MOTC-CWB-95-O-02

地面海象遙測技術之研發(2/3)

Development of the Land-based Radar Remote Sensing Technology on Surface Current and Wave (2/3)

研發單位：中華民國地球科學學會
執行機關：交通部中央氣象局
海 象 測 報 中 心

Implementing Agency : Chinese Geoscience Union
Executing Agency : Marine Meteorology Center
Central Weather Bureau
Ministry of Transportation and Communications
Republic of China

中華民國 **95** 年 **12** 月 **31** 日
December 31, 2006

MOTC-CWB-95-0-02

地面海象遙測技術之研發(2/3)

著者：吳朝榮、楊穎堅、盧鴻復

執行單位：中華民國地球科學學會

委託機關：交 通 部 中 央 氣 象 局

中華民國 95 年 12 月 31 日

交通部中央氣象局委託研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱：地面海象遙測技術之研發(2/3)</td></tr>
<tr><td>國際標準書號(或叢刊書)</td><td colspan="2">政府出版品統一編號</td><td>計畫編號</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2"></td><td>MOTC-CWB-95-O-02</td></tr>
<tr><td rowspan="6">主管：徐月娟
聯絡電話：02-23491190
傳真號碼：02-23491199
e-mail：glory@cwb.gov.tw

承辦人：麥如俊
聯絡電話：02-23491198
傳真號碼：02-23491199
e-mail：mayrj@mmcm.cwb.gov.tw</td><td colspan="2" rowspan="6">研究單位：國立臺灣師範大學
地球科學系
計畫主持人：吳朝榮
聯絡電話：02-29347120＃16
傳真號碼：02-2933-3315
e-mail：cwu@ntnu.edu.tw
研究人員：吳朝榮、楊穎堅、盧鴻復、辛宜佳、陳琬婷、江紫綾、蔡沛紋
通信地址：台北市文山區汀州路
四段 88 號
聯絡電話：02-29347120</td><td>其他參與合作之研究團隊</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td>研究期間</td></tr>
<tr><td>95 年 3 月 1 日至
95 年 12 月 31 日</td></tr>
<tr><td>研究經費</td></tr>
<tr><td>參佰陸拾參萬</td></tr>
<tr><td colspan="4">關鍵詞：海象資訊、雷達遙測、CODAR、ROCOS、資料同化海洋模式</td></tr>
</table>

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，海巡署所轄之基翬安檢所美山分離哨。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
94 年 12 月	75		

機密等級：

☐限閱☐密☐機密☐極機密☐絕對機密

(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

<table>
<tr><td colspan="4">TITLE：Development of the land-based radar remote sensing technology on surface current and wave (2/3)</td></tr>
<tr><td colspan="2">ISBN(OR ISSN)</td><td>GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER</td><td>PROJECT NUMBER</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td><td>MOTC-CWB-94-O-02</td></tr>
<tr><td colspan="2">DIRECTOR GENERAL：Yueh-Jiuan G. Hsu
PHONE：02-23491190
FAX：02-23491199
E-MAIL：glory@cwb.gov.tw

SPONSOR STAFF：R. J., May
PHONE：02-23491198
FAX：02-23491199
E-MAIL：mayrj@mmcm.gov.tw</td><td colspan="2">RESEARCH AGENCY：National Taiwan Normal University/ Department of Earth Sciences
PRINCIPAL INVESTIGATOR：Chau-Ron Wu
PHONE：886-2-29347120#16
FAX：886-2-29333315
E-MAIL：cwu@ntnu.edu.tw
PROJECT STAFF：Chau-Ron Wu, Y. J. Yang, H.F Lu
Y. C. Hsin, W. T. Chen, T. L. Chiang, P. W. Tsai ,
ADDRESS：No.88, Sec. 4, Tingzhou Rd., Wenshan District, Taipei City 116, Taiwan (R.O.C.)
PHONE：886-2-29347120</td></tr>
<tr><td>PROJECT PERIOD</td><td>2006.3.01~2006.12.31</td><td>PROJECT BUDGET</td><td>3,630,000</td></tr>
<tr><td colspan="4">KEY WORDS：Marine meteorology information, Radar remote sensing, ROCOS, CODAR, Data assimilation ocean model</td></tr>
</table>

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
Dec.2006	75		☐SECRET ☐CONFIDENTIAL ☑UNCLASSIFIED

交通部中央氣象局95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(2/3)

審議編號：		部會署原計畫編號：	MOTC-CWB-95-O-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：	95年3月1日至95年12月31日		
經費：(全程)	元	經費(年度)	3630仟元

執行情形：

1.執行進度：

	預定（%）	實際（%）	比較（%）
當年	50	50	
全程			

2.經費支用：

	預定	實際	支用率（%）
當年	3630000	3630000	100
全程			

3.主要執行成果：

1.收集現場觀測資料，計算雷達波譜轉移函數。

2.收集現場觀測資料，使用統計方法計算率定曲線與率定公式。

3.資料同化海流數值模式之研究與發展。

4.海象遙測展示系統網站可提供資料展示與下載功能。

5.維護遙測系統之人力與軟硬體成本評估

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

目錄

圖目錄

表目錄

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，海巡署所轄之基翬安檢所美山分離哨。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。

交通部中央氣象局委託研究計畫 95 年度期末簡報內容重點表

計畫名稱：地面海象遙測技術之研發(2/3)

（一） 年度計畫預定與實際工作內容比較

預期成果工作項目		
預定工作內容	實際工作內容	差異說明
1.建立波浪率定曲線	估算轉移函數 建立率定曲線與公式	無
2 維護海洋遙測系統	定期前往回收硬碟 不定期前往故障查修 評估維護成本與人力	
3.資料同化模式	選定資料同化方法 資料同化方法測試	
4.整合海象資料進入海象監測網	建立資料品管方法 定時匯入海象監測網	

（二） 成果運用情形：

計畫之貢獻

1. 蒐集與評估海象遙測系統相關研究。
2. 作業化與通訊連線海象遙測系統。
3. 建立 CODAR 資料處理與軟體。
4. 蒐集與評估資料同化技術相關研究。
5. 微波雷達系統資料之收集與分析。
6. 建立波浪率定曲線。
7. 以現場觀測資料驗證海象遙測系統結果。
8. 研究發展遙測資料同化海流數值模式。

計畫之影響

1.建立海象遙測技術示範站點，提供遙測技術持續研究。
2.制定海象遙測資料與影像標準，統整國內現行遙測技術。
3.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。
4.建立遙測資料同化數值海象現報模式，供給產、官、學各界多方面使用。
5.提升我國遙測技術及遙測資料應用能力。

（三） 資源運用探討

1. 經費：

本計畫九十四年度預算經費為3630千元，預計實際支用3630千元，預計支用比率100%。

2. 人力：

(1). 人力運用量

研究人員級職分佈	主持人	副主持人	專任研究助理	兼任研究助理	臨時雇工	合計
預定投入計畫人力（人/月）	1	1	2	4	2 （50天）	8 （不含臨時雇工）
實際投入計畫人力（人/月）	1	1	2	4	2 （50天）	8 （不含臨時雇工）

(2). 人力運用素質

研究人員級職分佈	博士	碩士	學士	其他 (臨時雇工)	合計	專長分佈及質之控制效果
預定投入計畫人力(人/月)	2	3	3	2 (50天)	8 (不含臨時雇工)	海洋科學
實際投入計畫人力(人/月)	2	3	3	2 (50天)	8 (不含臨時雇工)	對計畫達成度影響： 無影響

（四） 計畫之執行困難及其建議

無

研究計畫委託工作事項及驗收標準提示表

工作項目	驗收標準	內容提示
1.建立海象遙測系統作業化軟硬體架構。	台東成功微波雷達遙測波浪站系統： 1. 建置長期電力及電信固網供應系統。 2. 建置海象遙測系統保安設施。 3. 於本局設置雷達測波監測站遠端監控中心。 4. 遠端監控中心可即時收集、分析雷達測波資料與影像。 5. 協助提出遙測站長期運作之租購方案。	1.p.12。 2.p.10～p.11。 3.p.12 4.p.12 5.p.52,p.53
2.整合海象遙測資料進入中央氣象局海象監測網。	1. 建立海象遙測資料品質管制方法。 2. 根據品管規則，建立資料處理程序與程式。 3. 95年第2季前完成自動化即時雷達測波影像及雷達測波數據標準化資料（包含原始及品管後資料）即時匯入本局指定電腦中，供海象監測網使用（資料格式由本局指定）。 4. 完成CODAR測試資料標準化輸出，並能將測試資料匯入本局海象測報中心資料庫。 5. 整理94及95年度波浪遙測資料，製作報表及光碟片。	1.p.21,p.31 2.p.20,p.21 3.p.12 4. p.31,p.33,p.34（期中報告） 5.p.12
3.建立波浪遙測率定曲線及驗證海象遙測系統結果。	1. 比對本局台東成功浮球波浪站實測資料，利用統計方法計算、分析微波雷達遙測系統結果及建立率定關係式。 2. 比較不同率定（迴歸）模式之優劣，決定最佳率定曲線。	1.p.20,p.21 2.p.21
4.定期維護海象遙測系統(異常情況發生時，於10日內完成維修)。	1. 定期派遣人員維護遙測系統硬體設施。 2. 定期進行維護、檢查等工作報表彙整並紀錄歸檔。	1.p.12 2.p.12

5.建置海象遙測資料展示網站並測試完成。	1. 95年第3季前建立海象遙測系統展示網站於本局電腦系統，修改系統手冊及操作手冊。 2. 建立網站對話互動介面。 3. 建立海象遙測資料展示與下載功能。	1.p.44～p.46 2.p.45 3.p.45
6.建置中範圍海流數值模式並作業化測試完成。	1. 95年4月前建置中範圍海流數值模式(19ºN~29ºN及110ºE~129ºE)於本局叢集電腦，採用中央氣象局大氣模式之海面風場(MC)並作業化測試完成，協助本局撰寫操作手冊，含模式輸入輸出參數及基本架構說明。 2. 模式輸出包括σ層和固定水深（公尺）之U、V流場、鹽度、水溫及海表面高度資料。 3. 本局能自由選擇模式輸出間隔時間（6小時或更短)。 4. 模式輸出結果須在本局W4（walrus4.mmc.cwb)電腦上執行後續處理，協助將模式輸出結果轉成圖檔及文字檔，建立模式輸出資料處理程序與程式，並附相關程序原始碼及操作手冊。	1.p.39～p.47(期中報告) 2.p.40～p.44(期中報告) 3.p.45(期中報告) 4.p.53～p.63(期中報告)
7.研究發展遙測資料同化海流數值模式（1/2)。	1.根據先前所蒐集之資料,選定合適之資料同化方法。 2.測試POM海洋模式與資料同化方法。	1.p.35～p.39 2.p.38～p.43
8.建立準確可信之海流現報模式（1/2)。	建置實測資料驗證經資料同化之海流模式。	p.38~p.39

第一章　前言

1.1 計畫緣起

台灣周遭區域海氣象環境複雜，民眾生活與周遭海域息息相關，人民與政府對於周邊海洋環境的瞭解求之若渴。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。

海洋遙測技術的發展，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周遭海域的數值模擬，可以增進

海象預報的準確度。此研發計畫可提昇我國海象測報能力以及掌握台灣周遭海域的海象特性。

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，建立資料傳輸架構，並整合至中央氣象局海象監測網；海面流況遙測研究目標為研究 CODAR 雷達流速遙測資料，制定遙測資料輸出格式之標準化規格。

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 系統之資料結構等特性，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，並根據台灣周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。

本年度亦持續進行雷達遙測，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昇。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，對於分析整體台灣周遭海域極有幫助。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） 提昇我國遙測技術及遙測資料應用能力。

第二章　雷達測波系統之現況

2.1 ROCOS 雷達測波系統簡介

本計畫採用台灣大學海洋研究所自行研發之 ROCOS（Radar Ocean Climate Observation System）雷達測波系統進行波浪調查，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，觀測所得資料並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、估求海面粗糙度分布，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、以及一組台灣大學海洋研究所自行設計製作的控制電路等三大部分（規格如表一)，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、雷達掃測一週之平均時間。

2.2 雷達測波站之維護與現況

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周遭海域波浪變化，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，一般以掌握當地波浪特性為主要目的。

台東成功地區具有上述多項優點，適合本計畫執行海面遙

測。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闡安檢所頂樓。

海象遙測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。

去年由於受到美山巡邏站該處士兵屢次不當使用控制電腦，導致系統當機連連，喪失許多寶貴資料，經多重管道宣導亦無明顯改善，此一問題最後竟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之後，考量硬體限制與管理優勢等因素，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。因此於今年（2006年）一月十八日，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、規劃建築物形式與線路佈設路徑之後，便將主機與連接纜線遷移至一樓室內完成搬遷工作。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 2-1 為雷達主機現況照片（含螢幕、鍵盤、滑鼠))

本年度在進行主機遷移工作之後，到目前為止，除兩次該哨所電信施工與颱風停電導致系統停擺之外，去年經常發生之人為因素干擾事件，則未再發生。歸結其原因，將控制主機遷移至明顯可見處，並且拆除電腦螢幕、滑鼠及鍵盤為主要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參考。

2.3 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與中央氣象局之遠端監控中心。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，上架設 FTP 伺服器以便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分離哨現場進行資料備份與更換儲存媒體等工作，事後並填寫工作紀錄。回收之資料經整理後製作報表以及燒錄成光碟存檔二份，一由本計畫收存，另一交中央氣象局海象中心。

雷達測站藉助網路科技的蓬勃發展，目前利用乙太網路介面，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，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（圖 2-2、圖 2-3 分別為 Windows 系統與 Linux 之 VNC 連接情況）。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。

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 2-1

雷達監控主機現況照片

(美山分離哨站屋一樓)

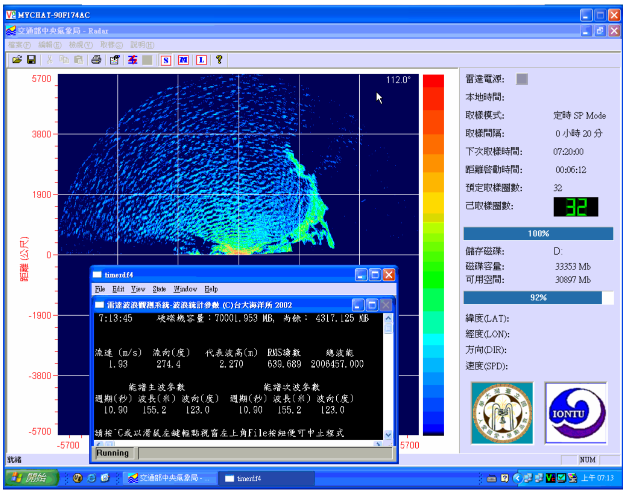

圖 2-2

雷達監控主機遠端遙控畫面

(Windows 系統)

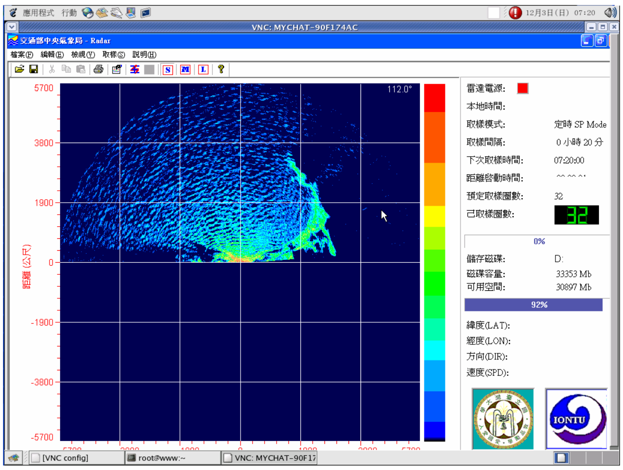

圖 2-3

雷達監控主機遠端遙控畫面

(Linux 系統)

第三章　轉移函數之建立與修正

3.1 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^{-1})。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，藉由計算實際的波浪資料能譜並與雷達影像能譜進行相互比較變可以得到在不同頻率域或波數域上兩者的關係，這也就是我們所需要的轉移函數。

3.2 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 張海面雷達回波影像。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。我們擷取空間上 128*128 點

(1.92km*1.92km)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，速度為 2.56Hz。圖 3-1 展示雷達的掃測範圍與氣象局浮球波浪儀的相對位置圖。

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 多分鐘。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（$\omega^2=g*k*\tanh(k*h)$，ω：頻率，g：重力加速度，k：波數，h：水深）與當地水深(此處採用浮球資料檔頭中設定的水深值 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_B)。另一方面，則是計算雷達測波的波譜。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，之後再將三維雷達頻率能譜去除直流頻率後對頻率

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($T^{-1}(k)$)，如圖 3-2 所示，共有 67 筆資料所繪製而成。圖 3-2 中藍色線共表示 67 組雷達與浮球計算出之轉移函數，而粗紅線則代表 67 條轉移函數的平均值，就形狀上來看與過去的研究大致符合，惟 67 組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，因此我們利用兩段式的曲線來近似此轉移函數。過去雖然採用三段式的曲線，然由於過去的轉移函數轉折明顯，而我們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，亦稱合理。我們以波數 k＝0.007(1/m)為分界：低波數部份，對數座標上的斜率是 3.8388；其他部份則是 0.077702。此一調配出來的轉移

函數，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。

3.3 率定曲線之建立

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)就則會與波高成正比。最後再將 Rs 與實測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。

我們以不同期間，利用不同冪次的迴歸公式，求取較佳的率定公式，包括直線函數、拋物線函數、三次項函數。圖 3-5-(a~c)分別為 2005 年 11 月、12 月、11 月合併 12 月資料所得出之率定公式，每張圖中，各有一次、二次、三次的迴歸曲線與公式。其中 11 月可以見到在 Rs 小於 50 的範圍中，雷達對於大浪以及小絡並無法分辨出來。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。而 12 月則相對比較好，但是點距也比較分散，這可能是轉移函數人工調配的不好，也可能是頻率與波數的離散喇叭凹面上選取的寬度不足，使得漏失太多原本應該是屬於波浪的能量，以至於對 Rs 值對波高的反應未呈現明顯的正相關；也可能是當初選取的波高還是太高，使得轉移函數不具有一般波浪代表性。

總之，除了 11、12 月以外，其他的月份 Rs 與 Hs 的關係並不好。因此，我們只能主觀地將 11 月、12 月的資料合併後，再加以迴歸，得到圖 3-5-(c)。雖然在低 Rs 區段仍有資料垂直分布的問題，但整體來看，三次的迴歸曲線仍算擬合得不錯，約在波高大於 1.5 公尺以上，呈現不錯的相關，加上資料點多達一千多點，應具有足夠的代表性。

而後將所收集之遙測資料利用率定函數加以轉換成波高估算值，並與實測波浪資料比對。圖 3-6-(a-k)為 2005 年 9 月到今年 8 月(不含 2006/05，此段時間下稱「過去一年」)逐時的波高比對圖，我們可以發現的確在波高較小時，雷達的資料品質並不夠良好，雷達測波的波高也很難小於 1 公尺。因此，新的轉移函數尚有需要調整之處，方能獲得較佳的雷達測波資料。

在資料品管方面，我們可以將雷達測波的估算值，與實測的

浪高資料再進行迴歸，以將雷達測波的估算值與實測波高取得統計上之關係。圖 3-7-(a)為「過去一年」浮球資料與波高估算值之點聚圖，圖 3-7-(b)為「過去一年」波高估算值大於 1.2 公尺與相對應浮球資料之點聚圖。由於先前提到，我們的轉移函數並未臻完善，因此對應在實測資料的比對上會產生較大誤差。因此我們從圖 3-7-(a)來看可以發現波高估算值大約以 1.2 公尺作為分界點，有兩種不同的對應關係。所以我們將波高估算值小於 1.2 公尺與相對應的實測資料消去，並化成點聚圖(圖 3-7-(b))，並以此結果暫時作為資料品管的公式，希望未來能夠改進相關之轉換方法與估算公式，以獲得更好的關係。

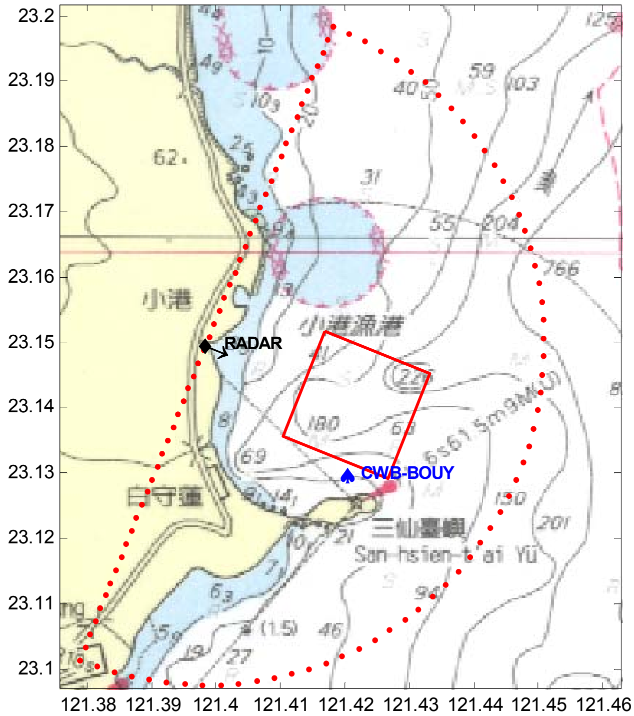

圖 3-1　雷達範圍與浮球波浪儀位置圖

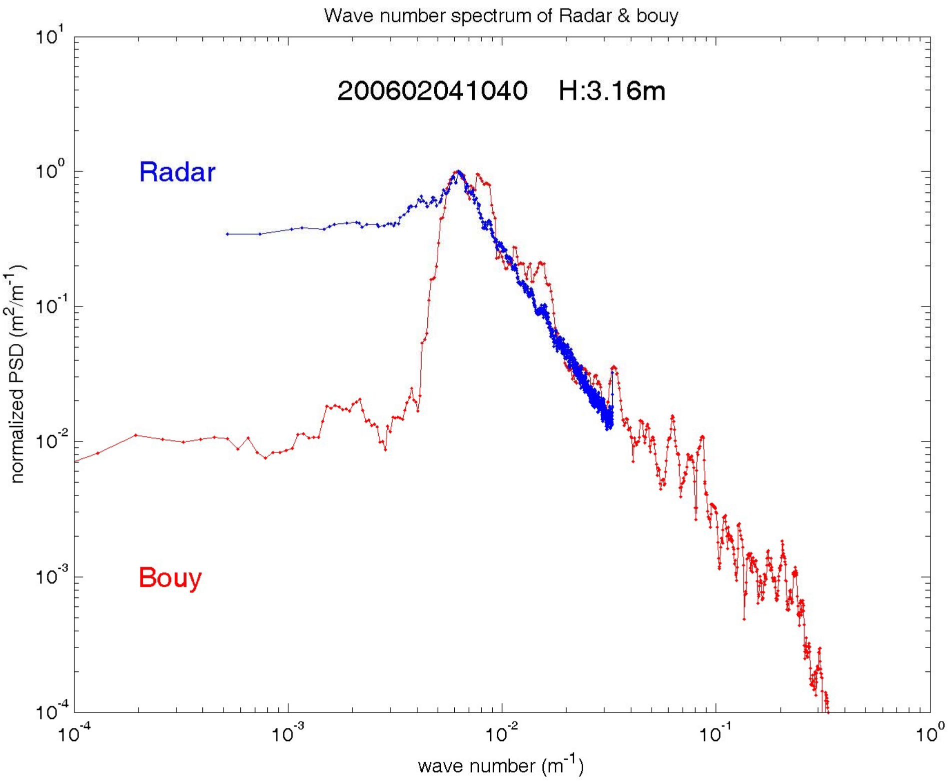

圖 3-2 典型雷達與浮球波數能譜

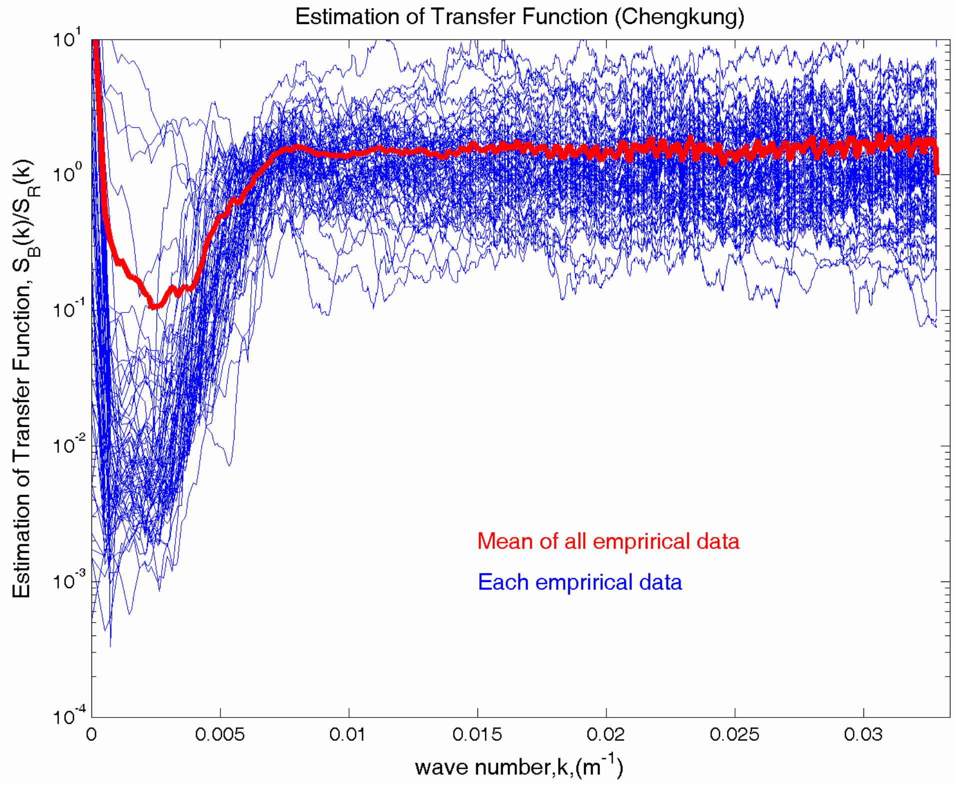

圖 3-3 轉移函數估算圖

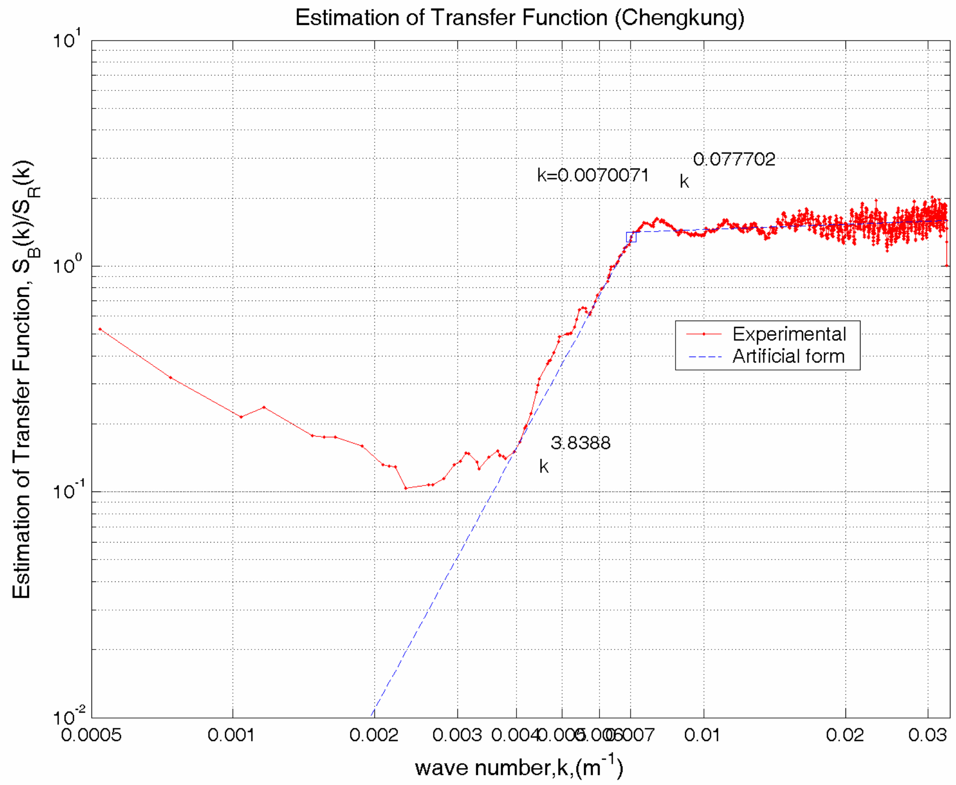

圖 3-4　實驗性與人工調配轉移函數圖

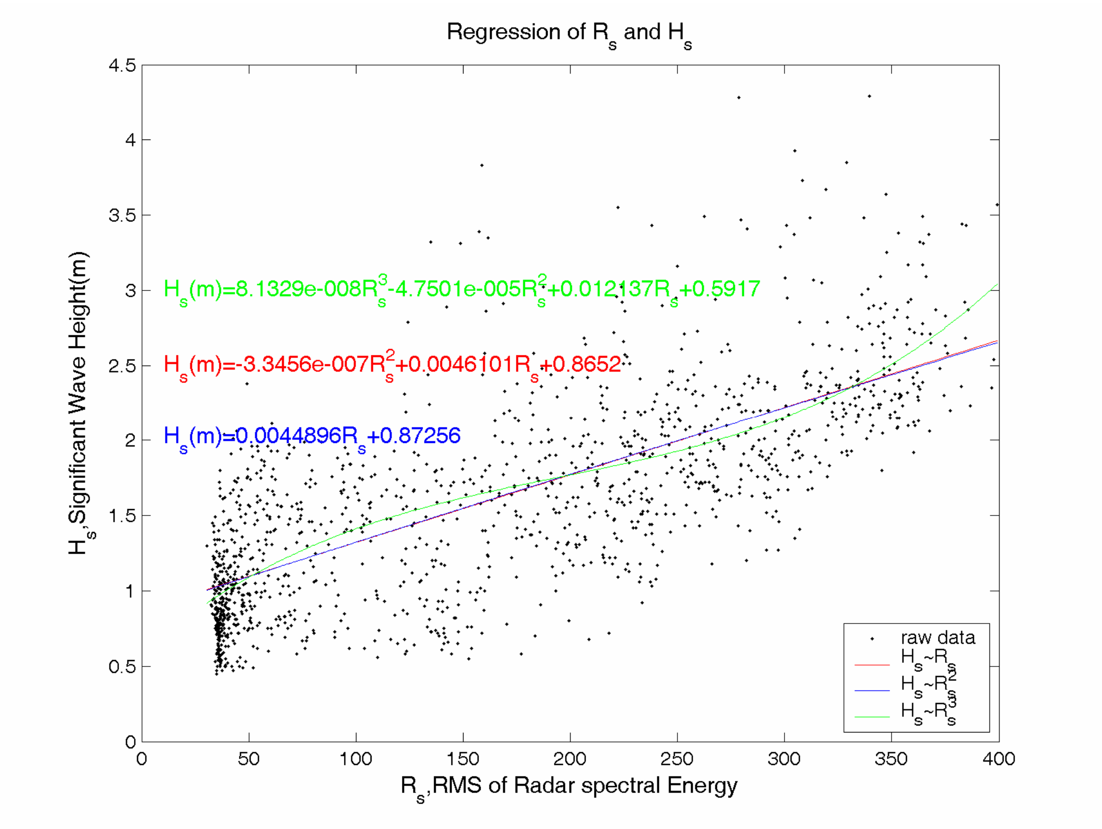

圖 3-5-(a) 2005 年 11 月之率定公式

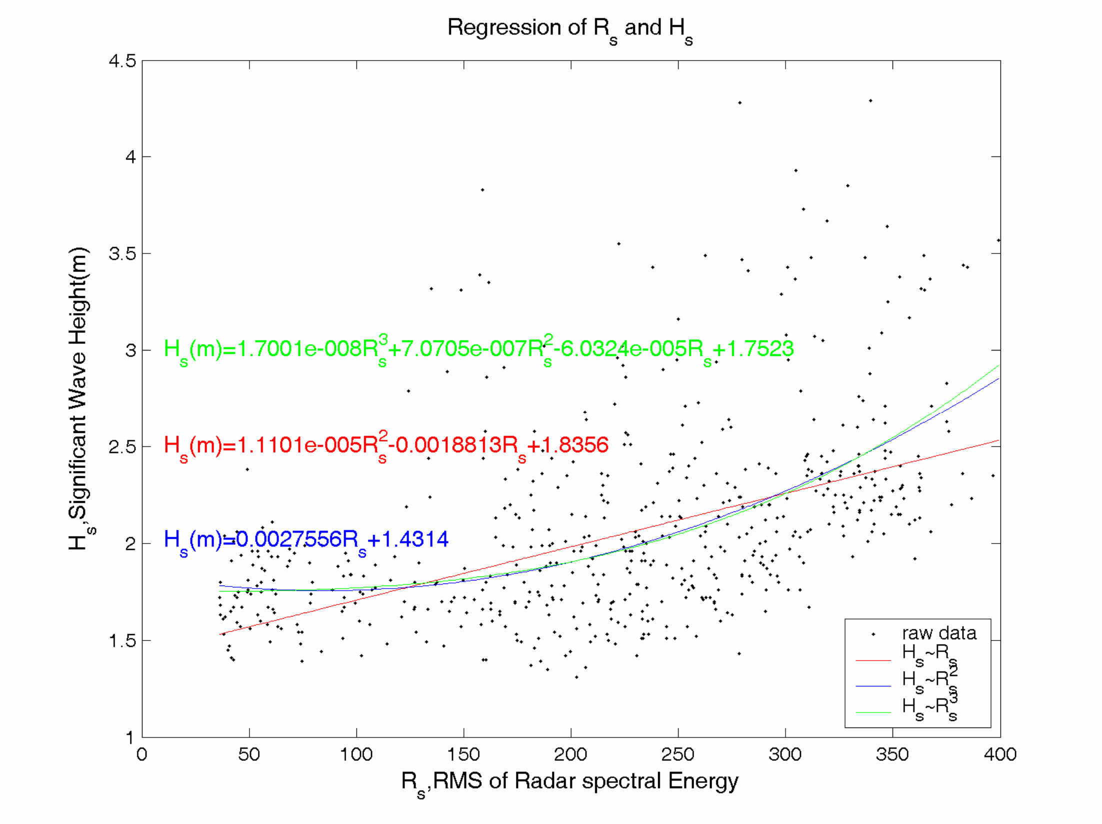

圖 3-5-(b) 2005 年 12 月之率定公式

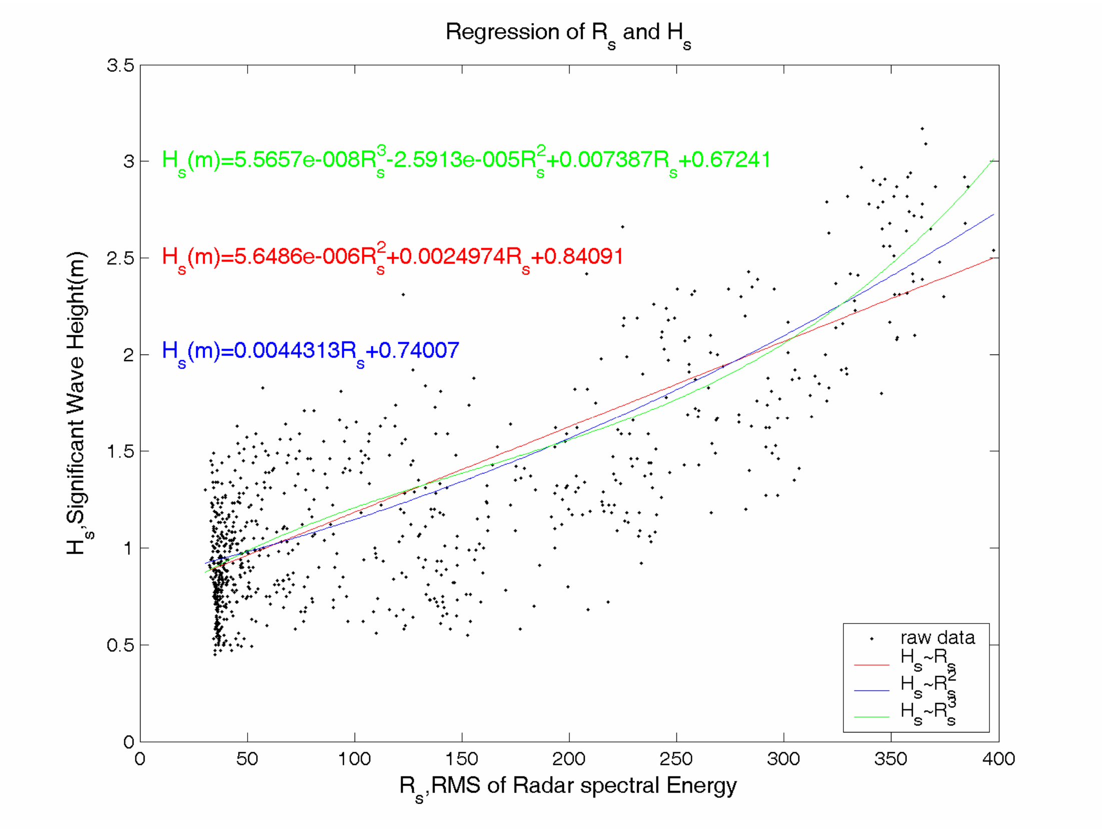

圖 3-5-(c)　2005 年 11、12 月合併資料之率定公式

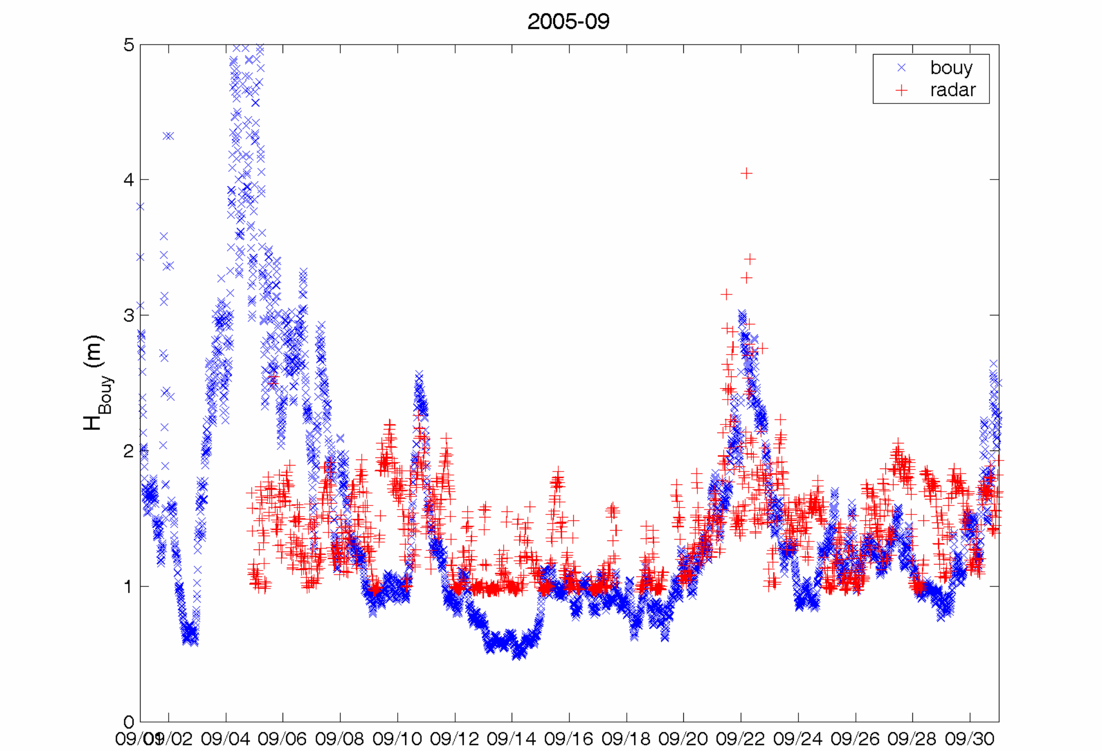

圖 3-6-(a)　經率定之雷達波高時序圖(2005/09)

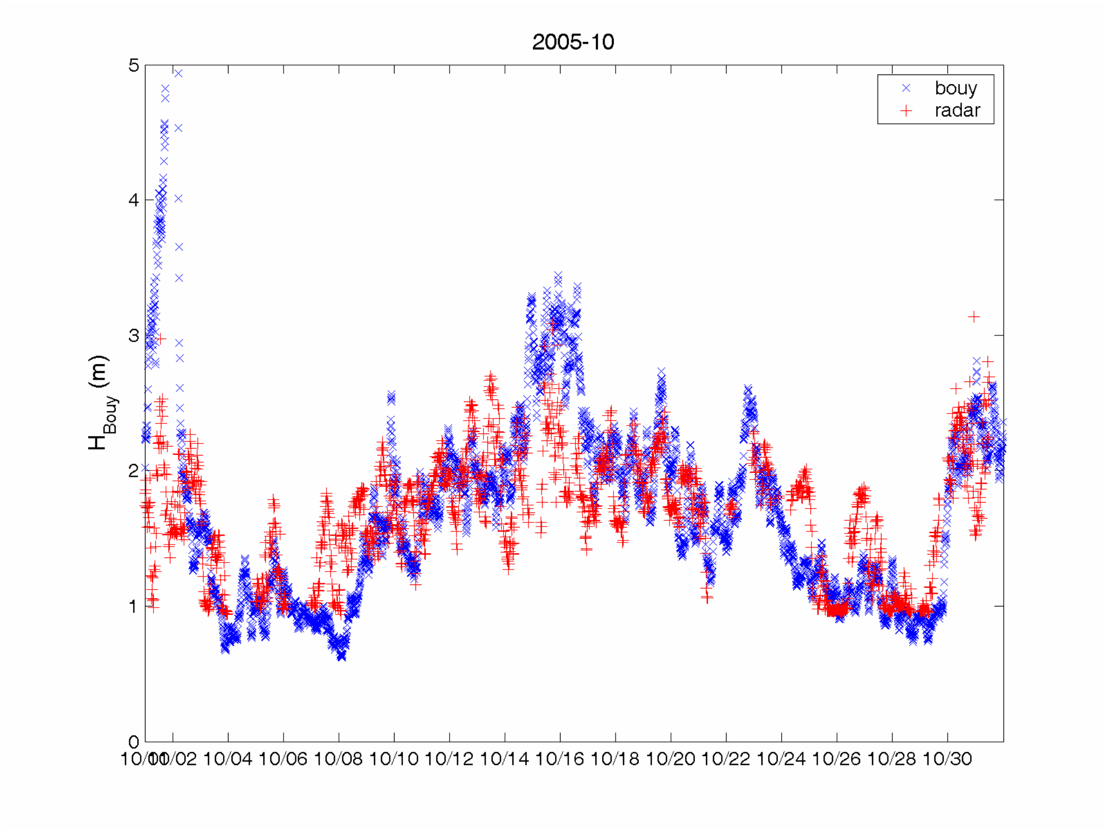

圖 3-6-(b)　經率定之雷達波高時序圖(2005/10)

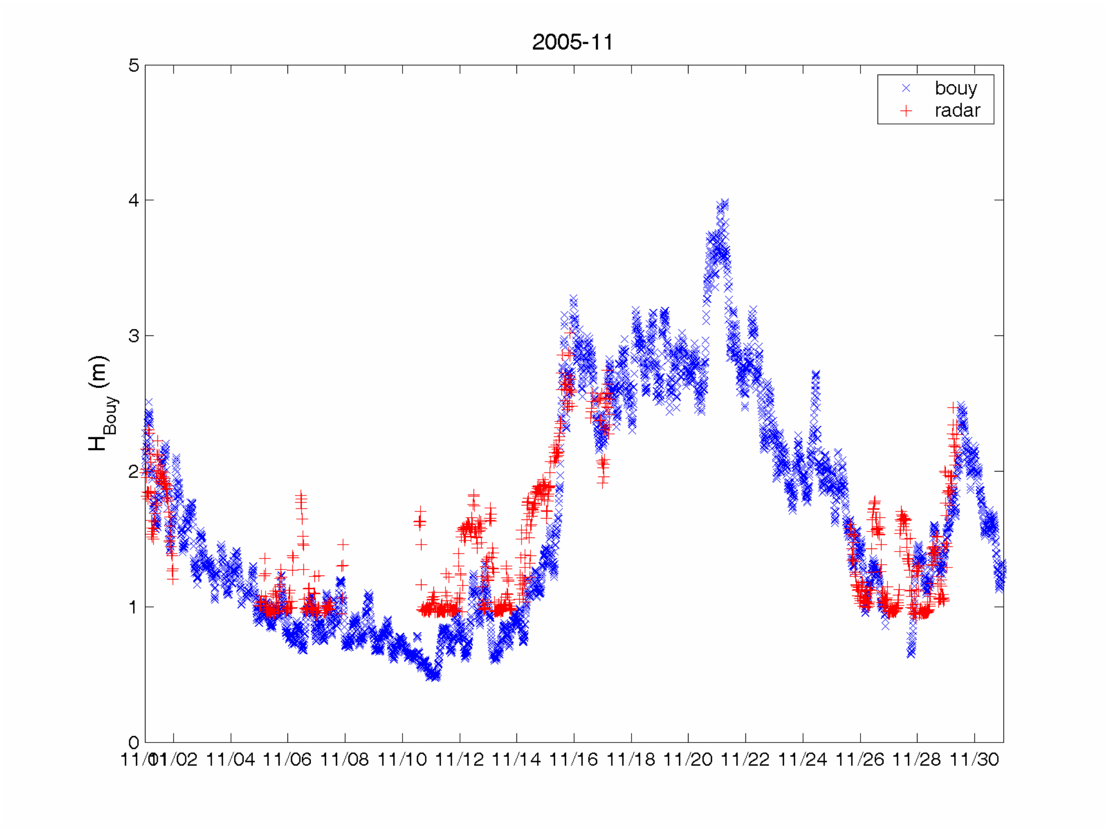

圖 3-6-(c)　經率定之雷達波高時序圖(2005/11)

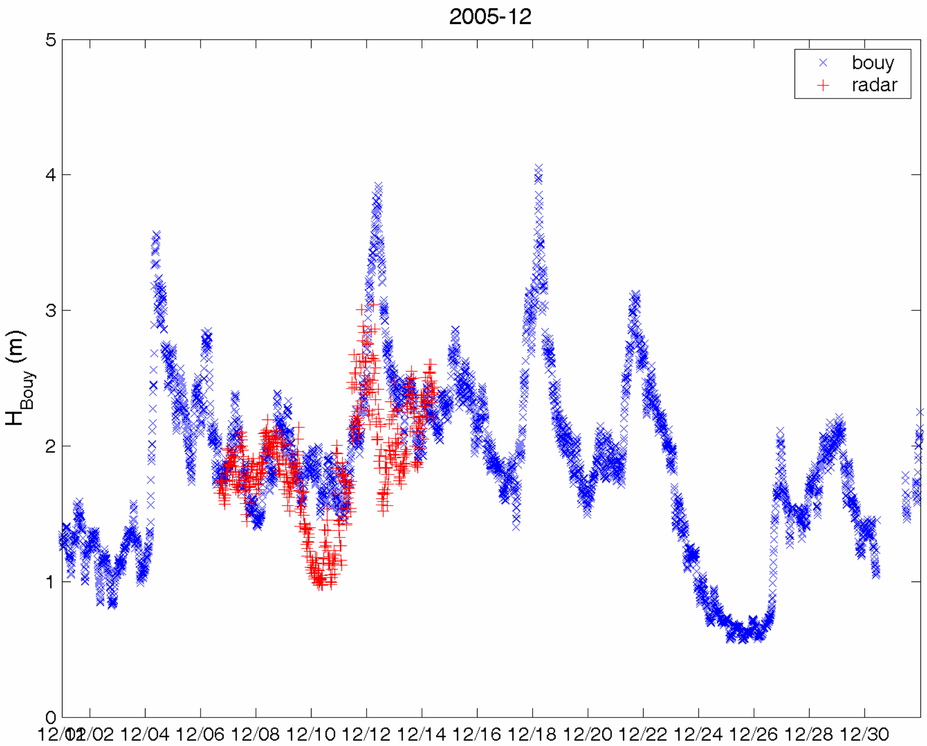

圖 3-6-(d)　經率定之雷達波高時序圖(2005/12)

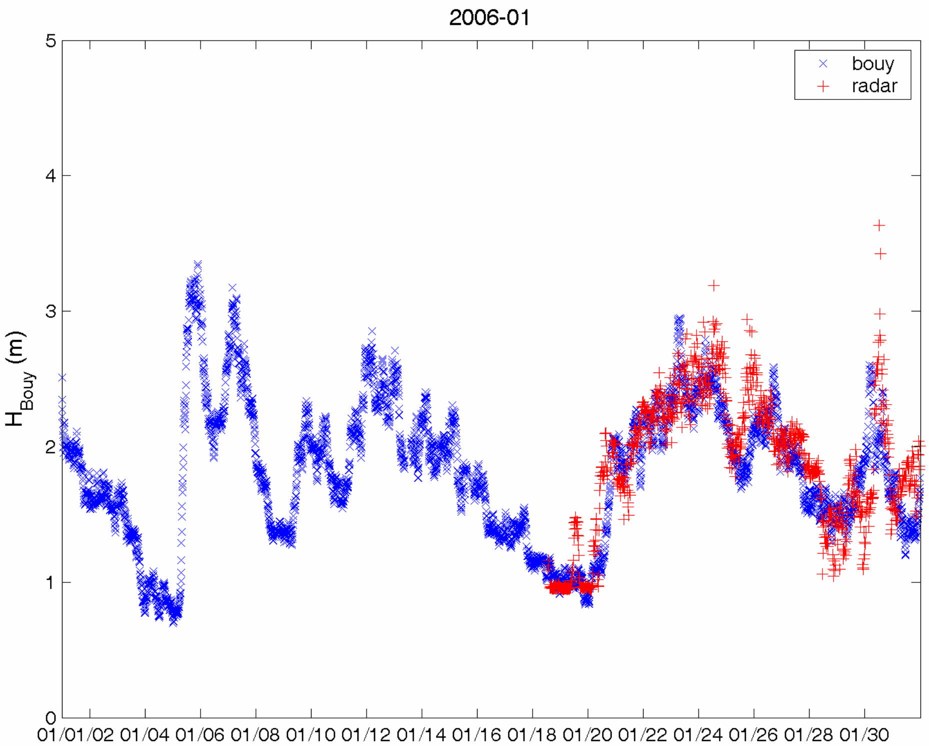

圖 3-6-(e)　經率定之雷達波高時序圖(2006/01)

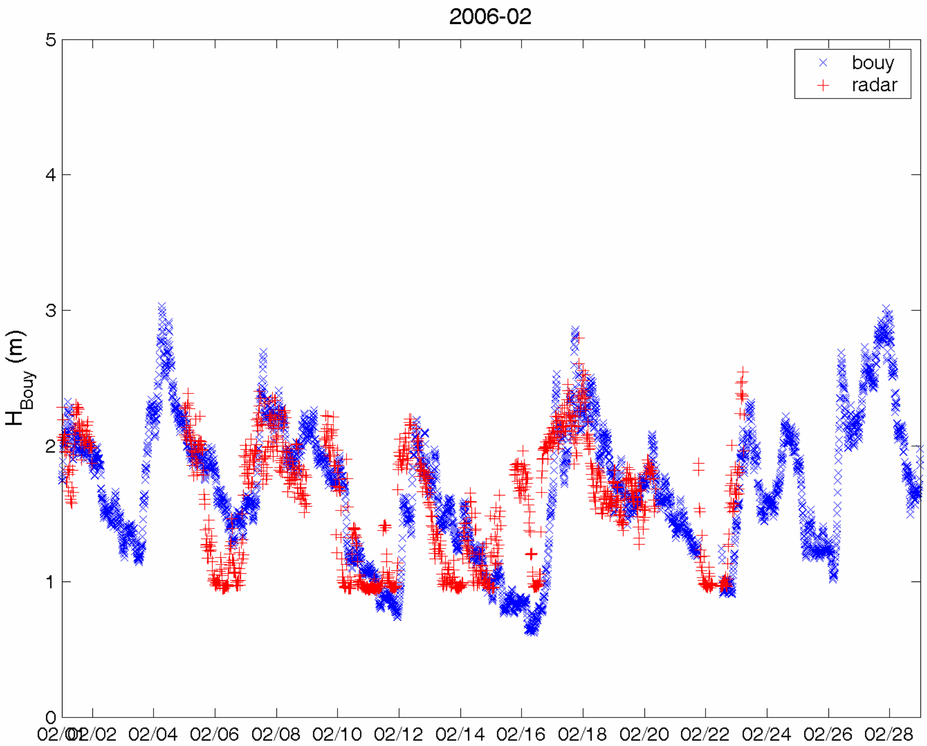

圖 3-6-(f)　經率定之雷達波高時序圖(2006/02)

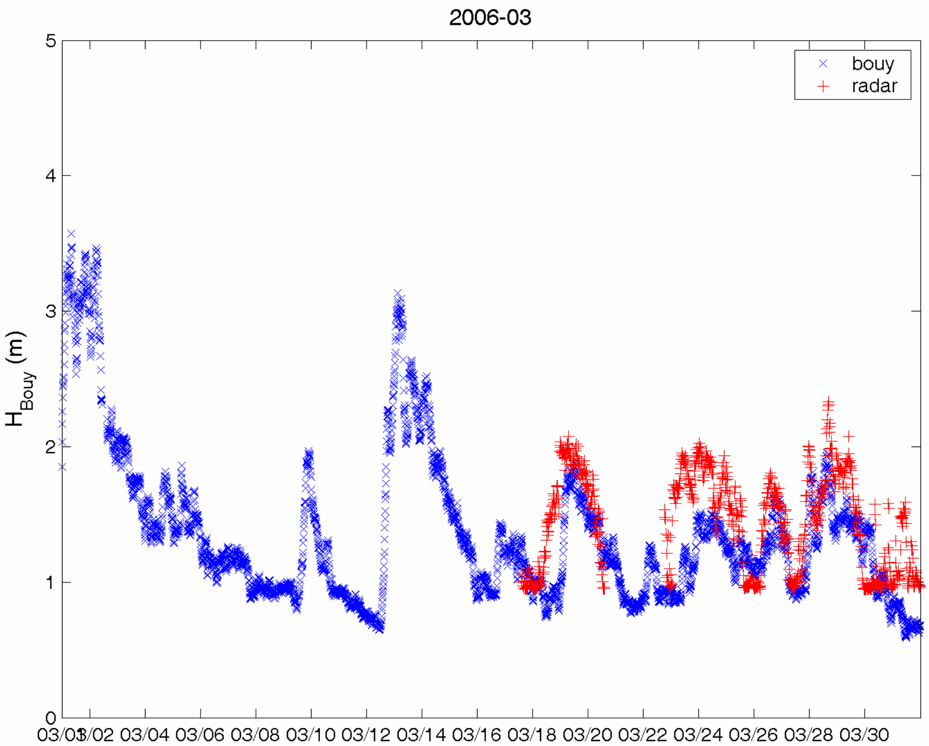

圖 3-6-(g)　經率定之雷達波高時序圖(2006/03)

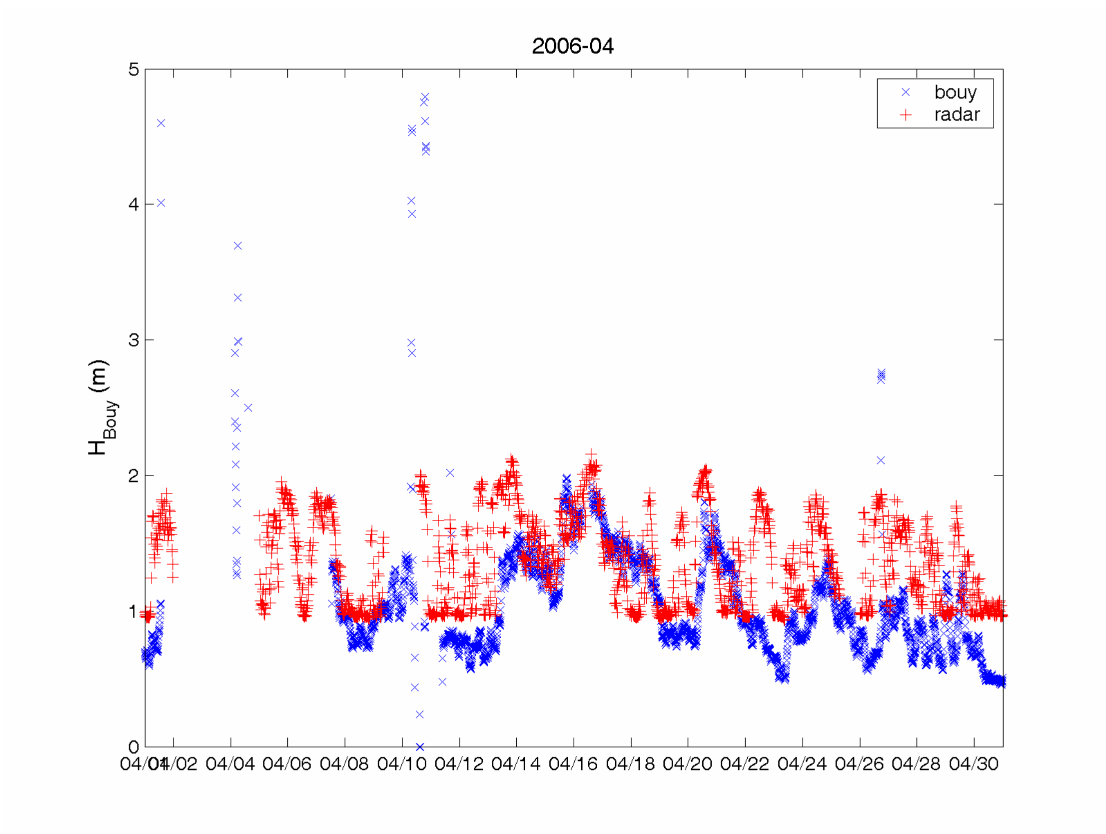

圖 3-6-(h)　經率定之雷達波高時序圖(2006/04)

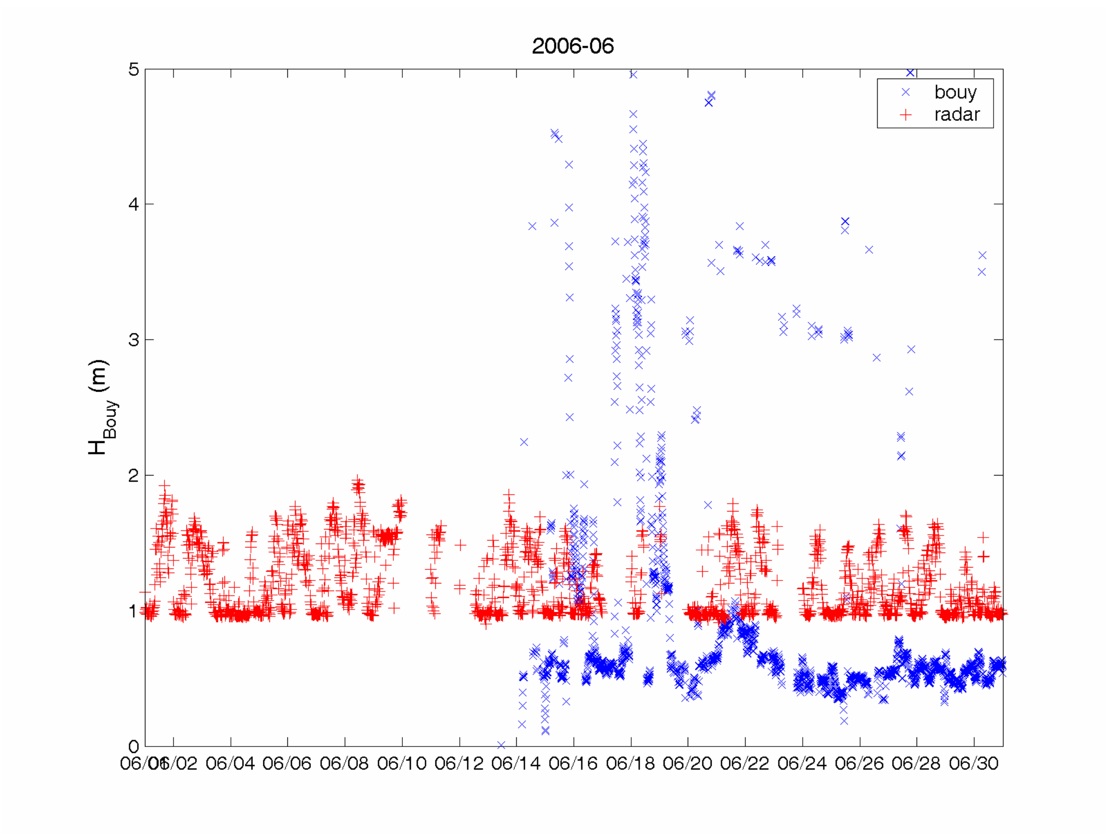

圖 3-6-(i)　經率定之雷達波高時序圖(2006/06)

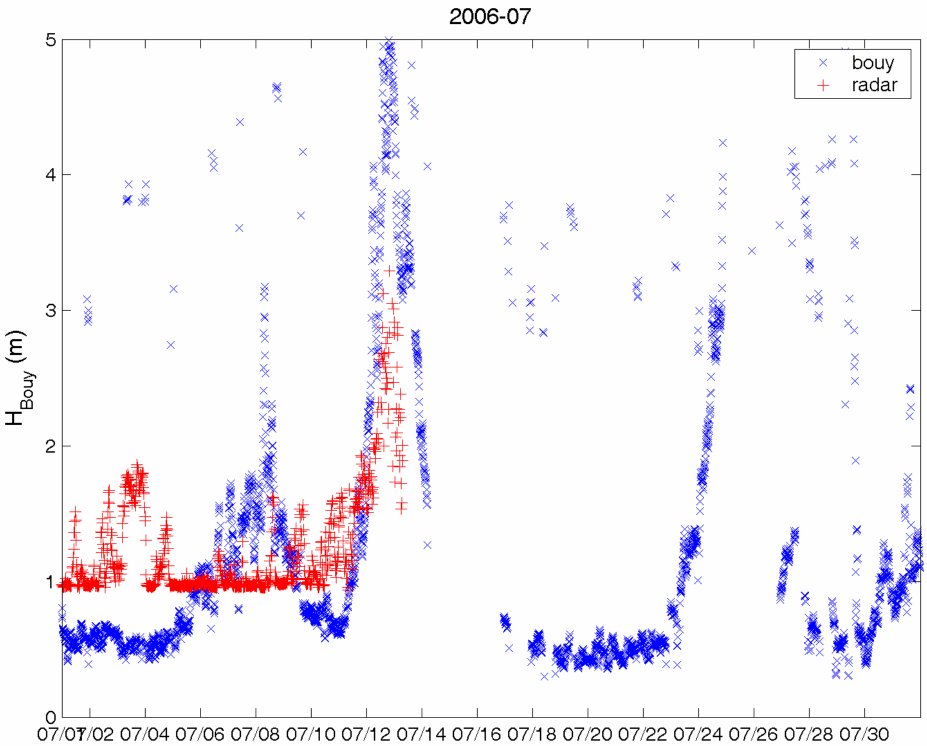

圖 3-6-(j)　經率定之雷達波高時序圖(2006/07)

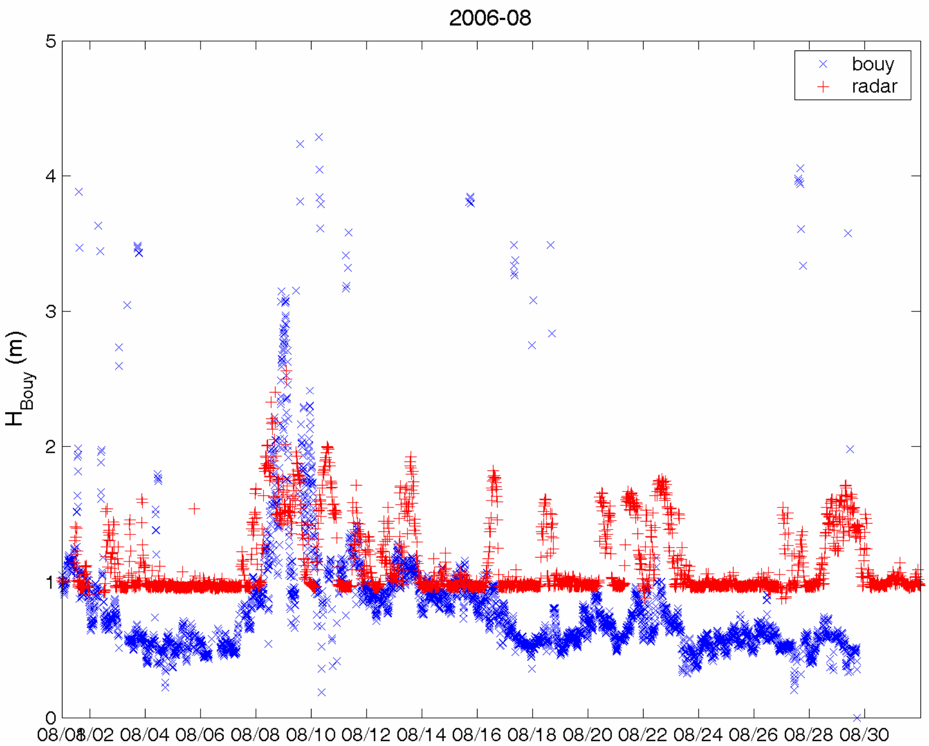

圖 3-6-(k)　經率定之雷達波高時序圖(2006/07)

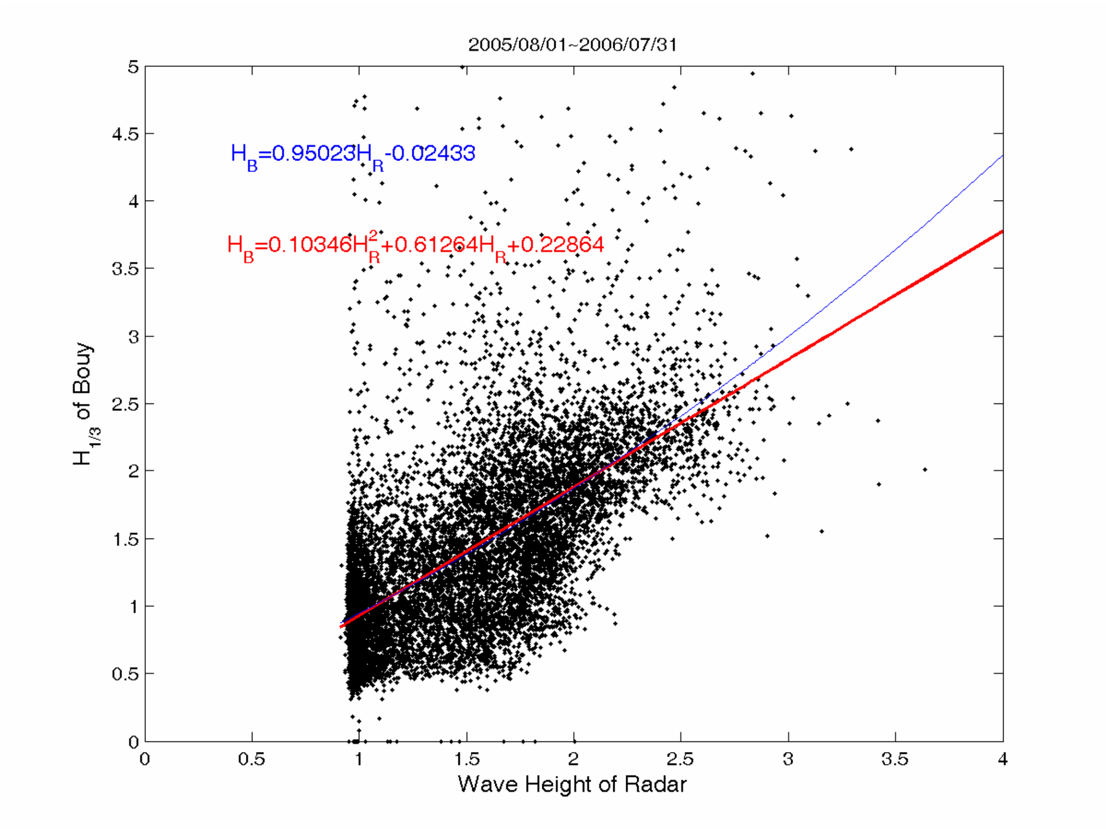

圖 3-7-(a)　2005/08~2006/07 之資料點聚與品管曲線

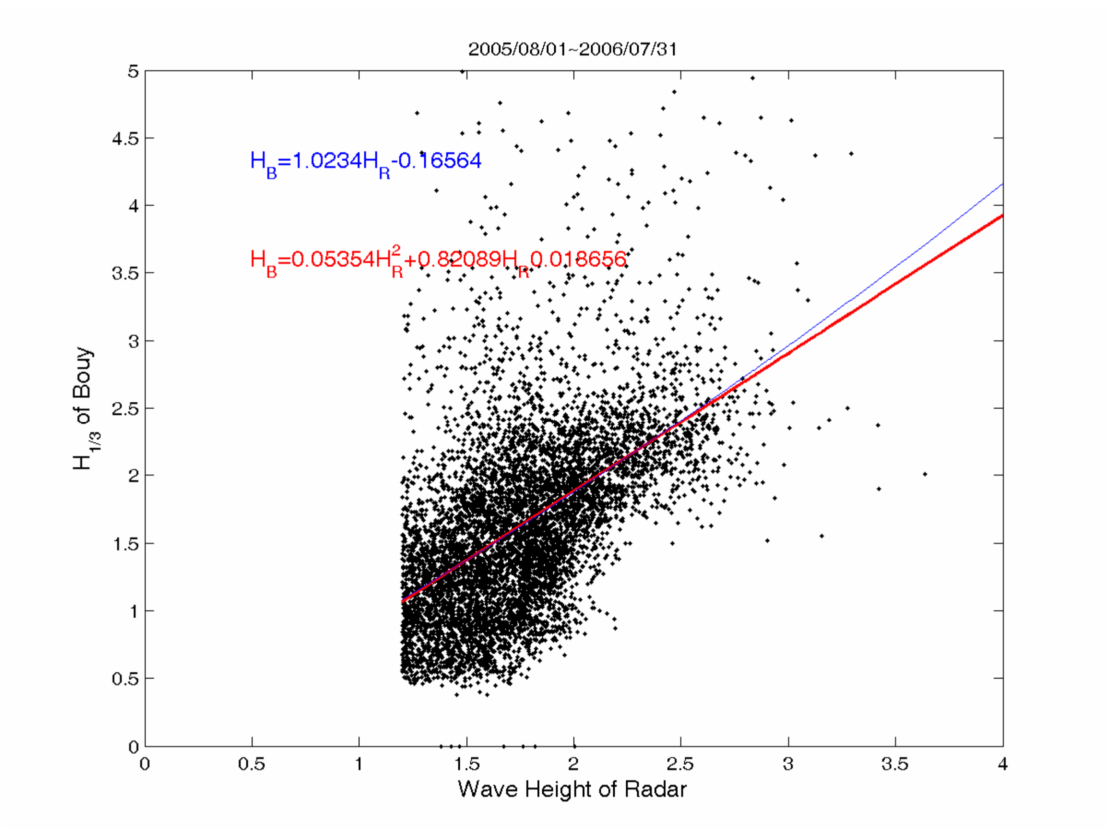

圖 3-7-(b)　2005/08~2006/07 之 1.2 公尺以上資料點聚與品管曲線

第四章　資料同化海流模式之研發

4.1 海流模式之發展

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，因此在建立海流資料同化模式之前，應先針對海流模式來進行規劃與探討。

本研究計畫中所預計建立的台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（超過 70 國）最多海洋數值模式學者（超過 2700 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。

模式的區域如圖 4-1 所示，從 19 ºN ~ 29 ºN 及 110 ºE ~ 129 ºE 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 1/8º x 1/8º)。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 1/12º x 1/12º（即 5 分 x 5 分）之水深資料經線性內插而得。由圖 4-1 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 層且不均勻分布，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有初步成果，本計畫研發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。

圖 4-2-(a～d)為目前海流模式結果，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，此有可為造成黑潮差異的原因之一。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。

4.2 資料同化方法規劃

資料同化技術是沿岸海洋預報系統之中一個重要的部分。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 Dr. 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。

$$(H P^f H^T + R)\ y = U^o - H U^f$$

其中 P^f 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^f 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 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 δU_s 反算前述風應力的值。

$$\delta\tau_x = \rho\ (A_v f/2)^{1/2}\ (\delta u_s - \delta v_s)$$

$$\delta\tau_y = \rho\ (A_v f/2)^{1/2}\ (\delta u_s + \delta v_s)$$

其中 A_v 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(δU(z)=(δu(z)，δv(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。

4.3 資料同化海流模式初步結果

我們收集台灣週邊海域之歷史表面海流資料，作為資料同化之來源，根據 4.2 節所述之資料同化方法以及 4.1 節所發展之海流模式、將二者結合。圖 4-3 為海科中心之歷史海流資料，我們利用此 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。圖 4-4-(a~d)圖為經過資料同化之後，台灣週邊海域模擬海流的結果。我們可以跟未經資料同化之模式比對(圖 4-2-(a~d))，明顯發現經資料同化後之模式結果，會獲得更好的修正。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，回復成與歷史資料相似的型態。

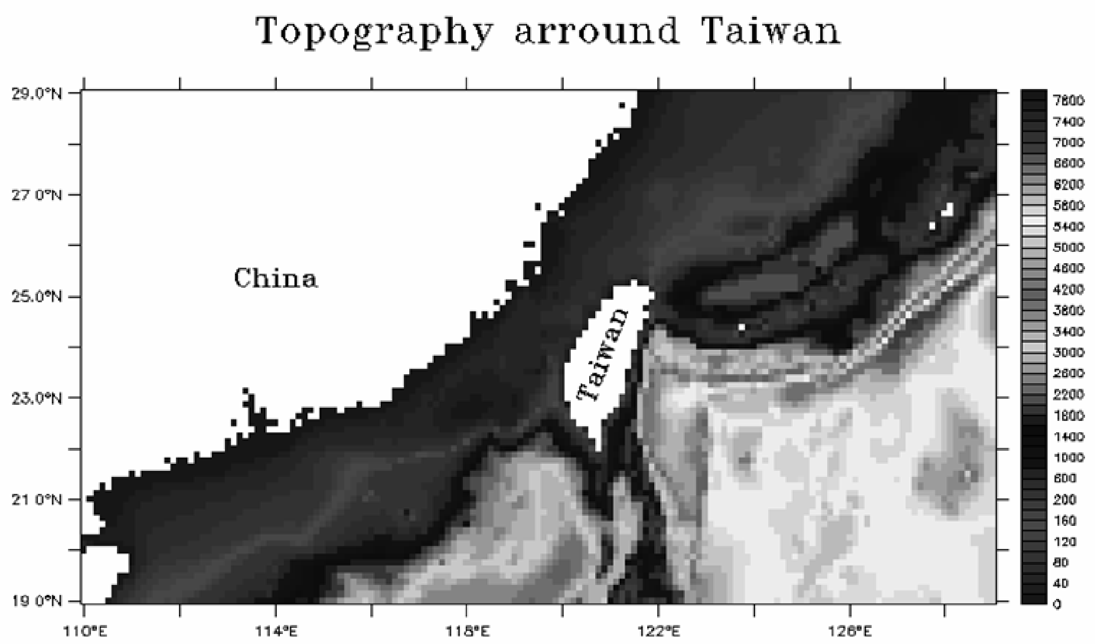

圖 4-1、海流模式區域範圍圖

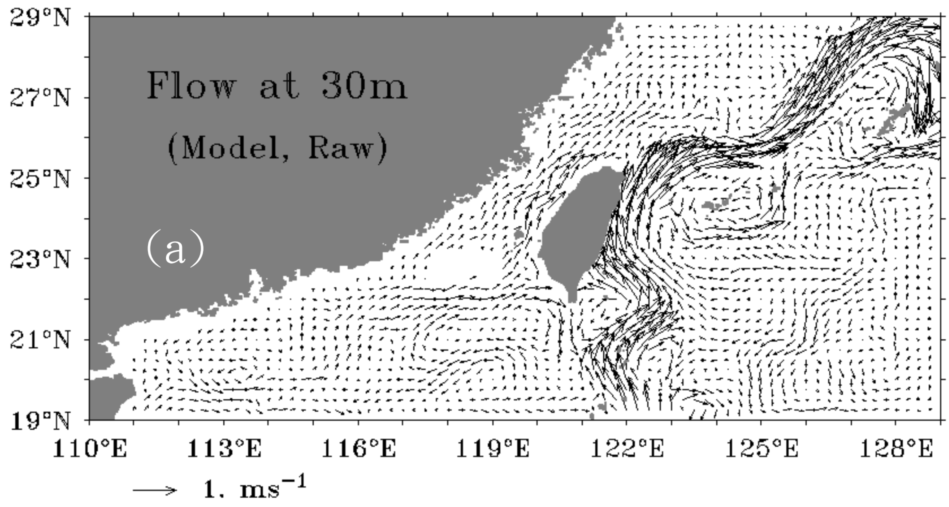

圖 4-2-(a)、海流模式結果(30m)

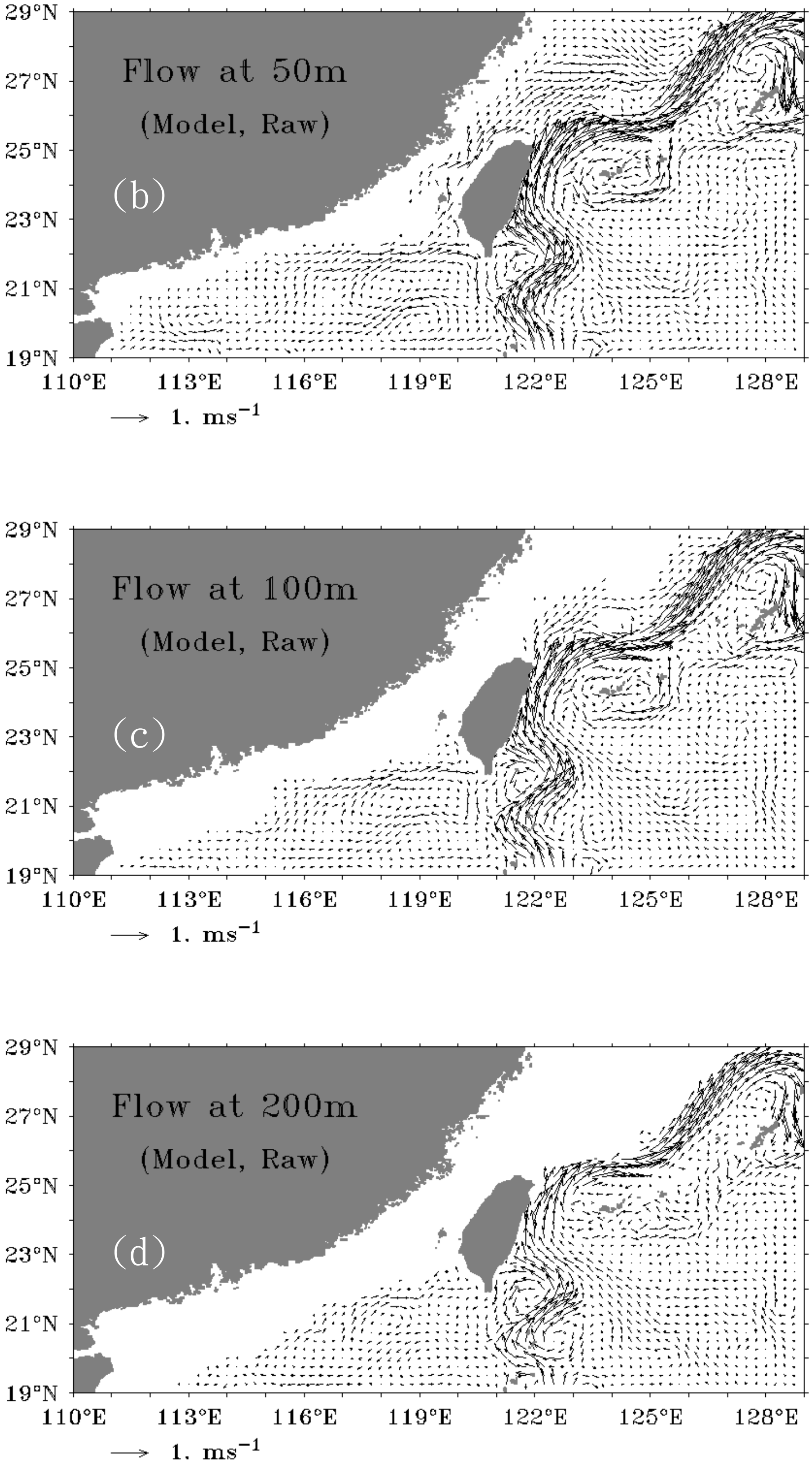

圖 4-2-(b~d)、海流模式結果(50~200m)

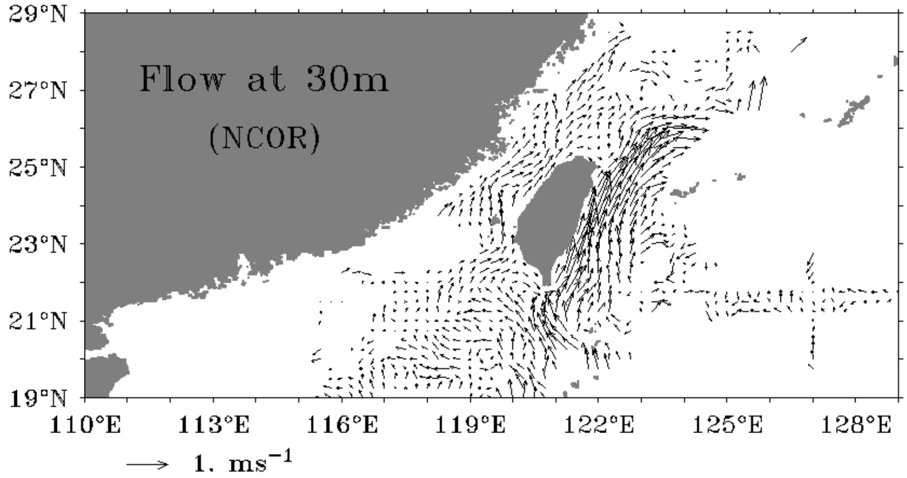

圖 4-3、海科中心歷史海流資料(30m)

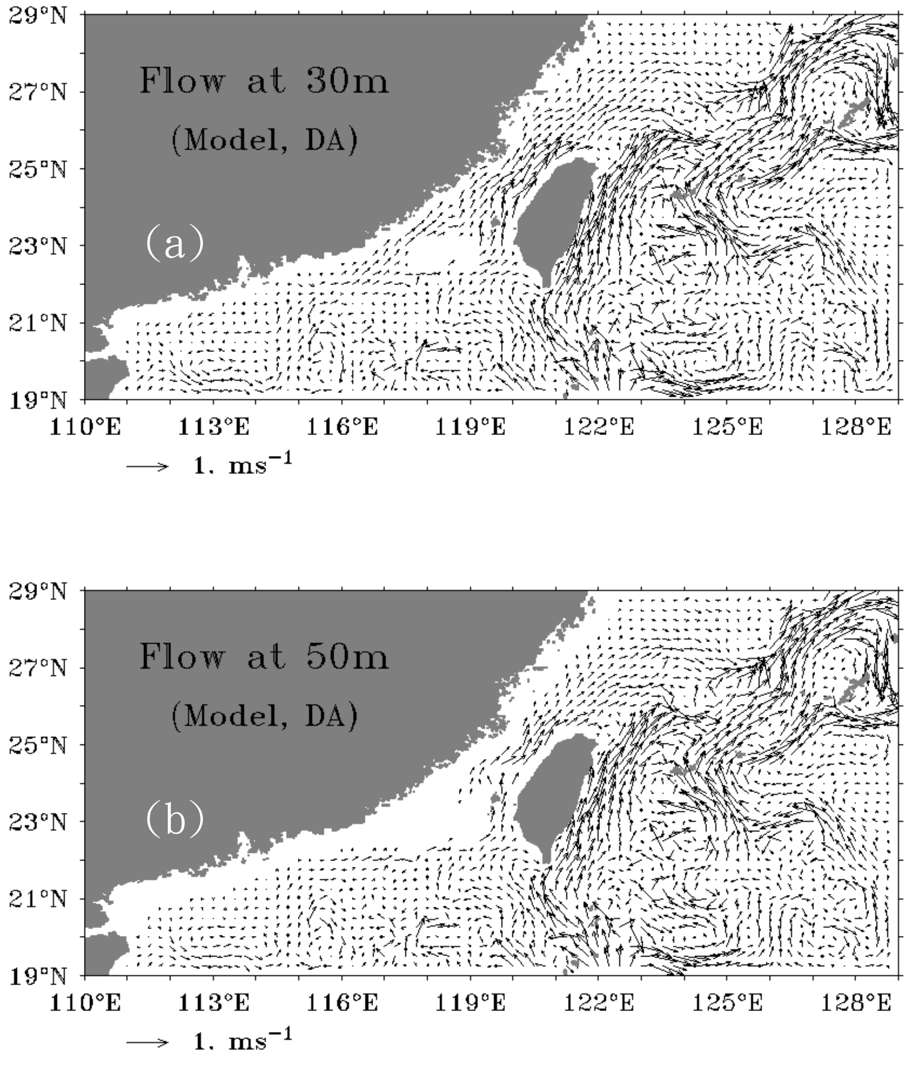

圖 4-4-(a~b)、資料同化海流模式結果(30m,50m)

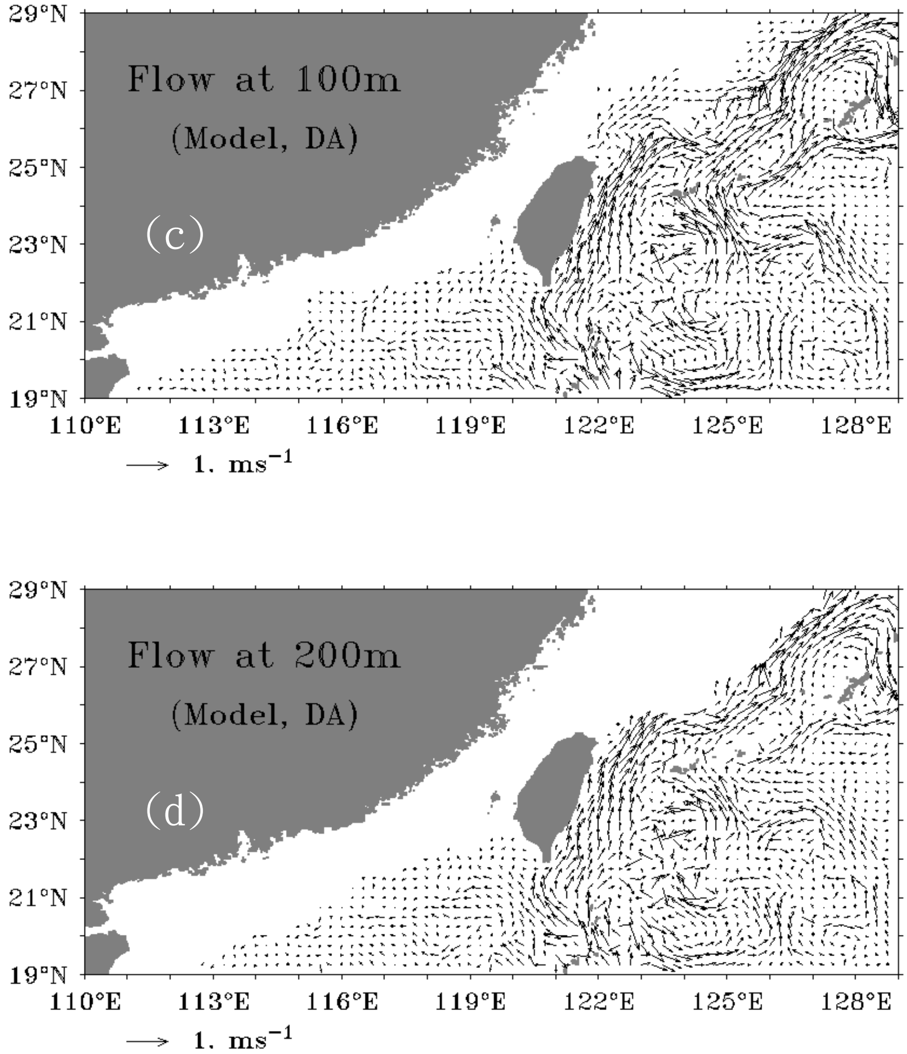

圖 4-4-(c~d)、資料同化海流模式結果(100m,200m)

第五章　海象遙測展示系統

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）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。

（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、測波及資料融合文獻)、相關網站等主選單，及檔案下載、討論區、聯繫管理員等次選單如下所示，使人一目瞭然整個海象觀測雷達網站的內涵。如圖 5.1 所示。

（三）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 5.2、5.3 所示。

（四） 內容依序說明如下：

A: 觀測原理：

敘述雷達觀測之原理。

B: 資料展示：

展示系統將區分為資料庫與雷達即時影像查詢系統(如圖)。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。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(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。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。

時間查詢條件初始值從2005年9月1日0時起至2006年12月31日23時，圖片格式分為平均及連續動畫。如選擇平均圖，可搜尋到9300筆以上的資料，並可由View Picture選項看到當時之雷達影像，如圖5.4、5.5所示。

C: 文獻查詢系統

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等五類，以供使用者查詢，如圖5.6、5.7所示。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。

D: 相關網站：

選單內容提供國內外相關雷達網站的連結,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

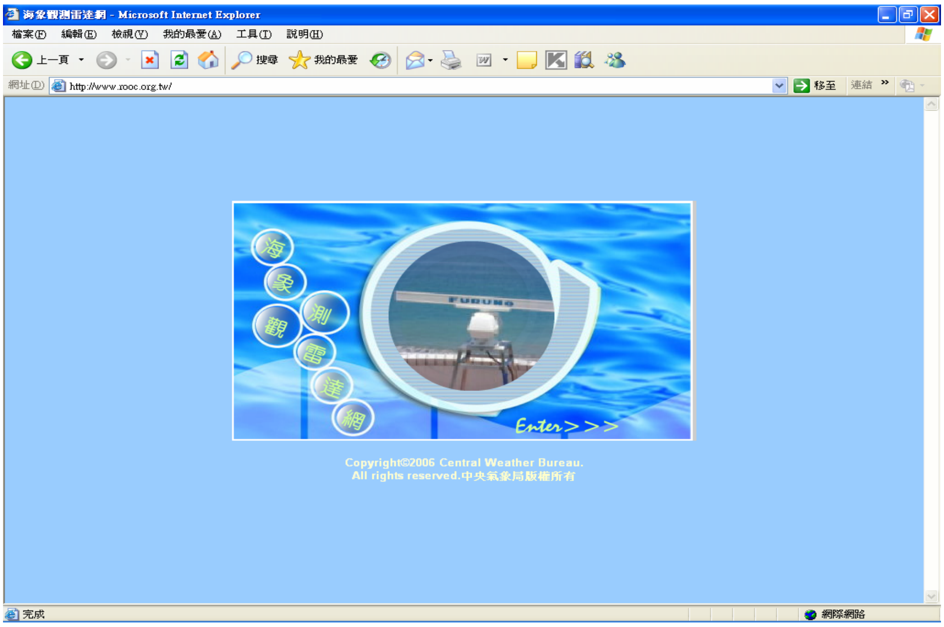

圖 5-1 網站登入介面

圖 5-2 登入後介面

圖 5-3 無權限登入所顯示畫面與訊息

圖 5-4 雷達影像資料庫

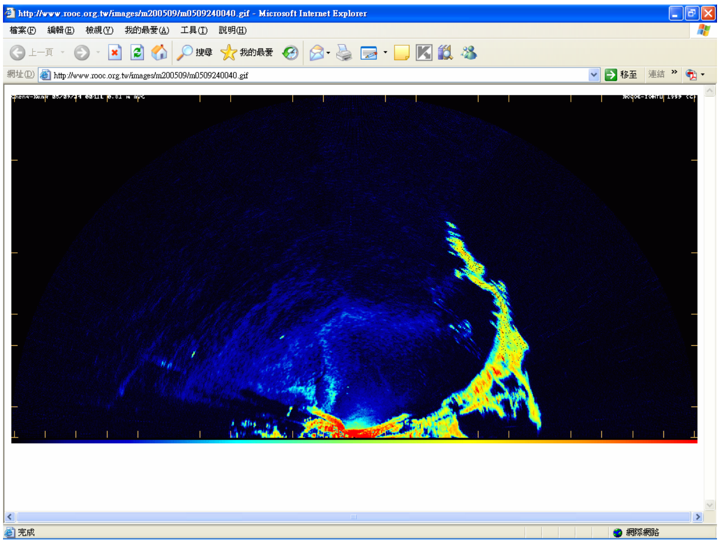

圖 5-5 雷達影像展示介面

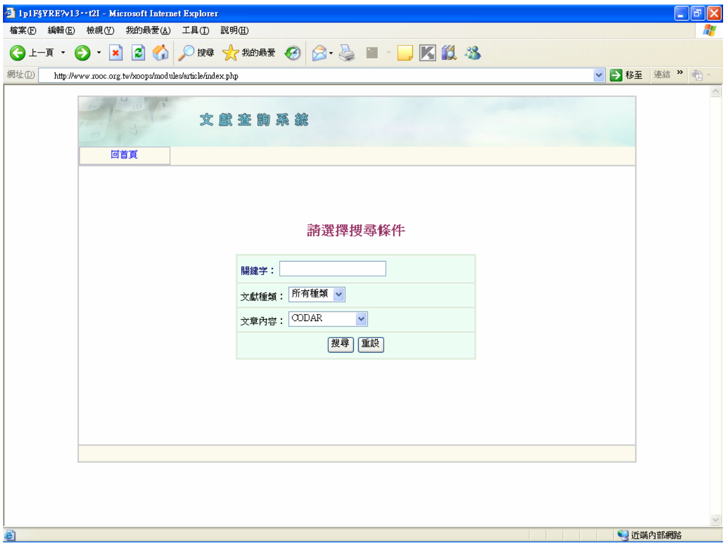

圖 5-6 文獻資料查詢介面

圖 5-7 文獻資料查詢結果

第六章　結論

本計畫已完成原訂計畫期中進度工作內容，回顧本期中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.建立波浪率定曲線。

◆ 收集中央氣象局海上浮標波浪觀測資料進行比對。

◆ 利用現場觀測站所測得之波浪率定雷達測波系統，建立率定關係式。

◆ 比較不同率定（迴歸）模式之優劣，選擇最佳率定曲線。

2.定期維護海象遙測系統。

◆ 規劃維護遙測系統所需之成本與所需之工作人力。

◆ 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。

◆ 建全海象遙測系統展示網站。

◆ 建立網站對話互動介面。

◆ 建立海象遙測資料即時展示與下載功能。

4.研究發展遙測資料同化海流數值模式。

◆ 根據先前蒐集所得之資料，選定合適之資料同化方法。

◆ 進行 POM 海洋模式與資料同化方法之測試。

本年度計畫之主要工作為建立率定曲線，藉由長期觀測收集大量資料獲得足夠樣本，進行能譜與轉移函數等計算工作。然計算工作，在許多的關鍵處，需考量人工化處理或是經驗參數，這部份需要多加嘗試，才能發現錯誤。以本計畫此次計算的率定曲

線為例，從一開始使用浮球波高資料進行挑選，就帶有主觀判斷，該以波高多少為分界，並不容易選擇。而在人工擬合曲線時，該涵蓋到多少的波數帶，以及以何者為界劃分兩段或三段曲線，亦需要吾人仔細考量。本報告所計算之轉移函數與率定曲線為一半經驗公式，受到各地波流環境特性之不同影響，應有差異。且雷達影像譜在時間解析度尚落後一般測波儀器許多，然在空間上仍有可取之處，這也是本計畫研發的動機之一。

另外對於所收集的大量資料，在儲存方面亦為一大難題，以本計畫每 20 分鐘收集一次雷達影像資料而言，雖然原始資料已經過壓縮處理，卻仍需佔據約 40MB 的硬碟空間，一天的觀測資料足達 2.8GB。每月資料量達 80GB，若僅收藏可以考慮以 DVD 光碟儲存，每片容量至少有 4.7GB，但須注意光碟品質與收納環境，以防資料毀失。若需要計算則需要將資料全數解開壓縮，空間約增加佔用 1.3 倍，另外檔案目錄繁多，需考量使用專用電腦處理。

經過一年半以來的嘗試與努力，雷達測波示範站可謂進入完全作業化階段，目前機器穩定運轉，軟、硬體設施建立齊全，可即時收及資料與影像。明年度本計劃將檢討系統誤差，並改進系統觀測結果。

目前我國尚未有固定之海象遙測系統成立，本計畫長達三年

年，目前雷達設站已超過一半時間。根據過去兩年的經驗，要維持一海象遙測雷達系統，至少需要一名兼職人力，以及租用雷達的費用，加上其他雜支，大約在 108 萬左右，詳細人力與費用評估列於表二。

本觀測站可考慮繼續維持之運作，作為作業化海象雷達測站之試金石。未來亦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。

表二 海象雷達遙測系統人力經費評估

種類	項目	工時/單價	數量	小結
人事	臨時工	720/日人	50 日 x 2 人	72000
器材	雷達租用	70000/月	12 月	840000
	儀器吊運裝卸	20000		20000
	相關五金資訊材料	35000		35000
耗材	光碟、紙張	10000		10000
雜支	通訊、電郵	15000		15000
	租車	2500/日	16 日	40000
	一般事務、差旅	36000		36000
	印刷	12000		12000
總結				1080000

參考文獻

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 an d 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*

Ziemer, F. andH. Gunther (1994) A system to monitor ocean wave field, in:Proceedings of the 2nd International Conference on Air-Sea Interaction and meteorology and Oceanography of the Coastal Zone. Lisbon, Portugal.

王胄、邱永芳、蘇青和(2003):九十一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。

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

期末報告審查委員意見與答覆

一、林銘崇教授

(一)率定曲線數據散亂，confidence interval 偏低，應考量可加以改善之方法。

(二)雷達測波是否存在小波之極限指標，請加以說明。

(三)轉移函數之建立是否可用數學式表示？應加以說明。

答：

(一) 由於雷達與浮球的資料在波數譜上的解析度相異很大，浮球較密而雷達較粗；且能譜的估算值亦有其統計上的隨機性。此外浮球波數譜是由離散關係式換算波率譜而得到的，對於低頻的長波來說，此關係並不理想，亦未考慮高頻諧波的問題，所以導致這些資料的分布非常散亂。未來我們會考慮幾種作法改善此一問題。

1. 雖然這些都是未下雨的轉移函數，但根據過去經驗強風情況下也會造成轉移函數的差異，因此或許需要將風速大小納入考慮，

2. 根據 Tucker (2001) 的建議，可以在能譜上作 ensemble average，這樣一來可以提高雷達能譜在高波數區的自由度。

3. 分離不同季節的轉移函數，以配合不同季節之波浪特性。

(二) 根據過去的的經驗，約在 0.6 公尺以下的波浪，無法具有可信度。

(三) 轉移函數之人工型態是在對數軸上的直線，因此其斜率為其冪次方之值，所以在圖形上，僅顯示其斜率。本次人工擬定之轉移函數之數學函式為： $T^{-1}(k) = 2.5031*10^{8}*k^{3.8388}$，when $k \leqq 0.007$

$T^{-1}(k) = 2.0747*k^{0.07}$，when $k > 0.007$。

二、陳陽益教授

(一)24 頁與 25 頁的圖 3-5-(a)、圖 3-5-(b)及圖 3-5-(c)三圖中的實測資料很散亂，範圍也很廣，率定公式可能不準，請說明其原因為何。

(二)如何判定出（即取出）2~3.5 公尺波高的波，因率定本身已先不準了，請加以說明。

(三)小波出現時雷達無法測出，其可達到測得的波高最小值為何？

(四)海流的流速大小為何？請列出其與實測值之比較並說明其精確度為何。

答：

(一) 由於雷達與浮球的資料在波數譜上的解析度相異很大，浮球較密而雷達較粗；而能譜的估算值亦有其統計上的隨機性。此外浮球波數譜是由離散關係式換算波率譜而得到的，對於低頻的長波來說此關係並不理想，亦未考慮高頻諧波的問題，所以導致這些資料的分布非常散亂。除此之外，在報告中亦有提到率定公式的不良原因可能來自幾個地方：

1. 水深值誤差，
2. 人工調配轉移函數造成的影響，
3. 季節性的差異，
4. 選取過高的波高計算轉移函數。

這些問題可能會造成率定公式的失準，未來將分析誤差進行改進。

(二) 根據資料顯示，過大的浪高往往是由颱風所引起的，颱風時期夾帶大雨強風，且風速大小與雨量經常變化不定；而過小的浪高則海面往往缺乏粗糙度，導致波浪能量與雜訊比例太過相近。在這兩種情況下，雷達與浮球的波數譜很難具有普遍性的關係，而冬季時鋒面南下所造成的浪高變化相較之下較為穩定，因此選來作為初步的篩選依據。本次報告的結果顯示，在波高的選定上還有改進空間，依此經驗，未來會採用較小的波高，來增加取樣的數量，應該有機會改進率定公式的表現。

（三）根據過去的的經驗，大在 0.6 公尺以下的波浪，無法具有可信度。

（四）此次報告中，有資料同化海洋模式的部份，由於工作內容屬於資料同化方法的測試，因此目前僅能確定資料同化方法可用於海象中心的海流模式之上，有關資料同化海流模式的精確度以及與實測資料的比較，會在明年度的研究工作中進行。

三、葉天降組長

計畫工作皆順利完成，報告與簡報亦皆完整，驗收合格。

答：感謝葉組長肯定。

四、鄭明典主任

本計畫在遙測上進度合理，資料分析結果也相當正面，模式和顯示系統部分亦符合進度，驗收合格。

答：感謝鄭主任肯定。

五、徐月娟主任

(一)岸基遙測另一特性是可測得「面」的資料，除影像資料外，是否可獲得波高的「面」資料？其水平解析度如何？

(二)請落實技術轉移給海象中心。

答：

（一）依照目前 ROCOS 系統測量半徑 5.76 公里左右之範圍，選取邊長 1.92 公里之方形區域作為計算子區，可獲得該子區內之波高。雖然子區大小可以變動，但須選定一合理的區域大小以保持大浪來時，在影像譜上可以獲得足夠的波數解析來進行波高的估算。另外子區亦可選取多個進行波高估算，但受到海岸形狀，水深變化，波浪干涉等影響，目前並無法綿密涵蓋海面估算波高，此亦為目前雷達測波技術限制之一。

（二）遵照辦理。