

赴美研習「衛星遙測技術應用於海洋及漁場環境」

林志遠

水產試驗所企劃資訊組

目的

本所早於 1989 年即已建立 NOAA 衛星之影像接收處理系統，多年來不僅服務漁民發布沿近海衛星水溫速報，亦有許多漁場研究成果。但 NOAA 衛星僅止於海表溫之利用，目前已有其他新式更高解析度及多頻道之海洋觀測衛星可加以利用於海溫、水色(海洋基礎生產力)、海高、海風等方面，對於在廣域、即時之海洋環境及漁場研究上有極大之幫助。因此，本次赴美行程希望能在短期研習中，學習衛星影像處理技術及水文模式應用技術，並針對台灣周邊海域，進行海表層及次表層衛星遙測模式分析。另利用多星多頻交互混和應用，亦可進一步發展海洋漁場可利用度之預報模式。此外，汲取國際遙測新知、研習新式衛星影像接收處理技術，以及參訪衛星遙測應用發達之漁業相關機構，並進行專題分析與討論，將有助於本所進一步規劃未來衛星系統之建置、提昇衛星遙測技術應用研究之能力及發展台灣周邊海域海洋或漁場環境之短中長期速預報機制，以便提供海洋或漁業研究及從業人員參考。

研習過程及心得

整個赴美研習行程、重點及內容可分為

三大部分，亦即「參加國際研討會」、「衛星影像接收處理訓練課程」及「參訪美國西南漁業中心—太平洋漁業環境研究所」。

一、參加 ASPRS 2004 國際遙測研討會

本研討會是由 ASPRS (美國航空測量及遙測學會, American Society for Photogrammetry and Remote Sensing) 所主辦。綜合此次研討會 workshop 及 seminar 議程內容，可歸納兩項心得：

(一) 水資源、海洋、溼地的衛星遙測技術應用方面

在本次會議中有一個研究趨勢，即 3S (GPS, RS, GIS) 空間資訊技術的整合運用已幾乎全面展開，國內也有相同現象。但資訊格式整合或轉換時其精度、誤差分布，以致於地球座標及投影系統間之差異，均需詳加考慮，會議中也常有人提問此方面的問題，可見極容易被忽略。另外對於美國公務部門，在許多全國性之自然資源監測及防災上，如環境敏感指數圖 (ESI map)、湖泊、溼地調查等 (圖 1)，均大量運用高解析衛星遙測影像及 GIS 分析軟體，來建立各式管理系統及編製主題圖，真正做到遙測及 GIS 的「決策支援」目的，也特別感到印象深刻。

(二) LiDAR 空載雷射光達測深應用方面

雷射光達 (LiDAR) 遙測技術發展自 90 年代末期，近年來已成為極亮眼的新興遙測

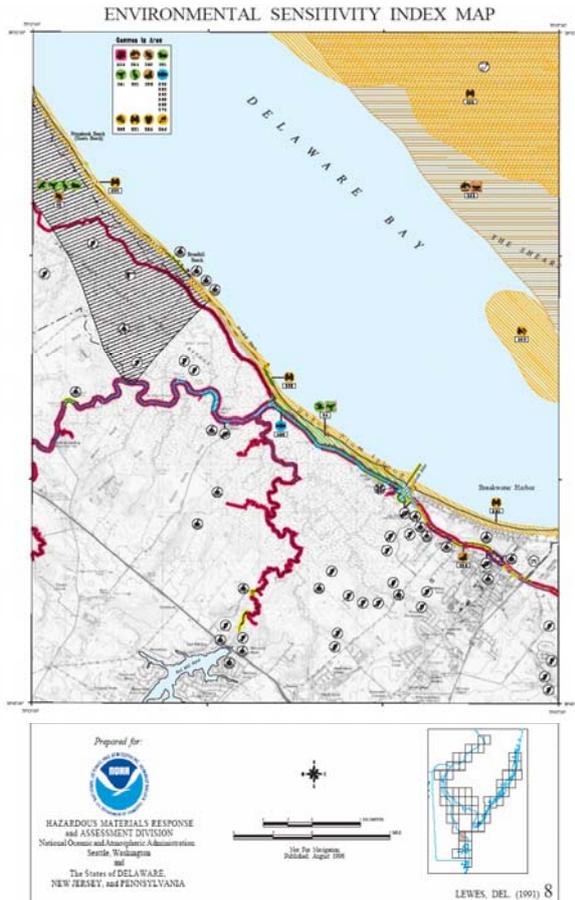


圖 1 美國政府部門的環境敏感指數圖、湖泊、溼地調查等之遙測應用

技術，且被廣泛運用於各個研究領域，如大氣氣溶膠、雲結構、含雨量、陸表地形地貌、地物分類、地質、農業、林業、湖泊、河流、海岸線測繪等。LiDAR 測深系統 (SHOALS) 的測深能力，在清澈海域可達 50 米，近岸則可達 20—40 米，對於最混濁之內灣水域也可達 20 米。對於我國漁政單位規劃多時的海洋牧場、人工魚礁設置、定置漁場調查等，如能使用 LiDAR 技術協助，將可提供迅速且全面的水深、底質判釋、海底地形、底物分布等資料。尤其是海洋探測船無法履及的極近岸、珊瑚礁區 (圖 2) 等。

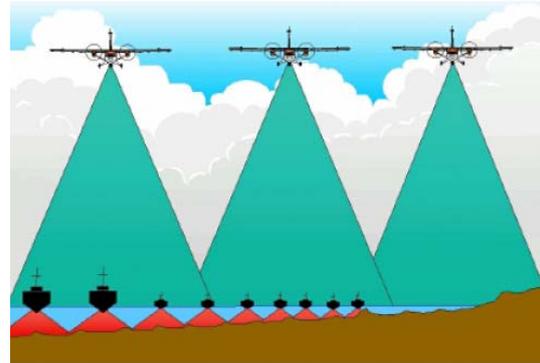


圖 2 航空裝載的雷射光達系統比較傳統船攜 Multi-beam 測深儀更有迅速、大範圍及成本較經濟的優勢

近兩三年來，美國 NOAA 的環境技術實驗室 (Environmental Technology Laboratory) 更進一步研發可直接偵測魚群及海中浮游生物的 fish LiDAR 系統，並與西南漁業科學中心人員配合分別在佛羅里達州西岸及加州西岸進行觀測並比較與水中魚探機之測量結果，已證實可行。不僅可觀測到鯷魚 (Anchovy) 及浮游生物層 (Plankton Layer) 斷面數位影像 (圖 3)，對於非常接近海表的魚類、甚至可以清楚的掃描到個別單體魚。

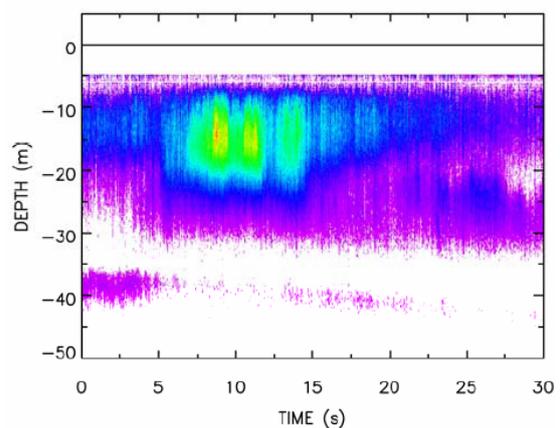


圖 3 NOAA Fish LiDAR 雷射光達所觀測到的鯷魚 (Anchovy) 及浮游生物層 (Plankton Layer) 之深度分布影像

在符合某種條件下，以空載 fish LiDAR 來觀測漁場，其成本效益比約為傳統船測的 20 倍之多。而我國周邊海域遼闊，海洋及漁業方面之試驗研究船舶一向不足，若能引進此種嶄新的遙測技術（如透過 NOAA/NMFS 的合作），對於台灣海峽及台灣近岸海域的海洋觀測、漁場調查、休閒漁業、海洋牧場規劃等，將可發揮重要效益。

二、SeaSpace 公司之衛星影像接收處理訓練課程

SeaSpace 為衛星接收處理系統 (TeraScan, 能接收的衛星如圖 4) 提供之公司，並專長於海洋觀測衛星之處理技術研發，目前在全球有裝設其衛星系統的約有 30 個國家共 450 座，包括國內本所、中央氣象局、環保署、漁業署遠洋漁業開發中心、海洋大學海洋系及漁業系、國科會海洋科學資料中心均使用其產品（含接收天線及處理系統或僅處理系統），而本所之接收站為其第三座，於 1989 年裝設。五天訓練課程中，SeaSpace 安排講師分別就 X 接收頻段及 L 接收頻段的各式衛星，介紹其影像特性及接收處理流程。

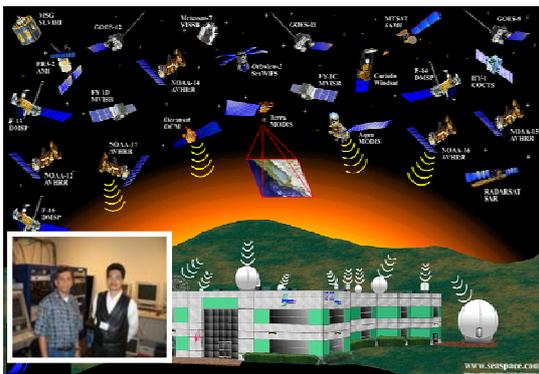


圖 4 SeaSpace 公司的衛星遙測接收處理系統所支援之各式衛星 (左下圖為筆者與 SeaSpace 公司首席 MODIS 專家 Dr. KOTA(左)合影)

(一) MODIS 影像求取各海洋參數

MODIS (中解析度成像波譜儀, Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) 目前配置於 Terra 及 Aqua 二個衛星上，共有 36 個觀測頻道，包括可見光及紅外光，解析度為 250–1000 m，可用以觀測陸地、雲特性、海洋水色、基礎生產力、大氣、海面水溫等，幾乎可完全取代較早的 NOAA 及 Orbview2 觀測衛星的功能。運用 TeraScan 軟體，以台灣附近海域為例，可得 MODIS 真實彩色 (True Color) 影像、海溫影像及基礎生產量影像 (圖 5)。

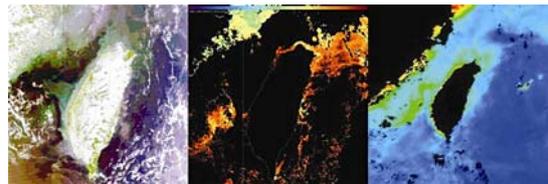


圖 5 台灣周邊的 MODIS 可見光、海溫影像及海洋葉綠素 a 影像

(二) NOAA 衛星及 GOES 衛星影像之接收及處理

美國 GOES-9 衛星自 2003 年 5 月 22 日起支援太平洋的觀測。GOES-9 的成像儀 (Imager) 與原 GMS-5 的 VISSR 觀測儀特性相當，但仍須重新建立海溫經驗模式。另外，NOAA 衛星方面主要進行研習 TeraScan 系統較新的濾雲程式 avcloud，以及計算 ATOVS 儀所觀測的海洋風場如何套疊於 AVHRR 可見光影像 (圖 6) 海面水溫上。

由於台灣地處亞熱帶，雲層及水氣發達，而所有以可見光或紅外光觀測海面的衛星影像均受雲層影響，為提高海面水溫及基礎生產力影像的正確度及後續的自動化等值線處理及服務，必須重視及改進濾雲的處理。ATOVS 風場資料的應用則可分析海溫水



色及葉綠素 a 與氣象鋒面、氣旋間的關係進而可能影響漁場的變動。

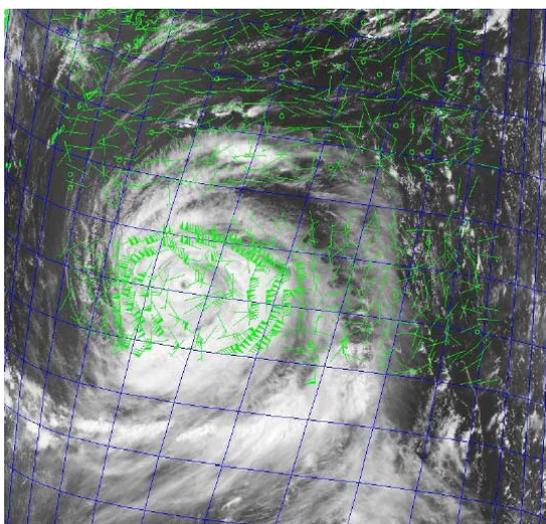


圖 6 NOAA 衛星 ATOVS 向量風場與 AVHRR 可見光影像之套疊

三、參訪美國西南漁業科學中心太平洋漁業環境研究所

6 月 6 日轉往 Monterey (蒙特利市) 近郊 Pacific Grove 的「太平洋漁業環境研究所」(Pacific Fisheries Environmental Laboratory, 以下簡稱 PFEL)。PFEL 隸屬於美國海洋及大氣總署 (NOAA)、國家海洋漁業局 (NMFS)、西南漁業科學中心 (SWFSC) 之下，主要任務為有效管理美國太平洋西岸之漁業資源及對海洋保護魚群進行復育及維護。

該所編制在所長之下，除行政部門外，分為四個任務計畫編組 (Programs)，其中第四個計畫 CoastWatch 為附屬該所之合作編制，而直接隸屬於 NOAA 的 NESDIS (國家環境衛星資料資訊局)，也是此次筆者至 PFEL 主要參與研習的對象單位。

PFEL Dr. Laurs 所長身兼此計畫的西岸觀測點的主持人，而其本身的專長除了海洋

魚類生態外，另一項即為衛星海洋學。電腦程式設計師 Mr. Dave Foley 則對於 NOAA 或 NASA 發射的有關海洋方面應用的衛星遙測影像或資料特性，均非常瞭解。在 PFEL 的 CoastWatch 研究室 (圖 7) 研習期間主要是與 Mr. Dave 討論及學習各式海洋遙測衛星的影像資料取得及程式設計和處理步驟。



圖 7 太平洋漁業環境研究所 (PFEL, 隸屬於 SWFSC, NMFS, NOAA), (右下圖為 Dr. Michael Laurs 所長、左下圖為美國 NOAA 沿岸監測計畫 CoastWatch 位於 PFEL 內之西岸區監測點研究室及 Mr. Dave Foley)

研習包括 NOAA、GOES、JASON-1、TOPEX、TERRA、AQUA、QuikSCAT 等衛星的 AVHRR-GAC、AVHRR-LAC、AVHRR-Pathfinder、AVISSR、MODIS、SeaWinds、SSALT (SSH) 等各類型影像。

圖 8 左上為 12 日之 NOAA 衛星 AVHRR 合成影像，其右側為平滑化及加繪等直線後之影像，可明顯改善粗糙度及雲遮區；另圖 8 左下為歷年差異 (anomaly) 影像，其右側同樣為經平滑化及加等值線處理。可用以觀測海洋熱交換、流場、冷暖渦、海洋鋒面及漁場的變動等。

Terra/Aqua 衛星遙測水溫及葉綠素 a 影像交互套疊處理之交互分析，可更容易瞭解

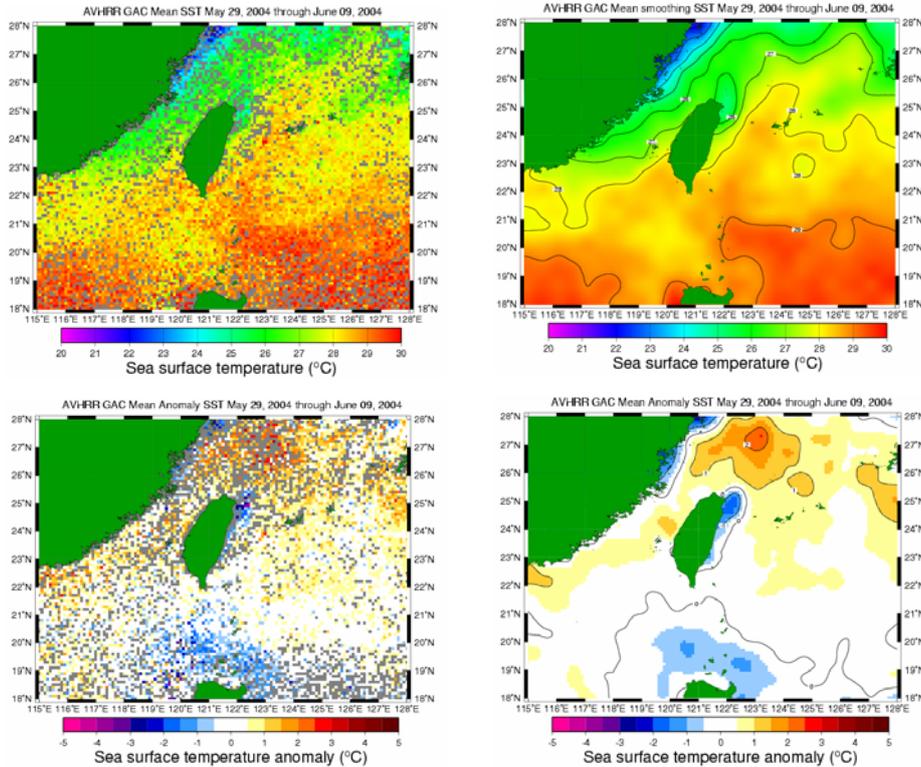


圖 8 NOAA 衛星 AVHRR-GAC 水溫影像 (左上圖：12 日合成水溫影像；左下圖：水溫之歷年差異影像；右側圖為左側圖經平滑後再繪疊等溫線)

海洋渦動或鋒面對漁場造成消長之影響。圖 9 為 Aqua 衛星 7 日之 MODIS 葉綠素 a 等值線套疊於合成及平滑化後之水溫影像上，而

圖 10 為 Aqua 衛星 7 日之 MODIS 水溫等值線套疊於合成及平滑化後之葉綠素 a 影像上。由兩張影像可初步瞭解在沿岸區域 (台

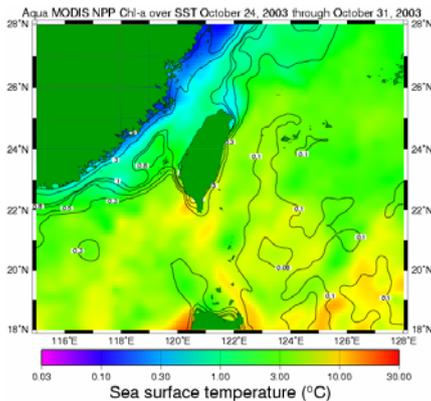


圖 9 Aqua 衛星 7 日之 MODIS 葉綠素 a 等值線套疊於合成及平滑化後之水溫影像上

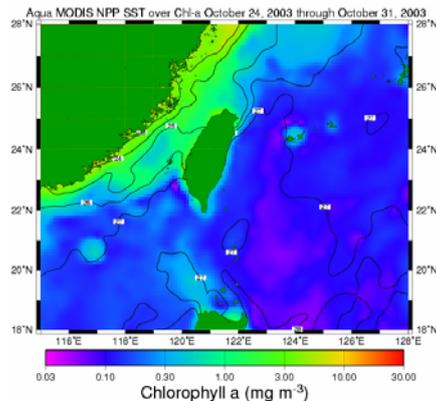


圖 10 Aqua 衛星 7 日之 MODIS 水溫等值線套疊於合成及平滑化後之葉綠素 a 影像上



灣海峽至中國沿岸) 之水溫與葉綠素 a 大約為負相關，但在大洋區域則較無相關性。

QuikSCAT 衛星 SeaWinds 遙測影像處理，可經由海風資料演算艾克曼 (Ekman) 流，包括X軸，Y軸方向流及垂直向上之湧昇流，可迅速瞭解流場之變化及對漁場的影響；QuikSCAT SeaWinds為微波遙測，因此可不受雲層干擾。圖 11 為QuikSCAT衛星之 SeaWinds海面風矢量套疊於合成及平滑化後之海面風影像上；由圖可知 3 月 1 日東北季風強盛，尤其台灣海峽可達 16—17 m/s，東部海域也可達 14 m/s，整個東海風速均較強，而南海則幾乎無風。而圖 12 之湧昇流流速分布套繪Ekman矢量線之影像，則顯示台灣澎湖之西南方海域與中國沿岸均有明顯湧昇 (大於 4×10^{-5} m/s) 現象，另澎湖北側及台灣東北海域則均有較微弱 (約 3×10^{-5} m/s) 湧昇，與筆者過去以NOAA衛星進行對台灣東北鯖漁場及澎湖鎖管漁場研究有相同的結果，但過去為配合船測航次資料所方得，若未來能使用QuikSCAT海風衛星資料，將可彌補船測之不足。此外，由圖 12 也發現許多過去未曾發現的現象，例如宜蘭及通霄外海海峽中線一帶有沉降流現象，值得進一步探討。

TOPEX 及 JASON-1 衛星 Poseidon 觀測為微波遙測，不受雲層或日夜干擾，其海高之影像處理，可用於觀測及預測聖嬰及反聖嬰現象，也可直接觀測小海域之冷渦 (中心較低) 及暖渦 (中心較高) 現象；結合 TOPEX 及 JASON-1 兩個衛星資料後可獲得色彩鮮明及可利用之台灣周灣海域海高影像 (圖 13)。圖中可以發現在澎湖西方海域及台灣東北海域可能存有冷渦 (Cold-core eddy) 現象，與過去文獻相符。而台灣東部的低海高區則有待進一步檢視。此外，海高影像也

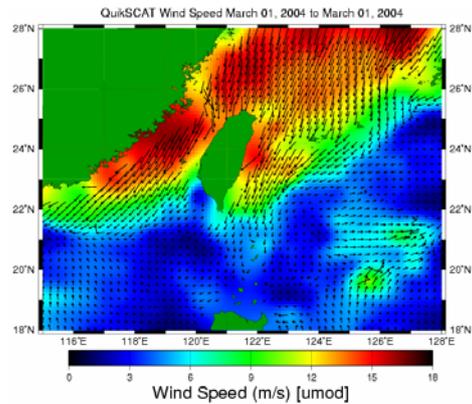


圖 11 QuikSCAT 衛星之 SeaWinds 海面風矢量套疊於合成及平滑化後之海面風影像上

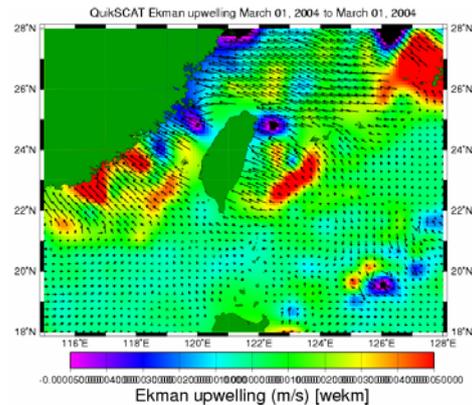


圖 12 QuikSCAT 衛星之 SeaWinds 演算 Ekman 流矢量套疊合成及平滑化後之湧昇流流速影像上

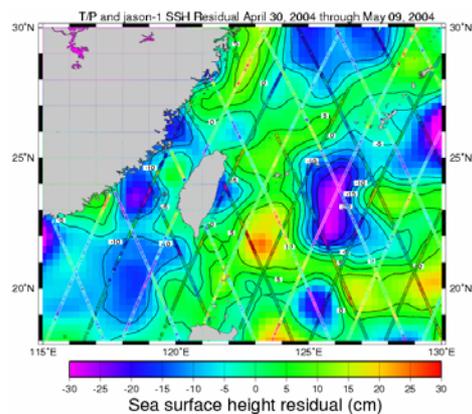


圖 13 TOPEX 及 Jason-1 衛星 10 日合成之觀測海高掃瞄線分布(間距縮小一倍)及差分平滑化海高影像

可進一步計算地轉流，用以觀測大海域之海流移動。

結論與建議

美國政府各部門，已大量且業務常態化的使用遙測技術於自然資源監測及災害防治，如在海洋方面有 NOAA 主導的 HABSOS (Harmful Algal Blooms Observing System) 海洋毒藻觀測系統及 CREWS (Coral Reef Early Warning System) 珊瑚礁早期預警系統等，值得我國學習，應廣泛使用遙測科技及空間資訊分析系統 (如 GIS) 來建立長期及有效的災害防治監控系統，以促使國土之有效管理與利用。對於沿岸生物多樣性調查及保育上，更應立即著手進行類似美國全境沿岸以衛星遙測及 GIS 為工具編繪 ESI (Environmental Sensitivity Index) 環境敏感指數圖，也可達到生態休閒指引及教育民眾的目的。

國內遙測技術在海洋及漁業上的應用，自本所於 1985—1989 年陸續建置 NOAA 衛星 APT 及 HRPT 系統後，便開始受到各界重視與競相發展。本所多年來利用 NOAA、Orbview2 衛星遙測影像應用於海洋表水溫、冷暖渦動、MCC 海流、葉綠素分布、混濁度、植被指數 (NDVI)，來分析中國沿岸水、南海水及黑潮流 (軸及型態) 與台灣周邊漁場 (鯖鱈、鰻鎖管、烏魚等) 的相關分析上，均有長足的進步及成果，並提供沿近海漁民長期的海況速報服務，近來也將考慮增加提供對遠洋漁民業者海況資訊。

然而漁場的變動因素，除了表水溫、葉綠素 a 外，次水層水溫、躍層及各水層海流等亦為極重要之漁撈作業考慮因素。因此本所往後也應加強衛星觀測海面風及海流的應

用，以使海洋及漁場環境的分析上更加有利及合理。除此，海風及海流遙測資料不僅可掌握漁場的變動與魚類資源間的關係，也可應用於諸如深層水湧昇、海洋廢棄物追蹤、海洋污染源的擴散或觀測平台及人工 (浮) 魚礁規劃設置、魚類產卵場及仔稚魚輸送、洄游路徑調查等。

而 MODIS 影像之應用則為目前應首要考慮之遙測資料來源。初期構想為直接使用氣象局 TeraScan 系統處理完成的 Level-2 產品轉入本所舊有的 TeraScan，再進行其他的合成或等值線化處理。但應考慮及早購置 TeraScan、MODIS 軟體模組，如此可自行處理 Level-0 或 Level-1 的影像資料，以進行多頻道矩陣運算、濾雲處理及各式海洋產品 (product) 之產出。

行程中另外一個值得學習之處，則是美國政府部門 CoastWatch 的海洋遙測資源整合型實務計畫。依美國 NOAA 的規劃，EOS 系列衛星包括 NOAA 衛星、Terra/Aqua-MODIS 等將於 2006—2008 年結束任務，最後將以 NPOESS 衛星取代。屆時，國內所有 NOAA-HRPT 系統均將停止運轉或須重新編列預算換置系統。建議未來可由國科會海科中心或即將成立的海洋委員會，或者由目前中央大學太空遙測中心或國家太空計畫室等單位統籌辦理全台南北各一處之海洋觀測資料處理及發布中心，且其技術人力須充足，以協助政府監測環境、提供對民眾服務、並協助研究人員進行應用。

最後，關於本行程，筆者要感謝本所所長蘇偉成博士的勉勵，才有此機會在經濟部 93 年度「聯合技術協助訓練進修實施計畫」的經費補助下 (編號：484-C04-40314)，赴美進行此次的短期研習。