

97-43-7329  
MOTC-IOT-96-H2DB007

# 船舶運動推算臺灣海域即時波浪場 模式建立之研究(3/4)



交通部運輸研究所

中華民國 97 年 3 月

97

船舶運動推算臺灣海域即時波浪場模式建立之研究  
(3/4)

交通部運輸研究所

GPN : 1009700835

定價 200 元

97-43-7329

MOTC-IOT-96-H2DB007

# 船舶運動推算臺灣海域即時波浪場 模式建立之研究(3/4)

著者：邱永芳、邱逢琛、郭振華、蔡金吉

交通部運輸研究所

中華民國 97 年 3 月

國家圖書館出版品預行編目資料

船舶運動推算臺灣海域即時波浪場模式建立之研究. (3/4) / 邱永芳等著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運研所，民97.03

面；公分

參考書目：面

ISBN 978-986-01-3882-5(平裝)

1. 波動 2. 船舶工程 3. 自動化 4. 臺灣

351.941029

97006532

船舶運動推算臺灣海域即時波浪場模式建立之研究(3/4)

著者：邱永芳、邱逢琛、郭振華、蔡金吉

出版機關：交通部運輸研究所

地址：臺北市敦化北路240號

網址：[www.ihmt.gov.tw](http://www.ihmt.gov.tw) (中文版>中心出版品)

電話：(04)26587176

出版年月：中華民國97年3月

印刷者：德輝興業有限公司

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港灣技術研究中心網站

定價：200 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

五南文化廣場：臺中市中山路6號•電話：(04)22260330

GPN:1009700835

ISBN：978-986-01-3882-5 (平裝)

著作財產權：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

本著作保留所有權利，欲利用本著作全部或部份內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

## 交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                            |                          |                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 出版品名稱：船舶運動推算臺灣海域即時波浪場模式建立之研究(3/4)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                            |                          |                                                               |
| 國際標準書號（或叢刊號）<br>ISBN978-986-01-3882-5 (平裝)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 政府出版品統一編號<br>1009700835                                                                    | 運輸研究所出版品編號<br>97-43-7329 | 計畫編號<br>96-H2DB007                                            |
| 本所主辦單位：港研中心<br>主管：邱永芳主任<br>計畫主持人：邱永芳主任<br>研究人員：蔡金吉<br>聯絡電話：04-26587221<br>傳真號碼：04-26571329                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 合作研究單位：國立臺灣大學<br>計畫主持人：邱逢琛教授<br>研究人員：郭振華、彭詠耕、蔡承翰、莊承翰<br>地址：臺北市羅斯福路4段1號<br>聯絡電話：02-33665761 |                          | 研究期間<br>自 96 年 03 月<br>至 96 年 11 月                            |
| 關鍵詞：船舶運動；波浪場；類神經網路                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                            |                          |                                                               |
| <p>摘要：</p> <p>本計畫之目標在於探討利用海巡船舶運動反算分析波浪的方法，建置臺灣海域即時波浪場測報系統之可行性及其雛形規劃，並建立其相關核心技術，以作為建置該系統之基礎。</p> <p>本研究以四年為期，依序進行下述步驟：94 年度執行波浪反算分析方法及程式之研發；95 年度（上一年度）進行無線式船舶運動量測模組之研發；96 年度（本年度）進行臺灣海域波浪全貌分析方法及程式之研發；97 年度進行利用海巡船舶運動推算臺灣海域即時波浪場之系統雛形規劃與模擬。94 年度計畫已完成類神經網路模式之建構，使之成為可從船體運動結果反算遭遇波浪有義波高、週期及波向之有效工具。而 95 年度計畫則已完成無線式船舶運動量測模組之研發，建立便於安裝使用與維護的船舶運動量測模組，將使得大量使用於海巡船舶成為可行，這是本研究全程計畫中的關鍵硬體技術。96 年度（本年度）計畫之主要目標在於完成從臺灣周圍海域多個船舶運動資料及波浪反算結果，合理分析臺灣海域即時波浪場全貌的方法及程式，這是建構波浪場即時測報系統的關鍵技術，本研究引用 TaiCOMS 之中尺度臺灣近海波浪模擬資料，作為探討臺灣海域波浪全貌分析方法與程式之建構與驗證之依據。本研究採用多層類神經網路模式，並確認能有效的以有限的量測資料（譬如來自於 70~80 個測點或更少的資料）重建臺灣周圍海域波浪整體空間分佈全貌。</p> <p>應用本研究四年期完成後所建立的核心技術，配合利用遍佈臺灣海域值勤的海巡船舶運動，進行臺灣海域場即時測報的系統若能建置，則將使國內現有以少數定點測站進行測報的方式，提升到以多數行動感測器(mobile agent)構成屬“面”的測報方式，不僅擴大了即時監控的範圍，也將有效提升海浪預報模式的精度，其成果將有助於大幅提昇海域航行安全及海上作業效率。</p> |                                                                                            |                          |                                                               |
| 出版日期                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 頁數                                                                                         | 工本費                      | 本 出 版 品 取 得 方 式                                               |
| 97 年 3 月                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 128                                                                                        | 200                      | 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所免費贈閱；私人及私營機關團體可按工本費價購。 |
| <p>機密等級：</p> <p><input type="checkbox"/>密 <input type="checkbox"/>機密 <input type="checkbox"/>極機密 <input type="checkbox"/>絕對機密</p> <p>（解密條件：<input type="checkbox"/> 年 <input type="checkbox"/> 月 <input type="checkbox"/> 日解密，<input type="checkbox"/>公布後解密，<input type="checkbox"/>附件抽存後解密，<br/> <input type="checkbox"/>工作完成或會議終了時解密，<input type="checkbox"/>另行檢討後辦理解密）</p> <p><input checked="" type="checkbox"/>普通</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                            |                          |                                                               |
| 備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                            |                          |                                                               |

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

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                              |                                 |                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| TITLE: Development of an Evaluation Wave Field Model based on Ship Motions for the Sea Areas around Taiwan (3/4)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                              |                                 |                                                                                                                                                                                                                        |
| ISBN (OR ISSN)<br>ISBN978-986-01-3882-5<br>(pbk)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER<br>1009700835 | IOT SERIAL NUMBER<br>97-43-7329 | PROJECT NUMBER<br>96-H2DB007                                                                                                                                                                                           |
| DIVISION: Harbor & Marine Technology Center<br>DIVISION DIRECTOR: Chiu, Yung-Fang<br>PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu, Yung-Fang<br>PROJECT STAFF: Tsai, Chin-Chi<br>PHONE: +886-4-26587221<br>FAX: +886-4-26571329                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                              |                                 | PROJECT PERIOD<br><br>FROM March 2007<br>TO November 2007                                                                                                                                                              |
| RESEARCH AGENCY: NATIONAL TAIWAN UNIVERSITY<br>PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chiu, Forng-Chen<br>PROJECT STAFF: Guo, Jen-Hwa; Peng, Yung-Keng; Tsai, Cheng-Han; Chuang, Cheng-Han<br>ADDRESS: No.1, Sec. 4, Roosevelt Road, Taipei 106, Taiwan, R.O.C<br>PHONE: +886-2-33665761                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                              |                                 |                                                                                                                                                                                                                        |
| KEY WORDS:<br>ship motions ; wave field ; neural networks                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                              |                                 |                                                                                                                                                                                                                        |
| ABSTRACT:<br><br><p>The purpose of this research project is to develop a model that can be used to evaluate wave field based on ship motions, and to study the feasibility of setting up a ship-bone wave monitoring system for the sea areas around Taiwan. In addition, the related key technologies will be also developed in this four-year project.</p> <p>In the 1<sup>st</sup> year (FY2005), the method and computer program to evaluate wave field based on ship motions has been developed; then in the 2<sup>nd</sup> year (FY2006), wireless module for ship motions measurement has been developed, and the method and computer program to evaluate the overall wave field of the sea areas around Taiwan based on the ship motions data of a fleet has been developed in the 3<sup>rd</sup> year (FY2007). Finally, in the 4<sup>th</sup> year (FY2008), the planning as well as simulation for the ship-bone wave monitoring system for the sea areas around Taiwan by using the fleet of Taiwan Coast Guard will be followed.</p> <p>In the First year (FY2005), a neural networks model has been developed to evaluate the significant wave height, period and direction based on ship motions. In the next year (FY2006), a wireless ship motions measurement sub-system has been developed. The success of this sub-system makes it feasible to install these sub-systems on the fleet of Taiwan Coast Guard and become a key hardware technology in this research project. In this year (FY2007), research is focused on the development of the method and computer program to evaluate the overall wave field of the sea areas around Taiwan based on the wave data evaluated using measured ship motions of the Taiwan Coast Guard fleet. In the present study, it has been confirmed by simulation that the proposed Multilayer Neural Network model can be used to reconstruct the overall wave field of the seas around Taiwan based on the limited wave data, saying less than 70~80 points of data.</p> |                                              |                                 |                                                                                                                                                                                                                        |
| DATE OF PUBLICATION<br>March 2008                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | NUMBER OF PAGES<br>128                       | PRICE<br>200                    | CLASSIFICATION<br><input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL<br><input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET<br><input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED |
| The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                              |                                 |                                                                                                                                                                                                                        |

# 目 錄

|                                |      |
|--------------------------------|------|
| 中文摘要·····                      | I    |
| 英文摘要·····                      | II   |
| 目 錄·····                       | III  |
| 圖目錄 ·····                      | V    |
| 表目錄 ·····                      | XII  |
| 第一章 前言·····                    | 1-1  |
| 1.1 計畫背景·····                  | 1-1  |
| 1.2 研究範圍與對象·····               | 1-2  |
| 1.3 研究內容與工作項目·····             | 1-2  |
| 1.4 文獻回顧·····                  | 1-3  |
| 1.5 研究方法及進行步驟·····             | 1-4  |
| 1.6 預期成果·····                  | 1-5  |
| 第二章 臺灣海域波浪資料取得規劃·····          | 2-1  |
| 2.1 臺灣近岸海象預報模式系統(TaiCOMS)····· | 2-1  |
| 2.2 引用之波浪資料內容·····             | 2-2  |
| 第三章 分析方法·····                  | 3-1  |
| 3.1 模式識別與模擬方法·····             | 3-1  |
| 3.2 類神經網路架構·····               | 3-1  |
| 3.3 單日單時刻波浪空間分佈之重建·····        | 3-3  |
| 3.4 單月波浪空間分佈之重建·····           | 3-15 |

|                        |      |
|------------------------|------|
| 3.5 單季波浪空間分佈之重建·····   | 3-37 |
| 第四章 結論·····            | 4-1  |
| 參考文獻·····              | 5-1  |
| 附錄一 期中報告審查意見處理情形表····· | 6-1  |
| 附錄二 期末報告審查意見處理情形表····· | 7-1  |
| 附錄三 期中簡報資料·····        | 8-1  |
| 附錄四 期末簡報資料·····        | 9-1  |

## 圖 目 錄

|                                        |      |
|----------------------------------------|------|
| 圖 3.1 類神經網路架構·····                     | 3-2  |
| 圖 3-2 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/03/01)·····  | 3-4  |
| 圖 3-3(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····        | 3-5  |
| 圖 3-3(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····        | 3-5  |
| 圖 3-3(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····        | 3-6  |
| 圖 3-3(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····        | 3-6  |
| 圖 3-3(e) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····        | 3-7  |
| 圖 3-3(f) 單日平均波高誤差·····                 | 3-8  |
| 圖 3-3(g) 單日波高標準偏差(%平均波高) ·····         | 3-8  |
| 圖 3-3(h) 波高分布重建結果之偏離分析·····            | 3-9  |
| 圖 3-4 原始資料所畫出的波週期等高線圖(2006/03/01)····· | 3-9  |
| 圖 3-5(a) 經由類神經網路計算出的波週期等高線圖·····       | 3-10 |
| 圖 3-5(b) 經由類神經網路計算出的波週期等高線圖·····       | 3-10 |
| 圖 3-5(c) 經由類神經網路計算出的波週期等高線圖·····       | 3-11 |
| 圖 3-5(d) 經由類神經網路計算出的波週期等高線圖·····       | 3-11 |
| 圖 3-5(e) 經由類神經網路計算出的波週期等高線圖·····       | 3-12 |
| 圖 3-6 原始資料所畫出的波向圖(2006/03/01)·····     | 3-12 |
| 圖 3-7(a) 經由類神經網路計算出的波向圖·····           | 3-13 |
| 圖 3-7(b) 經由類神經網路計算出的波向圖·····           | 3-13 |
| 圖 3-7(c) 經由類神經網路計算出的波向圖·····           | 3-14 |

|                                             |      |
|---------------------------------------------|------|
| 圖 3-7(d) 經由類神經網路計算出的波向圖·····                | 3-14 |
| 圖 3-7(e) 經由類神經網路計算出的波向圖·····                | 3-15 |
| 圖 3-8 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/02 上午)·····    | 3-17 |
| 圖 3-9(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-17 |
| 圖 3-9(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-18 |
| 圖 3-9(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-18 |
| 圖 3-9(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-19 |
| 圖 3-9(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/02 上午)·····  | 3-19 |
| 圖 3-10 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/06 下午)·····   | 3-20 |
| 圖 3-11(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-20 |
| 圖 3-11(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-21 |
| 圖 3-11(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-21 |
| 圖 3-11(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-22 |
| 圖 3-11(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/06 下午)····· | 3-22 |
| 圖 3-12 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/13 上午) ·····  | 3-23 |
| 圖 3-13(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-23 |
| 圖 3-13(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-24 |
| 圖 3-13(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-24 |
| 圖 3-13(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-25 |
| 圖 3-13(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/13 上午)····· | 3-25 |
| 圖 3-14 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/18 下午)·····   | 3-26 |

|                                             |      |
|---------------------------------------------|------|
| 圖 3-15(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-26 |
| 圖 3-15(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-27 |
| 圖 3-15(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-27 |
| 圖 3-15(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-28 |
| 圖 3-15(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/18 下午)····· | 3-28 |
| 圖 3-16 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/26 上午) ·····  | 3-29 |
| 圖 3-17(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-29 |
| 圖 3-17(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-30 |
| 圖 3-17(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-30 |
| 圖 3-17(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-31 |
| 圖 3-17(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/26 上午)····· | 3-31 |
| 圖 3-18 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/30 下午)·····   | 3-32 |
| 圖 3-19(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-32 |
| 圖 3-19(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-33 |
| 圖 3-19(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-33 |
| 圖 3-19(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-34 |
| 圖 3-19(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/30 下午)····· | 3-34 |
| 圖 3-20(a) 單月平均波高誤差·····                     | 3-36 |
| 圖 3-20(b) 單月波高標準偏差(%平均波高)·····              | 3-36 |
| 圖 3-21 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/02 上午)·····   | 3-38 |
| 圖 3-22(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-39 |

|           |                                    |      |
|-----------|------------------------------------|------|
| 圖 3-22(b) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-39 |
| 圖 3-22(c) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-40 |
| 圖 3-22(d) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-40 |
| 圖 3-22(e) | 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/02 上午)·····  | 3-41 |
| 圖 3-23    | 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/06 下午)····· | 3-41 |
| 圖 3-24(a) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-42 |
| 圖 3-24(b) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-42 |
| 圖 3-24(c) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-43 |
| 圖 3-24(d) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-43 |
| 圖 3-24(e) | 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/06 下午)·····  | 3-44 |
| 圖 3-25    | 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/13 上午)····· | 3-44 |
| 圖 3-26(a) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-45 |
| 圖 3-26(b) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-45 |
| 圖 3-26(c) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-46 |
| 圖 3-26(d) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-46 |
| 圖 3-26(e) | 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/13 上午)·····  | 3-47 |
| 圖 3-27    | 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/18 下午)····· | 3-47 |
| 圖 3-28(a) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-48 |
| 圖 3-28(b) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-48 |
| 圖 3-28(c) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-49 |
| 圖 3-28(d) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-49 |

|           |                                    |      |
|-----------|------------------------------------|------|
| 圖 3-28(e) | 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/18 下午)·····  | 3-50 |
| 圖 3-29    | 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/26 上午)····· | 3-50 |
| 圖 3-30(a) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-51 |
| 圖 3-30(b) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-51 |
| 圖 3-30(c) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-52 |
| 圖 3-30(d) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-52 |
| 圖 3-30(e) | 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/26 上午)·····  | 3-53 |
| 圖 3-31    | 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/30 下午)····· | 3-53 |
| 圖 3-32(a) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-54 |
| 圖 3-32(b) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-54 |
| 圖 3-32(c) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-55 |
| 圖 3-32(d) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-55 |
| 圖 3-32(e) | 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/30 下午)·····  | 3-56 |
| 圖 3-33    | 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/01/04 上午)····· | 3-56 |
| 圖 3-34(a) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-57 |
| 圖 3-34(b) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-57 |
| 圖 3-34(c) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-58 |
| 圖 3-34(d) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-58 |
| 圖 3-34(e) | 波高分部重建結果之偏離分析(2006/01/04 上午)·····  | 3-59 |
| 圖 3-35    | 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/06 下午)····· | 3-59 |
| 圖 3-36(a) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-60 |

|           |                                    |      |
|-----------|------------------------------------|------|
| 圖 3-36(b) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-60 |
| 圖 3-36(c) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-61 |
| 圖 3-36(d) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-61 |
| 圖 3-36(e) | 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/06 下午)·····  | 3-62 |
| 圖 3-37    | 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/01/24 下午)····· | 3-62 |
| 圖 3-38(a) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-63 |
| 圖 3-38(b) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-63 |
| 圖 3-38(c) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-64 |
| 圖 3-38(d) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-64 |
| 圖 3-38(e) | 波高分部重建結果之偏離分析(2006/01/24 下午)·····  | 3-65 |
| 圖 3-39    | 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/02/21 上午)····· | 3-65 |
| 圖 3-40(a) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-66 |
| 圖 3-40(b) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-66 |
| 圖 3-40(c) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-67 |
| 圖 3-40(d) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-67 |
| 圖 3-40(e) | 波高分部重建結果之偏離分析(2006/02/21 上午)·····  | 3-68 |
| 圖 3-41    | 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/02/25 下午)····· | 3-68 |
| 圖 3-42(a) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-69 |
| 圖 3-42(b) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-69 |
| 圖 3-42(c) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-70 |
| 圖 3-42(d) | 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····             | 3-70 |

|                                             |      |
|---------------------------------------------|------|
| 圖 3-42(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/02/25 下午)····· | 3-71 |
| 圖 3-43 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/02/28 下午)·····   | 3-71 |
| 圖 3-44(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-72 |
| 圖 3-44(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-72 |
| 圖 3-44(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-73 |
| 圖 3-44(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖·····            | 3-73 |
| 圖 3-44(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/02/28 下午)····· | 3-74 |
| 圖 3-45(a) 單季平均波高誤差·····                     | 3-77 |
| 圖 3-45(b) 單季波高標準偏差(%平均波高)·····              | 3-77 |

## 表 目 錄

|                            |      |
|----------------------------|------|
| 表 3-1 單日波高分布重建誤差分析資料表····· | 3-7  |
| 表 3-2 單月波高分布重建誤差分析資料表····· | 3-35 |
| 表 3-3 單季波高分布重建誤差分析資料表····· | 3-74 |

# 第一章 前言

## 1.1 計畫背景

依據交通部於民國九十一年一月出版的交通政策白皮書\_氣象政策\_氣象觀測政策三：因應海洋資源開發之需求，強化海象觀測設施與技術，提升海象測報能力，是其政策重點之一，而目前利用少數的近岸浮標(buoy)方式的波浪測報，不足以涵蓋整體臺灣海域，一般波浪預報的精度亦仍有大幅提昇的空間。另一方面，船舶受波浪作用而運動，所以船舶本身就是一個良好的波浪感測器，而隨著船舶運動理論的發展，藉由理論計算已能相當準確掌握船舶運動反應特性，因此藉由船舶運動量測分析，從而反算出船舶所在位置波浪的波高、週期與波向應是可行的波浪量測方法。因此，配合遍佈臺灣海域巡航的海巡署所屬船舶運動測量、波浪反算與回報，以及資料過濾與分析即能構成一個屬『面』的臺灣海域測報系統。

基於海洋資源調查、利用與開發之需要，海上休閒活動以及海上運輸與交通的日益增加，國人對於臺灣海域波浪即時而精確的掌握將會有日益增加的迫切需求。亦即，建置臺灣海域波浪屬『面』的波浪測報系統應屬必要，因此必須儘速研發相關核心技術。此外，隨著行動通訊與衛星定位技術的發展與普及，國際上關於海洋量測的方式也已逐漸從傳統的定點測量進步到利用行動感測器(mobile agent)構成的感測網路(sampling networks)方式，以求同時獲得隨時間變化及空間變化的資訊，而更便於驗證預報模式，提升預報精度。

本計畫於第一期計畫中(1/4)已完成類神經網路模式之建構，確認了該模式可成為從船體運動結果反算遭遇波浪有義波高、週期及波向之有效工具。第二期計畫中(2/4)則完成便於安裝及使用之船舶運動量測無線模組之研發，以便在干擾正常作業最低的條件下可普遍安裝於海巡船艇上。在此基礎上，即可設定將來多艘（譬如 70~80 艘）海巡船舶提供波浪資料時，如何透過資料整合以掌握臺灣海域即時波浪場全

貌，此即本期計畫(3/4)之主要目標。

## 1.2 研究範圍與對象

本計畫全程之總體目標在於探討利用海巡船舶運動反算分析波浪的方法，建置臺灣海域即時波浪場測報系統之可行性及其雛形規劃，並建立其相關核心技術，以作為建置該系統之基礎。

本期計畫之主要目標在於以多艘（譬如 70~80 艘）海巡船舶提供波浪資料之前提下，完成臺灣海域波浪全貌分析方法及程式之研發。

## 1.3 研究內容與工作項目

本研究於 94 年度已研發完成從船舶運動反算分析波浪的波高、週期及波向的方法及程式。95 年度則完成無線式船舶運動量測模組之研發，建立了初步架構，惟在取樣頻率的提升方面仍將持續探討。

96 年度(本年度)計畫主要目標在於完成臺灣海域波浪全貌分析方法及程式之研發，其主要內容包括：

1. 臺灣海域波浪隨季節變化之空間特性分析。
2. 特殊氣象條件下臺灣海域波浪之空間特性分析。
3. 臺灣海域波浪空間特性之識別模擬。
4. 臺灣海域波浪全貌分析方法之探討。
5. 臺灣海域波浪全貌分析程式之建構與驗證。

97 年度則進行利用海巡船舶運動推算臺灣海域即時波浪場之系統雛形規劃與模擬。

本期（96 年度）期末報告將說明如何進行以掌握對於臺灣海域波浪之空間特性，包含臺灣海域波浪資料取得之規劃以及波浪空間分佈

全貌分析方法，及重建分析結果之確認。

## 1.4 文獻回顧

傳統上利用船舶進行波浪量測的方法有利用裝置於船艏的超音波波高計，或利用船底水壓計的 Tucker 式波高計[1]，惟其只能量測波高、週期而不能量測波向，而且較不適用於易產生大運動的高速、小型船舶。此外，雷達測波的研究也有近 40 年的歷史[2]，近年來岸置雷達測波技術已逐漸成熟，惟其精度仍受風、雨等環境因素影響，而船載雷達測波則更受船速及船體運動等影響，尚待克服的技術瓶頸仍多。另一方面，隨著船舶運動理論及實驗方法的發展，利用船體運動實測結果反算波浪的研究也有 30 餘年的歷史[3]，先從單點波譜的反算開始，以致於近十餘年來包含方向波譜在內的反算研究[4~13]，這些方法基本上都是在船體運動反應函數為已知的前提下，利用量測到的船體運動反應，用不同的方法反算以推估出遭遇波譜函數或其相關參數，研究證實船體運動本身確實是一個良好的波浪感測器，惟其限制是對於船體運動較不反應的短波長波浪，因此利用如海巡船舶之類的小型船舶，而非大型商船即能克服此一限制。此外，船體運動反應函數的估算誤差也會導致波浪反算結果的誤差，因此近年高石敬史[14]開發了一種無須船體運動反應函數為已知前提的方法，惟該法需要於船側量測多個相對水位，對於海巡船舶之類的高速小型船舶，船速引致的船側波浪將會干擾測量結果並導致反算誤差。

本研究於第一期研究中所提出的方法完全不同於前述文獻，是採用類神經網路模式的方法建立波浪反算模式，其優點是運算快速，適合大量應用於高速小型船舶，而其波浪反算所需的船體運動量測系統與分析方法則已由本計畫主持人發展完成，可詳見於參考文獻[15]，惟該系統中之加速度及傾角量測皆以有線方式進行，會相當干擾海巡船艇正常作業，並不適合作為實際的作業系統，因此有必要予以發展成無線式模組，而前述各文獻之量測方式亦皆屬佈線量測，而本研究第

二期研究中所研發之無線式船體運動量測模組技術亦具有相當之創新性。

本研究第三期（本期），以多艘（譬如 70~80 艘）海巡船舶提供波浪資料為前提下，所要進行的臺灣海域波浪全貌分析方法及程式之研發，需要預先對於臺灣海域波浪之空間特性有所掌握，而這一方面國內發展中的『臺灣近岸海象預報模式系統(TaiCOMS)』的研究成果[16]以及過去的海象資料將能提供重要資料依據，而分析方面則有 Tsujimoto & Ishida 對日本近海波浪統計性質之研究[17]可供參考。

## 1.5 研究方法及進行步驟

本研究以四年為期，依序進行下述步驟：

94 年度已執行波浪反算分析方法及程式之研發；

95 年度已執行無線式船舶運動量測模組之研發；

96 年度（即本年度）將進行臺灣海域波浪全貌分析方法及程式之研發；其施行步驟與方法如下：

1. 臺灣海域波浪隨季節變化之空間特性分析：依據『臺灣近岸海象預報模式系統(TaiCOMS)』的研究成果，並蒐集過去的海象資料，依季節分析臺灣海域波浪空間特性。
2. 特殊氣象條件下臺灣海域波浪之空間特性分析：依據『臺灣近岸海象預報模式系統(TaiCOMS)』的研究成果，並蒐集過去於特殊氣象條件下的海象資料，分析於特殊氣象條件下臺灣海域波浪之空間特性。
3. 臺灣海域波浪空間特性之識別模擬：從臺灣海域波浪之空間特性，嘗試抽出特徵之可能方式。
4. 臺灣海域波浪全貌分析方法之探討：考慮臺灣海域波浪空間特性，當給定多點（譬如 70~80 點）波浪資料之前提下，建立推估臺灣海域波浪全貌之分析方法。

5. 臺灣海域波浪全貌分析程式之建構與驗證：發展程式並依據過去已知之資料進行驗證。

在前三年所建立的關鍵技術之基礎上，97 年度預計將能進行利用海巡船舶運動推算臺灣海域即時波浪場之系統雛形規劃與模擬。

## 1.6 預期成果

本研究分年依序預期完成的具體成果如下：

- 94 年度：已完成從船舶運動反算分析波浪的波高、週期及波向的類神經網路模式方法及程式，建立從船舶運動反算分析波浪的能力，這是本研究計畫要達成總體目標的關鍵技術。
- 95 年度：已完成無線式船舶運動量測模組之初步架構，建立便於安裝使用與維護的船舶運動量測技術，使得大量使用於海巡船舶成為可行，這是本研究計畫中的關鍵硬體技術。惟在取樣頻率的提升方面仍有精進的空間，後續仍將持續探討。
- 96 年度：本期預計完成從臺灣周圍海域多個船舶運動資料及波浪反算結果，合理分析臺灣海域即時波浪場全貌的方法及程式，這是建構波浪場即時測報系統的關鍵技術。
- 97 年度：完成利用海巡船舶運動反算分析臺灣海域即時波浪場系統雛形規劃與模擬，此規劃將可作為後續實際建置臺灣海域即時波浪場測報系統之依據與參考。

本研究探討利用海巡船舶運動反算分析波浪的方法，建置臺灣海域波浪即時測報系統之可行性及其雛形規劃，並建立其核心技術，以作為建置該系統之基礎。後續利用遍佈臺灣海域值勤的海巡船舶運動，進行臺灣海域場即時測報的系統若能建置，則將使國內現有以少數定點測站進行測報的方式，提升到以多數行動感測器(mobile agent)構成屬”面”的測報方式，不僅擴大了即時監控的範圍，也將有效提升

海浪預報模式的精度，其成果將有助於大幅提昇海域航行安全及海上作業效率。在波浪反算的理論分析方法上，採取利用類神經網路模式方法的研究並不多，因此在學術上頗具價值。而大多文獻所示之波浪或運動量測方式亦皆屬佈線量測，因此研發無線式船體運動量測模組技術亦具有相當之創新與挑戰性。而本期計畫預期完成的臺灣海域即時波浪場全貌分析及程式，將是建構波浪場即時測報系統的關鍵技術。

## 第二章 臺灣海域波浪資料取得規劃

### 2.1 臺灣近岸海象預報模式系統(TaiCOMS) [16]

為了準確預報臺灣海象動態以對可能的海象災害提出預警，本所港灣技術研究中心建立了一套適用於臺灣海域之近岸海象預報系統 (Taiwan Coastal Operational Modeling System; TaiCOMS) [16]，該系統預報包含了風場、波場、水位及流場等模擬，而與本研究相關的風場與波場皆包含了季風及颱風狀態下的結果。一般而言，有效的預報系統通常需包含數值預報模式及觀測資料，而觀測資料不僅作為預報模式的輸入，同時也作為同化及驗證所需，因此本研究將建構的，以海巡船隊作為行動感測器(mobile agent)所構成的波浪感測網路(sampling networks)，於完成後亦將能納入成為此海象預報系統的一環。然而，在此之前，本研究需藉助於本數值預報模式對臺灣海域波浪特性的反應與掌握，從其預報結果分析出臺灣海域波浪隨季節變化的空間分佈特性，以作為將來量測反算到多點（譬如 70~80 點）波浪資料整體的合理與否之初步驗證，並進而建立推估臺灣海域波浪全貌之分析方法，以確保結果之準確性。

TaiCOMS 全域波浪模式在大區域方面是引用 WAM 及 SWAN 兩種風浪模式，小區域方面則引用 DEF/DIF 及 MSE 兩種波浪模式，而在數值格網系統方面則採用有大中小細等四種尺度的格網及計算範圍 [18]。與本研究相應，而為本研究所需的是中尺度的格網及計算範圍。TaiCOMS 應用 WAM 模式模擬大範圍海域風浪演變，並利用 SWAN 模式內插 WAM 模式所計算出來的二維頻譜，作為較小範圍 SWAN 模式所需之邊界條件，使用巢狀格網進行計算。SWAN 模式之計算範圍南北向在北緯  $20^{\circ}$  至  $27^{\circ}$  之間，東西向在東經  $118^{\circ}$  至  $124^{\circ}$  之間，格網大小約 5 公里，頻率解析範圍在 0.05Hz 至 0.5Hz 之間，方向解析度為  $18^{\circ}$ ，計算時間間隔為 10 分鐘 [16][18]。

臺灣位處全球最大大陸—歐亞大陸的陸棚邊緣，東臨最大洋—太平洋，海域地形及水文相當複雜，西部海域平均水深約 80 公尺，而東部及西南海域則水深可達數千公尺，且在陸棚斜面上的水深變化相當陡峭，不僅造成數值格網建構的困難，也可能導致數值模式模擬計算結果的誤差，此點有必要放在心上加以留意。

## 2.2 引用之波浪資料內容

本研究引用 TaiCOMS 之波浪預報資料，其內容是中尺度的臺灣近海波浪模擬資料。2006 年全年 365 天，每天正午 12:00 及午夜 12:00 之資料（一天兩個時間，相隔 12hr），總計  $2 \times 365$  組資料，每組資料包含日期、時間、風場（風速、風向）、波場（波高、週期、波向）。本研究假設此 TaiCOMS 波浪預報資料已充分反應臺灣海域波浪時間變化及空間分佈特性，依據此資料之數據，本研究將探討能以有限測點數據隨季節反應臺灣海域波場空間分佈特性並重建波場全貌的方法。

## 第三章 分析方法

### 3.1 模式識別與模擬方法

叢集分析(Cluster Analysis) [19]是一種數值方法，針對多變量數據進行分析，找出可辨別的群(groups)或叢集(clusters)。叢集分析已經被應用在許多不同的學術領域裡，譬如精神病學、考古學、人類學、遺傳學，甚至應用在市場分析裡就客戶購買行為模式做成客戶分類[19]等，雖然尚未見到有在波浪預報方面的應用，但是在近代的資料礦掘(data mining)技術、影像識別技術裡，叢集分析都是一種可供選擇的方法。另一方面，類神經網路模式也已被確認可以成功的應用在複雜系統的模擬上，以及經過學習而能反應出複雜的模式特徵，因此也可能是一可行的方法。如前述，本研究蒐集了總計  $2 \times 365$  組波場（波高、週期、波向）空間分佈的資料，其內容應反映了臺灣海域波浪隨季節變化之特徵，而研究目的在於找到適當的方法能充分反應該特徵，使得只需依賴有限的資料（譬如來自於 70~80 個測點的資料）即能重建波浪整體空間分佈的全貌。

本研究經初步探討，確認類神經網路模式可以更有效的學習和模擬臺灣海域波浪隨季節變化之模式，經模擬計算波浪整體空間分佈全貌的重建，確認其精度已在工程應用上可接受的範圍。因此，本研究採用類神經網路模式進行以下的探討。

### 3.2 類神經網路架構

本研究採用的多層類神經網路如圖 3-1 所示，此類神經網路共有四層，包含一個輸入層（ $3 \times 50=150$  nodes），二個隱藏層(各 412 nodes 及 412nodes)，以及一個輸出層(412nodes)，前後的神經元(node)彼此連結，通常神經元具有非線性轉移函數，本研究採用的是 sigmoid function 如

下式：

$$y(x) = \frac{1}{1+e^{-x}} \quad (3.1)$$

上式中  $x$  為輸入  $y$  為輸出，前後層各神經元之間的連結線代表其權重值，故此一類神經網路具有權重值數目合計為：

$$13 \times 7 + 7 \times 4 + 4 \times 3 = 131$$

假設在  $x$ - $y$  平面空間中，任意依亂數位置  $(x_i, y_i)$  選擇 50 個測點（數量以小於 70~80 為原則），測得波高  $H_i$ 、週期  $T_i$ 、波向  $\theta_i$ ，於是若以波高  $H_i$  的模擬為例，則以  $x_i, y_i, H_i$  ( $i=1, 50$ ) 合計 150 個節點作為輸入層，而代表波高空間分佈全貌的所有 421 個測點波高則依序作為輸出層。以此反覆產生足夠的樣本，即可進行此一多層類神經網路的訓練，而訓練時所使用之逆傳遞法(Back-propagation)如以下所示：

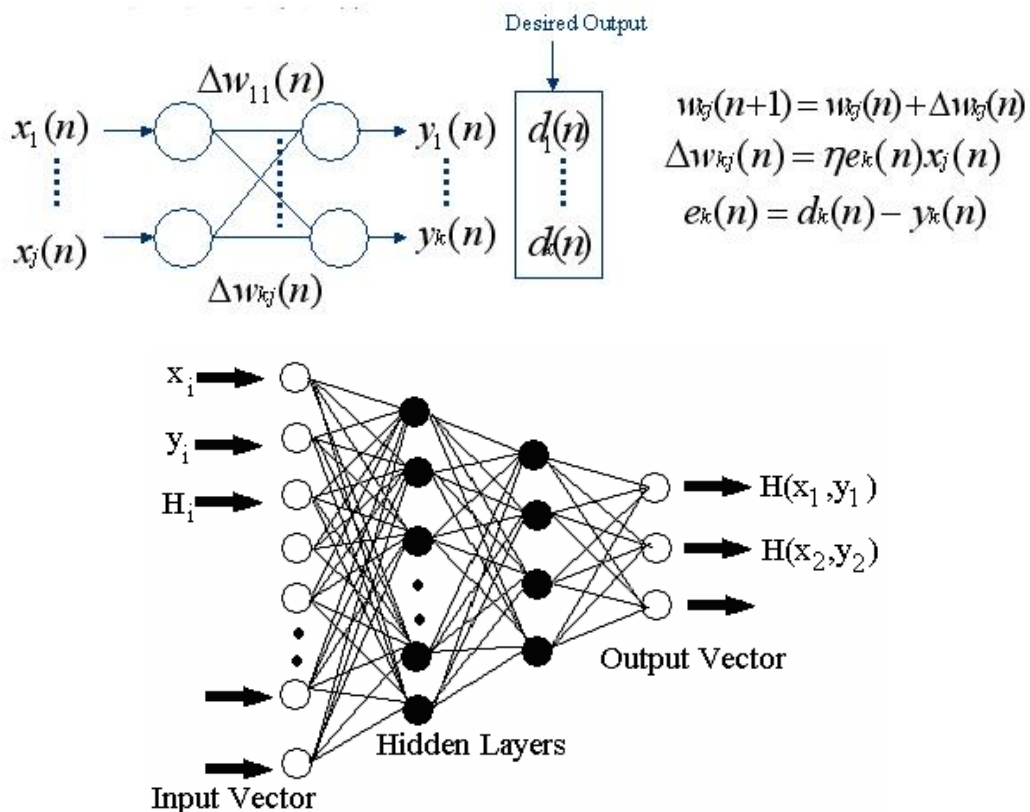


圖 3-1 類神經網路架構

訓練檔案對類神經網路而言是相當重要的，關係著網路能否有效反應波浪在空間分佈的特性，因此細密且大量的樣本對於類神經網路訓練，對於提升依少量波浪測點資料重建空間分佈全貌的精度是有助益的。本研究選擇產生多個樣本進行訓練。類神經網路經過訓練之後，再針對另外產生而未參與訓練的數個樣本為例，利用該經過訓練的類神經網路進行重建並與原樣本全貌作一比較，以確認此一類神經網路重建波浪全貌的準確度。原始資料為  $101 \times 126$  的網格點，此研究中將網格點之間隔加大，成為一個  $20 \times 25$  的網格面。並用所得的資料分別對波高、週期、波向加以個別分析並繪圖。

### 3.3 單日單時刻波浪空間分佈之重建

而本研究中的類神經網路模式採用多層類神經網路模式，此類神經網路共有四層，包含一個輸入層 ( $3 \times 50=150$  nodes)，二個隱藏層(各 412 nodes 及 412nodes)，以及一個輸出層(412nodes)。前後的神經元(node)彼此連結，通常神經元具有非線性轉移函數，本研究採用的是 sigmoid function。而訓練樣本隨機由  $20 \times 25$ (共 500 點)網格點中取出的 50 點作為訓練樣本(共 100 組)。訓練完成後再重新隨機抽取 5 組資料反算出原樣本全貌，並各別繪圖作比較確認。

圖 3-2 所示是以 2006/03/01 的原始資料所畫出的波高等高線圖，而圖 3-3(a)~圖 3-3(e)則為類神經網路模式訓練完成後，重新隨機抽取 5 組資料反算出 412 個波高點所繪製的波高等高線圖。此外表 3-1 為依據反算結果資料與原始資料所做之誤差分析，圖 3-3(f)以及圖 3-3(g)依據表 3-1 作圖，其個別代表單日平均波高誤差以及單日標準偏差(%平均波高)。而圖 3-3(h)為依據第一組反算結果資料與原始資料所做之偏離分析。結果顯示該訓練完成後的類神經網路模式可良好重現波高空間分佈的全貌。同樣，圖 3-4 所示是以 2006/03/01 的原始資料所畫出的波週期等高線圖，而圖 3-5(a)~圖 3-5(e)則為類神經網路模式訓練完成後，重新隨機抽取 5 組資料反算出 412 個波週期點所繪製的波週期等

高線圖。結果亦同樣顯示該訓練完成後的類神經網路模式可良好重現波週期空間分佈的全貌。圖 3-6 所示是以 2006/03/01 的原始資料所畫出的波向圖，而圖 3-7(a)~圖 3-7(e)則為類神經網路模式訓練完成後，重新隨機抽取 5 組資料反算出 412 個波向點所繪製的波向圖。結果亦同樣顯示該訓練完成後的類神經網路模式可良好重現波向空間分佈的全貌。

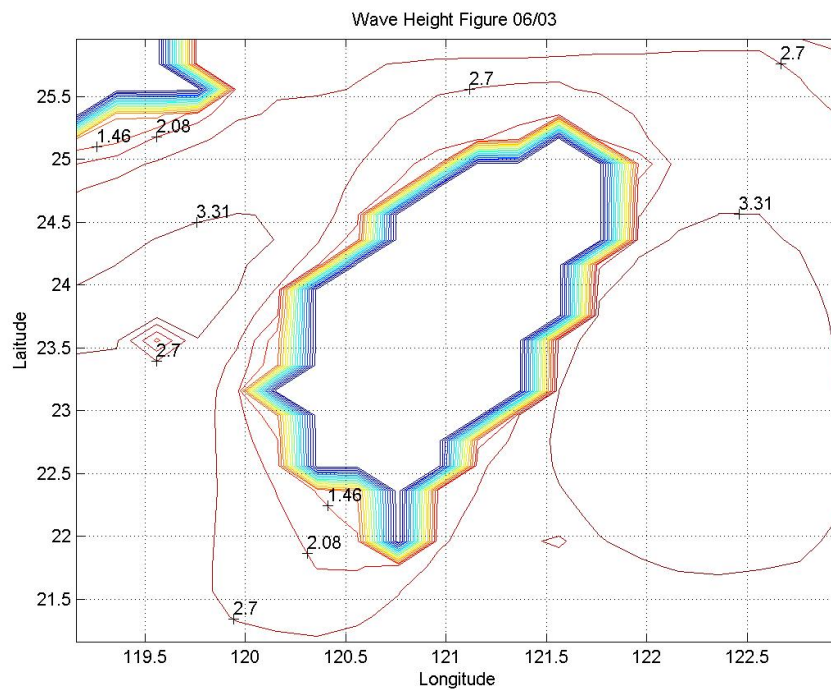


圖 3-2 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/03/01)

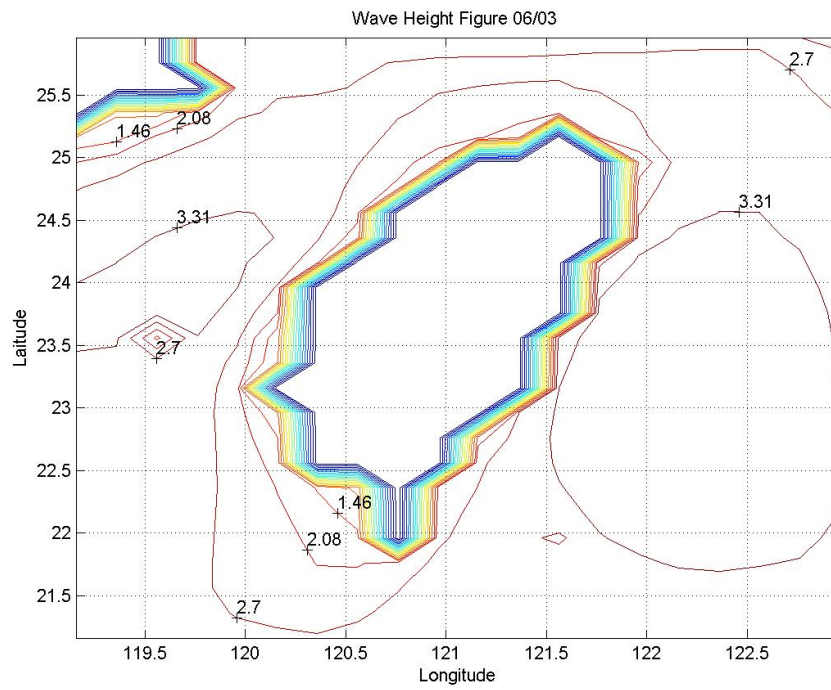


圖 3-3(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖

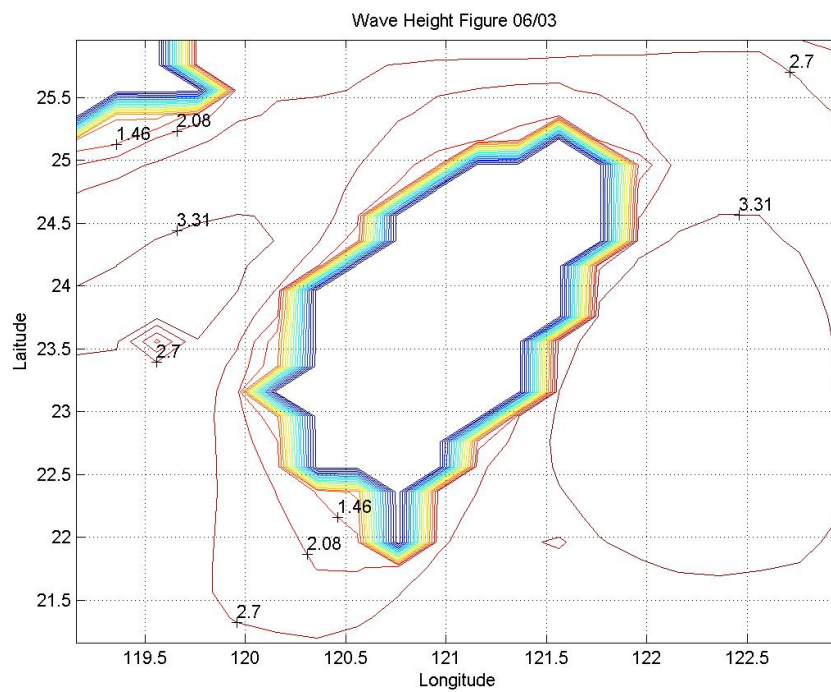


圖 3-3(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖

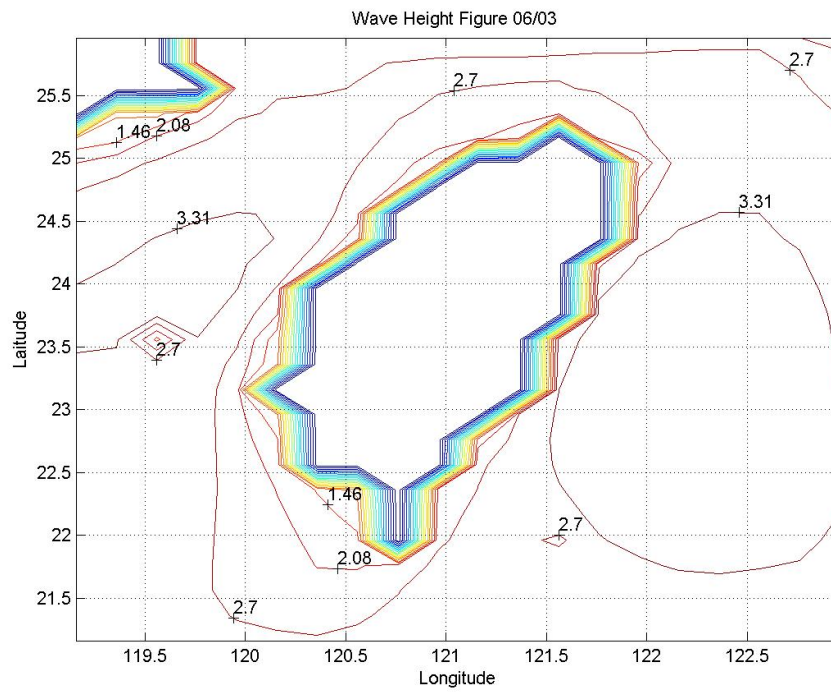


圖 3-3(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖

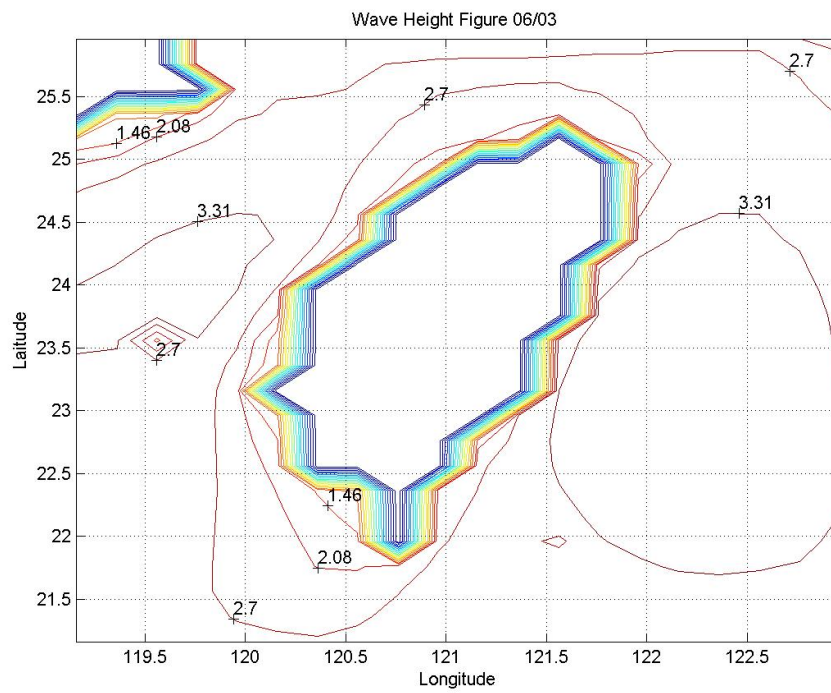


圖 3-3(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖

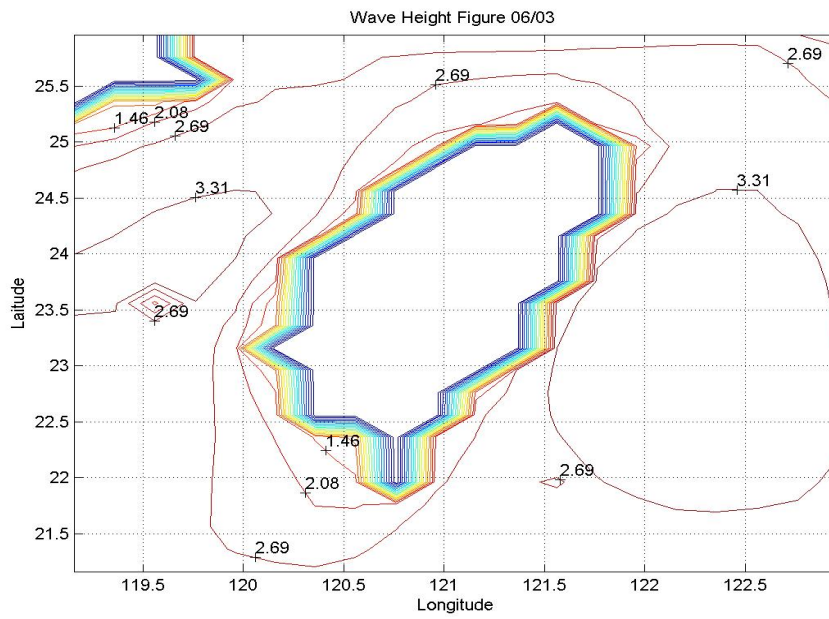


圖 3-3(e) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖

表 3-1 單日波高分布重建誤差分析資料表

| 06/03/01 AM | CASE1     | CASE2       | CASE3      | CASE4      | CASE5      |
|-------------|-----------|-------------|------------|------------|------------|
| 平均波高誤差(%)   | 0.0082146 | 0.00770116  | 0.00797243 | 0.00807227 | 0.00745375 |
| 標準偏差(%平均波高) | 0.1173035 | 0.117631043 | 0.11731021 | 0.11738188 | 0.11778661 |

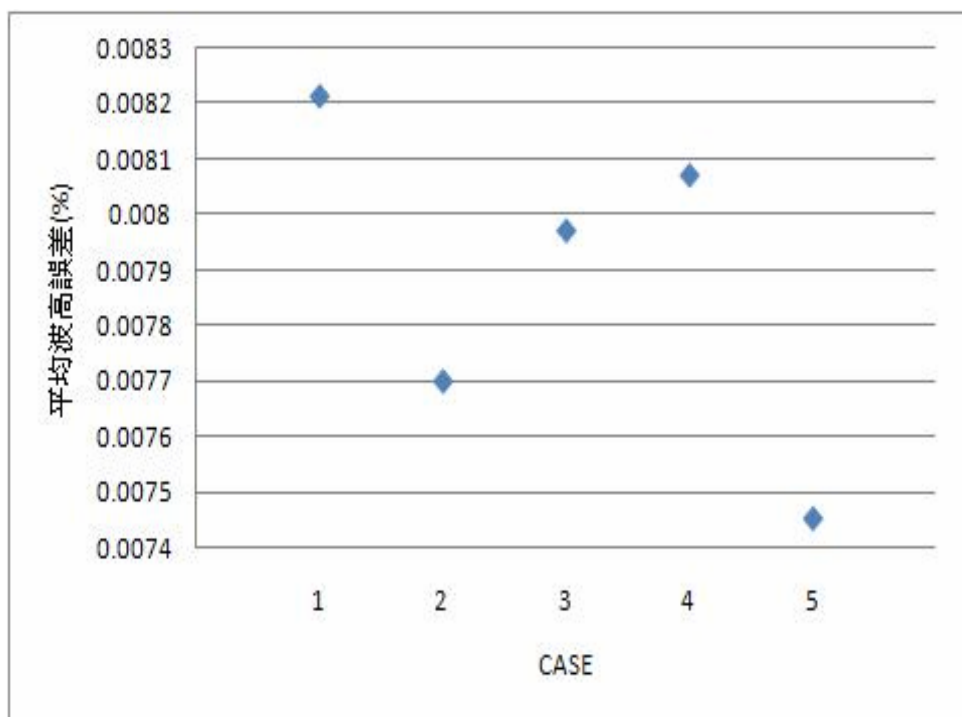


圖 3-3(f) 單日平均波高誤差

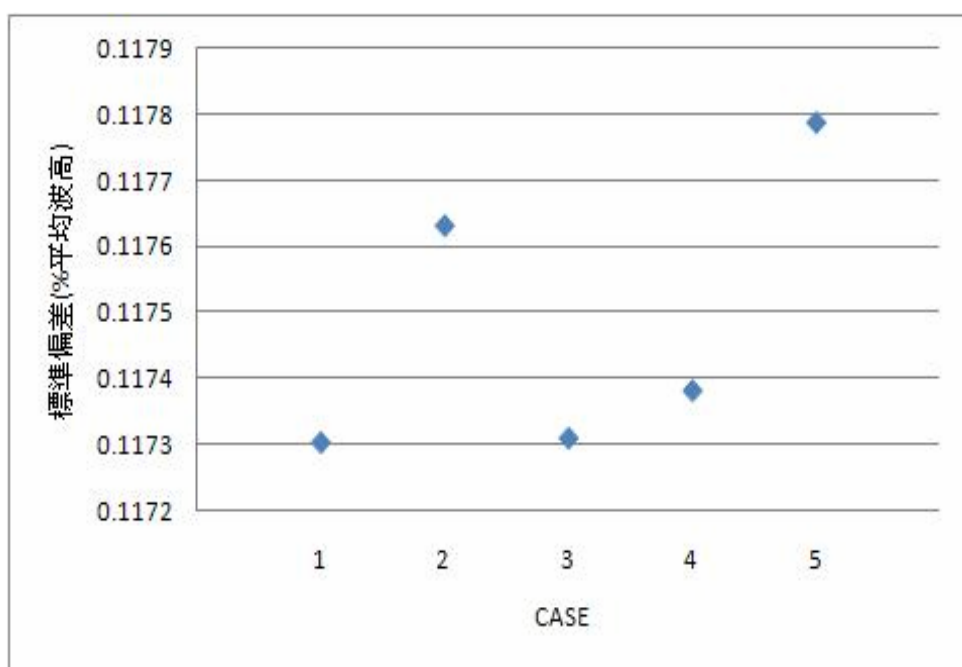


圖 3-3(g) 單日波高標準偏差(%平均波高)

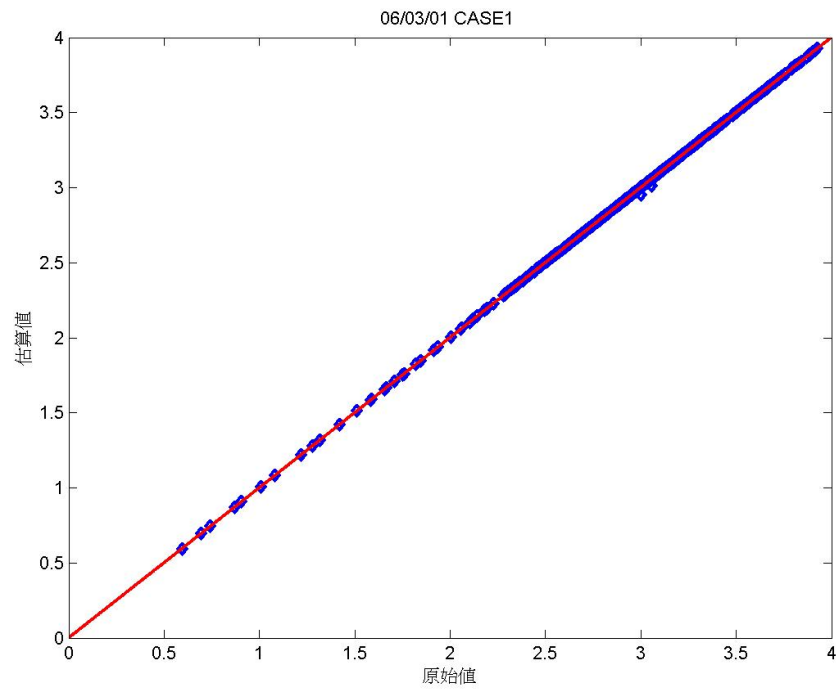


圖 3-3(h) 波高分布重建結果之偏離分析

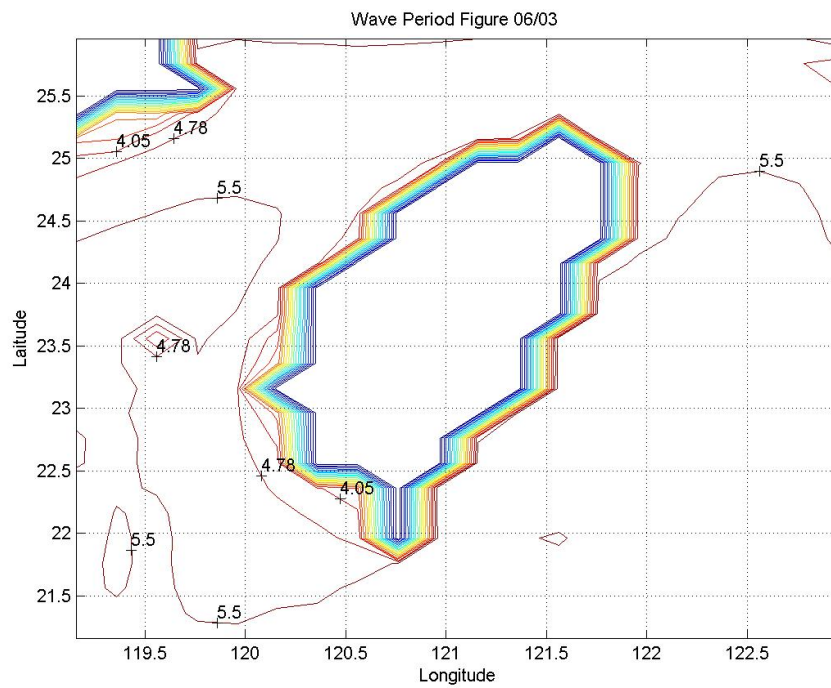


圖 3-4 原始資料所畫出的週期等高線圖(2006/03/01)

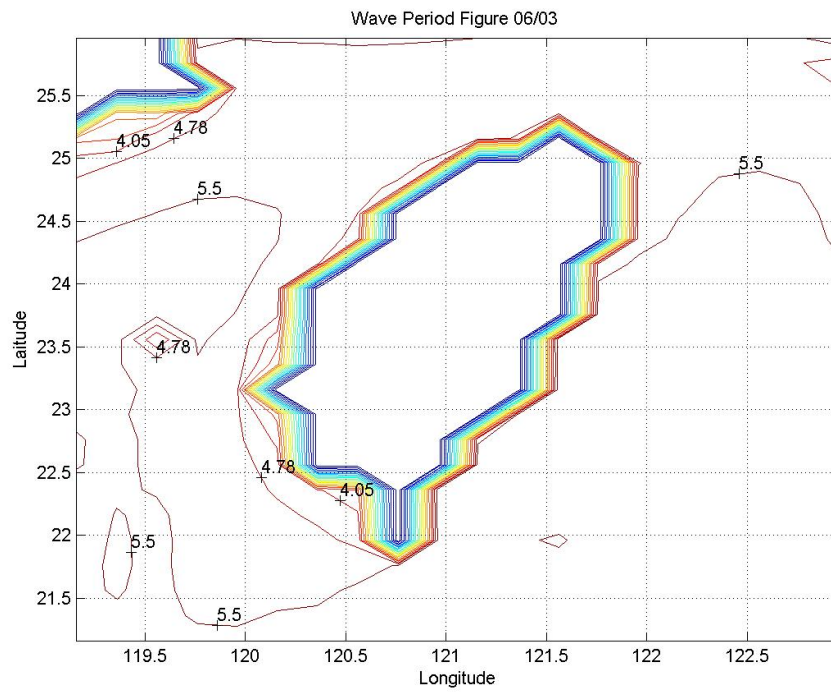


圖 3-5(a) 經由類神經網路計算出的週期等高線圖

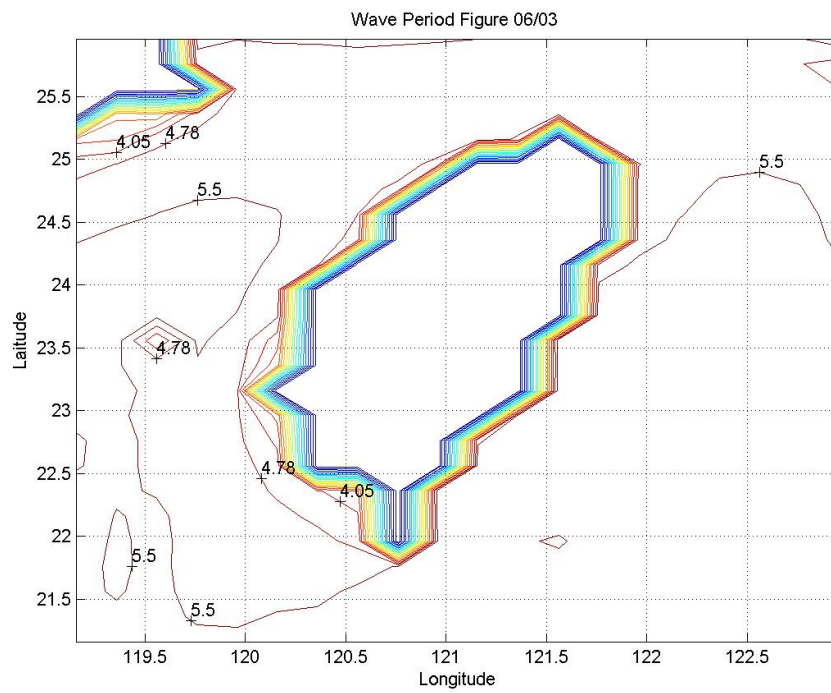


圖 3-5(b) 經由類神經網路計算出的週期等高線圖

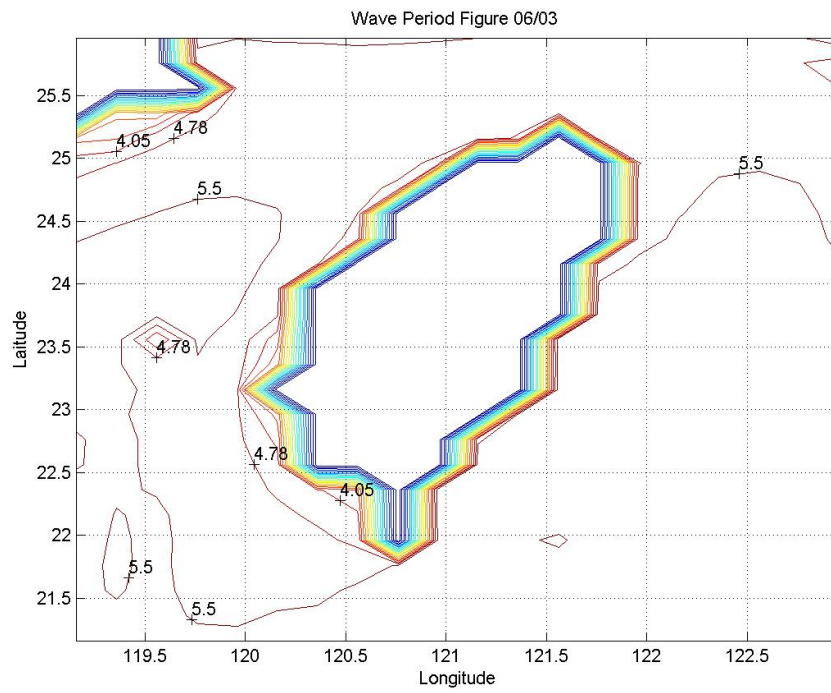


圖 3-5(c) 經由類神經網路計算出的週期等高線圖

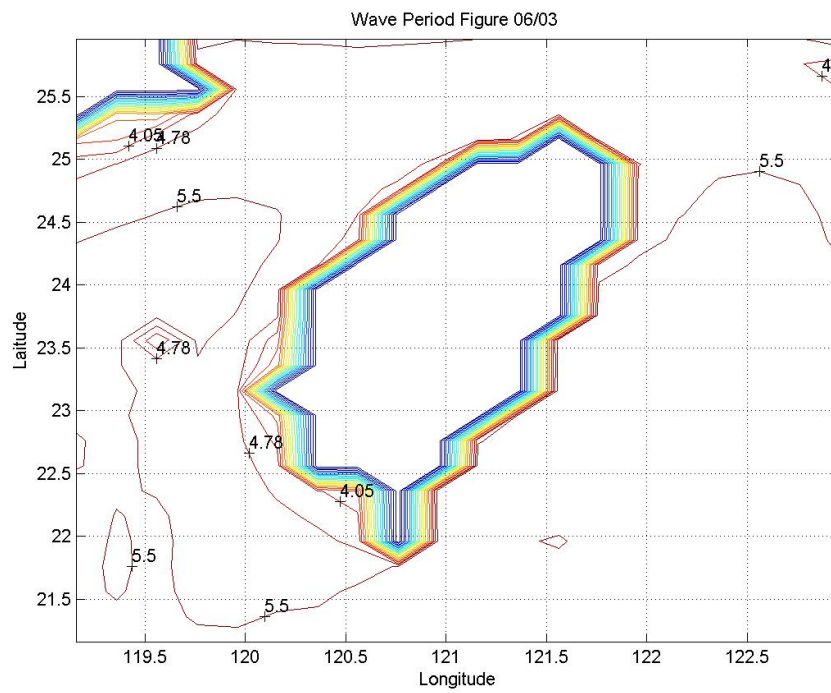


圖 3-5(d) 經由類神經網路計算出的週期等高線圖

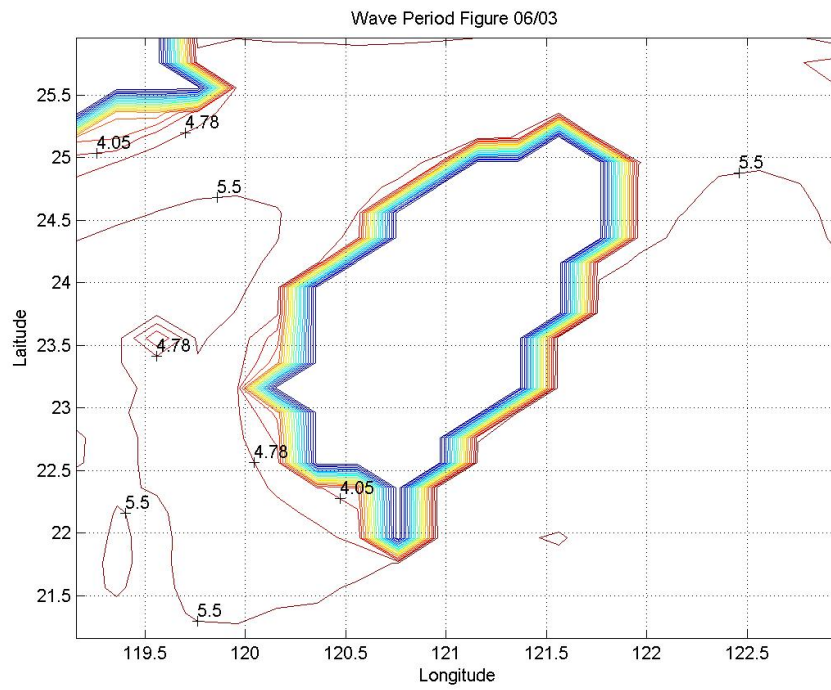


圖 3-5(e) 經由類神經網路計算出的週期等高線圖

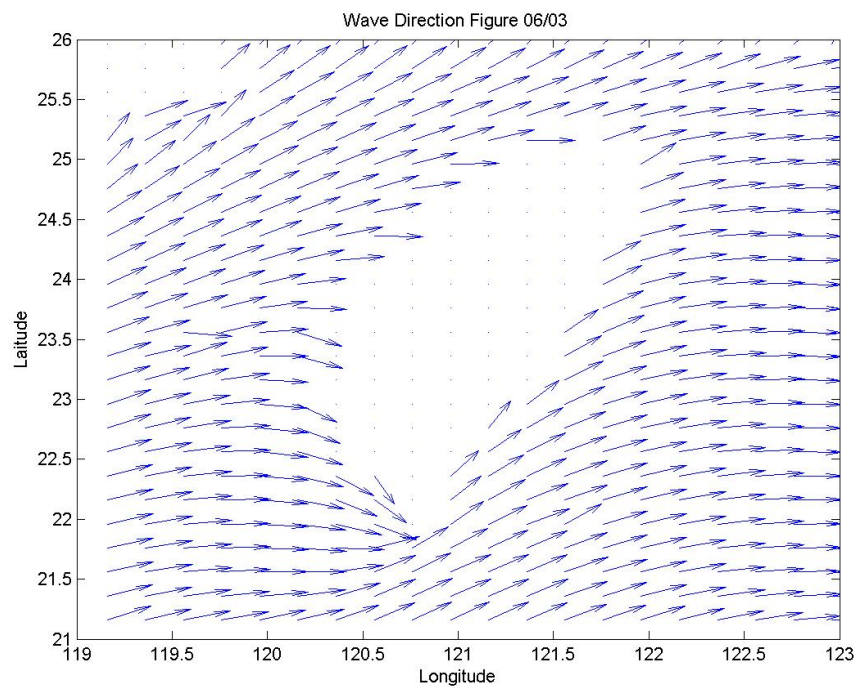


圖 3-6 原始資料所畫出的波向圖(2006/03/01)

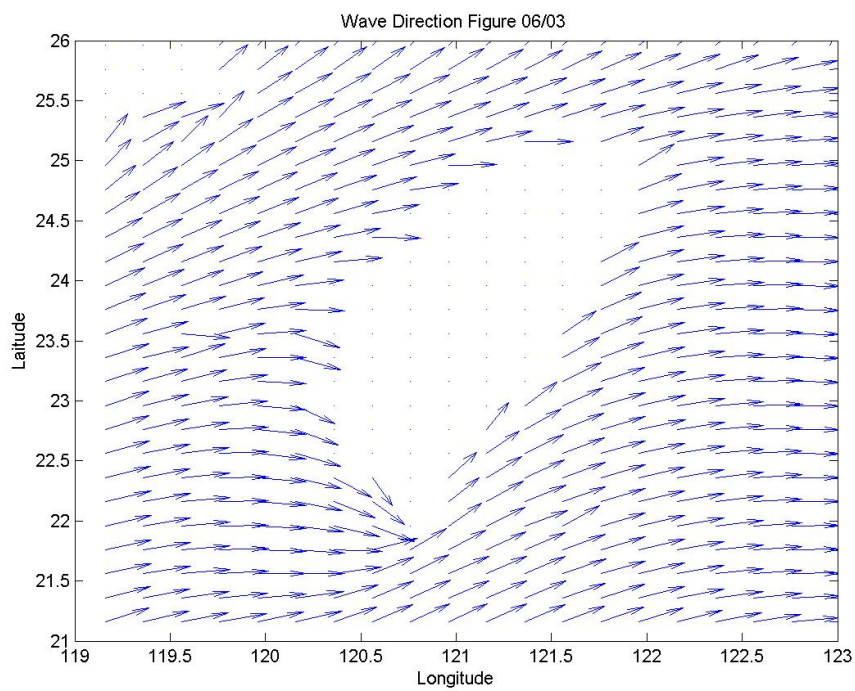


圖 3-7(a) 經由類神經網路計算出的波向圖

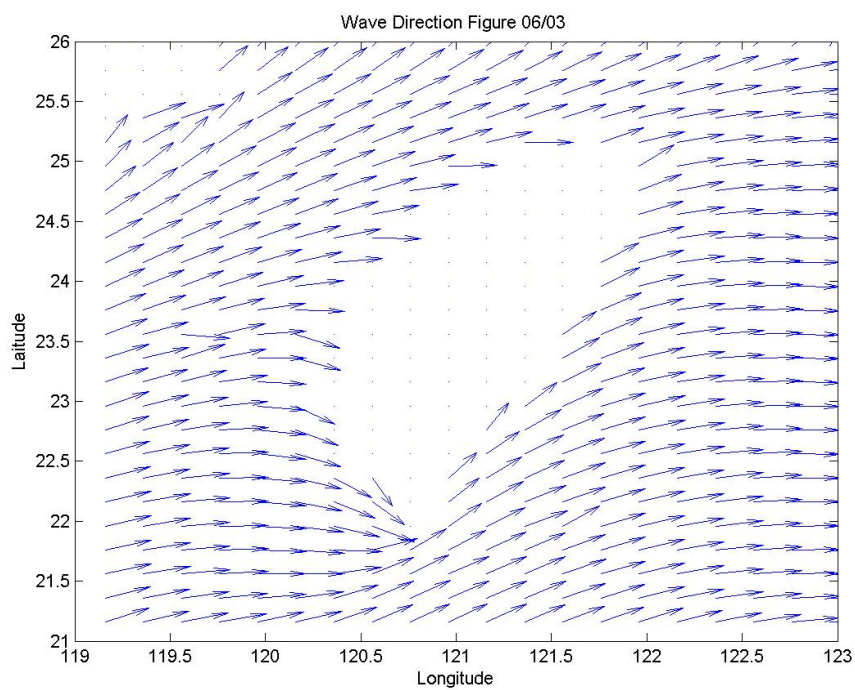


圖 3-7(b) 經由類神經網路計算出的波向圖

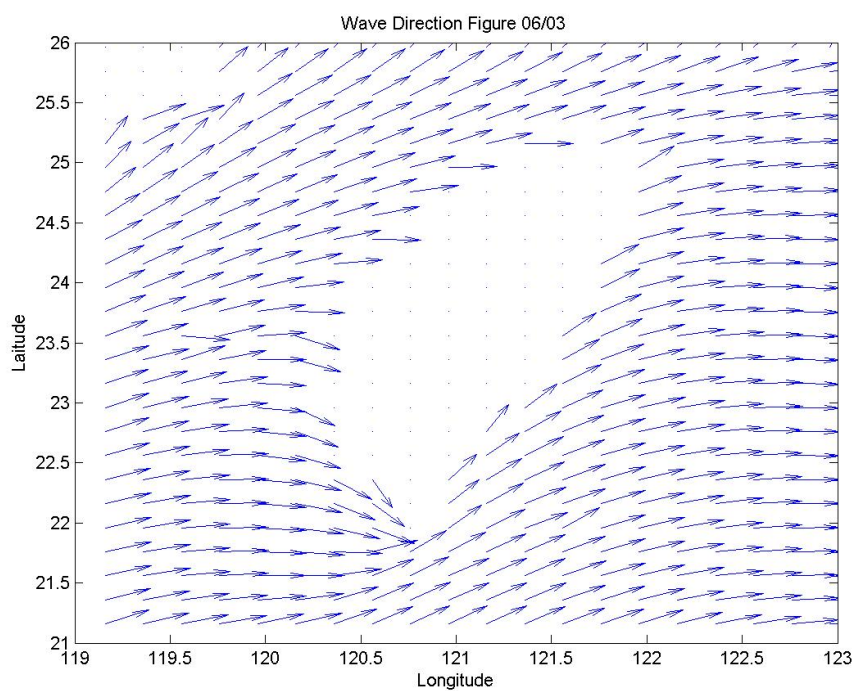


圖 3-7(c) 經由類神經網路計算出的波向圖

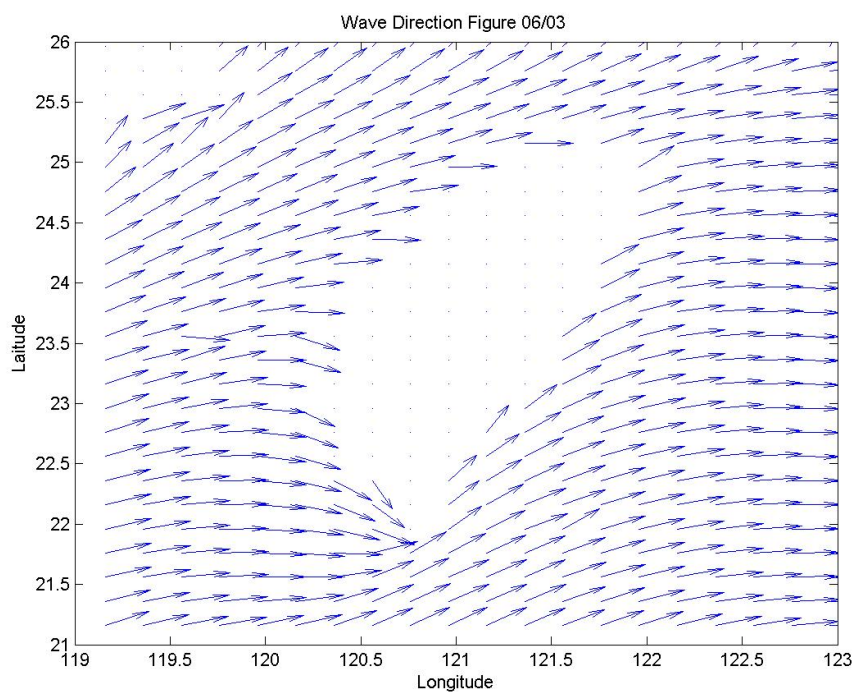


圖 3-7(d) 經由類神經網路計算出的波向圖

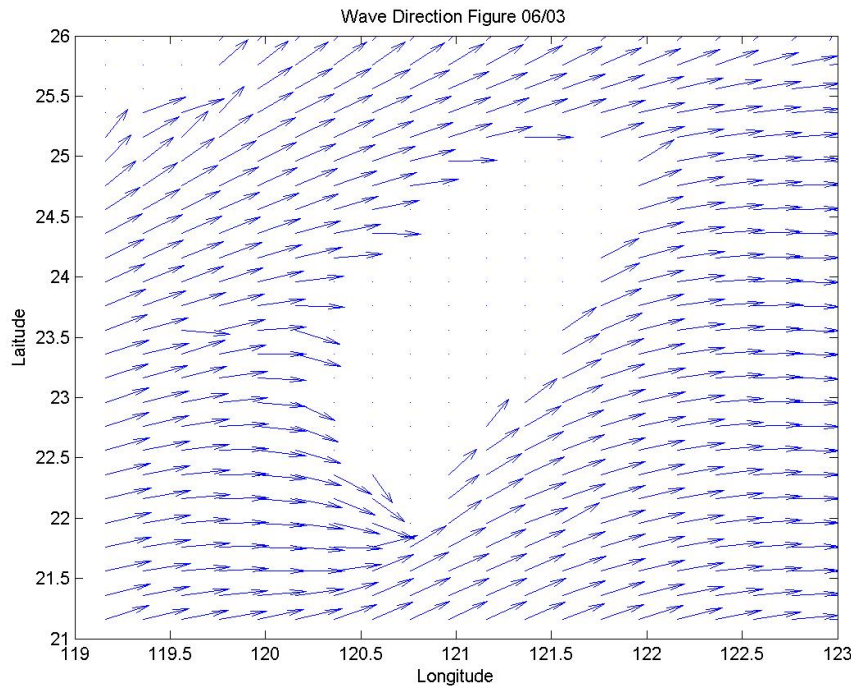


圖 3-7(e) 經由類神經網路計算出的波向圖

### 3.4 單月波浪空間分佈之重建

為了確認本研究所提出的方法，可有效辨識各月、各季，甚至全年的波浪空間分佈特徵，先進行單月波浪空間分佈重建之驗證。原始資料為  $101 \times 126$  的網格點，本節中同樣將網格點之間隔加大，成為一個  $20 \times 25$  的網格面。並先用波高為例加以分析並繪圖。

而本節中使用的類神經網路模式與 3.2 節及 3.3 節所示相同，採用多層類神經網路模式，此類神經網路共有四層，包含一個輸入層 ( $3 \times 50 = 150$  nodes)，二個隱藏層(各 412 nodes 及 412 nodes)，以及一個輸出層(412 nodes)。前後的神經元(node)彼此連結，通常神經元具有非線性轉移函數，本節同樣採用 sigmoid function。而訓練樣本為 30 天上午及下午共 60 組資料中，隨機再由  $20 \times 25$ (共 500 點)網格點中取出的 50 點作為訓練樣本(60 組中每組個別隨機選取 100 個訓練樣本資料，亦即構成共 6000 組訓練資料)。訓練完成後再由月份內任意選取六天資料，

個別重新隨機抽取 4 組樣本資料反算原樣本全貌，並各別繪圖與比較確認。

圖 3-8 所示是以 2006/12/02 上午的原始資料所畫出的波高等高線圖，而圖 3-9(a)~圖 3-9(d)則為類神經網路模式訓練完成後，就 2006/12/02 上午的資料，4 次重新隨機抽取 50 個波高點資料，反算出 412 個波高點所繪製的波高等高線圖。此外圖 3-9(e)表示第一組反算結果資料與原始資料所做之偏離分析。結果顯示以單月資料訓練完成後的類神經網路模式仍可大致上良好重現該月中任一天的波高空間分佈的全貌。數值上雖有些許差異，但整體空間分佈的趨勢仍被充分掌握。如此，同樣依序以 2006/12/06 下午、2006/12/13 上午、2006/12/18 下午、2006/12/26 上午、2006/12/30 下午的資料為例，分別顯示原始資料所畫出的波高等高線圖，以及類神經網路模式訓練完成後，就該日資料，4 次重新隨機抽取 50 個波高點資料，反算出 412 個波高點所繪製的波高等高線圖。分別如圖 3-10 及圖 3-11(a)~圖 3-11(e)、圖 3-12 及圖 3-13(a)~圖 3-13 (e)、圖 3-14 及圖 3-15(a)~圖 3-15(e)、圖 3-16 及圖 3-17(a)~圖 3-17(e)、圖 3-18 及圖 3-19(a)~圖 3-19(e)所示。而表 3-2 為依據反算結果資料與原始資料所做之誤差分析，圖 3-20(a)以及 3-20(b)則依據表 3-2 作圖，分別表示單日平均波高誤差以及單日標準偏差(%平均波高)。各組對應資料皆顯示數值上雖有些許差異，但整體空間分佈的趨勢仍被訓練完成後的類神經網路模式充分掌握。

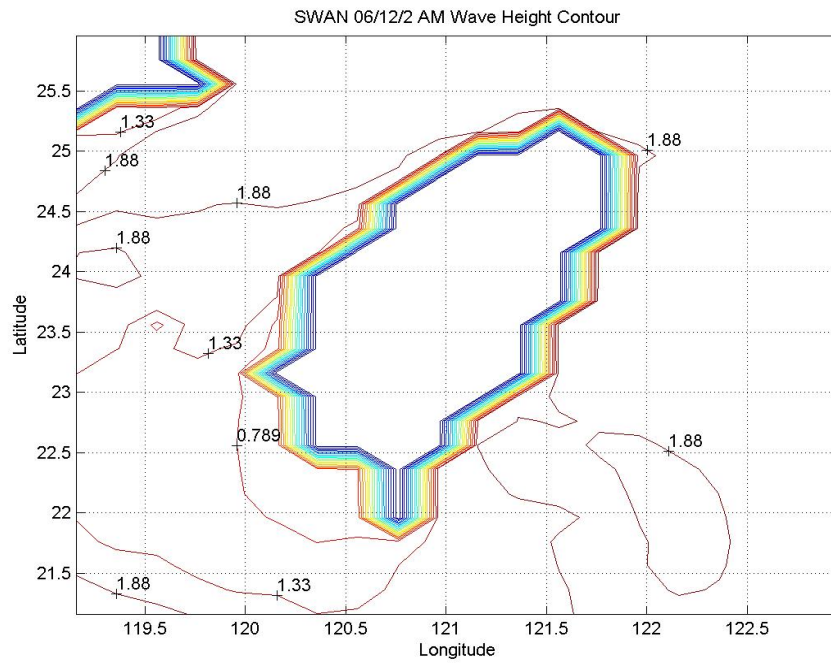


圖 3-8 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/02 上午)

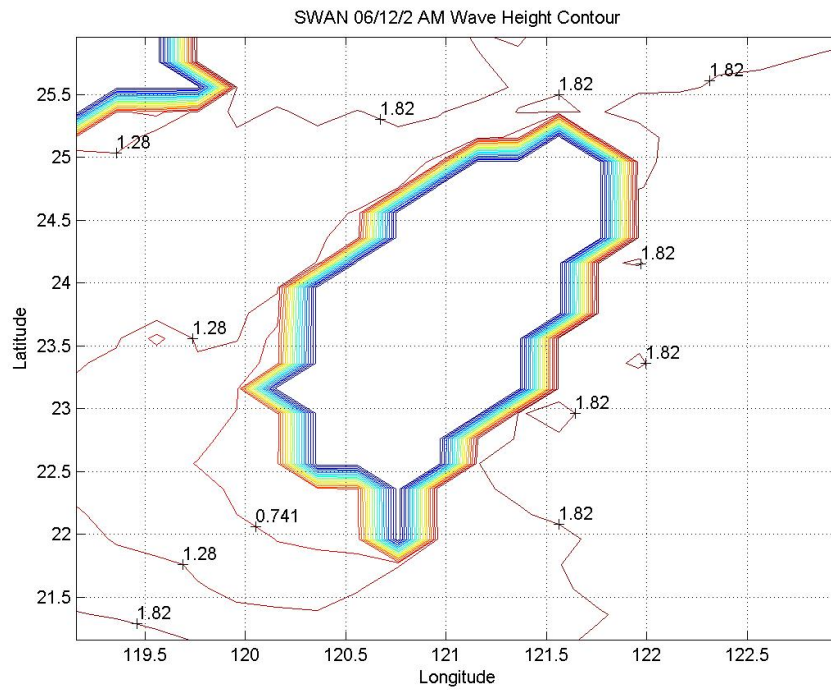


圖 3-9(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/02 上午)

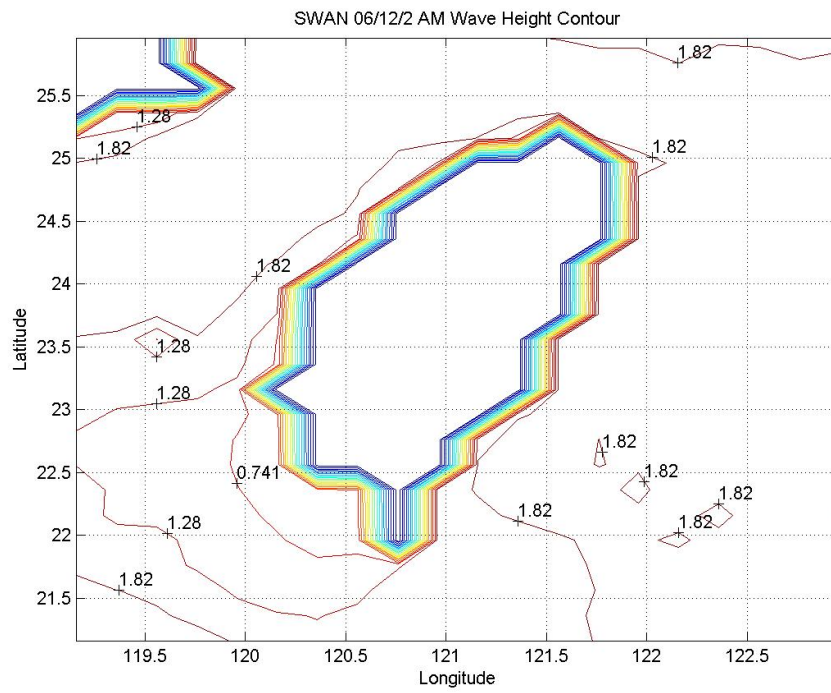


圖 3-9(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/02 上午)

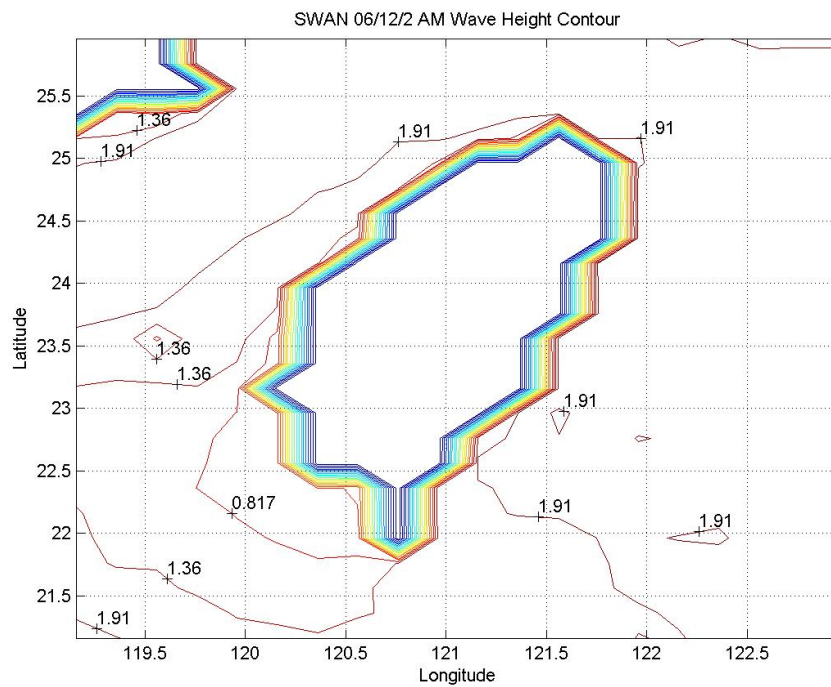


圖 3-9(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/02 上午)

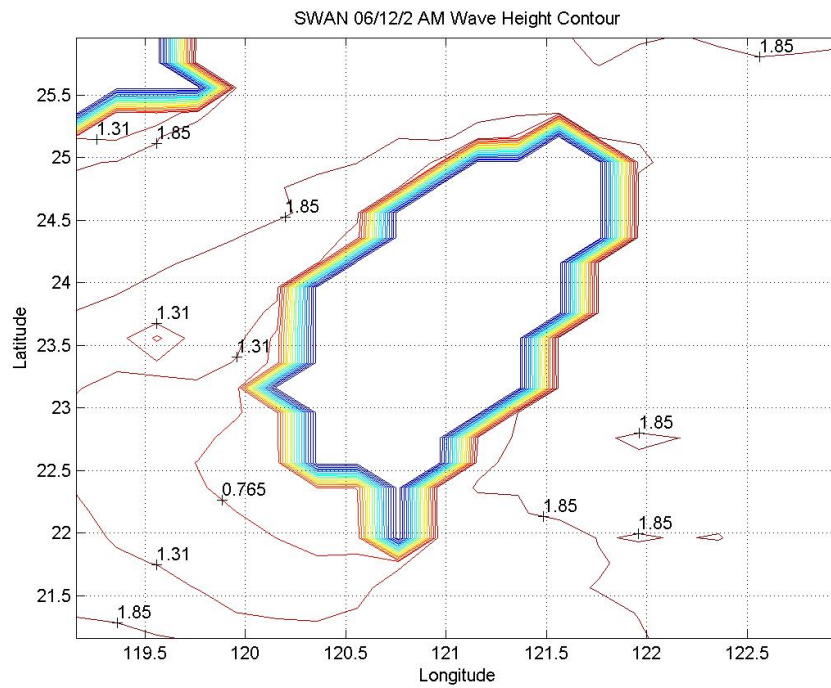


圖 3-9(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/02 上午)

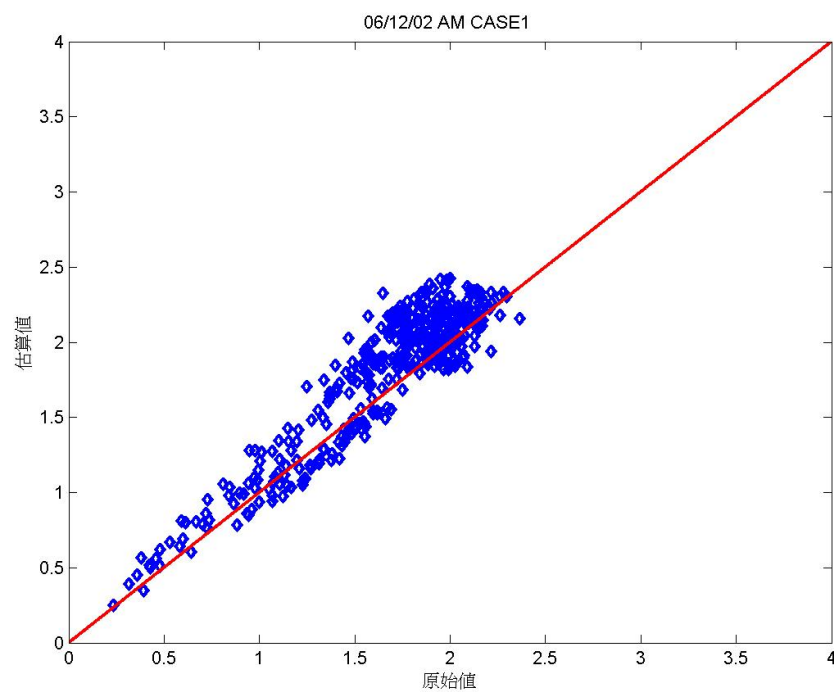


圖 3-9(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/02 上午)

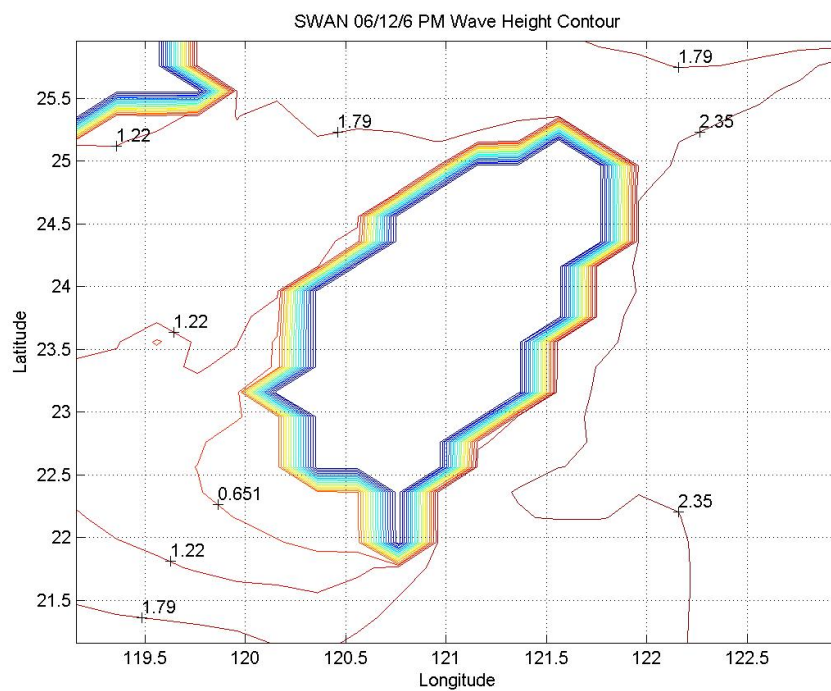


圖 3-10 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/06 下午)

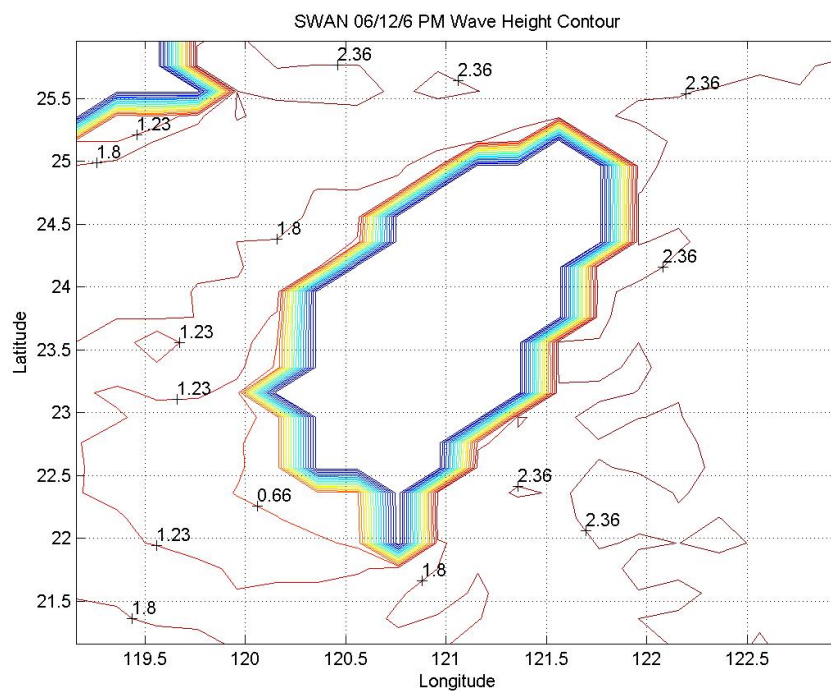


圖 3-11(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/06 下午)

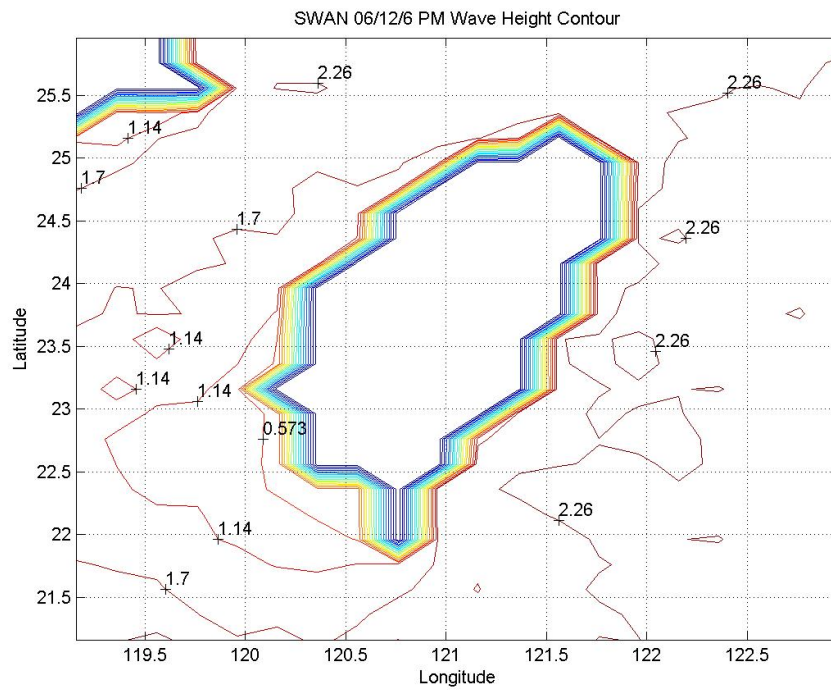


圖 3-11(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/06 下午)

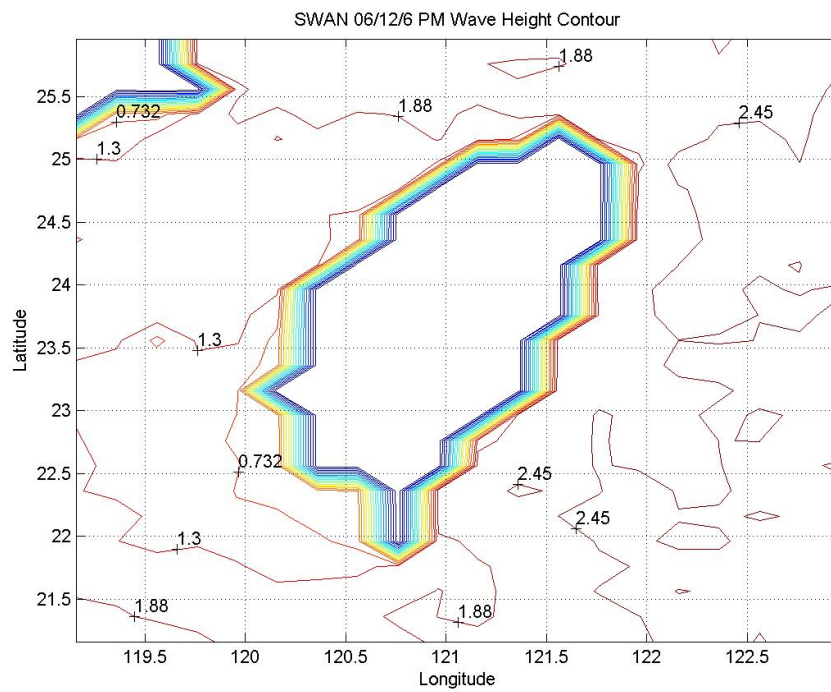


圖 3-11(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/06 下午)

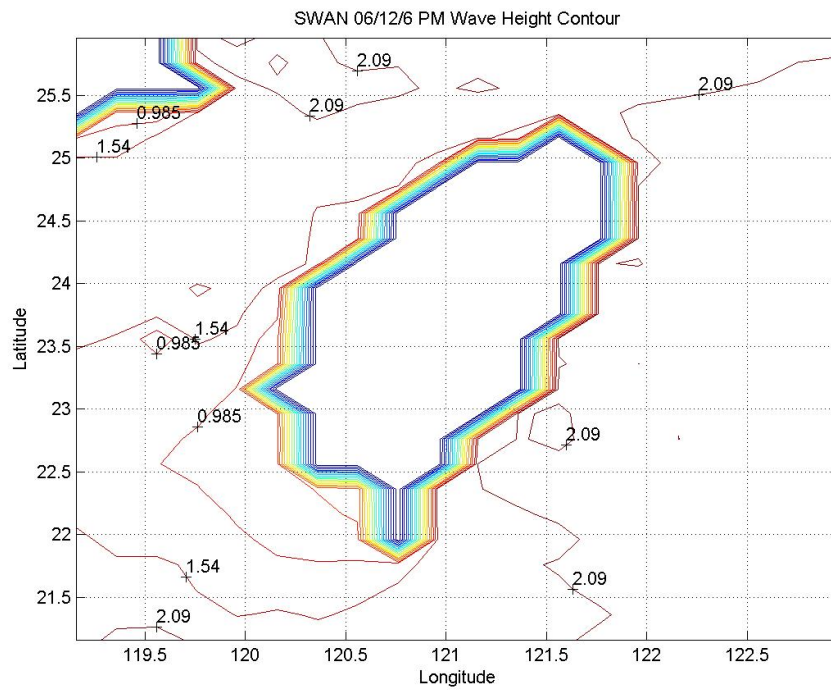


圖 3-11(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/06 下午)

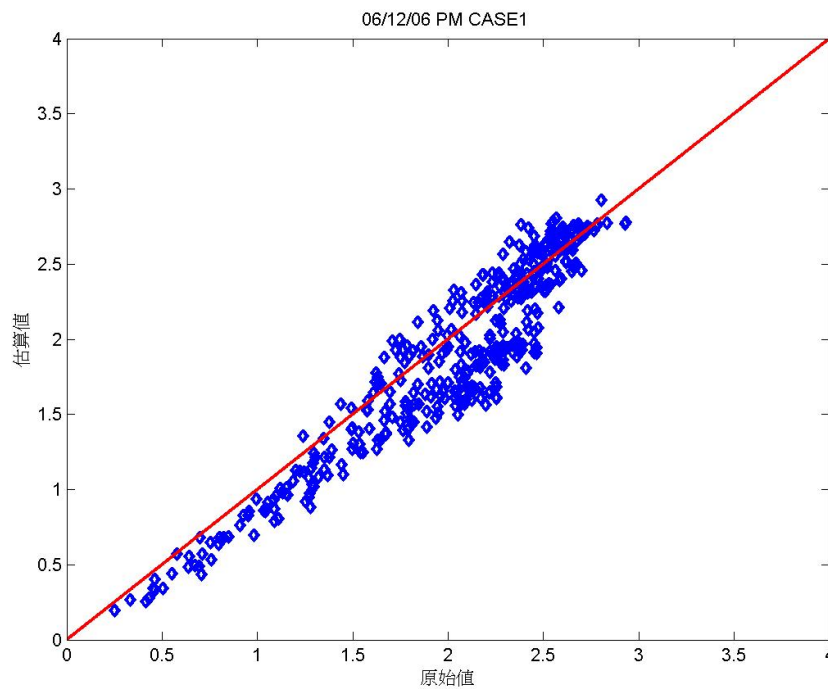


圖 3-11(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/06 下午)

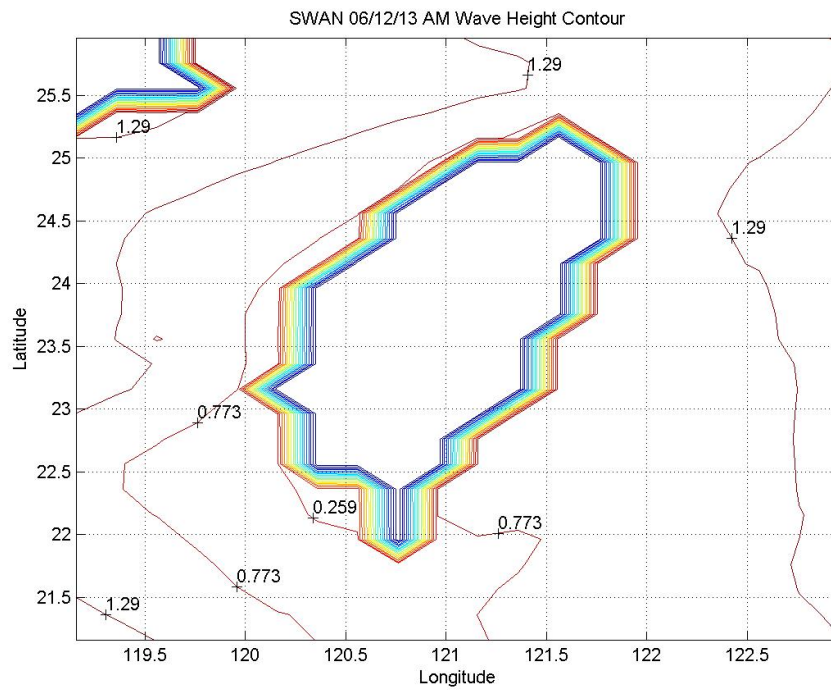


圖 3-12 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/13 上午)

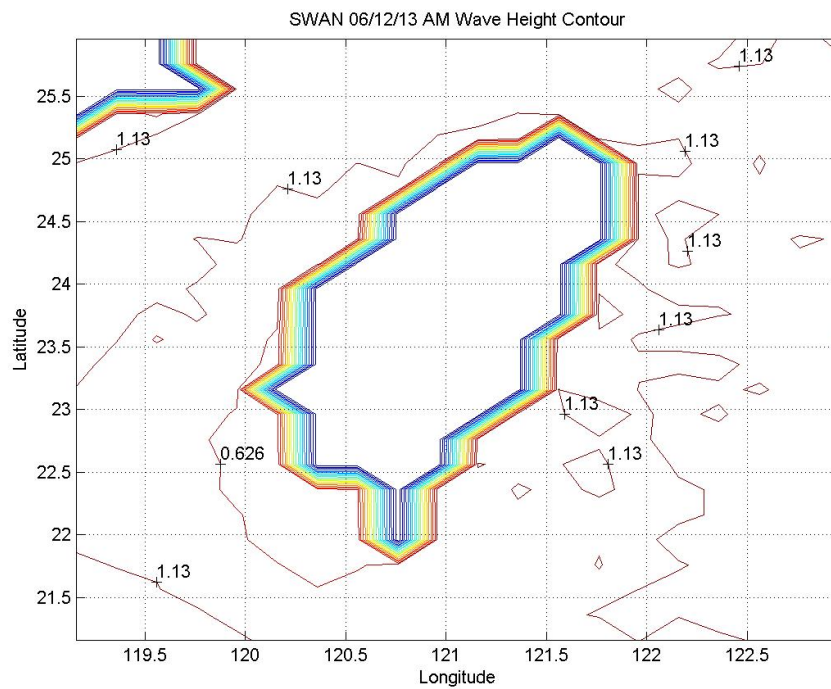


圖 3-13(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/13 上午)

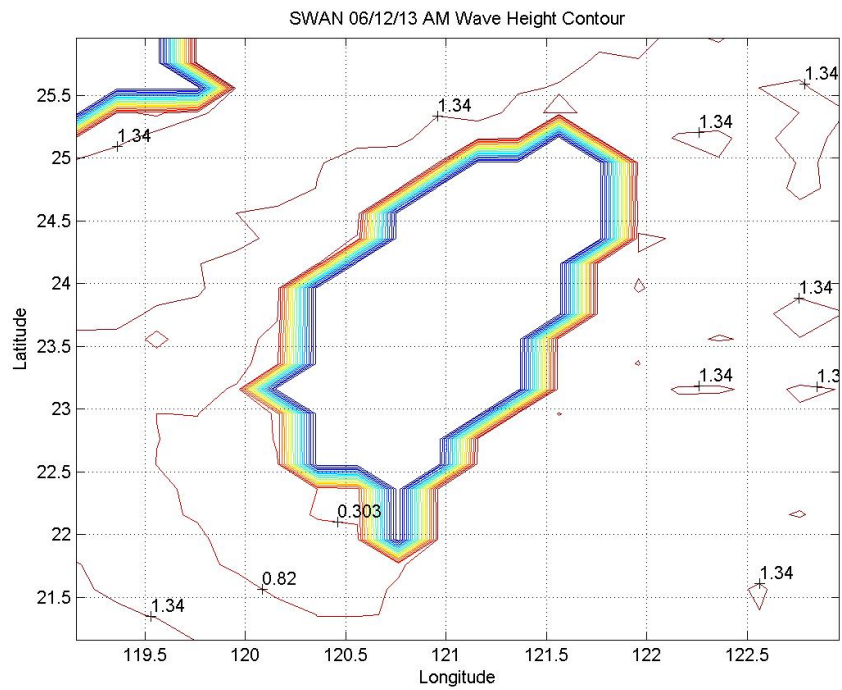


圖 3-13(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/13 上午)

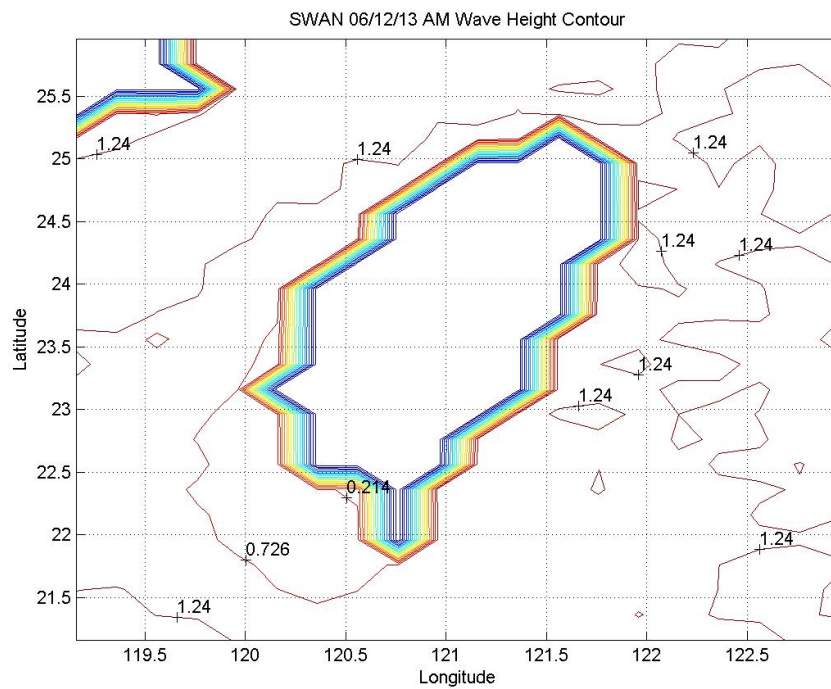


圖 3-13(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/13 上午)

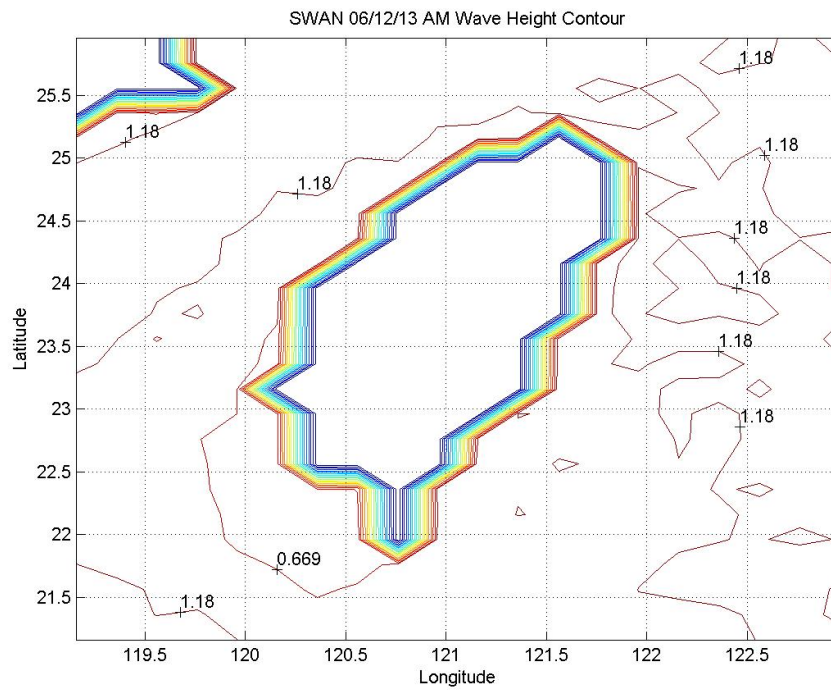


圖 3-13(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/13 上午)

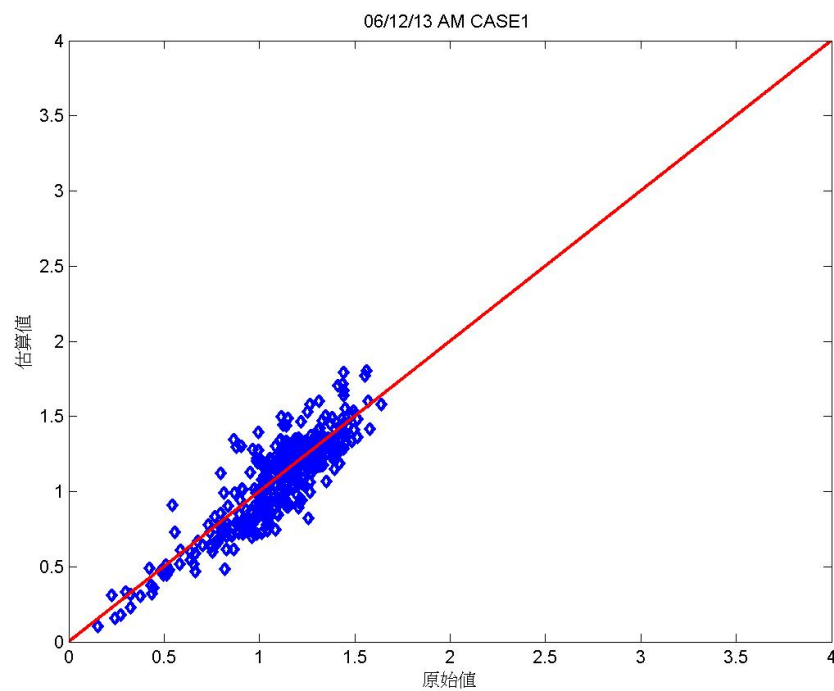


圖 3-13(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/13 上午)

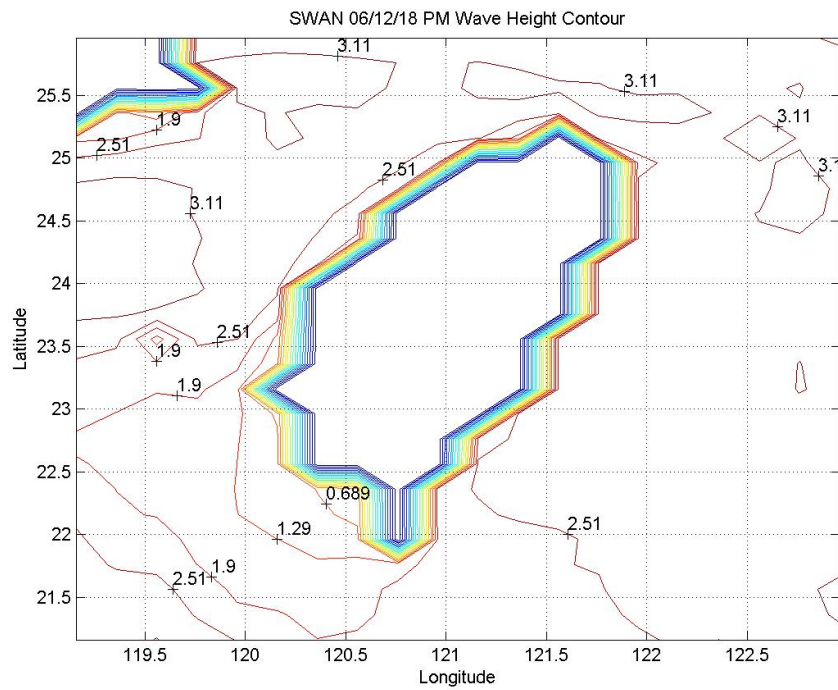


圖 3-14 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/18 下午)

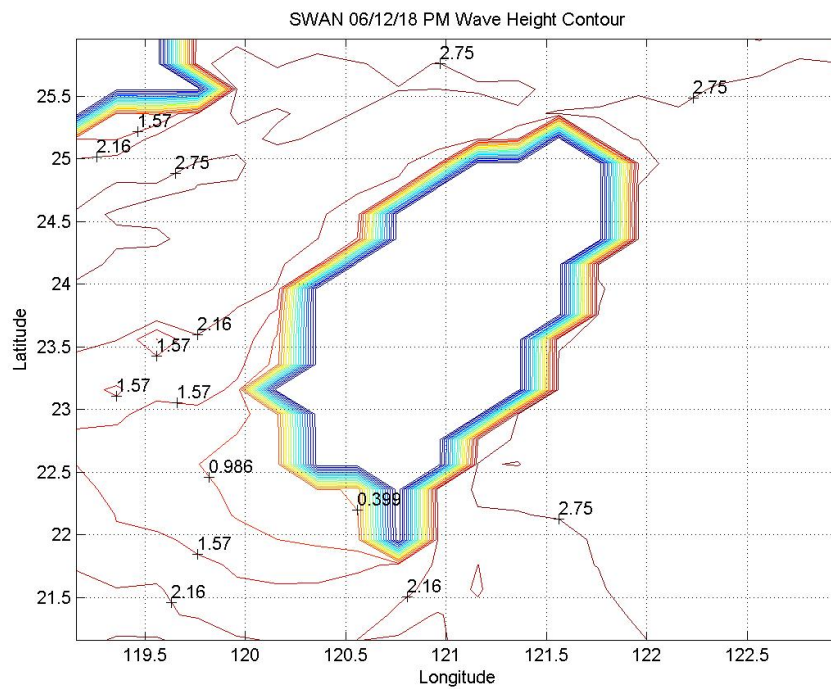


圖 3-15(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/18 下午)

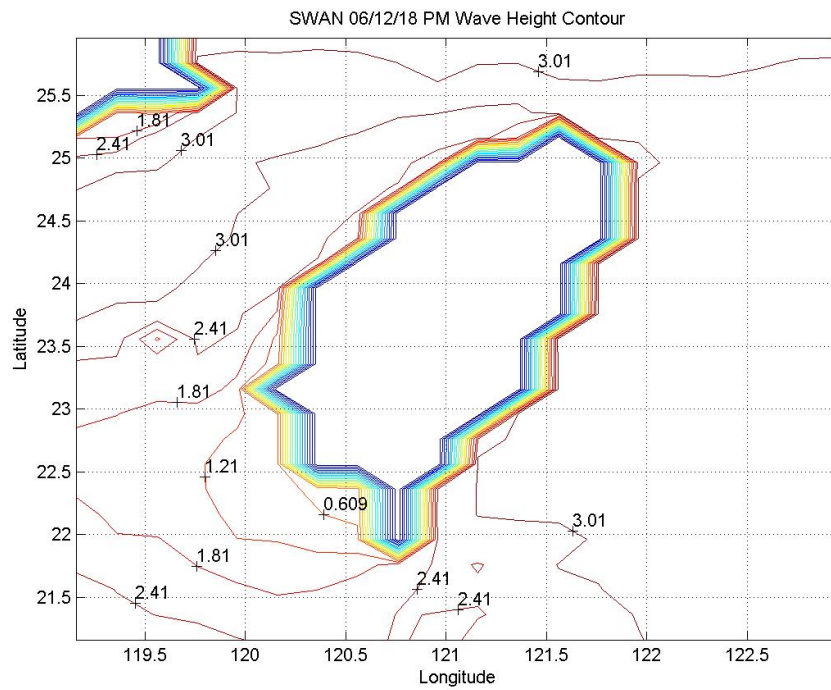


圖 3-15(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/18 下午)

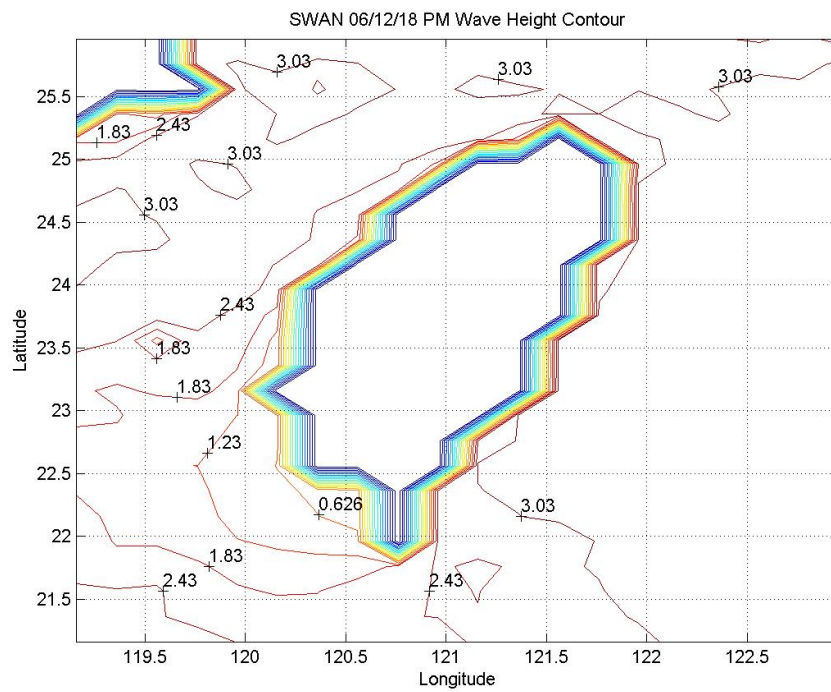


圖 3-15(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/18 下午)

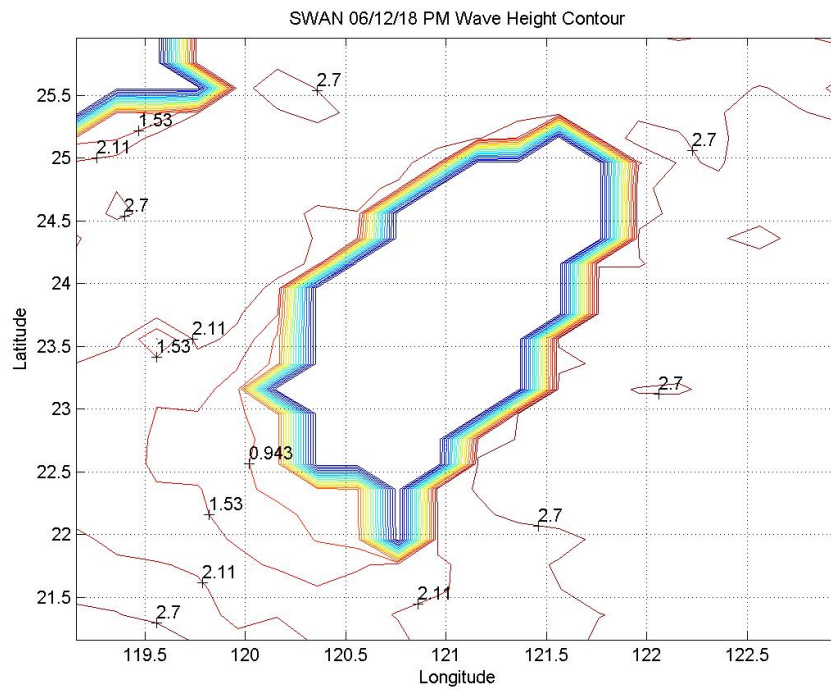


圖 3-15(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/18 下午)

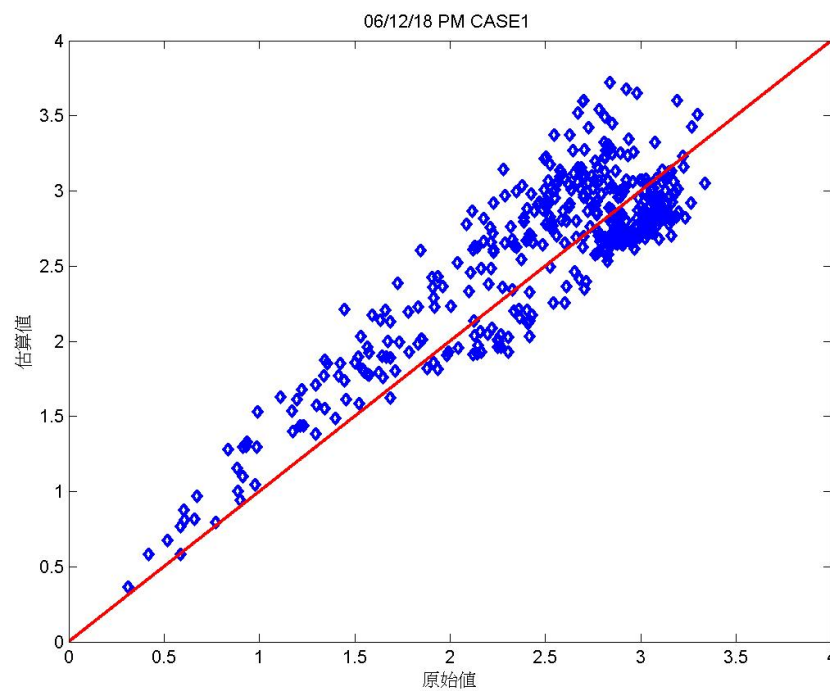


圖 3-15(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/18 下午)

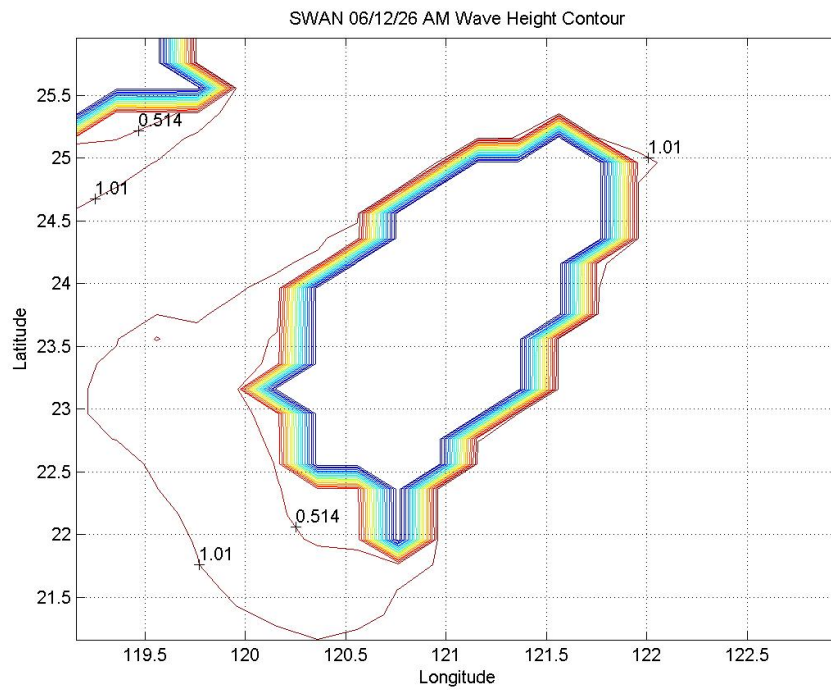


圖 3-16 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/26 上午)

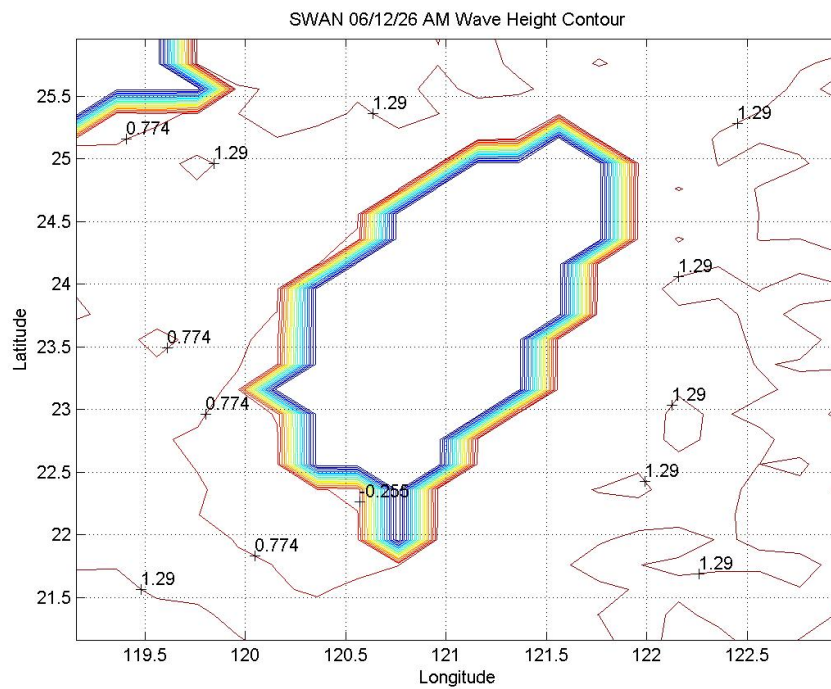


圖 3-17(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/26 上午)

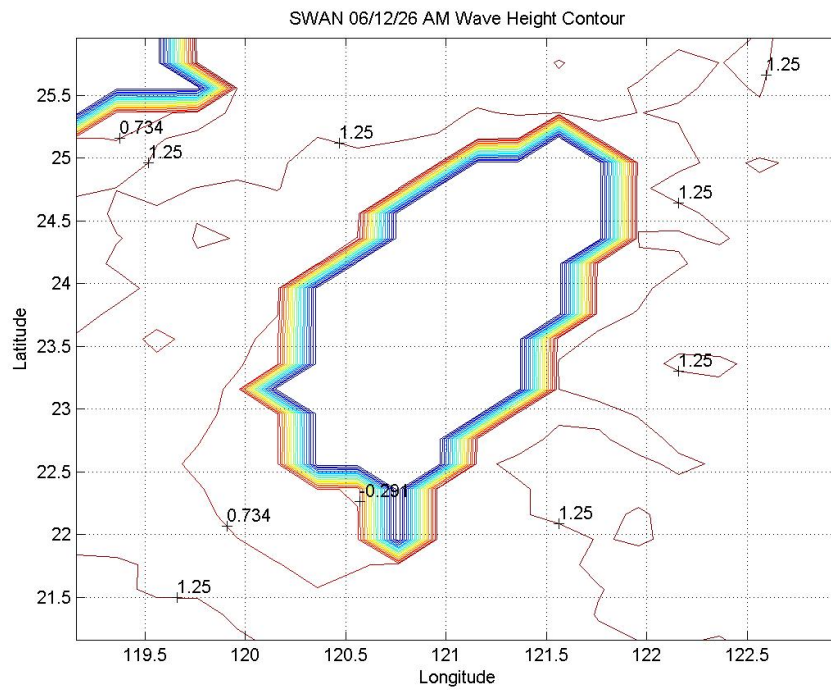


圖 3-17(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/26 上午)

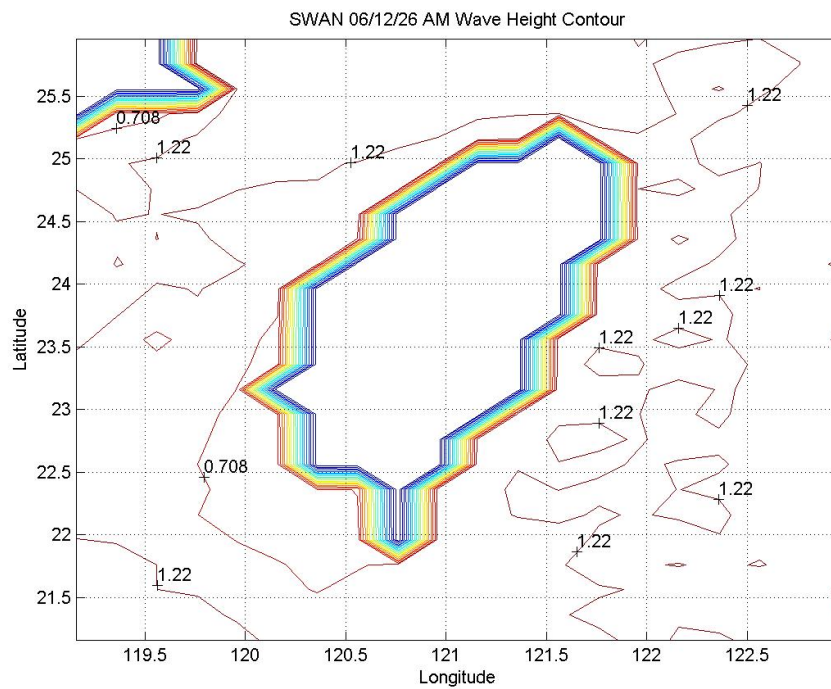


圖 3-17(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/26 上午)

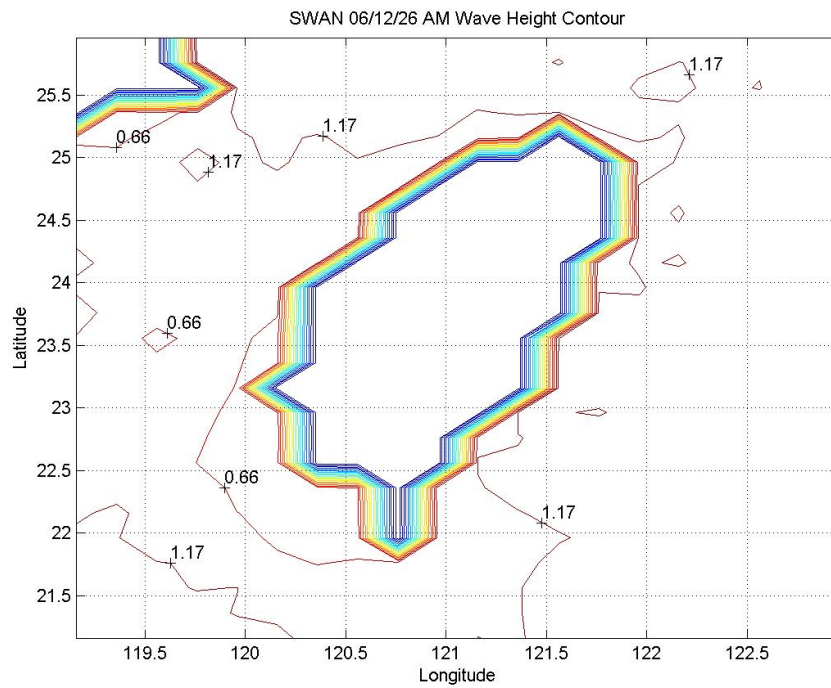


圖 3-17(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/26 上午)

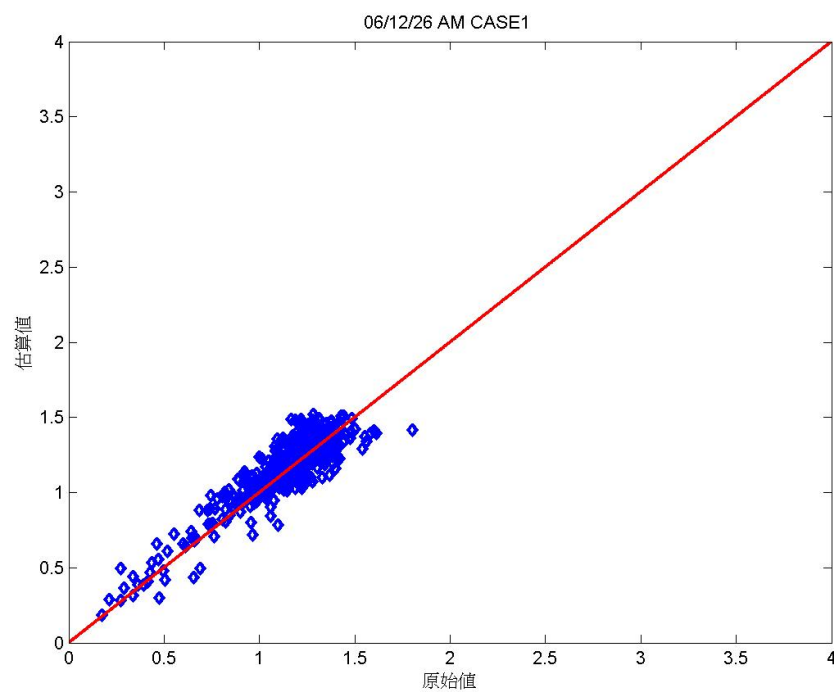


圖 3-17(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/26 上午)

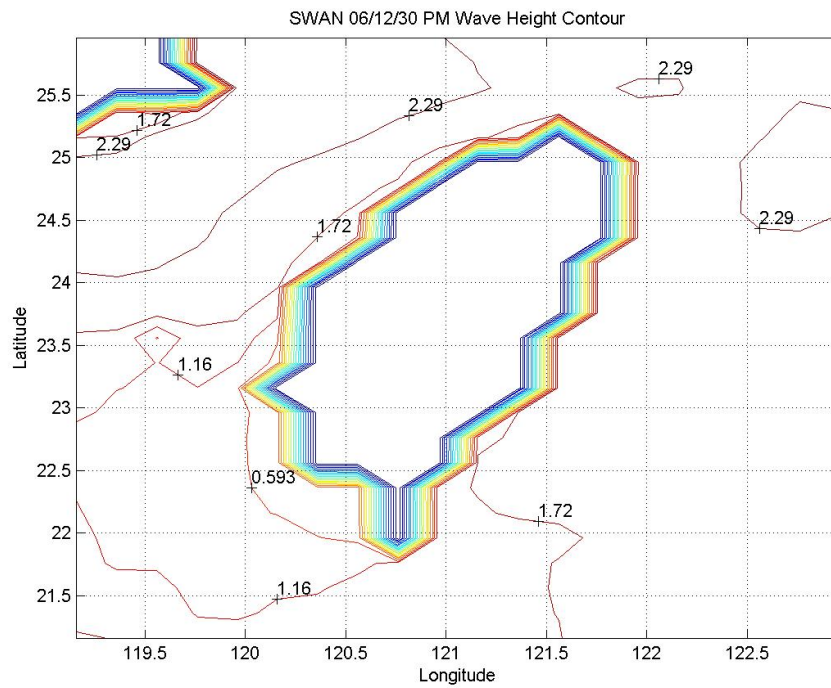


圖 3-18 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/30 下午)

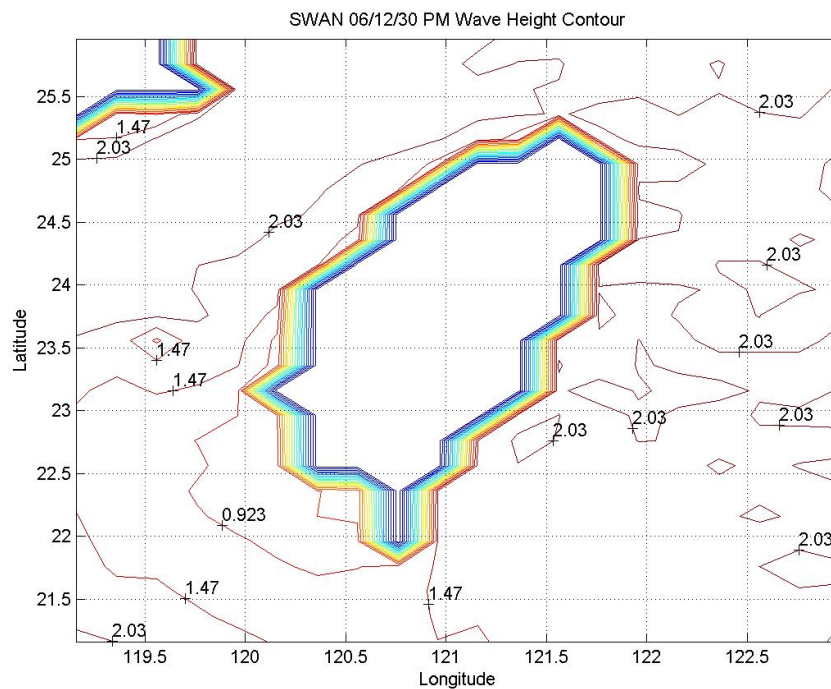


圖 3-19(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/30 下午)

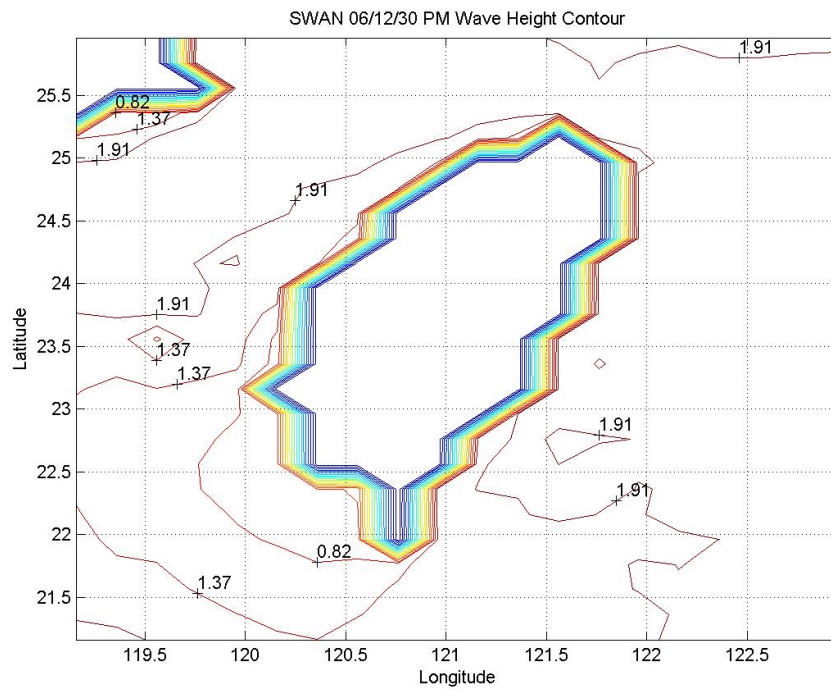


圖 3-19(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/30 下午)

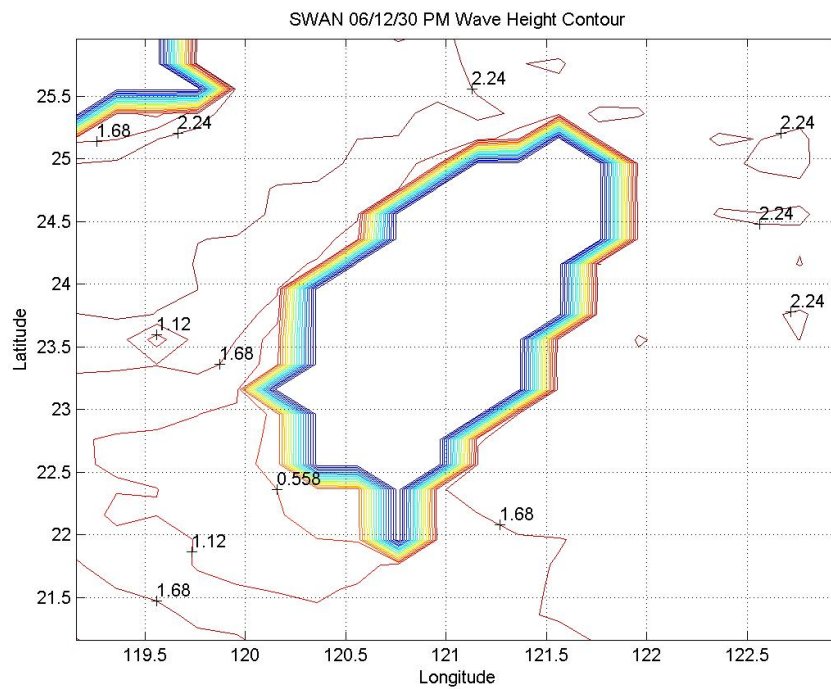


圖 3-19(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/30 下午)

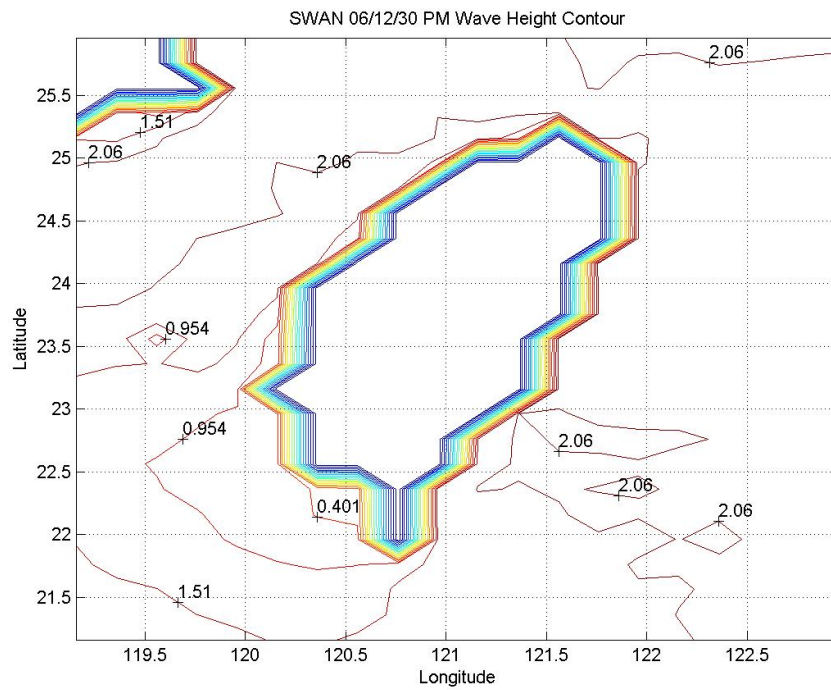


圖 3-19(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/30 下午)

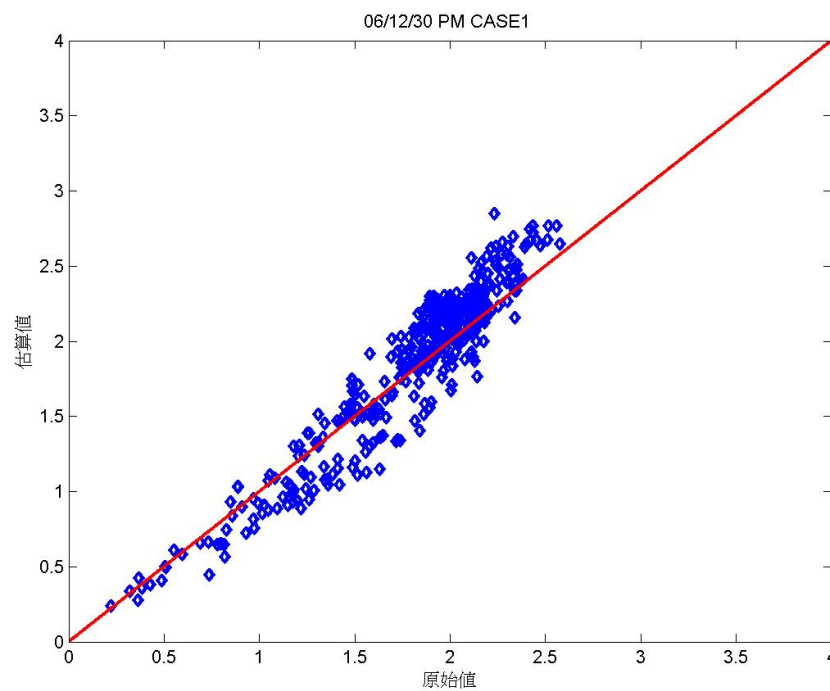


圖 3-19(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/30 下午)

表 3-2 誤差分析資料表

| 06/12/02 AM | CASE1      | CASE2       | CASE3       | CASE4       |
|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 平均波高誤差(%)   | 7.13949767 | 1.720441342 | 2.012625768 | 2.499229873 |
| 標準偏差(%平均波高) | 12.4813875 | 9.793334246 | 7.763959721 | 7.540536765 |

| 06/12/06 PM | CASE1      | CASE2       | CASE3       | CASE4       |
|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 平均波高誤差(%)   | 6.49893107 | 1.18365048  | 1.850125418 | 0.645100245 |
| 標準偏差(%平均波高) | 14.0958783 | 10.71938236 | 9.748837214 | 12.45085684 |

| 06/12/13 AM | CASE1      | CASE2       | CASE3       | CASE4       |
|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 平均波高誤差(%)   | 1.87567539 | 8.047095845 | 6.019728907 | 2.44634323  |
| 標準偏差(%平均波高) | 8.12165347 | 9.623912939 | 8.430545563 | 8.057206229 |

| 06/12/18 PM | CASE1      | CASE2       | CASE3       | CASE4       |
|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 平均波高誤差(%)   | 4.40663152 | 7.223975063 | 4.427597234 | 6.74303469  |
| 標準偏差(%平均波高) | 19.1253762 | 21.03092987 | 20.28875656 | 21.54461964 |

| 06/12/26 AM | CASE1      | CASE2       | CASE3       | CASE4       |
|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 平均波高誤差(%)   | 2.7127105  | 0.916414798 | 1.286731828 | 0.438764778 |
| 標準偏差(%平均波高) | 6.62765068 | 6.97901782  | 7.18545525  | 6.126074484 |

| 06/12/30 PM | CASE1      | CASE2       | CASE3       | CASE4       |
|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|
| 平均波高誤差(%)   | 2.97594849 | 3.246835681 | 0.672350904 | 2.156307683 |
| 標準偏差(%平均波高) | 11.0445978 | 10.68527621 | 9.655904254 | 9.746819791 |

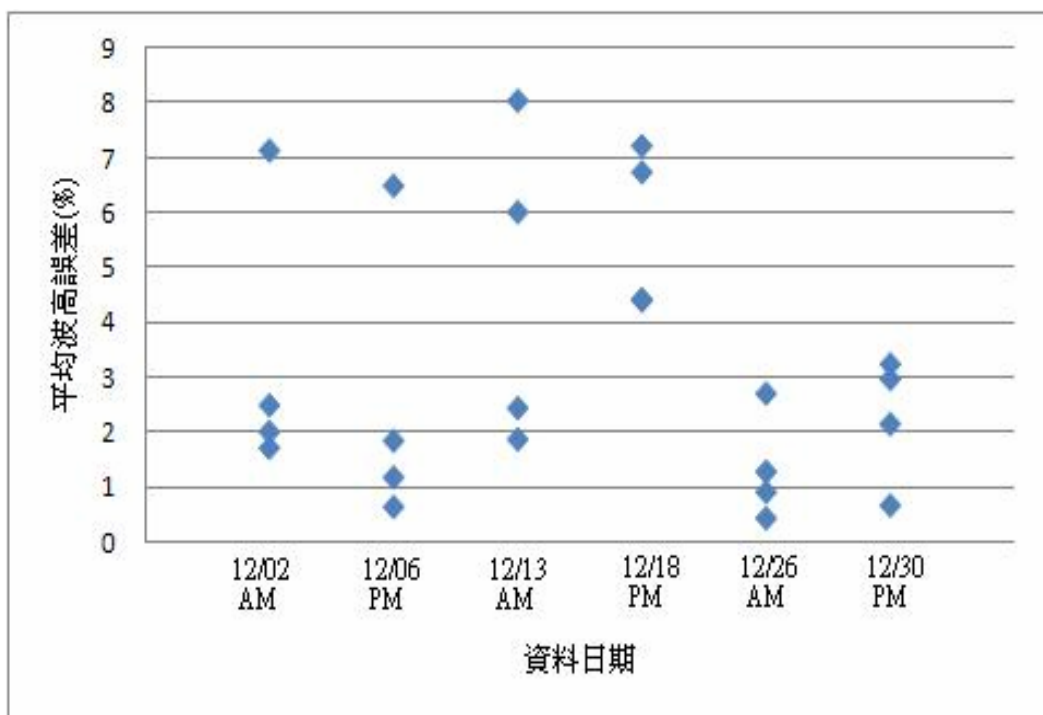


圖 3-20(a) 單月平均波高誤差

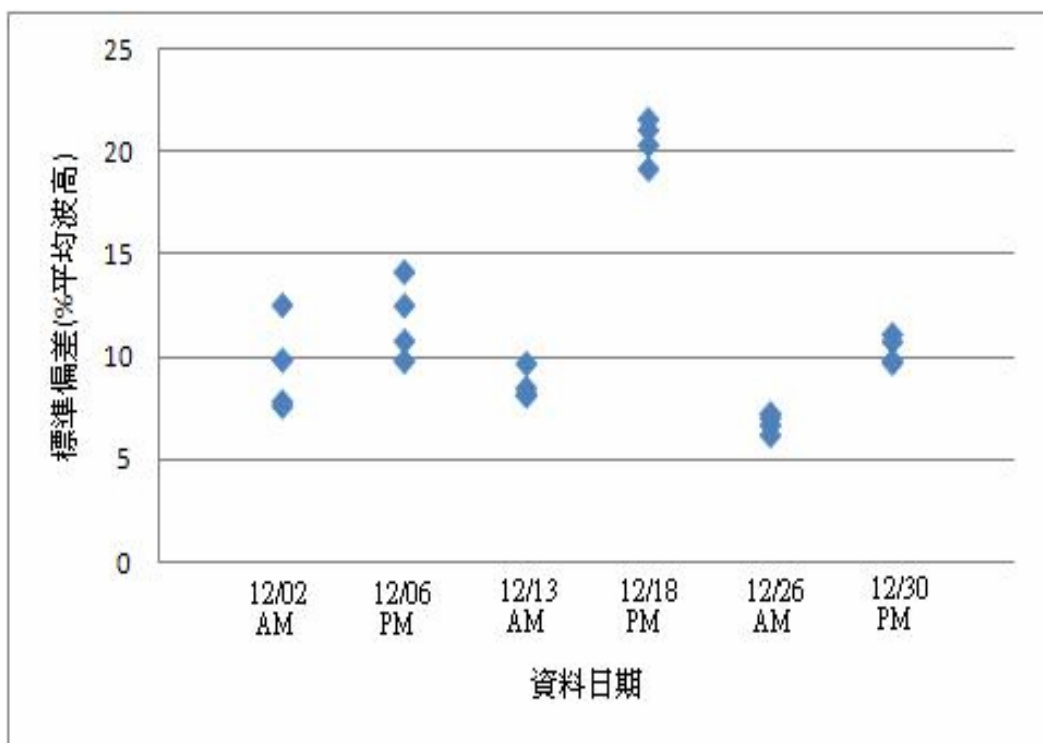


圖 3-20(b) 單月波高標準偏差(%平均波高)

### 3.5 單季波浪空間分佈之重建

原始資料為  $101 \times 126$  的網格點，本節中同樣將網格點之間隔加大，成為一個  $20 \times 25$  的網格面。並先用波高為例加以分析並繪圖。

而本節中使用的類神經網路模式與 3.3 節及 3.4 節所示相同，採用多層類神經網路模式，此類神經網路共有四層，包含一個輸入層 ( $3 \times 50=150$  nodes)，二個隱藏層(各 412 nodes 及 412nodes)，以及一個輸出層(412nodes)。前後的神經元(node)彼此連結，通常神經元具有非線性轉移函數，本節同樣採用 sigmoid function。而訓練樣本為一季上午及下午資料扣除缺值的資料後共 102 組資料中，隨機再由  $20 \times 25$ (共 500 點)網格點中取出的 50 點作為訓練樣本(102 組中每組個別隨機選取 100 個訓練樣本資料，亦即構成共 10200 組訓練資料)。訓練完成後再由季節內任意選取十二天資料，個別重新隨機抽取 4 組樣本資料反算原樣本全貌，並各別繪圖與比較確認。

圖 3-21 所示是以 2006/12/02 上午的原始資料所畫出的波高等高線圖，而圖 3-22(a)~圖 3-22(d)則為類神經網路模式訓練完成後，就 2006/12/02 上午的資料，4 次重新隨機抽取 50 個波高點資料，反算出 412 個波高點所繪製的波高等高線圖。此外圖 3-22(e)表示第一組反算結果資料與原始資料所做之偏離分析。結果顯示以單季資料訓練完成後的類神經網路模式仍可大致上良好重現該季中任一天的波高空間分佈的全貌。數值上雖有些許差異，但整體空間分佈的趨勢仍被充分掌握。如此，同樣依序以 2006/12/06 下午、2006/12/13 上午、2006/12/18 下午、2006/12/26 上午、2006/12/30 下午、2006/01/04 上午、2006/01/15 下午、2006/01/24 上午、2006/02/21、2006/02/25 及 2006/02/28 的資料為例，分別顯示原始資料所畫出的波高等高線圖，以及類神經網路模式訓練完成後，就該日資料，4 次重新隨機抽取 50 個波高點資料，反算出 412 個波高點所繪製的波高等高線圖。分別如圖 3-23 及圖 3-24(a)~圖 3-24(e)、圖 3-25 及圖 3-26(a)~圖 3-26 (e)、圖 3-27 及圖 3-28(a)~圖 3-28(e)、圖 3-29 及圖 3-30(a)~圖 3-30(e)、圖 3-31 及圖 3-32(a)~圖

3-32(e)、圖 3-33 及圖 3-34(a)~圖 3-34(e)、圖 3-35 及圖 3-36(a)~圖 3-36(e)、圖 3-37 及圖 3-38(a)~圖 3-38(e)、圖 3-39 及圖 3-40(a)~圖 3-40(e)、圖 3-41 及圖 3-42(a)~圖 3-42(e)以及圖 3-43 及圖 3-44(a)~圖 3-44(e)所示。而表 3-3 為依據反算結果資料與原始資料所做之誤差分析，圖 3-45(a)以及 3-45(b)則依據表 3-3 作圖，分別表示單日平均波高誤差以及單日標準偏差(%平均波高)。各組對應資料皆顯示數值上雖有些許差異，但整體空間分佈的趨勢仍被訓練完成後的類神經網路模式充分掌握。

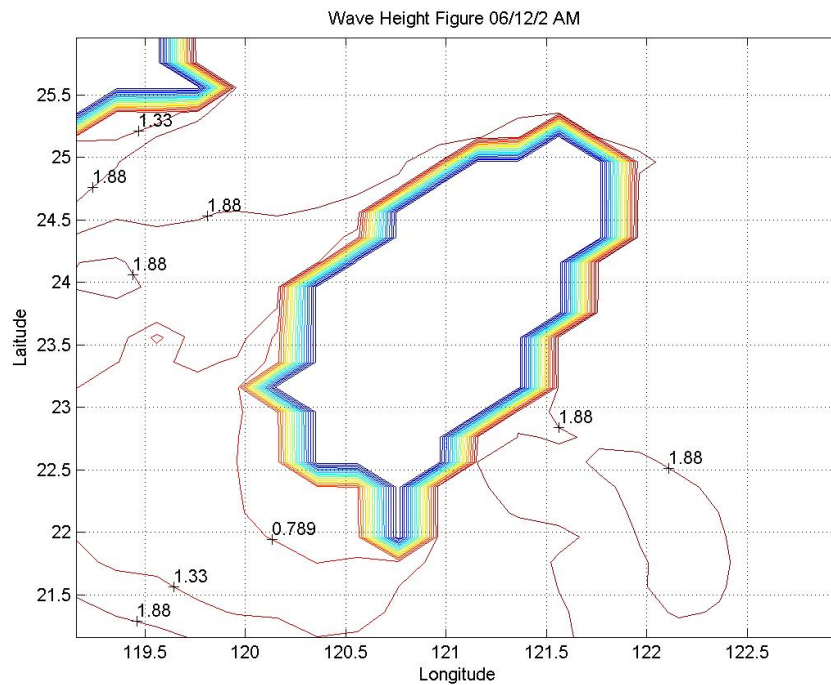


圖 3-21 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/02 上午)

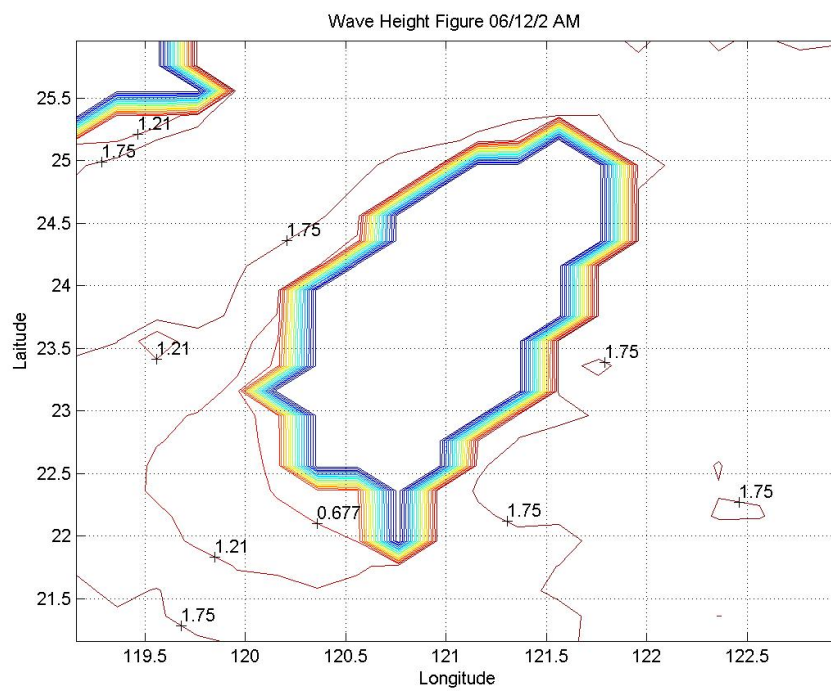


圖 3-22(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/02 上午)

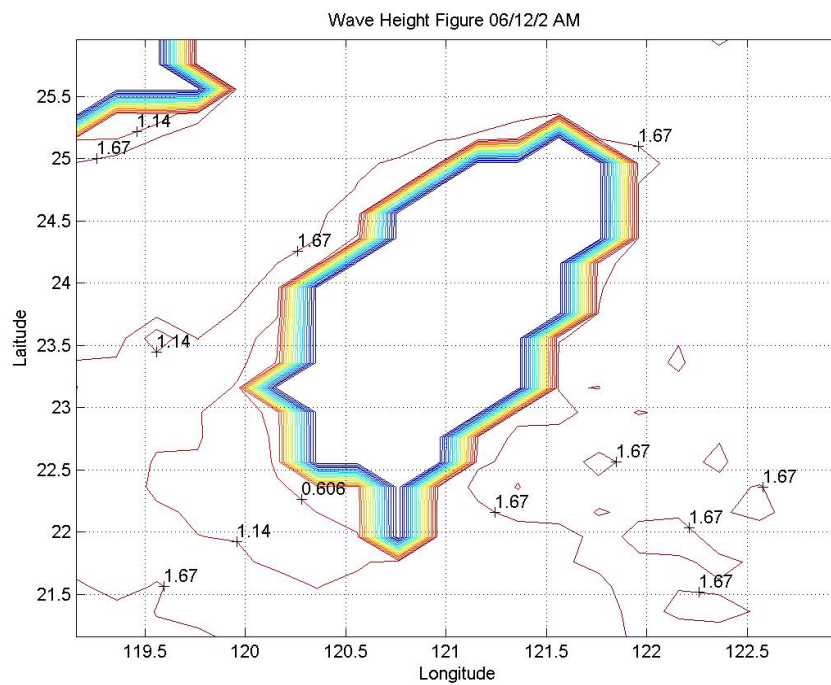


圖 3-22(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/02 上午)

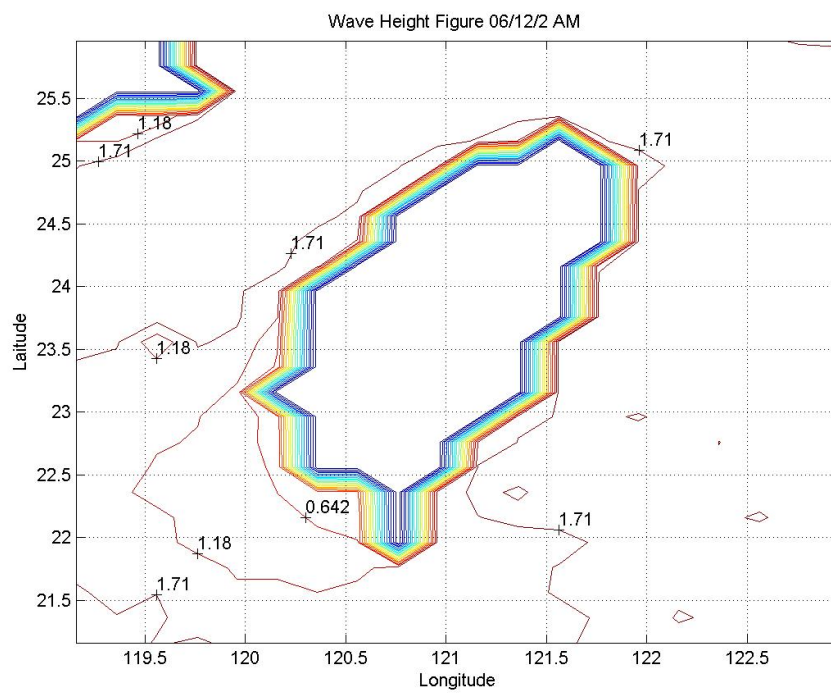


圖 3-22(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/02 上午)

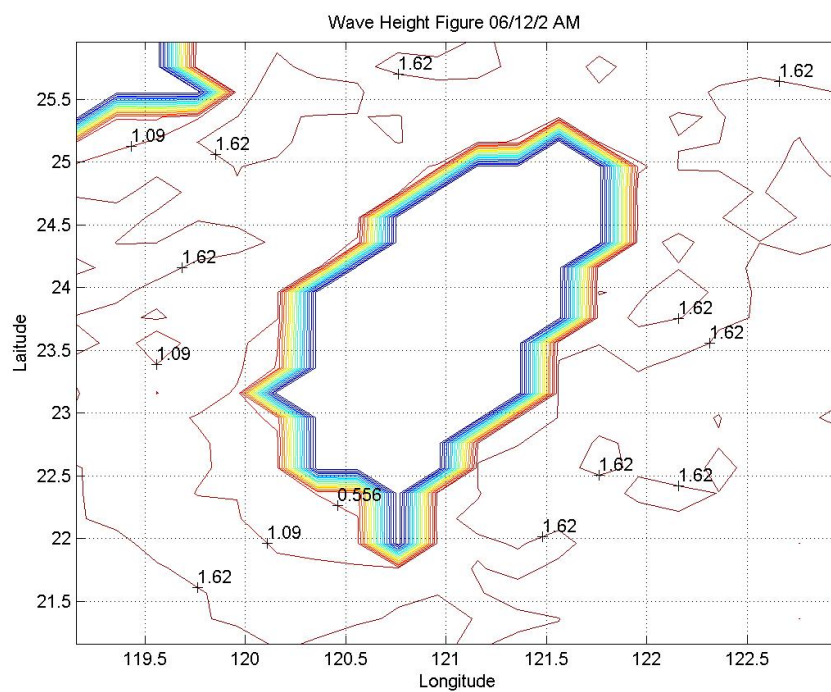


圖 3-22(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/02 上午)

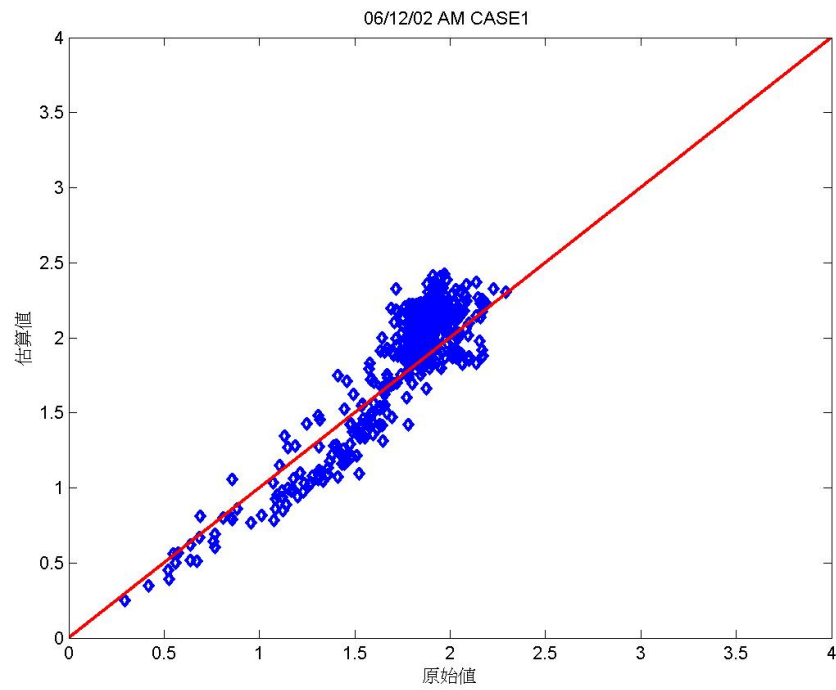


圖 3-22(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/02 上午)

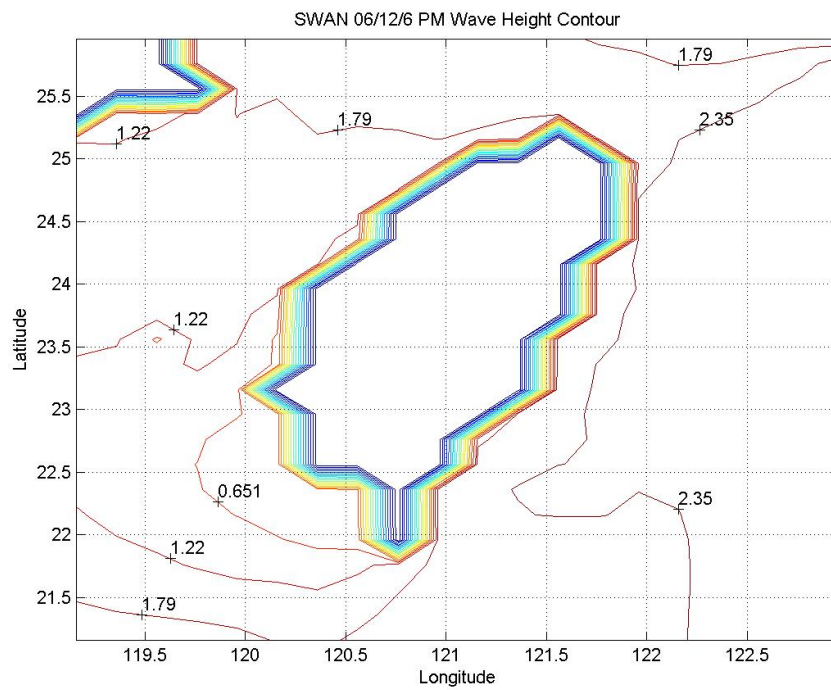


圖 3-23 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/06 下午)

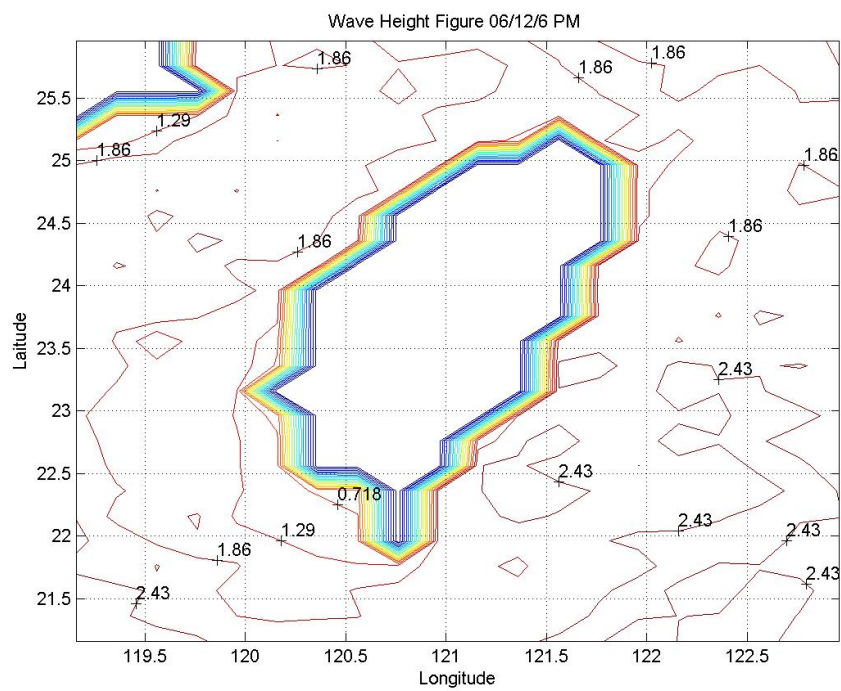


圖 3-24(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/06 下午)

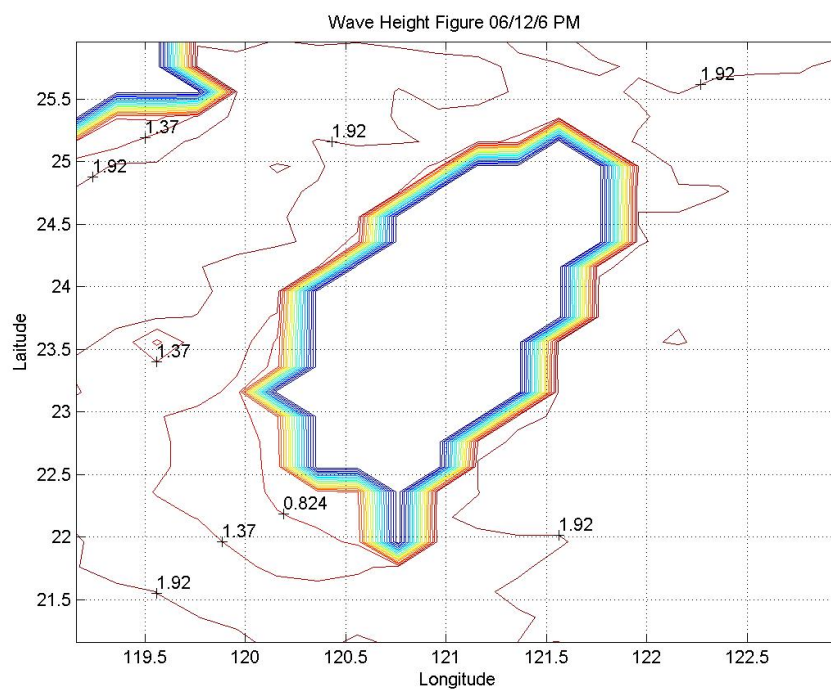


圖 3-24(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/06 下午)

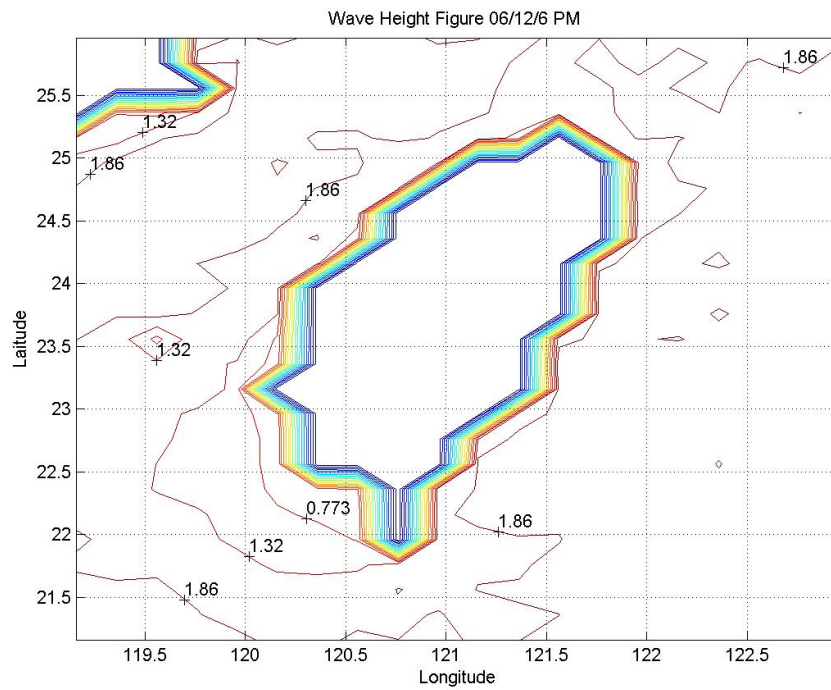


圖 3-24(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/06 下午)

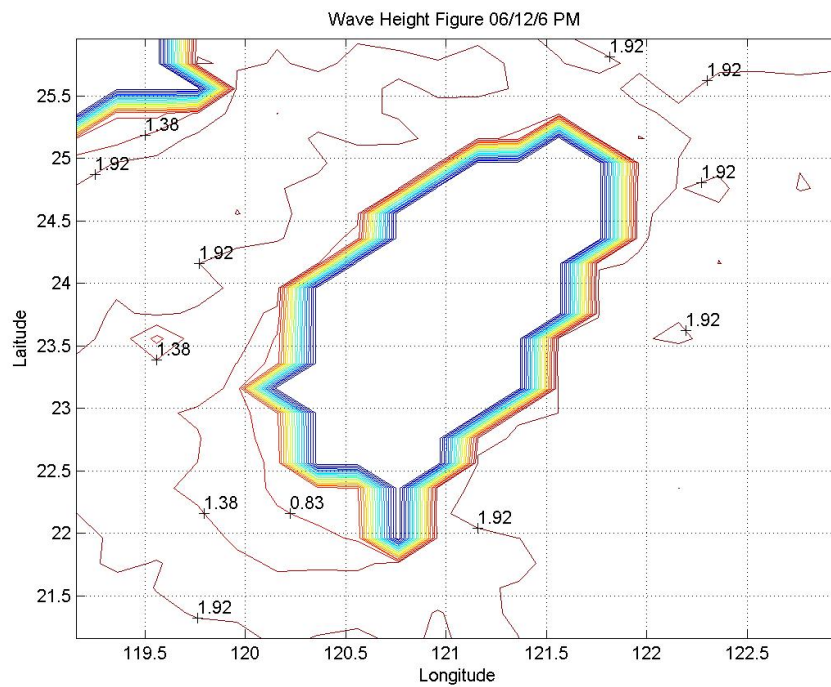


圖 3-24(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/06 下午)

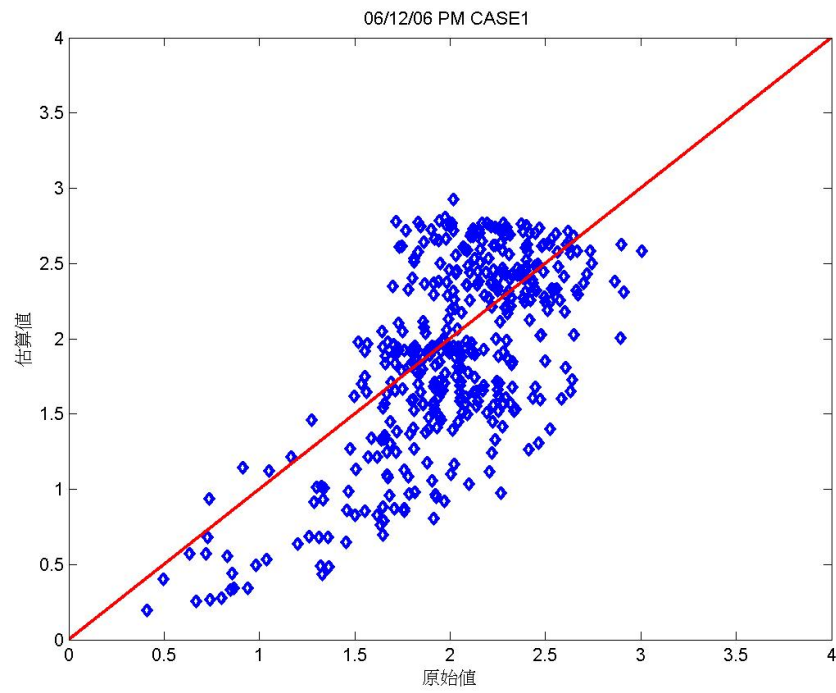


圖 3-24(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/06 下午)

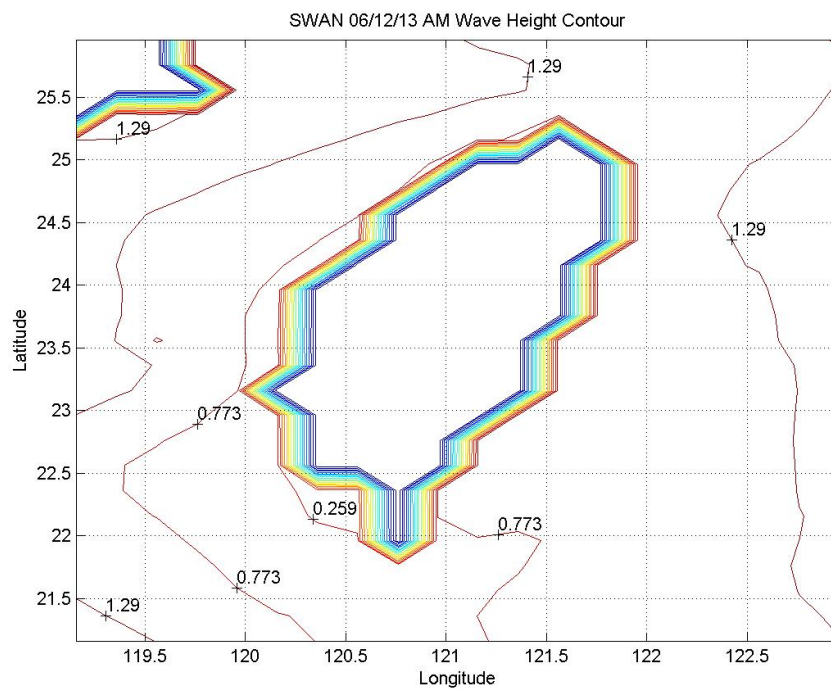


圖 3-25 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/13 上午)

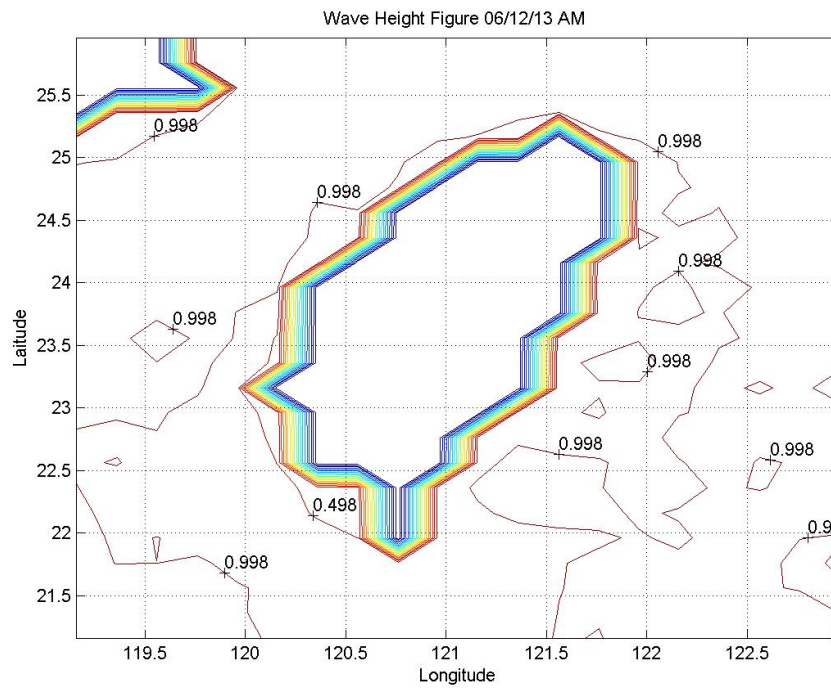


圖 3-26(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/13 上午)

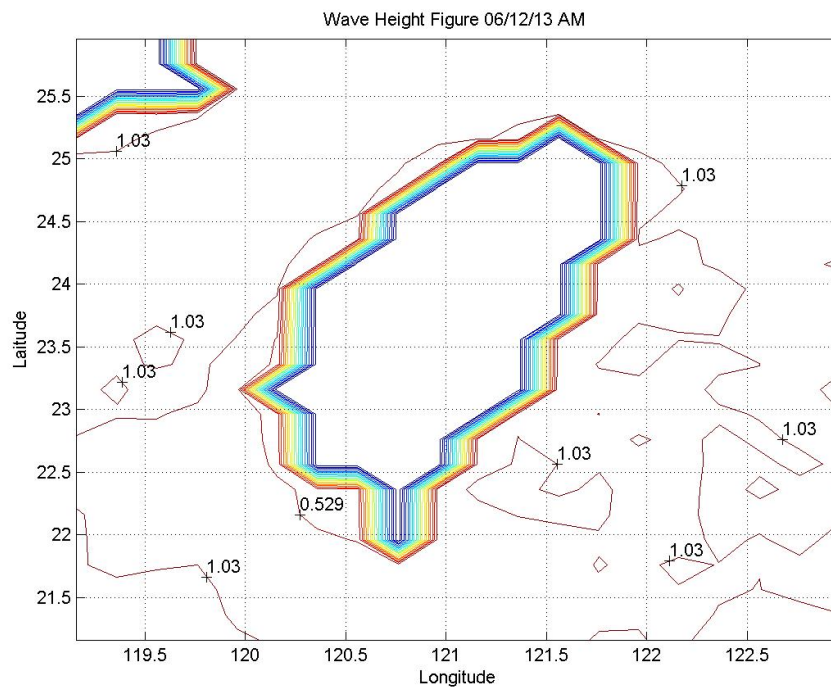


圖 3-26(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/13 上午)

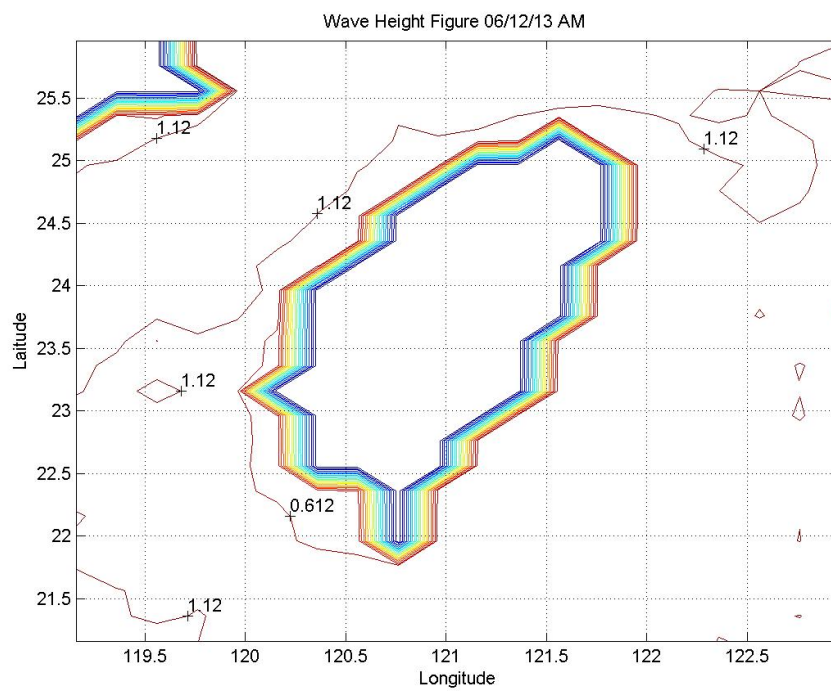


圖 3-26(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/13 上午)

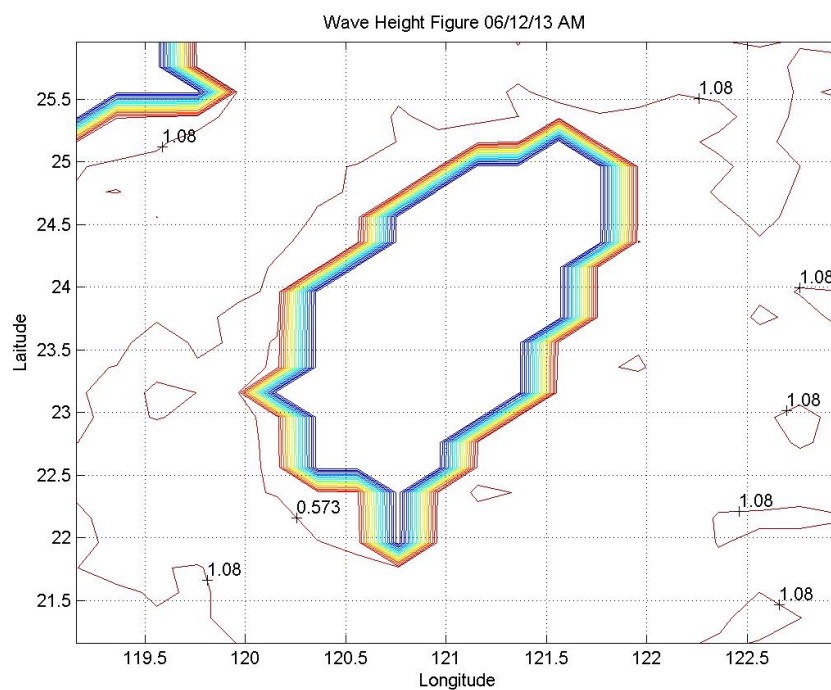


圖 3-26(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/13 上午)

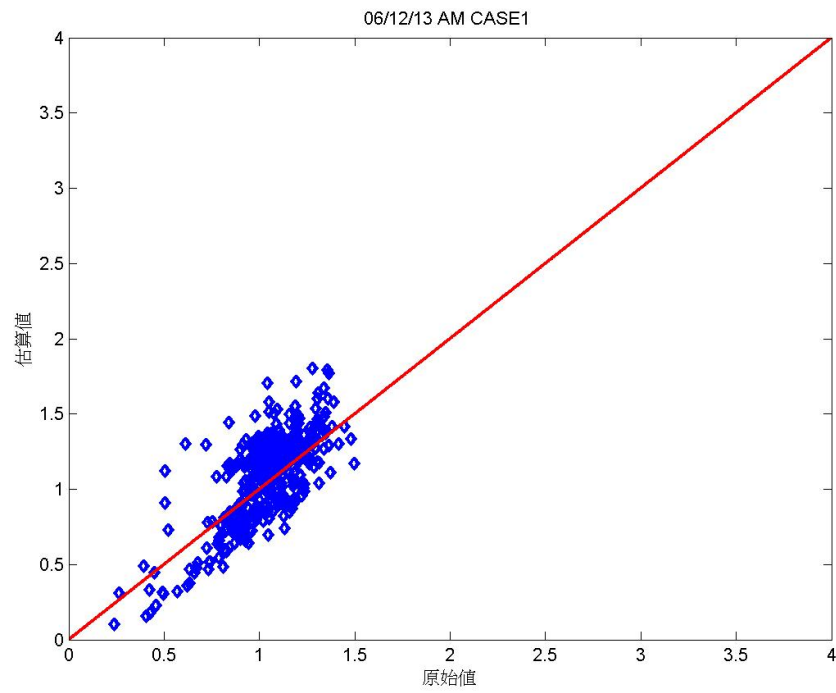


圖 3-26(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/13 上午)

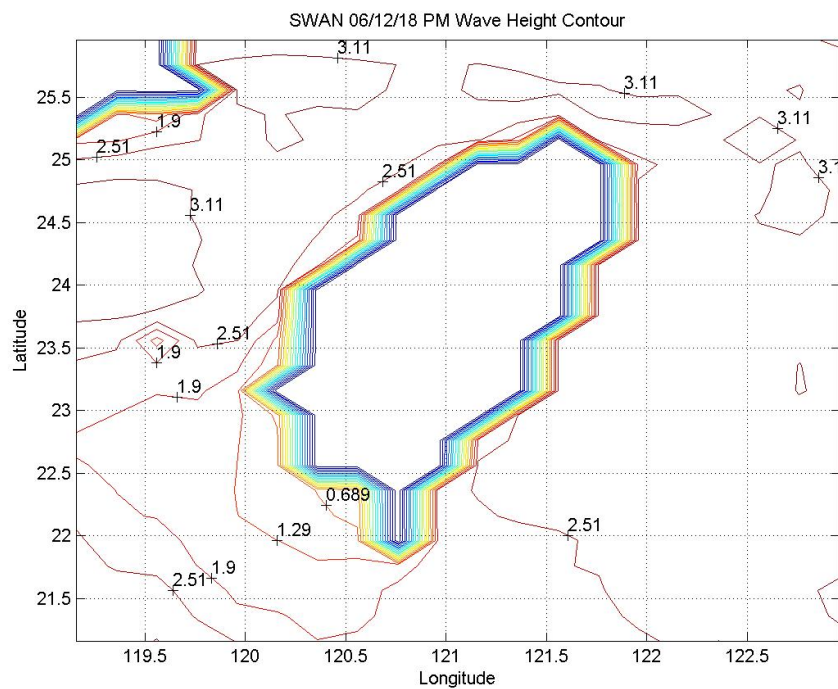


圖 3-27 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/18 下午)

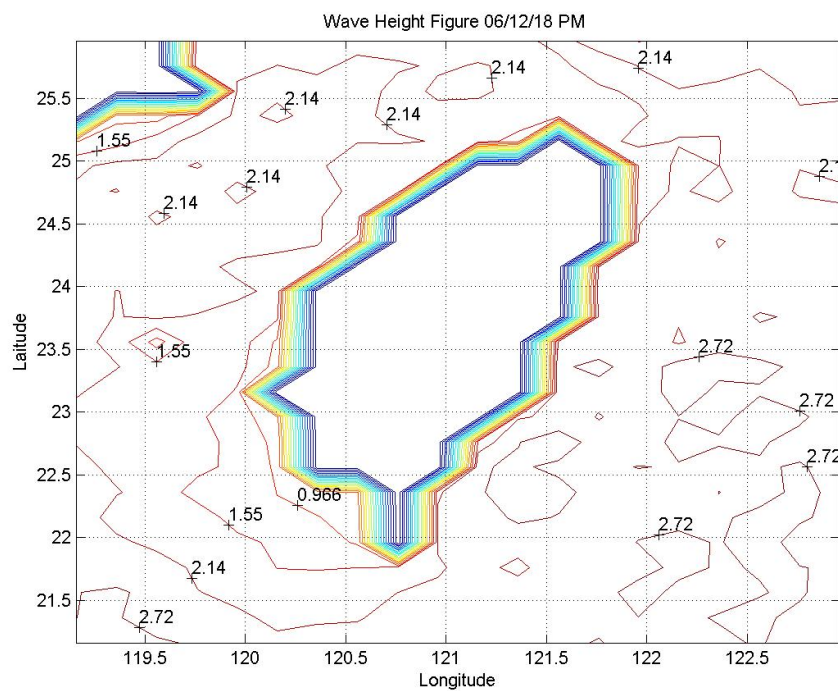


圖 3-28(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/18 下午)

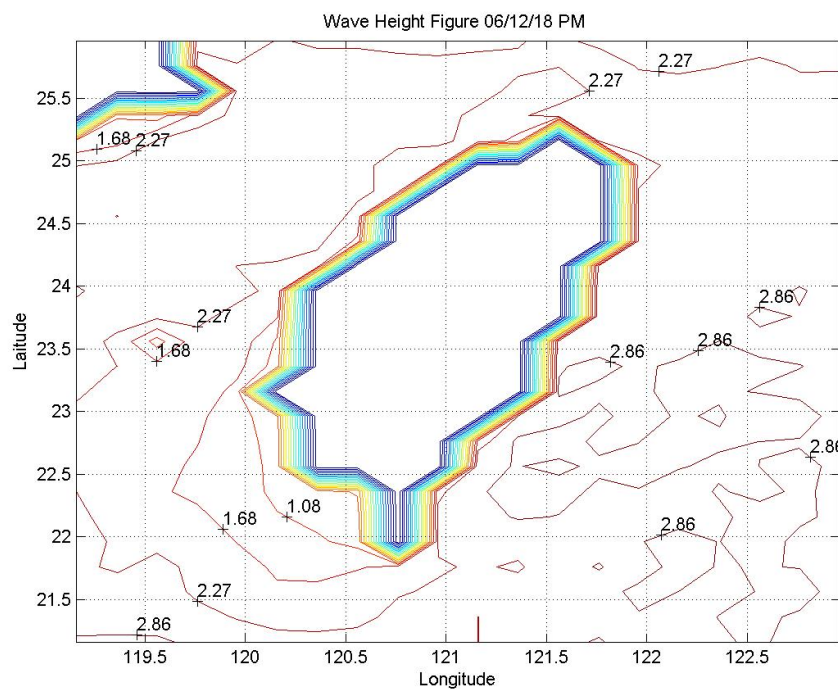


圖 3-28(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/18 下午)

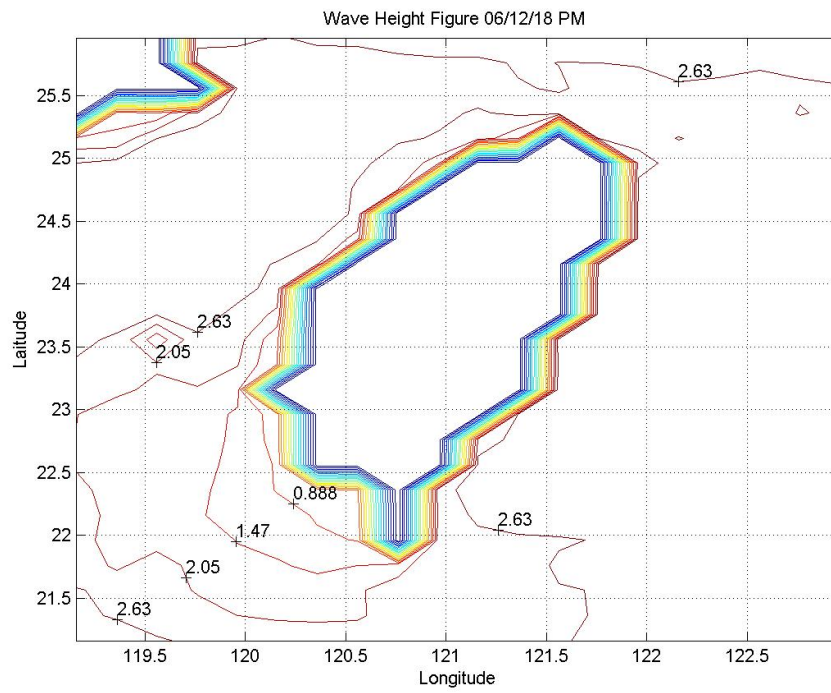


圖 3-28(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/18 下午)

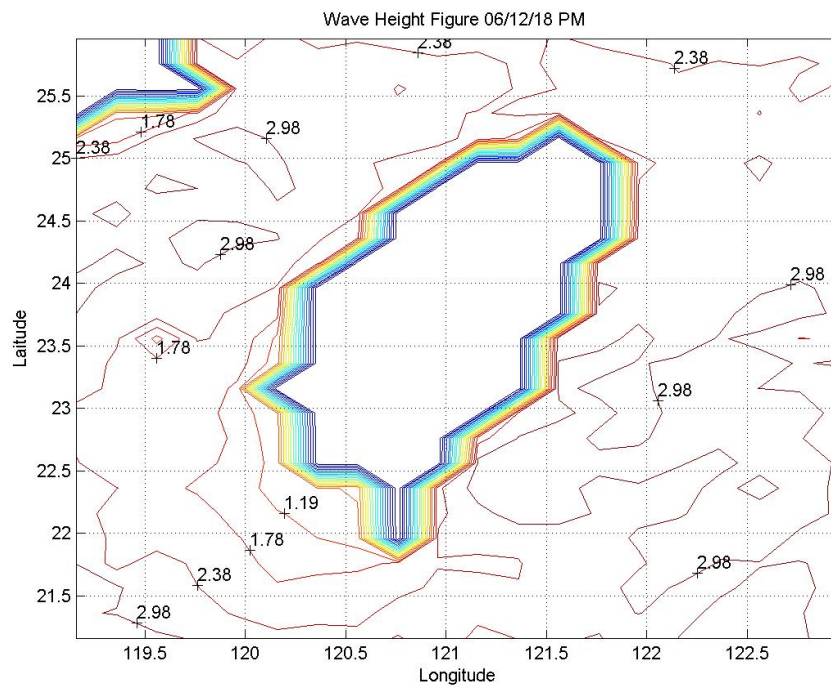


圖 3-28(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/18 下午)

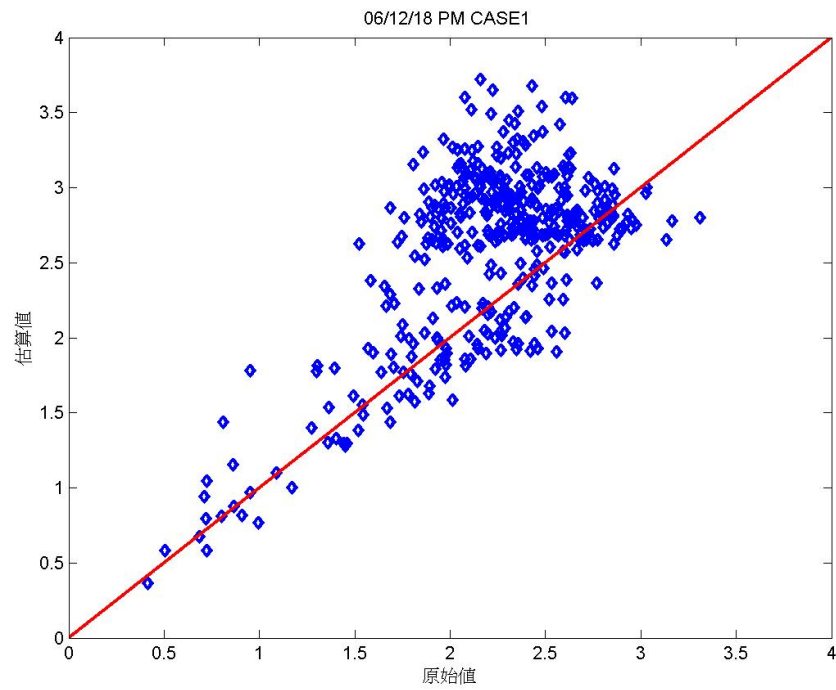


圖 3-28(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/18 下午)

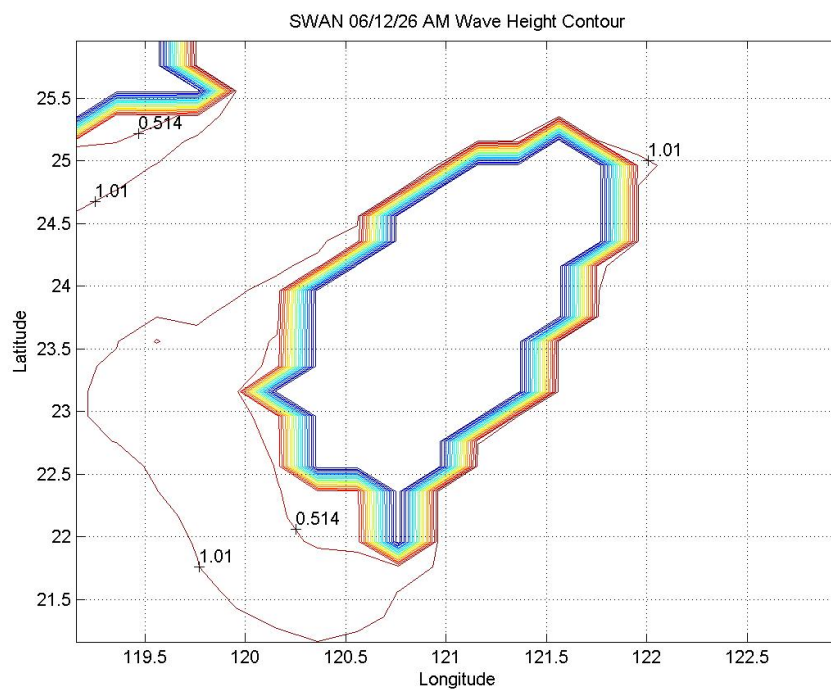


圖 3-29 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/26 上午)

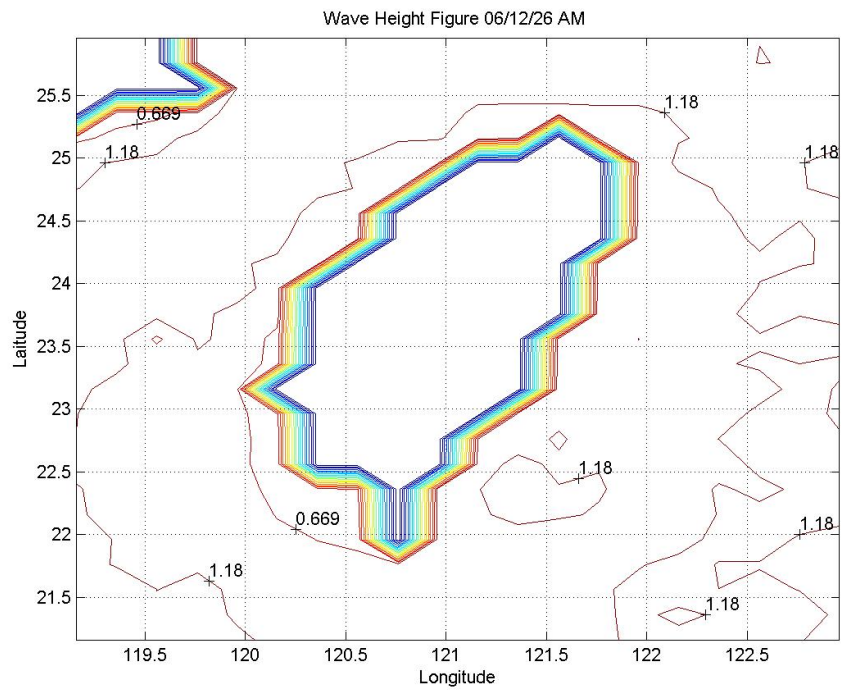


圖 3-30(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/26 上午)

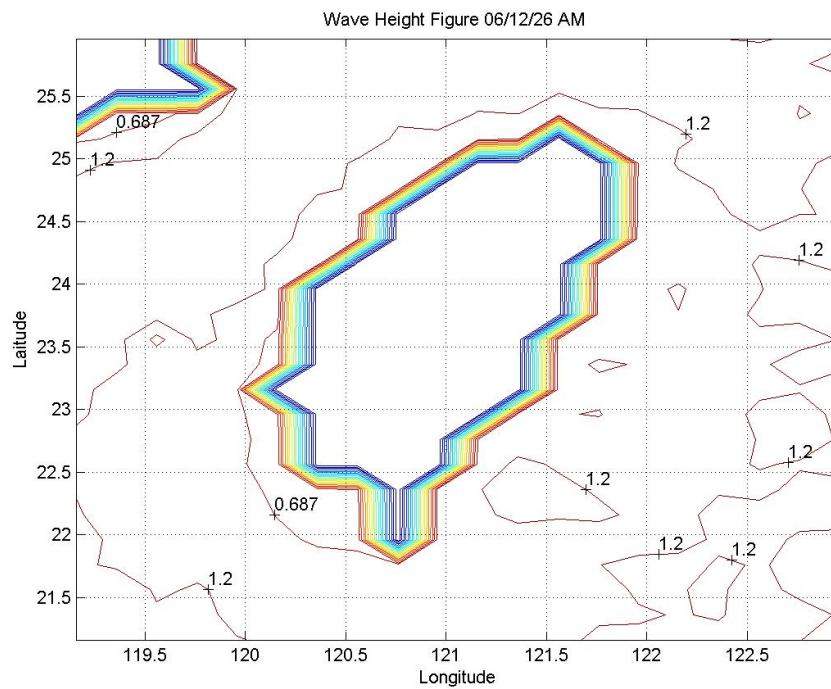


圖 3-30(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/26 上午)

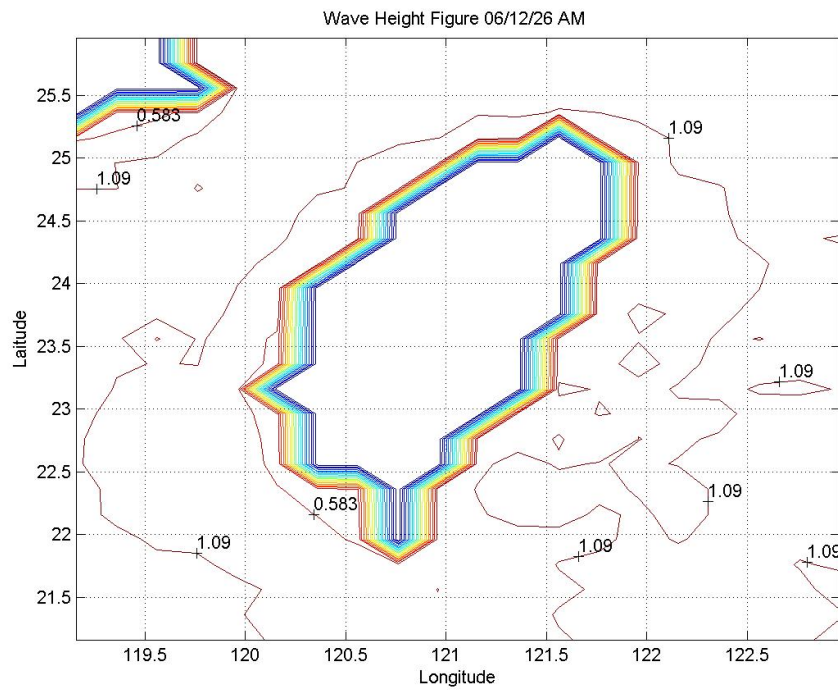


圖 3-30(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/26 上午)

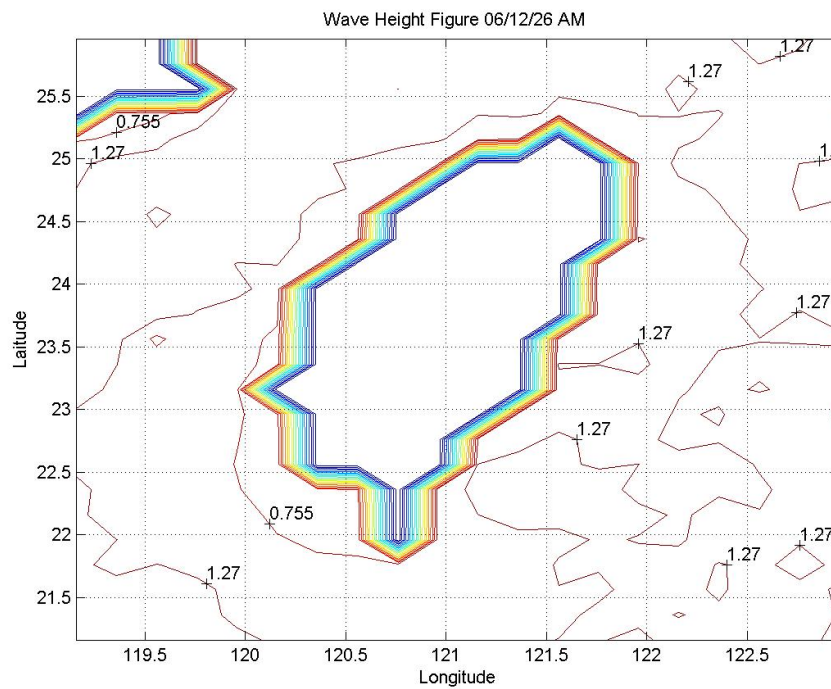


圖 3-30(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/26 上午)

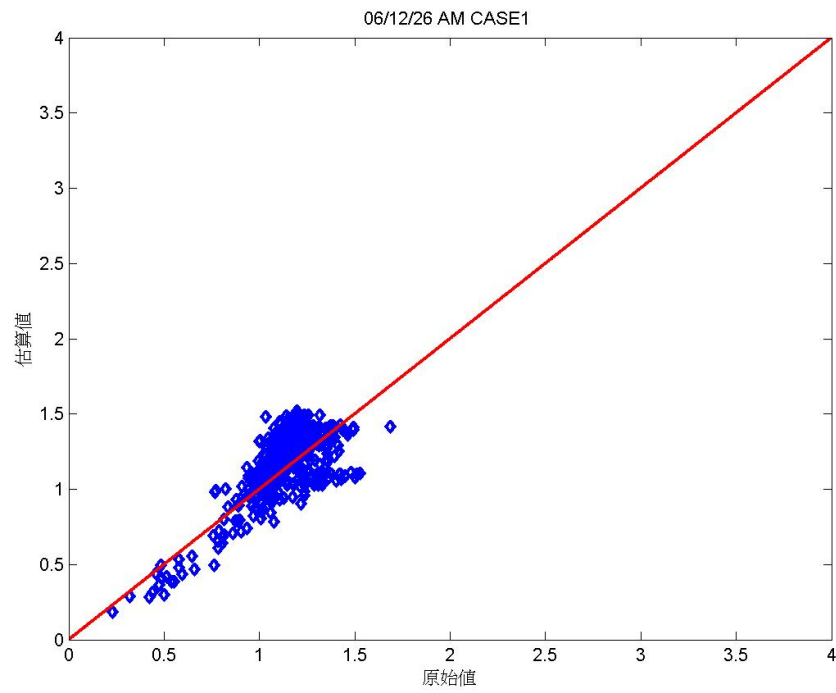


圖 3-30(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/26 上午)

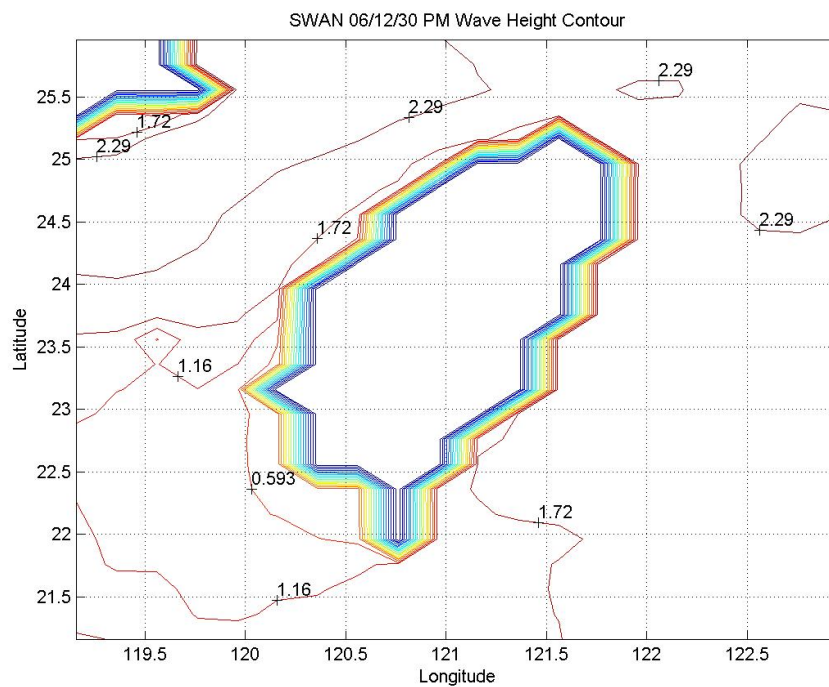


圖 3-31 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/30 下午)

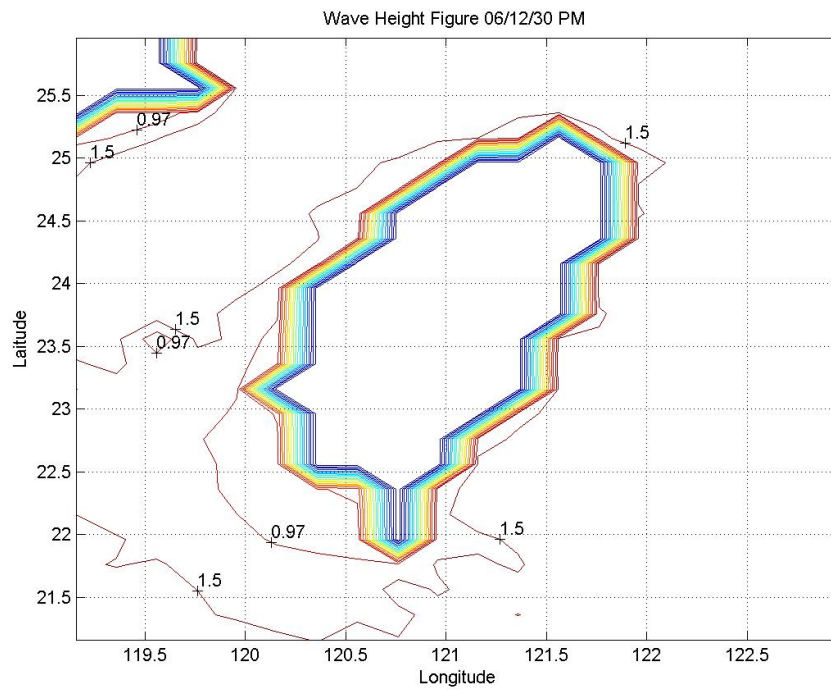


圖 3-32(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/30 下午)

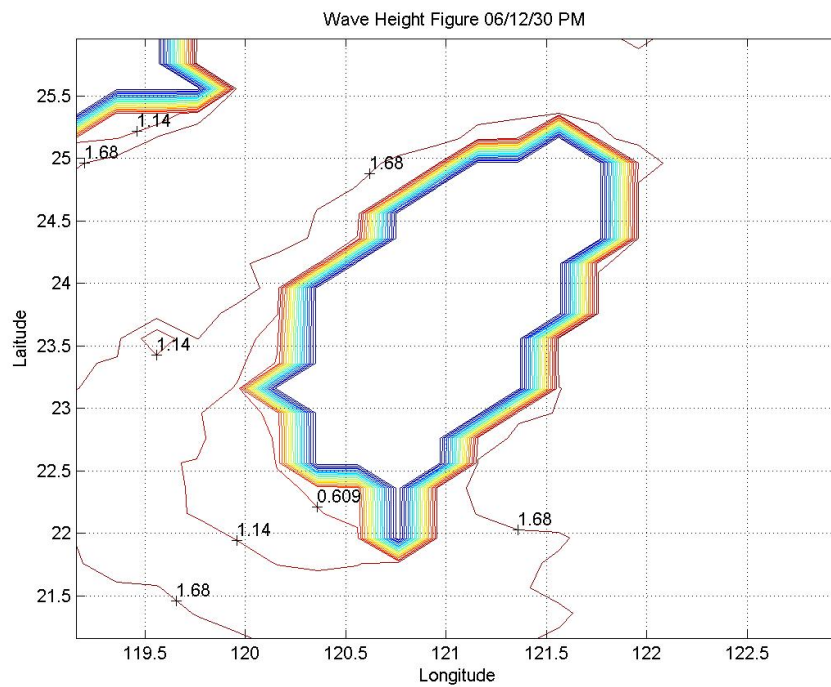


圖 3-32(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/30 下午)

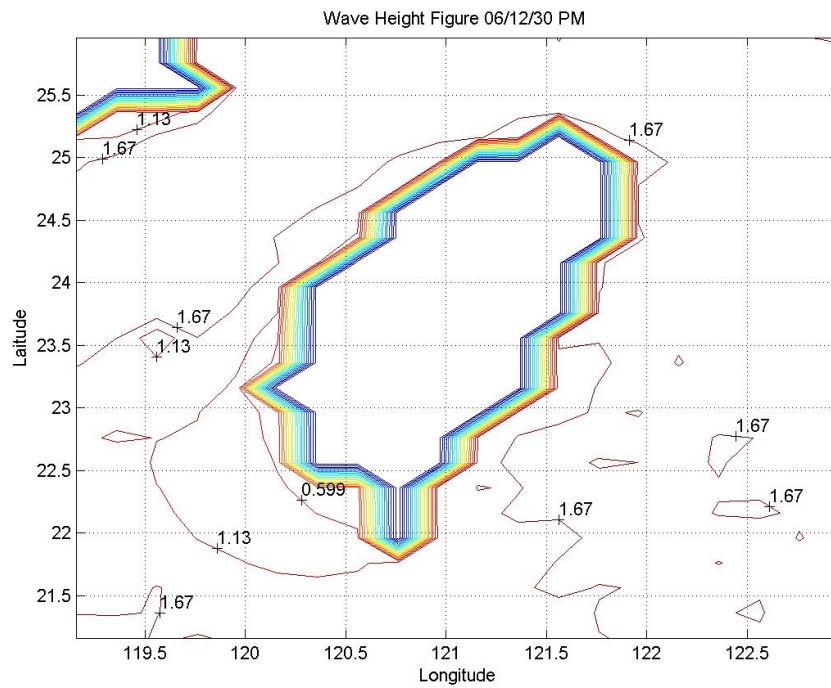


圖 3-32(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/30 下午)

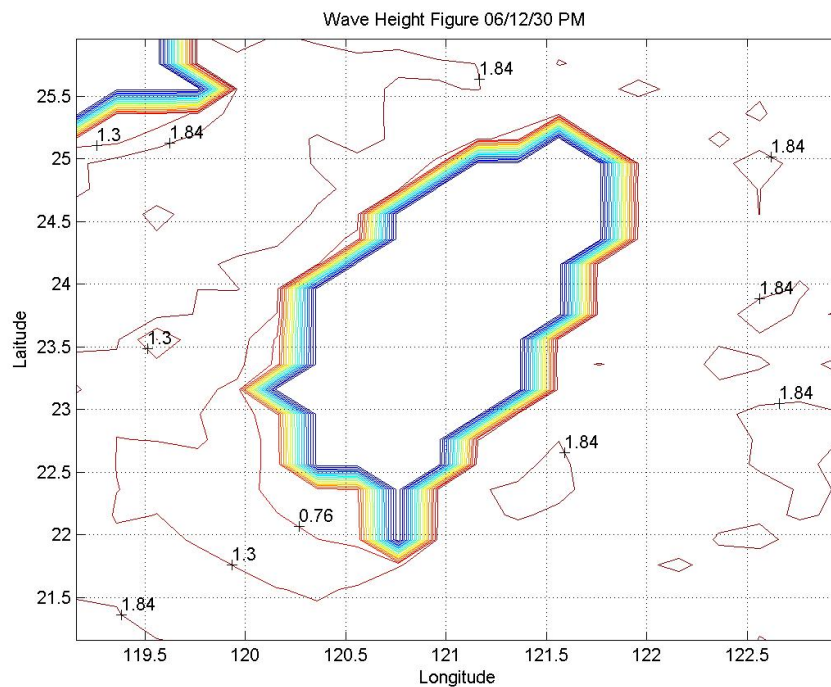


圖 3-32(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/12/30 下午)

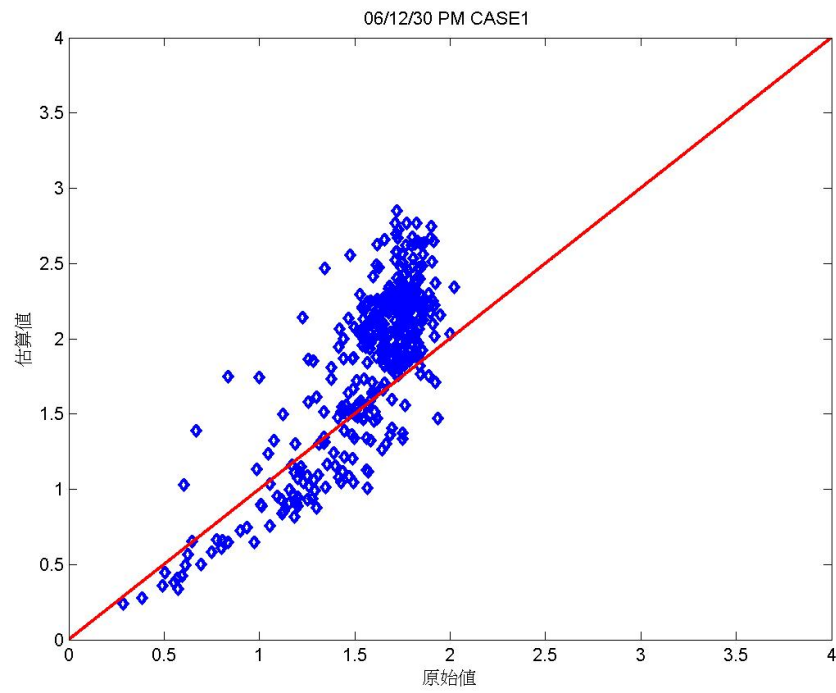


圖 3-32(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/12/30 下午)

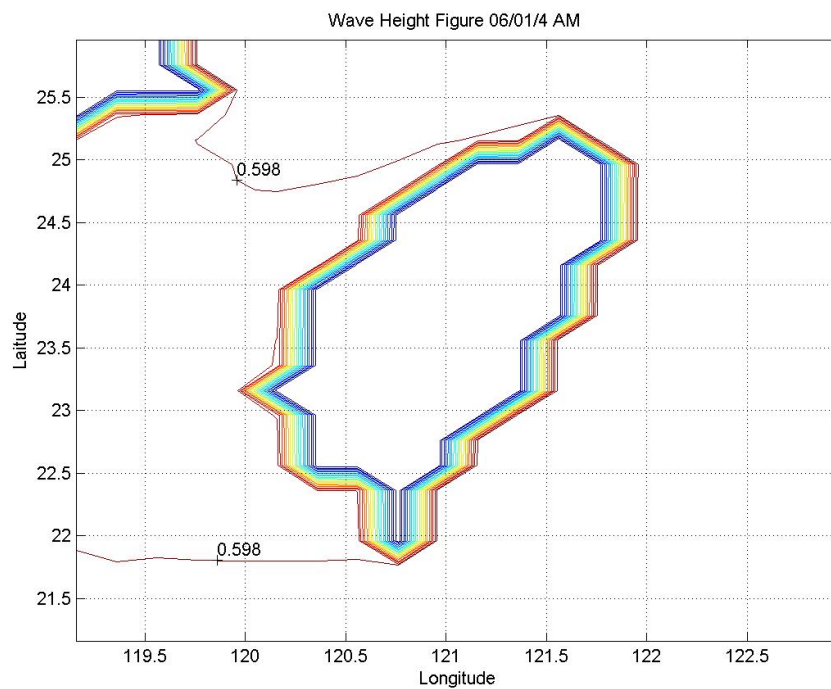


圖 3-33 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/01/04 上午)

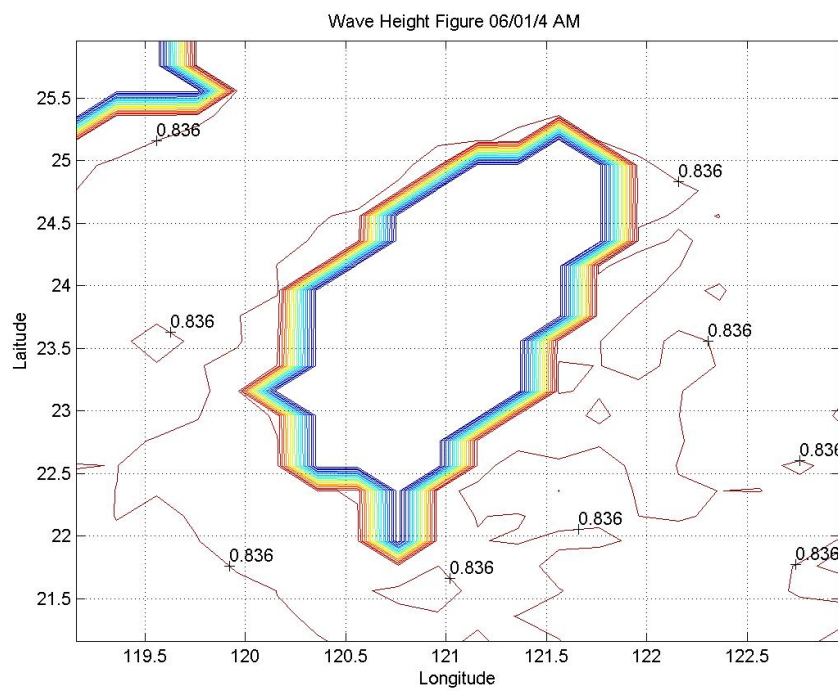


圖 3-34(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/01/04 上午)

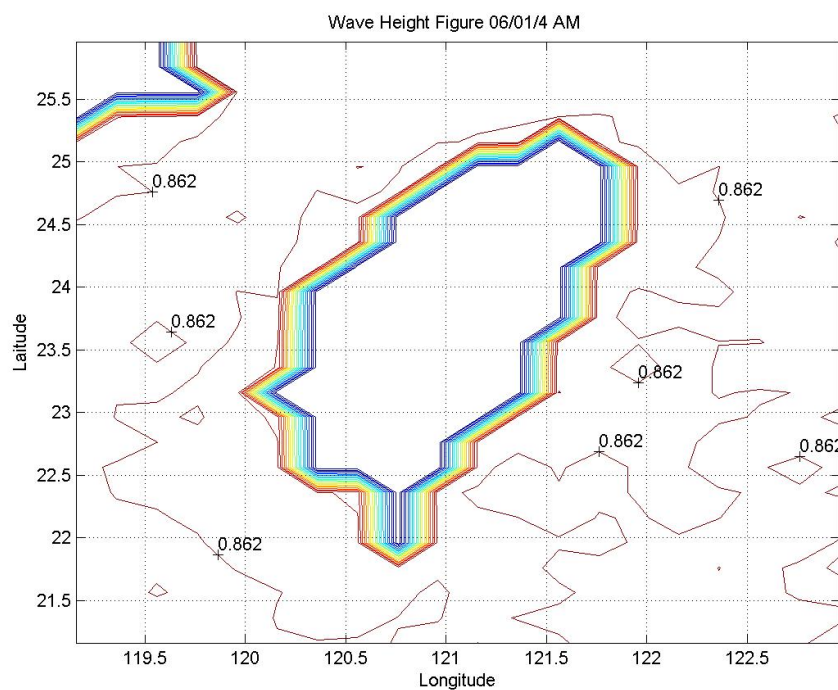


圖 3-34(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/01/04 上午)

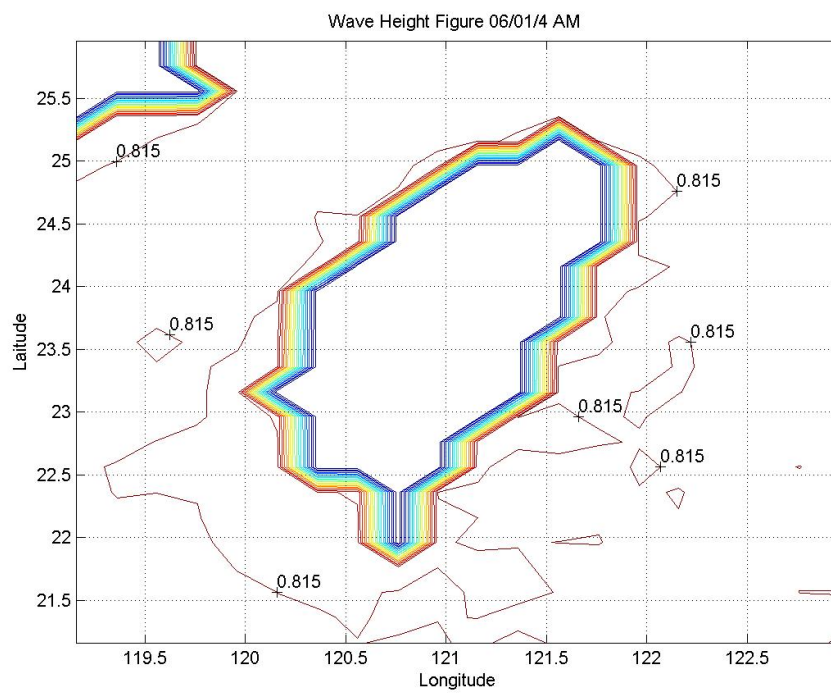


圖 3-34(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/01/04 上午)

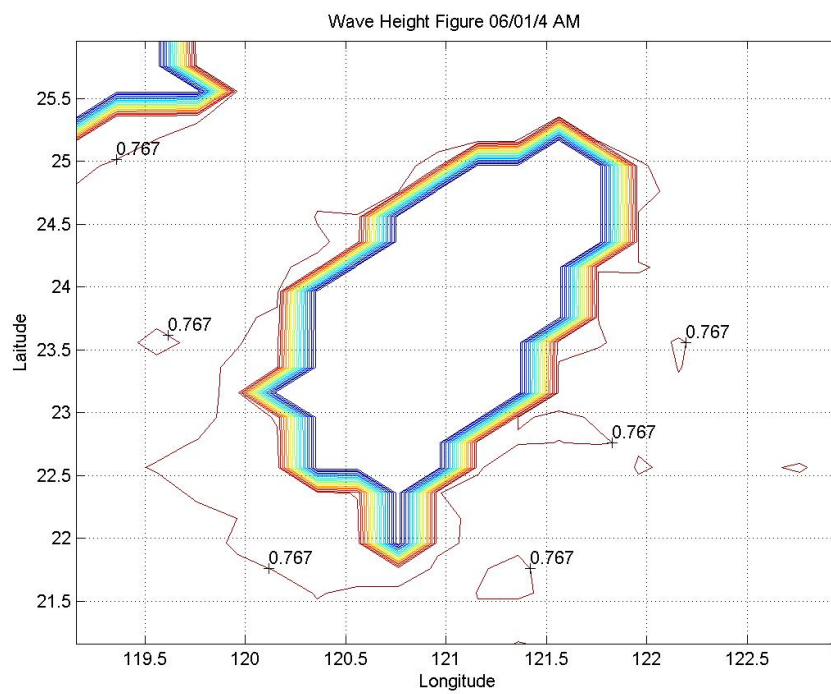


圖 3-34(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/01/04 上午)

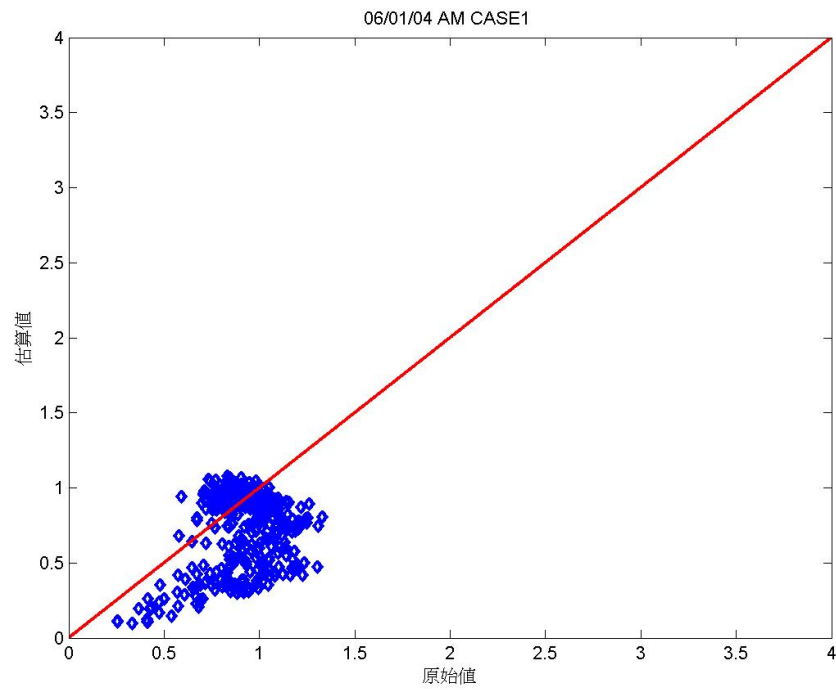


圖 3-34(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/01/04 上午)

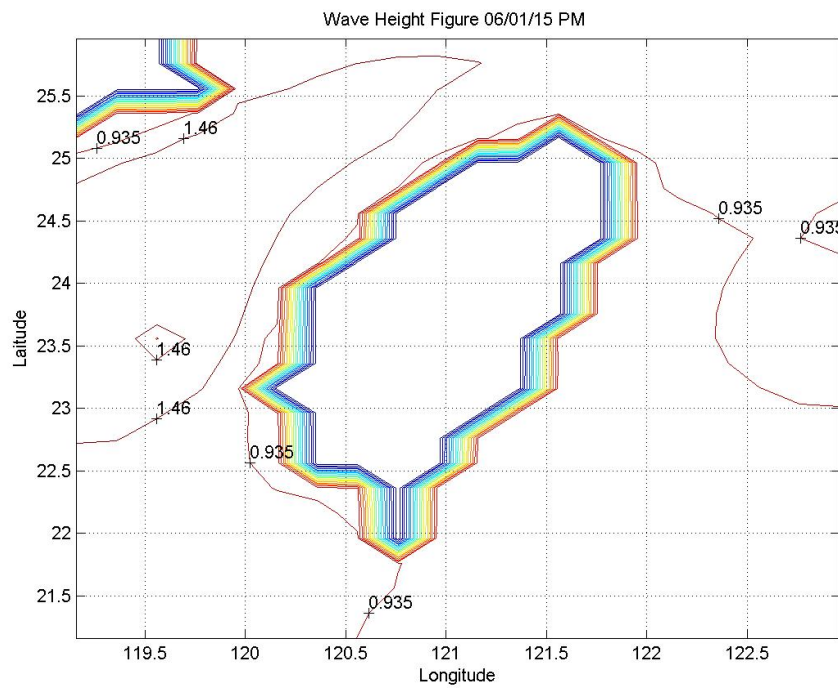


圖 3-35 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/12/06 下午)

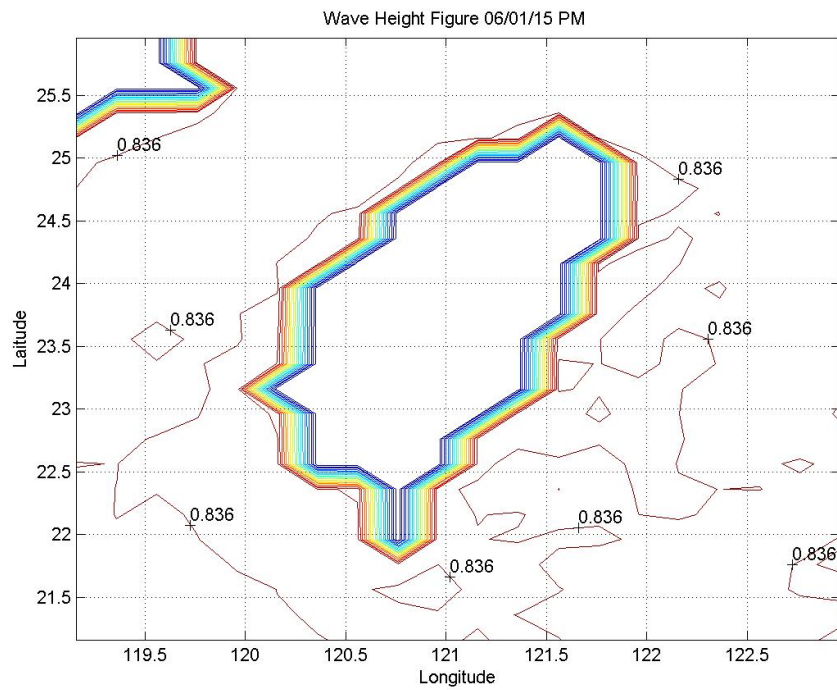


圖 3-36(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/01/15 下午)

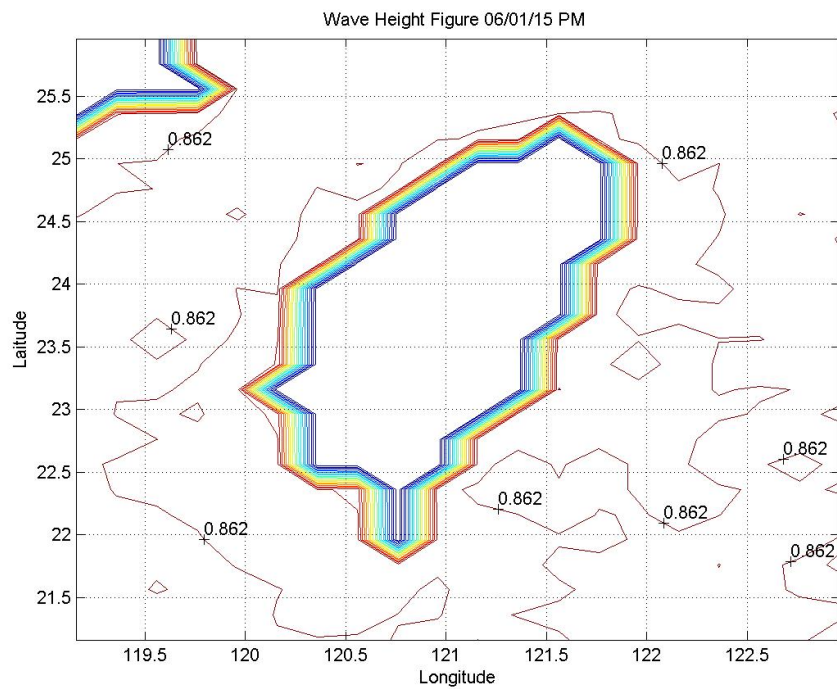


圖 3-36(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/01/15 下午)

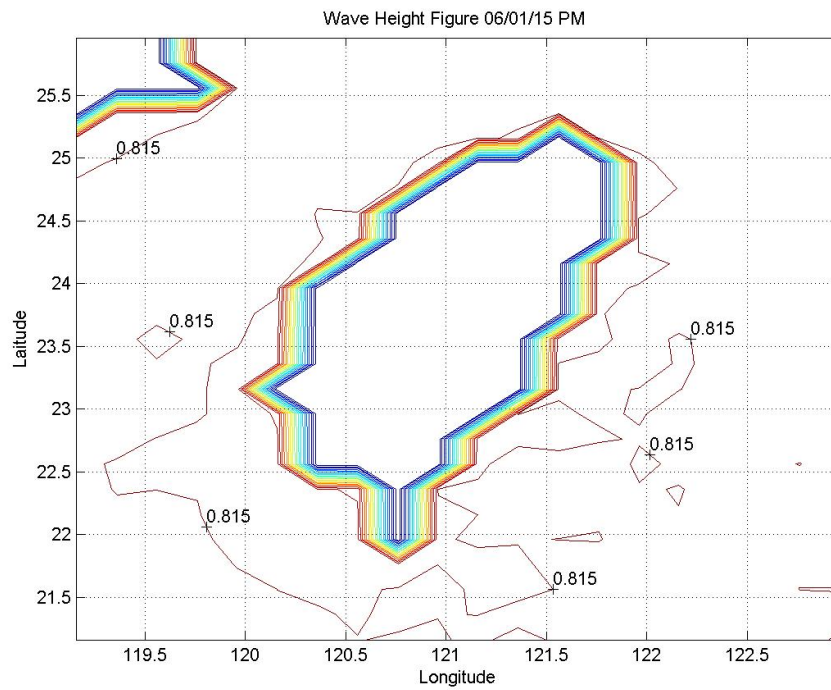


圖 3-36(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/01/15 下午)

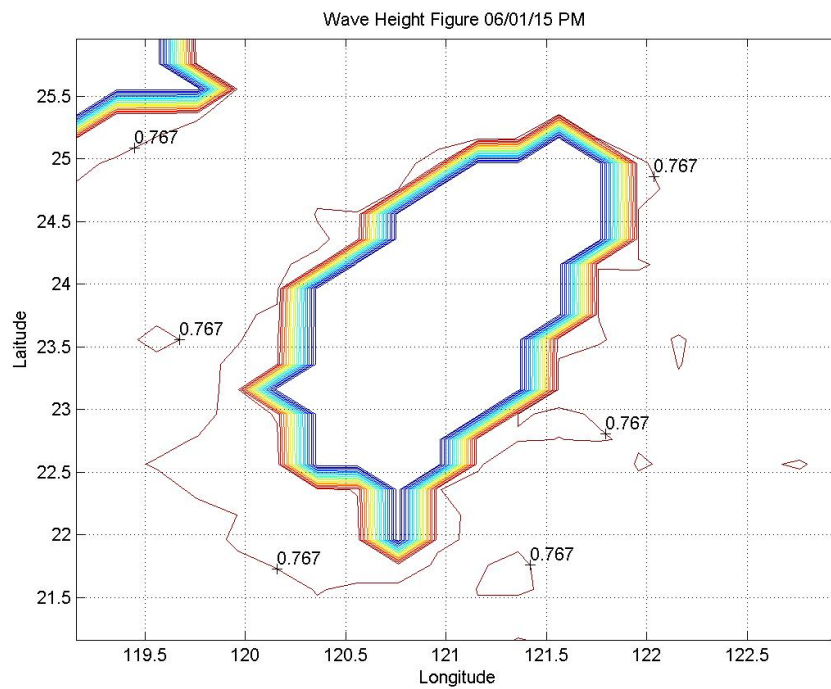


圖 3-36(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/01/15 下午)

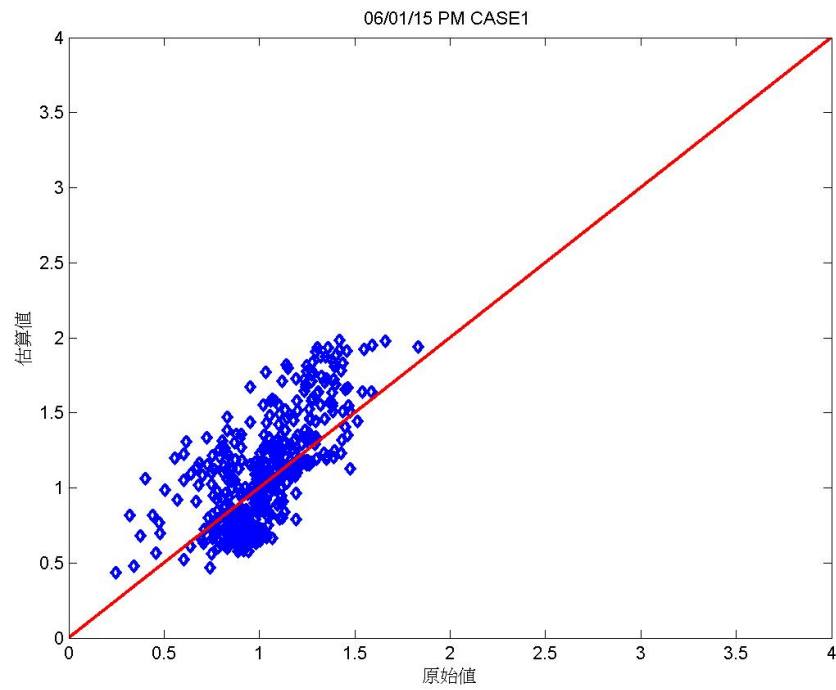


圖 3-36(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/01/15 下午)

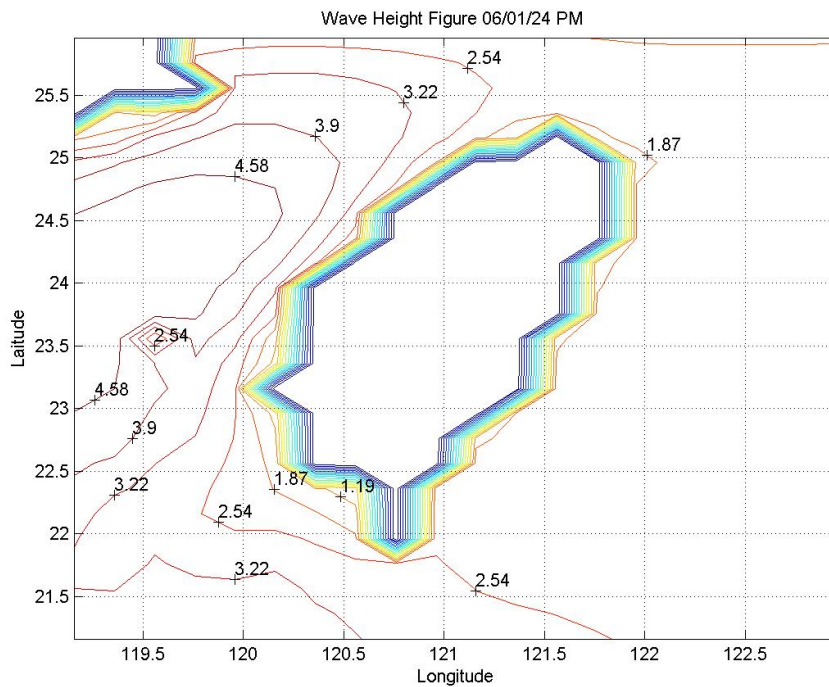


圖 3-37 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/01/24 下午)

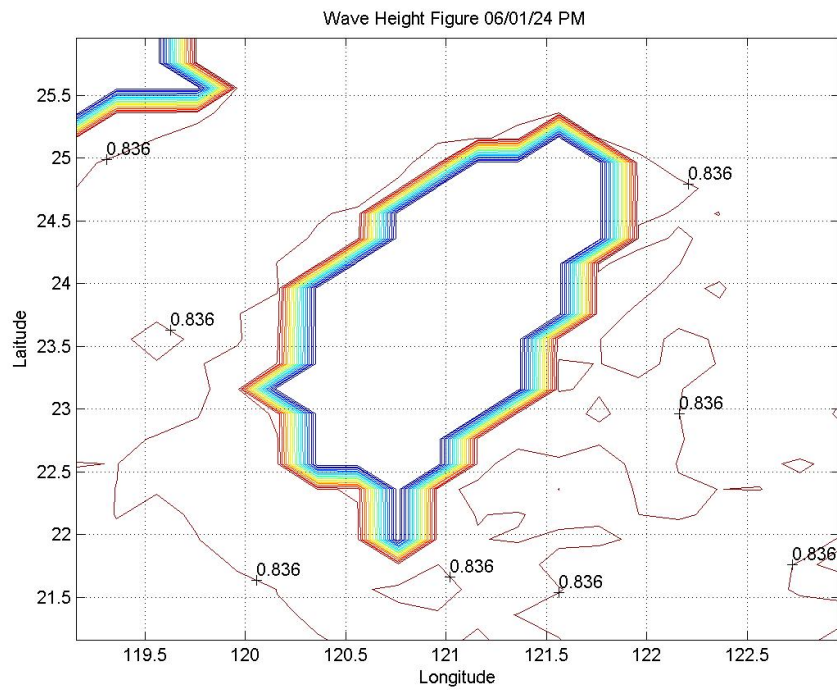


圖 3-38(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/01/24 下午)

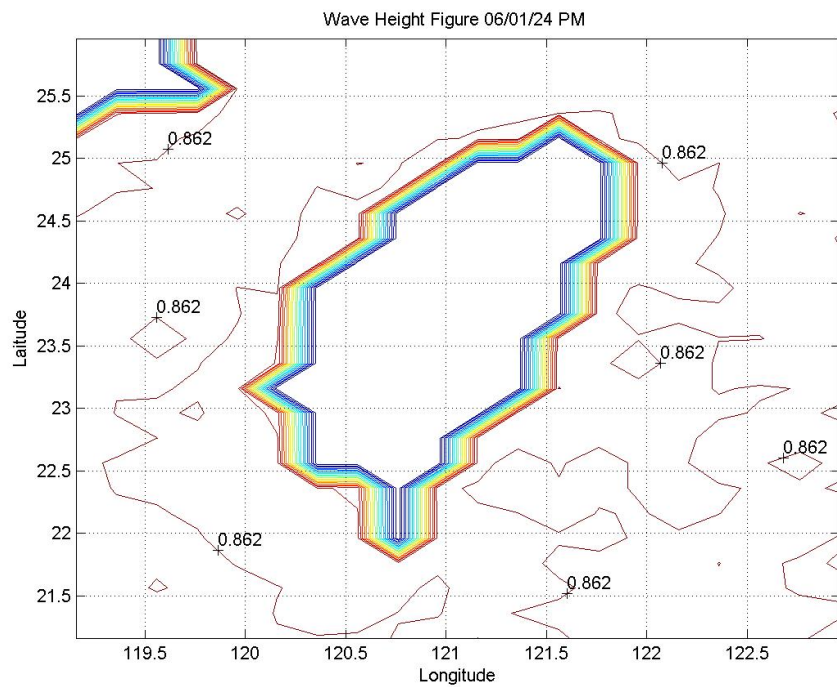


圖 3-38(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/01/24 下午)

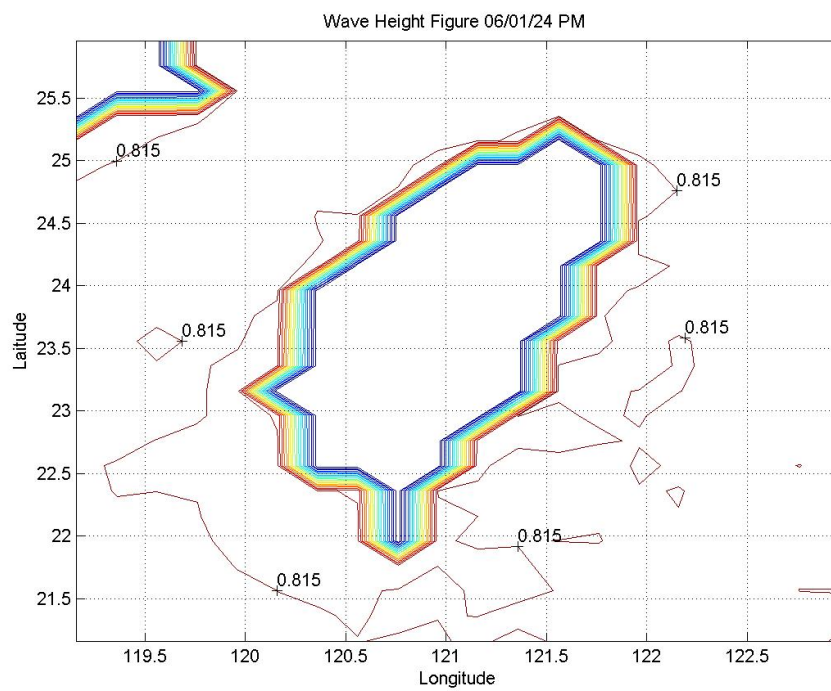


圖 3-38(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/01/24 下午)

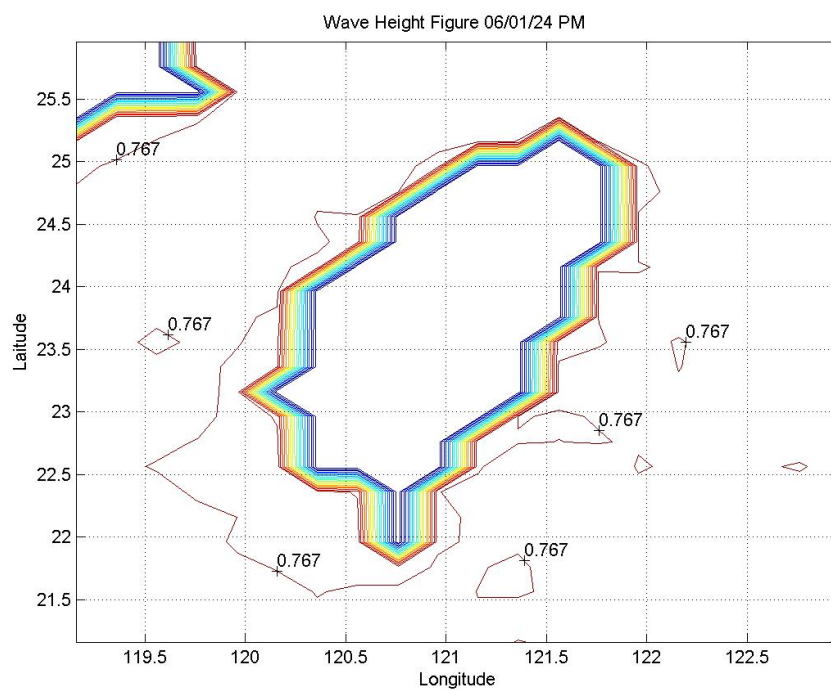


圖 3-38(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/01/24 下午)

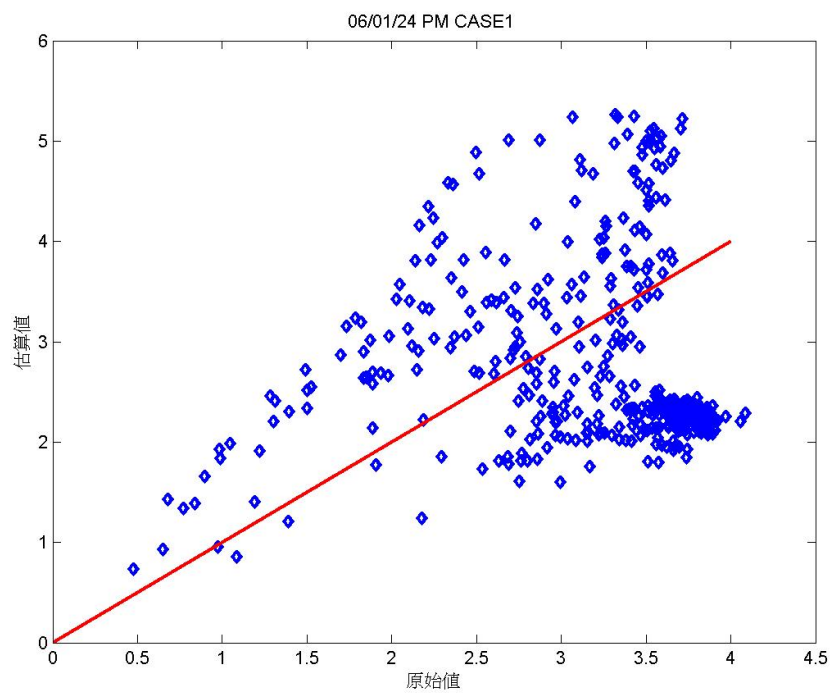


圖 3-38(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/01/24 下午)

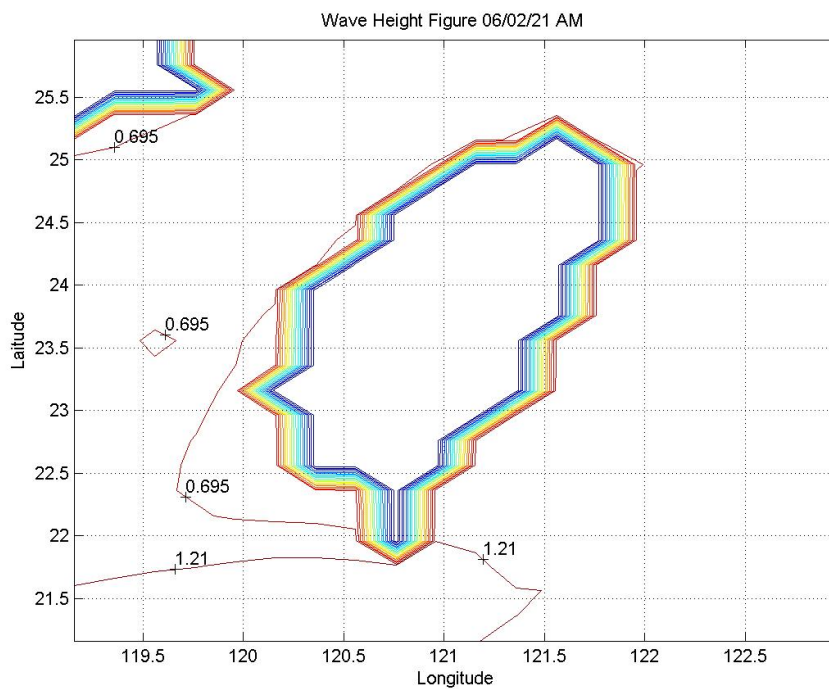


圖 3-39 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/02/21 上午)

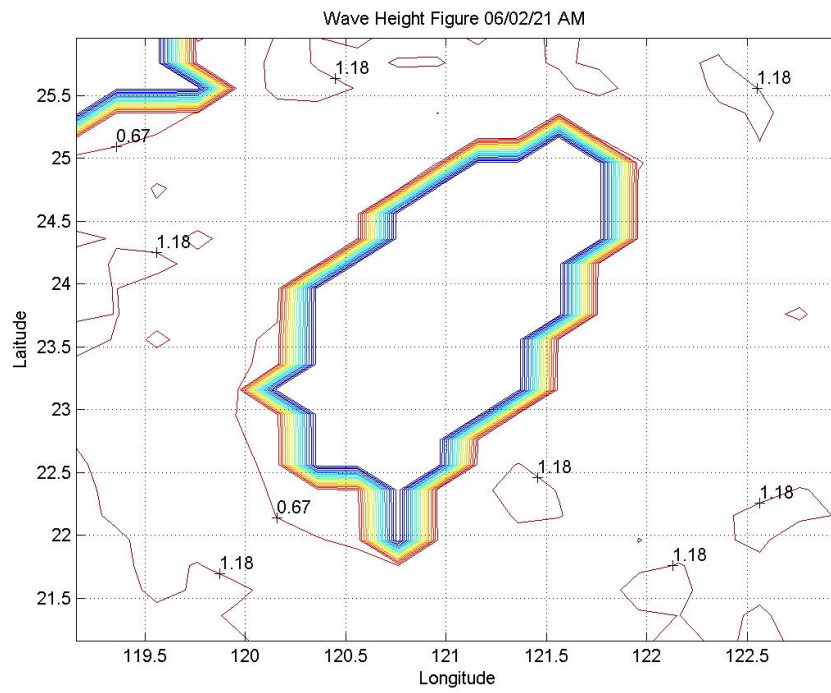


圖 3-40(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/02/21 上午)

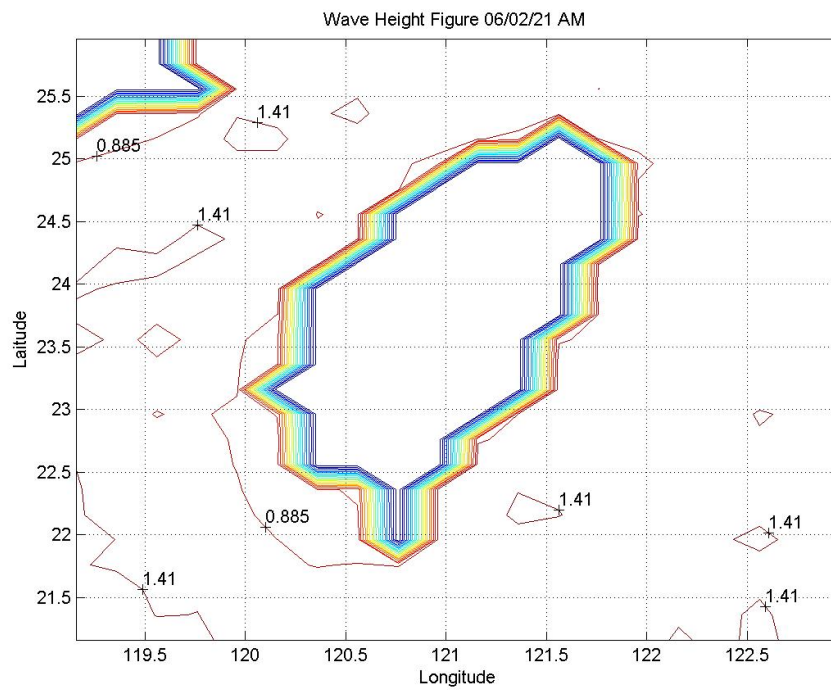


圖 3-40(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/02/21 上午)

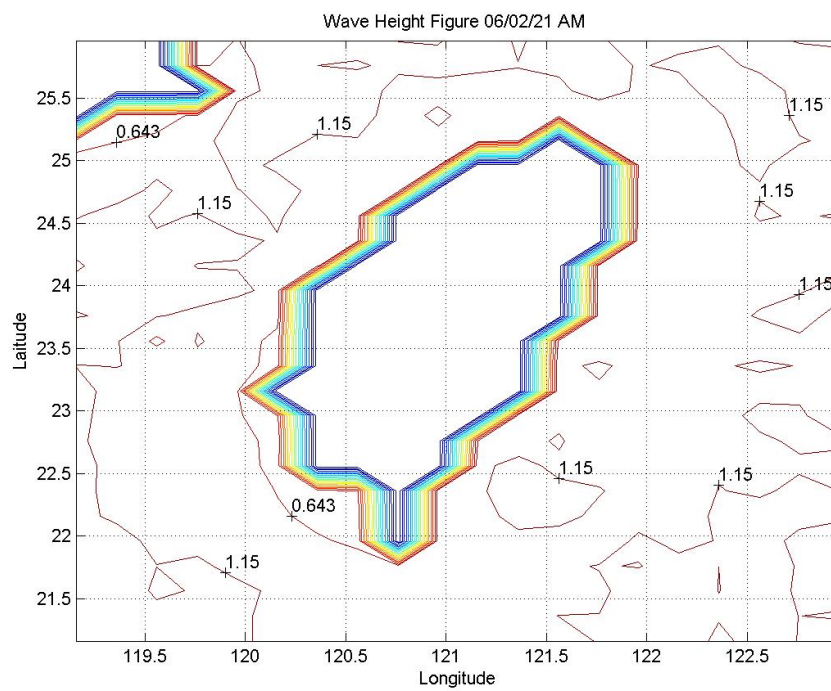


圖 3-40(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/02/21 上午)

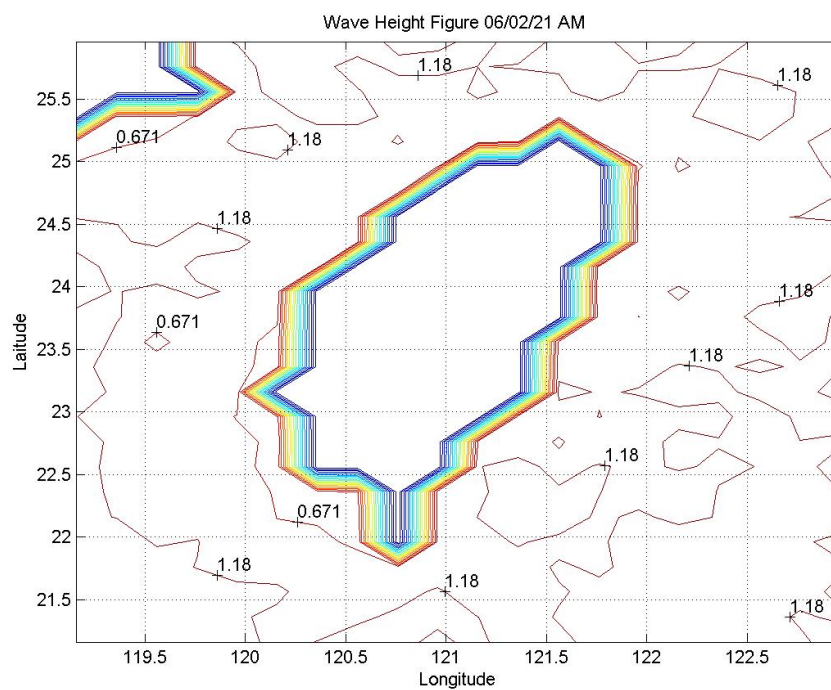


圖 3-40(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/02/21 上午)

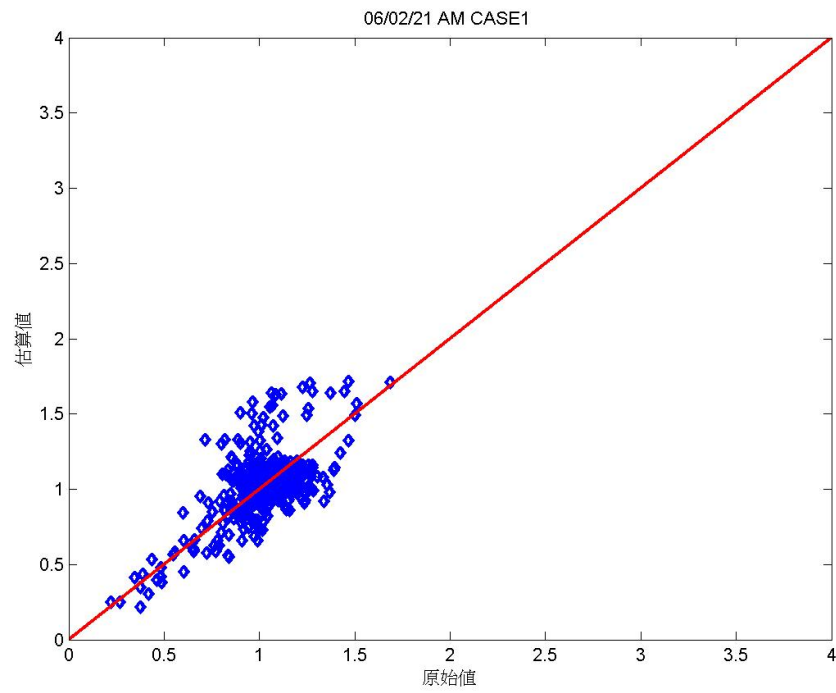


圖 3-40(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/02/21 上午)

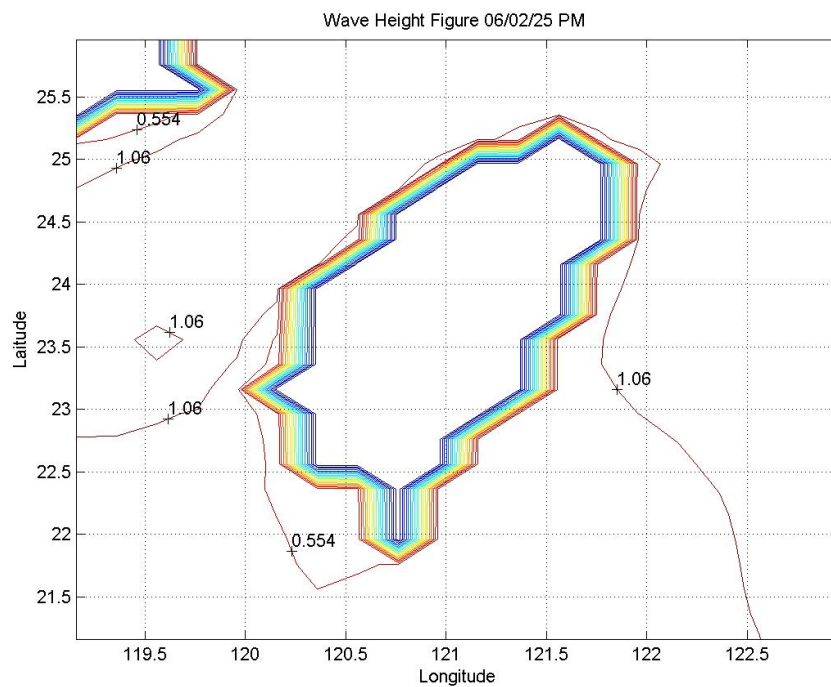


圖 3-41 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/02/25 下午)

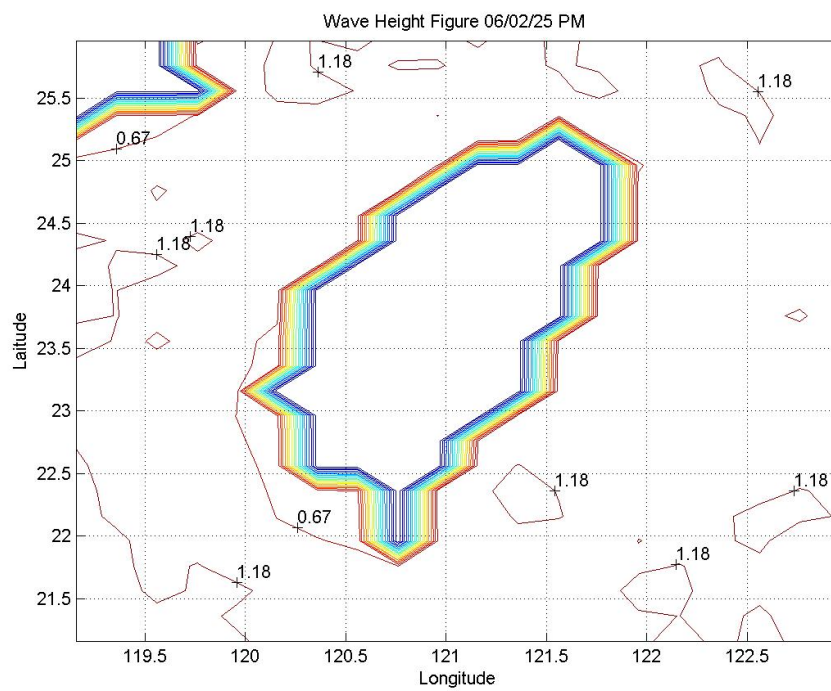


圖 3-42(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/02/25 下午)

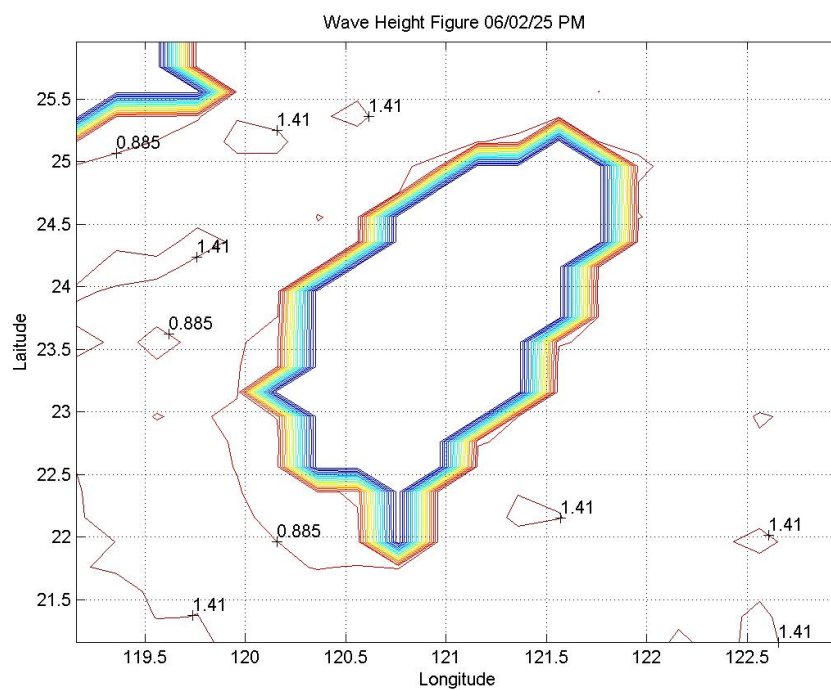


圖 3-42(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/02/25 下午)

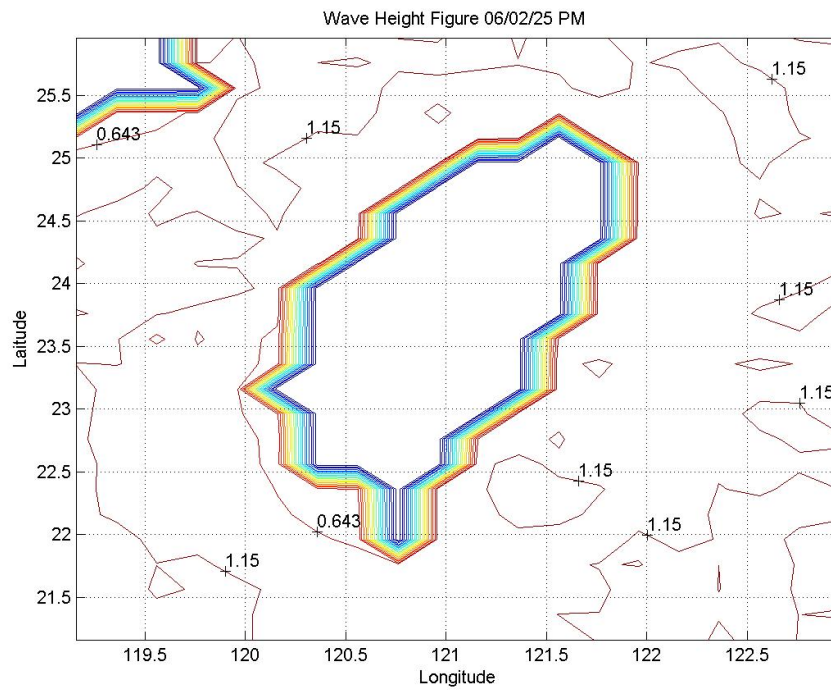


圖 3-42(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/02/25 下午)

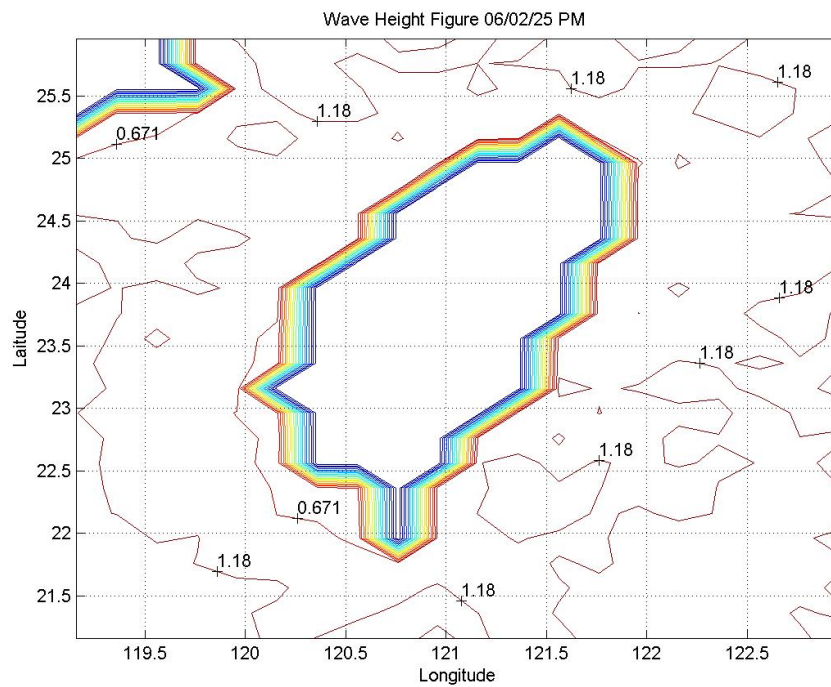


圖 3-42(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/02/25 上午)

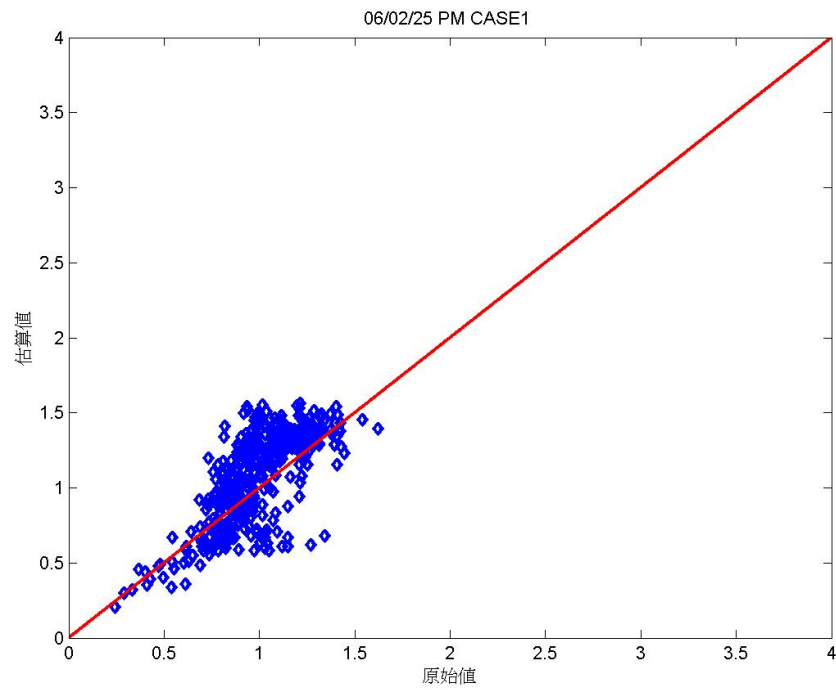


圖 3-42(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/02/25 下午)

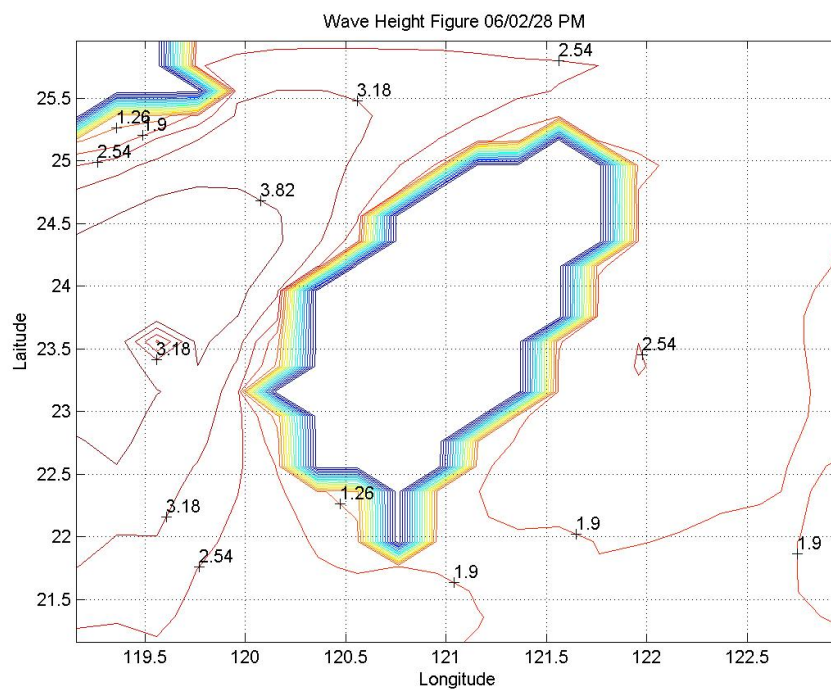


圖 3-43 原始資料所畫出的波高等高線圖(2006/02/28 下午)

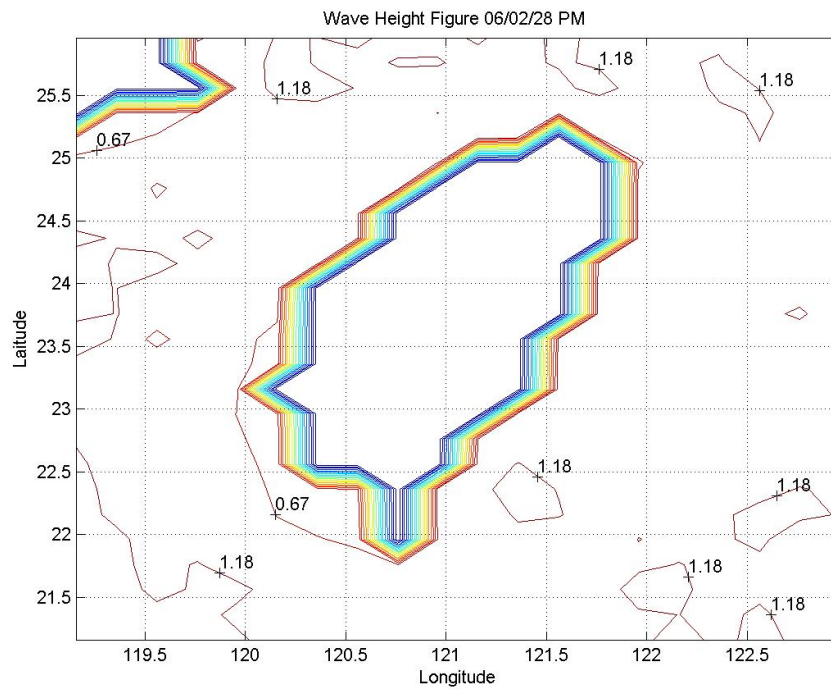


圖 3-44(a) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/02/28 下午)

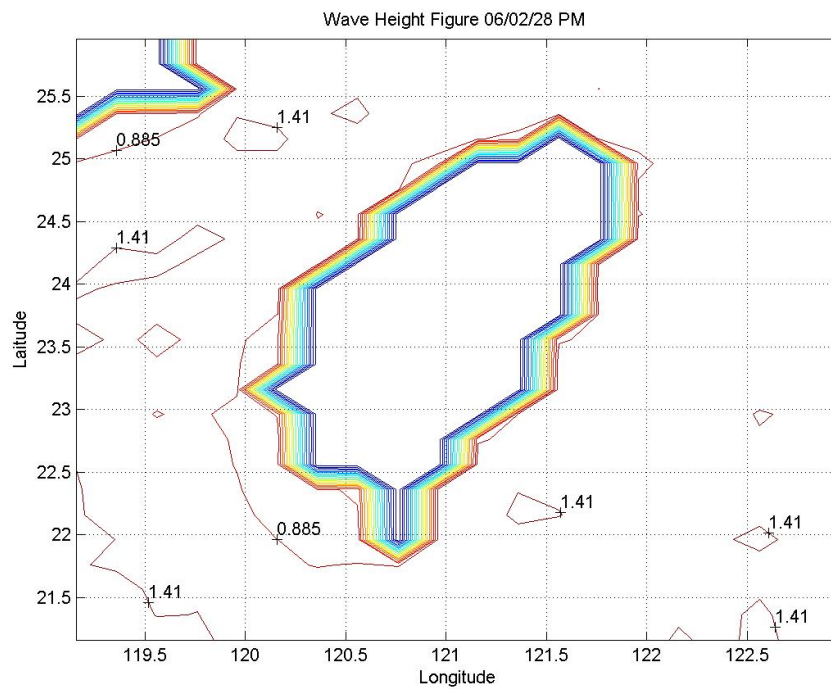


圖 3-44(b) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/02/28 下午)

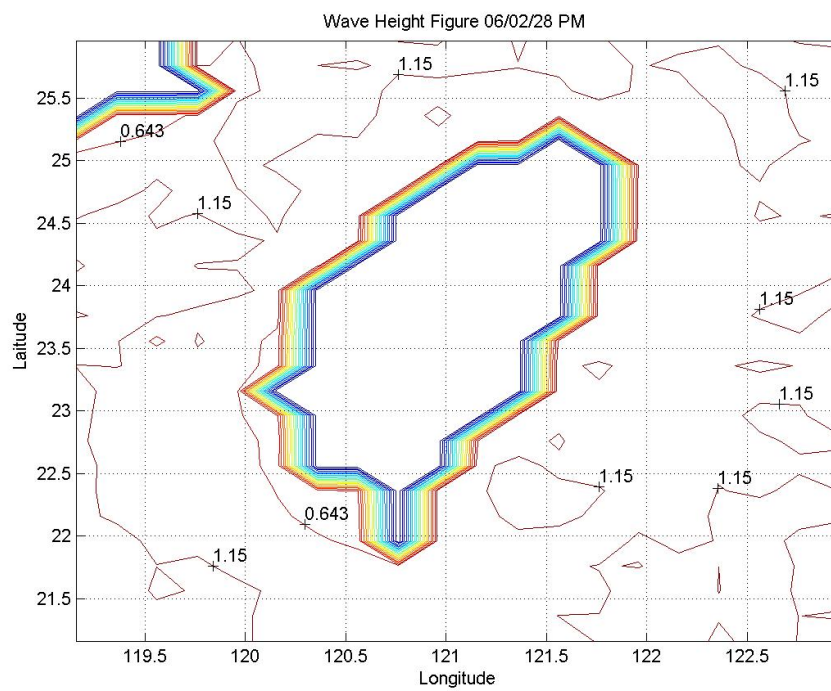


圖 3-44(c) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/02/28 下午)

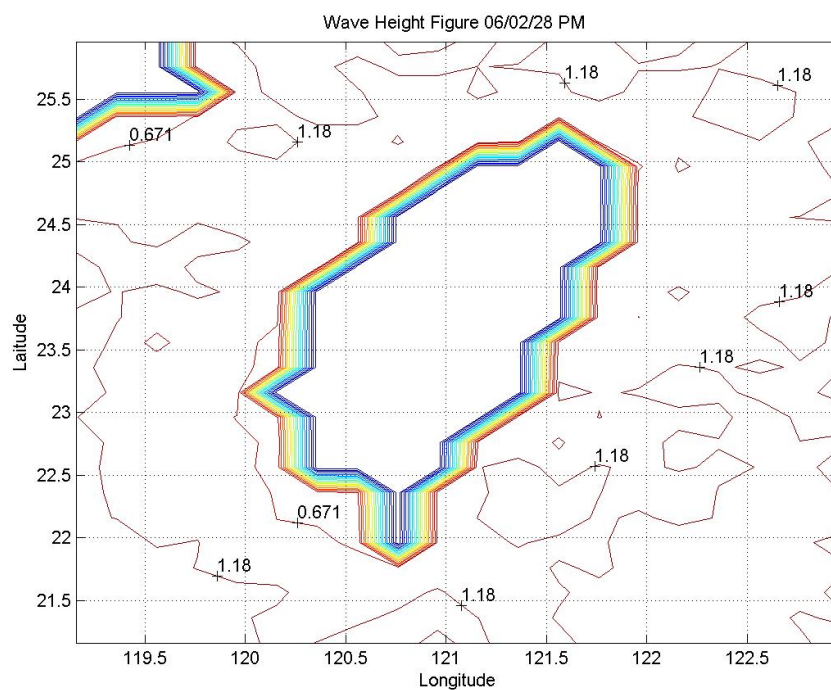


圖 3-44(d) 經由類神經網路計算出的波高等高線圖(2006/02/28 下午)

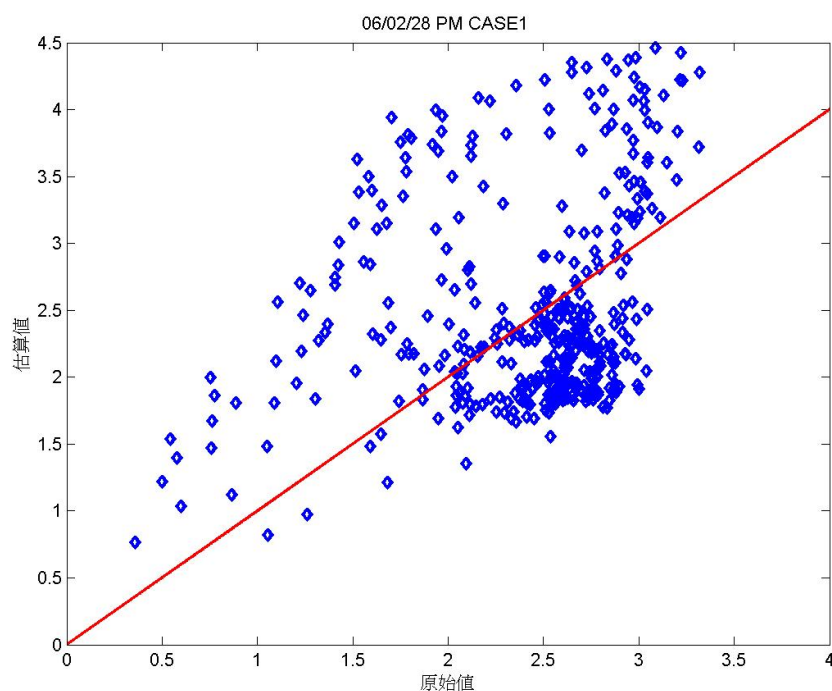


圖 3-44(e) 波高分部重建結果之偏離分析(2006/02/28 下午)

表 3-3 單季波高分布重建誤差分析資料表

| 12/02 AM    | CASE1      | CASE2     | CASE3      | CASE4      |
|-------------|------------|-----------|------------|------------|
| 平均波高誤差(%)   | 4.52923317 | 8.4345352 | 5.07674702 | 14.2246358 |
| 標準偏差(%平均波高) | 13.4148281 | 16.792656 | 13.3371983 | 26.3994871 |

| 12/06 PM    | CASE1      | CASE2     | CASE3      | CASE4      |
|-------------|------------|-----------|------------|------------|
| 平均波高誤差(%)   | 5.7512359  | 1.7720243 | 4.27818116 | 0.94775219 |
| 標準偏差(%平均波高) | 28.7606854 | 24.23707  | 24.5244269 | 24.544417  |

| 12/13 AM    | CASE1      | CASE2     | CASE3      | CASE4      |
|-------------|------------|-----------|------------|------------|
| 平均波高誤差(%)   | 5.48119999 | 2.0353551 | 5.28102661 | 7.24506844 |
| 標準偏差(%平均波高) | 12.7728643 | 11.658039 | 12.2803639 | 13.835695  |

| 12/18 PM    | CASE1      | CASE2     | CASE3      | CASE4      |
|-------------|------------|-----------|------------|------------|
| 平均波高誤差(%)   | 14.4362706 | 7.0485873 | 1.33110933 | 0.40356216 |
| 標準偏差(%平均波高) | 35.523294  | 25.26161  | 15.8402093 | 23.7220175 |

| 12/26 AM    | CASE1      | CASE2     | CASE3      | CASE4      |
|-------------|------------|-----------|------------|------------|
| 平均波高誤差(%)   | 2.68465692 | 1.7706375 | 7.17500519 | 6.01317076 |
| 標準偏差(%平均波高) | 9.77763463 | 9.9143651 | 10.3347517 | 10.4530413 |

| 12/30 PM    | CASE1      | CASE2     | CASE3      | CASE4      |
|-------------|------------|-----------|------------|------------|
| 平均波高誤差(%)   | 15.3050507 | 8.5129885 | 12.1842727 | 11.2643122 |
| 標準偏差(%平均波高) | 27.111789  | 20.501982 | 21.3939525 | 24.1129387 |

| 01/04 AM    | CASE1      | CASE2     | CASE3      | CASE4      |
|-------------|------------|-----------|------------|------------|
| 平均波高誤差(%)   | 22.6299545 | 21.573159 | 23.9455273 | 21.5329392 |
| 標準偏差(%平均波高) | 18.2967474 | 17.942496 | 18.41207   | 17.795135  |

| 01/15 PM    | CASE1      | CASE2     | CASE3      | CASE4      |
|-------------|------------|-----------|------------|------------|
| 平均波高誤差(%)   | 6.32949874 | 1.6308321 | 6.74625218 | 10.8575803 |
| 標準偏差(%平均波高) | 16.2704083 | 16.753969 | 19.5931374 | 19.3156922 |

| 01/24 PM    | CASE1      | CASE2     | CASE3      | CASE4      |
|-------------|------------|-----------|------------|------------|
| 平均波高誤差(%)   | 13.3613204 | 3.188034  | 6.30372775 | 6.68087109 |
| 標準偏差(%平均波高) | 73.3745201 | 67.374206 | 62.4610604 | 68.32635   |

| 02/21 AM    | CASE1      | CASE2     | CASE3      | CASE4      |
|-------------|------------|-----------|------------|------------|
| 平均波高誤差(%)   | 0.39346568 | 12.532836 | 4.25857415 | 7.59538647 |
| 標準偏差(%平均波高) | 10.5209249 | 13.474403 | 10.9651502 | 11.4412274 |

| 02/25 PM    | CASE1      | CASE2     | CASE3      | CASE4      |
|-------------|------------|-----------|------------|------------|
| 平均波高誤差(%)   | 8.09730556 | 6.768004  | 6.40892898 | 1.1870637  |
| 標準偏差(%平均波高) | 13.7846439 | 13.302412 | 13.0621136 | 12.0431634 |

| 02/28 PM    | CASE1      | CASE2     | CASE3      | CASE4      |
|-------------|------------|-----------|------------|------------|
| 平均波高誤差(%)   | 3.11584575 | 6.3113194 | 7.67118201 | 13.4466352 |
| 標準偏差(%平均波高) | 48.9648294 | 50.028406 | 51.2378801 | 52.7494406 |

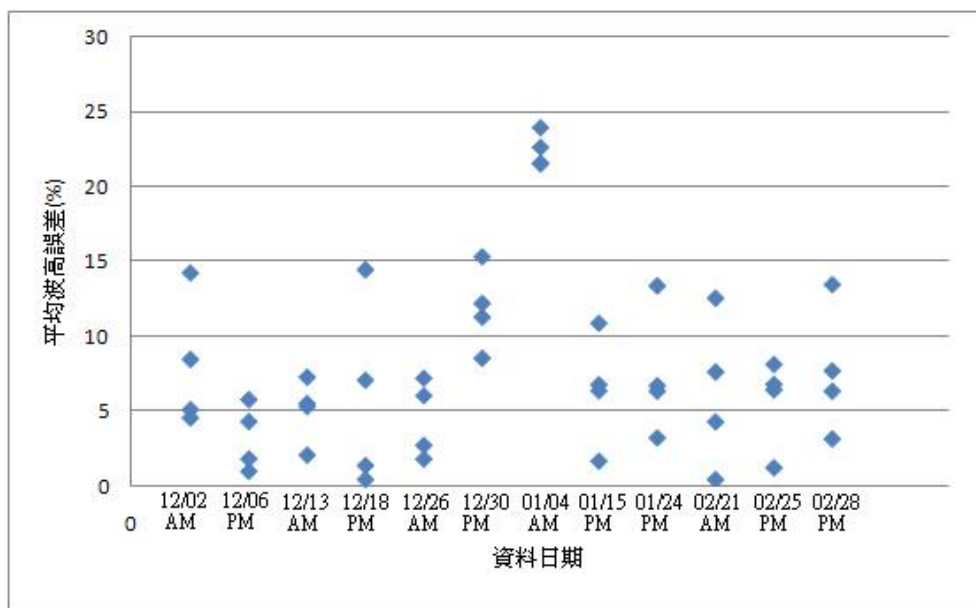


圖 3-45(a) 單季平均波高誤差

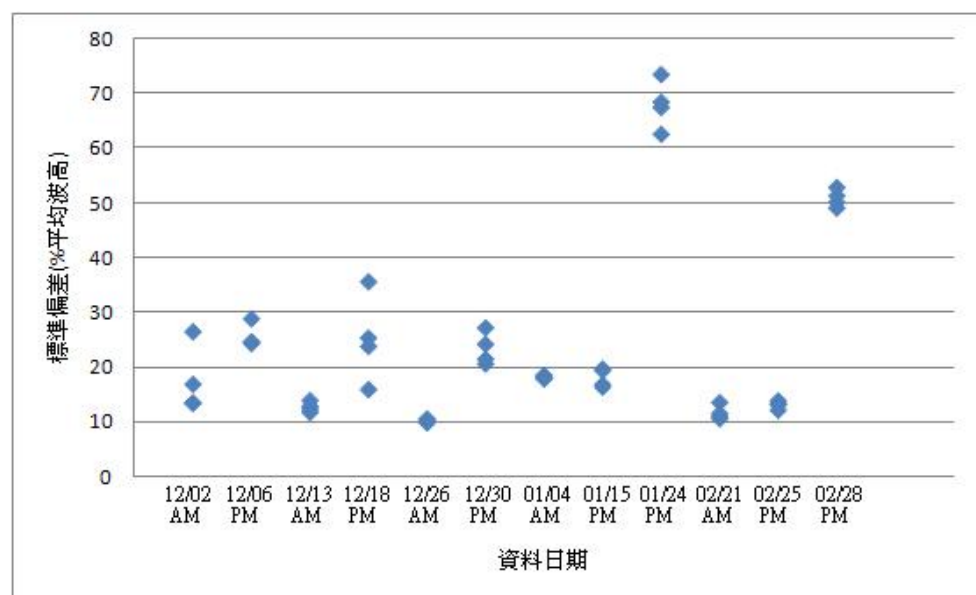


圖 3-45(b) 單季波高標準偏差(%平均波高)

## 第四章 結 論

本研究引用 TaiCOMS 之中尺度臺灣近海波浪模擬資料，作為探討臺灣海域波浪全貌分析方法與程式之建構與驗證之依據。研究結果顯示採用多層類神經網路模式，模擬以有限的量測資料（譬如來自於 70~80 個測點或更少的資料）重建臺灣周圍海域波浪整體空間分佈全貌的方法是可行而有效的。以單日資料為例驗證，顯示其重建結果無論在定量及定性上皆幾乎一致重現。以單月及單季資料為例驗證，亦皆顯示類神經網路模式重建結果在數值上雖有些許差異，但整體空間分佈的趨勢仍被訓練完成後的類神經網路模式充分的掌握。

## 參考文獻

- [1] 高石敬史等 ”船載式波高計之性能—空中超音波式與 Tucker 式之比較”，船舶技術研究所報告 20 卷 5 號，PP1-20，1983
- [2] Ijima, T., T. Takahashi and H. Sasaki “ Application of radars to wave observations”, Proceedings of 11<sup>th</sup> Conference on Coastal Engineering, Vo.30, No.1, pp10-22, 1964
- [3] Takekuma, K., and T. Takahashi “ On the evaluation of sea spectra based on the measured ship motions”, 西部造船會會報 45 號，pp.51-57, 1973
- [4] 平山清次”由航行中船體運動即時推估海洋波譜之研究（之二）：方向波譜的推估”，關西造船協會誌 204 號，pp.21-27, 1987
- [5] 井關俊夫等”由船體運動推估方向波譜之研究”，日本航海學會論文集 86 號，pp.179-188，1992
- [6] 井關俊夫等”由船體運動推估方向波譜之研究—II ”，日本航海學會論文集 87 號，pp.197-203，1992
- [7] 井關俊夫等”Bayesian Estimation of Directional Wave Spectra Based on Ship Motions”，日本造船學會論文集 172 號，pp.17-25, 1992
- [8] 井關俊夫等”Bayesian Estimation of Directional Wave Spectra Based on Ship Motions – II ”，日本造船學會論文集 176 號，pp.99-105, 1994
- [9] 平山青次等”方向波譜的複合型船上計測法的開發”，日本造船學會論文集 180 號，pp.295-309, 1996
- [10] 平山青次等”方向波譜的複合型船上計測法的開發（之二）：新開發方向波浪浮標之驗證”，日本造船學會論文集 182 號，pp.217-229, 1997
- [11] 吉元博文等”航行船舶遭遇方向波譜推估法之研究”，日本造船學會論文集 1196 號，pp.107-116, 1994
- [12] 齊藤公男等”從船體運動推估波浪資訊之研究：應用非線性規劃法的波譜推估”，日本造船學會論文集 182 號，pp.231-237, 1997

- [13] 齊藤公男等”從船體運動推估波浪資訊之研究(之二)：波譜推估時頻率轉換之處理”，日本造船學會論文集 184 號，pp.163-169, 1998
- [14] 高石敬史等”船載式波浪資訊提供系統的開發”，日本造船學會論文集 192 號，pp.171-180, 2002
- [15] F.C. Chiu, S.W. Liu, W.C. Tiao, J. Guo “Development of a Simple System to Measure 5 DOF Ship Motions in a Seaway,” The Eighth International Conference on Fast Sea Transportation (FAST 2005), Saint-Petersburg , Russia, 2005/6
- [16] 邱永芳等“臺灣近岸海象預報模式系統(TaiCOMS)技術報告”，第 28 屆海洋工程研討會專題論文集，高雄，2006/11
- [17] M. Tsujimoto, S. Ishida ”Statistical Characteristics of Winds and Waves around Japan”，日本船舶海洋工學會論文集第 2 號，pp.19-27, 2005/12
- [18] 林炤圭等“臺灣近岸海象預報模式系統(TaiCOMS)—風浪模式之建立與應用”，TaiCOMS 技術報告，第 28 屆海洋工程研討會專題論文集，高雄，2006/11
- [19] Brian s. Everitt, Sabine Landau, and Morven Leese, “ Cluster Analysis”, London : Arnold ; New York : Oxford University Press, 2001

## 附錄一 期中報告審查意見處理情形表

### 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

計畫編號：MOTC-IOT-96-H2DB007

計畫名稱：船舶運動推算臺灣海域即時波浪場模式建立之研究(3/4)

執行單位：國立臺灣大學 工程科學及海洋工程學系

| 參與審查人員<br>及其所提之意見                                                                                                                                                                                                          | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                              | 本所計畫承辦單位<br>審查意見                                      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <p>張金機 先生：</p> <p>一、利用船舶運動反算分析波浪，如果要達成目標關鍵技術，應先辦理驗證，船舶運動反算分析所求得波浪資料與 TaiCOMS 推算及實測波浪建議，作較深入驗證，並分析誤差。</p> <p>二、船舶運動反算波浪除本計畫目前採用的類神經網路模式外，建議再利用船舶運動反應推算波譜函數模式，並分析不同方法(模式)與實測、推算值比較。</p> <p>三、TaiCOMS 風浪預算圖(簡報)建議標相同座標範圍。</p> | <p>一、關於船舶運動反算分析波浪之理論架構在本計畫執行之前的前置研究已有初步的定性確認，關於定量驗證將會於下年度中進行。</p> <p>二、本研究的目標不在於局部海域的波譜函數模式分析，而是在於波浪主要參數的海域空間分佈之分析。</p> <p>三、後續會依此建議處理。</p> | <p>一、依處理情形辦理。</p> <p>二、依處理情形辦理。</p> <p>三、依處理情形辦理。</p> |
| <p>黃明志 教授：</p> <p>一、TaiCOMS 數值預報模式所呈現的季節性波向與真實不符，需再加探討。</p> <p>二、量測多點數據，推估空間特性之分析方法尚未建立。</p> <p>三、遭遇波浪與真實波浪之轉換要如何處理，波向如何決定。</p>                                                                                            | <p>一、的確注意到此疑點，會再進一步確認。</p> <p>二、會持續加速進行。</p> <p>三、本研究採用的類神經網路模式方法，應無遭遇波浪與真實波浪之間的</p>                                                        | <p>一、依處理情形辦理。</p> <p>二、依處理情形辦理。</p> <p>三、依處理情形辦理。</p> |

|                                                                                                                                                                                                   | 轉換問題。                                                                                                                                                    |                                                                         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <p>岳景雲 副教授：</p> <p>一、利用海巡船舶運動反算分析波浪方法，建置海域即時波浪場構想不錯可行性，但需注意船舶噸位（大型、中型、小型）運動是否有差異性。</p> <p>二、船舶運動量測模組安裝於近百艘船舶其維護與精度如何管理。</p> <p>三、淺水域是否可行？水深限制？</p> <p>四、“船舶動態定位系統”與本計畫是否有關。</p>                   | <p>一、理論計算的船舶運動反應函數即會反應不同噸位船舶的差異性。實海域上相同的波浪會有不同的船體運動反應，但是反算回波浪時即應會有相近的結果。</p> <p>二、必要時應需做進一步的微調。</p> <p>三、本研究採用的船體運動計算理論以及波譜是以深水為前提。</p> <p>四、應無直接關連。</p> | <p>一、依處理情形辦理。</p> <p>二、依處理情形辦理。</p> <p>三、依處理情形辦理。</p> <p>四、依處理情形辦理。</p> |
| <p>邱永芳 主任：</p> <p>一、應加速資料分析及分析模式之建立。</p> <p>二、運動與波浪間之關係應先做校核。</p> <p>三、資料回傳之信賴度與接收率之評估應事先檢討。</p>                                                                                                  | <p>一、會持續加速進行。</p> <p>二、關於運動與波浪之間的定性校核，在本計畫執行之前的前置研究已有初步確認，關於定量校核則將會於下年度中進行。</p> <p>三、會進一步審慎確認。</p>                                                       | <p>一、依處理情形辦理。</p> <p>二、依處理情形辦理。</p> <p>三、依處理情形辦理。</p>                   |
| <p>曾相茂 研究員：</p> <p>一、在本期報告中顯示已達成計畫原先執行之進度，其結果是肯定的。</p> <p>二、本中心在「臺灣地區主要港口附近海域海氣象觀測調查及資料庫建立之研究」計畫內五個國際港（基隆、蘇澳、花蓮、高雄二港口、臺中）及二個國際輔助港（臺北港、安平港）是有即時傳送（波浪、海流、潮、風）觀測站，可提供本計畫之研究即將要進行中的分析方法，程式研發可即時驗證</p> | <p>一、感謝指教。</p> <p>二、關於運動與波浪之間的校核，日後進行時的可確可在觀測站海域進行，至於利用 TaiCOMS 資料，其目的在於應用其掌握的空間分佈特性，而非波浪參數定量本身。</p>                                                     | <p>一、符合。</p> <p>二、依處理情形辦理。</p>                                          |

|                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                     |                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| <p>用，因為在 P6 敘述本計畫所使用的資料是本中心之 TaiCOMS 系統預報資料而非即時實測的資料。</p> <p>三、P6 針對前述“一年”總計 2x365 組，是否增“一年”兩字。</p> <p>四、P9 並“委請”港灣技術研究中心協助提供之“委請”二字可否改為“由”，因這是合作計畫請不要客氣。</p> <p>五、請問波向是指“來向”或“去向”如從簡報 7 頁~14 是否為“去向”表示。</p> | <p>三、會予以修正加入。</p> <p>四、是，會予以修正。</p> <p>五、會進一步審慎確認。</p>                                                              | <p>三、依處理情形辦理。</p> <p>四、依處理情形辦理。</p> <p>五、依處理情形辦理。</p> |
| <p>翁國和 研究員：</p> <p>一、TaiCOMS 取得資料是否為預測值或實測值。</p> <p>二、量測船舶的運動考量是否為各種自由度。</p> <p>三、反算結果之可容許誤差為何？</p>                                                                                                          | <p>一、TaiCPMS 應為預測值。</p> <p>二、量測包含五自由度，但用於波浪反算只需包含起伏、縱搖及側移運動即可。</p> <p>三、依國外現有系統的精度而言，有義波高誤差能在正負 0.5 公尺即以相當具競爭力。</p> | <p>一、依處理情形辦理。</p> <p>二、依處理情形辦理。</p> <p>三、依處理情形辦理。</p> |

## 附錄二 期末報告審查意見處理情形表

### 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

計畫編號：MOTC-IOT-96-H2DB007

計畫名稱：船舶運動推算臺灣海域即時波浪場模式建立之研究(3/4)

執行單位：國立臺灣大學工程科學及海洋工程學系

| 參與審查人員<br>及其所提之意見                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 合作研究單位<br>處理情形                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 本所計畫承辦單位<br>審查意見                                                                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>陳陽益 教授：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 多艘如有(70~80 艘)海巡船舶，在各艘之性質功能差異性下，如何清除出各艘量測出的波浪之差異性或在多少容許誤差範圍，建構出此模式並列述其精確度多少？</li> <li>2. 類神經法如何由線(由各艘所得)擴大成面的分佈，與其精確度多少？</li> <li>3. 超過海峽中線無法量測的資料處，如何延伸至該海域？</li> <li>4. 大波浪無法出海時，如何建構？</li> <li>5. 本期末報成果很不錯；請將簡報中的成果圖併入期末報告中。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 不同船型各有不同的船舶運動反應特性，而在波浪反算之類神經網路訓練過程中是各自進行，已納入此差異性，因此波浪反算結果應不會因船型差異而特別導致誤差，惟任一船型的波浪反算過程自然會各自有其誤差。</li> <li>2. 類神經網路經由樣本資料的訓練，可經由有限測點將全貌重建，誤差會因適用範圍而異，相關誤差分析已於納入期末報告中。</li> <li>3. 此點正是類神經網路架構之優點，測點可無需涵蓋整體空間。</li> <li>4. 船無法出海的波浪狀況下，本系統即無功能。</li> <li>5. 感謝評論。簡報中的成果圖已併入期末報告中。</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>1.依處理情形辦理。</li> <li>2.依處理情形辦理。</li> <li>3.依處理情形辦理。</li> <li>4.依處理情形辦理。</li> <li>5.依處理情形辦理。</li> </ol> |
| <p>岳景雲 教授：</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 研究題目構想很好。</li> <li>2. 海巡船有 1000ton 以上(和星、偉星艦)也有小噸</li> </ol>                                                                                                                                                                               | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 感謝評論。</li> <li>2. 不同噸位船型各有不同的船舶運動反應特性，而</li> </ol>                                                                                                                                                                                                                                        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1.符合。</li> <li>2.依處理情形辦理。</li> </ol>                                                                  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                  |                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| <p>位巡防艇，船舶運動型態是否相同？運動與波浪之間之關連性如何？</p> <p>3. 70~80 個測點分佈不均勻(集中某一區)如何重建波浪整體空間分佈全貌。</p> <p>4. 測點若不足誤差是否會影響。</p>                                                                                                                                                                            | <p>在波浪反算之類神經網路訓練過程中已納入此差異性，因此波浪反算結果應不會因船型而異。</p> <p>3. 此點正是類神經網路架構之優點，測點是否均勻分佈對於波浪整體空間分佈全貌重建之精度的影響應不大。</p> <p>4. 測點不足應會影響反算，因此規劃時宜避免此狀況發生。</p>                                   | <p>3.依處理情形辦理。</p> <p>4.依處理情形辦理。</p> |
| <p>張金機 研究員：</p> <p>1. 研究報告文字敘述太過簡化</p> <p>(1)本研究採用類神經網路模式，學習及輸出資料及模擬計算權重等建議加以分析說明。</p> <p>(2)波浪空間分佈重建中資料選取，反算波高、週期、波向，建議作較詳細敘述，並列出輸入、輸出點位，計算結果。(例如簡報資料應列入報告中敘述)</p> <p>2. 原始波浪資料採用 TaiCOMS 預報模式產生結果與現場波資料特性不同，模擬計算從風場到計算結果均類似均勻、連續分佈特性，而現場調查波高、波向等受地形遮蔽影響呈現不均勻、連續特性，因此計算結果可能呈現較大誤差。</p> | <p>1. 期末報告文字已做修訂，簡報資料結果已納入報告中敘述，另再追加計算單季資料重建之驗證。至於輸入、輸出及權重資料之數量極為龐大，不適宜以紙本列印。如有需要，可以電子檔提供備查。</p> <p>2. 現階段波場全貌資料之取得，依據模式產生是唯一的方法，而只要模式能定性反應臺灣海域波場分佈特性，即能有效應用作為初步架構之基礎，並逐漸精進。</p> | <p>1.依處理情形辦理。</p> <p>2.依處理情形辦理。</p> |
| <p>曾相茂 研究員</p> <p>1. 執行之結果及進度已達成計畫目的，是值得肯定的。</p> <p>2. TaiCOMS 系統出來的資料</p>                                                                                                                                                                                                              | <p>1. 感謝評論。</p> <p>2. 若能將定點的波浪測站紀錄也一併納入考量，作</p>                                                                                                                                  | <p>1.符合。</p> <p>2.依處理情形辦理。</p>      |

|                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                        |                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <p>是統計出來之預報資料，明年是否可再拿有限的實測資料來再做驗證比較，以提高本模式的精確度。（實測觀測站在臺灣現在大槪有 15 個左右站，本中心 7+1 個站及中央氣象局的 10 個站左右都是即時傳回）</p> <p>3. 報告中的筆誤：第 2 頁倒數第 4 行近年來海岸安置雷達測波……。</p> <p>4. 波高分佈重建時間間隔 12 小時，能否再密集點，因為當季風或颱風起風到波浪成熟時可能在 4-6 小時即成熟。</p> | <p>為測點，則預期應能有效提升波場全貌重建之精度。</p> <p>3. 文中是指安置於海岸的『岸置式雷達』，以與搭載於船上的『船載式雷達』區分，並非誤植。</p> <p>4. 實際應用時並無需受 12 小時之限制，而是預期以每 2 小時量測分析一次作為規劃。</p> |                                                     |
| <p>邱永芳 主任：</p> <p>1. 本報告符合規畫要求。</p> <p>2. 驗證部分和重建部分應進一步校核，大部分海域特性已有呈現。</p> <p>3. 計算或推估時間應說明，如何作業化亦應有所考量。</p>                                                                                                            | <p>1. 感謝評論。</p> <p>2. 期末報告已進一步補強內容。</p> <p>3. 會於第四期系統雛型規劃時說明，並考量作業化需求。</p>                                                             | <p>1. 符合。</p> <p>2. 依處理情形辦理。</p> <p>3. 依處理情形辦理。</p> |

## 附錄三 期中簡報資料

 NTU-ESOE

 Motion & Control Lab.

計畫編號：MOTC-IOT-96-H2DB007





### 船舶運動推算臺灣海域即時 波浪場模式建立之研究 (3/4) 期中簡報

計畫主持人：邱逢琛 教授  
國立台灣大學  
船舶技術研究中心/工程科學及海洋工程系

**2007/07/19**

1

 NTU-ESOE

 Motion & Control Lab.





### 計畫總目標及分年計畫內容

**目標：**  
探討利用海巡船舶運動反算分析波浪的方法，建置台灣海域即時波浪場測報系統之可行性及其雛形規劃，並建立其相關核心技術，以作為建置該系統之基礎。

**核心技術：**

- (1) 波浪反算分析方法 (94年度 / 已完成)
- (2) 無線式船舶運動量測模組 (95年度 / 初步完成，仍在精進中)
- (3) 台灣海域波浪全貌分析方法 (96年度，本年度)
- (4) 可行性及其雛形規劃：利用海巡船舶運動推算台灣海域即時波浪場之系統雛形規劃與模擬 (97年度)

2



## 本期計畫目標及工作內容

目標：在多艘（譬如70~80艘）海巡船舶提供波浪資料之前提下，完成台灣海域波浪全貌分析方法及程式之研發。

內容：

1. 台灣海域波浪隨季節變化之空間特性分析。
2. 特殊氣象條件下台灣海域波浪之空間特性分析。
3. 台灣海域波浪空間特性之識別模擬。
4. 台灣海域波浪全貌分析方法之探討。
5. 台灣海域波浪全貌分析程式之建構與驗證。

本期中報告將說明如何進行以掌握對於台灣海域波浪之空間特性，包含台灣海域波浪資料取得之規劃以及擬採用的分析方法。

3



## 施行步驟與方法

- 1 依據『台灣近岸海象預報模式系統(TaiCOMS)』的研究成果，蒐集過去的海象資料，依季節分析台灣海域波浪空間特性。
- 2 依據『台灣近岸海象預報模式系統(TaiCOMS)』的研究成果，蒐集過去於特殊氣象條件下的海象資料，分析於特殊氣象條件下台灣海域波浪之空間特性。
- 3 從台灣海域波浪之空間特性，嘗試抽出特徵之可能方式。
- 4 考慮台灣海域波浪空間特性，當給定多點（譬如70~80點）波浪資料之前提下，建立推估台灣海域波浪全貌之分析方法。
- 5 發展程式並依據過去已知之資料進行驗證。

4



## 台灣海域波浪資料來源

適用於台灣海域之近岸海象預報系統(Taiwan Coastal Operational Modeling System; TaiCOMS) [16]：該系統預報包含了風場、波場、水位及流場等模擬

[16] 邱永芳等“台灣近岸海象預報模式系統(TaiCOMS)技術報告”，第28屆海洋工程研討會專題論文集，高雄，2006/11

中尺度 SWAN模式

範圍：北緯20°至27°之間，東西向在東經118°至124°之間

格網間距：5 km

5



## 擬引用之波浪資料內容

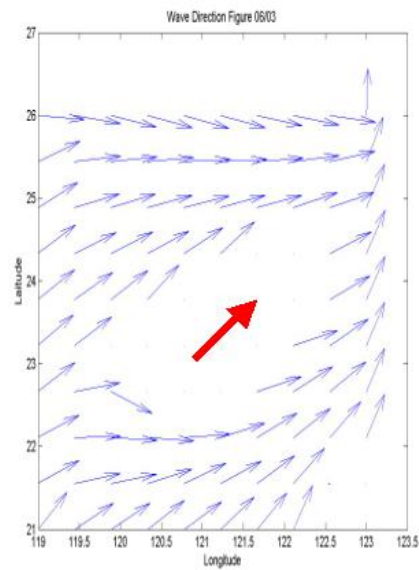
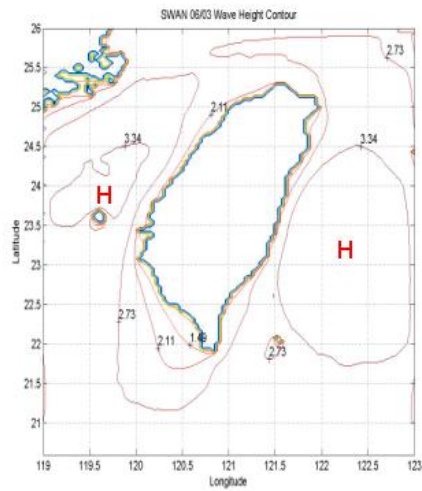
2006年全年365天，每天正午12:00及午夜12:00之資料（一天兩個時間，相隔12hr），總計 2 x 365組資料，每組資料包含日期、時間、風場（風速、風向）、波場（波高、週期、波向）

本研究將藉助於TaiCOMS數值預報模式對台灣海域波浪特性的反應與掌握，從其預報結果分析出台灣海域波浪隨季節變化的空間分佈特性，以作為將來量測反算到多點（譬如70~80點）波浪資料整體的合理與否之初步驗證，並進而建立推估台灣海域波浪全貌之分析方法，以確保結果之準確性。

6

2006/03/01/00

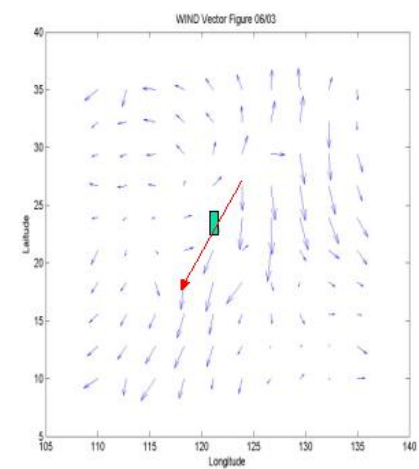
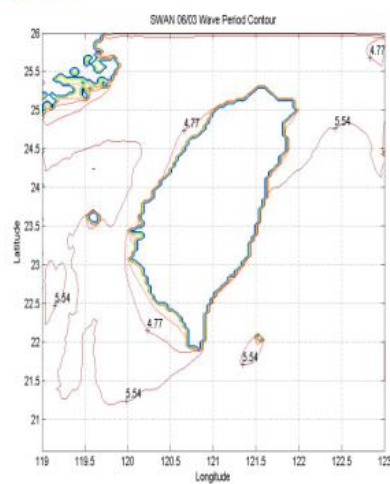
波高、波向



7

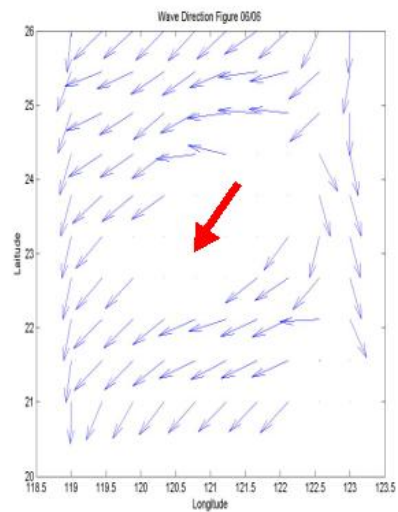
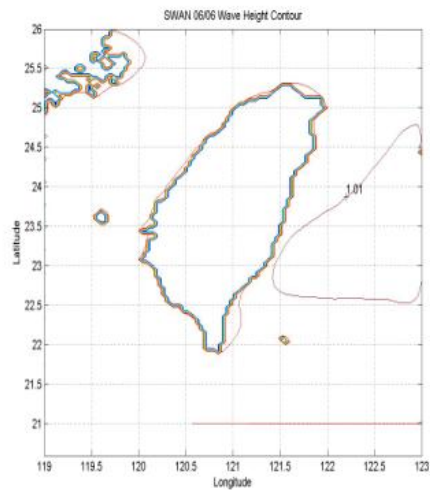
2006/03/01/00

波週期、風速



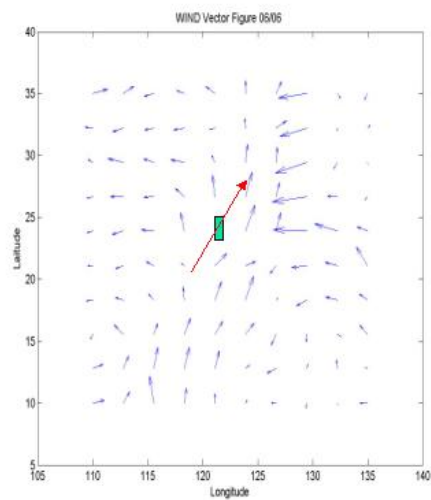
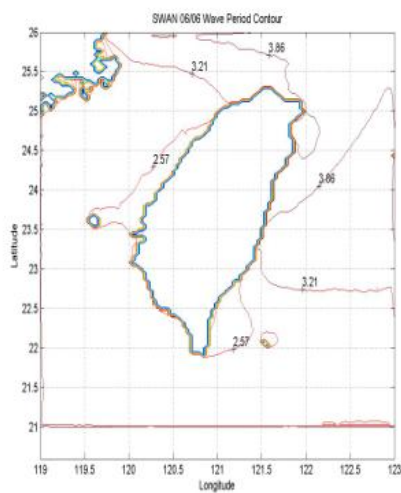
8

2006/06/01/00  
波高、波向



9

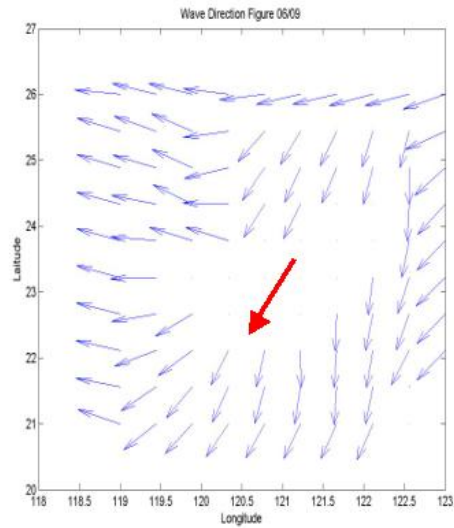
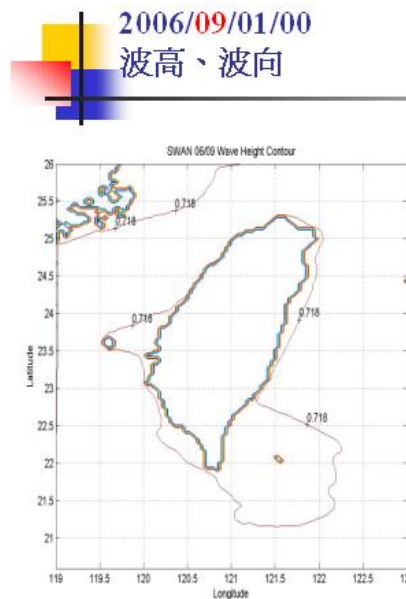
2006/06/01/00  
波週期、風速



10

2006/09/01/00

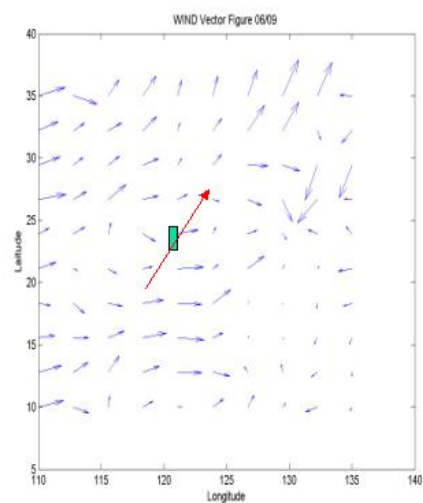
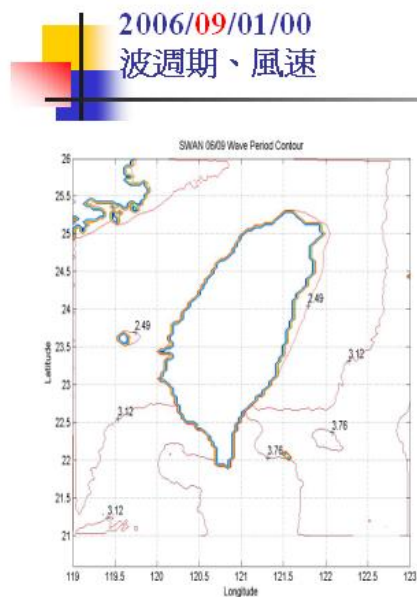
波高、波向



11

2006/09/01/00

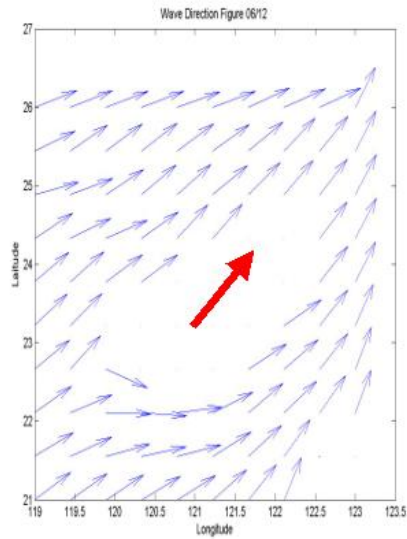
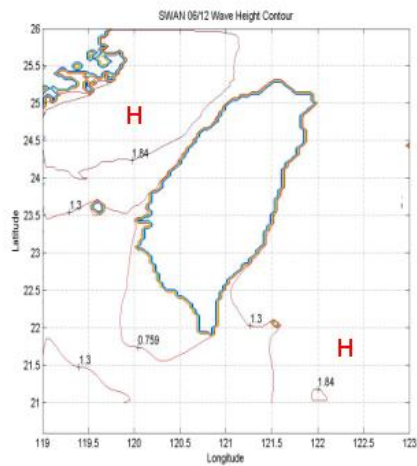
波週期、風速



12

2006/12/01/00

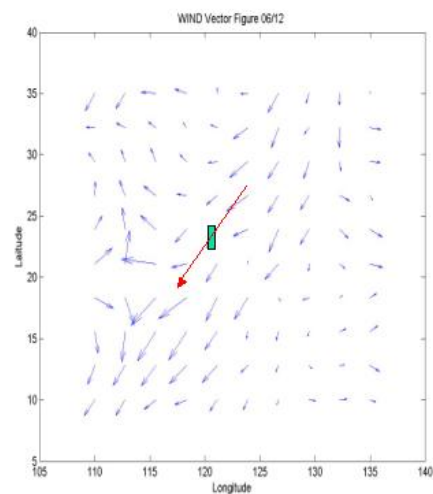
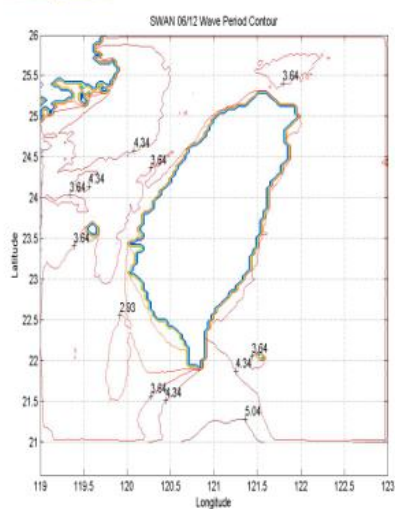
波高、波向



13

2006/12/01/00

波週期、風速



14



## 分析方法

### 叢集分析(Cluster Analysis) [19]

[19] Brian s. Everitt, Sabine Landau, and Morven Leese,  
“ Cluster Analysis”, London : Arnold ; New York : Oxford  
University Press, 2001

叢集分析的套裝軟體：包含S-PLUS、SAS、Genstat 5、  
SPSS、SYSTAT、BMDP、Statistica、Stata、Minitab、  
Clustan、ClustanGraphics、NORMIX、EMMIX、  
Multimix、Mplus、ADCLUS、Pyramids、HICLAS等

類神經網路識別 (Pattern Recongnition by ANNs)

類神經網路分類器 (ANN Classifier)

類神經網路套裝軟體：NeuroSolutions

15



## 期中進度報告

本研究將嘗試尋求可行的分析方法，針對前述總計 2 x 365組，  
包含風場（風速、風向）和波場（波高、週期、波向）空  
間分佈的資料，分析出可辨別的類型，找出台灣海域波浪  
隨季節變化之特徵。

本期研究於現階段初步完成台灣海域波浪資料取得之規劃，  
確定以**TaiCOMS預報資料**為內容，並委請**港灣技術研究**中  
心協助提供，資料目前已取得，正在彙整中。

此外，針對可能應用的分析方法，確定將從**叢集分析**及**類神  
經網路**等方法中探討可行的方法，目前正在就已取得的樣  
本資料進行初步檢視。

16

## 附錄四 期末簡報資料

 NTU-ESOE

Motion & Control Lab.  


計畫編號：MOTC-IOT-96-H2DB007



### 船舶運動推算臺灣海域即時 波浪場模式建立之研究 (3/4) 期末簡報

計畫主持人：邱逢琛 教授  
協同主持人：郭振華 副教授

國立台灣大學  
船舶技術研究中心/工程科學及海洋工程系

2007/ 11/ 16

1

 NTU-ESOE

Motion & Control Lab.  




### 計畫總目標及分年計畫內容

目標：  
探討利用海巡船舶運動反算分析波浪的方法，建置台灣海域即時波浪場測報系統之可行性及其雛形規劃，並建立其相關核心技術，以作為建置該系統之基礎。

核心技術：  

- (1) 波浪反算分析方法 (94年度 / 已完成)
- (2) 無線式船舶運動量測模組 (95年度 / 初步完成，仍在精進中)
- (3) 台灣海域波浪全貌分析方法 (96年度，本年度)
- (4) 可行性及其雛形規劃：利用海巡船舶運動推算台灣海域即時波浪場之系統雛形規劃與模擬 (97年度)

2



## 本期計畫目標及工作內容

目標：在多艘（譬如70~80艘）海巡船舶提供波浪資料之前提下，完成台灣海域波浪全貌分析方法及程式之研發。

內容：

1. 台灣海域波浪隨季節變化之空間特性分析。
2. 特殊氣象條件下台灣海域波浪之空間特性分析。
3. 台灣海域波浪空間特性之識別模擬。
4. 台灣海域波浪全貌分析方法之探討。
5. 台灣海域波浪全貌分析程式之建構與驗證。

本期（96年度）期末報告將說明如何進行以掌握對於台灣海域波浪之空間特性，包含台灣海域波浪資料取得之規劃以及波浪空間分佈全貌分析方法，及重建分析結果之確認。

3



## 施行步驟與方法

- 1 依據『台灣近岸海象預報模式系統(TaiCOMS)』的研究成果，蒐集過去的海象資料，依季節分析台灣海域波浪空間特性。
- 2 依據『台灣近岸海象預報模式系統(TaiCOMS)』的研究成果，蒐集過去於特殊氣象條件下的海象資料，分析於特殊氣象條件下台灣海域波浪之空間特性。
- 3 從台灣海域波浪之空間特性，嘗試抽出特徵之可能方式。
- 4 考慮台灣海域波浪空間特性，當給定多點（譬如70~80點）波浪資料之前提下，建立推估台灣海域波浪全貌之分析方法。
- 5 發展程式並依據過去已知之資料進行驗證。

4



## 台灣海域波浪資料來源

適用於台灣海域之近岸海象預報系統(Taiwan Coastal Operational Modeling System; TaiCOMS) [16]：該系統預報包含了風場、波場、水位及流場等模擬

[16] 邱永芳等“台灣近岸海象預報模式系統(TaiCOMS)技術報告”，第28屆海洋工程研討會專題論文集，高雄，2006/11

中尺度 SWAN模式

範圍：北緯20°至27°之間，東西向在東經118°至124°之間

格網間距：5 km

5



## 擬引用之波浪資料內容

2006年全年365天，每天正午12:00及午夜12:00之資料（一天兩個時間，相隔12hr），總計 2 x 365組資料，每組資料包含日期、時間、風場（風速、風向）、波場（波高、週期、波向）

本研究將藉助於TaiCOMS數值預報模式對台灣海域波浪特性的反應與掌握，從其預報結果分析出台灣海域波浪隨季節變化的空間分佈特性。本期研究預計完成從臺灣周圍海域多個船舶運動資料及波浪反算結果，合理分析臺灣海域即時波浪場全貌的方法及程式，這是建構波浪場即時測報系統的關鍵技術。

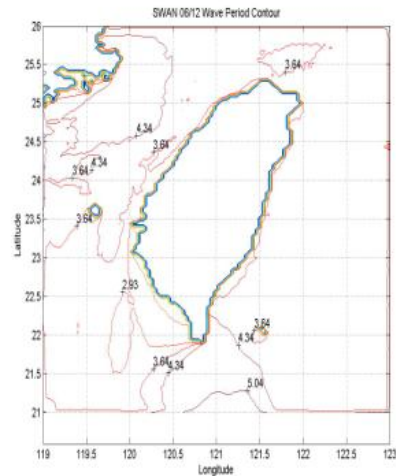
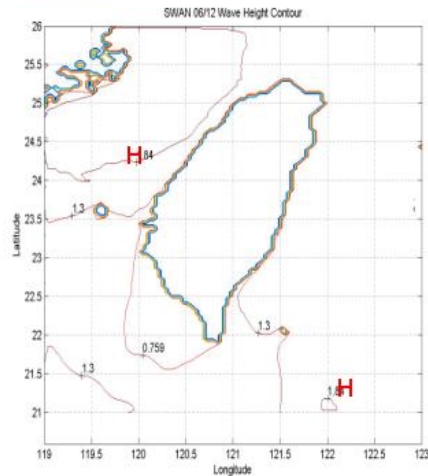
6



樣本

2006/12/01/00

波高、波週期



7



## 分析方法

### 叢集分析(Cluster Analysis) [19]

[19] Brian s. Everitt, Sabine Landau, and Morven Leese,  
“ Cluster Analysis”, London : Arnold ; New York : Oxford  
University Press, 2001

叢集分析的套裝軟體：包含S-PLUS、SAS、Genstat 5、  
SPSS、SYSTAT、BMDP、Statistica、Stata、Minitab、  
Clustan、ClustanGraphics、NORMIX、EMMIX、  
Multimix、Mplus、ADCLUS、Pyramids、HICLAS等

類神經網路識別 (Pattern Recongnition by ANNs)

類神經網路分類器 (ANN Classifier)

類神經網路套裝軟體：NeuroSolutions

8



## 期中進度報告

本研究將嘗試尋求可行的分析方法，針對前述總計  $2 \times 365$  組，包含風場（風速、風向）和波場（波高、週期、波向）空間分佈的資料，分析出可辨別的類型，找出台灣海域波浪隨季節變化之特徵。

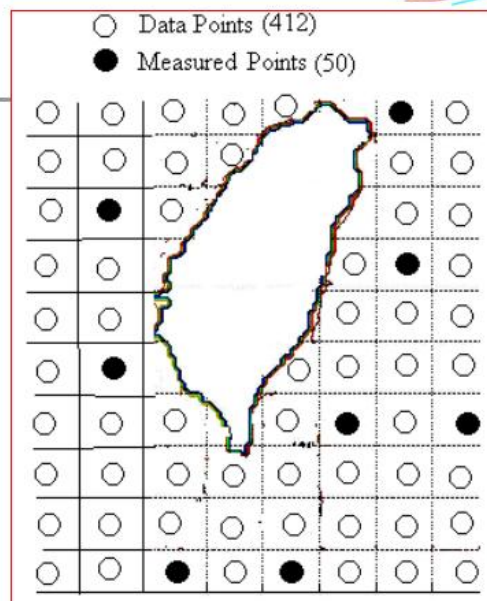
本期研究於現階段初步完成台灣海域波浪資料取得之規劃，確定以**TaiCOMS預報資料**為內容，並委請台灣技術研究中心協助提供，資料目前已取得，正在彙整中。

此外，針對可能應用的分析方法，確定將從**叢集分析**及**類神經網路**等方法中探討可行的方法，目前正在就已取得的樣本資料進行初步檢視。

9



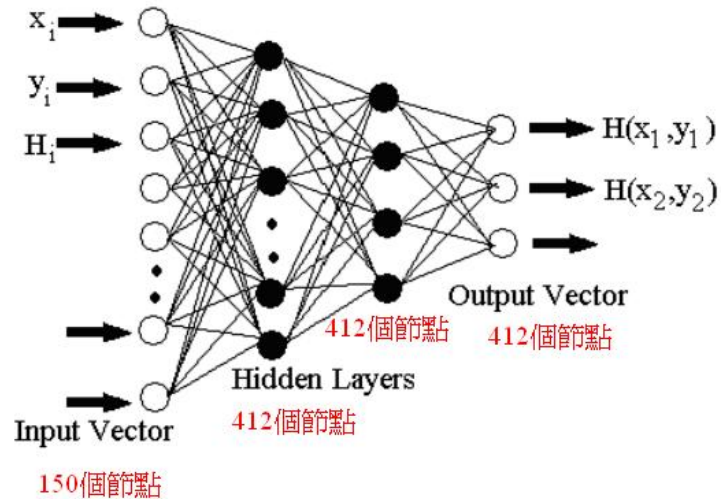
**問題：**如何從有限的量測點資料（譬如50點），重建所有資料點的分佈全貌（412點）。



10

## 多層類神經網路架構

權重數： $150 \times 412 + 412 \times 412 + 412 \times 412 = 401,288$



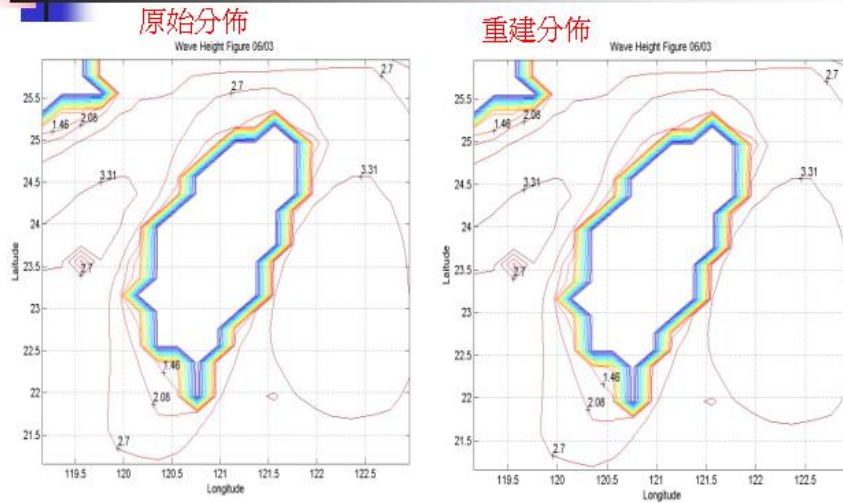
11

## 單日單時刻波浪空間分佈之重建

- 以2006/03/01 波浪為例
- 訓練樣本隨機由 $20 \times 25$ (海域內共412點)網格點中取出的50點作為訓練樣本(共100組)。
- 訓練完成後再重新隨機抽取5組資料反算出原樣本全貌，

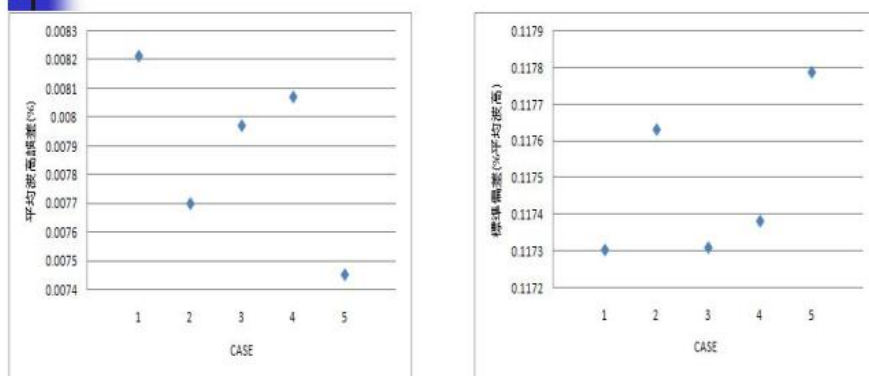
12

## 2006/03/01 單日單時刻波高分佈之重建



13

## 波高分佈重建結果之整體誤差分析

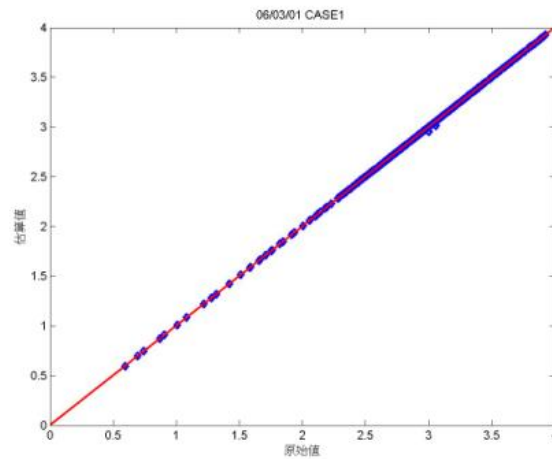


單日平均波高誤差

單日標準偏差(%平均波高)

14

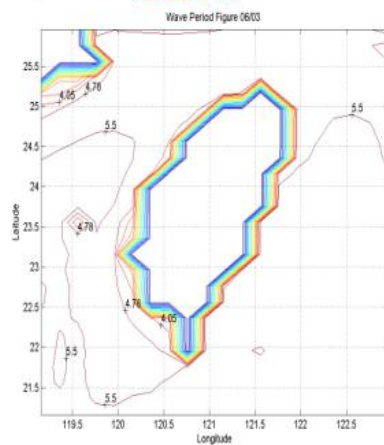
## 波高分佈重建結果之偏離分析



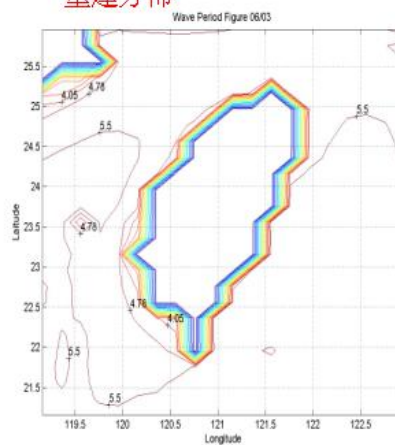
15

## 2006/03/01單日單時刻週期分佈之重建

原始分佈



重建分佈

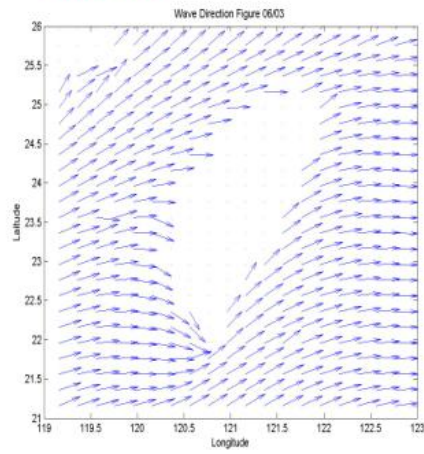
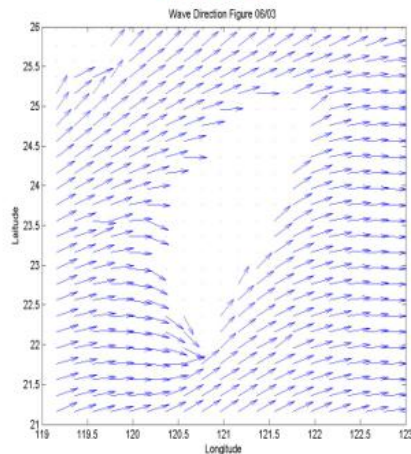


16

## 2006/03/01單日單時刻波向分佈之重建

原始分佈

重建分佈



17

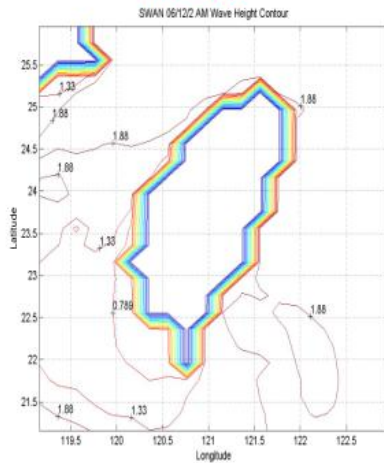
## 單月波浪空間分佈之重建

- 以2006/12/ 30天上午及下午共60組資料為例。
- 訓練樣本為30天上午及下午共60組資料中，隨機再由20 x 25(海域內共412點)網格點中取出的50點作為訓練樣本(60組中每組個別隨機選取100個訓練樣本資料，亦即構成共6000組訓練資料)。
- 訓練完成後再由月份內任意選取六天資料，個別重新隨機抽取4組樣本資料反算原樣本全貌。
- 此六天為：2006/12/02上午、2006/12/06下午、2006/12/13上午、2006/12/18下午、2006/12/26上午、2006/12/30下午的資料為例

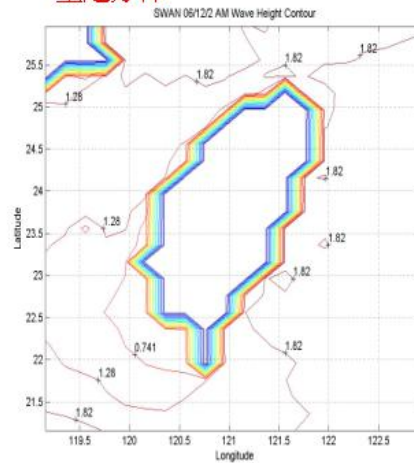
18

## 2006/12/02 上午波高空間分佈之重建

原始分佈

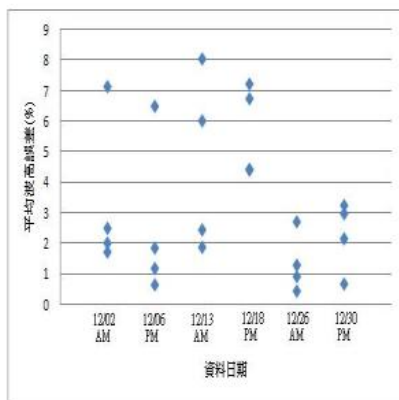


重建分佈

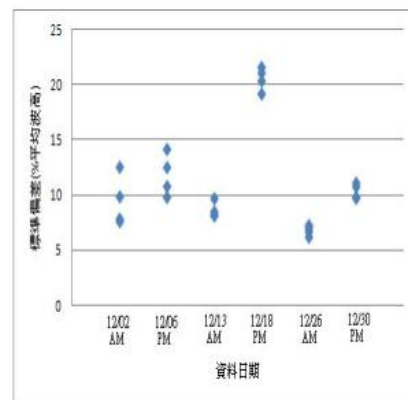


19

## 波高分佈重建結果之整體誤差分析



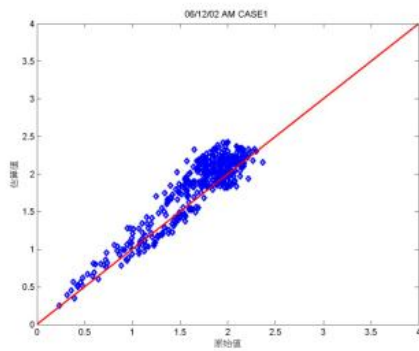
單月各日平均波高誤差



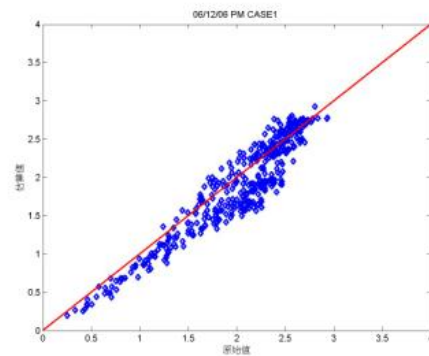
單月各日標準偏差(%平均波高)

20

## 波高分佈重建結果之偏離分析



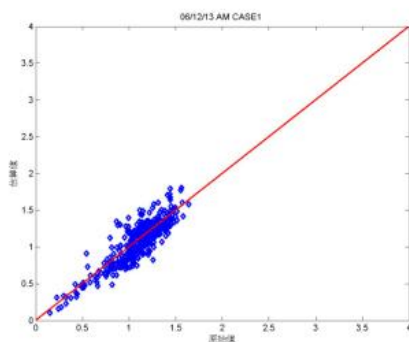
2006/12/02上午



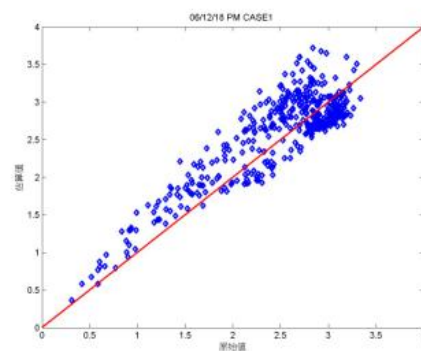
2006/12/06下午

21

## 波高分佈重建結果之偏離分析



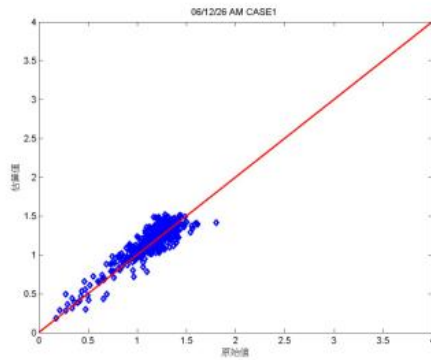
2006/12/13上午



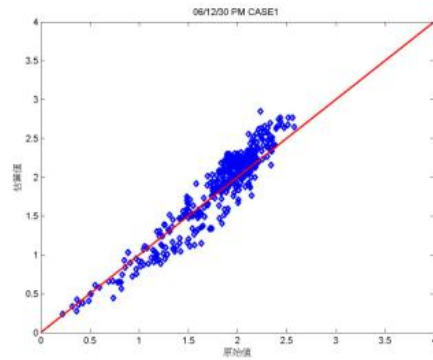
2006/12/18下午

22

## 波高分佈重建結果之偏離分析



2006/12/26上午



2006/12/30下午

23

## 結論

- 本研究引用TaiCOMS之中尺度台灣近海波浪模擬資料，作為探討台灣海域波浪全貌分析方法與程式之建構與驗證之依據。
- 研究結果顯示採用多層類神經網路模式，模擬以有限的量測資料（譬如來自於70~80個測點或更少的資料）重建台灣周圍海域波浪整體空間分佈全貌的方法是可行而有效的。
- 以單日資料為例驗證，顯示其重建結果無論在定量及定性上皆幾乎一致重現。
- 以單月資料為例驗證，亦顯示類神經網路模式重建結果在數值上雖有些許差異，但整體空間分佈的趨勢仍被訓練完成後的類神經網路模式充分的掌握。

24