

NOAA, GMS-5, SPOT-4 VI 衛星資料之接收及應用

林唐煌
國立中央大學太空及遙測研究中心
中壢市五權里 38 號
thlin@csrsr.ncu.edu.tw

劉振榮
國立中央大學太空及遙測研究中心
中壢市五權里 38 號
grliu@csrsr.ncu.edu.tw

郭宗華
國立中央大學太空科學研究所
中壢市五權里 38 號
kuo@csrsr.ncu.edu.tw

摘要

自美國第一顆氣象衛星 TIROS-1 於 1960 年升空後，不但開創了衛星時代的新紀元，亦帶動衛星遙測的蓬勃發展。經過四十年的研究發展，不論是衛星本體或感測器之精度以及遙測技術之改進均有重大的突破，且日益精進中。因此，目前的氣象衛星不僅是提供簡單雲圖或即時天候系統之監視，最重要的是能彌補傳統觀測之不足，獲取大範圍或人煙罕至地區的大氣或海洋等參數，提供相關研究之應用。中央大學太空及遙測研究中心氣象衛星實驗室於成立於 1992 年，可接收美國 NOAA 系列繞極衛星與日本 GMS 同步衛星資料，主要研究方向為衛星遙測大氣參數技術之研究發展及應用，期能提升國內氣象衛星遙測之技術發展與應用研究。研究範圍包括颱風參數及豪大雨之預估、大氣參數與空氣品質等大氣環境之偵(監)測、植被與森林面積以及土地利用等環境變遷之偵(監)測以及地球出長波輻射(OLR)之計算等等。未來將開發更多氣象衛星場在民生科技之應用，期能增進國家社會之福祉。此外，氣象衛星實驗室於 2001 年 9 月間增設 SPOT-4 VI 之接收系統，未來對於大氣環境、空氣品質、植被與森林面積及國土規劃等方面之應用，將有莫大的幫助。

關鍵詞：氣象衛星，衛星遙測，環境變遷

一、前言

早期的氣象衛星發展是以繞極軌道衛星為主，軌道高度約為 800 公里，繞地球一周約為 100 分鐘，觀測同一地區之週期約需 12 小時，對於生命週期較短的天氣現象則無法獲得完整的觀測資料。有鑑於此，高時間解析的地球同步衛星便孕育而生，第一顆地球同步氣象衛星 ATS 系列衛星於 1966 年升空，位於赤道上空 36000 公里處，攜帶有自旋掃描雲系攝影機以拍攝地球全景雲圖，而後 GOES、METEOSAT、GMS 與 INSAT 等不同國家或地區的地球同步氣象衛星陸續於 1975 年到 1982 年間升空作業，觀測週期則為 1 小時。由於繞極與同步衛星在時間及空間方面各有其優缺點，若能相互地配合使用，則可發揮氣象衛星之最大效能。

隨著氣象衛星觀測儀器與遙測技術的精進，氣象衛星遙測在整體天氣觀測與預報工作扮演著一個相當重要且不可或缺的角色。相較於國外，國內在氣象衛星資料之接收及應用方面則較為缺乏，為此中央大學太空及遙測研究中心氣象衛星實驗室於 1993 年建立了氣象衛星接收系統，主要為持續地接收美國 NOAA 系列繞極衛星與日本 GMS 同步衛星資料，以建立長期的衛星觀測資料，推廣並提供相關研究使用。目前現有的資料包括：(1) NOAA 系列衛星資料 - 1993 年 1 月 1 日至 1999 年 12 月，包含 NOAA-9 14 AVHRR (5 個頻道)、HIRS/2(20 個頻道)、MUS(4 個頻道)。(2) GMS

系列衛星資料 - 1993 年 1 月 1 日迄今，包含 GMS-4 5 VISSR, GMS-4 為 2 個頻道, GMS-5 則為 4 個頻道(Meteorological Satellite Center, 1989)。主要研究方向為衛星遙測大氣參數技術之研究發展及應用，研究子題則包括海面溫度求取、潛熱通量估算、大氣垂直溫濕及臭氧剖線之反演、雲分類、雲量、雲頂溫度及雲頂高度等雲參數之推求、全球水汽分布、地表風速及降水量等氣象參數之估算，以及在即時天氣系統(豪大雨與颱風)的監視及預報以及全球能量收支平衡之應用。此外對於大氣氣溶膠、植被指數、海洋水色等大氣和地表變遷之偵測亦為氣象衛星應用的主題之一

1998 年 3 月 24 日，SPOT-4 順利發射升空，於 6 月 27 日正式加入 SPOT 系列衛星觀測作業。因任務需要，SPOT-4 衛星新的酬載設備 HRVIR 新增一短波紅外線波段(Short-Wave Infrared; SWIR: 1580 ~ 1750 nm)外，亦新增一專用於大面積地表植被分析研究之多波段植物感測器(Vegetation Instrument; VI)，其四個觀測頻道分別為藍光波段(430 ~ 470 nm)，紅光波段(610 ~ 680 nm)，近紅外光波段(780 ~ 890 nm)及短波紅外線波段(1580 ~ 1750 nm)，地面解析力為 1 公里。VI 的觀測資料主要之優點在於可以和 HRVIR 感測器同步觀測，將可簡化在影像套合上的諸多問題。若能結合兩種觀測資料，對於大至台灣全島及大陸東南沿海區域，小至如都會區、工業區或農作區等局部小區域之環境變遷偵(監)測之應用，將有莫大的幫助，尤其是在台灣地區地形地物的分布非常複雜之情況下。

二、衛星資料之接收

台灣目前應用於大氣與海洋分析作業上的氣象衛星資料，主要是美國海洋與大氣總署的 NOAA 系列的繞極軌道衛星及日本的 GMS 地球同步衛星資料，這兩種衛星都可提供可見

光及紅外線影像資料，其中 NOAA 衛星可提供微波頻道觀測資料，如 AMSU、MSU 及 SSU。NOAA 衛星於白天、晚上各通過同一地區附近上空一次，且至少維持兩顆繞極軌道氣象衛星作業，故每隔 6 小時可觀測地球同一地點一次。現行的全球性作業繞極軌道衛星為 NOAA-12, NOAA-14 和 NOAA-15。NOAA 的主要任務為拍攝雲圖、估算海溫、地表植被指數之計算、反演大氣垂直溫濕剖線、颱風強度與暴風半徑之估算、估算臭氧總含量、監測太陽常數和地球輻射收支、以及各種自動觀測資料之匯集轉發。而台灣地區所接收的地球同步衛星資料則是日本的 GMS-5 衛星，其主要任務為雲圖拍攝、惡劣天候(豪大雨與颱風)之監測、估算海溫、推算水汽含量、計算雲導風場、以及各種自動觀測資料之匯集轉發。台灣地區接收並提供 NOAA 及 GMS 衛星資料的單位主要有中央氣象局和中央大學太空及遙測研究中心，而太空及遙測研究中心除資料之提供外，在資料處理、問題解答以及研究應用技術等方面均提供國內相當程度之協助。

除了前述二種衛星資料外，在大氣與海洋分析上，美國國防衛星資料 SSM/I(Special Sensor Microwave/Imager)資料也是常被使用的資料之一，因 SSM/I 是微波資料，可穿透雲層，較可見光及紅外線資料更能掌握雲下資訊，且可以用來量測大氣溫度、濕度、液態水含量、降雨量、地表溫度及土壤含水量等多項參數，也成為常被應用於海氣分析上的一種重要資料。由於 SSM/I 資料的成功先例，新近升空的 TRMM 衛星也搭載了類似於 SSM/I 頻率的 TMI(Tropical Microwave Imager)感測器以提供微波資料做為海面降雨估算之用。而這類資料目前均幾近於即時的更新，並存放於資料中心，可經由網路下載即時取得，更提升其適用性及使用率。此外，1999 年初升空的中華衛星一號所搭載的海洋水色儀雖不是專為氣象觀測目的所設計，但其資料可用來反演海洋

水色、離水面輻射量、大氣氣溶膠含量等大氣與海洋參數，故也是大氣海洋分析上的一個新進資料種類。

過去幾十年來，氣象衛星計畫從提供定性的雲圖進步到提供氣溫、水汽、風場的精密觀測結果。大致而言，繞極衛星每隔 12 小時可以通過某一定地點附近一次，觀測海面溫度、氣溫及水汽垂直分布以及其它如臭氧等稀有氣體，以作為全球數值天氣預報與分析之用；地球同步衛星則可對地表大約四分之一面積進行連續觀測，其主要任務為監測快速發展的風暴，如局地劇烈風暴和颱風等，並且追蹤雲的移動以便估計風速，新一代的地球同步衛星也具有探測氣溫和水汽垂直分布的能力。此外，氣象實驗室於 2001 年 9 月間在國科會經費補助下設置 SPOT-4 VI 觀測資料的接收系統，接收範圍可達三千公里，每日約可接收此範圍內一到二次的觀測資料，接收時間約為當地時間上午 9 至 12 時。

三、衛星資料之應用

氣象衛星可於短時間內進行大範圍的觀測，不但具有極佳的時效性與資料一致性之優點，且可獲得全球資料進行完整的研究分析，不僅增加了氣象資料的內容和範圍，對於惡劣天氣的即時預報與長期天氣的預報，有莫大的助益。近年來中央大學太空及遙測研究中心氣象衛星實驗室除持續地接收完整的氣象衛星資料，更致力於氣象衛星資料之研究應用與推廣，且具有初步之成果，將略述如下：

(一) 海面溫度之遙測

海洋與大氣間的交互作用以及海面溫度

對全球天氣和環流系統影響很大，因此海面溫度之測量為氣象觀測的重要工作之一。而傳統觀測方法是包括船測、浮標和紅外溫度計測定海溫，不但空間涵蓋範圍不夠、且空間與時間的解析度也不夠，而且這種以人工或儀器平台量測海溫的方式在人力物力上均較不適合做為長期且大區域觀測之用。隨著衛星遙測方法的引進使得全球海面溫度例行作業觀測成為可能，氣象衛星本身不只提供海溫資訊，且地球同步衛星還可以接收與匯集浮標觀測到的數據。而在海面溫度的反演過程中，如何精確地濾除觀測範圍內雲的影響、定出晴空溫度值、並訂正大氣微量氣體的吸收作用是獲得精確海溫的必需工作(Liu and Kuo, 1994)，隨著過去數十年的遙測技術改進，這些工作都已得到相當成熟的技術，可即時計算海面溫度的分布。由於紅外線資料無法得到雲下海面溫度，因此微波資料(如 SSM/I)的應用越來越受重視，特別是在雲區的遙測應用，成為是另一種海溫反演的選擇。

(二) 大氣垂直溫濕剖線之遙測

由於衛星觀測到的輻射強度資料中含有大氣溫度與吸收氣體垂直分布的資訊，且與頻道之特性密切相關，這種相關性的原因在於黑體輻射強度隨波長而不同且氣體的吸收作用也強烈地跟波長相關。因此如果頻道範圍是選擇位於吸收帶中心，則氣體的吸收特別強，則來自大氣層下層的輻射幾乎完全被上層的大氣吸收掉，衛星所量測到射出輻射就幾乎全是來自最上層大氣的貢獻；相反的，如果使用的頻道內大氣非常接近於透明(吸收帶的翼區或窗區)，則射出輻射主要來自低層大氣或地表。因此選取一組合適的吸收特性不同的頻道來進行觀測，就可間接求出溫濕垂直剖線(劉，1990；Liu et al., 1988)。圖一即為應用

NOAA MSU 及 HIRS/2 之觀測資料推求大氣垂直的溫濕剖面，與附近地區之探空觀測結果非常吻合。

(三) 雲參數之遙測

基本上雲系的消長即表示天氣系統的變化情形，因此衛星雲圖本身就是一個相當有用且直接的天氣分析資料。衛星雲圖除了可直接做為天氣分析與預報參考之外，衛星資料所導出的雲參數可應用於數值預報模式、環流模式以及氣候模式中雲的參數化及結果之驗證。此外，雲參數亦可用來推估降水區域與估計雨量。雲參數的求取可利用紅外線資料配合可見光來判定雲區位置、高度、範圍。主要求取方法有直方圖法、空間相干法及改良式二閾值法(曾, 1988)。本研究利用 1994 到 1997 年 5 年的 GMS 紅外線頻道資料，計算東亞地區逐月有效雲量之分布情形，結果發現台灣地區月平均有效雲量最大為 3 月份，最小則為 11 月份。

(四) 大氣臭氧含量剖面之遙測

臭氧主要分佈於高度 10 到 30 公里的平流層，臭氧含量多寡對入射到地面的太陽紫外線強度有決定性的影響，對人類健康有非常重要的關係，因此臭氧含量的反演是一個相當重要的氣象工作。另外臭氧含量也在地球輻射收支平衡過程扮演一個相當重要的角色。利用 9.6 微米臭氧吸收帶波段的高分辨率紅外輻射探測器可用來偵測臭氧的總含量與垂直分佈。目前因受限儀器頻道數的限制與臭氧分佈的特性，臭氧反演的精度還有很大的改善空間。

(五) 全球能量收支平衡之估算

影響地球輻射收支的三個主要成分是太陽常數、大氣層頂處的行星反照率和出長波輻射通量密度。目前太陽同步衛星 TIROS-N 系列、地球同步衛星以及地球輻射收支計畫(包括 ERBE 與 NOAA 衛星)皆可用來進行地球大氣輻射收支遙測、地表和大氣系統之能量收支情形，對於長期天候預測之研究有很大的幫助。利用 GMS 衛星觀測資料亦可計算東亞地區出長波輻射通量的分布情形(劉等, 1998b)。長期的觀測資料將更深入地瞭解地球大氣輻射收支的趨勢，更利於天氣型態之研究。

(六) 天氣系統之監視和預報

地球同步衛星的時間密集監測，再配合繞極衛星的高解影像的分析，將可對各類之天氣系統的動向有效的掌握及預報，配合傳統地面及高空觀測資，可研究發展即時預報系統和天氣監視系統。

(七) 颱風動態監控及預測

在台灣地區，颱風的動態及變化是大氣研究的主要課題之一，利用衛星遙測技術可以更精確地提早掌握颱風的動態及其強度，特別當颱風在海洋上尚未侵襲陸地時，衛星觀測可以比雷達等傳統方法更早了解颱風的動態，目前的技術已經可以利用衛星微波資料來做颱風中心(位置)的定位、颱風路徑的追蹤、颱風強度、降雨量、及其最大風速的估算。圖二為利用 SSM/I 資料計算賀伯颱風在幾個主要方向的強度及暴風半徑(劉等, 2000)。

(八) 潛熱通量估算及豪雨系統的監控及預測

在台灣地區，豪大雨通常發生在颱風季與梅雨季，在梅雨季所產生的豪雨系統主要形成於兩個區域，一是形成於大陸華中華南地區，再向台灣地區移動，另一種情況是形成於海南島及南海北部區域，再向台灣移近形成對流飆，這些豪雨系統常常在台灣地區形成嚴重的災害，透過衛星的觀測，我們可以了解這些豪雨系統演化的情形，提早知道豪雨的可能性。我們可以利用衛星資料來推估海面溫度、氣溫、風速及水汽分佈，進而推估海氣的潛熱交互作用，而分析這種海氣交互作用就能進一步地預估豪雨的形成與演化(劉等, 1999a)。

(九) 氣溶膠參數之估算

不同頻道的衛星資料對大氣的輻射作用反應不同，應用此特性，氣象衛星資料也可以用來估算大氣的透射率，間接地反演出大氣的懸浮粒子含量多寡，此即為氣溶膠。氣溶膠的多寡可視為空氣品質的指標，此方面相當有助於環境保護的應用(Liu 等, 1998)，所反演的大氣氣溶膠等參數也可用來做為空氣污染指標及輻射收支平衡分析。圖三為應用 AVHRR 第一頻道資料所推求之台灣地區大氣氣溶膠光學厚度之分布情形。此一結果將可應用於衛星遙測空氣品質及污染之偵測。對於城市或工業區等小範圍之局部地區，則可利用高地面解析之衛星資料，如 SPOT、IKONOS 等公尺級資料來監測。未來亦可加入 SPOT-4 VI 觀測資料之應用。

(十) 大氣水汽含量之遙測

水汽含量是氣象分析中的一個非常重要的參數之一，除可影響降雨的機率外，亦為能

量交換中的一個重要因子，特別是對惡劣天氣系統(颱風、豪雨等)的預報更需要能有效量測大氣水汽含量值。大氣中之水汽對某些輻射頻道具強烈之吸收，可據此特性遙測得水汽之含量(王與劉，1998；Huang et al., 1992)。

(十一) 近海面風速之遙測

利用地球同步衛星紅外線頻道影像，計算其在相隔一或半小時內之移動距離和方向即可估算得高空風場(雲導風)(劉等, 1995)。而利用微波在不同海面狀況(風大浪大，風小浪小)具有不同之發射率(或不同之水平或垂直極化)現象，亦可推求得海面上之風速，圖四即為海面風速計算結果之一例(劉等, 1998a)。

(十二) 降雨量之遙測

利用GMS同步衛星之可見光與紅外線資料，配合地面雨量資料，可獲得其間的相關性，進而建立區域性的降雨計算模式(劉等, 1992)。此外，雨滴會對微波造成能量之散射，雨量則雨滴大，對微波頻道造成之極化現象亦不同，由此即可推求得降雨量(Liu等, 2000)。目前如SSM/I或TRMM所裝載的TMI儀器均是特別為遙測降雨設計的微波儀器。

(十三) 全球植被指數之遙測

圖五即為台灣地區植被指數計算結果，植被指數代表植物之生長情形，可以準確分析乾旱或饑荒發生地區，及早提出因應之道，以減少災難之發生。而氣象衛星資料除可提供全球大範圍植被指數之估算，亦可應用於森林面積之計算及環境變遷之評估。另一方面，植被指數的高低會影響地表的輻射特性，因此植被指數的估算結果也可以用來做為精確的區域天

氣數值預報模式輸入之用(劉等, 1999b)。未來亦可加入SPOT-4 VI觀測資料之應用。

四、結語

應用氣象衛星資料有諸多優點，尤其在空間和時效上為其它傳統方法所不及。雖然衛星資料與傳統觀測上仍有特性上的不同，例如傳統觀測為點狀量測，而衛星資料為塊或面狀平均。不過若能相互取其優點而避其缺點，融合不同特性的觀測資料，將可對相關的研究或作業應用提供極具價值的幫助。隨著研究之進展，如能善加利用，氣象衛星已成為氣象界之利器，且有不可取代之趨勢。許多先進國家由於在衛星科技發展上均以氣象衛星為重點項目之一，不僅造福民生，如防颱、防洪、漁汛、飛航安全等監測，並可作為其它用途衛星的研究基礎。因此，氣象衛星之研究發展，實為國內未來應更積極投入並提升應用能力的重點項目。另一方面，完整的資料則是所有研究分析與技術開發的根本，故長期的資料收集乃是不可或缺的重要項目之一。此外，在 SPOT-4 VI 觀測資料之加入應用後，相信對於大氣環境、空氣品質、植被與森林面積及土地利用等方面之應用，將有很大的助益。

五、誌謝

本文要感謝太空及遙測研究中心在衛星資料及各項資源之提供，使本研究得以順利地完成。

六、參考文獻

曾忠一，1988：大氣衛星遙測學。渤海堂，

台灣台北。

劉振榮，1990：台灣區衛星遙測大氣垂直剖面反演方法之研究。大氣科學，Vol. 18, No. 1, 1-19。

劉振榮，呂貴寶，徐天佑，1992：應用同步衛星資料估算台灣地區對流降雨。大氣科學，Vol. 20, No. 3, 233-265。

劉振榮，徐健瑤，林唐煌，1995：利用同步衛星資料估算東亞地區之風場，Vol. 23, No. 2, 265-286。

王光華，劉振榮，1998：應用氣象衛星資料估計台灣附近地區降雨之研究。航測及遙測學刊，第三卷，第三期，39-66。

劉振榮，劉崇治，郭宗華，1998a：利用 SSM/I 資料估算近海面風速。海下技術季刊，第八卷第四期，8-14。

劉振榮，林祐仲，郭宗華，1998b：應用氣象衛星資料估算出長波輻射之研究。大學科學，Vol. 26, No.1, 77-93。

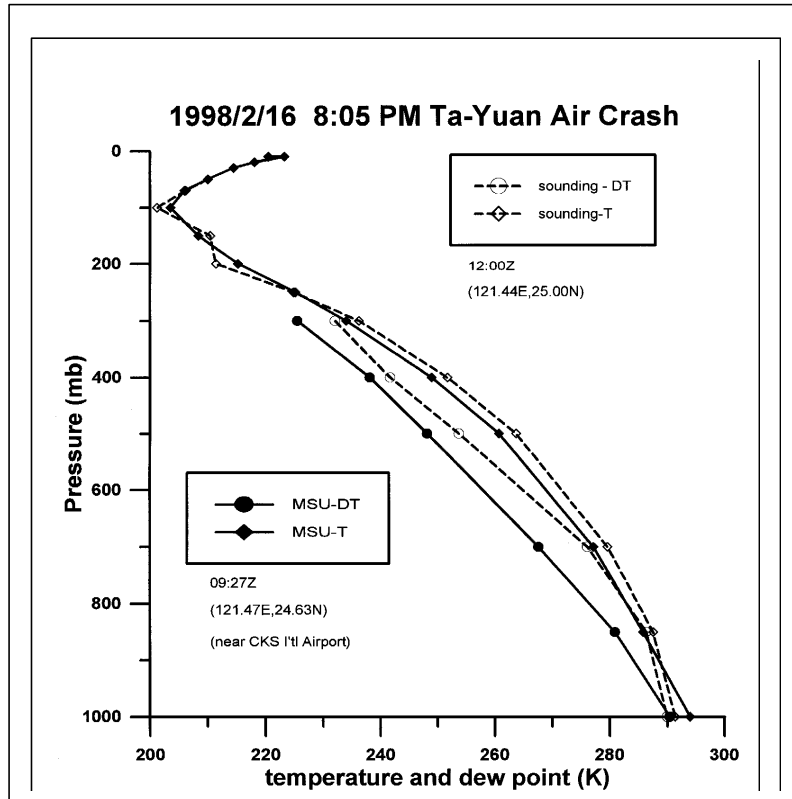
劉振榮，劉崇治，郭宗華，1999a：應用衛星資料反演海氣熱通量及其在梅雨期豪雨個案之分析，6th 大氣科學研討會，台灣台北，1999年4月29-30日。

劉振榮，羅煥奎，郭宗華，1999b：AVHRR 資料估算台灣地區植被指數研究。航測及遙測學刊，第四卷，第一期，1-17。

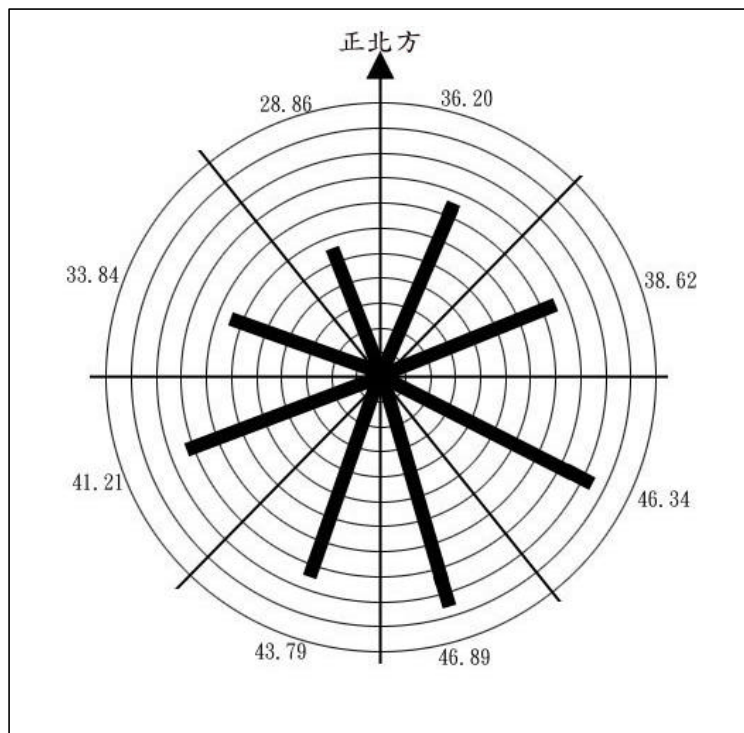
劉振榮，2000：應用 SSM/I 衛星資料於西太平洋颱風特性之分析。衛星遙測技術應用在颱風觀測之專題研究，空軍氣象聯隊，台灣淡水，民國89年4月29日。

Huang, H. J., G. R. Liu and T. H. Lin, 1992:

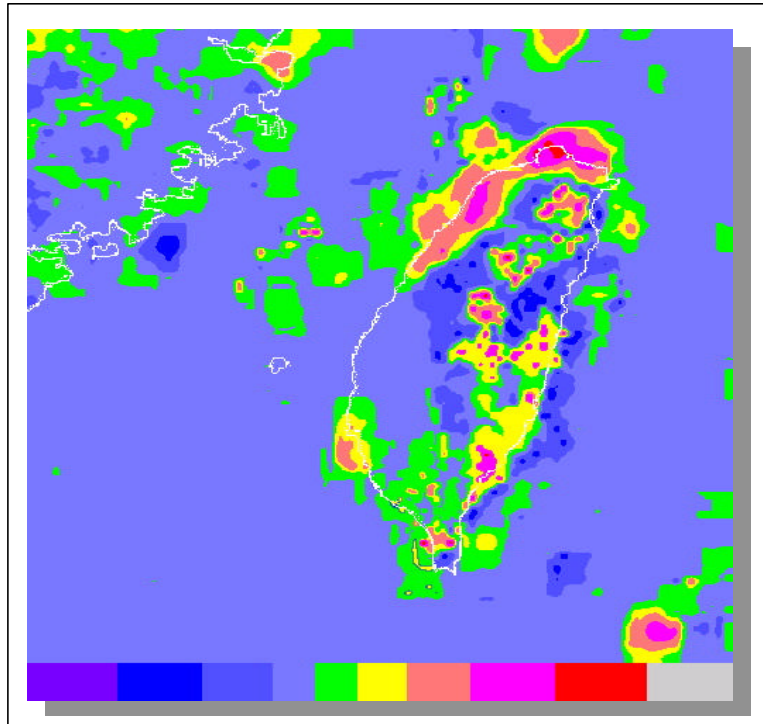
- Western Pacific Moisture Analysis as Observed from DMSP SSM/I Measurements, TAO, Vol. 3, 233-265.
- Meteorological Satellite Center, 1989: GMS Users' Guide, 1989, Meteorological Satellite Center, 2nd Ed., Tokyo, pp.222.
- Liu, Gin-Rong, W. L. Smith and T. H. Achtor, 1988: The use of VISSR data in VAS temperature sounding. J. Appl. Meteo., Vol. 27, No. 12, 1309-1321.
- Liu, G. R., and T. H. Kuo, 1994: Improved atmospheric correction process in monitoring SST around the outfall of nuclear power plant. Int. J. Remo. Sens., Vol. 15, No. 13, 2627-2636.
- Liu, Gin-Rong, Tang-Huang Lin, and A. J. Chen, 1999 : Estimating Atmospheric Turbidity from SPOT and GMS-5 Data. J. of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 4, No. 3, 43-49.
- Liu, G.-R., C.-C. Liu and T.-H. Kuo, 2000: Rainfall Intensity Estimation by Ground-based Dual-frequency Microwave Radiometers. Journal of Applied Meteorology, accepted.



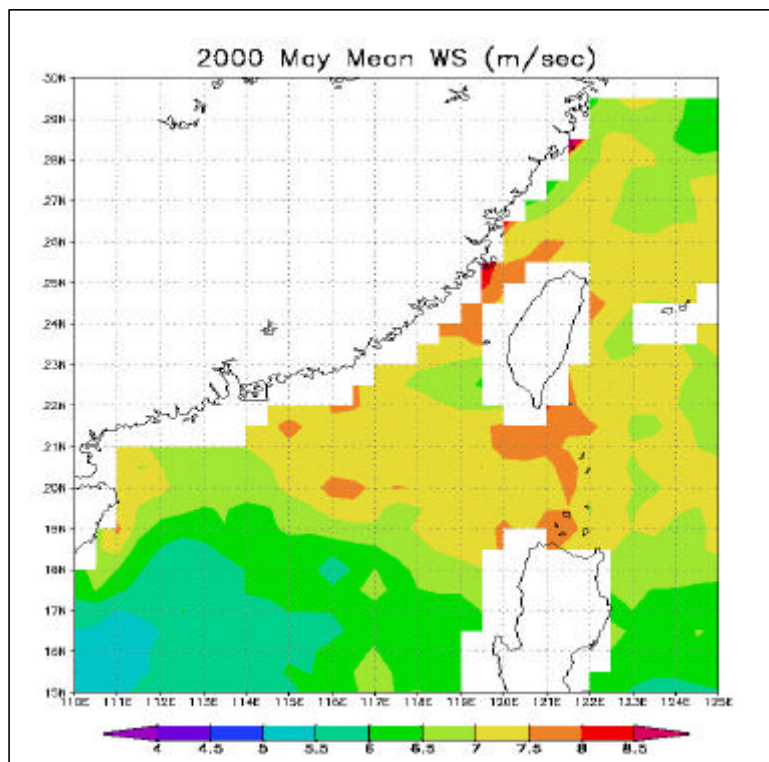
圖一、大氣溫濕剖線反演之一例，12Z 16 Feb, 1998。



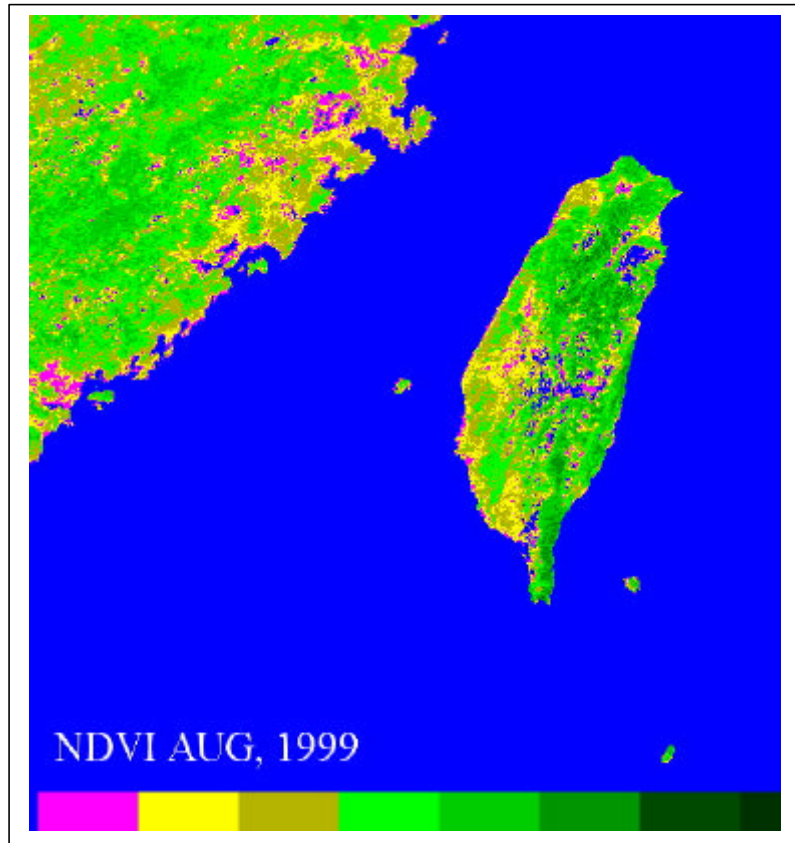
圖二、賀伯颱風反演的風瑰(wind rose)分佈圖，01:27 27 Jul, 1996。



圖三、台灣及大陸東南沿岸地區氣溶膠分布情形，AVHRR CH1 Sep, 1995。



圖四、由 SSM/I 所估算之平均海面風速，May, 2000。



圖五、應用 AVHRR 資料估算台灣地區及大陸東南沿岸的植被分布情形，Aug, 1999。