

GMS地球同步衛星影像數位資料在雲分析上的應用

林博雄¹ 曾忠一^{1,2}

¹ 國立台灣大學大氣科學系

² 中央研究院物理研究所

(中華民國八十三年六月七日收稿；中華民國八十三年七月十五日定稿)

摘要

傳統主觀氣象雲圖分析方法有視覺限制與錯覺，定量與自動化的雲圖分析，將可有效地組合雲特徵與數值天氣預報的產品。本文嘗試建立一套資料處理流程，以1990年6月12日0000GMT為例，結合日本GMS地球同步衛星雲圖數位資料與歐洲中期天氣預報中心(ECMWF)數值天氣網格資料，分析東亞地區梅雨鋒面雲帶、赤道對流雲簇等豐富的雲系現象。本文中首先探討紅外雲圖中臨邊昏暗現象的視角訂正問題，在LOWTRAN程式套的輔助下，求得 $(\sec \theta)^{\frac{1}{2}}$ 的經驗式。經過視角訂正後的亮度溫度與反照率，再配合數值模式網格，以大約150公里見方的空間網格進行雲量、雲頂溫度與反照率平均值的計算，並以空間相干法另外再計算衛星資料網格內有雲覆蓋區的雲頂溫度。接著以方格區分法和日本氣象衛星中心的雲級分類技術，組合雲頂溫度與反照率值來討論雲型與雲級的空間分布。這些雲型、雲級相當程度地掌握到縱觀尺度雲系分布的特徵，並和ECMWF數值模式的垂直速度場有相當程度的吻合，但與對流可用位能(CAPE)的大小沒有良好的對應關係。

關鍵詞：地球同步衛星、雲分析、雲參數遙測

一、前言

橫跨行星尺度到雲尺度的衛星資料，對大氣運動給予整體的描述，是研判天氣現象演變最直接的方法。然而大批衛星資料的累積量，也遠遠超過了科學家的消化速度。衛星資料的處理運用方面，早期著重於利用雲圖輔助判斷綜觀尺度天氣系統和進行簡易的雲屬辨別(Conover, 1962)。70年代以後，人機交談硬體系統逐漸成熟(MMIPS, Bristor, 1975; McIDAS, Suomi *et al.*, 1983)，並融入即時預報整合系統(Browning, 1986)。80年代以後，雲屬分辨技巧精細到由20種參數決定(Garand, 1988)，颱風位置追蹤定位與結構分析方法(Zehr, 1987)、衛星風場分析(Hubert, 1979)以及配合雷達回波估計降水量(Barrett *et al.*, 1981; Adler *et al.*, 1988)等技術也有很大的進展，然而各種衛星資料的分析方法，大多數仍然是在測試與修正的階段中(Rao *et al.*, 1990)。

大體而言，繞極軌道衛星因其低空飛行的空間高解析度優點，對於靜態景觀監測或是海洋科學應用十分適用，至於大氣垂直結構反演、大氣輻射傳遞過程、雲高雲厚雲量等資訊的決定，也絕大部分在繞極軌道衛星的資料上討論。但是由於時間解析度太小以及飛行高度不高(大約820公里)，不利於氣象綜觀性的需求，也就是無法顧及到 α 中尺度以上天氣系統演變的研究。相反的，地球同步衛星則因擁有時間密集的半球觀測，適合綜觀天氣守視的需求；不過它對地球球面上各視場的視角保持固定，無法求取雲厚等參數。此外，衛星遙測方法都無法避免輻射表面性質變化與大氣成分對輻射能量的削弱效應，比如紅外頻道亮度值受到地表性質與自然季節溫度變化、水汽吸收引起的臨邊昏暗(limb darkening)、雲量以及卷雲的影響。可見光頻道亮度值也受到衛星和雲的相對位置、雲和太陽的相對位置以及雲厚、雲反照率的影響(曾，1988)，這些因素都造成地球同步衛星各像元(pixel)之間的亮度值無法直接比較。衛星雲圖辨識應用仍是依靠“眼睛”最為便利，也就是藉由可見光與紅外雲圖照片上的雲塊亮度強弱來大致決定雲屬的類別(方格區分法box classifier, Harris, 1987)。但是人類只有辨識16層灰階變化的極限，雲圖即使經由色調強化處理，充其量也只能方便視覺辨識。主觀辨識方法容易對天氣系統的尺度及其演變過程產生錯覺，比如颱風環形雲系的大小，令人直接聯想到其強度，然而李與吳(1989)的研究指出，颱風環形區的對流強度所佔面積和颱風強度的相關並不高。

例行定量處理雲圖的技術，在亞洲地區首推日本氣象衛星中心(MSC)最為卓越。該中心使用數值雲模式網格資料為參考底圖，再經過人機交談方式，與GMS衛星資料組成日本區與遠東區兩份雲資訊圖(cloud information chart, MSC, 1989)、海溫圖以及衛星風場圖，並且併入無線電天氣廣播(WEFAX)內容。以日本區雲資訊圖(圖1)為例，它標示了雲量50%以上的低、中、高雲分布，以及若干雲屬位置。這類雲分析方法與產品，似乎不被我國氣象界廣泛採用，原因可能是這類雲資訊圖內容符號過多，經過傳真輸送後更顯得模糊雜亂，因而不易判讀應用。

本文第一作者在探討東亞梅雨季節時期鋒面系統與其雲帶特徵的相關性時，尋找過去氣象衛星資料應用於診斷東亞梅雨鋒面系統的相關文獻，但只找到Akiyama(1989)、Ninomiya(1989)以及陳(1988)等人的作品，他們都側重於衛星影像長期平均場與綜觀天氣型態等特徵的關聯性。Ninomiya將雲系依照傳統方法區分成有組織深對流、有組織層狀淺對流、一般深對流與一般層狀淺對流等四類，但並未進一步分析雲系的動力機制。我們認為梅雨鋒面雲帶的綜觀演變，以及其內部更小尺度的對流行為，可以透過衛星資料剖析鋒面雲系種類、機制、密度等因素，歸納出一些更具體的特徵型態以及年際變化，建立量化指標，從而判斷梅雨鋒面的結構與強度。以1990年6月12日0000GMT雲圖為例，紅外雲圖顯示鋒面雲帶內部有看似強盛對流雲簇群，雲帶後緣有清晰的線狀雲條(rope cloud)，可見光雲圖可用以佐證判斷上述雲形特徵的厚度(圖2)，這些雲系型態正是自然界反應大氣運動不同尺度的非線性交互作用的結果。因此，如何讓地球同步衛星雲圖影像透露出更多的訊息，將對梅雨鋒面系統演變的研究，提供一線新的方向。本文目標是考慮如何以簡易的方法訂正地球同步衛星數位資料，並且定量有效地詮釋衛星灰階雲圖，這些衛星資料分析心得與手法，將做為日後探討梅雨鋒面雲系演變的試煉石。

下一節將介紹雲分析流程的思考與設計，第三節說明測試個案的資料來源與特性，第四節敘述個案的綜觀環境特徵，第五節討論整套雲分析的效果與缺點並提出結論。

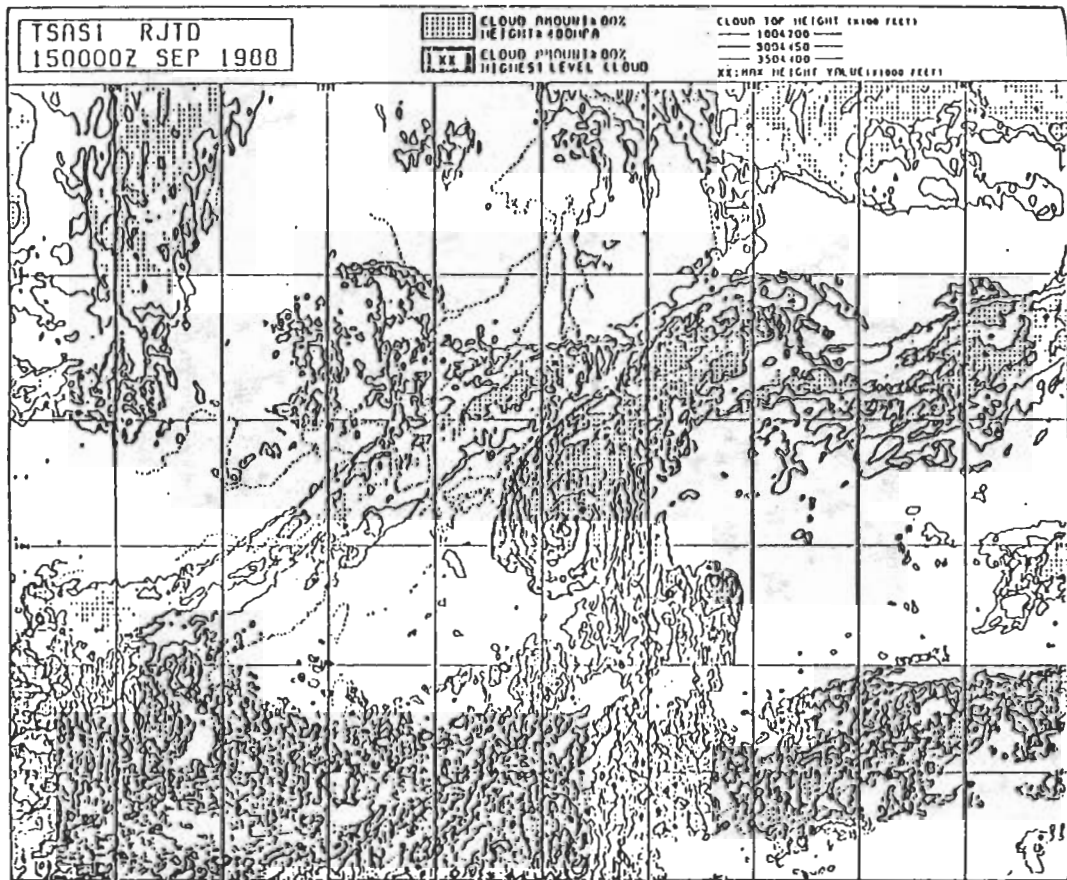


圖1 日本氣象衛星中心發布的遠東區雲資訊圖。

二、雲分析流程設計

若要定量使用地球同步衛星雲圖數位資料，首先必須考慮大氣效應的訂正；需要訂正的參數是可見光頻道的反照率值與紅外頻道的亮度溫度值，變數則有前言所提及的七項之多。衛星資料一經訂正後就進入雲分析階段，分析方法類似方格區分法概念，設定雲頂亮度溫度與反照率一些閾值區間，再來討論這些區間的空間分布與天氣數值模式動力參數場的吻合程度。

(一) 大氣效應的訂正

一視場的衛星天頂角和太陽天頂角，是一般使用者可以直接計算出來的變數。前者是一定值，後者則依季節時序與日夜有所變動。其它變數，比如雲圖涵蓋地區的大氣中實際水汽等吸收氣體的垂直分布，則是衛星遙測的最終目標之一。這部分資訊的反演法正在遙測界發展中，地球同步衛星由於定點觀測且頻道較少，無法提供這類資訊的反演機會。因此本文僅鎖定於探討太陽與衛星天頂角變數的訂正效果。

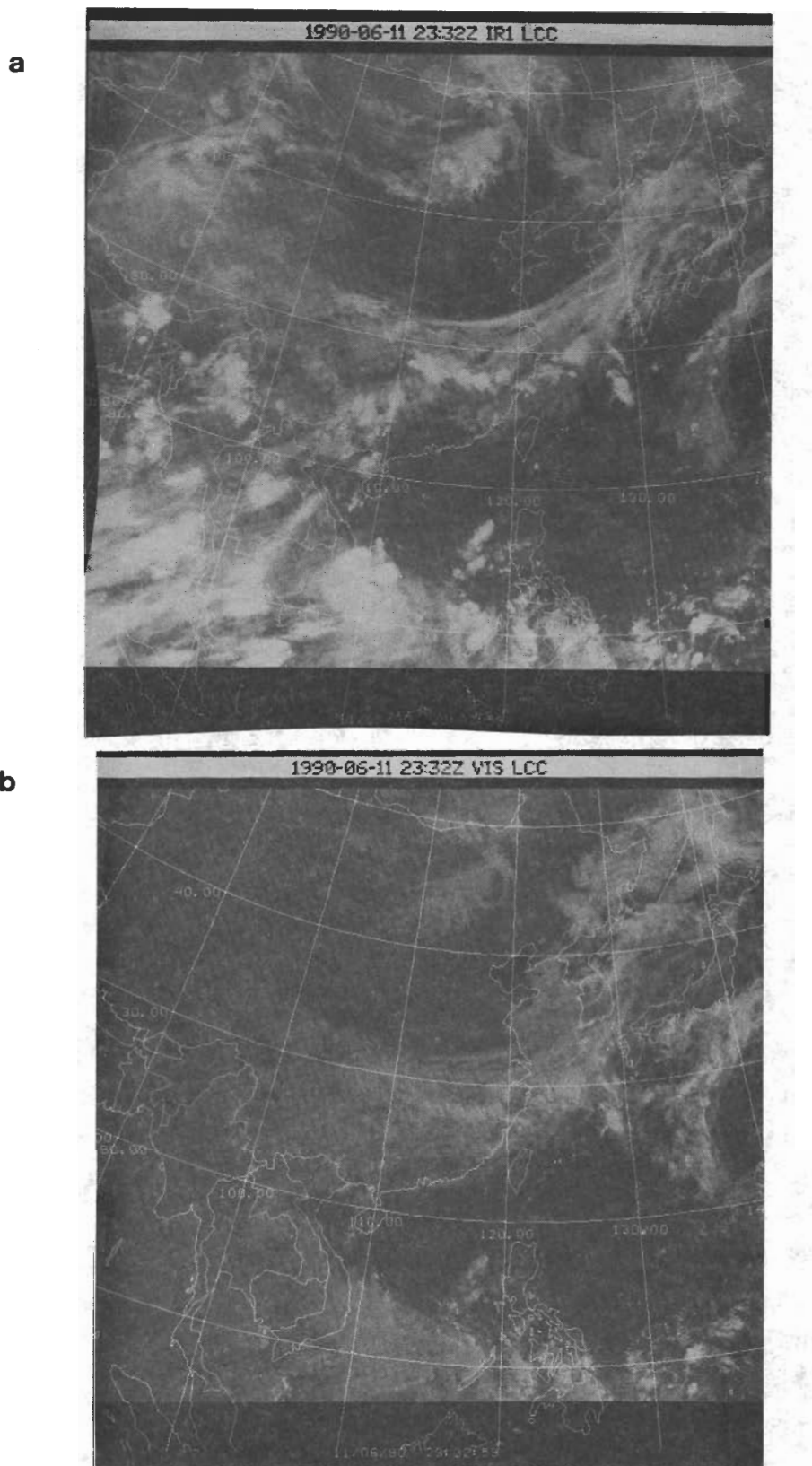


圖2 (a) 1990年6月12日0000GMT藍伯特投影紅外雲圖。(b) 1990年6月12日0000GMT藍伯特投影可見光雲圖。

關於可見光波段的太陽天頂角訂正，Bellon (1980) 建議直接將各視場的反照率值乘以 $(\sec \theta)^{\frac{1}{2}}$ ， θ 是太陽天頂角，劉等人 (1992) 採用上述經驗公式得到良好的效果，因此我們直接引用。至於紅外波段的衛星天頂角訂正，井上豐志郎 (1979) 曾以六點空間視場得出 \sec 函數的二次式，本文則重新求取衛星天頂角訂正經驗式。為了有效地模擬大氣輻射傳遞過程，我們直接使用 LOWTRAN 程式套 (Kneizys *et al.*, 1989) 的第七模組 (實際大氣) 來跨越這一步驟的複雜細節。LOWTRAN 程式套是由美國空軍地球物理實驗室自 1972 年發展出來的，並陸續更新到現今的第七版，其功能之一是針對指定的路徑，計算整個大氣層的透射率和輻射強度。該程式套可調變數有數十種供使用者選擇，本文在此只設定天頂角為執行 LOWTRAN 程式套的唯一變數，做法是代入天氣數值模式網格資料的溫度、水汽與氣壓垂直分布，其餘參數及其他氣體的垂直分布值則引用該程式套的氣候建議值。接著利用這個程式套計算到達外太空的輻射強度，然後求出傾斜光路和垂直光路的輻射強度比值，做為訂正亮度溫度的參考值。第五節中再討論這一概念的成果。

(二) 雲分析

本文考慮兩項雲分析法及其應用，一是在天頂角訂正後的亮度溫度，直接以國際民航組織 (ICAO) 採用的標準大氣的溫度垂直分布來決定雲頂高度。然後與反照率值搭配，依據方格區分法的概念來定義雲型種類，並繪出其空間分布圖。

另一種雲分析法仿照日本衛星中心製作的雲資訊圖內容，繪出同時容納雲量與雲頂高度的雲級空間分布。此處的雲頂高度界定，則比較實際數值天氣網格的氣溫資料而得到。同時為了達成雲圖與數值產品的重疊應用目的，這兩份不同來源的資料，必須先確定空間範圍、座標投影與矩陣大小的一致。為顧及衛星影像資料 1024×1024 龐大矩陣的運算時間，乃將其重新切分成 32×32 的空間網格 (以下簡稱衛星網格)，每一網格解析度大約是 150 公里，如此的解析度仍可兼顧到 α 中尺度天氣尺度，不致於過度粗糙或太細密到資料處理費時不經濟。每一網格包含了 1024 個 (32×32) 像元，數量上足以構成一組樣本群來計算這網格內的雲量、有雲覆蓋區的雲頂溫度等統計量。搭配的數值天氣網格則被安排成與衛星網格互相交錯，以便與衛星網格的統計量結果進行雲級分析。

最直覺的雲量計算，是檢定衛星網格內各單一像元的反照率值，如果小於某一閾值 (本文設定為 0.10)，並且也小於該視場的地面反照率值，則該視場的雲量視為 0，否則為 1。然後取這 1024 點像元雲量的平均值，做為該衛星網格的雲量。

衛星網格內有雲覆蓋區的雲頂溫度採用空間相干法 (Coakley *et al.*, 1984) 的概念來決定，其運算方式如下：1024 點像元樣本群填入以橫軸為亮度溫度，縱軸為亮度溫度標準差的座標，如果這一衛星網格的部分區域有雲層覆蓋，樣本群將呈現拱狀點集；拱腳 (低於某一定標準差閾值) 低溫側如果小於某一溫度閾值 (本文設定為實際地面溫度再減 10°C ，表示存在著均勻的雲層，這拱腳區的相對極大值即被視為雲頂溫度 (記為 CT 值)。相對地，拱腳另一端的高溫側則代表晴空區域，該處的相對極大值視為晴空溫度 (記為 ST)。如果該網格只有 CT 值，ST 值則以實際的地面溫度值取代；若只有 ST 值，則 CT 值記以一特殊值，留待繪圖程式辨識用。

計算出衛星網格內的雲量與雲頂溫度之後，我們開始考慮三種雲級：

- 低雲：雲量大於50%，雲頂溫度介於1000hPa與700hPa高度之間
- 中雲：雲量大於80%，雲頂溫度介於700hPa與400hPa高度之間
- 高雲：雲量大於80%，雲頂溫度低於400hPa高度以上

至於雲屬的辨識，通常是由地面觀測當地上空雲高與雲厚而決定，這與150平方公里衛星網格所得到的統計量無法比較，因此本文不討論雲屬辨識的可能。但是天氣數值模式的變數場的空間分布，比如垂直速度場、對流可用位能等，則可做為討論雲型與雲級適用性的參考。

三、資料來源與特性

本文採用的天氣網格資料是歐洲中期天氣預報中心(European Centre for Medium-range Weather Forecasts, 以下簡稱ECMWF)所出版的TOGA資料檔，這一資料檔是該中心的標準作業全球波譜天氣模式(最大波數106，三角形截斷，垂直方向解析度19層)得到的資料，為配合「熱帶海洋全球大氣」國際計劃(TOGA)，除地面層之外捨去垂直方向某幾層，保留由1000hPa層到10hPa等14層的解析度，增加模式的高斯網格，然後內插到1.125經緯度網格點上。各層物理參數計有重力位高度、三維的風場以及相對濕度。地面層參數多達18種，本文只取用地面溫度和地面反照率兩項數值，應用於雲分析流程。ECMWF網格資料每隔6小時隨時加入觀測資料進行同化(assimilation)處理，觀測資料包括衛星(SATOB)資料以及NOAA系列衛星的泰洛斯業務垂直探測器(TOVS)資料(ECMWF, 1993)，因此這份全球模式網格資料，已經摻有該中心的衛星資料同化處理，理應與雲圖資訊有相當程度的耦合。

地球同步衛星灰階紅外雲圖、可見光雲圖以及雲圖的數位資料，都由中央氣象局衛星中心提供；雲圖數位資料是1024×1024藍伯特投影的影像檔，涵蓋範圍是由赤道到北緯50度，東經100度到150度之間大約5000公里見方的綜觀尺度空間。紅外頻道波長範圍是10.5到12.5微米，星下點的空間解析度是5公里，可見光頻道則是0.55到0.75微米，星下點空間解析度是1.25公里。GMS衛星本體位於東經140度赤道上空35800公里處(中央氣象局, 1990)。這是該中心對外公開供應的標準格式資料，已無需再考慮雲圖定位的誤差問題。海岸線與經緯度線是應申請者要求而外加，本文引用的雲圖有附加，數位資料則無。衛星影像檔可以透過一般影像處理軟體直接檢視圖形，但是每一像元的階值(level value)與亮度溫度或反照率值的對照表，使用者需自行參考GMS使用者手冊(MSC, 1989)附錄C的表格。

四、個案綜觀環境

本文挑選的個案時間是1990年6月12日0000GMT，當時東亞地區梅雨鋒面系統橫亙於北緯30度、東經110度到130度之間，GMS雲圖特徵已在前言中提及。這道鋒面系統由6月10日開始形成，並且滯留到6月14日才隨斜壓波移散。12日清晨時段鋒面雲帶對流胞旺盛，由ECMWF

資料的850hPa渦度場、500hPa垂直運動場和300hPa輻散場(圖3)的等值線分布可以看出,鋒面系統的垂直環流結構與雲帶位置配合得當,這現象將是測試本文上述的雲分析概念的絕佳對象。至於地面狀況,地面氣溫由中國大陸西北高原區的 -5°C ,向南近乎緯向遞增到太平洋洋面的 30°C 。地面反照率則由高原地區的24%和華中陸地的12%降低到太平洋洋面上的6%,因此白晝時刻陸地上雲的反照率閾值需隨地表狀況而改變(圖4)。

圖5是個案時間的衛星天頂角與太陽天頂角角度分布,以台灣地區為例,這兩個角度分別為33度與73度左右,後者是由於台灣時間清晨八點太陽斜射的緣故。特別要提出的是藍伯特地圖投影底圖左上角區域的高反照率陸塊,由於太陽天頂角大於 90° 沒有陽光照射(夜間),雲分析流程將不處理這一區域。(a)

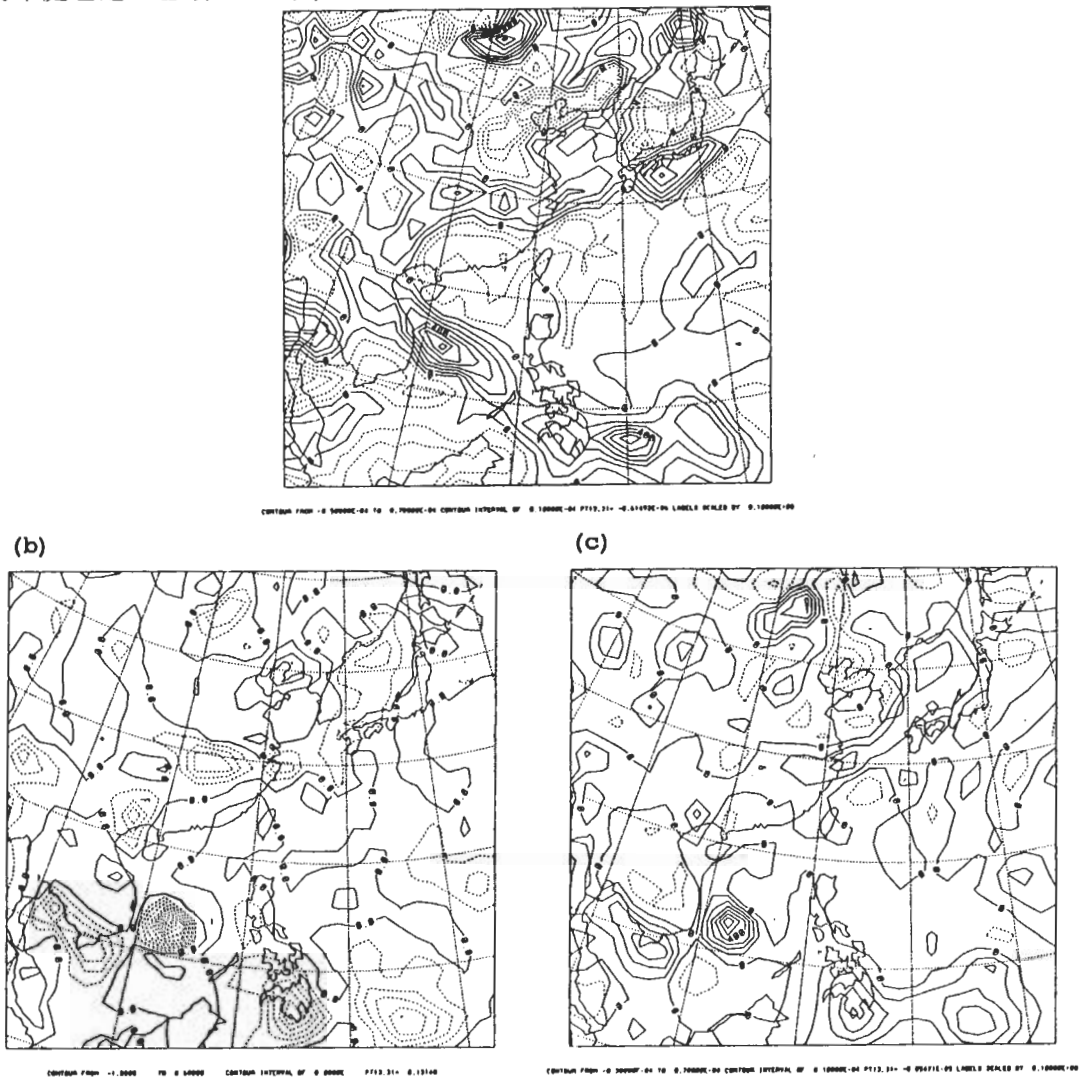


圖3 歐洲中期天氣預報中心(ECMWF) TOGA advanced網格資料,時間是1990年6月12日0000GMT。(a)850hPa渦度場,等值線間距為 $1 \times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ 。(b)500hPa垂直速度場,等值線間距為 $0.2\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。(c)300hPa輻散場,等值線間距為 $1 \times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ 。

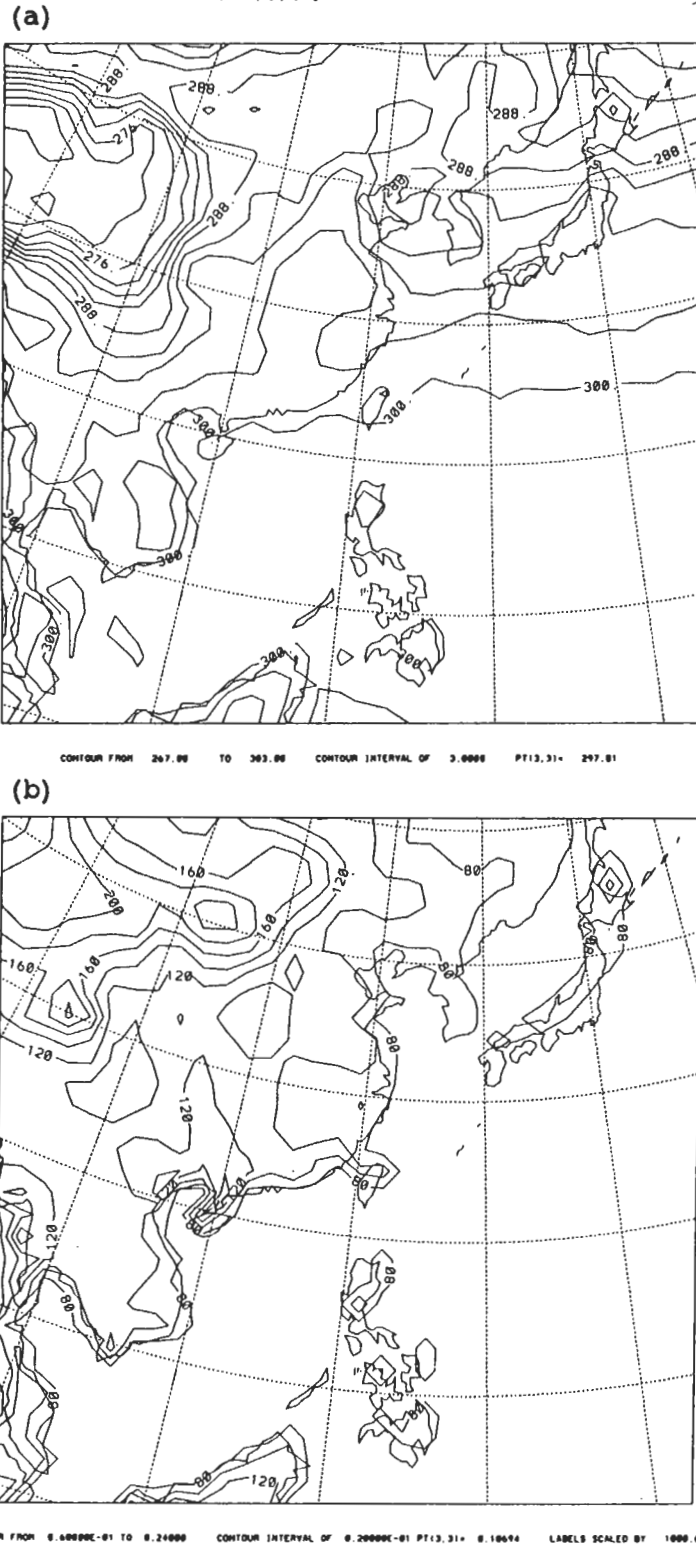


圖4 ECMWF TOGA advanced地面網格資料，時間是1990年6月12日0000GMT。
• (a)氣溫，等值線間距為3K。(b)反照率，單位為0.001，等值線間距為0.02。

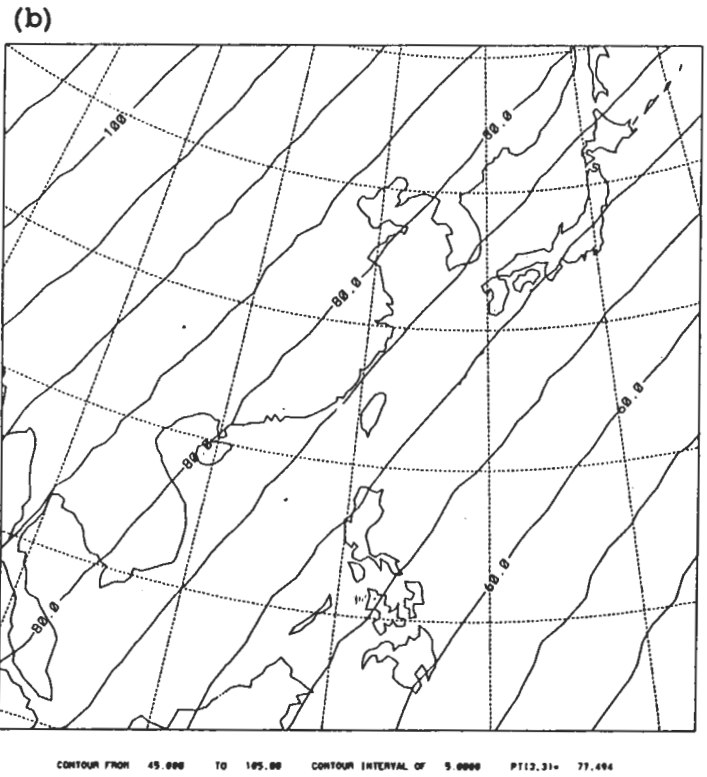
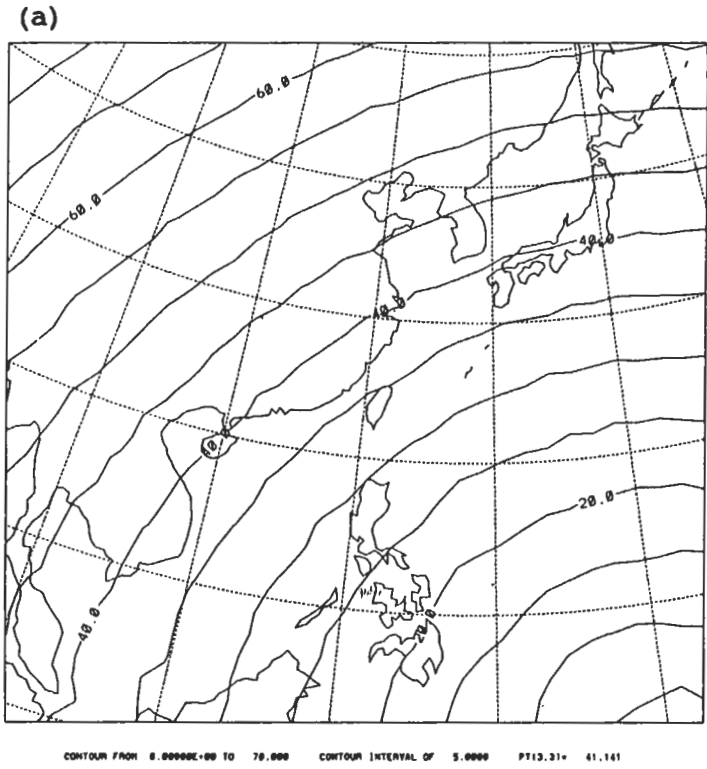


圖5 (a) GMS-3衛星天頂角，等值線間距為 5° 。(b) 1990年6月12日0000GMT
太陽天頂角，等值線間距為 5° 。

五、結果與討論

衛星天頂角訂正是分析紅外波段數位資料的第一步驟，依照第二節所說的，我們可以計算出大氣層頂處傾斜光路和垂直光路輻射強度的比值隨衛星天頂角的變化，如圖6所示。我們發現函數

$$(\sec \theta)^{\frac{1}{4}}, \theta \text{ 是衛星天頂角} \quad (1)$$

可以說明傾斜視角所造成的臨邊昏暗現象。當視角由星下點的0度開始增加時，沿傾斜光路到達大氣層頂的輻射強度也相對地減少(雲頂溫度越低)，減少的比例依循(1)式。不過在衛星天頂角超過30度以上時，這比值開始小於這條函數線，回到比值1的底線。我們的解釋是紅外頻道受水汽的影響，垂直向上的輻射強度理當降低，而傾斜光路上也得重新考慮水汽的吸收效果。但是圖6的最右端70度時仍然還有一個樣本回到函數線上，因此我們推論(1)式應可對晴空視場合理訂正衛星天頂角的視角誤差。圖7a和7b分別表示在衛星天頂角訂正前後的雲頂溫度(衛星網格平均值)分布，兩張圖的差別在於訂正後北緯30度以北的雲頂溫度等值線都拭去殆盡，鋒面雲帶的溫度升高一些，緯度20度以南的熱帶雲系範圍或是溫度值則無明顯差別，這些結果都由圖6中可以預見，也就是說(1)式在中高緯度有雲地區都假性地提高了雲頂溫度(降低了雲頂高度)。至於可見光反照率Bellon公式訂正效果(圖7c和7d)，則是提高陽光斜射地區的反照率值。

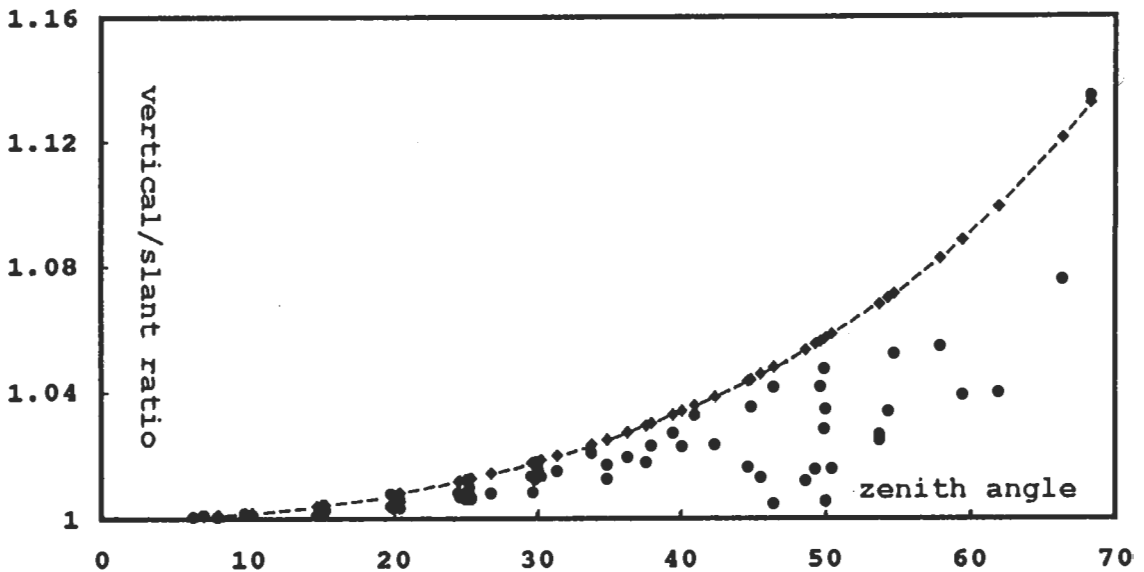


圖6 衛星天頂角(橫軸)與傾斜和垂直光路紅外波段輻射強度比值(縱軸)的函數關係。虛線是函數 $(\sec \theta)^{\frac{1}{4}}$ ， θ 為衛星天頂角。

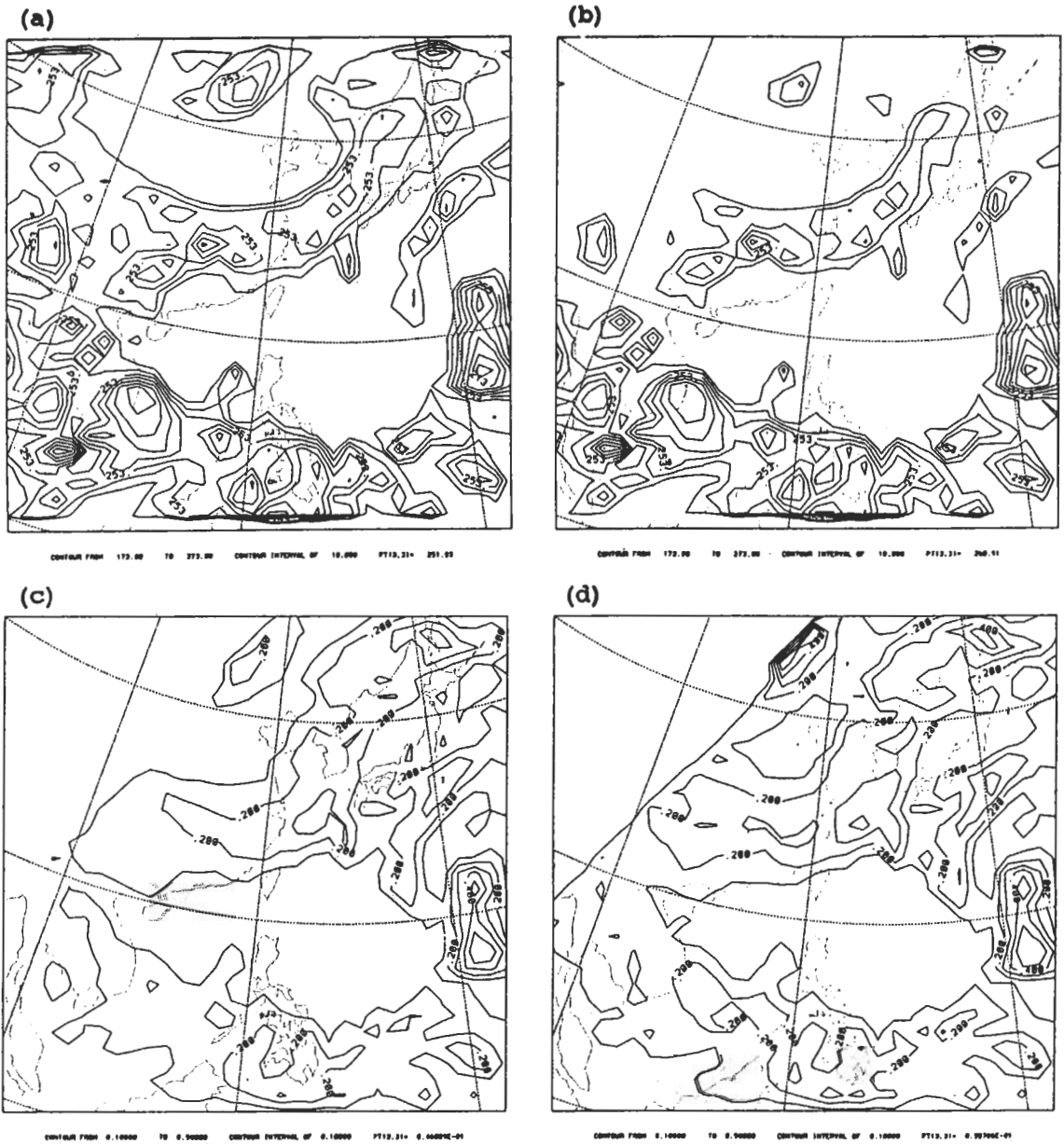


圖7 (a)衛星天頂角訂正前，亮度溫度 0°C 到 -100°C 等值線分布，等值線間距為 10°C 。(b)同(a)，但為衛星天頂角訂正後。(c)太陽天頂角訂正前，反照率10%到50%等值線分布，等值線間距為10%。(d)同(c)，但為太陽天頂角訂正後。

經天頂角訂正後的亮度溫度，以ICAO標準大氣的溫度垂直分布來給定其高度值，我們區隔了 8.5°C （1公里高）、 -11°C （4公里高）、 -30°C （7公里高）、 -50°C （10公里高）等四個閾值，反照率則區隔成10%、20%以及30%等三個閾值，並給予雲型編號（圖8）。然後依照以上的區隔來組合紅外雲圖與可見光雲圖，進行雲型的空間分布分析。圖9簡明地標示出鋒面雲系、赤道間熱帶輻合區雲系和太平洋面上大型對流雲簇的位置，這結果與ECMWF網格資料垂直速度，由850hPa積分到300hPa再取平均值的空間分布（圖10），有相當程度的吻合。

爲了更精確地決定雲頂高度，由空間相干法計算出來的雲頂溫度的空間分布圖11，與圖7相較之下，前者確實合理地突顯出衛星網格中雲頂溫度的極值，並且沒改變雲系型態。兩點衛星網格（ $NX=5$ ， $NY=19$ ； $NX=28$ ， $NY=19$ ）的亮度溫度與其標準差的分布圖（圖12）被抽出來檢查這一環節的運作情況。我們再應用ECMWF網格資料計算鋒面雲系周遭的對流可用位能（CAPE）數值，企圖間接地得知雲層厚度；雲帶中的強對流雲簇（A和B點）CAPE值的確遠大於弱對流雲簇（C點）與卷雲區（D點）數值，但是緊鄰鋒前晴空區的E點與F點，也有極大的CAPE值，因此如何在GMS衛星數位資料間接求得雲的厚度，仍是一大難題。

最後我們組合空間相干法求出的雲頂溫度值與ECMWF網格資料，依照第二節說明的日本氣象衛星中心的低、中、高雲級分類方式，得到如圖13所示的雲級分布，這個雲級空間分布型態與圖9中ICAO標準大氣的雲型分布，大致而言，雲型編號大者（低雲頂溫度、高反照率）與高雲雲級位置相同，主要差別在於鋒面雲系內部東海區域，雲型分析顯示在大陸到日本之間有編號3與4的雲串，而雲級分析則顯示該區皆爲中、高雲區，並有一排東西走向的高雲雲條橫互於河南、江蘇直到韓國；對照於原有的衛星雲圖，得知雲型分析的位置是正確的，而雲級的分析條狀型態也是正確的，但位置偏北。

縱觀以上的衛星天頂角訂正、雲型分析與雲級分析，我們對GMS影像數位資料的定量分析有了初步的經驗與具體結果。尤其(1)式的求得，將可扣除紅外雲圖受衛星天頂角因子影響的臨邊昏暗。雲型與雲級的分類效果也相當程度地掌握到縱觀尺度雲系分布的特徵。至於這二者閾值的設定，並不是本文的焦點，當然也需要進一步調整到最佳閾值配置，讓雲型與雲級更有物理意義與相輔相成的功能。選取數值天氣模式網格資料，如垂直速度場的垂直積分、CAPE值或是其它未經討論的變數場，那一種數值場可以和雲圖數位資料充分地搭配，讓地球同步衛星資料對天氣系統的守視功能充分發揮，做爲大氣動力過程診斷與天氣現象演變過程的最佳證據，本文只跨出小小一步。如何挑選個案，引用繞極軌道衛星資料，探索各變數在空間上的關聯性，都是本文尚未深入觸及的要點，作者將繼續系列地探討雲圖定量分析應用的問題。

誌謝

感謝台灣大學大氣科學系林和教授、Dr. R.A. Scofield以及中正理工學院陳萬金先生熱忱討論並提供意見。中央大學太空與遙測研究中心提供LOWTRAN輻射傳遞程式套，中央氣象局衛星中心提供衛星相關資料，以及台大副熱帶氣象資料庫提供歐洲中期天氣預報中心TOGA advanced網格資料，在這裡也一併誌謝。本文電腦程式在台大大氣科學系VAX3800機器上進行運算，圖形製作採用美國國家大氣研究中心（NCAR）繪圖軟體3.0版。

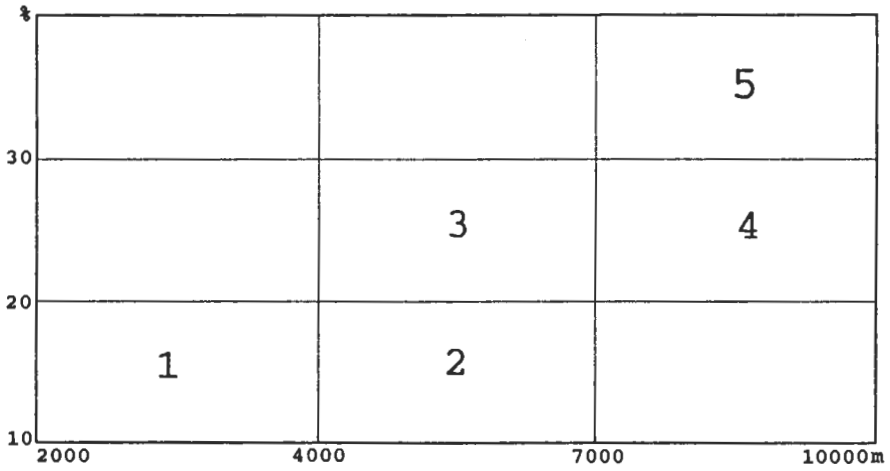


圖8 雲型方格區分。橫軸為雲頂高度(ICAO標準大氣)，縱軸為反照率，方格內的編號應用於圖9。

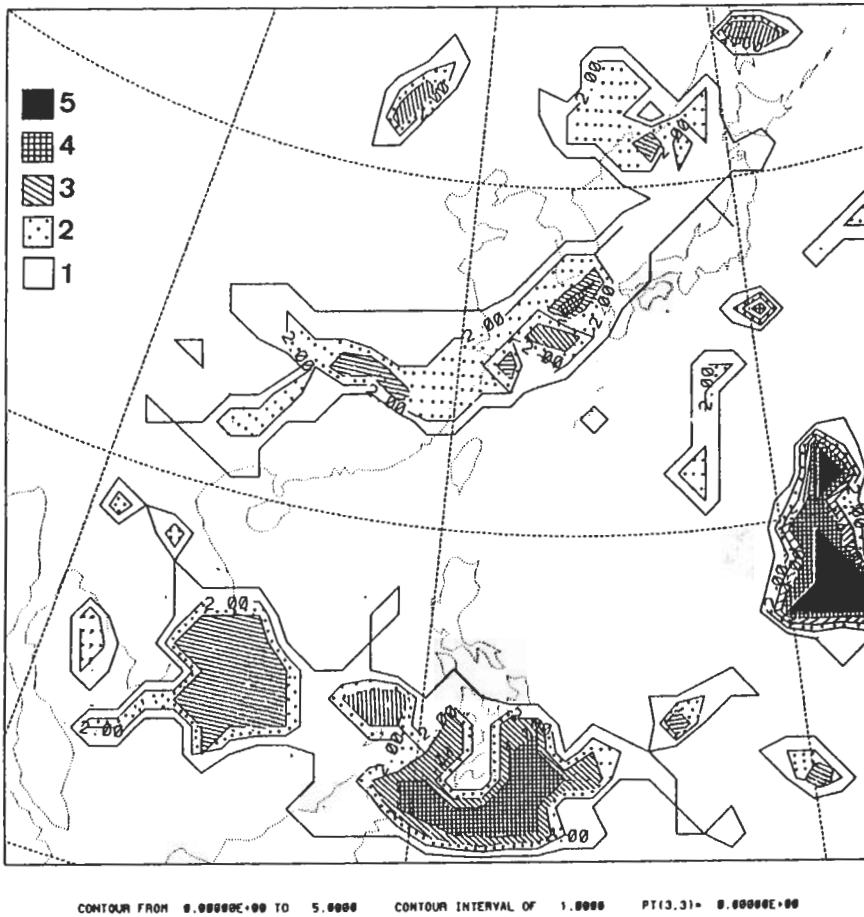


圖9 依據圖8所得的雲型分布。

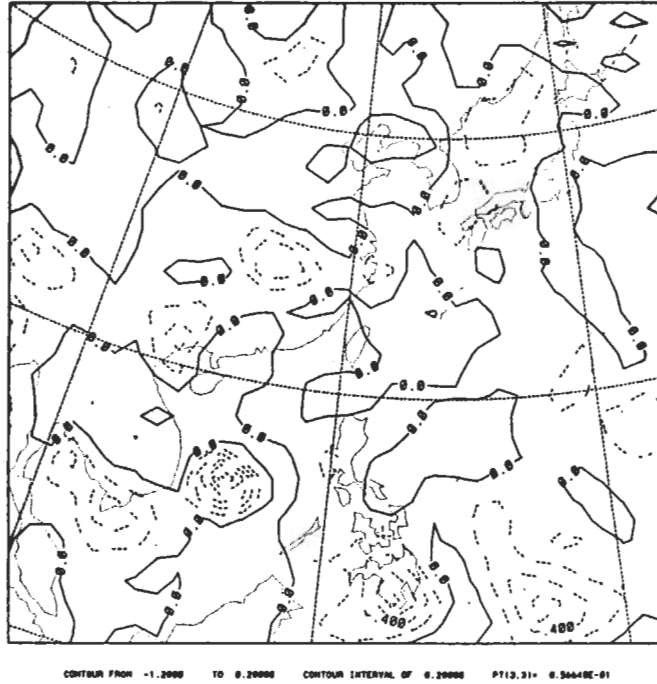


圖10 ECMWF TOGA advanced 網格資料垂直速度場，由850hPa積分到300hPa高度再取平均，等值線間距是 $0.2 \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ 。時間是1990年6月12日0000GMT。

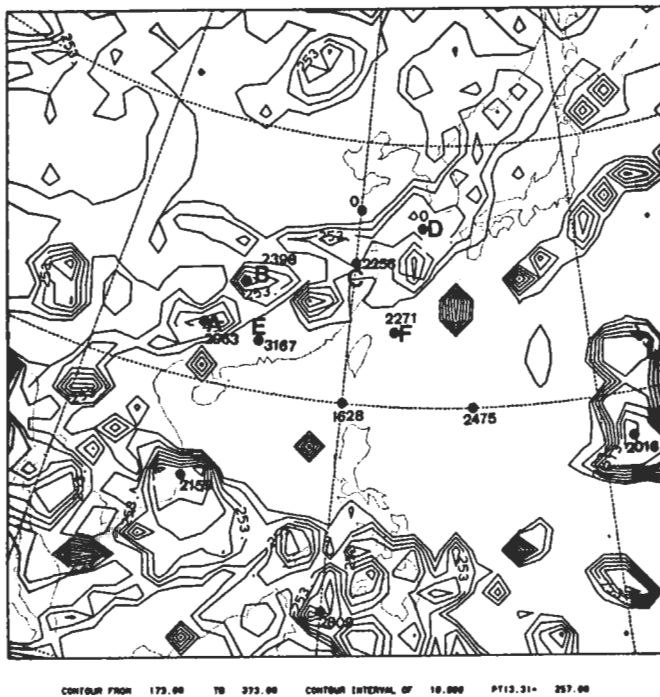


圖11 空間相干法求出的有雲區的雲頂溫度場(CT)，雲頂溫度由 0°C 到 -100°C ，等值線間距 10°C (未經衛星天頂角訂正)。圖中數字是對流可用位能數值，單位是 J/kg 。

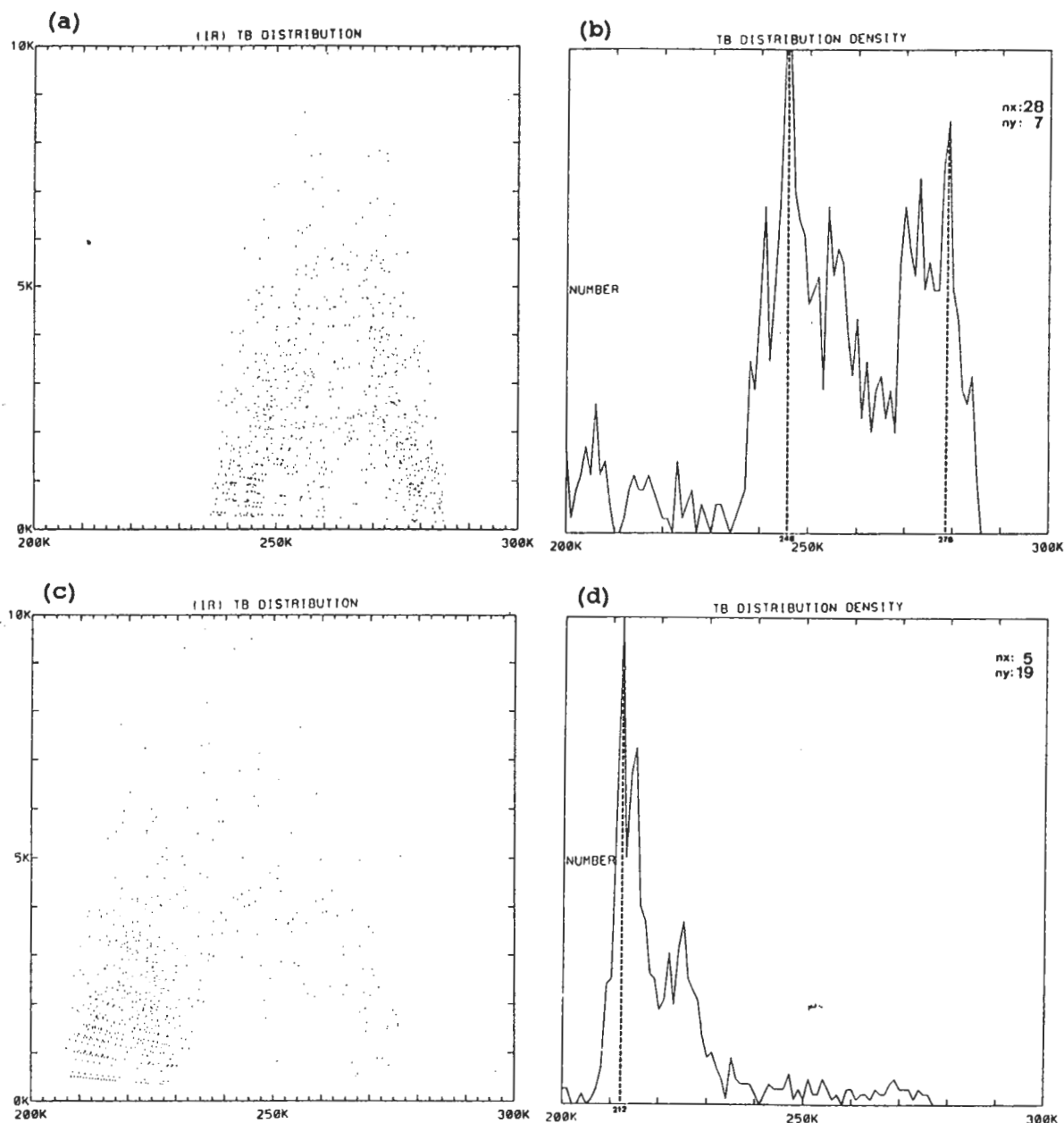


圖 12 編號 (nx=28,ny=7) 資料組 961 個 (μ, σ) 樣本點分布。(a) 橫軸是亮度溫度平均值 μ ，縱軸是亮度溫度標準差值 σ 。(b) 橫軸是亮度溫度平均值 μ ，縱軸是樣本點數目。本組晴空溫度 (ST) 約 278K，陰天溫度 (CT) 約 246K。(c) 同 (a)，但為編號 (nx=5,ny=19) 資料組。(d) 同 (b)，但為編號 (nx=5,ny=19) 資料組。本組 ST 等於 ECMWF 地面溫度，CT 約 212K。

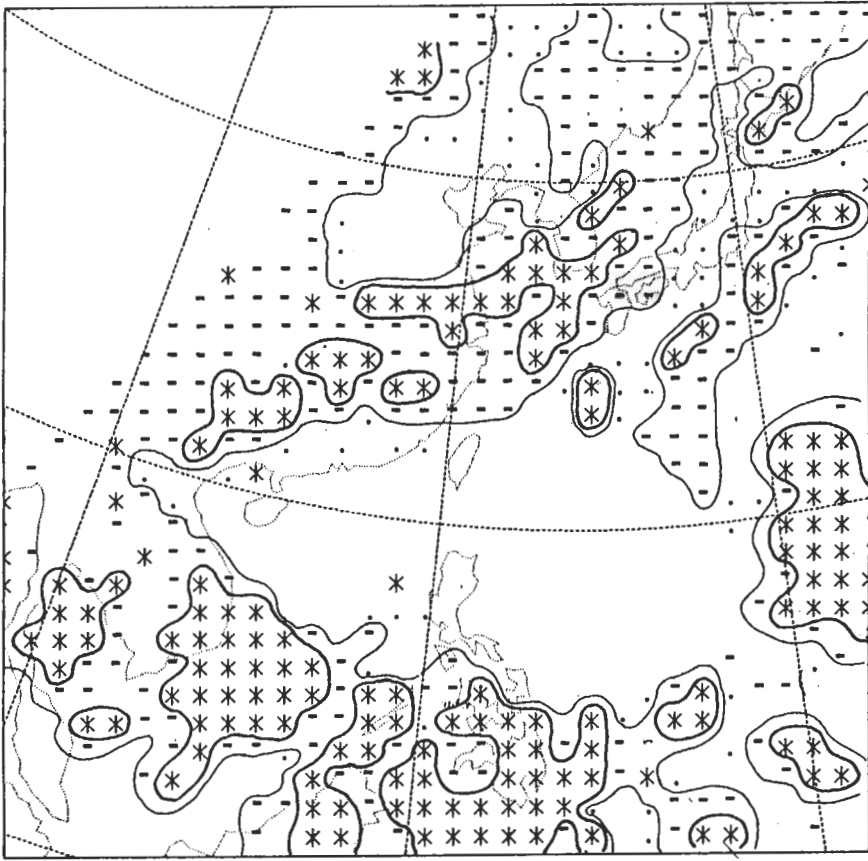


圖13 根據日本氣象衛星中心雲級分類技術得到的雲級空間分布，時間是1990年6月12日0000GMT。低雲(·)雲量大於50%，雲頂溫度介於1000hPa與700hPa高度之間。中雲(-)雲量大於80%，雲頂溫度介於700hPa與400hPa高度之間。高雲(*)雲量大於80%，雲頂溫度介於400hPa高度以上。

參考文獻

- 井上豐志郎，1979:大氣補正。GMS系統綜合報告，II:資料處理解說篇，第2部分。氣象衛星中心，日本東京，7-14。
- 中央氣象局，1990: GMS衛星雲圖集，創刊號，(民國79年1至6月)。
- 李清勝、吳鳳娥，1989:利用衛星紅外線資料分析颱風中對流之特性。大氣科學，17，331-354
- 陳泰然，1988:台灣梅雨顯著年大範圍之衛星雲量演變。大氣科學，16，59-74。
- 曾忠一，1988:大氣衛星遙測學。渤海堂，台北市，630頁。

- 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，20，233-263。
- Adler, R. F. and J. N. Andrew, 1988: A satellite infrared technique to estimate tropical convective and stratiform rainfall. *J. Appl. Meteor.*, **27**, 30-51.
- Akiyama, T., 1989: Large, synoptic and mesoscale variations of the *Baiu* front during July 1982. Part I : Cloud features. *J. Meteor. Soc. Japan*, **67**, 57-81.
- Barrett, E. C. and D. W. Martin, 1981: The Use of Satellite Data in Rainfall Monitoring. *Academic Press, London*, 340pp.
- Bellon, A., S. Lovejoy and G. L. Austin, 1980: Combining satellite and radar data for the short-range forecasting of precipitation. *Mon. Wea. Rev.*, **108**, 1554-1566.
- Bristor, C. L., 1975: Central Processing and Analysis of Geo-stationary Satellite Data. NOAA Technical Memorandum NESS 64, NOAA, Washington, D.C., U.S.A., 155pp.
- Browning, K. A., 1986: Nowcasting. *Academic Press, London*, 256pp.
- Coakley, J. A. and D. G. Baldwin, 1984: Towards the objective analysis of clouds from satellite imagery data. *J. Climate Appl. Meteor.*, **23**, 1065-1099.
- Conover, J. H., 1962: Cloud Interpretation from Satellite Altitude. Research Note 81, USAF, Cambridge Research Lab., Bedford, Mass., U.S.A., 77pp.
- ECMWF, 1993: The Description of the ECMWF/WCRP Level III - A Global Atmospheric Data Archive. Technical Attachment, European Centre for Medium-range Weather Forecasts, Shinfield Park, Reading, England.
- Garand, L., 1988: Automated recognition of oceanic cloud patterns. Part 1: Methodology and application to cloud climatology. *J. of Climate*, **1**, 20-39.
- Harris R., 1987: Satellite Remote Sensing: An Introduction. Routledge & Kegan Paul Press, London and New York, 220pp.
- Hubert, L. F., 1979: Wind derivation from geostationary satellites. Quantitative Meteorological Data from Satellites, WMO Technical Note 166, J. S. Winston (ed.), Geneva, Switzerland, 33-59.

- Kneizys, F. X., E. P. Shettle, L. W. Abreu, J. H. Chetwynd, G. P. Anderson, W. O. Gallery, J. E. A. Selby, and S. A. Clough, 1988: Users Guide to LOWTRAN 7. AFGL-TR-88-0177, Air Force Geophysics Lab., Hascom AFB, Mass., U.S.A., 137pp.
- MSC, 1989: The GMS Users' Guide. Meteorological Satellite Center, *Tokyo, Japan*, 222pp.
- Ninomiya, K., 1989: Cloud distribution over East Asia during Baiu period of 1979. *J. Meteor. Soc. Japan*, **67**, 639-658.
- Rao, P. K., S. J. Holmes, R. K. Anderson, J. S. Winston, and P. E. Lehr, 1990: Weather Satellites: Systems, Data, and Environmental Applications. *Amer. Meteor. Soc.*, Boston, Mass., U.S.A., 487pp.
- Suomi, V. E., R. Fox, S. S. Limaye and W. L. Smith, 1983: McIDAS III : A modern interactive data access and analysis system. *J. Climate Appl. Meteor.*, **22**, 766-778.
- Zehr R. M., 1987: The diurnal variation of deep convective clouds and cirrus with tropical cyclones. 17th Conf. Hurr. and Trop. Meteor., *Amer. Meteor. Soc.*, Bonton, Mass., U.S.A., 276-279.

The Application of GMS Digital Image Data to Cloud Analysis

Po-Hsieng Lin¹ Chung-Yi Tseng^{1 2}

¹Department of Atmospheric Sciences
National Taiwan University

² Academia Sinica and National Taiwan University

ABSTRACT

The traditional, visual method for satellite cloud map analysis has the problems in judgemental error and vision constraint by human eyes. Quantitative and automatical analysis of satellite cloud map can help to combine numerical weather prediction products and cloud information more efficiently. This paper attempts to outline a data analysis procedure, which uses the GMS digital data and TOGA advanced grid data from European Centre of Medium-range Weather Forecasts. The case was chosen on 0000GMT 12 June, 1990, in East Asia area. There are Mei-Yu (Baiu) frontal system, cumulus convections and cloud clusters near the equator. We first discuss the limb darkening phenomenon in infrared band and the correction algorithm. By using LOWTRAN package the correction function is found to be $(\sec\theta)^{\frac{1}{3}}$. After the correction stage reflectivity and brightness temperature were remapped into about 150 km square to match the ECMWF numerical dataset. Then the grid average of cloud amount, cloud top temperature and cloud reflectivity were retrieved. We also follow the spatial coherence method to compute cloud top temperature in the satellite grid area. Finally, the quantitative analyses of GMS satellite visible and infrared digital data were done in two paths. One approach is using box classifier idea which uses several intervals of cloud top temperature and reflectivity. Five cloud patterns were assigned as five interval boxes. The second approach is the same as the idea of Japan Meteorological Satellite Center. Three degrees of cloud top height were separated and identified in the space. The spatial distribution of these cloud patterns and cloud height degree catch most synoptic features. The comparison between these cloud analyses and ECMWF vertical velocity field has a good agreement, but the convective available potential energy (CAPE) variable fails to fit these cloud analyses position.

Key Words : Geosynchronous satellite, Nephanalysis, Remote sensing of cloud parameters