

行政院所屬各機關出國報告

(出國類別: 考察)

赴美國參加第四屆亞太環境遙測研討會 出國報告

服務機關：行政院國家科學委員會精密儀器發展中心

出國人：

姓名	職稱
黃鼎名	研究員
蘇方旋	專案助理研究員

出國地區：美國

出國期間：中華民國九十三年十一月七日至十一月十四日

報告日期：中華民國九十四年一月六日

摘要

此次訪察行程共八天，主要參加SPIE(國際光學工程學會)舉辦的第四屆「亞太環境遙測國際會議」(SPIE Fourth International Asia-Pacific Environmental Remote Sensing Symposium)並拜訪夏威夷大學內的天文中心及遙測相關研究所。此次研討會以環境遙測技術為主題，除了參與各項遙測新技術議程，蒐集目前環境遙測領域之軟硬體發展及應用現況，亦參訪夏威夷大學天文中心及遙測相關研究所，藉此掌握相關領域發展現況，作為中心遙測計畫執行基礎及我國未來精密儀器產業技術發展之參考。

目錄

1	緣起	1
2	考察目的	2
3	過程	3
3.1	參加 SPIE 2004 第四屆亞太環境遙測會議.....	3
3.1.1	全員會議	4
3.1.2	Passive Optical Remote Sensing of the Atmosphere and Cloud.....	6
3.1.3	Lidar Remote Sensing for Industry and Environmental Monitoring	6
3.1.4	Multispectral and Hyperspectral Instruments and Applications。	9
3.1.5	Active and Passive Remote Sensing of the Oceans	11
3.1.6	Image Processing and Pattern Recognition in Remote Sensing.....	13
3.1.7	Applications with Weather Satellites.....	15
3.1.8	Enabling Sensor and Platform Technologies for Spaceborne Remote Sensing.....	15
3.1.9	Instruments, Sciences, and methods for Geospace and Planetary Remote Sensing.....	18
3.2	參觀夏威夷大學內的天文中心及遙測相關研究所	21
3.2.1	天文研究所	21
3.2.2	相關研究所	21
4	達成任務	27
5	心得與建議	29

附件：廠商資料

1 緣起

在目前隨著全球化的趨勢下，了解地球自然資源訊息，進而掌握我們週遭的環境變化，就得仰賴遙測等相關技術獲得的資訊，這對防災、生態環保、區域安全、資源規劃及地球科學研究等方面而言顯得相當重要。所以在目前的科技發展中，先進國家對於遙測技術能力的建立均投入大量人力與財力，期待能在此一領域佔有一席之地。然而台灣地狹人稠及地形高低落差大，然而又有土地資源的不當開發及土石流及淹水等天災的肆虐，故對於防災與土地資源規劃的需求更是較先進國家為高。

本中心已致力於光、機、電技術整合多年，配合產學研各界的需求，遙測技術為發展項目之一，而規劃以高解析度光電遙測酬載研製為長期目標。而欲達成此目標，得累積諸多相關技術及經驗。因本中心已先後參與中華衛星一號酬載海洋水色照相儀(OCI)及中華衛星二號酬載遙測影像儀(RSI)之研發工作。並透過參與國外公司的團隊合作，培養遙測系統設計、製作、組裝測試等相關關鍵技術能量。今年亦規劃發展高光譜影像儀系統，並實際執行機載影像擷取試飛測試，用以評估系統之影像品質及資料處理功能。在這幾項大型計劃的進行下，中心亦已於衛星計畫及機載系統等實際參與中獲取相當之技術經驗。

為瞭解國際遙測技術發展趨勢，筆者奉派赴美國夏威夷參加 SPIE 舉辦的第四屆「亞太環境遙測國際會議」(SPIE Fourth International Asia-Pacific Environmental Remote Sensing Symposium)並參訪夏威夷大學內的天文中心及遙測相關研究所，以藉此掌握相關領域發展現況，並蒐集廠商資料，作為中心遙測計畫執行基礎及我國未來精密儀器產業技術發展之參考。

2 考察目的

SPIE 每兩年舉辦一次「亞太環境遙測國際會議」，並已於 1998、2000、2002 年分別在北京、日本、杭州舉行三次會議。今年於夏威夷舉行第四屆會議並有 10 個關於環境遙測技術軟硬體發展及應用的討論議程，研討會議程如下：

Passive optical Remote Sensing of the Atmosphere and Cloud
Lidar Remote Sensing for Industry and Environmental Monitoring
Multispectral and Hyperspectral Remote Sensing Instruments and Applications
Image Processing and Pattern Recognition in Remote Sensing Application with Weather Satellites
Enabling Sensor and Platform Technologies for Spaceborne Remote Sensing
Instruments, Science, and Methods for Geospace and Planetary Remote Sensing
Remote Sensing Applications of the Global Positioning System

遙測儀器發展技術為本中心發展的主軸技術之一，藉由此次參訪來掌握遙測軟硬體相關領域發展現況，並蒐集下列資訊，作為中心遙測計畫執行基礎及我國未來精密儀器產業技術發展之參考：

- (一) 蒐集環境遙測領域之軟硬體發展及應用現況有關資訊。
- (二) 蒐集各國星載與機載遙測系統執行狀況。
- (三) 建立專家資料，強化與國外研究機構之技術交流與溝通管道。
- (四) 充實本中心在遙測技術整體發展計畫之有關資訊。

3 過程

行程表

中華民國九十三年十一月七日至十一月十四日，計八天

日期	起	至	工 作 內 容	天次
11/7 (日)	台 北	夏威夷 (美國)	搭機	1
11/8~11/11 (一)~(四)	夏威夷 (美國)		參加 SPIE 2004 研討會	2~5
11/12(五)	夏威夷 (美國)		參觀夏威夷大學內的天 文中心及遙測相關研究 所	6
11/13~11/14 (六)~(日)	夏威夷 (美國)	台北	回程返國	7-8

各會議及參訪行程細節如下所述：

3.1 參加 SPIE 2004 第四屆亞太環境遙測會議

SPIE 2004 第四屆亞太環境遙測會議 (SPIE Fourth International Asia-Pacific Environmental Remote Sensing Symposium)，所討論的議題層面相當廣泛，主題大致可分成：遙測儀器系統、各種儀器硬體與軟體的整合、遙測系統相關設計進行發表：影像處理、圖形辨識、資料分析、資料壓縮、校正技術及電腦模擬分析等技術。氣象衛星之應用、空載的遙測系統技術及全球定位系統的應用等相關各議題之探討，如以下幾個議程。

- (1) Passive Optical Remote Sensing of the Atmosphere and Cloud

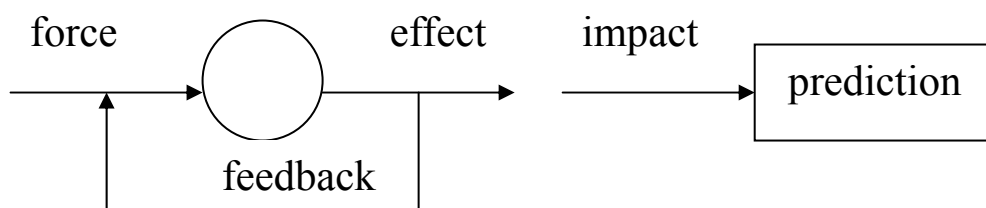
- (2) Lidar Remote Sensing
- (3) Microwave Remote Sensing
- (4) Multispectral and Hyperspectral Instruments and Applications
- (5) Image Processing and Pattern Recognition
- (6) Weather Satellites
- (7) Sensor and Platform Technologies for Spaceborne Remote Sensing
- (8) Applications of the Global Positioning System
- (9) Instruments, Sciences, and methods for Geospace and Planetary Remote Sensing
- (10) Active and Passive Remote Sensing of the Oceans

因研討會場次安排關係，二人於期間選擇有興趣議題，無法每場均出席，微波及 GPS 二領域因非本中心專長項目並未安排人員。此外，由於目前僅能取得部份論文之摘要，就現場聽取內容記錄無法全部詳實記載，以下僅將本次研討會中所聽取之論文內容略述如後：

3.1.1 全員會議

原本安排有三場演講，NASA 遙測計畫主管、NPOESS 衛星主持人及大陸氣象單位主管，但因簽證問題第三場演講人無法出席，僅有前二場報告。

NASA 的 Dr. Ghassem Arsar 負責遙測計畫之制訂及執行。目前 NASA 規劃地球遙測計畫的原則為由資料的蒐集而至知識的累積(access to knowledge)，由純粹的資料處理進而做到預測，其流程如下圖：



具體的做法都是表現於下列的計畫上：

(1) earth science

- a. Greenland ice to climate
- b. Earth's radiation
- c. Hurricane infrastructure
- d. Gravity
- e. Aerosol effect to climate
- f. ...

(2) sun-earth connection

- a. weather: earth surface and interior climate variability
- b. carbon cycle atmospheric composition (water and energy cycle)

(3) modeling ocean circulation

- a. modeling the earth's surface and interior (to mm level)
- b. volcano or earthquake
- c. understand earth's biosphere
- d. modeling climate
- e. modeling hurricane landfall

目前 NASA 已可於電腦中預測聖嬰現象之循環、颱風立體結構、地球大氣循環等相當多地球相關之重要現象，並具體以動畫方式展現各種計算及預測數值。

除此以外 NASA 也相當重視教育，對於未來小小科學家的科普教育資料的建立與提供也有具體做法。

此外也提出未來 NASA 技術規劃重點包括

- i. optical communication
- ii. on board reprogrammable processor
- iii. autonomous network control
- iv. data compression
- v. laser, lidar to enable earth measurement
- vi. ...

除了衛星軌道上研究外，NASA 也強調 suborbital 及 in-situ component 的重要。

第二場演講由美國國家海洋及大氣總署(NOAA)之軌道氣象衛星 NPOESS 計畫主持人 John Cunningham 報告下一代氣象衛星計畫制訂上的一些考慮。主要的報告重點也在於強調將資料轉化為資訊，再轉為知識，最後題供給政策制定者的重要性。因此美國目前有一整合觀測系統(integrated observation system¹)，對於氣象觀測提出一些要求

1. comprehensive：密集觀測
2. substantial：資料不致因衛星故障而中斷
3. integrated：衛星平台間資料間整合
4. global：全球觀測

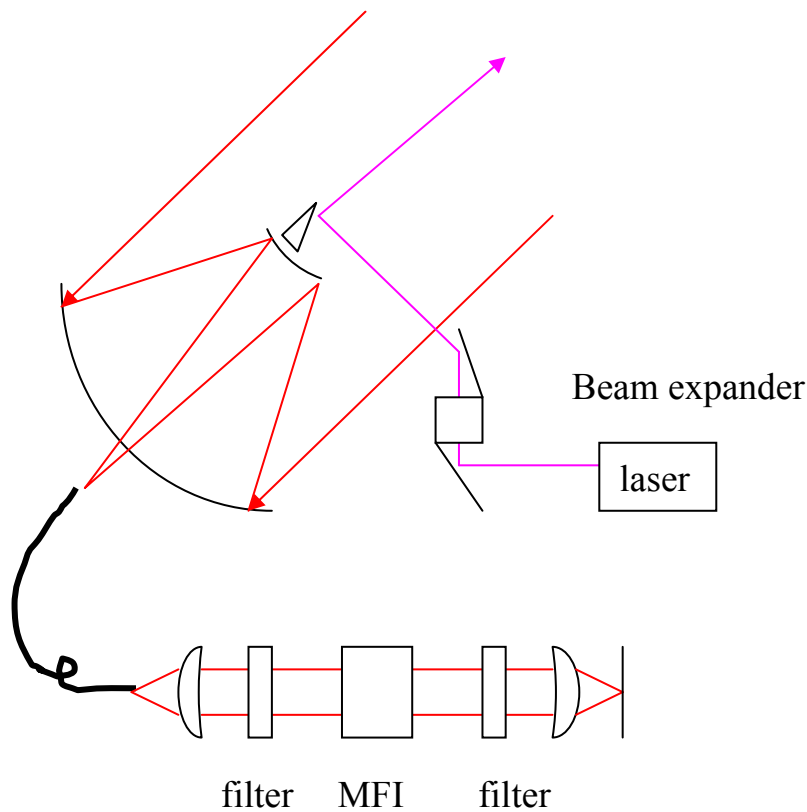
NPOESS 為美國下一代極地軌道氣象衛星，為了接續美國國防氣象衛星(DMSP)及 NOAA 之氣象衛星 POES 計畫而整合出來的系統。其中規劃有多項儀器 VIIRS，CMIS(微波)，CrIS(紅外)，OMPS(臭氧)，GPSOS(GPS 掩星)及 SESS(太空環境)，預計 2011 年發射，在此之前將會有一顆先導 NPP 衛星先發射，以接續原先觀測資料。

3.1.2 Passive Optical Remote Sensing of the Atmosphere and Cloud

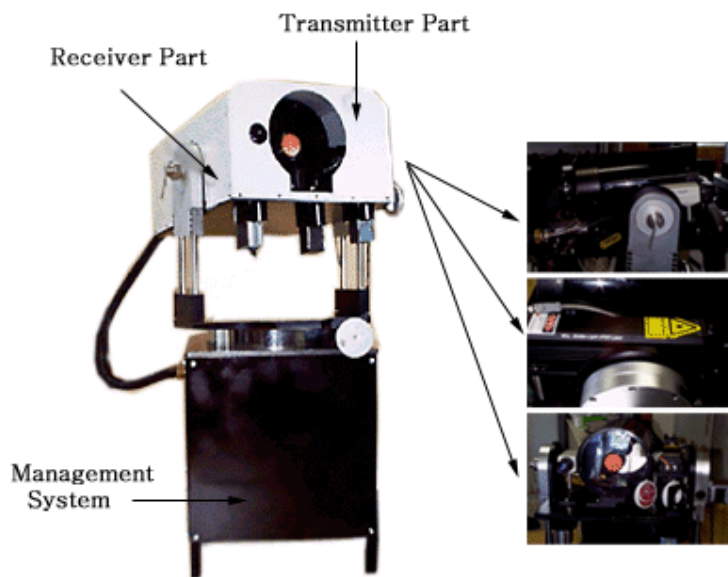
3.1.3 Lidar Remote Sensing for Industry and Environmental Monitoring

量測風速常用 fringe imaging and edge 技巧，當氣溶膠的後散射 (backscattering)強時，使用 fringe imaging 技巧最為適合，早期常使用 Febry-Parrot interferometer (FPI)的方式量測，大陸學者提出 multi-beam Fizeau interferometer (MFI)方式量測，如下圖。

¹ <http://iwgeo.ssc.nasa.gov/>

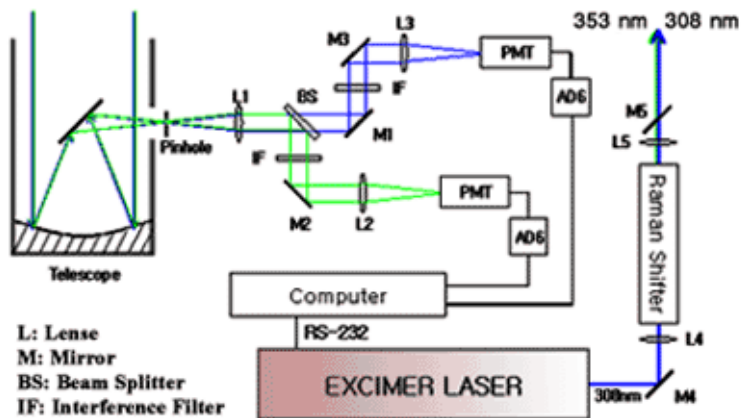


南韓由原子能研究所研究單位 spin off 的公司名為 Lidartech²，1999 年成立，開發出 3 項監測環境污染的 lidar 系統，如量測氣溶膠的 MPL(如下圖)及量測臭氧層的 DIAL(架構如下圖)等，目前已售出數套。



MPL 系統圖

² <http://www.lidartech.com/ehome/index.html> , 連絡人, Dr. Sungjoo Cho, sjcho@lidartech.com

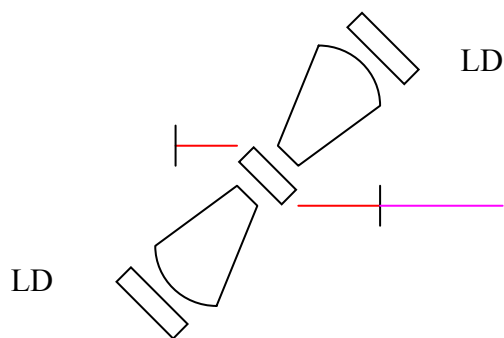


DIAL 架構圖

MPL 為車載系統，使用綠光雷射，重覆率為 1~3.5 kHz，單發能量 50 μ J，使用 APD 為感測器，感測範圍 0.5~50 公里。DIAL 使用雙波長(308 及 353)之準分子雷射，其中有波長臭氧吸收率極高，另一完全不吸收大部份穿透，分析二者數據可求出臭氧厚度。其雷射重覆率為 100 Hz，單發能量 300 mJ，收光鏡頭直徑大於 70 cm，感測範圍 10~40 公里。

量測風速另一種方式為使用 Coherent Doppler Lidar (CDL), 日本計畫於國際太空站中架設此系統，以量測全球 2 m/s 以上之風速分佈，使用之雷射為 Tm,Ho:YLF 雷射，單發能量 2 J，重覆率為 10 pps，收光鏡頭口徑為 40 cm。其雷射架構如下圖：

量測風速另一儀器為 TODWL (twin otter Doppler wind



lidar), sensor 開口於飛機側方，有二軸的掃瞄，如下圖，使用之水冷式雷射波長為 2 μ m，單發能量 4~6 mJ，repetition rate 為 80 Hz，收光鏡頭口徑為 10 cm。該儀器先用於機載測試，以驗證用於 QuickSat 之酬載。未來也將有 WindSat 也將用於量測風速。此種量測也配合 GPS sounding 及 microwave sounding。



Lidar 的研發目前在雷射部份朝向 eye-safe (大約在 1.9~20 μm), 目前 Raytheon 公司已利用 OPO 技術研發出 337 mJ @ 20 Hz 氣冷式雷射光源。

3.1.4 Multispectral and Hyperspectral Instruments and Applications.

1980 年代 NASA 提出 hyperspectral sounding 的方式用於求取大氣中雲層高度、垂直壓力、溫度及水氣及風速分佈，並提出一個預期或願景，由於預測能力及無線傳輸能力的提升，預計 2020 年人們可以觀測地球表面及大氣，觀測精度分別為 1' 及 1 km，此時人們可利用隨身無線接收裝置(如 PDA)接收最新更新的氣象資訊，增加生活上的便利。根本原理在於利用高光譜儀提供光譜上的解析，乘上各參數在垂直高度上之權重(weighting function)，以求解所需參數。

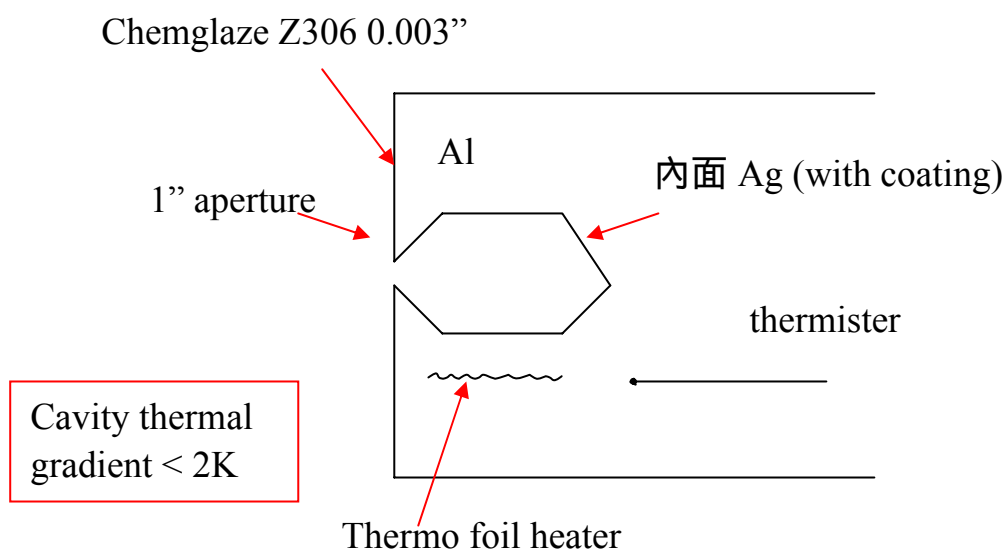
自 1980 年以來 hyperspectral sounding 儀器計有機載之 HIS (high spectral resolution interferometer sounder)、ADEOS/IMG、Aqua/AIRS、GOES/VAS，HIRS 及未來之 Metop/IASI、NPP，NPOESS/CrIS、GOES-R/HES3、WISH 等。儀器分光方式包含有 Fourier Transform 或 grating 設計。

相同求取大氣垂直溫度壓力分佈的方法還有 microwave sounding 及 GPS occultation 等方法，量取風速還有 Twin Otter Doppler LIDAR。

HES(hyperspectral environmental suite)用於量測大氣垂直濕

度，預備放置於同步氣象衛星 GOES-R 中，規劃於 2012 發射，2004 年 6 月舉行開工會議，使用 filter wheel，主要承包商有 BAE systems，BALL aerospace 及 ITT。HES 為一種 hyperspectral sounding 儀器，計算水汽及溫度時須配合垂直分佈權重方程式(稱為 Jacobian)，其目的在於求取高度解析度 1 km，溫度準確度 1 K 及水汽準確度為 10 %之垂直分佈。

GIFTS(Geosynchronous Imaging Fourier Transform Spectrometer) 為 NASA 用於展示量測高垂直解析空中水氣(用以反推風速資料)的一種光譜儀，其光譜定址及光輻射度量需非常準確，因此在儀器安排有 on board 黑體，另有一雷射光源，此光源用以量測決對數值而不受儀器實際溫度影響量測結果，校對結果可使其精度可達 1 K (3σ)。其校對用黑體如下圖所示，有 290 K 及 255 K 二種，設計延用 AERI (UW Atmospheric Emitted Radiance Interferometer) 概念，並將其放大尺寸。其 emissivity 經 Monte Carlo 計算結果大於 0.998，絕對溫度不確定度估計為 0.07 K。溫度量測均回溯至 NIST 標準。

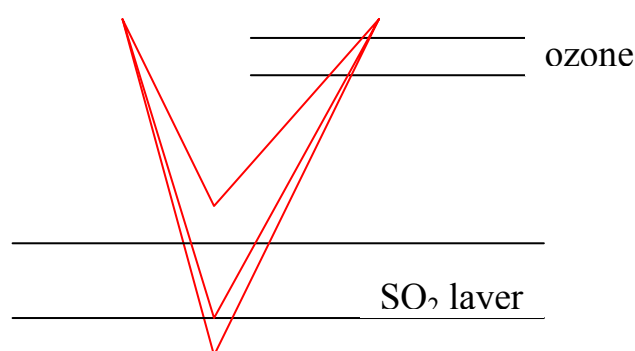


Modtran 為目前常用於大氣修正的計算程式，新版的 Modtran5 中將其光譜解析增加，並加入 OH、HF、HCl、HBr、H₂O₂、C₂H₂、C₂H₆ 等氣體之模擬程序，也加入 multiple scattering 計算模式以於

VNIR 波段求得更準確結果。

現今光譜解析度越來越高，波段數越來越增加，如 AIRS 波段數為 2378，CrIS 為 1305，NASTI 為 8632，IASI 為 8461，如此大量的資訊，若用 channel based 的 radiance transfer model 處理將非常耗時，因而有人提出以 principal component analysis 為基準，處理可快一個數量級。

日本發展出一套機載 UV 波段高光譜儀，波段範圍由 280~370 nm，0.34 nm/step，名為 AirOPUS，此儀器目的為追蹤火山之 trace



gas SO₂ 及 NO₂。鏡頭 FOV 為 15 度，曝光時間為 3 秒，6 km 高度時地面解析度為 5 m，利用 retrieval 方法將垂直高度之分佈求出，以瞭解對臭氧層的影響，如上圖。

3.1.5 Active and Passive Remote Sensing of the Oceans

海洋方面研究非筆者專長，由於海洋大學也有一位博士研究生於會中報告，以下報告內容大多來自於聽取簡報記錄重點後與其討論之結果。

GLI (Global Imager) 為日本觀測衛星 ADEOS-II 之高光譜儀，頻道數有 36 個，可見光及近紅外部份之光譜解析度為 10 nm，2002 年 12 月發射升空，於 2003 年由於意外，停止任務，壽命僅 9 個月。研討會中有某 session 主要集中於 GLI 在海洋研究的校對與影像處理工作。

目前學者利用 GLI 海洋水色波段進行相關研究時，其波段與 SeaWiFS 相同，仍未將其他波段的資訊套入應用，至於為何利用

高光譜儀的高波段解析度，而仍僅是利用原先設定的波段範圍資訊則仍待瞭解。海洋水色研究主要用於研究海藻之分佈，有海藻處就較易有漁場，但也並非絕對，因為有一些魚類習慣於跟隨洋流移動，因此輔以洋面溫度量測更易掌握漁場。

海洋之反射率遠較陸地為低，在 780 nm 時分光輻射量約 1 mW/cm²/str/um，因此感測器記錄之光輻射中大部份來自於傳遞路徑中大氣的散射，故海洋遙測研究中相當重視大氣修正，辨識正確與否與修正量正確有極大關聯性。

由於氣溶膠散射量高，佔大氣散射量絕大部份，因此學者會估算氣溶膠的光學厚度(aerosol optical thickness)，此光學厚度之量測一般使用 sun photometer，目前常用之儀器通常有五個波段並搭配 GPS 接受器³。一般使用之方程式如下

$$V(\lambda) = V_o(\lambda) \left(\frac{d_o}{d} \right)^2 e^{-m\tau'(\lambda)}$$

$$\tau'(\lambda) = \tau^\alpha(\lambda) + \tau^R(\lambda) + \tau^s(\lambda)$$

其中 V 為量測訊號， V_o 為大氣上方之訊號， τ' 為 total optical depth， τ^α 為 aerosol optical depth， τ^R 為 Rayleigh scattering optical depth， τ^s 為 gaseous absorption optical depth。

為使不同光量下之海洋水色均能比較，研究人員多利用反射率進行處理，處理方式有利用神經網路的概念。由於海洋在可見光的吸收強，水下的研究一般利用聲波進行，若想用光學方式進行研究，綠光雷射為一理想光源。

拍攝影像時也要注意 sun glint 的問題，此乃由於對於太陽光洋面近似鏡面，有極強的反射，此反射對於正常訊號有極大干擾，也有人可以將此一干擾利用分析方式去除。

目前海洋研究者的研究重點為海岸沿岸，此地區由於人為因素(放流、港口、污染等)使得水面較大海多變且混濁，近岸地區

³ <http://seawifs.gsfc.nasa.gov/Sunphotometers/instdesc.html>

水的深淺不一，有潮汐問題，較難有一固定不動之漂浮物體可進行量測，此區域想用光學方式進行研究挑戰性相當高，水下的研究也會因為光的穿透性不佳而有相當困難度。加以目前防制恐怖活動的任務，使得此區域的研究變得相對熱門。

整體而言，海洋研究遙測或其儀器要注意的事項有：(1) back-scattering，(2)極化光方向，(3)海洋/陸地輻射量的高低差，(4) sun glint (儀器具備轉向能力)，(5)aerosol 的大氣修正，(6)in water model，(7)on board calibration 及(8)海岸沿岸研究。

衛星可用於海洋水色研究者含：GLI, MERIS, MODIS, MOS, OCI, OCM, OCTS, OSMI, POLDER 及 SeaWiFS⁴。

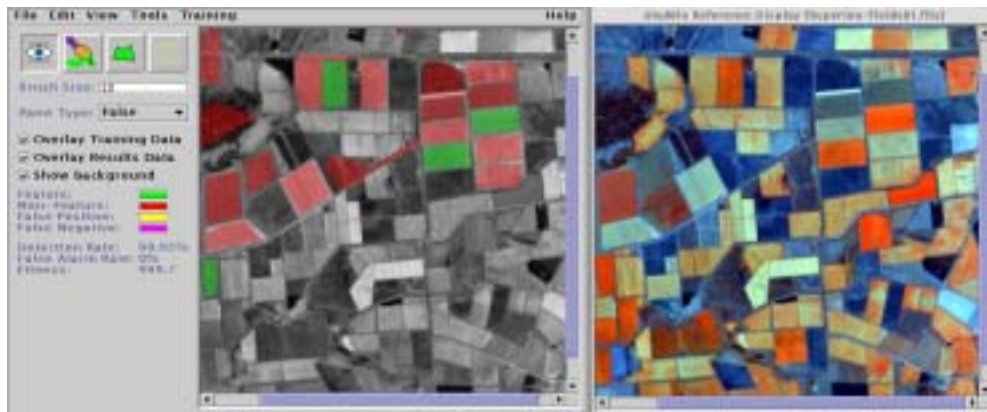
3.1.6 Image Processing and Pattern Recognition in Remote Sensing

影像處理及分類是遙測影像的後處理(post process)技術，在這個議程中分為(1)遙測影像資料分析，(2)遙測影像融合(fusion)，(3)分類(classification)，(4)影像應用等四個子議題來討論

此議程發表的論文大多數皆在討論發展高光譜及多光譜影像融合的演算法及影像分類方法，發表論文中的影像來源大多使用衛星影像(例如：日本的 ASTER、美國的 LANDSAT、IKONOS 等)，以下將介紹筆者於此議程中聽取到的影像處理及圖形識別技術及應用：

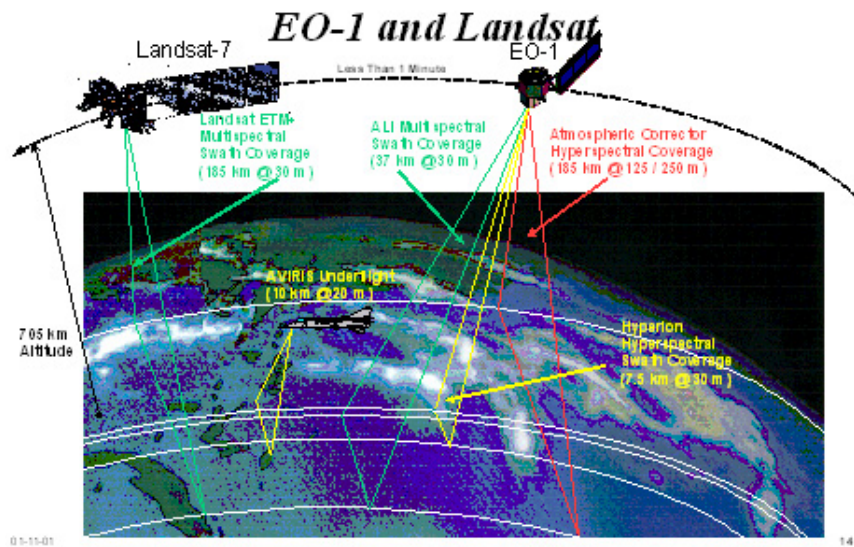
使用具有學習功能的神經網路技術來取得遙測影像的特徵，並應用於影像融合及分類是目前熱門的研究主題。由加州大學管理的 Los Alamos 國家實驗室，使用基因演算法(Genetic Algorithm)發展出一套用於影像分類及融合的軟體 GENIE，它提供圖形介面供使用者能快速且簡單的完成特徵抽取(feature extraction)並進一步的完成分類，這套軟體目前是可以免費下載使用，但是必須在 Linux/Solaris 下執行，下圖為 GENIE 的操作介面

⁴ <http://simbios.gsfc.nasa.gov/oceancolor.html>



傳統的影像分類方法為使用像素的最大相似度(Maximum Likelihood Method, MLH)來分類，由於 MLH 只用像素的讀值 (Digital Number, DN)，當影像的解析度較低時將會降低分類的準確度，例如:LANDSAT 影像。日本東京 Gakugei 大學的學者使用 Markov Random Field(MRF)來提升 LANDSAT 的分類準確度，MRF 不僅使用像素的 DN 值，它加入了像素周圍的 DN 值及邊緣的特徵資訊，能提升低解析度 LANDSAT 影像的分類準確度。

NASA 的 EO1 衛星於 2004 年 11 月發射，它使用 Onboard process 技術來即時選擇要下載的影像。Onboard process 系統使用影像處理的技術來判段影像的品質(例如:是否有雲)，當 EO1 在該區域的影像品質不佳時，Onboard process 系統自動將該影像刪除，如此提升了影像傳輸回地面時的效率。下圖為 EO1、LANDSAT7 及 AVIRIS 軌道示意圖:



日本東京大學學者使用 IKONOS 影像及空載雷射掃瞄儀建立三維的立體城市模型。房屋的部分使用 Balloon model 做輪廓偵測，樹木使用 AMAP 演算法配合三維影像處理程式將樹木立體化，這個研究目前只針對房屋和樹木做處理。三維立體程式模型將廣泛應用在生活上(例如：地圖導航、遊戲軟體等)，因此如何建立更真實的三維程式模型將會是未來熱門的研究題目。

3.1.7 Applications with Weather Satellites

極地氣象衛星 NPOESS 的前身 NPP 中將搭載一名為 VIIRS(Visible Infrared Imager/Radiometer Suite)的酬載，VIIRS 有 22 波段之光譜資訊，刈幅為 300 公里，比前代之 AVHRR 及 OLS 地面解析度及準確度將增強，加入海洋水色量測波段，訊噪比也會增強。VIIRS 部份功能已於 MODIS 中驗證，其中對於雲層及雪的分辨能力增強許多。相關資訊可參考 NextSat 網站⁵。

在 GOES 同步氣象衛星上與 VIIRS 類似功能的儀器名為 ABI (Advanced Baseline Imager)，規劃有 6 波段，光譜範圍為 470~2260 nm，上面有 on-board diffuser 校對，另一校對方法為對準月球，或與 VIIRS 交叉校對。

氣象衛星目前強調 NOWCASTING 類似即時的播報系統，利用知道颱風來了，那麼若能準確預測颱風行進路徑及雨量多寡，可有效率規劃疏散居民且不擾民。因而有人利用 NASA 之 LIS (Lightning imaging sensor)及 10.7 μm 水汽資料發展出預測 3 小時後降雨區及雨量，目前已獲得不錯成果，與雷達回波影像比較結果符合。

3.1.8 Enabling Sensor and Platform Technologies for Spaceborne Remote Sensing

本研討會主要報告一些新穎的衛星或儀器技術用於未來或近期之遙測中。

⁵ www.nirmry.navy.mil/nextsat-pages

日本已成功整合多個太空計畫中心成立單一機構 JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency), ALOS 為其前身 NASDA 所規劃之高解析度衛星, 地面解析度為 2.5 m, 為此衛星的姿態要求相當嚴格: 3×10^{-4} 度(on board), 1.4×10^{-4} 度(ground based), 姿態穩定度 3.9×10^{-4} 度/5 sec, 位置精度 1 m (ground based)。因此必須配備雙頻 GPS 接受器 精準之 star tracker 優化之姿態程序及 jitter sensor 等。GPS 經計算可到 sub-meter 的精度, 而 star tracker 之 random error 為 9.0 弧秒 (3σ), jitter sensor 可量測精度 0.008 弧秒, 頻率範圍為 2~450 Hz。

WISH (wedge-filter imaging sounder for humidity)設計用於量測對流層 H₂O 以追蹤對流層風速, 準備用於放置在 NPOESS, 不過此儀器僅為候選酬載尚未確定。其前身為 GOES/WIS (wedge-filter imaging sounder), 地面解析度為 1 km, 光譜範圍為 710~2900 cm⁻¹, 光譜解析度為 1%。

日本 JAXA 為了提供酬載試驗平台, 設立了 SPF (stratospheric platform project), 即一飛船 長 67.8 m 重 6,400 Kg, 可升至 4 公里高空(地面解析度 25 m), 此一平台可提供長時間定點觀測, 飛船上可攜帶鋰電池提供電力。

利用此一平台最近 JAXA 試驗了二個未來準備用於衛星之酬載原型, 一為 WAMS-TIR(Wide angle multi-band sensor-thermal infrared), 另一為 WAMS-VNIR。TIR 鏡頭 FOV 為 100 度, 320x240 畫素, 畫素尺寸 37 μm。利用轉盤可更換波段範圍, 使用之焦平面為 uncooled bolometer, 波長範圍為 7~12 μm, 預備用於衛星中, 此種感測器可突破目前輸出許可的限制, 據工程師的說法他們評估此種感測器應可通過發射時的振動, 若如此國內已有學者研究此種感測器, 應為一種可考慮進行的題目。

VNIR 鏡頭⁶FOV 為 110 度, CCD 畫素為 1280X1024, 4 Km

⁶ 連絡人, 岡村吉彥, okamura.yoshihico@jaxa.jp

高空觀測範圍為 8 Km。波長範圍為 500~1000 nm，利用轉盤更換波段範圍，實驗中之中心波長為 545，678，763，865 及 940 nm，波長範圍均為 10 nm，其中 678 及 865 含有偏極片，此鏡頭用於觀測植被及氣溶膠(aerosol)。

日本 NEC 與 TOSHIBA 太空部門為與 MITSUBISHI 競爭於二年前合併⁷，現在進行 SiC 材料的開發，名為 NT-SiC，仍沿用燒結方式製作，但在製作上強調其反應性，即 SiC+C 的粉末燒結中逐漸變成 SiC+Si 結構，因此原本因 C 跑出來的孔洞及收縮問題均獲得解決，燒結收縮率小於 1%。此計畫 2002 年開始，2004 年 8 月完成 400 mm 直徑之平板材料，預計 11 月完成 650 mm 平板材料，2005 年 3 月完成球面材料製作。拋光前無需經 CVD 製程再鍍上拋光層，上面可鍍 Al，Au，Ag，直徑 1000 mm 材料也有可能製作的出來。在與工程師討論，他們首先想輸出系統，而不想僅輸出材料。

NASA 有人利用 Fabry-Perrot 的概念製作可調變波長範圍的濾波片，適用波長範圍為 VNIR，調變波長範圍為 10 nm，其優點為濕度之適應性佳。

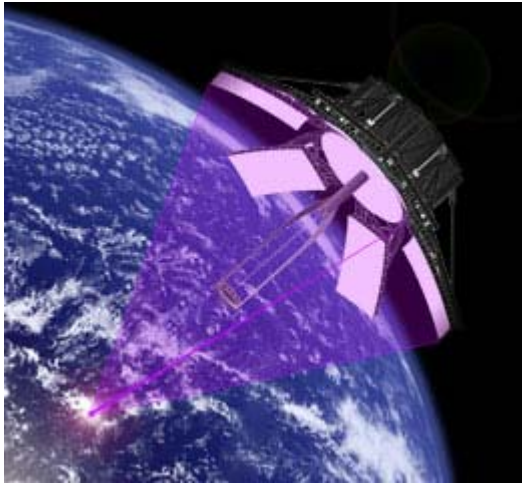
為使 lidar 之收光鏡頭口徑加大，有人研究利用折疊式主鏡的方式進行主鏡製作，可參考 DOME 網站⁸。依理論計算，主鏡變形量如下所示：

$$\delta \propto \frac{D^4}{h^2} \frac{\rho}{E} \frac{1}{\mu} P$$

其中 h 為主鏡背面支撐結構厚度， μ 為減重比， P 為 load。

⁷ 連絡人 津野克彥 tsuno.katsuhico@ntspace.jp

⁸ <http://sdcl.colorado.edu>



用於 lidar 收光之折疊式主鏡

大氣化學下一個研究重點將為對流層內的化學，例如 O_3 ， OH ， NO_x ， CO ， H_2CO ， C_2H_6 ， C_2H_2 等，現在衛星有極地衛星利用 LIDAR 觀測，但缺乏同一地點時間上的變化資訊，為獲取上述資訊可利用同步衛星，如此就需要雷射功率及大口徑收光鏡頭。此時 DIAL (differential absorption lidar) 技術可提供一解決方案，其中 O_3 的觀測被認為最適何於同步軌道中觀測，估計雷射須為 208~2320 nm 波長，20 Hz，每發能量 1 J 才能勝任，此時約須 $> 3J$ 的 1064 脈衝雷射三倍頻後產生，目前研發的雷射約為 50 mJ @ 50 Hz，仍有一段距離。

ADEOS-II 為日本多功能觀測衛星，可惜命運與 ADEOS 相同，壽命不長(僅 9 個月)，因而日本開始規劃下一顆衛星名為 GCOM (Global Change Observation Mission)，放置的儀器將與 ADEOS-II 類似，再放置一些與 NASA 及 ESA 合作之酬載。

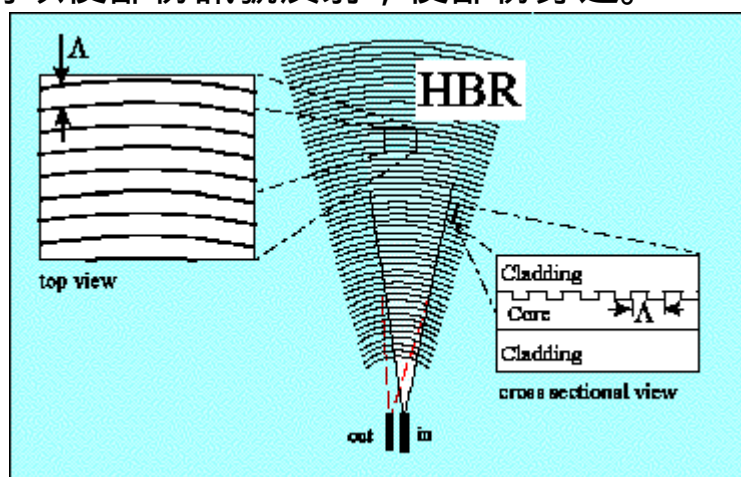
3.1.9 Instruments, Sciences, and methods for Geospace and Planetary Remote Sensing

夏威夷有一家 NovaSol 公司因為現有電控穩定平台之反應速度不足所需，也因應 geo-registered 要求，在 NASA 資助下，研發一種小型電控穩定平台名為 COMPASS，可修正 pitch，yaw 及 roll，修正頻率為 100Hz，pitch，yaw 及 roll 方向可修正角度分別為 ± 5 ， ± 10 ， ± 15 度，反應速度分別為 15deg./s，15deg./s，25deg./s，

修正相對精度為 0.35 mrad. , 4 分鐘內可修正至 0.7 mrad 內。使用之 GPA 為 OmniStar , 也含有 IMU , 其中其公司之獨特技術為 Kalman filter。本穩定平台已用於高光譜儀 HSI 機載測試中⁹。

美國常有森林大火, 分析發現 25%~35%之 CO₂ 排放量來自於此種大火, 因而政府部門現正利用無人飛機來監測, 希望有助於救火, 災害評估, 及火災引發之煙霧對環境及人體健康的影響。本項系統稱為 Autonomous Aerial System (AAS), 可拍攝 geo-registered 熱影像, 災區三維風速及 CO₂、甲烷含量(用於氣象預測), 可長時間(15 小時)滯留於災區上空監測。

Lightmyth 公司開發一些全像式的濾波片及光波導¹⁰, 基本的概念在於使用有曲率的全像溝槽, 既可以當反射鏡, 又可以分光, 類似中心發展之 μ -TAS 系統, 但不需要使用光柵架構, 也許此種方式可以早些完成中心想完成的系統。該公司的產品均為 silica on silicon, 非使用高分子材料, 利用 RIE 方式製作。設計中也可以使部份訊號反射, 使部份穿透。



全像布拉格反射器

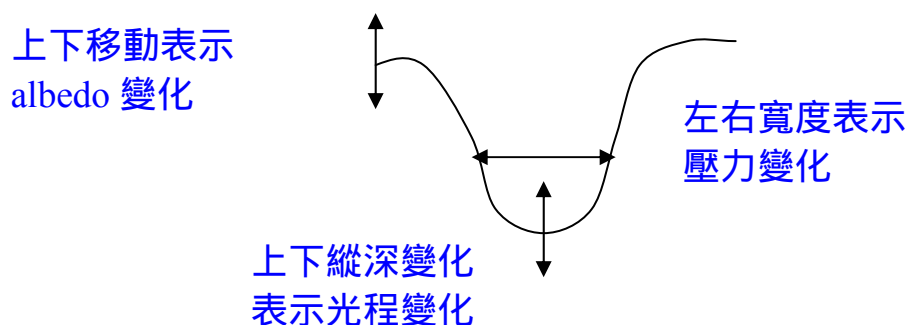
John Hopkins 大學應用物理研究所的伊振華博士¹¹報告同步軌道上 GIFT(3.1.4 節中有述)設計概念。GIFT 為一 Fabry-Parot 影像儀, 主要用於量測雲層對於氣象的影響, 目的為量測雲層上方壓

⁹ <http://www.nova-sol.com/default.asp?area=support&project=compass>

¹⁰ <http://www.lightmyth.com>, 連絡人, Dmitri lazikov, diazikov@lightmyth.com

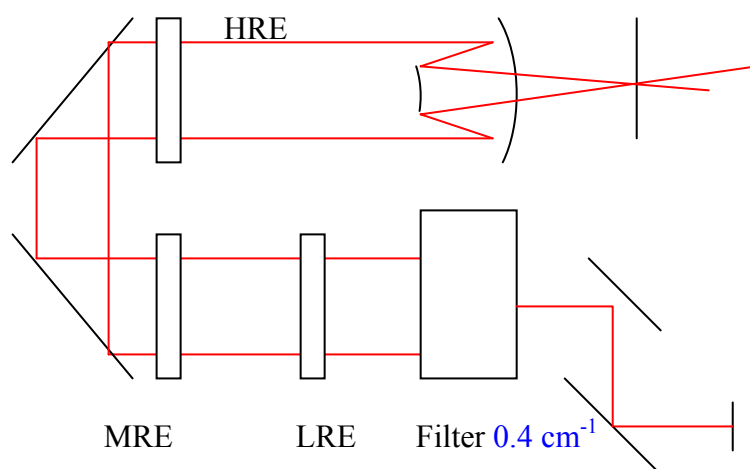
¹¹ jeng-hwa_yee@jhuapl.edu

力、雲層下方壓力、光程。利用的 O_2 的吸收譜帶，判斷 albedo，大氣壓力及光程，其影響如下圖。當調變 Fabry-Parot 距離，通過



之波長即被調變，此時可看見條紋變化。

Fabry-Parot 可調變範圍較小，因此需有多個共振腔分別濾除所須的波的範圍，其光譜儀光路安排如下圖。最後展現出來的影像為一圈圈之黑白條紋。



伊博士也報告其多年來 stellar occultation 研究成果，該概念於 ENVISAT 的 GOMOS 中也有應用，利用斜看(limb observation)的方式觀看星星，可求出太氣中特定物質(如臭氧，分佈於 10-50 公里高空)垂直分佈情形，只是其中會參雜有有太氣輝光的訊號，配合影像儀可以瞭解何者為星星訊號，何者為大氣輝光。下一代的觀測名為 STARS，主鏡口徑 25 公分，用於觀測 CO_2 , H_2O , N_2O , C_2H_4 等溫室氣體分佈。

3.2 參觀夏威夷大學內的天文中心及遙測相關研究所

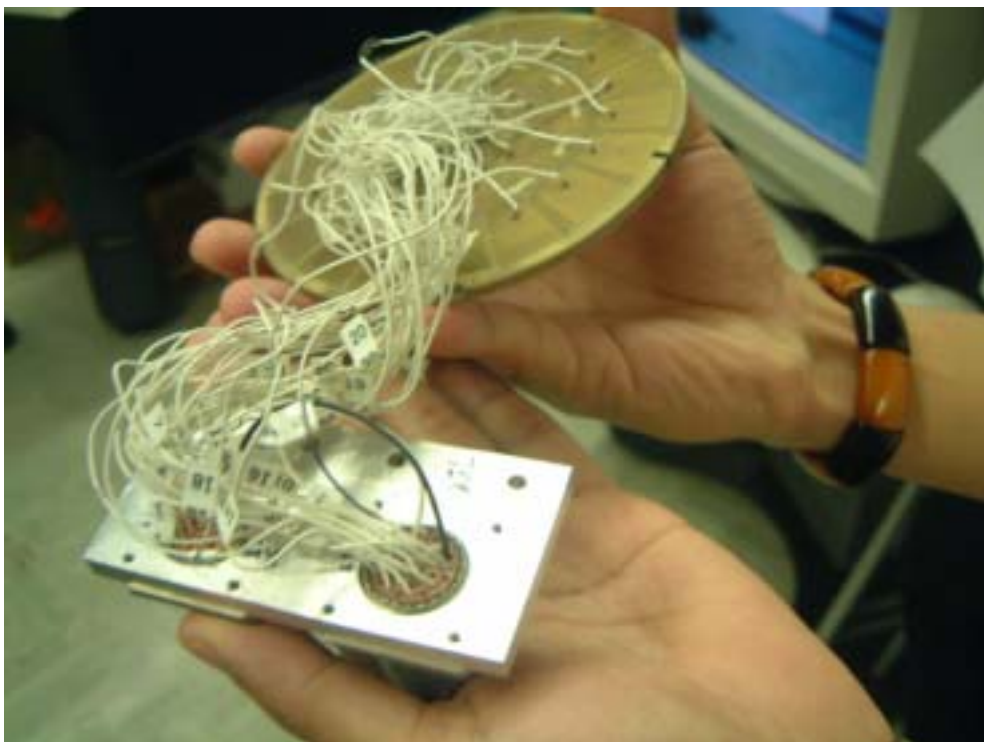
夏威夷大學有著名的天文台，本次經由研討會主辦單位之安排得以參觀夏威夷大學 Maona 校區內與遙測相關之研究單位，含天文研究所、海洋研究、雷射應用、大氣研究所及 NOAA 資料亞太分送中心與自由電子雷射實驗室。由於筆者手記資料有限，加以領域有別在此僅記錄部份較有印象之單位如下。

3.2.1 天文研究所

夏威夷大學天文研究所為世界數一數二之天文研究單位，四周環海，無特別高的山或建物遮蔽，故有世界上獨特之觀測地理，此外研究人員素質相當高，其論文被引用數字為全世界第二，僅次於普林斯頓大學。該所天文研究所於大島有天文台 (Haleakala)，由於地形限制，現在發展出利用網路連線控制天文觀測及傳輸資料，因而研究人員不須長途跋涉至現場，因而也使得國外學者有機會連線使用該所天文台進行觀測。該所熱紅外感測器研究成果也為 NASA 所採用，也有部份成果每年創造 15 M 收益。

天文研究常利用熱紅外波段尋找行星，由於一般恆星光量太強，周邊訊號較弱的光會被掩蓋，因而熱紅外波段影像中常可發現一些有趣的現象。天文研究所自行設計熱紅外焦平面，感測器及 sterling cooler 為購置，其餘部份自行設計、組裝並測試。機械元件由該所機械廠負責製作，該機械廠與中心類似，內部機台均為自動化機台，量表使用一般游標卡尺，並無三次原量床。由於加工的工件最後組裝出來的儀器在世界上成績出色，因而廠內工作人員相當有自信心。

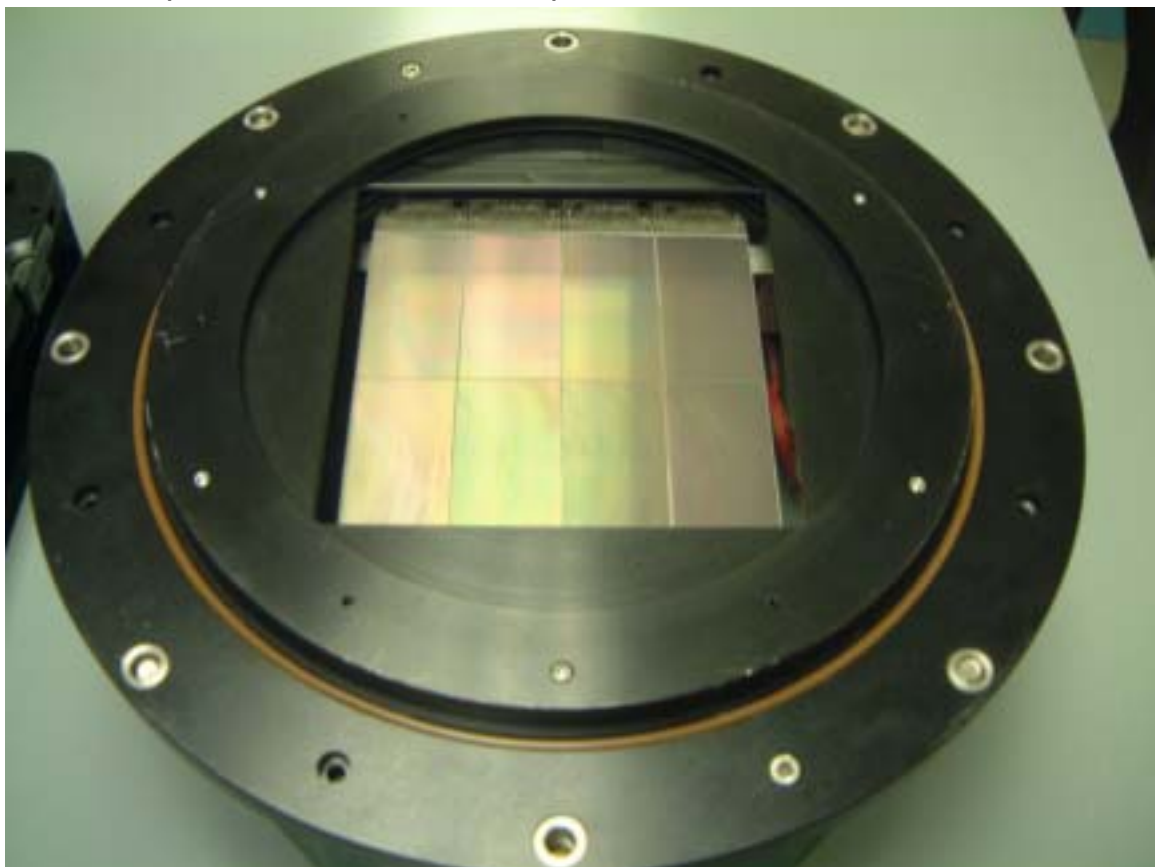
焦平面所用電路焊接也於所內自行完成，焊接後為確定是否有壞點，會於測試時用熱影像觀測，如下圖。此外由於使用之熱感測器封裝之故，必須將該元件以 ball soldering 方式焊接，為確定所有 pin 腳均焊接無誤，利用一特殊觀測鏡頭調焦觀測。



該所有一計畫利用 adaptive 光學元件組裝成一大觀測望遠鏡，由於天文望遠鏡觀測時會改變傾角因而使得鏡片受重力影響產生像散(astigmatism)，故此種小光學鏡片後面通常會有一機構以施力修正此像差。該所利用 PZT 薄片，如上圖，尺寸與鏡片同

大利用膠將二者接合(鏡片尺寸約 10 cm，厚度約 1 mm)，PZT 分為數部份，可分別通電控制鏡片的變形量，目前該所準備將 PZT 上之分為 100 個部份，由於空間極小又要佈線，因而挑戰性極高。使用此種 PZT 控制鏡片變形，必需有一配合之程式控制輸出各別單元的電壓，控制程式相當快速，該所已證明經由此種方法控制可有效將星體聚焦。

該所另一單位進行 CCD 研製，所使用之 CCD 為自行設計結果，最為特殊者為一 VNIR CCD，畫素數目為 4k x 4k，由 64 個 512x512 畫素之單元組成，資料分為 8 條線傳輸出來，單元與單元間雖有部份空隙會損失影像，天文研究時非常需要大面積之感測器，且該 CCD 有特殊功能，可在不移動望遠鏡時追縱星體，如此可避免因望遠鏡機構運動造成之影像擾動。另一種利用類似概念拼接之 CCD 如下圖。該所現也研究一熱紅外感測器稱為 OTCCD，其感測器造型特殊，可有 2k x 4k 的畫素。



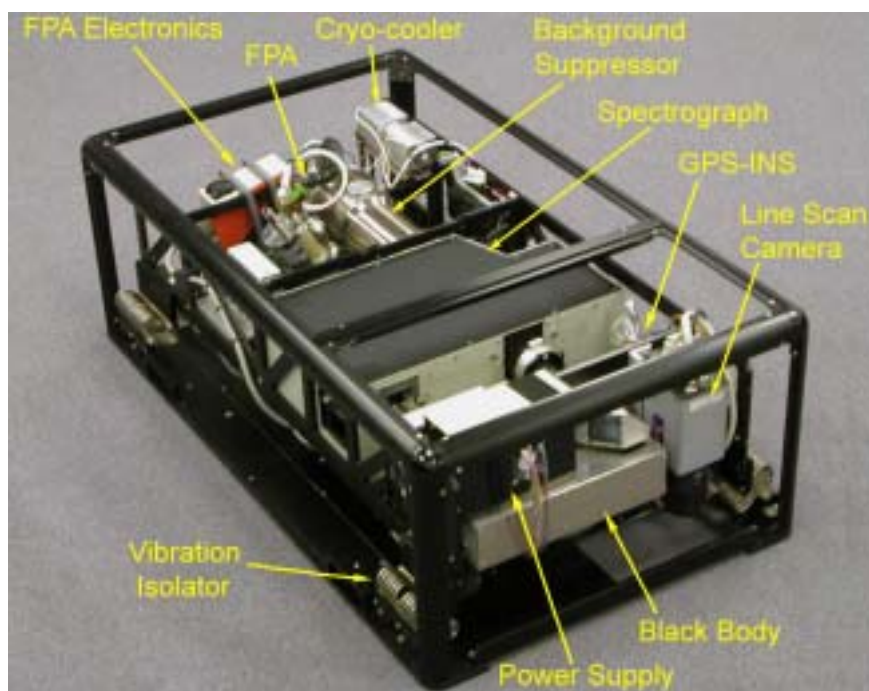
3.2.2 相關研究所

(2) 海洋研究

夏威夷大學內海洋研究群主要利用聲納為工具，研究海洋深度，其目的在於製造海底地面之地圖，此外由於海底中也有火山，也可藉此瞭解火山造成的海底地面變化情形。研究人員表示海中光線穿透率極低，利用光為工具進行研究有其限制，目前該研究的瓶頸在於近海部份，由於近海波浪較大，目前無有效工具可以固定量測儀器且容易移動以量測海底地面高度，故目前量測結果仍欠缺近海資料，若一定要近海資料則常用做法為人工量測。

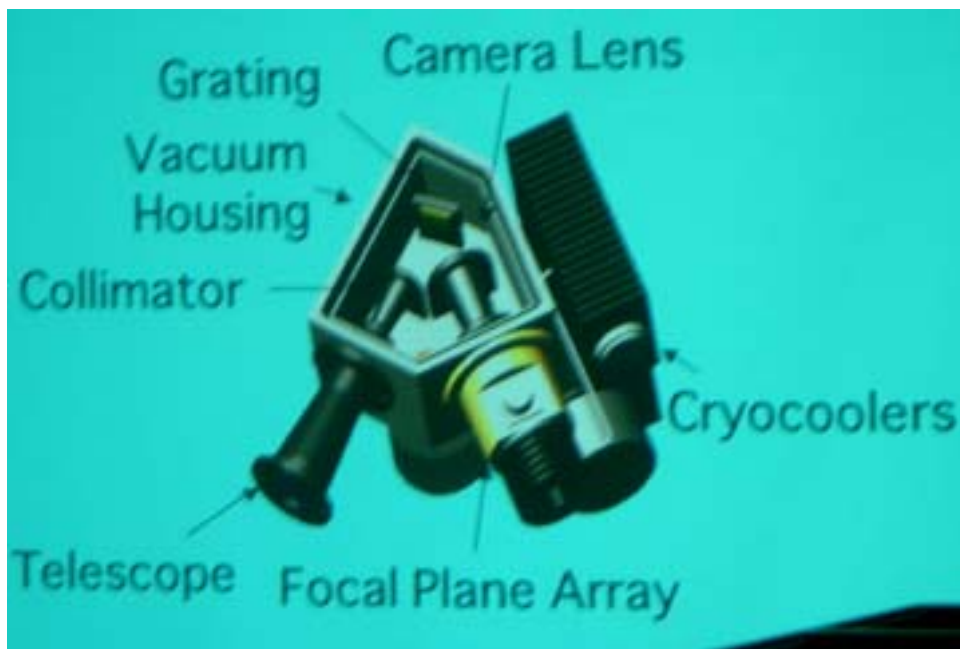
其編制中有研究人員(教授)也有工程師，負責協助將研究人員的想法具體變為儀器，並應用於研究中。在其實驗室中也看到有工程師綠光雷射指示筆裝置於特殊拖靶中，拖靶內部有旋轉鏡將光線由線變為面，並有四個鏡頭負責抓取雷射回波值。

(2)機載遙測儀器



UH 內也有團隊進行機載高光譜儀研製，名為 AHI (Airborne

Hyperspectral Imager)¹²，波長範圍 8-12 μm ，有 256 波段，光譜解析度為 100 nm，另也提供 3 波段可見光影像。儀器外型如上圖，重約 190 公斤，使用功率 1000 W。其光路圖如下圖。



依此經驗，該團隊也承接 NASA 火星任務上之高光譜儀(名為 MAHI, Mars Ateration Hyperspectral Imager)製作，波長範圍為 2-2.5 μm 。也準備於國際太空站中放置一名為 HICO(Hyperspectral Imager for the Coaster Ocean)儀器，該儀器任務時間二年，地面解析度 20 m，波長範圍 400-2350 nm。

(3)NOAA 資料分送中心

NOAA 於全國各地設有資料分送中心¹³，負責接受(主要為網路傳輸，此地較少利用天線接收影像)該地區衛星影像，並將影像進行一般之幾何修正、光輻射度修正(程式判斷應為 NOAA 提供)處理至可分送的程度，再由使用者申請使用。該分送中心目前處理之衛星資料有 AVHRR, GOES, TOPEX/Poseidon, JASON-1, QuikSCAT, OSCAR, SeaWiFS, MODIS 等

(4)自由電子雷射實驗室

自由電子實驗室在地下室內，使用電子為工作物質，並利用

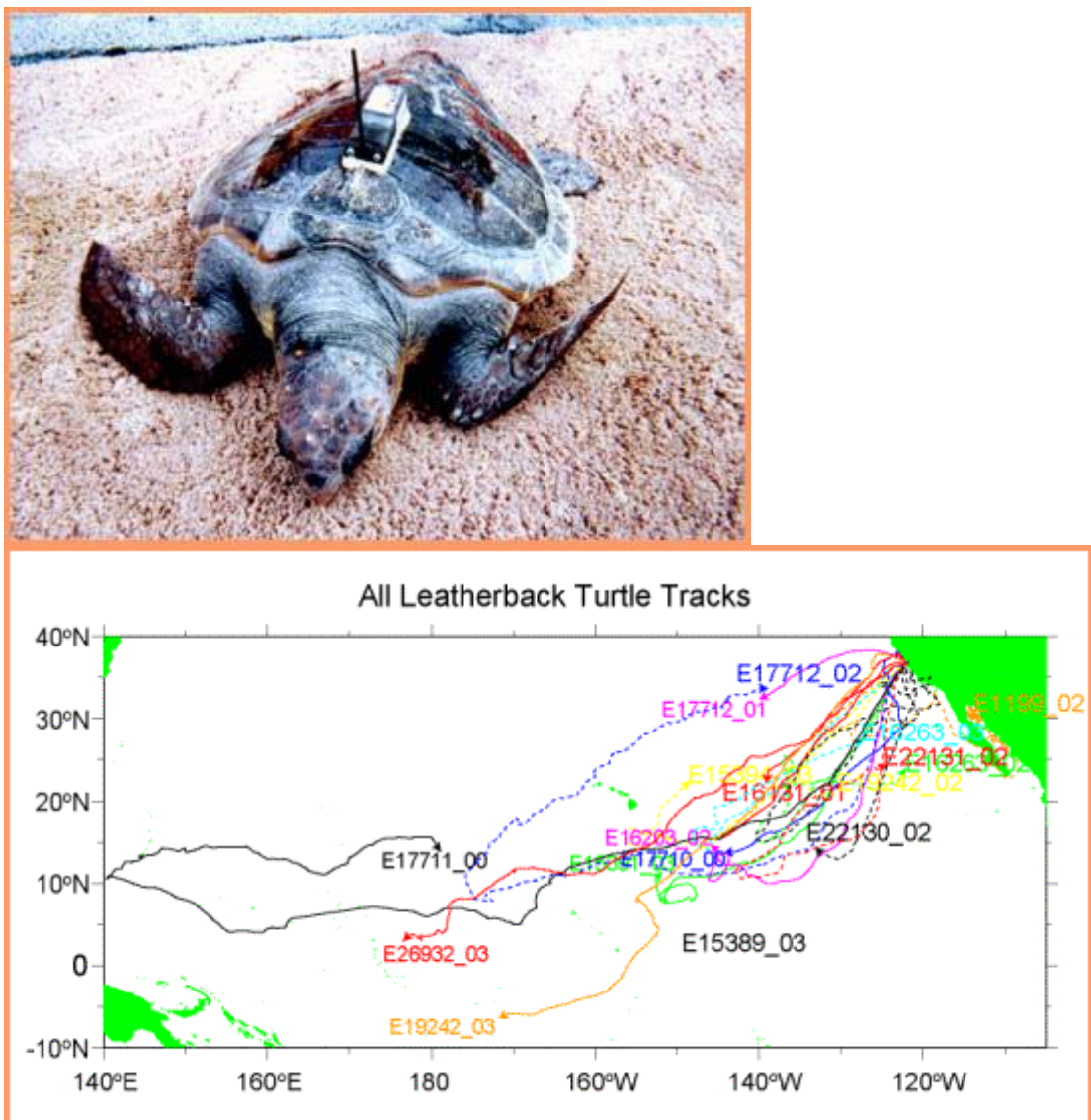
¹² <http://www.higp.hawaii.edu/ahi/>

¹³ <http://coastwatch.nmfs.hawaii.edu>

電流控制其通路，輸入之能量由 RF 波提供，由於能量很強，輸入功率時，日光燈管都會被激發點量；且自由電子在共振腔內來回運作時會產生 EMI 干擾，共振腔放至於上、左右均有 30 公分後之鋼板實驗室內。共振腔反射鏡鍍金，但六個月就必需更換。此種自由電子雷射的優點在於其波長可調範圍極寬，可見光範圍內幾乎都可以調變出來。

(5)其他

另一校區之太平洋漁業科學中心(Pacific Island Fisheries Science Center)也出席做簡報，該中心研究區域集中於太平洋，包含研究聖嬰現象對於鮪魚補獲量影響，研究海龜遷徙路徑(如下圖)，研究海洋水色變化情形等。



4 達成任務

此次行程主要參加 SPIE 舉辦的第四屆「亞太環境遙測國際會議」並拜訪夏威夷大學內的天文中心及遙測相關研究所。此次研討會以環境遙測技術為主題，除了參與各項遙測新技術議程，蒐集目前環境遙測領域之軟硬體發展及應用現況，亦參訪夏威夷大學天文中心及遙測相關研究所，藉此掌握相關領域發展現況，作為中心遙測計畫執行基礎及我國未來精密儀器產業技術發展之參考。茲將此次達成任務概述如下：

(一)、 蒐集環境遙測領域之軟硬體發展及應用現況有關資訊。

參加此次研討會見識到目前國際遙測界的發展現況及未來在太空科學上的任務規劃，瞭解在環境遙測領域中大家關心及欲瞭解的物質(例如:臭氧(O₃)、火星觀測等)等相關資訊。

(二)、 建立專家資料，強化與國外研究機構之技術交流與溝通管道。

John Hopkins 大學應用物理研究所的伊振華博士，早期曾與中央大學合作，研提大氣輝光光譜儀作為福衛一號科學任務之一，並由中心負責製作，本次與會與伊博士相談甚歡，未來將設法邀請演講並洽談合作機會。

(三)、 蒐集各國星載與機載遙測系統執行狀況。

NASA 已規劃出 2004-2014 的星載任務及科學觀測目標(參附件一、二)，除了星載任務規劃與執行，NASA 目前也在發展觀測 O₃ 的機載儀器工程體¹⁴(使用高敏感度的紅外線陣列感測器)，Raytheon R&D 這家公司同時進行星載的 O₃ 觀測儀器開發。

韓國預計在 2008 年發射自製的同步氣象衛星。大陸北京清華大學已於 2004 年 4 月發射一顆簡易式實驗型的遙測衛星(使用商用百萬像素 CMOS 感測器及商用鏡頭)，預計 2005 年再發射一顆實驗型的遙測衛星，目的是要發展簡易且低成本的光學遙測衛星(使用商用零件並在實驗室內做太空相關的測試)。日本

JAXA 及 NEC 亦有機載及星載的儀器系統開發(例如:WAMS-TIR、WAMS-VNIR 等)。

(四)、 充實本中心在遙測技術整體發展計畫之有關資訊。

由參與研討會及參訪夏威夷大學遙測相關實驗室，瞭解目前各國在遙測儀器開發、影像處理及應用的能力。目前本中心遙測計畫在光學鏡頭上的製造組裝已有累積相當之經驗，目前正發展後端遙測電子電路與影像正射化等相關應用。因此透過對遙測儀器系統軟硬體整合具經驗之單位進行瞭解，吸取相關經驗將有助於本中心目前及將來制定計畫的方向及充實技術資源。

¹⁴ <http://www.nasa.gov/centers/langley/home/index.html>

心得與建議

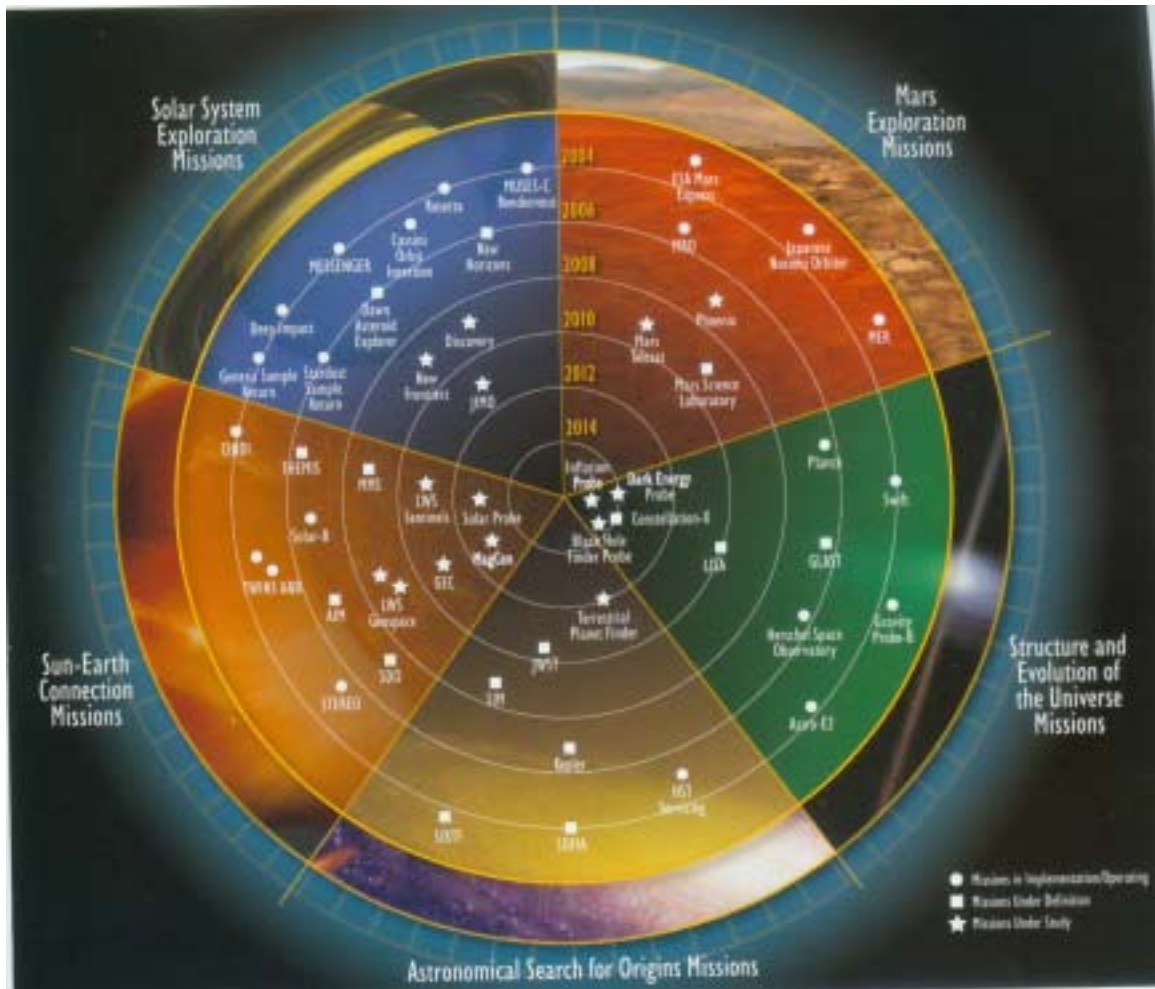
- 一、美國遙測界思考問題的角度與中心遙測團隊最大的不同應在於，他們知道目前需要量測何種資料，所以會思考如何去設計儀器以量得這些資料，如氣象預測需要知道大氣垂直的壓力、溫度及水氣含量分佈，就有科學家導出各種量測方式，如 GPS occultation、高光譜儀 sounding、star occultation 等，並利用 NASA 的計畫加以實踐。中心遙測團隊目前思考計畫都是以儀器開發的角度出發，而非以最終的應用標的看問題，因此始終做為技術跟隨者，無法突破目前困境。因此遙測團隊應與國內應用端的科學家有更緊密的連繫，希望在短期的未來能訂定出一些更人興奮的計畫。
- 二、NASA 在爭取預算上也很明確有共同目標，訂定在十年內想要瞭解的各種現象，這些目前分項成各分項領域，如大氣、氣象、陸地、海洋、光達、微波等，而這些分項領域的成果最終能整合成為一數值模型，可以具體說明地球目前的現況並能預期未來的發展。
- 三、日本在整併 NASDA 等三單位後成為 JAXA，感覺上已開始訂定出國家的遙測衛星發展方向，因此有高空氣球的整測平台建立，也有發展所需感測器及特殊材料的成果出現。此點值得國內的領導單位注意。
- 四、中心甚至於台灣想與 NASA、ESA 或 JAXA 等大型組織進行全面競爭是不可能的，必須針對國家需求建立本身特色。建立特色方面有賴專家學者集思廣益，對於國家需求則試著提出下列方面(尤其是迫切需求者)：污染監測、災害即時調查、生態保育。
- 五、就目前所知，國內之氣象局對於氣象計算及其所需輸入資料已有規劃，未來再加上華衛三號資料的加入，短期內應沒有中心在儀器方面可以著力處。

- 六、 參訪夏威夷大學天文研究所時發現科學家提出相當多前端的計畫後，會有所內本身的工程師負責開發焦平面單元、適應性光學元件或其感測器，這些元件開發出來的技術也具有相當水準，甚至還能幫研究所賺進一些經費，這種發展方式應是值得學習的良性循環。
- 七、 夏威夷大學天文研究所的機械廠較中心機械廠的規模略大，但大部份均為 CNC 母機，工件的品管量測僅利用一般量規及測微頭，還不需要 CMM。因此計畫的重點應在於計畫本身是否夠影響力(或說腦力)，而不在於設備的優劣，設備是必要的，但並非絕對的影響因素。
- 八、 本次的行程可說是開了一些眼界，一方面瞭解國際研究現況，一方面也可借鏡別人的優點看清本身的缺點與不足，甚至激發出一些想法。中心同仁應可考慮於一段時間後參加相關研討會。
- 九、 NASA 的 NPOESS 計畫規劃 2011 年發射，但實際上現在就已經開始在規劃一些技術細節，等到我們拿到影像資料時，他們又已經在進行下一個衛星技術的開發，因而我們永遠只能做一個跟隨者，從此倒是可看出團隊戰力的展現。中心想從中要有一些表現的話勢必需要在特殊領域中單點突破，並加強與國內科學家的連繫。
- 十、 大陸學者於此次研討會中發表數十篇遙測影像處理相關的論文，在影像處理這個議程中，幾乎佔了半數左右的論文。在國際研討會中的確引起注意，也藉此機會展現知名度。雖然中心致力於儀器發展，若能同時發展遙測影像後處理技術(例如:影像融合、分類及辨識演算法等)，將影像發表到國際研討會中，由影像的應用來展現我們的儀器效能，如此將是展現技術與知名度的好機會。
- 十一、 整體而言，本研討會中以衛星遙測相關之研究居絕大部份，機載相關內容較少，而陸地應用的論文較少，取而代

之的為大氣性質的觀測，海洋觀測重點會逐漸轉向於沿岸之混濁區域。有關機載遙測研究應以德國司圖加大學主辦之 ISPRS 及 SPIE 另一個機載遙測研討會為大宗。

附件 廠商資料

附件一、NASA 太空科學任務時程規劃 (2004-2014)



附件二、NASA 的科學觀測目標及研究區域

Strategic Goal 1—Understand the Earth system and apply Earth system science to improve the prediction of climate, weather, and natural hazards.		
Space Science Theme	Strategic Objective	Research Focus Areas
SEC	1.3 Understand the origins and societal impacts of variability in the Sun-Earth connection.	<ul style="list-style-type: none"> Develop the capability to predict solar activity and the evolution of solar disturbances as they propagate in the heliosphere and affect Earth. Specify and enable prediction of changes to Earth's radiation environment, ionosphere, and upper atmosphere. Understand the role of solar variability in driving space climate and global change in Earth's atmosphere.
SSE	1.4 Catalog and understand potential impact hazards to Earth from space.	<ul style="list-style-type: none"> Determine the inventory and dynamics of bodies that may pose an impact hazard to Earth. Determine the physical characteristics of comets and asteroids relevant to any threat they may pose to Earth.
Strategic Goal 5—Explore the solar system and the universe beyond, understand the origin and evolution of life, and search for evidence of life elsewhere.		
Space Science Theme	Strategic Objective	Research Focus Areas
SSE	5.1 Learn how the solar system originated and evolved to its current diverse state.	<ul style="list-style-type: none"> Understand the initial stages of planet and satellite formation. Study the processes that determine the characteristics of bodies in our solar system and how these processes operate and interact. Understand why the terrestrial planets are so different from one another. Learn what our solar system can tell us about extrasolar planetary systems.
	5.2 Understand how life begins and evolves and determine the characteristics of the solar system that led to the origin of life.	<ul style="list-style-type: none"> Determine the nature, history, and distribution of volatile and organic compounds in the solar system. Identify the habitable zones in the solar system. Identify the sources of simple chemicals that contribute to prebiotic evolution and the emergence of life. Study Earth's geologic and biologic records to determine the historical relationship between Earth and its biosphere.
Mars	5.3 Understand the current state and evolution of the atmosphere, surface, and interior of Mars.	<ul style="list-style-type: none"> Characterize the present climate of Mars and determine how it has evolved over time. Investigate the history and behavior of water and other volatiles on Mars. Study the chemistry, mineralogy, and chronology of martian materials. Determine the characteristics and dynamics of the interior of Mars.
	5.4 Determine if life exists or has ever existed on Mars.	<ul style="list-style-type: none"> Investigate the character and extent of prebiotic chemistry on Mars. Search for chemical and biological signatures of past and present life on Mars.
	5.5 Develop an understanding of Mars in support of possible future human exploration.	<ul style="list-style-type: none"> Identify and study the hazards that the martian environment will present to human explorers. Inventory and characterize martian resources of potential benefit to human exploration of Mars.

Strategic Goal 5.—Explore the solar system and the universe beyond, understand the origin and evolution of life, and search for evidence of life elsewhere

Space Science Theme	Strategic Objective	Research Focus Areas
SEC	5.6 Understand the changing flow of energy and matter throughout the Sun, heliosphere, and planetary environments.	<ul style="list-style-type: none"> Understand the structure and dynamics of the Sun and solar wind and the origins of magnetic variability. Determine the evolution of the heliosphere and its interaction with the galaxy. Understand the response of magnetospheres and atmospheres to external and internal drivers.
	5.7 Understand the fundamental physical processes of space plasma systems.	<ul style="list-style-type: none"> Discover how magnetic fields are created and evolve and how charged particles are accelerated. Understand coupling across multiple scale lengths and its generality in plasma systems.
ASO	5.8 Learn how galaxies, stars, and planetary systems form and evolve.	<ul style="list-style-type: none"> Learn how the cosmic web of matter organized into the first stars and galaxies and how these evolved into the stars and galaxies we see today. Understand how different galactic ecosystems of stars and gas formed and which ones might support the existence of planets and life. Learn how gas and dust become stars and planets. Observe planetary systems around other stars and compare their architectures and evolution with our own.
	5.9 Understand the diversity of worlds beyond our solar system and search for those that might harbor life.	<ul style="list-style-type: none"> Characterize the giant planets orbiting other stars. Find out how common Earth-like planets are and see if any might be habitable. Trace the chemical pathways by which simple molecules and dust evolve into the organic molecules important for life. Develop the tools and techniques to search for life on planets beyond our solar system.
SEI	5.10 Discover what powered the Big Bang and the nature of the mysterious dark energy that is pulling the universe apart.	<ul style="list-style-type: none"> Search for gravitational waves from the earliest moments of the Big Bang. Determine the size, shape, and matter-energy content of the universe. Measure the cosmic evolution of the dark energy, which controls the destiny of the universe.
	5.11 Learn what happens to space, time, and matter at the edge of a black hole.	<ul style="list-style-type: none"> Determine how black holes are formed, where they are, and how they evolve. Test Einstein's theory of gravity and map space-time near event horizons of black holes. Observe stars and other material plunging into black holes.
	5.12 Understand the development of structure and the cycles of matter and energy in the evolving universe.	<ul style="list-style-type: none"> Determine how, where, and when the chemical elements were made, and trace the flows of energy and magnetic fields that exchange them between stars, dust, and gas. Explore the behavior of matter in extreme astrophysical environments, including disks, cosmic jets, and the sources of gamma-ray bursts and cosmic rays. Discover how the interplay of baryons, dark matter, and gravity shapes galaxies and systems of galaxies.

附件三、RMS INSTRUMENT 公司機載磁 力感測器規格



G-822A

6877-1 Goreway Drive
Mississauga, Ontario
Canada L4V 1L9

Tel: (905) 677-5533
Fax: (905) 677-5030
Web: <http://www.rmsinst.com>
e-mail: ems@rmsinst.com

GEOMETRICS' MODEL G-822A AIRBORNE CESIUM MAGNETOMETER SENSOR

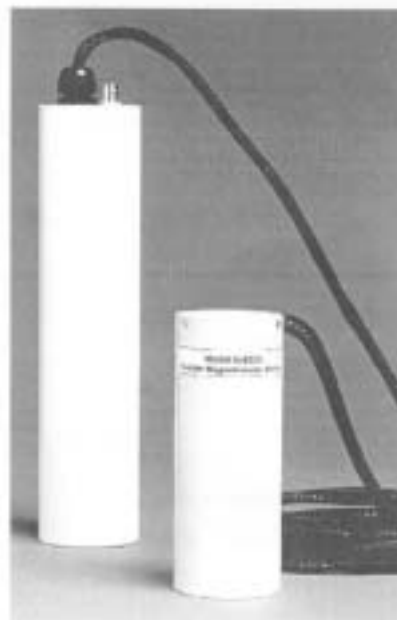
- ❖ *Airborne and Mobile Applications and Multi-Sensor Installations*
- ❖ *Automatic Hemisphere Switching*
- ❖ *Highest Sensitivity – 0.0005 nT/√Hz RMS with the G-822A Super-Counter*
- ❖ *Very low heading error – ±0.15nT over entire 360° Equatorial and Polar spins*
- ❖ *Gradiometer arrays offering Real-Time Compensation of up to four separate sensors with the RMS Instruments' AADCII Automatic Aeromagnetic Digital Compensator*
- ❖ *RMS Instruments offers complete turnkey systems including Real-Time Aeromagnetic Compensation, Digital Data Acquisition, VLF EM, installation and training*

The G-822A is designed for all airborne or mobile applications where the unique combination of high sensitivity and very rapid sampling of the earth's magnetic field are required. Applications include mapping geologic structure for mining, oil and gas exploration, and the detection and delineation of target bodies in environmental or military type surveys. The unit consists of a high performance low heading error cesium vapor sensor with its associated cables and driver electronics package.

The G-822A sensor uses a precise well-proven design, carefully selected and tested components to insure the very best specifications in sensitivity, noise, heading error and absolute accuracy. A proven record of stable and reliable operation over long periods is the hallmark of the industry standard G-822A. A single coaxial cable of up to 50 meters length supplies both 28 VDC power and Larmor signal transmission from the sensor driver electronics to the RMS Instruments' AADCII Automatic Aeromagnetic Digital Compensator or the G-822A Super-Counter. Internal or external signal/power filter-decoupler assemblies are available to provide extremely low noise operation.

Tuning throughout the earth's field range is fully automatic, and includes automatic hemisphere switching for equatorial surveys.

The sensor/electronics package is watertight, temperature controlled, and delivers full performance under extreme operating conditions. Accessories include special mounting clamps and orientation platforms for installation into a variety of vehicle or aircraft mounting configurations.



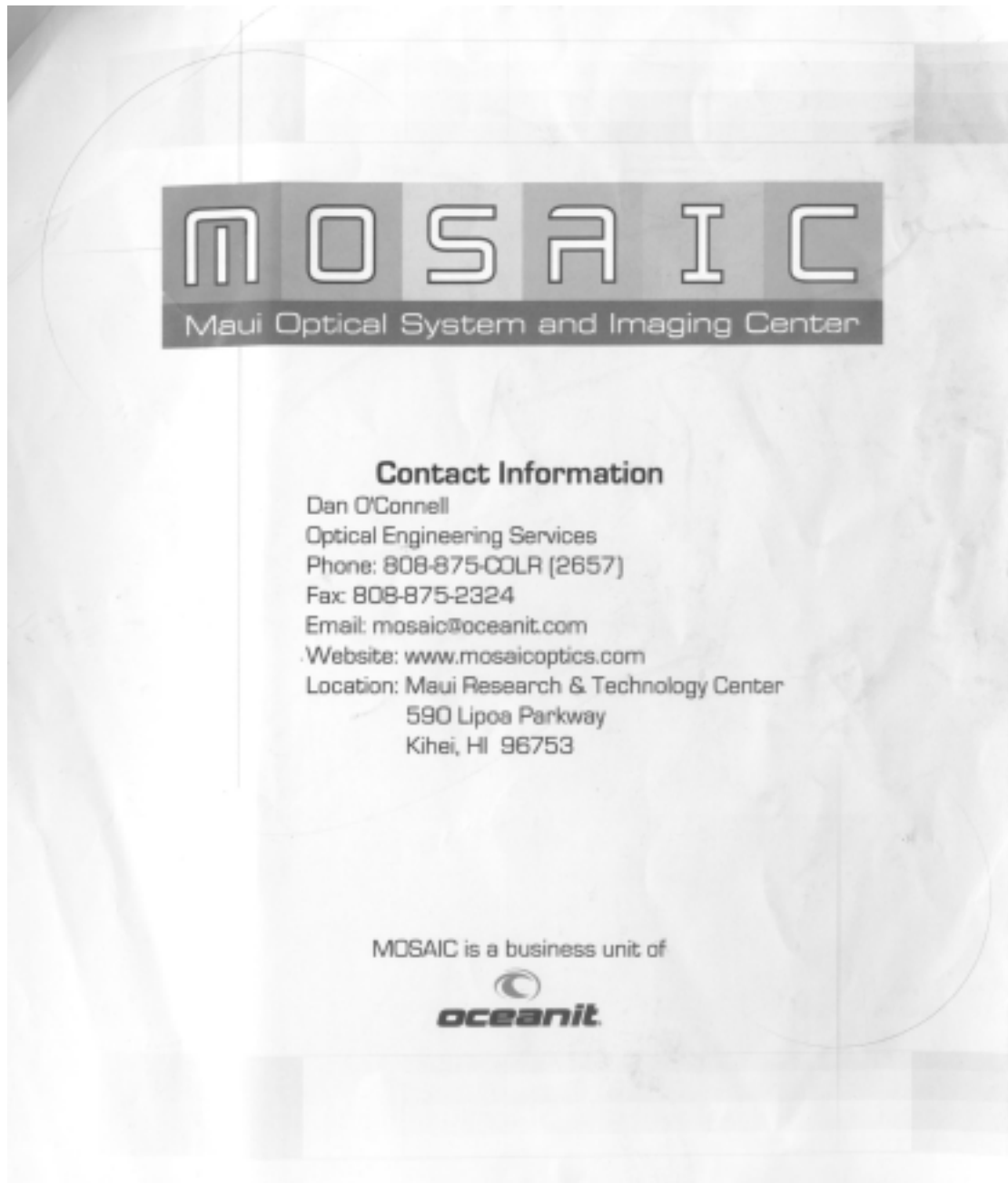
**MODEL G-822A AIRBORNE CESIUM MAGNETOMETER SENSOR
SPECIFICATIONS**

OPERATING PRINCIPLE:	Self-oscillating split-beam Cesium Vapor (non-radioactive)
OPERATING RANGE:	20,000 to 100,000 nT
OPERATING ZONES:	The earth's field should be at an angle greater than 6° from the sensor's equator and greater than 6° away from the sensor's long axis. Automatic hemisphere switching.
SENSITIVITY:	<0.0005 nT/√Hz rms. Typically 0.003 nT P-P at a 0.1 second sample rate using G-822A Supercounter.
HEADING ERROR:	±0.15 nT (over entire 360° polar and equatorial spin).
ABSOLUTE ACCURACY:	<3 nT throughout range.
OUTPUT:	Cycle of Larmor frequency = 3.498572 Hz/nT, 2V P-P coupled through the sensor power input.
MECHANICAL:	
Sensor:	2.375" (60.32 mm) dia., 6.25" (158.75 mm) long, 12 oz (339 g) - any orientation in 7" dia. (178 mm dia.) stinger.
Sensor Electronics:	2.5" (63.5 mm) dia., 11" (279.4 mm) long, 22 oz (623 g).
Cables:	
Sensor to electronics:	109 in. standard (2.77 m) with connector on electronics end. Optional lengths available - 29" (74 cm), 69" (1.75 m), 149" (3.79 m). Lengths approximate due to cable variations.
Sensor Electronics to Counter:	Standard 32 ft (10 m), up to 165 ft (50 m) (Coax with signal superimposed on power).
OPERATING TEMPERATURE:	-30°F to +122°F (-35°C to +50°C).
STORAGE TEMPERATURE:	-48°F to +158°F (-45°C to +70°C).
ALTITUDE:	Up to 30,000 ft (9,000 m).
WATER TIGHT:	Sealed for up to 2 ft (0.6 m) depth.
POWER:	24 to 32 VDC, 0.75 amp at turn-on and 0.5 amp thereafter.
ACCESSORIES:	
Standard:	Power/Larmor coaxial cable (electronics to counter), lengths to be specified, spare O rings, operation manual and carrying case.
Optional:	
Signal/Power Decoupler:	Separates the Larmor signal from the power (28 V) to enable connection to RMS Instruments' AADCII Automatic Aeromagnetic Compensator or Customer supplied counter
Internal Decoupler:	P/N 27504 - up to two sensor installation, installed inside AADCII
External Decoupler:	P/N 27560 - three and four sensor installation

SPECIFICATIONS SUBJECT TO CHANGE WITHOUT NOTICE

822A

附件四、MOSAIC(Maui Optical System and Imaging Center)公司產品



CAPABILITIES

Mechanical & Optical Design

Zemax optical design and analysis software
Autocad and Mechanical Desktop design software



Optical Fabrication

Conventional Optics

Lenses, Mirrors, Prisms, Wedges, Aspheres
Optical fabrication from 0.5" to 36" in diameter
Aspheric optical fabrication
Small production run
Numerous substrate and coating materials
Instrument Refurbishment

Diffractive & Holographic Optics

Holographic (DSH) null test design & fabrication
Diffractive optical element (DOE) design & fabrication

Mechanical Fabrication

Custom opto-mechanical design & fabrication
Lathe
4-axis computer controlled CNC milling machine

Testing & Diagnostics

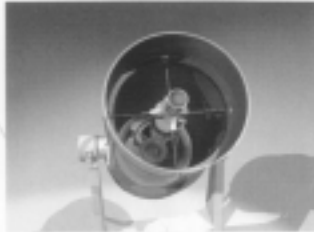
Zygo GPI phase-shifting interferometer
Shack cube interferometer
Davidson and Taylor-Hobson alignment telescope
250W QTH feedback stabilized lamp
Oriel Monochromator

Characterization Services

Laser spectral characterization
Traceable reflectance & transmission measurements
Varian UV VIS NIR spectrophotometer
Wavefront sensor & Deformable mirror testing
ADA wavescop wavefront sensor
144 actuator DM
144 element spatial light modulator

M O S A I C

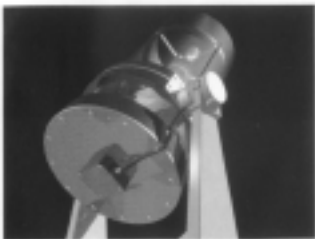
Rapid Optics Prototyping... In Your Back Yard



Maui Location

Benefits

- Small production runs upon request
- Close contact with our staff
- Try new ideas
- Expand research and grant opportunities



Services

- Optical Design & Fabrication
- Mechanical Design & Fabrication
- Complete opto-mechanical assemblies

Value Added Support

- Optical Scientists & Design Engineers
- Opticians
- Mechanical Design Engineers
- Laser Scientists & Design Engineers
- Astronomers
- Electrical Design Engineers

Maui Optical Systems and Imaging Center

授權書

(出國報告書)

本授權書所授權之出國報告書名稱：

赴美國參加第四屆亞太環境遙測研討會出國報告

茲授予行政院國家科學委員會(含附屬機關) 行政院研究發展考核委員會及前述兩機關所指定之寄存圖書館,有權將上述出國報告書之摘要及全文資料,收錄於該單位之網路或光碟或紙本或微縮不限地域與時間予以發行,供相關學術研發目的之公開利用。

本授權內容無須訂立讓與及授權契約書。依本授權之發行權為非專屬性之發行權利。依本授權所為之收錄、重製、發行及學術研發利用均為無償。

共同授權人均請親筆簽名：

日期：民國九十四年一月六日

.....
簽署人須知：

1. 依著作權法的規定,該單位以網路、光碟、紙本與微縮等方式整合國內學術資料,均須先得到您的書面授權。
2. 如果您已簽署專屬性的授權言於其他法人或自然人,請勿簽署本授權書。
3. 請將本授權書裝訂在每份出國報告書末頁。
4. 本案聯絡電話：02-7377746 科資中心 江守田、王淑貞。