

以多尺度遙測 掌握空間資訊

劉正千、溫慧霖、王光華、陳易辛

透過多尺度遙測的觀念與做法，可以很有效率地運用經費與時間，達成見樹又見林的目標。

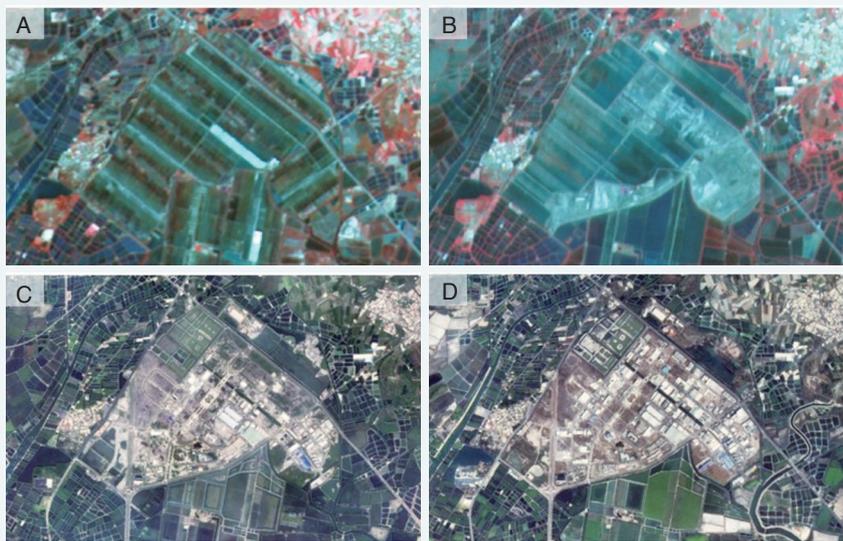
多尺度遙測

多尺度 (multi-scale) 遙測或稱多級 (multi-stage) 遙測，是指透過不同等級的觀測距離，獲取不同尺度的遙測資料。從廣域觀測的角度考量，資料蒐集的範圍越廣越好；從詳細分析的角度考量，資料的解析度越高越好。只是由於經費與時間的限制，往往無法同時滿足這兩種考量，造成見樹不見林或見林不見樹的缺憾，因而發展出使用「多尺度」或「多級」遙測平台來蒐集觀測資料。

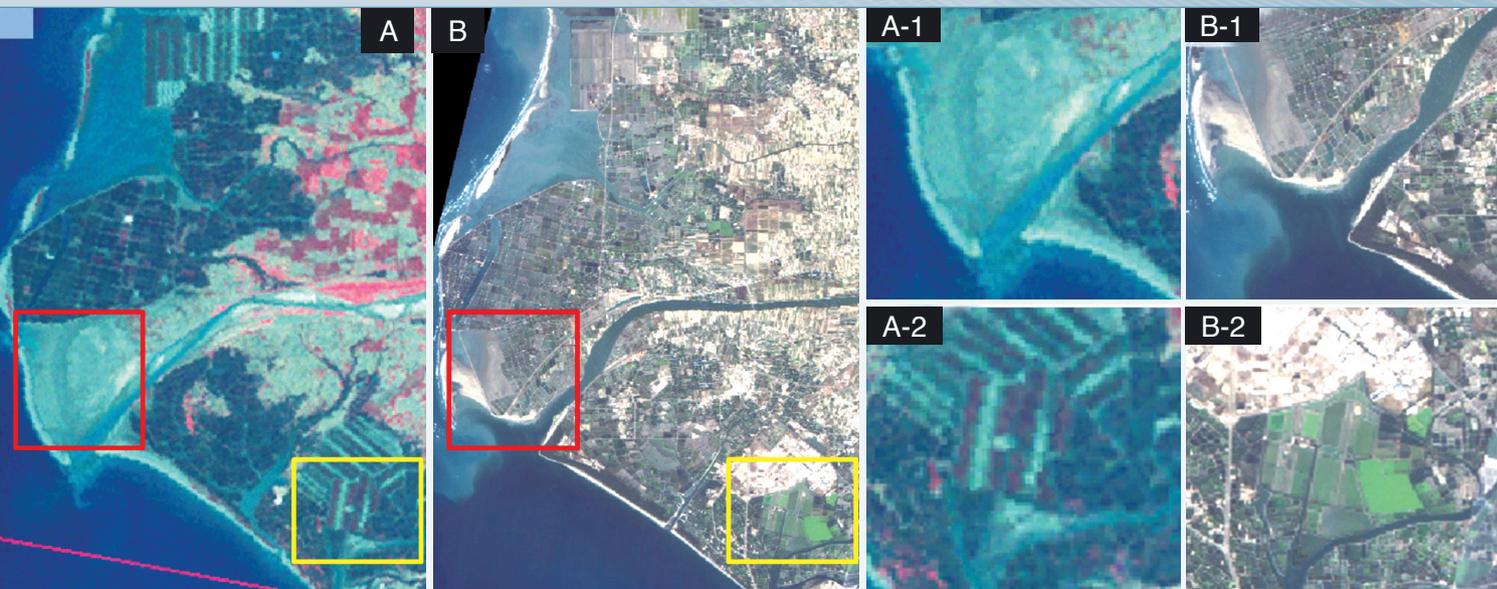
以台江國家公園為例，長時間的地景變遷適合使用穩定的衛星平台，而物種的詳細分類適合使用高光譜影像依不同光譜特徵分類，鳥類的追蹤普查則適合使用機動性高的無人飛行載具來拍攝。此外，對於有重要景觀意義的，就可以建置有如親臨現場的 720 環景照片。

透過多尺度遙測的觀念與做法，可以很有效率地運用經費與時間，達成見樹又見林的目標。

就讓我們一起從太空到空中，再從空中到地面，用不同的視野觀測自然生態，以全面掌握台江國家公園的各種空間資訊吧。



由在太空軌道上運行的衛星平台所記錄，從鹽田快速轉變成南科工業區的變化過程。A：安順鹽田，SPOT-3 衛星於 1994 年拍攝；B：工業區開始整地動工，SPOT-2 衛星於 1998 年拍攝；C：工業區持續建設，福衛二號於 2005 年拍攝；D：近年的工業區及鹽田生態文化村，福衛二號於 2013 年拍攝。



從衛星平台觀測到的相隔四十多年台江國家公園地形地貌的變化。A：大地衛星於 1972 年拍攝；B：福衛二號於 2012 年拍攝。A-1 與 B-1 現今是黑面琵鷺保護區；A-2 與 B-2 現今是鹽田文化村。

衛星影像

美國大地衛星（Landsat-1）於 1972 年升空運轉，是世界上第一個針對地球觀測任務所設計的資源衛星。就在同一年，這衛星拍攝了台灣地區第一張的衛星影像，忠實記錄了四十多年前台灣的地形地貌。現今的七股黑面琵鷺保護區在當時還是剛剛開發的海埔新生地，而鹽田文化村當時仍在曬鹽。

台江國家公園的濱海沙洲是國家重要的自然景觀資源，近年來沙洲不斷流失與改變，這些動態的變化是由於河川中泥沙的來源減少、颱風暴潮的影響，以及海平面上升所造成的。因此，這沙洲每年正以 25 ~ 100 公尺的速度後退中，且受到侵蝕。在國家公園成立後，沙洲景觀資源的保護與復育便是首要的工作之一。

另外，透過國人自主控制的福爾摩沙二號衛星（福衛二號）在過去十年所拍攝的空間分辨率達兩公尺的遙測影像，可以連續監測濱海沙洲退縮的情形。



應用福衛二號影像連續監測網仔寮沙洲的退縮情形

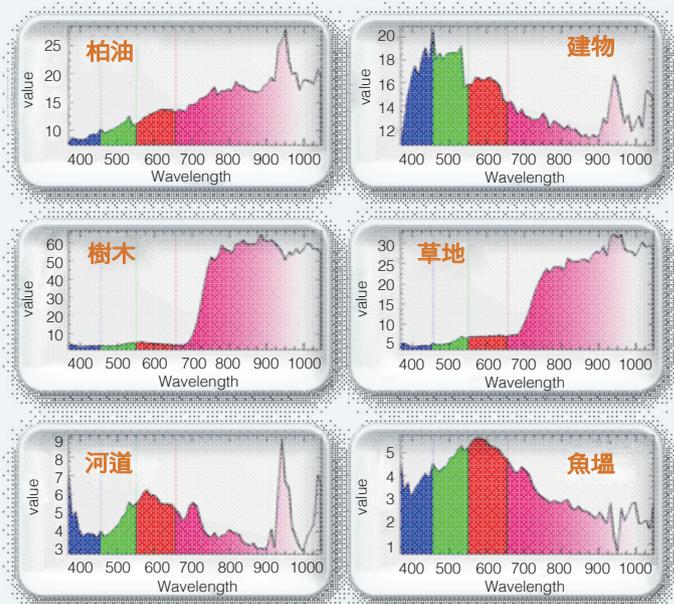
安順鹽場是 1919 年由台灣製鹽會社所開發的鹽場，也是台灣第一個製鹽工業基地，至今已有近百年的歷史。1994 年，因為台南科技工業園區的開發、鹽業停產，以及附近是重要的水鳥繁殖地和過境棲息地等因素的影響，便把鹽場周邊的鹽田及漁塭共三百五十餘公頃的土地劃設為四草野生動物保護區。2002 年開始，更把鹽場內的南寮鹽村規劃為鹽田生態文化村，以保存鹽業及鹽民文化的史蹟。穩定在太空軌道上運行的衛星平台，同樣忠實地記錄了這段從鹽田快速轉變成南科工業區的變化過程。

高光譜影像

在土地利用與覆蓋分類時，一般高空間分辨率的衛星影像或航拍照片往往受限於光譜波段數目過少，分類精度並不足以明確區分類型，特別是無法準確提供台江國家公園內珍貴植物的詳盡空間分布情形。而高光譜影像涵蓋的光譜範圍廣，且波段多，能夠反應出不同物種的光譜特徵，應用波段間的細微差異特徵可建置台江國家公園內紅樹林的分布範圍。

大氣是複雜的介質，包括水汽、氣溶膠等各式各樣的懸浮物質，有散射、吸收、放射等功能。然而太陽向地面投射的能量，以及地面反射的能量都要穿越大氣，感測器收到的訊號必會受到影響。因此，分析地面反射率的特性時，移除大氣的影響是非常重要的工作。

從高光譜輻射資料中擷取大氣資訊是一項專業技術，由於氣溶膠的組成分子易受天氣型態及大氣環流影響，具有強烈的區域性，因此直接量測大氣因子的觀測資料不易取得，且不同地形地物都有其各自



6 種地表地物的高光譜特徵曲線

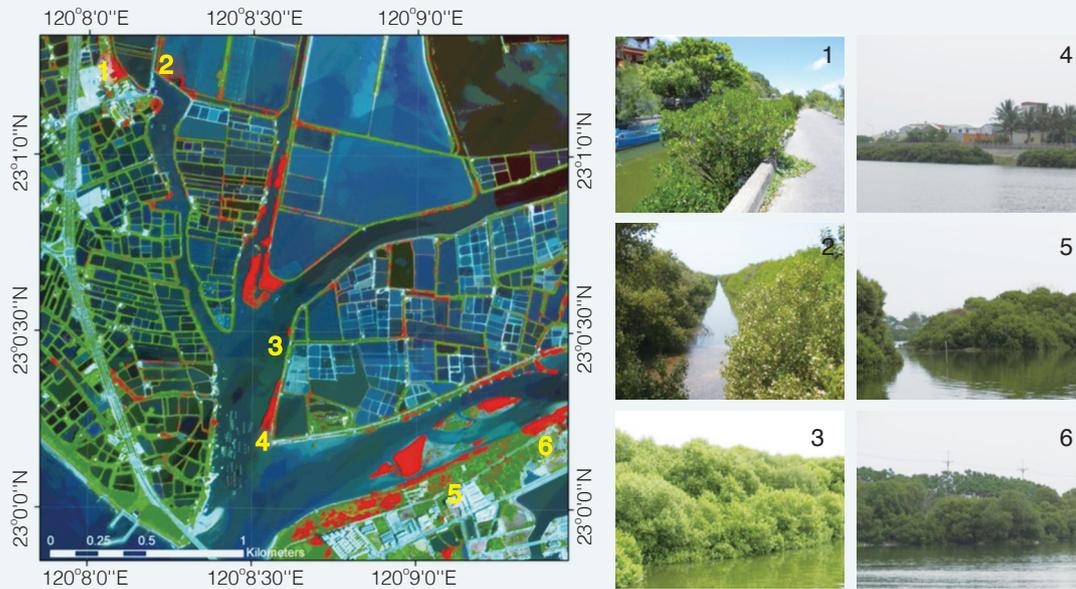
的大氣水汽吸收頻道，必須經由高精確度的大氣輻射傳輸模式計算才能得到大氣特性，以求取真正的地面反射率。

各個像元的反射光譜可用一多維度空間描述，每個向量具有一定的長度和方向，長度表示該像元的亮度，方向則表示其光譜特徵。而不同光譜特徵的像元是變異向量，其夾角是指多維度空間的兩個向量的夾角，若假定各波段間是獨立不相關的，則這夾角可用在界定兩光譜間類別的變化，稱為光譜角 θ 。

台江國家公園內的植物約有三百多種，以草本為主，伴隨少數的木本植物及紅樹林。

無人飛行載具

台江國家公園是黑面琵鷺來台度冬的重要棲地之一，每年 1 月中旬舉行全球普

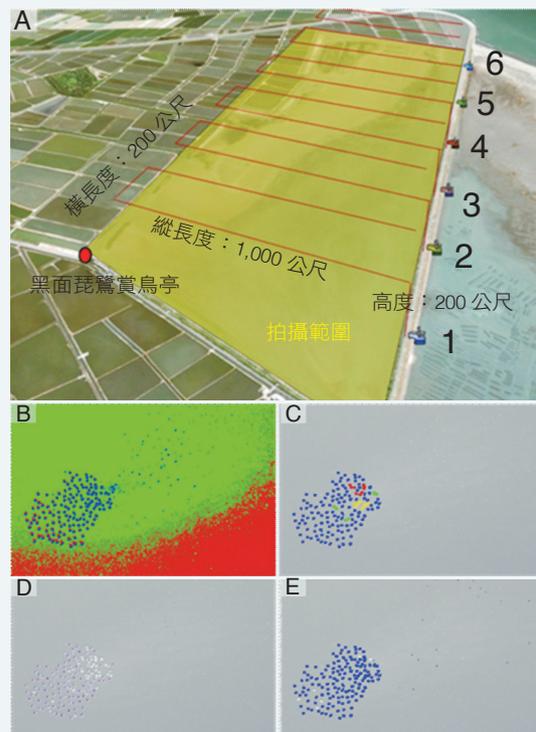


經由高光譜影像光譜角分類的台江國家公園研究區內紅樹林分布圖及現地照片

查作業，普查方式一般都是從地面用望遠鏡進行人工同步計數。由於黑面琵鷺會隨作息時間移動，並非長時間固定在同一地點，因此發生重複計算的機率很高。此外，若調查照片中拍攝到超過 100 隻的黑面琵鷺，仍需花費大量的時間與人力才可算出準確的數量。

無人飛行載具具有高機動性，可在雲層下方飛行，不易受天候影響，可即時拍攝漲退潮海岸線變化、黑面琵鷺棲息範圍、紅樹林分布範圍等，適合做為生態普查的工具。可遠程控制並根據飛行計畫或更複雜的動態自動化系統進行自主飛行的小型遙控飛機，在遙感探測上提供了一個創新的方法，使得在小區域內取像能達到安全性和機動性的需求，並能有效降低調查成本。

同時，針對調查影像發展出半自動生物計數方法，利用影像分類技術成功辨識出鳥類、陰影、水三種。接著把鳥類類別變成一個一個的物件，再對個別物件做幾



利用無人飛行載具空拍進行鳥口普查 (A: 飛航任務規劃圖, B: 影像分類及鳥類物件化, C: 鳥類周長幾何分析成果, D: 鳥類形像學分析成果, E: 鳥類影像峰值分布分類成果)

利用高光譜影像能繪製出紅樹林的分布範圍，
有助於溼地保育的推動。

何分析（尺寸、周長）、形像學分析等，利用尺寸、周長可以計算出相連的黑面琵鷺與不同種的鳥類，再由電腦程式判釋鳥類數量。這個快速而有效的計算方式應能提升鳥口普查作業的準確性，減少人工判釋的誤差。

不同尺度看見台江

台江國家公園深具歷史、自然、產業三大特色，衛星影像自 1972 年便開始忠實地記錄著台江歷史的發展、自然地景的變化，以及訴說著鹽業的興衰。

隨著科技的進步，高光譜影像的出現給予紅樹林新的身分證，不再只是芸芸眾植物的一員，能繪製出紅樹林的分布範圍，有助於溼地保育的推動。

無人飛機時代的興起，提供了新的鳥口普查技術，人員除了定點觀測計數外，

從高處一次看到大範圍的情形，能進一步掌握鳥類的族群空間分布。

因此，以多尺度遙測掌握空間資訊已然達到見樹是樹、見樹也見林、見林還是林的境界，看見不同時間與空間的台江國家公園。

劉正千

成功大學地球科學系 / 全球觀測與資料分析中心

溫慧霖、王光華

成功大學全球觀測與資料分析中心

陳易辛

成功大學地球科學系

