

衛星遙測在台中港海岸變遷偵測之應用研究

港灣技術研究所

台中 梧棲

中華民國八十五年六月

衛星遙測在台中港海岸變遷偵測之應用研究

執行單位：海岸工程組

計畫主持人：莊甲子 副所長

共同主持人：吳 基 助理研究員

摘 要

本研究為利用衛星遙測技術對近海及海岸地區進行偵測。本年度計畫概分為二主題，第一主題為海岸變化與衛星影像相關性解析，第二主題為海域海象之衛星影像特性研究。而主要研究目標為影像上海面波譜、水質、近海地區變遷及海面油污等資訊之萃取。海面波譜分析研究結果顯示台中港海域之波浪在冬季時呈現由北往南，其波向由偏離海岸垂線變化至偏向海岸垂線且越靠近岸邊波浪轉向情形越明顯；而波長則有變短的趨勢。就水質調查分析結果而言，顯現大甲溪及大肚溪出海口處因來自河川的淤積物混入海水中而在出海口處顯現較高的懸浮物濃度。衛星影像上海岸線變化偵測之研究結果顯示北防沙堤以北的地勢極為平緩；南測試區靠大肚溪出海口北岸之地形變化較南岸的地勢為陡。另就近兩年的海岸地形變化而言，由 1994 年至 1996 年間，大甲溪出海口的南岸有淤積現象。台中港區變遷偵測研究結果顯示台中港及港區週圍的土地從 1972 年至 1995 年建地有逐漸增加的趨勢，尤以近年為甚。為探討影像上判釋水陸邊界的結果與實際量測之間的誤差範圍及誤差的可能原因，本計畫亦針對此點做初步的分析。此外為發展衛星遙測應用於海域污染偵測之技術，本計畫另針對 ERS-1 SAR 合成口徑雷達影像來探討油污之偵測，結果顯示所提方法具有相當大的發展潛力。

衛星遙測在台中港海岸變遷偵測之應用研究

目 錄

摘要.....	I
目錄.....	II
圖目錄.....	IV
表目錄.....	IX
第一章 研究主旨及背景.....	1-1
第一主題：海岸變化與衛星影像相關性解析	
第二章 潮汐與海岸線變化關係及海岸地區變遷之偵測.....	2-1
2.1 潮汐與海岸線變化之關係.....	2-1
2.2 海岸長時間之變遷偵測.....	2-29
2.3 台中港區海岸變遷偵測.....	2-32
2.4 水線測量.....	2-44
第二主題：海域海象之衛星影像特性研究	
第三章 衛星影像與水質調查分析.....	3-1
3.1 水質採樣.....	3-1
3.2 採樣結果分析與討論.....	3-8
3.3 衛星影像與水質關係.....	3-17
第四章 衛星影像海面波譜分析.....	4-1
4.1 衛星影像與波譜之分析.....	4-1
4.2 研究方法.....	4-4
4.3 結果及討論.....	4-13
第五章 衛星遙測應用於海域油污染範圍之偵測.....	5-1
5.1 基本理論介紹.....	5-1

5.2 研究方法及內容.....	5-2
5.3 結果及討論.....	5-10
第六章 結論.....	6-1
參考文獻.....	6-3

圖目錄

圖 2.1.1	1994/1/11 臺中港北區(上)及南區(下)衛星影像	
	潮位 480cm	2-3
圖 2.1.2	1994/2/3 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 101cm 面積 5.8884km ²	2-4
圖 2.1.3	1994/2/3 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 101cm 面積 6.6103km ²	2-5
圖 2.1.4	1995/10/31 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 77cm 面積 7.3198km ²	2-6
圖 2.1.5	1995/10/31 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 77cm 面積 7.1021km ²	2-7
圖 2.1.6	1993/12/8 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 113cm 面積 6.5492km ²	2-8
圖 2.1.7	1993/12/8 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 113cm 面積 6.5518km ²	2-9
圖 2.1.8	1994/9/2 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)	
	面積 7.1725km ²	2-10
圖 2.1.9	1994/9/2 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)	
	面積 6.6503km ²	2-11
圖 2.1.10	1994/8/25 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 270cm 面積 3.5667km ²	2-12
圖 2.1.11	1994/8/25 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 270cm 面積 2.3289km ²	2-13

圖 2.1.12	1996/1/30 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 248cm 面積 4.3515km ²	2-14
圖 2.1.13	199/1/30 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 248cm 面積 3.8351km ²	2-15
圖 2.1.14	1993/12/24 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 265cm 面積 3.9175km ²	2-16
圖 2.1.15	1993/12/24 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 265cm 面積 3.2556km ²	2-17
圖 2.1.16	1994/11/1 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 370cm 面積 1.6678km ²	2-18
圖 2.1.17	1994/11/1 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 370cm 面積 0.9701km ²	2-19
圖 2.1.18	1995/3/4 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 349cm 面積 1.7106km ²	2-20
圖 2.1.19	1995/3/4 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 349cm 面積 1.9975km ²	2-21
圖 2.1.20	1994/6/8 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 443cm 面積 0.4964km ²	2-22
圖 2.1.21	1994/6/8 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 443cm 面積 0.1448km ²	2-23
圖 2.1.22	1994/1/27 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 461cm 面積 0.2057km ²	2-24
圖 2.1.23	1994/1/27 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)	
	潮位 461cm 面積 0.1326km ²	2-25
圖 2.1.24	潮位與沙灘面積變化(北區).....	2-26

圖 2.1.25 潮位與沙灘面積變化(南區)	2-26
圖 2.1.26 利用不同潮位臺中港北區衛星影像計算坡度變化	2-27
圖 2.1.27 利用不同潮位臺中港南區衛星影像計算坡度變化	2-28
圖 2.2.1 臺中港北區衛星影像長時間變遷偵測	2-31
圖 2.3.1 臺中港區衛星影像(1972/11/01)	2-35
圖 2.3.2 臺中港區衛星影像(1986/10/03)	2-36
圖 2.3.3 臺中港區衛星影像(1993/12/24)	2-37
圖 2.3.4 臺中港區衛星影像(1995/10/31)	2-38
圖 2.3.5 臺中港區衛星影像分類圖(1972/11/01)	2-39
圖 2.3.6 臺中港區衛星影像分類圖(1986/10/03)	2-40
圖 2.3.7 臺中港區衛星影像分類圖(1993/12/24)	2-41
圖 2.3.8 臺中港區衛星影像分類圖(1995/10/31)	2-42
圖 2.3.9 每一類別隨時間變化之曲線圖	2-43
圖 2.4.1 測量當日衛星影像(1996/01/30)及相關點位位置	2-47
圖 2.4.2 實測所得水線位置及水線附近相關點位	2-48
圖 2.4.3 直接由影像判識所得之水線與現場測量所得水線位置之比較 ..	2-48
圖 3.2.1 1995/10/31 台中港海域採樣點位置圖	3-12
圖 3.2.2 1994/10/16 台中港海域採樣點位置圖	3-13
圖 3.2.3 中層濁度與總懸浮固體之關係	3-15
圖 3.2.4 表層濁度與總懸浮固體之關係	3-15
圖 3.2.5 表層、中層濁度與總懸浮固體之關係	3-16
圖 3.3.1 1994/10/16 XS1 以(3.1)式所得之迴歸分析圖	3-19
圖 3.3.2 1995/10/3 XS1 以(3.1)式所得之迴歸分析圖	3-19
圖 3.3.3 1994/10/16 臺中港海域 SS 值估計圖	3-20
圖 3.3.4 1995/10/31 臺中港海域 SS 值估計圖	3-21

圖 4.1.1 典型的海面波紋衛星影像.....	4-3
圖 4.1.2 演算法流程圖	4-3
圖 4.2.1 含有水色變化的波紋影像	4-6
圖 4.2.2 圖 4.2.1 經 top-hat transformation 處理後的結果	4-6
圖 4.2.3 圖 4.2.2 經機率型鬆弛法運算後之結果	4-9
圖 4.2.4 圖 4.2.3 之二元化影像	4-9
圖 4.3.1 波場波向變化圖(以臺中港為例)	4-14
圖 5.2.1 灰度值形態學中，灰度曲面經過開運算與閉運算後之結果	5-4
圖 5.2.2 LoG 的 point spread function 在 x、z 剖面上之圖形	5-6
圖 5.2.3 研究中所使用之 LoG 運算元	5-6
圖 5.2.4 研究中所使用 $f_x(x, y)$ 的函數形式	5-8
圖 5.2.5 研究中所使用 $f_y(x, y)$ 的函數形式	5-8
圖 5.2.6 研究過程之流程圖	5-9
圖 5.3.1 原始影像涵蓋之地理位置	5-10
圖 5.3.2 Level 8 全幅影像，其中方格區域為實驗區範圍.....	5-11
圖 5.3.3 實驗區影像	5-11
圖 5.3.4 經過萃取油污之變化灰度範圍內影像	5-12
圖 5.3.5 閉合運算後之影像，可看出有效的消除了非建設性干涉 所造成之影像斑駁	5-13
圖 5.3.6 利用 LoG 運算元進行偵測所得之影像上凹位置，亦即可能 油污區塊.....	5-13
圖 5.3.7 油污區塊位置	5-14
圖 5.3.8 將油污區塊覆疊於原 SAR 影像上之結果	5-15
圖 5.3.9 將油污邊界覆疊於原 SAR 影像上之結果	5-16
圖 5.3.10 油污延伸長度測量結果	5-17

圖 5.3.11 油污區塊之相關地理位置圖	5-18
-----------------------------	------

表目錄

表 2.1.1	沙灘面積與潮汐變化關係	2-2
表 2.3.1	各類別在不同時間所獲取之影像上，所占有的面積	2-43
表 2.4.1	測量成果列表	2-45
表 3.1.1	採樣計畫攜帶器材一覽表	3-3
表 3.2.1	1995/10/31 台中港外海採樣記錄.....	3-9
表 3.2.2	1994/10/16 台中港外海採樣點檢驗結果.....	3-10
表 3.3.1	1994/10/16 及 1995/10/31 SPOT 之 Gain 及 Offset 值.....	3-18
表 3.3.2	利用 1994/10/16 XS1 及 1995/10/31 XS1 進行迴歸分析 所得之參數.....	3-18
表 4.1.1	Length and time scales of ocean surface waves	4-1

第一章 研究主旨及背景

過去之調查研究上，海岸地區的地形及海況之變化大部份必須依賴地面逐點的調查來完成。對於大範圍的地區而言，逐點的調查往往耗費大量的時間與金錢。近年來，利用衛星遙測影像來研究於海岸地區日趨熱門，主要原因是衛星影像能涵蓋大範圍地區，同時具數值化的特性，因此可進行平面的自動化處理。但是近海地區的地形及海況之研究受潮汐及時間因素的影響很大，很明顯的，在不同的潮汐及時間，近海地區會呈現不同的地形及海況，因此完整的近海研究，有賴收集各種不同時間的資料才能呈現完整的全貌。同理，如果利用衛星遙測來研究近海地區，也必須收集各不同時間的衛星影像來進行分析。台灣地區第一座資源衛星接收站於民國82年在中央大學正式運轉接收後，即針對台灣地區有系統和有計畫的接收各種相關資料。尤其西海岸地區，歷年來已累積了相當密集的影像資料，再加上接收站成立之前所收集的影像，可說已建立了一個相當完整的西海岸地區衛星遙測影像資料庫。本計畫乃利用中央大學所接收及收集的衛星遙測影像來進行近海地區之研究。初步完成的研究項目如下：

1. 衛星影像海面波譜分析
2. 衛星影像與水質調查分析
3. 潮汐與衛星影像上海岸線變化及海岸地區變遷之偵測
4. 衛星遙測技術於油污範圍偵測之可行性研究。

第一主題：海岸變化與衛星影像相關性解析

第二章 潮汐與海岸線變化關係及海岸地區變遷之偵測

2.1 潮汐與海岸線變化之關係

台中港的地理位置，北邊為大甲溪河口，南邊為大肚溪河口。台灣西部海岸又多為河川沖積而形成坡度平緩之沙質海岸，故本區海岸漂沙現象主要亦受大肚溪、大甲溪及更北方的大安溪三者之影響。

大甲溪流域約一千二百平方公里，流經台中縣境，全長約 140 公里，河床平均坡度約 1 : 39，流域年平均降雨量約二千四百公厘，自民國 38 年至 68 年的資料統計顯示年平均逕流量為 80 立方公尺/秒，而每年的 5 月至 10 月為豐水期，流量約佔全年的 78%，依據水資會民國 71 年水文年報，大甲溪流域年平均輸沙量約為 3.565 百萬公噸。

大肚溪之全長約一百一十七公里，河床平均坡度約為 1 : 45，年平均逕流量為 106.2 立方公尺/秒，較大甲溪為高。根據 1973 年經濟部水資會對台灣西海岸河川年輸沙量統計，大肚溪自民國 45 年至 59 年十五年間，總輸沙量共有 7.593 百萬公噸，若按估計約有 65% 的沙輸入海中，則每年約有 4.935 百萬公噸的沙由大肚溪輸入海中。

其次，針對 1994/2/3(潮位 101cm)、1995/10/31(潮位 77 cm)、1993/12/8(潮位 113 cm)、1995/9/2、1994/8/25(潮位約 270 cm)、1996/1/30(潮位 248 cm)、1993/12/24(潮位 265 cm)、1994/11/1(潮位 370 cm)、1995/3/4(潮位 349 cm)、1994/6/8(潮位 443 cm)、1994/1/27(潮位 461 cm)及 1994/1/11(潮位 480 cm)的台中港 SPOT 衛星影像在北防波堤以北及大肚溪出海口的沙灘面積變化情形(以 1994/1/11 潮位 480 cm 為基準(圖 2.1.1))以做統計分析，得其詳細分析結果如表 2.1.1。各測試區在影像上的位置顯示如圖 2.1.2 至圖 2.1.23，沙灘面積與潮位變化關係則如圖 2.1.24 及圖 2.1.25 所示。部份年代資料偏離整體變化趨勢。其原因可能是潮位資料不準確(部份影像攝取時間無潮位實測資料，只能由潮汐表推估而得)或是季節變化

所致。圖 2.1.26、圖 2.1.27 則以 1995/10/31(潮位 77 cm)、1994/8/25(潮位 270 cm)及 1995/3/4(潮位 349 cm)之沙灘重疊以計算其坡度變化。依計算所得之坡度顯示北測試區的地勢極為平緩，南測試區靠大肚溪出海口北岸之地形坡度變化較陡峭，大肚溪出海口南岸的地勢則平緩許多。

表 2.1.1 沙灘面積與潮汐變化關係

日期	潮位(cm)	北沙灘面積(km ²)	南沙灘面積(km ²)
1995/10/31	77	7.3198	7.1021
1995/9/2	缺	7.1725	6.6503
1994/2/3	101	5.8884	6.6103
1993/12/8	113	6.5492	6.5518
1996/1/30	248	4.3516	3.8352
1993/12/24	265	3.9175	3.2556
1994/8/25	約 270*	3.5667	2.3289
1995/3/4	349	1.7106	1.9975
1994/11/1	370	1.6678	0.9702
1994/6/8	443	0.4964	0.1448
1994/1/27	461	0.2058	0.1327
1994/1/11	480	0	0

* 潮位非實測數據，由潮汐表推估。



圖 2.1.1 1994/1/11 臺中港北區(上)及南區(下)衛星影像
潮位 480cm

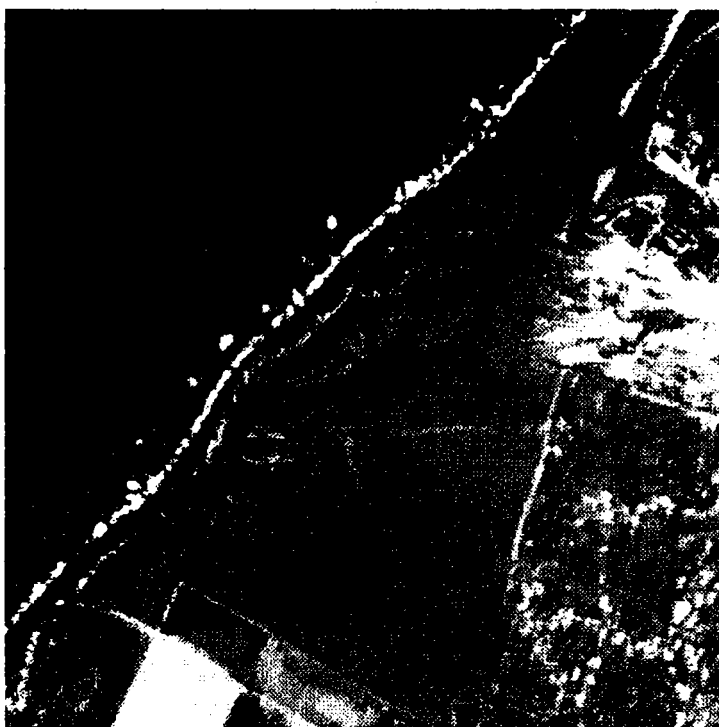


圖 2.1.2 1994/2/3 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 101cm 面積 5.8884km²



圖 2.1.3 1994/2/3 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 101cm 面積 6.6103km²

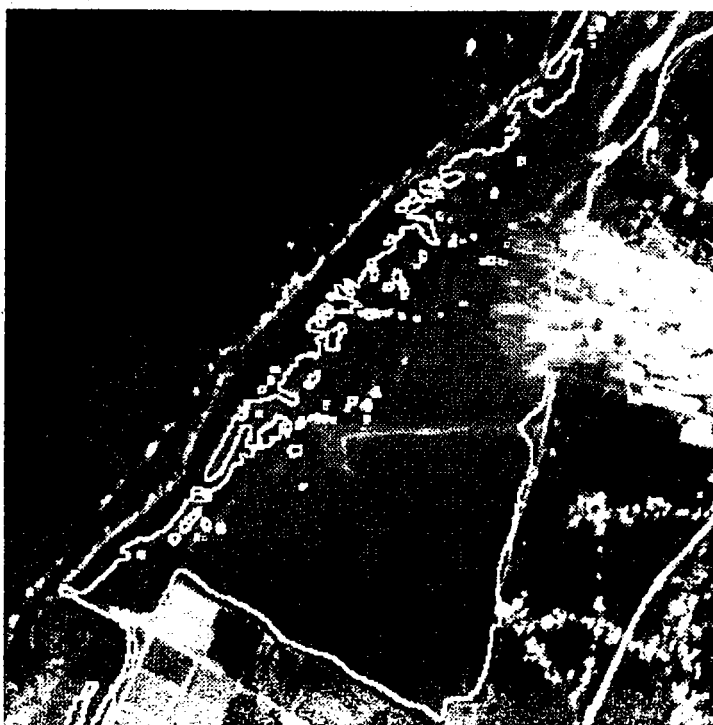
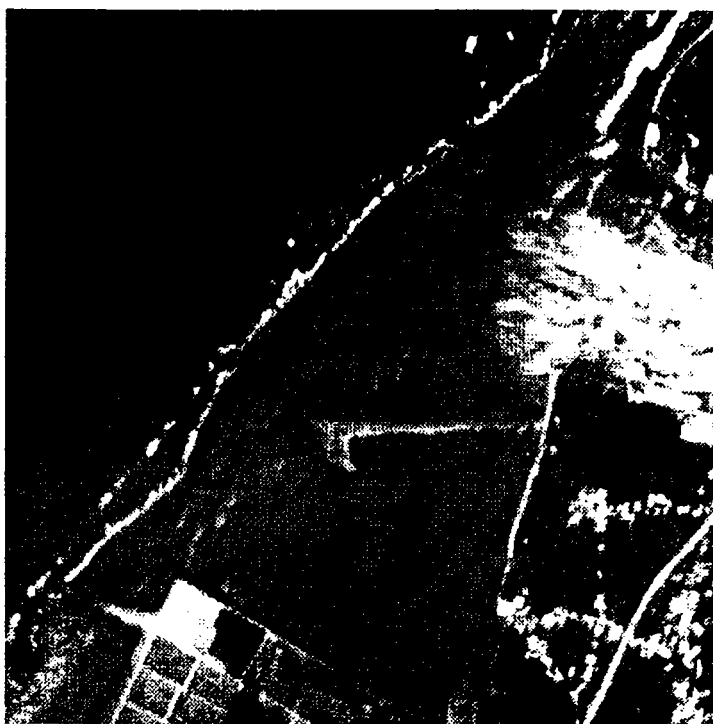


圖 2.1.4 1995/10/31 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 77cm 面積 7.3198km²

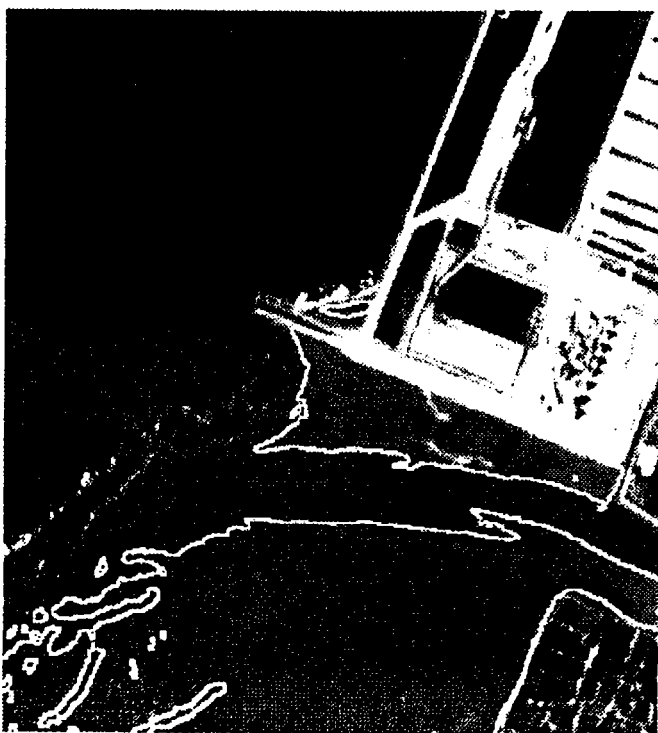
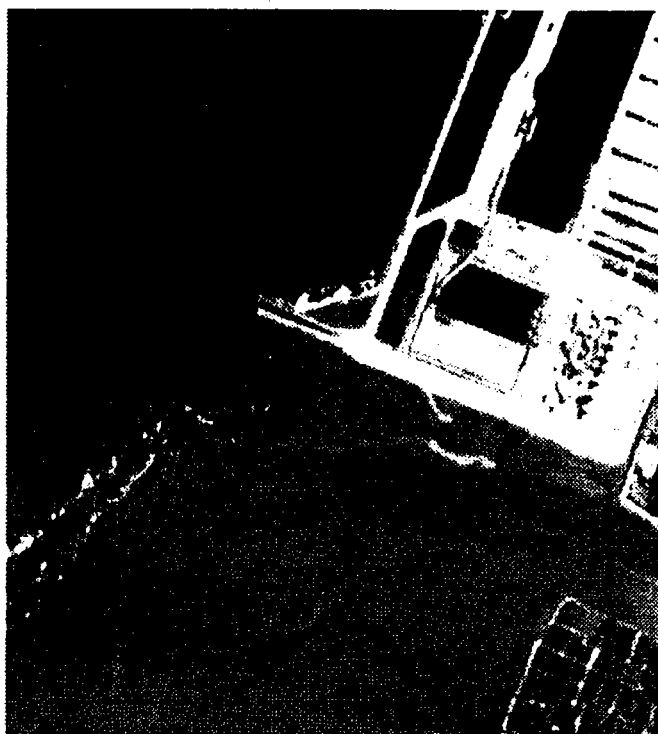


圖 2.1.5 1995/10/31 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 77cm 面積 7.1021km^2

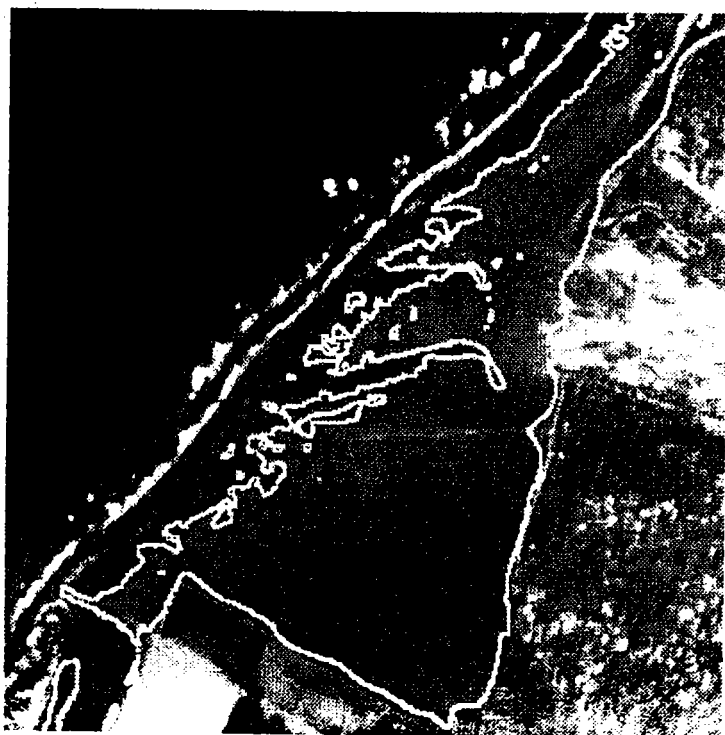


圖 2.1.6 1993/12/8 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 113cm 面積 6.5492km²

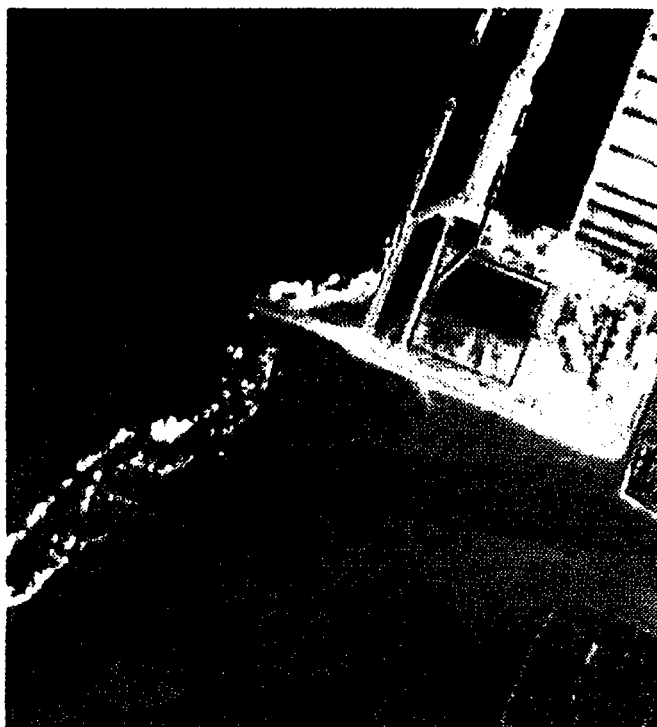


圖 2.1.7 1993/12/8 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 113cm 面積 6.5518km²

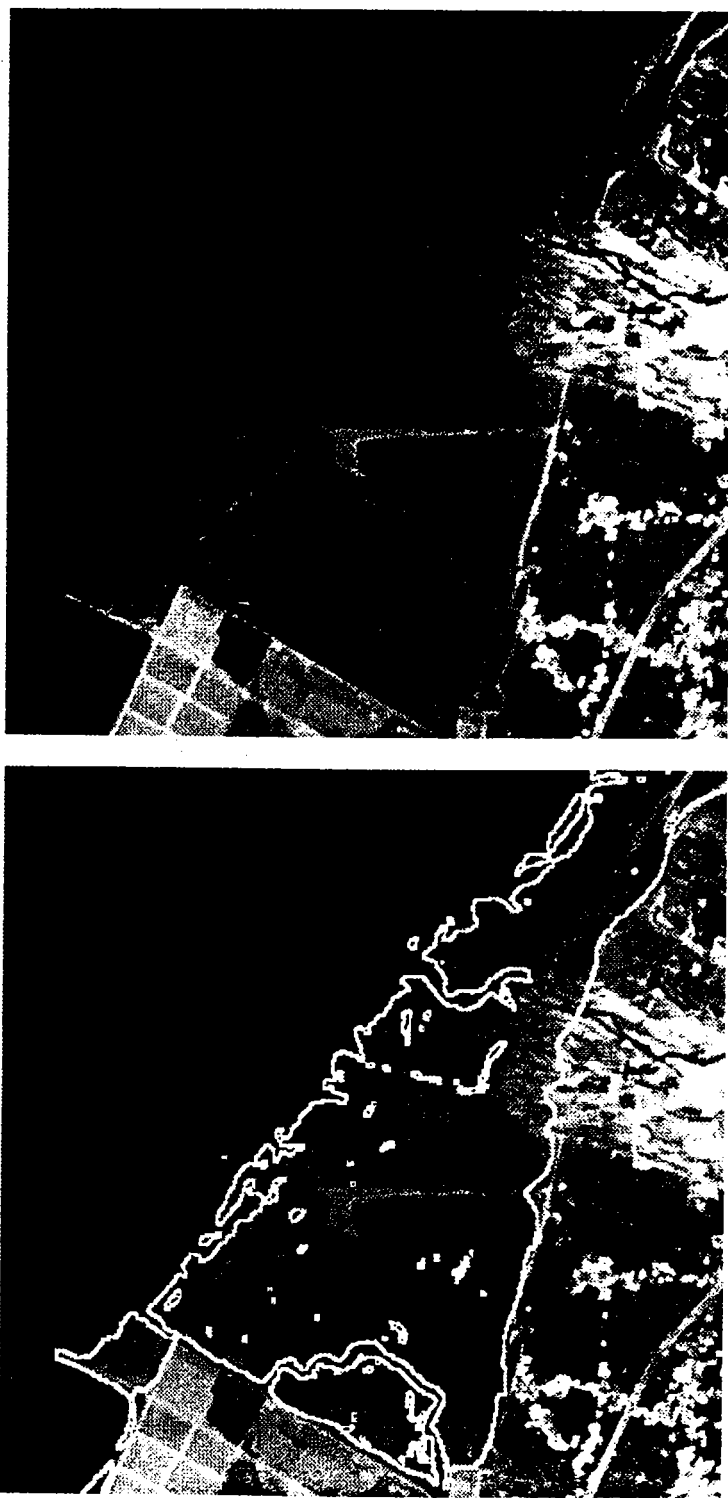


圖 2.1.8 1994/9/2 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)
面積 7.1725km^2

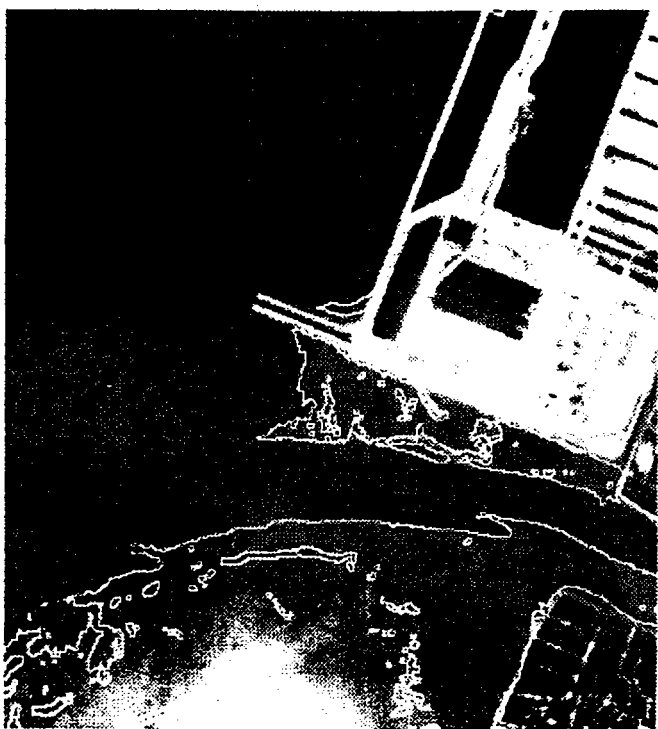
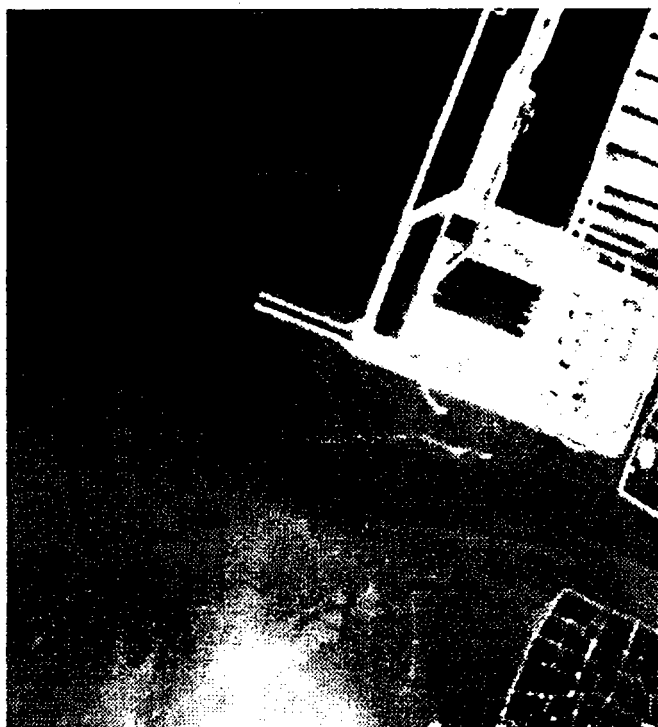


圖 2.1.9 1994/9/2 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)

面積 6.6503km^2

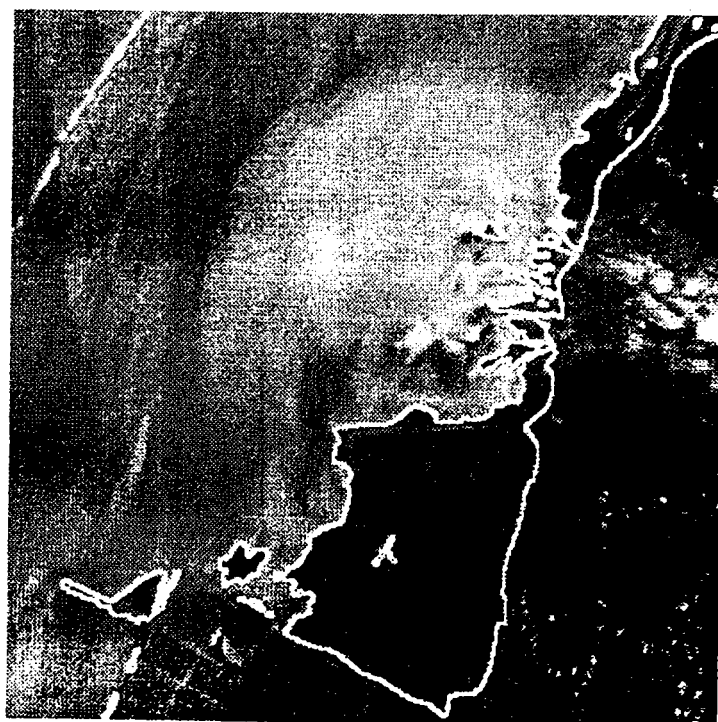


圖 2.1.10 1994/8/25 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 270cm 面積 3.5667km^2

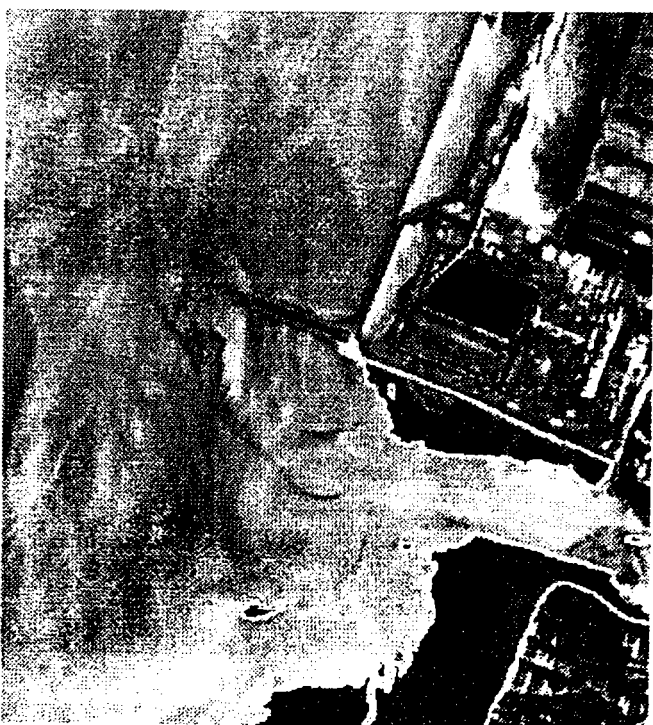


圖 2.1.11 1994/8/25 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 270cm 面積 2.3289km²

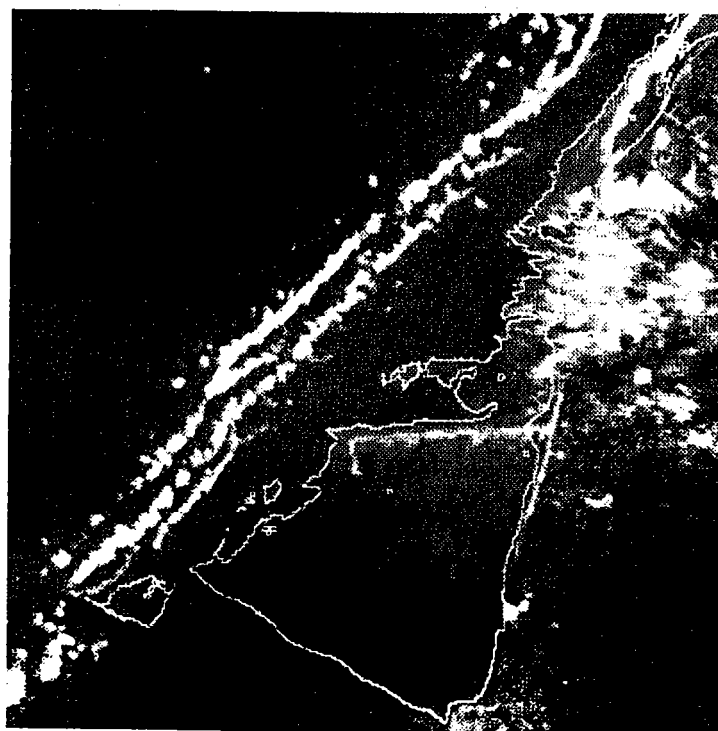
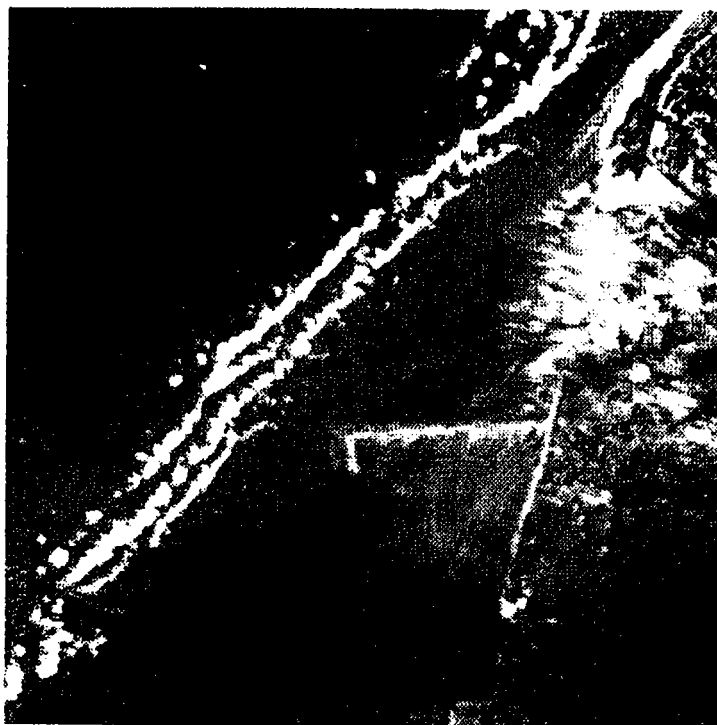


圖 2.1.12 1996/1/30 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 248cm 面積 4.3515km^2



圖 2.1.13 199/1/30 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 248cm 面積 3.8351km²

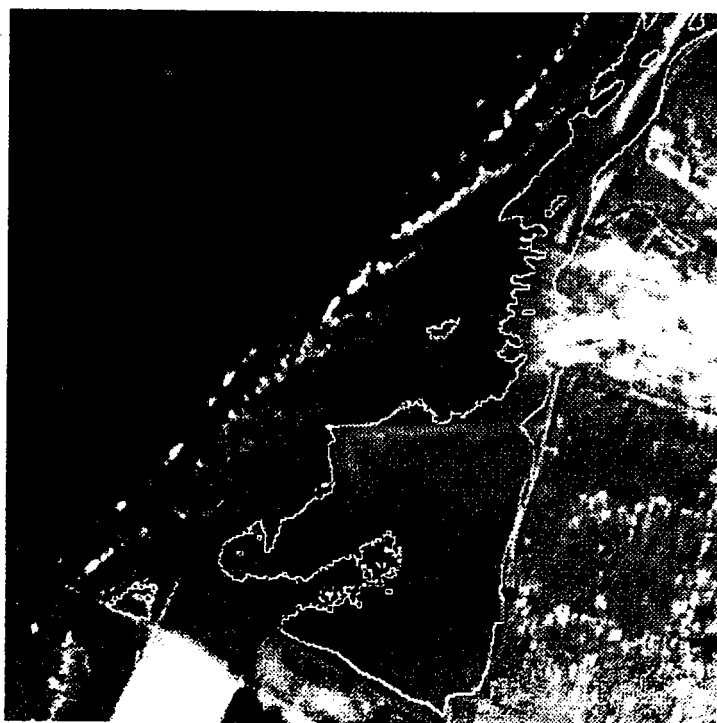


圖 2.1.14 1993/12/24 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 265cm 面積 3.9175km^2



圖 2.1.15 1993/12/24 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 265cm 面積 3.2556km²



圖 2.1.16 1994/11/1 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 370cm 面積 1.6678km^2

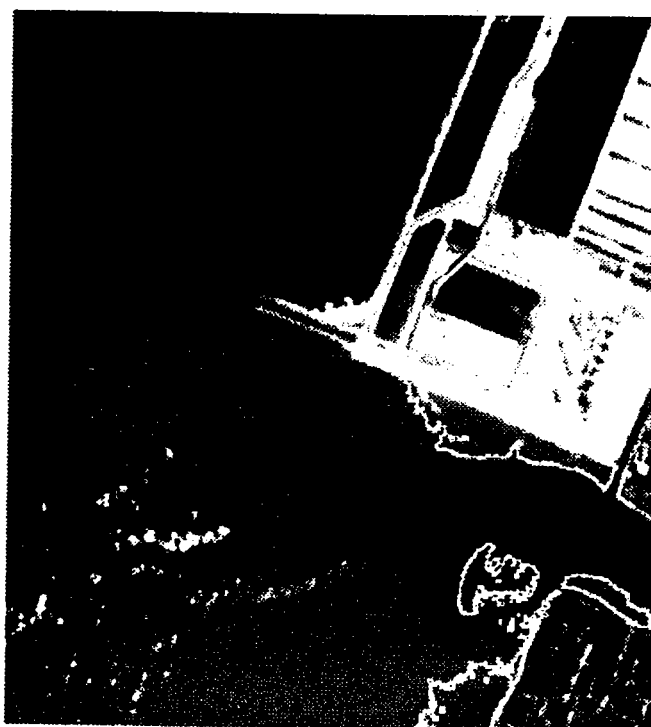


圖 2.1.17 1994/11/1 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 370cm 面積 0.9701km²

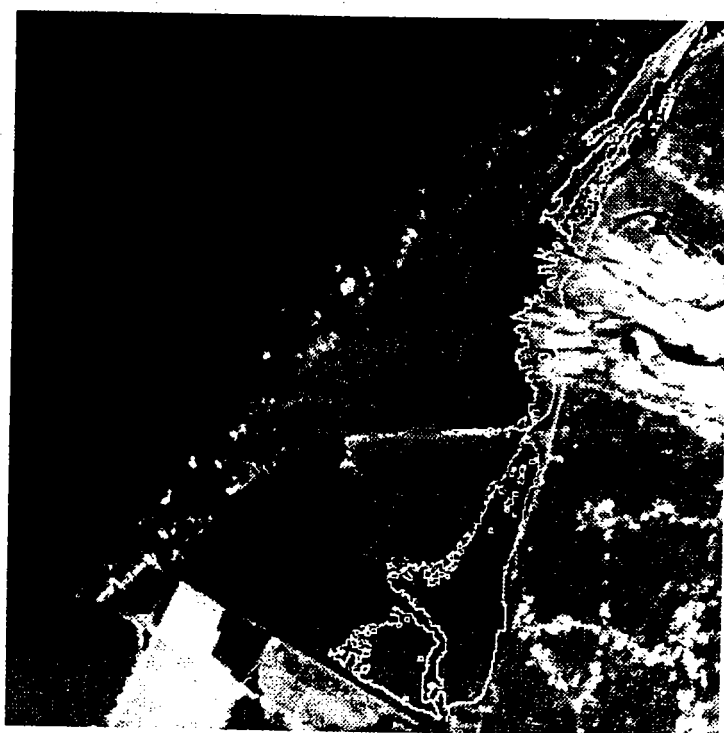
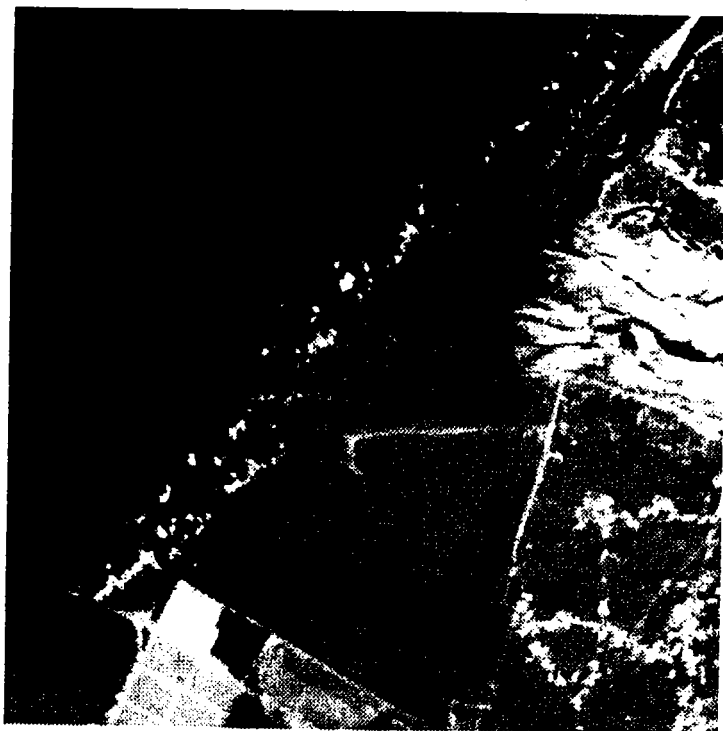


圖 2.1.18 1995/3/4 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 349cm 面積 1.7106km²



圖 2.1.19 1995/3/4 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 349cm 面積 1.9975km²

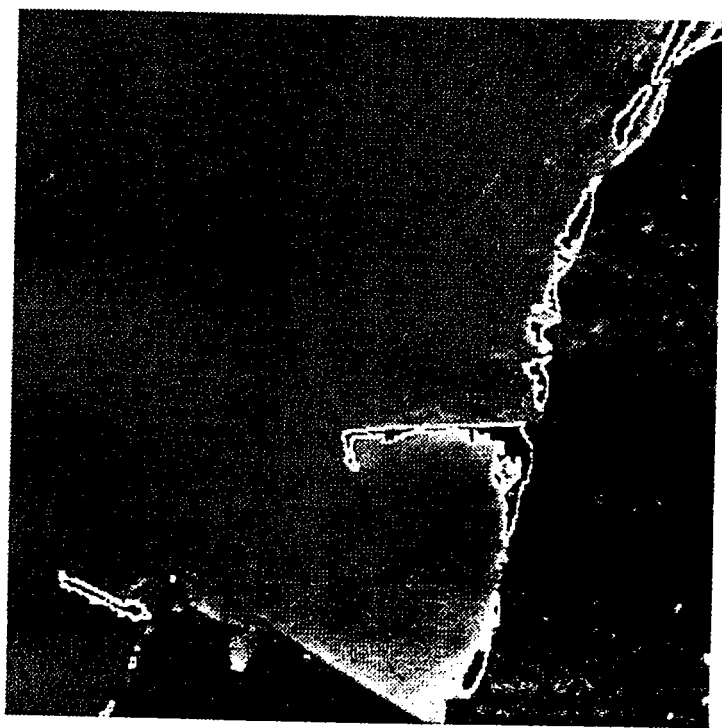


圖 2.1.20 1994/6/8 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 443cm 面積 0.4964km^2

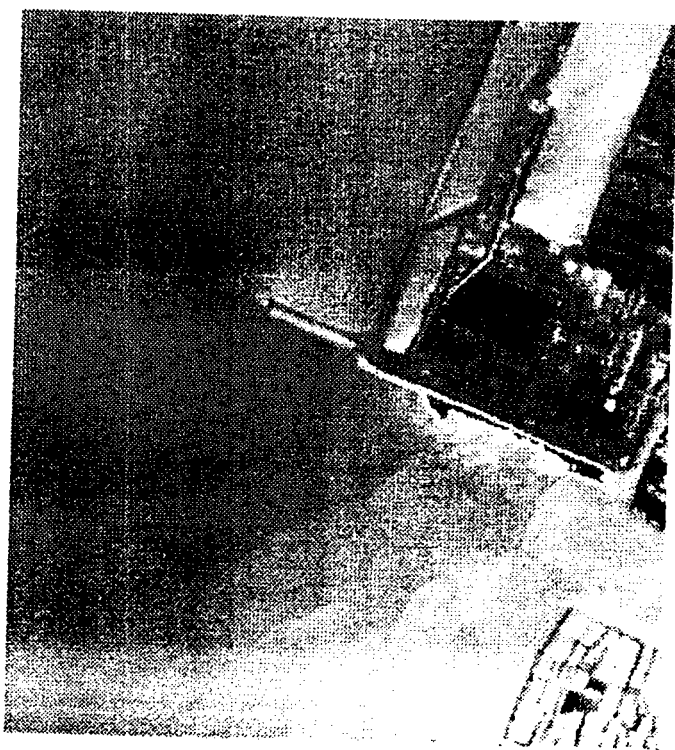
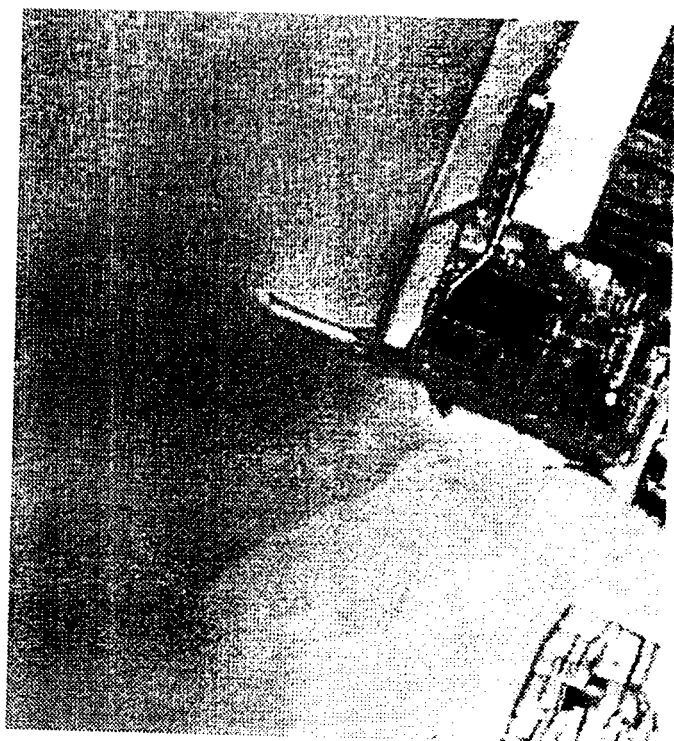


圖 2.1.21 1994/6/8 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 443cm 面積 0.1448km^2



圖 2.1.22 1994/1/27 臺中港北區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 461cm 面積 0.2057km²

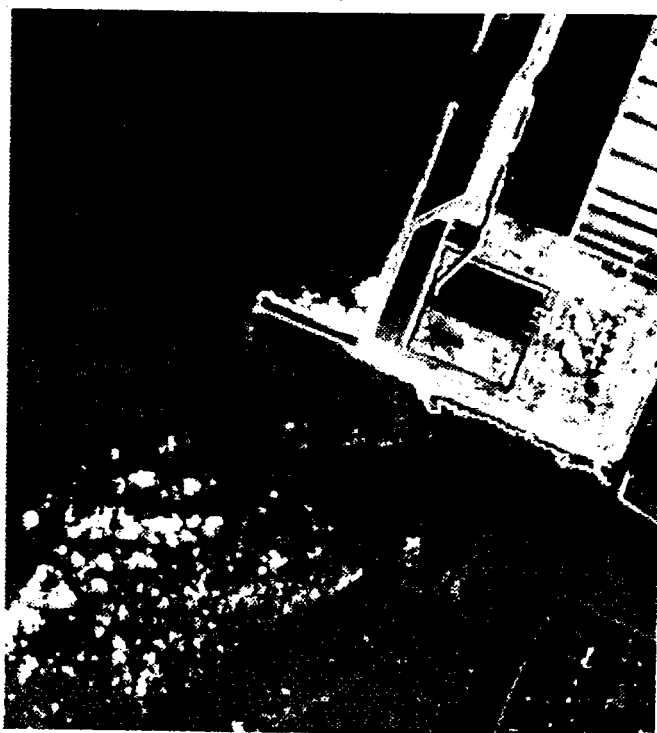
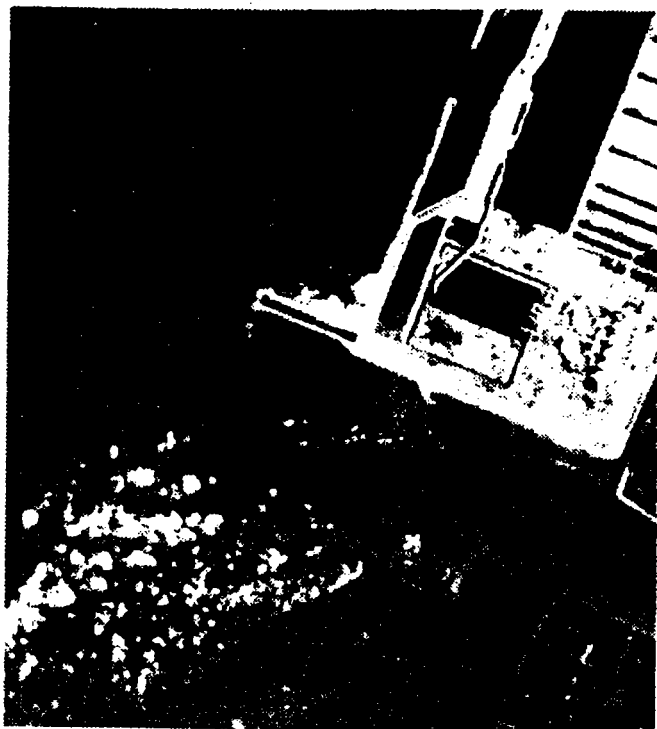


圖 2.1.23 1994/1/27 臺中港南區衛星影像(上)及測試區(下)
潮位 461cm 面積 0.1326km^2

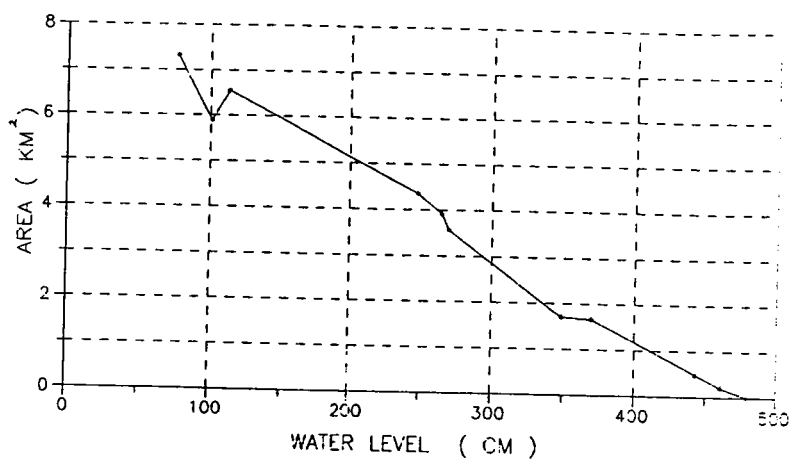


圖 2.1.24 潮位與沙灘面積變化(北區)

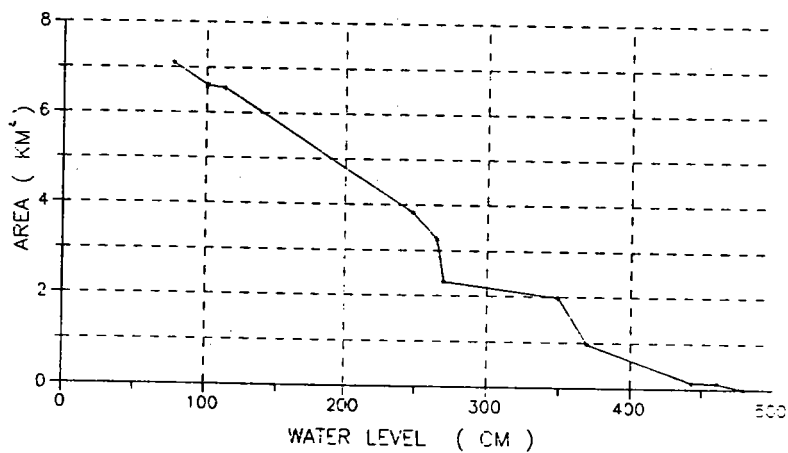
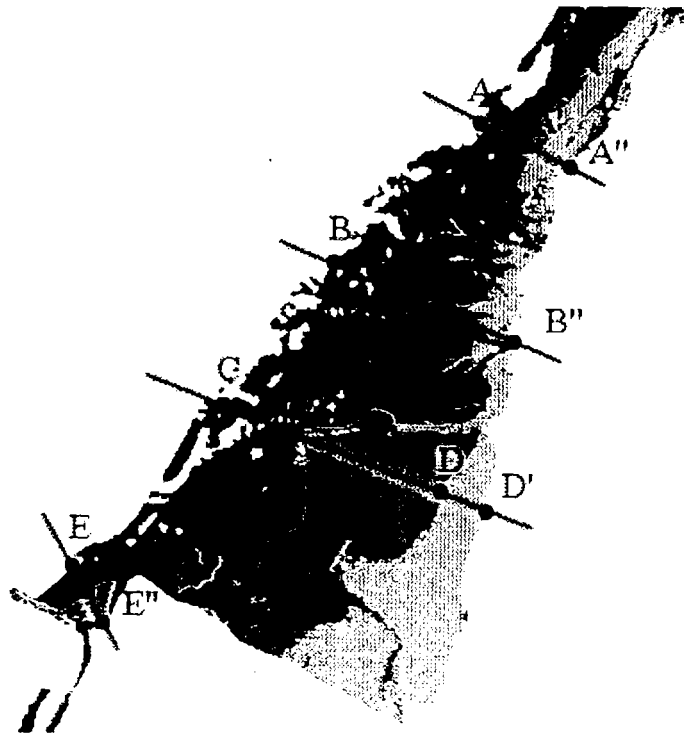


圖 2.1.25 潮位與沙灘面積變化(南區)



■	1995/10/31	潮位 77 cm
▣	1994/8/25	潮位 270 cm
●	1995/3/4	潮位 349 cm
□	1994/1/11	潮位 480 cm

坡度

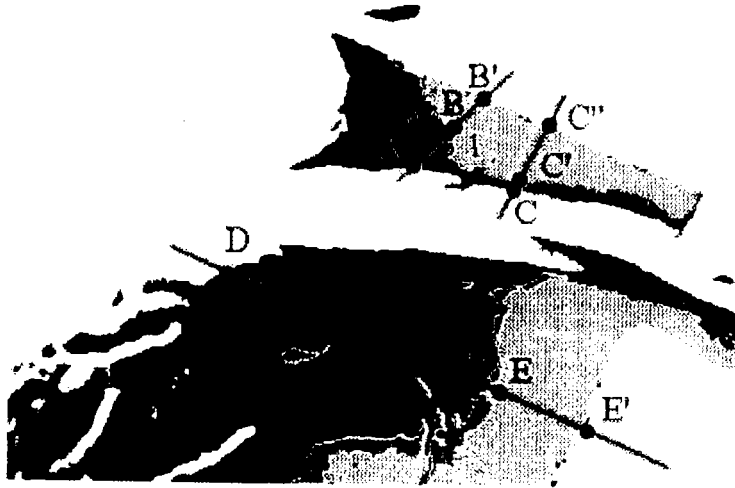
$$AA' = 1/182 \quad A'A'' = 1/157$$

$$BB' = 1/537$$

$$CC' = 1/314 \quad C'D = 1/1326 \quad DD' = 1/245$$

$$EE' = 1/110 \quad E'E'' = 1/109$$

圖 2.1.26 利用不同潮位臺中港北區衛星影像計算坡度變化



- 1995/10/31 潮位 77 cm
- ▣ 1994/8/25 潮位 270 cm
- ☆ 1995/3/4 潮位 349 cm
- 1994/1/11 潮位 480 cm

坡度

$AA' = 1/156$	$A'B = 1/101$	$BB' = 1/222$
$CC' = 1/38$	$C'C'' = 1/324$	
$DD' = 1/986$	$D'E = 1/156$	$EE' = 1/509$

圖 2.1.27 利用不同潮位臺中港南區衛星影像計算坡度變化

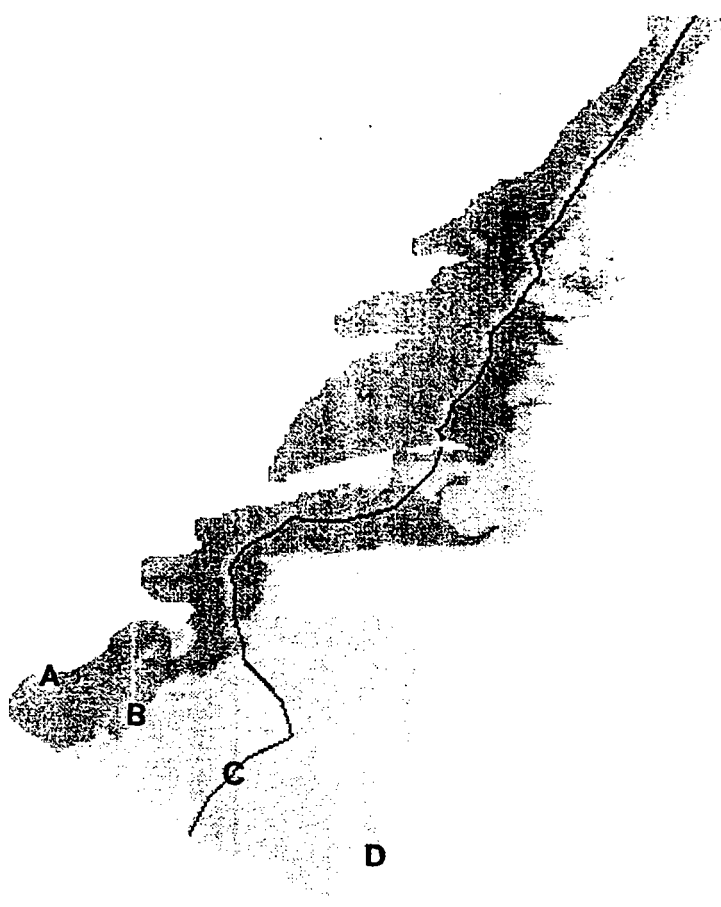
2.2 海岸長時間之變遷偵測

台中港地區每年的 11 月至次年 3 月間為東北季風期，其主要風向在東北東-北北東之間，風速強勁穩定，7~8 月為西南季風期，風向以西南為多，但風速不如東北季風時那麼強勁，因此，台中港的飛沙最嚴重的季節為冬季，方向自北向南，海域之漂沙優勢方向亦為自北向南，在建港之初預估由北向南之漂沙量每年約 1.2 百萬公噸至 1.8 百萬公噸，由南向北之漂沙量每年約 1.2 百萬公噸，而由北向南之沿岸飛沙量每年約 0.3 百萬公噸。惟近年來因大甲溪流域如達見水庫及沿岸之水土保持設施相繼完成，致台中港之沿岸漂砂量有相當程度之減少。

本所為研究台中港北防波堤與北防沙堤間漂沙移動趨勢與侵淤量調查，曾利用台中港自民國 62 年至 82 年間每年一次之地形量測圖加以分析。自民國 62 年至 69 年間，在此區域內從 -5m 到 -20m 等深線皆有緩慢向外移動之趨勢，其中北防沙堤外側 0m 以及 -5m 等深線呈大量外移之現象，而於北防波堤與北防沙堤間之 0m 等深線，靠近北防波堤部份亦呈堆積，另靠近北防沙堤處則成侵蝕，此表示北防沙堤阻擋沙源之功效僅在 0m 到 -5m 之間，而對 -5m 以上之等深線似乎影響很小。民國 69 年到民國 75 年間之地形變化，在北防波堤及北防沙堤皆延長後，在此時段內北防波堤及北防沙堤間之 -5m 到 -20m 等深線很明顯的有外移現象。而北防沙堤對 -5m 到 0m 之附近仍具有阻擋沙源移動之效果。民國 75 年到民國 79 年間之地形變化，北防波堤的阻擋沙源能力逐漸消失，-15m 之等深線已移到堤頭附近，-20m 等深線已超越堤頭，而在北防波堤附近仍有明顯的堆積現象，已經有沙源進入航道或下游的趨勢出現，同時北防沙堤內側在 0m 到 -5m 間亦已有較大量的堆積，顯示沙源已超過此防沙堤而進入北沙堤與北防波堤之間。其後，利用民國 79 年到民國 82 年間之地形圖加以比較，此期間在兩堤之間+3m

以上築堤填沙，由圖中明顯顯示-5m 到-20m 等深線皆有外移的現象，亦即延長後又開始發揮阻擋沙源之功效，但-20m 等深線亦有越過堤頭之趨勢。經由以上之分析，得知在近 18 年來，在北防波堤與北防沙堤之區域內，地形逐漸堆積而外移。

由於以衛星影像比較海岸線之長期變遷必需利用不同時間同潮位之影像作比對，本所目前所蒐集到的衛星影像尚無法符合此條件，因此只能嘗試以兩張相隔一年，同一季節不同潮位之影像，其一為 1993 年 12 月 8 日潮位 113cm 者，另一為 1994 年 11 月 1 日潮位 370cm 者，加以內插求得潮位為 248cm 之海岸線並與最近的 1996 年 1 月 30 日同潮位影像加以比對。研究地區為台中港北防沙堤以北至大甲溪出海口附近，比對結果發現大甲溪口南岸 1996 年 1 月 30 日之實際海岸線較內插而得之海岸線(紅線部份)為突出。此可能是淤積之結果，惟有待日後資料更充足時加以驗證。



- A 1994/12/8 潮位 113 cm 海岸線
- B 1996/1/30 潮位 248 cm 海岸線
- C 內插潮位 248 cm 海岸線
- D 1994/11/1 潮位 370 cm 海岸線

圖 2.2.1 臺中港北區衛星影像長時間變遷偵測

2.3 台中港區變遷偵測

台中港位於台中縣之海岸平原南邊，此平原南北長約 15 公里，東西寬 4 公里，東側以大肚山西麓為界，港址原為一廣大平坦之沙灘。民國 55 年，由於基隆港日趨飽和，故政府選定淡水、梧棲、蘇澳三地，評估設立新港之構想。台中港(梧棲)的自然條件如潮差、漂沙問題等雖較蘇澳、淡水為差，但考慮建港效益、腹地大小、內陸運輸等條件後，仍選擇優先建築台中港，省府於民國 58 年 12 月 1 日在台中縣梧棲鎮成立「台中港建港籌備處」。60 年初，規劃及籌備工作就緒，61 年 12 月起，南堤施工道路，北防波堤施工道路，北防沙堤施工道路陸續開工，62 年 10 月 31 日建港工程正式開工，積極展開第一期建港工程。於民國 65 年 10 月 31 日完成第一期工程後啟用通航，至民國 72 年 6 月工程全部完成。

台中港營運初期，由於諸多不利因素影響，業務推展不甚理想，72 年 6 月完成碼頭 28 座時，年裝卸量僅七百餘萬噸，直到 76 年才達到當初第一階段建港目標之年裝卸量一千一百餘萬噸，此後業務快速發展，平均以每年增加 24% 之速率成長，82 年裝卸量高達三千九百九十四萬噸，如以吞吐量計，則為三千零九十八萬噸，已超越基隆港。

在台中港區海岸變遷偵測上，其目的在於瞭解台中港附近地區，因台中港的逐漸開發與正式營運，對其土地利用所產生之影響。本研究是利用 Landsat MSS 以及 SPOT XS 多光譜衛星影像進行分類之工作，所使用的分類法則為監督式的最大相似分類法(supervised maximum likelihood classification)[Richard, 1986]。所使用的台中港區衛星影像之獲取日期分別為 1972 年 11 月 1 日(Landsat MSS)、1986 年 10 月 3 日(SPOT XS)、1993 年 12 月 24 日(SPOT XS)以及 1995 年 10 月 31 日(SPOT XS)，分別如圖 2.3.1 至圖 2.3.4 所示。其中特別要說明的是，研究中用來作為分類的範圍，是以 1995 年 10 月 31 日的衛星影像中，台中港區所延伸的範圍，在此日期前之影像均按照此一

範圍進行分類。

研究中所要進行偵測的地面類別分別為建地、植被、裸露土以及水體。由於使用的分類法為監督式的分類法則，因此必需經過訓練樣區選取的過程，然後進行訓練區的評估、更改，之後才進入分類之過程。最後再將分類完成後之影像根據其類別給予特定之顏色，以顯示分類之成果。如圖 2.3.5 至圖 2.3.8 分別為影像獲取日期 1972 年 11 月 1 日、1986 年 10 月 3 日、1993 年 12 月 24 日以及 1995 年 10 月 31 日的分類影像。由分類影像可得到各類別隨時間其面積之變化，在表 2.3.1 中為各類別在不同時間所獲取之影像上所佔有的面積，其單位為公頃。圖 2.3.9 則為每一類別隨時間變化之曲線圖。

本研究所蒐集的四幅衛星影像，範圍北至大甲溪口南側，南至大肚溪口，涵蓋高美、梧棲、清水、沙鹿及龍井部份市區。在 1972 年 11 月 1 日的 Landsat MSS 影像中，台中港海域仍是大片的沙灘地，影像中市街之建物分佈仍呈點狀分佈，建地面積僅 117 公頃，植被及裸露地帶合計約 6,480 公頃，建地與植被及裸露土合計之比例約為 1 : 55，至 1986 年 SPOT 影像，建地已增至 765 公頃，植被仍維持 4,900 公頃，因建設次第展開，裸露土也增至 2,124 公頃，植被與裸露土合計約 7,060 公頃，建地與植被及裸露土之比例已增為 1 : 9.3。此時，南突堤及南海堤均仍在施工中，到 1993 年的影像上，植被略減為 3,746 公頃，裸露土增為 3,812 公頃，此時台中港南海堤已與台中火力發電廠聯結，北防波堤業已延伸，北防波堤及北防沙堤間已築堤填沙，建地面積增為 1,041 公頃，建地與植被及裸露地合計之比例變為 1 : 7.3，至 1995 年 10 月 31 日之影像，建地(含道路)之面積激增為 2,778 公頃，市區擴大，道路系統更完備，裸露地面積降低，建地與植被及裸露地合計之比例已達到 1 : 2 之空前紀錄。港區及相鄰地區土地利用的變遷充份反

應了台中港發展的歷史，而近二年的快速變化更可明顯預期台中港未來成長的光明遠景。

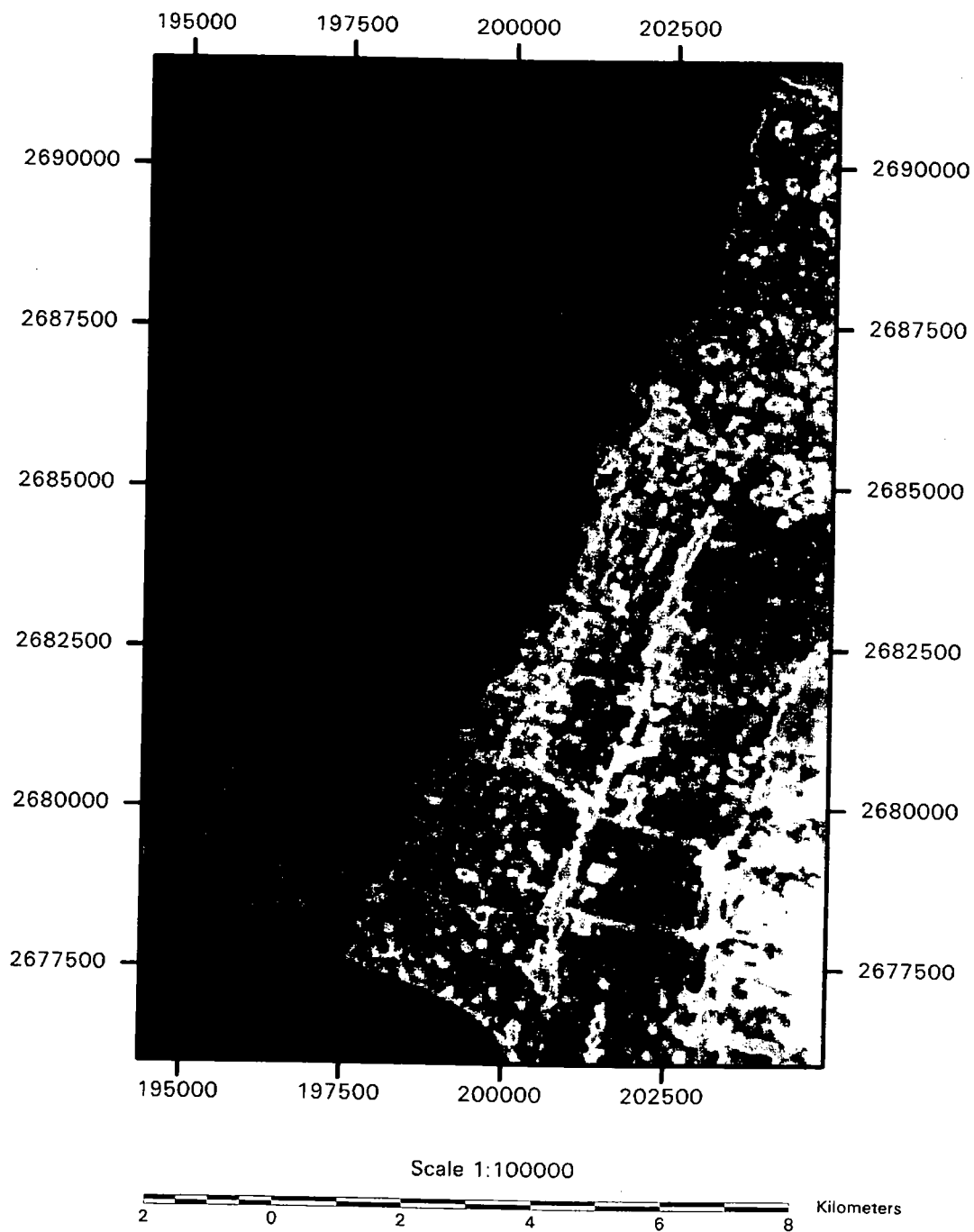


圖 2.3.1 台中港區衛星影像 (1972/11/01)

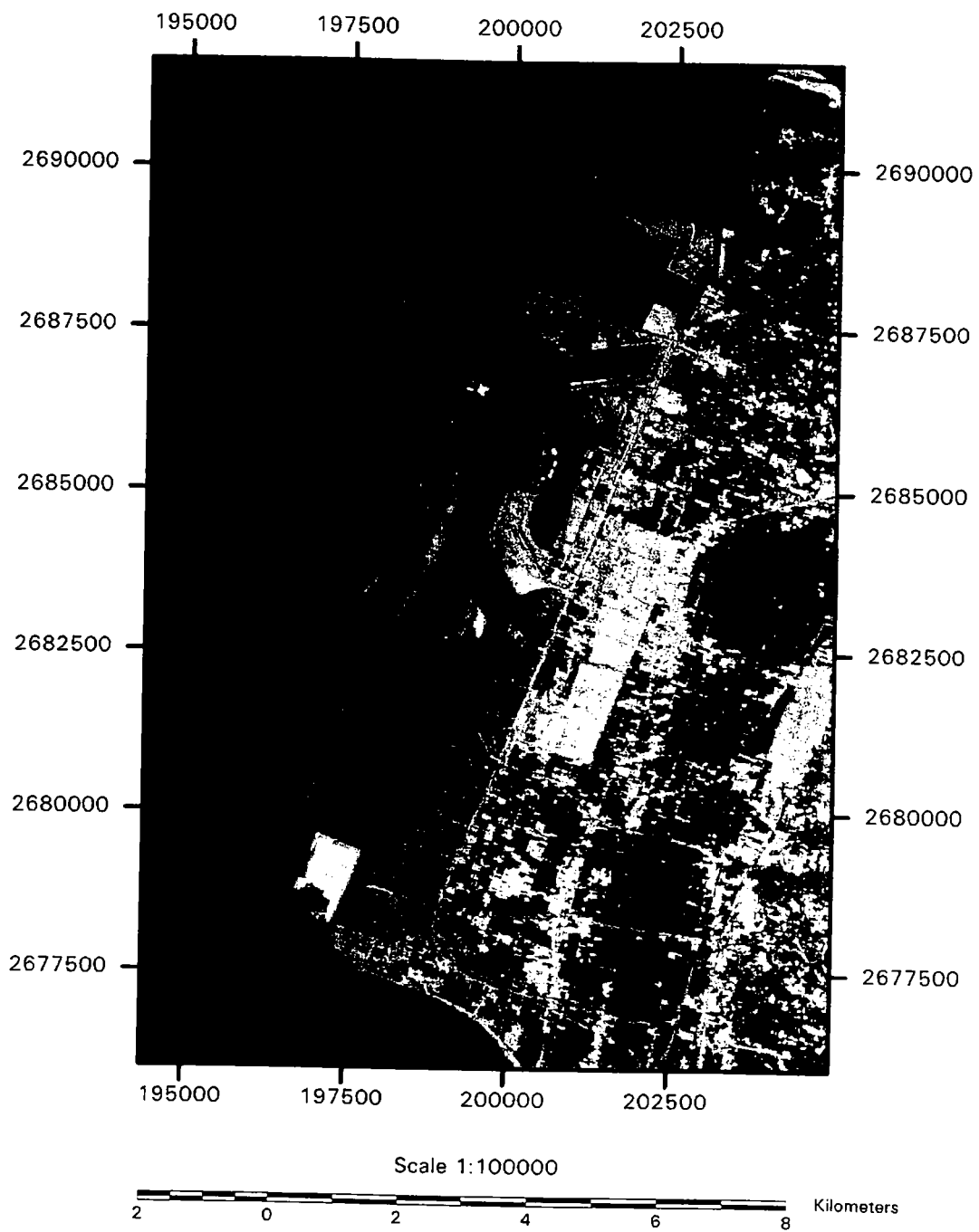


圖 2.3.2 台中港區衛星影像 (1986/10/03)



圖 2.3.3 台中港區衛星影像(1993/12/24)

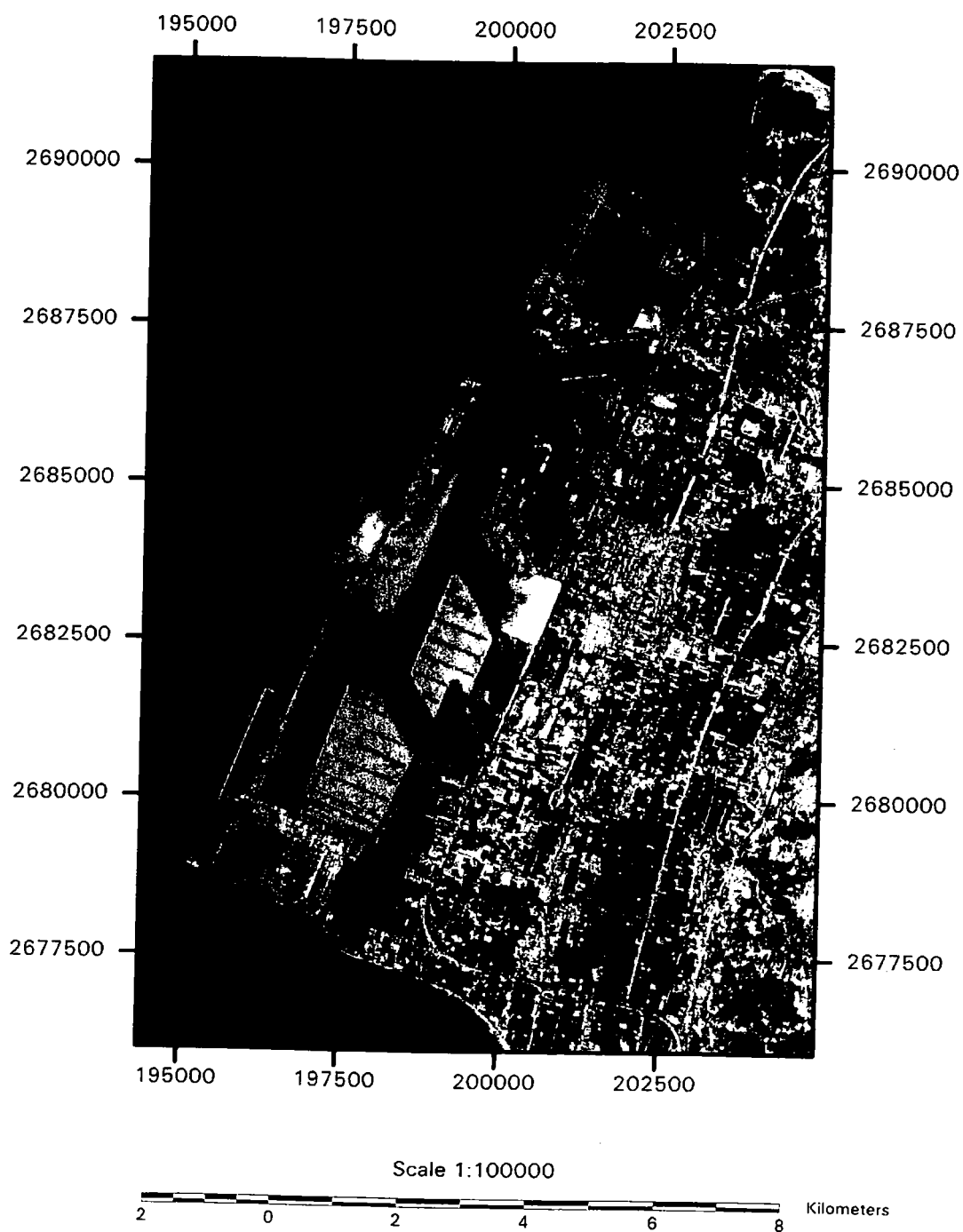
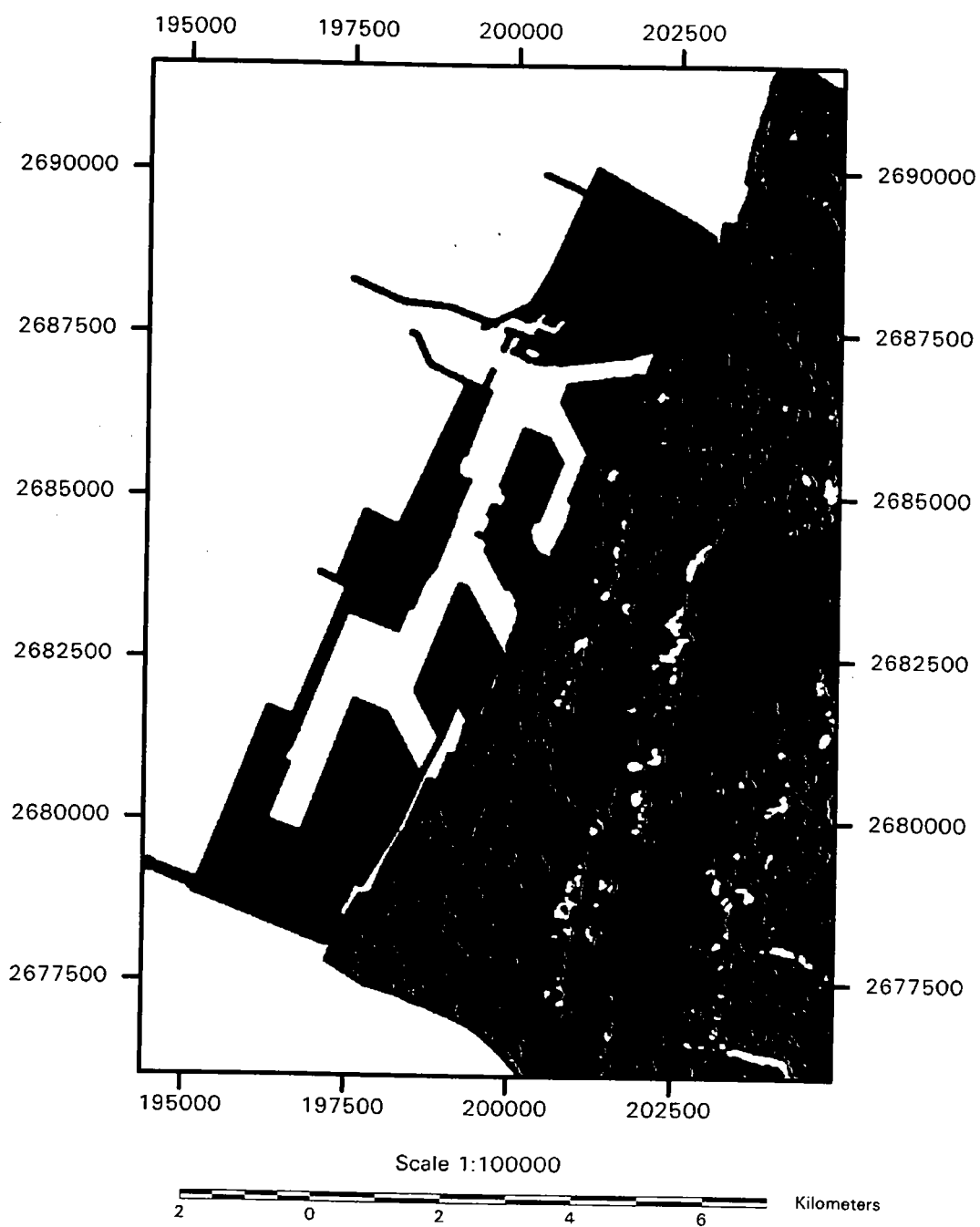


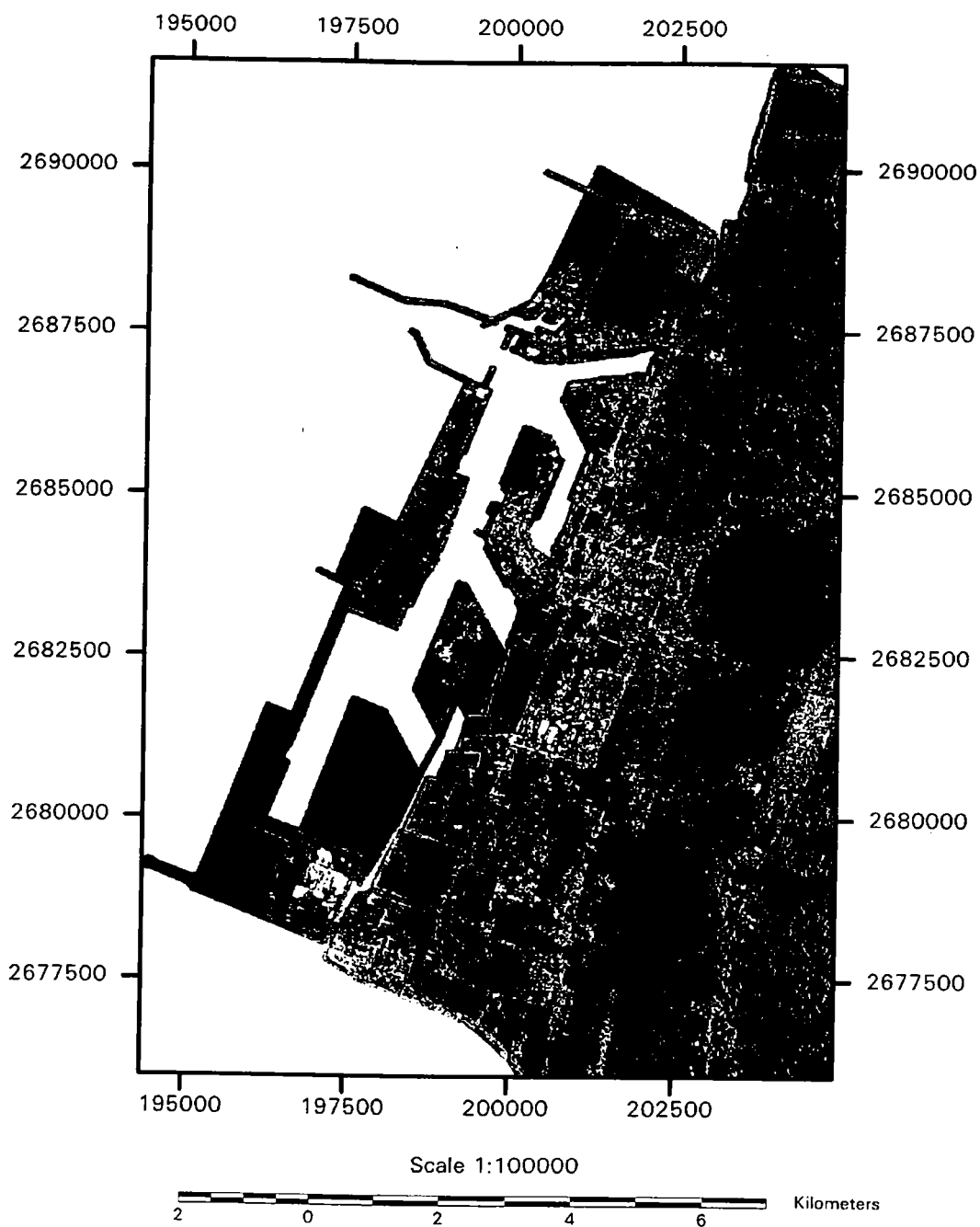
圖 2.3.4 台中港區衛星影像 (1995/10/31)



圖例

類別	面積(公頃)
 建地	117.812
 植被	4960.94
 裸露土	1520.81
 水	2575.19

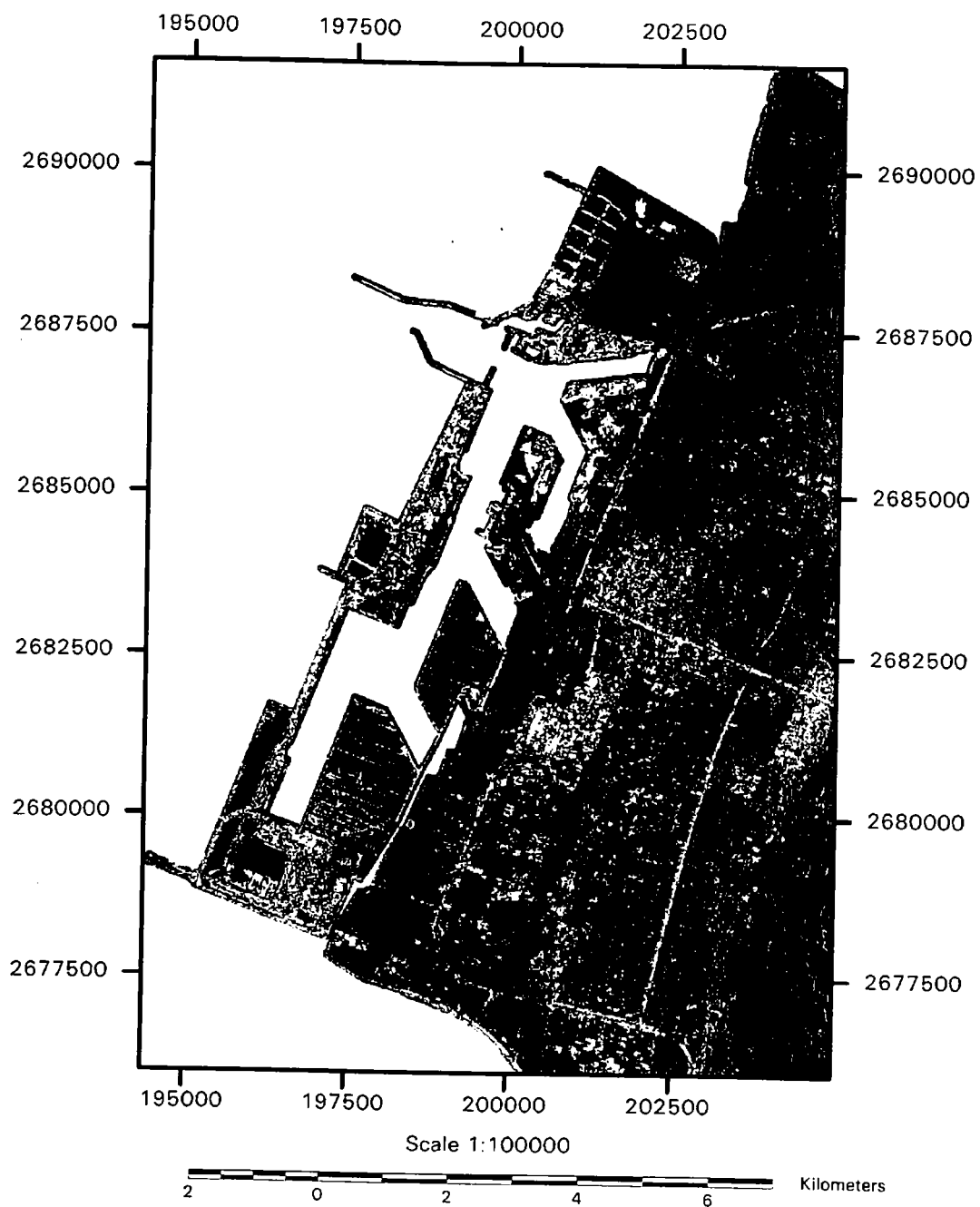
圖 2.3.5 台中港區衛星影像分類圖 (1972/11/01)



圖例

類別	面積(公頃)
建地	764.875
植被	4937.3
裸露土	2124.55
水	1343.92

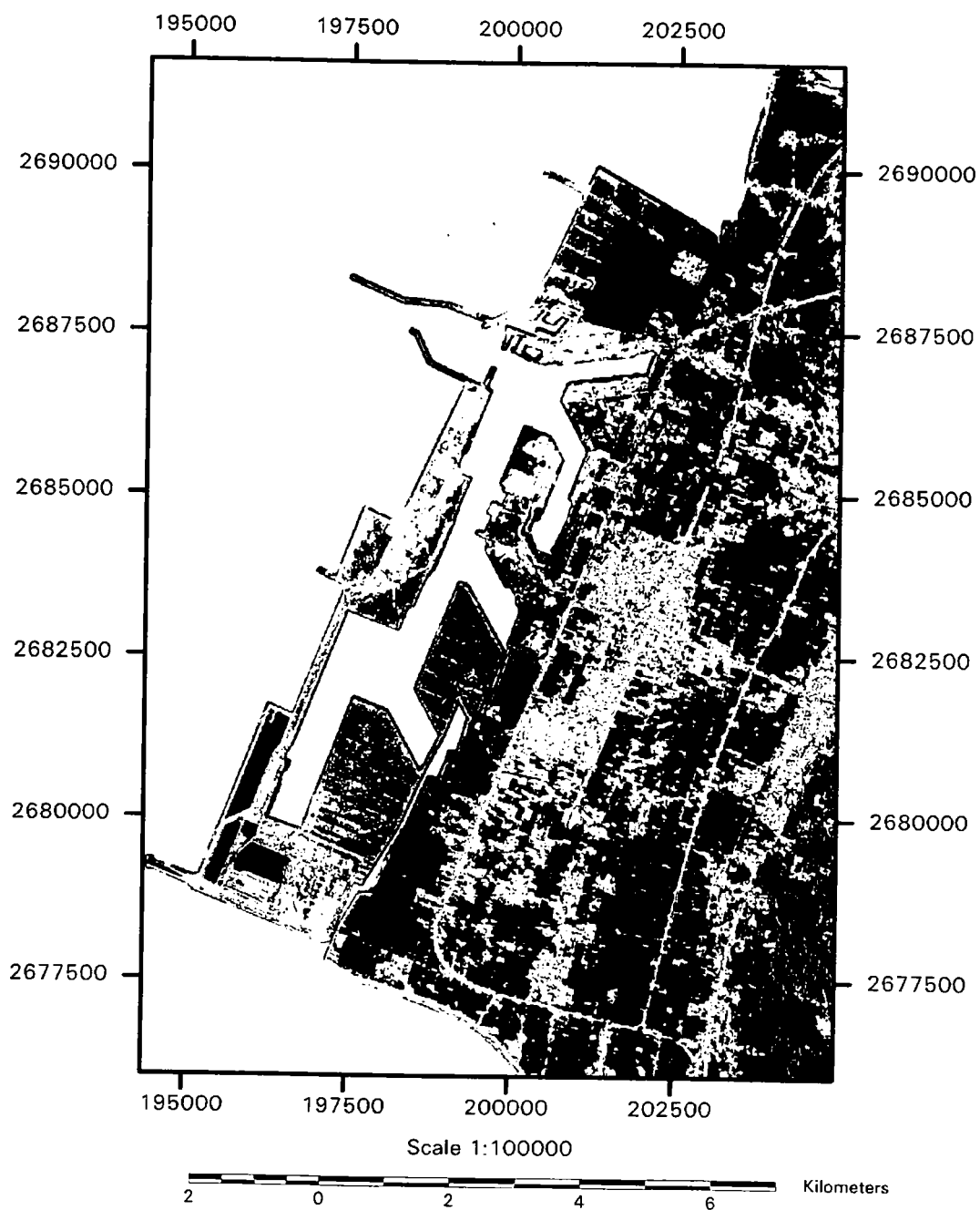
圖 2.3.6 台中港區衛星影像分類圖 (1986/10/03)



圖例

類別	面積(公頃)
	建地 1041.36
	植被 3746.66
	裸露土 3812.64
	水 569.984

圖 2.3.7 台中港區衛星影像分類圖(1993/12/24)



圖例

類別	面積(公頃)
建地	2777.98
植被	4198.72
裸露土	1515.59
水	678.344

圖 2.3.8 台中港區衛星影像分類圖 (1995/10/31)

表 2.3.1 各類別在不同時間所獲取之影像上，所占有的面積(單位:公頃)

	建地	植被	裸露土	水體
1972	117.8	4961	1521	2575
1986	764.9	4937	2125	1344
1993	1041	3747	3813	570
1995	2778	4199	1516	678.3

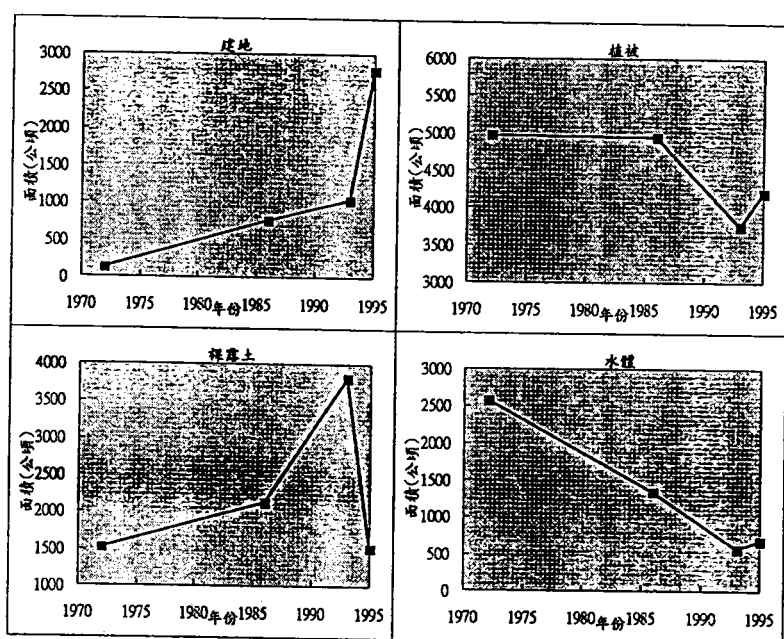


圖 2.3.9 每一類別隨時間變化之曲線圖

2.4 水線測量

如前述利用衛星影像進行海岸線偵測的過程中，由於影響衛星影像內涵的因素繁多且複雜，故僅利用衛星影像進行偵測所得之水線並不保證其為真正水面與沙灘之界線，因此必需實施現場測量並進行比較之後才能得到確切的結果。

2.4.1 測量過程

研究中對於地面上水線測量的過程概述如下：

1. 首先在衛星通過的前後十分鐘內，在目前的水線上釘下木樁作為標記。
2. 在事先選定的兩個點位上，利用兩台全測站(total station)，對所有木樁進行角度與距離的測量。此時所有測得之點位均定義在現場之局部座標系統。
3. 由於本次測量在現場並未使用二度TM投影座標之參考點位，因此在現場必需另行選定衛星影像上可辨識的特徵點，並進行測量，以便將來利用此特徵點在衛星影像上取得參考點位之二度TM投影座標。
4. 由於在現場有通視的問題，因此還必需增設部分控制點並進行測量，形成一觀測網。
5. 將所有測得之點位所組成之觀測網進行最小二乘平差，以求得各點位上在局部座標系統的座標，並使得整體誤差為最小。
6. 利用事先所測得衛星影像上可辨識的特徵點之二度TM投影座標與現場測量之局部座標建立轉換關係，並求得轉換係數。
7. 將所有水線上之點位，利用所求得之轉換係數轉換至二度TM投影座標系統上。

在此必需說明的是，由於在現場測量之局部座標系統與二度TM投影座標系統僅有旋轉與平移之關係，因此研究中所使用之轉換關係為相似轉換(similar transformation)。

2.4.2 測量結果與討論

表2.4.1為測量成果列表，相關點號位置及水深如圖2.4.1及圖2.4.2所示，圖2.4.2為圖2.4.1的局部放大，其中黃色標點為現場測量所得之水線位置(無深度表示者)與水線附近水深10cm至80cm(有深度表示者)之點位。所使用之影像為12.5公尺多光譜影像與6.25公尺全色態影像所產生之6.25公尺假色合成影像。

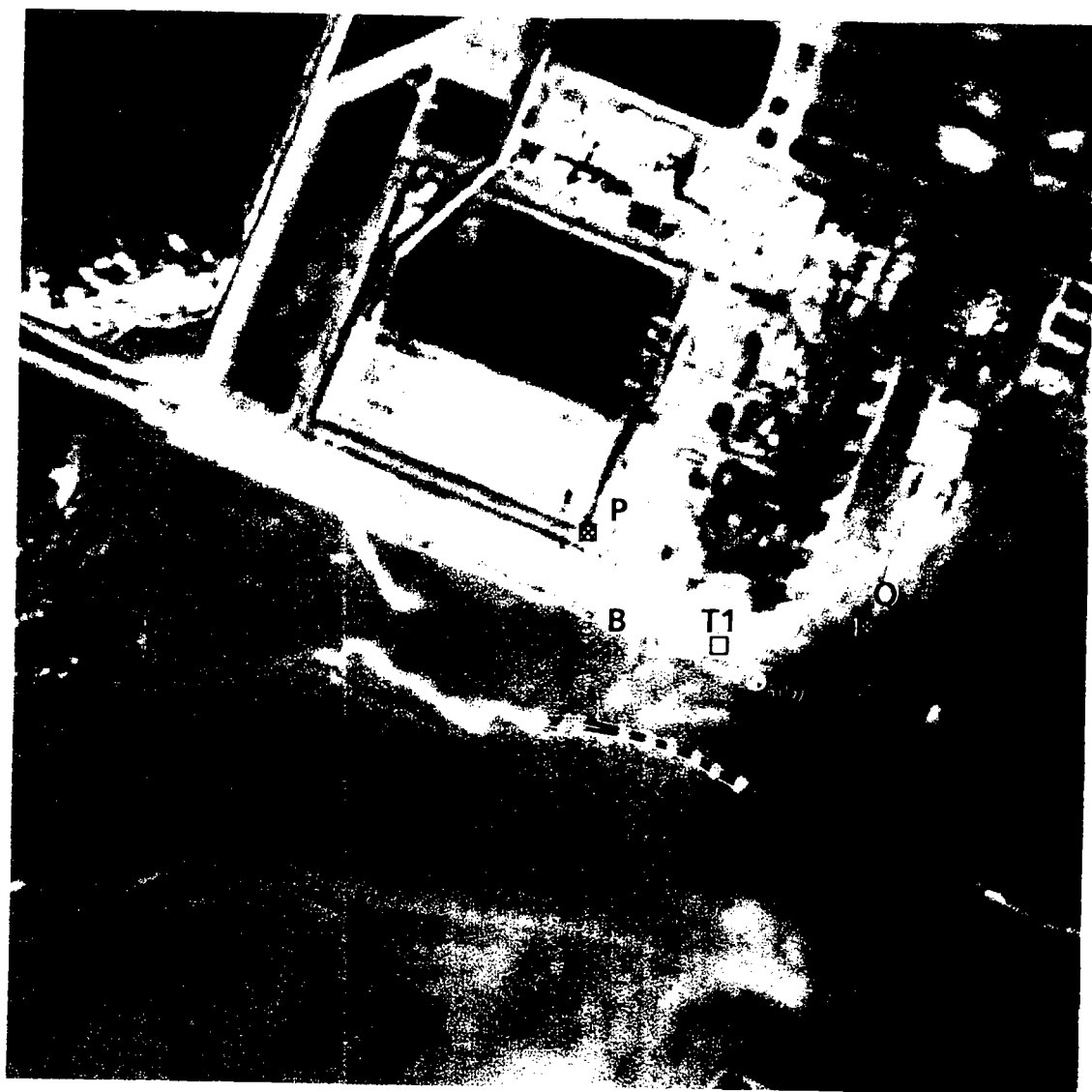
表 2.4.1 測量成果列表

點號	水深 (cm)	2TM East	2TM North
11	0	196250.25	2678079.75
12	0	196324.8	2678079.38
13	0	196351.99	2678079.73
14	35	196248.9	2678073.33
15	35	196308.65	2678061.05
16	75	196347.82	2678057.25
21	0	196483.82	2678047.65
22	0	196561.21	2678026.61
23	0	196622.06	2678004.33
24	37	196479.02	2678035.81
25	35	196556.16	2678016.07
26	30	196618.78	2677992.88
31	0	196693.45	2677977.51
32	0	196749.65	2677939.95
33	0	196824.12	2677903.21
34	10	196688.64	2677965.9
35	30	196742.92	2677930.09
36	20	196820.67	2677899.06
39	80	196813.43	2677890.36
B		196524.58	2678347.69
T2		196860.96	2678198.55
T1		196751.11	2678301.74
P		196365.51	2678627.47
Q		197175.78	2678360.72

在本次測量中，引起誤差的最主要原因是在衛星影像上認點時所產生之誤差。由於現場的局部座標系統中使用傳統光學儀器測量，在本次測量所延伸的範圍與環境條件下，其精度均在2公尺以內，但在最後將局部座標系統轉換至二度TM投影座標系統時，參考點位之二度TM投影座標是由辨認影像上與現場相符之特徵點位像元座標而來，因此在特徵點辨識時若有一個像元之誤差時，則參考點位之座標誤差就增加6.25公尺，而由影像特徵點辨識的座標誤差為一個像元是可能發生的。因此，假設影像上特徵點辨識之誤差為一個像元時，則影像上所增加的誤差約為6.25公尺，加上原有測量之誤差時，本次水線位置之測量誤差約在8.25公尺以下。因此在下一次進行水線測量時，用於轉換局部座標系統與二度TM投影座標系統的參考座標，將會利用台中港務局所提供具有二度TM座標之導線點來作為控制，以消除影像辨識所產生之問題，以提升整體水線測量上之精度。

在圖2.4.3中紅色線段為直接由影像判識所得之水線位置，若假設本次水線測量之結果為正確時，由實際檢核現場測量水線位置與影像判識所得之水線間之差距（圖2.4.3中綠色線段與數字表示距離）來計算，其平均距離約為27.89公尺。

以上所提出之成果與誤差值，僅來自於一次的現場測量與影像判識比較，故其結果在客觀性上稍嫌薄弱。因此類似的測量應再實施幾次，藉以改善測量的過程與品質，相信能得到更為合理準確之成果。



Scale 20000:1



P,Q : 座標轉換參考點
 T1 : 控制點
 B,T2 : 觀測基準點

圖 2.4.1 測量當日衛星影像(96/01/30)
 及相關點位位置

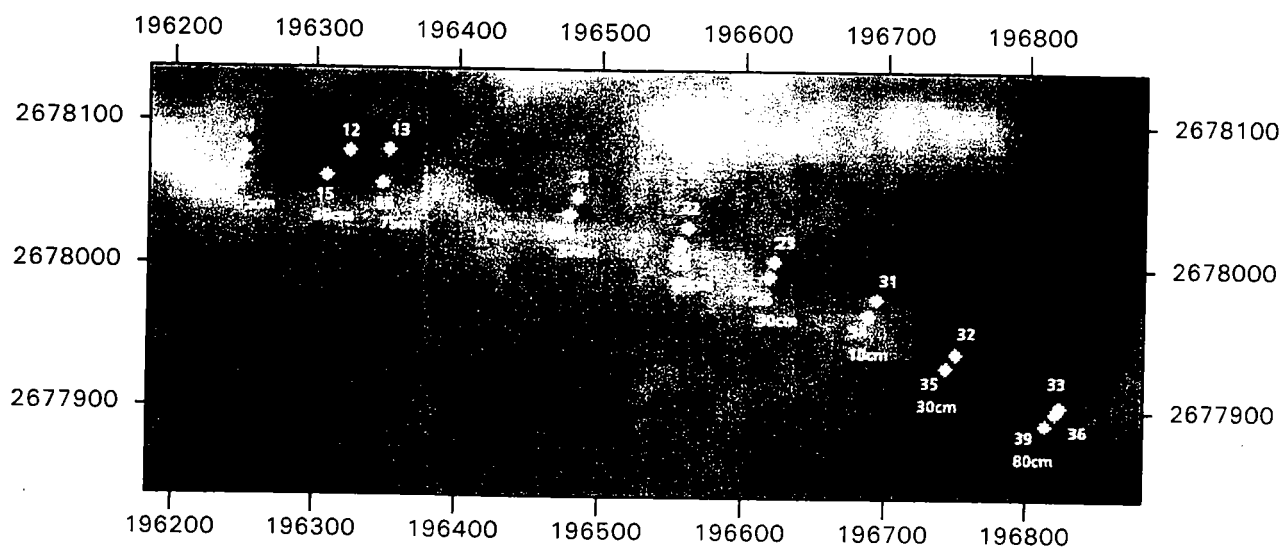


圖 2.4.2 實測所得水線位置(無水深標記者)
及水線附近相關點位(有水深標記者)

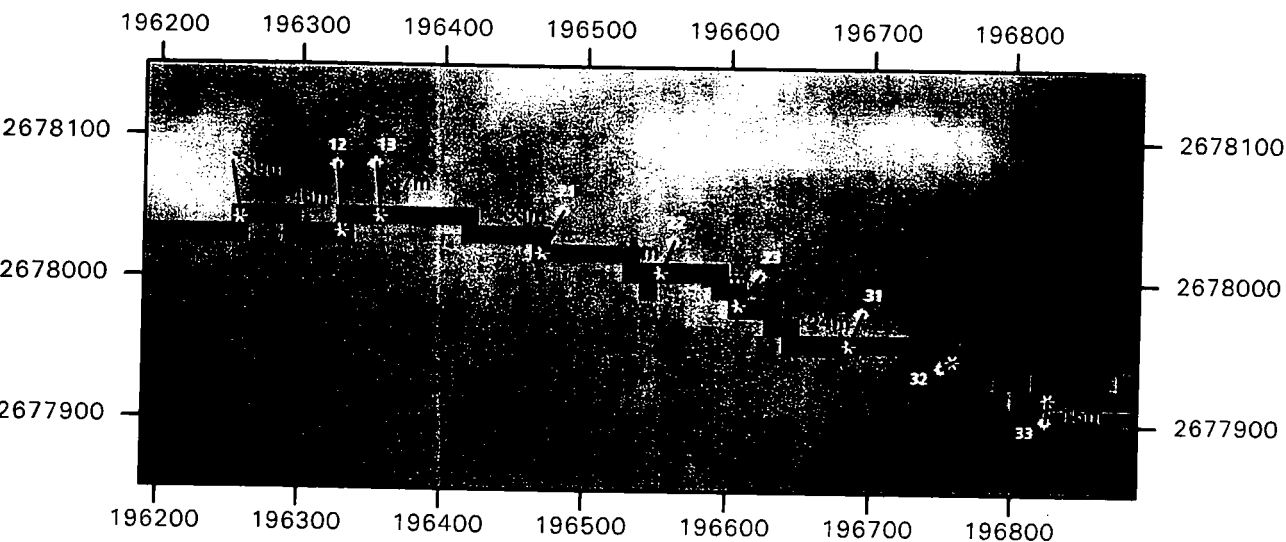


圖 2.4.3 直接由影像判識所得之水線(紅線
部分)與現場測量所得水線位置之比較

第二主題：海域海象之衛星影像特性研究

第三章 衛星影像與水質調查分析

3.1 水質採樣

一、採樣工作之執行方法

(一)採樣地點之選定

採樣地點之選定乃於衛星所能偵測到的海域範圍內，任意決定測點，並利用衛星定位儀獲知採樣船所在位置。此外亦視當地天候決定採樣點數目、採樣點位置分佈範圍等其他條件。

(二)採樣深度

在天候狀況良好，海面風浪平靜時，海水可能未有充份的混合，因此須對分層之海水水質做進一步的瞭解，可以就不同的深度進行採樣工作。本採樣工作所選取之採樣深度分為表層、中層以及底層三種，表層係指海平面之位置，中層係指海平面下三公尺處，底層則為海平面下十公尺處。至於在天候條件不佳、風浪變化大之情況下，採樣工作之進行則可能因船身晃動劇烈或者海水灌入等不利採樣之狀況而使採樣動作困難度提高，並增加採樣工作人員落海之危險性，故在此情形下所選定之採樣深度將可能僅包含表層與中層深度，或者僅就表層海水進行採樣。除此之外，由於海水混合情形較為良好，對於分層之海水水質狀況可能不易瞭解。

(三)採樣時間

採樣時間的選擇主要是根據衛星通過採樣區域上空之日期而定，其他影響採樣時間選定之因素，可分為自然因素與人為因素兩方面，其中自然因素包括雲層厚度、降雨情形、風浪級數、季節變化及其他氣象條件之影響。人為因素則包含採樣人員之健康考量與其行程安排、該採樣區域之人

為活動狀況及其他人為突發因素。上列之自然因素與人為因素在訂定採樣時間時均需充份加以考量，一般來說，採樣工作進行應儘量符合下列條件：

1. 衛星通過採樣區域上空之日期。
2. 無雲層干擾、風浪平靜之日期。
3. 無重大改變採樣區域水質狀況之活動。

(四)水質調查項目

水質採樣項目除了隨採樣目的有所不同之外，在研究進行中亦需視實際情況予與適當的改變或調整。本研究所選定之水質調查項目包括溫度、濁度、總懸浮固體(SS)與透視度等四項，各經由一定程序進行分析工作。

(五)採樣前之準備工作

採樣前之準備工作包括相關資料之收集與採樣相關器材之準備等。

1. 相關資料之收集

在執行採樣工作之前，在瞭解與確定採樣之目的後，即先行對於該採樣海域進行瞭解，如當日採樣區域之天候狀況、有無干擾採樣工作進行之人為活動或自然因素等。另外，對於當地交通狀況、運輸工具、採樣船隻租用以及採樣研究人員飲食與住宿之問題亦於行前加以確定，以做為採樣計畫執行之依據與後續規劃之參考。

2. 採樣相關器材之準備

在確定採樣水質項目後，即針對所需之器材裝備做行前之檢查，包括校正工作的執行、數量清點工作、器材適用性考量等。本採樣計畫所攜帶之器材裝備整理如表 3.1.1 所示。

(六)採樣現場執行作業

當採樣作業開始時，所有參與採樣工作之研究人員均已具備足夠相關知識，以採取具代表性之水樣，降低調查結果的偏差，使水樣充份反應當時水樣之情形，並且適時地修正錯誤及詳實地記錄，以確保工作順利地完成。

表 3.1.1 採樣計畫攜帶器材一覽表

攜帶器材裝備	數量	用途說明
檢測水質部份		
濁度計	1 套	量測濁度
溫度計	1 只	量測溫度
沙氏盤	1 組	量測透明度
採樣器	1 組	採水樣用
水桶	2 只	採水樣用
PE 樣品瓶(1L)	數十瓶	裝水樣用，視採水量數目而定
洗滌瓶	1 只	裝蒸餾水，清洗電極用
攜帶型冷藏箱及冰塊	1 套	維持低溫以保持水樣
安全用具		
救生衣	數件	救生用，數量視參與人數而定
其他用品		
衛星定位儀	1 個	確知採樣位置
樣品標籤	1 包	樣品標識
油性筆、原子筆	各 2 枝	記錄數據與標記標籤紙
現場記錄表格		現場測值、採樣位置相關資料記錄
衛生面紙	1 包	擦拭用

二、分析方法

(一)現場測定

1.濁度

量測設備：

濁度計(型號：Cole Parmer H-8391-50)

- a. 濁度計具一旋轉鈕可選擇偵測 0 ~ 2 NTU，0 ~ 20 NTU 或 0 ~ 200 NTU 之範圍，其中 0 ~ 2 NTU 範圍者，解析度可至 0.01 NTU。
- b. 三個裝有濃度分別為 0.5 NTU，10 NTU，40 NTU Formazin 標準液之標準管。
- c. 乾淨無刮痕之樣品管。
- d. 黑色遮光管。
- e. 「Cal」鈕：校正時使用。

量測步驟：

- (1)打開電源。
- (2)將樣品放入乾淨之樣品管內，蓋上蓋子後，以試鏡紙擦拭乾淨，不能有指紋、水滴及刮痕。
- (3)校正：依水樣選擇適當的濁度範圍，若不知道則先以裝有水樣之樣品管，放入測試槽，再依測試值，選擇適當偵測範圍及其相對標準液濃度之標準管（0 ~ 2 NTU $\Rightarrow$ 0.5 NTU，0 ~ 20 NTU $\Rightarrow$ 10 NTU 或 0 ~ 200 NTU $\Rightarrow$ 40NTU），將標準管放入測試槽，蓋上遮光管，以 Cal 鈕旋轉調整讀值，使之達標準液之濃度值。
- (4)將樣品管，放入樣品槽中，蓋上遮光管，讀取濁度值。

- (5)當欲測量下一樣品前，先將樣品管以蒸餾水清洗乾淨，再以樣品潤絲後，重複步驟 2 ~ 4。

2. 透明度

量測設備(透明度板)：

塗無光澤白色塗料而直徑 30 cm 的圓板，偵測範圍 0 ~ 245 cm，0 ~ 135cm 間每一刻度為 10cm，135 ~ 245 cm 間每一刻度為 50cm。

量測步驟：

將透視度計圓盤放入海水中後，慢慢放長連結圓盤之繩索，同時眼睛注視著圓盤，直到無法看見白色圓盤為止，讀取繩索上與水面對齊之刻度。

3. 溫度

設備：

導電度計（附有測量溫度之功能）--- 型號：WTW LF 95

步驟：

- (1)將導電度計上之游標，以按『℃』鍵之方式，移至測量溫度之處。
- (2)測定水樣時，電極先用充分之蒸餾水淋洗，再測其溫度。
- (3)同步驟二測定其他各水樣之溫度。

(二)實驗室分析

1. 總懸浮固體

設備：

- (1) 乾燥器。
- (2) 乾燥箱：能控溫在 $103 \sim 105^{\circ}\text{C}$ 。
- (3) 分析天平：能精稱至 0.1mg 。
- (4) 鐵氟龍被覆之磁攪棒。
- (5) 寬口之吸量管。
- (6) 玻璃纖維濾紙：孔徑為 1.5 mm 。
- (7) 過濾裝置：附 $40 \sim 60\text{ mm}$ 孔徑濾板之過濾器。
- (8) 抽氣裝置。
- (9) 鋁盤：鋁或不鏽鋼， 65mm 直徑。
- (10) 試劑水：去離子蒸餾水。

步驟：

- (1) 纖維濾紙：將濾紙皺面朝上鋪於過濾裝置上，打開抽氣裝置，連續各以 20mL 試劑水沖洗三次，繼續抽氣至除去所有之水分。將濾紙取下至於鋁盤上，小心勿使濾紙粘在鋁盤上，在過濾前及過濾後分別稱量乾燥之濾紙及鋁盤。移入乾燥烘箱中以 $103 \sim 105^{\circ}\text{C}$ 烘乾一小時，再將之取出移入乾燥器中冷卻，待其恆重後加以稱重。重複上述烘乾、冷卻、乾燥、稱重之步驟，直至前後兩次重量差在 0.5mg 之內並小於其重之 4% 。將濾紙保存於乾燥器內備用。使用前儘速稱重。

(2)濾紙及樣品量之選擇：樣品量以能獲得 10 至 200mg 間之固體重為宜。若過濾時間超過十分鐘，則需加大濾紙之尺寸或減少樣品之體積。

(3)樣品分析：將已稱重之濾紙裝於過濾裝置上，以少量的試劑水將濾紙定位。先以磁棒攪拌水樣，邊攪拌，邊吸量定量之樣品通過過濾裝置，分別以 10mL 試劑水沖洗濾紙三次，待洗液流盡後繼續抽氣三分鐘。將濾紙取下移入鋁盤中，放入乾燥烘箱以 103 ~ 105 °C 烘乾至少一小時後，將之移入乾燥器中冷卻後稱重。重複前述烘乾冷卻及稱重步驟，至前後二次重量差在 0.5mg 之內並小於前重之 4%。

計算：

$$\text{懸浮固體量(mg/L)} = (A - B) \times 1000 / V$$

A：懸浮固體及濾紙重(mg)

其中 B：濾紙重(mg)

V：樣品體積(ml)

3.2 採樣結果分析與討論

本採樣工作所執行之水質分析項目主要包括溫度、濁度、總懸浮固體(SS)及透明度等四項，表 3.2.1 及表 3.2.2 分別為 1995/10/31 及 1994/10/16 臺中港海域之採樣分析結果。圖 3.2.1 及 3.2.2 則分別為當日採樣點在影像上之位置。

(一)分析說明

1. 第一測點由於風浪過大，干擾採樣工作的執行，因此僅對表層海水進行採樣作業。
2. 表層溫度隨經過之採樣時間而呈逐漸上升趨勢，09:20 最低(23.7°C)，10:40 最高(24.6°C)，前五個測點水溫上升變化不大，第五測點至第六測點，水溫從 24.1°C 上升至 24.6°C ，其變化程度較大。
3. 中層水質之濁度與 SS 均較表層為高，其中以第二測點之中層與表層水質差距較大，其餘測點之濁度與 SS 值則較為接近。
4. 透明度在各點變化不大，介於 1~1.4m。

表 3.2.1 1995/10/31 台中港外海採樣記錄

測定項目		測點 1	測點 2	測點 3	測點 4	測點 5	測點 6
採樣起始位置		24' 17.51 120' 28.6 1	24' 17.19 120' 28.5 4	24' 16.60 120' 28.31	24' 16.11 120' 28.6 5	24' 15.94 120' 29.0 3	南堤頭 (20m)
採樣離開位置		-	-	-	-	-	-
採樣起始時間		09:20	09:35	09:50	10:03	10:13	10:43
溫度(°C)	表層	23.70	23.90	23.90	24.00	24.10	24.60
濁度(NTU)		11.30	14.90	11.80	11.50	9.40	8.80
SS(mg/l)		14.10	15.40	14.40	11.00	11.50	8.50
溫度(°C)	中層 (表面下 3m)	-	24.00	24.00	24.00	24.00	23.90
濁度(NTU)		-	19.80	14.80	12.20	12.20	9.30
SS(mg/l)		-	18.80	14.80	11.90	11.90	9.70
溫度(°C)	底層 (表面下 10m)	-	-	-	-	-	-
濁度(NTU)		-	-	-	-	-	-
SS(mg/l)		-	-	-	-	-	-
透明度 (Secchi disk, m)		1.00	1.00	1.10	1.40	1.20	1.00

表 3.2.2 1994/10/16 台中港外海採樣點檢驗結果

測定項目	深度	測點 1	測點 2	測點 3	測點 4	測點 5	測點 6	測點 7	測點 8	測點 9	測點 10	測點 11
採樣起始位置		N18.32	N19.02	N18.94	N18.70	N18.30	N17.97	N18.47	N18.76	N19.00	N19.19	N17.44
(N24° E120°)		E28.98	E29.26	E29.74	E30.20	E30.43	E30.68	E31.33	E31.00	E30.78	E30.15	E30.70
採樣離開位置		N18.50	N19.09	N18.98	N18.66	N18.23	N17.94	N18.46	N18.72	N18.99	N19.20	-
(N24° E120°)		E29.03	E29.32	E29.81	E30.24	E30.46	E30.72	E31.35	E30.98	E30.78	E30.34	-
採樣起始時間		09:50	10:07	10:19	10:31	10:41	10:51	11:04	11:14	11:22	11:37	12:22
採樣離開時間		10:00	10:14	10:25	10:36	10:46	10:56	11:09	11:18	11:28	11:50	12:27
pH	表層	7.66	7.79	7.83	7.84	7.84	7.86	7.87	7.88	7.86	7.85	7.82
溫度(°C)		29.6	28.8	28.2	28.9	28.5	28.6	29.1	28.5	28.5	28.3	28.6
導電度 (ms/cm)		47.2	49.3	50.6	50.5	50.7	49.9	50.6	49.8	50.5	50.7	50.6
DO(mg/l)		9.1	9.2	9.1	8.6	9.4	9.2	8.6	8.3	9.2	8.7	7.8
濁度 (NTU)		7	12	8	10	8	14	13	8	7	6	14
鹽度(‰)		3.18	3.24	3.33	3.31	3.33	3.28	3.33	3.28	3.33	3.34	3.33
SS(mg/l)		22	20	20	23	22	24	15	25	20	20	22
pH	中層 (海面下 3m)	7.79	7.81	7.83	7.84	7.85	7.87	7.84	7.85	7.86	7.85	7.81
溫度(°C)		29.1	29.1	28.2	28.4	28.7	28.7	29.1	28.4	28.9	28.5	29.3
導電度 (ms/cm)		49.2	49.5	50.7	51.1	50.4	50.4	50.4	51.1	50.1	50.4	50.2
DO(mg/l)		8.9	9.3	9.4	8.9	8.9	8.9	9.3	9.3	8.7	8.7	8.7
濁度 (NTU)		12	7	8	9	9	11	14	7	12	7	12
鹽度(‰)		3.23	3.24	3.34	3.34	3.32	3.31	3.31	3.36	3.31	3.31	3.31
SS(mg/l)		22	23	22	24	22	26	20	32	24	20	21

測定項目	深度	測點 1	測點 2	測點 3	測點 4	測點 5	測點 6	測點 7	測點 8	測點 9	測點 10	測點 11
pH	底層 (海平面 下 10m)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.86	-
溫度(℃)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.7	-
導電度 (ms/cm)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	51.2	-
DO(mg/l)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.4	-
濁度(NTU)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-
鹽度(‰)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.37	-
SS(mg/l)		-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	-
油脂(mg/l)	表層水樣	4.46	5.54	3.57	3.51	4.06	2.54	3.31	3.33	2.03	2.88	2.77
COD(mg/l)	混合水樣	8.24	12.18	5.04	13.02	9.24	6.31	6.93	7.56	5.88	5.88	5.04
Ni(ppb)	混合水樣	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Cd(ppb)	混合水樣	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Fe(ppb)	混合水樣	640	680	780	710	230	930	940	950	900	980	1070
Cu(ppb)	混合水樣	ND	25	ND	ND	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Pb(ppb)	混合水樣	7	1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	4	ND
Zn(ppb)	混合水樣	41	23	25	24	17	13	5	14	9	4	43
Cr(ppb)	混合水樣	13	16	15	12	10	10	16	16	13	16	8
透視度 (Secchi disk)(m)		2.5	2.5	2.5	2.1	2.5	1.9	1.7	2.1	2.5	2.5	1.8
海底深度(m)		25	27	24	21	9	3	2	5	14	22	4

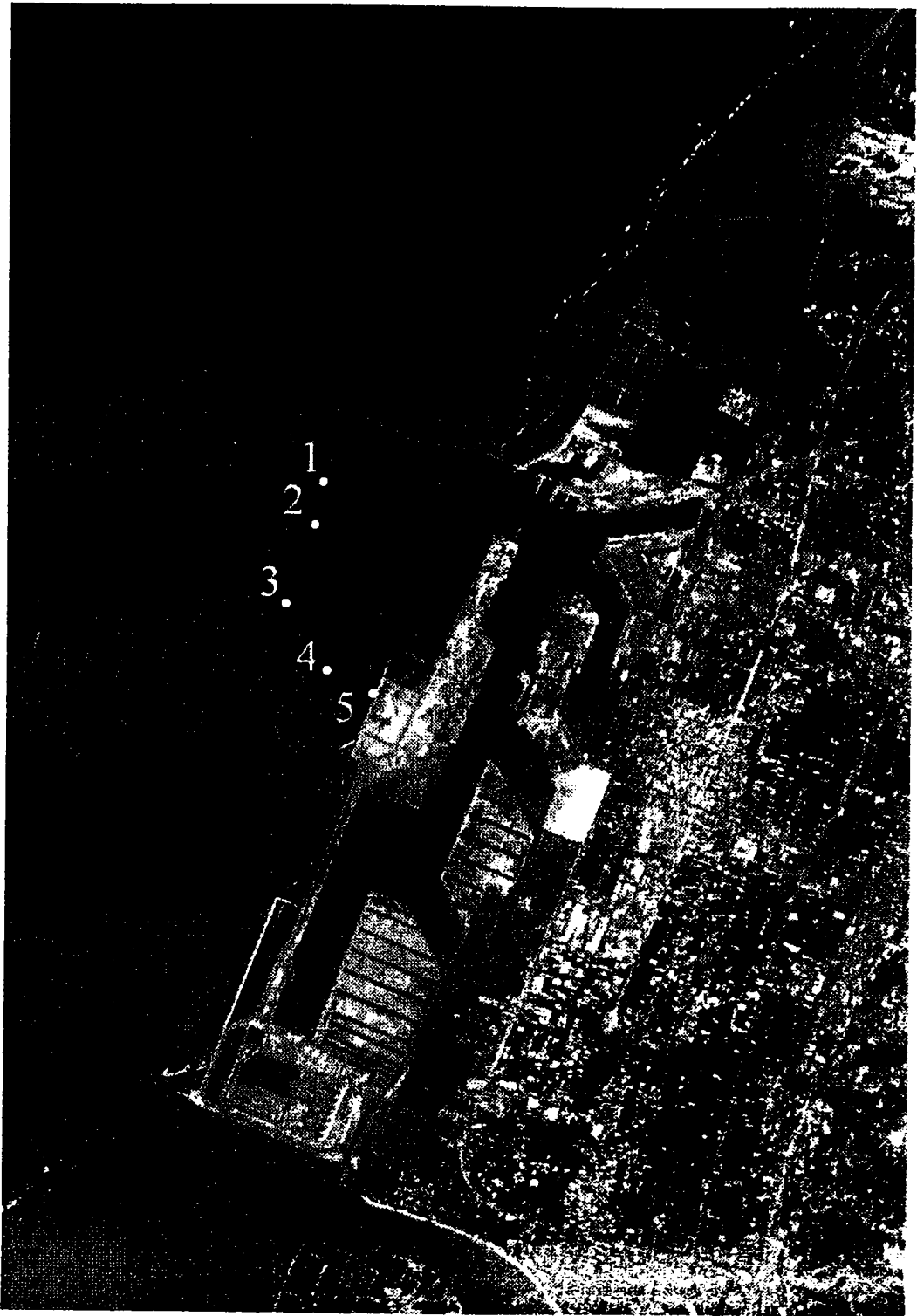


圖 3.2.1 1995/10/31 台中港海域採樣點位置圖



圖 3.2.2 1994/10/16 台中港海域採樣點位置圖

(二) 結果討論

1. 由本年度採樣結果來看，除了第二測點外，中層與表層之濁度與總懸浮固體並無很明顯之差別，顯示在風浪較大等氣象因素影響下有較佳的海水混合情形，致使無法得知分層效應之影響效果。故未來應可在風浪平靜時進行採樣工作，進一步瞭解分層間的水質差別。
2. 晴朗有陽光照射之天候，光線穿透海水深度可能較深，易獲致較大的透明度，反之陰暗有雲層的天候，可能有影響透明度的現象。本次採樣結果於天候不佳的情況下，透明度約在 1~1.4m 範圍，且和濁度與總懸浮固體未呈現明顯的相關趨勢。另一方面，本採樣工作所採用之透明度量測裝備，需要由採樣人員進行目測判讀方可得到透明度之數值，因此在判讀時極易受到海面風浪、個人判讀能力之干擾。
3. 本年度採樣日外海風浪過大，浪高超過 1m 以上，對於採樣與透明度的觀測或許造成影響，值得將所得結果加以迴歸分析，以瞭解其差異，未來亦可和風浪較為平靜時所得結果加以比較，以顯示風浪對採樣、分析的影響。圖 3.2.3 至圖 3.2.5 分別為本次採樣分析所得之濁度與總懸浮固體在中層、表層與兩層合併之關係圖，顯示了濁度與總懸浮固體物呈現相關之趨勢，即濁度較高之海水，所含有的總懸浮固體亦較高。

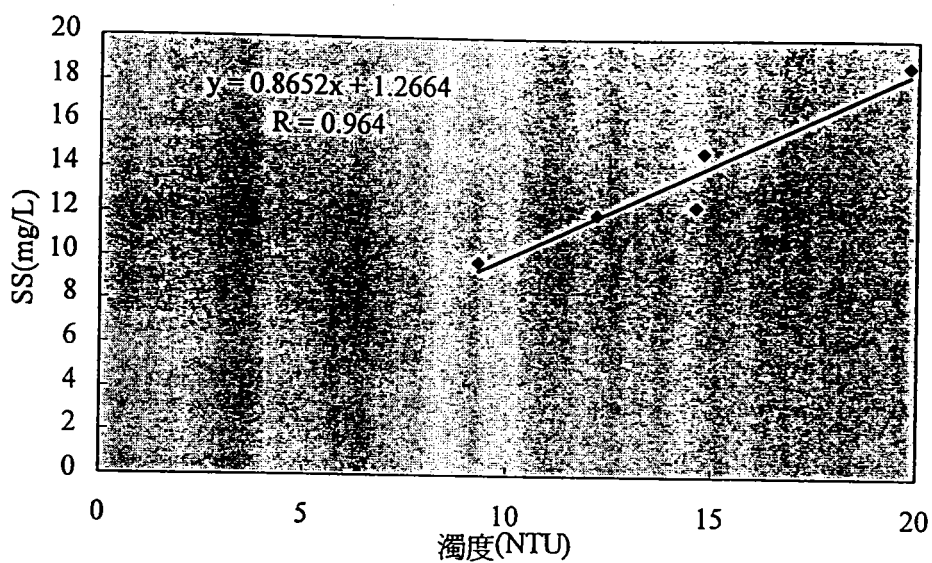


圖 3.2.3 中層濁度與總懸浮固體之關係

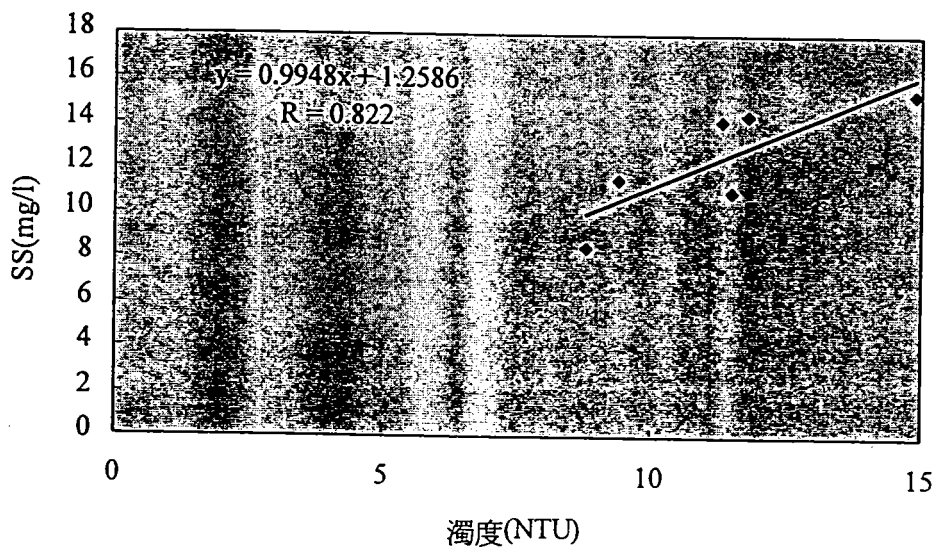


圖 3.2.4 表層濁度與總懸浮固體之關係

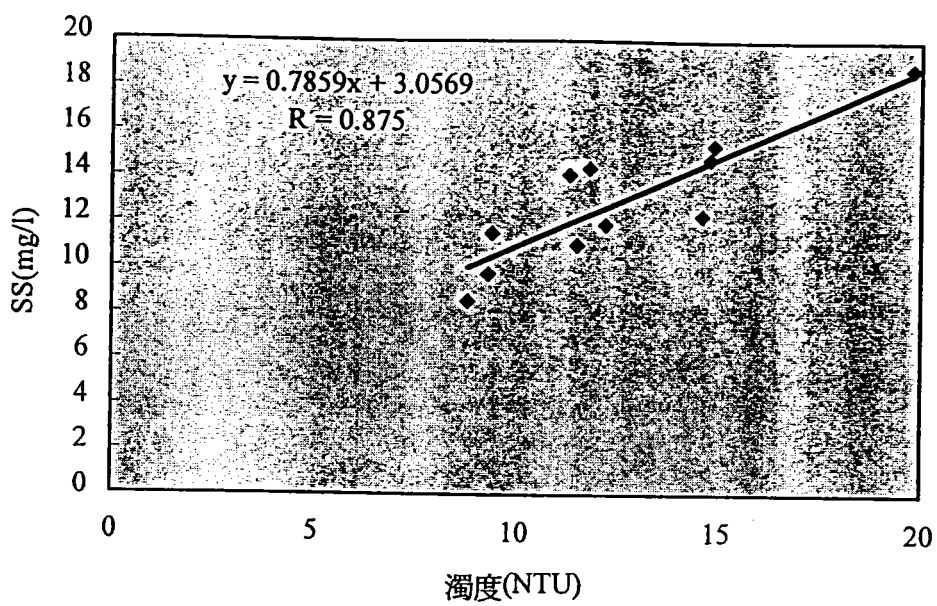


圖 3.2.5 表層、中層濁度與總懸浮固體之關係

3.3 衛星影像與水質之關係

利用衛星影像資料作水質判讀，必須考慮到大氣的幅射效應及觀測物質的光譜反應，然而大氣幅射效應十分複雜，而不同的觀測物、不同的顆粒大小在光譜上有不同的反應，因此根據物理特性建立定量描述模式並非容易的事，基於這樣的考慮，文獻中應用衛星影像作水質調查研究大都以統計的迴歸模式建立的經驗法則來進行分析。Gordon 及 Morel(1983)在他們的論文中使用經驗式(3.1)來分析藻類、懸浮物的分佈狀況，本研究亦使用同樣的式子應用衛星影像對水質作初步的分析。

$$\log S = A + B \log R \quad (3.1)$$

S：藻類或懸浮物的濃度

其中 R：影像輻射值

A、B：迴歸係數

實驗中所用的影像是 SPOT2 衛星影像，要將影像像元值轉換為衛星感測器上所接收到的輻射值必須經過下列的轉換

$$R = DN / Gain + offset \quad (3.2)$$

R：影像輻射值

DN：影像像元值

Gain、Offset：SPOT 衛星影像之幅射校正參數

試驗結果

測試所用的影像分別為 1994/10/16 與 1995/10/31 台中港 SPOT 衛星影像，其 Gain 及 Offset 值見表 3.3.1，當日之水質調查記錄及檢驗結果則分如表 3.2.1 及表 3.2.2 所示。將水質調查所得之懸浮物濃度以(3.1)式的統計迴歸模式計算求得的迴歸係數見表 3.3.2，再利用所得的迴歸係數應用至台中港海域衛星影像可得到圖 3.3.1 及圖 3.3.2 的結果。

表 3.3.1 1994/10/16 及 1995/10/31 SPOT 之 Gain 及 Offset 值

		G	R	IR
1994/10/16 SPOT2	Gain	1.56536	1.355	1.1868
	Offset	0	0	0
1995/10/31 SPOT2	Gain	1.67551	1.3297	1.16558
	Offset	0	0	0

表 3.3.2 利用 1994/10/16 XS1 及 1995/10/31 XS1 進行迴歸分析所得之參數

	A	B
1994/10/16 SPOT 2 (以測點 1 至 6 為樣本)	-12.11	3.8086
1995/10/31 SPOT2	-12.43	3.6529

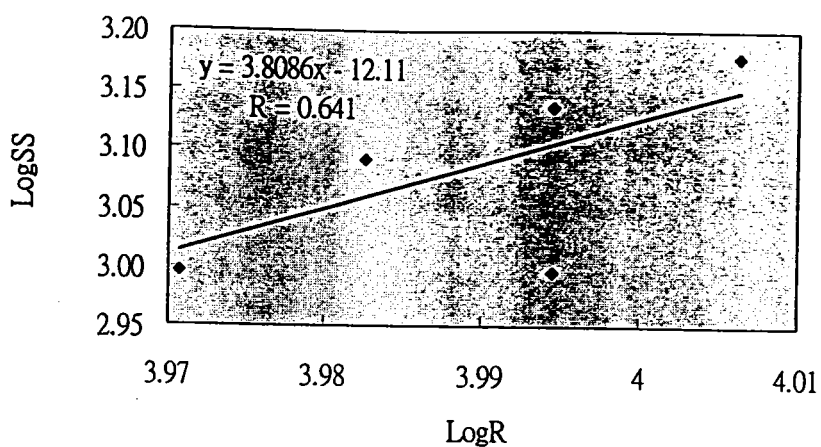


圖 3.3.1 1994/10/16 XS1 以 (3.1)式所得之迴歸分析圖

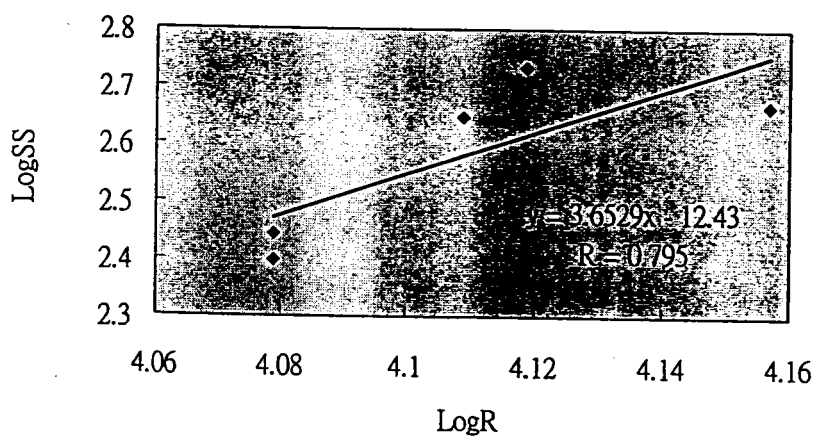


圖 3.3.2 1995/10/3 XS1 以 (3.1)式所得之迴歸分析圖



圖 3.3.3 1994/10/16 臺中港海域 SS 值估計圖

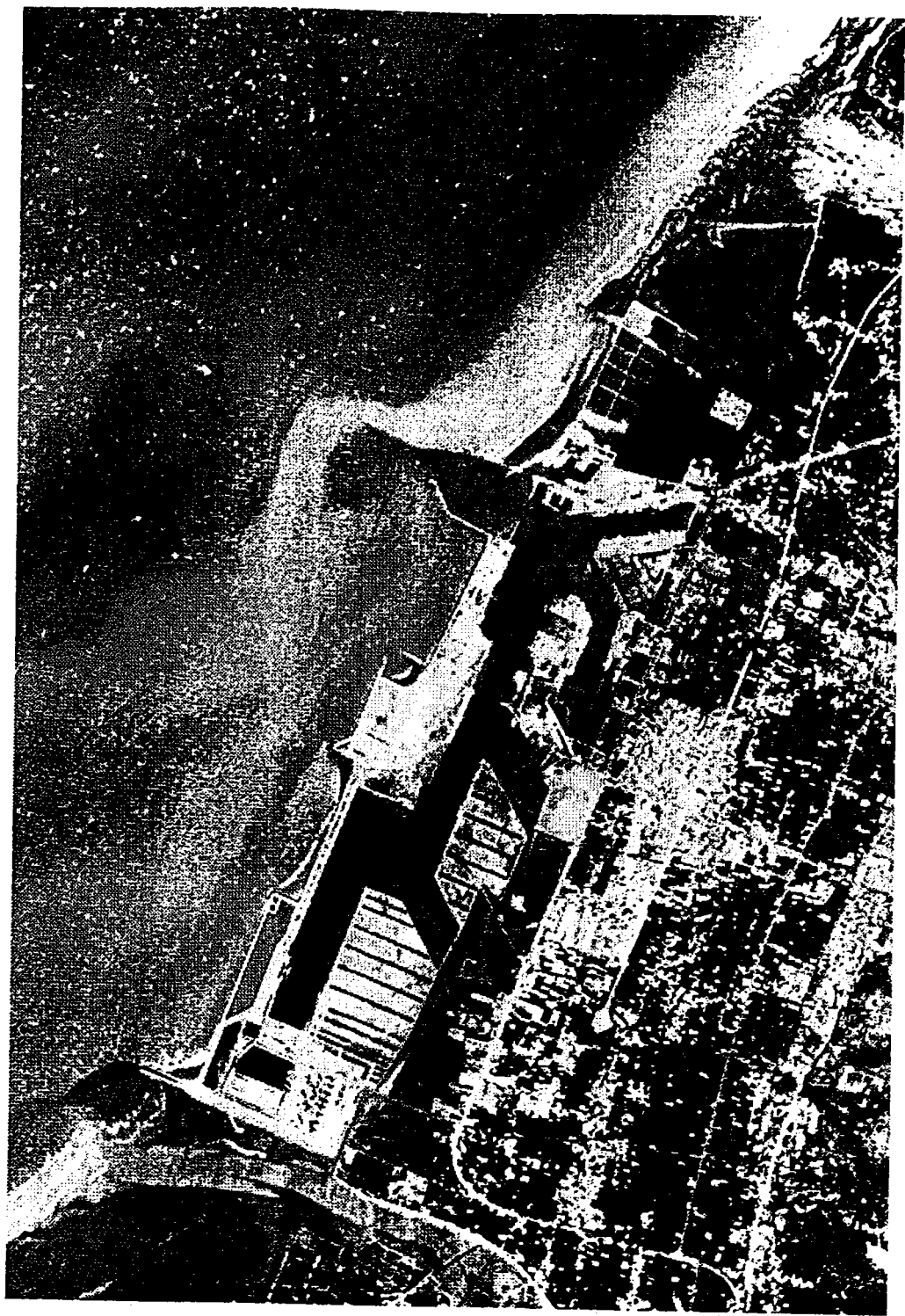


圖 3.3.4 1995/10/31 臺中港海域 SS 值估計圖

第四章 衛星影像海面波譜分析

4.1 衛星影像與波譜之分析

傳統上對海洋現象的研究因受天候的影響（資料取得不易）及儀器的限制（僅能做點的測量），資料的蒐集往往成本甚高，無法對廣域的海洋現象進行全面性研究。資源衛星從太空對地球進行觀測，在時間域與空間域上均能提供大尺度的量測資料，能避免傳統量測方式易受局部變化影響而不易對大尺度的變化進行觀測的缺點。海洋波場的變化是一種廣域、大尺度的現象，表 4.1.1 的相關因子，顯示了表面波在空間尺度及時間尺度上的複雜性。

表 4.1.1 Length and time scales of ocean surface waves[Robinson,1994]

	Wind waves	Swell	Capillary wave
Typical maximum height from trough to crest	5 mm to 10 m	10 to 20 m	a few mm
Wavelength	0.05 to 100 m	100 to 500 m	1 to 50 mm
Periods	1 to 10 s	10 to 20 s	< 1 s
Variability length scale	100km	1000 km	10 m
Variability time scale	1 hr	10 hr	10 s

本章研究的目的是在探討如何利用衛星影像分析海洋波浪之波向及波長，使用的資料是 SPOT 衛星影像。SPOT 衛星是屬於可見光及紅外光波段、被動式感測的資源衛星，它直接觀測在通過海洋瞬間海洋的表面現象，因此在衛星影像上的海面波紋是所有海象綜合的結果。我們若要探討波場與水深的關係，就必須將主要的波紋萃取出來以計算其波長及波向，但因衛星遙測所獲得的資料量是傳統點測方式的數個數量級倍，這麼龐大的資料量，必需借助自動化的演算法才能有效的進行分析工作。

從衛星影像上觀測海面波場，受限於衛星空間解析度，即尺度太小的波無法觀測到。這項特點，從另一角度來看，恰好可避免在分析資料時受一些局部、小尺度的海面變化的影響。典型的海面波紋衛星影像如圖 4.1.1 所示，它具有下列特性：

1. 由於衛星在觀測海面時會避免產生鏡面效果，因此在大多數的情況下，波紋影像具有低亮度、低對比的特性。
2. 衛星影像上要產生明顯之波紋，則海面上必須有相當強的風力產生足夠高的浪，但一般在此情形下的海面天候狀況均不佳，海面被雲層所遮蔽，對屬被動式可見光波段的 SPOT 衛星而言，無法進行有效的觀測。

綜觀上述兩種特性，使得在大多數的衛星影像上波紋現象都不是很明顯。因此若要自動化的進行波場分析，則必須發展一套方法讓電腦自動萃取出波長、波向等相關資訊。目前發展的方法流程如圖 4.1.2 所示。

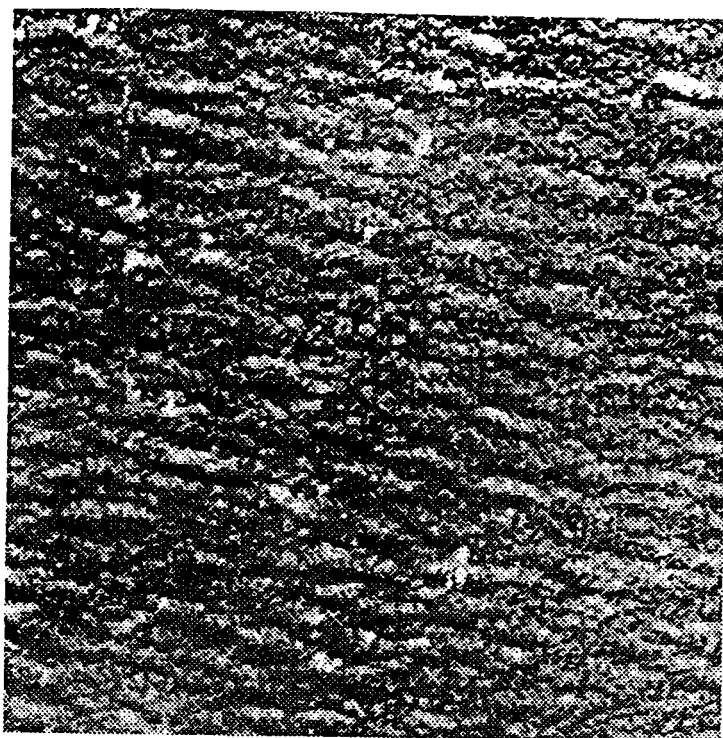


圖 4.1.1 典型的海面波紋衛星影像



圖 4.1.2 演算法流程圖

4.2 研究方法

(1)Top-hat transformation method

因 SPOT 衛星影像是由可見光波段及近紅外光波段所組成，海水深度的變化、海水成份的改變均會在影像上造成灰度值的變化。這種灰度值的改變在進行自動化的波場分析時，很容易被解釋為一種波浪現象，因而影響到判釋的結果。此外，由於 SPOT 所觀測到的海洋波場主要是風場所造成，在廣域的海面上衛星通過的瞬間各地區的風場強度不盡相同，在風力較弱或水深較淺的近岸海域將不易觀測到明顯的波紋現象。因此，為了能得到正確的分析結果，有必要將波紋從背景影像中分離出來以進行進一步的分析。其所用之方法為數學形態學中的 top-hat transformation method，它是一種將物體從背景影像分離的技術，我們簡單的介紹其觀念於後：

假設 A 及 B 是在 N 維空間上的集合。 $a=(a_1, a_2, \dots, a_N)$ ， $b=(b_1, b_2, \dots, b_N)$ 為集合中的某一元素，B 在形態學中稱為結構性元素 (structuring element)。

定義一：膨脹(dilation) 運算

$$A \oplus B = \{x \in E^N \mid \exists a \in A, b \in B, x = a + b\} \quad (4.1)$$

定義二：收縮(erosion) 運算

$$A \ominus B = \{x \in E^N \mid x + a \in A \forall a \in B\} \quad (4.2)$$

定義三：開 (opening) 運算

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \quad (4.3)$$

定義四：閉 (closing) 運算

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \quad (4.4)$$

上述膨脹、收縮、開運算、閉運算等四個是針對二元化影像(binary image)的形態運算，但本研究所分析的是多灰度值影像，因此必須藉由極大、極小運算擴展到多灰度值影像。且需應用到一個集合的表面(top-surface)的觀念，和一個 top-surface 下的陰影(umbra)的觀念。依此，多灰度的膨脹運算可以被定義為對陰影做膨脹運算後再取表面集合，從這個定義就可以推導出使用最大值和集合相加運算來計算多灰度值的膨脹運算，同理，收縮運算也有類似的推導。

top-hat transformation 是形態學中一個非常有用的山峰萃取法，可以下式來表示

$$X_t[f - (for B)] = \begin{cases} x; & \text{if } x \geq t, \forall x \in f - (for B) \\ 0; & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.5)$$

上式中 rB 為半徑 r 之結構性元素， f 為原始影像， X 為運算結果， t 為 threshold 值。

圖 4.2.1 為一個含有水色變化的波紋影像，影像中右下部份水面灰度值比其它部份還高因而在右下部份產生一很明顯的邊界(edge)，此邊界若不消除將對後續的自動化波譜分析產生不必要的困擾。圖 4.2.2 為經 top-hat transformation 處理後的結果。可看出大部份的波紋已從水色所引起的灰度值強烈變化中分離出來。

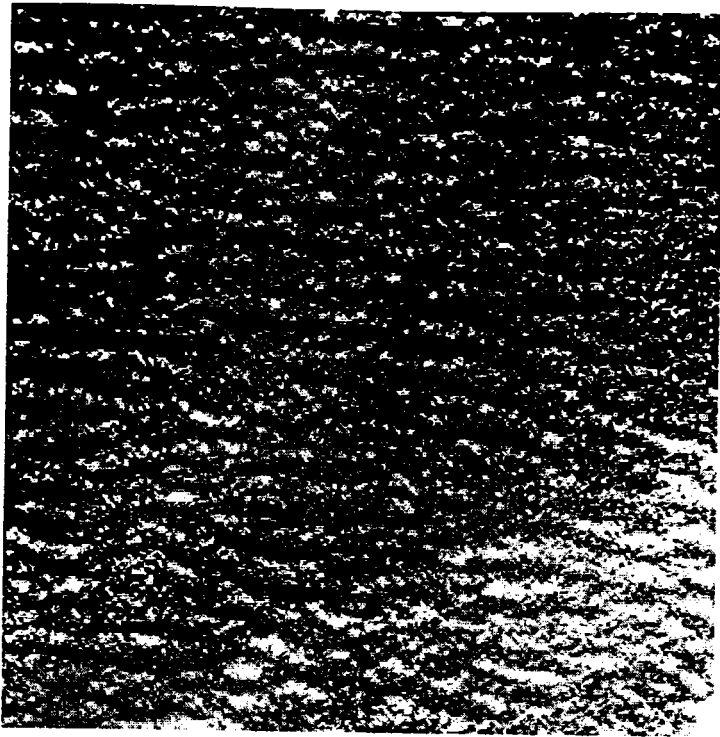


圖 4.2.1 含有水色變化的波紋影像

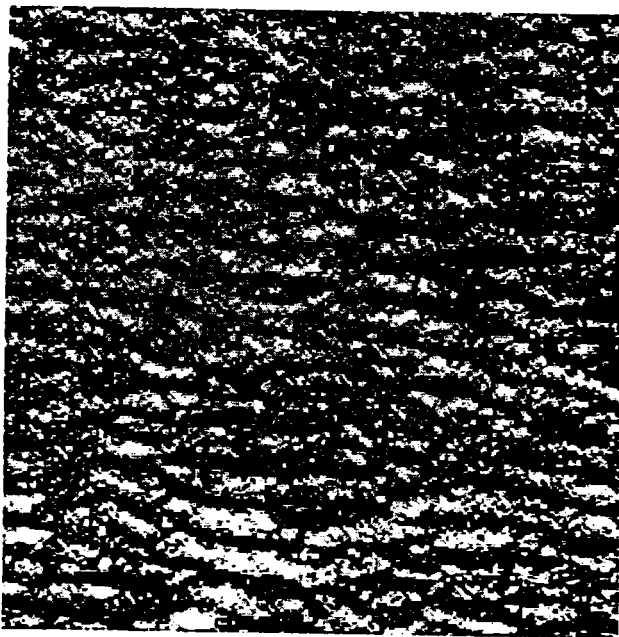


圖 4.2.2 圖 4.2.1 經 top-hat transformation 處理後的結果

(2) 機率型鬆弛法(probabilistic relaxation)

因在後續的處理步驟中，為提高頻率域的解析度，乃將原始影像擴展成 512×512 的大小，另為避免原始影像擴展後在頻率域產生額外的高頻能量，故必須將原始影像二元化。

雖然 top-hat transformation 處理後的影像已經將波紋萃取出來，為強化波紋現象並消除一些雜訊，使後續的二元化過程有較正確的結果，可使用機率型鬆弛法來達成這個目標。

機率型鬆弛法是一種平行的分類演算法，它用鄰域的資訊(spatial information 或 contextual information)以疊代(iterative)的方式調整物體各類歸屬機率的估計值。

基本上，各種分類演算法所依據的是每一物體的特性，但是由於雜訊以及失真的影響，直接以物體的特性做分類就容易產生錯誤。如果我們考慮到每一物體都不是單獨存在的事實，它和它四週的物體相互之間一定存在著某種關係，利用這種關係去分類，便應能得到較好的結果。機率型鬆弛法就是從這樣的觀點發展出來的。

所謂鄰域的資訊，實際上就是存在於像素點的特徵間某種形式的統計相關(statistical correlation)或是依存性。在機率型鬆弛法中，它以相容含數(compatibility function)的形式存在於演算法中並且影響著像元點類別機率的調整。

在機率鬆弛法中，初始機率值的設定及相容函數的形式對演算法的效能有相當大的影響，初始機率值的設定相當於在能量函數上決定了起點，相容係數則是根據初始機率值計算得出，而相容係數則是直接影響類別機率調整時改變的大小。

圖 4.2.3 為圖 4.2.2 經機率型鬆弛法疊代運算後的結果。

(3) 自動閾值萃取

原始影像經上述(1)、(2)的處理步驟後波紋的現象至此已經十分顯著，因此利用一個自動閾值萃取技術 [Tsai, 1985] 就能將波紋萃取出來。此處之自動閾值萃取是基於轉換後矩量不變(moment-preserving)的原理所發展出來的技術。

圖 4.2.4 為圖 4.2.3 之二元化影像。

(4) 擴展影像

為使頻率域上有較佳的解析度，乃將 128×128 或 256×256 的二元化影像擴展成 512×512 的影像，擴展的部份灰度值填 0。在傅利葉轉換中，頻率域解析度 (Δu) 與空間域解析度 (Δx) 有下列關係

$$\Delta u = \frac{1}{N\Delta X} \quad (4.6)$$

其中 N 為樣本數目。

當 N 變大時， Δu 將變小，因此可獲得較高之解析度。

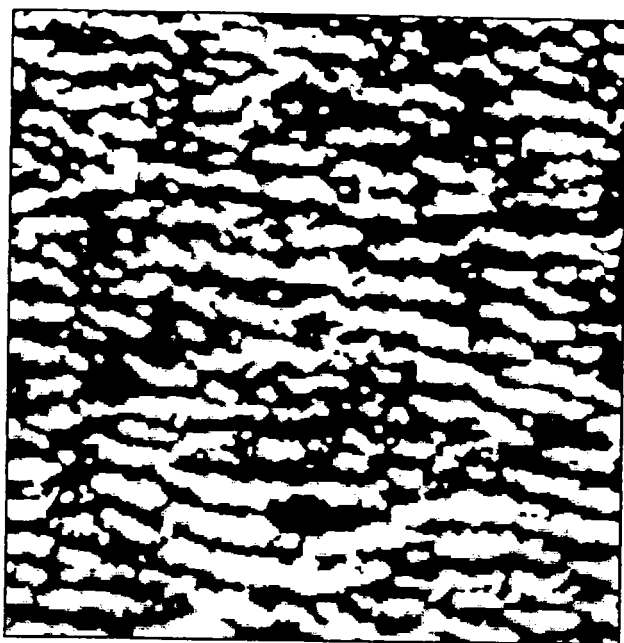


圖 4.2.3 圖 4.2.2 經機率型鬆弛法運算後之結果

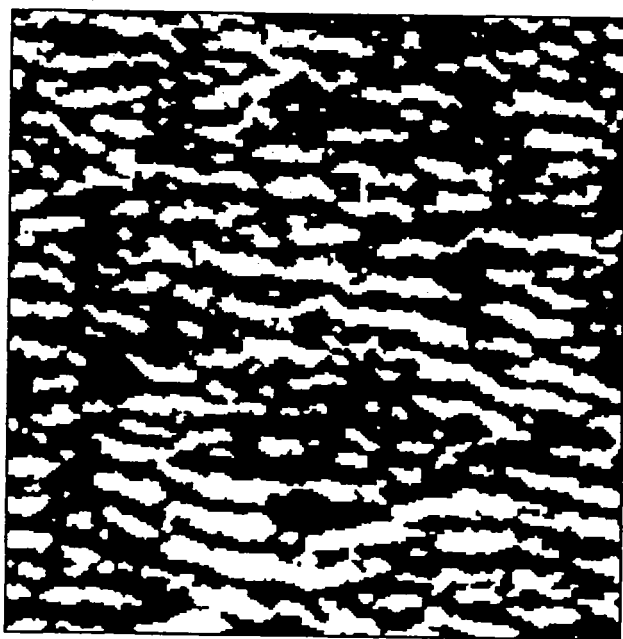


圖 4.2.4 圖 4.2.3 之二元化影像

(5) 快速傅利葉轉換(FFT)

一個二維連續函數 $F(X, Y)$ 的傅利葉轉換可以下式來表示：

$$F(u, v) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) e^{-j2\pi(ux+vy)} dx dy \quad (4.7)$$

其中 X, Y 為空間座標，而 U, V 為空間頻率， $F(U, V)$ 為頻率頻譜。但對數化影像而言， $F(X, Y)$ 的值是不連續的，必須經由二維之離散傅利葉轉換來獲得。

$$F(u, v) = \frac{1}{N^2} \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-j2\pi(ux+vy)/N} \quad (4.8)$$

上式的計算在 N 很大時，將變得十分費時，除非運算簡化，否則傅利葉轉換將是不切實際的。一些快速運算的方式已經被發展出來，能夠將傅利葉轉換的運算複雜度 $O(N^2)$ 降至 $O(N \lg_2 N)$ 。這裡我們採用的是持續加倍法(method of successive doubling)。

(6) 頻率域之秩濾轉換器(rank filtering)

雖然波紋衛星影像經傅利葉轉換後大部份的能量均集中在某幾個方向，並且有以在某方向上的某一位置為中心群集的現象，但是仍有部份能量散佈在其它位置，為濾掉這些能量，必需依賴下面的秩濾波器來完成這件事：

$$Y(x) = \begin{cases} X(x) & \text{if } L > T \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.9)$$

其中 $Y(x)$ 代表波數譜中 x 點處理後的能量值。

$X(x)$ 代表波數譜中 x 點原有的能量值。

$$L = \|A\| \quad A = \{x | X(x-u) > \text{mean of } X, \forall u \in B\}$$

B 是 7×7 mask， $x-u$ 為向量減法， $\|A\|$ 為 A 之元素個數。

T 代表 threshold 值。

(7) 頻率域之帶通濾波(band-pass filtering)

為進一步濾掉剩餘的雜訊，我們再將步驟 (6) 處理後的頻譜送進下面的帶通濾波器中：

$$Y(x) = \begin{cases} X(x) & \text{if } 12 \leq (n_x^2 + n_y^2) \leq 164 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4.10)$$

X 、 Y 定義同上。

(8) 計算能量之群集中心(class center)

能量之群集中心 $C = (n_x, n_y)$

$$C = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X(x_i) \times x_i \quad (4.11)$$

其中 n 為點數， x_i 為點 i 的座標向量。

(9) 計算波長、波向

$$\text{波長} = \frac{n \times \Delta X}{(n_x^2 + n_y^2)^{\frac{1}{2}}} \quad (4.12)$$

$$\text{波向} = \tan^{-1} \frac{n_x}{n_y} \quad (4.13)$$

$$\Delta x = \begin{cases} 12.5 \text{ m} & \text{for SPOT MLA image} \\ 6.25 \text{ m} & \text{for SPOT PLA image} \end{cases}$$

4.3 結果及討論

我們以 1993/12/8 台中港海域(2000*2880，PLA) 之 SPOT 衛星影像進行測試。圖 4.3.1 為波場波向變化圖。

分析結果可以發現：台中港海域之波浪在 1993/12/8 的衛星影像中呈現由北往南波向由偏離海岸變化至偏向垂直海岸且越靠近岸邊波浪轉向情形越明顯；而波長則有變短的趨勢。

就不同的視窗大小影響而言，理想上視窗內波浪現像所產生之紋路在方向上一致性越高越好；形狀上越直越好，因 256*256 的視窗範圍在 SPOT MLA 影像所涵蓋面積即達 10.24 平方公里，這樣大的範圍常使得影像中的波紋變的較為複雜且受雲的影響機會較大，因而影響到計算結果之正確性，所以 128*128 的視窗大小應是較恰當的選擇。



圖 4.3.1 臺中港海域波場示意圖(128*128)

第五章 衛星遙測應用於海域油污染範圍之偵測

5.1 基本理論介紹

本研究是利用ERS-1 SAR合成孔徑雷達影像來探討偵測海域污染之可行性。海域污染在本研究中專指油性物質之污染。ERS-1 SAR之C-Band影像在23度的入射角下，由海面所產生之回波散射主要由波長為5公分之布雷格共振波(Bragg Resonant Waves)所產生[Robinson, 1994]。如果水面表層有薄膜物(如油污)時，由於水面之表面張力顯著增加，使得波長較短之表面波動被表層薄膜明顯的抑制而消失[Liang, 1995]。因此依據電磁波散射原理，當有油污浮現時，SAR影像所反應出來之灰度值將為之降低，因此在影像灰度值曲面上之油污區塊可想像為一凹下之區域。本研究即利用影像處理的技巧在影像上進行此特性偵測，由此可以推斷受污染的區域。

通常利用SAR影像進行偵測時，必需先經過前期處理。主要是因SAR影像在成像過程中，其收集到的回波散射會因斜距的增加而產生衰減之現象，因此需進行輻射校正。然後還必需經幾何校正至二度分帶投影座標系上，才適合實際應用。SAR影像在成像過程是以同調極化電磁波(Coherent Polarized Wave)作為偵測之工具，故會因回波信號間之相互干涉效應而產生極明顯之"相乘性斑駁雜訊"(Multiplicative Speckle Noise)[Lillesand, 1994]，不利於影像之判識與偵測之工作，而一般斑駁減抑之前期處理程序，會使得斑駁產生擴散現象而增加油污區域偵測之困難，故在研究中對此提出以數學形態學之觀念加以處理之。因油污區塊分布在影像灰度曲面上為凹下之區域，在研究中以Laplace of Gaussian配合Difference of Gaussian之方法進行油污區塊之偵測。最後將偵測所得油污區塊進行向量化，得到海洋表面上具有油污之多邊形之向量資料。

5.2 研究方法及內容

5.2.1 初步研究與討論

由於SAR所得之海面影像，並非真正與海面目標物直接產生交互作用而來。其所得之資訊主要來自海面目標物的二次交互作用，例如海面的粗糙度。但形成海面粗糙度變化的因素非常多，如海面風場、海面上漂浮物均為其主要因素，而甚至海水面以下的水流波動現象，亦會使得海水面的粗糙度產生變化，因此在SAR所得之海面影像上要偵測某單一目標物並非易事，尤其是在偵測區域很大時。傳統의影像分類方法僅適合在小區域範圍中，同時必需是造成海面粗糙度變化的因子僅有油污一項才可行。其因為在偵測的過程中使用了絕對的影像灰度作為計算時的主要依據，此作法在大範圍影像上，亦即影響海面粗糙度的因素較多時，其結果將變得極不可靠。

另一問題為傳統의影像分類法則中，例如ISODATA非監督性分類法，如果用來作為油污區塊之分類，首先要設定影像上可能之類別總數，並須就影像的分類結果進行油污類別選取，並以人工之方式進行類別之併合，以達到區分影像上油污與非油污之部分，因此降低了方法上自動化偵測之程度。分類後之結果，同時還必需使用面積之限制(如150個像元)來濾除錯誤之油污區塊，實際上油污之區塊並無大小之限制，故此一限制的合理性便受到質疑。並且透過實際的測試，僅利用面積大小作門檻值時，對偵測結果有顯著的影響，亦即此參數具有較大之敏感度。

5.2.2 改進方法與原理說明

如前所述，進行大範圍SAR影像油污偵測時可能面臨影像內涵資訊過於複雜之問題，因此在本研究所提出之方法中將分為幾個主要層次，以克服資訊過多之問題並且達到油污偵測之目的：

(1) 萃取油污變化灰度範圍內之影像

由於SAR影像內涵過於豐富，致直接對影像進行分析所得結果在可靠度上相當有限，因此需先對影像萃取油污之變化灰度範圍予以界定。本報告中採用經驗值，但此變化範圍之選定並非決定油污存在之主要因素，其目的僅用來去除明顯的非油污部分影像資訊，此如海面下之波動現象與風場變化所造成之影像灰值變化。

在研究中對影像設定油污灰度值上限 $G_{\max}$ 與 $G_{\min}$ ，令輸入影像灰度 G_{in} 與輸出影像灰度 G_{out} 之關係為：

$$\begin{aligned} G_{\text{out}} &= G_{\text{in}}, \text{ if } G_{\min} < G_{\text{in}} < G_{\max} \\ G_{\text{out}} &= G_{\min}, \text{ if } G_{\text{in}} < G_{\min} \\ G_{\text{out}} &= G_{\max}, \text{ if } G_{\text{in}} > G_{\max} \end{aligned} \quad (5.1)$$

(2) 利用灰階形態學(Gray Scale Morphology)閉運算封閉非建設性干涉所造成之影像斑駁(speckle)

由於油污在SAR影像上之現象為較周圍影像為低之灰度值分布，亦即在影像灰度分布上會呈現凹下之現象，對偵測影像灰值分布曲面凹下部分將在下個步驟詳細說明。但之前需要注意的是，在SAR影像上的斑駁有兩種形式，分別由建設性干涉與非建設性干涉所產生。建設性干涉所產生之斑駁在影像上所呈現的為高灰度值之亮點。相對的，非建設性干涉所產生之斑駁在影像上所呈現的為低灰度值之暗點，此種暗點將對影像凹下部分之偵測產生混淆，以致於產生許多錯誤之油污判釋。因此，須在影像凹下

部分之偵測之前先作此一前級處理。

因本研究所分析的SAR影像內容為一灰階(Gray Scale)連續變化的影像，而非二元值影像(Binary Image)，在本研究中應用灰階形態學(Gray Scale Morphology)中的閉運算[Rafael, 1992]來達到封閉非建設性干涉所造成之影像斑駁之目的。灰階形態學中包括兩種基本運算即灰階閉運算與開運算，而其皆導源於灰階膨脹(dilation)與收縮(erosion)運算。圖5.2.1表示出灰度值形態學中灰度曲面經過開運算與閉運算後所得的結果。

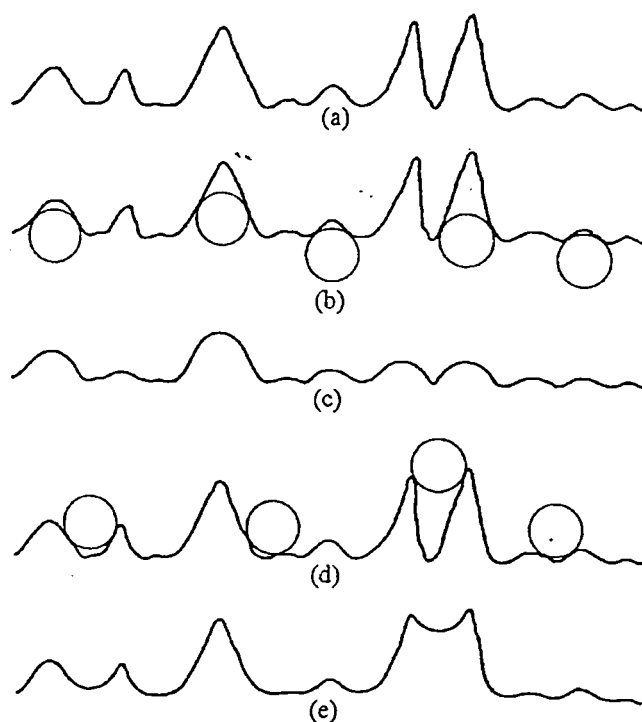


圖5.2.1、灰度值形態學中，灰度曲面經過開運算與閉運算後之結果；(a)一個灰階掃描線；(b)在開運算期間球狀結構元素的各種位置；(c)開運算之結果；(d)在閉運算期間球狀結構元素的各種位置；(e)閉運算之結果。

其中圖5.2.1(a)為灰度影像的掃描線。圖5.2.1(b)表示球狀結構元素在各種位置上的情形。圖5.2.1(c)顯示沿著掃描線經球狀結構元素作開運算後的完整結果，所有相對於球的直徑為窄的尖峰，在振幅和銳度上都被減小了。在實際應用中，開運算通常用於除去小的(相對於結構元素的

尺寸)的亮細節，而其餘整個灰度和較大的亮度區域僅受到有限的干擾。起始的收縮運算侵蝕小的細節，但也因此使得影像變暗。後面的膨脹運算再一次增加影像的亮度，但不會重新引進被侵蝕去的小細節。

圖5.2.1(d)及(e)顯示閉運算的過程與結果，尖峰本質上以其原始形式保留(只要最窄的凹下間隔超過球的直徑)，在實際應用上，閉運算一般用於從影像中除去黑暗細節，而其餘整個灰度和較大的黑暗區域僅受到有限的干擾。起始的膨脹消除了黑暗的細節並使得影像變亮，後面的收縮使影像變暗，但不會重新引進被膨脹消除去的小細節。

利用閉運算在SAR影像上進行消除非建設性干涉所產生之speckle時，結構元素的尺寸為一重要之關鍵。基本上結構元素之尺寸決定了所偵測油污區塊的最小尺寸，亦即偵測所得油污區塊之大小必會大於結構元素之大小。在本研究中，由於被偵測的油污目標其長寬都在十個像元以上，因此將結構元素之尺寸定為5x5之視窗大小。

(3)偵測影像凹下位置及範圍

在完成上述的研析及處理後，即可進行油污區塊的偵測過程。在前面曾提及油污在SAR影像上呈現較周圍影像為低之灰度值分布，亦即在影像灰度分布上呈現凹下之現象，因此利用Laplace of Gaussian(LoG)[Pratt, 1991]二次微分運算元與影像進行連貫(convolution)即可達到偵測影像曲面凹下區域之目的，此與傳統上利用此法進行邊緣偵測略有不同。且由於Laplace of Gaussian具有平滑(smoothing)之作用，可進一步消除影像上過於局部之變化，以達到正確辨識油污區塊之目標。

二維 Laplace of Gaussian之點分佈函數(point spread function)可表示如下：

$$H(x,y) = \frac{1}{\pi s^4} \left[1 - \frac{x^2 + y^2}{2s^2} \right] \cdot \exp \left[-\frac{x^2 + y^2}{2s^2} \right] \quad (5.2)$$

圖5.2.2為式(5.2)在x、z剖面上之函數圖形。

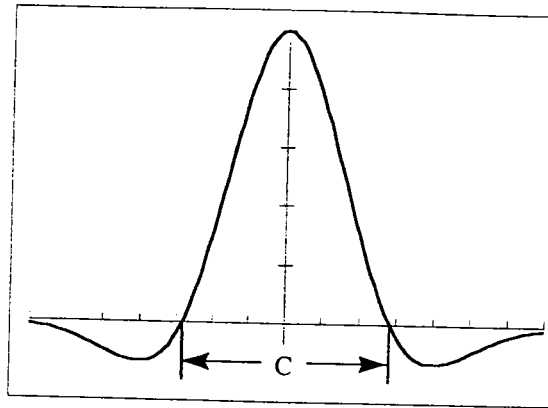


圖5.2.2 LoG的point spread function在x、z剖面上之圖形

在離散的影像上計算時必需將式(5.2)加以取樣，並給定適當範圍表示之。為了在convolution過程中其運算元視窗能正確表現式(5.2)的性質，因此若視窗長寬大小為 w 個像元時，則 $w=3C$ ，其中 C 為曲面大於零的部分在x、y平面上投影所形成圓之直徑，亦即 $C=2\sqrt{2}s$ 。圖5.2.3為研究中所使用之LoG運算元。

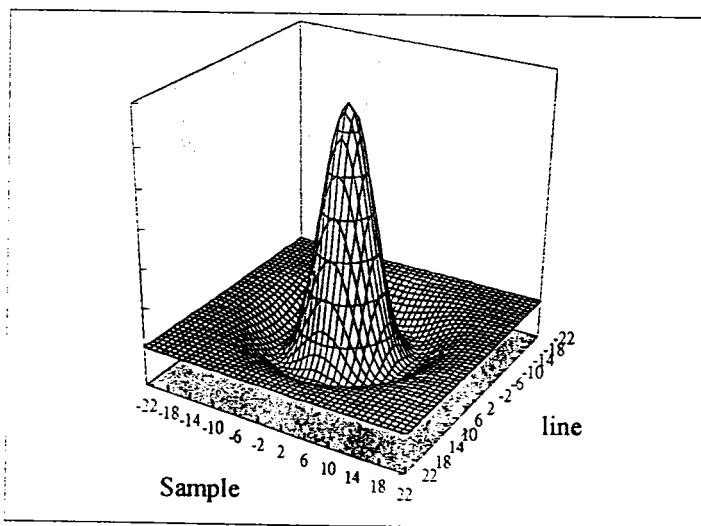


圖5.2.3 研究中所使用之LoG運算元

(4)二次過濾

在前一步驟中雖已將影像曲面凹下之區域偵測出來，但並非所有在影像曲面凹下之區域均為油污分布區域，因此在前面步驟所得之範圍僅可視為可疑油污區域。而油污與海水由於在本質上具有不同之特性，因此油污與海水在相接的邊界上所產生之變化，與一般海面受到風場變化等因素所產生之變化要劇烈的許多，故而在研究中利用Difference of Gaussian (DoG)[Pratt, 1991]一次微分運算元，對可疑油污區域進行邊緣強度計算。

在此必需先在影像上尋找可疑油污區域之邊緣。研究中利用數學形態學的收縮運算以3x3的視窗大小作為結構元素，對可疑油污區域進行邊緣偵測。此時之影像已非連續變化之灰度值，而僅為區分可疑油污區域或非可疑油污區域之二元影像。最後再將原始之區塊減去收縮後之區塊，即可得到圍繞可疑油污區域，且其寬度為一個像元之封閉邊緣。

接著便在這些邊緣上進行DoG運算。其數學形式如下：

$$DoG(x,y) = \sqrt{[f_x(x,y)*I(x,y)]^2 + [f_y(x,y)*I(x,y)]^2} \quad (5.3)$$

$$f_x(x,y) = \frac{-x}{\sqrt{2\pi}s^3} \exp\left[-\frac{x^2+y^2}{2s^2}\right] \quad (5.4)$$

$$f_y(x,y) = \frac{-y}{\sqrt{2\pi}s^3} \exp\left[-\frac{x^2+y^2}{2s^2}\right] \quad (5.5)$$

其中 $I(x,y)$ 為影像灰度函數

圖5.2.4及圖5.2.5為研究中所使用的函數 $f_x(x,y)$ 、 $f_y(x,y)$ 之函數形式

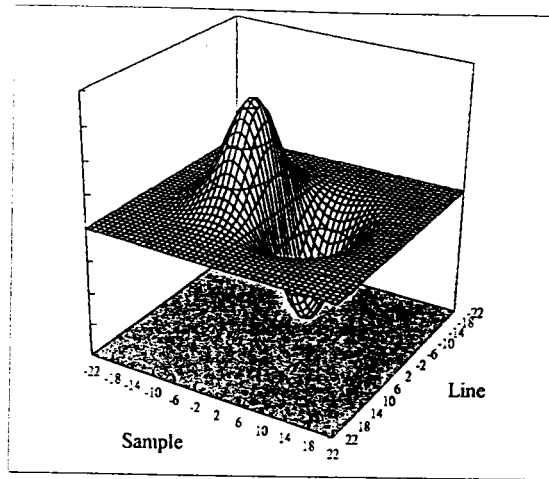


圖5.2.4 研究中所使用 $f_x(x, y)$ 的函數形式

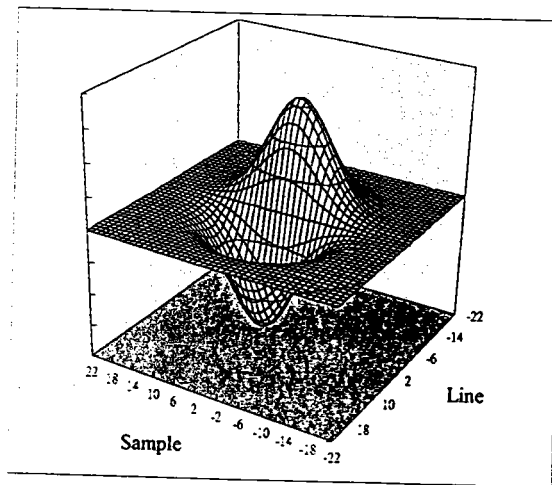


圖5.2.5 研究中所使用 $f_y(x, y)$ 的函數形式

在得到可疑油污區域邊緣上的DoG值，即其邊緣之強度後，在此必需選定一個門檻值，而將邊緣強度大於此一門檻值之邊緣才予以保留。研究中取全部邊緣上DoG值的平均值為門檻值，此時被過濾掉之邊緣則視為非油污區塊所造成之邊緣。經過上述之程序後，油污區塊之邊緣必然呈現不連續之現象。最後再選取區塊滿足過濾後之邊緣長度大於1/2原始邊緣長度條件者，為油污所造成之區塊。

5.3 實驗結果及討論

5.3.1 資料背景

研究中所使用的影像為ERS-1 SAR，C-Band，4 Look，Level 8影像，獲取時間為1994年9月5日，影像大小為9600像元x9600像元，像元地面解析度為12.5m x 12.5m，原始影像涵蓋之地理位置如圖5.3.1。

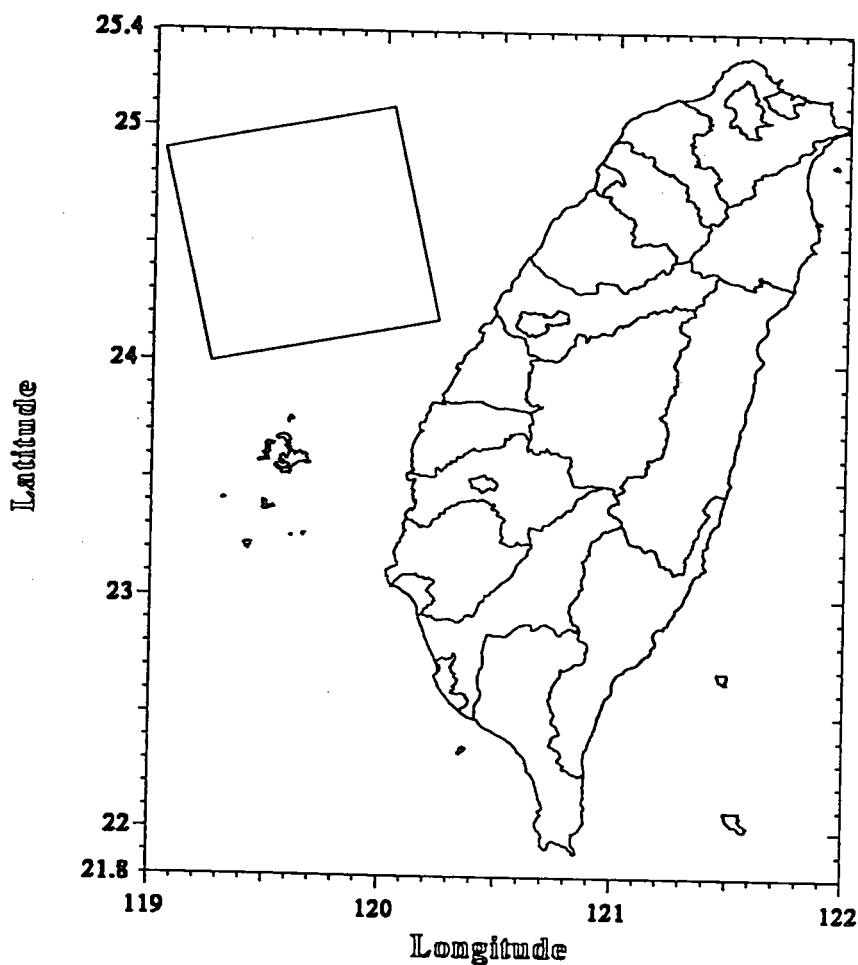


圖5.3.1 原始影像涵蓋之地理位置

研究過程在全幅影像中選取2048像元x2048像元之影像作為測試之區域。圖5.3.2為Level 8全幅影像，其中方格區域為實驗區範圍。圖5.3.3為實驗區影像，可看到明顯之油污分布，且其背景灰度值有相當程度之變化。

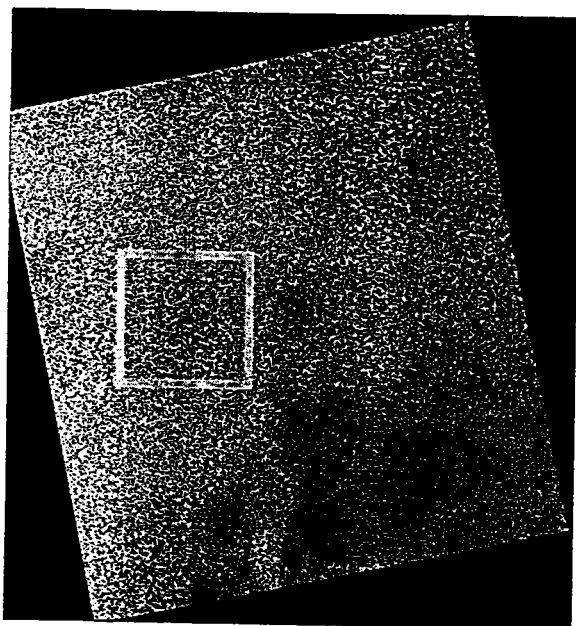


圖5.3.2 Level 8全幅影像，其中方格區域為實驗區範圍。

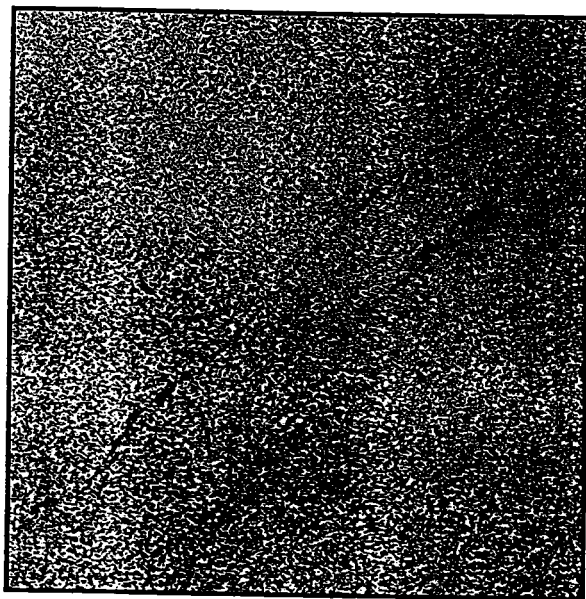


圖5.3.3 實驗區影像

5.3.2 實驗程序與結果

利用前節所述之流程，首先對影像取得油污變化之範圍。由於在所得之Level 8影像為byte image，其像元灰度值變化在0~255之間。而在本研究中之油污變化範圍採用經驗值，其值為 $G_{\max} = 80$ 與 $G_{\min} = 20$ 。圖5.3.4為經過萃取油污變化灰度範圍內之影像。

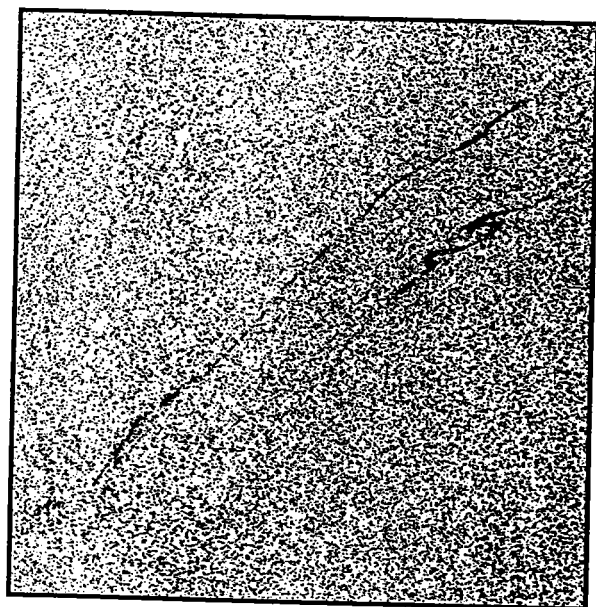


圖5.3.4 經過萃取油污之變化灰度範圍內影像

在得到油污變化灰度範圍內影像後，便可利用灰階形態學中閉運算以封閉非建設性干涉所造成之影像斑駁。圖5.3.5為運算後之影像，由其結果可看出閉運算有效的消除了非建設性干涉所造成之影像斑駁，而不會對現有之油污區域產生顯著之影響。

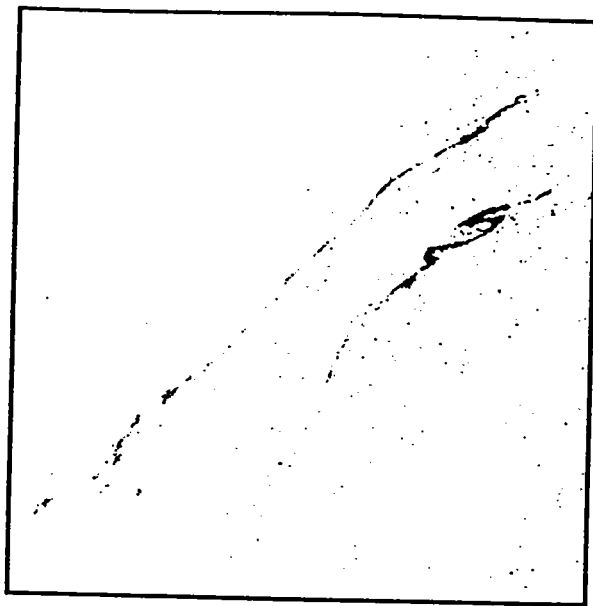


圖5.3.5 閉運算後之影像，可看出有效的消除了非建設性干涉所造成之影像斑駁

其後再對影像凹下位置及範圍利用LoG運算元進行偵測。圖5.3.6為偵測所得之影像凹下位置，亦即可疑油污區域之區塊。由圖中可看到有許多明顯之小區塊並非油污所構成。

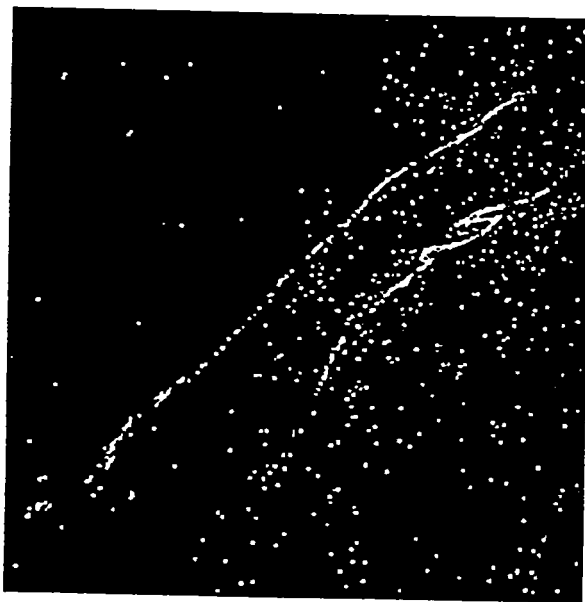


圖5.3.6 利用LoG運算元進行偵測所得之影像上凹位置，亦即可疑油污區域之區塊

而後再進行二次過濾。在計算區塊邊緣的DoG值並以門檻值過濾後，並以前述之邊緣長度條件，保留滿足設定之區塊後，可得圖5.3.7之油污區塊位置。



圖5.3.7 油污區塊位置

最後將油污區塊覆疊於原SAR影像上並加上座標(中央子午線119度之二度TM投影座標系統)，如圖5.3.8所示。經面積計算後，可得油污覆蓋面積約496.734公頃。圖5.3.9為將油污邊界覆疊於原SAR影像上之結果。圖5.3.10則為油污延伸長度測量之結果，主要可分為兩個區域，其長度分別約為24370公尺與9310公尺，寬度分別約為620公尺與1392公尺。圖5.3.11為油污區塊之相關地理位置圖。

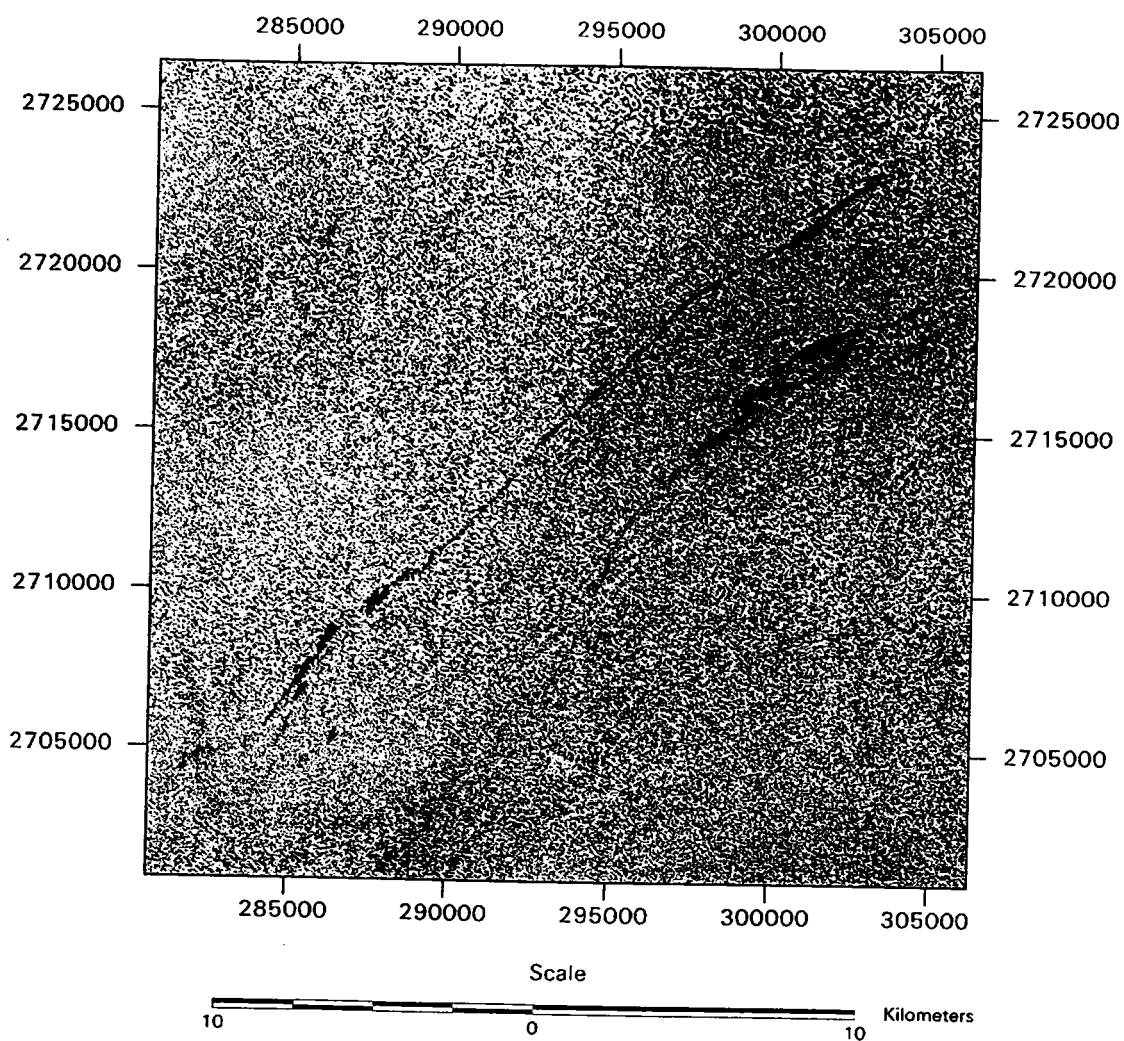


圖5.3.8 將油污區塊覆疊於原SAR影像上之結果

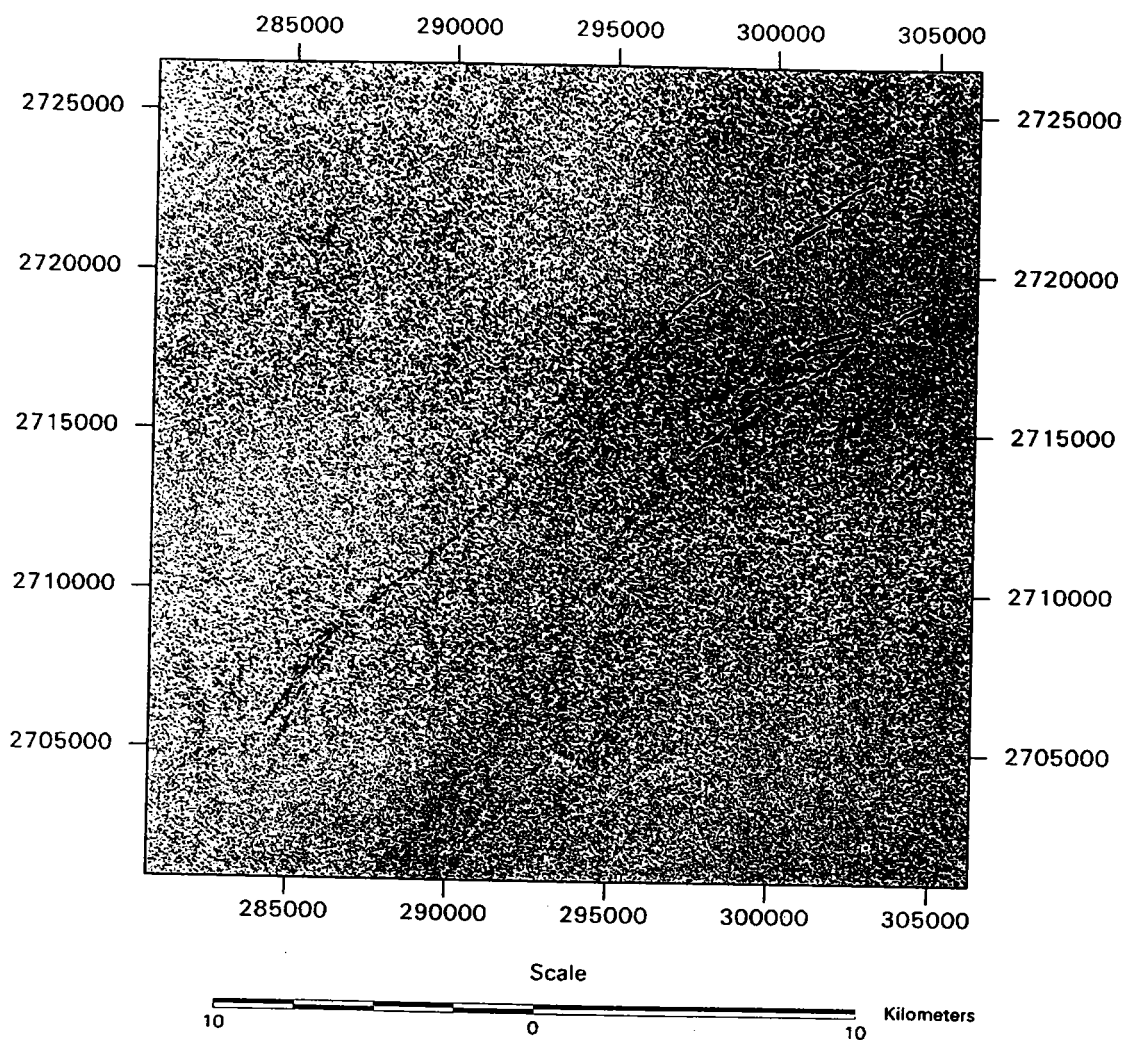


圖5.3.9 將油污邊界覆疊於原SAR影像上之結果

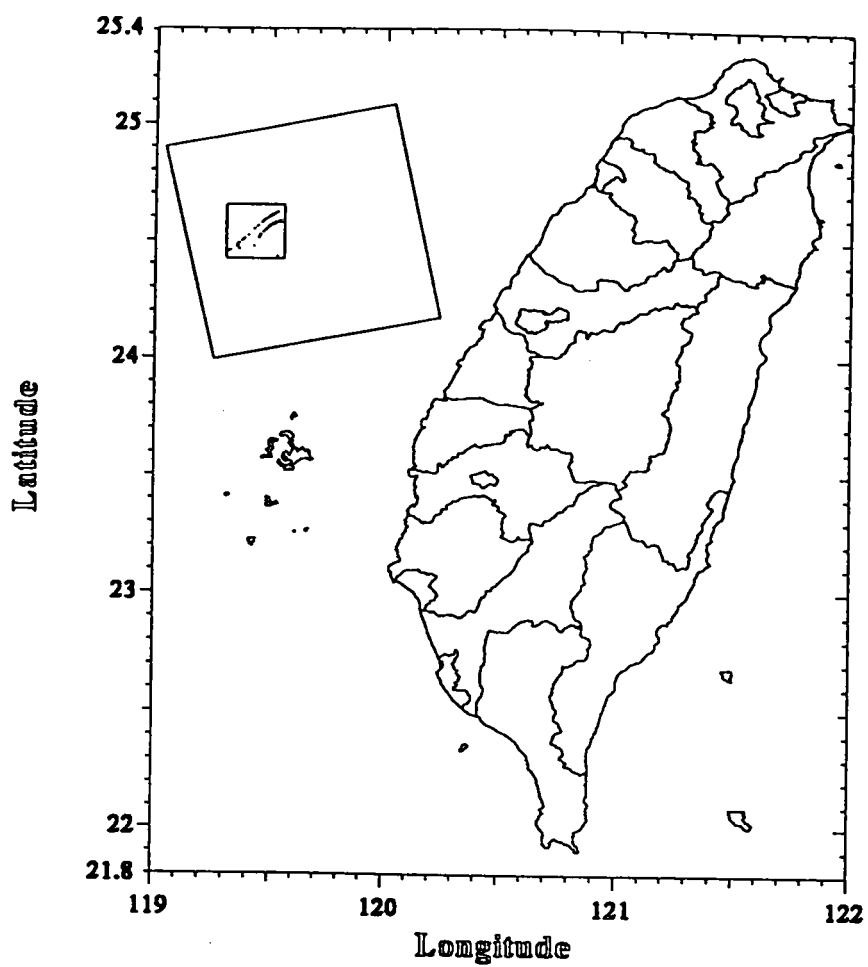


圖5.3.11 油污區塊之相關地理位置圖

5.3.3 分析與討論

1. 利用灰階數學形態學閉運算，封閉非建設性干涉所造成之影像斑駁，經過實際運算之結果顯示其具有實用之價值。
2. 研究中所提出之油污偵測流程，在對於研究中所使用之SAR影像上有良好之偵測成果，但仍須使用更多影像加以測試後，才能更為增進其實用性。
3. 研究中所使用之油污變化之範圍為一經驗值，但由於油污的絕對輻射變化不會因影像不同而有大範圍之改變，故此值在未來SAR影像之絕對輻射校正工作完成後，應可有較為確切之數值，而不須靠經驗判斷。
4. 在利用灰階數學形態學閉運算作斑駁減抑時，結構元素之大小雖會影響計算之結果，但只要其相對於油污目標而言仍為小時，則最後之偵測成果並不會有太大之影響。
5. 在二次過濾的過程中，界定邊緣強度之門檻值應有更好的選定法則，此可作為未來進一部研究之方向。

第六章 結論

本年度計畫利用衛星遙測影像探討近海地區海象之偵測應用所得到之成果總結如下：

1. 衛星影像海面波譜之分析

利用衛星影像以自動化的影像處理技術進行海面波譜之分析。本研究並以臺中港海域以 128×128 及 256×256 的視窗大小進行測試，試驗結果顯示台中港海域之波浪在 1993/12/8 的衛星影像中呈現由北往南波向由偏離海岸變化至偏向垂直海岸且越靠近岸邊波浪轉向情形越明顯；而波長則有變短的趨勢。未來的發展方向應是如何使波長、波向的偵測更為精準以及發展出偵測多波向、多波長的演算法並以合成口徑雷達影像作為計算依據以避免雲的干擾。

2. 衛星影像與水質調查分析

本研究進行海水中藻類、懸浮物的分佈狀況採樣分析。結果顯示在大甲溪及大肚溪出海口處因來自河川的淤積物混入海水中而在出海口處顯現較高的懸浮物濃度，並以迴歸模式分析影像輻射值與懸浮物濃度之關係。

3. 衛星影像上海岸線變化之偵測

本研究針對台中港衛星影像在北防沙堤至大甲溪口及大肚溪出海口的沙灘面積變化情形進行分析，試驗結果顯示北測試區的地勢較為平緩；南測試區靠大肚溪出海口北岸之地形坡度變化較南岸的坡度為陡。而就長期的變化而言，在大甲溪出海口的南岸利用高潮的衛星影像內插得到的海岸線與同潮位實際影像比對，實際海岸線超出內插線，可能為持續淤積的結

果。

4. 台中港區變遷偵測

同一地區不同時間的衛星影像可提供土地使用變遷的資訊。本研究利用 1972 年，1986 年，1993 年及 1995 年台中港及港區週圍的 Landsat 及 SPOT 多光譜影像來進行土地變遷的自動化偵測。經監督性分類後的結果顯示台中港及港區週圍的土地從 1972 年至 1995 年其變遷甚為明顯。因逐年整地及建設的關係，導致建地有快速增加的趨勢，而裸露土及植被則互有消長。

5. 水線測量

水線測量的目的主要是探討由影像上判釋水陸邊界的結果與實際量測之間的誤差範圍及誤差的可能原因。誤差產生中之一個主要原因是地面參考點與影像上對應判釋時產生的誤差。改進的方式是地面參考點儘可能選取已知座標導線點作為控制，以消除在影像上辨識地面參考點的誤差。另外的原因可能是影像辨識水陸邊界所產生的誤差。

6. 衛星遙測應用於海域污染之偵測應用

本部份研究是利用 ERS-1 SAR 合成口徑雷達影像來探討油污之偵測。主要依據是浮現於水面上的油污會抑制水波的波動而降低雷達波之散射，因此在 SAR 影像呈現較低的灰度值。本研究利用影像處理的技巧，發展出降低 SAR 影像上的斑駁(speckle)及油污邊界自動偵測的方法，測試結果顯示此方法具有相當大的發展潛力。

參考文獻

1. Richards J. A., "Remote Sensing Digital Image Analysis", Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1986.
2. Li Xia, "A united model for quantitative remote sensing of suspended sediment concentration", International Journal of Remote Sensing, V.14, pp.103-112, 1993.
3. I.S. Robinson, "Satellite oceanography : An Introduction for Oceanographers and Remote-Sensing Scientists", John Willey & Sons, 1994.
4. W.H. Tsai, "Moment-preserving Thresholding : A New Approach", CVGIP, V29, pp.377-393, 1985.
5. Liang N-K, A.K. Liu and C.Y. Peng, "A Preliminary Study of SAR Imagery on Taiwan Coastal Water", Acta Oceanographica Taiwanica, Vol.34, No.1, pp.17-28, 1995.
6. Pratt William K., "Digital Image Processing 2nd Edition", John Willey & Sons, 1991.
7. Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, "Digital Image Processing", Addison-Wesley, 1992.
8. Lillesand, Thomas M. and Ralph W. Kiefer, "Remote Sensing and Image Interpretation", John Willey & Sons, 1994.
9. "台中港第一期工程完工報告" 台灣省交通處台中港務局, 65 年 10 月 31 日。
10. 張金機等 "台中港漂沙防治與新生地開發", 台灣省交通處港灣技術研究所, 83 年 6 月。
11. 呂黎光等 "台中港海域遙測資料之蒐集與分析", 工業技術研究院能源與資源研究所。
12. "八十四年度港灣規劃研討會論文集", 港灣技術研究所, 84 年 2 月 14 日。