

# 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 (III)

計畫類別：整合型計畫

計畫編號：NSC92-2621-Z-002-004-

執行期間：92年08月01日至93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 93 年 11 月 4 日



# 目錄

圖目錄 .....	1
表目錄 .....	2
<b>第一章 緒論 .....</b>	<b>3</b>
第一節 前言 .....	3
第二節 空載高光譜影像遙測系統 .....	4
第三節 衛載高光譜影像系統 .....	8
<b>第二章 研究方法 .....</b>	<b>10</b>
第一節 使用資料說明 .....	10
第二節 資料前處理 .....	14
第三節 分析及分類流程 .....	18
第四節 土地利用類型 .....	20
<b>第三章 影像分類結果 .....</b>	<b>22</b>
第一節 非監督性影像分類成果 .....	22
第二節 監督性影像分類成果 .....	30
<b>第四章 結論與建議 .....</b>	<b>36</b>
第一節 分類成果比較 .....	36
第二節 後續研究建議 .....	39
<b>參考文獻 .....</b>	<b>41</b>

## 圖目錄

圖 一 美國加州 Van Nuys 部分地區的航空照片 (上) 及 AIS 的 32 個波段影像 (下) .....	4
圖 二 AVIRIS 的應用示意圖。(JPL, 2004) <a href="http://aviris.jpl.nasa.gov/">http://aviris.jpl.nasa.gov/</a> ..	5
圖 三 試驗區影像示意及基本特性說明。 .....	11
圖 四 原始 242 個波段影像立方體。 .....	12
圖 五 原始影像光譜反應剖面。 .....	12
圖 六 原始影像光譜曲線.....	13
圖 七 影像反射率曲線及正負標準差值。 .....	15
圖 八 影像雜訊及錯誤波段示意圖。 .....	16
圖 九 116 個波段影像反射率曲線及正負標準差值。 .....	16
圖 十 地面控制點分佈圖。 .....	17
圖 十一 分析及分類流程圖.....	19
圖 十二 原始波段影像 ISODAT 分類結果.....	23
圖 十三 PCA 轉換影像 ISODATA 分類結果.....	23
圖 十四 MNF 轉換影像 ISODATA 分類結果.....	24
圖 十五 PCA 轉換後各主軸影像波段.....	25
圖 十六 MNF 轉換後影像成果.....	26
圖 十七 原始波段影像最小距離法分類結果.....	30
圖 十八 PCA 轉換影像最小距離法分類結果.....	31
圖 十九 MNF 轉換影像最小距離法分類結果.....	31

## 表目錄

表一 主要高光譜儀基本特性。.....	7
表二 EO-1 衛星 Hyperion 與 ALI 影像資料特性表。.....	9
表三 山坡地土地利用分類表 (蔡博文, 2003).....	21
表四 原始波段 ISODATA 影像分類成果檢核表.....	27
表五 PCA 轉換影像 ISODATA 影像分類成果檢核表.....	28
表六 MNF 轉換影像 ISODATA 影像分類成果檢核表.....	29
表七 原始波段最小距離法影像分類成果檢核表.....	32
表八 PCA 轉換影像最小距離法影像分類成果檢核表.....	33
表九 MNF 轉換影像最小距離法影像分類成果檢核表.....	34

# 第一章 緒論

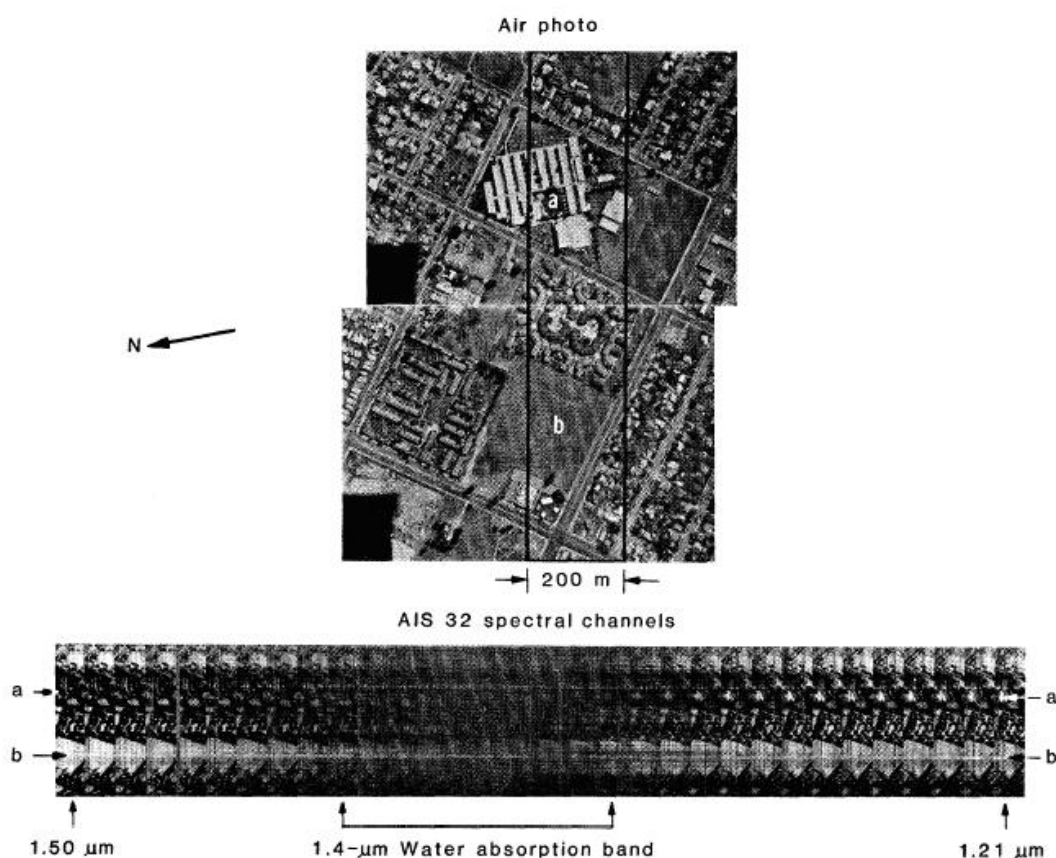
## 第一節 前言

本研究是延續前一年的計畫，目的是研擬並測試一套以衛星影像為基礎，在能滿足山坡地土地利用分類標準下，提供山坡地土地利用資料庫的最佳建置方法。在先前的研究中，以 ASTER、Landsat 7、SOPT 4 這三種多光譜的資源遙測衛星影像進行土地利用分類，整體的精度分別為 71.13%、73.14%、78.10%，造成精度誤差的主因不外是空間解析度不足及光譜解析度不高的情況下造成分類上的混淆（蔡博文，2003）。

近年來遙測科技的進步，遙測衛星影像在空間解析度有相當大的提升，例如 Quickbird 的 0.61 米，在光譜解析度與輻射解析度的提升上，主要是在高光譜儀運用在遙測上，高光譜儀從物體上得到很多很窄的電磁波波段，比起多光譜影像（Multispectral Remote Sensing）波段寬更小、波段數更多，每個像元可以提供數十個到數百個約小於 10nm 的波段，能夠產生一條完整的光譜曲線，相對於多光譜約大於 100nm 且波段不連續的影像，高光譜影像的光譜解像力更高，使原本在多光譜的遙測影像中不可被探測出的物質，在高光譜影像中可以被探測出來。因此本研究今年度欲嘗試以高光譜影像判釋山坡地土地覆蓋，評估高光譜影像在山坡地土地利用判釋上的準確度。

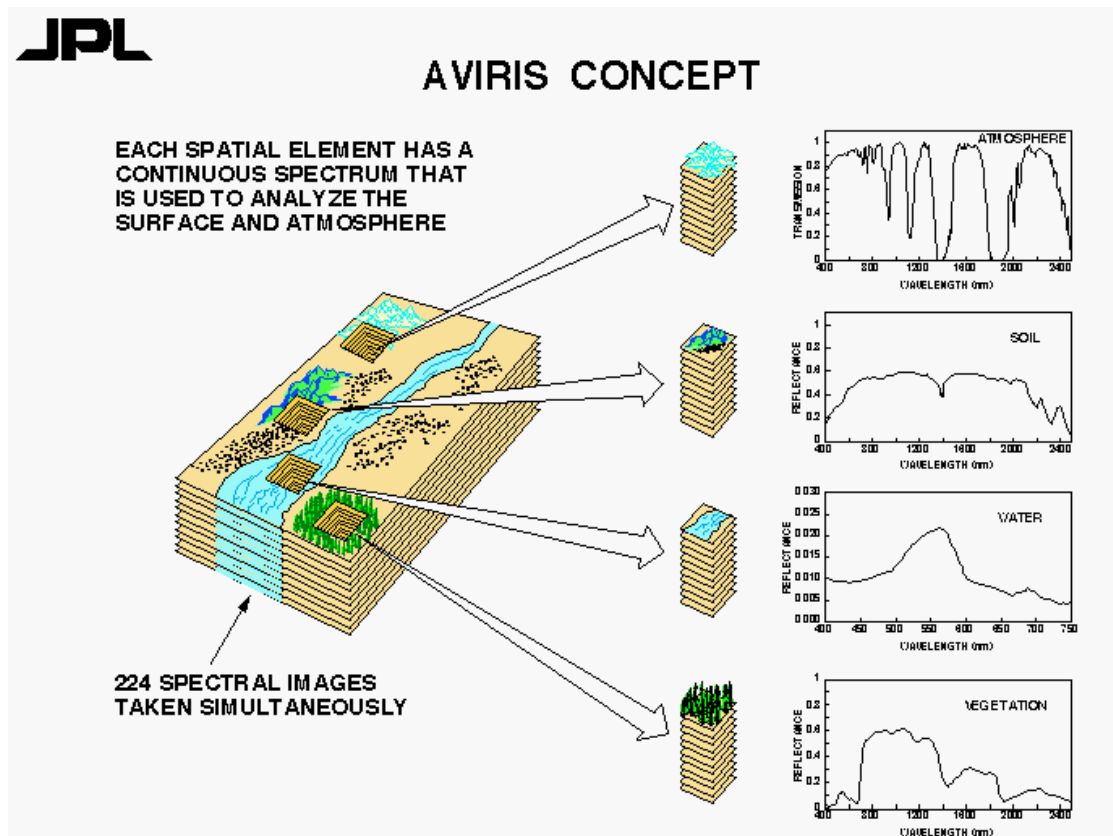
## 第二節 空載高光譜影像遙測系統

過去多光譜遙測系統受限於光電技術，只能取得少量的光譜波段之多光譜影像，隨著光電系統的進步，遙測系統朝向高空間解析度及高光譜解析度發展。最早的高光譜遙測影像為 AIS-1 (Airborne Imaging Spectrometer-1) 於 1983 年拍攝 (Geotz et al, 1985)，爾後又推出了 AIS-II，此兩種為第一代的高光譜感測器的代表。圖一為美國加州 Van Nuys 地區的航照影像與相對應的 AIS 影像，a 為一個學校的院子，b 為空曠地，由 AIS 的 32 個 9.3 nm 波譜寬的波段連續圖來看，可明顯看出學校院子的草地與空曠地在波譜上的反射確有不同之處。



圖一 美國加州 Van Nuys 部分地區的航空照片(上)及 AIS 的 32 個波段影像(下)(Geotz et al, 1985)

1987 年美國太空總署 (National Aeronautics and Space Administration, NASA) 的噴射推進實驗室 (Jet Propulsion Laboratory, JPL) 發展的 AVIRIS (Airborne Visible/Infrared Imagine Spectrometer) 是為第二代空載高光譜儀器的代表, AVIRIS 是首次測量所有太陽輻射涵蓋的波長範圍 (0.38~2.5  $\mu\text{m}$ ), 提供大氣科學、土壤、地質、水文、及土地利用新的遙測應用方向。其主要能提供 224 個 10nm 波譜寬的波段, 完整地記錄地表對太陽輻射的反應, 比起傳統的多光譜影像, 更能診斷出地表的差異。圖二為 JPL 實驗室的 AVIRIS 應用示意圖。



圖二 AVIRIS 的應用示意圖。(JPL, 2004) <http://aviris.jpl.nasa.gov/>

除了 AVIRIS 外, 其他尚有美國海軍實驗室 (Naval Research Laborator, NRL) 的 HYDICE (Hyperspectral Digital Imagery Collection Experiment)、GER (Geophysical Environmental



Research Corp.) 的 DAIS (Digital Airborne Imaging Spectrometer) 等等，國內曾經在民國 86 年由農委會委託工業技術研究院引進 GER 公司的 DAIS-3715 拍攝台灣中部及陳有蘭溪等地，取得 48 條高光譜影像資料，每條影像共有 39 個波段 (郭麟霖，2000)。表一為幾種主要的空載高光譜儀的波段數、光譜範圍、波譜寬及使用時間。

表一 主要高光譜儀基本特性。(修改自浦瑞良、宮鵬(2000))

名稱	波段數	光譜範圍 (nm)	波段寬 (nm)	時間
AIS-1	128	990-2100 1200-2400	9.3	1983-1985
AIS-2	128	800-1600 1200-2400	10.6	1986-1987
AISA	1-286	450-900	1.56-9.36	1993
ASAS	62	400-1060	11.5	1992
AVIRIS	224	380-2500	9.7-12.0	1987
CASI	≥288	430-870	1.8	1990
CIS	64	400-1040	10	1993
	24	2000-2480	20	
	1	3530-3940	410	
	2	10500-12500	100	
DAIS-7915	32	400-1010	10-16	1993
	8	1500-1788	36	
	32	1970-2450	36	
	1	3000-5000	2000	
	6	8700-12700	600	
HYDICE	206	400-2500	7.6-14.9	未知
DAIS-16115	76	400-1000	8	1994
	32	1000-1800	25	
	32	2000-2500	16	
	6	3000-5000	333	
	12	8000-12000	333	
	2	400-1000	3D	
GER-63	24	400-1000	25	1986
	4	1500-2000	125	
	29	2000-2500	17.2	
	6	8000-12500	75	
MAS MODIS	50	547-14521	31-517	1992
MIVIS	20	433-833	20	1993
	8	1150-1550	50	
	64	2000-2500	8	
	10	8200-12700	400-500	
ROSIS	84	430-830	4-12	1993
SFSI	122	1200-2400	10	1994

### 第三節 衛載高光譜影像系統

衛載高光譜遙測影像系統相對於空載高光譜遙測影像系統晚了許多，在 1999 年 12 月 8 日發射升空的 Terra 衛星攜帶的中解析度成向光譜儀 MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) 可以說是星載高光譜的開端，但 MODIS 仍沿用傳統的多光譜儀的設計，提供 36 個離散的波段圖像，不能提供連續的光譜波段，並非真正是高光譜衛星。另一個計畫成為 AVIRIS 的繼承者的高解析度成像光譜儀 HIRIS (High Resolution Imaging Spectrometer)，特性為 30 米的空間解析度，擷取 0.4 ~ 2.5  $\mu\text{m}$  共 192 個連續的波段，將以衛星或太空梭為載具，至今仍未發射升空。

EO-1 (Earth Observing One) 是美國太空總署為了延續未來大地資源調查的工作，成立新的千禧年計畫 NMP (New Millennium Program) 第一顆發射升空的衛星，主要的目的是要測試大地資源遙測的新技術，期待能夠接替 LandSat 系列為資源調查提供便宜且資訊豐富的影像。EO-1 衛星跟隨著 LandSat ETM+ (Enhanced Thematic Mapper) 軌道拍攝同一地區的影像，提供科學家針對 LandSat 與 EO-1 影像進行比較評估。

EO-1 主要攜帶三個儀器分別為高光譜成像儀 (Hyperion)、先進陸地成像儀 ALI (Advance Land Imager) 及大氣糾正儀 (Atmospheric Corrector)。Hyperion 主要提供太陽輻射覆蓋的波長範圍 (0.4-2.5  $\mu\text{m}$ )，約以 10nm 的光譜寬共分為 242 個波段，可用波段為 220 個。有別於過去高光譜儀器大多是由空載的方式，EO-1 的 Hyperion 成像儀是第一個以衛星承載的高光譜成像儀。ALI 是另一個 EO-1 衛星上測試的成像

儀，其主要是以先進的鏡頭，提供全光譜及多光譜的影像資料，並且將全光譜影像的空間解析度由 ETM+ 的 15 米提高至 10 米。大氣糾正儀則是為了解決過去衛星遙測影像被大氣吸收或散射問題的先驅型星載大氣糾正儀器，目的是希望提高影像中地表反射值的精度。EO-1 Hyperion 及 ALI 的影像資料特性如表二。目前 EO-1 的影像可以透過 USGS 購買 (<http://eo1.usgs.gov/>)。

表二 EO-1 衛星 Hyperion 與 ALI 影像資料特性表。

影像特性	HYPERION	ALI
掃瞄寬度 (公里)	7.7	37
資料長度 (公里)	42	42
空間解析度 (米)	30	30
資料生產等級	Level 1 (僅做過輻射校正)	Level 1 (僅做過輻射校正)
資料格式	HDF CEOS	HDF CEOS
光譜範圍 ( $\mu\text{m}$ )	0.4 - 2.5	0.4 - 2.5
光譜解析度 (nm)	10	不固定
光譜記錄方式	連續性	非連續性
全光段空間解析度 (米)	無	10
可用波段總數	220	10

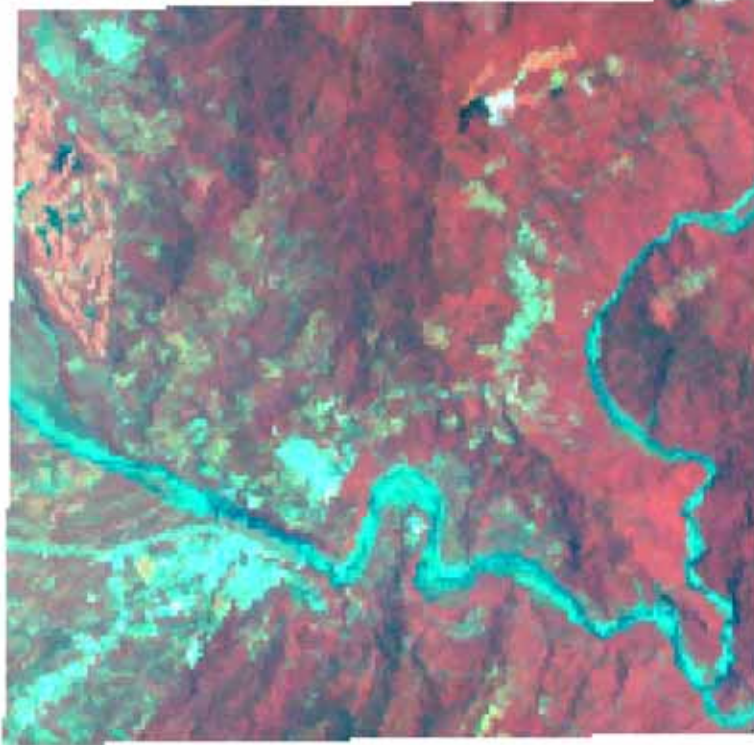
## 第二章 研究方法

### 第一節 使用資料說明

本研究主要目標在研擬並測試以衛星影像為基礎的山坡地土地利用資料庫建置方法，在本年度中預計採用高光譜影像進行測試，然而目前台灣地區除 1997 年的以 DAIS-3715 空拍的高光譜遙測資料外，並無任何常態性地空載高光譜資料。本研究選擇 EO-1 Hypersion 的影像資料作為試驗資料，主要是因為 EO-1 Hypersion 的影像有幾項特點：時間解析度高（每 16 天掃瞄同一地區）、光譜解析度高（0.38-2.5 $\mu\text{m}$ ，共 220 個可用波段）且成本低（在 USGS 產品目錄中約 250 美金，非產品目錄中約 2500 美金）。本次試驗所使用之影像，受限於影像可及性，試驗的地區為屏東縣三地門鄉山區。圖三為試驗區範圍及影像基本資料。本計畫同時使用農林航空測量所拍攝的彩色航空照片作為輔助及驗證資料（拍攝時間為 2002 年）並且透過野外實地勘查山區的主要地表覆蓋，作為輔助及檢核的資料。

## 試驗區位置圖及影像資訊

R : 80 G : 24 B : 6



影像特性	Hyperion 試驗資料
產品編號	EO11170442004154110PZ
影像時間	台灣時間 2004 年 6 月 2 日 10 時 11-12 分 ( Julian day : 154 )
日照角度	23.91 度
試驗區範圍	左上 : 2516515N 211222E 右下 : 2511024N 216863E
波段總數	242

圖 三 試驗區影像示意及基本特性說明。

將原始影像 242 個波段以影像立方體的方式呈現 (圖四)，在色彩飽和度和部分，顯示該波段的資訊多。趨向黑色部分則表示光譜輻射反應較差，其中有幾個黑色地帶在前面兩段與最後一段是無資料帶，第三與第四段則為大氣吸收帶。從影像光譜反應剖面來看 (圖五)，更明顯地呈現出大氣吸收帶對於光譜輻射值反應的影像，其光譜輻射值明顯下降。

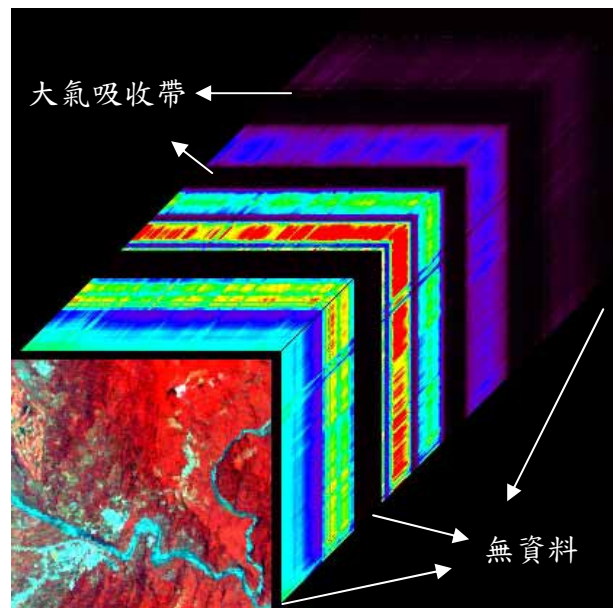


圖 四 原始 242 個波段影像立方體。

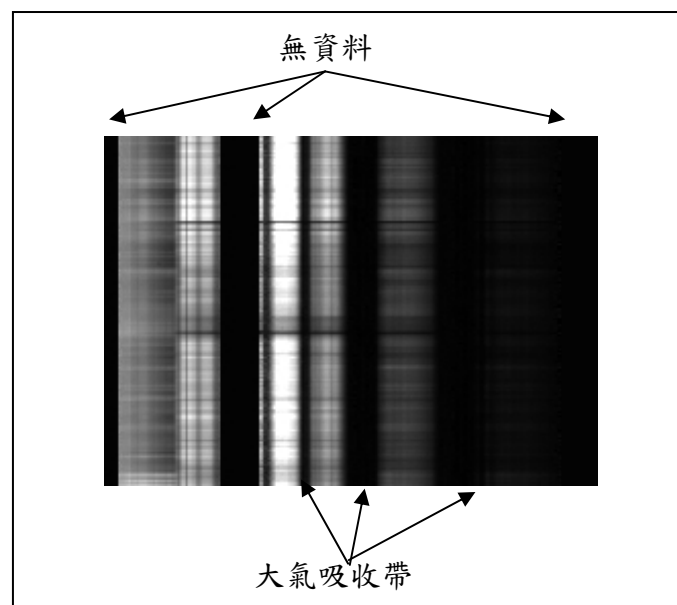


圖 五 原始影像光譜反應剖面。

將 242 個波段的光譜平均值、最大值、最小值及平均值正負一個標準差五條曲線繪製成光譜曲線的方式呈現（圖六），在波段 1~7、58~76、225~242 並無任何輻射值資料。大約在波段 121~131 及 165~182 為水氣及 CO<sub>2</sub> 主要吸收帶，在水氣及 CO<sub>2</sub> 的吸收帶內輻射值相對其他波段來的低。因此將無資料的波段挑除之後，試驗資料剩下 198 個波段，在這其中還包含受到大氣及 CO<sub>2</sub> 吸收輻射值低的波段以及部分輻射值反應雜訊高的波段。

原始影像光譜曲線及相關特性

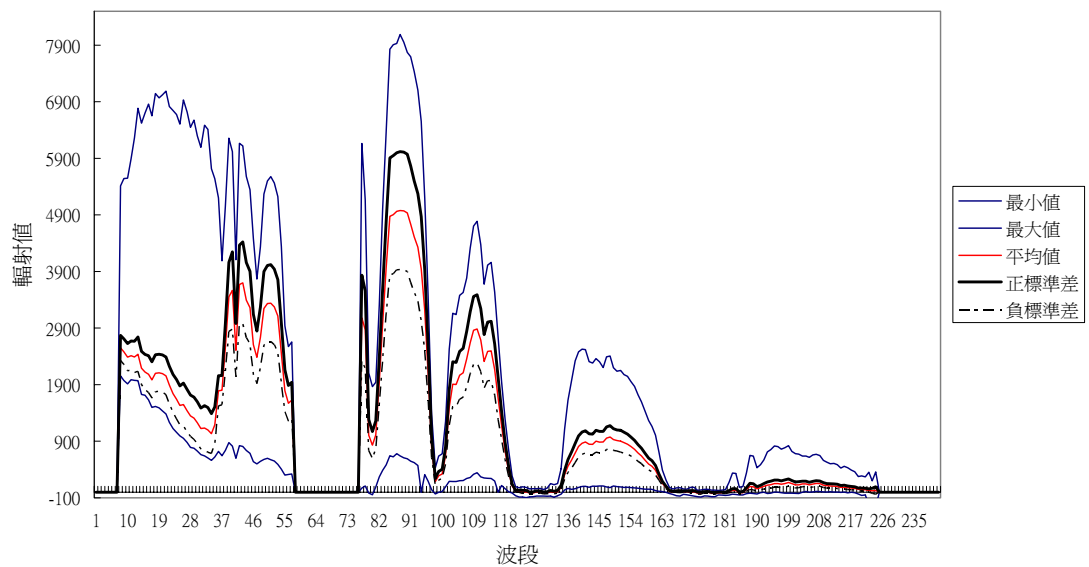


圖 六 原始影像光譜曲線



## 第二節 資料前處理

### 一、反射率換算

波段中的光譜輻射值指的是衛星載體上的 Hypersion 收到的輻射值的量，在 Hypersion 能感測的可見光及近紅外光部分，地表物體本身的熱輻射幾乎為零，因此這個輻射值的量主要是地表反射太陽輻射的量。在判釋地表物體的情況下，必須把輻射值轉換為反射率，反射率  $\rho$  為物體反射的輻射能量  $P_\rho$ ，佔總入射量  $P_0$  的百分比：

$$\rho = \frac{P_\rho}{P_0} \times 100\%$$

因此依照下列公式將各波段像元的輻射值轉換成為反射率：

$$\rho_p = \frac{\pi \cdot L_\lambda \cdot d^2}{ESUN_\lambda \cdot \cos \theta_s}$$

$\rho_p$  = 地表反射率

$L_\lambda$  = Hypersion 接收的輻射量

$d$  = 日地距離 (附錄一)

$ESUN_\lambda$  = 大氣層頂平均太陽輝度能量 (附錄二)

$\theta_s$  = 太陽入射角

將 198 個波段轉換成為反射率後，波段的反射率曲線如圖七。因缺乏大氣資料，所以並沒有進行大氣影響糾正。

影像反射率曲線及正負標準差值

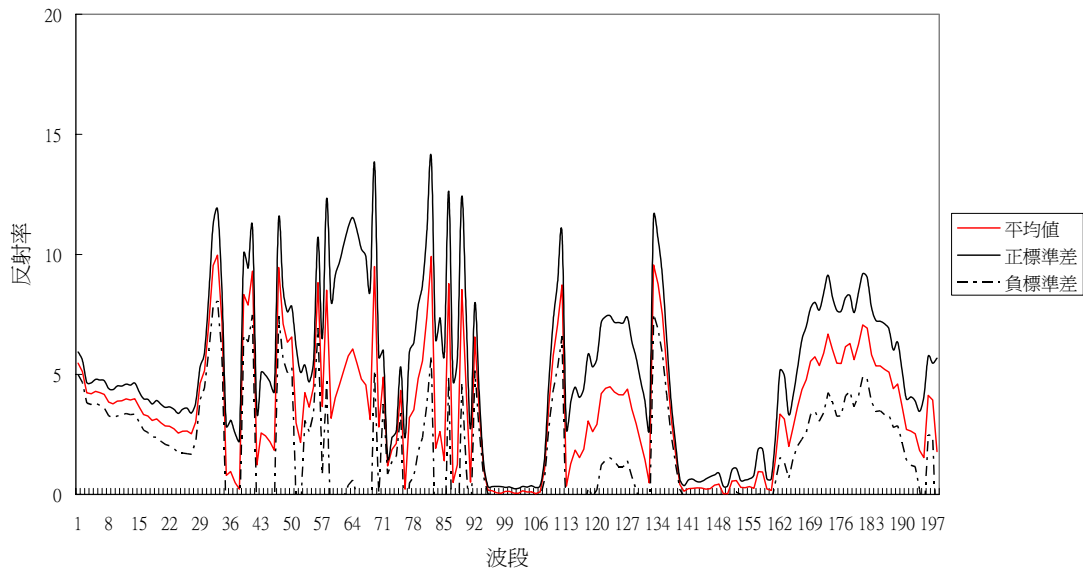


圖 七 影像反射率曲線及正負標準差值。

## 二、雜訊及錯誤波段去除

在光譜量測過程中，可能受到感測器的物理限制、影像數位化過程、資料處理過程、大氣干擾效應等影響而產生雜訊 (Noise)，導致某些波段雜訊比 (Signal-to-Noise Ratio, SNR) 低，波段中雜訊比低表示波段包含過多的雜訊，如果使用雜訊多的波段進行影像分類時，將會導致分類結果不佳，因此在遙測資料處理上必須將雜訊去除。(郭麟霖，2000) 雜訊去除的方式有低通空間濾波器 (Lowpass Spatial Filter) 或小波 (Wavelet) 等方式，在本研究中直接以影像訊號及雜訊的標準偏差，輔以人工輔助的方式挑去含雜訊多的波段。在此影像中，主要挑去如圖八所示的雜訊量大或明顯錯誤的波段，剩下 116 個可用波段，其反射率曲線圖如圖九。比較圖七 198 個波段的反射率曲線，可以看出挑除雜訊及錯誤的波段後，反射率曲線相對平滑。

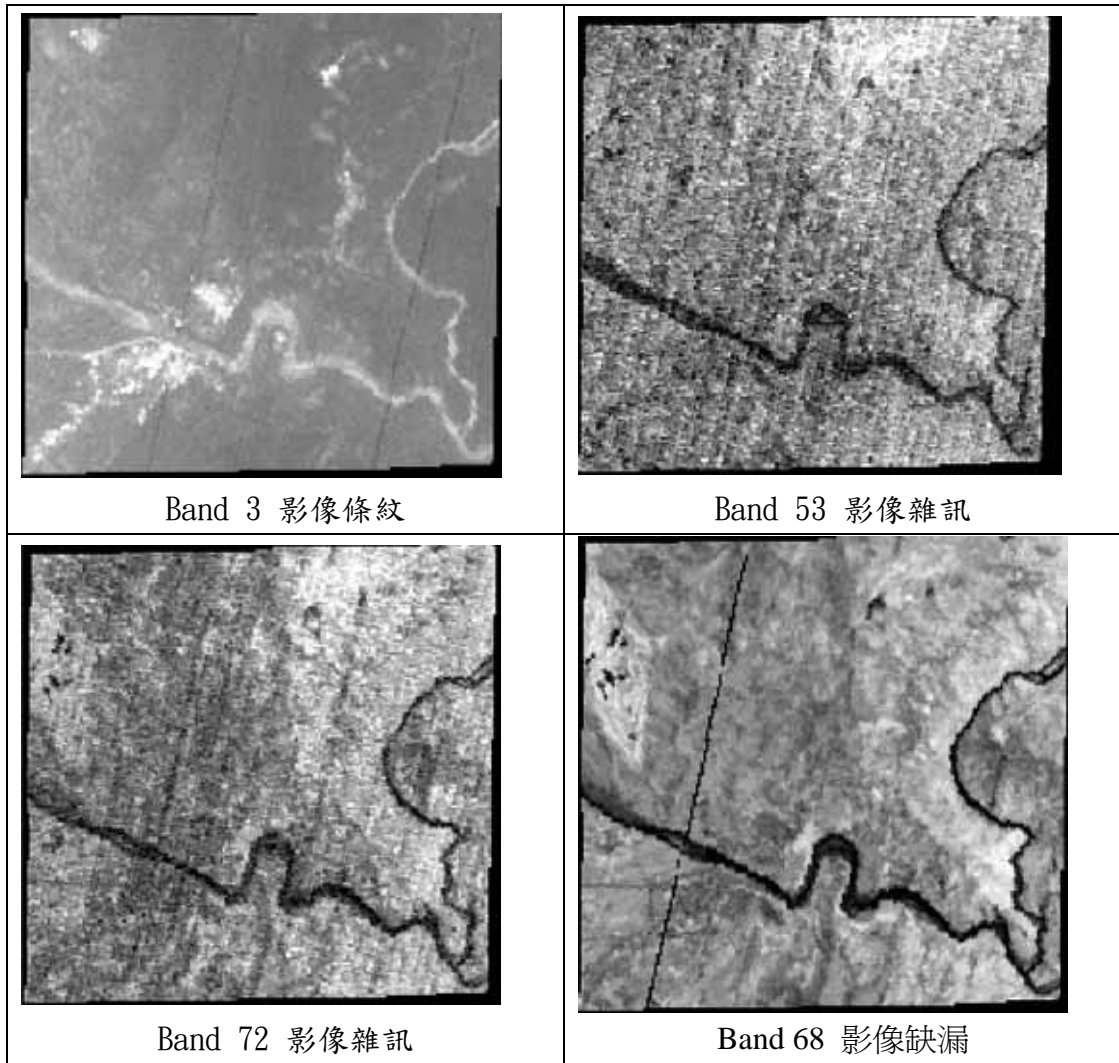


圖 八 影像雜訊及錯誤波段示意圖。

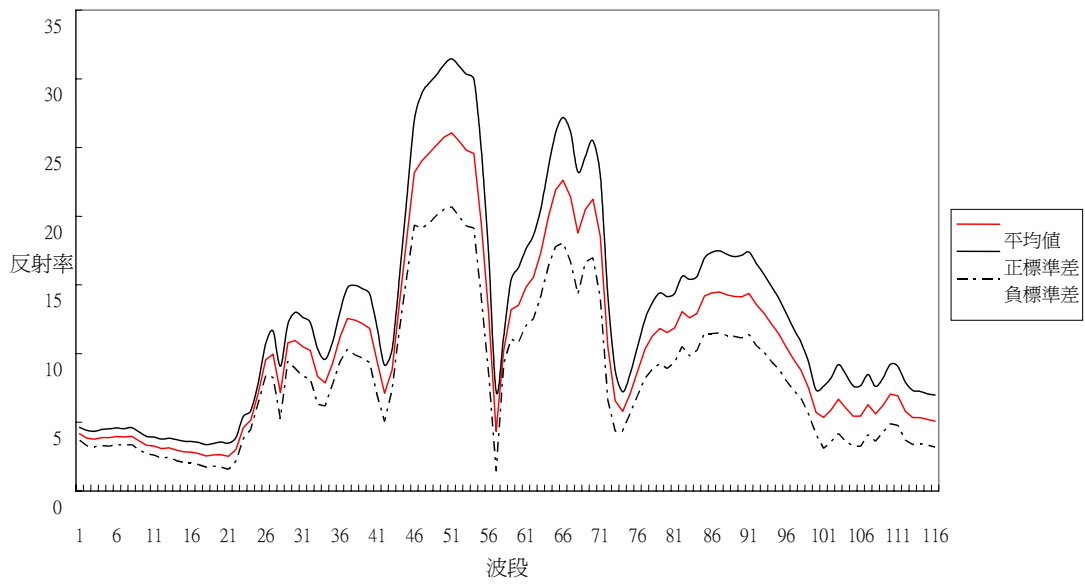
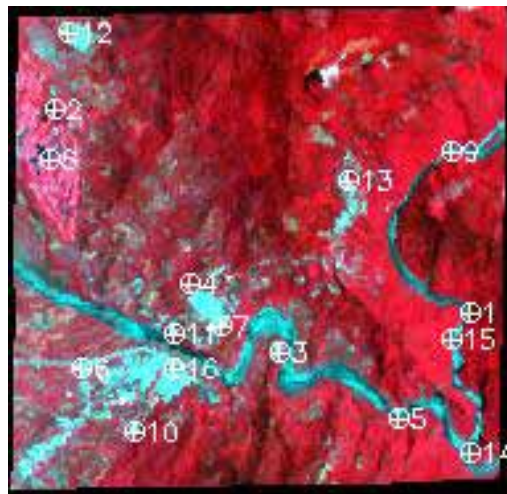


圖 九 116 個波段影像反射率曲線及正負標準差值。

### 三、幾何糾正

試驗影像經投影及座標轉換後，與地真資料的數位彩色航空照片仍存在有些微的誤差，在各相關參數不可得的情況下，無法對地形效應進行糾正，僅能以增加地面控制點的方式對影像進行幾何平面糾正，期能與地真資料符合。在影像上選取 16 個控制點（圖十），進行多項式一階轉換之後，RMSE 為 12 米，約在 0.4 個像元內。



圖十 地面控制點分佈圖。

### 第三節 分析及分類流程

本研究採用 EO-1 Hyperion 高光譜影像，針對山坡地土地利用進行分類，主要目的是測試此高光譜影像在山坡地土地利用分類上的優劣，因此採用非監督性的 ISODATA 分類方法及監督性的最短距離法作為先期的試驗方法，用以瞭解非監督性分類法與監督性分類法的在山坡地土地利用分類上的差異。

高光譜資料在分析的過程中，由於包含較多的資料量，檔案量大，再加上影像維度高的特性，在運算的過程中必須耗費較多的時間，因此必須透過一些轉換來降低影像資料維度，目前常用的方法有主成分分析法（Principal Component Analysis, PCA）與最小雜訊比例法（Minimum Noise Fraction Transformation, MNF）。PCA 法主要是將多個波段光譜值轉換、旋轉到一個新的座標系統，加大資料間的變異性，將原始資料轉換成為數個獨立不關的主成分波段，可以有效地集中，並強化影像資料內容，分離資料中雜訊的部分，及降低資料的維度（Ready & Wintz, 1973；Richards, 1993）。MNF 以最大化的雜訊比（Signal-to-Noise Ratio, SNR）取代 PCA 方法中的最大化變方，加入了影像雜訊的預估模式，在轉換過程中一併將資料中的雜訊移除，獲得影像品質佳的波段排序。

本研究進行的步驟分為資料前處理部分、波段轉換及選取、地面光譜資料庫建立、分類、評估等幾個部分，分析及分類流程如圖十一。

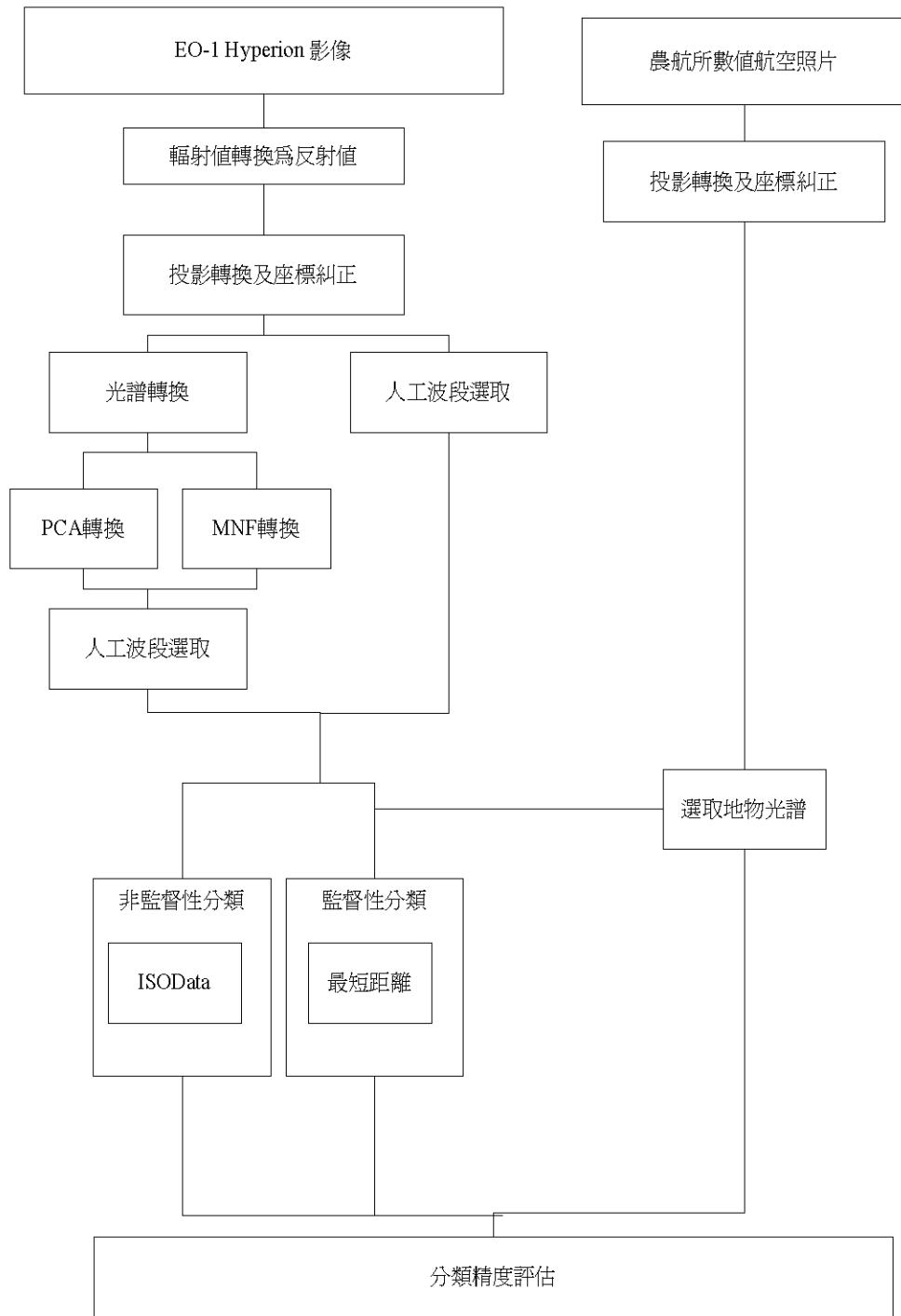


圖 十一 分析及分類流程圖

#### 第四節 土地利用類型

本次影像分類中土地利用類型分類標準與前年計畫相同，依循蔡博文（2003）的土地利用分類表（表三），經由實地野外勘查及航空照片判釋發現在本試驗區範圍內並無表中的稻作及其他類別的土地利用型，墓地大小約為 1200 平方公尺，小於兩個像元大小，無法從 Hyperion 影像中判釋，故不列入此次判釋的土地利用類別中，故本次土地利用判釋目標主要為旱作、果園、林木地、草生地、建地、交通用地、水利用地、裸露地八類。

表 三 山坡地土地利用分類表（蔡博文，2003）。

類別 名稱	說明	Anderson Classification USGS 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	國土利用 調查無此 分類	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(ur ban 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)、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 影像分類結果

### 第一節 非監督性影像分類成果

將 116 個原始波段以 ISO DATA 非監督分類方法進行分類，設定迭代收斂條件為連續兩次迭代成果少於 0.05% 改變時停止，於迭代 9 次後達成收斂條件，得到分類結果如圖十二。正確性檢核表為表四。

再將影像經由 PCA 轉換後，得到各個主軸波段，挑選影像清晰的前六個主軸波段進行分類（如圖十五），設定迭代收斂條件為連續兩次迭代成果少於 0.05% 改變時停止，於迭代 8 次後達成收斂條件，得到分類結果如圖十三。正確性檢核表為表五。

以 MNF 的轉換方式，得到的影像波段品質如圖十六，挑選雜訊較少的 MNF3、MNF4、MNF5 波段進行非監督影像分類，設定迭代收斂條件為連續兩次迭代成果少於 0.05% 改變時停止，於迭代 6 次後達成收斂條件，得到分類結果如圖十四。正確性檢核表為表六。

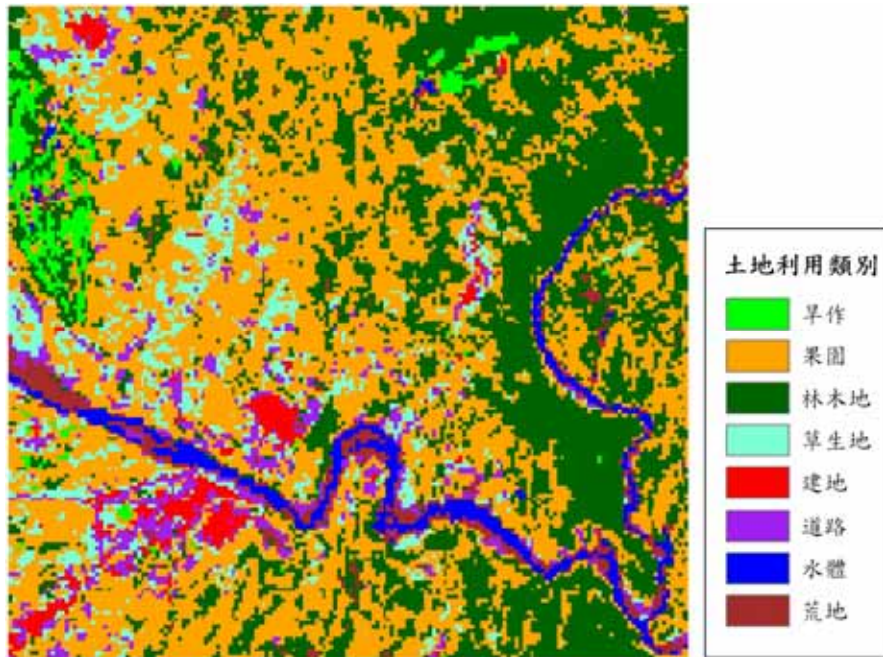


圖 十二 原始波段影像 ISODAT 分類結果

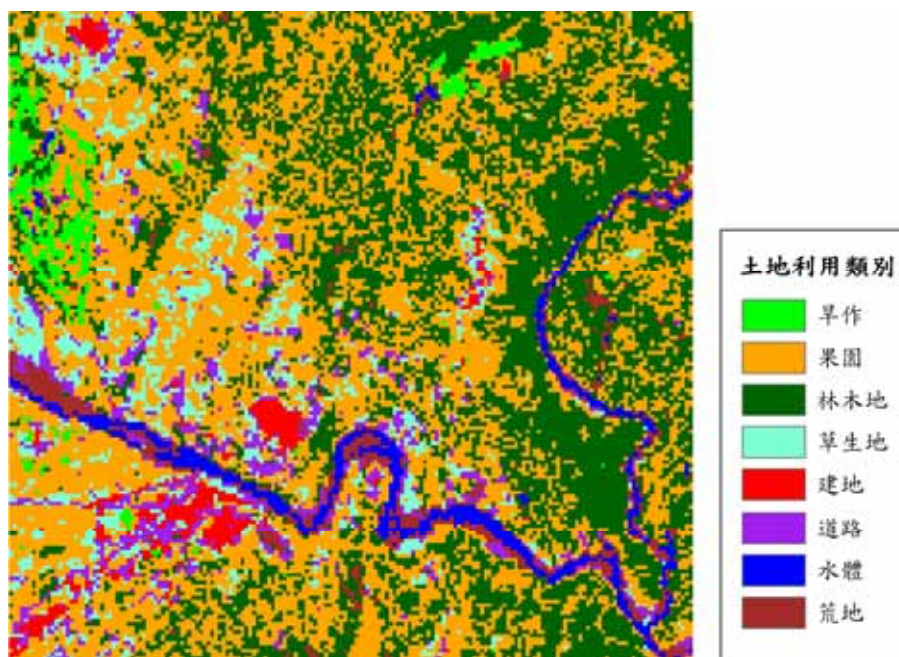


圖 十三 PCA 轉換影像 ISODATA 分類結果

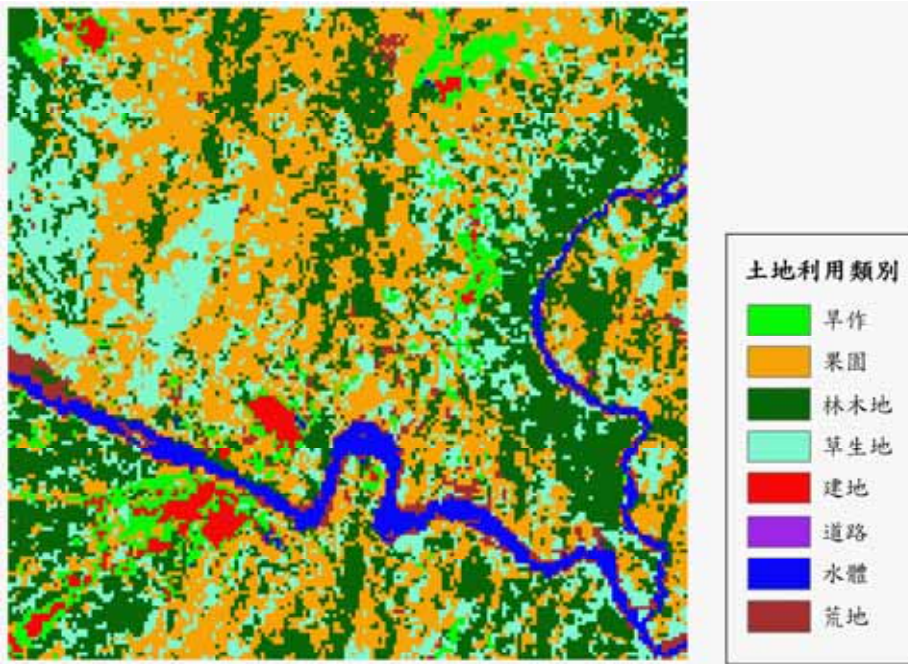


圖 十四 MNF 轉換影像 ISODATA 分類結果

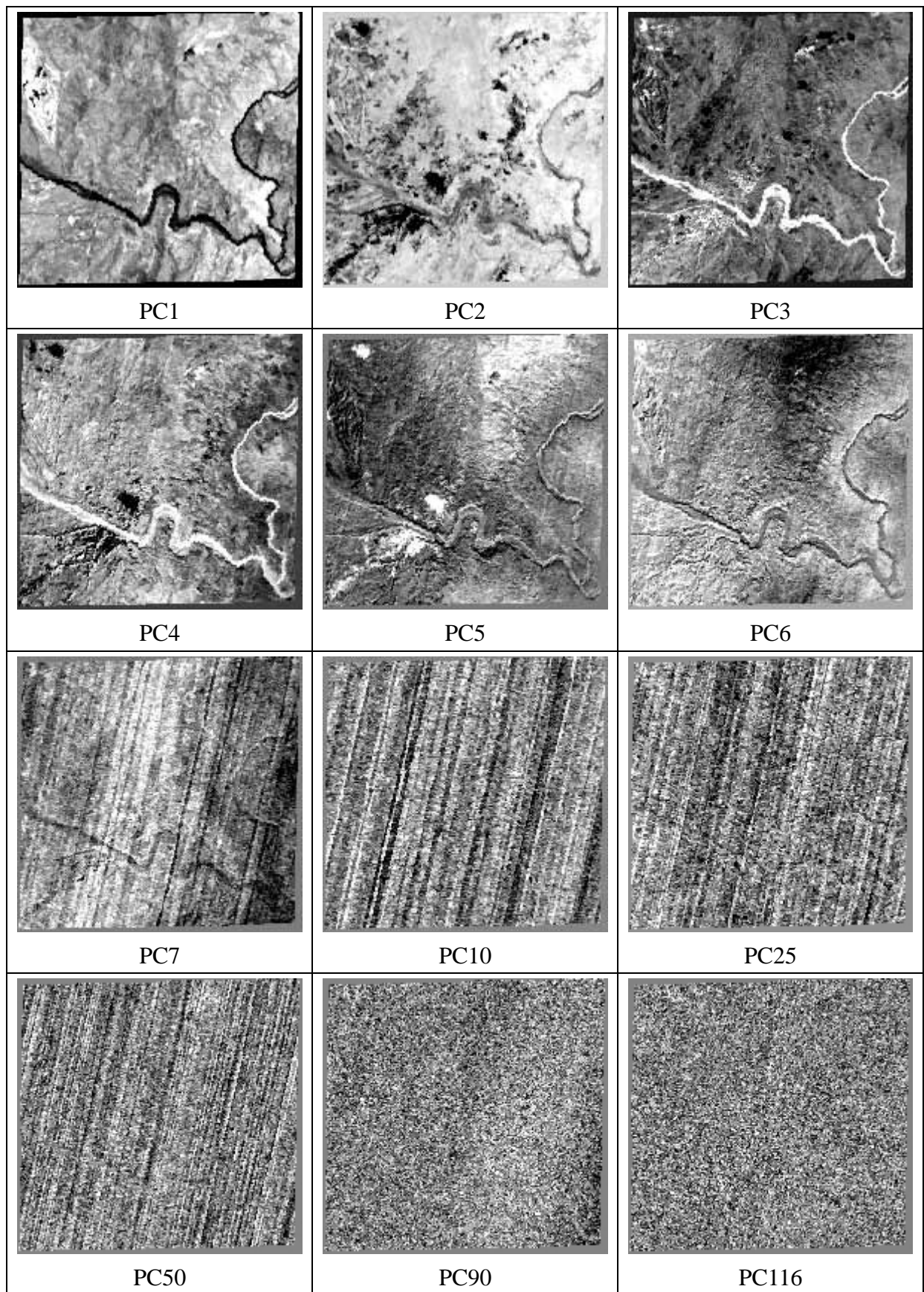


圖 十五 PCA 轉換後各主軸影像波段

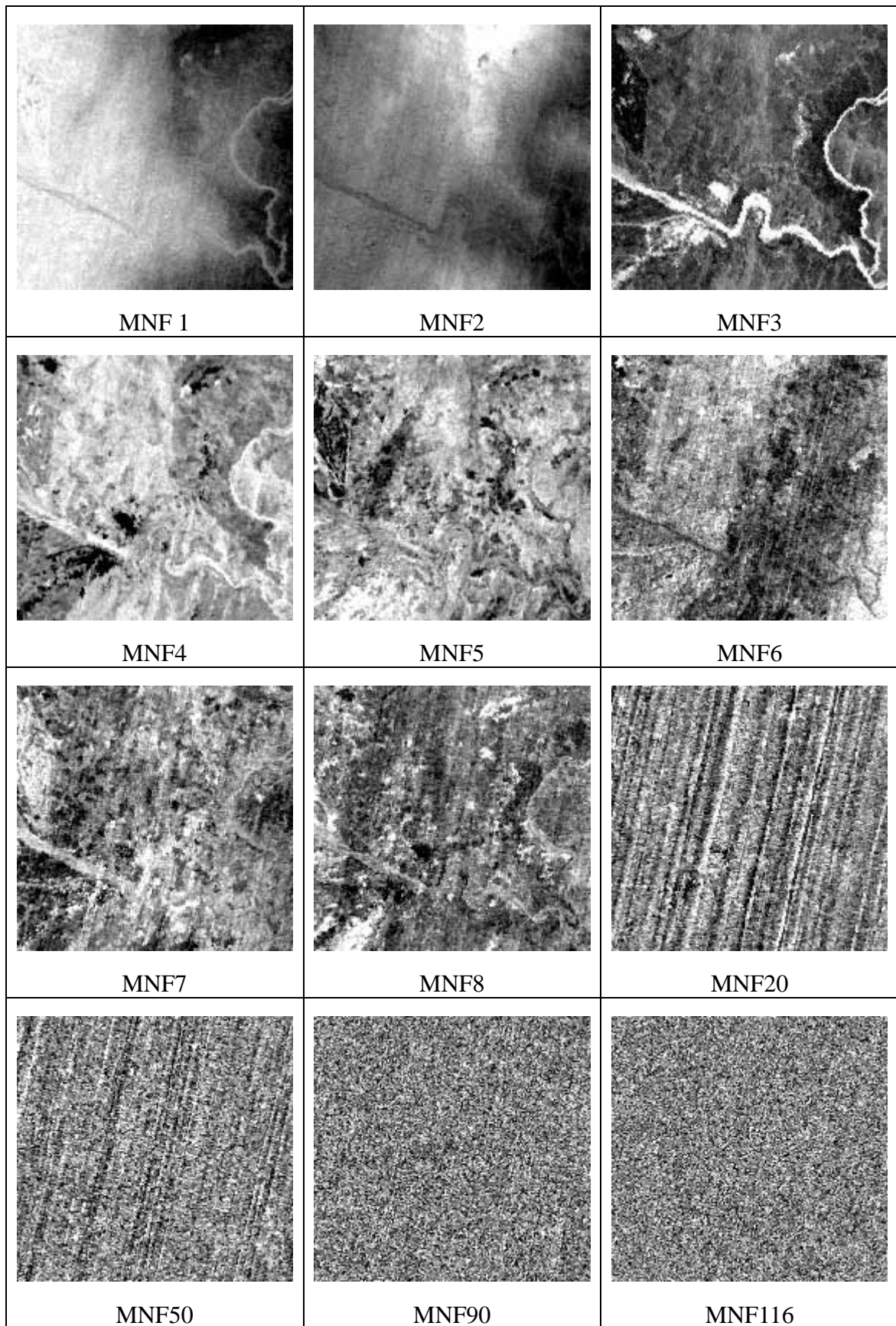


圖 十六 MNF 轉換後影像成果

表 四 原始波段 ISODATA 影像分類成果檢核表

檢核點數：138 點								
實際 分類	旱作	果園	林木地	草地	建地	道路	水體	荒地
旱作	2	0	0	6	0	0	0	0
果園	2	28	10	2	0	4	0	0
林木地	0	5	15	0	0	0	0	0
草地	0	7	0	5	0	1	0	0
建地	0	0	0	0	10	0	0	0
道路	3	0	0	1	4	4	0	2
水體	0	0	0	0	0	0	13	0
荒地	0	0	0	0	0	0	0	13
類別	檢核數 (Reference Totals)	分類數 (Classified Totals)	正確數 (Number Correct)	Producers Accuracy (%)	Users Accuracy(%)			
旱作	7	8	2	28.57	25			
果園	40	46	28	70	60.87			
林木地	25	20	15	60	75			
草地	14	13	5	35.71	38.46			
建地	14	10	10	71.43	100			
道路	9	14	4	44.44	28.57			
水體	14	13	13	92.86	100			
裸露地	15	14	13	86.67	92.86			
總計	138	138	90					
整體分類正確率 (Overall Classification Accuracy)					65.22%			
類別	Kappa							
旱作	0.2099							
果園	0.449							
林木地	0.6947							
草地	0.3151							
建地	1							
道路	0.2359							
水體	1							
裸露地	0.9199							
整體 Kappa 值	0.581							

表 五 PCA 轉換影像 ISODATA 影像分類成果檢核表

檢核點數：138 點								
實際 分類	旱作	果園	林木地	草地	建地	道路	水體	荒地
旱作	2	0	0	6	0	0	0	0
果園	0	28	4	0	0	0	0	0
林木地	0	6	21	0	0	0	0	0
草地	2	5	0	7	0	1	0	0
建地	0	0	0	0	11	0	0	0
道路	3	1	0	1	3	8	0	2
水體	0	0	0	0	0	0	14	0
荒地	0	0	0	0	0	0	0	13
類別	檢核數 (Reference Totals)	分類數 (Classified Totals)	正確數 (Number Correct)	Producers Accuracy (%)	Users Accuracy(%)			
旱作	7	8	2	28.57	25			
果園	40	32	28	70	87.5			
林木地	25	27	21	84	77.78			
草地	14	15	7	50	46.67			
建地	14	11	11	78.57	100			
道路	9	18	8	88.89	44.44			
水體	14	14	14	100	100			
裸露地	15	13	13	86.67	100			
總計	138	138	104					
整體分類正確率 (Overall Classification Accuracy)					75.36			
類別	Kappa							
旱作	0.2099							
果園	0.8240							
林木地	0.7286							
草地	0.4065							
建地	1							
道路	0.4057							
水體	1							
裸露地	1							
整體 Kappa 值	0.7089							

表 六 MNF 轉換影像 ISODATA 影像分類成果檢核表

檢核點數：138 點								
實際 分類	旱作	果園	林木地	草地	建地	道路	水體	荒地
旱作	3	1	0	0	8	---	0	1
果園	2	26	11	1	0	---	0	0
林木地	1	8	13	0	0	---	1	6
草地	1	5	1	12	0	---	1	0
建地	0	0	0	0	6	---	0	0
道路	---	---	---	---	---	---	---	---
水體	0	0	0	0	0	---	12	7
荒地	0	0	0	1	0	---	0	1
類別	檢核數 (Reference Totals)	分類數 (Classified Totals)	正確數 (Number Correct)	Producers Accuracy (%)	Users Accuracy(%)			
旱作	7	19	3	42.86	15.79			
果園	40	41	26	65	63.41			
林木地	25	29	13	52	44.83			
草地	14	21	12	85.71	57.14			
建地	14	7	6	42.86	85.71			
道路	---	---	---	---	---			
水體	14	19	12	85.71	63.16			
裸露地	15	2	1	6.67	50			
總計	138	138	73					
整體分類正確率 (Overall Classification Accuracy)					52.9			
類別	Kappa							
旱作	0.1129							
果園	0.4848							
林木地	0.3262							
草地	0.5230							
建地	0.8410							
道路	---							
水體	0.59							
裸露地	0.439							
整體 Kappa 值	0.4344							



## 第二節 監督性影像分類成果

以實地勘查及航空照片判釋兩種方法得到地面光譜採樣點，共有 137 個地面光譜採樣點，分別於原始波段影像、PCA 影像、MNF 影像中採取光譜採樣點的光譜反應值建立光譜資料庫，然後採用最短距離分類方法 (Minimum Distance Classification)，以逐像元的方式計算每個未知像元的光譜之參考光譜向量，得到兩個向量之間的歐基里德距離，用來作為分類的依據，並且將每個像元分到最短距離的類別。

原始波段分類成果為圖十七，檢核表為表七；PCA 轉換影像分類成果為圖十八，檢核表為表八；MNF 轉換影像分類成果為圖十九，檢核表為表九。

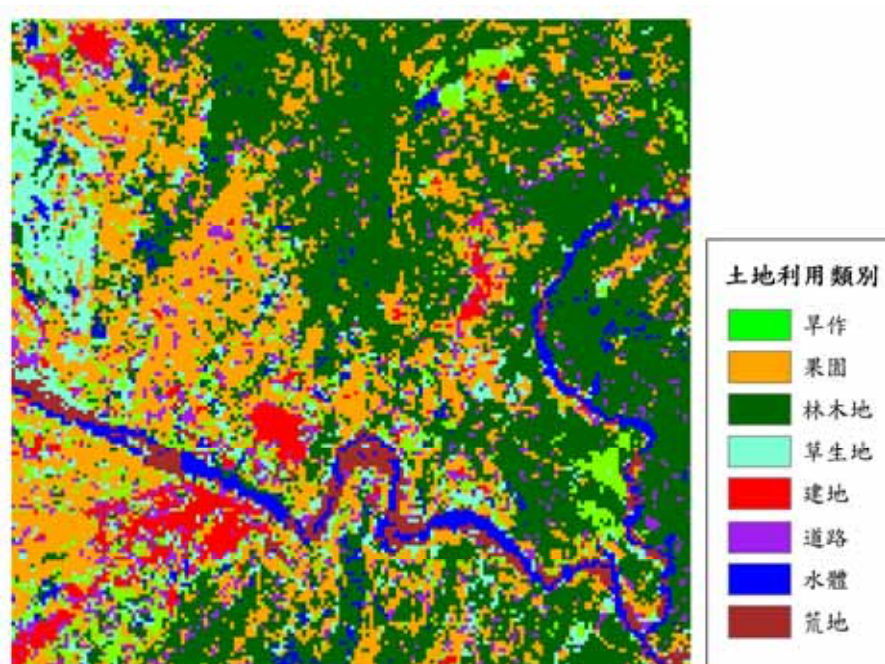


圖 十七 原始波段影像最小距離法分類結果

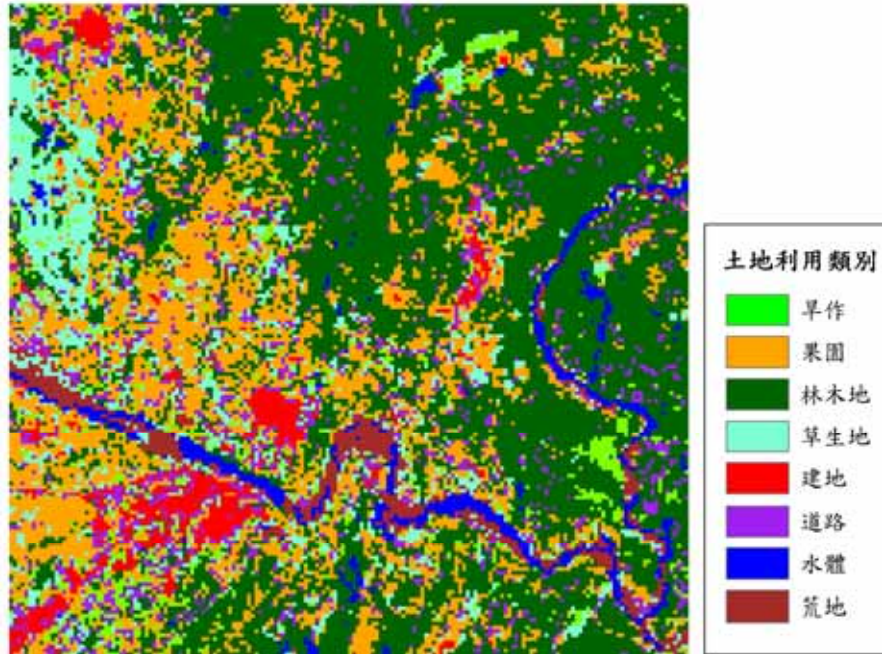


圖 十八 PCA 轉換影像最小距離法分類結果

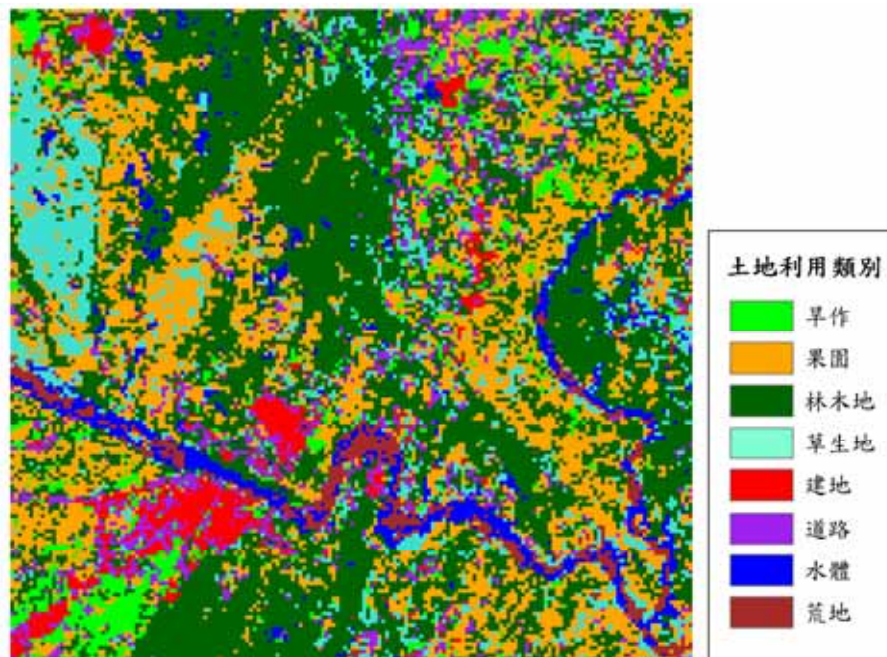


圖 十九 MNF 轉換影像最小距離法分類結果

表 七 原始波段最小距離法影像分類成果檢核表

檢核點數：138 點								
實際 分類	旱作	果園	林木地	草地	建地	道路	水體	荒地
旱作	8	3	0	1	0	2	0	1
果園	1	25	1	1	0	1	0	0
林木地	0	11	31	0	0	0	0	0
草地	1	1	0	8	1	0	0	0
建地	0	0	0	0	13	0	0	1
道路	0	1	0	0	0	2	0	0
水體	0	0	0	0	0	0	11	0
荒地	0	0	0	0	1	1	1	10
類別	檢核數 (Reference Totals)	分類數 (Classified Totals)	正確數 (Number Correct)	Producers Accuracy (%)	Users Accuracy(%)			
旱作	10	15	8	80	53.33			
果園	41	29	25	60.98	86.21			
林木地	32	42	31	96.88	73.81			
草地	10	11	8	80	72.73			
建地	15	14	13	86.67	92.86			
道路	6	3	2	33.33	66.67			
水體	12	11	11	91.67	100			
裸露地	12	13	10	83.33	76.92			
總計	138	138	108					
整體分類正確率 (Overall Classification Accuracy)				78.26				
類別	Kappa							
旱作	0.4969							
果園	0.8038							
林木地	0.6590							
草地	0.7060							
建地	0.9199							
道路	0.6515							
水體	1							
裸露地	0.7473							
整體 Kappa 值	0.7369							

表 八 PCA 轉換影像最小距離法影像分類成果檢核表

檢核點數：138 點								
實際 分類	旱作	果園	林木地	草地	建地	道路	水體	荒地
旱作	4	0	0	0	0	1	0	0
果園	1	25	0	0	0	0	0	0
林木地	0	9	31	0	1	0	0	0
草地	0	4	0	9	0	0	0	1
建地	1	0	0	0	13	1	0	1
道路	0	3	0	0	0	3	0	0
水體	0	0	4	0	0	0	11	0
荒地	0	0	0	0	1	1	0	13
類別	檢核數 (Reference Totals)	分類數 (Classified Totals)	正確數 (Number Correct)	Producers Accuracy (%)	Users Accuracy(%)			
旱作	6	5	4	66.67	80			
果園	41	26	25	60.98	96.15			
林木地	35	41	31	88.57	75.61			
草地	9	14	9	100	64.29			
建地	15	16	13	86.67	81.25			
道路	6	6	3	50	50			
水體	11	15	11	100	73.33			
裸露地	15	15	13	86.67	86.67			
總計	138	138	109					
整體分類正確率 (Overall Classification Accuracy)					78.99			
類別	Kappa							
旱作	0.7909							
果園	0.9453							
林木地	0.6732							
草地	0.6179							
建地	0.7896							
道路	0.4773							
水體	0.7102							
裸露地	0.8504							
整體 Kappa 值	0.7454							

表 九 MNF 轉換影像最小距離法影像分類成果檢核表

檢核點數：138 點								
實際 分類	旱作	果園	林木地	草地	建地	道路	水體	荒地
旱作	2	1	0	1	0	0	0	0
果園	1	31	1	2	0	2	0	0
林木地	1	11	2	0	0	0	0	0
草地	0	1	24	9	0	0	0	0
建地	0	0	1	0	13	2	0	0
道路	1	1	0	0	1	7	0	0
水體	0	0	1	0	0	0	10	1
荒地	0	0	0	0	0	0	1	9
類別	檢核數 (Reference Totals)	分類數 (Classified Totals)	正確數 (Number Correct)	Producers Accuracy (%)	Users Accuracy(%)			
旱作	5	5	2	40	40			
果園	46	38	31	67.39	81.58			
林木地	29	36	24	82.76	66.67			
草地	12	11	9	75	81.82			
建地	14	15	13	92.86	86.67			
道路	11	11	7	63.64	63.64			
水體	11	12	10	90.91	83.33			
裸露地	10	10	9	90	90			
總計	138	138	105					
整體分類正確率 (Overall Classification Accuracy)					76.09			
類別		Kappa						
旱作		0.3774						
果園		0.7237						
林木地		0.5780						
草地		0.8009						
建地		0.8516						
道路		0.6049						
水體		0.8189						
裸露地		0.8922						
整體 Kappa 值		0.7068						



## 第四章 結論與建議

### 第一節 分類成果比較

將試驗區的影像資料以原始影像的方式，以及常用的 PCA、MNF 高光譜影像轉換方法轉換後的影像，以非監督性的 ISODATA 及監督性的最小距離法進行分類後的精度評估結果，可以歸納出下列幾點：

- 一、從監督性及非監督性的分類方法來比較，監督性的分類方法精度都優於非監督性。原因是 ISODATA 的方法在分類上完全是考慮光譜在特徵空間上的離異，並沒有考慮類別光譜的變異量，使得在光譜反應相近的地物容易被分為同一類別，例如旱作跟草地，而在監督性分類中，已經將地物的光譜在光譜特徵空間上的標定，比起非監督性的分類方式更容易將地表光譜相近的地物區分出來。
- 二、從影像轉換法的方式來比較，以 ISODATA 的非監督性分類結果來看，未經過轉換的原始波段影像的分類結果，果園及林木地的分類上產生混淆，造成整個精度降低，PCA 轉換後的影像則提高了分類的精度，推測應為 PCA 轉換將強大光譜資料的變異性，集中並強化了影像資料的內涵，使得較少的地物光譜被突顯出來，因而提升了分類精度。但 MNF 的轉換方法，是以假定訊號像元 (signal pixels) 與相鄰像元為高相關，而藉以除去像元中的雜訊，因此在轉換並除去雜訊的過程中，一併也將空間分佈較少的地物給平滑化了，這些空間分佈範圍小的地物，被平滑化後無法正確地從非監督性分類方法得到 (例如道路)，必須以監督性的方式，才能提高 MNF 的分類精度。這三種不同影像處理方式的分類結果，皆以監督性的分類成果較佳，除 PCA

精度改善品質提升幅度較少外（非監督性 Kappa 75.36，監督性 Kappa 78.99），其餘兩種方法都大幅提昇。

三、從地物的分類的精度觀之，旱作類別在精度上以監督性的 PCA 影像精度最高，Kappa 值達到 0.79，比第二高的監督性原始影像分類 0.49 高出許多；果園的分類上原始影像、PCA 及 MNF 的監督性分類下，精度都在 0.8 以上，值得注意的是 PCA 轉換後的影像在監督性及非監督性的分類法下都有 0.8 以上，容易與果園混淆的主要為林木地，此試驗區種植的果樹主要為芒果樹，多年的芒果樹在粗放的經營下容易與闊葉林相混淆，位於山區陰影處的林木地反射能力弱，有不少地區被分為水體，不過此誤分可以靠增加陰影處的光譜圖樣（signature）來降低誤差，林木地的分類精度以 PCA 的非監督性最佳，但各種方法在林木地分類上的差距不大。

一般中低海拔的山區鮮少有大規模的草地分佈，在此區由於有一個大型的高爾夫球場，擁有大面積的草地，因此在草地的類別內，高爾夫球場的草地可以正確的被判釋出來，而混雜於道路、河岸及林間的草地則容易與旱作或剛植的果樹產生誤判的現象，基本上草地的判釋以監督性分類的方法最佳，三種影像轉換方法相去無幾。

在幾個主要大型的聚落中，建地可以被正確的分類，由於建地的反射強烈，在光譜分類上向來正確率高，在此處的建地分類上，非監督性的建地分類成果較好，不過六個分類成果的差異並不大。造成建地分類誤差的主因通常是因為山坡上沿著道路興建的建築物，容易與道路的光譜混雜在一起，所以分類時被分為道路或者道路被分為建地，使得 Kappa 值稍微下降。

試驗區內省道 24 號道路及縣道 185 號道路在山區有 5-8 米的寬度，省道 24 號在隘寮溪沿岸三地門大橋前以及三地門聚落附近的大



轉彎都有 10-15 米的寬度，以此影像 30 米的空間解析度而言，道路的方向及位置，隱約可以用人工的方式判釋出道路的線狀，但是如果以自動化非監督性及監督性分類上，則在省道 24 號隘寮溪沿岸的 15 米寬度比較容易被判釋出來。在道路的判釋上以監督性分類最好，各種影像處理方式相差不大，但是 Kappa 還是在 0.6 左右，造成誤差的原因除了道路面積小及線狀的特性外，與建地及周圍的旱作和果園混淆是另外的原因。

水體和裸露地分類正確性都很高，除了 MNF 的非監督性分類方法，觀察水體和裸露地的地真檢核點發現，靠近水體的裸露地經過 MNF 轉換後被分類入水體之中，尤其是河岸的部分，與 MNF 影像轉換時產生的平滑化現象特性有關。

## 第二節 後續研究建議

要提升以衛星影像進行土地利用資料分類的精度，就影像而言可分為提升空間解析度及光譜解析度兩種方式，本研究是接續前一年的研究，以 EO-1 Hyperion 的影像進行分類，試驗高光譜影像在台灣山區土地利用分類上的精度，根據分類後的正確性發現，高光譜的影像分類以監督性的方式來進行整體的 Kappa 值幾乎可以達到 0.8 左右，顯示光譜解析度的提升的確有助於土地利用分類正確性的提升。在本次研究中，僅嘗試非監督性及監督性的分類方法各一種，而以監督性的分類方法為優，然而除了上述兩種方法外尚有非監督性的 K-means 法及監督性的高斯最大似法（Gaussian Maximum Likelihood Classifier）、光譜角映射分類法（Spectral Angle Mapping Classifier）、次像元分類的相關方法等，在原始影像處理上則有傅力葉頻譜轉換（Fourier Spectral Transform）及二元編碼（Binary Encoding）等，因此都是未來可以嘗試努力的目標。

綜合前一年度與此年度的研究成果，雖然研究區、分類方法與分類類型並不完全相同，但是在分類上仍然可以存在這一些共同的問題。空間解析度的限制，使得小規模的地物無法被判釋出來，例如狹小的道路及墓地。果園與林地是山坡地土地利用的最大類別，此兩種類別隨著果園種植果樹的不同以及經營方式的不同，會使得果園容易被判釋成林地，例如粗放的果園、果樹下間種其他旱作等，或者整理過的林地也會被誤判成為果園，因此從光譜解析度的提升僅能夠提高研究者從不同的植物反射的光譜差異得到正確的分類成果，但仍然無達到 9 成以上的正確性。

目前衛星遙測的發展趨勢朝向高空間解析度以及高光譜解析度的兩個方向前進，隨著硬體科技的進步，空間與光譜解析度會逐步增加。在衛

載的高空間高光譜解析度的影像還沒有之前，只能在目前的影像資料來源中選取或組合各類影像資料，配合分類目標的十一種土地利用類別，以各類別的最有利的影像及分類方式的組合，來建立比單一影像來源或單一分類方法正確率更高的土地利用資料庫，例如多準則分類法、知識庫分類法或人工智慧相關的分類法都是可以嘗試的方法。

## 參考文獻

- 蔡博文 (2003) 台灣山坡地環境敏感區土地利用變遷及其對環境衝擊之研究--子計畫一：台灣山地地區土地利用時序資料庫建立之研究(III)，國科會研究報告
- 郭麟霖 (2000) 寒帶沼地高光譜影像分類之研究，國立交通大學土木工程學系碩士論文。
- 浦瑞良、宮鵬 (2000) 高光譜遙感及其應用，北京：高等教育出版社。
- Goetz, A.F.H., Vane, G., Solomon, J.E. Rock, B.N. (1985) Imaging spectrometry for earth remote sensing, *Science*, 228: 1147- 1153.
- Jet Propulsion Laboratory, (2004) *Airborne Visible/Infrared Imagine Spectrometer*, <http://aviris.jpl.nasa.gov>.
- Landgrebe, D. A. (2003) Signal theory methods in multispectral remote sensing, Wiley, Hoboken, N.J.
- Lecia Geosystems GIS & Mapping, LLC (2003) *IMAGINE Spectral Analysis User's Guide*, Atlanta: Lecia Geosystems GIS & Mapping, LLC
- Richards, J.A. (1999) *Remote sensing digital image analysis: An introduction*, 2nd ed., Berlin: Spinger-Verlag.
- RSI (2003) *ENVI 4.0 User Guide*, Australia: RSI.
- Tso, B., Mather, M.M. (2001) *Classification methods for remotely sensed data*, New York: Taylor & Francis.
- USGS (2004) *EO-1 Homepage*, <http://eo1.usgs.gov/>.