# 交通部中央氣象局委託研究計畫期末報告

# 地面海象遥测技術之研發(3/3)

- 計畫類別:■國內 □國外
- 計畫編號: MOTC-CWB-96-0-02
- 執行期間: 96年 1月 30日至 96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 96 年 12 月

## 交通部中央氣象局委託研究計畫出版品摘要表

出版品名稱:地面海象遙測技術為	之研發(3/3)	
國際標準書號(或叢刊書)	政府出版品統一編號	計畫編號
	1	MOTC-CWB-96-0-02
主管:徐月娟	研究單位:國立臺灣師範大學	其他參與合作之
聯絡電話:02-23491190	地球科學系	研究團隊
傳真號碼:02-23491199	計畫主持人:吳朝榮	
e-mail:glory@cwb.gov.tw	聯絡電話:02-29347120#16	
	傳真號碼:02-2933-3315	研究期間
承辦人:麥如俊	e-mail∶cwu@ntnu.edu.tw	
聯絡電話:02-23491198	研究人員:吳朝榮、楊潁堅、	90 年 1 月 50 日至
傳真號碼:02-23491199	盧鴻復、、陳琬婷、許瑋真、張	育綾 95 年 12 月 31 日
e-mail : mayrj@mmcm.cwb.gov.tw	通信地址:台北市文山區汀州路	各 研究經費
	四段 88 號	
	聯絡電話:02-29347120	參佰伍拾伍萬
		貳仟圓整

|關鍵詞:海象資訊、雷達遙測、CODAR、ROCOS、資料同化海洋模式

摘要:

本雷達測波系統已建置完成,可進行作業化運轉,目前雷達測波系統在每20分鐘, 連續擷取32張雷達影像,並自所收錄的雷達影像擷取1.9公里見方之計算子區的雷達回 波強度。雷達測波系統設置地點與場所,目前位於台東縣成功鎮,海巡署所轄之基鞏安 檢所美山分離哨。該處設有站屋,具有可提供電力與安裝於室內等便利性。現實施拆除 電腦鍵盤、滑鼠、螢幕三元件之裝置原則,明顯且有效的改善過去不當使用之問題。今 年度本計劃依原規劃時程,收集遙測資料,並且重新建立轉移函數與率定曲線,以加強 波浪遙測之精準度、可信度。

海流模式之發展由原先利用 NCEP/QuikSCAT 混合風場作為模式驅力,現將中央氣象 局風場數入模式之中,並且模擬台灣週遭海域之海流情況。本報告中,選定了資料同化 的技術與策略,利用使用海科中心歷史海流資料作為 CODAR 系統之模擬資料,並嘗試資 料同化方法進行了資料同化的測試。測試的結果顯示,資料同化方法可以改進模式的缺 點,且利用表面的流速資料經過動力的方法亦可修正下層的流速,使模式結果更加真實。

海象遙測資料展示系統方面,已建立網域名稱為 Http://www.rooc.org.tw 之展示網站。架設網站之作業系統採用的是 Scientific Linux,伺服器架構為 LAMP 系統(Linux、 Apache、MySQL、PHP),以便建立資料庫供本站往後之應用。除此之外更加強資料即時展 示系統部分,此系統將每 20 分鐘自動與設於台東之雷達測波站進行連結,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;即時展示可製作線上查 詢系統資料繪圖。

出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
96年12月	188		
機密等級:			
□限閱□密	□機密□혀	亟機密□絕對	计機密
(解密【限】	條件:□	] 年月	日解密,□公布後解密,□附件抽存後解密,
□工作完成	或會議終	了時解密,	□另行檢討後辦理解密)☑普通

## **PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS CENTRAL WEATHER BUREAU** MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE : Development of the land-based radar remote sensing technology on surface

current and wa	ave (3/3)				
ISBN(OR ISSN)		GOVERNMEN 1	T PUBLICATIONS NUMBER	PROJECT NUMBER	
				MOTC-CWB-96-0-02	
DIRECTOR GENERAL	:Yueh-Jiuan G. Hsu	RESEARCH AG	ENCY:National Ta	iwan Normal University/	
PHONE: 02-2349	1190	Department	of Earth Sciences	S	
FAX: 02-234911	99	PRINCIPAL	NVESTIGATOR : Char	u-Ron Wu	
E-MAIL:glory@	cwb.gov.tw	PHONE: 88	PHONE: 886-2-29347120#16		
		FAX:886-	2-29333315		
SPONSOR STAFF: R. J., May PHONE: 02-23491198 FAX: 02-23491199 E-MAIL: mayrj@mmcm.gov.tw		E-MAIL : cwu@ntnu.edu.tw			
		PROJECT ST	PROJECT STAFF : Chau-Ron Wu, Y. J. Yang, H.F Lu,		
		W. T. Cher	W. T. Chen, W. J. Hseu, Y. L. Chang ,		
		ADDRESS : No	ADDRESS : No. 88, Sec. 4, Tingzhou Rd., Wenshan		
		District, 7	District, Taipei City 116, Taiwan (R.O.C.)		
		PHONE: 886-	2-29347120		
PROJECT	9007 1 90,900	7 19 91	PROJECT	2 552 000	
PERIOD 2007. 1. 30~2007		1.12.01	BUDGET	5,552,000	

KEY WORDS: Marine meteorology information, Radar remote sensing, ROCOS, CODAR, Data assimilation ocean model

ABSTRACT :

To develop the remote sensing technology on surface current and wave, the Chinese Geoscience Union has signed a contract with the Central Weather Bureau (CWB) which is a three-year project. One of the works is to setup a Radar Ocean Climate Observation System (ROCOS) designed and integrated by IONTU (Institute of Oceanography, National Taiwan University). The ROCOS installed at the Chengkung, Taitung around 18 months ago, has operated continuously and smoothly over an entire year. All the data were post-processed at laboratory. The products include a set of wave parameters (such as significant wave height, direction, and period, etc), an animation combined with 32 radar images, and an averaged radar image per time interval specified by users. Data collected by ROCOS have been compared with field measurements from a wave gauge deployed by CWB. The transfer function between radar signals and surface waves is estimated empirically based on the data sets. In additiona, the real-time operating software of ROCOS has been modified to include uploading ability of radar data to a web server computer through ADSL. Furthermore, to enhance the realism in the simulation, the observed data are often integrated continuously into numerical models in a process called data assimilation. Oceanic data assimilation is somehow different from its counterpart, the atmospheric data assimilation since most of oceanic data acquired are confined to the sea surface. Therefore, the procedure to project sea surface information to the lower layer becomes one of the most difficult problems inherent in implementing oceanic data assimilation. In the present work, a physical-space statistical analysis system (PSAS) is using to include surface observations in the assimilation. One important issue here is to determine the "blending" of model and observational data using forecast and observation error covariance matrices. The observation error covariance matrices were derived from estimates of National center for Ocean Research (NCOR) surface velocity and have resulted in some success. In the test, the assimilation of observed data has significantly improved the model predictions of surface current circulation.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
			□SECRET
Dec. 2007	188		$\Box$ CONFIDENTIAL
			☑UNCLASSIFIED

交通部中央氣象局 96 年度政府部門科技計畫期末摘要報告 計畫名稱:地面海象遙測技術之研發(3/3)

審議編號:		部會署原計畫編號	: MOTC-CWB-96-0-02
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:	吴朝榮
電話號碼:	(02)2934-7120 #16	傳真號碼:	(02)2933-3315
期程:	96年1月30日	至96年12月31日	3
經費:( 全程 )	元	經費(年度)	3552 仟元
執行情形: 1. 執行進度:			
	預定(%)	實際(%) 比較	交(%)

100

0

2. 經費支用:

當年

全程

預定實際支用率(%)當年3552000248640070全程

100

3. 主要執行成果:

1. 持續同步蒐集現場觀測與遙測資料數據。

- 以現場觀測資料驗證海象遙測系統結果,利用統計方法計算、分析海象遙測系統結果 與現場觀測結果之異同,並檢討系統誤差量值與改進系統觀測結果。
- 3. 定期派遣人員維護遙測系統硬體設施,紀錄工作報表彙整並紀錄歸檔。
- 4. 建全海象遥测系統展示網站,建立海象遥测資料即時展示功能。
- 5.研究發展遙測資料同化海流數值模式,採實測資料予以同化進入中央氣象局海流模式。
  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):

無

雷達測波系統已建置完成,可進行作業化運轉,目前雷達測波系統在每 20分鐘,連續擷取 32 張雷達影像,並自所收錄的雷達影像擷取 1.9 公里見 方之計算子區的雷達回波強度。雷達測波系統設置地點與場所,目前位於台 東縣成功鎮,海巡署所轄之基翬安檢所小港分離哨(美山)。該處設有站屋, 具有可提供電力與安裝於室內等便利性。為求系統穩定與安全,目前已將監 控系統安放於該站屋一樓大庭樓梯旁顯目之處,加裝機櫃且上鎖,並建立拆 除電腦鍵盤、滑鼠、螢幕三元件之裝置原則。目前正常運作,可維持作業化 運轉。

雷達率定曲線依據不同季節,不同浪高建立不同之轉移函數,其雷達測 波所算得之波浪相關能量均方根值(RMS)與示性波高成正比關係。經實驗 資料處理,率定曲線為Hs=4.5655\*10<sup>-8</sup>\*Rs<sup>3</sup>-2.8041\*10<sup>-5</sup>Rs<sup>2</sup>+0.0082Rs+0.8481。

我們將雷達遙測波高減去浮球波高定義為 dHs,對 dHs 而言,以 0.2 公 尺為組距統計發生頻率前三大之相對發生頻率總和各年皆大於 50%,而相對 發生頻率總和大於 95%之 dHs 範圍在-0.7~0.9 公尺之間,此結果說明雷達測 波比之浮球波高有較為高估(over estimate)之傾向。另外,在±0.2 之間的相對 發生頻率總和達 69.51%。換言之,大約有七成的資料誤差落在 0.2 公尺之內, 已達一定水準。

海流模式之發展由原先利用 NCEP/QuikSCAT 混合風場作為模式驅力,

以前進到可將中央氣象局風場輸入模式之中,並且模擬台灣週遭海域之海流 情況。在本期中報告中,展示了利用本計劃所開發的海流模式,加上以中央 氣象局所提供之最新大氣模式風場作為外力之海流與水文型態。模擬的結果 顯示,海流模式可以反應颱風時期之強烈風速所造成的海流與水文變化情 形。模式的初步結果,與實際相比略有差異,然對於差異之可能原因,例如 模式解析度、模式穩定與海底地形,已有瞭解,已改進此模式。

海象遙測資料展示系統方面,已建立網域名稱為 Http://www.rooc.org.tw 之展示網站。架設網站之作業系統採用的是 Scientific Linux,伺服器架構為 LAMP 系統(Linux、Apache、MySQL、PHP),以便建立資料庫供本站往後 之應用。目前網站設計方面,除過去所建之網頁架構,包括觀測原理、資料 展示、相關文獻〈含測流文獻、測波文獻〉、相關網站等四大主題,並以此 作為主選單。除此之外更加強資料即時展示系統部分,此系統將每 20 分鐘 自動與設於台東之雷達測波站進行連結,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;即時展示可製作線上查詢系 統資料繪圖。

目	錄

第一章	前言	. 13
1.1	計畫緣起	. 13
1.2	計畫目的	. 14
1.3	計畫內容	. 15
1.4	預期目標	. 17
第二章	地面海象遥测系統簡介	. 19
2.1	遙測原理說明	. 19
2.2	海象遥测系統綜觀	. 20
第三章	雷達测波系統之建立	. 29
3.1	ROCOS雷達測波系統介紹	. 29
3.2	雷達測波站之設站規劃	. 30
3.3	雷達測波站之建置與現況	. 32
3.4	作業化能力與通訊功能	. 34
第四章	雷達資料處理與分析	. 45
4.1	理論概述	. 45
4.2	轉移函數之建立	. 45
4.3	率定曲線之建立	. 48
4.4	雷達資料品質管制方法	. 50
4.5	雷達測波誤差統計與分析	. 51
第五章	近岸高頻雷達測流系統(CODAR)	. 71
5.1	CODAR系統介紹	. 71
5.2	CODAR資料處理程式與軟體	. 72
5.3	CODAR資料標準化輸出	. 73
第六章	海流模式與資料同化模式	. 81
6.1	海流模式之基礎	. 81
	6.1.1. POM控制方程式(governing equations)	. 82
	6.1.2. 垂直的黏滞及擴散係數	. 84
	6.1.3. 水平之黏滞和擴散項	. 84
	6.1.4. 時間間隔的限制條件	. 85
6.2	海流模式之建立	. 86
6.3	資料同化方法	. 88
6.4	資料同化模式之建立	. 91
第七章	海象遙測展示系統	101
7.1	海象遙測資料展示系統	101
7.2	網站伺服器	101
7.3	網頁主架構	101

	7.3.1. 主畫面	. 101
	7.3.2. 觀測原理	. 102
	7.3.3. 資料展示	. 102
	7.3.4. 文獻查詢系統	. 103
	7.3.5. 相關網站	. 103
第八章	結論	. 113
第九章	參考資料	. 117
附錄一其	朝末審查意見與回覆	. 121
附錄二	技轉記錄表(第1次)	. 124
附錄三	技轉記錄表(第2次)	. 125
附錄四	技轉記錄表(第3次)	. 126
附錄五	技轉記錄表(第4次)	. 127
附錄六	雷達測波資料品管手冊	. 128
附錄七	94、95及96年度波浪遙測波高與浮球波高比對	. 130
附錄八	94、95及96年度波浪遙測週期與浮球週期比對	. 144
附錄九	94、95 及 96 年度波浪遙測波向與波長	. 158
附錄十	94、95 及 96 年度波浪遙測光碟資料報表	. 172
附錄十-	- 雷達站工作紀錄	. 182

## 圖目錄

啚	2-1、布拉格散射示意圖(FROM HTTP://IFMAXP1.IFM.UNI-HAMBURG.DE)	. 23
圖	2-2、典型反射波譜 (FROM HTTP://IFMAXP1.IFM.UNI-HAMBURG.DE)	. 23
圖	2-3、CODAR 天線 (FROM HTTP://WWW.CODAROS.COM/INDEX.HTM)	. 24
圖	2-4、OSCR 夭線 (FROM HTTP://IFMAXP1.IFM.UNI-HAMBURG.DE)	. 24
圖	2-5、蒙特利灣地形圖 (FROM HTTP://WWW.OC.NPS.NAVY.MIL/~ICON/)	. 25
圖	2-6、遙測流場資料展示 (FROM HTTP://WWW.OC.NPS.NAVY.MIL/~ICON/)	. 25
啚	2-7、阿拉斯加灣海象遙測計畫	. 26
啚	2-8、測波天線陣列 (FROM HTTP://IFMAXP1.IFM.UNI-HAMBURG.DE/)	. 26
啚	2-9、高空間解析度 WERA 流場圖 (FROM HTTP://IFMAXP1.IFM.UNI-HAMBURG.DE/)	. 27
圖	2-10、WAMOS 雷達影像 (FROM HTTP://WWW.WAMOS.DE/)	. 27
啚	3-1、ROCOS 系統示意圖	. 37
圖	3-2、ROCOS 的航海雷達天線	. 37
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	. 38
圖	3-4、基鞏安檢所會勘照片	. 39
圖	3-5、基翬安檢所頂樓雙雷達天線	. 39
啚	3-6、美山巡邏站頂樓照片	. 40
啚	3-7、 測波雷達運作測試照片	. 40
啚	3-8、測波雷達測試畫面	. 41
啚	3-9、雷達天線安裝完成照片	. 41
啚	3-10、雷達控制系統安裝完成照片	. 42
啚	3-11、雷達控制系統整合至機架照片	. 42
啚	3-12、機架上層照片	. 43
啚	3-13、機架下層照片	. 43
啚	3-14、雷達監控主機現況照片(美山分離哨站屋一樓)	. 44
啚	3-15、雷達監控主機遠端遙控畫面(左:WINDOWS系統;右:LINUX系統)	. 44
圖	4-1、雷達範圍與浮球波浪儀位置圖	. 55
啚	4-2、典型雷達與浮球波數能譜	. 55
啚	4-3、轉移函數估算圖	. 56
啚	4-4、實驗性與人工調配轉移函數圖	. 56
啚	4-5、2006 年全年資料率定曲線	. 57
啚	4-6、 2006 年 春季 (1,2,3 月) 資料率定曲線	. 57
啚	4-7、2006年夏季(4,5,6月)資料率定曲線	. 58
圖	4-8、 2006 年 秋季 (7,8,9 月) 資料率定曲線	. 58
圖	4-9、2006 年 冬季 (10,11,12 月) 資料率定曲線	. 59
圖	4-10、排除降雨之率定曲線	. 59
圖	4-11、挑選波紋顯著之率定曲線	. 60

圖	4-12、較大波高之率定曲線	. 60
圖	4-13、較小波高之率定曲線	. 61
圖	4-14、資料品質管制流程圖	. 62
圖	4-15、2005年雷達測波與浮球波高點聚圖(原始資料)	. 63
圖	4-16、2006年雷達測波與浮球波高點聚圖(原始資料)	. 63
圖	4-17、2007年雷達測波與浮球波高點聚圖(原始資料)	. 64
圖	4-18、2005 年至 2007 年雷達測波與浮球波高點聚圖(原始資料)	. 64
圖	4-19、2005年雷達測波與浮球波高點聚圖(濾除降雨)	. 65
圖	4-20、2006年雷達測波與浮球波高點聚圖(濾除降雨)	. 65
圖	4-21、2007年雷達測波與浮球波高點聚圖(濾除降雨)	. 66
圖	4-22、2005 年至 2007 年雷達測波與浮球波高點聚圖(濾除降雨)	. 66
啚	4-23、2005 年雷達測波誤差相對發生頻率圖	. 67
啚	4-24、2006 年雷達測波誤差相對發生頻率圖	. 67
啚	4-25、2007 年雷達測波誤差相對發生頻率圖	. 68
啚	4-26、2005 年至 2007 年雷達測波誤差相對發生頻率圖	. 68
啚	5-1、CODAR 資料密度圖	. 76
圖	5-2、資料網格分布圖	. 76
圖	5-3、遙測流場空間分布	. 77
啚	5-4、流速分量隨時間變化	. 77
圖	5-5、平均流場分布圖	. 78
圖	5-6、網格資料良率分布圖	. 78
圖	5-7、平均流速誤差分布圖	. 79
圖	6-1、大範圍模式區域	. 93
圖	6-2、海流模式結果(30M)	. 93
啚	6-3、海流模式結果(100M)	. 93
圖	6-4、海流模式結果(200M)	. 94
圖	6-5、海科中心歷史海流資料(30M)	. 94
圖	6-6、海科中心歷史海流資料(100M)	. 94
圖	6-7、海科中心歷史海流資料(200M)	. 95
圖	6-8、分層海流 V 分量差異(30M)	. 95
圖	6-9、分層海流 V 分量差異(100M)	. 95
圖	6-10、分層海流 V 分量差異(200M)	. 96
圖	6-11、分層海流 U 分量差異(30M)	. 96
圖	6-12、分層海流 U 分量差異(100M)	. 96
圖	6-13、分層海流 U 分量差異(200M)	. 97
圖	6-14、資料同化分層海流 V 分量差異(30M)	. 97
圖	6-15、資料同化分層海流 V 分量差異(100м)	. 97
圖	6-16、資料同化分層海流 V 分量差異(200M)	. 98

啚	6-17、資料同化分層海流 U 分量差異(30M)	98
圖	6-18、資料同化分層海流 U 分量差異(100M)	98
圖	6-19、資料同化分層海流 U 分量差異(200M)	99
圖	6-20、資料同化海流模式結果(30M)	99
圖	6-21、資料同化海流模式結果(100M)	99
圖	6-22、資料同化海流模式結果(200M)1	100
圖	7-1、網站登入介面1	105
啚	7-2、登入後介面1	105
啚	7-3、無權限登入所顯示訊息1	106
圖	7-4、雷達之觀測原理1	106
啚	7-5、雷達即時影像查詢系統介面1	107
啚	7-6、時間序列查詢系統介面1	107
啚	7-7、設定雷達影像查詢條件1	108
啚	7-8、 雷達影像查詢列表1	108
啚	7-9、雷達影像查詢結果1	109
啚	7-10、設定時間序列圖查詢條件1	109
圖	7-11、時間序列查詢結果1	110
圖	7-12、繪製單張時間序列圖結果1	110
圖	7-13、文獻資料查詢介面	111
圖	7-14、文獻資料查詢結果	111

表 1	`	ROCOS雷達測波系統硬體與測量規格
表 2	•	誤差統計參數整理表69
表 3	`	誤差統計參數整理表(濾除降雨)69

## 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 政府對於週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。

使用地面海象遙測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。本計畫希望將高頻雷達所測的海流資料同化進入一個三維的海流數值 模式,並將其結果和現有之船測或錨碇海流資料等作比較,以找出最佳的模 擬結果。

### 1.3 計畫內容

本計畫第一年擬先行建立微波雷達測波系統,租用微波雷達遙測海面波 場,採固定式遙測站點,進行系統建置以及測試工作,令微波遙測波場雷達 可正常運作,方進入下一階段之應用工作;在 CODAR 遙測海面流場部分, 預計與海軍大氣海洋局合作,應用其現有的 CODAR 系統硬體設備或觀測數 據。研究與分析其 CODAR 系統在硬體配置、遙測性能、操作技巧、傳輸通 訊以及資料特性等各方面,以期在實際作業化之前了解 CODAR 系統之遙測 準確度、系統能力與應用限制。

系統經測試運作後,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。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。

待作業化程序完成一定進度之後,便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進行蒐集與評估,並根據台灣週遭海域與遙測資料之特性作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用運行。

第二年持續進行雷達遙測,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。流場則可以使用船攜式聲學都卜勒 流剖儀(Ship-board Acoustic Doppler Current Profiler)針對 CODAR 遙測海域 進行掃測,並且將結果用以驗證 CODAR 資料。此外將使用視覺化軟體,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,將可信度高的遙測資料同化 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。因此資料同化後的模式驗證也極為重要,我們仍然需要繼 續進行現場的觀測或是可以利用其他可用的實測資料,無論是歐式錨碇以及 拉式的浮球施放,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,最後遙測資料即時同

化進入模式運算,達成台灣週遭海域海流現報的工作目標。

## 1.4 預期目標

(一)建立雷達測波遙測技術示範站點,提供遙測技術持續研究。

(二)制定海象遙測資料與影像標準,統整國內現行遙測技術。

(三)海象遥测資料即時線上展示,隨時掌握近岸海域海氣象狀況。

(四)建立資料同化海流現報模式,供給產、官、學各界多方應用。

(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,雷達天線發所射出的訊號,經由粗 糙的海面所反射回來。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。CODAR 天線多

為單一設計,對當地地形的容忍度較大;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)。OSCR 天線需要足夠面積的空地,才得以架設, 如圖 2-4

## 2.2 海象遥测系統綜觀

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,無論是錨碇資料、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)



圖 2-2、典型反射波譜 (From Http://ifmaxp1.ifm.uni-hamburg.de)



圖 2-3、CODAR 天線 (From Http://www.codaros.com/index.htm)



圖 2-4、OSCR 天線 (From Http://ifmaxp1.ifm.uni-hamburg.de)



圖 2-5、蒙特利灣地形圖 (From Http://www.oc.nps.navy.mil/~icon/)



圖 2-6、遙測流場資料展示 (From Http://www.oc.nps.navy.mil/~icon/)



(From Http://halibut.ims.uaf.edu/SALMON/index.html)



圖 2-8、測波天線陣列 (From Http://ifmaxp1.ifm.uni-hamburg.de/)



圖 2-9、高空間解析度 WERA 流場圖 (From Http://ifmaxp1.ifm.uni-hamburg.de/)



圖 2-10、WaMoS 雷達影像 (From Http://www.wamos.de/)

## 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縣成功鎮美山 地區海巡署巡防站頂樓,觀測所得資料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擷取 32 張雷

達影像,並自所收錄的雷達影像撷取一計算子區的雷達回波強度,經3DFFT 轉換以獲得3D能譜,將此回波強度能譜經由一轉移函數轉換而推得波浪能 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兩種觀測資料以及兩種圖片檔案: 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. 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。

c.雷達回波連續動畫圖:將雷達回波資料繪製成圖檔,並將前16次的資料合 併而成連續動畫圖檔。

d.雷達回波平均圖:將雷達回波之平均資料所繪製成之圖檔。

### 3.2 雷達測波站之設站規劃

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:

(一)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。

(二) 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 意以下所列事項要點:

(一)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。

(二) 能夠容易地獲得正確資料的場所

(1) 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。

(2) 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。

(3)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。

(三)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 撷取。

#### 3.3 雷達測波站之建置與現況

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所轄之基鞏 安檢所頂樓。

該地點於 2005 年 7 月 6 日經本計畫主持人吳朝榮博士、海象中心徐月 娟主任、雷達設備廠商人員以及海巡署人員於基單安檢所,針對雷達測波系 統共同進行場地會勘等工作(如圖 3-4)。會勘發現基單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,決定 另選安裝地點。海巡署人員建議可遷至原基單安檢所北側美山巡防站內(如 圖 3-6),因此當場由雷達廠商人員於美山巡防站進行系統安裝與運行測試(如 圖 3-7)。其測試結果如圖 3-8,測試後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,並再度進行系統測試。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巡防站之後,運作機器性能良好,但 其間受到部分周邊器材,例如 UPS 不斷電系統,或是安全性問題、以及 ADSL 網路設定等問題,系統於9月4日方開始正常運作。

海象遙測系統裝設在台東成功美山巡防站運轉期間,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。巡防站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條件下,將螢幕、鍵 盤、滑鼠拆除(暫存於成功氣象站備用),盡量改用遠端遙控操作,希望能夠 降低因不當使用而造成系統失常的機會。拆除後的系統上、下層分別如圖 3-12、圖 3-13 所示。

然 2005 年期間不明開關機事件仍一再發生,導致系統當機連連,喪失 許多寶貴資料,經多重管道向士兵宣導亦無明顯改善,最後竟因此導致雷達 軟體損毀無法啟動作用。為解決此一問題,計畫主持人徵詢雷達系統供應商 以及現場維護人員意見,並考量硬體限制與管理優勢等因素。初步評估與測 試訊號電纜的長度足夠搬遷所需而不用再另費購置,最後決定將原本至於該

建築物四樓之雷達控制設備遷移至一樓大廳軍官值班台旁。

2006年1月18日,由雷達系統供應廠商派遣一名技術人員協同本計畫 兩名維護人員前往進行主機遷移工程。經過現場勘查、瞭解建築物內外結構 形式與規劃線路佈設路徑之後,便將主機與連接纜線遷移至一樓室內。此 外,為了避免士兵再度誤用、濫用電腦主機,在維護管理原則方面,新增往 後每次結束維護工作後,必須將電腦螢幕、滑鼠及鍵盤拆除,並寄存於成功 氣象站之工作原則。(圖 3-14 為雷達主機現況照片(含螢幕、鍵盤、滑鼠))

2006年在進行主機遷移工作之後迄今,過去經常發生之人為因素干擾事件,則未再有聞,歸結其原因有三。一、將控制主機遷移至明顯可見處,可減少士官兵玩用意願;二、拆除電腦螢幕、滑鼠及鍵盤使得士官兵無法操作 電腦;三、不肖士官兵逐漸退伍,因電腦無法操作,便未成風氣,惡習自此 未生。故此一措施有效減少人為濫用情形,可大大確保系統正常運作,相當 值得作為未來設立其他站點之管理維護參考。

### 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。

即時觀測資料可由台東成功當地的控制主機進行觀測資料的計算、繪圖 與展示,另外透過ADSL高速網路連線方式將影像與資料以FTP傳送回設 置於師大地科系之遠端監控中心。此遠端監控中心硬體方面以x86相容PC 之架構設置,電源方面外接UPS不斷電系統,防止停電關機;軟體部分以 Linux 作為系統平台,架設FTP伺服器以便台東成功之電腦回傳雷達影像與 遙測資料,系統上以 shell scripts 為主要運作程式,每日固定抓取中央氣象局 所提供之之地面天氣圖、天氣預報單以及衛星雲圖。系統維護方面,定期由 專責人員至台東成功美山巡防站現場進行資料備份與更換儲存媒體等工作。

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(2005年10月之前),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。其官方網站為 Http://www.realvnc.com, VNC®軟體亦可 於網站下載取得。



圖 3-1、ROCOS 系統示意圖



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

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 36rpm
	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

表	1	• ROCOS	雷達測波	系統硬	體與測	量規格
---	---	---------	------	-----	-----	-----



圖 3-4、基鞏安檢所會勘照片



圖 3-5、基鞏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、雷達監控主機現況照片(美山分離哨站屋一樓)



圖 3-15、雷達監控主機遠端遙控畫面(左:windows 系統;右:Linux 系統)

# 第四章 雷達資料處理與分析

#### 4.1 理論概述

雷達遙測的基本原理是利用海面的粗糙度與其相對應的海洋物理量來 進行測量與估算。由於雷達所獲取的資料為強度回波影像,與波浪的物理特 性全然不同,因此我們需要利用轉換公式來描述二者之間的關聯。簡單來 說,我們可以將雷達海面回波強度與海面起伏以下列的數學表示。I(x,y,t)= h(x,y,t)\*G(x,y,t),其中I表示回波強度、h表示海面起伏、G表示一個反應函數、 「\*」表示迴轉積分運算子。再經由傅立葉轉換,計算對應之能譜,便可以 得到雷達與波高的能譜轉移函數(T<sup>1</sup>)。而這其中,能譜轉移函數的型態則是 我們最關心的部份。由此,只要我們能定出波浪能譜轉移函數,那我們便可 從雷達能譜反推算波高的能譜。所以,我們必須採用實際的波浪資料與雷達 影像進行轉移函數的計算。

### 4.2 轉移函數之建立

目前海象雷達為每 20 分鐘採樣一次,每次採樣會連續取得 32 張海面雷 達強波影像。雷達的空間解析度為 15 公尺, 掃測範圍半徑 5.76 公里、方位 角自 22 到 202 度的半圓形海域,時間解析度約為 1.7 秒。每次採樣時間不足 1 分鐘,但採樣前先將雷達天線暖機旋轉, 需時 3 分鐘, 若加上資料處理時 間,約可在 5 分鐘完成; 另加上即時上傳資料之時間,總共約 13 至 15 分鐘 可完成。因此,目前以 20 分鐘為採樣間隔已是最大極限。我們擷取空間上 128x128點(1.92kmx1.92km)的子區範圍,盡量靠近氣象局的浮球波浪儀,用 來計算波浪能譜。氣象局的浮球波浪儀內有加速度感應器,經過二次積分後 可得到原始相對水位高度資料,在空間上浮球波浪儀可視為單點,時間上可 快速採樣,取樣頻率為2.56Hz。圖4-1展示雷達的掃測範圍與氣象局浮球波 浪儀的相對位置圖。

綜上而談,雷達與浮球採樣在時間解析度上的差異相當大,因此在時間 域(頻率域)上難以進行比對。但在空間域上,我們可以假設浮球所測之示性 波高在一定空間內具有代表性,因此可以利用在空間上(波數域)的能量分布 來進行雷達與浮球的驗證工作。

實際作法是:首先利用浮球示性波高資料隨時間畫出,挑選一般浪高情 況下的日期時間(濾除非常見的大浪與太過高頻的小浪)。我們初步選擇示性 波高 2~3.5 公尺之間的資料,再根據歷史氣象資料與雷達回波影像濾除大雨 條件下海面充斥雜訊的情況。日期時間選出之後,分別將浮球資料與雷達影 像計算能譜。根據選定的日期時間,將原始浮球資料(相對水位高度)取出 2048 筆,根據採樣頻率 2.56Hz計算,時間約為 13 分鐘。將此 2048 筆資料 去除平均與趨勢(demean、detrend)之後乘上Welch window,再進行傅立葉轉 換,算出波浪的頻率能譜資料。再利用波浪的離散關係式ω<sup>2</sup>=g\*k\*tanh(k\*h), (ω:頻率,g:重力加速度,k:波數,h:水深)與當地水深(此處採用浮球 資料襠頭中設定的水深值 38 公尺)將一維波浪頻率能譜換算成為一維波浪波

數能譜(S<sub>B</sub>)。

另一方面,則是計算雷達測波的波數能譜。首先將遙測子區的雷達回波 強度進行三維的傅立葉轉換,算出其三維雷達頻率能譜,之後將三維雷達頻 率能譜去除直流頻率再對頻率積分到 Nyquist 頻率,得到二維的雷達頻率能 譜。二維雷達頻率能譜由於是兩個水平方向上的頻率能譜資料,而我們需要 一維的雷達波數能譜。因此將二維雷達能頻譜轉為極座標後對波向積分,最 後獲得一維的雷達波數能譜。圖 3-2 為某未下大雨之時間,浮球波數能譜與 雷達波數能譜之對應情況,可見兩者的確具有相對應之關係存在。

最後將一維浮球波數能譜除以一維雷達波數能譜便可得到能譜的轉移 函數(S<sub>B</sub>/S<sub>R</sub>=T<sup>1</sup>(k)),如圖 4-2 所示,共有 67 筆資料所繪製而成。圖 4-3 為 2006 年所建立之轉移函數,圖中藍色線皆表示逐次雷達與浮球計算出之轉移 函數,而粗紅線則代表逐次轉移函數的平均值。就轉移函數之形態與前人相 比(王等人,民91)大致符合,惟本研究之轉移函數比之過去無論在高、低頻 部份都較為分散,研判其原因可能為水深值的不準確所致。

由於考量統計數值之隨機性與物理系統之連續性,因此我們應該令此轉 移函數之曲線盡量平滑,加上雷達與測波之間的關係不可能涵蓋全頻帶,因 此圖 4-4 為我們利用兩段式的曲線來近似此轉移函數;與前人比較,過去的 轉移函數轉折明顯,而本研究轉移函數在高波數的部份呈現較多分散,導致 無明顯的轉折,因此以二段式的曲線來擬合,尚稱合理。我們以波數 k=

0.007(1/m)為分界:低波數部份,在全對數座標上的斜率是 3.8388;其他部 份則是 0.077702。其完整的函數表示分別為:

 $T^{-1}(k) = 2.5031 * 10^8 * k^{3.8388}$ , when k  $\leq 0.007$ ;  $T^{-1}(k) = 2.0747 * k^{0.0777}$ , when k > 0.007 °

## 4.3 率定曲線之建立

經由調配出來的轉移函數,例如圖 4-4,僅僅訂出轉移函數的型態而已, 對於兩個獨立的物理量之間,缺乏相關的比例係數。因此,我們需要再進一 步訂出率定曲線,來進行兩個物理量的轉換係數。

根據 Ziemer and Gunther(1994)的作法,我們必須將雷達三維頻率能譜中 與波浪最相關的能量找出來。這又回到波浪的離散關係式中,波向與頻率所 呈現的喇叭狀曲面分布,雷達的三維波浪頻率能譜中,與波浪最相關的能量 應集中在此一曲面附近。因此,比較直觀的作法便是利用波浪的離散關係, 在此曲面上定義一個頻率寬度,篩選出與波浪最為相關的能量,再將之隨二 維的波向積分,其積分值便與實測的波浪能量成正比,而其方根值(Rs,RMS 值)就則會與波高成正比。最後再將 Rs 值與實測示性波高迴歸後就可得到率 定公式,也就能以雷達頻譜換算出海面示性波高。

我們將 2006 年全年的完整資料拿出來計算率定曲線函數,圖 3-5 為全 年資料繪成之率定曲線。圖中,各有一次、二次、三次的迴歸曲線與公式。 大概觀察,我們可以發現整體來說相當離散,但似乎又有一定的趨勢,也就

是當 RMS 讀數愈高時, 大體來說波高也愈高。不過在 RMS 非常小時, 可以 見到在 Rs 小於 50 的範圍中, 雷達對於大浪以及小浪並無法分辨出來。一個 原因可能是下雨的關係,下雨會使雷達回波訊噪比降低,也就是我們想要的 訊號不容易透過雷達影像譜分辨出來。例如劇烈天氣時期,波浪雖大但風雨 也大,就是一種情況;另一個可能的原因是海面平靜,存在有漣漪尺度的小 波,而我們的雷達需要在一定空間尺度內解析波數,因此也使得波高不易估 計。圖 4-6 至圖 4-9 為將全年資料以三月一季為資料組作圖,分別是圖 3-6: 1、2、3月;圖3-7:4、5、6月;圖3-8:7、8、9月;圖3-9:10、11、12 月。從四張圖中可以看出不同月份率定曲線亦有不同特性,其中以夏季,秋 季為最差,其率定曲線呈現無規則狀態,暫判其原因應該與4、5、6月為梅 雨季節;而7、8、9月為颱風季節有相當關係。當梅雨季時,海面佈滿綿密 雜訊,經常由之,其整體率定曲線則被影響至脫離典型;而颱風季時,經常 的颱風事件則亦有同樣效應,典型的率定曲線被拉離變形。將此類影響事件 排除,求出典型率定曲線便是必要的工作。

我們將春季之資料取出,與氣象局歷史雨量作比較若當日雨量在 1.0mm 以上我們便將其RMS排除不用,也就是排除下雨事件對,率定曲線的影響。 之後將其作圖(圖 4-10),可以見到其率定曲線有明顯的改善,RMS讀數與浮 球的示性波高大致上可以符合一個理想的關係,在小RMS讀數時仍然有少數 無法解析波高。因此,我們再逐一將雷達影像取出比對,若是計算子區中的

海面波紋未夠顯著(主觀判斷),則再將之從資料中排除。最後將剩餘之RMS 讀數對實測波高作圖,由此得到圖 4-11。圖 4-11 已有更加的改進,雷達RMS 讀數與示性波高幾乎達成一線性關係,其截距約在1公尺左右。其率定曲線 為Hs=4.5655\*10<sup>-8</sup>\*Rs<sup>3</sup>-2.8041\*10<sup>-5</sup>Rs<sup>2</sup>+0.0082Rs+0.8481。

另外還可以波浪大小來作率定曲線,我們以實測示性波高 1.5 公尺作為 分野。圖 4-12、圖 4-13 分別是波高較高與波高較小之率定曲線,圖 4-12 可 以看出波高較大時,其率定曲線,具有一致性,與圖 4-11 相當類似。而波 高較小時則不太具有規則(圖 4-13),因此,對於較小的波高,雷達測波的準 確度則有其限制。

## 4.4 雷達資料品質管制方法

目前雷達遙測系統每20分鐘執行一次測量,收集的檔案包括:1.原始資 料,經過打包壓縮後,收藏在原地控制主機之硬碟中。由於資料量過大,因 此無法即時回傳,僅待維護人員前往時,在一併攜回處理。2.波浪資訊檔, 內含該次測量所計算出之海面波浪相關參數,例如波高、波向、週期、波能 等。3.雷達平均影像及動畫,雷達平均影像為該次測量的平均經控制主機繪 圖而成,雷達動畫則是將逐次掃瞄影像合併,目前設定為取前16張影像合 併為動畫。利用 ADSL 網路,這三種檔案都可即時回傳。並經由海象中心 FTP 帳號每日定時抓取供海象監測網使用,但數據資料以及圖檔目前仍尚未 於氣象局網站公開展示。

其中包含主要資訊的檔案,便是波浪資訊檔。因此,當檔案即時上傳之 後,伺服器上會有程式立即處理進行資料品質管制工作。其流程圖如圖 4-14,流程敘述如下,首先檢查上傳之數據資料(檔名: yyyymmddhhmi.log) 內之時間是否為最近一次採樣所得,若時間有錯誤,非本次採樣則保留原 log 檔,後將資料加上錯誤標籤,所有數值以錯誤極值(例:-999)取代並寫入資 料檔;若時間正確則檢查資料值域是否有誤,例如檔案寫入格式錯誤,波浪 資訊出現負值等,若有錯誤則亦加上錯誤標籤後以錯誤極值代之寫入資料 檔。若值域檢查無誤,再檢查資料時間連續性,若前三次記錄無資料則檢驗 是否為偏離3個全體標準差之外,以確保資料分布在母群體的99%之中,若 通過標準差檢驗便加上良性標籤,寫入資料檔儲存;若不通過標準差檢驗, 則加上不良標籤後寫入資料檔。若時間連續性檢查有通過,則表示此次採樣 之前三次資料存在,則以前三次採樣資料平均作為檢驗,若無法通過,則進 入標準差檢驗,若若通過則加上良性標籤後存收。

#### 4.5 雷達測波誤差統計與分析

雷達測波計畫執行迄今已近三年,然首年建置測波雷達系統之進度由於 較為延遲,因此實際收集測波資料僅兩年四個月左右。另外,受到外力因素, 例如人為破壞、颱風侵害、停電、電信維修等,不時有停機事件發生,遺失 部分資料實為可惜。

本節將所收集之測波資料,與台東成功浮球波浪資料作一比對,利用統

計方法計算,期能提供相關誤差統計資料,已明確瞭解雷達遙測與現場觀測 之異同。

圖 4-15 至圖 4-18 分別是 2005 年、2006 年、2007 年以及兩年四個月之 雷達測波(以下將「兩年四個月」簡稱「三年」)與波浪浮球原始波高資料之 點聚圖,圖形顯示兩者之間有相當大的誤差。特別是在雷達測波之波高較小 時,經常對應浮球較大波高的現象。其兩者之相關係數(correlation coefficient) 亦相當低,R<sup>2</sup>逐年次分別是 0.24、0.08、0.38、0.24。我們亦將雷達波高資料 減去浮球波浪波高資料,以dHs表示。進一步計算均方根誤差(Root Mean Square Error, RMSE),在 2005 年、2006 年、2007 年以及三年資料部分,則 分別是 0.77、1.46、0.65、0.84,單位為公尺。其他有關dHs的標準差以及變 異數如表 2 所示。簡言之,原始資料之點聚、迴歸以及其他誤差統之指標皆 無法獲得良好的誤差統計結果。

然而,在計算的同時,事實上我們也忽略另一部份影響誤差的因素,我 們知道臺灣每年平均降雨天數大約在180天之譜,也就是說,原始資料中, 大約一半的資料有降雨導致的波場影像噪訊效應。而我們在4.2節所建立之 轉移函數或是4.3節所建立之率定曲線都是在無降雨條件之下。因此,要真 正看出雷達測波與實際觀測之誤差,則必然需將降雨因素排除。

我們利用中央氣象局網站所提供之歷史雨量觀測資料,確認近三年來之 降雨日期,標準是當日雨量大於 0.1mm 即為降雨日。將降雨日之雷達與浮 球測波資料排除後,再進行同樣的誤差統計分析。

圖 4-19 至圖 4-22 分別為排除降雨後 2005 年、2006 年、2007 年以及三 年之波浪資料點聚圖。我們可以看出,排除較差之降雨資料後,雷達測波與 浮球測波,可達一定水準的線性相關。其相關係數分別向上大幅提昇, R<sup>2</sup>分 別是 0.59、0.77、0.79、0.75, RMSE也分別下降為 0.44、0.32、0.36、0.37 公尺。其他誤差統計參數列於表 3 之中,顯見降雨的確對雷達測波有相當之 影響。

另外圖 4-23 至圖 4-26 為分年之 dHs 統計相對頻率直方圖,以 0.2 公尺 為組距,分列其相對發生頻率。發生頻率之最大值 2005 年、2006 年以及三 年資料皆落在±0.1 公尺之間,2007 年則例外落在 0.1~0.3 之間,表示相對大 多數的雷達測波與浮球波高之差在±0.1 公尺之間。

發生頻率前三大之相對發生頻率總和各年皆大於 50%,而相對發生頻率總和大於 95%之 dHs 範圍逐年分別是-0.9~0.9、-0.5~0.9、-0.7~0.9 以及-0.7 ~0.9 公尺之間,亦說明了雷達測波比之浮球波高有較為高估(over estimate) 之傾向。若以三年資料(圖 4-25)來看,在±0.2 之間的相對發生頻率總和達 69.51%。換言之,大約有七成的資料誤差落在 0.2 公尺之內,已達一定水準。

除此之外,另有兩點影響波高估算之原因,亦需在此一併提出說明。(1) 雷達測波以雷達影像出發估算波高,除降雨使海面雜訊增加,波高估算易生 誤差之外;過於晴朗的天氣,大氣分層穩定,空氣不易流動,海表面風力甚 小,海面平滑無波,亦可造成雷達估算波高失準。(2)海面並非僅有波浪運動, 當海面有海流時,波浪離散關係會在頻率上平移;而我們的波高估算方法是 假設海面無流,因此在有波流交互的環境下,雷達測波的估算亦會產生偏差。



圖 4-1、雷達範圍與浮球波浪儀位置圖



圖 4-2、典型雷達與浮球波數能譜



圖 4-3、轉移函數估算圖



圖 4-4、實驗性與人工調配轉移函數圖



圖 4-5、2006 年全年資料率定曲線



圖 4-6、 2006 年 春季 (1,2,3 月) 資料率定曲線



圖 4-7、2006 年 夏季 (4,5,6 月) 資料率定曲線



圖 4-8、 2006 年 秋季 (7,8,9 月) 資料率定曲線



圖 4-92006 年 冬季 (10,11,12 月) 資料率定曲線



圖 4-10、排除降雨之率定曲線



圖 4-11、挑選波紋顯著之率定曲線



圖 4-12、較大波高之率定曲線



圖 4-13、較小波高之率定曲線



圖 4-14、資料品質管制流程圖



圖 4-15、2005 年雷達測波與浮球波高點聚圖(原始資料)



圖 4-16、2006 年雷達測波與浮球波高點聚圖(原始資料)



圖 4-17、2007 年雷達測波與浮球波高點聚圖(原始資料)



圖 4-18、2005 年至 2007 年雷達測波與浮球波高點聚圖(原始資料)



圖 4-19、2005 年雷達測波與浮球波高點聚圖(濾除降雨)



圖 4-20、2006 年雷達測波與浮球波高點聚圖(濾除降雨)



圖 4-21、2007 年雷達測波與浮球波高點聚圖(濾除降雨)



圖 4-22、2005 年至 2007 年雷達測波與浮球波高點聚圖(濾除降雨)



圖 4-23、2005 年雷達測波誤差相對發生頻率圖



圖 4-24、2006 年雷達測波誤差相對發生頻率圖



圖 4-25、2007 年雷達測波誤差相對發生頻率圖



圖 4-26、2005 年至 2007 年雷達測波誤差相對發生頻率圖

表 2、誤差統計參數整理表

	a	b	R	$\mathbb{R}^2$	RMSE(m)	S.D.(m)	Var.(m)
2005 年	0.57	0.88	0.49	0.24	0.77	0.64	0.41
2006 年	0.74	0.65	0.28	0.08	1.46	1.40	1.96
2007 年	0.63	0.47	0.62	0.38	0.65	0.64	0.41
三年	0.69	0.60	0.49	0.24	0.84	0.79	0.62

註:a,b表一次迴歸之斜率與截距,公式HsB=a\*HsR+b。

HsB 為浮球波高,HsR 為雷達波高。

R表相關係數(correlation coefficient)。

RMSE 表均方根誤差,單位為公尺。

S.D.表對 dHs 之標準差,單位為公尺。

Var.表對 dHs 之變異數,單位為公尺。

dHs 定義為 HsR-HsB。

表 3、誤差統計參數整理表(濾除降雨)

	а	b	R	$\mathbb{R}^2$	RMSE(m)	S.D.(m)	Var.(m)
2005 年	0.67	0.49	0.77	0.59	0.44	0.43	0.19
2006 年	0.81	0.13	0.88	0.77	0.32	0.32	0.10
2007 年	0.89	0.03	0.89	0.79	0.36	0.35	0.12
三年	0.82	0.12	0.86	0.75	0.37	0.36	0.13

註:a,b表一次迴歸之斜率與截距,公式HsB=a\*HsR+b。

HsB 為浮球波高,HsR 為雷達波高。 R 表相關係數(correlation coefficient)。 RMSE 表均方根誤差,單位為公尺。 S.D.表對 dHs 之標準差,單位為公尺。 Var.表對 dHs 之變異數,單位為公尺。 dHs 定義為 HsR-HsB。

# 第五章 近岸高頻雷達測流系統(CODAR)

## 5.1 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)。當入射波的波長是混狀介 面波長的兩倍,就可以產生第一階的布拉格反射,  $\lambda_s = \frac{\lambda_i}{2}$ ,其中 $\lambda_s$ 是水面波 長, $\lambda_i$ 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,然受限軍方設備不易與民間或學術單位交流。因此使用國外 CODAR 系統之或觀測數據,研究與分析其 CODAR 遙測資料。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。

# 5.2 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

(1)CODAR 資料密度:如圖 5-1 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某段時間之內,有資料缺失之現象,其餘網格皆 達到一定程度的測量次數。

(2)資料網格分布:如圖 5-2 所示,可以簡易瞭解缺乏資料的網格位於觀 測海域的何種位置。

(二)資料展示

(1)空間遙測流場展示:如圖 5-3 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。

(2)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 5-4 所示為例,便可發現流 場有較長之時間週期變化。

(3)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 5-5。

(三)統計分析應用

(1)網格資料良率分布:如 5-6 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,便可瞭解各 網格點之資料可信程度。

(2)流速誤差統計:流速誤差統計可以令人瞭解遙測資料的準確程度,因此如圖 5-7 所示,可以看出經遙測所得表面海流的誤差相當小。

# 5.3 CODAR 資料標準化輸出

本項研究工作藉由撰寫 Matlab 程式,將 CODAR 系統之輸出資料轉換成 ASCII 格式,並且統一輸出格式,以便於輸入中央氣象局海象資料庫,提供各界或後續研究之用。

輸出後的 CODAR 資料如下列範例顯示:

%time: 2004 06 08 00 00 00 GMT								
%site: Mlng								
%radarpos: -121.788333 36.803333								
%datasource: NPS, Mike Cook								
%procprog: codar2HFR.m, v.5.1; 040609 14:59:14								
%lobeldir:								
%firstbin: 1.489000								
%binres: 1.489000								
%centerfreq: 25.384645462								
%avetime: 1.250000								
%nummergerads: 7								
%samplelength:								
%antpatt:								
%interp: 1 15 Data/SmoothLims_Mlng.dat								
%musicparms: 20.00 10.0 3.0								
%	Lon	Lat	U	V Unce	ert Ra	ad Speed		
%	(deg)	(deg)	(cm/s)	(cm/s)		(cm/s)		
	-121.7954	36.8155	-0.18	0.39	4.4	0.42		
	-121.7967	36.8150	-0.65	1.13	5.6	1.30		
	-121.7979	36.8143	-2.63	3.76	4.5	4.59		
	-121.7991	36.8136	-4.83	5.76	10.6	7.52		
	-121.8001	36.8128	-7.85	7.85	9.7	11.10		
	-121.8011	36.8120	-1.97	1.65	14.0	2.57		
	-121.8020	36.8110	-9.42	6.60	9.1	11.50		
	-121.8028	36.8100	3.32	-1.91	9.9	-3.83		
	-121.8035	36.8090	7.56	-3.52	7.8	-8.34		

檔案開頭共有 15 個檔頭(header)敘述,前9 個是必須的。Time 表示時間; site 表示地點; radarpos 表示所在經緯度; datasource 表示資料來源; procprog 表示處理程式名稱; lobe1dir 表示掃測的角度; firstbin 表示第一個電磁波束 的距離,單位是公里; binres 表示電磁波束的解析度; centerfrequence 表示 掃測頻率,單位是 MHz; avetime 表示平均的時間,單位是小時。nummergerads 表示有多少徑向檔案合成; samplelength 表示 fft 的長度,單位是秒; antpatt 表示天線型態; interp 表示內插的參數與方法; musicparams 表示用來決定徑 向方向的參數; Uncert 表示 CODAR 系統所提供的不確定性估計值。



圖 5-1、CODAR 資料密度圖



圖 5-2、資料網格分布圖



圖 5-3、遙測流場空間分布



圖 5-4、流速分量隨時間變化



圖 5-5、平均流場分布圖



圖 5-6、網格資料良率分布圖



圖 5-7、平均流速誤差分布圖

# 第六章 海流模式與資料同化模式

### 6.1 海流模式之基礎

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,應針對海流模式來進行規劃與探討。

本計畫中所建立的臺灣附近海域之海流數值模式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2500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,尤其是近岸海域因受沿岸地形與水深影響使其流場 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。

6.1.1. POM 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σ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:

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

溫度守恆方程式(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):

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

紊流動能方程式(turbulence kinetic energy):

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

紊流尺度方程式(turbulence length scale):

$$\frac{\partial q^2 lD}{\partial t} + \frac{\partial U q^2 lD}{\partial x} + \frac{\partial V q^2 lD}{\partial y} + \frac{\partial \omega q^2 l}{\partial \sigma} = \frac{\partial}{\partial \sigma} \left[ \frac{K_q}{D} \frac{\partial q^2 l}{\partial \sigma} \right] + E_1 l \left( \frac{K_M}{D} \left[ \left( \frac{\partial U}{\partial \sigma} \right)^2 + \left( \frac{\partial V}{\partial \sigma} \right)^2 \right] + E_3 \frac{g}{\rho_0} K_H \frac{\partial \tilde{\rho}}{\partial \sigma} \right) \widetilde{W} - \frac{Dq^3}{B_1} + F_l$$

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);  $\eta$  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,  $\sigma=-1$ )  $\rho$ : 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  $\omega$ : 垂直 $\sigma$ 座標面之垂直速度; f: 科氏力參數;  $\rho_{0}$ : 參考密度(reference density);  $\rho': \rho-\rho_{mean}$ ;  $\rho_{mean}$ 是在 z 座標下之面平均密度,即只隨 z 改變(此 $^{\rho'}$ 之作用

在於減少壓力梯度誤差);

 $K_M$ : 垂直的動黏滯係數(vertical kinematic viscosity);

 $K_q$ : 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;

#### 6.1.2. 垂直的黏滯及擴散係數

 $K_{M} \equiv lqS_{M}$ ;  $K_{H} \equiv lqS_{H}$ ;  $K_{q} \equiv lqS_{q}$ ; 上式中, $S_M$ 與 $S_H$ 為穩定度函數且決定於 Richardson number:  $S_{H}[1-(3A_{2}B_{2}+18A_{1}A_{2})G_{H}] = A_{2}\left[1-\frac{6A_{1}}{B_{1}}\right].$  $S_{M}[1-9A_{1}A_{2}G_{H}] - S_{H}[(18A_{1}^{2}+9A_{1}A_{2})G_{H}] = A_{1}\left[1-3C_{1}-\frac{6A_{1}}{B_{1}}\right].$ 

其中,  $(A_1, B_1, A_2, B_2, C_1) = (0.92, 16.6, 0.74, 10.1, 0.08)$ 為經驗常數,

 $G_{H} = \frac{l^{2}}{q^{2}} \frac{g}{\rho_{0}} \frac{\partial \tilde{\rho}}{\partial z} = -\frac{l^{2} N^{2}}{q^{2}} \underset{\text{ A Richardson number}}{\text{ Michardson number}}, N^{2} \underset{\text{ A F} \text{ J} \text{ J} \text{ J}}{N} \underset{\text{ A F}}{\text{ J}} = \frac{\partial \rho}{\partial z} - \frac{1}{c_{s}^{2}} \frac{\partial p}{\partial z} ,$  $\frac{\partial \rho}{\partial z}$ 為垂直之密度梯度, $^{c_s}$ 為聲速,

 $\frac{1}{c_s^2} \frac{\partial p}{\partial z}$  為絕熱消散率(adiabatic lapse rate)

# 6.1.3. 水平之黏滞和擴散項

水平之黏滞項:

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

其中, A<sub>M</sub> 為水平的動黏滯係數(horizontal kinematic viscosity) 水平之擴散項:

$$F_{\phi} \equiv \frac{\partial}{\partial x} \left[ H \left( A_H \frac{\partial \phi}{\partial x} \right) \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[ H \left( A_H \frac{\partial \phi}{\partial y} \right) \right] ,$$

其中, $\phi$ 代表T、S、 $q^2$ 及 $q^2l$ ,

A<sub>H</sub> 為水平的熱擴散係數(horizontal heat diffusivity)

### 6.1.4. 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,  $\Delta t_E$ )及內模積分之時間間隔(internal mode time step,  $\Delta t_I$ );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:

$$\Delta t_E \leq \frac{1}{C_t} \left( \frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right)^{-\frac{1}{2}} ; \not \pm \not \downarrow , \quad C_t = 2\sqrt{gH} + U_{\text{max}} ,$$

 $\sqrt{gH}$ 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:

$$\begin{split} \Delta t_{I} &\leq \frac{1}{C} \left( \frac{1}{\Delta x^{2}} + \frac{1}{\Delta y^{2}} \right)^{-\frac{1}{2}}; \\ \vdots &\downarrow \uparrow C_{T} = 2C + U_{\max} , C 為最大的內重力波(internal gravity wave)之波速, U_{\max} 為最大的平流速度(advective speed)。 \end{split}$$

水平擴散對時間間隔之限制:

$$\Delta t_I \leq \frac{1}{4A} \left( \frac{1}{\Delta x^2} + \frac{1}{\Delta y^2} \right)^{-1} ; \not \pm \not \oplus , A = A_M \not \equiv A_H ,$$

科氏力參數對時間間隔之限制:

$$\Delta t_{I} \leq \frac{1}{f} = \frac{1}{2\Omega \sin \Phi} ; 其 \oplus \Omega 為 地 球 自 轉 之 角 速 度 , \Phi 是 緯 度 。$$

# 6.2 海流模式之建立

海流模式的區域如圖 6-1 所示,從 19 °N ~ 29 °N 及 110 °E ~ 129 °E 的台 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,水平解析 度為 1/8° x 1/8°)。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、台灣海峽(Taiwan Strait)、部分的西 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° x 1/12°(即5分x5分)之水深資料經線性內插而得。由圖 6-1 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層且 不均匀分布,在表面及底部採用較高之解析度。

本模式的驅動外力由中央氣象局所提供的大氣模式風場資料作為外力 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。

此海流模式的研發工作已完成,本計畫工作已經將中央氣象局所提供的 風場輸入進海流模式當中。在水文以及流場的模擬方面,已經完成模式設計 與建構。 並且已於2007年3月12日將此海流模式安裝於中央氣象局電 腦,並以附上安裝方法與執行檔備份光碟,可提供海象中心以及本研究計畫 往後作充分完整的相關運用。

圖 6-2 至圖 6-4 為目前氣象局海流模式分層流場(30 公尺,100 公尺, 200 公尺)。整體而言,除黑潮以外,大致上的流場,與歷史資料相比差異不 大。包括台灣海峽的隨地形運動的北向海流,台灣東部的黑潮主軸、台灣東 北部的黑潮轉向,無論在流速、流向部份都模擬的不錯。然在台灣東南方黑 潮產生曲折,與過去文獻報導則略有差異,推測其原因有以下三種可能。1. 解析度不足:黑潮寬度約百餘公里,與空間解析度(1/8°)相較,在某些變化 複雜之處,可能造成模擬上的差異。2.風場 spin-up 不足:模式所使用的是從 2006年3月開始的氣象局風場,在更早之前是採用 NCEP/QuikSCAT 混合風 場。因此實際採用氣象局風場驅動流場的時間不太足夠,模式可能尚未達穩 定,可能為造成差異的原因之一。3.海底地形:如吾人所熟知,呂宋海峽之 中有許多小島遍佈,此些小島存在與否對於該處黑潮之流場型態會產生一定 影響。故在海底地形的前處理上,若無法對應真實地形,亦會造成流場無法 反映真實流況。

# 6.3 資料同化方法

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解一樣。在此種資料 同化方法中,觀測誤差(observational error covariance matrix)以及模式誤差 (model error prediction covariance matrix)是無法被模式化並且考慮到的。

目前使用之資料同化方法是應用改良的最佳化內插方法(Optimum Interpolation scheme),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,表面海流資料同化的方法已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,並將海洋表面的動力訊息「投射」至次表層海洋之中。

故此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 Dr. Cohn 提出的 Physical-space Statistical Analysis System, PSAS 方法首先以下列的線性系統求解。

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

其中 $P^{f}$ 與R分別是預報誤差以及觀測誤差。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, $U^{f}$ 表示在預報 模式格點上的最初猜測值(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<sup>f</sup>、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 $U_s$ 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。

下面的算式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δU<sub>c</sub>反算前述風應力的值。

 $\delta \tau_x = \rho \left( A_y f/2 \right)^{1/2} \left( \delta u_s - \delta v_s \right) ; \ \delta \tau_y = \rho \left( A_y f/2 \right)^{1/2} \left( \delta u_s + \delta v_s \right)$ 

其中A<sub>v</sub>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:  $\delta u(z) = exp(-z/D)[\delta u_s cos(-z/D) - \delta v_s sin(-z/D)]$   $\delta v(z) = exp(-z/D)[\delta u_s sin(-z/D) + \delta v_s cos(-z/D)]$ 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。

### 6.4 資料同化模式之建立

我們收集台灣周邊海域之歷史表面海流資料,將之與海流模式比對。圖 6-5 至圖 6-7 分別為海科中心之歷史分層海流資料(30 公尺,100 公尺,200 公尺),以圖 6-2~4 與圖 6-5~7 相比可以看出氣象局的海流模式與歷史的實際 觀測結果略有出入,差異的說明在 6.2 節已經談過,這裡不再贅述。

讓我們更仔細的觀察差異所在,圖 6-8 至圖 6-10 及圖 6-11 至圖 6-13 分 別是歷史海流資料與氣象局海流模式之 v、u 分量在上、中、下層(30 公尺, 100 公尺,200 公尺)的差異。我們可以看出來,在台灣的東南與東北海域, 無論在上中下層,模式的資料與觀測資料都存在著明顯差別。

因此,若僅針對上層海洋來進行處理,則下層海洋的變化很可能被忽 略。正所謂牽一髮而動全身,要能夠將上層海洋動力資訊「投射」至下層, 才是合理的作法,這也是為何選用此法的主要原因。所以,我們利用海科中 心的歷史資料作為資料同化之來源,根據 6.3 節所述之資料同化方法以及 6.2 節所發展之海流模式將二者結合。

我們僅將 30 公尺的表面海流資料模擬 CODAR 系統於台灣週邊測量之 表面海流,將之同化進入原本的海流模式之中。比較其差異,圖 6-14 至圖 6-16 與圖 6-17 至圖 6-19 分別是歷史海流資料與資料同化模式海流之 v、u 分量在上、中、下層(30 公尺,100 公尺,200 公尺)的差異。可以明顯看 出,兩者的差別已相當小。這表示同化後的模式資料與觀測結果大為接近。

圖 6-20 至圖 6-22 為資料同化後分層海流(30 公尺,100 公尺,200 公尺) 的結果。我們也可以與未經資料同化之模式結果比對(圖 6-2 至圖 6-4),經 資料同化後之模式結果,明顯地會獲得很好的修正。且根據我們所選用的同 化方法,即便僅有表面的海流觀測資料,但對於下層海流仍可達到修正的作 用。

特別注意到尤其在台灣東南方,原本與歷史資料相異的黑潮路徑,經過 此一同化方法的修正,不僅僅在上層獲得了正向的修正,且在下層亦可得到 資料同化方法的修正量,使得原本呈現扭曲的黑潮路徑,回復成與觀測資料 相似的型態,這與我們原本的期待相當一致,資料同化的成果也相當成功。





圖 6-2、海流模式結果(30m)



圖 6-3、海流模式結果(100m)



圖 6-4、海流模式結果(200m)



圖 6-5、海科中心歷史海流資料(30m)



圖 6-6、海科中心歷史海流資料(100m)



圖 6-7、海科中心歷史海流資料(200m)



圖 6-8、分層海流 v 分量差異(30m)



圖 6-9、分層海流 v 分量差異(100m)



圖 6-10、分層海流 v 分量差異(200m)



圖 6-11、分層海流 u 分量差異(30m)



圖 6-12、分層海流 u 分量差異(100m)



圖 6-13、分層海流 u 分量差異(200m)



圖 6-14、資料同化分層海流 v 分量差異(30m)



圖 6-15、資料同化分層海流 v 分量差異(100m)



圖 6-16 資料同化分層海流 v 分量差異(200m)



圖 6-17 資料同化分層海流 u 分量差異(30m)



圖 6-18 資料同化分層海流 u 分量差異(100m)



圖 6-19、資料同化分層海流 u 分量差異(200m)



圖 6-20 資料同化海流模式結果(30m)



圖 6-21 資料同化海流模式結果(100m)



圖 6-22、資料同化海流模式結果(200m)

# 第七章 海象遥测展示系统

### 7.1 海象遥测資料展示系統

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。

#### 7.2 網站伺服器

雷達海象觀測網網址為 http://www.rooc.org.tw,採用 Scientific Linux 作為作業系統平台架設網站,另安裝 Apache 網頁伺服器、及 MySQL 資料庫, 形成 LAMP (Linux+Apache+MySQL +PHP)架構。

## 7.3 網頁主架構

首頁架構以四大主題為主:觀測原理、資料展示(雷達影像即時影像查 詢系統、時間序列繪圖系統)、相關文獻(含測流、測波及資料融合文獻)、相 關網站等如下所示,使人一目瞭然整個海象觀測雷達網站的內涵。如圖 7-1 所示。

#### 7.3.1. 主畫面

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,觀測原理及相關網站一般大眾均可瀏覽,資料展示系 統及文獻查詢系統則需登入使用者查詢,如未登入系統會顯示無權限進入, 如圖 7-2、7-3 所示。

#### 7.3.2. 觀測原理

敘述雷達觀測之原理,如圖7-4所示。

#### 7.3.3. 資料展示

展示系統將區分雷達即時影像查詢系統(圖 5)及時間序列線上繪圖系統 (如圖 6)所示。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結,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。雷達影像資料查詢方法是輸入欲查詢 之條件(起始時間、圖片格式)後,系統立即從資料庫系統中比對查詢條件, 符合條件者列出目前所有資料庫內資料列表,未符合條件者則回應無此資 料。時間序列線上繪圖系統提供使用輸入波高、波長、波向、週期及起始時 間,系統則會以使用者輸入之參數即時繪製時間序列圖。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)、Generic Mapping Tools (GMT) 等繪圖程式。圖形是低解析度之 GIF 或 JPG 等格式展示,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。

雷達影像查詢系統,使用者選擇時間可以透過日期下拉式選單選擇時間 區間(如圖 7-7 所示),如將時間查詢條件初始值設定為 2005 年 9 月 23 日 17 時起至 2007 年 12 月 31 日 23 時,圖片格式選擇平均,則可搜尋 23,438 筆以 上的資料,使用者可由資料列表(如圖 7-8 所示)中之 View Picture 選項看到當時之雷達影像,如圖 7-9 所示。

時間序列繪圖查詢條件,系統預設查詢時間為當日,如使用者欲選擇查 詢時間可點選右側之按鍵,即會彈出一下拉式選單,如使用者選擇 2005-12-1 到 2007-12-01 之間,核選波高、波長、波向、週期等參數(圖 7-10),系統則 會依區間之各參數資料即時繪圖如圖 7-11 所示,左下角可讓使用者即時下 載高解析度之 PDF 檔。如使用者僅欲繪波高圖,僅核選波高圖系統將依使 用者需求繪製單張波高圖,如圖 7-12 所示。

### 7.3.4. 文獻查詢系統

文獻查詢系統子料庫,可讓使用者依文獻種類、文章內容設定關鍵字查 詢,如圖 7-13 所示。目前文獻種類區分期刊論文、研討會論為、技術報告 及學位論文等四種,文獻內容則細分為 CODAR 系統、OSCR 系統、Data Assimilation、Wave 及 Wind 五類,供使用者查詢。

如搜尋條件為所有文獻的 CODAR 系統,系統則會篩選符合之資料並顯示使用者所輸入查詢的內容,以避免條件重覆搜尋,如圖 7-14 所示。

#### 7.3.5. 相關網站

提供國內外相關雷達網站的連結供使用者參考,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



圖 7-1、網站登入介面



圖 7-2、登入後介面



圖 7-3、無權限登入所顯示訊息

💁 数读光路表录话注意思想) Microsoft Inte	raet Explorer
檔案② 編輯 D 株成 D 我的最爱 (A) 工具	4D 18998 🦓
🔾 🖧 ±–π • 🕲 🕲 🖓 🔎	1918 👷 800 A 🛪 🥝 🝰 🖩 🖓 📙 🔣 🗱 🖄
部注① http://www.sooc.org.tw/soops/sl.php	<ul> <li>B至 法出 * 数 ·</li> </ul>
🤳 🖬 🛪 🤳	「観 泡 原 坦 🌛 資料 展示 🤌相 開 網 站 🦂相 開 文献
<ul> <li>● 2入 (注用令名氣: 支流: 使用容量入</li> <li>忘了密碼&gt; 現在就註用+</li> <li>● 注水年</li> <li>&gt; 首页</li> </ul>	雷達觀利原理 智慧這漸理論最早大概可循調至 Crombie (1955) 有關海面反射智慧取射回感的研究。他發現靠近 海邊術記得的 HF 氯號會與所發射的智慧波有微小的都卜勒頻停 (Doppler Shift),並且認為這是 由於海上的波波對於智慧波集生布拉格散射 (Bragg scattering) 效應所設。之後 Barrick 對智慧測 波哈
	HARINGROWER NEWSON VERSION OF CARE HEREIN_ENDER OF CARE HEREINE HEREIN HEREIN
٥	

圖 7-4、雷達之觀測原理

Home TimeSeries	
RadarImageSearch	
The set of the set o	
不規則每小時目數與該於台東與山德出著包的法證標之 當壞測度 這應行還這一類完觀測資料。並還資料品質控制,與資料資存進入資 料準,以其使用者查閱。即時很行部份。裝作得上會調不統資料優 關。資料金額於法是輸入改要說之解并(何替)、關則核法()後。茶規立 即完資料集不統中比對塗實條件(符合解件有到出國前將資源料準內) 資料預要,未得否當許者前近國總比資料。此品的之實調與總總所 能。部分程此是目的發表,部分增出則是用用含氧相關的 GM和可認了Toble (GMT) 等總額從此則是使用免費和電驗證 (Free Software Founctation, FSF) 之 Plus (PPLUS) > Genotic Mapping Toble (GMT) 等總額從此則是使用免費和電動變 (Free Software Founctation, FSF) 之 Plus (PPLUS) > Genotic Mapping Toble (GMT) 等總額從此 證明過度延續的情之 PDF 指述圖像,使用者只要者 Actobat Reader 假式图可證例的意識。	

圖 7-5、雷達即時影像查詢系統介面

Home	TimeSeries	_	<u> </u>
Rada	arImageS	earch	
	時	間序列繪圖系統	
	<ol> <li>(1)入丁十四日間の</li> <li>1)起気が発展</li> <li>(2)近期</li> <li>2)起気が発展</li> <li>(2)回気</li> <li>(2)回気<th>■ = ### □ ## □ ## = 2007-12-01 = 2007-12-01 = 2007-12-01</th><th></th></li></ol>	■ = ### □ ## □ ## = 2007-12-01 = 2007-12-01 = 2007-12-01	

圖 7-6、時間序列查詢系統介面


圖 7-7、設定雷達影像查詢條件

🚱 🕞 🔹 🔊 2221 1923 223 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24 24	12-31 x 23 % M.O.S. type=14.2 minut= 650 y 650 c	20052002200220052001 <b>v</b> 🕂 🗙 👀	
🚖 🛠 🌈 雷迪彭像展示系统		6	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
RadarImage	•		
	時間:2005-09-23 17:43~2007-12:31 種類:平均 筆數:共有23438筆記錄,目前聯合筆	23:00 819910 38	
	Ext	2218 B	
	2005-09-23 23 20:00	View Picture	
	2005-09-24 00:40:00	View Picture	
	2005-09-24 01:40:00	View Picture	
	2005-09-24 02:20:00	View Picture	
	2005-09-24 03:40:00	View Picture	
	2005-09-24 05:20:00	View Picture	
	2005-09-24 06:00:00	View Picture	
	2005-09-24 07:00:00	View Picture	
	2005-09-24 08:40.00	View Picture	
	2005-09-24 09:40:00	View Picture	
	<< previous 1   2   3   4	516171819110 next >>>	_
	62007 All Rights	Reserved.	

圖 7-8、 雷達影像查詢列表



圖 7-9、雷達影像查詢結果

Home	TimeSeries
Rada	arImageSearch
	時間序列繪圖系統
	KA 7 7 300 80 0 m      L 新聞時間間       L 新聞時間間       の 前面 () 前面 () 前面 () 前面 () 前面      L 新聞時間 () 前面 () 前面      L 新聞時間      L 新聞 () 2005-12-01      L

圖 7-10、設定時間序列圖查詢條件



圖 7-11、時間序列查詢結果



圖 7-12、繪製單張時間序列圖結果

	3++121 - Microsoft Interne	et Explorer			
(D 1444)(D	檢視(1) 我的最爱(4)	IRD N#			4
上一页・	🖸 · 🖪 🗐 🏠	<b>&gt;</b> 168 🏹	renne 🚱 😂 🥌 🗉 🖓 🔣 🖏 👘		
D 100,04	www.sooc.org.twbeopstandral	leuhetic levindex phy	2	🖌 🔁 修葺 🧏 🦉	9.
	- Top	文獻	主物系統		
	HTH				
			請選擇搜尋條件		
			Martin :		
			文獻種類: 所有種類 🛩		
			文章內容: CODAR ¥		
			推導 重設		

圖 7-13、文獻資料查詢介面

Ipipiyrevi	3++121 - Microsoft Interne	t Explorer	
稽案② 编辑区	檢視(1) 我的最爱(4)	工具(1) 説明(3)	At 199
Ġ ±-# •	۵۰ 🖻 🖻 🕤	🔎 188 👷 REMAR 🤣 😥 - 🌺 🔟 - 🔜 🔣 🖏 🔧	
同社会) 🍓 🏣 🖉	localhortheops/mol/ules/article	index.php?year=&type=0.8xymn=2.82xhmit=%87?/\$88404	💌 🔂 🛛 🕰 🛛 Mait 🔭 🍖 -
		請選擇搜尋條件	^
		Sautry:	
		文獻種類: 所有種類 🛩	
		文章內容: CODAR 🔽	
		19.49 (M.R.	
		s :	
	文獻種業	〔: 所有種類	
	文章內容	: OSCR	
	筆動	; 共5筆記錄,目前繼示第1到第5筆	
	年度		2011年1月1日 日本 1月1日 日本 1月11日 日本 1月11
	2005	Kurapov, A.L., J.S. Anen, G.D. Egbert, R.N. Miller, P.M. Kosto, M.D. Levine, T. Boyd, and J. Bath (2005). Assimilation of moored velocity data in a model of coastal wind-driven circulation off Oregon. Multivariate	lownload
		capabilities, J. Geophys. Res., 110, C10S08, doi:10.1029/2004JC002493.	
	2004	Paduan, J., Shulman, L, "HF radar data assimilation in the Monterey Bay area", J. Geophys. Res., vol. 109, no. CO7S09, doi: 10.1029/2003JC001949. 2004.	beolnwol
	2002	Oke, P.R., et. al., "Assimilation of surface velocity data into a primitive equation coastal ocean model", J. Geophys. Res., vol. 107, no. C9, 3122, doi: 10.1029/2000JJC000611, 2002.	lownload
	2002	Shulman, L, et. al., "High resolution modeling and data assimilation in the Monterey Bay area", Continental Shelf Research, vol. 22, pp. 1129-1151, 2002.	lownload
	1990	Lewis, J.K., et. al., "Assimilation of Doppler radar current data into numerical ocean models", Continental Shelf Research, vol. 18, pp. 541-559, 1998.	lownload
			~
⑦ 完成			5 近端内部網路

圖 7-14、文獻資料查詢結果

## 第八章 結論

本計畫歷經三年,現已完成原訂計畫期末進度工作內容,本期末報告執行成果與預定完成目標相同,下列數項工作已完成。

1.以現場觀測資料驗證海洋遙測系統結果。

利用統計方法計算、分析海象遙測系統結果與現場觀測結果異同。

檢討系統誤差量值與改進系統觀測結果。

分別於 9/13、11/19 前往海象中心進行展示網站教育訓練。

2.定期維護海象遙測系統。

定期派遣人員維護遙測系統硬體設施。

定期進行維護、檢查等工作報表整彙並紀錄歸檔。

3.建立資料展示系統。

已建全海象遥测系統展示網站。

建立海象遥测資料即時展示與下載功能。

於海象中心建置展示網站。

4.研究發展遙測資料同化海流數值模式。

採用實測資料予以同化進入中央氣象局海流模式。

進行海流模式與資料同化方法之測試。

5. 建立準確可信之海流現報模式。

採實測資料驗證經資料同化之海流模式,安裝海流模式(資料同化更新版) 於本局所指定之電腦,附安裝方法及執行檔備份光碟。

報告中敘述如何改善模式效能與表現。

提供資料同化模式現報運算方法及程式碼。

整理迄今之遙測資料與讀檔程式並已送達海象中心。

本年度乃三年期最後一年,本計畫除完成上述階段性工作之外,就整體而言 大致包含4個主要分類,1.岸基測波雷達、2.CODAR 資料處理軟體、3.海流 與資料同化數值模式、4.遙測資料展示系統。亦完成14項工作項目如下:

1. 蒐集與評估海象遙測系統相關研究。

2. 建置微波雷達原型系統。

3. 建立 CODAR 資料處理與軟體。

4. 作業化與通訊連線海象遙測系統。

5. 標準化輸出海象遙測系統之結果。

6. 蒐集與評估資料同化技術相關研究。

7. 建立資料展示系統。

8. 建立海象遥测系統作業化硬體架構。

9. 建立波浪率定曲線。

10. 以現場觀測資料驗證海象遙測系統結果。

11. 整合海象遙測資料進入中央氣象局海象監測網。

114

12. 研究發展遙測資料同化海流數值模式。

13. 建立準確可信之海流現報模式。

14. 定期維護海象遙測系統。

本三年計畫,就岸基遙測雷達來說,過去雖曾在臺灣西部建立過測波站 點,但多屬短期應用,對於東部海域波浪遙測,本計畫乃開研究之先。我們 利用氣象局之波浪浮球觀測資料,重新建立東部之波浪轉移函數以及率定曲 線。在資料比較方面,亦有相當不錯之成果。另外,三年來,多次颱風侵擾 東部沿海,雷達測站觀測到許多寶貴的海面波場影像,不僅提供波浪遙測研 究之用,更可以提供給普羅大眾作為海岸遊憩或水上活動等參考。

在模式方面,亦於中央氣象局海象中心建立海流模式以及資料同化模 式。利用中央氣象局所提供之預報風場作為模式驅動力,計算預報臺灣周遭 海域之即時水文與流場。惟受限經費與設備,目前仍無可作業化運轉之即時 海流觀測系統提供表面海流資料,使得資料同化模式難為無米之炊。但以建 立之系統,經過歷史資料測試,亦有相當好之成果展現。因此有待未來即時 海流觀測系統建立後,立即可發揮效果,展現海洋水文與流場預報之能力。

遙測資料展示系統則在另一面向提供了教育宣傳與資訊傳播的效果。海 象遙測資料為了能夠善盡其用,不僅僅是學術專業領域人士得以使用,一般 民眾也可以利用此管道快速取得海象相關資訊。特別是近岸波場之影像,可 以排除日夜、雨霧影響,即時瞭解海面波浪起伏情況、波湧分布或是波向傳 遞,對各領域使用者都有相當之助益。

最後,本計畫受限於預算與技術,尚有許多重要工作未有機會進行,例 如海上實測流場以驗證資料同化模式以及 CODAR 系統之研究,可謂相當可 惜。然本計畫所建立之經驗與成果,已足堪作為未來發展更深更廣之海象遙 測技術之基礎。更加深入的研究工作尚待未來科技之突破與政策支持,方得 以成形。

# 第九章 參考資料

- 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.
- Tang, T. Y., J. H. Tai and Y. J. Yang (2000) : The flow pattern north of Taiwan and the migration of the Kuroshio. *Continental Shelf Research*, 20, 349 - 371.
- 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
- 王胄、邱永芳、洪憲忠、張宏毅、蘇青和、徐如娟:九十年台北港雷達遙感波浪監測研究, 交通部運輸研究所港灣技術研究中心。民國 91 年七月
- 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

#### 附錄一 期末審查意見與回覆

一、陳陽益教授

(一)請列出報告所述各物量的誤差值(與實測值),尤其是颱風期間的風浪波高。

(二)請說明雷達測波的雜訊如何排除,尤其是颱風期間。

(三) 請說明如何定出碎波波高,因碎波中含有氣泡的雜訊。

答:

(一)雷達測波與實測波高之誤差,以均方根誤差與相關之統計係數均列於表三之中。 其中均方根誤差為0.37公尺、標準差0.36公尺、變異數0.13公尺、相關係數0.86、一 次迴歸斜率0.82、截距0.12公尺。另颱風期間風浪波高,由於受到降雨影響雷達測波準 確度,且無逐時降雨資料可供作為比對參考,無法以量化方式計算誤差,但吾人可從波 高之比對(如附錄七),大致瞭解雷達測波對颱風期間之波高增長有一定掌握。

(二)由於雷達測波乃由影像估算波浪參數,因此使用雨量判斷噪訊之分辨乃權宜之計。 從影像方面著手濾除雜訊,或許可利用平均方法來將降雨訊號去除。然濾除降雨後的波 浪能量卻可能會因此降低,該如何將原本該屬於波浪的能量補償回影像譜中,可能是一 個衍生的重要課題。尤其在颱風期間,經常伴隨大量降雨,降雨的密度與訊號能量可能 都大得很多,如果蓋然消去平均訊號,則誤差可能更大。因此未來如果可能,的確應考 慮設立同步之雨量資料一併收集,並且進一步研究雨量與雷達測波之統計關係。

(三)雷達測波主要分析是海面粗糙度的電磁波回擊訊號,因此在碎波的情況下,海面的粗糙度會增加。但是雷達測波無法對一般的波浪與碎波做出分辨,即便在充滿氣泡的碎波情況下亦同。我們相信,這是目前雷達測波的限制之一。

二、林銘崇教授

(一)請說明雷達測波是否存在起始風之強度。

(二)成果顯示資料同化模式對海流計算結果之改善相當明顯,請詳述其改善機制為何。答:

(一)吾人瞭解海面波浪的產生與風場、風力有相當大的關係。雷達測波是利用雷達影像估算波浪相關參數,因此影像的表現與估算的結果有相當大的關係。近岸波波浪由於受到遠處湧浪或或是當地方風場的影響,有時存在湧浪與初生風浪之混合訊號。然而在雷達估算波浪方法上,我們僅能假設當地波場(或計算子區)有是一穩定(stationary)的隨機函數,來進行估算,因此風力的影像尚無法估計。惟此建議可做為未來進一步研究之考量。

(二)資料同化方法是改善數值模式模擬的一項利器,這也是本計畫最後需要建立資料同化模式之基本立場。由於數值模式受限於邊界條件以及次網格參數化(subgrid

parameterization)過程的不確定性影響,模擬的結果會有一定的誤差產生,資料同化的 目的便在於減少這些誤差。但是資料同化方法有許多種,最簡單的一種稱做「納近法」 (nudging),但是這種方法所產生的誤差無法被估計與模式化。因此,我們採用較為複雜 與先進的 PSAS 方法來進行水平方向的資料同化;垂直方向,我們使用艾克曼理論,將表 層的流速向下層海洋「投射」,所以我們不僅改善了表面的海流,對於三維的流場也有相 當大的改進。這就是模擬結果改善的主要因素,資料同化方法的細節在 6.3 節中有說明。

三、莊文思教授

(一)雷達測波所得之資料在品管方面應要做到雜訊(降雨)及訊號之分辨,以雨量資料做衡量標準固然客觀,但雨量資料似未同步,應考慮從圖像上做統計之客觀判斷以補不足,未來應與雷達、雨量計共設為宜。

(二)實用之海流模式需同時包括風吹流及潮流,目前模式僅有風吹流部分,潮流如何 加入模式應有建設發展之作法。

答:

(一)由於雷達測波乃由影像估算波浪參數,因此使用雨量判斷噪訊之分辨乃權宜之計。 從影像方面著手濾除雜訊,或許可利用平均方法來將降雨訊號去除。然濾除降雨後的波 浪能量卻可能會因此降低,該如何將原本該屬於波浪的能量補償回影像譜中,可能是一 個衍生的重要課題。因此未來如果可能,的確應考慮設立同步之雨量資料一併收集,並 且進一步研究雨量與雷達測波之統計關係。

(二)由於本計畫當初之規劃構想中,僅擬建立風吹流之數值模式。海潮流模式之建立 據瞭解乃由歸屬另一研究計畫案之範圍。因此本研究計畫工作符合計畫目標與工作項 目,並未就海潮流之結合進行研究。

四、陳慶生教授

雷達測波率定方法應更精緻些,由雷達量到的是波斜度的波數譜,與浮球量到的波高頻 率能譜,理論上的連結應多一些討論。

答:本計畫研究目的之一乃是建立作業化的海象遙測系統,因此我們採用的測波理論與 率定方法與遙測器材皆是由台大海洋研究所所發展之 ROCOS 系統。根據文獻記載,ROCOS 長期測波成效頗佳,應可作為作業化系統之用。但是由於 ROCOS 的運作過去皆在西部為 多,東部之測波尚無經驗,因此我們乃以過去使用的方法試圖建立屬於東部地區的雷達 測波率定曲線,此亦為本計畫之重要目標之一。

陳教授所提之建議,無論在理論上與方法上皆相當深入與具體,研究價值非常寶貴, 然本計畫目標並非創建或發展更佳的波浪遙測方法,因此本計畫無法涵蓋此一部份。

另外本計畫構思之初亦曾考量到近岸海流之影響,但在有限的人力、物力下,海流之 現場測量力有未逮,無法就海流對波浪離散關係的督卜勒效應(Doppler effect)進行估 計,此點在報告中(4.5節)亦有提出說明。

五、鄭明典主任

報告說明完整,報告內容符合驗收標準。

答:感謝鄭主任肯定。

六、徐月娟主任

(一)含資料同化之海流模式請儘速擇期安裝於氣象局。

(二)請再確認精簡表示雷達測波儀經率定後的推算波高,並詳加說明其應用限制,以 供氣象局測報作業使用。

答:

(一)遵照辦理。

(二)根據表2所列之三年雷達測波與實測資料的迴歸截距與過去測波研究經驗,吾人 認為0.6公尺以下之波高並不足以採信。另受到降雨影響,當累積雨量速度大於每20分 鐘1毫米時,雷達測波資料亦不可信。

七、海象測報中心

於本計畫結束前需完成雷達測波系統所有波浪遙測資料相關圖檔重製及整理,並製作相關報表及燒錄成 DVD 光碟片備份(資料內容需至 96 年 12 月底)。

答:本計畫之資料收集目前已達11月份,但由於計畫經費已核銷完畢。無法安排前往台 東取得資料。因此將與未來雷達維護廠商協調,協助取回本年度12月份之資料並可承諾 最晚於2008年1月31日以前整理後繳交。另圖檔重製方面,由於每次圖檔重製需耗時 30秒,檔案數量龐大,重製相當耗時,短時間尚無法全部處理完畢。故一併在此承諾最 晚將於2008年1月31日以前整理後繳交。

# 附錄二 技轉記錄表(第1次)

日期時間:2007/03/12 10:15	第	1	次
地點:中央氣象局六樓海象中心辦公室	l		
講者:盧鴻復			
主題:率定曲線之計算與資料處理			
內容說明:			
■建區例的基本亦建定分析為區的福祉沒在共大相對 測量與估算。由於雷達所獲取的資料為強度回波影像, 不同,因此我們需要利用轉換公式來描述二者之間的關 以將雷達海面回波強度與海面起伏以下列的數 h(x, y, t)*G(x, y, t),其中Ⅰ表示回波強度、h表示海面 函数、「*」表示迴轉積分運算子。再經由傳立葉轉換, 以得到雷達與波高的能譜轉移函數(T <sup>1</sup> )。而這其中,能 我們最關心的部份。由此,只要我們能定出波浪能譜轉 雷達能譜反推算波高的能譜。所以,我們必須採用實際 進行轉移函數的計算。	a與聯學 史起計譜移的 波簡 表、對移動 設 G 表、對移動 波 液 前 表 、 對 移 動 泉 前 表 、 對 移 動 次 。 表 、 對 移 動 。 表 、 對 移 。 、 約 。 表 、 、 約 。 表 、 、 一 次 、 約 。 一 次 、 一 代 ) 等 代 、 野 の 、 一 代 の 、 約 一 の 、 の 約 の 、 別 の 、 の 、 の 、 月 一 の 、 の 、 の 、 の 、 の 、 の 、 の 、 の 、 の 、 の	_理說 I 示能的我與	f性我 y, 個,態便達2 余可)=應可是從像
參與人員 (簽名):			
夷加资 凯恩加 陈瘦伤			
77.3329.4			1.11
林芳如 傳藏着 液的病	朱颜豪	2)	
委義炎、 P\$12 \$ \$\$	J fish	.08	

### 附錄三 技轉記錄表(第2次)

3期時間:2007/05/29 10:30	第2次
也點:中央氣象局六樓海象中心辦公室	
<b>舞者:盧鴻復</b>	
E題:率定曲線之計算與資料處理	
9容說明:	
<ol> <li>將氣象局的成功逐時波浪觀測資料(十分鐘一筆)</li> <li>出成每20分鐘一筆之 EXCEL 檔(XLS1)。</li> </ol>	畫出逐月波高圖形。並報
2. 檢視逐月波高分佈,約略選定取樣波高範圍。	
3. 依照選定原則及 EXCEL 檔之內容判定取樣時間範圍	,另列成一 EXCEL 檔
4. 自 XLS2 檔案中逐日對照雷達資料報表, 剔除無雷主	達資料之 XLS2 資料。
5. 自 XI.S2 檔案中對照 CWB 網站雨量資料,標定 XLS2	資料之降兩與否。
6. 將 XLS2 用 EXCEL 內建功能輸出成 PRN 檔。	
7. 以 CONVERT 程式將浮球原始資料(二進位)轉成逐	日波形資料 (ASCII)。
8. 以PICKUP程式將浮球資料以有兩資料與無兩資料分	分離輸出,並且列表。
(PICKUP 程式會讀入 PRN 檔,並比對 CWB 提供之通	逐日浮球波形資料,依
PKN 檔甲所列時間取出浮球波形資料 2048 筆。)	, , , , , , , , , , , , , , , , , , ,
9. 桃田 FRN 中选定时间之留谨真料,亚興浮球資料共 0. 劫行 TDANSEIIINC W MATIAD 双中。復到。 逐步从录	·直於一資料夾內。 法 6. 浙北油林林山桃园。
b. 私行 IAMOFUNC IN MAILAD 桂式 · 行到 A. 逐大的 前: b. 亚物的糖酸混動圖形, ··· 人工捆筋法力糖酸混動	还 《 汗 琢 次 數 谱 化 對 圖 ,
1 各用新軸移函數質出雲波資料> PMS 值 (CFTPS)。	小吸口欲有"
2. 以雷達 RMS 值代入轉移函對, 僅出雲達油高, 並與	浮球波高繪圖比較。
冬與人員(簽名):末期10	

# 附錄四 技轉記錄表(第3次)

講者:楊穎堅 教授	
主題:雷達網頁主機說明與安裝	
內容說明:	
1. 網站介绍	
2. 網頁架構介紹	
a. 網頁部分	
b. 文獻資料庫	
c. 雷達影像資料庫	
3. 網站安裝	
參與人員 ( 簽名 ):	
TARE NOR W	
东水的信 副星系	
安臣5章/ · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	
A/€X € 株腹皮	

### 附錄五 技轉記錄表(第4次)

日期時間:2007/11/19 09:00	第	4 次
地點:中央氣象局六樓會議室與海象中心辦公室		
講者:楊穎堅 教授		
主題:1.海洋領域座談會報告,2.雷達網站設定		
內容簡介:		
1.海洋領域座談會專題報告		
題目:		
a. 雷達測波之研發		
b. 雷達測波資料展示系統		
c. 資料同化方法應用		
2. 雷達網站網路 IP 設定(17:00~18:00) 參與人員 (簽名): 表 m 1/2		
		·

#### 附錄六 雷達測波資料品管手册

#### 雷達測波資料品管手册

在自然界中利用儀器觀測蒐集資料,經常受到某些因素的影響,使得資 料的正確性產生可見或不可見的錯誤,進而可能使得後續資料分析上發生嚴 重的分析錯誤。在利用觀測資料之前,必須依照該資料本身的性質或是使用 儀器的特性將錯誤資料預先排除或予以告知,徹底避免對錯誤資料所得之各 項分析結果發生決定性之影響。除此之外,其他的因素亦可以影響資料的正 確性,例如:人為錯誤、儀器失常、訊號傳輸等問題,均可能造成觀測資料 之誤失。因此,當系統自動擷取資料時,亦需同時進行自動品管工作以降低 資料使用前人工判讀之行政作業以及避免後續應用上之錯誤發生。

資料自動品管有硬品管與軟品管兩種方法,硬品管以資料或儀器應有值 域為主,如波高、波長、週期必在0以上,波長依水深不應超過理論波長等; 軟品管為資料是否能通過檢定測試為主,例如時間連續性的檢定,統計理論 檢定。依據不同檢定的結果將可能情形標記在資料上,供使用者參查。

品管流程如下,首先檢查上傳之資料(檔名:yyyymmddhhmi.log)內之 時間是否為最近一次採樣所得,若時間有錯誤,非本次採樣則保留原 log 檔, 後將資料加上錯誤標籤,所有數值以錯誤極值(例:-999)取代並寫入資料 檔;若時間正確則檢查資料值域是否有誤,例如檔案寫入格式錯誤,波浪資 訊出現負值等,若有錯誤則亦加上錯誤標籤後以錯誤極值代之寫入資料檔。 若值域檢查無誤,再檢查資料時間連續性,若前三次記錄無資料則檢驗是否

128

為偏離3個全體標準差之外,以確保資料分布在母群體的99%之中,若通過 標準差檢驗便加上良性標籤,寫入資料檔儲存;若不通過標準差檢驗,則加 上不良標籤後寫入資料檔。若時間連續性檢查有通過,則表示此次採樣之前 三次資料存在,則以前三次採樣資料平均作為檢驗,若無法通過,則進入標 準差檢驗,若若通過則加上良性標籤後存收。完整過程請參閱品管流程圖



附錄七 94、95及96年度波浪遙測波高與浮球波高比對























07/01 07/03 07/05 07/07 07/09 07/11 07/13 07/15 07/17 07/19 07/21 07/23 07/25 07/27 07/29




































































































0 04/01 04/03 04/05 04/07 04/09 04/11 04/13 04/15 04/17 04/19 04/21 04/23 04/25 04/27 04/29











08/01 08/03 08/05 08/07 08/09 08/11 08/13 08/15 08/17 08/19 08/21 08/23 08/25 08/27 08/29





0 10/01 10/03 10/05 10/07 10/09 10/11 10/13 10/15 10/17 10/19 10/21 10/23 10/25 10/27 10/29

















06/01 06/03 06/05 06/07 06/09 06/11 06/13 06/15 06/17 06/19 06/21 06/23 06/25 06/27 06/29











附錄十 94、95及96年度波浪遙測光碟資料報表

## 94、95及96年度波浪遙測光碟資料報表

說明:海象遙測系統之觀測結果主要儲存了2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)。

2. 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)。計算子區座標為 121.4033°E~121.4206°E; 23.1726° N~23.1898°N 之間。

172

序號	檔案名稱	檔案內容	數量	備註
1	05Jul15、16、17	原始資料檔	1	
2	05-Aug03、04	原始資料檔	1	
3	05-Aug05、06	原始資料檔	1	
4	05-Aug07、08	原始資料檔	1	
5	05-Aug09、10	原始資料檔	1	
6	05-Aug11、12	原始資料檔	1	
7	05-Aug13、14	原始資料檔	1	
8	05-Aug15、16	原始資料檔	1	
9	05-Aug17、18	原始資料檔	1	
10	05-Aug19、20	原始資料檔	1	
11	05-Aug21、22	原始資料檔	1	
12	05-Aug23、24	原始資料檔	1	
13	05-Aug25、26	原始資料檔	1	
14	05-Aug27、28、29	原始資料檔	1	
15	05-Aug30、31	原始資料檔	1	
16	05-Sep04、05	原始資料檔	1	
17	05-Sep06、07	原始資料檔	1	
18	05-Sep08、09	原始資料檔	1	
19	05-Sep10、11	原始資料檔	1	
20	05-Sep12、13	原始資料檔	1	
21	05-Sep14、15	原始資料檔	1	
22	05-Sep16、17、18	原始資料檔	1	
23	05-Sep19、20	原始資料檔	1	
24	05-Sep21	原始資料檔	1	
25	05-Sep22	原始資料檔	1	
26	05-Sep23、24	原始資料檔	1	
27	05-Sep25、26	原始資料檔	1	
28	05-Sep27、28	原始資料檔	1	
29	05-Sep29、30	原始資料檔	1	
30	05-0ct01	原始資料檔	1	
31	05-Oct02、03	原始資料檔	1	
32	05-Oct04、05	原始資料檔	1	
33	05-Oct06、07	原始資料檔	1	
34	05-0ct08	原始資料檔	1	

35	05-0ct09	原始資料檔	1	
36	05-0ct10	原始資料檔	1	
37	05-0ct11	原始資料檔	1	
38	05-0ct12、13	原始資料檔	1	
39	05-0ct14、15	原始資料檔	1	
40	05-0ct16、17	原始資料檔	1	
41	05-0ct18、19	原始資料檔	1	
42	05-0ct20、21、22	原始資料檔	1	
43	05-0ct23、24、25	原始資料檔	1	
44	05-0ct26、27	原始資料檔	1	
45	05-0ct28、29	原始資料檔	1	
46	05-0ct30、31	原始資料檔	1	
47	05-Nov01、02	原始資料檔	1	
48	05-Nov03、04、05	原始資料檔	1	
49	05-Nov06、07、10	原始資料檔	1	
50	05-Nov11、12	原始資料檔	1	
51	05-Nov13、14	原始資料檔	1	
52	05-Nov15、16、17、25	原始資料檔	1	
53	05-Nov26、27	原始資料檔	1	
54	05-Nov28、29	原始資料檔	1	
55	05-Dec06、07	原始資料檔	1	
56	05-Dec08、09	原始資料檔	1	
57	05-Dec10、11	原始資料檔	1	
58	05-Dec12	原始資料檔	1	
59	05-Dec13、14	原始資料檔	1	
60	06-Jan18、19	原始資料檔	1	
61	06-Jan20、21	原始資料檔	1	
62	06-Jan22	原始資料檔	1	
63	06-Jan23	原始資料檔	1	
64	06-Jan24	原始資料檔	1	
65	06-Jan25	原始資料檔	1	
66	06-Jan26	原始資料檔	1	
67	06-Jan27	原始資料檔	1	
68	06-Jan28	原始資料檔	1	
69	06-Jan29	原始資料檔	1	
70	06-Jan30	原始資料檔	1	

71	06-Jan31	原始資料檔	1	
72	06-Feb01、02	原始資料檔	1	
73	06-Feb03、04	原始資料檔	1	
74	06-Feb05、06	原始資料檔	1	
75	06-Feb07	原始資料檔	1	
76	06-Feb08、09	原始資料檔	1	
77	06-Feb10、11	原始資料檔	1	
78	06-Feb12、13	原始資料檔	1	
79	06-Feb14、15	原始資料檔	1	
80	06-Feb16	原始資料檔	1	
81	06-Feb17	原始資料檔	1	
82	06-Feb18、19	原始資料檔	1	
83	06-Feb20、21、22、23	原始資料檔	1	
84	06-Mar17、18	原始資料檔	1	
85	06-Mar19、20、22	原始資料檔	1	
86	06-Mar23	原始資料檔	1	
87	06-Mar24、25	原始資料檔	1	
88	06-Mar26、27	原始資料檔	1	
89	06-Mar28、29	原始資料檔	1	
90	06-Mar30、31	原始資料檔	1	
91	06-Apr01、02	原始資料檔	1	
92	06-Apr03、04	原始資料檔	1	
93	06-Apr05、06	原始資料檔	1	
94	06-Apr07、08	原始資料檔	1	
95	06-Apr09、10、11	原始資料檔	1	
96	06-Apr12、13	原始資料檔	1	
97	06-Apr14、15	原始資料檔	1	
98	06-Apr16、17	原始資料檔	1	
99	06-Apr18、19	原始資料檔	1	
100	06-Apr20、21	原始資料檔	1	
101	06-Apr22、23	原始資料檔	1	
102	06-Apr24、25	原始資料檔	1	
103	06-Apr26、27	原始資料檔	1	
104	06-Apr28、29	原始資料檔	1	
105	06-Apr30	原始資料檔	1	
106	06-May01、02	原始資料檔	1	

107	06-May03、04	原始資料檔	1	
108	06-May05、06	原始資料檔	1	
109	06-May07、08	原始資料檔	1	
110	06-May09、10	原始資料檔	1	
111	Cktimer.log	海象資料檔	1	至 2006/06/27 15:22 為止
112	06-May21、22	原始資料檔	1	
113	06-May23、24	原始資料檔	1	
114	06-May25、26	原始資料檔	1	
115	06-May27、28	原始資料檔	1	
116	06-May29、30	原始資料檔	1	
117	06-May31	原始資料檔	1	
118	06-Jun01、02	原始資料檔	1	
119	06-Jun03、04	原始資料檔	1	
120	06-Jun05、06	原始資料檔	1	
121	06-Jun07、08	原始資料檔	1	
122	06-Jun09	原始資料檔	1	
123	06-Jun10	原始資料檔	1	
124	06-Jun11、12	原始資料檔	1	
125	06-Jun13、14	原始資料檔	1	
126	06-Jun15、16	原始資料檔	1	
127	06-Jun17、18	原始資料檔	1	
128	06-Jun19、20	原始資料檔	1	
129	06-Jun21、22	原始資料檔	1	
130	06-Jun23、24	原始資料檔	1	
131	06-Jun25、26	原始資料檔	1	
132	06-Jun27、28	原始資料檔	1	
133	06-Jun29、30	原始資料檔	1	
134	06-Jul01、02	原始資料檔	1	
135	06-Ju103、04	原始資料檔	1	
136	06-Ju105	原始資料檔	1	
137	06-Ju106、07	原始資料檔	1	
138	06-Ju108、09	原始資料檔	1	
139	06-Jul10、11	原始資料檔	1	
140	06-Jul12、13	原始資料檔	1	
141	06-Jul14、15、16	原始資料檔	1	

142	06-Jul17、18、19、20	原始資料檔	1	
143	06-Jul21、22、23、24	原始資料檔	1	
144	06-Jul25、26	原始資料檔	1	
145	06-Ju127、28、29	原始資料檔	1	
146	06-Ju130、31	原始資料檔	1	
147	06-Aug01、02、03	原始資料檔	1	
148	06-Aug04、05	原始資料檔	1	
149	06-Aug06、07	原始資料檔	1	
150	06-Aug08、09	原始資料檔	1	
151	06-Aug10、11	原始資料檔	1	
152	06-Aug12、13	原始資料檔	1	
153	06-Aug14、15	原始資料檔	1	
154	06-Aug16、17	原始資料檔	1	
155	06-Aug18、19	原始資料檔	1	
156	06-Aug20、21	原始資料檔	1	
157	06-Aug22、23	原始資料檔	1	
158	06-Aug24、25	原始資料檔	1	
159	06-Aug26	原始資料檔	1	
160	06-Aug28	原始資料檔	1	
161	06-Aug30 、31	原始資料檔	1	
162	06-Sep01、02	原始資料檔	1	
163	06-Sep03 、 04	原始資料檔	1	
164	06-Sep05 、06	原始資料檔	1	
165	06-Sep07 、08	原始資料檔	1	
166	06-Sep09	原始資料檔	1	
167	06-Sep10	原始資料檔	1	
168	06-Sep11 、12	原始資料檔	1	
169	06-Sep13 、14	原始資料檔	1	
170	06-Sep15 、16	原始資料檔	1	
171	06-Sep17 、18	原始資料檔	1	
172	06-Sep19 、 20	原始資料檔	1	
173	06-Sep21 \ 22	原始資料檔	1	
174	06-Sep23 × 24	原始資料檔	1	
175	06-Sep25 × 26	原始資料檔	1	
176	06-Sep27 × 28	原始資料檔	1	
177	06-Sep29 × 30	原始資料檔	1	
178	06-0ct01、02	原始資料檔	1	

179	06-Oct03	原始資料檔	1	
180	06-Oct04 、 05	原始資料檔	1	
181	06-Oct06 、 07	原始資料檔	1	
182	06-Oct08 、 09 、 10	原始資料檔	1	
183	06-Oct11 、12	原始資料檔	1	
184	06-Oct13 、14	原始資料檔	1	
185	06-Oct15 、16 、17	原始資料檔	1	
186	06-Oct18 、19	原始資料檔	1	
187	06-Oct20 、21	原始資料檔	1	
188	06-Oct22 、23	原始資料檔	1	
189	06-Oct24 、25 、26 、27	原始資料檔	1	
190	06-Oct28 、 30 、 31	原始資料檔	1	
191	06-Nov01 、02 、03 、04 、06	原始資料檔	1	
192	06-Nov06、07、08	原始資料檔	1	
193	06-Nov09 、10 、11	原始資料檔	1	
194	06-Nov12、13、14、15、16	原始資料檔	1	
195	06-Nov17	原始資料檔	1	
196	06-Nov19	原始資料檔	1	
197	06-Nov21 、 22 、 23 、 24	原始資料檔	1	
198	06-Nov25	原始資料檔	1	
199	06-Nov27	原始資料檔	1	
200	06-Nov29 \ 30	原始資料檔	1	
201	06-Dec01 、 02 、 03	原始資料檔	1	
202	06-Dec04 、 05 、 06	原始資料檔	1	
203	06-Dec07 、 08	原始資料檔	1	
204	06-Dec09 丶 10	原始資料檔	1	
205	06-Dec11 、12 、13 、14	原始資料檔	1	
206	06-Dec15 、16 、17	原始資料檔	1	
207	06-Dec18 、18 、20	原始資料檔	1	
208	06-Dec21 、22 、26	原始資料檔	1	
209	06-Dec27 、29 、30 、31	原始資料檔	1	
210	07-Jan01 、 02 、 03	原始資料檔	1	
211	07-Jan04 、 05	原始資料檔	1	
212	07-Jan06 、 07 、 08	原始資料檔	1	
213	07-Jan09 、 10 、 11	原始資料檔	1	
214	07-Jan12 、 13	原始資料檔	1	
215	07-Jan14 、 15	原始資料檔	1	

216	07-Jan16 、 17	原始資料檔	1	
217	07-Jan18 、 19	原始資料檔	1	
218	07-Jan20 、 21	原始資料檔	1	
219	07-Jan22 、 23	原始資料檔	1	
220	07-Jan24 、 25	原始資料檔	1	
221	07-Feb02 、03 、04 、05 、09	原始資料檔	1	
222	07-Feb10 、17	原始資料檔	1	
223	07-Mar02 、03 、04 、22	原始資料檔	1	
224	07-Mar23 、 24	原始資料檔	1	
225	07-Mar25 、 26	原始資料檔	1	
226	07-Mar27 、 28	原始資料檔	1	
227	07-Mar29 、 30	原始資料檔	1	
228	07-Mar31	原始資料檔	1	
229	07-Apr01	原始資料檔	1	
230	07-Apr03	原始資料檔	1	
231	07-Apr05	原始資料檔	1	
232	07-Apr07	原始資料檔	1	
233	07-Apr09 、10	原始資料檔	1	
234	07-Apr11 、12 、13 、14	原始資料檔	1	
235	07-Apr15 、16 、17 、18	原始資料檔	1	
236	07-Apr19 、20 、21	原始資料檔	1	
237	07-Apr22 、23	原始資料檔	1	
238	07-Apr24	原始資料檔	1	
239	07-Apr26 、27 、28 、29	原始資料檔	1	
240	07-Apr30	原始資料檔	1	
241	07-May01 、02	原始資料檔	1	
242	07-May03 、04 、05 、06	原始資料檔	1	
243	07-May07 、08 、09 、10	原始資料檔	1	
244	07-May11 、12 、13 、14	原始資料檔	1	
245	07-May16 、17 、18	原始資料檔	1	
246	07-May29 丶 30	原始資料檔	1	
247	07-May31	原始資料檔	1	
248	07-Jun01 、 02	原始資料檔	1	
249	07-Jun03 、 04	原始資料檔	1	
250	07-Jun05 、 06	原始資料檔	1	
251	07-Jun07 、 08	原始資料檔	1	
252	07-Jun09 × 10	原始資料檔	1	
253	07-Jun11 、13 、14 、15 、16	原始資料檔	1	
-----	--------------------------	-------	---	--
254	07-Jun17、18	原始資料檔	1	
255	07-Jun19 、 20	原始資料檔	1	
256	07-Jun21 、 22	原始資料檔	1	
257	07-Jun23 、 24	原始資料檔	1	
258	07-Jun25 、 26 、 27	原始資料檔	1	
259	07-Jun28、29、30	原始資料檔	1	
260	07-Jul01 、 02	原始資料檔	1	
261	07-Jul03 、 04 、 05	原始資料檔	1	
262	07-Jul06 、07 、08 、09	原始資料檔	1	
263	07-Jul10 、11	原始資料檔	1	
264	07-Jul12 、13	原始資料檔	1	
265	07-Jul14 、15	原始資料檔	1	
266	07-Jul16、17	原始資料檔	1	
267	07-Jul18 、 19	原始資料檔	1	
268	07-Jul20 、 21	原始資料檔	1	
269	07-Jul22 、 23	原始資料檔	1	
270	07-Jul24 、 25	原始資料檔	1	
271	07-Jul26 、 27	原始資料檔	1	
272	07-Jul28 × 29	原始資料檔	1	
273	07-Jul30 、31	原始資料檔	1	
274	07-Aug01	原始資料檔	1	
275	07-Aug03	原始資料檔	1	
276	07-Aug05	原始資料檔	1	
277	07-Aug07	原始資料檔	1	
278	07-Aug09 、10	原始資料檔	1	
279	07-Aug11 、12 、13	原始資料檔	1	
280	07-Aug14 丶 15	原始資料檔	1	
281	07-Aug16 、17 、18 、20	原始資料檔	1	
282	07-Aug21	原始資料檔	1	
283	07-Sep19 、 20	原始資料檔	1	
284	07-Sep21	原始資料檔	1	
285	07-Sep22	原始資料檔	1	
286	07-Sep23 × 24	原始資料檔	1	
287	07-Sep25 × 26	原始資料檔	1	
288	07-Sep27 、 28	原始資料檔	1	

289	07-Sep29 \ 30	原始資料檔	1	
290	07-Oct03   04	原始資料檔	1	
291	07-Oct05	原始資料檔	1	
292	07-Oct06	原始資料檔	1	
293	07-Oct07 、 08	原始資料檔	1	
294	07-Oct11 、12	原始資料檔	1	
295	07-Oct13	原始資料檔	1	
296	07-Oct14	原始資料檔	1	
297	07-Oct15	原始資料檔	1	
298	07-Oct16	原始資料檔	1	
299	07-Oct17 、18	原始資料檔	1	
300	07-Oct19 、20	原始資料檔	1	
301	07-Oct21 、22 、23	原始資料檔	1	
302	07-Oct24 、25	原始資料檔	1	
303	07-Oct26 、27	原始資料檔	1	
304	07-Oct28 、 29	原始資料檔	1	
305	07-Oct30 、31	原始資料檔	1	
306	07-Nov01	原始資料檔	1	
307	07-Nov03	原始資料檔	1	
308	07-Nov04	原始資料檔	1	
309	07-Nov05	原始資料檔	1	
310	07-Nov06	原始資料檔	1	
311	07-Nov07 \ 08	原始資料檔	1	

## 附錄十一 雷達站工作紀錄

日期	人員	工作內容
94/7/5~7/7	鎮儀	運送雷達主機及天線與架設支架至台東成功。並陪同計畫主持人於台東成功雷達站架設地點地形勘查, 待架設地點選定後隨即進行雷達主機與天線架設工作。並於當日完成雷達系統安裝與天線架設,同時並 進行雷達系統測試與調校工作。
94/7/14~7/15	鎮儀	雷達初步架設位於白守蓮美山分離哨三樓頂,經初步測試作業完成後。將雷達天線移機至哨所四樓頂樓 以獲得更好的作業角度與掃瞄範圍,並更換大型固定支架以確保在颱風及惡劣的天候下,儀器仍能正常 的運轉與工作。
94/8/3	鎮儀	在颱風期間,哨所電源有中斷的情形發生問題,造成雷達系統多次不正常關開機。使得雷達軟體發生不明錯誤,經多次重新啟動系統仍無法解決。故於8月3日進行雷達系統重新設定與維護工作,同時並將 資料庫中的波浪資料進行下載與備份工作。並檢查在颱風期間相關硬體是否有損毀的情形發生。
94/9/4~9/6	鎮儀	經過硬體安裝與數次的維護工作後,為了使測波雷達系統能夠在更完善的環境下工作。並能夠即時的監 控與管理。故依計畫進行雷達主機的機架安裝與進行不斷電系統加裝工作,且將雷達處理器主機更換為 速度更快的電腦,且加大硬碟容量,以防止硬碟空間不足的情形發生。 為了能夠達成遠端監控與管理的目的,同時申請中華電信網路,完成相關網路設定。且在雷達系統中加 入遠端遙控軟體,並完成軟體的設定與測試工作。以及將八月期間的資料下載與備份。

日期	人員	工作內容
94/9/14	鎮儀	因中華電信網路作業流程,為將雷達系統網路位置由浮動式改為固定式,進行雷達主機網路與遠端遙控 軟體設定。並調整雷達相關網路參數設定,與進行設備保養與清潔作業,一併進行雷達資料下載與備份。
95/1/18	鎮儀人員一位 師大:盧鴻復 陳志強	由於雷達系統意外停止運作,經遠端遙控無法連上,且無任何資料經由網路通訊回傳於台北資料主機。 經推測應有外力介入雷達系統,導致系統工作停擺。為了加強控管與便利後續操作,減少人為因素導致 雷達系統停止運作之機會。本次維護工作目的將雷達監控主機與控制單元由美山哨站四棲遷移至一樓顯 眼處,以期往後系統可正常運作不受非專業人員任意操作以致系統停擺。 本次工作首先進行遷移地點評估,限制因素包括纜線長度,電力與通信插孔相對位置,空間大小,線路 是否容易佈設,地點是否醒目等。經現場工作人員評選後,選定一樓大廳樓梯旁作為新設置地點。該地 點空間足夠放置雷達操控系統,並鄰近電源插座,雷達天線與控制系統之間有纜線最短路徑可供佈線以 及不影響原單位工作動線等優點。 新設置點選定後便將操控主機予以停機拆解各項元件,包括雷達監視器、類比資料轉換器,電腦主機、 電腦主機不斷電系統等,一併進行檢查、清潔、拍照等工作後分批搬運至一樓重新組裝。由於控制主機 已遷移至一樓,因此重規劃與佈設雷達纜線與傳輸線路是必須的工作。經過現場建築物立即的勘查,決 定將纜線沿建築物背面外壁垂降至一樓,由儲物間窗口導入室內。纜線沿牆角、梯角佈設並且加以固定 安置,以室外不隨意飄動、室內不妨害行走為佈線原則。待整體安裝完成,馬上進行系統測試、通訊測 試、遠端遙控測試等多項完整測試工作,確認系統可正常運作無誤。 本日亦有東巡局長官以及氣象局海象中心主任、副主任,本計畫協同主持人楊教授至現場參觀、瞭解本 計畫之研究內容與軟硬體相關設施。因此在遷移完成後,也於現場進行系統、軟體之解說與作業化演示 工作,此解說與系統演示工作亦獲得東巡局長官與海象中心主任、副主任等正面的迴響。 本日工作最後在撷取系統觀測資料後,更換資料硬碟後結束。

日期	人員	工作內容
95/3/17	師大:盧鴻復	2/23 雷達系統又再度發生不明原因故障。此次故障並非硬體故障,電腦主機可以進行遠端連線控制,但 雷達系統軟體無法開啟,經多次重新開機與遠端重新安裝軟體亦無法回覆正常功能。因此需要人員攜帶 硬碟與系統備份檔案親往台東成功,重新建立電腦作業系統與安裝雷達軟體與週邊應用程式。 本次工作內容首先察看軟體系統故障情形,經查看後仍無法瞭解確切故障原因,因此暫時歸為不明故 障。接著進行系統還原工作,將原電腦主機硬碟拆下,以已裝有備份系統之硬碟(出發前已在台北裝好) 更換之,順便針對電腦主機內部零件進行檢查、清潔等附帶工作。更換後,系統恢復原先設定,並經初 步測試可進行雷達控制。之後便更換資料硬碟,重新安裝遠端遙控軟體以及其他相關週邊軟體,進行設 定與調整。為了確保系統可正常運作,帶設定與調整完成便進行相關系統與連線通訊測試,回復原先作 業化功能、遠端遙控功能以及資料自動回傳功能。經過多次完整測試後確認系統可正常運作,並將電腦 螢幕,滑鼠、鍵盤拔除後離開,以避免有人為操作電腦,干擾系統運作之可能性。最後將此三項設備寄 存成功氣象站收納,得下次定期維護時,再行取回使用。

日期	人員	工作內容
95/4/10	師大:盧鴻復	3/29台東雷達系統無法進行遠端遙控,台北資料主機亦無接收任何資料回傳。初步判定發生不明故障, 惟系統是否仍正常運作尚為未知。4/1台東發生規模6.4有感地震,台東市震度達6級,隔日聯繫美山 哨站士兵觀察雷達主機,電腦主機與網路數據機,稱機櫃無傾倒現象,電腦主機與網路數據機電源啟動 中。研判可能僅為網路斷線,系統仍持續運作中,但網路斷線原因不明。 本日工作包含協同電信總局人員審驗雷達執照以及故障排除。 首先至成功氣象站取回前次寄存之電腦螢幕,滑鼠、鍵盤三樣物品。並與電信總局人員會面,領其前往 美山哨站雷達裝置處。將電腦螢幕,滑鼠、鍵盤接上電腦主機後觀察發現雷達軟體當機,但主機內仍有 3/29 以來之遙測資料。經查閱紀錄檔,發現雷達軟體當機於前日(4/9)上午,因此表示前次故障原因在 於網路斷線,系統仍可正常運作。環顧四周思考斷線原因,發現該單位新裝設電信箱,經詢問美山哨站 士兵,該電信箱正巧為故障當日所裝設,且與網路斷線時間點相當符合,故推測此次斷線故障原因乃受 到該處所電信施工之影響,應為無誤。 後將電腦主機重新啟動,並啟動雷達天線掃測海面,以便電信總局人員檢測電磁波能量。檢測完成後, 查驗雷達主機序號與拍照存證後,審驗工作便告完成,電信總局人員於測電磁波能量。檢測完成後, 查驗雷達主機序號與拍照存證後,審驗工作便告完成,電信總局人員於預離去。 接下來將雷達系統進行多次且完整的測試,包括系統運作,違線能力,遙控程式,資料回傳等項目。完 成測試後依滅少人為干擾原則,將電腦螢幕,滑鼠、鍵盤拔除,攜回成功氣象站暫存,待後次使用。

日期	人員	工作內容
95/05/21	師大:盧鴻復	2006/04/26 10:00 AM 台東雷達無法遠端遙控,資料回傳正常。電洽美山站士兵,當日無電信維修工程, 判斷控制主機無當機現象。無立即前往修護必要。 2006/04/28 遠端操控程式恢復 2006/05/05 台東雷達站網路斷線 去電詢問 當日有電信維修工程,研判為工程人員截斷網路所致,根據 經驗判斷控制主機應無當機現象,將待定期檢修之時再前往恢復網路通訊。 2006/5/21 到達台東成功現場,首先前往成功氣象站取回寄存之螢幕、鍵盤、滑鼠,並返回美山站接上 控制主機。發現雷達程式已經當機,作業系統仍然正常。經查檔案紀錄雷達程式當機時間約在 5/10 13 點左右,距 5/5 網路斷線時間約 5 日,程式當機原因不明。當下檢查主機系統其他問題後,先行關機, 後進行更換硬碟與硬碟抽取盒工作,並且重新開機。開機後進行檢測工作,確定系統與通訊正常運作, 始拆下螢幕鍵盤滑鼠並鎖上機櫃後離開,完成此次維護工作。
95/7/5	鎮儀	<ol> <li>進行定期維護工作,包括檢修電腦系統、更換儲存硬碟。</li> <li>雷達系統備份。</li> <li>另針對未來修正轉移函數所需,重新定位雷達天線之 GPS 座標。</li> </ol>
95/10/12	師大:盧鴻復	進行定期維護工作,包括檢修電腦系統、更換儲存硬碟。
95/12/20	師大:盧鴻復	<ol> <li>進行定期維護工作,包括檢修電腦系統、更換儲存硬碟。</li> <li>還原雷達系統回復95/07之備份檔案</li> <li>重新開機後進行檢測工作,確定系統與通訊正常運作,拆下螢幕鍵盤滑鼠並鎖上機櫃後離開</li> </ol>

日期	人員	工作內容
96/02/26	師大:盧鴻復	<ol> <li>1.一月份起,陸續發現雷達系統疑產生嚴重系統錯誤,經常無法順利運作。</li> <li>2.前往成功進行系統還原工作,在現場將系統還原至95年7月之版本。</li> <li>3.重新開機後進行檢測工作,於現場確定系統與通訊正常運作,拆下螢幕鍵盤滑鼠並鎖上機櫃後離開</li> <li>4.回台北後,向廠商諮詢討論,獲得另組備用主機更換之結論</li> </ol>
96/03/02	師大:盧鴻復	<ol> <li>前次進行工作程式還原工作後,系統亦無法回復正常,仍經常發生當機事件。</li> <li>此次攜帶備用控制主機,前往進行更換。原主機寄回廠商進行檢測與維修。</li> <li>現場更換主機與資料硬碟,並於現場確定系統與通訊正常後,拆下螢幕鍵盤滑鼠並鎖上機櫃離開</li> </ol>
3/22	師大:盧鴻復 鎮儀人員一名	<ol> <li>1. 上次更換備用主機,仍然發生不明當機,僅能以電話通知該處士兵協助重新開機。</li> <li>2. 此次會同廠商人員一同前往勘查,於現場懷疑備用主機之主機板電池失效,導致無法重開。</li> <li>因此於現場更換主機板電池後繼續測試,發現主機板疑有受損,功能失常。</li> <li>由於原主機尚未檢修完畢,因此暫以備用主機續用,若有當機情事,則以人工去電該處士兵協助處理。</li> <li>3. 現場討論後,獲得盡快檢修原主機並重回現場更換之處理結論。</li> <li>4. 僅能暫時確認功能正常後離開。</li> </ol>
4/10	師大:盧鴻復 海象中心:麥如俊	<ol> <li>海象中心表示承辦人能共同參與進行一次現場維修工作。</li> <li>此次收到主機後,便立即前往台東成功進行更換備用主機工作,另順便更換資料硬碟。</li> <li>當日與海象中心麥先生約定松山機場,搭乘飛機前往台東。</li> <li>至台東成功後,先簡述今日的維護工作流程,後便依原訂流程先後前往成功氣象站與雷達所在處。</li> <li>在雷達機器現場將備用主機換下,換上原控制主機,並更換資料硬碟取回雷達觀測資料。</li> <li>經過檢測系統與通訊能力正常後,便依正常程序離開。</li> <li>將備用主機於成功直接寄送回鎮儀進行檢修。</li> </ol>

日期	人員	工作內容
5/29	師大:盧鴻復 吳世平 海象中心:徐主任	<ol> <li>進行定期維護工作,包括檢修電腦系統、更換儲存硬碟。</li> <li>重新開機後進行檢測工作,確定系統與通訊正常運作。</li> <li>配合徐主任行程,於雷達現場支援解說系統工作。雷達遙測系統整體作業獲得東巡局龔局長肯定。</li> </ol>
8/22	師大:盧鴻復 陳柏宇	<ol> <li>雷達疑因受聖帕颱風過境而受損,無法正常作業;至現場檢查後,外觀雖無明顯受損,但仍無正常操作, 目前已聯絡廠商維修。</li> <li>更換儲存硬碟。</li> </ol>
9/19	師大:陳柏宇	<ol> <li>1. 廠商檢測後回報,疑是 PCI 資料擷取卡與主機板間接觸不良,以致系統無法正常運作。</li> <li>2. 現場初步清潔控制主機內部,並將 PCI 資料擷取卡取下再重新裝上,重新開機後系統即可正常運作。</li> <li>3. 檢測此次攜帶的備用控制主機、新 cable 傳輸線能否正常運作。</li> <li>4. 換回原本的控制主機及 cable 傳輸線,重新啟動後卻無法正常開機,將此控制主機帶回以進一步檢修。</li> <li>5. 換上備用控制主機,並設定好通訊連線,確認系統可正常運作後離開。</li> </ol>
10/04		<ol> <li>雷達資料從9/30上午9點多後就無資料,因哨所供電系統跳電後導致控制電腦主機關閉,推測可能是 UPS的電池老舊蓄電量不足所致。</li> <li>聯絡哨所人員重新啟動電腦後可正常運作。</li> </ol>
10/11	師大:陳柏宇	<ol> <li>雷達資料從10/08上午1點多後就無資料,從遠端監控電腦上顯示"無法啟動雷達電源",推測可能是 cable 傳輸線與控制主機連結鬆脫;至現場確認連結後並重新啟動控制主機後,即恢復正常運作。</li> <li>確認控制主機已設定好自動回電功能(即若斷電後恢復供電,主機能自動啟動電源)。</li> <li>檢測 UPS 是否能正常運作,並模擬跳電情形,確定在跳電或短暫斷電時,控制主機能繼續運作。</li> </ol>
11/08	師大:陳柏宇	1. 備份 C 槽中的 hoping 資料夾,並帶回。 2. 更換儲存硬碟。