

第五章 MASTER 影像之光譜混合分析

本章分別利用影像上直接選取類別之參考光譜與利用 n 維視覺化方式選取純像元，並以最大似然分類法、線性光譜混合求解、匹配濾波及 MTMF 等方式進行台灣地區 MASTER 影像之分類分析。

5-1 波段選定與地真資料說明

影像波段數計有 50 個，各波段影像如圖 5-1。將原始影像經基本的平均值及標準偏差統計量，並參考儀器的率定測試且加上人為視覺的判斷以及大氣吸收帶模式的配合分析，可發現波段 16~18 ($1.830\sim 1.932\ \mu m$) 為大氣吸收效應所影響。此外以視覺方式可發現於波段 26、27、34 及 40 等影像含有大量雜訊的現象，故共計移除上述 7 個波段，最後選定 1~15、19~25、28~33、35~39 與 41~50 等 43 個波段進行後續影像分類處理。

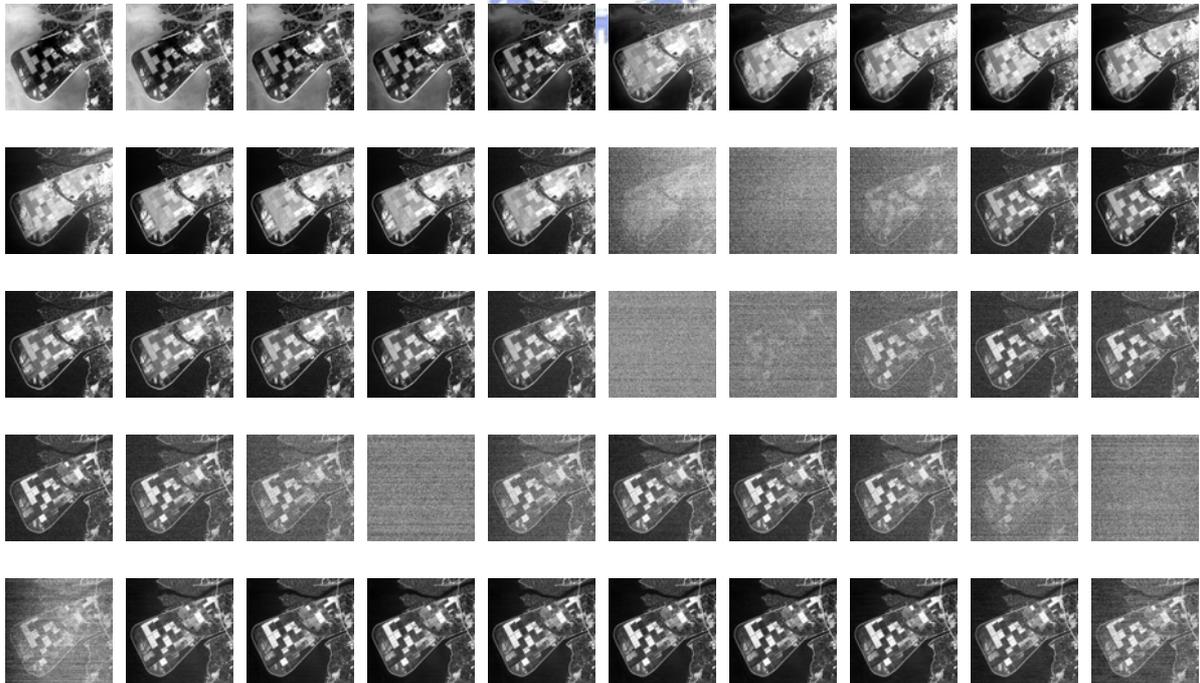


圖5-1 MASTER資料的50個波段影像(波段數由左至右，由上至下)

測試地區之地真資料係為國立中央大學太空及遙測研究中心於 2000 年 9 月 27 日影像拍攝當日收集而得，地面類別共分為六類，分別為甘蔗-A(Sugar Cane A)、甘蔗-B(Sugar Cane B)、海水(Seawater)、水池(Pond)、裸露土壤(Bare Soil)及水稻(Rice)等六類[Chen et al.,2001；張陽郎，2003]，如圖 5-2 所示。

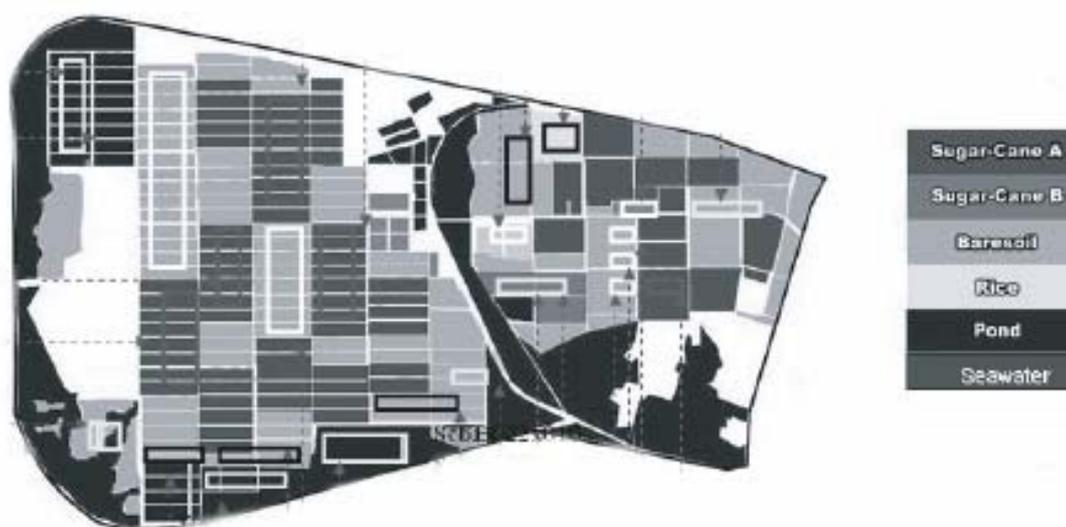


圖5-2 鰲鼓濕地地真資料圖[張陽郎，2003]

5-2 類別樣本數選定及分類流程說明

在張陽郎[2003]中所展示有關實驗區的地真資料並未含有海水部分，故在進行轉換分析與分類精度評估時以遮罩方式將其去除，故僅包含五種類別，分別為甘蔗-A、甘蔗-B、水池、裸露土壤及水稻，如圖5-3。且將地真資料中所有樣本數視為精度評估用之測試樣本。在實驗分析中分別採用兩種方式進行各類別之樣本的選定。

5-2-1 影像上直接選取各類別樣本及分類流程說明

實驗一為直接於影像中選取類別之參考光譜，於各類別中選取20個像元做為訓練樣本，並以此當成參考光譜(如圖5-4)，各類別之平均光譜曲線與標準偏差曲線，如圖5-5所示，圖中僅展示0.4~2.5 μm 波長之各類別光譜反應曲線。本實驗之

流程如圖5-6所示，先對所選取之波段進行MNF轉換，接著分別採用最大似然分類法、線性光譜混合求解、匹配濾波等三種方法進行分類，並進行精度評估與相關分析。

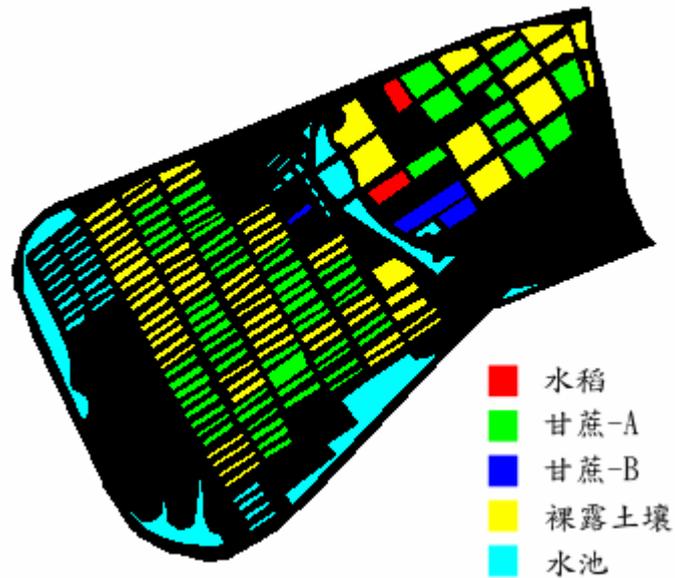


圖5-3 地真資料圖

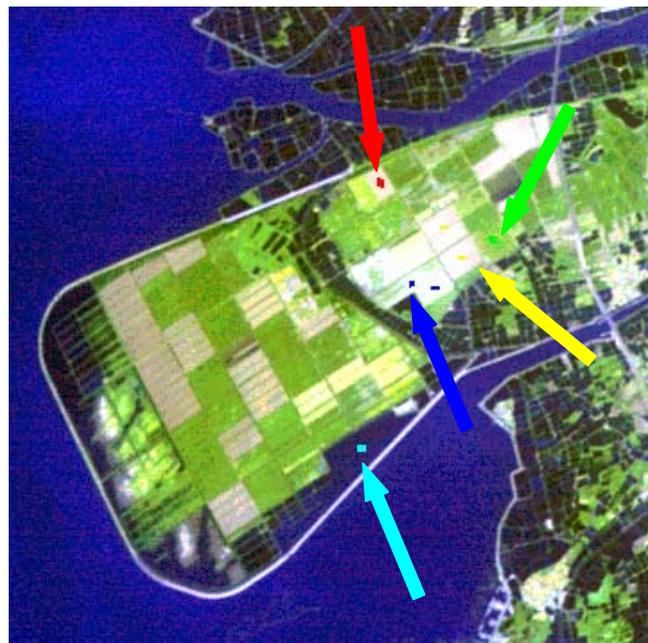
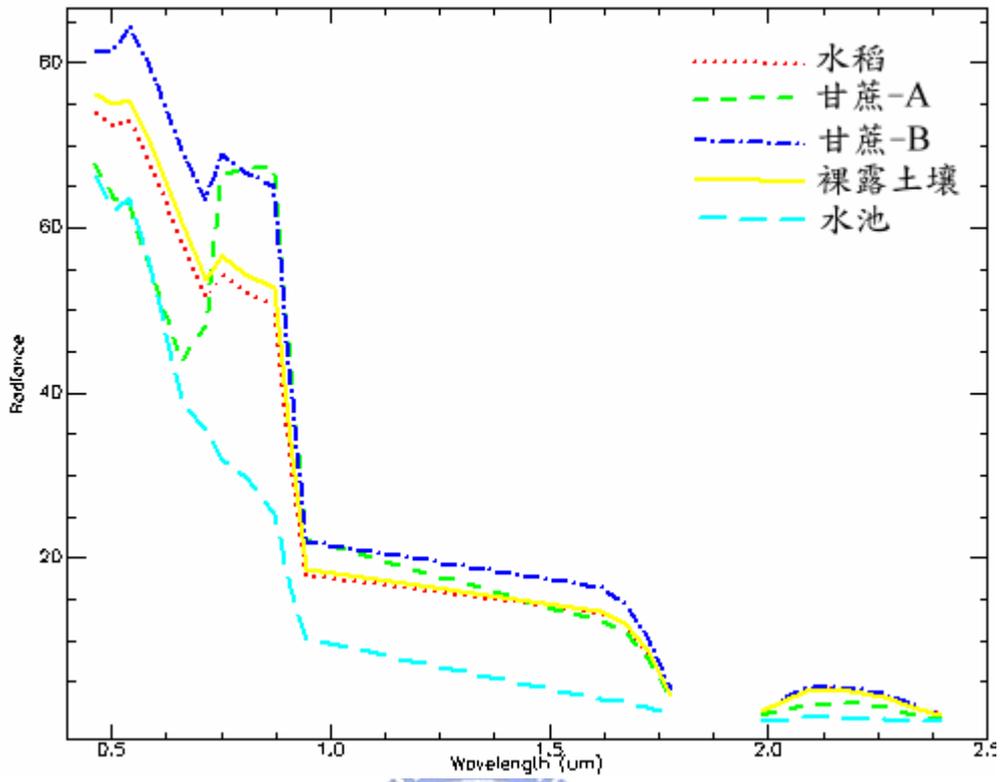
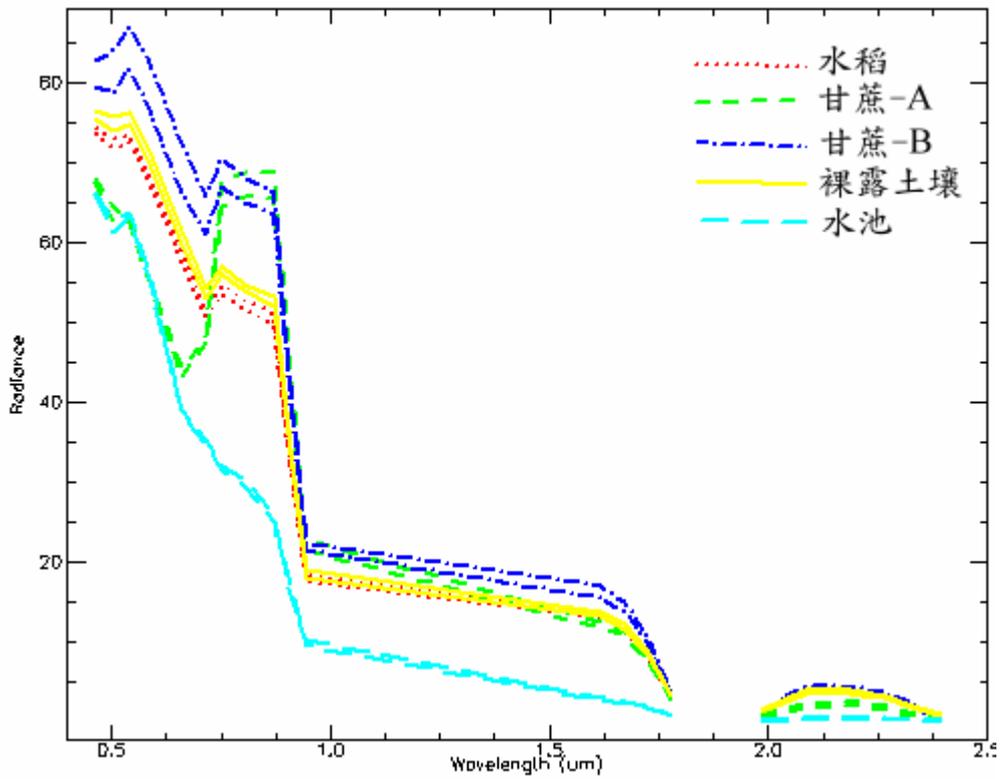


圖5-4 各類別之訓練樣本選取區域



(A) 平均光譜反應值



(B) 標準偏差

圖5-5 實驗一之五種類別平均光譜反應值與標準偏差

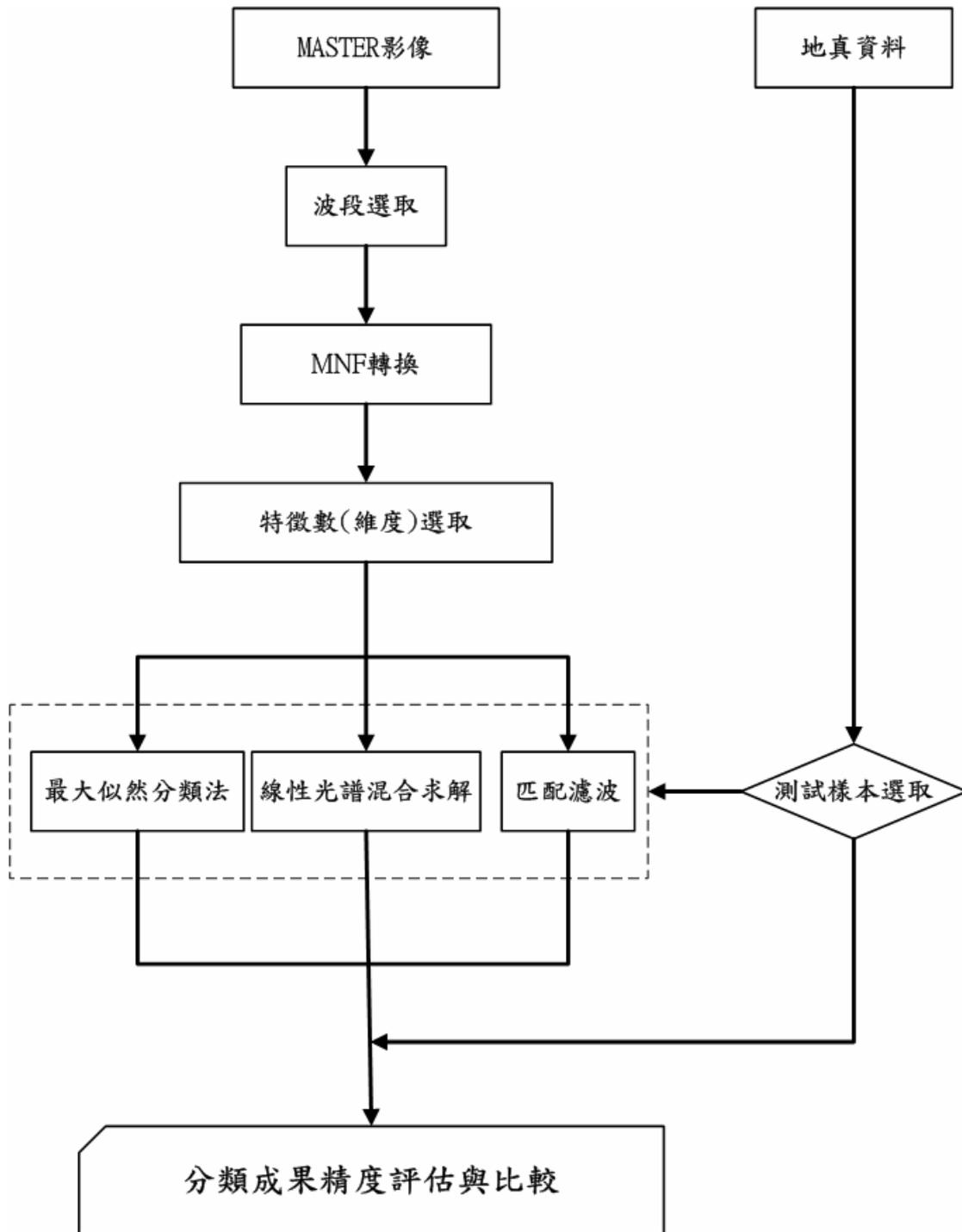


圖5-6 實驗一之分析流程圖

5-2-2 純像元之選定及分類流程說明

實驗二係利用各類別之純像元作為參考光譜，其選取方式可分為下列三個步驟：(1)將經波段選取後之影像以 MNF 轉換，藉此移除各波段間所具之高度相關，並利用各波段間之二維分佈圖識別影像中所含類別數，如圖 5-7。此圖為 MNF 波段 1 與波段 2 之二維分佈圖，以凸面幾何原理可判釋出影像中至少含有 6 種類別。(2)將經 MNF 轉換後的影像像元進行反覆迭代(為資料一再的投影於隨機單位向量上)，並記錄每個端點像元與累積計算值，可以計算得到每一個像元之純度指標(Pixel Purity Index, PPI)，圖 5-8 展示為經 30000 次迭代後所得結果，圖中白色部分代表具有純度之像元；反之，黑色部分代表不具純度之像元。(3)將所得之純度像元投影至 n 維空間(如圖 5-9)，藉由 n 維的旋轉選取地物參考之依據。由於部分類別經運算後僅剩極少量具純度之像元(如水稻)，最後各類別各選定 7 個像元，分佈情況如圖 5-10。各類別之平均光譜曲線及標準偏差曲線，如圖 5-11 (0.4~2.5 μm 波長範圍之光譜反應曲線)。

利用上述所選取之各類別純像元作為參考光譜，分別以最大似然分類法、線性光譜混合求解、匹配濾波及 MTMF 等四種方法進行分類，並進行精度評估與相關分析，其流程如圖 5-12。

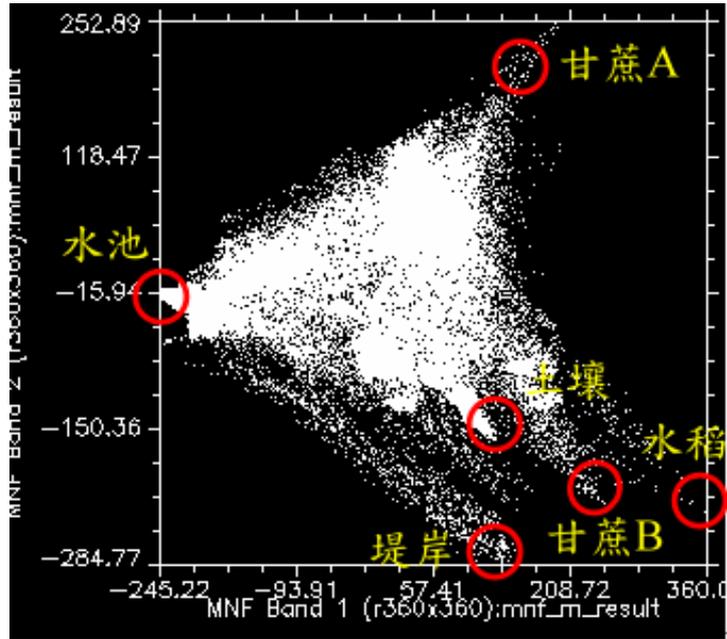


圖5-7 影像所含類別判釋(MNF波段1與波段2之二維分佈圖)

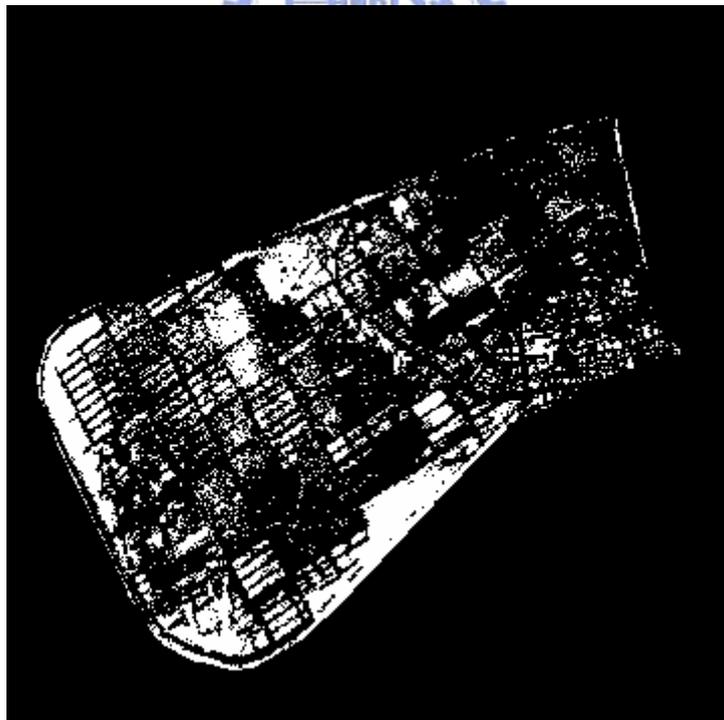


圖5-8 像元純度索引圖(PPI)

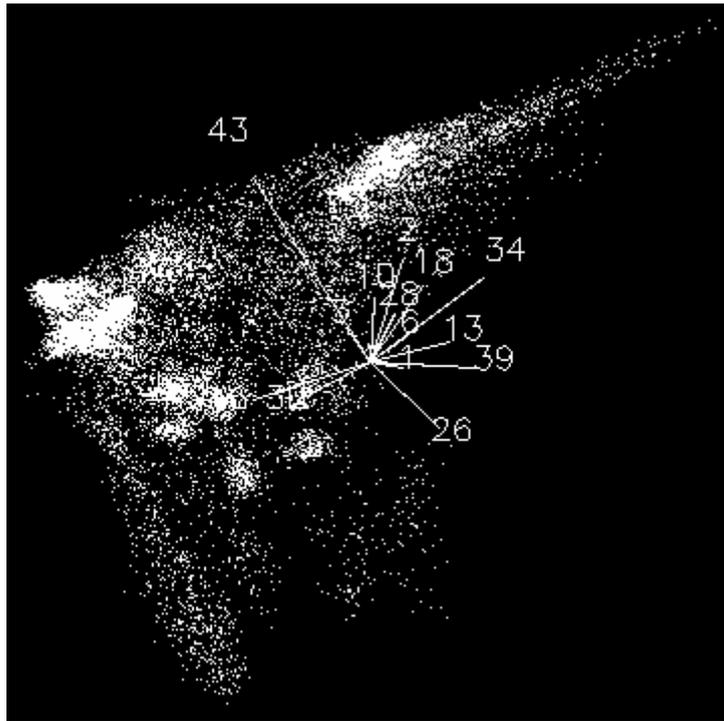


圖5-9 全部純度像元之n維視覺化

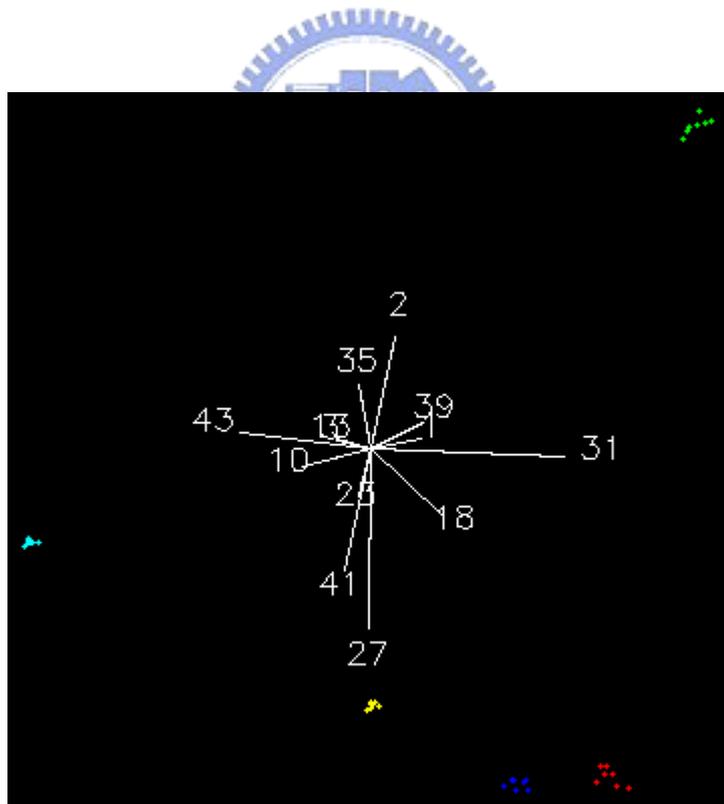
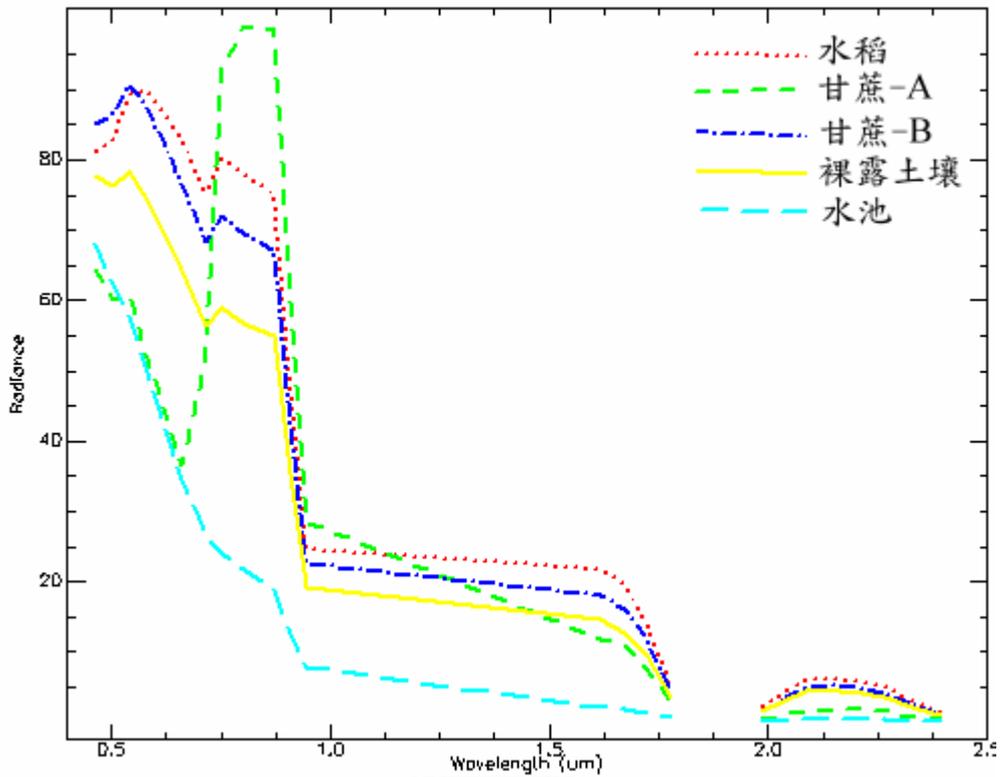
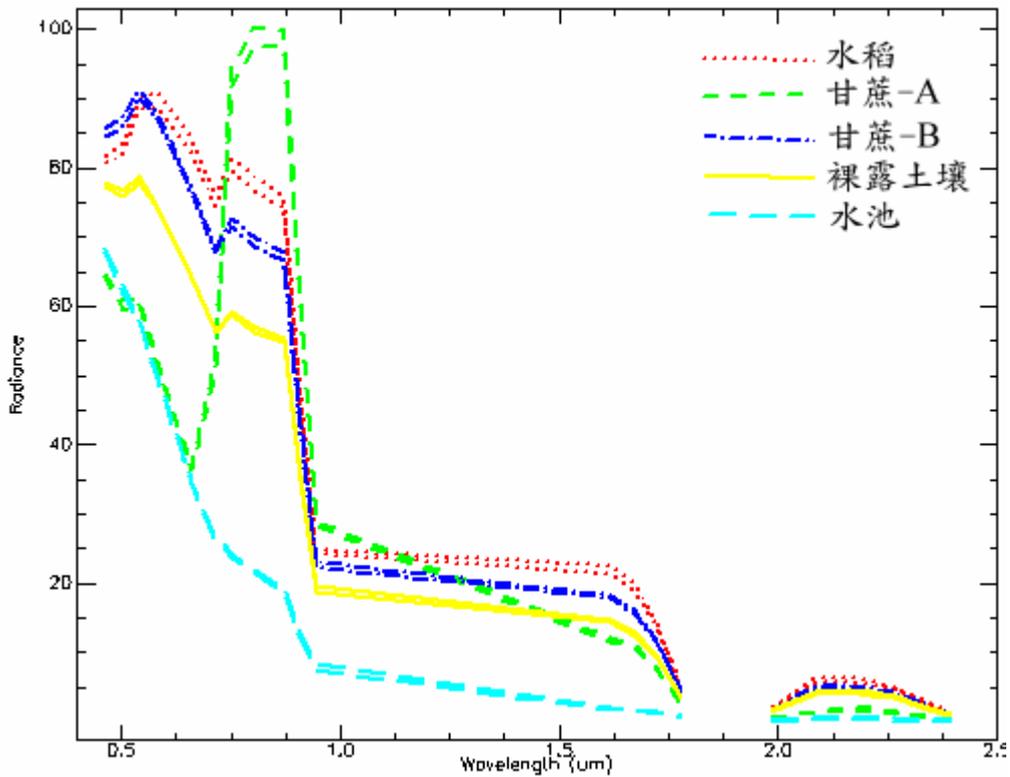


圖5-10 各類別純像元於 n 維空間分佈圖



(A) 平均光譜反應值



(B) 標準偏差

圖5-11 實驗二之五種類別平均光譜反應值與標準偏差

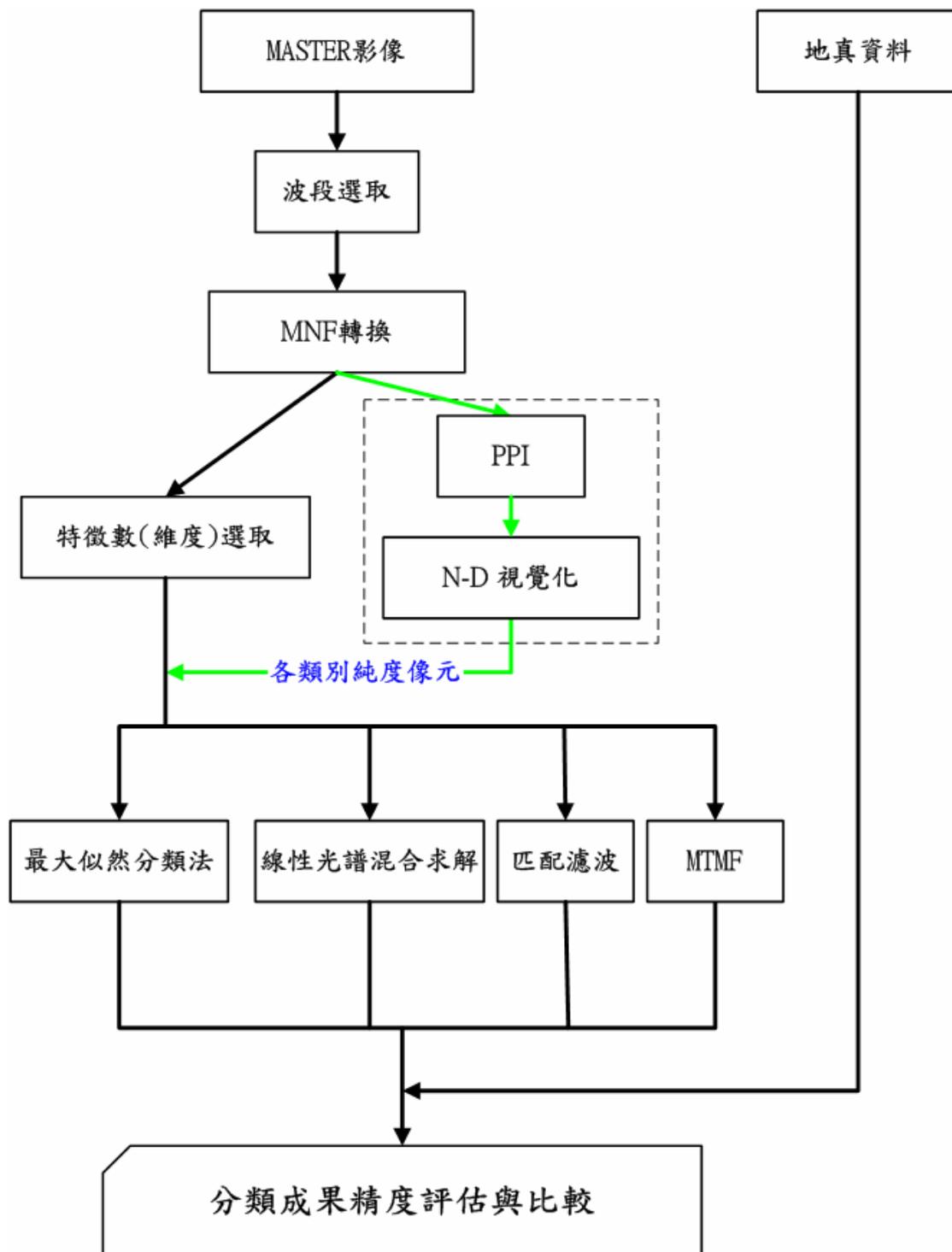


圖5-12 實驗二之精度評估與分析流程圖

5-3 實驗一

各類別參考光譜之選取與分類流程如 5-2-1 節所述，將原始影像經波段移除後採 MNF 轉換，並以最大似然分類法、線性光譜混合求解與匹配濾波等三種方式進行分類及分析。

5-3-1 最大似然分類法

經 MNF 轉換後之影像，以最大似然分類法進行分類及精度評估，其檢核資料為各類別之測試樣本數。各階段分類精度與 *Kappa* 值如圖 5-13 與圖 5-14。當波段數為 8 及 19 時，其整體精度分別為 51.54%、21.53%，*Kappa* 值分別為 0.416、0.138，分類成果如圖 5-15。圖 5-13 中顯示，當訓練樣本數有限及固定時，剛開始分類精度隨波段數增加而增加，於波段數 8 時分類精度達到最大，其後隨波段數增加分類精度呈現下降趨勢，這種情況符合 Hughes 現象。這種現象通常發生在應用統計原理進行分類者，若要避免此一問題的產生，則必須藉由增加訓練樣本的數量方可。

表 5-1 為波段數 8 時之分類統計結果，其使用者精度由高至低為水池、裸露土壤、甘蔗-A、水稻、甘蔗-B，而生產者精度則為甘蔗-B、水池、甘蔗-A、水稻、裸露土壤。以水池為例，此一表示經分類處理後水池 100% 的被正確歸類，亦為其誤授誤差為 0%；但就已知的地真資料中水池部分，其生產者精度為 76.36%，即仍有 23.64% (漏授誤差) 的已知類別被遺漏而歸納到其它的類別中。

圖 5-16 與圖 5-17 分別為當波段數變化時所得之各類別的使用者精度與生產者精度曲線。在圖 5-16 中隨波段數的增加水池的使用者精度仍維持一定(100%)，裸露土壤與甘蔗-B 產生下降，而水稻與甘蔗-A 則產生上升的情況，且可發現經分類處理後甘蔗-B 產生大量的誤授誤差。而於圖 5-17 中顯示隨著波段數的增加其各類別的生產者精度皆產生下降的情況，此表示各類別的漏授現象亦隨波段數的增加而增加。

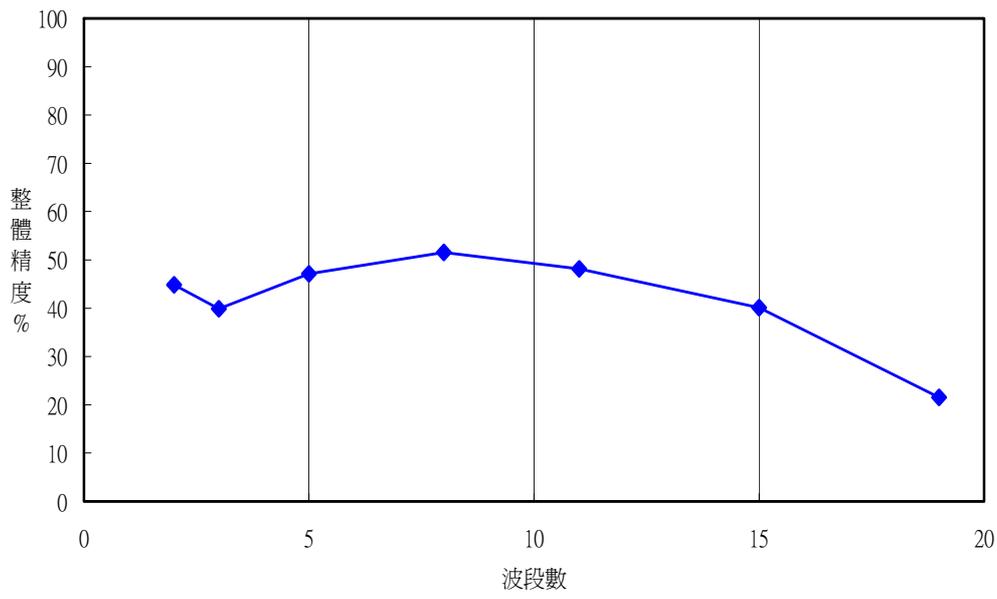


圖5-13 波段數變化時，最大似然分類法之分類精度

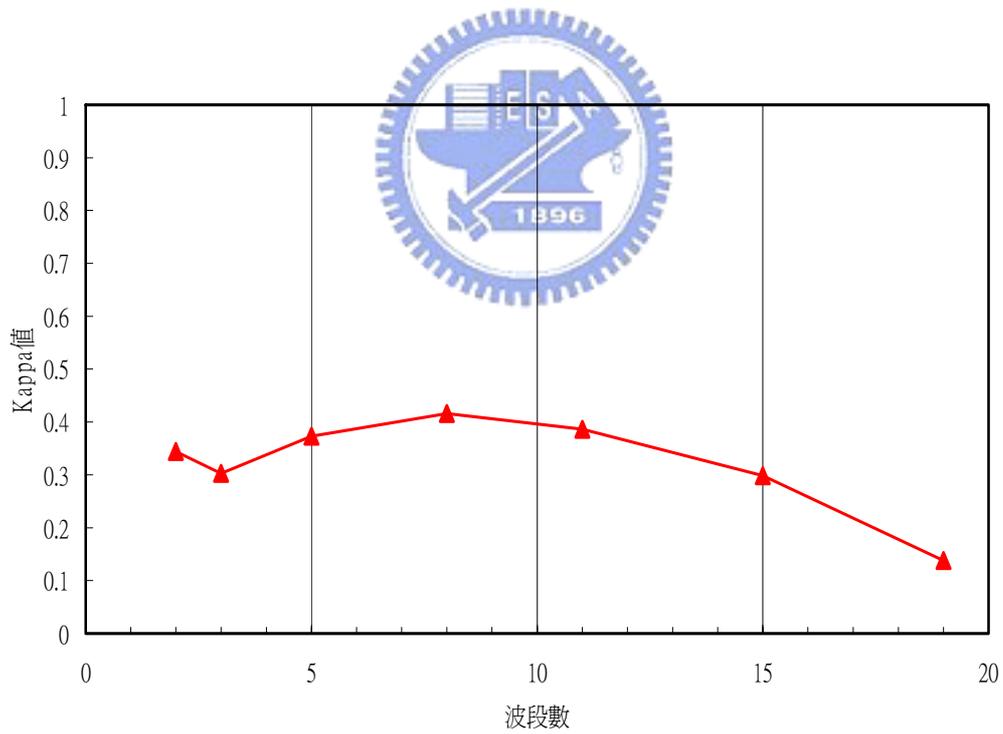
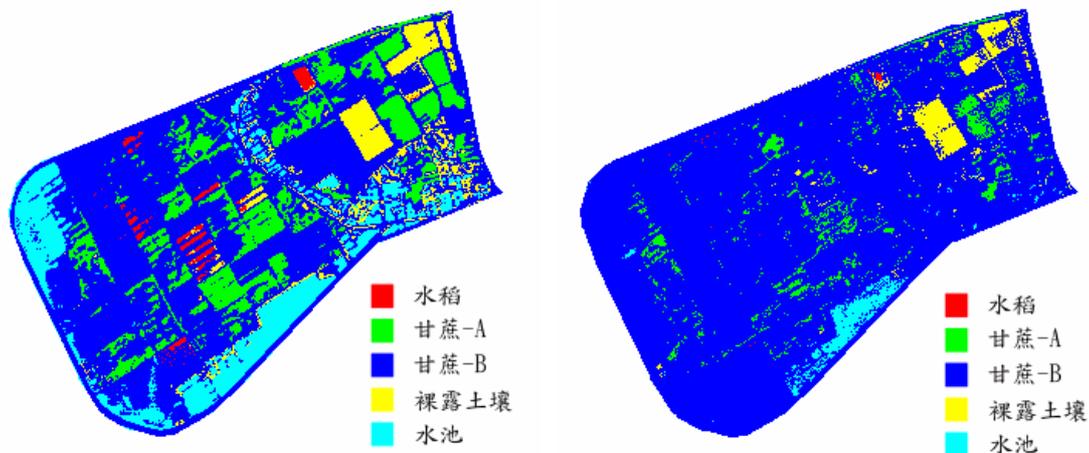


圖 5-14 波段數變化時，最大似然分類法之 *Kappa* 值



波段數 8 之分類成果

波段數 19 之分類成果

圖5-15 最大似然分類法之分類成果

表 5-1 最大似然分類法之分類統計結果 (N=8)

類別	地真資料							使用 者精 度%	1.整體精度： 51.54%
	水稻	甘蔗A	甘蔗B	裸露 土壤	水池	合計			
水稻	117	0	0	350	0	467	25.05	2.Kappa值： 0.416	
甘蔗A	0	2331	0	271	1	2603	89.55		
甘蔗B	150	1826	457	2687	674	5794	7.89		
裸露土壤	4	0	0	1158	46	1208	95.86		
水池	0	0	0	0	2329	2329	100.00		
合計	271	4157	457	4466	3050	12401			
生產者精度%	43.17	56.07	100.00	25.93	76.36				

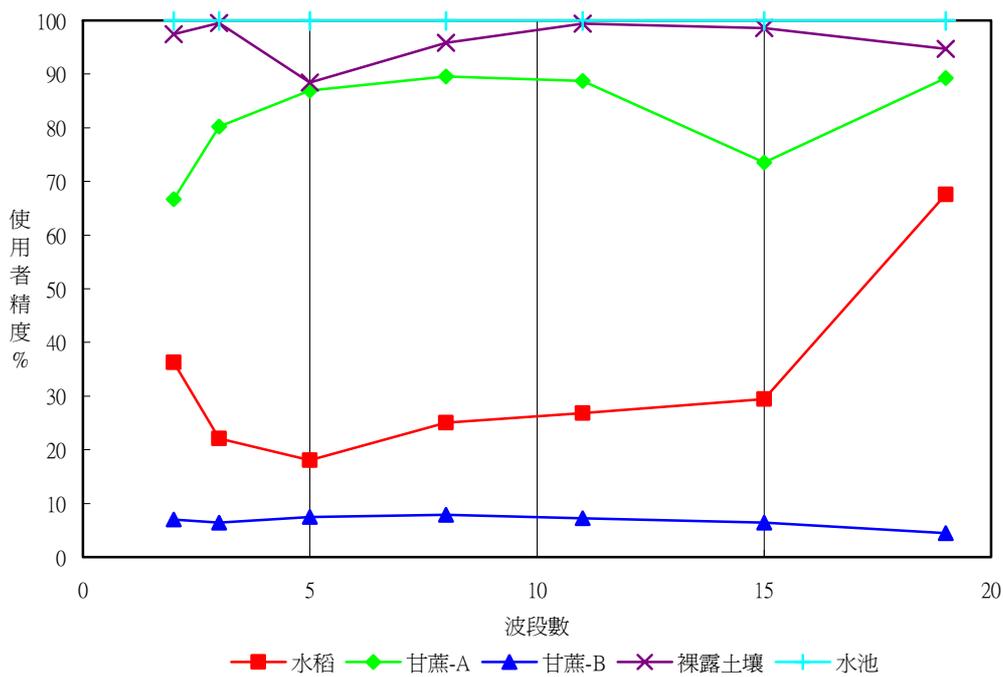


圖5-16 波段數變化時，最大似然分類法之各類別使用者精度

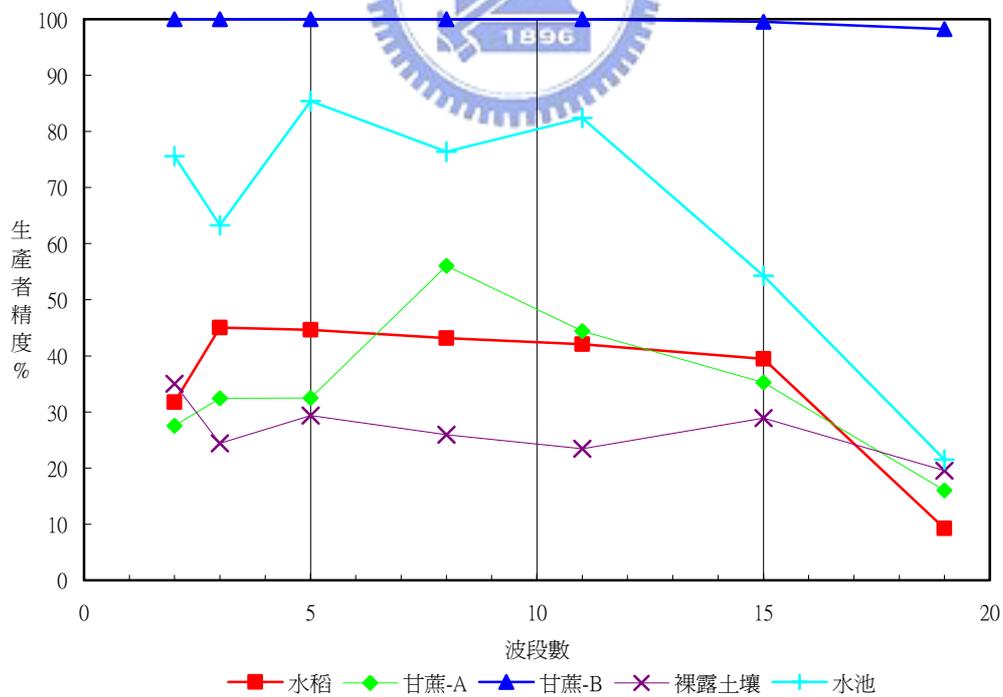


圖5-17 波段數變化時，最大似然分類法之各類別生產者精度

5-3-2 線性光譜混合求解法

將經 MNF 轉換後之影像以線性光譜混合求解方式進行分類，分別計算波段變化時分類成果之整體精度與 *Kappa* 值，如圖 5-18、5-19 所示。由圖中分類的成果亦隨著波段數的增加，其整體精度亦趨於穩定且變化差異性小。圖 5-20 為波段數 43 時經最小二乘法解算後之各類別分量的灰階影像與 RMS 影像，圖中各分量影像灰階明暗程度代表每個像元中所含該類別的混合分量值；即越明亮的像元代表分量值越高。例如水池的分量影像中，於中央及中央下方位置存在著高明亮之像元，這些位置皆表示分量值大的現象。此外在 RMS 影像中越明亮的像元亦為錯誤值越高，代表線性混合模式的假設並不恰當或是所選取的參考光譜並不適合描述地面真實的覆蓋。如圖中紅色圈選處(未知類別)與箭頭指標位置(堤岸)可發現具有大的 RMS 值，亦即代表錯誤的分類，這樣的 RMS 灰階影像可有助於決定錯誤的分類區域。圖 5-21 為波段數 43 時之線性光譜混合求解分類成果，表 5-1 為分類統計結果，整體精度為 42.34%，*Kappa* 值為 0.262。

與 5-3-1 節最大似然分類法所得之分類結果進行比較，當波段數為 8 時，最大似然分類法之分類成果高於線性光譜混合求解法(兩者之整體精度分別為 51.54%、39.29%，而 *Kappa* 值分別為 0.416、0.227)；但隨波段數增加其最大似然分類法產生 Hughes 現象，分類成果亦低於線性光譜混合求解法。最大似然分類法波段數 19 時之整體精度：21.53%，*Kappa*：0.138；線性光譜混合求解法波段數 20 時之整體精度：40.51%，*Kappa*：0.240。

圖 5-22 與圖 5-23 分別為當波段數變化時所得之各類別的使用者精度與生產者精度曲線。圖中顯示隨波段數的增加其各類別的使用者精度與生產者精度之變化性穩定。將其與表 5-2 併同進行分析，亦可發現分類結果中使用者精度由高至低之類別分別為水池、甘蔗-A、裸露土壤、甘蔗-B 及水稻。分析裸露土壤、甘蔗-B 及水稻分類不佳之原因，可能乃由於植被生長期與水含量之影響，或是所選取的參考光譜之樣本並非皆為純像元所導致。由各類別之平均反應值(圖 5-5)

中可發現除甘蔗-A 於 $0.7 \mu\text{m}$ 波長附近(波段 6 至波段 7 之間)處產生劇烈的跳動外，其餘的植被皆無此顯著反應，這種紅邊現象乃由於植被中葉綠素的影響，亦為植被重要的光譜特徵且可用來描述植物狀態與健康情形的指標。此外也可發現裸露土壤與水稻有相近似的光譜反應值曲線，且裸露土壤的分類結果亦同時出現在其他植被類別中。探討此一情形之產生原因係為這些植被不同生長期的特性反應，例如水稻之秧苗期為典型水體，營養生長期為水體與植被混合到植被，生殖生長期為完全植被等現象交互影響[蕭國鑫，1998]，造成部分植被分類結果不佳。

表 5-2 線性光譜混合求解之分類統計結果 (N=43)

		地真資料						使用 者精 度%	1.整體精度： 42.34%
		水稻	甘蔗A	甘蔗B	裸露 土壤	水池	合計		
類別	水稻	207	1400	237	1407	1170	4421	4.68	2.Kappa值： 0.262
	甘蔗A	5	1054	5	224	1	1289	81.77	
	甘蔗B	40	12	149	42	92	335	44.48	
	裸露土壤	19	1691	66	2791	737	5304	52.62	
	水池	0	0	0	2	1050	1052	99.81	
	合計	271	4157	457	4466	3050	12401		
	生產者精度%	76.38	25.35	32.60	62.49	34.43			

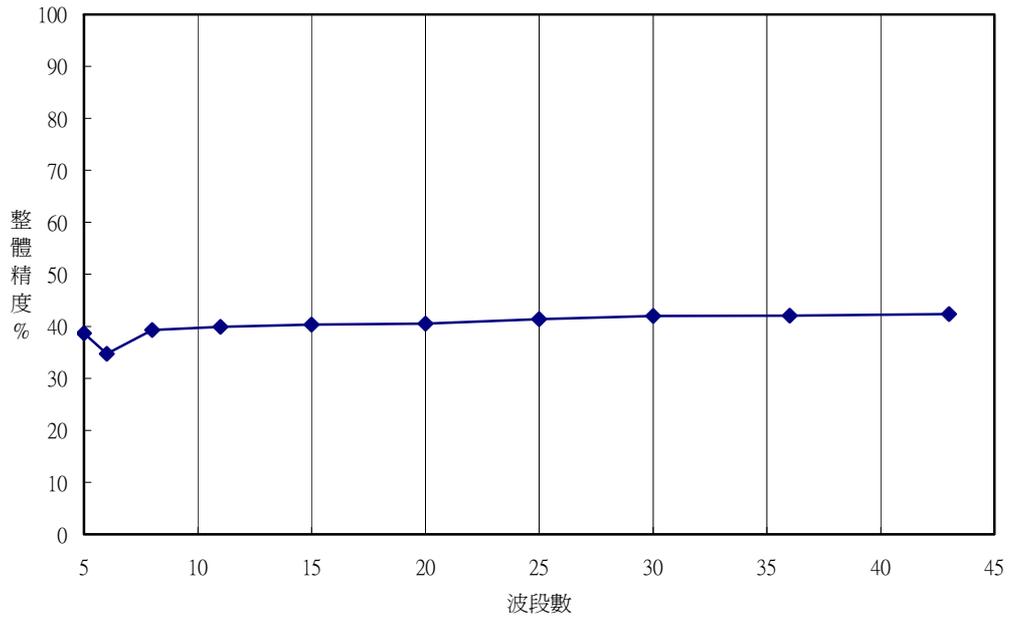


圖 5-18 波段數變化時，線性光譜混合求解之分類精度

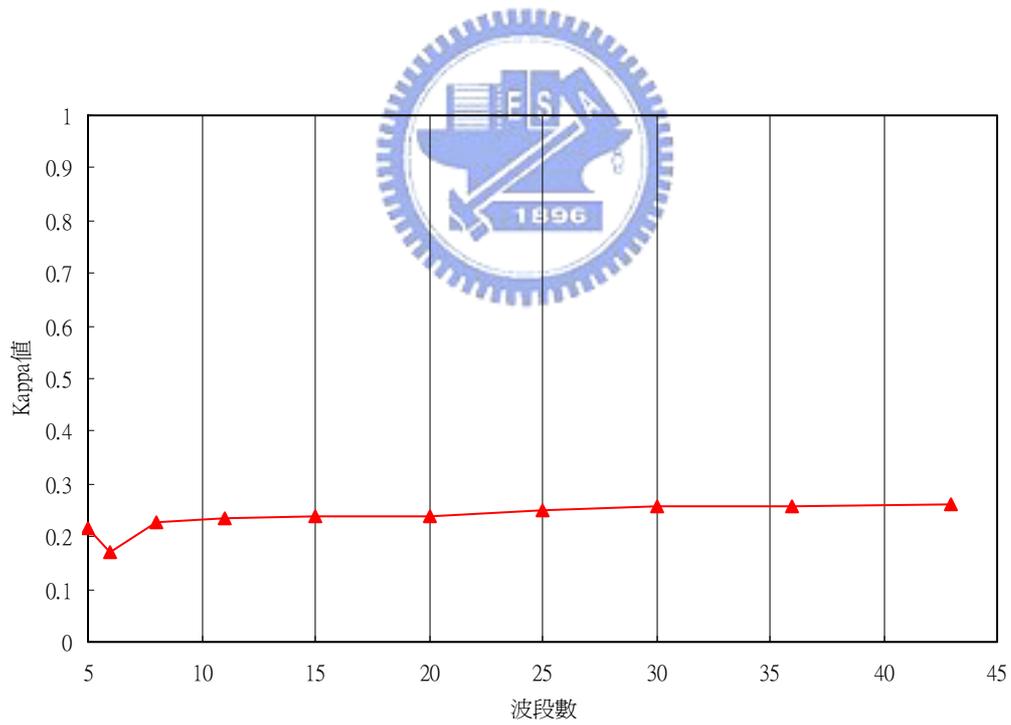
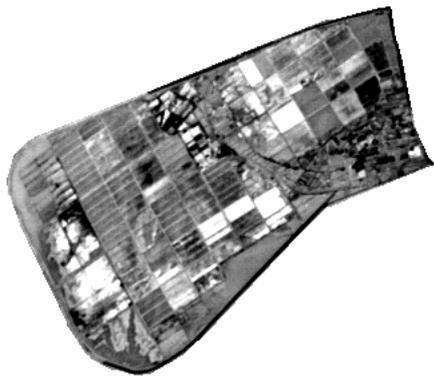
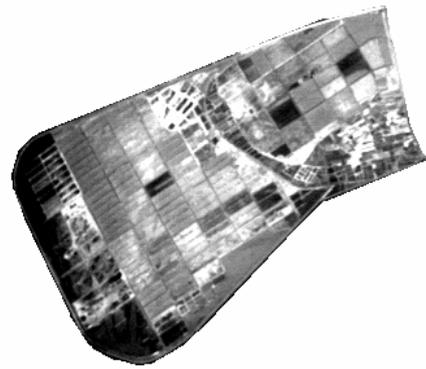


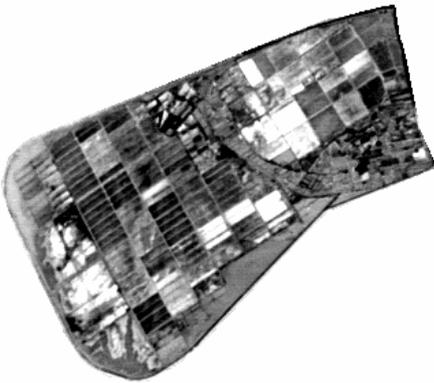
圖 5-19 波段數變化時，線性光譜混合求解之 $Kappa$ 值



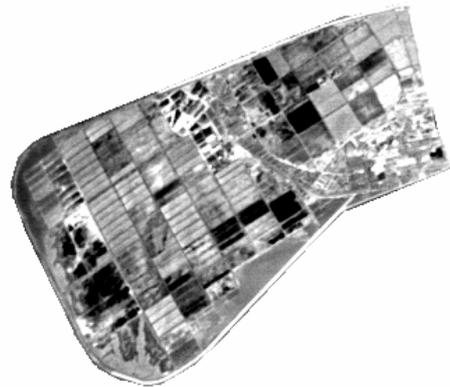
水稻



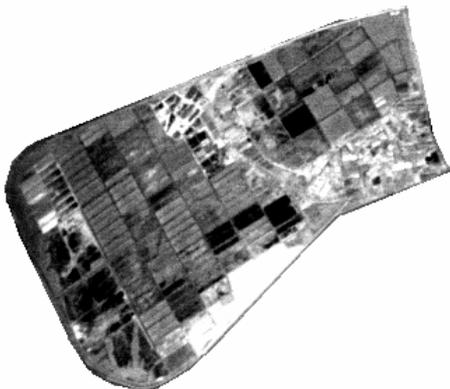
甘蔗A



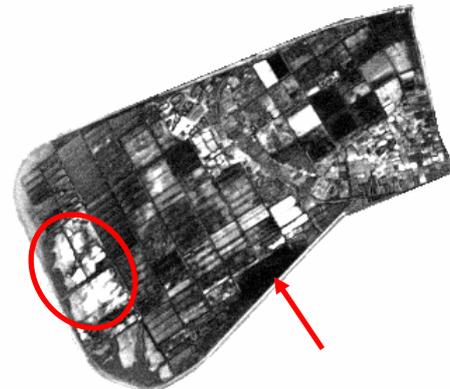
甘蔗B



裸露土壤



水池



RMS

圖5-20 線性光譜混合求解之各類別分量影像與RMS影像 (N=43)

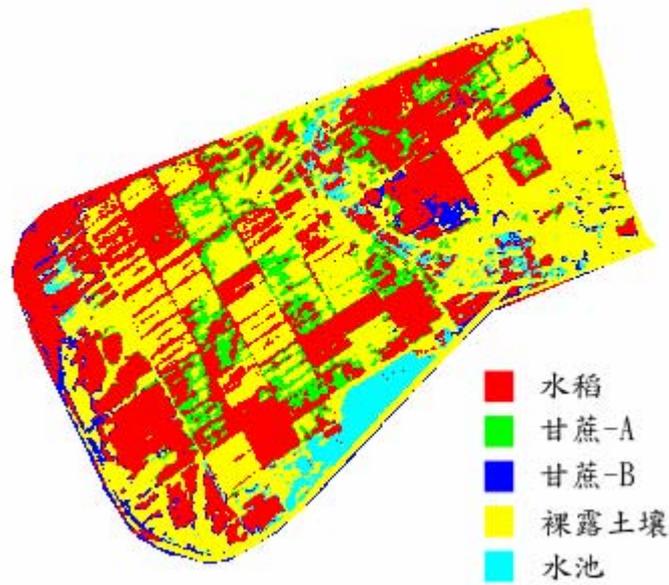


圖5-21 線性光譜混合求解分類成果 (N=43)

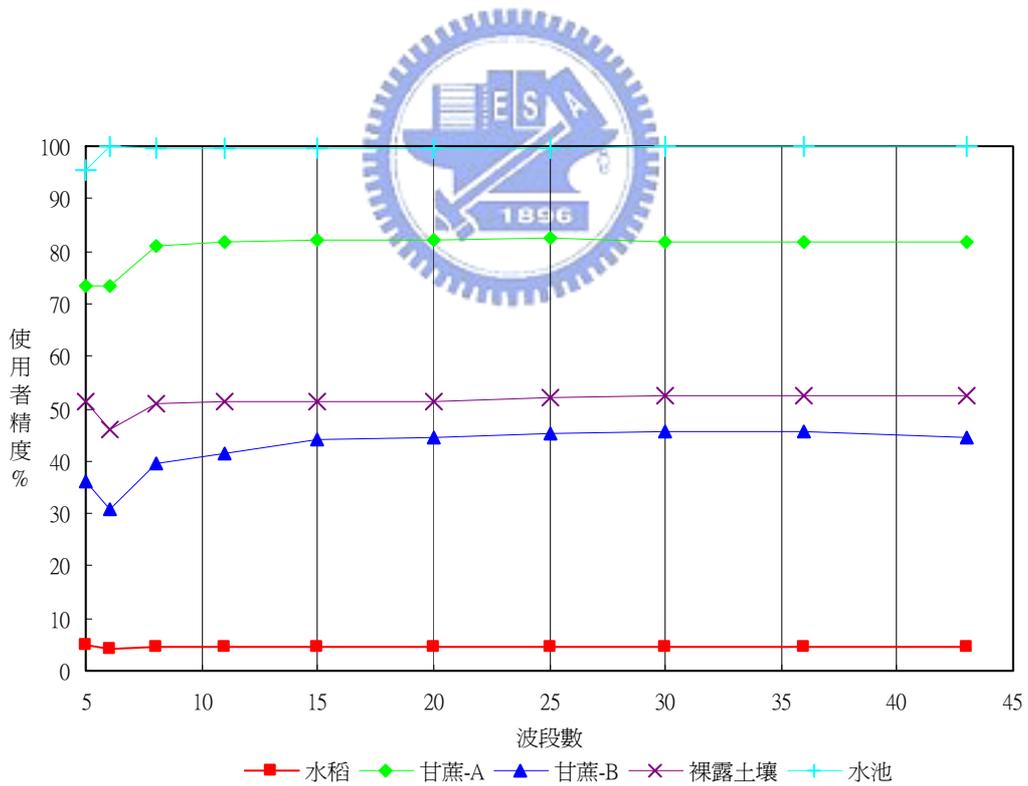


圖5-22 波段數變化時，線性光譜混合求解之各類別使用者精度

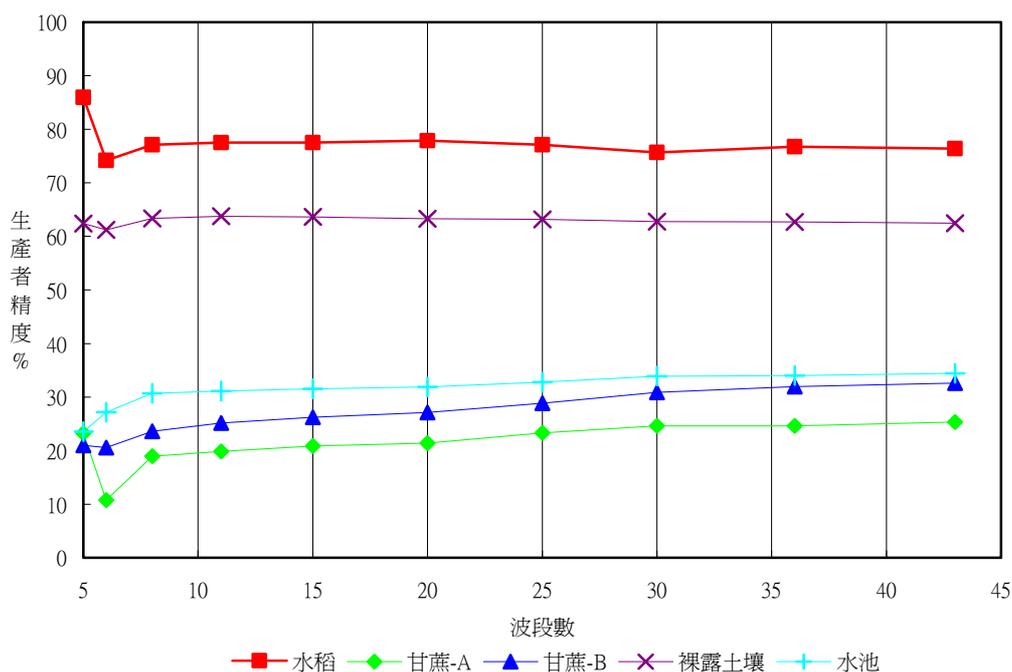


圖5-23 波段數變化時，線性光譜混合求解之各類別生產者精度

5-3-3 匹配濾波法

將經 MNF 轉換後之影像以匹配濾波法分別計算波段數變化時分類成果之整體精度與 *Kappa* 值，如圖 5-24、5-25 所示。圖中顯示隨著波段數的增加，其分類精度有逐漸緩慢下降趨勢。圖 5-26 為波段數 43 時之各類別的分量影像，而圖 5-27 為其分類成果，表 5-3 為分類統計結果，分類整體精度為 49.72%，*Kappa* 值為 0.358。

將其與 5-3-1 節最大似然分類法所得之分類結果進行比較，例如當波段數為 8 時，匹配濾波法之分類成果高於最大似然分類法(兩者之整體精度分別為 67.50%、51.54%，而 *Kappa* 值分別為 0.566、0.416)，且不論波段數如何增加其結果亦相同。此外當波段數 43 時，匹配濾波法所得之分類精度比 5-3-2 節中線性光譜混合求解之結果，其整體精度增加 7.38%、*Kappa* 值增加 0.096。

圖 5-28 與圖 5-29 分別為當波段數變化時所得之各類別的使用者精度與生產者精度。圖中顯示隨波段數的增加甘蔗-B 與裸露土壤之使用者精度有明顯下

降；而在生產者精度方面，除水稻與甘蔗-B 隨波段數增加而增加外，其餘皆產生下降現象。若與 5-3-2 節線性光譜混合求解所得之各類別使用者精度及生產者精度相比較，當波段數 43 時，由表 5-2 與表 5-3 中可發現，在使用者精度部分除裸露土壤由原先 52.62%增加至 56.39%(增加 3.77%)外，其餘水稻、甘蔗-A、甘蔗-B 及水池分別降低 0.77%、12.43%、19.76%及 18.49%。而在生產者精度部分則甘蔗-A 與水池分別增加 36.88%、31.21%，而水稻、甘蔗-B 及裸露土壤分別降低 35.79%、6.01%、37.48%。分析其乃由於匹配濾波法雖可增顯已知類別且抑制未知類別或背景之影響，使得部分類別的生產者精度增加，但也造成各類別的分量中增加不正確正值(誤授)的發生機率。

表 5-3 匹配濾波之分類統計結果 (N=43)

		地真資料						使用者精度%	1. 整體精度： 49.72%
		水稻	甘蔗A	甘蔗B	裸露土壤	水池	合計		
類別	水稻	110	304	20	2215	162	2811	3.91	2. Kappa值： 0.358
	甘蔗A	7	2587	46	612	479	3731	69.34	
	甘蔗B	124	554	350	268	120	1416	24.72	
	裸露土壤	30	506	41	1117	287	1981	56.39	
	水池	0	206	0	254	2002	2462	81.32	
	合計	271	4157	457	4466	3050	12401		
	生產者精度%	40.59	62.23	76.59	25.01	65.64			

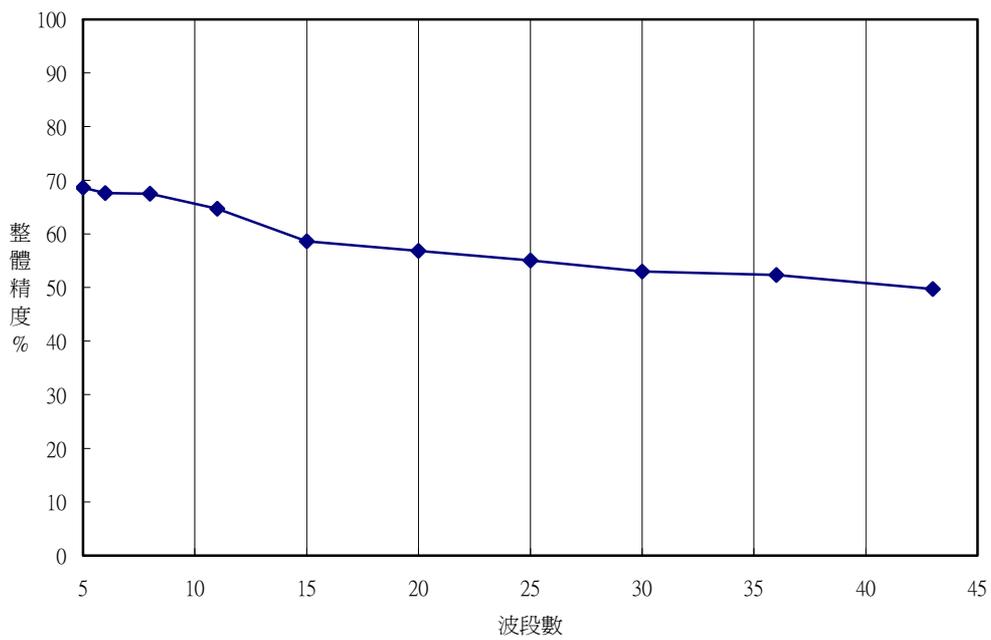


圖5-24 波段數變化時，匹配濾波之分類精度

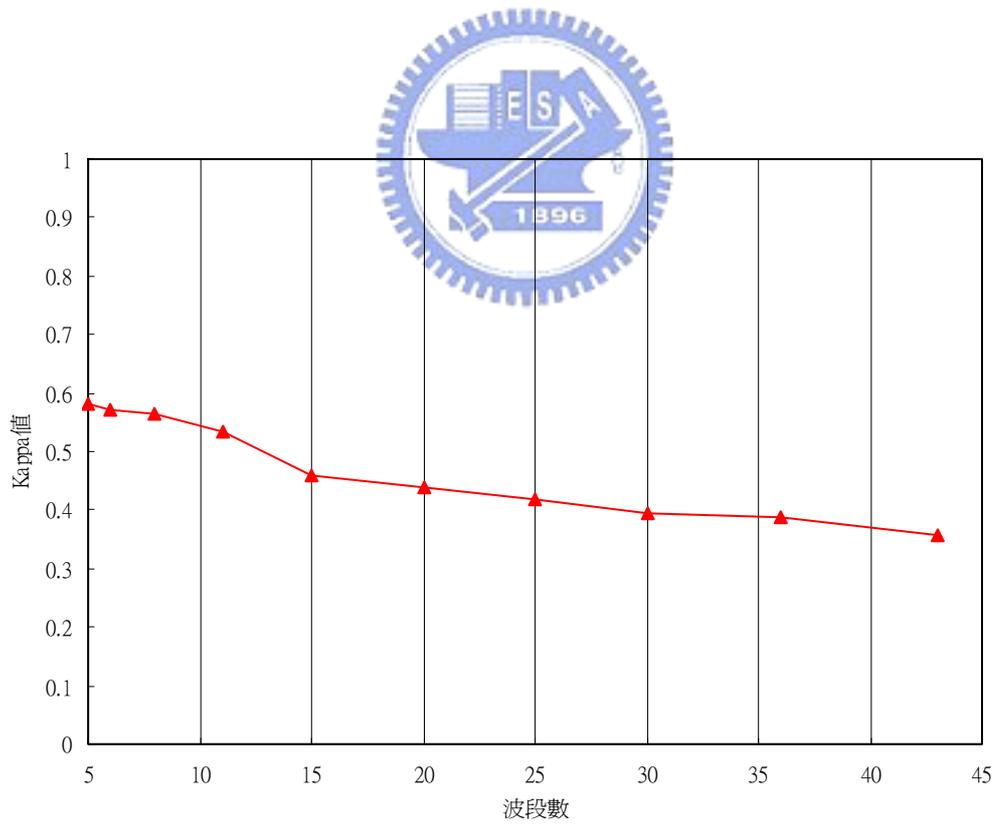


圖5-25 波段數變化時，匹配濾波之Kappa值

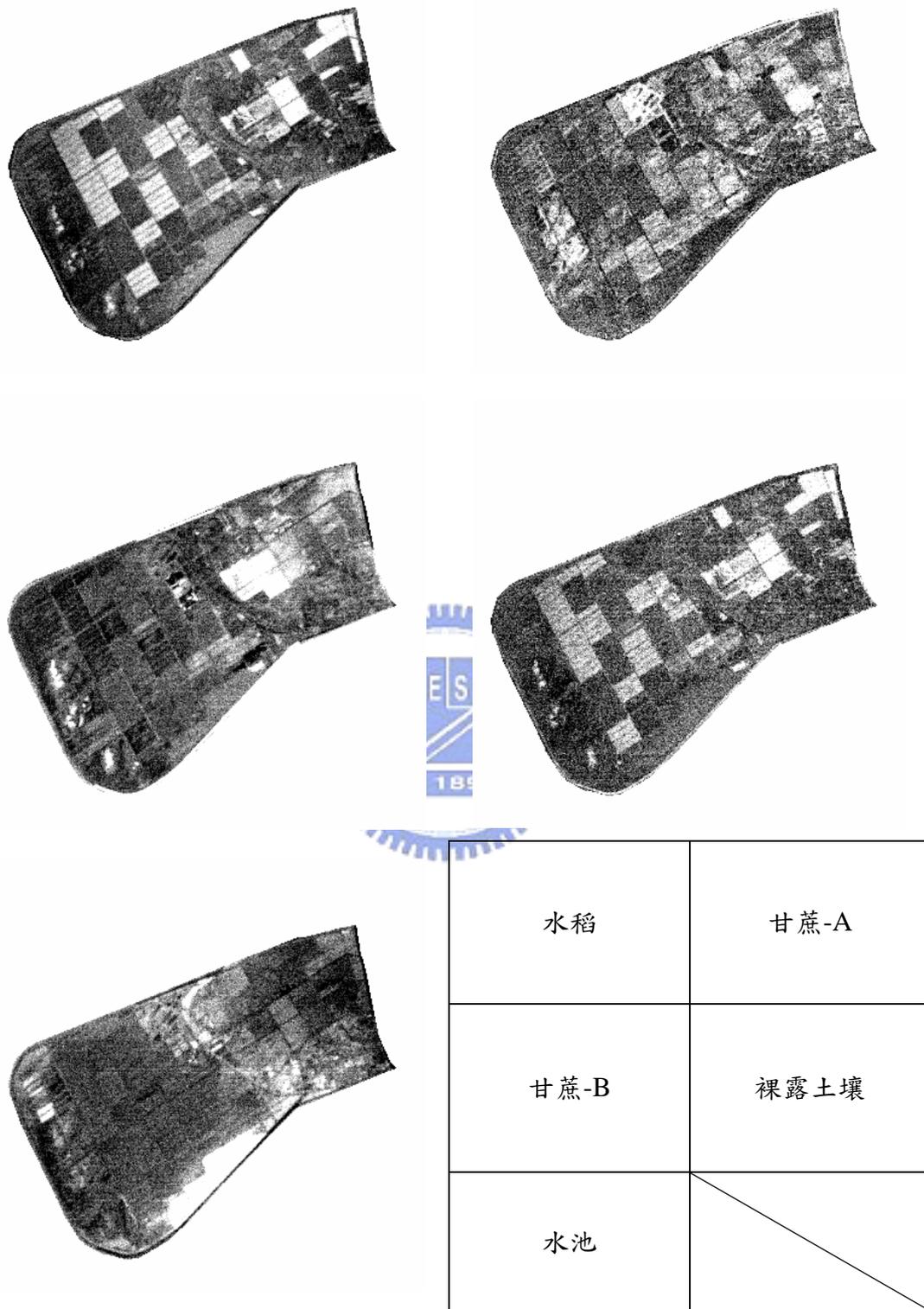


圖5- 26 匹配濾波之各類別分量影像 (N=43)

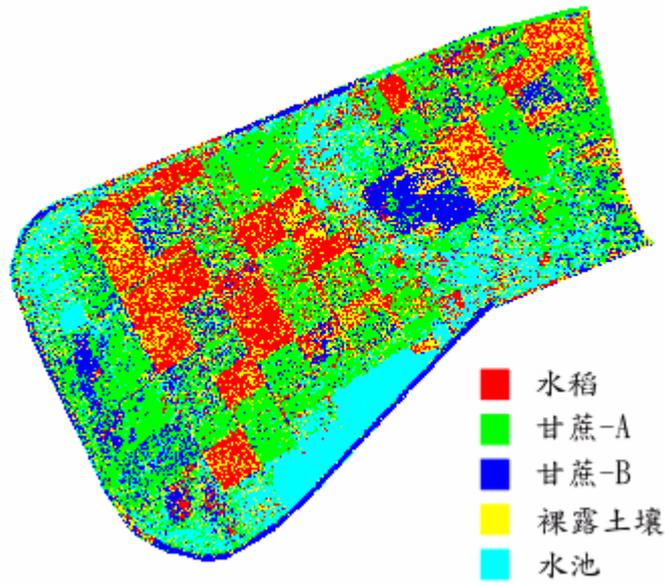


圖5-27 匹配濾波之分類成果 (N=43)

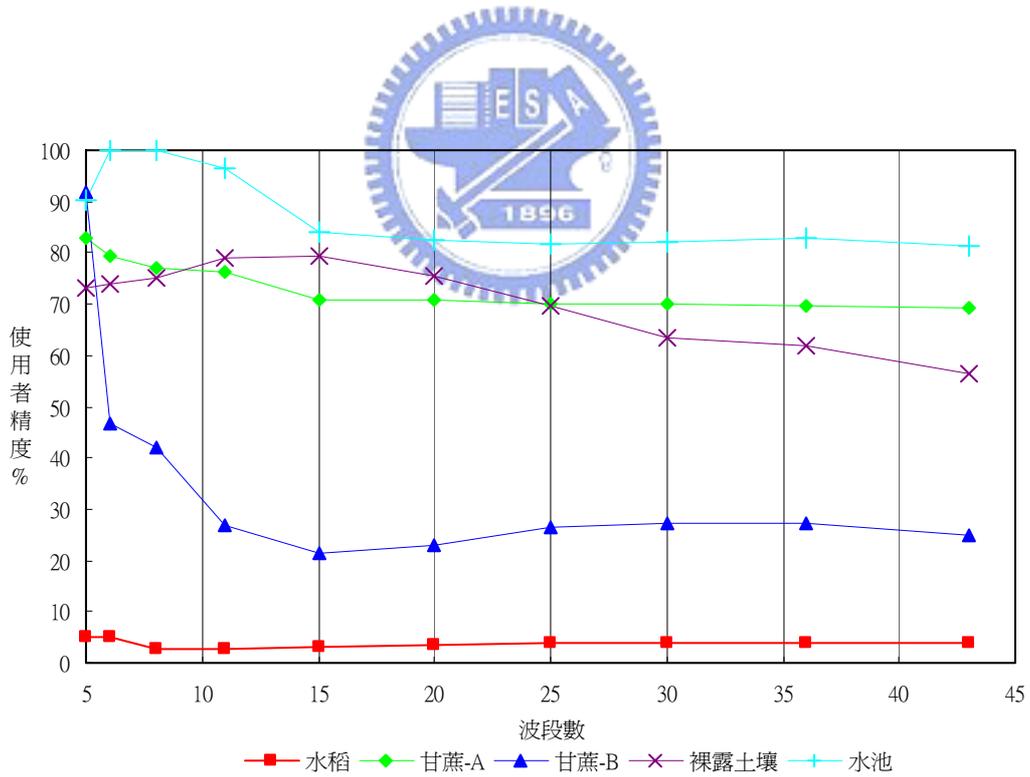


圖5-28 波段數變化時，匹配濾波法之各類別使用者精度

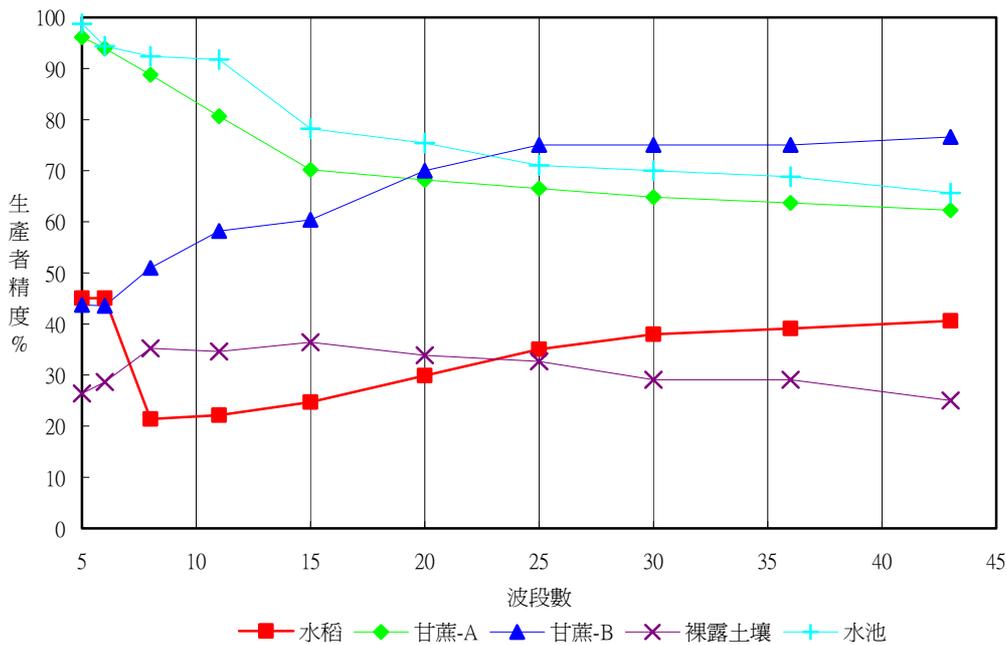


圖5-29 波段數變化時，匹配濾波法之各類別生產者精度

5-4 實驗二

本實驗係將原始影像經波段移除後採 MNF 轉換，利用 5-2-2 節所述之各類別純像元選取方式，分別以最大似然分類法、線性光譜混合求解、匹配濾波及 MTMF 等四種方法進行分類與分析，作業流程如圖 5-14 所示。

5-4-1 最大似然分類法

相同於 5-3-1 節中的實驗，檢核資料為各類別之測試樣本數，將經 MNF 轉換後之影像以最大似然分類法進行分類精度評估。由於所選之各類別參考光譜樣本像元數僅 7 個，則當以此分類法進行不同波段數之分類處理時，波段數選取之最大值為 6 [Landgrebe, 1996]。各階段分類精度與 *Kappa* 值如圖 5-30 與圖 5-31。可明顯的發現當波段數為 6 時，分類的成果已由原本的 39.76%、*Kappa*:0.290 (波段數 4 時) 下降至 21.82%、*Kappa*:0.167。圖 5-32 為當波段數 4 及波段數 6 之分類成果。

表 5-4 為波段數 4 之分類統計結果，其使用者精度由高至低為水池與裸露土

壤、甘蔗-A、甘蔗-B、水稻，而生產者精度則為水稻、甘蔗-A、水池、甘蔗-B、裸露土壤。以水池為例，此一表示經分類處理後水池 100%的被正確歸類，亦為其誤授誤差為 0%；但就已知的地真資料中水池部分，其生產者精度為 21.11%，即仍有 78.89%(漏授誤差)的已知類別被遺漏而歸納到其它的類別中。

圖 5-33 與圖 5-34 分別為當波段數變化時所得之各類別的使用者精度與生產者精度曲線。在圖 5-33 中隨波段數的增加水池的使用者精度維持一定(100%)，而甘蔗-B 則隨波段數增加產生劇烈變化情況，且可發現經分類處理後之水稻亦含有大量的誤授誤差。而圖 5-34 中顯示隨著波段數的增加其水稻與裸露土壤之生產者精度產生下降而水池產生增加情況，此外甘蔗-A 及甘蔗-B 有不規則之變化。當波段數 6 時，甘蔗-A、甘蔗-B 及裸露土壤含有大量的漏授誤差。

表 5-4 最大似然分類法之分類統計結果 (N=4)

		地真資料						使用者精度%	1. 整體精度： 39.76%
		水稻	甘蔗A	甘蔗B	裸露土壤	水池	合計		
類別	水稻	269	217	382	3300	1631	5799	4.64	2. Kappa值： 0.290
	甘蔗A	0	3774	0	637	37	4448	84.85	
	甘蔗B	2	166	75	360	738	1341	5.59	
	裸露土壤	0	0	0	169	0	169	100.00	
	水池	0	0	0	0	644	644	100.00	
	合計	271	4157	457	4466	3050	12401		
	生產者精度%	99.26	90.79	16.41	3.78	21.11			

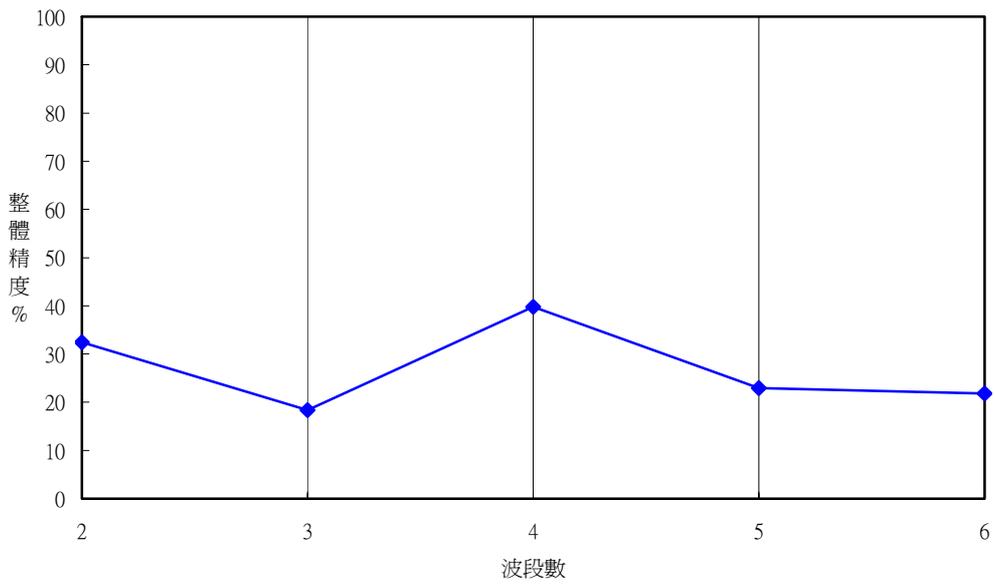


圖5-30 波段數變化時，最大似然分類法之分類精度

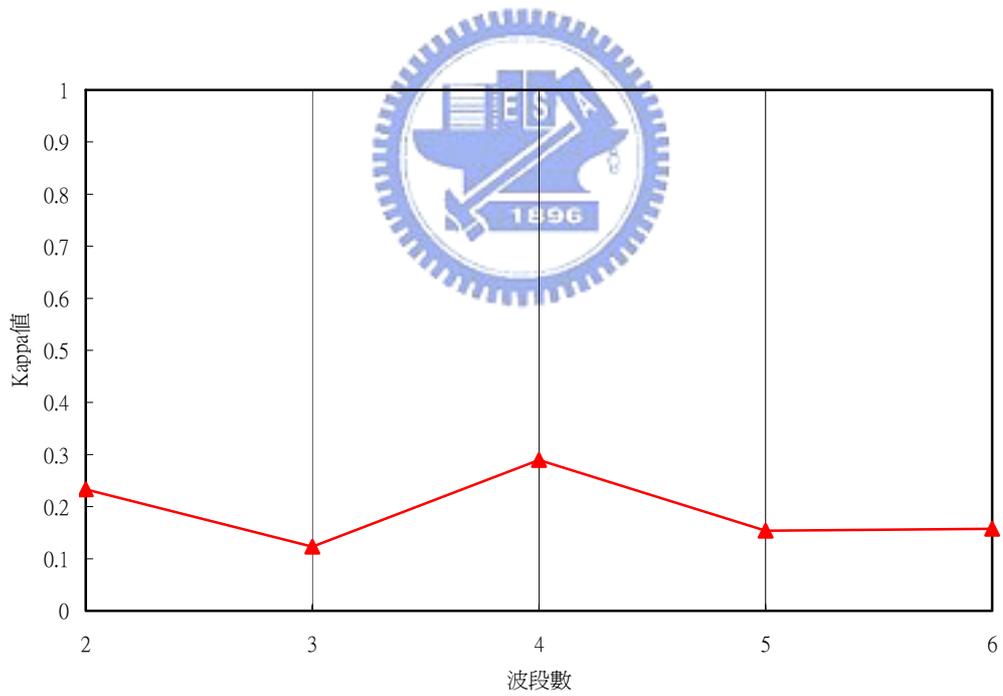
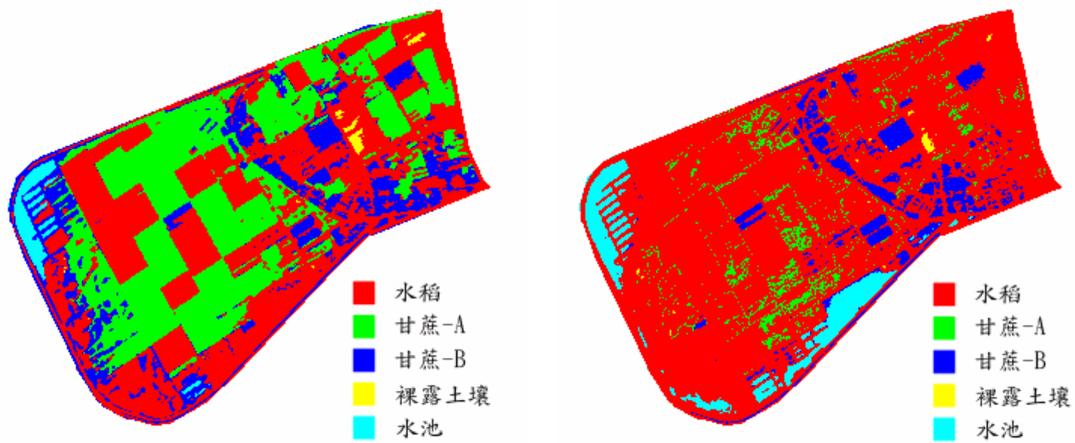


圖5-31 波段數變化時，最大似然分類法之Kappa值



波段數 4 之分類成果

波段數 6 之分類成果

圖5-32 最大似然分類法之分類成果

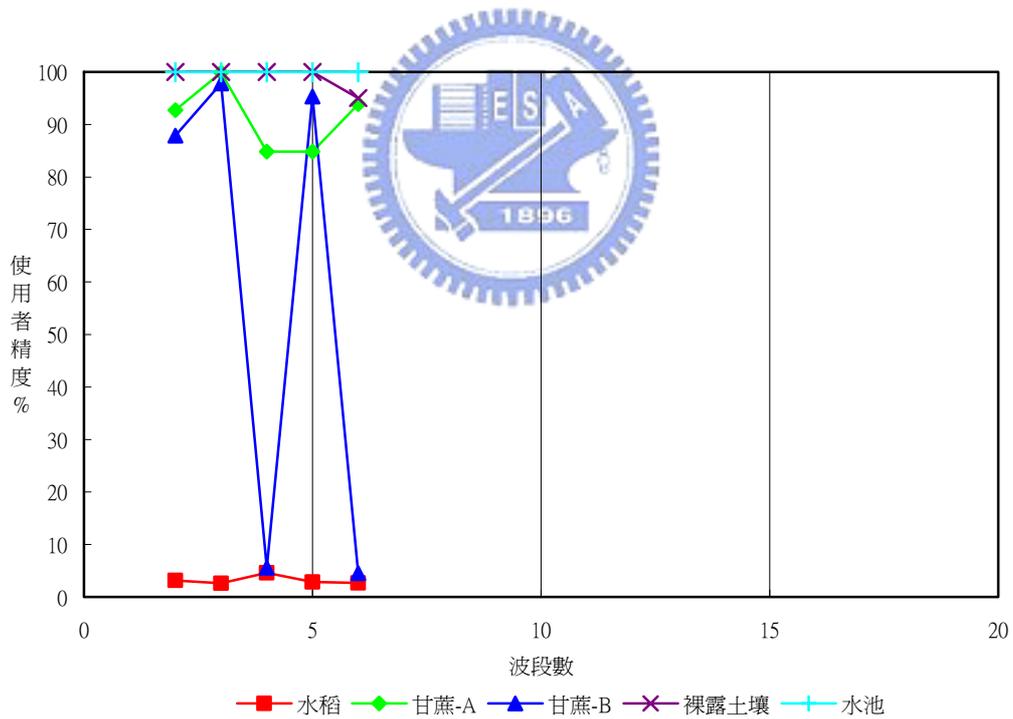


圖 5-33 波段數變化時，最大似然分類法之各類別使用者精度

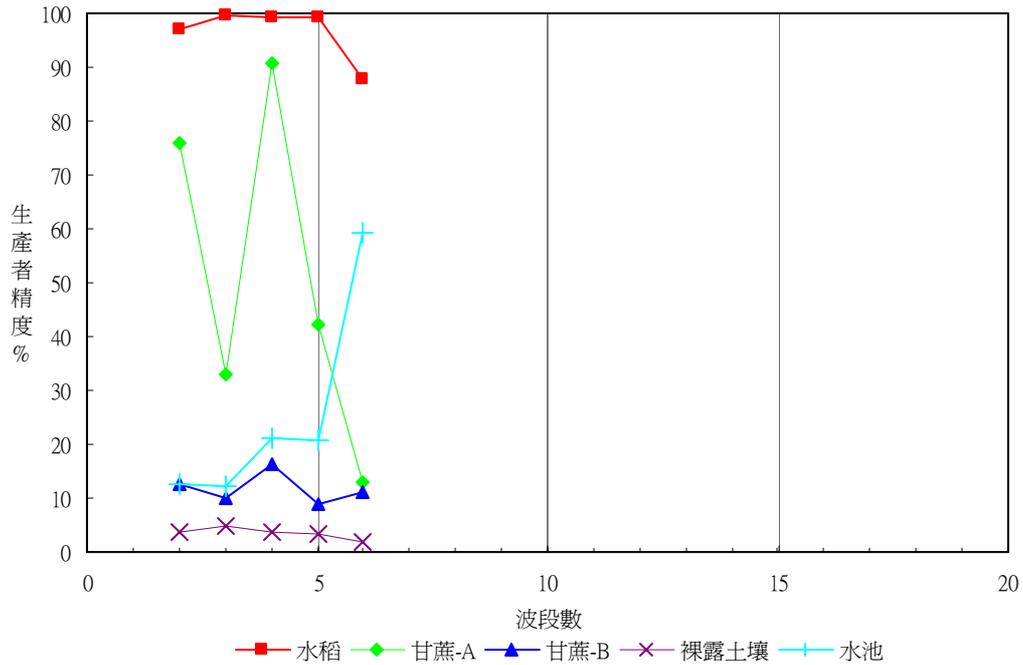


圖5-34 波段數變化時，最大似然分類法之各類別生產者精度

5-4-2 線性光譜混合求解法

圖 5-35、5-36 所顯示為維度變化時分類成果之整體精度與 *Kappa* 值。由圖中可發現隨著波段數的增加，分類成果之精度也亦趨於穩定且變化差異性小；此一特性亦可於各類別之使用者精度(圖 5-37)及生產者精度(圖 5-38)曲線中發現。圖 5-39 為波段數 43 時之各類別分量影像，圖 5-40 為線性光譜混合求解之分類成果。表 5-5 為分類統計結果，整體精度為 62.90%，*Kappa* 值為 0.535。由表 5-5 中可發現，分類結果中使用者精度由高至低之類別分別為甘蔗-A (98.52%)、裸露土壤 (93.82%)、水池(91.83%)、甘蔗-B (29.02%)及水稻(2.04%)，除甘蔗-B 與水稻外，其餘所得之使用者精度皆可達 90%以上。分析部分植被類別分類不佳其原因乃可能亦同於 5-3-2 節所述，雖然植被類別係以純像元的方式所選取，但於圖 5-11 之各類別平均光譜中亦可發現，僅甘蔗-A 於 $0.7 \mu\text{m}$ 波長附近(波段 6 至波段 7 之間)處產生劇烈的跳動外，其餘的植被皆無此反應，這也就能理解為何甘蔗-A 之分類結果佳的緣故。此外，在植被初期的生長過程中，土壤及水皆為所需而不可缺的物質，也因如此於實驗分類結果中亦可發現其交互影響的情況

發生。

將其與 5-4-1 節之最大似然分類法進行比較，除分類精度增加外，當波段數大於樣本數時，分類的過程中並不受參考光譜樣本數的影響。此外將波段數 43 時所得結果與 5-3-2 節中之線性光譜混合求解結果相比較，其整體精度增加 20.56%，*Kappa* 值增加 0.273。其中甘蔗-A 及裸露土壤之使用者精度分別增加 16.75% 及 41.20%，而水稻、甘蔗-B 與水池分別降低 2.64%、15.46% 與 7.98%。另與 5-3-3 節中之匹配濾波法所得結果相比較，其整體精度增加 13.18%，*Kappa* 值增加 0.177。其中甘蔗-A、甘蔗-B、裸露土壤及水池之使用者精度分別增加 29.18%、4.30%、37.43% 及 10.51%，而水稻則降低了 1.87%。

表 5-5 線性光譜混合求解之分類統計結果 (N=43)

		地真資料						使用 者精 度%	1. 整體精度： 62.90%
		水稻	甘蔗A	甘蔗B	裸露 土壤	水池	合計		
類別	水稻	63	2286	0	718	21	3088	2.04	
	甘蔗A	0	1402	0	21	0	1423	98.52	
	甘蔗B	47	459	449	575	17	1547	29.02	
	裸露土壤	161	10	8	2885	11	3075	93.82	
	水池	0	0	0	267	3001	3268	91.83	
	合計	271	4157	457	4466	3050	12401		
	生產者精度%	23.25	33.73	98.25	64.60	98.39			
									2. <i>Kappa</i> 值： 0.535

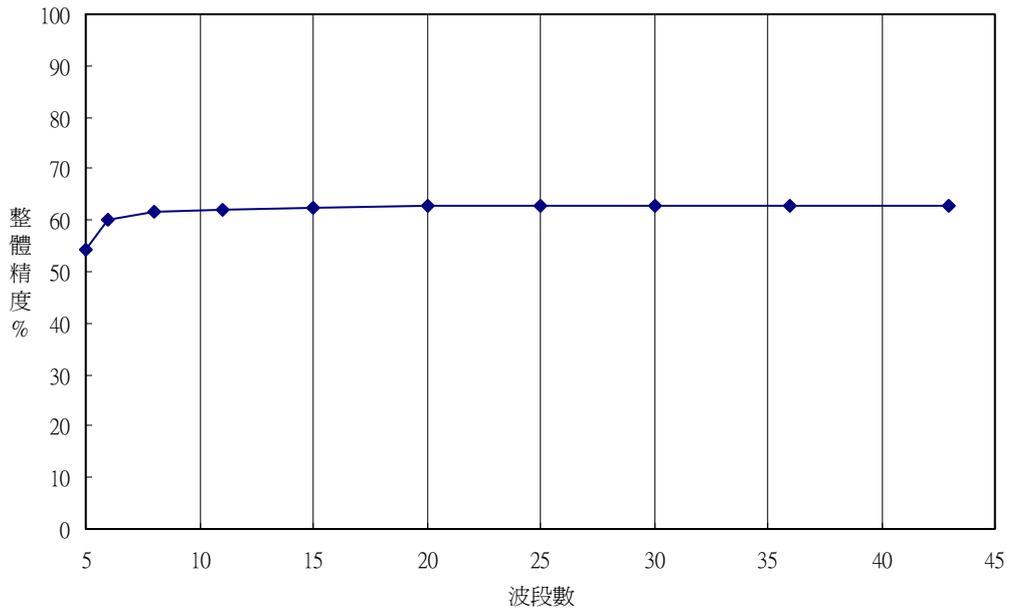


圖5-35 波段數變化時，線性光譜混合求解之分類精度

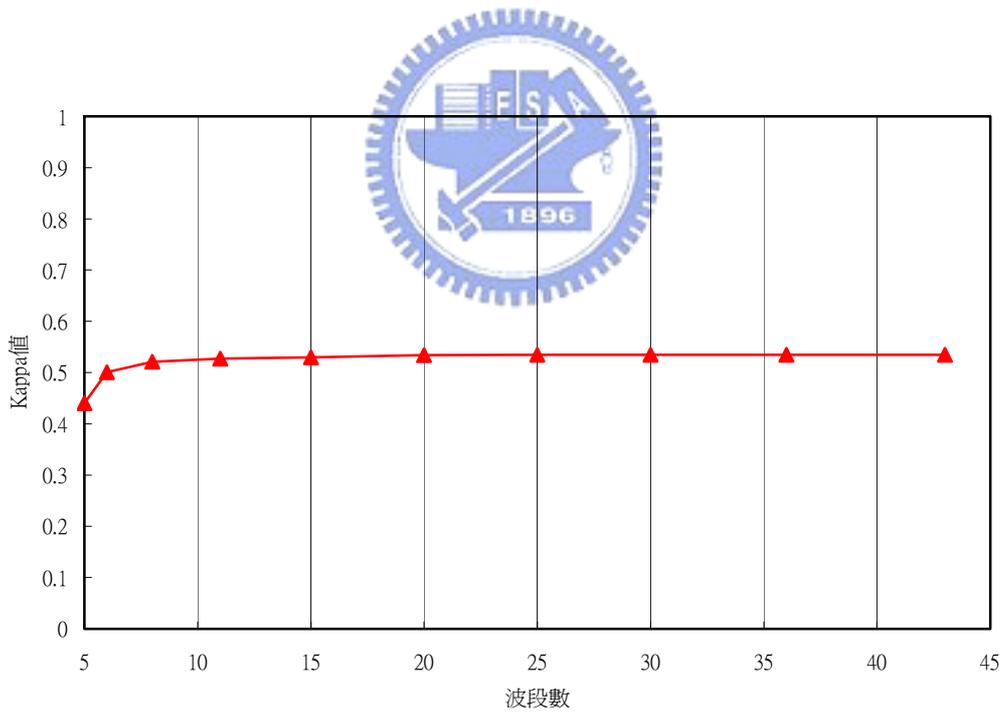


圖 5-36 波段數變化時，線性光譜混合求解之 *Kappa* 值

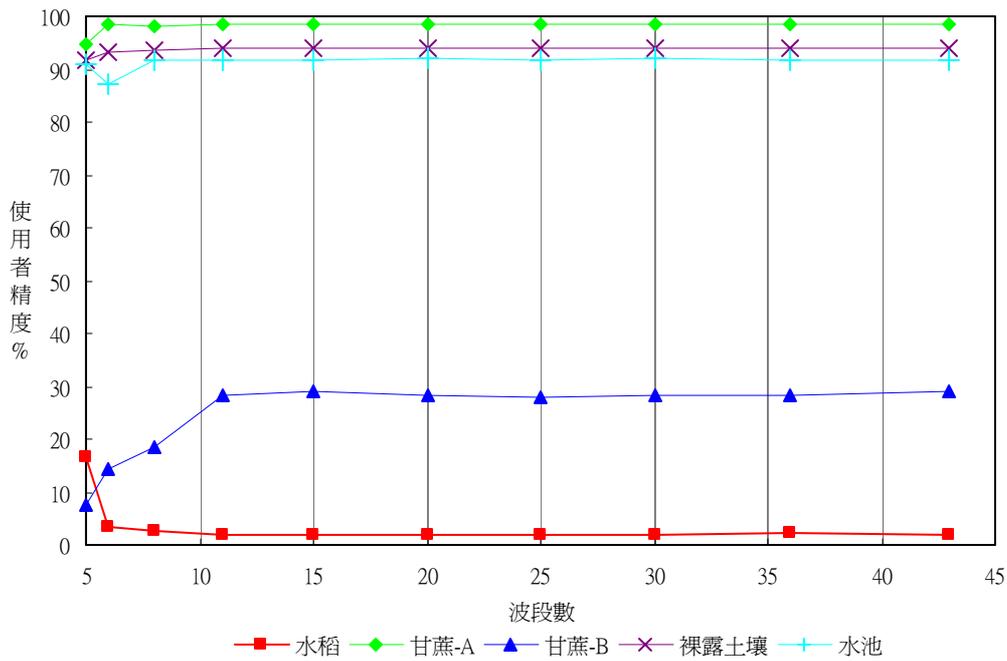


圖5-37 波段數變化時，線性光譜混合求解之各類別使用者精度

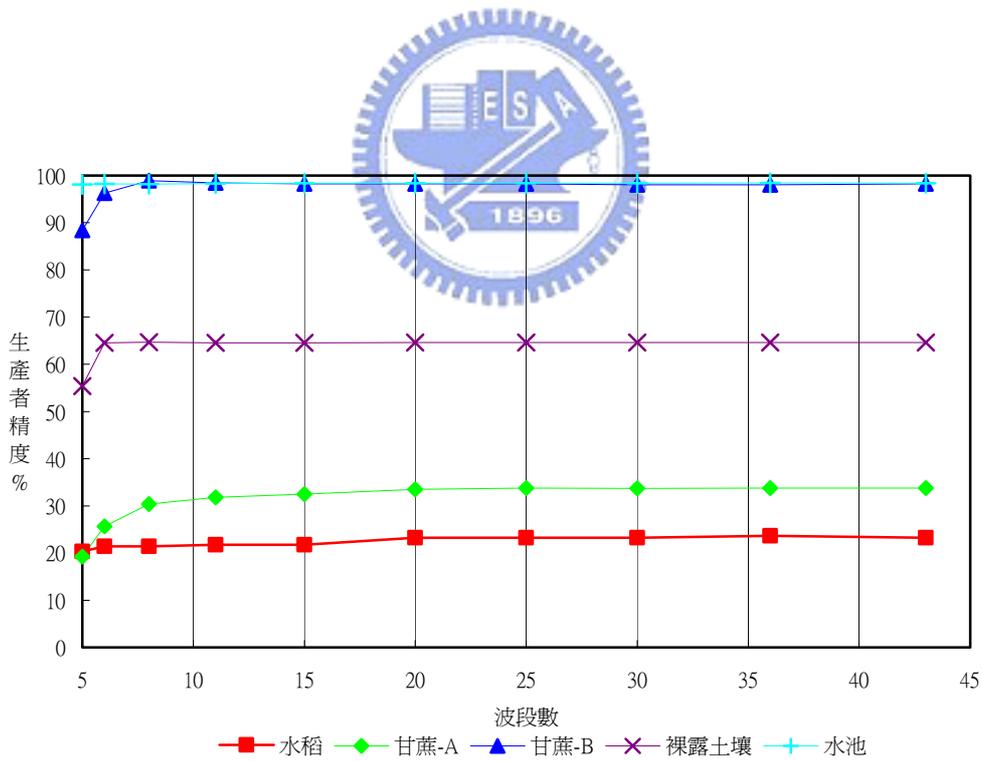
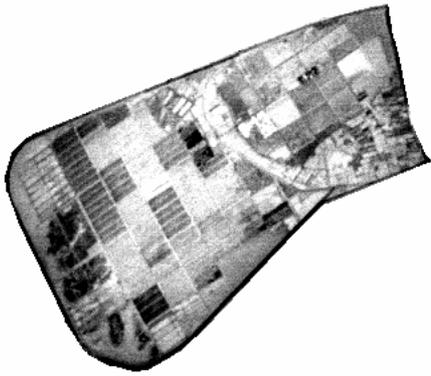
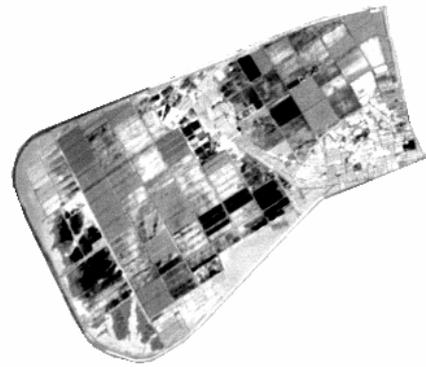


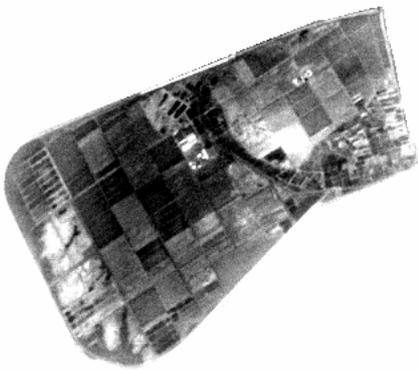
圖 5-38 波段數變化時，線性光譜混合求解之各類別生產者精度



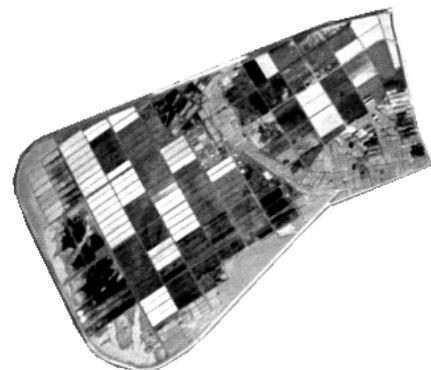
水稻



甘蔗A



甘蔗B



裸露土壤



水池



RMS

圖5-39 線性光譜混合求解之各類別分量影像與RMS影像 (N=43)

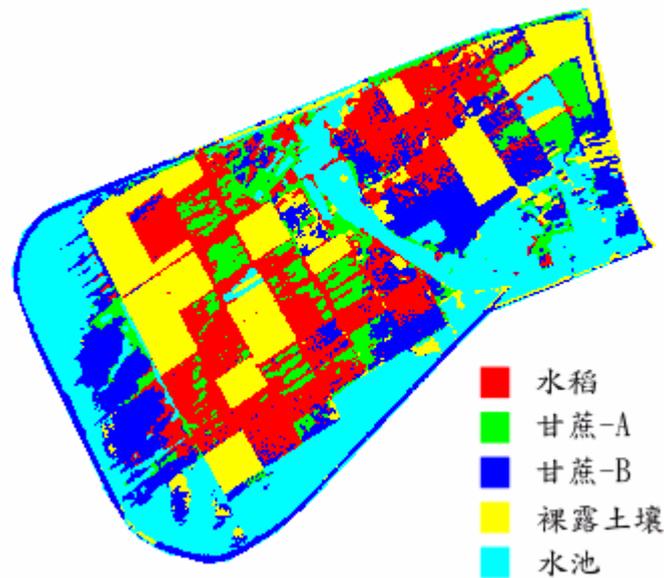


圖5-40 線性光譜混合求解之分類成果 (N=43)

5-4-3 匹配濾波法

以匹配濾波方法分別計算波段數變化時分類成果之整體精度與 *Kappa* 值，如圖 5-41、5-42 所示。圖中可發現隨波段數的增加，其分類精度有逐漸緩慢下降趨勢。圖 5-43 為波段數 43 時之各類別之分量影像，其分類成果如圖 5-44，表 5-6 為分類統計結果，整體精度為 63.47%，*Kappa* 值為 0.501。圖 5-45 及圖 5-46 則分別為波段數變化時所得之各類別使用者精度與生產者精度。圖中顯示隨波段數的增加，除水稻外，其餘類別之使用者精度皆下降。然而水稻的分類結果包含大量誤授誤差；另在生產者精度方面，隨波段數增加在甘蔗-A、裸露土壤及水池等類別產生下降，甘蔗-B 產生增加情形，而水稻亦含有極大的漏授誤差。

與其 5-4-1 節中最大似然分類法所得之分類結果進行比較，整體而言，匹配濾波法之分類成果皆高於最大似然分類法。例如當波段數為 6 時，匹配濾波法與最大似然分類法之整體精度分別為 74.54%、21.82%，而 *Kappa* 值分別為 0.643、0.157)。此外，當波段數 43 時，將匹配濾波的分類精度與 5-4-2 節中之線性光譜混合求解結果相比較，其整體精度增加 0.57%，*Kappa* 值降低 0.034，此乃由於

整體精度僅考慮誤差矩陣之對角線元素，亦即分類正確部分，而 *Kappa* 指標同時考慮誤差矩陣中對角線與非對角線元素。比較表 5-5 與表 5-6 中可發現，分類結果中除甘蔗-B 之使用者精度增加 1.98% 外，其餘類別皆降低，降低的值分別為水稻：1.49%、甘蔗-A：15.35%、裸露土壤：22.45% 及水池：22.29%。而在生產者精度部分則甘蔗-A 與裸露土壤分別增加 18.09%、7.28%，而水稻、甘蔗-B 及水池分別降低 21.04%、22.54%、27.73%。此一現象如同 5-3-3 節中所分析的情況相同，由於匹配濾波法雖可增顯已知類別且抑制未知類別或背景之影響，使得部分類別的生產者精度增加，但也造成除甘蔗-B 外的類別增加不正確正值（誤授）的發生機率。此外，並與 5-3-2 節線性光譜混合求解及 5-3-3 節匹配濾波法之結果相比較，其整體精度分別增加 21.13% 及 13.75%，*Kappa* 值分別增加 0.239 及 0.143。

表 5-6 匹配濾波之分類統計結果 (N=43)

		地真資料						使用者精度%	1. 整體精度： 63.47%
		水稻	甘蔗A	甘蔗B	裸露土壤	池塘	合計		
類別	水稻	6	442	5	378	253	1084	0.55	2. <i>Kappa</i> 值： 0.501
	甘蔗A	0	2154	0	309	127	2590	83.17	
	甘蔗B	130	276	346	263	101	1116	31.00	
	裸露土壤	135	657	96	3210	414	4512	71.14	
	水池	0	628	10	306	2155	3099	69.54	
	合計	271	4157	457	4466	3050	12401		
	生產者精度%	2.21	51.82	75.71	71.88	70.66			

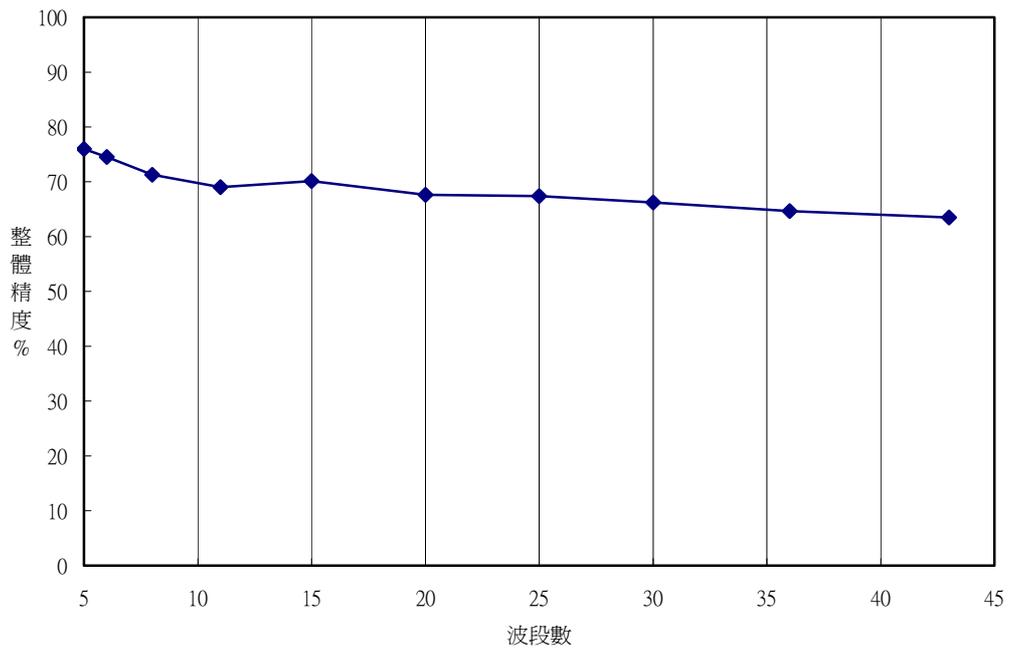


圖5-41 波段數變化時，匹配濾波之分類精度

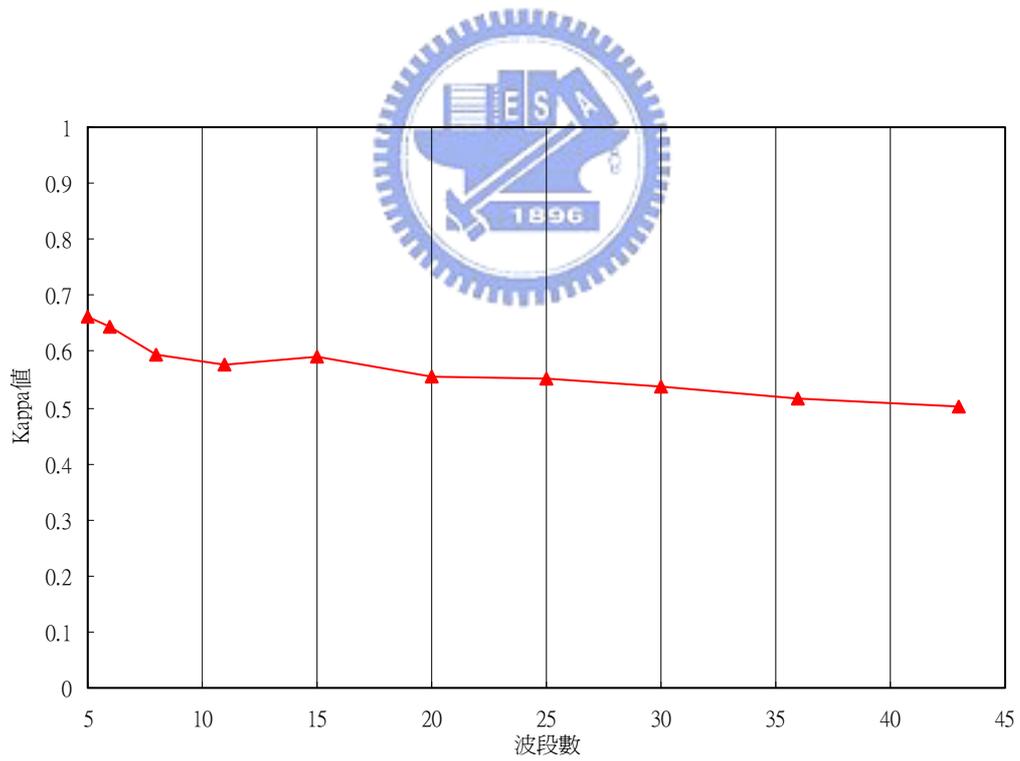


圖5-42 波段數變化時，匹配濾波之Kappa值

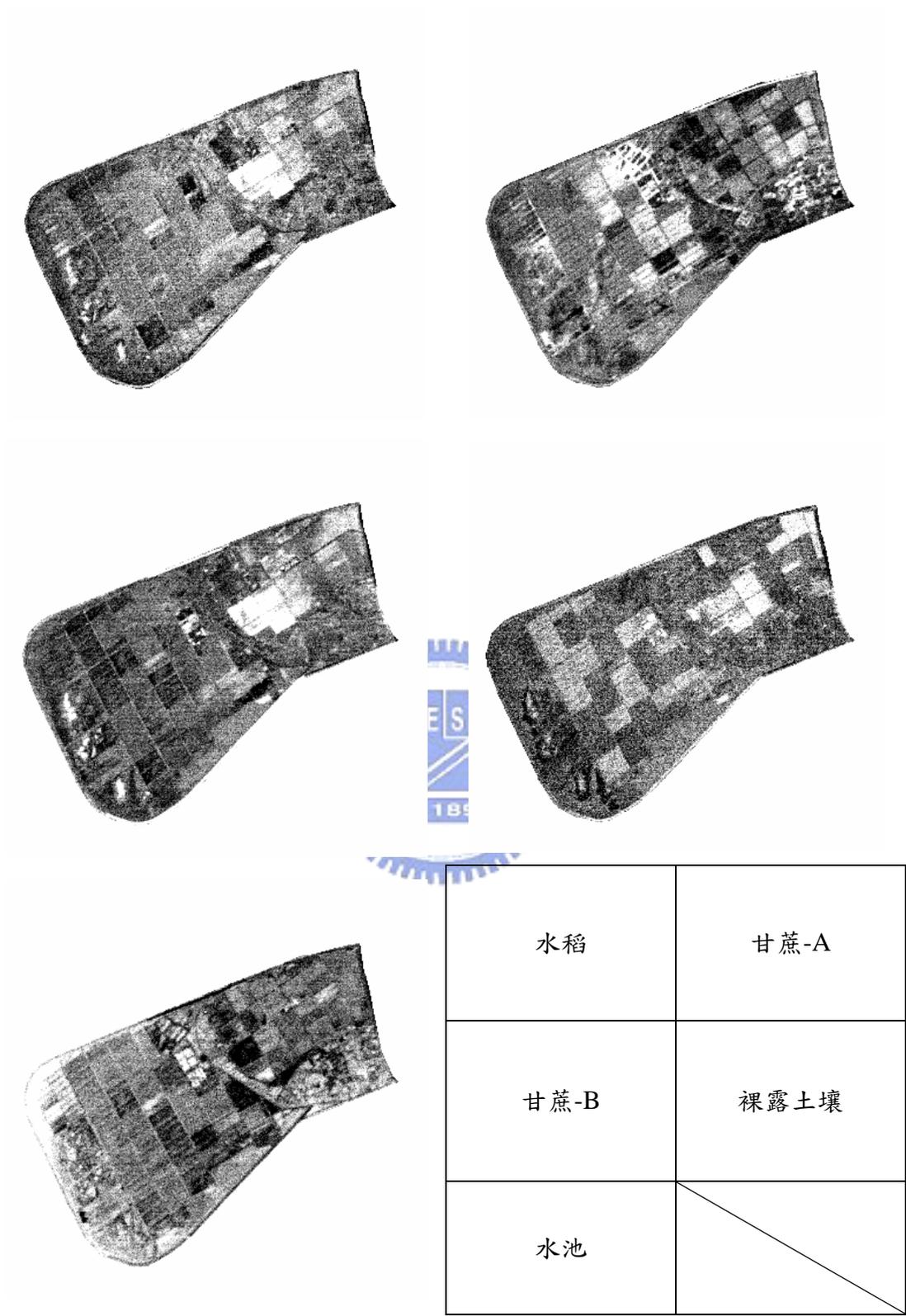


圖5-43 匹配濾波之各類別分量影像 (N=43)

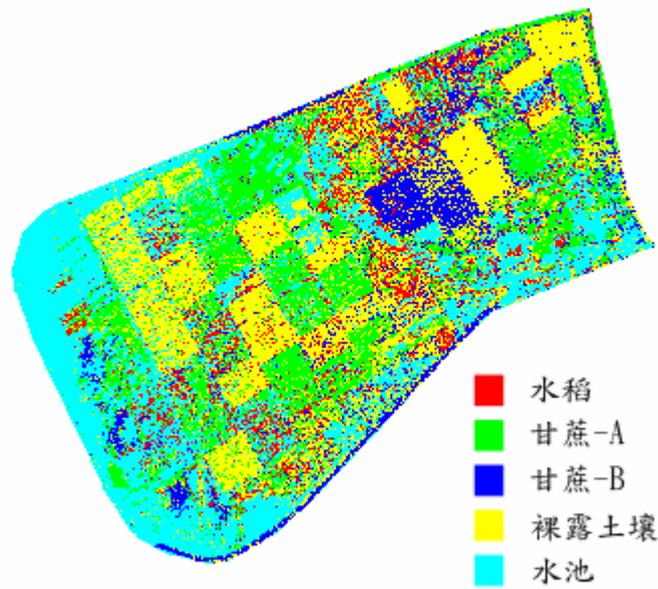


圖5-44 匹配濾波之分類成果 (N=43)

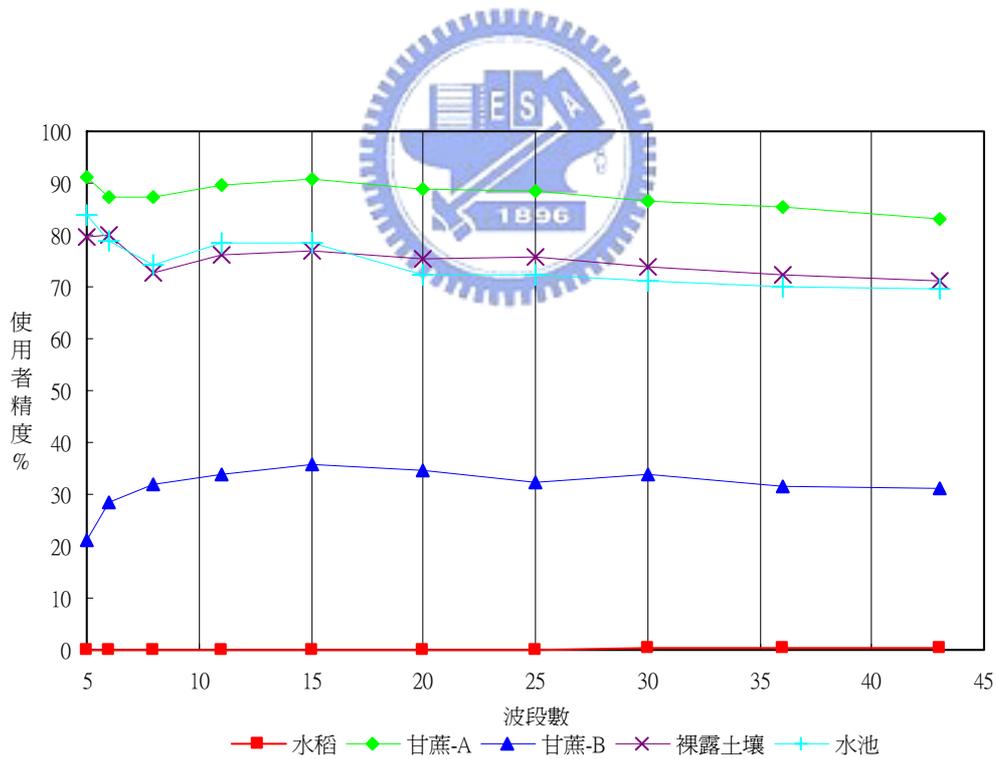


圖 5-45 波段數變化時，匹配濾波之各類別使用者精度

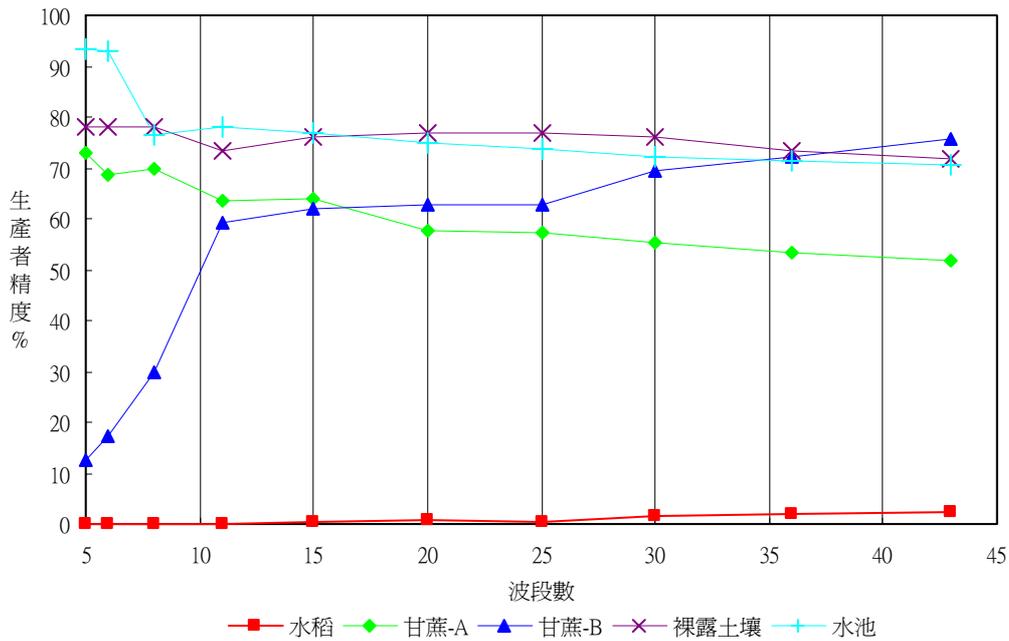


圖 5-46 波段數變化時，匹配濾波之各類別生產者精度

5-4-4 混合調協匹配濾波法

原始影像經 MNF 轉換後以 MTMF 方式進行分類，經計算處理後之成果可得各類別匹配濾波之灰階影像及不可信度影像，如圖 5-37 所示為波段數 43 時之不可信度影像。在不可信度分量影像中越明亮的像元代表不可信度值越高。圖 5-38 為各類別之 MF(X 軸)與不可信度分量(Y 軸)之二維分佈圖，圖中可發現如同 3-8 節所發生的點位分佈不佳之情形，雖然各類別仍可獲得具有高匹配濾波值且不可信度值低的像元點，但其數量極少；若藉由加大選取匹配濾波分量的區間範圍，並以視覺的方式輔助獲得較佳且數量多點位，則有單一像元被不同類別重複選取的情況發生。此外將各類別的地真資料載入各類別的二維分佈圖中，亦也發現其皆產生溢散的現象，該類別的地真資料不僅涵蓋了原本的區域且同時分佈在影像的各處，例如圖 5-39 中甘蔗-A 等三種類別。分析其發生原因可能為選取之純像元雖具純度但本身已為混合之光譜反應，例如水稻生長初期可能為水體與植被兩者混合光譜；此外也有可能乃為原始影像經 MNF 轉換後具雜訊波段未移除，或為地真資料本身分類的不細緻所造成影響。

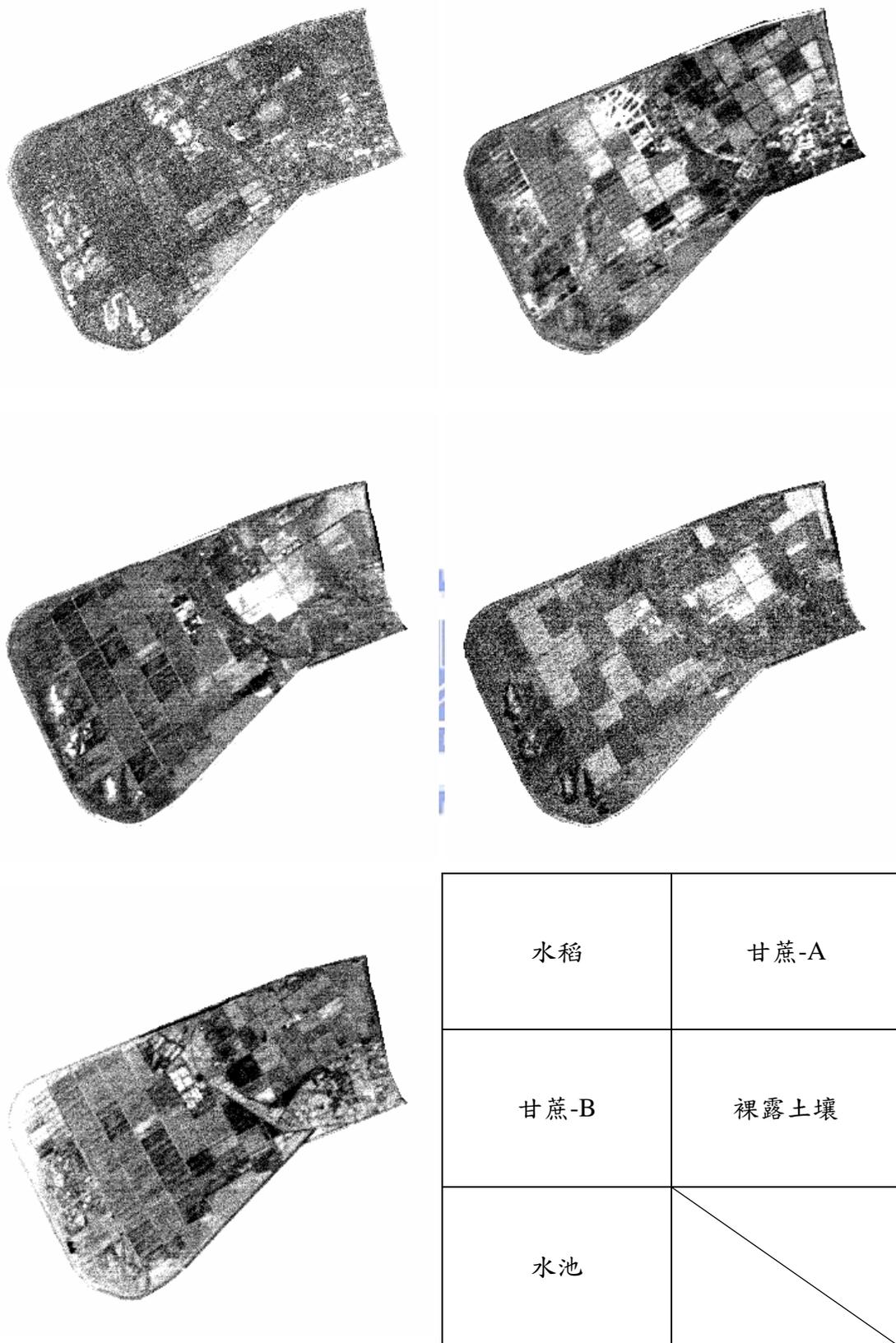


圖5-47 各類別之不可信度分量影像 (N=43)

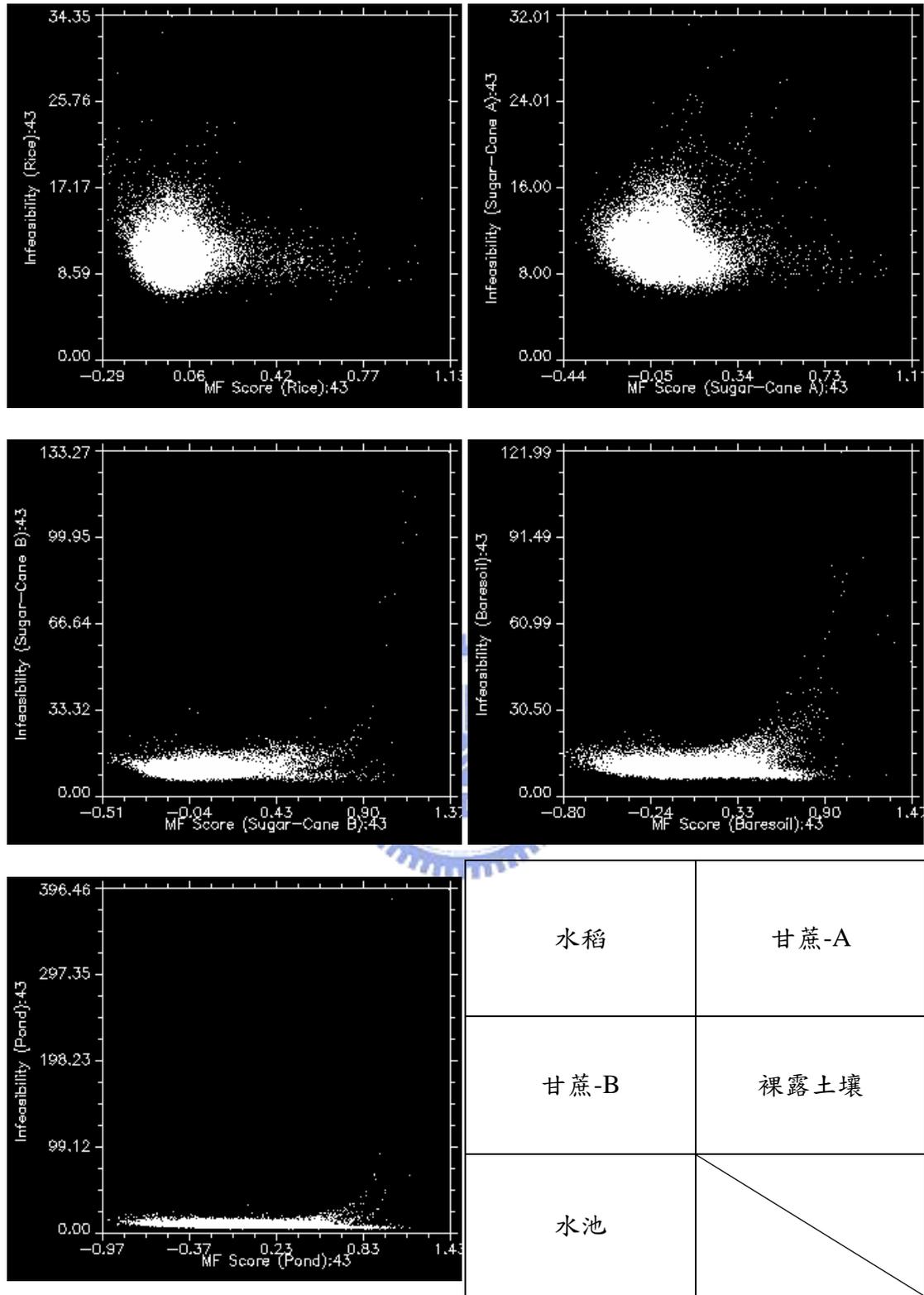
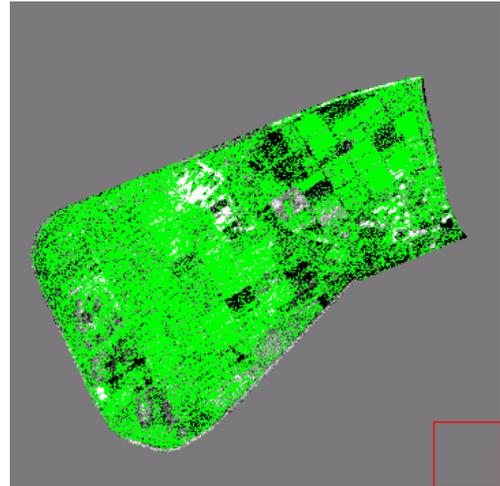
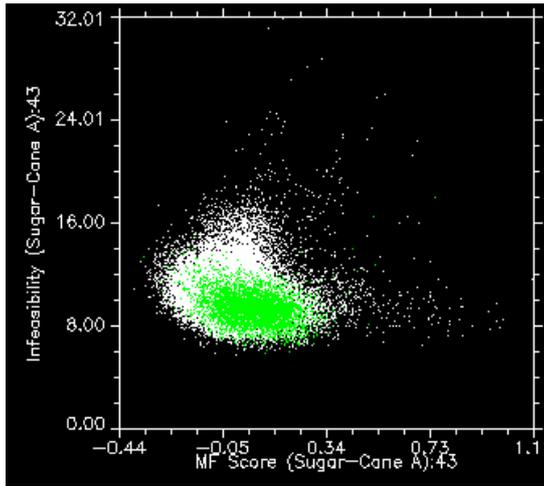
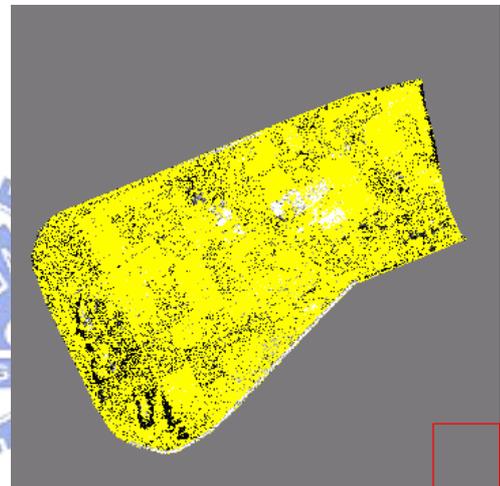
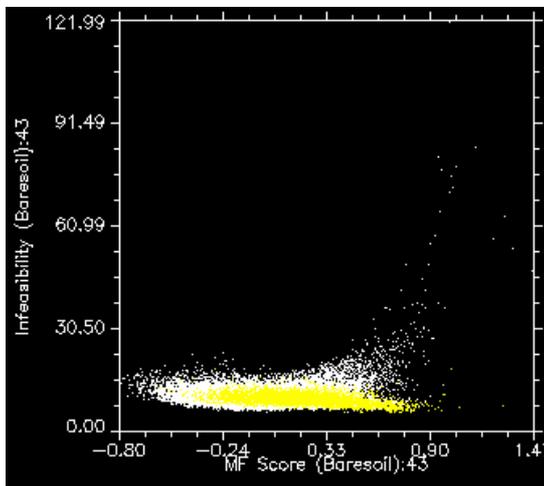


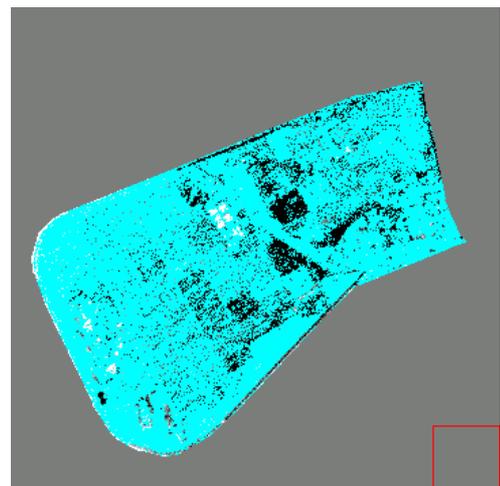
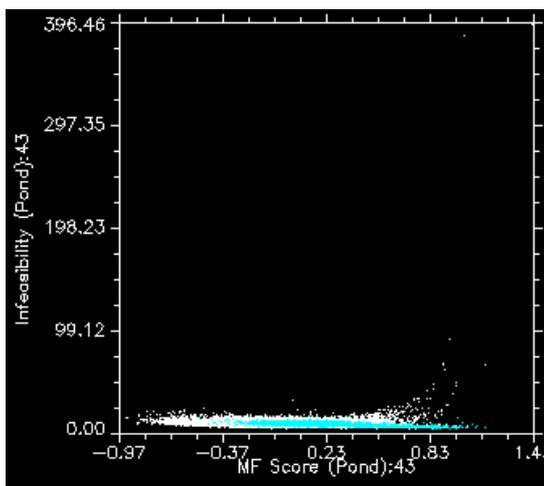
圖5- 48 各類別MF與不可信度分量影像之二維分佈圖 (N=43)



(A)甘蔗-A



(B)裸露土壤



(C)水池

圖5-49 甘蔗-A等三類別之地真資料溢散現象 (N=43)

5-5 成果分析與比較

(1)由圖 5-5 與圖 5-11 之各類別平均反應值及標準偏差中亦可發現，以參考 PPI 及應用 N-D Visualizer 選取純像元方式所選取之參考光譜樣本，其標準偏差與最大及最小反應值變化量小。相反的，直接選取方式中各類別呈現較大變化量，這顯示其中可能包含混合像元存在。由於光譜分析的方式係以各類別之光譜反應值作為分類辨識的依據，若同類別樣本間光譜反應值差異量大則取平均值後，所描述之已非類別真正的光譜反應曲線，這種問題的產生亦影響分類成果之精度。兩個實驗結果中可發現利用 n 維視覺方式選取各類別之純像元作為參考光譜之線性光譜混合求解與匹配濾波法所得分類結果，當波段數為 43 時其分類精度分別為 62.90%、63.47%，*Kappa* 值分別為 0.535、0.501。這比直接於影像中選取各類別參考光譜方式之線性光譜混合求解與匹配濾波法所得結果(整體精度分別為 42.34%、49.72%、*Kappa*：0.262、0.358)，更有助於提升分類的成果。

(2)在兩個實驗中皆可發現，以統計為基礎的最大似然分類法，若訓練樣本數有限且固定時，波段數增加導致分類精度下降產生 Hughes 現象。相反的，以光譜比對原理的方法僅需考量波段數需不可小於所選定之類別數目加 1，其餘並不受波段數增加的限制影響，且分類精度皆高於最大似然分類法。

(3)不論採用何種選取類別參考光譜的方式，線性光譜混合求解皆隨著波段數的增加，而分類的精度趨於穩定且變化差異性小。匹配濾波的方式雖隨波段數增加分類精度可達穩定狀態，但在某一階段之後也產生逐漸緩慢下降趨勢。

(4)兩項實驗中亦可發現，以線性光譜混合求解或是匹配濾波進行分類，其甘蔗-A 之使用者精度皆可達 69.34%以上(69.34%~98.52%)，其中以純像元為參考光譜之結果更可達 83%以上(98.52%、83.17%)。此乃由於在各植被類別之平均反應值中可發現除甘蔗-A 於 0.7 μm 波長附近(波段 6 至波段 7 之間)處產生劇烈的跳動外，其餘的植被皆無此反應，這種紅邊現象乃由於植被中葉綠素的影響，亦為植被重要的光譜特徵。也因如此植被特性使得甘蔗-A 的分類精度極佳。

(5)將 5-3-2、5-3-3 及 5-4-2、5-4-3 節之各類別使用者精度與生產者精度進行分析比較，可發現匹配濾波法雖可增顯已知類別且抑制未知類別或背景之影響，使其部分類別的生產者精度增加降低漏授誤差的發生，但也造成各類別的分量中增加不正確正值(誤授)的發生機率。

(6)此外，由於植被在生長過程中土壤與水分皆為不可缺少之物質，不同生長期的光譜反應亦呈現不同比例的光譜特性，例如水稻之秧苗期為典型水體，營養生長期為水體與植被混合到植被，生殖生長期為完全植被。雖然實驗二中植被、水及裸露土壤等類別之參考光譜係以純像元的方式所選取，但由於水稻與甘蔗-B 生長初期之光譜反應值含有植被、土壤及水等混合反應，致使分類的結果受植被、裸露土壤及水等的交互作用而影響分類精度，其中以水稻的分類情形最為明顯。

(7)由 5-4-4 節可發現，以 MTMF 方式進行分析時若①各類別之參考光譜雖為純像元但其已為混合光譜(此種情形可見常發生在植被的生長初期)、②影像經 MNF 轉換後之維度選定不佳、③地真資料的調查不精細等因素，都可能使 MTMF 各類別之地真資料於該類別之 MF 與不可信度分量二維分佈圖中產生溢散的現象，顯示「誤授」之比例無法藉由使用「不可信度」值有效降低。

(8)綜合前幾項的分析亦可研判在 MASTER 影像拍攝時期，此濕地中植被部分僅甘蔗-A 之生長期明確，其餘水稻與甘蔗-B 應為生長初期的植物。