

機載高光譜影像儀研製及空載測試

The Development of Hyperspectral Imager and its Primary Airborne Test

李龍正^{1*}

蔡和霖²

李良愷³

黃鼎名⁴

Long-Jeng Lee Ho-Lin Tsay Liang-Kai Lee Ting-Ming Hung

摘要

國人自行開發的推掃式(Pushbroom)機載高光譜影像儀(hyperspectral imager)已進行進面及機載測試，高光譜影像儀其光譜範圍為460~840nm，解析度為2.5nm，有240個波段，FOV 30°(鏡頭可更換，以取得較高解析度)。航高8000ft，飛行時速170海浬，地面解析度可達4m，目前已進行宜蘭羅東南部，埔里至九份二山及恆春貓鼻頭一帶機載測試。本文除了說明機載高光譜影像儀研製過程及其相關光學特性參數，並進行初步高光譜影像分析，利用光譜差異，配合Spectral Angle Mapper及其它方式進行分類的工作。除外也特別針對外來植群銀合歡進行地面光譜量測，比對高光譜影像所得結果，說明植群分類的困難及可行之處。

關鍵字：高光譜影像、高光譜分類

Abstract

The homemade pushbroom hyperspectral imager had been tested in ground and airborne, 240 bands of the spectra range between 460~840nm, spectra resolution at 2.5nm, FOV 30°(the imager lens was changeable to get high spatial resolution). When flying height at 8000ft and flying speed at 170 knot, the spatial resolution could reach at 4m. The airborne test the hyperspectral imager in the south of Lotung, Puli downtown to Chiufenerh mountain, Hengchuen and Maubitou in Taiwan. Here the hyperspectral instrument development will be introduced and also take the analysis of classification in the hyperspectral image obtained in this flying test. The search of the *Leucaena glauca* by the method of Spectral Angle Mapper compared to the ground observation illustrated the difficult and possible solution in the classification of the plants. .

Keywords: Hyperspectral Imager, Image Classification

¹ 國科會精密儀器發展中心副研究員

* 新竹市科學園區研發六路廿號

ljlee@pidc.gov.tw

² 國科會精密儀器發展中心副研究員

³ 國科會精密儀器發展中心專案助理研究員

⁴ 國科會精密儀器發展中心研究員

一、前言

在資源遙測領域中，高光譜影像儀對資源探索應用廣泛，如河域水質的優養化、濕地保育、精準農業及農地使用、礦產石油分佈、林區植群分佈及外來植群對生態影響等等。但是高光譜衛星影像取得不易，大都為機載影像，在國內，即使機載高光譜影像也很難取得。在國外高光譜儀器大都為研究單位自行開發，但有一些商業型高光譜影像儀推出，如 AISA，但是取得也是困難。為了取得機載高光譜影像，高光譜影像遙測儀器研製有助於對高光譜儀器了解，而所取得的影像有助於研究人員有更深的研究層次。

國家科學委員會精密儀器發展中心於近年來先後完成高光譜離型體地面取像(李龍正, 2003)及高光譜影像儀工程體，並在林務局農林航空測量所協助下，於宜蘭羅東南部，埔里至九份二山及恆春貓鼻頭一帶進行高光譜影像儀工程體空載測試(李龍正, 2004)，希望解決國內高光譜影像資料來源問題，讓研究人員能對高光譜影像應用有更寬廣的契機。

高光譜影像儀研製過程及其相關光學特性參數，並進行初部高光譜影像分析，利用光譜差異，配合 Spectra Angle Mapper 及其它方式進行分類的工作。針對外來植群銀合歡所帶來進行地面光譜量測，比對高光譜影像所得結果，說明植群分類的困難及可行之處。

二、機載高光譜影像儀研製

2.1 系統概況

機載高光譜影像儀係使用光柵、楔角棱角及鏡片所組合而的光譜儀，光譜儀線性色散為 79nm/mm 。使用一般廣角監視器鏡頭，成像於 $20\mu\text{m}$ 狹縫，視角 FOV 30° ，約 1.8mrad ，於 8000 呎，空間解析度約 4m ，使用 Basler A301 CCD，取其部份像素 640×240 (原像素為 640×480)，640 像素為空間軸，240 為光譜軸，資料格式為 8 位元，取像速率可達 60 幅/秒。飛行取像採用推掃式(Pushbroom)，地表太陽光反射經鏡頭成像於狹縫上，再將狹縫空間上各點由光譜儀分光成像於 CCD 上，存檔格式為 avi 影像動態檔。

目前高光譜影像儀的鏡頭是可更換，於地面取像可用視角為 $30^\circ \sim 15^\circ$ ，如圖 1(a)，藉由旋轉平台掃取樣，觀測地表地物高光譜影像(李龍正, 2003)，如圖 1(b)是架設於實驗飛機的高光譜影像測試系統，其使用 FOV 為 30° 。二者都可使用筆記型電腦搭配 IEEE 1394 取像介面。



(a)地面觀測系統



(b)機載測試系統

圖 1. 高光譜影像儀實體圖

2.2 光譜定址

高光譜影像儀所擷取每一幅影像一軸為光譜軸，另一軸為空間軸，光譜軸的光譜位址，須要進行校正，利用 Oriel 光譜燈源 HgNe 及 Kr 的光譜線做為光譜定址

的依據。HgNe 光譜燈源放入口徑 20cm 積分球，將機載高光譜影像儀對準積分球，取得影像如圖 2(a)，再將圖 2(a)中紅線部份取其線剖面(line profile)如圖 2(b)，可得該空間的光譜。將其光譜和 HgNe 燈管的特性光譜做二次最小均方差對應，即可將光譜軸定址，所得光譜範圍為 466~840nm，再由部份譜線半高寬求取光譜解析度約為 2.5nm(於約 640nm 處)。一般光譜影像儀皆有微笑曲線的困擾，從圖 2(a)的分析，光譜線在在各個空間均保持一直線，而且光譜軸 480 畫素以 2 取 1 為 240 波段，其微笑曲線現象幾乎不見。

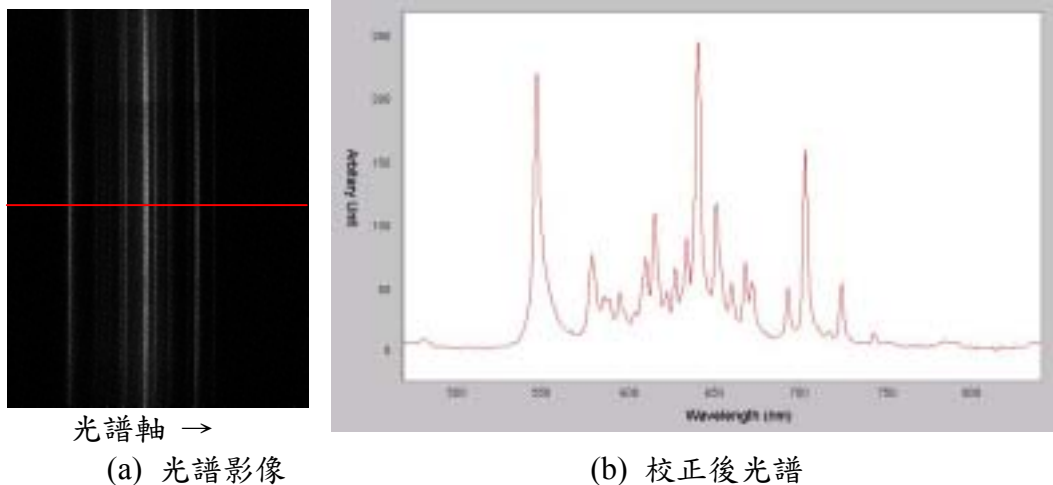


圖 2. (a)HgNe 校正燈源光譜影像，(b) 其紅線處的線剖面光譜，經譜線位置校正

三、高光譜影像儀空載測試

在農委會林務局農林航空測量所協助下，使用其航測飛機 Beech 200 搭配農林航空測量所現有航道任務，如圖 3 所示，將高光譜影像儀置入飛機觀景窗，系統無穩定平台，掃描影像結果和飛機姿態有很大關係，航測取像時飛機是設定在自動駕駛模態下，航速 170 海浬。在 2004 年 3 月 11 日於宜蘭羅東鎮南方，飛行高度 14900ft，



圖 3. 空載實驗飛機 Beech200 及高光譜影像儀裝置

取得影像如圖 4，可見其農田分佈及梅花湖，圖中顯示真色影像係以紅光(650nm)、綠光.(550nm)及藍光(466nm)套色而成，而假色影像係以紅光(750nm)、綠光.(650nm)及藍光(550nm)套色而成，假色影像和真色影像比對可見一些植被及水田分佈。而於同日返程於埔里至九份二山及其堰塞湖拍攝高光譜影像如圖 5，其飛機航高 8000ft，圖 5 以假色影像和真色影像並列顯示，其套色參數同圖 4，可見埔里鎮街道及其郊區農田道路設施，並拍得九份二山及堰塞湖附近河域狀況。

於 2004 年 3 月 17 日，配合農林航空測量所任務，飛往恆春航拍取像，航高

8000ft，在屏東車城取得高光譜影像如圖 6，圖 6 係以高光譜 3D Cube 顯示，其最上圖為真色影像，套色參數同圖 4。圖中可顯示車城附近海域及河域，四重溪河口及射寮漁港。

綜合這些影像，雖然可以顯示河域、道路及農田，然其影像品質仍不夠銳利，須改善取像鏡頭，廣角和寬廣頻譜鏡頭(400~900)，目前正行開發研製。

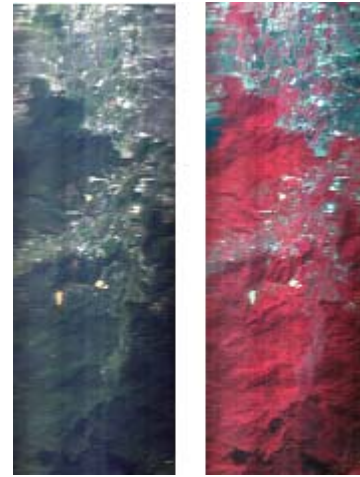


圖 4. 宜蘭羅東南邊之高光譜影像，飛行高度 14900 呎，2004.3.11 拍攝



圖 5. 埔里西邊至九份二山及堰塞湖之高光譜影像，飛行高度 8000 呎，2004.3.11 拍攝



圖 6. 高光譜 3D Cube 影像，屏東車城往南的海域，飛行高度 8000 呎，2004.3.17 拍攝)

四、高光譜影像初期分類研究

影像分類一直是高光譜影像分析的重點工作，由於其光譜析度高，較能正確分類出常用分類工具為 ERDAS 及 ENVI，就所取得高光譜影像進行分類工作，使用 ERDAS 之 UNSUPERVISED 分類，就恆春貓鼻頭一帶高光譜影像進行分類工作，先以 UNSUPERVISED 分類，再套 Spectra Angle Mapper 取得植被分佈為綠光波段，希望藉此在分類圖像加上植被，較能活化影像而增加美觀感，所得圖像如圖 7(c)，圖中以真色影像、假色影像及分類影像並列顯示，圖中顯示出淡水水域分佈如龍

鑾潭及週遭漁塭，綠色植被分佈。而後壁湖漁港外海域沙灘生態變化有待未來分析與瞭解。

圖 7. 恆春貓鼻頭一帶高光譜影像，飛行高度 8000 呎，2004.3.17 拍攝。
(a)真色影像，(b)假色影像及(c)分類影像套綠光波段

高光譜影像應用於植群分類工作，最常見的研究是外來種植物的侵犯。經濟作物銀合歡樹葉(如圖 8(a))會分泌「含羞草素」覆蓋其它植被，會壓制其生長，加以自身成長迅速，以致台灣南部、東部及外島到處都可見到銀合歡，排擠原生種植物存活。於此希望藉由高光譜影像瞭解銀合歡植被分佈，植被光譜影像大都採用反射率影像，所以所取得輻射度影像必須校正為反射率影像。

使用 ASDI 的 FieldSpec® Pro Fr 光輻射計校正高光譜影像，先量取銀合歡反射率光譜如圖 8(b)，利用屏東白沙灣的白沙為反射率校正標

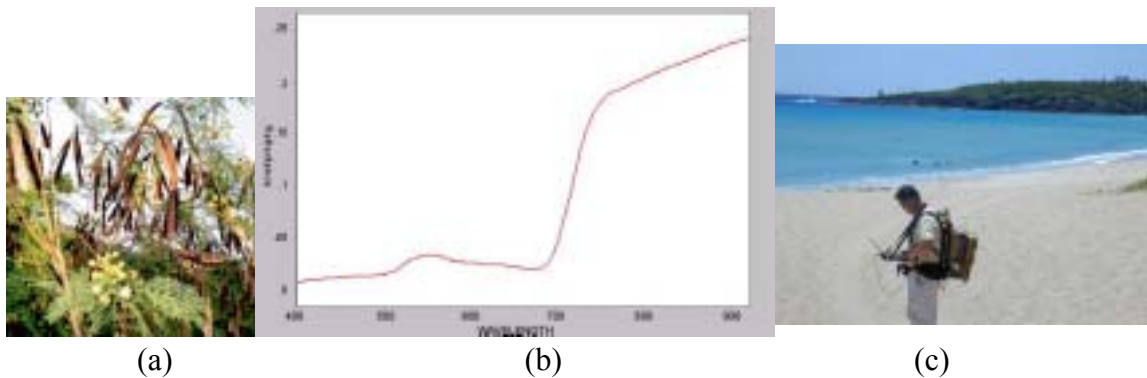
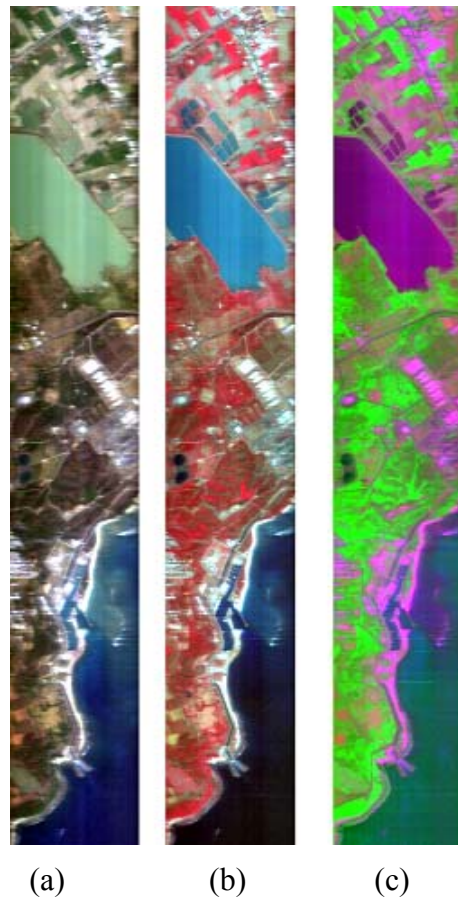


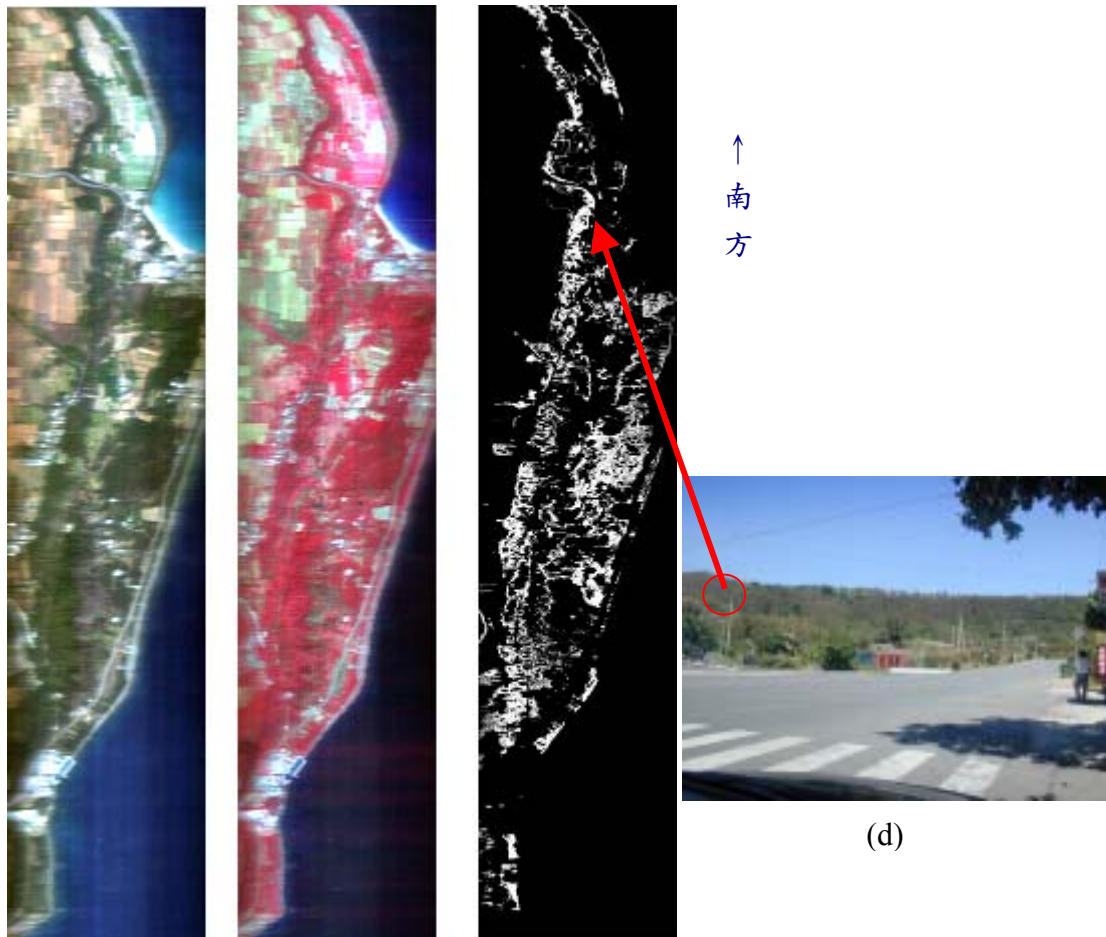
圖 8. (a)銀合歡樹木，(b)銀合歡反射率光譜圖，(c)白沙灣光輻射校正取樣

準(如圖 8(c))。利用白沙反射率求取當地當時的太陽光量，再反推求出地表地物的反射率影像，如圖 9(a)及 9(b)為白沙灣一帶的真色及假色反射率影像，點取 9(d)處地點，於高光譜影像取其光譜曲線，近似圖 8(b)的光譜，做為高光譜影像搜尋標準，以 ENVI 的 Spectral Angle Mapper 分類方法，輸入搜尋光譜和地點，尋得可能是銀合歡分佈如圖 9(c)。

以 Spectral Angle Mapper 方法配合植被的光譜來搜尋其類似植物是個不錯的方法，然而從其它植物如木麻黃，量測其 400~900nm 的光譜發現和銀合歡光譜很

近似，意謂搜尋銀合歡時，亦會有其它植物被納入，造成搜尋不正確。要解決這問題，有以下數種方法：

- (1)、須要在不同季節量測其光譜，瞭解其季節上的差異性。如能求其 Red Edge 的變化，瞭解何時是最佳拍攝季節。
- (2)、藉由銀合歡含豆莢特性，量其 900~1800nm 特性光譜，再納入 Spectral Angle Mapper 做為另外參數求解，相信可一定可以讓搜尋結果更精確，這意謂高光譜影像儀器開發，在光譜頻域須延伸至紅外波段(800~2500nm)。



(a) (b) (c)
圖 10. 反射率高光譜影像，屏東白沙灣一帶，飛行高度 8000 呎，2004.3.17 拍攝，(a) 真色影像，(b)假色影像，(c)使用 ENVI 的 Spectral Angle Mapper 搜尋類似銀合歡分佈，(d) 銀合歡分佈(樹葉含有棕色豆莢)，於屏東白沙地區

五、結論

國人自製高光譜影像儀經過空載測試，所取得影像可顯示地表的影像及其光譜，也應用於一些地型地物初步分類工作，所得影像雖然已有初步功能，但影像品質的改善須要良好的鏡頭。在植被分類工作，無法根據一次的結果而達有效分類，須要多次不同季節觀測，藉由植被生長轉折期才有辦法進行有效分類。然而就其視野加大、信號動態比值及應用光譜波段至中紅外光 2500nm，仍有很大的改

進空間，也是精密儀器發展中心未來在高光譜影像儀努力重點。

六、致謝

本次掃描飛航作業承蒙農委會林務局航空測量所與內政部聯合航空勤務總隊第五隊(原民航航空隊)協助，方能完成。期中飛行參數指導、航道規劃等協助，以使飛航測試作業順利完成，謹此致萬分謝忱。

七、參考文獻

李龍正，2003，高光譜影像儀發展現況，精儀中心簡訊，第 59 期，第 2~3 頁。
李龍正，2004，本中心自製機載高光譜工程體首航測試，精儀中心簡訊，第 62 期，第 1~2 頁。

AISA Airborne Hyperspectral System, <http://www.specim.fi/>