

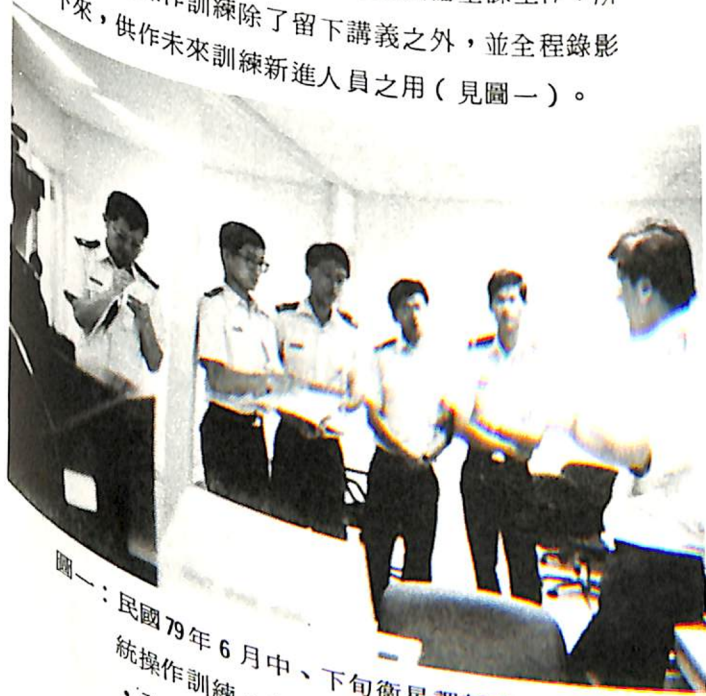
空軍氣象衛星作業接收系統與應用之回顧

葉文欽

空軍氣象中心

一、前言

今年(1990)六月中旬之後，為因應本軍氣象中心高解析度衛星接收系統得以展開作業，衛星課全體同仁在預報課協助代為接收低解析度同步衛星雲圖之任務下，大家安心地全力展開新系統之操作學習。由於潘大綱氣象官自新系統架裝時即參與工作，加上他本人的語文與電腦操作能力及對原文作業手冊之領悟力，潘氣象官擔負了訓練的重點工作，為考慮未來可能有新人會參與衛星課工作，所有裝備與操作訓練除了留下講義之外，並全程錄影下來，供作未來訓練新進人員之用(見圖一)。



圖一：民國79年6月中、下旬衛星課新高解析度系統操作訓練，由潘大綱氣象官負責現場解說，全程並錄影存檔備用。

由於今年的颱風季提前來臨，除了生成於南海的瑪莉安(MARIAN;051)侵襲本省外，於菲島

東方海域JTWC命名之歐菲莉(OFELIA;062)又直撲本省而來，六月下旬一開始，所有見習人員被迫提前進入實作，當丁文中氣象官以作業軟體之BD-Curve處理出第一張歐菲莉的彩色雲圖時，全體值班人員獲得一種無名的成就感，衛星課的作業能力突然往前跨進一大步。在訓練期間除了歐菲莉，緊接著波西(PERCY;063)也移向本省，不使得見習人員直接在忙碌的實作中完成了學習，但對同步衛星亦完成了對繞極(NOAA-10及11號)衛星之接收任務見學。在颱風侵襲期間，長官的關心來訪對這套新的高解析度系統能充份發揮其功能表示相當的滿意，因此當七月一日正式展開作業之後，除了因電腦裝備偶故障之外，值班人員已能完全掌握這套系統，再由技令文獻之指導下，本中心也能做出過去僅在國外報導才看到的彩色立體雲圖，不管是颱風、鋒面或對流雲系均能處理，這對使用這套系統的人而言，其成就感非言

日接收低解析度僅有黑白照片所可比擬的。

這GSC的新系統在空軍是第三代，由於軍方提供資料對象所限，一般人以為國內就只中興氣象局有衛星雲圖，而氣象局是在民國70年(1981)建立其「氣象衛星資料接收站」，那是在氣象衛星發射21年以後的事。在空軍舊人於迎新舊之際，也應該「飲水思源」，對我們已功成身退的第一代和第二代衛星接收系統，應存有「感激之心」。本回顧的目的在此，希望大家對於提供我們天氣分析與預報很有貢獻的「老」衛星接收系統能肯定其功

二、氣象衛星之演進

1960年(民國49年)4月1日美國發射第一枚TIROS氣象衛星(Weather Satellite)成功之後,使得從本世紀開始快速發展,尤其第二次世界大戰後氣象觀測儀器突飛猛進之後,將氣象科技的發展帶入太空時代,當TIROS的太平洋風暴系統的合成衛星雲圖被發表之後(見氣象預報與分析第五期封底),挪威的氣旋、鋒面和氣團學說獲得全面的證實,經過30多年的進步,衛星的更新及其偵測和傳輸接收功能之改進,衛星雲圖已成為解說和預報天氣最實際有效和不可或缺的有利工具。本軍對氣象新裝備之爭取一向重視,在氣象衛星發射後的六年,即在空軍氣象中心安裝衛星接收系統,為戰演訓提供良好的氣象資訊。

(一) APT雲圖時期

在中美合作時期,由於美軍在台有部份駐軍,清泉崗基地除了有FPS-77氣象雷達(由本軍氣象人員操作)外,美軍原有意另在台灣南基地也架設APT衛星接收站,經本聯隊爭取後,由氣象中心於民國55年成立之氣象衛星課,並在同年12月9日使用美國ALDEN廠之APT接收機,正式展開自動雲圖傳輸接收系統之操作,獲得繞極軌道氣象衛星之雲圖照片,這是我國內首次在天氣預報中加入來自太空偵測的氣象衛星資料,較之過去只依靠天氣圖在做預報實有天壤之別。這套設備之建立只比TIROS-1衛星發射晚了6年8個月,比中央氣象局的衛星站早建了14年又2個月。一直到民國68年換裝為同步衛星接收系統,前後13年計接收:泰諾斯(TIROS)、寧巴斯(NIMBUS)、愛莎(ESSA)、愛透斯(ITOS)、諾亞(NOAA)及泰諾斯N(TINOS-N)等六種衛星之傳真氣象雲圖貳萬餘張,除供應有關單位亦利用傳真系統提供各空軍基地天氣中心使用,不僅對颱風、鋒面、豪雨、供水及危害飛安惡劣天氣之預報貢獻

甚鉅,亦使氣象教學及研究發展獲益良多。以今天的標準來說這些雲圖之品質可能不佳,但在當時大家已很滿意,因覺其效果很好,配合天氣圖使用,為我國空軍乃至於我國氣象界氣象衛星資料之運用奠定了良好之基礎是不容忽視其成就的。



圖二：氣象中心第一代APT衛星接收系統之軌道衛星接收天線。

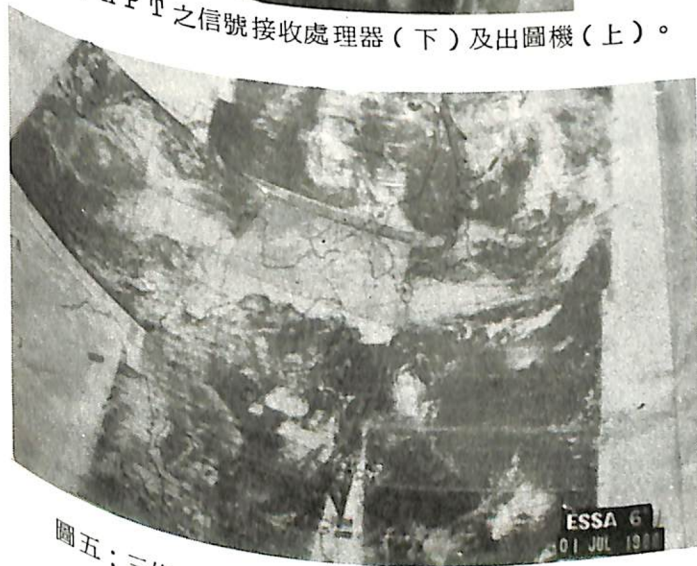


圖三：APT之天線控制處理器。

由於是繞極軌道,值班人員每天必須依照資料計算出衛星通過本省上空之時間、仰角、距離等,才能掌握時程調整天線(見圖二)在適當之位置接收其訊號,經訊號轉換處理後(見圖三及四),在一種特殊藥水處理過的圖紙上顯現出其影像來,當時只是黑白而已,越白表示雲層越厚,是惡劣天氣的所在地。一般以台灣為中心每一圈可收到三張APT圖,最多



圖四：APT之信號接收處理器(下)及出圖機(上)。



圖五：三條軌道所接收之APT雲圖合成實例。

可收到三圈,共有相隔約百分鐘之九張圖併成一大張東亞到西太平洋之軌道衛星雲圖(如圖五所見),則整個冬季來自西部大陸高緯之溫帶(鋒面)系統和來自東部低緯之熱帶(颱風)系統均可掌握。由於這種紙質之雲圖保存不易,經過一段時間即會變黑失去其保存價值,氣象中心當時是配合每日00Z之天氣圖拍照存證。但就實用而言,這批APT雲圖提供了相當有效的參考價值,早期氣象中心一些有價值之研究報告可說均以這些APT雲圖為基礎獲得的。由於我國APT雲圖接收使用的效果甚佳,民國58年元月17日曾獲得美軍第一氣象聯隊所頒贈的績優獎狀,同年12月5日行政院新聞局更到氣象中心來將其作業拍攝入對國外之宣傳影片。

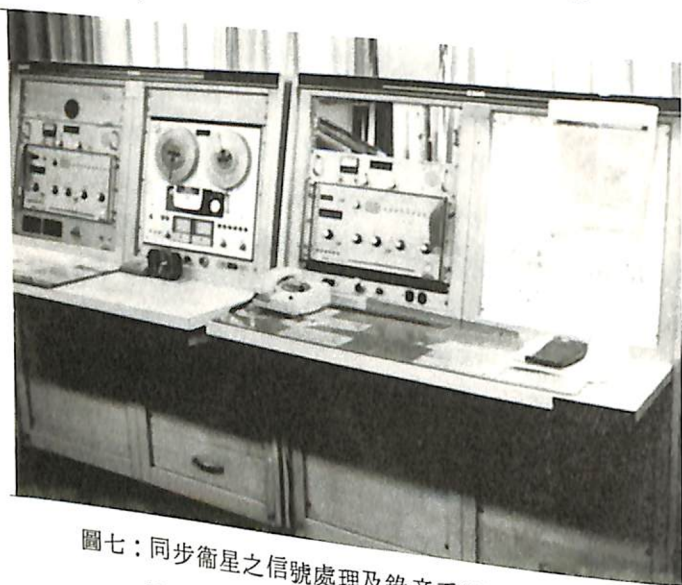
(二) 同步衛星雲圖時期

氣象中心為配合同步衛星發展,於民國66年即擬訂換裝計畫,購買美國EMR廠出品之衛星接收機乙套,68年9月17日開始安裝接收衛星接收機,隔日即收到國內第一張日本所發射之GMS機隔日即收到國內第一張日本所發射之GMS衛星的麥克風雲圖,品質極為清晰良好,至25日將歐文颱風雲圖資料呈總統經國先生,總統並詢問有關新機安裝事宜,以後只要總統需要颱風資料,由本裝備所收到的最新雲圖都會連同其他的有關資料轉呈最高當局參考。

這套由EMR廠出品之衛星接收系統在民國69年5月2日完成裝備驗收,包括兩組天線:UHF同步衛星天線及VHF軌道衛星天線(如圖六所示),信號處理器及錄音系統(如圖七)以及雷射傳圖機(如圖八)等。本裝備用來接收日本在1977年7月14日委由美國發射之GMS-1(日本命名為Himawari即向日葵(Sunflower)的意思)的同步氣象衛星(Geostationary Meteorological Satellite),其位置在東經140度赤道上空35800公里之固定軌道上。以後由日本自己發射之GMS-2在1981年8



圖六：衛星系統之接收天線，圖右為原小碟型同步天線，民國75年6月改用左側防護罩內之大型天線（目前轉用為高解系統之同步衛星接收天線），三角架上即為軌道衛星接收天線。



圖七：同步衛星之信號處理及錄音系統機座。（左圖、右圖為備份機。）

月11日，GMS-3在1984年8月3日分別發射升空。

這套接收系統所收到的GMS雲圖其作業較APT雲圖時代方便多了，可全自動到時即自行接收其信號，經信號處理器轉換後由雷射傳圖機自行出圖，可得其可見光(VIS)和紅外線(IR)頻道之雲圖，另可接收紅外線加強雲圖清晰且具立體感，每天八次，每次可



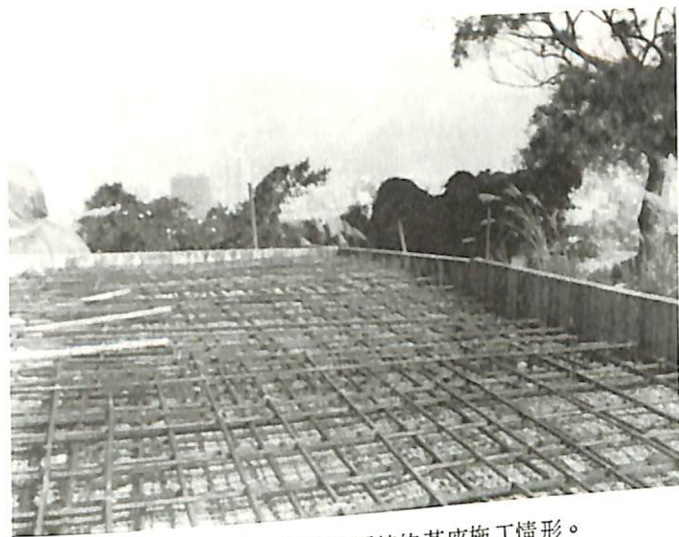
圖八：同步衛星雲圖之雷射傳圖機及其成品。

連續傳送七張圖片，涵蓋觀測範圍由北緯70度～南緯70度、東經70度～西經150度之地球全景影像，在本中心第二代接收系統是以七張合併而成（新的高解度系統直接每小時可出一張可見光及一張紅外線之全景雲圖），是為監視颱風、鋒面、雷雨及惡劣天氣之重要參考資料，對支援各項戰演訓之天氣預報及解說極有助益。從民國68年9月18日接收第一張雲圖到本年（79年）7月1日被高解度接收系統所取代為止，EMR廠所出廠的這套系統為氣象中心服務了近11年的歲月，之後這套設備的原小型碟型天線和接收處理器被拆遷到岡山基地，為寬橋的新生代服務，繼續發揮其功能，所得之效果依然良好。有了同步衛星雲圖尤其是因為其時間固定亦密集，對於天氣系統尤其是颱風的定位助益非常大，且其使用方便故本中心的研究報告利用頻繁。也由於氣象中心人力之不足，以同一套接收設備要經常轉變接收軌道衛星之雲圖照片，直到最近才因獲得新設備恢復接收使用。

高解度雲圖時期

民國78（1989）年9月6日日本又發射了GMS-4進入140°E赤道上空的軌道，整個GMS衛星實際有四大功能：(A)以「可見光與紅外線自轉掃描輻射儀：VISSR」觀測天氣系統；(B)有蒐集氣象觀測資料的功能；(C)直接廣播雲圖影像的能力；(D)監控太陽粒子的能力。過去本中心所接收之低解度雲圖是經過日本衛星接收站先處理加上地形，經緯度後再廣播的成品，故與觀測時間大約相差一個小時。從GMS-4發射之後，本軍和中央氣象局為因應其同步氣象衛星資料廣播方式的改變，均更新了衛星資料接收與處理系統，本軍採用GSC的組合裝備，這套新系統除了可同時接收GMS-04之高解度數據與低解度影像資料外，亦具有接收繞極軌道（NOAA-10及11號）衛星資料之功能。有關其硬、軟體設備可參考本刊潘興丁兩氏之專文。

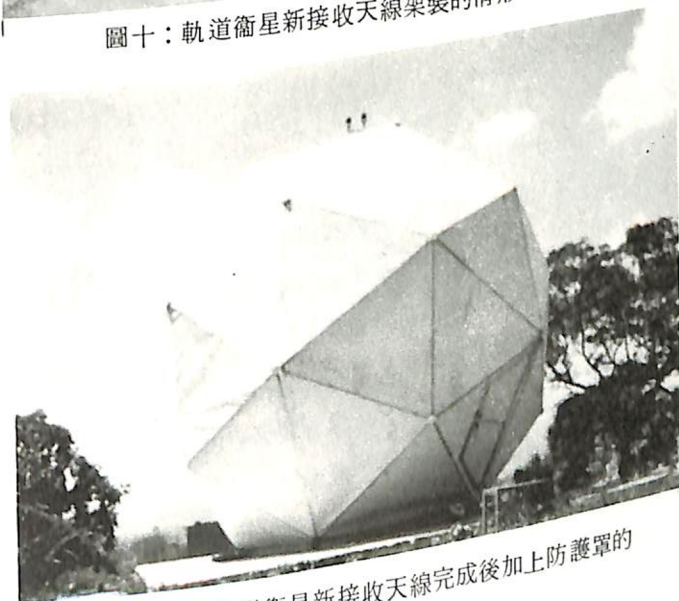
氣象中心的這套GSC裝備是在民國78年3月3日運達的，機房整建包括兩部份，一是繞極軌道的天線之架裝，地點直接利用原APT天線的位置，當初APT天線是由美軍利用直升機吊上山的，這次也考慮以直升機運送，但經過20多年附近的改變，實地勘察已不適合直升機的接近，為了安全也必須解決問題，最後的方式將所有裝備扛上山頂，圖九、十及十一另外接收日本GMS-4的天線就直接利用第二代EMR接收裝備的新天線（見圖六圖左），所獲得之效果非常好。新裝備之硬體甚多，機房整建如圖十二所示，在78年5月15日完工，隔天開始裝機，新機房的重要裝備如圖十三所示，接著展開測試，最後在GSC提供低解度接收裝備之後才在民國79年5月17日完成初驗，經過測試之後已能達到各種功能的基本需求，因而在6月展開作業人員之全面操作訓



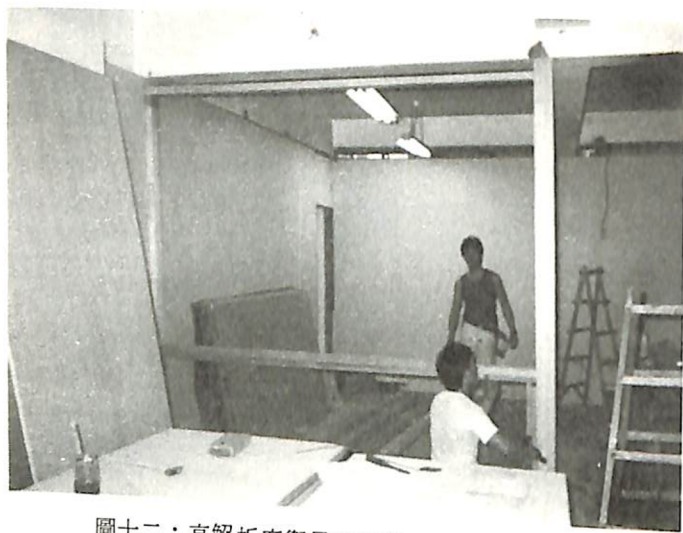
圖九：軌道衛星新接收天線的基座施工情形。



圖十：軌道衛星新接收天線架裝的情形。



圖十一：軌道衛星新接收天線完成後加上防護罩的實景。



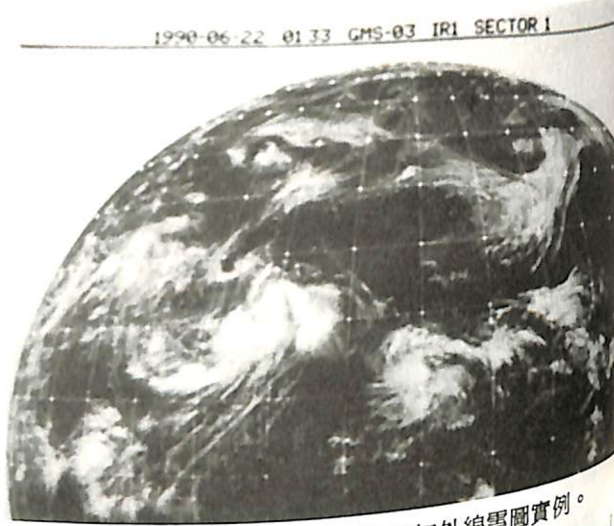
圖十二：高解析度衛星裝備機房整建施工情形。



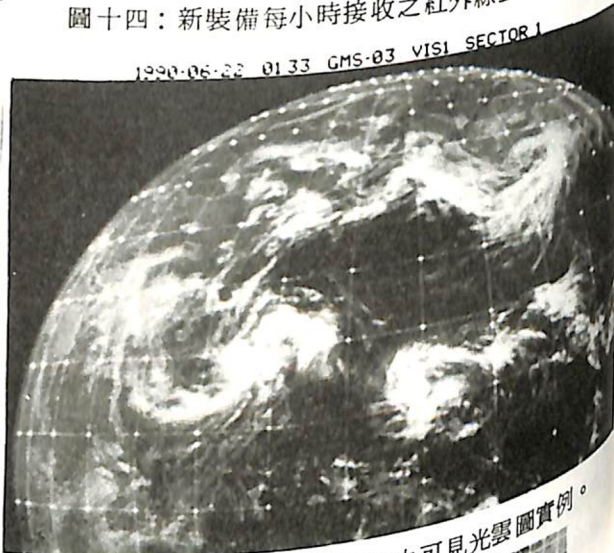
圖十三：高解析度衛星機房內重要訊號處理裝備安置的情形。

練，而正好歐菲莉和波西兩個颱風的來襲，使全體作業人員獲得難得的實作訓練，故當7月1日這套裝備正式取代EMR的同步衛星接收系統之後，所有作業人員已能承擔此重任。

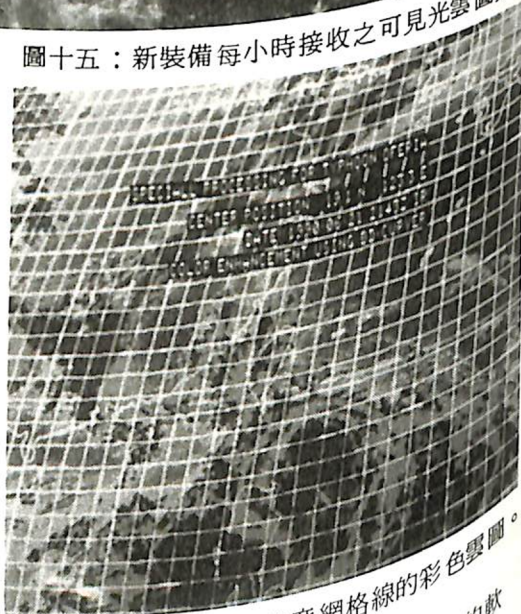
由於高解析度裝備異於第二代的接收系統，除了原低解析度之功能外，這套裝備可以加接別的遙地顯示器，使得指揮室、預報中心、甚至松山的天氣室均能同時顯示最新的雲圖。新的廣播方式不僅可接收每小時的紅外線（如圖十四）與可見光（如圖十五）之雲圖及數據資料，透過GSC所提供METPAK的三個子



圖十四：新裝備每小時接收之紅外線雲圖實例。



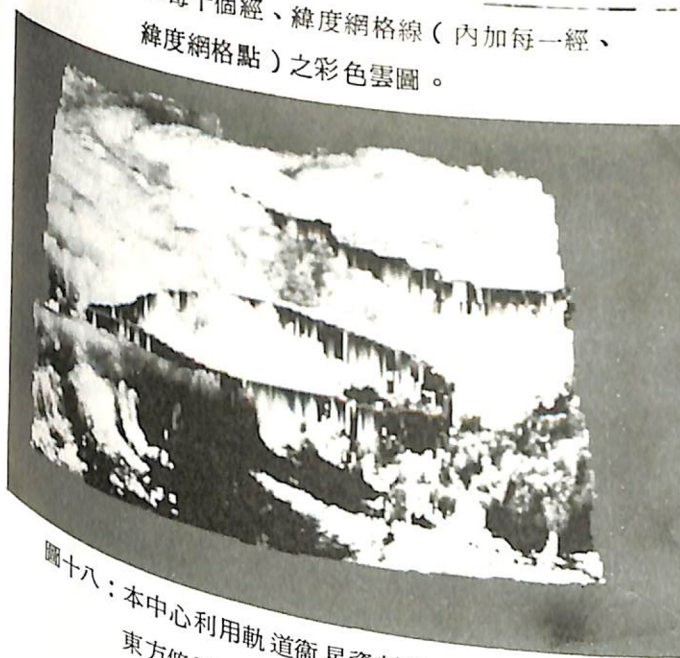
圖十五：新裝備每小時接收之可見光雲圖實例。



圖十六：加上每一經、緯度網格線的彩色雲圖。系統GRNDICIL、SATPAK和GEMPAK的軟體，這些數據資料的處理功能大大被提升了，



圖十七：以每十個經、緯度網格線（內加每一經、緯度網格點）之彩色雲圖。



圖十八：本中心利用軌道衛星資料處理所得由台灣東方俯視之立體雲圖。

諸如導航定位、加上地形及經緯度、各種座標的轉換、色調強化、彩色或黑白動態循環顯示、選擇不同區域及放大功能，反演垂直溫度場、計算雲頂高度、海面溫度、各層風場分布、不同方位之立體透視圖……等等功能，目前本中心均有此能力也已完成，並利用顯示器、各種彩色的出圖設備或以照片或幻燈的方式顯現出來，圖十六～十八僅是少數幾種實例，由於新的衛星裝備與第一及第二代的接收系統在處

理和出圖的方式有很大的差異，所獲的績效非昔日可比，使得來訪的長官（如圖十九）或外賓（如圖廿）均表示極大的讚賞和肯定。

目前比較擔心的是處理軟體之電腦時有故障且容量不足，值班人員過少，而要同時接收同步及軌道衛星是很大的負擔，不過所有值班人員已盡了他們的全力，務期使這套裝備能發揮其最大的功能。



圖十九：國防部王中將和副司令周中將在聯隊長劉少將陪同下參觀氣象中心高解析度衛星接收系統。



圖二十：台大曾忠一和中大劉振榮兩教授參觀本中心衛星設備聽取潘大綱氣象官解說的情形

三、空軍對衛星氣象之應用與研發概述

吾人直接由「氣象預報與分析」季刊所發表及氣象部隊過去所出版與應用衛星雲圖資料有關之專刊略述於后供參考。

TIROS — 1 是在民國49年4月1日發射，本刊在第五期（49年10月）的封底即刊登利用雲圖合併而成的太平洋地區溫帶氣旋與鋒面之雲圖，從第六期（50年1月）開始即有介紹氣象衛星之譯稿出現，主要的介紹者有畢夢痕、林碧初、樊滌兮……等人。在氣象中心建立衛星站之前，本軍即派遣王振南（第一任課長）、高季和和蘇公顯三位在民國55年4月2日前往琉球接受為期二週的「氣象衛星A P T 觀測訓練」，他們返國之後的受訓報告即刊登在本刊第29期（55年11月），同時高季和也譯了「氣象衛星雲圖、雲類之識別、判讀與應用」一文刊登於29及30期，此時氣象中心的A P T 裝備架設完畢開始展開作業（民國55年12月9日），到第33期（56年11月）氣象中心作業同仁以集體創作的方式發表了一篇「本軍A P T 雲圖試用研究報告（適合範圍中低緯度）」，第35期起一連四期，聯隊以氣象組的名義譯登了一篇「氣象衛星雲圖在天氣分析和預報上之應用」，其中第38期（58年2月）全部是本文的專號。而真正利用實際所接收之雲圖作研究是王時鼎（第三任課長）為參加中美第二屆空軍氣象學術研討會用英文所撰寫的「利用衛星雲圖決定颱風運動與強度」，該文由作者再寫成中文刊登於本刊第48期（60年8月），以後在研究寒潮、梅雨包括他本人出國進修均使用衛星雲圖，也並且使台大和文大聘請王主任（後任空軍氣象中心主任並轉中央氣象局科技中心主任）擔任「衛星氣象學」課程迄今。另一位研究者為俞家忠（第二任課長）分別有「利用氣象、衛星雲圖對中國區域鋒面活動之研究」登於第51期（61年5月）及「利用衛星資料預測台灣低壓及台灣天氣之研究」刊登第60期（63年8月），這與俞氏後來到夏威夷大學進修時以「台灣低壓」做為其研究論文多少亦有關係。在重

要的譯文方面有陳毓雷的「利用衛星雲圖分析預報颱風強度」一文刊登於第62期（64年2月），主要的是將Dvorak的方法介紹進來，而經過不斷的改進Dvorak的分類已成為決定颱風（颶）風強度之依據，JTWC甚致以其方法取代飛機觀測對颱風強度之判定。此後在各種專題研究中均會使用衛星雲圖以為佐證，而且所使用之雲圖也改為日本GMS衛星雲圖為主，在本刊所發表者，曾出現的有徐天佑談「噴射氣流」（第90期；71年2月）、劉廣英的「颱風雲型特徵」（第95期；72年5月）、劉廣英的「彎月狀雲系」（第96期；72年8月），……等。至TAMEX實驗完成之後的研究計畫中，不管本軍或民間學術及作業單位之研究者均大量使用同步衛星資料，本軍如劉和徐二氏在一系列研究「中緯度與熱帶或熱帶外擾動對台灣梅雨季豪雨之關係」即大量以衛星雲圖作為佐證資料，分別發表在本刊第113期（76年11月）、115期（77年5月）、117期（77年11月）或出版專刊。使用雲圖研究天氣系統最典型可以民國70年5月28日造成桃、竹、苗栗雨成災之中尺度對流雲系（MCS）最著名，在研究者當中以服務於中央氣象局氣象衛星中心的紀水為代表，進而以此為其博士論文之素材。吾人也瞭解到，自從氣象局在民國70年元月28日完成其衛星建站投入雲圖之接收工作之後，由於其裝備處理功能較本軍第二代的接收系統好太多了，故往後有關研究所引用之衛星雲圖可說均以該中心所提供或處理之雲圖為主。

在本中心第二代同步衛星完成並加入接收雲圖工作之後，運用最廣是颱風來襲時，其定位、移向和發展由雲圖可以獲得資訊。本裝備之雲圖第一次用在學術論文是當年冬季東北季風影響下的台灣中部異常降水。民國68年在這套接收系統完成作業後三個月（12月15～17日），台灣北部在東北季風控制下產生強烈的中幅度降水（日雨量 $\geq 100\text{mm}$ ），15日正好是星期天，持續的降水使台大陳泰然教授特別到本中心來（當時作者值班故印象很深）尋找原因，由新近完成的衛星接收系統所出圖之雲系顯示

有導致台灣北部降水之條件，陳教授希望我們能保存這段降雨期間之雲圖照片，後來在國科會的支援下和劉廣英、李金萬完成一系統之研究，其中第一篇論文發表在隔年「大氣科學」第七期。第三代的高解析度雲圖，今年正式納入作業之後，除了歐菲莉和波西颱風提供雲圖之外，利用SATPAK和GEMPAK作業人員處理了過去不曾見過的氣象資訊，如颱風類型路徑之選擇，未來12、24、36、48、60及72小時預報，各種氣象參數之反演推算……等，部份成果將在本期發表。

在專刊方面，空軍氣象中心在總部研發經費支援下，由當時曲克恭主任領導下，經衛星課同仁之通力合作下完成「氣象衛星雲圖之分析應用」（57年7月）和「氣象衛星雲圖之分析應用—颱風」（58年6月）兩本專刊；空軍通校氣象訓練班也在民國58年由陳毓雷教授完成「衛星氣象學」之編著並納入教學，這是國內最早有關衛星氣象之教學課本，空軍總部在民國62年也由林則銘主任負責完成「空軍氣象衛星作業與資料應用」一書供全軍參考。以上這些書所使用之雲圖均以繞極軌道衛星雲圖為主。除了本軍自行出版之外，當時美軍氣象顧問亦會提供AWS（Air Weather Service：212（1969）之「Application of Meteorological Satellite Data in Analysis and Forecasting」和TR 264（1976）之「Satellite Meteorology」等都是本軍很重要的參考資料。從1966年12月研究報告或專書，同步衛星的資料就大量的被引用，這些資料如WMO（1977）所出版的「The Use of Satellite Imagery in Tropical Cyclone Analysis」或由本軍赴美氣象學校受訓學員葉文欽和孫禮義等所帶回來之「Satellite Interpretation；1981」或「Satellite Imagery-Interpretation for Forecasters；1986」，

以及由聯隊長劉將軍自己向AMS（American Meteorological Society：美國氣象學會）價購之最新1990年出版的衛星專書：「Weather Satellite：Systems, Data, and Environmental Applications。」本軍均想辦法予以影印提供有關人員研讀，希望借此加強衛星氣象成果在天氣分析與預報上之運用。當然中央氣象局衛星中心亦蒐集不少參考文獻，我們會儘量互通資訊，共同做好國內的衛星氣象雲圖資料於各有關單位，加強天氣供應和預報之服務。

四、結語

承如氣象先進吳宗堯主任（後任中央氣象局局長）在空軍氣象部隊成軍六十週年之回顧與前瞻中指出：「空軍氣象中心引進氣象衛星裝備負責操作，這是我國內首次在天氣預報中加入氣象衛星資料。」從TIROS — 1發射迄今超過30多年，衛星雲圖之解析度，其觀測項目和廣播方式、接收裝備與處理軟體均有長足的進步。天氣圖的繪製也由人工進入電腦，雖然利用雷達吾人亦可獲得天氣之回波，但其範圍較小，如何與天氣圖上之天氣系統相結合，利用電腦已完全可以把衛星雲圖與天氣圖（地面或高空）相疊加在一起，則配合系統的雲系分布一目瞭然，對天氣之掌握正如吳局長所言不再是「瞎子摸象般在暗中摸索，已有天壤之別。」話雖如此但對天氣預報仍有失誤的時候，其中以梅雨季最為嚴重，民國70年「528」水災提醒了大家對中尺度天氣系統之重視，將來配合衛星雲圖、雷達回波和數值天氣預報產品，將是發展即時天氣預報（Nowcasting）最主要的工具。

氣象科學近幾十年來的進步真可謂突飛猛進，尤其在觀測儀器方面已走入最先進的電腦化和太空化，雖然「天有不測風雲」對氣象人員來說不能同意，但天氣預報要達到完全的準確，目前還做不到，因為流體的變化太複雜了。而任何進步也不可能突然冒出的，人造衛星雖然是1950年代末期之產

物，但其理論基礎早在牛頓時代即已建立。我國軍方之氣象衛星接收系統其演進是從最原始漸進的，本文之目的在於讓現在使用者於享用高科技產品之餘，能憶及過去的辛勞與成就，以求「飲水思源不忘歷史」之美意。

五、參考資料

1. 吳宗堯 (1989)：我對軍民氣象事業之回顧與前瞻，氣象預報與分析第 121 期。
2. 潘大綱、丁文中 (1990)：氣象衛星演進發展與作業簡介，氣象預報與分析第 125 期。

3. 陳泰然、劉廣英、李金萬 (1980)：冬季東北季風影響下之台灣北部異常降水之初步研究，大氣科學第七期。
4. P.K. Rao; et al. (1990)：Weather Satellite : Systems, Data, and Environmental Applications, AMS.
5. 空軍氣象中心大事記要，55年、68~69年、75年及 78~79 年份。
6. 氣象預報與分析從第 1 期~第 125 期。

