

衛星遙測在漁業及海洋監測 上利用之過去與現況[※]

曾振德·林志遠·陳世欽·徐崇仁

水產資訊系、水產養殖系

一、前言

衛星遙測 (satellite remote sensing) 在整個遙測發展史上是屬於較晚近的一項技術。自蘇聯於1957年成功地發射Sputnik 一號人造衛星以後，人類便開始了另一新的紀元。此後，遙測科技發展在各國積極延攬培育人才及熱衷參與研究下突飛猛進，歷經短短數十載，在衛星事業及遙感探測技術上均有長足進展。同時各國亦相繼發射不同應用範疇的實驗性 (experimental) 及業務性 (operational) 衛星，作為通信、軍事、氣象及資源探測研究 (寺本, 1985; 川村等, 1990; 增子等, 1990)。目前發射地球觀測衛星之國家單位主要有美國海洋暨大氣總署 (NOAA)、歐洲太空總署 (ESA)、日本太空發展總署 (NASDA)、印度、加拿大及蘇聯等，近年來法國、中共亦相繼投入發射氣象衛星行列。我國自1990年起由行政院國家科學委員會擬訂衛星發展中長期計畫，預計在10年內投注150億元之經費，從事衛星之發射、接收站控制管理、訊號接收及影像解析應用等技術之引進及發展。就低空繞極軌道衛星在美國觀測衛星發展史上之地位而言，於1960年泰勒斯 (TIROS) 氣象衛星之發射，係人類首次由太空觀察整個地球的表面。接著即雨雲衛星 (

NIMBUS) 系列衛星之發射，其中最後一顆 NIMBUS-7 號於1978年發射，可監測地表熱收支狀況、大氣組成份、海上廢棄物及接近海面的葉綠素含量等。同時1978年發射海洋衛星 (SEASAT)，可應用於監測風速、波浪、及海冰之分佈等。1972年發射大地衛星 (LANDSAT) 之系列衛星，主要應用於觀測植物型態分類、土壤溼度、熱污染及地表輻射量等。而日本於1987年開始發射的MOS系列衛星，可用於觀測海面溫度、大氣水汽含量等。歐洲 ESA 也於1991年發射ERS系列衛星，其主要應用於海面溫度之精確測定及海冰觀測等。此外，位居高空之地球同步衛星 (geostationary satellite) 在海洋及漁業上之應用也頗為廣範，例如印度於1983年發射之INSAT-1B衛星，可作為中小尺度區域性海洋表水溫度及氣象之觀測。而美國於1975年發射的GOES系列衛星資料，被處理劃出表面溫度梯度 (即鋒面)，以觀測鋒區之形成與魚族洄游之關係。日本GMS系列及歐洲METEOSAT等氣象衛星亦各自有不同之應用領域，以幫助人類來研究了解海洋及其與漁業間之海漁況關係及其它地表自然現象 (表1)。(Maul et al., 1984; Majumdar, 1988; 新井, 1985; 小倉, 1988; 增子, 1990)。

表1 不同衛星使用之波段、儀器及其在海洋漁業上之應用

衛星	使用波段及儀器	觀測	應用
SEASAT	微波域	波浪、表面流	海流、魚卵及仔稚魚之輸送可探討推測產卵場與育成場位置之不同
NIMBUS	可見光域、CZCS	水色、葉綠素甲	基礎生產量
NOAA-SMS、LANDSAT ITOS、ESSA、ERTS、 TIROS-N、MOS etc.	熱紅外光域 AVHRR、VIR VISSR、MSS	表面水溫	海洋渦動、海洋鋒面 (潮境) 可推測漁場位置
TIROS-N/NOAA	401.65MHz DCS (數據匯集系統)		傳送地面觀測台位置資料可標識追蹤大型海洋生物洄游路徑

※本文轉載自中國水產 第510期，15-34頁。

人造衛星之種類繁多，但應用於漁業及海洋監測主要是以氣象衛星為主。自從1960年代美國發射的TIROS 一號氣象衛星，從軌道傳回地球表面的第一張可見光及紅外線影像以來 (Fiedler et al., 1984; Baker, 1986), 氣象衛星遙測技術便開始利用於海洋及漁業之研究、管理及開發 (Weaver, 1983; Laurs, 1985)。目前全球氣象衛星系統大致可分為二：一為繞極軌道衛星，或稱太陽同步衛星，其圍繞地球軌道高度大約 650—1500km 間，環繞地球一週約需時 90—120分鐘，1 天可繞地球 12—14 次，歸屬該系統衛星主要有美國 TIROS-N/NOAA 系列、日本 MOS 系列、歐洲 ERS 系列及中共風雲一號 (FY-1) 等氣象衛星 (朱, 1990)。另一為地球同步衛星，其繞行地球的速度和地球自轉角速度相同，即定位於赤道上空 36000 公里處，其每 30 分鐘至 1 小時接收 1 次，1 次可擷獲 4 分之 1 的地球表面資料，例如日本發射之 GMS 系列氣象衛星即屬此類，並為我國中央氣象局氣象預報衛星雲圖主要來源。

衛星遙測如同其它遙測探測技術一樣具有主動式 (active) 及被動式 (passive) 二種方式，一般利用物體本身可見光 (visible) 及熱紅外光 (thermal infrared) 輻射或反射皆以被動

表 2 不同衛星使用不同波段之感測器及其主/被動種類

衛星	感測器	使用波段	主/被動式
GOES SEASAT ERS-1	ALT	微波	主動式
TIROS-N NOAA	AVHRR	可見光 紅外光	被動式
NIMBUS 7	CZCS	可見光 紅外光	被動式
SEASAT ERS-1	SAR	微波	主動式
LANDSAT	MSS	可見光 紅外光	被動式
SEASAT NIMBUS 7	SMMR	微波	被動式
METEOSAT GOES	VISSR	可見光 紅外光	被動式

註：

ALT (Altimeter): 高度計
 AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer): 極精密高分辨率輻射計
 CZCS (Coastal Zone Colour Scanner): 沿岸域水色掃描計
 SAR (Synthetic Aperture Radar): 合成孔徑雷達
 MSS (Multi-Spectral Scanner): 多光譜掃描計
 SMMR (Scanning Multifrequency Microwave Radiometer): 多頻微波掃描輻射計
 VISSR (Visible and Infrared Spin-Scan Radio meter): 可見光與紅外自旋掃描輻射計

方式來觀測 (Nioku, 1985)。而利用微波觀測海冰則有被動式及主動式兩種 (Robinson, 1986) (表 2)。為獲取更高之時空間 (temporal and spatial) 解像力及精確度，衛星搭載之感測器由過去使用單一頻道及雙頻道，漸改進為現在多頻道 (multichannel) 觀測，並配合現場 (in-situ) 採樣觀測方式對照校正來進一步發展實際應用之經驗數值計算式 (Legeckis et al., 1983; Schluessel et al., 1983; Koczor, 1990)。就衛星遙測與傳統船測調查研究方式上的比較而言 (表 3)，傳統航測花費昂貴、曠日費時且探測海域侷限於航線海域內 (Singh et al., 1983; Robinson et al., 1985)，取而代之的衛星遙測則具有廣景覽要 (synoptic view) 特性 (Legeckis, 1986)，能即時且經濟的連續觀測，提供影像及非影像之高解析資料予海洋學者作時空間序列變化之定性、定量分析 (Laurs, 1985)。此外衛星遙測尚不受惡劣天候之影響，其在尋找漁場上更可節省漁船耗費的時間，亦可降低燃油消耗而增加其單位漁獲努力量 (CPUE)，且無安全上之顧慮、全天候連續地提供觀測影像資料、探測海域遼闊、不受國別間資料來源之限制，而只取決於衛星本身及其軌道的特性 (Fiedler et al., 1984)。對於低空繞極軌道衛星，則只取決於通過接收站之時刻、降交 (set)、昇交 (rise) 軌道及其仰角變化等。而高空同步軌道衛星則屬區域性觀測且以其對地面來說，皆在同一地點上空，因此其軌道特性較無變化，且觀測時間較固定，變動較小。

雖然目前人類已能憑藉高科技技術對外太空有一番了解，但對與人類生活休戚相關的浩瀚內太空—海洋及大氣，卻認識有限。近年來在海洋學者積極推波助瀾呼籲下，人們開始意

表 3 海漁況調查中船舶觀測與衛星觀測之不同

	船舶觀測	衛星觀測
探測範圍	數十至數百公里平方	數百至數千公里平方
探測時間	3~7天	10~20分鐘
資料格式	類比記錄	數位傳送
資料處理時間	約1天	30分鐘
探測水層	各水層斷面 (平面及垂直)	表層 (平面)
探測項目	視船攜儀器而定	視觀測衛星而定
項目間資料一致性	同時	較差 (視衛星之週期、觀測角及天氣狀況)
探測值解析度	絕對量解析度高	相對量解析度高
資料誤差分佈	受人為與儀器誤差影響，每次之修正量不同	誤差分佈較一致，易於修正

識到海洋開發之迫切需要。海洋約佔地球表面積10分之7，對於全球熱收支平衡與氣候的變化影響至深且巨(Tate et al.,1989)。漁業上利用衛星資訊探測漁場，在漁法上乃屬於間接漁法。換言之，即是靠探測魚群所洄游生存的環境條件來尋找漁場。而此海洋環境條件則包括兩個主要影響因子，即生物要因及非生物要因(Maul et al.,1984；松林,1985)。在生物要因方面，包含與基礎生產力有關的葉綠素含量、與餌料有關之浮游生物、仔稚魚及魚卵等。而在非生物要因方面則包含有水溫、水色、透明度、水流及波浪等物理要素、營養鹽、溶氧、PH值、鹽份等化學要素及降雨、氣溫、日照量、鋒面、寒流等氣象要素(竹內,1988)。海況對於魚群之自然變動(fluctuation)及在漁獲上之影響甚大，因此進一步了解海況之變化將有助於預測海洋環境對魚群之作用(Laurs,1985)。而利用衛星針對生物及非生物兩個重要漁海況影響因子作一全盤性探測便可輕易掌握漁海況動態。

而目前各國利用衛星遙測在海洋、漁業上之公共服務包含有日本中央漁業無線局(JFA)發佈之「太平洋近海～沖合漁海況速報」、日本海漁海況速報」及「サンマ漁海況放送」等速報刊物，共同通信社(JJC)的「さけ・ま才海況速報」及「北太平洋海域漁海況速報」等。另外美國 NOAA(National Oceanic and Atmospheric Administration)所發佈之「海況分析圖」、「海面溫度分析圖」，及美國海軍

海洋室(United States Oceanographic Office)所發佈之海洋鋒面分析圖(Experimental Ocean frontal Analysis Chart)等。至於國內平常則僅有臺灣省水產試驗所發佈之「漁海況旬報」，在特殊漁期如烏魚及鯖鱈汛期則發佈該主要魚種之專屬水溫速報。此外，近二年來並於臺灣省漁業局發行的漁業週訊每二週刊載NOAA氣象衛星臺灣週邊海洋表水溫分佈圖及其分析(圖1)。

如上述，衛星遙測技術在海洋研究上之利用，已極廣泛。在20餘年來，已有在此二方面上有許多令人興奮之戰果。本文即針對過去及目前衛星遙測在漁海況上，依衛星海洋研究、衛星漁場資源研究、衛星環保監視、衛星資訊輔助漁海況服務及其它等五項之發展應用作一綜觀性探討。

二、衛星海洋研究

一般海況調查中皆含有水溫計測，此乃因其觀測儀器操作簡便，數據容易統計處理，且海面溫度是可以利用遙測之最主要的海洋及氣象參數，根據前人研究結果亦發現水溫與漁海況間有密切關係(Bull, 1952)，而成為漁海況之主要變動指標。此外，在數值天氣預報中，海溫亦是主要之輸入參數。日本大部分漁業種類使用之漁業情報資訊，亦都包含有水溫情報一項(表4)(竹內, 1988)，可知水溫探測之重要性。

事實上在所有應用衛星遙測海溫之研究中，幾乎都是使用熱紅外線感測器，過去及目前

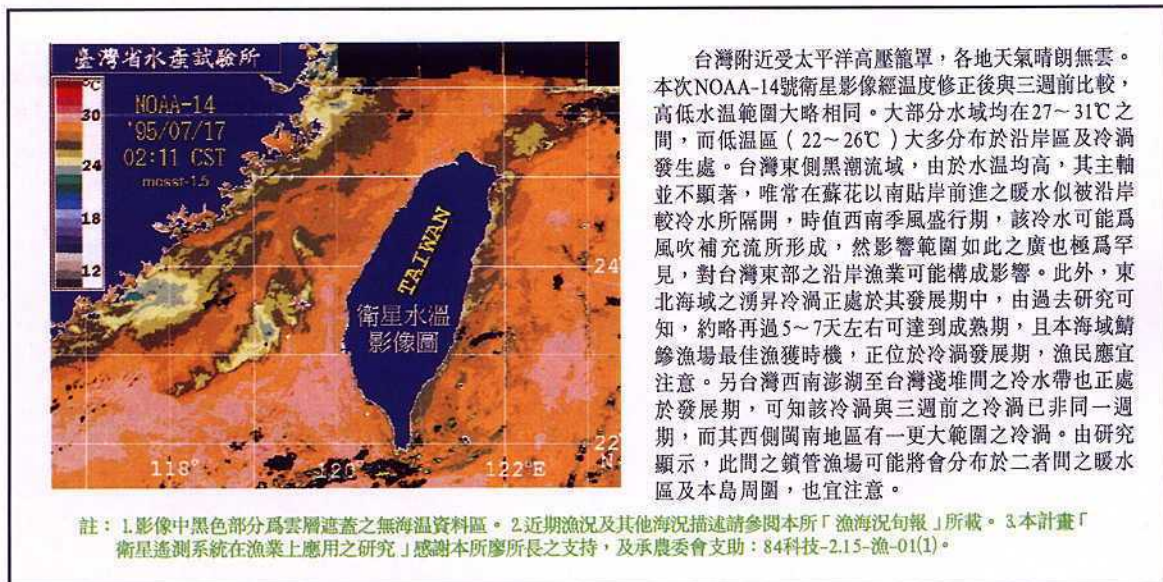


圖1 臺灣省水產試驗所發佈於漁業局漁業週訊之海洋表水溫分佈圖及分析

表 4 不同漁業種類所需應用之海況要素

海況要素	漁業種類	鰹 漁 業				鮭 流 刺 網	秋 刀 棒 受 網	鮪 釣	定 置 網	小 型 底 拖 網	蝦 拖	沿 岸 延 繩 釣	淺 海 養 殖 業	鯖 鱒 巾 著 網	鰻 鎖 管 漁 業	烏 魚 漁 業
		一 支 釣	延 繩 釣	圍 網	曳 繩 釣											
水 温		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
水 色		○	○	○	○	○		○		○		○	○	○		
透 明 度			○			○	○	○		○		○				
流 軸 位 置		○	○	○	○	○		○			○					
分 支 流 狀 況		○	○	○	○		○	○	○						○	
冷 暖 水 塊 之 分 佈		○	○	○			○	○	○				○	○	○	
潮 境 域		○	○	○		○	○			○			○	○	○	
湧 昇 流 域						○							○	○		
水 温 躍 層			○	○		○		○				○	○		○	

(部份取自日本水產電子協會, 1977)

運行中氣象衛星具有熱紅外線感測器的有NOAA系列、NIMBUS系列、SMS/GOES系列、SEASAT及METEOSAT等衛星(Lo, 1986)。這些紅外線感測器,特別是一種裝載在TIROS-N/NOAA繞極軌道氣象衛星上的「極精密高分辨率輻射計」(advanced very high resolution radiometer, AVHRR),具有狹波距內高靈敏度、高空間解像力及優良的資料訊號傳遞系統之特質。除了受雲層遮蔽、大氣組成成分衰減吸收及軌道特性變化等些許限制外,其所獲得之高精度資料,已足夠大部分漁海況調查上之所需。人類第一個衛星資料應用於漁業上是利用接收1970年代TIROS一號衛星APT訊號之可見光及紅外光,以協助太平洋中巾著網(purse seine)漁民捕獲鮪魚(Laurs, 1971)。

由NOAA衛星熱紅外光波段來測量海溫雖有高精度(約0.1°C)及空間解像力(1.1 km)(SeaSpace, 1989),但其受雲遮區阻礙及大氣組成吸收衰減作用下,其仍有相當的限制。為此,近年來以NOAA氣象衛星為主之海溫觀測,乃以多頻道海面溫度法(multichannel sea surface temperature)來修正誤差,以提高資料品質,大約可求取準確度0.5°C之海面溫度。(Avding et al., 1970; McClain et al., 1983; Singh, 1988; SeaSpace, 1989; 劉與郭, 1986)。此外在濾雲閾值之最適設定及LOWTRAN

程式套模擬輻射波譜作為海溫驗證校準等方面亦有一番探討(洪, 1985; Isaacs et al., 1988; 橫山, 1990)。為了解決雲層影響之缺憾,乃提出SEASAT及NIMBUS-7衛星上的外波段微波輻射計SMMR之觀測應用。其雖可補足其缺點,在一般情況下對大氣之穿透率可達98%,即使在雲層密佈區亦可達95%(Cavalieri et al., 1983; Lin, 1983; Njoka, 1985)。但因其感度低、解像力比紅外線輻射計差、精確度不佳,比較SEASAT衛星SMMR(Scanning Multichannel Microwave Radiometer)與船測表面水溫發現SMMR所測得之觀測值會比船測值低0.9°C,其標準偏差1.7°C。且其空間解像力差(大約150 Km),在微細之海況結構觀測時則仍嫌不足。

在過去幾十年來,衛星已可利用熱紅外線輻射計來探測海洋環流(ocean circulation)、渦動(eddies)、湧昇流(upwelling)等,此乃根據海面溫度在時間及空間上型態之變化來加以觀測。利用衛星影像監測黑潮(kuroshio)流軸變化及其分支流Tsushima海流之分離現象,發現Tsushima支流約在北緯30°31'、東經129°附近與黑潮主流分離(Huh, 1982; Kim et al., 1986; Huh et al., 1987)。而利用NOAA衛星之海溫影像,觀測澳大利亞海流(Australian current),發現該海流東側有高變異且短的空間及時間尺度,為一強而多變化

之海流。相反地，其北側變異較小，有較大的空間尺度(Tate, 1989)。此外衛星搭載的DCS (data collection system)除了對漂流物的追蹤，亦能對大循環中黑潮流態有成功的描述。日本海洋學者為石則於1982—1983年間曾利用NOAA衛星AVHRR 熱紅外線影像觀測北海道沿岸海域暖水渦之形成，並依觀測結果將其分成發生期、形成期、成熟期、衰退期等四個階段，認為在形成期為最適漁期，暖水渦成巴狀時，冷暖水間之邊界較冷側為最佳漁場。近來我國在黑潮KEEP調查大型計畫中亦利用到NOAA衛星遙測探測台灣東北海域黑潮鋒面型態、冷水團型態及發生等初次之表層動態調查(林等, 1991)。此外觀測持續性衛星遙測影像常可發現中緯地區冷暖水渦之形成，且渦流移動旋轉均有特定方向(Robinson, 1985)。且根據日本海洋學者南日於1976年觀測結果，渦流的壽命與其直徑大小有密切相關：

$$T = 0.67L^{0.81}$$

T為渦流壽命(天數)，L為渦流直徑大小(km)。此為傳統船測有限海域且間斷性探測方式所無法發現的。

利用衛星資料處理獲得之海溫影像，以影像處理方法可自動繪出其等溫線分佈圖，對梯度較大之等溫線密集區，可用以探究海流間交互作用之海洋鋒面(fronts)或在漁業上稱之潮境(boundary current)水域(Chamberlin, 1982; Zheng et al., 1982; Robinson, 1985; Legeckis, 1987)。大陸海洋學者即曾以NOAA衛星影像究明黃海、東海冬春兩季海洋鋒面與漁場之關係，發現黑潮及其支流與黃海冷水間形成一海洋鋒面，其中帶魚漁場均分佈於鋒面靠近暖水一側(劉, 1987)。

除上述之應用外，近年來衛星遙測亦被應用於監測美國太平洋沿岸異常暖海溫發生的El Nino事件，該現象導致該海域生產力降低，引起大量魚群死亡或離岸重新尋覓適合之棲息環境。在海風及波浪之觀測上SEASAT-A衛星上的離散輻射計(scatterometer, SASS)可提供高解析的海表面風壓觀測於漁業利用上(Halpern, 1989)。衛星所得之風壓值可被用於計算出和許多海洋魚類、蝦類幼生期極為有關之海表層輸送力，由此便可推算其往後之資源加入量及漁獲量。此外衛星風壓分佈圖，也可於事先便知漁場上之風力狀況，以提高漁船作業安全(Laurs, 1985)。而目前全球海域表面風資料是

TOGA (tropical ocean global atmosphere program)計劃之觀測目標之一，主要是用來了解及預測El Nino事件(Baker, 1986)。

三、衛星漁場及資源研究

海洋是魚類主要棲息場所，海洋環境之變化將直接或間接影響到魚類生態行為之改變。因而要精確掌握魚類動態，與其密切相關之海況調查研究是必需的。魚類對溫度的變化相當敏感，據Bull (1952)實驗得知魚類棲息環境溫度變化 0.03°C 時，魚類便可有行為之反應。基本上，衛星無法直接探測魚群漁場位置，但衛星可依其觀測到的環境因子變化，如表面水溫等溫線、海洋鋒面、潮境、海流及冷暖水塊分佈等來判識及預測漁場位置或資源量等。過去美國即曾根據衛星紅外影像計算求得海面水溫分布，來研判青花魚及鮭魚喜愛棲息之暖洋流邊界流域漁場位置供業者參考，確實提高漁獲效率。而在美西海岸利用AVHRR及CZCS影像調查鮭魚漁場時，發現其漁場位置皆在沿岸水團朝外海邊緣區溫暖且深藍海水水色的鋒區，此乃由沿岸湧昇逐漸形成的(Njoku, 1985)。

在國內衛星遙測於漁業之實際應用，目前已建立烏魚汛期預測模式，利用衛星海溫影像求得海面溫度分佈，配合烏魚汛期期間漁獲量之統計分析，發現兩者間呈一顯著負相關，高達86%(洪, 1985)。從該影像亦可觀察其漁場位置，發現烏魚群通常分佈於台灣沿岸水與黑潮支流交互作用形成之潮境海域，且隨黑潮流勢之強弱，魚群有向西南岸洄游或作南北向移動之現象(徐與李, 1985; 唐, 1988; 林, 1991)。此外，近期研究結果，衛星遙測發現澎湖鎖管魚群分佈與本島至台灣間冷水塊之移動有密切關係。而屬台灣大型圍網漁業主要漁獲對象魚種，鯖魚漁場之解明，經衛星影像配合現場標本船漁海況資料，統計分析發現位於台灣北方海域之鯖魚資源分佈與大陸沿岸冷水及黑潮暖水相互作用形成之潮境域有關，且發現此區冷水塊之形成與移動，亦會影響鯖魚群之分佈(林與徐, 1990a; 林與徐, 1990b)。

再者，TIROS-N/NOAA衛星上之數據匯集系統DCS可利用於對漂流物的追蹤，其在漁業生物上之應用，可標識追蹤大型海洋生物之洄游路徑並作其生態調查。在研究發展後，衛星已成為了解鯨及鯊的習性及其棲所的主要工具。

在海況調查中，水色(ocean color)及基

礎生產力 (primary production) 觀測亦是各漁業種類重要的漁業情報之一 (表 4)。根據 Laurs (1984) 等研究發現清澈的海水有助於鮫類 (albacore) 尋獲餌食, 可知其棲息之湧昇海域水色之重要性尤甚於溫度效應。1978 至 1985 年發射的 NIMBUS-7 號衛星上的沿岸域彩色掃瞄器 (Coastal Zone Color Scanner, CZCS), 是唯一被設計來觀測海洋水色, 用以研究海洋基礎生產力的感測器。CZCS 利用 6 個波段探測到主要由於植物性浮游生物濃度所導致的海洋水色微細變化 (Laurs, 1985)。這些植物性浮游生物中含有之葉綠素甲 (chlorophyll a) 是主要光合作用元素, 可強烈吸收可見光中的藍光及紅光。在葉綠素甲濃度增加時, 海水水色會由深藍色變成綠色, 藉此吾等可觀測 NIMBUS-7 號衛星之水色影像, 來判識植物性浮游生物密集區, 作為漁場位置判識參考 (Lo, 1986; 小倉, 1988)。

四、衛星資訊輔助漁海況服務

衛星遙測技術之應用在海洋及漁業上最終目的地即提供即時而精確的漁海況資訊服務。利用衛星影像配合其它資料來源作成之漁海況速報, 確實已具有商業價值。在大陸一海洋漁業公司根據有關漁海況傳真水溫圖判斷漁場來進行有計畫作業, 一次使所屬漁船普遍獲得一航次 100—170 噸馬面魚的高產量航次。而美國金梭魚漁業應用遙感信息所得水溫影像, 縮短了 50% 的探魚時間, 並增加 25% 的漁獲量 (劉, 1989)。而日本方面漁海況情報的高精確度及可用性, 已取得 88% 漁民的信賴而加以利用, 使漁獲量增加了 27%, 亦節省了 22% 燃油成本。

日本的漁海況速報及預報事業萌芽於明治 21 年, 其後逐漸發展成現今完備的漁海況情報系統。而目前日本所發佈之漁海況速報及預報主要有中央漁業無線局 (JFA) 以電傳方式發送的「太平洋近海~沖合漁海況速報」(周年性)、「日本海漁海況速報」(4—11月)、「サンマ漁海況放送」(8—12月)等及共同通信社 (JJC) 的「さけ・ます海況速報」(5—7月)、「北太平洋海域漁海況速報」(周年性)等。另有各地方漁業無線局以無線電話發送之「日本海漁海況放送」(5—11月)及以定期刊物發行之各種漁海況速報。上述各種速報圖中, 主要皆為衛星資料作成之水溫分佈、海流變動傾向預測、冷暖水塊及潮境鋒面等之標識及解說。圖 2 即日本漁海況速報圖之一例。

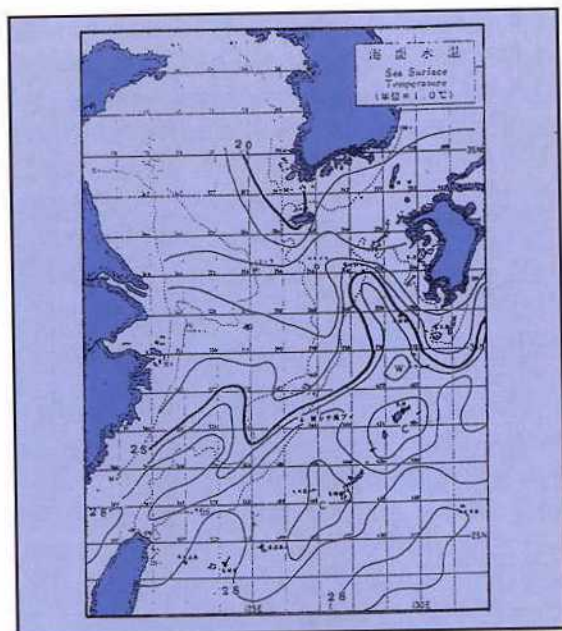


圖 2 日本長崎海洋气象台發佈之第 1710 號西日本海況旬報中的海面水溫圖

許多工作、計畫曾經或正在使用衛星海況資料來開發一些可供漁民利用的報導、或刊物, 這些開發或成品可經由無線電傳真、廣播、郵寄或電話傳真等方式送達漁民手中。這些工作由 NASA 贊助, 而由 SEASAT 商業示範計畫負責推動將海況資訊傳送至使用者, 來促進業務衛星資料分派系統的發展。標示海洋潮境的海況圖是利用繞極軌道衛星之 AVHRR 熱紅外線影像來製作, 並且提供給在美國西南海岸至加拿大一帶漁場作業之漁業或遊漁業者參考; 從海洋鋒面特性來決定其作業位置, 以節省盲目尋找漁場的時間。而美國大西洋岸給漁民或其他有意者使用之海況圖, 則是用 GOES 同步衛星之高解析紅外線影像結合船測資料分析而得。對漁民而言, 這些資料特別有用的地方為: (a) 大部分魚族棲息之陸棚水團之最外境界, 以及 (b) 可明顯改變漁場位置的墨西哥灣流暖水團的數量、大小及持續度。強勁的暖水團將使捕龍蝦的漁籠具流失, 因此, 龍蝦業者也可利用此種海況圖來加以避免。實驗性質的海洋水色圖是使用 CZCS 影像分析而得的, 且被美西海岸的漁民所利用。圖上可顯示出 4 種顏色——從沿岸的綠色、次綠色、次藍色到外洋的藍色。這種水色圖幾乎是每週發佈 1 次, 且要視雲況而定; 可涵蓋範圍大約為 70,000 km²。當 NIMBUS-7 衛星通過太平洋岸時, CZCS 資料將被即時地接收及處理, 而最終的水色分布圖在隔

天即以無線傳真方式送至作業漁船上。主要使用此可區分水色境界之海圖及照片的，是那些以長鰭鮪和鮭魚為對象之漁撈者，以及在南加州的一些遊漁業者。圖3-4列舉美國之衛星資訊服務成果。

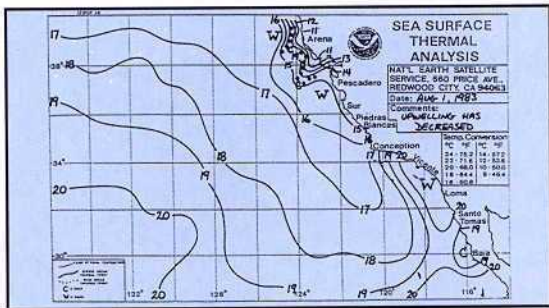


圖3 美國大氣及太空總署(NASA)發佈之表面水溫分析圖

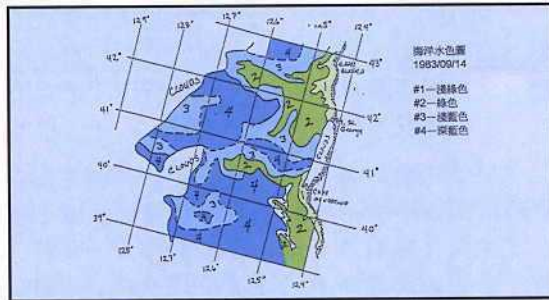


圖4 美國發佈NIMBUS-7/CZCS之海洋水色分析圖

就國內來說，衛星遙測在漁海況速報事業上仍屬開發階段，目前主要應用於水溫速報之發佈，台灣省水產試驗所每隔10天以漁海況旬報方式，發佈當期氣象及海況概要、漁況概要、衛星水溫圖及台灣沿海漁場圖。對於特殊需要，如烏魚汛期、東北海域鯖鱒汛期或澎湖鰓鎖管漁汛期期間，則縮短間隔天數，不定期發佈。79年至80年度烏魚汛期(11月至1月間)時，配合漁期共發佈了近30次之衛星水溫速報，鯖鱒漁場水溫速報則有20次，另鰓鎖管水溫速報則約有5次(林,1991)。上述水溫速報中衛星水溫圖係由該試驗所遙測中心提供。該中心設置有衛星接收站，每天接收NOAA-10、12、14三顆衛星以HRPT(High Resolution Picture Transmission)方式傳送之AVHRR資料。NOAA衛星觀測所得之海溫影像經雲陸濾除、大氣修正及地理歪曲修正後，可求得精確度達 0.1°C 的海面水溫影像分佈，再經影像處理可繪出如圖5之衛星水溫圖。根據水溫圖可大略瞭解台灣周邊海域水溫分佈概況，並可指出潮境域、湧昇域、海洋溫度鋒及冷暖水塊位置，供漁民作業參考(林與徐,1990a;林與徐,1990b)。

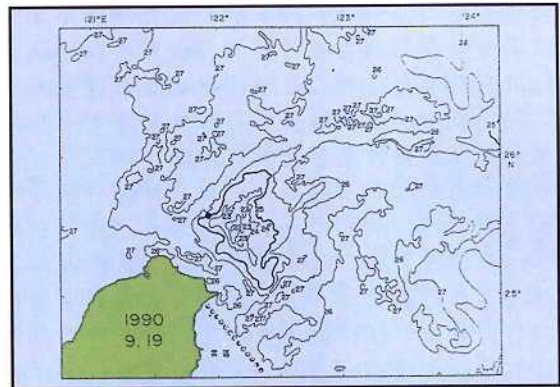


圖5 臺灣省水產試驗所發佈之漁海況旬報衛星水溫圖

五、海洋環境保全監測之應用

近年來，經濟發展迅速，工商業發達，隨之產生的工業及家庭廢水、廢棄物及海上船舶油污、或漏油事件等均會嚴重污染海洋環境，甚而破壞海洋生態之平衡，危及海中生物之生存。在近年環保意識高漲聲浪及海洋學者呼籲下，海洋環境保全監控已是刻不容緩的事了。

工廠、汽機車排放之廢氣，不僅危害陸上生物，其更使極區上空臭氧層遭破壞而出現漏洞，大量紫外線到達地球表面，致使全球溫度逐年上昇，科學家預測溫度上昇可能會導致極區冰山溶解，使全球海平面(sea level)升高，影響生存於濱海地區之生物(川崎,1990)。因此，美國大氣及太空總署便長年以衛星監測臭氧層遭破壞程度以資警惕，務必重視環境維護，以確保臭氧層漏洞不致於繼續擴大。此外，核電廠溫排水污染作用，造成沿岸珊瑚大量枯死白化之現象。由於此類污染海域較小，一般希望使用具有較高地理水平及時間解像力之衛星。在國內過去曾利用解像力高達每一像元(pixel) $120\text{m} \times 120\text{m}$ 的LANDSAT衛星，利用其熱紅外光波段觀測墾丁國家公園內核三廠出水口，南灣海域熱污染現象，配合現場調查研究，發現該海區珊瑚在水溫 30°C 時即有白化現象，溫度超過 30°C 時珊瑚即會在短期內死亡(劉等,1991)。另外盧(1983)曾同樣利用LANDSAT衛星偵測台灣北部金山核一廠溫排水污染現象，亦得到類似之結果。再者，海上漏油事件亦層出不窮，或如波斯灣戰爭，人為大量原油傾入海洋，其對海洋生態環境之嚴重破壞，可能需長達數年甚至數十年才能恢復。而類似之油污染實有賴於利用衛星遙測進行全天候持續觀測，以掌握其動態及影響範圍，作為進一步防治措施之參考。

台灣地區地狹人稠，每天產生的垃圾量，已到達無處堆埋地步。因而有識之士於近期提議垃圾填海計畫，此雖為解決之道，但垃圾丟棄後對海洋的污染程度如何，國內這方面之研究仍有限，於國外利用衛星監測垃圾對海洋的污染則已行之數年。Klemas等於1981年曾利用LANDSAT 高解像力衛星觀測Delaware地區離岸64km處的工業廢棄物之漂流及擴散，提供一有效評估。將來國內若有意執行垃圾填海計畫，則國外以衛星監控作為環境保全之方式，將是一良好參考藍本。

六、其它

海冰佔據世界海洋之面積相當廣大，在北半球佔約10%，南半球約13%。高緯度海冰(sea ice)之形成除會影響航行安全、航道的暢通及會損害作業漁具之外，海冰亦可提供海洋哺乳生物棲息場所 (Cavaliere et al., 1983)。目前利用NOAA氣象衛星AVHRR 可見光及紅外光波段在無雲下，可對海冰作1 km高解像力監測。Wilheit (1972)利用8個微波波長域 (0.510—2.81cm)去觀測海冰的放射率(emissivity)得到 0.8—1.0，而海水放射率只有0.4—0.5。利用其放射率之差異，使用NIMBUS-7衛星的波段微波輻射計 SMMR 測得不用之微波輻射，便可輕易分辨海冰之形成海域。而利用NIMBUS衛星雖能直接觀測海冰而不受雲層作用，但其空間解像力為60km，對於微細海域之海冰無法監測。

再者利用衛星探測到海流位置，船隻便可借助海流航行，不僅可使航行時間縮短，亦可

減輕船體動力負擔，降低燃油成本。美國海洋暨大氣總署(NOAA)與艾克森石油公司便曾以衛星影像判識墨西哥灣流之動態，使航行的油輪能利用海流的速度，經實驗結果確實能顯著節省能源的消耗。此外TIROS-N/NOAA衛星上之數據匯集系統DCS 在船舶位置管理及海難救助上亦發揮相當功效。

七、結語

遙感探測發展至今，相關技術已十分成熟，如何利用衛星遙測，並將之應用在漁業及海洋觀測已是各濱海國家海洋科技發展之重要課題。在未來十年內，國際上各主要氣象衛星擁有國家，還會繼續發射不同用途之衛星，且有不少新興之氣象衛星發射國亦將相繼加入海洋漁業科技研究行列，提供更多高精度、高時空間解像力的資料，作為進一步探測海洋漁業研究及其應用之所需。

目前國內衛星遙測皆放眼於實際應用，對於衛星遙測及漁海況特性之理論研究，其基礎則仍相當脆弱。今後應多重視衛星遙測海洋方面之人才培育，有足夠的專業知識，才能對擷獲之衛星影像作一精確的判識，並開發更多應用領域。由於衛星遙測皆僅及表面水域，對於水下之探測則仍有賴於傳統船測調查研究，未來如何將衛星水上遙測配合船測水下調查(圖6)，作一全域性水平及垂直探測，將更有助於海洋及漁業之應用。最後筆者等感謝國科會暨省府公務預算的支援，以及廖所長一久之全力支持。

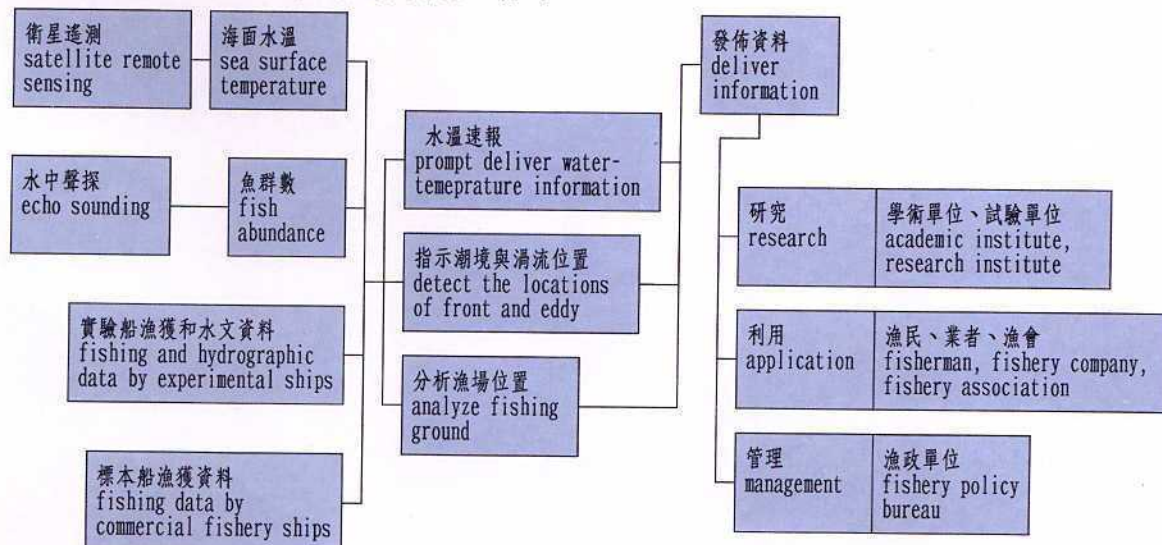


圖 6 未來結合水上、水下遙測之應用