94-18-7125
MOTC-IOT-93-H2EB015

九十三年臺北港雷達遙感波浪監測研究

交通部運輸研究所
國立台灣海洋大學
合作辦理

中華民國九十四年三月

94-18-7125
MOTC-IOT-93-H2EB015

九十三年臺北港雷達遙感波浪監測研究

著者：徐如娟、周宗仁、尹彰、翁文凱、何良勝

交通部運輸研究所
國立台灣海洋大學
合作辦理

中華民國九十四年三月

九十三年臺北港雷達遙感波浪監測研究

交通部運輸研究所

GPN：1009400770
定價：200　元

國家圖書館出版品預行編目資料

臺北港雷達遙感波浪監測研究. 九十三年 / 徐如娟等著. - 初版. - 臺北市 : 交通部運研所, 民 94
面 ; 公分
參考書目 : 面
ISBN 986-00-0737-3(平裝)

1. 波動 - 臺灣

351.941 94005058

九十三年臺北港雷達遙感波浪監測研究

著　　者：徐如娟、周宗仁、尹　彰、翁文凱、何良勝
出版機關：交通部運輸研究所
地　　址：台北市敦化北路 240 號
網　　址：www.ihmt.gov.tw (中文版/中心出版品)
電　　話：(02)23496789
出版年月：中華民國九十四年三月
印 刷 者： 普林特印刷有限公司
版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊
本書同時登載於交通部運輸研究所網站
定　　價：200 元
展 售 處：
交通部運輸研究所運輸資訊組・電話：(02)23496880
三民書局重南店：台北市重慶南路一段 61 號 4 樓•電話：(02)23617511
三民書局復北店：台北市復興北路 386 號 4 樓•電話：(02)25006600
國家書坊台視總店：台北市八德路三段 10 號 B1•電話：(02)25787542
五南文化廣場：台中市中山路 6 號•電話：(04)22260330
新進圖書廣場：彰化市中正路二段 5 號•電話：(04)7252792
青年書局：高雄市青年一路 141 號 3 樓•電話：(07)3324910

GPN：1009400770

ISBN：986-00-0737-3 (平裝)

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

<table>
<tr><td colspan="4">出版品名稱: 九十三年臺北港雷達遙感波浪監測研究</td></tr>
<tr><td>國際標準書號（或叢刊號）
ISBN 986-00-0737-3
(平裝)</td><td>政府出版品統一編號
1009400770</td><td>運輸研究所出版品編號
94-18-7125</td><td>計畫編號
93-H2EB015</td></tr>
<tr><td colspan="2">主辦單位：港灣技術研究中心
主　　管：邱永芳
主辦人員：徐如娟
聯絡電話：(04)26587125
傳真號碼：(04)26571329</td><td colspan="2">委託研究單位：國立台灣海洋大學
計畫主持人：周宗仁
研究人員：尹彰、翁文凱
地址：基隆市北寧路 2 號
聯絡電話：(02)24622192 ext.6126</td><td>研究期間
自93年3月
至93年10月</td></tr>
<tr><td colspan="5">關鍵詞：遙測、影像處理、波浪分析</td></tr>
<tr><td colspan="5">摘要：

台北港建港之初，交通部基隆港務局即委託本所港灣研究中心辦理「八里、林口海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷四年監測計畫」，因此在接辦台北港監測計畫時，港灣研究中心除於淡水河口設置固定樁及觀測儀器，以蒐集該海域之海氣象資料，同時與台大海研所合作開發雷達遙測波浪之技術，同時與固定樁上之觀測資料進行比對，檢討雷達測波之可行性，該計畫已執行完畢。接下來的三年監測計畫(92年至94年)由海大河研所負責，台大海研所協助雷達遙測及雷達維護工作，海大河研所負責資料整理及資料比對工作，並檢討雷達測定近岸波向之方法與波高轉換函數。本年度(93年)計畫是由台大海研所利用雷達進行海象監測，由海洋大學研究團隊配合外海觀測樁之資料進行比對，檢討雷達測定近岸波向之方法與波高轉換函數。本研究團隊使用不同於一般從頻率域出發的作法，成功地直接從空間域找到簡易的方法來判斷波向，此方法分析結果與觀測樁統計結果相當吻合。</td></tr>
<tr><td>出版日期</td><td>頁數</td><td>工本費</td><td colspan="2">本出版品取得方式</td></tr>
<tr><td>94年3月</td><td>124</td><td>200</td><td colspan="2">凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本中心免費贈閱；私人及私營機關團體可按工本費價購。</td></tr>
<tr><td colspan="5">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</td></tr>
<tr><td colspan="5">備註：本研究之結論與建議不代表交通部運輸研究所之意見。</td></tr>
</table>

PUBLICATION ABSTRACTS OF RESEARCH PROJECTS
INSTITUTE OF TRANSPORTATION
MINISTRY OF TRANSPORTATION AND COMMUNICATIONS

TITLE: Remote Sensing of Coastal Waves by Marine Radar at Taipei Harbor Area in 2004

ISBN(OR ISSN)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER	IOT SERIAL NUMBER	PROJECT NUMBER
ISBN 986-00-0737-3 (pbk.)	1009400770	94-18-7125	93-H2EB015

DIVISION: Harbor & Marine Technology Center
DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu
ADMINISTRATION STAFF: Ju-Chuan Hsu
PHONE: (04) 26587125
FAX: (04) 26571329

PROJECT PERIOD
FROM March 2004
TO October 2004

RESEARCH AGENCY: Institute of Oceanography, National Taiwan Ocean University
PRINCIPAL INVESTIGATOR: C. R. Chou
PROJECT STAFF: John Z. Yim & W. K. Weng
ADDRESS: No. 2, Pei-Ning Road, Keelung , Taiwan , (R.O.C.)
PHONE: (02) 24622192 ext. 6138

KEY WORDS:

Remote Sensing, Image Processing, Wave Analysis

ABSTRACT:

In order to fulfill the requirements of environmental impact assessments as well as engineering planning of Taipei Harbor, the Authority of Keelung Harbor contracted the Harbor and Marine Technology Center a long-term program aimed at monitoring the evolution of the nearby coastal environments of Taipei Harbor. The task of remote sensing of ocean waves by radar was later developed by Harbor & Marine Technology Center with the technical support of Institute of Oceanography, National Taiwan University, and the radar wave system was installed at the Taipei Harbor area. However, the effect of this radar wave system is confined by surroundings. Selecting another suitable location to set up a new radar wave system is necessary for understanding the wave motion phenomena within this area. Besides, the images from radar wave system were modified by orthographic projection theory, and data collected by this radar wave system were compared with wave measurements by a pressure type gauge, which was installed on an offshore observation pile.

DATE OF PUBLICATION	NUMBER OF PAGES	PRICE	CLASSIFICATION
March 2005	124	200	☐SECRET ☐CONFIDENTIAL ▨UNCLASSIFIED

The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.

九十三年台北港雷達遙感波浪監測研究

目　　錄

中文摘要 ..... Ⅰ

英文摘要 ..... Ⅱ

目錄 ..... Ⅲ

圖目錄 ..... Ⅳ

表目錄 VIII

第一章 研究主旨 1

第二章 實驗設備 7

第三章 工作執行狀況 11

第四章 頻率域分析模式 13

第五章 影像處理判定波向 19

第六章 週期的估計 55

第七章 結論 61

參考文獻 67

附錄 A　期中報告審查意見執行情形 71

附錄 B 期末報告審查意見執行情形 77

附錄 C　　期末審查簡報資料 85

圖 目 錄

圖 2.1 雷達遙測站位置.....9
圖 2.2 雷達遙測站架設情形 9
圖 2.3 觀測椿及 S4ADW 架設情形..... 10
圖 4.1 92 年 11 月台北港二號站估測波高時序圖 13
圖 4.2 92 年 12 月台北港二號站估測波高時序圖 14
圖 4.3 93 年 1 月台北港二號站估測波高時序圖 14
圖 4.4 93 年 2 月台北港二號站估測波高時序圖 15
圖 4.5 93 年 3 月台北港二號站估測波高時序圖 15
圖 4.6 93 年 4 月台北港二號站估測波高時序圖 16
圖 4.7 93 年 5 月台北港二號站估測波高時序圖 16
圖 4.8 93 年 6 月台北港二號站估測波高時序圖 16
圖 4.9 93 年 7 月台北港二號站估測波高時序圖 16
圖 4.10 93 年 8 月台北港二號站估測波高時序圖 17
圖 4.11 93 年 9 月台北港二號站估測波高時序圖 17
圖 5.1 雷達回波之彩色影像 20
圖 5.2 雷達回波之灰階影像(一般轉換公式) 20
圖 5.3 雷達回波的彩色 RGB 色板及灰階(一般轉換公式)色板變化..... 21
圖 5.4 雷達回波之灰階影像(修正後轉換公式) 22
圖 5.5 雷達回波的灰階(一般轉換公式及修正後轉換公式)色板變化..... 22

圖 5.6 高通濾波所採用的罩遮 23
圖 5.7 利用連續兩張不同時刻圖片判別波峰前進方向示意圖..... 25
圖 5.8 分析範圍示意圖 26
圖 5.9 分析程式流程圖 27
圖 5.10a 92 年 11 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果 30
圖 5.10b 92 年 11 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果 30
圖 5.10c 92 年 11 月台北港觀測樁的統計結果..... 31
圖 5.10d 92 年 11 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向 31
圖 5.11a 92 年 12 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果..... 32
圖 5.11b 92 年 12 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果..... 32
圖 5.11c 92 年 12 月台北港觀測樁的統計結果..... 33
圖 5.11d 92 年 12 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向 33
圖 5.12a 93 年 1 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果..... 34
圖 5.12b 93 年 1 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果 34
圖 5.12c 93 年 1 月台北港觀測樁的統計結果..... 35
圖 5.12d 93 年 1 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向 35
圖 5.13a 93 年 2 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果..... 36
圖 5.13b 93 年 2 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果 36
圖 5.13c 93 年 2 月台北港觀測樁的統計結果..... 37
圖 5.13d 93 年 2 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向 37
圖 5.14a 93 年 3 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果..... 38
圖 5.14b 93 年 3 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果 38

圖 5.14c　93 年 3 月台北港觀測樁的統計結果..... 39
圖 5.14d　93 年 3 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向 39
圖 5.15a　93 年 4 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果..... 40
圖 5.15b　93 年 4 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果 40
圖 5.15c　93 年 4 月台北港觀測樁的統計結果..... 41
圖 5.15d　93 年 4 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向 41
圖 5.16a　93 年 5 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果..... 42
圖 5.16b　93 年 5 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果 42
圖 5.16c　93 年 5 月台北港觀測樁的統計結果..... 43
圖 5.16d　93 年 5 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向 43
圖 5.17a　93 年 6 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果..... 44
圖 5.17b　93 年 6 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果 44
圖 5.17c　93 年 6 月台北港觀測樁的統計結果..... 45
圖 5.17d　93 年 6 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向 45
圖 5.18a　93 年 7 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果..... 46
圖 5.18b　93 年 7 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果 46
圖 5.18c　93 年 7 月台北港觀測樁的統計結果..... 47
圖 5.18d　93 年 7 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向 47
圖 5.19　92 年 11 月台北港觀測樁的波高統計..... 48
圖 5.20　92 年 12 月台北港觀測樁的波高統計 48
圖 5.21　93 年 1 月台北港觀測樁的波高統計 49
圖 5.22　93 年 2 月台北港觀測樁的波高統計 49

圖 5.23　93 年 3 月台北港觀測樁的波高統計 50
圖 5.24　93 年 4 月台北港觀測樁的波高統計 50
圖 5.25　93 年 5 月台北港觀測樁的波高統計 51
圖 5.26　93 年 6 月台北港觀測樁的波高統計 51
圖 5.27　93 年 7 月台北港觀測樁的波高統計 52
圖 5.28　雨天時之雷達影像 53
圖 5.29　波高較小時之雷達影像 53
圖 5.30　增益值調校不當之雷達影像 54
圖 6.1 波高計與雷達量測比較圖 56
圖 6.2 波高計與雷達量測比較圖 56
圖 6.3 由空間域推估週期操作示意圖 58
圖 6.4 距離與灰階變化圖 59
圖 6.5 峰至峰法分析示意圖 60
圖 7.1 物流倉儲區上的新建築 63
圖 7.2 物流倉儲區上的新建築 63
圖 7.3 目前台北港一號測站之雷達影像 64
圖 7.4 台北港一號測站即時顯示雷達遙測波浪圖像網頁 64
圖 7.4 台北港一號測站即時顯示雷達遙測波浪圖像網頁 65
圖 7.6 台北港二號測站即時顯示雷達遙測波浪圖像網頁 65
圖 7.6 台北港二號測站即時顯示雷達遙測波浪圖像網頁 66

表 目 錄

表 1　92 年 11 月部分雷達分析結果與觀測樁逐時比對 29

第一章 研究主旨

1.1 計畫背景分析

在從事海事工程之規劃、設計時，現場海氣象資料的確實掌握為此項工程成敗之重要關鍵因素之一，而近年來，隨著國內海洋科技的進步與對海洋環境之重視，各項重大海事工程之建設除需了解其安全性外，亦須對其週遭之環境影響與變化進一步了解，並以研擬因應之措施，以期能將該項工程所引起對環境之衝擊降至最低，也因此在台北港建港之初，交通部基隆港務局即委託本所港灣研究中心辦理「八里、林口海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷四年監測計畫」，本中心為國內對海事工程專門研究之行政機構，除需執行政府政策與命令外，並負有開發新項海事工程技術之使命，因此在接辦台北港監測計畫時，除於淡水河口設置固定樁及觀測儀器，以蒐集該海域之海氣象資料，同時與台大海研所合作開發雷達遙測波浪之技術，同時與固定樁上之觀測資料進行比對，以檢討雷達測波之可行性，該計畫已執行完畢，並獲至良好之結果。

隨著科技的發展，遙測的儀器不斷進步，最大的特點即是-不用架設在特定的觀測點上，並且可架搭在任何交通工具或陸上，另外在儀器的維修及資料擷取上也較為方便簡易。此外，能夠一次蒐集大範圍的資料也是其優點之一。

有關應用雷達從事波浪遙測方面之研究相當早，井島等(1964)、Wright 等(1965)皆曾利用船用雷達遙測海洋波動現象，雷達測波之原理主要為利用雷達所發射出的電磁波觸及海面時，將因海面波動起伏所構成之粗糙面而產生散射作用，同時其散射強度又與海洋表面粗糙結構之物理特性有密切關係，因此可根據雷達之回波訊號來反算、推估海面的波動特性。

使用雷達來遙測波浪，可選擇設置於環境條件較為穩定之岸上以觀測近岸的波向，雷達所蒐集之範圍較廣，有助於了解整個海面波浪變化，尤其在近岸區域波浪易因地形變化而發生變形，雷達測波較諸單點測波儀器更具優勢，但其易受天候影響測波功能與品質。一般雷達觀測系統都具有全天候觀測的能力，且觀測範圍相當的廣大，對於運用在海上的波浪觀測更加有優勢，目前常見之雷達包括：SAR 雷達(Synthetic Aperture Radar)、高頻雷達(HF Radar)、以及船用雷達。原本船用雷達是用於偵測海上船隻及障礙物，經過研究發現，船用雷達也能用於觀測波浪。

近幾年來，隨著科技的進步，儀器的功能越來越強，陸續已有相當多的學者從事這方面的研究，不過大都使用頻譜分析的方法，由於雷達觀測時收集了觀測區的空間－時間資料，經由快速 Fourier 轉換(FFT, Fast Fourier Transform)，經過適當地將影像譜雜訊濾除後，可以得到方向波譜，再經由計算分析波譜之特性，又可以得到波浪之波向、週期等參數。除此之外還可得到波高的資訊，如 Gangeskar(2000)利用 X-band 船用雷達於北海 Gullfaks C 鑽油平台觀測波浪，分析波浪變化對雷達影像的影響，得到與波譜參數的關係，推估波高。

Nieto 等人(1999 & 2000)使用德國研究學會 GKSS 發展的 WaMoS II(Wave Monitoring System)雷達系統進行波浪觀測，並配合浮球式波高計進行比對，分析方法是將時間序列的影像資料作三維快速 Fourier 轉換，求得方向波譜，計算分析頻譜之特性，得到波向、波高、頻率、週期等相關參數。吳等人(2003)曾也是利用架設於陸上之 X-band 船用雷達蒐集海上波浪資訊，將雷達影像資料做成影像的方向波譜，計算分析頻譜之特性，得到波向等相關參數。

另外雷達除了觀測波浪之外，也用於測量距離、水深等之用，Bell(1999)不但使用 X-band 船用雷達進行波浪的觀測，藉由快速 Fourier 轉換得到週期等參數，並推估水深，利用 Inter Ocean 公司生產

之 S4DW 潮流儀收集波浪資料的比對，在尖峰週期(Peak Period)方面誤差算是相當大。Wolf 與 Bell(2001)於英國的 Holderness 海岸進行相同的研究，結論指出推估水深時有± 2m 的誤差，其原因來自波數(Wave Number)與頻率的資料不精確。。

而 Ruessink 等人(2002)於荷蘭 Egmond aan Zee 附近海邊，分別利用 X-band 船用雷達、Bathy 聲納、攝影系統進行離岸沙洲的距離測量比較，影像處理方面是利用連續曝光的原理，將時間序列的圖片重疊處理，在結果方面，由於受波浪作用的影響，測量結果雷達及攝影系統都不如聲納來得穩定。雖如此，雷達及攝影系統比聲納更具有大範圍觀測的優勢，仍具有研究與實用之價值。

吳等人(2003)曾經做過相同研究，該研究是利用影像所得資料做頻譜分析，將雷達影像資料做成影像的方向波譜，計算分析頻譜之特性，得到波向等相關參數。但 X-band 雷達的天線轉速為每分鐘 24 或 25 轉，取樣頻率為 0.4Hz，無論在時間域或頻率域的分析上，都有失真的現象，本研究則經由空間域著手，找出更容易判別波向的方法。

本研究團隊曾經於實驗水槽利用 CCD（Charged Coupled Device）攝影機拍攝規則波與不規則波波場變化，並配合波高計的量測，將這兩種系統量測的數據做分析，並回歸出轉換函數，並成功的驗證利用攝影機遙測波高變化的可行性(Chou et al.,2004, 2003a, 2003b, 2002)。本研究則運用相同的原理及手法，將此技術移轉至雷達遙測，利用雷達影像判定波向及測定週期。

為因應台北港二、三期整體擴建工程之需求，同時兼顧海氣象資料須長期監測之連續性，基隆港務局仍委託本所港灣技術研究中心繼續對台北港海氣象資料進行監測，本次監測期程為期三年，然隨著建港過程，各項設施陸續施作，原先與台大海研所合作所設置之雷達測波站逐漸有被外擴防波堤遮蔽情況發生，本計畫除繼續進行維持原有

雷達測波站之測波功能外，對測波雷達逐漸受遮蔽情況亦一併檢討改進。

1.2 研究範圍與對象

本計畫主要目的在於對台北港之建港需求提供準確且長期之波浪資料，因此監測之波浪資料應位於台北港附近之海域海面上，範圍則儘量以涵蓋台北港附近水域為宜，目前與台大海研所合作研發所設置之雷達測波站運作正常，本計畫擬沿用台大海研所所設置之雷達測波儀繼續測波，由於此測站有逐漸被防波提遮蔽的情況，因此去年(92年度)於台北港的沙崙地區另外設置一雷達測波站，設置方式則以租用雷達方式進行測波，利用原有設置在台北港的台北港一號測站，及設置在沙崙地區的台北港二號測站同時測波，不過台北港一號測站有被防波提遮蔽的情況，效果並不好，所以目前以台北港二號測站的資料分析為主。在資料處理與展示方面，除對原有資料展示系統，即網頁即時顯示雷達測波圖像繼續維護改進外，另外對於資料之分析進行檢討。

1.3 全程計畫工作計畫概要書

本計畫全程為三年(92-94 年)，其主要工作項目係在目前已設置之既有雷達測波基礎上進行台北港波浪資料觀測，並檢討精進雷達測波資料之精確性，其各年度之計畫工作概要如下：

第一年度(92 年度)：（已完成）

(1)於沙崙地區新設置一雷達測波站。

(2)新雷達測波儀上線進行波浪監測作業。

(3)發展並完成新雷達測站之網頁展示系統上線作業。

(4)維護保養原有台北港雷達測波站之系統，使其正常運作。

(5)執行海洋波浪長期監測工作，並分析其資料。

(6)對雷達測波之影像資料進行檢討，同時與觀測樁資料進行比對，以改進雷達測波資料之精確度。

第二年度(93 年度)：

(1)執行海洋波浪長期監測工作。

(2)對轉換函數進行研究，修正資料處理方法。

(3)利用監測資料進行統計、能譜及綜合分析，將遙感監測結果與觀測樁監測結果相互比較驗証。

(4)即時顯示雷達遙測波浪圖像之網頁維護。

(5)雷達測波儀維護保養。

第三年度(94 年度)：

(1)執行雷達測波及資料分析。

(2)維護網頁展示系統。

(3)雷達測波儀維護保養。

(4)比對雷達測波資料以及其他實測資料。

(5)遙測資料方向波譜分析可行性評估。

第二章 實驗設備

2.1 雷達遙測

本研究是使用國立台灣大學海洋研究所研發之 Wave Scanner 雷達海象觀測系統(ROCOS, Radar Ocean Climate Observation System)，該系統採用 Furuno 公司之型號 FR-8251 的船用雷達，為了符合機動性的原則，並能夠搭載在廂行車上作業，所以選用六呎的天線。FR-8251 雷達所發射之雷達波在垂直及水平方向上的射束寬度分別為 25.0°及 1.2°，天線的轉速為 24 rpm。該雷達極性為 H-H 之 X-band 雷達，發射與接收之電磁波皆為水平偏振，發射頻率為 9.41 Ghz(波長約為 3.2 cm)， 最大發射功率為 25 KW。

FR-8251 雷達具有多重測距範圍選擇，測距越遠則所需發射功率越強，而發射波之脈衝寬度也越大，空間解析度相對地變差。為了觀測波浪，在考量解析度要好以及量測範圍不可以太小得情況下，我們設定量測範圍在 3.15 海浬（約 5.7 公里），發射脈衝寬度為 0.08 μ sec，脈衝頻率為 2100 Hz。

此外，控制電路之取樣時序係採用交錯式（Interlace），即取樣時在相鄰的掃瞄線上採用不同的時相，也就是故意將偶數條掃瞄線之取樣時間延後 0.05 微秒，相當於把像素向後偏移 7.5 公尺（奇數條則不變），如此一來在製作雷達回跡圖時就可以利用此功能把空間像素之尺寸大小縮小一倍而變為只有 7.5 公尺（早期許多電腦監示器亦均採用類似這種的方法以提供「較高」解析度之顯示功能），這樣可使輸出畫質較為清晰，然而實際有效的空間解析度係取決於雷達之實際發射脈衝寬度，在 SP Mode 時仍然是 12 公尺。

ROCOS 測波系統正常作業係設定在每小時整點時自動開始波浪

量測工作，系統每次會連續採集 32 張圖片（雷達天線轉速為 24 RPM，每轉一圈約需 2.5 秒，32 張共耗時 80 秒），每小時均儲存完整（R，θ）座標型態（R，θ 分別代表距離與角度）之原始數據，如此每天儲存之資料量（經壓縮處理後）約在 800 Mega Bytes 左右，而一顆 30 Giga Bytes 的硬碟約可儲存一個多月的觀測資料，作業人員大約每月均定期赴現場一次，進行定保維護以及抽換資料硬碟之工作。資料硬碟回收實驗室後，工作人員先以高密度 DAT 磁帶機將資料備份，然後再將原始資料轉成 GIF 動畫圖檔(89a 格式)以方便研究人員檢視。

為避免供電不穩定而影響到雷達測波作業，ROCOS 系統加裝有 UPS 不斷電系統以及設定了斷電後當來電時會自動起動之功能，目前的處理方式是透過數據機、電話線進行遠端連線，不定時之方式人工連線來監控。

本試驗共設置兩處雷達測站，如圖 2.1 所示，一處設置在台北港，命名為台北港一號雷達測站，雷達天線主方向為 310°方位角，但隨著台北港的陸續完工，受到外廓防波提的阻隔，此測站已逐漸失去作用；而另一處設置在淡水第二漁港，與台北港廂隔著淡水河，命名為台北港二號雷達測站，此地點可以毫無障礙地觀測到整個淡水河口，以及台北港外廓防波堤以西北和觀測樁一帶的海域，雷達天線主方向為 290°方位角。本研究主要針對台北港二號雷達測站做分析。

圖 2.1 雷達遙測站位置

圖 2.2 雷達遙測站架設情形

2.2 觀測樁

觀測樁設置在台北港外廓防波提外，北緯 25°10′44″、東經 121°22′41″、水深 16 公尺處，搭載 Inter Ocean 公司之 S-4 ADW 儀器，可記錄波浪、海流及風資料。

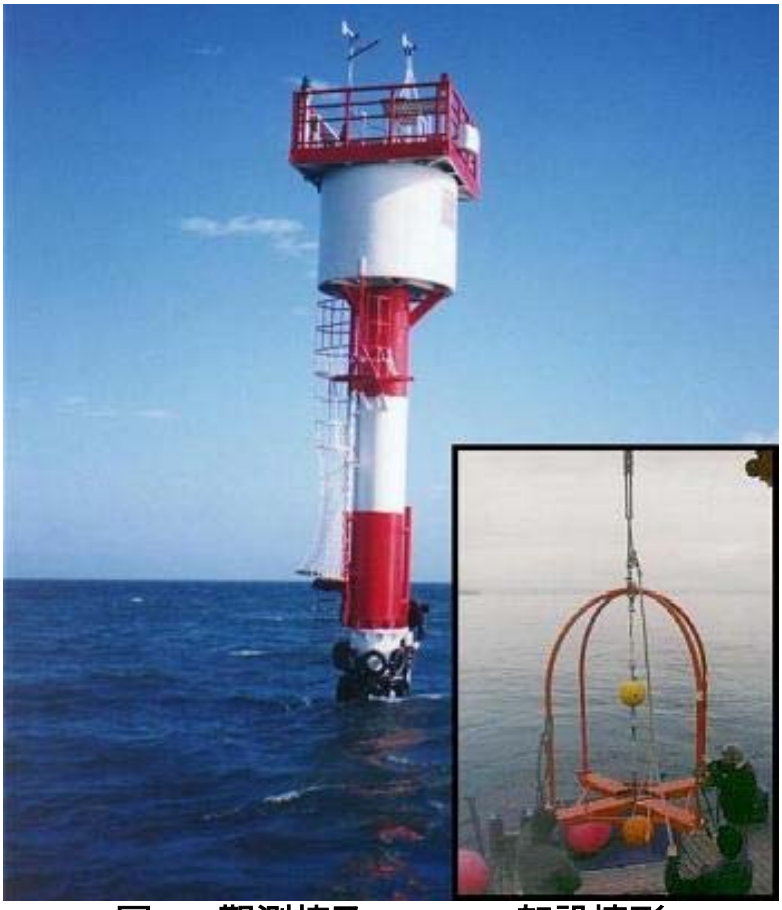


圖 2.3 觀測樁及 S4ADW 架設情形

第三章 工作執行狀況

本期計畫係自 93 年 3 月 31 日開始執行，但在此之前交通部基隆港務局即委託本所港灣研究中心辦理「八里、林口海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷四年監測計畫」，該計畫於 92 年 5 月結案，此後之台北港一號測站及台北港二號測站仍繼續啟動運作，例行性工作包括每月定期派員赴現場保養裝備、抽換資料硬碟、執行資料備份以及進行波浪數據轉換、燒錄製作圖像光碟等等，同時每日亦透過數據機經電話線路監看台北港雷達測波系統之工作狀況，如遇有不能以遙控方式排除之故障情形，則以電話聯絡台北港分局港航課當值人員協助，改以人工方式重新啟動電源，使電腦重開機恢復正常運作。

雷達遙測波浪資料處理過程如下：資料回收後，工作人員先以高密度磁帶機將資料備份(存於 DAT 磁帶上)。由於硬碟十分精細十分脆弱，抽換回來的硬碟資料很容易損毀，所以要儘快備份。備份後再將原始資料轉成動畫圖檔，以方便研究人員檢視資料特性以及資料品質狀況。動畫圖檔檔案格式為 GIF，而平均圖檔亦為 GIF 格式，之後再針對各個動畫圖檔做波高、主波波向、波長、對應週期等分析。

本年度之研究內容主要包括有現場監測、測波資料分析、對轉換函數進行研究、維護網頁展示系統、比對雷達測波資料、及裝備保養等作業，其中裝備保養為每月資料回收時合併進行，因此在本報告中將與監測作業一同敘述。進行步驟分述如下：

（1）現場監測作業部份：

雷達測波儀維持上線狀態(每日 24 小時連續作業)以執行海洋波浪長期監測工作，台大海洋所定期(每月)派人赴現場彙整觀測數據，定期進行裝備檢查保養之工作，每日並透過電話數據機以遠端監控方式掌握測波系統工作狀態，如遇故障情形則儘

快派員去現場維修，或以備用系統暫代，儘可能維持監測作業不致中斷。

(2) 測波資料分析部份：

測波資料定期回收後進行資料備份、統計、能譜及綜合分析，製作波浪動畫以及統計資料繪圖等後製作工作，每月並將處理後之產品以 DAT 磁帶及 CD 光碟片方式寄交港研中心。

(3) 維護網頁展示系統部份：

本計畫在第三年度已建立好網頁即時顯示雷達遙測波浪圖像之作業，可提供使用單位透過電腦網路即能獲得有關即時海況之訊息，對規劃日常海上工程作業或是現場施工方面應有助益。本年度繼續維護、改進網頁內容，並每日監控伺服器運作狀況，確保網頁展示系統正常工作。

(4) 比對雷達測波資料部份：

將雷達遙感監測結果與觀測樁監測結果相互比較驗証。這項工作之進度視港研中心所提供之觀測樁監測結果而定，原則上於期中報告時將提出前半年資料之比對結果，而期末報告時則提交全年資料之比對結果。

(5) 對轉換函數進行研究：

將由雷達遙感監測結果所計算出之雷達回波能譜與由觀測樁波流儀監測結果所計算出之波浪能譜相互比較，以統計方法估求二者間最佳的關係式，並應用此式修正雷達測波系統所用之波高計算公式。另方面也將針對風、雨對雷達測波功能之影響加以研究。以上這些均是精進雷達測波技術所需的基礎，也是海洋所一直持續不斷進行中的研究工作。

第四章 頻率域分析模式

此部分為王等(2001)所建立之分析模式，目前已將相關之分析模式建立於 ROCOS 系統上。將雷達影像資料做成影像的方向波譜，計算分析頻譜之特性，得到波向、波高等相關參數。目前使用之率定公式係根據台北港 88 年 10 至 11 月的同步觀測資料所統計出來的 (王等，2001)。圖 4.1 至 4-11 為台北港 93 年度監測作業期間(自 92 年 11 月 1 日起至 93 年 9 月 30 日止，後者即為撰寫本報告前最後一次回收資料之時間)所有由雷達測波儀估測波高值均按月繪製成分月時序圖以供參考。並將逐日與觀測樁比較之結果詳附於附錄 A。波向的資料比對部份，放置在下一章與本研究團隊所推出方法，作一整合比較。

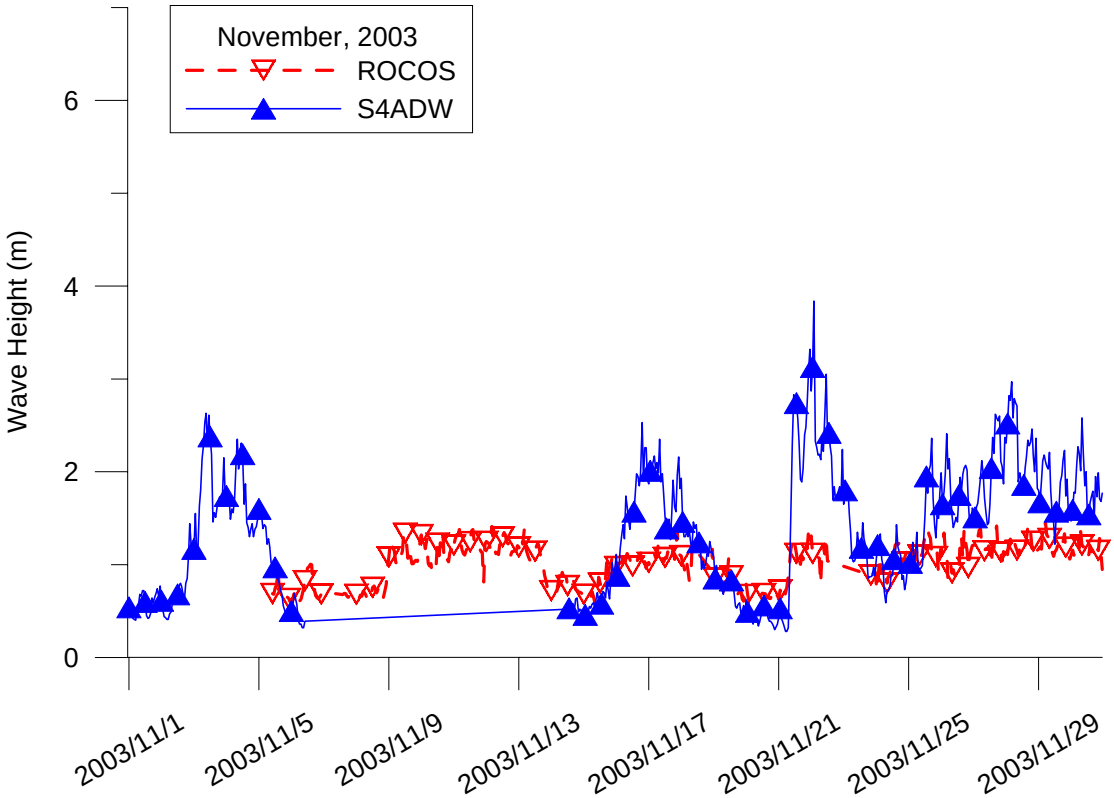


圖 4.1 民國 92 年 11 月台北港二號站估測波高時序圖

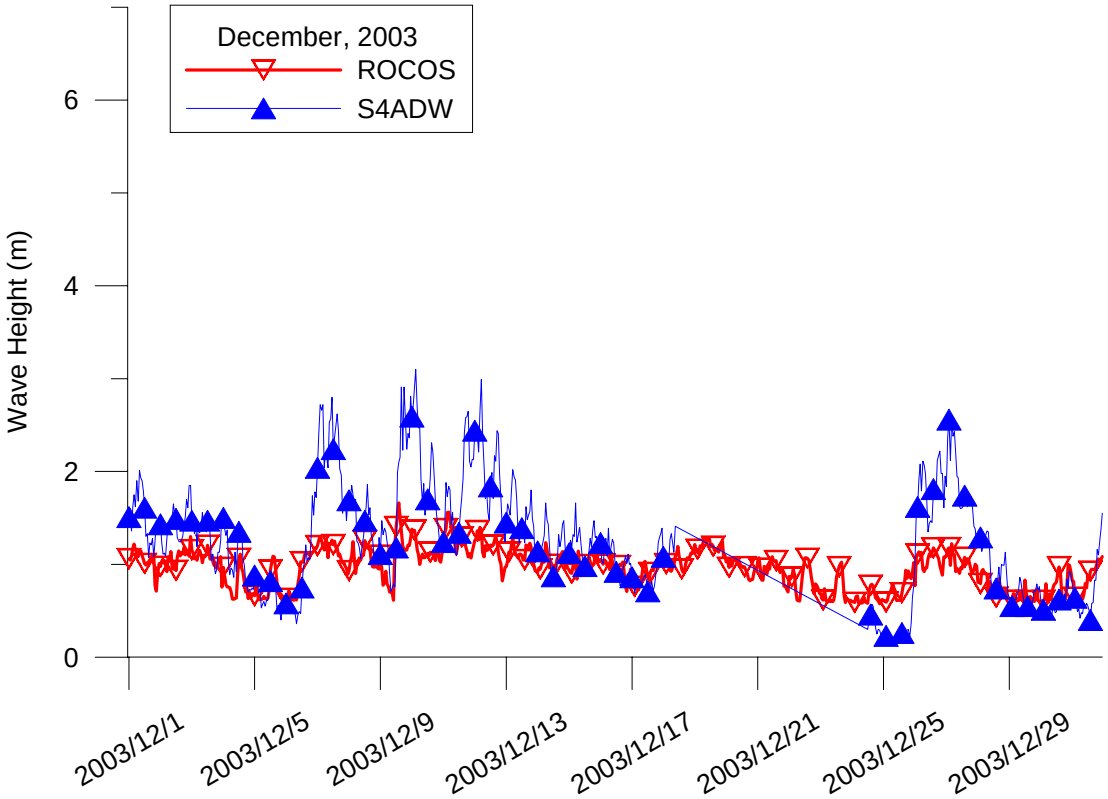


圖 4.2 民國 92 年 12 月台北港二號站估測波高時序圖

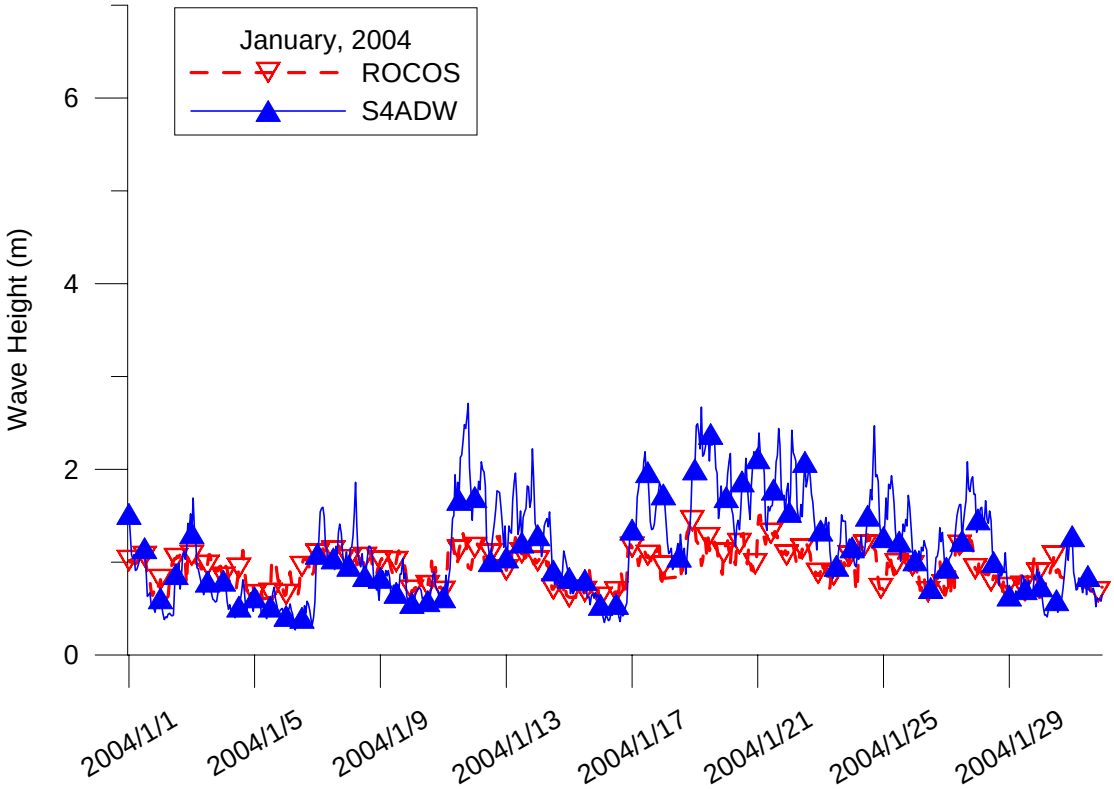


圖 4.3 民國 93 年 1 月台北港二號站估測波高時序圖

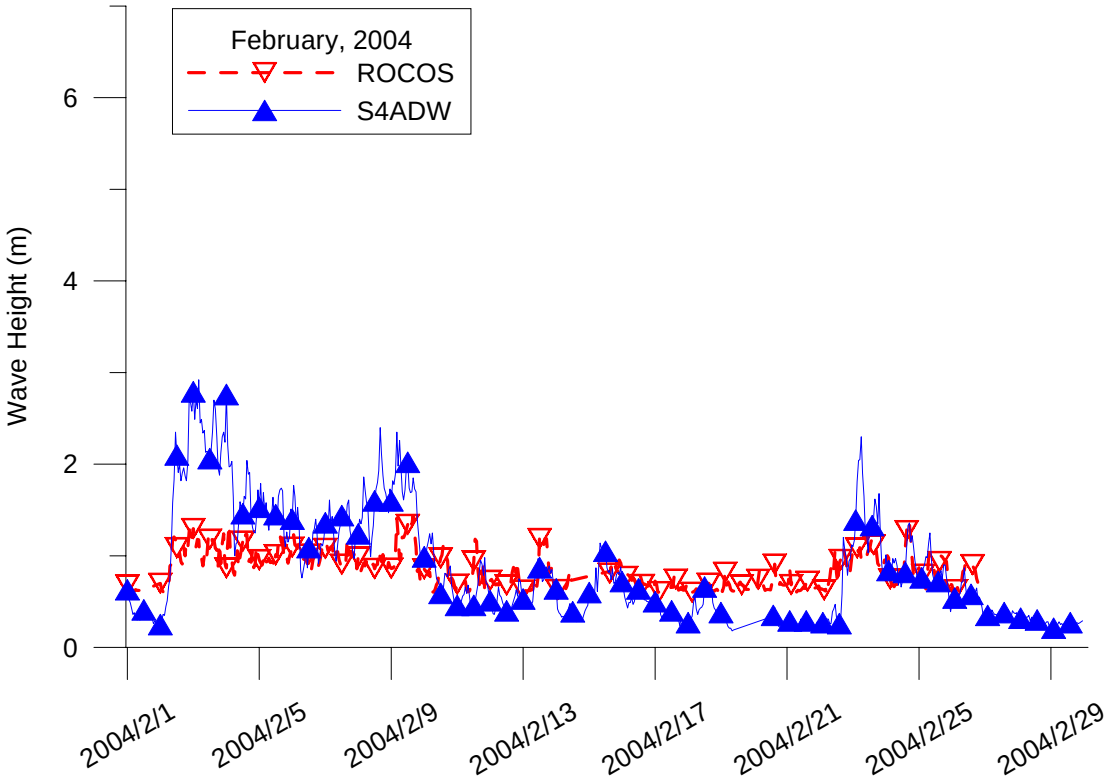


圖 4.4 民國 93 年 2 月台北港二號站估測波高時序圖

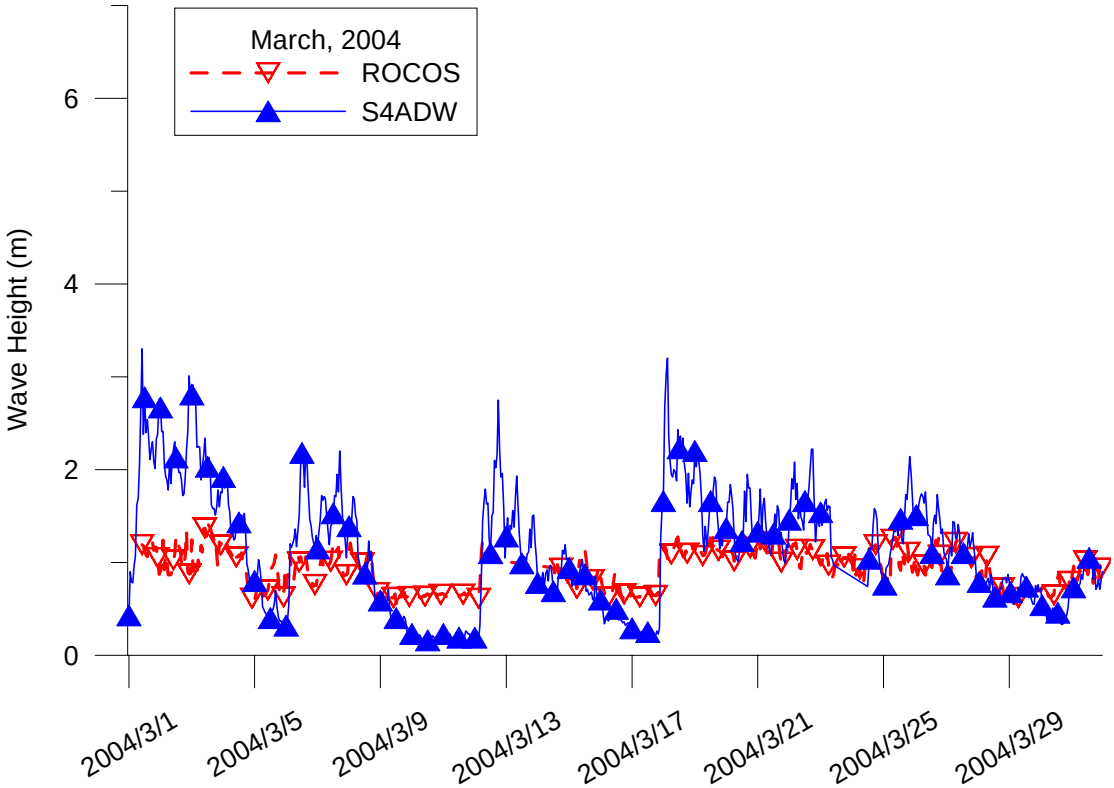


圖 4.5 民國 93 年 3 月台北港二號站估測波高時序圖

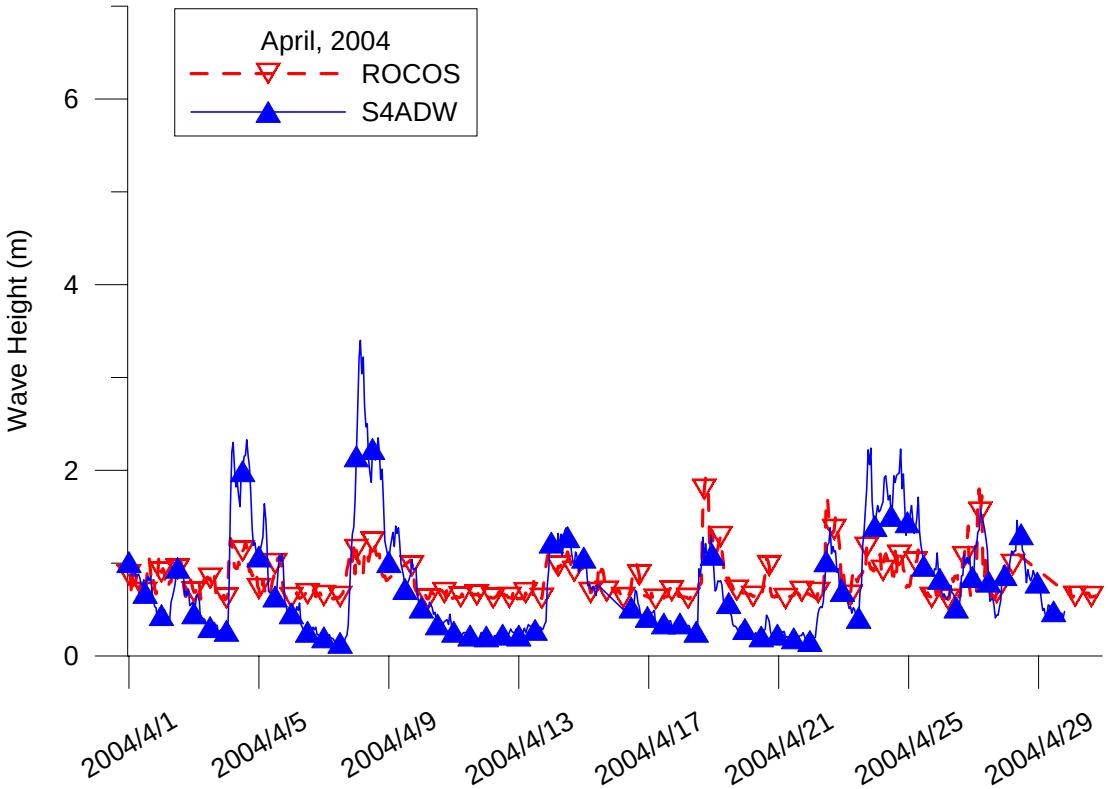


圖 4.6 民國 93 年 4 月台北港二號站估測波高時序圖

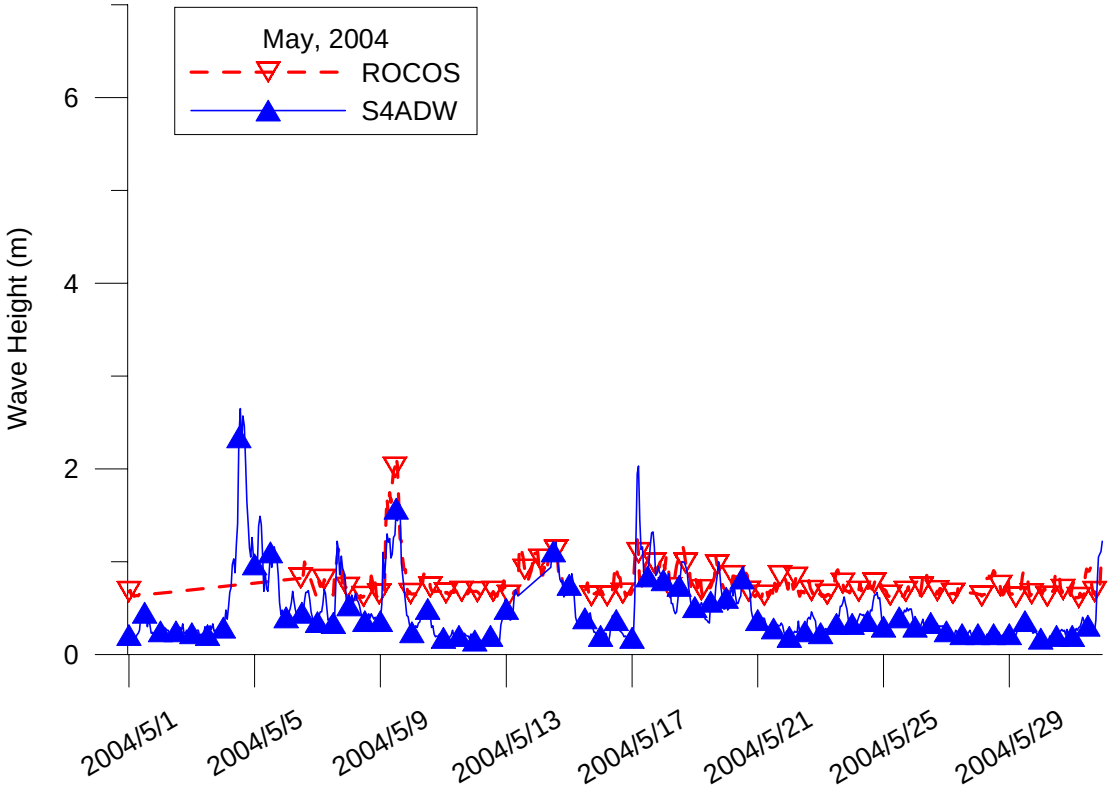


圖 4.7 民國 93 年 5 月台北港二號站估測波高時序圖

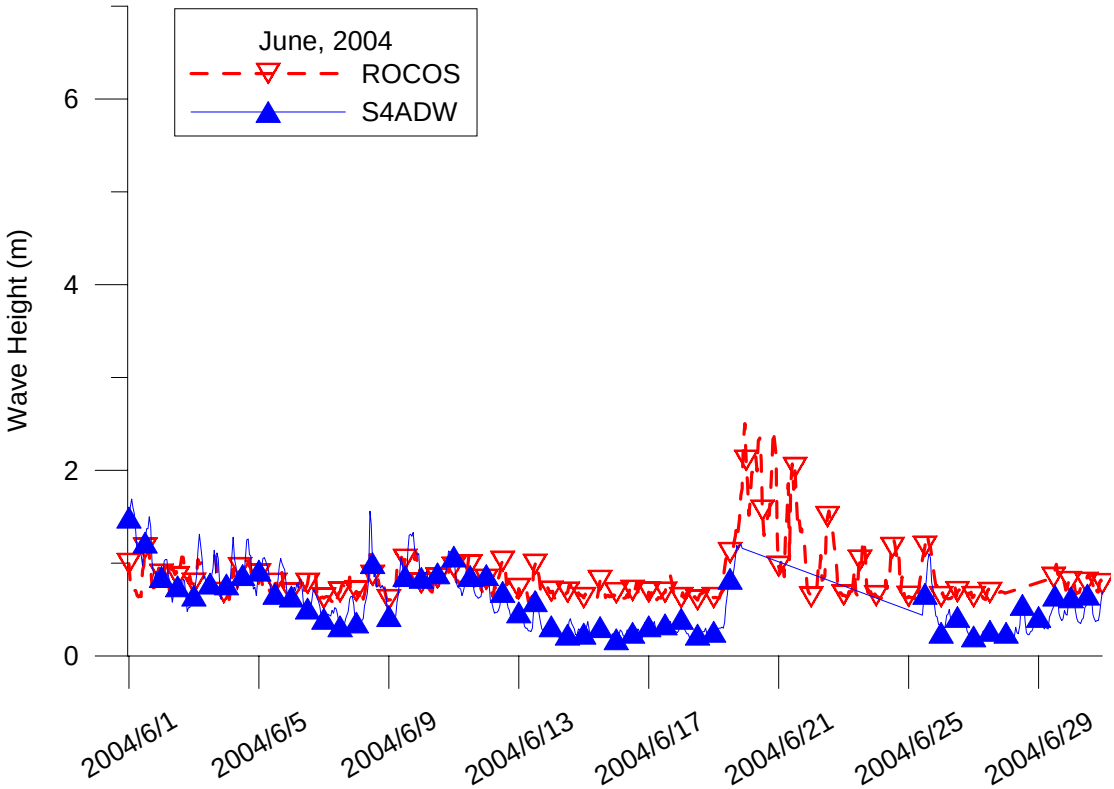


圖 4.8 民國 93 年 6 月台北港二號站估測波高時序圖

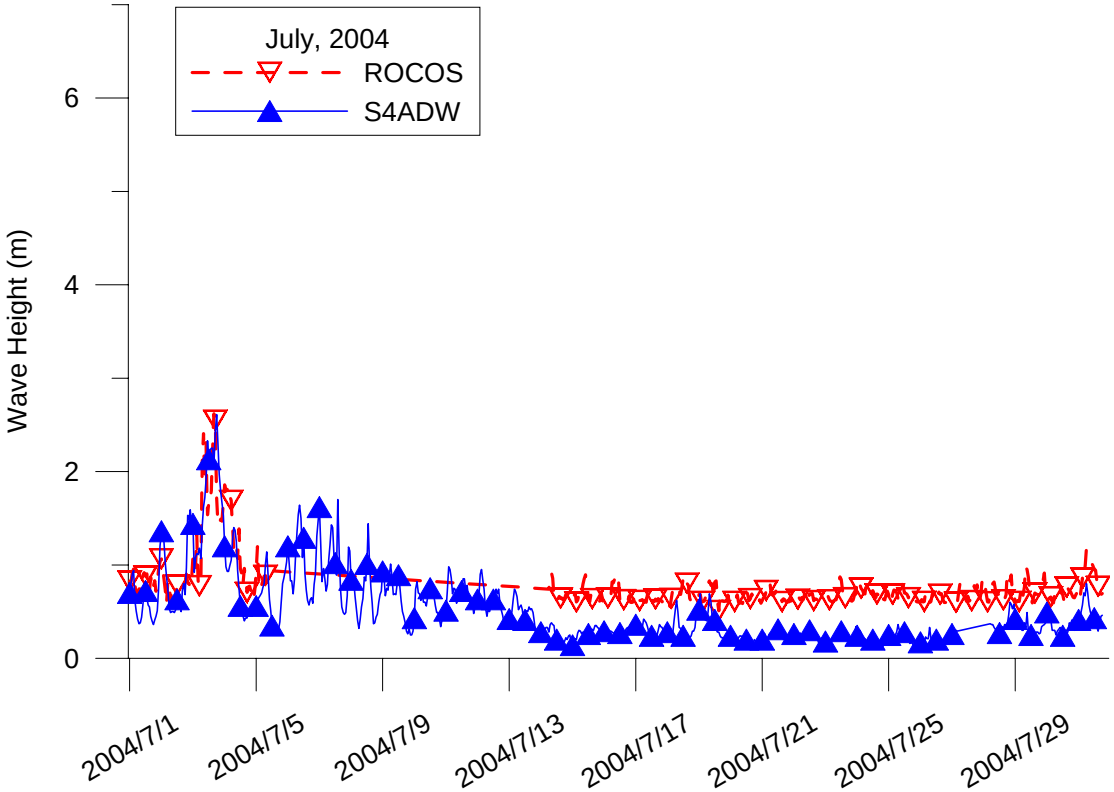


圖 4.9 民國 93 年 7 月台北港二號站估測波高時序圖

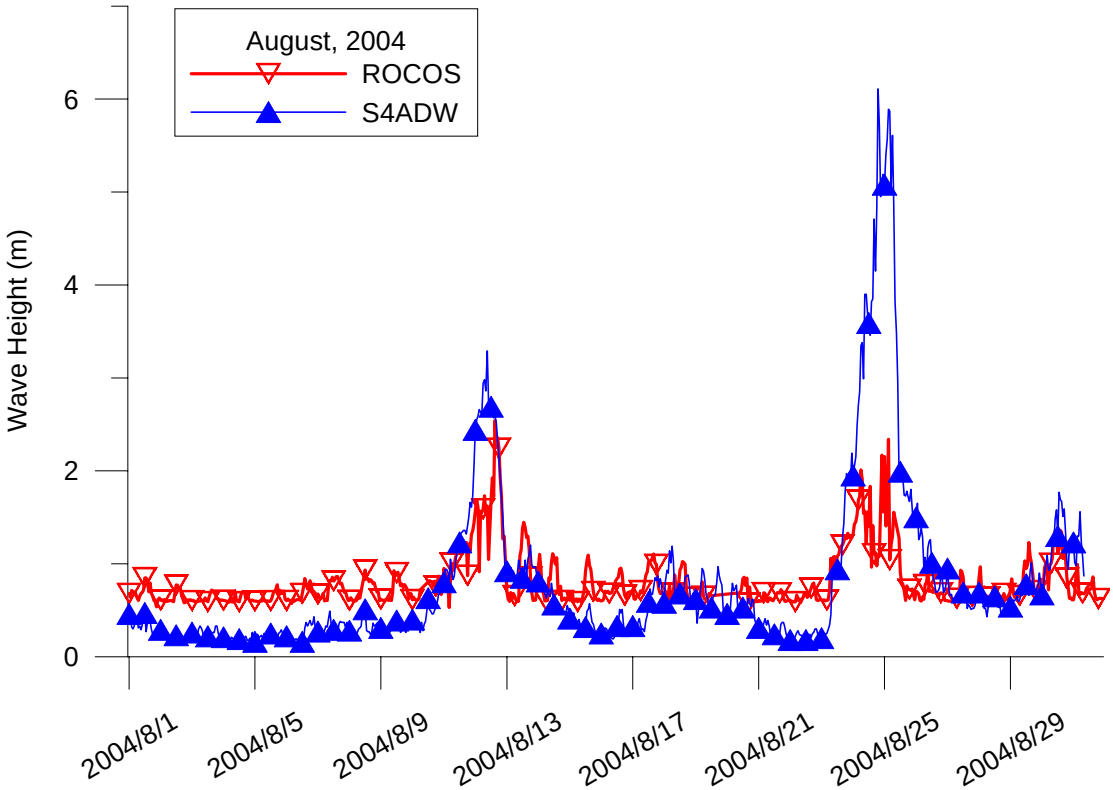


圖 4.10 民國 93 年 8 月台北港二號站估測波高時序圖

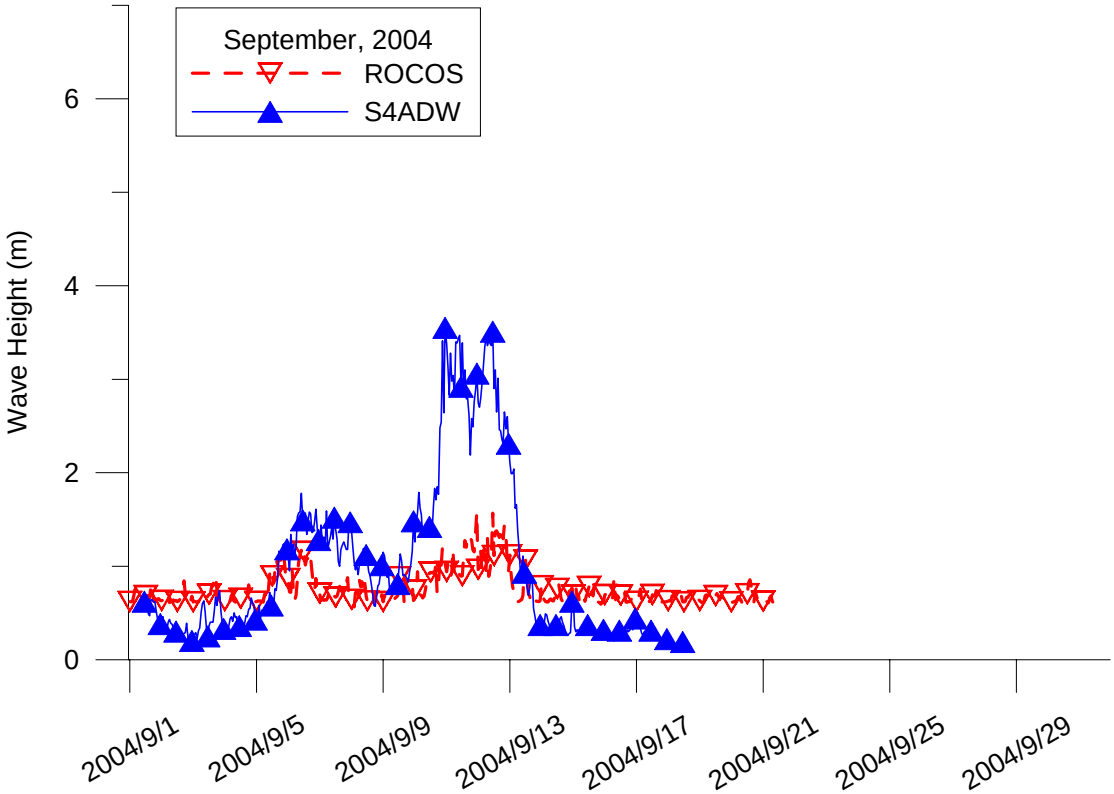


圖 4.11 民國 93 年 9 月台北港二號站估測波高時序圖

第五章 影像處理判定波向

5.1 研究方法

本實驗分析方法是從空間-時間域著手，分析雷達影像中雷達回波反應出的波峰走向，透過影像的處理及解讀，使電腦可自動判讀波浪前進的方向。由於所取得的雷達影像所包含的雜訊可能影響判讀得結果，必須藉由一些影像處理的手法，如灰階化、高通濾波、及二值化，來改善影像的視覺效果，最後利用線性回歸決定波向，以達到電腦自動由影像分析和處理。

雷達所拍攝的範圍較大，圖像所包含的實際範圍廣大，造成影像中表現波浪的特徵較不明顯，而且有被忽略的趨勢，如波峰線之間雷達回波應該反應波谷的部份，往往會受到波峰的遮蔽而無法反應出，造成在電腦判讀上的障礙，此時我們透過高通濾波來試圖還原波谷的部份，然後直接使用二值化將波峰與波谷兩者的影像以強烈的對比表現出來，這不連續界面平行波峰線，藉以替代波峰線的表示，最後在藉由線性回歸的方式找出波峰線的走向(斜率) ，再求得波向。

5.1.1 灰階化

本研究所使用的雷達影像表現方式為紅綠藍(RGB)三元色所組成的色階變化，在雷達影像下方有一條代表雷達回波強弱的顏色尺標，但一般所使用的彩色轉灰階的公式採用線性疊加的方式，如:

$$Gray = \frac{(R+G+B)}{765} \times 255 \quad \text{..... (5.1)}$$

其中

Gray:轉換後的灰階值
R:轉換前的紅色值
G:轉換前的綠色值
B:轉換前的藍色值

此結果則會遮蔽了一些原有的性質，如圖 5.1 為原始圖，圖 5.2 則是一般轉換公式轉換後的結果，可以發現緊臨二號測站周圍，應該回波最強，顏色為的紅色，在轉換後反而變成了灰色，而不是白色(灰階中代表回波最強的顏色)；由圖片底下的顏色尺標也可以發現，原本應該由左而右呈現漸強的狀態，現在反而變成了弱-強-弱（灰-白-灰）的表現型態，這與全彩色板下的強弱不同，如圖 5.3 所示，R、G、B 三顏色的值是先後出現，灰色線是一般轉換公式轉換的結果，呈現近似二次的線性變化，並非近似一次的線性變化，此線性疊加的方法並不正確。

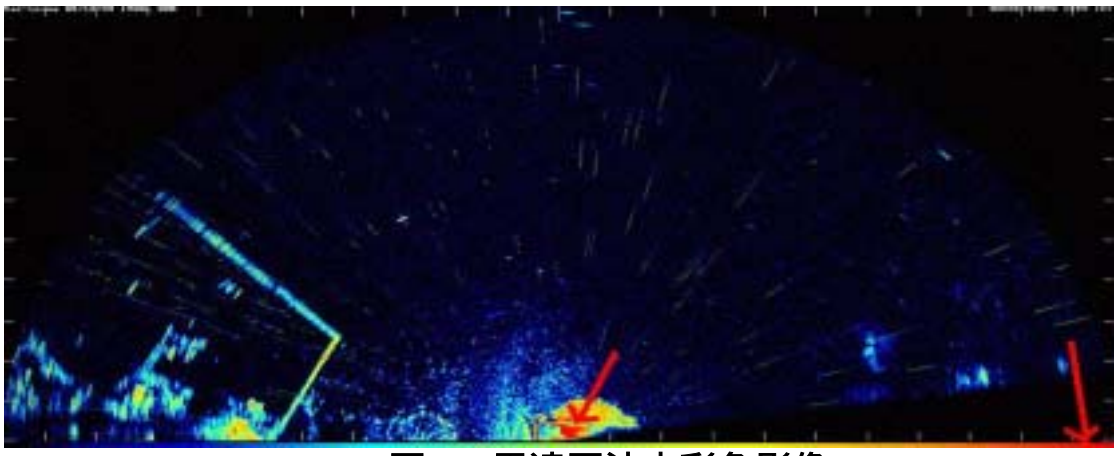


圖 5.1 雷達回波之彩色影像

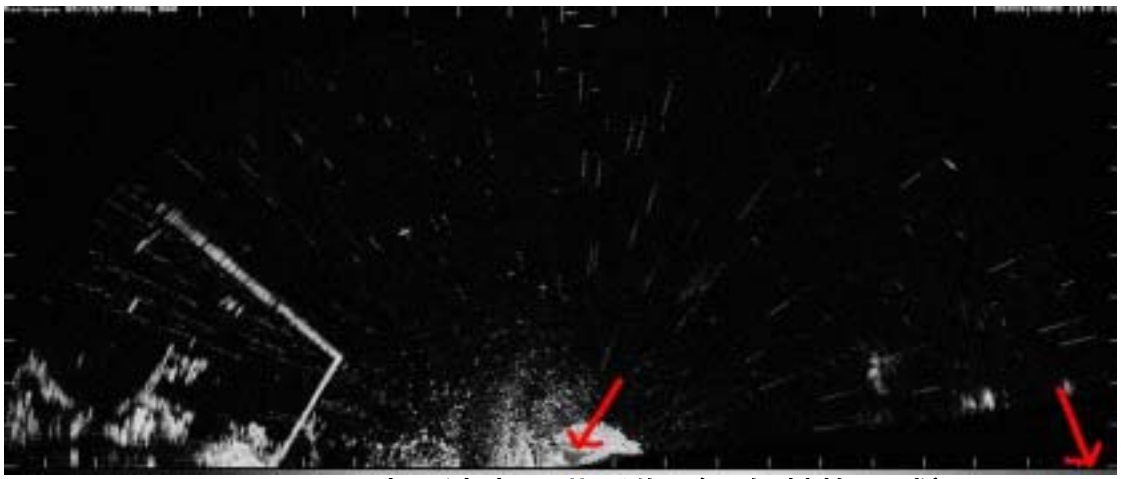


圖 5.2 雷達回波之灰階影像（一般轉換公式）

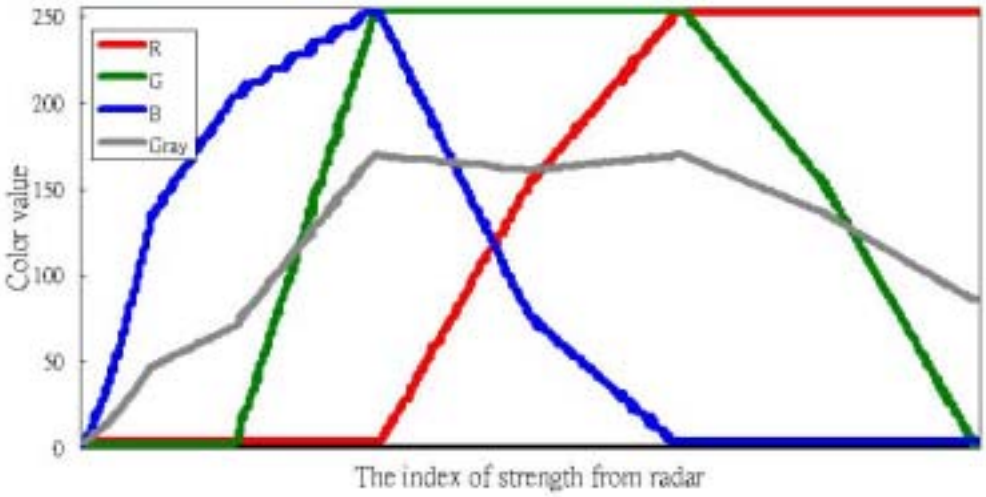


圖 5.3 雷達回波的彩色 RGB 色板及灰階（一般轉換公式）色板變化

經過研究，我們修改了疊加方式，由於三元色的表現時機略有些相位差，當藍色值增加到最大且開始減小時，綠色值才開始增加，而當綠色值增加到最大且開始減小時，紅色值才開始增加，因此將轉換式修改成:

$$B' = \begin{cases} B & G < 255 \\ 255 + (255 - B) & (G \geq 255 \quad or \quad R \geq 255) \end{cases} \quad \text{..... (5.2)}$$

$$G' = \begin{cases} G & R < 255 \\ 255 + (255 - G) & (R \geq 255) \end{cases} \quad \text{.....(5.3)}$$

$$Gray' = \frac{(R + G' + B')}{1275} \times 255 \quad \text{.....(5.4)}$$

轉換出的灰階圖片(圖 5.4)，於緊臨二號測站附近，轉換前回波最強的部份(紅色)，在轉換後為白色；由圖片底下的顏色尺標也可以發現，尺標也由左而右呈現漸強的狀態。另外在圖 5.5 也可以看到，修正後的灰階變化呈現近似一次的線性變化，而原始模式則呈現近似二次變化線性的形式。

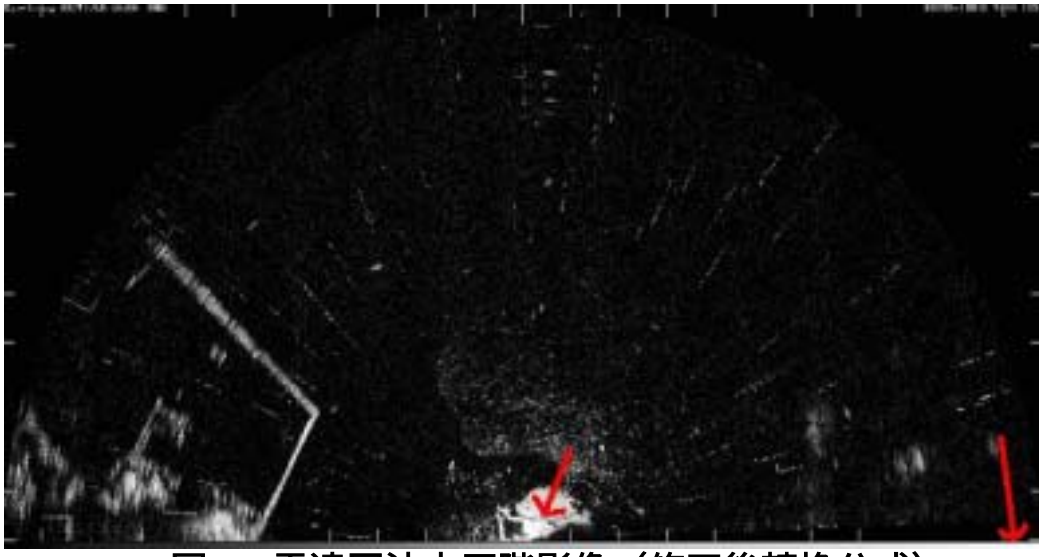


圖 5.4 雷達回波之灰階影像（修正後轉換公式）

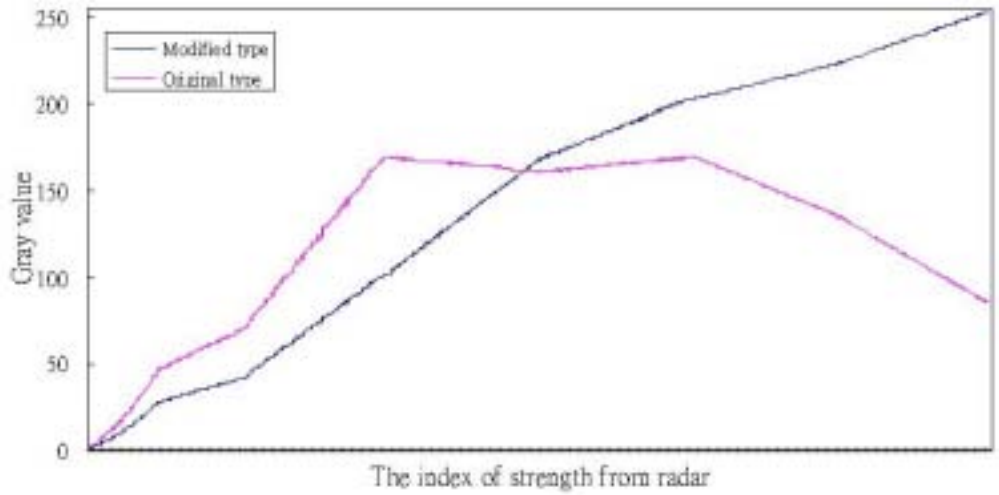


圖 5.5 雷達回波的灰階（一般轉換公式及修正後轉換公式）色板變化

5.1.2 影像濾波

功能在於凸顯或是濾除影像中某些部份之訊號，例如低通濾波在於濾除高頻雜訊，高通過濾波在於濾除影像中之低頻雜訊，於中間值濾波則在於去除影像中雪花般之雜訊；而邊緣強化，在於強化影像中物體之邊緣軌跡。

空間定義域濾波運作的方法是以罩遮(Mask)來處理每一格像素，本研究採用 3X3 的罩遮來處理，將每一像素及其鄰近八點均乘上一權重係數(Weight)，如下一節所示，所得之和即為該素像新灰階值，亦即

$$f'(x,y)=\begin{cases} k_{11}f(x-1,y-1) & +k_{12}f(x,y-1) & +k_{13}f(x+1,y-1) \\ +k_{21}f(x-1,y) & +k_{22}f(x,y) & +k_{23}f(x+1,y) \\ +k_{31}f(x-1,y+1) & +k_{32}f(x,y+1) & +k_{33}f(x+1,y+1) \end{cases} \quad \text{.....(5.5)}$$

其中

$f(x,y)$:為原始影像之點(x,y)的灰階值

$f'(x,y)$:為運算後為影像之點(x,y)的灰階值

k_{ij}:為權重係數

5.1.2.1 高通濾波

一般影像可能會受到各種雜訊的干擾，經過多次試驗，發現透過高通濾波對於本研究有較好的結果，其罩遮(Mask)為:

−1	−1	−1
−1	9	−1
−1	−1	−1

圖 5.6 高通濾波所採用的罩遮

5.1.2.2 二值化

將所有的影像灰階透過二值化的方式，將圖片轉換成只有黑與白兩種顏色的模式，以凸顯波峰與波谷的影像差異及利於電腦的判別，即:

$$f'(x,y)=\begin{cases} 255 & (f(x,y)\geq V_{TLV}) \\ 0 & (f(x,y)<V_{TLV}) \end{cases} \quad \text{.....(5.6)}$$

其中

V_{TLV}:為臨界值(Threshold limit value)

而臨界值則是考量整體影像而定，在本文中則選擇畫面中所選擇之分析區塊的平均灰階當作臨界值。

5.1.3 波向的決定

藉由二值化後將邊界點標示出來，再使用線性回歸的方式，找出回歸線的斜率，將其定義為波峰的走向，再求波向。

線性回歸是使用最小平方法，即:

$$Y = b_0 + b_1 X \quad \text{.....(5.7)}$$

其中

$$b_1 = \frac{\sum\left[(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})\right]}{(X_i - \bar{X})^2}$$

$$b_0 = Y - b_1 X$$

而波峰線相對於圖片座標的走向(角度)則可定義為:

$$\theta = \tan^{-1}(b_1) \quad \text{.....(5.8)}$$

為了避免雜訊對造成波向統計上的影響，在此我們亦加入樣本相關係數(Sample correlation coefficient)來作檢定，即:

$$r = \frac{\sum\left[(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})\right]}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2}\sqrt{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}} \quad \text{.....(5.9)}$$

將相關係數較差及樣本數(Sample)較少的母體(Population)剔除。另外，方向百分比定義為

$$P_n = \frac{N_p}{N_{all}} \times 100\% \quad \text{.....(5.10)}$$

其中

N_p：該區塊之樣本數

N_{all}：畫面中所有區塊之樣本數總合

但反正切(Arc tangent)的角度範圍-π/2~π/2，所以只能決定波峰線走向，未決定波向。對此可以使用連續的兩張畫面做疊加後分析，就能夠確認波向，將兩張連續的畫面疊加後，灰階值較小(Gray=50)的部份為 t 時刻的畫面，而灰階值較大(Gray=150)的部份是 t+1 時刻的畫面，疊加後會產生灰階值大於兩者的值(Gray=200) ，藉此可以利用三者的排列順序來判斷，如圖 5.7，灰階值排列由左向右為 150-200-50，此波的前進方向是由左向右進行，反之，灰階值排列為 50-200-150，此波的前進方向是由右向左進行。

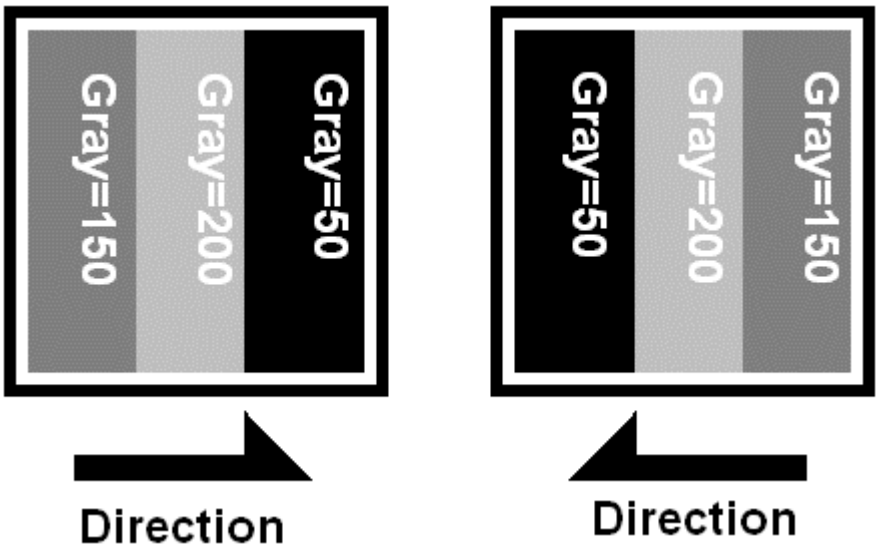


圖 5.7 利用連續兩張不同時刻圖片判別波峰前進方向示意圖

5.2 結果討論

5.2.1 分析範圍

檢視過所有雷達影像資料後發現，以冬季季風時的雷達影像較容易看出波峰線，在影像的判讀上較容易，所以就選定去年 11 月份進

行分析測試，而分析範圍如圖 5.8 所示，第一區(Area-1)的位置在淡水河出海口，第二區(Area-2)位置於沙崙海水浴場以北的海域。

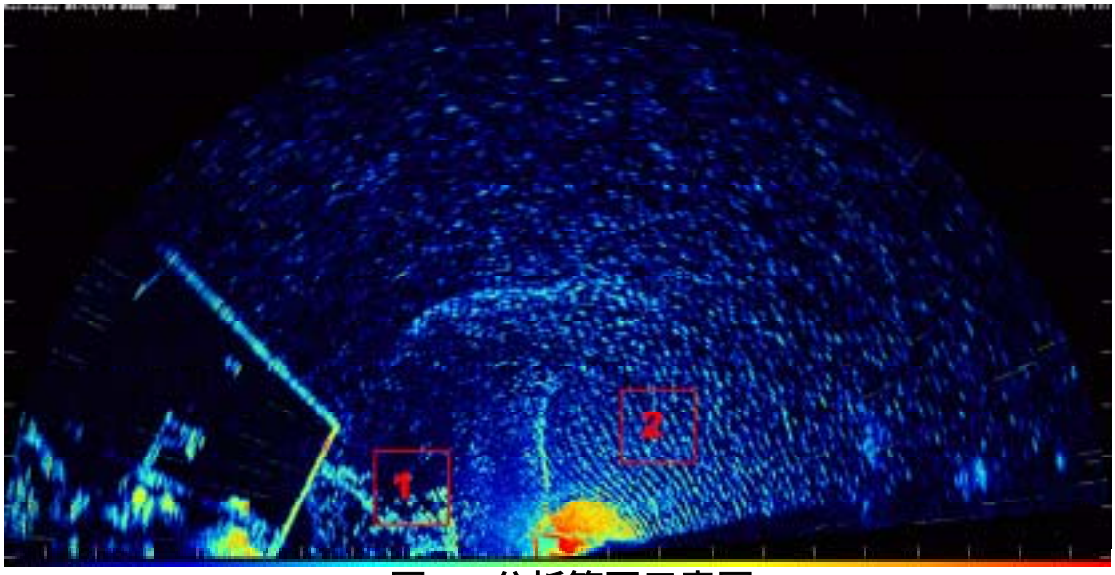


圖 5.8 分析範圍示意圖

畫面中每一格像素(pixel)所對應的真實面積大約是 6.273×10^{-5} 平方公里(0.00792 km x 0.00792 km)，分析的範圍為 10000 像素(100 pixel x 100 pixel)，所以真實範圍大約是 0.6273 平方公里。

5.2.2 分析程式

分析程式由本實驗室自行開發，依據上一章的理論方法進行，流程如下(圖 5.9)。

為了方便檢視雷達影像，將雷達影像利用商用軟體製成 GIF 動畫格式，由於雷達影像只用 256 種顏色表示，再加上 GIF 格式為不失真壓縮的特性，可壓縮卻又不失真，用來保存雷達資料是不錯的選擇。但是 GIF 是利用 LZW 的壓縮格式，LZW 的壓縮格式簡單說來是字典壓縮法，將資料組合後編成字典，原始資料則全部轉換為字典索引值輸出，在大筆資料的處理上相當具有節省空間的優點。在壓縮上雖然容易，但是在解壓縮上就相當複雜了，由於字典不隨檔案做輸出，所以必須在所有的索引值裡重新找回字典，才有辦法解開得到原始資

料。一般能可透過商用軟體來處理，但又因雷達影像是儲存為 GIF89a 規格的動畫格式，通常是需要透過兩次的手續才能完成，所以本研究團隊開發一套解 GIF89a 格式的程式，並與分析程式結合，令使用者在操作上更為簡單。

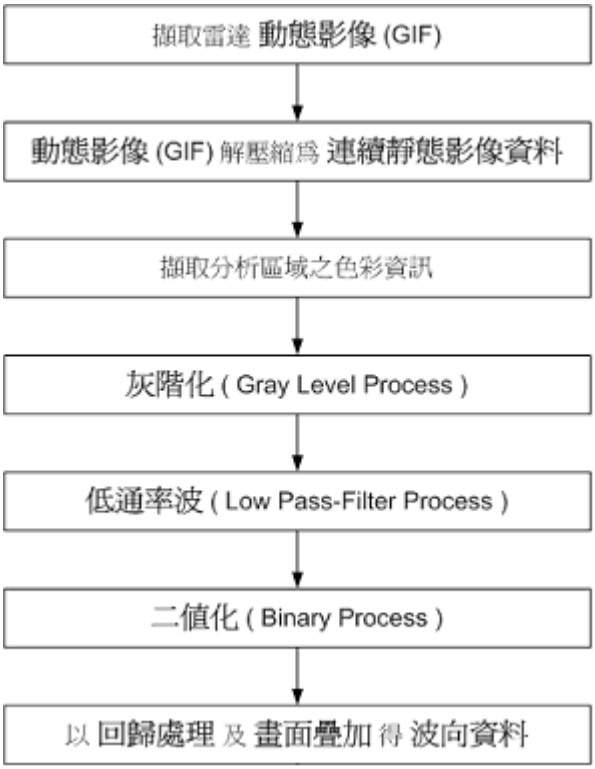


圖 5.9 分析程式流程圖

5.2.3 分析結果

目前以雷達的遙測技術上，尚有一些無法克服的因素，諸如：雨天無法觀測、波高較小也無法觀測等。該海域接近冬季時，風向轉為東北季風，此時之波高較大，其分析出的結果也較為理想，本研究之方法於 92 年 11 月至 93 年 3 月間，分析結果與觀測樁相當吻合，93 年 4 月至 7 月的分析結果與觀測樁結果有些許偏差。

92 年 11 月的影像分析結果如圖 5.10a 及 5.10b 所示，Area-1 及 Area-2 的主要波向為 N，與觀測樁的統計結果吻合（圖 5.10c）。表 1 為 92 年 11 月的部份逐時列表，在此表中也可以發現，由影像處理的

分析結果與觀測樁相當吻合。另外，圖 5.10d 為頻譜分析的結果，其分析結果較難看出主方向，其原因可能與雷達的取樣間隔時間為 2.5 秒(0.4Hz)有關，由於時間上的失真，導致在頻率域的分析上也受到影響。

92 年 12 月至 93 年 3 月的分析結果如圖 5.11 及 5.14b 所示，Area-1 及 Area-2 的主要波向都為 N，與觀測樁的統計結果吻合。另外可以看到，頻譜分析的結果是不太理想的。

另外可以發現，92 年 11 月至 93 年 3 月間的 Area-1 除了主波向在 N 外，也都有 NW 的方向存在，其原因應該是受淡水河出海口的海底地形及淡水第二漁港北防波提的岬頭影響，造成波浪折射。事實上，Area-1、Area-2、及觀測樁分別在不同的區域上，所處的地形位置都不相同，所以除了主方向一致外，其餘的次方向都有所差異。再者也能看到，在方向的百分比上也略有不同，影像分析的比重都略大於觀測樁，且觀測樁的的方向分部除了主方向及一至二個次方向外，還有一些小於 10%以下的方向分布，但這些在影像分析上都沒有，其原因在影像分析時使用了一些濾波操作，使得有些雜訊或方向較不明顯的波浪因此被消除了，另外就是影像分析是採平面上的分析，分析大範圍的主要波向情形，與潮流儀(觀測樁)的單點測量也略有不同。

93 年 4 月至 7 月的分析結果與觀測樁結果有些許偏差。其原因在於東北季風已經逐漸轉弱，海上的波高較小，導致雷達所發射之電磁波皆藉由較為平靜的海面散射掉，無法有效的反射回接收器，故雷達影影像上幾乎沒有回波訊號，導致無法分析。扣除無法分析的資料後作統計製作玫瑰圖發現，由於樣本數不足導致在統計上的誤差，造成主波向的錯估。

如圖 5.19 至 5.23，圖為 11 月至隔年的 3 月的波高（次數）統計，由這些圖可以看出，波高分佈較為平均，波高一公尺以上與以下的次數相當平均。4 月開始，如圖 5.24 至 5.27，波高大多在一公尺以

下，海面上的回波訊號相當的弱，甚至完全沒有訊號，造成雷達影像全黑的狀態，所以資料無法分析。

表 1 92 年 11 月部分雷達分析結果與觀測樁逐時比對

日期 (月-日-時)	雷達影像 百分比 (%) W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	主方向	觀測樁 角度	主方向
11-25.00	0.0	4.5	19.4	0.0	47.3	25.9	3.0	(N)	10.3	(N)
11-25.06	0.0	12.1	13.1	0.0	32.5	42.3	0.0	(NNE)	36.3	(NE)
11-25.12	0.0	6.0	14.1	0.0	38.6	39.9	1.4	(NNE)	358.7	(N)
11-25.18	0.0	7.6	17.0	0.0	43.1	26.4	5.9	(N)	358.8	(N)
11-26-00	2.5	7.3	15.9	0.0	29.5	42.6	2.1	(NNE)	4.9	(N)
11-26-06	0.0	15.7	21.8	1.3	31.0	28.9	1.2	(N)	344.4	(NNW)
11-26-12	0.0	10.1	18.5	0.0	34.5	35.2	1.6	(NNE)	14.2	(NNE)
11-26-18	0.0	4.7	16.4	0.0	39.4	37.4	2.2	(N)	7.1	(N)
11-27-00	0.0	10.3	14.3	0.0	52.0	23.4	0.0	(N)	10.1	(N)
11-27-06	0.0	8.3	13.5	0.0	36.7	41.5	0.0	(NNE)	26.0	(NNE)
11-27-12	0.0	6.6	23.1	0.0	27.3	43.0	0.0	(NNE)	354.5	(N)
11-27-18	1.7	16.5	16.6	0.0	38.0	27.2	0.0	(N)	16.0	(NNE)
11-28-00	0.0	7.6	10.7	2.0	41.4	34.6	3.7	(N)	350.9	(N)
11-28-06	0.0	18.2	10.5	0.0	37.2	28.3	5.7	(N)	14.1	(NNE)
11-28-12	1.4	14.0	16.5	0.0	31.3	34.7	2.1	(NNE)	5.0	(N)
11-28-18	0.0	5.0	14.9	0.0	34.0	44.7	1.3	(NNE)	12.6	(NNE)
11-29-00	0.0	11.1	14.6	0.0	39.3	31.5	3.5	(N)	344.2	(NNW)
11-29-06	0.0	14.9	13.0	0.0	30.6	41.5	0.0	(NNE)	12.9	(NNE)
11-29-12	0.0	4.6	22.4	0.0	37.2	33.8	2.0	(N)	359.1	(N)
11-29-18	0.0	7.4	7.2	0.0	42.8	40.1	2.4	(N)	11.5	(N)
11-30-00	0.0	9.3	11.1	0.0	44.0	31.5	4.0	(N)	9.9	(N)
11-30-06	1.5	10.3	17.0	0.0	39.7	31.6	0.0	(N)	7.1	(N)
11-30-12	0.0	9.3	13.4	0.9	38.2	38.2	0.0	(N)	32.6	(NNE)
11-30-18	0.0	7.1	15.8	0.0	36.1	39.4	1.6	(NNE)	13.7	(NNE)

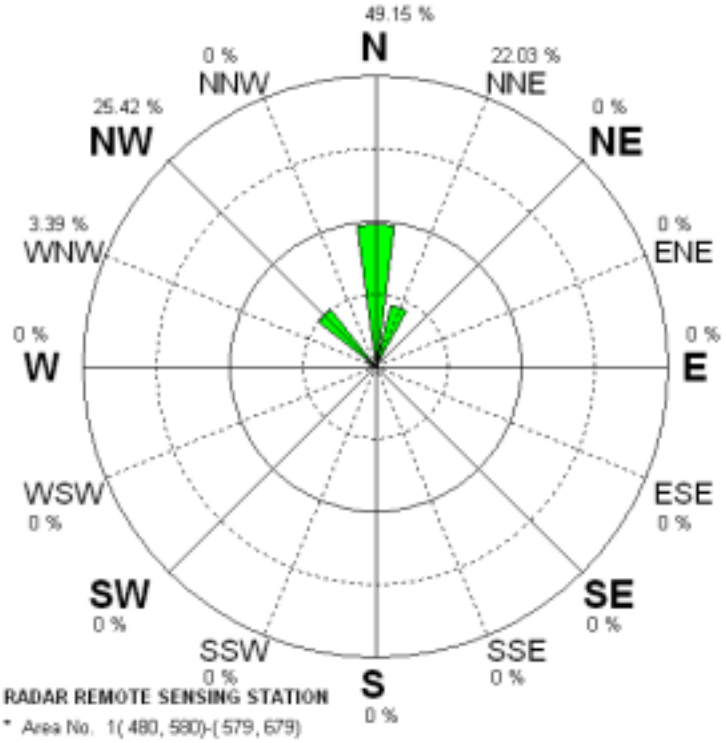


圖 5.10.a 92 年 11 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果

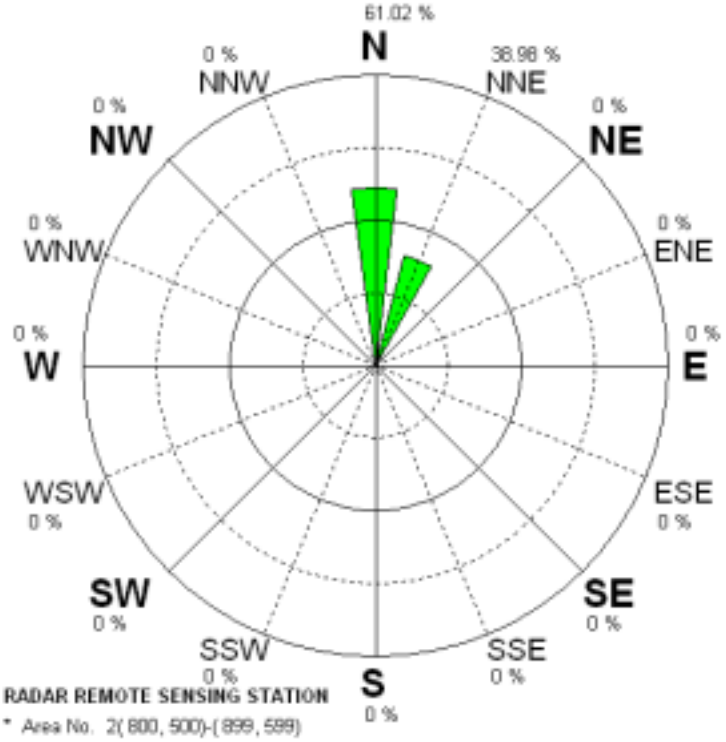


圖 5.10.b 92 年 11 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果

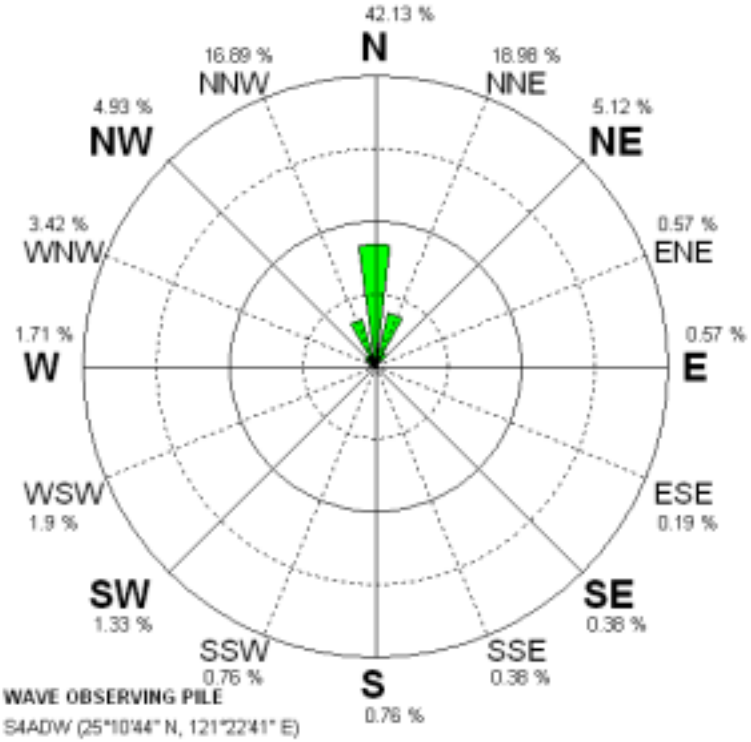


圖 5.10.c 92 年 11 月台北港觀測樁的統計結果

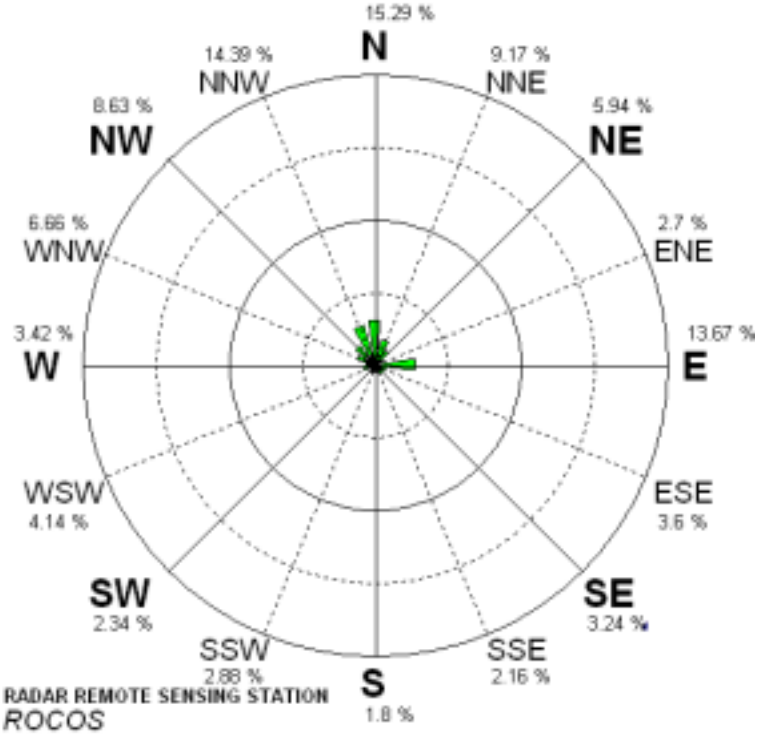


圖 5.10.d 92 年 11 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向

圖 5.11.a 92 年 12 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果

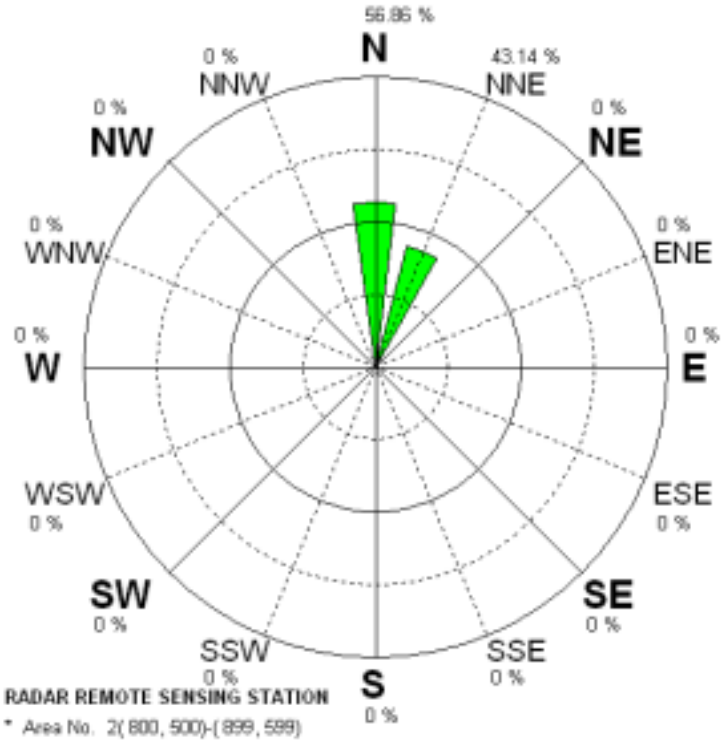


圖 5.11.b 92 年 12 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果

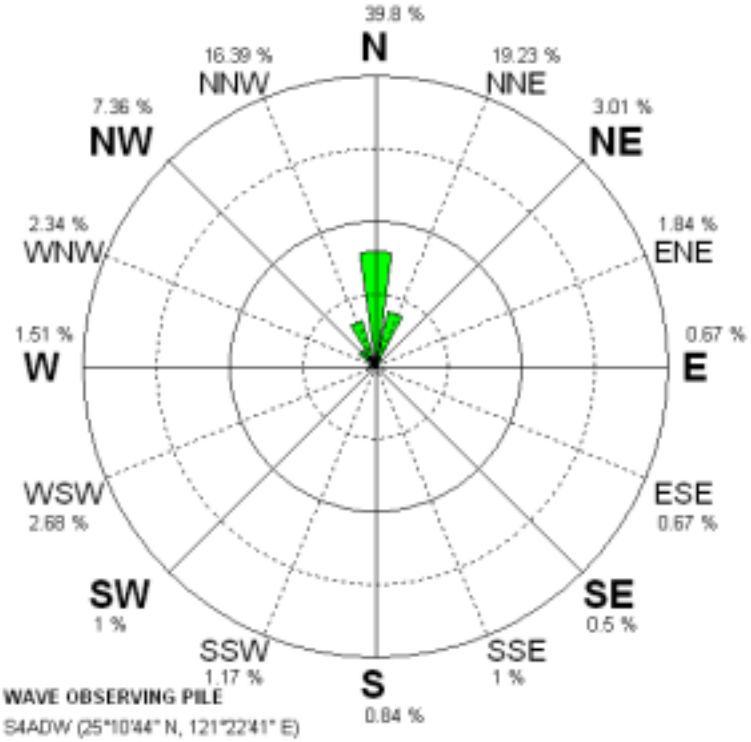


圖 5.11.c 92 年 12 月台北港觀測樁的統計結果

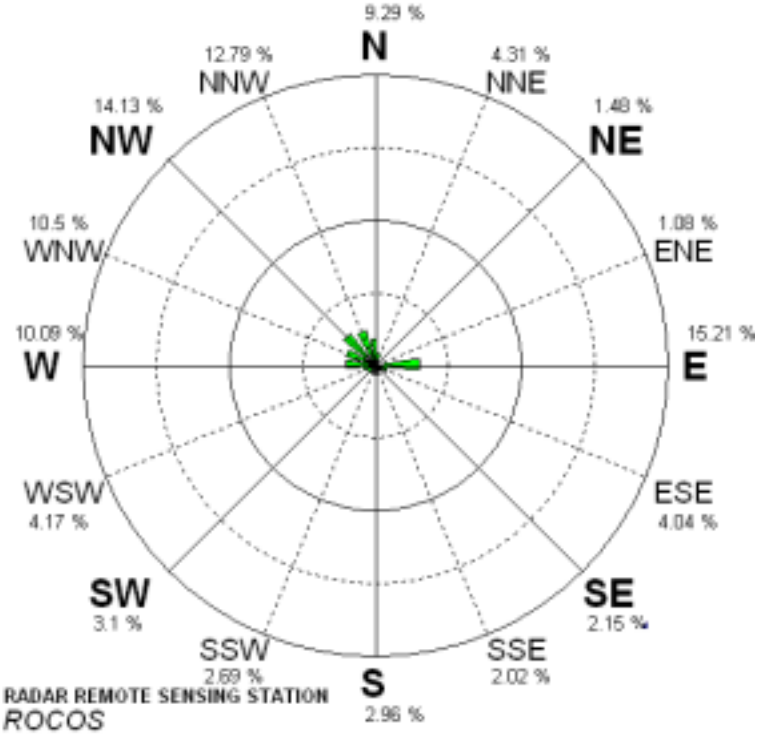


圖 5.11.d 92 年 12 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向

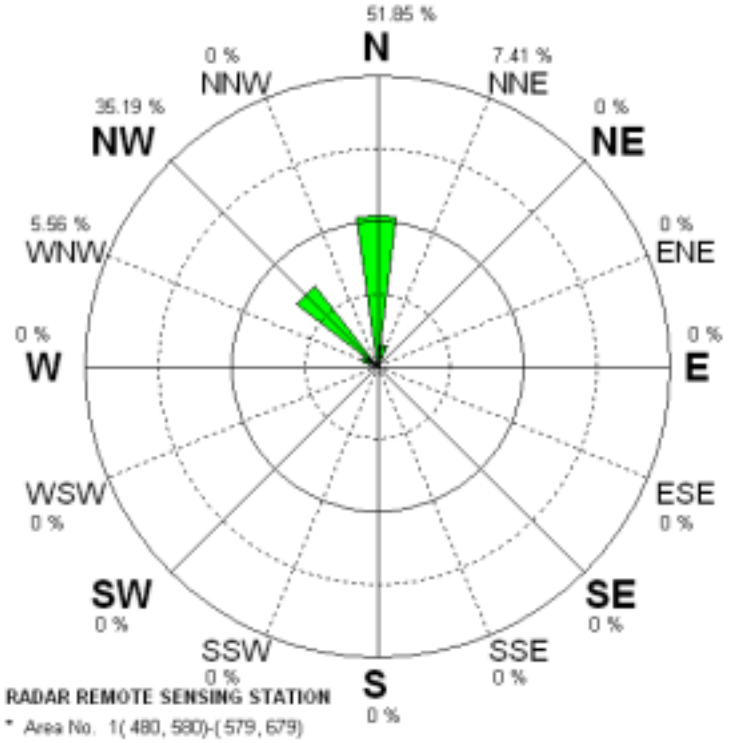


圖 5.12.a 93 年 1 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果

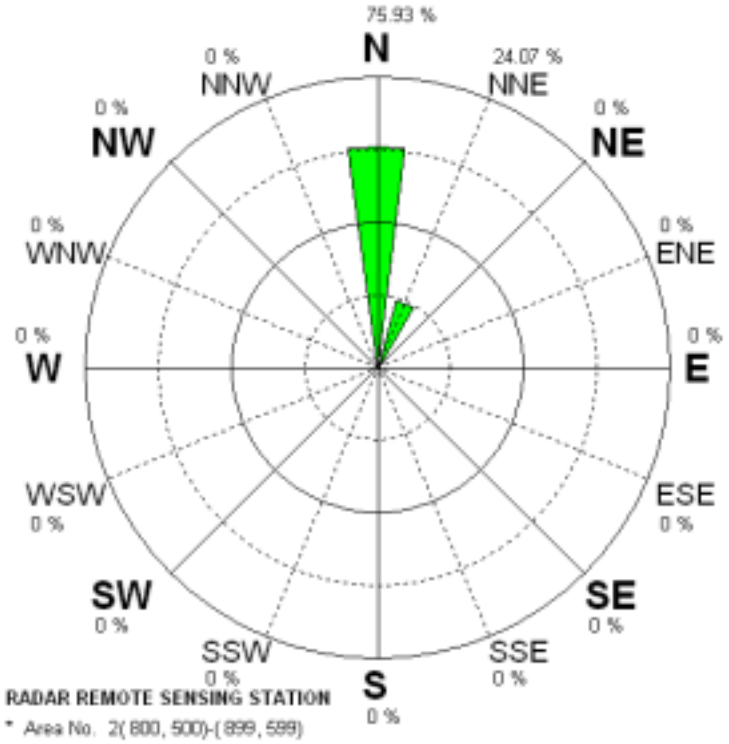


圖 5.12.b 93 年 1 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果

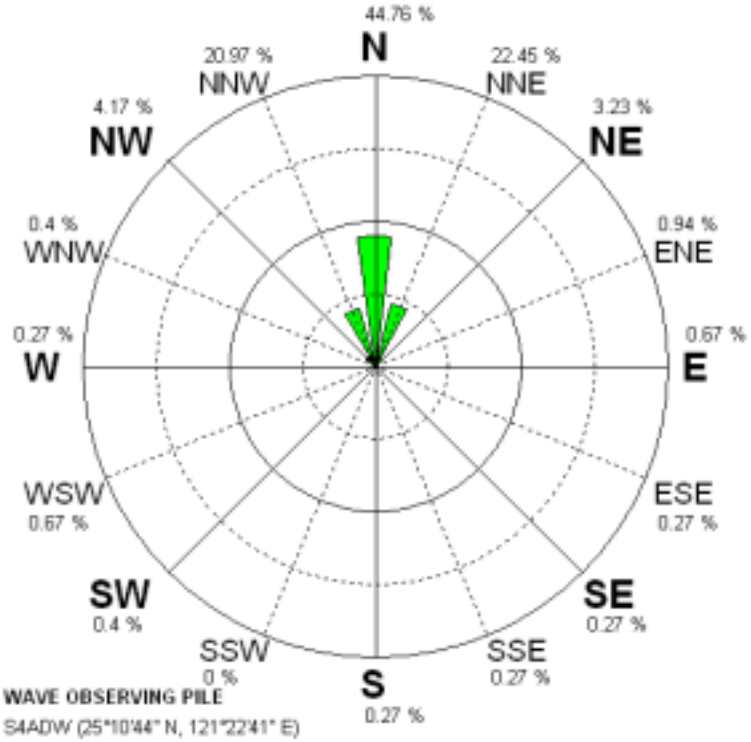


圖 5.12.c 93 年 1 月台北港觀測樁的統計結果

圖 5.12.d 93 年 1 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向

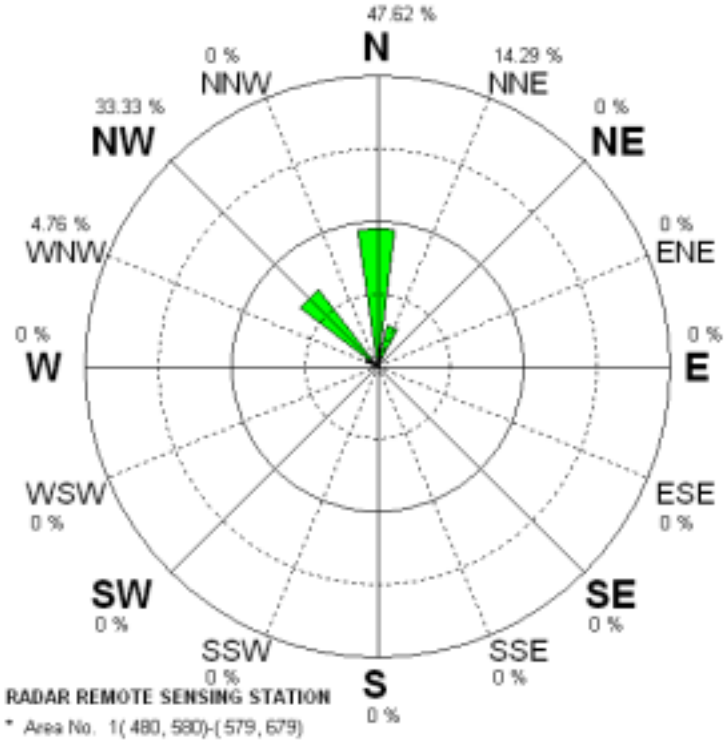


圖 5.13.a 93 年 2 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果

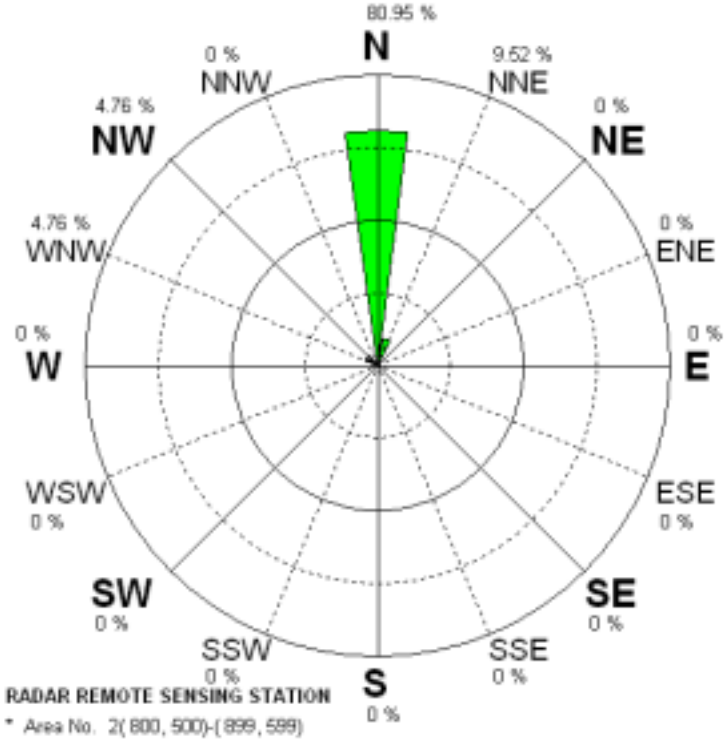


圖 5.13.b 93 年 2 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果

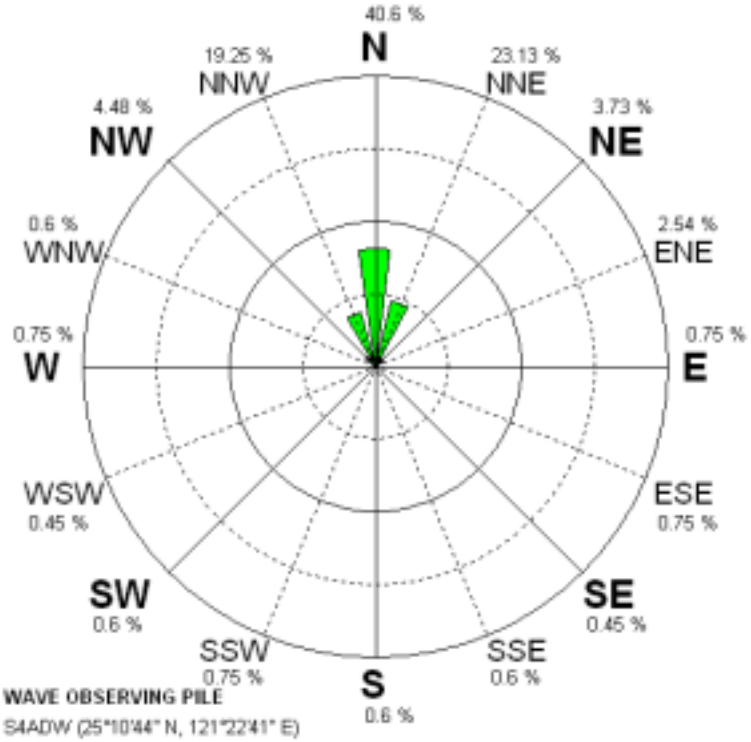


圖 5.13.c 93 年 2 月台北港觀測樁的統計結果

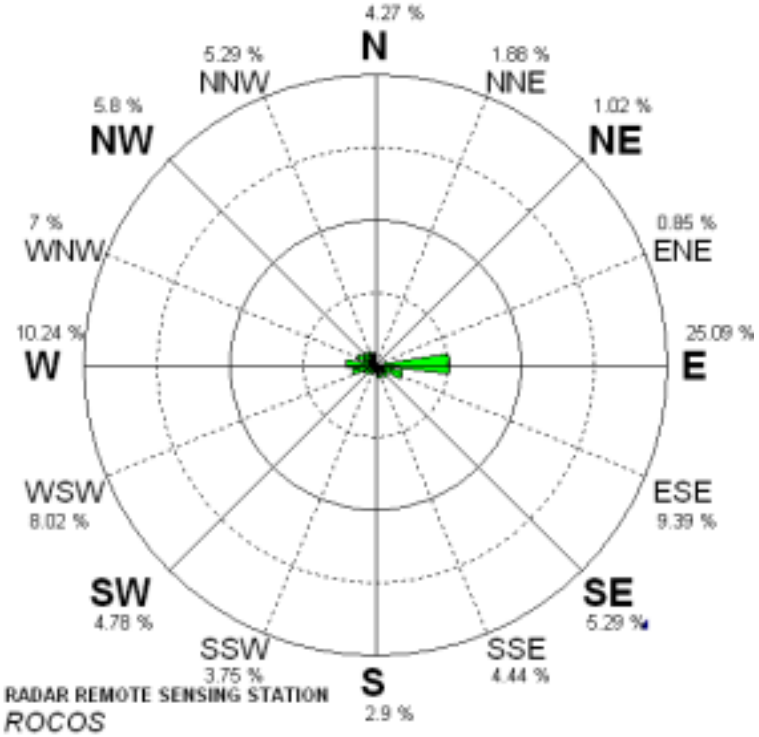


圖 5.13.d 93 年 2 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向

圖 5.14.a 93 年 3 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果

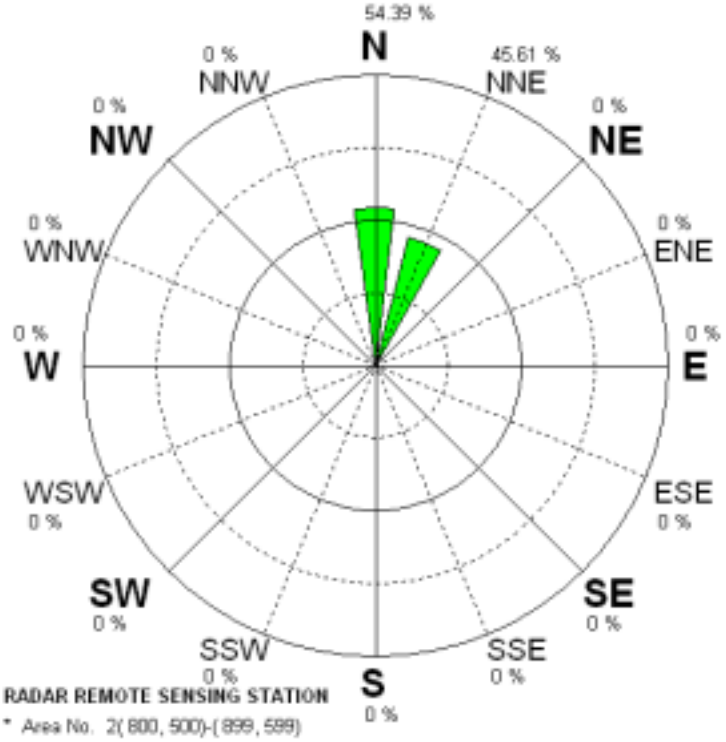


圖 5.14.b 93 年 3 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果

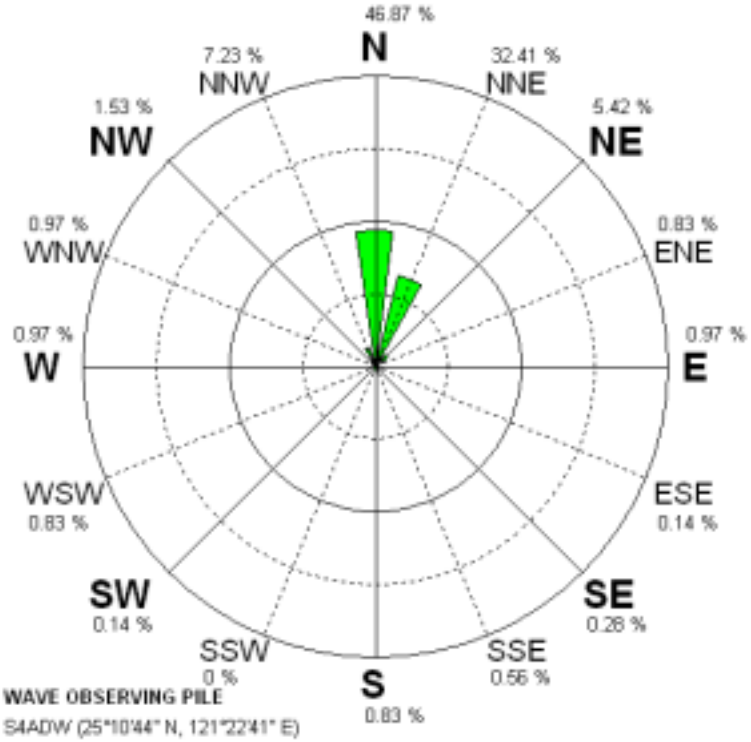


圖 5.14.c 93 年 3 月台北港觀測樁的統計結果

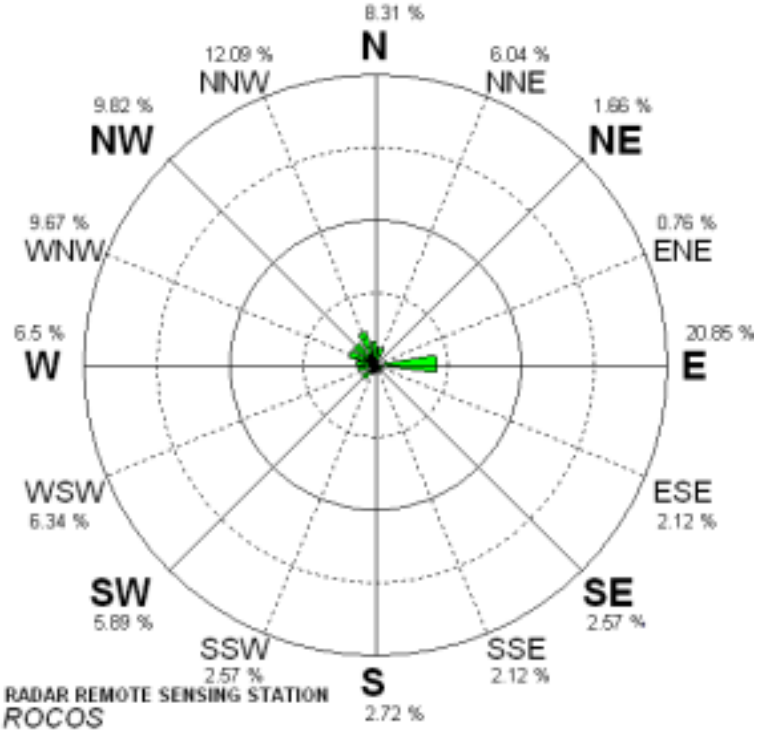


圖 5.14.d 93 年 3 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向

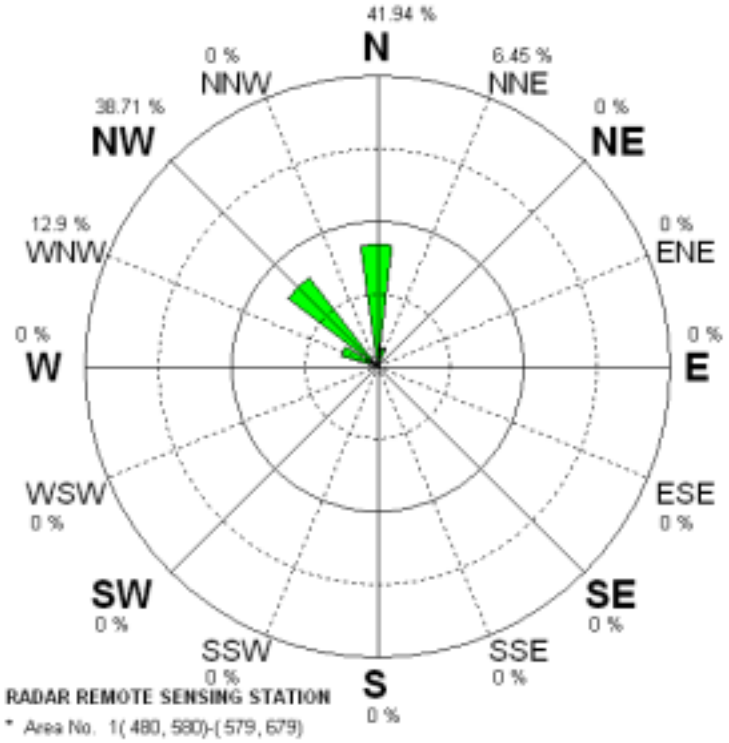


圖 5.15.a 93 年 4 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果

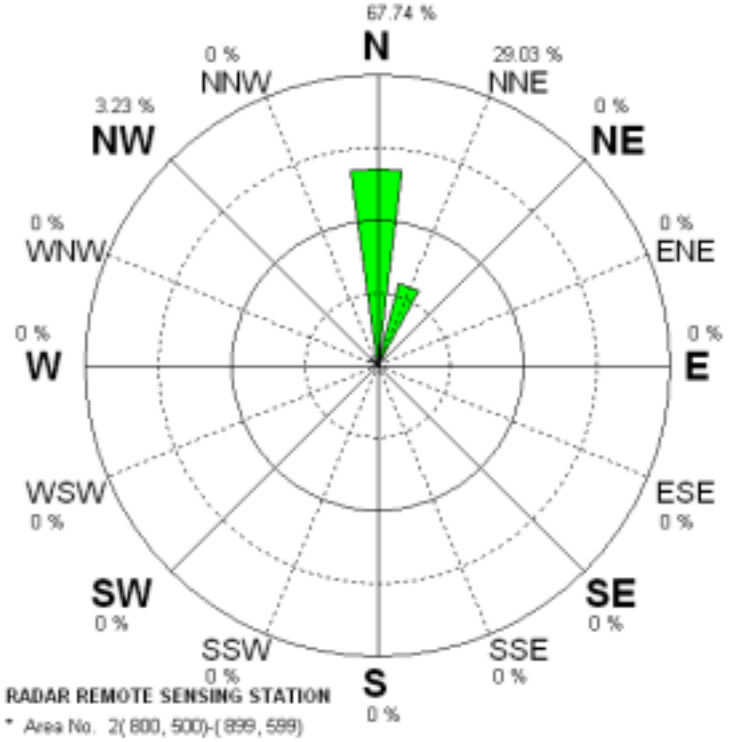


圖 5.15.b 93 年 4 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果

圖 5.15.c 93 年 4 月台北港觀測樁的統計結果

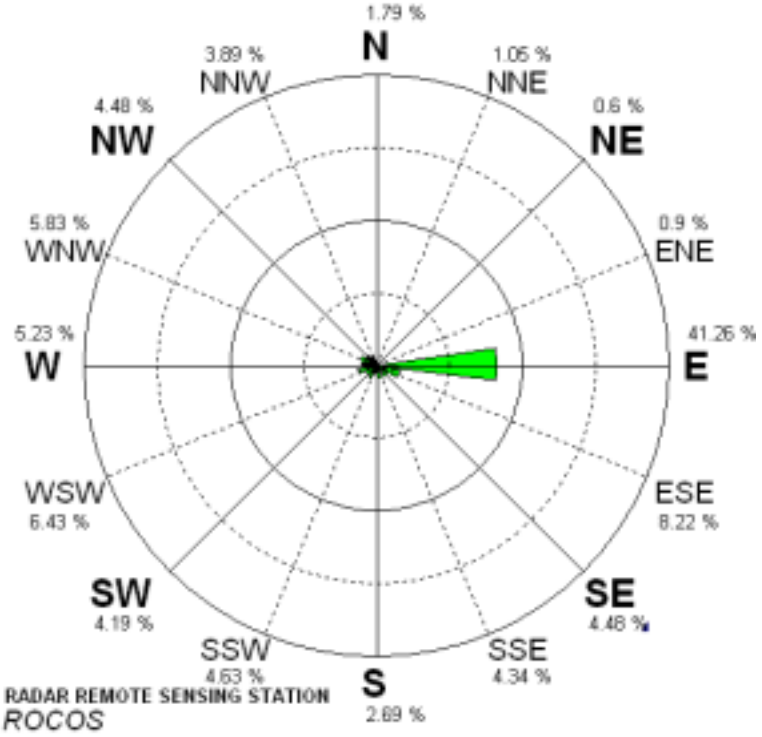


圖 5.15.d 93 年 4 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向

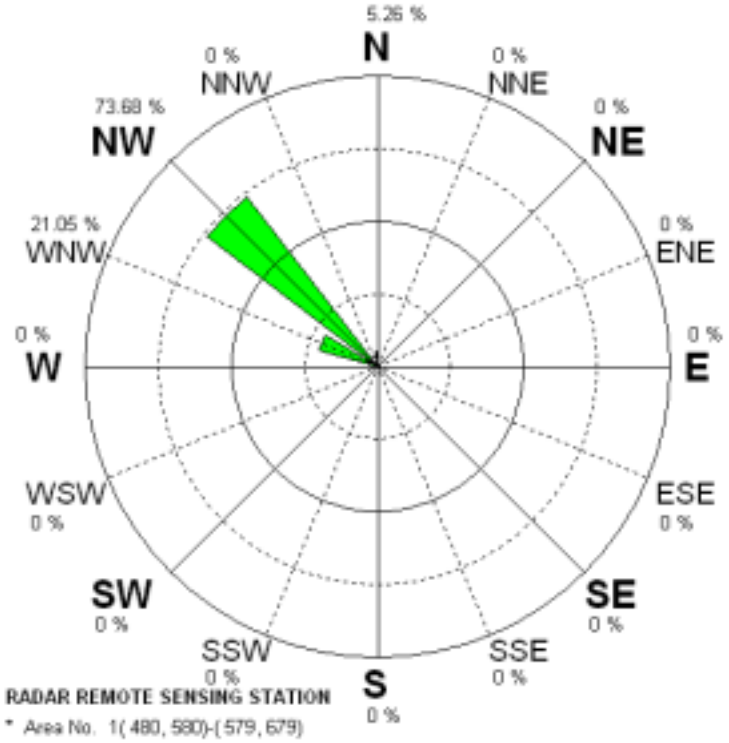


圖 5.16.a 93 年 5 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果

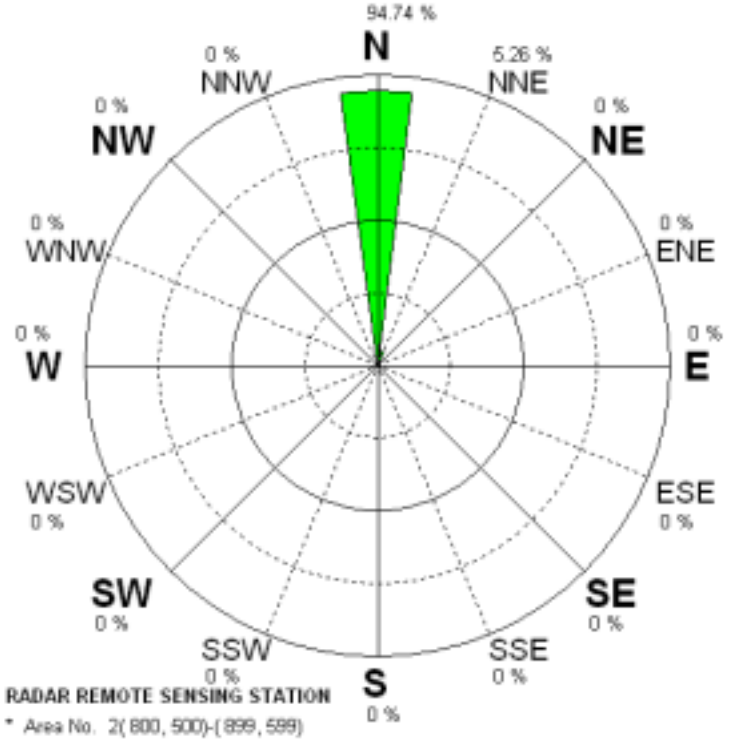


圖 5.16.b 93 年 5 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果

圖 5.16.c 93 年 5 月台北港觀測樁的統計結果

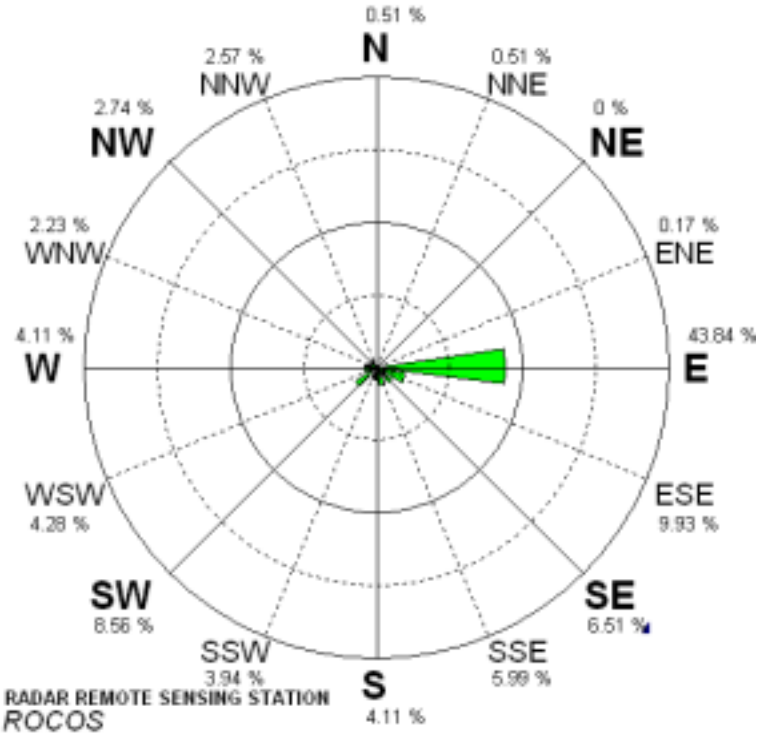


圖 5.16.d 93 年 5 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向

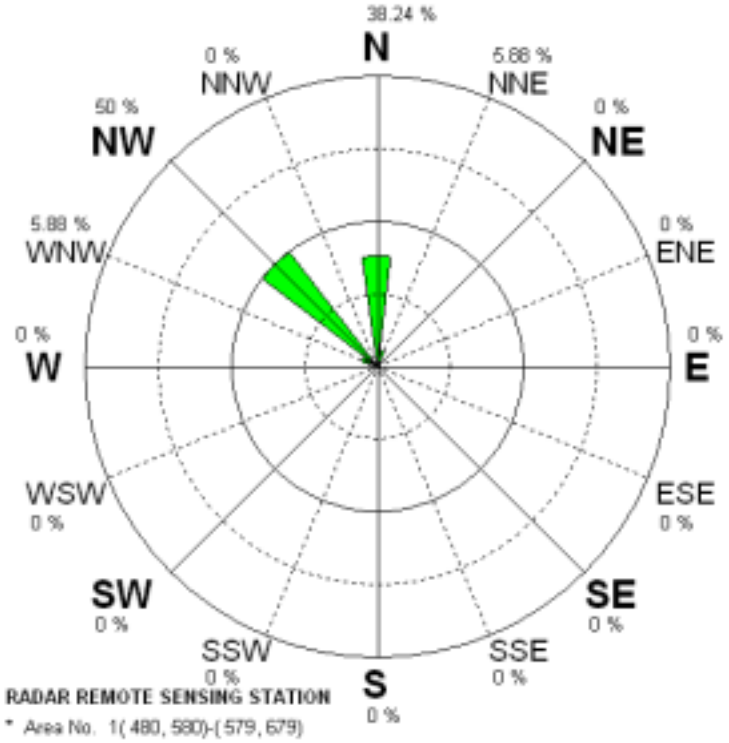


圖 5.17.a 93 年 6 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果

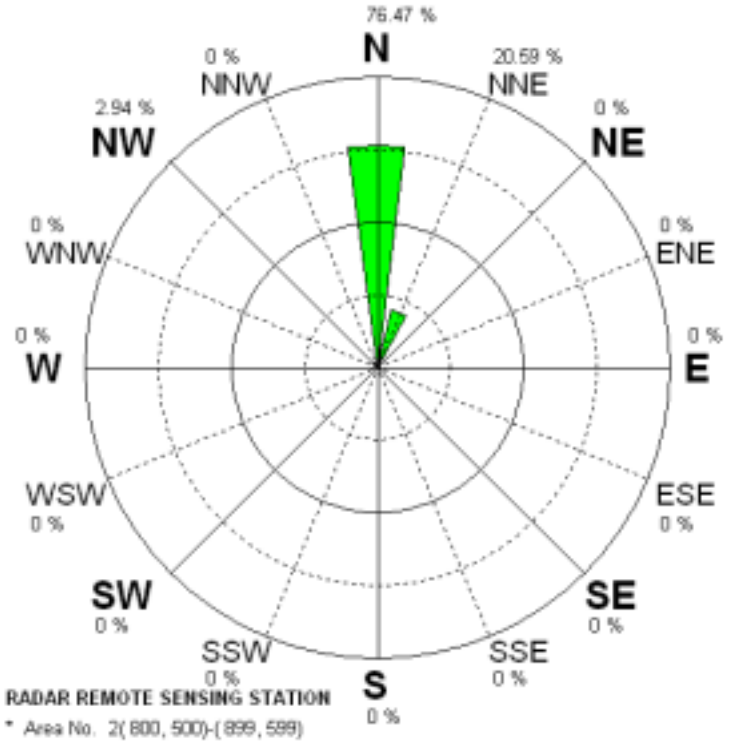


圖 5.17.b 93 年 6 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果

圖 5.17.c 93 年 6 月台北港觀測樁的統計結果

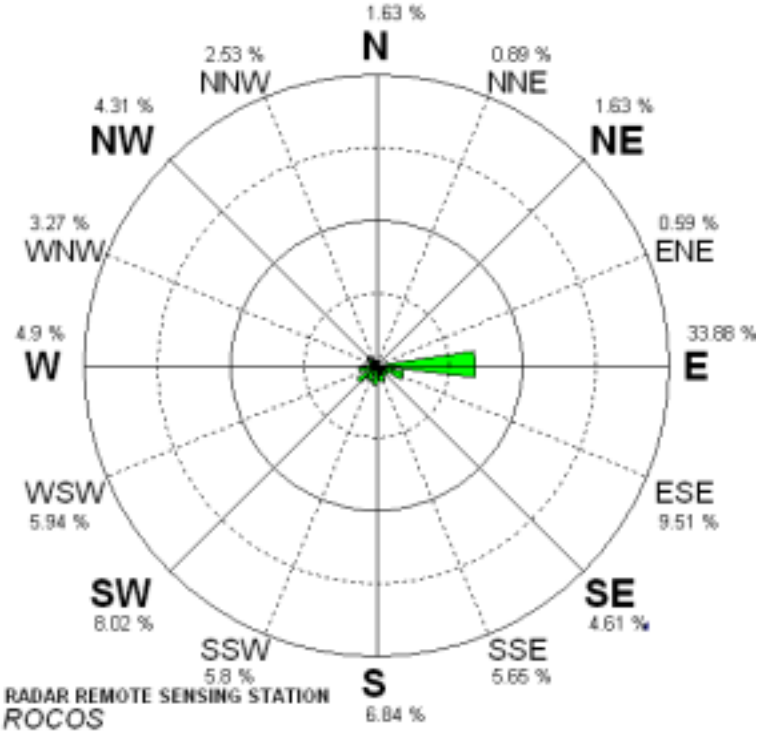


圖 5.17.d 93 年 6 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向

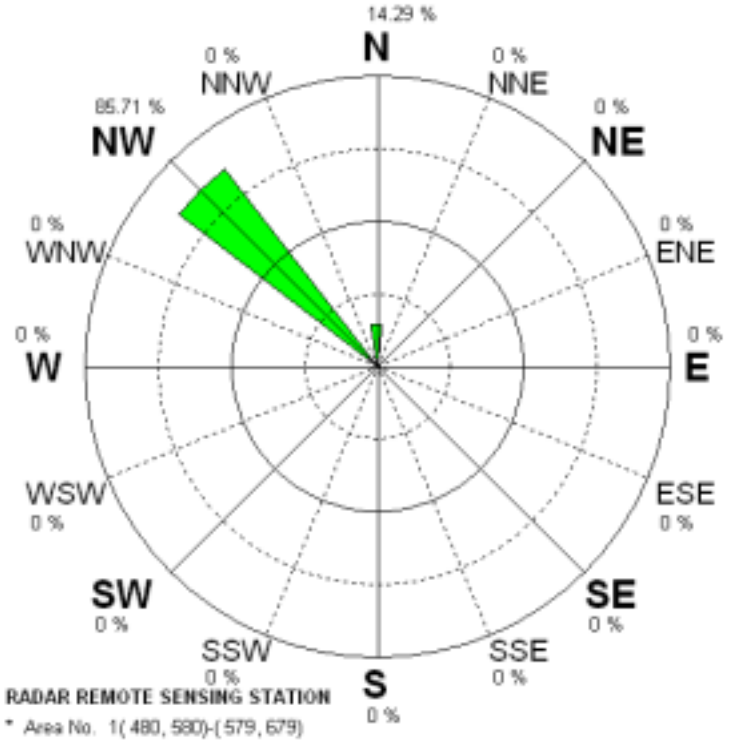


圖 5.18.a 93 年 7 月台北港二號雷達站於 Area-1 的分析結果

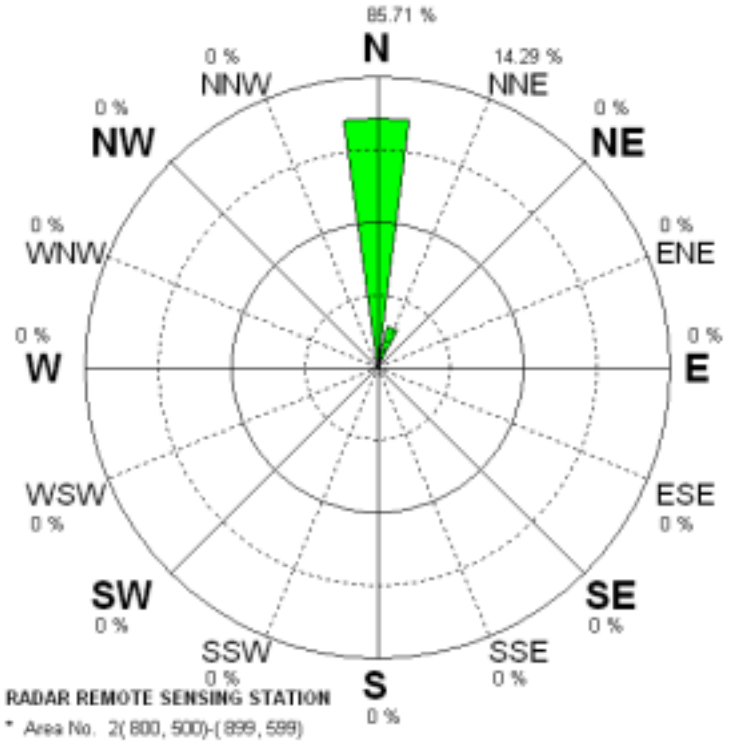


圖 5.18.b 93 年 7 月台北港二號雷達站於 Area-2 的分析結果

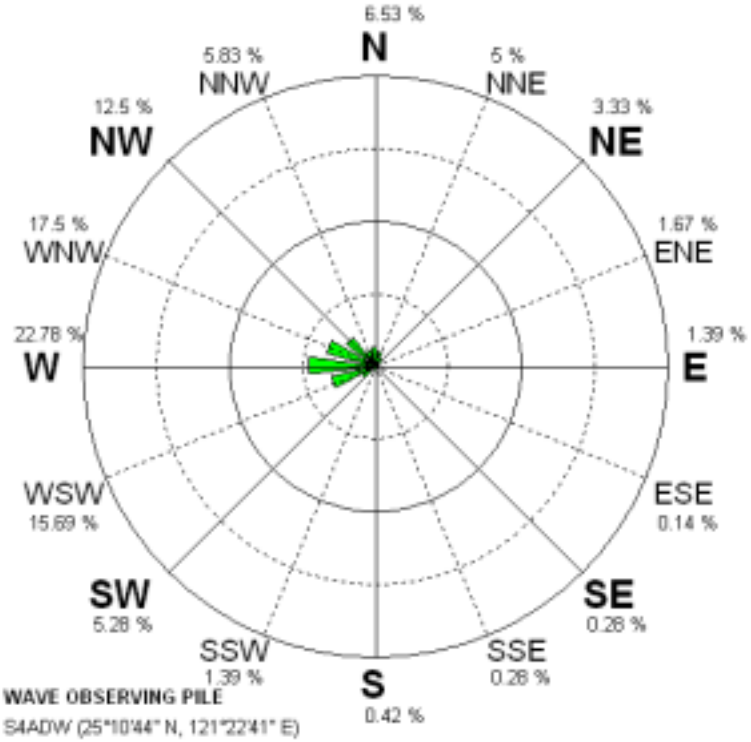


圖 5.18.c 93 年 7 月台北港觀測樁的統計結果

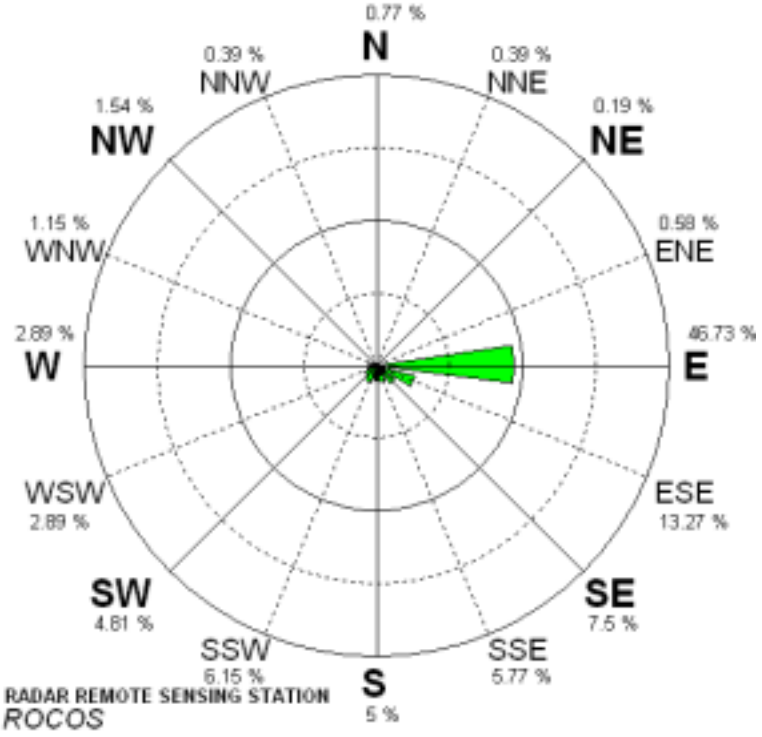


圖 5.18.d 93 年 7 月台北港二號站資料經波譜分析後之波向

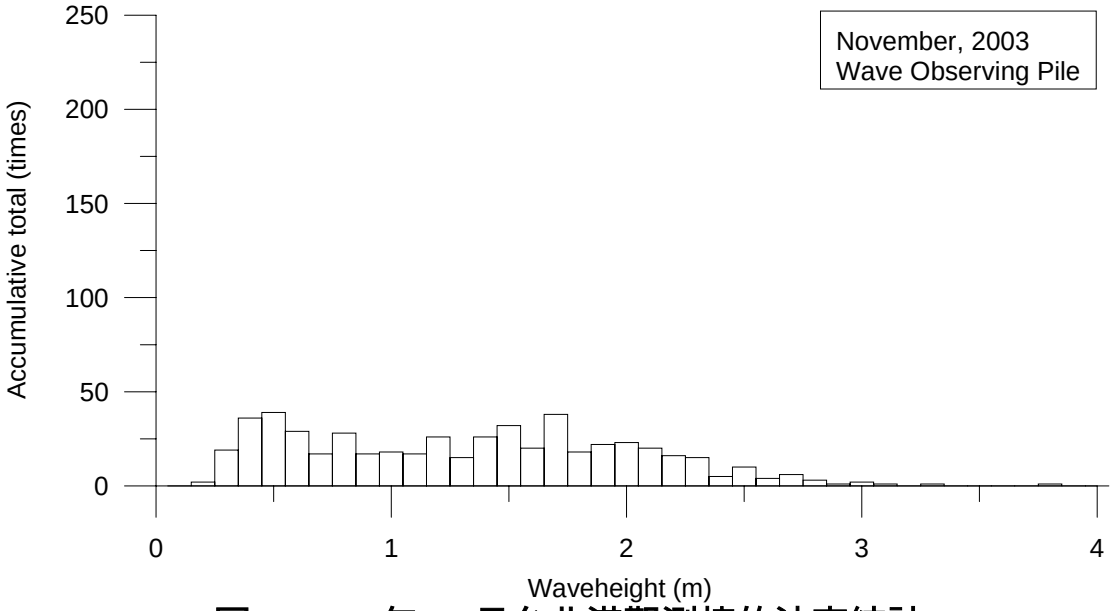


圖 5.19 92 年 11 月台北港觀測樁的波高統計

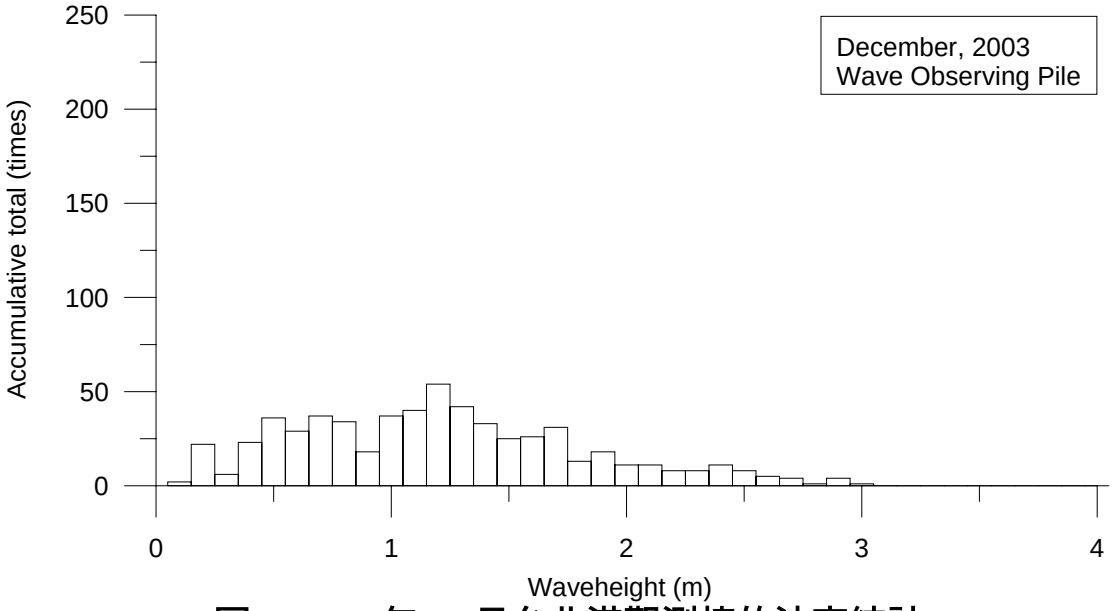


圖 5.20 92 年 12 月台北港觀測樁的波高統計

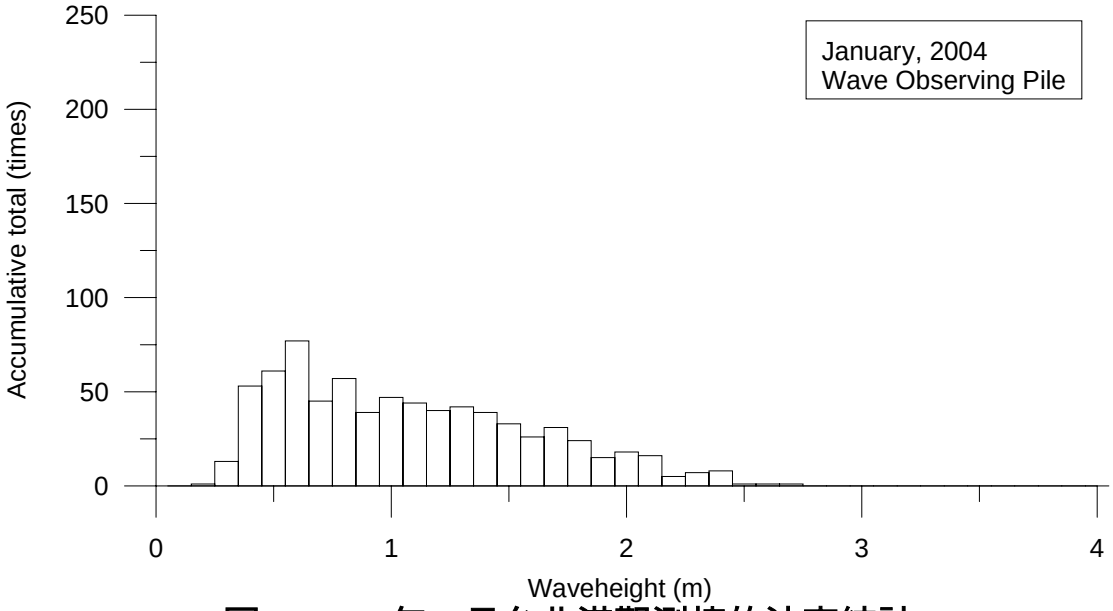


圖 5.21 93 年 1 月台北港觀測樁的波高統計

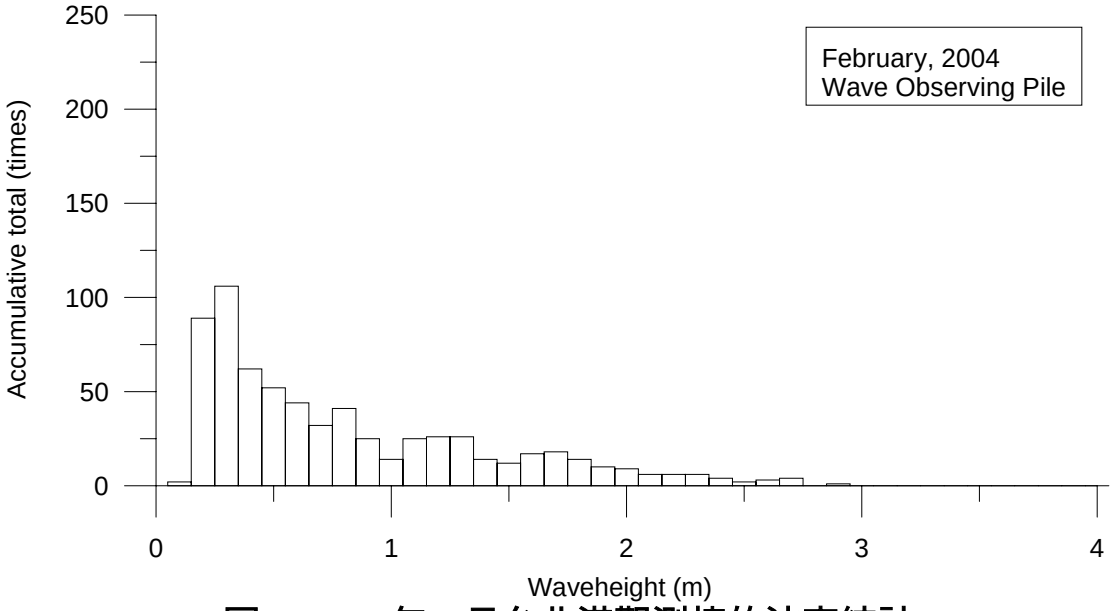


圖 5.22 93 年 2 月台北港觀測樁的波高統計

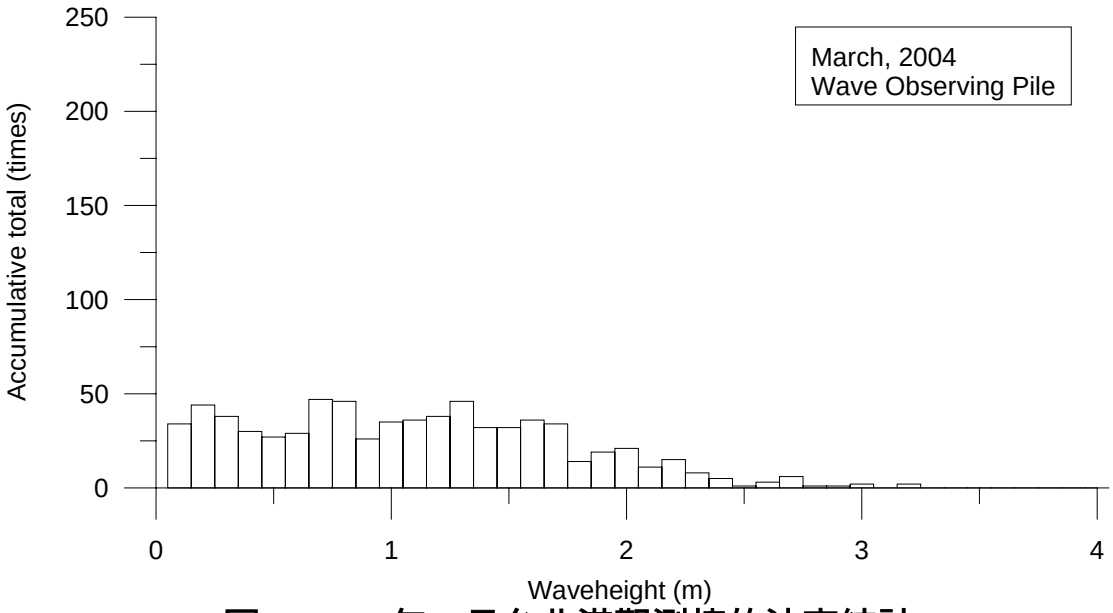


圖 5.23 93 年 3 月台北港觀測樁的波高統計

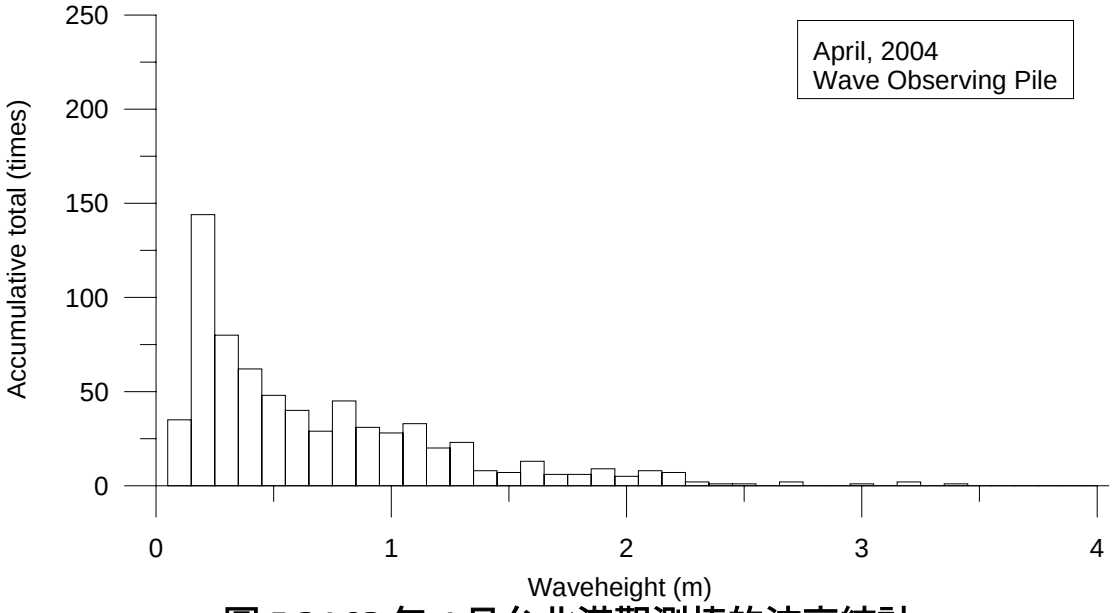


圖 5.24 93 年 4 月台北港觀測樁的波高統計

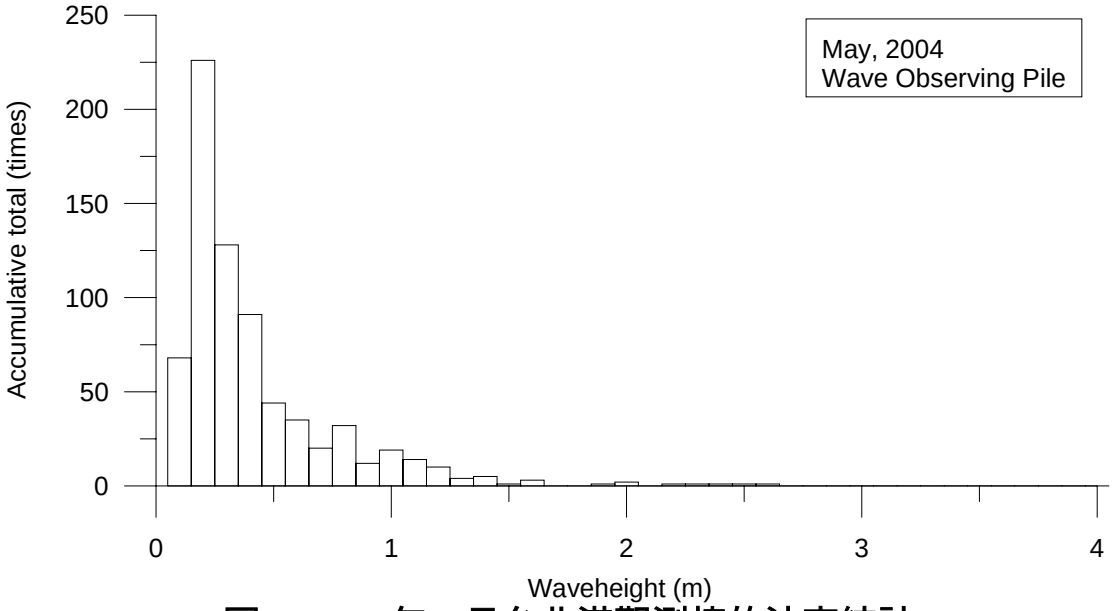


圖 5.25 93 年 5 月台北港觀測樁的波高統計

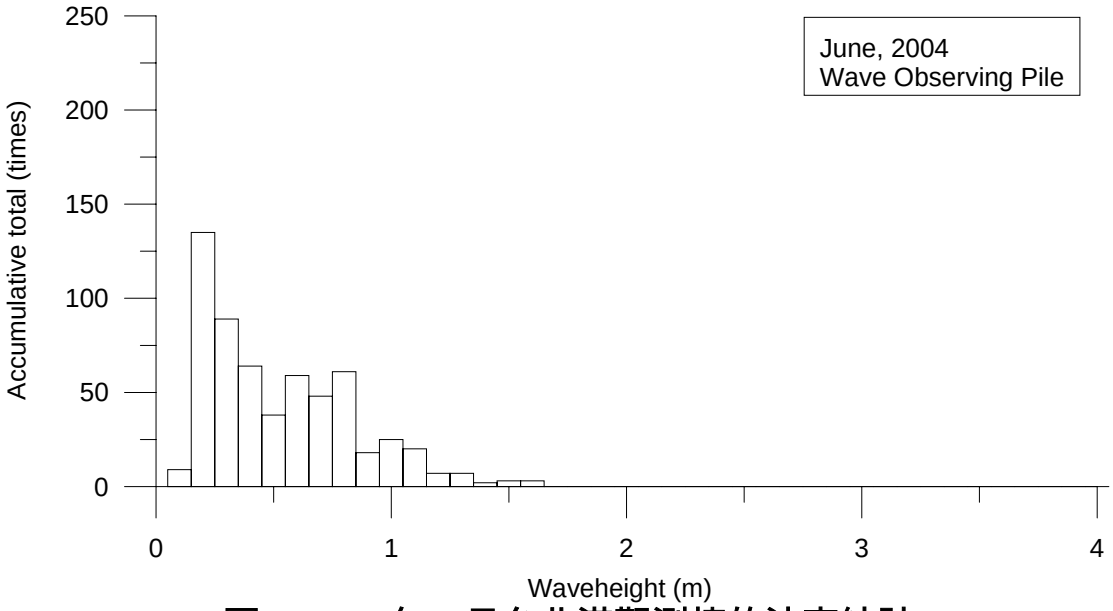


圖 5.26 93 年 6 月台北港觀測樁的波高統計

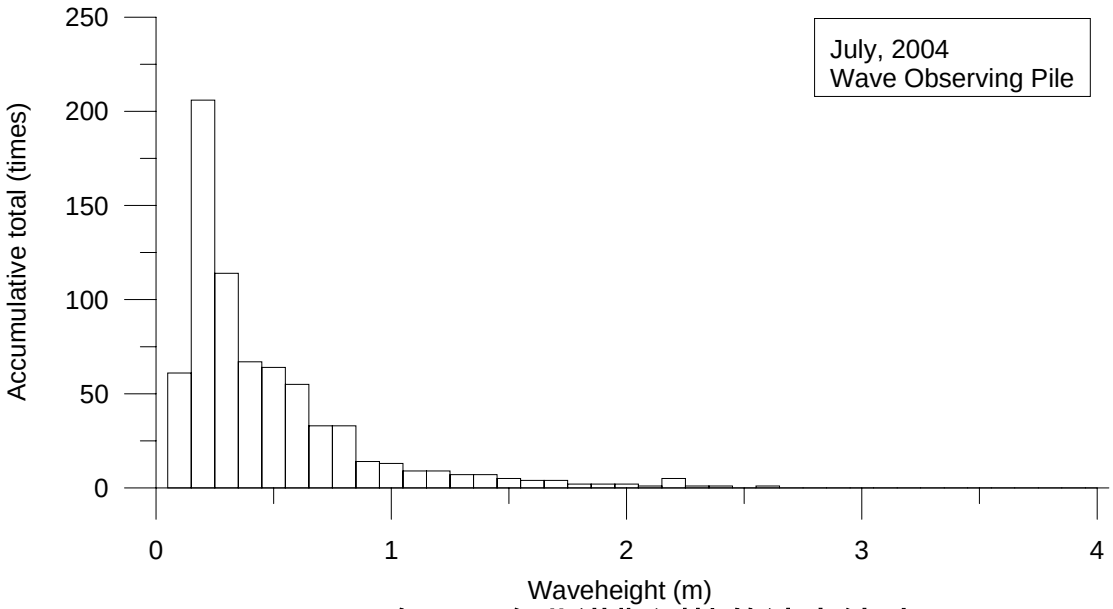


圖 5.27 93 年 7 月台北港觀測樁的波高統計

5.3 綜合討論

造成影像無法分析的原因有很多，主要都與雷達的回波有關，例如: 在王等(2001)的報告中提到，雨天時，雷達的回波則會較為明亮，如圖 5.28，造成較無明顯的色差變化，於電腦處理中較難以辨識。另外於波浪波高較小時，回波的強度弱，該情況也無法表現其波浪的情形，如圖 5.29，這個情形下雖然肉眼還能看出波峰的移動情形，但在電腦的自動判讀上就無法正確地判斷。另外還有人為的因素，當增益值調校失當時，也會造成無法看出波浪的現象，如圖 5.30，所以這些必須將該種情形去除。

各國研究團隊在將雷達運用在觀測波浪時，大都遇到這些問題，尤其以雨天的干擾最為困擾，但目前仍找不出有效方法來處理，本研究團隊也將繼續研究如何克服這個問題。

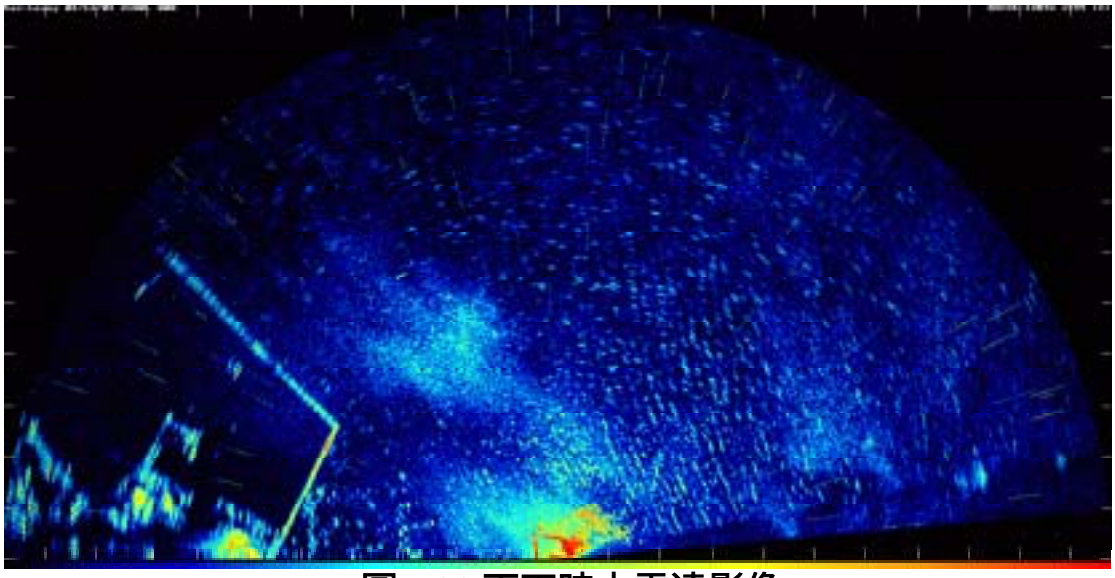


圖 5.28 雨天時之雷達影像

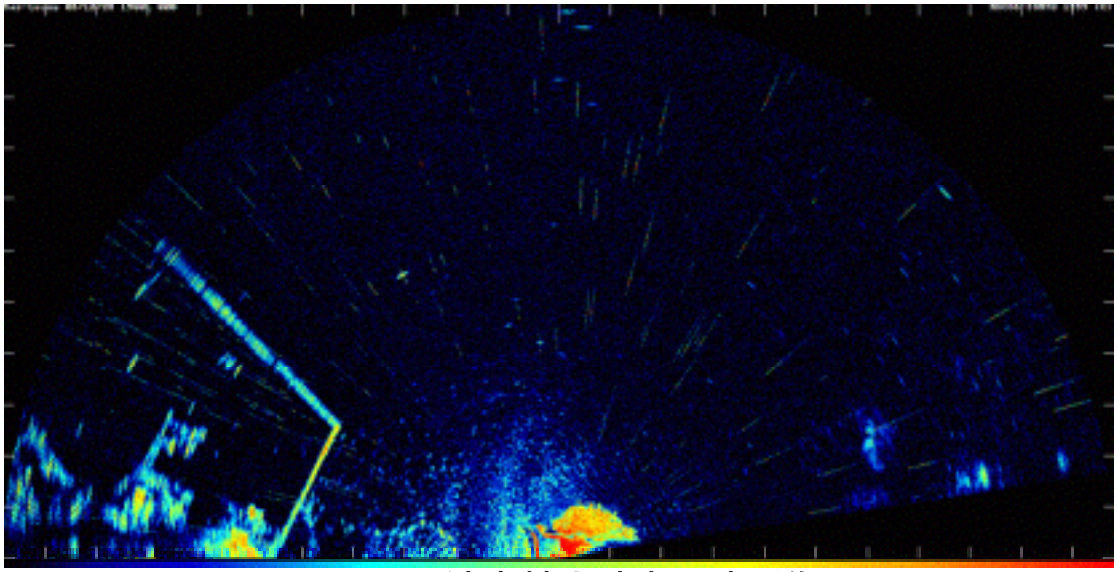


圖 5.29 波高較小時之雷達影像

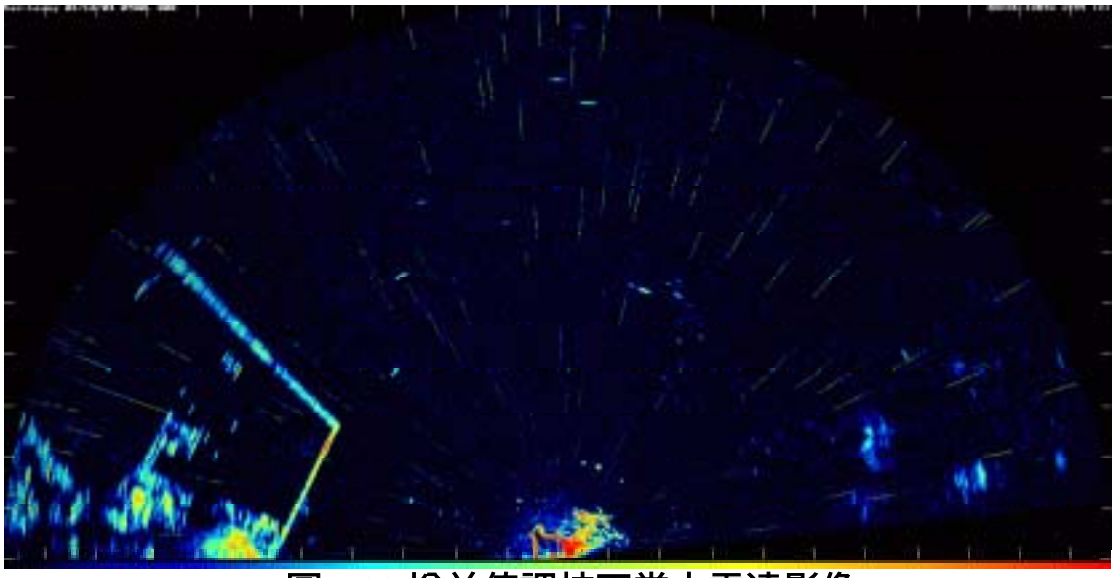


圖 5.30 增益值調校不當之雷達影像

第六章 週期的估計

6.1 時間域上雷達的盲點

船用 X-band 雷達的天線轉速是每分鐘 24 轉，掃描的間隔時間為 2.5 秒，與一般所使用的測量儀器有很大的不同，如我們在實驗室裡所使用的容量式波高計大多將取樣頻率設在 20~50Hz(0.05~0.02sec)，而一般的海洋量測儀器取樣頻率也都有 2Hz 以上，所以使用雷達觀測時，在時間域上的分析大都失真地相當嚴重。

圖 6.1 及 6.2 為波高計與雷達量測得比較圖，波高計所使用的取樣頻率為 20Hz，以雷達的天線轉速是每分鐘 24 轉來說，取樣頻率為 0.4Hz，其結果如圖 6.1 所示，若波浪週期大約在 3 倍的雷達掃描的間隔時間以上（7.5 秒），在週期的推估上還算是可行，但對於週期小於 7.5 秒的波浪則完全沒有辦法推估，如圖 6.2 所示，許多週期小於 7.5 秒的波都被忽略了。另外在波高的估計上，由圖 6.1 與 6.2 可以看到，所有雷達所觀測到的波高都有被遮蔽的現象，可說是完全的失真。對於此現象，本研究團隊在此找到一些新方法，並於下一節說明。

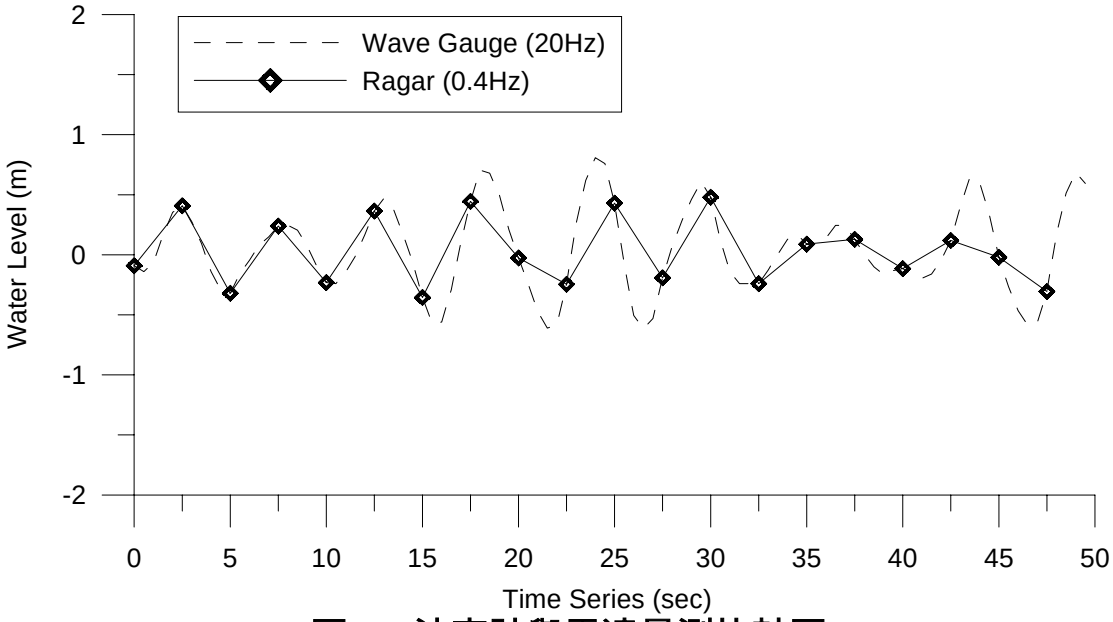


圖 6.1 波高計與雷達量測比較圖

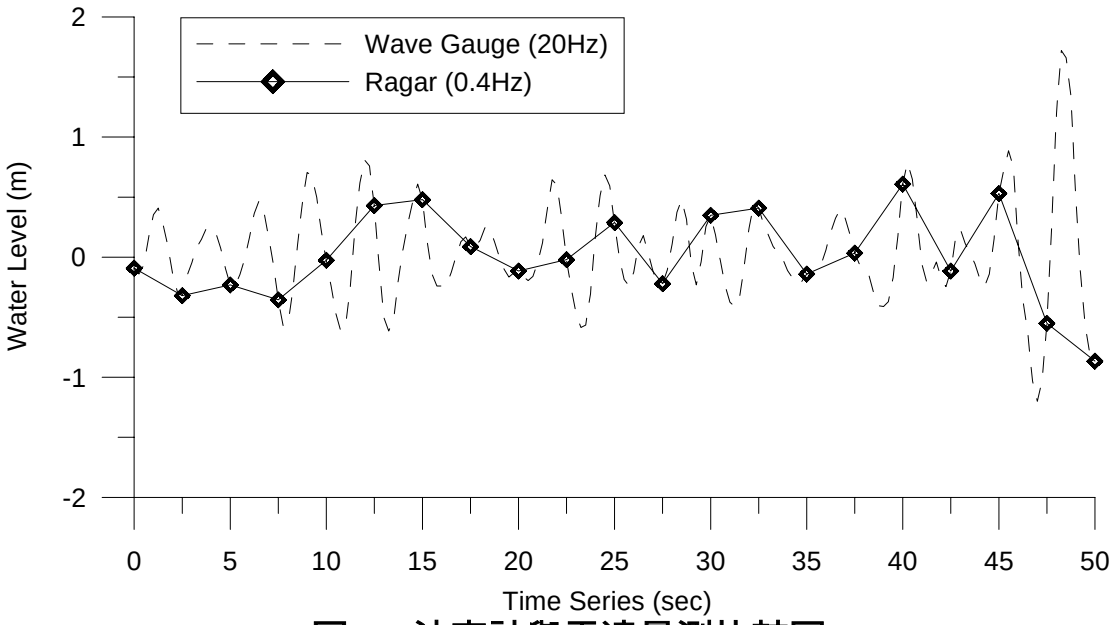


圖 6.2 波高計與雷達量測比較圖

6.2 週期的估計

本研究所採的新方法是從空間域著手，由於在前一章已詳述如何由空間欲求得波向後，將已知之主波向角度作為切線，雷達站當作圓心，將圖片作出一條切面，如圖 6.3 所示，此圖為 92 年 11 月 12 日 15 時，經分析後得知此時刻之主波向為正北(N)，而雷達天線之主方向為 290 度，所以正北的方向在圖中 L1 的位置，將此切線作出後，可得到此斷面上距離與灰階變化圖（圖 6.4），此外尚可平移到 L2 的位置，以得到更好的結果。

圖中可發現灰階振幅隨距離增加而變小，也就是隨訊號的衰減而變小，目前本研究團隊尚在找尋方法來做修正，但未修正不影響週期的估計。本研究是由斷面上距離與灰階變化圖（圖 6.4），透過峰至峰法的分析（圖 6.5），求得近似之平均波長，在假定水深後，經由分散關係式

$$\sigma^2 = gk \tanh kh \quad \text{.....} \quad (6.1)$$

其中

$$\sigma = \frac{2\pi}{T}$$
$$k = \frac{2\pi}{L}$$

求得近似之平均週期，再藉由平均週期與示性波週期間的關係

$$T_{1/3} = (1.1 \sim 1.4)\bar{T}$$

在本文中採用

$$T_{1/3} = 1.2\bar{T}$$

轉換得示性波週期，初步測試結果與觀測樁資料相符。本研究曾嘗試過零上切與零下切的方法分析，，發現週期有偏差的現象，其原因是雷達的俯角小，容易造成大波遮蔽小波的現象，故採用峰至峰法分析。

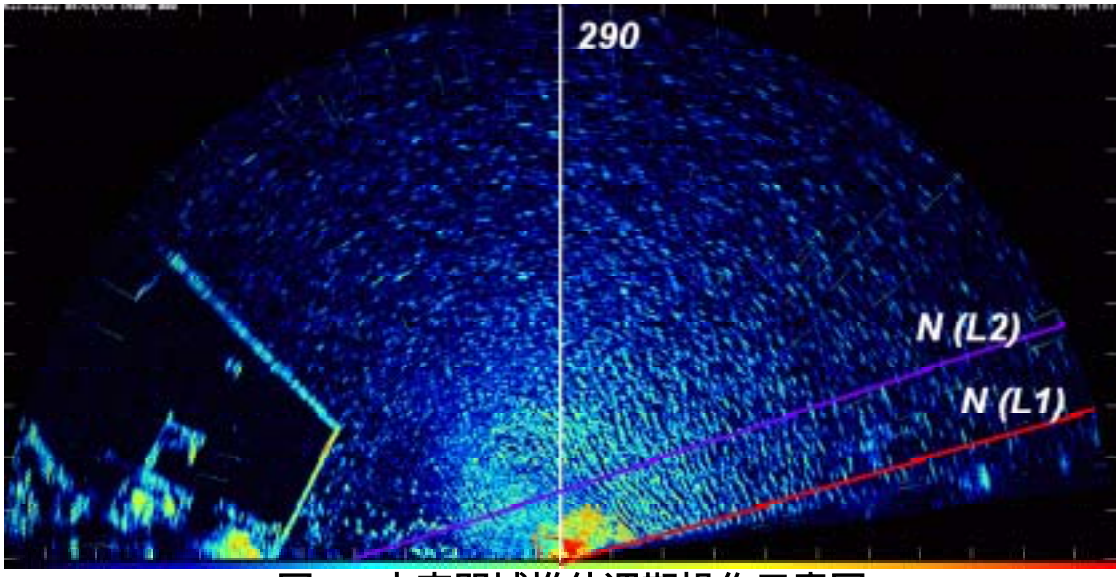


圖 6.3 由空間域推估週期操作示意圖

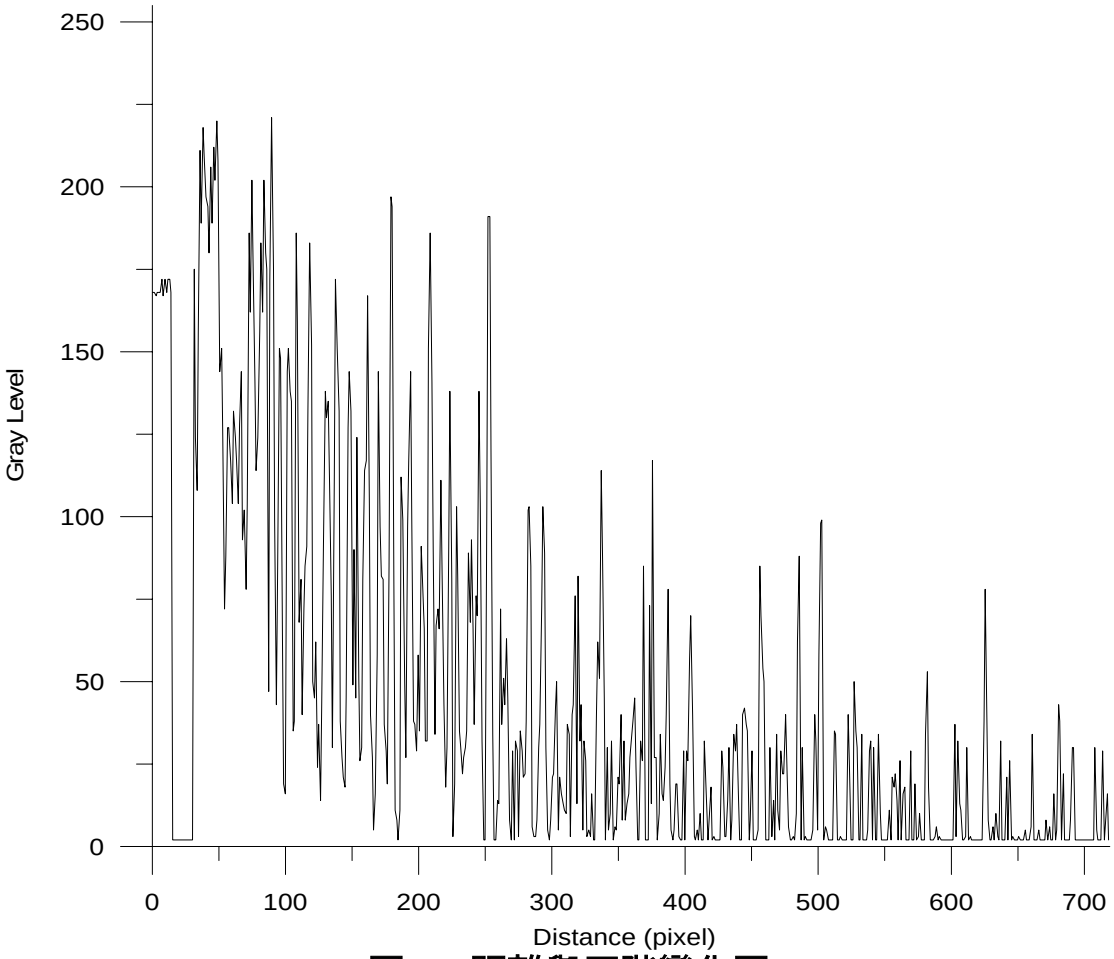


圖 6.4 距離與灰階變化圖

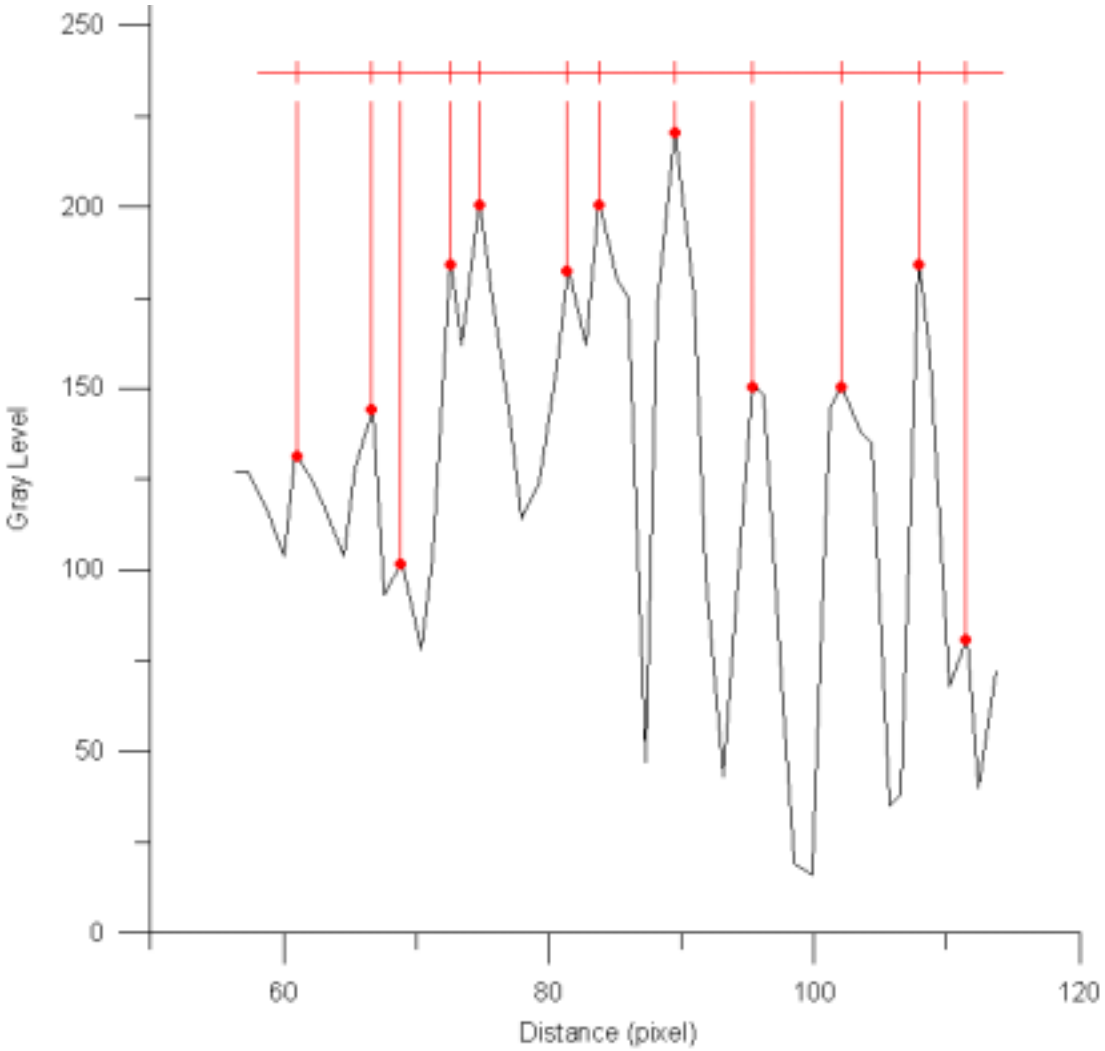


圖 6.5 峰至峰法分析示意圖

第七章 結論

本研究是一個三年的計畫，本年度是第二年執行，相關之研究內容主要包括有現場監測、測波資料分析、維護網頁展示系統以及比對雷達測波資料等四項作業，各分項作業之結果分述如下：

7.1 現場監測作業部份：

台北港一號測站將繼續維持每日 24 小時連續作業狀態，以執行海洋波浪長期監測工作，同時將定期(每月)派人赴現場彙整觀測數據，定期進行裝備檢查保養之工作，每日並透過電話數據機以遠端監控方式掌握測波系統工作狀態，如遇故障情形則儘快派員去現場維修，或以備用系統暫代，儘可能維持監測作業不致中斷，另外，台北港二號測站安裝在海巡署訓練中心樓頂上與設在台北港之雷達測波儀一起同步執行波浪觀測作業。此台測波雷達之天線主方向設定為 290 度方位角。在觀測期間有時候會有中斷之情況發生，基本上本系統具有相當的穩定性，但對一天以上之長時間停電則無法克服。再未來將針對此問題再提出一解決方案。

7.2 測波資料分析：

台北港雷達測波作業係自 88 年 9 月下旬起開始執行，迄今已進行了將近四年半以上的時間。在這段期間內台北港建港工程也不斷地在持續進行，外廓防波堤的高度也不斷升高，且外廓防波堤旁的物流倉儲區已陸續完工，各單位也積極興建辦公大樓，如圖 7.1 及 7.2，如今這種情形對台北港一號測站作業造成影響(圖 7.3)。主要是因為台北港一號測站所裝設之鐵架高度不足，因此當防波堤(介於觀測樁以及鐵架之間)高度增高以後便不可避免地會在堤線後方(觀測樁附近)造成了較大的遮蔽區域。目前在分析上已無法準確使用，故本計畫將只保留

雷達影像資料，實際分析著重於台北港二號測站。另外台北港一號測站的架設地點也應重新檢討，以保持其正常功能。

7.3 維護網頁展示系統：

台北港一號及 2 號測站之網頁即時顯示雷達遙測波浪圖像系統持續維護及更新，其可提供使用單位透過電腦網路即能獲得有關即時海況之訊息，本計畫將繼續維護、改進網頁內容，並確保網頁展示系統正常工作，如圖 7.4 至圖 7.7 所示。

7.4 比對雷達測波資料

本計畫為三年度之計畫，本年度所使用之波高之比對為利用台大海研所所計算出來之率定公式，從第四章資料比對之結果可發現其波向及波高誤差相當大，在明年度我們將從新討論波高轉換公式。在波向部份，本研究有別於一般由頻率域的處理方法，而是由空間域著手，直接由影像得到波向資料，並比較觀測樁歷年的統計結果，其結果相當符合。該方法有別於一般將資料作 Fourier 轉換等複雜的頻譜分析，直接從空間域作分析，透過影像處理的手法，成功地獲得良好的結果。

圖 7.1 物流倉儲區上的新建築

圖 7.2 物流倉儲區上的新建築

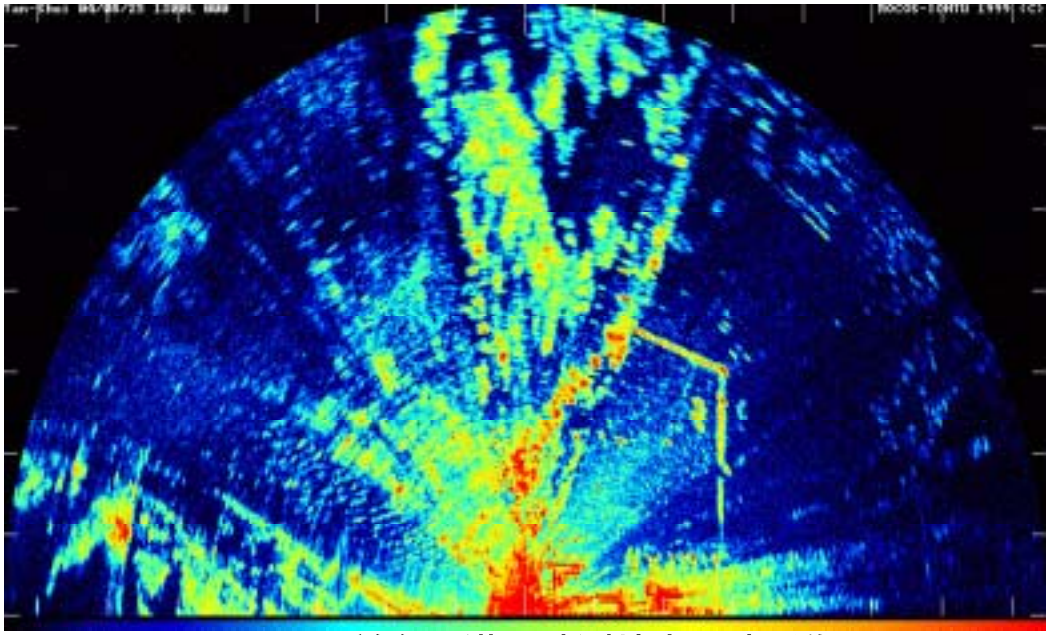


圖 7.3 目前台北港一號測站之雷達影像

圖 7.4 台北港一號測站即時顯示雷達遙測波浪圖像網頁

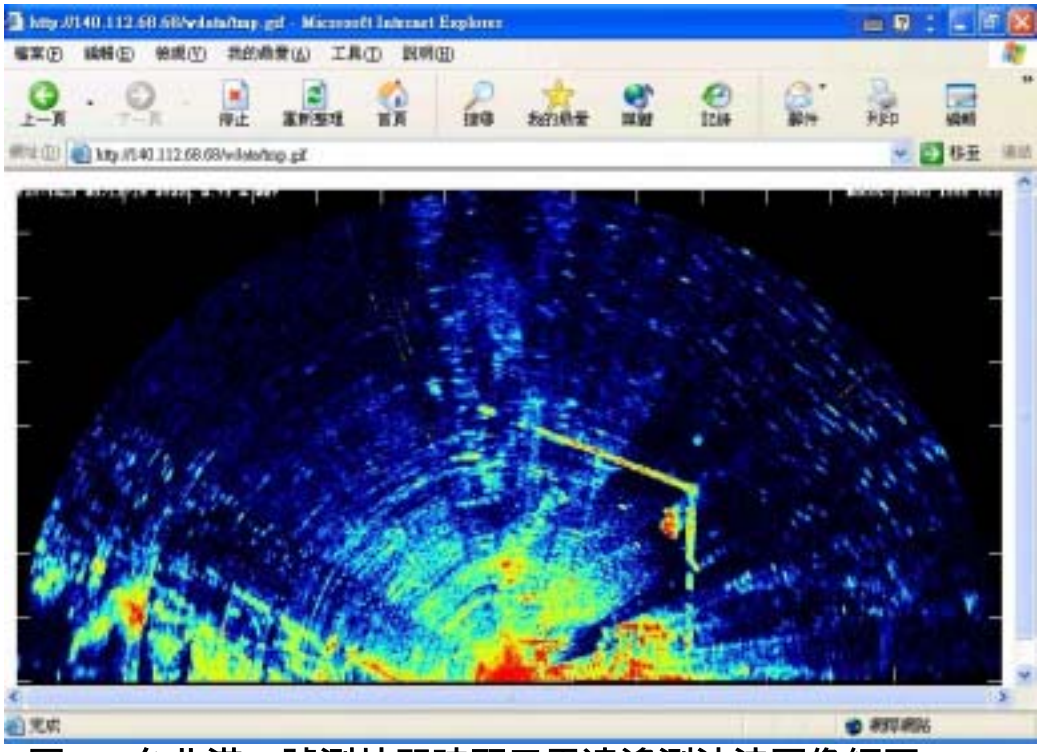


圖 7.5 台北港一號測站即時顯示雷達遙測波浪圖像網頁

圖 7.6 台北港二號測站即時顯示雷達遙測波浪圖像網頁

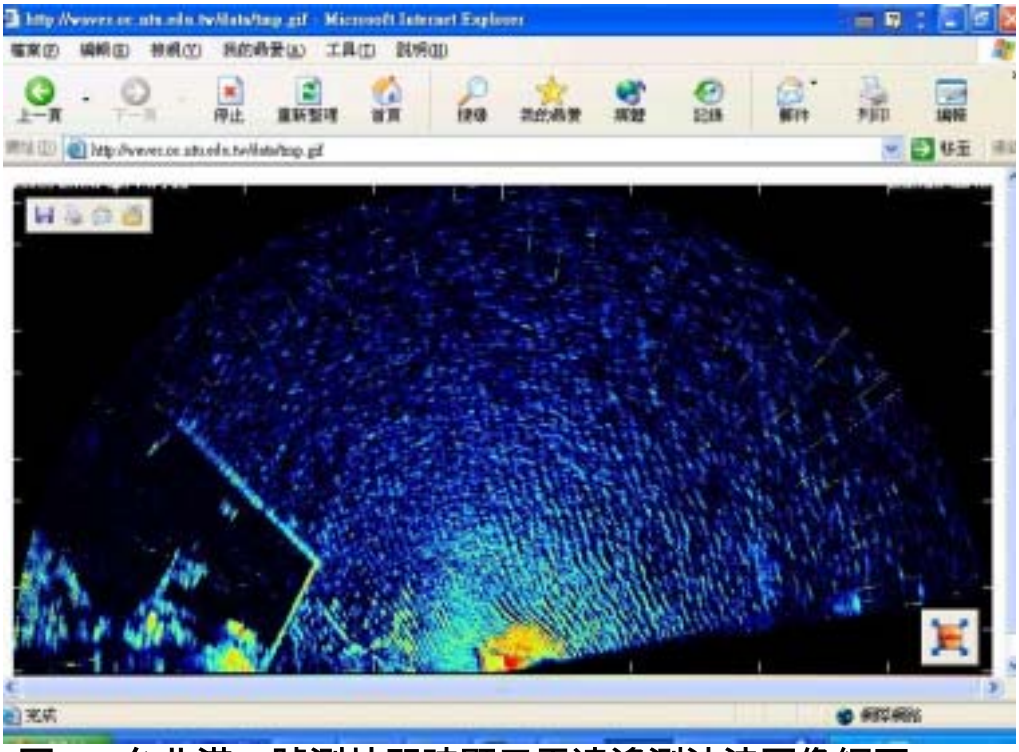


圖 7.7 台北港二號測站即時顯示雷達遙測波浪圖像網頁

參考文獻

1.中華民國交通部運輸研究所港灣技術研究中心，參考網址：<http://www.ihmt.gov.tw/ceweb/ihmt1/INDEX_NEW.htm>。

2.王胄、邱永芳、蘇青和，2002，九十一年台北港雷達遙感波浪監測研究(第四年)，交通部運輸研究所港灣技術研究中心出版，台中縣梧棲鎮。

3.吳立中、董東璟、高家俊、莊士賢，2003，應用岸基測波雷達於方向波譜觀測之研究，第二十五屆海洋工程研討會，第 251-257 頁。

4.余松煜、周源華、吳時光，數位影像處理，儒林圖書公司，第 1-380 頁。

5.周宗仁、尹 彰 、黃偉柏，2003a， CCD 影像遙測波浪之研究，海洋工程學刊，第 3 卷，第 1 期，第 53-71 頁。

6.周宗仁、林騰威、尹 彰、石瑞祥，2003b， CCD 遙測波浪系統之開發與研究，第二十五屆海洋工程研討會，第 7-13 頁。

7.周宗仁、尹 彰 、黃偉柏，2002，CCD 遙測規則波波浪之研究，第二十四屆海洋工程研討會，第 57-62 頁。

8.林灶生，數位影像處理實務-使用 C，松崗電腦圖書資料股份有限公司，第(1-1)-(5-13)頁。

9.林仲芬，影像辨認分析技術，第二版，全華科技圖書股份有限公司，第 1-119 頁。

10.施威銘研究室，PC 影像處理技術(一)圖檔壓縮篇，旗標出版社，第 1-523 頁。

11.港灣技術研究中心: http://www.ihunt.gov.tw

12.Bell, P.S., 1999. Shallow water bathymetry derived form an analysis of X-band marine radar images of waves. Coastal Engineering, Vol. 37, pp.513-527.

13.Chou, C. R., J. Z., Yim, and W. P., Huang, 2004. Determining the hydrographic parameters of the water surface from image sequences of CCD camera. Experiments in Fluids, Vol. 36, pp. 515-527.

14.Gangeskar, R., 2000. Wave height derived by texture analysis of X-band radar sea surface image, Proceedings, IGARSS 2000, IEEE, Vol. 7, pp. 2952-2959.

15.Horikawa, K., 1988. Nearshore dynamics and costal processes, University of Tokyo Press, pp. 399-401.

16.Jähne, B., and K. S., Riemer, 1990. Two-dimensional wave number spectra of small-scale water surface waves. Journal of Geophysical Research, Vol. 95, D5, pp. 11531-11546.

17.Jähne, B., 1997, Digital image processing. Springer-Verlag, Berlin, pp. 289-341.

18.Ruessink, B.G., P.S., Bell, I.M.J. van Enckevort, S.G.J. Aarninkhof, 2002. Nearshore bar crest location quantified from time-averaged X-band radar images. Coastal Engineering, Vol. 45, pp. 19-32.

19.Nieto, J.C., K. Reichert, J. Dittmer, 1999. Use of nautical as a wave monitoring instrument. Costal Engineering, Vol. 37, pp. 331-342.

20.Nieto, J.C., C. Guedes Soares, 2000. Analysis of directional wave fields using X-band navigation radar. Costal Engineering, Vol. 40, pp. 375-391.

21.Wright, F. F., 1965. Wave observations by shipboard radar, Ocean Engineering, Vol.1, pp. 506-514.

22.Wolf, J., P.S. Bell, 2001. Waves at Holderness from X-band radar. Coastal Engineering, Vol. 43, pp. 247-263.

23.Young, I. R., W. Rosenthal, F. Ziemer, 1985. A three-dimensional analysis of marine radar images for the determination of ocean wave directionality and surface currents. Journal of Geophysical Research, Vol. 90, pp. 1049-1059

24.Ziemer, F. and H. Gunther (1994) A system to monitor ocean wave fields, Proceedings of the 2nd International Conference on air-Sea

Interaction and Meteorology and Oceanography of the Coastal Zone. Lisbon, Portugal.

25.日本土木學會，2002，陸上設置型雷達沿岸海洋觀測，日本土木學會，東京，第 115-131 頁。

26. 日本港灣空港技術研究所海洋開發研究室，參考網址：<http://www.pari.go.jp/bsh/ky-skb/kaihatsu/miyazaki.html>。

交通部運輸研究所合作研究計畫
■期中□期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：93 年台北港雷達遙感波浪監測研究

執行單位：國立台灣海洋大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
一、方禎祥總工程司		
1. 波浪波向、波高的統計數據在建港時考慮因素中是佔相當重要的因子，氣候對於波浪之影響是一個事實，尤其是颱風來臨前後波浪監測的統計數據益形珍貴，而使用雷達遙感作波浪監測，降雨似乎對於分析結果有顯著的影響，如果本計畫案能持續的探討、解決該影響，對於港灣界將來取得建港依據的波浪資料，更比較接近事實。	1. 由於雷達的價格差異相當大，本計畫是使用價格較便宜的船用雷達，以達到能夠普遍使用的目的，所以在這方面較難克服。不過本研究團隊仍會向台大海研所尋求技術支援，共同研究討論如何來解決這個問題。	符合
2. 圖 3-3、圖 3-4 均為 92 年 11 月台北港二號雷達站於不同區域所得之影像分析結果，與港灣研究中心 85-90 年歷年冬季統計之結果，在 NNE 方向分布結果相當吻合，如果將來港灣研究中心觀測樁自記儀器回收後，比對雷達測波儀測得結果之分析，其趨勢有一致性，那麼本計畫案對於港灣界使用空間域研究波向，將具有指標性的引導作用。	2. 遵照辦理及改進。	符合

二、涂盛文教授 1. 本計畫由空間域著手取代一般由頻率域之處理方法，直接由影像得到波向資料，分析成果良好，值得嘉許。 2. 雨天時雷達回波較無明顯之色差變化，以致辨識困難，造成誤差，若長期下雨將造成長期無法取得準確資料，此一缺點如何克服？	2.由於雷達的價格差異相當大，本計畫是使用價格較便宜的船用雷達，以達到能夠普遍使用的目的，所以在這方面較難克服。不過本研究團隊仍會向台大海研所尋求技術支援，共同研究討論如何來解決這個問題。	符合
三、何良勝科長 1. 報告格式及編排依本所規定辦理。 2. 針對特殊性天候，例如颱風氣候或冬季鋒面來臨，相關波向或波高測值，如何克服？	1. 遵照辦理及改進。 2. 在雷達影像能分析的情形下，不管是波向或波高，都是能夠分析出來的。但這牽涉到現有的雷達設備，本研究團隊會依目前現有的設備下，作盡可能地改善處理。	符合 符合

四、蔡立宏研究員		
1. 本計劃成果的應用性質如何？將來預計提供什麼單位使用？	1. 本計畫之研究成果可廣泛應用於任何區域支雷達影像的處理。目前本研究團隊所撰寫之分析程式是針對分析台北港 1 號及 2 號雷達影像使用，本計畫之委託單位為港灣技術研究中心，本研究團隊授權委託單位使用。	符合
2. 大波浪(颱風)的計算正確性如何，若能克服雨與風所造成差異性，則可補足颱風侵襲時，現場量測儀器無法量測的缺點。	2. 在雷達影像能分析的情形下，不管是波向或波高，都是能夠分析出來的。但這牽涉到現有的雷達設備，本研究團隊會依目前現有的設備下，作盡可能地改善處理。	符合
3. 是否發展波高波向即時轉換系統，如此只要根據雷達資料經過轉換系統可即時得到海象資料。	3. 這點在技術上是可行的，本團隊將會研究如何辦理。	符合
4. 圖 4-6　4-9 中的大”L”是何意思？。	4. 此為台大海研所團隊慣用之代號。	符合
5. 圖 4-7 及 4-9 的雷達能譜比較中，文中說明其差異原因為下雨的關係，有否可能是波浪條件的不同。	5. 根據查證，該筆雷達資料之時間與 S4 潮流儀資料之時間確實吻合，故波浪條件一致。	符合

五、吳基研究員 1. 本報告為期中報告，由內容可看出研究單位執行能力優異，對雷達波譜、波浪能譜之關係及影像處理理論與技技巧，均有詳細討論，內容符合需求。 2. 本中心持續於臺北港海域實施現場觀測，如在推導迴歸率定等公式時需要新的觀測資料，可由本中心提供。	2.感謝 貴單位之協助。	
六、莊甲子委員 (提書面資料)：		

1. 第四章（轉移函數以及波高之估算法）及第五章（波高之估測）宜置於第三章（結果討論）前。	1. 遵照辦理及改進。	符合
2. 第 8 頁 Kij 之定義宜加明確，其值大小亦宜有所交代。	2. 遵照辦理及改進。	符合
3. 第 8 頁式(2-6)意義未明，其亦非方程式。	3. 遵照辦理及改進。	符合
4. 第 21 頁人工剔除與將來會使用量化的方式之方法及原則宜加說明。	4. 遵照辦理及改進。	符合
5. 第 29 頁式(4-7)列於第 40 頁，應予提前。	5. 遵照辦理及改進。	符合
6. 第 40 頁 Rs 之定義不甚明確。	6. 遵照辦理及改進。	符合
7. 第 45 頁上下二圖中特異波高點宜加檢核。	7. 遵照辦理及改進。	符合
8. 第 46 頁“吾”等人(2004, 2003a, 2003b, 2002)寫法建議修正。	8. 遵照辦理及改進。	符合
9. 第 47 頁第 7 段港研中心網站非為參考文獻。	9. 遵照辦理及改進。	符合
10. 報告書內文建議用一般字體。	10. 遵照辦理及改進。	符合
七、余進利組長 (提書面資料) 1. 請再確認圖 4-1 至圖 4-14 所引用之參考文獻一年份是否有誤	1. 遵照辦理及改進。	符合

獻，年代是否有誤。 2. 第 14 頁 3.3 節的第 3 行末，所指的圖 3-4 有誤，應是圖 3-5。 3. 圖 3-5 模糊不清，有失報告的品質。 4. 由雷達影像分析所得之波向能否與觀測樁所測得之波向作一比較。	2. 遵照辦理及改進。 3. 遵照辦理及改進。 4. 遵照辦理及改進。	符合 符合 符合
八、李豐博委員： 1. 本計劃不論在學術研究及應用上均具有其價值性。 2. 圖表製作，建議於期末報告中能更精緻。”港灣研究中心”應更改為港灣技術研究中心”。圖 3-5 圖說中，建議增加”觀測樁”字，以跟圖 3-3 及圖 3-4 雷達資料區分。	2.遵照辦理及改進。	符合

交通部運輸研究所合作研究計畫
□期中■期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：93 年台北港雷達遙感波浪監測研究

執行單位：國立台灣海洋大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形	本所計畫承辦單位 審查意見
一、涂盛文教授：		
1.雨天或波高較小時無法觀測，以工程觀點言之，波高較小時無法觀測比較沒有關係，但雨天時(如遇颱風天)無法觀測就可能漏失大波浪之觀測，此一缺點將來能否改善。	1. 以目前所使用的船用雷達，由於解析度有限，故無有效地處理。	符合
2.P26 推算之波向與觀測椿波向相差 180 °，何故有如此大之誤差。	2. 此推算之方法為頻率域（王等人，2001）的估計。由於雷達的掃描頻率 0.4Hz，所以造成一定程度上的錯估。故本研究團隊提出以空間影像處裡來判斷波向。	符合
3.部份遙感資料所率定出之波及波高誤差較大，期望來年能改善。	3. 是的，本研究團隊將在明年重新率定轉換函數。	符合
二、莊甲子教授：		
1.第 16 頁，ROCOS 與 S4ADW 分析結果差距 2 至 3 倍，宜加說明其原	1. 此堆算之方法為頻率域（王等人，2001）的估計。本研究團隊將在明	符合

因。	年重新率定轉換函數。	
2.第 26 頁，同為 93 年 7 月份但主波向完全相反(E 及 W)是否有誤。	2. 經查證過，這的確是分析的結果，此推算之方法為頻率域（王等人，2001）的估計。由於雷達的掃描頻率 0.4Hz，所以造成一定程度上的錯估。故本研究團隊提出以空間影像處裡來判斷波向。	符合
3.第 56 頁雷達分析結果與第 26 頁觀測結果不符。	3. 由於該區域在 4 月後，東北季風明顯減弱，波高較小，導致雷達常有測不到波浪的情況，故在進行波向統計時，雷達分析的部份樣本數少，導致失準。	符合
4.第 67 頁週期相關係數值宜確定註明並加說明其選用理由。	4. 在分析處理後及比較後，選用 1.2 倍較為適合。	符合
5.採用峰至峰法於低灰階段(圖 6-4)可能有失真現象發生。	5. 該雷達的掃描半徑為約 3.2 海浬，但以 1.5 海浬內的區域效果較好，本研究選用該區域做分析，故此現象應可忽略。	符合
6.採用峰至峰法分析時宜選取部份階段(距離)並	6. 是的，本團隊會列入考慮。	符合

通過平均灰階值者為選用標準。		
三、何良勝科長 1.增加中英文摘要。	1. 是的，遵照辦理。	符合
2.文內相關圖示說明中”二號站”或”2 號站”或”二號雷達站”等應統一。	2. 是的，遵照辦理。	符合
3.影像處理判定波向之方法與去年方法有何優劣比較。	3. 去年所提之方法，由於疏忽了反正切的函數特性，導致在角度的判斷上有時會出現相差 180 度的現象，今年調整方法，並加入重疊影像的技巧，順利將這部份解決。另外，去年使用了 Sobel 偵測元偵測邊緣當作波峰線，該作法經研究發現仍有些瑕疵，故今年改採用線性迴歸的作法，效果相當良好。	符合
4.應加強說明波向或波高(實測值與雷達測波值)，其差異較大時之比較說明。	4. 是的，遵照辦理。	符合

附表 B:期末報告審查意見

四、蔡立宏研究員：		
1.報告格式請依照本所規定編排，報告中仍有錯別字，請一併修改。	1. 是的，遵照辦理。	符合
2.第二章實驗設備訴諸許多文字敘述，建議增加儀器設備說明照片及佈置照片。	2. 是的，遵照辦理。	符合
3.第四章中雷達測波資料與觀測樁測波資料在波高變化定性上獲不錯的結果，建議於文章中增加探討造成定量誤差可能原因，尤其在波高較大時，並於明年度計劃中針對造成誤差原因，再加以修正計算方法，以求準確度的提高。	3. 是的，遵照辦理。	符合
4.式(4-1)中 Rs 代表為何？請說明。	4. 在波譜計算上的參數，詳見王等人（2001）。	符合
5.4.2 報告中提到大波時，波向、週期等數值可信度高，但由圖 4-12~圖 4-22 的圖說明中並沒有波高資料可供參考，建議圖說明增加波高資料。另外造成偏差原因之一，週期在潮汐變化	5. 是的，遵照辦理。	符合

的水深改變下，差別並不大，建議於明年度加以探討。		
6.圖 20a 及圖 20b 雷達與觀測樁所測波向相反，誤差極大，請說明原因？	6. 經查證過，這的確是分析的結果，此推算之方法為頻率域（王等人，2001）的估計。由於雷達的掃描頻率 0.4Hz，所以造成一定程度上的錯估。故本研究團隊提出以空間影像處裡來判斷波向。	符合
五、吳基研究員：		
1.由雷達反應推估波高在鋒面通過前後表現不一樣，較無法反應突增之波浪狀況，未來有無改善之空間？	1. 在東北季風鋒面過境時，往往會下雨，雷達訊號受到干擾，這也是無法正確反應的原因之一。在未來會對該問題做檢討改進。	符合
2.波向推估亦與實測有差異，夏季時還有完全相反之狀況，是否在主波向選取方式上作修正。	2. 此推算之方法為頻率域（王等人，2001）的估計。由於雷達的掃描頻率 0.4Hz，所以造成一定程度上的錯估。故本研究團隊提出以空間影像處裡來判斷波向。	符合

3.H1/3 與雷達波譜能量之迴歸式可用新的觀測資料作冬、夏季分季之迴歸。	3. 是的，遵照辦理。	符合
六、余進利委員： (書面資料) 1.建議對 S4ADW 潮波儀之分析方式略加描述。 2.(第 17 頁)雷達測波儀之轉換函數是否受季節影響。第 56 頁雷達分析結果與第 26 頁觀測結果不符。 3.(第 17 頁)推算週期之離散關係式所採用之水深是否可以採潮波儀之水深資料替代。	 1. 是的，遵照辦理。 2. 此推算之方法為頻率域（王等人，2001）的估計。由於雷達的掃描頻率 0.4Hz，所以造成一定程度上的錯估。故本研究團隊提出以空間影像處裡來判斷波向。 3. 是的，遵照辦理。	 符合 符合 符合
七、方禎祥委員 (提書面資料): 1.本研究如果在雨天無法觀測，那颱風時期之觀測缺口，請研究團隊費思解決。 2.透過電腦網路可獲得即時海況之訊息，對於港	 1. 是的，遵照辦理。	 符合

時海況之訊息，對於港務局港務、航政、船舶調度將有助益，值得推廣。		
八、李賢華委員 (提書面資料)： 1.本計畫以遙感雷達探測來監測波浪較傳統以波高計測量的方式提供另一獲知波浪數據的管道值得肯定。 2. 但在高頻波浪的監測工作上由於雷達轉速的限制，其使用限制在頻率域及時間域上的區分值得深入探討。 3. 天候不佳時，波浪數據的獲得亦重要，如何突破濾除不當的干擾，亦值得進一步探討。	 2. 是的，遵照辦理。 3. 是的，遵照辦理。	 符合 符合
八、邱永芳委員： 1.利用灰階處理的方式如何自動化應有事前規劃。 2.灰階法與波譜法之比較應詳做說明其分析結果	 1. 是的，遵照辦理。 2. 是的，於報告中第 39 頁有 92 年 11 月 25 日	 符合 符合

應詳做說明其分析結果及討論，實測結果(S4)與兩者方法其偏差量為何應有統計。	頁有 92 年 11 月 25 日至 11 月 30 日的部份比對。	
3.週期計算結果應有詳細說明。	3. 是的，遵照辦理。	符合

MOTC-IOT-93-H2EB015

九十三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委託
國立台灣海洋大學辦理
中華民國九十三年十月二十日

0

第一章 研究主旨

- 1.1 計畫背景分析
- 海事工程規劃、設計之重要關鍵因素之一－現場海氣象資料確實掌握。
- 台北港建港之初，交通部基隆港務局委託交通部運輸研究所港灣研究中心辦理「八里、林口海岸漂沙調查及海氣象與地形變遷四年監測計畫」，
- 本計劃延續辦理監測，使用雷達及觀測樁蒐集該海域之海氣象資料。

1

- 遙測儀器的特點－不需特定的觀測點，可搭載在任何交通工具，維修及資料擷取上較方便簡易，一次蒐集大範圍的資料。
- 有關應用雷達從事波浪遙測方面之研究相當早，井島等(1964)、Wright等(1965)皆曾利用船用雷達遙測海洋波動現象。
- 使用雷達來遙測波浪，可選擇設置於環境條件較為穩定之岸上以觀測近岸的波向。
- 雷達測波較諸單點測波儀器更具優勢，但其易受天候影響測波功能與品質。
- 因應台北港二、三期整體擴建工程之需求及海氣象資料須長期監測之連續性，基隆港務局仍委託運研所港灣技術研究中心繼續對台北港海氣象資料進行監測，
- 本計畫繼續進行維持原有雷達測波站之測波功能外，對測波雷達逐漸受遮蔽情況亦一併檢討改進。

2

1.2 研究範圍與對象

- 本計畫主要目的在於對台北港之建港需求提供準確且長期之波浪資料，
- 去年(92年度)於台北港的沙崙地區另外設置一雷達測波站，故本計劃目前使用台北港一號及二號測站同時測波，
- 台北港一號測站有被防波提遮蔽的情況，效果並不好，所以目前以台北港二號測站的資料分析為主。
- 在資料處理與展示方面，除對原有資料展示系統，即網頁即時顯示雷達測波圖像繼續維護改進外，
- 對於資料之分析也進行檢討。

3

1.3全程計畫工作計畫概要書

- 本計畫全程為三年(92-94年)：

- 第一年度(92年度)：（已完成）
- 於沙崙地區新設置一雷達測波站。
- 新雷達測波儀上線進行波浪監測作業。
- 發展並完成新雷達測站之網頁展示系統上線作業。
- 維護保養原有台北港雷達測波站之系統，使其正常運作。
- 執行海洋波浪長期監測工作，並分析其資料。
- 對雷達測波之影像資料進行檢討，同時與觀測樁資料進行比對，以改進雷達測波資料之精確度。

4

- 第二年度(93年度)：
- 執行海洋波浪長期監測工作。
- 對轉換函數進行研究，修正資料處理方法。
- 將遙感監測結果與觀測樁監測結果相互比較驗証。
- 即時顯示雷達遙測波浪圖像之網頁維護。
- 雷達測波儀維護保養。

5

- 第三年度(94年度)：
- 執行雷達測波及資料分析。
- 維護網頁展示系統。
- 雷達測波儀維護保養。
- 比對雷達測波資料以及其他實測資料。
- 遙測資料方向波譜分析可行性評估。

6

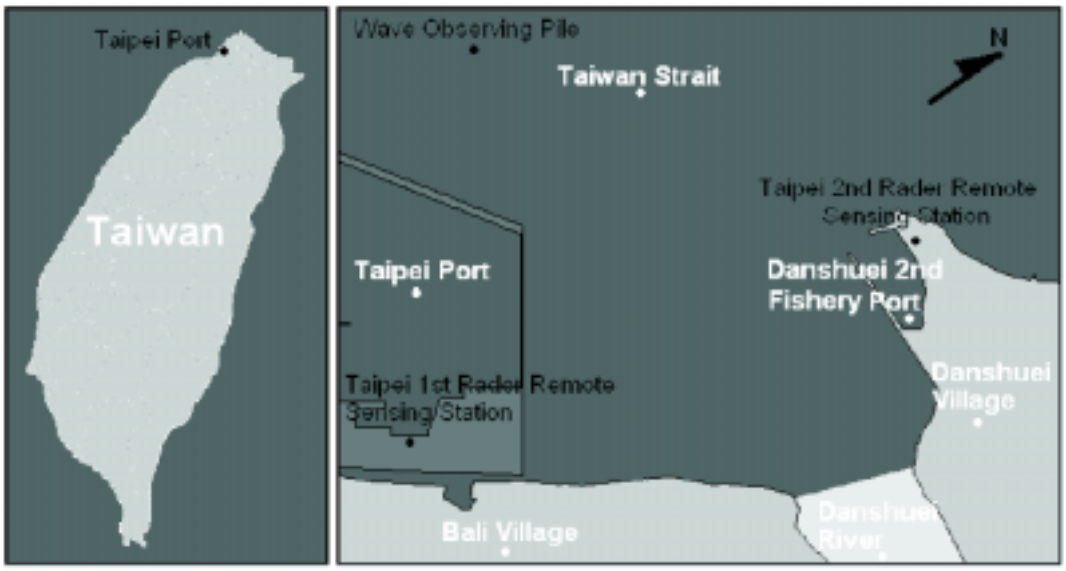
第二章 實驗設備

- 2.1 雷達遙測
- 本研究是使用國立台灣大學海洋研究所研發之Wave Scanner雷達海象觀測系統(ROCOS, Radar Ocean Climate Observation System)，
- 該系統採用Furuno公司之型號FR-8251的船用雷達，並選用六呎的天線。FR-8251雷達所發射之雷達波在垂直及水平方向上的射束寬度分別為25.0°及1.2°，天線的轉速為24 rpm。為X-band雷達，發射頻率為9.41 Ghz(波長約為3.2 cm)， 最大發射功率為25 KW。設定量測範圍在1.5海浬（約5.7公里），發射脈衝寬度為0.08 μ sec，脈衝頻率為2100 Hz。

7

- ROCOS測波系統正常作業係設定在每小時整點時自動開始波浪量測工作，系統每次會連續採集32張圖片（雷達天線轉速為24 RPM，每轉一圈約需2.5秒，32張共耗時80秒），將原始資料轉成GIF動畫圖檔(89a 格式)以方便研究人員檢視。
- 本試驗共設置兩處雷達測站，如圖2-1所示，一處設置在台北港－台北港一號雷達測站（ 310° ），另一處設置在淡水第二漁港，－台北港二號雷達測站（ 290° ）。
- 本研究主要針對台北港二號雷達測站做分析。

8



9

- 2.2 觀測樁
- 觀測樁設置在台北港外廊防波提外，北緯25°10′44″、東經121°22′41″、水深16公尺處，搭載Inter Ocean公司之S-4 ADW儀器，可記錄波浪、海流及風資料。

10

第三章 工作執行狀況

- （1）現場監測作業部份
- （2）測波資料分析部份
- （3）維護網頁展示系統部份
- （4）比對雷達測波資料部份
- （5）對轉換函數進行研究

11

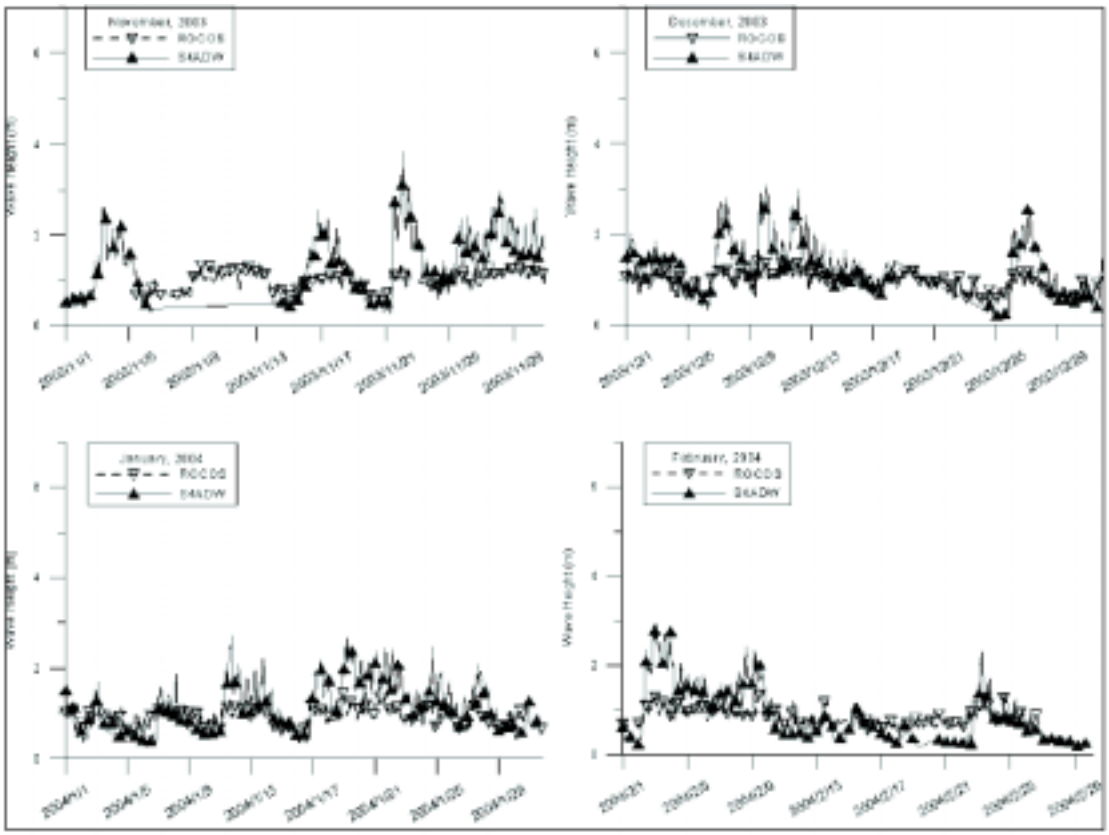
第四章　頻率域分析模式

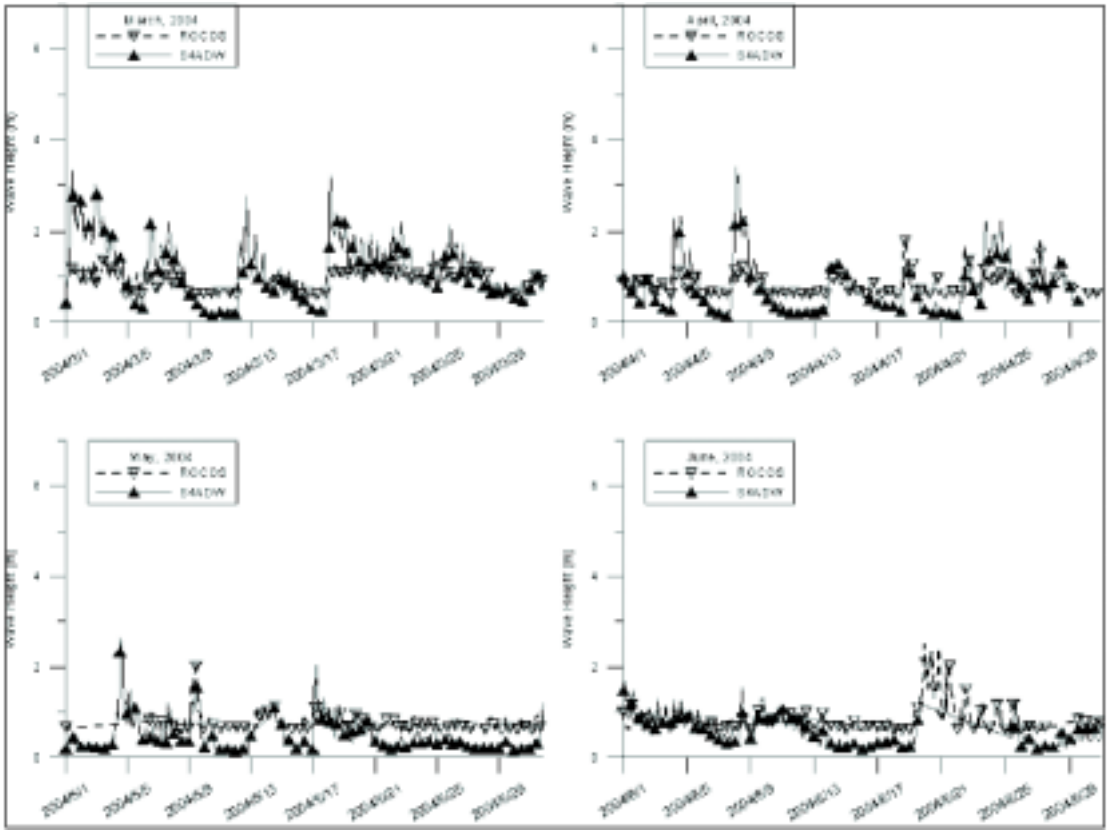
- 此部分為王等(2001)所建立之分析模式，目前已將相關之分析模式建立於ROCOS系統上。將雷達影像資料做成影像的方向波譜，計算分析頻譜之特性，得到波向、波高等相關參數。
- 4.1 波高轉換
- 目前使用之率定公式係根據台北港88年10至11月的同步觀測資料所統計出來的，其關係式為(王等，2001)：

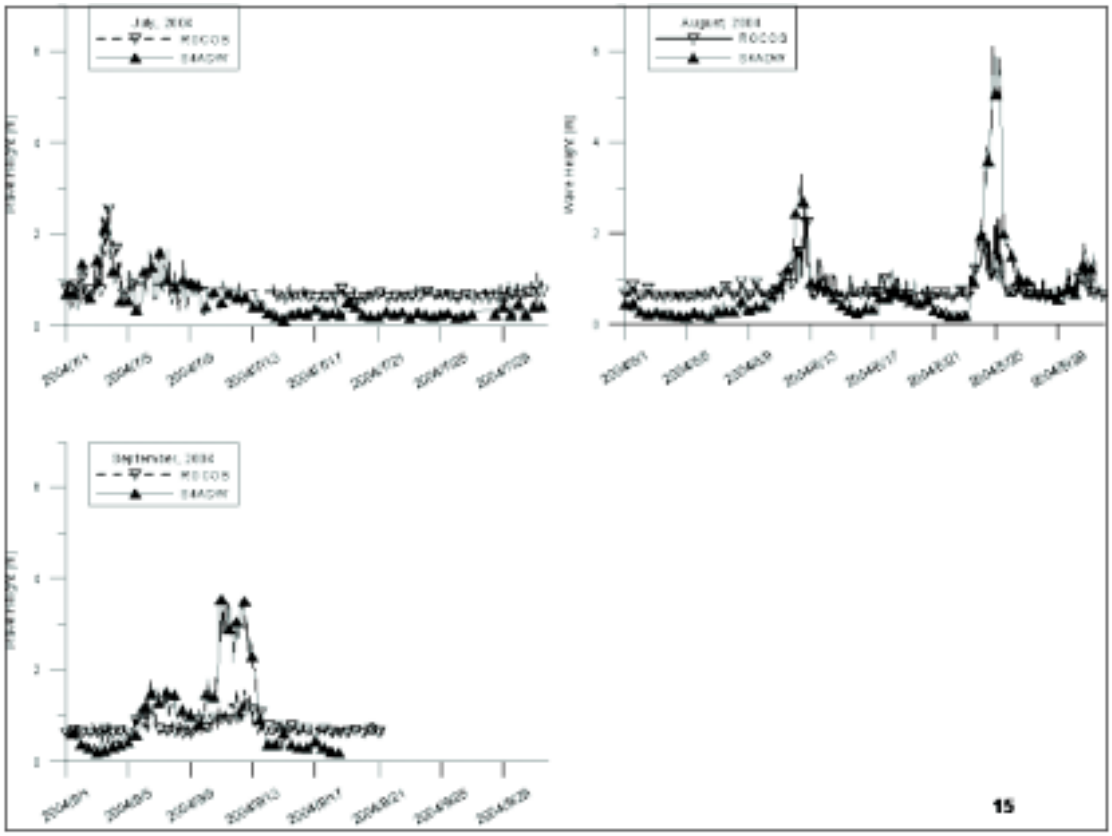
$$H_{1/3}(m) = 0.65391 + 2.4093\times10^{-1}E_1 + 6.7277\times10^{-6}E_1^2 - 7.4388\times10^{-10}E_1^3$$

- 圖4-1至4-11為台北港93年度監測作業期間(自92年11月1日起至93年9月30日止，後者即為撰寫本報告前最後一次回收資料之時間)所有由雷達測波儀估測之*H1/3*波高值均按月繪製成分月時序圖以供參考。並將逐日與觀測檔比較之結果詳附於附錄A。

12






15

4.2波向與波週期之比對

- 圖4-12至4-22為台北港二號雷達測波儀所推估之波浪主波向與觀測樁S4所測波浪之主波向玫瑰圖。
- 由雷達能譜所估出之主波向尚有許多顯著偏離，這些大偏差點多發生在波高小時，即波高大時二者分佈比較一致，但波高小時則偏差較大。因此可認為在大波情況下雷達測波儀所測之波向、週期等數值較為可信。
- 造成此種偏差的主要原因有二：其一為所用轉移函數形式並不理想，其次則為所用之觀測子區內的水深值不當所致。由於週期是根據波長以及水深代入波浪離散關係式後算出來的，潮汐效應當然會改變水深，但我們根據雷達能譜尖峰波數反算波浪週期時卻是採用固定水深，因此就會產生偏差。另外在反算波浪能譜時，如果轉移函數形式不佳也會造成反算之波浪能譜形狀產生偏差，那麼週期估算也就會造成偏差。

16

第五章　影像處理判定波向

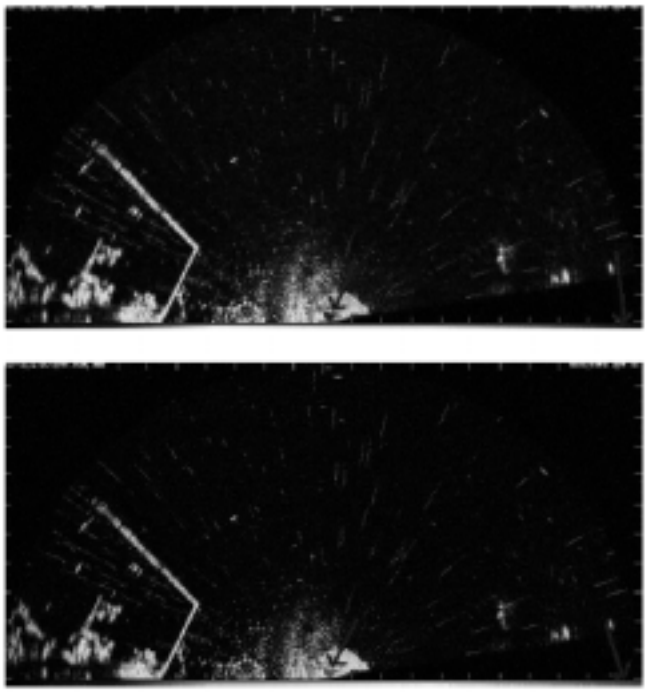
- 5.1 研究方法
- 本實驗分析方法是從空間-時間域著手，分析雷達影像中雷達回波反應出的波峰走向，透過影像的處理及解讀，使電腦可自動判讀波浪前進的方向。
-
- 由於所取得的雷達影像所包含的雜訊可能影響判讀得結果，必須藉由一些影像處理的手法，如灰階化、高通濾波、及二值化，來改善影像的視覺效果，最後利用線性回歸決定波向，以達到電腦自動由影像分析和處理。

17

- 5.1.1灰階化
- 本研究所使用的雷達影像表現方式為紅綠藍(RGB)三元色所組成的色階變化，在雷達影像下方有一條代表雷達回波強弱的顏色尺標，但一般所使用的彩色轉灰階的公式採用線性疊加的方式，如:

$$\text{Gray} = \frac{(R+G+B)}{765} \times 255$$

18



19

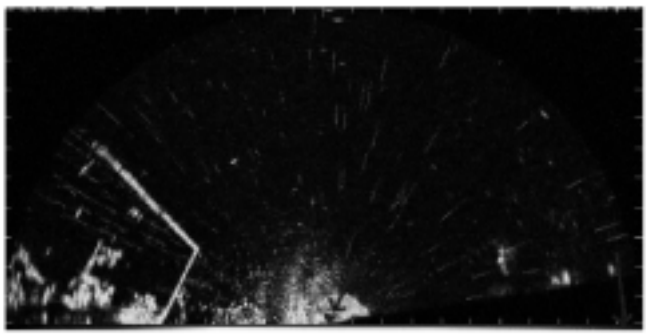
- 經過研究，將轉換式修改成:

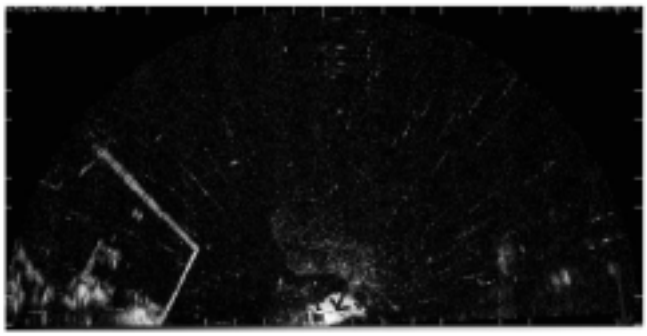
$$B' = \begin{cases} B & G < 255 \\ 255 + (255 - B) & (G \geq 255 \quad or \quad R \geq 255) \end{cases}$$

$$G' = \begin{cases} G & R < 255 \\ 255 + (255 - G) & (R \geq 255) \end{cases}$$

$$Gray' = \frac{(R + G' + B')}{1275} \times 255$$

20





21

- 5.1.2影像濾波
- 功能在於凸顯或是濾除影像中某些部份之訊號，空間定義域濾波運作的方法是以罩遮(Mask)來處理每一格素像，本研究採用3X3的罩遮來處理，將每一像素及其鄰近八點均乘上一權重係數(Weight)，如下一節所示，所得之和即為該素像新灰階值，亦即

$$f'(x,y)=\begin{cases} k_{11}f(x-1,y-1) & +k_{12}f(x,y-1) & +k_{13}f(x+1,y-1) \\ +k_{21}f(x-1,y) & +k_{22}f(x,y) & +k_{23}f(x+1,y) \\ +k_{31}f(x-1,y+1) & +k_{32}f(x1,y+1) & +k_{33}f(x+1,y+1) \end{cases}$$

- 5.1.2.1高通濾波
- 一般影像可能會受到各種雜訊的干擾，經過多次試驗，發現透過高通濾波對於本研究有較好的結果，其罩遮(Mask)為:

-1	-1	-1
-1	9	-1
-1	-1	-1

22

- 5.1.2.2二值化
- 將所有的影像灰階透過二值化的方式，將圖片轉換成只有黑與白兩種顏色的模式，以凸顯波峰與波谷的影像差異及利於電腦的判別，即:

$$f'(x,y)=\begin{cases} 255 & (f(x,y)\geq P_{TH}) \\ 0 & (f(x,y)<P_{TH}) \end{cases}$$

- 而臨界值則是考量整體影像而定，在本文中則選擇畫面中所選擇之分析區塊的平均灰階當作臨界值。

23

- 5.1.3波向的決定
- 藉由二值化後將邊界點標示出來，再使用線性回歸的方式，找出回歸線的斜率，將其定義為波峰的走向，再求波向。
- 線性回歸是使用最小平方法，即:

$$Y = b_0 + b_1 X$$

- 其中

$$b_1 = \frac{\sum[(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]}{(X_i - \bar{X})^2}$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}$$

- 而波峰線相對於圖片座標的走向(角度)則可定義為:

$$\theta = \tan^{-1}(b_1)$$

24

- 為了避免雜訊對造成波向統計上的影響，在此我們亦加入樣本相關係數(Sample correlation coefficient)來作檢定，即:

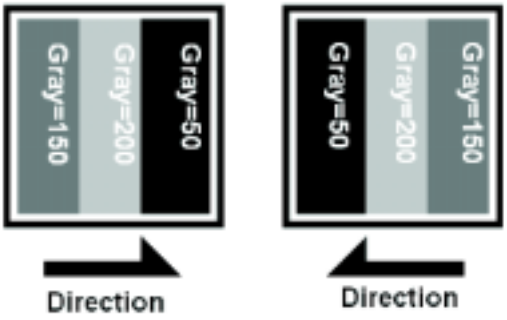
$$r = \frac{\sum[(X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})]}{\sqrt{\sum(X_i - \bar{X})^2}\sqrt{\sum(Y_i - \bar{Y})^2}}$$

- 將相關係數較差及樣本數(Sample)較少的母體(Population)剔除。另外，方向百分比定義為

$$P_r = \frac{N_r}{N_{all}} \times 100\%$$

25

- 但反正切(Arc tangent)的角度範圍-π/2~π/2，所以只能決定波峰線走向，未決定波向。
- 使用連續的兩張畫面做疊加後分析，就能夠確認波向，將兩張連續的畫面疊加後，灰階值較小(Gray=50)的部份為t時刻的畫面，而灰階值較大(Gray=100)的部份是t+1時刻的畫面，疊加後會產生灰階值大於兩者的值(Gray=200)，藉此可以利用三者的排列順序來判斷，
- 灰階值150-200-50，前進方向是由左向右進行，50-200-150的前進方向是由右向左進行。



26

- 5.2 結果討論
- 5.2.1 分析範圍
- 分析範圍如圖，第一區(Area-1)的位置在淡水河出海口，
- 第二區(Area-2)位置於沙崙海水浴場以北的海域。
- 畫面中每一格像素(pixel)所對應的真實面積大約是62.73平方公尺(7.92 km x 7.92 m)，分析的範圍為10000像素(100 pixel x 100 pixel)，所以真實範圍大約是0.6273平方公里。

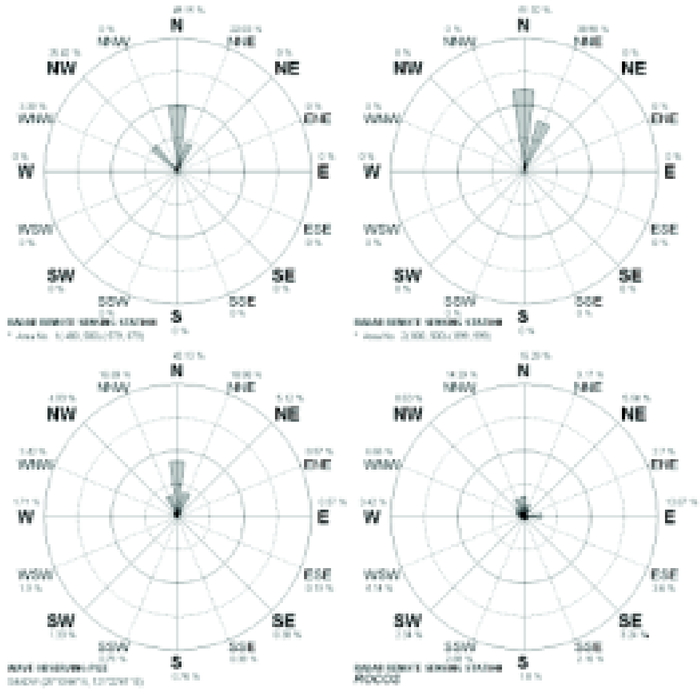
27

- 5.2.2分析程式
- 分析程式由本實驗室自行開發，依據上一章的理論方法進行，流程如下

28

- 5.2.3分析結果
- 目前以雷達的遙測技術上，尚有一些無法克服的因素，諸如：雨天無法觀測、波高較小也無法觀測等。該海域接近冬季時，風向轉為東北季風，此時之波高較大，其分析出的結果也較為理想，本研究之方法於92年11月至93年3月間，分析結果與觀測樁相當吻合，93年4月至7月的分析結果與觀測樁結果有些許偏差。
- 92年11月的影像分析結果如圖5-10a及5-10b所示，Area-1及Area-2的主要波向為N，與觀測樁的統計結果吻合（圖5-10c）。表1為92年11月的部份逐時列表，在此表中也可以發現，由影像處理的分析結果與觀測樁相當吻合。另外，圖5-10d為頻譜分析的結果，其分析結果較難看出主方向，其原因可能與雷達的取樣間隔時間為2.5秒(0.4Hz)有關，由於時間上的失真，導致在頻率域的分析上也受到影響。

29



92年11月

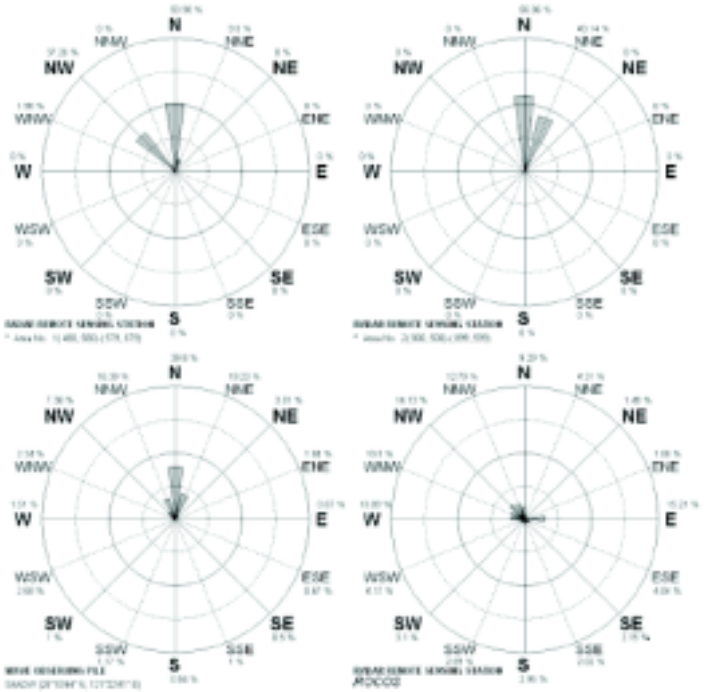
30

日期 (月-日-時)	雷達影像 百分比 (%) W	WNW	NW	NNW	N	NNE	NE	主方	觀測站 角度	主方
11-25-00	0.0	4.5	19.4	0.0	47.3	25.9	3.0	(N)	10.3	(N)
11-25-06	0.0	12.1	13.1	0.0	32.5	42.2	0.0	(NNE)	28.3	(NE)
11-25-12	0.0	6.0	14.1	0.0	38.6	39.9	1.4	(NNE)	358.7	(N)
11-25-18	0.0	7.6	17.0	0.0	43.1	26.4	5.9	(N)	358.8	(N)
11-26-00	2.5	7.3	15.9	0.0	29.5	42.8	2.1	(NNE)	4.9	(N)
11-26-06	0.0	15.7	21.8	1.2	31.0	28.9	1.2	(N)	344.4	(NNW)
11-26-12	0.0	10.1	18.5	0.0	34.5	35.2	1.6	(NNE)	14.2	(NNE)
11-26-18	0.0	4.7	16.4	0.0	39.4	37.6	2.2	(N)	7.1	(N)
11-27-00	0.0	10.3	14.3	0.0	52.0	23.4	0.0	(N)	10.1	(N)
11-27-06	0.0	8.3	19.5	0.0	30.7	41.5	0.0	(NNE)	28.0	(NNE)
11-27-12	0.0	8.6	23.1	0.0	27.3	41.0	0.0	(NNE)	354.5	(N)
11-27-18	1.7	16.5	16.5	0.0	38.0	27.2	0.0	(N)	15.0	(NNE)
11-28-00	0.0	7.6	10.7	2.0	41.4	34.6	3.7	(N)	350.9	(N)
11-28-06	0.0	18.2	10.5	0.0	37.2	28.3	5.7	(N)	14.1	(NNE)
11-28-12	1.4	14.0	16.5	0.0	31.3	34.7	2.1	(NNE)	5.0	(N)
11-28-18	0.0	5.0	14.0	0.0	34.0	46.7	1.3	(NNE)	12.6	(NNE)
11-29-00	0.0	11.1	14.8	0.0	39.3	31.5	3.5	(N)	344.2	(NNW)
11-29-06	0.0	14.9	13.0	0.0	30.6	41.5	0.0	(NNE)	12.9	(NNE)
11-29-12	0.0	4.6	22.4	0.0	37.2	33.8	2.0	(N)	359.1	(N)
11-29-18	0.0	7.4	7.2	0.0	42.8	40.1	2.4	(N)	11.5	(N)
11-30-00	0.0	9.3	11.1	0.0	44.0	31.5	4.0	(N)	9.9	(N)
11-30-06	1.5	10.3	17.0	0.0	39.7	31.6	0.0	(N)	7.1	(N)
11-30-12	0.0	9.3	13.4	0.5	38.2	38.2	0.0	(N)	22.6	(NNE)
11-30-18	0.0	7.1	15.8	0.0	36.1	39.4	1.6	(NNE)	13.7	(NNE)

31

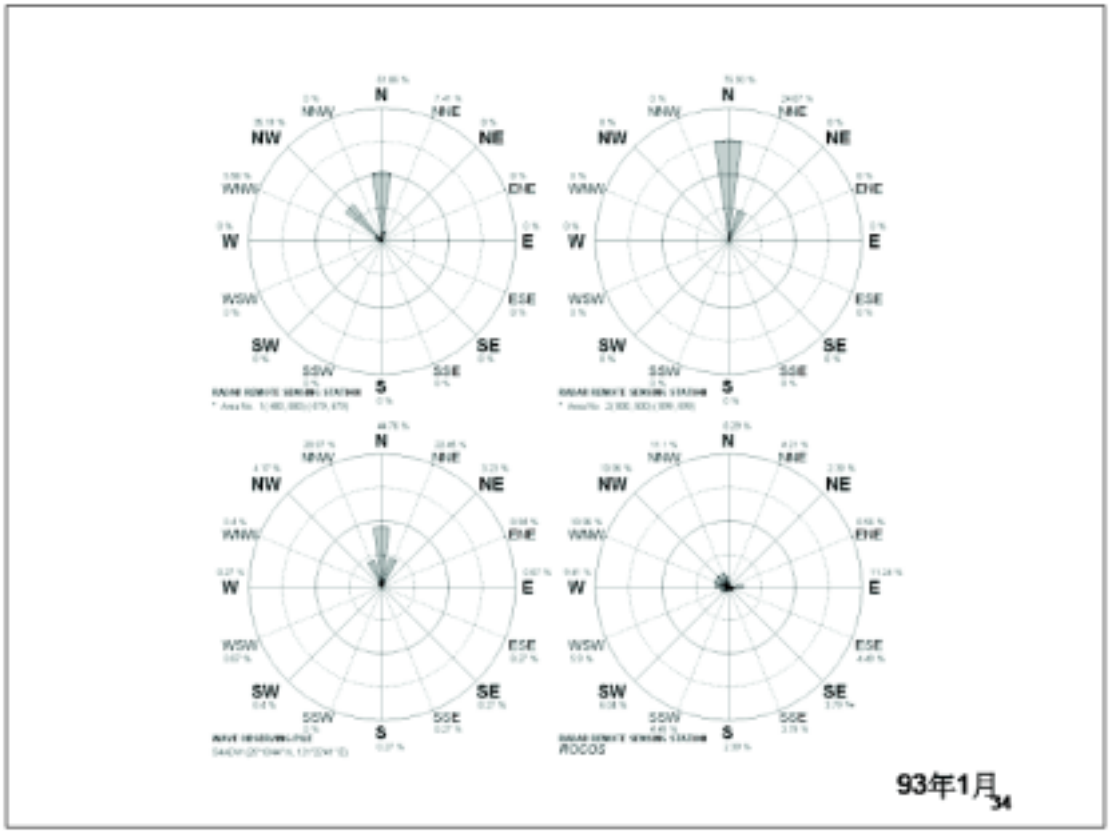
- 92年12月至93年3月的分析結果如圖5-11及5-14b所示，Area-1及Area-2的主要波向都為N，與觀測樁的統計結果吻合。另外可以看到，頻譜分析的結果是不太理想的。
- 另外可以發現，92年11月至93年3月間的Area-1除了主波向在N外，也都有NW的方向存在，其原因應該是受淡水河出海口的海底地形及淡水第二漁港北防波提的岬頭影響，造成波浪折射。
- 事實上，Area-1、Area-2、及觀測樁分別在不同的區域上，所處的地形位置都不相同，所以除了主方向一致外，其餘的次方向都有所差異。
- 再者也能看到，在方向的百分比上也略有不同，影像分析的比重都略大於觀測樁，且觀測樁的的方向分部除了主方向及一至二個次方向外，還有一些小於10%以下的方向分布，但這些在影像分析上都沒有，其原因在影像分析時使用了一些濾波操作，使得有些雜訊或方向較不明顯的波浪因此被消除了，
- 另外就是影像分析是採平面上的分析，分析大範圍的主要波向情形，與潮流儀(觀測樁)的單點測量也略有不同。

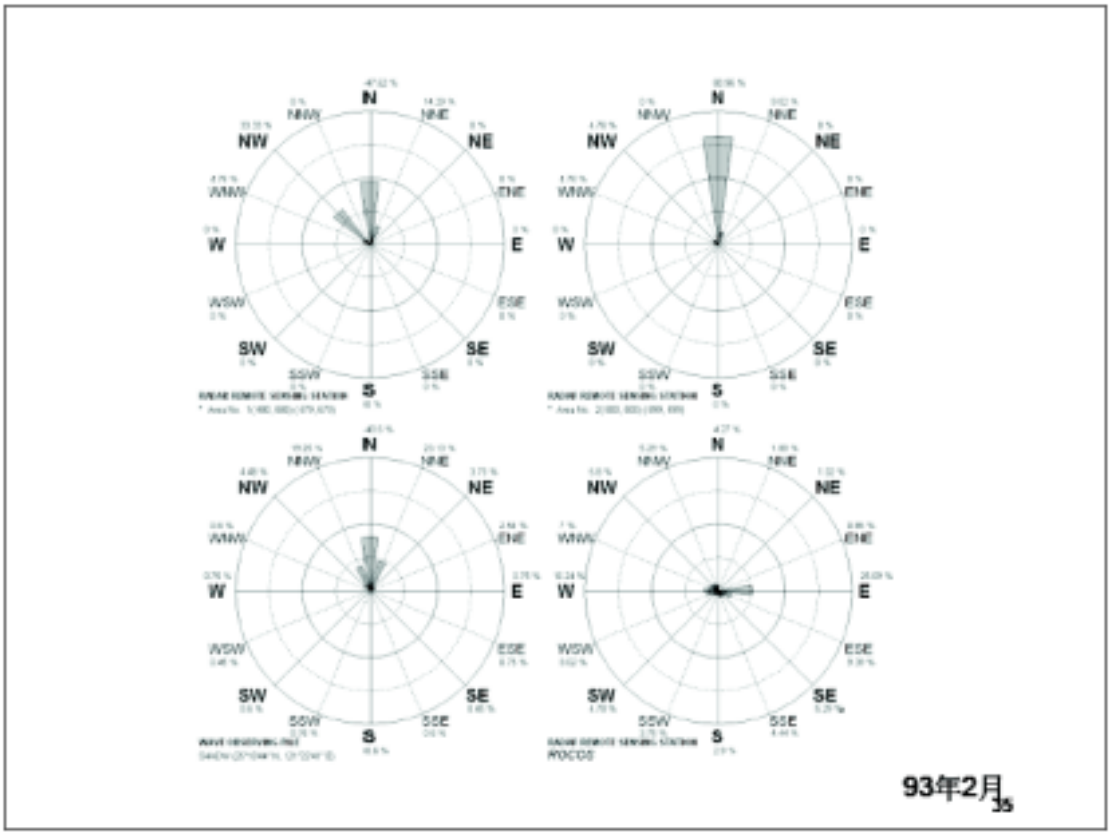
32

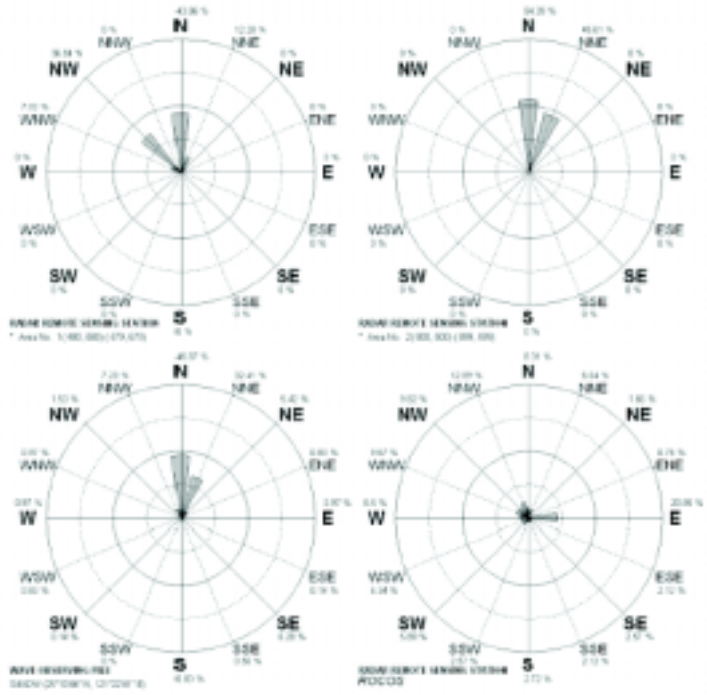


92年12月

33

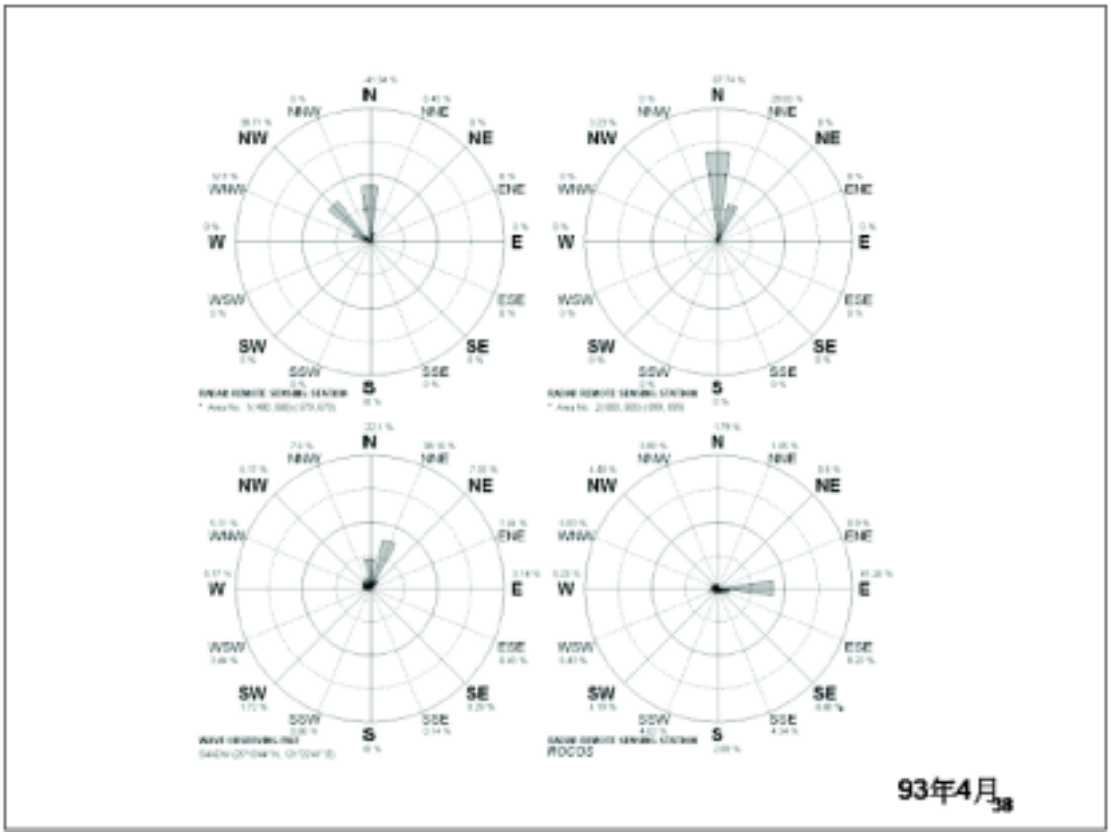

N
NNE
NE
ENE
E
ESE
SE
SSE
S
SSW
SW
WSW
W
WNW
NW
NNW
RDCOS
93年1月
34

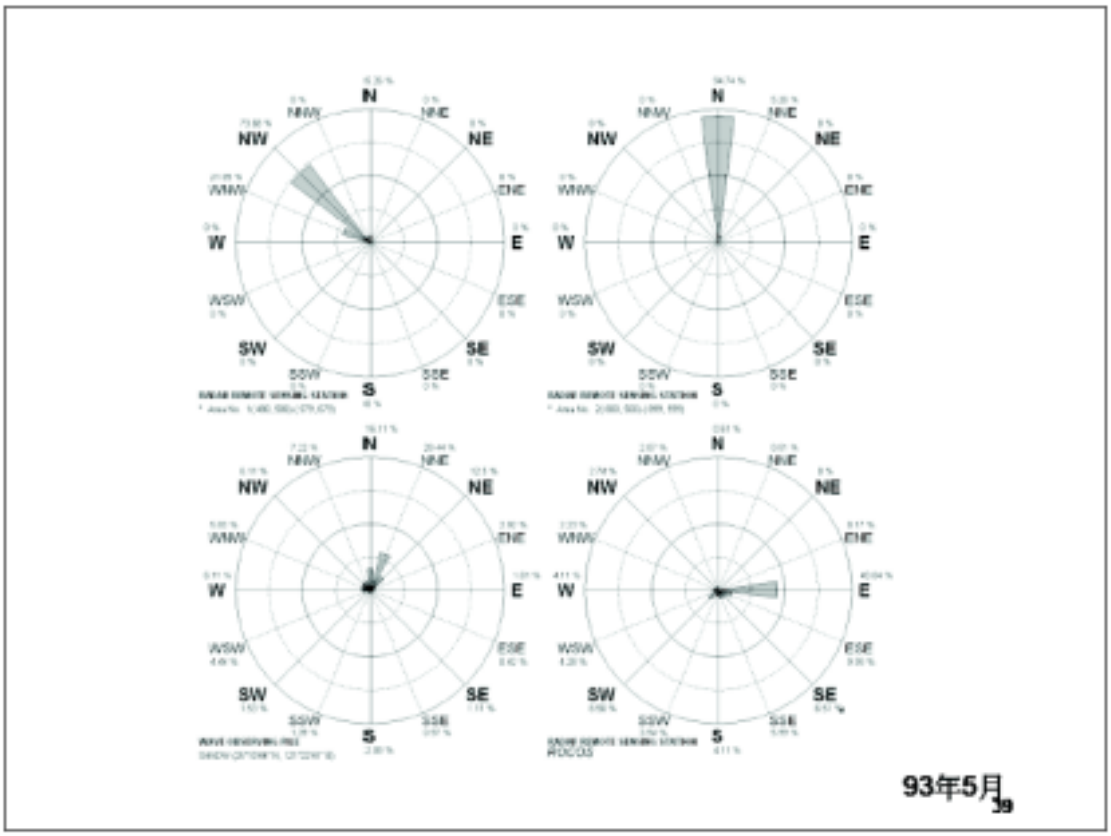

N
NNE
NE
ENE
E
ESE
SE
SSE
S
SSW
SW
WSW
W
WNW
NW
NNW
RDCOS
93年2月
35

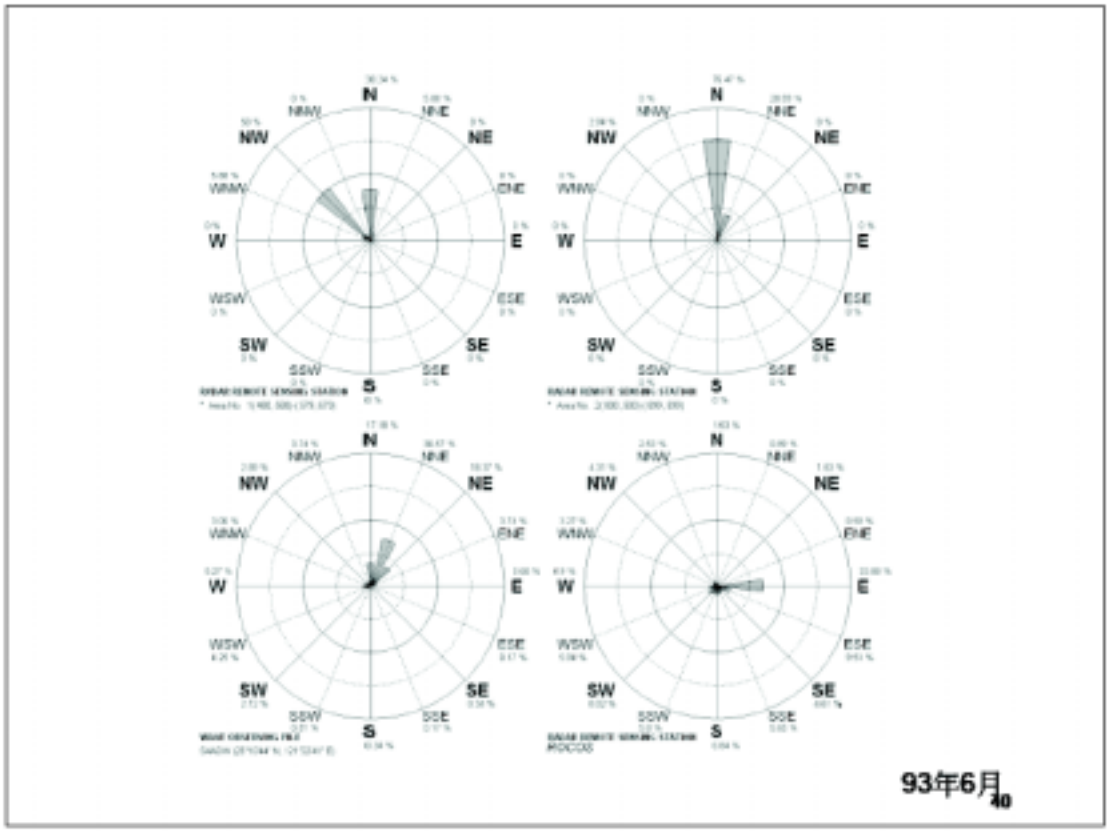


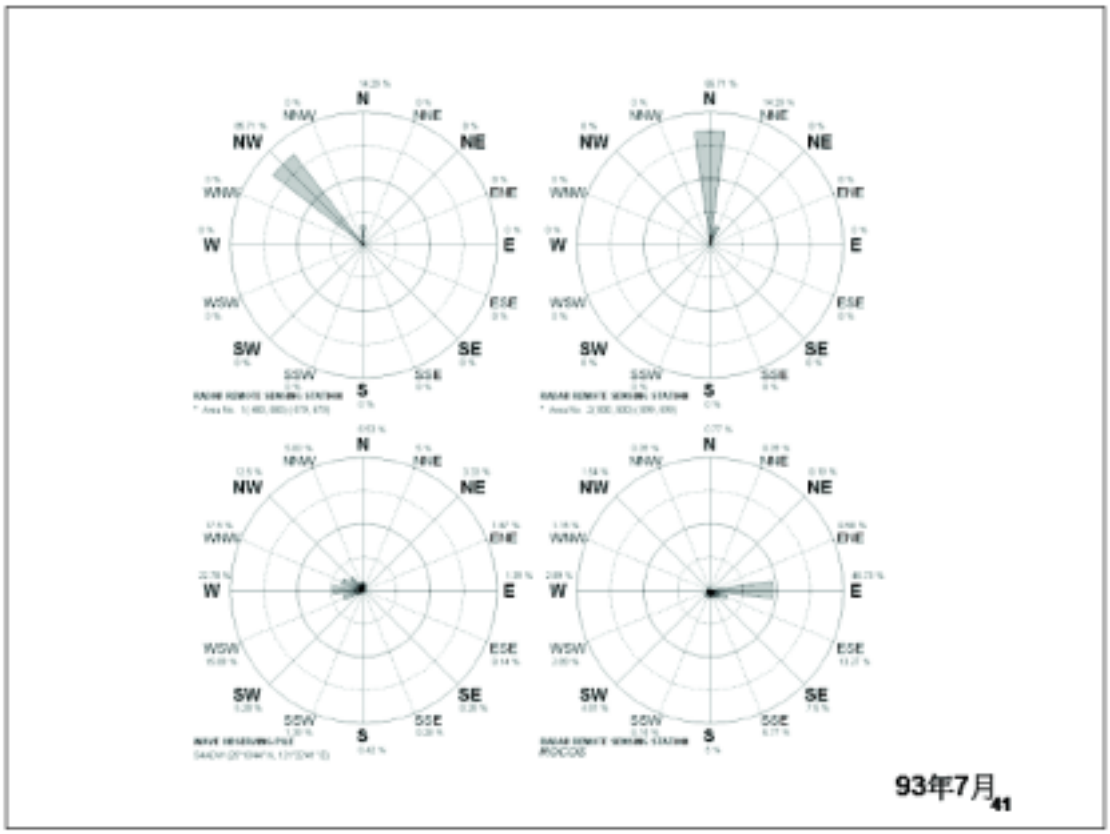
93年3月

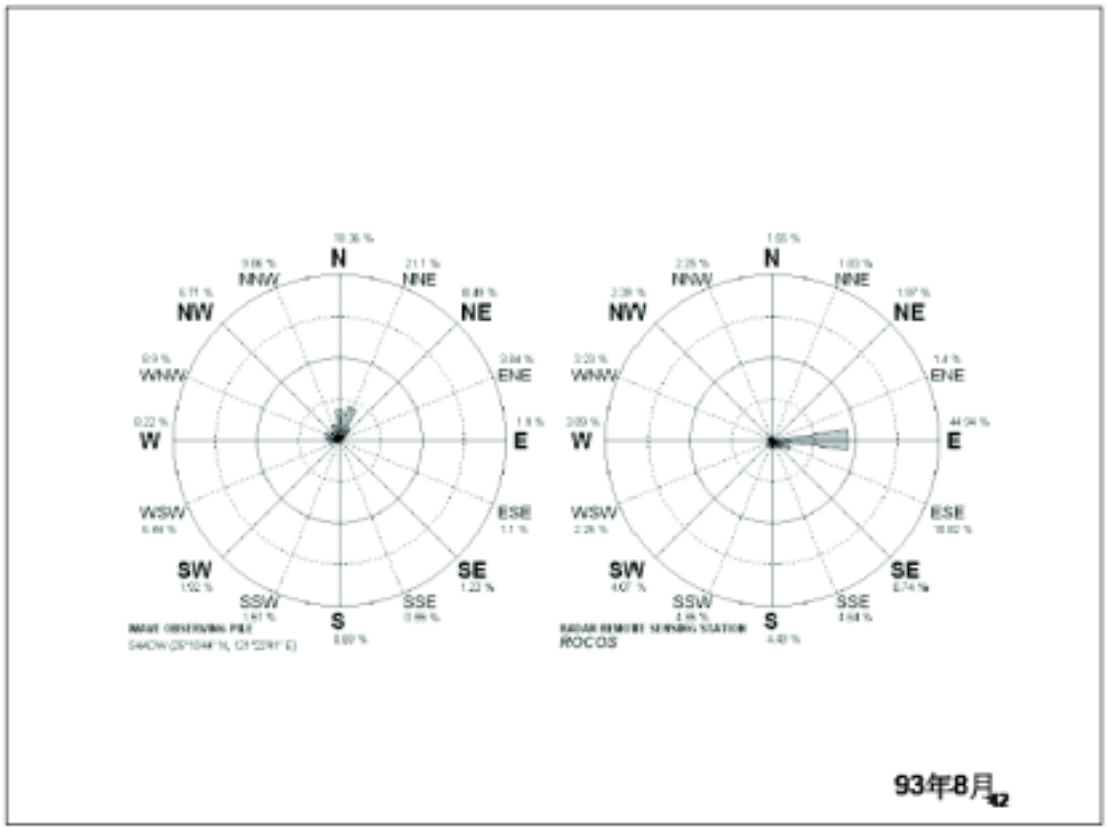
- 93年4月至7月的分析結果與觀測樁結果有些許偏差。其原因在於東北季風已經逐漸轉弱，海上的波高較小，導致雷達所發射之電磁波皆藉由較為平靜的海面散射掉，無法有效的反射回接收器，故雷達影像上幾乎沒有回波訊號，導致無法分析。扣除無法分析的資料後作統計製作玫瑰圖發現，由於樣本數不足導致在統計上的誤差，造成主波向的錯估。
- 如圖5-19至5-23，圖為11月至隔年的3月的波高（次數）統計，由這些圖可以看出，波高分佈較為平均，波高一公尺以上與以下的次數相當平均。4月開始，如圖5-24至5-27，波高大多在一公尺以下，海面上的回波訊號相當的弱，甚至完全沒有訊號，造成雷達影像全黑的狀態，所以資料無法分析。

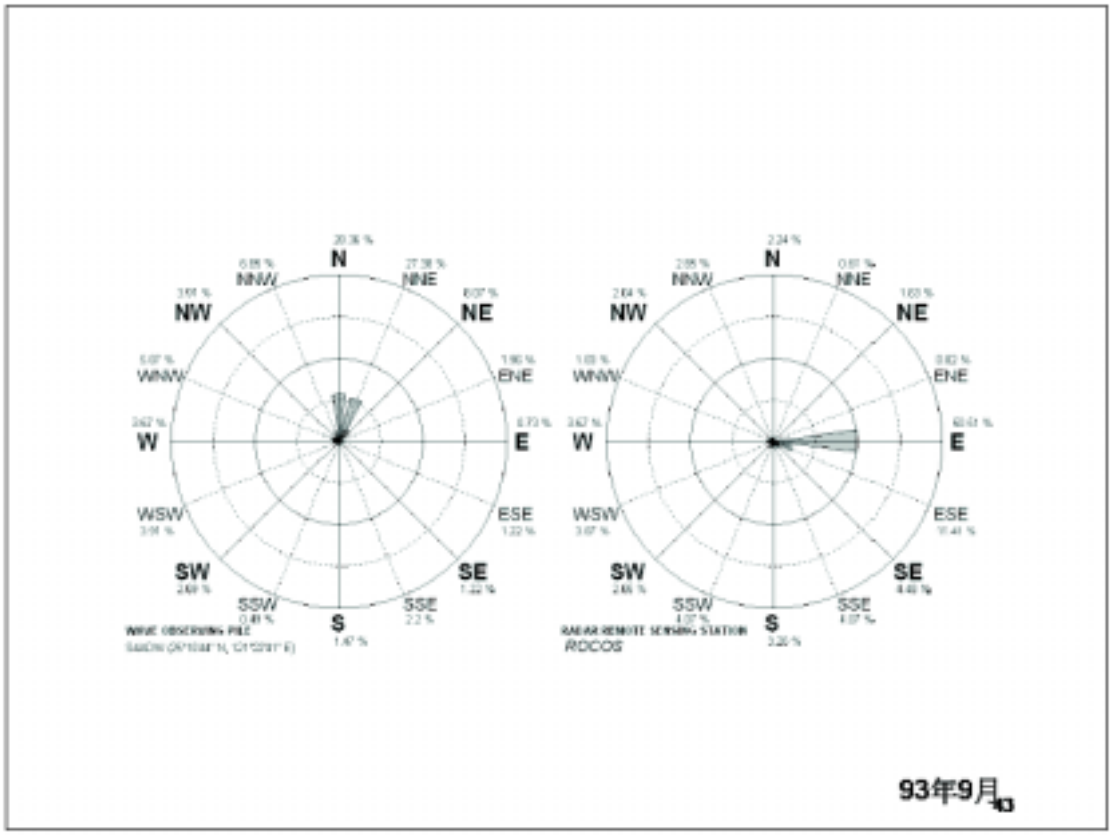

N
NNE
NE
ENE
E
ESE
SE
SSE
S
SSW
SW
WSW
W
WNW
NW
NNW
ROCOS
93年4月
38

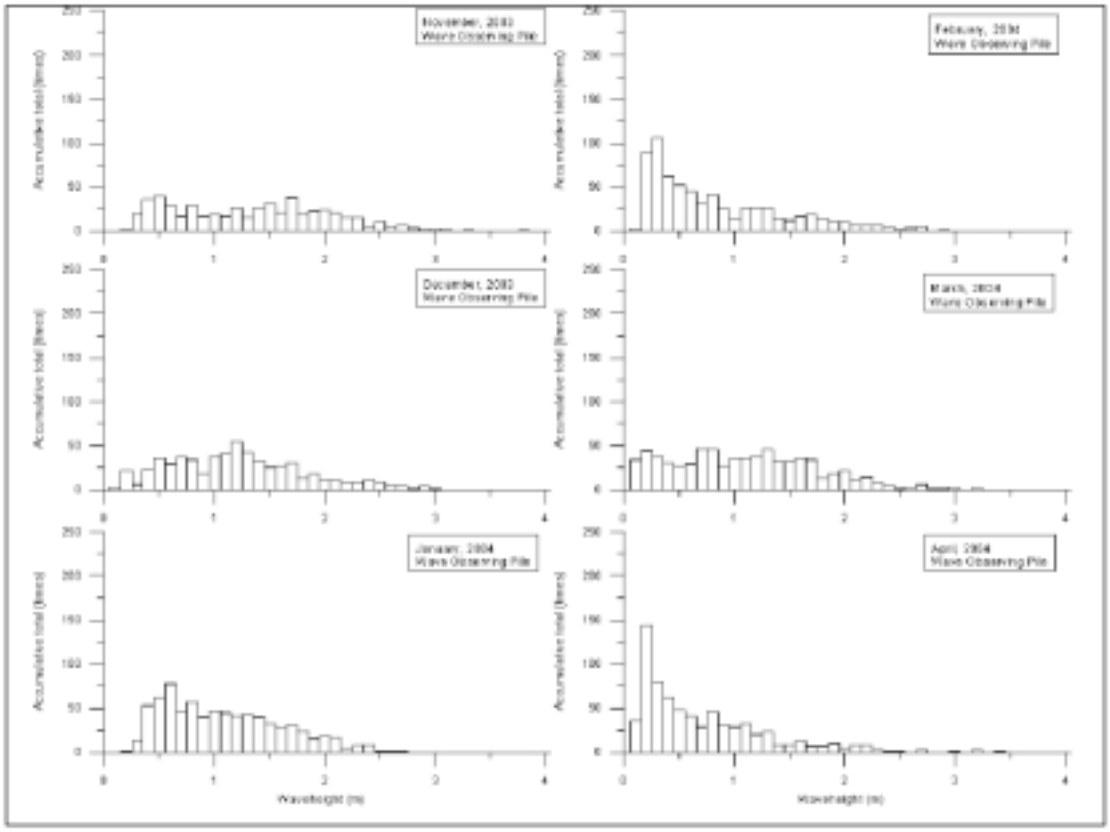

N
NNE
NE
ENE
E
ESE
SE
SSE
S
SSW
SW
WSW
W
WNW
NW
NNW
ROCOS
93年5月
39

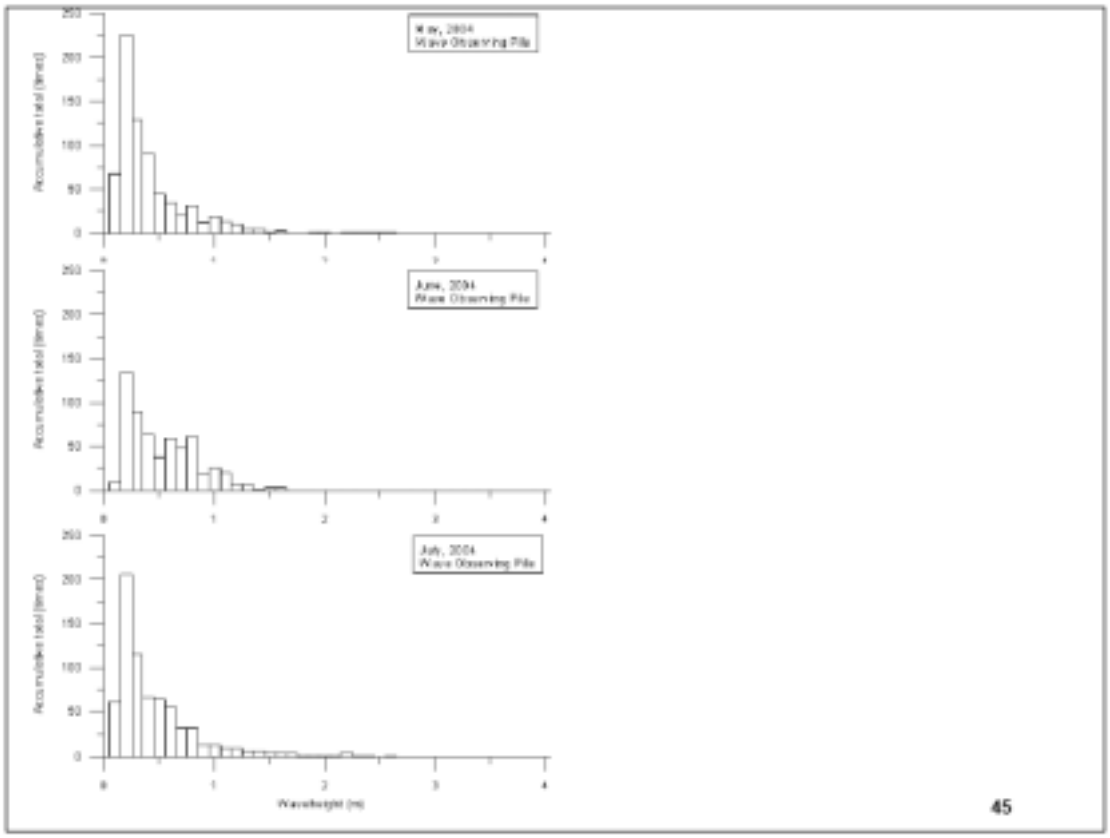

N
NNW
NNE
NW
NE
WNW
ENE
W
E
WSW
ESE
SW
SE
SSW
SSE
S
93年6月
40


N
NNW
NNE
NW
NE
WNW
ENE
W
E
WSW
ESE
SW
SE
SSW
SSE
S
93年7月
41


N
NNE
NE
ENE
E
ESE
SE
SSE
S
SSW
SW
WSW
W
WNW
NW
NNW
ROCOS
93年8月42

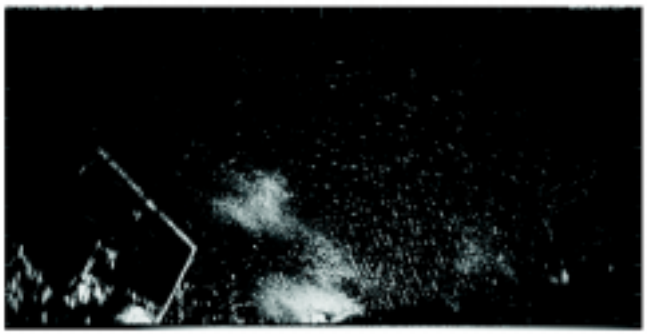

N
NNE
NE
ENE
E
ESE
SE
SSE
S
SSW
SW
WSW
W
WNW
NW
NNW
ROCOS
93年9月43


November, 2003
Wave Observing File
February, 2004
Wave Observing File
December, 2003
Wave Observing File
March, 2004
Wave Observing File
January, 2004
Wave Observing File
April, 2004
Wave Observing File
Accumulative total (times)
Wave height (m)

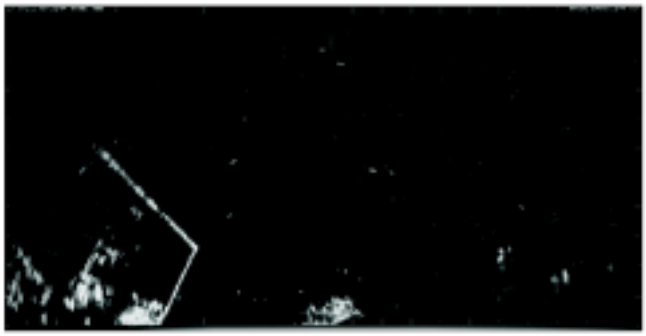

May, 2004
Wave Observing File
June, 2004
Wave Observing File
July, 2004
Wave Observing File
Accumulative total (times)
Wave height (m)
45

- 3.4討論
- 造成影像無法分析的原因有很多，主要都與雷達的回波有關，例如: 在王等(2001)的報告中提到，雨天時，雷達的回波則會較為明亮，如圖5-28，造成較無明顯的色差變化，於電腦處理中較難以辨識。另外於波浪波高較小時，回波的強度弱，該情況也無法表現其波浪的情形，如圖5-29，這個情形下雖然肉眼還能看出波峰的移動情形，但在電腦的自動判讀上就無法正確地判斷。另外還有人為的因素，當增益值調校失當時，也會造成無法看出波浪的現象，如圖5-30，所以這些必須將該種情形去除。
- 各國研究團隊在將雷達運用在觀測波浪時，大都遇到這些問題，尤其以雨天的干擾最為困擾，但目前仍找不出有效方法來處理，本研究團隊也將繼續研究如何克服這個問題。

46



47

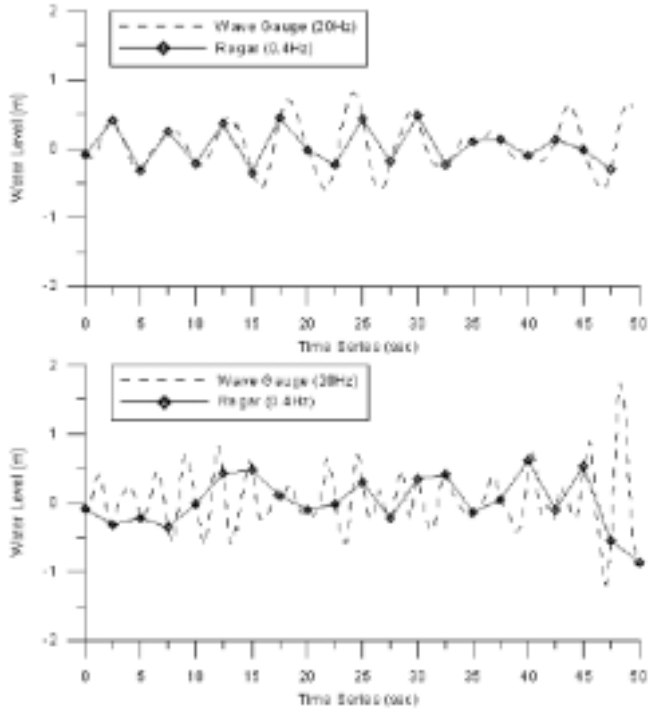


48

第六章　週期的估計

- 6.1 時間域上雷達的盲點
- 船用X-band雷達的天線轉速是每分鐘24轉，掃描的間隔時間為2.5秒，與一般所使用的測量儀器有很大的不同，如我們在實驗室裡所使用的容量式波高計大多將取樣頻率設在20~50Hz(0.05~0.02sec)，而一般的海洋量測儀器取樣頻率也都有2Hz以上，所以使用雷達觀測時，在時間域上的分析大都失真地相當嚴重。
- 圖6-1及6-2為波高計與雷達量測得比較圖，波高計所使用的取樣頻率為20Hz，以雷達的天線轉速是每分鐘24轉來說，取樣頻率為0.4Hz，其結果如圖6-1所示，若波浪週期大約在3倍的雷達掃描的間隔時間以上（7.5秒），在週期的推估上還算是可行，但對於週期小於7.5秒的波浪則完全沒有辦法推估，如圖6-2所示，許多週期小於7.5秒的波都被忽略了。另外在波高的估計上，由圖6-1與6-2可以看到，所有雷達所觀測到的波高都有被遮蔽的現象，可說是完全的失真。對於此現象，本研究團隊在此找到一些新方法，並於下一節說明。

49

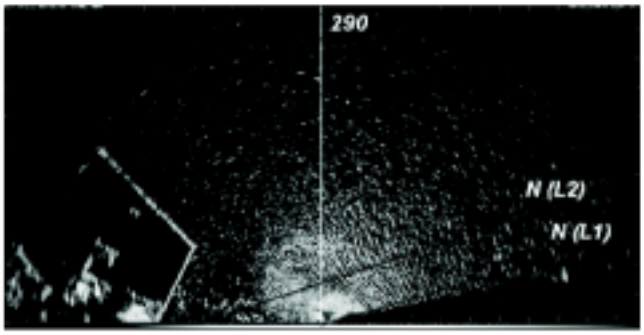


50

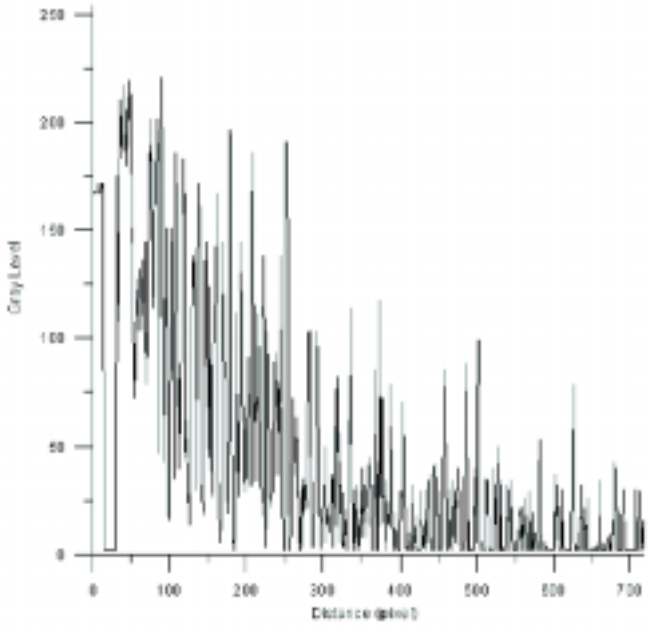
- 6.2 週期的估計
- 本研究所採的新方法是從空間域著手，由於在前一章已詳述如何由空間欲求得波向後，將已知之主波向角度作為切線，雷達站當作圓心，將圖片作出一條切面，如圖6-3所示，此圖為92年11月12日15時，經分析後得知此時刻之主波向為正北(N)，而雷達天線之主方向為290度，所以正北的方向在圖中L1的位置，將此切線作出後，可得到此斷面上距離與灰階變化圖（圖6-4），此外尚可平移到L2的位置，以得到更好的結果。
- 圖中可發現灰階振幅隨距離增加而變小，也就是隨訊號的衰減而變小，目前本研究團隊尚在找尋方法來做修正，但未修正不影響週期的估計。本研究是由斷面上距離與灰階變化圖（圖6-4），透過峰至峰法的分析（圖6-5），求得近似之平均波長，在假定水深後，經由分散關係式
- $\sigma^2 = gk \tanh kh$
- 求得近似之平均週期，再藉由平均週期與示性波週期間的關係

  $T_{33} = (1.1 \sim 1.4)\bar{T}$
- 轉換得示性波週期，初步測試結果與觀測值資料相符。本研究曾嘗試過零上切與零下切的方法分析，，發現週期有偏差的現象，其原因是雷達的俯角小，容易造成大波遮蔽小波的現象，故採用峰至峰法分析。

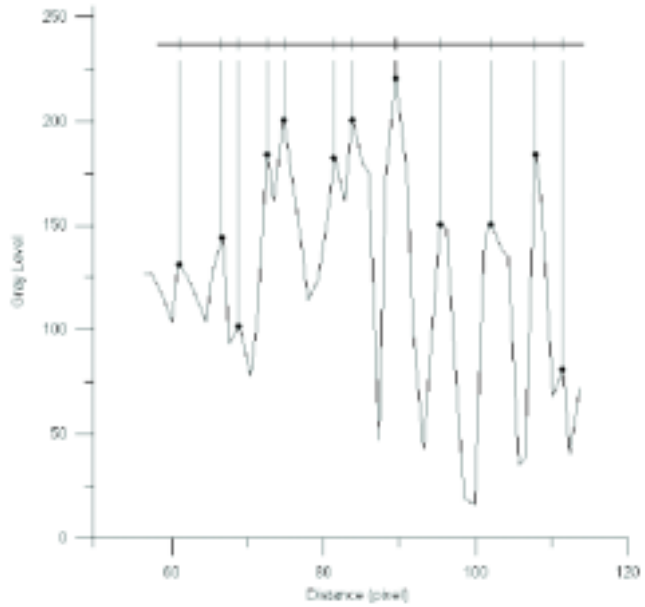
51


290
N (L2)
N (L1)

52


250
200
150
100
50
0
Gray Level
0
100
200
300
400
500
600
700

53



54

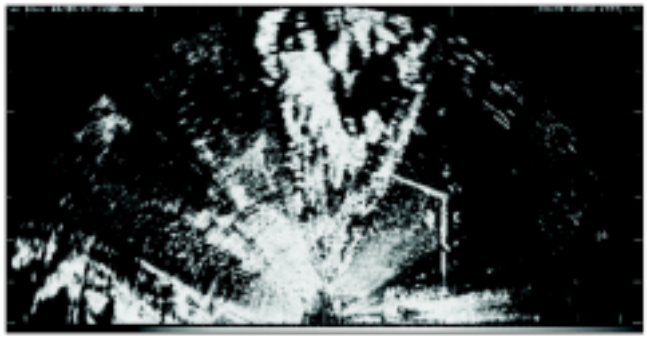
第七章　結論

- 本研究是一個三年的計畫，本年度是第二年執行，所以根據合約規定，本年度之研究內容主要包括有現場監測、測波資料分析、維護網頁展示系統以及比對雷達測波資料等四項作業，各分項作業之結果分述如下：
- （1）現場監測作業部份
- 測站將繼續維持每日24小時連續作業狀態，執行海洋波浪長期監測工作，同時將定期(每月)派人赴現場彙整觀測數據，定期進行裝備檢查保養之工作，每日並透過電話數據機以遠端監控方式掌握測波系統工作狀態，如遇故障情形則儘快派員去現場維修，或以備用系統暫代，儘可能維持監測作業不致中斷。

55

- （2）測波資料分析：
- 台北港雷達測波作業係自88年9月下旬起開始執行，迄今已進行了將近四年半以上的時間。在這段期間內台北港建港工程也不斷地在持續進行，外廓防波堤的高度也不斷升高，且外廓防波堤旁的物流倉儲區已陸續完工，各單位也積極興建辦公大樓，如圖7-1及7-2，如今這種情形對台北港1號測站作業造成影響(圖7-3)。主要是因為台北港1號測站所裝設之鐵架高度不足，因此當防波堤(介於觀測樁以及鐵架之間)高度增高以後便不可避免地會在堤線後方(觀測樁附近)造成了較大的遮蔽區域。目前在分析上已無法準確使用，故本計畫將只保留雷達影像資料，實際分析著重於台北港2號測站。另外台北港1號測站的架設地點也應重新檢討，以保持其正常功能。

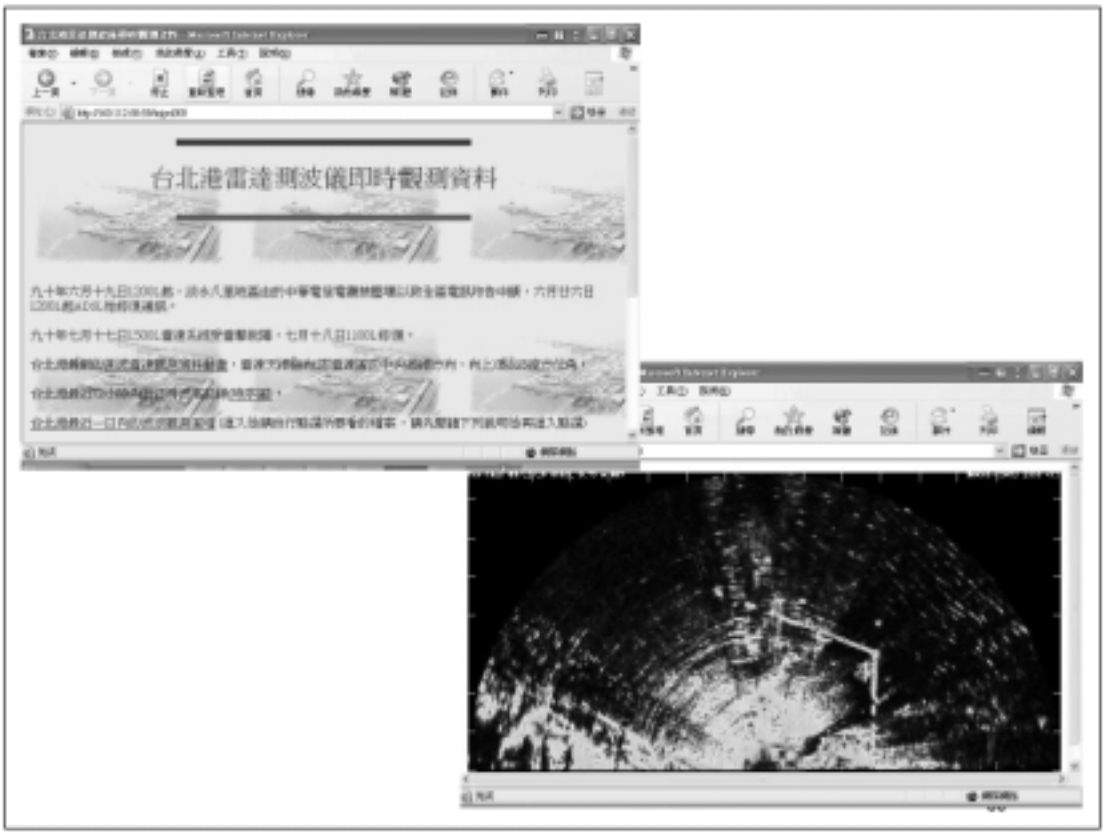
56

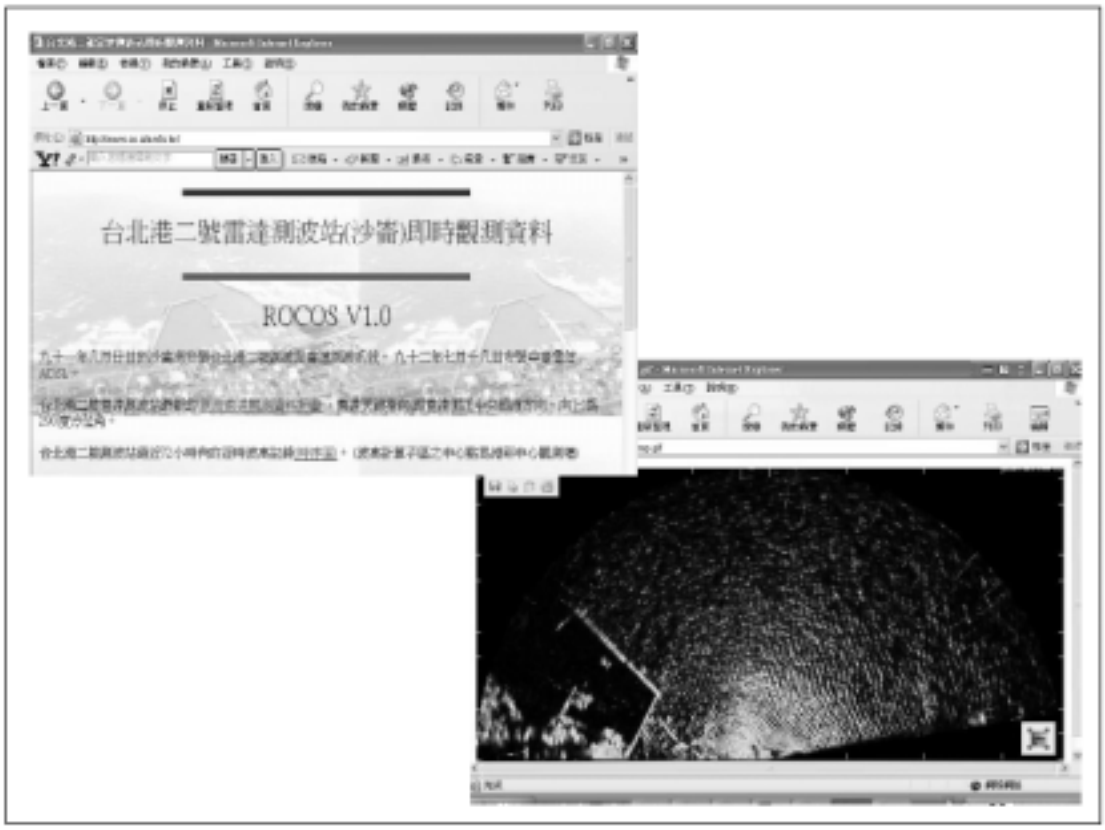


57

- （3）維護網頁展示系統：
- 台北港1號及2號測站之網頁即時顯示雷達遙測波浪圖像系統持續維護及更新，其可提供使用單位透過電腦網路即能獲得有關即時海況之訊息，本計畫將繼續維護、改進網頁內容，並確保網頁展示系統正常工作，如圖7-4至圖7-7所示。
- （4）比對雷達測波資料
- 本計畫為三年度之計畫，本年度所使用之波高之比對為利用台大海研所所計算出來之率定公式，從第四章資料比對之結果可發現其波向及波高誤差相當大，在明年度我們將從新討論波高轉換公式。在波向部份，本研究有別於一般由頻率域的處理方法，而是由空間域著手，直接由影像得到波向資料，並比較觀測楂歷年的統計結果，其結果相當符合。該方法有別於一般將資料作Fourier轉換等複雜的頻譜分析，直接從空間域作分析，透過影像處理的手法，成功地獲得良好的結果。

58




台北港二號雷達測波站(沙崙)即時觀測資料
ROCOS V1.0

報告完畢
敬請指教
61