

多時影像與 DEM 資料應用於頭前溪口變遷分析

Change Analysis of the Estuary of Tou-Chien River Using Multi-temporal Images and DEM Data

蕭國鑫¹ 劉進金² 何心瑜³ 楊孟學⁴
Kuo-Hsin Hsiao Jin-King Liu Hsin-Yu Ho Mon-Shieh Yang

摘要

本研究利用多時期光學影像、航測數值高程模型 (DEM) 及空載光達資料，經疊合分析後探討頭前溪口附近的地形變遷。其中光學影像均經過幾何校正，藉由影像判釋及疊合分析，以推估河口區的地形變化；航測 DEM 與光達資料均以 TWD97 坐標為基準，網格化後直接比對高程差異，而每隔 50 公尺亦藉由垂直河川剖面，比對分析河道細微的高程變化。初步結果顯示，2000 年以前頭前溪口河道寬度變化不大，但新竹漁港南防波堤以南的地形，於港口興建初期有明顯侵蝕現象，2000 年以後則有緩慢堆積情形，而漁港北防波堤北側河口處則一直處於堆積狀況；另由 2003 年與 2005 年兩個時期的 DEM 資料疊合比對，顯示漁港北防波堤北側的頭前溪河口附近地形，因堤防的興建而有堆積情形發生，且緊鄰河口北側地形有往外海及往北逐漸堆積趨勢；而比對靠近河口段每間隔 50 公尺之剖面高程，顯示頭前溪河口處的沙洲北端平均堆積高程在 0~2 公尺之間，沙洲東南端則有侵蝕現象，且沙洲南端西側的河道有堆積情形，使得河道有變窄的趨勢。

關鍵字：遙測、變遷分析、數值高程模型

ABSTRACT

The morphological change within estuary of Tou-Chien River in northern Taiwan for the last 25 years is analyzed by using multi-temporal SPOT and Landsat TM images, photogrammetric DEM and LiDAR DEM. Multi-temporal SPOT images are rectified, registered, and classified for obtaining the land-cover changes in a time series. DEMs obtained by both photogrammetry and airborne LiDAR are used for observing topographical changes. DEMs at different times can be compared to estimate the elevation change. In addition, cross-sections are made every 50 meters for observing detailed change of river profiles. Results show that before 2000, the width of the estuary of Tou-Chien River is relatively stable whereas after the construction of Nan-Liao Fishery Harbor, the southern part of the southern breakwater was subjected to obvious erosion. After 2000, slow depositional process took place. The north side of the estuary of northern breakwater was

¹ 工研院能環所 研究員 hks@itri.org.tw

² 工研院能環所 正研究員

³ 工研院能環所 副研究員

⁴ 成功大學地球科學研究所 博士生

obvious in deposition. The comparison of the 2003 DEM and 2005 DEM shows that the topography of the north side of the north breakwater became depositional after the construction of Nan-Liao Fishery Harbor. And, the topography expanded outwards. The 50 meters interval profiles of the estuary show that the north side of the estuary sand-bars has deposits of 0~2m whereas southeast side of the sand-bar was subjected to erosion and the western channel to the south side of the sand-bar was depositional and the width of the channel became narrower.

Keywords: Remote Sensing, Change Detection, DEM

一、前言

近年來因河川治理與水土保持發揮成效，使得集水區內隨著河川逕流入海的沙源減少，加以海洋波浪的侵蝕與海岸流的搬運，導致沿海地區的海岸平衡發生改變。而新竹地區的工業發展與熱絡的經濟脈動，大量的土地被開發與利用，在陸上的土地資源開發幾近飽和時，建物興建會逐漸往濱海地區發展，使得海埔地或海岸地區的開發潛力逐漸提昇；如頭前溪口附近的新竹與海山漁港、南寮與浸水垃圾掩埋場、西濱快速道路及相關海埔地的濕地、遊憩利用開發…等(吳哲榮、吳啟南，2003)。而各項的硬體措施除了影響當地的景觀外，各種工程的建設與堤防興建，亦將改變海流狀況，促使河口地區的沙源補充與侵蝕受到衝擊，相對地亦會因堤防的興建，促使河口地區地形受到改變。

傳統之現場測量河口地形，時間效益相對較差且經濟成本較高，而遙測資料則忠實地記錄了攝像當時的地表狀況；故結合多時遙測影像重複攝像特點，可持續針對特定區域進行影像資料的分析與比對，再評估海岸地區之水線(海水與陸地的交界線)或地形變遷情形。如吳啟南、等(1991, 1998, 1999)結合歷史航照與多時衛星影像，以觀測台灣西海岸的地形變遷；陳良健(1995)利用相距短時期拍攝的多時衛星影像，

對不同潮位之影像進行灘地追蹤外，並進行水線的變遷偵測；Garonno et al. (2003)利用 1992 與 2000 年的 Landsat 衛星影像，以監督式及非監督式法進行影像分類後，再依分類結果比較河口地區的地形變化；陳添水(2003)結合四個時期的 SPOT 影像，採用分類後比較法進行濁水溪口附近的定量變遷分析；王秀雯、等(2007)結合光學影像、水深與潮位站測高資料，透過雷達影像的萃取，除獲取水線資料外，亦有效偵測出大範圍海岸的長期變遷情形；蕭國鑫、等(2007)利用多時衛星影像分析外傘頂洲近 35 年的變化與飄移趨勢，另亦結合空載光達資料，量化分析海平面高程 0 公尺以上沙洲近三年的分布與變遷趨勢；de Franca et al. (2004)曾利用 1969 到 1999 年一系列的航照與 Landsat 衛星影像，並結合地理資訊系統，以評估巴西東北海岸地區的土地利用與變遷趨勢；Ojeda et al. (2005)亦利用 1977 到 1999 年的航照與 DEM 資料，成功地評估西班牙南部多那那(Doñana)國家公園內的沙丘(dune)分布，並探討面積與體積變化及變遷情形；Noaje (2008)利用 Landsat 2 MSS, Landsat TM 系列與 SPOT 2 HRV 資料，藉由疊合幾何校正後的影像，探討河口三角洲(delta)與海岸地區的變遷情形，並量化面積的變化。

鑒於遙測多時影像的疊合分析，可快速獲知海岸地區的變遷資訊，因此，

乃蒐集自 1984 年的 Landsat TM 影像至 2007 年的 SPOT 資料，藉由時間序列之影像資料，分析頭前溪口周圍近二十餘年的地形變化。另空載光達 (Light Detection and Ranging; LiDAR) 系統可在短時間內獲取相對高精度與高解析之地形資料，經過萃取實際地表高程後，再與航測 DEM 資料進行疊合分析，除可了解地形的變化趨勢外，亦可計算出河口區的面積與體積變化 (Hsiao, et al., 2008)；所以亦結合航測 DEM 資料與空載光達資訊，探討頭前溪口附近沙洲地形的變遷趨勢。

二、研究區範圍與光學影像

2.1 研究區範圍

河川輸沙量的多寡為影響河口及海

岸地區侵蝕堆積的重要因子之一。新竹漁港附近的地形，主要受到頭前溪與鳳山溪流域所挾帶之輸沙量的影響(如圖 1)，加上沿岸流的南北搬運，使得海岸地區的堆積與侵蝕相互消長，並逐漸向外海擴充或往內陸侵蝕；如郭金棟等(1995)之研究，即說明新竹地區漂沙優勢方向為由北向南；吳啟南等(1991，1998)利用衛星資料之研究，亦證實新竹地區於 1990 到 2000 年間，新竹漁港南側海岸以侵蝕為主，且漁港防波堤北側則有堆積現象。本研究即利用多時期的衛星資料，藉由影像幾何校正後的疊合分析，探討頭前溪口附近(包括漁港外圍)的地形變遷。

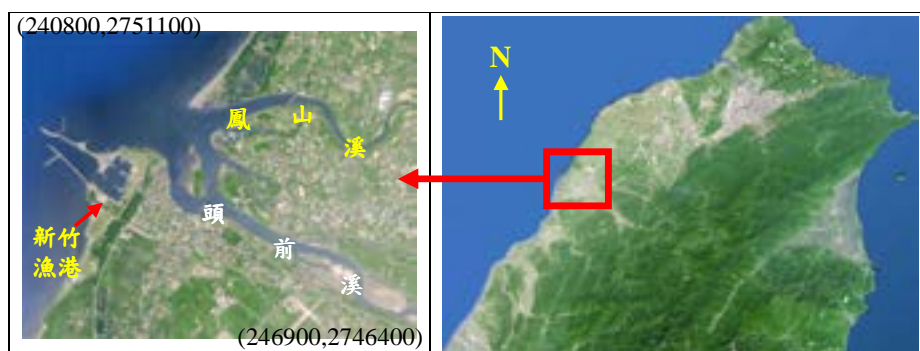


圖 1、頭前溪河口位置圖

2.2 光學衛星影像

研究中蒐集 9 幅雲蓋量低於 5%、且相隔兩個颱風期以上的好品質影像進行分析，包括 Landsat TM 與 SPOT 系列的資料(如圖 2 及表 1 所示)；其中 Landsat

TM 影像的空間解像力為 30 公尺，SPOT 1-4 多光譜三個波段空間解像力為 20 公尺，SPOT-5 的多光譜波段空間解像力為 10 公尺。

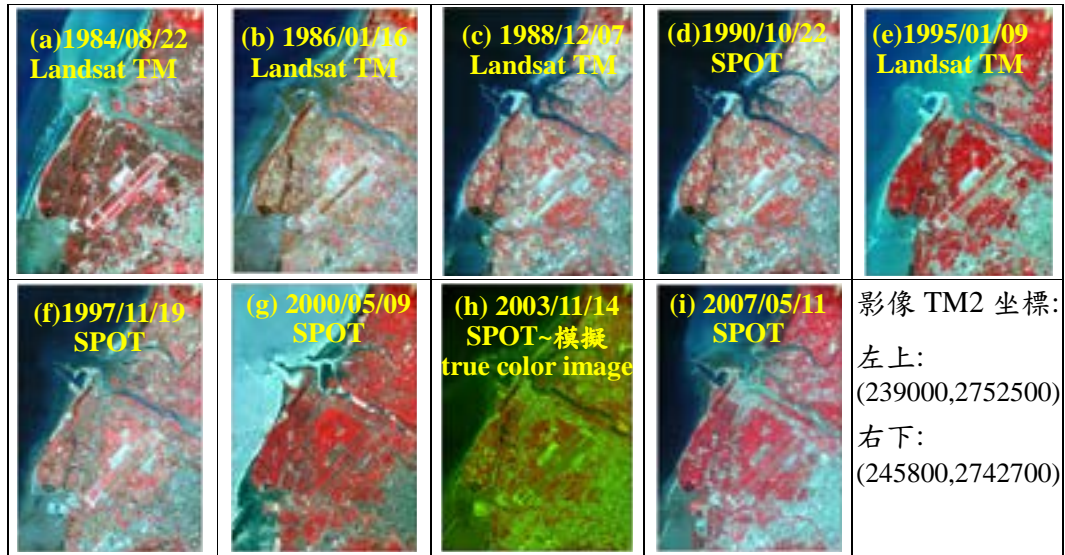


圖 2、頭前溪口附近光學衛星影像

表 1、多時衛星影像獲取時間及新竹南寮地區潮位資料

編號	衛星種類	攝像日期	攝像時間	潮位
1	Landsat-5 TM	1984/08/22	10:00	
2	Landsat-5 TM	1986/01/16	10:00	
3	Landsat-5 TM	1988/12/07	10:00	
4	SPOT-1	1990/10/16	10:45	
5	Landsat-5 TM	1995/01/09	10:00	10:00 -1220mm
6	SPOT-2	1997/11/19	10:45	10:48 -460mm, 10:42 -560mm
7	SPOT-2	2000/05/09	10:45	10:48 -504mm, 10:42 -550mm
8	SPOT-4	2003/11/14	10:45	10:48 27mm, 10:42 -67mm
9	SPOT-5	2007/05/11	10:45	10:48 -883mm, 10:42 -838mm

(註:新竹南寮潮位站自 1992 開始有觀測資料；資料來源:中央氣象局)

2.3 潮位資料

多時衛星影像偵測海岸的地形變化，需同時考慮沿海岸方向與垂直海岸方向的潮位資料；如量測的海岸線距離較長，且有兩個或以上的潮位測站，則可先取得相同測量基準點的潮位資料，選擇近於相同潮位的影像先偵測出水線，再結合多組不同潮位資料，利用連結不規則三角網方式，內插不同高度的水線資料；而應用此兩個不同時期所得的相同高度水線加以比較，可約略得知

海岸線的變化情形，但此種處理方式會有誤差產生，並會因地形的坡度越小而有越大的誤差產生(陳哲俊、等，2002)。由於研究範圍在頭前溪口南北側各約 5 公里，且與南寮潮位站接近，所以平行於海岸方向的潮位乃假設接近，故沒有上述問題。

另探討垂直於海岸方向的地形變遷，因為每幅影像獲取時的潮位高有差異，所以可利用 (1)直接蒐集潮位接近的多時期影像進行疊合分析 (吳啟

南、等，1999) (2)若不容易取得潮位接近的影像，則可將不同潮位獲取影像所研判的水線邊界，校正到相同的潮位基準上進行疊合分析；方法為 (a)先參考中央氣象局潮汐資料觀測年報中，各個潮位站的最高與最低潮位的時間與潮差資料(中央氣象局，2006)，如新竹漁港附近設定高程自海拔 -2.0 公尺 ~ 2.0 公尺範圍為初級潮埔地範圍；(b)利用可蒐集到潮埔地的地形資料(研究中採用 2005 年的空載光達掃描資料)，套疊相同坐標系統的正射影像，數化堤防線後，將(a)設定初級潮埔地範圍中的堤防內土地設定為不變區，以避免誤將堤防保護區內低於 2 公尺的地區仍進行變遷偵測；(c)利用非監督式分類法進行水體與非水體區影像分類，再結合正射影像與分類影像於螢幕上數化水線範圍；(d)利用影像獲取時間對應漲退潮時期最高與最低潮位的時間差，將各個不同時期影像判釋的水線邊界，轉換到等潮位區水線，以利於視為相同潮位水線邊界的比較；如較低潮位影像研判之水線要與較高潮位影像判釋水線比較，則將此幅影像研判水線邊界後，計算水線邊界到如(b)所設定之最高潮位時海拔高 2 公尺高度的距離，其次統計每幅影像獲取時間到最高潮位的時間差，再將此距離隨著時間差予以均等分，然後再依據需要比較的潮位，依時間差與距離的對應關係進行平移(若有堤防保護，當漲潮時水線修正越過堤防的地區，均設定到堤防為止)；同理，若需要與較低潮位獲取

的影像比較，亦先計算判釋水線到最低潮位時的距離，再利用上述方法依時間差對應距離關係平移水線邊界。

研究中利用空載光達回波資訊製作的 DEM 資料，經過(b)過程萃取初級潮埔地範圍與去除堤防保護區內之土地後，隨機以 1997 年的潮位高為基準，結合上述之(c)(d)過程，將各個時期影像研判的水線邊界，沿垂直水線方向逐點平移到與 1997 年攝像時間相同的潮位上，如圖 3 所示即為將低潮位影像研判水線後修正到較高潮位水線示意圖。其中多時影像獲取時之南寮潮位站資料如表 1 所示，因為自 1992 年開始，南寮潮位站才有潮位觀測資料，故表 1 之 1990 年以前影像疊合分析結果，僅提供定性的比對參考。

精準的潮位線修正應以最接近影像獲取時期的 DEM 為基準，再藉由潮位資料將影像辨識的水線邊界進行平移；否則潮埔地區會因海流的侵淤作用，或因颱風效應，導致地形產生改變，進而影響平移水線的準確性。但台灣地區要有潮埔地的 DEM 資料已屬不易，更遑論有高頻率且接近影像獲取時期的 DEM 資料提供校正；因此，研究中乃單以 2005 年空載光達掃描並產製的高程資料為基準，並假設潮埔地的地形坡度平緩，且變化不大(實際上每年均有變化)；因此，往後若要有較精確的影像判釋水線修正資料，則提供校正的 DEM 資料獲取頻率應增加，且選取的影像與 DEM 獲取時間越接近越好。

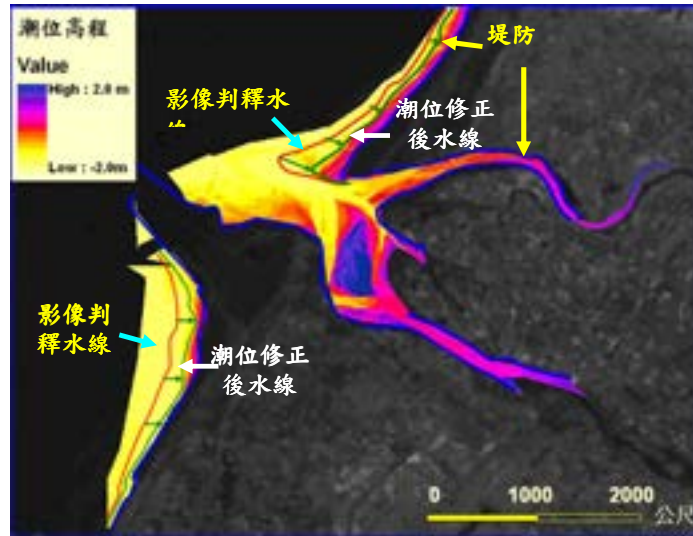


圖 3、低潮位影像研判水線後修正到較高潮位水線示意圖

三、DEM 資料

空載光達利用高頻率脈衝雷射掃描，以獲取公分~公分級的三維坐標數據，可以協助傳統測量技術之難以在短時間內對沙洲施測的困擾。由於陸地上的光達雷射掃描系統主動發射近紅外光（波長：1064 nm），逢水體地區則光束被水體吸收而無反射資料，但陸地則有回波資訊；所以可配合同時獲取的高程回波資訊及近紅外反射強度（intensity）影像（網格化後的反射強度影像大小（pixel*line）：5440*4080），以協助研判水體與陸地的邊界（徐偉城、等，2005）。如在平緩的海岸或潮間帶地區，由於波浪效應及淺水區仍具有無法確定的反射資料，且部份水域之水體相當混濁，所以在判斷水陸分離時，初步設定無光達回波反射區為水陸邊界外，亦透過近紅外影像的輔助，以提高水陸分界辨識精度。

傳統河道剖面量測需要花費相對較多的時間在外業測量上，對於河川行水區的測量更是困難，故施行河口或海岸

地區的地形測量，可結合航照或空載光達資料進行資料獲取；但航照於水體區無法穿透，空載光達的近紅外光在水體區被水體吸收或全反射，故難以獲取水流區的高程資訊；因此，進行上述資料獲取時，可選擇河川水流較少時刻或是最低潮位時進行，以得到相對最多的地表資訊，並避免過多的回波資料漏失。如照片 1 為空載光達掃描新竹漁港時地面拍攝照片，顯示當時低之潮位情形，而空載光達掃描時間為 2005 年 6 月 6 日下午 17:00~17:15，當時 17:00 之潮位高 -2.09 公尺，18:00 潮位高 -1.80 公尺）。



照片 1、空載光達掃描新竹漁港時地面拍攝照片，顯示當時之低潮位情形

空載光達掃描可同時獲取多重回波資訊，故先將回波資料進行地面點之高程分類，並產出 1 公尺網格大小之 DEM；另 2003 年 5 公尺的航測 DEM 網格資料，利用相反距離權重法內插為 1 公尺網格，以顯示兩個時期的地形分布。

DEM 資料除了顯示地表地形外，多個時期的資料相互疊合，則可比對相同地區的高程差異或計算體積變化。研究中利用 Arc GIS 軟體之 3D Analysis 模組之 contour 功能，先製作 2005 年 6 月與 2003 年 9 月兩個時期的 5 公尺間距等高線，經疊合後再比較 0 公尺等高線的位移情形。另亦將此兩個時期的 DEM 資料套疊後，利用 Terrascan 軟體的 draw section 功能進行剖面高程分析，即於接近河口每隔 50 公尺處，於螢幕上數化需要量測河道剖面，則會於螢幕上

顯示出已數化剖面的高程分布，比較其高度後，就可依高程差異探討河道的沖淤變化，並提供後續之分析與規劃用。如圖 4 為 2005 年 6 月空載光達 DEM 資料，測得低潮位時潮埔地的最低高程到 -2.59 公尺；圖 5 為 2003 年 9 月航測 DEM 資料，其中航測立體對推求時的潮位約為 -0.90 公尺（航照非最低潮位時拍攝）；因此，比較兩者潮埔地的地形變化，在海拔高 -0.90 公尺以上才具意義。

空載光達資料獲取高程回波資訊及近紅外反射強度影像外，國內業者於 2007 年以後亦引進數值化的照相系統，可同步獲取高解析的彩色地面照片，以協助正射照片製作，並提供國土利用研判與規劃使用，使得光達資料的結合應用更增加其廣度與可信度。

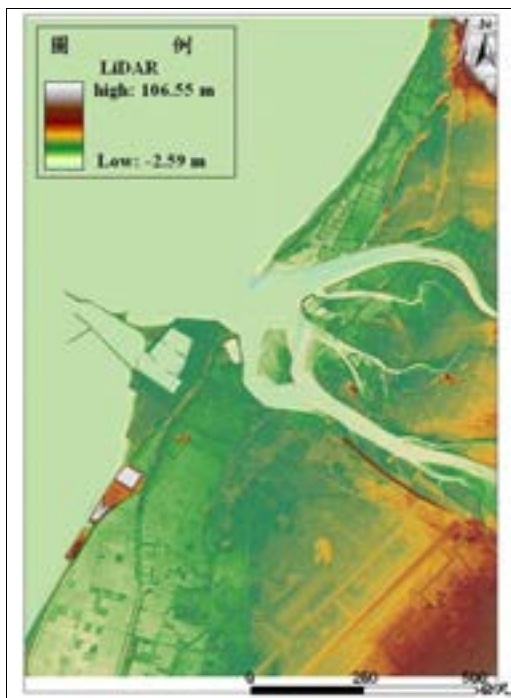


圖 4、2005 年 6 月空載光達 DEM 資料

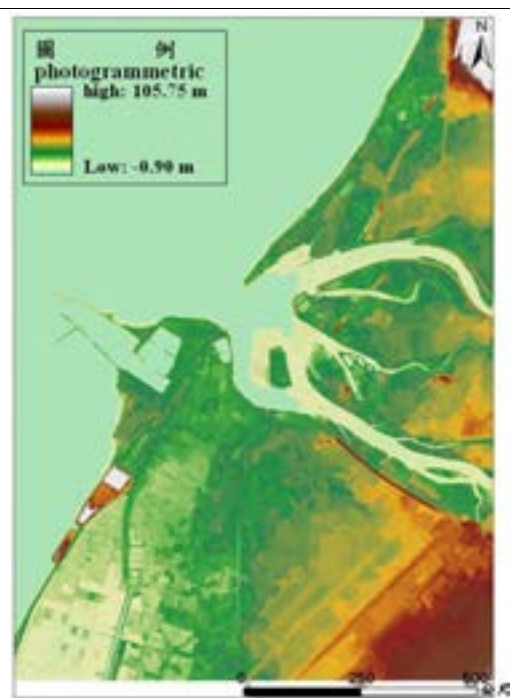


圖 5、2003 年 9 月航測 DEM 資料

四、變遷分析結果

疊合 1984~1988 年及 1990~1997 年衛星影像結果(圖 6(a)與圖 6(b))，顯示頭前溪口以北之海岸大致呈現相對穩定狀態(1990 年以前缺潮位資料，此穩定狀態僅提供參考)；其中於 1988 年以前，鳳山溪口北岸約有 40 公頃的漁塭開發，且緊鄰漁塭外側有東北~西南走向的條狀乾沙堆積；而鳳山溪與頭前溪出海口處海埔地，除了河道稍受侵蝕外，1995~1997 年間大致呈現穩定狀態。另參考圖 7 之 2000~2007 年間影像套疊分析結果，2000~2003 年間變化不大，但 2003~2007 年間的河口北岸的海岸線，則有明顯往外海及往北移動的趨勢。

新竹漁港原名南寮漁港，於民國 41~48 年開發完成，面積約 3.5 公頃；因處頭前溪口與鳳山溪口交會處，航道與港口常被溪流所攜帶的泥沙淤塞，故於 1981~1991 年間重新修建南寮漁港(吳啟南、等，1998)。而在漁港興建後，北防波堤阻擋頭前溪口南下之漂沙，故北防波堤北側有明顯的堆積現象，並向外海區擴展，且港口及航道亦有堆積情形；但南防波堤南側潮埔地於 1984~1998 年間則呈現侵蝕現象，所以新竹漁港於 1993~1997 年間乃往外海延長興建北防波堤 165 公尺及南防波堤 300 公尺，之後港口的淤塞及堆積現象已見改善(吳啟南、等，1998)。而依圖 7 顯示，新竹漁港於延長防波堤興建後，北堤防北側仍呈現堆積情形，而南防波堤南側在 2000 年以後，已有局部地

區的堆積情形發生。

頭前溪口南側之新竹海埔地於 1959~1966 年間開發，配合 1981~1991 年之新竹漁港興建，所以此區是 90 年代以前新竹海岸變動較大地區。依吳啟南、等(1991)之研究，此區之潮埔地於 1947~1984 年間之低潮位線往外堆積成長約 800 公尺；而根據疊合影像顯示，1984~1995 年間後退約 250 公尺；1997 年於新竹漁港興建南防波堤以後，緊鄰南防波堤之潮埔地區有緩慢堆積情形發生，但潮埔地到港南育樂中心地區之低潮線仍呈現侵蝕現象；2000 年以後此潮埔地區之侵蝕與堆積相互發生，但以侵蝕稍佔優勢。

頭前溪口處的河道變化與新竹漁港的興建息息相關，如河道的寬度在堤防初興建時，河流出海口處南北距離並沒有明顯變化，但在漁港之北防波堤興建完成後，頭前溪口則呈現堆積現象(如圖 6(b))。2000 年以後，仍然有堆積情形發生，且緩慢的往鳳山溪口成長(如圖 6(c))。

依 2003 年航測 DEM 與 2005 年空載光達高程資料之比較結果(圖 7)，明顯看出頭前溪口沙洲有堆積情形；而疊合並比對兩者 0 公尺高程的等高線資料，亦顯示此兩年間新竹漁港北防波堤北側為堆積狀態(如圖 8)，南防波堤南側亦在堆積狀態中；而頭前溪口以北海岸 0 公尺高程則往外海偏移，且鳳山溪出海口北側之沙洲有往外海方向飄移的趨勢。

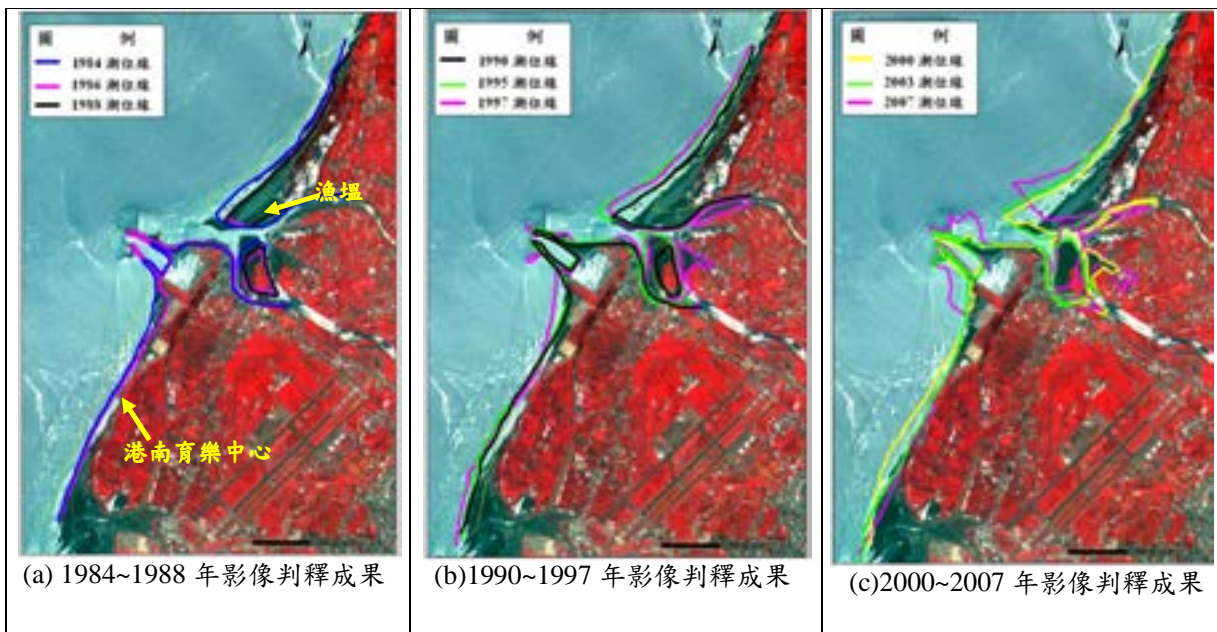


圖 6、多時期影像判釋頭前溪口海岸線成果
(套疊底圖:2000/05/09 SPOT 影像)

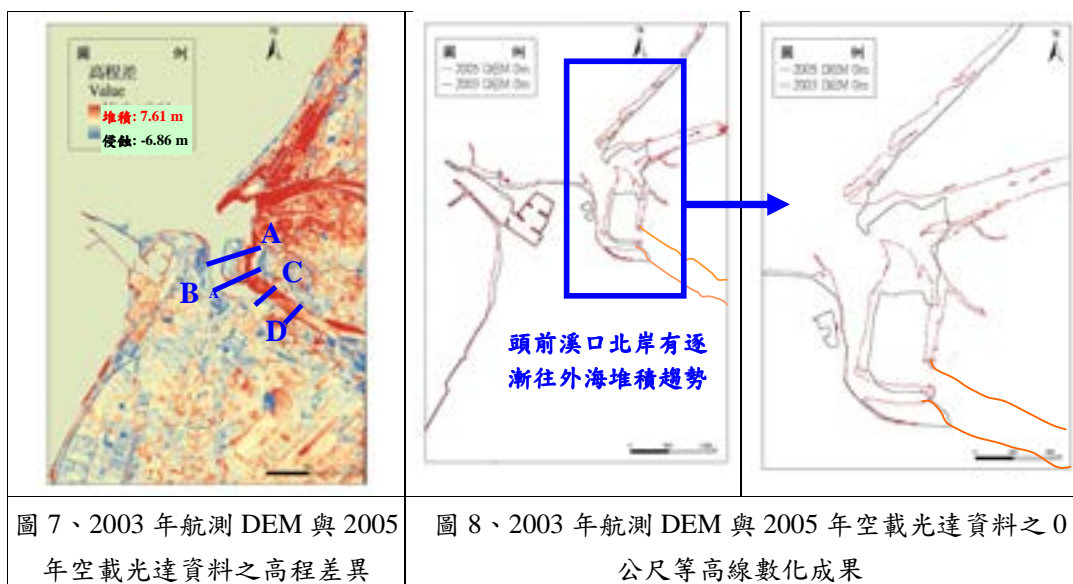


圖 7、2003 年航測 DEM 與 2005 年空載光達資料之高程差異

圖 8、2003 年航測 DEM 與 2005 年空載光達資料之 0 公尺等高線數化成果

圖 9 為利用圖 7 之四個河川剖面，綜合 2003 年航測 DEM 與 2005 年空載光達高程資料(不包含行水區)，於頭前溪口河段每間隔 50 公尺之剖面高程分布，可以藉由高程資料比對不同河道剖面高程變化。如圖 9(a)之河口沙洲區北側有堆積擴大趨勢，且堆積高度約在

0~2 公尺之間；圖 9(b)之河口沙洲東南端逐漸被侵蝕，且已呈現尖化現象，但沙洲西側的河道則有變窄的情形，主要是受到河道西側堆積的影響；往上游之圖 9(c)地區，河道左側有侵蝕情況發生；再依圖 9(d)之河道剖面疊合結果，主河道右側有侵蝕情形，但河道左側則

有堆積的趨勢，顯示此地區的河道正逐漸往右移動中。另對於行水區水體之高程比較，因空載光達與航測 DEM 均沒有可靠的高程資料，故兩者均假設行水區

高程與周圍地勢之最低處等高，故河道行水區疊合的高程並不具真實的比較意義，只能就河道寬窄及其變化趨勢加以探討。

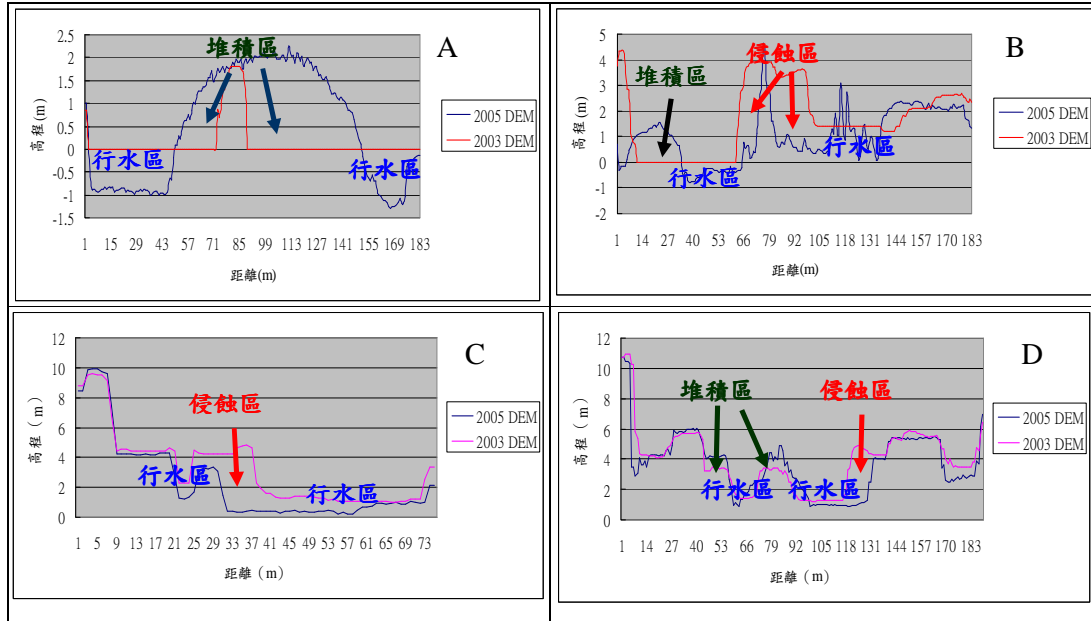


圖 9、2003 年與 2005 年之頭前溪口河段四個間隔 50 公尺剖面高程分布

五、結論與建議

5.1 結論

以多時期光學影像辨識之水線邊界，經疊合分析後，評估頭前溪口附近之地形變化；另亦利用航測 DEM 及空載光達資料推導之 0 公尺等高線探討高程差異；其中光學影藉由水線判釋與潮位修正後，顯示頭前溪口以北之海岸於 1984~1997 間呈相對穩定狀態，2000~2003 年間變化不大，2003 年到 2007 年時海岸線則有明顯往外海堆積現象。

新竹漁港於 1981~1991 年間重新修建後，北防波堤阻擋頭前溪口南下之漂沙，故北防波堤北側有明顯堆積情形，但南防波堤南側潮埔地於 1984~1998 年

間則呈現侵蝕現象；1993~1997 年間往外海延長興建堤防後，北防波堤北側仍呈現堆積情形，而南防波堤南側在 2000 年以後，已有局部堆積情形發生。

新竹漁港擴建初期，頭前溪河流出口處南北距離的河道寬度並沒有明顯變化，但在新竹漁港之北防波堤延長興建完成後，頭前溪口則呈現堆積現象。2000~2003 年間依圖 6 顯示有堆積情形發生，且緩慢地往鳳山溪口成長；另依 2003 年與 2005 年 DEM 資料之 0 公尺等高線疊合成果，顯示兩年間頭前溪口處有明顯地堆積情形，且亦往鳳山溪口西北側外海發展；2005~2007 年間的堆積情形則逐漸緩和。

另疊合 2003 年與 2005 年之 DEM 資料，並以 50 公尺為間隔，推求接近河口

段的河道剖面高程分布；結果顯示接近河口處的沙洲北端地形有堆積情形發生，平均堆積高程在 0~2 公尺之間，而沙洲東南端地形則呈侵蝕後之尖化現象，但沙洲南端西側的河道則有堆積情形，使得河道有變窄的趨勢。

5.2 建議

三維領域的 GIS 資料為未來的趨勢，研究中提供疊合比對的航側 DEM 與空載光達資料；前者的目的是要獲取地面照片提供製圖，所以不是選擇在接近最低潮位時拍攝，故無法推求河口區或潮埔地到最低潮位時的地形；空載光達資料則以獲取地面高程為主，因此，海岸地區需要規劃在接近最低潮位時進行掃描，以獲取最大面積的高程資訊；並可依所需的高程計算海岸地區的變遷面積，或是量化體積的差異(蕭國鑫等，2007)。

隨著全球溫度的上升，當氣溫逐漸暖化後引發的冰川溶解或積雪溶化，導致海平面的上昇現象，對於潮埔地或河口地區的地形影響至鉅；因此，結合高解析的空載光達資料，相對較高頻率獲取海岸附近的精密地形，除可提供提防禦潮情形，以確保堤防保護區內的安全外；亦可提供國土規劃或國土保安的重要參考。

Landsat 系列影像自 1995 年以後，因為 Landsat 5 衛星的飛航載台有逐年下降趨勢，導致通過台灣的時間愈來愈早，在多高山的地區相對會獲取更多陰影區的影像；另 Landsat 6 號發射失敗，Landsat 7 號於 1999 年 3 月 1 日發射升空，雖然影像的空間解像力較 Landsat 5 提高一倍，但國內的衛星接收站並沒有接收此資料；因此，若需使用此資料者可透過網路取得 Landsat 影像。但目前

Landsat 7 用來補償衛星前移動作引起資料位移的掃描線校正儀(Scan Line Corrector)於 2003 年 5 月 31 日損壞，導致原始影像中有條狀之掃描裂口(gap)存在，所以往後若欲利用 Landsat 7 資料進行處理，則於取得影像後，裂口補填(gap filled)作用需自行處理(陳繼藩，2009)。

參考文獻

1. 吳哲榮、吳啟南，2003，遙測技術應用於臺灣西海岸五十年來變遷分析，航測及遙測學刊，8(3): 95~110。
2. 吳啟南、李元炎、彭淼祥、蕭國鑫、黃金鴻、曾富雄，1991，遙測資料應用於嘉南地區海岸變遷分析研究(二)，行政院農委會委託，工研院能資所第 06-3-81-0039 號報告，共 100 頁。
3. 吳啟南、吳哲榮、李元炎，1998，新竹海岸遙測變遷分析，行政院農委會委託，工研院能資所第 06-3-88-W003 號報告，共 86 頁。
4. 吳啟南、吳哲榮、呂黎光、李元炎，1999，台北桃園海岸遙測變遷分析研究，行政院農委會委託，工研院能資所第 06-3-89-W010 號報告，共 93 頁。
5. 陳良健，1995，多時性衛星影像於海岸潮間帶地形資訊萃取及應用成果報告，財團法人中興工程科技研究發展基金會。
6. 陳添水，2003，應用遙測於濁水溪口海岸地區土地覆蓋變遷分析，特有生物研究季刊，5(2): 61-72。
7. 王秀雯、王志添、陳錕山、林庭郎，2007，利用衛星雷達影像分析台灣西部水線變遷，航測及遙測學刊，12(2):

- 107~119。
8. 蕭國鑫、劉進金、陳大科、徐偉城、何心瑜，2007，多時影像與空載光達資料應用於地形變遷研究-以外傘頂沙洲為例，航測及遙測學刊，12(4): 419~429。
 9. 郭金棟，1995，台灣西部海岸線變遷之調查分析-地理資訊系統(GIS)之應用，行政院環保署委託，EPA-84-L105-03-20，共 148 頁。
 10. 陳哲俊，陳繼藩，2002，利用衛星影像分析台灣西部海岸之變遷(2/2)，經濟部中央地調所委託。
 11. 徐偉城、洪偉嘉，2005，辦理 LIDAR 測區之高精度及高解析度數值地形測繪、資料庫建置與應用推廣工作案，內政部委託，第 128~133 頁。
 12. 陳繼藩，2009，Landsat-被遺忘的衛星，第二十屆資源衛星資料使用者會議，國立中央大學太空及遙測中心。
 13. 中央氣象局，2006，中央氣象局觀測年報，2005 年刊，第 18 期。
 14. de Franca, F.A. N., R.F. do Amaral, D. de A. Pereira, 2004, Land Use Mapping and Change Detection Assessment in the Eastern Littoral Zone of Rio Grande do Norte State, Brazil, Using GIS Techniques, Journal of Coastal Research, SI(39):1635-1637.
 15. Garono, R. J., B.D. Anderson, R.R. Robinson, 2003, Change in Land Cover Along the Lower Columbia River Estuary as Determined from Landsat TM Imagery, Portland, OR, Lower Columbia River Estuary Partnership, NOV. 2003.
 16. Hsiao, K. H., J. K. Liu, H. Y. Ho, M. S. Yang, 2008, Change Analysis of the Estuary of Tou-Chien River Using Multi-Temporal Images and DEM Data, ACRS2008.
 17. Ojeda, J., I. Vallejo, G.C. Malvarez, 2005, Morphometric evolution of the active dunes system of the Doñana, National Park, Southern Spain, Journal of Coastal Research, SI(49): 40-45.
 18. Noaje, L. Turdeanu, 2008, Remote Sensing Monitoring of Environmental Changes in the DANUBE Delta and the Coast Area of the BLACK Sea, ISPRS2008, Commission VII, WG VII/5: 791-796.