

中華民國第 52 屆中小學科學展覽會 作品說明書

高中組 地球科學科

第一名

040503

千里之外探討外傘頂洲與高美濕地的變遷

學校名稱：國立臺中女子高級中學

作者： 高二 吳亞璇	指導老師： 游明珠
---------------	--------------

關鍵詞：遙感探測、外傘頂洲、高美濕地

得獎感言

老師和學姐曾經跟我說：「科展其實是需要一點運氣的。」一開始我不了解也不是很喜歡這句話，因為它隱約地否定了努力；暗示了聽天由命。可是我漸漸明白：做研究須要幸運地「遇到」一個好題目，也須要碰到喜歡你的研究的人，但這並不代表我沒有付出心力、揮灑汗水，只是我很感謝指引我走上正確道路的老師與欣賞我的作品的評審。

科學研究是一條很漫長且困難重重的路，雖然辛苦可是卻讓我學到了很多。它讓我感到自己的渺小，因為大自然瞬息萬變，也很複雜，我常常在解決一個變因之後又發現了更多問題。但是它也開拓了我的眼界，尤其是這五天的科學之旅，它不只是個比賽，而是讓我們學著去了解、分享與享受做研究的喜悅。

這一年半中，我因為做研究而成長了許多，我深刻地體會到一個人收成的金黃稻穗是很多人努力的結果，所以我要謝謝指導我的明珠老師，感謝她督促我、和我一起解決問題，也要謝謝中央大學的陳教授和秀雯姊，感謝他們熱心地提供我衛星影像圖、教我如何使用軟體，最後我還要謝謝所有給我意見和陪伴我的朋友與家人，如果沒有他們的包容與支持，我真的不知道該怎麼度過那段繁忙的日子。

我很珍惜我能擁有這個機會去接觸科展，研究這條路至今我也只走了一小段而已，即使目前將路上的小石子清理乾淨了，往後也有更難克服的大風大浪等著我，不過這就是研究不是嗎？以後回頭再看，我們一定都會感到不虛此行。



跟老師的合照

千里之外探討外傘頂洲與高美濕地的變遷

摘要

季風造成的沿岸流帶動漂沙的移動和興建海港或海堤而導致的突堤效應皆對海岸地形造成重大的改變，而長期經由遠距離拍攝的衛星影像，我們可以觀測同一地點長時間的變化，本研究即是利用遙感探測技術探討自 1996 年至 2005 年間外傘頂洲與高美濕地的海岸變遷。研究結果顯示，外傘頂洲淤沙面積自 1996 年至 1999 年間減少，而高美溼地則增加；至於 1999 年至 2003 年間，兩地皆無明顯變化；而 2003 年至 2005 年間高美濕地的面積有些微地減少。另外，在 1999 年的九二一地震後，我們發現外傘頂洲西側中段的面積有增加的現象且外傘頂洲移動速率也大幅增快。由此可知陸地上的變化對海岸泥沙的堆積情形會造成重大的影響。

壹、研究動機

全球有超過半數的人口居住在距離海岸線五十公里以內的區域，由此可知人類對於海岸地帶的高度依賴，因此海岸變遷對於人類的文明活動影響甚鉅。在基礎地球科學課時，我們學到了台灣因季風造成的沿岸流，它能帶動沿岸漂沙的流動，將漂砂聚集在彰化至台南一帶（圖一）。至於興建一個海港或各式的海堤會影響沿岸流帶來的泥沙的堆積或導致供砂量改變（圖二），而造成海岸地形或環境的改變，即所謂的突堤效應。突堤效應乃由於海堤等人工構造物突出於海岸，阻擋了原先沿岸流和海岸漂沙之路徑，造成漂沙於上游側淤沙堆積，而下游側原先有漂沙供應的地區則因為漂沙量減少，平衡機制遭受破壞，輸出大於輸入，而逐漸出現海岸侵蝕。換言之，突堤效應將會造成堤前堆積、堤後侵蝕的狀況。

另外，台灣造山運動速度快，使得台灣山區地形陡峭、岩層破碎；河川挾帶大量泥砂入海，也是改變海岸線很重要的一個原因。所以台灣在自然因素和人為因素的雙重作用下，導致海岸線的變遷十分明顯。

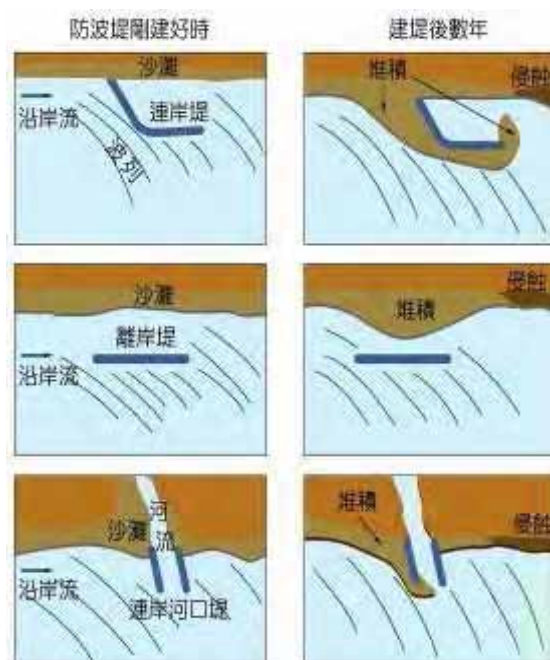
因為住在台灣西部，所以我們對台灣中西部海岸線變遷很有興趣，我們想要更進一步研究台灣中西部如高美濕地與外傘頂洲近年來的海岸面積變化情形。另外，在民國八十八年九二一地震之後，台灣西部海岸線有些許改變，我們想知道劇烈的板塊運動後，西部的海岸線是否有明顯的不同。

在閱覽相關資料後我們發現如果想進一步探討台灣西部的海岸變遷隨時序的關係，遙感探測提供了相當完整的資訊。遙感探測（Remote Sensing）是六十年代發展起來的新興綜合科學技術，是環境調查與資源探勘方面有利的工具，它是一種遠距離不直接接觸物體而取得其訊息的探測技術，具有全面性、即時性及週期性蒐集資訊的優點。遙測影像可分為三種，其中利用人造衛星載具進行拍攝，可以感測不同波段的電磁波，因為衛星的位置高，因此涵蓋面很廣，可以快速收集大範圍地區的地理資料，也因其週期性地環繞地球，可以拍攝同一地區不同時期的影像，便於科學家們針對同一地區進行長期的觀測，可以用來進行環境變遷的分析，例如台灣所發射的福爾摩沙衛星二號所拍攝的衛星影像即是此種類別。

因此我們打算以遙感探測所獲得的資料，分析近年來外傘頂洲與高美濕地海岸的變化並追蹤可能的成因，深入探討其與環境的關係。



圖一、台灣西岸主要風向和漂砂方向示意圖



圖二、突堤效應導致海岸侵蝕或沉積示意圖

貳、研究區域的地理位置簡介



圖三、外傘頂洲相對於台灣之位置示意圖



圖四、外傘頂洲相對於台灣之位置示意圖

一、 外傘頂洲

- (一) 外傘頂洲位於台灣西岸雲林、嘉義海岸之外側，從雲林金湖村沿海往南延伸到嘉義與台南交界處。
- (二) 外傘頂洲為台灣本島最大之離岸沙洲，呈東北西南走向，長度約二十公里。
- (三) 臨近濁水溪出海口，故主要沙源是濁水溪不斷往海裡沖刷的沙土。
- (四) 西元 1926 年，外傘頂洲已被正式標示在台灣的地圖上。在外海波浪以及濁水溪帶來的龐大泥沙相互作用下經年累月形成目前的外傘頂洲。

二、 高美濕地

- (一) 北鄰大甲溪出海口、南接清水大排，面積約為三百多公頃，約為大肚溪口溼地的十分之一。
- (二) 自從臺中港北岸海堤築起後，大甲溪挾帶泥沙堆積，逐漸形成漂沙地帶，成為現今所見的高美濕地。



圖五、高美溼地相對於台灣之位置示意圖

參、 研究目的

- 一、 探討在相近潮位高度下，外傘頂洲的面積變化、移動方向、距離與速率。
- 二、 探討在相近潮位高度下，高美濕地局部的海岸線推移情形、面積變化與番仔寮海堤對其面積的影響。
- 三、 求出外傘頂洲 1996 年、1999 年、2003 年和 2005 年的面積趨勢線，並探討其面積變化情形。
- 四、 求出高美溼地 1996 年、1999 年、2003 年和 2005 年的面積趨勢線，並探討其面積變化情形。

肆、 研究設備及器材

- 一、 歐洲資源衛星 (ESR-1) 雷達影像 (資料來源：中央大學遙測中心)
- 二、 潮汐資料
 - (一) 塹港潮汐資料 (資料來源：中央氣象局)
 - (二) 台中港潮汐資料 (資料來源：中央氣象局)
- 三、 個人電腦
- 四、 使用軟體：ArcGis9.3、ShpTrans、Microsoft Excel、Microsoft Access、Google earth

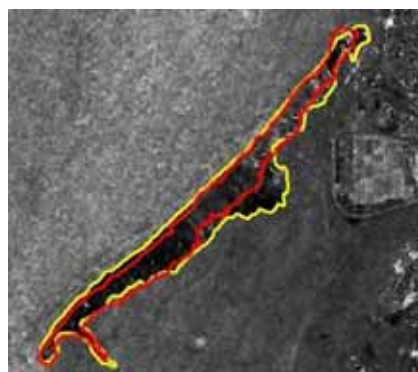
伍、 研究過程與方法

- 一、 由於每張衛星影像拍攝時，其農曆日期時刻不一，所以我們選取潮位相同或相近的衛星影像圖以進行分析
 - (一) 外傘頂洲



圖六、外傘頂洲面積圖

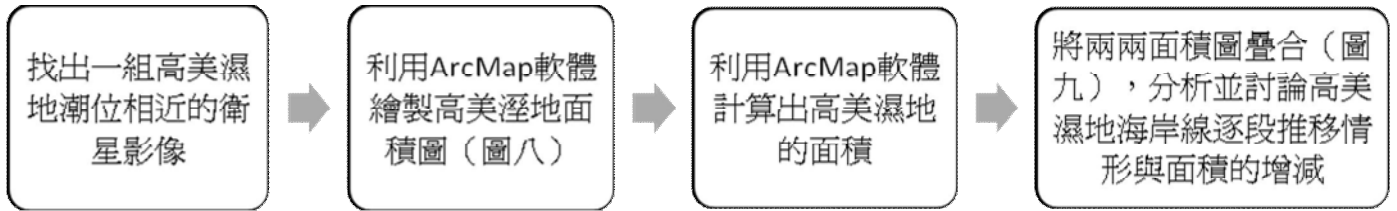
我們利用 ArcMap 軟體將外傘頂洲以線段圍繞起來，並計算出它的面積、重心位置。



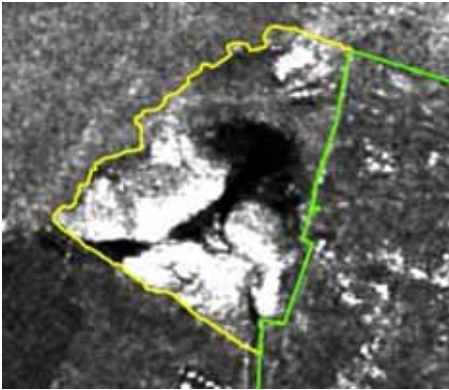
圖七、外傘頂洲面積圖疊合示意圖

將兩張外傘頂洲面積圖疊合在一起，觀察其局部的面積或泥沙堆積位置變化，並探討其移動情形。

(二) 高美溼地

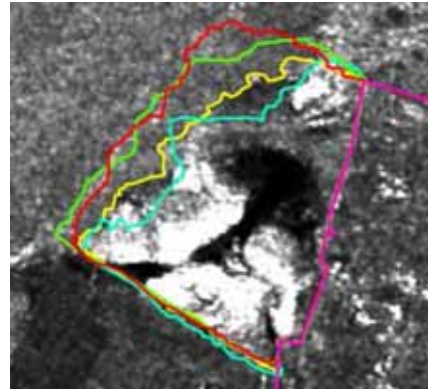


因為高美濕地並非一座島嶼，它與陸地相連，所以我們以水利署公布的全省海堤構造物為基準（圖八中的綠色線段、圖九中的粉紅色線段），繪製高美濕地的面積圖。



圖八、高美濕地面積圖

我們利用 **Arc Map** 軟體，將高美溼地以線段圍繞起來，並計算出它的面積以進行分析。

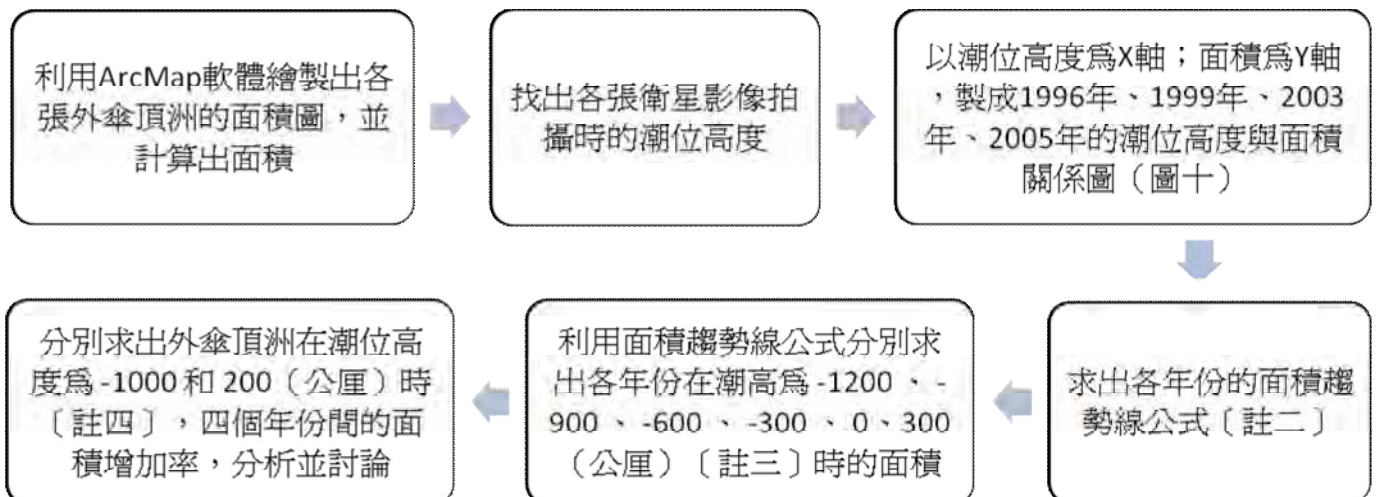


圖九、高美溼地疊合圖

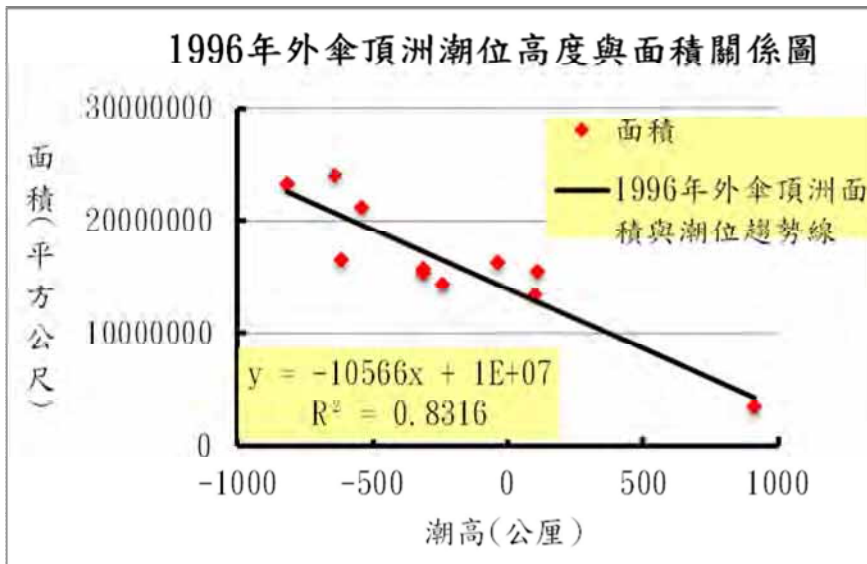
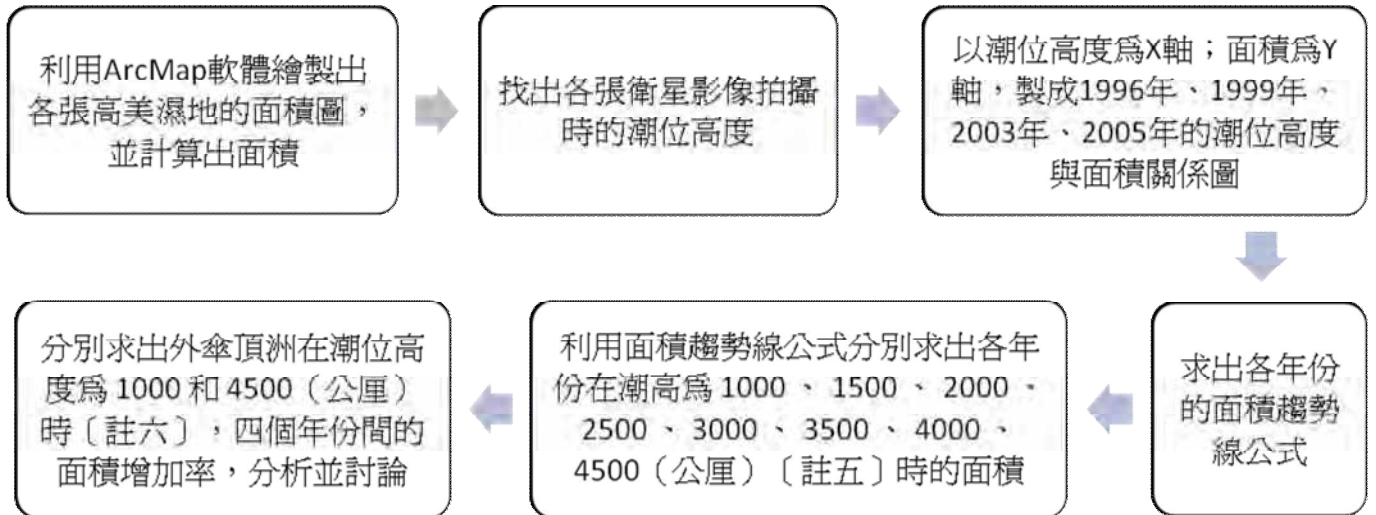
我們將四張高美濕地面積圖兩兩疊合，並觀察其面積變化和海岸線的局部推移情形。

- 三、 上述的研究方法是我們挑選潮位相近的圖片進行分析，但是如此一來，我們所能利用的圖片非常的少，證據顯得薄弱。再加上我們想知道外傘頂洲與高美濕地長期逐年的變化，所以我們決定將所有衛星影像做長期分析，我們假設在短期內，外傘頂洲與高美濕地的面積並無顯著變化，兩者面積的增減應該是潮位不同所致。所以我們利用中央氣象局的潮汐資料進行面積的修正，探討這兩個地方面積長期的變化。以下是我們的修正方法：

(一) 外傘頂洲



(二) 高美濕地



我們利用 Arc Gis 軟體繪製外傘頂洲的面積圖並計算出面積，以潮位高度為 X 軸；面積為 Y 軸，製成潮位高度與面積的關係圖，並求出其面積趨勢線；高美濕地的方法也相同。

圖十、1996 年外傘頂洲面積與潮位關係圖

- 〔註一〕因為我們選取潮位高度相近的圖片進行討論，所以外傘頂洲重心位置的改變大致上可表示外傘頂洲整體的移動情形。我們可藉由外傘頂洲重心位置的移動去計算出外傘頂洲整體的移動方向、距離與速率。
- 〔註二〕面積趨勢線的意義為外傘頂洲或高美溼地在一定的潮位高度下所對應的面積多寡。
- 〔註三〕由於外傘頂洲的潮位高度大致在-1200（公厘）至 300（公厘）之間，所以我們取此區間的六個潮位高度去進行面積的比較。
- 〔註四〕由於我們想更進一步知道外傘頂洲面積變化的幅度，所以我們分別選取最低潮高 -1000（公厘）和最高潮高 200（公厘）時的面積，計算出每年的平均面積增加率。
- 〔註五〕由於高美溼地的潮位高度大致在 1000（公厘）至 4500（公厘）之間，所以我們取此區間的八個潮位高度去進行面積的比較。
- 〔註六〕由於我們想更進一步知道高美濕地面積變化的幅度，所以我們分別選取最低潮高 1000（公厘）和最高潮高 4500（公厘）時的面積，計算出每年的平均面積增加率。

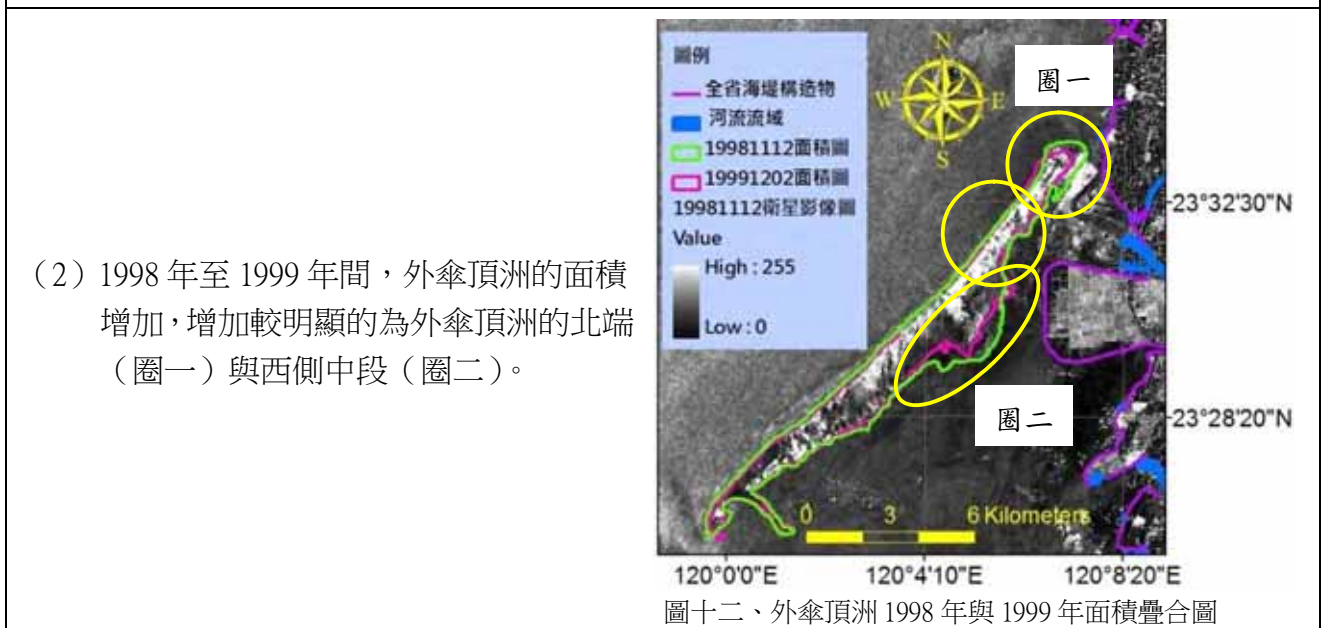
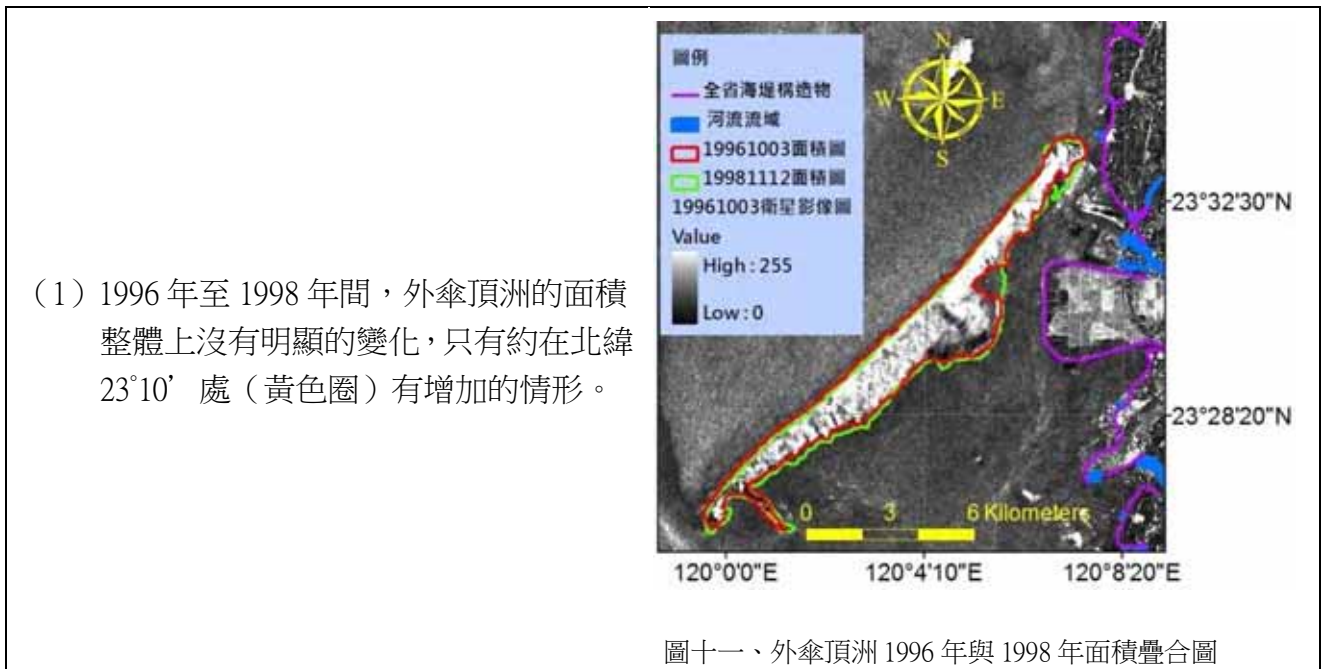
陸、研究結果

一、 我們選取潮位高度相近的外傘頂洲衛星影像圖，分析外傘頂洲自 1996 年至 2005 年間局部的面積變化情形以及整體的移動方向、移動距離與移動速。我們找到了兩組潮位高度相近的圖片，以下是我們的分析結果：

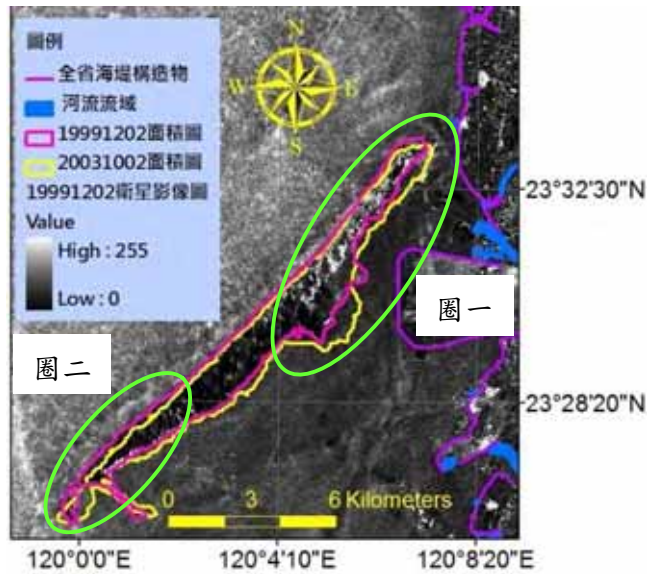
(一) 第一組

日期 (西元)	農曆日期	潮位高度 (公尺)
1996 / 10 / 3	8 月 21 日	-0.815
1998 / 11 / 12	9 月 24 日	-1.170
1999 / 12 / 2	10 月 25 日	-1.165
2003 / 10 / 2	9 月 7 日	-1.024
2005 / 11 / 10	10 月 9 日	-1.119

1. 面積變化

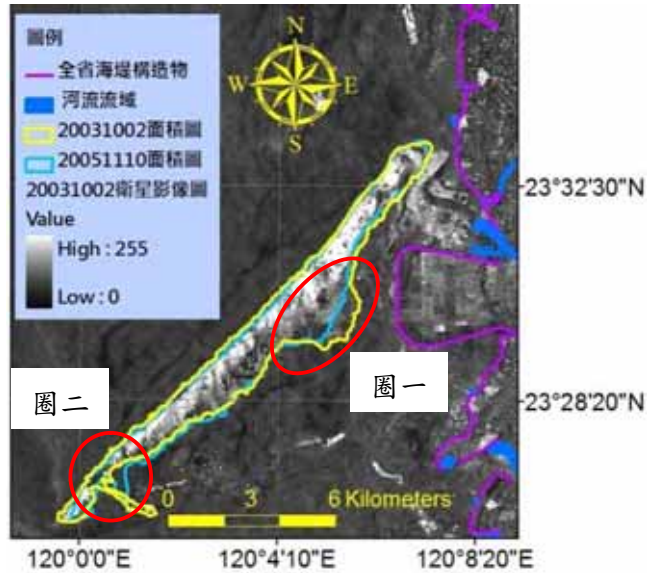


(3) 1999 年至 2003 年間，外傘頂洲的面積增加，增加的區域主要為西側上半段部分（圈一）。至於外傘頂洲的尾部（圈二）則向台灣本島靠近。



圖十三、外傘頂洲 1999 年與 2003 年面積疊合圖

(4) 2003 年至 2005 年間，外傘頂洲的面積減少，減少的區域主要是西側中段處（圈一）。至於外傘頂洲的尾部，泥沙堆積位置有些許地改變，向北移動。



圖十四、外傘頂洲 2003 年與 2005 年面積疊合圖

2. 移動方向、距離與速率

表一、外傘頂洲第一組潮位高度相近圖片之移動方向、距離與速率比較表

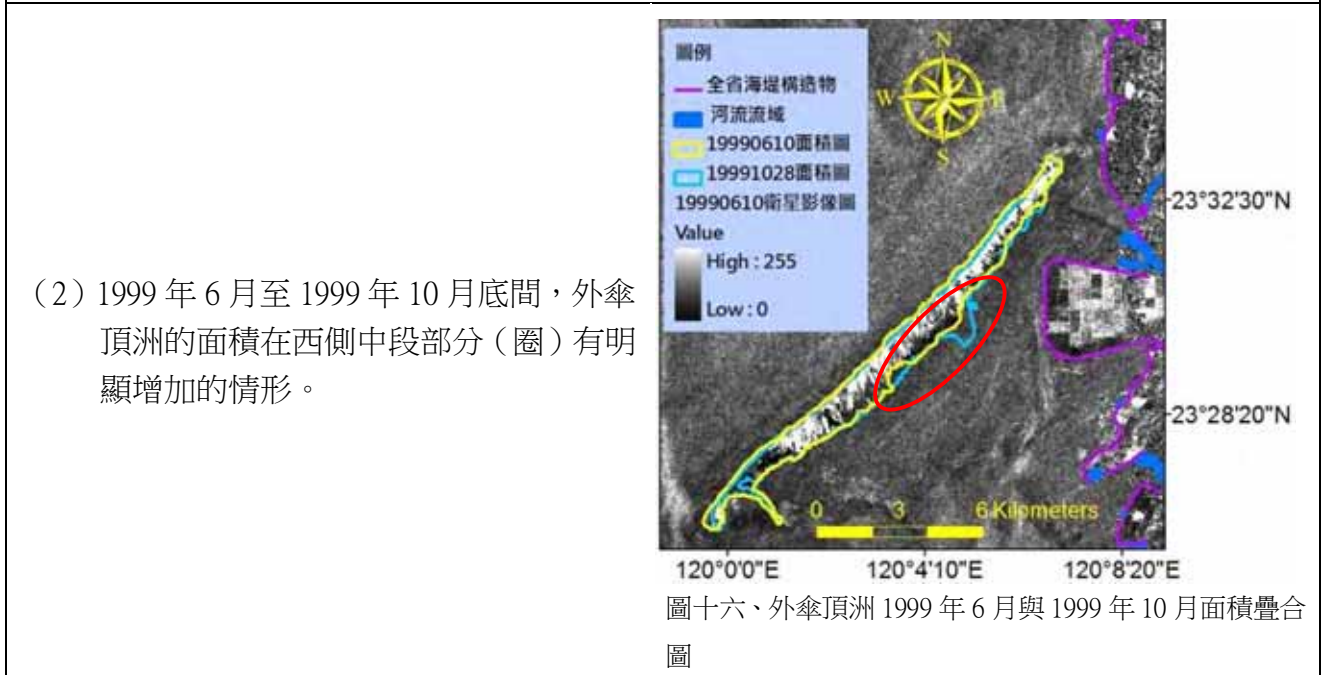
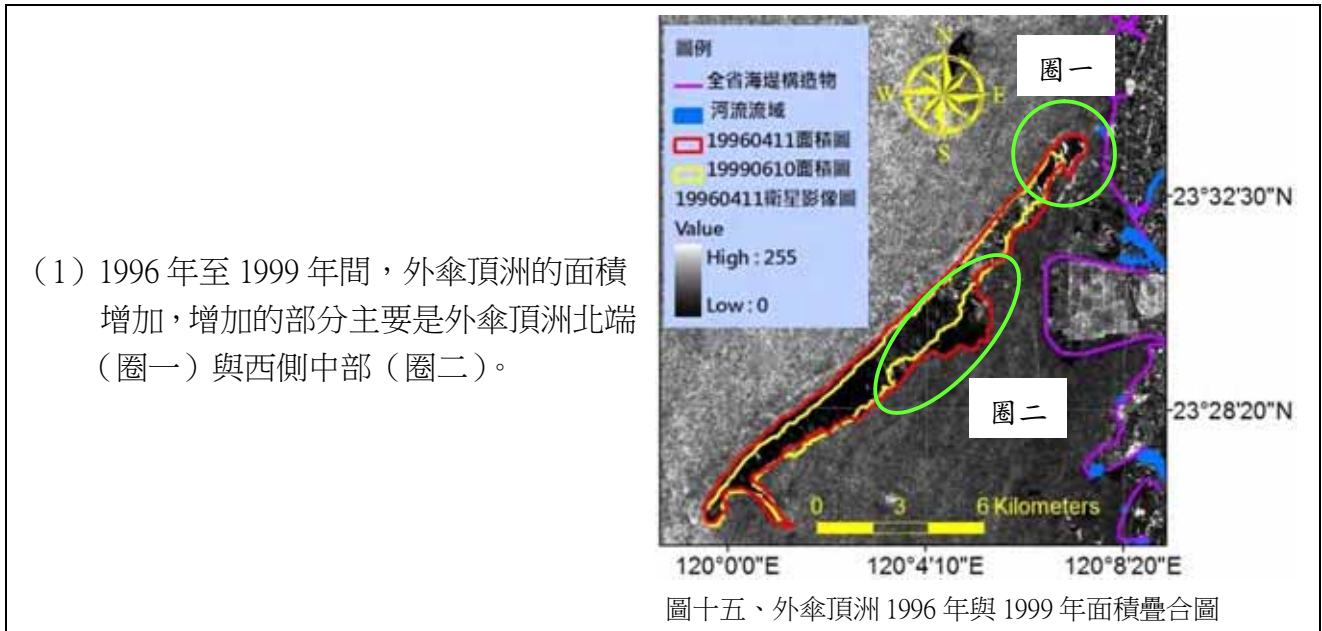
日期	1996 / 10 / 3	1998 / 11 / 12	1999 / 12 / 2	2003 / 10 / 2	2005 / 11 / 10
重心位置	(154342.6 E , 2599476.3 N)	(154485.6 E , 2599462.8 N)	(154238.9 E , 2599336.8 N)	(154621.9 E , 2599375.0 N)	(154441.6 E , 2599292.3 N)
日期	1996 / 10 / 3— 1998 / 11 / 12	1998 / 11 / 12— 1999 / 12 / 2	1999 / 12 / 2— 2003 / 10 / 2	2003 / 10 / 2— 2005 / 11 / 10	
移動方向	東方	西南方	東方	西南方	
移動距離 (公尺)	144.85	276.53	385.57	198.30	
移動速率 (公尺/月)	約 5.73	約 21.83	約 7.80	約 7.85	

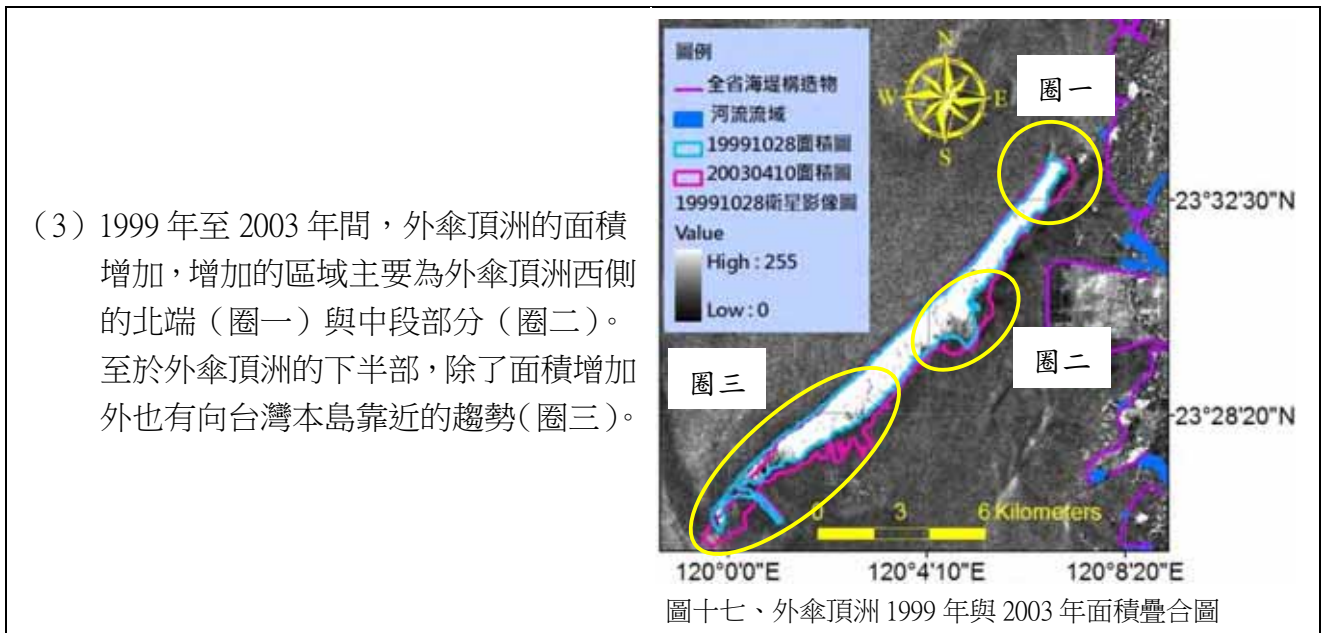
外傘頂洲的移動速率大致上約為每個月移動 6 至 8 公尺，唯有 1998 至 1999 年間移動速率較快，約為每個月 22 公尺。

(二) 第二組

日期 (西元)	農曆日期	潮位高度 (公尺)
1996 / 4 / 11	2 月 24 日	-0.640
1999 / 6 / 10	4 月 27 日	-0.640
1999 / 10 / 28	9 月 20 日	-0.645
2003 / 4 / 10	3 月 9 日	-0.650

1. 面積變化





2. 移動方向、距離與速率

表二、外傘頂洲第二組潮位高度相近圖片之移動方向、距離與速率比較表

日期	1996 / 4 / 11	1999 / 6 / 10	1999 / 10 / 28	2003 / 4 / 10	
重心位置	(154144.3 E , 2599368.0 N)	(153562.6 E , 2598938.5 N)	(153950.7 E , 2599138.8 N)	(153991.8 E , 2598957.0 N)	
日期	1996 / 4 / 11— 1999 / 6 / 10		1999 / 6 / 10— 1999 / 10 / 28		1999 / 10 / 28— 2003 / 4 / 10
移動方向	西南方		東北方		東南方
移動距離 (公尺)	721.80		437.93		188.77
移動速率 (公尺/月)	約 19.00		約 95.20		約 4.56

1996 年至 1999 年間，外傘頂洲的移動速率約為每個月 20 公尺，但是在 1999 年 6 月至 1999 年 10 月底間，也就是九二一地震的前後，外傘頂洲的移動速率大幅增加至每個月 95 公尺，而 1999 年至 2003 年間，移動速率減慢。

二、 我們選取潮位高度相近的衛星影像圖，分析高美溼地自 1996 年至 2010 年間的海岸線推移情形，以及高美溼地每兩年間面積的增減情形，並探討番仔寮海堤以及台中港的興建對其面積與海岸線的影響。

我們挑選了四張潮位相近的衛星影像圖，分別是：

日期（西元）	農曆日期	10：30 時的潮位（公尺）
1996 / 6 / 20	5 月 5 日	2.277
1999 / 1 / 21	12 月 5 日	2.477
2004 / 12 / 30	12 月 8 日	2.297
2010 / 12 / 9	11 月 4 日	2.325

（一） 高美濕地的海岸線推移情形

<p>圖十八、高美溼地 1996 年與 1999 年面積疊合圖</p>	<p>圖十九、外傘頂洲 1999 年與 2004 年面積疊合圖</p>	<p>圖二十、外傘頂洲 2004 年與 2010 年面積疊合圖</p>
<p>1. 1996 年至 1999 年間，高美溼地的海岸線大致上沒有太大的變化。</p>	<p>2. 1999 年至 2004 年間，高美溼地的海岸線在番仔寮海堤（橘色方塊處）的北側大幅向外推移。</p>	<p>3. 2004 年至 2010 年間，高美溼地的海岸線在番仔寮海堤（橘色方塊處）的北側明顯向外推移；但在海堤的南側，海岸線則是向內移動。</p>

（二） 高美濕地自 1996 年至 2010 年間的面積增減情形

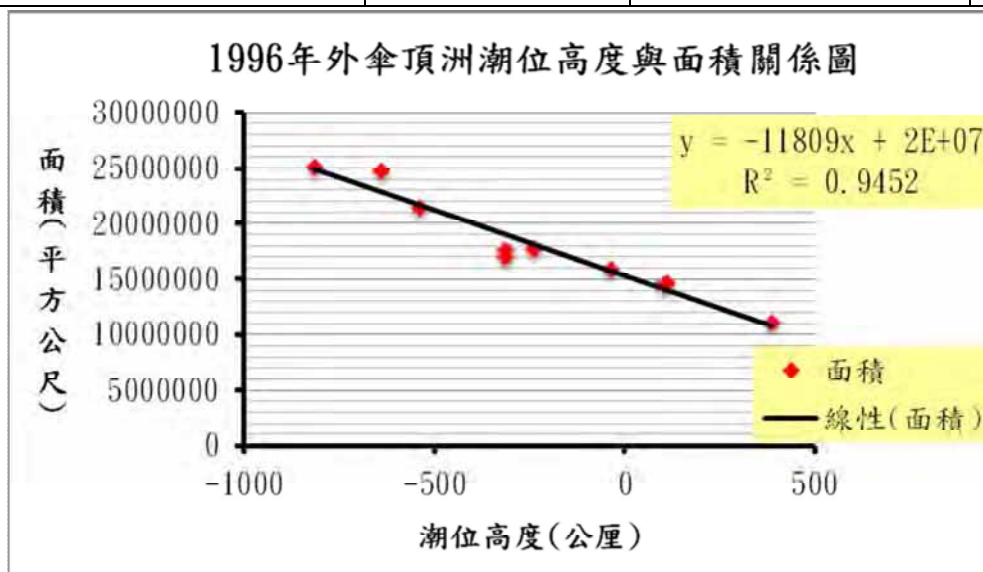
日期（西元）	農曆日期	10：30 時的潮位（公尺）	面積（平方公尺）
1996 / 6 / 20	5 月 5 日	2.277	3789918
1999 / 1 / 21	12 月 5 日	2.477	3913696
2004 / 12 / 30	12 月 8 日	2.297	4428400
2010 / 12 / 9	11 月 4 日	2.325	4476600

1996 年至 2010 年間，高美濕地的面積大約增加 0.7 平方公里。

三、 因為我們想知道外傘頂洲長期逐年變化，所以我們將所有衛星影像做長期的分析，我們假設在短期內，外傘頂洲的面積並無顯著變化，其面積的增減應是潮位不同所致。所以我們利用中央氣象局的潮汐資料進行潮位的修正，並探討其面積長期的變化情形。以下是我們外傘頂洲的面積修正結果：

表三、外傘頂洲 1996 年各日期潮位高度與面積表

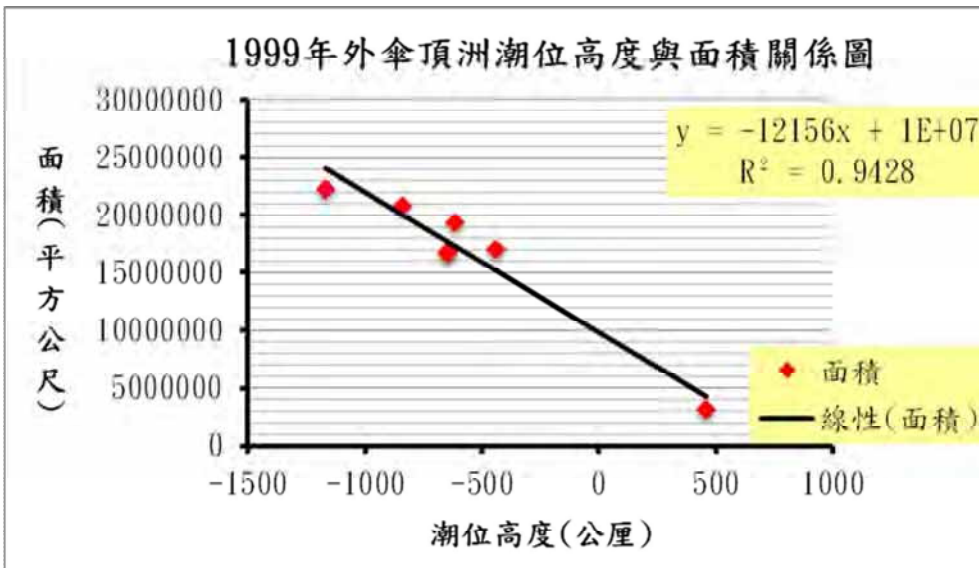
日期 (西元)	農曆日期	10:30 潮位 (公厘)	面積 (平方公尺)
1996 年 1 月 31 日	12 月 12 日	-315	17711848
1996 年 2 月 1 日	12 月 13 日	-240	17797486
1996 年 3 月 6 日	1 月 17 日	110	14706504
1996 年 3 月 7 日	1 月 18 日	-40	15913031
1996 年 4 月 10 日	2 月 23 日	-540	21445240
1996 年 4 月 11 日	2 月 24 日	-640	24817336
1996 年 5 月 15 日	3 月 28 日	385	11077501
1996 年 6 月 20 日	5 月 5 日	100	14593398
1996 年 10 月 3 日	8 月 21 日	-815	25207248
1996 年 11 月 7 日	9 月 27 日	-315	17137698



圖二十一、1996 年外傘頂洲潮位高度與面積關係圖

表四、外傘頂洲 1999 年各日期潮位高度與面積表

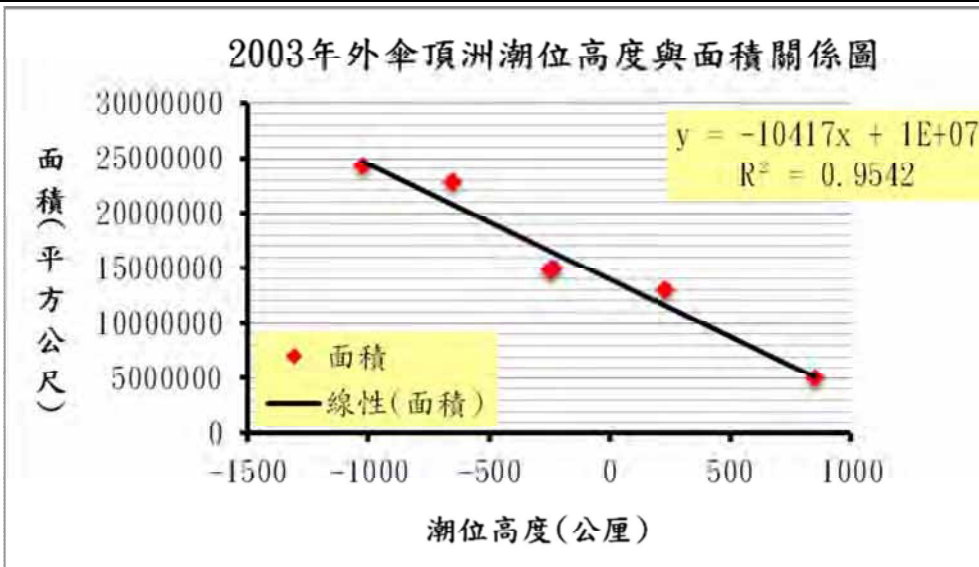
日期 (西元)	農曆日期	10:30 潮位 (公厘)	面積 (平方公尺)
1999 年 1 月 21 日	12 月 5 日	-615	19311356
1999 年 5 月 6 日	3 月 21 日	-440	16996148
1999 年 6 月 10 日	4 月 27 日	-640	16901100
1999 年 7 月 15 日	6 月 3 日	460	3185550
1999 年 8 月 19 日	7 月 9 日	-840	20845060



圖二十二、1999年外傘頂洲潮位高度與面積關係圖

表五、外傘頂洲 2003 年各日期潮位高度與面積表

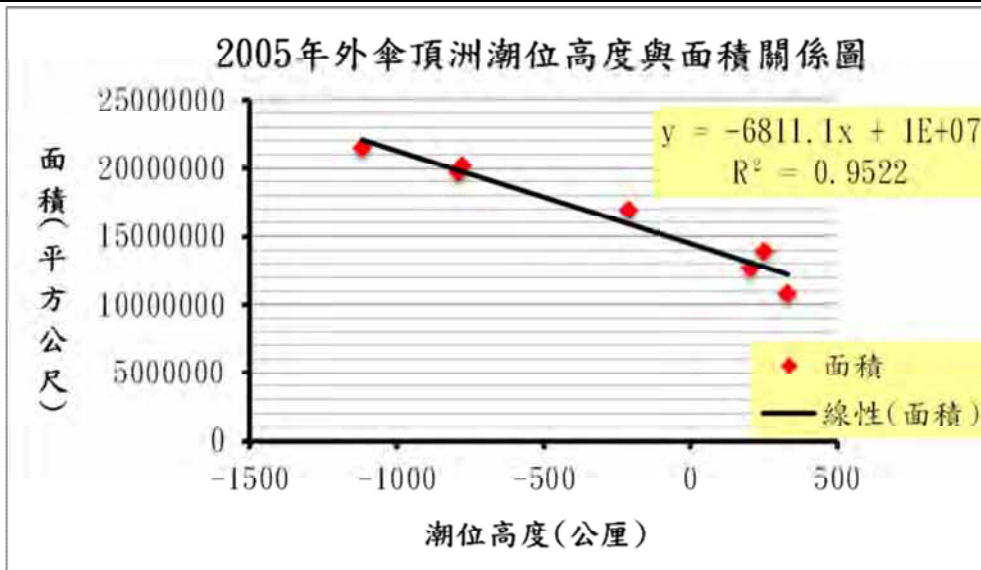
日期 (西元)	農曆日期	10:30 潮位 (公厘)	面積 (平方公尺)
2003 年 7 月 24 日	6 月 25 日	-233	14999316
2003 年 8 月 28 日	8 月 1 日	849.5	5025410.5
2003 年 10 月 2 日	9 月 7 日	-1024	24301756
2003 年 11 月 6 日	10 月 13 日	230	13037753
2003 年 12 月 11 日	11 月 18 日	-247	14865553



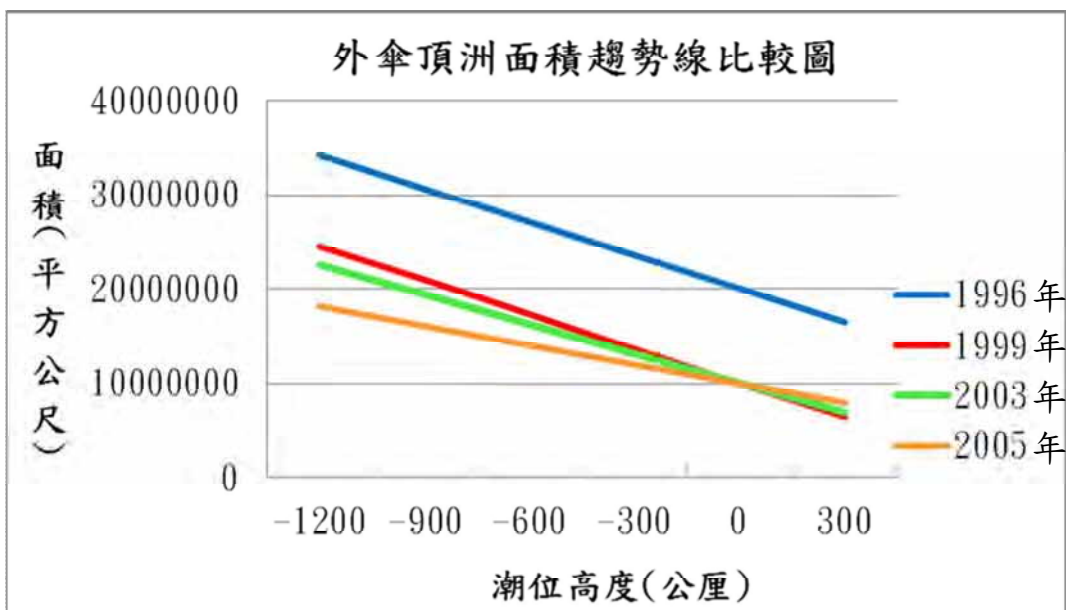
圖二十三、2003年外傘頂洲潮位高度與面積關係圖

表六、外傘頂洲 2005 年各日期潮位高度與面積表

日期 (西元)	農曆日期	10:30 潮位 (公厘)	面積 (平方公尺)
2005 年 2 月 3 日	12 月 25 日	-789	19780422
2005 年 3 月 10 日	2 月 1 日	330	10850835
2005 年 4 月 14 日	3 月 6 日	-208.5	16924970
2005 年 7 月 28 日	6 月 23 日	-779	20175892
2005 年 10 月 6 日	9 月 4 日	250	13889583
2005 年 11 月 10 日	10 月 9 日	-1119	21480454
2005 年 12 月 15 日	11 月 15 日	202	12719339



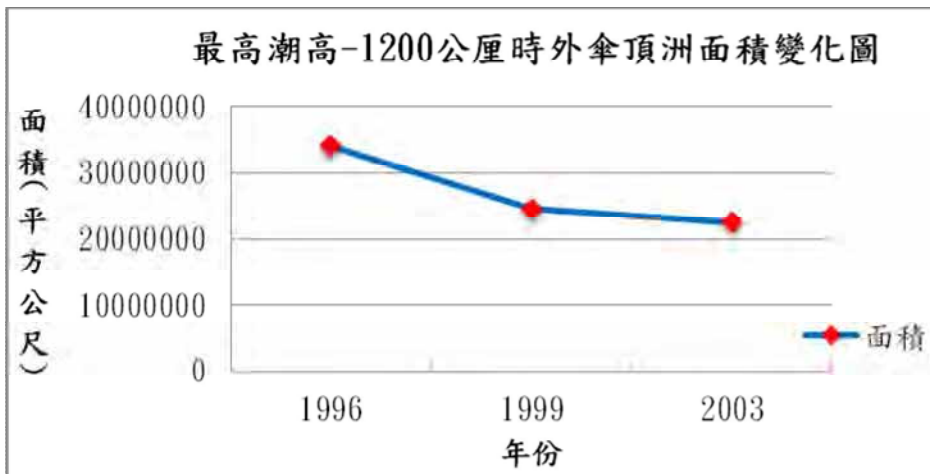
圖二十四、2005 年外傘頂洲潮位高度與面積關係圖



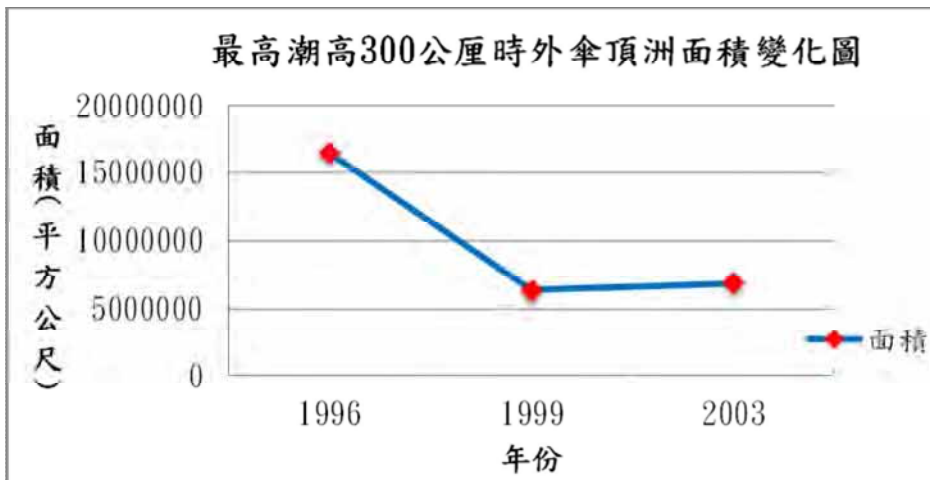
圖二十五、外傘頂洲面積趨勢線比較圖

由圖二十五，我們可以發現 1996 年、1999 年和 2003 年這三個年份的面積趨勢線的斜率大致相同，但是 2005 年的卻與另外三個年份不大一樣，所以我們分開來討論。

1996 年至 1999 年間，外傘頂洲的面積大幅減少，而 1999 年至 2003 年間則沒有太大的變化。



圖二十六、最低潮高-1200 公厘時外傘頂洲面積變化圖



圖二十七、最高潮高 300 公厘時外傘頂洲面積變化圖

表七、外傘頂洲各年份之面積增加率比較表

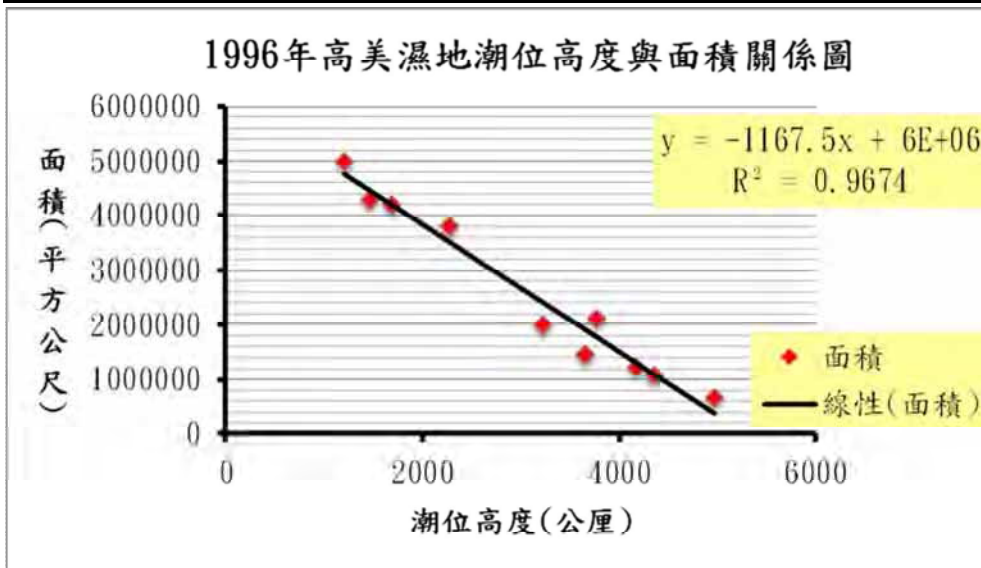
年份	1996	1999	2003
最低潮高-1200 (公厘) 時的面積	34170800	24587200	22500400
最高潮高 300 (公厘) 時的面積	16457300	6353200	6874900
年份	1996-1999		1999-2003
潮高-1200 公厘時增加的面積(平方公尺)	-9583600		-2086800
潮高-1200 公厘時每年平均面積增加率	-9.35 %		-2.12 %
潮高 300 公厘時增加的面積(平方公尺)	-10104100		521700
潮高 300 公厘時每年平均面積增加率	-20.47 %		2.05 %
平均面積增加率範圍	-9.35% ~ -20.47%		-2.12% ~ 2.05%

1996 年至 1999 年間，外傘頂洲的面積大幅減少，約減少 9 到 20 個百分比，而 1999 年至 2003 年間，外傘頂洲的面積變化不大。

四、 因為我們想知道高美濕地長期逐年變化，所以我們將所有衛星影像做長期的分析，我們假設在短期內，高美濕地的面積並無顯著變化，其面積的增減應是潮位不同所致。所以我們利用中央氣象局的潮汐資料進行潮位的修正，並探討其面積長期的變化情形。以下是我們高美濕地的面積修正結果：

表八、高美溼地 1996 年各日期潮位高度與面積表

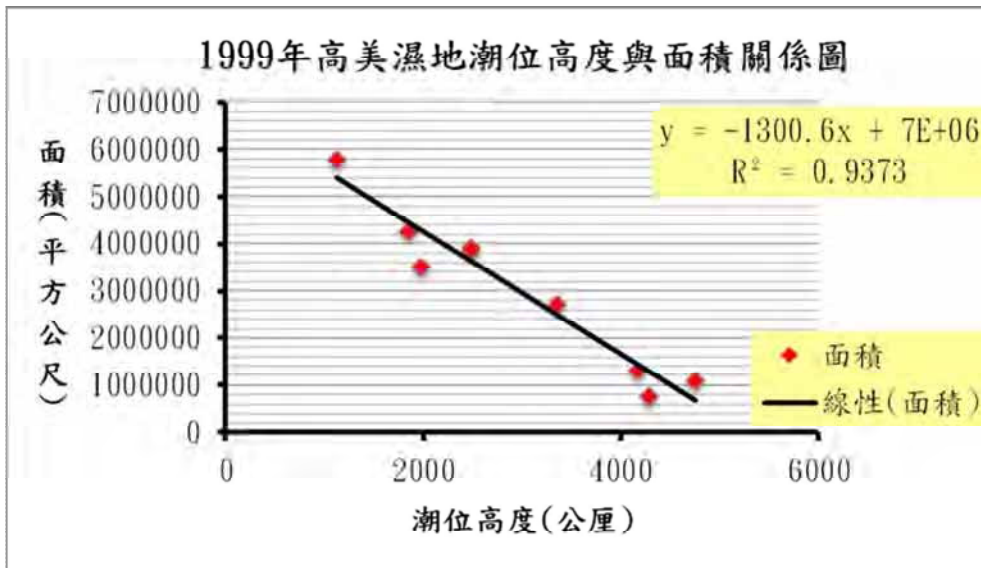
日期 (西元)	農曆日期	10:30 潮位 (公厘)	面積 (平方公尺)
1996 年 1 月 31 日	12 月 12 日	3769	2124772
1996 年 2 月 1 日	12 月 13 日	4353	1087175
1996 年 3 月 6 日	1 月 17 日	3646	1467837
1996 年 3 月 7 日	1 月 18 日	3226	2004041
1996 年 4 月 10 日	2 月 23 日	1467	4301430
1996 年 4 月 11 日	2 月 24 日	1691	4199705
1996 年 5 月 15 日	3 月 28 日	4973	658117.4
1996 年 6 月 20 日	5 月 5 日	2277	3789918
1996 年 10 月 3 日	8 月 21 日	1207	4985202
1996 年 12 月 12 日	11 月 2 日	4170	1217249



圖二十八、1996 年高美濕地潮位高度與面積關係圖

表九、高美溼地 1999 年各日期潮位高度與面積表

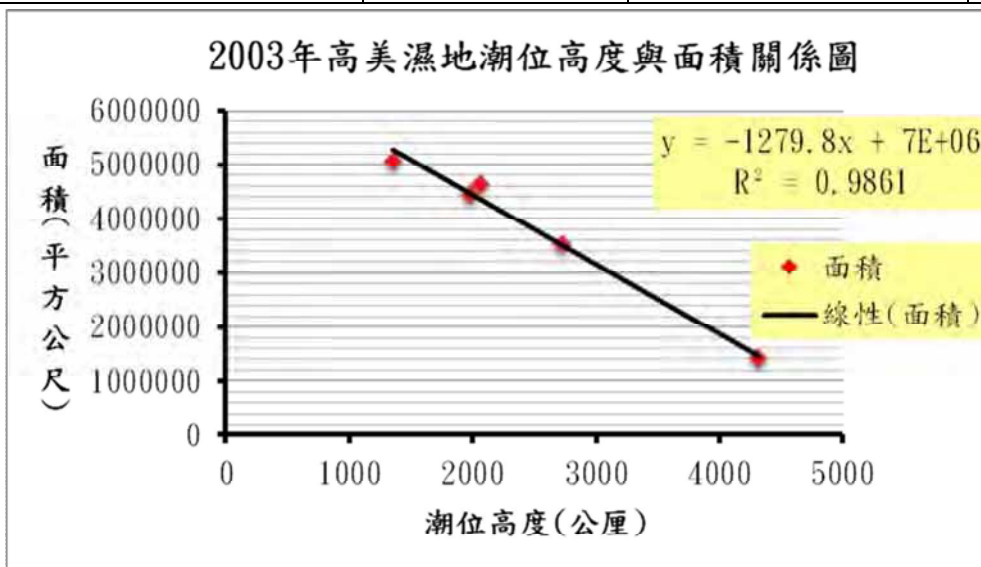
日期 (西元)	農曆日期	10:30 潮位 (公厘)	面積 (平方公尺)
1999 年 1 月 21 日	12 月 5 日	2477	3913696
1999 年 4 月 1 日	2 月 15 日	4282	765126
1999 年 5 月 6 日	3 月 21 日	1845	4265141
1999 年 6 月 10 日	4 月 27 日	3344	2725830
1999 年 7 月 15 日	6 月 3 日	4173	1352010
1999 年 8 月 19 日	7 月 9 日	1121	5774438
1999 年 9 月 23 日	8 月 14 日	4749	1099991
1999 年 10 月 28 日	9 月 20 日	1978	3515880
1999 年 12 月 2 日	10 月 25 日	2480	3894226



圖二十九、1999 年高美濕地潮位高度與面積關係圖

表十、高美溼地 2003 年各日期潮位高度與面積表

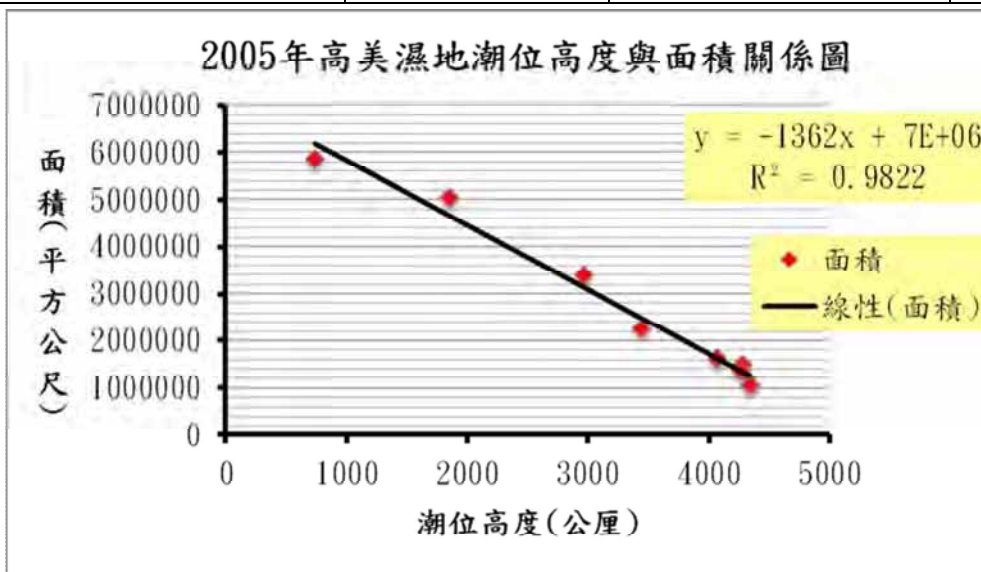
日期(西元)	農曆日期	10:30 潮位(公厘)	面積(平方公尺)
2003 年 4 月 10 日	3 月 9 日	1982	4452630
2003 年 7 月 24 日	6 月 25 日	2062	4630269
2003 年 10 月 2 日	9 月 7 日	1354	5064859
2003 年 11 月 6 日	10 月 13 日	4312	1414042
2003 年 12 月 11 日	11 月 18 日	2727	3521740



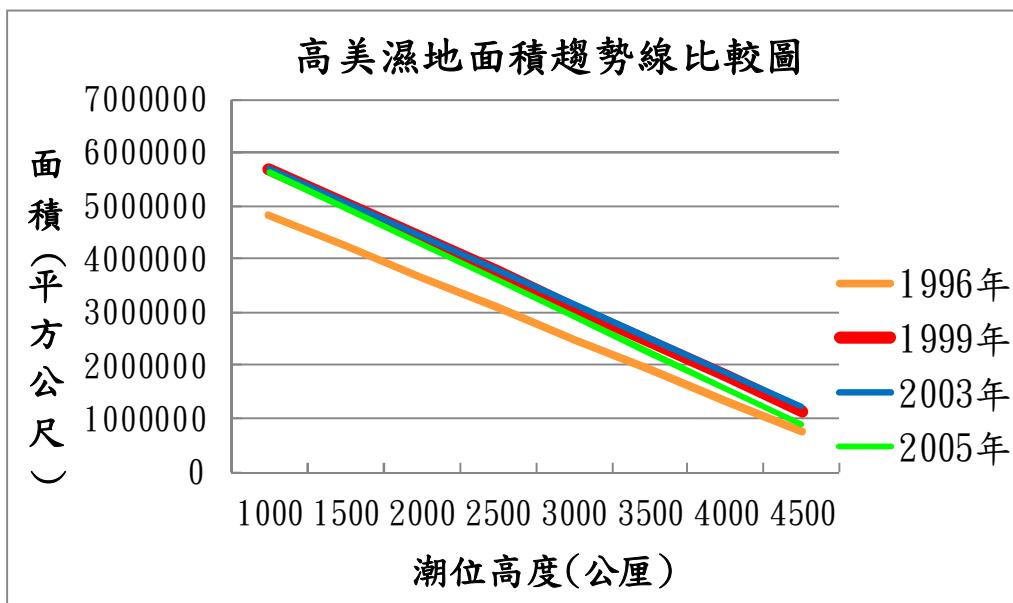
圖三十、2003 年高美濕地潮位高度與面積關係圖

表十一、高美溼地 2005 年各日期潮位高度與面積表

日期(西元)	農曆日期	10:30 潮位(公厘)	面積(平方公尺)
2005 年 3 月 10 日	2 月 1 日	4282	1497072
2005 年 4 月 14 日	3 月 6 日	1848.5	5049044
2005 年 5 月 19 日	4 月 12 日	2967.5	3386335
2005 年 6 月 23 日	5 月 17 日	4269	1355072
2005 年 7 月 28 日	6 月 23 日	742	5872148
2005 年 9 月 1 日	7 月 28 日	4344.5	1051086
2005 年 10 月 6 日	9 月 4 日	3443.5	2267056
2005 年 11 月 10 日	10 月 9 日	919	6598265
2005 年 12 月 15 日	11 月 15 日	4073.5	1629701

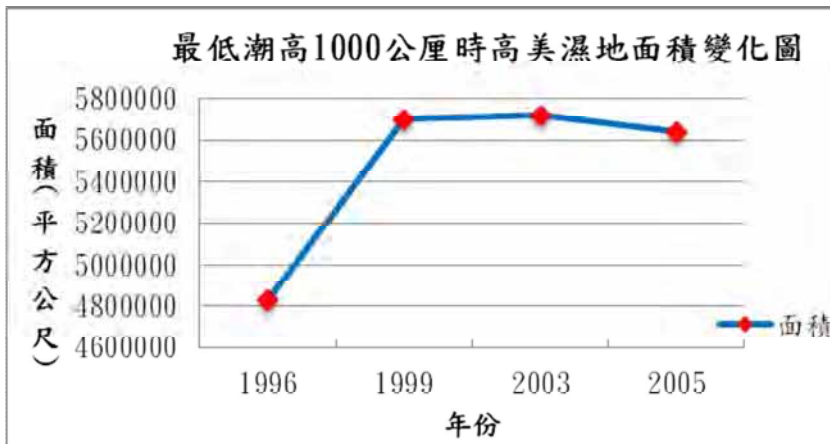


圖三十一、2005 年高美濕地潮位高度與面積關係圖

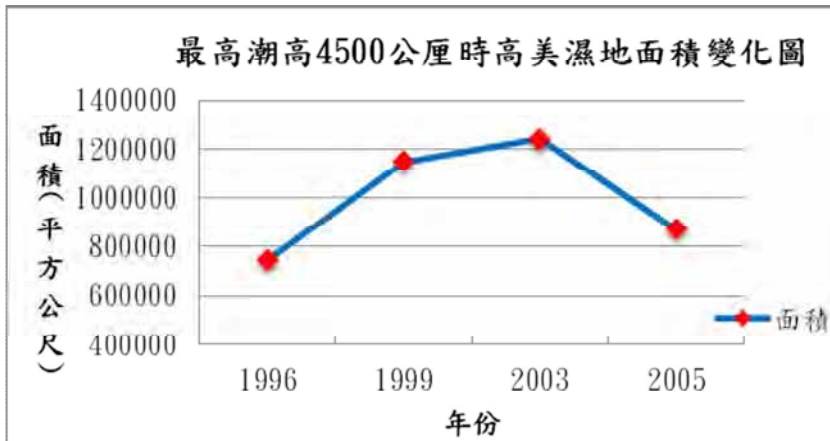


圖三十二、高美濕地面積趨勢線比較圖

1996 年至 1999 年間，高美濕地的面積大幅增加；1999 年至 2003 年間，高美濕地的面積變化不大；而 2003 年至 2005 年間，高美濕地的面積有些微地減少。



圖三十三、最低潮高 1000 公厘時高美濕地面積變化圖



圖三十四、最高潮高 4500 公厘時高美濕地面積變化圖

表十二、高美溼地各年份之面積增加率比較表

年份	1996	1999	2003	2005
最低潮高 1000 (公厘) 時的面積	4832500	5699400	5720200	5638000
最高潮高 4500 (公厘) 時的面積	746250	1147300	1240900	871100
年份	1996-1999	1999-2003	2003-2005	
潮高 1000 公厘時增加的面積 (平方公尺)	866900	20800	-82200	
潮高 1000 公厘時每年平均面積增加率	5.98 %	0.09 %	-0.72 %	
潮高 4500 公厘時增加的面積 (平方公尺)	401050	93600	-1153800	
潮高 4500 公厘時每年平均面積增加率	17.91 %	2.04 %	-46.50 %	
平均面積增加率範圍	5.98% ~ 17.91%	0.09% ~ 2.04%	-0.72% ~ -46.50%	

由表十二我們可以發現，1996年至1999年間，高美濕地的面積增加，大約增加6到18個百分比；而1999年至2003年間，高美濕地的面積些微增加，約增加0.1至2個百分比；至於2003年至2005年間，高美濕地的面積減少。

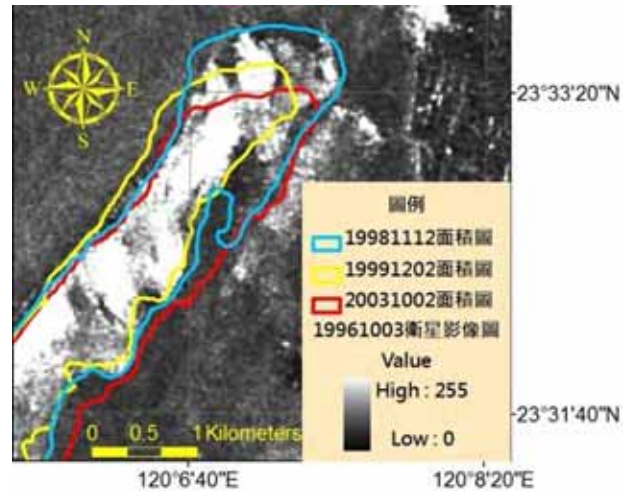
柒、 討論

一、 潮位相近時，外傘頂洲的面積變化與其移動的方向、距離及速率

我們將所有衛星影像做初步篩選，找出潮位高度相近的衛星影像進行分析與討論，在外傘頂洲的部分，我們找到了兩組潮高相近的圖片，分析此兩組衛星影像後，我們發現外傘頂洲自 1999 年至 2005 年間，有三個面積變化較大的區域：

(一) 外傘頂洲北端

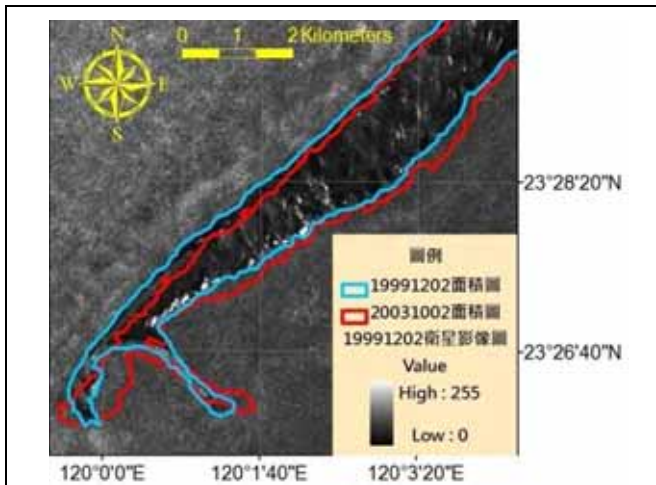
外傘頂洲的北端在 1996 年至 1998 年與 2003 年至 2005 年間皆無明顯變化。但是在 1998 年至 1999 年間，其面積明顯減少，至於 1999 年至 2003 年間則是向台灣本島靠近。



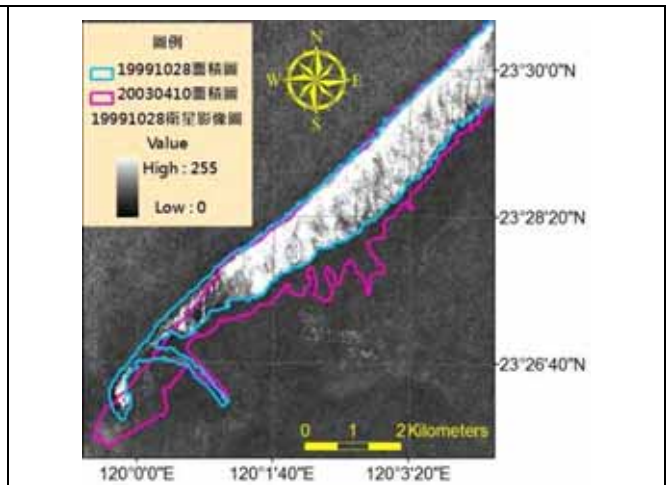
圖三十五、外傘頂洲北端面積變化圖

(二) 外傘頂洲尾部

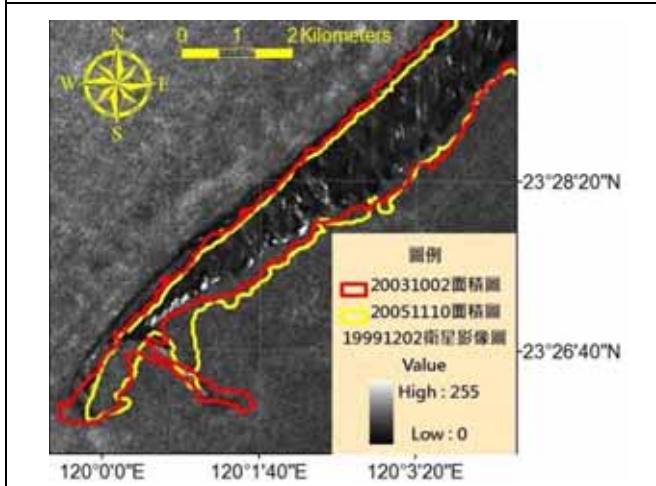
表十三、外傘頂洲尾部面積變化圖統整表



圖三十六、第一組 1999、2003 年外傘頂洲尾部變化圖



圖三十七、第二組 1999、2003 年外傘頂洲尾部變化圖



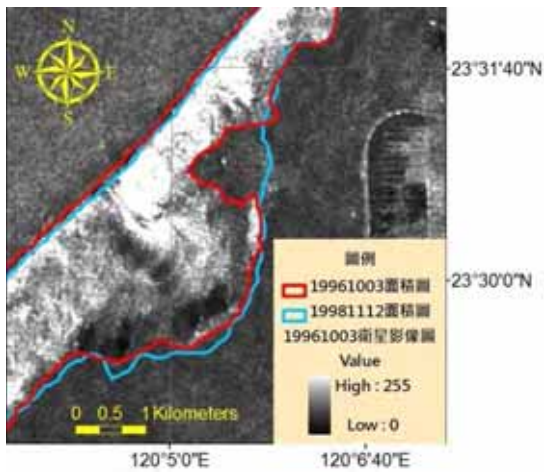
圖三十八、外傘頂洲 2003、2005 年尾部面積變化圖

外傘頂洲的尾部在 1996 至 1999 年間變化不大；而 1999 年至 2003 年間，我們由兩組衛星影像圖皆可發現其尾部向台灣本島靠近且面積增加，我們推測應為外傘頂洲東側海流速率增快而西側海流速率減慢所致。

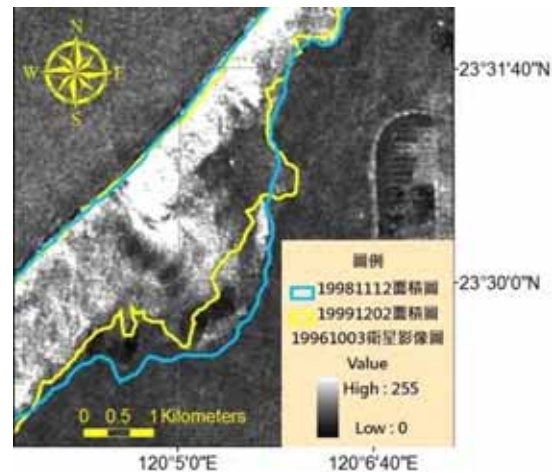
至於 2003 年至 2005 年間，外傘頂洲尾部的面積無明顯變化，但是其泥沙堆積位置有些許的不同。

(三) 外傘頂洲西側中段

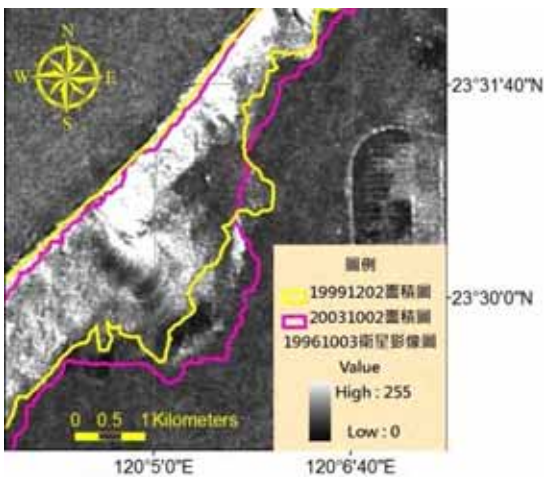
表十四、外傘頂洲西側中段面積變化圖統整表



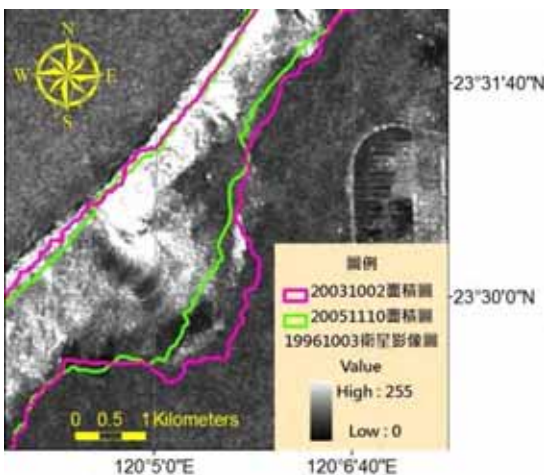
圖三十九、1996、1998 年外傘頂洲西側中段變化圖



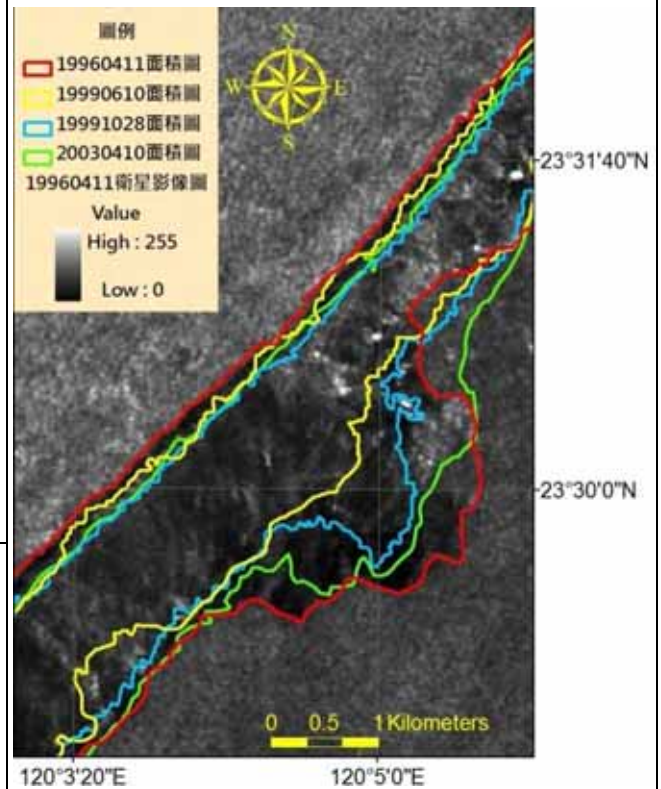
圖四十、1998、1999 年外傘頂洲西側中段面積變化圖



圖四十一、1999、2003 年外傘頂洲西側中段變化圖



圖四十二、2003、2005 年外傘頂洲西側中段變化圖



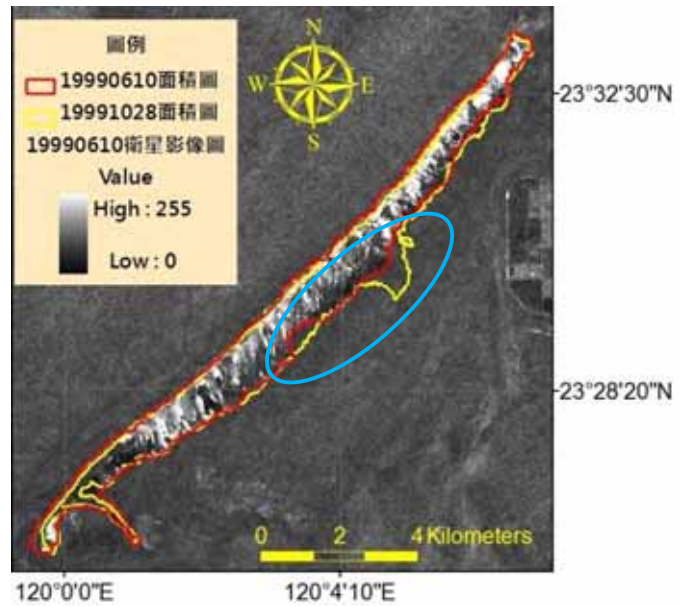
圖四十三、第二組外傘頂洲西側中段面積變化圖

由兩組衛星影像圖我們皆可發現：外傘頂洲的西側中段面積在 1996 年至 1998 年間有些微增加；1998 年至 1999 年間則是大幅減少。至於 1999 年至 2005 年間，外傘頂洲西側中段的面積皆增加，我們推測應為濁水溪挾帶大量泥沙入海堆積所致。

另外，我們也獨立分析九二一地震前後的變化，我們發現外傘頂洲西側中段的面積增加(圈)。我們推測應為九二一地震時崩塌的土石經雨水沖刷後，經河流挾帶入海堆積所致。

至於外傘頂洲移動的速率方面，我們發現 1996 年至 1998 年間與 1999 年至 2005 年間，其移動速率變化不大，大約每個月移動 6 至 8 公尺。唯有 1998 年至 1999 年間，移動速率較快，約為每個月 22 公尺。

比較特別的是：我們發現在 1999 年 6 月至 1999 年 11 月間(九二一地震前後)，外傘頂洲的移動速率約為 95 公尺 / 月，非常地快，所以我們推測此現象應和九二一地震有關。

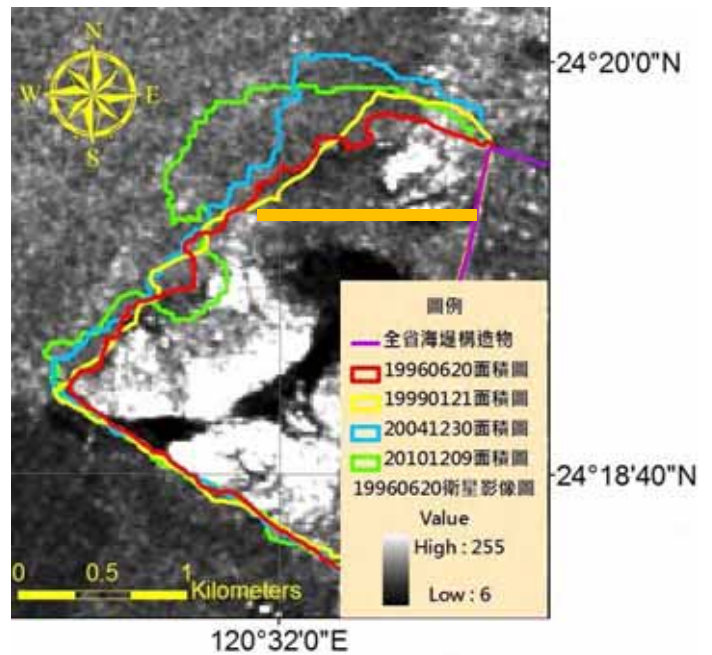


圖四十三、1999 年 6 月與 1999 年十月外傘頂洲疊合圖

二、 潮位相近時，高美溼地面積和海岸線的逐年變化

(一) 高美溼地海岸線局部推移情形

由圖四十四我們可以發現，高美濕地的海岸線在 1996 年至 1999 年間無明變化。而 1999 年至 2004 年間番仔寮海堤北側(橘色方塊)的海岸線大幅向外推移。至於 2004 年至 2010 年間，我們可以看到番仔寮海堤北側的海岸線明顯向外推移，但是其南側的海岸線則往內移動，由此可知興建番仔寮海堤所造成的突堤效應對高美濕地的海岸線變化影響極大。



圖四十四、高美溼地海岸線變化圖

(二) 高美濕地面積變化情形

1996 年至 2010 年間，高美濕地的面積大約增加 0.7 平方公里。因為高美濕地位於台中港的北側，所以我們推測其面積增加應為興建台中港所造成的突堤效應(堤前堆積)所致。

三、修正面積－外傘頂洲

利用衛星影像繪製外傘頂洲的面積圖並計算出面積與找到潮位高度後，我們將所得到的潮位高度與面積關係圖做分析（第 14 頁，圖二十五、外傘頂洲面積趨勢線比較圖），可以發現 1996 年、1999 年與 2003 年的潮位和面積變化大致相同（面積趨勢線斜率大致相同），只有 2005 年較不一樣，所以我們分析 1996 年至 2003 年外傘頂洲的面積變化。

由於我們想更進一步知道外傘頂洲面積逐年變化率的範圍，所以我們分別計算其面積在最低潮高（-1.2 公尺）和最高潮高（2 公尺）時面積的逐年變化率，而我們發現：外傘頂洲的面積在 1996 年至 1999 年之間大幅減少，大約每年減少 9 到 20 個百分比；而 1999 年至 2003 年間，外傘頂洲的面積則幾乎沒有變化。

至於 2005 年的面積趨勢線的斜率為什麼和其他年份不同，我們推測應為外傘頂洲外圍的泥沙堆積地較平緩所致。因為若泥沙堆積地越平緩，則在潮位上升一定的高度下，其被水淹沒的面積越多；而如果泥沙堆積地越傾斜則反之。

四、修正面積－高美濕地

與分析外傘頂洲面積變化的方式相同，我們將所得到的潮位高度與面積關係圖做分析（第 18 頁，圖三十二、高美溼地面積趨勢線比較圖），並計算其面積在最低潮高（1 公尺）和最高潮高（4.5 公尺）時的面積逐年變化率，我們發現：高美濕地的面積在 1996 年至 1999 年之間增加，大約每年增加 6 到 18 個百分比；1999 年至 2003 年間，高美濕地的面積無明顯變化；至於 2003 年至 2005 年間，高美溼地的面積略為減少。整體來說，高美濕地的面積從 1996 年至 2005 年間是增加的，我們推測應為興建台中港所造成的堤前堆積所致。

五、比較

外傘頂洲的面積在 1996 年至 1999 年間大幅減少，高美溼地則是增加，但是 1999 年至 2003 年間，兩地皆無明顯變化，至於 2003 年至 2005 年間，高美溼地的面積些微減少，而外傘頂洲的部分則因面積趨勢線斜率較不一致所以不作討論。

捌、 結論

一、 潮位相近時，外傘頂洲的面積變化與其移動情形

(一) 外傘頂洲北端的面積變化情形

外傘頂洲的北端在 1996 年至 1998 年與 2003 年至 2005 年間皆無明顯變化。但是在 1998 年至 1999 年間，其面積明顯減少，至於 1999 年至 2003 年間則是向台灣本島靠近。

(二) 外傘頂洲尾部變化情形

外傘頂洲的尾部在 1996 至 1999 年間變化不大；而 1999 年至 2003 年間，我們發現其尾部向台灣本島靠近且面積增加，推測應為外傘頂洲東側海流速率增快而西側海流速率減慢所致。至於 2003 年至 2005 年間，外傘頂洲尾部的面積無明顯變化，但是其泥沙堆積位置有些許的不同。

(三) 外傘頂洲西側中段的面積變化

外傘頂洲的西側中段面積在 1996 年至 1998 年間有些微增加；1998 年至 1999 年間則是大幅減少。至於 1999 年至 2005 年間，外傘頂洲西側中段的面積皆增加，我們推測應為濁水溪挾帶大量泥沙入海堆積所致。

(四) 外傘頂洲的移動速率

外傘頂洲的移動速率在 1996 年至 1998 年間與 1999 年至 2005 年間，其移動速率變化不大，大約每個月移動 6 至 8 公尺。唯有 1998 年至 1999 年間，移動速率較快，約每個月 22 公尺。

(五) 九二一地震對外傘頂洲的影響

我們發現在 1999 年 6 月至 1999 年 11 月間（九二一地震前後），外傘頂洲西側中段的面積增加，我們推測應為九二一地震時崩塌的土石經雨水沖刷後，經河流挾帶入海堆積所致。另外，在移動速率方面，我們也發現外傘頂洲的移動速率在 1999 年 6 月至 1999 年 11 月間非常地快，約為 95 公尺 / 月，我們推測此現象應和九二一地震有關。

二、 潮位相近時，高美溼地面積和海岸線的逐年變化

(一) 高美濕地海岸線的局部變化

高美濕地的海岸線在 1996 年至 1999 年間無明顯變化。而 1999 年至 2004 年間番仔寮海堤北側（橘色方塊）的海岸線大幅向外推移。至於 2004 年至 2010 年間，我們可以看到番仔寮海堤北側的海岸線仍明顯向外推移，但是其南側的海岸線則往內移動，由此可知興建番仔寮海堤所造成的突堤效應對高美濕地的海岸線變化影響極大。

(二) 高美濕地的面積變化

1996 年至 2010 年間，高美濕地的面積大約增加 0.7 平方公里。由於高美濕地位於台中港的北側，所以我們推測其面積增加應為興建台中港所造成的突堤效應（堤前堆積）所致。

三、 修正面積－外傘頂洲

我們發現 1996 年、1999 年與 2003 年的潮位和面積變化大致相同（面積趨勢線斜率大致相同），只有 2005 年較不一樣，所以我們分析 1996 年至 2003 年外傘頂洲的面積變化。我們發現：外傘頂洲的面積在 1996 年至 1999 年之間大幅減少，大約每年減少 9 到 20 個百分比；而 1999 年至 2003 年間，外傘頂洲的面積則幾乎沒有變化。

至於 2005 年面積趨勢線的斜率的不同，我們推測應為外傘頂洲外圍的泥沙堆積地較平緩所致。

四、 修正面積－高美溼地

我們發現高美濕地的面積在 1996 年至 1999 年之間增加，大約每年增加 6 到 18 個百分比；1999 年至 2003 年間，高美濕地的面積無明顯變化；至於 2003 年至 2005 年間，高美溼地的面積略為減少。整體來說，高美濕地的面積從 1996 年至 2005 年間是增加的，我們推測應為興建台中港所造成的堤前堆積所致。

玖、 未來展望

在本次研究中所討論的方向為外傘頂洲與高美濕地長期的面積變化情形，所以我們希望以後可以針對颱風或地震影響前後，分析其短時間內的變化。另外，我們也希望可以找到國外適合我們做類似研究的區域，找出與本研所得到的結果有什麼值得一起探討的地方。

拾、 參考資料

一、 網路資源

【摘要及資料庫資料】

張憲國、陳蔚璋（民國 94 年 12 月）。以衛星影像探討外傘頂洲的海灘變遷。取自：

<http://enc.ihmt.gov.tw/TSOE/downloads/thesis/2005D1.pdf>

【單篇文章，無作者】

遙感探測介紹。取自：<http://iadc.geo.ntnu.edu.tw/rs/rs.asp>

【公告事項】

行政院農業委員會水土保持局（民國 95 年）。遙感探測技術的演進。取自：

http://uav.swcb.gov.tw/telemeter01_develop.htm

【評語】 040503

利用衛星影像分析海上沙洲與近海濕地的變遷，是一很有實用價值的研究題目，學生思路清晰，表達流暢。唯變遷原因的推論過於主觀，應另外尋找有力的證據來推論。研究變遷期間的颱風與豪雨的天氣變化情況應該調查，以為變遷推論之參考。請注意台灣西岸潮位與外傘頂洲的潮位會不相等。使用歐洲資源衛星影像做環境變遷研究有創意，面積估計易有人為誤差，但展現離島沙洲、海岸地景隨時間的變化，是重要且實用的課題，鄉土性強。需考慮海流及海平面上升的影響。