

## 出國報告（出國類別：研習）

臺美林業經營技術協助訓練計畫--

美國林務署應用航遙測技術於森林資源經營管理之研習

服務機關：行政院農業委員會林務局

姓名職稱：技士 吳俊奇 徐新武

派赴國家：美國

出國期間：100年12月10日至100年12月19日

報告日期：101年3月16日

# 目 次

壹、	前言 .....	2
貳、	行程紀要： .....	3
一、	遙測應用中心(RSAC): .....	4
二、	中西部森林資源調查計畫辦公室 .....	6
三、	洛磯山研究站波伊斯水域生態實驗室 .....	8
參、	研習重點與心得 .....	8
一、	遙測應用中心(RSAC)業務 .....	8
二、	無人飛機於災害防救之運用 .....	12
三、	光達資料與林分測計 .....	14
四、	美國森林資源調查與分析 .....	16
肆、	結論與建議 .....	21
一、	美國林業研究與行政部門的關係: .....	21
二、	無人飛型系統的應用: .....	22
三、	美國森林資源調查的啟示 .....	23
四、	林業國際合作的建議 .....	24

## 壹、 前言

為加強台美之間林業經營及自然保育技術交流，我國於 93 年透過駐美國經濟文化代表處與美國林務署簽訂「森林經營及自然保育技術合作協定 (promoting collaborations between TFB and USDA-Forest Service)」，依該協定本局自 95 年起每年均派員赴美國林務署參訪，並已就入侵外來種防治、森林復育及生態旅遊推動等議題進行交流，透過雙方相關業務領域互動、研習及觀摩等方式，汲取林業經營各種資訊及實務操作，本(100)年度延續往年合作模式，規劃研習主題為美國林務署應用航遙測技術於森林資源調查監測之作法。

本局自 97 年起推動第四次全國森林資源調查工作，除以系統網格設置樣區進行調查外，更運用數值航照、空載光達等最新航遙測技術來輔助地面調查成果，然而航遙測技術應用及後端資料整合上，常需參考國外之作法。本次研習將參訪美國林務署遙測應用中心(Remote Sensing Application Center, RSAC)、中西部森林資源調查推動辦公室(Ogden Forest Inventory & Analysis Lab)等單位，瞭解該署所屬遙測專責機構之業務運作方式，研習其應用先進航遙測技術於森林調查及監測之作法。本次研習由本局指派辦理森林資源調查業務人員--森林企劃組吳技士俊奇及農林航空測量所徐技士新武參加，團員尚包含財團法人工業技術研究院劉教授治中及屏東科技大

學魏研究助理浚紘 2 人，該院近年來與本局合作進行光達及遙測技術於森林資源調查之研發，並爭取農委會補助經費，擬隨團研習遙測應用中心研發之光達測計軟體(FUSION)操作，以及測深光達量測水域生態地形之技術。

## 貳、 行程紀要：

本次研習行程安排，主要透過電郵方式跟預定研習參訪單位聯繫，表明此行背景、目的及欲停留之天數等，各該單位即有窗口回信，分別為遙測應用中心的Brad Quayle博士、森林資源調查推動辦公室的John D. Shaw博士，及水域生態實驗室Kevin Megrown博士，後續有關行程、課程安排等均透過他們連繫確認。

實際行程與原規劃行程相同，如下表所示，主要停留住宿的城市有猶他州鹽湖城(5夜)、愛達荷州波伊斯市(2夜)，由於美國大眾運輸交通較不方便，除城市間的交通事先已訂好國內線班機外，在城市內之住宿地點至研習場所的交通，以租車的方式解決。

表1:出國行程及研習地點

日期	行程	研習地點	研習內容
12月10日	台北→洛杉磯 →猶他州鹽湖城	交通天	-
12月11日 ~13日	猶他州鹽湖城	美國林務署遙測應用中心 USFS, Remote Sensing Application Center, RSAC, Salt Lake City, UT	1. 林務署遙測專責機構之業務運作方式。 2. 無人飛航系統於林火及緊急應變。

			3. 其他遙測技術於資源調查監測運用。
12月14日	猶他州鹽湖城 ↔ 奧格登市	美國林務署中西部森林資源調查推動辦公室，猶他州奧格登市 (USFS, Ogden Forest Inventory & Analysis Lab, UT)	瞭解美國林務署推動全國森林資源調查及監測計畫之歷史及推動現況
12月15日 ~16日	猶他州鹽湖城 → 愛達荷州波伊斯市	林務署洛磯山研究站波伊斯水域生態實驗室(Boise Aquatic Sciences Lab)	研習新一代小型淺水光達系統應用於山區河溪量測之軟體系統。
12月 17-18日	愛達荷州波伊斯市 → 洛杉磯 → 台北	返程	-

### 一、遙測應用中心(RSAC):

研習行程的首站來到林務署的遙測應用中心，位於猶他州的鹽湖城，該中心為美國林務署下設之遙測專責機構，負責就該署業務需求提供航遙測相關技術支援。遙測應用中心與同屬林務署轄下之地理資訊服務中心(Geospatial Service and Technology Center)位於同一棟建築內，分屬不同樓層。



圖 1、2: 位於猶他州鹽湖城的林務署遙測應用中心

我們抵達該中心後，由 Brad Quayle 博士出面接應我們，Quayle 博士特別依我們研習需求安排兩天的課程表，內容包含業務介紹、無人載具應用、衛星影像自動偵測林火技術及火災後植群復原之監測等，並安排 1 整天的課程介紹光達點雲分析軟體 FUSION 之實作。

各項課程係在簡報室內進行，由 Quayle 博士主持，並由課程有關之專案主持人或共同主持人進行簡報，簡報後再由我們提出問題，及就台灣國內之應用情形提出分享。在聽取該中心業務簡報時，得知該所目前亦有空載合成孔徑雷達(Synthetic Aperture Radar , SAR)相關的專案在進行，由於本局農航所目前亦正引進及建置該系統，供災害防救用途使用，因此我們提出希望了解該中心有關 SAR 之應用，經 Quayle 博士協調安排後，特別在第二天增加課程，請專案主持人幫我們簡報。



圖 3~6:遙測應用中心研習情形

在光達技術應用及 FUSION 點雲分析軟體之實作部分，由 Brent Mitchell 博士負責帶領及解說，並安排在電腦室內操作，FUSION 軟體係由該中心開發之免費軟體，具有光達資料之擷取、篩選及展示功能，該中心並製有資料範本供我們實作，而我們也攜帶國內森林的光達資料，包含地面及空載光達之點雲，均能於該軟體展示及分析。

## 二、中西部森林資源調查計畫辦公室

結束於RSAC三日的行程後，第四天前往位於奧格登市(Ogden, Utah)的美國林務署中西部森林資源調查計畫推動辦公室，奧格登市距鹽湖城約90哩，開車1個多小時可達，該辦公室與林務署內西區分處位於同一棟建築內，建築物已有百年的歷史，走進裡面陳年木造裝潢的香味撲鼻而來。接待我們的是John

D. Shaw博士，他所領導的團隊是負責內西區森林資源調查規劃及分析工作，首先由Dr. Shaw 介紹該團隊成員與分工狀況，接著簡報說明美國森林資源調查發展之歷史、目前推動方式等，我們亦就國內森林資源調查推動情形提出分享。下午則分組進行各團隊業務內容討論，包括現地作業、資料分析以及航照處理等。



圖 7、8:位於奧格登市的內西區林區管理處，森林資源調查辦公室位於此棟建築



圖 9、10:FIA 調查團隊簡報森林資源調查推動情形

### 三、洛磯山研究站波伊斯水域生態實驗室

行程最後一站來到位於愛達荷州波伊斯市(Boise, Idaho)之林務署洛磯山研究站水域生態實驗室(Aquatic Sciences Lab)，參訪該實驗室應用測深光達於河溪生態研究之方式，該實驗室發展出基於ArcGIS的河川地形工具 (River Bathymetry Toolkit, RBT)，具有河川、湖泊之水域地形、斷面、地貌資料擷取功能，供魚類等水棲生物之行為及生態相關研究。



圖 11、12: 波伊斯市之洛磯山研究站水域生態實驗室，研習測深光達應用及 3D 立體實境展示儀器。

## 參、 研習重點與心得

### 一、 遙測應用中心(RSAC)業務

該中心最主要目標是以最先進的航遙測及地理空間技術，提升對於自然資源監測及測繪能力，以協助林務署以較少的經費獲取森林資源之資訊，主要的任務如下：

(一) 遙測、圖像處理、地理資訊系統等相關的地理空間技術的開發及評估

(二) 以遙測技術支援林務署各項專案之執行

(三) 技術轉移及教育訓練

RSAC應用的影像類別相當的多，例如自然色、黑白及紅外線航空照片、數位影像則有熱紅外線影像、多光譜及高光譜影像、合成孔徑雷達影像、光達等，並可獲取Landsat、Modis、Quickbird等十餘種不同類別的衛星影像資料。

RSAC僅有10位正式職員，其餘46位為5年簽一次約的合約員工，但合約員工均為具備航遙測圖資處理、地理訊系統、資訊科技或自然資源經營的專業知識及技術，以因應各類別專案之執行，而專案領導人多是具備有博士學位之專業人才，RSAC之組織架構可分下列四大分組：

(一) 資料服務組 (Enterprise Data & Services , EDS) :

負責整個中心的資訊支援服務，特別著重在遙測影像之儲存、管理，並提供衛星影像後製處理的軟體及技術支援，透過其資料倉儲管理系統，署內人員可快速下載所需向量及影像資料。

(二) 擾動快速評估及服務組(Rapid Disturbance Assessment & Services , RDAS):

擾動之含意類似國內所稱的災害，該組任務為對森林相關的擾動事件以航遙測技術提供快速評估及支援，包括林火、昆蟲、疾病的死亡率和氣候變化。因為美國主要的森林災害是火災，目前最重要的工作為火災監測、林火面積評估、火後植被快速評估等。負責接待我們的Quayle博士即是這分組的領導人。

(三) 遙測評估，應用及訓練組(Remote Sensing Evaluation, Application & Training ,RSEAT)

負責評估最新遙測調查技術，確認技術的可行性、實用性，並對署內各部門提供訓練及技術導入，有效推動現有或新開發技術的使用，此外該組亦負責無人飛行系統(UAS)之研發及推廣。

(四) 資源調查及監測組(Resource Mapping, Inventory & Monitoring ,RMIM)

本分組提供林業評估及監測所需的遙測技術支援和分析服務，目前工作有森林和區域現有植被製圖、開發基於遙測技術的森林資源調查方式。現有植被製圖能配合業務單位需求，生產優勢類型、樹冠、樹大小類別等主題圖。

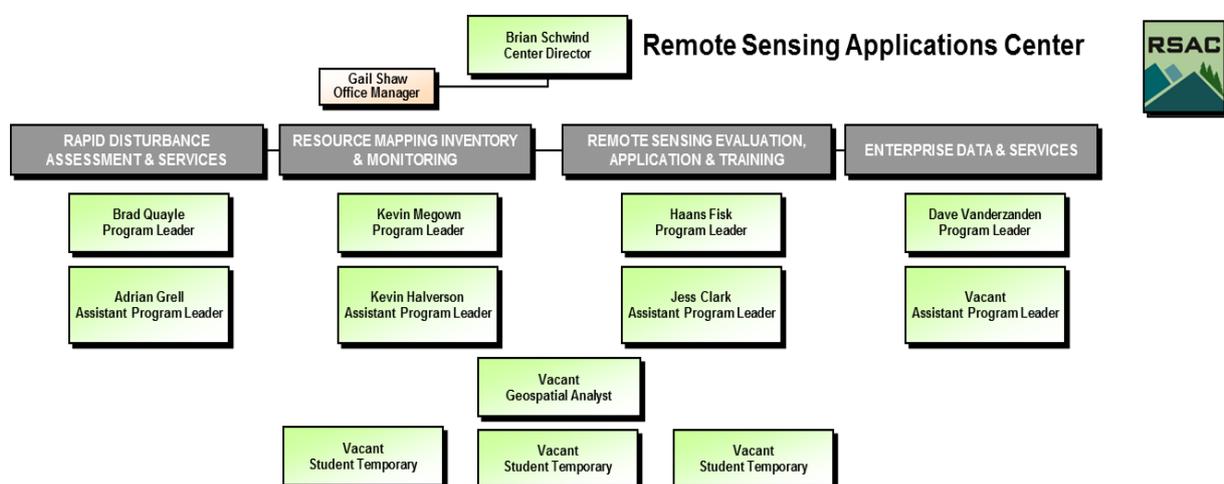


圖13: RSAC組織及職掌圖

由前述組織架構可瞭解，中心主要工作為利用遙測技術支援署內其他單位的業務，此部分以森林災害(林火)評估、森林資源調查、影像倉儲服務為主，包含技術導入及教育訓練服務，以及影像處理相關工具包開發等，除此

之外，遙測應用技術的評估發展亦佔重要位置，每個分組都有數個研究專案在進行，下圖是該中心目前執行的技術評估研究案，範疇十分廣泛，從林業、野地管理、野生動物、集水區、遊憩等均涵蓋，此外，技術研發非僅對應林務署業務所需，有不少計畫是與其他非林業部門合作，例如與國家太空總署(NASA)共同進行無人飛行系統開發，與國家地質調查所合作進行地景變遷的大型計畫，說明RSAC不僅在於提供支援林業之遙測技術服務，更企圖在遙測領域的技術研發上扮演重要的角色。



圖14: RSAC目前執行的技術評估研究案

RSAC與本局農林航空測量所相較，農航所例行性的業務主要在於航拍、影像產製、製圖及後續影像管理等，RSAC並無負責航拍業務，在討論過程中，Quayle博士解釋因美國幅員廣大，影像應用以衛星影像為主，僅有針對林火或

特殊局部地點需要，才有實施航攝之需求，由各林區或研究單位自行或委託民間業者執行，所獲取之圖資透過倉儲系統皆可流通，而在衛星影像部分，該中心可直接接收MODIS衛星影像，其他各類型衛星影像取得也無問題，因此僅由資料服務組負責遙測影像管理、倉儲流通等服務。而農航所除負責航攝業務外，尚包含數值高程模型、地形圖、林區相片基本圖等實體圖資之產製業務，這部分在美國林務署並非屬遙測應用中心業務，而是由平行單位地理資訊服務中心(Geospatial Service and Technology Center)負責。

## 二、無人飛機於災害防救之運用

美國森林災害以火災為主，林務署每年投入42%的預算在林火應變及防治方面，RSAC也有許多相關研究專案進行。美國林務署本身擁有27部飛機(含直升機)，此外每年外包800架次飛機執行林業調查、林火偵測任務，惟在森林火災的偵查及救援方面，由於災害地區之氣流通常不穩定，以人為駕駛的傳統飛機進行勘災具有危險性，因此近年與國家太空總署(NASA)合作發展無人飛機系統(Unmanned Aircraft Systems, UAS)，作為傳統飛機的輔助工具。在分工方面，NASA主要負責飛行器及後端控制平台的開發，而RSAC則對酬載不同感應器進行測試，以導向業務需求，目前已實務應用於林火偵防、森林資源調查及土地違規利用之查處等工作。



圖15: Ikhana號無人飛機於火災前出勤



圖16: 林務署應用的無人飛機系統，從酬載5kg以下的小型飛行器到100kg以上的大型飛行器

因救災任務分秒必爭，使用無人載具通常利用紅外光影像對熱敏感特性，進行火場現況監測，可達到近乎即時(Near real-time)的資訊掌握，新一代無人飛機裝置光達、可見光及紅外光攝影機，可即時提供三維地形及植生資料，

俾能迅速判斷林火擴散方向，及時做出處置。RSAC強調無人飛機並非僅有載具，而是一整套系統，包含飛航器、地面導控系統、協同作業系統、資料傳輸等軟硬體平台，都需要針對特殊目的來開發，使用UAS的成本不見得比傳統載具低，因此需經評估達到實用性的階段，才做技術的導入。此外，該中心亦強調，發展UAS的目的並非要取代傳統載具，而是「擴張」傳統載具的應用範圍。

反觀國內情形，最主要的災害並非林火，而是因颱風、豪雨導致的土石流、山崩等坡地災害，往往災害發生後受限於天候因素，無法即時取得航遙測影像，如以輕型無人飛機來攝取航照，限於航高亦僅能取得局部區域之圖資，無法掌握大範圍的災情，與林火災害的性質不同。反之，如非有災害應變的急迫需求，或傳統飛機難以勝任之任務，則其應用的成本效益須審慎的評估。

針對前述天候因素的限制，農航所刻正引進及建置空載合成孔徑雷達(Synthetic Aperture Radar, SAR)，期望藉由雷達能穿透雲雨的特性，突破此一限制，經將國內情形提出分享後，Dr. Quayle回應表示美國森林也有一些崩塌裸露情形，但是與臺灣主要由颱風降雨造成的原因不同，對於此種災害應變無法提供實務意見，但他們對於此議題也感到興趣，期望將來台灣可以在此部分應用上，獲取獨到的經驗。

### 三、光達資料與林分測計

美國林務署投入光達森林資源調查研究已有10年以上，更已發展出標準作業流程、工作指引及工具軟體，供署內同仁運用，本次研習向該中心人員學

習光達林業調查的技術細節，如不同調查目的之資料規範、資料查核處理標準流程、該中心已發展的林分參數擷取模型、及光達分析軟體FUSION之操作等。

美國林務署對光達資料的運用，主要透過空載光達進行森林地區林分性態萃取，包括林分高、樹冠輪廓、立木位置與林分密度等，在討論過程中Brent Mitchell博士亦提及，光達的優點是可以精確量林木型態，但並非能解決所有林分測計問題，例如在樹冠過分重疊地區，難以獲取單木層級的資訊，只適合用於林分參數量測。當點雲資料足夠時，在萃取相關林分性態值是沒問題的，但往往會因為現地複雜性過高而增加其難度，尤其在台灣林相複雜於萃取的過程會增加其難度與誤差的產生，Brent Mitchell博士建議我們若密度太高的森林應該放棄討論單木資料萃取而要以林分的觀點來進行討論。

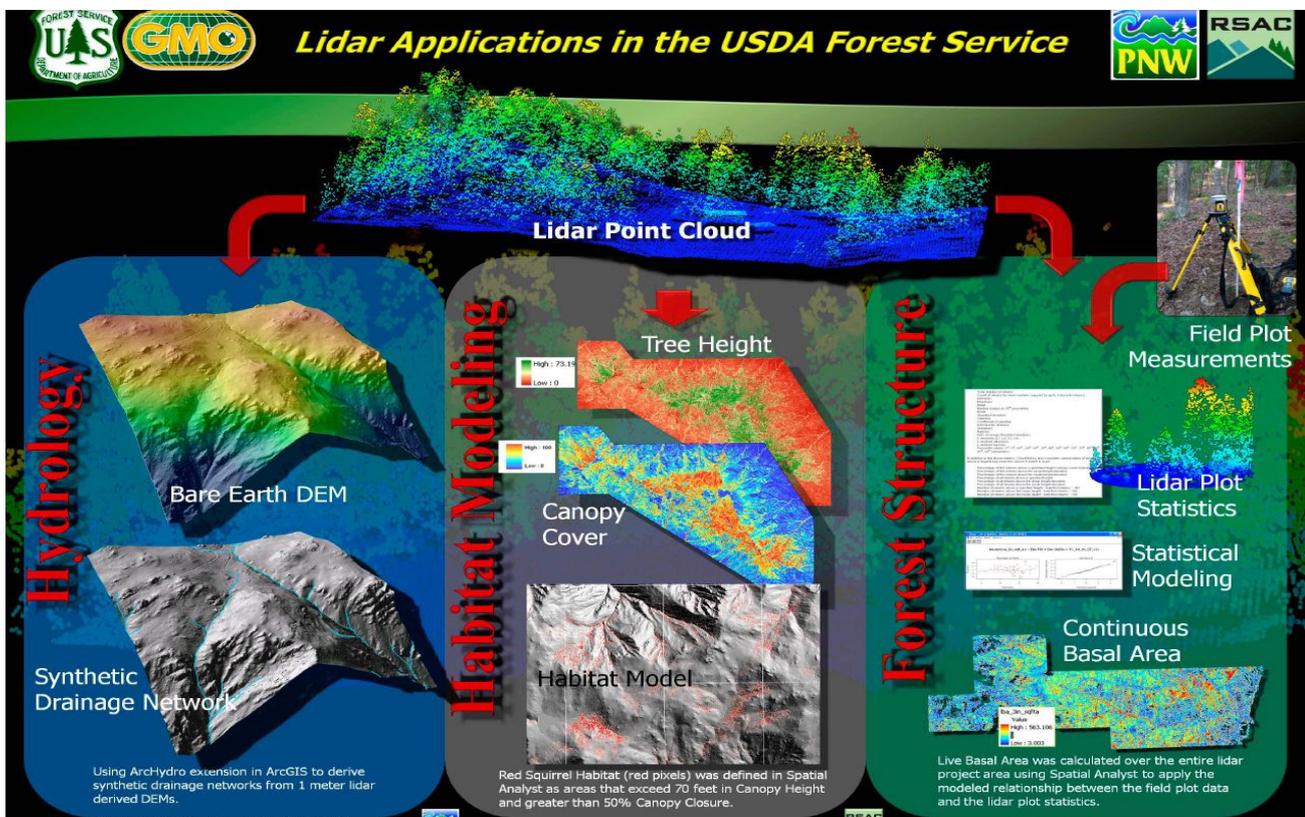


圖20：美國林務署光達資料之應用情形，在於水文、棲地模擬、森林構造等三方面。

光達的成本因規格、時限、精度、及作業規模會有很大差異，林務署以某個10 萬英畝(405 平方公里)的作業面積，約為1~2 美元/英畝，換算台幣為7,500~15,000 元/平方公里，但因美國幅員廣大，某些偏遠地區實施光達仍較實地調查便宜。而依國內實施光達的經驗，以林分參數測計為目的所需成本約12,000~22,000元/平方公里，然而台灣山地地形陡峭，且森林結構較為複雜，在資料後處理上較為困難且應用上尚有限制，但可針對局部或重點地區(如森林動態樣區)進行林分結構及生長之監測。

#### 四、美國森林資源調查與分析

美國的森林調查與分析 (Forest Inventory and Analysis, FIA) 已有80 多年的歷史，且有法源依據，在1928年所通過的一個法案《MCSWEENEY—MCNARY 森林研究法案》，強調林業研究和森林資源調查，並授權農業部編列預算進行森林資源調查，當時目的是提供最新的木材蓄積和其它林產品資訊，以及森林當前和潛在的生產力資訊，為此，美國林務局在各區域設立了森林調查機構，發展迄今，其目的和方法也不斷修正，並分別於1953、1963、1970、1977、1987、1992、1997、2002、2008年發表過9次全國的森林資源報告。

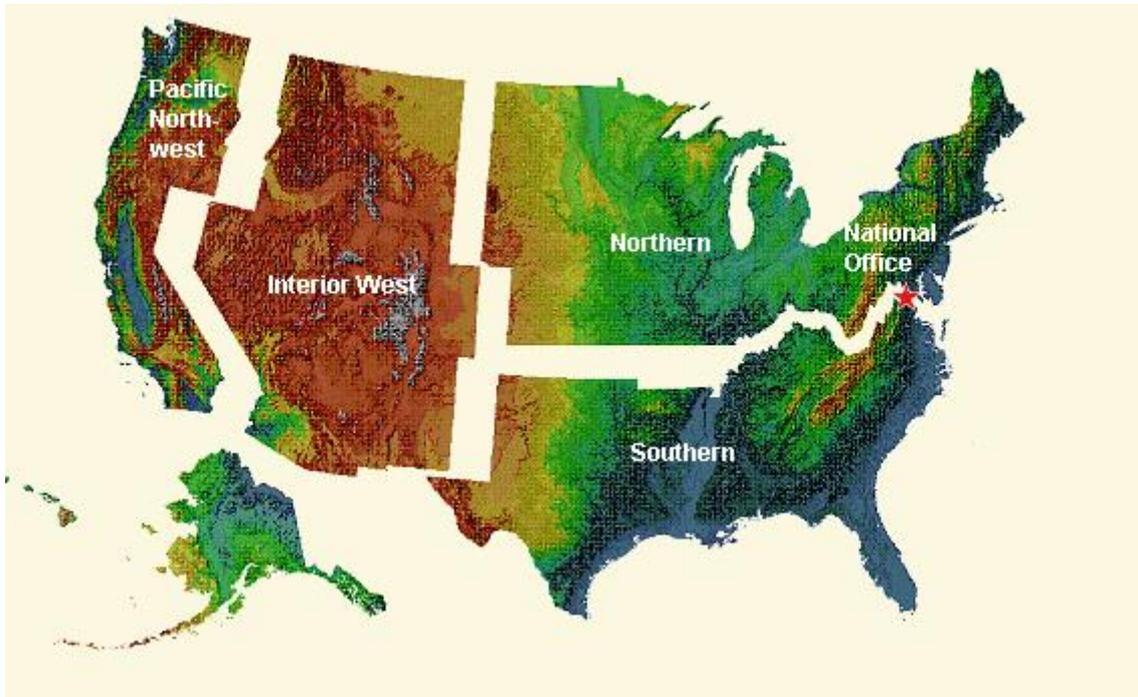


圖18. 美國森林資源調查之責任分區

FIA在美國林務署是由研究部門負責推動，並設有專案辦公室，由林務署「研究發展處」(Research & develop division)領導，該處統籌有5個分布在全美各地的研究站，每個研究站均設立森林資源調查辦公室(FIA office)，負責推動該區各州的資源調查工作，我們這次參訪的是落磯山研究站的內西區森林資源調查辦公室，負責猶他州、內華達州、愛達荷州等8個州範圍。FIA推動組織分成決策領導組、執行運作組和技術研究組三個層次，決策領導組由林務署、州政府高級官員、研究站主任所組成；執行運作組負責計畫之執行，包含專案辦公室成員、州政府林務人員及其他合約員工，技術研究組則由該區域學者專家組成，負責調查方法發展及工作手冊訂定。

過去美國森林資源調查是定期性(periodic)的調查，以州為單位每10~20年做一次調查，調查期程約2~3年，類似台灣目前的作法。直到1998年美國通過了《農業研究推廣與教育改革條例》，調查作法有了很大的改變，納入既有的森

林健康監測體系(Forest Health Monitoring)，並由定期性調查改為每年性(annul)調查，由各州每年完成調查10%~20%(視地區而異)的樣區數量，如此約5~10年就有一次更新的資料。Dr. Shaw也解釋改為每年性調查的優點是容易爭取常態性預算，以及每年均可掌握新的資料，不像過去10~20年做一次大調查的方式，資料有效期僅可維持3~4年。

在取樣設計部分採3層次的分層取樣法，第一層次(Phase 1)使用遙測或航照進行取樣，稱作「照片樣點」，以1平方公里的網格佈點，全國約有三百萬的照片樣點，這階段工作僅做林地及非林地的判釋，並在室內完成。第二層次(Phase 2)進行樣區調查，取第一層次照片樣點的子集，每5平方公里設一樣區，如屬非林地則調查其土地利用型，林地則設置調查樣區，所有林分、林木調查資料都在這階段完成，另外亦包含病蟲害、損害、退化等指標之評估。第三層次(Phase 3)則是再取Phase 2樣點的子集，約22平方公里抽一樣區，這階段主要調查八種森林健康的指標，包含樹冠情況、地衣群落、下層植被、枯倒木及土壤調查、沖蝕潛力等。以上所有地面樣區的設置調查，由FIA辦公室、州政府林務單位共同執行，執行方式有多種選擇，包含雇用永久或暫時性人員、委託林業團體、或與學校、非政府組織合作等，各地區有不同作法，惟每年皆有固定的訓練課程，調查人員須通過認證機制認可後，始可執行調查任務。

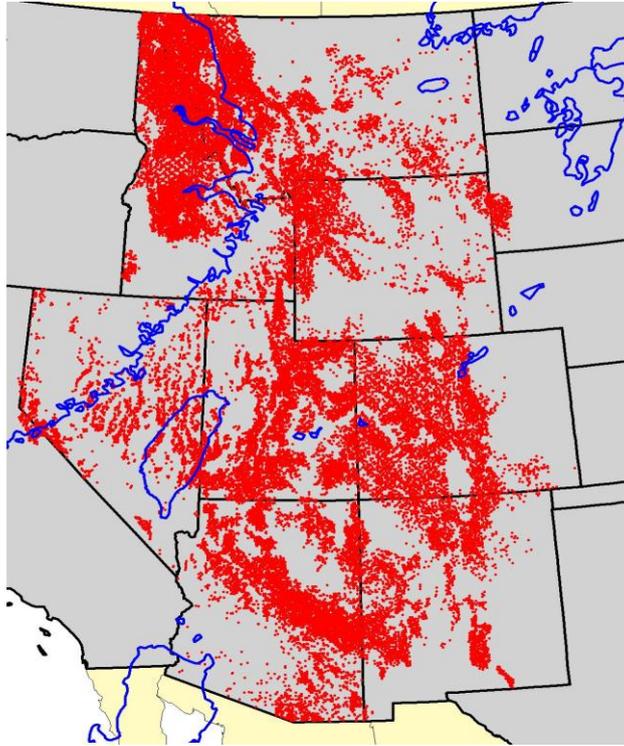


圖19:FIA第一層照片樣點分布情形，藍線為台灣地區比例尺供比較。

### Phase 2/Phase 3 Plot Design

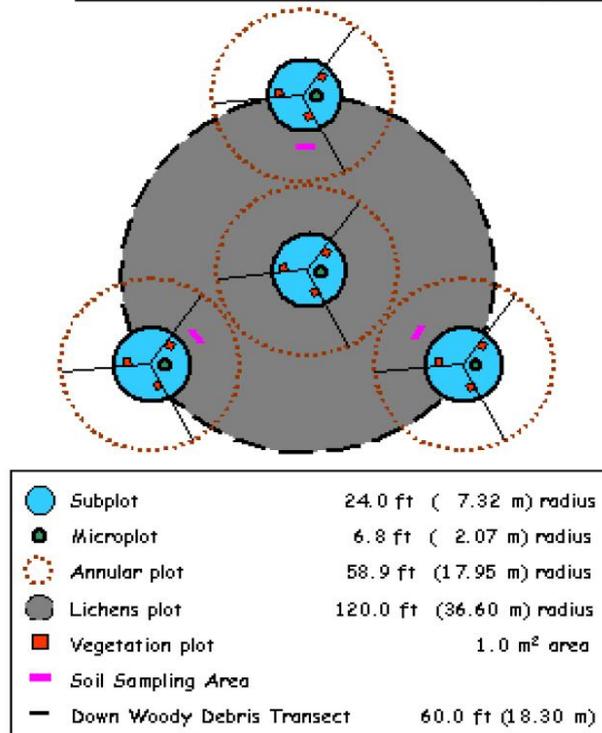


圖20:第二層、第三層地面樣區設計

FIA調查成果透過國家層級的資料管理系統，提供內部及外界資料查詢及存取的需求，在資料分析及成果報告產出部分，FIA辦公室和各州均有固定的統計

分析報告產出，可包括三類：一是年度報告，每年清查工作完成後，FIA辦公室為各州提供清查資料及簡要分析報告；二是定期報告，每5年由各州產出一份完整的分析報告，平均一年產出10個州報告；三是國家級報告和國際報告，FIA辦公室每5年提供一份國家級評價報告，此外，FIA辦公室也會不定期發布相關研究報告，包含木材資源評估、森林趨勢分析、模式預測、遙測技術應用等不同類型的研究成果。

臺灣分別於民國43年、61年辦理第一、二次森林資源調查，該兩次調查均由美國林務署派員技術指導，直自79年第三次資源調查始由林務局自行規劃執行，因此在分層及系統取樣的設計上，均有參考美國的作法，差別在於國內僅有二層取樣，而FIA自1999年開始增加第三層的森林健康指標調查。此外，而FIA在第一層照片樣點之調查，僅做非林地及林地的判釋，而國內照片樣點的調查尚包含冠幅、樹高等參數資訊，作為空中材積式推估之用。在討論過程得知，目前FIA報告所推估的林型面積、蓄積量等，皆直接以地面調查所得調查資料來估算，因為在系統網格的取樣設計時，已確認取樣密度達到足夠的信心水準，航遙測技術在整個流程中僅供輔助判釋，或提供地面調查難以獲得的森林破碎化等資訊，FIA也利用歷史遙測資料分析森林動態和變化趨勢，與調查資料印證，或利用遙測提高調查的空間解析度等，但這些都是研究性質，尚未成立真正的技術規範。

## 肆、 結論與建議

本次研習前往美國林務署遙測應用中心、西部內陸森林資源調查計畫辦公室、及水域生態研究室等單位，參訪及研習美國林務署對於遙測技術應用及推動情形，包含林務署遙測專責機關的業務運作方式、光達資料應用與處理分析流程、以及森林資源調查的運作方式等，所得成果豐碩，並將相關簡報檔案、光達資料處理手冊、美國森林資源調查工作手冊、成果報告等攜回供業務單位參考。然而除有實質知識的收穫外，經參訪不同林業研究單位，接受各單位研究團隊人員熱心招待且不吝作經驗分享，除能感受到泱泱大國的風範外，也從中獲得不少感想，茲提出如下：

### 一、 美國林業研究與行政部門的關係：

研究發展應是行政的基礎，也是行政的一部分，美國林務署轄下設立有「研究發展處」，與「國有林管理處」、「州有林和私有林管理處」及「國際林業處」等並列為其下一級單位，並在全國轄有6個研究站、2個技術中心(遙測應用中心、地理資訊服務中心)，使研究發展能與行政緊密結合，例如林火是美國最嚴重的森林災害之一，在RSAC或各個研究站中，林火亦是最熱門的研究議題，從敏感地區判定、即時偵測到災後的復原等，均有一系列的評估報告，並能迅速歸納災前、災中、災後最適的標準作業流程，供行政部門執行。在國內，林務局及林業試驗所為農委會下的平行機關，雖可透過機關間聯繫會報的機制來達成，但其效率自不如機關內部協調，因此目前局裡業務所需之技術研發，仍多委託學校或其他研究單位來進行。

在遙測應用方面，RSAC負責對林務署業務所需之資訊提供航遙測技術支援，其定位應與本局農林航空測量所相似，然而以現況而言，農航所雖支援森林資源調查、災害防救應變等業務，惟其工作屬性較偏向實務執行面，與RSAC研發及應用評估導向的性質不同，以光達資料之應用為例，RSAC僅發展技術應用、工作指引或工具軟體，一旦技術可行而導入後，後端資料分析仍掌握於署內業務單位，而前端光達資料獲取多委託民間業者，此外，在技術導入及教育訓練部分，RSAC亦設有專責單位推動。目前本局航遙測相關技術之開發評估，仍多以委外方式辦理，農航所主要負責航攝、製圖、圖資管理等業務，在技術導入及教育推廣部分是較為缺乏的，惟依目前行政院組織改造架構，未來環境資源部成立後，森林及保育署下規劃成立航測及遙測分署，屆時該分署除實體圖資提供外，可能將被賦予更大的任務，遙測應用中心的組織架構及跟林務署間的配合模式，可作為參考。

## 二、無人飛型系統的應用：

農航所目前可運用之航攝飛機有2架，由內政部空勤總隊保管維護，且每五年需進場大檢，拍攝能量有限，難以再負擔其他特殊目的需要，為因應愈來愈多的酬載設備(DMC、ADS40、SAR等)及業務需求，應有必要提高其作業能量，引進無人飛行系統不失為一個解決之道。RSAC與國家太空總署合作開發UAS系統，從小型到大型(酬載100kg以上)的無人航空器皆有實務應用的例子，國內目前計有成功大學、逢甲大學、淡江大學等學校以及中科院投入UAS研發工作，亦有民間業者由國外引進或自行開發，執行政府機關委託之任務，然而目前皆以中小

型飛行器為主，大型機器則發展資源有限，目前中科院正規劃開發能酬載200公斤的旋翼無人載具系統，站在航遙測專責機關之立場，或可積極思考在其中扮演的角色，RSAC與NASA的合作方式可供參考。

### 三、美國森林資源調查的啟示

美國森林資源調查工作由研究部門負責推動，因為從調查方法設計、新調查技術研發到後續資料分析、模式推估等，皆屬研究發展範疇。國內林業部門的組織體制與美國不同，調查工作由行政部門推動，然而仍有一些作法值得國內參考：

#### (一)設立專責單位推動

林務署設立FIA辦公室專責推動資源調查工作，每個分區辦公室約有30~40名職員或約僱員工，有常設性組織，對於新進調查人員的培訓、技術支援、資料整合分析等作業能維持常態性辦理，形成SOP，使技術及經驗得以保存。

#### (二)定期調查改為每年性調查

國內平均約間隔15~20年辦理一次全國性森林資源調查，而美國在1998年已將原本10~20年的定期調查改為每年性經常調查，其優點如Dr. Shaw博士所解釋，一次性大規模調查所獲取的資料，可信賴的時間往往僅能維持幾年，而每年性調查透過適當的取樣機制，能有效反應森林資源現況，加上經常性預算較容易爭取及編列，避免以往常因經費不足造成計畫延宕的情形。國內目前第四次全國森林資源調查工作已即將告一段落，後續將檢討既有森

林調查體系的整合更新機制，包含全國森林資源調查、事業區檢訂調查及森林永久樣區調查系統等，目前亦朝向漸進式的持續調查來規劃，然而Dr. Shaw博士亦表示美國在1998年改為每年性調查，並納入森林健康監測機制後，約花了五年的時間過渡及調整，才步上正軌，國內在檢討調查體系整合更新機制時，美國的經驗可供參考。

#### 四、對於林業國際合作的建議

本次受到各機關的對應研究人員的招待，遙測應用中心Brad Quayle博士更安排兩個整天的課程，請各專案主持人簡報及討論，且同時期還有另一團印度參訪團，被安排在另一個簡報室介紹，一方面顯示他們對於國際交流的重視，另一方面亦感受到他們樂於展示技術、分享經驗的熱忱，本次研習與相關專案研究人員有不同程度的交流與討論，並建立後續聯繫之管道。

本次研習於籌備時，均直接透過與各研究單位電郵聯繫，然而在遙測應用中心的第二天，Dr. Quayle向我們介紹林務署國際林業處的官員Sasha Gottlieb小姐，她負責南亞區（South-Asia Program）之有關國際聯繫工作，本次研習是透過RSAC向國際林業處呈報，將來如有相關的國際交流，應先透過她來安排聯繫。RSAC本身為研發及訓練機關，有豐富接待經驗，因此在資料提供及課程安排上極為豐富，本次因時間有限，僅能以大綱方式學習，建議其他業務單位可善加利用此國際交流之資源，就業務需要安排重點式深入研習，規劃前可先向國際林業處接洽。

本次研習在RSAC業務簡報時，Dr. Quayle大致介紹了林務署的地理空間

資訊倉儲服務系統，該系統對於全國各地林務署同仁提供向量或影像式地理資訊檔案下載及查詢，以RSAC應用的衛星影像類別就有十餘種，加上光達或其他遙測工具的資料，資料量十分龐大，此外，這些資料可能因不同研究目的於不同研究區域獲取，如何統一納入倉儲管理，進而讓全署同仁皆可使用，勢必有一套完善的機制，建議該署對於地理空間資訊倉儲服務的作法，可做為下一次研習的主題。