

SPOT 資料應用於林地被覆型之分類研究

周朝富 鄭祈全 陳燕章

摘要

SPOT資料在地面上的空間解析力較大地衛星的MSS及TM為優，且因本省山區地形多陡峭，樹種繁多又複雜，利用空間解析力粗放的遙測資料作森林調查頗感困難，因此SPOT資料對我們林業人員具有無限的鼓舞，故本研究乃針對SPOT多譜資料作一林地被覆型分類之探討，一則探討其在林地被覆型分類之潛力，二則探討不同分類方法對SPOT資料分類之適用性。

據本研究結果發現：(一)SPOT資料由於空間解析力佳，利用肉眼觀察甚為方便，因此地面控制點選取容易，影像幾何糾正效果良好；(二)利用監察分類法監選訓練樣區時，亦因空間解析力好，均質性的樣區圈選容易，頗有利於工作人員操作；(三)空間解析力雖然提高，但光譜解析力卻反而不如大地衛星資料，尤其是紅光段及綠光段的灰度值極接近，且在各樹種間的變化微小，分類時易產生混淆現象，故SPOT資料對林地被覆型分類而言，並非理想的資料；(四)監察分類法較無監察分類法的分類結果為優，且三個原始波段的分類結果比再多加兩個比例影像的分類結果為優；(五)利用事後分類法，即將容易發生混淆的地區，配合已知地理資訊重加分類後，再以其結果取代其分類不良之像元，確可提高分類準確度(六)陰影或白雲覆蓋區域之資料難以重建(retrieval)，分類後大都隨其濃度變化而成環狀現象，不具代表地被型之意義，故應予棄卻。

關鍵詞：SPOT 資料、大地衛星、多譜掃描資料、監察分類、無監察分類、事後分類、主題測繪儀。

周朝富、鄭祈全、陳燕章. 1991. SPOT資料應用於林地被覆型之分類研究. 林業試驗所研究報告季刊. 6(3):283-297.

Application of SPOT Data on Forest Cover Type Classification

Chao-fu Chou, Chi-chuan Cheng and Yen-chang Chen

[Summary]

Photogrammetric engineering and remote sensing have been widely used in forest resource inventory. However, current application of remote sensing on forestry is still only in the research stage because of poor image resolution, difficult photo interpretation, climatic factors etc. Spatial resolution is particularly a problem in Taiwan due to the complexity of forest species and terrain. Recently, SPOT image has received considerable attention because of its fine resolution. Also, there is few research which

1990年12月送審
1991年 2月通過

uses SPOT image for forest applications. Therefore, the reason for this study was to consider this point. The objective of this study was to investigate whether SPOT image is really helpful in forest cover type classification or not.

This study consists of three different kinds of approaches. They are supervised classification, unsupervised classification, and post classification. The classification results and the comparisons between them indicates as follows.

- (1) Post classification which incorporates with geographic information system performs well in separating the overlapping classes and indirectly improves the classification results. Thus, this approach is recommended in the applications of remote sensing.
- (2) The comparison between the original three bands and the five bands (three original bands and two ratio bands) shows that the three bands is better than the five bands in the classification results. This result indicates that the addition of ratio bands into the original bands has no effect on the forest cover type classification.
- (3) Classification results show that there are great misclassifications between conifer plantation and natural hardwood in one small area. The problem posed by different scanning seasons or SPOT image itself is still unknown. Therefore, further investigations are needed when using SPOT image for forest applications.
- (4) The use of ratio bands are not helpful in removing the shadow and the cloudy problems in this study. However, overcoming these two problems is important in Taiwan and is worthy for further studies.

Key Words : SPOT data, Landsat, MSS, supervised classification, unsupervised classification, post classification, TM.

Chao Chou-fu, Chi-chuan Cheng and Yen-chang Chen. 1991. Application of SPOT Data on Forest Cover Type Classification. Bull. Taiwan For. Res. Inst. New Series. 6(3):283-297.

一、緒 言

自1972年美國發射大地衛星以來，隨著電腦與影像處理技術的發展與進步，衛星多譜資料已廣泛地應用於環境監督及各種自然資源之調查評估上，我們林業工作者對此種衛星資料亦寄以莫大期望，積極研究其應用性，然而大地衛星多譜掃描系統(multispectral scanner system; MSS)資料之空間解析力為 $79 \times 79M^2$ 對本省複雜之地形及林型而言，確實過於粗放而無法滿足我們的需求，其主題測繪儀(thematic mapper; TM)資料之空間解析力雖提高為 $30 \times 30M^2$ ，光譜解析力亦由四個波段提升為七個波段，對森林資源調查及生物量估測應有極大幫助，但據查中央大學太空及遙測研究中心之磁帶資料檔案得知，該種TM資料數量不多，只有少數幾幅，且並非臺灣全島

均有此種資料，因此大家莫不期待法國SPOT衛星掃描資料能提供更好更充分的資訊，因其空間解析力在全色片的資料可達 $10 \times 10M^2$ ，多譜彩色資料可達 $20 \times 20M^2$ ，比大地衛星的TM資料優異，且其左右傾斜掃描的資料影像可作立體觀測及判釋，資料亦可源源不斷地供應及更新，尤其將來地面接收站在臺灣設立後，資料的取得更具彈性而容易，故乃選用SPOT資料作為分類研究的材料，其目的有二；(一)探討SPOT資料作為林型分類之潛能及其可用性；(二)探討不同分類方法對SPOT資料分類之適用性，俾供爾後林型分類或森林調查之參考。

本研究利用臺灣省林業試驗所六龜分所轄區之試驗林為研究試區，以SPOT原有的三個光譜波段及再增加兩個比例影像(G/R, IR/R)，共五個波段的資料，分別以監察分類法、無監察分類法

、及配合已知地理資訊作事後分類法(post classification)的探討。

二、試區概況

本所六龜試驗林區狀況如圖1，由北而南逐漸向右偏斜，南北狹長，中間纖細如蜂形，南北兩端海拔較高，中間由濁口溪橫越而過，地勢較低，本研究試區即位於濁口溪北方，約北緯 $22^{\circ}57'00''$ 至 $23^{\circ}01'05''$ ，東經 $120^{\circ}39'50''$ 至 $120^{\circ}44'55''$ 間，海拔高自350公尺至1892公尺間，為本所六龜分所轄區之一部份，面積約4500公頃，試區內原為天然闊葉樹林及次生林，近十數年來，天然林逐漸被砍伐後改造人工林，其造林樹種大多為臺灣杉及少數闊葉樹；本試區土壤母岩大多為頁岩及粘板岩，氣候約半年雨季，半年乾季，山勢多陡峻，其陡峻地區土壤多石頭及碎石地，植物生長不良；坡度較緩地區植物生長良好，淺山低海拔地區在乾旱季節，土壤呈極乾燥現象，故植物生長不良，造林不易成功，僅適宜以林相改良方式經營林地，海拔一千公尺以上之地區，土壤較為濕潤，樹種大多為樟科及殼斗科等，生長較為良好。

三、供試材料

本研究所用之材料包括SPOT多譜資料，空中照片及1/10000像片基本圖等。

(一)影像資料：

SPOT多譜資料為1986年12月10日上午10點41分0秒由法國SPOT-1衛星HRV1掃描器向地球垂直掃描而得，其航帶區域為299-304，像幅中心位置為北緯 $N23^{\circ}00'23''$ ，東經 $E120^{\circ}38'40''$ ，太陽高度角(Elevation)為 41.3° ，太陽方位角(Azimuth)為 $+158.7^{\circ}$ ，其原始磁帶號碼為SPO-038，中大拷貝的磁帶號碼為SPC-038，其三個光譜波段之波長分別為(1)綠光(Green)：波長 $0.51 \sim 0.59 \mu$ ；(2)紅光(Red)：波長 $0.61 \sim 0.69 \mu$ ；(3)近紅外光(Near IR)：波長 $0.71 \sim 0.91 \mu$ ；全幅影像有 3004×5300 個像元，每個像元之長寬度為 $20M \times 20M$ ，全幅影像涵蓋地面範圍為 $60 \times 60KM^2$ ；SPOT-1衛星影像較大地衛星影像改進的地方為提高空間解析力，及具有立體觀測之能力，但其光譜解析力卻較大地衛星資料為差。

(二)空中照片：

以72年間及77年7月21日拍攝之空中照片作

為地面真值(ground truth)之參考依據。

(三)像片基本圖：

由農林航空測量所於72年編繪之1/10000像片基本圖，用此圖作為選取地面控制點，以供影像幾何糾正之用，及監選訓練樣區之參考，與分類準確度評估之依據，並作為林班界、道路、水系，等高線數化之用，以充作地理資訊系統(GIS)之一部份。

四、試驗方法與步驟

(一)影像處理

1.影像之幾何糾正：

由於衛星繞極軌道與地球赤道斜交，加上地球自轉效應等因素，形成全景影像之扭曲(panoramic distortion)，加上載台高度、速度、姿態；如滾轉(roll)、顛動(pitch)、偏航(yaw)；等變異，引起一些不可預測之扭曲現象，使影像在幾何上產生歪曲，在比例(scale)、方向(orientation)及形狀(aspect ratio)上，都無法與地圖一致，故必須將影像作幾何糾正，始能與地圖吻合，作進一步之使用。

一般幾何糾正大多採用橡皮伸張法(rubber-sheet stretching)，也就是利用地面控制點(ground control point; G.C.P)來模擬地面特徵點與影像上相應點的幾何轉換關係，然後利用此種轉換係數將衛星影像加以糾正。幾何糾正過程包括地面控制點之選取，座標轉換與再取樣，及精確度評估等。

(1)地面控制點之選取：

選取地面控制點時，位置必須要正確，分佈要均勻，在地面上明顯而不易變遷，且在影像及地圖上容易辨認的地點，如河流的交會點、轉彎點、橋樑與河流交叉口、池塘、大建築物、港灣、岬角等，均為理想的控制點位置，由於山區之山頂與山谷高差起伏大，位移必大，因此山區控制點之選取必須顧及山頂、山坡及山谷的位置問題，幸SPOT衛星影像空間解析力較大地衛星的MSS改進甚多，因此在山區除了上述地點外，崩塌地、草生地的稜角點，甚至於明顯嶺線的交叉點(即山頂點)，均可選作控制點，以減少山區因高差引起的位移問題，使幾何糾正達到更理想的境界，本研究在12張基本圖上共選取165點，後來作轉換係數時將偏差較大的點去除後，剩下83點作為幾何糾正之用，其各控制點之分佈情形如圖2，其分佈極為均勻，在無控制點的區域為不用

的範圍，故未取地面控制點。

(2)座標轉換

由於多譜影像的座標值係以左上方為原點，行(sample)的座標自左而右漸增，列(line)的座標由上而下累計，並以像元(pixel)為單位，而像片基本圖上的TM座標值卻以左下方為起點，橫座標由左而右增加，縱座標由下而上累計，並以公尺為單位，兩個座標系統迥異，因此為配合影像座標，必須經由轉換的程序，將地圖的原點座標也定在左上方(最好是定在TM座標的網路交叉點上)，然後再將每個地面控制點的TM座標值改算為影像的新行及新列座標，其轉換式為：

$$X'(\text{新行座標}) = (\text{控制點A在像片基本圖上的橫座標} - X) / \text{每個像元的寬度} + 1$$

$$Y'(\text{新列座標}) = (Y - \text{控制點A在像片基本圖上之縱座標}) / \text{每個像元之寬度} + 1$$

其中X = 左上方原點TM的橫座標值。

Y = 左上方原點TM的縱座標值。

因新影像原點座標為(1,1)，不是(0,0)，故X'及Y'後面都需再加1，新影像每個像元之寬度可依個人需求自行決定，如本研究為配合等高線、數值地形模型(DTM)、林班圖等已數化完成之影像寬度，均將新影像之寬度定為10M×10M，俾便各種影像之套合，新影像左上方原點(1,1)的位置定在TM南北座標2551000公尺，東西橫座標259000公尺，即正好在(2551000,259000)座標網格點上，其改算式為

$$X' = (X_A - 259000) / 10 + 1$$

$$Y' = (2551000 - Y_A) / 10 + 1$$

其中X_A = 控制點A的橫座標值

Y_A = 控制點A的縱座標值

如此即可將幾何糾正後之影像座標與各種基本圖之數化圖型座標一致，有利於日後各種資料之套合，便於建立地理資訊系統。

各控制點新行及新列座標算出後，即將新行新列座標與原影像上之座標一起輸入電腦建立成一個資料檔，再利用IDIMS系統中的“REGIS”或“REGCHK”程式套以最小平方方法計算二階多項式的轉換係數，及各控制點的殘差值(residual)，檢查各控制點的殘差值後，認為誤差太大的控制點即予以去除，然後再由剩餘的控制點繼續計算其座標轉換係數與殘差值，如此反覆進行，直到所有控制點之行與列的殘差值約低於1個像元為止，最後僅留下83個作為幾何糾正座標轉換係數之計算，並據此係數作為影像座標轉換之根據。其座標轉換係數如表1上的Coefficient及Residuals，

表中Output的Line及Sample為由地面控制點TM值改算的影像座標，Input的Line及Sample為控制點在衛星影像上的原座標，Computed的Line及Sample為利用轉換係數計算出來的座標值，以此值和Input的座標比較求出殘差值(residuals)，從所有控制點的殘差值利用 $\sum \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} / N$ 求出其平均均方根誤差為0.595，此殘差值在地面上的長寬度係以原始影像的長寬度為準，即幾何糾正後影像的平均誤差為20公尺×0.595 = 11.9公尺；其幾何糾正後的影像與林班界的數化影像套合情形如圖6，結果相當吻合。

(3)再取樣(resampling)

幾何座標轉換完成後，將輸出影像新格子點上的座標(X',Y')轉換到輸入影像(未糾正之影像)的座標(X,Y)上，由於轉算的座標值通常都是實數，不會剛好落到原來影像的格子點上，因此，此點的像元灰度值需由其本身或其周圍的鄰近點作內插轉算，其轉算所得之灰度值再指派給輸出影像(X',Y')的座標點，此種內插過程即為再取樣，一般再取樣方法有近鄰指派法(nearest neighbor assignment; NN)、雙線性內插法(bilinear interpolation; BL)、立方迴旋法(cubic convolution; CC)等，此三種方法中，近鄰指派法易使道路及影像邊緣產生鋸齒狀，像元顯得不連續，但電腦計算時間最經濟，且再取樣後不改變其原來之灰度值，亦不影響影像對比。雙線性內插再取樣之影像較有連續性及平滑的效果，但卻顯得模糊不清，使影像中細微構造之品質降低，且計算的時間較近鄰指派法為多。立方迴旋法在視覺上產生更為平滑清晰的效果，但花費電腦時間最多，約為雙線性內插法的兩倍，且由於由16點內插而來，如同低頻過濾(low pass filtering)過程，可能損失某些細微部份的像質，同時產生原來影像中所沒有的灰度值，自動分類結果，可能出現事實上根本不存在的類別，因此，三種再取樣方法中，近鄰指派法是最值得採用的方法，尤其臺灣山區樹種及地形複雜，以近鄰指派法再取樣才不致於改變其原來的灰度值而影響分類結果。本研究即利用近鄰指派法完成再取樣工作，結果得到一個2400×1700的糾正影像，如圖3，其在糾正前之影像的位置範圍如圖4的白色框內，由此圖可知其原始影像的扭曲狀況，確實無法與地圖相配合，而必須作幾何糾正工作。

(二)試區影像之切取

本研究地區因僅針對本所六龜分所轄區內之試驗林作研究，轄區外之區域即不予考慮，且為

表1. 83個地面控制點之殘差及其轉換係數.

POINT	-OUTPUT-		-INPUT-		-COMPUTED-		RESIDUALS	
	LINE	SAMPLE	LINE	SAMPLE	LINE	SAMPLE	LINE	SAMP
1	594.73	881.32	469.00	655.00	469.33	655.00	-0.33	0.00
2	455.79	871.83	402.00	639.00	401.60	638.77	0.40	0.23
3	331.28	953.25	333.00	668.00	333.42	668.46	-0.42	-0.46
4	332.95	904.88	338.00	645.00	338.27	644.80	-0.27	0.20
5	358.06	890.14	352.00	640.00	351.88	639.63	0.12	0.37
6	124.93	259.93	289.00	310.00	289.11	310.17	-0.11	-0.17
7	82.55	398.45	257.00	374.00	256.76	374.75	0.24	-0.75
8	291.03	795.84	327.00	587.00	326.67	587.64	0.33	-0.64
9	571.45	773.54	467.00	600.00	466.82	600.01	0.18	-0.01
10	939.43	557.75	667.00	524.00	666.27	524.36	0.73	-0.36
11	956.61	884.95	647.00	687.00	647.50	686.86	-0.50	0.14
12	916.57	872.57	629.00	677.00	628.78	677.44	0.22	-0.44
13	916.54	806.84	635.00	645.00	634.25	645.08	0.75	-0.08
14	959.45	455.90	684.00	476.00	684.61	475.89	-0.61	0.11
15	876.61	443.75	645.00	463.00	644.75	463.05	0.25	-0.05
16	1081.60	345.26	754.00	432.00	754.06	431.56	-0.06	0.44
17	1081.85	312.12	757.00	416.00	756.93	415.27	0.07	0.73
18	1130.37	303.91	782.00	416.00	781.55	415.24	0.45	0.76
19	1271.21	355.99	846.00	457.00	845.89	457.43	0.11	-0.43
20	1127.08	609.40	754.00	566.00	754.54	565.33	-0.54	0.67
21	1143.65	609.65	763.00	566.00	762.70	566.82	0.30	-0.82
22	1079.62	632.88	730.00	573.00	729.18	572.96	0.82	0.04
23	1048.01	753.00	704.00	629.00	703.58	629.47	0.42	-0.47
24	209.61	147.44	340.00	262.00	340.17	261.91	-0.17	0.09
25	188.33	187.21	326.00	280.00	326.39	279.69	-0.39	0.31
26	404.41	214.56	431.00	311.00	430.75	311.11	0.25	-0.11
27	216.20	376.62	324.00	375.00	324.50	375.16	-0.50	-0.16
28	444.47	381.85	430.00	377.00	436.68	346.72	-0.68	0.28
29	635.89	641.51	509.00	540.00	509.58	540.39	-0.58	-0.39
30	488.00	662.23	435.00	539.00	434.91	538.29	0.09	0.71
31	414.33	658.60	399.00	530.00	398.86	530.37	0.12	-0.37
32	1094.01	296.60	764.00	409.00	764.22	408.64	-0.22	0.36
33	1219.85	200.47	835.00	371.00	834.28	371.74	0.72	-0.74
34	1161.71	513.99	747.00	521.00	749.56	521.23	-0.56	-0.23
35	1088.88	406.57	751.00	462.00	751.57	462.17	-0.57	-0.17
36	1069.47	567.38	730.00	540.00	729.62	539.87	0.38	0.13
37	1045.74	584.93	716.00	547.00	716.45	546.55	-0.45	0.45
38	1367.18	599.73	874.00	580.00	873.79	580.45	0.21	-0.45
39	1699.74	1218.84	986.00	913.00	986.01	912.67	-0.01	0.13
40	1724.89	1160.87	1003.00	887.00	1003.28	886.37	-0.28	0.63
41	1540.56	1197.39	909.00	890.00	900.32	889.14	-0.32	0.86
42	1498.03	1242.55	884.00	908.00	884.55	907.87	-0.55	0.13
43	1630.62	1224.49	952.00	910.00	951.45	909.94	0.55	0.06
44	1482.17	1144.19	885.00	859.00	884.99	858.09	0.01	0.91
45	1435.43	1075.34	868.00	821.00	867.71	820.30	0.29	0.70
46	1287.74	1164.69	787.00	852.00	787.39	852.10	-0.39	-0.10
47	1326.88	1186.83	805.00	856.00	804.89	866.26	0.11	-0.26
48	1319.01	1391.18	783.00	966.00	783.80	966.29	-0.80	-0.29
49	1307.76	1480.72	771.00	1009.00	770.72	1009.49	0.28	-0.49
50	1449.35	1340.51	853.00	952.00	852.32	952.12	0.68	-0.12
51	1464.92	1419.60	853.00	992.00	853.35	992.39	-0.35	-0.39
52	1573.25	1368.34	911.00	975.00	911.07	976.09	-0.07	-1.09
53	1701.75	1476.23	966.00	1040.00	965.33	1039.91	0.67	0.09
54	1717.42	1443.45	976.00	1024.00	975.82	1025.04	0.18	-0.04
55	1924.02	1322.01	1088.00	982.00	1087.92	982.23	0.68	-0.23
56	1903.03	1173.89	1090.00	907.00	1090.03	907.49	-0.03	-0.49
57	1926.71	1119.61	1106.00	883.00	1106.27	882.69	-0.27	0.31
58	1939.25	1068.29	1116.00	858.00	1116.77	858.48	-0.77	-0.43
59	2043.09	1262.71	1151.00	962.00	1151.62	962.82	-0.62	-0.82
60	2096.64	1529.08	1156.00	1099.00	1155.56	1098.57	0.44	0.43
61	2097.38	1369.38	1170.00	1020.00	1169.40	1019.87	0.60	0.13
62	2164.00	1265.47	1211.00	974.00	1211.01	974.14	-0.01	-0.14
63	2277.94	1266.19	1267.00	984.00	1267.14	983.87	-0.14	0.13
64	2359.73	1522.51	1286.00	1118.00	1285.82	1117.00	0.18	1.00
65	2084.82	1113.08	1175.00	890.00	1174.93	890.85	0.07	-0.85
66	2122.33	1218.91	1194.00	948.00	1194.39	947.75	-0.39	0.25
67	2134.65	1197.17	1202.00	938.00	1202.29	938.05	-0.29	-0.05
68	2195.83	1212.44	1232.00	951.00	1231.67	950.69	0.33	0.31
69	1310.60	1064.96	807.00	804.00	807.02	804.86	-0.02	-0.86
70	785.42	971.10	556.00	715.00	555.88	715.06	0.12	-0.06
71	939.60	993.67	830.00	740.00	830.03	738.98	-0.03	1.02
72	771.41	1407.02	512.00	928.00	512.51	928.80	-0.51	-0.80
73	873.71	1468.17	557.00	967.00	557.81	967.24	-0.81	-0.24
74	886.99	1403.98	570.00	936.00	569.74	936.72	0.26	-0.72
75	861.76	1312.93	615.00	899.00	614.24	898.08	0.76	0.92
76	1031.38	1432.68	639.00	963.00	638.52	962.87	0.48	0.13
77	1033.81	1381.08	644.00	938.00	644.04	937.64	-0.04	0.36
78	1131.14	1342.42	695.00	927.00	695.27	926.68	-0.27	0.32
79	1142.64	1398.89	696.00	956.00	696.20	955.46	-0.20	0.54
80	520.97	1206.64	406.00	810.00	405.82	809.03	0.18	0.97
81	369.93	1339.58	320.00	862.00	320.24	861.80	-0.24	0.10
82	-46.69	435.23	190.00	382.00	189.97	382.05	0.03	-0.06
83	-2.93	754.66	186.00	543.00	185.11	542.84	0.89	0.16

COEFFICIENT	A(N)	B(N)
0	248.877	171.974
1	0.493465	0.832996E-01
2	-0.822259E-01	0.491519
3	0.347010E-07	-0.321498E-06
4	-0.469028E-06	0.313335E-06
5	-0.394423E-06	0.329822E-06

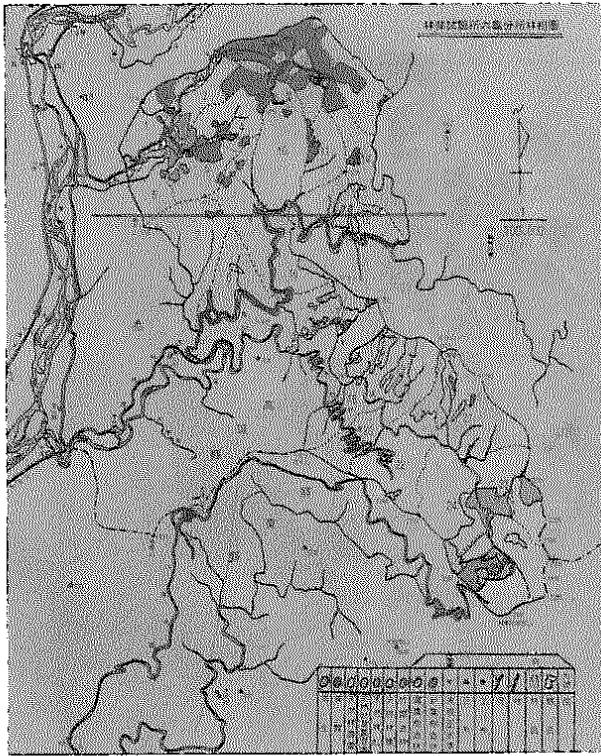


圖1. 六龜試驗林區

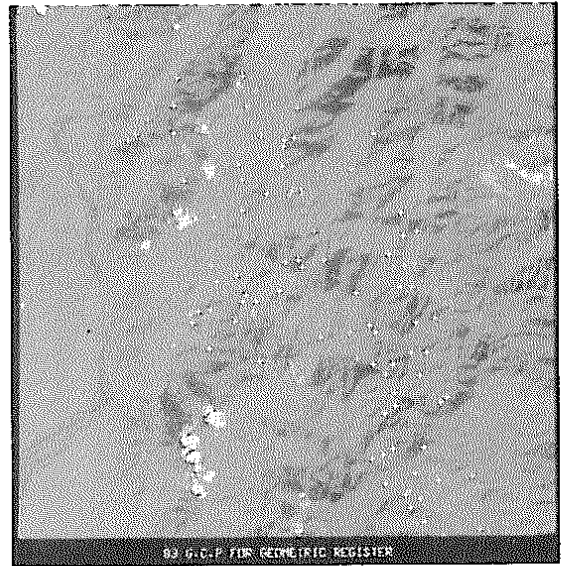


圖2. 83個控制點位置

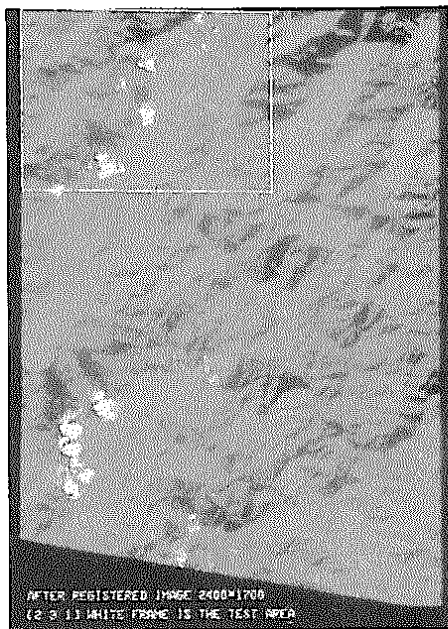


圖3. 幾何糾正後影像

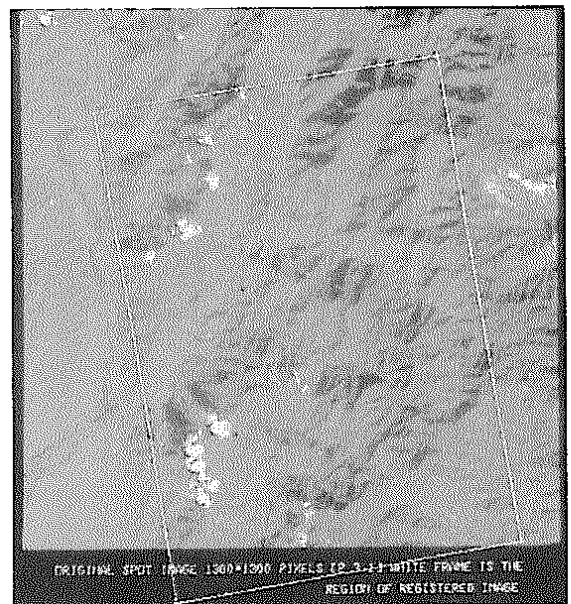


圖4. 糾正影像在原來影像上的形狀(框內)

配合已數化完成之基本圖數化影像(如圖5為林班之數化影像)，故僅從幾何糾正影像的第1行第1列(1,1)為起點，上下左右各切取723×1023個像元作為研究試區之資料，其範圍如圖3中，幾何糾正影像左上角的白色框包圍部份，並用林班數化成raster的影像加以處理後，切取僅含六龜試驗林轄區之影像資料，如圖6第1至第16林班界內之範圍。

(三)影像分類

1. 監察分類法

茲為正確監選試區內各被覆型之訓練樣本，特將基本圖數化後之林班界、道路、水系等影像與試區影像套合，並使顯示於螢幕上，如此即可與像片基本圖、造林圖、空中照片等地面實況資料配合使用，在正確位置上圈選均質(homogenous)的區域作為訓練樣本。本研究所使用之SPOT資料掃描時間為12月10日上午10點41分，當時冬天太陽高度角為41.3°，方位角為+158.7°，太陽位置不高，且位於南南東方，因此北向及西北向坡面，陽光無法照射得到，乃形成許多濃度不一的陰影，故選取訓練樣區時，必須兼顧向陽面與背光面的問題，故研究區域內除雲層及其陰影外，共選出29種地面覆蓋組類。當訓練樣

區圈出後即計算各組類的均數及共變異矩陣等統計值，然後利用“SHOWSTAT”指令檢查各組類統計數的直方圖(histogram)是否合乎均質的單峰(unimodal)要求，否則即去除不適當的資料，最後再就統計檔內的資料計算各組類的轉換分離度(transform divergence; Dt)，以判斷各訓練組類的分離情形，俾作為組類合併、棄卻或重新圈選訓練樣區之依據，如表2為本研究過程中各訓練組類的轉換分離度矩陣，表中第10及第11的Dt值僅719，相當接近，且均為闊葉樹，因此將二組類合併成一種組類，並合併計算其統計數，又如第6為香杉及第20為臺灣杉，Dt值僅712，顯然太接近無法分開，故只好合併成一種針葉樹造林地之組類，並再合併計算其統計值，而第8為闊葉樹，第19為臺灣杉，其Dt值僅431，顯然混淆極厲害，絕對無法分開，但樹種完全不同，亦無法合併，此時必須棄卻一方或讓其自然分類，但分類結果必定混淆不清而降低其分類準確度，故只好設法解決此種問題，本研究即利用事後分類法(post classification)，即配合已知地理資訊加以處理來解決(請見事後分類法部份)，反覆進行上述之工作，直到滿意後，再依各組類統計值產生之機率密度函數(probability function)對整個影像各像

表2. 轉換分離度.

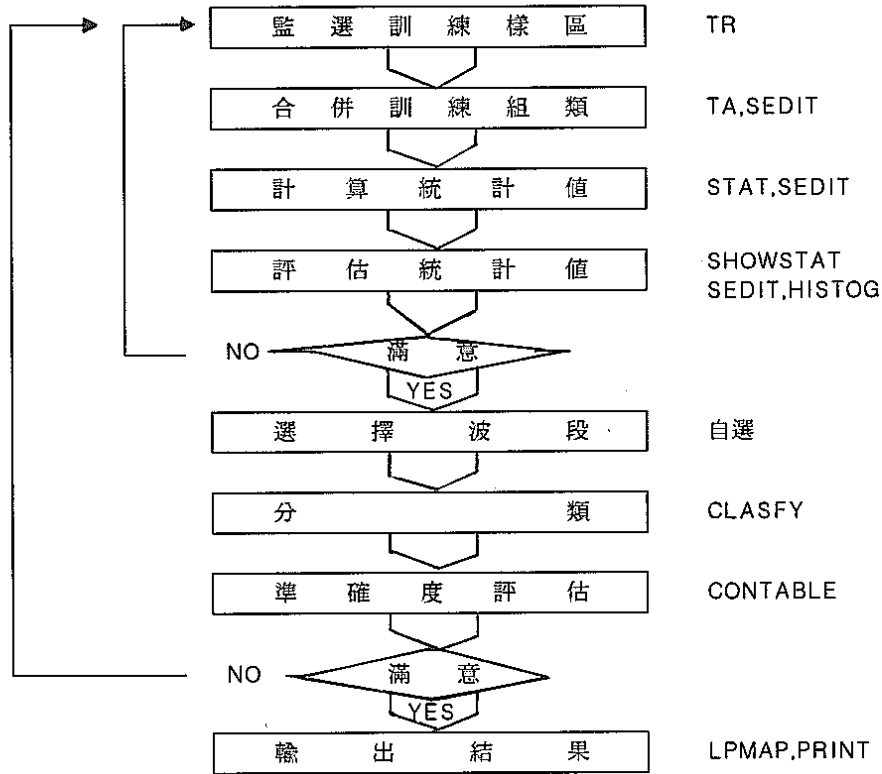
CLASS	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1999	2000	2000	2000	1996	2000	1985	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
2		2000	2899	2998	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
3			2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
4				1917	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
5					2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1999	2000	2000	2000	2000	2000	2000	2000
6						1484	2000	1989	1160	952	2000	1999	1996	2000	2000	1647	2000	2000	712	1802	1999
7							2000	2000	1970	1972	2000	2000	1999	2000	2000	1674	2000	2000	1556	1999	2000
8								2000	2000	2000	1768	2000	2000	2000	2000	2000	2000	431	2000	2000	2000
9									1936	1920	2000	1423	1999	2000	2000	1985	2000	2000	1999	2000	2000
10										719	2000	1999	1997	2000	2000	1302	2000	2000	1999	1994	1999
11											2000	1992	1919	2000	2000	1831	1999	2000	1508	1937	1999
12												2000	2000	2000	2000	2000	2000	1625	1995	2000	2000
13													1995	2000	2000	2000	2000	2000	1994	2000	1999
14														2000	1999	1993	2000	1997	2000	1587	
15															2000	2000	2000	2000	2000	2000	
16																2000	2000	2000	2000	2000	
17																	2000	2000	1977	1999	2000
18																		2000	1999	1935	1998
19																			2000	2000	2000
20																				1467	1999
21																					2000

AVERAGE DIVERGENCE = 1948
 MINIMUM DIVERGENCE = 431 FOUND IN CLASS PAIR 8 19

元做最大概似分類，分類完成後，即做準確度評估，結果若不滿意，則重新監選訓練樣區，在IDIMS操作時，利用“TR”指令圈選訓練樣區，“TA”指令計算樣區面積，“STAT”指令計算其均數及共變異矩陣等統計數，“SHOWSTAT”指令

展示各組類直方圖，“Diverge”指令作轉換分離度矩陣之計算，“SEdit”指令作統計檔之列印，合併、刪除、拷貝等工作，“CLASfY”指令作最大概似分類。其流程圖如表3。

表3. 監察分類流程圖



2.無監察分類法

僅利用光譜特性將相似像元自然聚集成一體之特性，在演算上乃用資料點與聚集中中心(平均值)之絕對距離作決定，其過程開始於一個假定的聚集平均值，然後再重複多次的分割、合併與鏈接等工作，其重複次數以每個聚集中中心均穩定為止，亦即每一組類的平均值收斂(convergence)到不再變動為止。聚集演算完成後，即形成各種光譜組類(spectral classes)，此時我們即可利用各光譜組類之可見光及紅外光均數及轉換分離度作成雙光譜圖，並參考空中照片、造林圖或現場對照地面真值後，將光譜組類合併成光譜資訊組類(spectral information classes)或目標組類，並作準確度評估。

本研究利用IDIMS的“ISOCLS”指令進行聚集演算工作，然後再依上述步驟完成分類工作，其

結果及評估如五、(二)部份。

3.事後分類法

假設各光譜組類僅代表一種被覆型，且呈單峰(unimodal)分佈狀態，則僅需於分類後將屬於同種被覆型的組類合併，即可完成分類，但事實上植生光譜常有混淆狀況，因而導致單一光譜組類所代表的植生並不只一種，因此在這種情況下便需藉助地形資訊或其他已知的地理資訊來決定各觀測值(像元)的去向，即其應歸屬的被覆型。事後分類因僅處理易混淆的問題組類，故其易混淆的組類在空間配置上有顯著差別時，可藉GIS的配合，先分層或拷貝其易與其他組類混淆之影像資料，以便縮小其資料之變異性及組類之數目，如此即較為單純而將組類分開，待該小區域分類完成後再以此取代原先分類不太正確的影像，以提高其分類準確度。

在本研究中由於研究者對試區地面狀況的了解，如第三林班大多為臺灣杉造林地，但在分類時，該區針葉樹人工林與其他林班之天然闊葉樹林極為混淆，分類結果甚不理想(如監察或無監察分類結果)，因此乃利用林班數化影像資料加以處理，並拷貝第三林班原始資料(如圖10)加以分類，此時因區域範圍小，又無其他林班易與其混淆的天然闊葉樹林存在，其組類減少，組類間的變異縮小，故可輕易地將針葉樹造林地與天然闊葉樹林分開，其分類結果如圖11，然後再將其分類好之影像以“PRIORITY”指令去取代先前已分類過但不太正確之影像。

五、分類結果分析與評估

(一)監察分類法

表4. 三個波段監察分類結果混淆表.

資訊組類			分類組類	針葉樹造林地	天然闊葉樹林	闊葉樹造林地	裸露地	林相改良地	合計
針造	葉林	樹地		2058	3056	436			5550
天葉	然樹	闊林		303	15882	915			17100
闊造	葉林	樹地		15	32	178			225
裸	露	地			42		183		225
林良	相	改地			6		219		225
合	計			2376	19018	1529	183	219	23325

全區分類準確度：(2058+15882+178+183+219)/23325=79.40%

2.五個波段之分類結果

茲因冬天掃描之影像具有大量地形產生之陰影，因此乃將三個原始波段再加上兩個比例影像(G/R, IR/R)，冀以去除陰影效應，其訓練樣區位置仍與三個波段者相同，仍以最大概似法做分類，最後亦合併成7個目標組類，結果如圖8，其準確度評估方法如同五、(一)1.，其分類準確度如表5，得全區分類準確度73.69%，其準確度反而不如三個波段之分類結果，探其原因，可能SPOT資料的紅光段與綠光段在同一樹種的灰度值相近，甚至同一波段的灰度值在各樹種間的差異微小而

1.三個波段之分類結果

本研究利用SPOT三個原始波段(綠光、紅光、近紅外光)先選取42個訓練樣區，再參考其轉換分離度值後，合併成29個光譜資訊組類之訓練樣本作最大概似分類，分類完成後再將此29個組類合併成7個目標組類，即針葉樹造林地、天然闊葉樹林、闊葉樹造林地、林相改良地、裸露地、雲及陰影等七類，其結果如圖7。分類完成後即進行準確度評估，即在分類影像上圈選已知組類的區域作為準確度評估樣區(但避免圈選到訓練樣本的位置)，計圈出針葉樹造林地5550個像元，天然闊葉樹林17100個像元，闊葉樹造林地225個像元，裸露地225個像元，林相改良地225個像元，共23325個像元，其結果列如表4混淆表，得全區分類準確度79.40%。

不易分辨清楚，兩波段相除結果，其比值即更加接近，反而更增加混淆機會，但無論如何，其原因與改進之道仍有待加探討之必要。

(二)無監察分類法之分類結果

本研究利用IDIMS的“ISOCLS”指令將三個波段資料作聚集演算工作，其中四個主要參數，經數次的測驗結果，決定以①最大標準差“STAMAX”定為4.5；②聚集組間之最小距離“DLMIN”定為2.8；③聚集組類之最小像元數目“NMIN”定為30；④聚集演算重複次數“ISTOP”定為10次，並要求聚集成30個組類，結果發現，

因雲層在影像上的灰度值由高而低的層次相當多，30個聚集組類中，雲層居然佔了20類，陰影又由於濃度不同而被分成4個層次的組類，剩下6類才是真正由陽光照射到的地區，而此6組類在每一光段的灰度值範圍甚窄，且甚為接近，因此組類間混淆嚴重，故將雲層的區域都線性轉換成零，使獨立於其他區域，然後另加兩個比例影像(G/R, IR/R)，形成五個波段後再重新做聚集演算工作，其目的乃寄重於陰影效應之去除，使不同地被物能區分開來，以提高分類準確度，但結果卻令人大失所望，其分類後之光譜組類，在試區內分佈極為零散，難於確切地歸併成光譜資訊組類

，因而反降其分類準確度，其結果如圖9，分類準確度評估方法亦如五、(-)1，其準確度混淆表如表6，得全區分類準確度58.87%，從表6可窺知其分類準確度低落的原因，係因有許多天然闊葉樹林之像元歸到闊葉樹造林地與針葉樹造林地，及針葉樹造林地像元分到天然闊葉樹林與闊葉樹造林地去使然，從這種情形可了解，無監察分類法在決定將光譜組類歸併成光譜資訊組類時，甚難決定其歸屬問題，常顧此失彼，而無法得到理想的分類準確度，這也正是無監察分類法不常被使用的原因。

表5. 五個波段監察分類結果混淆表.

資訊組類			分類組類	針葉樹 造林地	天然闊 葉樹林	闊葉樹 造林地	裸露地	林相改 良地	合計
針 造	葉 林	樹 地		3320	1628	592			5550
天 葉	然 樹	闊 林		3144	13278	678			17100
闊 造	葉 林	樹 地			32	193			225
裸	露	地			10		215		225
林 良	相	改 地			38		4	183	225
合		計		6464	14986	1463	229	183	23325

全區分類準確度： $(3320+13278+193+215+183)/23325=73.69\%$

(三)事後分類法之分類結果

本研究在做監察分類法及無監察分類法時，發現許多臺灣杉等針葉樹造林地極易與天然闊葉樹林混淆，因此乃將針葉樹人工林地區之資料拷貝出來，如圖12，再依據事後分類法(見四(三)3)加以處理及分類，結果如圖13，分類結果極為良好，最後以“PRIORITY”指令將此分類影像取代先前已分類過之部份區域，結果如圖14，經準確度評估結果如表7，得到全區分類準確度93.96%，確實提高不少準確度。

(四)各種分類方法之結果比較

從表4至表7觀察得知，事後分類法得到93.96%之分類準確度，列為最優，監察分類法三個原始波段影像的分類結果得到79.4%的分類準確度，列為第二，利用五個波段影像的分類結果得到73.69%的分類準確度，列為第三，無監察分類法得到58.87%的分類準確度，列為最差，由此得知，以SPOT資料作林地被覆型分類時，監察分類法比無監察分類法為優，若配合已知地理資訊作事後分類法加以改進，更可提高分類準確度。在本研究中，陰影及雲層不能代表真正的地被物，故該二組類的區域未做準確度評估。

表6. 非監察分類結果混淆表.

資訊組類			分類組類	針葉樹 造林地	天然闊 葉樹林	闊葉樹 造林地	裸露地	林相改 良地	合計
針 造	葉 林	樹 地		3002	1578	970			5550
天 葉	然 樹	闊 林		2997	10218	3885			17100
闊 造	葉 林	樹 地		8	99	118			225
裸	露	地			7		218		225
林 良	相	改 地			5		45	175	225
合		計		6007	11907	4973	263	175	23325

全區分類準確度： $(3002+10218+118+218+175)/23325=58.87\%$

表7. 事後分類結果混淆表.

資訊組類			分類組類	針葉樹 造林地	天然闊 葉樹林	闊葉樹 造林地	裸露地	林相改 良地	合計
針 造	葉 林	樹 地		5441	98		8		5550
天 葉	然 樹	闊 林		303	15882	915			17100
闊 造	葉 林	樹 地		15	32	178			225
裸	露	地		16	14		195		225
林 良	相	改 地			6			219	225
合		計		5778	16032	1093	203	219	23325

全區分類準確度： $(5444+15882+178+195+219)/23325=93.96\%$

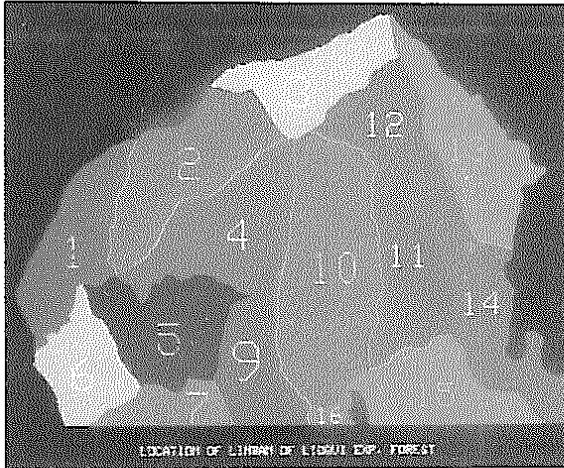


圖5. 試區各林班數化影像



圖6. 試區影像與林班界套合

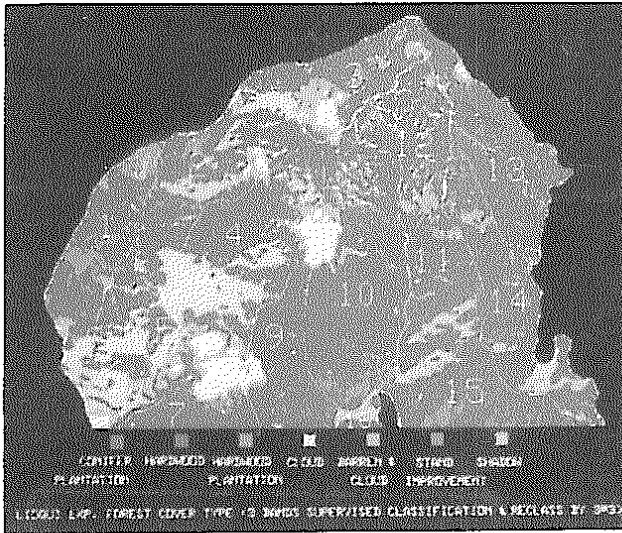


圖7. 三波段監察分類影像

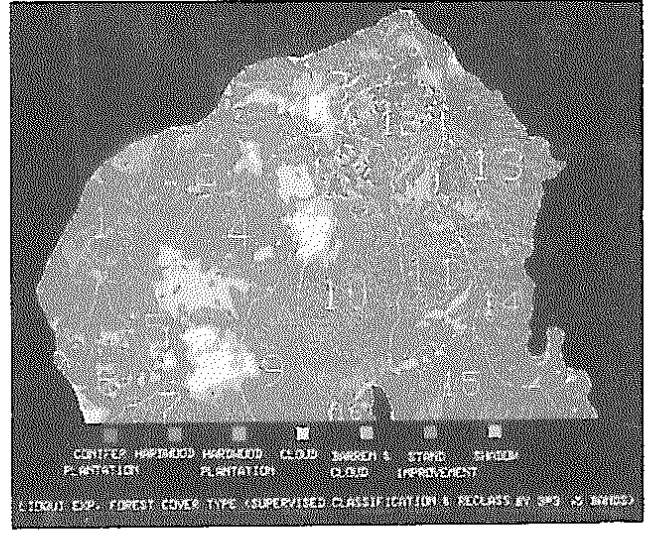


圖8. 五波段監察分類影像

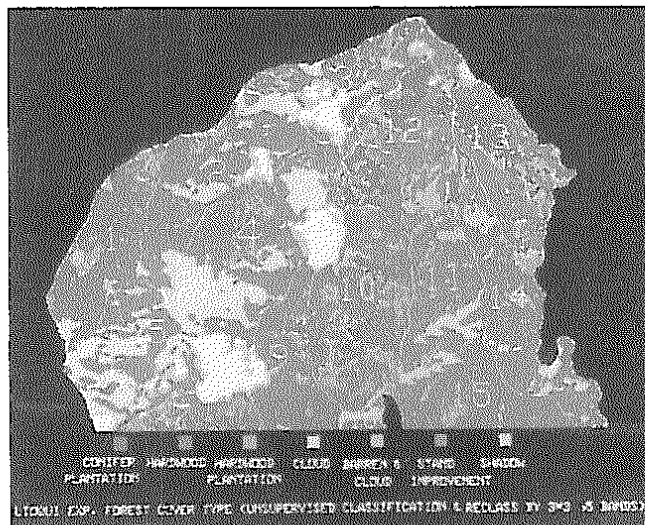


圖9. 非監察分類影像

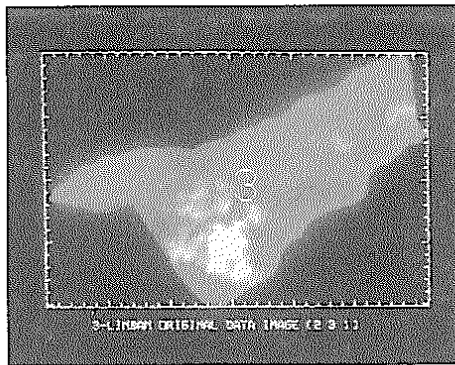


圖10. 第3林班原始影像

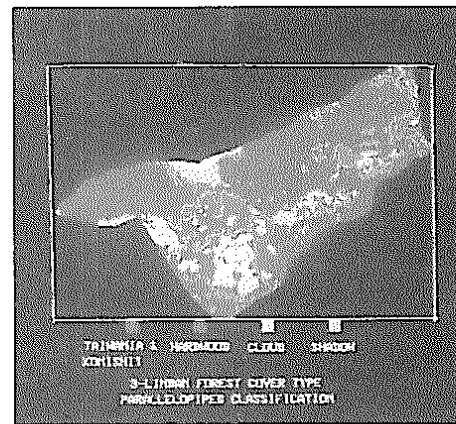


圖11. 第3林班事後分類影像

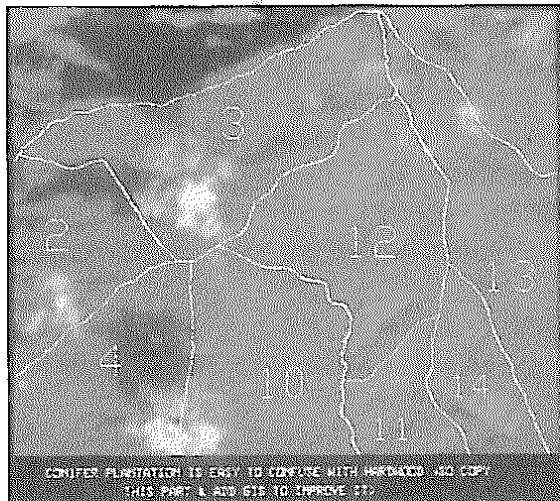


圖12. 台灣杉主要造林地帶(與其他林班之闊葉樹極易混淆區)

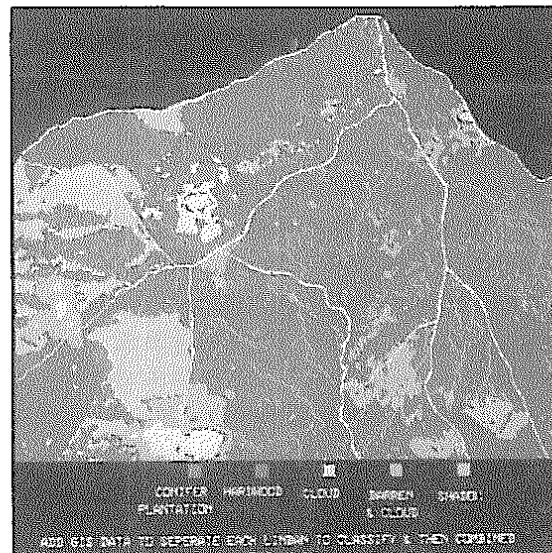


圖13. 圖12影像事後分類結果

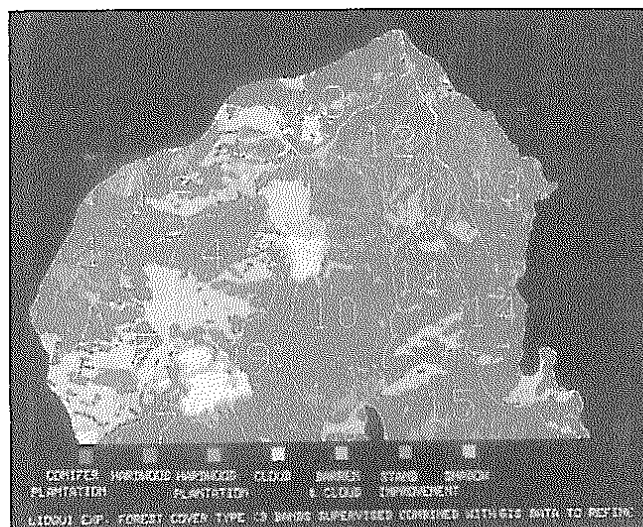


圖14. 事後分類影像

六、結論與討論

(一)SPOT多譜資料之空間解析力20公尺×20公尺，較大地衛星的MSS及TM為佳，山形地勢在螢幕上甚為清晰，各種地面特徵點極好辨認，對地面控制點之選取方便而容易，故影像之幾何糾正效果甚佳。

(二)SPOT影像三個波段中，綠光段及紅光段之反射強度灰度值相近，對樹種分辨力不強，僅紅外光具有較佳的分辨力，在本研究試區中，15年生之臺灣杉與香杉等針葉樹造林地之灰度值與某些天然闊葉樹林相近，利用電腦自動分類結果，混淆厲害，但是10年生以下的臺灣杉人工林卻極易與其他樹種分開，推其原因，概由於幼年生臺灣杉造林地中生長著茂密的菅草，而增強其反射強度，故容易與其他樹種分離而不生混淆現象。

(三)山區地形複雜，山勢多陡峭，背光面常有陰影，而陰影濃度不一，分類結果常形成多層環現象，這顯然不是真正地物對光線的反射效應，而是受陰影濃度不一的影響，理論上，比例影像具有去除陰影不良效應的功效，但在本研究中卻未見其效果，反而使分類準確度降低，考其原因，可能為紅光段與綠光段灰度值本來就很接近，兩者相除結果，使整張影像的比值大多接近於1，使某些本可分開的組類，因比值接近而更增加其混淆機會，故增加比例影像參與分類結果反而降低其分類準確度。

(四)雲層阻擋陽光的透射，在地面上亦形成陰影，其雲層與影子在影像上的灰度值濃度亦裡外不一，分類結果不易正確，且一些稀薄雲層的灰度值與砍伐後的裸露地相近，分類結果易混在一起而形成同一組類，如此不但降低分類準確度，同時亦造成裸露地面積計算的困擾，故要作林地被覆型分類用之影像，應盡量避免使用有雲之資料，以減少困擾。

(五)利用SPOT資料作林地被覆型分類時，監察分類法較無監察分類法為優，事後分類法因係對容易混淆之組類或地區進行改善的辦法，本研究發現它對改進分類準確度確有極大的助益。

(六)SPOT資料頗有利於肉眼的觀察，但其綠光段與紅光段的灰度值在各樹種間均甚接近而易生混淆，不利於樹種分類，且臺灣山區多陡峭，陰影覆蓋面廣闊(約佔本研究區域的13%)，影響影像品質及分類準確度至巨，故SPOT資料對臺灣而言，並非作林地被覆型分類的理想資料，卻

不失為觀察動態變化的好資料。

誌謝

本研究所用之SPOT資料取自中央大學太空及遙測研究中心，其處理過程亦均以該中心的IDIMS及GES兩套系統執行完成，在此一併申謝。

引用文獻

王顯達、吳啟南. 1984. 遙測影像之處理與分析. 遙感探測. NO.4:67-80.

邱麗香、焦國模. 1986. 地形資訊在大地衛星影像森林分類上功用之研究. 國立臺灣大學碩士論文.

吳啟南、宋國城. 1984. 衛星遙測影像與地形資料套合. 遙感探測. NO.3:54-69.

林俊中. 1981. 大地衛星資料的光譜特性研究及其應用. 國立中央大學碩士論文.

周朝富、焦國模. 1986. 大地衛星資訊探測臺北地區土地利用變遷之研究. 國立臺灣大學碩士論文.

焦國模、鄭祈全. 1978. 多譜影像資料自動處理時樣區選定與訓練方法之探討. 中華林學季刊. 2(4):1-48.

焦國模. 1983. 大地衛星影像在林業上之應用. 國立臺灣大學農學院研究報告. 23(1):32-67.

齊文熙. 1986. 大地衛星TM影像幾何校齊之探討. 國立中央大學. 太空及遙測研究中心通訊. NO.6:2-4.

廖大牛. 1984. 遙測影像之攝取. 遙感探測. NO.4:41-66.

謝漢欽、焦國模. 1985. 空載多譜掃描資料在林地被覆型分類上之應用. 國立臺灣大學碩士論文.

Beaubien, J. 1979. Forest Type Mapping from Landsat Digital Data. Photogrammetric Engr. and Remote Sensing. 45 (8) : 1135-1144.

Buchheim, M. P. 1985. Computer-Assisted Natural Vegetation Classification in Northern Wisconsin Using Simulated SPOT Multispectral Imagery. Masters Thesis, University of Wisconsin-Madison.

Buchheim, M. P., A. L. Maclean and T. M.

- Lillesand.** 1985. Forest cover Type Mapping and Spruce Budworm Defoliation Detection Using Simulated SPOT Imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 51(8) : pp.1115-1122.
- Chevrel, M., M. Courtois and G. Weill.** 1981. The SPOT Satellite Remote Sensing Mission. *Photogrammetric Engr. and Remote Sensing* 47(8) : 1163-1171.
- Dury, S. J., W. G. Collins and P. D. Hedges.** 1986, The Use of SPOT Simulation Data in Forest Mapping. *Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environmental Management* pp. 425-428
- Foschi, P. G.** 1986. Detection of subpixel features in simulated SPOT imagery. *Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environmental Management* pp.23-26
- Horler, D. N. H. and F. I. Ahern.** 1986. Forestry Information Content of Thematic Mapper Data. In *J. Remote Sensing* 7(3):405-428.
- Hutchinson, C. F.** 1982. Techniques for Combining Landsat and Ancillary Data for Digital Classification Improvement. *Photogrammetric Engr. and Remote Sensing.* 48(1) : 123-130.
- Imhoff, M. L., et al.,** 1982. Digital Overlay of Cartographic Information on Landsat MSS Data for Soil Surveys. *Photogrammetric Engr. and Remote Sensing.* 48(8) : 1337-1342.
- Kaneko, T.** 1976. Evaluation of Landsat Image Registration Accuracy. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 42(10) : 1285-1299.
- Kaufman, H. and B. Pfeiffer.** 1986. Image Optimization versus Classification-An application Oriented Comparison of Different Methods by use of Thematic Mapper Data. *Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environmental Management.* pp. 31-35.
- Kou, H. C.** 1986. Classification Accuracy and Efficiency Comparison using Simulated SPOT Data, Thematic Mapper Data and Principal Components Transformation. Master Thesis, University of Wisconsin-Madison.
- Kugler, B. and R. Tauch.** 1986. Comparison of Classification Results of Original and Preprocessed Satellite Data. *Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environmental Management.* pp. 41-45.
- Liu, J. K.** 1986. A GIS-Based Image Processing System for Agricultural Purposes (GIPS/ALP)- A Discussion on its concept. *Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environmental Management.* pp. 27-29.
- Marks, S. and C. David.** 1986. Vegetation and Terrain Mapping in Alaska using Landsat MSS and Digital Terrain Data. *52(6) : 779-786.*
- Saterwhite, M., W. Rice and J. Shipman.** 1984. Using Landform and Vegetative Factor to Improve the Interpretation of Landsat Imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 45(1) : 83-91.
- Schowengert, R. A.** 1984. Techniques for Image Processing and Classification in Remote Sensing.
- Stephen, J. W.** 1980. Coniferous Tree Species Mapping using Landsat Data. *Remote Sensing of Environment.* 9 : 11-26.
- Tommervik, H.** 1986. Comparison of SPOT-Simulated and Landsat 5 TM Imagery in Vegetation Mapping. *Symposium on Remote Sensing for Resources Development and Environmental Management.* pp. 525-529.