

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

子計畫一：台灣山地地區土地利用時序資料庫建立之研究 (II)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC91-2621-Z-002-014-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立臺灣大學地理環境資源學系暨研究所

計畫主持人：蔡博文

報告類型：完整報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 10 月 30 日

第一章 緒論

土地利用 (land use) 是一地區自然與人文環境交互作用的結果，而近年被認為其為影響全球環境變遷 (global environmental change)，生物多樣性 (bio-diversity)，以及永續利用 (sustainability) 的關鍵因素之一。因此土地利用變遷 (land use/cover change, LUCC) 的研究近年正如火如荼的展開，國際學術組織也相繼成立土地利用變遷研究組織，例如國際地圈生物圈計畫 (International Geosphere Biosphere Programme, IGBP) 與國際人文面向計畫 (International Human Dimension Programme, IHDP) 成立了土地利用變遷計畫，國際地理學會 (International Geographic Union, IGU) 也成立了土地利用變遷研究群 (IGU-LUCC)，期望透過群體的力量，瞭解人們利用土地的機制，進而達到掌握與預測土地利用的型態，朝向永續利用的目標。

進行土地利用變遷研究首先面臨的是資料問題，由於土地利用資料為面的分佈資料，並且具備時間序列的性質，因此在資料的收集、處理、儲存與表達上都比其他資料來的困難，以致土地利用資料的可得性 (availability) 相當低，蔡博文 (民 88、89、90) 在國科會研究經費補助下，已經完成台灣平地地區全面性的土地利用數值資料庫 (digital database)，時間涵蓋 100 年左右，然而政府機構在進行土地利用調查或地圖繪製時，往往因為經費與時間的限制，著重於有人居住的平地地區，而忽略了人口密度較低，甚或無人分佈的山地地區，以致山地地區的資料仍然付之闕如，因此山地地區土地利用資料庫的建立無法仿效平地地區的建立方式，必須尋求其他管道與方法。

土地利用資料為全面性的分佈資料，資料量龐大，以傳統的資料處理方式僅能進行小地區的研究，因此土地利用資料以數值資料為佳，可以藉由電腦工具的快速運算與大量儲存的能力，進行深入的分析。土地利用資料的另一重要特性為其具備高度空間性 (spatial)，傳統以地圖為工具來輔助研究的進行，近年由於地理資訊系統 (geographic information system, GIS) 及遙感探測 (remote sensing) 技術的發展，對於土地利用資料的收集與儲存有突破性的發展。本研究首先根據數個國際慣用的土地利用分類標準，配合台灣地區的土地利用型態，研擬山地地區土地利用分類標準，然後嘗試以不同來源的衛星影像，根據擬定的分類標準，進行土地利用資料的萃取，評估成

果，以其建立一套台灣山地地區的土地利用資料庫建立方法。

第二章 土地利用分類

第一節 國際常用土地利用分類

美國的 ANDERSON 分類標準是國際土地利用變遷研究常用的分類標準，它是以遙測資料為基礎的分類方法，所以是傾向於地表覆蓋（land cover）的分類，共分 9 大類，37 小類（見附錄一），其中第八（tundra）及第九（perennial Snow or Ice）大類是亞熱帶的台灣所沒有的類別。這套分類標準也是美國二十五萬分之一地形圖所採用的分類標準。

ANDERSON 分類是一套綜合性分類標準，涵蓋廣泛，雖以土地覆蓋為主，但是仍然隱含土地使用（land use）的意涵，例如第一大類的 urban and built-up land，分為 Residential、Commercial and Services、Industrial 等七小類，這些使用類別從衛星影像的光譜是無法辨別的，在其技術文件的說明中，明顯表示此分類系統是“land use and land cover classification system”。由於美國的土地使用管制嚴格，土地使用分區明顯，不同型態的建築物其外型、結構與分佈狀況截然不同，因此可以容易的透過形狀與組織結構（shape and texture）加以區分，台灣地區土地狹小，各類土地使用分佈面積小而破碎，加以分區使用管制未完全落實，以致各類使用混雜的情況隨處可見，例如住商混和，或小型工廠座落於住宅區等，因此台灣地區僅以衛星影像為資料來源，欲達到 ANDERSON 分類，有相當的困難度。

美國 USGS 另外有一套全國土地利用資料庫（National Land Cover Data）它是以大地衛星 7（ETM⁺）的影像資料來製作的，其分類標準稱為 NLCD，共分 9 大類，21 小類（附錄二），而其分類也與 ANDERSON 分類一樣，隱含土地使用類別，例如 developed 大類中區分為 Low Intensity Residential、High Intensity Residential 等小類，根據其技術文件，其分類方法不僅使用衛星影像本身的資訊，還運用了其他輔助資料，以及人工的修飾。

第二節 台灣地區土地利用分類

台灣地區現存的土地利用資料及其分類如表 2-1 所示，其中絕大部分資料僅涵蓋平地地區，涵蓋山地地區的資料僅有兩項，一為農林航空測量所所生產的山坡地土地利用資料，共分 8 大類，37 類，以航照判釋為主要的資訊來源，並輔以抽樣實地檢視；另一為林務局的森林資源調查，共分 74 類，無階層結構，資料生產方法與山坡地資料相同。

表 2-1 土地利用數值資料庫

時間	涵蓋區域	資料來源	分類	備註
1898-1904	平地	台灣堡圖	26	從地圖的符號中判別土地利用類別
1924-1927	平地	台灣地形圖	26	
1981~1984	平地	農委會林務局農林航空測量所數值資料	75	航照判釋輔以實地檢視
1987~1989	平地	農委會林務局農林航空測量所數值資料	104	航照判釋輔以實地檢視
1991~1994	平地	內政部地政司國土利用調查數值資料	10 大類 46 中類 93 小類	實地調查
1983~1986	山坡地	農委會林務局農林航空測量所數值資料	37	航照判釋輔以實地檢視
1990~1994	林地	農委會林務局數值資料	74	航照判釋輔以實地檢視

此二分類系統主要的不同在於：1) 山坡地分類系統無交通用地，2) 森林資源調查分類對於林木的分類較為詳細，3) 森林資源調查分類中包括通常在海岸地區出現的鹽田及魚塭類別，惟近年台灣山地地區也逐漸出現高山魚類養殖場。

第三節 土地利用分類標準

從理論觀點，沒有一套土地利用分類標準是完美的，設計一套分類標準必須衡量資料來源、完整性、延伸性、與國內現有資料的共通性以及與國際常用資料的接軌等。

一、 資料來源

目前在各級政府機構的業務中，並無土地利用調查業務，亦即目前台灣地區並無常態性的土地利用調查業務，現有資料都是計畫型的產物，因此本計畫所研擬的山坡地土地利用資料庫建置方法，無法寄望大量的政府人力資源投入，例如航照判釋或地面普查，因此衛星影像就成為實用的資料來源，近年遙測衛星技術蓬勃發展，影像品質及影像可及性大幅提升，而影像成本大幅下降，我國華衛二號也即將升空，所以衛星影像可以成為山坡地土地利用資料的主要來源。

衛星影像主要是利用其光譜特性來進行土地利用的分類，其分類主要以土地覆蓋為主，無法完成太細緻的土地使用分類，因此本計畫所研擬的山地地區土地利用分類標準以土地覆蓋為主要類別，但是必要時，輔以其他資料，增加土地使用類別。

二、 完整性

台灣山地地區大致可分為兩大區域，一為高山森林區，一為山坡地區，前者主要以森林覆蓋為主，少量原住民部落分佈其間；後者普遍人為使用頻繁，土地利用類別繁雜，其中有許多台灣地區特有的使用類別，例如：墓地、高山魚類養殖等，因此研擬的土地利用類別必須能夠涵蓋山地地區常見的土地利用類別。

三、 延伸性

研擬的類別必須易於繼續區分細類，例如 ANDERSON 分類雖只有兩階層，但是許多分類繼續延伸為三階層甚至四階層。

四、 與國內現有資料的共通性

如前節所述國內山地地區目前存在兩種分類系統，所以研擬的分類系統必須能與此二系統整合。

五、 與國際常用分類系統接軌

第一節已經回顧國際常用土地利用分類系統，為了因應未來進行土地利用比較研究（comparative study）或建立區域變遷模型，研擬的分類系統必須能夠與國際常用分類體系整合。

根據上述考量原則，本研究所研擬的分類標準包括稻作、旱作、果園、林木地、草生地、建地、墓地、交通用地、水利用地、裸露地及其他等 11 類，其與國際及國內分類標準的對照關係如表 2-2 所示。

表 2-2 山地地區土地利用分類

類別名稱	說明	Anderson Classification	NLCD	農航所山坡地土地利用分類	林務局林地土地利用分類
稻作	或稱耕地	Agricultural land	Herbaceous planted/cultivated	水稻	水田
旱作		Agricultural land	Herbaceous planted/cultivated	雜作、特用作物	茶園、甘蔗地、蔬菜地、檳榔園、其他旱作地
果園		Agricultural land	Non-natural woody	果樹	香蕉園、柑橘園、桃李梅園、蘋果梨水蜜桃園、其他果園
林木地		Forest land	Forest upland, Shrub land	林木地	冷杉天針等林木類別
草生地		Rangeland	Herbaceous upland, Herbaceous planted/cultivated(urban area)	草地	天生草生地、牧草地、苗圃用地
建地	包括工業用地	Urban & built-up	Developed	其他土地	建築用地
墓地	台灣特有類型			其他土地	墓地
交通用地		Urban & built-up	Developed		道路
水利用地	包括水體（湖泊、水庫）魚塭、河道、河川地及水利設施	Water	Water	其他土地	水面、魚塭
裸露地	崩塌地、荒地	Barren land	Barren	其他土地	裸露地、伐木基地、防火線、工礦用地、土場用地、
其他		Wetland, Tundra, Snow and ice	Wetland		其他墾地、鹽田

第三章 衛星影像

近年遙測衛星影像種類繁多，品質及可及性大幅提昇，普及性增高，除了多頻影像 (multi-spectral) 外，高頻影像 (hyper-spectral) 也逐漸普及，目前非管制可商用取得 (付費) 的多頻影像如附錄五及附錄六所示。在多頻影像部分，大抵可以分為幾類，第一類是空間解析度較低的影像，包括：MSS、AVHRR、Modis、MISR 及 SeaWifs，一般而言，太低解析度的影像不適合用於台灣地區破碎型的土地利用型態，不過其中的 Modis 所提供的是非原始影像資料，而是經過加值的產品，且目前可以無償使用，所以值得進一步加以探討；第二類影像是近年發射的高解析度影像，包括 QuickBird 及 Ikonos，此二影像的空間解析度極高，達到公尺以下，雖然所呈現的資訊極為豐富，但是對於本計畫所欲處理的山地地區而言，資料量過於龐大是最大的使用限制；第三類影像包括 SPOT、RockSat-II、及 CBERS-I，此類影像空間解析度約在 10-30 公尺之間(彩色)，光譜特性也相似 (表 3-1)，其中 SPOT 影像是目前國內最常使用的影像資料，原空間解析度全色態為 10 公尺，多頻譜為 20 公尺，目前 SPOT 5 已經提升至 5/10 公尺解析度；RockSat-II 是國內即將發射的衛星，自主性高，資料取得速度及費用都優於其他資料，解析度達 8 公尺，全色態則達 2 公尺，是極為優良的資料來源，CBERS-I 是中國大陸與巴西聯合發射的資源衛星，目前國內由財團法人空間及環境科技文教基金會代理供應事宜；第四類影像包括 ETM⁺ 與 Aster，ETM⁺ 是美國大地衛星 TM 資料的延伸，Aster 與 Modis 一樣，是美國地球觀測系統(Earth Observation System, E.O.S.)的遙測衛星系統之一，這兩種影像在 VNIR(Visible and Near-infrared)部分與其他影像極為相似，但除了 VNIR 外，還有 SWIR(Shortwave Infrared)及 TIR(Thermal Infrared)等波段。

表 3-1 影像特性一覽表

	blue	green	red	Near infrared	週期	解析度 (m)
SPOT 5		0.50-0.59	0.61-0.68	0.79-0.89	26	10
Aster		0.52-0.60	0.63-0.69	0.78-0.86	16	15
ETM+	0.45-0.52	0.53-0.61	0.63-0.69	0.78-0.90	26	30
CBERS-1	0.45-0.52	0.52-0.59	0.63-0.69	0.77-0.89	26	19.5
Rocksat II	0.45-0.52	0.52-0.60	0.63-0.69	0.76-0.90	0.5	8
QuickBird	0.45-0.52	0.52-0.60	0.63-0.69	0.76-0.90	4-6	2.44
IKONOS	0.45-0.53	0.52-0.61	0.64-0.72	0.77-0.88	1-3	4

第一節 Aster

Aster 是美國太空總署 (NASA) 與日本的 Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) and the Earth Remote Sensing Data Analysis Center (ERSDAC)等三個單位所合作的計畫，它也屬美國 EOS 的一環，感應器搭載於 terra 衛星上，於 1999 年 12 月升空。它共有 14 個波段，包括 Visible and Near-infrared (VNIR) 3 波段，解析度 15 公尺，Shortwave Infrared (SWIR) 6 波段，解析度 30 公尺；Thermal Infrared (TIR) 5 波段，解析度 90 公尺，另外還有一個向後的影像供立體像對使用。各波段波長及解析度特性見表 3-2。影像包括 L1A 及 L1B 兩種，前者包括地物光譜反射值及大氣參數、幾何參數及其他原始資料，後者是經過大氣校正及幾何校正後的資料，可以立即被使用。

表 3-2 Aster 影像特性

Subsystem	Band No.	Spectral Range (μm)	Spatial Resolution, m	Quantization Levels
VNIR	1	0.52-0.60	15	8 bits
	2	0.63-0.69		
	3N	0.78-0.86		
	3B	0.78-0.86		
SWIR	4	1.60-1.70	30	8 bits
	5	2.145-2.185		
	6	2.185-2.225		
	7	2.235-2.285		
	8	2.295-2.365		
	9	2.360-2.430		
TIR	10	8.125-8.475	90	12 bits
	11	8.475-8.825		
	12	8.925-9.275		
	13	10.25-10.95		
	14	10.95-11.65		

第二節 ETM⁺

ETM⁺是美國大地衛星計畫 (Landsat program) 最新發射的一顆衛星，於 1999 年四月升空，大地衛星計畫所發射的衛星及影像特性如表 3-3 所示：

表 3-3 大地衛星影像特性

System	Launch (End of service)	I(s)	Resolution (meters)	Communications	Alt. Km	R Days	D Mbps
Landsat 1	7/23/72 (1/6/78)	RBV MSS	80 80	Direct downlink with recorders	917	18	15
Landsat 2	1/22/75 (2/25/82)	RBV MSS	80 80	Direct downlink with recorders	917	18	15
Landsat 3	3/5/78 (3/31/83)	RBV MSS	30 80	Direct downlink with recorders	917	18	15
Landsat 4*	7/16/82	MSS TM	80 30	Direct downlink TDRSS	705	16	85
Landsat 5	3/1/84	MSS TM	80 30	Direct downlink TDRSS**	705	16	85
Landsat 6	10/5/93 (10/5/93)	ETM	15 (pan) 30 (ms)	Direct downlink with recorders	705	16	85
Landsat 7	4/99	ETM+	15 (pan) 30 (ms)	Direct downlink with recorders (solid state)	705	16	150

I(s) = Instrument(s)

R = Revisit interval

D = Data rate

*TM data transmission failed in August, 1993.

** Current data transmission by direct downlink only. No recording capability.

Satellite	Sensor	Bandwidths	Resolution	Satellite	Sensor	Bandwidths	Resolution	
LANDSATs 1-2	RBV	(1) 0.48 to 0.57	80	LANDSATs 4-5	MSS	(4) 0.5 to 0.6	82	
		(2) 0.58 to 0.68	80			(5) 0.6 to 0.7	82	
		(3) 0.70 to 0.83	80			(6) 0.7 to 0.8	82	
	MSS	(4) 0.5 to 0.6	79			(7) 0.8 to 1.1	82	
		(5) 0.6 to 0.7	79			TM	(1) 0.45 to 0.52	30
		(6) 0.7 to 0.8	79				(2) 0.52 to 0.60	30
		(7) 0.8 to 1.1	79				(3) 0.63 to 0.69	30
LANDSAT 3	RBV	(1) 0.505 to 0.75	40		(4) 0.76 to 0.90		30	
		(2) 0.5 to 0.6	79		(5) 1.55 to 1.75		30	
	MSS	(3) 0.6 to 0.7	79		(6) 10.4 to 12.5		120	
		(4) 0.7 to 0.8	79		(7) 2.08 to 2.35		30	
		(5) 0.8 to 1.1	79		LANDSAT 7	ETM ⁺	(1) 0.45 to 0.52	30
		(6) 10.4 to 12.6	240				(2) 0.52 to 0.60	30
							(3) 0.63 to 0.69	30
		(4) 0.76 to 0.90	30					
		(5) 1.55 to 1.75	30					
		(6) 10.4 to 12.5	60					
		(7) 2.08 to 2.35	30					
		PAN 0.50 to 0.90	15					

第三節 華衛二號 (RockSat-II)

華衛二號衛星為太陽同步衛星，軌道高 891 公里，每日通過台灣上空二次，第一次為上午十點，可拍攝台灣八分鐘，第二次為晚上十點。光譜包括全色態(黑白)及多頻譜(彩色)，前者解析度 2 公尺，後者 8 公尺，各波段詳細規格見表 3-1，影像產品包括四種：Level 1A (原始遙測資料經輻射校正)、Level 2 (利用飛行軌道參數計算，投影到指定地理座標，並將產品旋轉為正北)、Level 3 (將 Level 2 產品加入地面控制點作幾何校正)、Level 4 (將 Level 3 產品加入數據地型模型(DTM)資料，修正高度差產生之幾何變形)。

華衛二號為國內自主發射的衛星，週期短，而且可以提供立體攝影，有助於土地利用類別的判釋，未來可以做為常態性的土地利用資料來源。由於目前尚未發射升空，無影像可供測試，但是其波譜特性與 ETM⁺的 VNIR 及 QuickBird 幾乎完全一樣，所以其他影像的處理經驗可以完全移植於此影像的處理。

第四節 中巴衛星 (CBERS-1)

中巴衛星工作在太陽同步軌道，於 1999 年 10 月升空，重複週期為二十六天，上載有三種感應器，CCD 相機空間解析度 19.5 公尺，包括可見及近紅外光 4 個波段及一個全色波段，見表 3-1；IRMSS 有一個全色段、二個短紅外波及一個熱紅外波段，可見光及短紅外波解析度為 78 公尺，熱紅外波為 156 公尺；WFI 有一個可見光段及一個近紅外波段解析度 258 公尺。以台灣地區的土地利用特性觀之，CCD 感應器的資料為適用的資料，而其光譜特性與華衛二號及其他常用影像十分相似。目前國內雖由財團法人空間及環境科技文教基金會代理供應事宜，惟未有正式使用案例，未來資料獲得的穩定度應為主要的考量因素。

第五節 Modis

Modis (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 是美國地球觀測系統(Earth Observation System, E.O.S.)的遙測衛星系統之一，它是由搭載在 Terra 及 Aqua 兩顆衛星上的感測器所組成，前者通過赤道附近，後者則於下午通過赤道，使得 Modis1-2 天就能檢視整個地球表面。

Modis 影像共有 36 個波段，波段 1-2 影像空間解析度為 250 公尺，波段 3-7 為 600 公尺，波段 8-36 為 1000 公尺。各波段內容及主要用途如表 3-4 所示。

Modis 影像由衛星傳送至位於 White Sands 及 New Mexico 的地面站，然後送至位於 the Goddard Space Flight Center 的 the EOS Data and Operations System (EDOS)進行初步處理 (level 0)。然後再由

The Goddard Space Flight Center Earth Sciences Distributed Active Archive Center (GES DAAC)處理成 Level 1A 及 Level 1B 的產品，前者是 geolocation 處理，後者是 cloud mask 處理，最後再經過 the MODIS Adaptive Processing System (MODAPS)製成 44 種產品提供外界使用。

在 44 種產品中，與土地利用直接有關的產品為「 Mod12: land cover/land cover change 」，「 Modis13: vegetation index 」，及「 Modis29: enhanced land cover and land cover change 」 Modis12 運用 decision tree 及 neural network 分類方法，提供 17 種地表土地使用使用類別 (遵循 the IGBP global vegetation database 的分類系統 (表 3-5) ; 以及土地利用變遷參數(land cover change parameters) 產品解析度為 1000 公尺，週期為每季，從 Terra 發射(1999 年 12 月)的第 18 個月開始(第 6-18 有 prototype 產品)。土地利用變遷參數不是單純的光譜變遷偵測，而是結合了 multispectral-multitemporal 資料，運用植被變遷模式來辨別變遷的類別 (type) 及強度 (intensity) ，其演算法是採 Lambin and Strahler (1994)的方法。

表 3-4 Modis 影像內容

Primary Use	Band	Bandwidth ¹	Spectral Radiance ²	Required SNR ³
Land/Cloud/Aerosols Boundaries	1	620 - 670	21.8	128
	2	841 - 876	24.7	201
Land/Cloud/Aerosols Properties	3	459 - 479	35.3	243
	4	545 - 565	29.0	228
	5	1230 - 1250	5.4	74
	6	1628 - 1652	7.3	275
	7	2105 - 2155	1.0	110
Ocean Color/Phytoplankton/Biogeochemistry	8	405 - 420	44.9	880
	9	438 - 448	41.9	838
	10	483 - 493	32.1	802
	11	526 - 536	27.9	754
	12	546 - 556	21.0	750
	13	662 - 672	9.5	910
	14	673 - 683	8.7	1087
	15	743 - 753	10.2	586
Atmospheric Water Vapor	16	862 - 877	6.2	516
	17	890 - 920	10.0	167
	18	931 - 941	3.6	57
	19	915 - 965	15.0	250
Primary Use	Band	Bandwidth ¹	Spectral Radiance ²	Required NE[delta]T(K) ⁴
Surface/Cloud Temperature	20	3.660 - 3.840	0.45(300K)	0.05
	21	3.929 - 3.989	2.38(335K)	2.00
	22	3.929 - 3.989	0.67(300K)	0.07
	23	4.020 - 4.080	0.79(300K)	0.07
Atmospheric Temperature	24	4.433 - 4.498	0.17(250K)	0.25
	25	4.482 - 4.549	0.59(275K)	0.25
Cirrus Clouds Water Vapor	26	1.360 - 1.390	6.00	150(SNR)
	27	6.535 - 6.895	1.16(240K)	0.25
	28	7.175 - 7.475	2.18(250K)	0.25
Cloud Properties	29	8.400 - 8.700	9.58(300K)	0.05
Ozone	30	9.580 - 9.880	3.69(250K)	0.25
Surface/Cloud Temperature	31	10.780 - 11.280	9.55(300K)	0.05
	32	11.770 - 12.270	8.94(300K)	0.05
Cloud Top Altitude	33	13.185 - 13.485	4.52(260K)	0.25
	34	13.485 - 13.785	3.76(250K)	0.25
	35	13.785 - 14.085	3.11(240K)	0.25
	36	14.085 - 14.385	2.08(220K)	0.35

¹ Bands 1 to 19 are in nm; Bands 20 to 36 are in μm
² Spectral Radiance values are $(\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{m}\cdot\text{sr})$
³ SNR = Signal-to-noise ratio
⁴ NE(delta)T = Noise-equivalent temperature difference

Note: Performance goal is 30-40% better than required

表3-5 IGBP global vegetation database的分類系統

<i>Natural Vegetation</i>	
Evergreen Needleleaf Forests	Lands dominated by woody vegetation with a percent cover >60% and height exceeding 2 meters. Almost all trees remain green all year. Canopy is never without green foliage.
Evergreen Broadleaf Forests	Lands dominated by woody vegetation with a percent cover >60% and height exceeding 2 meters. Almost all trees and shrubs remain green year round. Canopy is never without green foliage.
Deciduous Needleleaf Forests	Lands dominated by woody vegetation with a percent cover >60% and height exceeding 2 meters. Consists of seasonal needleleaf tree communities with an annual cycle of leaf-on and leaf-off periods.
Deciduous Broadleaf Forests	Lands dominated by woody vegetation with a percent cover >60% and height exceeding 2 meters. Consists of broadleaf tree communities with an annual cycle of leaf-on and leaf-off periods.
Mixed Forests	Lands dominated by trees with a percent cover >60% and height exceeding 2 meters. Consists of tree communities with interspersed mixtures or mosaics of the other four forest types. None of the forest types exceeds 60% of landscape.
Closed Shrublands	Lands with woody vegetation less than 2 meters tall and with shrub canopy cover >60%. The shrub foliage can be either evergreen or deciduous.
Open Shrublands	Lands with woody vegetation less than 2 meters tall and with shrub canopy cover between 10-60%. The shrub foliage can be either evergreen or deciduous.
Woody Savannas	Lands with herbaceous and other understory systems, and with forest canopy cover between 30-60%. The forest cover height exceeds 2 meters.
Savannas	Lands with herbaceous and other understory systems, and with forest canopy cover between 10-30%. The forest cover height exceeds 2 meters.
Grasslands	Lands with herbaceous types of cover. Tree and shrub cover is less than 10%.
Permanent Wetlands	Lands with a permanent mixture of water and herbaceous or woody vegetation. The vegetation can be present in either salt, brackish, or fresh water.
<i>Developed and Mosaic Lands</i>	
Croplands	Lands covered with temporary crops followed by harvest and a bare soil period (e.g., single and multiple cropping systems). Note that perennial woody crops will be classified as the appropriate forest or shrub land cover type.
Urban and Built-Up Lands	Land covered by buildings and other man-made structures.
Cropland/Natural Vegetation Mosaics	Lands with a mosaic of croplands, forests, shrubland, and grasslands in which no one component comprises more than 60% of the landscape.
<i>Non-Vegetated Lands</i>	
Snow and Ice	Lands under snow/ice cover throughout the year.
Barren	Lands with exposed soil, sand, rocks, or snow and never has more than 10% vegetated cover during any time of the year.
Water Bodies	Oceans, seas, lakes, reservoirs, and rivers. Can be either fresh or salt-water bodies.

Modis13是針對植被覆蓋的資料，包括三種不同時間及空間解析度的資料：

- 250 m NDVI and QA at 16 day (high resolution)
- 1 km NDVI, EVI, and QA at 16 day and monthly (standard resolution)
- 25 km NDV, EVI, and QA at 16 day and monthly (coarse resolution)

Modis29產品是由University of Maryland所加值生產，包括：500m global Vegetation Continuous Fields (VCF) (表3-6)、1000公尺解析度產品(使用AVHRR影像)(表3-7)及全球250m land cover change indicator (表3-8)。

表3-6 Modis29產品

Product Name	Product Type	Product Number	Spatial Resolution	Temporal Resolution
Land Cover Classification Product	At-launch	N/A	1 km	Annual
Land Cover Change Indicator Product (VCC)	At-launch & Post-launch	MOD44A	250 m	Quarterly& annual
Vegetation Continuous Fields Product (VCF)	Post-launch	MOD44B	500 m	Annual

表 3-7 1000 公尺解析度分類系統及全球各類別面積統計

Class	Area in sq. km	%
Needleleaf evergreen forest	5277925	3.67
Broadleaf evergreen forest	11138639	7.74
Needleleaf deciduous forest	569299	0.40
Broadleaf deciduous forest	1752105	1.22
Mixed forest	3272545	2.28
Woodland	16533042	11.50
Wooded grasslands	22653618	15.75
Closed shrublands	7436875	5.17
Open shrublands	17938741	12.47
Grassland	12382238	6.61
Cropland	11126625	7.74
Bare ground	33583362	23.28
Urban and built-up	260092	0.18
Total	143825106	100.00

表 3-8 250 公尺解析度變遷資料

Time 1 Cover Type	Time 2 Cover Type				
	Forest	Non-forest	Bare	Water	Burn
Forest	-	Deforest.	Deforest.	Flooding	Burn
Non-Forest	Regrowth	-	Urban.	Flooding	Burn
Bare	Regrowth	Agricul.	-	Flooding	-
Water	Flood retreat	Flood retreat	Flood retreat	-	-
Burn	Regrowth	Regrowth	-	-	-

Modis 影像目前可以無償使用，透過可以查詢及下載資料 (<http://edcimswww.cr.usgs.gov/pub/imswelcome/>)，目前建議使用 v004 產品，該產品是經過驗證的，適合科學研究使用。

由於空間解析度較低，此影像不適合用於國內土地利用資料得使用，但是非常適合用於區域土地利用研究，例如兩岸、東南亞或全球變遷研究。

第四章 研究方法

第一節 資料

本研究主要目標在於研擬並測試一套以衛星影像為基礎，並且滿足表 2-2 分類標準的山坡地土地利用資料庫建置方法，根據第三章的回顧，Aster、ETM⁺、RockSat、SPOT、CBERS、IKONOS、QuickBird 等國內常用影像的波譜特性極為相似，主要不同點是空間解析度及重複週期，由於土地利用資料庫的建置屬於較長時間週期（3 個月、半年、一年）的資料庫建置，重複週期的影響度不大，所以主要的差異在於空間解析度。而空間解析度的衡量除了台灣地區土地利用分佈的特性外，資料儲存、處理與後續使用的成本亦為重要考量因素之一。IKONOS、QuickBird 的空間解析度極高，因此不適合於大範圍的資料萃取使用，個案的小研究區則可以獲得非常精細的資料；其餘大約可以分為三群，ETM⁺解析度為 30 公尺，屬於解析度較低的影像，Aster 與 CBERS 解析度中等，分別為 15 及 19.8 公尺，SPOT 與 RockSat 解析度較高，分別為 10 及 8 公尺，本計畫因此從三個群落中分別選用 ETM⁺、Aster 及 SPOT 影像為代表，測試從中萃取第二章所研擬的土地利用分類的適宜性。

所使用的影像特性如表 4-1 所示。除了衛星影像外，本計畫同時使用彩色航空照片做為輔助及驗證的資料。彩色航空照片購買自農林航空測量所，拍攝時間為 2002 年至 2003 年，與影像時間相近。

表 4-1 計畫使用的影像特性

影像名稱	影像時間	解析度 (m)	使用波段
ETM ⁺	2001/9/14	30	1、2、3、4、5、7
Aster	2002/3/12	15	1、2、3
SPOT5	2003/5/31	10	1、2、3、4

第二節 研究區

本計畫以南投縣信義鄉陳有蘭溪上游北自豐丘，南至和社一帶，面積約 46.788 平方公里（圖 4-1）。本區土地利用類別豐富，有森林、果園、旱作、聚落、堤防、道路、墳墓、崩塌地等，符合第二章所研擬的土地利用類別。



圖 4-1 研究區

第三節 研究方法

傳統影像分類方法包括監督性 (supervise) 與非監督性 (unsupervise) 兩種方法，台灣山地地區除原生森林外，人為種植的旱作及果園種類繁多，部分且有棚架、暖房等，並且受限於地形關係，面積狹小，亦即土地利用分佈非常破碎；建地亦然，有傳統農舍、現代水泥建築、也有鐵皮屋頂等，因此若採監督性分類，必須有大量的已知樣本點資料，不符自動化處理的原則，因此本計畫採先非監督性分類，依光譜分佈特性，區分為 200 類別，然後配合彩色航空照片資料，以監督性方法進行叢集分析 (clustering)，以期得到理想的土地利用分佈資料。研究流程如圖 4-2 所示。

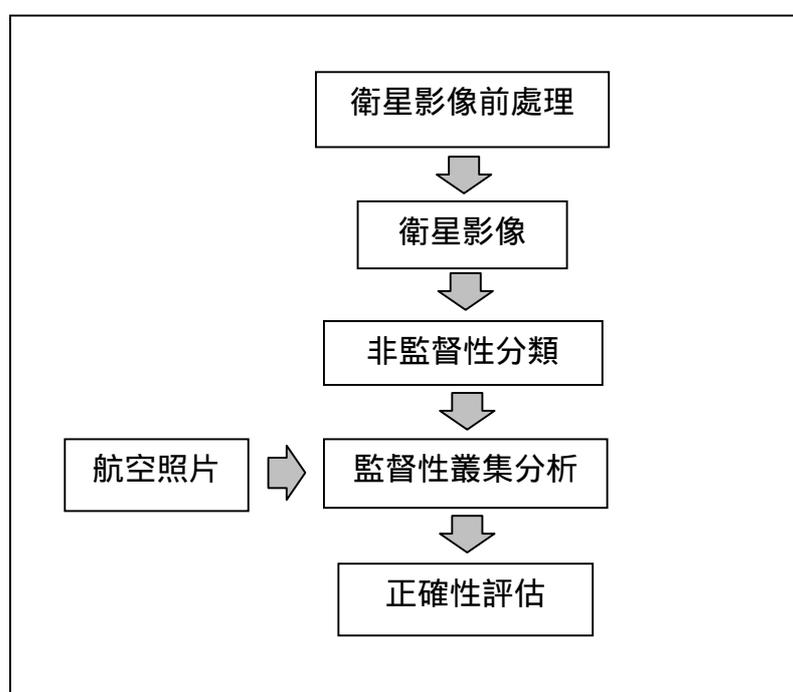


圖 4-2 資料分析流程

衛星影像前處理

SPOT 影像購買自中央大學太空遙測研究中心，已經經過完整的處理程序，所以不需要再進行資料處理工作，其餘影像必須進行座標及投影系統的轉換，使所有資料能夠套合至絕對位置上；然後必須去除影像的陰影區域，將其排除在後續的分類作業範圍內。

非監督性分類

接下來以 ISODATA 進行非監督性分類，共分 200 類。

監督性叢集分析

完成非監督性分類後，根據彩色航空照片的資訊，以監督性方法進行叢集分析。

正確性評估

正確性評估採 Kappa 指標，方法是於研究區內任意 (random) 產生 300 個位置座標，然後根據彩色航空照片進行人工判釋土地利用類別，再據以分別與三種影像的分類結果計算 Kappa 值。300 個位置座標有小部分分別落入三幅影像的陰影區，所以每幅影像的實際評估樣本點均略少於 300 點，SPOT 影像為 274 點，Aster 影像為 239 點，ETM⁺為 252 點。

第五章 結果與討論

經過分類及叢集分析後，共得水體、建地、林地、旱作、果園、及裸露地等六類，道路、草生地、墳墓地、水利地及耕地無法準確的判別產生，經審視研究區資料，耕地（水稻田）在研究區內幾乎不存在，但是水稻甜的光譜特性極為明顯，相關研究或案例也相當豐富，因此只要研究區內存在此類別，應可以準確的判別出來；墳墓地、水利地（堤防）及道路可能因影像解析度的因素，而無法在非監督性分類中產生類別；草生地也未能在非監督性分類中產生類別，但究竟是面積太小，影像解析度不足，抑或研究區內無草生地，有待後續探討。

六種土地利用的 Kappa 值如表 5-1、5-2 及 5-3 所示，整體而言，SPOT 的 Kappa 值最高，達 0.73，ETM⁺與 Aster 分別為 0.6678 及 0.6461，而整體的分類正確性 SPOT 達 78.10%，ETM⁺為 73.41%，Aster 為 71.13%。

SPOT 影像對於林木地、裸露地及果園的判釋力都達 80% 以上，林木地甚至近 90%，不過 Kappa 值以水體及果園最佳，亦即整體正確性判釋能力以果園為最佳。

表 5-1 SPOT 影像正確性檢核

檢核點數：274 點						
實際 分類	水體	建地	林木地	旱作	果園	裸露地
水體	23	0	0	1	0	3
建地	0	25	0	9	1	0
林木地	0	0	26	1	7	0
旱作	0	5	0	44	6	2
果園	0	0	3	7	63	0
裸露地	7	5	0	2	1	33
類別	檢核數 (Reference Totals)	分類數 (Classified Totals)	正確數 (Number Correct)	Producers Accuracy (%)	Users Accuracy(%)	
水體	30	27	23	76.67	85.19	
建地	35	35	25	71.43	71.43	
林木地	29	34	26	89.66	76.47	
旱作	64	57	44	68.75	77.19	
果園	78	73	63	80.77	86.30	
裸露地	38	48	33	86.84	68.75	
總計	274	274	214			
整體分類正確率 (Overall Classification Accuracy)				78.10%		
類別	Kappa					
水體	0.8336					
建地	0.6724					
林木地	0.7369					
旱作	0.7024					
果園	0.8085					
裸露地	0.6372					
整體 Kappa 值	0.73					

Aster 影像對於林木地及果園的判釋力最佳，分別達 92.86% 及 82.61%，而 Kappa 值以林木地最高，達 0.8822，除了林木地外，其餘各類別表現都劣於 SPOT，顯示空間解析度的確有相當程度的影響。

表 5-2 Aster 影像正確性檢核

檢核點數：239 點						
實際 分類	水體	建地	林木地	旱作	果園	裸露地
水體	21	0	0	1	0	8
建地	2	22	0	5	0	4
林木地	0	1	26	2	0	0
旱作	1	10	1	42	8	4
果園	0	1	1	12	38	0
裸露地	6	0	0	2	0	21
類別	檢核數 (Reference Totals)	分類數 (Classified Totals)	正確數 (Number Correct)	Producers Accuracy (%)	Users Accuracy(%)	
水體	30	30	21	70	70	
建地	34	33	22	64.71	66.67	
林木地	28	29	26	92.86	89.66	
旱作	64	66	42	65.63	63.64	
果園	46	52	38	82.61	73.08	
裸露地	37	29	21	56.76	72.41	
總計	239	239	170			
整體分類正確率 (Overall Classification Accuracy)				71.13%		
類別	Kappa					
水體	0.6569					
建地	0.6114					
林木地	0.8828					
旱作	0.5034					
果園	0.6666					
裸露地	0.6736					
整體 Kappa 值	0.6461					

ETM⁺ 影像以裸露地的判釋力較佳，達 81.58%，而 Kappa 值以水體及建地較佳，整體 Kappa 值與 Aster 影像相似。由於 ETM⁺ 影像的空間解析度低於 Aster 影像，但其光譜波段較多，因此是否由於研究區的土地利用分佈較為破碎，15 公尺解析度為一門檻值，亦即超過此值，影像解析度已無敏感性，抑或 ETM⁺ 影像較豐富的光譜增加判釋能力，值得繼續加以探討。

表 5-3 ETM⁺ 影影像正確性檢核

檢核點數：252 點						
實際 分類	水體	建地	林木地	旱作	果園	裸露地
水體	15	1	0	1	0	1
建地	1	28	0	3	0	4
林木地	0	0	12	1	10	0
旱作	0	4	0	49	11	2
果園	1	2	4	9	50	0
裸露地	11	0	0	1	0	31
類別	檢核數 (Reference Totals)	分類數 (Classified Totals)	正確數 (Number Correct)	Producers Accuracy %	Users Accuracy(%)	
水體	28	18	15	53.57	83.33	
建地	35	36	28	80	77.78	
林木地	16	23	12	75	52.17	
旱作	64	66	49	76.56	74.24	
果園	71	66	50	70.42	75.76	
裸露地	38	43	31	81.58	72.09	
總計	252	252	185			
整體分類正確率 (Overall Classification Accuracy)				73.41%		
類別	Kappa					
水體	0.8125					
建地	0.7419					
林木地	0.4893					
旱作	0.6547					
果園	0.6625					
裸露地	0.6714					
整體 Kappa 值	0.6678					

三種影像及判釋結果如圖 5-1、5-2 及 5-3 所示，綜合三種影像的判釋結果，發現主要的類別混淆包括：

- 林木地與果園

部分果園不易與林木地分別，主要是大型且枝葉茂密的果樹。這個現象在 ETM⁺ 影像尤其明顯，可能是山坡地果園面積較小，分佈較為破碎，空間解析度成為關鍵因子。

- 旱作與草生地

草生地與部分旱作的反應極為相似，無法分辨

- 建地與道路

水泥鋪面的道路與水泥平頂房舍的光譜反應完全相同，必須從形狀來區別，但由於本次所使用的三種影像的空間解析度都不足，以致無法區分出這兩類的土地利用。

- 水體與道路

柏油路面與水體的光譜反應相似，與水泥道路一樣必須透過形狀來區分。

- 水體與裸露地

河床或河岸裸露地的土壤濕度稍高時，會與水體產生混淆，同時因為土壤濕度變化極快，因此進行正確性評估的標準必須與影像時間完全一致，而這是不太容易完全達到的。

綜合分析結果，第一年度研究的初步結論如下：

1. 衛星影像為可用的土地利用資料來源，尤其近年各類商用影像不斷出現，價格與取得逐漸普及。
2. 土地利用為地表全面性的資料，以衛星影像來萃取全面性的資料仍有部分限制，以此次研究所研擬的 10 種類別而言，僅能萃取出 6 種類別。
3. 由於台灣地區山地地區的土地利用複雜，每種使用類別的面積狹小，分佈零碎，因此影像的空間解析度扮演舉足輕重的地位，但空間解析度與處理的成本直接相關，太高的解析度反而可能造成額外的負擔，初步評估 SPOT 5（解析度 10 公尺）及 RockSat II（解析度 8 公尺）應為理想之影像。
4. 以衛星影像萃取土地利用資料必須與地理資訊系統結合，例如前述的混要類別，部分可以運空間過濾（spatial filter）的方式來解決。
5. 根據第一年的心得，第二年計畫將朝向以下的重點來進行：
 - 評估超高光譜影像（hyper-spectral）的適用性
 - 配合 RockSat II 升空，嘗試 RockSat II 影像於土地利用資料萃取的應用
 - 運用其他分類技術，例如類神經網路等

- 結合地理資訊系統於影像分類

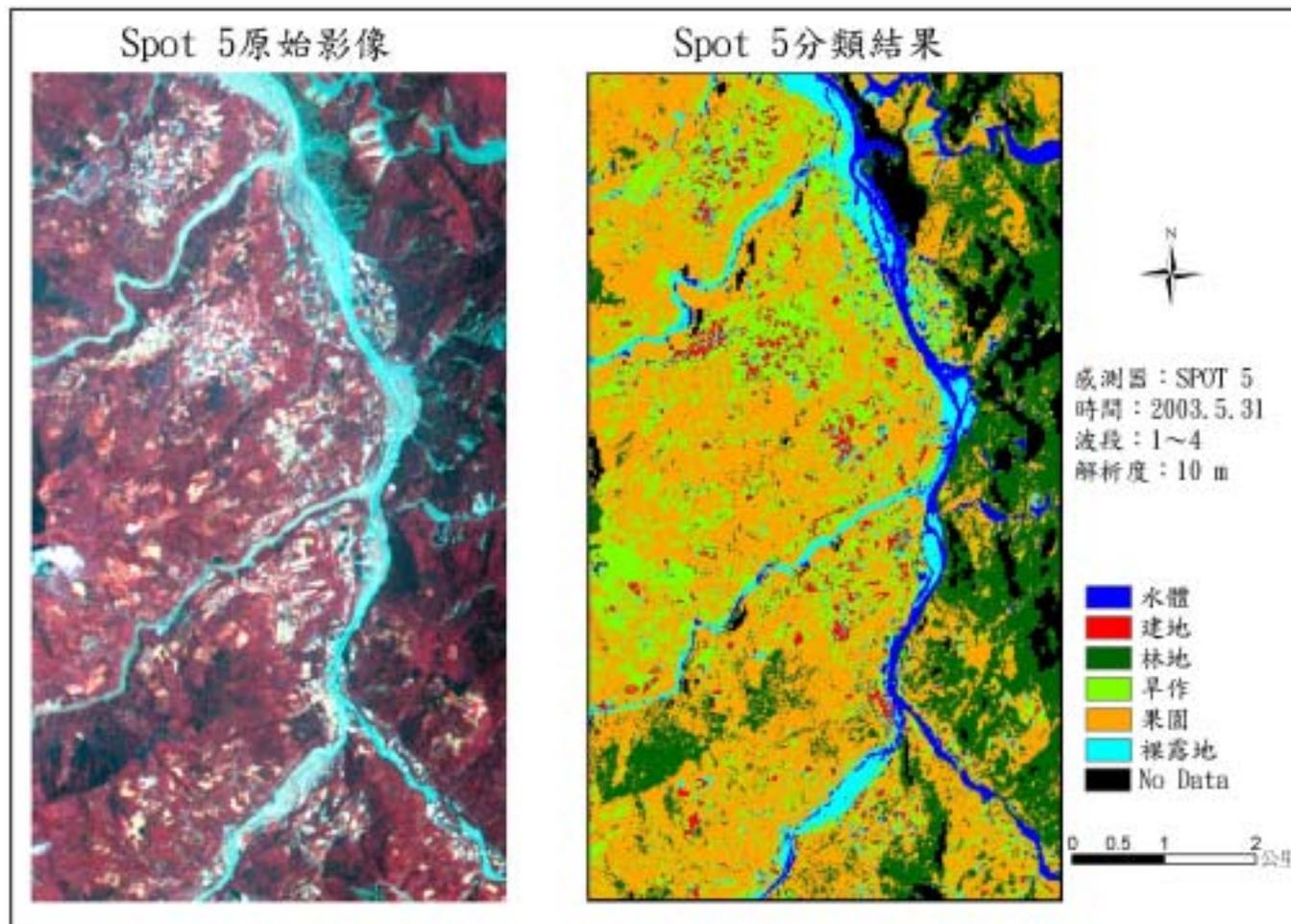


圖 5-1 SPOT 影像及分類結果

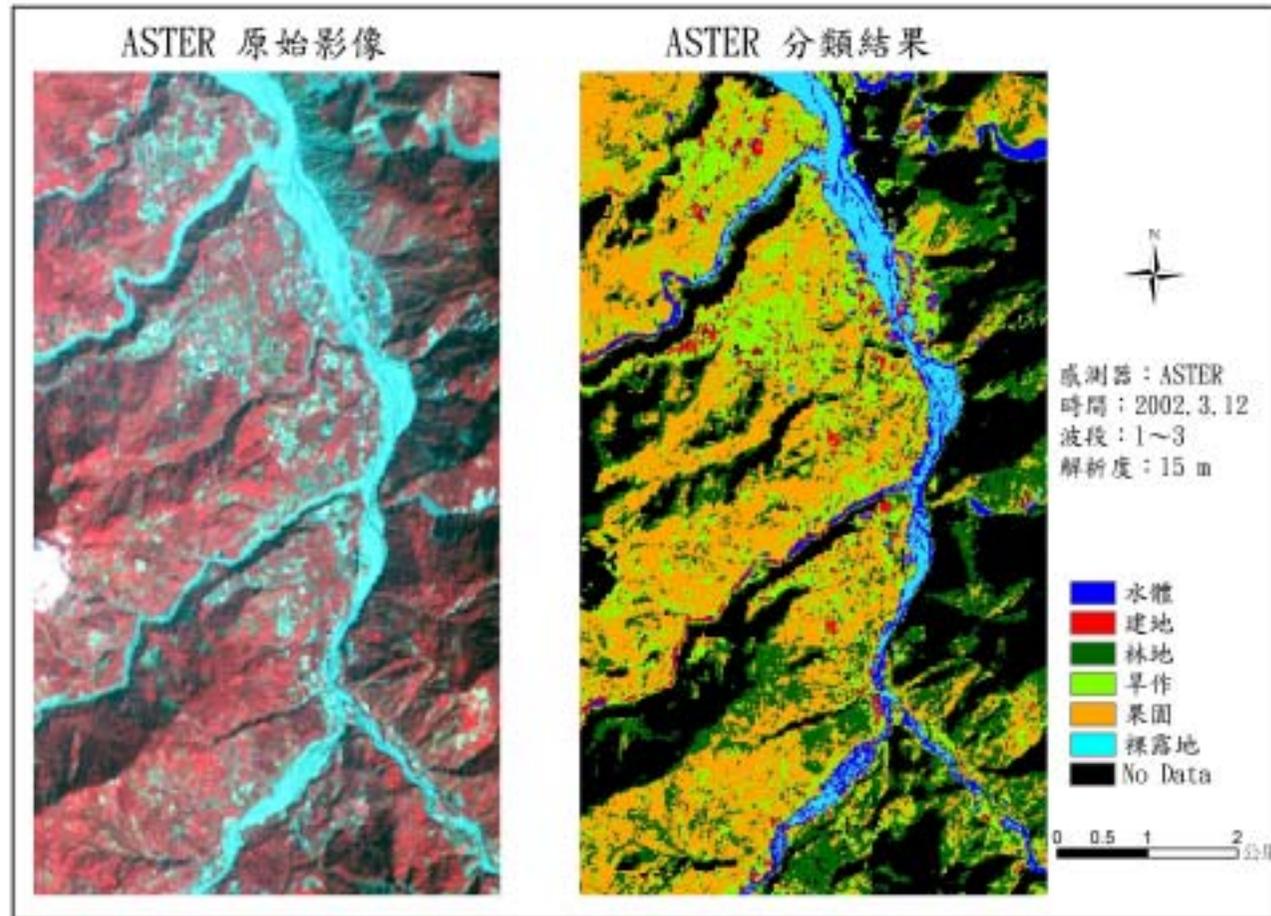


圖 5-2 Aster 影像及分類結果

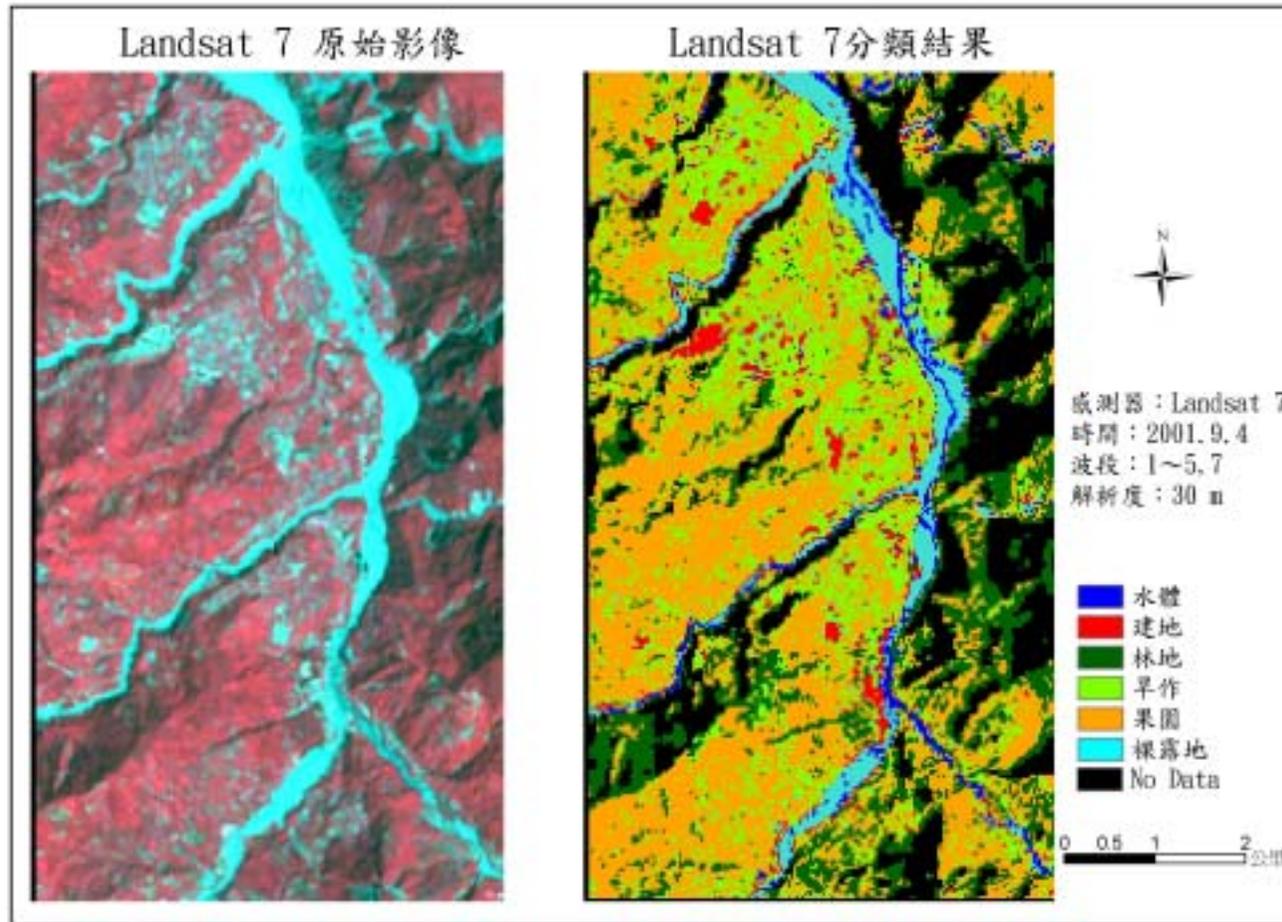


圖 5-3 ETM⁺影像及分類結果

附錄一 ANDERSON Classification

Level 1	Level 2
1 Urban or Built-up Land	11 Residential
	12 Commercial and Services
	13 Industrial
	14 Transportation, Communications, and Utilities
	15 Industrial and Commercial Complexes
	16 Mixed Urban or Built-up Land
	17 Other Urban or Built-up Land
2 Agricultural Land	21 Cropland and Pasture
	22 Orchards, Groves, Vineyards, Nurseries, and Ornamental Horticultural Areas
	23 Confined Feeding Operations
	24 Other Agricultural Land
3 Rangeland	31 Herbaceous Rangeland
	32 Shrub and Brush Rangeland
	33 Mixed Rangeland
4 Forest Land	41 Deciduous Forest Land
	42 Evergreen Forest Land
	43 Mixed Forest Land
5 Water	51 Streams and Canals
	52 Lakes
	53 Reservoirs
	54 Bays and Estuaries
6 Wetland	61 Forested Wetland
	62 Nonforested Wetland
7 Barren Land	71 Dry Salt Flats.
	72 Beaches
	73 Sandy Areas other than Beaches
	74 Bare Exposed Rock
	75 Strip Mines Quarries, and Gravel Pits
	76 Transitional Areas
	77 Mixed Barren Land
8 Tundra	81 Shrub and Brush Tundra
	82 Herbaceous Tundra
	83 Bare Ground Tundra
	84 Wet Tundra
	85 Mixed Tundra
9 Perennial Snow or Ice	91 Perennial Snow or Ice 91 Perennial Snowfields
	92 Glaciers

附錄二 NLCD Land Cover Classification System

Water	11 Open Water
	12 Perennial Ice/Snow
Developed	21 Low Intensity Residential
	22 High Intensity Residential
	23 Commercial/Industrial/Transportation
Barren	31 Bare Rock/Sand/Clay
	32 Quarries/Strip Mines/Gravel Pits
	33 Transitional
Forested Upland	41 Deciduous Forest
	42 Evergreen Forest
	43 Mixed Forest
Shrubland	51 Shrubland
Non-natural Woody	61 Orchards/Vineyards/Other
Herbaceous Upland	71 Grasslands/Herbaceous
Herbaceous Planted/Cultivated	81 Pasture/Hay
	82 Row Crops
	83 Small Grains
	84 Fallow
	85 Urban/Recreational Grasses
Wetlands	91 Woody Wetlands
	92 Emergent Herbaceous Wetlands

附錄三 台灣山坡地土地利用分類

作物	代號	土地利用型	
水稻	1	水	稻
雜作	2	雜	作
特用作物	3	木 甘 瓊 其 他	薯 蔗 麻 物
果樹	4	香 鳳 柑 荔 芒 梨 桃 葡 枇 百 欖 其 他	蕉 梨 類 眼 果 梅 萄 杷 果 榔 樹
草地	5	牧 草 、 草 生	地
林木地	6	竹 闊 針 闊 針 闊 灌	葉 林 林 林 林
其他土地	7	水 崩 荒 公 一 墓 軍 河	面 地 地 地 地 地 地
區外土地		園 、 般	地 地 地 地
		園 圍 圍	地 地 地 地
		外 外	地 地
		外 外	地 地
		海 土	地 地
		外 外	地 地

附錄四 台灣林地土地利用分類

類型	代碼	類型	代碼
冷杉天針	011	台灣杉造林	114
鐵杉天針	012	柳杉造林	115
檜木天針	013	肖楠造林	116
松類天針	014	其他針造林	119
雲杉天針	015	人針混	120
其他天針	019	人針闊混	130
天針闊混	030	相思林造林	141
天闊純	040	楓香造林	142
天闊混	050	樟樹造林	143
桂竹林	061	光臘樹造林	144
孟宗竹林	062	台灣欒造林	145
麻竹林	063	桐類造林	146
蕨竹林	064	其他闊造林	149
綠竹林	065	人闊混	150
其他竹林	069	桂竹造林	161
天竹針混	070	孟宗造林	162
天竹闊混	080	麻族造林	163
天竹針闊混	090	蕨族造林	164
檜木	111	綠林造林	165
松類造林	112	其他竹林	169
杉木類造林	113	人竹針混	170
人竹闊混	180	其他果園	639
人竹闊針混	190	其他墾地	640
灌木林	600	伐木基地	650
天生草生地	611	道路	700
箭竹地	612	建築用地	710
牧草地	613	苗圃用地	720
茶園	620	水田	730
甘蔗地	621	防火線	740
蔬菜地	622	工礦用地	750
其他旱作地	629	土場用地	760
香蕉園	631	墓地	770
柑橘園	633	鹽田	780
桃、李、梅園	634	魚塭	790
蘋果、梨、水蜜桃園	635	其他	800
檳榔園	636	裸露地	900
		水面	930

附錄五 Multi-spectral 衛星影像

感測器	供應單位	解析度 (m)	波段	波長 (nm)	週期
MSS (Multispectral Scanner) on Landsat 1-5	EROS Data Center http://edc.usgs.gov/products/satellite.html	79	4 (with an additional thermal band on Landsat 3)	"500-1,100" (1) 500-600 (2) 600-700 (3) 700-800 (4) 800-1100 (8) 1040-1260 (Landsat 3)	16
TM (Thematic Mapper on Landsat 4,5)	EROS Data Center http://edc.usgs.gov/products/satellite.html	30/120	7	"450-12,500" (1) 450-520 (2) 520-600 (3) 630-690 (4) 790-900 (5) 1550-1750 (6) 10400-12400 (120m) (7) 2080-2350	16
ETM (Enhanced Thematic Mapper on Landsat 7)	EROS Data Center http://edc.usgs.gov/products/satellite.html http://ftpwww.gsfc.nasa.gov/las/handbook/handbook_toc.html	30/15	7+1	(1) 450-520 (2) 530-610 (3) 630-690 (4) 780-900 (5) 1550-1750 (6) 10100-12500 (7) 2090-2350 (8) 520-900 (15m)	16
HRVIR (High Resolution Visible Infrared).on SPOT 4, High Resolution Geometric) on SPOT 5	SPOT Image http://www.spotimage.com/home/sirius/welcome.htm	10/20	4	"500-1,750" panchromatic 510-730 green 500-590 red 610-680 near infrared 790-890	26
AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) on NOAA-9,11, 12, 14, 17	EROS Data Center http://edc.usgs.gov/products/satellite.html	"1,100"	5	"580-12,400" (1) 580-680 (2) 725-1100 (3) 3550-3393	1

				(4) 10300-11300 (5) 11500-12500	
QuickBird	DigitalGlobe http://www.digitalglobe.com	2.44/0.61	4+1	panchromatic 450-900 blue 450-520 green 520-600 red 630-769 near infrared 760-900	4-6
IKONOS	Space Imaging http://www.spaceimaging.com	4/1	4+1	panchromatic 450-900 blue 450-530 green 520-610 red 640-720 near infrared 770-880	1-3
MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectrometer) on EOS Terra and Aqua	NASA Earth Observing System Data Gateway http://redhook.gsfc.nasa.gov/~imswww/pub/imswelcome/plain.html http://modis.gsfc.nasa.gov/	"250/500/1000	36	"405-14,385" Land/Cloud Boundaries (1) 620- 670, (2)841- 876 Land/Cloud Properties (3) 459- 479, (4) 545- 565, (5) 1230- 1250, (6) 1628- 1652, (7) 2105- 2155 Ocean Color/ Phytoplankton / Biogeochemistry (8) 405- 420, (9) 438- 448, (10) 483- 493 (11) 526- 536, (12) 546- 556, (13) 662- 672, (14) 673- 683, (15) 743- 753, (16) 862- 877 Atmospheric Water Vapor (17) 890- 920, (18) 931- 941, (19) 915- 965 Surface/Cloud Temperature (20) 3.660- 3.840, (21) 3.929- 3.989, (22) 3.929- 3.989, (23) 4.020- 4.080 Atmospheric Temperature (24) 4.433- 4.498, (25) 4.482- 4.549 Cirrus Clouds (26) 1.360- 1.390 Water Vapor (27) 6.535- 6.895, (28) 7.175- 7.475, (29) 8.400- 8.700 Ozone (30) 9.580- 9.880 Surface/Cloud Temperature (31) 10.780- 11.280, (32) 11.770- 12.270 Cloud Top Altitude (33) 13.185- 13.485, (34) 13.485- 13.785, (35) 13.785- 14.085, (36) 14.085- 14.385	0.5

ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) on EOS Terra	NASA Earth Observing System Data Gateway http://redhook.gsfc.nasa.gov/~imswww/pub/imswelcome/plain.html http://asterweb.jpl.nasa.gov/ http://asterweb.jpl.nasa.gov/products/data_products.htm http://www.science.aster.ersdac.or.jp/en/index.html	15/30/90	14	"520-11,650" (1) 520-600, (2) 630-690, (3N) 780-860, (3B) 780-860 (15m) (4) 1600-1700, (5) 2145-2185, (6) 2185-2225, (7) 2235-2285, (8) 2295-2365/ (9) 2360-2430 (30m) (10) 8125-8475, (11) 8475-8825, (12) 8925-9275, (13) 10250-10950, (14) 10950-11650 (90m)	0.5
MISR (Multiangle Imaging Spectro Radiometer) on EOS Terra	NASA Earth Observing System Data Gateway http://redhook.gsfc.nasa.gov/~imswww/pub/imswelcome/plain.html	275	4	446-867	0.5
SeaWiFS (Sea-viewing wide field-of-view sensor) on IrbView-2	NASA GES DAAC http://daac.gsfc.nasa.gov/data/dataset/SEAWIFS/ or ORBIMAGE http://www.orbimage.com/prods/orbview_2.html	"1,100-4,500 "	8	402-885	
RockSat II	太空計畫室 http://www.nspo.gov.tw/rbweb/chinese/	8/2	4+1	panchromatic 520-820 blue 450-520 green 520-600 red 630-690 near infrared 76-900	0.5
CBERS-1	中國航天總公司	19.5 (CCD) 258 (WFI) 78/156 (IRMSS)	10	(1) 450-520 (2) 530-590 (3) 630-690 (4) 770-890 (5) 0.51-0.73 (6) 500-900 (IRMSS) (7) 1550-1750 (IRMSS) (9) 10400-12500 (IRMSS) (10) 630-690 (WFI) (11) 770-890 (WFI)	26

附錄六 Hyper-spectral 衛星影像

感測器	供應單位	波段	波長(nm)
AHS (Airborne Hyperspectral Scanner)	SenSyTech http://www.sensytech.com	48	433-12,700
AISA (Airborne Imaging Spectrometer for Applications)	Spectral Imaging http://www.specim.fi	Up to 288	430-1,000
AVIRIS (Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer)	NASA Jet Propulsion Lab http://www.makalu.jpl.nasa.gov/	224	400-2,500
CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager)	ITRES Research Limited http://www.itres.com	Up to 228	400-1,000
CHRIS (Compact High Resolution Imaging Spectrometer) on PROBA*	European Space Agency http://www.esa.int	NA	450-1,050
DAIS 21115 (Digital Airborne Imaging Spectrometer)	GER Corp. http://www.ger.com	211	430-12,000
EPS-H (Environmental Protection System)	GER Corp. http://www.ger.com	152	430-12,500
FTHSI (Fourier-Transform Visible Hyperspectral Imager) on MightySat II*	Operated by Air Force Research Labs http://www.vs.afrl.af.mil/TechProgs/MightySatII designed by Kestrel Corp. http://www.kestrelcorp.com/	256	350-1,050
Hymap	Integrated Spectronics http://www.intspec.com	100 to 200	Visible to thermal infrared
Hyperion on EO-1*	NASA Goddard Space Flight Center http://www.gsfc.nasa.gov	220	400-2,500
MIVIS (Multispectral Infrared and Visible Imaging Spectrometer)	SenSyTech http://www.sensytech.com	102	400-2,500
PROBE-1	Earth Search Sciences Inc. http://www.earthsearch.com	128	400-2,500
SFSI (Short Wavelength Infrared Full Spectrum Imager)	Canadian Centre for Remote Sensing http://www.ccrs.nrcan.gc.ca/ccrs/tekrd/rd/acc/sfsi/sfsie.html	120	1,200-2,400
TRWIS III (TRW Imaging Spectrometer)	TRW Inc. http://www.trw.com	384	380-2,450

<p>空載多譜掃描</p>	<p>農委會 http://www.csr.sr.ncu.edu.tw/service/resource/remote/airborne/amsi/amsi.htm</p>	<p>13</p> <p>(1)可見光及近紅外線，波長 0.38 至 1.1 μm，共分為 10 個波段。 (2) UV 偵測器(Ultraviolet detector): 為 Silicon, 感應 0.31 至 0.38 μm 範圍之紫外線。 (3) MCT 偵測器：感應波長 8 到 14 μm 之熱紅外線。 (4) InSb 偵測器：感應波長 4.5 到 5.5 μm 之熱紅外線。</p>
---------------	---	---