



# 近岸海象雷達(同調微波雷達)現況介紹

尤心瑜<sup>1</sup>、許皓淳<sup>2</sup>

中央氣象局

馬祖氣象站<sup>1</sup>、第四組<sup>2</sup>

## 摘要

中央氣象局為「順應氣候變化，預防海洋與海岸災害」，於 104 年提報「強化臺灣海象暨氣象災防環境監測」計畫，其中子計畫「建置岸基波流雷達觀測網」，將分別於臺灣北部海域之外海、近岸建置固定式與移動式長、短程風波流雷達，並結合現有之海域浮標監測站，由點到面全方位即時監測海域環境變化。

臺灣四面環海，近年來相關法令鬆綁，海岸解嚴，在「藍色革命、海洋興國」的海洋政策之下，政府積極鼓勵民眾親近海域，增加海上遊憩活動。然過去海上觀測資料不足，為提升災防預警能力，保障民眾海域休憩安全，中央氣象局自 104 年起陸續建置同調微波雷達，亦即是所謂之近岸海象雷達。截至目前已完成外澳、南安國中、白沙灣與石城等 4 座近岸海象雷達，並預計在 107 年年底前完成 1 座移動式近岸海象雷達。

「建置岸基波流雷達觀測網」計畫原本稱本建置內容為「同調性微波雷達」，因過於拗口且不為氣象界熟悉，爰奉本局葉局長指示改稱為「近岸海象雷達」。本文將介紹已建置完成之近岸海象雷達相關規格內容、產出產品及展示格式，並期待大氣海洋學界各位先進提供指正及建議，俾便中央氣象局未來開發更深厚近岸海象觀測能量之參考。

關鍵字：近岸海象雷達、同調性微波雷達



## 一、前言

馬英九總統執政期間，提出「藍色革命、海洋興國」的海洋政策之後，鬆綁法令並開放海岸遊憩。民國 97 年行政院海洋政策白皮書中「培育海洋人才深耕海洋科研」目標策略與工作要項內容，曾提及「有效運用海洋科技資源促進海洋資訊之整合與交流，提供方便且容易操作之海洋資料搜尋與利用網路介面」；「建立海洋環境監測能力，深入研究海洋與自然資源及災害之關連性，並應用於防災、環保及經濟發展等民生議題」。98 年第八次全國科學技術會議總結報告中，與會專家學者也特別就「結合科技能量，促進永續發展」之議題，提出「海域資源保育與利用，加速建構海洋長期觀測網與預報服務平台，完備天然災害預警、海域資源利用與環境保育之基礎架構，提升颱風監測、波浪與海岸溢淹預報能量」之具體建議內容供政府作為施政參考。民國 99 年 7 月 6 日行政院「海洋事務推動小組」第四次委員會決議事項更指出：「鑒於海洋環境與氣候變遷彼此牽動，需長期且穩定之海洋環境變化監測體系，並成立作業化支援船隊，爰決議請交通部研議海洋環境監測與防災中長期計畫」。

然而，在一些熱門的海岸遊憩區、景觀區，依舊欠缺足夠的海浪、海流觀測儀器，以至於無法對可能發生的瘋狗浪、離岸流，提供預警機制，避免憾事肇生。爰此，中央氣象局為「順應氣候變化，預防海洋與海岸災害」之海洋政策，「對於氣候變化可能產生之衝擊，加強研究和國際交流，整合海陸空偵防能力，研擬順應氣候變遷和因應海洋災害之體系，以減少民眾和自然資源之損失」之內容，於 104 年提報「強化臺灣海象暨氣象防災環境監測」計畫並奉准執行。

尤等 3 人(2016)於 105 年天氣分析與預報研討會時，首度介紹「建置岸基波流雷達觀測網」計畫，此

計畫分別於臺灣北部海域之外海、近岸建置固定與移動式長、短程風波流雷達站。其中，在臺灣北部近岸海域建置 4 座固定式及 1 座移動式短程風波流雷達站即為本文要介紹的近岸海象雷達。

利用遠距遙測的雷達觀測技術來監測近岸海域的風、波、流場，不僅不受日夜變化的限制，又可以密集監測二維平面的風、波、流分布，近幾年已在國際上逐漸受到重視。目前常見的技術為 X 波段雷達觀測技術。

## 二、計畫內容概述

建置近岸海象雷達為「建置岸基波流雷達觀測網」計畫的子計畫，工作內容包括：1 部移動式短程波流雷達站、4 處微波波段同調雷達站，以及相關的風波流雷達觀測網點的完整驗證與資料傳輸系統。工作執行時程規劃如下：

### 1. 微波波段同調雷達站建置

國內其他海洋研究單位如財團法人國家實驗研究院臺灣海洋科技研究中心、臺灣大學海洋研究所、中央大學水文與海洋科學研究所、成功大學水利及海洋科學研究所、成功大學海洋科技與事務研究所等單位，均曾有在臺灣沿岸不同地點建置微波同調雷達的經驗。因此，中央氣象局在 105 年 1 月 18 日特別邀請學術單位與岸際遊憩管理單位的專家學者們提供建議，作為北部海域設置微波同調雷達站址的參考。

根據與會專家學者的建議，本分項計畫第 1 年先建置一組微波波段同調雷達及觀測資料傳輸系統，並持續進行資料分析的技術開發。累積初始雷達站的技



術改進後，第 2-3 年再陸續建置 3 站，並持續進行已建置完成之資料比對作業，以確認雷達系統之性能符合氣象局的需求。工作內容包括用地取得、站房整修、通訊及資料傳輸系統、整合資料供應系統，最後更需整合至「岸基風波流雷達觀測網」系統內，提供海氣象預報、防災等作業單位使用。

## 2. 移動式短程波流雷達站建置

預計採購 1 部移動式微波同調雷達，以因應部分近岸海域特殊季節之風波流觀測需要，並藉以強化中央氣象局在非固定式通訊及資料傳輸之機動及綜整能力。

## 三、技術方法與理論基礎

二次大戰後，原本屬於軍事用途的雷達已全面被應用在氣象觀測上，例如利用 S 波段都卜勒氣象雷達對超視距外的天氣系統進行 24 小時全方位的監測並提供氣象人員的發布天氣預報的參考。

至於船舶用的航海雷達則是利用電磁波反射海面或船體之粗糙性質而得知陸地、島嶼或航行船舶等資訊來增進船隻航行安全。然而，在做為船舶導航時，海浪雜斑常會干擾目標物的辨識，因此常被視為雜訊而加以濾除。若是能對這些海浪雜斑妥善偵測，即可對海浪、海流加以分析及利用。

近岸海象雷達，亦即是「微波波段同調雷達」，則屬視距內觀測系統，可使用兩種方法來觀測並分析視距內的海表面波浪。

(一) 影像分析法：觀測波浪因破碎所造成的粗糙分布影像，並分析影像的空間波譜，再將其乘上轉換

經驗函數所獲得波浪譜，就可以獲得波浪資訊。若是波浪過小或是轉換經驗函數選擇不當，均會影響最終的判讀成果。

(二) 都卜勒效應：利用同調(coherence)方法及都卜勒效應來計算出 Orbit Velocity，並利用反衍技術來推算出波浪。若有兩部雷達對同一海域進行觀測，就可以進一步推算出該處海域之海流流向。

「微波波段同調雷達」其理論基礎就是：收集入射的雷達電磁波波長與海水表面波長所產生的布拉格散射(Bragg scattering)之強烈反射回波，再利用波譜或影像處理等方法分析回波強度分布的灰階值，以獲得海面回波之向量波數與角頻率關係。最後利用波浪分散關係式，就可推算包括波浪之週期、波長、海表面之流速、流向等資訊。

不過，海岸地區受到陸地、海洋與大氣的交互作用，加上近岸海域的水動力、水文條件與海洋生地化特性，在利用回波強度分布與波浪分散關係所獲致之訊噪比而演算海面物理資訊時，仍需參照現地經驗運算式，才能正確利用電磁波於海面的背向散射訊號所傳遞的相位變化資訊，以獲得正確、高解析的海洋表層水流速度，並據此推算出波浪水位、週期、方向波譜與海面流場分佈等。

## 四、微波同調雷達功能需求

同調微波雷達主要係應用都卜勒效應，對近岸海面進行機械式海面掃描，得到海表特徵在空間分佈與時間演變特性。同時利用電磁波在背向散射所傳遞的相位訊號，直接獲得高解析度海洋表層水流速度，並藉此推算波浪水位、週期、方向波譜與海面流場分佈。

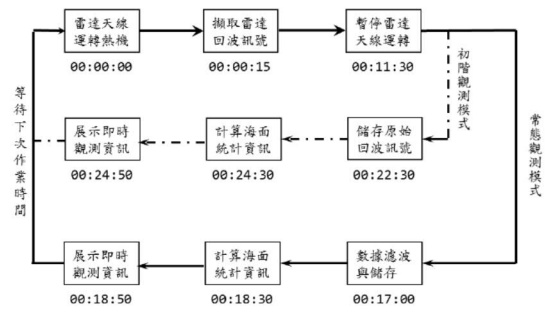


在功能需求上，分別訂定如下：

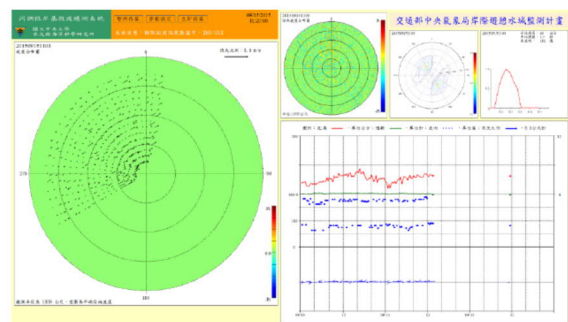
- (一)原始訊號擷取：回波訊號取樣必須可紀錄 360° 和半徑 3km 之全方位掃描連續 256 張(含)以上。
- (二)波浪分析：包括示性波高(Significant wave height)、平均波長(Mean wave length)、尖峰週期(Peak frequency)、主要波向(Dominant direction)、波浪波數能譜(Wavenumber spectrum)、方向波譜(Directional frequency spectrum)。
- (三)至於波浪分析的資料輸出，必須可根據需求設定輸出頻率，最密集可 20 分鐘輸出 1 筆，輸出資料必須能包含示性波高、平均波長、尖峰週期、主要波向、波浪波數能譜和方向波譜。
- (四)表面海流分析：表面海流徑向速度場之空間解析度小於 25 M、能以單站(Single station)模式來計算表面海流東西向及南北流速分量、必須能輸出對地座標海表流速流向場、網格解析度為 100 M。輸出頻率最密集可達 20 分鐘 1 筆。

整個建置計畫包括：104 年在東北角暨宜蘭海岸國家風景區管理處外澳服務站建置第 1 部近岸海象雷達；105 年於宜蘭縣蘇澳鎮南安國中面對內埤海灘之體育館上建置第 2 部；106 年則分別在北海岸及觀音山國家風景區管理處處本部(白沙灣)及宜蘭縣頭城鎮石城里民活動中心各建置 1 部近岸海象雷達，總計 4 部。107 年另將完成 1 部移動式近岸海象雷達。

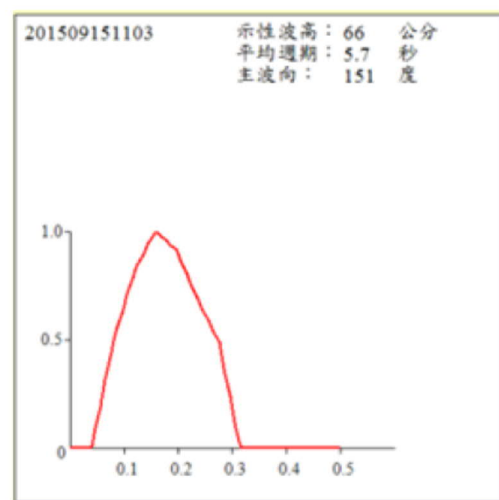
近岸海象雷達之監測系統均採自動化觀測，每次擷取 260 張雷達回波訊號，並區分為初階觀測模式(預設觀測間隔為 30 分鐘乙次)與常態觀測模式(預設觀測間隔為 20 分鐘乙次)等二類。其作業流程如下：



天線的運轉控制、訊號擷取、數據分析與資料儲存等程序，隱藏於背景中執行，而以系統狀態顯示於主畫面中。

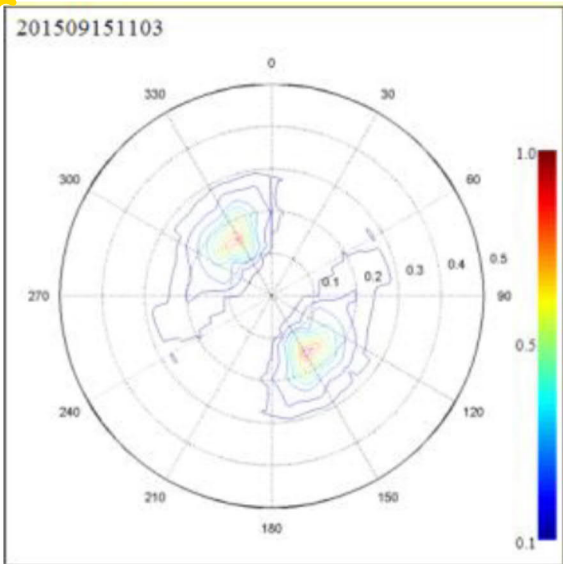


觀測資料之波浪統計參數範例圖如下：

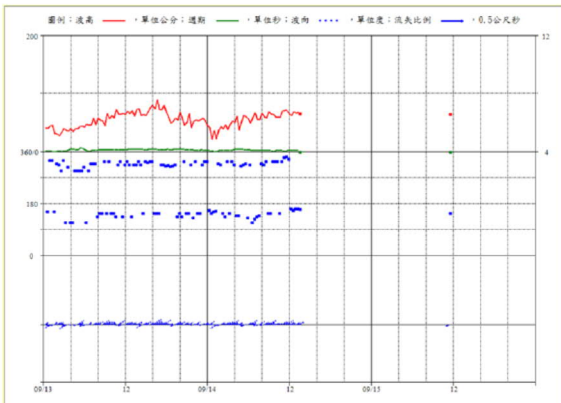


觀測資料之方向波數譜範例圖如下：





觀測海域之統計時序列範例圖如下：



## 五、測站諸元與資料儲存展示

依據國際電信組織要求，每一個雷達站必須具有在每次蒐集資料掃描間隔，以作業之中心頻率發射國際摩斯電碼(International Morse Code, IMC)的能力，其電碼之內容包含指定之的測站代號，且發射國際摩斯電碼之間隔不超過 20 分鐘。

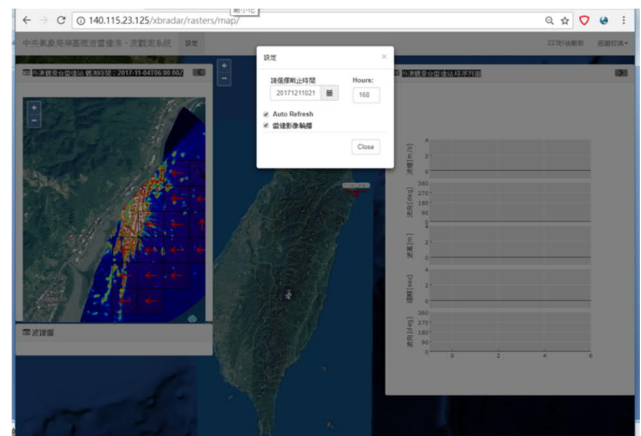
4 部固定式及 1 部移動式近岸海象雷達的依循 ITU-R M. 1677-1 建議書規範進行編碼。每個雷達站摩斯電碼共 8 碼，分別為「雷達代碼(RC)」+「雷達型態(2)」+「地點代號(2)」+「陣地位置(2)」編列。其中，

雷達型態(2)以 XB( X-Band)標定；「陣地位置」標定為 00。各雷達站摩斯代碼分別為：

外澳(Wai ao)～RCXBWA00；南安(Nanan)～RCXBNA00；白沙灣(Bai shawan)～RCXBBS00；石城(Shi cheng)～RCXBSh00；移動式(Move)～RCXBMV00。

在資料儲存展示系統上，特別注意到「...提供方便且容易操作之海洋資料搜尋與利用網路介面...」,因此自 105 年起，已注意到產品顯示系統必須能納入整合系統內，且必須能符合被非海氣象專業使用者所容易使用。在功能需求上，調整方向如下：

- (一)展示系統必須能以圖層套疊形式呈現
- (二)必須能以友善介面進行整合
- (三)Server 端與 Client 端要能分開處理
- (四)建置 WMTS(web map tiled service)的服務型態
- (五)網站快取技術及圖磚型式發佈



## 六、結語

目前 4 部近岸海象雷達資料均能按照原設定的時間密度將資料送回中央氣象局，但經檢視資料內容發現在波、浪、流仍與模式預測有極大差異。因此，中央氣象局另啟動一項校驗計畫，預計在白沙灣執行 X-band 微波測海雷達校驗實驗。包括



波浪校驗：

- (一)碎波帶外側：以底錠 ADCP 進行校驗，包括示性波高、平均週期、主要波向與方向波譜，每次觀測至少 20 天，每小時一次，共布放 4 次。
- (二)碎波帶周邊：以錨錠式測波浮球進行校驗，包括示性波高、平均週期、主要波向與方向波譜，每次觀測持續 60 天，每 20 分鐘一次，共布放 2 次。

近岸流校驗：

- (一)碎波帶外側：以底錠 ADCP 校驗，定點垂直剖面流速流向觀測，每次觀測至少 20 天，每 20 分鐘一次，共布放 4 次。
- (二)白沙灣海域：至少布放 30 顆表面漂流浮球，包括表面流場，至少每 5 分鐘一筆，觀測持續 12 小時，至少布放 4 次。

若校驗結果順利，未來將與行政院海洋委員會洽商，是否能與海委會轄下之海巡署的海岸偵蒐雷達進行資料連結，進而建置全臺近岸海象雷達網。

## 參考文獻

- 1、97 年，行政院海洋政策白皮書。
- 2、98 年，第八次全國科學技術會議總結報告。
- 3、99 年，行政院「海洋事務推動小組」第四次委員會決議事項。
- 4、行政院(2002)，「聯合國氣候變化綱要公約，中華民國臺灣國家通訊」。
- 5、104 年，行政院核定「強化臺灣海象暨氣象災防環境監測」計畫。
- 6、尤心瑜、許皓淳、周思運(2016)，「臺灣北部海域風波流雷達建置計畫」，天氣分析與預報研討會。