

台灣海岸帶的監測

錢 樺

國立中央大學 水文與海洋科學研究所

摘要

自 2010 年起，從 TaiCOAST (台灣海岸帶監測與評估) 計畫籌備期至 LOIC CZ-T (Land-Ocean Interactions in Changing Coastal Zone, Taiwan) 計畫執行期間，中央大學水海所、國研院颱風洪水研究中心、台灣海洋科技研究中心合作於台灣西北海岸桃園永安漁港南側建置了台灣第一個綜合性的海岸帶環境監測站，長期監測海岸帶環境背景基線，監測項目除了基本氣象要素外，尚包括海氣交互作用二氧化碳、水氣、熱量通量、風波流等近岸水動力、大氣溴化物與連續海水水質參數監測。此外，我們同步實際進行海岸帶監測技術研發，落實關鍵技術本土化，成果包括微波波段的測海雷達、同調性都普勒遙測雷達、特高頻同調性雷達影像系統、微型化海上漂流浮子、連續海水水質參數監測系統等。提供了海岸帶研究嶄新的工具與更為充分的資料。

溫馨感言

我第一次看到劉康克的名字、知道這位教授的存在，是在民國 78 年我還在建國中學唸書的時候。當時「科學月刊」在班上流傳很廣，我每期都去圖書室翻閱，找出幾篇有興趣的文章仔細讀，因而注意到雜誌封面內頁上註記著：總編輯劉康克。在那一個時代下「科學月刊」的參與者，他們熱心科學教育、為理想而無私奮鬥，身為一個高中生我感到萬分崇敬與孺慕，從那時起對 KK 名字印象深刻。當時是我高二那一年，雖未必能全盤理解雜誌中文章或是評論的內容，但從某種意義上，KK 引領我認識科學方法與精神，對科學研究產生憧憬與熱情，對於日後決定攻讀博士影響很大。沒想到二十年後，我竟有幸輾轉進入中央大學水海所，成為 KK 的同事。

民國 97 年初我進入中央大學水海所工作，被賦予任務在 KK 的手下執行 TaiCOAST 計畫的推動。最近幾年，他特別推動海岸帶相關研究，認為科學研究最終必須與生活相關。因此，典範的本土化特別重要，國外海岸帶研究十分進步，但國外的研究典範難以直接套用在台灣的環境上來運作，目前台灣的海岸問題依

然還是處在頭痛醫頭、腳痛醫腳的困境中。對於海岸帶環境的治理也沒有一個整體觀，只有片斷的、局部的、補綴式的工程手段。KK 以及當時中大葉永烜副校長、地科院趙丰院長、康乃爾大學劉立方教授與水海所資深教授組成一個中央大學推動台灣近岸海洋學團隊，提出 TaiCOAST 計畫，KK 持續以熱忱、無私、溫和且堅定的態度，爭取跨學界的支持。我在團隊裡跑腿，身處其中學習收穫與得到的感動非常多。期間數次，KK 親自安排開車帶著我們，在美國美東、美西等研究機構走透透，演講宣傳計畫內容、邀請國外學界參與，舉辦研討會等。可惜其他因素，最該計畫無疾而終。但過程中我們依然建立了一個永久性的海岸觀測站，並且結合了國內相關研究人力在科技部永續學門促成了一個永續海岸帶的研究計畫 LOIC CZ-T (Land Ocean Interactions in Changing Coastal Zone - Taiwan)，開始為台灣海岸帶研究努力。

就我個人來說，七年多來有許多機會與他接觸，KK 對我的關係，亦師亦友。我由衷感激有這樣機遇讓我在他的周遭，經由他再次體認到研究者的熱忱，對於社會的使命感，對於學生的照顧及寬容。KK 將是我終生學習、仿效的對象。

海岸帶觀測技術研發

發展海岸帶觀測技術的目標在於監測陸源物質，包括河川輸出的沈積物與營養鹽、發電廠排放廢熱、海洋放流管排放的污染等，在由陸地進入海岸帶時，如何被海水擴散、稀釋與輸送。這些物理過程受近海水動力主導，最終影響海岸帶環境、近岸水質與生態至鉅。而水動力係指各種時空尺度的海水水平及垂直流動（沿岸流、離岸流、湧升沈降等輸送）、紊流引致的沈積物懸浮、混合以及剪力流所引起的輸送延散效應，與波浪現象。這些水動力參數在近岸海域隨空間與時間變化劇烈，近岸水動力參數是我們監測的對象，主要目標為量化重要河口與不同海岸帶，在海岸人工結構物與崎嶇海岸線的影響下，各區域的稀釋與擴散能力。所對應的觀測技術，我們發展了第一、微型化可拋棄式 Lagrangian 漂流浮標，透過先進的物聯網通訊技術可讓數十至數百顆浮球於海上彼此通訊，實現大規模漂流浮標的佈放，浮標陣列於海面上形成觀測網，追蹤周邊水質點的運動特徵，用以計算海表輸送特性與擴散係數。

進一步發展岸基微波測海雷達，將 Lagrangian 數據擴展成為密集空間覆蓋與

連續時間觀測的全域監測，使 Lagrangian 資料分析方法可以應用在更完整的高解析度雷達流場上。同時我們執行了時間軸上高密集的海洋水質參數監測，每 30 分鐘連續監測海水溫度、鹽度、溶氧、葉綠素 a 與濁度等，提供近岸水體混合擴散作用下的具體的現場背景資料。

對於岸基微波測海雷達技術，在回波強度分析上，我們發展了波浪雜斑訊號影像分析技術用以波高、週期、波向，在 PPI 影像上呈現波浪的週期性波紋與這些波紋位置隨時間之改變，這些海表特徵影像可透過時頻轉換至譜域進行分析，也就是將空間與時間週期特性轉換至波數域(Wavenumber, k)與頻率域(Frequency, ω)，並與波動理論的分散關係(Dispersion relationship)比對，找出觀測與理論之偏離量，將之視為海流向量。換言之，不同頻率與波長的浪有其對應的傳遞速度，透過雷達強度影像的系統追蹤(Image pattern tracking)若觀測到的傳遞速度與理論預測值不符，其差異為海流所造成的。另外，透過回波強度統計分析可分辨碎波帶、潮間帶與濱線位置，用以監測極端天氣事件下的海岸侵蝕現象。傳統非同調微波雷達的分析方法為找出系統追蹤的計算結果與分散關係理論的偏離向量，只能分析得流速在該單向波列行進方向上的投影值。若海流方向與波列行進方向垂直，利用非同調雷達的分析方法無法獲得準確結果。為避免這些限制，改善觀測數據品質為開發同調微波雷達的目的。

在雷達相位分析上，我們首先應用中央大學大氣系雙偏極化X波段降雨雷達系統探測海面，確認海表的布拉格散射機制的確造成足夠強度的背向散射，且降雨雷達其觀測海表都普勒頻偏與流場特徵一致。但是由於降雨氣象雷達太過昂貴，進一步我們基於廉價的航海雷達為硬體基礎，由電路板中將中頻訊號導出，放大、混頻與濾波，並利用傳統的Pulse Pair法發展Coherent-on-Receive 同調性雷達，並應用 Empirical Mode Decomposition改善磁控管訊號品質。

上述的浮球陣列與雷達技術讓我們觀測到近岸水動力的空間非均勻特性，凸顯出近岸紊流強度於河口、向離岸與結構物周邊的變化，使我們理解海域擴散係數(Dispersion Coefficient)並非常數，而是隨流況、海岸線特徵與地形特徵變化的函數。最後為瞭解近岸海域水質特性，於桃園大潭進行長期水質監測，其監測資料可為藻礁生態、近岸海域環境研究提供重要數據。

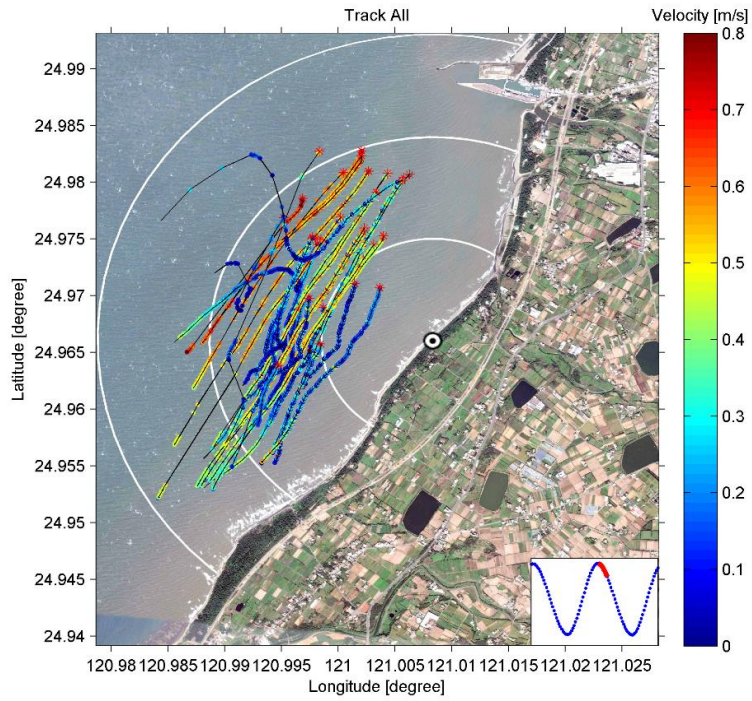


圖 1、漂流浮球軌跡空間分佈圖

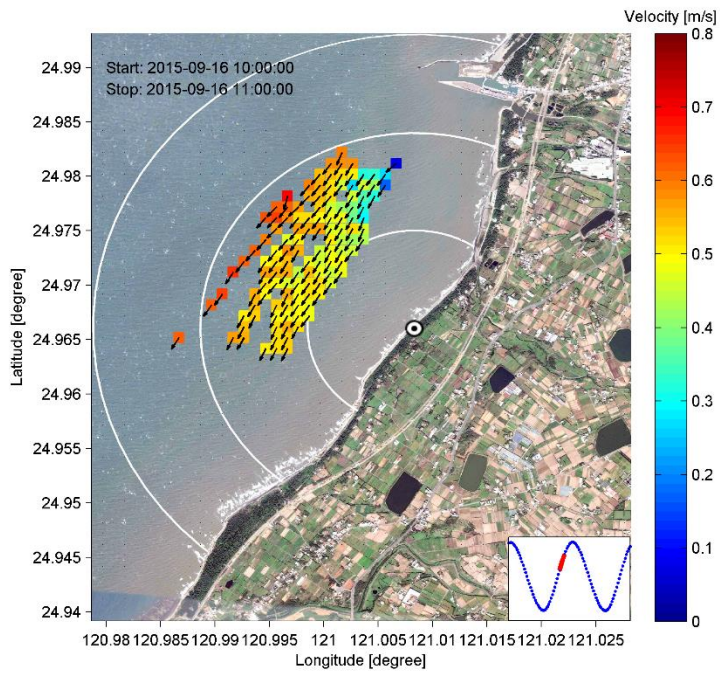


圖 2、實測西北海岸近岸流場速度空間分佈圖(漲潮)