

海岸變遷



海岸變遷監測方法

文◎ 林宗儀

變動是海岸的本質

海岸線是地球上最長的天然邊界，一條線分隔出海洋與陸地兩種不同的空間。這條邊界線的另一特色是其變動的本質，不論是在何種時間或空間的尺度，海岸線都處在一種變動的狀態。潮汐水位的瞬時變動、颱風事件前後的海灘變動、沙洲島的遷移、海崖的後退、長期海水面的升降等等，都是不同時間尺度下海岸變動現象的呈現。針對不同的時間尺度，監測或研究的方法也不同，本文在這裡要談的海岸變遷，主要是人和海岸互動時，比較需要關切的時間尺度，從短期的幾天（極端事件）、一年內的季節差異、數年間的變動，到中長期像是數十年至一、二百年之間的海岸變遷等都可屬之；而更短的時間尺度如秒、分、小時，或更長的時間尺度如千年、萬年，甚至百萬年的變遷演育，則暫不在此討論。

監測地形是管理的基礎

海岸環境的動態與敏感，常表現在地表形貌的變動上。以海灘為例，海灘是由鬆散的沉積物堆積而成，其形貌也容易受到波浪、海流、潮汐和風

等外營力作用的影響而產生變動。海灘地形之年內季節性的變化或數年間的短期變動，常和季節風浪或偶發的風暴（颱風）事件密切相關；而數十至百年的中、長期變化，則和沉積物的供需、海水面的變動及構造活動等相關。世界各國政府過去基於海岸土地經營利用與災害防護管理的需求，長期對海岸地形進行監測，藉以掌握其侵淤變化的狀況與趨勢，期能訂出最佳的海岸經營管理策略，以兼顧海岸防護與環境生態保護的需求。

變遷監測方法與步驟

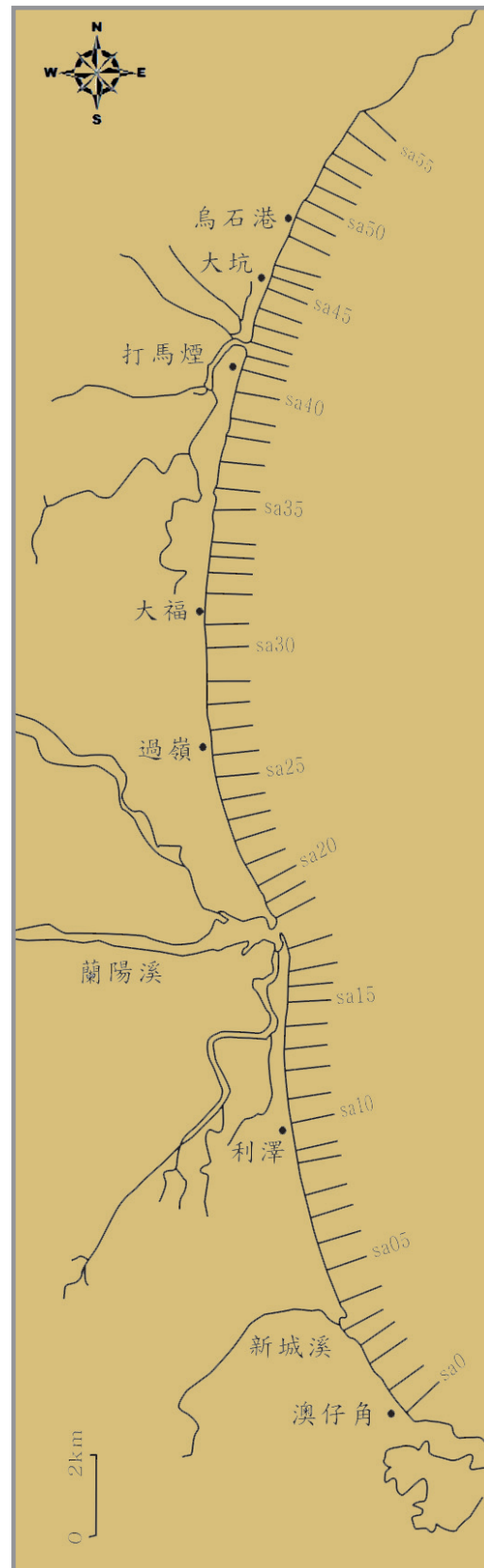
談海岸的變遷，必須有個界定的範圍，然後用這個範圍內在某一特定時間的海岸狀態，和其先前或之後一段期間的海岸狀態做比較。定性方式是用一定角度、方向，拍攝可供辨識的地景作為前後比較的基礎。定量方式則是利用野外定點的現地測量，或在室內應用各種影像、地圖資料及地理資訊系統的操作來偵測、量化這樣的變化。因此傳統上除了現地測量之外，海岸變遷監測基本上包含4個步驟：選擇材料、擷取海岸邊界線、測量前後時間濱線位置的差異，以及推導變化的規模和速率等。



■ 臺南北門雙春海岸於2010年梅姬颱風前後比較發現，沙包前緣臨海側的沙灘和沙包堆疊盡頭處的沙丘都受到明顯侵蝕（上圖為颱風前，攝於2010.10.10；下圖為颱風後，攝於2010.11.13）。

海灘地形剖面測量

野外定點的定期量測，是量化海岸變遷的一種最直接的方式。在海岸現場劃設一條條地形量測的剖線，然後把不同時間在這些剖線測量的地形剖面（或稱斷面）加以比較，就可以得到海岸的變化量及變化位置等資訊。通常這種海灘剖面的測量，必須建立基準線，在每條剖線設立測量基樁，以作為各剖線測點距離和高程的比較基準。透過海灘剖面的測繪，可大致看出當地海灘從陸地延伸到水下的整個表面形貌。測量的精度依需求而異，從簡單的測桿加繩鍊到高精度的雷射測距儀、電子經緯儀



■ 經濟部水利署第一河川局於宜蘭海岸施測的地形剖面之監測剖線位置圖。

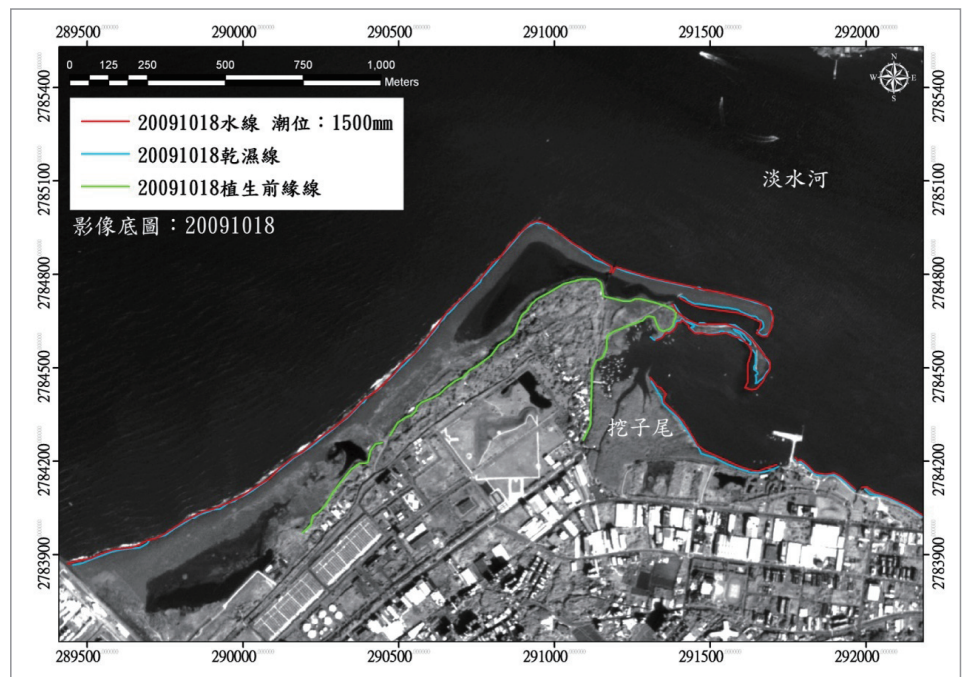
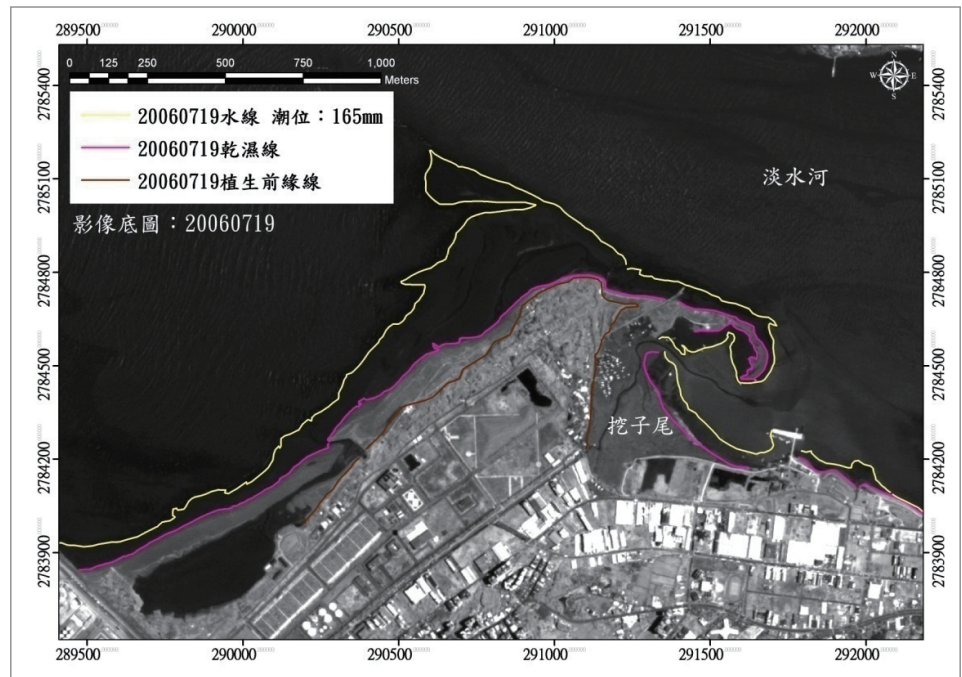
等。海灘剖面測量基本上快速、便宜，且可以看出海灘形貌和體積的變化，適用於比較季節間或短時距濱線位置的變動，但通常不用於建立長時距的剖面變化趨勢，最主要原因是基樁點位長期下來，可能因地殼抬升、地層下陷等因素而造成基樁高程的變動，進而產生基樁高程必須重新測量的問題。

地形圖資的應用

應用影像圖資來監測海岸變遷，包括使用地形圖、航空照片、衛星影像等，主要都是從影像圖資中擷取海岸濱線位置，並且利用同一海岸兩個不同時期的濱線位置差異，來比較侵淤狀況。濱線向陸側移動稱為濱線後退，代表海岸的侵蝕；反之，濱線向海側移動稱為濱線前進，代表海岸堆積。地形圖用來建立長期的海岸變遷歷史，首要條件就是要能在這些地形圖上準確的繪製出海岸濱線，而且繪製濱線的標準必須一致，例如有些國家長期以來都使用「平均高水位線」作為海岸的邊界線。但這種不同時期地形圖的比較，其誤差往往是來自於圖本身測繪品質的不穩定或座標系統的變動等，加上圖資更新速度慢，目前已漸漸不使用。

航照與衛星影像的應用

低空垂直拍攝的航空照片影像清晰，且無論黑白或彩色，都能提供豐富的地表資訊，因此從單一照片、立體像對或嵌合的正射影像，都可以用來擷取海岸濱線。早期，一些高空航照或衛星影像因為解析度較差，不敷海岸濱線變遷監測的需求而少

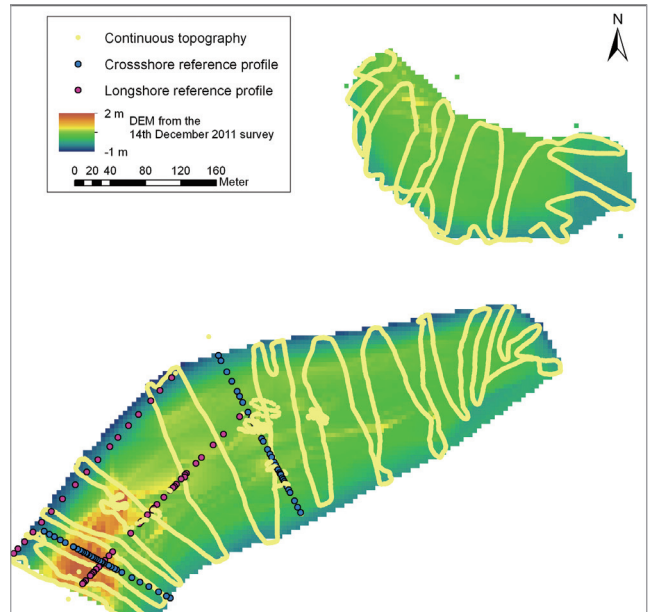


利用2006與2009年福衛2號影像來進行淡水河口南側濱線變遷分析，結果顯示此期間灘地持續向外淤積（資料來源：臺灣海岸變遷監測分析報告，2010；上下圖分別攝於2006與2009年）。

被使用，但隨著高精度衛星影像的開發，這些影像也都漸漸加入海岸濱線變遷監測的行列，尤其是衛星的高造訪率，更可提供豐富且大量的影像，來監測許多短時距間的變化。現在影像判識濱線的缺點是來自於光學的像差和沙質海岸缺乏一個明確的濱線定義，影像中被擷取出來的濱線，常取決於拍攝當時的水位和海灘的坡度，例如國內外許多研究者常用乾濕界線來代表平均高水位線，但事實上卻因為波浪的溯上和影像拍攝前、拍攝期間的氣象狀況影響，難得和真正的平均高水位線吻合。基本上，潮差愈小或海灘坡度愈陡，愈能降低這種影像擷取濱線的不一致性。地質調查所自2009至2012年執行的臺灣海岸變遷監測分析計畫則是選取多種濱線指標，例如水線、乾濕線、植生前緣線、海灘內緣線、沙丘崖線、碎波線及海岸工程結構物線等作為綜合分析討論海岸變遷的基礎。

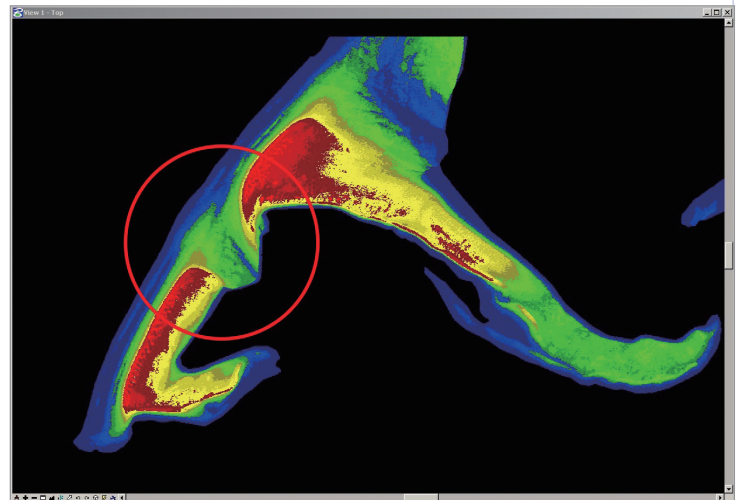
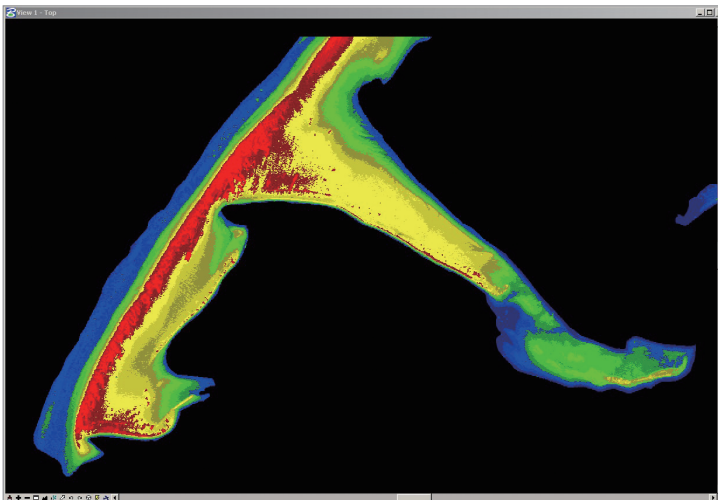
其他新興科技的應用

近年來科技發展日新月異，有人用輕航機空拍錄影帶的方式，定性描述大範圍海岸侵淤的變化，此方法便宜、快速，且適用於颱風災害過後的調查；也有人利用人力步行或海灘車加裝即時動態差分(RTK)的全球定位系統來量測海灘地形；或



利用RTK定位系統量測海岸沙洲地形，黃色線條為路徑，而藍色和紅色點線為傳統量測剖面，其交叉點位可作為檢測點（地形資料來源：國科會臺法合作KUNG-SEN計畫團隊）。

以更昂貴的空載光達、地面光達等建立海灘的三維地形模型，再利用前後兩次測量分析海岸地形的差異，精度雖然提高但花費也相對高出好幾個級數。因此未來海岸變遷的監測，除了考量海岸變遷時距之外，如何在需求和人力、物力、財力之間取得平衡，也是一個必須要注意的新課題。



利用光達之地形掃描作海岸變遷分析，左右圖資料時間分別為2004年11月與2005年11月，紅色圓圈內顯示波浪越洗作用造成前列沙丘的缺口（資料來源：工研院能資所，2006）。