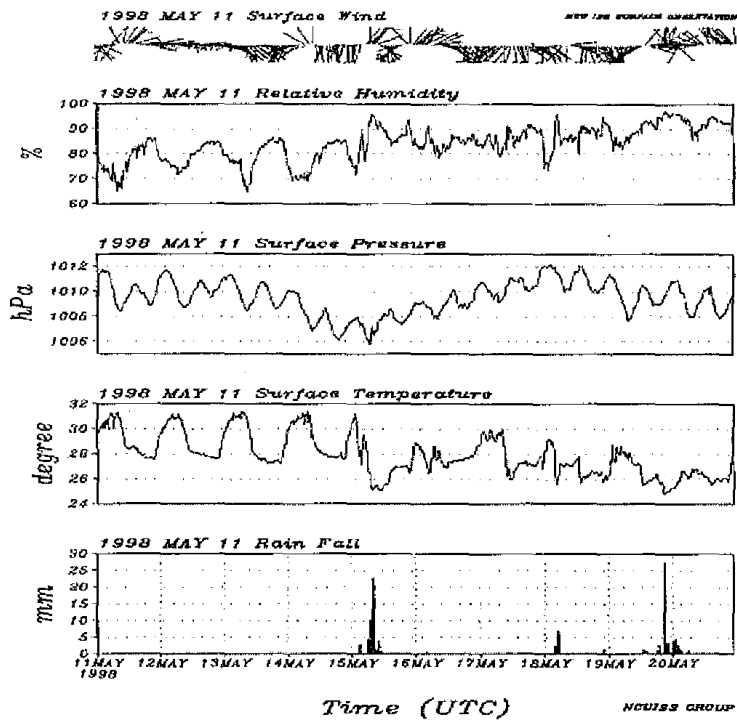
整合探空系統結合了現場測量與遙感探測儀器之特性，整合成一套單一可移動的觀測系統。本文除了介紹整合探空系統之特性外，也以此系統在南海季風實驗的觀測實例來說明這種新型探空系統對南海季風之肇始、大氣邊界層之結構以及對流特性等的觀測能力，由於 915MHz 的頻率對降水非常敏感，因此未來進一步處理 ISS 的原始資料(raw data)將可進行降水系統之對流與層狀特性分類以及垂直速度之結構分析。

參考文獻

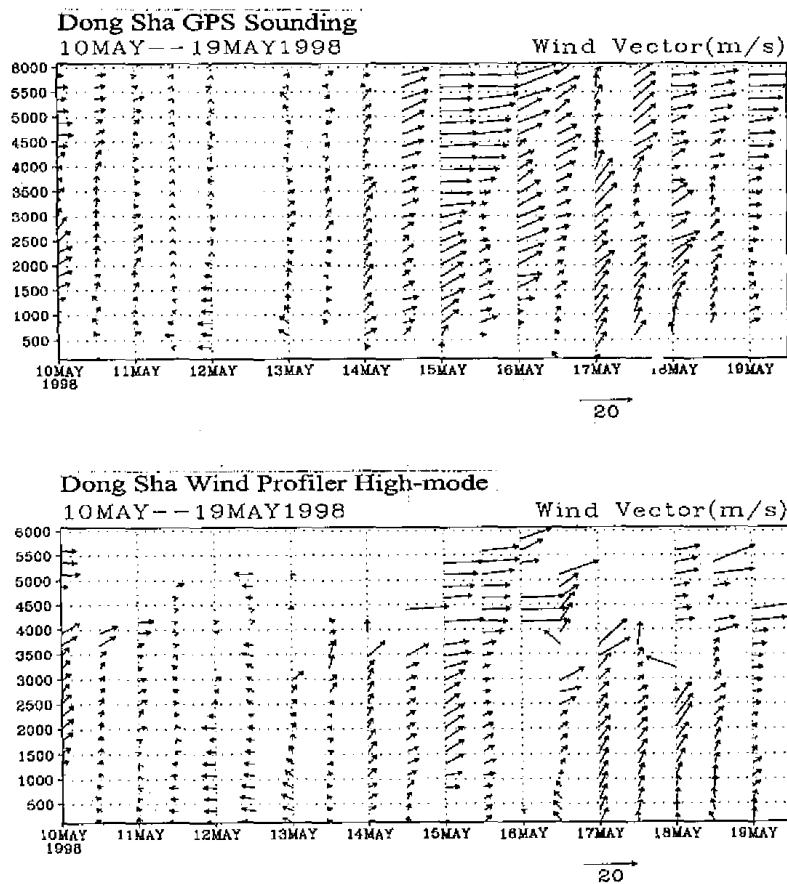
- He, H., W. Mcginnis, Z. Song, and M. Yanai, 1987: Onset of the Asian summer monsoon in 1979 and the effect of the Tibetan Plateau. *Mon. Wea. Rev.*, 115, 1966-1995.
- Yanai, M., C. Li, and Z. Song, 1992: Seasonal heating of the Tibetan Plateau and its effects on the evolution of the Asian summer monsoon. *J. Meteor. Soc. Japan*, 70, 319-351.



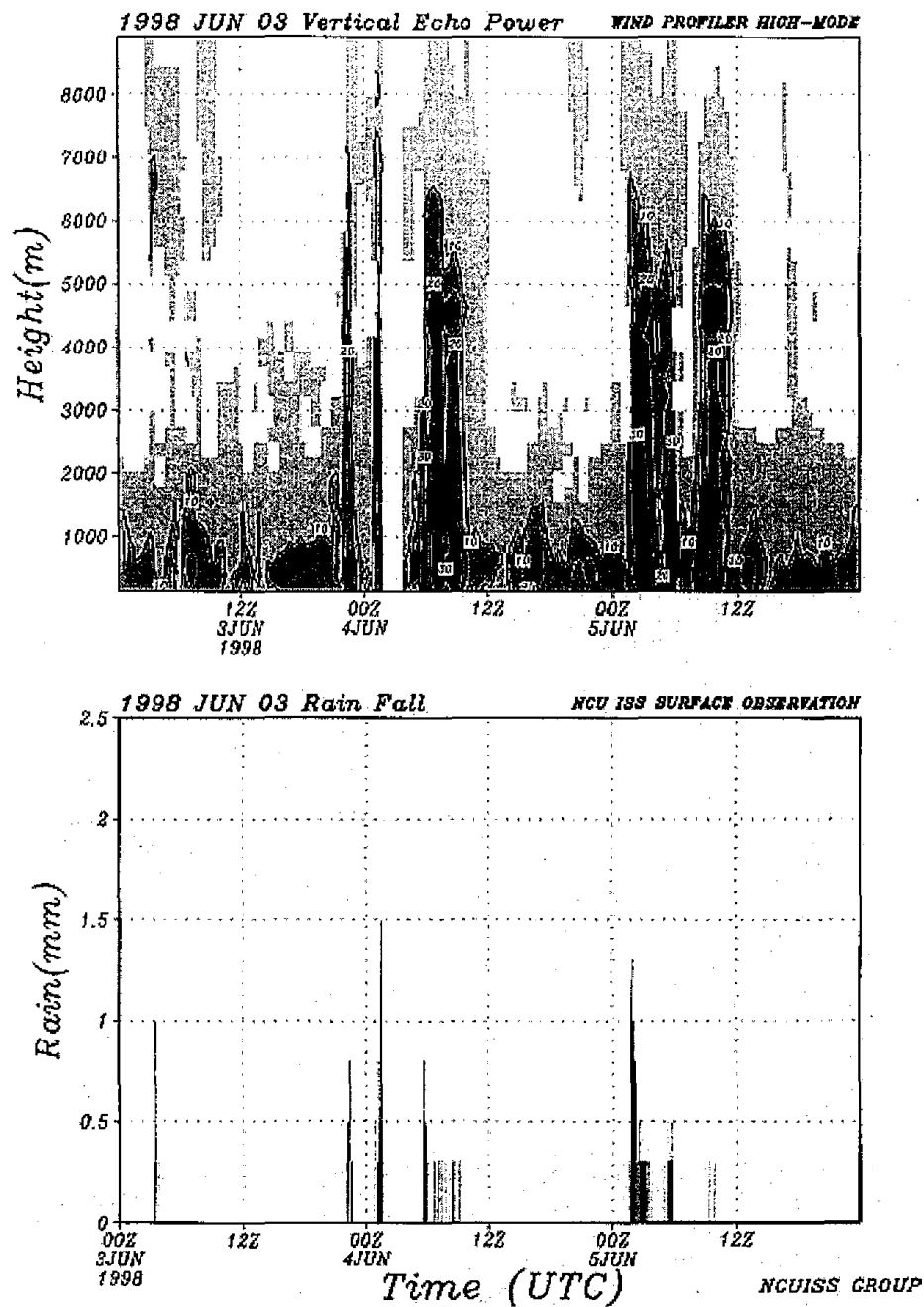
圖一 南海季風實驗期間，整合探空系統之強化地面站，地面風場時間演變分布，橫軸為 24 小時之時間序列，縱軸為觀測日期（1998 年 5 月 10 日至 6 月 15 日），上圖為緯向風場（U）分布，下圖為經向風場（V）分布。



圖三 整合探空系統之 GPS 探空氣球（上圖）與剖風儀低解析模式（下圖）於 5 月 10 日至 5 月 19 日所觀測之垂直風場剖面時間序列。



圖二 整合探空系統強化型地面站 5 月 11 日至 5 月 20 日間所觀測地面氣象要素時間序列，其中雨量為每小時累積雨量，其他氣象要素為 10 分鐘平均值。



圖四 整合探空系統於6月3日至6月5日間由剖風儀觀測之垂直向回波之訊號雜訊比(上圖)；與強化型地面站所觀測之每分鐘雨量(下圖)。

Integrated Sounding System Observations of Lower and Mid-tropospheric Weather Systems during SCSMEX

Pay-Liam Lin, Hsin-Chih Lai, Yeong-An Yen, Ten-You Hsha, Chun-Ru Jen
Department of Atmosphere Sciences, National Central University
Chung-Li, 320, Taiwan

Abstract

The Integrated Sounding System (ISS) supported by NSC and NCU was deployed in Dong-Sha Island during May 1 to June 25, 1998 for South China Sea Monsoon Experiment (SCSMEX) to enhance the resolution of the upper air and surface meteorological networks. The instrumentation for this ISS includes a 915 MHz wind profiler, a Radio Acoustic Sounding System (RASS), a GPS-based NAVAID sounding system and an enhanced surface meteorological station. The general philosophy behind the ISS is that the integration of various measurement systems overcomes each system's respective limitation while taking advantage of its positive attributes.

In this paper, we will introduce the capabilities of the ISS through discussion of the kinematic and thermodynamic structure change of the boundary layer flow during the whole SCSMEX period. The ISS data collected from the SCSMEX are used to investigate the behavior of the lower and mid-tropospheric atmosphere before, during and after the onset of the South China Sea Monsoon. The kinematic and thermodynamic characteristics of the flow over Dong-sha will be examined.

The UHF wind profiler that operate at frequency of 915MHz in ISS are especially useful for precipitation measurement because of its sensitivity to hydrometeors. In this paper we will also demonstrate the potential of the 915MHz profile for diagnosing and classifying the precipitating cloud systems by examining observations taken from the SCSMEX.