

雪霸國家公園衛星遙測系統之建立(二)

Satellite Remote Sensing System for Shei-Pa National Park (2)

陳乃宇⁽¹⁾、陳哲俊⁽²⁾、陳繼藩⁽³⁾、許美玲⁽⁴⁾、邱清安⁽⁵⁾、張立雨^(6,7)

註解:

N.-Y. Chen⁽¹⁾, A.-J. Chen⁽²⁾, C.-F. Chen⁽³⁾, M.-L. Hsu⁽⁴⁾,
C.-A. Chung⁽⁵⁾, L.-Y. Chang^(6,7)

(1)國立中央大學太空及遙測研究中心副研究員，桃園縣 32001 中壢市五權里 38 號。

(2)國立中央大學太空及遙測研究中心教授，桃園縣 32001 中壢市五權里 38 號。

(3)國立中央大學太空及遙測研究中心副教授，桃園縣 32001 中壢市五權里 38 號。

(4)內政部營建署雪霸國家公園管理處技士，台中縣 42344 東勢鎮東關街 615-20 號。

(5)內政部營建署雪霸國家公園管理處技士，台中縣 42344 東勢鎮東關街 615-20 號。

(6)國立中央大學太空及遙測研究中心助理研究員，桃園縣 32001 中壢市五權里 38 號。

(7)通信連絡員。

摘要

以目前雪霸國家國家公園管理處之需求，配合各項可取得之遙測資源與技術發展適用之應用系統，以期能提升管理處各項工作之效率與品質。根據前期計畫之研究成果與所發展之系統，主要進行兩項工作：(1)應用 SPOT 多頻譜衛星影像進行國家公園土地覆蓋之變遷分析，(2)數位現場調查資料管理系統之建立。

關鍵字: 衛星影像、變遷偵測、全球定位系統。

ABSTRACT

According to the need for the management of national park, we develop several applications to improve the administrative quality and efficiency of the park with available remote sensed data. Basically, this project is an extension of the previous one. In this project, we provide two result: (1)using SPOT multi-spectral images to detect the land cover changes in the national park, (2)a ground survey system for collecting and managing data digitally.

KEYWORDS: Satellite Images, Change Detection, Global Positioning System.

一、研究內容與方法

1. 應用 SPOT 多頻譜衛星影像進行園區土地覆蓋之變遷分析

應用 SPOT 衛星影像進行土地覆蓋物之分類與土地利用分析已經發多年，而於 1998 年 3 月 24 日發射升空的 SPOT 4 號衛星，已經過約三個月的測試階段，並於 1998 年 6 月 27 日加入 SPOT 系列衛星的正式運作。SPOT 4 衛星比先前的 SPOT 系列衛星提供更佳的性能，它最大的特點在於新增的短波紅外線波段 (SWIR, short-wave infrared band) 以及專用於地表植被分析研究的儀器。新的 SWIR 波段有助於對地物景觀進行較以往更深入的分析判讀，SWIR 波段比原有 SPOT 衛星的波段(綠光/紅光/紅外光)，具備更強的大氣穿透能力，因此可使得衛星影像上的地物地貌更加清晰。藉由 SWIR 波段更高的亮度對比特性，地表的水線和湖泊等均可以鮮明銳利地呈現出來。此外，土壤與植物的溼度亦能從此波段之灰階亮度中分析出，因此更容易地達成有關土壤種類判識和植被農作物生長階段的監控，預計在本計劃中應用 SPOT 4 影像進行園區林地之土地利用分類。

2. 數位現場調查資料管理系統之建立

目前園區進行現場調查所得之資料多為現場紀錄於紙面上之資料，抑或是經後處理後於輸入電腦中之表格。而理論上現場調查資料在現階段都有適當之硬體

可配合進行數位化之獲取，例如現場實況照片之取得可利用數位像機，而位置可由全球定位系統取得。但這些設備必須經過有效的整合才能配合園區之調查工作，因此在這部份計畫中預計進行下列項目：

(1) 國家公園車輛、人員衛星導航系統之建立

目前可直接購買之定位系統僅能提供使用者座標，因此使用者必須配合其他紙面上之地圖或是其他資訊才可得到有用之位置資訊，因此在計畫中將提供以地圖顯示定位資料之系統，並且其尺寸以目前掌上型電腦之大小進行設計，以提供園區車輛與人員進行調查時定位之使用。

(2) 建立數位現場調查資料管理系統

各種現場調查資料必須有效並簡便的在現場進行同時蒐集，且提供使用者在資料取得後可進行適當之後處理界面與現有之地理資訊系統整合，最後在進行整合後可提供方便的查詢與分析功能。在計畫中將建立一全數位化之現場調查資料管理系統，並且與管理處現有之系統直接整合，以達到資源共享與交互查詢分析之目的。

二、成果說明

1. 應用 SPOT 多頻譜衛星影像進行園區土地覆蓋之變遷分析

傳統上，使用之現場調查來完成土地利用變遷之工作雖可達到相當高之精密

度，但其成本也相對非常之高，並且須花費較長之時間。而利用衛星影像來進行時，則可有效改進此一缺點，尤其是調查範圍很大時。

在研究案中主要使用 SPOT 衛星多光譜影像進行地表物之變遷偵測。SPOT 影像在接收後必須進行影像正射化之工作，除了 SPOT 1~3 之衛星正射影像為太空遙測中心之標準產品外，SPOT4 之衛星正射影像截至目前為止並非太空遙測中心之標準產品，因此在本研究案中以影像處理軟體 ERDAS Imagine 8.3 進行影像正射化(ERDAS, 1994)之工作，在校正過程中所需之控制點資料則由一萬分之一的相片基本圖與過去已經正射化之衛星影像測量所得。數值地形資料則用雪霸國家公園管理處所提供 5 公尺間距等高線所製作之 5 公尺解析度網格數值地形數位資料。

本研究案主要是針對園區內部之土地長期變遷進行偵測，而在分類上則以衛星影像所能辨識之類別進行分類。目前在影像變遷偵測使用的分類法則為監督式的最大相似分類法(supervised maximum likelihood classification)(Richard, 1986)。由於監督式分類法必須先選取訓練區，而訓練區通常須由地面真實資料而來，因此在本案中參考林務局的林相圖進行訓練區之選取。但由於林務局之林相圖之製作期間為民國 82~83 年，期間必然有所變遷，因此並非所有區域均可取為樣區進行訓練，故在計劃中參考所取得之衛星影像加以人工判別，以得到正確之訓練樣區。

參考圖 1，最大相似分類假設影像上每一類別所具有之灰度值分布為一高斯分布。因此，某一灰度值 G 對於每個訓練樣本均有相對機率密度 $P(C/X)$ 存在，可由下式表示：

$$P\left(\frac{X}{C}\right) = \frac{1}{\sqrt{|\Sigma_C|}} \exp\left[-\frac{(X - M_C)^T \Sigma_C^{-1} (X - M_C)}{2}\right] \quad (1)$$

$$P\left(\frac{C}{X}\right) \times P(X) = P\left(\frac{X}{C}\right) \times P(C) \quad (2)$$

$$P\left(\frac{C}{X}\right) = P\left(\frac{X}{C}\right) \times \frac{P(C)}{P(X)} \quad (3)$$

X : 像元 G 灰度向量

P_C : 對於訓練區類別 C 的相對機率密度

M_C : 訓練區類別 C 的平均值向量

Σ_C : 訓練區類別 C 的協變方矩陣

$P(X/C)$: 在訓練區類別 C 出現時灰度向量 X 的相對機率

$P(C/X)$: 在灰度向量 X 出現時訓練區類別 C 的相對機率

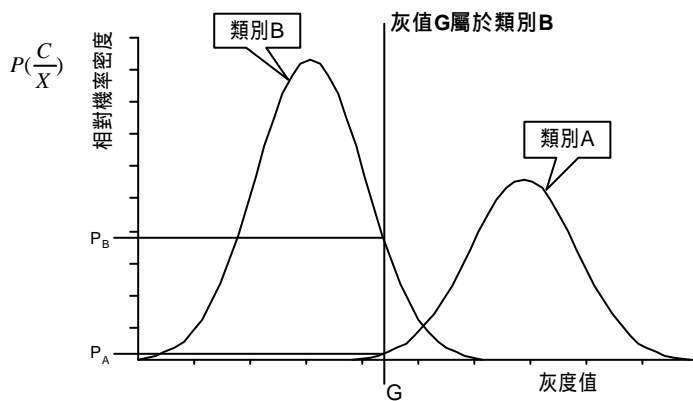


圖 1、最大相似分類法，對像元 G 而言 $P_B > P_A$ ，故像元 G 被歸類為類別 B

在訓練區選擇完成後，各類別的協變方矩陣與平均值向量均可得到，因此影像上每個像元對每個類別均可得到一相對機率密度值。此時則以相對機率密度值最大之類別為此像元之歸屬類別。

本計劃選擇武陵地區 15km×15km 為範圍，依年度與季節分別選取適用之衛星影像分別如圖 2，所採用衛星影像資料如表 1 所列：

表 1、本計劃所採用 SPOT 衛星影像資料一覽表

衛星	SPOT1	SPOT2	SPOT2	SPOT4	SPOT4	SPOT1
攝影方式	多光譜	多光譜	多光譜	多光譜	多光譜	多光譜
攝影日期	1995/10/21	1996/11/08	1997/12/19	1999/02/18	1999/10/15	2000/11/10
範圍	15´15(km)	15´15(km)	15´15(km)	15´15(km)	15´15(km)	15´15(km)
解析度	12.5m	12.5m	12.5m	12.5m	12.5m	12.5m

由於武陵農場附近地區因土地利用狀況較為特殊，計劃中將就此區域分類後影像以農場附近地區 3km×7.5km 之範圍，針對 1995、1996、1997、1999 及 2000 年間 SPOT 分類後影像進行相同季節(10 月至 12 月)之長時間各類型土地利用狀況之變遷分析，其分類與分析結果分別如圖 3 與圖 4 所示。就長時間而言，在 1996 年間森林區的面積顯著減少，取而代之的則主要為箭竹地與草地之混合類別。而在接下來的幾年間森林之分布則又恢復至 1995 年之面積，箭竹地與草地之混合類別則相對降低。裸露地面積之變化則無明顯之趨勢。農地面積則在 1996 年度之最高峰後逐年下降。

此外，計劃中亦以 1999 年不同季節(2 月及 10 月)之 SPOT4 影像進行土地利用狀況之分析比較。其分析結果如表 2 所示，由分類結果可看出箭竹地與草地

之混合類和森林區互為主要之消長，但由於森林區面積不可能有如此明顯季節變化，因此推斷 1999 年二月份的箭竹地與草生地之混合類應包含了部分葉片較為稀疏之森林區。此外，農作物在二月份至十月份間亦有減少之趨勢。

表 2、武陵農場附近地區 1999 年 2 月至 1999 年 10 月變遷統計(公頃)

	1999 年 2 月	1999 年 10 月	面積變化
森林	1766.78	1989.79	223.01
草生地及箭竹	277.78	91.23	-186.54
裸露地	74.79	65.28	-9.51
農作	143.78	116.82	-26.95

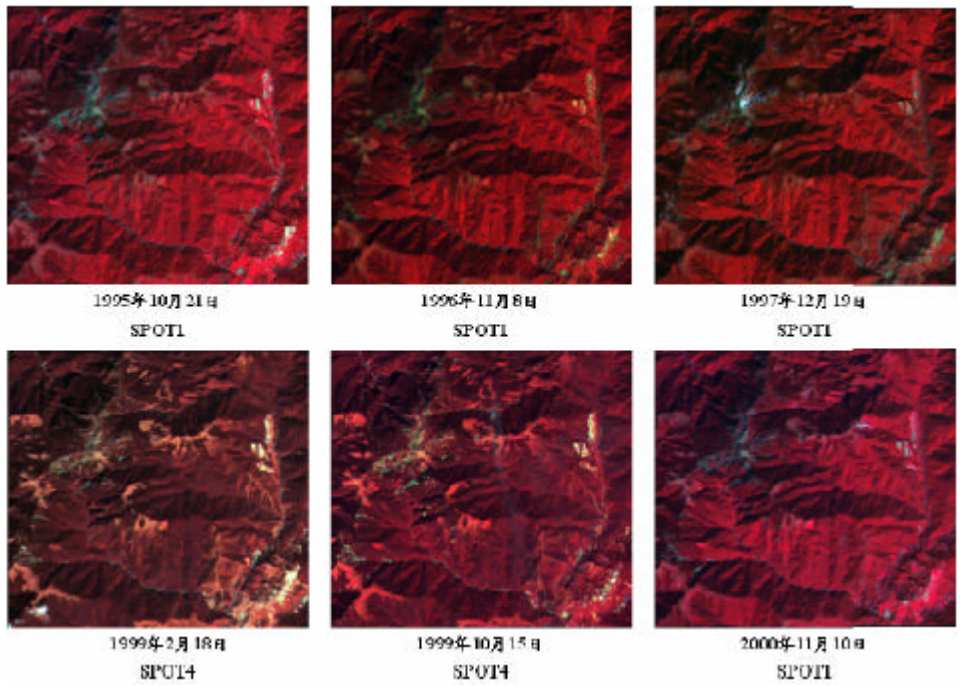


圖 2、本計劃所採用 SPOT 衛星影像資料

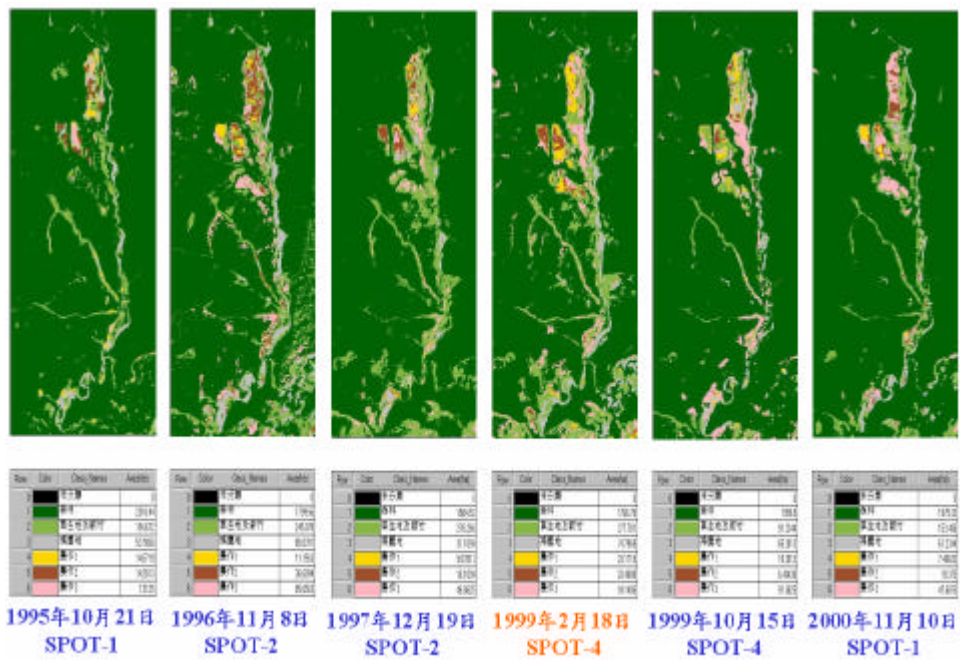


圖 3、SPOT 分類後影像進行各類型土地利用狀況之變遷分析

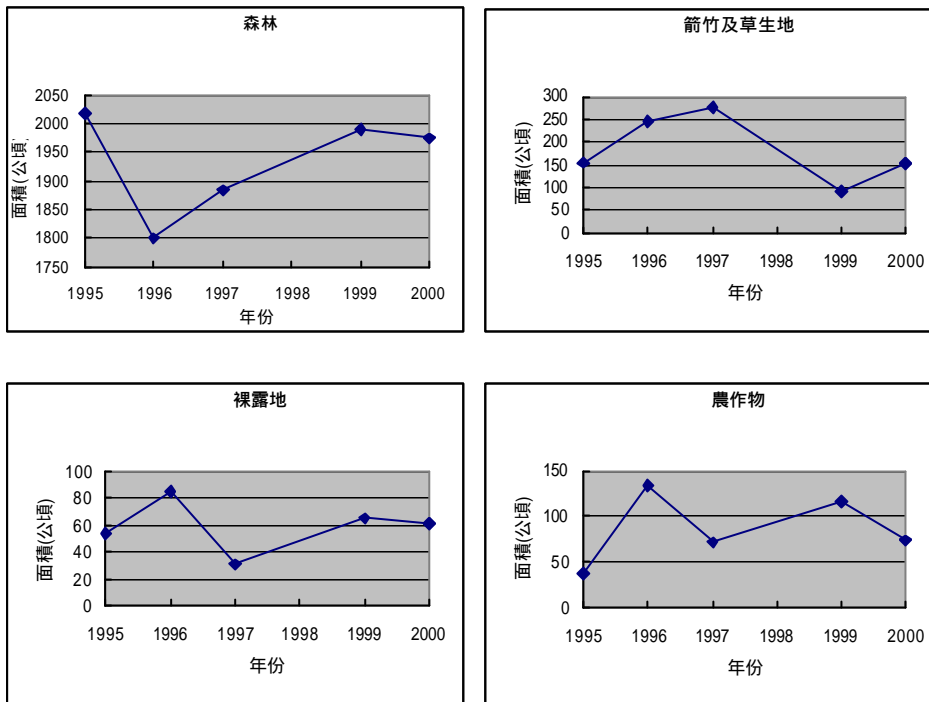


圖 4、武陵農場附近地區 1995 年 2000 年各類別面積變化圖

2. 數位現場調查資料管理系統之建立

美國國防部自 1973 年，聯合空軍的「NAVSTAR」及海軍的「TIMATION」計劃發展而成，其中發射 24 顆 GPS 衛星，分佈於全球六個軌道面上運作以來，美國已將衛星開放給民間接收 C/A 電碼，除了供飛行載具、車輛、以及海上船隻廣泛導航使用外，也另外提供載波相位 (Carrier Phase) 觀測，改變傳統的大地測量方法，由原本考慮的點位間通視問題，轉變為只要對天空通視良好即可，簡化了觀測的模式與方法，成為測量控制點的主流。

GPS 自 1994 年正式運作以來，長期受到 SA (Selective Availability) 效應影

響，單點定位精度誤差都在 100 公尺範圍，它的主要誤差來源產生，是不定期將衛星時鐘產生系統性的不準效應，使得在接收與計算衛星與接收器之間的距離，會有很大的誤差產生，進而造成定位的不精確，但自從美國柯林頓總統宣佈，2000 年 5 月 1 日起，將 SA 效應關閉，使得該項系統性的誤差可以去除，而另一項誤差來源：對流層與電離層的誤差，可以用模式模擬去除影響，使得單點定位的準確性提升，進而單點定位精度可以再提升至 15 公尺以內，甚至可達 10 公尺以內，對於導航定位而言，已足夠使用，而不需要再引用額外差分技術來提升精度，並且如前節所進行的 SA 關閉前後之相關測試證實，在目前 SA 效應關閉後單點定位之精度以可作為現場調查使用之所需。

在計劃中現場調查定位系統是以 Windows CE 掌上型電腦 (Palm-size PC 簡稱 PPC) 為主體之軟體系統發展，它還必須搭配 GPS 全球定位器、Compass 電子羅盤、Digital Camera 數位相機，它們的配置如圖所示。由於目前有更新型之 GPS 定位系統，其體積與重量均大幅縮小，其功能並提昇甚多，因此計劃中將搭配此類系統逕行整合設計與技術轉移，其系統實體與配置如圖 5 所示。



圖 5、現場調查定位系統實體與配置圖

圖 6~圖 8 為各項系統基本功能之操作情形，包含開啟程式、GPS 定位設定、圖層選取、圖層展示、放大縮小以及屬性查詢。

有關現場資料屬性部分，本系統亦設計相關表單以提供使用者作為現場紀錄之用，如圖 9 所示。其中之表單系統為活動式設計，使用者僅需利用文字編輯器即可編寫自己所需之表單格式，進而可符合不同性質之應用。

現場調查資料管理系統使用 ArcView 為設計平台，在系統中作為底圖之圖資為台灣地區兩萬五千分之一比例尺數化地形圖，為了加速系統之效能，在圖層資料上以 ArcInfo Map Librarian 之結構設計，其特點為使用分散式圖層存放之架構，可有效加速圖層資料之存取。系統中提供使用者將其作外業調查時所行經之路徑轉換後之位置紀錄顯示在視窗上，如圖 10 所示。此外本系統亦可將使用者進行調查時所拍攝之現場照片連結進入系統中，在需要時可與相關地理資料連結查詢，如圖 11 所示。

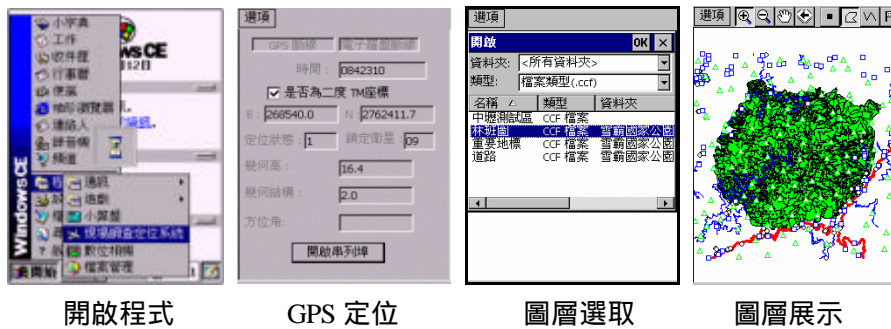


圖 6、現場調查定位系統功能

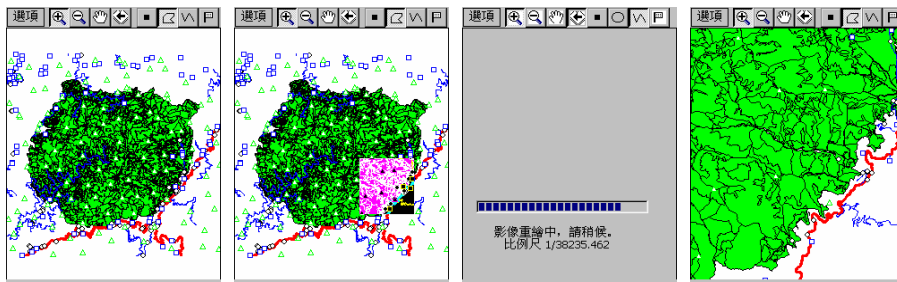


圖 7、放大縮小圖層

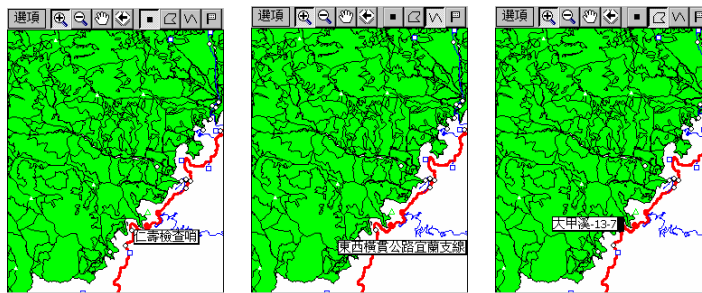


圖 8、屬性查詢

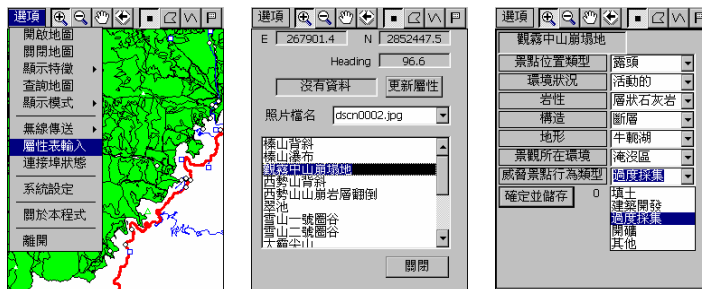


圖 9、表單紀錄範例

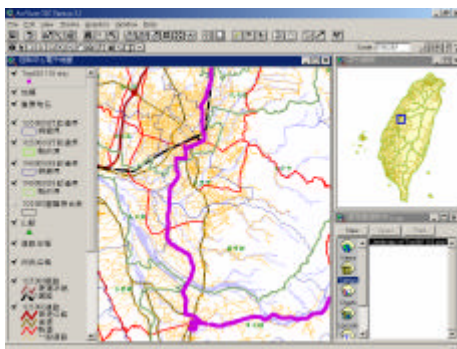


圖 10、轉換後之位置紀錄

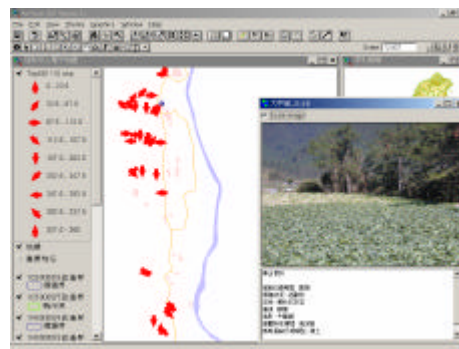


圖 11、連結展示調查結果與現場照片

三、結論

在應用 SPOT 多頻譜衛星影像進行國家公園園區土地覆蓋之變遷分析上，由於地形所造成的陰影的影響非常大，因此在可辨識之類別上有所限制，因此在本研究案中決定以裸露地、農作地、箭竹地與草地之混合以及森林地作為分類之類別區分。

在季節性變遷的分析中，其結果顯示森林地和箭竹草地互有消長之現象，可能由於春季森林地區部分區域因林木生長期之緣故，因而造成其與箭竹草地之間產生部分混合之結果。

針對國家公園進行之現場調查工作時所需記錄之資料，應用 Windows CE 之掌上型電腦所開發可利用於現場調查並照相記錄之系統，在開發完成後亦實際於園區內操作測試，其中測試時所收集的資料亦應用於後續之衛星影像分類時訓練區選取之參考，並且助益良多，由此說明本系統對於現場調查人員進行資料收集可作為一有效之工具。

四、誌謝

本研究計劃之經費由雪霸國家公園管理處提供，特此致謝。

五、參考文獻

ERDAS 1994. *ERDAS Field Guide*, pp. 307-342. ERDAS Inc.

Richard John A., 1986. *Remote Sensing Digital Image Analysis* pp. 174-180.

Spring-Verlag.