

98-101-7427

MOTC-IOT-97-H2DB001

臺灣國際港區船舶動態管理特性 及颱風波浪資料補遺研究(四)



交通部運輸研究所

中華民國 98 年 9 月

98-101-7427
MOTC-IOT-97-H2DB001

臺灣國際港區船舶動態管理特性 及颱風波浪資料補遺研究(四)

著者：江玟德、張憲國、劉勁成、陳蔚瑋、何良勝

交通部運輸研究所
中華民國 98 年 9 月

國家圖書館出版品預行編目資料

臺灣國際港區船舶動態管理特性及颱風波浪資料

補遺研究. 四 / 江玟德等著. -- 初版. --

臺北市 : 交通部運研所, 民98.09

面 : 公分

參考書目:面

ISBN 978-986-01-9994-9(平裝)

1. 海洋氣象 2. 自動化 3. 波動 4. 臺灣

444.94029

98017833

臺灣國際港區船舶動態管理特性及颱風波浪資料補遺研究(四)

著者：江玟德、張憲國、劉勁成、陳蔚璋、何良勝

出版機關：交通部運輸研究所

地址：10548 臺北市敦化北路 240 號

網址：www.ihmt.gov.tw (中文版 > 中心出版品)

電話：(04) 26587176

出版年月：中華民國 98 年 9 月

印刷者：台北縣慈惠庇護工場

版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所網站

定價：300 元

展售處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

國家書店松江門市：10485 臺北市中山區松江路 209 號 F1•電話：(02) 25180207

五南文化廣場：40042 臺中市中山路 6 號•電話：(04)22260330

GPN：1009802548

ISBN：978-986-01-9994-9(平裝)

著作財產權人：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分內容者，須徵求交通部運輸研究所書面授權。

ISBN978-986-01-9994-9



GPN: 1009802548

定價 300 元

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：臺灣國際港區船舶動態管理特性及颱風波浪資料補遺研究(四)			
國際標準書號 (或叢刊號) ISBN978-986-01-9994-9(平裝)	政府出版品統一編號 1009802548	運輸研究所出版品編號 98-101-7427	計畫編號 97-H2DB001
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：何良勝 研究人員：江玟德 聯絡電話：04-26587126 傳真號碼：04-26560661	合作研究單位：國立交通大學 計畫主持人：張憲國 研究人員：劉勁成、陳蔚璋 地址：新竹市大學路 1001 號 聯絡電話：03-5131487		研究期間 自 97 年 3 月 至 97 年 10 月
關鍵詞：船舶預警模式、神經網路、波浪統計			
<p>摘要：</p> <p>本計畫利用颱風與花蓮港距離(D)、颱風最大風速(Vmax)、颱風中心至花蓮港之角度(θ_1)、颱風行進方位角(θ_2)、風場能量 $En(Vmax/Log(D))$與中央氣象局發佈之海、陸上警報(WI, Waring Index)等六個影響船隻動態的颱風因子建立颱風期間花蓮港之船舶操作預警模式。目前船舶動態預警模式已建構完成並已附加圖形化使用者介面來提升其使用性，並已提出兩種模式對船舶動態進行預測，其中有選定颱風路徑做分類的模式 I 於 45 場應發佈警報的颱風中僅有 5 場颱風沒有發佈警報，另外不考慮颱風路徑分類的模式 II 則有 6 場無法正確進行預測。以本計畫所做的風險評估顯示，決策者可以提早 6 個小時發布警報，若保守一點的話則可在模式預報時間第 62 小時前就發布船舶動態(大約有 90%之信賴度)。此結果都是考慮船舶安全為主。</p> <p>本計畫使用本所港灣技術研究中心 2006 年臺北、安平港及 2004 年花蓮港之波浪資料，分別利用統計公式方法與參數推估平滑方法來探討短期波高與週期之統計特性。在波高方面分別以 Gamma、Weibull、Modified Weibull、Rayleigh 與 Log-Normal 分布等五種機率分布函數；週期方面則以 Gamma、Erlang、Rayleigh 與 Normal 等四種機率分布函數，利用上述兩種方式，根據均方根誤差(RMSE)及判定係數(R^2)，判斷何種分布模式與實際波高、週期分布較為吻合。</p> <p>根據分析結果，對於臺北、安平港與花蓮港的短期波高最適分布在探討的五種分布函數中尤以 Weibull 分布為最佳。而同樣地 Weibull 分布也被調查出為示性波高之最佳分布函數。在週期分析方面，Normal 分布對於描述短期週期分布與臺北、安平港之示性週期分布是最佳的，而花蓮港則是以 Erlang 分布最合適。本文進一步探討波高與週期最適分布之參數估計並以公式表示，此獲得之公式可快速且正確地計算任何月份之波浪統計值。</p> <p>本計畫工作成果之「船舶動態管理系統」可提供花蓮港務局作為颱風期間船隻出港避難之判斷依據，另有「波浪統計特性模式」，可提供臺北、安平及花蓮等港務單位作為港埠工程規劃設計、施工之參考依據。</p>			

出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
98 年 9 月	180	300	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定價價購。
<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， <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: Alert model for ship escape from Hualien harbor during typhoon period (IV)			
ISBN(OR ISSN) ISBN978-986-01-9994-9(pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009802548	IOT SERIAL NUMBER 98-101-7427	PROJECT NUMBER 97-H2DB001
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu Yung-fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ho Liang-sheng PROJECT STAFF: Jiang Wen-der PHONE: (04) 26587126 FAX: (04) 26560661			PROJECT PERIOD FROM March 2008 TO October 2008
RESEARCH AGENCY: National Chiao Tung University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chang Hsien-kuo PROJECT STAFF: Liou Jin-cheng, Chen Wei-wei ADDRESS: 1001 Ta Hsueh Road, Hsinchu, Taiwan 300, ROC PHONE: (03) 5131487			
KEY WORDS: Alert Model of Ship Escape; Neural Network; Wave Statistics			
Abstract: <p>The official records of ship escape from Hualien harbor during typhoon period each year were collected from year 1996 to 2005 in this project. Criteria of ship escape are classified into 4 groups depending on the resulting factors, such as typhoon's scale, path, wind speed, position of typhoon's center and the distance between the typhoon and the interest point. The relationship between the criteria of ship escape and the resulting factors is established by artificial neural network (NN) considering 4 kinds of paths and 50 typhoons chosen to train the model. The accuracy of the proposed NN model is examined using recorded events of ship escape in 4 typhoons. Fair agreements in calibrating and verifying stages show that the proposed model can be applicable for real operation in the future. The proposed ANN model can provide an alert model of ship escape. A basic GUI system is modeled to easily operate the proposed ANN model for the engineers for the future. A risk analysis is introduced to estimate the accuracy of the model result.</p> <p>Wave data, observed by Harbor and Marine Technology Center, for 2004 to 2006 at offshore of Anping, Taipei and Hualien harbors are collected to be fitted possible probability density functions for wave heights and wave periods. Both kernel smoothing density function and Gamma, Weibull, Modified Weibull, Rayleigh and Log-Normal distributions are chosen to fit the distribution of wave heights. For wave periods, Gamma, Erlang, Rayleigh, and Normal distributions are chosen to examine. The criteria for fitness are set by root mean square error and determination of correlation.</p> <p>For short-term wave heights the fittest density function is Weibull distribution among five functions at three locations. Weibull distribution is also examined to be the fittest density function for significant wave heights. Normal distribution is best one for describing the distribution of short-term wave periods and significant wave periods at An-ping and Taipei waters. However, Erlang distribution is suitable for wave periods at Hualien. Estimated parameters in the fittest distribution for wave heights and periods are investigated and expressed for a formula. The obtained formula for these parameters can be used to fast and accurately compute wave statistics in any month for interested waters.</p> <p>The achievements of this project "Alert Model of Ship Escape" can provide a decision criterion to decide whether the ships leave harbor or not in typhoon duration for Hualien harbour Bureau. Furthermore, "Wave Statistics Analysis" can supply for design purposes and construction management practice in Taipei, Anpin, and Hualien harbor.</p>			
DATE OF PUBLICATION September 2009	NUMBER OF PAGES 180	PRICE 300	CLASSIFICATION <input type="checkbox"/> RESTRICTED <input type="checkbox"/> CONFIDENTIAL <input type="checkbox"/> SECRET <input type="checkbox"/> TOP SECRET <input checked="" type="checkbox"/> UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications			

目錄

中文摘要表.....	I
英文摘要表.....	III
目錄.....	IV
圖目錄.....	VII
表目錄.....	XIII
第一章 緒論.....	1-1
1.1 前言.....	1-1
1.2 歷年計畫工作內容.....	1-2
1.3 本年度計畫工作內容.....	1-3
1.4 研究動機與文獻回顧.....	1-4
第二章 颱風與船舶動態特性分析.....	2-1
2.1 船舶動態與颱風特性.....	2-1
2.2 颱風風速及方位角對船舶動態的影響.....	2-6
2.3 輸入資料之設定與修正.....	2-8
第三章 船隻動態預警模式之建構.....	3-1
3.1 類神經網路.....	3-1
3.2 船舶動態預警模式之建立.....	3-3
3.3 船舶動態預警模式之驗證.....	3-11
3.4 本年度侵臺颱風之驗證.....	3-15
3.5 視窗化模式之建構與實例操作.....	3-17
3.5.1 圖形化使用者介面之介紹.....	3-17
3.5.2 颱風波浪預測模式圖形化介面介紹.....	3-21
3.5.3 實例操作與功能介紹.....	3-29
3.6 預報時間精準度之評估.....	3-32
3.6.1 類神經船舶動態模式-I.....	3-32
3.6.2 類神經船舶動態模式-II.....	3-37
第四章 波浪特性分析.....	4-1

4.1	資料來源與處理.....	4-1
4.2	相關波高機率密度函數.....	4-3
4-3	平滑方法(Kernel Smoothing Method).....	4-8
第五章	波浪特性分析結果.....	5-1
5.1	Weibull 分布系列之統計代表值推導.....	5-1
5.2	Gamma 與 Normal 分布系列之統計代表值推導.....	5-4
5.3	波高最適分布.....	5-6
5.3.1	以統計公式之評估結果.....	5-6
5.3.2	以 Ksdensity 方法之評估結果.....	5-17
5.4	波浪週期之最適機率分布.....	5-18
5.4.1	以統計分式之評估結果.....	5-18
5.4.2	以 Ksdensity 方法之評估結果.....	5-29
5.5	示性波高之最適機率分布.....	5-30
5.5.1	以統計公式之評估結果.....	5-30
5.5.2	以 Ksdensity 方法之評估結果.....	5-41
5.6	示性波浪參數特性探討.....	5-48
5.6.1	每月示性波浪波高之最小值.....	5-48
5.6.2	Weibull 分佈之參數特性.....	5-50
5.7	示性週期之最適機率分布.....	5-54
5.7.1	以統計公式之評估結果.....	5-55
5.7.2	以 Ksdensity 方法之評估結果.....	5-66
5.8	示性波浪參數特性探討.....	5-71
5.8.1	每月示性波浪週期之最小值.....	5-71
5.8.2	Normal 分佈之參數分析.....	5-73
5.9	波高超量機率密度.....	5-74
5.10	小結.....	5-77
第六章	結論與建議.....	6-1
	參考文獻.....	參-1
	附錄 花蓮港之船隻動態表.....	附-1

期中報告審查意見處理情形表.....	審-1
期末報告審查意見處理情形表.....	審-3
簡報內容.....	簡-1

圖目錄

圖 2.1 颱風距離與觀測站示性波高關係(見張和錢(2003))	2-5
圖 2.2 颱風風速與船隻異動指數關係圖	2-7
圖 2.3 颱風中心至測站方位角與船隻異動指數關係圖	2-7
圖 2.4 影響船舶動態之颱風因子示意圖	2-9
圖 3.1 類神經網路架構示意圖	3-1
圖 3.2 路徑 4 模式颱風安珀學習結果之比較	3-5
圖 3.3 路徑 4 模式颱風碧利斯學習結果之比較	3-6
圖 3.4 路徑 4 模式颱風桃芝學習結果之比較	3-6
圖 3.5 路徑 5 模式颱風陶卡基學習結果之比較	3-7
圖 3.6 路徑 5 模式颱風瑞伯學習結果之比較	3-7
圖 3.7 路徑 5 模式颱風柯吉拉學習結果之比較	3-8
圖 3.8 路徑 6 模式颱風葛樂禮學習結果之比較	3-8
圖 3.9 路徑 6 模式颱風莎莉學習結果之比較	3-9
圖 3.10 路徑 6 模式颱風奧托學習結果之比較	3-9
圖 3.11 路徑 7 模式颱風魏萊特學習結果之比較	3-10
圖 3.12 路徑 7 模式颱風薩恩學習結果之比較	3-10
圖 3.13 路徑 7 模式颱風戴兒學習結果之比較	3-11
圖 3.14 路徑 4 龍王颱風之模擬船隻異動指數	3-13

圖 3.15 路徑 5 賀伯颱風之模擬船隻異動指數.....	3-13
圖 3.16 路徑 6 杜鵑颱風之模擬船隻異動指數.....	3-14
圖 3.17 路徑 7 艾利颱風之模擬船隻異動指數.....	3-14
圖 3.18 2008 辛樂克颱風之颱風波浪推算結果.....	3-15
圖 3.19 2008 辛樂克颱風之船隻動態異動指數推算結果.....	3-16
圖 3.20 2008 鳳凰颱風之颱風波浪推算結果.....	3-16
圖 3.21 2008 鳳凰颱風之船隻動態異動指數推算結果.....	3-17
圖 3.22 GUI 的開發對於使用者族群的分布變化	3-18
圖 3.23 本介面主視窗	3-22
圖 3.24 樹狀結構的工具列	3-22
圖 3.25 船舶異動指數所對應之警示標誌.....	3-24
圖 3.26 颱風資料輸入視窗	3-24
圖 3.27 模擬結果資料存檔視窗.....	3-26
圖 3.28 颱風路徑選擇介面	3-27
圖 3.29 即時波高實測圖.....	3-28
圖 3.30 即時衛星影像圖.....	3-28
圖 3.31 操作流程介紹 1：Matlab 主要視窗	3-29
圖 3.32 操作流程介紹 2：船舶動態預警模式主要視窗.....	3-30
圖 3.33 操作流程介紹 3：颱風資料輸入視窗.....	3-31
圖 3.34 操作流程介紹 4：颱風資料輸入完成.....	3-31

圖 3.35 操作流程介紹 5：船隻異動指數推算完成.....	3-32
圖 3.36 WINNIE(1997)颱風行進路徑及其預測及實測船舶動態指 標.....	3-33
圖 3.37 BABS(1998)颱風行進路徑及其預測及實測船舶動態指標 ...	3-33
圖 3.38 SAM(1999)颱風行進路徑及其預測及實測船舶動態指標	3-34
圖 3.39 DAN(1999)颱風行進路徑及其預測及實測船舶動態指標	3-34
圖 3.40 IMBUDO(2003)颱風行進路徑及其預測及實測船舶動態指 標.....	3-34
圖 3.41 類神經船舶動態模式- I 之第 3 級與第 4 級船舶動態指標 的發布時間與預報時間差(ΔT)之統計圖	3-36
圖 3.42 ISA(1997)颱風行進路徑及其預測及實測船舶動態指標	3-38
圖 3.43 SAM(1997)颱風行進路徑及其預測及實測船舶動態指標	3-38
圖 3.44 UTOR(2001)颱風行進路徑及其預測及實測船舶動態指標 ...	3-38
圖 3.45 IMBUDO(2003)颱風行進路徑及其預測及實測船舶動態指 標.....	3-39
圖 3.46 LUPIT(2003)颱風行進路徑及其預測及實測船舶動態指標 ..	3-39
圖 3.47 SUDAL(2004)颱風行進路徑及其預測及實測船舶動態指 標.....	3-39
圖 3.48 類神經船舶動態模式- II 之第 3 級與第 4 級船舶動態指標 的發布時間與預報時間差(ΔT)之統計圖	3-40
圖 4.1 花蓮港波浪觀測位置示意圖	4-1
圖 4.2 安平港波浪觀測位置示意圖.....	4-2

圖 4.3 臺北港波浪觀測位置示意圖.....	4-2
圖 4.4 Ksdensity 推估之機率密度函數圖.....	4-9
圖 4.5 不同 h 之機率函數圖.....	4-10
圖 4.6 波高與週期最適機率分佈之分析流程圖.....	4-11
圖 5.1 機率高於 $F(x \leq x_p) = 1 - p$ 之平均值為 \bar{x}_p 及最大機率密度之 示意圖.....	5-2
圖 5.2 2006 年臺北港 HS 各分布比較圖(統計公式法).....	5-31
圖 5.3 2006 年臺北港 H1/10 各分布比較圖(統計公式法).....	5-32
圖 5.4 2006 年安平港 HS 各分布比較圖(統計公式法).....	5-34
圖 5.5 2006 年安平港 H1/10 各分布比較圖(統計公式法).....	5-35
圖 5.6 2004 年花蓮港 HS 各分布比較圖(統計公式法).....	5-36
圖 5.7 2004 年花蓮港 H1/10 各分布比較圖(統計公式法).....	5-37
圖 5.8 2005 年臺北港 HS 各分布比較圖(統計公式法).....	5-38
圖 5.9 2005 年臺北港 H1/10 各分布比較圖(統計公式法).....	5-39
圖 5.10 2001 年安平港 HS 各分布比較圖(統計公式法).....	5-40
圖 5.11 2001 年安平港 H1/10 各分布比較圖(統計公式法).....	5-41
圖 5.12 2006 年臺北港 HS 各分布比較圖(Ksdensity 法).....	5-43
圖 5.13 2006 年安平港 HS 各分布比較圖(Ksdensity 法).....	5-44
圖 5.14 2004 年花蓮港 HS 各分布比較圖(Ksdensity 法).....	5-45
圖 5.15 2005 年臺北港 HS 各分布比較圖(Ksdensity 法).....	5-47

圖 5.16 2001 年安平港 HS 各分布比較圖(Ksdensity 法).....	5-48
圖 5.17 臺北港示性波高每月最小值.....	5-49
圖 5.18 安平港示性波高每月最小值.....	5-49
圖 5.19 花蓮港示性波高每月最小值.....	5-50
圖 5.20 臺北港 Weibull 分佈 α 參數迴歸圖	5-51
圖 5.21 安平港 Weibull 分佈 α 參數迴歸圖	5-51
圖 5.22 花蓮港 Weibull 分佈 α 參數迴歸圖	5-52
圖 5.23 臺北港 Weibull 分佈 β 參數迴歸圖	5-52
圖 5.24 安平港 Weibull 分佈 β 參數迴歸圖	5-52
圖 5.25 花蓮港 Weibull 分佈 β 參數迴歸圖	5-53
圖 5.26 臺北港示性波高實測值與 Weibull 理論值比較圖.....	5-53
圖 5.27 安平港示性波高實測值與 Weibull 理論值比較圖.....	5-54
圖 5.28 花蓮港示性波高實測值與 Weibull 理論值比較圖.....	5-54
圖 5.29 2006 年臺北港 T_s 各分布比較圖(統計公式法)	5-56
圖 5.30 2006 年臺北港 $T_{1/10}$ 各分布比較圖(統計公式法).....	5-57
圖 5.31 2006 年安平港 T_s 各分布比較圖(統計公式法)	5-58
圖 5.32 2006 年安平港 $T_{1/10}$ 各分布比較圖(統計公式法).....	5-59
圖 5.33 2004 年花蓮港 T_s 各分布比較圖(統計公式法)	5-60
圖 5.34 2004 年花蓮港 $T_{1/10}$ 各分布比較圖(統計公式法).....	5-61
圖 5.35 2005 年臺北港 T_s 各分布比較圖(統計公式法)	5-62

圖 5.36 2005 年臺北港 $T_{1/10}$ 各分布比較圖(統計公式法).....	5-63
圖 5.37 2001 年安平港 T_S 各分布比較圖(統計公式法).....	5-64
圖 5.38 2001 年安平港 $T_{1/10}$ 各分布比較圖(統計公式法).....	5-65
圖 5.39 2006 年臺北港 T_S 各分布比較圖(Ksdensity 法).....	5-67
圖 5.40 2006 年安平港 T_S 各分布比較圖(Ksdensity 法).....	5-68
圖 5.41 2004 年花蓮港 T_S 各分布比較圖(Ksdensity 法).....	5-69
圖 5.42 2005 年臺北港 T_S 各分布比較圖(Ksdensity 法).....	5-70
圖 5.43 2001 年安平港 T_S 各分布比較圖(Ksdensity 法).....	5-71
圖 5.44 臺北港示性週期每月最小值.....	5-72
圖 5.45 安平港示性週期每月最小值.....	5-72
圖 5.46 花蓮港示性週期每月最小值.....	5-73
圖 5.47 臺北港 T_S 每月 Normal 分佈之 μ 參數值.....	5-73
圖 5.48 臺北港 T_S 每月 Normal 分佈之 σ 參數值.....	5-74
圖 5.49 2006 臺北港波高超量機率密度圖.....	5-75
圖 5.50 2006 安平港波高超量機率密度圖.....	5-75
圖 5.51 2004 花蓮港波高超量機率密度圖.....	5-76
圖 5.52 2005 臺北港波高超量機率密度圖.....	5-76
圖 5.53 2001 安平港波高超量機率密度圖.....	5-76

表目錄

表 2-1 花蓮港務局颱風路徑歸類表	2-3
表 2-2 Saffir-Simpson 的颱風規模分類標準	2-3
表 2-3 蒲福風級表.....	2-4
表 2-4 颱風之船隻異動指數歸類表	2-6
表 3-1 不同模式之學習結果分析表	3-5
表 3-2 使用 GUI 介面之效率比較表	3-20
表 5-1 Weibull 分布系列之統計特性公式	5-3
表 5-2 Gamma 分布系列之統計特性公式.....	5-5
表 5-3 Normal 分布系列之統計特性公式	5-6
表 5-4 2006 年臺北港波高統計特性與實測值之比較($H_s < 0.5m$).....	5-8
表 5-5 2006 年臺北港波高統計特性與實測值之比較 ($0.5m < H_s < 1.0m$).....	5-8
表 5-6 2006 年臺北港波高統計特性與實測值之比較 ($1.0m < H_s < 1.5m$).....	5-9
表 5-7 2006 年臺北港波高統計特性與實測值之比較 ($1.5m < H_s < 2.0m$).....	5-9
表 5-8 2006 年臺北港波高統計特性與實測值之比較 ($2.5m < H_s < 3.0m$).....	5-10
表 5-9 2006 年臺北港波高統計特性與實測值之比較($H_s > 3.0m$).....	5-10
表 5-10 2006 年安平港波高統計特性與實測值之比較($H_s < 0.5m$)	5-11

表 5-11 2006 年安平港波高統計特性與實測值之比較 (0.5m<H _S <1.0m).....	5-11
表 5-12 2006 年安平港波高統計特性與實測值之比較 (1.0m<H _S <1.5m).....	5-12
表 5-13 2006 年安平港波高統計特性與實測值之比較 (1.5m<H _S <2.0m).....	5-12
表 5-14 2006 年安平港波高統計特性與實測值之比較 (2.5m<H _S <3.0m).....	5-13
表 5-15 2006 年安平港波高統計特性與實測值之比較(H _S >3.0m).....	5-13
表 5-16 2004 年花蓮港波高統計特性與實測值之比較(H _S <0.5m).....	5-14
表 5-17 2004 年花蓮港波高統計特性與實測值之比較 (0.5m<H _S <1.0m).....	5-14
表 5-18 2004 年花蓮港波高統計特性與實測值之比較 (1.0m<H _S <1.5m).....	5-15
表 5-19 2004 年花蓮港波高統計特性與實測值之比較 (1.5m<H _S <2.0m).....	5-15
表 5-20 2004 年花蓮港波高統計特性與實測值之比較 (2.5m<H _S <3.0m).....	5-16
表 5-21 2004 年花蓮港波高統計特性與實測值之比較(H _S >3.0m).....	5-16
表 5-22 2006 年臺北港波高統計特性評估結果	5-17
表 5-23 2006 年安平港波高統計特性評估結果	5-17
表 5-24 2004 年花蓮港波高統計特性評估結果	5-18
表 5-25 2006 年臺北港週期統計特性與實測值之比較(H _S <0.5m).....	5-20

表 5-26 2006 年臺北港週期統計特性與實測值之比較 (0.5m<H _S <1.0m).....	5-20
表 5-27 2006 年臺北港週期統計特性與實測值之比較 (1.0m<H _S <1.5m).....	5-21
表 5-28 2006 年臺北港週期統計特性與實測值之比較 (1.5m<H _S <2.0m).....	5-21
表 5-29 2006 年臺北港週期統計特性與實測值之比較 (2.5m<H _S <3.0m).....	5-22
表 5-30 2006 年臺北港週期統計特性與實測值之比較(H _S >3.0m).....	5-22
表 5-31 2006 年安平港週期統計特性與實測值之比較(H _S <0.5m).....	5-23
表 5-32 2006 年安平港週期統計特性與實測值之比較 (0.5m<H _S <1.0m).....	5-23
表 5-33 2006 年安平港週期統計特性與實測值之比較 (1.0m<H _S <1.5m).....	5-24
表 5-34 2006 年安平港週期統計特性與實測值之比較 (1.5m<H _S <2.0m).....	5-24
表 5-35 2006 年安平港週期統計特性與實測值之比較 (2.5m<H _S <3.0m).....	5-25
表 5-36 2006 年安平港週期統計特性與實測值之比較(H _S >3.0m).....	5-25
表 5-37 2004 年花蓮港週期統計特性與實測值之比較(H _S <0.5m).....	5-26
表 5-38 2004 年花蓮港週期統計特性與實測值之比較 (0.5m<H _S <1.0m).....	5-26
表 5-39 2004 年花蓮港週期統計特性與實測值之比較	

(1.0m<H _S <1.5m).....	5-27
表 5-40 2004 年花蓮港週期統計特性與實測值之比較 (1.5m<H _S <2.0m).....	5-27
表 5-41 2004 年花蓮港週期統計特性與實測值之比較 (2.5m<H _S <3.0m).....	5-28
表 5-42 2004 年花蓮港週期統計特性與實測值之比較(H _S >3.0m).....	5-28
表 5-43 2006 年臺北港週期統計特性評估結果	5-29
表 5-44 2006 年安平港週期統計特性評估結果	5-29
表 5-45 2004 年花蓮港週期統計特性評估結果	5-30
表 5-46 2006 年臺北港 H _S 統計特性與實測值之比較	5-31
表 5-47 2006 年臺北港 H _{1/10} 統計特性與實測值之比較	5-32
表 5-48 2006 年安平港 H _S 統計特性與實測值之比較	5-33
表 5-49 2006 年安平港 H _{1/10} 統計特性與實測值之比較	5-34
表 5-50 2004 年花蓮港 H _S 統計特性與實測值之比較	5-35
表 5-51 2004 年花蓮港 H _{1/10} 統計特性與實測值之比較	5-36
表 5-52 2005 年臺北港 H _S 統計特性與實測值之比較	5-37
表 5-53 2005 年臺北港 H _{1/10} 統計特性與實測值之比較	5-38
表 5-54 2001 年安平港 H _S 統計特性與實測值之比較	5-39
表 5-55 2001 年安平港 H _{1/10} 統計特性與實測值之比較	5-40
表 5-56 2006 年臺北港 H _S 統計特性評估結果	5-42
表 5-57 2006 年安平港 H _S 統計特性評估結果	5-43

表 5-58	2004 年花蓮港 H_S 統計特性評估結果	5-44
表 5-59	2005 年臺北港 H_S 統計特性評估結果	5-46
表 5-60	2001 年安平港 H_S 統計特性評估結果	5-47
表 5-61	Weibull 分佈 α 參數推估式	5-50
表 5-62	Weibull 分佈 β 參數推估式	5-51
表 5-63	2006 年臺北港 T_S 統計特性與實測值之比較.....	5-55
表 5-64	2006 年臺北港 $T_{1/10}$ 統計特性與實測值之比較.....	5-56
表 5-65	2006 年安平港 T_S 統計特性與實測值之比較.....	5-57
表 5-66	2006 年安平港 $T_{1/10}$ 統計特性與實測值之比較.....	5-58
表 5-67	2004 年花蓮港 T_S 統計特性與實測值之比較.....	5-59
表 5-68	2004 年花蓮港 $T_{1/10}$ 統計特性與實測值之比較.....	5-60
表 5-69	2005 年臺北港 T_S 統計特性與實測值之比較.....	5-61
表 5-70	2005 年臺北港 $T_{1/10}$ 統計特性與實測值之比較.....	5-62
表 5-71	2001 年安平港 T_S 統計特性與實測值之比較.....	5-63
表 5-72	2001 年安平港 $T_{1/10}$ 統計特性與實測值之比較.....	5-65
表 5-73	2006 年臺北港 T_S 統計特性評估結果.....	5-66
表 5-74	2006 年安平港 T_S 統計特性評估結果.....	5-67
表 5-75	2004 年花蓮港 T_S 統計特性評估結果.....	5-68
表 5-76	2005 年臺北港 T_S 統計特性評估結果.....	5-69
表 5-77	2001 年安平港 T_S 統計特性評估結果.....	5-70

表 5-78 不同年份之三港波高超量機率密度統計特性	5-75
----------------------------------	------

第一章 緒論

1.1 前言

臺灣濱臨太平洋，位處易受颱風或異常波浪侵襲之地區，而颱風所引起的巨浪為破壞港灣的重要因素，其亦困擾港內船舶作業與碇靠之管理。因此，港內之穩靜情況關係著船隻碇泊與貨物裝卸作業管理之重要。鑑於颱風或異常波浪對港灣設施及船隻碇泊的重要性，本計畫擬延續 96 年度之工作方式與研析方法，依據本所港研中心所收集之歷年海象資料，包括波浪與潮位資料以及歷年港內船舶碇靠、離港紀錄進行分類分析，並應用模糊理論與類神經網路之方法分析，從波浪之觀測與船舶動態資料分析並建立預警模式予以港灣管理單位做即時的判斷與反應，建立一個可即時性反應的船舶動態管理系統，俾提供港務單位船隻碇泊、裝卸作業及離港疏散之參考依據。

由於港內外海氣象調查相關性資料的貧乏及相關推算模式之即時反應效用的欠缺，目前國內主要港口尚無有關港內外波浪特性與船舶動態管理機制探討的具體研究。另外，各港區所辦理之海氣象觀測資料及相關即時資訊系統，在颱風強大的波浪作用下，量測儀器可能受損或遺失，導致量測資料失去連續性，使得估計的設計波浪發生誤差，因此必須建立精確的資料補遺系統，以為港灣擴建發展及防災的重要依據。同時，以海氣象統計計量分析模式，推算臺灣各國際港區之颱風波浪資料的相關性，藉以建立各港區颱風波浪之補遺模式，以補遺過去因儀器故障或遺失的量測資料，構製完整的颱風波浪資料庫，並據此建立各港區波浪相關特性之統計分析模式。因此，如何建立觀測資料分類與分析，並進行預警系統的建置，為本研究重要的課題。

本計畫利用往昔相關研究及分析結果進一步討論颱風動態參數與船舶動態關係，來修正 96 年度所建立的船舶動態預警模式，並加強其圖形化使用者介面，以期本模式能提高預警防災的能力。

1.2 歷年計畫工作內容

本研究屬本所「臺灣國際港區船舶動態管理系統及颱風波浪資料補遺研究」(94-97 年)計畫規劃 4 年研究計畫，並於第一年(94)度完成以下兩階段之工作項目：

1. 針對花蓮及蘇澳港區之港內外波浪及颱風情況，進行波浪資料以及歷年港內船舶動態紀錄與颱風因子等因素之統計分析與特性研究，以此作為類神經網路之學習輸入值之篩選，以利船舶動態類神經網路模式之建立。
2. 蒐集颱風資料與現場波浪資料，應用類神經網路及模糊理論建立以花蓮港之颱風波浪類神經網路模式，並以颱風參數及其相對花蓮港之方位角等進行分析與模式之建立，並以 9 場颱風作為學習，以 8 場颱風測試該模式在颱風波浪資料補遺的應用。

第二年(95)度完成以下兩階段之工作項目：

1. 針對花蓮港區之歷年港內船舶動態紀錄與颱風因子等，包括波浪與颱風資料以及歷年港內船舶碇靠、離港紀錄等因素進行統計分析與特性研究，並分析船隻異動與颱風波浪之關係。整理颱風與影響船隻動態的因子可包括：颱風路徑、颱風規模、風速、颱風中心與花蓮港之角度與颱風中心之經緯度等因素，完成類神經網路船舶動態模式。
2. 另外，對於花蓮港之波浪資料則進行波高及週期之以誤差均方根(RMS)、相關性(R^2)、離島型直方圖($P_i=0$)與判斷是否為雙峰直方圖($|P_i-P_j|>1/N$)等四種參數來探討最適之機率分佈特性和最佳分組組數。決定最佳組數與最適之機率分佈，並以此探討波高與週期之統計特性。

第三年(96)度完成以下兩階段之工作項目：

1. 利用花蓮港港務局所提供之船隻動態記錄，選用颱風六個影響船隻動態的颱風因子建立颱風與 ISE 間的關係。本計畫選擇之學習範例為含蓋 4 種不同颱風路徑、4 種船隻異動指數，選取颱風共 50 個，做為

類神經之學習範例。並以 4 場颱風進行驗證。此外並附加圖形化使用者介面來提升其使用性。

2. 以安平港與臺北港實測波浪數據，進行波高與週期之直方圖與機率密度的計算，對於波高與週期則選定各四種機率分布，結果驗證出安平港與臺北港之波高分布較近的分布以及其波高直方圖適合分組組數。另外於週期之分析結果亦比較各種評估參數後，選定最佳分組組數與最佳分布。本計畫推導出幾個較適用之機率分布之統計特性，如 $H_{1/10}$ ， H_s ， H_{mean} 等。

1.3 本年度計畫工作內容

本計畫研究範圍與對象為花蓮港之港內外區域，並收集歷年海象資料，包括波浪資料以及歷年港內船舶碇靠、離港紀錄等。以分析船隻異動與颱風波浪之關係，並修正 96 年度之船舶動態類神經網路模式。另外就波浪統計分析，以臺北港及安平港之波浪資料，將建立波浪特性推算模式，以進行相關波浪之補遺與統計特性模式之建立。本年度(97)研究計畫之工作項目分為兩部份：

1. 港區船舶動態管理特性研究

- (1) 針對花蓮港區建立颱風與船舶動態關係。
- (2) 應用類神經網路建構船舶動態推算模式。
- (3) 建立視窗化船舶動態管理操作系統。

2. 颱風波浪資料補遺及統計特性分析

- (1) 驗證花蓮港域波浪特性統計分析模式。
- (2) 建構安平與臺北港域波浪特性統計分析模式。
- (3) 波浪特性統計分析模式技術訓練與移轉。

(4) 教育訓練

1.4 研究動機與文獻回顧

花蓮港面臨西太平洋，且在夏季平均約有 3 至 4 個颱風侵襲，使得特殊港形的花蓮港面臨著港池震盪的問題。根據張(1996)分析花蓮港船隻動態與長波之關係中得知，每年颱風波浪造成船隻出港避風之次數高達 5 至 6 次之多，而除了強烈的風力對船隻停泊有影響外，長波所造成船隻的搖晃，亦是造成船隻斷纜或出港之主要因素，所以船隻動態與颱風波浪關係密切。往昔學者如簡和曾(1999)分析颱風資料得到颱風波浪大小與颱風行進路徑及強度規模有關。張和郭(1999)提出花蓮港在波浪週期於 96 秒時會有明顯港池共振現象，若岸壁反射率小於 0.9 時則共振情況會緩和且當外海入射波向為東南向之波浪對花蓮港港池靜穩定之影響最大，因此花蓮港容易受到夏季太平洋之颱風波浪或東南方向遠洋傳來之湧浪影響，造成港池不靜穩。郭(2001)提出颱風波浪的大小與颱風之規模強度、颱風風速及颱風的行進方向等有很大的關係。張和簡(2002)探討颱風期間實測波浪延時變化，其結果顯示波浪成長與颱風路徑、最大風速、中心移動度等有密切關係。因此花蓮港之船隻停泊在颱風侵臺期間目前仍面臨出港躲避湧浪之困擾。

在海岸工程的應用上，過去有許多學者利用類神經網路於預測波浪方面，有 Deo 和 Naidu(1999)以測站之即時波浪資料作為類神經網路之輸入值，以倒傳遞類神經路推算下一個時間之波浪資料，並以此建立短期波浪推算模式。Deo 等人(2000、2001)則建構以風速與示性波高與週期之類神經網路，以預測風浪。Deo 等人(2002、2003)則以類神經網路分析波向及推算碎波波高。錢等人(2002)利用神經-模糊網路推算颱風波浪並建立颱風行為及氣象與颱風波浪間的關係。張和錢(2003)結合 Holland 颱風風場模型與類神經網路，建立三種不同影響參數之臺灣東部近岸颱風波浪推算模式以模擬颱風波浪。Makarynsky(2004)為修正短期波浪之預測，分析不同延時之測試對預測風浪正確性之關

係，並建立輸入值為 48 小時與輸出值為 24 小時之波高及周期類神經學習網路，以此進行較長時間且可獲得較正確之波浪預測。Kalra 等人(2005)則以衛星量測之外海波浪特性及風場資料，進行近岸類神經網路風浪之推算。蔡(2005)以適應性類神經網路(ANFIS)建立風速大小、風向與對應波浪之架構，進行季節風浪之推算。Chang 和 Chien(2006a、b)針對不同風場參數分析其對波浪特性之關係，建立多個轉換函數之類神經網路模式，以進行颱風波浪之推算。蔡(2006)以 ECMWF(European Centre for Medium Range Weather Forecasts) 歐洲中期預報中心所提供之風場之風速及風向，建立 ANFIS 波高推算模式，並進行季節風浪之推算。Kazeminezhad(2005) 以實測之風速及吹風延時以 ANFIS 模式進行波高及周期的推算，並與 CEM(Coastal Engineering Manual)的方法比較，其誤差結果較 CEM 小。özger and Sen(2007) 應用模糊系統，以實測風速及前一個延時的波高及周期推算下一個時間的波高與周期值。Browne 等人(2007)應用 9 個 NOAA Wave Watch III 模式之輸出參數，以類神經網路進行實測波高學之習與預測，其平均誤差結果較 SWAN 模式小。Kalra 和 Deo (2007)以 TOPEX 衛星量測之波高及風速，應用徑向基底類神經網路(RBF)進行近岸測站之波高及周期的推算。

在波浪統計部份，本計畫將分析波高與週期的統計關係。Longuet-Higgins(1952)證明了海面上的波高應該近似於 Rayleigh 分佈。Forritall(1978)同意大部分的海上波高機率皆為 Rayleigh 分佈，但是卻容易高估了較大的波高，因此以墨西哥灣暴風雨來臨時的實測波浪資料作為分析依據，提出了另一種有兩參數的 Weibull 分佈模式。Pan(1992)利用中國沿海各地至少三年以上的波浪資料，驗證出海上波高的機率分佈為對數-常態分佈。錢(1991)也提到海面波高的機率分佈為常態分佈；此外，Guedes(2001)也根據葡萄牙的港外波高資料，証實出波高合適的機率分佈為 Weibull 分佈；Satheesh 等人(2005)則以印度 Alleppey 的波高資料作機率分佈，也說明了其波高分佈以 Weibull 分佈最佳。

另外，在週期方面則有，Rayleigh(1952) 提出如果水面的變化是常

態分佈，且波譜也符合窄頻條件的話，那麼風波場裡的週期分佈，就可以用 Rayleigh 模式來描述。Bretschneider(1959)亦曾提出週期的平方成 Rayleigh 分佈的建議。Erlang(1917)提出 Erlang 分佈理論，其為 Gamma 分佈中的特殊分佈理論，當 Erlang 分佈中的變數 λ 為 1 時，Erlang distribution 會趨近於 exponential distribution；變數 λ 越來越大時，Erlang 分佈就會接近一個常態分佈。Nair 等(2002)提出將 Erlang 分佈應用在波浪週期分佈上，提出平均週期、示性週期、平均最大週期、出現頻率最多的最大週期及週期極值等 5 個理論值，與實際波浪資料比較後，證明 Erlang 分佈應用在波浪週期上之正確性。

本年度(97)則繼續測試及修正先前(96 年度)之船舶動態預報模式，藉以提高模式預報的準確度。本年度之模式建構則以輸入參數與輸出值之間的關係，藉以檢定輸入參數是否適合描述輸出值，以便選擇合適的輸入參數，提高模式推算的準確性。輸入參數(颱風參數)與輸出值可能因為資料收集的遺失影響學習結果，並降低模式計算的準確性。因此，本計畫將利用統計方法、經驗公式及相關理論式尋找、建立適合的轉移函數，降低模式輸出的誤差值，此對類神經模式之計算精度具有提升之作用。於波浪統計方面，本計畫利用推導出之統計公式方法與 Ksdensity 方法取代直方圖方式來探討臺北港、安平港與花蓮港波高及週期短期(short-term)之最適機率密度分布函數，所謂短期意指一小時之內之機率分布。最適機率密度分布函數是指選擇函數與實際資料之密度相符之程度在可能函數中最佳者。另外在工程應用上常以統計機率概念推導出代表統計值，如示性波高(significant wave height)，所以本文即以另一種推導出幾種機率密度分布之統計值公式與實際值之結果當做評估指標。俟確定最適分佈後，再探討其參數特性，以供未來工程使用參考。

第二章 颱風與船舶動態特性分析

颱風強弱影響波浪大小，波浪大小影響港池之靜穩度，而港池靜穩度則關係船隻停泊或者出港避浪等不同的動態。簡和曾(1999)所述颱風波浪大小與颱風行進路徑及強度規模有關；而波浪是由風吹過海面而造成的，風愈大波浪亦愈高；颱風中心與花蓮港之角度影響颱風波浪是否直接侵襲花蓮港而造成花蓮港之共振，張與郭(1999)發現以外海入射波向為西南向(SE)波浪對花蓮港港池靜穩定之影響最大。張和錢(2003)發現當颱風距離推算點在 1500 公里以內時，波高隨著颱風的接近明顯升高，由此可知，波高與距離有著明顯的關係。95 年度計畫則將影響船隻動態的因子做類神經網路之輸入值，包括：颱風路徑、颱風規模、風速、颱風中心與花蓮港之角度與颱風中心之經緯度等六個影響船隻動態的颱風參數，並完成船舶動態類神經網路預警模式。96 年度計畫之船隻動態紀錄表已更新至 94 年，95 年颱風皆不影響花蓮之船隻動態，因此無花蓮港船隻動態紀錄，示如附錄。95 年度之計畫將每場颱風僅取一天之時間，且為 6 小時取一次之數據，作為神經網路之學習資料，於學習及推算過程中仍有些許誤差，96 年度對颱風因子進行重新分析，以新的因子作為類神經網路之輸入值，以修正船舶動態預警類神經網路模式。而本年度(97)在模式輸入因子上做了調整，由於颱風中心在離臺灣本島較遠的海域時，其颱風路徑較難以判斷，故本年度計畫將去年度船舶動態預警模式中所限制的 4 個路徑取消，改由使用者直接於使用者圖形介面上由 7 種颱風路徑分類直接選取可能的路徑。

2.1 船舶動態與颱風特性

由花蓮港務局持續觀察花蓮港港池受颱風影響之狀況，影響港池之程度概取決於颱風之路徑、強度、暴風圈範圍及其行進速度等因素，本計畫就臺灣東部海域民國 85 年至 94 年共 82 場颱風對花蓮港港池狀

況之影響歸納進行七種路徑分類，此七種颱風路徑分類法示如表 2-1。由表 2-1 發現第 7 種路徑最多，共有 32 個；其次為第 5 種路徑有 15 個，而第 1、2、3 種路徑最少，路徑分類如下所述：

1. 由臺灣西南方之南中國海生成之颱風由巴士海峽約朝東北向進入臺灣東南海域並持續遠離臺灣者，均不至對花蓮港港池造成共振現象。
2. 由臺灣東北部外海生成之颱風朝西南向接近臺灣而未直接侵襲花蓮者，亦不至對花蓮港港池造成共振現象。
3. 在菲律賓呂宋島東方海域生成之颱風朝西向通過呂宋島者，亦不至對花蓮港港池造成共振現象。
4. 在菲律賓呂宋島東方海域生成之颱風朝西北向接近臺灣並直接侵襲花蓮者，影響最為嚴重。
5. 在菲律賓呂宋島東方海域生成之颱風朝西北向接近臺灣再轉北北西或轉北由花蓮外海通過者，影響亦甚顯著。
6. 在菲律賓呂宋島東方海域生成之颱風朝西北向接近臺灣由臺灣南端或巴士海峽通過者，影響亦稱明顯。
7. 在菲律賓呂宋島東方海域生成之颱風朝西北，在距臺灣尚遠時，緯度即高過花蓮者，在未接近臺灣前即轉北北西或轉北由臺灣東部外海通過，甚至轉北北東、東北而遠離臺灣東部外海者，亦稍有影響或甚至無影響。

其中，1-3 類對花蓮港幾乎無影響，4、5、6、7 類的颱風波浪對花蓮港影響差異甚大。上述分類方式係港務局針對花蓮港之船舶管理而自行制訂，由於本分類法是以花蓮港的觀點來分類颱風路徑，經測試較中央氣象局之分類標準適合用來做為模式輸入參數，因此本模式將採用該歸類方式進行模式建構。

颱風風速之分類示如表 2-2。本計畫依照 Saffir-Simpson 之分類標準，將颱風規模依據颱風中心氣壓及最大風速分為五級，每級各約有 9-18 個。由表 2-3 蒲福風級表(Beaufort Scale)可知當風速越大，波高則越大，風速與波高有著明顯的關係，因此，本計畫亦將風速納入影響因子中。

表 2-1 花蓮港務局颱風路徑歸類表

颱風路徑	颱風名稱	個數
1	CAM(凱姆)、NOGURI(諾古力)、NANGKA(南卡)、CONSON(康森)	4
2	BOPHA(寶發)、NARI(納莉)	2
3	BETH(貝絲)、ERNIE(爾尼)、BABS(芭比絲)、FAITH(費絲)、IMBUDO(尹布都)、KROVANH(柯羅旺)	6
4	AMBER(安珀)、YANNI(楊妮)、BILIS(碧利斯)、LEKIMA(利奇馬)、TORAJI(桃芝)、TRAMI(潭美)、MORAKOT(莫拉克)、MINDULLE(敏督利)、NOCK_TEN(納坦)、HAITANG(海棠)、LONGWANG(龍王)、TALIM(泰利)	12
5	HERB(賀伯)、WINNIE(溫妮)、ZEB(瑞伯)、KAI_TAK(啟德)、PRAPIROON(巴比倫)、YAGI(雅吉)、RAMMASUN(雷馬遜)、KUJIRA(柯吉拉)、MAEMI(梅米)、MEARI(米雷)、MEGI(梅姬)、RANANIM(蘭寧)、SONGDA(桑達)、TOKAGE(陶卡基)、KHANUN(卡努)	15
6	GLORIA(葛樂禮)、SALLY(莎莉)、DAN(丹恩)、MAGGIE(瑪姬)、SAM(山姆)、CHEBI(奇比)、UTOR(尤特)、DUJUAN(杜鵑)、MELOR(米勒)、KOMPASU(康柏斯)、OTTO(奧托)	11
7	AERE(艾利)、DALE(戴兒)、VIOLET(魏萊特)、ZANE(薩恩)、ISA(麗莎)、IVAN(艾文)、LEVI(里維)、OPAL(歐珀)、PETER(彼得)、ROSIE(羅西)、TINA(蒂納)、VICKI(維琪)、BART(巴特)、GLORIA(葛樂禮)、KATE(凱特)、OLGA(歐佳)、DAMREY(丹瑞)、KIROGI(奇洛基)、XANGSANE(象神)、CIMARON(西馬隆)、HAIYAN(海燕)、ETAU(艾陶)、LINF(蓮花)、LUPIT(盧碧)、SOUDELOR(蘇迪勒)、CHABA(佳芭)、MA_ON(馬鞍)、NIDA(妮妲)、SUDAL(舒達)、NABI(娜比)、NESAT(尼莎)、SONCA(桑卡)	32

表 2-2 Saffir-Simpson 的颱風規模分類標準

颱風規模	壓力 (mb)	風速 (knts)
1 級颱風	>980	64~82
2 級颱風	965~980	83~95
3 級颱風	945~965	96~112
4 級颱風	920~945	113~134
5 級颱風	<920	>134

表 2-3 蒲福風級表

蒲福風級	名稱		風速		浪高	
	風	浪	每時海哩	每秒公尺	一般	最高
0	無風	-	1 以下	0-0.2	0	0
1	軟風	微波	1-3	0.3-1.5	0.1	0
2	輕風	微波	4-6	1.6-3.3	0.2	0.3
3	微風	小波	7-10	3.4-5.4	0.6	1
4	和風	小浪	11-16	5.5-7.9	1	1.5
5	清風	中浪	17-21	8.0-10.7	2	2.5
6	強風	大浪	22-27	10.8-13.8	3	4
7	疾風	大浪	28-33	13.9-17.1	4	5.5
8	大風	巨浪	34-40	17.2-20.7	6	7.5
9	烈風	猛浪	41-47	20.8-24.4	7	10
10	狂風	猛浪	48-55	24.5-28.4	9	12.5
11	暴風	狂濤	56-63	28.5-32.6	11.5	16
12	颶風	狂濤	64-71	32.7-36.9	14 以上	16 以上
13	颶風	狂濤	72-80	37.0-41.4	14 以上	16 以上
14	颶風	狂濤	81-89	41.5-46.1	14 以上	16 以上
15	颶風	狂濤	90-99	46.2-50.9	14 以上	16 以上
16	颶風	狂濤	100-108	51.0-56.0	14 以上	16 以上
17	颶風	狂濤	109-118	56.1-61.2	14 以上	16 以上

張和錢(2003)整理分析颱風中心位置距離觀測站的距離與觀測站的指示波高的關係圖，如圖 2.1 所示。圖 2.1 可以發現當颱風距離推算點在 1500 公里以上時波高與颱風無明顯關係，若在 1500 公里以內則波高與距離有著明顯的關係。本計畫依花蓮港之船舶動態紀錄表整理及分析在颱風來臨期間，共分成四種船隻動態分別為

- (1) 花蓮港內之船隻與其裝卸作業皆未受影響。
- (2) 花蓮港內產生湧浪，但湧浪並未大到影響裝卸作業，船隻亦不需出港避風。
- (3) 產生之湧浪大到船隻需出港避風，才能免除斷纜的可能。
- (4) 船隻產生了斷纜。

船隻發生斷纜可能造成船隻在港內任意漂泊進而造成船隻更嚴重之船隻異動，如可能與港內其他之船隻產生破撞等。因此，我們將斷纜歸於最嚴重之船隻異動指數 4，並依據對船隻異動之嚴重性，將定義為四個等級的船隻異動指數(Index for ship escape, ISE)。

根據此 4 個船隻異動指數，並將 82 個颱風加以分類，示如表 2-4。由表 2-4 可知 82 場颱風中有 27 場造成船隻的斷纜，有 25 場颱風對船隻沒有造成影響，12 場颱風有湧浪的產生，18 場颱風船隻需出港避風的情形。

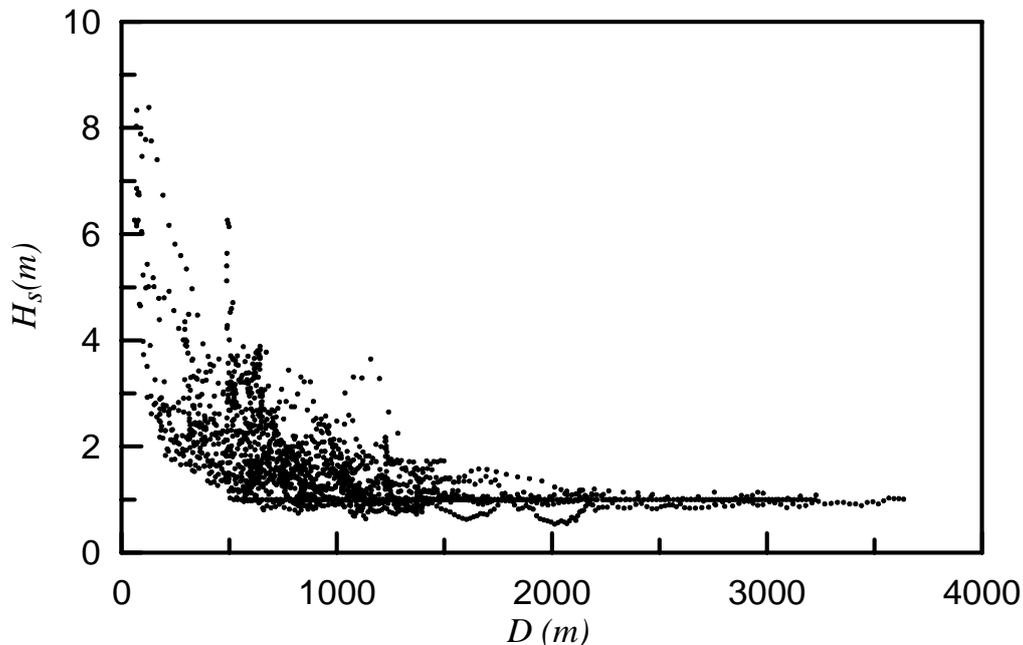


圖 2.1 颱風距離與觀測站示性波高關係(見張和錢(2003))

表 2-4 颱風之船隻異動指數歸類表

船隻異動指數	颱風名稱	個數
1	BART(巴特)、BETH(貝絲)、BOPHA(寶發)、CAM(凱姆)、CIMARON(西馬隆)、CONSON(康森)、DAMREY(丹瑞)、ERNIE(爾尼)、FAITH(費絲)、GLORIA(葛樂禮)、HAITANG(海棠)、HAIYAN(海燕)、KATE(凱特)、KOMPASU(康柏斯)、KROVANH(柯羅旺)、LEVI(里維)、MEGI(梅姬)、MELOR(米勒)、NANGKA(南卡)、NARI(納莉)、NOGURI(諾古力)、PRAPIROON(巴比侖)、RANANIM(蘭寧)、TRAMI(潭美)、VICKI(維琪)	25
2	LEKIMA(利奇馬)、LINF(蓮花)、MA_ON(馬鞍)、MAEMI(梅米)、MEARI(米雷)、MORAKOT(莫拉克)、NESAT(尼莎)、OLGA(歐佳)、PETER(彼得)、SONCA(桑卡)、TINA(蒂納)、YANNI(楊妮)	12
3	CHABA(佳芭)、CHEBI(奇比)、DALE(戴兒)、DAN(丹恩)、DUJUAN(杜鵑)、KAI_TAK(啟德)、KHANUN(卡努)、KIROGI(奇洛基)、KUJIRA(柯吉拉)、MAGGIE(瑪姬)、NIDA(妮妲)、NOCK_TEN(納坦)、ROSIE(羅西)、SAM(山姆)、SUDAL(舒達)、UTOR(尤特)、VIOLET(魏萊特)、YAGI(雅吉)	18
4	AERE(艾利)、AMBER(安珀)、BABS(芭比絲)、BILIS(碧利斯)、ETAU(艾陶)、GLORIA(葛樂禮)、HERB(賀伯)、IMBUDO(尹布都)、ISA(麗莎)、IVAN(艾文)、LONGWANG(龍王)、LUPIT(盧碧)、MINDULLE(敏督利)、NABI(娜比)、OPAL(歐珀)、OTTO(奧托)、RAMMASUN(雷馬遜)、SALLY(莎莉)、SONGDA(桑達)、SOUDELOR(蘇迪勒)、TALIM(泰利)、TOKAGE(陶卡基)、TORAJI(桃芝)、WINNIE(溫妮)、XANGSANE(象神)、ZANE(薩恩)、ZEB(瑞伯)	27

船隻異動指數 1：花蓮港內之船隻與其裝卸作業皆未受影響。

船隻異動指數 2：花蓮港內產生湧浪，但湧浪並未大到影響裝卸作業，船隻亦不需出港避風。

船隻異動指數 3：產生之湧浪大到船隻需出港避風，才能免除斷纜的可能。

船隻異動指數 4：船隻產生了斷纜。

2.2 颱風風速及方位角對船舶動態的影響

本計畫對於颱風風速及颱風中心至花蓮港之方位角對船隻異動指

數進行分析，示如圖 2.2 及 2-3。由圖 2.2 可看出船隻異動指數 1 分布於 75~175knots 的範圍，指數 2~4 則其風速分布在 55~295 knots 的範圍，指數 2~4 之颱風風速指數 1 之風速較無鑑別度，顯示颱風風速必非直接影響船隻異動。另外，由圖 2.3 可知，影響花蓮港船舶動態，以花蓮港之緯度為界 0~150 度及-60~0 度，且各指數之分佈範圍約略相似。由風速及方位角對異動指數之關係，可知兩者之分佈較分散，雖無一定之規則及不易辨識，但該兩參數仍是可定性描述影響異動指數之關係。因此，本計畫將應用類神經網路之學習及對機制不明顯之描述功能，予以分辨風速及方位角對異動指數之影響。

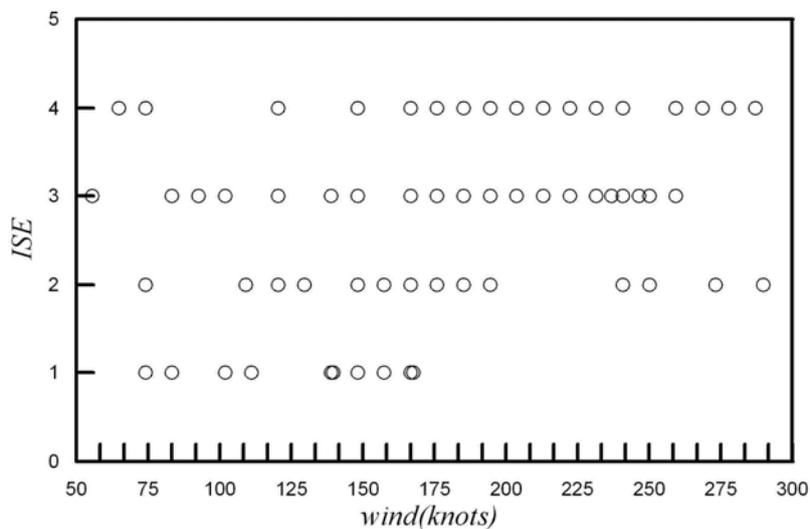


圖 2.2 颱風風速與船隻異動指數關係圖

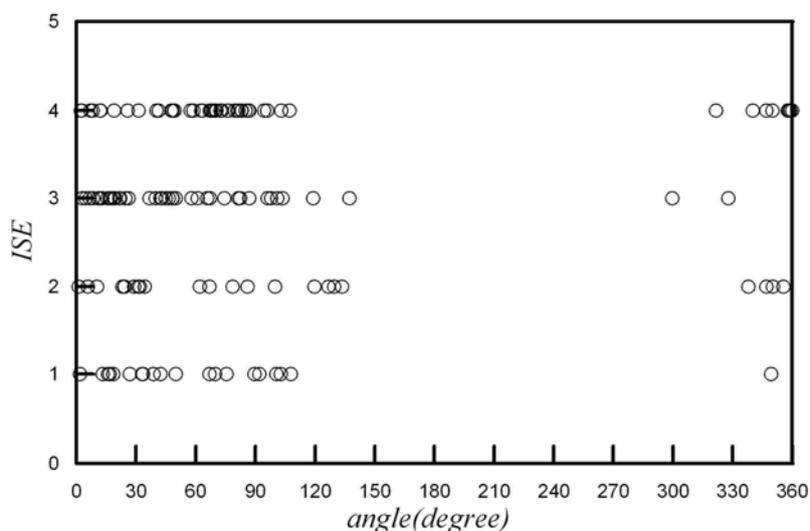


圖 2.3 颱風中心至測站方位角與船隻異動指數關係圖

2.3 輸入資料之設定與修正

本計畫依花蓮港記錄的船舶動態資料，將模式學習目標 ISE 設定共分 1-4 級，考慮記錄資料當時發佈船隻出港警訊 ISE 3 後，颱風持續接近後並無發佈提高 ISE 等級的警訊，因此，當颱風直撲或氣象局對花蓮港區域發佈颱風陸上警報時，將修正 ISE 3 提升至 ISE 4。由 95 年度之颱風影響船舶動態參數颱風動態參數為颱風路徑、颱風所處經緯度、颱風規模、颱風風速及颱風中心與花蓮港之方位角等皆屬於連續的函數，相對應顯示的 ISE 預報的 4 個等級屬於步階函數。

因此，學習及預測的過程不容易提高準確度，考慮颱風事件與距離由直接的關係且距離的尺度較大的條件下，將步階函數性質的資料 (ISE) 除以距離的對數進行修正，使步階函數轉換成為接近連續的函數的性質呈現，以提高類神經網路學習的能力並降低誤差。經過 95 年度之研究結果與相關資料綜合分析，原始模式經修正後，選用颱風與花蓮港距離(D)、颱風最大風速(Vmax)、颱風中心至花蓮港之角度($\theta 1$)、颱風行進方位角($\theta 2$)、風場能量 $En(Vmax/Log(D))$ 與中央氣象局發佈之海、陸上警報(WI, Waring Index) 等六個影響船隻動態的颱風因子建立颱風與 ISE 間的關係，其相關因子之示意圖如圖 2.4 所示。其中，海上颱風警報定義為：颱風七級暴風圈二十四小時後進入臺灣或金門、馬祖海岸線一百公里以內海域時發布，之後每三小時發報一次，必要時得加發之。海、陸上颱風警報定義為：預測颱風七級暴風圈十八小時後進入臺灣或金門、馬祖陸上時發布，之後每一小時發報一次。必要時得同時發布海上陸上颱風警報，不受上列條件所規範。解除颱風警報定義為：當颱風的七級風暴風範圍離開臺灣或金門、馬祖陸地，但仍未離一百公里近海時，改發海上颱風警報；當確定颱風離開一百公里近海時，即發布解除警報。颱風轉向或消散時，得直接解除颱風警報。

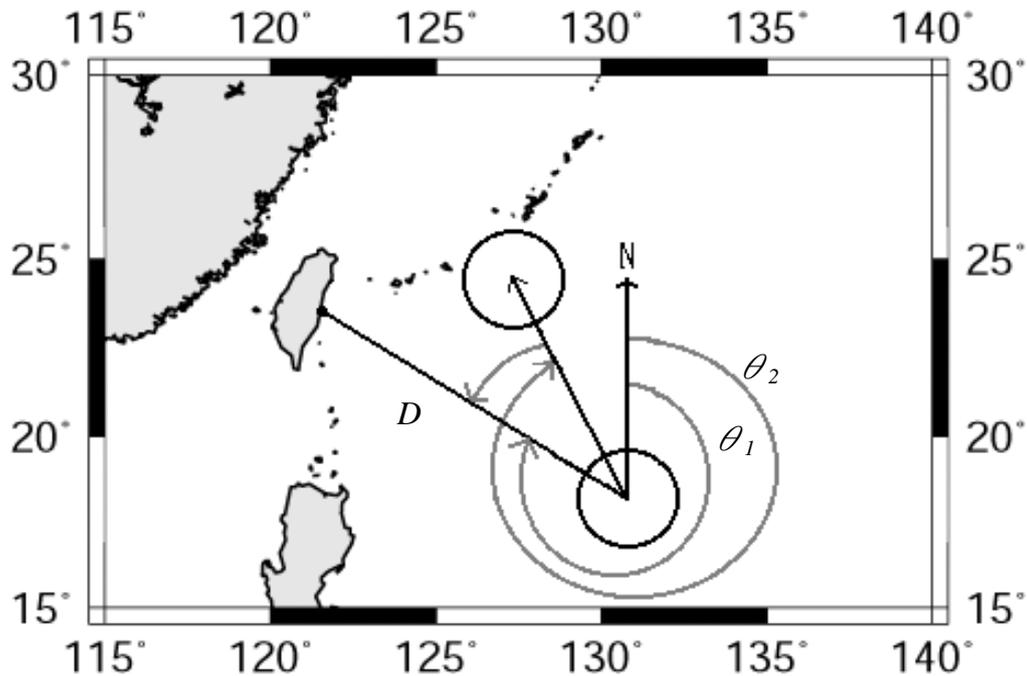


圖 2.4 影響船舶動態之颱風因子示意圖

本計畫以 96 年度建構之船舶動態類神經網路架構為基礎，並將模式修正方向歸納為以下三點：

1. 類神經網路船舶動態預報模式之輸入值將連結颱風預報中心颱風氣象資料，預報資料來源包括：中央氣象局、JTWC 所發佈的颱風未來 72 小時預測颱風的路徑、規模及移動速度。於颱風可能侵襲花蓮港之前，由預測的颱風氣象資料推測未來 72 小時船舶在港內受到颱風波浪影響的相對行為，依船舶可能受影響的程度提供 1-4 級不同的警告，以維護船舶及港區之安全，便於管理者提前因應颱風事件確實掌握船隻狀況，隨時準備出港避風降低颱風對船隻的影響。
2. 建立不同類型及颱風路徑的獨立運算模式，依颱風侵臺方式歸類進行船舶動態預報。由前三年的研究結果並參考花蓮港務局對颱風侵襲花蓮港七種路徑，經分析顯示不同種類路徑對花蓮港影響的程度差異甚大。颱風在相似路徑與規模的條件下，每次颱風事件之間的差異如路徑、位置與移動速度間複雜的關係對花蓮港內造成的影響仍有不同。
3. 本計畫將參考花蓮港務局對颱風侵襲花蓮港七種路徑的歸類，以及花蓮港紀錄之船舶動態資料進行分析與建立適當的模式，藉以充分反應七種路徑、颱風運動行為與船舶動態間的關係。

考量颱風路徑及颱風停滯、加速、轉向等行為對颱風波浪的影響時，就必須探討颱風過去時刻的行為。藉由連續時間的資料輸入，可增加輸入參數間的關聯性，如連續時間的颱風的位置可取代颱風移動速度。本計畫以上述修正方式修正颱風動態參數，包括：

- 1.本計畫初步依花蓮港務局對颱風侵襲花蓮港七種路徑，配合颱風、船舶動態實測資料進行適當的調整。
- 2.配合颱風影響的範圍，以直角座標經緯度表達的方式改為颱風中心與花蓮港距離 D 及颱風中心與花蓮港之方位角 θ_1 等兩個參數，以符合颱風位置與船舶動態的關係。
- 3.颱風影響範圍 E_n ，最大風速與距離比($V_{\max}/\text{Log}(D)$)，此參數的目的在表達不同規模的颱風影響範圍，也可描述不同 E_n 值與 ISE 間的關係。
- 4.颱風最大風速 V_{\max} ，則表示不同位置下颱風規模與 ISE 的直接關係。
- 5.颱風行進之方向角 θ_2 ，則是建立不同位置時颱風風向特性，藉以區分颱風左右半圓與 ISE 間的關係。
- 6.海、陸上颱風警報 WI，則是配合氣象局發佈的預警系統建立與 ISE 的關係，其中 WI 值在颱風生成時為 1，海上警報發佈時為 2，陸上警報發佈時為 3。

藉由上述參數之統計分析，進而可獲得定性上的颱風動態特性，並同時考慮颱風運動軌跡對船舶動態的影響，並將颱風動態參數時間序列資料對船舶動態進行關聯性分析。

第三章 船隻動態預警模式之建構

3.1 類神經網路

類神經網路(Artificial neural network, ANN)是模擬人腦之結構及訊息傳遞的過程，所建立之刺激輸入值及反應輸出值間之關聯模式，對於物理現象本身機制不明、複雜或其推論方程式之建立有遺漏部份，該模式都能以學習過程之方式建立輸入及輸出間之最適化模式，以描述整個物理現象。本文應用類神經網路具有學習最佳化的功能，並透過其模式輸出值與學習目標值間的連結建立起其相關性，利用網路權重(weights)與門限值(bias)來表示其關係的強弱。本文所選取之網路演算法則為倒傳遞法(Back-propagation)，由於倒傳遞網路具有監督式的學習，神經元間的交互作用經由該學習方式求得模式輸出值與實際值之最小均方根誤差。本文架構神經網路使用 Matlab 軟體來建置倒傳遞類神經網路，如圖 3.1 所示。

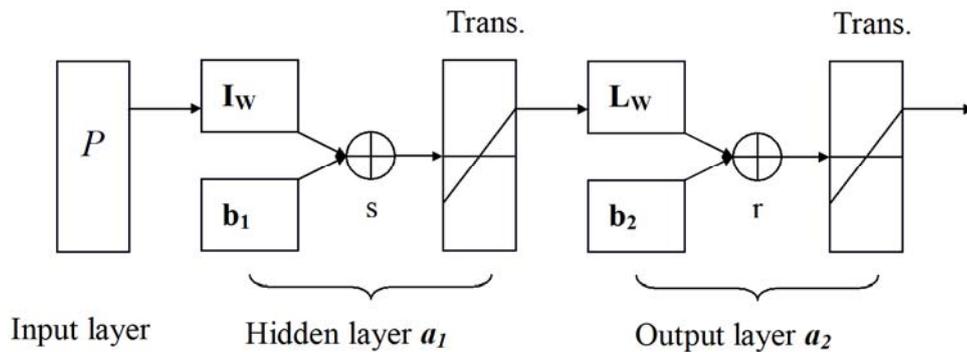


圖 3.1 類神經網路架構示意圖

倒傳遞學習演算法是被廣泛使用的一種學習演算法，因其具有學習及回想的功能，故可在回想過程中以相同於學習過程的方式來進行預測。一般倒傳遞網路可分為三部份，輸入層用以接受外在環境的訊息，隱藏層則表現輸入與輸出層各處理單元間的相互關係，並以權重

和閾值來闡述該相關性，輸出層用以輸出訊息給外在環境。倒傳遞網路學習方式是由輸入相當數量之學習樣本，應用向前饋入與誤差向後修正兩步驟，推求輸入變數與輸出變數的內在對映規則，再應用回想功能，進行新案例之輸出變數值推估。

圖 3.1 所架構之網路為一層隱藏層及一層輸出層，Trans. 為轉換函數， s 及 r 為隱藏層及輸出層之神經元個數，其扮演推論結果經由轉換函數映射之過程。 P 為輸入變數矩陣， I_w 和 b_1 為輸入層與隱藏層間的權重和閾值矩陣， L_w 和 b_2 為輸出層與隱藏層間的權重和閾值矩陣。經由網路學習誤差最佳化的過程，神經網路將輸入值及學習目標值的關係紀錄在閾值與權重上，以此表示輸入值與學習目標值間的關係強弱。其中，類神經網路使用轉換函數使隱藏層模仿生物神經元處理非線性的機能，以輸入值之加權乘積和轉換成處理單元之輸出值。整個倒傳遞網路模式由隱藏層與輸入參數及輸出層的關係可用方程式表示為

$$a_{1,s \times 1} = f_{s \times 1} (I_{w,s \times n} P_{n \times 1} + b_{1,s \times 1}) \quad (3-1)$$

$$a_{2,r \times 1} = f_{r \times 1} (L_{w,r \times s} a_{1,s \times 1} + b_{2,r \times 1}) \quad (3-2)$$

其中 a_1 為隱藏層之輸出值矩陣， a_2 為倒傳遞網路輸出值矩陣， f 為轉換函數。藉由上式之運算後求出網路輸出值矩陣 a_2 ，其與學習目標矩陣 Y 間之誤差平方定義兩矩陣相減之長度(Norm)為誤差函數 E ，其表示如下式

$$E = \frac{\|a_2 - Y\|^2}{N} \quad (3-3)$$

因此，整個網路學習的過程為了最佳化各神經元間之權重與閾值使誤差函數達到最小值，反覆迭代其過程使網路輸出值趨近學習目標值。當網路完成學習過程(最佳化過程)，建立最合適的權重和閾值後即可以此網路的回想過程來進行預測分析。以下說明其演算過程，最佳化過程可分為兩類，一為啟發式的最佳化，如可變學習數率(Variable Learning Rate)與有彈性(Resilient)之演算法；另一為使用標準的數值最

佳化，如共軛梯度法、擬牛頓法及 Levenberg-Marquardt (L-M)法。一般而言，在函數逼近的問題上 Levenberg-Marquardt 演算法將有最快之收斂性 (Neural Network Toolbox User's Guide)。因此，本文選擇使用 L-M 演算法做為達到網路誤差函數最小之最佳化過程，該演算法使用 Hessian 矩陣逼近方式來達到最佳的目的，並以下式表示之

$$X_{k+1} = X_k - [J^T J + \mu I]^{-1} J^T e \quad (3-4)$$

其中， X_k 、 X_{k+1} 分別表示每次疊代權重 $\{I_w, L_w\}$ 與門限值 $\{b_1, b_2\}$ 之前後最佳化計算值， J 為 Jacobian 矩陣，其包含網路誤差與權重值和閾值的一階微分， e 為網路誤差向量， I 為單位向量。式(3-4)之 $\mu=0$ 時，則近似牛頓法的 Hessian 矩陣，當 μ 值很大時，式(3-4)則具有較小步階之梯度下降，其目的即為盡可能之快速地移向牛頓法以達到網路誤差最佳化的結果，最後可獲得適應該網路之最佳化權重和閾值(見 Gill, et.al, 1981)。因此，倒傳遞類神經網路經由式(3-1)及式(3-2)計算輸入值經轉換函數映射制模式輸出值，並以式(3-4)作為權重與門限值之最適化反覆迭代計算，其網路學習完成之標準則以式(3-3)來判斷。

3.2 船舶動態預警模式之建立

本計畫由分析船隻動態資料得知，熱帶性低氣壓均未對花蓮港船隻造成影響，因此，依據前章所述之颱風影響船舶動態參數，颱風與花蓮港距離(D)、颱風最大風速(V_{max})、颱風中心至花蓮港之角度(θ_1)、颱風行進方位角(θ_2)、風場能量 $E_n(V_{max}/\text{Log}(D))$ 與中央氣象局發佈之海、陸上警報(WI)等六個影響船隻動態的颱風因子及中央氣象局所發佈颱風未來 48 小時的預測資料，做為類神經網路之輸入值。

本模式將以氣象局或 JTWC 發佈的颱風相關參數結果作為類神經模式之相關輸入值，為了簡化模式的架構，對於固定區域 t_j 時刻颱風與船隻異動指數 ISE 可以表示為颱風資料 D 、 V_{max} 、 θ_1 、 θ_2 、 E_n 、 WI 函數的時序列組合

$$ISE(t_j) = \sum_{i=n}^j a_i f_1(D, V_{max}, \theta_2, \theta_1, E_n, WI; t_i) \quad (3-5)$$

式(3-5)中 a_i 為係數， f_1 為函數， t_j 為時間。

本計畫選擇之學習範例為含蓋 4 種颱風種類、4 種船隻異動指數，選取颱風共 50 個，做為類神經之學習範例。本年度之修正模式採用 2 層隱藏層來表現非線性的效果，本模式之網路架構為輸入神經元為 6 個，輸出層為 1 個為 ISE 值，由經驗與嘗試之測試結果，本計畫之 2 層隱藏層，其神經元分為 80 及 40 個。隱藏層轉換函數則採用對數雙彎曲轉換函數(Log sigmoid transfer function)，而最終迭代次數設定為 1500 代，在誤差平方近似於 0 或迭代次數為 1500 代時之任何一個條件，該網路即停止學習。

表 3-1 為不同路徑之船舶動態預警模式學習誤差平方值與相關係數，其中經過正規化的學習目標範圍在 0 與 1 之間，正規劃後船舶動態參數為 ISE_{ob} 同時為學習目標，模式推算結果為 ISE_{pr} ，由表 3-1 顯示知路徑 4、5、6 學習結果有較小之誤差平方值與高相關係數，路徑 7 有相對最低的相關係數 0.842，圖 3.2 至 3-13 顯示路徑 4、5、6 及 7 中部分颱風的模式學習目標 ISE_{ob} 與推算結果 ISE_{pr} 的比較。

路徑 4 則有颱風安珀(Amber)、碧利斯(Bilis)、桃芝(Toraji)，如圖 3.2 至 3-4。路徑 5 為颱風妮妲(Nida)、瑞伯(Zeb)、柯吉拉(Kujira)，如圖 3.5 至 3-7，其中除了颱風瑞伯之推估值結果高於實測外，其餘推算結果因颱風行進的方式不同而推估值皆能逐步修正後接近實測值。另外路徑 4 碧利斯(Bilis)颱風和路徑 5 柯吉拉(Kujira)與實測資料有部分差異主要是由於目前模式並未考慮颱風移動速度，故颱風停留時間過長或移動速度提升會造成此現象。路徑 6 為颱風葛樂禮(Gloria)、莎莉(Sally)、奧托(Otto)，圖 3.8 至 3-10，三場颱風多能估算出適當的 ISE_{pr} 值。路徑 7 為颱風魏萊特(Violet)、薩恩(Zane)、戴兒(Dale)，示如圖 3.11 至 3-13，其中魏萊特及薩恩在颱風接近花蓮港前出現湧浪訊號 ISE_{pr} 為 2

之後隨即消失，再隨著颱風接近後模式多能估算出正確的 ISE_{pr} 值。造成類似雜訊的現象原因為模式受限於學習資料只有 48 小時延時的限制，使的學習的容量有限以致學習資料中多場颱風行為在相同位置、運動方向與規模條件下學習目標相同，因而取代少數颱風路徑相似不同的學習結果。綜合比較結果顯示此網路架構之模式有較佳的學習效果。

表 3-1 不同模式之學習結果分析表

預報模式	模式架構	誤差均方值(RMS)	相關係數(r)
路徑 4	6-80-40-1	0.047	0.912
路徑 5	6-80-40-1	0.037	0.920
路徑 6	6-80-40-1	0.038	0.940
路徑 7	6-80-40-1	0.047	0.842

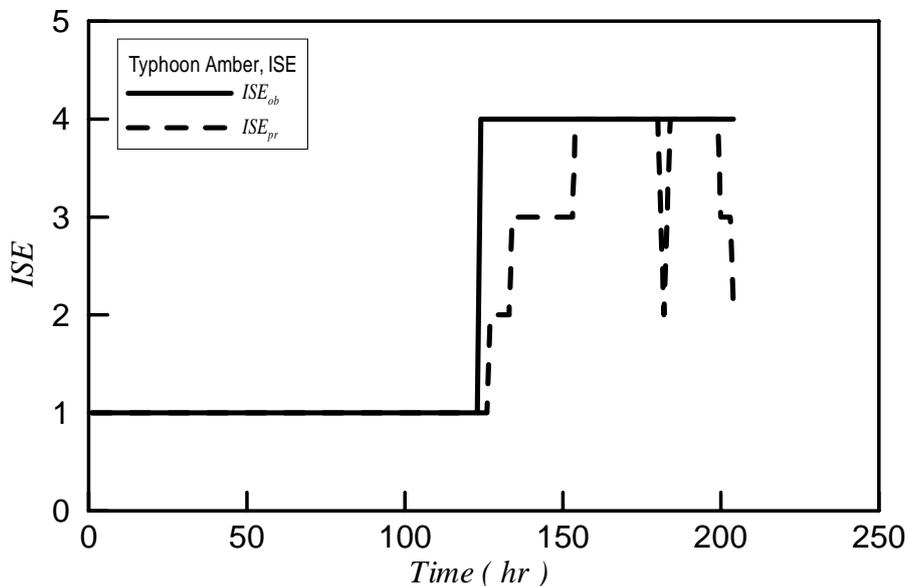


圖 3.2 路徑 4 模式颱風安珀學習結果之比較

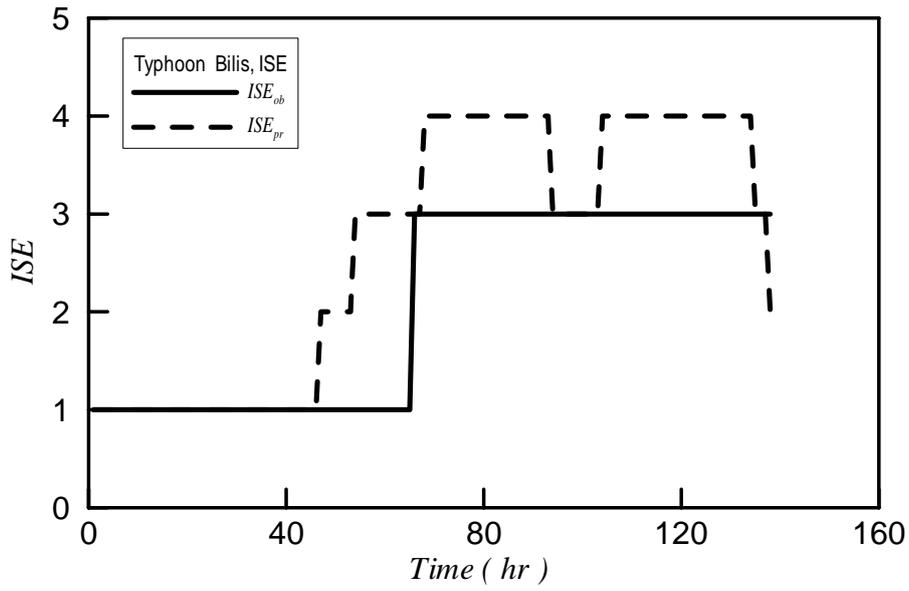


圖 3.3 路徑 4 模式颱風碧利斯學習結果之比較

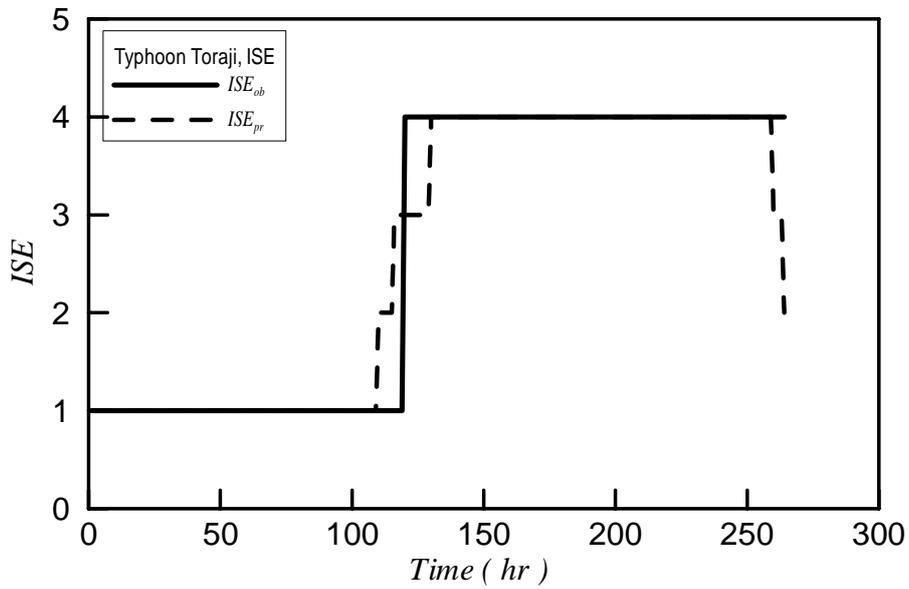


圖 3.4 路徑 4 模式颱風桃芝學習結果之比較

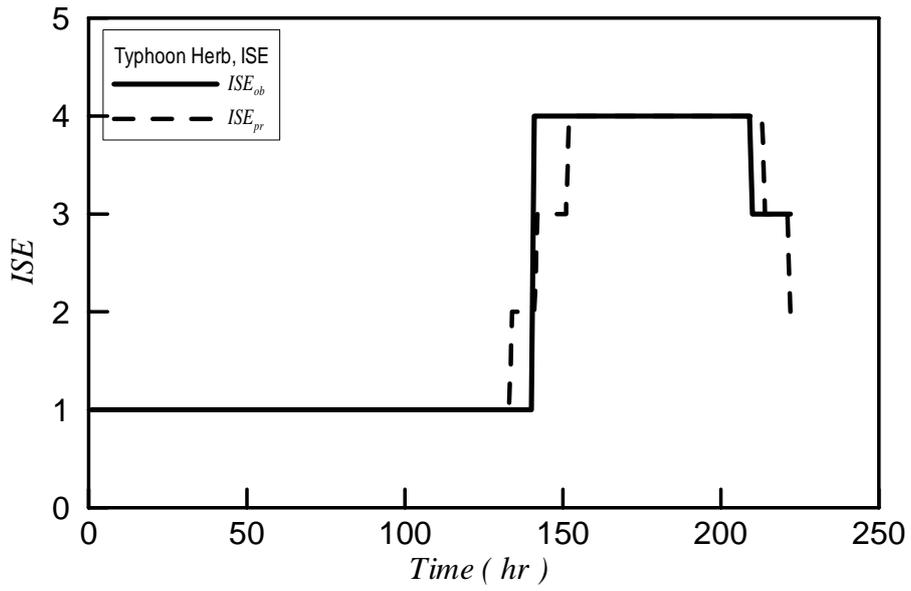


圖 3.5 路徑 5 模式颱風陶卡基學習結果之比較

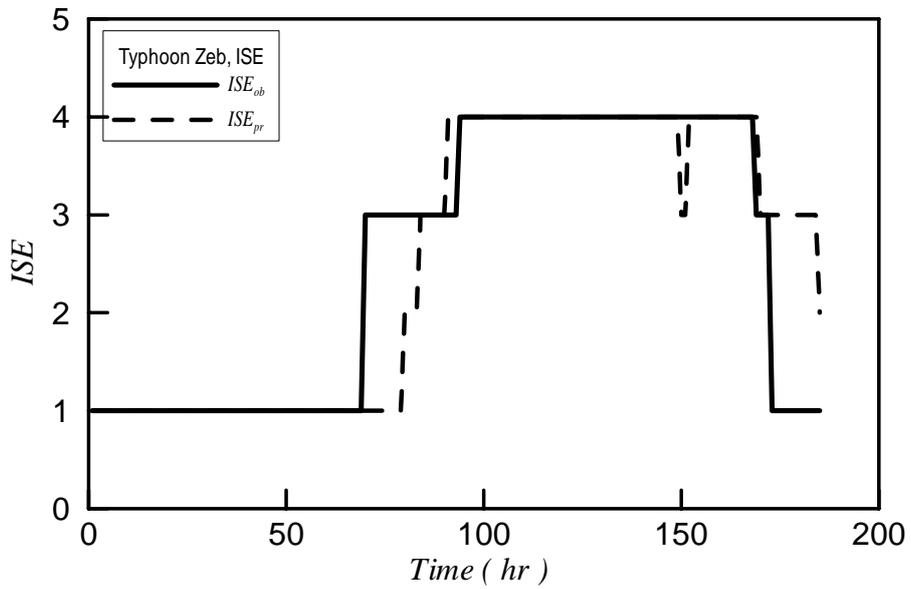


圖 3.6 路徑 5 模式颱風瑞伯學習結果之比較

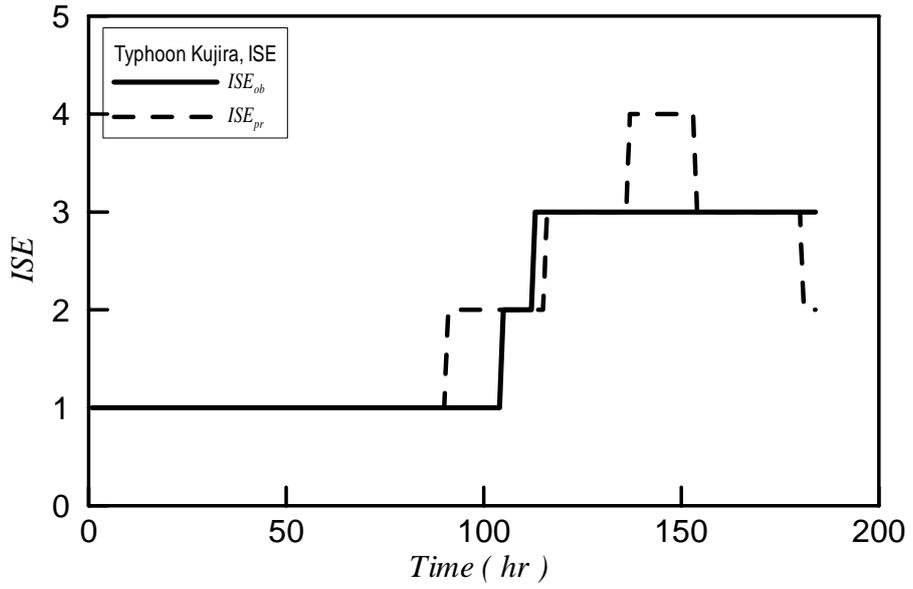


圖 3.7 路徑 5 模式颱風柯吉拉學習結果之比較

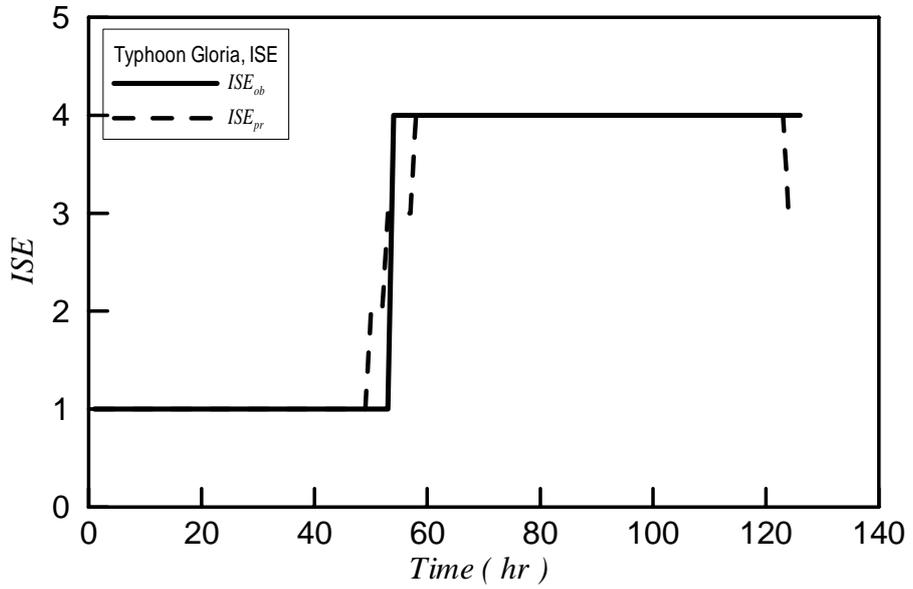


圖 3.8 路徑 6 模式颱風葛樂禮學習結果之比較

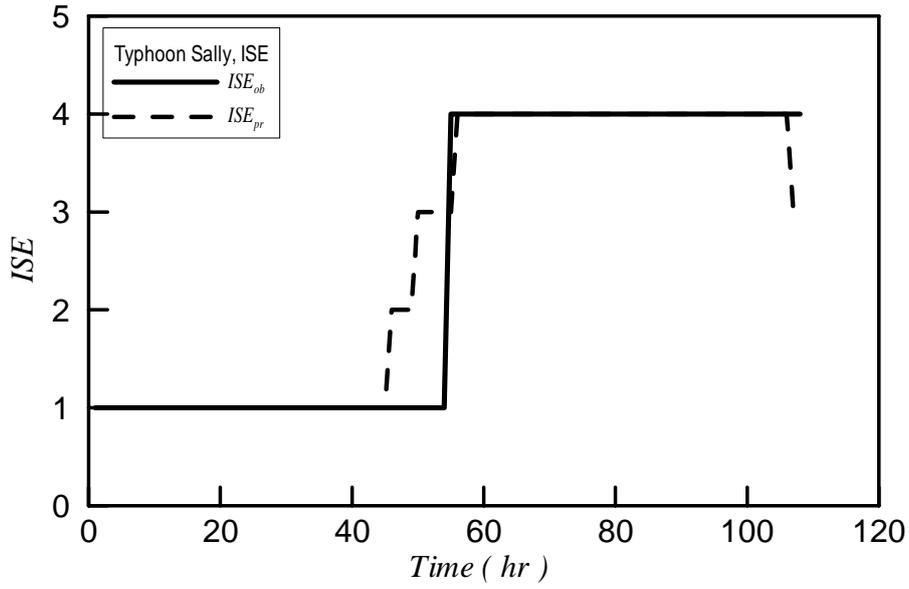


圖 3.9 路徑 6 模式颱風莎莉學習結果之比較

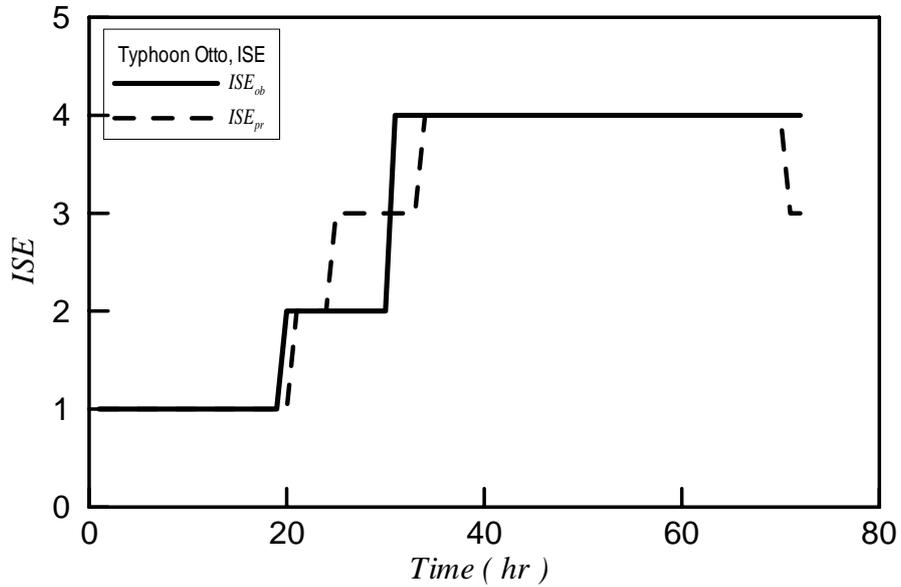


圖 3.10 路徑 6 模式颱風奧托學習結果之比較

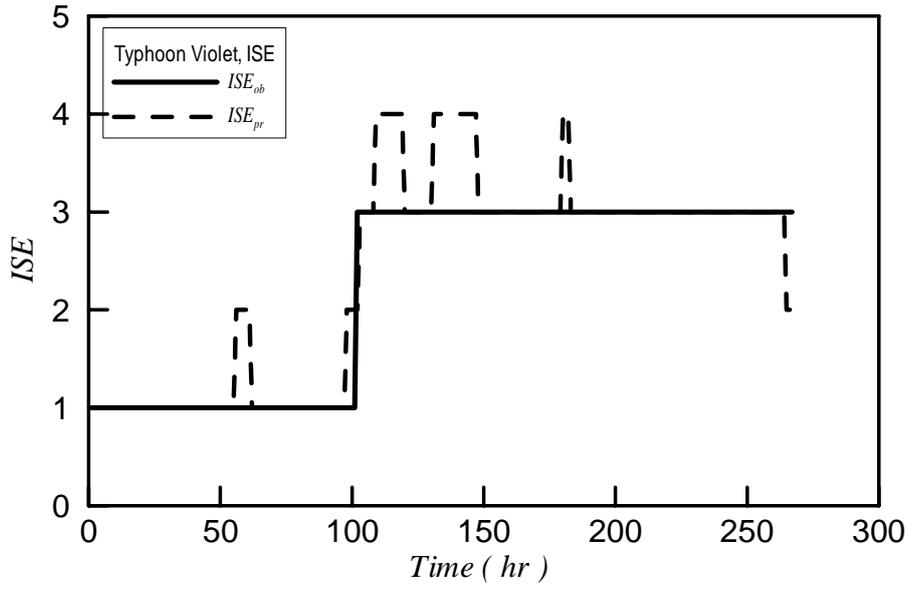


圖 3.11 路徑 7 模式颱風魏萊特學習結果之比較

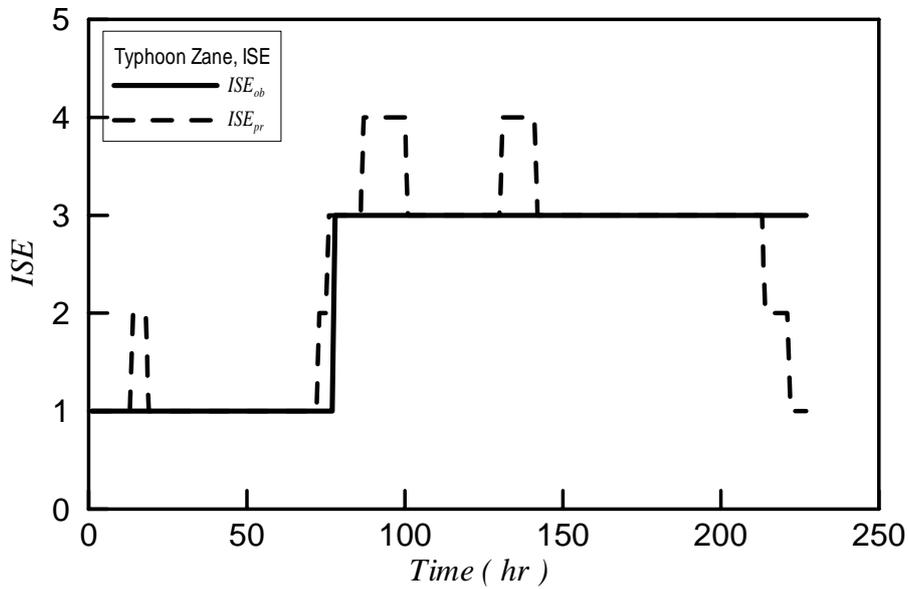


圖 3.12 路徑 7 模式颱風薩恩學習結果之比較

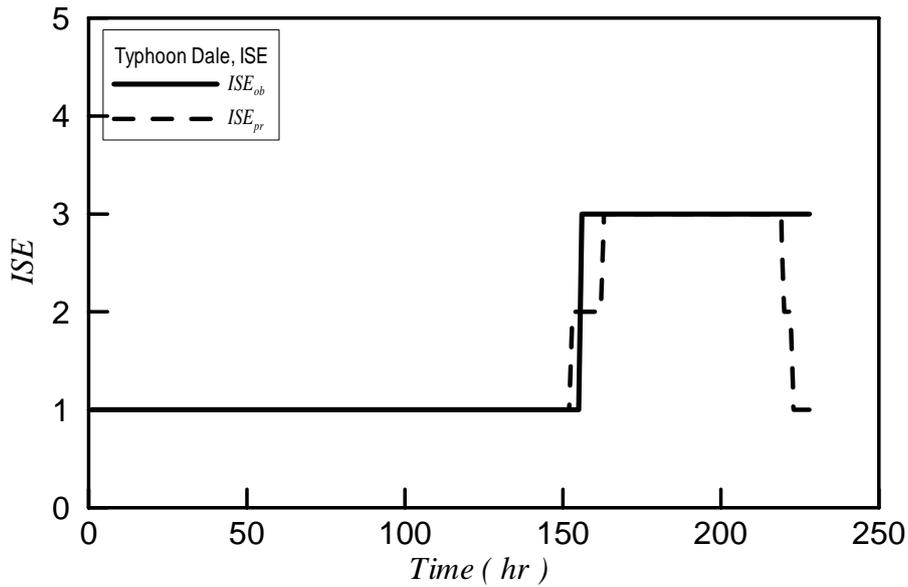


圖 3.13 路徑 7 模式颱風戴兒學習結果之比較

此外本計畫為發展可自動化預報的介面，嘗試僅以 unisys 所發布之颱風風速以及颱風路徑來做為神經網路的輸入資料，此輸入資料可直接連結 unisys 網站的颱風路徑資訊，改善中央氣象局發佈之海、陸上警報(WI)較不方便取得以及颱風路徑較不易判斷的情況。本測試模式將颱風路徑以及颱風最大風速轉換為 5 個颱風因子，即颱風與花蓮港距離(D)、颱風最大風速(V_{max})、颱風中心至花蓮港之角度(θ_1)、颱風行進方位角(θ_2)、以及颱風移動速度 V_f ，模式架構為 5-80-80-1。為與上述 6-80-40-1 有所區別，將原有的 6-80-40-1 模式稱之為類神經船舶動態模式-I；而本測試模式 5-80-80-1 則暫稱為類神經船舶動態模式-II，兩模式的預警能力評估可見 3.5 節所述。

3.3 船舶動態預警模式之驗證

經由上述船舶動態預警網路模式之學習後，本計畫目前以 4 場未經由學習之颱風，來驗證該網路模式之預測能力。模式預測之船隻動態指數為每個小時一筆資料，且將路徑 4 的龍王颱風(Longwang, 2005)、路徑 5 的賀伯颱風(Herb, 1996)、路徑 6 的杜鵑颱風(Dujuan, 2003)與路徑 7 的艾利颱風(Aere, 2004)等颱風以時序之方式呈現，示如

圖 3.14 至 3-17，其中 ISE_{ob} 表示花蓮港記錄之船舶動態， ISE_{pr} 表示模式推算模擬的船舶動態。

圖 3.14 為路徑 4 的龍王颱風經由模式推算之預測船隻異動指數時序圖，由模式所預測出龍王颱風的最大船隻異動指數 ISE_{pr} 為 4，亦即會造成船隻斷纜的環境，船隻需出港避風。如圖 3.14 所示模式預測發佈警訊時間較港內事件發生時間約提早 8 小時，模式預測 ISE 等級與港內條件相同。

測試路徑 5 的賀伯颱風(Herb, 1996)，由模式推算所得之預測船隻異動指數結果如圖 3.15，由圖 3.15 可看出每一時間點之船隻異動指數，且由模式預測葛樂禮颱風之最大船隻異動指數 ISE_{pr} 為 4，亦即船隻斷纜。預報的 ISE 值隨著颱風條件逐步由 2 上修到 4，與港內實際環境相當接近。

圖 3.16 為經由模式推算所得路徑 6 的杜鵑颱風(Dujuan, 2003)之預測船隻異動指數。由圖 3.16 可看出每一時間點之船隻異動指數，並可知由模式預測杜鵑颱風之最大船隻異動指數為 ISE_{pr} 4，亦即船隻斷纜有出港避風的必要性。

圖 3.17 為經由模式推算所得路徑 7 的艾利颱風(Aere, 2004)之預測船隻異動指數。圖 3.17 可看出船隻異動指數隨著颱風以左半圓接近的變化， ISE_{pr} 由 2 逐漸上修為 4，並可知由模式預測艾利颱風之最大船隻異動指數為 4，亦即船隻斷纜有出港避風的必要性。

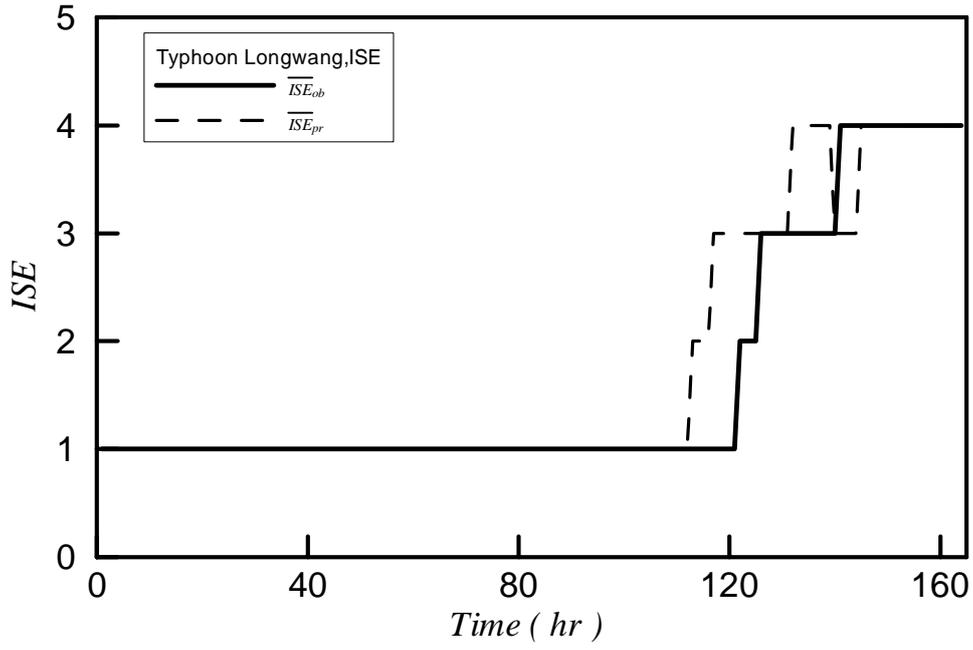


圖 3.14 路徑 4 龍王颱風之模擬船隻異動指數

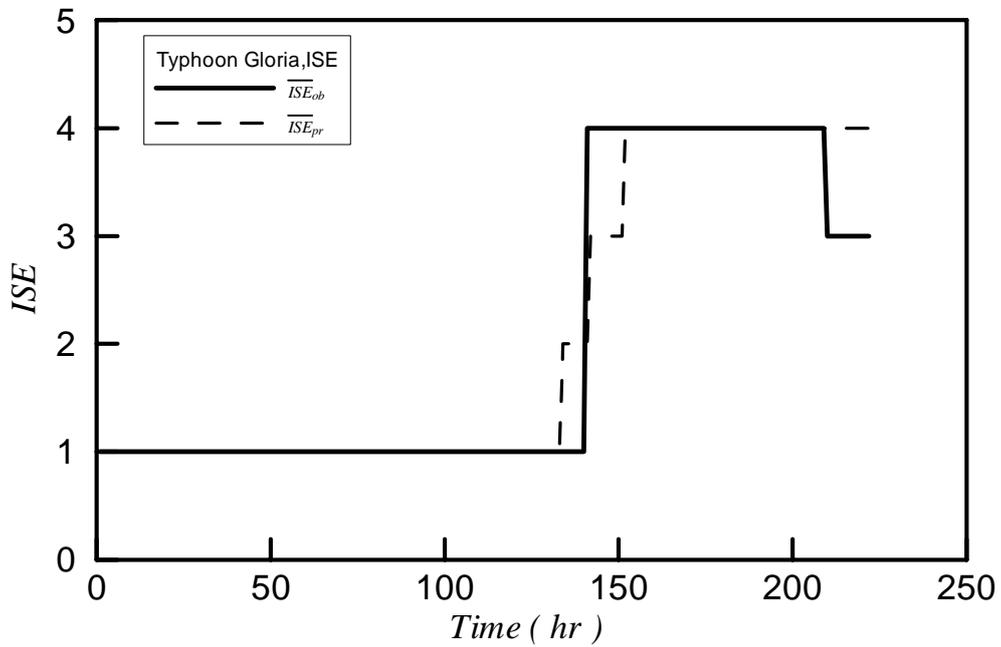


圖 3.15 路徑 5 賀伯颱風之模擬船隻異動指數

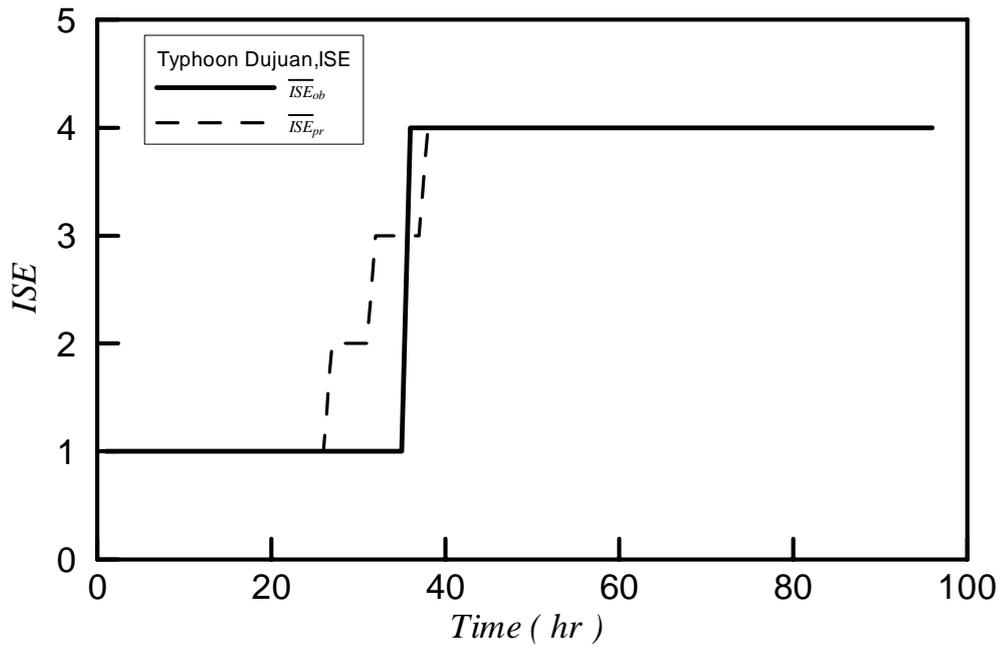


圖 3.16 路徑 6 杜鵑颱風之模擬船隻異動指數

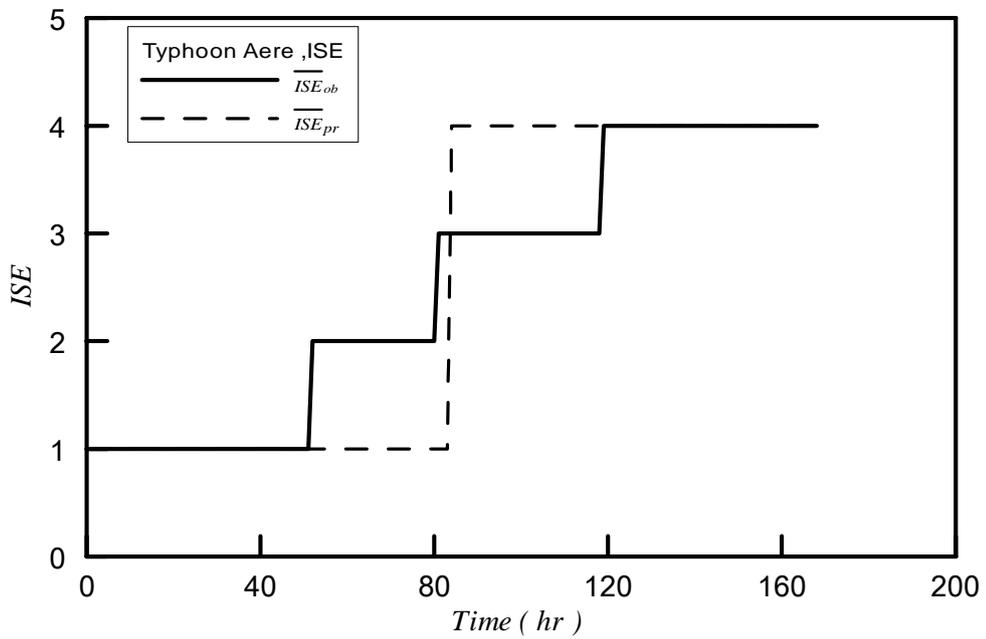


圖 3.17 路徑 7 艾利颱風之模擬船隻異動指數

3.4 本年度侵臺颱風之驗證

此外本計畫利用 2008 年侵臺之颱風對以建立完成的颱風波浪推算模式以及船舶動態預警模式進行測試，結果如下：

圖 3.18 與圖 3.19 分別為 2008 年侵臺之辛樂克颱風之颱風波浪推算結果以及船隻異動指數推算結果，圖 3.18 中可發現隨著 unisys 對颱風的預測風速以及路徑不斷改變，在不同時間點取得資料所推算的颱風波浪有所不同，隨著颱風動態不斷改變本模式也接收 unisys 最新的颱風路徑與風速預測資料進行修正，展現本模式對於颱風波浪的預測有相當大的成效。而港內的船舶動態狀況也同樣不斷取得 unisys 最新的颱風資料進行推算，由圖 3.19 中可顯示在 9/10 AM 05:00 開始發布 3 級警報(有斷纜危險)，而根據花蓮港務局的記錄，在 9/11 AM 07:16 及 AM 07:48 分別有亞泥六號(7,614 噸)以及山春(4,231 噸)於#8 以及#19 碼頭發生斷纜事故，當時本模式所推算的船隻異動指數為 4 級，顯示本模式提前預警的功能。

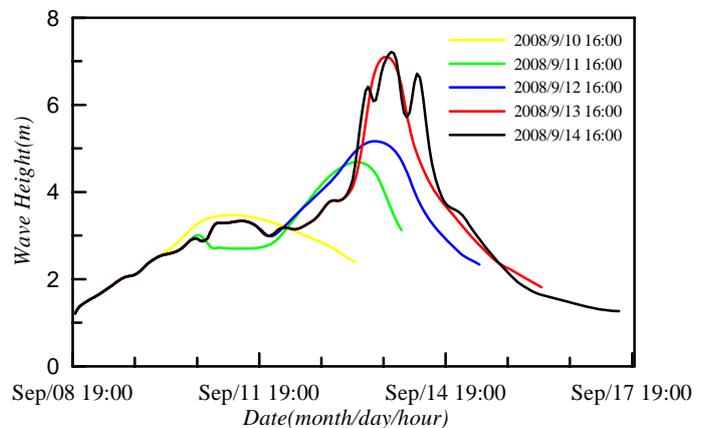
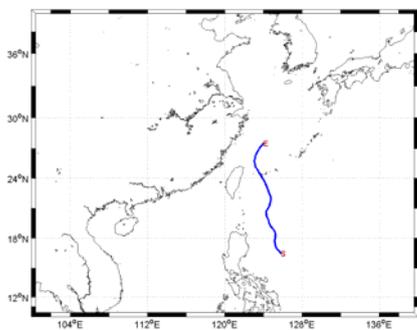


圖 3.18 2008 辛樂克颱風之颱風波浪推算結果與颱風路徑圖

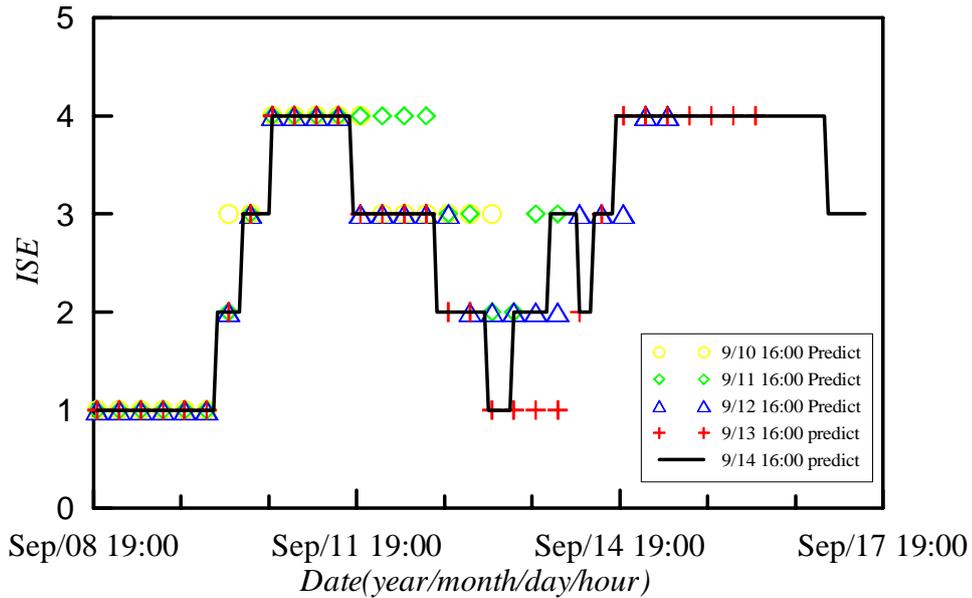


圖 3.19 2008 辛樂克颱風之船隻動態異動指數推算結果

圖 3.20 與圖 3.21 分別為 2008 年侵臺之鳳凰颱風之颱風波浪推算結果以及船隻異動指數推算結果，圖 3.20 中可發現隨著 unisys 對颱風的預測風速以及路徑在 7/26 PM 11:00 與 7/28 AM 00:00 間有較大的改變，故颱風波浪的推算結果有較大的不同，但隨著 unisys 的颱風預測資料做修正，在 7/28 以及 7/29 AM 00:00 的推算結果皆與實測資料相當接近，顯示本模式對鳳凰颱風所造成波高的預測相當準確。另外圖 3.21 顯示 unisys 在 7/26 PM 11:00 與 7/28 AM 00:00 間預測資料的改變對船隻異動指數的推估結果影響並不大，以 7/26 PM 11:00 的 unisys 颱風路徑與風速資料即已研判出本次颱風對花蓮港內的船舶狀況的影響。

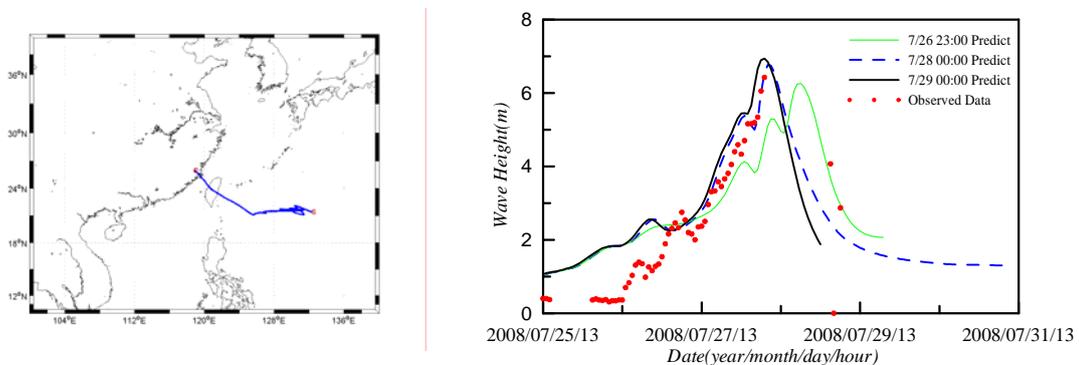


圖 3.20 2008 鳳凰颱風之颱風波浪推算結果與颱風路徑圖

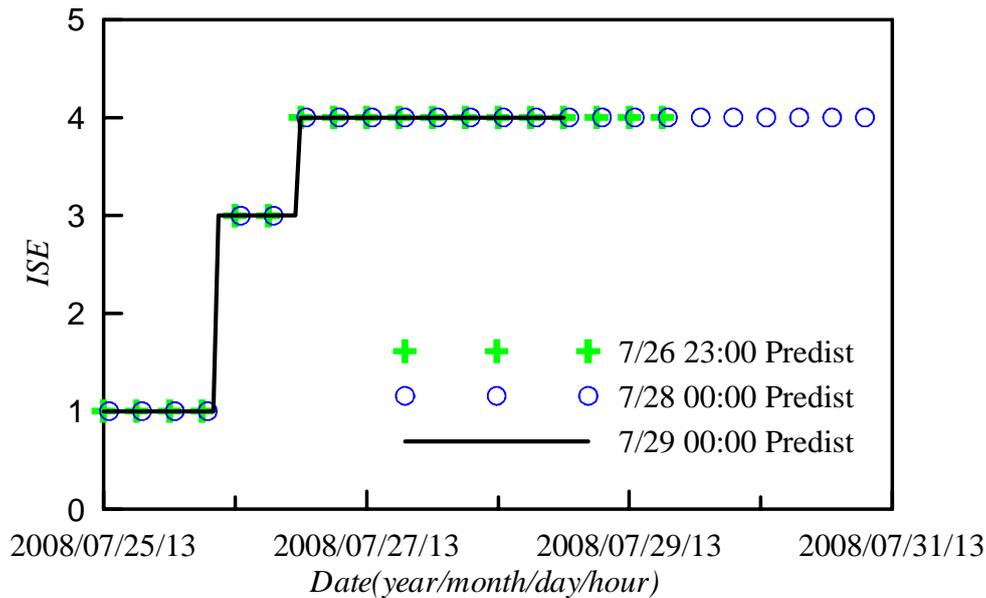


圖 3.21 2008 鳳凰颱風之船隻動態異動指數推算結果

3.5 視窗化模式之建構與實例操作

3.5.1 圖形化使用者介面之介紹

對於一般使用者而言，在完全沒有程式開發基礎的情況下，想要使用一套工程或研究人員所開發的程式或是模式來說，是一項非常大的挑戰。所以在本年度的工作項目主要為開發颱風波浪預測模式的圖形化使用者介面(Graphical User Interface)的觀念。此介面基本上是以之前年度計畫所開發的颱風波浪預測模式為核心計算模組，加上人性化的操控介面整合而成。此外本介面融合許多外部的資料處理步驟，省去大量操控程序，縮短整體操作上的時間與流程。在介面外觀方面，採用類似一般使用者常接觸的 Windows 介面樣式來作設計，圖形化的表現能提升本介面與使用者之間的互動。而此介面的建立與整合，可視為未來發展全自動監測預報系統的前置研究。

本研究初步構想的圖形化使用者介面有四個主要目標，詳述於下：

1. 擴展使用者族群

近年來在專業領域中的應用程式開發，不論是在任何一種作業平臺上，都開始趨向於採用對於使用者較為友善的圖形化介面。其目的除了介面視覺上的美觀之外，還能由圖示選項來代替原本程式操作所需要用的指令。如此一來可使原本颱風波浪預報模式的使用者，由原本所需要的富有程式操控能力且有颱風波浪相關知識的工作人員，擴展到擁有颱風波浪相關知識的工作人員，示如圖 3.22。

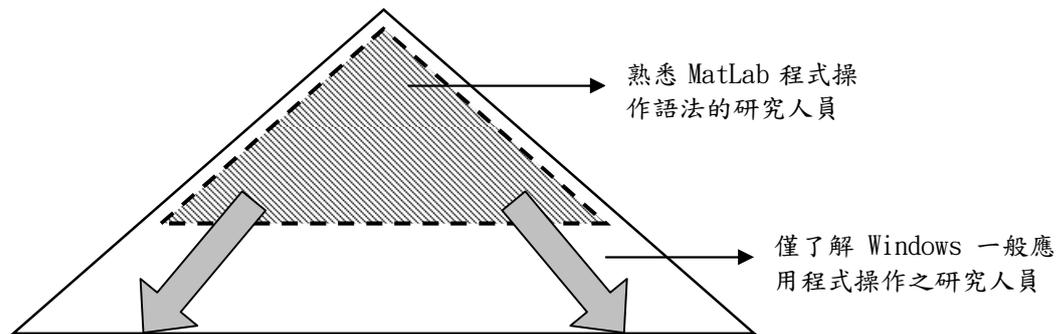


圖 3.22 GUI 的開發對於使用者族群的分布變化

圖 3.22 為表示所有研究人員中對 Matlab 程式操作語法之能力分布圖，位於金字塔行分布圖頂部的斜線區域中的是較少數熟悉 Matlab 程式操作的研究人員，本介面的發展，可以將颱風波浪預測模式的使用者族群擴展至所有了解一般應用程式之研究人員。使得本模式的使用範圍更為廣泛，使用者所需具備的程式操控能力限制將會大幅降低。詳細的圖形介面以及完整的說明文件可以讓不具有程式語言能力的使用者輕鬆地就可以利用本介面進行颱風波浪的預測與評估。使用者只要熟練滑鼠的基本操作(單擊、雙擊、拖曳)，幾乎可以完成絕大部分的操作指令。

2.縮短模式操作程序時間

原有船舶動態預警模式之中的工作程序，可簡單分為：

(1) 輸入資料整合

在船舶動態預警模式的輸入資料整合的部分包括颱風中心位置與風速之資料檢核，目的在於確定輸入的資料固定為每小時一筆，

故所有的資料在此步驟需作補遺且經過嚴格的比對。在本圖形化介面輸入的部分是利用圖形化的友善介面進行輸入檔案的選取並會對輸入資料長度進行長度檢核，而資料的內插與補遺由於需要更多的人為判斷，故將此動作移至外部的作業程序。

(2) 由輸入資料計算模式所需參數

經由以上遊圖形介面選取所需要的輸入資料檔案後，還需要進行一些參數的計算如颱風行進速度、颱風中心距離、颱風行進方向定義以及較為複雜的風場模式計算，這些繁瑣的步驟都能在資料輸入後直接整合進行運算並以矩陣的方式儲存於記憶體中，以便於後續程式即時讀取使用。

(3) 模擬(Simulation)

本圖形化介面在選取適當 Model、預測區域以及資料的輸入後，只要由上方工具列直接選取即可直接開始 Simulation 的動作，在此可省去原來使用大量程式指令來選取類神經架構增加許多執行速度。

(4) 輸出結果

使用圖形化介面執行輸出結果時，可以直接將結果以繪圖方式表現，節省許多後續資料處理以及繪圖時間。並可即時與輸入資料作比對。在輸出結果以及相關資訊的選擇上變得更多樣化，除了基本輸入以及船隻異動指數的顯示之外，更額外加入颱風路徑的顯示。此外透過網際網路的連結，本模式可顯示即時的波高，包括花蓮港、蘇澳港、龍洞、龜山島、新竹等測站，以及即時的衛星雲圖來顯示目前颱風動態，讓使用者能更容易瞭解數據以及圖表之中的特性。

使用圖形化介面操作整個模式，可以整合以上四個部分中的所有繁瑣過程，完全不必使用到指令，取而代之的是圖形介面上的滑鼠操

作。此介面與原來模式操作相較之下以進行單一颱風侵襲時的船隻異動指數推算，可縮短操作時間至原來的十分之一。

表 3-2 使用 GUI 介面之效率比較表

工作項目	原有模式操作	使用本介面操作
輸入資料處理	內插、補遺	開啟介面後選取欲讀入之資料檔案，自動計算並繪圖
資料輸入	讀取資料檔案	
輸入資料檢核	手動檢核	
計算所需參數	呼叫副程式另行處理	
繪出各資料隨時間變化圖	繪圖應用程式	
進行模擬	讀取檔案進行模擬	選取合適模式進行模擬並自動繪圖
繪圖顯示模擬結果	繪圖應用程式	直接指定欲儲存之檔案
模擬結果資料存檔	指令儲存陣列並輸出至檔案	
模擬結果繪圖存檔	繪圖應用程式	滑鼠
操作方式	指令、外部應用程式	
展示或比較資料	經由繪圖應用軟體印出整合	在 GUI 輸出視窗中直接進行
外部颱風資訊	透過網頁瀏覽器檢視	直接於模式中即可檢視即時波高以及衛星雲圖
整體效率	較費時	較省時

3. 增加模式親和力

在模式中輸入資料以備妥的情況下，本圖形化介面只需使用滑鼠的點選即可完成整個船隻異動指數推算的工作(包含資料輸入至結果輸出)。完整的說明文件提昇本介面的親和力。介面中的開發環境是以目前一般使用者所熟稔的 Windows 系統為基礎，滑鼠的點擊、鍵盤的快速鍵操作以及開啟檔案的檔案列表，都是與 Windows 系統相同。使用者只要能夠具備有 Windows 的基本操作觀念甚至不需要操作手冊就可以對本介面輕鬆上手。這也使得本介面不像一般專業工程應用軟體一般令人感到困難。

4.提升未來自動化環境可行性

本介面的開發不但提供使用者在操作上的便利，並且在開發過程中整合了整個模式的運作。整合後的模式可提升對於未來自動化環境的配合度。未來可應用於提供網路即時船舶動態模式推算，可以在無人操作的環境中直接擷取颱風觀測資料以推算出船隻異動指數並同時以該伺服器作即時發布。

3.5.2 颱風波浪預測模式圖形化介面介紹

本介面開發環境為 Matlab 中的 GUIDE(Graphical User Interfaces Development Environment)。操作環境為 Mathworks 公司的科技運算應用軟體 Matlab，版本支援 Matlab 5.0 以上系統。本介面測試環境有 Microsoft Windows98、Windows2000、WindowsXP 各版本，已知支援作業系統並有 Mac 以及 Unix 其餘系統的可行性請詳見 Matlab 使用手冊。

圖形化介面的開發目標期望能以最少的操作程序作最多的流程以及展現最多的資訊，如此一來可以減少視窗的切換以及提升操作流程的流暢度。目前整個圖形化介面主要由五個視窗組成、分別為 1.主介面視窗 2.資料輸入視窗 3.資料存檔視窗 4.颱風路徑選擇視窗 5.即時實測波高圖 6.即時衛星影像圖，分別介紹如下：

1.主介面視窗

- (1) 介面主視窗標題列：標題列明確列出目前介面所在視窗並註明介面版本等資訊。
- (2) 介面主視窗工具列：工具列包含資料輸入輸出、模擬、颱風資訊以及輔助四個部分。工具列的編排主要符合一般 Windows 應用程式的架構，以樹狀的結構將所要選取的指令存放於內，示如圖 3.23。

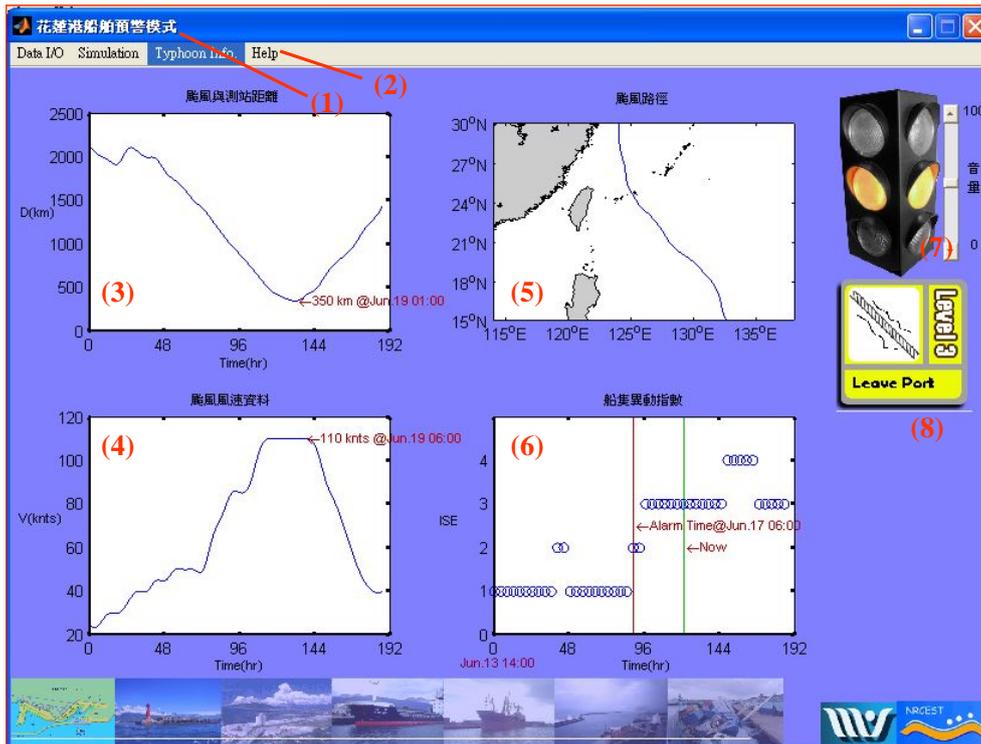


圖 3.23 本介面主視窗

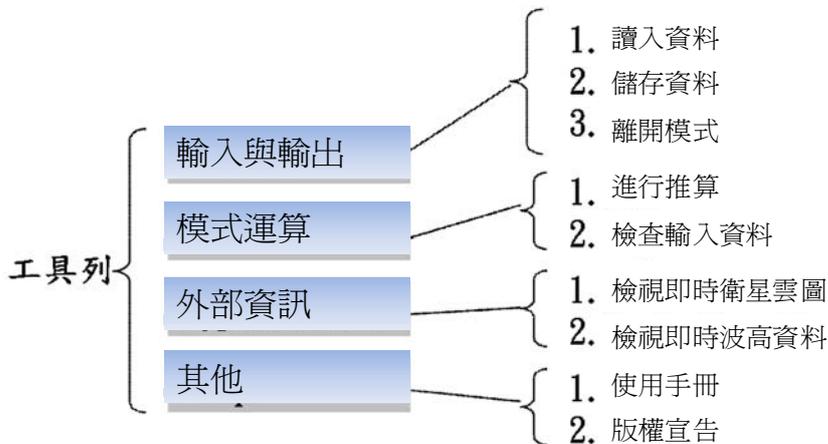


圖 3.24 樹狀結構的工具列

如圖 3.24 中所示第一子工具列為輸入與輸出部分包括颱風資料的輸入、船隻異動指數的輸出及離開本介面。第二子工具列為模擬部分，此部份為資料輸入確定無誤後選取適當的類神經架構進行模擬，模擬後可提出詳細的船隻異動指數報告。第三子工具列為颱風資訊部分，透過網際網路取得即時的颱風資訊。第四子工具

列為說明以及版權宣告，包含呼叫完整的使用手冊以及關於本介面的版本資訊視窗開啟，使用手冊的開啟將呼叫外部程式以開啟 HTML 資料的瀏覽器。

- (3) 輸入資料之颱風距離變化圖：此區域可即時將所輸入的颱風位置資料運算成颱風與港口之間距離變化並以繪圖方式來表示，幫助使用者即時了解所輸入之颱風資料以及颱風最接近點的時間。
- (4) 輸入資料之颱風風速變化圖：此區域可即時將所輸入的颱風風速資料以繪圖方式來表示，幫助使用者即時了解所輸入之颱風資料，並標示出風速最大值所發生的時間。
- (5) 颱風路徑圖：颱風路徑圖視窗中展示該颱風在北緯 15~30 度、東經 114~138 度範圍內的颱風行進路徑。
- (6) 船隻異動指數：此為本模式讀取颱風資訊後進行模擬而推算之船隻異動指數。並在模式推估結果到達 3 級的前六小時發布警報音效，圖中紅色垂直線顯示警報發布時間，綠色垂直線則表示現在的時間。本模式以現有資料進行船隻異動指數的推算後仍以 15 秒一次地即時比對現在的時間，當綠色垂直線與紅色垂直線重合時即發布警報音效。
- (7) 警示燈：隨著船隻異動指數不同，利用閃光三色燈來發布目前狀況，當無燈號時代表船隻異動指數為 1，即花蓮港內之船隻與其裝卸作業皆未受影響；綠燈表示有船隻異動指數為 2，花蓮港內產生湧浪，但湧浪並未大到影響裝卸作業，船隻亦不需出港避風；黃燈代表船隻異動指數 3，港內產生之湧浪大到船隻需出港避風，才能免除斷纜的可能；紅燈表示船隻異動指數 4，依據模式訓練時所用的歷史資料顯示船隻產生了斷纜，此時代表花蓮港內的停泊船隻相當危險。此外，在警示燈右側並提供使用者調整警報音效之音量。

(8) 警示標誌：利用飛入的方法提醒使用者目前船隻異動指數的等級以及船舶動態之建議，共四種警示標誌，示如下圖 3.25。各個警示標誌中的右側註明了船隻異動指數以 Level 1~4 表示，左側的圖示則大略表達目前港內船舶狀況，Level 1 為港內海水面靜穩；Level 2 為有湧浪但仍不影響船隻裝卸作業；Level 3 則表示港內產生之湧浪大到船隻需出港避風，才能免除斷纜的可能；Level 4 則表示船隻可能已產生了斷纜，十分危險。

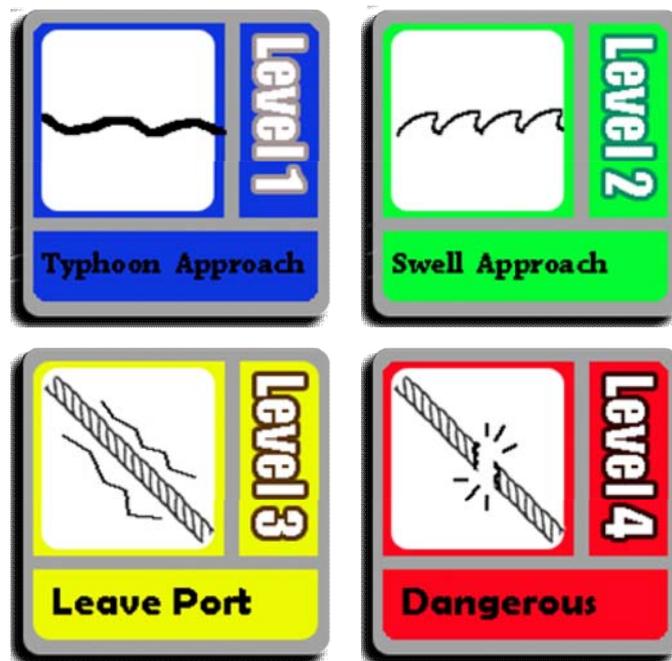


圖 3.25 船舶異動指數所對應之警示標誌

2. 資料輸入視窗

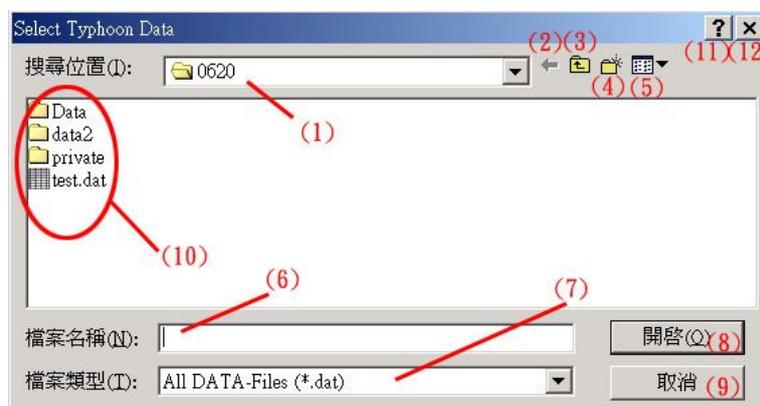


圖 3.26 颱風資料輸入視窗

資料輸入視窗與一般 Windows 檔案開啟視窗相似，操作部分詳述於下：

- (1) 目前資料夾位置：顯示目前所在資料夾，使用者能在此區域切換各個位於該電腦中的儲存設備或是網路儲存設備以更改目前資料夾位置。
- (2) 回上一頁按鈕：本按鈕功能為回到之前所在目錄。
- (3) 回上一層按鈕：本按鈕功能為回到目前所在資料夾的上一層，若是以處在最上層資料夾則會回到磁碟根目錄，Windows 作業系統根目錄的上一層則為我的電腦。
- (4) 新增資料夾按鈕：本按鈕能在所在資料夾內再新增一子資料夾。
- (5) 檢視模式變換按鈕：本按鈕可將目前所在資料夾內的檔案表現方式做適當的改變，包含大型圖示、小型圖示、清單、詳細資料以及縮圖五種方式。
- (6) 檔案名稱區域：使用者可在本區域輸入欲開啟的輸入資料檔名。
- (7) 選取檔案類型：本區域能夠設定檔案列表區內顯示的檔案類型，本介面在此內定為顯示附檔名為*.dat 之所有檔案，使用者可視需要更改為顯示所有檔案。
- (8) 開啟檔案按鈕：本按鈕可在選取檔案後執行開啟的動作，並回到主視窗進行下一步的運算以及檢核。
- (9) 取消按鈕：不作任何更動離開本視窗。
- (10) 檔案區列表區：列出本資料夾中所有檔案以及子資料夾。
- (11) 說明按鈕：按下此按鈕後滑鼠游標會呈現問號，再點及本視窗中各個元件後，會出現各元件的簡單說明。
- (12) 關閉視窗按鈕：同於取消按鈕，不作任何改變離開本視窗。

3. 資料存檔視窗：

由工具列”輸入與輸出”中的”檔案儲存”可進行船隻異動指數的存檔，可開啟存檔視窗，視窗中各元件介紹同於資料輸入視窗。而存檔的檔案格式限制以及更動都是在圖 3.27 中(7)存檔類型的區域，兩個不同的視窗會對存檔的格式作限制，使用者無須擔心會將 ascii 的資料檔儲存為錯誤的格式。



圖 3.27 模擬結果資料存檔視窗

4. 颱風路徑選擇視窗

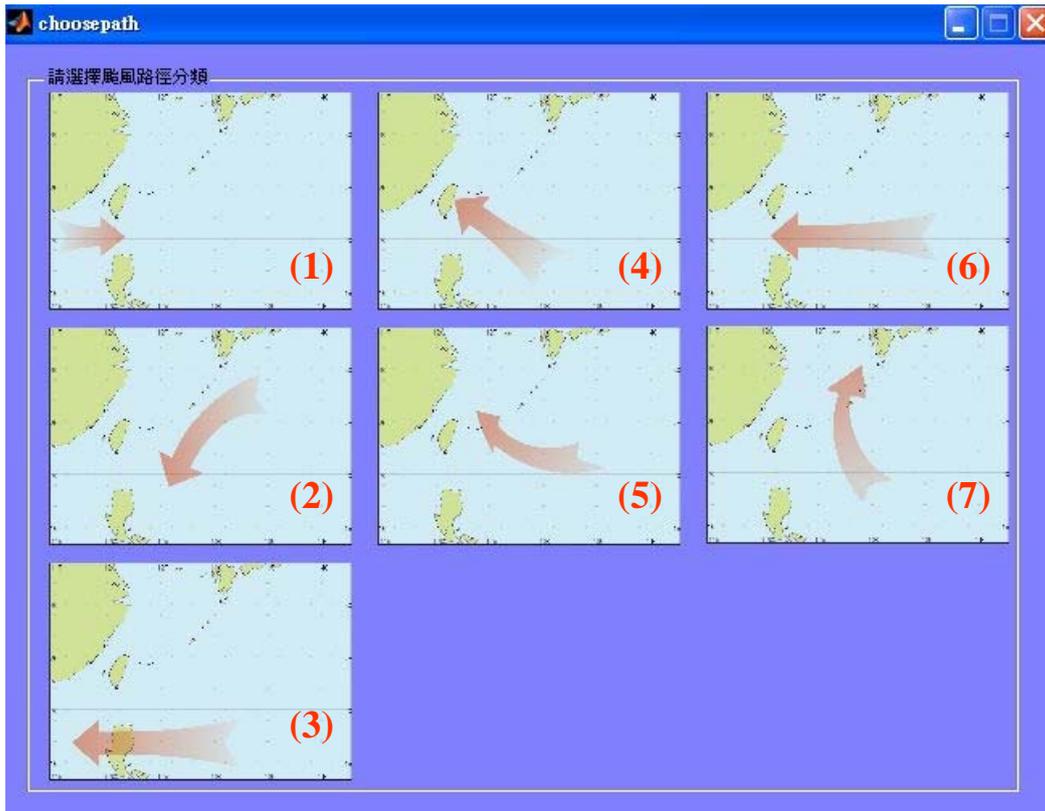


圖 3.28 颱風路徑選擇介面

當資料輸入完成之後，可選取上方工具列之”模式運算”中的”進行推算”來進行模式推算，此實模式會自動列出 7 種路徑提供使用者做選擇。颱風路徑選擇視窗如圖 3.28 所示，此 7 種分類是由表 2-2 中花蓮港務局所訂定。

5.即時實測波高視窗：

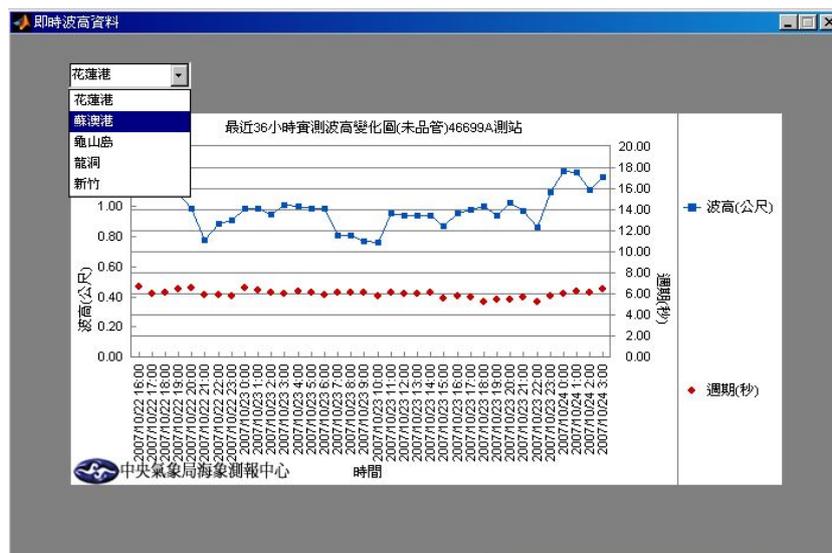


圖 3.29 即時波高實測圖

透過網際網路的連結，本模式提供由中央氣象局發布之最近 36 小時實測波高資料的檢視，讓使用者除了能推算船隻異動指數並發布離港警報外，可即時查詢花蓮港、蘇澳港、龍洞、龜山島以及新竹等測站的即時波高以作為警報發布的參考。波高測站可由圖 3.25 左上角的選擇列進行選取。

6. 即時衛星影像圖：

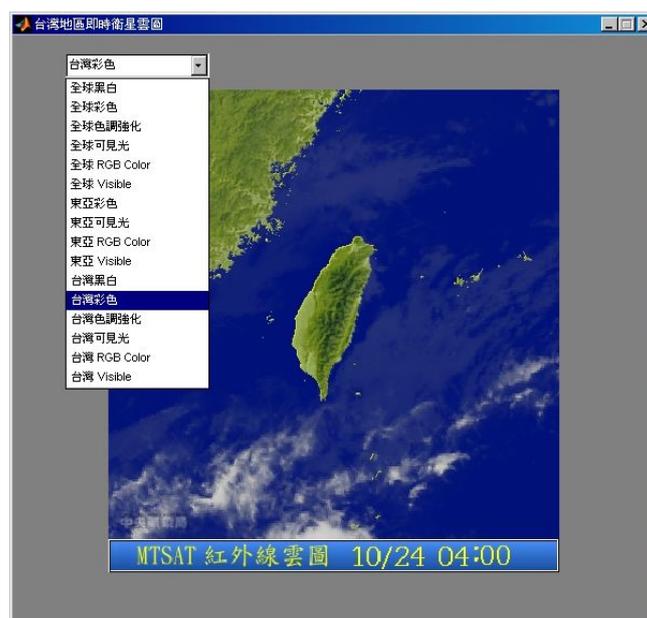


圖 3.30 即時衛星影像圖

透過網際網路的連結，本模式提供由中央氣象局發布之每小時衛星雲圖，讓使用者除了能推算船隻異動指數並發布離港警報外，可即時查詢全球、東亞以及臺灣周邊的衛星雲圖，並可選擇影像種類，包括可見光(Visible)、紅外光(IR)、紅外光合成彩色以及色調強化影像以作為警報發布的參考。影像範圍以及種類可由圖 3.30 中左上角的選擇列進行選取。

3.5.3 實例操作與功能介紹

本介面將原來模式操作流程簡化為四個視窗的簡易操作，基本操作流程將詳述如下。在 Matlab 環境中可利用工具列的檔案開啟功能或是直接於 Command Window 直接輸入 GUI 介面檔名開啟本介面，檔名目前暫定為 mship.p(如圖 3.31)。此外為避免介面執行時程式連結與存檔的混亂，建議操作者能在執行介面前先將畫面中上方的工作目錄先設定為本介面安裝的目錄。

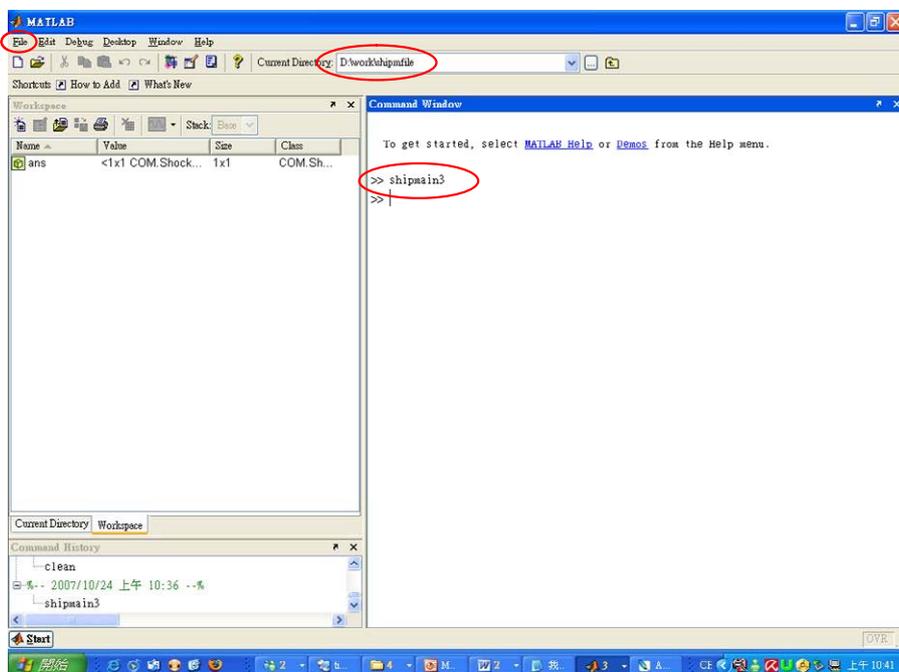


圖 3.31 操作流程介紹 1：Matlab 主要視窗

進入船舶動態預警模式 GUI 後，可看到主工作區有四個圖塊，以

及警示燈號，但由於未輸入資料進行模擬推算故無法顯示結果。在上方工具列中目前僅能選擇”讀入資料”進行資料輸入，或選擇”外部資訊”中的即時波高與即時衛星影像來查詢資料，以及”其他”中的”使用手冊”與”版權宣告”；而其他工具列選項如”資料儲存”以及”模式運算”的”進行運算”與”檢查讀入資料”皆為反白狀態無法選擇，這是為了避免使用者錯誤的操作程序，故界面設定資料輸入後才可進行模擬，模擬之後才可進行資料儲存以及結果報告。在此步驟我們可以選”輸入與輸出”中的”讀入資料”進行颱風資料的讀取。並依照圖 3.32 中的輸入視窗選取輸入資料。此外，輸入檔案選擇視窗中可切換該主機硬碟中或是網路硬碟中的檔案，所開啟檔案之副檔名內定為(*.dat)，使用者可調整檔案類型(*.*)來尋找欲輸入的任何 ascii 檔案名稱。目前颱風資料輸入格式採用最簡單的純文字文件，文件中只要包含以下列颱風資料：1.時間序列 2.年 3.月 4.日 5.時 6.經度 7.緯度 8.風速 9.颱風警報狀態，格式並無嚴格限制，使用者可利用 EXCEL 或是文書編輯軟體都可以做成此輸入檔，每列資料中可用 Tab、Space、逗點等用來表示間隔。若是資料中有遺漏則需要由操作者先做內插或補遺處理，處理後調整時間序列(由 0 開始至最後一筆資料)即可開始做輸入。



圖 3.32 操作流程介紹 2：船舶動態預警模式主要視窗

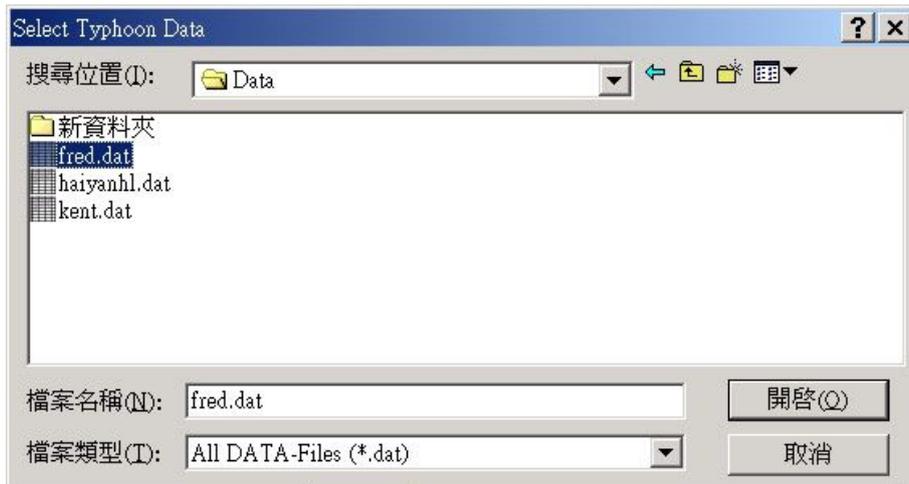


圖 3.33 操作流程介紹 3：颱風資料輸入視窗

當颱風資料輸入完成後若 data 長度與格式無問題，本介面會自動將颱風中心最大風速、颱風中心與花蓮港距離以及颱風路徑圖繪圖於本介面之視窗圖塊內，示如圖 3.34。而在檢視三張圖沒問題後即可點選工具列的”模式運算”中的”進行推算”進行路徑選擇後開始模擬推算。圖 3.35 為推算完成後的狀況，介面右下方即為船隻異動指數隨時間的變化圖，而介面又方除了警示燈之外還有警示標誌。推算完成之後即可利用上方工具列”輸入與輸出”中的”資料儲存”進行儲存。

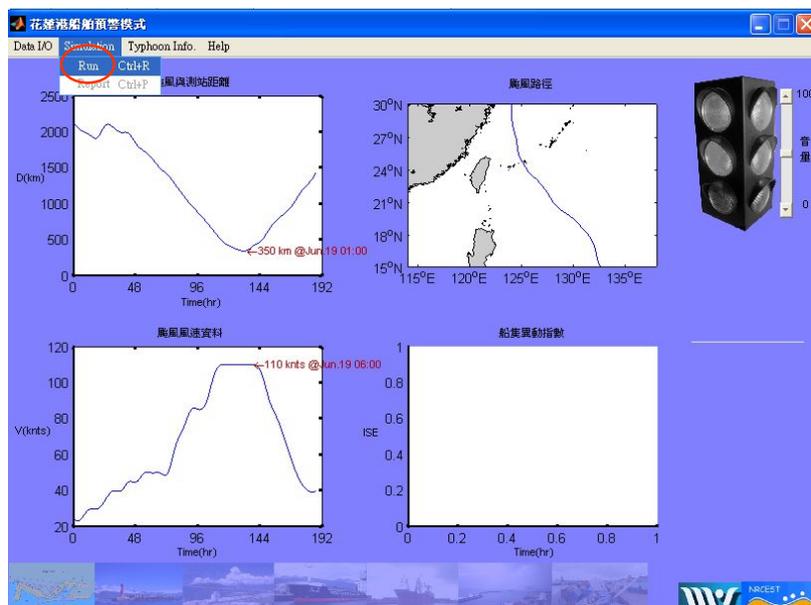


圖 3.34 操作流程介紹 4：颱風資料輸入完成

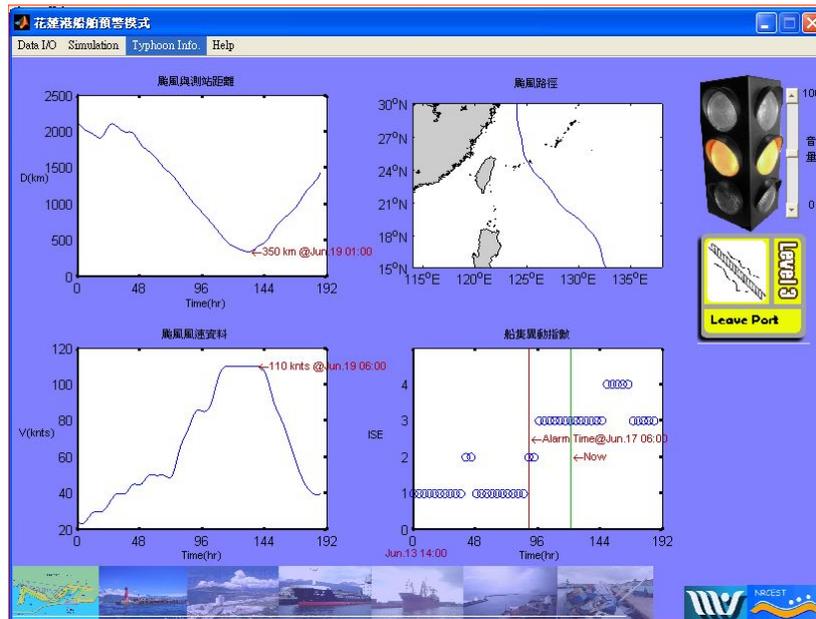


圖 3.35 操作流程介紹 5：船隻異動指數推算完成

目前船舶動態預警模式已建構完成並已附加圖形化使用者介面來提升其使用性，除了目前成果之外本研究團隊仍持續改善圖形化使用者介面的外觀及功能，未來將以建構自動化即時發佈船舶動態警報的伺服器作為目標。

3.6 預報時間精準度之評估

如前所述本研究所發展之類神經模式在學習颱風及驗證颱風之船舶動態歷時上(time series)大多頗為吻合，但在船舶動態指標改變的時機上，實際發布各船舶動態指標之時間與預報時間可能會有些差異，而此差異大小即是模式在提供決策者發布各船舶動態指標之時間的一個風險(risk)。

3.6.1 類神經船舶動態模式-I

首先本研究分析本模式可預測船舶動態指標第 3 級與第 4 級之能力，在測試學習及驗證的颱風實際記錄有發生第 3 級與第 4 級之船舶動態指標者共有 45 場，而本模式無法預測船舶動態指標第 3 級與第 4 級者有 6 場，此颱風名字分別為 WINNIE(1997)、BABS(1998)、

SAM(1999)、DAN(1999)、IMBUDO(2003)。此 5 場颱風之行進路徑及其預測及實測船舶動態指標分別如圖 3.36 至圖 3.40 所示。從圖 3.36 可知 WINNIE(1997)的颱風都在花蓮港沒接近侵襲花蓮港，而實際記錄之船舶動態指標確有第 4 級，而此颱風強度為中度颱風。

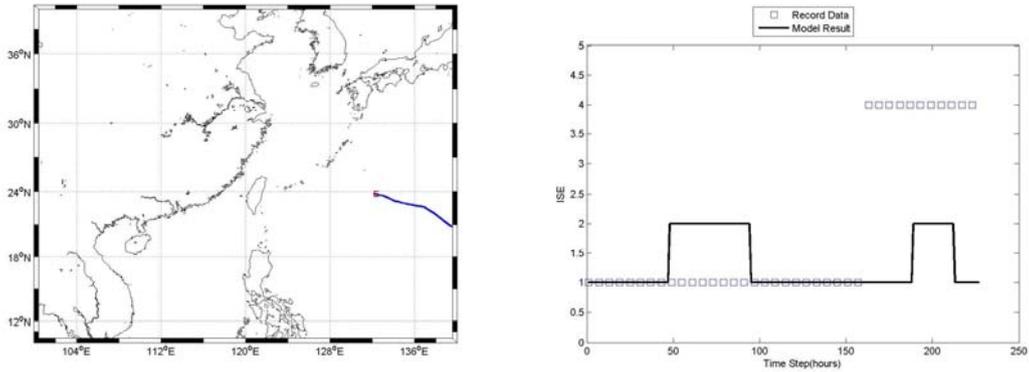


圖 3.36 強烈颱風 WINNIE(1997)行進路徑及其預測及實測船舶動態指標

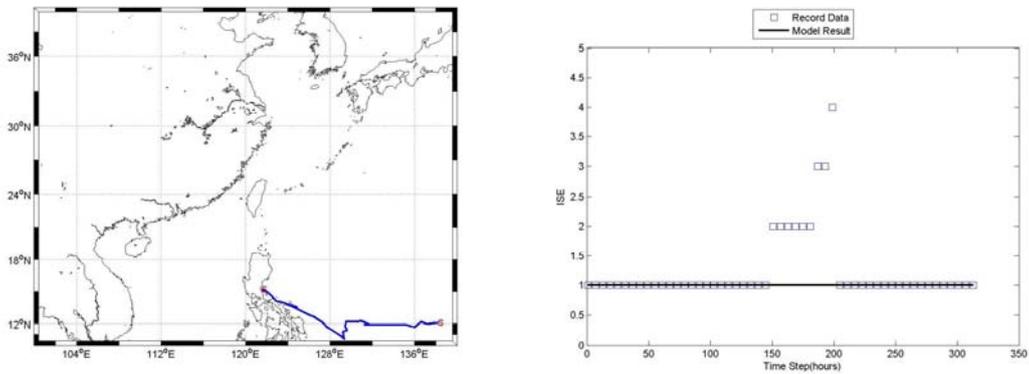


圖 3.37 中度颱風 BABS(1998)行進路徑及其預測及實測船舶動態指標

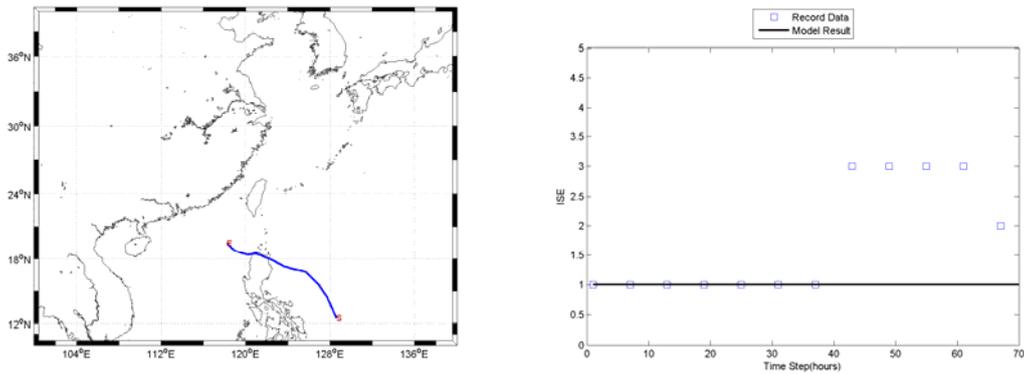


圖 3.38 中度颱風 SAM(1999)行進路徑及其預測及實測船舶動態指標

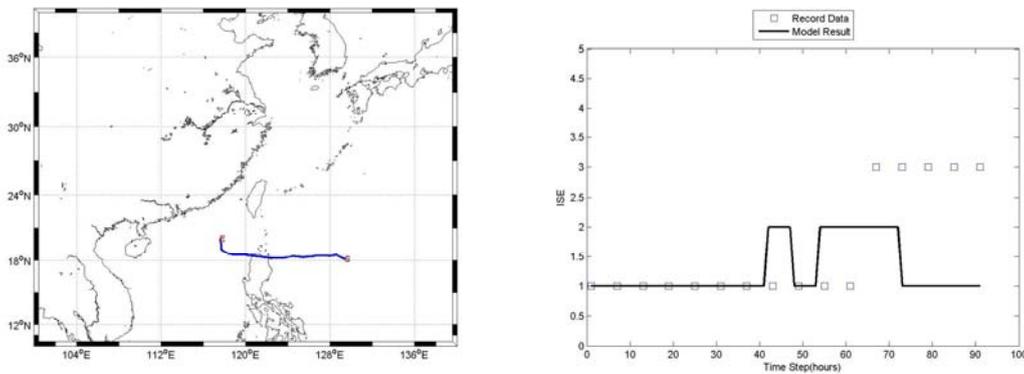


圖 3.39 中度颱風 DAN(1999)行進路徑及其預測及實測船舶動態指標

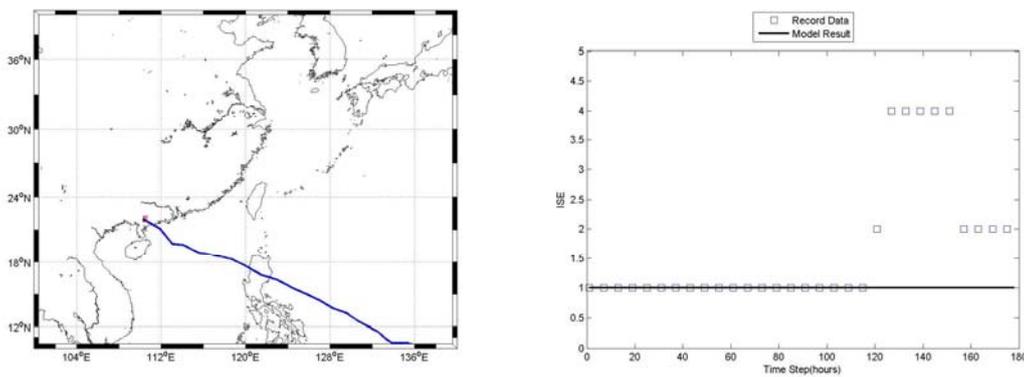


圖 3.40 中度颱風 IMBUDO(2003)行進路徑及其預測及實測船舶動態指標

另外從圖 3.41 至圖 3.44 之 4 場颱風之行進路徑及其預測及實測船舶動態指標可知，此 4 場颱風均為由東向西之路徑，在中央氣象局分類上分別為 9、不規則、7 及 5 類，颱風強度均為中度颱風。船舶動態

指標可到第 4 級。所以，可能因為颱風之位置及前進方向讓港務局人員依經驗判斷湧浪極有可能到達而使船隻出港。若以颱風之規模本模式預測船舶動態指標為第 2 級，還不需船隻出港。

接著為分析本模式在船舶動態指標預報時間之準確性，以本模式可預測出船舶動態指標中之第 3 級與第 4 級之結果，將預報第 3 級與第 4 級之時間及實際發布第 3 級與第 4 級之時間差距當為模式預報之準確性。首先定義發布時間差距為

$$\Delta T = T_p - T_m$$

其中 T_p 與 T_m 分別為第 3 級與第 4 級的船舶動態指標預報時間與實際發布時間。若 ΔT 值小於零，即表示船舶動態指標預報時間比實際發布時間早；反之，若 ΔT 值大於零，即表示船舶動態指標預報時間比實際發布時間晚。一般而言，決策者在 ΔT 小於零情況依模式宣布船舶動態比在 ΔT 大於零情況，可讓船舶有較多之時間做處理。

本研究將所有花蓮港各場颱風有發生的第 3 級與第 4 級的船舶動態指標共 40 筆記錄分析 ΔT 如圖 3.41 所示

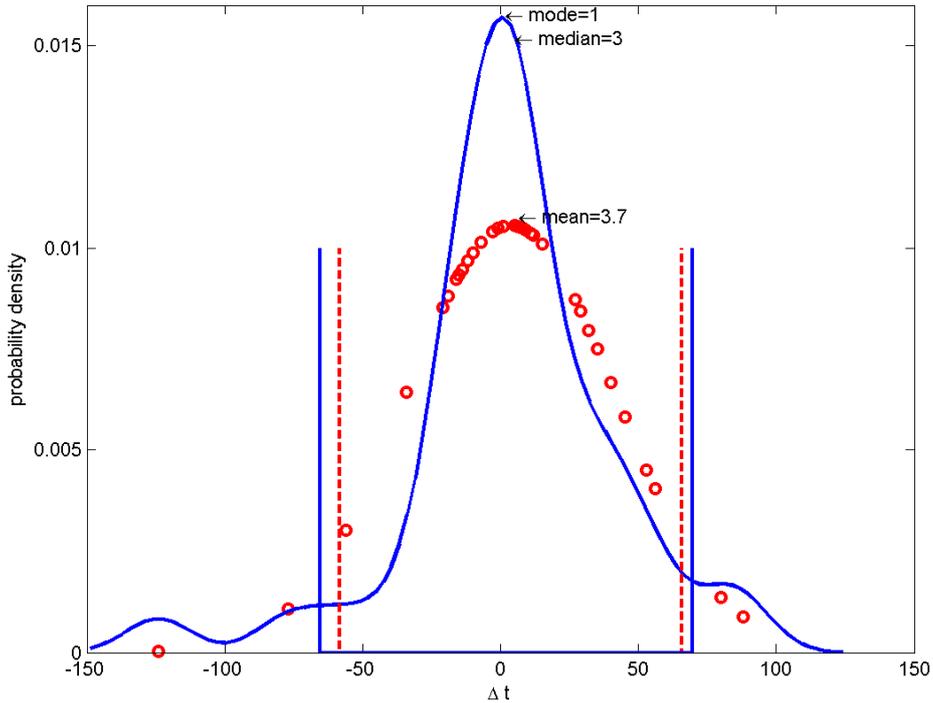


圖 3.41 類神經船舶動態模式-I 之第 3 級與第 4 級船舶動態指標發布時間與預報時間差(ΔT)之統計圖

圖 3.41 中實曲線為以 ksdesity 法套合 ΔT 樣本之機率密度 (probability density)，圓點為以正常分布(normal distribution) 套合 ΔT 樣本之機率密度，兩條垂直之實線及虛線分別為此兩種機率密度左右個累積 5% 機率，此範圍內代表有 90% 之機率，亦即在此範圍之橫座標值為落入預測值信賴區間 90% 之範圍。

另外，本研究先將樣本做初步統計發現， $\Delta T = 1$ 小時為眾數 (mode)，此值有最多之樣本，而中值 (median) 為 3 小時，平均數 (mean) 為 3.7 小時，標準偏差 (standard deviation) 為 37.7 小時。就平均值而言，本模式所預報第 3 級與第 4 級船舶動態指標的時間比正式發布時間晚 3.7 小時。

若從信賴角度來看，在 90% 信賴區間之內不管是正常分布還是 ksdesity 套合之機率密度，有 4 個樣本落在此信賴區間之外，佔 10%，此結果當然符合統

計之理論。若以決策者而言，若提早發布高等級船舶動態的時間，會使得原本船舶作業時間減少，但會降低船舶損壞之機率；反之，若發布高等級船舶動態的時間延後，雖會使得原本船舶作業時間增加但也提升船舶損壞之機率。以類神經模式-I 所得之預報第 3 級與第 4 級船舶動態指標的時間，決策者可以提早 6 個小時，若保守一點的話則可在模式預報時間第 62 小時前就發布船舶動態(大約有 90%之信賴度)。

3.6.2 類神經船舶動態模式-II

本計畫為求能夠以自動化的方式進行模式估算，僅以颱風中心最大風速以及颱風路徑作為模式輸入，不考慮颱風路徑的選擇以及中央氣象局颱風警報的發布狀況來進行模式建立，分析此模式可預測船舶動態指標第 3 級與第 4 級之能力，在測試學習及驗證的颱風實際記錄有發生第 3 級與第 4 級之船舶動態指標者共有 45 場，而本模式無法預測船舶動態指標第 3 級與第 4 級者有 6 場，此颱風名字分別為 ISA(1997)、SAM(1999)、UTOR(2001)、IMBUDO(2003)、LUPIT(2003)、SUDAL(2004)。此 6 場颱風之行進路徑及其預測及實測船舶動態指標分別如圖 3.42 至圖 3.47 所示。從圖 3.42、3-46 及圖 3.47 可知 ISA(1997)、LUPIT(2003)、SUDAL(2004)的 3 場颱風都在花蓮港遠處就轉北遠離，沒接近侵襲花蓮港，而實際記錄之船舶動態指標確有第 3 級與第 4 級，而此 3 個颱風強度在中央氣象局記錄為無侵臺之颱風，可見此三個颱風期間實際發生之第 3 級與第 4 級船舶動態指標並完全為颱風之風力造成，真正原因可進一步分析。

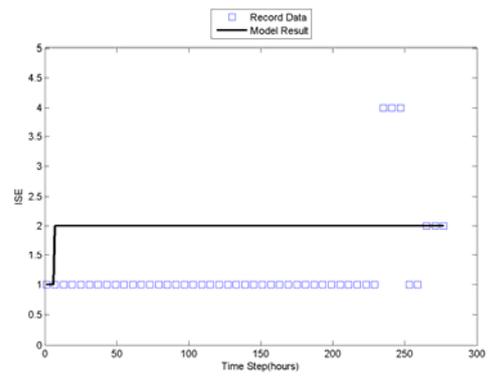
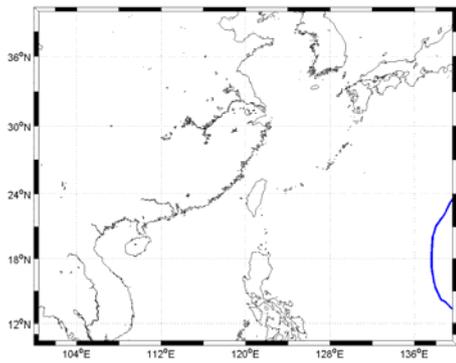


圖 3.42 強烈颱風 ISA(1997)行進路徑及其預測及實測船舶動態指標

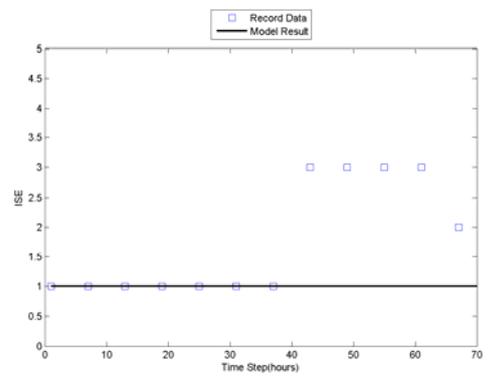
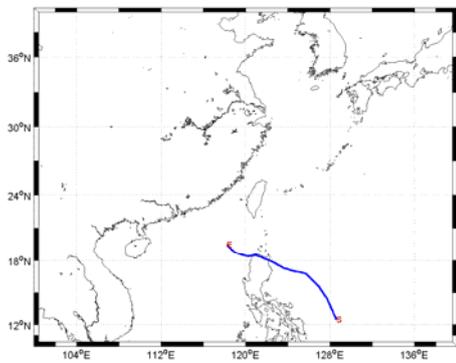


圖 3.43 中度颱風 SAM(1999)行進路徑及其預測及實測船舶動態指標

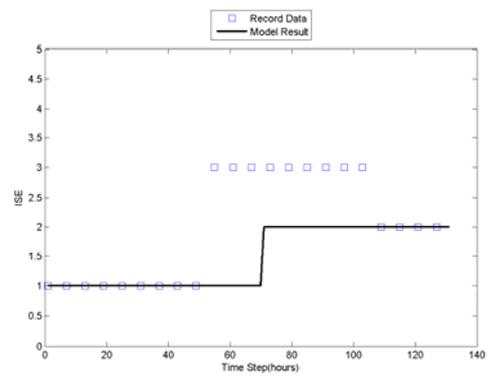
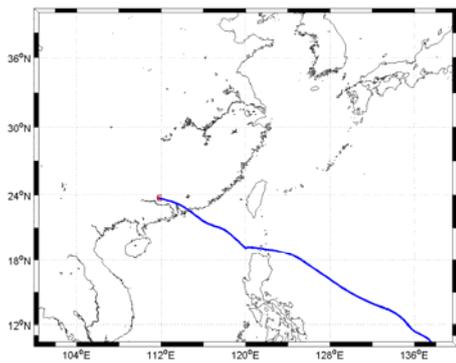


圖 3.44 中度颱風 UTOR(2001)行進路徑及其預測及實測船舶動態指標

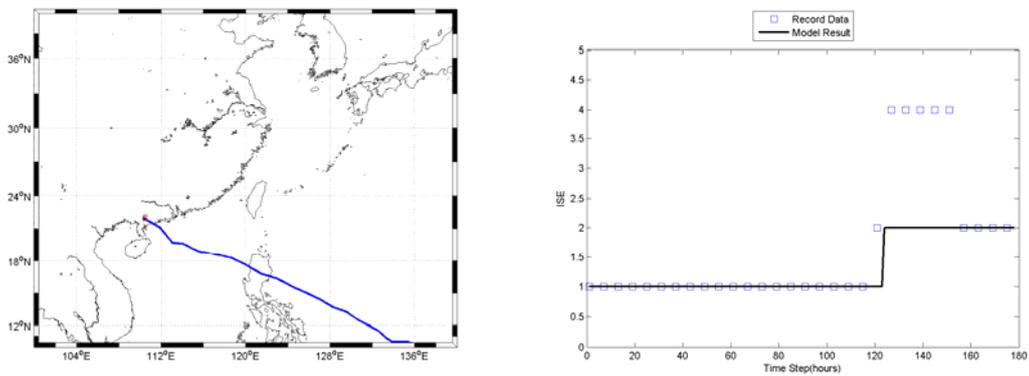


圖 3.45 中度颱風 IMBUDO(2003)行進路徑及其預測及實測船舶動態指標

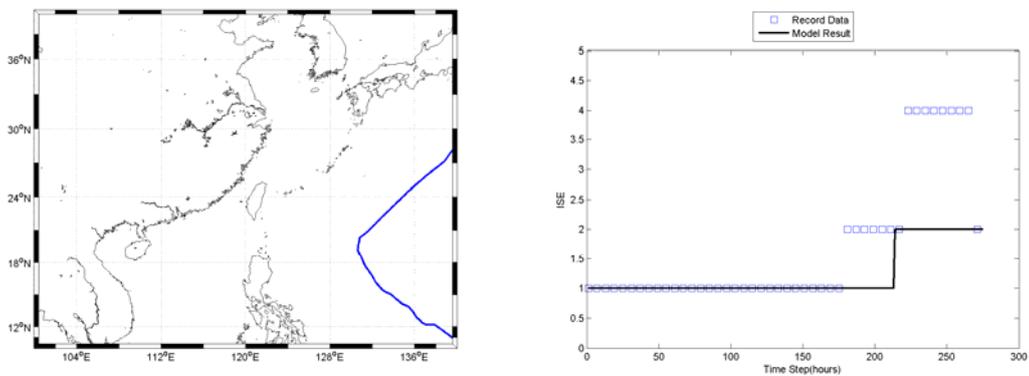


圖 3.46 強烈颱風 LUPIT(2003)行進路徑及其預測及實測船舶動態指標

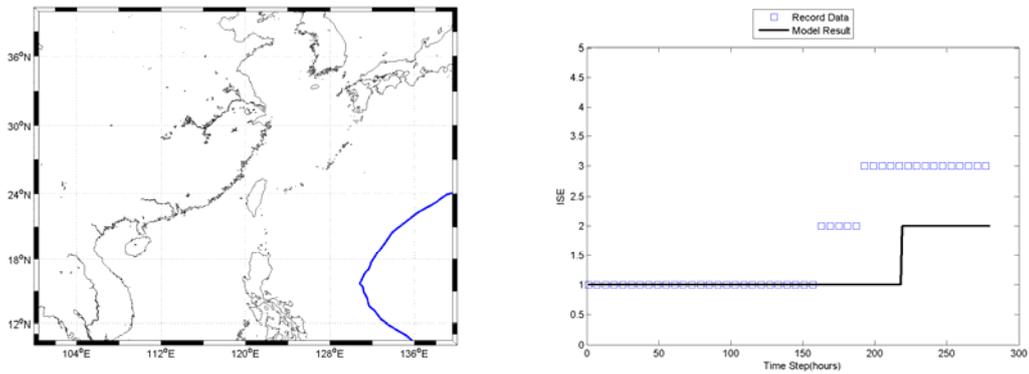


圖 3.47 中度颱風 SUDAL(2004)行進路徑及其預測及實測船舶動態指標

另外從圖 3.43、3-44 及圖 3.45 之 3 場颱風之行進路徑及其預測及實測船舶動態指標可知，此 3 場颱風均為在臺灣南方巴士海峽由東向西之颱風造成，船舶動態指標為第 3 級，此 3 個颱風均為中度颱風。所以，可能因為颱風之位置及前進方向讓港務局人員依經驗判斷湧浪

極有可能到達而使船隻出港。若以颱風之規模本模式預測船舶動態指標為第 2 級，還不需船隻出港。

本研究將所有花蓮港各場颱風有發生的第 3 級與第 4 級的船舶動態指標共 39 筆記錄分析 ΔT 如圖 3.48 所示。

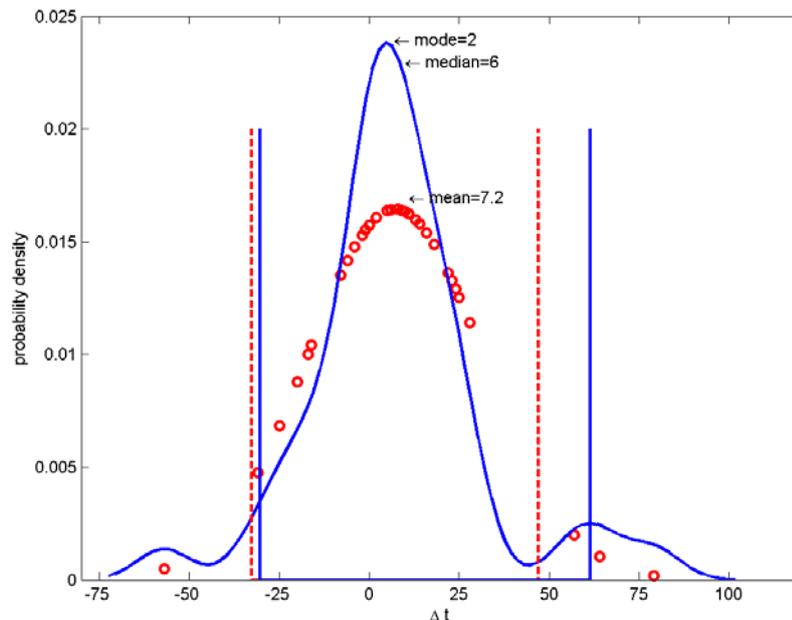


圖 3.48 類神經船舶動態模式-II 之第 3 級與第 4 級船舶動態指標發布時間與預報時間差(ΔT)之統計圖

另外，類神經船舶動態模式-II 預測結果初步統計發現， $\Delta T=2$ 小時為眾數(mode)，此值有最多之樣本，而中值(median)為 6 小時，平均數(mean)為 7.2 小時，標準偏差(standard deviation)為 24.2 小時。就平均值而言，此模式所預報第 3 級與第 4 級船舶動態指標的時間比正式發布時間晚 7.2 小時。

若從信賴度角度來看，在 90%信賴區間之內不管是正常分布還是 ksdesity 套合之機率密度，有 4 個樣本落在此信賴區間之外，佔 10.26%。若以平均值加減一個標準偏差當表準的話，則有 7 個樣本落在此範圍之外，約佔 28%。若以決策者而言，若提早發布高等級船舶動態的時間，會使得原本船舶作業時間減少，但會降低船舶損壞之機率；反之，

若發布高等級船舶動態的時間延後，雖會使得原本船舶作業時間增加但也提升船舶損壞之機率。以本研究所得之預報第 3 級與第 4 級船舶動態指標的時間，決策者可以提早 7 個小時，若保守一點的話則可提早 31 個小時(大約有 70%之信賴度)，更保守的話，則可在模式預報時間第 39.8 小時前就發布船舶動態(大約有 90%之信賴度)。此結果都是考慮船舶安全為主。

第四章 波浪特性分析

4.1 資料來源與處理

本研究所分析的資料均是由本所港研中心所提供的波浪資料。本所港研中心於花蓮港所設置之測站位置位於花蓮港東防波堤往南延長 380 公尺、水深 34 公尺處，於 2000 年 9 月 8 日安裝挪威 NORTEK 公司之剖面海流與表面波浪即時傳送監測系統，主要做收集波高、週期以及波向等資料，設置花蓮港觀測儀位置圖，如圖 4.1 所示。安平及臺北港測站位於安平港與臺北港之觀測樁下、水深 5 公尺處，設置儀器為 Inter Ocean 公司之 S4-ADW 壓力式波高及波向、海流及流向量測儀，圖 4.2、4-3 分別為安平與臺北港之儀器位置圖。



圖 4.1 花蓮港波浪觀測位置示意圖

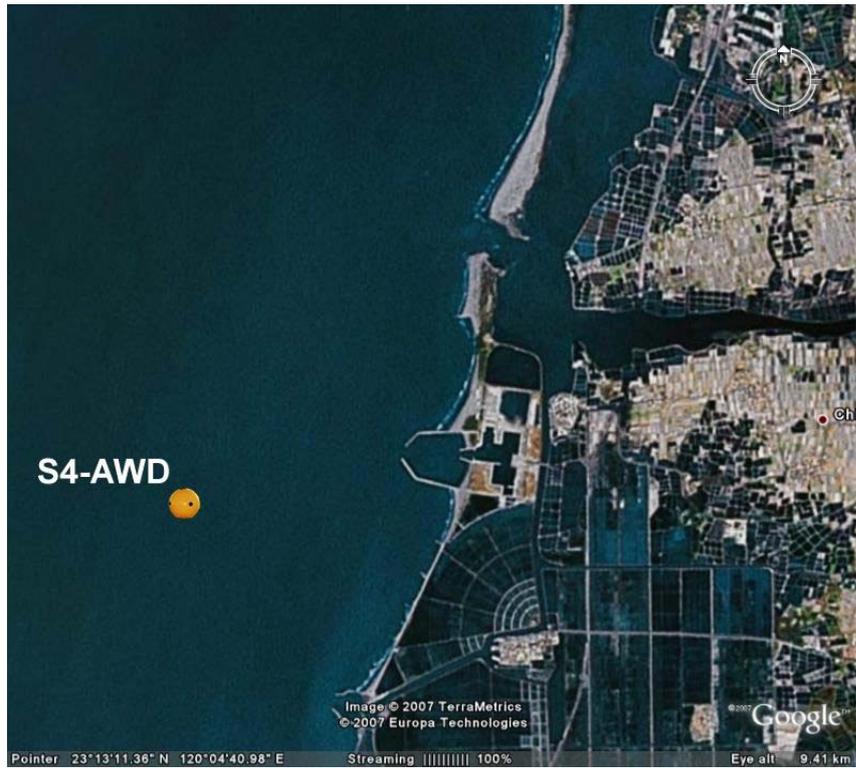


圖 4.2 安平港波浪觀測位置示意圖



圖 4.3 臺北港波浪觀測位置示意圖

花蓮港波浪資料，其紀錄範圍為 2000~2005 年實測的壓力原始資料，每小時取樣約為 17 分鐘，頻率為 2Hz，每小時共收集 2048 筆壓力訊號資料，因為有些年份資料格式雜亂，難以判讀，或者是資料缺漏，所以本研究選取花蓮港 2004 年較完整之波浪資料。安平與臺北港所收集之壓力波高資料，其每小時取樣為 9 分鐘，頻率為 2Hz，因此每小時共取樣 1080 筆資料。將三港所得原始壓力資料經快速傅立葉(FFT)轉換成壓力頻譜後，再透過壓力轉換函數(pressure transfer function)將壓力頻譜轉換成水位頻譜，此水位頻譜經過逆快速傅立葉轉換後，即可得到水位訊號。求得水位的時序資料後，根據零上切法可將所得之水位定義出波高與週期。

一般常用的波高統計代表值(代表波)有很多種，本研究選取 H_S 來計算相關波高特性， H_S (示性波)其計算方法即以波群中波高較大的 1/3 部份的個別波波高平均值來代表，雖其不具有特別的意義，但接近人類以目視觀測對不規則波直覺上得到的波高。另外在統計特性上，其具有最大的安定性(不隨取樣不同而變化)，較能反映波浪所含能量的大小，故是最常用的代表波。(郭，2001)

另外一般常用的週期統計代表值(代表波)為：在波高記錄中經由零上切法決定波高後，假設有 n 個波高及其相對應的週期，將波高按大小次序排列， $H_1 > H_2 > H_3 \dots$ ，而其相對應之週期排列為 $T_1 > T_2 > T_3 \dots$ ，計算前三分之一最大波高之平均，稱為示性波高，而對應之三分之一最大週期，稱為示性週期；然而 Nair 等(2002)提出示性週期計算方式是以週期大小排序後($T_1 > T_2 > T_3 \dots$)，以前三分之一最大週期之平均值為示性週期，Nair 等(2002)發現以此方式所計算出的示性週期可較穩定的計算出統計示性週期及其理論示性週期。因此，本研究係採用 Nair 等人所提出之示性週期計算方式。

4.2 相關波高機率密度函數

本研究選擇 Gamma、Weibull、Modified Weibull、Rayleigh 與

Log-Normal 五種分佈來探討波高最適機率分佈，而在週期則選用 Gamma、Erlang、Rayleigh 與 Normal 分佈四種分佈函數。上述所提之機率密度分佈介紹如下：

(1) Normal 分佈

為常態分佈的機率密度函數，示如式(4-1)：

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, -\infty < x < \infty, -\infty < \mu < \infty, \sigma > 0 \quad (4-1)$$

常態分佈主要有兩個參數， σ 為標準偏差(standard deviation)， μ 為平均值(mean value)。且由式(4-2)及式(4-3)推算標準偏差及平均值：

$$\mu = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (4-2)$$

$$\sigma^2 = s^2 = \frac{1}{N-1} \left(\sum_{i=1}^N x_i - \bar{x} \right)^2 \quad (4-3)$$

(2) Log-Normal 分布

對數常態分布的機率密度函數

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}}, x \geq 0, -\infty \leq \mu \leq \infty, \sigma > 0 \quad (4-4)$$

其中 σ 為標準偏差(standard deviation)， μ 為平均值(mean value)。

(3) Modified Weibull 分布

機率密度函數

$$f(x; c, \alpha, \beta) = \begin{cases} \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta} + c \right)^{\alpha-1} e^{c^\alpha - \left(\frac{x}{\beta} + c \right)^\alpha} & , x \geq 0, \alpha > 0, \beta > 0 \\ 0, \text{ elsewhere} \end{cases} \quad (4-5)$$

機率函數

$$F(x; c, \alpha, \beta) = \begin{cases} 1 - e^{c^\alpha - \left(\frac{x}{\beta} + c \right)^\alpha} & , x \geq 0, \alpha > 0, \beta > 0 \\ 0, \text{ elsewhere} \end{cases} \quad (4-6)$$

其中 α 為形狀參數 (scale parameter)， β 為尺度參數 (shape parameter)， c 為修正係數 (calibration parameter)。

(4) Weibull 分佈—當式(4-5)之 Weibull 分佈中 $c=0$

機率密度函數，示如式(4-7)

$$f(x; \alpha, \beta) = \begin{cases} \frac{\alpha}{\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta} \right)^\alpha} & , x \geq 0, \alpha > 0, \beta > 0 \\ 0, \text{ elsewhere} \end{cases} \quad (4-7)$$

其中 α 為形狀參數 β 為尺度參數。

機率函數

$$F(x; \alpha, \beta) = \begin{cases} 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta} \right)^\alpha} & , x \geq 0, \alpha > 0, \beta > 0 \\ 0, \text{ elsewhere} \end{cases} \quad (4-8)$$

(5) Rayleigh 分佈—當式(4-7)之 Weibull 分佈中 $\alpha = 2$

機率密度函數

$$f(x; \beta) = \begin{cases} \frac{2x}{\beta^2} e^{-\frac{x^2}{\beta^2}}, & x \geq 0, \beta > 0 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (4-9)$$

機率函數

$$F(x; \beta) = \begin{cases} 1 - e^{-\frac{x^2}{\beta^2}}, & x \geq 0, \beta > 0 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (4-10)$$

(6) Gamma 分佈

機率密度函數

$$f(x; \alpha, \beta) = \begin{cases} \frac{x^{\alpha-1}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} e^{-\frac{x}{\beta}}, & x \geq 0, \alpha > 0, \beta > 0 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (4-11)$$

機率函數

$$\begin{aligned}
F(x; \alpha, \beta) &= \begin{cases} \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\frac{t}{\beta}} d\left(\frac{t}{\beta}\right), & x \geq 0, \alpha > 0, \beta > 0 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \\
&= \begin{cases} P\left(\frac{x}{\beta}, \alpha\right), & x \geq 0, \alpha > 0, \beta > 0 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \\
&= \begin{cases} \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m}{m!(m+\alpha)} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{m+\alpha}, & x \geq 0, \alpha > 0, \beta > 0 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \tag{4-12a}
\end{aligned}$$

其中 α 及 β 均參數， $\Gamma(\alpha)$ 為 Gamma 函數， $P(x/\beta, \alpha)$ 為不完整 Gamma 函數 (incomplete Gamma function)，二者分別定義如下。

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx \tag{4-12b}$$

及

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx \tag{4-12c}$$

(7) Erlang 分佈

Erlang 分佈為 Gamma 分佈中的特殊分佈理論，其機率密度函數為式(4-11)之 Gamma 分佈中參數 a 取整數 n ，即為

$$f(x; n, \beta) = \begin{cases} \frac{x^{n-1}}{\alpha^\beta (n-1)!} e^{-\frac{x}{\beta}} & x \geq 0, n > 0, \beta > 0 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \tag{4-13}$$

機率函數

$$F(x; n, \beta) = \begin{cases} \frac{1}{(n-1)!} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{(-1)^m}{m!(m+n)} \left(\frac{x}{\beta}\right)^{m+n} & , x \geq 0, n > 0, \beta > 0 \\ 0, \text{ elsewhere} & \end{cases} \quad (4-14)$$

上述七種機率分佈函數之參數決定方法，除了 Erlang 分佈係利用示性波週期及平均週期之統計特性之兩個條件解出參數 α 及 β 後，再取 α 為整數以外，均利用最大概似法來估算各種理論機率分佈函數中之參數。

為了能夠了解各理論值與實測值之吻合程度，本文利用兩種評估指標來判斷，選擇出最佳的理論機率分佈模式：

(1)均方根誤差(RMSE)：

誤差均方根 RMSE 為常用之統計學上的技巧，其計算方法及定義如下：

在波高統計最佳分佈適合度中，假設有 k 個數據， Hsm_1 、 Hsm_2 、 \dots 、 Hsm_k 是實測資料經過示性波浪定義所求得之實測值， Hsc_1 、 Hsc_2 、 \dots 、 Hsc_k 是理論分佈公式所推得各波高統計值，則根據 RMSE 計算公式：

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (Hsm_k - Hsc_k)^2}{k}} \quad (4-15)$$

(2)判定係數(Coefficient of Determination) R^2 ：

表示所輸入的依變數的總變異量中，能被迴歸模式所解釋的變異量百分比有多少，亦稱作相關係數平方，因其值為相關係數之平方。 R^2 值在 0 至 1 之間，當 R^2 值越接近 1，表示所計算出的迴歸模式的適配度(goodness-of-fit)越好。

4-3 平滑方法(Kernel Smoothing Method)

本研究在探討波高與週期之最適分布時，利用兩種方式來討論理論與實測之吻合度情況，一為利用機率概念將分布函數推導出各統計代表值公式，另一為統計理論中之參數推估平滑方法，Kernel Smoothing Method，其理論詳見Bowman(1997)。在此將對 Kernel Smoothing Method 作一簡單介紹：

假設有一隨機變數 $X_1, X_2 \cdots X_n$ ，則會得到以下機率密度函數

$$\hat{f}(x, h) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x - X_i}{h}\right) \quad (4-16)$$

其中K為Kernel function，h為資料區間寬度，如圖4.4。

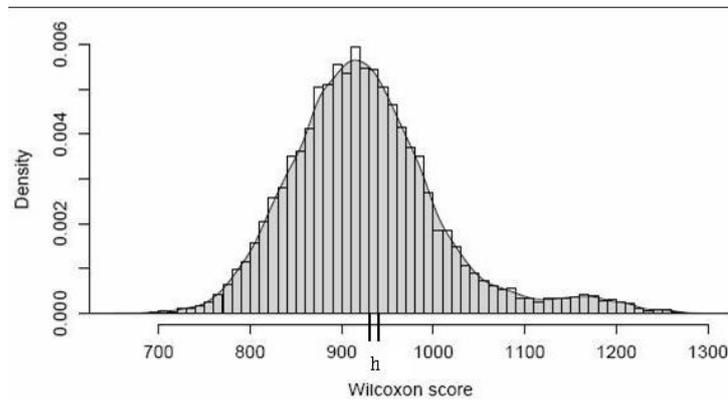


圖 4.4 Ksdensity 推估之機率密度函數圖

本研究將資料代入 matlab 軟體中，以 Ksdensity 指令推估出實測值之機率密度，而在 matlab 軟體中 Kernel function 是採用 Normal 型式，公式如下：

$$K(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}x^2} \quad (4-17)$$

資料區間寬度 h 為影響推估出的實測值機率密度圖型平滑化的主要因素，圖 4.5 顯示出不同的區間寬度所推估出的結果，當 h 取得越小函數圖型會趨近於不規則化導致與各分布函數套配時，增加分析的困難；而當 h 取得越寬鬆，則會越趨向於 Normal 分布。

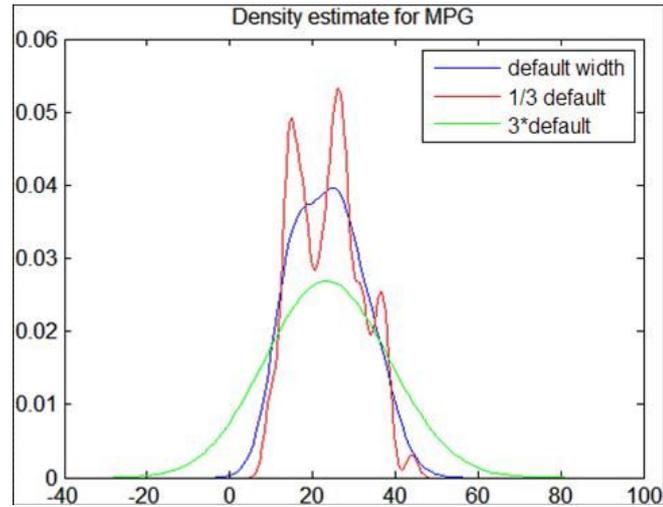


圖 4.5 不同 h 之機率函數圖

採用 Ksdensity 方法的優點在於它能將原始資料推估出一連續性函數，而且不用推估參數即可簡單求出所要的機率密度，另外 Matlab 軟體將資料分成 100 個區間，由直方圖分組觀念可知，區間分組數量將會影響到資料分析結果，太多會造成分析困難，太少則會分析不出資料特性，所以利用 Ksdensity 方法應該可以得到客觀的分析結果。上述流程之操作，流程圖示如 4-6。

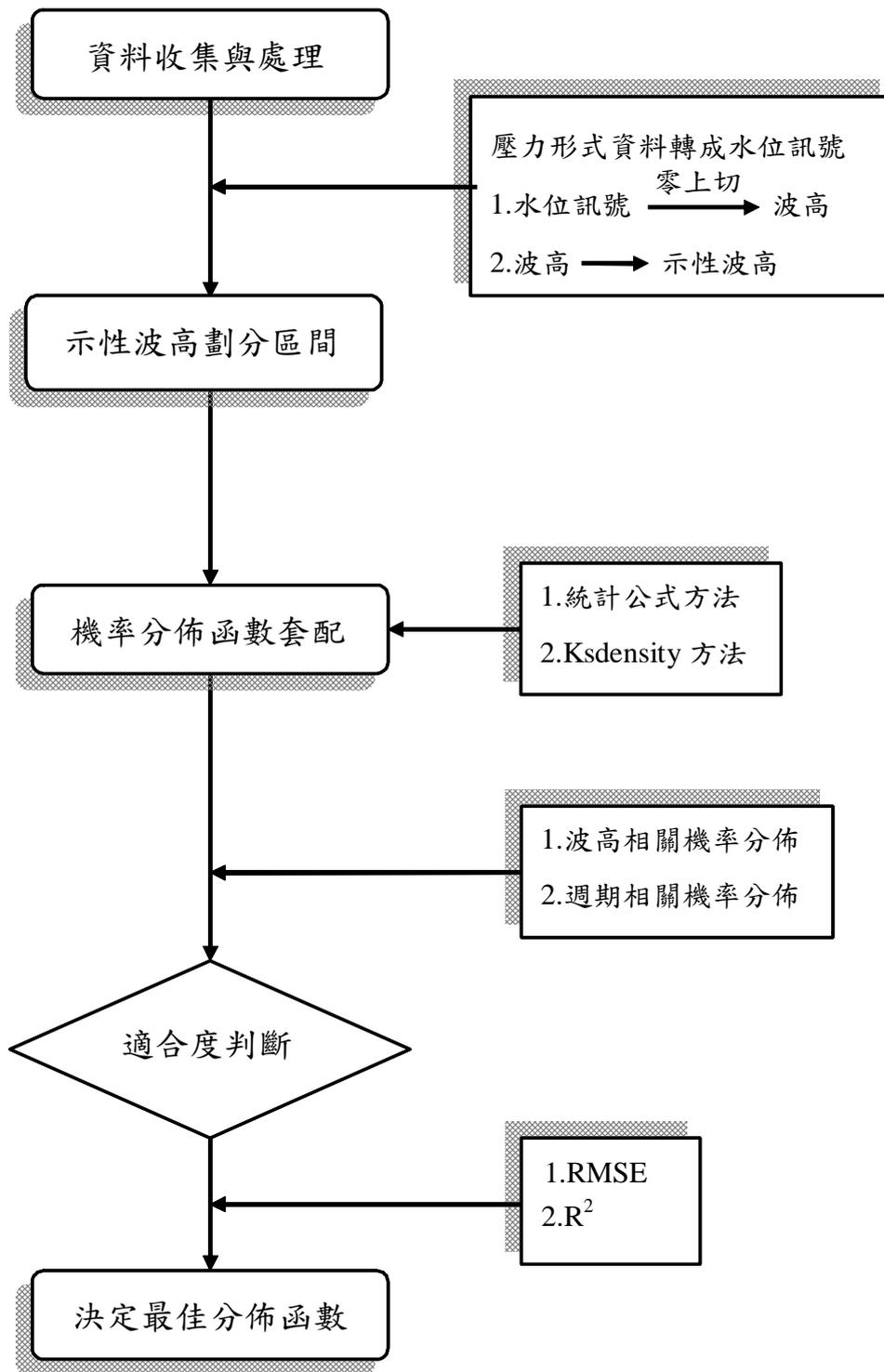


圖 4.6 波高與週期最適機率分佈之分析流程圖

第五章 波浪特性分析結果

根據本所港研中心所提供之花蓮港、臺北港與安平港波浪資料，其記錄時間分別為 2004 年及 2006 年。在臺北港波浪資料部份，少了 1 月、2 月、5 月與 10 月資料；安平港部份則少了 5 月波浪資料。根據江(2006)與李(2007)之研究，花蓮港、臺北港與安平港其波高機率分布皆是近似 Weibull 分布，為進一步瞭解各分布與實際波高之相關性，本研究採用兩種方法：1.以最大概似法(method of maximum likelihood)估算各分布之參數值，由參數之計算結果，可求得相關之理論波高統計值，並與實際波高計算而得之統計值進行比較，並在最後探討其參數特性；2.利用統計學理論中之一種參數推估平滑方法 Ksdensity 方法來將實測資料與各分布進行吻合度試驗。另外，波高極大值部份也常被做為海岸工程結構物設計標準，本文也針對資料極大值部份討論其最適分布情況。

5.1 Weibull 分布系列之統計代表值推導

由三個港口的波高資料，經由統計結果可得其實際之波高統計值，為求其理論統計值，本研究參考 Rayleigh 分布之公式推導過程，由 Modified Weibull 分布之公式定義，推導出相關之理論波高統計值公式，以探討理論與實際之關係，Modified Weibull 分布之相關波高統計值 H_s 、 \bar{H} 、 $H_{1/10}$ 、 $H_{1/100}$ 與 H_{rms} 推導如下：

變數依大小排列下，機率高於 $F(x \leq x_p) = 1 - p$ 之平均值為 \bar{x}_p ，示意如圖 5.1。

因此

$$1 - F(x \leq x_p) = p = e^{-\left(\frac{x_p}{\beta} + c\right)^\alpha} \quad (5-1)$$

所以

$$x_p = \beta[(c^\alpha - \ln p)^{\frac{1}{\alpha}} - c] \quad (5-2)$$

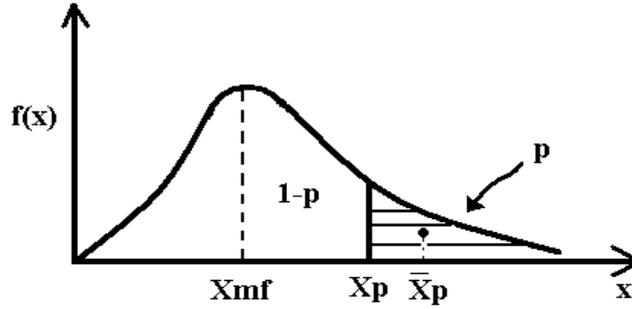


圖 5.1 機率高於 $F(x \leq x_p) = 1 - p$ 之平均值為 \bar{x}_p 及最大機率密度之示意圖

因此，在 x_p 至 ∞ 間之平均值 \bar{x}_p ，則依機率密度函數可得

$$\begin{aligned} \bar{x}_p &= \frac{1}{p} \int_{x_p}^{\infty} x f(x) dx \\ &= \frac{1}{p} \int_{x_p}^{\infty} x \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta} + c \right)^{\alpha-1} e^{c^b - \left(\frac{x}{\beta} + c \right)^\alpha} dx \end{aligned} \quad (5-3)$$

上式用變數轉換 $y = (x/a+c)^b$ 及一次部分積分法可得

$$\bar{x}_p = x_p + \frac{1}{p} \frac{\beta}{\alpha} e^{c^\alpha} \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}, c^\alpha - \ln p\right) \quad (5-4)$$

其中 $\Gamma(s, t)$ 定義為不完整 Gamma 函數 (upper incomplete Gamma function)

$$\Gamma(s, t) = \int_t^{\infty} x^{s-1} e^{-x} dx \quad (5-5)$$

如果式(5-5)中 $t=0$ 時，即為一般之 Gamma 函數 $\Gamma(s) = \Gamma(s, 0)$ 。當變數 x 為波高(H)且選擇 $p=1/3$ 時， $\bar{x}_p = H_s$ 稱為示性波高 (significant wave height)，所以代入 $p=1/3$ 及式(5-2)至式(5-4)得

$$H_s = \beta[(c^\beta + \ln 3)^{\frac{1}{\alpha}} - c] + \frac{3\beta}{\alpha} e^{c^\alpha} \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}, c^\alpha + \ln 3\right) \quad (5-6)$$

若式(5-4)選擇 $p=1$ 時， $\bar{x}_p = \bar{H}$ 稱為平均波高(mean wave height)

$$\bar{H} = \frac{\beta}{\alpha} e^{c^\alpha} \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}, c^\alpha\right) \quad (5-7)$$

均方值(root-mean-square) 定義如下

$$\begin{aligned} x_{rms}^2 &= \int_0^\infty x^2 f(x) dx \\ &= \int_0^\infty x^2 \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x}{\beta} + c\right)^{\alpha-1} e^{c^\alpha - \left(\frac{x}{\beta} + c\right)^\alpha} dx \\ &= 2e^{c^\alpha} \frac{\beta^2}{\alpha} \left[\Gamma\left(\frac{2}{\alpha}, c^\alpha\right) - c\Gamma\left(\frac{1}{\alpha}, c^\alpha\right)\right] \end{aligned} \quad (5-8)$$

當欲求最大發生機率密度下之 x 值，可由機率密度函數直接對 x 微分令為零，即為 $df(x)/dx=0$ 條件下，由式(4-14)之機率密度函數可得

$$x_{mf} = \beta \left[\left(1 - \frac{1}{\alpha}\right)^{\frac{1}{\alpha}} - c \right] \quad (5-9)$$

今將上述所推導有關 Weibull 分布系列之統計特性公式列如表 5-1。

表 5-1 Weibull 分布系列之統計特性公式

	Modified Weibull 分布	Weibull 分布	Rayleigh 分布
$H_{1/100}$	$\beta[(c^\beta + \ln 100)^{\frac{1}{\alpha}} - c] + \frac{100\beta}{\alpha} e^{c^\alpha} \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}, c^\alpha + \ln 100\right)$	$\beta[(\ln 100)^{\frac{1}{\alpha}}] + \frac{100\beta}{\alpha} \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}, \ln 100\right)$	$\beta[(\ln 100)^{\frac{1}{2}}] + 50\beta \Gamma\left(\frac{1}{2}, \ln 100\right)$
$H_{1/10}$	$\beta[(c^\beta + \ln 10)^{\frac{1}{\alpha}} - c] + \frac{10\beta}{\alpha} e^{c^\alpha} \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}, c^\alpha + \ln 10\right)$	$\beta[(\ln 10)^{\frac{1}{\alpha}}] + \frac{10\beta}{\alpha} \Gamma\left(\frac{1}{\alpha}, \ln 10\right)$	$\beta[(\ln 10)^{\frac{1}{2}}] + 5\beta \Gamma\left(\frac{1}{2}, \ln 10\right)$

H_s	$\beta[(c^\beta + \ln 3)^{\frac{1}{\alpha}} - c]$ $+ \frac{3\beta}{\alpha} e^{c^\alpha} \Gamma(\frac{1}{\alpha}, c^\alpha + \ln 3)$	$\beta[(\ln 3)^{\frac{1}{\alpha}}]$ $+ \frac{3\beta}{\alpha} \Gamma(\frac{1}{\alpha}, \ln 3)$	$\beta[(\ln 3)^{\frac{1}{2}}]$ $+ \frac{3}{2} \beta \Gamma(\frac{1}{2}, \ln 3)$
\bar{H}	$\frac{\beta}{\alpha} e^{c^\alpha} \Gamma(\frac{1}{\alpha}, c^\alpha)$	$\frac{\beta}{\alpha} \Gamma(\frac{1}{\alpha})$	$\frac{\beta\sqrt{\pi}}{2}$
H_{rms}	$\left(2e^{c^\alpha} \frac{\beta^2}{\alpha} [\Gamma(\frac{2}{\alpha}, c^\alpha) - c\Gamma(\frac{1}{\alpha}, c^\alpha)]\right)^{\frac{1}{2}}$	$\left(2\frac{\beta^2}{\alpha} \Gamma(\frac{2}{\alpha})\right)^{\frac{1}{2}}$	β
H_{mf}	$\beta[(1 - \frac{1}{\alpha})^{\frac{1}{\alpha}} - c]$	$\beta[(1 - \frac{1}{\alpha})^{\frac{1}{\alpha}}]$	$\frac{\beta}{\sqrt{2}}$

5.2 Gamma 與 Normal 分布系列之統計代表值推導

根據蔡(2006)、李(2007)研究，三個港口的波浪週期分析較合宜機率密度為 Erlang 分布，由統計理論可知 Erlang 分佈為 Gamma 分佈中尺度參數為整數的特例，而本研究除了以往所探討的 Gamma、Erlang、Rayleigh 分佈外，尚將 Normal 分佈加入討論。現將分布依上述方法推導分布之統計代表值。變數依大小排列下，機率高於 $F(x \leq x_p) = 1 - p$ 之平均值為 \bar{x}_p ，因此

$$1 - F(x \leq x_p) = p = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_{x_p}^{\infty} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha-1} e^{-\frac{t}{\beta}} d\left(\frac{t}{\beta}\right) = \frac{\Gamma(\alpha, \frac{x_p}{\beta})}{\Gamma(\alpha)} \quad (5-10)$$

若給定 p 值，則由式(5-10)以數值解析疊代方法，可得 x_p 而使 x 大於 x_p 之機率為 p 。 x 在 x_p 至 ∞ 間之平均值 \bar{x}_p ，則依機率密度函數可得

$$\begin{aligned}
\bar{x}_p &= \frac{1}{p} \int_{x_p}^{\infty} x f(x) dx \\
&= \frac{1}{p} \frac{\beta}{\Gamma(\beta)} \int_{x_p}^{\infty} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha} e^{-\frac{t}{\beta}} d\left(\frac{t}{\beta}\right) \\
&= \frac{1}{p} \frac{\beta \Gamma(\alpha+1, x_p / \beta)}{\Gamma(\alpha)} \\
&= \alpha\beta + \frac{\beta}{p\Gamma(\alpha)} \left(\frac{x_p}{\beta}\right)^{\alpha} e^{-\frac{x_p}{\beta}}
\end{aligned} \tag{5-11}$$

依均方值(root-mean-square) 定義得 Gamma 分布之均方值為

$$\begin{aligned}
x_{rms}^2 &= \int_0^{\infty} x^2 f(x) dx \\
&= \frac{\beta^2}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{\infty} \left(\frac{t}{\beta}\right)^{\alpha+1} e^{-\frac{t}{\beta}} d\left(\frac{t}{\beta}\right) \\
&= \alpha(\alpha+1)\beta^2
\end{aligned} \tag{5-12}$$

今將上述所推導有關 Gamma 分布系列之統計特性公式列如表 5-2。同上述推導方法將 Normal 分佈系列之統計特性公式列如表 5-3。

表 5-2 Gamma 分布系列之統計特性公式

	Gamma 分布	Erlang 分布
$T_{1/100}$	$\alpha\beta + \frac{100\beta}{\Gamma(\alpha)} \left(\frac{x_{1/100}}{\beta}\right)^{\alpha} e^{-\frac{x_{1/100}}{\beta}}$	$n\beta + \frac{100\beta}{(n-1)!} \left(\frac{x_{1/100}}{\beta}\right)^n e^{-\frac{x_{1/100}}{\beta}}$
$T_{1/10}$	$\alpha\beta + \frac{10\beta}{\Gamma(\alpha)} \left(\frac{x_{1/10}}{\beta}\right)^{\alpha} e^{-\frac{x_{1/10}}{\beta}}$	$n\beta + \frac{10\beta}{(n-1)!} \left(\frac{x_{1/10}}{\beta}\right)^n e^{-\frac{x_{1/10}}{\beta}}$
T_s	$\alpha\beta + \frac{3\beta}{\Gamma(\alpha)} \left(\frac{x_{1/30}}{\beta}\right)^{\alpha} e^{-\frac{x_{1/30}}{\beta}}$	$n\beta + \frac{3\beta}{(n-1)!} \left(\frac{x_{1/3}}{\beta}\right)^n e^{-\frac{x_{1/3}}{\beta}}$
\bar{T}	$\alpha\beta$	$n\beta$
T_{rms}	$\beta\sqrt{\alpha(\alpha+1)}$	$\beta\sqrt{n(n+1)}$

表 5-3 Normal 分布系列之統計特性公式

	Normal 分布	Log-Normal 分布
$T_{1/100}$	$\frac{100\sqrt{2}\sigma}{2\sqrt{\pi}} e^{-\left(\frac{x_p-\mu}{\sqrt{2}\sigma}\right)^2} + \frac{100\mu}{2} \operatorname{Erfc}\left(\frac{x_p-\mu}{\sqrt{2}\sigma}\right)$	$\frac{100}{2} e^{\mu+\frac{\sigma^2}{2}} \operatorname{erfc}\left(\frac{\ln(x_p)-\mu}{\sqrt{2}\sigma} - \frac{\sqrt{2}\sigma}{2}\right)$
$T_{1/10}$	$\frac{10\sqrt{2}\sigma}{2\sqrt{\pi}} e^{-\left(\frac{x_p-\mu}{\sqrt{2}\sigma}\right)^2} + \frac{10\mu}{2} \operatorname{Erfc}\left(\frac{x_p-\mu}{\sqrt{2}\sigma}\right)$	$\frac{10}{2} e^{\mu+\frac{\sigma^2}{2}} \operatorname{erfc}\left(\frac{\ln(x_p)-\mu}{\sqrt{2}\sigma} - \frac{\sqrt{2}\sigma}{2}\right)$
T_s	$\frac{3\sqrt{2}\sigma}{2\sqrt{\pi}} e^{-\left(\frac{x_p-\mu}{\sqrt{2}\sigma}\right)^2} + \frac{3\mu}{2} \operatorname{Erfc}\left(\frac{x_p-\mu}{\sqrt{2}\sigma}\right)$	$\frac{3}{2} e^{\mu+\frac{\sigma^2}{2}} \operatorname{erfc}\left(\frac{\ln(x_p)-\mu}{\sqrt{2}\sigma} - \frac{\sqrt{2}\sigma}{2}\right)$
\bar{T}	μ	e^{μ}
T_{rms}	$\sqrt{\sigma^2 + \mu^2}$	$\sqrt{e^{2\mu+2\sigma^2}}$

5.3 波高最適分布

5.3.1 以統計公式之評估結果

將港灣技術研究中心所提供之花蓮、臺北與安平港波浪資料，依據波浪分析之步驟，將示性波高大小歸類成 $H_S < 0.5\text{m}$ 、 $0.5\text{m} < H_S < 1.0\text{m}$ 、 $1.0\text{m} < H_S < 1.5\text{m}$ 、 $1.5\text{m} < H_S < 2.0\text{m}$ 、 $2.5\text{m} < H_S < 3.0\text{m}$ 及 $H_S > 3.0\text{m}$ 六個區間，六組中各取 30 小時之每小時波浪，利用最大概似法求得各分布之參數後，由表 5-1 計算三個港口之示性波浪波高統計特性與實測值之比較示如表 5-4 至表 5-9、表 5-10 至表 5-15 與表 5-16 至表 5-21，比較的項目為 $H_{1/100}$ ， $H_{1/10}$ ， H_S ， H_{mean} 及 H_{rms} 之 RMSE 與 R^2 。依據 RMSE 與 R^2 兩參數可判斷出 Modified Weibull、Weibull 及 Rayleigh 三個分布函數

所計算出的理論波高統計值與實際波高統計值之吻合程度。

在 RMSE 與 R^2 兩種評比指標之下，除了在 H_S 部份，由表可知是以 Modified Weibull 分佈為最優；而 H_{rms} 部份則以 Rayleigh 分佈為最佳分佈外，可以看出整體部份係以 Weibull 分佈所得之波高統計特性與實測值接近程度比以其它兩種分佈所推得之結果較為吻合。

表 5-4 2006 年臺北港波高統計特性與實測值之比較($H_s < 0.5m$)

第一組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R^2	$\frac{RMSE}{H_s}$	RMSE (m)	R^2	$\frac{RMSE}{H_s}$	RMSE (m)	R^2	$\frac{RMSE}{H_s}$
$H_{1/100}$	0.056	0.721	0.128	0.056	0.729	0.128	0.097	0.649	0.223
$H_{1/10}$	0.014	0.946	0.032	0.013	0.951	0.030	0.032	0.850	0.074
H_s	0.003	0.996	0.008	0.004	0.991	0.010	0.012	0.972	0.028
H_{mean}	0.002	0.997	0.005	0.001	1.000	0.001	0.007	0.985	0.017
H_{rms}	0.002	0.998	0.004	0.000	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-5 2006 年臺北港波高統計特性與實測值之比較($0.5m < H_s < 1.0m$)

第二組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R^2	$\frac{RMSE}{H_s}$	RMSE (m)	R^2	$\frac{RMSE}{H_s}$	RMSE (m)	R^2	$\frac{RMSE}{H_s}$
$H_{1/100}$	0.111	0.740	0.168	0.110	0.742	0.168	0.136	0.666	0.206
$H_{1/10}$	0.028	0.968	0.042	0.027	0.968	0.041	0.035	0.951	0.053
H_s	0.006	0.998	0.008	0.007	0.996	0.011	0.015	0.987	0.022
H_{mean}	0.004	0.998	0.005	0.001	1.000	0.002	0.009	0.988	0.013
H_{rms}	0.003	0.999	0.004	0.001	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-6 2006 年臺北港波高統計特性與實測值之比較(1.0m<H_s<1.5m)

第三組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s
H _{1/100}	0.178	0.820	0.149	0.176	0.831	0.147	0.266	0.772	0.223
H _{1/10}	0.037	0.964	0.031	0.037	0.965	0.031	0.098	0.859	0.082
H _s	0.010	0.997	0.008	0.017	0.993	0.014	0.039	0.970	0.033
H _{mean}	0.010	0.996	0.008	0.003	0.999	0.002	0.019	0.980	0.016
H _{rms}	0.008	0.998	0.006	0.001	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-7 2006 年臺北港波高統計特性與實測值之比較(1.5m<H_s<2.0m)

第四組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s
H _{1/100}	0.306	0.557	0.182	0.309	0.557	0.184	0.437	0.314	0.260
H _{1/10}	0.055	0.907	0.033	0.059	0.896	0.035	0.126	0.756	0.075
H _s	0.015	0.993	0.009	0.019	0.987	0.011	0.039	0.961	0.023
H _{mean}	0.010	0.995	0.006	0.004	0.999	0.002	0.026	0.980	0.015
H _{rms}	0.006	0.988	0.004	0.001	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-8 2006 年臺北港波高統計特性與實測值之比較(2.5m<H_s<3.0m)

第五組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s
H _{1/100}	0.349	0.733	0.147	0.349	0.738	0.147	0.558	0.513	0.235
H _{1/10}	0.083	0.961	0.035	0.084	0.959	0.035	0.207	0.814	0.088
H _s	0.024	0.993	0.010	0.033	0.987	0.014	0.073	0.963	0.031
H _{mean}	0.018	0.994	0.008	0.005	0.999	0.002	0.040	0.979	0.017
H _{rms}	0.013	0.998	0.005	0.002	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-9 2006 年臺北港波高統計特性與實測值之比較(H_s>3.0m)

第六組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s
H _{1/100}	0.646	0.659	0.187	0.660	0.650	0.191	0.951	0.393	0.276
H _{1/10}	0.143	0.926	0.041	0.158	0.914	0.046	0.287	0.800	0.083
H _s	0.039	0.990	0.011	0.055	0.980	0.016	0.089	0.969	0.026
H _{mean}	0.033	0.988	0.010	0.011	0.998	0.003	0.050	0.977	0.014
H _{rms}	0.023	0.996	0.007	0.004	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-10 2006 年安平港波高統計特性與實測值之比較($H_s < 0.5m$)

第一組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ $\overline{H_s}$	RMSE (m)	R ²	RMSE/ $\overline{H_s}$	RMSE (m)	R ²	RMSE/ $\overline{H_s}$
H _{1/100}	0.067	0.737	0.161	0.065	0.749	0.158	0.096	0.547	0.232
H _{1/10}	0.016	0.951	0.040	0.016	0.955	0.037	0.032	0.872	0.076
H _s	0.003	0.995	0.008	0.005	0.990	0.012	0.011	0.980	0.027
H _{mean}	0.003	0.995	0.006	0.001	1.000	0.001	0.006	0.985	0.015
H _{rms}	0.002	0.998	0.005	0.000	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-11 2006 年安平港波高統計特性與實測值之比較($0.5m < H_s < 1.0m$)

第二組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ $\overline{H_s}$	RMSE (m)	R ²	RMSE/ $\overline{H_s}$	RMSE (m)	R ²	RMSE/ $\overline{H_s}$
H _{1/100}	0.099	0.796	0.176	0.099	0.798	0.176	0.143	0.603	0.254
H _{1/10}	0.022	0.942	0.039	0.022	0.944	0.039	0.043	0.862	0.076
H _s	0.004	0.996	0.006	0.005	0.994	0.009	0.014	0.977	0.024
H _{mean}	0.003	0.998	0.004	0.001	1.000	0.001	0.008	0.983	0.013
H _{rms}	0.002	0.999	0.004	0.000	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-12 2006 年安平港波高統計特性與實測值之比較(1.0m<H_s<1.5m)

第三組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s
H _{1/100}	0.204	0.244	0.185	0.205	0.247	0.186	0.259	0.149	0.235
H _{1/10}	0.037	0.826	0.034	0.038	0.824	0.034	0.074	0.585	0.067
H _s	0.011	0.983	0.010	0.011	0.976	0.010	0.026	0.864	0.024
H _{mean}	0.004	0.995	0.003	0.002	0.998	0.002	0.015	0.933	0.014
H _{rms}	0.003	0.998	0.002	0.001	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-13 2006 年安平港波高統計特性與實測值之比較(1.5m<H_s<2.0m)

第四組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s
H _{1/100}	0.264	0.474	0.148	0.263	0.493	0.147	0.413	0.301	0.231
H _{1/10}	0.076	0.803	0.043	0.075	0.813	0.042	0.150	0.676	0.084
H _s	0.014	0.990	0.008	0.019	0.981	0.010	0.053	0.939	0.029
H _{mean}	0.009	0.995	0.005	0.003	0.999	0.002	0.028	0.980	0.016
H _{rms}	0.007	0.998	0.004	0.001	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-14 2006 年安平港波高統計特性與實測值之比較(2.5m<H_S<3.0m)

第五組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _S	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _S	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _S
H _{1/100}	0.377	0.586	0.168	0.381	0.590	0.170	0.633	0.403	0.282
H _{1/10}	0.116	0.890	0.051	0.117	0.891	0.052	0.236	0.780	0.105
H _S	0.020	0.995	0.009	0.028	0.991	0.012	0.074	0.972	0.033
H _{mean}	0.014	0.997	0.006	0.005	1.000	0.002	0.039	0.986	0.017
H _{rms}	0.012	0.999	0.005	0.002	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-15 2006 年安平港波高統計特性與實測值之比較(H_S>3.0m)

第六組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _S	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _S	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _S
H _{1/100}	0.823	0.457	0.227	0.829	0.465	0.228	1.200	0.401	0.331
H _{1/10}	0.210	0.865	0.058	0.219	0.861	0.060	0.416	0.738	0.115
H _S	0.035	0.992	0.010	0.048	0.986	0.013	0.121	0.954	0.033
H _{mean}	0.027	0.994	0.007	0.011	0.999	0.003	0.068	0.974	0.019
H _{rms}	0.020	0.997	0.006	0.005	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-16 2004 年花蓮港波高統計特性與實測值之比較($H_s < 0.5m$)

	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ $\overline{H_s}$	RMSE (m)	R ²	RMSE/ $\overline{H_s}$	RMSE (m)	R ²	RMSE/ $\overline{H_s}$
H _{1/100}	0.084	0.304	0.184	0.083	0.317	0.182	0.093	0.208	0.205
H _{1/10}	0.021	0.780	0.046	0.021	0.791	0.045	0.029	0.642	0.063
H _s	0.003	0.989	0.007	0.005	0.978	0.010	0.010	0.933	0.021
H _{mean}	0.003	0.991	0.006	0.001	0.998	0.002	0.006	0.944	0.013
H _{rms}	0.002	0.995	0.005	0.000	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-17 2004 年花蓮港波高統計特性與實測值之比較($0.5m < H_s < 1.0m$)

	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ $\overline{H_s}$	RMSE (m)	R ²	RMSE/ $\overline{H_s}$	RMSE (m)	R ²	RMSE/ $\overline{H_s}$
H _{1/100}	0.090	0.770	0.129	0.091	0.765	0.131	0.123	0.613	0.177
H _{1/10}	0.026	0.953	0.037	0.026	0.953	0.038	0.039	0.905	0.056
H _s	0.005	0.997	0.007	0.006	0.995	0.009	0.012	0.983	0.018
H _{mean}	0.003	0.998	0.005	0.001	0.999	0.002	0.008	0.984	0.011
H _{rms}	0.002	0.999	0.003	0.000	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-18 2004 年花蓮港波高統計特性與實測值之比較(1.0m<H_s<1.5m)

第三組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s
H _{1/100}	0.161	0.500	0.143	0.160	0.808	0.143	0.217	0.359	0.193
H _{1/10}	0.034	0.922	0.030	0.034	0.923	0.031	0.073	0.756	0.065
H _s	0.012	0.988	0.010	0.013	0.982	0.012	0.025	0.937	0.023
H _{mean}	0.005	0.996	0.004	0.002	0.999	0.001	0.014	0.966	0.013
H _{rms}	0.004	0.998	0.003	0.001	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-19 2004 年花蓮港波高統計特性與實測值之比較(1.5m<H_s<2.0m)

第四組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s
H _{1/100}	0.225	0.574	0.135	0.223	0.587	0.134	0.358	0.117	0.216
H _{1/10}	0.064	0.880	0.038	0.062	0.887	0.037	0.129	0.544	0.078
H _s	0.016	0.989	0.010	0.019	0.979	0.012	0.036	0.928	0.021
H _{mean}	0.008	0.993	0.005	0.003	0.999	0.002	0.022	0.942	0.014
H _{rms}	0.007	0.995	0.004	0.001	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-20 2004 年花蓮港波高統計特性與實測值之比較(2.5m<H_s<3.0m)

第五組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s
H _{1/100}	0.355	0.660	0.158	0.352	0.672	0.156	0.474	0.600	0.210
H _{1/10}	0.072	0.957	0.032	0.069	0.957	0.030	0.140	0.821	0.062
H _s	0.019	0.991	0.008	0.024	0.985	0.011	0.056	0.945	0.025
H _{mean}	0.011	0.996	0.005	0.003	0.999	0.002	0.032	0.968	0.014
H _{rms}	0.009	0.998	0.004	0.002	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-21 2004 年花蓮港波高統計特性與實測值之比較(H_s>3.0m)

第六組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ H _s
H _{1/100}	0.734	0.740	0.221	0.741	0.736	0.223	1.123	0.509	0.338
H _{1/10}	0.545	0.883	0.164	0.536	0.885	0.161	0.763	0.616	0.230
H _s	0.053	0.974	0.016	0.049	0.975	0.015	0.115	0.901	0.035
H _{mean}	0.021	0.992	0.006	0.008	0.999	0.002	0.207	0.339	0.062
H _{rms}	0.100	0.875	0.030	0.095	0.881	0.029	0.000	1.000	0.000

5.3.2 以 Ksdensity 方法之評估結果

本研究所使用 Ksdensity 方法係參考 J.A.Ferreira 等(1999)所提出的 paper 中之研究方法。Ksdensity 為統計學中之一種參數推估平滑方式，在一列不知其機率分佈的樣本中，應用 Ksdensity 方法可以針對這一系列樣本推估出一連續性函數。將應用 Ksdensity 依據波高資料所推估出的函數特性設為實測值，而把利用最大概似法求出參數，再將參數代回各分佈機率密度函數所計算出來的統計特性設為理論值，藉著 RMSE 來判斷其吻合度情況。

2006 年臺北港、安平港與 2004 花蓮港藉由 Ksdensity 方法所分析出的波高特性結果如表 5-22 至表 5-24 所示。依據 RMSE 指標可判斷出三個港口之波高特性皆以 Weibull 分佈為其最適分佈。由 5.3.1 節統計公式法所得之結果也表示係以 Weibull 分佈為最優分佈，根據此結果，對於分析往後波高資料，利用 Weibull 分佈特性及計算方式，可以更適切地來描述臺北港、安平港與花蓮港波浪特性。

表 5-22 2006 年臺北港波高統計特性評估結果

RMSE	Weibull	Modified Weibull	Gamma	Rayleigh	Log-Normal
No.1	0.173	0.175	0.280	0.235	0.451
No.2	0.126	0.127	0.185	0.148	0.291
No.3	0.068	0.069	0.118	0.090	0.184
No.4	0.053	0.054	0.082	0.059	0.127
No.5	0.039	0.040	0.061	0.047	0.092
No.6	0.027	0.027	0.043	0.030	0.065
mean	0.081	0.082	0.128	0.102	0.202
極值	0.027	0.027	0.043	0.030	0.065

表 5-23 2006 年安平港波高統計特性評估結果

RMSE	Weibull	Modified Weibull	Gamma	Rayleigh	Log-Normal
No.1	0.193	0.196	0.307	0.233	0.483
No.2	0.158	0.160	0.250	0.184	0.380
No.3	0.074	0.075	0.115	0.088	0.181
No.4	0.053	0.053	0.079	0.063	0.120
No.5	0.042	0.042	0.066	0.052	0.099
No.6	0.029	0.030	0.044	0.035	0.065
mean	0.092	0.093	0.144	0.109	0.221

極值	0.029	0.030	0.044	0.035	0.065
----	-------	-------	-------	-------	-------

表 5-24 2004 年花蓮港波高統計特性評估結果

RMSE	Weibull	Modified Weibull	Gamma	Rayleigh	Log-Normal
No.1	0.169	0.174	0.262	0.197	0.431
No.2	0.108	0.109	0.178	0.123	0.293
No.3	0.066	0.066	0.107	0.079	0.174
No.4	0.050	0.051	0.074	0.054	0.116
No.5	0.036	0.036	0.057	0.040	0.088
No.6	0.031	0.032	0.038	0.041	0.056
mean	0.077	0.078	0.119	0.089	0.193
極值	0.031	0.032	0.038	0.040	0.056

5.4 波浪週期之最適機率分布

5.4.1 以統計分式之評估結果

將臺北港、安平港與花蓮港波浪資料依照 5.3.1 節所述依示性波高大小分成六個區間，將六組任意取 30 小時之每小時波浪為個樣本。因為在週期部份加入 Normal 分布參與分析討論，在統計學理論中央極限定理提到，當樣本數 ≥ 30 時，會趨近於常態分布，增加分析的不客觀性。為了克服這個問題，本研究先將週期資料扣除其最小值後，再以最大概似法(maximum likelihood method)求得各分布之參數，而 Erlang 分布之參數則由示性波週期及平均週期之統計特性之兩個條件解出參數 α 及 β 後，再取 α 為整數。求得分布之參數後依表 5-2 與表 5-3 來計算三個港口示性波浪之週期統計特性與實測值之比較，示如表 5-25 至表 5-30、表 5-31 至表 5-36 與表 5-37 至表 5-42，比較的項目為 $T_{1/100}$ ， $T_{1/10}$ ， T_s ， T_{mean} 及 T_{rms} 之 RMSE、 R^2 。

依據 RMSE 與 R^2 兩參數可判斷出臺北港與安平港在週期統計部份係以 Normal 分布為最佳分布；而在花蓮港部份，Erlang 分布與 Normal 分布在描述週期特性部份皆有不錯的結果，兩個分布的 R^2 相當接近。由表可知有些項目雖然其 R^2 為最大，可是相對應之 RMSE 卻不是最小的情況，從定義上知道 R^2 代表實測值與理論值的相關性，RMSE 是代

表實測值與理論值之差，所以雖然實測值與理論值相關性好，卻不代表由分布計算出的理論值與實測值接近，而本研究之目的是為找尋波高、週期最適分布，以提供往後相關研究能參考此最適分布特性得到相關參數，所以本研究採用 RMSE 為主要參考指標。

表 5-25 2006 年臺北港週期統計特性與實測值之比較($H_s < 0.5m$)

第一組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	1.870	0.570	0.371	1.211	0.722	0.240	0.805	0.403	0.160	2.147	0.326	0.426
T _{1/10}	0.676	0.886	0.134	0.323	0.960	0.064	0.218	0.961	0.043	0.992	0.884	0.197
T _s	0.233	0.985	0.046	0.072	0.997	0.014	0.068	0.997	0.014	0.461	0.974	0.092
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.006	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000	0.224	0.996	0.044
T _{rms}	0.069	0.997	0.014	0.007	1.000	0.001	0.003	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-26 2006 年臺北港週期統計特性與實測值之比較($0.5m < H_s < 1.0m$)

第二組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	1.234	0.133	0.311	1.211	0.423	0.209	0.805	0.403	0.265	2.147	0.326	0.452
T _{1/10}	0.397	0.833	0.100	0.323	0.960	0.041	0.218	0.961	0.067	0.992	0.884	0.235
T _s	0.210	0.980	0.053	0.072	0.996	0.025	0.068	0.997	0.016	0.461	0.974	0.132
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.006	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000	0.224	0.996	0.056
T _{rms}	0.051	0.997	0.013	0.007	1.000	0.001	0.003	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000

表 5-27 2006 年臺北港週期統計特性與實測值之比較(1.0m<H_s<1.5m)

第三組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	2.853	0.262	0.517	1.753	0.477	0.318	0.927	0.510	0.168	2.580	0.390	0.468
T _{1/10}	1.101	0.777	0.200	0.521	0.921	0.095	0.292	0.920	0.053	1.220	0.784	0.221
T _s	0.388	0.952	0.070	0.109	0.990	0.020	0.088	0.990	0.016	0.489	0.938	0.089
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.007	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000	0.220	0.989	0.040
T _{rms}	0.108	0.994	0.020	0.008	1.000	0.001	0.004	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-28 2006 年臺北港週期統計特性與實測值之比較(1.5m<H_s<2.0m)

第四組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	3.711	0.756	0.593	2.184	0.829	0.349	0.775	0.842	0.124	2.545	0.696	0.407
T _{1/10}	1.462	0.894	0.234	0.669	0.961	0.107	0.238	0.968	0.038	1.135	0.871	0.182
T _s	0.477	0.966	0.076	0.103	0.994	0.017	0.078	0.995	0.013	0.407	0.955	0.065
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.008	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000	0.196	0.981	0.031
T _{rms}	0.161	0.991	0.026	0.009	1.000	0.002	0.005	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-29 2006 年臺北港週期統計特性與實測值之比較(2.5m<H_S<3.0m)

第五組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	4.897	0.296	0.693	2.873	0.592	0.406	1.217	0.583	0.172	2.776	0.437	0.393
T _{1/10}	1.864	0.716	0.264	0.817	0.940	0.116	0.316	0.943	0.045	1.075	0.869	0.152
T _s	0.578	0.924	0.082	0.108	0.991	0.015	0.101	0.992	0.014	0.318	0.967	0.045
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.014	1.000	0.002	0.000	1.000	0.000	0.164	0.985	0.023
T _{rms}	0.221	0.979	0.031	0.015	1.000	0.002	0.007	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-30 2006 年臺北港週期統計特性與實測值之比較(H_S>3.0m)

第六組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	6.216	0.217	0.765	3.324	0.623	0.409	1.420	0.714	0.175	3.876	0.610	0.477
T _{1/10}	2.575	0.474	0.317	1.082	0.881	0.133	0.519	0.905	0.064	1.717	0.833	0.211
T _s	0.914	0.832	0.112	0.204	0.982	0.025	0.148	0.986	0.018	0.607	0.945	0.075
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.014	1.000	0.002	0.000	1.000	0.000	0.261	0.985	0.032
T _{rms}	0.300	0.962	0.037	0.016	1.000	0.002	0.008	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-31 2006 年安平港週期統計特性與實測值之比較($H_s < 0.5\text{m}$)

第一組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	2.405	0.335	0.435	1.546	0.625	0.280	0.563	0.714	0.102	1.966	0.645	0.355
T _{1/10}	0.794	0.761	0.144	0.362	0.915	0.065	0.282	0.926	0.051	0.841	0.860	0.152
T _s	0.256	0.958	0.046	0.061	0.994	0.011	0.067	0.996	0.012	0.319	0.979	0.058
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.008	1.000	0.002	0.000	1.000	0.000	0.181	0.993	0.033
T _{rms}	0.094	0.992	0.017	0.009	1.000	0.002	0.004	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-32 2006 年安平港週期統計特性與實測值之比較($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)

第二組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	2.519	0.156	0.466	1.525	0.445	0.282	1.031	0.404	0.191	1.972	0.344	0.365
T _{1/10}	0.953	0.705	0.176	0.405	0.933	0.075	0.247	0.930	0.046	0.848	0.893	0.157
T _s	0.330	0.952	0.061	0.084	0.993	0.016	0.058	0.994	0.011	0.349	0.970	0.065
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.007	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000	0.175	0.991	0.032
T _{rms}	0.106	0.990	0.020	0.008	1.000	0.001	0.004	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-33 2006 年安平港週期統計特性與實測值之比較(1.0m<H_s<1.5m)

第三組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	1.919	0.734	0.397	1.284	0.792	0.265	0.571	0.830	0.118	2.453	0.806	0.507
T _{1/10}	0.705	0.954	0.146	0.352	0.982	0.073	0.139	0.985	0.029	1.180	0.932	0.244
T _s	0.259	0.987	0.054	0.083	0.996	0.017	0.063	0.996	0.013	0.506	0.969	0.105
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.003	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000	0.236	0.995	0.049
T _{rms}	0.064	0.999	0.013	0.003	1.000	0.001	0.003	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-34 2006 年安平港週期統計特性與實測值之比較(1.5m<H_s<2.0m)

第四組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	2.995	0.271	0.495	1.840	0.588	0.304	0.810	0.610	0.134	2.993	0.546	0.494
T _{1/10}	1.138	0.821	0.188	0.530	0.955	0.088	0.226	0.944	0.037	1.375	0.848	0.227
T _s	0.396	0.954	0.065	0.096	0.992	0.016	0.066	0.994	0.011	0.517	0.968	0.085
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.006	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000	0.253	0.993	0.042
T _{rms}	0.106	0.995	0.018	0.006	1.000	0.001	0.004	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-35 2006 年安平港週期統計特性與實測值之比較(2.5m<H_s<3.0m)

第五組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	4.236	0.318	0.628	2.386	0.560	0.354	1.030	0.608	0.153	3.053	0.452	0.453
T _{1/10}	1.868	0.612	0.277	0.857	0.933	0.127	0.403	0.920	0.060	1.520	0.777	0.225
T _s	0.657	0.881	0.097	0.161	0.991	0.024	0.121	0.986	0.018	0.557	0.930	0.083
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.010	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000	0.239	0.982	0.036
T _{rms}	0.197	0.976	0.029	0.011	1.000	0.002	0.005	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-36 2006 年安平港週期統計特性與實測值之比較(H_s>3.0m)

第六組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	6.279	0.239	0.788	3.307	0.616	0.415	1.574	0.702	0.198	4.246	0.694	0.533
T _{1/10}	2.633	0.592	0.330	1.101	0.921	0.138	0.566	0.939	0.071	1.924	0.901	0.241
T _s	0.981	0.880	0.123	0.241	0.988	0.030	0.183	0.990	0.023	0.713	0.964	0.089
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.009	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000	0.291	0.992	0.037
T _{rms}	0.306	0.973	0.038	0.010	1.000	0.001	0.007	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-37 2004 年花蓮港週期統計特性與實測值之比較($H_s < 0.5m$)

第一組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	1.938	0.433	0.276	1.347	0.626	0.192	1.766	0.610	0.251	3.196	0.527	0.455
T _{1/10}	0.746	0.884	0.106	0.242	0.979	0.035	0.448	0.974	0.064	1.750	0.923	0.249
T _s	0.476	0.975	0.068	0.180	0.996	0.026	0.145	0.997	0.021	1.003	0.983	0.143
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.005	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000	0.420	0.997	0.060
T _{rms}	0.091	0.998	0.013	0.005	1.000	0.001	0.002	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000

表 5-38 2004 年花蓮港週期統計特性與實測值之比較($0.5m < H_s < 1.0m$)

第二組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	1.369	0.468	0.210	0.879	0.724	0.135	1.319	0.705	0.202	3.136	0.568	0.481
T _{1/10}	0.549	0.886	0.084	0.190	0.978	0.029	0.365	0.977	0.056	1.827	0.926	0.280
T _s	0.390	0.976	0.060	0.168	0.998	0.026	0.130	0.999	0.020	1.038	0.991	0.159
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.003	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000	0.425	0.998	0.065
T _{rms}	0.076	0.998	0.012	0.003	1.000	0.001	0.002	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000

表 5-39 2004 年花蓮港週期統計特性與實測值之比較(1.0m<H_S<1.5m)

第二組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	1.560	0.449	0.238	1.073	0.634	0.163	1.553	0.636	0.237	2.792	0.533	0.425
T _{1/10}	0.621	0.893	0.095	0.204	0.980	0.031	0.409	0.979	0.062	1.543	0.935	0.235
T _s	0.413	0.968	0.063	0.150	0.997	0.023	0.110	0.997	0.017	0.869	0.987	0.132
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.006	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000	0.376	0.998	0.057
T _{rms}	0.089	0.997	0.014	0.006	1.000	0.001	0.002	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000

表 5-40 2004 年花蓮港週期統計特性與實測值之比較(1.5m<H_S<2.0m)

第四組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	1.773	0.442	0.276	1.015	0.643	0.158	1.118	0.668	0.174	2.572	0.675	0.400
T _{1/10}	0.741	0.871	0.115	0.225	0.976	0.035	0.284	0.975	0.044	1.438	0.945	0.224
T _s	0.406	0.977	0.063	0.137	0.998	0.021	0.098	0.998	0.015	0.762	0.988	0.119
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.003	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000	0.339	0.998	0.053
T _{rms}	0.090	0.997	0.014	0.004	1.000	0.001	0.002	1.000	0.000	0.000	1.000	0.000

表 5-41 2004 年花蓮港週期統計特性與實測值之比較(2.5m<H_S<3.0m)

第五組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	4.777	0.465	0.504	2.514	0.666	0.265	1.436	0.657	0.152	4.018	0.472	0.424
T _{1/10}	2.112	0.802	0.223	0.890	0.957	0.094	0.395	0.964	0.042	2.082	0.851	0.220
T _s	0.764	0.945	0.081	0.178	0.995	0.019	0.117	0.996	0.012	0.854	0.948	0.090
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.012	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000	0.382	0.987	0.040
T _{rms}	0.235	0.988	0.025	0.013	1.000	0.001	0.006	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

表 5-42 2004 年花蓮港週期統計特性與實測值之比較(H_S>3.0m)

第六組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	5.402	0.598	0.609	2.927	0.643	0.330	1.415	0.685	0.159	4.347	0.605	0.490
T _{1/10}	2.175	0.859	0.245	0.837	0.966	0.094	0.422	0.968	0.048	1.976	0.896	0.223
T _s	0.830	0.958	0.094	0.194	0.993	0.022	0.151	0.994	0.017	0.820	0.960	0.092
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.012	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000	0.361	0.988	0.041
T _{rms}	0.242	0.991	0.027	0.013	1.000	0.002	0.005	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

5.4.2 以 Ksdensity 方法之評估結果

利用 Ksdensity 方法分析 2006 年臺北港、安平港與 2004 花蓮港週期資料特性結果如表 5-43 至表 5-45 所示。由表可知三個港口之週期特性皆以 Normal 分佈為最優。而由 5.4.1 節統計公式法所得之結果也表示係以 Normal 分佈為最優分佈，根據此結果，代表週期資料整體性與前 1/3 部份都與 Normal 分佈吻合度較高，對於分析往後週期資料，可利用表 5-3 所推出之 Normal 分佈特性及計算方式，可以更適切地來描述臺北港、安平港與花蓮港波浪週期特性。

表 5-43 2006 年臺北港週期統計特性評估結果

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
No.1	0.037	0.035	0.026	0.062
No.2	0.056	0.051	0.044	0.101
No.3	0.037	0.035	0.021	0.045
No.4	0.033	0.034	0.018	0.033
No.5	0.033	0.034	0.018	0.033
No.6	0.033	0.033	0.017	0.030
mean	0.038	0.037	0.024	0.051
極值	0.033	0.033	0.017	0.030

表 5-44 2006 年安平港週期統計特性評估結果

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
No.1	0.026	0.026	0.021	0.031
No.2	0.031	0.031	0.018	0.035
No.3	0.042	0.040	0.023	0.067
No.4	0.035	0.035	0.017	0.042
No.5	0.037	0.037	0.020	0.036
No.6	0.037	0.036	0.020	0.035
mean	0.035	0.034	0.020	0.041
極值	0.026	0.026	0.017	0.031

表 5-45 2004 年花蓮港週期統計特性評估結果

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
No.1	0.040	0.033	0.032	0.068
No.2	0.044	0.037	0.034	0.082
No.3	0.037	0.031	0.028	0.065
No.4	0.038	0.030	0.024	0.063
No.5	0.022	0.021	0.012	0.028
No.6	0.028	0.025	0.015	0.034
mean	0.035	0.030	0.024	0.057
極值	0.022	0.021	0.012	0.028

5.5 示性波高之最適機率分布

因為示性波浪接近人類以目視觀測對不規則波直覺上獲得的波高，在統計特性上，發現其具有最大的安定性，不會隨著取樣不同而變化，較能反映波浪所含能量的大小，因而常被分析不規則波時當為代表該統計特性之指標，本研究尚舉出 $H_{1/10}$ 較大波浪一起討論分析。在此，除了原本 2006 年臺北港與安平港資料之外，還整理了 2005 年之臺北港與 2001 年安平港資料來參與討論，增加分析的客觀性。本研究根據不同年份之臺北港與安平港及 2004 年花蓮港的實測資料統計而得的之示性波高，將其分成全年、季及月等部份，因為示性波浪為波高前 1/3 大之平均，而此部份所使用之分佈函數其函數曲線均是從零點開始，為了讓分析結果更準確，所以本研究先將此年、季及月等資料，先扣除其資料最小值後，再利用前面章節所述之統計公式方法與 Ksdensity 方法來和 Gamma、Weibull、Rayleigh、Log-Normal 及 Modified Weibull 五個分佈函數進行分析，以瞭解不同季節下之示性波高分佈特性。

5.5.1 以統計公式之評估結果

將前述所分成年、季及月之資料利用 5.3.1 節之方法，以最大概似法求出各分布之參數，代回表 5-1 計算三個港口之示性波浪波高統計值

與實測示性波高統計代表值之比較，示如表 5-46 至表 5-55。為了方便比較各分布之 RMSE 值，將表轉繪成圖 5.2 至圖 5.11，由圖可知 Weibull 類函數之 RMSE 值大部份均比其它分布來的低，因此可判斷在描述三個港口之示性波浪最適分布時，Weibull 類函數其效果最好，而其中本研究探討的加入修正係數之 Modified Weibull 分布更可用來表示示性波浪特性。

表 5-46 2006 年臺北港 H_s 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.005	0.008	0.008	0.072	0.314
第 2 季	0.045	0.036	0.023	0.038	0.030
第 3 季	0.054	0.034	0.042	0.040	0.131
第 4 季	0.103	0.016	0.007	0.015	0.533
3 月	0.030	0.005	0.005	0.006	0.155
4 月	0.032	0.031	0.082	0.074	0.088
6 月	0.003	0.001	0.002	0.005	0.008
7 月	0.005	0.002	0.002	0.035	0.269
8 月	0.019	0.021	0.021	0.041	0.048
9 月	0.015	0.026	0.085	0.151	0.538
11 月	0.067	0.012	0.003	0.043	0.468
12 月	0.070	0.003	0.001	0.001	0.322
mean	0.037	0.016	0.023	0.043	0.242
極值	0.003	0.001	0.001	0.001	0.008

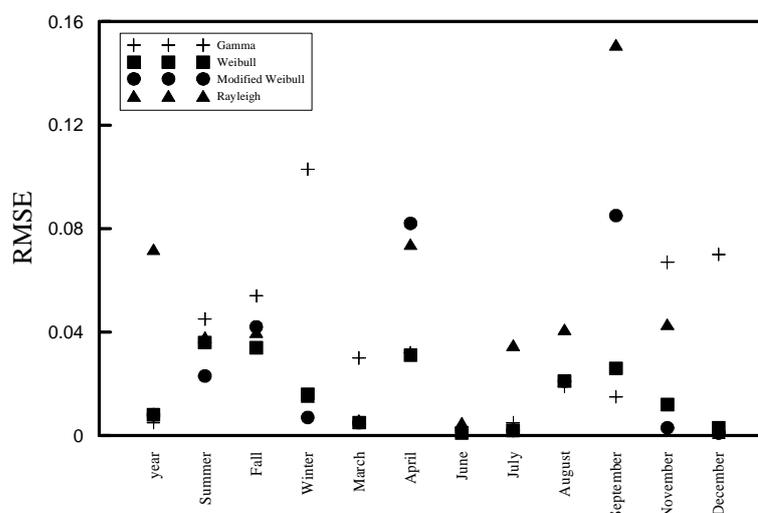


圖 5.2 2006 年臺北港 H_s 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-47 2006 年臺北港 $H_{1/10}$ 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.044	0.010	0.010	0.367	1.105
第 2 季	0.076	0.042	0.027	0.248	0.279
第 3 季	0.275	0.228	0.238	0.591	0.476
第 4 季	0.353	0.102	0.094	0.010	1.505
3 月	0.286	0.246	0.246	0.561	0.427
4 月	0.101	0.087	0.030	0.134	0.548
6 月	0.007	0.011	0.011	0.026	0.031
7 月	0.025	0.052	0.053	0.287	0.800
8 月	0.035	0.013	0.013	0.074	0.259
9 月	0.190	0.137	0.071	0.491	2.011
11 月	0.301	0.137	0.128	0.043	1.426
12 月	0.280	0.074	0.073	0.070	0.959
mean	0.164	0.095	0.083	0.242	0.819
極值	0.007	0.010	0.010	0.010	0.031

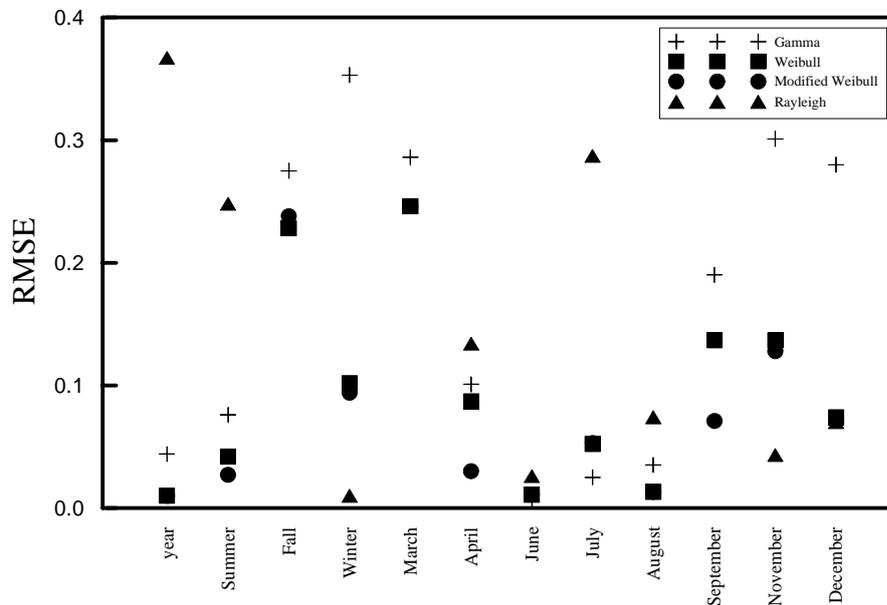


圖 5.3 2006 年臺北港 $H_{1/10}$ 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-48 2006 年安平港 H_s 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.038	0.007	0.007	0.043	0.055
第 1 季	0.014	0.008	0.004	0.016	0.048
第 2 季	0.059	0.035	0.061	0.027	0.027
第 3 季	0.039	0.013	0.014	0.032	0.103
第 4 季	0.011	0.004	0.002	0.003	0.058
1 月	0.005	0.001	0.001	0.012	0.021
2 月	0.014	0.011	0.005	0.009	0.050
3 月	0.007	0.005	0.005	0.011	0.061
4 月	0.003	0.008	0.004	0.003	0.020
6 月	0.058	0.047	0.092	0.083	0.109
7 月	0.032	0.018	0.008	0.060	0.482
8 月	0.011	0.003	0.003	0.036	0.203
9 月	0.007	0.007	0.007	0.024	0.046
10 月	0.002	0.001	0.000	0.006	0.024
11 月	0.006	0.001	0.000	0.005	0.063
12 月	0.007	0.001	0.000	0.002	0.036
mean	0.020	0.011	0.013	0.023	0.088
極值	0.002	0.001	0.000	0.002	0.020

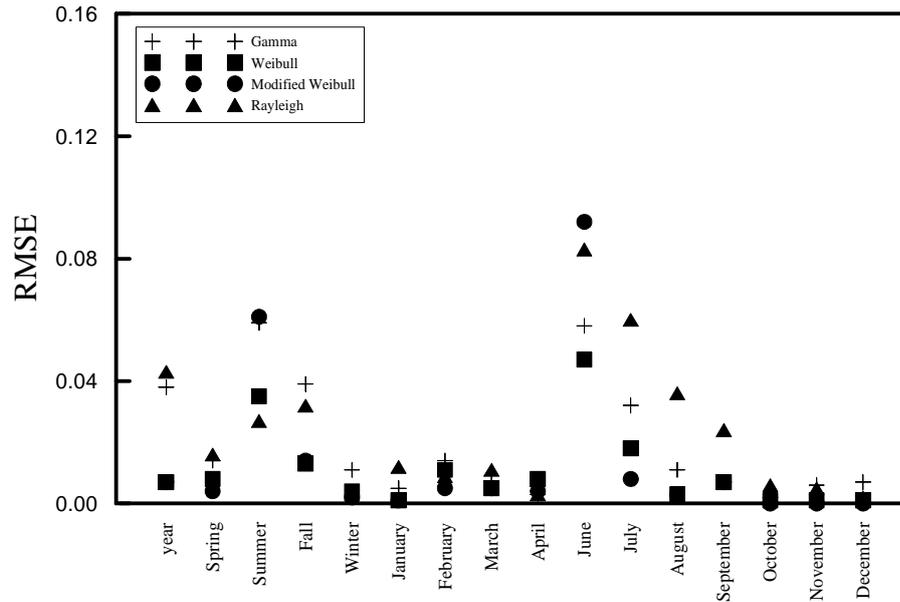


圖 5.4 2006 年安平港 H_s 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-49 2006 年安平港 H_{1/10} 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.359	0.276	0.276	0.398	0.272
第 1 季	0.033	0.002	0.002	0.027	0.122
第 2 季	0.244	0.196	0.226	0.389	0.005
第 3 季	0.251	0.222	0.222	0.519	0.326
第 4 季	0.030	0.002	0.004	0.006	0.159
1 月	0.022	0.001	0.001	0.031	0.067
2 月	0.008	0.014	0.020	0.020	0.114
3 月	0.059	0.020	0.020	0.002	0.215
4 月	0.050	0.041	0.045	0.083	0.038
6 月	0.103	0.092	0.143	0.388	0.524
7 月	0.087	0.185	0.195	0.570	1.286
8 月	0.151	0.170	0.170	0.376	0.516
9 月	0.002	0.016	0.016	0.093	0.189
10 月	0.007	0.016	0.017	0.044	0.082
11 月	0.015	0.013	0.013	0.031	0.171
12 月	0.024	0.000	0.000	0.003	0.104
mean	0.090	0.079	0.086	0.186	0.262
極值	0.002	0.000	0.000	0.002	0.005

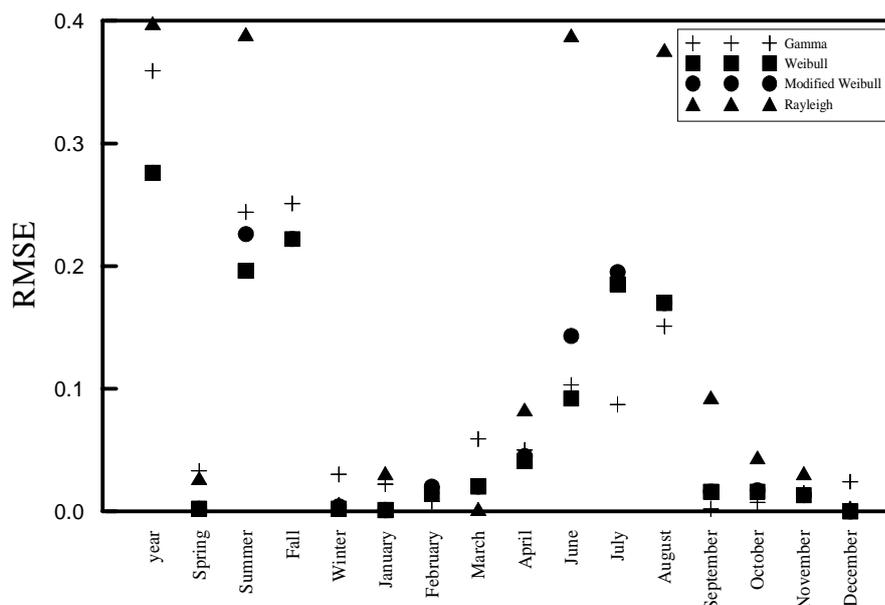


圖 5.5 2006 年安平港 $H_{1/10}$ 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-50 2004 年花蓮港 H_s 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.005	0.045	0.021	0.022	0.053
第 1 季	0.016	0.008	0.003	0.017	0.099
第 2 季	0.006	0.004	0.005	0.037	0.184
第 3 季	0.108	0.057	0.058	0.080	0.085
第 4 季	0.026	0.039	0.024	0.031	0.039
1 月	0.017	0.010	0.010	0.029	0.063
2 月	0.077	0.025	0.013	0.038	0.281
3 月	0.017	0.004	0.004	0.001	0.113
4 月	0.006	0.012	0.012	0.036	0.126
5 月	0.049	0.037	0.009	0.008	0.364
6 月	0.058	0.043	0.003	0.047	0.106
7 月	0.001	0.085	0.065	0.185	0.095
8 月	0.023	0.015	0.000	0.093	0.660
9 月	0.025	0.015	0.015	0.054	0.408
10 月	0.051	0.013	0.014	0.052	0.185
11 月	0.031	0.003	0.004	0.020	0.179
12 月	0.031	0.015	0.010	0.004	0.024
mean	0.032	0.025	0.016	0.044	0.180
min	0.001	0.003	0.000	0.001	0.024

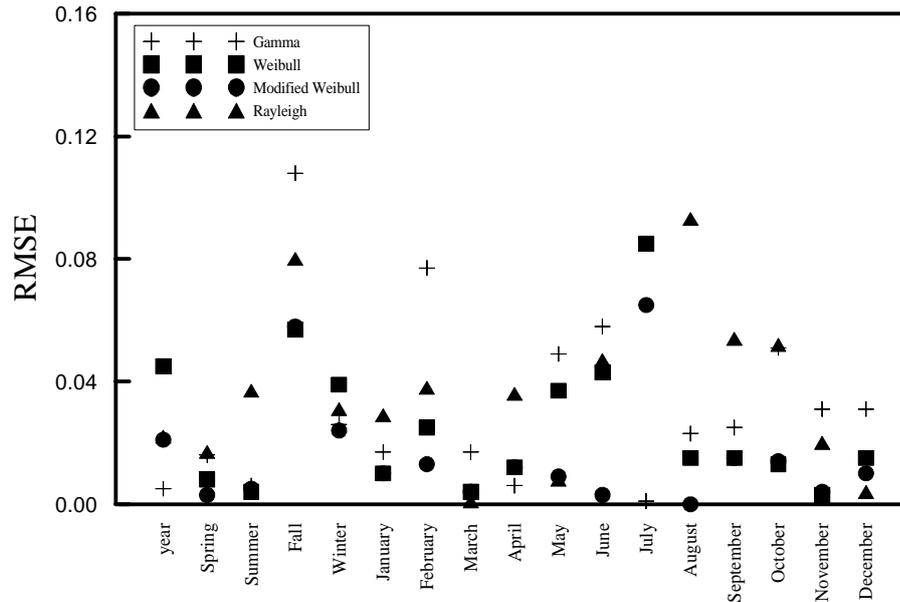


圖 5.6 2004 年花蓮港 H_s 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-51 2004 年花蓮港 $H_{1/10}$ 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.206	0.167	0.191	0.308	0.060
第 1 季	0.023	0.035	0.040	0.006	0.254
第 2 季	0.068	0.094	0.095	0.287	0.534
第 3 季	0.327	0.260	0.261	0.558	0.036
第 4 季	0.394	0.311	0.326	0.512	0.073
1 月	0.060	0.077	0.078	0.166	0.205
2 月	0.160	0.012	0.000	0.049	0.672
3 月	0.090	0.019	0.018	0.027	0.345
4 月	0.109	0.030	0.029	0.052	0.477
5 月	0.006	0.047	0.079	0.275	0.954
6 月	0.237	0.187	0.137	0.521	0.445
7 月	0.485	0.317	0.338	0.354	0.598
8 月	0.067	0.032	0.016	0.549	2.096
9 月	0.052	0.025	0.025	0.519	1.429
10 月	0.412	0.381	0.383	0.818	0.492
11 月	0.170	0.052	0.052	0.002	0.598
12 月	0.335	0.276	0.280	0.401	0.212
mean	0.188294	0.136588	0.138118	0.317882	0.557647
極值	0.006	0.012	0	0.002	0.036

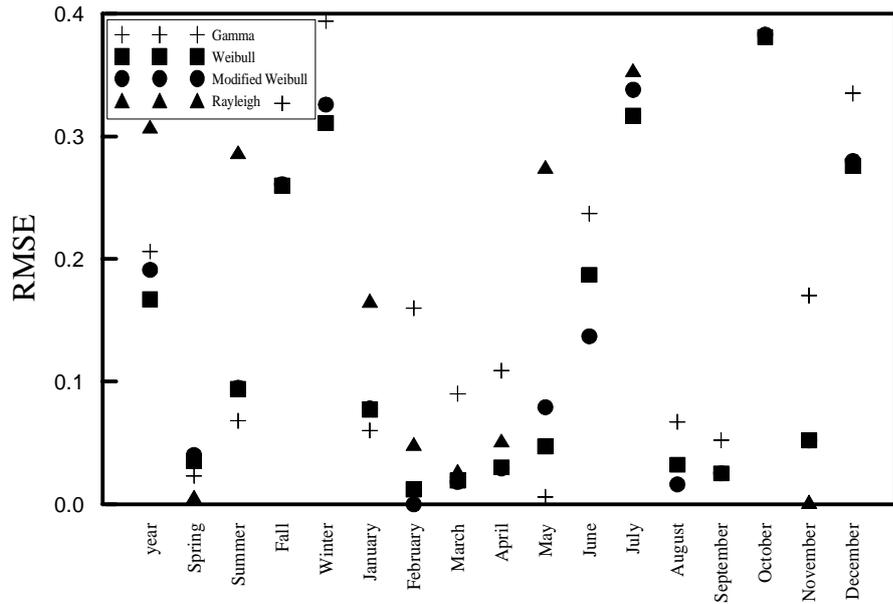


圖 5.7 2004 年花蓮港 H_{1/10} 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-52 2005 年臺北港 H_s 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.013	0.027	0.028	0.111	0.299
第 1 季	0.271	0.055	0.017	0.052	0.900
第 2 季	0.023	0.004	0.005	0.048	0.258
第 3 季	0.060	0.032	0.032	0.016	0.034
第 4 季	0.143	0.039	0.014	0.014	0.638
1 月	0.166	0.032	0.017	0.060	0.565
2 月	0.132	0.051	0.009	0.101	0.848
3 月	0.050	0.020	0.006	0.121	0.709
4 月	0.062	0.019	0.003	0.050	0.469
5 月	0.017	0.009	0.009	0.051	0.200
6 月	0.005	0.003	0.002	0.027	0.147
7 月	0.050	0.028	0.038	0.006	0.056
8 月	0.063	0.042	0.019	0.063	0.041
9 月	0.018	0.018	0.018	0.082	0.255
10 月	0.040	0.002	0.002	0.043	0.289
11 月	0.069	0.026	0.006	0.136	0.768
12 月	0.171	0.064	0.032	0.090	0.592

mean	0.079588	0.027706	0.015118	0.063	0.415765
極值	0.005	0.002	0.002	0.006	0.034

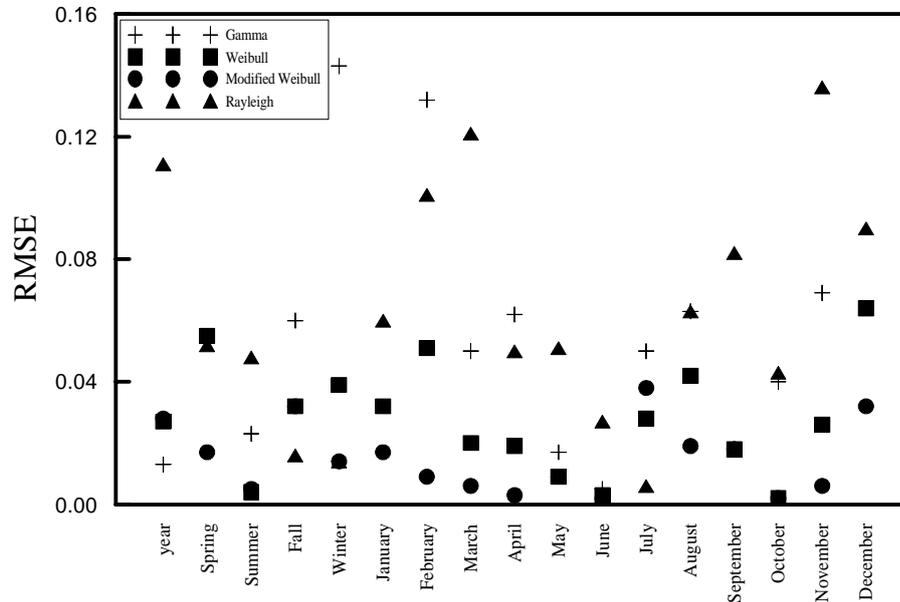


圖 5.8 2005 年臺北港 H_S 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-53 2005 年臺北港 $H_{1/10}$ 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.152	0.069	0.067	0.317	1.188
第 1 季	0.784	0.315	0.277	0.019	2.717
第 2 季	0.125	0.023	0.022	0.139	0.821
第 3 季	0.308	0.250	0.250	0.537	0.167
第 4 季	0.457	0.148	0.123	0.016	1.827
1 月	0.483	0.117	0.102	0.194	1.518
2 月	0.667	0.418	0.374	0.109	2.819
3 月	0.320	0.218	0.191	0.388	2.400
4 月	0.270	0.140	0.124	0.100	1.457
5 月	0.139	0.034	0.034	0.119	0.708
6 月	0.058	0.097	0.098	0.238	0.389
7 月	0.242	0.192	0.203	0.442	0.242
8 月	0.520	0.432	0.358	0.725	0.075
9 月	0.019	0.002	0.002	0.377	0.961

10 月	0.215	0.053	0.053	0.089	0.953
11 月	0.544	0.405	0.371	0.212	2.723
12 月	0.248	0.058	0.090	0.016	1.313
mean	0.326529	0.174765	0.161118	0.237471	1.310471
極值	0.019	0.002	0.002	0.016	0.075

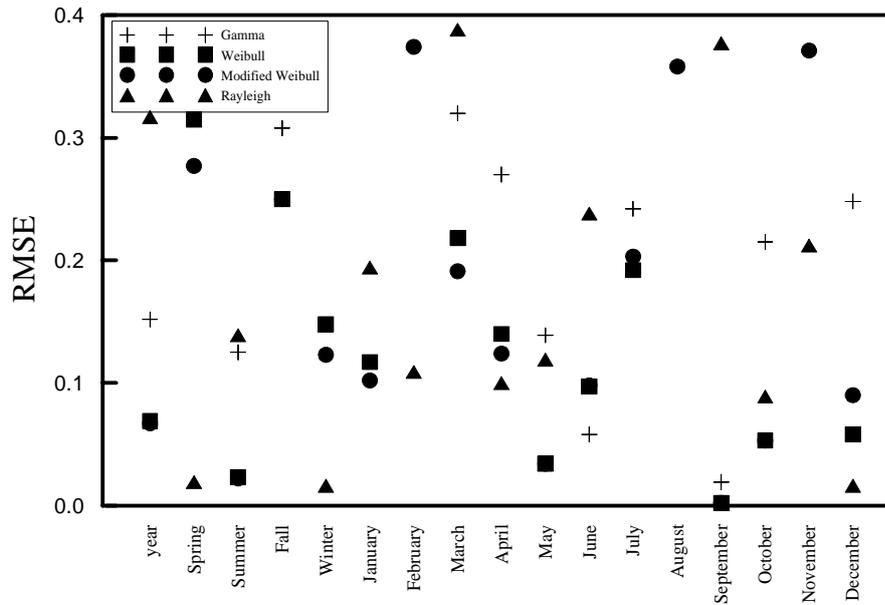


圖 5.9 2005 年臺北港 $H_{1/10}$ 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-54 2001 年安平港 H_s 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.026	0.031	0.023	0.050	0.015
第 1 季	0.030	0.004	0.002	0.007	0.115
第 2 季	0.055	0.005	0.006	0.081	0.096
第 3 季	0.023	0.043	0.027	0.047	0.033
第 4 季	0.009	0.005	0.002	0.009	0.057
1 月	0.004	0.006	0.003	0.006	0.025
2 月	0.035	0.006	0.003	0.018	0.108
3 月	0.016	0.004	0.001	0.010	0.096
4 月	0.002	0.001	0.001	0.008	0.042
5 月	0.020	0.007	0.007	0.020	0.047
6 月	0.105	0.035	0.035	0.006	0.111

7 月	0.092	0.016	0.016	0.042	0.078
8 月	0.012	0.019	0.008	0.002	0.107
9 月	0.025	0.017	0.017	0.051	0.089
10 月	0.019	0.020	0.009	0.015	0.076
11 月	0.006	0.005	0.006	0.000	0.008
12 月	0.041	0.018	0.009	0.026	0.124
mean	0.030588	0.014235	0.010294	0.023412	0.072176
極值	0.002	0.001	0.001	0	0.008

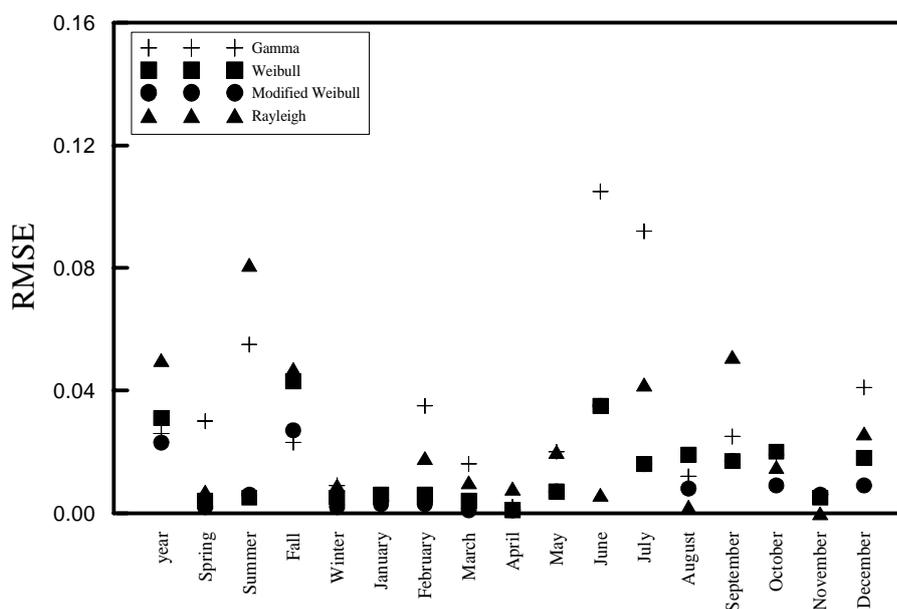


圖 5.10 2001 年安平港 H_S 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-55 2001 年安平港 $H_{1/10}$ 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.000	0.011	0.015	0.010	0.064
第 1 季	0.106	0.025	0.022	0.057	0.296
第 2 季	0.052	0.010	0.007	0.039	0.286
第 3 季	0.019	0.005	0.005	0.032	0.144
第 4 季	0.162	0.148	0.148	0.305	0.122
1 月	0.425	0.303	0.304	0.547	0.207
2 月	0.741	0.597	0.597	0.886	0.432
3 月	0.126	0.159	0.169	0.243	0.182
4 月	0.049	0.079	0.080	0.241	0.349

5 月	0.031	0.049	0.061	0.072	0.132
6 月	0.001	0.015	0.015	0.001	0.051
7 月	0.073	0.000	0.009	0.023	0.288
8 月	0.091	0.016	0.015	0.026	0.316
9 月	0.440	0.335	0.335	0.447	0.375
10 月	0.354	0.260	0.276	0.441	0.066
11 月	0.022	0.012	0.015	0.001	0.157
12 月	0.292	0.203	0.210	0.332	0.142
mean	0.175529	0.131	0.134294	0.217824	0.212294
極值	0	0	0.005	0.001	0.051

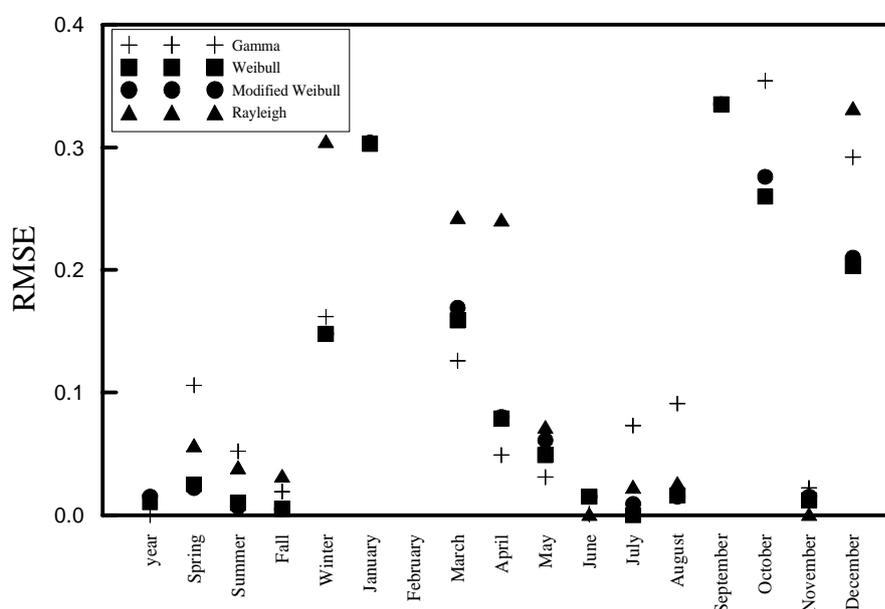


圖 5.11 2001 年安平港 $H_{1/10}$ 各分布比較圖(統計公式法)

5.5.2 以 Ksdensity 方法之評估結果

利用前述已扣除最小值之年、季及月資料，將其代入 Ksdensity 方法求出實測值分布特性，再與其它各個分布理論值進行比較。分析結果如表 5-56 至表 5-60，同樣為了方便比較各分布之 RMSE 值，進一步將表轉繪成圖 5.12 至圖 5.16。在臺北港部份，藉由 RMSE 參數可知除了第二季是屬於 Log-Normal 分布外，其餘是屬於 Gamma 分布與

Weibull 分布；而安平港部份，由圖 3.13 來看，Weibull 分布之 RMSE 值與其它分布比較結果大部份為呈現最低的情況，所以是屬於 Weibull 分布為最佳；在花蓮港部份，根據分析結果顯示，則是以 Log-Normal 分布為最佳。由 Ksdnesity 方法所分析出的結果，代表的意義以花蓮港為例，是為整體實測示性波高資料與 Log-Normal 分布所計算出的理論值吻合度較高；而統計公式法所分析出的結果，代表示性波高資料前 1/3 段中，與修正 Weibull 分布所計算出的結果較為吻合，當然，如果整體資料與前 1/3 段都屬同種分布模式，是為最佳的結果，這是兩種分析方法的差異性。

表 5-56 2006 年臺北港 HS 統計特性評估結果

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.039	0.041	0.042	0.197	0.120
第 2 季	0.342	0.357	0.333	0.902	0.245
第 3 季	0.074	0.115	0.133	0.314	0.110
第 4 季	0.102	0.058	0.060	0.060	0.177
3 月	0.055	0.081	0.083	0.212	0.112
4 月	0.188	0.184	0.264	0.498	0.270
6 月	0.396	0.555	0.555	1.429	0.949
7 月	0.098	0.104	0.108	0.265	0.218
8 月	0.252	0.261	0.261	0.683	0.344
9 月	0.067	0.064	0.083	0.166	0.128
11 月	0.129	0.092	0.097	0.147	0.230
12 月	0.092	0.049	0.050	0.050	0.157
mean	0.153	0.163	0.172	0.410	0.255
極值	0.039	0.041	0.042	0.050	0.110

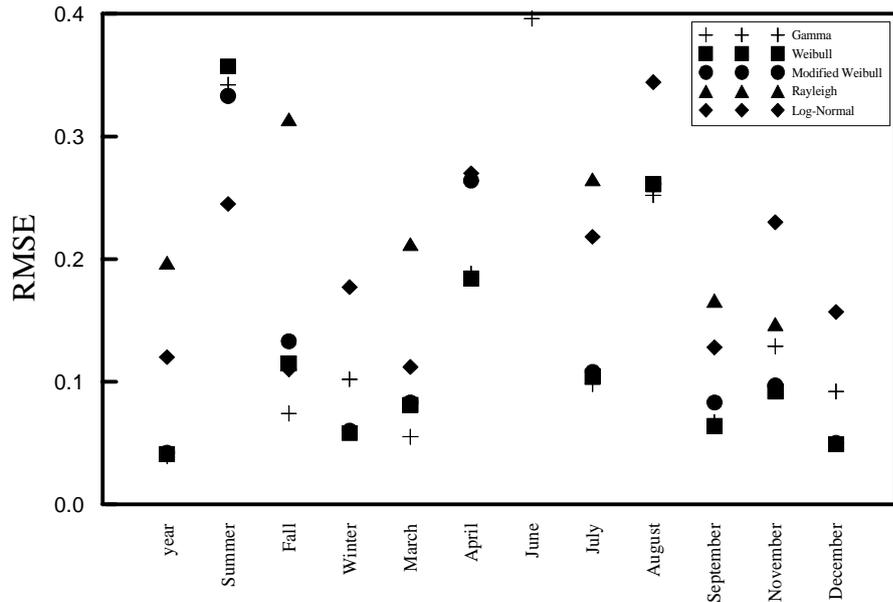


圖 5.12 2006 年臺北港 H_s 各分布比較圖(Ksdensity 法)

表 5-57 2006 年安平港 H_s 統計特性評估結果

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.207	0.267	0.267	0.388	0.115
第 1 季	0.323	0.183	0.203	0.371	0.524
第 2 季	0.287	0.325	0.349	0.605	0.170
第 3 季	0.048	0.071	0.072	0.211	0.081
第 4 季	0.239	0.115	0.125	0.104	0.443
1 月	0.302	0.118	0.117	0.483	0.518
2 月	0.432	0.375	0.398	0.345	0.644
3 月	0.349	0.283	0.283	0.430	0.575
4 月	0.170	0.323	0.346	0.428	0.281
6 月	0.157	0.173	0.201	0.435	0.132
7 月	0.058	0.055	0.056	0.104	0.108
8 月	0.158	0.184	0.184	0.275	0.192

9 月	0.111	0.092	0.092	0.421	0.281
10 月	0.123	0.163	0.164	0.301	0.306
11 月	0.185	0.173	0.173	0.237	0.465
12 月	0.335	0.120	0.120	0.136	0.686
mean	0.218	0.189	0.197	0.330	0.345
極值	0.048	0.055	0.056	0.104	0.081

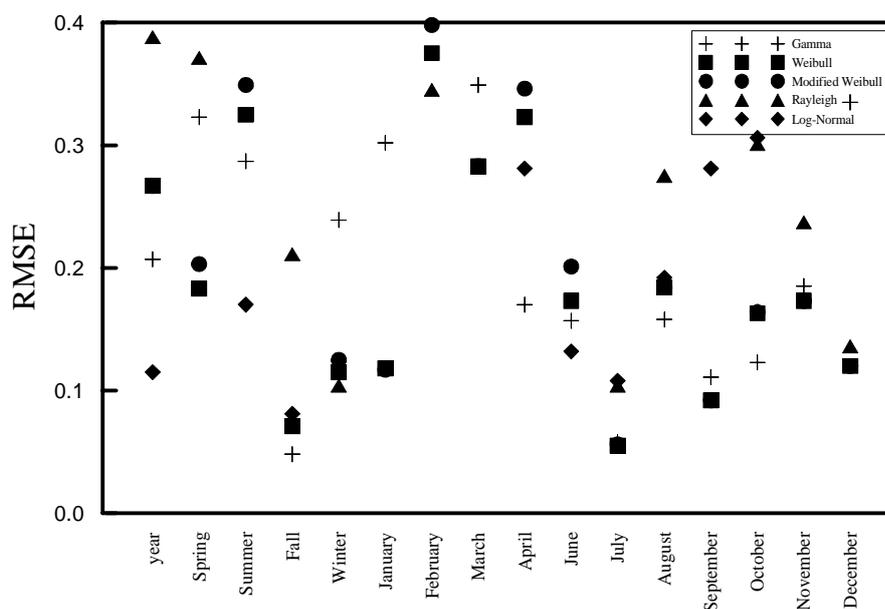


圖 5.13 2006 年安平港 H_s 各分布比較圖(Ksdensity 法)

表 5-58 2004 年花蓮港 H_s 統計特性評估結果

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.036	0.067	0.072	0.080	0.059
第 1 季	0.076	0.111	0.112	0.132	0.145
第 2 季	0.087	0.112	0.113	0.252	0.152
第 3 季	0.132	0.147	0.147	0.232	0.094
第 4 季	0.087	0.121	0.125	0.150	0.080
1 月	0.147	0.198	0.198	0.273	0.146

2 月	0.209	0.130	0.141	0.171	0.327
3 月	0.184	0.118	0.118	0.107	0.296
4 月	0.099	0.067	0.067	0.165	0.187
5 月	0.331	0.314	0.369	0.344	0.499
6 月	0.164	0.188	0.162	0.489	0.152
7 月	0.402	0.493	0.518	0.556	0.287
8 月	0.086	0.082	0.087	0.180	0.162
9 月	0.079	0.090	0.090	0.200	0.129
10 月	0.037	0.054	0.054	0.135	0.061
11 月	0.140	0.092	0.091	0.127	0.233
12 月	0.191	0.260	0.263	0.318	0.129
mean	0.146	0.156	0.160	0.230	0.185
極值	0.036	0.054	0.054	0.08	0.059

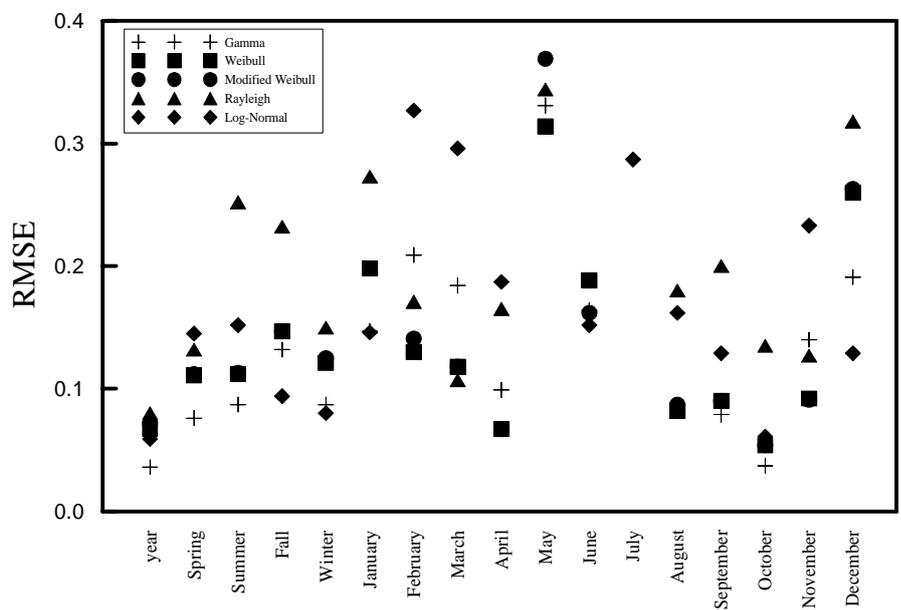


圖 5.14 2004 年花蓮港 H_s 各分布比較圖(Ksdensity 法)

表 5-59 2005 年臺北港 H_s 統計特性評估結果

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.034	0.032	0.032	0.153	0.079
第 1 季	0.093	0.073	0.077	0.086	0.144
第 2 季	0.075	0.045	0.044	0.161	0.178
第 3 季	0.074	0.085	0.085	0.282	0.050
第 4 季	0.091	0.064	0.066	0.066	0.141
1 月	0.114	0.068	0.071	0.080	0.166
2 月	0.101	0.088	0.095	0.117	0.154
3 月	0.093	0.084	0.100	0.143	0.169
4 月	0.155	0.119	0.133	0.196	0.280
5 月	0.081	0.050	0.050	0.154	0.168
6 月	0.101	0.107	0.108	0.207	0.198
7 月	0.099	0.147	0.172	0.351	0.122
8 月	0.091	0.103	0.089	0.340	0.100
9 月	0.075	0.065	0.066	0.254	0.159
10 月	0.063	0.036	0.036	0.073	0.117
11 月	0.105	0.096	0.105	0.155	0.166
12 月	0.129	0.099	0.103	0.116	0.186
mean	0.093	0.080	0.084	0.173	0.152
極值	0.034	0.032	0.032	0.066	0.05

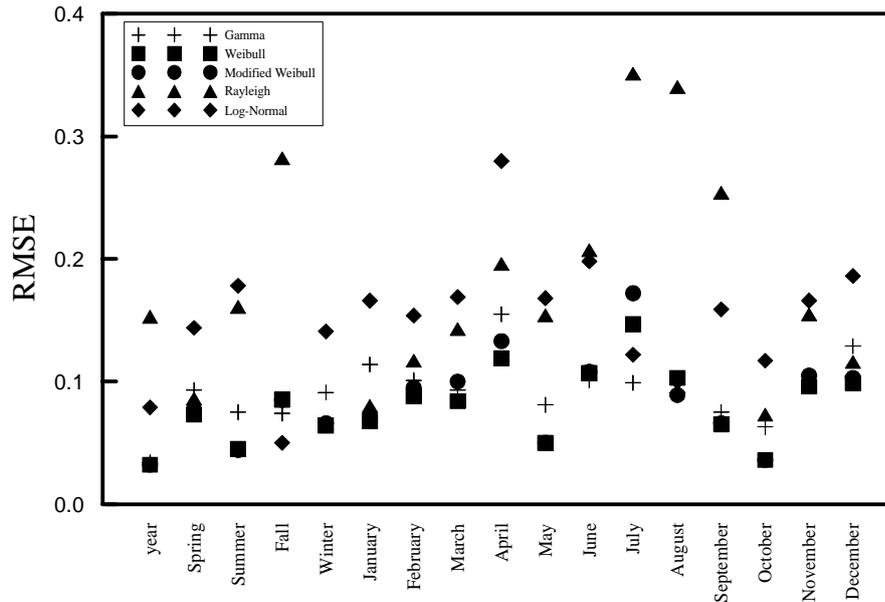


圖 5.15 2005 年臺北港 H_s 各分布比較圖(Ksdensity 法)

表 5-60 2001 年安平港 H_s 統計特性評估結果

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.089	0.136	0.139	0.192	0.059
第 1 季	0.340	0.168	0.173	0.198	0.558
第 2 季	0.166	0.205	0.205	0.339	0.078
第 3 季	0.091	0.131	0.136	0.172	0.079
第 4 季	0.160	0.190	0.192	0.219	0.286
1 月	0.195	0.308	0.318	0.317	0.389
2 月	0.525	0.331	0.340	0.412	0.719
3 月	0.387	0.264	0.259	0.416	0.695
4 月	0.254	0.211	0.210	0.470	0.491
5 月	0.120	0.153	0.154	0.393	0.204
6 月	0.115	0.138	0.139	0.226	0.068
7 月	0.169	0.198	0.199	0.281	0.120
8 月	0.155	0.180	0.184	0.178	0.209
9 月	0.052	0.064	0.064	0.196	0.101
10 月	0.462	0.499	0.525	0.448	0.603
11 月	0.341	0.517	0.516	0.518	0.298
12 月	0.448	0.320	0.341	0.384	0.618

mean	0.239	0.236	0.241	0.315	0.328
極值	0.052	0.064	0.064	0.172	0.059

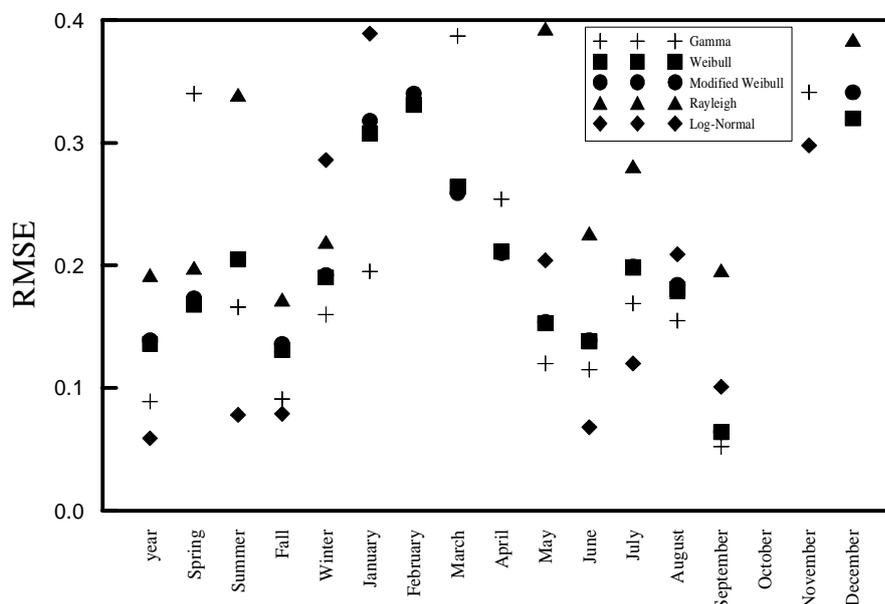


圖 5.16 2001 年安平港 H_s 各分布比較圖(Ksdensity 法)

5.6 示性波浪參數特性探討

從 5-5 節分析結果可知，Weibull 分佈在描述示性波浪之波高部份均有良好的效果，所以本研究利用 matlab 軟體所計算出的 Weibull 分佈之 α 與 β 值，進一步地探討其參數特性；另外同樣在 5-5 節所述，在數據分析前，先將資料扣除最小值增加分析準確性等，在此，也同樣分析各個港口其最小值變化，以供未來使用參考。

5.6.1 每月示性波浪波高之最小值

本研究在探討示性波高最適分布時，均利用扣除最小值之資料去做分析，由圖 5.17 至圖 5.19 來看，2006 年臺北港示性波高最小值大約 0.1~0.2 公尺左右，2005 年則大約 0.1~0.25 公尺左右；2006 年安平港示性波高最小值約為 0.1~0.2 公尺之間；2001 年示性波高最小值大約 0.1~0.25 公尺之間。2004 年花蓮港示性波高最小值約 0.15~0.3 公尺左

右。如圖 5.17 與圖 5.18 所示，臺北港與安平港兩年中各月份的示性波高變化十分接近。

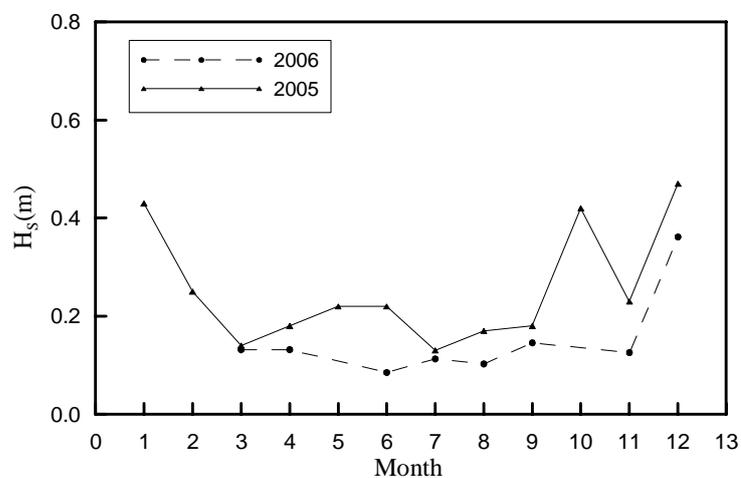


圖 5.17 臺北港示性波高每月最小值

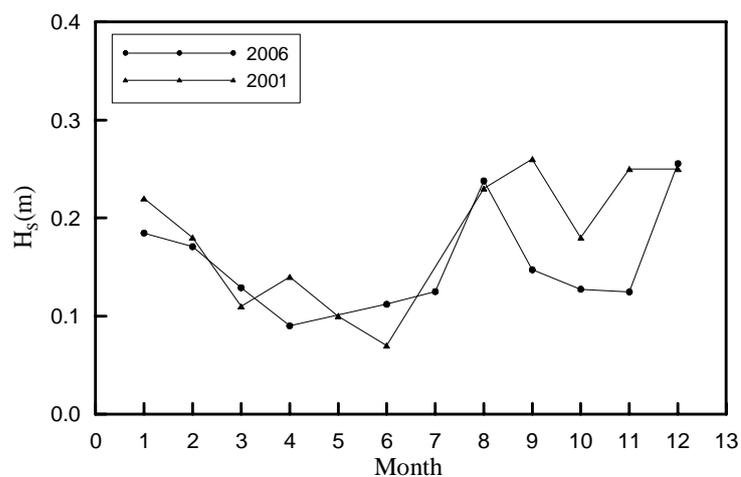


圖 5.18 安平港示性波高每月最小值

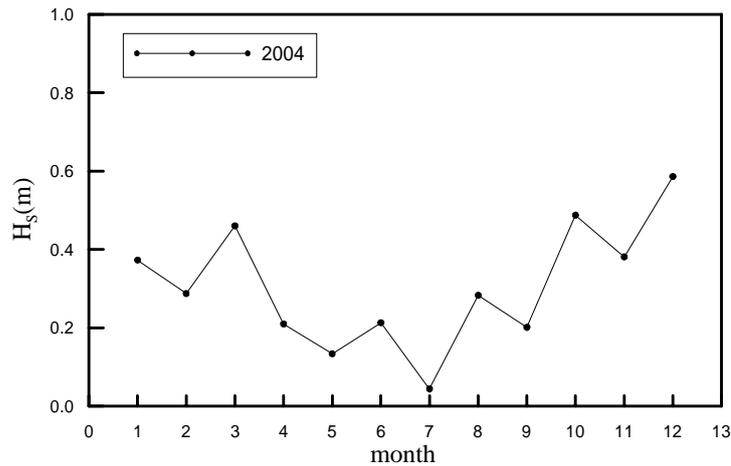


圖 5.19 花蓮港示性波高每月最小值

5.6.2 Weibull 分佈之參數特性

從前述章節可以知道描述示性波高之最適分布為 Weibull 分布，而 Weibull 分布其中的參數是將原始示性波高資料在扣除其最小值後，再將其以最大概似法求出。本研究在這個章節探討其參數特性，目的在於期望能分別利用不同年份之臺北港、安平港資料與 2004 年花蓮港資料，對於 Weibull 分布之 α 與 β 參數作出一相關式，以期在未來能利用此相關式推估其理論波高參數，再將參數代入表 5-1 即可求得波高適合 Weibull 分布之理論示性波高值。推估式結果如表 5-61 與表 5-62 所示，其圖繪如圖 5.20 至圖 5.25。

表 5-61 Weibull 分佈 α 參數推估式

	R^2	迴歸式
臺北港	0.4562	$Y = 0.0228X^2 - 0.2921X + 2.0754$
安平港	0.8183	$Y = 0.0332X^2 - 0.4377X + 2.7164$
花蓮港	0.4887	$Y = 0.0208X^2 - 0.3186X + 2.3837$

表 5-62 Weibull 分佈 β 參數推估式

	R^2	迴歸式
臺北港	0.6792	$Y = 0.0278X^2 - 0.3722X + 1.6888$
安平港	0.8497	$Y = 0.7075 e^{-\frac{(x-7)^2}{1.6^2}} + 0.2408$
花蓮港	0.4374	$Y = (-0.0030 X^3) + 0.0591 X^2 - 0.3029 X + 0.8815$

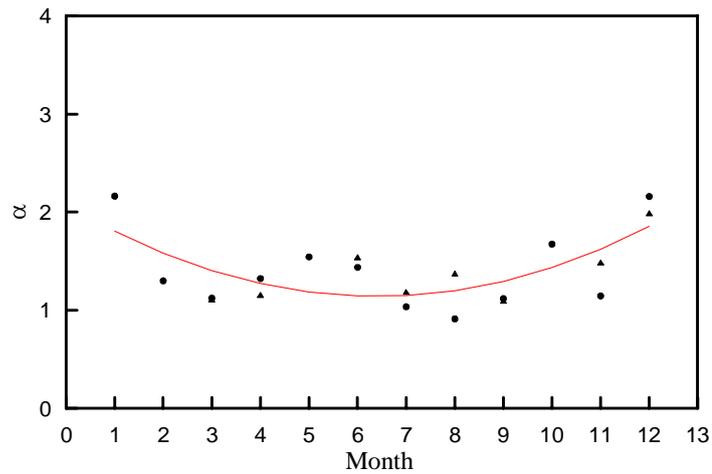


圖 5.20 臺北港 Weibull 分佈 α 參數迴歸圖

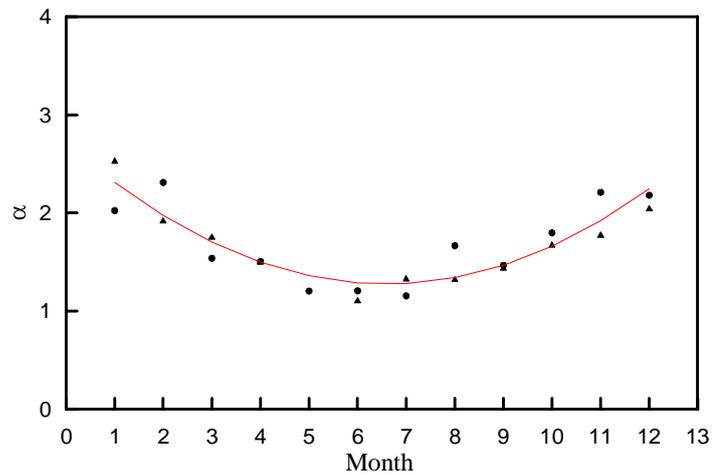


圖 5.21 安平港 Weibull 分佈 α 參數迴歸圖

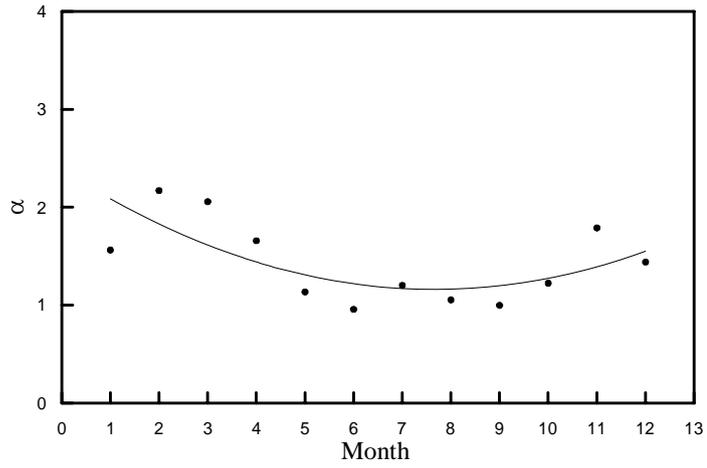


圖 5.22 花蓮港 Weibull 分佈 α 參數迴歸圖

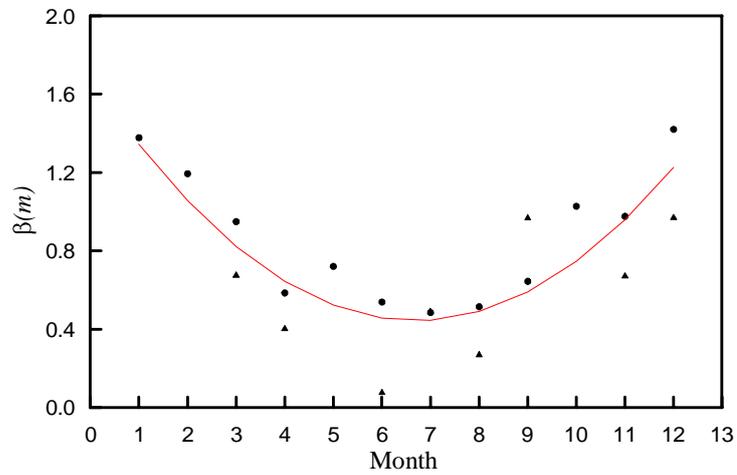


圖 5.23 臺北港 Weibull 分佈 β 參數迴歸圖

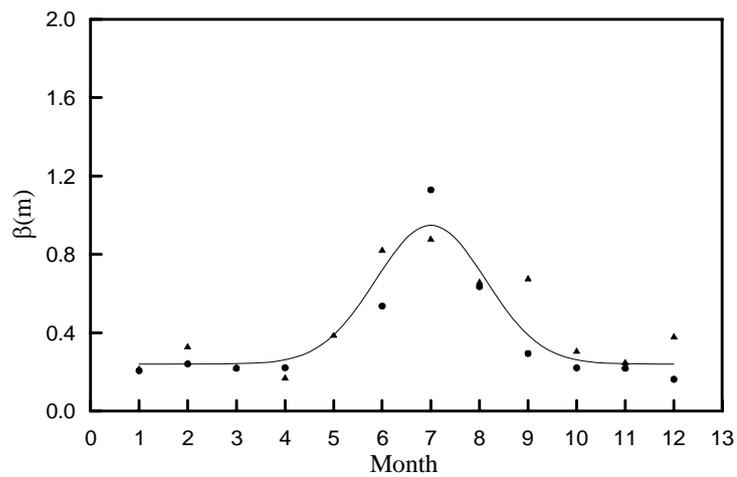


圖 5.24 安平港 Weibull 分佈 β 參數迴歸圖

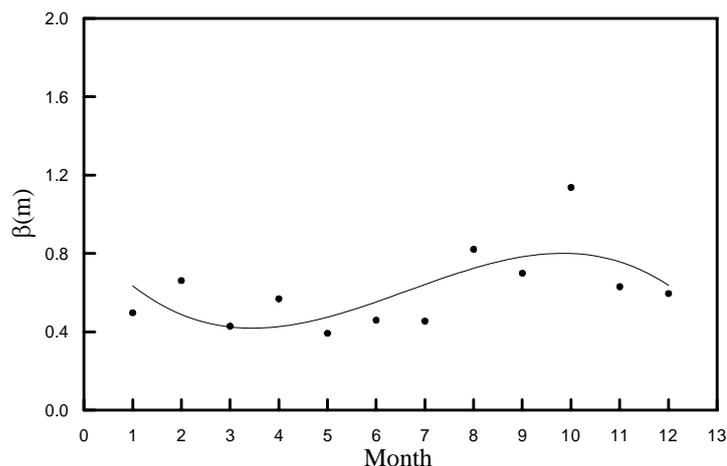


圖 5.25 花蓮港 Weibull 分佈 β 參數迴歸圖

利用表 5-61 與表 5-62 分別計算每月 Weibull 分布之 α 與 β 值，再將其參數值代入表 3-1 計算示性波高代表值，再與實測值比較繪如圖 5.26 至圖 5.28 所示，臺北港與安平港實測值與理論值其相關性大約為 0.8 至 0.9，花蓮港因為只利用 2004 年資料做出相關式，所以其計算出來的理論值與實測值相關性大約 0.6。因此，未來可以利用此相關式計算所需之相關理論波高值。

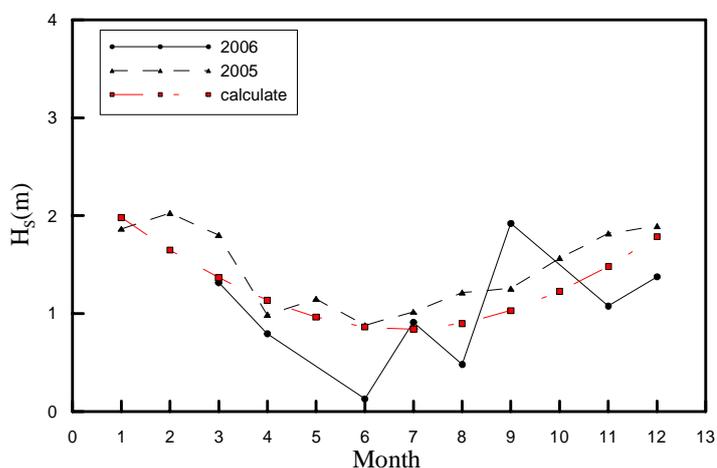


圖 5.26 臺北港示性波高實測值與 Weibull 理論值比較圖

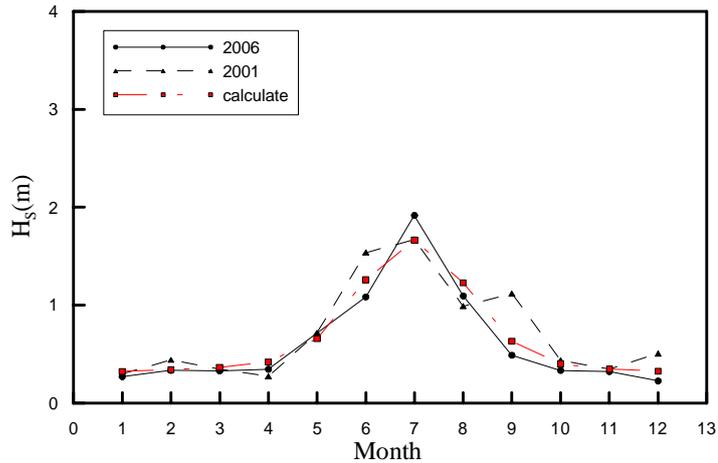


圖 5.27 安平港示性波高實測值與 Weibull 理論值比較圖

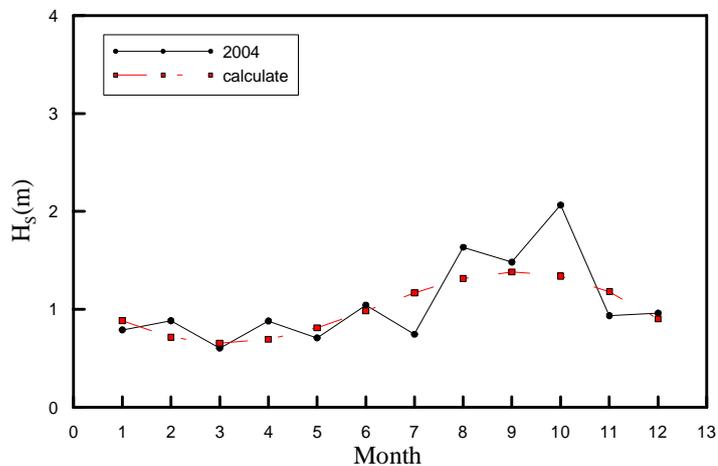


圖 5.28 花蓮港示性波高實測值與 Weibull 理論值比較圖

5.7 示性週期之最適機率分布

本研究根據不同年份之臺北港與安平港及 2004 年花蓮港的實測資料統計而得的之示性週期，將其分成全年、季及月等部份，同 5-5 節所述，示性波浪為波浪資料前 1/3 部份，再加上 5-4 節提到，為減少中央極限定理影響，使分析結果更為準確，所以在此也將資料扣除其資料最小值後，再利用統計公式方法與 Ksdensity 方法來和 Gamma、Erlang、Rayleigh 及 Normal 四個分佈函數進行套配(fitted)，以瞭解不同季節下

之示性週期分佈特性。

5.7.1 以統計公式之評估結果

將三個港口之示性週期年、季及月資料，扣除其最小值後，並以最大概似法求出各分布之參數，代回表 5-2 及表 5-3 計算三個港口之示性波浪週期統計特性與實測值之比較，示如表 5-63 至表 5-72。進一步將表繪成圖 5.29 至圖 5.39，依據圖中所示可判斷出在臺北港與安平港部份，大部份的 Normal 分布之 RMSE 值與其它分布比較下，呈現最低的情況，因此在描述臺北港與安平港之示性波浪時 Normal 分布最合適，同理由圖 5.33 可知花蓮港部份則是以 Erlang 分布結果較好。

表 5-63 2006 年臺北港 T_s 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.180	0.083	0.011	0.213
第 2 季	0.225	0.039	0.015	0.198
第 3 季	0.230	0.007	0.072	0.051
第 4 季	0.095	0.036	0.004	0.430
3 月	0.142	0.024	0.027	0.116
4 月	0.323	0.025	0.007	0.065
6 月	0.343	0.094	0.060	0.226
7 月	0.164	0.096	0.082	0.107
8 月	0.145	0.048	0.082	0.082
9 月	0.304	0.093	0.036	0.126
11 月	0.110	0.012	0.022	0.309
12 月	0.186	0.044	0.014	0.120
mean	0.204	0.050	0.036	0.170
極值	0.095	0.007	0.004	0.051

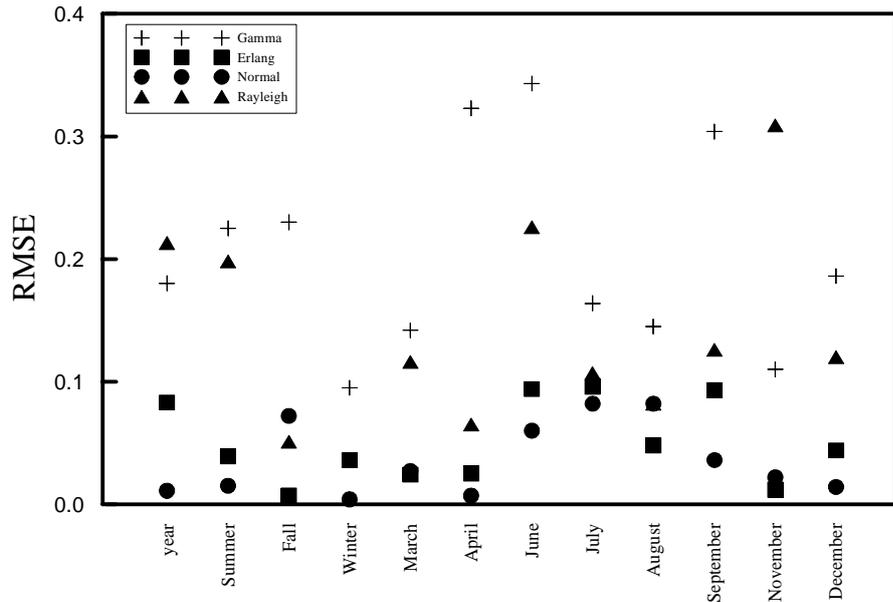


圖 5.29 2006 年臺北港 T_s 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-64 2006 年臺北港 T_{1/10} 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.461	0.273	0.214	0.426
第 2 季	0.606	0.229	0.007	0.497
第 3 季	0.853	0.369	0.274	0.070
第 4 季	0.232	0.121	0.104	0.927
3 月	0.279	0.075	0.359	0.092
4 月	0.888	0.241	0.034	0.196
6 月	0.886	0.380	0.153	0.604
7 月	0.798	0.188	0.211	0.134
8 月	0.634	0.200	0.257	0.132
9 月	0.890	0.465	0.194	0.336
11 月	0.259	0.015	0.195	0.642
12 月	0.569	0.283	0.011	0.372
mean	0.613	0.237	0.168	0.369

極值	0.232	0.015	0.007	0.07
----	-------	-------	-------	------

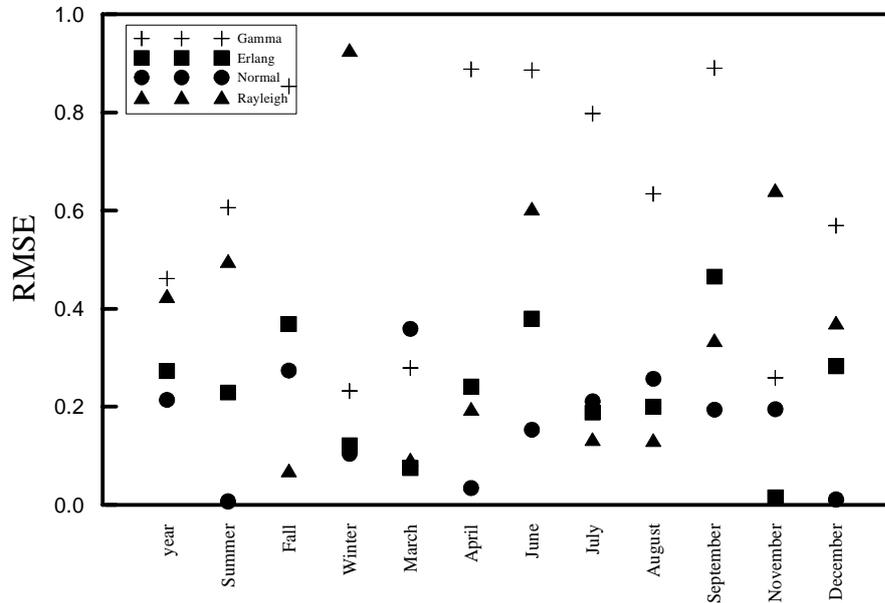


圖 5.30 2006 年臺北港 $T_{1/10}$ 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-65 2006 年安平港 T_s 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.007	0.042	0.029	0.153
1 季	0.116	0.028	0.016	0.269
2 季	0.053	0.008	0.031	0.084
3 季	0.126	0.077	0.046	0.101
4 季	0.033	0.084	0.003	0.107
1 月	0.061	0.009	0.015	0.168
2 月	0.097	0.059	0.023	0.268
3 月	0.125	0.012	0.000	0.154
4 月	0.076	0.001	0.036	0.066
6 月	0.060	0.020	0.048	0.079
7 月	0.429	0.168	0.108	0.483
8 月	0.221	0.028	0.040	0.072
9 月	0.062	0.035	0.065	0.001
10 月	0.086	0.058	0.043	0.121
11 月	0.011	0.063	0.006	0.091

12 月	0.158	0.253	0.229	0.404
mean	0.108	0.059	0.046	0.164
極值	0.007	0.001	0.000	0.001

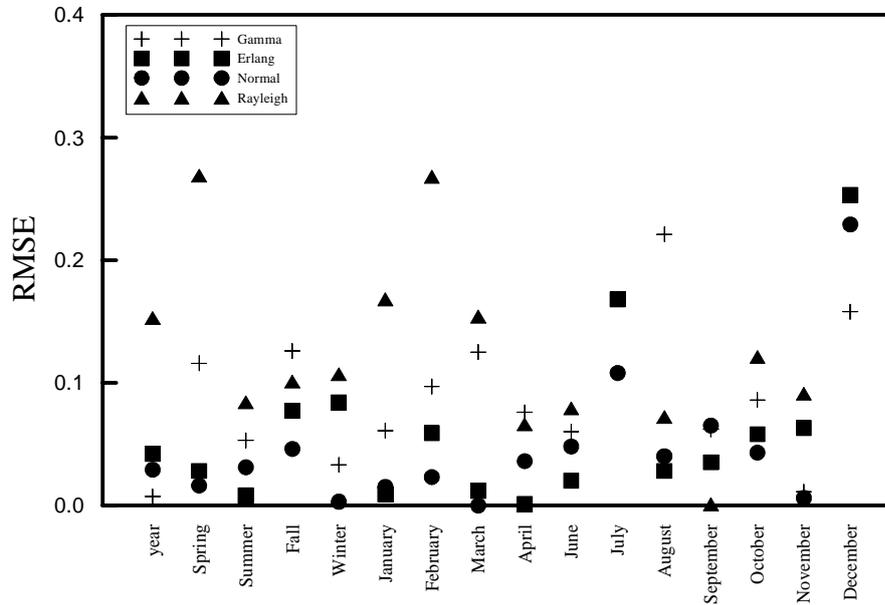


圖 5.31 2006 年安平港 T_s 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-66 2006 年安平港 $T_{1/10}$ 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.081	0.004	0.398	0.128
1 季	0.249	0.078	0.058	0.562
2 季	0.131	0.004	0.235	0.114
3 季	0.505	0.422	0.164	0.306
4 季	0.292	0.040	0.465	0.122
1 月	0.178	0.075	0.098	0.373
2 月	0.125	0.054	0.110	0.478
3 月	0.441	0.214	0.078	0.480
4 月	0.359	0.204	0.014	0.284
6 月	0.177	0.012	0.254	0.130
7 月	0.738	0.228	0.073	0.853
8 月	0.750	0.346	0.138	0.258
9 月	0.157	0.103	0.401	0.155

10 月	0.359	0.324	0.695	0.806
11 月	0.399	0.241	0.600	0.308
12 月	0.262	0.447	0.221	0.702
mean	0.325	0.175	0.250	0.379
極值	0.081	0.004	0.014	0.114

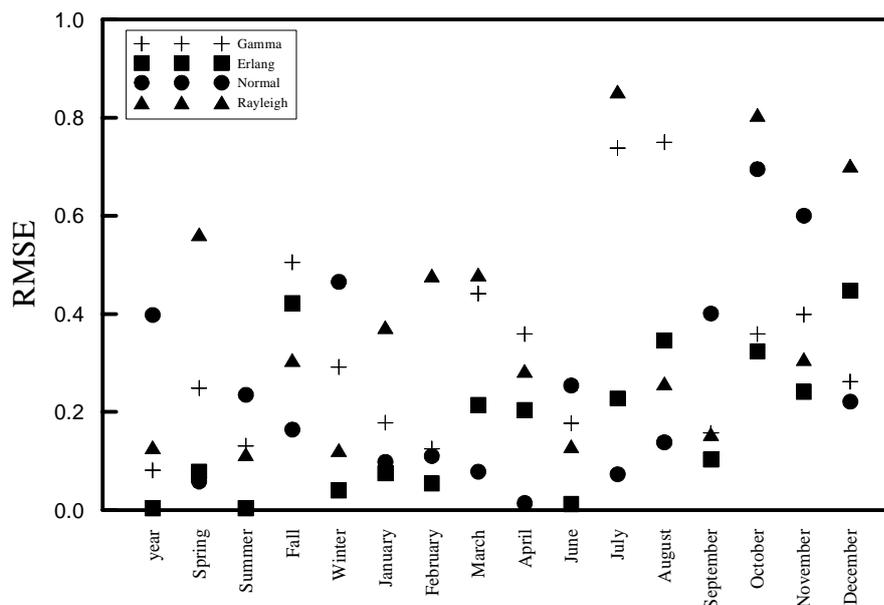


圖 5.32 2006 年安平港 $T_{1/10}$ 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-67 2004 年花蓮港 T_s 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.022	0.092	0.054	1.171
1 季	0.118	0.019	0.004	0.281
2 季	0.051	0.129	0.025	0.068
3 季	0.175	0.068	0.113	0.818
4 季	0.032	0.195	0.109	0.221
1 月	0.080	0.016	0.041	0.114
2 月	0.087	0.025	0.005	0.302
3 月	0.025	0.002	0.041	0.096
4 月	0.124	0.006	0.028	0.029
5 月	0.022	0.169	0.075	0.039

6月	0.092	0.020	0.048	0.129
7月	0.099	0.064	0.108	0.919
8月	0.169	0.236	0.204	0.236
9月	0.156	0.066	0.166	0.219
10月	0.086	0.067	0.096	0.102
11月	0.034	0.013	0.020	0.140
12月	0.065	0.053	0.000	0.074
mean	0.085	0.073	0.067	0.292
極值	0.022	0.002	0.000	0.029

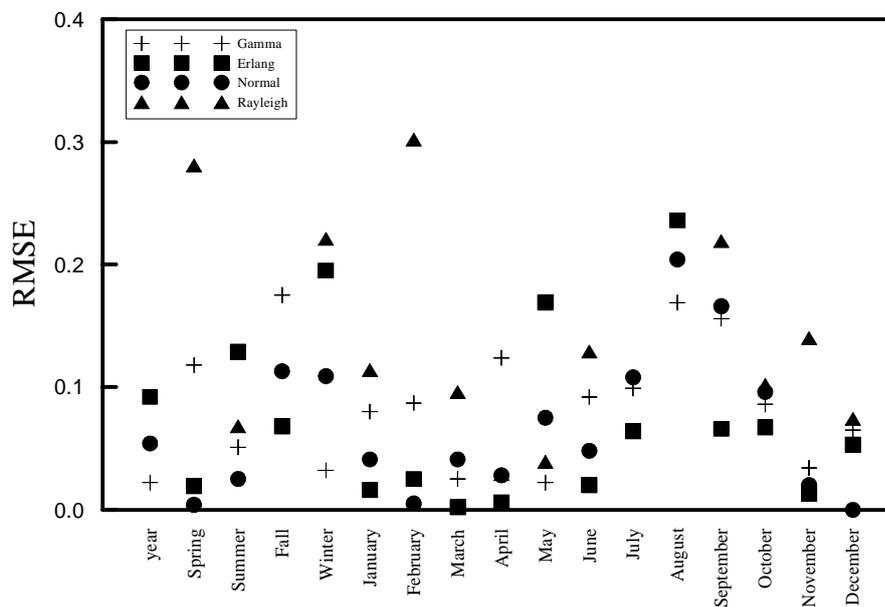


圖 5.33 2004 年花蓮港 T_s 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-68 2004 年花蓮港 $T_{1/10}$ 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.764	0.558	0.780	1.686
1季	0.385	0.191	0.040	0.717
2季	0.509	0.055	0.915	0.891
3季	0.670	0.470	0.797	1.359
4季	0.591	0.247	0.706	0.335
1月	0.407	0.213	0.009	0.433
2月	0.327	0.208	0.066	0.775
3月	0.220	0.177	0.023	0.340

4 月	0.026	0.295	0.785	0.652
5 月	0.421	0.062	0.635	0.634
6 月	0.488	0.226	0.935	1.007
7 月	0.008	0.055	0.163	2.099
8 月	0.055	0.129	0.482	0.429
9 月	0.262	0.317	0.919	0.870
10 月	0.365	0.338	0.877	0.736
11 月	0.147	0.054	0.050	0.354
12 月	0.067	0.049	0.258	0.010
mean	0.336	0.214	0.496	0.784
極值	0.008	0.049	0.009	0.01

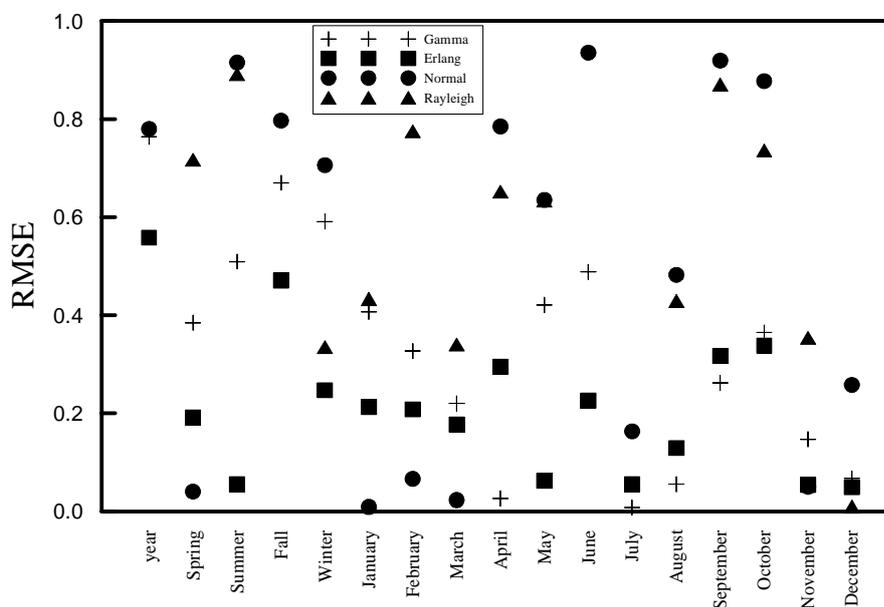


圖 5.34 2004 年花蓮港 $T_{1/10}$ 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-69 2005 年臺北港 T_S 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.091	0.055	0.022	0.146
1 季	0.144	0.026	0.010	0.303
2 季	0.038	0.014	0.022	0.074
3 季	0.098	0.164	0.064	0.102
4 季	0.105	0.016	0.006	0.219
1 月	0.113	0.022	0.012	0.202

2 月	0.241	0.038	0.023	0.241
3 月	0.077	0.003	0.029	0.127
4 月	0.099	0.044	0.010	0.055
5 月	0.062	0.009	0.003	0.108
6 月	0.014	0.052	0.004	0.017
7 月	0.029	0.055	0.063	0.090
8 月	0.045	0.082	0.062	0.063
9 月	0.074	0.007	0.025	0.098
10 月	0.084	0.015	0.007	0.150
11 月	0.017	0.060	0.112	0.038
12 月	0.119	0.022	0.014	0.229
mean	0.085	0.040	0.029	0.133
極值	0.014	0.003	0.003	0.017

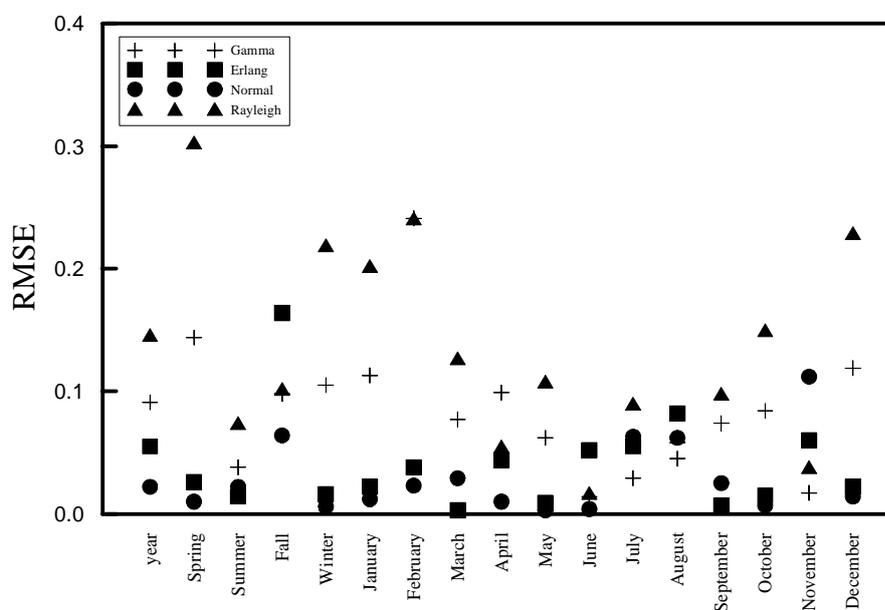


圖 5.35 2005 年臺北港 T_s 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-70 2005 年臺北港 $T_{1/10}$ 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.141	0.067	0.195	0.175
1 季	0.352	0.123	0.012	0.687
2 季	0.130	0.083	0.123	0.155
3 季	0.205	0.043	0.574	0.377

4 季	0.355	0.179	0.018	0.579
1 月	0.317	0.139	0.036	0.501
2 月	0.582	0.178	0.028	0.575
3 月	0.195	0.047	0.166	0.259
4 月	0.310	0.204	0.053	0.152
5 月	0.110	0.001	0.127	0.167
6 月	0.063	0.030	0.271	0.160
7 月	0.203	0.302	0.323	0.298
8 月	0.114	0.039	0.297	0.225
9 月	0.444	0.266	0.791	0.871
10 月	0.253	0.118	0.033	0.371
11 月	0.340	0.257	0.053	0.198
12 月	0.298	0.108	0.005	0.521
mean	0.260	0.128	0.183	0.369
極值	0.063	0.001	0.005	0.152

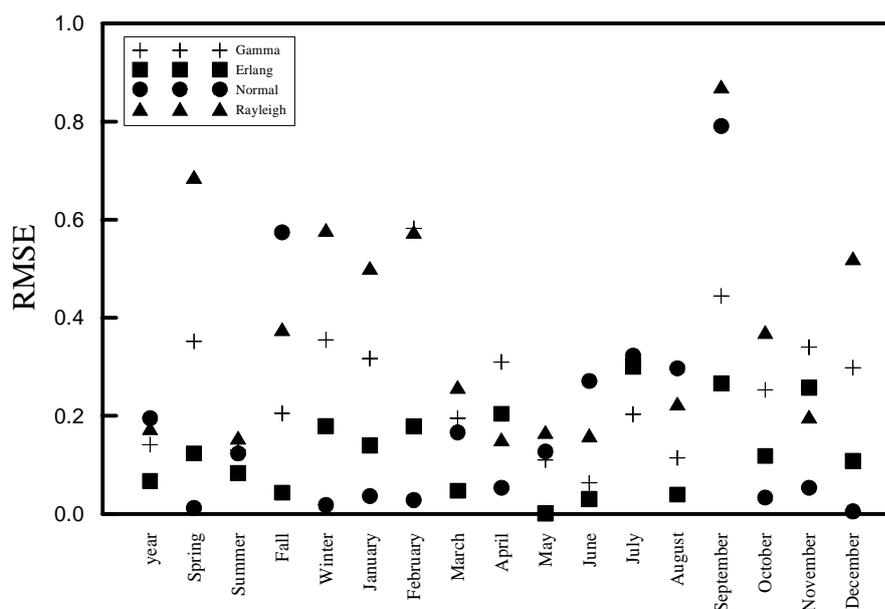


圖 5.36 2005 年臺北港 $T_{1/10}$ 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-71 2001 年安平港 T_s 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.058	0.011	0.028	1.106
第 1 季	0.063	0.001	0.024	0.113

第 2 季	0.064	0.049	0.049	1.106
第 3 季	0.055	0.026	0.038	0.090
第 4 季	0.074	0.018	0.011	0.221
1 月	0.062	0.015	0.012	0.144
2 月	0.105	0.021	0.002	0.214
3 月	0.096	0.017	0.002	0.126
4 月	0.077	0.030	0.002	0.132
5 月	0.011	0.111	0.108	0.069
6 月	0.003	0.024	0.009	1.206
7 月	0.039	0.062	0.115	0.104
8 月	0.079	0.041	0.049	0.105
9 月	0.137	0.035	0.013	0.106
10 月	0.055	0.020	0.011	0.267
11 月	0.064	0.024	0.006	0.113
12 月	0.076	0.018	0.003	0.154
mean	0.066	0.031	0.028	0.316
極值	0.003	0.001	0.002	0.069

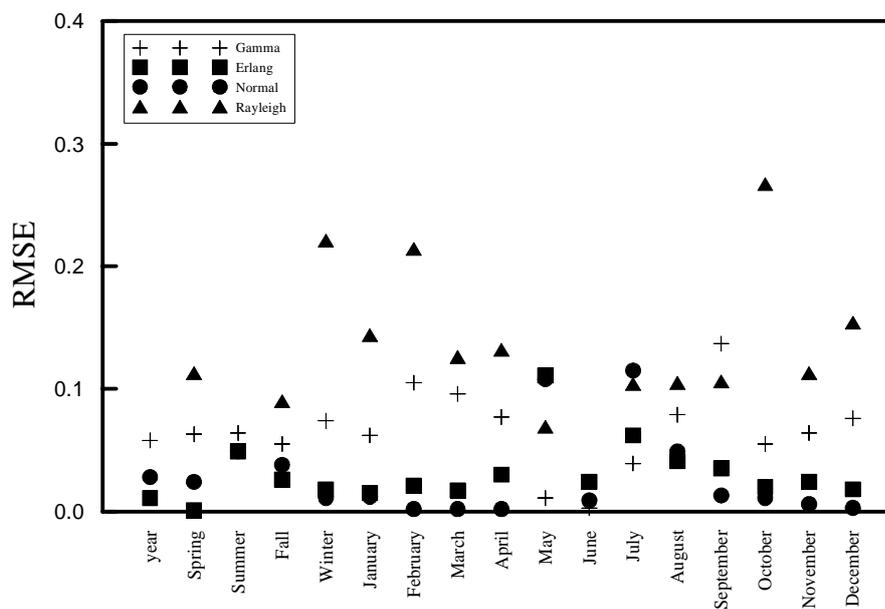


圖 5.37 2001 年安平港 T_s 各分布比較圖(統計公式法)

表 5-72 2001 年安平港 $T_{1/10}$ 統計特性與實測值之比較

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.335	0.251	0.368	2.052
第 1 季	0.223	0.098	0.084	0.288
第 2 季	0.141	0.117	0.184	2.251
第 3 季	0.106	0.067	0.327	0.072
第 4 季	0.211	0.104	0.044	0.526
1 月	0.232	0.141	0.015	0.386
2 月	0.323	0.159	0.009	0.539
3 月	0.315	0.158	0.041	0.363
4 月	0.198	0.108	0.028	0.302
5 月	0.590	0.320	0.115	0.290
6 月	0.076	0.042	0.151	2.393
7 月	0.111	0.061	0.411	0.266
8 月	0.443	0.197	0.011	0.439
9 月	0.395	0.190	0.068	0.274
10 月	0.164	0.100	0.046	0.613
11 月	0.145	0.068	0.018	0.246
12 月	0.222	0.110	0.018	0.384
mean	0.249	0.135	0.114	0.687
極值	0.076	0.042	0.009	0.072

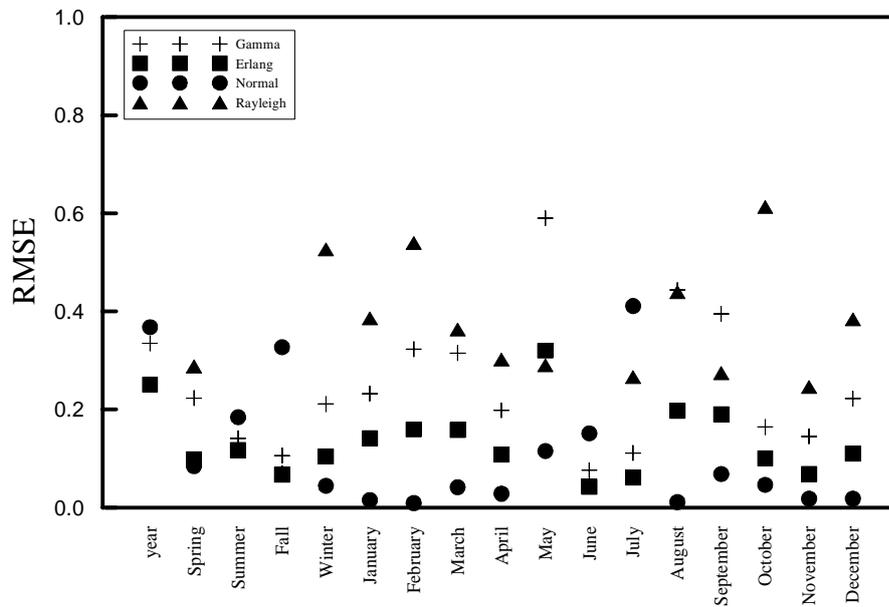


圖 5.38 2001 年安平港 $T_{1/10}$ 各分布比較圖(統計公式法)

5.7.2 以 Ksdensity 方法之評估結果

本研究將扣除其資料最小值後的示性週期資料，將其代入 Ksdensity 方法求出實測值分布特性，再與其它各個分布理論值進行比較。分析結果如表 5-73 至表 5-77，將表繪成圖 5.39 至圖 5.43。在臺北港部份，藉由圖 5.39 可知整體皆是屬於 Normal 分布；而安平港部份，由圖 5.40 可知，大致上也是屬 Normal 分布為最佳；在花蓮港部份，根據分析結果顯示，是以 Gamma 分布為最佳，不過表 5-75 中 Gamma 分布與 Erlang 分布的 RMSE 值是相當接近的。由 Ksdensity 方法所分析出的結果，代表的意義係以整體週期資料去與各分布函數套配結果；而統計公式法所分析出的結果，代表係以資料前 1/3 段部份來與各分布理論值分析。因此，花蓮港整體示性週期資料與 Gamma 分布吻合度較高；而資料前 1/3 部份統計特性係與 Erlang 分布為最適分布。

表 5-73 2006 年臺北港 T_s 統計特性評估結果

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.028	0.028	0.010	0.032
第 2 季	0.061	0.060	0.020	0.061
第 3 季	0.029	0.033	0.022	0.023
第 4 季	0.025	0.024	0.012	0.090
3 月	0.026	0.026	0.022	0.025
4 月	0.076	0.079	0.032	0.052
6 月	0.122	0.119	0.066	0.111
7 月	0.033	0.042	0.028	0.034
8 月	0.040	0.044	0.030	0.032
9 月	0.037	0.037	0.015	0.026
11 月	0.025	0.024	0.021	0.063
12 月	0.057	0.057	0.022	0.051
mean	0.047	0.048	0.025	0.050
極值	0.025	0.024	0.010	0.023

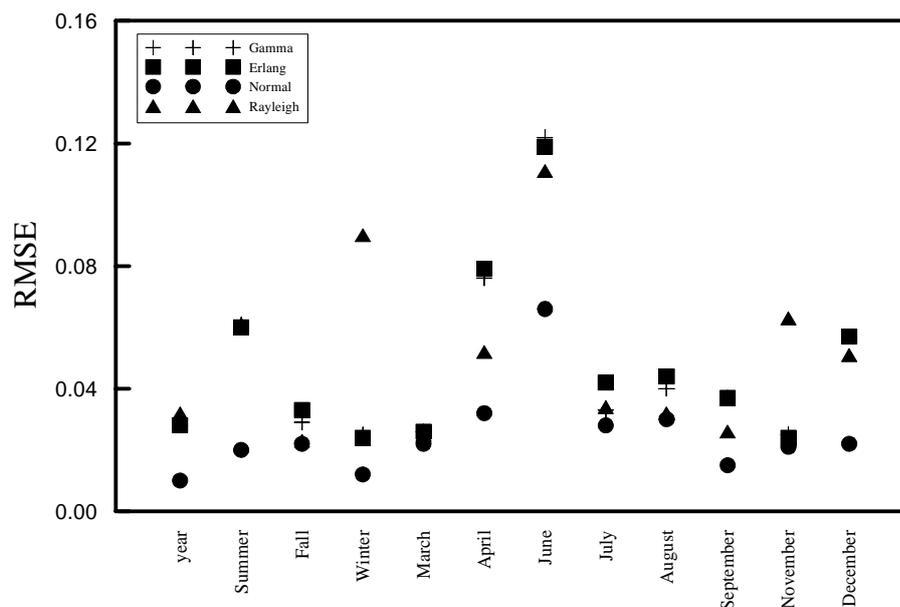


圖 5.39 2006 年臺北港 T_S 各分布比較圖(Ksdensity 法)

表 5-74 2006 年安平港 T_S 統計特性評估結果

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.010	0.012	0.031	0.035
第 1 季	0.057	0.049	0.018	0.115
第 2 季	0.025	0.027	0.034	0.038
第 3 季	0.031	0.032	0.024	0.020
第 4 季	0.014	0.022	0.043	0.038
1 月	0.032	0.031	0.026	0.084
2 月	0.066	0.060	0.038	0.152
3 月	0.086	0.097	0.046	0.094
4 月	0.057	0.065	0.044	0.047
6 月	0.024	0.026	0.036	0.035
7 月	0.091	0.075	0.055	0.109
8 月	0.037	0.042	0.031	0.027
9 月	0.030	0.029	0.079	0.052
10 月	0.040	0.041	0.107	0.100
11 月	0.049	0.058	0.090	0.081
12 月	0.042	0.049	0.039	0.074
mean	0.043	0.045	0.046	0.069
極值	0.01	0.012	0.018	0.02

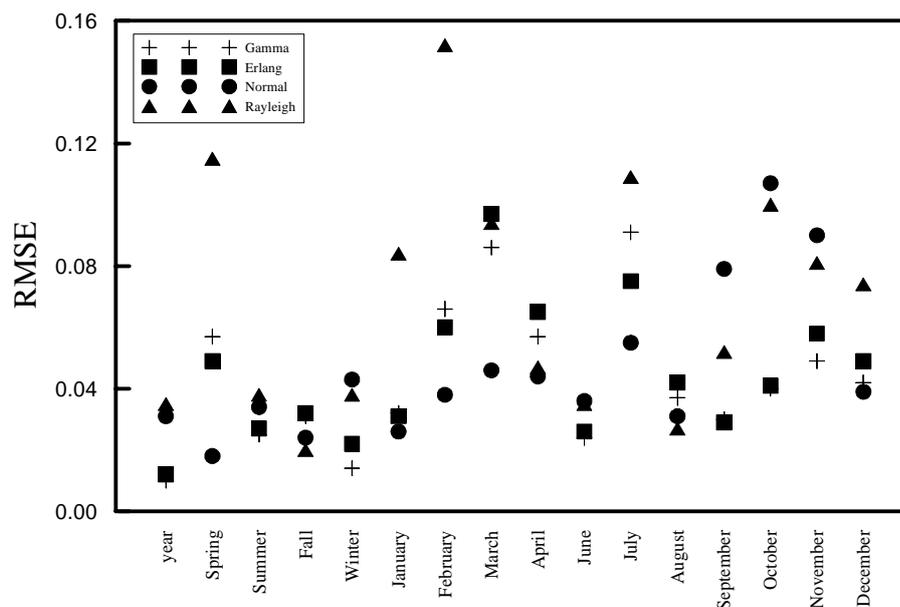


圖 5.40 2006 年安平港 T_S 各分布比較圖(Ksdensity 法)

表 5-75 2004 年花蓮港 T_S 統計特性評估結果

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.042	0.048	0.058	0.107
第 1 季	0.062	0.067	0.031	0.101
第 2 季	0.028	0.044	0.067	0.049
第 3 季	0.033	0.034	0.048	0.070
第 4 季	0.055	0.071	0.085	0.087
1 月	0.051	0.061	0.041	0.054
2 月	0.074	0.082	0.050	0.117
3 月	0.049	0.052	0.059	0.083
4 月	0.044	0.037	0.059	0.043
5 月	0.040	0.067	0.084	0.057
6 月	0.035	0.040	0.078	0.064
7 月	0.031	0.028	0.039	0.087
8 月	0.039	0.045	0.076	0.063
9 月	0.019	0.021	0.047	0.037
10 月	0.044	0.045	0.073	0.057
11 月	0.043	0.054	0.040	0.114
12 月	0.043	0.043	0.047	0.052
mean	0.043	0.049	0.058	0.073
極值	0.019	0.021	0.031	0.037

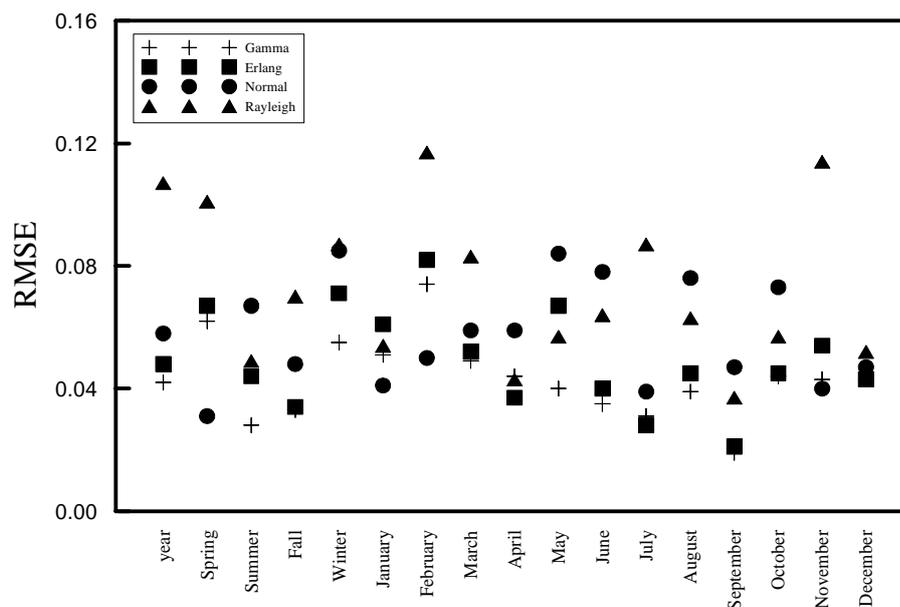


圖 5.41 2004 年花蓮港 T_S 各分布比較圖(Ksdensity 法)

表 5-76 2005 年臺北港 T_S 統計特性評估結果

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.034	0.032	0.026	0.051
第 1 季	0.058	0.041	0.019	0.132
第 2 季	0.034	0.035	0.039	0.056
第 3 季	0.053	0.061	0.064	0.056
第 4 季	0.054	0.058	0.023	0.093
1 月	0.093	0.094	0.034	0.148
2 月	0.097	0.065	0.028	0.127
3 月	0.057	0.046	0.065	0.096
4 月	0.091	0.097	0.060	0.066
5 月	0.064	0.059	0.038	0.091
6 月	0.045	0.057	0.093	0.059
7 月	0.033	0.034	0.053	0.052
8 月	0.043	0.051	0.076	0.052
9 月	0.059	0.064	0.106	0.091
10 月	0.058	0.058	0.017	0.101
11 月	0.051	0.056	0.086	0.054
12 月	0.063	0.051	0.017	0.130
mean	0.058	0.056	0.050	0.086
極值	0.033	0.032	0.017	0.051

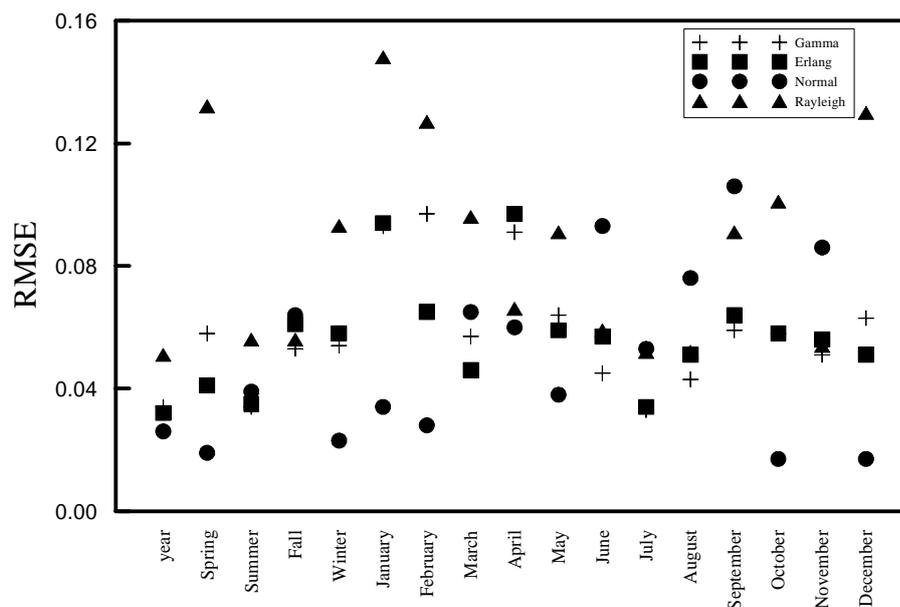


圖 5.42 2005 年臺北港 T_S 各分布比較圖(Ksdensity 法)

表 5-77 2001 年安平港 T_S 統計特性評估結果

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.048	0.050	0.065	0.146
第 1 季	0.042	0.044	0.029	0.070
第 2 季	0.048	0.047	0.062	0.151
第 3 季	0.023	0.018	0.041	0.041
第 4 季	0.131	0.118	0.048	0.291
1 月	0.062	0.067	0.029	0.102
2 月	0.062	0.066	0.025	0.099
3 月	0.114	0.122	0.061	0.135
4 月	0.096	0.093	0.028	0.152
5 月	0.083	0.107	0.098	0.080
6 月	0.022	0.021	0.024	0.129
7 月	0.032	0.032	0.067	0.046
8 月	0.043	0.054	0.036	0.046
9 月	0.069	0.067	0.028	0.065
10 月	0.122	0.123	0.059	0.338
11 月	0.129	0.101	0.045	0.266
12 月	0.105	0.102	0.031	0.202
mean	0.072	0.072	0.046	0.139
極值	0.022	0.018	0.024	0.041

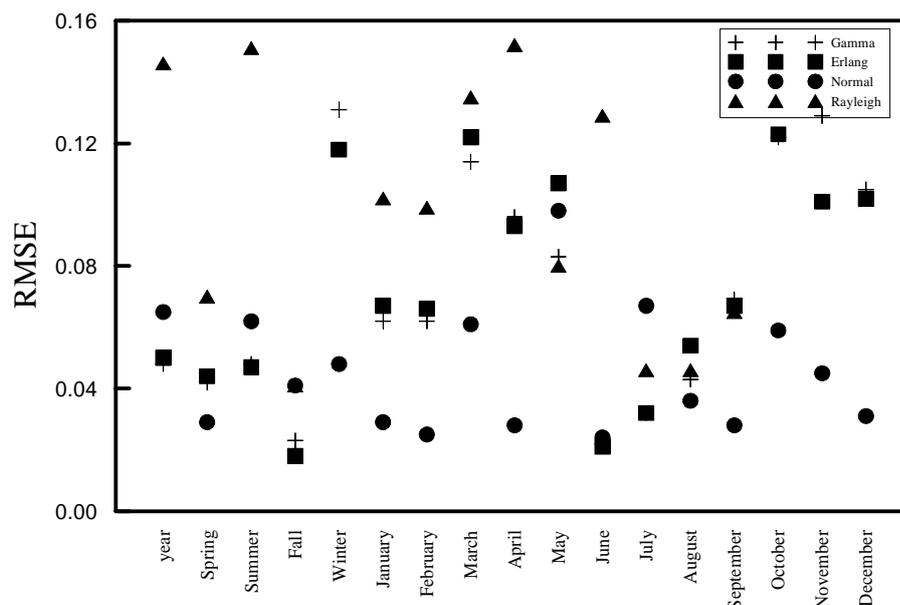


圖 5.43 2001 年安平港 T_S 各分布比較圖(Ksdensity 法)

5.8 示性波浪參數特性探討

在 5.7 節提到為了扣除統計學理論之中央極限定理影響，本研究將週期資料扣除其最小值後，再以最大概似法(maximum likelihood method)求得各分布之參數，而由 5.7 節結果指出週期統計特性以 Normal 分布為最適分布，所以在這部份，本研究希望透過研究 Normal 分布參數，迴歸出一相關公式，以供往後只要代入所需月份即能求得參數資料，得到需要的統計特性。

5.8.1 每月示性波浪週期之最小值

因為前面章節提到為了減少中央極限定理影響，讓參與分析討論的各個分布函數能更客觀地套配數據，所以扣除了每月之最小值，因此在這個章節提出臺北港、安平港與花蓮港每月示性週期最小值來討論，觀察三港每月最小值變化，示如圖 5.44 至圖 5.46。2006 年臺北港缺少了 1 月、2 月、5 月及 10 月資料，示性週期最小值大約為 5.5 秒；2005 年則約為 4 秒。2006 年安平港少了 5 月資料，示性週期最小值約 5 至 6 秒；2001 年因為 6 月資料數據異常所以不參與討論，示性週期最小值約在 3.7 至 3.9 秒間。2004 年花蓮港剔除了七月異常數據，示性

週期最小值約為 9 秒。由圖中可看出，每年的示性週期最小值趨勢基本上變化不大，而 2006 年週期相對於 2005 年來得高。

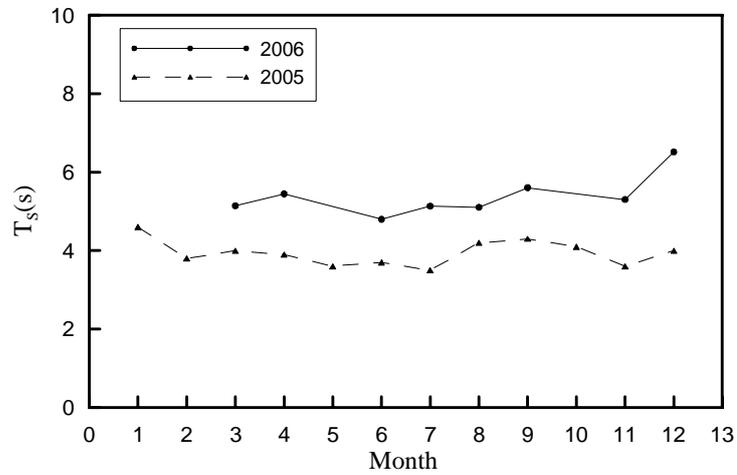


圖 5.44 臺北港示性週期每月最小值

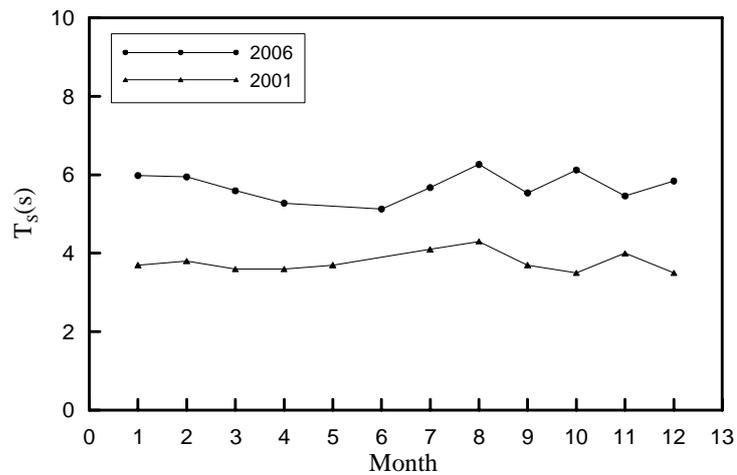


圖 5.45 安平港示性週期每月最小值

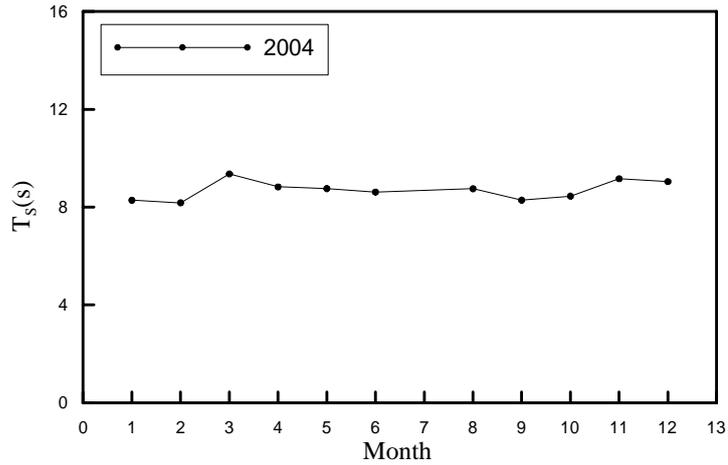


圖 5.46 花蓮港示性週期每月最小值

5.8.2 Normal 分佈之參數分析

根據由最大概似法(maximum likelihood method)可求得 Normal 分布之 μ 與 σ 兩參數值，如圖 5.47 與圖 5.48。從圖中可看出不管是 μ 值或 σ 值均呈現不規則趨勢，本研究試圖從 2006 年與 2005 年兩年資料做迴歸分析，不過沒辦法有效地迴歸出一特性公式，安平港結果亦同。

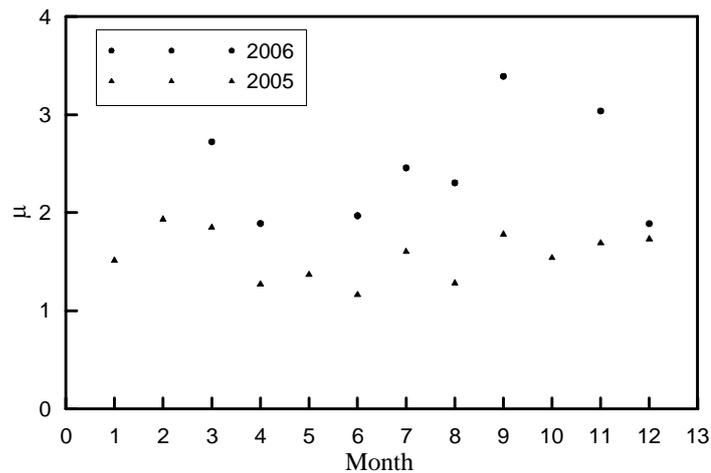


圖 5.47 臺北港 T_S 每月 Normal 分佈之 μ 參數值

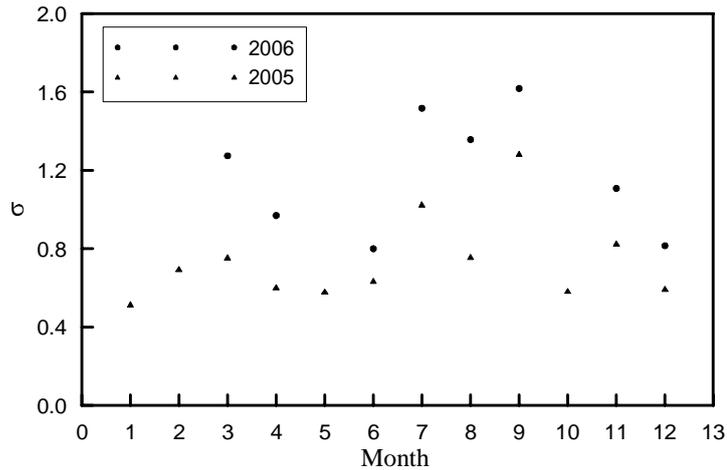


圖 5.48 臺北港 T_S 每月 Normal 分佈之 σ 參數值

5.9 波高超量機率密度

海岸結構物關係著人民的生命財產安全，尤其在常遭受颱風侵襲的臺灣，颱風所產生長週期且大波高的波浪，往往都造成嚴重的災害。目前一般工程設計條件，是利用較長較大波浪實測資料去進行分析，因此本研究亦希望透過現已有資料取出較大波浪部份，來分析波高超量機率密度。目前用極值統計法來決定對於長時間使用年限的海岸結構物設計條件，在許多關於波浪極值統計的相關文獻中，如郭等人(2001)指出波浪波高的極值統計是符合 Weibull 分布函數。本文利用全年示性波浪資料，採用超量選用法來選取資料，也就是以某一基本量為基準來選取資料，探討超量示性波高的最適機率分布與傳統極值統計比較合宜之分布函數。

本研究利用不同年份之臺北港、安平港與 2004 年花蓮港全年示性波浪資料，利用超量選用法取出較大波浪部份進一步去探討其最適機率密度分布函數，使用 Gamma、Weibull、Rayleigh 與 Log-Normal 四種分布模式，探討其吻合度情況。如表 5-78 所示，除了 2006 與 2005 年臺北港外，Log-Normal 分布在描述安平港及花蓮港較大波浪部份，吻合度情況比其它三種分布來得好，表示安平港與花蓮港波高超量機率密度為 Log-Normal 分布。

表 5-78 不同年份之三港波高超量機率密度統計特性

RMSE	Gamma	Weibull	Rayleigh	Log-Normal
2006 年臺北港	0.0014	0.0019	0.0057	0.0081
2006 年安平港	0.0038	0.0037	0.0038	0.0032
2004 年花蓮港	0.0035	0.0038	0.0049	0.0012
2005 年臺北港	0.0032	0.0018	0.0058	0.0112
2001 年安平港	0.0023	0.0023	0.0023	0.0019

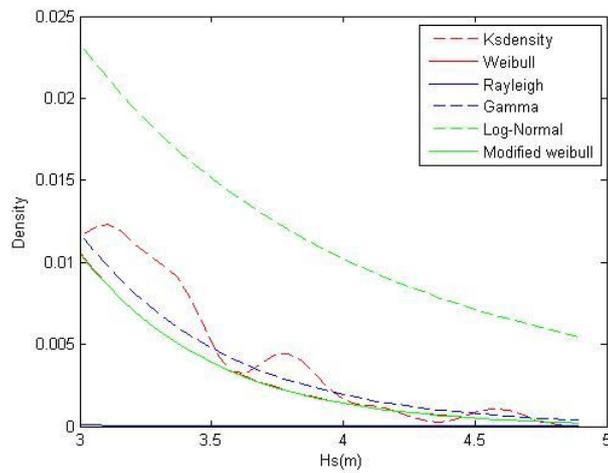


圖 5.49 2006 臺北港波高超量機率密度圖

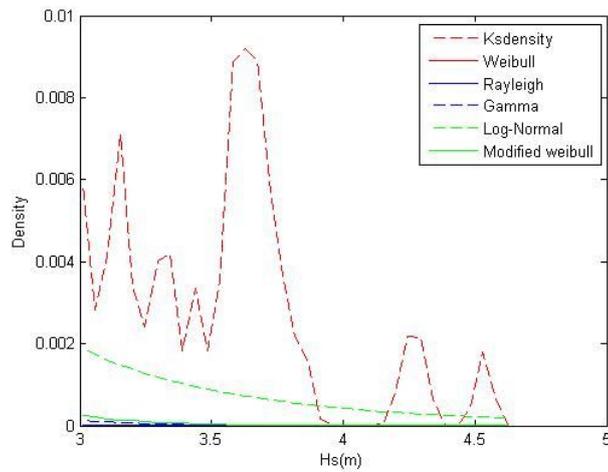


圖 5.50 2006 安平港波高超量機率密度圖

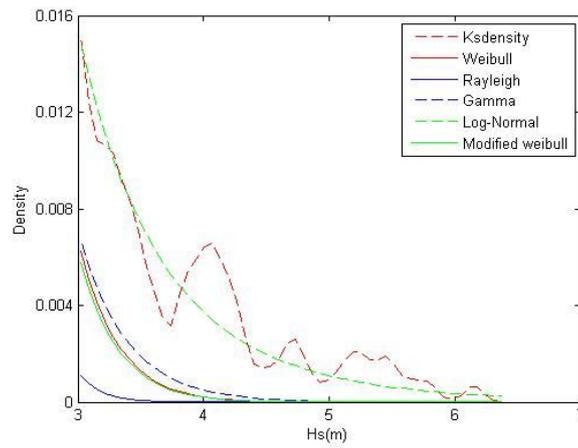


圖 5.51 2004 花蓮港波高超量機率密度圖

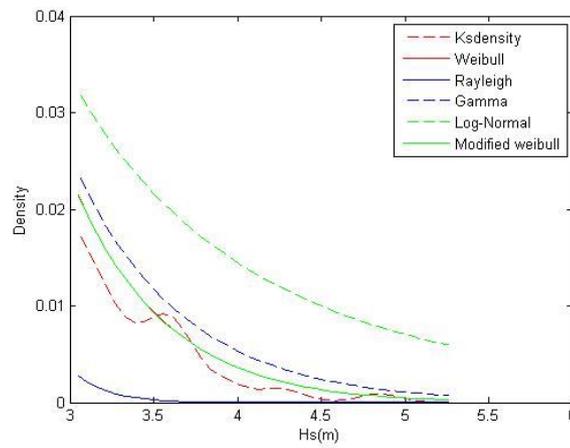


圖 5.52 2005 臺北港波高超量機率密度圖

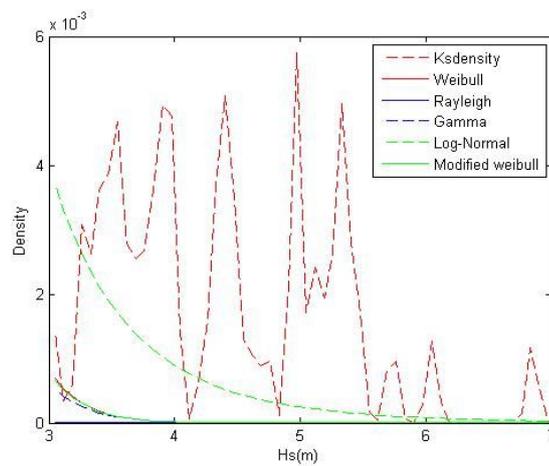


圖 5.53 2001 安平港波高超量機率密度圖

5.10 小結

在波高分析方面，臺北港、安平港與花蓮港波高分佈近似於 Weibull 分佈；而在示性波高分析結果方面，結果顯示 Weibull 分佈在描述臺北港與安平港之示性波高統計時，其得到的效果最佳；至於波高較大值部份，安平港與花蓮港則是 Log-Normal 分佈描述得較為吻合。

在週期分析方面，分析結果表示臺北港與安平港部份，在六組的結果均呈現 Normal 分佈的吻合度最佳；而在花蓮港部份，以 Normal 分佈為最佳。在示性週期統計方面，臺北港與安平港的最適分佈為 Normal 分佈；而花蓮港 Erlang 分佈與 Gamma 分佈皆不錯。

在參數特性方面，也將利用不同年份之 Weibull 分佈之 α 與 β 參數，提出相關迴歸式，經由迴歸式推算而得之參數所計算出的相關理論波高統計值，經與實際波高統計值比較分析後，與實際值甚為接近。而在週期參數特性方面，本計畫試圖模擬 Weibull 分佈參數分析方法，將 Normal 分佈之 μ 與 σ 參數迴歸出一相關式，可惜，因為參數呈現不規則趨勢，所以無法分析出一參數經驗公式以推估理論週期統計參數。

第六章 結論與建議

臺灣濱臨太平洋，位處易受颱風或異常波浪侵襲之地區，而颱風所引起的巨浪為破壞港灣的重要因素，其亦困擾港內船舶作業與碇靠之管理。因此，港內之穩靜情況關係著船隻碇泊與貨物裝卸作業管理之重要。鑑於颱風或異常波浪對港灣設施及船隻碇泊的重要性，本計畫依據本所港研中心所收集之歷年海象資料，包括歷年港內船舶碇靠、離港紀錄進行分類分析，並應用模糊理論與類神經網路之方法分析，從颱風資料與船舶動態資料分析並建立預警模式予以港灣管理單位做即時的判斷與反應，建立一個可即時性反應的船舶動態管理系統，俾提供港務單位船隻碇泊、裝卸作業及離港疏散之參考依據。

本計畫已完成船舶動態之類神經預警模式，選用颱風與花蓮港距離(D)、颱風最大風速(V_{max})、颱風中心至花蓮港之角度(θ_1)、颱風行進方位角(θ_2)、風場能量 $E_n(V_{max}/\text{Log}(D))$ 與中央氣象局發佈之海、陸上警報(WI , Waring Index) 等六個影響船隻動態的颱風因子建立颱風與 ISE 間的關係。本計畫選擇之學習範例為含蓋 4 種不同颱風路徑、4 種船隻異動指數，以架構 6-80-40-1 建立類神經網路。並以 4 場颱風進行驗證，由驗證結果顯示，本模式可於實際颱風期間花蓮港之船舶操作預警。目前船舶動態預警模式已建構完成並已附加圖形化使用者介面來提升其使用性，除了目前成果之外本研究團隊仍持續改善圖形化使用者介面的外觀及功能，亦提出簡易的類神經架構做為測試，以便於未來建構臺灣其他國際港區自動化即時發佈船舶動態警報的伺服器。經由預報時間精準度之評估可發現測試模式的精準度雖較差但也與原模式十分接近。

本計畫利用 2006 年之臺北港、安平港與 2004 年花蓮港波浪資料，利用兩種方式分析其最適分佈：一則將其代入 matlab 軟體計算出所需參數之後，再將參數代回所推得之各分佈統計公式中求得理論值，來與實際值進行比較分析，；一則利用統計學理論中之 Ksdensity 方法，

求出實測資料之機率密度與各分佈套配。透過 RMSE 與 R^2 兩種指標參數來決定其最適分佈，並探討此最適分佈參數，求出一相關式以供能推估其理論參數，進而求得適合的分佈之理論示性統計值，可作為往後波浪資料分析及工程設計上之參考依據。

在波高分析方面，本計畫是利用 Modified Weibull、Weibull 與 Rayleigh 分佈模式來與實測資料進行探討，驗證出臺北港、安平港與花蓮港波高分佈近似於 Weibull 分佈；而在示性波高分析結果方面，將臺北港、安平港及花蓮港的實測資料統計而得的之示性波高，分成全年、季及月等部份，除了前述三個分佈模式之外，尚加入了 Gamma 與 Log-Normal 分佈參與討論，結果顯示 Weibull 分佈在描述臺北港與安平港之示性波高統計時，其得到的效果最佳；而花蓮港雖然示性波高前 1/3 也屬 Weibull 分佈，但整體示性波高資料係屬於 Log-Normal 分佈；至於波高較大值部份，安平港與花蓮港則是 Log-Normal 分佈描述得較為吻合。

在週期分析方面，本文用來與實測資料進行套配之分佈模式為 Gamma、Erlang、Normal 與 Rayleigh 分佈，分析結果表示臺北港與安平港部份，在六組的結果均呈現 Normal 分佈的吻合度最佳；而在花蓮港部份，由統計公式方法結果指出，Erlang 與 Normal 分佈在描述週期統計特性都有不錯的結果，兩個分佈的 R^2 值也相當接近，利用 Ksdensity 結果得知，Normal 分佈為最佳。在示性週期統計方面，臺北港與安平港的最適分佈為 Normal 分佈；而花蓮港利用統計公式法是以 Erlang 分佈為最優，經由 Ksdensity 方法，呈現出來的結果雖是以 Gamma 分佈為最好，但 Erlang 分佈與 Gamma 分佈之 RMSE 值非常相近。

在參數特性方面，也將利用不同年份之 Weibull 分佈之 α 與 β 參數，提出相關迴歸式，經由迴歸式推算而得之參數所計算出的相關理論波高統計值，經與實際波高統計值比較分析後，與實際值甚為接近。因此，本計畫所建立之參數經驗公式，可快速的推算出相似的理论平均波高，更可以確定了解 Weibull 分佈理論計算的可行性。而在週期參

數特性方面，本計畫試圖模擬 Weibull 分佈參數分析方法，將 Normal 分佈之 μ 與 σ 參數迴歸出一相關式，可惜，因為參數呈現不規則趨勢，所以無法分析出一參數經驗公式以推估理論週期統計參數，不過根據結果 Normal 分佈仍為示性週期之最適分佈。參考江(2006)、蔡(2006)與李(2007)研究結果，可能與上述分析有所不同，係因直方圖分析方法有幾項缺點：(1)直方圖會因資料分組組數不同，而造成結果改變；(2)根據直方圖分組所套配出來的機率函數為不連續性，因此才會造成分析結果不同，以上結果可做為波浪統計上以及海岸工程上的應用參考。

本計畫所完成之船舶動態管理系統及波浪統計特性模式等項工作成果，主要為本所 97 年度科專計畫「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(4/4)」之整體工作的一環，其中「船舶動態管理系統」可提供花蓮港務局作為颱風期間船隻出港避難之判斷依據。另有關「波浪統計特性模式」，可提供臺北、安平及花蓮等港務單位作為港埠工程規劃設計、施工之參考依據。

參考文獻

- 1.錢志春(1991) ，「海浪及其預報」，氣象出版社，第 189 頁。
- 2.張金機(1996) ，「花蓮港長波與碇泊船隻動態關係」，花蓮港港池振盪及其改善方案研討會，61-82 頁。
- 3.張憲國、郭一羽(1999) ，「花蓮港共振機制研究」，臺灣省政府交通處研究報告。
- 4.簡仲景、曾相茂(1999) ，「花蓮港颱風波浪特性研究」，第二十一屆海洋工程研討會論文集，55-62 頁。
- 5.郭一羽(2001) ，「不規則波理論」，郭一羽主編，海洋工程學，第三章，文山書局。
- 6.錢維安、張憲國、何良勝(2002) ，「神經-模糊網路在推算颱風波浪之應用 II」，第 24 屆海洋工程研討會論文集，461-468 頁。
- 7.張金機、簡仲璟(2002) ，「花蓮港外海颱風波浪研究」，第 24 屆海洋工程研討會論文集，405-410 頁。
- 8.張憲國、錢維安(2003) ，「臺灣港灣地區颱風波浪推算之應用研究(二)」，交通部運輸研究所港灣技術研究中心研究報告。
- 9.蔡昀達(2005) ，「應用類神經模糊系統於季節風波浪之推算」，交通大學土木工程研究所碩士論文。
- 10.蔡獲光(2006) “應用 ANFIS 模式於臺灣東部海域之季節風波浪推算”，交通大學土木工程研究所碩士論文。
- 11.江俊銘（2006）「花蓮港海域波浪之波高分佈及其統計特性研究」，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
- 12.蔡弘偉（2006）「花蓮港海域波浪之週期分佈及其統計特性研究」，

國立交通大學土木工程研究所碩士論文。

13. 李明璋 (2007) 「臺灣海域之波高分佈及其週期分佈之較」，國立交通大學土木工程研究所碩士論文。
14. Bretschneider, C.L., (1959) “Wave variability and wave spectra for wind generated gravity waves”, Tech. Rep., *US Army Beach Erosion Board*. No. 118
15. Bowman, A.W., and Azzalini, A. (1997) *Applied Smoothing Techniques for Data Analysis*, Oxford University Press.
16. Browne, M., Castelle, B. Strauss, D., Tomlinson, R., Blumenstein, M., and Lane, C., (2007) “Near-shore swell estimation from a global wind-wave model: Spectral process, linear, and artificial neural network models,” *Coastal Eng.*, Vol. 54, pp. 445-460.
17. Chang, H.K., Chien, W.A., (2006a) “Neural network with multi-trend simulating transfer function for forecasting typhoon wave.” *Adv. Eng. Softw.*, 37, 184–194.
18. Chang, H.K. and Chien, W.A., (2006b) “A fuzzy-neural hybrid system of simulating typhoon waves.” *Coastal Eng.*, Vol 53(9), pp. 737-748.
19. Deo, M.C., Sridhar Naidu, C., (1999) “Real time wave forecasting using neural networks.” *Ocean Eng.*, Vol. 26, pp. 191-203.
20. Deo, M.C., Kiran Kumar, N., (2000) “Interpolation of wave heights.” *Ocean Eng.*, Vol. 27, pp. 907-919.
21. Deo, M. C., and Naidu, C. S., (2001) “Real Time Wave Forecasting Using Neural Networks,” *Ocean Eng.*, Vol. 26, pp. 191–303.
22. Deo, M.C., Gondane, D. S., and Sanil Kumar, V., (2002) “Analysis of wave directional spreading using neural networks.” *Journal of Waterway,*

Port, Coastal, and Ocean Engineering, Vol. 128, pp. 30-37.

23. Deo, M.C., Jagdale, S.S., (2003) "Prediction of breaking waves with neural networks." *Ocean Eng.*, Vol. 30, pp. 1163-1178.
24. Devore, J.L., Farnum, N.R. (2005) *Applied Statistics to Engineers and Scientists*, Thomson Brooks/Cole, USA.
25. Erlang, A.K., (1917) "Solution of some Problems in the Theory of Probabilities of Significance in Automatic Telephone Exchanges." *Elektroteknikerer*, Vol 13, pp. 138-150.
26. Ferreira, J.A., Soares, C.G., (1999) "Modelling the long-term distribution of significant wave height with the Beta and Gamma models," *Coastal Engineering* , Vol. 26, pp. 713-725.
27. Forristall, G. Z., (1978) "On the statistical distribution of wave heights in a storm," *J. Geophys. Res.*, Vol. C83, pp. 2353-2358.
28. Goda, Y. (2000) *Random seas and design of maritime structures*, World Scientific.
29. Guedes Soares, C., Carvalho, N., (2001) "Probability Distribution of Wave Heights and Periods in Measured Two-Peaked Spectra from the Portuguese Coast." *20th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering*, OMAE2001, pp. 2178-2188.
30. Kalra, R., Deo, M.C., Kumar, R., Agarwal, V. K., (2005) "Artificial neural network to translate offshore satellite wave data to coastal locations," *Ocean Eng.*, Vol. 32, pp. 1917–1932.
31. Kalra, R., and Deo, M.C., (2007) "Derivation of coastal wind and wave parameters from offshore measurements of Topex satellite using ANN," *Coastal Eng.*, Vol. 54, pp. 187-196.

- 32.Kamphuis, J.W. (2000) *Introduction to Coastal Engineering And Management*, World Scientific, Singapore.
- 33.Kazeminezhad, M. H., Etemad-Shahidi, A., and Mousavi, S. J., (2005) “Application of fuzzy inference system in the prediction of wave parameters,” *Ocean Eng.*, Vol. 32, pp. 1709–1725.
- 34.Longuet-Higgins, M. S., (1952) “On the statistical distribution of the heights of sea waves,” *J. Marine, Res.*, Vol. 9, pp. 245-265.
- 35.Makarynsky, O., (2004) “Improving wave predictions with artificial neural networks,” *Ocean Eng.*, Vol. 31, pp. 709–724.
- 36.Muraleedharan, G., A.D. Rao, P.G. Kurup, N. U. Nair and M. Sinha, “Modified Weibull distribution for maximum and significant wave height simulation and prediction,” *Coastal Engineering*, 54, 630-638, 2007.
- 37.Muraleedharan, G., N. U. Nair and P.G. Kurup, “Application of Weibull model for redefined significant wave height distributions,” *Proceedings of the Indian Academy of Sciences, Earth and Planetary Sciences*, 108 (3), 149-153, 1999.
- 38.Nair, N.U., Muraleedharan, G. and Kurup, P.G., (2003) “Erlang distribution model for ocean wave periods.” *J. Ind. Geophys. Union* Vol.7, No.2, pp.59-70.
- 39.Özger, M., and Sen, Z., (2007) “Prediction of wave parameters by using fuzzy logic approach,” *Ocean Eng.*, Vol. 34, pp. 460-469.
- 40.Pan, J., (1992) “Long-term joint distribution of one-tenth large (or significant) wave height with average period,” *China Ocean Eng* , Vol .6 , pp. 383-394.
- 41.Satheesh, S.P., Praveen, V.K., Jagadish Kumar, V., Muraleedharan, G. and

Kurup, P.G., (2005) “Weibull and Gamma distribution for Wave Parameter Predictions,” *J. Ind. Geophys. Union*, Vol. 9, No. 1 , pp. 55-64 .

42. Soares, C.G., Scotto, M., (2001) “Modelling uncertainty in long-term predictions of significant wave height,” *Coastal Engineering* , Vol. 28, pp. 329-342.

附錄 花蓮港之船隻動態表

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (距離,km)	備註
85.05	凱姆 (Cam)	22/14:00 23/08:00 14:00		船舶進出港作業正常		19.9 N,119.6E 20.9N,122.0E 21.3N,123.3E	
85.07	葛樂禮 (Gloria)	24/14:00 25/08:00 26/08:00 27/08:00	#25 #23 #4	暴風圈涵蓋本港 船隻「羅伯」因斷纜出港避風浪 船隻「貝爾」因斷纜出港避風浪 船隻「吉拉」因斷纜出港避風浪 成立防颱中心		17.3N,124.2E 18.8N,122.4E 21.1N,120.8E 24.7N,118.5E	
85.07 85.08	賀伯 (Herb)	29/11:00 30/02:00 14:00 31/08:00 01/08:00 02	#23 #25 #19 #6 #24 #13 #15 #20	暴風圈涵蓋本港 船隻「貝爾」因斷纜出港避風浪 船隻「羅伯」因斷纜出港避風浪 船隻「安康」因斷纜出港避風浪 船隻「安吉拉」因斷纜出港避風浪 船隻「克蘭」因斷纜出港避風浪 船隻「福全」因斷纜出港避風浪 船隻「聯榮」因斷纜出港避風浪 成立防颱中心 船隻陸續出港 船隻「普提」因主機故障無法出港，在碼頭經歷過極度之危險，並碰損碰墊及船體		18.7N,129.7E 20.3N,127.9E 22.0N,127.2E 24.0N,124.6E 25.4N,120.4E	
85.09	莎莉 (Sally)	07/08:00 08/02:00	#10 #23 #13	09/08 05:50 船隻「宏安」斷纜經推頂重新帶纜 09/08 07:53 至 0854 船隻「長貴」出港避風浪 09/08 0753 至 08:54 船隻「艾特絲」出港避風浪		18.1N,127.0E 19.2N,121.9E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
85.09	莎莉 (Sally)	08/14:00 09	#23	船隻「長貴」進港 船隻「艾特絲」進港		19.7N,118.0E	
85.09	魏萊特 Violet	15/20:00 16/08:00 17:00 20:00	#20	船隻「友萊六號」進泊無法靠泊隨即出港		18.8N,126.6E 20.0N,126.3E 20.5N,126.2E 20.5N,126.6E	
85.09	薩恩 Zane	27/14:00 28/02:00 08:00 20:00	#22 #24	船隻「冒險家」因斷纜出港避風 船隻「富國新六號」因油料不足，無法在港外頂浪而緊急勉強進靠。 港內船隻多因斷纜而加強帶纜		21.5N,126.1E 22.0N,125.5E 22.9N,125.4E 24.3N,125.6E	
85.10	貝絲 (Beth)	17/02:00 18/02:00 19/02:00		無明顯湧浪 無船舶斷纜或出港避風		17.7N,125.2E 17.6N,122.1E 18.6N,119.6E	
85.11	爾尼 (Ernie)			花蓮地區豪雨達六百餘公釐，花蓮港多處圍牆及擋土牆傾倒，無影響船舶靠船			
85.11	戴兒 (Dale)	10/08:00 11/02:00 13/02:00		在港商船五艘全部出港避風 船鼻舢陸續返港		16.8N,133.8E 19.4N,131.6E 29.3N,138.8E	
86.04	伊莎 (Isa)	21/16:00 22/04:00 08:00 23/02:00		下午港內產生湧浪，船隻「榮華」、「卓越」移泊內港，仍有斷纜 仍受湧浪影響，多有斷纜 仍受湧浪影響，多有斷纜 已較緩和，裝卸仍受影響		24.3N,139.5E 24.5N,139.7E 27.4N,143.7E	
86.05	里維 (Levi)	28/02:00 29/02:00 30/02:00		港內船隻未受影響 港內船隻未受影響 港內船隻未受影響		18.8N,126.3E 23.2N,127.5E 27.3N,32.4E	
86.06	歐珀 (OPAL)	16/08:00 17/08:00 18/08:00	#25	06/18至06/19港內產生微湧，船隻「裕亨」艙艙各斷纜一次		15.0N,132.9E 16.4N,132.4E 20.7N,133.6E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
86.06	歐珀 (OPAL)	19/08:00	#24	06/19 0856 時，船隻「米雪」於碼頭碰撞船體受損		27.4N,133.7E	
86.06	彼得 (PETER)	24/14:00 25/08:00 26/02:00 08:00 14:00 27/02:00	#24 #23 #21	外港產生湧浪，內港裝卸作業正常 0820 船隻「明維」移至#3 碼頭 1030 船隻「安傑利」移至#6 碼頭 1800 船隻「友泰六號」移至#11 碼頭 外港仍有湧浪		15.0N,129.0E 17.0N,127.0E 19.3N,127.2 20.6N,126.5E 21.9N,126.3E 24.9N,126.5E	
86.07	羅西 (ROSIE)	21/02:00 21/14:00 22/08:00 23/08:00 24/08:00 25/02:00		港內有湧浪產生，船隻「亞五」、「富國新六號」提早出港，其他各船尚能勉強靠泊，惟至 0725 均影響正常裝卸作業		14.7N,135.2E 15.9N,134.0E 17.5N,132.6E 19.1N,131.9E 22.4N,132.5E 25.9N,133.6E	
86.08	蒂娜 (TINA)	01/14:00 02/08:00 03/08:00 04/08:00 05/08:00 06/02:00 14:00		港內有湧浪產生，然船舶進出港作業均未受影響		13.4N,135.0E 13.5N,133.5E 14.5N,131.5E 17.0N,129.2E 20.0N,127.0E 22.0N,126.2E 24.2N,126.5E	
86.08	溫妮 Winnie	13/14:00 14/08:00 15/08:00 16/08:00 17/08:00	#22 #8 #24 #23	港內產生湧浪，無法正常裝卸作業。船隻「昌盛」因斷纜出港 港內產生湧浪，無法正常裝卸作業。船隻「宏記」因斷纜出港 港內產生湧浪，無法正常裝卸作業。船隻「諄鵝」因斷纜出港 船隻「希吉」移至#4 碼頭 惟仍斷纜		19.6N,142.2E 20.9N,139.5E 22.6N,135.7E 23.7N,132.0E 24.5N,128.3E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
86.08	安珀 AMber	27/08:00	#23	08/26 1834 時起船隻「亞士皮」因斷纜出港避風迄0830 再返港		19.1N,126.2E	
			#17	08/26 1834 時起船隻「法羅」因斷纜出港避風迄0830 再返港			
			#6	08/26 1834 時起船隻「千葉」因斷纜出港避風迄0830 再返港			
		28/02:00 14:00		0400 左右颱風眼通過本港，造成東防波堤胸牆倒塌等嚴重災情。		20.3N,124.2E 21.4N,122.9E 23.4N,121.6E	
		29/02:00 14:00				24.8N,120.0E	
86.10	艾文 Ivan	18/08:00				14.8N,127.2E	
		19/14:00	#23	外港有湧浪，外港船隻有斷纜情形，船隻「肯尼克」出港 港內正常		17.1N,123.4E	
			#18	外港有湧浪，外港船隻有斷纜情形，船隻「嘉新二號」出港 港內正常			
		20/08:00 21/08:00 14:00				18.8N,122.0E 19.4N,122.6E 19.8,123.9E	
87.08	奧托 Otto	03/02:00				15.5N,124.8E	
		08:00				16.7N,124.5E	
		15:00		19:42 船隻「西里」預知颱風先出港避湧浪		18.7N,123.7E	
		20:00		05:00 左右港內開始明顯產生湧浪		20.1N,123.4E	
		04/07:00		10:00 成力防颱中心 20:00 解除		21.8N,121.8E	
			#22	13:00~15:00 湧浪最劇			
			#23	07:22~10:37 船隻「北斗星」因斷纜出港避風			
	#25	07:22~10:37 船隻「希吉」因斷纜出港避風					
				07:22~10:37 船隻「福運」因斷纜出港避風			

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
87.08	奧托 Otto	04/07:00 16:00 17:00	#20 #21	07:22~10:37 船隻「富國新六號」因斷纜出港避風 船隻「花蓮一號」、「友泰六號」分別移至#4 及#3 碼頭，幸安然度過，惟仍有斷纜產生		23.7N,120.8E 24.2N,120.5E	
87.09	維琪 Vicki	18/02:00 21/02:00 14:00		船舶正常進出港及裝卸作業 船舶正常進出港及裝卸作業 船舶正常進出港及裝卸作業		17.0N,118.7E 23.2N,128.7E 26.0N,131.0E	
87.09	楊妮 Yanni	28/00:00 02:00 17:00	#21	船隻「新華」移至#4 碼頭，外港除「宏安」靠#18 碼頭外不他船進泊，內港仍維持裝卸作業，外港「宏安」雖無法做為，然仍僅稍受湧浪影響 10:00 成立防颱中心 17:30 即恢復正常職守 21:30 時即解除臺颱中心		22.2N,123.0E 22.6N,122.4E 24.0N,122.2E	
87.10	瑞伯 Zeb	12/02:00 14:00 13/02:00 14:00 14/02:00 15/02:00 16/08:00 18:00	#15 #24 #23 #11	22:49 船隻「卡迪」預知颱風動態自碼頭出港 17:30 成立防颱中心 06:51~08:42 船隻「江美」因斷纜出港避風 06:51~08:42 船隻「華榮」因斷纜出港避風 06:51~08:42 船隻「亞七」因斷纜出港避風 船隻「捷運」私自於內港迴船池拋錨 18:00 解除防颱中心		11.0N,133.7E 12.3N,131.3E 13.6N,129.0E 15.5N,126.0E 16.2N,123.7E 18.8N,121.3E 23.8N,122.3E 25.4N,123.5E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
87.10	芭比絲 Babs	20/02:00				11.0N,129.0E	
		21/02:00		19:00 左右港內產生湧浪 08:00 船隻「德洋福星」移 內港		12.7N,126.4E	
		22/02:00		07:30 左右港內湧浪加劇		13.9N,123.5E	
		14:00	#25	15:02~19:30 船隻「尊傑」 因斷纜出港避風		14.6N,122.6E	
			#22	15:02~19:30 船隻「飛鷹」 因斷纜出港避風			
			#18	15:02~19:30 船隻「華榮」 因斷纜出港避風			
			#23	15:02~19:30 船隻「克蘭」 因斷纜出港避風			
			#8	船隻「伊斯拉」移至#6 碼 頭			
			#21	船隻「富國新」靠泊僅 rolling 無 pitching 現象， 而得勉強度過湧浪侵襲			
			#20	船隻「富國新六號」靠泊 僅 rolling 無 pitching 現 象，而得勉強度過湧浪侵 襲			
23/02:00				15.3N,121.4E			
24/02:00				17.0N,118.5E			
25/08:00				19.4N,116.4E			
87.12	費絲 Faith	10/02:00		船舶正常進出港及裝卸作 業（冷鋒南下）		11.7N,126.0E	
		11/08:00		船舶正常進出港及裝卸作 業（冷鋒南下）		12.0N,122.0E	
		14:00		船舶正常進出港及裝卸作 業（冷鋒南下）		11.5N,120.1E	
88.04	凱特 Kate	23/08:00		本港未受影響		13.7N,126.9E	
		24/14:00		本港未受影響		15.0N,129.0E	
		26/08:00		本港未受影響		19.9N,133.0E	
		27/02:00		本港未受影響		22.2N,136.3E	
88.06	瑪姬 Maggie	03/02:00				14.3N,129.4E	
		04/14:00				16.6N,127.9E	
		05/08:00		18:00 成立防颱中心 23:00 港內湧浪加劇		18.9N,124.5E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
88.06	瑪姬 Maggie	05/08:00 06/12:00		06/00:00 起內外港「達和」、「東日」、「富國新六號」、「海富」、「伯那德」分別出港避風 12:00 解除		22.3N,118.6E	
88.07	歐佳 Olga	30/08:00 31/02:00 01/08:00		港內有湧，雖未影響靠泊，惟 0801 至 08/02 外港部份船隻仍有湧浪		16.6N,133.7E 20.8N,131.9E 24.8N,129.3E	
88.08	山姆 Sam	19/14:00 20/11:00 21/05:00	#22	08/20 上午外港湧浪加劇，內港狀況尚可「捷運」、「富海」由外港移內港 船隻「庫島」出港避風 外港仍有湧浪		16.8N,125.4E 18.3N,121.8E 18.8N,118.9E	
88.09	巴特 Bart	19/08:00 20/08:00 21/14:00		無影響船舶進出裝卸作業		21.8N,128.0E 23.4N,125.5E 24.5N,125.9E	
88.10	丹恩 Dan	03/14:00 04/02:00 05/08:00 06/05:00 07/08:00 08/07:00	#23 #18	上午出現湧浪 船隻「信輝」勉強靠泊 稍受影響，裝卸作業暫停 本次颱風船隻「富國新」於高雄旗津擱淺、「金門二號」於金門沉沒		17.9N,129.4E 18.5N,127.9E 18.2N,122.4E 18.5N,119.2E 19.7N,117.3E 21.6N,118.1E	
88.11	葛樂禮 Gloria	15/02:00 16/02:00		無影響船舶靠泊作業		21.0N,130.6E 27.6N,137.7E	
89.05	丹瑞 Damrey	08/08:00 09/08:00 10/08:00 11/08:00		正常運作		13.8N,131.4E 15.6N,133.5E 19.5N,136.8E 23.6N,139.9E	
89.05	龍王 Long-wang	19/08:00 14:00 20/02:00		正常運作		21.4N,125.5E 22.4N,126.9E 24.7N,130.7E	
89.07	奇洛基 Kirogi	04/20:00	#22	23:21 船隻「曼多」出港避湧		19.0N,131.6E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
89.07	奇洛基 Kirogi	05/02:00 14:00 06/02:00	#25	23:21 船隻「快捷」出港避湧 外港各船勉強維持至0706 下午後漸改善恢復作業		20.0N,131.4E 21.6N,132.5E 23.3N,133.6E	
89.07	啟德 Kai_Tak	02:00 07/05:00 08/20:00 09/06:00 13:00	#25 #18 #24	成立防颱風中心 07:00 通知出港避風 09:07 船隻「快捷」出港避湧浪 10:31 船隻「宏星」出港避湧浪 11:36 船隻「聯歐」出港避湧浪 16:00 解除防颱風中心,翌日始恢復進出		19.0N,119.8E 20.1N,118.8E 20.6N,120.4E 22.0N,121.3E 24.2N,121.6E	
89.08	碧利斯 Bilis	21/08:00 22/07:00 20:00 23/12:00		17:30 成立防颱風中心 24:00 時前除內港船隻「天立一號」輪堅不出港及「億滿鴻」700 噸漁船要求進港外,均已出港避風。「天立一號」幾乎完全斷纜在內港迴船池飄盪 12:00 恢復正常		18.8N,128.3E 20.7N,124.2E 22.5N,122.0E	本次本港包括東防波堤受到重創
89.08	巴比倫 Prapiroon	27/20:00 28/16:00 29/11:00 30/07:00		17:30 成立防颱風中心 港內運作正常 上午解除防颱風中心		22.3N,130.1E 23.0N,127.1E 24.0N,125.1E 26.6N,123.4E	
89.09	寶發 Bopha	08/14:00 09/10:00 21:00 10/07:00		09:00 成立防颱風中心 15:00 解除防颱風中心 內外港均靠泊有船並無斷纜情事		25.5N,128.0E 25.3N,124.7E 24.3N,123.6E 22.5N,123.0E	
89.10	雅吉 Yagi	23/02:00 24/08:00 25/08:00		港內幾無湧浪產生 17:00 成立防颱風中心並建議外港船隻「盛寶」及內港船隻「瑞和」出港避風		22.2N,133.8E 23.0N,128.2E 24.7N,124.9E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
89.10	象神 Xangsane	30/02:00 31/07:00 13:00	#17	22:00 成立防颱風中心 11/01 22:00 解除 船隻「泰瑞八號」於 23:30 移至#4 碼頭並仍嚴重斷 纜外，其餘船舶均出港避 風，港內湧浪劇烈		16.0n,118.0e 18.6n,119.6e 19.3n,120.2e	
90.05	西馬隆 Cimaron	11/08:00 13/07:00	#23	05/12 14:00 成立防颱風中心 未造成湧浪 船隻「金瀧」待修及沉箱 渠內之沉箱均安然		17.0N,119.0E 21.0N,121.7E	
90.06	奇比 Chebi	20/14:00 21/08:00 22/14:00 23/01:00	#23 #18 #3	16:00 成立應變小組 06/24 解除 19:00 湧浪加劇 船隻「貿易」出港 船隻「宏安」出港 內港船隻「捷運」情況尚 可		13.0N,133.0E 4.3N,127.7E 19.3N,122.4E 20.9N,120.0E	
90.07	尤特 Utor	02/14:00 03/14:00	#23 #21	07/04 08:00 成立應變小組 07/04 07:30 已產生湧浪 船隻「安裕」出港 12:00 船隻「源利」及「重 榮」出港，湧浪甚劇，迄 0706 恢復進出，惟仍有湧 浪			
90.07	潭美 Trami	11/07:00		07/10 23:00 成立應變小組 本次幾全無湧浪產生		21.8N,121.6E	
90.07	桃芝 Toraji	27/14:00 28/08:00 29/13:00	#12	14:00 成立應變小組 20:30 湧浪開始劇烈 除船隻「華龍」斷纜其他 商船均已出港 07/30 05:00 湧浪減緩		17.2N,126.9E 18.4N,124.8E 22.0N,122.5E	
90.09	納莉 Nari	13/14:00		09/15 成立應變小組 09/17 12:00 解除 本次颱風非常詭異重創臺 灣，惟本港完全未受影響		26.9N,126.2E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
90.09	利奇馬 Lekima	25/09:00	#24	09/25 17:00 成立應變小組 09/27 12:00 解除，內港未 受影響，外港自 0926 上午 起有湧浪到晚上稍劇 船隻「伯那」勉強撐過		20.4N,122.0E	
90.10	海燕 Haiyan			10/15 16:00 成立應變小組 10/16 21:30 解除 未受影響			
91.06	諾古力 Noguri	08/14:00		無任何影響		21.0N,118.0E 22.0N,124.5E 24.9N,125.5E	
91.06	雷馬遜 Rammasun	29/14:00	#24	港內產生湧浪多數船舶斷 纜 船隻「可兒」撞損碰墊		11.3N,136.0E	
92.04	柯吉拉 Kujira	18/02:00 19/02:00 21/02:00 22/08:00 23/08:00 24/11:00		04/17 晚上出現湧浪 04/18 船舶均出港避風，至 0424 始陸續恢復船舶進 港		13.6N,131.4E 13.9N,129.1E 18.0N,125.1E 19.7N,123.6E 20.8N,122.5E 22.5N,123.0	
92.05	蓮花 Linfa	28/02:00 29/08:00 30/02:00		未影響港內作為，僅於 0529 17:00 時高潮位時稍 有湧浪		16.6N,122.7E 22.1N,120.3E 21.8N,122.9	
92.06	南卡 Nangka	01/20:00 02/14:00 03/02:00		無任何影響		18.2N,117.8E 20.6N,120.3E 21.8N,122.9E	
92.06	蘇迪勒 Soudelor	14/02:00 15/08:00 16/02:00 17/11:00	#13 #24 #10 #25	21:00 港內有湧並漸加劇 01:00 船隻「達和」開始斷 纜，04:00 出港 船隻「雲天客」斷纜 05:30 出港 06:00 船隻「亞六」出港 07:00 船隻「裕慎」出港		11.2N,128.2E 14.0N,125.9E 16.0N,124.9E 20.3N,123.2E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
92.06	蘇迪勒 Soudelor	17/11:00 18	#23	07:30 船隻「龍天客」出港 中午以後始改善		20.3N,123.2E	
92.07	伊布都 Imbudo	17/14:00 18/02:00 20/14:00 21/14:00 21/20:00 22/02:00 22/08:00 22/14:00 23/05:00	#23 #18 #11	清晨開始明顯有湧浪，船隻「宏伶」原擬於 05:30 時出港避風，後因覺情況稍微轉好而作罷，08:30 時由壽豐頂住趕卸 10:23 出港，損壞碰墊二組 船隻「佳星」斷纜於 09:44 時出港避風，損壞碰墊二組 船隻「金瀧」堅不出港，中午過後湧浪加劇。船隻「金瀧」斷纜嚴重。 中午過後，湧浪漸減輕		8.3N,140.9E 9.3N,139.4E 12.1N,131.6E 14.3N,127.1E 15.0N,125.8E 15.7N,124.4E 16.4N,123.0E 16.9N,121.3E 18.2N,117.6E	
92.08	莫拉客 Morakot	02/17:00 02/23:00 03/05:00 03/14:00 04/14:00		本次颱風帶來雨量舒解早象，除 08/03 晚上至 08/04 早上稍有湧浪外，均無影響船舶進出作業，亦無斷纜現象。 23:50 時成立防颱 18:30 時解除防颱		19.1N,124.6E 19.8N,123.9E 20.5N,122.9E 21.3N,121.4E 24.1N,119.0E	
92.11	米勒 (Melor)	0500 1100 1700 2200		11/02 1100 成立應變小組 11/03 1600 解除 11/03 0900 時召開防颱會議要求船舶出港避風，「康運」經過強制要求於 1200 時前出港，其他船舶則均未出港避風，港內亦無明顯湧浪行成		19.6N,120.7E 20.3N,120.5E 21.0N,120.8E 21.4N,121.0E	
92.11		03/0600 1100 1700				22.4N,121.7E 22.8N,122.2E 23.5N,123.1E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
92.08	科羅旺 (Krovanh)	21/08:00 1400 22/0200 1100 2300 23/0800		本次颱風發布海上颱風警報。除 08/22 晚上稍有湧外，不影響進出作業		18.8N,129.2E 18.4N,128.0E 17.9N,125.9E 17.7N,123.7E 17.7N,121.5E 17.6N,119.2E	
92.08 92.09	杜鵑 (Dajuan)	30/0200 31/0200 2000 01/0200 1600 2200 02/1400	#17 #18 #23 #21	2130 成立應變小組 1000 時左右高潮位開始起湧，「振興」提早於 1130 時出港； 「晶利 3 號」1230 時出港避風； 「范迪克」在拖船協助推頂搶卸花崗石後 1330 時出港 「長宏」1130 時移泊#4 碼頭 1830 解除應變小組，「晶利 3 號」2030 時進港			
92.08	艾陶 (ETAU)	03/1400 04/0200 04/1400 05/0200 05/1400 06/0200 07/0200	#18 #19	本次颱風無影響船舶進出靠泊，惟於 08/07 凌晨高潮位起即有越浪並稍有湧 下午 1530 時高潮位後始漸穩靜。18#碼頭「雷尼」及 19#碼頭「行運」均有斷纜現象		13.5N,139.6E 14.7N,138.1E 15.6N,135.3E 17.8N,133.7E 18.7N,131.5E 20.5N,130.3E 25.3N,128.7E	
92.09	梅米 (Maemi)	10/0200 0800 1400		09/10 上午有湧，惟不影響港內船舶靠泊		23.4N,127.8E 23.6N,127.2E 23.9N,126.7E	
92.11	盧碧 (Lupit)	22/1400 23/1400 24/1400 25/1400 26/1400				8.8N,152.3E 8.1N,146.9E 8.5N,143.5E 11.6N,138.7E 13.1N,136.4E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
92.11	盧碧 (Lupit)	27/1400	#23	11/27 下午起湧,「莎菲」 晚上無法卸貨作業		14.4N,134.5E	
		28/1400 29/1400 30/1400		11/29 湧浪加劇		16.1N,132.5E 19.2N,130.9E 23.1N,133.8E	
92.12		01/0200	#23	至 12/01 上午始趨緩和, 「莎菲」15000 噸級勉強 支撐度過本次颱風,其他 砂石船亦均勉強維持作 業。內港船舶則尚可作 業,惟斷纜難免。		25.9N/137.5E	
93.04	舒達 (Sudal)	05/0800	#23 #25	早上外港已稍有湧並通報 各代理行、中午高潮位後 轉劇通知「金澧」及「貿 光」 ，1730 時「雲天客」出港 避湧， 2100 時「裕樸」 出港避湧 原訂 04/13 0000 時進靠 24#福順延後進港,湧浪加 劇		8.0N,149E	
		06/0800				9.5,147E	
		07/0800				10.1N,144.4E	
		08/0800				9.2N,140.6E	
		09/0800				9.1E,138.1E	
		10/0800				10.8N,135.3E	
	11/0800	13.7N,131.6E					
		12/0800		15.4E,131E			
		13/0800		17.2N,131.7E			
		14/0800		20.5N,134E			
		15/0800		23.7N,138.8E			
93.05	妮妲 (Nida)	14/1400	#24	0500 時高潮位港內湧 浪,24#碼頭「和風」搖盪 仍勉強完成卸載,並於 1300 時出港,其他較小型 之砂石船及內港靠泊船舶 均仍可裝卸作業		8.5N,131.5E	
		16/0200				10.7N,128E	
		1400				11.8N,126.4E	
		17/0800				14.1N,124.3E	
		1400				14.7N/123.8E	
		18/0800				16.9N,123.5E	
		1400	17.5N,123.6E				
		19/0800	20.2N,125.2E				
		1400	21.3N,126.5E				
				港內仍持續有湧,1800 高 潮位時湧浪甚至加劇,致 「國昌」延期進港			

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
93.05	妮妲 (Nida)	20/0200		上午湧浪漸減		23.6N,129.6E	
93.08	梅姬 (Megi)	16/1400 0200 0800 1400		本次颱風對本港毫無影響		18.8N,130.8E 21.1N,128.8E 23N,127.8E 24.7N,127.1E	
93.06	康森 (Conson)	07/0800 08/0800 1800 09/0800 1400 1700		1630 成立緊急應變小組 1830 解除, 本次颱風對本港無任何影響, 亦無湧浪產生		16.4N,118.7E 18.3N,119.3E 19.8N,119.9E 21.2N,121.3E 22.3N,122.6E 22.9,123E	
93.06	敏督利 (Mindulle)	23/1400 24/1400 25/1400 26/1400 27/1400 2000 28/1400 29/1400 30/1400		凌晨高潮位時即開始有湧,「裕東」、「傑昌」、「通華」均因斷纜陸續出港避湧 湧浪稍有減緩 因偏北轉向港內湧浪再漸次加劇, 故船舶至 07/03 晚上始陸續進泊。		16.7N,1429.E 16.3N,137.8E 15N,133.9E 14.8N,130.4E 16.9N,128.1E 17.4N,127E 18.4N,125.5E 18.9N,123.7E 19.3N,122E	
93.07		01/0800 2200 02/0800 02/0800		07/01 0830 召開防颱風會議。 本次颱風引進強烈西南氣流, 重創臺灣		19.8N,122.1E 21.7N,121.8E 23.7N,121.7E 25N,121.6E	
93.07	康伯斯 (Kompasu)	14/0800 1400 2000		本次颱風在較高緯度生成, 本局於 07/141500 時召開防颱風會議並於 1530 時配合交通部成立緊急應變小組, 由於颱風持續偏西且維持輕度, 故對本港絲毫無影響		21.2N,125E 21.4N,123.5E 20.9N,121.5E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
93.07	康伯斯 (Kompasu)	15/0200		0700 時解除應變小組		20.9N,120.5E	
93.08	蘭寧 (Rananim)	09/0200 10/0200 0800 1400 11/0200 0800 1400		本次颱風對本港泊港船舶毫無影響，甚至 25#碼頭之「裕東」輪均正常卸載煤炭。 惟因東堤越浪，堤頭燈塔施工中已樹立之鋼筋均被衝垮 1530 時成立緊急應變小組，08/12 2030 時解除		18.8N,130.4E 20.9N,129.3E 21.3N,128.1E 22.1N,128.1E 22.9N,127.1E 23.1N,126.4E 23.9N,125.6E	
93.08	艾利 (Aere)	20/0800 1400 21/1400 22/1400 23/0800 24/0800 25/0800		早上開始有湧，泊港船舶多有斷纜情形，惟仍可正常裝卸作業。除 25#碼頭「富國新七號」外，其他砂石船均進泊內港。 1500 時成立緊急應變小組		13.4N,135.3E 14.7N,136.5E 18.2N,132.9E 20.9N,129.1E 22.9N,126.4E 24.9N,124E 25.4N,121.4E	
93.08	佳芭 (Chaba)	20/0800				13.4N,157.6E	
		1400 21/1400 22/1400 24/0800 25/0800 26/0800		上午 0900 時左右港內開始有較大湧浪產生，但「信興」仍進靠 21#碼頭、「富國新七號」仍靠 17#碼頭，油輪「安運」則取消進泊。 上午湧浪已減小，船舶均已正常進出作業。		13.8N,157E 14.4N,151.8E 14.3N,146.3E 17.5N,140.2E 20.3N,138.2E 22.5N,136.E	
93.09	桑達 (Songda)	03/1400 04/0800		上午八時左右高潮位時稍見湧浪 上午九時左業「宏裕」於 18#碼頭斷纜出港避湧		22.4N,135.2E 23.3N,132.2E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
93.09	桑達 (Songda)	04/1400 05/0200 1400		09/04 至 09/05 下午外港湧浪較巨，惟數艘砂石船仍進出裝貨。 09/05 2100 時高潮位後港內已較平靜，惟舊東堤越浪仍甚巨		24.1N,131.1E 25.1N,129.7E 26.3N,128.2E	
93.09	米雷 (Meari)	21/0800 22/0800 23/0800 24/0800 25/0800 26/0800 27/0800		25 日晚上至 26 日下午稍有湧浪，惟不影響船舶正常作業（本次颱風形成行進期間適逢大陸高壓南下）		13.1N,141.9E 15N,139.6E 17.2N,137.5E 19.4N,134.3E 22.2N,131.2E 25.8N,126.4E 26N,124.8E	
93.10	馬鞍 (Ma-On)	04/1400 05/1400 06/1400 07/0200 08/0200 0800 1400		上午稍有湧浪，惟 25#「海安」仍正常卸載 中午湧浪稍增強，惟下午即轉趨減弱，舊東堤越浪甚巨		16.9N,134.4E 18.7N,134.7E 206.N,132.7E 21.3N,131.6E 23.2N,130.8E 23.8N,131.5E 25.2N,132.2E	
93.10	陶卡基 (Tokage)	13/0800 14/0200 0800 15/2000 16/1400 17/0200 18/0800 1400 2000 19/0800		上午湧浪漸生，0900 時高潮位後漸加劇，中午以後因颱風與東北季風加乘效果港內湧浪加劇，風及浪持續增強，東堤越浪甚巨 下午四時以後外港及內港船舶均漸次嚴重斷纜，翌日雖港內湧漸緩，但東堤越浪仍甚劇。		14.4N,143.9E 14.2N,139E 13.8N,138.1E 15.5N,134.4E 17.6N,134E 18.6N,132.5E 21.8N,128.2E 22.2N,127.4E 23N,126.9E 24.7N,127.2E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
93.10	納坦 (Nock-Ten)	19/0200 20/1400 21/0200 1400 22/0200 23/0800 24/0700 2200 25/0200 0800 1100		1600 高潮位前後湧浪加劇，原泊港商船三艘出港避風，惟「永順一號」仍堅持進靠 10#碼頭卸貨 0400 時起風勢漸強，0900 時起則持續吹南風至 1700 時仍未歇 10/26 上午恢復正常		10.1N,149.8E 11.4N,144E 12.6N,141.8E 13.8N,139.3E 14.5N,137.3E 17.4N,132.3E 19.8N,126.4E 22N,123E 22.7N,122.5E 24N,122.2E 25N,121.8E	
94.04	桑卡 (Sonca)	25/0200 1400 26/0200 1400 27/0200		對本港無明顯影響 4/27 上午高潮位時稍見湧浪		15.2N,131E 16.7N,131.6E 18.6N,132.9E 21.7N,135.6E 24.7N,140.2E	
94.06	尼莎 (Nesat)	01/0800 1400 02/0200 0800 03/0200 1400 04/1400 05/0200 1400 06/0200 1400 07/1400 08/0200		06/06 上午稍有湧浪產生，惟不影響船舶作業。23#「宇天客」卸木片、18#「安運」卸油均正常		10.5N,143E 10.8N,141.6E 10.8N,139.6E 11.2N,138.5E 12N,135.3E 12.9N,133.7E 15.2N,131E 16.5N,130.4E 18.1N,130.8E 19.7N,132E 21.3N,133.4E 23.5N,134.1E 24.4N,133.7E	
94.07	海棠 (Haitang)	12/1400 13/1400 14/1400 15/1400 16/1400				24.1N,131.1E 23.5N,151E 22.3N,148.3E 20.2N,142.4E 20.3N,129E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
94.08	泰利 (Talim)	30/0800		0700 左右 18#碼頭「亞三」、25#碼頭「信和」均因斷纜先後出港避湧，惟內港 11#碼頭「亞七」及外港之砂石船均分別作業至下午及晚上始正常出港。		21.4N,129.7E	
		1400				21.6N,1283.E	
		31/0800		08/31 上午以後港內湧浪加劇		22.7N,125.2E	
		1400				23.4N,124.1E	
94.09		2300				24N,122.1E	
		01/0300 0700		09/01 零時前後風力甚強		23.6N,121.6E 24.2,121.8E	
		0800		0800~1400 回南風甚強，09/01 1700 時「通華」已可進靠 11#碼頭		24.2N,120.4E	
94.08	娜比 (Nabi)	02/0200		上午開始港內產生湧浪，18#碼頭「亞三」、8#碼頭「亞六」均先後出港避湧，雖小型砂石船仍進出作業，惟其他大型船均等待至 5 日始漸次進港，至 6 日仍有斷纜之情事。		18.8N,138.5E	
		1400				19.6N,136.8E	
94.09	卡努 (Khanun)	07/1400				13.5N,134E	
		08/0200				14.8N,133E	
		1400				16.3N,132.3E	
		09/0200				18.2N,131.1E 20.4N,129.6E	
		1400		上午 9 時及晚上 9 時左右之高潮位均有湧浪產生，惟 25#「裕利」仍勉強支撐斷續卸貨作業，23#「土星」及 24#「信和」則均於 9 日深夜提早出港避風。		22.1N,127.4E	
		2000				24.2N,125.2E 25.2N,124.3E	
94.09	卡努 (Khanun)	21/0800				18N,123E	
		1400		下午高潮位時開始有湧，惟不影響船舶進出及作業		18.9N,122E	
		2000				19.2N,121.5E	
		22/0800				19.3N,120.7E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
94.09	龍王 (Longwang)	30/0800				22N,132.1E	
		2000				22N,129.9E	
94.10		01/0800		10/01 上午外港稍有湧浪，內港則尚好，13#碼頭「盛和」遲至 1200 時出港，12#碼頭「金瀧」則堅不出港		22.5N,127E	
		2000		10/01 下午起湧浪開始加劇		23.1N,123.9E	
		02/0400		「金瀧」於 10/02 0330 時纜繩全斷漂流，0442 時擱淺於南濱沿岸		23.6N,122E	
		1200		10/03 正常進出		23.9N,119.9E	

註：引自花蓮港港務局之書面報告

交通部運輸研究所合作研究計畫

■期中□期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：臺灣國際港區船舶動態管理特性及颱風波浪資料補遺研究

(四)

執行單位：國立交通大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
余進利委員：	
<p>一、目錄的頁碼與內文的頁碼不一致，請更正之。</p> <p>二、本研究工作項目包括颱風波浪資料補遺研究，但報告內容未說明如何補遺颱風波浪資料，請說明。</p>	<p>一、感謝委員的指正，遵照辦理。</p> <p>二、補遺工作已在之前研究中發展完成並已詳細提出成果報告，將考慮整合於本年度成果報告中。</p>
楊文衡委員：	
<p>一、增加 2006、2007 颱風資料。</p> <p>二、波浪統計(波高與週期)分析可經由理論推導，但結論應簡單，利於使用者方便了解。</p> <p>三、類神經模式預警應以保守為宜。</p> <p>四、未來因應地球暖化，低壓中心更低中心風速加大等變化，應繼續研究，氣候變遷對本研究之研究。</p>	<p>一、感謝委員的建議，本模式已利用往昔資料建立完成，若花蓮港務局能提供更新的資料將用來進行驗證。</p> <p>二、感謝委員建議，將於期末報告中簡化結論的部份，以便使用者了解。</p> <p>三、感謝委員建議。</p> <p>四、感謝委員建議，因應未來全球氣候的重大變遷，將採用最新颱風資料來做驗證與比較。</p>
陳陽益委員：	
<p>一、請述資料補遺的印證，尤其對不同性質的颱風(含其路徑方向、前進速度及其大小等皆為變化者，尤其是滯留且會增強者)所造成的風浪。</p> <p>二、颱風(或季節性)風浪之統計特性，建議如敝人對何梁勝科長所提的建議，如此較會顯現各統計公式之適用性與其精確度(因各公式中的參數會隨風浪的大小範圍不同而會改變的可能)，尤其對大風浪者。</p>	<p>一、感謝委員的建議，本研究目前僅以花蓮港務局有紀錄之颱風為研究目標，對於近幾年常出現的滯留型颱風，將嘗試輸入模式進行測試。</p> <p>二、感謝委員的建議，本研究團隊必會與委員以及何科長進行討論與研究。</p> <p>三、目前本模式僅針對花蓮港的資料進行</p>

<p>三、各不同港灣隨構造與地形水深的不同，會有不同的風浪特性，如仍應用在各地港口及其準確度與印證，請述，當然有一致性最好，若無則應如何？</p> <p>四、船舶動態的預警系統中的準確度如何印證，或述其誤差度如氣候(氣象局)的預報般，以免發報單位造成困擾而不用。</p>	<p>建立與測試，未來延續計畫中希望能擴展到各大國際港區。</p> <p>四、期末報告中將提出風險分析以供發報單位做評估。</p>
<p>林柏青委員：</p>	
<p>一、對研究成果表示肯定。</p> <p>二、文中大量使用 Matlab 作颱風波浪預報，建立視窗化船舶動態管理操作系統，及波浪特性統計分析，建議將相關程式列入書末之附錄中，可提供本所相關研究人員參考學習的機會。</p>	<p>一、感謝委員肯定。</p> <p>二、感謝委員建議，將遵照辦理，所有本計劃中發展之程式將納入成果報告中以書面或電子儲存媒介提供展示。</p>
<p>何良勝委員：</p>	
<p>一、有關船舶動態預警模式，內文應檢查或修正之處：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.圖 3.5 颱風名稱與 p.2-4 內文不符。 2.圖 3.14 颱風名稱與 p.2-4 不符。 3.表 2-2 與表 2-5 颱風總數為何不同。 4.相關視窗介面，建議增列中文。 <p>二、有關波浪特性分析，下列請建議補充說明。</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.「波高(or 週期)機率密度函數」之說法及資料取法。 2.第 5 章中波高與週期之各種比較結果，可否補充以圖示加強說明。 3.本年度新增之 Ksdensity 法，有何作用。 4. 5.5 節之各港各年度比較，有些雜亂。 	<p>一、感謝委員指正。</p> <p>二、感謝委員建議，將於期末報告中加強說明並改善。</p>

交通部運輸研究所合作研究計畫

□期中■期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：臺灣國際港區船舶動態管理特性及颱風波浪資料補遺研究

(四)

執行單位：國立交通大學

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
<p>陳陽益委員：</p> <p>一、整體而言，已達本計畫所預期的成果，提供相關單位的參考。</p> <p>二、不在機率密度範圍內的颱風大小，請列入討論以便判斷其影響大小。</p> <p>三、颱風在原地附近打轉或滯留情況時，請列入討論。</p> <p>四、若各地量測波浪的水深是相同時，所得的波高分佈是否會如目前所得的結果。</p> <p>五、週期分佈以 Normal 分佈時，則以何者的週期作基準點，或可考慮波高與週期的聯合分佈來做檢討一下。</p>	<p>一、感謝委員認可。</p> <p>二、感謝委員建議，已增列於文中 3.6 節。</p> <p>三、截至目前為止滯留型的颱風資料並不多，本研究團隊測試的結果顯示因其颱風移動速度降低，對於船隻動態指數的推估會有些許低估的狀況，且颱風滯留現象常發生於靠近本島的登陸點位置，故對於預警系統來說其影響並不大。</p> <p>四、感謝委員的建議，目前除了儀器本身製造商的差異外，水深與地形等差異尚需未來以更多的資料進行影響評估。</p> <p>五、感謝委員建議。</p>
<p>楊文衡委員：</p> <p>一、波高、週期機率統計表再加以分析 RMSE 平均值，以比較各機率分佈之差異。</p> <p>二、船隻動態預警模擬不佳情況(結果)應顯示出結果，以利爾後利用時可以修正保守係數。</p>	<p>一、感謝委員建議，將新增於期末報告定稿中。</p> <p>二、感謝委員建議，已將預警效果較差的幾場颱風於 3.6 節中逐一討論。</p>

<p>三、不合理(不通過 90%、80%)之樣本，可以除去學習樣本再加以模擬。</p>	<p>三、感謝委員建議。</p>
<p>林柏青委員：</p>	
<p>一、4-3 頁關於原始壓力轉換為水位訊號時，請說明去除長波影響的截斷頻率為多少，選擇標準為何？</p> <p>二、5-6 頁統計方法取樣數只有 30 小時之每小時波浪，可能會樣本數不足，無法代表全年、季或月的特性，此是否為統計公式與 Ksdensity 之評估結果產生差異的原因？</p> <p>三、圖 5.5 九、十、十一月之 RMSE 與秋季之 RMSE 差異太大是計算錯誤還是取樣問題造成？另外圖 5.11、圖 5.29、圖 5.30、圖 5.32 也有同樣情形。</p> <p>四、波高超量機率密度是否為 H_s 大於 3 米的機率分布，為何表 5-78 的 RMSE 值與表 5-9、5-15、5-21，H_s 大於 3 米的 RMSE 值差別很大？</p> <p>五、圖 5.49 至圖 5.53 請用彩色圖示，以利判讀。</p> <p>六、根據 5-9 節，結論中波高較大值部份只有安平港與花蓮港較吻合 Log-Normal 分佈。</p> <p>七、本研究作了波浪特性分析與波高超量機率密度分析，找出最適分布，但是沒有針對本研究目的即如何應用在</p>	<p>一、感謝委員的建議，由於儀器花蓮港每小時取樣 17 分鐘，而安平與臺北港則是每小時取樣 9 分鐘，未來將考量如何去除長波影響。</p> <p>二、一般而言 當樣本數超過 30 個可視為"足夠大樣本" (large enough sample size) 滿足中央極限定理 (Central Limit Theory)，可參考 Applied Statistics for engineers and scientists (J. Devore and N. Farnum, 2005).</p> <p>三、圖中第三季所指的月份為七、八、九月三個月份。</p> <p>四、由於取樣的不同，表 5-9 等是將所有大於 3m 的波浪資料做統計分析，而在 5.9 節則為經過超量選用法自機率密度分布中取大於 3m 的部份做分析。</p> <p>五、感謝委員建議，遵照辦理。</p> <p>六、感謝委員指正。</p> <p>七、補遺工作已在之前研究中發展完成並已詳細提出成果報告。</p>

<p>颱風波浪資料補遺上，請舉例作說明。</p> <p>八、文中修正部份如下：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 式 (4-5) $f(x, \alpha, \beta)$ 應改為 $f(x, c, \alpha, \beta)$。 2. 4-5 頁第 5 列式 (4-6) 應改為式 (4-7)。 3. 式 (4-7) $f(x, \eta, \sigma)$ 應改為 $f(x, \alpha, \beta)$。 4. 4-9 頁第 6 列圖 2.5 應改為圖 4.5；第 9 列 Ksdnesity 更正為 Ksdensity。 5. 圖 4.6 中 RMS 更正為 RMSE。 6. 表 5-61 多打了 40。 7. 5-51 頁第 8 列更正為示性週期分佈。 	<p>八、感謝委員指正。</p>
<p>何良勝委員：</p>	
<ol style="list-style-type: none"> 一、建議將 p.3-15~p.3-17 之 2008 年兩個颱風之船隻異動推算結果另列 1 節，以凸顯本模式之預測成果。 二、請增列 p.3-15、p.3-16 辛樂克與鳳凰颱風之路徑，用以加強對照瞭解。 三、增列本年度有關「花蓮港船隻動態紀錄表」說明。 四、基本上，本研究已達到船舶異動之預測功能，及建立臺北、安平、花蓮等港波高與週期之特性模式，研究成果可謂豐碩及實用。 	<ol style="list-style-type: none"> 一、感謝委員建議，遵照辦理。 二、感謝委員建議，遵照辦理。 三、感謝委員建議，遵照辦理。 四、感謝委員認可。

交通部運輸研究所港灣技術研究中心

臺灣國際港區船舶動態管理特性 及颱風波浪資料補遺研究(四)

期末報告簡報

簡報人：張憲國



國立交通大學土木工程系所
中華民國九十七年十一月十八日



研究動機

- ◆ 花蓮港因港池共振的問題，在颱風來襲之時，造成港內波浪大於港外波浪，使船隻須出港避湧。
- ◆ 暴潮以及颱風波浪等海氣象資料需要經由統計分析及補遺以確保其資料完整性，以便於研究與設計規劃上使用。



工作項目

■ 港區船舶動態管理特性研究

- ◆ 針對花蓮港區建立颱風與船舶動態關係。
- ◆ 應用類神經網路建構船舶動態推算模式。
- ◆ 建立視窗化船舶動態管理操作系統。

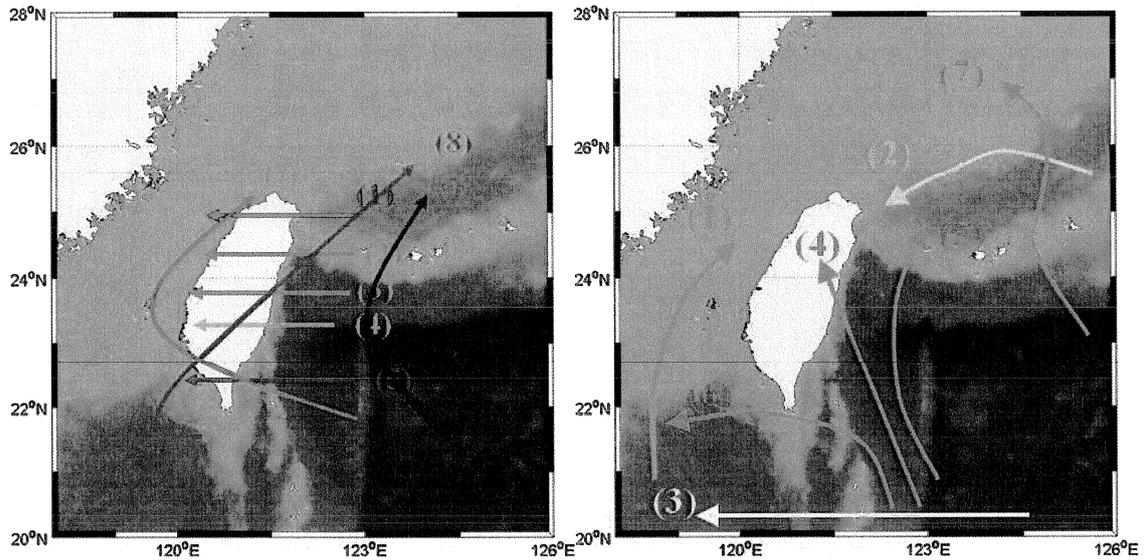
■ 颱風波浪實測資料遺失之補遺及統計特性分析

- ◆ 驗證花蓮港域波浪特性統計分析模式。
- ◆ 建構安平與臺北港域波浪特性統計分析模式。
- ◆ 波浪特性統計分析模式技術訓練與移轉。
- ◆ 教育訓練：每年四次



3

類神經船隻動態預警模式



氣象局颱風路徑

花蓮港務局颱風路徑

4

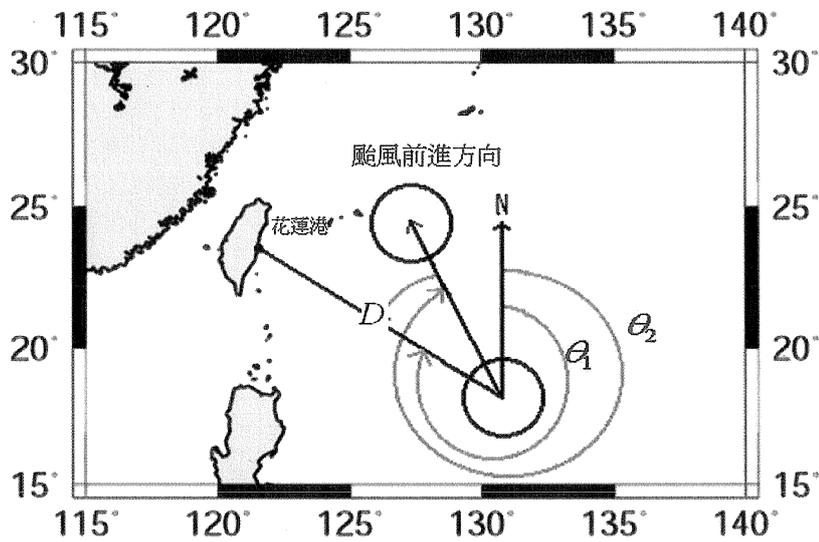
類神經船隻動態預警模式-資料分析

船隻異動指數	颱風名稱	個數
1	BART(巴特)、BETH(貝絲)、BOPHA(寶發)、CAM(凱姆)、CIMARON(西馬隆)、CONSON(康森)、DAMREY(丹瑞)、ERNIE(爾尼)、FAITH(費絲)、GLORIA(葛樂禮)、HAITANG(海棠)、HAIYAN(海燕)、KATE(凱特)、KOMPASU(康柏斯)、KROVANI(柯羅旺)、LEVI(里維)、MEGI(梅姬)、MELOR(米勒)、NANGKA(南卡)、NARI(納莉)、NOGURI(諾古力)、PRAPHOON(巴比倫)、RANANIM(蘭寧)、TRAMI(潭美)、VICKI(維琪)	25
2	LEKIMA(利奇馬)、LINFA(蓮花)、MA_ON(馬鞍)、MAEMI(梅米)、MEARI(米雷)、MORAKOT(莫拉克)、NESAT(尼莎)、OLGA(歐佳)、PETER(彼得)、SONCA(桑卡)、TINA(蒂娜)、YANNI(楊妮)	12
3	CHABA(佳芭)、CHEBI(奇比)、DALE(戴兒)、DAN(丹恩)、DUJUAN(杜鵑)、KAL_TAK(啟德)、KHANUN(卡努)、KIROGI(奇洛基)、KUJIRA(柯吉拉)、MAGGIE(瑪姬)、NIDA(妮妲)、NOCK_TEN(納坦)、ROSIE(蘿西)、SAM(山姆)、SUDAL(舒達)、UTOR(尤特)、VIOLET(魏萊特)、YAGI(雅吉)	18
4	AERE(艾利)、AMBER(安珀)、BABS(芭比絲)、BILIS(碧利斯)、ETAU(艾陶)、GLORIA(葛樂禮)、HERB(賀伯)、IMBUDO(伊布都)、ISA(麗莎)、IVAN(艾文)、LONGWANG(龍王)、LUPIT(盧碧)、MINDULLE(敏督利)、NABI(娜比)、OPAL(歐珀)、OTTO(奧托)、RAMMASUN(雷馬遜)、SALLY(莎莉)、SONGDA(桑達)、SOUDELOR(蘇迪勒)、TALIM(泰利)、TOKAGE(陶卡基)、TORAJI(桃芝)、WINNIE(溫妮)、XANGSANE(桑神)、ZANE(薩恩)、ZEB(瑞伯)	27

船隻動態預警模式-輸入參數

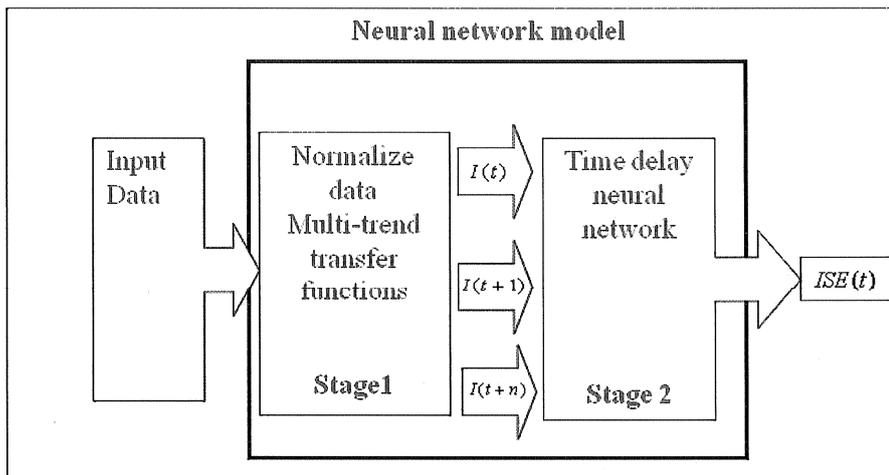
- ◆ 颱風中心與花蓮港之距離 D
- ◆ 颱風中心與花蓮港之方位角 θ_1
- ◆ 颱風行進的方位角 θ_2
- ◆ 颱風最大風速 V_{max}
- ◆ 風場能量 $En = (V_{max} / \log(D))$
- ◆ 海、陸上警報 WI

船隻動態預警模式-輸入參數



7

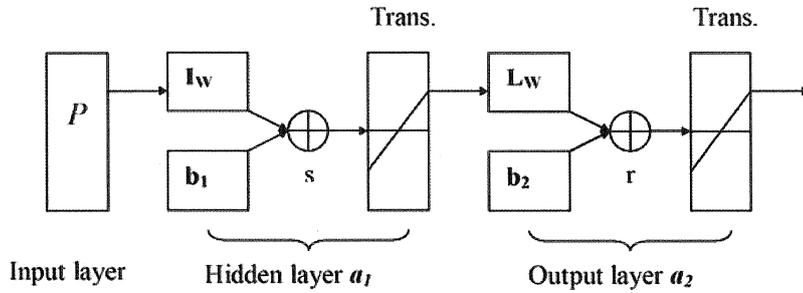
船隻動態預警模式-架構



8

船隻動態預警模式-架構

Back-propagation neural network (BPN)



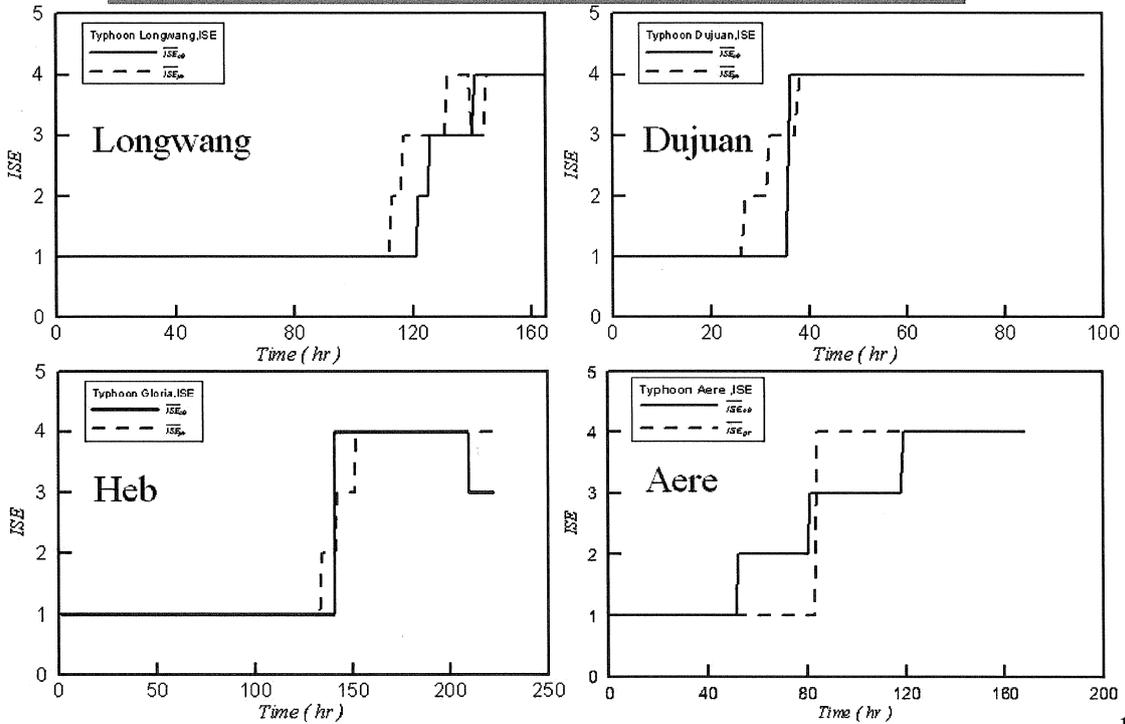
$$a_{1,s\lambda} = f_{s\lambda}(I_{W,s\lambda} P_{n\lambda} + b_{1,s\lambda})$$

$$a_{2,r\lambda} = f_{r\lambda}(L_{W,r\lambda} a_{1,s\lambda} + b_{2,r\lambda})$$

$$ISE(t_j) = \sum_{i=1}^j a_i f_1(D, V_{max}, \theta_2, \theta_1, E_n, W; t_i)$$

9

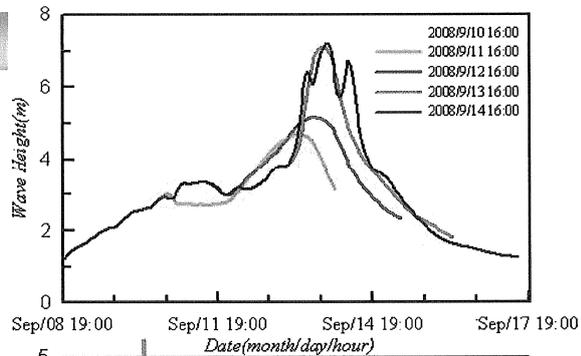
船隻動態預警模式-驗證結果



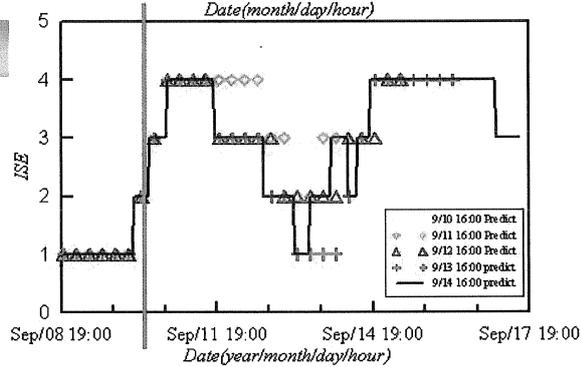
10

本年度侵台颱風(辛樂克)驗證結果

颱風波浪推算模式

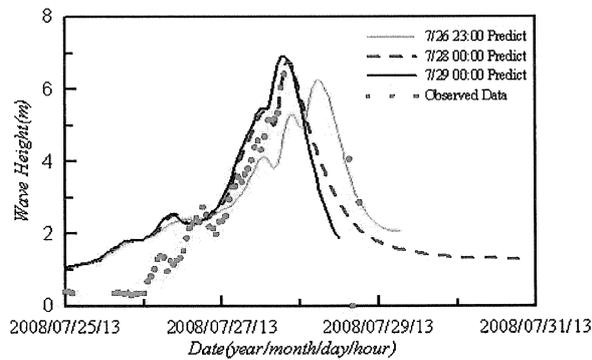


船舶動態預警模式

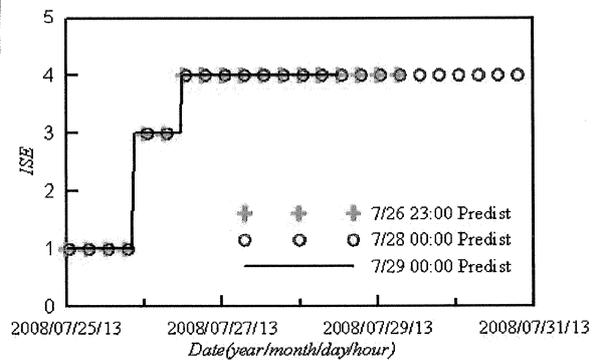


本年度侵台颱風(鳳凰)驗證結果

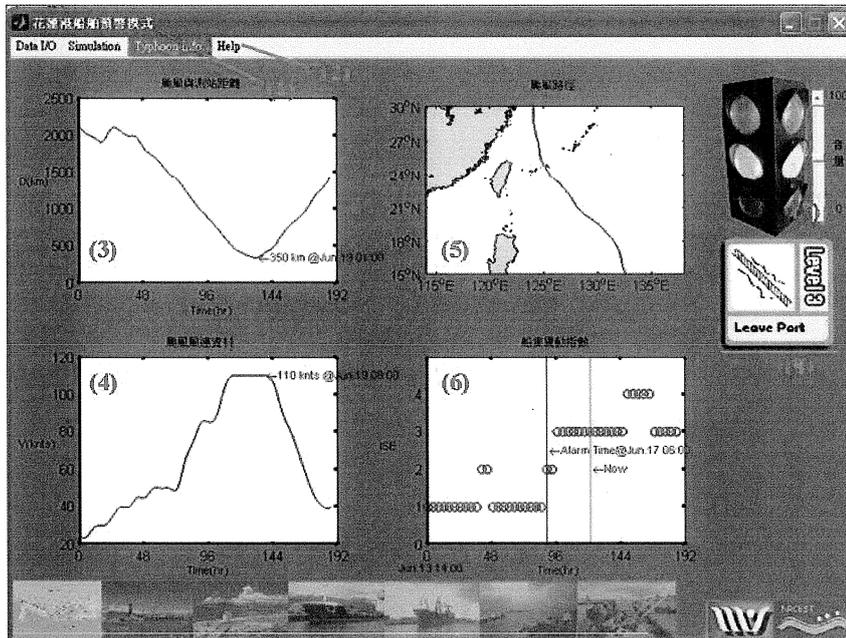
颱風波浪推算模式



船舶動態預警模式

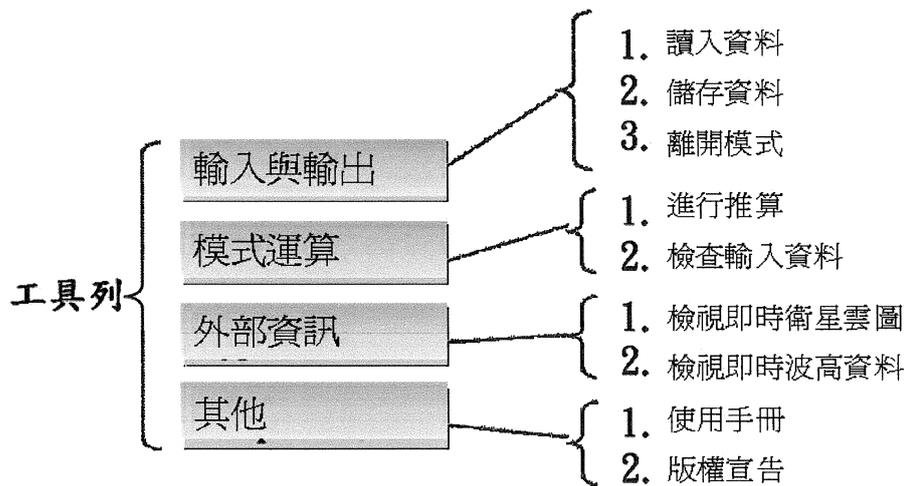


圖形化使用者介面外觀



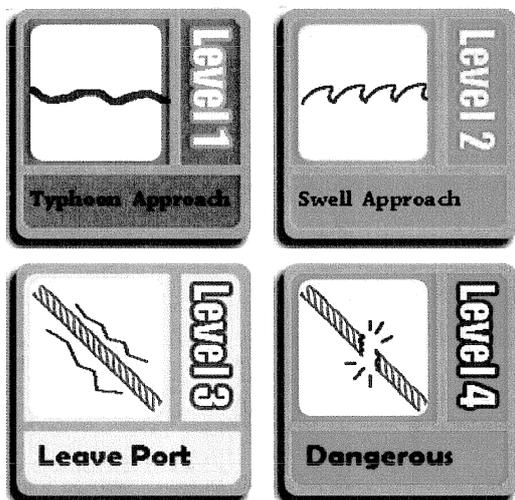
13

模式工具列與其功能



14

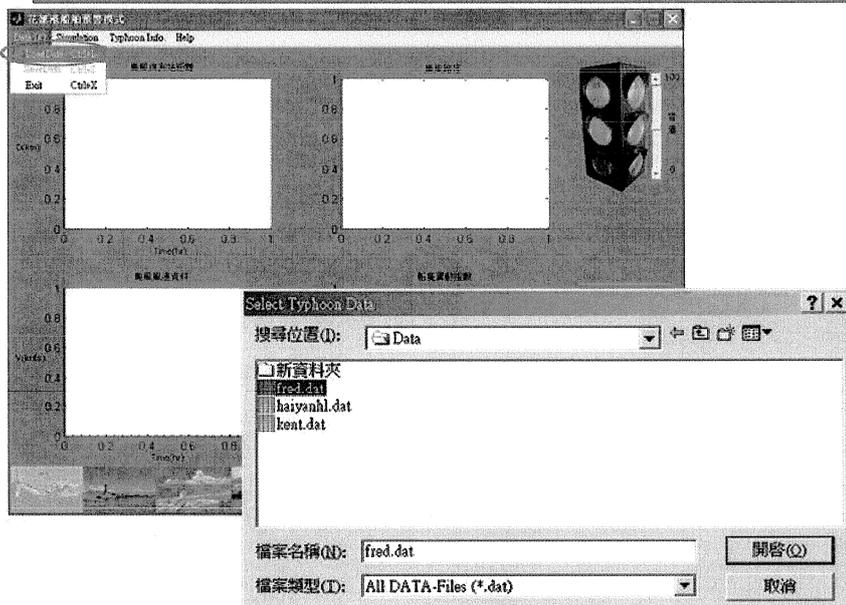
警報等級



- ◆Level 1為颱風接近但港內海面靜穩。
- ◆Level 2為有湧浪但仍不影響船隻裝卸作業。
- ◆Level 3則表示港內產生之湧浪大到船隻需出港避風，才能免除斷纜的可能。
- ◆Level 4則表示船隻可能已產生了斷纜，十分危險。

15

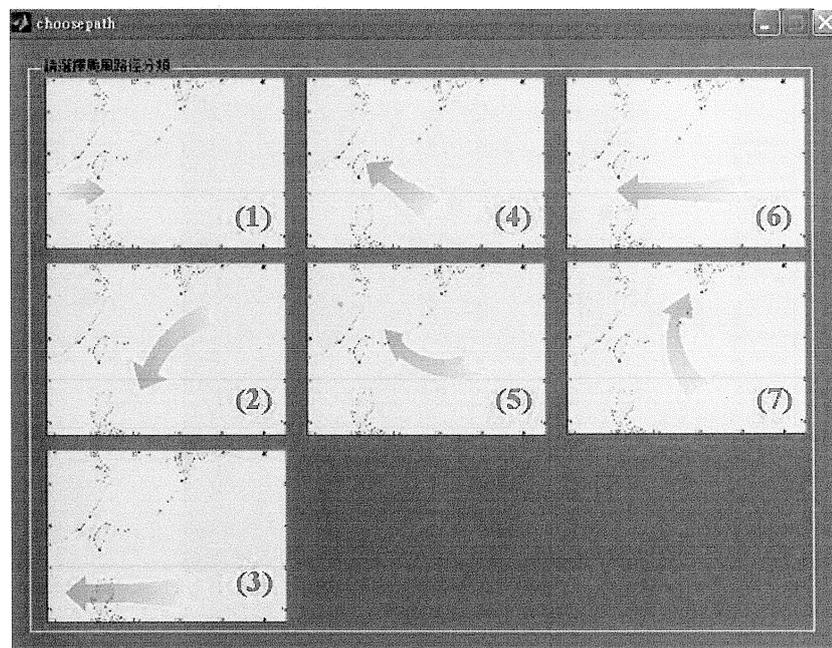
模式輸入介面



颱風資料輸入：1.時間序列2.經度3.緯度4.風速5.颱風警報狀態6.路徑分類號

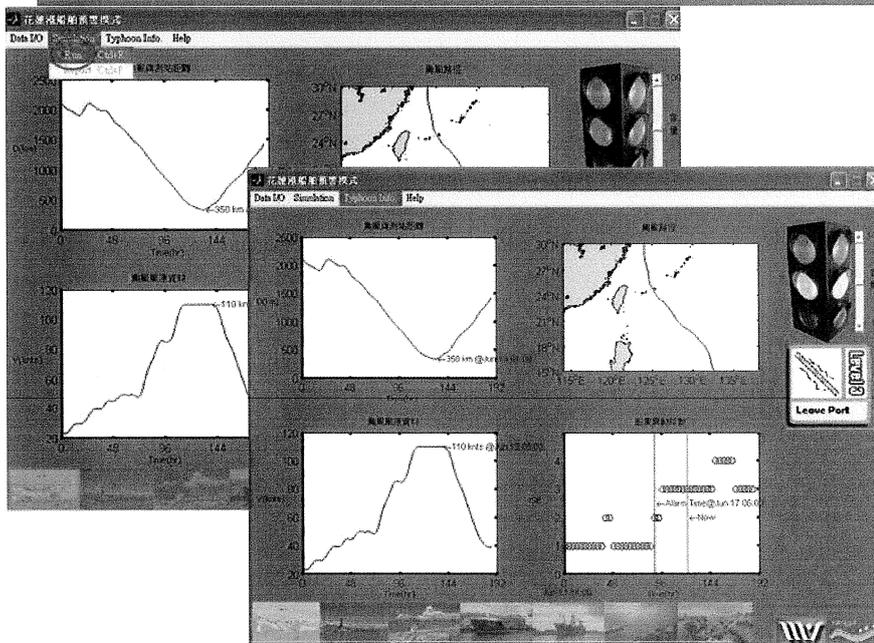
16

路徑選擇介面



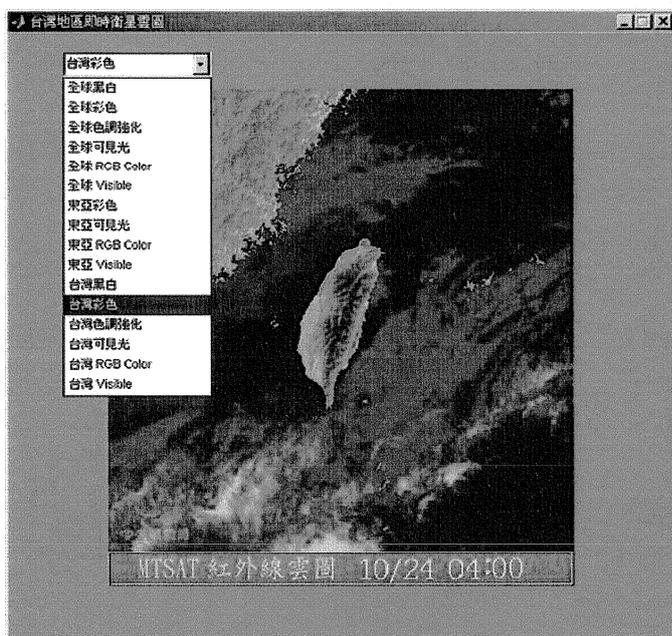
17

模式推算與預報結果



18

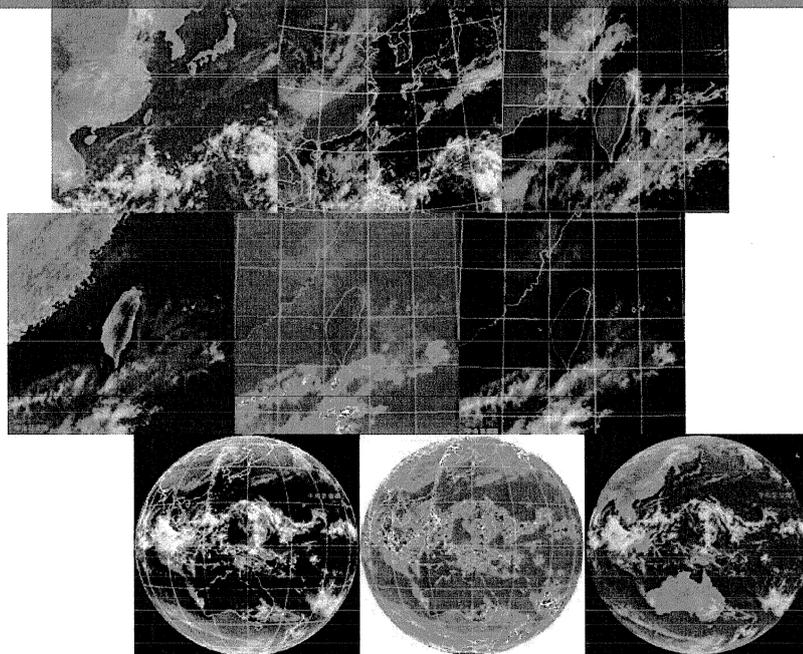
即時衛星雲圖視窗



資料連結：中央氣象局

19

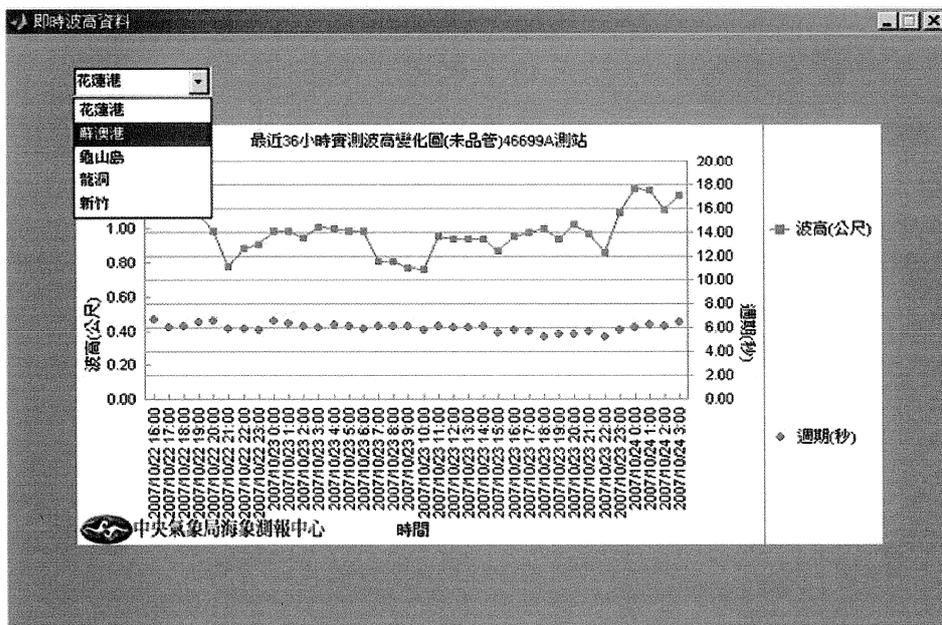
各種色調與範圍之衛星雲圖



資料連結：中央氣象局

20

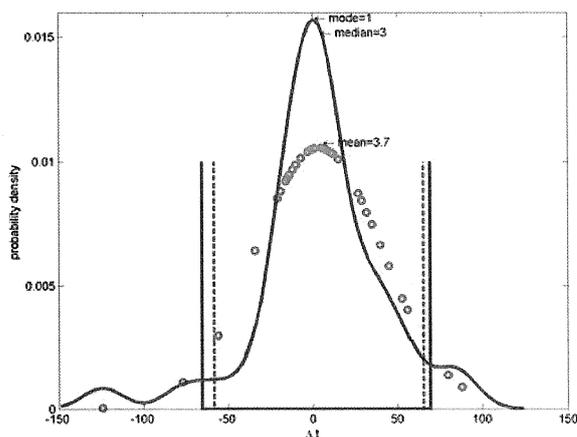
即時波高資料



資料連結：中央氣象局

21

模式預測警報發布時間風險評估



- 平均值=3.7小時
- 眾數=1小時
- 標準偏差37.7小時
- 40個樣本不通過95%信賴度有4個，佔10%

22

測試模式-類神經船舶動態模式-II

為針對未來模式自動化，嘗試以不考慮颱風路徑的選擇以及中央氣象局颱風警報的發布狀況來建立模式：

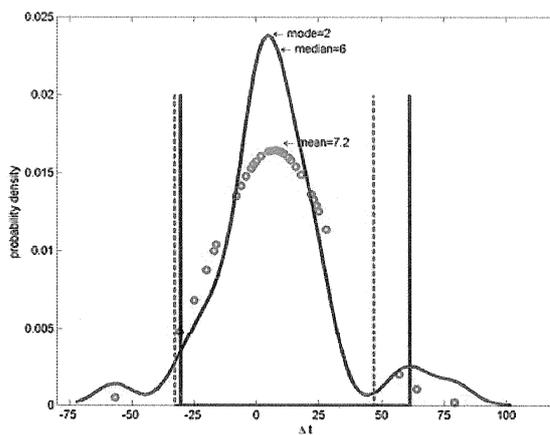
輸入因子：

- ◆ 颱風中心與花蓮港之距離 D
- ◆ 颱風中心與花蓮港之方位角 θ_1
- ◆ 颱風行進的方位角 θ_2
- ◆ 颱風最大風速 V_{\max}
- ◆ 颱風中心移動速度 V_f

模式架構：靜態網路:5-80-80-1

23

模式-II預測警報發布時間風險評估



- 平均值=7.2小時
- 眾數=2小時
- 標準偏差24.2小時
- 39個樣本不通過90%信賴度有4個，佔10.26%

24

本年度視窗化介面發展

◆透過網際網路之連結可自動化擷取資料進行預報

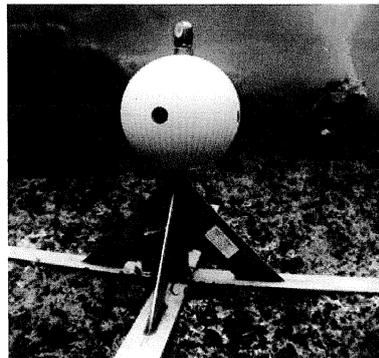
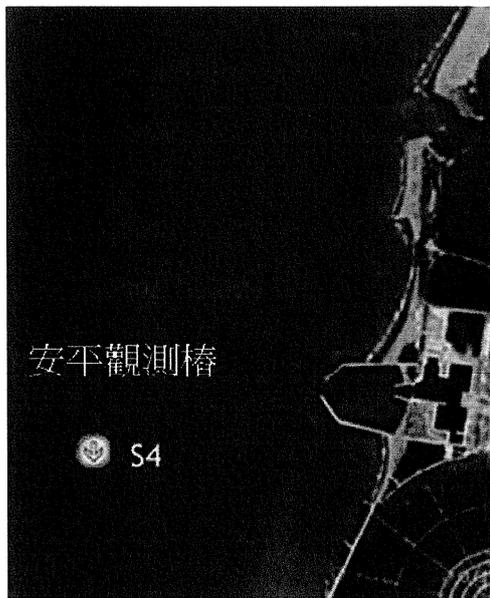
目前本模式已可自動連結至中央氣象局以及JTWC進行資料擷取衛星雲圖、颱風以及各種海象資料，若要進行自動化預報仍需克服颱風路徑的分類以及判斷標準。

◆即時預警發佈功能

改善模式介面的結果顯示圖，並在圖中標註現在時間與警報發布時間，當現在時間到達警報發布時間時介面會自動發布警報音效以及觸發相關圖示。(透過風險分析目前警報發佈時間定為ISE到達三級的前六小時)

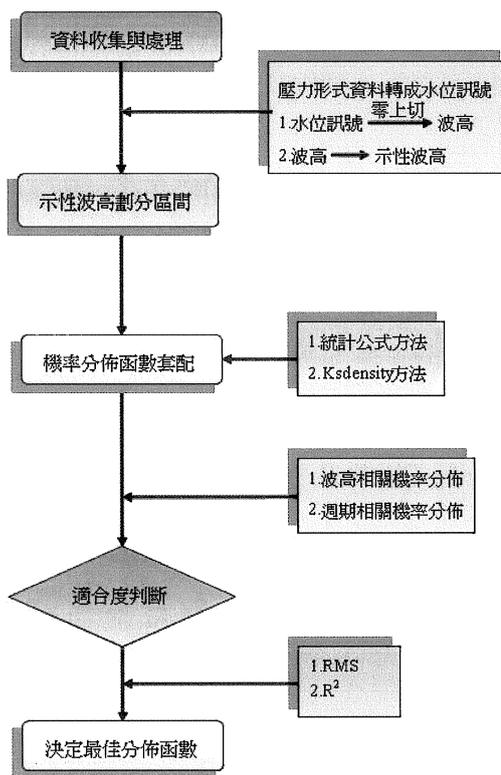
25

波浪資料統計分析



港灣技術研究中心提供
時間為95年安平港波浪資料
波浪取樣頻率為2HZ
每小時共取樣1024筆資料

26



波浪短期統計分析

1. Log-Normal分佈 $f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln(x)-\mu)^2}{2\sigma^2}}, x \geq 0, -\infty \leq \mu \leq \infty, \sigma > 0$

2. Gamma分佈 $f(x; \alpha, \lambda) = \begin{cases} \frac{\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\lambda x} & , x \geq 0, \alpha > 0, \lambda > 0 \\ 0, elsewhere \end{cases}$

3. Rayleigh分佈 $f(x, \sigma) = \begin{cases} \frac{x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} & , x \geq 0, \sigma > 0 \\ 0, elsewhere \end{cases}$

4. Weibull分佈 $f(x, \alpha, \beta) = \begin{cases} \frac{\alpha}{\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} & , x \geq 0, \alpha > 0, \beta > 0 \\ 0, elsewhere \end{cases}$



波浪短期統計分析

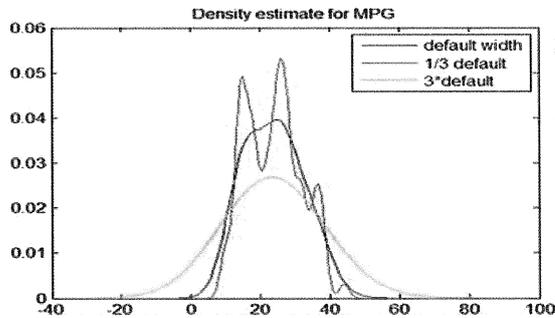
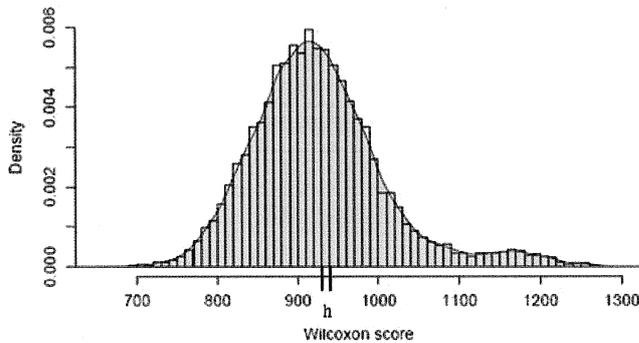
5.修正 Weibull分佈 $f(x, \alpha, \beta, c) = \begin{cases} \frac{\alpha}{\beta^\alpha} \left(\frac{x}{\beta} + c\right)^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta} + c\right)^\alpha} & , x \geq 0, \alpha > 0, \beta > 0 \\ 0, \text{elsewhere} \end{cases}$

6.Erlang分佈 $f(x; n, \lambda) = \begin{cases} \frac{\lambda^n}{(n-1)!} x^{n-1} e^{-\lambda x} & , x \geq 0, \lambda > 0, n \in N \\ 0, \text{elsewhere} \end{cases}$

7.Normal 分佈 $f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, -\infty < x < \infty, -\infty < \mu < \infty, \sigma > 0$

29

Kernel Smoothing Method



30

波浪短期統計分析

波高與週期分類

由水位訊號可求得示性波高值，為探討不同波高大小之適合機率分佈模式，依示性波高大小將波高資料分成六個區間以個別討論

$H_s < 0.5\text{m}$	$0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$	$1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$
第一區間	第二區間	第三區間

$1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$	$2.0\text{m} < H_s < 3.0$	$H_s > 3.0\text{m}$
第四區間	第五區間	第六區間

31

波高統計特性

$H_s > 3$, 統計公式法

第六組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ \bar{H}_s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ \bar{H}_s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ \bar{H}_s
$H_{1/100}$	0.823	0.457	0.227	0.829	0.465	0.228	1.200	0.401	0.331
$H_{1/10}$	0.210	0.865	0.058	0.219	0.861	0.060	0.416	0.738	0.115
H_s	0.035	0.992	0.010	0.048	0.986	0.013	0.121	0.934	0.033
H_{mean}	0.027	0.994	0.007	0.011	0.999	0.003	0.068	0.974	0.019
H_{rms}	0.020	0.997	0.006	0.005	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

安平港

RMSE	Weibull	Modified Weibull	Gamma	Rayleigh	Log-Normal
No.1	0.193	0.196	0.307	0.233	0.483
No.2	0.158	0.160	0.250	0.184	0.380
No.3	0.074	0.075	0.115	0.088	0.181
No.4	0.053	0.053	0.079	0.063	0.120
No.5	0.042	0.042	0.066	0.052	0.099
No.6	0.029	0.030	0.044	0.035	0.065

所有波高, ksdensity 32

波高統計特性

$H_s > 3$, 統計公式法

第六組	Modified Weibull			Weibull			Rayleigh		
	RMSE (m)	R ²	RMSE/ \bar{H}_s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ \bar{H}_s	RMSE (m)	R ²	RMSE/ \bar{H}_s
$H_{1/100}$	0.646	0.659	0.187	0.660	0.650	0.191	0.951	0.393	0.276
$H_{1/10}$	0.143	0.926	0.041	0.158	0.914	0.046	0.287	0.800	0.083
H_s	0.039	0.990	0.011	0.055	0.980	0.016	0.089	0.969	0.026
H_{mean}	0.033	0.988	0.010	0.011	0.998	0.003	0.050	0.977	0.014
H_{rms}	0.023	0.996	0.007	0.004	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

台北港

RMSE	Weibull	Modified Weibull	Gamma	Rayleigh	Log-Normal
No.1	0.173	0.175	0.280	0.235	0.451
No.2	0.126	0.127	0.185	0.148	0.291
No.3	0.068	0.069	0.118	0.090	0.184
No.4	0.053	0.054	0.082	0.059	0.127
No.5	0.039	0.040	0.061	0.047	0.092
No.6	0.027	0.027	0.043	0.030	0.065

所有波高, ksdensity 33

示性波高統計特性

台北港

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.005	0.008	0.008	0.072	0.314
第2季	0.045	0.036	0.023	0.038	0.030
第3季	0.054	0.034	0.042	0.040	0.131
第4季	0.103	0.016	0.007	0.015	0.533
3月	0.030	0.005	0.005	0.006	0.155
4月	0.032	0.031	0.082	0.074	0.088
6月	0.003	0.001	0.002	0.005	0.008
7月	0.005	0.002	0.002	0.035	0.269
8月	0.019	0.021	0.021	0.041	0.048
9月	0.015	0.026	0.085	0.151	0.538
11月	0.067	0.012	0.003	0.043	0.468
12月	0.070	0.003	0.001	0.001	0.322

安平港

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.038	0.007	0.007	0.043	0.055
第1季	0.014	0.008	0.004	0.016	0.048
第2季	0.059	0.035	0.061	0.027	0.027
第3季	0.039	0.013	0.014	0.032	0.103
第4季	0.011	0.004	0.002	0.003	0.058
1月	0.005	0.001	0.001	0.012	0.021
2月	0.014	0.011	0.005	0.009	0.050
3月	0.007	0.005	0.005	0.011	0.061
4月	0.003	0.008	0.004	0.003	0.020
6月	0.058	0.047	0.092	0.083	0.109
7月	0.032	0.018	0.008	0.060	0.482
8月	0.011	0.003	0.003	0.036	0.203
9月	0.007	0.007	0.007	0.024	0.046
10月	0.002	0.001	0.000	0.006	0.024
11月	0.006	0.001	0.000	0.005	0.063
12月	0.007	0.001	0.000	0.002	0.036

統計公式法

示性波高統計特性

台北港

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.039	0.041	0.042	0.197	0.120
第 2 季	0.342	0.357	0.333	0.902	0.245
第 3 季	0.074	0.115	0.133	0.314	0.110
第 4 季	0.102	0.058	0.060	0.060	0.177
3 月	0.055	0.081	0.083	0.212	0.112
4 月	0.188	0.184	0.264	0.498	0.270
6 月	0.396	0.555	0.555	1.429	0.949
7 月	0.098	0.104	0.108	0.265	0.218
8 月	0.252	0.261	0.261	0.683	0.344
9 月	0.067	0.064	0.083	0.166	0.128
11 月	0.129	0.092	0.097	0.147	0.230
12 月	0.092	0.049	0.050	0.050	0.157

安平港

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.207	0.267	0.267	0.388	0.115
第 1 季	0.323	0.183	0.203	0.371	0.524
第 2 季	0.287	0.325	0.349	0.605	0.170
第 3 季	0.048	0.071	0.072	0.211	0.081
第 4 季	0.239	0.115	0.125	0.104	0.443
1 月	0.302	0.118	0.117	0.483	0.518
2 月	0.432	0.375	0.398	0.345	0.644
3 月	0.349	0.283	0.283	0.430	0.575
4 月	0.170	0.323	0.346	0.428	0.281
6 月	0.157	0.173	0.201	0.435	0.132
7 月	0.058	0.055	0.056	0.104	0.108
8 月	0.158	0.184	0.184	0.275	0.192
9 月	0.111	0.092	0.092	0.421	0.281
10 月	0.123	0.163	0.164	0.301	0.306
11 月	0.185	0.173	0.173	0.237	0.465
12 月	0.335	0.120	0.120	0.136	0.686

ksdensity

35

示性波高統計特性

花蓮港

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.005	0.045	0.021	0.022	0.053
第 1 季	0.016	0.008	0.003	0.017	0.099
第 2 季	0.006	0.004	0.005	0.037	0.184
第 3 季	0.108	0.057	0.058	0.080	0.085
第 4 季	0.026	0.039	0.024	0.031	0.039
1 月	0.017	0.010	0.010	0.029	0.063
2 月	0.077	0.025	0.013	0.038	0.281
3 月	0.017	0.004	0.004	0.001	0.113
4 月	0.006	0.012	0.012	0.036	0.126
5 月	0.049	0.037	0.009	0.008	0.364
6 月	0.058	0.043	0.003	0.047	0.106
7 月	0.001	0.085	0.065	0.185	0.095
8 月	0.023	0.015	0.000	0.093	0.660
9 月	0.025	0.015	0.015	0.054	0.408
10 月	0.051	0.013	0.014	0.052	0.185
11 月	0.031	0.003	0.004	0.020	0.179
12 月	0.031	0.015	0.010	0.004	0.024

RMSE	Gamma	Weibull	Modified Weibull	Rayleigh	Log-Normal
全年	0.036	0.067	0.072	0.080	0.059
第 1 季	0.076	0.111	0.112	0.132	0.145
第 2 季	0.087	0.112	0.113	0.252	0.152
第 3 季	0.132	0.147	0.147	0.232	0.094
第 4 季	0.087	0.121	0.125	0.150	0.080
1 月	0.147	0.198	0.198	0.273	0.146
2 月	0.209	0.130	0.141	0.171	0.327
3 月	0.184	0.118	0.118	0.107	0.296
4 月	0.099	0.067	0.067	0.165	0.187
5 月	0.331	0.314	0.369	0.344	0.499
6 月	0.164	0.188	0.162	0.489	0.152
7 月	0.402	0.493	0.518	0.556	0.287
8 月	0.086	0.082	0.087	0.180	0.162
9 月	0.079	0.090	0.090	0.200	0.129
10 月	0.037	0.054	0.054	0.135	0.061
11 月	0.140	0.092	0.091	0.127	0.233
12 月	0.191	0.260	0.263	0.318	0.129

36

波高超量機率密度

	RMSE	Gamma	Weibull	Rayleigh	Log-Normal
2006 年台北港		0.0014	0.0019	0.0057	0.0081
2006 年安平港		0.0038	0.0037	0.0038	0.0032
2004 年花蓮港		0.0035	0.0038	0.0049	0.0012
2005 年台北港		0.0032	0.0018	0.0058	0.0112
2001 年安平港		0.0023	0.0023	0.0023	0.0019

37

週期統計特性

台北港

第六組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	6.216	0.217	0.765	3.324	0.623	0.409	1.420	0.714	0.175	3.876	0.610	0.477
T _{1/10}	2.575	0.474	0.317	1.082	0.881	0.133	0.519	0.905	0.064	1.717	0.833	0.211
T _s	0.914	0.832	0.112	0.204	0.982	0.025	0.148	0.986	0.018	0.607	0.945	0.075
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.014	1.000	0.002	0.000	1.000	0.000	0.261	0.985	0.032
T _{rms}	0.300	0.962	0.037	0.016	1.000	0.002	0.008	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

安平港

第六組	Gamma			Erlang			Normal			Rayleigh		
	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s	RMSE	R ²	RMSE/ H _s
T _{1/100}	6.279	0.239	0.788	3.307	0.616	0.415	1.574	0.702	0.198	4.246	0.694	0.533
T _{1/10}	2.633	0.592	0.330	1.101	0.921	0.138	0.566	0.939	0.071	1.924	0.901	0.241
T _s	0.981	0.880	0.123	0.241	0.988	0.030	0.183	0.990	0.023	0.713	0.964	0.089
T _{mean}	0.000	1.000	0.000	0.009	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000	0.291	0.992	0.037
T _{rms}	0.306	0.973	0.038	0.010	1.000	0.001	0.007	1.000	0.001	0.000	1.000	0.000

38

示性週期統計特性

台北港

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.180	0.083	0.011	0.213
第 2 季	0.225	0.039	0.015	0.198
第 3 季	0.230	0.007	0.072	0.051
第 4 季	0.095	0.036	0.004	0.430
3 月	0.142	0.024	0.027	0.116
4 月	0.323	0.025	0.007	0.065
6 月	0.343	0.094	0.060	0.226
7 月	0.164	0.096	0.082	0.107
8 月	0.145	0.048	0.082	0.082
9 月	0.304	0.093	0.036	0.126
11 月	0.110	0.012	0.022	0.309
12 月	0.186	0.044	0.014	0.120

安平港

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.007	0.042	0.029	0.153
1 季	0.116	0.028	0.016	0.269
2 季	0.053	0.008	0.031	0.084
3 季	0.126	0.077	0.046	0.101
4 季	0.033	0.084	0.003	0.107
1 月	0.061	0.009	0.015	0.168
2 月	0.097	0.059	0.023	0.268
3 月	0.125	0.012	0.000	0.154
4 月	0.076	0.001	0.036	0.066
6 月	0.060	0.020	0.048	0.079
7 月	0.429	0.168	0.108	0.483
8 月	0.221	0.028	0.040	0.072
9 月	0.062	0.035	0.065	0.001
10 月	0.086	0.058	0.043	0.121
11 月	0.011	0.063	0.006	0.091
12 月	0.158	0.253	0.229	0.404

39

示性週期統計特性

花蓮港

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.022	0.092	0.054	1.171
1 季	0.118	0.019	0.004	0.281
2 季	0.051	0.129	0.025	0.068
3 季	0.175	0.068	0.113	0.818
4 季	0.032	0.195	0.109	0.221
1 月	0.080	0.016	0.041	0.114
2 月	0.087	0.025	0.005	0.302
3 月	0.025	0.002	0.041	0.096
4 月	0.124	0.006	0.028	0.029
5 月	0.022	0.169	0.075	0.039
6 月	0.092	0.020	0.048	0.129
7 月	0.099	0.064	0.108	0.919
8 月	0.169	0.236	0.204	0.236
9 月	0.156	0.066	0.166	0.219
10 月	0.086	0.087	0.096	0.102
11 月	0.034	0.013	0.020	0.140
12 月	0.065	0.053	0.000	0.074

RMSE	Gamma	Erlang	Normal	Rayleigh
全年	0.042	0.048	0.058	0.107
第 1 季	0.062	0.067	0.031	0.101
第 2 季	0.028	0.044	0.067	0.049
第 3 季	0.033	0.034	0.048	0.070
第 4 季	0.055	0.071	0.085	0.087
1 月	0.051	0.061	0.041	0.054
2 月	0.074	0.082	0.050	0.117
3 月	0.049	0.052	0.059	0.083
4 月	0.044	0.037	0.059	0.043
5 月	0.040	0.067	0.084	0.057
6 月	0.035	0.040	0.078	0.064
7 月	0.031	0.028	0.039	0.087
8 月	0.039	0.045	0.076	0.063
9 月	0.019	0.021	0.047	0.037
10 月	0.044	0.045	0.073	0.057
11 月	0.043	0.054	0.040	0.114
12 月	0.043	0.043	0.047	0.052

40

Weibull分佈之參數特性

Weibull分佈

α 參數推估式

	R ²	迴歸式
台北港	0.4562	$Y = 0.0228X^2 - 0.2921X + 2.0754$
安平港	0.8183	$Y = 0.0332X^2 - 0.4377X + 2.7164$
花蓮港	0.4887	$Y = 0.0208X^2 - 0.3186X + 2.3837$

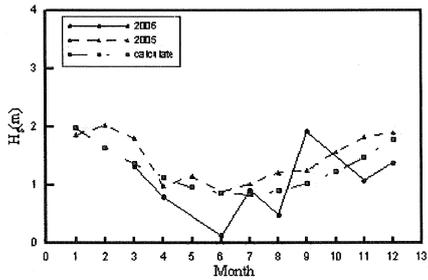
β 參數推估式

	R ²	迴歸式
台北港	0.6792	$Y = 0.0278X^2 - 0.3722X + 1.6888$
安平港	0.8497	$Y = 0.7075 e^{-\frac{(x-7)^2}{16^2}} + 0.2408$
花蓮港	0.4374	$Y = (-0.0030 X^3) + 0.0591 X^2 - 0.3029 X + 0.8815$

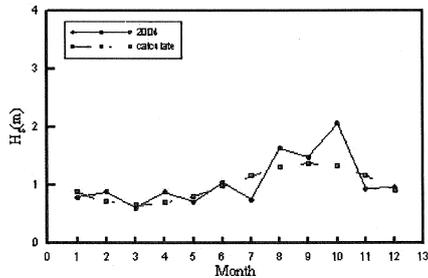
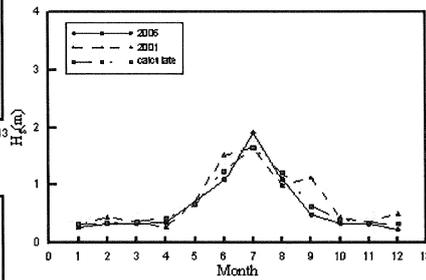
41

示性波高實測值與Weibull理論值比較

台北港



安平港



花蓮港

42

結論

- ◆ 模式推算船隻動態指標準確性高，可提供颱風期間花蓮港之船舶操作預警。建立圖形化使用者介面提升船隻動態模式的親和力與便利性，目前可提供準確的預報推算功能，並透過網際網路提供即時的衛星雲圖與實測波浪資料作為參考。
- ◆ 已改善模式介面的結果顯示圖，並在圖中標註現在時間與警報發布時間，當現在時間到達警報發布時間時介面會自動發布警報音效以及觸發相關圖示。
- ◆ 介面的所輸入的颱風路徑解除往昔的4種路徑限制，改為讓使用者在圖示直接利用滑鼠選取路徑。目前船舶動態預警模式的使用者介面已完成，以本年度侵台颱風作測試能達到預警的功能。

43

結論

將2006年之台北港、安平港與2004年花蓮港波浪資料，利用兩種方式分析其最適分佈。

- ◆ 在波高方面台北港、安平港與花蓮港波高分佈近似於Weibull分佈；而在示性波高分析結果方面，Weibull分佈在描述台北港與安平港之示性波高統計時，其得到的效果最佳；而花蓮港雖然示性波高前1/3也屬Weibull分佈，但整體示性波高資料係屬於Log-Normal分佈；至於波高較大值部份，則是Log-Normal分佈描述得較為吻合。
- ◆ 週期方面，花蓮港、台北港與安平港部份皆以Normal分佈的吻合度最佳。在示性週期統計方面，台北港與安平港的最適分佈為Normal分佈；而花蓮港以Erlang及Gamma均相當吻合。

44

結論

- ◆ 在參數特性方面，也將利用不同年份之Weibull分佈之參數，提出相關迴歸式，經由迴歸式推算而得之參數所計算出的相關理論波高統計值，經與實際波高統計值比較分析後，與實際值甚為接近。因此，本計畫所建立之參數經驗公式，可快速的推算出相似的理论平均波高，更可以確定了解Weibull分佈理論計算的可行性。
- ◆ 在週期參數特性方面，本計畫試圖模擬Weibull分佈參數分析方法，將Normal分佈之與參數迴歸出一相關式，但因為參數呈現不規則趨勢，所以無法分析出一參數經驗公式以推估理論週期統計參數，不過根據結果Normal分佈仍為示性週期之最適分佈。

45

報告完畢
敬請指正