

衛星雲圖之三維應用與探討

潘大綱 黃銘生 徐天佑

空軍氣象中心

摘 要

本文利用空軍所接收之 GMS-04 同步衛星雲圖與 NOAA 軌道衛星雲圖，透過影像處理技術使雲圖可從不同角度呈現出三維的結構，使氣象人員能夠較易掌握天氣系統之發展消弱乃至概念模式之建立均有所助益，進而提高天氣預報之準確率。

本文中將簡述三維影像處理的方法及內容，同時使用三個不同天氣系統一帶狀雲系、颱風及錐錐鋒系統逐一討論之。

一、前 言

遙測技術的應用在近三十年來已被廣泛地運用在各範疇之中，無論地球資源的探測，環境品質的監控，天文觀測之達成，視訊、通訊的洲際聯繫以及軍事應用和氣象上，無一不透過人造衛星的傳遞、觀測以全其功。自從 1960 年代第一個作業的氣象軌道衛星成功地進入太空軌道之後，即開拓了氣象觀測的邊界，更提供了過去無法獲知存在於海洋上天氣系統的外貌，1966 年同步氣象衛星的加入作業，更使得氣象觀測的範圍無遠弗屆，由於後者具有定點連續觀測的能力，更強化了氣象衛星之於大氣科學研究發展的貢獻。近三十年來由於科技、材料與專業技術上的突飛猛進，許多探測大氣不同功能的感應器相繼地被裝置在作業與研究衛星之上，使得對於大氣的瞭解在近三十年來有顯著的突破，此一事實正如同 Hallgren(1990) 所言，若非氣象衛星之助，大氣科學家很難憑空想像我們所生存的大氣究竟是什麼樣子。

近年來電算機的快速發展及圖型影像製作軟體之應用，使用的漸漸普及已使得一門強調如何將大量資料以最容易為人類大腦所接收的學科應運而生，Hochberg(1978) 稱其為 Psychophysics，而將資料以立體的影像表達又正好為其諸多種方法中之一項 (Schiaivone et. al., 1990)。基本上而言，將資料予以立體化的影像技術可

透過四種方式來達成，一為透視法 (Perspective)，一為相對運動法 (Motion Parallax)，一為立體法 (Stereoscopic)，此法乃利用不同觀測角度在同一時間所得之影像將其合併處理，最後則是焦距法 (Focus) 等；在運用氣象衛星資料於作業上而言，我們認為將複波頻 (Multispectral) 處理納入作業分析之中，亦可以提供相當程度的雲系立體概念。Bader et. al (1988) 即提出了如何有效地應用衛星及雷達影像資訊配合其它的資料來改進天氣預報之準確率，同時在其文中亦強調了在概念模式建立的過程，有效地應用影像資料是十分必要的。

早在 1981 年時 Hasler 即已提出來如何將三維氣象資料在平面的彩色銀幕上顯示出來 (Hasler, 1981 和 Hasler et. al (1984)，後續應用此一技術以求得雲高的研究，颶風強度之研究等，如 Rodgers 等 (1983) 及 Morris 等 (1984)。無論何種方法之應用，比較四種方法仍以透視法運用最為簡易 (Hasler et. al. 1985)，亦較合適作業單位使用。

本文之重點即將著重在透視 (Perspective) 影像之製作，並將三個個案，帶狀雲系、颱風及錐錐鋒，製作透視影像圖，最後並討論天氣系統尺度大小對製作透視影像間之關係。

二、資料來源

製作透視立體影像所需之衛星資料，取自目前空軍氣象中心衛星提高解度接收系統所接收之雲圖資料，其含有逐時的GMS-04 S.VISSR紅外線與可見光衛星資料，解析度在subpoint下是1.25公里(可見光)及5.0公里(紅外線)；另外亦有NOAA-10及NOAA-11軌道衛星所傳送之AVHRR四個(NOAA-10)或五個(NOAA-11)波頻之紅外線與可見光衛星資料，此一AVHRR影像無論是紅外線或可見光波頻的解析度在衛星之正下方均為1.0公里。應用軟體則是使用由GSC (General Science Corporation)所發展整合之METPAK套裝軟體。透過作業人員在接收雲圖後，仔細地做地形校正，地圖投影轉換等繁複手續所得之紅外線及可見光雲圖方才用以製作透視立體影像圖之用。

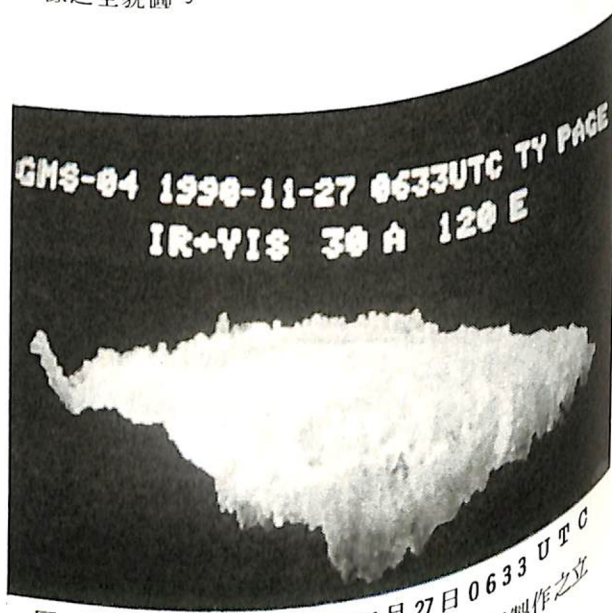
三、立體影像製作技術

最早使用立體影像製作技術的概念源起於1960年代的三維觀測正式作業，當衛星雷達遙測技術為氣象人員廣泛應用之後，影像處理技術需求之殷切與日俱增，而如何將多層平面資料具體化，並利用三維結構的影像表示出來更成為影像處理技術中極重要的一環：Hochberg(1978)即指出如何將大量資料(無論是觀測或模擬之結果)將其轉換成人類大腦極易接收的影像已成為另一門重要的學科，稱之為Psychophysics。

本文之重點強調在製作立體影像(Perspective)的方法及結果，故此對於Stereo-scopic, Multispectral 等其他種影像處理技術將不做贅述，空軍氣象中心製作立體影像乃透過多吉多(DEC)的微電腦(Mirco VAX-II)及IIS(International Imaging System)影像處理系統來完成，軟體部份則相似

於AOIPS/2的軟體整合於GSC (General Science Corporation)應用軟體METPAK之中。此一製作立體影像的程式需求兩種資料，其一為定義三度空間表面的高度場，其二為提供陰影或不同亮度分布的資料，後者往往可經由可見光雲圖上不同的反照率及陰影(texture)予以提供，換言之應用同時觀測之可見光及紅外線衛星資料即可製作一張立體影像圖，基本上利用現有之裝備製作一張如此之立體圖大約耗時40至50分鐘左右。

當同時具有紅外線及可見光衛星資料時，製作立體影像圖仍需注意一些參數的選取，事實上當可見光雲圖於晚上無法獲得時，製作立體影像時仍可利用人工照明(artificial illumination)技術以彌補可見光雲圖無法提供之資訊，程式的參數除可自由選取空間中的觀察點(eye-point)及目標點(view-point)之外，亦可以全景視窗任意選取空間中之仰角(Elevation angle)、方位角(Azimuth angle)等，以全貌之立體影像顯示於影像處理監視器之銀幕上，圖一即為利用GMS-04紅外線與可見光雲圖在1990年11月27日0633 UTC佩姬颱風立體影像之全貌圖。



圖一：颱風佩姬於民國79年11月27日0633 UTC時利用可見光及紅外線衛星資料所製作之立體影像圖，仰角30度，方位角120度。

應用上述製作立體影像圖的技術，選取不同的觀察點及目標點，製作一連串的立體影像圖，再利用動態畫面之顯像(Animation)，空軍目前之作業系統最多可以將48張立體影像加以動化，如此不但可以使作業人員感化到穿越系統的感覺，更可以針對所興趣的部分，進一步地守視與分析。圖二即為颱風魯斯(Russ)連續的穿越立體影像圖。若是作業人員將不同時間的雲圖，製作成為立體影像圖並利用動化顯示，則可在立體結構上看出系統隨時間演化上的一些特徵。雖然經由如此方式製作出來的立體影像未必均可得十分鮮明的對比色調，因此Hasler和Morris(1985)指出如何利用技術增加立體影像的色調對比。

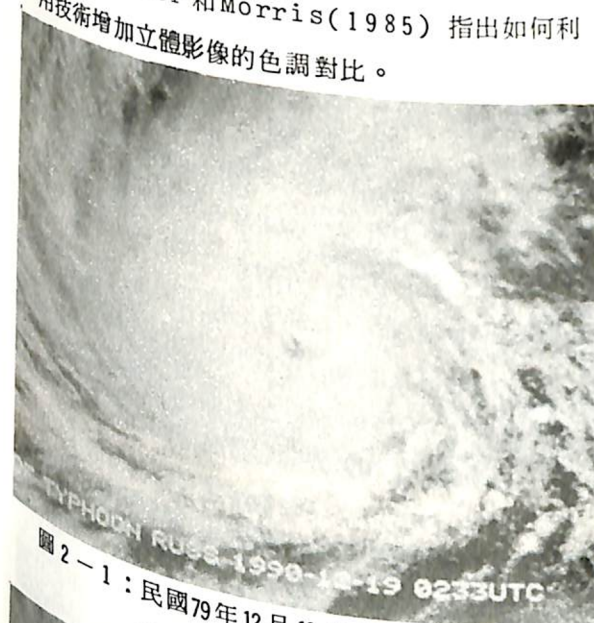


圖2-1：民國79年12月19日0233 UTC 颱風魯斯之可見光雲圖。

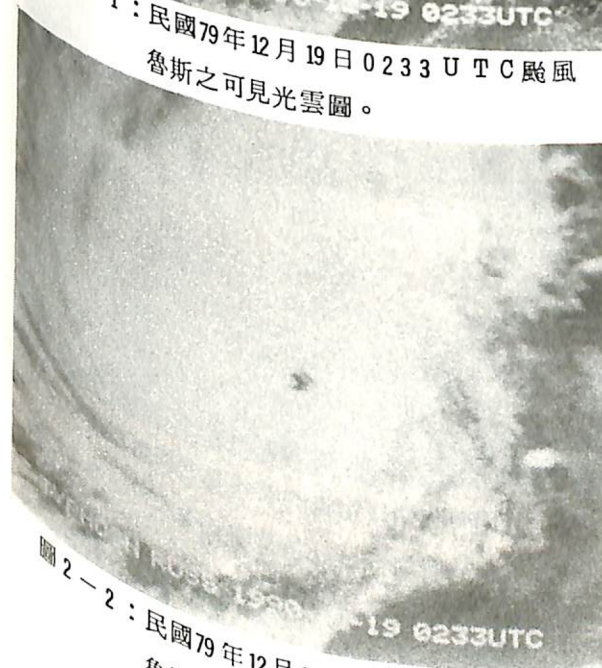


圖2-2：民國79年12月19日0233 UTC 颱風魯斯之紅外線雲圖。



圖2-3：颱風魯斯之立體影像圖，此圖利用2-1、2-2兩張影像所製作，仰角40度，方位角220度。

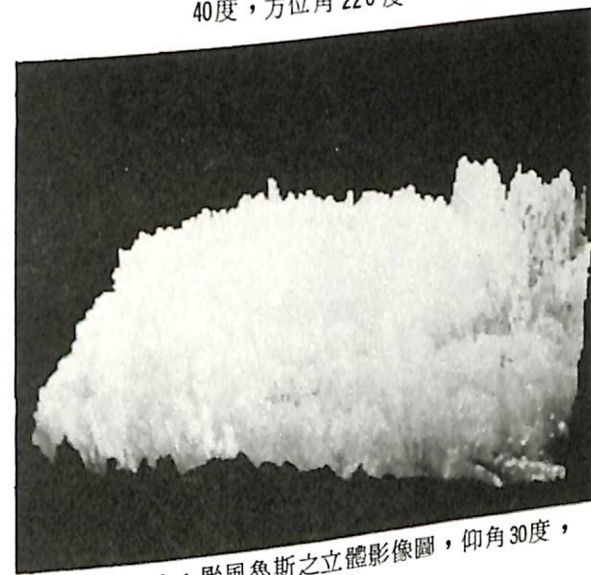
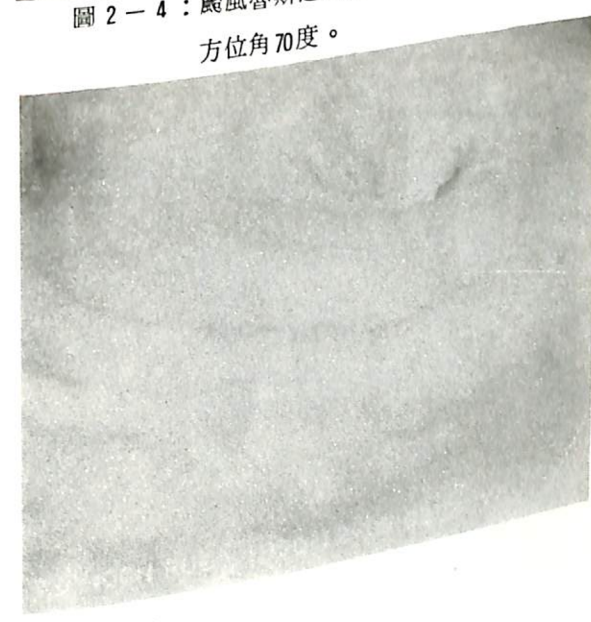
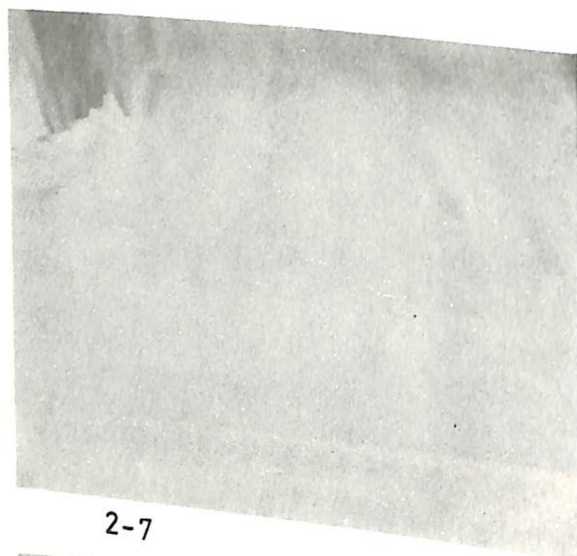
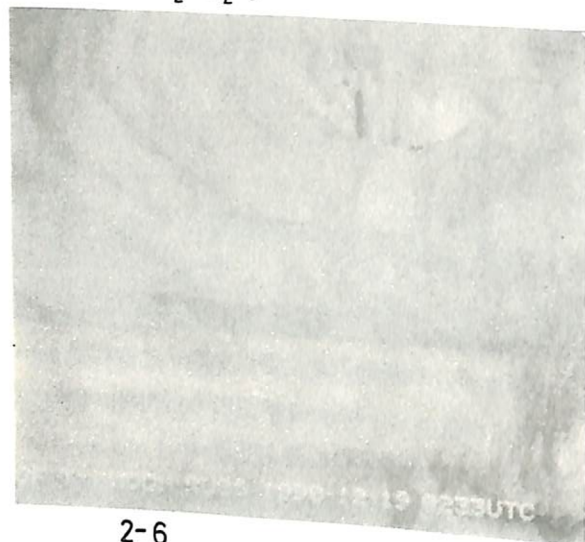


圖2-4：颱風魯斯之立體影像圖，仰角30度，方位角70度。



2-5

圖 2-5 至 2-9：穿越颱風魯斯颱風眼之連續透視立體影像圖，時間同圖 2-1、2-2。



圖三為利用 NOAA-10 所接收之 AVHRR 雲圖，應用 CH 1 可見光雲圖與 CH 4 紅外線雲圖所製作出來之立體影像圖。源起於台灣海峽南端的帶狀雲伸展至台南及台中之間，利用不同角度的立體影像製作，並參入地形的資料，雲系的相關位置清晰可見，此一立體影像圖在分析與診斷上，提供了十分可靠的佐證資料。圖四則是利用 GMS-04 的衛星雲圖所製作出來一個迴錐鋒立體影像圖，冷暖鋒處的雲系亦可由此圖中清晰的看出來。

應用此一技術有時亦有其限制，例如在圖四後方冷空气中的雲系 (open cellular and close cellular cloud) 則無法將其獨立出來製成立體影像圖，作業上的經驗顯示，當系統大於中尺度 β (meso- β) 以上時，應用此一技術會隨系統之愈大而愈佳，通常以綜觀尺度及中尺度 α (meso- α) 為最佳。由於地形邊界與經緯度標尺有時在判讀上有其必需，因此透過適當的參入地形與經緯度資料於立體影像製作之中，可使系統之相關於地表之關係更顯清晰。

上面所述均以影像的資料為立體影像的基礎，事實上，傳統的氣象分析診斷結果亦可以加入於製作立體影像之中，諸如等高綫分析、濕度場分析等，唯製作如此之立體影像較為耗時且投影變形問題亦得小心處理，才能正確地表現出某一或某些氣

象場在空間上分布的特徵。此外不同方法所製作出來之立體影像圖 (如 Stereoscopic, Multi-spectral 及 Perspective 方法)。亦可交互合併使用，使得氣象特徵在立體結構上較使用單一方法所得之結果更為清楚。Hasler et. al (1989) 即利用了 stereoscopic 方法先求出颱風外圍主要雲帶的雲高，再應用 perspective 方法顯示出立體的雲高特徵，如此一來，不僅立體的結構十分清楚，就連等高度雲區及其梯度亦顯著

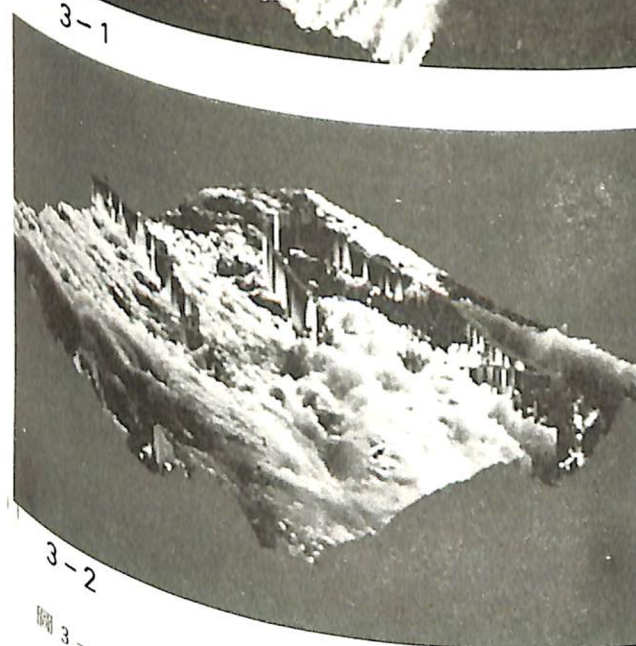
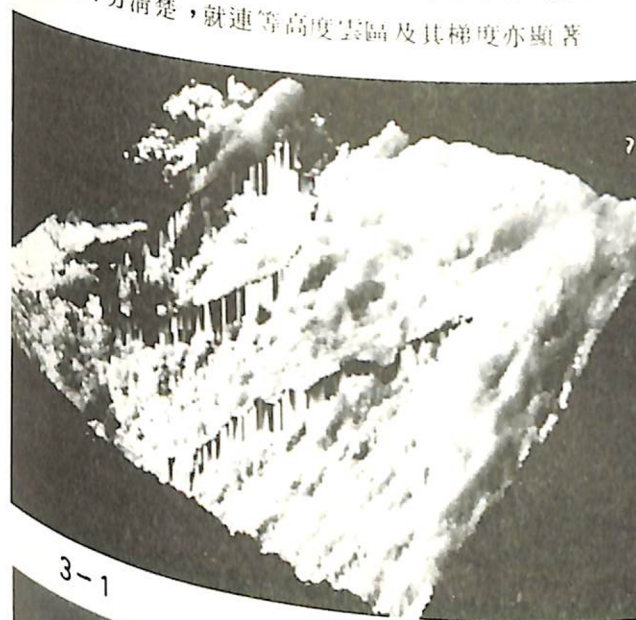


圖 3-1、3-2：民國 79 年 8 月 21 日清晨 0707 地方時利用 NOAA-10 第 1 波頻與第 4 波頻所製作之透視立體圖，此二圖利用不同仰角與方位角以期更清晰地分析雲系之位置及特徵。

地可以分辨出來，就應用的角度來看，三維立體影像的製作，不僅具體化了天氣系統在三維上的特性，並對建立概念模式提供了絕佳的佐證資料，就作業角度上來看，若是系統功能夠強，處理速度趕得上日常作業之需求，以及作業人員操作之熟練，針對某些重要天氣系統，連續地施以三維立體影像之製作，觀察與守視，必是可以更具信心地掌握住天氣系統之演化，危險天氣之預報及特殊任務天氣守視的要求。



圖 4-1：為 79 年 12 月 20 日 0233 UTC 所攝之可見光迴錐鋒系統



圖 4-2：同圖 4-1 惟為紅外線雲圖

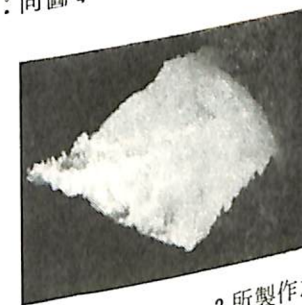


圖 4-3：利用 4-1、4-2 所製作之透視立體影像圖

四、結論與建議

利用衛星紅外線及可見光衛星資料之觀測資料以製作立體影像的方法已成功的在空軍氣象中心作業中所使用，除影像資料（如雲圖）之外，理論上若使用其他觀測資料（如雷達、飛機觀測或模擬輸出資料）亦可將其以立體影像表示之。

基本上，由於受限於衛星觀測的解析度及天氣系統尺度大小之限制，經驗上製作立體影像圖時以綜觀尺度及中尺度 α 系統為最佳，中尺度 β 尺度其次。地形資料與經緯度標尺亦可在立體影像製作的同時加入其中，如此有利於使用者在相關位置之辨別，然而處理上則應留意步驟之先後，否則則無法達成。此外合併多種立體製圖技術如 stereoscopic 方法先找出雲高分布，再合併 perspective 所製作出之立體影像，更可清晰地將主要雲高分佈及立體結構顯像出來。

無論製作何種立體影像圖均需大量快速地處理資料的能力，因此一組速度快、能力強的計算機自然為其必需，適當的影像處理系統及熟練的操作人員也就成為作業成功與否的重要關鍵了。

致 謝

本文之完成感謝聯隊長劉將軍多方指導，衛星課前課長葉文欽先生大力支持與鼓勵，以及全體衛星課作業人員犧牲休息時間，主動積極地協助完成透視影像之製作，於此謹致最誠摯之謝意。

參考文獻

1. Bader, M.J., K.A. Browning, G.S. Forbes; V.J. Oliver and T.W. Schlatter 1988. "Towards Improved Subjective Interpretation of Satellite and Radar Imagery in Weather Forecasting: Results of a Workshop" B.A.M.S. Vol. 69-No.7. 764-769.

2. Hallgren, R.E. 1990: Observing System for Weather, Climate and global change-an evolution from surface to space, Weather Satellite; System, Data, And Environmental Applications A.M.S. 3-22.
3. Hasler, A.F., 1981: Stereographic observations from satellite: An important new tool for the atmospheric sciences. B.A.M.S. 62 194-212.
4. Hasler, A.F. and K.R. Morris 1984: Stereoscopic satellite observations of hurricanes: An update. 15th Tech Conf. Hurricanes and Tropical Meteorology. Miami A.M.S. 132-139.
5. Hasler, A.F., H. Pierce, K.R. Morris, and J. Dodges 1985 "Meteorological Data Fields " In Perspective" B.A.M.S. Vol. 66-795-801.
6. Hasler, A.F. and K.R. Morris 1985: Hurricane structure and dynamics from Stereoscopic and infrared satellite observations and radar data Meteor., J. Climate Appl. Meteor.
7. Hasler A.F., J. Strong H. Pierce and R.H. Woodward 1989: Automatic Analysis of Stereoscopic GOES/GOES AND GOES/NOAA Image for measurement of Hurricane cloud top height and structure, 4th conf. on Satellite Meteorology and Oceanography San Diego, Calif. AMS 255-258.