交通部中央氣象局委託研究計畫成果報告

地面海象遥测技術之研發(1/3)

- 計畫類別:■國內 □國外
- 計畫編號: MOTC-CWB-94-0-02
- 執行期間: 94年 3月 11日至 94年 12月 31日
- 計畫主持人:國立臺灣師範大學吳朝榮
- 執行單位:中華民國地球科學學會

中華民國 94 年 12 月

交通部中央氣象局 94 年度政府部門科技計畫期末摘要報告 計畫名稱:

審議編號:		部會署原計畫編號:	MOTC-CWB-94-0-02
主管機關:	交通部中央氣象局	執行單位:	中華民國地球科學學會
計畫主持人:	國立臺灣師範大學 吳朝榮	聯絡人:	吳朝榮
電話號碼:	(02)2934-7120 #16	傳真號碼:	(02)2933-3315
期程:	94 年 3 月 11 日	至 94 年 12 月 31 日	
經費:(全程)	元	經費(年度)	3150 仟元
執行情形:			

1. 執行進度:

	預定(%)	實際 (%)	比較 (%)
當年	100	100	
全程			

2. 經費支用:

	預定	實際	支用率(%)
當年	3150000	3150000	100
全程			

- 3. 主要執行成果:
 - 雷達測波系統已建置完成於台東縣成功鎮海巡署美山分離哨之站屋頂樓,並具有 作業化以及遠端遙控通訊之觀測能力。
 - 雷達測波系統已進行作業化運轉,即便在惡劣天候下(如颱風、豪雨)亦能正常 觀測、操作、使用。
 - 3. 测波資料已訂定規格達成標準化輸出目標。
 - 4. CODAR 資料處理程式以及相關軟體均已建立完成。
 - 5. 資料同化方法之蒐集與評估。
 - 6. 海象遥测系統作業化工作手册。
- 4. 計畫變更說明:
 - 計畫內容未變更
- 5. 落後原因:
 - 無落後
- 6. 主管機關之因應對策(檢討與建議):

目錄

第一章 前言1
1.1 計畫緣起1
1.2 計畫目的
1.3 計畫內容5
1.4 預期成果7
第二章 地面海象遥测系统簡介8
2.1 遙測原理說明 8
2.2 海象遥测系統綜觀9
第三章 雷達测波系統之建立17
3.1 ROCOS 雷達測波系統介紹17
3.2 選擇雷達測波站之設置地點18
3.3 雷達测波站之建置20
3.4 作業化能力與通訊功能23
3.5 雷達遙測資料處理與觀測結果
第四章 近岸高頻雷達(CODAR)48
4.1 CODAR 系統介紹48
4.2 CODAR 資料處理程式與軟體49
第五章 餘項工作報告 55

5.1 海象遙測系統展示網站	55
5.2 資料同化方法	58
5.3 海流模式之發展規劃	61
第六章 結論與建議	74
參考文獻	
附錄一	80
海象遥测系統作業化工作手冊	80
附錄二	81
審查意見與回覆	81

圖目錄

圖 2-1、布拉格散射示意圖 12	
圖 2-2、典型反射波譜	
圖 2-3、CODAR 天線	
圖 2-4、OSCR 天線	
圖 2-5、蒙特利灣地形圖 14	
圖 2-6、遙測流場資料展示 14	
圖 2-7、阿拉斯加灣海象遙測計畫15	
圖 2-8、測波天線陣列15	
圖 2-9、高空間解析度 WERA 流場圖	
圖 2-10、WaMoS 雷達影像	
圖 3-1、0COS 系統示意圖30	
圖 3-2、ROCOS 的航海雷達天線	
圖 3-3、ROCOS 雷達測波系統之控制電路模組、電腦與不斷電系	統
······31	
圖 3-4、基 肇 安 檢 所 會 勘 照 片	
圖 3-5、基翬安檢所頂樓雙雷達天線	
圖 3-6、美山巡邏站頂樓照片	

圖 3-7、測波雷達運作測試照片
圖 3-8、測波雷達測試畫面35
圖 3-9、雷達天線安裝完成照片35
圖 3-10、雷達控制系統安裝完成照片
圖 3-11、雷達控制系統整合至機架照片
圖 3-12、機架上層照片 37
圖 3-13、機架下層照片 37
圖 3-14、雷達波浪影像離線顯示
圖 3-15、雷達波譜計算結果
圖 3-16、台東成功 2005 年 9 月海象遙測系統之波浪觀測成果
圖 3-17、台東成功 2005 年 10 月海象遙測系統之波浪觀測成果
圖 3-18、台東成功 2005 年 11 月海象遙測系統之波浪觀測成果
•••••41
圖 3-19、雷達測波未率定波高週期發生機率圖 42
圖 3-20、雷達測波波向發生機率圖 42
圖 3-21、台東成功波浪站 2005 年 9 月份示性波高與週期時序圖

圖 3-22、台東成功波浪站 2005 年 10 月份示性波高與週期時序圖
圖 3-23、台東成功波浪站 2005 年 11 月份示性波高與週期時序圖
圖 3-24、台東成功站波高週期發生機率圖45
圖 3-25、龍王颱風期間(2005/10/02 01:41)海面雜訊情況
圖 3-26、台東成功波浪站 H1/3 波高(Y)與雷達測波 Hs 波高(X)之
點聚圖
圖 3-27、台東成功波浪站 T1/3 週期(Y)與雷達測波 Ts 週期(X)之
點聚圖
圖 4-1、CODAR 資料密度圖
圖 4-2、資料網格分布圖52
圖 4-3、遙測流場空間分布
圖 4-4、流速分量隨時間變化53
圖 4-5、平均流場分布圖53
圖 4-6、網格資料良率分布圖54
圖 4-7、平均流場誤差分布圖54
圖 5-1、遙測資料展示系統主網頁

圖	5-2	`	遙測	資料	展示	「參	考賞	肾料	」網	頁	•••••	••••	••••	•••••	••••	71
圖	5-3	•	遙測	資料	展示	系統	も「木	目關	網站		網頁	••••	•••••	••••	••••	72
圖	5-4	•	大範	圍模	式區	域	••••	••••	•••••	•••	••••	••••	•••••	••••	••••	72
圖	5-5	•	小範	圍模	式區	域	••••	••••	•••••	•••	••••	••••	•••••	••••	••••	73
圖	5-6	`	模式	流量	資料	驗證	<u>ڊ</u>	••••	•••••	•••	•••••	•••••	••••	•••••	••••	73

表目錄

第一章 前言

1.1 計畫緣起

台灣週遭區域海氣象環境複雜,民眾生活與週遭海域息息 相關,人民與政府對於周邊海洋環境的了解求之若渴。近年來, 政府大力推動海洋休閒遊憩活動包括沿海遊憩設施、藍色公路、 海上活動等等,無論民間或是政府單位,對於海象資訊的需求更 是大幅增加。以往單純的海象資訊早已無法滿足現今的需要。要 獲得準確的海象資訊,在沿海廣設海象觀測儀器是最佳的方法之 一,然而由於經濟上或其他方面的考量,現場測站並不易全面設 置。故採用先進的地面海象遙測技術來獲取即時的海象資訊,便 是一個值得研究發展的嶄新方向。

過去為了瞭解海洋的運動,許多的觀測方法被發明出來。 從最原始的「瓶中信」,一直到今日常見的聲學都卜勒流剖儀 (Acoustic Doppler Current Profiler, ADCP),都是海洋觀測的重 要進展。然而,因為海上實地探測有著許許多多的困難,尤以不 良的天氣、海況條件影響為最;而支援海上探測工作所需投入的 大量人力、物力則居次。除此之外,探測資料往往無法兼顧時空 分布。傳統的 Lagrangian 方法,觀測位置會隨著時間而變化,難 以約束在有限的海域內進行觀測;而 Eulerian 方法雖固定於海洋 中的某一處,獲得長時間的觀測資料,但空間上卻總有缺憾。即 便是新穎的 ADCP 觀測儀器,想要同時間對於大範圍的海域進行 測量,也仍是力有未逮。

海洋遥测技術的發展,給了海洋觀測開啟了一扇明窗,實 現了同時間對大範圍海域的測量。遙測技術通常透過電磁波,例 如可見光、微波以及雷達等,做為探測媒介。海洋遙測最令大眾 所熟悉的便是衛星遙測,對於許多的海洋特性,包括海洋水色 (Ocean color)、海表面高度 (Sea Surface Height, SSH)、海表 面溫度(Sea Surface Temperature, SST)、海表面鹽度(Sea Surface Salinity, SSS)、波浪(Sea Waves)等,都能夠即時地瞭解與掌 握其分布情況。但是昂貴複雜的建置、操作以及維護門檻,並不 平易近人,需要國家級的財力以及先進太空科技的輔佐方得以成 就。雖然衛星遙測資料在空間解析度、資料良率、時間連續性這 些方面,對長時間大尺度的變化研究足堪勝任,然而一旦面對日 益增加的沿岸海洋問題,例如海岸工程所需之背景波流環境調 查、海洋污染防治、近海環境監測、海上災害防救等等,衛星資 料常常無法滿足其在時空分布上綿密細緻的探測需求。

面對愈來愈多高時空解析度、長時間連續觀測的海洋資料 需求,另一種建置於岸上的海象遙測系統應運而生。相對於衛星

遙測系統,立基於岸上的遙測系統更是具有成本低廉、維護方 便、操作容易的諸多優點。目前岸基海象遙測系統主要使用高頻 雷達(High Frequency, HF)波段之電磁波作為探測媒介;且利 用主動式設計,可以不受天候、時間等環境因素影響,長期地、 連續地針對目標海域進行探測。尤其在劇烈氣象條件下,仍然可 以測得海象變化,此類平日難以獲得之探測資料,對於研究分析 等工作更是大有助益。

使用地面海象遥测方法來進行近岸海洋觀測,除了可以長期 地、連續地、即時地獲得觀測資料之外,更可兼顧儀器設備之維 護、保全等工作。地面海象遙測技術利用雷達波為媒介,隔空探 測一定範圍內之海表面波場與流場特性。波、流場遙測資料在時 空分布上,具有空間二維、時間一維之性質。且雷達遙測採主動 式測量,雷達波不受時間、日夜、氣象等因素影響,可達成長時 間、全天候觀測之作業能力。將以往「點」的海洋觀測推進至「面」 的海象遙測,實為一極具發展潛力以及先進技術之海象觀測方 法。

此外所收集的遙測資料,除了可以提供即時的海象資訊,更可以搭配資料同化技術進入台灣週遭海域的數值模擬,可以增進海象預報的準確度。此研發計畫可提升我國海象測報能力以及掌

握台灣週遭海域的海象特性。

1.2 計畫目的

本計畫擬建立我國陸上海象遙測之技術能力,遙測對象包含 波浪和流,波浪遙測研究目標為建立地面微波雷達海象遙測能 力,掌握關鍵技術,並設置示範站;海面流況遙測研究目標為研 究 CODAR 雷達流速遙測資料,建立資料傳輸架構,並整合至中 央氣象局海象監測網。

海象遙測資料整合後,可以再進一步將遙測資料與海流數值 模式結合,一方面可以擴大遙測資料的區域,也可以提昇數值海 象現報 (Nowcast) 模式之準確度,結合數值模式與遙測資料的 關鍵技術通稱為資料同化 (data assimilation)。現場遙測雖可獲得 直接的海象資料,但是難以取得大區域、以及海平面以下的資 訊;另一方面,數值模擬流場可以涵蓋所有時間和三度空間海 域,同時也是相對便宜的,但模擬流場是否正確也需要靠實際量 測資料來驗證,也就是說,兩者各具優缺點。由於實測資料可以 反應最新的流況,若能將實測資料融入數值模式中,將會提高模 擬流場的準確度,這也就是國際間發展資料同化技術的主要誘因 之一。資料同化模式與傳統數值模式最主要的分別,在於前者將 觀測資料與數值模式兩者做整合,去求最佳化的預報結果。

1.3 計畫內容

本計畫第一年先行建立了一套微波雷達測波系統,所租用之 微波雷達遙測系統採用固定式遙測站點,在建置系統後,已經做 了許多的測試工作,而微波遙測波場雷達可以正常運作,現已進 入下一階段之應用工作。經過系統測試之後,接下來需要建立資 料連線與通訊軟體與環境,以便將遙測資料即時回傳海象中心。 同時,將遙測資料輸出格式制定標準化規格,以便匯入海象資料 庫,作為資料統合、儲存、備分之用,未來更可深入加以分析、 預報、校驗或應用,整合進中央氣象局海象監測網,將得之不易 的寶貴資料作最大的貢獻,發揮最大的效用。

在 CODAR 遙測海面流場部分,持續研究與分析 CODAR 系 統之硬體配置、遙測性能、操作技巧、傳輸通訊以及資料結構等 各方面特性,蒐集美國海軍研究院、羅格斯大學、南佛羅里達大 學等校之實際現場操作、資料分析以及資料同化等作業成果,以 期瞭解在實際作業化之前 CODAR 系統之遙測準確度、系統能力 與應用限制,並建立資料處理程序與軟體環境,為系統作業化之 前導工作。並且開始規劃合適的資料同化技術 (data assimilation scheme)。將現今國內外學界所研發之各種資料同化方法作一蒐 集與評估,並根據台灣週遭海域與遙測資料之特性作一整體性之 探討與分析,篩選出最合適的方法並在未來的後續計畫中加以採 行運用。

第二年將持續進行雷達遙測,將收集大量遙測數據利用統計 方法建立波浪率定曲線。尚需將作業化系統建立標準作業程序, 建立資料傳輸通道,建立系統長期運作之資源架構(包括電力系 統,場地使用權利,系統維護人力配置等)。而遙測系統的資料 校驗也是本年度的重要工作之一,對於遙測系統的結果將以現場 觀測資料來加以驗證。波浪場可以定點觀測站以及海上施放測波 儀器收集觀測數據後,加以分析比較。此外將使用美國國家海洋 大氣總署 (NOAA),太平洋海洋環境研究室(Pacific Marine Environmental Laboratory)所開發的 Ferret 視覺化軟體,針對系 統遙測所得資料與分析結果進行視覺化處理,並且整合網頁技 術,設計開發動態展示之專屬網頁。

第三年我們將持續進行大量觀測,並且將遙測系統的準確性 利用現場實際觀測的方法更加提升。大量的、長期的觀測資料有 助於系統的驗證以及增加準確性。並且持續進行資料同化的數值 模式研究,將可使用的資料同化進入數值模式,搭配合適的同化 方法以及不同的模式設計可以使得數值模式的結果不僅僅達到 重建真實的情況更可以彌補遙測資料的不足。由於數值模式在時

空分布上達到空間三維、時間一維的完整型態,對於分析整體台 灣週遭海域極有幫助。資料同化後的模式驗證也極為重要,我們 仍然需要持續蒐集可用的現場觀測資料,無論是 Eulerian 式錨碇 以及 Lagrangian 式的浮球施放,或高效率的 Sb-ADCP 掃測,衛 星探測等等都是可以考慮的方向。並且利用這些觀測資料持續改 進模式的結果。

1.4 預期成果

- (一)建立雷達測波遙測技術示範站,提供遙測技術持續研究。(二)雷達影像與數據之標準化輸出。
- (三)海象遙測資料即時線上展示,隨時掌握我國近岸海域海 氣象狀況。
- (四)建立資料同化數值海象現報模式,模式資料供給產、官、 學各界多方面使用。
- (五) 提升我國遙測技術及遙測資料應用能力。

第二章 地面海象遥测系统简介

2.1 遥测原理說明

雷達遙測理論最早大概可追溯至 Crombie (1955) 有關海面 反射雷達散射訊號的研究,他發現靠近海邊所記錄的 HF 訊號會 與所發射的雷達波有微小的都卜勒頻移 (Doppler Shift), 並且認 為這是由於海上的波浪對於雷達波產生布拉格散射(Bragg scattering) 效應所致。之後 Barrick 對雷達測波的一系列研究 (Barrick, 1971、1972), 確定反射波譜中第一階波能強度可以 決定群波之波長及波向,其一、二階散射理論也驗證以高頻雷達 應用於海洋實驗的正確性。所謂的布拉格散射,如圖 2-1 所示, 當海面上的運動波浪波長恰好為雷達波長的二分之一時,則會產 生強烈的反射雷達波。波長一旦確定,利用深水波相速度公式便 可得出波速。典型的反射波譜如圖 2-2,反射波譜主要是由海面 上的運動波浪所提供,其中包括了第一階的能量峰值以及次階的 峰值。Crombie(1971)提出藉由計算前後兩次的反射波譜都卜 勒頻移量,便可以推算出徑向上的流速。

在雷達遙測理論的發表以及軟硬體的配合之下,1980年代兩種不同設計概念的岸基海象遙測系統被發明出來。一是以兩組全指向性天線相互搭配,將雷達測掃面交疊覆蓋,以求取海面流場的CODAR(Coastal Ocean Dynamics Application Radar)系統(Lipa

and Barrick, 1983), 如圖 2-3; 另一是將天線以相位陣列方式排列,沿海岸可達數十至上百公尺之 OSCR (Ocean Surface Current Radar) 系統 (Prandle and Ryder, 1985), 如圖 2-4。

2.2 海象遙測系統綜觀

國外的海象遙測技術起步較早,在系統整合與驗證方面也較 為成熟。本節將針對數個不同的岸基海象遙測系統介紹其功能、 現況以及相關的資料應用情形。

(一) 美國加州蒙特利灣

加州蒙特利灣是一個具有平泛海底地形以及驟深峽 谷的海灣,由美國海軍研究院所執行的 ICON (Innovative Coastal-ocean Observing Network),在這裡進行一個包含 聲學實驗、雷達遙測、數值模式、衛星資料、錨碇觀測 以及船隻探測的研究計畫。其海象遙測系統採用的是 CODAR Ocean Sensors 公司出品的 Seasonde® 系統,架 設地點分別是圖 2-5 上藍色三角形所在位置。圖 2-6 是該 處海域雷達所測流場搭配衛星海溫所顯示的情形。目前 該計畫每個小時會有一張流況分布圖公布在網路上,以 及其他相關的統計資料可以提供一般使用者在線上瞭解 即時最新的海灣流場。

在 ICON 計畫中,由於也有發展資料同化數值模式(此 模式乃本計畫主持人吳朝榮博士所發展),因此所觀測的 資料,無論是錨定資料、環境遙測、雷達遙測資料等不 僅僅彼此之間互相比對驗證,尚一併輸入模式中運算。 (二)美國阿拉斯加灣

這裡有一個由阿拉斯加大學執行的 SALMON (The Sea-Air-Land Modeling and Observing Network)計畫,其目的為在北阿拉斯加灣進行作業化的觀測系統。並且提供連續的,即時或近即時的環流與生態系統觀測情況。 目前的研究區域如圖 2-7 所示,並且可以在圖上看到 CODAR 雷達所架設的地點。

此計畫共有六組 CODAR 天線分別架設在不同的地區,頻率從 5MHz 到 25MHz 不等。十分特別的是有三組 天線安裝在小島上,分別依賴風力發電以及發電機支援 運轉。此計畫也有錨碇、船測與數值模式的配合。

(三) 德國 WERA

WERA(WEllen RAdar)是另一種有別於美國 CODAR 的海象遙測系統。有鑒於 CODAR 系統在反射波譜上無法 存取二階邊帶(sideband)的資料,德國漢堡大學自行改 良 CODAR。現今被稱為 WERA 的系統被設計成有更大

的工作頻帶、更好的空間解析度、更容易調校的天線。

不同的需求需選擇不同的天線設計。需要測波測流, 應選擇 16 支天線的天線陣列,如圖 2-4;僅需要測波可 以選擇圖 2-8 的四天線陣列。而容易更新、修改軟體,模 組化的設計也是其優點之一。其空間解析度更可達 300 公尺,如圖 2-9。WERA 目前在荷蘭海岸、挪威北部海岸、 夏威夷以及義大利都有安裝。

(四) 德國 WaMoS

由 OceanWaves 公司開發的 WaMoS® (The Wave and Surface Current Monitoring System) 是一套測波專用的海 象遙測系統。此系統是一套成熟的商業化產品,具有良 好的作業化功能與軟體,可以即時計算示性波高、波向、 周期與波長。其系統探測之雷達影像如圖 2-10 所示。目 前已有 49 個固定站點設置於世界各地。



圖 2-1、布拉格散射示意圖 (From Http://ifmaxp1.ifm.uni-hamburg.de) 雷達天線發所射出的訊號,經由粗糙的海面所反射回來。



圖 2-2、典型反射波譜 (From Http://ifmaxpl.ifm.uni-hamburg.de) 經由反射的波譜訊號可以計算群波的速度與波向



圖 2-3、CODAR 天線 (From Http://www.codaros.com/index.htm) CODAR 天線多為單一設計,對當地地形的容忍度較大。



圖 2-4、OSCR 天線 (From Http://ifmaxp1.ifm.uni-hamburg.de) OSCR 天線需要足夠面積的空地,才得以架設。



圖 2-5、蒙特利灣地形圖 (From Http://www.oc.nps.navy.mil/~icon/) 藍色三角型為 CODAR 架設處,另有表面以及次表面錨碇站提供驗證資料。



圖 2-6、遙測流場資料展示 (From Http://www.oc.nps.navy.mil/~icon/) 海灣中黑色箭頭為遙測流場,而底色是衛星海溫資料。





圖 2-8、測波天線陣列 (From Http://ifmaxp1.ifm.uni-hamburg.de/) WERA 所設計測波專用,以四天線所組合的天線陣列雷達。



圖 2-9、高空間解析度 WERA 流場圖 (From Http://ifmaxp1.ifm.uni-hamburg.de/) 經由 WER 設計之 16 天線陣列雷達所得到之海面流場。



圖 2-10、WaMoS 雷達影像 (From Http://www.wamos.de/) WaMoS 雷達所測得之海面波場影像。

第三章 雷達測波系統之建立

3.1 ROCOS 雷達測波系統介紹

本計畫採用台灣大學海洋研究所自行研發之 ROCOS (Radar Ocean Climate Observation Sytem) 雷達測波系統 (圖 3-1) 進行 波浪調查,並將與現有之海中觀測資料進行比對分析。目前雷達 測波系統安置在台東美山之海巡署巡防站頂樓,觀測所得資料未 來可與中央氣象局之成功波浪站觀測資料進行分析研究。

ROCOS 雷達測波系統屬於真實孔徑雷達 (Real Aperture Radar, RAR),主要原理是利用雷達發射出的電磁波會與海面粗 糙構造發生散射作用,而後向散射強度又與海面構造物之物理性 質有密切關係,因此可以根據雷達回波訊號來反算、估求海面粗 糙度分佈,從而得出海面一些物理量 (如波高、水流等) 之分布 特性。

ROCOS 雷達測波系統主架構包含一座船用雷達、一部個人電 腦、以及一組台大自行設計製作的控制電路等三大部分,船用雷 達部分是使用 Furuno FR-8251 型 6 呎天線雷達系統(圖 3-2), 個人電腦採用 Pentium II 600Mhz CPU 以上等級 Window 系統之 個人電腦並安裝 ROCOS 觀測系統操控作業軟體,控制電路部份 主要包含一個 12 bit 採樣速率為 10 MHz 的 A/D (類比/數位) 轉

換器(圖 3-3)。ROCOS 雷達測波系統之硬體與量測規格如表1。

實際作業時 ROCOS 雷達測波系統是在每小時整點時連續 取 32 張雷達影像,並自所收錄的雷達影像擷取一計算子區的雷 達回波強度,經 3D FFT 轉換以獲得 3D 能譜,將此回波強度能 譜經由一轉移函數而推得波浪能譜,然後再依據波浪離散關係式 篩選出波浪能量,並經過率定公式進而計算出波浪特性資料,其 過程中主要儲存了四種觀測資料檔案:

- a. 原始資料檔:每小時連續觀測之 32 張極座標格式的原始 雷達畫面觀測資料。
- b. 計算子區資料檔: 自雷達回波影像檔擇取一計算子區

(128×128 像素直角座標格式)之回波強度資料檔。

- c. 3D 能譜圖:由計算子區之回波強度經 3D FFT 轉換得之能 譜值。
- d. 統計資料檔:包含觀測日期、流速(僅供參考)、波高、 主波週期和波長與波來向、次波週期和波長與波來向、雷 達輸出總能量之均方根值與其平方、雷達掃瞄一週之平均 時間。
- 3.2 選擇雷達測波站之設置地點

雷達測波站設置地點的選擇依其觀測目的的不同,而有其不

同的考量方向。一般來說,若是計畫進行長期波浪觀測,須注意 是否能夠綜觀台灣週遭海域波浪變化,以提供海岸工程所需。此 外最好還能夠供作大尺度波浪預報之校正與驗證,以提高波浪預 報準確度。若是短期設置,一般則以掌握當地波浪特性為主要目 的。

若非有其他需求,單純為獲得該處波浪基本資料而設置長期 觀測站,需注意以下兩點:

- (1)可作為持續及長時間觀測的地點,並有利於整體波浪觀測 網之建置,發揮對波浪測站分佈密度進行適當調整之功 效。
- (2) 雷達波浪觀測站之位置,應考慮能涵蓋波浪之區域性變化。 若因特定目的而臨時設置的雷達波浪觀測站,則應注意以下 要點:
 - (1) 能夠充分掌握地區之波浪特性。
 - (2) 依波浪資料應用之不同,選擇目標水深附近之海域。

選定地點之後,在評估雷達波浪觀測站之設置場所、位置時, 至少應注意以下所列的事項要點:

(1)事先蒐集測站附近海域之波浪歷史資料,預先研判波浪資料之可能變化範圍,分析現有觀測設備之適用性,以利於

測站、儀器之規劃設計。

- (2) 能夠容易地獲得正確資料的場所
 - a. 若為長期觀測站,應選擇水深較深之地點,以避免海
 底地形變化對波浪之影響,使波浪具代表性。
 - b. 若為短期觀測站,除非有特殊目的,仍應選擇水深較 深之地點,特殊結構物附近、河口及可能影響波浪入射 之海岸地形突變附近,應避免設站。
 - c.避開可能干擾雷達回波之地區,例如在台灣西海岸已規

劃建置風力發電機之場所。

(3) 安全且易於安裝維護的場所

雷達波浪觀測站地點最好設置於有人員看管之地區,例如 港口、海防哨所附近及海巡署巡防可及之處,以降低昂貴雷達 測波設備遺失之風險,同時應選擇容易進行觀測之地點,其觀 測區域亦應儘可能觀測避開漁業活動頻繁之場所,以避免漁船 反射雷達波,影響資料量擷取。

3.3 雷達測波站之建置

綜合上節所述,台東成功地區具有上述多項優點。包括已有 中央氣象局波浪浮球觀測站可供雷達測波系統比對驗證之用、該 處漁事活動較他處為少以及該處具有海巡單位哨望站點可供架 設安置雷達測波系統等。因此本計畫經過評估後決定設置雷達測波示範站點於台東縣成功鎮海巡署基翬安檢所頂樓。

該地點於今年七月六日經本計畫主持人吳朝榮博士、海象中 心徐主任月娟、雷達設備廠商人員以及海巡署人員於基翬安檢 所,針對雷達測波系統共同進行架設、測試、與場地會勘等工作 (如圖 3-4)。發現基翬安檢所已裝有兩具作業雷達(如圖 3-5), 為避免雷達相互干擾導致失準失效,經過討論與溝通,將原定裝 至於基翬安檢所之雷達遙測系統改至較北之海巡署美山巡防站 內(如圖 3-6)。並於當場由雷達廠商人員進行系統運行測試(如 圖 3-7)。其測試結果如圖 3-8 所示,發現由於建築物的頂樓造型 阻擋使得雷達影像於畫面左方產生遮蔽。因此於本年七月十五日 由廠商將雷達天線安裝固定於美山巡防站之頂樓,並進行系統測 試。最後天線與系統安裝完成之情形分別如圖 3-9、圖 3-10 所示。 後來由於加裝 UPS 等元件,為維護儀器之便利,另將系統改裝 至 48 吋機架中。如圖 3-11 所示。

雷達測波系統安裝於台東成功美山分離哨之後但其間受到部 分器材(UPS 不斷電系統)、安全性問題、以及 ADSL 網路等問題, 於9月4日後方開始正常運作。

海象遥测系統裝設在台東成功美山分離哨運轉期間,因不時

發生士兵不當使用之情事,進而影響海象遙測系統的正常監測作 業,故將海象遙測系統機架門板上鎖,以防止非經許可的士兵使 用。但因為機架門板之鋼板太薄,稍微向鋼板施壓即可將門板拉 開。分離哨站長建議可加裝鐵鍊於門板以防止類似事件一再發 生,最後決定在不影響操作以及監控的情況下,將螢幕、鍵盤、 滑鼠拆除(暫存於氣象站備用)而使用遠端遙控操作,希望能夠降 低因不當使用而造成系統當機的機率。拆除後的系統上、下層分 別如圖 3-12、圖 3-13 所示。

然目前不明開關機事件仍一再發生,目前規劃將雷達控制系統搬移至該哨所一樓軍官值班台旁。經過初步評估與測試,電纜 長度也足夠,將擇期會同廠商遷移控制主機系統。未來應可收集 更多觀測資料提供系統分析比較之用。

另外,雷達波掃測海面,對於海面作業船隻漁民與海灘遊客 之影響目前尚無相關文獻報導。然根據電磁波強度公式得知電磁 波強度與距離平方成反比,現今雷達天線與海灘遊客相距數十到 數百公尺與海上作業船隻更達數公里之譜,加上測波雷達每20 分鐘啟動一次,每次運轉約2分鐘。因此對於海灘遊客或海上作 業船隻人員健康應無太大影響。

3.4 作業化能力與通訊功能

海象遙測系統目前設定為每 20 分鐘自動開啟雷達運轉,每次 會採樣 32 次測量外海的海象資料,包含流速 (僅供參考)、波高、 主波週期波長波向、次波週期波長波向等。每次運轉及計算約 2 分鐘即可完成觀測作業,無須人員於現場操作,可進行定時定工 之作業化運轉。在停電時間皆短於 5 分鐘的條件下,每小時共計 可觀測 3 次,每年可獲得觀測次數達一千餘次,採樣次數則高達 三萬五千餘次,其計算之所得結果皆儲存於監控電腦之資料檔案 中,檔名為 cktimer.log。

近乎即時的觀測資料可透過 ADSL 高速網路連線方式將資料 以 FTP 傳送回控制站,並進行觀測資料的繪圖與展示。此外, 每個月初由專責工作人員至台東成功美山分離哨現場進行資料 備份與資料硬碟抽換等工作。

該雷達測站藉助網路科技的蓬勃發展,目前可以利用乙太網 路介面,與遠端控制站進行連接。該雷達測波系統每次開機便會 利用作業系統內建之 PPPoE 寬頻網路撥接程式,取得中華電信 固定 IP 位址接連上網際網路。在系統建置初期,由於向中華電 信公司所申請的固定式乙太網路 IP 位址尚未核發,因此曾短暫 利用浮動 IP 與動態網域名稱作為替代方案,當時所用之動態網

域名稱為 twradar.d2g.com,目前已廢棄不用。現經中華電信所發放之固定式乙太網路 IP 位址為 220.133.238.222,可提供本計畫 在雷達資料傳輸以及遠端監控管理上的相關運用。

遠端桌面程式採用的是英商 RealVNC 公司所開發之 VNC® (Virtual Network Computing) 遠端控制軟體,此軟體的最大特 色為支援許多的平台,並且利用 JAVA 技術達到使用瀏覽器來控 制遠端電腦。另外使用本軟體的好處便是該公司免費提供個人使 用的軟體版本,雖說在許多功能上略有刪減,但已足敷本計畫使 用。其官方網站在 Http://www.realvnc.com, VNC®軟體亦可在關 網上下載取得。

3.5 雷達遙測資料處理與觀測結果

海象遙測系統之觀測結果主要儲存了四種觀測資料檔案: 1.原始資料檔:

每次連續觀測之32張極座標格式的原始雷達畫面觀測資料。

原始資料檔名為 ddhhmmss.000~031,共32 個檔案,分別 為該次量測之32 張雷達影像資料檔,其中 dd、hh、mm、ss 分別為該次開始量測之日、時、分、秒。為了節省資料儲存 空間,32 個檔案將被壓縮為 yymmddhhmm.tar.gz 檔案,並儲 存於 D:/RadarData/yymmmdd 資料目錄內,其中 yy 為年(例 2005年以05為代表)、mm和mmm為月(例:1月mm為01mmm為Jan)。可以使用 views 程式於離線觀看雷達波浪影像,如圖 3-14。

2. 計算子區資料檔:

自雷達回波影像檔擇取一計算子區(128×128 像素,直角座標格式)之回波強度資料檔。

計算子區資料檔名為 ddhhmmss.sub,可以 showsub4 程式 觀看子區內之雷達影像的波浪動畫。

3.3D 能譜圖:

由計算子區之回波強度經 3D FFT 轉換而得之能譜值。

計算子區波浪方向波譜檔名為 ddhhmmss.bin,可以 viewspc 程式觀看波譜計算結果,如圖 3-15。

4. 海象資料檔:

cktimer.log所儲存的資料內容包含:量測日期(年/月/日)、 時間(時:分:秒)、海面流速之東西與南北分量(單位為m/s,向 東與向北為正)、3D能譜中最大值所對應成分波之週期(秒)、 波長(m)以及波向(度,取方位角,指波浪之來向)、3D能譜中 次大值所對應成分波之週期(秒)、波長(m)以及波向(度)、均 方根波高(m)、3D能譜中與波浪相關之能量和、3D能譜之總 能量、雷達掃瞄一週之平均時間(秒)。

次州	h	う	مد	大大	1-1	1	-	٠
貝州	M	谷	こ	堲	191	如		•

	:	
	:	
05/9/2323:21:57 0.99 0.62	6.90 73.4 246.5 9.06 117.9 279.4 0.705	131.620 159459.688 1.662
05/9/24 0:1:58 1.30-0.47	9.23 121.4 271.6 7.70 89.8 300.8 1.171	359.124 775140.812 1.668
05/9/24 0:41:59 -0.36 -0.40	9.11 119.1 297.1 7.70 89.7 237.4 0.809	206.833 329951.656 1.667
05/9/24 1:1:58-0.19-0.15	7.49 85.4 257.7 9.45 126.1 313.2 0.750	169.442 224643.406 1.661
05/9/24 1:1:58-0.19-0.15	7.49 85.4 257.7 9.45 126.1 313.2 0.750	169.442 224643.406 1.661
05/9/24 1:41:57 99.99 99.99	9.10 118.8 268.2 7.34 82.2 246.7 0.753	170.990 248793.750 1.665
05/9/24 2:21:57 -0.51 -0.79	7.94 94.8 257.1 9.11 119.1 260.3 0.837	222.551 362179.438 1.668
05/9/24 2:21:57 -0.51 -0.79	7.94 94.8 257.1 9.11 119.1 260.3 0.837	222.551 362179.438 1.668
05/9/24 3:21:57 -0.55 -0.73	8.14 98.9 255.5 9.34 123.7 304.9 0.878	243.770 369447.062 1.662
	:	
	:	

本年度雷達測波之數據與影像譜資料將以容易保存之光學儲存 媒體記錄後,轉交中央氣象局海象中心。

台東成功之海象遙測系統自2005年9月4日至11月17日, 未經率定之觀測所得的波浪週期、波高與波向每月份時間序列圖 如圖 3-16~18 (資料結果為台灣成功海域中1.92 公里見方之區域 遙測結果)所示,其中資料因為監控電腦遭到不當使用因而造成 觀測資料短缺,如9月9~23日、10月14日、10月23日、10 月28日~11月1日、11月8~9日等。

未率定之波高與周期的發生機率圖如圖 3-19 所示,波高值主要分布在 0.5~1.0m 之間,所佔比例為 61.8%;發生週期主要分布

在 7~15 秒之間,其中以 13~14 秒之間的發生機率最高佔 13.7%, 其次為 12~13 秒和 10~11 秒,分別為 13.4%和 12.4%。觀測的最 大波高值為 3.64m,發生在 11 月 15 日 21 時 20 分,所對應之波 浪週期為 12.7 秒。觀測期間的平均示性波高為 1.03m,平均週期 為 12.1 秒。波向主要分布在東和南南西之間 (圖 3-20),其中以 南向來的波浪所佔比例最高為 23.2%。

蒐集氣象局台東成功波浪站 2005 年 9 月 1 日至 11 月 23 日所 觀測之示性波高 (H1/3) 和週期 (T1/3),其各月份之時間序列圖 如圖 3-21~圖 3-23 所示。波高與周期的發生機率圖如圖 3-24 所 示,波高值主要分布在 0.5~1.0m 之間,所佔比例為 28.8%,其次 為 1.0~1.5m 之間,所佔比例為 27.5%;發生週期主要分布在 6~10 秒之間,其中以 7~8 秒之間的發生機率最高佔 32.9%,其次為 8~9 秒佔 24.9%。觀測的最大波高值為 7.81m,發生在 10 月 2 日 2 時強烈颱風龍王侵台時期,所對應之波浪週期為 14.8 秒。觀測 期間的平均示性波高為 1.61m,平均週期為 8.3 秒。

自 2005 年 9 月 4 日 至 11 月 17 日 雷達測波觀測期間中央氣象 局曾發布三次颱風警報,分別為 9 月 9-11 日 由 台灣北部海域經 過(未登陸)之中度颱風卡努 (KHANUN)、9 月 21~23 日經巴士海 峽進入南海(未登陸)之中度颱風丹瑞 (DAMREY)、以及 9 月 30

日~10月3日由花蓮登陸之強烈颱風龍王 (LONGWANG)。其中 卡努颱風和丹瑞颱風期間,雷達測波均因遭受不當使用而當機而 缺乏觀測資料。在龍王颱風期間台東成功站最大觀測示性波高為 7.81m (當時無雷達測波資料),而颱風期間雷達測波所觀測到的 最大波高值僅 1.32m,當時台東成功波浪站所測得之示性波高為 4.16m,這可能與颱風期間大雨造成海面雜訊太多有關(圖 3-25)。

比對雷達測波與台東成功波浪站同時之觀測資料,圖 3-26 和 圖 3-27 分別為二者之波高與週期的點聚圖。分別獲得二者之線 性回歸關係是為:

 $H1/3 (m) = 1.3164 + 0.3845 \times Hs (m)$

T1/3 (s) = 4.5162 + 0.3657×Ts (s)

式中 H1/3 和 T1/3 為台東成功波浪站之示性波高與週期,Hs 和 Ts 為雷達測波所估算之波高和週期。二者間波高和週期的相 關係數分別只有 0.23 和 0.48,這較以往以雷達測波觀測值與海 上實測波浪之相關係數 (約 0.7) 低。顯示台東成功的雷達測波 尚有需要調整之處,例如台東成功當地之雷達波數能譜與波浪波 數能譜轉換時所需之轉移函數,若能先由數組大波浪期間的實測 波浪波數能譜予以建立,將可提升雷達測波的準確性。使用適當 的轉移函數可以提升雷達測波的準確性,例如台中港雷達測站所 建立之相關曲線可以證明此方法實際可行。
有關轉移函數部分,目前本計畫是採用過去在台灣西岸雷達測 波參數,由於台灣東、西兩岸,在地形、氣候、海岸形狀、波浪 特性方面有所差異,因此下年度要先針對數個波高較大之波浪予 以校驗,再利用理論之波浪頻散關係式去建立本測站合適之轉移 函數。未來海象遙測系統工作手冊也會加入建立相關曲線之程序 以求完備,並於轉移儀器與技術予中央氣象局時一併轉移。







圖 3.2 ROCOS 的航海雷達天線



圖 3.3 ROCOS 雷達測波系統之控制電路模組、電腦與不斷電系統

表1 ROCOS 雷達測波系統硬體與測量規格

項目	品名與規格
雷達	Furuno FR-8251 航海雷達
	無線電波頻率 X-Band 9.41GHz
	最大發射功率 25KW
	天線 6.5ft
	垂直射束寬 25°
	水平射束寬 1.2°
	天線轉速 24rpm / 36rpm 兩種選擇
	SP mode 有效測距 3 海浬
	徑向空間解析度 12m
	脈衝頻率 2100Hz
	脈衝寬度 0.08µsec
	可連接 30m 以上之天線訊號傳輸線
界面電路模組	10MHz/12bits 資料擷取卡
	取樣時序為交錯式(Interlace)
	時基 80MHz
	資料傳輸速率最大 10MB/sec
	每掃描線採樣點最大 1024
計算子區	1.92km × 1.92km
	可同時選擇多個計算子區



圖 3-4 基翬安檢所會勘照片



圖 3-5 基翬安檢所頂樓雙雷達天線



圖 3-6 美山巡邏站頂樓照片



圖 3-7 測波雷達運作測試照片



圖 3-8 測波雷達測試畫面



圖 3-9 雷達天線安裝完成照片



圖 3-10 雷達控制系統安裝完成照片



圖 3-11 雷達控制系統整合至機架照片



圖 3-12 機架上層照片



圖 3-13 機架下層照片



圖 3-14、雷達波浪影像離線顯示



圖 3-15、雷達波譜計算結果









圖 3-19 雷達測波未率定波高週期發生機率圖



圖 3-20 雷達測波波向發生機率圖









圖 3-24 台東成功站波高週期發生機率圖



圖 3-25 龍王颱風期間 (2005/10/02 01:41) 海面雜訊情況



圖 3-26 台東成功波浪站 H1/3 波高(Y)與雷達測波 Hs 波高(X)之點聚圖



圖 3-27 台東成功波浪站 T1/3 週期(Y)與雷達測波 Ts 週期(X)之點聚圖

第四章 近岸高頻雷達(CODAR)

4.1 CODAR 系統介紹

美國海洋大氣總署(NOAA)自 1971 年開始發展近岸高頻雷 達,迄今已發展成著名之商業產品,利用高頻雷達波隔空遙測海 表面之流場。根據使用雷達頻率之不同,最遠可掃測 200 公里以 內海域。近岸高頻雷達系統依其雷達天線陣列設計之不同可分為 CODAR 與 OSCR,由於近岸高頻雷達系統所費不貲,國外方面 雖早已進入實際應用階段,然目前國內僅有海軍大氣海洋局擁有 數套 CODAR 系統。

近岸高頻雷達的原理是由雷達天線向水面發射雷達波,而水 面的粗糙構造會使得雷達波產生布拉格散射(Bragg scatter)。當 入射波的波長是浪狀介面波長的兩倍,就可以產生第一階的布拉 格反射, $\lambda_s = \frac{\lambda_1}{2}$,其中 λ_s 是水面波長, λ_s 是發射的雷達波長。若 此浪狀介面移動的話,自然產生都卜勒效應,反射波的頻率便會 隨著浪狀介面的遠離或靠近而改變,由此可推算出相對的移動速 度。因此利用兩個正交的雷達波收發天線發現頻率為負的雷達波 反射強度較大,因此波浪是遠離天線的。所以只要使用兩組雷達 波收發天線,便可以在其相互涵蓋的區域內測得表面海流的流 向。

我國海軍氣象中心早在十餘年前便已購置 CODAR

Seasonde® 近岸高頻雷達測流系統,基於政府單位資源共享之原 則,將與海軍大氣海洋局合作。使用其 CODAR 系統之硬體設備 或觀測數據,研究與分析其 CODAR 系統。並且使用 FORTRAN 程式語言或 MATLAB 程式針對 CODAR 系統所測量之影像或數 據資料,撰寫電腦程式,建立後端處理程序與軟體環境。 4.2 CODAR 資料處理程式與軟體

 目前針對 CODAR 資料處理流程, CODAR 資料處理之數 據來自美國 Monterey 灣之 ICON 研究觀測資料,資料時間 為 2004 年 6 月 8 日全天 24 小時之觀測資料,本計畫已完 成程式開發並規劃以下列流程進行處理。

(一)資料檢核

CODAR 資料密度:如圖 4-1 所示,橫軸為網格點編號,縱 軸為時間。圖形顯示除少部分網格點在

餘網格皆達到一碇程度的測量次數。

某段時間之內,有資料缺失之現象,其

資料網格分布:如圖 4-2 所示,可以簡易了解缺乏資料的網

格位於觀測海域的何種位置。

(二)資料展示

空間遙測流場展示:如圖 4-3 所示,可將遙測流場資料繪製

成圖並且公開展示,發揮海象遙測系統

即時觀測即時掌握的特性。

流場時間變化展示:經過一定時時間的收集 CODAR 遙測資

料之,尚可將遙測流場隨時間變化之趨

勢與以展現。如圖 4-4 所示為例,便可

發現流場有較長之時間週期變化。

平均流場展示:除上述展示之外,尚需提供一定時間之流場 平均圖形,以提供各界作為參考,如圖 4-5。

(三)統計分析應用

網格資料良率分布:如4-6圖所示,可以提供各網格點上,

雷達採樣良率之統計結果,可搭配相對

應時間之平均流場分布相互參看,便可

了解各網格點之資料可信程度。

流速誤差統計:流速誤差統計可以令人了解遙測資料的準確 程度,因此如圖 4-7 所示,可以看出經遙測所得表面海流的誤差 相當小。



圖 4-1 CODAR 資料密度圖



圖 4-2 資料網格分布圖



圖 4-3 遙測流場空間分布



圖 4-4 流速分量隨時間變化



圖 4-5 平均流場分布圖



圖 4-6 網格資料良率分布圖



圖 4-7 平均流速誤差分布圖

第五章 餘項工作報告

5.1 海象遙測資料展示系統

本網頁架設的主要目的為二,一是將調查與研究成果公佈網 路,提供參與研究人員及業主參考及查詢,二是將調查資料製作 成資料庫,提供參與研究人員立即查詢及相互比對。現將整個網 站架設概況敘述之。

(一) 準備工作:

申請網域與固定 IP:目前已申請三年期網址,DNS 名稱為 http://www.rooc.org.tw。採用 Linux 作為作業系統平台 架設網站,另安裝 Apache 伺服器,以便建立資料庫。

(二) 網頁主架構

首頁架構以四大主題為主:觀測原理、資料展示、相關 文獻〈含測流文獻、測波文獻〉、相關網站等主選單,及檔案 下載、討論區、聯繫管理員、台灣隨機天氣等次選單如下所 示,使人一目瞭然整個海象觀測雷達網站的內涵。(如圖 5-1)。 (三)主選單

製作雙層選單,供使用者觀看觀測原理、資料展示、 相關文獻、相關網站等四大選單資料。

依序說明如下:

觀測原理:將敘述雷達觀測之原理

資料展示:展示系統將區分為資料庫與即時展示。資料 庫部份,本系統將每小時自動與設於台東美山 海巡署巡防站頂樓之雷達測波站進行連, 擷取 觀測資料,並經資料品質控制,將資料儲存進 入資料庫,以供使用者查詢。即時展示部份, 將製作線上查詢系統資料繪圖,資料查詢方法 是輸入欲查詢之條件後,系統立即從資料庫系 統中比對查詢條件,符合條件者即以圖形輸 出,未符合條件者則回應無此資料。此部份之 查詢與繪圖系統,部分程式是自行開發,部分 程式則是使用免費軟體聯盟 (Free Software Foundation, FSF) 之 Plot Plus (PPLUS) 與 Generic Mapping Tools (GMT) 等繪圖程式。 圖形是低解析度之 GIF 或 JPG 格式展示,而 使用者若需要高解析度之圖形,亦可下載高解 析度之 PDF 格式圖檔,使用者只要有 Acrobat Reader 程式即可瀏覽該圖檔。

相關文獻:區分為測波文獻與測流文獻,測流更細分為

CODAR 系統、OSCR 系統、HFOSR 系統、資

料融合四大主題,以供使用者查詢(如圖 5-2)。

相關網站:選單內容提供國內外相關雷達網站的連結。

(如圖 5-3)

相關網站如下:

1. University of Miami

2. Codar Company

3. University of South Florida

4. University of Alaska

5. The U.S.Naval Postgraduate School(NPS)

6. University of Delaware

7. Oregon State University

8. Rutgers University

9. San Diego Coastal Ocean Observing System

10. Boon-Bodega Ocean Observing Node

(四) 次選單

次選單中是位在網頁首頁右上角之連絡方式及網頁導

覽、全文檢索及最新消息,以便利使用者查詢資料。

網站建置後,由於受到網路頻寬不足影響,使得瀏覽網站有

時發生網站無法連接、開啟之現象。目前已聯繫師大地球科學

系,協調提供空間與網路頻寬,待網站主機遷移至師大地球科學

系應可解決此一問題。未來亦將本計畫名稱與「交通部中央氣象

局」等負責單位名稱加註於首頁。

5.2 資料同化方法

資料同化技術是沿岸海洋預報系統之中一個重要的部份。運 用同化海洋資料的方法,可以使得海洋預報模式持續不斷地更新 初始條件。近年來,近岸高頻雷達在沿岸海洋監測系統上的發展 突飛猛進。以現在技術來說,近岸高頻雷達已經可以用來即時地 觀測表面海流,在2至3公里的解析度下,其觀測距離可達離岸 50公里處。在最新的 CODAR 長距離技術中,更可以觀測到離岸 200公里的表面海流。如此強力的觀測系統在沿岸海洋預報方面 可以說是極具潛力的一項工具。但是如何將此觀測所得之海流資 料應用在模式當中,卻也是一項非常具有挑戰性的工作。

在資料同化的方法當中,有一種是將雷達所測得之海表流況 資料以假剪應力(pseudo – shearing stress)的方式取代模式的表 層資料(Lewis et al., 1998)。此種資料同化方法可以在某些程 度上重現 CODAR 觀測所得到的情況。但是此種同化方法接近所 謂的納近法(nudging technique),其納近係數(nudging coefficient)的選擇就好像是在求取一個特別的最佳化問題的解 一樣。在此種資料同化方法中,觀測誤差協方差矩陣

(observational error covariance matrix)以及模式誤差預測協方 差矩陣(model error prediction covariance matrix)是無法被模式

化並且考慮到的。

以目前的研究來說,有一個應用表面海流測量資料的流體動 力模式,該模式模擬的區域是在美國的蒙特利灣(Monterey Bay),並且使用了經過改良的最佳化內插方法(Optimum Interpolation scheme),此方法是以物理空間統計分析系統

(Physical – space Statistical Analysis System, PSAS) (Cohn et al., 1998)為基礎研發而來。在這個研究中,他們應用 CODAR 表面海流資料同化的方法將上述兩個誤差協方差矩陣也列入了考慮。

除了將表面海流資料同化入模式表層以外,模式還必須能夠 將表層的訊息經由某些物理或動力的方法向下傳遞。也就是說這 個資料同化的方法必須要建構在動力理論之上,並將海洋表面的 資訊「投射」至次表層海洋之中。

因此本計畫的資料同化方法可以分成下列兩大部分:

(一) 表面物理空間統計分析系統 (PSAS):

1998 年由 Cohn 提出的 Physical-space Statistical Analysis System, PSAS 方法首先以下列的線性系統解出 y 值。

$$(HP^{f}H^{T}+R) y = U^{o} - HU^{f}$$

其中P'與R分別是預報誤差協方差矩陣以及觀測誤差協方差矩陣。H是內插運算子,上標T表示矩陣轉置。 U^o 表示在分析時間內有效的(available)觀測值,U'表示在預報模式格點上的預報最初猜測值(forecast first guess)。因此我們可以從以下的式子中得到分析後的狀態

 $U^{a} = U^{f} + P^{f} H^{T} y$

其中,兩個誤差協方差矩陣 P^f、R 相當重要,這兩 個矩陣決定了模式資料與觀測資料的混合(blending)。 此外,預報誤差協方差矩陣P 是由觀測之表面海流資料 的水平協方差估計值推算出來,而觀測誤差協方差矩陣R 則是由標準化之對角線矩陣給定的。

(二)以艾克曼螺旋理論(Ekman spiral theory)校正次表層資料

若將前式U^a的式子改寫如下:

 $\delta U_{s} = U^{a} - U^{f} = (\delta u_{s}, \delta v_{s})$

則經由 PSAS 所估計的模式流速用來修正 Us 可以看 作是外加或持續存在的風應力影響了表面流速的改變。 下面的算是可以用來計算艾克曼在 1905 年所提出的理 論,從表面流速修正量 δUs 反算前述風應力的值。

$$\delta \tau_{x} = \rho \left(A_{v} f/2 \right)^{1/2} \left(\delta u_{s} - \delta v_{s} \right)$$
$$\delta \tau_{v} = \rho \left(A_{v} f/2 \right)^{1/2} \left(\delta u_{s} + \delta v_{s} \right)$$

其中 A_{ν} 是渦漩黏滯度(eddy viscosity),f是兩倍的地 球旋轉向量垂直分量。運用上面兩式及艾克曼理論,我 們便可以估計出表面流速的修正量,也就是外加風應力 的作用結果。而次表層流速的修正量($\delta U(z)=(\delta u(z),$ $\delta v(z)$)則可以用下列式子表示

$$\delta u(z) = \exp(-z/D) \left[\delta u_s \cos(-z/D) - \delta v_s \sin(-z/D) \right]$$

$$\delta v(z) = \exp(-z/D)[\delta u_s \sin(-z/D) + \delta v_s \cos(-z/D)]$$

其中D=(2A_v/f)^{1/2} 是艾克曼深度。此次表層的修正量計算 式,不僅符合艾克曼理論且為由表層流速修正量向下層 傳遞的方法。從式子上可以看出來,此向下傳遞的結果 將會與渦漩黏滯度的值或相對應的艾克曼深度有關。

5.3 海流模式之發展規劃

在發展資料同化數值模式之前,必須先行建立一個具備某種程度可信的海流模式。此海流模式的良窳將直接影響未來資料同

化模式的結果,因此在建立海流模式之前,應針對海由模式來進 行規劃與探討。

本三年期研究計畫中所預計建立的臺灣附近海域之海流數值 模式將採用美國普林斯頓大學所發展的三維動力海洋模式系統 (Princeton Ocean Model, POM)。POM 從 1970 年代開始發展 以來,歷經多位學者專家共同合作研發改進後,現階段它已經成 為全世界最多國家(70 國)最多海洋數值模式學者(超過 2100 人)使用的三維動力海洋模式。其完整的三維原始方程式 (Primitive equation)需要複雜的設計與計算並使用大量的電腦 CPU 時間,不過相對而言,這樣的模式可以模擬更接近真實的海洋 現象,尤其是近岸海域因為受沿岸地形與水深的影響使其流場十分複 雜。

國際上對於海流模式的研究也常發現有相當的限制與誤差,而產 生這些誤差最主要的原因之一,即為缺乏正確流量的開口邊界條件 (open boundary conditions),現階段常用的開口邊界條件不論時間或 空間的解析度都不夠,這不但會使模式輸出結果在邊界區域產生誤 差,也將錯估內部環流的平均流(mean flow)等。為了減少誤差, 吾人規劃利用巢狀箝合(nesting)的模式設計,以大範圍模式提供小 範圍模式之邊界條件來完成海流模式的計算所需。

POM 的數值模式理論基礎如下:

- (1) 控制方程式 (governing equations)
 - 由於 POM 在垂直方向之採用 σ 座標,非傳統之 Z 座

標,因此下列之方程式,均為0座標轉換後之形式。

狀態方程式 (equation of state):

 $\rho=\rho(T,S)$

靜力平衡方程式(hydrostatic equation)

$$\rho g D = -\frac{\partial p}{\partial \sigma}$$

連續方程式 (continuity equation):

 $\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial DU}{\partial x} + \frac{\partial DV}{\partial y} + \frac{\partial \omega}{\partial \sigma} = 0$

動量方程式(momentum equation):

x 方向之動量方程式:

$$\frac{\partial UD}{\partial t} + \frac{\partial U^2 D}{\partial x} + \frac{\partial UVD}{\partial y} + \frac{\partial U\omega}{\partial \sigma} - fVD + gD\frac{\partial \eta}{\partial x}$$
$$= \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_M}{D} \frac{\partial U}{\partial \sigma} \right] - \frac{gD^2}{\rho_0} \int_{\sigma}^{0} \left[\frac{\partial \rho'}{\partial x} - \frac{\sigma'}{D} \frac{\partial D}{\partial x} \frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'} \right] d\sigma' + F_x$$

y 方向之動量方程式:

$$\frac{\partial VD}{\partial t} + \frac{\partial UVD}{\partial x} + \frac{\partial V^2 D}{\partial y} + \frac{\partial V\omega}{\partial \sigma} + fUD + gD\frac{\partial \eta}{\partial y}$$
$$= \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_M}{D} \frac{\partial V}{\partial \sigma} \right] - \frac{gD^2}{\rho_0} \int_{\sigma}^{0} \left[\frac{\partial \rho'}{\partial y} - \frac{\sigma'}{D} \frac{\partial D}{\partial y} \frac{\partial \rho'}{\partial \sigma'} \right] d\sigma' + F_y$$

温度守恆方程式

(conservation equation for temperature):

$$\frac{\partial TD}{\partial t} + \frac{\partial TUD}{\partial x} + \frac{\partial TVD}{\partial y} + \frac{\partial T\omega}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_H}{D} \frac{\partial T}{\partial \sigma} \right] + F_T - \frac{\partial R}{\partial z}$$

鹽度守恆方程式

(conservation equation for temperature):

$$\frac{\partial SD}{\partial t} + \frac{\partial SUD}{\partial x} + \frac{\partial SVD}{\partial y} + \frac{\partial S\omega}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_H}{D} \frac{\partial S}{\partial \sigma} \right] + F_S$$

紊流動能(turbulence kinetic energy)方程式:

$$\frac{\partial q^2 D}{\partial t} + \frac{\partial U q^2 D}{\partial x} + \frac{\partial V q^2 D}{\partial y} + \frac{\partial \omega q^2}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[\frac{K_q}{D} \frac{\partial q^2}{\partial \sigma} \right] + \frac{2K_M}{D} \left[\left(\frac{\partial U}{\partial \sigma} \right)^2 + \left(\frac{\partial V}{\partial \sigma} \right)^2 \right] + \frac{2g}{\rho_0} K_H \frac{\partial \tilde{\rho}}{\partial \sigma} - \frac{2Dq^3}{B_1 l} + F_q$$

紊流尺度(turbulence length scale)方程式:

其中,

$$\sigma = \frac{z - \eta}{H + \eta} : 垂 直座標軸, -1 < \sigma < 0;$$

H為海底地形深度(向下為正);

 η 為海面高度(向上為正);

Z為水深(向上為正);

(當 $^{z=\eta}$ 時, $\sigma=0$; 當 $^{z=-H}$ 時, $\sigma=-1$)

 ρ : 位密度 (potential density)

T: 位溫 (potential temperature)
S:鹽度

p:壓力

R: 短波輻射通量 (short wave radiation flux)

g:重力加速度

 $D:總水深(H+\eta)$

U,V:水平方向之速度

ω:垂直σ座標面之垂直速度

f:科氏力參數

 $\rho_0: 參考密度 (reference density)$

 $\rho': \rho - \rho_{mean}$

 ρ_{mean} 是在 Z 座標下之面平均密度,即只隨 Z 改變;

(此^{p'}之作用在於減少壓力梯度誤差)

 $\frac{q^2}{2}$: 紊流動能

1:紊流尺度

K_M: 垂直的動黏滯係數

(vertical kinematic viscosity)

K_H: 垂直的擴散係數

(vertical diffusivity)

 K_q : 垂直的紊流擴散係數

(vertical turbulence diffusivity)

$$F_x, F_y$$
:水平之黏滯項

(horizontal viscosity term)

 F_T, F_S, F_q, F_l :水平之擴散項

(horizontal diffusion term)

 \tilde{W} : wall proximity function

 B_1, E_1, E_3 :經驗常數

(2).垂直的黏滯及擴散係數: $K_M \ K_H \ K_q$ $K_M \equiv lqS_M$

$$K_{H} \equiv lqS_{H}$$

 $K_{q} \equiv lqS_{q}$

上式中, S_M 與 S_H 為穩定度函數且決定於 Richardson number:

$$\begin{split} S_{H} \big[1 - \big(3A_{2}B_{2} + 18A_{1}A_{2} \big)G_{H} \big] &= A_{2} \bigg[1 - \frac{6A_{1}}{B_{1}} \bigg] \\ S_{M} \big[1 - 9A_{1}A_{2}G_{H} \big] - S_{H} \big[\big(18A_{1}^{2} + 9A_{1}A_{2} \big)G_{H} \big] &= A_{1} \bigg[1 - 3C_{1} - \frac{6A_{1}}{B_{1}} \bigg] \\ & \not \pm \psi , \\ (A_{1}, B_{1}, A_{2}, B_{2}, C_{1} \big) &= \big(0.92, 16.6, 0.74, 10.1, 0.08 \big) \not \Rightarrow \& \& \& \Leftrightarrow & & & & & & \\ \end{split}$$

$$G_{H} = \frac{l^{2}}{q^{2}} \frac{g}{\rho_{0}} \frac{\partial \tilde{\rho}}{\partial z} = -\frac{l^{2} N^{2}}{q^{2}} \not \text{B Richardson number ,}$$

N²為浮力頻率,

 $\frac{\partial \tilde{\rho}}{\partial z} = \frac{\partial \rho}{\partial z} - \frac{1}{c_s^2} \frac{\partial p}{\partial z} ,$ $\frac{\partial \rho}{\partial z} \overset{}{\underset{s}{\overset{} \Rightarrow}} a \pm \underline{a} \underline{z} \cdot \underline{a} \cdot \underline{c}_s \overset{}{\underset{s}{\overset{} \Rightarrow}} b \pm \underline{a} \cdot \underline{b} \cdot$

水平之黏滞項:

$$F_{x} \equiv \frac{\partial}{\partial x} \left[H\left(2A_{M} \frac{\partial U}{\partial x}\right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[H\left(A_{M}\left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x}\right)\right) \right]$$
$$F_{y} \equiv \frac{\partial}{\partial x} \left[H\left(A_{M}\left(\frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial V}{\partial x}\right)\right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[H\left(2A_{M} \frac{\partial V}{\partial y}\right) \right]$$

(horizontal kinematic viscosity)

水平之擴散項:

$$\begin{split} F_{\phi} &\equiv \frac{\partial}{\partial x} \left[H \left(A_{H} \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[H \left(A_{H} \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) \right] , \\ & \\ & \\ \downarrow \psi \ , \ \phi \not \in \mathcal{K} \ \mathcal{K} \ \mathcal{K} \ \mathcal{K} \ \mathcal{K} \ \mathcal{K} \ \mathcal{K}^{2} \ \mathcal{K} \ \mathcal{R}^{2} l \ \mathcal{K} \end{split}$$

*A_H*為水平的熱擴散係數(horizontal heat diffusivity)
 (4).時間間隔的限制條件:

POM 在時間間隔上,分為外模積分之時間間隔 (external mode time step, Δt_E)及內模積分之時間間隔 (internal mode time step, Δt_i);在數值計算中, Courant-Friedrichs-Levy(CFL)限制為決定計算穩定性之 首要條件,其限制了空間解析度及時間間隔的設定;在時 間間隔設定之限制上,以下分外模及內模兩部分討論: (a.)外模:

在時間間隔的限制上,外模積分之時間間隔限制 為主要之限制,其限制條件為:

$$\Delta t_E \leq \frac{1}{C_t} \left(\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

其中, $C_t = 2\sqrt{gH} + U_{max}$, \sqrt{gH} 為最大的淺水波之 波速, U_{max} 為預期的最大速度。

b.)內模:

內模積分之時間間隔之限制有三類:

● CFL 限制:

$$\Delta t_{I} \leq \frac{1}{C} \left(\frac{1}{\Delta x^{2}} + \frac{1}{\Delta y^{2}} \right)^{-\frac{1}{2}}$$

其中, $C_{T} = 2C + U_{\text{max}}$, C 為最大的內重力波
(internal gravity wave)之波速, U_{max} 為最大
的平流速度 (advective speed)。

水平擴散對時間間隔之限制:

$$\Delta t_I \le \frac{1}{4A} \left(\frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right)^{-1}$$

其中, $A = A_M$ 或 $A = A_H$ 。

科氏力參數對時間間隔之限制:

$$\Delta t_I \le \frac{1}{f} = \frac{1}{2\Omega\sin\Phi}$$

其中,Ω為地球自轉之角速度,Φ是緯度。

大範圍模式的區域如圖 5-4 所示,從 19°N~29°N 及 110°E ~129°E的臺灣附近海域之海流數值模式(中央氣象局現有的大 範圍海流模式)。圖中白色的區域是陸地,而著色的部分是海底 地形。範圍包含了東海(East China Sea)南部、臺灣海峽(Taiwan Strait)、部份的西菲律賓海(Philippine Sea)與南海(South China Sea) 北部等。海底地形是由 ETOPO5(取自 National Geophysical Data Center (NGDC) ,NOAA) 之 $1/12^{\circ}$ x $1/12^{\circ}$ (即 5 分 x 5 分)之水深資料經線性內插而得。由圖 5-4 可看出,模式區域之 西側為水深較淺的陸棚區,越往東側水深越深。模式邊界,包含 了東、南、北三個開口邊界 (open boundaries), 垂直方向分為 26 個 σ 層,在表面數層及底部數層採用較高之解析度。小範圍 模式的區域則如圖 5-5 所示,為一曲線水平格點配置,涵蓋範圍 包含台灣海峽。水平解析度約在數公里之譜,垂直分層與大範圍 模式相同為26σ層。

藉由「巢狀箝合」(nesting) 技術的運用,將大模式所提供的 邊界條件連續不中斷的帶進小模式中,並使用衛星觀測的高解 析度風場資料 (NASA Quick Scatterometer, QSCAT) 作為驅動 外力的來源。模式由靜止(即U=0、V=0)且邊界條件及外力均 未改變下開始積分,等到三維的空間平均動能已漸漸趨於穩定之 狀態之時,才開始改變本模式積分之上邊界條件、側邊界條件和 驅動外力(風應力),這個過程稱之為 spin-up。

此小範圍模式經過一連串的設計以及試驗之後,已經有了初 步驗證的成果。Ko 等人在 2003 年發表有關觀測台灣海峽流量的 文章指出 1999 年 10 月~11 月間,台灣海峽傳輸量呈現正負相間 的情況,共有五次較大的南向傳輸的事件,10/15~10/22 間為最 大的一次。事件發生前維持 1.5 Sv (1Sv:每秒一百萬立方公尺) 的北向傳輸;當事件發生時,瞬間轉變為南向傳輸,極值可達 -5 Sv;隨著事件的結束,傳輸量回復到 0 Sv,在這短短的一週內, 台灣海峽的海水運動呈現極度不穩定的情況 (圖 5-6 上半部)。而 我們利用小範圍模式計算之結果與同一時間內台灣海峽的傳輸 量之變化與觀測結果極為相似(圖 5-6 下半部)。這顯示我們的小 範圍模式大致上可以呈現出接近實際的海流狀態,因此對未來的 資料同化模式已跨一大步。



圖 5-1、遙測資料展示系統主網頁

🚰 歡迎光臨海象雷達觀測網站 Microsoft Internet Explorer	- 7 ×
檔案·EP 編輯·EP 檢視·(Y) 我的最愛·(A) 工具·(I) 說明·EP	A.
③ 上─頁 • ⑤ · 区 ⑥ / ▷ 搜尋 ☆ 我的最爱	
網址 🛛 🍓 http://www.rooc.org.tw/obs/instpage.php?r=&w=99%&h=800&url=www.rooc.org.tw/obs/publication.htm 🔹 🔁 移至 🖇	連結 🎽 Norton AntiVirus 😵 🗸
	2 Kit
③ 公入国集 ※ 飲 飲 作 ※ 飲 飲 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 作 ※ 炊 約 炊 約 ※ 炊 約 炊 約 ※ 炊 約 炊 約 ※ 炊 約 炊 約 ※ 炊 約 炊 約 ※ 炊 約 ※ 炊 約 <t< td=""><td></td></t<>	
	網際網路

圖 5-2、遙測資料展示「參考資料」網頁

🗿 歡迎为	·臨海象雷達觀測網站	Microsoft Internet	İxplorer				
檔案①	編輯(E) 檢視(V) 我的	的最爱(<u>A</u>) 工具(<u>T</u>)	說明(H)				
(] ±-	- Ţ • 🛞 · 💌 🕻	🕄 🏠 🔎 搜尋	📩 我的最爱 🚱 🔗 🌭 🗹 🔹	<mark>_</mark> 🛍 🔕 🚳			
網址(D) 👔	🞒 http://www.rooc.org.tw/ol	bs/instpage.php?r=&w=9	9%&h=800&url=www.rooc.org.tw/obs/publication.htm		🗸 🄁 移至	連結 »	Norton AntiVirus 😡 🗸
	A Control of the cont	Rev Contraction	海 象□)		
		f 頁 🏈 觀	測 原 理 🎺 資 料 展 示	相關網站 🍼	相關。	煽 び	
	● 登入區塊	بلا	文 獻 著 作	University of Miami Codar Company		<u>^</u>	
	帳號:	1	Kohut, J., et. al.,(2005) "Characterizing obs radar surface current mappers and Acousti J. Ocean Εnα.	University of South Florida		₽	
	密碼:	2	Barrick, D., (2005), "Effects of Shallow Wa January.	The U.S. Naval Postgraduate S	chool (NPS)	₽	
	使用者登入	3	Lipa, B., et al., (2005), "SeaSonde Detectio 25.	University of Delaware		₽	
	遺失密碼嗎 ?	4	Chant, R.J., Glenn, S., Kohut, J., "Flow rev Jersey inner shelf", J. Geophys. Res., vol.	Rutgers University		₽	
	何不馬上註冊!	5	2004. Ito, T., Kinoshita, H., "Ocean Current Obse Hydro International, vol. 9, no. 10, pp.36 - 3	San Diego Coastal Ocean Obse BOON - Bodega Ocean Observi	erving System ing Node	₽	
	U THER	6	Emery, B.M., et al., "Evaluating radial curren	r measurements nom CODAX nig		₽	
	≫ 回首頁	7	Ullman, D.S., Codiga, D.L., "Seasonal variati outflow region based on HF radar and Dopple vol. 109, no. CO7S06, doi: 10.1029/2002JC0	on of a coastal jet in the Long Isla r current observations", J. Geoph D1660, 2004.	and Sound ys. Res.,	₽	
		8	Paduan, J., Shulman, I., "HF radar data assi Geophys. Res., vol. 109, no. CO7S09, doi: 1	milation in the Monterey Bay area 0.1029/2003JC001949, 2004.	", J. F	7	
		9	Beckenbach, E., Washburn, L., "Low-frequer observed by high-frequency radar", J. Geophy 10.1029/2003JC001999, 2004.	ncy waves in the Santa Barbara cl ys. Res., vol. 109, no. CO2010, di	hannel oi:	₽	
			[Glenn, S., et. al., "The Expanding Role of Oc	ean Color & Optics in the Changi	ng Field of	<u>n </u>	「細院網路
- 1019A							C ALCONOMICAL CONTRACT



圖 5-5、小範圍模式區域



圖 5-6、模式流量資料驗證

第六章 結論與建議

本年度計畫已完成原訂計畫內容。回顧本年度計畫執行成果 與預定完成目標相同,下列數項工作已完成。一、雷達測波系統 原型初步建置,二、作業化與通訊能力系統測試,三、CODAR 資料處理軟體研發,四、蒐集與評估資料同化技術相關研究,五、 資料展示系統。此數項工作對於我國研發海象遙測技術提供正面 貢獻,明年度將大量收集海象遙測系統觀測資料,作為雷達測波 系統驗證之用,以期完成掌握當地波浪特性,建立轉移函數與率 定曲線等工作。中央氣象局在未來可進一步評估全面利用遙測技 術取代現有現場觀測作業方式。尤其在海象觀測網以及海流預報 模式工作上,更可利用海象遙測技術提供更為豐富以及多元的海 象資料。

目前我國中央氣象局海象觀測網對於波浪的觀測是採用波浪 浮球儀進行波浪物理參數的紀錄,在空間上僅能獲得單一定點資 料,且儀器建置成本高,維護保修不易,雖行之有年,卻仍有改 進空間。岸基雷達測波技術提供更佳選擇,可達成即時傳輸、即 時展示功能,亦可提供大面積海域波浪影像與資料,在維護以及 建置成本上均較浮球測站簡便與廉價。惟其缺點為在建置初期仍 需依賴現有浮球測站資料進行系統參數調校,建立轉移函數以及

74

率定曲線。綜合上述思量,為兼顧科技進展與長遠規劃,中長期 進程全面建立遙測系統應是可行方向。短期內可先於本計劃結束 後,繼續維持成功雷達測波站之運作,建立第一座非研究性作業 化雷達測波站點。

受到本計劃經費不足之影響,無法負擔建置 CODAR 系統所 需之龐大經費,因此本計劃將目標設定在 CODAR 資料處理軟體 系統之建構方面。而本年度利用所蒐集之 CODAR 實測資料,已 將處理程序以及處理軟體開發完成。待未來獲得我國實際 CODAR 系統測量資料結果,便可直接運用,無需再另謀研發。 而本年度已稍稍展開海流模式研發工作,進度略有超越本年計 畫。加上所蒐集選定之資料同化方法,明年度對於海流模式的研 發進度應可順利完成。

- Barrick D. E. (1971), Dependence of Scend-order Sidebands in HF Sea Echo upon Sea State, IEEE G-Ap International Symposium Digest, Sept. 21-24 Los Angeles, California, pp. 194-197.
- Barrick D. E. (1972), First-order Theory and Analysis of MF/HF/VHF Scatter from the Sea, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, AP-20, 2-10.
- Beckenbach, E., and L. Washburn (2004): Low-frequency in the Santa Barbara Channel observed by high-frequency radar. Journal of Geophysical Research, 109, C02010m doi:10.1029/2003JC001999.
- Blumberg, A. and G. L. Mellor, 1987: A description of a three-dimensional coastal ocean circulation model. In Three Dimensional Coastal Models, N.S. Heaps, Ed., Coastal and Estuarine Sciences, 4, Am. Geophys. Un., 1-16.
- Chao S. –Y., P. –T. Shaw, S. Y. Wu, 1996: "El Niño modulation of the South China Sea circulation.", Progress in Oceanography, 38: 51-93.
- Chapman, R. D., L. K. Shay, H. C. Graber, J. B. Edson, A. Karachintsev, C. L. Trump, and D. B. Ross (1007): On the accuracy of HF radar surface current measurements: Intercomparisons with ship-based sensors. Journal of Geophysical Research, 102, C8, 19,737-18,748.
- Chen, C. T. A., and S. L. Wang, 1999: "Carbon, alkalinity and nutrient budgets on the East China Sea continental shelf", J. Geophys. Res., 104, 20675–20686.
- Chereskin, T. K, 1995: Direct evidence for an Ekman balance in the California Current. Journal of Geophysical Research, 100, 18261-18269.
- Cohn, S. E., A. da Silva, Jing Guo, M. Sienkiewicz, and D. Lamich, 1998: Assessing the effects of data selection with the DAO Physical–space Statistical Analysis System. Monthly Weather Review, 126, 11, 2913-2926.
- Cook, T. M., and L. Shay (2002): Surface M2 tidal currents along the North Carolina shelf observed with a high-frequency radar. Journal of Geophysical Research, 107, C12, 3222, doi:10.1029/2002JC001320.
- Crombie D. D. (1955), Doppler Spectrum of Sea Echo at-13.56 Mc/s', Nature 175, 681-682.
- Crombie, D.D. (1971), Backscatter of HF radio waves from the sea, Electromagnetic Probing in Geophysics, J.R. Wait, ed., Golem Press: Boulder, CO., pp. 131-162.
- Davies, A. M., P. Hall, M. J. Howarth, P. J. Knight, and R. J. Player (2001):

Comparison of observed (HF Radar and ADCP measurements) and computed tides in the North Channel of Irish Sea. Journal of Physical Oceanography, 31, 1764-1785.

- Emery, B. M., L. Washburn, and J. A. Harlan (2004): Evaluating radial current measurements from CODAR high-frequency radars with moored current meters. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 21, 1259-1271.
- Graber H. C., B. K. Haus, R. D. Chapman, L. K. Shay (1997): HF radar comparisons with moored estimates of current speed and direction: Expected differences and implications. 102, C8, 18,749-18,766.
- Huh, C. A., and C. C. Su, 1999: "Sedimentation dynamics in the East China Sea elucidated from 210Pb, 137Cs and 239,240Pu", Mar. Geology, 160, 183–196.
- Hwang C., C. –R. Wu and R. Kao (2004): TOPEX/Poseidon observations of mesoscale eddies over the Subtropical Counter Current: kinematic characteristics of an anticyclonic eddy and a cyclonic eddy. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 109, C08013, doi:10.1029/2003JC002026.
- Ko, D. S., R. H. Preller, G. A. Jacobs, T. Y. Tang, and S. F. Lin, 2003: "Transport reversals at Taiwan Strait during October and November 1999.", J. Geophy. Res., 108, 3370, 10.1029/2003JC001836.
- Kuo , N.-J., and C.-R. Ho, 2004: "ENSO effect on the sea surface wind and sea surface temperature in the Taiwan Strait", Geophys. Res. Lett., 31, L13309, doi:10.1029/2004GL020303.
- Lewis, K. J., I. Shulman, and A. F. Blumberg (1998): Assimilation of Doppler radar current data into numerical ocean models. Continental Shelf Research, 18, 541-559.
- Lin, I. –I., C. –C. Wu, K. A. Emanuel, I. –H. Lee, C. –R. Wu and F. Pan (2005): The Interaction of Supertyphoon Maemi (2003) With a Warm Ocean Eddy. *Monthly Weather Review* (in review)
- Lipa, B.J. and D.E. Barrick (1983), Least-squares methods for the extraction of surface currents from CODAR crossed-loop data: Application at ARSLOE, IEEE J. Oceanic Engr., vol. OE-8, pp. 226-253.
- Liu, K.-K., C.-M. Tseng, C.-R. Wu, I-I Lin (2004): Biogeochemical fluxes of the South China Sea. In: *Carbon and nutrient fluxes in continental margins: a global synthesis*, IGBP series by Springer.
- Liu, K.-K., G.-C. Gong, C.-R. Wu, H.-J. Lee and B.-S. Lee (2004): Biogeochemistry of the Kuroshio and the East China Sea. In: *Carbon and nutrient fluxes in continental margins: a global synthesis,* IGBP series by Springer.

- Marmorino, G. O., L. K. Shay, B. K. Haus, R. A. Handler, H. C. Graber, M. P. Horne (1999): An EOF analysis of HF Doppler radar current measurements of the Chesapeake Bay buoyant outflow. Continental Shelf Research, 19, 271-288.
- Nitani, H., 1972: "Beginning of the Kuroshio", In: Kuroshio, edited by H. Stommel and K. Yoshida, pp. 129–163, Univ. of Wash. Press, Seattle.
- Oke, P. R., J. S. Allen, R. N. Miller, G. D. Egbert, and P. M. Korso (2002): Assimilation of surface velocity data into a primitive equation coastal ocean model. Journal of Geophysical Research, 107, C9, 3122, doi:10.1029/2000JC00511.
- Paduan, J. D. and I. Shulman (2004): HF radar data assimilation in the Monterey Bay area. Journal of Geophysical Research, 109, C07S09, doi:10.1029/2003JC001949.
- Paduan, J. D., and L. K. Rosenfeld (1996): Remote sensed surface currents in Monterey Bay from shore-based HF radar (Coastal Ocean Dynamics Application Radar). Journal of Geophysical Research, 101, C9, 20,669020,686.
- Prandle, D. and D.K.Ryder, (1985), Measurement of surface currents in Liverpool Bay by high-frequency radar, Nature,315,128-131.
- Shulman, I., C. –R. Wu, J. D. Paduan, J. K. Lewis, L. K. Rosenfeld, S.R. Ramp (2001): High frequency radar data assimilation in the Monterey Bay. *Estuarine* and Coastal Modeling, Ed. Malcolm L. Spaulding and H. Lee Butler, 434-446.
- Shulman, I., C. –R. Wu, J. K. Lewis, J. D. Paduan, L. K. Rosenfeld, J.C. Kindle, S.R. Ramp, C.A. Collins (2002): High resolution modeling and data assimilation in the Monterey Bay area. *Continental Shelf Research*, 22, 1129-1151.
- Shulman, I., C. –R. Wu, J. K. Lewis, J. D. Paduan, L. K. Rosenfeld, S. R. Ramp, M. S. Cook, J. C. Kindle, and D. –S. Ko (2000): Development of the high resolution, data assimilating numerical model of Monterey Bay. *Estuarine and Coastal Modeling*, Ed. Malcolm L. Spaulding and H. Lee Butler, 980-994.
- Tseng, C. –M., G. T.F. Wong, I.-I. Lin, C.-R. Wu, and K.-K. Liu (2005): A unique seasonal pattern in phytoplankton biomass in low-latitude waters: wind-reinforced (monsoon-induced) winter convective overturn in the South China Sea. *Geophysical Research Letters* (accepted with revision)
- Wu, C. –R. and Y. –C. Hsin (2005): Volume transport through the Taiwan Strait : a numerical study. *Terrestrial, Atmospheric and Oceanic Sciences*, Vol. 16 #2
- Wu, C. –R., P. -T. Shaw and S. -Y. Chao (1998): Seasonal and interannual variations in the velocity field of the South China Sea. *Journal of Oceanography*, V. 54,

361-372.

- Wu, C. –R., P. -T. Shaw and S. -Y. Chao (1999): Assimilating altimetric data into a South China Sea model. *Journal of Geophysical Research*, 104, C12, 29987-30007.
- Wu, C. –R., T. Y. Tang, and S. F. Lin (2005): Intra-seasonal variation in the velocity field of the northeastern South China Sea. *Continental Shelf Research*
- 林勝豐,2005:"台灣海峽海潮流之研究",博士論文,國立台灣大學海洋研究所。
- 盧鴻復、吳朝榮 (2005):台灣周邊海域水文及洋流特徵. 海洋技術季刊第十四卷 第四期
- Http://www.codaros.com/index.htm
- Http://ifmaxp1.ifm.uni-hamburg.de/
- Http://www.wamos.de/
- Http://www.oc.nps.navy.mil/~icon/
- Http://halibut.ims.uaf.edu/SALMON/index.html



目錄

第一章	、硬體介紹	.P1
第二章	、系統硬體操作	.P7
第三章	、系統軟硬體維護說明	.P9
第四章	、系統軟體操作	P10

第一章 硬體介紹

ROCOS 硬體架構圖



ROCOS 雷達測波系統主架構包含一座船用雷達、一部個人電腦、以 及一組台大自行設計製作的控制電路等三大部分,船用雷達部分是 使用 Furuno FR-8251型6 呎天線雷達系統(圖 3-2),個人電腦採用 Pentium II 600Mhz CPU 以上等級 Window 系統之個人電腦並安裝 ROCOS 觀測系統操控作業軟體,控制電路部份主要包含一個 12 bit 採樣速率為 10 MHz 的 A/D(類比/數位)轉換器

ROCOS 雷達測波系統硬體規格表

項目	品名與規格
雷達	Furuno FR-8251 航海雷達
	無線電波頻率 X-Band 9.41GHz
	最大發射功率 25KW
	天線 6.5ft
	垂直射束寬 25°
	水平射束寬 1.2°
	天線轉速 24rpm / 36rpm 兩種選擇
	SP mode 有效測距 3 海浬
	徑向空間解析度 12m
	脈衝頻率 2100Hz
	脈衝寬度 0.08µsec
	可連接 30m 以上之天線訊號傳輸線
界面電路模組	10MHz/12bits 資料擷取卡
	取樣時序為交錯式(Interlace)
	時基 80MHz
	資料傳輸速率最大 10MB/sec
	每掃描線採樣點最大 1024
計算子區	1.92km × 1.92km
	可同時選擇多個計算子區

系統組件

一、FURUNO FR-8251 六呎雷達天線



功能:發射接收雷達波訊號。



二、系統整合式48 吋機櫃

功能:存放各項控制元件與備品。

三、單色雷達回波顯示器及控制面板總成



功能:監看與操作雷達天線。



四、電腦彩色監視螢幕

功能:電腦視覺輸出單元,可監看電腦運作畫面。



六、監控管理電腦主機

功能:監控管理雷達與添線之運轉並具備儲存資料用途。



七、寬頻網路數據機

功能:與電腦連接,連結網際網路使用。

八、數位類比轉換控制電路



功能:轉換類比與數位訊號,雷達與電腦溝通的橋樑。

九、UPS 不斷電系統



功能:提供監控主機備援電力,防止電腦受電流突波損害。

第二章、系統硬體操作

一、雷達遙測系統開機

- 1. 首先確認電源插座有確實插於插座之上。
- 2. 查看所有連接線路,皆確實接上,沒有鬆脫之處。
- 3. 開啟 UPS 電源,確認開機燈號閃爍,有確實開機。
- 按下電腦主機電源鍵與寬頻網路數據機電源鍵,並確認開機燈號,有確實開機。
- 5. 開啟電腦監視器螢幕電源,並查看電腦開機情形。
- 6. 開啟數位類比控制電路電源,確認紅燈有亮起。
- 7. 開啟雷達監視器電源,並確認有開機。
- 等待 20 分鐘,待電腦首次呼叫雷達作動後,查看系統正常,始 確認系統開機完成。
- 二、雷達遙測系統關機
 - 1. 先行操作電腦使監控電腦主機正常關機。
 - 2. 關閉寬頻網路數據機電源。
 - 3. 關閉不斷電系統電源
 - 4. 關閉數位類比轉換控制電路電源,確認紅燈熄滅。
 - 5. 關閉雷達監視器。
 - 6. 拔下插座上的系統插頭。始確認系統完全關機。

- 三、電腦當機操作
 - 1. 先輕輕使用滑鼠,查看螢幕上鼠標是否作動。
 - 若可作動,請嘗試一般正常關機方法。待電腦關機後5分鐘再行 啟動電源。
 - 3. 若無法作動,請以鍵盤同時按下 Ctrl+Alt+Delete 三鍵連續兩次, 並查看是否重開機?
 - 若重開機不成功,請長按電腦主機電源鍵四秒以上。待電腦關機 後5分鐘再行啟動電腦電源。

第三章、系統軟硬體維護說明

一、硬體方面

- 勿將電源突然中斷,以免數位類比轉換器及電腦主機產生意外的 故障。
- 保持機櫃的整齊與風扇的良好運作,以避免電子設備過熱導致當 機連連。
- 經常關閉機櫃門板,避免過多灰塵進入導致無法預期的短路或故障。
- 4. 保持地面的水平與儀器的穩固,防止不必要的墜損。
- 5. 避免攜帶飲食操作設備。
- 注意雷達天線運轉的順暢性,若有旋轉困難的情況應立即通知廠 商處理。

7. 避免重擊碰撞電腦主機,已防硬碟產生壞軌,資料損失。

二、軟體方面

- 1. 勿隨意關閉雷達程式,以防系統不預期的當機。
- 2. 勿使用監控電腦連結惡意網站,以防遭到植入木馬
- 3. 勿下載來路不明的檔案,更不要執行檔案
- 4. 不瞭解用途的檔案,應予以保存,避免誤殺重要系統檔案。
- 5. 若不瞭解對話視窗的明確意思,選擇否定選項避免造成程式錯誤。

第四章、系統軟體操作

一、遠端連線方法

1.先至 realvnc 網站下載 VNC 軟體,版本不拘。

2.安裝後, 雙點擊 VNC VIEWER 圖示變化出現如下畫面。

かなります。 裁的文件 putty		
(1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)		
彩 網路上的芳 ^類		
Exceed	Connection details	
でき 資源回收筒	VNC server: UK Use host display e.g. snoopy:2 (Display defaults to 0 if not given) Options	
Filemaningbird Neightorhood		Microsoft Windows xp Professional
Hummingbird Comredivit		
MATLAB 5 5		

3.於對話欄中鍵入台東雷達監控電腦之 IP 位址。

(例:220.133.238.222)

4.按下確認鍵,則出現如下之遠端要求密碼對話框。

請依原定密碼鍵入。



5.接下來則會出現遠端電腦之桌面畫面,如下圖。



6.自此便如同操作自己的電腦一般操作遠端的電腦主機。

	7.若單純只需要監看而不需操作時,請於登入前點選下列「Options_	選單。
--	-------------------------------------	-----



並勾選下列選項,便可單純監看,滑鼠鍵盤之輸入功能會被忽略。

Connection Options	×
Format and Encoding Auto select	Mouse Emulate 3 Buttons (with 2-button click) Swap mouse buttons 2 and 3
 ♥ ZRLE ♥ Hextile ♥ CoRRE ♥ RRE ♥ Raw ♥ Use CopyRect encoding 	Display View only (inputs ignored) Full-screen mode Scale by 1 / 1 (experimental)
Misc Shared (don't disconnect oth Deiconify on Bell Disable clipboard transfer	ner viewers) OK Cancel

二、雷達軟體操作

<u>File Edit View State W</u>indow <u>H</u>elp

05/Dec/08 13:20:01

流速(m/s) 流向(度) **** 154.0

能譜主波參數

波長(米)

143.1

13:30:26

····· 週期(秒)

11.40

Running

0 0 0

🔲 雷達波浪觀測系統-波浪統計參數 (C)台大海洋所 2002

波向

🛃 中央氣象局 地球科.

45.6

請按「C或以滑鼠左鍵輕點視窗左上角File按紐便可中止程式

硬碟機容量:70001.953 MB,尚餘:58275.238 MB

代表波高(m) 2.581

週期(秒)

8.37

timent f4

E:\05Dec08\0512081321.tar.gz

RMS讀數 703.898

能譜次波參數

波長(米)

94 8

1900

(弘紀)

) 灘山

-1900

-3800

-5700

就緒

🛃 開始

-5700



_ 🗆 🗙 **a** X

預定取樣圈數:

己取樣圈數:

儲存磁碟:

磁碟容量:

可用空間・

緯度(LAT): 經度(LON):

方向(DIR):

速度(SPD):

32

D:

Нe

46648 Mb

45125 Mb

NUM

🖮 🛛 🖞 🔦 🗊 🐉 下午 01

1.開機時,或遠端登入時,正常情況所見畫面如下。

該程式為雷達控式程式,在無人干擾下,應逐設定時間喚醒雷達逕行遙 測。若有非此書面,則表示有人為操作跡象。

5700

總波能 2332689.750

.. 波向(度) 88.8

 2.當電腦未喚醒雷達時,其電源如上圖為灰色。當距離下次喚醒時間小 於5分鐘時,雷達電源顏色會轉變成綠色,如下圖。



若當到達雷達運轉時間,雷達電源會轉為紅色且連續取樣 32 張海面波

場	,	如	下	啚	所	示	0
---	---	---	---	---	---	---	---



3.變更設定值的位置則如下二圖所示。

但是



「鄭重提醒!非專業人士請勿任意更改設定!!」

全文完

附錄二

審	查委	員	審		查		意	見	意		見		回	覆
葉	天	降	1.	委託研	究計	畫完成	戈既定.	工作。	雷達	波掃	測海面	5 ,	對於海	面作業
			2.	對雷達	測波	,雷達	掃描之	是否會	船隻	與海	灘遊窘	孓之	影響目	前無相
				對海上	活動	魚民或	戊遊客:	造成	關文	獻報	導。忽	太根	據電磁	波強度
				傷害應	有資	料說明	月。		公式	得知	電磁波	支強	度與距	離平方
									成反	比,	現今雷	昏達	天線與	海灘遊
									客相	距數	十到婁	改百	公尺與	海上作
									業船	隻更	達數公	公里	之譜,	加上測
									波雷	達每	20 分	鐘启	汝動一	次,每
									次運	轉約	2 分銷	童。	因此對	於海灘
									遊客	或海	上作業	 余船	隻人員	健康應
									無太	大影	響。			
鄭	明	典	觀	測資料:	連續性	主不是	很好	,但是	觀測	資料	或有缶	央失	原因乃	該哨所
			已 [.]	可做初去	步分权	彳,符	合原夫	見劃內	士兵	濫用	、誤用	月雷	達控制	電腦所
			容	0					致,	目前	規劃將	 	達控制	系統搬
									移至	該哨	所一樁	婁軍	官值班	台旁。
									經過	初步	評估與	與測	試,主	要之限

94 年度委託研究計畫期末報告審查意與回覆

					制因素電纜長度,應無太大阻
					礙,將擇期會同廠商遷移控制主
					機系統。未來應可收集更多觀測
					資料提供系統分析比較之用。
莊	文	思	1.	雷達測波與波浪站資料間之	依據委員之建議,未來會在工作
				相關性仍需建立,目前至少應	手册中增列建立率定曲線之程
				列出其他測站所建立之相關	序,並於轉移儀器與技術予中央
				曲線以證明此方法實際可行。	氣象局時一併轉移。
			2.	海象中心必須了解雷達測波	
				必須有同等半年之海上測波	
				方能建立相關性。	
			3.	未來海象遙測系統工作手冊	
				應加入建立相關曲線之程序	
				以求完備。	
林	銘	崇	1.	轉換參數除了以實測資料決	1. 有關轉移函數部分,目前採用
				定外,是否有理論上之函數?	過去在台灣西岸雷達測波參
			2.	海流模式邊界條件如何設定?	數,由於台灣東、西兩岸,在
			3.	報告內容具體完整	地形、氣候、海岸形狀、波浪
					特性方面有所差異,因此可先

						針對數個波高較大之波浪予
						以校驗,再利用理論之波浪頻
						散關係式建立合適之轉移函
						數。
					2.	海流模式之陸地邊界條件採
						用非滑動邊界設定(no slip
						condition),因此在陸地邊界上
						不需要輸入水位資料。
徐	月	娟	1.	Zig3-16~3-18 是代表多大區	1.	圖 3-16 至圖 3-18 所示之資料
				域的遥测資料結果?		結果為台灣成功海域中 1.92
			2.	CODAR 資料處理範例是哪		公里見方之區域遙測結果。
				一段期間內的實測資料?請敘	2.	CODAR 資料處理之數據來自
				明。		美國 Monterey 灣之 ICON 研
			3.	期末報告應增加一章結論與		究觀測資料,資料時間為2004
				建議。		年6月8日全天24小時之觀
			4.	請將本年度雷達測波完整結		測資料。
				果含影像及數據交給氣象局。	3.	本年度雷達測波之數據與影
			5.	雷達測波觀測頻率與觀測時		像譜資料將以容易保存之光
				間與測波浮球請一致性,以便		學儲存媒體記錄後,轉交中央
	比較。		氣象局海象中心。			
----	----------------	----	---------------			
6.	明年度在技術將移轉請再加	4.	未來在比較雷達測波資料與			
	上操作系統手册。		波浪浮球觀測資料時,將會特			
7.	海流模式相關工作請落實技		別注量兩種儀器在採樣方式			
	術轉移,並列入明年度工作項		與時間上的差異並採用較為			
	目中,是否含新的模式。		合理之比較方式。			
8.	網站似乎還不能進入,網站首	5.	明年度於雷達遙測技術轉移			
	頁請加入"交通部中央氣象局"		時將另附操作系統手冊,以便			
	負責單位。		於中央氣象局海象中心人員			
9.	請評估在成功長期設波浪遙		學習使用。			
	测站是否長期向廠商租用後	6.	第三年計畫中所發展的海流			
	設備財產轉移給氣象局。		模式,在計畫完成前,將安裝			
			此海流模式於中央氣象局海			
			象中心,並就程式編譯、執行			
			檔建立等技術性工作進行轉			
			移與交接。			
		7.	網站建置由於受到網路頻寬			
			不足影響,使得瀏覽網站有時			
			發生網站無法連接、開啟之現			

	象。目前已聯繫師大地球科學
	系,協調提供空間與網路頻
	寬,待網站主機遷移至師大地
	球科學系應可解決此一問
	題。未來亦將本計畫名稱與
	「交通部中央氣象局」等負責
	單位名稱加註於首頁。

95年度期初意見

審	查委	員	審	查	意	見
葉	t 天		對於雷達測波與波浪站觀測資料相關性之分析			之分析
			方面,	可加強研究,使	實用性更高。	
林	林銘		1. 計畫	1. 計畫書說明具體。		
			2. 工作	團隊執行能力應	可勝任完成本計	劃。