

遙測技術在海洋環境管理之應用

李政達¹ 蔡立宏² 錢樺³

¹交通部運輸研究所港灣技術研究中心副研究員

²交通部運輸研究所港灣技術研究中心主任

³國立中央大學水文與海洋研究所教授

摘要

近幾年隨著遙測技術的進步，遙測應用發展已經邁入全新紀元，為利於我國海洋與海岸管理者政策制定與決策，本研究針對遙測技術應用發展之現況，進行介紹與分類討論，透過比較遙測技術之類型、應用情形與案例探討，瞭解現存遙測技術的優點與限制，有助於解決未來臺灣海洋空間規劃與海岸遊憩管理之困難，本研究著重於建立遙測概念與多元化政策管理之架構模型，以提供後續海洋專業人員從事綜合規劃使用。

一、前言

臺灣海岸線長約 1,979 公里，根據內政部營建署 107 年 8 月 3 日公告「海岸地區範圍」辦理情形，濱海陸地面積 2,963 平方公里，近岸面積 10,773 平方公里(約佔臺灣陸地面積的 38%)，受地區性風力侵蝕、海流與波浪等影響，臺灣各地海岸地形各有差異，依據沿海地形大致可分為四類，1.北部海岸線為海積與海蝕地形交錯海岸，地形極富變化，如鼻頭角；2.西部海岸線呈現平直，屬沙質海底與海積地形，如新月沙灣；3.南部海岸線屬於珊瑚礁海岸，如墾丁龍坑；4.東部海岸線屬於蘭陽溪河口狀沖積三角洲，海積地形顯著，沙質海底分布，如蘭陽平原，如圖 1 所示。

海洋資源利用廣泛，從民生經濟、交通運輸、軍事救災與科學研究等用途相關，根據內政部營建署(106)國土計畫調查，臺灣以(1)漁業資源利用、(2)非生物資源利用、(3)海洋觀光休閒、(4)港口航運、(5)工程相關用途、(6)海洋科學研究與利用、(7)環境廢物排放或處理、(8)軍事和救災相關用途與(9)原住民傳統海域使用等用途最為常見，其中使用率最高之用途前兩項，為港口航運佔比 38.08%與軍事和救災相關用途佔比 28.08%，如表 1、圖 2 所示。人們對海的依賴有增無減，但隨氣候變遷、溫度上升、海水酸化、優養化、人類的活動(抓捕、過魚)、棲地破壞與環境污染等對海洋環境的改變及生物多樣性之骨牌效應、連鎖效應與加乘效應影響，生態功能喪失，使海洋處於被永久破壞的風險。因此，為建立海洋的使用秩序，避免海域範圍設置相互衝突，1970 年澳洲大堡礁海洋公園於自然保護的管理方法，提出海域空間規劃(Marine Spatial Planning, MSP)概念，演變至今已成為實現海洋經濟發展與環境保護雙重目標之作為，此外，海岸帶綜合管理(Integrated Coastal Area Management, ICAM)的概念亦被提出，諸多學者如：聯合國教科文

組織政府間海洋學委員會 William Ouellette、中國科學院戴民漢院士^[18]與臺灣海洋大學歐慶賢教授^[19]都為這方面專家並提出許多理念與建議。

表 1 臺灣海域土地使用現況表(內政部營建署 106 國土計畫調查統計)

編號	使用類型	面積(Km ²)	比例(%)
1	漁業資源利用	2731.62	5.96
2	非生物資源利用	1648.74	3.60
3	海洋觀光休閒	7.05	0.02
4	港口航運	17438.9	38.08
5	工程相關用途	3766.75	8.22
6	海洋科學研究與利用	24.24	0.05
7	環境廢物排放或處理	3310.97	7.23
8	軍事和救災相關用途	12860.1	28.08
9	原住民傳統海域使用	4009.57	8.75
	總計	45797.94	100.00



圖 1 沿海地形(1)北部海岸 (2)西部海岸 (3)南部海岸 (4)東部海岸
(圖片來源：經濟部水利署)

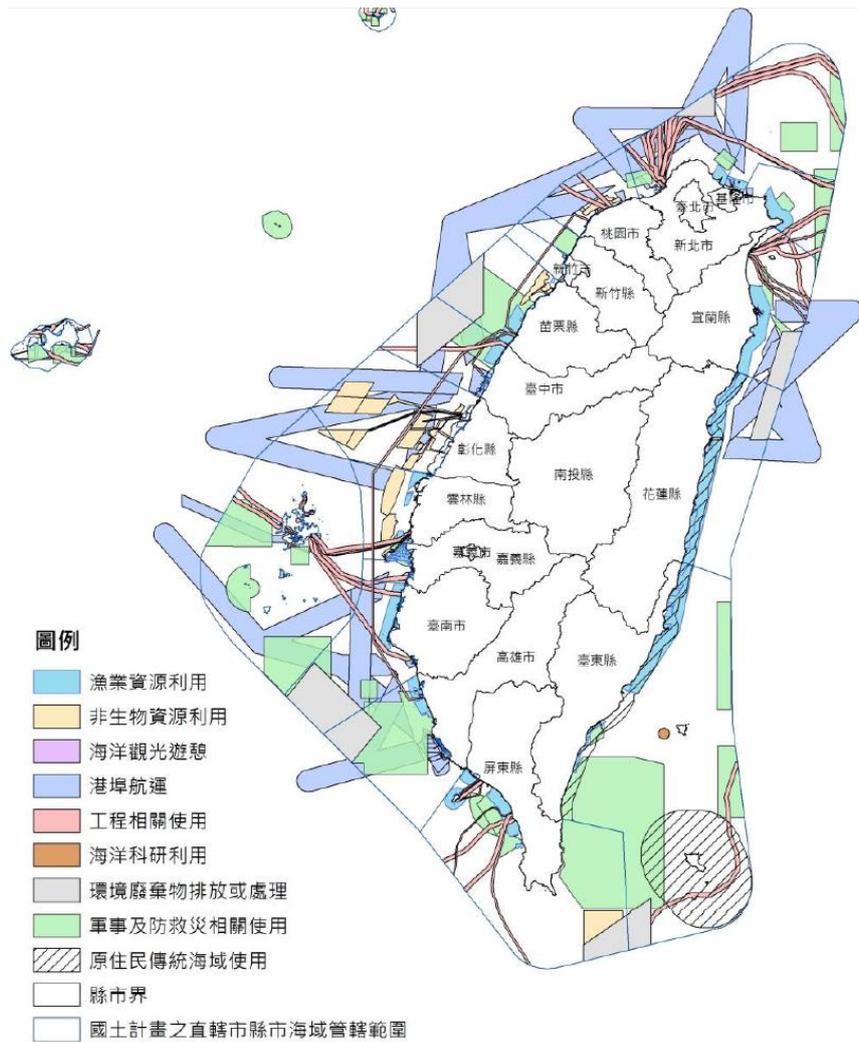


圖 2 臺灣海域土地使用現況圖(圖片來源：內政部營建署)

二、海域空間規劃與海岸帶綜合管理的定位

海域空間做為一個獨立於陸地以外的範圍，其空間規劃之技術方法與管理措施，尚未建構完整系統，特別是海岸帶綜合管理的極其複雜，故海域空間規劃需周全考慮海洋生態系統、海洋汙染問題與海洋資源開發等因子間平衡，前提須先了解臺灣海域規劃與管理所面臨的問題，以及海岸帶綜合管理的定位，才能統籌規劃海洋空間，提出正確的發展構想。

2.1 臺灣海域規劃與管理面臨的困難

臺灣海洋的利用管理或海洋事務，長期以來均分散於各相關部會，如漁業(漁業署)、交通運輸觀光(交通部)、環保(環保署)、能礦(經濟部)、國防安全(國防部)，國土規劃(內政部)等，雖各自有發展規劃與管理之實質業務單位負責，但尚未有統籌之專責單位，如表 2 所示，因此，遇到海域管理範圍重疊，或法規未明確劃分權責時，常導致無人管理與處置，這樣的問題直到 107 年 4 月 28 日海洋委員會成立才獲得改善，但仍尚未有海域規劃應用之單位，值得慶幸的是行政院推動向海致敬政策，使各部會積極辦理海洋政策，其中內政部業已積極推動海岸管理法與海

域管理法草案，將我國領海納入 MSP，且近期內修正國土計畫有關海洋資源地區劃設，以及推動海岸帶內水範圍，有助於提升 ICAM 之進步。

表 2 各部會法源依據與管理範圍

政府單位	法源依據	管理範圍
漁業署	漁業法及漁業法施行細則 野生動物保護法	漁業資源保護區 漁港碼頭與專用區域
交通部	水域遊憩活動管理辦法 發展觀光條例 商港法	海濱風景區 商港範圍
環保署	海洋汙染防治法	海洋棄置區
經濟部	礦業法(涉及海洋資源開採) 電業法(涉及離岸風電開發) 海堤管理辦法	海洋能開發範圍 一般與事業性海堤
國防部	國防法	軍港
內政部	國土計畫法 國家公園法 環境影響評估法	海岸保護區 國家公園
海洋委員會	海洋基本法 海域管理法	平均高潮線往海洋延伸之範圍內

2.2 海岸帶的綜合管理

綜觀來說，海洋政策繁複且問題多端，雖然海洋委員會成立，但漁業署業務並未納入海洋委員會，加上 MSP 與 ICAM 需求日益提高，未來仍需加強各相關單位必要之溝通和協調，可預見的問題尚存 4 個層面，包含(1)海洋政策制定、(2)海域空間規劃分工、(3)違法行為偵查與(4)其他綜合管理，如圖 3 所示。

儘管如此，也並非稍有涉及海洋之業務，便全盤以海洋委員會為主，例如，面臨海洋政策問題，無疑係以海洋委員會應當負擔制定責任，但若涉及國土部分，便不能忽視內政部營建署海岸國土之權責，以及其他單位管轄範圍；海域空間規劃分工方面，如何確認海域空間規劃範圍與開發使用的目標相符，比如離岸風力發電場的開發，劃設風力發電潛力場址時，必須保證劃定的範圍內，其風能量確實適合做為風力發電使用，故事前之調查工作，必須於場址公告核定前完成；另外海洋委員會海巡署雖可對於海上違法行為進行偵查與取締，但對於海岸陸地範圍卻超出其管制區域，仍有賴其他機關協助；至於其他綜合管理部分，業務之間也同樣面臨相同的情況，為了提高政府決策的效能，如能以遙測技術協助蒐集相關資料，提供政府機關做為管理判斷的依據，將是未來不可或缺的工具之一。



圖 3 MSP 與 ICAM 定位理念

三、遙測技術發展現況

基於健全實施監測與管制之需要，遙測係良好的監測工具，能廣泛的蒐集海洋信息，並承擔起至關重要的作用，故早在 1960 年間美國與荷蘭便開始重視並進行研究，直到 1972 年美國率先頒佈世界第一份綜合性的海岸帶管理法規(海岸帶管理法)，目前國外遙測技術應用已經相當蓬勃，本節將介紹國外 MSP 與 ICAM 的遙測應用框架，提供做為臺灣海洋發展遙測技術學習之借鏡。國外應用情形大致歸納為以下 5 項：(1)海洋污染與健康生態系統、(2)海洋自然災害、(3)海洋空間和使用(例如漁業與水產養殖)、(4)海岸與土地利用(例如城市化和農業利用)、(5)沿海人口動態監測。遙測根據不同載臺各自有不同技術的發展，常見載臺包括岸基(Shore-based)、船載(Ship-borne)、空載(Airborne)與星載(Space-borne)4 大類，此類遙測工具能協助政府機關進行海洋環境監測、環境保護與環境減輕、以及環境評估等工作。

第 1 項海洋污染與健康生態系統：遙測應用環境保育與科學研究，常見的項目有油汙擴散、藻華、海表面溫度(SST)、海水酸化、塑膠顆粒與水質量測；第 2 項海洋自然災害：遙測應用環境保育與工程應用較多，常見的項目包含洪水、海岸侵蝕、海平面上升、極端氣候、颱風湧浪、海嘯等監測；第 3 項海洋空間和使用：遙測能應用於海上船舶交通安全使用、離岸能源開發、漁業活動、海上牧場與水產養殖等；第 4 項海岸與土地利用：遙測應用於都市化活動調查、監控土地覆蓋情形、研究土地使用、開發近岸能源；第 5 項沿海人口動態監測：遙測應用於人口密度調查、統計人群統計社會指標與維持人類健康。上述整理如表 3 所示，以下說明遙測技術種類及其原理與遙測使用概況

表 3 需求及遙測應用

需求	環境		環境與社會經濟		社會經濟
遙測應用	汙染與生態系統	自然災害	海洋空間使用	海岸使用	人口問題
MSP/ICAM 應用項目	油汙擴散 藻華 海表面溫度 海水酸化 塑膠顆粒 水質 生物多樣性	洪水 海岸侵蝕 海平面上升 極端氣候 颱風湧浪 海嘯	定義環境經濟區 海上交通 離岸能源開發 漁業 水產養殖 海洋應用衝突	都市化 土地覆蓋 土地使用 近岸能源	人口密度 人群統計社會指標 人類健康

3.1 遙測技術種類及原理

本小節將說明遙測技術種類及原理，協助瞭解遙測關鍵技術之發展，以及做為臺灣未來面臨考驗時做為選用工作之參考，以下就合成孔徑雷達、光達、微波、水色、中解析度影像光譜、船舶自動識別系統、紅外線、可見紅外線影像輻射套件等原理進行說明。

1. 合成孔徑雷達(Synthetic Aperture Radar 簡稱 SAR)

SAR 雷達係屬於微波成像雷達的一種，能獲的極高空間解析度，由於該波段可以穿透雲、雨、霧、濛的天氣，故不受天候影響，另微波成像技術不是直接取得影像，係利用虛擬成像原理，以載體高速飛行或繞行，藉由合成孔徑雷達快速的重複發射雷達波與連續接收雷達回波，經由反覆重疊能提升影像解析度，形成一幅戴寬影像，實屬於間接觀測的技術之一，如圖 4 所示。

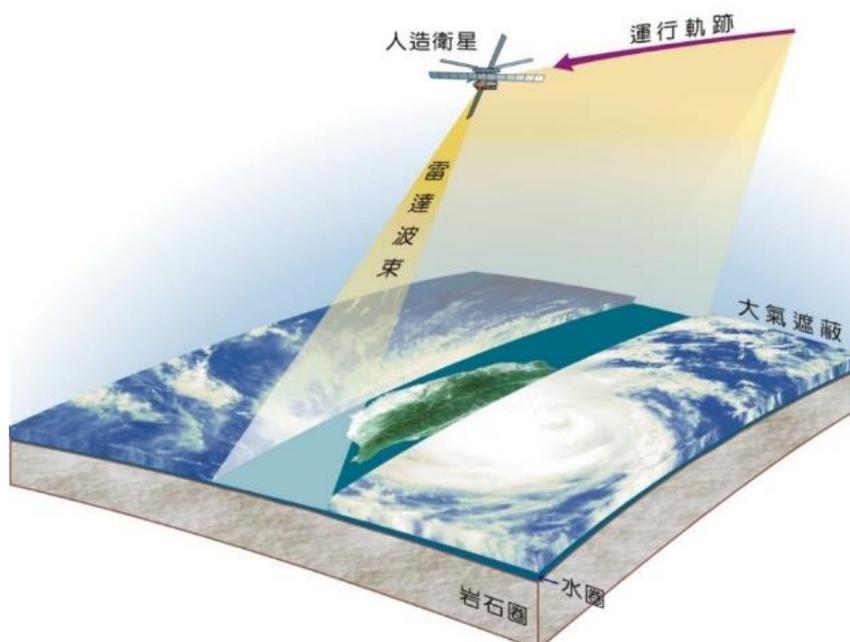


圖 4 合成孔徑雷達掃描示意圖 (圖片來源：經濟部水利署 270 電子報
<https://www-ws.wra.gov.tw/>)

2. 光達(Light Detection And Ranging 簡稱 LiDAR)

光達技術是一種光學遙感技術，利用雷射特性及雷射對焦成像原理，能對於觀測主體發射每秒數十萬次脈衝雷射，透過反射時間的量測，能進行地表高程量測，並描繪點雲影像資料，再利用影像觀察辨別地貌，屬於常見的測高技術之一，應用上有地形測量、地貌觀察、林相辨識等用途，如圖 5 所示。

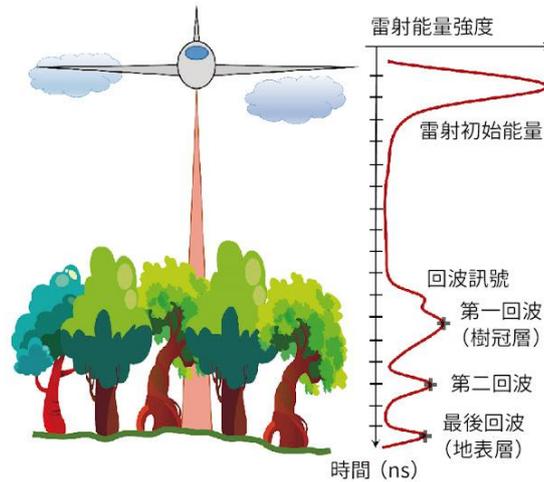


圖 5 光達掃描示意圖 (圖片來源：科技報導 449 期 http://scitechreports.blogspot.com/2019/05/blog-post_74.html)

3. 微波(Micro Wave 簡稱 MW)

微波是電磁波種類之一，常見於雷達系統，微波頻段介於 8.0-12.0GHz 之間，波長僅為 2.5~3.75cm，由於傳遞過程易受到天候干擾，造成微波對水氣的穿透程度、衰減率與折射率等因素影響，且微波能觀察的範圍窄小，如欲實現空間掃描，則需利用天線機械旋轉，使波束集成為平面範圍；此外，波束集中程度與天線孔徑及波長大小之比值有關，微波天線尺寸要足夠大，訊號才能集中，空間解析度才會高，此外，配合都卜勒理論基礎，透過接收海面之布拉格散射強度，能反演海象波浪的狀態，為航安與漁業服務提供波浪、海流等資訊，如圖 6 所示。

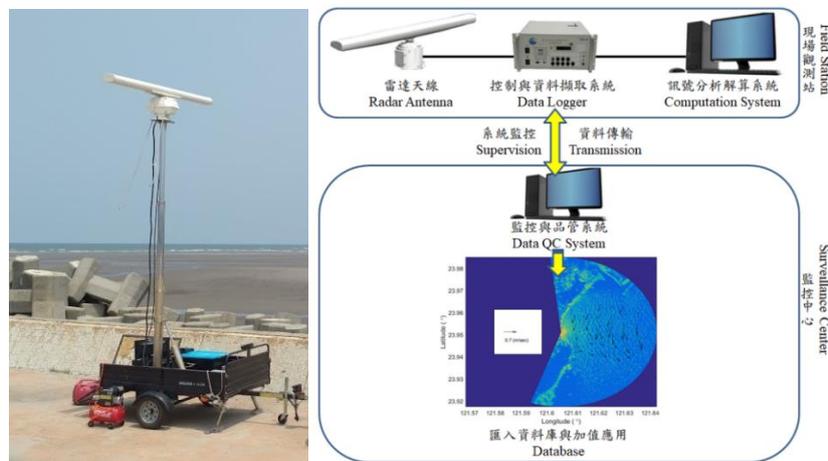


圖 6 微波工作原理 (圖片來源：<http://www.comc.ncku.edu.tw>)

4. 水色(Ocean Color 簡稱 OC)

海洋水色遙測是一種能觀測表層海水之新興探測技術，例如，水中懸浮泥沙與可溶有機物質可以吸收與反射光線，因此可藉由判斷光線顏色變化與強度，研判水質狀況與物質種類，或者利用浮游植物含有葉綠色特性，對反射綠光波段的光線特別強，藉此由水色遙感技術觀測浮游植物之濃度，據以判斷基礎生產力狀態，應用於環境水質監測與汙染調查等各項研究，適合用於全局視野監測使用，如圖 7 所示。

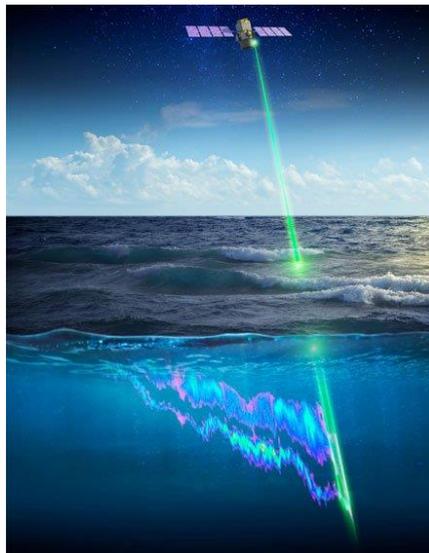


圖 7 水色遙測技術示意圖 (圖片來源：NASA <https://ciencia.nasa.gov/cinco-formas-en-que-la-nasa-ayuda-la-conservacion-de-los-tiburones>)

5. 中解析度影像光譜(Moderate resolution Imaging Spectrometer 簡稱 MODIS)

中解析度影像光譜為海洋水色遙測的進階技術，此為美國國家航空暨太空總署研發技術，該儀器支援 36 個光譜波段，波長範圍在 $0.4 \mu\text{m}$ ~ $14.4 \mu\text{m}$ ，影像解析度 250m ~ $1,000\text{m}$ ，依據不同光譜波段可觀測雲層與氣膠、海洋水色與浮游植物、大氣層水蒸氣、大氣溫度、海水表面溫度與雲高等，能提供大範圍觀測數據，如圖 8 所示。

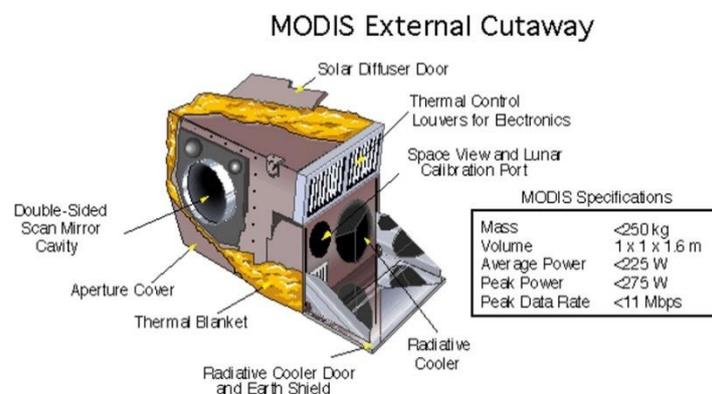


圖 8 中解析度影像光譜儀器示意圖(圖片來源：NASA <https://mcst.gsfc.nasa.gov/calibration/information>)

6. 船舶自動識別系統(Automatic Identification System 簡稱 AIS)

船舶自動識別系統主要概念是船舶靜態、動態與航程資訊紀錄，透過資訊的解碼與通信協定之間的互聯模式，將整個臺灣海域的船舶資訊即時整合至查詢資料庫中建檔，常見的靜態資訊有水上移動業務識別(Maritime Mobile Service Identity)、呼號、船名、IMO 號碼、船長、船種。動態資訊包含船位的時戳、航向、航速、轉向速率。航程資訊包含：貨物種類、船舶規劃計畫等，應用於船舶進出港信號台(Vendor Test Suite)管理、航行警告、協助船舶搜救與助航，能減少海難發生與提升海難救援效率，如圖 9 所示。

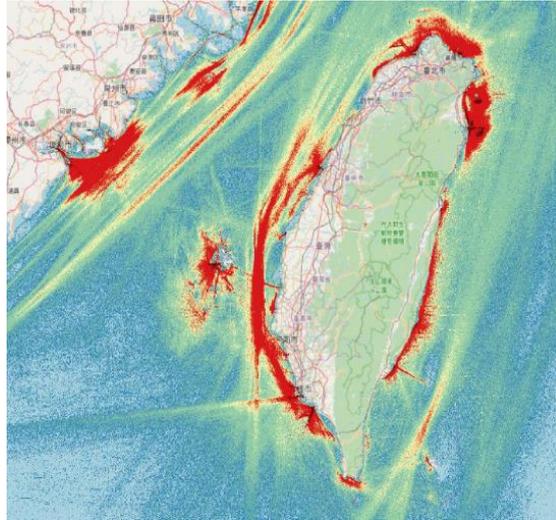


圖 9 臺灣海域 AIS 船舶航行熱點

7. 紅外線(Infrared 簡稱 IR)

紅外線遙測技術係利用紅外線波長約分布在 0.8 至 100 μm 之間，落在水氣及雲的主要吸收範圍，因此，利用氣體分子吸收紅外線之特性，能比對紅外線吸收圖譜與標準圖譜，藉此判斷氣體種類，並利用比爾定律氣體分子吸收強度與氣體濃度成正比之關係，反演算光譜吸收強度可反推氣體濃度，紅外線影像空間解析度約 4,000m，如圖 10 所示。

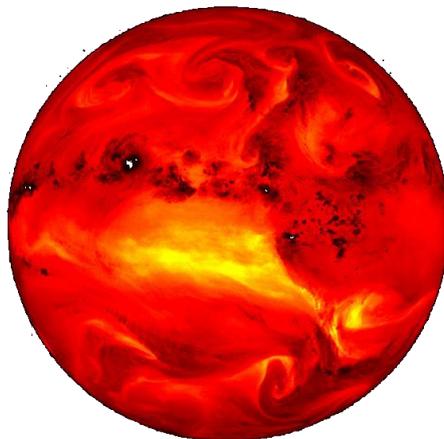


圖 10 地球環境衛星 GOES 紅外線假色照片 (圖片來源：NASA <https://apod.nasa.gov/apod/ap020323.html>)

8. 可見紅外線影像輻射儀 (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite 簡稱 VIIRS)

可見紅外線影像輻射儀，搭載 22 個波段，觀測波長在 $0.412 \mu\text{m}$ 至 $12.01 \mu\text{m}$ 之間，為美國繼中解析度影像光譜(MODIS)後開發的新技術，其中 16 個波段是中等解析度波段(簡稱 M 波段)，M 波段最低空間解析度為 750m，5 個成像 I 波段，I 波段最低空間解析度為 375m，及 1 個空間解析度為 750m 的日夜全色波段，如圖 11 所示，目前 VIIRS 已經廣泛應用於 GDP 空間分析(Zhao et al, 2017)、人口估算(Chen et al, 2015)、火災調查與火點偵測等研究。

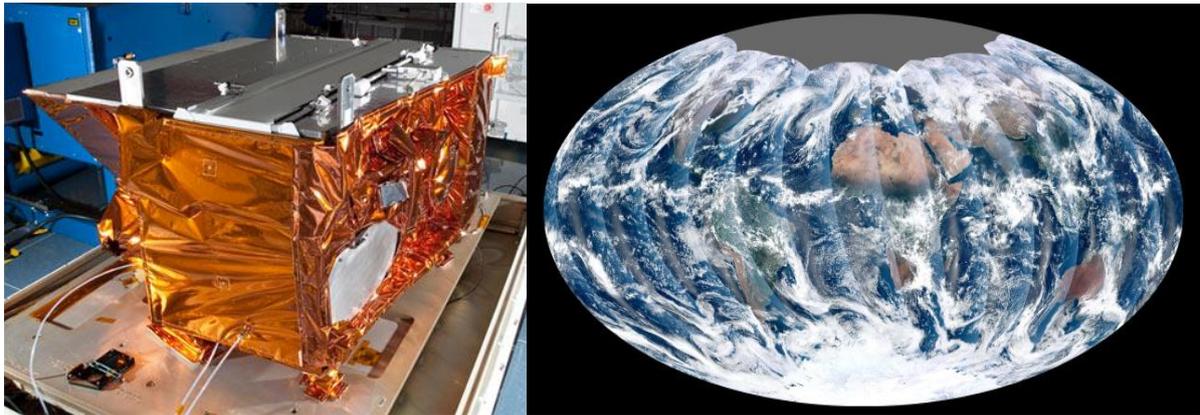


圖 11 美國 VIIRS 儀器(圖片來源：NASA <https://sciencesprings.wordpress.com/tag/nasa-earth-observatory/#jp-carousel-77672>)

3.2 遙測使用概況

前 3.1 小節雖已說明遙測技術原理，已能初步掌握遙測技術，但對於遙測使用概況尚未了解，為儲備未來所面臨考驗之經驗，本小節將探討國外關鍵技術之發展與使用情況，以做為未來各項決策工作之應用，以及評估做為海洋空間規劃管理使用，有關遙測應用框架與遙測技術使用情形說明如下，並整理如圖 12 所示。

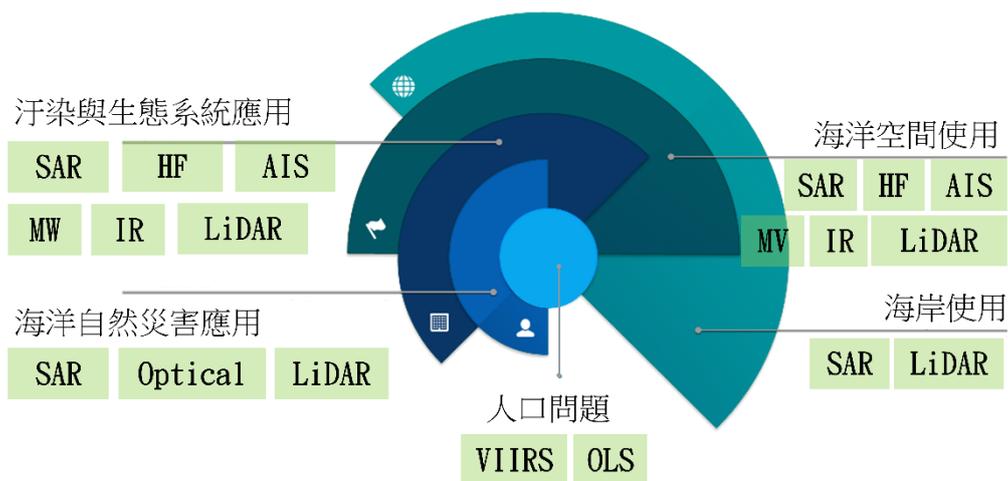


圖 12 遙測技術的使用情形

1. 污染與生態系統應用：遙測(RS)能填補海洋學與生態學的空白，利用調查初級生產力所需的參數，包括：葉綠素、海溫、海流等海洋生物多樣性的時空分布等物理變量，遙測可以瞭解

棲息生態系統的基礎狀態，常見的遙測技術有合成孔徑雷達(SAR)、光達(LiDAR)、微波(MW)、水色(OC)等技術。

2. 海洋自然災害應用：利用遙測評估當天然災害發生後災害損失，或海岸侵蝕海岸線推移的情況，常見的遙測技術有合成孔徑雷達(SAR)、光學(Optical)、中解析度影像光譜(MODIS)等技術。
3. 海洋空間使用：能利用遙測技術整合洋流與沿岸流優化海上運輸路線、促使能源開發及海洋保護。遙測技術能掌握上升流(upwelling)區域，並規劃箱網養殖場址，維持經濟與生物多樣性；此外，遙測技術應用於防止非法捕魚活動日益廣泛，例如：(1)全球海龜觀測(Turtle Watch project)能探測海龜存在的可能性，防止海龜過度抓捕、(2)美國非營利組織 IUU 開始監控船舶、(3)全球漁業觀測(Global Fishing Watch Project) 監視海域捕魚行為，加強查緝避免過度及非法捕撈。常見的遙測技術有合成孔徑雷達(SAR)、光達(LiDAR)、微波(MW)、船舶自動識別系統(AIS)及紅外線(IR)。
4. 海岸使用：常見於城市化調查、農業用途使用、開發陸上能源，常見的遙測技術有合成孔徑雷達(SAR)、光達(LiDAR)、光學(Optical)。
5. 人口問題：透過遙測調查夜光觀測數據能統計人口分佈與城市的大小範圍，並探討陸地、海洋和人口的相互作用，常見的遙測技術有可見紅外線影像輻射套件(VIIRS)或作業化掃描系統(Operational line-scan system 簡稱 OLS)等技術。

四、遙測技術的挑戰與機會

臺灣遙測技術發展於氣象領域、國土與林相調查已經相當成熟，但從事海洋相關行業較不普遍，例如，應用於臺灣周邊海洋環境，蒐集海洋空間與海岸遊憩管理等資料數據，尚存挑戰與機會，目前已知臺灣周邊應用案例，包括：南灣珊瑚礁白化研究、綠島引致的海洋渦旋、北海岸沿岸逆流、蘭陽溪葉綠素濃度、東沙內波等。(1)南灣珊瑚礁白化研究機會，利用向日葵 8 號衛星與 CODAR 雷達掌握南灣礁石流場，渦流何時發生、渦流路線，以及渦流消散與何時傳播出海灣，可藉此推估葉綠素 a 與評估珊瑚白化程度；(2)綠島引致的海洋渦旋，利用 SPOT-7 衛星觀察探討綠島周邊不同的黑潮撞擊流速導致之島嶼渦旋效應，透過影像可以計算島尾渦旋的尺寸，並透過向日葵衛星葉綠素濃度去驗證島尾渦旋，與計算出黑潮的撞擊速度；(3)北海岸沿岸逆流研究，於宜蘭灣發生北臺灣沿岸回流與黑潮交界不穩定的問題，特別是發生在蘭陽溪雨季(10 月)導致海面葉綠素濃度增加，以及受到退潮的影響，葉綠素可傳遞至東海岸黑潮的海域，形成一海洋的交界面，此水團運動已可藉由衛星觀測水體之連續變化觀察，但流場鹽度、葉綠素濃度與海流尚有討論空間，期待未來有更多遙測數據佐證定論；(4)東沙之內波現象可利用合成孔徑雷達觀測，直接觀測內波行為，但光學衛星需要足夠的空間解析度，科學家透過衛星資料可間接觀測到內波與葉綠素的變化；綜觀目前為止，衛星遙測已能觀測 SST(海表面溫度)、SSS(海表面鹽度)、SSC(海表面流)、Chlorophyll(葉綠素濃度)、風速與降雨率等目標。

許多國際頂尖之全球計畫正在持續進行中，例如：「地表水和海洋地形任務計畫(Surface Water and Ocean Topography, SWOT)」、「ESA 哥白尼全球環境和安全監測計畫(Copernicus)」。

海洋圈面對未來海洋 10 年的課題，包括：(1)海洋污染、(2)保護與恢復生態系統與生態多樣性、(3)全球人口、(4)持續公平的海洋經濟、(5)增加海洋防災的抵禦能力、(6)擴大海洋觀測系統等，此課題對於決策與管理規劃產生直接影響，總結歸納研究海洋變量挑戰包含 5 個部分，包含：連續性、可靠性、分辨率與覆蓋範圍、知識差距與制度障礙等挑戰，說明如下：

1. 連續性挑戰部分，某些時刻海上觀察儀器可能因突發狀況而被迫中斷，在尚未修復之前，蒐集數據方面將有所缺漏，此對於只依賴監測應用程序可能會是個問題，故不應過度依賴單一設備或特定觀測儀器，必須運用其他備用手段因應，以確保資料的持續蒐集，國際合作是其中的解決方案之一，例如：部署浮標與利用志願船舶觀測，或者利用衛星能提供全球覆蓋的觀測，分享與共享機載遙測飛行資料，不論任何時候儀器故障時，能有效切換與彌補資料遺漏，提高數據覆蓋率；運研所港研中心目前於港區，利用補遺技術彌補遺漏之海氣象資料。
2. 可靠性挑戰部分，對於大多數遙測應用而言，都面臨經歷數據校正與驗證過程，故可以確保遙測數據的可靠程度，例如：對於雷達、SAR 與星載測高等技術而言，可靠程度並非問題所在，其因遙測觀測波段幾乎不受雲霧和大氣干擾之影響，且雷達應用於軍事與電信方面歷史悠久，其信號處理方法已經非常完善，故可得到良好之觀測結果；但光學遙測系統部分，許多觀測數據遭受雲霧遮罩，故大氣校正演算方法等問題尚待改進外，在海洋水色技術，於懸浮顆粒、溶解有機物與水質濁度之校正與驗證範圍之外，仍然受到限制；如果利用遙測評估土地覆蓋程度，其可靠性與準確性仍取決於校正與驗證數據之質量，因此，如何確保臺灣遙測品質，亦是所面臨的挑戰之一。
3. 分辨率與覆蓋範圍挑戰部分，儘管遙測於時空分辨率已經取得很大的進步，對於氣象模式已經解決一些問題，但仍須不斷尋求更高解析度之改進空間。運研所目前建置高解析度港灣波浪模式，利用智慧資料同化技術，以求得更準確之預測數據。此外，海域沿岸遊憩需求增加，國家海洋研究院統計海域遊憩使用情形，潛水活動佔 60%、游泳佔 21%、岸際親水佔 10%、載具觀光(賞鯨船、玻璃船)7%、浮具運動(SUP、獨木舟)2%，如圖 13 所示。因此，為提供安全海域遊憩環境，發展全球覆蓋調查，已是遙測領域公認之目標之一，為提高空間分辨率與更高頻率的全球資料覆蓋範圍，需要透過政府、學術與民間機構積極展開國際合作，強化國與國之間的儀器能彼此相互支援，甚至與國外私人公司合作。目前執行中之國際合作包括：地球觀測群組(GEOSS)，側重於國際星載地球觀測網絡、全球海洋觀測系統(GOOS)、歐洲海洋觀測和數據網絡(EMODnet)，全球環境和安全監控(GMES)等，私人公司提供服務，諸如 Google 公司收購衛星攝影 Skybox Imaging，加強地圖功能，提供次米級(sub-meter)的影像服務，應用服務遍及農作物監測和病蟲害、石油儲存、追蹤船舶等能分析供應鏈。
4. 知識差距挑戰部分，由於遙測技術不斷推層出新，使用層面更加廣泛，例如：遙測領域與生物多樣性和生態學應用結合，需時間進行開發，以及更新各項量測儀器，因此更講求操作與研究人員對於儀器熟練度；另外，遙測數據需多方校正與驗證，許多監控巨量數據資料龐大，

尚需進一步驗證，必須更加以釐清及確認，以提供後續發展應用。

5. 制度障礙挑戰部分，有些開發中國家政府很少依賴遙測數據，例如非洲國家政府資源不足，無法提供遙測基礎設施，且研究人員培訓不足，相關制度需健全以為因應。

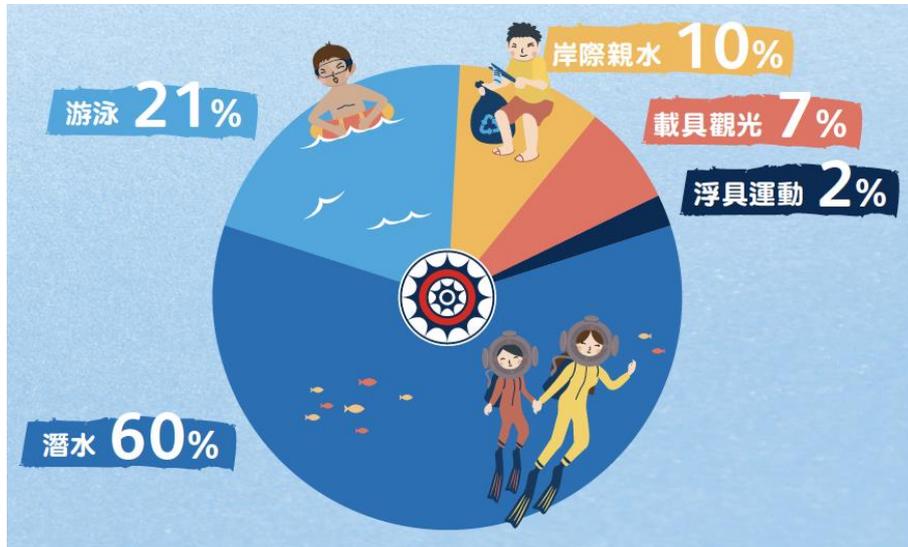


圖 13 臺灣海域遊憩需求 (圖片來源：國家海洋研究院)

五、結論與建議

海洋遙測透過不同技術實現三維觀測，是種垂直縱向與水平橫向拓展之全面調查技術，我國目前雖然面臨許多技術需再提升，包括連續性、可靠性、分辨率與覆蓋範圍、知識差距與制度障礙等，但對於遙測不受地理位置限制之巨大優勢，海上監測範圍大，效率高與能減少勞動強度，遙測方式調查雖然技術門檻較高，且重複調查與遙測費用較昂貴等劣勢，但這些都是不影響利用遙測方式間接或直接測量海面參數之價值。遙測除能週期性定期提供臺灣週邊海域變化資料，能於短時間內涵蓋目標海域，且能穩定的蒐集資料，隨著遙測技術進步而能獲取資料品質愈來愈佳之數據。此外，透過衛星遙測推算海面參數的精確度也愈來愈高，未來星載衛星遙測資料覆蓋率有望由 6 日覆蓋、進步至 5 日覆蓋、更甚 1~2 日覆蓋，此進步正好能為下個階段「社會」與「環境應用」結合做為準備，伴隨這些技術提升，日後對臺灣海域監控、評估海洋空間規劃可加以利用，協助臺灣海洋空間規劃(MSP)暨海岸遊憩管理(ICAM)應用。

參考文獻

1. 楊龍士、周天穎 (2000),「遙感探測理論與分析實務」,逢甲大學地理資訊系統研究中心。
2. 劉振榮、陳萬金、林唐煌、劉崇治、郭宗華 (2004),「衛星遙測在台灣地區大氣科學之應用研究回顧」,大氣科學, 32(3), 247-274 頁。
3. 邱文彥 (2015),「海岸永續利用之落實」,海洋及水下科技季刊 11 月號, 15(3), 15-23 頁。
4. 柯宗廷 (2010),「海岸空間動態多目標規劃概念模型建構」,國立中山大學海洋環境及工程學系博士論文。
5. 行政院研究發展考核委員會 (2010),「我國海洋政策白皮書之規劃研究」。
6. 邵廣昭、賴昆祺 (2011),「台灣海洋保護區的現況與挑戰」,海洋事務與政策評論, 65-90 頁。
7. 簡連貴 (2012),「海洋科研:海洋研究的新展望」,海洋事務與政策評論, 1(1), 7-14 頁。
8. 簡連貴、許智翔、林秉勳 (2016),「臺灣海域空間規劃經驗分享與永續發展」,第四屆海洋與臺灣研討會, 289-322 頁。
9. 黃向文、廖君珮、宋佩軒、許寧君、蔡秋晨、葉欣柔、周佳儀 (2016),「臺灣海洋保護區管理之探討-以東南亞國家為借鏡」,航運季刊, 25(1), 27-52 頁。
10. 邱永芳、黃茂信、楊奇達、翁健二 (2018),「行動中繼傳輸技術應用於 AIS 系統之研發」,交通部運輸研究所。
11. 陳冠宇、林雅雯、蔡世璿、劉俊志、張育嘉、陳人玉、林珂如 (2022),「應用智慧監測進行海象數值同化研究(1/4)-臺中港監測資料智慧檢核及補遺」,交通部運輸研究所。
12. Font, J., Camps, A., & Ballabrera-Poy, J. (2008). Microwave aperture synthesis radiometry: paving the path for sea surface salinity measurement from space. In "Remote sensing of the European seas" pp. 223-238, Springer, Dordrecht.
13. Chen, X., & Nordhaus, W. (2015). A test of the new VIIRS lights data set: Population and economic output in Africa. *Remote Sensing*, 7(4), pp. 4937-4947.
14. Ferreira, M. A., Calado, H., da Silva, C. P., Abreu, A. D., Andrade, F., Fonseca, C., ... & Vasconcelos, L. (2015). Contributions towards maritime spatial planning (MSP) in Portugal—Conference report. "Marine Policy," 59, pp. 61-63.
15. Ouellette, W., & Getinet, W. (2016). Remote sensing for marine spatial planning and integrated coastal areas management: Achievements, challenges, opportunities and future prospects. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 4, pp. 138-157.
16. Zhao, N., Hsu, F. C., Cao, G., & Samson, E. L. (2017). Improving accuracy of economic estimations with VIIRS DNB image products. *International journal of remote sensing*, 38(21), pp. 5899-5918.
17. P. Jeremy Werdell & Charles R McClain (2019). *Satellite Remote Sensing: Ocean Color*, NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD, United States.
18. Winther, J. G., Dai, M., Rist, T., Hoel, A. H., Li, Y., Trice, A., ... & Whitehouse, S. (2020). Integrated ocean management for a sustainable ocean economy. "Nature ecology & evolution," 4(11), pp. 1451-1458.
19. Chou, Y., & Ou, C. H. (2016). The opportunity to regulate domestic fishery subsidies through international agreements. "Marine Policy," 63, pp. 118-125.