

96-23-7243

MOTC-IOT-95-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(二)



交通部運輸研究所

中華民國 96 年 4 月

96-23-7243
MOTC-IOT-95-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(二)

著者：江玟德、張憲國、林立青、何良勝

交通部運輸研究所

中華民國 96 年 4 月

GPN：1009600754

定價 300 元

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. 二 / 江玟德等著. -- 初版. --

臺北市 : 交通部運研所, 民96

面 : 公分

參考書目:面

ISBN 978-986-00-9241-7 (平裝)

1. 海洋氣象 - 自動化 2. 波動 - 臺灣

444.94029

96005997

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(二)

著 者: 江玟德、張憲國、林立青、何良勝

出版機關: 交通部運輸研究所

地 址: 臺北市敦化北路240號

網 址: www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電 話: (04) 26587176

出版年月: 中華民國96年4月

印 刷 者: 福島實業有限公司

版(刷)次冊數: 初版一刷110冊

本書同時登載於交通部運輸研究所港灣技術研究中心網站

定 價: 300 元

展 售 處:

交通部運輸研究所運輸資訊組・電話: (02) 23496880

國家書坊臺視總店: 臺北市八德路3段10號B1・電話: (02) 25781515

五南文化廣場: 臺中市中山路6號・電話: (04) 22260330

GPN: 1009600754 ISBN: 978-986-00-9241-7 (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份內容者, 須徵求交通部運輸研究所書面授權。

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：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(二)			
國際標準書號（或叢刊號） 978-986-00-9241-7 (平裝)	政府出版品統一編號 1009600754	運輸研究所出版品編號 96-23-7243	計畫編號 95-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：林立青 地址：新竹市大學路 1001 號 聯絡電話：03-5131488		研究期間 自 95 年 3 月 至 95 年 10 月
關鍵詞：船舶預警模式、神經網路、波浪統計			
摘要： 本計畫利用花蓮港港務局所提供1996年~2005年之船隻動態記錄，船舶動態模式的建構以颱風影響船舶動態參數，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因子，做為類神經網路之輸入值，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。 另外，針對波浪特性的分析，本計畫以花蓮港實測波浪數據，進行波高與週期之直方圖與機率密度的計算，根據波高分析結果，驗證出花蓮港之波高分佈較近似於Weibull分佈，其波高直方圖適合分組組數大概介於5至8組，週期之分析結果，在示性波高大於1.5m的區間所對應的週期資料，其最適之理論分佈為Erlang分佈，在示性波高小於1.5m的區間，其最適之理論分佈為Longuet-Higgins分佈。在不分區間的波浪週期資料方面，則以Normal分佈與機率密度直方圖的吻合度較佳。而任一區間內的波浪資料，其最佳分組組數均為5-7組。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
96 年 4 月	284	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。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密條件： ☐ 年 ☐ 月 ☐ 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
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 II			
ISBN (OR ISSN) 978-986-00-9241-7 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009600754	IOT SERIAL NUMBER 96-23-7243	PROJECT NUMBER 95-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 2006 TO October 2006
RESEARCH AGENCY: National Chiao Tung University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chang Hsien-Kuo PROJECT STAFF: Lin Li-Ching, Chen Wei-Wei, Huang Ming-Yang ADDRESS: 1001 Ta Hsueh Road, Hsinchu, Taiwan 300, ROC PHONE: (03) 5131488			
KEY WORDS: Alert Model of Ship Escape; Neural Network; Wave Statistics			
ABSTRACT: The official records of ship escape from HuaLien Harbor during typhoon period each year are collected from the year 1996 to 2005. Criteria of ship escape are classified into four groups based on the resulting factors, such as typhoon's scale, path, wind speed, position of typhoon's center and the distance between typhoon centers and interest points. The relationship between the criteria of ship escape and the resulting factors is established by artificial neural network (NN), which provides an alert model of ship escape. The accuracy of the proposed NN model is examined using recorded events of ship escape in three typhoons. Fair agreements in calibrating and verifying stages show that the proposed model can apply to practical situations in the future. Four distributions, which are Gamma, Normal, Rayleigh and Weibull distribution, are used to approximate the histogram of the significant wave heights of each measured data during 20 min at the Hualien waters in 2004. The best fitting distribution is the Weibull distribution among these four distributions. Furthermore, four distributions: Rayleigh, Longuet-Higgins, Gamma, and Erlang distribution, are used to approximate the significant wave periods. For every data set Erlang distribution is the best fitting distribution when the significant wave height is over 1.5m. When the significant wave height is smaller than 1.5m, Longuet-Higgins distribution is the best fitting distribution. The suitable cell size of wave heights histogram for every hour is examined to be 5 to 8, and that of wave periods histograms is 5 to 7.			
DATE OF PUBLICATION April 2007	NUMBER OF PAGES 284	PRICE 300	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ 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	II
目 錄	III
圖目錄	VI
表目錄	VII
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	1-2
1.4 研究動機與文獻回顧	1-3
第二章 颱風與船舶動態特性分析	2-1
2.1 影響船舶動態的颱風因子	2-1
2.2 颱風規模對船舶動態的影響	2-7
2.3 颱風距離對船舶動態的影響	2-7
2.4 颱風風速及方位角對船舶動態的影響	2-11
第三章 船隻動態預警模式之建構	3-1
3.1 類神經網路模式	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	3-8
第四章 波浪特性分析	4-1
4.1 資料來源與處理	4-1
4.2 示性波高與週期之計算	4-2
4.2.1 示性波高之計算	4-2
4.2.2 示性週期之計算	4-3

4.3 波浪特性分析	4-3
第五章 波浪特性分析結果	5-1
5.1 波高分析結果	5-1
5.1.1 每月波高資料分析結果	5-1
5.1.2 每季波高資料分析結果	5-2
5.1.3 全年之波高分析結果	5-3
5.2 週期分析結果	5-8
5.2.1 月份週期資料分組組數分析	5-8
5.2.2 每季波浪週期資料分組組數分析	5-10
5.2.3 全年週期資料分析結果	5-11
5.3 波高統計之理論值與實際值比較	5-16
5.3.1 Weibull 分佈之波高統計代表值推導	5-16
5.3.2 Weibull 分佈之參數分析	5-20
5.3.3 分析及比較方法	5-23
5.3.4 理論與實際 H_s 之比較	5-24
5.3.5 理論與實際之 $\bar{H} / \sqrt{m_0}$ 之比較	5-25
5.3.6 理論與實際 $H_s / \sqrt{m_0}$ 之比較	5-26
5.3.7 理論與實際 $H_s / \bar{H}$ 之比較	5-27
5.3.8 理論與實際 $H_{\max} / H_s$ 之比較	5-27
5.3.9 理論與實際 H_s / H_{rms} 之比較	5-29
5.4 週期統計之理論值與實際值比較	5-30
5.4.1 月份統計特性	5-32
5.4.2 每季統計特性	5-33
5.4.3 全年統計特性	5-34
第六章 結論	6-1
參考文獻	參-1

附錄 1 花蓮港之船隻動態表	附 1-1
附錄 2 颱風路徑圖	附 2-1
附表 1 波浪資料之各種指標評估結果	附表 1-1
附表 2 波浪資料評估分組組數的各種指標	附表 2-1
附圖 1	附圖 1-1
附圖 2	附圖 2-1
審查意見處理情形表	審-1
簡報內容	簡-1

圖目錄

圖 2-1	颱風中心與花蓮港之方位角度示意圖	2-4
圖 2-2	颱風距離與觀測站示性波高關係	2-4
圖 2-3	颱風規模 1 影響船隻異動的範圍	2-9
圖 2-4	颱風規模 2 影響船隻異動的範圍	2-9
圖 2-5	颱風規模 3 影響船隻異動的範圍	2-10
圖 2-6	颱風規模 4 影響船隻異動的範圍	2-10
圖 2-7	颱風規模 5 影響船隻異動的範圍	2-11
圖 2-8	颱風風速與船隻異動指數關係圖	2-12
圖 2-9	颱風中心至測站方位角與船隻異動指數關係圖	2-12
圖 3-1	類神經網路架構示意圖	3-1
圖 3-2	類神經網路架構示意圖	3-4
圖 3-3	模擬楊妮(Yanni)颱風侵台時之船隻異動指數	3-8
圖 3-4	模擬碧利斯(Bilis)颱風侵台時之船隻異動指數	3-9
圖 3-5	模擬尤特(Utor)颱風侵台時之船隻異動指數	3-10
圖 4-1	花蓮港地理位置示意圖	4-1
圖 4-2	統計參數與波高資料直方圖	4-5
圖 4-3	波高與週期最適組數與機率分佈之分析流程圖	4-10

表目錄

表 2-1	颱風路徑歸類表	2-2
表 2-2	Saffir-Simpson 的颱風規模分類標準	2-2
表 2-3	颱風規模歸類表	2-3
表 2-4	颱風之船隻異動指數歸類表	2-6
表 2-5	颱風規模 4 與颱風規模 5 各個颱風之船隻異動指數	2-7
表 3-1	單一隱藏層不同轉換函數及神經元個數之學習誤差平方值	3-6
表 3-2	雙層隱藏層之學習誤差平方值	3-6
表 3-3	颱風之船隻異動指數模式實際與學習輸出值之比較	3-7
表 5-1	組數與分佈函數之各種指標評估結果($H_s < 0.5\text{m}$).....	5-4
表 5-2	組數與分佈函數之各種指標評估結果($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)	5-4
表 5-3	組數與分佈函數之各種指標評估結果($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)	5-5
表 5-4	組數與分佈函數之各種指標評估結果($1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$)	5-5
表 5-5	組數與分佈函數之各種指標評估結果($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)	5-6
表 5-6	組數與分佈函數之各種指標評估結果($H_s > 3.0\text{m}$).....	5-6
表 5-7	評估分組組數的各種指標 ($H_s < 0.5\text{m}$).....	5-12
表 5-8	評估分組組數的各種指標 ($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)	5-13
表 5-9	評估分組組數的各種指標 ($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)	5-13
表 5-10	評估分組組數的各種指標 ($1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$)	5-14
表 5-11	評估分組組數的各種指標 ($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)	5-14
表 5-12	評估分組組數的各種指標 ($3.0\text{m} < H_s$)	5-15
表 5-13	評估分組組數的各種指標 (2004 年全年週期資料)	5-15
表 5-14	2004 年各區間波高資料水位時序列之 m_0 與 β 關係	5-21
表 5-15	2004 年資料推估 2005 年參數值與實際參數值之關係 ...	5-23

第一章 緒論

1.1 前言

台灣濱臨太平洋，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，本研究擬延續 94 年度之工作方式與研析方法，針對臺灣國際港區之港內外波浪及颱風情況，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。

本次計畫將以 94 年度之相關研究及分析結果，配合類神經網路等技術，建立一個以台灣港灣為主的颱風波浪與船舶動態關係之模式，

並針對颱風動態參數與觀測資料進行統計分析與分類，以期能建立有系統之颱風波浪資料補遺，並藉由相關颱風與船舶資料之模式，進而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。

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，並收集歷年海象及氣象資料，包括波浪與颱風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，以建立船舶動態之類神經網路模式。另外就波浪資料之統計分析與特性研究，則將建立颱風波浪推算模式，以進行相關波浪之補遺與模式之建立。另外，對於花蓮港之波浪資料則進行波高及週期之統計分佈，以了解其波浪特性。本年度(95)研究計畫已完成之工作項目分為兩部份：

一、港區船舶動態管理特性研究

1. 針對花蓮港區建立波浪特性關係。
2. 針對花蓮港區建立颱風與船舶動態關係。
3. 應用船舶動態與颱風資料關係建構類神經網路模式。

二、颱風波浪資料統計分析

1. 統計分析模式之改善。
2. 現場資料之蒐集與統計分析。
3. 實例操作：以花蓮港進行實例操作。
4. 模式視窗化之初步建立。
5. 教育訓練：每年六次，包含計量統計分析理論與應用、模式操作應用。

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台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台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。

在波浪統計部份，本計劃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。

本計劃於 94 年度之結果以分析花蓮港港務局的船隻動態記錄，並研究其船隻動態之時間與颱風規模及位置等參數之關係，本年度(95)欲建立花蓮港船隻異動指數之預警模式，期望可在颱風來襲之前，利用預警模式判斷船隻是否需要出港避風、何時該出港避風或是船隻是否會有斷纜等情形，以減少船隻因來不及出港避風而受損的情況。再者，港內異常波浪的產生與颱風有密切的關係，本計劃於 94 年度於港內外波浪於船隻異動指數之分析，顯示波浪特性較無法明顯判斷與船隻異動指數的關係。其結果與颱風規模之船隻異動指數分析有相同的特性，船隻異動指數越高，則波浪特性或颱風規模並非呈線性增加。其原因可能為當時船舶管理為避免災害發生而採取相關船隻異動措施，因此於本年度欲篩選船隻異動指數，並以颱風規模及波浪特性進行類神經網路的模式之建立。

本研究於 94 年度應用類神經網路建立之颱風波浪推算模式，進行資料補遺之測試。其中於最大波高發生處約誤差 1 公尺，相對應之發生時間則誤差約 1 個小時。顯示於颱風波浪之初步補遺模式，可達到

較佳之精度。本年度(95)則進行模式之修正，以達最佳之補遺效果。針對其波浪統計特性之分析於 94 年度，已初步建立波浪統計特性之分析，本年度(95)則欲進行波浪週期、波高之機率分佈探討、波高週期之聯合分佈最適函數及其特性分析與波浪長週期特性之研究等，最後則建立波浪統計模式。

第二章 颱風與船舶動態特性分析

由 94 年度之颱風因子分析結果，可得知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。可利用颱風中心之經緯度代表颱風距離，而當做影響船隻動態之影響因子。故本計劃將分析颱風與花蓮港波浪結果可知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六個影響船隻動態的颱風參數，本年度(95)計畫之船隻動態紀錄表已更新至 94 年，示如附錄 1。另外也收集相對應於各個颱風的波浪資料進行颱風波浪的補遺研究。

2.1 影響船舶動態的颱風因子

本計畫根據此九種颱風路徑分類法，花蓮港港務局提供民國 85 年至 94 年之船隻動態表中有關颱風共 68 場整理其相關影響因子，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。由路徑分類可示如表 2-1。由表 2-1 發現第 6 種路徑最多，共有 37 個；其次為第 5 種路徑有 10 個，而第 2、4、9 種路徑最少。由颱風規模及風速可分類為表 2-2 及 2-3。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。由蒲福風級(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 颱風路徑歸類表

颱風路徑	颱風名稱	個數
1	溫妮(Winnie, 1997)、辛樂克 (Sinlake, 2002) 、蘭寧 (Rananim, 2004) 、艾利 (Aere, 2004) 、馬莎 (Masta, 2005)	5
2	賀伯 (Herb, 1996) 、海棠 (Haitang, 2005) 、泰利 (Talim, 2005)	3
3	安珀 (Amber, 1997)、奧托 (Otto, 1998)、碧利斯 (Bilis, 2000) 、桃芝 (Toraji, 2001) 、龍王 (Longwang, 2005)	5
4	莫拉克 (Morakot, 2003)	1
5	莎莉 (Sally, 1996) 、貝絲 (Beth, 1996) 、瑪姬 (Maggie, 1999) 、山姆 (Sam, 1999) 、貝碧佳 (Bebinca, 2000) 尤特 (Utor, 2001) 、尹布都 (Imbudo, 2003)、科羅旺 (Krovanh, 2003)、杜鵑 (Dujan, 2003) 、珊瑚 (Sanvu, 2005)	10
6	魏萊特 (Violet, 1996)、薩恩 (Zane, 1996)、戴兒 (Dale, 1996) 、伊莎 (Isa, 1997) 、歐珀 (Opal, 1997) 、彼得 (Peter, 1997) 、羅西 (Rosie, 1997) 、蒂娜 (Tina, 1996) 、楊妮 (Yanni, 1998) 、瑞伯 (Zeb, 1998) 凱特 (Kate, 1999) 、歐佳 (Olga, 1999) 、奇洛基 (Kirogi, 2000) 、雷馬遜 (Rammassun, 2002) 、科吉拉 (Kujira, 2003) 、艾陶 (Eta, 2003) 、米勒 (Melor, 2003) 、蘇迪勒 (Soudrlor, 2003) 、梅米 (Maemi, 2003) 、海燕 (Haiyan, 2003) 、盧比 (Lupit, 2003) 、巴比崙 (Prapiroon, 2000) 、凱沙娜 (Ketsana, 2003) 、舒達 (Sudal, 2004)、妮妲 (Nida, 2004) 、康森 (Conson, 2004) 、敏督利 (Mindulle, 2004)、梅姬 (Megi, 2004) 、佳芭 (Chaba, 2004) 、納坦 (Nock-Ten, 2004) 、桑達 (Songda, 2004) 、米雷 (Meari, 2004) 、馬鞍 (Man-On, 2004) 、陶卡基 (Tokage, 2004) 、桑卡 (Sonca, 2005) 、尼莎 (Nesat, 2005) 、娜比 (Nabi, 2005) 、卡努 (Khanun, 2005)	38
7	葛樂禮 (Gloria, 1996) 、奇比 (Chebi, 2001) 、丹恩 (Dan, 1999)	3
8	艾文 (Ivan, 1997) 、維琪 (Vicki, 1998) 、象神 (Xangsane, 2000)	3
9	芭比絲 (Babs, 1998)	1

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 颱風規模歸類表

颱風規模	颱風名稱	個數
1 級颱風	彼得 (Peter, 1997)、楊妮 (Yanni, 1998)、奧托 (Otto, 1998)、凱特 (Kate, 1999)、歐佳 (Olga, 1999)、山姆 (Sam, 1999)、尤特 (Utor, 2001)、莫拉克 (Morakot, 2003)、米勒 (Melor, 2003)、梅姬 (Megi, 2004)、珊瑚 (Sanvu, 2005)	11
2 級颱風	貝絲 (Beth, 1996)、葛樂禮 (Gloria, 1996)、蒂娜 (Tina, 1997)、歐珀 (Opal, 1997)、維琪 (Vicki, 1998)、象神 (Xangsane, 2000)、貝碧佳 (Bebinca, 2000)、科羅旺 (Krovanh, 2003)、巴比崙 (Prapiroon, 2000)、海燕 (Haiyan, 2001)、康森 (Conson, 2004)、蘭寧 (Rananim, 2004)、艾利 (Aere, 2004)、馬莎 (Masta, 2005)	14
3 級颱風	薩恩 (Zane, 1996)、安珀 (Amber, 1997)、丹恩 (Dan, 1999)、瑪姬 (Maggie, 1999)、奇比 (Chebi, 2001)、桃芝 (Toraji, 2001)、雷馬遜 (Ramasun, 2002)、艾陶 (Etau, 2003)、納坦 (Nock-Ten, 2004)、	9
4 級颱風	魏萊特 (Violet, 1996)、奇洛基 (Kirogi, 2000)、杜鵑 (Dujuan, 2003)、科吉拉 (Kujira, 2003)、尹布都 (Imbudo, 2003)、蘇迪勒 (Soudelor, 2003)、辛樂克 (Sinlake, 2002)、凱沙娜 (Ketsana, 2003)、舒達 (Sudal, 2004)、敏督利 (Mindulle, 2004)、桑達 (Songda, 2004)、米雷 (Meari, 2004)、陶卡基 (Tokage, 2004)、桑卡 (Sonca, 2005)、尼莎 (Nesat, 2005)、泰利 (Talim, 2005)、卡努 (Khanun, 2005)、龍王 (Longwang, 2005)	18
5 級颱風	戴兒 (Dale, 1996)、賀伯 (Herb, 1996)、莎莉 (Sally, 1996)、溫妮 (Winnie, 1997)、伊莎 (Isa, 1997)、艾文 (Ivan, 1997)、羅西 (Rosie, 1997)、瑞伯 (Zeb, 1998)、芭比絲 (Babs, 1998)、碧利斯 (Bilis, 2000)、盧比 (Lupit, 2003)、梅米 (Maemi, 2003)、妮妲 (Nida, 2004)、佳芭 (Chaba, 2004)、馬鞍 (Man-On, 2004)、海棠 (Haitang, 2005)、娜比 (Nabi, 2005)	17

本計畫定義颱風中心及花蓮港連線與花蓮港緯度線之夾角，為颱風對花蓮港的方向角，如圖 2-1 所示，代表颱風中心位在花蓮港的方向，並以花蓮港之緯度線為界取順時針為正。若 $-90^{\circ} < \theta < 0^{\circ}$ 時，表示颱風位於花蓮港之東北方；而若 $90^{\circ} < \theta < 180^{\circ}$ 時，則表示颱風位於花蓮港之西南方，及 $-180^{\circ} < \theta < -90^{\circ}$ 時，表示颱風於花蓮港之西北方，在上述三種角度之颱風所產生之波浪均不易傳入花蓮港內而引起港池共振。當颱風中心與花蓮港之東南方時 ($0^{\circ} < \theta < 90^{\circ}$)，影響花蓮港較大。

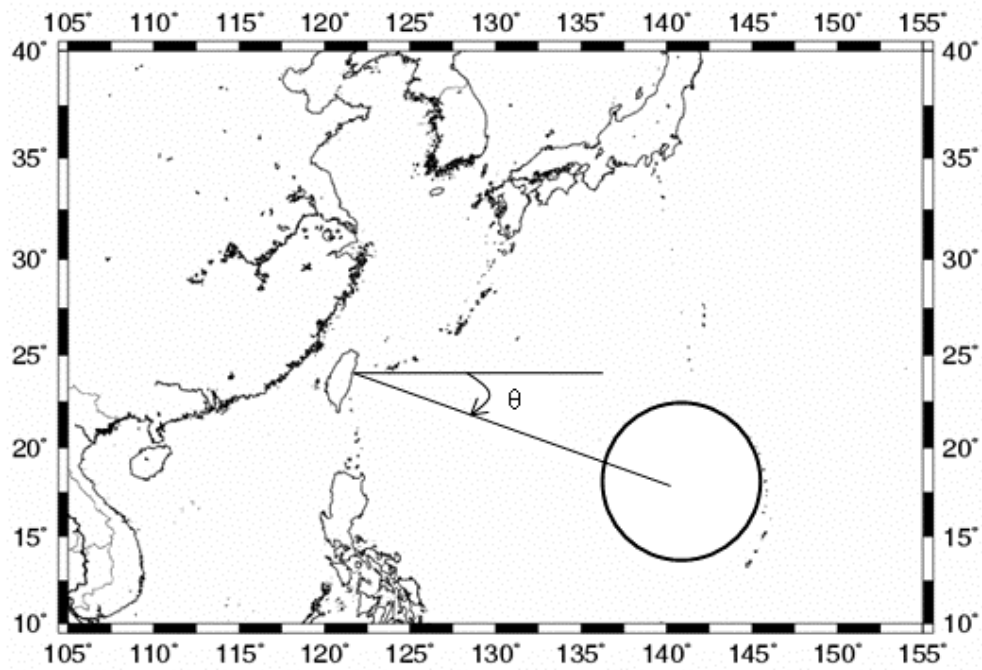


圖 2-1 颱風中心與花蓮港之方位角度示意圖

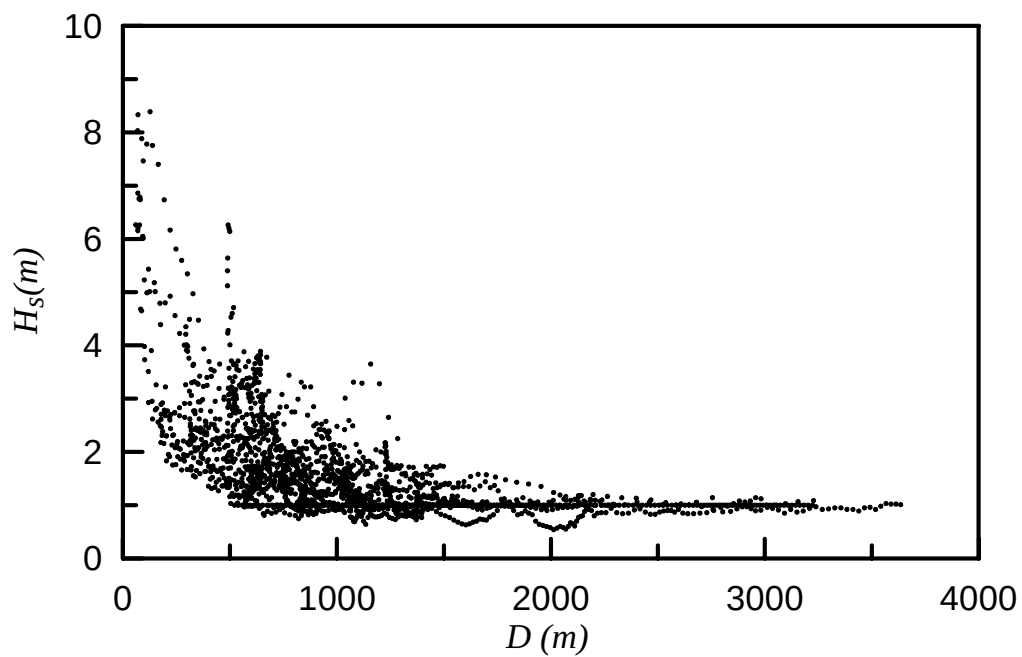


圖 2-2 颱風距離與觀測站示性波高關係(見張和錢(2003))

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 2-2 所示。圖 2-2 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。

颱風中心之經緯度代表著颱風之所在位置，當颱風位於花蓮港之東南方時($0^\circ < \theta < 90^\circ$)，而颱風中心位置的經度越大，緯度越小時，表示颱風距離較遠；反之，當颱風位於花蓮港之東北方時(即 $-90^\circ < \theta < 0^\circ$)，颱風中心之經度越小，緯度越小時，表示颱風距離較近。在本計劃中，利用此規則，以颱風中心之經緯度與角度代表颱風距離，如此，可節省掉計算距離之時間。

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碰撞等。因此，我們將斷纜歸於最嚴重之船隻異動指數 4，並依五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 68 個颱風加以分類，示如表 2-4。由表 2-4 可知 68 場颱風中有 29 場造成船隻的斷纜，有 10 場颱風對船隻沒有造成影響，15 場颱風有湧浪的產生，15 場颱風船隻需出港避風的情形。

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	貝絲 (Beth, 1996)、維琪 (Vicki, 1998)、凱特 (Kate, 1999)、貝碧佳 (Bebinca, 2000)、巴比崙 (Prapiroon, 2000)、海燕 (Haiyan, 2001)、凱莎娜 (Ketsana, 2003)、康森 (Conson, 2004)、蘭寧 (Rananim, 2004)、梅姬 (Megi, 2004)	10
2	彼得 (Peter, 1997)、蒂娜 (Tina, 1997)、楊妮 (Yanni, 1998)、丹恩 (Dan, 1999)、辛樂克 (Sinlake, 2002)、莫拉克 (Morakot, 2003)、科羅旺 (Krovanh, 2003)、科羅旺 (Krovanh, 2003)、梅米 (Maemi, 2003)、妮妲 (Nida, 2004)、佳芭 (Chaba, 2004)、米雷 (Meari, 2004)、馬鞍 (Ma-On, 2004)、桑卡 (Sonca, 2005)、尼莎 (Nesat, 2005)	15
3	魏萊特 (Violet, 1996)、戴兒 (Dale, 1996)、羅西 (Rosie, 1997)、瑪姬 (Maggie, 1999)、山姆 (Sam, 1999)、奇洛基 (Kiroji, 2000)、奇比 (Chebi, 2001)、尤特 (Utor, 2001)、柯吉拉 (Kujira, 2003)、杜鵑 (Dojuan, 2003)、米勒 (Melor, 2003)、舒達 (Sudal, 2004)、桑達 (Songda, 2004)、納坦 (Nock-Ten, 2004)、海棠 (Haitang, 2005)、卡努 (Khanun, 2005)	15
4	葛樂禮 (Gloria, 1996)、賀伯 (Herb, 1996)、莎莉 (Sally, 1996)、薩恩 (Zane, 1996)、伊莎 (Isa, 1997)、歐珀 (Opal, 1997)、溫妮 (Winnie, 1997)、安珀 (Amber, 1997)、艾文 (Ivan, 1997)、奧托 (Otto, 1998)、瑞伯 (Zeb, 1998)、芭比絲 (Babs, 1998)、歐佳 (Olga, 2000)、碧利斯 (Bilis, 2000)、象神 (Xangsane, 2000)、桃芝 (Toraji, 2001)、雷馬遜 (Rammasun, 2002)、蘇迪勒 (Soudelor, 2003)、尹布都 (Imbudo, 2003)、艾陶 (Etau, 2003)、盧比 (Lupit, 2003)、敏督利 (Mindulle, 2004)、艾利 (Aere, 2004)、陶卡基 (Tokage, 2004)、馬莎 (Masta, 2005)、珊瑚 (Sanvu, 2005)、泰利 (Talim, 2005)、娜比 (Nabi, 2005)、龍王 (Longwang, 2005)	29

2.2 颱風規模對船舶動態的影響

本計畫依上節所述之影響船舶動態之颱風參數，分析颱風規模 1 至颱風規模 5 共 68 個之颱風與相關之船隻動態之異動指數之關係。可得知，沿著花蓮港通過或直接穿過花蓮港之颱風，船隻若未出港避風，則會發生斷纜，如安珀(Amber)、瑞伯(Zeb)、象神(Xangsane)、桃芝(Toraji)等，其路徑見附錄 2。

表 2-5 為整理颱風規模 4 與颱風規模 5 颱風之船隻異動指數，由表 2-5 可知，在颱風規模 4 以上之颱風其船隻異動指數除了辛樂克(Sinlake)、凱莎娜(Ketsana)、桑卡(Sonca)、尼莎(Nesat)、妮坦(Nida)及梅米(Maemi)等，其船隻異動指數為 1 或 2，因此，船隻在颱風規模 4 以上之颱風來襲之時，則需出港避風。

表 2-5 颱風規模 4 與颱風規模 5 各個颱風之船隻異動指數

颱風規模 4				颱風規模 5			
颱風名	船隻異動指數	颱風名	船隻異動指數	颱風名	船隻異動指數	颱風名	船隻異動指數
杜鵑	3	陶卡基	4	溫妮	4	莎莉	4
柯吉拉	3	凱莎娜	1	伊莎	4	艾文	4
奇洛基	3	舒達	3	戴兒	3	芭比絲	4
魏萊特	3	桑達	3	盧碧	4	梅米	2
尹布都	4	米雷	4	瑞伯	4	妮坦	2
蘇迪勒	4	桑卡	2	羅西	3	馬鞍	4
辛樂克	2	尼莎	2	賀伯	4	佳芭	5
敏督利	4	泰利	4	碧莉絲	4	海棠	3
卡努	3	龍王	4	娜比	4		

2.3 颱風距離對船舶動態的影響

簡及曾(1999)定義波浪開始明顯增大之時間，當做增大起始時刻，並計算此起始時刻至波高達到最大時之時間間距為增大作用時間；同樣選取波高開始明顯消退之時間當做消退起始時刻，並計算此起始時

刻至波高消退回復至平常波高值之時間當做消退作用時間，而颱風波浪之總作用時間則為兩者之總合。並指出花蓮港之颱風波浪的總作用時間大部份為 1 至 2 日，本計劃將附錄 1 之船隻動態中記錄之湧浪產生、船隻出港及船隻斷纜之時間往前推算兩日，當做颱風波浪影響花蓮港船隻停泊之起始點。本計劃將船隻停泊受颱風波浪影響之起始點與產生船隻異動之時間，並對照當時颱風之經緯度，繪製出不同颱風規模所產生船隻異動點之可能區域，分別示如圖 2-3 至圖 2-7。

由圖 2-3 可知颱風規模 1 之船隻異動區域位於東經 120° 至東經 135° 及北緯 14° 至北緯 22.5° ；由圖 2-4 可知，颱風規模 2 之船隻異動區域位於東經 125° 至東經 135° 及北緯 14° 至北緯 21° ；由圖 2-5 可知，颱風規模 3 之船隻異動區域位於東經 122.5° 至東經 135° 及北緯 14° 至北緯 22.5° ；由圖 2-6 可知，颱風規模 4 之船隻異動區域位於東經 125° 至東經 136° 及北緯 12.5° 至北緯 22° ；由圖 2-7 可知，颱風規模 5 之船隻異動區域位於東經 125° 至東經 137° 及北緯 12° 至北緯 23° 。

在颱風規模為 3 以下時，颱風需較靠近花蓮港才會有船隻可能需出港避難或斷纜的可能。但在颱風規模 4 跟颱風規模 5 時，卻從東經 125° 開始就產生了船隻異動，颱風規模越大者則越早產生湧浪，其船隻異動之區域則離花蓮港較遠。颱風規模 2 之筆數不多，因此，亦較難觀察出此規則。另外使花蓮港產生船隻異動指數為 2 以上之颱風，皆位於花蓮港之東南方。綜合上述颱風產生船隻異動區域大約在東經 120° 至東經 138° 及北緯 10° 至北緯 23° 。因此，本研究將此影響船隻異動的颱風所在範圍定於東經 $120^{\circ} \sim 140^{\circ}$ 、北緯 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 之間，且此範圍亦為本模式模擬學習時選擇的颱風。

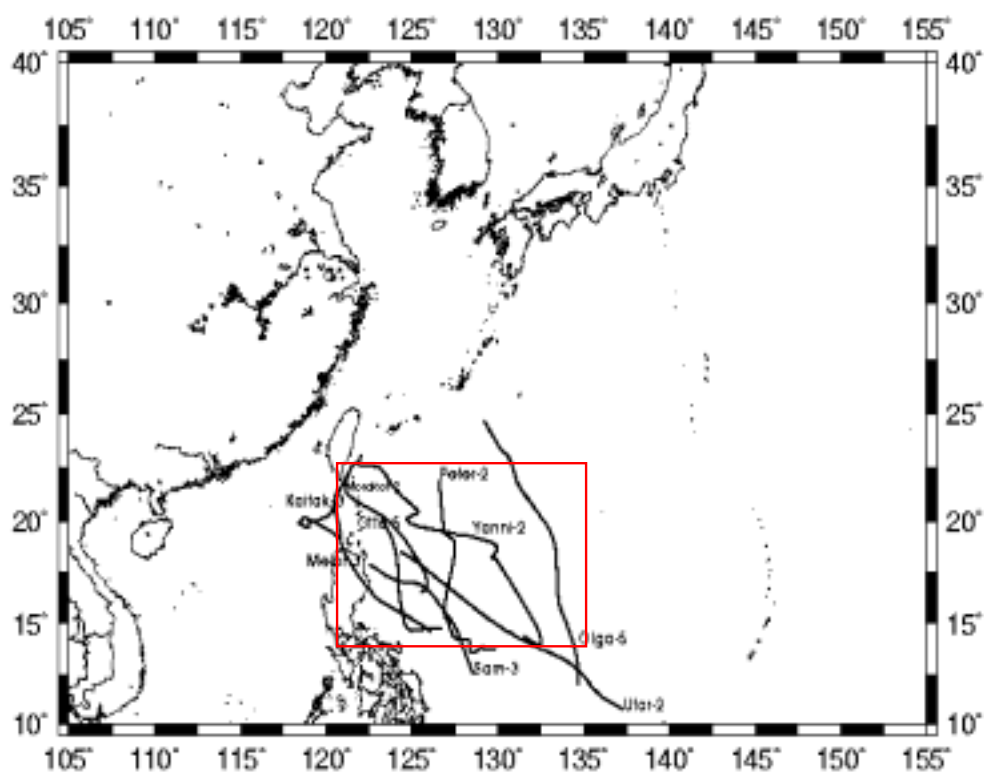


圖 2-3 颱風規模 1 影響船隻異動的範圍

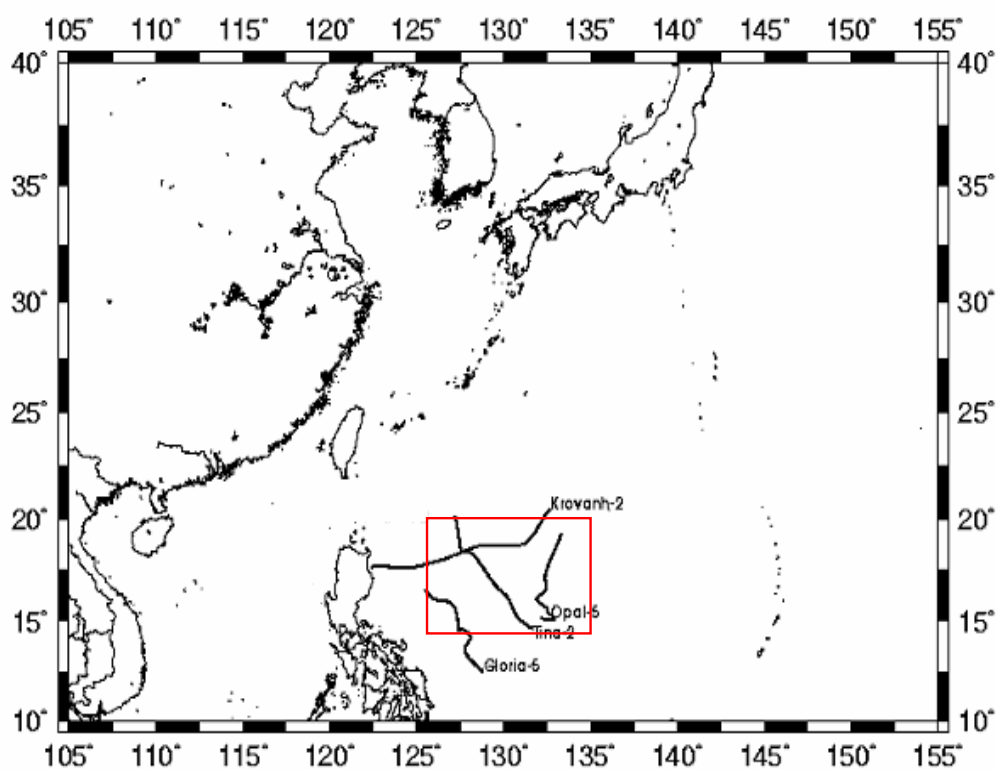


圖 2-4 颱風規模 2 影響船隻異動的範圍

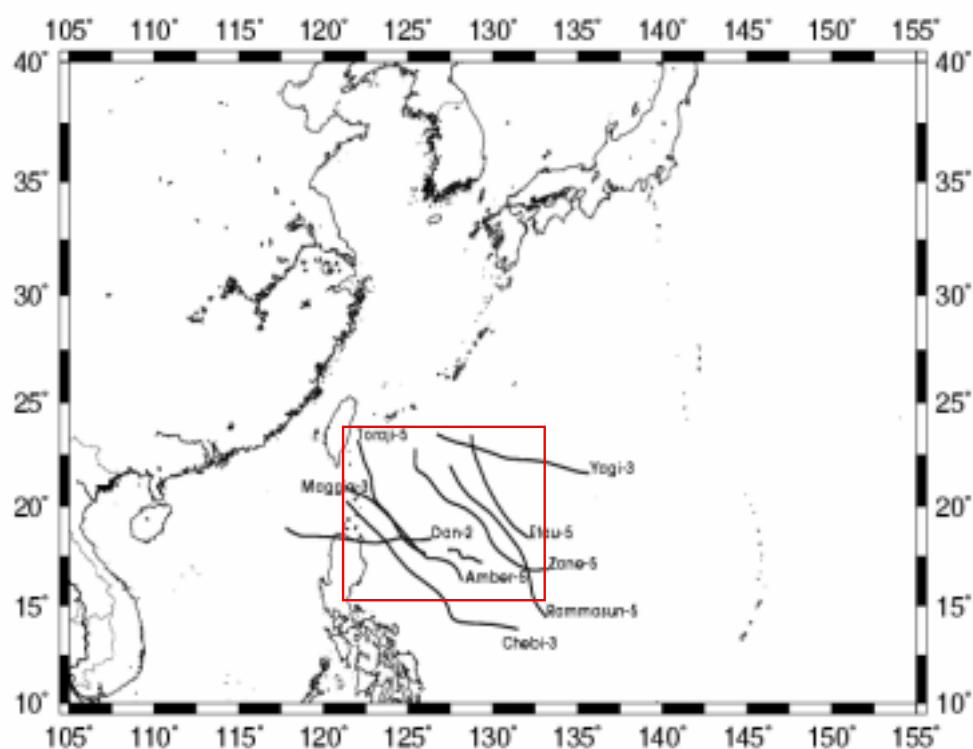


圖 2-5 颱風規模 3 影響船隻異動的範圍

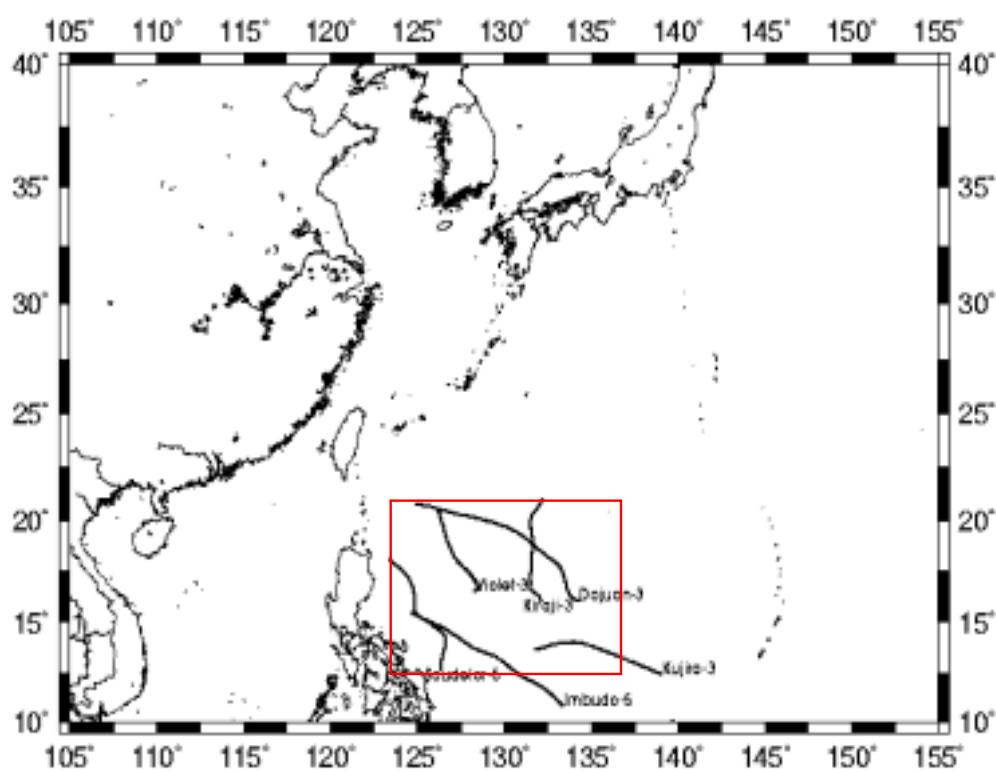


圖 2-6 颱風規模 4 影響船隻異動的範圍

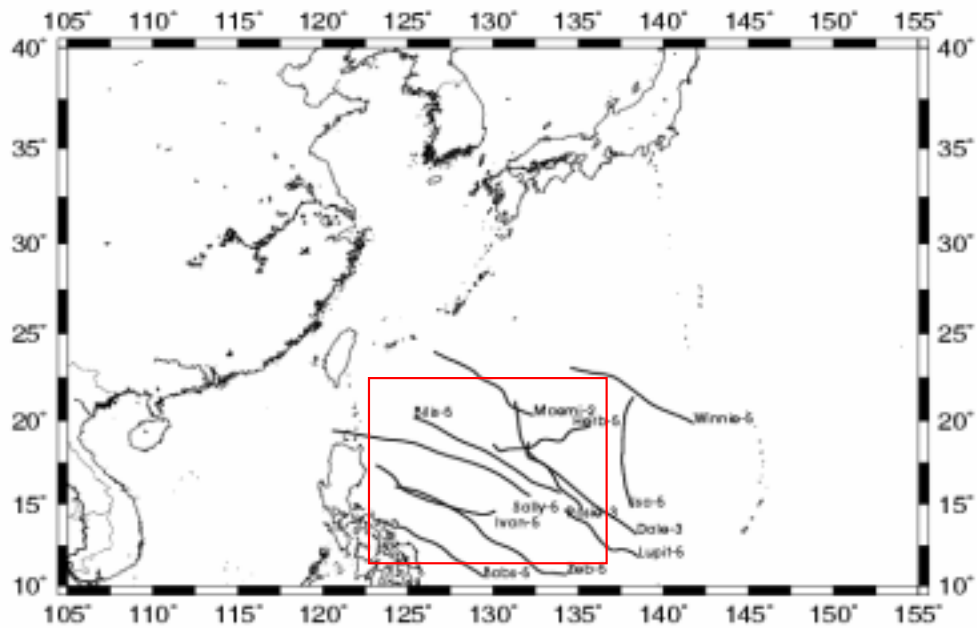


圖 2-7 颱風規模 5 影響船隻異動的範圍

2.4 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 2-8 及 2-9。由圖 2-8 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 2-9 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。

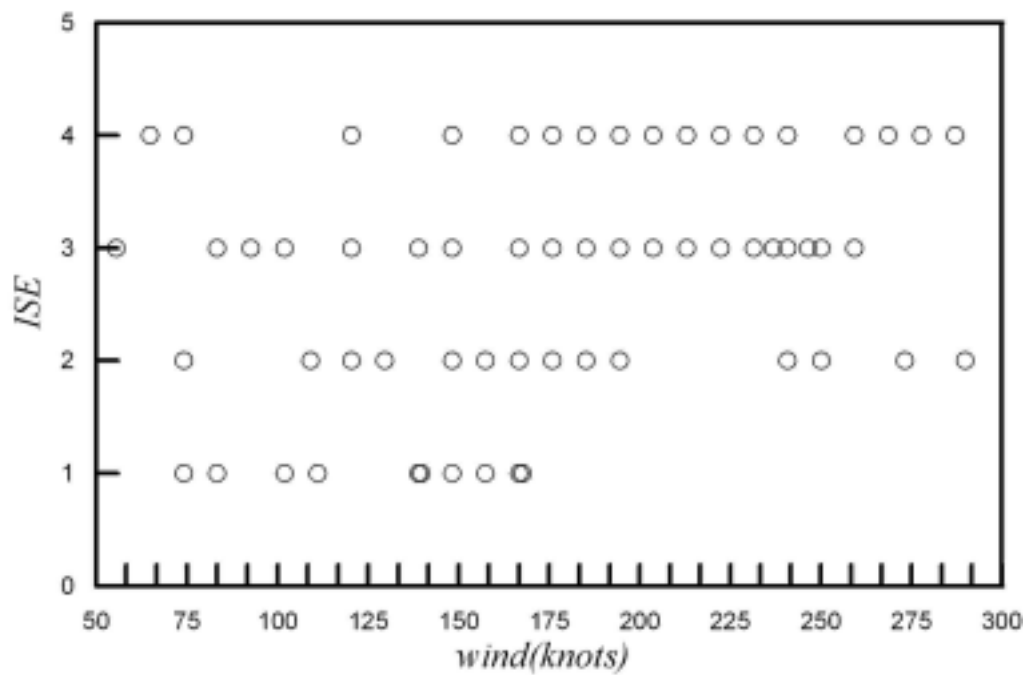


圖 2-8 颱風風速與船隻異動指數關係圖

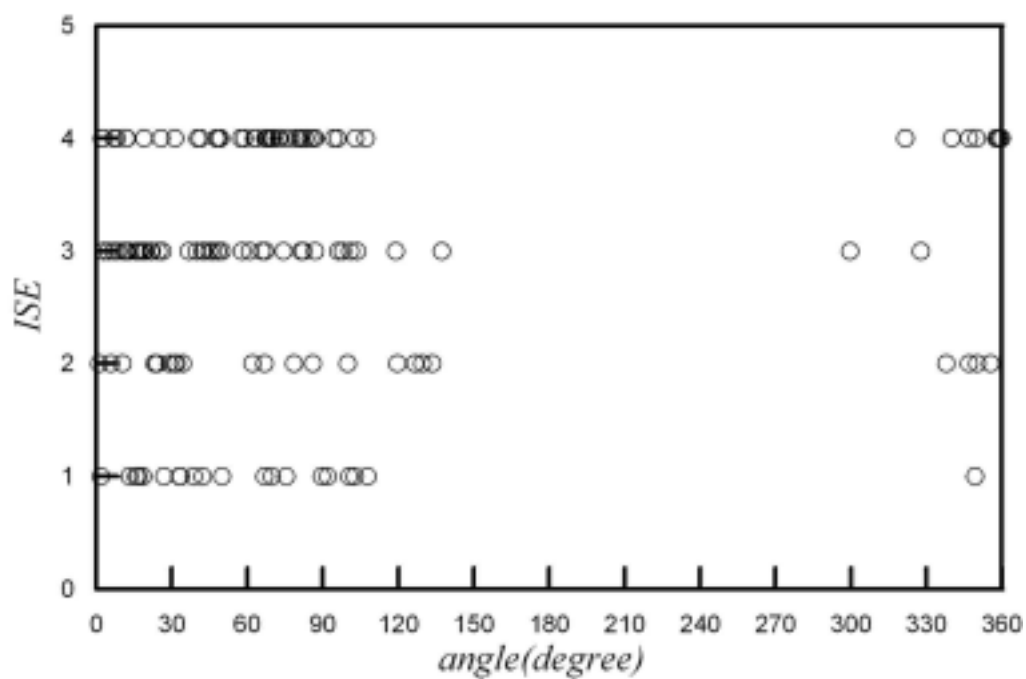


圖 2-9 颱風中心至測站方位角與船隻異動指數關係圖

第三章 船隻動態預警模式之建構

3.1 類神經網路模式

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。

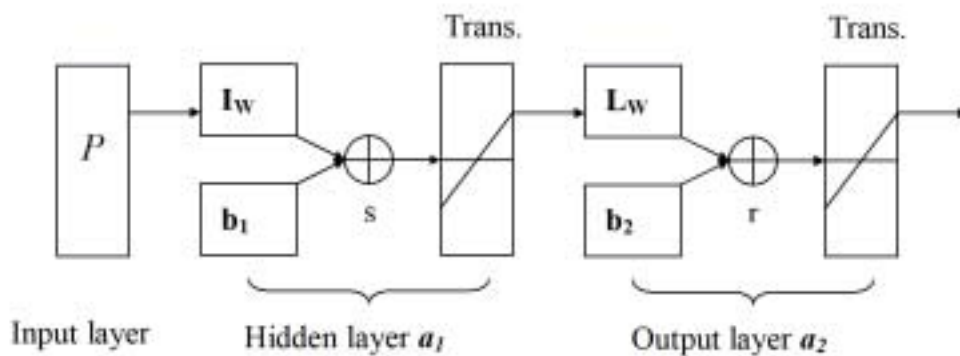


圖 3-1 類神經網路架構示意圖

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

和閥值來闡述該相關性，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 *b₁* 為輸入層與隱藏層間的權重和閥值矩陣，*L_w* 和 *b₂* 為輸出層與隱藏層間的權重和閥值矩陣。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閥值與權重上，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

$$\mathbf{a}_{1,s \times 1} = \mathbf{f}_{s \times 1}(\mathbf{I}_{w,s \times n} \mathbf{P}_{n \times 1} + \mathbf{b}_{1,s \times 1}) \dots\dots\dots (3-1)$$

$$\mathbf{a}_{2,r \times 1} = \mathbf{f}_{r \times 1}(\mathbf{L}_{w,r \times s} \mathbf{a}_{1,s \times 1} + \mathbf{b}_{2,r \times 1}) \dots\dots\dots (3-2)$$

其中 *a₁* 為隱藏層之輸出值矩陣，*a₂* 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 *a₂*，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

$$E = \frac{\|\mathbf{a}_2 - \mathbf{Y}\|^2}{N} \dots\dots\dots (3-3)$$

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閥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

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

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

本計劃分析船隻動態表得知，熱帶性低氣壓均未對花蓮港船隻造成影響，因此，颱風規模 1 至颱風規模 5 之分類颱風個數共 46 個之颱風。並依據前章所述之颱風影響船舶動態參數，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因子，做為類神經網路之輸入值，示如圖 3-2。本計劃選擇

之學習範例為含蓋 5 種颱風規模、4 種船隻異動指數及 9 種颱風路徑之颱風共 36 個，分別為奧托 (Otto)、桃芝 (Toraji)、瑪姬 (Maggie)、山姆 (Sam)、科羅旺 (Krovanh)、薩恩 (Zane)、歐珀 (Opal)、彼得 (Peter)、蒂娜 (Tina)、葛樂禮 (Gloria)、奇比 (Chebi)、艾文 (Ivan)、丹恩 (Dan)、梅米 (Maeimi)、莎莉 (Sally)、戴兒 (Dale)、羅西 (Rosie)、杜鵑 (Dujuan)、象神 (Xangsane)、艾陶 (Etau)、雷馬遜 (Rammason)、歐佳 (Olga)、尹布都 (Imbudo)、溫妮 (Winnie)、伊莎 (Isa)、瑞伯 (Zeb)、賀伯 (Herb)、貝絲 (Beth)、維琪 (Vicki)、奇洛基 (Kiroji)、凱特 (Kate)、海燕 (Haiyan)、辛樂克 (Sinlake)、魏萊特 (Violet)、安珀 (Amber)、芭比絲 (Babs) 等做為類神經之學習範例。目前其他 3 場颱風則當為已建立模式之驗證範例，依時間順序分別為楊妮 (Yanni)、尤特 (Utor)、碧利斯 (Bilis)。

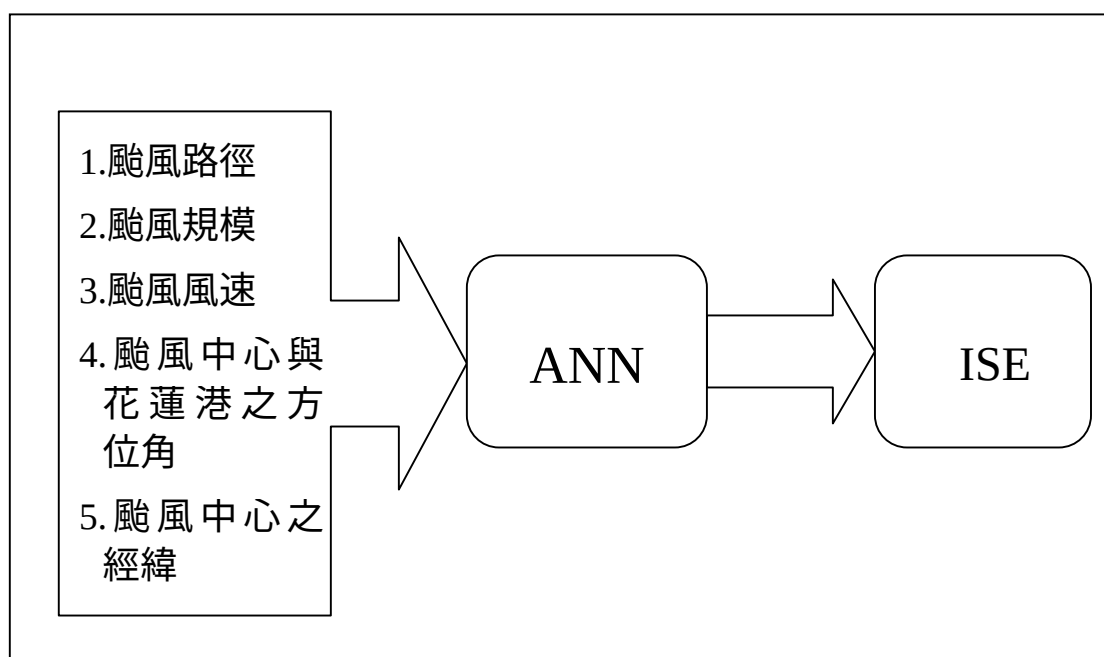


圖 3-2 類神經網路架構示意圖

一般而言，隱藏層之層數可為 1 至 2 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，計算隱藏層之神經元數目為 $(6+1)/2 = 3.5$ 個，為求最佳之神經元個數，本計劃將測試隱藏層神經元分為 2、7、12、17、22、27 及 32 個等。隱藏層轉換函數則採用正切雙彎曲轉換函數 (Hyperbolic tangent sigmoid transfer

function) 或對數雙彎曲轉換函數 (Log sigmoid transfer function) 二種。而最終迭代次數設定為 5000 代，在誤差平方近似於 0 或迭代次數為 5000 代時之任何一個條件，該網路即停止學習。表 3-1 為不同轉換函數及不同神經元數之模式學習誤差平方值，由表 3-1 知當神經元數為 27 且轉換函數為正切轉換函數時有最小之誤差平方值，此網路架構之模式有最佳的學習效果。為測試隱藏層數目是否會影響網路的精度，因此，本計劃另外建立雙層之類神經網路架構。其第二層隱藏層之神經元數約為第一層之半，且為偶數(見葉, 1993)。因此在測試時，第二層隱藏層之神經元數選擇為 12、14 及 16 個神經元。表 3-2 為雙層隱藏層模式的學習誤差平方值，由表 3-2 可知有 27 個神經元之單層隱藏層模式比雙層隱藏層模式有較低之誤差平方值。因此，本計劃以 27 個神經元的單層隱藏層模式進行後船舶動態預警模式的學習與驗證。

表 3-3 為 36 場學習颱風由最佳模式所預測的不同時間的船隻異動指數與實際值之比較。表中有灰階底者為在預測船隻異動指數與實際值不同者。此表中之第一欄位為學習颱風之名稱；第二欄為學習時間，由於每場颱風僅取一天之時間，且為 6 小時取一次之數據，因此，每場颱風共有四筆學習資料，因此本模式之輸入矩陣為 6×144 ；第三欄為預測之船隻異動指數；第四欄為實際之船隻異動指數，共 144 個。由表 3-3 可知所有誤差皆共有 16 筆資料，數據為船隻異動指數一級之誤判，則有 9 表資料。由此結果，可知學習後之網路誤差之誤判百分比約為 11%，因此，本模式具有學習誤差較佳的網路架構，本計劃亦以此網路架構驗證其他 4 場颱風所發生的船隻動態情形。

表 3-1 單一隱藏層不同轉換函數及神經元個數之學習誤差平方值

轉換函數	神經元數	誤差均方值
正切轉換函數	2	0.735
	7	0.501
	12	0.448
	17	0.429
	22	0.236
	27	0.098
	32	0.194
對數轉換函數	2	0.745
	7	0.482
	12	0.321
	17	0.706
	22	0.529
	27	0.553
	32	0.584

表 3-2 雙層隱藏層之學習誤差平方值

第一層神經元	第二層神經元	誤差平方值
27	0	0.098
27	12	0.171
27	14	0.139
27	16	0.134

表 3-3 颱風之船隻異動指數模式實際與學習輸出值之比較

颱風	T (hr)	ISE _p	ISE _o	颱風	T (hr)	ISE _p	ISE _o	颱風	T (hr)	ISE _p	ISE _o	颱風	T (hr)	ISE _p	ISE _o	颱風	T (hr)	ISE _p	ISE _o
奧托	6	1	1	魏萊特	6	1	1	丹恩	6	1	1	蒂娜	6	1	1	凱特	6	1	1
	12	1	1		12	1	1		12	1	1		12	1	1		12	1	1
	18	2	2		18	1	1		18	1	1		18	1	1		18	1	1
	24	3	4		24	2	2		24	2	2		24	2	2		24	1	1
桃芝	6	1	1	安珀	6	2	1	梅米	6	1	1	葛樂禮	6	2	2	歐佳	6	1	1
	12	1	1		12	1	1		12	3	2		12	2	2		12	1	1
	18	2	2		18	2	2		18	2	2		18	2	2		18	1	1
	24	4	4		24	3	3		24	2	2		24	4	4		24	2	2
瑪姬	6	2	2	伊莎	6	1	1	莎莉	6	1	1	奇比	6	2	1	奇洛基	6	3	3
	12	2	2		12	1	1		12	1	1		12	1	1		12	3	3
	18	2	2		18	3	3		18	1	1		18	2	2		18	3	3
	24	3	3		24	4	4		24	3	4		24	3	3		24	3	3
山姆	6	1	1	羅西	6	2	1	戴兒	6	1	1	艾文	6	1	1	象神	6	1	1
	12	1	1		12	1	1		12	1	1		12	1	1		12	1	1
	18	1	1		18	2	2		18	1	1		18	2	2		18	1	1
	24	3	3		24	3	3		24	3	3		24	4	4		24	1	1
科羅旺	6	1	1	溫妮	6	1	1	貝絲	6	1	1	雷馬遜	6	1	2	瑞伯	6	1	1
	12	1	1		12	1	1		12	1	1		12	2	2		12	1	1
	18	1	1		18	2	2		18	1	1		18	4	4		18	3	3
	24	2	2		24	4	4		24	1	1		24	4	4		24	4	4
薩恩	6	2	2	芭比絲	6	2	2	賀伯	6	1	1	杜鵑	6	2	2	辛樂克	6	1	1
	12	2	2		12	2	2		12	2	1		12	3	3		12	1	1
	18	2	2		18	4	4		18	2	3		18	3	3		18	1	1
	24	4	4		24	4	4		24	4	4		24	3	3		24	1	1
歐珀	6	1	1	維琪	6	1	1	海燕	6	1	1	艾陶	6	1	1	尹步都	6	1	1
	12	1	1		12	2	1		12	1	1		12	1	1		12	2	1
	18	1	1		18	1	1		18	2	1		18	2	1		18	2	3
	24	4	4		24	1	1		24	1	1		24	3	4		24	4	4
彼得	6	1	1																
	12	1	1																
	18	1	1																
	24	2	2																

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，本計劃目前以 3 場未經由學習之颱風，來驗證該網路模式之預測能力。本計畫選擇 3 場颱風當做驗證之颱風，模式預測之船隻動態指數為每個小時一筆資料，且將楊妮(Yanni, 87)、碧利斯(Bilis, 89)及尤特(Utor, 90)等颱風以時序之方式呈現，示如圖 3-3 至 3-5。楊妮 (Yanni) 颱風為第 6 類颱風路徑且颱風規模為第 1 級。圖 3-3 為楊妮颱風經由模式推算之預測船隻異動指數時序圖，由模式所預測出楊妮颱風的最大船隻異動指數為 2，亦即只會造成湧浪產生，而且湧浪並不會大到船隻需出港避風，由附錄 1 中可知，Yanni 颱風之船隻異動指數為 2，因附錄中未清楚記載湧浪產生之時刻，故本計劃以表中開始紀錄湧浪產生之時刻，即 9 月 28 日 2 時，如圖 3-3 中之實現線所示處。

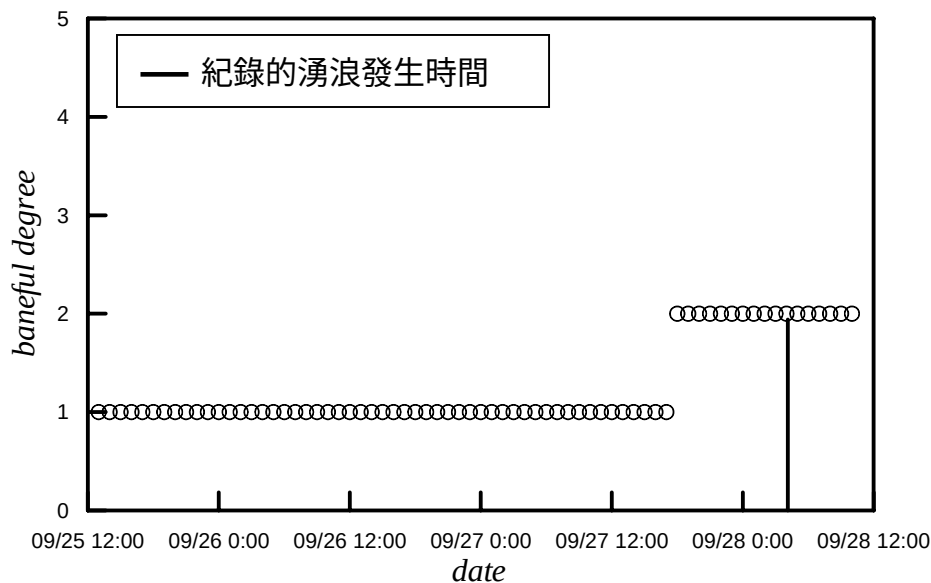


圖 3-3 模擬楊妮(Yanni)颱風侵台時之船隻異動指數

碧利斯(Bilis) 颱風為第 3 類路徑颱風規模為 5 級。圖 3-4 為由模式推算所得碧利斯(Bilis)颱風之預測船隻異動指數，由圖 3-4 可看出每一時間點之船隻異動指數，且由模式預測碧利斯(Bilis)颱風之最大船隻異動指數為 4，亦即船隻有斷纜的可能。由附錄 1 中可知，碧利斯 (Bilis) 颱風來襲時，有船隻出港避風並產生了斷纜之現象，因此，判定碧利斯(Bilis)颱風之船隻異動指數為 4，而船隻之斷纜且出港避風時間則為

圖中之虛線部份，由圖 3-4 可知，在模式預測上，亦判定為船隻有斷纜之可能。在附錄 1 中，船隻由於斷纜才出港避風，本預警模式預測出船隻應提早出港，以避免斷纜之現象發生。

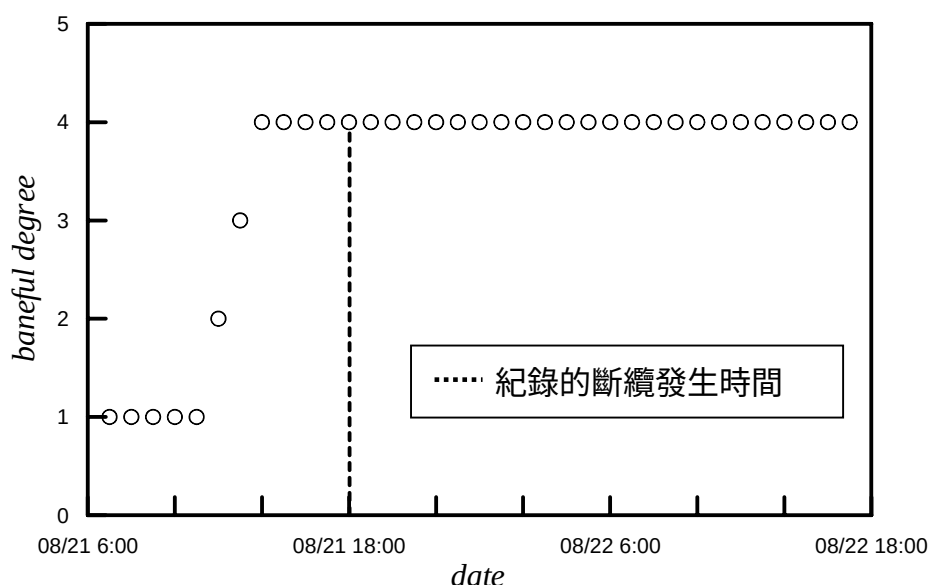


圖 3-4 模擬碧利斯(Bilis)颱風侵台時之船隻異動指數

尤特(Utor)颱風為第 5 類颱風路徑、颱風規模為第 1 級。圖 3-5 為經由模式推算所得尤特(Utor)颱風之預測船隻異動指數。圖 3-5 可看出每一時間點之船隻異動指數，並可知由模式預測尤特(Utor)颱風之最大船隻異動指數為 3，亦即船隻有出港避風的必要性。由附錄 1 中可知，Utor 颱風來襲之時，有船隻出港避風，所以，判定尤特(Utor)颱風之船隻異動指數為 3，且湧浪產生之時間為 7 月 4 日早上 7 點 30 分，為圖中之實線所在，可知模式之預測船隻異動指數亦為 2，而船隻之出港避風時間則為圖中之實線部份，由圖 3-5 可知，在模式中，亦預測出了船隻需出港避風，船隻異動指數為 3 虛線部分。

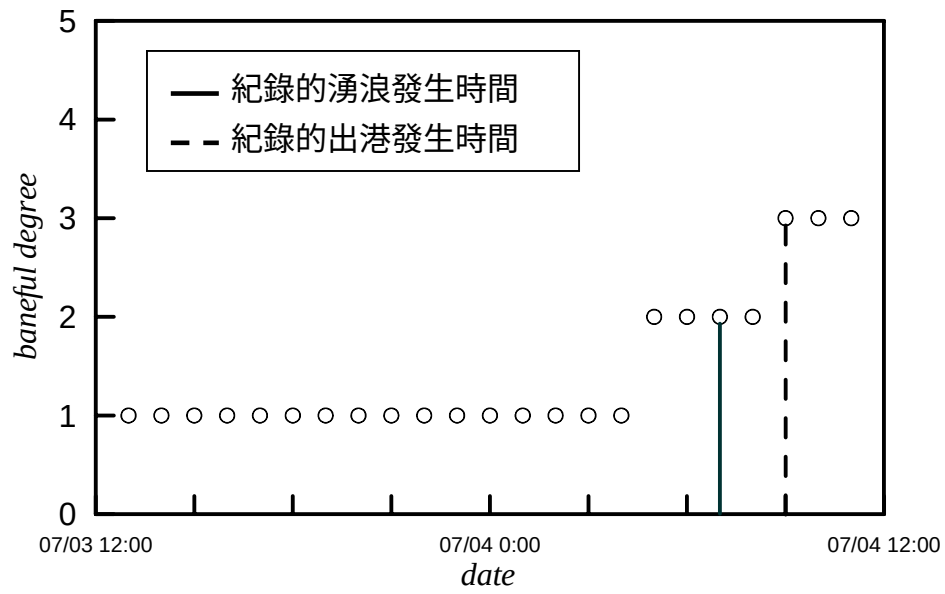


圖 3-5 模擬尤特(Utor)颱風侵台時之船隻異動指數

第四章 波浪特性分析

4.1 資料來源與處理

本研究之測站位置位於花蓮港東防波堤往南延長 370 公尺、水深 34 公尺處，設置儀器為挪威 NORTEK 公司之剖面海流、音波式表面波浪與壓力式波浪量測及即時傳送監測系統 AWAC，主要收集資料為波高、週期以及波向。花蓮港附近測站位置圖，如圖 4-1 所示，測點為圖中東防波堤末端方塊部分。港灣技術研究中心提供之波浪資料紀錄有兩種形式，一為壓力式波浪量測記錄，另一為音波式表面波浪量測。本研究使用之波浪資料為壓力式，時間為 90 年至 94 年的資料，波浪每小時取樣為 17 分鐘，頻率為 2HZ，因此每小時共取樣 2048 筆資料。進行波高與週期之計算時，需先將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。其中 90 至 92 年的資料較不完整，故本計劃分析時較著重於 2004 年與 2005 年波浪資料。



圖 4-1 花蓮港地理位置示意圖

4.2 示性波高與週期之計算

4.2.1 示性波高之計算

根據零上切 (zero up cross) 法，可將原始資料處理完後所得水位定義出波高。一般常用的波高統計代表值 (代表波) 有很多種，本研究選取 $H_{1/3}$ 來計算相關波高特性， $H_{1/3}$ (示性波) 其計算方法即以波群中波高較大的 1/3 部分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，發現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，1999)

另外，可將水位訊號經過快速傅立葉 (FFT) 轉換後得到頻譜，根據頻譜的定義，頻率為 f ，可得零階面矩的能率 m_0 ，示如式(4-1)

$$m_n = \int_0^\infty f^n S(f) df \dots\dots\dots(4-1)$$

其中， $S(f) = E[X(f)\bar{X}(f)]$ ， $E[\]$ 代表期望值(樣本平均)， $X(f)$ 是水位訊號的 Fourier 係數， $\bar{X}(f)$ 為其共軛複數。由於常見的波高分佈比較符合 Rayleigh 與 Weibull 分佈，則根據 Rayleigh 理論示性波高與頻譜函數之零階動差關係為式(4-1)

$$H_{1/3} = 4\sqrt{m_0} \dots\dots\dots(4-2)$$

但基於 Weibull 分佈的假設，常數約為 3.8。並可由現地觀測數據其關係常數略小於 4.0(Wilson 和 Baird, 1972; 副島, 1975)。合田(1990)則建議實際風浪應採用 3.8 較為妥當。

4.2.2 示性週期之計算

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， $H_1 > H_2 > H_3 \cdots$ ，而其相對應之週期排列為 $T_1 > T_2 > T_3 \cdots$ ，定義示性波高 $H_{1/3}$ 為其前 $1/3$ 部份波高之平均值，而 $T_{1/3}$ 為其相對應之週期平均值；而 Nair, et al.(2003) 等所提出的示性週期計算方式是以週期大小排序後($T_1 > T_2 > T_3 \cdots > T_N$)，以前 $1/3$ 部份週期之平均值為示性週期。

由於以頻譜求得示性週期之過程相當困難，在理論上其與主頻 f_p 的關係已無法得到，只能從現地觀測的經驗來決定。Mitsuyasu(1968) 提出示性週期為下式

$$T_{1/3} = \frac{1}{1.05 f_p} \cdots \cdots \cdots (4-3)$$

合田(1987)亦以觀測數據建議示性週期為下式

$$T_{1/3} = \frac{1}{1.1 f_p} \cdots \cdots \cdots (4-4)$$

4.3 波浪特性分析

本計畫將原始水位的資料經過統計後，進行零上切法，得到波高時序值，以此進行計算並繪出實際波高機率直方圖。藉由波高時序資料求得不同機率密度分佈之參數，以獲得對應的理論密度分佈函數，並以最大概似法(Maximum Likelihood Estimator, MLE)求解各理論機率分佈之參數，其各參數值均落在 95%信賴區間，最後再根據分組組數與資料分佈的特性，分析波高與週期機率與直方圖分佈，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。

直方圖是用來判斷波高資料機率分佈情況，直方圖的分組組數將影響到資料分析出來後的結果，當組數分得太少時，將無法有效地表現出該筆資料的分佈特性，而造成部分資料特性被隱藏的結果。相反地，若將組數分得太多時，將造成各個區間內資料點出現的個數過少，使直方圖呈現出極不規則情況，同樣也不能有效地表現出該筆資料的特性。因此，在做統計分佈之前，必須先對分佈區間的組數進行定義。因此根據統計學上的理論，合理的直方圖分組組數大小應至少要大於五組，而一般統計學上常用的分組方法有如下幾種：

1. Sturges (史特吉斯) 法：

$$X = 1 + 3.322 \log(N) \dots\dots\dots(4-5)$$

其中 X 為確定好之分組組數，N 為資料次數或個數。

2. Doane (唐恩) 法：

$$X = \sqrt[3]{N} \dots\dots\dots(4-6)$$

其中 X 為 $\sqrt[3]{N}$ 最接近之整數值，N 為資料之次數或個數。

花蓮港之波數範圍大略介於 70 至 150 個之間，根據上述兩種分組組數計算方法，可得到分組組數範圍大概為 7 至 12 組，而本計畫除了參考上述兩種分組分法外，尚加入了兩組數 5 組與 6 組一起併入計算，即分組範圍為 5 至 12 組，以得到較客觀的分析結果。

而本計畫所選用之統計參數來決定，波高與週期之最佳組數及最適之機率分佈。對波高與週期則共有四個，其中誤差均方根(RMS)與關係數(R^2)為常用之統計學上的技巧。另依施與尹（1994）探討近海波

高的機率分佈時，以卡方檢定（Chi-Square test）與統計學中回歸分析的最小平方法，來檢定與判斷機率分佈與柱狀圖的適用性，本計畫亦參考其分析方法，引用卡方檢定與最小平方法，及 Kolmogorov-Smirnov test 檢定方法來判斷適用性，然而在分析過程中，以最小平方法來檢定並無法明顯地判斷出各分佈的優劣，另兩種檢定方法則在 99%有效水準下，各種機率分佈函數均可被接受，因此，亦難以判斷各區間的分佈函數中，何種組數為最佳的分組組數。有鑑於此，本計畫提出 $P_i=0$ 與 $|P_i-P_j|>1/N$ 兩參數來判斷適用性，茲將兩種參數說明與判斷方法示如下。

圖 4-2 為某一波高資料分成 12 組直方圖，其中 $P_i=0$ 即表示當波高根據組數分組時，各組距中可能產生機率值為零的情況。因為當分組組數越多，間距分的過細，以致於在該間距內的機率或者次數可能為零。如圖 4-2 所示，分成 12 組時，於波高 0.38m 至 0.425m 中，次數為零（機率值亦為零），因此 $P_i=0$ 的參數記錄為 1，即代表該筆資料中，至少有一組間距機率值是為零的情況，若無任何間距的機率值為零， $P_i=0$ 之參數紀錄為零。另一參數 $|P_i-P_j|>1/N$ （ N 為分組組數）的說明如圖 4-2 所示，當各組距中的機率值與其下一組距的機率值，相減之後的絕對值大於分組組數倒數的情況至少發生一次以上，該參數值紀錄為 1；若 $|P_i-P_j|>1/N$ 無發生，該參數值紀錄為 0。

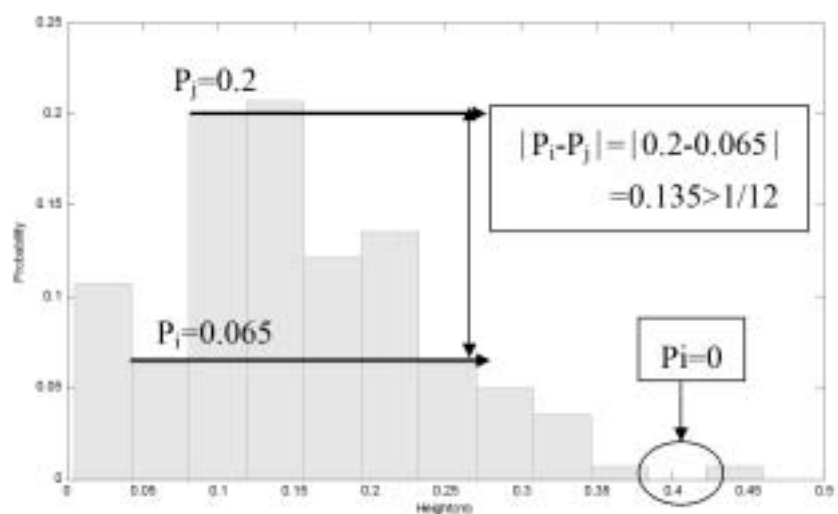


圖 4-2 統計參數與波高資料直方圖

除了最佳組數之判斷外，本計畫選擇 Normal (常態)、Gamma、Rayleigh 及 Weibull 四種分佈探討波高最適之機率分佈；對於週期則選擇 Erlang、Gamma、Rayleigh 及 Longuet-Higgins 四種分佈。上述所提之機率密度分佈簡述如下：

1. Normal(常態)分佈

為常態分佈的機率密度函數，示如式(4-7)：

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, -\infty < x < \infty, -\infty < \mu < \infty, \sigma > 0 \quad \text{..(4-7)}$$

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(4-8)及式(4-9)推算標準偏差及平均值：

$$\mu = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad \text{.....(4-8)}$$

$$\sigma^2 = s^2 = \frac{1}{N-1} \left(\sum_{i=1}^N x_i - \bar{x} \right)^2 \quad \text{.....(4-9)}$$

2. Gamma 分佈

為 Gamma 分佈的機率密度函數，示如式(4-10)

$$f(x; \alpha, \lambda) = \begin{cases} \frac{\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\lambda x} & , x \geq 0, \alpha > 0, \lambda > 0 \\ 0, elsewhere & \end{cases} \quad \text{.....(4-10)}$$

其中 $\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} x^{\alpha-1} e^{-x} dx$ 為 Gamma 函數，Gamma 函數中的兩個參數計算方式如下式，

$$\hat{\lambda} = \frac{\bar{x}}{s^2}, \quad \hat{\alpha} = \hat{\lambda} \bar{x} \dots\dots\dots(4-11)$$

當 $\lambda = 1/2$ 和 $\alpha = n/2, n = 1, 2, \dots$ 時，其分佈函數為卡方分佈(Chi-square distribution)，亦為 Gamma 分佈的特例。當 $\alpha = 1$ 時，其分佈函數為指數分佈(Exponential distribution)，亦是 Gamma 分佈的特例。

3. Rayleigh 分佈

為 Rayleigh 分佈的機率密度函數，示如式(4-12)：

$$f(x, \sigma) = \begin{cases} \frac{x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} & , x \geq 0, \sigma > 0 \\ 0, elsewhere & \dots\dots\dots(4-12) \end{cases}$$

其中 σ 為其參數

4. Weibull 分佈

為 Weibull 分佈的機率密度函數，示如式(4-13)

$$f(x, \eta, \sigma) = \begin{cases} \frac{\alpha}{\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} & , x \geq 0, \alpha > 0, \beta > 0 \\ 0, elsewhere & \dots\dots\dots(4-13) \end{cases}$$

其中 α 為形狀參數 β 為尺度參數。

5. Longuet-Higgins 分佈

Longuet-Higgins(1975)在基於波高與週期間無相關性存在以及頻譜為窄頻的假設下提出如下的理論波高 H 與週期 T 的聯合機率密度函數，示如式(4-14)：

$$p(\chi, \tau) = \frac{dR}{d\chi} \left| \frac{d\dot{\phi}}{d\tau} \right| p(R, \dot{\phi}) = \frac{2a^3 \chi^2}{\sqrt{\pi} \nu} \exp \left\{ -a^2 \chi^2 \left[1 + \frac{(\tau-1)^2}{\nu^2} \right] \right\} \dots(4-14)$$

其中 $\chi = H/\sqrt{m_0}$ ，為波高的正規化， $\tau = T/\bar{T}$ ，為週期的正規化， R 為振幅， ϕ 為相位角， ν 為譜寬參數， a 為參數。式(4-14)對波高的積分後可以得到無因次化的週期邊際機率密度函數與週期的機率密度函數，示如式(4-15)及(4-16)：

$$p(\tau) = \frac{\nu^2}{2[\nu^2 + (\tau-1)^2]^{3/2}} \dots\dots\dots(4-15)$$

$$p(T) = \left| \frac{d\dot{\phi}}{dT} \right| p(\dot{\phi} | \chi) = \frac{\pi T_{02}}{2\pi T_{01}} \frac{\nu^2}{2[\nu^2 + (1 - \frac{T}{T_{01}})^2]^{3/2}} \dots\dots\dots(4-16)$$

6. Erlang 分佈

Erlang 分佈為 Gamma 分佈中的特殊分佈理論，其機率密度函數與式(4-10)相同，但需對其函數中的參數 n 取整數，即為

$$f(x; n, \lambda) = \begin{cases} \frac{\lambda^n}{(n-1)!} x^{n-1} e^{-\lambda x} & , x \geq 0, \lambda > 0, n \in N \\ 0, & elsewhere \end{cases} \dots\dots\dots(4-17)$$

N.Unnikrishnan Nair 等(2003)提出將 Erlang distribution 應用在波浪週期，並推導出其理論週期統計參數。其理論示性週期的計算方法如式(4-18):

$$m(t) = t + \left[\frac{\lambda^{-1} \sum_{i=0}^{\alpha-1} \sum_{j=0}^i (\lambda t)^j / j!}{\sum_{i=0}^{\alpha-1} \frac{(\lambda t)^i}{i!}} \right] \dots\dots\dots(4-18)$$

其中 $t = T_s$ ， T_s 為週期統計值，其計算方式為將週期依大小排序後($T_1 < T_2 < T_3 \dots\dots\dots < T_n$)， n 為週期資料個數， T_s 為在 $2n/3$ 處所對應的週期值，若 $2n/3$ 為非整數，則取其整數部份；Erlang 分佈理論中的兩個參數 λ 、 α 計算方式示如式(4-19)

$$\lambda = \frac{\bar{T}}{s^2}, \quad \alpha = \frac{\bar{T}^2}{s^2} \dots\dots\dots(4-19)$$

上述六種機率分佈函數之參數決定方法，本計劃以最大概似法來估算各種理論機率分佈函數中之參數。其組數與波高及週期之機率最適判斷，則依上述流程之操作，流程圖示如 4-3，選定其最佳值以利波高與週期之特性分析。

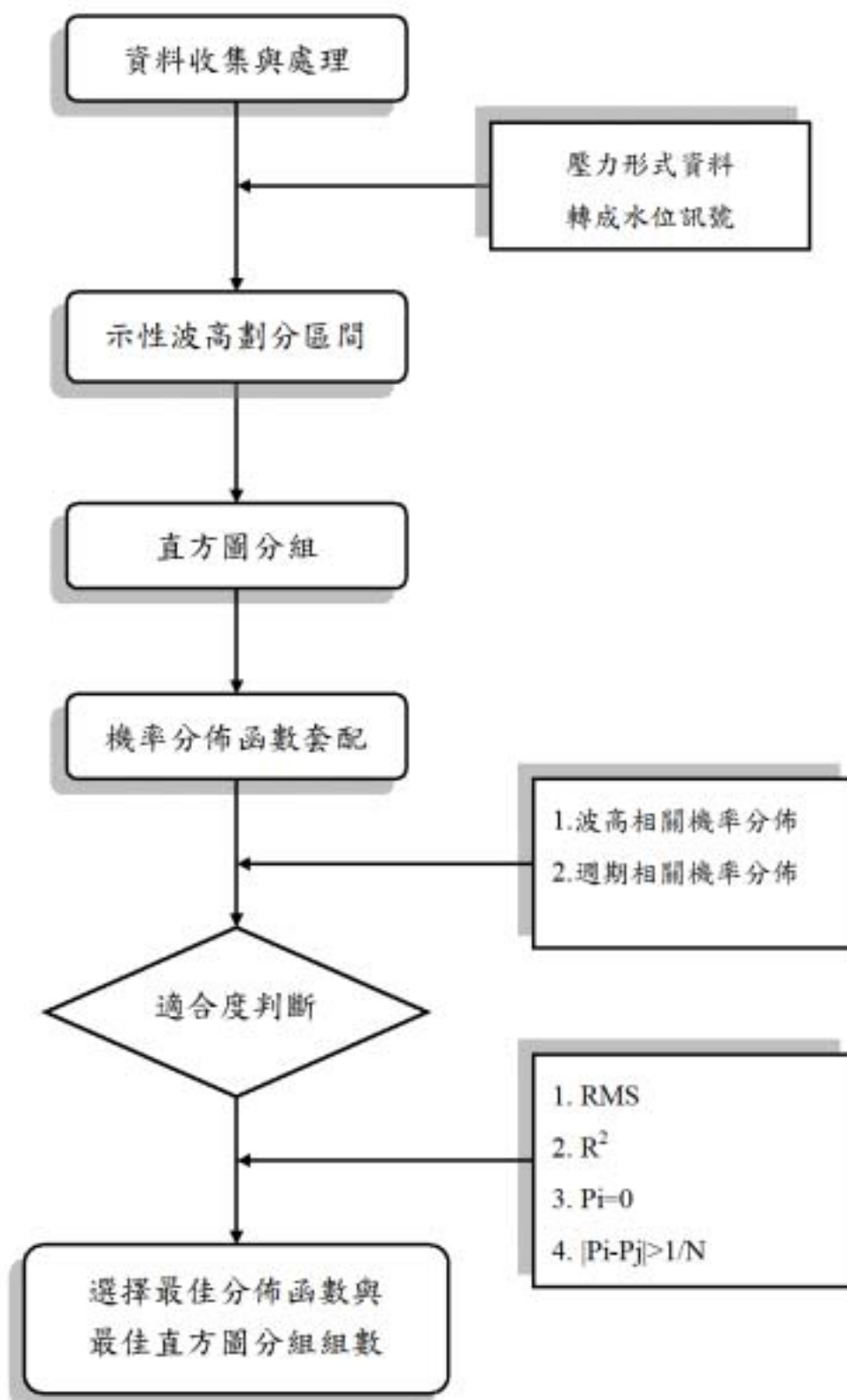


圖 4-3 波高與週期最適組數與機率分佈之分析流程圖

第五章 波浪特性分析結果

根據本所港灣技術研究中心於花蓮港實測之波浪資料，其記錄時間為 2000 年至 2005 年，其中 2000 年的波浪資料只有 8、9 兩月之資料；2001 波浪資料則缺 1 至 7 月之資料；2002 年波浪資料雖有全年之資料，然而在 10 月至 12 月之量測資料，因格式雜亂，難以判讀；另外 2003 年，除了 9 月與 10 月無波浪資料紀錄外，1 月及 2 月資料皆無法判讀；而 2005 年波高資料則僅有 11 月份之波高資料形式無法判讀，因此本研究選取花蓮港 2004 年較完整之波浪資料，分別作每月、每季與全年之波高以及週期分佈統計分析。

5.1 波高分析結果

5.1.1 每月波高資料分析結果

2004 年 1 至 12 月每月之波高分析結果，如附表 1-1 至附表 1-59 所示，根據統計結果，其每月之波高筆數，大部分集中在示性波高介於 0.5m 至 1.5m 時，而其它部份示性波高區間，所含之波高資料僅有少數小於 30 筆或為 0 筆，因此在分析結果時，資料數甚小之區間，不將其波高資料併入分析。由於每月各區間波高數不同，本研究將示性波高特性相似之月份歸類於同一部份加以探討，以利於分析其結果。

由 1 月及 11 月之分析數據結果，觀察其在示性波高大於 2m 時，1 月僅含有 2 筆波高資料，而 11 月為 0 筆，因此在判斷最適合機率分佈函數與最佳分組組數時，可將 $H_s > 2\text{m}$ 時之數據結果不考慮在內。根據表 1-23 至附表 1-81 中所示，當 $H_s < 2\text{m}$ 時，可判斷出其最佳直方圖分組為 6 組及 7 組，而 Weibull 分佈為其最適合之機率分佈函數。

根據 2 月、4 月與 5 月之數據統計結果，其在第四、第五及第六區間中，波高資料筆數甚小或為零，而 3 月之分析結果，除了與 2 月、4

月與 5 月區間筆數甚小部份相同外，其在第一區間之波高資料僅有 4 筆，因此將 3 月分析結果併入討論分析之。根據觀察結果，可判斷出其最佳直方圖分組組數為 6 組，其最適合之機率分佈函數為 Weibull 分佈。

台灣夏季為颱風盛行之季節，根據氣象局資料顯示，2004 年 6 月至 10 月及 12 月共有九個颱風侵台，其中七月與九月各有一輕度颱風，其餘皆為中度颱風，因此根據其 6 月至 10 月與 12 月之波高統計資料，於大波高之部分所佔之資料筆數亦較多。按 6 月、8 月與 9 月之波高分析結果，除第六區間之波高筆數甚小之外，其餘五個區間中之波高資料筆數皆大於 30 筆，因此根據其分析結果判斷，當 $H_s < 2\text{m}$ 時之最佳分組組數為 6 或 7 組， $H_s > 2\text{m}$ 時最佳分組組數為 6 組，其最適合之波高機率分佈為 Weibull 分佈。

另外，7 月、10 月與 12 月之資料，因其統計結果較上述三個月份不同，因此在個別討論之。由 7 月、10 月與 12 月之統計結果，7 月資料僅在第一區間之筆數較多，其餘區間皆小於 30 筆；而 10 月之資料除第一區間筆數甚小為 1 筆外，其餘五個區間所含之波高資料皆大於 30 筆；12 月資料則第一與其第六區間資料筆數分別為 0 及 1 筆，而第二至第五區間有較多之資料數。因此根據分析結果判斷，Weibull 分佈為 7 月、10 月與 12 月最適合之分佈函數，7 月之最佳分組組數為 6 組；10 月在 $H_s < 2.0\text{m}$ 與 $H_s > 2.0\text{m}$ 時之最佳分組組數則皆為 6 組；12 月之資料在 $0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$ 以分成 7 組最佳，其餘第三至第五區間，則以分組組數 6 組最佳。

5.1.2 每季波高資料分析結果

為比較 2004 全年分析與每季分析之結果，茲將 2004 年全年之波高資料分為四季，即 1 至 3 月為第一季、4 至 6 月為第二季、第三季為 7 月至 9 月、第四季則為 10 至 12 月，其分析結果列表如附表 1-60 至附表 1-81 所示。第一季共有 1884 筆波高資料，按示性波高大小分成六

區間後，其中第一區間有 101 筆，第二區間則集中大多數之波高資料 1330 筆，第三區間有 405 筆，第四區間則有 45 筆，而第五區間僅有 3 筆，第六區間 0 筆。根據附表 1-5 之分析數據，因為第五區間所含之資料筆數較少，故不將其分析結果考慮在內，而依照分析全年波高資料之方法，其最適之機率分佈由 R^2 與 RMS 觀察可知，Weibull 分佈為第一季最適合之機率分佈。再由 $P_i=0$ 與 $|P_i-P_j|>1/N$ 兩參數之分析結果，可判斷出組數為 6 或 7 組時，為其直方圖之較佳分組組數。

第二季之波高資料共 1975 筆，其中第一區間包含最多波高資料有 931 筆，其次為第二區間有 743 筆，第三區間有 207 筆，第四區間含 62 筆資料，第五區間僅有 32 筆，第六區間則為 0 筆。根據附表 1-65 至附表 1-60 之分析結果，可判斷出 Weibull 分佈為第二季最適合之波高機率分佈函數，而其直方圖較佳分組組數為 6 組及 7 組。

第三季波高資料有 1731 筆，大多數資料集中於第一區間，有 804 筆，而第二區間為次之有 384 筆，第三區間有 276 筆，第四區間 132 筆，第五區間含 95 筆，第六區間則僅有 40 筆波高資料。根據附表 1-70 至附表 1-75 分析結果所示，其最適合之機率分佈為當 Weibull 分佈，而當示性波高小於 2m 時，其最佳之直方圖分組組數為 7 組；示性波高大於 2m 時，5 至 7 組為較佳分組組數。

第四季之波高資料共 2027 筆，其中第一區間波高資料較少，僅有 35 筆，第二區間則含最多資料有 926 筆，第三區間次之有 699 筆，第四區間含 189 筆，第五區間為 122 筆，第六區間則有 56 筆。從附表 1-76 至附表 1-81 數據可觀察得，Weibull 分佈為其最適合之機率密度函數，而當示性波高小於 2m 時，其最佳之直方圖分組組數為 6 組；示性波高大於 2m 時，5 組與 6 組皆為其較佳分組組數。

5.1.3 全年之波高分析結果

2004 年全年資料扣除記錄錯誤及缺失資料，有效波浪資料 7617 筆，依據波浪分析之步驟，將示性波高大小歸類於六個區間。其中，

<0.5m 有 1871 筆；0.5m< <1.0m 有 3383 筆；在 1.0m< <1.5m 有 1587 筆，1.5m< <2.0m 有 428 筆，2.0m< <3.0m 有 252 筆，於 >3.0m 此區間筆數則較少，僅有 96 筆。本文將每月與每季之分析結果列於附表 1，全年之波高分析結果則如表 5-1 至表 5-6 如下：

表 5-1 組數與分佈函數之各種指標評估結果(Hs<0.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.041	0.037	0.035	0.034	0.032	0.032	0.030	0.029
	R ²	0.926	0.904	0.883	0.861	0.838	0.813	0.801	0.778
Normal	MSE	0.042	0.041	0.037	0.035	0.032	0.031	0.029	0.028
	R ²	0.928	0.900	0.888	0.865	0.855	0.835	0.819	0.801
Rayleigh	MSE	0.035	0.032	0.030	0.029	0.028	0.028	0.026	0.025
	R ²	0.940	0.924	0.909	0.889	0.871	0.848	0.835	0.816
Weibull	MSE	0.030	0.030	0.028	0.028	0.026	0.026	0.025	0.025
	R ²	0.960	0.943	0.929	0.908	0.895	0.872	0.858	0.839
Pi=0		0	0	1	4	10	16	28	34
Pi-Pj >1/N		38	29	30	37	37	49	52	56

表 5-2 組數與分佈函數之各種指標評估結果(0.5m<Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.037	0.035	0.032	0.030	0.030	0.029	0.028	0.027
	R ²	0.937	0.915	0.901	0.887	0.858	0.839	0.815	0.800
Normal	MSE	0.049	0.043	0.041	0.037	0.034	0.033	0.031	0.030
	R ²	0.903	0.886	0.858	0.847	0.830	0.809	0.790	0.773
Rayleigh	MSE	0.035	0.033	0.031	0.028	0.027	0.027	0.026	0.025
	R ²	0.938	0.923	0.906	0.895	0.873	0.853	0.831	0.815
Weibull	MSE	0.031	0.030	0.029	0.026	0.026	0.026	0.026	0.025
	R ²	0.957	0.940	0.924	0.914	0.891	0.873	0.851	0.836
Pi=0		0	0	1	3	6	14	22	29
Pi-Pj >1/N		31	24	24	24	38	44	52	51

表 5-3 組數與分佈函數之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.035	0.033	0.032	0.033	0.030	0.030	0.028	0.027
	R ²	0.942	0.922	0.899	0.870	0.858	0.830	0.820	0.801
Normal	MSE	0.051	0.045	0.041	0.038	0.035	0.034	0.031	0.030
	R ²	0.897	0.879	0.860	0.839	0.823	0.797	0.795	0.770
Rayleigh	MSE	0.035	0.032	0.031	0.031	0.028	0.028	0.026	0.026
	R ²	0.940	0.925	0.906	0.882	0.869	0.843	0.836	0.815
Weibull	MSE	0.032	0.031	0.030	0.030	0.027	0.028	0.025	0.025
	R ²	0.954	0.940	0.922	0.898	0.885	0.859	0.854	0.832
Pi=0		0	1	2	4	8	11	16	26
Pi-Pj >1/N		37	28	32	30	38	50	51	58

表 5-4 組數與分佈函數之各種指標評估結果(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.042	0.038	0.037	0.034	0.034	0.032	0.031	0.029
	R ²	0.913	0.897	0.874	0.849	0.821	0.799	0.780	0.775
Normal	MSE	0.048	0.043	0.038	0.037	0.035	0.032	0.031	0.029
	R ²	0.907	0.884	0.872	0.845	0.824	0.809	0.789	0.784
Rayleigh	MSE	0.040	0.038	0.035	0.032	0.032	0.030	0.029	0.027
	R ²	0.915	0.897	0.882	0.858	0.832	0.814	0.794	0.788
Weibull	MSE	0.036	0.033	0.031	0.030	0.029	0.028	0.028	0.025
	R ²	0.943	0.929	0.914	0.890	0.868	0.849	0.830	0.825
Pi=0		0	0	3	8	14	24	32	40
Pi-Pj >1/N		40	35	34	32	44	51	52	62

表 5-5 組數與分佈函數之各種指標評估結果(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.046	0.045	0.043	0.043	0.040	0.039	0.037	0.035
	R ²	0.924	0.899	0.877	0.843	0.830	0.803	0.791	0.766
Normal	MSE	0.075	0.068	0.063	0.058	0.054	0.051	0.048	0.045
	R ²	0.842	0.815	0.785	0.762	0.740	0.718	0.704	0.685
Rayleigh	MSE	0.062	0.059	0.055	0.054	0.050	0.048	0.045	0.043
	R ²	0.855	0.828	0.803	0.773	0.759	0.732	0.719	0.697
Weibull	MSE	0.041	0.040	0.039	0.038	0.037	0.036	0.034	0.032
	R ²	0.942	0.926	0.903	0.878	0.861	0.836	0.824	0.804
Pi=0		10	13	13	18	26	28	32	43
Pi-Pj >1/N		29	33	33	40	48	52	55	64

表 5-6 組數與分佈函數之各種指標評估結果(Hs>3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.049	0.048	0.044	0.043	0.041	0.039	0.037	0.035
	R ²	0.926	0.898	0.882	0.852	0.829	0.810	0.796	0.781
Normal	MSE	0.083	0.076	0.067	0.062	0.058	0.054	0.050	0.047
	R ²	0.829	0.797	0.785	0.759	0.730	0.713	0.698	0.685
Rayleigh	MSE	0.067	0.065	0.060	0.056	0.054	0.051	0.047	0.045
	R ²	0.846	0.812	0.797	0.769	0.743	0.724	0.710	0.694
Weibull	MSE	0.044	0.044	0.040	0.039	0.038	0.036	0.034	0.033
	R ²	0.942	0.921	0.912	0.886	0.860	0.843	0.829	0.814
Pi=0		12	15	20	22	33	36	43	50
Pi-Pj >1/N		28	28	32	44	47	58	52	67

2004 年全年之波高分析結果如上表 5-1 至表 5-6，根據 R^2 與 MSE 兩參數，可判斷出 Gamma、Normal、Rayleigh 及 Weibull 四個分佈函數與波高資料直方圖的吻合程度；在 MSE 方面，其不同區間中的任一分組組數下，可看出 Weibull 分佈函數與波高直方圖吻合程度，明顯優於其餘三種機率分佈函數，其優劣趨勢大致為 Weibull 分佈最佳，Gamma 分佈次之，Normal 分佈最差。 R^2 方面，在不同區間中的任一分組組數下，Weibull 分佈有最高之 R^2 值，而 Normal 分佈之 R^2 值最低。因此由本研究分析結果，判斷出四個機率分佈函數與波高的吻合程度以 Weibull 分佈最佳，Normal 分佈最差。而經由 R^2 與 MSE 兩參數分析結果可發現，無論波高大小為何，以花蓮港為例，其波高機率分佈是近似於 Weibull 分佈的，根據此結果，對於分析往後之花蓮港波高資料，可利用 Weibull 分佈特性及計算方式，更適切地來描述花蓮港波浪特性。

經由表 5-1 至表 5-6 觀察，在任一區間的任一分佈函數中， R^2 與 MSE 值大致上均隨著分組組數的增加而遞減，這是因為將波高作直方圖組數分組中，當分組組數越多，直方圖則呈現越不規則的形狀，造成其與各機率分佈函數曲線之相關性不高，因此導致 R^2 值降低；而根據 MSE 計算公式定義，其值為計算出直方圖各分組區間中之機率值，與相對應之分佈函數機率值的誤差平方和(Sum of Square due to Error)，再除以分組組數扣除其自由度後之值，因此當分組組數越多，分佈函數曲線與直方圖各分組區間之機率值均會變小，其計算出之誤差平方和值亦比較小，而分母因組數增加而變大，取兩值相除後開根號之結果，理論上其值會隨組數增加而減少，從分析資料後之數據可知，此推論結果與實際情況不謀而合。

由上述之說明，可知要決定適當的分組組數，並無法以 R^2 與 MSE 兩參數來判斷評估，因此本文建議改以兩參數 $P_i=0$ 與 $|P_i-P_j|>1/N$ 來選定適合的分組組數範圍。根據表 5-1 至表 5-6 分析結果，可看出 $P_i=0$ 與 $|P_i-P_j|>1/N$ 兩參數均隨著分組組數的增加而增加，這是因為當分組組數增加，所繪出之不規則之直方圖，容易產生機率為零之分組間距

值及鋸齒狀之多峰值出現的現象。此外，從表 5-1 至表 5-6 分析之結果，可觀察出當示性波高小於 2m 以下，其分組組數為 5 至 7 組時， $P_i=0$ 參數均較小，且其差異性亦不大。如表 5-1 至表 5-4 中所示，當各區間中的 96 筆波高資料，將其分成 5 至 7 組時，每個組數中僅有三筆以下的波高資料會產生機率值為零的情況，因此可判斷出，當示性波高小於 2m 時，其分組組數以 5 至 7 組最為適合；而在 $|P_i-P_j|>1/N$ 參數方面，當示性波高介於 $H_s < 0.5m$ 、 $0.5m < H_s < 1.0m$ 、 $1.0m < H_s < 1.5m$ 與 $1.5m < H_s < 2.0m$ 此四個區間時，可觀察出分組組數以 6 至 8 組時，其參數值明顯低於 5 組及 9 至 12 組。理論上當分組組數越多，其 $|P_i-P_j|>1/N$ 參數值會隨著增加，然而當分成 5 組時，則由於分組組數過小，組間距過大，造成某些波高範圍內的機率值過低，以致於某些組間距內的機率值太高，而形成鋸齒狀之峰值現象。因此，綜合上述觀察結果，可知當示性波高小於 2m 以下時，分組組數以 6 組及 7 組較佳。

根據上述分析結論，以示性波高 2m 為界，當波高大於 2m 時，由 R^2 判斷之結果，其直方圖分組組數範圍以 5 至 8 組較佳。而 $|P_i-P_j|>1/N$ 參數判斷方面，在分組組數為 5 至 7 組時，三組參數值差異性不大，且較 8 至 12 組為小，因此可確定，當以 $|P_i-P_j|>1/N$ 參數為判斷準則時，其分組組數以 5 至 7 組較佳。根據兩參數綜合比較結果，可決定示性波高大於 2m 時，5 至 7 組為其較佳直方圖分組組數。

5.2 週期分析結果

5.2.1 月份週期資料分組組數分析

2004 年 1 至 12 月各月份的波浪週期資料分析結果如表附表 2-1 至 2-45 所示；本研究僅對資料數據在 30 筆以上的示性波高區間作分析，在單月份的波浪資料中，2 月、4 月以及 5 月的第 4 區間、第 5 區間以及第 6 區間資料均不足；7 月份僅第 1 區間的週期資料在 30 筆以上，其餘區間資料數據均不足；6 月、8 月、9 月、12 月在第 6 區間與 1

月、11 月在第 5 區間及第 6 區間的週期資料均不足 30 筆；3 月僅第 2 區間以及第 3 區間的波浪資料數據在 30 筆以上，其餘區間資料均不足；而 10 月的波浪資料在第 1 區間資料不足。本研究為利於分析，將各月份區間分組後所得的分析結果分為兩部份討論，第一部份為缺少示性波高 1.5m 以上的區間所對應的週期資料，包括 2 至 5 月以及 7 月的波浪資料。第二部份為包含示性波高示性波高 1.5m 以上的區間所對應的週期資料，為 1 月、6 月以及 8 月至 12 月的波浪資料。分析結果大致上為：如表附表 2 所示，第一部份的週期資料中，在示性波高小於 1.5m 的區間其最適之機率分佈為 Longuet-Higgins 分佈。在比較各項評估參數後，最佳直方圖分組組數為 5 至 7 組。

而在第二部份的週期資料中，示性波高大於 1.5m 的區間內任一分組組數下之 MSE 值，以 Erlang 分佈的分析結果最佳，Longuet-Higgins 分佈次之，Rayleigh 分佈最低；示性波高小於 1.5m 的區間，以 Longuet-Higgins 分佈最佳，Erlang 分佈次之，Rayleigh 分佈最低； R^2 方面，在示性波高大於 1.5m 的區間內任一分組組數，其 R^2 值以 Erlang 分佈最高；示性波高小於 1.5m 的區間，以 Longuet-Higgins 分佈的 R^2 值最高，Erlang 分佈次之。由分析結果可觀察出對於不同月份的波浪資料而言，在示性波高大於 1.5m 的區間是以 Erlang 分佈其最適之理論分佈，在示性波高小於 1.5m 的區間，其最適之理論分佈為 Longuet-Higgins 分佈，而 Erlang 分佈亦有不錯的分析結果。而各月份各區間的分組組數，以 P_i 值、以及 Peak 值等評估參數相互比較後，選定各區間最佳分組組數為 5 至 7 組。

本文進一步以前述相同之方式分析 1 月至 12 月不分區間的波浪週期資料。分析後之結果如附表 2 所示，5 月、8 月以及 12 月之分佈函數與直方圖吻合程度以 Erlang 分佈函數最佳，其餘月份均以 Longuet-Higgins 分佈之分析結果較佳；在評估 P_i 值以及 Peak 值兩項參數後，每月份直方圖最佳分組組數均為 5 至 7 組。

5.2.2 每季波浪週期資料分組組數分析

為比較 2004 年全年分析與每季分析之結果，本文分別將 1 至 3 月歸類為第 1 季，4 至 6 月為第 2 季，7 至 9 月為第 3 季，10 至 12 月為第 4 季，其分析結果如附表 2-46 至 2-49 所示。第 1 季週期資料在第 5 以及第 6 區間資料不足 30 筆，故不予以分析。而依照分析全年週期資料之方法，比較 R^2 以及 MSE 之後，在波高小於 1.5m 的區間其最適之機率分佈為 Longuet-Higgins 分佈，在波高大於 1.5m 的區間其最適之機率分佈為 Erlang 分佈。在經由 P_i 值以及 Peak 值兩項參數評估後，各區間直方圖之最佳分組組數為 5 至 7 組。

第 2 季週期資料在第 6 區間不足 30 筆，故分析時不考慮在內。根據表附表 2-50 至 2-54 之分析結果可以得到在波高小於 1.5m 的區間其最適之機率分佈為 Longuet-Higgins 分佈，在波高大於 1.5m 的區間其最適之機率分佈為 Erlang 分佈。而各區間直方圖之最佳分組組數為 5 至 7 組。

波高大於 2m 以上所對應的週期資料大部分集中在颱風出現機率較高的第 3 季以及東北季風強烈的第 4 季，因此第 3 季以及第 4 季各區間的波浪資料較為完整。第 3 季根據表附表 2-55 至 2-60 之分析結果可以得到：在波高小於 1.5m 的區間其最適之機率分佈為 Longuet-Higgins 分佈，在波高大於 1.5m 的區間其最適之機率分佈為 Erlang 分佈。而各區間直方圖之最佳分組組數為 5 至 7 組。

而第 4 季的各區間分析結果較前 3 季不同，無法以 1.5m 的示性波高來區分出何種分佈適合何種區間，但整體上仍舊以 Erlang 分佈與 Longuet-Higgins 分佈的為其最適之理論分佈。而第 4 季各區間的分組組數，以 P_i 值、以及 Peak 值兩項評估參數相互比較後，選定各區間最佳分組組數為 5 至 7 組。

本文進一步將不分區間的波浪資料以評估最佳分組組數之方式分析第 1 季至第 4 季波浪週期資料，因第 2 季以及第 3 季為颱風發生頻

率較高之季節，故將第 2 季以及第 3 季合併為同一季加以討論，並將 Normal 分佈函數加入一併分析後之結果如附表 2-67 至 2-69 所示，第 2 季以及第 3 季合併後的波浪資料之分佈函數與直方圖吻合程度以 Normal 分佈函數最佳；第 1 季以及第 4 季波浪資料之分佈函數與直方圖吻合程度同樣以 Normal 分佈函數最佳；在評估 Pi 值以及 Peak 值兩項參數後，各季直方圖最佳分組組數均為 5 至 7 組。

5.2.3 全年週期資料分析結果

2004 年全年之週期分析結果如表 5-7 至 5-13 所示；根據 R^2 與 MSE 兩參數，可判斷出 Gamma、Erlang、Rayleigh 及 Longuet-Higgins 分佈函數與週期資料直方圖的吻合程度；全年週期資料在分區間及分組後所得到的分析結果為：在示性波高大於 1.5m 的區間內任一分組組數下之 MSE 值，以 Erlang 分佈函數與直方圖吻合程度最佳；示性波高小於 1.5m 的區間，以 Longuet-Higgins 分佈函數與直方圖吻合程度最佳，Erlang 分佈函數次之； R^2 方面，在示性波高大於 1.5m 的區間內任一分組組數，Erlang 分佈函數有最高 R^2 值，Longuet-Higgins 分佈次之，Rayleigh 分佈最低；示性波高小於 1.5m 的區間，以 Longuet-Higgins 分佈之 R^2 值最高，Erlang 分佈次之，Rayleigh 分佈最低。由本研究分析結果可發現，以花蓮港為例，在示性波高大於 1.5m 的區間內，其週期機率密度分佈是 Erlang 分佈的分析結果較佳，示性波高小於 1.5m 的區間內，以 Longuet-Higgins 分佈結果較佳，而 Erlang 分佈亦有不錯的分析結果。

由表 5-7~5-12 中可以觀察出 Pi 值以及 Peak 值會隨著分組組數增加而增加，這是因為當分組組數增加，資料分佈直方圖會出現不規則的情形，容易產生分組間距值為 0 及鋸齒狀之多峰值出現。由分析結果中可以發現，當分組組數為 5 至 8 組時，評估參數 Pi 值均較小，且每個區間的均有相似的情形；而在 Peak 值方面，各區間在分組組數為 5 至 8 組時，Peak 值均低於其餘的分組組數，故選擇在分組組數為 5 組至 8 組中決定最佳分組組數。當分組組數為 8 組時，其離島型直方

圖與雙峰型直方圖出現次數較分組組數為 7 組時多，會影響對資料結果的判讀；故在比較各種評估參數後，選定最佳分組組數為 5 至 7 組。

本研究進一步將 2004 年全年波浪週期資料以不分區間的分組方式並加入 Normal 分佈函數後一併加以分析，分析後之結果如表 5-13 所示，各分佈函數與直方圖吻合程度以 Normal 分佈函數最佳；在經由 Pi 值以及 Peak 值兩項參數評估後，其直方圖之最佳分組組數仍為 7 組。

表 5-7 評估分組組數的各種指標 ($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0731	0.0703	0.0633	0.0573	0.0548	0.0492	0.0475	0.0433
	R ²	0.8795	0.8553	0.8324	0.8183	0.7972	0.792	0.7729	0.7726
Erlang	MSE	0.0679	0.0661	0.0602	0.0541	0.0522	0.0468	0.0457	0.0415
	R ²	0.9033	0.8828	0.8583	0.8471	0.825	0.8197	0.7988	0.7994
Rayleigh	MSE	0.1645	0.1484	0.1298	0.1153	0.1063	0.0961	0.0897	0.0822
	R ²	0.3208	0.2578	0.2127	0.1842	0.1534	0.135	0.1166	0.1055
L-H	MSE	0.0608	0.0568	0.0538	0.0516	0.0506	0.0504	0.0503	0.0501
	R ²	0.9356	0.9186	0.9119	0.9178	0.9063	0.9003	0.8827	0.8919
Pi		0	0	1	5	9	11	16	17
Peak		1	1	4	5	11	15	16	22

表 5-8 評估分組組數的各種指標 (0.5m<Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0649	0.058	0.0553	0.054	0.0482	0.0467	0.0418	0.04
	R ²	0.9152	0.9105	0.8869	0.8639	0.858	0.8398	0.8389	0.8283
Erlang	MSE	0.067	0.0581	0.0557	0.0542	0.0482	0.0467	0.0417	0.04
	R ²	0.9155	0.9125	0.8881	0.8657	0.86	0.8426	0.8421	0.8309
Rayleigh	MSE	0.1917	0.1658	0.1465	0.1322	0.1185	0.1093	0.0994	0.0927
	R ²	0.1821	0.1297	0.094	0.0757	0.0651	0.0547	0.0503	0.046
L-H	MSE	0.0607	0.0587	0.0567	0.0532	0.0472	0.0469	0.0437	0.0401
	R ²	0.9564	0.9296	0.9276	0.9237	0.9169	0.9209	0.8986	0.9012
Pi		0	0	1	2	3	8	12	15
Peak		2	2	4	6	13	15	18	22

表 5-9 評估分組組數的各種指標 (1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0606	0.0536	0.0473	0.0476	0.0442	0.041	0.0388	0.037
	R ²	0.9148	0.9071	0.8992	0.8674	0.8567	0.8433	0.8334	0.8228
Erlang	MSE	0.0607	0.0528	0.0466	0.0469	0.0434	0.0407	0.0383	0.0366
	R ²	0.9188	0.9137	0.9056	0.8739	0.8644	0.8488	0.8411	0.8291
Rayleigh	MSE	0.1783	0.153	0.1331	0.1208	0.109	0.0995	0.0917	0.0855
	R ²	0.2231	0.1727	0.1419	0.1153	0.0956	0.0899	0.077	0.0706
L-H	MSE	0.0599	0.0527	0.0476	0.0459	0.0441	0.0405	0.0377	0.0356
	R ²	0.9223	0.9315	0.9146	0.9152	0.9102	0.9001	0.8947	0.878
Pi		0	0	3	3	7	7	12	13
Peak		3	3	4	7	10	13	14	19

表 5-10 評估分組組數的各種指標 (1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0597	0.0588	0.0477	0.0475	0.0431	0.0412	0.0401	0.0368
	R ²	0.8286	0.7673	0.7732	0.7201	0.7115	0.68	0.6459	0.6323
Erlang	MSE	0.0584	0.0563	0.0456	0.046	0.0417	0.0404	0.0392	0.0361
	R ²	0.8404	0.7848	0.789	0.7344	0.7247	0.6894	0.6556	0.6416
Rayleigh	MSE	0.1315	0.1159	0.0997	0.0911	0.0828	0.0763	0.0711	0.0659
	R ²	0.2864	0.2396	0.2262	0.2091	0.1827	0.176	0.1559	0.1496
L-H	MSE	0.0682	0.0662	0.066	0.0646	0.0617	0.0594	0.0572	0.0561
	R ²	0.786	0.7542	0.7376	0.7201	0.7024	0.7038	0.6541	0.6377
Pi		0	1	3	3	7	9	11	11
Peak		1	2	5	7	11	14	16	20

表 5-11 評估分組組數的各種指標 (2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0477	0.0488	0.0484	0.042	0.0396	0.0357	0.0369	0.032
	R ²	0.9006	0.8595	0.8266	0.8154	0.7911	0.7905	0.7433	0.7637
Erlang	MSE	0.0466	0.0473	0.0465	0.0409	0.0386	0.0348	0.0362	0.0313
	R ²	0.9094	0.8722	0.8403	0.8268	0.8029	0.8008	0.7551	0.7739
Rayleigh	MSE	0.1289	0.115	0.1014	0.0896	0.0817	0.074	0.0703	0.0644
	R ²	0.3947	0.3118	0.2596	0.2393	0.2107	0.2015	0.1704	0.1611
L-H	MSE	0.0561	0.0553	0.0511	0.0499	0.0486	0.0448	0.0467	0.0411
	R ²	0.8577	0.8245	0.7834	0.7718	0.7592	0.7697	0.7253	0.7524
Pi		0	0	1	4	8	10	14	14
Peak		1	3	3	7	10	14	16	23

表 5-12 評估分組組數的各種指標 (3.0m<Hs)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0695	0.0641	0.0583	0.0521	0.0516	0.0437	0.0426	0.0413
	R ²	0.8109	0.766	0.7497	0.7215	0.6758	0.6924	0.6628	0.6279
Erlang	MSE	0.0651	0.061	0.0557	0.05	0.0499	0.0423	0.0415	0.0404
	R ²	0.8341	0.7904	0.773	0.7425	0.6954	0.7117	0.6793	0.6431
Rayleigh	MSE	0.1424	0.1239	0.1101	0.0977	0.0908	0.0814	0.0764	0.0713
	R ²	0.2291	0.1697	0.1411	0.1122	0.0975	0.0894	0.0812	0.0781
L-H	MSE	0.0687	0.0671	0.0663	0.0622	0.0601	0.0577	0.0566	0.0544
	R ²	0.7267	0.7069	0.6912	0.6945	0.6539	0.6737	0.649	0.6315
Pi		0	0	0	1	1	2	5	6
Peak		1	1	3	8	10	15	16	24

表 5-13 評估分組組數的各種指標 (2004 年全年週期資料)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0476	0.0441	0.0423	0.0411	0.0376	0.0347	0.0332	0.0323
	R ²	0.8835	0.8537	0.8208	0.824	0.794	0.7818	0.7767	0.7629
Erlang	MSE	0.0466	0.0473	0.0465	0.0409	0.0386	0.0348	0.0362	0.0313
	R ²	0.897	0.9018	0.8794	0.8555	0.8497	0.8216	0.8228	0.8139
Rayleigh	MSE	0.1289	0.115	0.1014	0.0896	0.0817	0.074	0.0703	0.0644
	R ²	0.3947	0.3118	0.2596	0.2393	0.2107	0.2015	0.1704	0.1611
L-H	MSE	0.0312	0.0296	0.0294	0.0285	0.0283	0.028	0.0254	0.0312
	R ²	0.9094	0.8722	0.8403	0.8268	0.8029	0.8008	0.7551	0.7739
Normal	MSE	0.0252	0.0234	0.0212	0.0203	0.0198	0.0172	0.0158	0.0141
	R ²	0.9748	0.9647	0.8887	0.8858	0.8624	0.8374	0.8350	0.8199
Pi		0	0	0	1	4	8	10	14
Peak		1	3	4	6	11	14	15	17

5.3 波高統計之理論值與實際值比較

花蓮港之波高資料，經由統計結果可得其實際之波高統計值，而花蓮港之波高分佈，因較符合 Weibull 分佈模式，為求其理論統計值，本研究參考 Rayleigh 分佈之公式推導過程，由 Weibull 分佈之公式定義，推導出之相關之理論波高統計值公式，並參考常用之波高比，以探討理論與實際之關係。

5.3.1 Weibull 分佈之波高統計代表值推導

根據分析結果，驗證出花蓮港海面波高之機率分佈是近似於 Weibull 分佈後，為進一步瞭解 Weibull 分佈與實際波高之相關性，以最大概似法(method of maximum likelihood)估算其 α 與 β 參數值，並探討其參數與波高之相關性。而由參數之計算結果，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，Weibull 分佈之相關波高統計值 H_s 、 $\bar{H}$ 、 H_{max} 與 H_{rms} 推導如下：

1. Weibull 分佈理論之 H_s ：

Weibull 機率密度分佈函數之公式為

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} \dots\dots\dots(5-1)$$

今設大於某特定波高值 x_N 的機率為 $1/3$ ，即

$$f(x \geq x_N) = \int_{x_N}^{\infty} f(x) dx = 1/3 \dots\dots\dots(5-2)$$

令 $y = (x/\beta)^\alpha$ 代入式(4-1)，可得

$$f(y) = \int_{y_N}^{\infty} e^{-y} dy \dots\dots\dots(5-3)$$

令式(5-3)值為 $1/3$ ，可推得 $y_N = -\ln(1/3) = \ln(3)$ ，再依照 H_s 之定義，即 $f(x)$ 在 x_N 至 ∞ 範圍內所涵蓋面積之形心位置就是 H_s ，以數學式表示則為

$$\begin{aligned} H_s &= \frac{\int_{x_N}^{\infty} xf(x)dx}{\int_{x_N}^{\infty} f(x)dx} = \frac{1}{e^{-y_N}} \int_{x_N}^{\infty} xf(x)dx \\ &= \frac{1}{e^{-y_N}} \beta \int_{y_N}^{\infty} y^{\frac{1}{\alpha}} e^{-y} dy \\ &= 3\beta \Gamma\left(\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right), \ln(3)\right) \dots\dots\dots(5-4) \end{aligned}$$

式(5-4)中 α 為其形狀參數，描述分佈的陡峭程度； β 則為尺度參數，用以描述分佈的散佈程度。由於 Weibull 函數的 α 、 β 兩參數難以控制，故將其轉換成型 I 極值分佈(Type I Extreme Value Distribution)或稱甘保(Gumbel)分佈，將波高取對數，成一尺度—位置極值分佈函數，再以最大概似法(Maximum Likelihood Estimates)估計參數，方能簡化其參數運算過程。

2. Weibull 分佈之理論 $\bar{H}$ ：

平均波高 $\bar{H}$ 為機率密度函數的期望值，故

$$\bar{H} = \int_0^{\infty} xf(x)dx \dots\dots\dots(5-5)$$

根據式(5-1)與式(5-5)，令 $y = (x/\beta)^\alpha$ 代入，得 $f(y) = \int_0^{\infty} e^{-y} dy$ ，即

$$\begin{aligned}\overline{H} &= \beta \int_0^{\infty} y^{\frac{1}{\alpha}} e^{-y} dy \\ &= \beta \Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right) \dots\dots\dots (5-6)\end{aligned}$$

式(5-6)即為 Weibull 分佈參數所推得之理論平均波高 $\overline{H}$ 。

3. Weibull 分佈之理論 H_{max} ：

假設 N_0 是以零上切法求得之個別波的數目， x_{max} 為其中最大波高值，則大於 x_{max} 值之機率以數學式表示則為

$$f(x > x_{max}) = \int_{x_{max}}^{\infty} f(x) dx \dots\dots\dots (5-7)$$

令 $y = (x/\beta)^\alpha$ 代入式(5-7)，則

$$\int_{\left(\frac{x_{max}}{\beta}\right)^\alpha}^{\infty} e^{-y} dy = e^{-\left(\frac{x_{max}}{\beta}\right)^\alpha} \dots\dots\dots (5-8)$$

式(5-8)中，令 $\xi = N_0 f(x_{max}) = N_0 e^{-\left(\frac{x_{max}}{\beta}\right)^\alpha}$ ，則

$$x_{max} = \beta \left[-\ln\left(\frac{\xi}{N_0}\right) \right]^{\frac{1}{\alpha}} = \beta [\ln(N_0) - \ln(\xi)]^{\frac{1}{\alpha}} \dots\dots\dots (5-9)$$

其最大波高 H_{max} 為

$$H_{max} = \int_0^{\infty} x_{max} e^{-\xi} d\xi$$

$$\begin{aligned}
&= \beta \int_0^{\infty} \left[\ln(N_0) - \ln(\xi) \right]^{\frac{1}{\alpha}} e^{-\xi} d\xi \\
&= \beta \int_0^{\infty} \left[(\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}} - \frac{1}{\alpha} (\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}-1} \cdot \ln \xi + \frac{1-\alpha}{2\alpha^2} (\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}-2} \cdot (\ln \xi)^2 \right] e^{-\xi} d\xi \\
&= \beta \left[(\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}} - \frac{1}{\alpha} (\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}-1} \cdot \gamma + \frac{1-\alpha}{2\alpha^2} (\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}-2} \cdot \left(\frac{\pi^2}{6} + \gamma^2 \right) \right] \quad (5-10)
\end{aligned}$$

其中 $\gamma = -\int_0^{\infty} (\ln \xi) e^{-\xi} d\xi = 0.5772\dots$ (尤拉數)。

4. Weibull 分佈之理論 H_{rms} ：

根據式(5-1)，可推導出 Weibull 分佈之理論均方根值 H_{rms} 為

$$\begin{aligned}
H_{rms}^2 &= \int_0^{\infty} \frac{\alpha}{\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} x^2 dx \\
&= \frac{\alpha}{\beta^\alpha} \int_0^{\infty} x^{\alpha+1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} dx \quad \dots\dots\dots (5-11)
\end{aligned}$$

令 $y = \left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha$ 代入式(5-11)，將上式化為

$$H_{rms}^2 = \beta^2 \int_0^{\infty} y^{\left(\frac{2}{\alpha}\right)} e^{-y} dy = \beta^2 \cdot \Gamma\left(\frac{2}{\alpha} + 1\right) \quad \dots\dots\dots (5-12)$$

故得

$$H_{rms} = \beta \left[\Gamma\left(\frac{2}{\alpha} + 1\right) \right]^{\frac{1}{2}} \quad \dots\dots\dots (5-13)$$

根據上述之推導結果，由 Weibull 分佈之 α 與 β 兩參數，即可計算出 H_s 、 $\bar{H}$ 、 H_{max} 與 H_{rms} 等四個波高統計值。

5.3.2 Weibull 分佈之參數分析

根據 Weibull 分佈模式和波高直方圖套配(fitted)結果，可計算出 α 與 β 兩參數值，按 2004 年全年波高資料分析結果，將每區間之 α 與 β 值將其繪如附圖 1-1 及附圖 1-2 所示，圖中橫坐標之示性波高範圍區分成 1 至 6 個區間。由圖可觀察出，因 α 為形狀參數，所以隨著示性波高變大， α 值亦隨著變大；而 β 為尺度參數，其值於前四個區間中，平均值及最大、最小值趨勢均較為相似，在第五與第六區間中，由於其示性波高範圍尺度較大，因此於第五與第六區間時，其 β 數值範圍亦較大。根據參數分析的結果，可知 Weibull 分佈之 α 值與示性波高有較高之相關性，而 β 值因其僅與區間尺度大小有關，故可判斷出其與示性波高相關性甚小。

為求得 α 值及 β 值與示性波高大小之相關性，由 Rayleigh 分佈之理論示性波高計算公式

$$H_s = 4\sqrt{m_0} \dots\dots\dots(5-14)$$

可知示性波高大小與 $\sqrt{m_0}$ 成正比，其中 m_0 計算方法為將水位訊號經過快速傅立葉(FFT)轉換後得到之頻譜，再根據頻譜的定義，假設頻率為 f ，可得零階面矩的能率(m_0)，以數學式表示如下

$$m_n = \int_0^\infty f^n S(f) df \dots\dots\dots(5-15)$$

其中

$$S(f) = E[X(f)\overline{X}(f)] \dots\dots\dots (5-16)$$

式(5-15)中， $E[\]$ 代表期望值(樣本平均)， $X(f)$ 是水位訊號 Fourier 係數， $\overline{X}(f)$ 為其共軛複數，根據式(5-15)即可求得各筆波高資料中之 m_0 。

本研究以 2004 年全年之波高資料，分析各區間之 m_0 與 α 之關係，分別附圖 1-3 至附圖 1-4 所示，而 β 值由於與示性波高關係甚小，因此僅以附圖 1-9，即 $H_s < 0.5\text{m}$ 區間之 m_0 與 β 之關係為代表示意，其餘各區間 m_0 與 β 之關係則以表 5-14 表示，其中 case 值 1 至 6，分別表示示性波高分組後的第一至第六區間。

表 5-14 2004 年各區間波高資料水位時序列之 m_0 與 β 關係

Class	R^2	Equation
$H_s < 0.5\text{m}$	0.020	$y = 7.711x + 2.033$
$0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$	0.004	$y = 0.795x + 2.099$
$1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$	0.005	$y = 0.720x + 2.077$
$1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$	0.017	$y = 0.713x + 2.043$
$2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$	0.141	$y = 1.725x + 1.345$
$H_s > 3.0\text{m}$	0.140	$y = 0.367x + 1.585$

由 5-3-1 節可知，若 α 與 β 為已確定之數值，則可快速計算出相關之波高統計值，然本文之 α 與 β 值乃根據 MATLAB 程式直接計算而得，若改以手動計算或以其他程式執行計算，此與直接計算實際波高統計值相較之下，反而較不符合經濟效益。根據附圖 1-3 至附圖 1-7 顯示，在 $H_s < 1.0\text{m}$ 時，其 m_0 與 α 有較高之 R^2 值，達 0.92 以上，因此可說明於小波高時， m_0 與 α 有很大的相關性。而在 $1.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$ 時， R^2 呈現隨示性波高變大而越小的情形，尤其於附圖 1-7 中，其相關性減低顯然是與圖左下方之少數資料點有關，因左下方七筆資料點，較偏離迴歸線，導致相關性降低，但由於異常資料點數不多，根據統計學上之理

論，可能其為偶發之狀況或者儀器測量錯誤所致，參考附圖 1-6 及附圖 1-8 結果，可知其理論上 R^2 值應介於 0.8 至 0.9 之間。由附圖 1-3 至 1-8 所示，雖然可說明波高 m_0 與 α 相關性高，但 m_0 與 β 之相關性則已由附圖 1-9 及表 5-14 結果顯示兩者相關性甚低。因此，為進一步確定 m_0 與 β 之相關性，本研究改以 SPSS 軟體將全年資料之 m_0 與 α 、 β 一起作迴歸分析，得其 m_0 與 α^2/β 之相關性較好，關係如附圖 1-10 所示。

由附圖 1-10 結果，可看出 m_0 與 α^2/β 相關性很高，其中 m_0 乃由水位訊號經由快速傅立葉轉換(FFT)而得，而 α 與 β 值需先將波高資料與 Weibull 分佈以 MATLAB 程式執行套配(fitted)方可計算出， α 與 β 值顯然較 m_0 不易計算。因此根據各波高資料所計算而得之 m_0 ，可簡易的利用 m_0 與 α 之迴歸關係式結果，粗估其 α 值，而 α^2/β 雖迴歸出相關係數甚高，但此結果是以花蓮港 2004 年波浪資料以 SPSS 軟體迴歸而得，僅能代表花蓮港該時間該地域之波浪資料特性，尚無法以公式證明此關係式可行性，或推導出更適合之 α 與 β 關係式以描述花蓮港波浪現象。

由花蓮港 2004 年各區間波高資料之 m_0 與 α 及 α^2/β 之迴歸關係式，可求得各區間中 m_0 與 α 及 α^2/β 之關係，而為進一步求得其在不同波高大小下之關係，本研究將波高不分區間，以全年波高資料之 m_0 與 α 及 α^2/β 迴歸，其 m_0 與 α 迴歸之 R^2 高達 0.98，而 m_0 與 α^2/β 迴歸之 R^2 為 0.96，根據此結果可推得 m_0 與 α 及 β 關係式如下

$$\alpha = 2.622m_0^{0.506} \dots\dots\dots(5-17)$$

$$\beta = \frac{\alpha^2}{(3.510m_0 - 0.016)} \dots\dots\dots(5-18)$$

依花蓮港 2005 年實際波高資料，其有效資料共 3792 筆，將每筆資料之 m_0 值，代入式(5-17)與式(5-18)之 2004 年資料迴歸結果，可得概

估之 α 及 β 值，而此 α 及 β 值代入式(5-4)亦可得一 H_s 值，本研究依此計算而得之 α 、 β 與 H_s 值，與2005實際波高之 α 、 β 與 H_s 值進行比較，其比較結果如下表所示

表 5-15 2004 年資料推估 2005 年參數值與實際參數值之關係

參數值	R^2	Equation
α	0.99	$y = 1.011x - 0.001$
β	0.00004	$y = -1.691x + 7.433$
H_s	0.99	$y = 1.060x + 0.054$

根據表 5-15 所示，其實際與所推估 α 與 H_s 之 R^2 值達 0.99，顯示將 2005 年波高資料之 m_0 值代入 2004 年資料迴歸結果，所推估之 α 及 H_s 值與實際值很相近，而 β 參數其推估值與實際值差異較大，其 R^2 值僅 0.00004，實際與推估之 α 值，在全部 3792 筆資料中，僅有不到 2%的資料，其誤差超過 10%，而 H_s 方面則有 29%的資料，其誤差超過 10%。依此分析結果可知，以 2004 年之資料迴歸結果來推估 2005 年之參數，實際與推估之 α 與 H_s 方面，雖然其 R^2 值皆趨近於 1，且 α 值與實際值誤差達 10%的僅不到 2%，但實際上 H_s 才為本研究所要求得之重要參數值，依數據觀察結果， H_s 方面有接近三成之推估值與實際誤差超過 10%，因此若依式(5-17)與式(5-18)所概估之 H_s 值，僅能描述花蓮港實際示性波高在長時間測量範圍中，其大致分佈趨勢及特性，並無法代表較短測量時間如一天或一小時的示性波高值，短測量時間之 H_s 值計算本較為迅速，因此建議實際之 H_s 應根據實際波高值統計計算而得。

5.3.3 分析及比較方法

花蓮港之波高分佈近似於 Weibull 分佈，由 Weibull 分佈可推導出 H_s 、 $\bar{H}$ 、 H_{max} 與 H_{rms} 等四個理論波高統計值，為探討花蓮港實際值與理論值之差異，本研究分析方法主要參考一般常用之 Rayleigh 分佈理論波高比，及不同波高統計值與 m_0 之關係以進行比較，而 H_s 為重要之代表波，常應用於工程上之設計，因此本研究根據不同示性波高之計

算方法，分析式(5-4)、式(5-14)與直接統計等三種不同示性波高值算法之差異。

根據 Rayleigh 分佈之公式，可推得如下之理論關係式

$$\frac{H_s}{H} = 1.597, \quad \frac{\bar{H}}{\sqrt{m_0}} = 2.51, \quad \frac{H_s}{\sqrt{m_0}} = 4.0 \quad \dots\dots\dots(5-19)$$

及郭(2001)之 Weibull 分佈理論比值

$$\frac{\bar{H}}{\sqrt{m_0}} = 2.413, \quad \frac{H_s}{\sqrt{m_0}} = 3.774 \quad \dots\dots\dots(5-20)$$

因此由花蓮港實際波浪資料統計而得之波浪統計參數，包含 m_0 、 H_s 、 $\bar{H}$ 、 H_{max} 與 H_{rms} 等，除與 H_s 比較外，再分別計算其 $H_s/\bar{H}$ 、 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 與 $H_s/\sqrt{m_0}$ 之比值，並與式(5-19)及式(5-20)之理論值進行比較，而 H_{max} 與 H_{rms} 兩統計參數，則計算其 H_{max}/H_s 與 H_s/H_{rms} 之比值，比較其理論及實際值之差異，其中 H_{max} 為波高最大值， H_{rms} 為波高的均方根值(Root Mean Square)。

5.3.4 理論與實際 H_s 之比較

一般示性波高計算方法為將波高資料依大小排序後，取波高資料中較大的前 1/3 之波高平均值，此平均值即稱之為示性波高，而目前認為波高之分佈較符合 Rayleigh 分佈，以其理論亦可推導出(5-14)式之示性波計算公式，然花蓮港之波高分佈較符合 Weibull 分佈，因此由式(5-4)之推導結果，亦可得一示性波高計算公式。

根據統計、Rayleigh 與 Weibull 三種不同示性波高計算方式，茲將花蓮港 2004 年之波浪資料，根據此三種不同計算方式，將全年分析結果列圖如附圖 1-12 至附圖 1-16，圖中 Date、Rayleigh 與 Weibull 等三條線分別表示實際統計、Rayleigh 與 Weibull 所計算出之 H_s 。

由附圖 1-11 至附圖 1-16，之 H_s 比較結果可發現，Rayleigh 理論之示性波高值較實際示性波高明顯有高估的現象，而 Weibull 理論之示性波高值較符合實際的波高情形，且於小波高時，其與實際波高之誤差更小，如附圖 1-11 所示，Weibull 理論值與實際波高曲線吻合度高，而 Rayleigh 之理論值無論在波高大或小，對於推估花蓮港實際波浪而言，都有高估現象，其中如附圖 1-15 之 Rayleigh 理論值推估結果，於第 40 至第 50 筆資料點中，波高高低趨勢與實際波高差異甚大，而在探討 m_0 與 α 值時，亦發現 $2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$ 時，有少數資料點異常，又由(5-14)式可知 m_0 與 Rayleigh 理論波高之關係，因此可判斷在 $2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$ 此區間時，其中有少數資料之 m_0 值，對於計算分析的結果會產生影響，而由附圖 1-16 中，其 Rayleigh 示性波高理論值仍偏高，Weibull 示性波高值仍較符合實際情形，因此可知不論波高之大小，以式(5-4)Weibull 分佈 H_s 理論值計算結果較近似於實際值。

5.3.5 理論與實際之 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 之比較

經由花蓮港實測資料由式(5-15)計算可得其零階能率 m_0 ，而 $\bar{H}$ 為實測波高之平均值，以 $\bar{H}$ 與 m_0 之比值分別與式(5-19)Rayleigh 之理論值及式(5-20)中 Weibull 理論值比較，茲將 2004 年全年之波高資料分析結果如附圖 1-18 至附圖 1-23 所示。

根據附圖 1-18 至附圖 1-23 之結果，雖然其資料點之曲線抖動較大，但可發現當示性波高小於 1.5 米以下(即第一至第三區間)，由圖可看出其 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值大部分皆小於 Weibull 分佈之理論值 2.413，而隨著波高變大，如附圖 1-21 所示，當 $1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$ 時， $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 之大於 2.413 之資料點數也相對增加，於附圖 1-23 之大波高中，其比值更逼近 2.8。因此根據其比值在各區間之分佈趨勢，可發現 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 會隨著波高變大而比值跟著變大。

於附圖 1-22 中(第五區間)，其第 41 至第 48 筆及第六區間第 36 至

第 39 筆波高當中，其比值遠較理論值為小，經計算過程查證， $\bar{H}$ 值在合理範圍，然 m_0 與其它資料相較之下值均較為大，此結論與上節所討論出可能 m_0 值異常之結果相同。因此可能在水位轉換頻譜過程中，由於儀器問題，導致原始水位資料測量已發生錯誤，其所計算出之 m_0 也產生異常，故 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值與理論值差異較大。

5.3.6 理論與實際 $H_s/\sqrt{m_0}$ 之比較

根據式(5-14)式與(5-20)之理論示性波高計算公式，配合不同地區之波高分佈，可簡單地以 m_0 求出其理論示性波高值，而花蓮港之波高分佈為 Weibull 分佈，雖可根據(5-20)式求其示性波高，但此結果也僅為粗估其示性波高大小，並無法表示全部數據分佈狀況，因此本研究為探討其實際與理論上之差異，茲將花蓮港 2004 全年之波高資料，分別計算出 H_s 及 m_0 值，按全年之 $H_s/\sqrt{m_0}$ 比值，將全年結果繪如下列附圖 1-24 至附圖 1-29 所示

由式(5-19)及式(5-20)可知， $H_s/\sqrt{m_0}$ Rayleigh 理論比值為 4.0，而 Weibull 理論比值為 3.774，因此其實際波高比值之合理保守範圍應介於 3 至 4 之間，根據附圖 1-24 至附圖 1-27 所示，當其示性波高小於 2m 時，其 $H_s/\sqrt{m_0}$ 值大致上於 3.4~3.8 之間跳動，而由附圖 1-28 與附圖 1-29 分析結果，當示性波高大於 2m 時，其 $H_s/\sqrt{m_0}$ 比值大概為 3.5~4.0。另外 $2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$ 區間中，已發現其資料有少數幾筆為異常現象，從附圖 1-27 可看出，其第一個尖峰值，即不合理之資料點，恰為第 40 筆至第 50 筆資料點，與先前分析結果不謀而合，其餘第二至第三尖峰值，雖已超過 Rayleigh 之理論比值，但隨著波高變大，其比值亦隨著增加，由附圖 1-28 即可看出有多筆資料點之比值皆大於 4.0，因其示性波高較大，其資料點可能包含發生於颱風季節之波高資料，因此在計算實際比值，無法以平時波高理論值來作為判斷資料正常與否的依據。由上述之結果，對於應用於計算花蓮港示性波高時，若為非颱風期間，可以 3.4~3.8 倍 $\sqrt{m_0}$ 估算其示性波高範圍。

5.3.7 理論與實際 $H_s/\bar{H}$ 之比較

根據式(5-19)可知，當波高分佈為 Rayleigh 分佈時，理論上 $H_s/\bar{H}$ 之比值為一定值，根據此結果，由式(5-4)與式(5-6)可驗證出當波高分佈為 Weibull 分佈時，其 $H_s/\bar{H}$ 亦可得一理論比值，此理論 $H_s/\bar{H}$ 之比值為

$$\frac{H_s}{\bar{H}} = \frac{N\Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + 1, \ln N\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right)} \dots\dots\dots(5-21)$$

依照式(5-21)計算所得之理論值，為比較其與實際統計出之比值差異，茲將 2004 年全年之波高資料比較結果列如下圖所示，其中 $(H_s/\bar{H})_T$ 表示理論值， $(H_s/\bar{H})_O$ 表示實際統計值

根據附圖 1-28 至附圖 1-35 分析結果，可觀察出各區間之 $H_s/\bar{H}$ 實際值與理論值之相關性皆很高，由附圖 1-30 至附圖 1-33 觀察可發現，在示性波高小於 2 米時， $H_s/\bar{H}$ 其比值大致介於 1.45 至 1.65 之間，且此四區間內之 $H_s/\bar{H}$ 相關性皆很接近，而另外依附圖 1-34 及附圖 1-35 所示，在示性波大大於 2 米時，其實際與理論值之相關性趨近於 1，且大部分資料點集中於 1.45 至 1.65，此特性則與小波高時之比值分佈相似，僅有少數的資料點比值較高，而當波高越大，比值較高之資料點數也較小波高為多，經統計該資料點之實際值與理論值之結果，證實乃因於該少數資料點其 $\bar{H}$ 均較其他資料為小，因此在計算 $H_s/\bar{H}$ 時，其比值相對較高，形成圖形上零星分布之較高比值資料點。

5.3.8 理論與實際 H_{max}/H_s 之比較

對具有相同統計特性的波場而言，不同次取樣的樣本之 $\bar{H}$ 或 H_s 可能極為接近，但其最大波高 H_{max} 卻會大不相同，Longuet-Higgins(1952)利用統計理論求出最大波高 H_{max} 之機率分佈，計算出各種統計代表值，包括眾數(mode)、平均值(mean)及超過出現機率為 $1/n$ 的 H_{max} 等。但其在近似上有如下之關係式

$$\left(\frac{H_{max}}{\bar{H}}\right)_{mode} \approx \left(\frac{H_{max}}{\bar{H}}\right)_{mean} \approx \frac{2}{\sqrt{\pi}} (\ln N_0)^{1/2} \dots\dots\dots (5-22)$$

N_0 是以零上切法求得的個別波之數目，隨著 N_0 的不同會得到不同的 $H_{max}/\bar{H}$ ，又由式(5-19)之 $\bar{H}$ 與 H_s 之關係式可推得 Rayleigh 分佈理論之 H_{max}/H_s ，由此關係式即可根據 H_s 求得最大波高 H_s ，而 H_{max} 一般常應用於工程上之設計參考，依合田(1990)的建議，在工程設計上，可採用如下之關係式來設計

$$H_{max} = (1.6 \sim 2.0)H_s \dots\dots\dots (5-23)$$

由式(5-22)與式(5-23)可知，理論上最大波高可由示性波高求得一概似值，而花蓮港因其波高分佈為 Weibull 分佈，因此本研究為探討花蓮港之 H_{max} 與 H_s 關係，根據式(5-4)及式(5-10)，可得其比值為

$$\frac{H_{max}}{H_s} = \frac{\left[(\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}} - \frac{1}{\alpha} (\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}-1} \cdot \gamma + \frac{1-\alpha}{2\alpha^2} (\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}-2} \cdot \left(\frac{\pi^2}{6} + \gamma^2 \right) \right]}{3\Gamma\left(\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right), \ln(3)\right)} \quad (5-24)$$

由式(5-24)即可計算其理論之比值，並依此結果與實際統計出之比值進行比較，茲將 2004 年全年之波高資料比較結果列如附圖 1 所示，其中 $(H_{max}/H_s)_O$ 代表實際統計值， $(H_{max}/H_s)_T$ 則表示為以式(5-24)所計算出之理論值

由附圖 1-36 至附圖 1-41 結果顯示，資料點大部份集中於圖之左半部份，且其大部份實際所計算之比值均較理論值為高一點，而當示性波高小於 2m 時，其實際與理論比值之相關性甚低，大於 2m 時則相關性較高，但由圖可看出，其 R^2 值提高乃因其資料最大波高範圍較大，相對在計算 H_{max}/H_s 時其值也較高，資料點較不容易集中於左半部，因此相關性較小波高時為高。由於理論之 H_s 經分析之後，驗證出其與實

際之 H_s 值即為近似，因此由附圖 1-35 至附圖 1-41 分析結果可知，以式(5-10)所計算出 H_{max} 之理論值會產生低估的現象，茲以 H_{max} 在示性波高不分區間下，將 2004 年全年實際與理論 H_{max} 之關係示如附圖 1-42

由附圖 1-42 觀察結果，理論與實際之 H_{max} 相關性很高，但從數據上發現，在 2004 年全年有效資料筆數 7617 筆中，有 42% 的資料其理論與實際之 H_{max} 誤差超過 10%，甚至誤差達 7m 以上，僅有 932 筆資料，其實際 H_{max} 小於理論 H_{max} 。因此根據分析結果，欲要應用 H_{max} 於工程設計上，應以實際計算之 H_{max} 為準，或依照設計波推算方法的精確度，構造物的重要性或破壞限界等為考慮條件，再加以設計決定之。

5.3.9 理論與實際 H_s / H_{rms} 之比較

H_{rms} 表示為波高之均方根值，由式(5-4)及式(5-13)可求得 H_s / H_{rms} 之理論關係式為

$$\frac{H_s}{H_{rms}} = \frac{3\Gamma\left(\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right), \ln(3)\right)}{\left[\Gamma\left(\frac{2}{\alpha} + 1\right)\right]^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots(5-25)$$

根據式(5-25)即可計算出 H_s / H_{rms} 之理論比值，並依此結果與實際統計出之比值進行比較，茲將 2004 年全年之波高資料比較結果列如下圖所示。

根據附圖 1-47 與附圖 1-48 分析結果，發現當示性波高大於 2m 時，其理論與實際之相關性甚低，其中附圖 1-48 之 R^2 值甚至趨近於 0.001，而從附圖 1-43 至附圖 1-46 中，發現當示性波高小於 2m 時，理論與實際之相關性較高，且各區間之 R^2 值皆很接近，大致上為 0.7 至 0.75，顯示其 H_{rms} 與 H_s 比值在小波高時，理論於實際之相關性較高。由此分析結果可判斷出，隨著波高越大，理論與實際誤差值較大，因此單以

式(5-13)之理論 H_{rms} 來推測實際波高之 H_{rms} ，並無法概估其理論與實際之誤差大小，因根據分析結果，僅能從附圖 1-47 至附圖 1-48 辨別出在大波高時， H_{rms} 與 H_s 並無關係，小波高時，其實際與理論相關性也皆不高，無法有效的以示性波高大小來判斷 H_{rms} 之趨勢，故應改建立其它波高統計值與 H_{rms} 關係式，再由實測數據，驗證並探討其中之相關性。

5.4 週期統計之理論值與實際值比較

由 5-2 節的分析結果可以得知，Erlang 分佈對於示性波高描述 1.5m 以上或是 1.5m 以下的區間所對應的週期分佈不錯。因此，本研究欲進一步建立 Erlang 理論分佈中的參數與頻譜矩的關係，期望提出經驗公式來正確的估算 Erlang 理論示性週期及平均週期所需之參數值，以便能由頻譜矩及 Erlang 參數來計算正確的理论示性週期及平均週期，而能更簡便的應用至波浪統計的研究上。

Erlang 理論分佈中的參數 α 與 λ 的比值，在其理論分佈中的定義為平均週期。如附圖 2-1 所示，橫軸為實際波浪資料的平均週期，縱軸為 α/λ ，由圖可以明顯看出 α/λ 與 $\bar{T}$ 關係相當一致，其相關係數達到 0.9445，而大部分的數據平均值落點於 $Y = 1.0043X - 0.2373$ 的最佳迴歸線上，此迴歸直線斜率 1.0043 接近於 1，截距 0.2373 接近於 0。由頻譜矩 m_0 及 m_1 所計算出之 T_{01} 在定義上亦為平均週期，故本研究利用 T_{01} 與 Erlang 理論分佈中的 α/λ 的關係，建立出月份、每季以及全年之計算 Erlang 理論參數的經驗公式；而 Erlang 理論中計算示性週期所需的實際週期統計週期值 $T_{2n/3}$ 亦可利用 T_{01} 與 $T_{2n/3}$ 之間的關係建立出月份、每季以及全年之計算 $T_{2n/3}$ 經驗公式，再以 T_{01} 代入 Erlang 理論參數與 $T_{2n/3}$ 的經驗公式推估 Erlang 理論分佈中計算示性週期所需參數，進一步推算出示性週期與平均週期，與實際週期所計算之 Erlang 理論之示性週期及平均週期比較，提供一較快速的方式，計算出相關的理論週期統計參數。

本文以 2004 年 8 月、第 3 季以及全年的波浪資料建立推估月份、每季、全年 Erlang 理論參數之經驗公式。若假設其理論參數 α/λ 與頻譜矩 m_0 及 m_1 所計算出的平均週期 T_{01} 成線性關係，其表示如下：

$$\frac{\alpha}{\lambda} = A \cdot T_{01} + B \quad \dots\dots\dots(5-26)$$

其中 A、B 為待定之係數值， α/λ 、 T_{01} 單位為 sec。

附圖 2-2 至附圖 2-4 為利用式(5-26)迴歸月份、每季比及全年之 α/λ 與 T_{01} 的關係圖，其 RMS 值分別為 0.2321sec、0.2102sec、0.2910sec， r^2 分別為 0.9443、0.9497、0.9420，其中資料點為 T_{01} 所對照之 α/λ 值，實線為迴歸曲線，可得到計算月份、每季、全年之 α/λ 的經驗公式分別如下：

$$\frac{\alpha}{\lambda} = 1.0439 \cdot T_{01} - 0.6696 \quad \dots\dots\dots(5-27)$$

$$\frac{\alpha}{\lambda} = 1.0067 \cdot T_{01} - 0.3678 \quad \dots\dots\dots(5-28)$$

$$\frac{\alpha}{\lambda} = 1.0532 \cdot T_{01} - 0.4736 \quad \dots\dots\dots(5-29)$$

若假設 T_s 與理論平均週期 $\bar{T}^E$ 成線性關係表示如下：

$$T_s = C \cdot \bar{T}^E + D \quad \dots\dots\dots(5-30)$$

其中 C、D 為待定之係數值， T_s 、 $\bar{T}$ 單位為 sec。

附圖 2-5 至附圖 2-7 為利用式(5-30)迴歸月份、每季、全年 T_s 與 $\bar{T}$

之關係圖，其 RMS 值分別為 0.2351sec、0.2113sec、0.2492sec， r^2 分別為 0.9596、0.9659、0.9507，其中數據點為 $\bar{T}$ 所對照之 T_s 值，實線為迴歸曲線，可得到計算月份、每季、全年之 T_s 的經驗公式如下：

$$T_s = 1.2243 \cdot \bar{T}^E - 1.4557 \dots\dots\dots (5-31)$$

$$T_s = 1.2173 \cdot \bar{T}^E - 1.3051 \dots\dots\dots (5-32)$$

$$T_s = 1.1493 \cdot \bar{T}^E - 0.7977 \dots\dots\dots (5-33)$$

利用前述推導出的經驗公式，可推估出月份、每季、全年之 Erlang 理論參數，進一步可推算出 Erlang 理論週期統計參數；而其與實際週期所計算出的理論週期統計參數之比較，在下一節會有詳細的討論。

5.4.1 月份統計特性

本文利用前述所建立之經驗公式，以 T_{01} 代入後推求出 Erlang 理論中的相關參數，進一步計算其理論示性週期以及平均週期，並與實際週期所計算之結果比較，分別以月份、每季、全年討論其季節性分析結果。

附圖 2-7 之橫座標為利用 2004 年 8 月的波浪資料經由式(5-27)及(5-30)迴歸公式計算所得的參數所推估之 Erlang 理論示性週期，縱軸為統計計算所得的 Erlang 理論示性週期。由附圖 2-7 可觀察出大部分的數據值落點於 $Y=1.2265X-3.1945$ 的最佳迴歸線上，其相關係數達到 0.9226。就理論上而言，最佳迴歸線的斜率越接近於 1，截距與 0 差距越小，代表理論值與實際值之間在定量上會有較佳的趨勢。而附圖 2-7 之最佳迴歸線的斜率 1.2265 以及截距 3.1945，與理論斜率 1 及截距 0 有一定的差異，造成此結果的原因為本研究所推算的理論示性週期會

在週期較小的區域會有高估示性週期的現象，在週期較大的區域則會產生低估的現象。

本文進一步利用 2004 年 9 月的波浪資料經由式(5-27)及(5-30)推估 Erlang 理論示性週期，其結果如附圖 2-9 所示，橫座標為利用 2004 年 9 月的波浪資料經由式(5-27)及(5-30)迴歸公式計算所得的參數所推估之 Erlang 理論示性週期，縱軸為統計計算所得的 Erlang 理論示性週期。其示性週期推估結果與 8 月推估結果有相同趨勢，相關係數達到 0.9432，而大部分的數據落點於 $Y=1.0006X - 0.4510$ 的最佳迴歸線附近，此迴歸線之斜率 1.0006 趨近於 1，但其截距 0.4510 與 0 有一定程度上的差異。其誤差來源亦來自於經驗公式所推求的理論示性週期會有在大週期區低估與小週期區高估的現象；但就推估值與實際值之間的相關性來說，可以得到不錯的推估結果。

附圖 2-10 及附圖 2-11 之橫座標為利用推估之理論參數所計算 8 月及 9 月之 Erlang 理論平均週期，縱軸為實際週期推算所得的理論平均週期。由附圖 2-10 及附圖 2-11 可看出兩者關係相當一致，其相關係數分別達到 0.9852 及 0.9922，而大部分的數據平均值落點於 $Y = 0.9476 X + 0.2887$ 以及 $Y = 0.9798 X - 0.0411$ 的最佳迴歸線上，迴歸直線斜率分別 0.9476 及 0.9922 接近於 1，截距分別為 0.2887 及 0.0411 接近於 0。由此可知，經由推估參數所計算之理論平均週期與實際理論平均週期相當近似。

5.4.2 每季統計特性

附圖 2-12 之橫座標為利用 2004 年第 3 季的波浪資料經由式(5-28)及(5-31)迴歸公式計算所得的參數所推估之 Erlang 理論示性週期，縱軸為統計計算所得的 Erlang 理論示性週期。由附圖 2-12 可看出大部分的數據值落點於 $Y = 1.1179 X - 1.8159$ 的最佳迴歸線附近，其相關係數達到 0.9093。在每季的波浪資料中，本研究所推算之理論值仍然會在週期較小的區域仍會出現高估示性週期的現象，在週期較大的區域有

低估示性週期的情形。

本文進一步利用 2004 年第 4 季的波浪資料經由式(5-28)及(5-31)推估 Erlang 理論示性週期，其結果如附圖 2-13 所示，其示性週期推估結果與第 3 季推估結果有相同趨勢，相關係數達到 0.8619，而大部分的數據落點於 $Y = 1.1655X - 2.4841$ 的最佳迴歸線附近。以經驗公式所推求的理論示性週期仍然會有低估較大之示性週期與高估較小之示性週期的情形，但就其相關性來說，以本研究建立之方法所推算之理論值應可作為波浪統計應用上之參考依據。

附圖 2-14 及附圖 2-15 之橫座標為利用推估之理論參數所計算第 3 季及第 4 季之 Erlang 理論平均週期，縱軸為實際週期推算所得的理論平均週期。由附圖 2-14 及附圖 2-15 可看出大部分的數據平均值落點於 $Y = 0.9699X + 0.0564$ 以及 $Y = 0.9546X + 0.2337$ 的最佳迴歸線上兩者關係相當一致，其相關係數分別達到 0.9886 及 0.9794，迴歸直線斜率分別 0.9699 及 0.9546 接近於 1，截距分別為 0.0564 及 0.2337 接近於 0。由此可知，經由推估參數可以計算出與實際理論平均週期相似之理論平均週期。

5.4.3 全年統計特性

附圖 2-16 之橫座標為利用 2004 年全年的波浪資料經由式(5-29)及(5-32)迴歸公式計算所得的參數所推估之 Erlang 理論示性週期，縱軸為統計計算所得的 Erlang 理論示性週期。由附圖 2-16 可看出大部分的數據值落點於 $Y = 1.1452X - 2.1383$ 的最佳迴歸線附近，其相關係數達到 0.9184。與月份以及每季之推估結果相似，在週期較小的區域理論示性週期會有高估的現象，在週期較大的區域理論示性週期有低估的現象。

本文進一步利用 2005 年扣除 11 月份後的波浪資料經由式(5-29)及(5-32)推估 Erlang 理論示性週期，其結果如附圖 2-17 所示，其示性週期推估結果與 2004 年推估結果有相同趨勢，相關係數達到 0.9006，而

大部分的數據落點於 $Y = 0.9888X - 0.1863$ 的最佳迴歸線附近。由此可知，雖然以經驗公式所推求的理論示性週期會有在大週期區低估與小週期區高估的趨勢，但就其與實際理論示性週期之間的相關性來說，以本研究所建立之方法可以推估出與實際值近似之理論值。

附圖 2-18 及附圖 2-19 之橫座標為利用推估之理論參數所計算 2004 年及 2005 年之 Erlang 理論平均週期，縱軸為實際週期推算所得的理論平均週期。由附圖 2-18 及附圖 2-19 可看出兩者關係相當一致，其相關係數分別達到 0.9819 及 0.9953，而大部分的數據平均值落點於 $Y = 0.9605 X + 0.1621$ 以及 $Y = 1.0065 X - 0.1113$ 的最佳迴歸線上，迴歸直線斜率分別 0.9476 及 0.9922 接近於 1，截距分別為 0.1621 及 0.1113 接近於 0。由此可知，經由推估參數所計算之理論平均週期與實際理論平均週期在計算結果上相當近似。

第六章 結論

颱風侵襲港灣地區所必須考慮到的船舶動態管理，花蓮港務局所提供的船舶動態歷史資料，以及颱風相關資料已收集完成，並初步統計特性分析將颱風影響船舶動態的各個影響因子如颱風規模以及颱風距離加以分類，以助於進行船舶動態模式的建立。船舶動態模式的建構以颱風影響船舶動態參數，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因子，做為類神經網路之輸入值，相對應之船隻異動指數則為其網路輸出值。本計劃選擇之學習範例為含蓋 5 種颱風規模、4 種船隻異動指數及 9 種颱風路徑之颱風共 36 個，本船隻動態預警模式為一層隱藏層，包含 27 個神經元之正切雙彎曲轉換函數的網路架構。並以 3 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。

另外，針對波浪特性的分析，本計畫以花蓮港實測波浪數據，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佈，本計畫以相關統計參數，分別為誤差均方根(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。

根據波高分析結果，驗證出花蓮港之波高分佈較近似於 Weibull 分佈，其波高直方圖適合分組組數大概介於 5 至 8 組，依其分佈特性，並以最大概似法估其參數，可由參數計算出相關理論波高統計值，如 H_s 、 $\bar{H}$ 、 H_{max} 與 H_{rms} ，經與實際波高統計值比較分析後，以 Weibull 分佈所計算而得之理論 H_s ，與實際波高 H_s 甚為接近。因此進一步建立其它相關波高統計值與 H_s 之關係，其關係一旦建立，即可藉 H_s 以推得其它波高統計值，並了解花蓮海域之波高統計特性及以 Weibull 分佈理論計算的可行性。

另外於週期之分析結果，本計畫發現不論在全年、每季或是每月的波浪資料中，在示性波高大於 1.5m 的區間所對應的週期資料，其最適之理論分佈為 Erlang 分佈，在示性波高小於 1.5m 的區間，其最適之理論分佈為 Longuet-Higgins 分佈。在不分區間的波浪週期資料方面，則以 Normal 分佈與機率密度直方圖的吻合度較佳。而任一區間內的波浪資料，其最佳分組組數均為 7 組。而本計劃所提出之季節性 Erlang 理論參數經驗公式，藉由頻譜矩 T_{01} 計算出 Erlang 理論示性週期以及平均週期所需之參數，可大略地推算其理論週期統計參數，此結果可做為波浪統計上以及海岸工程上的應用參考。

參考文獻

1. 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。
2. 張憲國、郭一羽(1999) , 「花蓮港共振機制研究」, 台灣省政府交通處研究報告。
3. 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。
4. 張憲國、錢維安(2003), 「台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。
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. 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。
7. 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。
8. 錢志春(1991) , 「海浪及其預報」, 氣象出版社, 第 189 頁。
9. 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。
10. Bretschneider, C.L., (1959) "Wave variability and wave spectra for wind generated gravity waves", Tech. Rep., *US Army Beach Erosion Board*. No. 118
11. 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.

12. 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.
13. Deo, M.C., Sridhar Naidu, C., (1999) "Real time wave forecasting using neural networks." *Ocean Eng.*, Vol. 26, pp. 191-203.
14. Deo, M.C., Kiran Kumar, N., (2000) "Interpolation of wave heights." *Ocean Eng.* , Vol. 27, pp. 907-919.
15. Deo, M. C., and Naidu, C. S., (2001) "Real Time Wave Forecasting Using Neural Networks," *Ocean Eng.*, Vol. 26, pp. 191–303.
16. 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.
17. Deo, M.C., Jagdale, S.S., (2003) "Prediction of breaking waves with neural networks." *Ocean Eng.*, Vol. 30, pp. 1163-1178.
18. 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.
19. Forristall, G. Z., (1978) "On the statistical distribution of wave heights in a storm," *J. Geophys. Res.*, Vol. C83, pp. 2353-2358.
20. 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 Artic Engineering*, Omae2001, pp. 2178-2188.
21. 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.
22. Longuet-Higgins, M. S., (1952) "On the statistical distribution of the heights of sea waves," *J. Marine, Res.*, Vol. 9, pp. 245-265.

23. Makarynsky, O., (2004) "Improving wave predictions with artificial neural networks," *Ocean Eng.*, Vol. 31, pp. 709–724.
24. 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.
25. 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.
26. 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 .

附錄 1 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		船舶進出港作業正常		19.9 N,119.6E	
		23/08:00				20.9N,122.0E	
		14:00				21.3N,123.3E	
85.07	葛樂禮 (Gloria)	24/14:00		暴風圈涵概本港		17.3N,124.2E	
			#25	船隻「羅伯」因斷纜出港避風浪			
			#23	船隻「貝爾」因斷纜出港避風浪			
			#4	船隻「吉拉」因斷纜出港避風浪			
		25/08:00		成立防颱中心		18.8N,122.4E	
		26/08:00				21.1N,120.8E	
		27/08:00				24.7N,118.5E	
85.07	賀伯 (Herb)	29/11:00		暴風圈涵蓋本港		18.7N,129.7E	
			#23	船隻「貝爾」因斷纜出港避風浪			
			#25	船隻「羅伯」因斷纜出港避風浪			
			#19	船隻「安康」因斷纜出港避風浪			
			#6	船隻「安吉拉」因斷纜出港避風浪			
			#24	船隻「克蘭」因斷纜出港避風浪			
			#13	船隻「福全」因斷纜出港避風浪			
			#15	船隻「聯榮」因斷纜出港避風浪			
		30/02:00		成立防颱中心		20.3N,127.9E	
		14:00				22.0N,127.2E	
		31/08:00				24.0N,124.6E	
85.08		01/08:00				25.4N,120.4E	

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
		02		船隻陸續出港			
			#20	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			
85.09	莎莉 (Sally)	07/08:00				18.1N,127.0E	
		08/02:00	#10	09/08 05:50 船隻「宏安」斷纜經推頂重新帶纜		19.2N,121.9E	
			#23	09/08 07:53 至 0854 船隻「長貴」出港避風浪			
			#13	09/08 0753 至 08:54 船隻「艾特絲」出港避風浪			
85.09	莎莉 (Sally)	08/14:00				19.7N,118.0E	
		09	#23	船隻「長貴」進港			
				船隻「艾特絲」進港			
85.09	魏萊特 Violet	15/20:00				18.8N,126.6E	
		16/08:00	#20	船隻「友萊六號」進泊無法靠泊隨即出港		20.0N,126.3E	
		17:00				20.5N,126.2E	
		20:00				20.5N,126.6E	
85.09	薩恩 Zane	27/14:00	#22	船隻「冒險家」因斷纜出港避風		21.5N,126.1E	
			#24	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			
		28/02:00				22.0N,125.5E	
		08:00				22.9N,125.4E	
		20:00				24.3N,125.6E	
85.10	貝絲	17/02:00		無明顯湧浪		17.7N,125.2E	
		18/02:00		無船舶斷纜或出港		17.6N,122.1E	

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
				避風			
		19/02:00				18.6N,119.6E	
85.11	爾尼			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，無影響船舶靠泊			
85.11	戴兒	10/08:00				16.8N,133.8E	
		11/02:00		在港商船五艘全部出港避風		19.4N,131.6E	
		13/02:00		船鼻船陸續返港		29.3N,138.8E	
86.04	伊莎	21/16:00		下午港內產生湧浪，船隻「榮華」、「卓越」移泊內港，仍有斷纜			
		22/04:00		仍受湧浪影響，多有斷纜		24.3N,139.5E	
		08:00		仍受湧浪影響，多有斷纜		24.5N,139.7E	
		23/02:00		已較緩和，裝卸仍受影響		27.4N,143.7E	
86.05	里維	28/02:00		港內船隻未受影響		18.8N,126.3E	
		29/02:00		港內船隻未受影響		23.2N,127.5E	
		30/02:00		港內船隻未受影響		27.3N,32.4E	
86.06	歐珀	16/08:00				15.0N,132.9E	
		17/08:00				16.4N,132.4E	
		18/08:00	#25	06/18 至 06/19 港內產生微湧，船隻「裕亨」艀艀各斷纜一次		20.7N,133.6E	
86.06	歐珀	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	24/14:00				15.0N,129.0E	
		25/08:00				17.0N,127.0E	
		26/02:00		外港產生湧浪，內港裝卸作業正常		19.3N,127.2	
		08:00	#24	0820 船隻「明維」移至#3 碼頭		20.6N,126.5E	
			#23	1030 船隻「安傑利」移至#6 碼頭			
		14:00	#21	1800 船隻「友泰六		21.9N,126.3E	

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
				號」移至#11 碼頭			
		27/02:00		外港仍有湧浪		24.9N,126.5E	
86.07	羅西	21/02:00				14.7N,135.2E	
		21/14:00				15.9N,134.0E	
		22/08:00				17.5N,132.6E	
		23/08:00		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		19.1N,131.9E	
		24/08:00				22.4N,132.5E	
		25/02:00				25.9N,133.6E	
86.08	蒂娜	01/14:00				13.4N,135.0E	
		02/08:00				13.5N,133.5E	
		03/08:00				14.5N,131.5E	
		04/08:00				17.0N,129.2E	
		05/08:00		港內有湧浪產生, 然船舶進出港作業均未受影響		20.0N,127.0E	
		06/02:00				22.0N,126.2E	
		14:00				24.2N,126.5E	
86.08	溫妮 Winnie	13/14:00				19.6N,142.2E	
		14/08:00				20.9N,139.5E	
		15/08:00	#22	港內產生湧浪, 無法正常裝卸作業。船隻「昌盛」因斷纜出港		22.6N,135.7E	
			#8	港內產生湧浪, 無法正常裝卸作業。船隻「宏記」因斷纜出港			
			#24	港內產生湧浪, 無法正常裝卸作業。船隻「諄鵝」因斷纜出港			
			#23	船隻「希吉」移至#4 碼頭惟仍斷纜			
		16/08:00				23.7N,132.0E	
		17/08:00				24.5N,128.3E	
86.08	安珀 Anber	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		19.1N,126.2E	

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
				港			
			#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 「千業」因斷纜出港 避風迄 0830 再返港			
		28/02:00				20.3N,124.2E	
		14:00				21.4N,122.9E	
		29/02:00		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。		23.4N,121.6E	
		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				18.8N,122.0E	
		21/08:00				19.4N,122.6E	
		14:00				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				20.1N,123.4E	
		04/07:00		05:00 左右港內開始 明顯產生湧浪 10:00 成力防颱中心 20:00 解除 13:00~15:00 湧浪最 劇		21.8N,121.8E	
			#22	07:22~10:37 船 隻 「北斗星」因斷纜出 港避風			
			#23	07:22~10:37 船 隻			

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
				「希吉」因斷纜出港避風			
			#25	07:22~10:37 船隻「福運」因斷纜出港避風			
87.08	奧托 Otto	04/07:00	#20	07:22~10:37 船隻「富國新六號」因斷纜出港避風			
			#21	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			
		16:00				23.7N,120.8E	
		17:00				24.2N,120.5E	
87.09	維琪 Vicki	18/02:00		船舶正常進出港及裝卸作業		17.0N,118.7E	
		21/02:00		船舶正常進出港及裝卸作業		23.2N,128.7E	
		14:00		船舶正常進出港及裝卸作業		26.0N,131.0E	
87.09	楊妮 Yanni	28/00:00				22.2N,123.0E	
		02:00	#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		22.6N,122.4E	
		17:00		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		24.0N,122.2E	
87.10	瑞伯 Zeb	12/02:00				11.0N,133.7E	
		14:00				12.3N,131.3E	
		13/02:00				13.6N,129.0E	
		14:00	#15	22:49 船隻「卡迪」預知颱風動態自碼頭出港		15.5N,126.0E	
		14/02:00		17:30 成立防颱中心		16.2N,123.7E	

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
			#24	06:51~08:42 船 隻 「江美」因斷纜出港 避風			
			#23	06:51~08:42 船 隻 「華榮」因斷纜出港 避風			
			#11	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			
		15/02:00				18.8N,121.3E	
		16/08:00				23.8N,122.3E	
		18:00		18:00 解除防颱中心		25.4N,123.5E	
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			

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
				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		18.9N,124.5E	
				23:00 港內湧浪加劇			
88.06	瑪姬 Maggie	05/08:00		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			
		06/12:00		12:00 解除		22.3N,118.6E	
88.07	歐佳 Olga	30/08:00		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	
		31/02:00				20.8N,131.9E	
		01/08:00				24.8N,129.3E	
88.08	山姆 Sam	19/14:00		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		16.8N,125.4E	
			#22	船隻「庫島」出港避 風			
		20/11:00				18.3N,121.8E	

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
		21/05:00		外港仍有湧浪		18.8N,118.9E	
88.09	巴特 Bart	19/08:00		無影響船舶進出裝卸作業		21.8N,128.0E	
		20/08:00				23.4N,125.5E	
		21/14:00				24.5N,125.9E	
88.10	丹恩 Dan	03/14:00				17.9N,129.4E	
		04/02:00				18.5N,127.9E	
		05/08:00				18.2N,122.4E	
		06/05:00		上午出現湧浪		18.5N,119.2E	
			#23	船隻「信輝」勉強靠泊			
			#18	稍受影響，裝卸作業暫停			
		07/08:00				19.7N,117.3E	
		08/07:00		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		21.6N,118.1E	
88.11	葛樂禮 Gloria	15/02:00		無影響船舶靠泊作業		21.0N,130.6E	
		16/02:00				27.6N,137.7E	
89.05	丹瑞 Damrey	08/08:00		正常運作		13.8N,131.4E	
		09/08:00				15.6N,133.5E	
		10/08:00				19.5N,136.8E	
		11/08:00				23.6N,139.9E	
89.05	龍王 Long-wang	19/08:00		正常運作		21.4N,125.5E	
		14:00				22.4N,126.9E	
		20/02:00				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	
89.07	奇洛基 Kirogi	05/02:00	#25			20.0N,131.4E	
		14:00		23:21 船隻「快捷」出港避湧		21.6N,132.5E	
		06/02:00		外港各船勉強維持至 0706 下午後漸改善恢復作業		23.3N,133.6E	

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
89.07	啟德 Kai-Tak	02:00				19.0N,119.8E	
		07/05:00				20.1N,118.8E	
		08/20:00		成立防颱風中心		20.6N,120.4E	
		09/06:00		07:00 通知出港避風		22.0N,121.3E	
			#25	09:07 船隻「快捷」 出港避湧浪			
			#18	10:31 船隻「宏星」 出港避湧浪			
			#24	11:36 船隻「聯歐」 出港避湧浪			
		13:00		16:00 解除防颱風中心, 翌日始恢復進出		24.2N,121.6E	
89.08	碧利斯 Bilis	21/08:00		17:30 成立防颱風中心		18.8N,128.3E	
				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			本次本港 包括東防 波堤受到 重創
		22/07:00				20.7N,124.2E	
		20:00				22.5N,122.0E	
		23/12:00		12:00 恢復正常			
89.08	巴比倫 Prapiroon	27/20:00				22.3N,130.1E	
		28/16:00		17:30 成立防颱風中心		23.0N,127.1E	
		29/11:00		港內運作正常		24.0N,125.1E	
		30/07:00		上午解除防颱風中心		26.6N,123.4E	
89.09	寶發 Bopha	08/14:00				25.5N,128.0E	
		09/10:00		09:00 成立防颱風中心		25.3N,124.7E	
		21:00				24.3N,123.6E	
		10/07:00		15:00 解除防颱風中心 內外港均靠泊有船 並無斷纜情事		22.5N,123.0E	
89.10	雅吉 Yagi	23/02:00		港內幾無湧浪產生		22.2N,133.8E	

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
		24/08:00		17:00 成立防颱中心 並建議外港船隻「盛 寶」及內港船隻「瑞 和」出港避風		23.0N,128.2E	
		25/08:00				24.7N,124.9E	
89.10	象神 Xangsane	30/02:00				16.0n,118.0e	
		31/07:00		22:00 成立防颱中心 11/01 22:00 解除		18.6n,119.6e	
		13:00	#17	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		19.3n,120.2e	
90.05	西馬隆 Cima	11/08:00		05/12 14:00 成立防 颱中心 未造成湧浪		17.0N,119.0E	
		13/07:00	#23	船隻「金龍」待修及 沉箱渠內之沉箱均 安然		21.0N,121.7E	
90.06	奇比 Chebi	20/14:00				13.0N,133.0E	
		21/08:00				4.3N,127.7E	
		22/14:00		16:00 成立應變小組 06/24 解除 19:00 湧浪加劇		19.3N,122.4E	
			#23	船隻「貿易」出港			
		23/01:00	#18	船隻「宏安」出港		20.9N,120.0E	
			#3	內港船隻「捷運」情 況尚可			
90.07	尤特 Utor	02/14:00		07/04 08:00 成立應 變小組 07/04 07:30 已產生 湧浪			
		03/14:00	#23	船隻「安裕」出港			
			#21	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		21.8N,121.6E	

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
				生			
90.07	桃芝 Toraji	27/14:00				17.2N,126.9E	
		28/08:00		14:00 成立應變小組		18.4N,124.8E	
		29/13:00		20:30 湧浪開始劇烈		22.0N,122.5E	
			#12	除船隻「華龍」斷纜 其他商船均已出港 07/30 05:00 湧浪減緩			
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 重創台灣, 惟本港完全未受影響		26.9N,126.2E	
90.09	利奇馬 Lekima	25/09:00		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		20.4N,122.0E	
			#24	船隻「伯那」勉強撐過			
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		港內產生湧浪多數 船舶斷纜		11.3N,136.0E	
			#24	船隻「可兒」撞損碰墊			
92.04	柯吉拉 Kujira	18/02:00		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	
		19/02:00				13.9N,129.1E	
		21/02:00				18.0N,125.1E	
		22/08:00				19.7N,123.6E	

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
		23/08:00				20.8N,122.5E	
		24/11:00				22.5N,123.0	
92.05	蓮花 Linfa	28/02:00		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	
		29/08:00				22.1N,120.3E	
		30/02:00				21.8N,122.9	
92.06	南卡 Nangka	01/20:00		無任何影響		18.2N,117.8E	
		02/14:00				20.6N,120.3E	
		03/02:00				21.8N,122.9E	
92.06	蘇迪勒 Soudelor	14/02:00				11.2N,128.2E	
		15/08:00				14.0N,125.9E	
		16/02:00		21:00 港內有湧並漸加劇		16.0N,124.9E	
		17/11:00	#13	01:00 船隻「達和」開始斷纜, 04:00 出港		20.3N,123.2E	
			#24	船隻「雲天客」斷纜 05:30 出港			
			#10	06:00 船隻「亞六」出港			
			#25	07:00 船隻「裕慎」出港			
92.06	蘇迪勒 Soudelor	17/11:00	#23	07:30 船隻「龍天客」出港		20.3N,123.2E	
		18		中午以後始改善			
92.07	伊布都 Imbudo	17/14:00				8.3N,140.9E	
		18/02:00				9.3N,139.4E	
		20/14:00				12.1N,131.6E	
		21/14:00				14.3N,127.1E	
		21/20:00				15.0N,125.8E	
		22/02:00	#23	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		15.7N,124.4E	

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
				墊二組			
			#18	船隻「佳星」斷纜於 09:44 時出港避風， 損壞碰墊二組			
		22/08:00	#11	船隻「金瀧」堅不出 港，中午過後湧浪加 劇。船隻「金瀧」斷 纜嚴重。		16.4N,123.0E	
		22/14:00				16.9N,121.3E	
		23/05:00		中午過後，湧浪漸減 輕		18.2N,117.6E	
92.08	莫拉客 Morakot	02/17:00		本次颱風帶來雨量 舒解旱象，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。		19.1N,124.6E	
		02/23:00		23:50 時成立防颱		19.8N,123.9E	
		03/05:00				20.5N,122.9E	
		03/14:00				21.3N,121.4E	
		04/14:00		18:30 時解除防颱		24.1N,119.0E	
92.11	米勒 (Melor)	0500		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	
		1100				20.3N,120.5E	
		1700				21.0N,120.8E	
		2200				21.4N,121.0E	
92.11		03/0600				22.4N,121.7E	
		1100				22.8N,122.2E	
		1700				23.5N,123.1E	
92.08	科羅旺 (Krovanh)	21/08:00		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	
		1400				18.4N,128.0E	

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
		22/0200				17.9N,125.9E	
		1100				17.7N,123.7E	
		2300				17.7N,121.5E	
		23/0800				17.6N,119.2E	
92.08	杜鵑 (Dujuan)	30/0200					
		31/0200		2130 成立應變小組			
		2000					
92.09		01/0200	#17	1000 時左右高潮位 開始起湧，「振興」 提早於 1130 時出 港；			
			#18	「晶利 3 號」1230 時出港避風；			
			#23	「范迪克」在拖船協 助推頂搶卸花崗石 後 1330 時出港			
			#21	「長宏」1130 時移 泊#4 碼頭			
		1600					
		2200					
		02/1400		1830 解除應變小 組，「晶利 3 號」2030 時進港			
92.08	艾陶 (Eatu)	03/1400		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		13.5N,139.6E	
		04/0200				14.7N,138.1E	
		04/1400				15.6N,135.3E	
		05/0200				17.8N,133.7E	
		05/1400				18.7N,131.5E	
		06/0200				20.5N,130.3E	
		07/0200	#18 #19	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		25.3N,128.7E	
92.09	梅米 (Maemi)	10/0200		09/10 上午有湧，惟 不影響港內船舶靠 泊		23.4N,127.8E	

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
		0800				23.6N,127.2E	
		1400				23.9N,126.7E	
92.11	盧碧 (Lupit)	22/1400				8.8N,152.3E	
		23/1400				8.1N,146.9E	
		24/1400				8.5N,143.5E	
		25/1400				11.6N,138.7E	
		26/1400				13.1N,136.4E	
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				16.1N,132.5E	
		29/1400		11/29 湧浪加劇		19.2N,130.9E	
		30/1400				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,惟斷續難免。		25.9N/137.5E	
93.04	舒達 (Sudal)	05/0800				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	#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「金豐」及「賀光」,1730 時「雲天客」出港避湧,2100 時「裕樸」出港避湧		15.4E,131E	
		13/0800		原訂 04/13 0000 時進靠 24#福順延後進港,湧浪加劇		17.2N,131.7E	
		14/0800				20.5N,134E	

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
		15/0800				23.7N,138.8E	
93.05	妮妲 (Nida)	14/1400				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	#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		16.9N,123.5E	
		1400				17.5N,123.6E	
		19/0800		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		20.2N,125.2E	
		1400				21.3N,126.5E	
93.05	妮妲 (Nida)	20/0200		上午湧浪漸減		23.6N,129.6E	
93.08	梅姬 (Megi)	16/1400		本次颱風對本港毫無影響		18.8N,130.8E	
		0200				21.1N,128.8E	
		0800				23N,127.8E	
		1400				24.7N,127.1E	
93.06	康森 (Conson)	07/0800				16.4N,118.7E	
		08/0800		1630 成立緊急應變小組		18.3N,119.3E	
		1800				19.8N,119.9E	
		09/0800				21.2N,121.3E	
		1400				22.3N,122.6E	
		1700		1830 解除，本次颱風對本港無任何影響，亦無湧浪產生		22.9,123E	
93.06	敏督利 (Mindulle)	23/1400				16.7N,1429.E	

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
		24/1400				16.3N,137.8E	
		25/1400				15N,133.9E	
		26/1400				14.8N,130.4E	
		27/1400				16.9N,128.1E	
		2000				17.4N,127E	
		28/1400		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		18.4N,125.5E	
		29/1400				18.9N,123.7E	
		30/1400		湧浪稍有減緩		19.3N,122E	
93.07		01/0800		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。 07/01 0830 召開防颱風會議。 本次颱風引進強烈西南氣流，重創台灣		19.8N,122.1E	
		2200				21.7N,121.8E	
		02/0800				23.7N,121.7E	
		02/0800				25N,121.6E	
93.07	康伯斯 (Kompasu)	14/0800				21.2N,125E	
		1400		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		21.4N,123.5E	
		2000				20.9N,121.5E	
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		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		18.8N,130.4E	

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
				之鋼筋均被衝垮			
		10/0200				20.9N,129.3E	
		0800				21.3N,128.1E	
		1400				22.1N,128.1E	
		11/0200				22.9N,127.1E	
		0800				23.1N,126.4E	
		1400		1530 時成立緊急應 變小組，08/12 2030 時解除		23.9N,125.6E	
93.08	艾利 (Aere)	20/0800				13.4N,135.3E	
		1400				14.7N,136.5E	
		21/1400				18.2N,132.9E	
		22/1400				20.9N,129.1E	
		23/0800		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		22.9N,126.4E	
		24/0800				24.9N,124E	
		25/0800				25.4N,121.4E	
93.08	佳芭 (Chaba)	20/0800				13.4N,157.6E	
		1400				13.8N,157E	
		21/1400				14.4N,151.8E	
		22/1400				14.3N,146.3E	
		24/0800				17.5N,140.2E	
		25/0800		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。		20.3N,138.2E	
		26/0800		上午湧浪已減小，船 舶均已正常進出作 業。		22.5N,136.E	

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
93.09	桑達 (Songda)	03/1400		上午八時左右高潮位時稍見湧浪		22.4N,135.2E	
		04/0800		上午九時左業「宏裕」於 18#碼頭斷纜出港避湧		23.3N,132.2E	
93.09	桑達 (Songda)	04/1400		09/04 至 09/05 下午外港湧浪較巨，惟數艘砂石船仍進出裝貨。		24.1N,131.1E	
		05/0200				25.1N,129.7E	
		1400		09/05 2100 時高潮位後港內已較平靜，惟舊東堤越浪仍甚巨		26.3N,128.2E	
93.09	米雷 (Meari)	21/0800				13.1N,141.9E	
		22/0800				15N,139.6E	
		23/0800				17.2N,137.5E	
		24/0800				19.4N,134.3E	
		25/0800		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）		22.2N,131.2E	
		26/0800				25.8N,126.4E	
		27/0800				26N,124.8E	
93.10	馬鞍 (Ma-On)	04/1400				16.9N,134.4E	
		05/1400				18.7N,134.7E	
		06/1400				206.N,132.7E	
		07/0200				21.3N,131.6E	
		08/0200				23.2N,130.8E	
		0800		上午稍有湧浪，惟 25#「海安」仍正常卸載		23.8N,131.5E	
		1400		中午湧浪稍增強，惟下午即轉趨減弱，舊東堤越浪甚巨		25.2N,132.2E	
93.10	陶卡基 (Tokage)	13/0800				14.4N,143.9E	
		14/0200				14.2N,139E	

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
		0800				13.8N,138.1E	
		15/2000				15.5N,134.4E	
		16/1400				17.6N,134E	
		17/0200				18.6N,132.5E	
		18/0800		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		21.8N,128.2E	
		1400		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。		22.2N,127.4E	
		2000				23N,126.9E	
		19/0800				24.7N,127.2E	
93.10	納坦 (Nock-Ten)	19/0200				10.1N,149.8E	
		20/1400				11.4N,144E	
		21/0200				12.6N,141.8E	
		1400				13.8N,139.3E	
		22/0200				14.5N,137.3E	
		23/0800				17.4N,132.3E	
		24/0700		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		19.8N,126.4E	
		2200				22N,123E	
		25/0200		0400 時起風勢漸強, 0900 時起則持續吹南風至 1700 時仍未歇		22.7N,122.5E	
		0800				24N,122.2E	
		1100		10/26 上午恢復正常		25N,121.8E	
94.04	桑卡 (Sonca)	25/0200		對本港無明顯影響		15.2N,131E	
		1400				16.7N,131.6E	

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
		26/0200				18.6N,132.9E	
		1400				21.7N,135.6E	
		27/0200		4/27 上午高潮位時 稍見湧浪		24.7N,140.2E	
94.06	尼莎 (Nesat)	01/0800				10.5N,143E	
		1400				10.8N,141.6E	
		02/0200				10.8N,139.6E	
		0800				11.2N,138.5E	
		03/0200				12N,135.3E	
		1400				12.9N,133.7E	
		04/1400				15.2N,131E	
		05/0200				16.5N,130.4E	
		1400				18.1N,130.8E	
		06/0200		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		19.7N,132E	
		1400				21.3N,133.4E	
		07/1400				23.5N,134.1E	
		08/0200				24.4N,133.7E	
94.07	海棠 (Haitang)	12/1400				24.1N,131.1E	
		13/1400				23.5N,151E	
		14/1400				22.3N,148.3E	
		15/1400				20.2N,142.4E	
		16/1400				20.3N,129E	
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	

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
		2300				24N,122.1E	
94.09		01/0300		09/01 零時前後風力甚強		23.6N,121.6E	
		0700				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 日仍有斷續之情事。		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	
		1400				20.4N,129.6E	
		10/0200		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」仍勉強支撐斷斷續續卸貨作業，23#「土星」及 24#「信和」則均於 9 日深夜提早出港避風。		22.1N,127.4E	
		1400				24.2N,125.2E	
		2000				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	

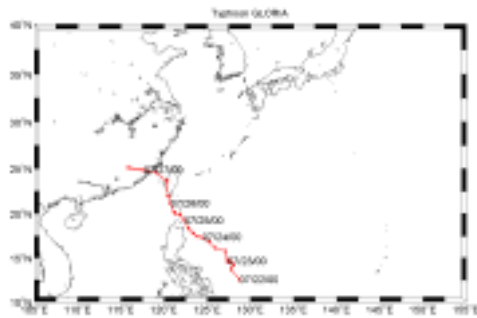
日期	颱風 名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (距離,km)	備註
94.09	龍王 (Longwang)	30/0800				22N,132.1E	
		2000				22N,129.9E	
94.10		01/0800		10/01 上午外港稍有湧浪，內港則尚好，13#碼頭「盛和」遲至 1200 時出港，12#碼頭「金瀧」則堅不出港		22.5N,127E	
		2000		10/01 下午起湧浪開始加劇		23.1N,123.9E	
		02/0400		「金瀧」於 10/02 0330 時纜繩全斷漂流，0442 時擱淺於南濱沿岸		23.6N,122E	
		1200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

註：引自花蓮港港務局之書面報告

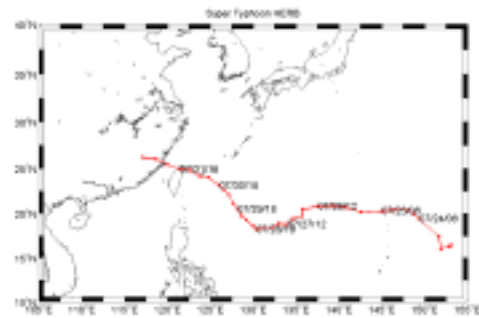
附錄 2 颱風路徑圖

1996 年

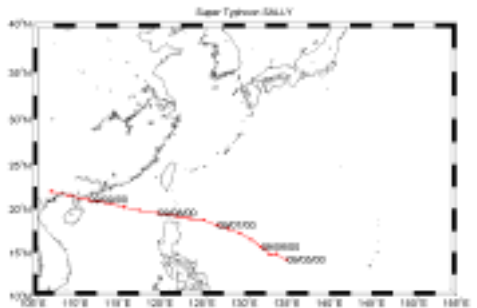
葛樂禮 (Gloria)



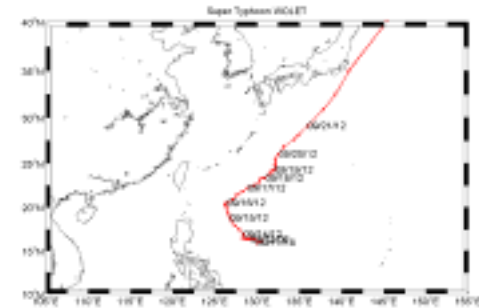
賀伯 (Herb)



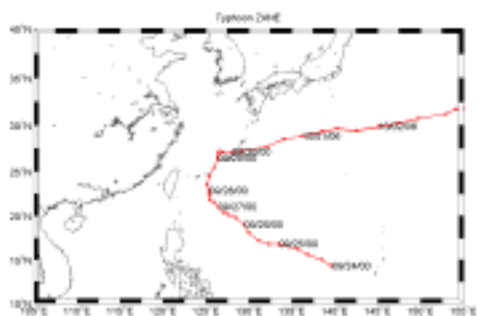
莎莉 (Sally)



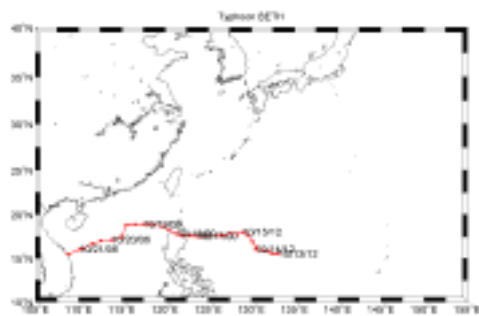
魏萊特 (Violet)



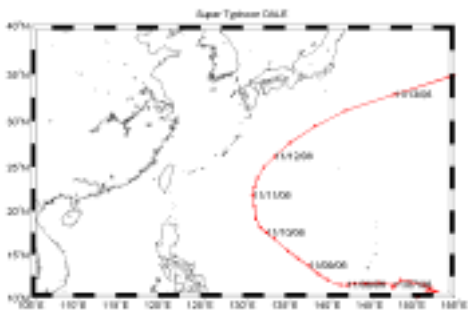
薩恩 (Zane)



貝絲 (Beth)

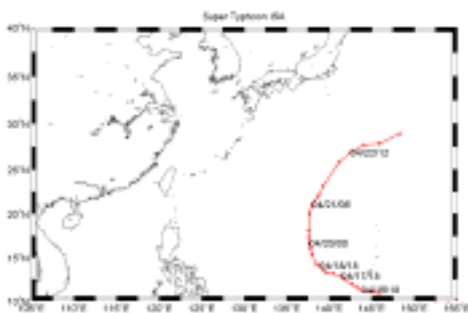


戴兒 (Dale)

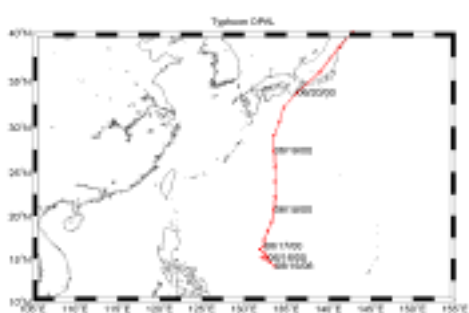


1997 年

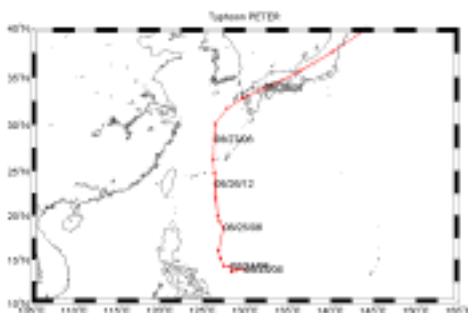
伊莎 (Isa)



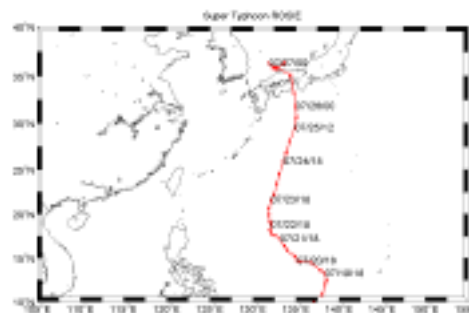
歐珀 (Opal)



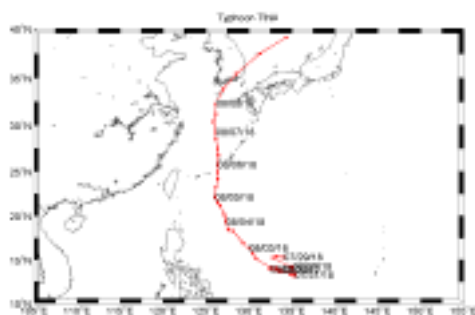
彼得 (Peter)



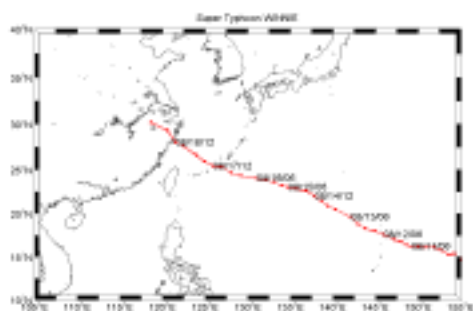
羅西 (Rosie)



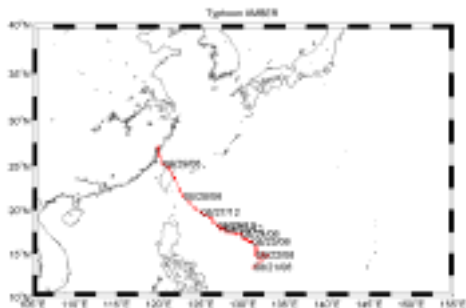
蒂娜 (Tina)



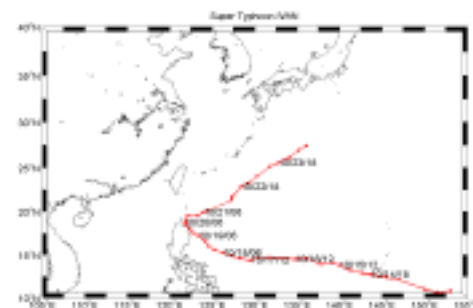
溫妮 (Winnie)



安珀 (Amber)

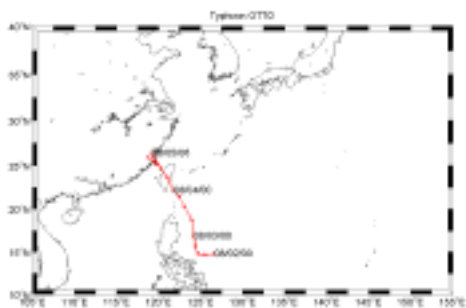


艾文 (Ivan)

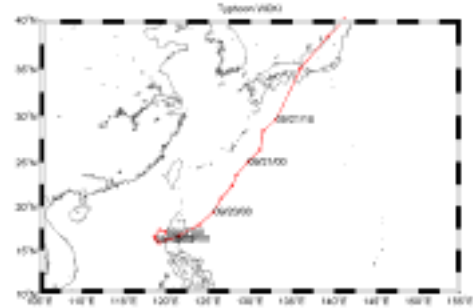


1998 年

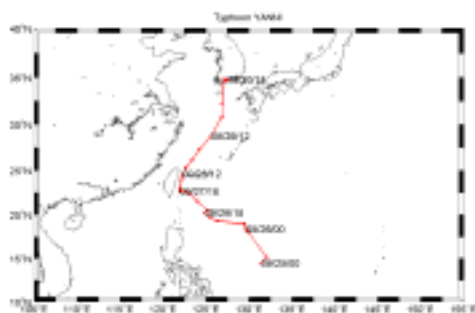
奧托 (Otto)



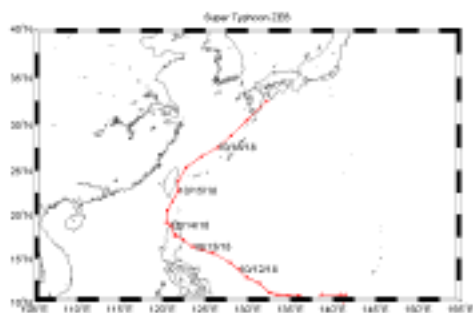
維琪 (Vicki)



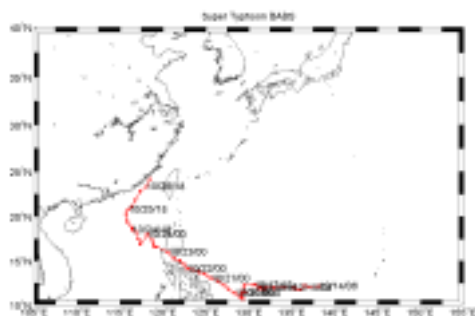
楊妮 (Yanni)



瑞伯 (Zeb)

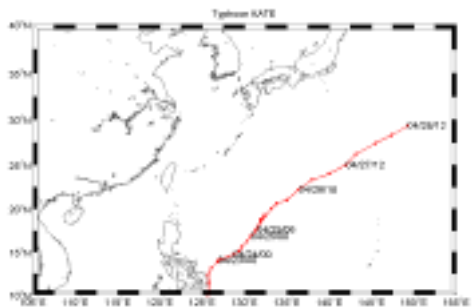


芭比絲 (Babs)

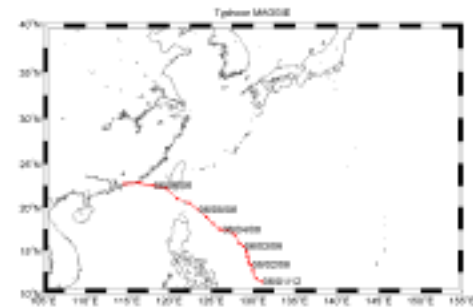


1999 年

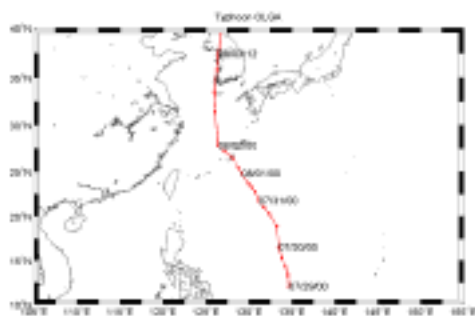
凱特 (Kate)



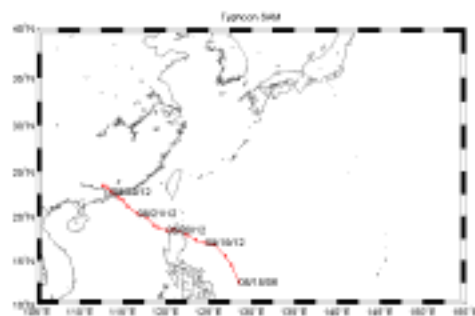
瑪姬 (Maggie)



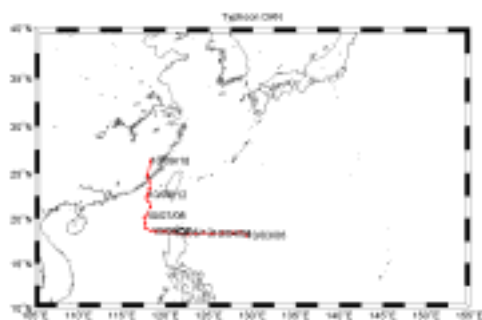
歐佳 (Olga)



山姆 (Sam)

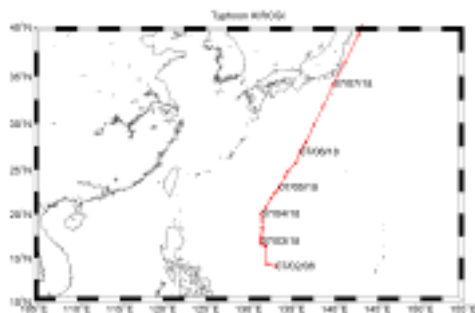


丹恩 (Dan)

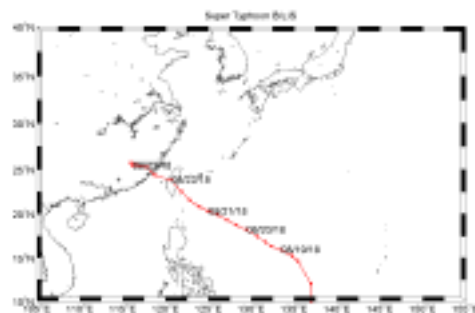


2000 年

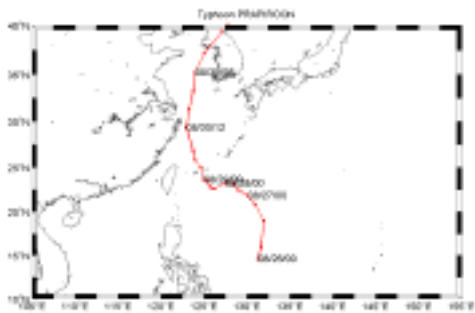
奇洛基 (Kirogi)



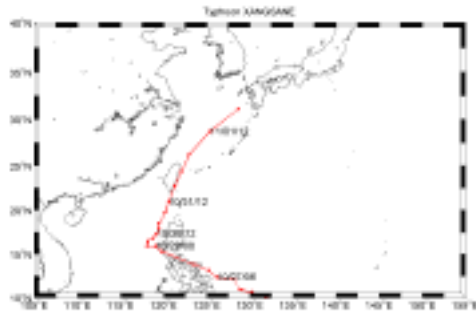
碧利斯 (Bilis)



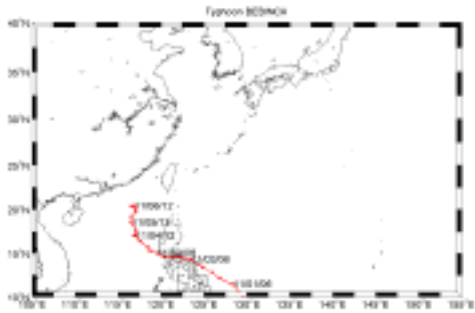
巴比崙 (Prapiroon)



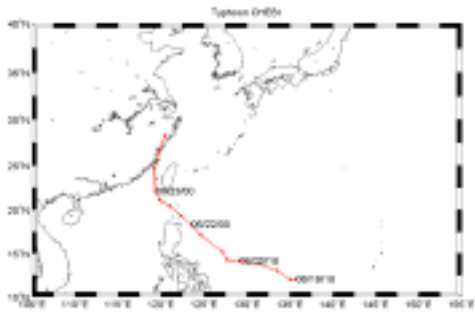
象神 (Xangsane)



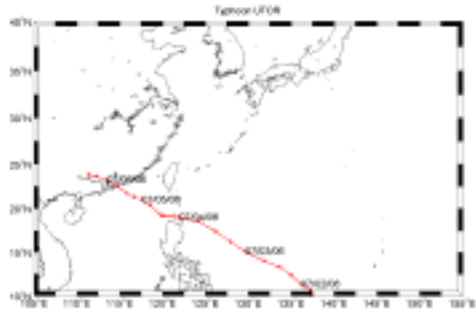
貝碧佳 (Bebinca)



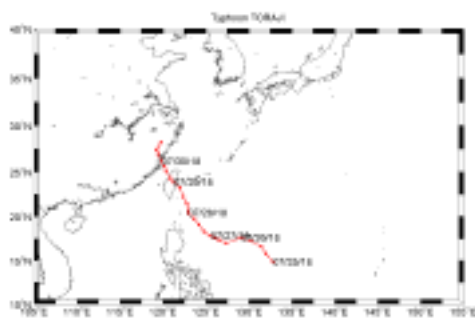
2001 年
奇比 (Chebi)



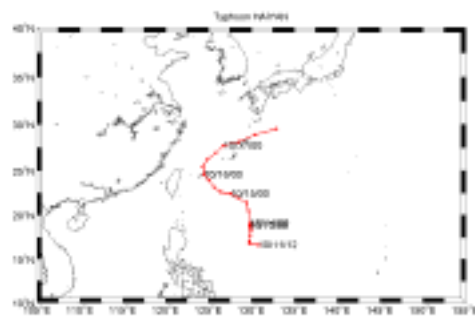
尤特 (Utor)



桃芝 (Toraji)

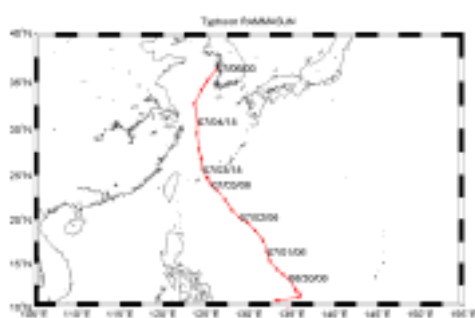


海燕 (Haiyan)

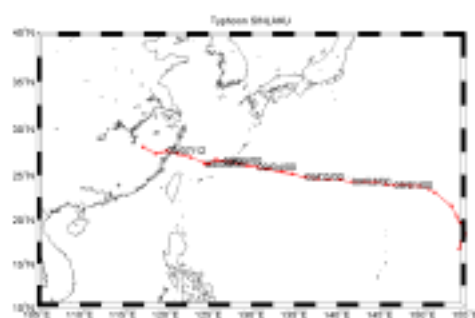


2002 年

雷馬遜 (Rammasun)

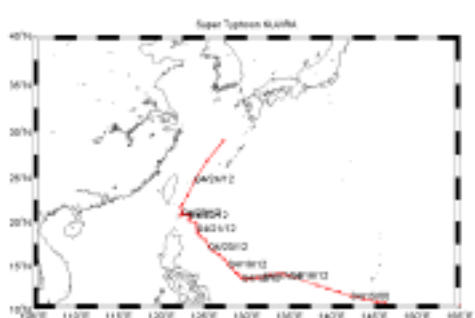


辛樂克 (Sinlake)

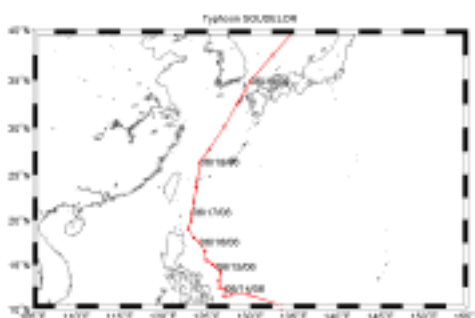


2003 年

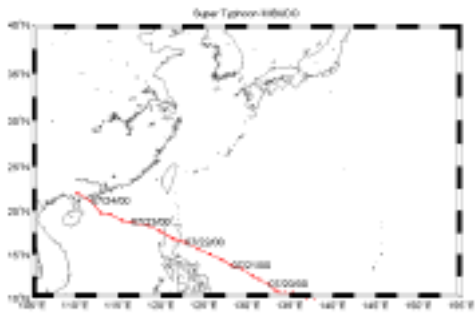
柯吉拉 (Kujira)



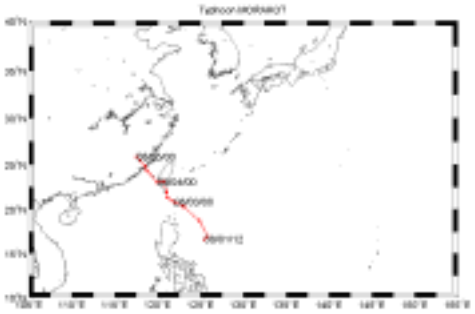
蘇迪勒 (Soudelor)



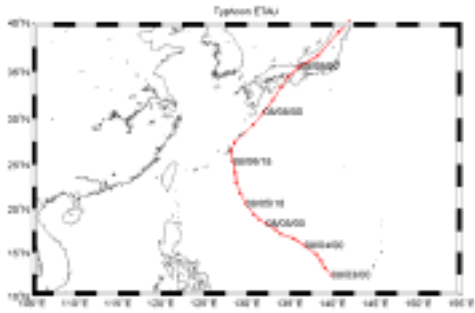
尹步都 (Imbudo)



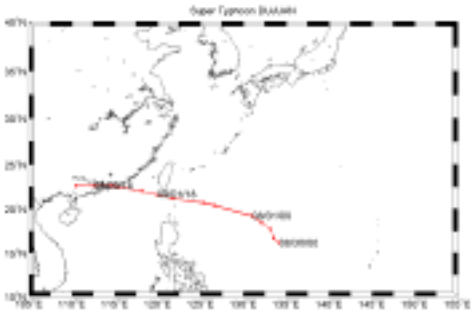
莫拉克 (Morakot)



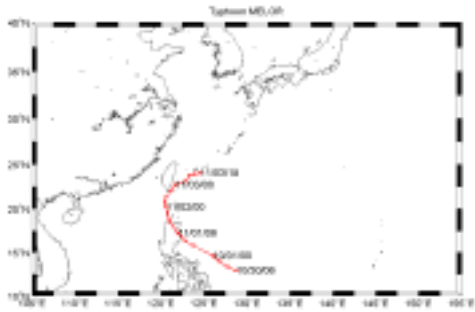
艾陶 (Eatu)



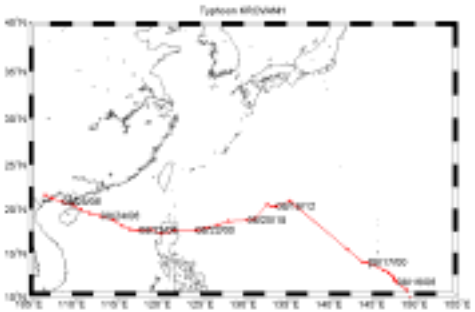
杜鵑 (Dujuan)



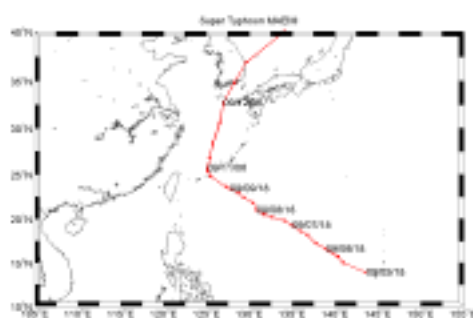
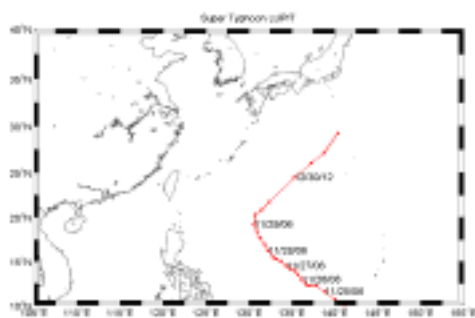
米勒 (Melor)



科羅旺 (Krovanh)

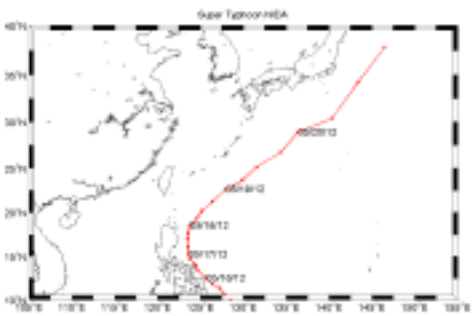


梅米 (Maemi)

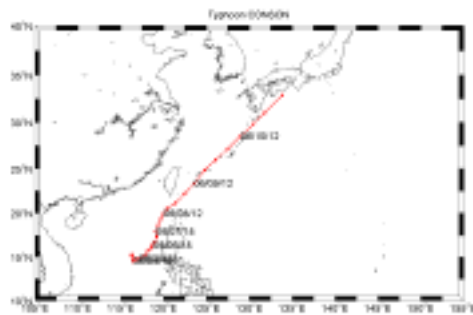
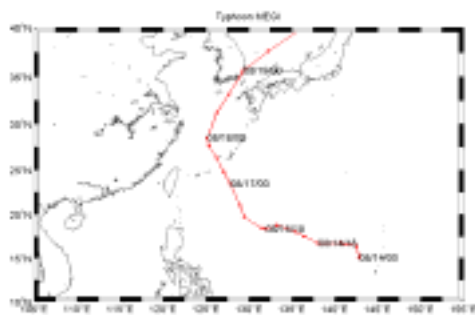


妮妲 (Nida)

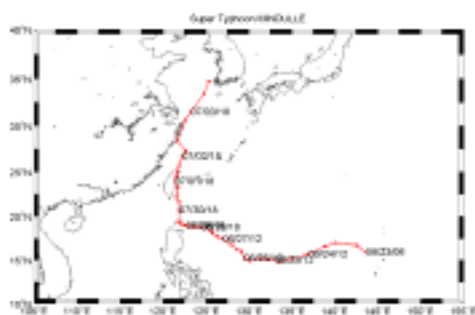
A map of the Western Pacific Ocean showing the path of Super Typhoon GUDOK. The map includes latitude lines from 10°N to 40°N and longitude lines from 100°E to 160°E. The typhoon's path is marked with a red line, starting from the Philippines, passing through the Philippines Sea, and ending near Japan. Key locations along the path are labeled with dates and times: 06/13/00, 06/15/00, 06/16/00, 06/17/00, and 06/18/00.



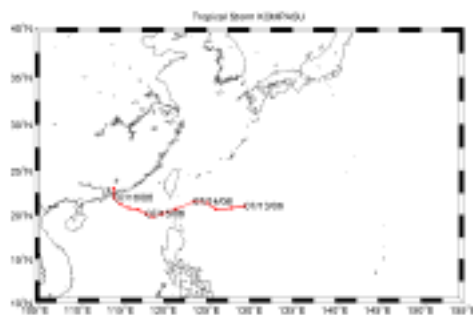
康森 (Conson)



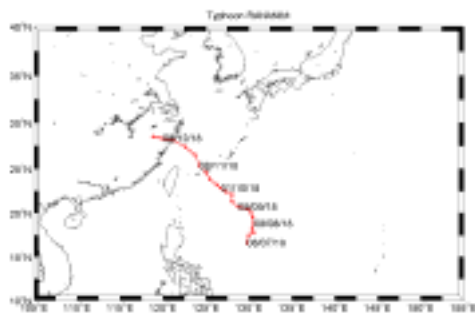
敏督利 (Mindulle)



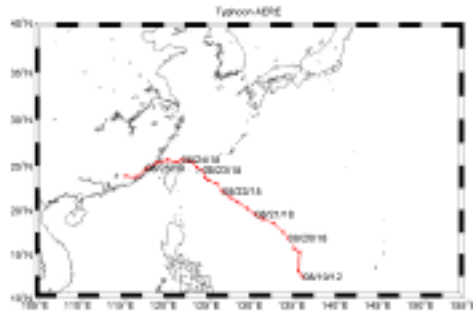
康伯斯 (Kompasu)



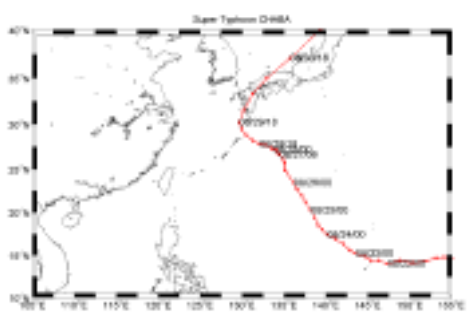
蘭寧 (Rananim)



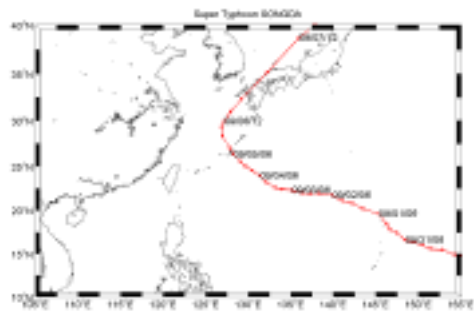
艾利 (Aere)



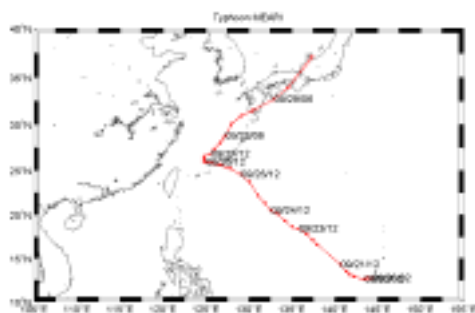
佳芭 (Chaba)



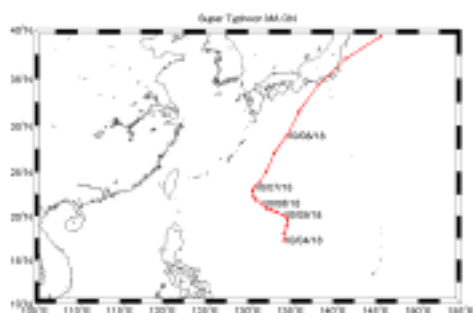
桑達 (Songda)



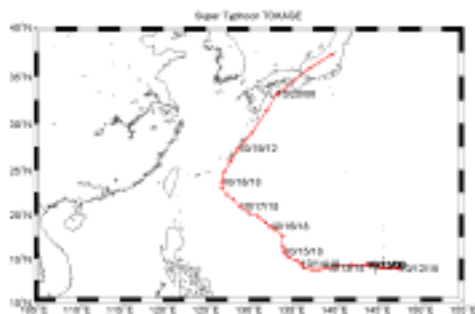
米雷 (Meari)



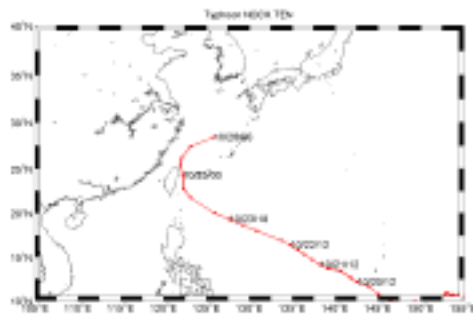
馬鞍 (Ma-On)



陶卡基 (Tokage)

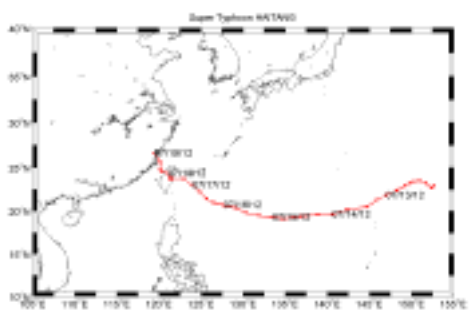


納坦 (Nock-Ten)

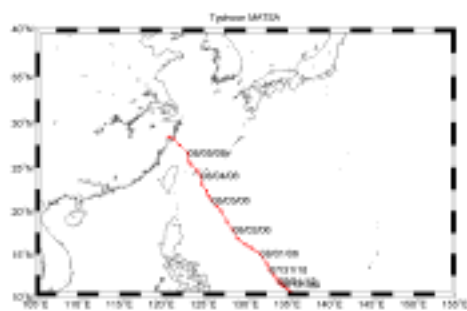


2005 年

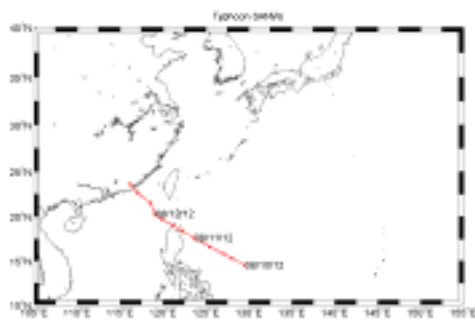
海棠 (Haitang)



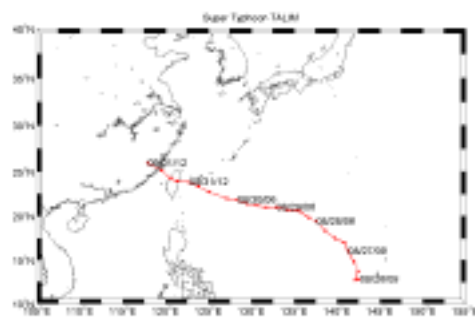
馬莎 (Matsa)



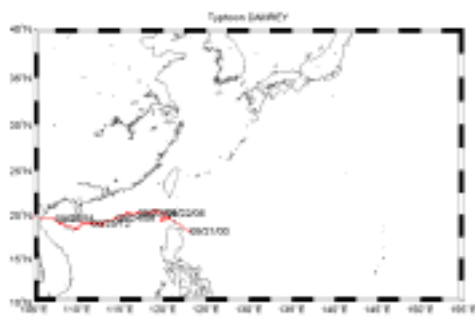
珊瑚 (Sanvu)



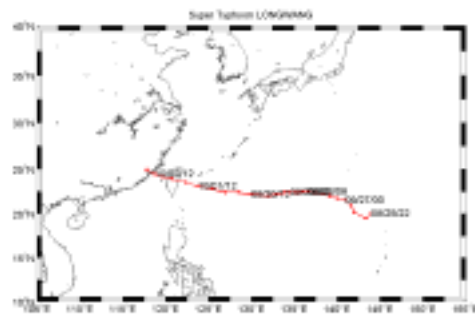
泰利 (Talim)



丹瑞 (Damrey)



龍王 (Longwang)



附表 1

附表 1-1 1 月波浪資料之各種指標評估結果($H_s < 0.5\text{m}$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.039	0.038	0.031	0.032	0.031	0.029	0.028	0.026
	R^2	0.931	0.910	0.908	0.875	0.859	0.845	0.827	0.823
Normal	MSE	0.049	0.045	0.038	0.036	0.034	0.032	0.031	0.028
	R^2	0.912	0.886	0.889	0.867	0.852	0.835	0.815	0.807
Rayleigh	MSE	0.036	0.033	0.030	0.029	0.028	0.027	0.026	0.024
	R^2	0.941	0.925	0.920	0.897	0.883	0.871	0.850	0.846
Weibull	MSE	0.035	0.034	0.028	0.028	0.028	0.026	0.026	0.024
	R^2	0.953	0.934	0.938	0.911	0.896	0.883	0.865	0.860
$P_i=0$		0	0	0	4	5	7	9	8
$ P_i - P_j > 1/N$		11	13	8	9	16	15	20	15

附表 1-2 1 月波浪資料之各種指標評估結果($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.037	0.037	0.032	0.032	0.030	0.027	0.027	0.026
	R^2	0.930	0.903	0.901	0.878	0.856	0.851	0.834	0.817
Normal	MSE	0.049	0.044	0.039	0.038	0.034	0.031	0.031	0.028
	R^2	0.910	0.888	0.880	0.842	0.841	0.835	0.808	0.799
Rayleigh	MSE	0.031	0.031	0.028	0.028	0.026	0.024	0.024	0.023
	R^2	0.948	0.929	0.925	0.898	0.887	0.882	0.861	0.848
Weibull	MSE	0.030	0.031	0.027	0.028	0.026	0.024	0.024	0.023
	R^2	0.957	0.937	0.937	0.909	0.897	0.894	0.873	0.861
$P_i=0$		0	0	0	1	0	3	4	7
$ P_i - P_j > 1/N$		10	8	7	9	9	11	16	12

附表 1-3 1 月波浪資料之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.035	0.036	0.033	0.032	0.031	0.028	0.029	0.027
	R ²	0.939	0.906	0.894	0.869	0.842	0.837	0.810	0.805
Normal	MSE	0.049	0.043	0.042	0.038	0.035	0.032	0.032	0.029
	R ²	0.893	0.879	0.844	0.828	0.816	0.797	0.771	0.776
Rayleigh	MSE	0.032	0.034	0.032	0.030	0.029	0.027	0.027	0.025
	R ²	0.942	0.914	0.893	0.875	0.856	0.849	0.818	0.818
Weibull	MSE	0.030	0.031	0.030	0.029	0.027	0.025	0.026	0.024
	R ²	0.955	0.934	0.914	0.896	0.877	0.868	0.840	0.841
Pi=0		0	0	0	2	2	3	8	9
Pi-Pj >1/N		8	6	9	12	11	14	17	14

附表 1-4 1 月波浪資料之各種指標評估結果(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.038	0.036	0.035	0.033	0.031	0.030	0.029	0.027
	R ²	0.924	0.905	0.887	0.862	0.846	0.821	0.802	0.794
Normal	MSE	0.054	0.049	0.046	0.043	0.038	0.035	0.033	0.031
	R ²	0.883	0.857	0.826	0.801	0.791	0.775	0.757	0.746
Rayleigh	MSE	0.034	0.033	0.033	0.031	0.029	0.028	0.027	0.025
	R ²	0.934	0.909	0.886	0.864	0.854	0.834	0.816	0.805
Weibull	MSE	0.035	0.033	0.033	0.032	0.029	0.028	0.027	0.025
	R ²	0.943	0.924	0.902	0.879	0.867	0.849	0.832	0.822
Pi=0		0	0	3	4	4	6	8	11
Pi-Pj >1/N		10	10	9	8	14	16	13	18

附表 1-5 1 月波浪資料之各種指標評估結果(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.004	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	R ²	0.053	0.059	0.053	0.054	0.056	0.045	0.051	0.044
Normal	MSE	0.004	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002
	R ²	0.051	0.050	0.047	0.049	0.046	0.039	0.041	0.037
Rayleigh	MSE	0.003	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002
	R ²	0.056	0.060	0.055	0.056	0.055	0.045	0.050	0.045
Weibull	MSE	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	R ²	0.056	0.059	0.054	0.055	0.055	0.045	0.050	0.045
Pi=0		0	0	0	0	0	0	0	0
Pi-Pj >1/N		0	0	1	0	0	2	0	2

附表 1-6 2 月波浪資料之各種指標評估結果(Hs<0.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.038	0.035	0.031	0.032	0.030	0.029	0.028	0.026
	R ²	0.943	0.925	0.914	0.888	0.871	0.852	0.831	0.825
Normal	MSE	0.045	0.043	0.039	0.035	0.034	0.031	0.029	0.028
	R ²	0.922	0.899	0.879	0.872	0.844	0.842	0.823	0.814
Rayleigh	MSE	0.031	0.030	0.028	0.027	0.027	0.025	0.025	0.024
	R ²	0.956	0.939	0.927	0.912	0.891	0.881	0.860	0.855
Weibull	MSE	0.030	0.029	0.027	0.027	0.026	0.025	0.024	0.023
	R ²	0.966	0.951	0.939	0.924	0.904	0.894	0.874	0.868
Pi=0		0	0	0	1	5	5	12	16
Pi-Pj >1/N		17	16	18	16	21	22	27	29

附表 1-7 2 月波浪資料之各種指標評估結果(0.5m<Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.039	0.035	0.037	0.032	0.032	0.030	0.028	0.028
	R ²	0.936	0.919	0.881	0.882	0.857	0.844	0.831	0.804
Normal	MSE	0.054	0.045	0.043	0.037	0.036	0.033	0.031	0.030
	R ²	0.887	0.880	0.849	0.848	0.822	0.809	0.799	0.777
Rayleigh	MSE	0.039	0.034	0.035	0.030	0.030	0.028	0.027	0.027
	R ²	0.927	0.922	0.888	0.889	0.863	0.851	0.839	0.815
Weibull	MSE	0.037	0.032	0.034	0.029	0.029	0.028	0.026	0.026
	R ²	0.942	0.934	0.900	0.902	0.878	0.867	0.856	0.831
Pi=0		0	0	2	2	5	7	15	17
Pi-Pj >1/N		23	17	24	15	21	22	26	27

附表 1-8 2 月波浪資料之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.038	0.034	0.035	0.032	0.030	0.029	0.027	0.026
	R ²	0.931	0.924	0.883	0.866	0.854	0.838	0.828	0.806
Normal	MSE	0.053	0.045	0.042	0.038	0.037	0.034	0.031	0.030
	R ²	0.885	0.882	0.845	0.834	0.809	0.795	0.783	0.761
Rayleigh	MSE	0.037	0.032	0.033	0.031	0.029	0.028	0.026	0.026
	R ²	0.925	0.925	0.885	0.869	0.855	0.840	0.830	0.808
Weibull	MSE	0.033	0.029	0.030	0.029	0.028	0.026	0.024	0.024
	R ²	0.948	0.947	0.910	0.897	0.880	0.867	0.857	0.834
Pi=0		0	1	1	3	4	6	7	9
Pi-Pj >1/N		13	12	15	15	19	17	20	18

附表 1-9 2 月波浪資料之各種指標評估結果(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.012	0.011	0.010	0.010	0.010	0.009	0.008	0.008
	R ²	0.240	0.236	0.226	0.221	0.209	0.206	0.205	0.201
Normal	MSE	0.015	0.014	0.012	0.011	0.011	0.010	0.009	0.009
	R ²	0.232	0.223	0.218	0.216	0.204	0.201	0.199	0.195
Rayleigh	MSE	0.011	0.010	0.010	0.009	0.009	0.008	0.008	0.007
	R ²	0.241	0.238	0.229	0.226	0.214	0.211	0.209	0.207
Weibull	MSE	0.011	0.010	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.007
	R ²	0.246	0.241	0.235	0.231	0.219	0.217	0.215	0.212
Pi=0		0	0	0	0	1	2	2	2
Pi-Pj >1/N		7	2	5	4	7	8	4	10

附表 1-10 2 月波浪資料之各種指標評估結果(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	R ²	0.018	0.015	0.013	0.016	0.015	0.013	0.013	0.012
Normal	MSE	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	R ²	0.020	0.018	0.017	0.018	0.015	0.015	0.014	0.013
Rayleigh	MSE	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	R ²	0.020	0.017	0.015	0.018	0.016	0.015	0.014	0.014
Weibull	MSE	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	R ²	0.020	0.017	0.016	0.018	0.016	0.015	0.015	0.014
Pi=0		0	0	0	0	0	0	0	0
Pi-Pj >1/N		0	1	1	0	1	1	1	1

附表 1-11 3 月波浪資料之各種指標評估結果($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	R^2	0.039	0.037	0.037	0.037	0.036	0.036	0.034	0.035
Normal	MSE	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	R^2	0.039	0.039	0.038	0.037	0.037	0.037	0.035	0.036
Rayleigh	MSE	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	R^2	0.039	0.038	0.037	0.036	0.036	0.036	0.034	0.035
Weibull	MSE	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	R^2	0.040	0.039	0.039	0.038	0.038	0.038	0.036	0.037
$P_i=0$		0	0	0	0	0	0	1	2
$ P_i - P_j > 1/N$		3	1	1	2	1	1	2	2

附表 1-12 3 月波浪資料之各種指標評估結果($0.5m < H_s < 1.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.037	0.035	0.032	0.030	0.030	0.029	0.028	0.027
	R^2	0.936	0.915	0.900	0.885	0.857	0.837	0.814	0.799
Normal	MSE	0.049	0.043	0.041	0.037	0.034	0.033	0.031	0.030
	R^2	0.903	0.886	0.858	0.847	0.830	0.810	0.790	0.774
Rayleigh	MSE	0.035	0.032	0.031	0.028	0.027	0.027	0.026	0.025
	R^2	0.937	0.923	0.905	0.894	0.872	0.852	0.830	0.815
Weibull	MSE	0.031	0.030	0.029	0.026	0.026	0.026	0.026	0.025
	R^2	0.957	0.940	0.923	0.914	0.891	0.873	0.851	0.836
$P_i=0$		0	0	2	3	6	14	22	29
$ P_i - P_j > 1/N$		31	24	24	24	38	44	53	51

附表 1-13 3 月波浪資料之各種指標評估結果($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.035	0.033	0.032	0.033	0.030	0.030	0.028	0.027
	R^2	0.941	0.922	0.898	0.870	0.858	0.830	0.819	0.800
Normal	MSE	0.051	0.045	0.041	0.038	0.035	0.034	0.031	0.030
	R^2	0.897	0.878	0.861	0.839	0.823	0.797	0.795	0.769
Rayleigh	MSE	0.035	0.032	0.031	0.030	0.028	0.028	0.026	0.026
	R^2	0.940	0.925	0.906	0.882	0.869	0.843	0.836	0.814
Weibull	MSE	0.033	0.031	0.030	0.029	0.027	0.028	0.025	0.025
	R^2	0.953	0.939	0.921	0.898	0.885	0.859	0.853	0.832
$P_i=0$		0	1	2	4	8	11	16	26
$ P_i-P_j >1/N$		30	28	32	30	38	50	51	59

附表 1-14 4 月波浪資料之各種指標評估結果($H_s < 0.5\text{m}$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.043	0.040	0.037	0.035	0.034	0.033	0.031	0.030
	R^2	0.921	0.895	0.873	0.849	0.827	0.803	0.782	0.763
Normal	MSE	0.043	0.042	0.037	0.035	0.033	0.031	0.030	0.028
	R^2	0.926	0.898	0.884	0.862	0.851	0.833	0.813	0.795
Rayleigh	MSE	0.035	0.033	0.031	0.030	0.029	0.028	0.027	0.026
	R^2	0.939	0.920	0.905	0.884	0.866	0.845	0.824	0.807
Weibull	MSE	0.032	0.032	0.030	0.029	0.027	0.027	0.026	0.026
	R^2	0.957	0.937	0.922	0.902	0.888	0.866	0.846	0.828
$P_i=0$		0	2	2	5	13	23	37	44
$ P_i-P_j >1/N$		48	44	46	51	55	68	78	80

附表 1-15 4 月波浪資料之各種指標評估結果(0.5m<Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.038	0.037	0.035	0.033	0.031	0.030	0.028	0.028
	R ²	0.933	0.905	0.880	0.863	0.846	0.821	0.807	0.786
Normal	MSE	0.047	0.044	0.040	0.037	0.034	0.032	0.030	0.029
	R ²	0.907	0.881	0.862	0.846	0.830	0.811	0.792	0.776
Rayleigh	MSE	0.033	0.033	0.031	0.030	0.028	0.027	0.026	0.025
	R ²	0.942	0.920	0.902	0.884	0.868	0.848	0.831	0.813
Weibull	MSE	0.031	0.032	0.030	0.028	0.027	0.026	0.025	0.025
	R ²	0.955	0.934	0.915	0.902	0.886	0.864	0.848	0.830
Pi=0		0	0	3	6	8	12	16	25
Pi-Pj >1/N		39	32	36	40	44	59	67	72

附表 1-16 4 月波浪資料之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.040	0.038	0.036	0.036	0.033	0.032	0.032	0.030
	R ²	0.925	0.904	0.877	0.846	0.826	0.803	0.774	0.767
Normal	MSE	0.052	0.047	0.043	0.040	0.037	0.035	0.034	0.031
	R ²	0.890	0.869	0.848	0.828	0.805	0.784	0.761	0.752
Rayleigh	MSE	0.038	0.036	0.034	0.033	0.032	0.030	0.030	0.028
	R ²	0.926	0.908	0.884	0.859	0.840	0.818	0.791	0.784
Weibull	MSE	0.036	0.034	0.033	0.032	0.031	0.029	0.029	0.027
	R ²	0.942	0.926	0.905	0.881	0.861	0.839	0.814	0.806
Pi=0		0	1	6	9	11	17	27	36
Pi-Pj >1/N		41	40	49	56	69	71	84	92

附表 1-17 4 月波浪資料之各種指標評估結果(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002
	R ²	0.052	0.049	0.047	0.046	0.043	0.045	0.042	0.040
Normal	MSE	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002
	R ²	0.053	0.048	0.048	0.047	0.043	0.046	0.044	0.040
Rayleigh	MSE	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002
	R ²	0.051	0.047	0.047	0.046	0.042	0.045	0.041	0.039
Weibull	MSE	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	R ²	0.054	0.051	0.050	0.049	0.045	0.049	0.045	0.042
Pi=0		0	0	1	2	2	2	2	2
Pi-Pj >1/N		4	4	3	2	4	4	7	7

附表 1-18 5 月波浪資料之各種指標評估結果(Hs<0.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.038	0.032	0.033	0.031	0.029	0.029	0.028	0.026
	R ²	0.938	0.925	0.901	0.884	0.864	0.840	0.823	0.821
Normal	MSE	0.047	0.043	0.037	0.035	0.033	0.031	0.029	0.027
	R ²	0.912	0.890	0.883	0.868	0.845	0.826	0.820	0.805
Rayleigh	MSE	0.036	0.032	0.030	0.029	0.027	0.027	0.026	0.024
	R ²	0.941	0.928	0.917	0.901	0.882	0.859	0.845	0.839
Weibull	MSE	0.032	0.029	0.027	0.026	0.025	0.025	0.024	0.023
	R ²	0.962	0.949	0.936	0.923	0.905	0.883	0.871	0.864
Pi=0		0	1	2	3	5	4	4	11
Pi-Pj >1/N		15	9	15	14	18	22	21	21

附表 1-19 5 月波浪資料之各種指標評估結果(0.5m<Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.038	0.035	0.031	0.030	0.031	0.028	0.027	0.026
	R ²	0.937	0.918	0.906	0.888	0.856	0.846	0.835	0.815
Normal	MSE	0.050	0.042	0.038	0.035	0.034	0.031	0.029	0.028
	R ²	0.897	0.885	0.871	0.847	0.830	0.817	0.802	0.789
Rayleigh	MSE	0.034	0.032	0.029	0.027	0.028	0.026	0.024	0.024
	R ²	0.940	0.927	0.916	0.899	0.873	0.863	0.851	0.834
Weibull	MSE	0.033	0.029	0.027	0.025	0.027	0.025	0.024	0.023
	R ²	0.955	0.944	0.934	0.915	0.891	0.881	0.871	0.853
Pi=0		0	0	0	0	3	4	5	7
Pi-Pj >1/N		11	13	4	8	16	12	17	20

附表 1-20 5 月波浪資料之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.042	0.042	0.042	0.036	0.034	0.032	0.032	0.029
	R ²	0.913	0.871	0.832	0.826	0.808	0.792	0.750	0.748
Normal	MSE	0.047	0.042	0.040	0.036	0.032	0.031	0.031	0.028
	R ²	0.904	0.885	0.850	0.839	0.834	0.809	0.771	0.778
Rayleigh	MSE	0.038	0.036	0.036	0.032	0.030	0.029	0.029	0.026
	R ²	0.924	0.895	0.864	0.855	0.843	0.823	0.779	0.782
Weibull	MSE	0.034	0.034	0.034	0.030	0.028	0.027	0.028	0.025
	R ²	0.945	0.918	0.886	0.880	0.869	0.850	0.807	0.812
Pi=0		0	0	3	4	7	7	11	15
Pi-Pj >1/N		13	14	15	14	18	17	23	20

附表 1-21 5 月波浪資料之各種指標評估結果($1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.009	0.008	0.008	0.007	0.007	0.006	0.007	0.005
	R^2	0.198	0.197	0.189	0.188	0.182	0.180	0.169	0.176
Normal	MSE	0.010	0.008	0.007	0.007	0.007	0.006	0.007	0.005
	R^2	0.196	0.194	0.190	0.184	0.182	0.184	0.169	0.177
Rayleigh	MSE	0.009	0.008	0.007	0.007	0.006	0.006	0.006	0.005
	R^2	0.196	0.195	0.187	0.186	0.182	0.180	0.168	0.175
Weibull	MSE	0.007	0.005	0.006	0.005	0.005	0.005	0.006	0.004
	R^2	0.206	0.206	0.201	0.198	0.194	0.194	0.181	0.190
Pi=0		0	0	0	0	1	2	3	4
Pi-Pj >1/N		3	3	1	2	3	3	5	5

附表 1-22 6 月波浪資料之各種指標評估結果($H_s < 0.5\text{m}$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.040	0.038	0.034	0.033	0.032	0.030	0.027	0.027
	R^2	0.936	0.916	0.898	0.878	0.856	0.839	0.835	0.818
Normal	MSE	0.040	0.037	0.033	0.031	0.029	0.027	0.026	0.024
	R^2	0.937	0.919	0.909	0.895	0.882	0.870	0.861	0.847
Rayleigh	MSE	0.031	0.030	0.027	0.027	0.026	0.025	0.023	0.023
	R^2	0.955	0.937	0.924	0.910	0.895	0.882	0.875	0.858
Weibull	MSE	0.028	0.027	0.024	0.025	0.024	0.023	0.022	0.021
	R^2	0.969	0.955	0.945	0.930	0.915	0.901	0.896	0.880
Pi=0		0	0	0	1	3	6	6	8
Pi-Pj >1/N		12	11	7	9	10	14	11	15

附表 1-23 6 月波浪資料之各種指標評估結果(0.5m<Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.041	0.041	0.037	0.033	0.033	0.030	0.029	0.028
	R ²	0.916	0.888	0.868	0.860	0.826	0.813	0.801	0.782
Normal	MSE	0.048	0.043	0.038	0.035	0.033	0.031	0.029	0.028
	R ²	0.904	0.887	0.873	0.856	0.839	0.817	0.814	0.792
Rayleigh	MSE	0.033	0.034	0.030	0.028	0.027	0.026	0.025	0.025
	R ²	0.935	0.910	0.897	0.890	0.864	0.846	0.837	0.818
Weibull	MSE	0.033	0.032	0.030	0.027	0.027	0.026	0.025	0.024
	R ²	0.947	0.926	0.912	0.904	0.880	0.862	0.857	0.835
Pi=0		0	1	2	3	3	6	8	14
Pi-Pj >1/N		13	11	10	8	13	13	17	20

附表 1-24 6 月波浪資料之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.038	0.034	0.037	0.035	0.032	0.030	0.029	0.028
	R ²	0.931	0.914	0.869	0.849	0.838	0.817	0.795	0.777
Normal	MSE	0.053	0.047	0.044	0.039	0.038	0.035	0.032	0.031
	R ²	0.879	0.859	0.825	0.815	0.789	0.766	0.760	0.739
Rayleigh	MSE	0.034	0.032	0.033	0.031	0.029	0.028	0.027	0.026
	R ²	0.933	0.917	0.881	0.866	0.852	0.828	0.813	0.793
Weibull	MSE	0.035	0.032	0.034	0.031	0.030	0.028	0.027	0.026
	R ²	0.943	0.929	0.893	0.877	0.862	0.840	0.826	0.806
Pi=0		0	0	1	2	4	4	5	10
Pi-Pj >1/N		11	7	16	13	12	14	15	16

附表 1-25 6 月波浪資料之各種指標評估結果(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.039	0.038	0.037	0.032	0.034	0.034	0.030	0.028
	R ²	0.928	0.911	0.881	0.869	0.826	0.791	0.801	0.785
Normal	MSE	0.050	0.046	0.040	0.037	0.035	0.035	0.031	0.029
	R ²	0.900	0.875	0.868	0.845	0.825	0.789	0.791	0.779
Rayleigh	MSE	0.040	0.038	0.036	0.031	0.033	0.032	0.029	0.027
	R ²	0.918	0.902	0.885	0.874	0.832	0.800	0.806	0.793
Weibull	MSE	0.037	0.035	0.033	0.029	0.030	0.031	0.027	0.026
	R ²	0.944	0.929	0.912	0.897	0.867	0.830	0.838	0.826
Pi=0		0	0	2	2	5	9	12	14
Pi-Pj >1/N		16	11	15	11	14	18	17	21

附表 1-26 6 月波浪資料之各種指標評估結果(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.040	0.039	0.037	0.034	0.033	0.032	0.031	0.030
	R ²	0.916	0.891	0.863	0.846	0.822	0.797	0.775	0.751
Normal	MSE	0.049	0.045	0.043	0.037	0.037	0.035	0.033	0.031
	R ²	0.898	0.871	0.838	0.830	0.793	0.777	0.752	0.744
Rayleigh	MSE	0.037	0.035	0.034	0.032	0.032	0.030	0.029	0.028
	R ²	0.925	0.901	0.873	0.859	0.829	0.806	0.782	0.764
Weibull	MSE	0.034	0.033	0.033	0.030	0.030	0.029	0.028	0.027
	R ²	0.943	0.922	0.894	0.882	0.851	0.831	0.806	0.792
Pi=0		0	0	0	2	5	5	7	11
Pi-Pj >1/N		8	9	11	13	16	17	17	17

附表 1-27 7 月波浪資料之各種指標評估結果($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.043	0.040	0.038	0.036	0.034	0.031	0.030	0.029
	R^2	0.916	0.889	0.864	0.842	0.823	0.808	0.791	0.768
Normal	MSE	0.043	0.039	0.036	0.033	0.031	0.029	0.028	0.027
	R^2	0.923	0.907	0.888	0.873	0.859	0.844	0.831	0.811
Rayleigh	MSE	0.033	0.032	0.031	0.029	0.028	0.026	0.025	0.025
	R^2	0.939	0.922	0.902	0.885	0.869	0.855	0.841	0.819
Weibull	MSE	0.031	0.030	0.029	0.028	0.027	0.025	0.024	0.024
	R^2	0.956	0.939	0.921	0.904	0.890	0.875	0.861	0.839
$P_i=0$		0	2	6	12	30	42	65	93
$ P_i - P_j > 1/N$		130	117	120	130	160	164	181	204

附表 1-28 7 月波浪資料之各種指標評估結果($0.5m < H_s < 1.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	R^2	0.063	0.062	0.060	0.060	0.059	0.057	0.057	0.056
Normal	MSE	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.002
	R^2	0.061	0.059	0.057	0.057	0.056	0.054	0.054	0.053
Rayleigh	MSE	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	R^2	0.064	0.063	0.061	0.061	0.060	0.057	0.057	0.056
Weibull	MSE	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	R^2	0.065	0.064	0.062	0.062	0.061	0.059	0.060	0.058
$P_i=0$		1	1	1	1	1	2	4	6
$ P_i - P_j > 1/N$		5	6	5	2	8	12	9	10

附表 1-29 7 月波浪資料之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000
	R ²	0.012	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010
Normal	MSE	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	R ²	0.012	0.011	0.012	0.011	0.011	0.011	0.011	0.010
Rayleigh	MSE	0.000	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
	R ²	0.012	0.011	0.012	0.011	0.011	0.011	0.011	0.010
Weibull	MSE	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	R ²	0.013	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.011	0.011
Pi=0		0	0	0	0	0	2	3	2
Pi-Pj >1/N		2	4	2	3	2	3	3	5

附表 1-30 7 月波浪資料之各種指標評估結果(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	R ²	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004
Normal	MSE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	R ²	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Rayleigh	MSE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	R ²	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Weibull	MSE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	R ²	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Pi=0		0	0	0	0	0	0	1	2
Pi-Pj >1/N		2	2	1	2	1	1	1	1

附表 1-31 7 月波浪資料之各種指標評估結果(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	R ²	0.029	0.028	0.028	0.026	0.026	0.026	0.025	0.025
Normal	MSE	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
	R ²	0.023	0.022	0.021	0.020	0.020	0.019	0.019	0.018
Rayleigh	MSE	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
	R ²	0.022	0.020	0.020	0.018	0.018	0.017	0.017	0.017
Weibull	MSE	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001
	R ²	0.030	0.029	0.029	0.028	0.027	0.027	0.026	0.026
Pi=0		4	4	4	5	5	5	8	9
Pi-Pj >1/N		2	6	4	6	5	7	8	8

附表 1-32 7 月波浪資料之各種指標評估結果(Hs>3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	R ²	0.012	0.012	0.012	0.012	0.011	0.011	0.010	0.011
Normal	MSE	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000
	R ²	0.012	0.012	0.011	0.011	0.011	0.010	0.010	0.011
Rayleigh	MSE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	R ²	0.013	0.013	0.012	0.012	0.012	0.011	0.010	0.012
Weibull	MSE	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	R ²	0.013	0.013	0.012	0.012	0.012	0.011	0.011	0.012
Pi=0		0	0	0	0	0	0	2	2
Pi-Pj >1/N		2	1	2	1	1	4	3	2

附表 1-33 8 月波浪資料之各種指標評估結果($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.047	0.046	0.040	0.039	0.036	0.035	0.032	0.031
	R^2	0.891	0.848	0.836	0.798	0.778	0.754	0.742	0.721
Normal	MSE	0.045	0.040	0.036	0.035	0.032	0.031	0.028	0.028
	R^2	0.915	0.890	0.879	0.850	0.835	0.819	0.810	0.785
Rayleigh	MSE	0.035	0.034	0.031	0.031	0.029	0.029	0.026	0.026
	R^2	0.931	0.903	0.893	0.862	0.845	0.824	0.815	0.794
Weibull	MSE	0.034	0.034	0.030	0.031	0.029	0.028	0.026	0.026
	R^2	0.943	0.914	0.908	0.876	0.859	0.839	0.830	0.808
$P_i=0$		0	0	0	1	4	6	8	11
$ P_i - P_j > 1/N$		19	17	15	17	16	19	19	29

附表 1-34 8 月波浪資料之各種指標評估結果($0.5m < H_s < 1.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.039	0.035	0.034	0.032	0.031	0.029	0.028	0.028
	R^2	0.935	0.920	0.901	0.876	0.861	0.850	0.829	0.804
Normal	MSE	0.052	0.046	0.041	0.038	0.035	0.033	0.031	0.030
	R^2	0.902	0.884	0.868	0.849	0.835	0.820	0.805	0.785
Rayleigh	MSE	0.034	0.031	0.030	0.029	0.028	0.026	0.025	0.025
	R^2	0.945	0.931	0.913	0.896	0.882	0.871	0.854	0.830
Weibull	MSE	0.034	0.031	0.029	0.029	0.028	0.026	0.025	0.025
	R^2	0.954	0.944	0.929	0.907	0.895	0.884	0.867	0.842
$P_i=0$		0	2	3	5	7	10	17	20
$ P_i - P_j > 1/N$		17	15	17	13	21	22	20	36

附表 1-35 8 月波浪資料之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.038	0.039	0.039	0.036	0.034	0.034	0.032	0.030
	R ²	0.937	0.915	0.882	0.870	0.852	0.827	0.813	0.807
Normal	MSE	0.058	0.052	0.050	0.045	0.043	0.042	0.038	0.036
	R ²	0.894	0.874	0.845	0.833	0.816	0.783	0.787	0.773
Rayleigh	MSE	0.040	0.040	0.041	0.038	0.037	0.037	0.035	0.033
	R ²	0.930	0.903	0.871	0.860	0.842	0.812	0.806	0.796
Weibull	MSE	0.031	0.031	0.033	0.030	0.029	0.030	0.028	0.026
	R ²	0.958	0.944	0.917	0.911	0.896	0.867	0.863	0.854
Pi=0		2	3	5	5	6	6	11	17
Pi-Pj >1/N		10	12	13	11	16	18	20	22

附表 1-36 8 月波浪資料之各種指標評估結果(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.040	0.037	0.034	0.034	0.033	0.031	0.030	0.029
	R ²	0.927	0.907	0.895	0.852	0.835	0.820	0.799	0.779
Normal	MSE	0.052	0.045	0.043	0.040	0.037	0.035	0.033	0.031
	R ²	0.903	0.890	0.857	0.833	0.825	0.800	0.786	0.775
Rayleigh	MSE	0.037	0.035	0.033	0.033	0.030	0.029	0.028	0.027
	R ²	0.931	0.912	0.899	0.862	0.850	0.834	0.815	0.796
Weibull	MSE	0.034	0.031	0.031	0.031	0.029	0.028	0.027	0.026
	R ²	0.952	0.940	0.921	0.889	0.878	0.860	0.842	0.825
Pi=0		2	2	3	5	7	11	13	15
Pi-Pj >1/N		16	17	14	19	24	23	25	31

附表 1-37 8 月波浪資料之各種指標評估結果(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.046	0.046	0.043	0.043	0.039	0.038	0.037	0.036
	R ²	0.930	0.902	0.886	0.844	0.841	0.811	0.802	0.773
Normal	MSE	0.081	0.072	0.067	0.062	0.057	0.054	0.050	0.048
	R ²	0.821	0.797	0.769	0.739	0.730	0.699	0.691	0.664
Rayleigh	MSE	0.065	0.062	0.058	0.056	0.051	0.049	0.046	0.045
	R ²	0.847	0.818	0.796	0.758	0.758	0.726	0.717	0.689
Weibull	MSE	0.044	0.041	0.040	0.040	0.037	0.036	0.034	0.034
	R ²	0.938	0.922	0.902	0.870	0.865	0.834	0.828	0.800
Pi=0		6	9	9	11	16	17	16	22
Pi-Pj >1/N		14	18	17	20	24	26	28	37

附表 1-38 8 月波浪資料之各種指標評估結果(Hs>3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.022	0.021	0.018	0.018	0.018	0.017	0.016	0.014
	R ²	0.456	0.445	0.441	0.425	0.410	0.401	0.400	0.397
Normal	MSE	0.040	0.035	0.030	0.027	0.026	0.024	0.022	0.021
	R ²	0.394	0.384	0.380	0.369	0.356	0.341	0.339	0.333
Rayleigh	MSE	0.028	0.027	0.022	0.022	0.021	0.020	0.018	0.017
	R ²	0.420	0.408	0.409	0.395	0.379	0.368	0.366	0.360
Weibull	MSE	0.023	0.022	0.019	0.018	0.018	0.018	0.016	0.015
	R ²	0.455	0.447	0.444	0.430	0.416	0.404	0.402	0.398
Pi=0		1	4	7	7	11	11	11	17
Pi-Pj >1/N		11	12	11	14	14	15	14	15

附表 1-39 9 月波浪資料之各種指標評估結果($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.043	0.038	0.035	0.032	0.033	0.031	0.030	0.027
	R^2	0.918	0.907	0.889	0.879	0.836	0.821	0.802	0.805
Normal	MSE	0.049	0.041	0.039	0.035	0.034	0.032	0.031	0.027
	R^2	0.913	0.899	0.879	0.870	0.842	0.832	0.808	0.818
Rayleigh	MSE	0.037	0.033	0.031	0.028	0.029	0.028	0.027	0.024
	R^2	0.937	0.927	0.912	0.907	0.870	0.858	0.835	0.843
Weibull	MSE	0.036	0.031	0.029	0.027	0.028	0.027	0.026	0.023
	R^2	0.948	0.941	0.925	0.919	0.883	0.872	0.850	0.858
Pi=0		0	3	2	3	6	11	13	16
Pi-Pj >1/N		16	11	13	14	17	21	19	19

附表 1-40 9 月波浪資料之各種指標評估結果($0.5m < H_s < 1.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.048	0.045	0.043	0.037	0.037	0.035	0.033	0.032
	R^2	0.848	0.808	0.762	0.760	0.725	0.692	0.677	0.652
Normal	MSE	0.050	0.047	0.043	0.037	0.036	0.034	0.033	0.031
	R^2	0.862	0.817	0.787	0.788	0.751	0.719	0.692	0.679
Rayleigh	MSE	0.036	0.036	0.036	0.030	0.031	0.029	0.029	0.028
	R^2	0.891	0.850	0.810	0.812	0.776	0.746	0.722	0.704
Weibull	MSE	0.039	0.037	0.036	0.031	0.031	0.030	0.029	0.028
	R^2	0.903	0.867	0.830	0.832	0.796	0.763	0.743	0.724
Pi=0		0	0	0	1	3	5	8	9
Pi-Pj >1/N		8	6	10	5	14	12	17	17

附表 1-41 9 月波浪資料之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.049	0.046	0.041	0.039	0.038	0.038	0.034	0.033
	R ²	0.859	0.825	0.798	0.770	0.732	0.688	0.687	0.659
Normal	MSE	0.046	0.044	0.040	0.039	0.036	0.035	0.033	0.031
	R ²	0.890	0.856	0.829	0.795	0.766	0.736	0.713	0.704
Rayleigh	MSE	0.041	0.040	0.037	0.035	0.034	0.034	0.031	0.030
	R ²	0.884	0.856	0.825	0.794	0.760	0.721	0.711	0.689
Weibull	MSE	0.037	0.037	0.034	0.033	0.032	0.033	0.030	0.029
	R ²	0.918	0.889	0.863	0.834	0.798	0.762	0.748	0.731
Pi=0		0	0	1	4	4	5	3	7
Pi-Pj >1/N		10	9	8	10	16	20	18	21

附表 1-42 9 月波浪資料之各種指標評估結果(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.040	0.037	0.038	0.034	0.033	0.033	0.031	0.030
	R ²	0.915	0.900	0.863	0.850	0.832	0.790	0.773	0.750
Normal	MSE	0.052	0.048	0.046	0.040	0.040	0.036	0.034	0.034
	R ²	0.902	0.873	0.845	0.836	0.807	0.785	0.770	0.740
Rayleigh	MSE	0.040	0.039	0.039	0.035	0.033	0.033	0.032	0.031
	R ²	0.914	0.892	0.857	0.850	0.832	0.794	0.775	0.748
Weibull	MSE	0.034	0.033	0.034	0.030	0.030	0.029	0.028	0.028
	R ²	0.948	0.930	0.901	0.892	0.873	0.841	0.823	0.796
Pi=0		1	1	2	2	4	5	7	9
Pi-Pj >1/N		11	10	10	11	13	20	23	24

附表 1-43 9 月波浪資料之各種指標評估結果(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.053	0.044	0.043	0.041	0.039	0.036	0.034	0.033
	R ²	0.877	0.863	0.830	0.797	0.764	0.762	0.747	0.716
Normal	MSE	0.068	0.059	0.054	0.049	0.047	0.042	0.040	0.038
	R ²	0.839	0.819	0.790	0.774	0.738	0.731	0.712	0.683
Rayleigh	MSE	0.052	0.046	0.044	0.042	0.041	0.037	0.035	0.034
	R ²	0.873	0.856	0.830	0.800	0.760	0.756	0.741	0.712
Weibull	MSE	0.047	0.040	0.038	0.036	0.037	0.033	0.032	0.031
	R ²	0.903	0.895	0.868	0.845	0.807	0.804	0.788	0.756
Pi=0		3	3	4	6	6	7	7	11
Pi-Pj >1/N		14	9	14	13	19	16	19	21

附表 1-44 9 月波浪資料之各種指標評估結果(Hs>3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.033	0.033	0.033	0.031	0.029	0.027	0.025	0.024
	R ²	0.305	0.299	0.294	0.291	0.288	0.287	0.286	0.284
Normal	MSE	0.089	0.082	0.076	0.068	0.062	0.056	0.052	0.048
	R ²	0.165	0.139	0.122	0.116	0.112	0.109	0.107	0.105
Rayleigh	MSE	0.082	0.081	0.078	0.071	0.065	0.060	0.055	0.052
	R ²	0.121	0.082	0.062	0.057	0.053	0.052	0.052	0.050
Weibull	MSE	0.032	0.032	0.031	0.029	0.027	0.025	0.024	0.022
	R ²	0.308	0.304	0.301	0.298	0.296	0.295	0.292	0.290
Pi=0		11	11	11	11	11	11	11	11
Pi-Pj >1/N		1	2	3	5	6	7	6	9

附表 1-45 10 月波浪資料之各種指標評估結果($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	R^2	0.016	0.015	0.013	0.013	0.013	0.012	0.012	0.012
Normal	MSE	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
	R^2	0.018	0.018	0.018	0.017	0.017	0.017	0.017	0.018
Rayleigh	MSE	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.000
	R^2	0.018	0.018	0.016	0.017	0.016	0.016	0.015	0.016
Weibull	MSE	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	R^2	0.018	0.017	0.016	0.016	0.016	0.015	0.015	0.016
Pi=0		0	0	0	0	0	1	1	1
Pi-Pj >1/N		1	0	0	1	1	1	1	0

附表 1-46 10 月波浪資料之各種指標評估結果($0.5m < H_s < 1.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.040	0.037	0.037	0.034	0.032	0.031	0.028	0.029
	R^2	0.931	0.909	0.880	0.861	0.839	0.825	0.819	0.785
Normal	MSE	0.050	0.042	0.041	0.036	0.034	0.032	0.029	0.029
	R^2	0.907	0.898	0.865	0.856	0.839	0.821	0.819	0.786
Rayleigh	MSE	0.036	0.033	0.033	0.030	0.029	0.028	0.026	0.026
	R^2	0.940	0.925	0.897	0.886	0.865	0.849	0.847	0.812
Weibull	MSE	0.034	0.031	0.032	0.029	0.028	0.027	0.025	0.026
	R^2	0.953	0.941	0.912	0.902	0.882	0.869	0.864	0.830
Pi=0		0	0	0	2	5	9	12	19
Pi-Pj >1/N		19	19	27	21	23	28	24	31

附表 1-47 10 月波浪資料之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.035	0.036	0.031	0.031	0.029	0.029	0.027	0.026
	R ²	0.946	0.909	0.906	0.880	0.864	0.843	0.828	0.811
Normal	MSE	0.045	0.040	0.037	0.035	0.032	0.031	0.029	0.027
	R ²	0.916	0.898	0.880	0.855	0.851	0.827	0.813	0.803
Rayleigh	MSE	0.034	0.031	0.028	0.028	0.026	0.027	0.025	0.024
	R ²	0.946	0.925	0.920	0.893	0.883	0.860	0.847	0.833
Weibull	MSE	0.029	0.029	0.026	0.027	0.025	0.025	0.024	0.023
	R ²	0.965	0.942	0.936	0.912	0.903	0.882	0.868	0.855
Pi=0		0	0	0	2	5	6	9	9
Pi-Pj >1/N		19	14	13	18	21	27	24	27

附表 1-48 10 月波浪資料之各種指標評估結果(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.036	0.038	0.033	0.032	0.031	0.029	0.028	0.029
	R ²	0.943	0.907	0.905	0.878	0.855	0.844	0.825	0.792
Normal	MSE	0.052	0.050	0.043	0.040	0.038	0.035	0.033	0.032
	R ²	0.893	0.857	0.849	0.824	0.802	0.796	0.775	0.745
Rayleigh	MSE	0.034	0.035	0.031	0.030	0.030	0.027	0.026	0.027
	R ²	0.941	0.913	0.906	0.884	0.859	0.854	0.836	0.805
Weibull	MSE	0.034	0.036	0.030	0.030	0.029	0.027	0.026	0.027
	R ²	0.952	0.922	0.919	0.894	0.872	0.865	0.848	0.815
Pi=0		0	0	1	2	5	8	13	16
Pi-Pj >1/N		16	20	21	20	26	23	22	29

附表 1-49 10 月波浪資料之各種指標評估結果(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.040	0.035	0.035	0.035	0.032	0.031	0.030	0.030
	R ²	0.925	0.913	0.882	0.853	0.844	0.820	0.800	0.770
Normal	MSE	0.052	0.044	0.041	0.038	0.036	0.034	0.032	0.031
	R ²	0.887	0.884	0.859	0.834	0.817	0.795	0.776	0.756
Rayleigh	MSE	0.038	0.034	0.033	0.032	0.030	0.029	0.028	0.028
	R ²	0.926	0.918	0.893	0.868	0.856	0.834	0.811	0.786
Weibull	MSE	0.036	0.030	0.031	0.030	0.028	0.028	0.027	0.027
	R ²	0.943	0.940	0.914	0.889	0.878	0.856	0.836	0.811
Pi=0		0	0	1	5	6	10	15	21
Pi-Pj >1/N		16	16	17	21	18	24	31	31

附表 1-50 10 月波浪資料之各種指標評估結果(Hs>3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.042	0.040	0.037	0.037	0.035	0.033	0.031	0.030
	R ²	0.919	0.887	0.868	0.835	0.813	0.793	0.774	0.746
Normal	MSE	0.049	0.046	0.040	0.038	0.037	0.034	0.032	0.031
	R ²	0.893	0.864	0.861	0.832	0.796	0.784	0.766	0.742
Rayleigh	MSE	0.038	0.036	0.033	0.032	0.032	0.030	0.029	0.028
	R ²	0.923	0.900	0.889	0.857	0.829	0.811	0.793	0.765
Weibull	MSE	0.035	0.035	0.031	0.031	0.031	0.029	0.028	0.028
	R ²	0.944	0.917	0.909	0.880	0.850	0.836	0.819	0.791
Pi=0		0	0	2	4	11	14	19	20
Pi-Pj >1/N		15	13	16	24	25	32	29	41

附表 1-51 11 月波浪資料之各種指標評估結果($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.038	0.038	0.037	0.033	0.030	0.030	0.029	0.027
	R^2	0.941	0.914	0.888	0.881	0.867	0.846	0.825	0.819
Normal	MSE	0.043	0.041	0.038	0.034	0.032	0.030	0.029	0.027
	R^2	0.932	0.911	0.890	0.880	0.863	0.854	0.836	0.823
Rayleigh	MSE	0.035	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.027	0.025
	R^2	0.946	0.927	0.907	0.899	0.887	0.868	0.849	0.842
Weibull	MSE	0.031	0.032	0.030	0.028	0.026	0.026	0.026	0.024
	R^2	0.964	0.945	0.926	0.919	0.906	0.890	0.871	0.863
$P_i=0$		0	0	0	1	4	5	8	12
$ P_i - P_j > 1/N$		14	16	12	15	15	15	20	23

附表 1-52 11 月波浪資料之各種指標評估結果($0.5m < H_s < 1.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.040	0.041	0.035	0.032	0.032	0.031	0.029	0.028
	R^2	0.940	0.911	0.908	0.890	0.869	0.850	0.835	0.823
Normal	MSE	0.065	0.062	0.051	0.048	0.044	0.041	0.038	0.037
	R^2	0.860	0.824	0.828	0.797	0.788	0.771	0.755	0.730
Rayleigh	MSE	0.045	0.047	0.038	0.036	0.034	0.033	0.031	0.030
	R^2	0.907	0.873	0.877	0.855	0.845	0.826	0.811	0.790
Weibull	MSE	0.037	0.040	0.033	0.032	0.031	0.030	0.028	0.027
	R^2	0.953	0.924	0.927	0.903	0.887	0.871	0.855	0.838
$P_i=0$		1	1	2	2	1	5	9	12
$ P_i - P_j > 1/N$		14	19	11	19	16	17	19	24

附表 1-53 11 月波浪資料之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.036	0.038	0.034	0.034	0.032	0.029	0.030	0.027
	R ²	0.927	0.890	0.881	0.841	0.827	0.816	0.776	0.779
Normal	MSE	0.050	0.042	0.040	0.036	0.034	0.033	0.031	0.028
	R ²	0.892	0.883	0.855	0.843	0.823	0.790	0.776	0.774
Rayleigh	MSE	0.034	0.033	0.032	0.030	0.029	0.027	0.027	0.025
	R ²	0.929	0.904	0.888	0.863	0.846	0.828	0.797	0.801
Weibull	MSE	0.030	0.030	0.029	0.028	0.027	0.026	0.026	0.024
	R ²	0.950	0.928	0.915	0.891	0.875	0.856	0.826	0.828
Pi=0		0	0	0	0	1	1	2	6
Pi-Pj >1/N		6	11	8	9	10	13	17	19

附表 1-54 11 月波浪資料之各種指標評估結果(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.033	0.031	0.032	0.029	0.028	0.027	0.026	0.025
	R ²	0.947	0.924	0.899	0.890	0.865	0.852	0.827	0.822
Normal	MSE	0.053	0.047	0.042	0.037	0.036	0.033	0.031	0.029
	R ²	0.888	0.865	0.848	0.844	0.811	0.803	0.784	0.776
Rayleigh	MSE	0.031	0.030	0.030	0.026	0.026	0.025	0.025	0.023
	R ²	0.949	0.929	0.907	0.903	0.878	0.867	0.842	0.836
Weibull	MSE	0.031	0.030	0.029	0.026	0.027	0.025	0.024	0.023
	R ²	0.956	0.938	0.918	0.914	0.888	0.878	0.855	0.850
Pi=0		0	0	1	2	2	3	7	8
Pi-Pj >1/N		10	9	7	9	12	10	15	13

附表 1-55 12 月波浪資料之各種指標評估結果(0.5m<Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.035	0.033	0.030	0.033	0.029	0.028	0.027	0.026
	R ²	0.944	0.927	0.911	0.872	0.863	0.852	0.832	0.818
Normal	MSE	0.045	0.042	0.036	0.036	0.034	0.031	0.029	0.028
	R ²	0.916	0.888	0.889	0.853	0.834	0.827	0.813	0.794
Rayleigh	MSE	0.030	0.030	0.028	0.029	0.027	0.025	0.024	0.023
	R ²	0.955	0.938	0.925	0.895	0.883	0.873	0.855	0.841
Weibull	MSE	0.029	0.028	0.026	0.029	0.026	0.025	0.024	0.023
	R ²	0.964	0.948	0.941	0.905	0.893	0.886	0.868	0.853
Pi=0		0	0	0	1	1	4	7	7
Pi-Pj >1/N		8	13	6	10	15	13	14	14

附表 1-56 12 月波浪資料之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.037	0.032	0.035	0.030	0.030	0.029	0.027	0.027
	R ²	0.937	0.922	0.889	0.890	0.859	0.841	0.834	0.807
Normal	MSE	0.053	0.048	0.043	0.038	0.038	0.034	0.031	0.031
	R ²	0.889	0.868	0.851	0.842	0.808	0.797	0.793	0.760
Rayleigh	MSE	0.036	0.031	0.033	0.028	0.029	0.028	0.026	0.026
	R ²	0.936	0.926	0.898	0.897	0.866	0.851	0.846	0.818
Weibull	MSE	0.034	0.031	0.032	0.027	0.029	0.027	0.025	0.025
	R ²	0.948	0.935	0.912	0.911	0.878	0.864	0.860	0.829
Pi=0		0	0	1	1	4	5	9	11
Pi-Pj >1/N		14	14	13	9	16	13	14	20

附表 1-57 12 月波浪資料之各種指標評估結果(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.039	0.033	0.033	0.031	0.031	0.028	0.027	0.026
	R ²	0.925	0.918	0.894	0.871	0.847	0.841	0.821	0.810
Normal	MSE	0.053	0.047	0.042	0.039	0.038	0.035	0.032	0.031
	R ²	0.882	0.862	0.847	0.823	0.797	0.784	0.773	0.756
Rayleigh	MSE	0.037	0.032	0.032	0.030	0.030	0.028	0.026	0.025
	R ²	0.925	0.918	0.899	0.874	0.848	0.840	0.826	0.813
Weibull	MSE	0.036	0.031	0.031	0.030	0.030	0.027	0.026	0.025
	R ²	0.939	0.930	0.913	0.891	0.866	0.858	0.843	0.830
Pi=0		0	0	0	2	3	6	8	12
Pi-Pj >1/N		13	5	13	9	16	11	14	17

附表 1-58 12 月波浪資料之各種指標評估結果(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.042	0.039	0.038	0.034	0.035	0.033	0.030	0.030
	R ²	0.923	0.898	0.872	0.858	0.822	0.801	0.802	0.767
Normal	MSE	0.054	0.049	0.045	0.040	0.039	0.037	0.034	0.032
	R ²	0.880	0.854	0.832	0.824	0.797	0.766	0.762	0.740
Rayleigh	MSE	0.041	0.036	0.035	0.032	0.033	0.032	0.029	0.028
	R ²	0.918	0.900	0.880	0.865	0.834	0.809	0.809	0.777
Weibull	MSE	0.038	0.035	0.034	0.031	0.032	0.031	0.028	0.028
	R ²	0.938	0.917	0.896	0.886	0.855	0.830	0.830	0.801
Pi=0		0	0	1	1	5	6	7	15
Pi-Pj >1/N		20	15	14	20	26	21	22	28

附表 1-59 12 月波浪資料之各種指標評估結果($H_s > 3.0\text{m}$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.001	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	R^2	0.024	0.019	0.021	0.018	0.016	0.017	0.017	0.016
Normal	MSE	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	R^2	0.025	0.025	0.025	0.020	0.021	0.022	0.022	0.023
Rayleigh	MSE	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	R^2	0.025	0.022	0.024	0.021	0.019	0.020	0.021	0.020
Weibull	MSE	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
	R^2	0.026	0.023	0.025	0.021	0.020	0.021	0.021	0.021
$P_i=0$		0	0	0	0	0	0	0	0
$ P_i - P_j > 1/N$		0	0	0	0	1	0	0	0

附表 1-60 第 1 季波浪資料之各種指標評估結果($H_s < 0.5\text{m}$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.037	0.036	0.030	0.031	0.030	0.028	0.028	0.025
	R^2	0.940	0.920	0.917	0.888	0.869	0.862	0.842	0.838
Normal	MSE	0.048	0.044	0.039	0.036	0.034	0.031	0.030	0.028
	R^2	0.918	0.895	0.890	0.869	0.858	0.846	0.826	0.820
Rayleigh	MSE	0.035	0.032	0.030	0.029	0.028	0.026	0.026	0.024
	R^2	0.946	0.931	0.922	0.902	0.888	0.882	0.859	0.857
Weibull	MSE	0.033	0.032	0.027	0.028	0.027	0.025	0.025	0.023
	R^2	0.959	0.942	0.941	0.918	0.904	0.896	0.876	0.873
$P_i=0$		0	0	1	5	6	9	11	12
$ P_i - P_j > 1/N$		20	19	12	16	22	21	27	22

附表 1-61 第 1 季波浪資料之各種指標評估結果(0.5m<Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.036	0.033	0.028	0.028	0.028	0.028	0.027	0.026
	R ²	0.942	0.926	0.925	0.898	0.882	0.855	0.833	0.819
Normal	MSE	0.047	0.044	0.040	0.037	0.034	0.033	0.031	0.030
	R ²	0.912	0.886	0.870	0.851	0.836	0.819	0.806	0.781
Rayleigh	MSE	0.036	0.033	0.030	0.029	0.027	0.027	0.026	0.025
	R ²	0.939	0.926	0.920	0.897	0.886	0.863	0.845	0.826
Weibull	MSE	0.031	0.030	0.027	0.027	0.026	0.026	0.025	0.024
	R ²	0.962	0.943	0.938	0.919	0.904	0.884	0.866	0.848
Pi=0		0	0	2	1	3	7	10	14
Pi-Pj >1/N		19	13	9	10	18	22	22	25

附表 1-62 第 1 季波浪資料之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.033	0.033	0.029	0.031	0.028	0.028	0.027	0.026
	R ²	0.946	0.923	0.914	0.884	0.872	0.845	0.829	0.812
Normal	MSE	0.054	0.045	0.043	0.039	0.036	0.035	0.032	0.031
	R ²	0.887	0.878	0.851	0.839	0.819	0.788	0.789	0.767
Rayleigh	MSE	0.036	0.033	0.031	0.030	0.028	0.028	0.026	0.026
	R ²	0.937	0.921	0.908	0.885	0.869	0.845	0.836	0.814
Weibull	MSE	0.033	0.030	0.029	0.028	0.026	0.027	0.025	0.025
	R ²	0.952	0.941	0.926	0.906	0.891	0.863	0.855	0.837
Pi=0		0	1	2	4	5	5	8	13
Pi-Pj >1/N		17	15	17	16	17	22	24	27

附表 1-63 第 1 季波浪資料之各種指標評估結果(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.040	0.037	0.036	0.034	0.032	0.031	0.030	0.028
	R ²	0.918	0.900	0.877	0.853	0.829	0.809	0.793	0.784
Normal	MSE	0.055	0.049	0.046	0.042	0.039	0.036	0.033	0.031
	R ²	0.881	0.853	0.825	0.805	0.784	0.770	0.755	0.743
Rayleigh	MSE	0.036	0.034	0.034	0.032	0.030	0.029	0.027	0.026
	R ²	0.926	0.905	0.880	0.861	0.840	0.823	0.807	0.798
Weibull	MSE	0.037	0.034	0.034	0.032	0.030	0.029	0.027	0.026
	R ²	0.938	0.920	0.897	0.877	0.855	0.840	0.826	0.815
Pi=0		0	0	3	4	5	8	10	13
Pi-Pj >1/N		17	12	14	12	21	24	17	28

附表 1-64 第 1 季波浪資料之各種指標評估結果(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.004	0.003	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002
	R ²	0.057	0.058	0.052	0.056	0.056	0.046	0.050	0.045
Normal	MSE	0.004	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003
	R ²	0.058	0.055	0.052	0.055	0.049	0.044	0.044	0.041
Rayleigh	MSE	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
	R ²	0.061	0.061	0.055	0.059	0.057	0.049	0.052	0.047
Weibull	MSE	0.003	0.002	0.003	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002
	R ²	0.061	0.061	0.056	0.059	0.056	0.049	0.052	0.047
Pi=0		0	0	0	0	0	0	0	0
Pi-Pj >1/N		0	1	2	0	1	3	1	3

附表 1-65 第 2 季波浪資料之各種指標評估結果($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.040	0.035	0.034	0.032	0.030	0.031	0.028	0.029
	R^2	0.923	0.914	0.890	0.869	0.856	0.819	0.818	0.777
Normal	MSE	0.045	0.043	0.038	0.036	0.032	0.032	0.029	0.029
	R^2	0.916	0.894	0.878	0.858	0.853	0.823	0.818	0.785
Rayleigh	MSE	0.031	0.030	0.028	0.027	0.025	0.026	0.024	0.025
	R^2	0.946	0.938	0.923	0.904	0.896	0.862	0.859	0.823
Weibull	MSE	0.031	0.030	0.029	0.028	0.025	0.026	0.024	0.026
	R^2	0.954	0.944	0.928	0.909	0.903	0.869	0.868	0.829
Pi=0		0	0	0	1	2	5	10	11
$ Pi-Pj > 1/N$		16	9	10	11	11	16	17	20

附表 1-66 第 2 季波浪資料之各種指標評估結果($0.5m < H_s < 1.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.038	0.038	0.036	0.033	0.032	0.031	0.029	0.028
	R^2	0.931	0.897	0.879	0.864	0.834	0.805	0.794	0.775
Normal	MSE	0.046	0.044	0.038	0.035	0.034	0.031	0.029	0.029
	R^2	0.903	0.873	0.862	0.846	0.820	0.803	0.792	0.771
Rayleigh	MSE	0.033	0.033	0.030	0.028	0.028	0.027	0.026	0.025
	R^2	0.943	0.915	0.904	0.888	0.860	0.839	0.826	0.806
Weibull	MSE	0.030	0.032	0.029	0.027	0.027	0.026	0.025	0.025
	R^2	0.955	0.929	0.918	0.905	0.879	0.855	0.845	0.826
Pi=0		0	0	0	1	2	4	4	4
$ Pi-Pj > 1/N$		10	7	5	7	11	15	16	17

附表 1-67 第 2 季波浪資料之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.036	0.033	0.029	0.032	0.031	0.028	0.029	0.026
	R ²	0.946	0.933	0.925	0.879	0.863	0.853	0.818	0.826
Normal	MSE	0.051	0.049	0.041	0.040	0.038	0.034	0.034	0.031
	R ²	0.899	0.869	0.867	0.834	0.806	0.803	0.774	0.777
Rayleigh	MSE	0.035	0.034	0.030	0.031	0.030	0.027	0.028	0.026
	R ²	0.940	0.927	0.921	0.880	0.862	0.857	0.823	0.829
Weibull	MSE	0.033	0.033	0.027	0.030	0.030	0.026	0.027	0.025
	R ²	0.958	0.940	0.939	0.900	0.880	0.876	0.841	0.849
Pi=0		0	1	1	0	2	5	7	9
Pi-Pj >1/N		9	8	11	14	14	17	22	24

附表 1-68 第 2 季波浪資料之各種指標評估結果(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.041	0.041	0.039	0.035	0.036	0.032	0.032	0.030
	R ²	0.911	0.884	0.859	0.839	0.797	0.796	0.766	0.764
Normal	MSE	0.047	0.046	0.040	0.038	0.037	0.032	0.033	0.030
	R ²	0.902	0.862	0.858	0.826	0.798	0.803	0.764	0.764
Rayleigh	MSE	0.042	0.042	0.037	0.035	0.035	0.031	0.031	0.029
	R ²	0.903	0.873	0.861	0.836	0.794	0.797	0.764	0.763
Weibull	MSE	0.035	0.036	0.033	0.031	0.032	0.028	0.029	0.027
	R ²	0.941	0.913	0.902	0.877	0.842	0.845	0.810	0.810
Pi=0		0	0	1	2	5	7	9	12
Pi-Pj >1/N		14	13	10	12	16	14	23	22

附表 1-69 第 2 季波浪資料之各種指標評估結果(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.040	0.039	0.037	0.034	0.033	0.032	0.031	0.030
	R ²	0.916	0.891	0.863	0.846	0.822	0.797	0.775	0.751
Normal	MSE	0.049	0.045	0.043	0.037	0.037	0.035	0.033	0.031
	R ²	0.898	0.871	0.838	0.830	0.793	0.777	0.752	0.744
Rayleigh	MSE	0.037	0.035	0.034	0.032	0.032	0.030	0.029	0.028
	R ²	0.925	0.901	0.873	0.859	0.829	0.806	0.782	0.764
Weibull	MSE	0.034	0.033	0.033	0.030	0.030	0.029	0.028	0.027
	R ²	0.943	0.922	0.894	0.882	0.851	0.831	0.806	0.792
Pi=0		0	0	0	2	5	5	7	11
Pi-Pj >1/N		8	9	11	13	16	17	17	17

附表 1-70 第 3 季波浪資料之各種指標評估結果(Hs<0.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.051	0.046	0.042	0.042	0.038	0.035	0.032	0.032
	R ²	0.870	0.840	0.813	0.776	0.764	0.739	0.732	0.694
Normal	MSE	0.049	0.042	0.038	0.035	0.033	0.031	0.029	0.029
	R ²	0.895	0.882	0.868	0.844	0.830	0.809	0.805	0.769
Rayleigh	MSE	0.039	0.036	0.034	0.034	0.031	0.030	0.028	0.028
	R ²	0.905	0.888	0.865	0.834	0.826	0.803	0.799	0.761
Weibull	MSE	0.038	0.035	0.031	0.032	0.030	0.028	0.026	0.027
	R ²	0.928	0.909	0.893	0.863	0.853	0.829	0.825	0.786
Pi=0		0	0	0	1	2	5	6	8
Pi-Pj >1/N		10	8	7	14	11	17	10	17

附表 1-71 第 3 季波浪資料之各種指標評估結果(0.5m<Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.036	0.034	0.032	0.030	0.029	0.030	0.027	0.026
	R ²	0.938	0.922	0.906	0.888	0.877	0.846	0.845	0.822
Normal	MSE	0.053	0.048	0.045	0.040	0.038	0.038	0.033	0.032
	R ²	0.906	0.886	0.863	0.857	0.844	0.805	0.813	0.791
Rayleigh	MSE	0.030	0.031	0.031	0.028	0.028	0.030	0.027	0.027
	R ²	0.952	0.934	0.918	0.908	0.898	0.860	0.862	0.839
Weibull	MSE	0.031	0.029	0.028	0.026	0.026	0.027	0.024	0.024
	R ²	0.960	0.948	0.933	0.923	0.915	0.882	0.887	0.865
Pi=0		1	2	2	2	4	7	11	14
Pi-Pj >1/N		11	11	8	5	13	18	14	22

附表 1-72 第 3 季波浪資料之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.039	0.040	0.039	0.036	0.035	0.035	0.033	0.032
	R ²	0.932	0.908	0.879	0.871	0.849	0.823	0.806	0.793
Normal	MSE	0.060	0.057	0.052	0.047	0.045	0.044	0.040	0.038
	R ²	0.887	0.859	0.836	0.826	0.804	0.769	0.771	0.756
Rayleigh	MSE	0.043	0.045	0.044	0.042	0.041	0.040	0.038	0.036
	R ²	0.920	0.887	0.857	0.846	0.823	0.795	0.786	0.771
Weibull	MSE	0.032	0.034	0.034	0.031	0.031	0.031	0.029	0.028
	R ²	0.955	0.935	0.914	0.911	0.891	0.863	0.857	0.843
Pi=0		2	3	3	2	3	5	10	13
Pi-Pj >1/N		8	10	10	8	13	14	15	20

附表 1-73 第 3 季波浪資料之各種指標評估結果(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.041	0.037	0.033	0.035	0.033	0.031	0.030	0.029
	R ²	0.919	0.901	0.896	0.848	0.831	0.816	0.798	0.779
Normal	MSE	0.046	0.041	0.038	0.037	0.034	0.032	0.030	0.028
	R ²	0.919	0.899	0.877	0.847	0.838	0.818	0.805	0.794
Rayleigh	MSE	0.036	0.034	0.030	0.031	0.029	0.028	0.027	0.026
	R ²	0.931	0.913	0.908	0.866	0.855	0.839	0.822	0.804
Weibull	MSE	0.033	0.031	0.028	0.030	0.028	0.027	0.026	0.025
	R ²	0.952	0.938	0.928	0.891	0.881	0.863	0.847	0.832
Pi=0		0	0	1	3	5	8	11	14
Pi-Pj >1/N		14	15	10	17	18	19	19	24

附表 1-74 第 3 季波浪資料之各種指標評估結果(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.051	0.053	0.051	0.054	0.049	0.047	0.045	0.043
	R ²	0.931	0.905	0.884	0.834	0.839	0.806	0.800	0.770
Normal	MSE	0.097	0.091	0.085	0.080	0.074	0.069	0.064	0.061
	R ²	0.795	0.754	0.723	0.689	0.682	0.650	0.645	0.616
Rayleigh	MSE	0.086	0.084	0.080	0.079	0.072	0.069	0.064	0.062
	R ²	0.784	0.746	0.720	0.674	0.683	0.649	0.643	0.612
Weibull	MSE	0.046	0.046	0.046	0.047	0.044	0.043	0.040	0.039
	R ²	0.945	0.926	0.906	0.870	0.870	0.837	0.835	0.805
Pi=0		8	8	8	11	13	14	16	22
Pi-Pj >1/N		11	13	12	14	17	22	22	29

附表 1-75 第 3 季波浪資料之各種指標評估結果($H_s > 3.0\text{m}$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.059	0.058	0.055	0.052	0.050	0.048	0.045	0.041
	R^2	0.936	0.918	0.902	0.879	0.856	0.839	0.829	0.833
Normal	MSE	0.130	0.118	0.106	0.096	0.088	0.082	0.076	0.069
	R^2	0.739	0.701	0.677	0.659	0.638	0.612	0.601	0.601
Rayleigh	MSE	0.107	0.105	0.097	0.090	0.084	0.079	0.073	0.068
	R^2	0.739	0.691	0.667	0.648	0.624	0.602	0.593	0.594
Weibull	MSE	0.058	0.057	0.053	0.050	0.048	0.047	0.044	0.040
	R^2	0.940	0.927	0.915	0.897	0.876	0.854	0.843	0.846
$P_i=0$		12	15	18	18	22	22	24	30
$ P_i - P_j > 1/N$		14	15	16	20	21	26	23	26

附表 1-76 第 4 季波浪資料之各種指標評估結果($H_s < 0.5\text{m}$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.039	0.039	0.038	0.034	0.031	0.031	0.030	0.028
	R^2	0.939	0.912	0.883	0.876	0.862	0.841	0.820	0.815
Normal	MSE	0.042	0.041	0.037	0.034	0.032	0.030	0.029	0.027
	R^2	0.934	0.913	0.893	0.883	0.866	0.856	0.838	0.827
Rayleigh	MSE	0.034	0.034	0.032	0.030	0.028	0.028	0.027	0.025
	R^2	0.948	0.929	0.906	0.899	0.887	0.868	0.849	0.843
Weibull	MSE	0.031	0.032	0.031	0.029	0.027	0.027	0.026	0.024
	R^2	0.965	0.945	0.924	0.918	0.905	0.888	0.870	0.863
$P_i=0$		0	0	0	1	4	6	9	13
$ P_i - P_j > 1/N$		15	16	12	16	16	16	21	23

附表 1-77 第 4 季波浪資料之各種指標評估結果(0.5m<Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.040	0.038	0.037	0.034	0.032	0.032	0.029	0.030
	R ²	0.939	0.908	0.881	0.861	0.840	0.826	0.825	0.779
Normal	MSE	0.052	0.042	0.042	0.037	0.033	0.033	0.030	0.030
	R ²	0.903	0.901	0.856	0.847	0.848	0.819	0.817	0.777
Rayleigh	MSE	0.035	0.033	0.033	0.029	0.029	0.028	0.025	0.027
	R ²	0.946	0.926	0.899	0.889	0.874	0.854	0.855	0.810
Weibull	MSE	0.035	0.032	0.033	0.030	0.028	0.028	0.025	0.027
	R ²	0.956	0.941	0.910	0.898	0.889	0.869	0.867	0.823
Pi=0		0	0	0	2	2	4	7	10
Pi-Pj >1/N		10	13	17	13	14	20	16	22

附表 1-78 第 4 季波浪資料之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.033	0.034	0.030	0.031	0.028	0.028	0.026	0.025
	R ²	0.947	0.914	0.909	0.878	0.869	0.843	0.828	0.817
Normal	MSE	0.047	0.041	0.038	0.037	0.031	0.031	0.029	0.027
	R ²	0.911	0.892	0.873	0.839	0.847	0.817	0.808	0.797
Rayleigh	MSE	0.032	0.030	0.027	0.028	0.025	0.026	0.023	0.023
	R ²	0.949	0.928	0.922	0.889	0.887	0.860	0.851	0.837
Weibull	MSE	0.029	0.028	0.026	0.028	0.024	0.025	0.023	0.022
	R ²	0.962	0.942	0.934	0.901	0.904	0.877	0.866	0.854
Pi=0		0	0	0	0	1	3	3	3
Pi-Pj >1/N		9	5	6	8	8	16	12	15

附表 1-79 第 4 季波浪資料之各種指標評估結果(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.036	0.040	0.034	0.033	0.031	0.030	0.028	0.029
	R ²	0.945	0.901	0.898	0.875	0.851	0.840	0.827	0.792
Normal	MSE	0.052	0.051	0.042	0.039	0.037	0.034	0.032	0.032
	R ²	0.898	0.851	0.850	0.836	0.808	0.803	0.784	0.754
Rayleigh	MSE	0.033	0.036	0.031	0.029	0.029	0.027	0.026	0.027
	R ²	0.948	0.911	0.906	0.891	0.863	0.856	0.844	0.812
Weibull	MSE	0.033	0.037	0.031	0.030	0.029	0.027	0.026	0.027
	R ²	0.954	0.915	0.914	0.897	0.872	0.865	0.852	0.818
Pi=0		0	0	1	1	4	7	10	12
Pi-Pj >1/N		10	17	14	13	18	15	15	18

附表 1-80 第 4 季波浪資料之各種指標評估結果(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.037	0.031	0.033	0.035	0.030	0.029	0.029	0.029
	R ²	0.937	0.931	0.900	0.856	0.860	0.841	0.815	0.782
Normal	MSE	0.056	0.047	0.044	0.042	0.038	0.035	0.034	0.033
	R ²	0.870	0.870	0.842	0.804	0.794	0.780	0.759	0.733
Rayleigh	MSE	0.038	0.033	0.033	0.033	0.030	0.028	0.028	0.028
	R ²	0.930	0.926	0.897	0.859	0.859	0.843	0.816	0.788
Weibull	MSE	0.037	0.031	0.032	0.033	0.029	0.027	0.027	0.028
	R ²	0.940	0.941	0.912	0.874	0.874	0.859	0.834	0.805
Pi=0		0	0	0	2	3	5	7	12
Pi-Pj >1/N		8	9	11	16	10	14	18	23

附表 1-81 第 4 季波浪資料之各種指標評估結果($H_s > 3.0\text{m}$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.042	0.041	0.037	0.036	0.035	0.033	0.032	0.031
	R^2	0.913	0.877	0.863	0.824	0.801	0.778	0.758	0.729
Normal	MSE	0.052	0.047	0.041	0.039	0.038	0.035	0.032	0.032
	R^2	0.880	0.854	0.851	0.812	0.781	0.765	0.754	0.721
Rayleigh	MSE	0.039	0.038	0.034	0.034	0.032	0.031	0.029	0.029
	R^2	0.917	0.890	0.877	0.838	0.816	0.796	0.779	0.745
Weibull	MSE	0.037	0.036	0.032	0.032	0.032	0.030	0.028	0.028
	R^2	0.936	0.907	0.902	0.864	0.837	0.821	0.805	0.772
$P_i=0$		0	0	1	1	5	6	11	10
$ P_i - P_j > 1/N$		10	9	13	15	15	21	17	27

附表 2

附表 2-1 1 月波浪資料評估分組組數的各種指標($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0717	0.0677	0.0674	0.0554	0.0588	0.0505	0.0477	0.0455
	R ²	0.9108	0.884	0.8526	0.8609	0.8183	0.8272	0.8135	0.8
Erlang	MSE	0.075	0.0696	0.0686	0.0563	0.0596	0.0511	0.0484	0.046
	R ²	0.9086	0.8823	0.8525	0.8617	0.817	0.827	0.8125	0.7999
Rayleigh	MSE	0.182	0.1584	0.1432	0.1248	0.1169	0.1045	0.0968	0.0899
	R ²	0.3029	0.262	0.2267	0.2118	0.1888	0.1774	0.1711	0.1563
L-H	MSE	0.073	0.0661	0.0657	0.0553	0.0587	0.0502	0.0473	0.0469
	R ²	0.8965	0.8831	0.9009	0.8727	0.8674	0.8638	0.8536	0.854
Pi		0	0	0	0	1	3	5	8
Peak		1	3	6	7	9	8	8	11

附表 2-2 1 月波浪資料評估分組組數的各種指標($0.5m < H_s < 1.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0737	0.0684	0.0661	0.0623	0.0574	0.0514	0.0491	0.0464
	R ²	0.91	0.8899	0.8622	0.8436	0.8302	0.8309	0.8153	0.8069
Erlang	MSE	0.0728	0.0677	0.0651	0.0613	0.0566	0.0506	0.0484	0.0457
	R ²	0.9157	0.897	0.8703	0.8527	0.839	0.8405	0.8252	0.8171
Rayleigh	MSE	0.1972	0.1722	0.1527	0.1376	0.1239	0.1124	0.104	0.0971
	R ²	0.2266	0.1846	0.1513	0.1262	0.115	0.103	0.0921	0.0838
L-H	MSE	0.0628	0.0567	0.0551	0.0543	0.0521	0.05	0.0472	0.0464
	R ²	0.9413	0.9289	0.9289	0.9246	0.9295	0.9288	0.9228	0.9114
Pi		0	0	0	1	1	7	13	15
Peak		1	2	3	4	7	9	8	8

附表 2-3 1 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0673	0.0599	0.0592	0.0543	0.0512	0.0466	0.0452	0.0414
	R ²	0.9111	0.9041	0.8752	0.8624	0.8461	0.8406	0.8252	0.8201
Erlang	MSE	0.0688	0.0628	0.0599	0.0557	0.0519	0.0475	0.0457	0.0417
	R ²	0.9114	0.8968	0.8759	0.8582	0.8444	0.8373	0.8236	0.8203
Rayleigh	MSE	0.1881	0.1633	0.1457	0.1302	0.1183	0.1069	0.0996	0.0918
	R ²	0.2435	0.195	0.1502	0.1327	0.1131	0.1064	0.0935	0.0886
L-H	MSE	0.0662	0.0581	0.0575	0.0542	0.0518	0.0461	0.0432	0.0401
	R ²	0.9518	0.9367	0.9434	0.9314	0.9259	0.916	0.9075	0.914
Pi		0	0	2	4	5	7	9	9
Peak		1	3	7	10	10	14	19	19

附表 2-4 1 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0582	0.0655	0.0582	0.0528	0.0481	0.0461	0.0444	0.0428
	R ²	0.9277	0.8826	0.8755	0.8531	0.8447	0.8288	0.8138	0.8028
Erlang	MSE	0.0579	0.0624	0.0552	0.052	0.0479	0.0451	0.0431	0.0406
	R ²	0.931	0.8914	0.8835	0.8628	0.8532	0.8359	0.822	0.8114
Rayleigh	MSE	0.1836	0.1619	0.1419	0.1271	0.1151	0.1055	0.0976	0.0906
	R ²	0.1688	0.119	0.0977	0.0856	0.0734	0.0683	0.0606	0.0566
L-H	MSE	0.0479	0.0424	0.0352	0.0331	0.0301	0.0287	0.0231	0.0226
	R ²	0.9468	0.9505	0.9423	0.936	0.9223	0.9142	0.9211	0.8961
Pi		0	0	1	0	0	1	4	6
Peak		1	5	6	12	13	17	17	17

附表 2-5 2 月波浪資料評估分組組數的各種指標($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0845	0.082	0.0802	0.0676	0.0666	0.0609	0.0562	0.0534
	R ²	0.8835	0.8537	0.8208	0.824	0.794	0.7818	0.7767	0.7629
Erlang	MSE	0.0851	0.0809	0.0791	0.0668	0.0657	0.0601	0.0553	0.0527
	R ²	0.8917	0.866	0.8339	0.8361	0.8076	0.7958	0.7911	0.7771
Rayleigh	MSE	0.1908	0.1679	0.1524	0.1328	0.1227	0.1117	0.1023	0.0957
	R ²	0.3157	0.2641	0.2233	0.208	0.1787	0.1625	0.1482	0.1339
L-H	MSE	0.0812	0.0752	0.0734	0.0678	0.0642	0.0551	0.0531	0.0520
	R ²	0.9312	0.9108	0.9127	0.9068	0.901	0.8889	0.8959	0.8739
Pi		0	0	0	0	2	4	7	6
Peak		1	3	5	5	7	11	22	29

附表 2-6 2 月波浪資料評估分組組數的各種指標($0.5m < H_s < 1.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.06	0.0626	0.0531	0.0516	0.0482	0.0432	0.0413	0.0407
	R ²	0.9282	0.8881	0.8877	0.8633	0.8494	0.8526	0.8324	0.812
Erlang	MSE	0.0601	0.0636	0.0533	0.0517	0.048	0.0433	0.041	0.0406
	R ²	0.9317	0.8912	0.8924	0.8676	0.8557	0.8572	0.84	0.8173
Rayleigh	MSE	0.18	0.1587	0.1377	0.1235	0.1124	0.1024	0.0939	0.0877
	R ²	0.2781	0.2222	0.1922	0.1727	0.1462	0.1351	0.1248	0.1121
L-H	MSE	0.0582	0.0526	0.0519	0.0497	0.0474	0.0412	0.0399	0.0385
	R ²	0.937	0.924	0.9081	0.913	0.9008	0.9137	0.8887	0.8823
Pi		0	0	0	0	3	4	7	10
Peak		1	3	4	4	7	11	14	20

附表 2-7 2 月波浪資料評估分組組數的各種指標($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0846	0.0658	0.063	0.0618	0.0546	0.0549	0.049	0.0462
	R ²	0.8888	0.8957	0.8696	0.8464	0.8398	0.812	0.8127	0.804
Erlang	MSE	0.0822	0.0648	0.0615	0.0605	0.0536	0.054	0.0481	0.0454
	R ²	0.897	0.9018	0.8794	0.8555	0.8497	0.8216	0.8228	0.8139
Rayleigh	MSE	0.2114	0.1782	0.1574	0.1435	0.1281	0.1194	0.1084	0.1009
	R ²	0.1551	0.1267	0.0994	0.0708	0.0631	0.0495	0.0467	0.039
L-H	MSE	0.0801	0.0632	0.0599	0.0587	0.0512	0.0501	0.474	0.0423
	R ²	0.9687	0.9505	0.9528	0.957	0.9495	0.9403	0.9408	0.9338
Pi		0	0	0	2	3	6	8	11
Peak		1	2	2	5	6	11	14	17

附表 2-8 3 月波浪資料評估分組組數的各種指標($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0845	0.0787	0.0789	0.066	0.0642	0.0606	0.0546	0.0533
	R ²	0.8821	0.8583	0.8212	0.8258	0.7998	0.779	0.7808	0.7566
Erlang	MSE	0.0844	0.0778	0.0776	0.0652	0.0633	0.0597	0.0537	0.0525
	R ²	0.892	0.8704	0.8359	0.838	0.8141	0.7938	0.7957	0.7717
Rayleigh	MSE	0.1885	0.1638	0.1499	0.1302	0.1199	0.1101	0.1002	0.0944
	R ²	0.3166	0.2731	0.2257	0.2124	0.1864	0.168	0.1557	0.1385
L-H	MSE	0.0836	0.0764	0.0757	0.0641	0.0623	0.0583	0.0521	0.0502
	R ²	0.9329	0.888	0.9109	0.8845	0.8877	0.8711	0.8804	0.8567
Pi		0	0	0	1	3	5	8	7
Peak		1	1	3	4	7	9	11	17

附表 2-9 3 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0679	0.0582	0.0560	0.0545	0.0493	0.0468	0.0428	0.0411
	R ²	0.9152	0.9105	0.8869	0.8639	0.858	0.8398	0.8389	0.8283
Erlang	MSE	0.067	0.0581	0.0557	0.0542	0.0482	0.0467	0.0417	0.04
	R ²	0.9155	0.9125	0.8881	0.8657	0.86	0.8426	0.8421	0.8309
Rayleigh	MSE	0.1917	0.1658	0.1465	0.1322	0.1185	0.1093	0.0994	0.0927
	R ²	0.1821	0.1297	0.094	0.0757	0.0651	0.0547	0.0503	0.046
L-H	MSE	0.0649	0.058	0.0553	0.054	0.0482	0.0467	0.0418	0.04
	R ²	0.9564	0.9296	0.9276	0.9237	0.9169	0.9209	0.8986	0.9012
Pi		0	0	0	1	2	3	8	12
Peak		1	4	6	6	8	11	18	22

附表 2-10 4 月波浪資料評估分組組數的各種指標(Hs<0.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0606	0.0536	0.0473	0.0476	0.0442	0.041	0.0388	0.037
	R ²	0.9148	0.9071	0.8992	0.8674	0.8567	0.8433	0.8334	0.8228
Erlang	MSE	0.0607	0.0528	0.0466	0.0469	0.0434	0.0407	0.0383	0.0366
	R ²	0.9188	0.9137	0.9056	0.8739	0.8644	0.8488	0.8411	0.8291
Rayleigh	MSE	0.1783	0.153	0.1331	0.1208	0.109	0.0995	0.0917	0.0855
	R ²	0.2231	0.1727	0.1419	0.1153	0.0956	0.0899	0.077	0.0706
L-H	MSE	0.0596	0.0520	0.0433	0.0413	0.0401	0.0392	0.0353	0.0322
	R ²	0.9223	0.9315	0.9146	0.9152	0.9102	0.9001	0.8947	0.878
Pi		0	0	0	3	3	7	7	12
Peak		1	2	5	5	6	9	11	22

附表 2-11 4 月波浪資料評估分組組數的各種指標(0.5m <Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0746	0.0748	0.0652	0.0604	0.0569	0.0508	0.0488	0.044
	R ²	0.8748	0.8442	0.8238	0.8055	0.7871	0.7834	0.7643	0.769
Erlang	MSE	0.0692	0.0699	0.062	0.0571	0.0543	0.0483	0.047	0.0422
	R ²	0.901	0.8755	0.8512	0.8358	0.8163	0.8123	0.7903	0.7961
Rayleigh	MSE	0.1657	0.1516	0.1311	0.1175	0.1079	0.0973	0.0908	0.0831
	R ²	0.3141	0.2423	0.2042	0.1715	0.141	0.1233	0.1054	0.0965
L-H	MSE	0.051	0.0458	0.0444	0.0438	0.0422	0.0413	0.0391	0.0354
	R ²	0.9417	0.9462	0.9234	0.94	0.9277	0.9277	0.9051	0.9184
Pi		0	0	1	1	6	10	12	17
Peak		1	1	2	4	5	11	13	20

附表 2-12 4 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0557	0.0533	0.0472	0.0477	0.0417	0.0393	0.0367	0.0344
	R ²	0.9251	0.8988	0.8951	0.8651	0.8595	0.8479	0.8406	0.8306
Erlang	MSE	0.0546	0.0514	0.0461	0.0469	0.0409	0.0384	0.0361	0.0339
	R ²	0.9343	0.9102	0.9042	0.8754	0.8684	0.8595	0.8494	0.8391
Rayleigh	MSE	0.1654	0.1415	0.125	0.1146	0.1009	0.0931	0.086	0.0791
	R ²	0.2724	0.2136	0.1767	0.1431	0.1227	0.1094	0.094	0.0846
L-H	MSE	0.0539	0.0503	0.0455	0.0439	0.0423	0.0371	0.0351	0.0327
	R ²	0.9432	0.9014	0.9255	0.9093	0.8826	0.9118	0.8895	0.8751
Pi		0	0	0	2	2	5	10	11
Peak		1	2	3	6	7	15	17	22

附表 2-13 5 月波浪資料評估分組組數的各種指標($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0634	0.0562	0.0569	0.0484	0.0464	0.0442	0.0413	0.0392
	R ²	0.917	0.9027	0.8721	0.8711	0.8549	0.833	0.8282	0.8117
Erlang	MSE	0.0629	0.0557	0.0562	0.0481	0.0453	0.0439	0.0408	0.0388
	R ²	0.9226	0.909	0.8783	0.8781	0.8657	0.8397	0.8364	0.82
Rayleigh	MSE	0.1825	0.1578	0.1415	0.1246	0.1133	0.1037	0.0959	0.089
	R ²	0.1684	0.1182	0.0948	0.0801	0.0643	0.0589	0.0494	0.0436
L-H	MSE	0.0612	0.0532	0.0516	0.0446	0.0433	0.0412	0.0394	0.0355
	R ²	0.9532	0.9387	0.9338	0.9086	0.9315	0.9117	0.9087	0.8975
Pi		0	0	2	1	2	4	5	7
Peak		1	2	7	9	11	16	17	20

附表 2-14 5 月波浪資料評估分組組數的各種指標($0.5m < H_s < 1.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0658	0.0709	0.0583	0.0575	0.0514	0.0502	0.0447	0.0442
	R ²	0.9247	0.869	0.882	0.8506	0.85	0.8264	0.8304	0.8043
Erlang	MSE	0.0697	0.0701	0.0586	0.0575	0.0521	0.0506	0.0447	0.0444
	R ²	0.9205	0.8789	0.8848	0.859	0.8521	0.832	0.8372	0.8099
Rayleigh	MSE	0.1757	0.1609	0.1393	0.126	0.1137	0.1044	0.0955	0.0891
	R ²	0.3661	0.3009	0.2808	0.2469	0.2318	0.2058	0.1919	0.1771
L-H	MSE	0.0698	0.0556	0.0728	0.0574	0.073	0.069	0.07	0.0766
	R ²	0.8887	0.942	0.877	0.9217	0.8763	0.8828	0.8804	0.8599
Pi		0	1	3	3	3	5	8	13
Peak		1	1	4	5	8	11	15	17

附表 2-15 5 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0818	0.0745	0.0773	0.0675	0.065	0.0571	0.0541	0.0522
	R ²	0.9025	0.8821	0.8414	0.8382	0.8147	0.8172	0.8058	0.7868
Erlang	MSE	0.0836	0.0759	0.0773	0.0679	0.0653	0.0574	0.0543	0.0523
	R ²	0.9034	0.8806	0.8455	0.8396	0.8171	0.8196	0.8082	0.7897
Rayleigh	MSE	0.2025	0.1745	0.1598	0.1409	0.1295	0.1163	0.1076	0.1006
	R ²	0.2812	0.2411	0.1907	0.1717	0.1477	0.1364	0.1245	0.114
L-H	MSE	0.0778	0.0732	0.0712	0.0655	0.0639	0.0561	0.0522	0.0502
	R ²	0.9538	0.9169	0.9525	0.924	0.921	0.922	0.9165	0.9112
Pi		0	0	1	5	4	7	9	12
Peak		1	2	3	3	7	11	17	19

附表 2-16 6 月波浪資料評估分組組數的各種指標(Hs<0.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0493	0.0498	0.0505	0.0418	0.0386	0.0387	0.0346	0.0343
	R ²	0.924	0.885	0.8387	0.8543	0.8394	0.8078	0.8049	0.7792
Erlang	MSE	0.0496	0.0493	0.0493	0.0412	0.0385	0.0387	0.0345	0.0342
	R ²	0.9235	0.8859	0.8453	0.857	0.8408	0.8071	0.8062	0.7782
Rayleigh	MSE	0.1396	0.1237	0.1102	0.0971	0.0883	0.0825	0.0747	0.0704
	R ²	0.3595	0.2885	0.2263	0.2023	0.1757	0.153	0.1359	0.1254
L-H	MSE	0.061	0.0618	0.068	0.058	0.0632	0.0626	0.0644	0.0664
	R ²	0.8515	0.8507	0.7866	0.8389	0.7978	0.7882	0.7863	0.7673
Pi		0	0	0	2	2	3	3	6
Peak		1	1	2	2	7	11	15	17

附表 2-17 6 月波浪資料評估分組組數的各種指標(0.5m<Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0985	0.0883	0.0835	0.0751	0.0699	0.0646	0.0615	0.0557
	R ²	0.8562	0.819	0.7883	0.7773	0.7546	0.749	0.7268	0.7287
Erlang	MSE	0.0949	0.0843	0.0798	0.0724	0.067	0.0625	0.0594	0.0539
	R ²	0.8778	0.8461	0.818	0.804	0.7857	0.7761	0.7556	0.7567
Rayleigh	MSE	0.1927	0.1648	0.1486	0.1321	0.1202	0.1103	0.1024	0.0937
	R ²	0.3164	0.2766	0.2403	0.2218	0.1978	0.1878	0.1709	0.1623
L-H	MSE	0.0704	0.069	0.0664	0.0616	0.0592	0.0574	0.0552	0.0512
	R ²	0.9522	0.9306	0.9287	0.9256	0.9213	0.9107	0.9073	0.9002
Pi		0	0	0	0	3	5	5	7
Peak		1	1	2	2	7	11	15	17

附表 2-18 6 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0526	0.0465	0.0496	0.0451	0.0428	0.0388	0.0378	0.0347
	R ²	0.9301	0.9112	0.8764	0.8577	0.8429	0.8379	0.8183	0.8132
Erlang	MSE	0.0538	0.047	0.0494	0.0452	0.0426	0.0388	0.0377	0.0347
	R ²	0.9314	0.9145	0.8803	0.862	0.8474	0.8408	0.8214	0.8163
Rayleigh	MSE	0.1587	0.1345	0.1218	0.1089	0.0984	0.09	0.0834	0.0766
	R ²	0.2967	0.2473	0.2007	0.171	0.1553	0.1348	0.1226	0.1123
L-H	MSE	0.0684	0.064	0.0666	0.068	0.0682	0.0724	0.071	0.0748
	R ²	0.9141	0.9183	0.902	0.888	0.8863	0.8678	0.8718	0.8535
Pi		0	0	0	1	1	4	5	8
Peak		1	1	5	5	8	13	15	17

附表 2-19 6 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0551	0.0599	0.0486	0.05	0.0459	0.0434	0.0412	0.0386
	R ²	0.9231	0.8739	0.8892	0.8447	0.841	0.8196	0.8055	0.7991
Erlang	MSE	0.0556	0.0583	0.0474	0.05	0.0449	0.0428	0.0407	0.038
	R ²	0.9277	0.8845	0.8985	0.8524	0.8528	0.8289	0.814	0.8095
Rayleigh	MSE	0.1641	0.1478	0.1275	0.1168	0.1053	0.0954	0.0881	0.0823
	R ²	0.2883	0.2224	0.1875	0.1633	0.1392	0.1229	0.1134	0.1024
L-H	MSE	0.0654	0.0632	0.0592	0.063	0.0596	0.0618	0.0664	0.0658
	R ²	0.9086	0.9039	0.9023	0.8714	0.8955	0.8672	0.8578	0.8528
Pi		0	0	2	3	4	6	9	10
Peak		1	1	1	5	7	11	15	19

附表 2-20 6 月波浪資料評估分組組數的各種指標(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0485	0.0468	0.0409	0.041	0.0371	0.0365	0.0348	0.0321
	R ²	0.8983	0.8573	0.8457	0.8133	0.7969	0.7656	0.7368	0.736
Erlang	MSE	0.0489	0.0456	0.0402	0.0404	0.0369	0.036	0.0343	0.0319
	R ²	0.9058	0.8694	0.8562	0.8221	0.8025	0.7753	0.744	0.7425
Rayleigh	MSE	0.1233	0.1074	0.0944	0.086	0.0774	0.072	0.0665	0.0619
	R ²	0.399	0.3361	0.2905	0.263	0.2398	0.2117	0.1917	0.185
L-H	MSE	0.056	0.0528	0.0568	0.0562	0.0612	0.0602	0.0636	0.065
	R ²	0.8033	0.7997	0.7619	0.7544	0.7185	0.7197	0.6869	0.6858
Pi		0	0	0	1	4	6	9	10
Peak		1	1	1	3	8	11	12	14

附表 2-21 7 月波浪資料評估分組組數的各種指標(Hs<0.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0477	0.0488	0.0484	0.042	0.0396	0.0357	0.0369	0.032
	R ²	0.9006	0.8595	0.8266	0.8154	0.7911	0.7905	0.7433	0.7637
Erlang	MSE	0.0466	0.0473	0.0465	0.0409	0.0386	0.0348	0.0362	0.0313
	R ²	0.9094	0.8722	0.8403	0.8268	0.8029	0.8008	0.7551	0.7739
Rayleigh	MSE	0.1289	0.115	0.1014	0.0896	0.0817	0.074	0.0703	0.0644
	R ²	0.3947	0.3118	0.2596	0.2393	0.2107	0.2015	0.1704	0.1611
L-H	MSE	0.049	0.0508	0.056	0.0566	0.0588	0.057	0.0624	0.0592
	R ²	0.8577	0.8245	0.7834	0.7718	0.7592	0.7697	0.7253	0.7524
Pi		0	0	0	1	4	8	10	14
Peak		1	1	3	3	8	10	16	20

附表 2-22 8 月波浪資料評估分組組數的各種指標(Hs<0.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.1144	0.0974	0.0859	0.0788	0.0708	0.0659	0.0596	0.0561
	R ²	0.5551	0.5255	0.4914	0.4546	0.4294	0.3959	0.3942	0.3744
Erlang	MSE	0.1042	0.0902	0.0801	0.0741	0.0671	0.0628	0.0571	0.0542
	R ²	0.6354	0.5969	0.5573	0.5164	0.4844	0.4489	0.4417	0.4161
Rayleigh	MSE	0.1151	0.0996	0.0882	0.081	0.073	0.0677	0.0618	0.0581
	R ²	0.4713	0.4388	0.4033	0.3645	0.3377	0.303	0.2951	0.279
L-H	MSE	0.0492	0.0492	0.0504	0.0546	0.0528	0.056	0.0572	0.0594
	R ²	0.8722	0.8559	0.8477	0.8196	0.8242	0.8076	0.7934	0.784
Pi		0	0	0	1	1	0	0	2
Peak		1	6	7	11	16	16	13	18

附表 2-23 8 月波浪資料評估分組組數的各種指標(0.5m<Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0678	0.0675	0.0612	0.0539	0.0538	0.046	0.0459	0.0414
	R ²	0.882	0.8397	0.8225	0.8098	0.7697	0.7806	0.7524	0.7527
Erlang	MSE	0.0674	0.0669	0.0601	0.053	0.0532	0.0455	0.0454	0.0411
	R ²	0.8987	0.8529	0.8401	0.8253	0.7835	0.7957	0.7651	0.765
Rayleigh	MSE	0.1437	0.1271	0.1127	0.0995	0.0921	0.0826	0.078	0.0714
	R ²	0.4357	0.3938	0.3517	0.3263	0.288	0.2731	0.2452	0.2384
L-H	MSE	0.0734	0.0705	0.0691	0.0639	0.0618	0.0594	0.0571	0.0523
	R ²	0.8604	0.83	0.8411	0.8223	0.8036	0.8043	0.792	0.7884
Pi		0	0	0	0	1	0	1	5
Peak		1	3	3	6	8	11	18	20

附表 2-24 8 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0952	0.0826	0.0825	0.0693	0.0682	0.0627	0.0568	0.0546
	R ²	0.856	0.8453	0.8016	0.8086	0.7763	0.7632	0.7663	0.7427
Erlang	MSE	0.0922	0.0809	0.0804	0.0677	0.067	0.0612	0.0558	0.0536
	R ²	0.8744	0.8597	0.8191	0.8253	0.7917	0.7803	0.7811	0.7588
Rayleigh	MSE	0.2094	0.1788	0.1622	0.1422	0.1312	0.1192	0.1094	0.1021
	R ²	0.1717	0.1352	0.1017	0.0877	0.0678	0.0576	0.0485	0.0442
L-H	MSE	0.0802	0.0771	0.0762	0.0621	0.0592	0.0556	0.0521	0.0499
	R ²	0.9302	0.9243	0.9254	0.9096	0.9175	0.909	0.8917	0.9059
Pi		0	0	0	2	7	11	13	14
Peak		1	2	6	6	8	17	18	20

附表 2-25 8 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0764	0.073	0.0659	0.0623	0.0584	0.0528	0.0503	0.0467
	R ²	0.8732	0.8404	0.8231	0.7986	0.7823	0.7747	0.7572	0.7504
Erlang	MSE	0.0726	0.0709	0.0636	0.0603	0.057	0.0513	0.0491	0.0456
	R ²	0.8897	0.8562	0.8408	0.8169	0.7997	0.7918	0.773	0.7662
Rayleigh	MSE	0.1886	0.1672	0.1462	0.132	0.1203	0.1092	0.1011	0.0939
	R ²	0.1831	0.1372	0.1179	0.0994	0.0865	0.081	0.069	0.0633
L-H	MSE	0.0699	0.0652	0.0612	0.0584	0.0556	0.0502	0.0477	0.0412
	R ²	0.9081	0.9018	0.8942	0.8941	0.8794	0.8817	0.866	0.8691
Pi		0	0	0	1	4	8	12	12
Peak		1	2	2	4	8	10	14	20

附表 2-26 8 月波浪資料評估分組組數的各種指標(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0621	0.0508	0.047	0.0474	0.0431	0.0409	0.0371	0.0362
	R ²	0.8975	0.8903	0.875	0.8392	0.8272	0.8117	0.8058	0.7862
Erlang	MSE	0.0605	0.0498	0.0465	0.0464	0.0427	0.0403	0.0367	0.0357
	R ²	0.905	0.8985	0.8819	0.8493	0.8337	0.8207	0.8135	0.7943
Rayleigh	MSE	0.1668	0.142	0.1247	0.114	0.1022	0.094	0.086	0.0806
	R ²	0.1932	0.1531	0.1252	0.0986	0.0917	0.0815	0.0724	0.0666
L-H	MSE	0.0582	0.0471	0.0451	0.0422	0.0402	0.0391	0.0315	0.0300
	R ²	0.928	0.9162	0.9159	0.8891	0.8862	0.8723	0.8662	0.8532
Pi		0	0	0	1	7	9	10	12
Peak		1	1	1	3	5	11	14	18

附表 2-27 9 月波浪資料評估分組組數的各種指標($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0569	0.0527	0.0485	0.0427	0.0407	0.0387	0.0389	0.0365
	R ²	0.8808	0.8469	0.8309	0.8262	0.8028	0.785	0.7465	0.7379
Erlang	MSE	0.0573	0.0527	0.0489	0.0427	0.0411	0.0386	0.0387	0.0365
	R ²	0.8759	0.8427	0.8245	0.8211	0.7964	0.7795	0.7441	0.7335
Rayleigh	MSE	0.1417	0.1227	0.1082	0.0963	0.0881	0.0805	0.0761	0.071
	R ²	0.3343	0.2969	0.278	0.2559	0.2392	0.2229	0.1963	0.1814
L-H	MSE	0.0766	0.0766	0.0772	0.0732	0.0804	0.078	0.0836	0.0842
	R ²	0.7863	0.7751	0.7671	0.7711	0.7281	0.7412	0.7142	0.7096
Pi		0	0	0	2	3	5	6	8
Peak		1	1	2	7	9	10	15	16

附表 2-28 9 月波浪資料評估分組組數的各種指標($0.5m < H_s < 1.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0827	0.0852	0.0819	0.0735	0.071	0.0616	0.0592	0.0538
	R ²	0.8902	0.8339	0.8058	0.7913	0.7654	0.7691	0.7502	0.7512
Erlang	MSE	0.0895	0.0873	0.0833	0.0753	0.0719	0.0625	0.0602	0.0545
	R ²	0.8769	0.8306	0.8021	0.7846	0.7622	0.7647	0.7449	0.7473
Rayleigh	MSE	0.1741	0.1578	0.1422	0.1274	0.1174	0.105	0.0977	0.0898
	R ²	0.4237	0.356	0.3249	0.3049	0.279	0.2661	0.2529	0.2424
L-H	MSE	0.0616	0.0608	0.061	0.0658	0.0736	0.0704	0.0766	0.0736
	R ²	0.8515	0.847	0.8378	0.8246	0.8123	0.8056	0.7984	0.8028
Pi		0	0	1	2	3	4	6	10
Peak		1	2	2	4	8	11	15	17

附表 2-29 9 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0997	0.0948	0.0855	0.0817	0.0734	0.0653	0.0625	0.0583
	R ²	0.6473	0.5912	0.5709	0.54	0.5262	0.5184	0.4922	0.4843
Erlang	MSE	0.0957	0.092	0.0839	0.0801	0.0724	0.0646	0.0621	0.058
	R ²	0.6733	0.6111	0.586	0.5562	0.5379	0.5302	0.5027	0.4946
Rayleigh	MSE	0.1641	0.147	0.131	0.1212	0.1097	0.0981	0.0925	0.0857
	R ²	0.2131	0.1591	0.1346	0.1039	0.094	0.0906	0.081	0.0755
L-H	MSE	0.0714	0.0766	0.0784	0.0804	0.0846	0.0814	0.0884	0.0852
	R ²	0.7632	0.7005	0.6813	0.6666	0.6311	0.6604	0.6212	0.6269
Pi		0	0	0	1	2	5	6	10
Peak		1	3	3	4	9	13	15	17

附表 2-30 9 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.5m<Hs<2.0m)

組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.1209	0.1059	0.0974	0.0897	0.0773	0.0757	0.0713	0.0643
	R ²	0.6781	0.6461	0.5979	0.5683	0.5709	0.5228	0.5043	0.5046
Erlang	MSE	0.1141	0.1012	0.0938	0.0867	0.0747	0.0735	0.0696	0.0629
	R ²	0.723	0.6856	0.6343	0.6028	0.6042	0.5546	0.532	0.5302
Rayleigh	MSE	0.189	0.1639	0.1463	0.1325	0.1174	0.1104	0.103	0.0945
	R ²	0.1556	0.1225	0.0973	0.0768	0.0725	0.0604	0.0559	0.054
L-H	MSE	0.0544	0.0608	0.0646	0.0682	0.0652	0.0734	0.0764	0.0754
	R ²	0.8881	0.8605	0.8307	0.8072	0.8198	0.7846	0.7661	0.7653
Pi		0	0	0	2	3	11	12	17
Peak		1	2	4	4	7	11	13	20

附表 2-31 9 月波浪資料評估分組組數的各種指標(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0683	0.0594	0.056	0.0521	0.0505	0.0478	0.0447	0.0402
	R ²	0.8831	0.871	0.8424	0.8266	0.8013	0.7803	0.7692	0.7701
Erlang	MSE	0.0674	0.0588	0.0548	0.0517	0.0499	0.0472	0.0443	0.0397
	R ²	0.8936	0.8782	0.853	0.8343	0.8092	0.79	0.7766	0.7787
Rayleigh	MSE	0.1614	0.1381	0.1214	0.1098	0.1013	0.0927	0.0854	0.0784
	R ²	0.338	0.2991	0.261	0.2342	0.2037	0.1833	0.1689	0.1619
L-H	MSE	0.0677	0.0601	0.0562	0.0531	0.0515	0.0487	0.0432	0.0422
	R ²	0.8863	0.8619	0.8638	0.8428	0.8361	0.8169	0.8193	0.8086
Pi		0	0	1	3	3	11	12	15
Peak		1	1	1	3	7	13	16	20

附表 2-32 10 月波浪資料評估分組組數的各種指標(0.5m<Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0723	0.0683	0.0625	0.0582	0.0529	0.0497	0.0448	0.0447
	R ²	0.8603	0.8078	0.7856	0.7523	0.7388	0.7214	0.7187	0.683
Erlang	MSE	0.0683	0.0636	0.0596	0.0556	0.0507	0.0477	0.0433	0.0434
	R ²	0.8814	0.8384	0.8093	0.7785	0.7635	0.746	0.7407	0.7032
Rayleigh	MSE	0.1637	0.1418	0.1262	0.1133	0.1027	0.0944	0.0865	0.0818
	R ²	0.1876	0.1423	0.1217	0.1026	0.0921	0.0827	0.0806	0.0767
L-H	MSE	0.0506	0.0542	0.0582	0.0598	0.0614	0.0646	0.0624	0.0692
	R ²	0.8618	0.8384	0.8149	0.8049	0.7839	0.7768	0.7812	0.7458
Pi		0	0	0	1	3	6	6	10
Peak		1	2	2	4	9	11	14	17

附表 2-33 10 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0733	0.0641	0.0657	0.0555	0.054	0.0494	0.0458	0.0428
	R ²	0.886	0.8851	0.8364	0.8421	0.8139	0.8032	0.798	0.791
Erlang	MSE	0.0682	0.0611	0.0629	0.053	0.0519	0.0476	0.0444	0.0413
	R ²	0.9085	0.9035	0.8574	0.8629	0.8355	0.8239	0.817	0.8118
Rayleigh	MSE	0.1753	0.154	0.1384	0.1218	0.1114	0.101	0.0934	0.087
	R ²	0.2536	0.2133	0.1673	0.1406	0.1185	0.1042	0.0955	0.0842
L-H	MSE	0.0627	0.0602	0.0588	0.512	0.0496	0.0487	0.0432	0.0415
	R ²	0.9277	0.9247	0.9245	0.9141	0.9072	0.8989	0.8935	0.901
Pi		0	0	1	4	6	10	11	12
Peak		1	0	1	4	7	13	15	15

附表 2-34 10 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0527	0.0455	0.0456	0.0399	0.0399	0.0351	0.034	0.0324
	R ²	0.9292	0.9212	0.8919	0.8929	0.8643	0.8656	0.8495	0.8407
Erlang	MSE	0.0522	0.0467	0.0461	0.0403	0.04	0.0351	0.0342	0.0325
	R ²	0.932	0.9182	0.8919	0.8922	0.8656	0.8678	0.8496	0.8403
Rayleigh	MSE	0.1629	0.1385	0.1244	0.11	0.0999	0.0905	0.0838	0.078
	R ²	0.2776	0.2359	0.1981	0.1774	0.1503	0.1381	0.1245	0.1125
L-H	MSE	0.077	0.0712	0.075	0.0716	0.0744	0.0776	0.0752	0.08
	R ²	0.8977	0.8873	0.8697	0.8781	0.8634	0.854	0.8553	0.84
Pi		0	0	0	0	0	2	3	4
Peak		1	2	2	5	7	13	14	17

附表 2-35 10 月波浪資料評估分組組數的各種指標(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0503	0.047	0.0441	0.0418	0.0398	0.0363	0.0362	0.0336
	R ²	0.9225	0.8986	0.8831	0.8567	0.8416	0.8318	0.8053	0.7948
Erlang	MSE	0.0501	0.0465	0.0443	0.0413	0.04	0.036	0.0362	0.0335
	R ²	0.9271	0.9033	0.8845	0.8616	0.8422	0.836	0.8077	0.7976
Rayleigh	MSE	0.1551	0.1334	0.1176	0.1056	0.0963	0.0875	0.0818	0.0755
	R ²	0.2609	0.2131	0.1791	0.1519	0.1337	0.1176	0.1065	0.0949
L-H	MSE	0.0768	0.0676	0.0698	0.072	0.0722	0.0748	0.0748	0.0782
	R ²	0.9071	0.8876	0.8813	0.8674	0.8532	0.8437	0.8385	0.8145
Pi		0	0	0	1	1	2	3	4
Peak		1	3	3	5	6	11	14	17

附表 2-36 10 月波浪資料評估分組組數的各種指標(3.0m<Hs)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0677	0.0509	0.0579	0.0502	0.045	0.046	0.0419	0.0398
	R ²	0.9019	0.9101	0.8534	0.8578	0.848	0.8143	0.8071	0.7919
Erlang	MSE	0.0657	0.0498	0.0561	0.0493	0.044	0.0452	0.0413	0.039
	R ²	0.9114	0.9168	0.8659	0.8657	0.8578	0.8237	0.8155	0.8024
Rayleigh	MSE	0.1813	0.1491	0.137	0.1213	0.1085	0.1017	0.0931	0.0862
	R ²	0.186	0.1514	0.1041	0.0874	0.0783	0.0622	0.0584	0.0503
L-H	MSE	0.0602	0.0598	0.0514	0.0562	0.0582	0.0586	0.0626	0.066
	R ²	0.9509	0.9378	0.9483	0.9298	0.9216	0.9132	0.8971	0.8901
Pi		0	0	0	0	3	6	8	10
Peak		1	1	1	3	8	10	10	17

附表 2-37 11 月波浪資料評估分組組數的各種指標($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0642	0.0569	0.0506	0.0489	0.0459	0.0421	0.0387	0.0389
	R ²	0.8527	0.8259	0.81	0.7779	0.7503	0.7325	0.7309	0.6898
Erlang	MSE	0.0581	0.0516	0.0471	0.046	0.0431	0.0396	0.0369	0.0373
	R ²	0.8827	0.8569	0.8368	0.804	0.7783	0.7616	0.7544	0.7135
Rayleigh	MSE	0.1392	0.1205	0.1061	0.0961	0.0876	0.0796	0.0736	0.0698
	R ²	0.3007	0.2359	0.2133	0.1826	0.1589	0.1442	0.1345	0.1152
L-H	MSE	0.0402	0.0404	0.0434	0.0456	0.0474	0.0498	0.0514	0.0558
	R ²	0.9124	0.8775	0.8644	0.8437	0.8301	0.809	0.8024	0.7706
Pi		0	0	0	1	2	3	5	8
Peak		1	2	2	3	6	11	13	17

附表 2-38 11 月波浪資料評估分組組數的各種指標($0.5m < H_s < 1.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0603	0.0553	0.0545	0.0507	0.0458	0.0427	0.0395	0.0384
	R ²	0.9244	0.9101	0.8831	0.866	0.8618	0.8488	0.8443	0.8263
Erlang	MSE	0.0643	0.0587	0.057	0.0525	0.0477	0.0443	0.041	0.0395
	R ²	0.9176	0.9016	0.8762	0.8591	0.8522	0.8396	0.8341	0.818
Rayleigh	MSE	0.1637	0.1421	0.127	0.1135	0.1019	0.0931	0.0854	0.08
	R ²	0.3812	0.3455	0.3103	0.2843	0.2659	0.2446	0.2309	0.2155
L-H	MSE	0.0726	0.0772	0.0726	0.0796	0.0818	0.0786	0.0854	0.0842
	R ²	0.8832	0.8448	0.8529	0.8244	0.8154	0.828	0.7999	0.8045
Pi		0	1	1	2	3	5	7	10
Peak		1	1	1	5	6	12	14	20

附表 2-39 11 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0898	0.0684	0.0689	0.0604	0.055	0.0539	0.0471	0.0458
	R ²	0.7915	0.805	0.7563	0.7499	0.7376	0.7038	0.7091	0.6874
Erlang	MSE	0.0848	0.0647	0.0657	0.0579	0.0526	0.052	0.0453	0.0443
	R ²	0.827	0.8381	0.7882	0.782	0.7683	0.7345	0.7382	0.7146
Rayleigh	MSE	0.1687	0.14	0.1267	0.1127	0.1012	0.0946	0.0854	0.0805
	R ²	0.2668	0.2283	0.1867	0.1665	0.142	0.1244	0.1114	0.1006
L-H	MSE	0.0902	0.0718	0.0695	0.0652	0.0595	0.0587	0.0485	0.0467
	R ²	0.7893	0.7885	0.7799	0.7923	0.761	0.7593	0.7577	0.7459
Pi		0	0	0	0	1	2	4	4
Peak		1	2	2	3	7	15	15	17

附表 2-40 11 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0699	0.0606	0.0559	0.0514	0.0489	0.0466	0.0432	0.0414
	R ²	0.8879	0.8807	0.8577	0.8423	0.8244	0.8083	0.799	0.7814
Erlang	MSE	0.0681	0.0606	0.055	0.0511	0.0483	0.0462	0.0428	0.041
	R ²	0.8984	0.8865	0.8668	0.8482	0.8326	0.8147	0.8055	0.7876
Rayleigh	MSE	0.1801	0.1553	0.1357	0.1216	0.1109	0.1019	0.0938	0.0873
	R ²	0.2246	0.1844	0.1533	0.1299	0.1114	0.0976	0.0918	0.0805
L-H	MSE	0.0672	0.0591	0.0535	0.0502	0.0472	0.0412	0.0401	0.0395
	R ²	0.9273	0.8908	0.9117	0.8921	0.8755	0.8809	0.8726	0.8612
Pi		0	0	0	0	2	3	3	7
Peak		1	1	1	3	7	12	12	15

附表 2-41 12 月波浪資料評估分組組數的各種指標($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0488	0.0506	0.0436	0.0426	0.0367	0.0363	0.0335	0.0488
	R ²	0.9422	0.9087	0.9072	0.8842	0.8875	0.8657	0.8582	0.9422
Erlang	MSE	0.0478	0.0506	0.0448	0.0425	0.0369	0.036	0.0336	0.0478
	R ²	0.9466	0.911	0.9038	0.8882	0.8887	0.8697	0.8592	0.9466
Rayleigh	MSE	0.1635	0.143	0.1253	0.113	0.1004	0.0927	0.0846	0.1635
	R ²	0.2877	0.2225	0.1835	0.145	0.1278	0.1099	0.0986	0.2877
L-H	MSE	0.073	0.069	0.067	0.062	0.0734	0.0668	0.0744	0.073
	R ²	0.9376	0.9294	0.9154	0.9312	0.884	0.91	0.8776	0.9376
Pi		0	0	0	2	3	3	5	7
Peak		1	3	3	5	8	12	12	16

附表 2-42 12 月波浪資料評估分組組數的各種指標($0.5m < H_s < 1.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0536	0.0515	0.0448	0.0433	0.0402	0.0377	0.0352	0.0337
	R ²	0.9312	0.9119	0.9024	0.8834	0.8725	0.8621	0.8516	0.8401
Erlang	MSE	0.0556	0.0529	0.0455	0.0441	0.0407	0.0384	0.0357	0.034
	R ²	0.9283	0.9093	0.901	0.8812	0.8721	0.8594	0.8497	0.8403
Rayleigh	MSE	0.1623	0.1415	0.1222	0.1108	0.0999	0.0916	0.0837	0.0782
	R ²	0.3287	0.2668	0.22	0.1795	0.1477	0.1279	0.1089	0.0892
L-H	MSE	0.0702	0.0622	0.0654	0.0646	0.0648	0.0672	0.0696	0.068
	R ²	0.903	0.9046	0.8885	0.886	0.885	0.8704	0.8616	0.868
Pi		0	0	0	1	1	4	6	7
Peak		1	1	1	3	6	10	12	13

附表 2-43 12 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0582	0.0564	0.0539	0.0488	0.0482	0.0428	0.0408	0.0394
	R ²	0.9278	0.9021	0.8824	0.8713	0.8433	0.8445	0.8282	0.8184
Erlang	MSE	0.0603	0.056	0.0542	0.0484	0.0478	0.0426	0.0405	0.0392
	R ²	0.9267	0.9061	0.8829	0.8764	0.8491	0.849	0.8338	0.8223
Rayleigh	MSE	0.1833	0.158	0.14	0.1252	0.1142	0.1033	0.0955	0.0892
	R ²	0.2006	0.1487	0.1139	0.0914	0.0783	0.0691	0.0607	0.0563
L-H	MSE	0.0571	0.0551	0.0536	0.0471	0.0469	0.0412	0.0395	0.0377
	R ²	0.9483	0.9248	0.936	0.9258	0.9242	0.911	0.9033	0.8935
Pi		0	0	0	0	1	3	5	6
Peak		1	2	2	5	7	10	12	13

附表 2-44 12 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0461	0.0452	0.0454	0.0421	0.0396	0.0358	0.0351	0.0332
	R ²	0.9412	0.9211	0.8979	0.8775	0.8672	0.8606	0.8395	0.8284
Erlang	MSE	0.0504	0.0458	0.0466	0.0423	0.0401	0.0361	0.0356	0.0336
	R ²	0.9338	0.9226	0.8944	0.8774	0.8666	0.8595	0.8381	0.8272
Rayleigh	MSE	0.1678	0.1452	0.1293	0.1148	0.1043	0.0944	0.0881	0.0816
	R ²	0.2255	0.1756	0.1526	0.1267	0.1092	0.1023	0.0852	0.0761
L-H	MSE	0.0696	0.0626	0.0642	0.0642	0.0636	0.0662	0.0682	0.073
	R ²	0.9171	0.9274	0.9033	0.8984	0.9044	0.8877	0.8836	0.8605
Pi		1	1	2	3	5	7	10	13
Peak		1	1	2	4	7	11	14	14

附表 2-45 12 月波浪資料評估分組組數的各種指標(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0518	0.0423	0.0385	0.0386	0.0361	0.035	0.0322	0.032
	R ²	0.9199	0.9212	0.9056	0.8786	0.8643	0.8452	0.8414	0.8123
Erlang	MSE	0.0485	0.0397	0.0377	0.0372	0.0347	0.034	0.0313	0.0311
	R ²	0.9338	0.9339	0.9134	0.8897	0.8781	0.856	0.8527	0.825
Rayleigh	MSE	0.1476	0.1256	0.1095	0.0995	0.0901	0.0826	0.0757	0.0709
	R ²	0.3306	0.291	0.2648	0.2288	0.2121	0.1904	0.179	0.1657
L-H	MSE	0.0566	0.0516	0.0536	0.0546	0.0542	0.0582	0.0564	0.0638
	R ²	0.8992	0.8921	0.8752	0.8705	0.8661	0.848	0.8502	0.8097
Pi		0	1	1	2	3	3	7	7
Peak		1	2	2	4	6	11	13	15

附表 2-46 第 1 季波浪資料評估分組組數的各種指標 (Hs<0.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0716	0.0625	0.0656	0.0536	0.0552	0.0488	0.0458	0.0443
	R ²	0.9106	0.8917	0.8534	0.8626	0.8273	0.8294	0.8173	0.7989
Erlang	MSE	0.0733	0.0642	0.066	0.0543	0.0557	0.0492	0.0463	0.0446
	R ²	0.9114	0.8908	0.8566	0.8641	0.8283	0.8315	0.818	0.8007
Rayleigh	MSE	0.1798	0.1527	0.1402	0.122	0.1132	0.1022	0.0944	0.0879
	R ²	0.298	0.2687	0.2222	0.2094	0.1894	0.1762	0.1703	0.1542
L-H	MSE	0.072	0.0713	0.0693	0.0612	0.0581	0.0574	0.0515	0.0493
	R ²	0.9017	0.8576	0.8991	0.848	0.8563	0.851	0.838	0.8384
Pi		0	0	0	2	4	8	9	11
Peak		0	2	3	5	7	7	9	10

附表 2-47 第 1 季波浪資料評估分組組數的各種指標(0.5m<Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0649	0.058	0.0553	0.054	0.0482	0.0467	0.0418	0.04
	R ²	0.9152	0.9105	0.8869	0.8639	0.858	0.8398	0.8389	0.8283
Erlang	MSE	0.067	0.0581	0.0557	0.0542	0.0482	0.0467	0.0417	0.04
	R ²	0.9155	0.9125	0.8881	0.8657	0.86	0.8426	0.8421	0.8309
Rayleigh	MSE	0.1917	0.1658	0.1465	0.1322	0.1185	0.1093	0.0994	0.0927
	R ²	0.1821	0.1297	0.094	0.0757	0.0651	0.0547	0.0503	0.046
L-H	MSE	0.0632	0.0574	0.0532	0.0511	0.0475	0.0445	0.0433	0.0412
	R ²	0.9564	0.9296	0.9276	0.9237	0.9169	0.9209	0.8986	0.9012
Pi		0	0	0	1	2	3	8	12
Peak		1	3	3	6	7	8	10	13

附表 2-48 第 1 季波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0606	0.0536	0.0473	0.0476	0.0442	0.041	0.0388	0.037
	R ²	0.9148	0.9071	0.8992	0.8674	0.8567	0.8433	0.8334	0.8228
Erlang	MSE	0.0607	0.0528	0.0466	0.0469	0.0434	0.0407	0.0383	0.0366
	R ²	0.9188	0.9137	0.9056	0.8739	0.8644	0.8488	0.8411	0.8291
Rayleigh	MSE	0.1783	0.153	0.1331	0.1208	0.109	0.0995	0.0917	0.0855
	R ²	0.2231	0.1727	0.1419	0.1153	0.0956	0.0899	0.077	0.0706
L-H	MSE	0.0596	0.0522	0.0464	0.0451	0.0431	0.0391	0.0374	0.0351
	R ²	0.9223	0.9315	0.9146	0.9152	0.9102	0.9001	0.8947	0.878
Pi		0	0	0	3	3	7	7	12
Peak		1	2	4	6	7	7	9	12

附表 2-49 第 1 季波浪資料評估分組組數的各種指標 (1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0579	0.0624	0.0552	0.052	0.0479	0.0451	0.0431	0.0406
	R ²	0.9277	0.8826	0.8755	0.8531	0.8447	0.8288	0.8138	0.8028
Erlang	MSE	0.0582	0.061	0.0541	0.0509	0.0471	0.0445	0.0425	0.04
	R ²	0.931	0.8914	0.8835	0.8628	0.8532	0.8359	0.822	0.8114
Rayleigh	MSE	0.1836	0.1619	0.1419	0.1271	0.1151	0.1055	0.0976	0.0906
	R ²	0.1688	0.119	0.0977	0.0856	0.0734	0.0683	0.0606	0.0566
L-H	MSE	0.0493	0.0475	0.0466	0.0446	0.0434	0.0412	0.04	0.0375
	R ²	0.9468	0.9505	0.9423	0.936	0.9223	0.9142	0.9211	0.8961
Pi		0	0	0	2	2	5	7	12
Peak		1	3	3	4	7	8	10	10

附表 2-50 第 2 季波浪資料評估分組組數的各種指標 (Hs<0.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0746	0.0748	0.0652	0.0604	0.0569	0.0508	0.0488	0.044
	R ²	0.8748	0.8442	0.8238	0.8055	0.7871	0.7834	0.7643	0.769
Erlang	MSE	0.0692	0.0699	0.062	0.0571	0.0543	0.0483	0.047	0.0422
	R ²	0.901	0.8755	0.8512	0.8358	0.8163	0.8123	0.7903	0.7961
Rayleigh	MSE	0.1657	0.1516	0.1311	0.1175	0.1079	0.0973	0.0908	0.0831
	R ²	0.3141	0.2423	0.2042	0.1715	0.141	0.1233	0.1054	0.0965
L-H	MSE	0.051	0.0458	0.0544	0.0458	0.0496	0.05	0.0562	0.0524
	R ²	0.9417	0.9462	0.9234	0.94	0.9277	0.9277	0.9051	0.9184
Pi		0	0	1	1	6	10	12	17
Peak		1	3	3	5	9	10	10	11

附表 2-51 第 2 季波浪資料評估分組組數的各種指標(0.5m<Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0557	0.0533	0.0472	0.0477	0.0417	0.0393	0.0367	0.0344
	R ²	0.9251	0.8988	0.8951	0.8651	0.8595	0.8479	0.8406	0.8306
Erlang	MSE	0.0546	0.0514	0.0461	0.0469	0.0409	0.0384	0.0361	0.0339
	R ²	0.9343	0.9102	0.9042	0.8754	0.8684	0.8595	0.8494	0.8391
Rayleigh	MSE	0.1654	0.1415	0.125	0.1146	0.1009	0.0931	0.086	0.0791
	R ²	0.2724	0.2136	0.1767	0.1431	0.1227	0.1094	0.094	0.0846
L-H	MSE	0.0537	0.05	0.0431	0.0412	0.0399	0.0378	0.0337	0.0319
	R ²	0.9432	0.9014	0.9255	0.9093	0.8826	0.9118	0.8895	0.8751
Pi		0	0	0	2	2	5	10	11
Peak		1	2	3	5	5	8	8	13

附表 2-52 第 2 季波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0634	0.0562	0.0569	0.0484	0.0464	0.0442	0.0413	0.0392
	R ²	0.917	0.9027	0.8721	0.8711	0.8549	0.833	0.8282	0.8117
Erlang	MSE	0.0629	0.0557	0.0562	0.0481	0.0453	0.0439	0.0408	0.0388
	R ²	0.9226	0.909	0.8783	0.8781	0.8657	0.8397	0.8364	0.82
Rayleigh	MSE	0.1825	0.1578	0.1415	0.1246	0.1133	0.1037	0.0959	0.089
	R ²	0.1684	0.1182	0.0948	0.0801	0.0643	0.0589	0.0494	0.0436
L-H	MSE	0.0611	0.0542	0.0533	0.0477	0.0441	0.0431	0.0392	0.0372
	R ²	0.9532	0.9387	0.9338	0.9086	0.9315	0.9117	0.9087	0.8975
Pi		0	0	2	1	2	4	5	7
Peak		1	1	2	3	6	7	9	13

附表 2-53 第 2 季波浪資料評估分組組數的各種指標(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0597	0.0588	0.0477	0.0475	0.0431	0.0412	0.0401	0.0368
	R ²	0.8286	0.7673	0.7732	0.7201	0.7115	0.68	0.6459	0.6323
Erlang	MSE	0.0584	0.0563	0.0456	0.046	0.0417	0.0404	0.0392	0.0361
	R ²	0.8404	0.7848	0.789	0.7344	0.7247	0.6894	0.6556	0.6416
Rayleigh	MSE	0.1315	0.1159	0.0997	0.0911	0.0828	0.0763	0.0711	0.0659
	R ²	0.2864	0.2396	0.2262	0.2091	0.1827	0.176	0.1559	0.1496
L-H	MSE	0.059	0.0584	0.0616	0.061	0.0636	0.0644	0.0698	0.0704
	R ²	0.786	0.7542	0.7376	0.7201	0.7024	0.7038	0.6541	0.6377
Pi		0	29	29	29	29	29	29	29
Peak		1	3	3	5	7	10	11	13

附表 2-54 第 2 季波浪資料評估分組組數的各種指標(2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0477	0.0488	0.0484	0.042	0.0396	0.0357	0.0369	0.032
	R ²	0.9006	0.8595	0.8266	0.8154	0.7911	0.7905	0.7433	0.7637
Erlang	MSE	0.0466	0.0473	0.0465	0.0409	0.0386	0.0348	0.0362	0.0313
	R ²	0.9094	0.8722	0.8403	0.8268	0.8029	0.8008	0.7551	0.7739
Rayleigh	MSE	0.1289	0.115	0.1014	0.0896	0.0817	0.074	0.0703	0.0644
	R ²	0.3947	0.3118	0.2596	0.2393	0.2107	0.2015	0.1704	0.1611
L-H	MSE	0.049	0.0508	0.056	0.0566	0.0588	0.057	0.0624	0.0592
	R ²	0.8577	0.8245	0.7834	0.7718	0.7592	0.7697	0.7253	0.7524
Pi		0	0	0	1	4	8	10	14
Peak		1	4	4	5	7	8	12	12

附表 2-55 第 3 季波浪資料評估分組組數的各種指標 ($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.1144	0.0974	0.0859	0.0788	0.0708	0.0659	0.0596	0.0561
	R ²	0.5551	0.5255	0.4914	0.4546	0.4294	0.3959	0.3942	0.3744
Erlang	MSE	0.1042	0.0902	0.0801	0.0741	0.0671	0.0628	0.0571	0.0542
	R ²	0.6354	0.5969	0.5573	0.5164	0.4844	0.4489	0.4417	0.4161
Rayleigh	MSE	0.1151	0.0996	0.0882	0.081	0.073	0.0677	0.0618	0.0581
	R ²	0.4713	0.4388	0.4033	0.3645	0.3377	0.303	0.2951	0.279
L-H	MSE	0.0492	0.0492	0.0504	0.0546	0.0528	0.056	0.0572	0.0594
	R ²	0.8722	0.8559	0.8477	0.8196	0.8242	0.8076	0.7934	0.784
Pi		0	0	0	0	0	0	0	2
Peak		1	2	5	7	13	13	14	15

附表 2-56 第 3 季波浪資料評估分組組數的各種指標 ($0.5m < H_s < 1.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0926	0.0859	0.088	0.0745	0.0724	0.0665	0.0634	0.0581
	R ²	0.873	0.8474	0.801	0.806	0.774	0.7635	0.7483	0.7428
Erlang	MSE	0.0899	0.0829	0.0864	0.0729	0.0707	0.0649	0.0622	0.0569
	R ²	0.8917	0.8665	0.8169	0.8244	0.794	0.7845	0.7667	0.7615
Rayleigh	MSE	0.2063	0.1782	0.1643	0.1436	0.132	0.1206	0.112	0.103
	R ²	0.2649	0.2287	0.1888	0.1696	0.1429	0.124	0.1101	0.1019
L-H	MSE	0.0782	0.0751	0.072	0.0711	0.0623	0.0611	0.0589	0.0512
	R ²	0.8952	0.8813	0.8378	0.8464	0.8355	0.8572	0.8162	0.832
Pi		0	0	0	0	4	7	11	15
Peak		1	2	5	7	9	10	10	13

附表 2-57 第 3 季波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0782	0.071	0.0634	0.062	0.0556	0.0534	0.0487	0.0461
	R ²	0.8711	0.8513	0.834	0.8062	0.7997	0.779	0.7731	0.7602
Erlang	MSE	0.0735	0.0691	0.0613	0.0601	0.0542	0.0519	0.0476	0.045
	R ²	0.8896	0.8657	0.8497	0.8232	0.8154	0.795	0.7873	0.7748
Rayleigh	MSE	0.189	0.1669	0.1449	0.1323	0.1188	0.1096	0.1004	0.0935
	R ²	0.1924	0.1492	0.1291	0.104	0.0927	0.0822	0.0716	0.0637
L-H	MSE	0.0712	0.0687	0.0599	0.0544	0.0528	0.0497	0.0461	0.041
	R ²	0.8952	0.8863	0.879	0.88	0.8634	0.8712	0.8499	0.8493
Pi		0	0	0	1	4	9	12	12
Peak		1	2	2	4	7	8	8	10

附表 2-58 第 3 季波浪資料評估分組組數的各種指標(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0636	0.0515	0.0476	0.0477	0.0436	0.0409	0.0375	0.0365
	R ²	0.8851	0.8775	0.8597	0.8196	0.8105	0.7955	0.7856	0.7633
Erlang	MSE	0.0612	0.0499	0.0466	0.0463	0.0429	0.0401	0.0369	0.0359
	R ²	0.8978	0.8887	0.8719	0.8335	0.8212	0.8081	0.7953	0.7744
Rayleigh	MSE	0.1639	0.139	0.1223	0.1114	0.1003	0.0921	0.0844	0.0792
	R ²	0.1799	0.1356	0.1086	0.0823	0.075	0.0677	0.0597	0.0554
L-H	MSE	0.0598	0.0471	0.0461	0.0451	0.0402	0.0391	0.0354	0.0326
	R ²	0.917	0.8899	0.9003	0.8595	0.8641	0.8508	0.8363	0.8229
Pi		0	29	29	29	29	29	29	29
Peak		0	3	3	5	7	7	9	12

附表 2-59 第 3 季波浪資料評估分組組數的各種指標 (2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.06	0.0532	0.0495	0.043	0.039	0.0383	0.0381	0.0357
	R ²	0.8311	0.8024	0.784	0.7795	0.7669	0.741	0.7089	0.6971
Erlang	MSE	0.0649	0.0556	0.052	0.0448	0.0411	0.0399	0.0395	0.0369
	R ²	0.7975	0.7767	0.7584	0.7581	0.7437	0.719	0.6915	0.68
Rayleigh	MSE	0.129	0.1095	0.0972	0.0867	0.0781	0.0728	0.069	0.0642
	R ²	0.3773	0.3508	0.3268	0.307	0.2946	0.2688	0.2396	0.2236
L-H	MSE	0.0968	0.0928	0.0914	0.0874	0.0928	0.092	0.0964	0.0976
	R ²	0.6665	0.6789	0.6701	0.6773	0.6409	0.6433	0.626	0.614
Pi		0	0	0	0	0	0	1	2
Peak		1	1	3	4	7	8	11	13

附表 2-60 第 3 季波浪資料評估分組組數的各種指標 (3.0m<Hs)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0695	0.0641	0.0583	0.0521	0.0516	0.0437	0.0426	0.0413
	R ²	0.8109	0.766	0.7497	0.7215	0.6758	0.6924	0.6628	0.6279
Erlang	MSE	0.0651	0.061	0.0557	0.05	0.0499	0.0423	0.0415	0.0404
	R ²	0.8341	0.7904	0.773	0.7425	0.6954	0.7117	0.6793	0.6431
Rayleigh	MSE	0.1424	0.1239	0.1101	0.0977	0.0908	0.0814	0.0764	0.0713
	R ²	0.2291	0.1697	0.1411	0.1122	0.0975	0.0894	0.0812	0.0781
L-H	MSE	0.073	0.0742	0.0762	0.0758	0.0828	0.0784	0.084	0.085
	R ²	0.7267	0.7069	0.6912	0.6945	0.6539	0.6737	0.649	0.6315
Pi		0	0	0	0	1	1	2	5
Peak		0	0	2	5	6	8	11	13

附表 2-61 第 4 季波浪資料評估分組組數的各種指標 ($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0635	0.0573	0.0568	0.0522	0.0473	0.0442	0.0408	0.0395
	R ²	0.9107	0.8981	0.8681	0.8532	0.8474	0.8338	0.8294	0.8116
Erlang	MSE	0.0669	0.0601	0.0586	0.0536	0.0488	0.0454	0.042	0.0403
	R ²	0.906	0.8925	0.8643	0.849	0.8402	0.8271	0.8219	0.8057
Rayleigh	MSE	0.1642	0.1422	0.1276	0.1136	0.1021	0.0935	0.0857	0.0802
	R ²	0.372	0.3357	0.2968	0.2724	0.2529	0.2309	0.2171	0.2026
L-H	MSE	0.0722	0.0754	0.0702	0.0784	0.0802	0.0768	0.0838	0.0824
	R ²	0.8833	0.8513	0.8636	0.828	0.8204	0.8358	0.8073	0.8108
Pi		0	1	1	2	3	4	6	9
Peak		1	1	2	4	7	9	11	11

附表 2-62 第 4 季波浪資料評估分組組數的各種指標 ($0.5m < H_s < 1.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0733	0.0641	0.0657	0.0555	0.054	0.0494	0.0458	0.0428
	R ²	0.886	0.8851	0.8364	0.8421	0.8139	0.8032	0.798	0.791
Erlang	MSE	0.0682	0.0611	0.0629	0.053	0.0519	0.0476	0.0444	0.0413
	R ²	0.9085	0.9035	0.8574	0.8629	0.8355	0.8239	0.817	0.8118
Rayleigh	MSE	0.1753	0.154	0.1384	0.1218	0.1114	0.101	0.0934	0.087
	R ²	0.2536	0.2133	0.1673	0.1406	0.1185	0.1042	0.0955	0.0842
L-H	MSE	0.0662	0.0592	0.0512	0.0478	0.0452	0.0443	0.0431	0.0402
	R ²	0.9277	0.9247	0.9245	0.9141	0.9072	0.8989	0.8935	0.901
Pi		0	0	1	4	6	10	11	12
Peak		1	2	2	4	5	9	10	11

附表 2-63 第 4 季波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0527	0.0455	0.0456	0.0399	0.0399	0.0351	0.034	0.0324
	R ²	0.9292	0.9212	0.8919	0.8929	0.8643	0.8656	0.8495	0.8407
Erlang	MSE	0.0522	0.0467	0.0461	0.0403	0.04	0.0351	0.0342	0.0325
	R ²	0.932	0.9182	0.8919	0.8922	0.8656	0.8678	0.8496	0.8403
Rayleigh	MSE	0.1629	0.1385	0.1244	0.11	0.0999	0.0905	0.0838	0.078
	R ²	0.2776	0.2359	0.1981	0.1774	0.1503	0.1381	0.1245	0.1125
L-H	MSE	0.077	0.0712	0.075	0.0716	0.0744	0.0776	0.0752	0.08
	R ²	0.8977	0.8873	0.8697	0.8781	0.8634	0.854	0.8553	0.84
Pi		0	0	0	0	0	2	3	4
Peak		1	1	4	5	5	7	10	13

附表 2-64 第 4 季波浪資料評估分組組數的各種指標(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0503	0.047	0.0441	0.0418	0.0398	0.0363	0.0362	0.0336
	R ²	0.9225	0.8986	0.8831	0.8567	0.8416	0.8318	0.8053	0.7948
Erlang	MSE	0.0501	0.0465	0.0443	0.0413	0.04	0.036	0.0362	0.0335
	R ²	0.9271	0.9033	0.8845	0.8616	0.8422	0.836	0.8077	0.7976
Rayleigh	MSE	0.1551	0.1334	0.1176	0.1056	0.0963	0.0875	0.0818	0.0755
	R ²	0.2609	0.2131	0.1791	0.1519	0.1337	0.1176	0.1065	0.0949
L-H	MSE	0.0768	0.0676	0.0698	0.072	0.0722	0.0748	0.0748	0.0782
	R ²	0.9071	0.8876	0.8813	0.8674	0.8532	0.8437	0.8385	0.8145
Pi		0	29	29	29	29	29	29	29
Peak		0	2	2	4	6	9	10	13

附表 2-65 第 4 季波浪資料評估分組組數的各種指標 (2.0m<Hs<3.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0677	0.0509	0.0579	0.0502	0.045	0.046	0.0419	0.0398
	R ²	0.9019	0.9101	0.8534	0.8578	0.848	0.8143	0.8071	0.7919
Erlang	MSE	0.0657	0.0498	0.0561	0.0493	0.044	0.0452	0.0413	0.039
	R ²	0.9114	0.9168	0.8659	0.8657	0.8578	0.8237	0.8155	0.8024
Rayleigh	MSE	0.1813	0.1491	0.137	0.1213	0.1085	0.1017	0.0931	0.0862
	R ²	0.186	0.1514	0.1041	0.0874	0.0783	0.0622	0.0584	0.0503
L-H	MSE	0.0602	0.0598	0.0514	0.0562	0.0582	0.0586	0.0626	0.066
	R ²	0.9509	0.9378	0.9483	0.9298	0.9216	0.9132	0.8971	0.8901
Pi		0	0	0	0	3	6	8	10
Peak		1	3	3	4	8	8	12	13

附表 2-66 第 4 季波浪資料評估分組組數的各種指標 (3.0m<Hs)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0642	0.0569	0.0506	0.0489	0.0459	0.0421	0.0387	0.0389
	R ²	0.8527	0.8259	0.81	0.7779	0.7503	0.7325	0.7309	0.6898
Erlang	MSE	0.0581	0.0516	0.0471	0.046	0.0431	0.0396	0.0369	0.0373
	R ²	0.8827	0.8569	0.8368	0.804	0.7783	0.7616	0.7544	0.7135
Rayleigh	MSE	0.1392	0.1205	0.1061	0.0961	0.0876	0.0796	0.0736	0.0698
	R ²	0.3007	0.2359	0.2133	0.1826	0.1589	0.1442	0.1345	0.1152
L-H	MSE	0.0402	0.0404	0.0434	0.0456	0.0474	0.0498	0.0514	0.0558
	R ²	0.9124	0.8775	0.8644	0.8437	0.8301	0.809	0.8024	0.7706
Pi		0	0	0	1	2	3	5	8
Peak		0	2	3	5	7	10	11	13

附表 2-67 第 2 季與第 3 季合併後波浪資料評估分組組數的各種指標

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0845	0.0820	0.0802	0.0676	0.0666	0.0609	0.0562	0.0534
	R ²	0.8835	0.8537	0.8208	0.8240	0.7940	0.7818	0.7767	0.7629
Erlang	MSE	0.0851	0.0809	0.0791	0.0668	0.0657	0.0601	0.0553	0.0527
	R ²	0.8917	0.8660	0.8339	0.8361	0.8076	0.7958	0.7911	0.7771
Rayleigh	MSE	0.1908	0.1679	0.1524	0.1328	0.1227	0.1117	0.1023	0.0957
	R ²	0.3157	0.2641	0.2233	0.2081	0.1787	0.1625	0.1482	0.1339
L-H	MSE	0.0522	0.0439	0.0346	0.0345	0.0312	0.0267	0.0251	0.0235
	R ²	0.9312	0.9108	0.9127	0.9068	0.9010	0.8889	0.8959	0.8739
Normal	MSE	0.0406	0.0376	0.0367	0.0349	0.0341	0.0339	0.0337	0.031
	R ²	0.9402	0.9284	0.9203	0.9169	0.8873	0.8864	0.8812	0.8360
Pi		0	0	0	0	2	4	7	6
Peak		0	2	4	5	7	11	13	15

附表 2-68 第 1 季不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0571	0.0525	0.0460	0.0476	0.0408	0.0392	0.0365	0.0345
	R ²	0.9149	0.8951	0.8892	0.8521	0.8542	0.8331	0.8276	0.8128
Erlang	MSE	0.0547	0.0501	0.0443	0.0464	0.0395	0.0379	0.0358	0.0337
	R ²	0.9286	0.9091	0.9023	0.8656	0.8664	0.8480	0.8387	0.8248
Rayleigh	MSE	0.1630	0.1401	0.1230	0.1131	0.0995	0.0920	0.0850	0.0786
	R ²	0.2162	0.1552	0.1213	0.0894	0.0754	0.0656	0.0544	0.0467
L-H	MSE	0.0383	0.0398	0.0357	0.0378	0.0341	0.0354	0.0355	0.0386
	R ²	0.9402	0.9284	0.9203	0.9169	0.8873	0.8864	0.8812	0.8360
Normal	MSE	0.0300	0.0335	0.0297	0.0314	0.0342	0.0309	0.0336	0.0351
	R ²	0.9413	0.9289	0.9289	0.9246	0.9296	0.9288	0.9228	0.9114
Pi		0	0	1	0	1	5	8	10
Peak		0	2	3	6	9	12	15	16

附表 2-69 第 4 季不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0656	0.0594	0.0562	0.0554	0.0492	0.0473	0.0428	0.0404
	R ²	0.9103	0.9035	0.8807	0.8542	0.8498	0.8323	0.8282	0.8222
Erlang	MSE	0.0684	0.0596	0.0567	0.0557	0.0493	0.0474	0.0428	0.0405
	R ²	0.9089	0.9051	0.8810	0.8555	0.8509	0.8341	0.8308	0.8242
Rayleigh	MSE	0.1972	0.1722	0.1527	0.1376	0.1239	0.1124	0.1040	0.0971
	R ²	0.2266	0.1846	0.1513	0.1262	0.1150	0.1030	0.0921	0.0838
L-H	MSE	0.0395	0.0361	0.0365	0.0346	0.0361	0.0348	0.0388	0.0381
	R ²	0.9413	0.9289	0.9289	0.9246	0.9296	0.9288	0.9228	0.9114
Normal	MSE	0.0383	0.0398	0.0357	0.0378	0.0341	0.0354	0.0355	0.0386
	R ²	0.9541	0.9316	0.9272	0.9251	0.9169	0.9203	0.8987	0.9024
Pi		0	0	1	0	1	5	8	10
Peak		0	1	3	4	8	12	14	16

附表 2-70 1 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0656	0.0594	0.0562	0.0554	0.0492	0.0473	0.0428	0.0404
	R ²	0.9103	0.9035	0.8807	0.8542	0.8498	0.8323	0.8282	0.8222
Erlang	MSE	0.0684	0.0596	0.0567	0.0557	0.0493	0.0474	0.0428	0.0405
	R ²	0.9089	0.9051	0.8810	0.8555	0.8509	0.8341	0.8308	0.8242
Rayleigh	MSE	0.1898	0.1648	0.1455	0.1318	0.1178	0.1085	0.0990	0.0922
	R ²	0.1982	0.1441	0.1076	0.0849	0.0744	0.0634	0.0563	0.0522
L-H	MSE	0.0395	0.0361	0.0365	0.0346	0.0361	0.0348	0.0388	0.0381
	R ²	0.9541	0.9316	0.9272	0.9251	0.9169	0.9203	0.8987	0.9024
Pi		0	0	0	1	2	3	7	10
Peak		0	2	3	6	8	11	15	17

附表 2-71 2 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0656	0.0594	0.0562	0.0554	0.0492	0.0473	0.0428	0.0404
	R ²	0.9103	0.9035	0.8807	0.8542	0.8498	0.8323	0.8282	0.8222
Erlang	MSE	0.0684	0.0596	0.0567	0.0557	0.0493	0.0474	0.0428	0.0405
	R ²	0.9089	0.9051	0.8810	0.8555	0.8509	0.8341	0.8308	0.8242
Rayleigh	MSE	0.1972	0.1722	0.1527	0.1376	0.1239	0.1124	0.1040	0.0971
	R ²	0.2266	0.1846	0.1513	0.1262	0.1150	0.1030	0.0921	0.0838
L-H	MSE	0.0383	0.0398	0.0357	0.0378	0.0341	0.0354	0.0355	0.0386
	R ²	0.9413	0.9289	0.9289	0.9246	0.9296	0.9288	0.9228	0.9114
Normal	MSE	0.0395	0.0361	0.0365	0.0346	0.0361	0.0348	0.0388	0.0381
	R ²	0.9541	0.9316	0.9272	0.9251	0.9169	0.9203	0.8987	0.9024
Pi		0	0	1	0	1	5	8	10
Peak		0	1	3	4	8	12	14	16

附表 2-72 3 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0658	0.0709	0.0583	0.0575	0.0514	0.0502	0.0447	0.0442
	R ²	0.9247	0.8690	0.8820	0.8506	0.8500	0.8264	0.8304	0.8043
Erlang	MSE	0.0697	0.0701	0.0586	0.0575	0.0521	0.0506	0.0447	0.0444
	R ²	0.9205	0.8789	0.8848	0.8590	0.8521	0.8320	0.8372	0.8099
Rayleigh	MSE	0.1757	0.1609	0.1393	0.1260	0.1137	0.1044	0.0955	0.0891
	R ²	0.3661	0.3009	0.2808	0.2469	0.2318	0.2058	0.1919	0.1771
L-H	MSE	0.0349	0.0278	0.0364	0.0287	0.0365	0.0345	0.0350	0.0383
	R ²	0.8887	0.9420	0.8770	0.9217	0.8763	0.8828	0.8804	0.8599
Pi		0	1	3	3	3	5	8	13
Peak		0	2	5	6	9	12	13	15

附表 2-73 4 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0985	0.0883	0.0835	0.0751	0.0699	0.0646	0.0615	0.0557
	R ²	0.8562	0.8190	0.7883	0.7773	0.7546	0.7490	0.7268	0.7287
Erlang	MSE	0.0949	0.0843	0.0798	0.0724	0.0670	0.0625	0.0594	0.0539
	R ²	0.8778	0.8461	0.8180	0.8040	0.7857	0.7762	0.7556	0.7567
Rayleigh	MSE	0.1927	0.1648	0.1486	0.1321	0.1202	0.1103	0.1024	0.0937
	R ²	0.3164	0.2766	0.2403	0.2218	0.1978	0.1878	0.1709	0.1624
L-H	MSE	0.0262	0.0277	0.0291	0.0296	0.0308	0.0332	0.0345	0.0352
	R ²	0.9522	0.9306	0.9287	0.9256	0.9213	0.9107	0.9073	0.9002
Pi		0	0	0	0	3	5	5	7
Peak		0	0	1	5	7	10	11	15

附表 2-74 5 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0737	0.0684	0.0661	0.0623	0.0574	0.0514	0.0491	0.0464
	R ²	0.9100	0.8899	0.8622	0.8436	0.8302	0.8309	0.8153	0.8069
Erlang	MSE	0.0728	0.0677	0.0651	0.0613	0.0566	0.0506	0.0484	0.0457
	R ²	0.9157	0.8970	0.8703	0.8527	0.8390	0.8405	0.8252	0.8171
Rayleigh	MSE	0.1972	0.1722	0.1527	0.1376	0.1239	0.1124	0.1040	0.0971
	R ²	0.2266	0.1846	0.1513	0.1262	0.1150	0.1030	0.0921	0.0838
L-H	MSE	0.0383	0.0398	0.0357	0.0378	0.0341	0.0354	0.0355	0.0386
	R ²	0.9413	0.9289	0.9289	0.9246	0.9296	0.9288	0.9228	0.9114
Pi		0	0	0	1	1	7	13	15
Peak		0	1	1	3	7	11	13	14

附表 2-75 6 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0679	0.0702	0.0613	0.0538	0.0542	0.0459	0.0464	0.0423
	R ²	0.8711	0.8115	0.8104	0.7963	0.7535	0.7688	0.7323	0.7295
Erlang	MSE	0.0704	0.0713	0.0622	0.0543	0.0548	0.0465	0.0469	0.0429
	R ²	0.8689	0.8090	0.8095	0.7943	0.7504	0.7651	0.7281	0.7242
Rayleigh	MSE	0.1357	0.1229	0.1073	0.0948	0.0882	0.0787	0.0751	0.0692
	R ²	0.4767	0.4206	0.3936	0.3654	0.3295	0.3185	0.2817	0.2728
L-H	MSE	0.0347	0.0422	0.0368	0.0378	0.0394	0.0385	0.0403	0.0414
	R ²	0.7993	0.7483	0.7823	0.7631	0.7400	0.7426	0.7278	0.7210
Pi		0	0	0	0	1	0	1	5
Peak		0	0	1	2	17	23	21	19

附表 2-76 7 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0849	0.0751	0.0741	0.0691	0.0640	0.0575	0.0553	0.0505
	R ²	0.8795	0.8604	0.8251	0.8060	0.7905	0.7829	0.7658	0.7653
Erlang	MSE	0.0820	0.0740	0.0723	0.0679	0.0625	0.0566	0.0543	0.0496
	R ²	0.8948	0.8726	0.8405	0.8203	0.8075	0.7974	0.7814	0.7807
Rayleigh	MSE	0.1943	0.1681	0.1512	0.1362	0.1238	0.1116	0.1043	0.0957
	R ²	0.2456	0.2086	0.1781	0.1509	0.1344	0.1263	0.1130	0.1063
L-H	MSE	0.0264	0.0255	0.0241	0.0241	0.0273	0.0275	0.0305	0.0288
	R ²	0.9588	0.9602	0.9556	0.9571	0.9410	0.9382	0.9264	0.9333
Pi		0	0	0	2	5	9	9	11
Peak		0	0	2	3	7	11	13	15

附表 2-77 8 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0738	0.0653	0.0653	0.0556	0.0542	0.0490	0.0458	0.0429
	R ²	0.8810	0.8762	0.8306	0.8353	0.8056	0.7982	0.7912	0.7829
Erlang	MSE	0.0686	0.0621	0.0623	0.0531	0.0521	0.0471	0.0444	0.0414
	R ²	0.9044	0.8955	0.8524	0.8569	0.8280	0.8197	0.8108	0.8043
Rayleigh	MSE	0.1744	0.1535	0.1369	0.1209	0.1107	0.1000	0.0926	0.0865
	R ²	0.2546	0.2126	0.1673	0.1406	0.1178	0.1041	0.0956	0.0840
L-H	MSE	0.0335	0.0298	0.0304	0.0293	0.0305	0.0313	0.0326	0.0315
	R ²	0.9283	0.9250	0.9245	0.9147	0.9074	0.8987	0.8930	0.9012
Pi		0	0	1	4	6	10	11	12
Peak		0	1	1	3	5	6	11	13

附表 2-78 9 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0899	0.0706	0.0702	0.0621	0.0558	0.0542	0.0478	0.0462
	R ²	0.7820	0.7915	0.7419	0.7319	0.7234	0.6926	0.6942	0.6732
Erlang	MSE	0.0849	0.0672	0.0672	0.0597	0.0535	0.0525	0.0462	0.0450
	R ²	0.8187	0.8241	0.7741	0.7635	0.7541	0.7219	0.7222	0.6982
Rayleigh	MSE	0.1667	0.1401	0.1266	0.1127	0.1011	0.0942	0.0853	0.0803
	R ²	0.2586	0.2162	0.1801	0.1569	0.1350	0.1184	0.1064	0.0959
L-H	MSE	0.0422	0.0384	0.0411	0.0376	0.0427	0.0421	0.0428	0.0434
	R ²	0.7755	0.7765	0.7640	0.7758	0.7446	0.7468	0.7398	0.7298
Pi		0	0	0	1	1	2	4	5
Peak		0	2	3	5	7	11	13	16

附表 2-79 10 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0620	0.0604	0.0588	0.0513	0.0516	0.0451	0.0423	0.0417
	R ²	0.9207	0.8955	0.8697	0.8648	0.8318	0.8369	0.8260	0.8081
Erlang	MSE	0.0639	0.0600	0.0594	0.0509	0.0513	0.0449	0.0422	0.0416
	R ²	0.9196	0.8991	0.8683	0.8693	0.8362	0.8408	0.8302	0.8110
Rayleigh	MSE	0.1874	0.1627	0.1451	0.1286	0.1179	0.1062	0.0982	0.0920
	R ²	0.1863	0.1347	0.1042	0.0825	0.0712	0.0625	0.0556	0.0516
L-H	MSE	0.0388	0.0368	0.0339	0.0346	0.0356	0.0358	0.0378	0.0392
	R ²	0.9450	0.9321	0.9358	0.9234	0.9207	0.9138	0.9029	0.8964
Pi		0	0	0	0	2	4	6	7
Peak		0	0	2	3	6	9	11	15

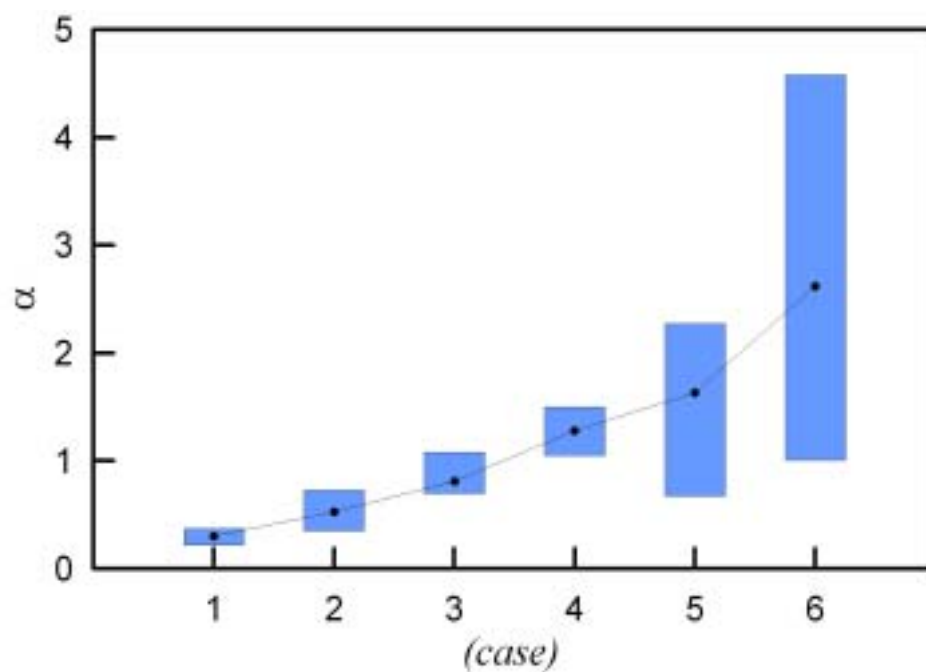
附表 2-80 11 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0656	0.0594	0.0562	0.0554	0.0492	0.0473	0.0428	0.0404
	R ²	0.9103	0.9035	0.8807	0.8542	0.8498	0.8323	0.8282	0.8222
Erlang	MSE	0.0684	0.0596	0.0567	0.0557	0.0493	0.0474	0.0428	0.0405
	R ²	0.9089	0.9051	0.8810	0.8555	0.8509	0.8341	0.8308	0.8242
Rayleigh	MSE	0.1898	0.1648	0.1455	0.1318	0.1178	0.1085	0.0990	0.0922
	R ²	0.1982	0.1441	0.1076	0.0849	0.0744	0.0634	0.0563	0.0522
L-H	MSE	0.0395	0.0361	0.0365	0.0346	0.0361	0.0348	0.0388	0.0381
	R ²	0.9541	0.9316	0.9272	0.9251	0.9169	0.9203	0.8987	0.9024
Pi		0	0	0	1	2	3	7	10
Peak		0	1	1	3	7	8	13	14

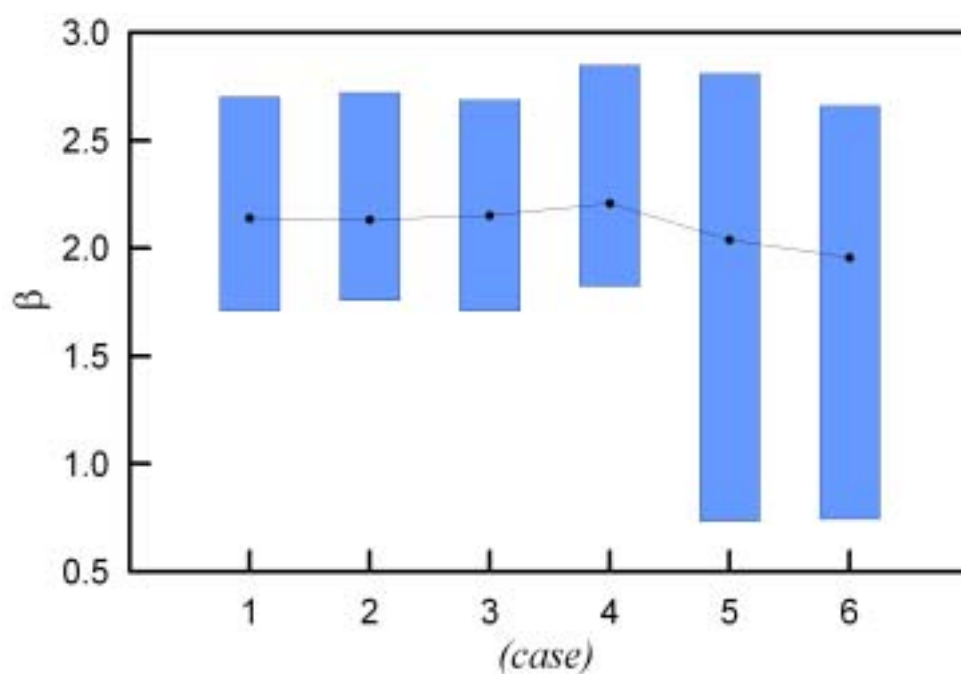
附表 2-81 12 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0571	0.0525	0.0460	0.0476	0.0408	0.0392	0.0365	0.0345
	R ²	0.9149	0.8951	0.8892	0.8521	0.8542	0.8331	0.8276	0.8128
Erlang	MSE	0.0547	0.0501	0.0443	0.0464	0.0395	0.0379	0.0358	0.0337
	R ²	0.9286	0.9091	0.9023	0.8656	0.8664	0.8480	0.8387	0.8248
Rayleigh	MSE	0.1630	0.1401	0.1230	0.1131	0.0995	0.0920	0.0850	0.0786
	R ²	0.2162	0.1552	0.1213	0.0894	0.0754	0.0656	0.0544	0.0467
L-H	MSE	0.0300	0.0335	0.0297	0.0314	0.0342	0.0309	0.0336	0.0351
	R ²	0.9407	0.9010	0.9168	0.8966	0.8714	0.8999	0.8732	0.8607
Pi		0	0	1	0	1	5	8	10
Peak		0	0	3	7	11	13	15	17

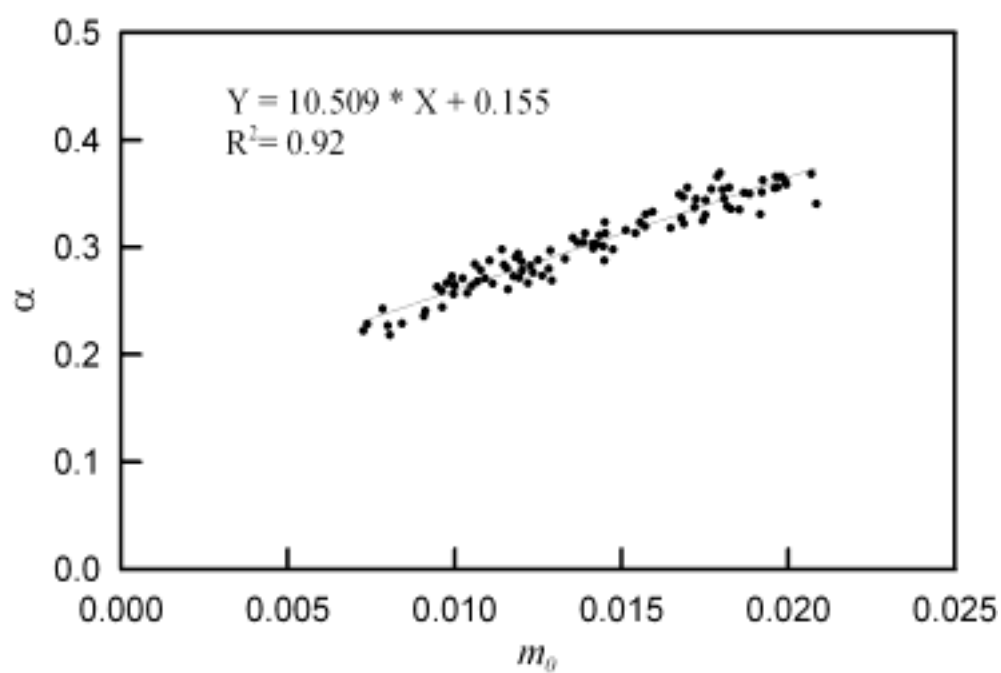
附圖 1



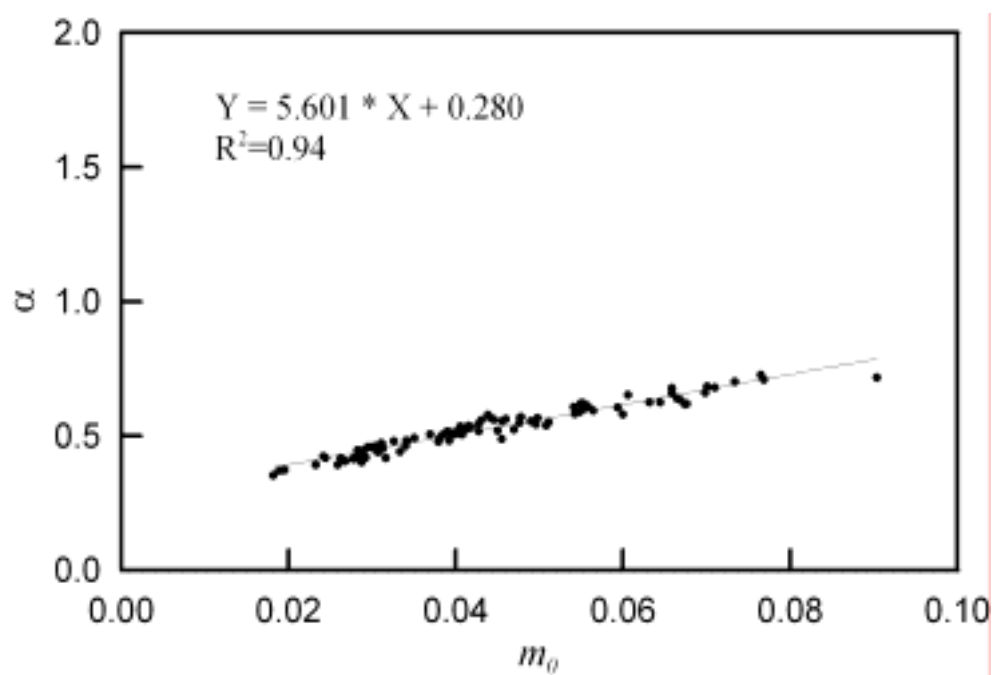
附圖 1-1 2004 年波高資料各區間 Weibull 分佈之 α 分佈範圍



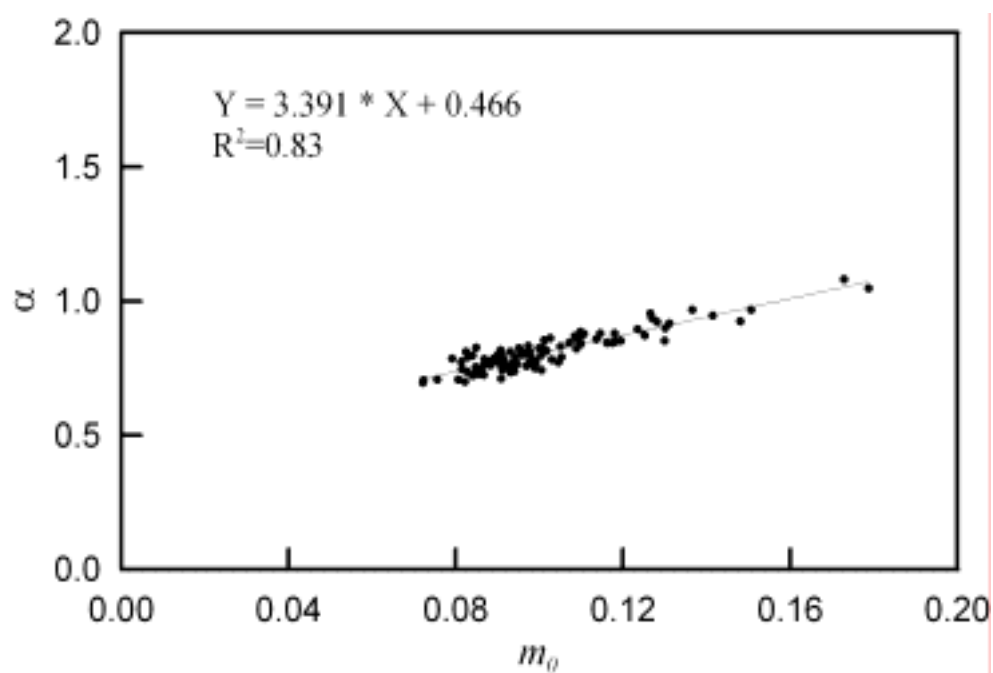
附圖 1-2 2004 年波高資料各區間 Weibull 分佈之 β 分佈範圍



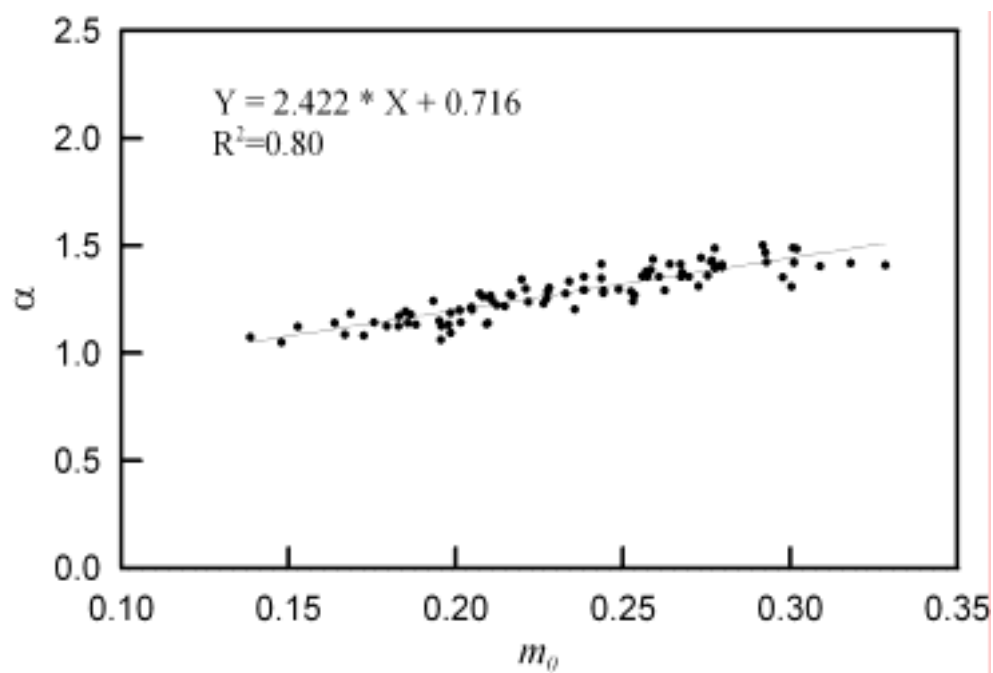
附圖 1-3 2004 年波高資料水位時序列之 m_0 與 α 關係($H_s < 0.5\text{m}$)



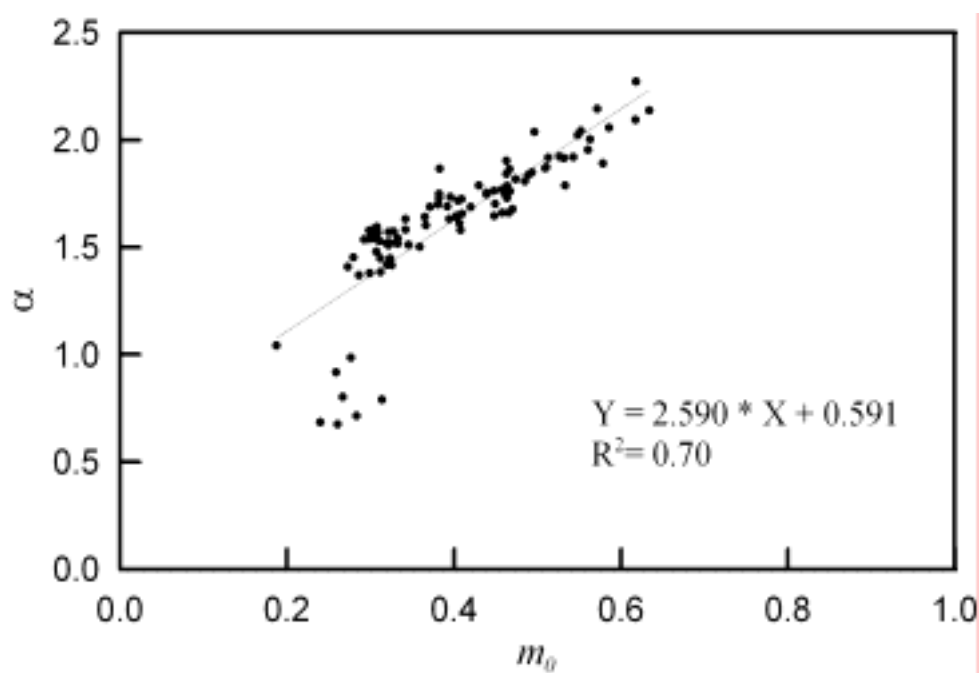
附圖 1-4 2004 年波高資料水位時序列之 m_0 與 α 關係($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)



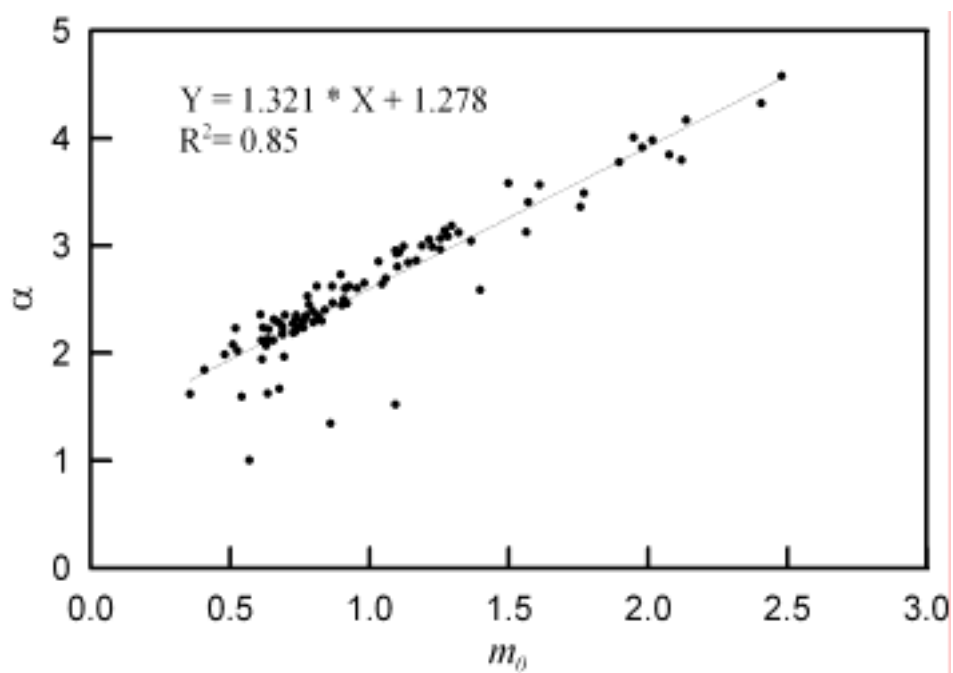
附圖 1-5 2004 年波高資料水位時序列之 m_0 與 α 關係($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)



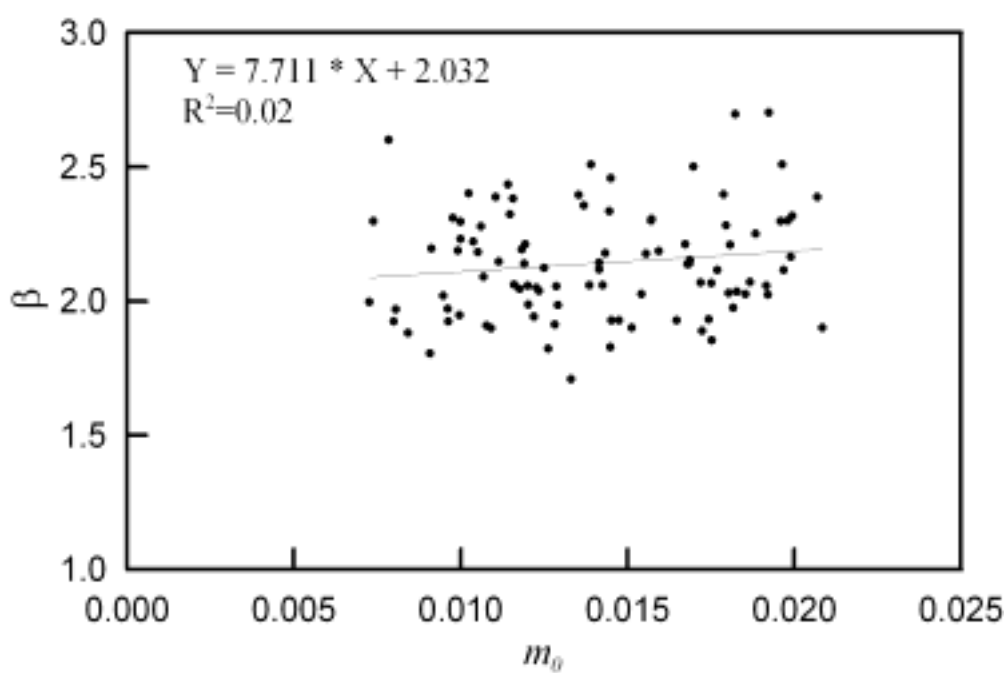
附圖 1-6 2004 年波高資料水位時序列之 m_0 與 α 關係($1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$)



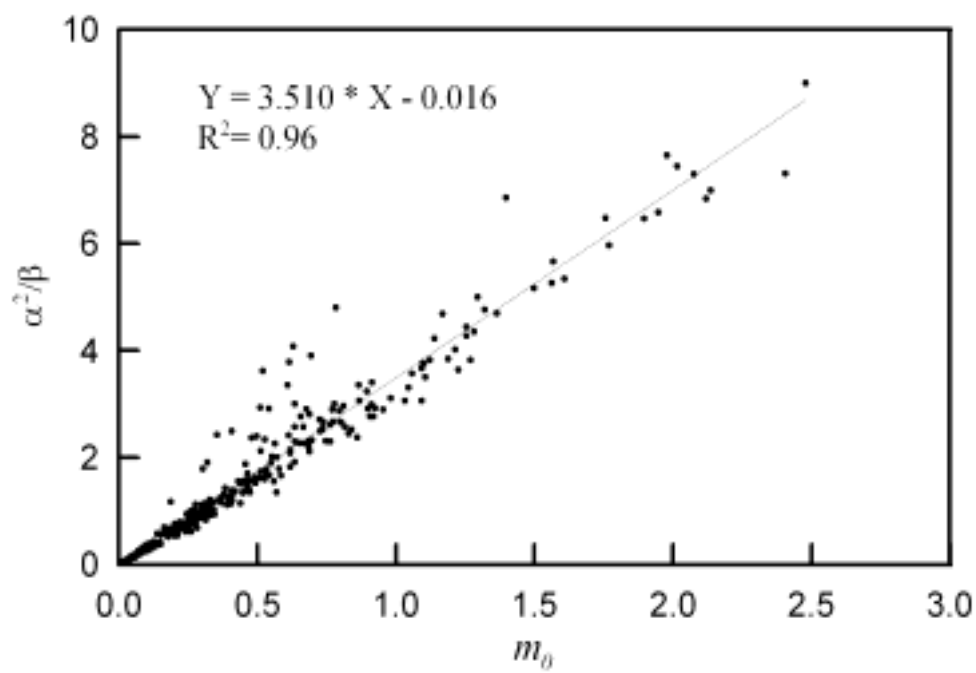
附圖 1-7 2004 年波高資料水位時序列之 m_0 與 α 關係($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)



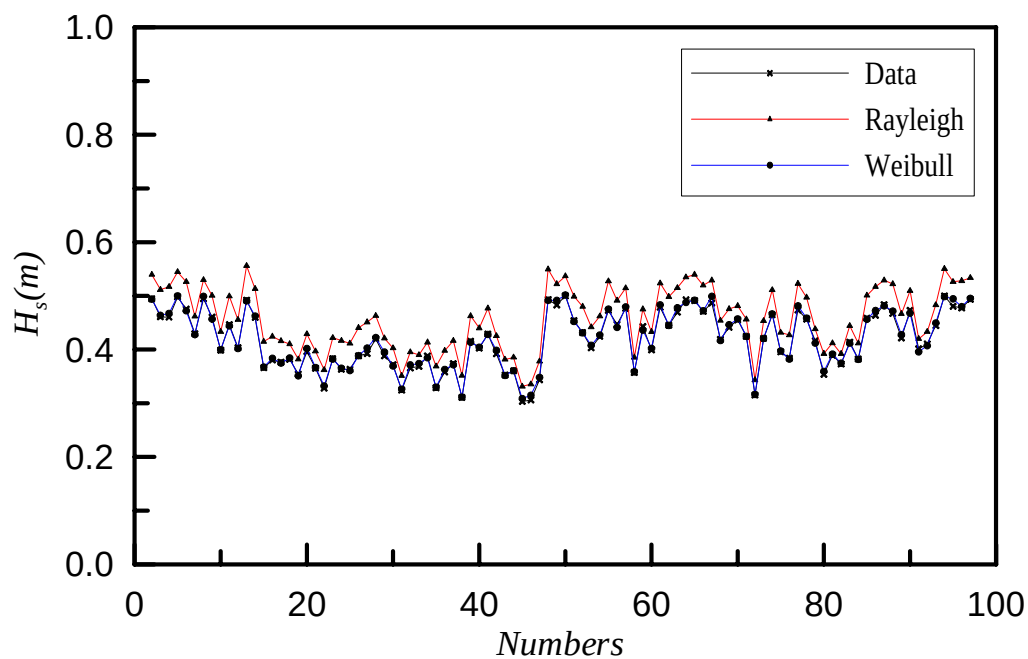
附圖 1-8 2004 年波高資料水位時序列之 m_0 與 α 關係($H_s > 3.0\text{m}$)



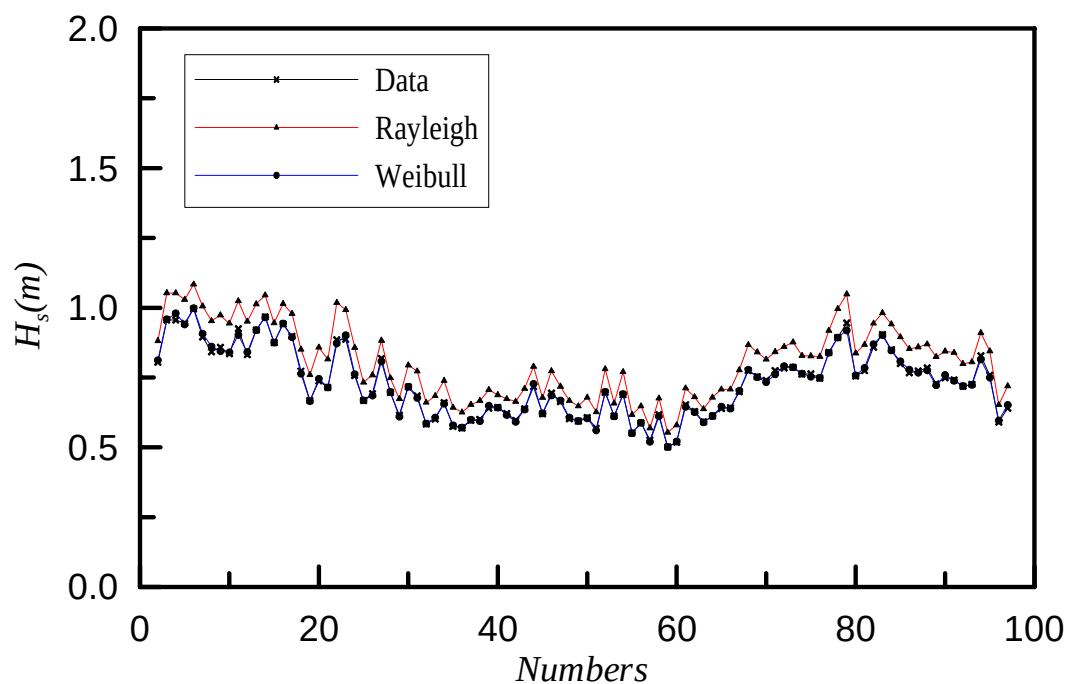
附圖 1-9 2004 年波高資料水位時序列之 m_0 與 β 關係($H < 0.5\text{m}$)



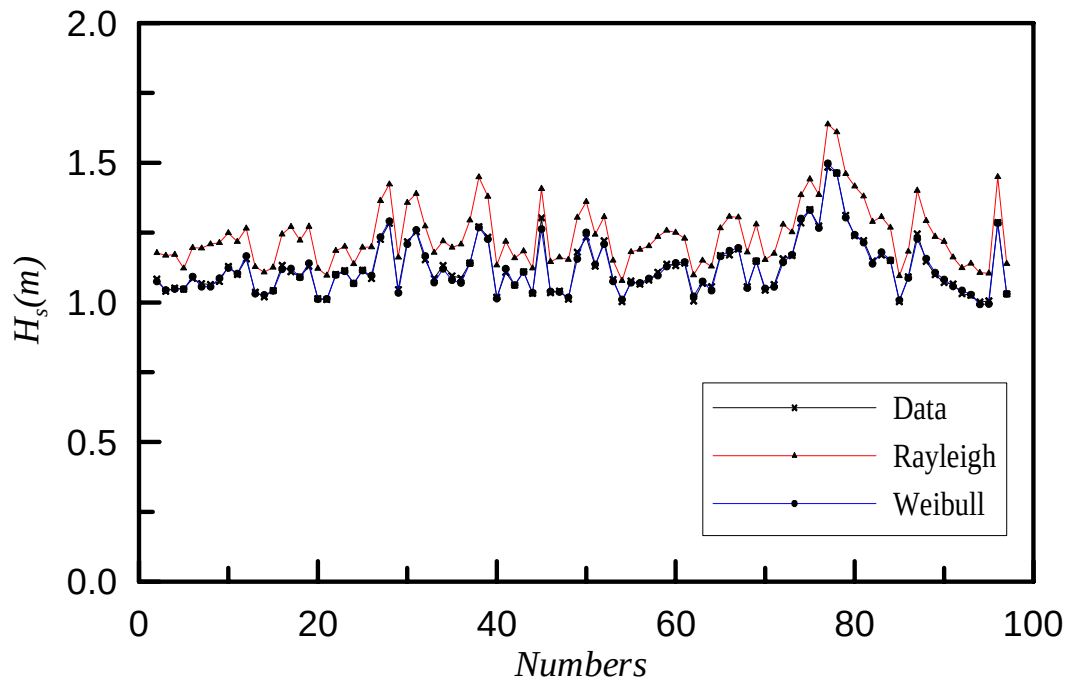
附圖 1-10 2004 年全年波高資料水位時序列之 m_0 與 α^2/β 關係



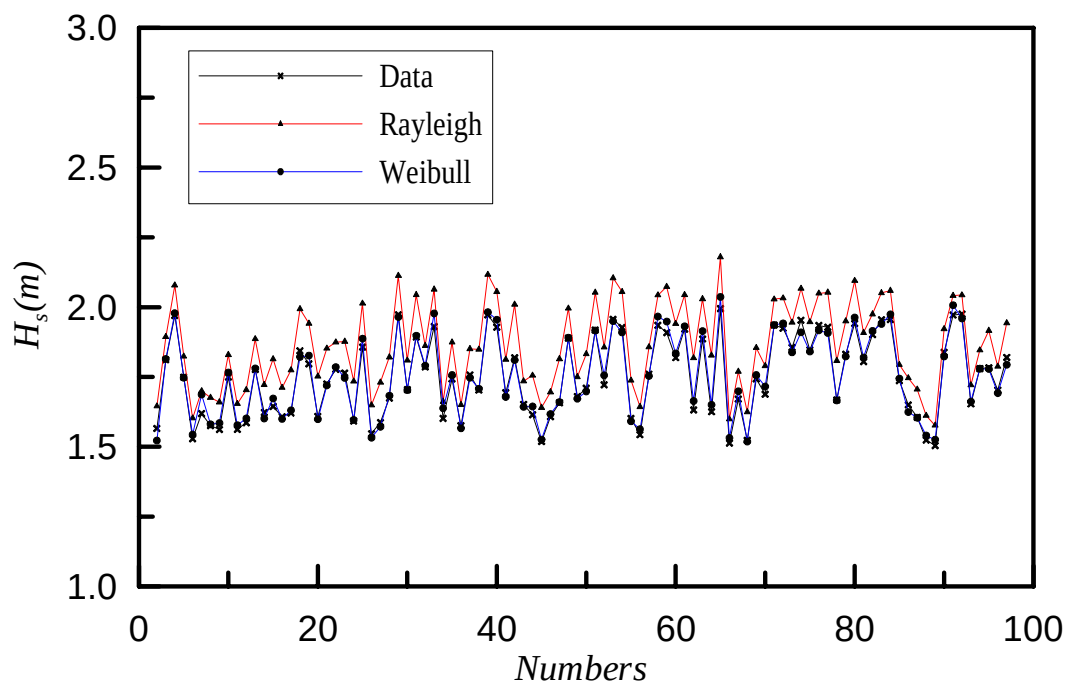
附圖 1-11 示性波高實際值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值比較圖
($H_s < 0.5\text{m}$)



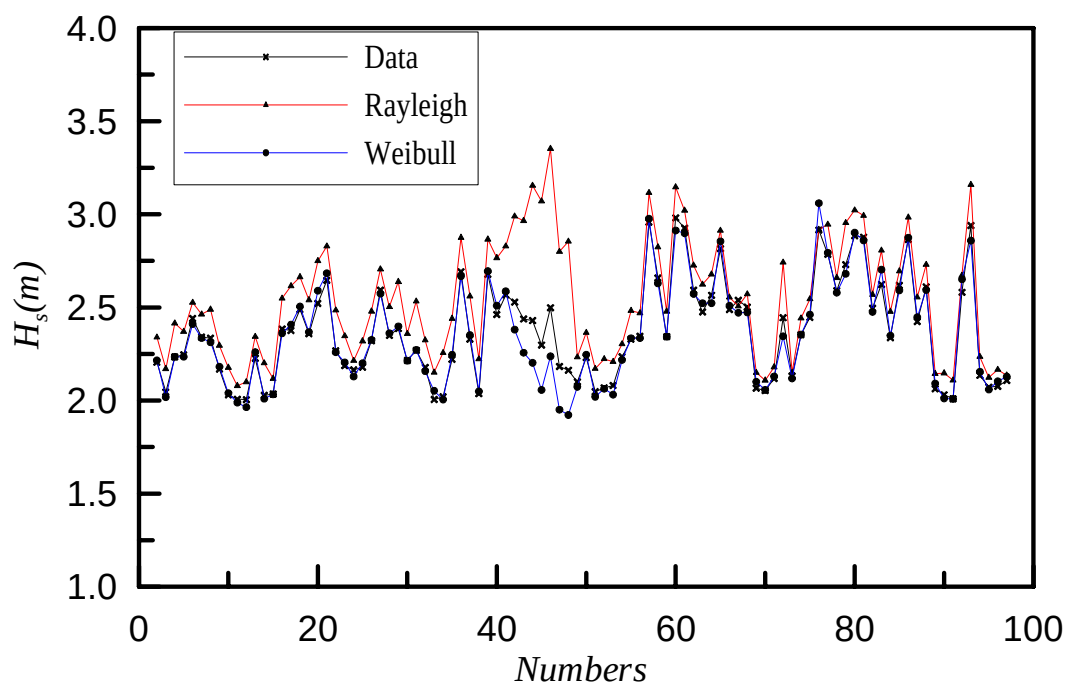
附圖 1-12 示性波高實際值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值比較圖
($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)



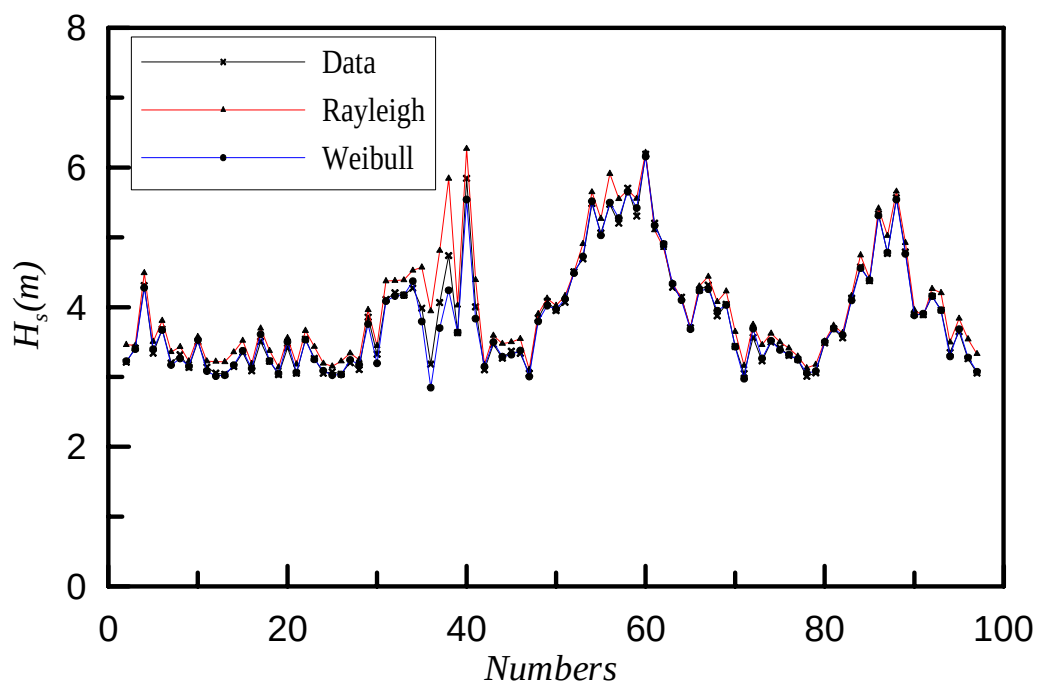
附圖 1-13 示性波高實際值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值比較圖
($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)



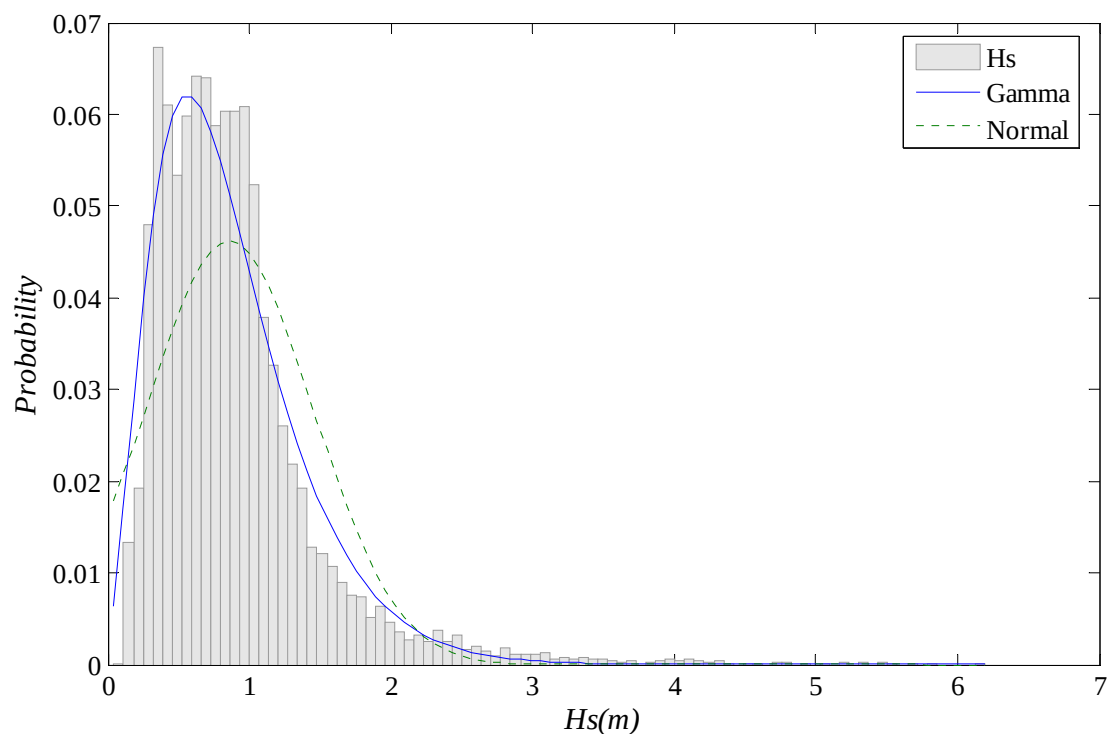
附圖 1-14 示性波高實際值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值比較圖
($1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$)



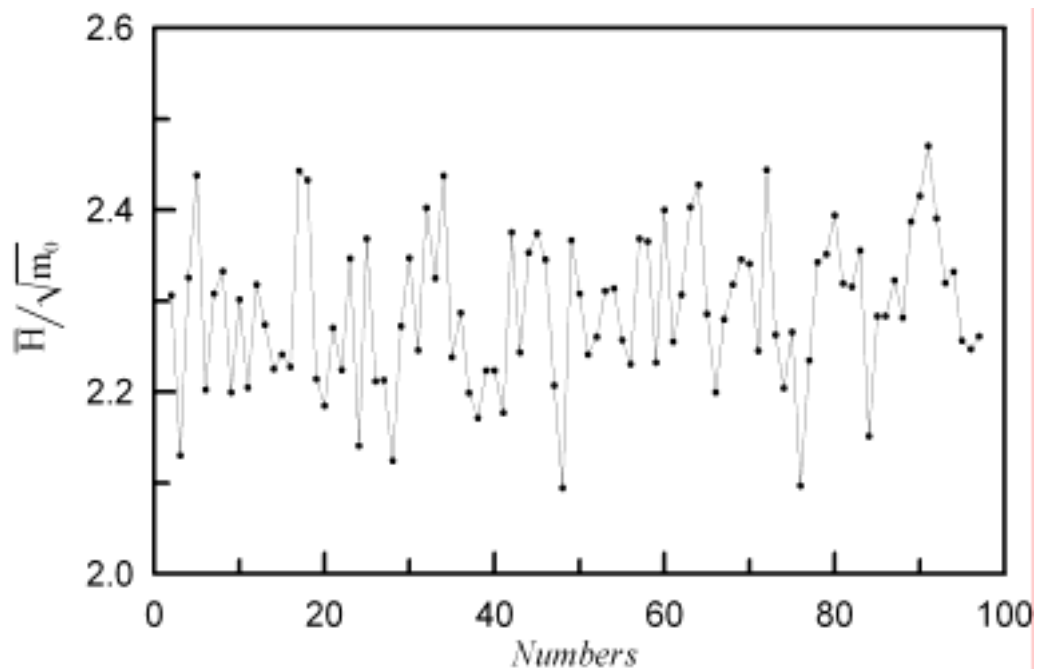
附圖 1-15 示性波高實際值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值比較圖
($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)



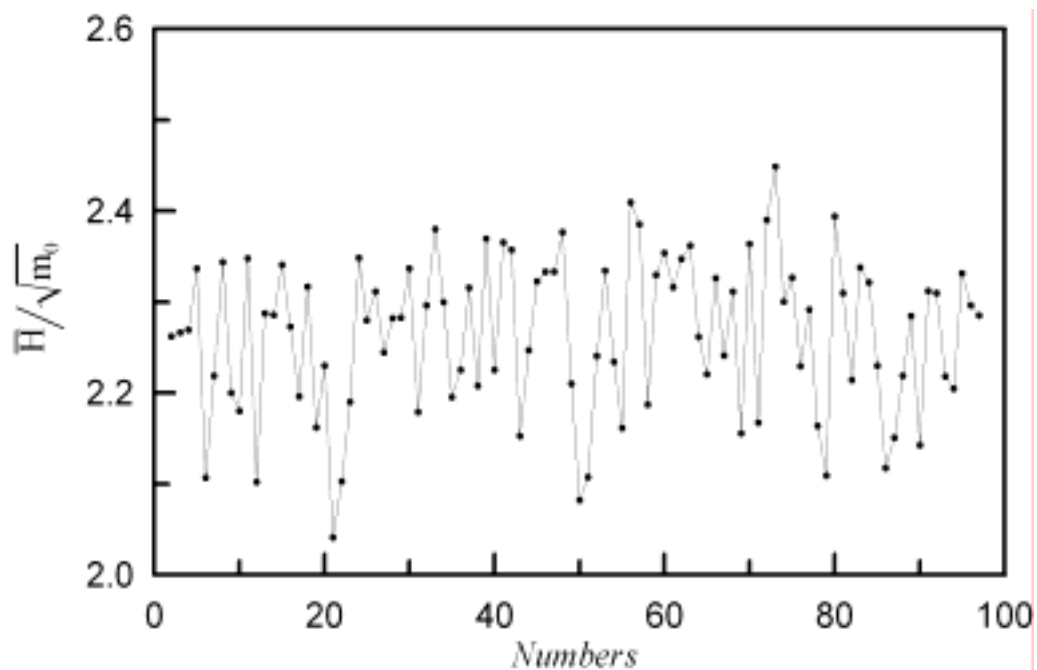
附圖 1-16 示性波高實際值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值比較圖
($H_s > 3.0\text{m}$)



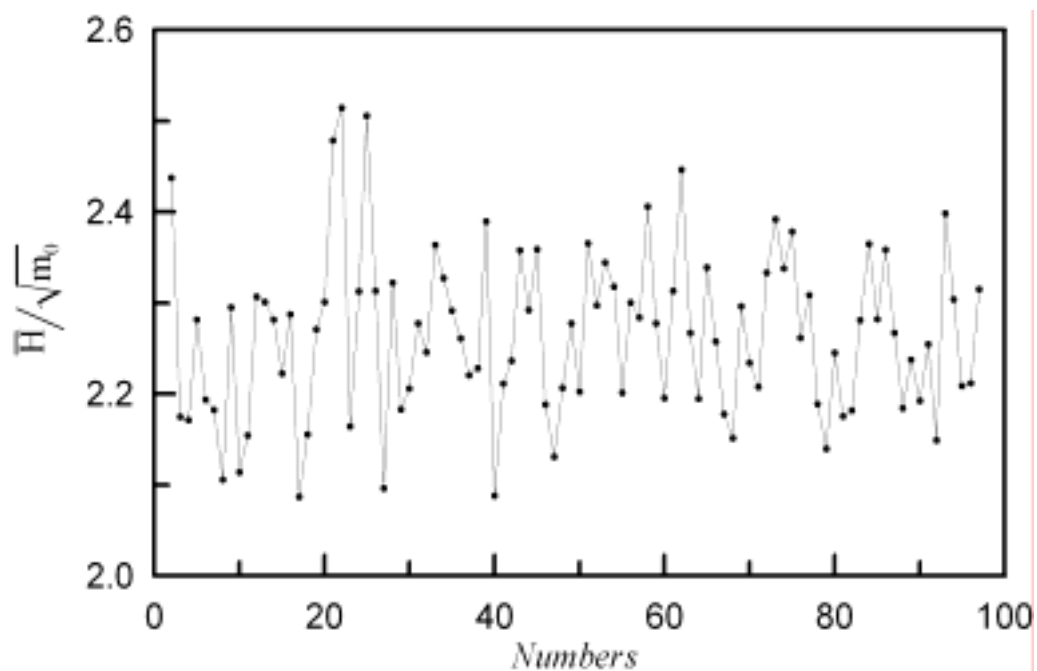
附圖 1-17 2004 年全年實際 H_s 分佈與 Gamma 及 Normal 分佈比較圖



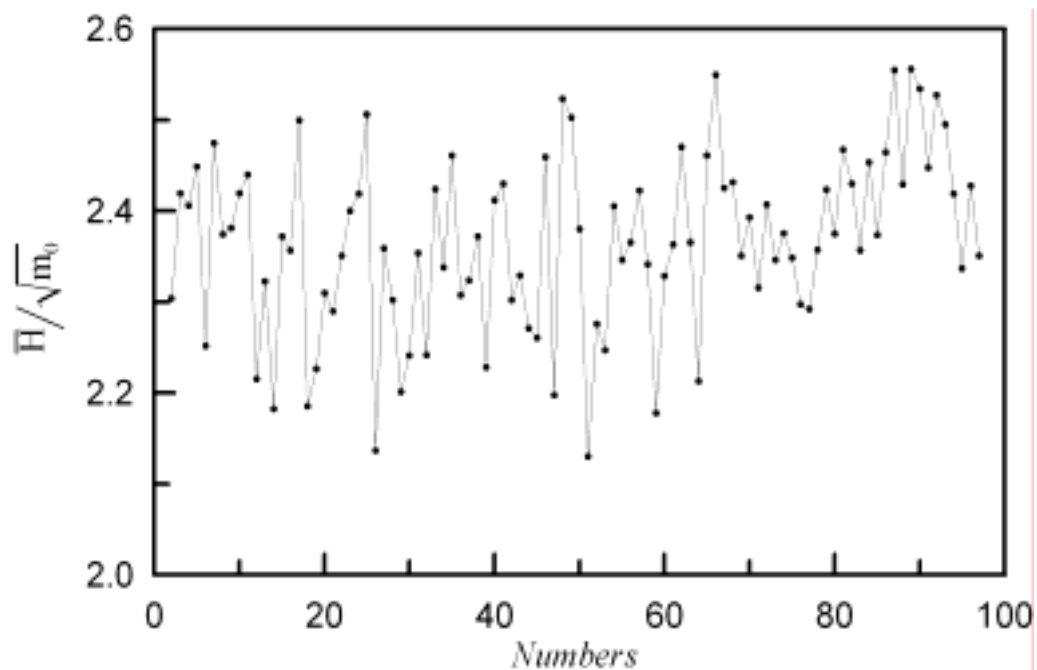
附圖 1-18 2004 年各筆波高資料實際 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($H_s < 0.5m$)



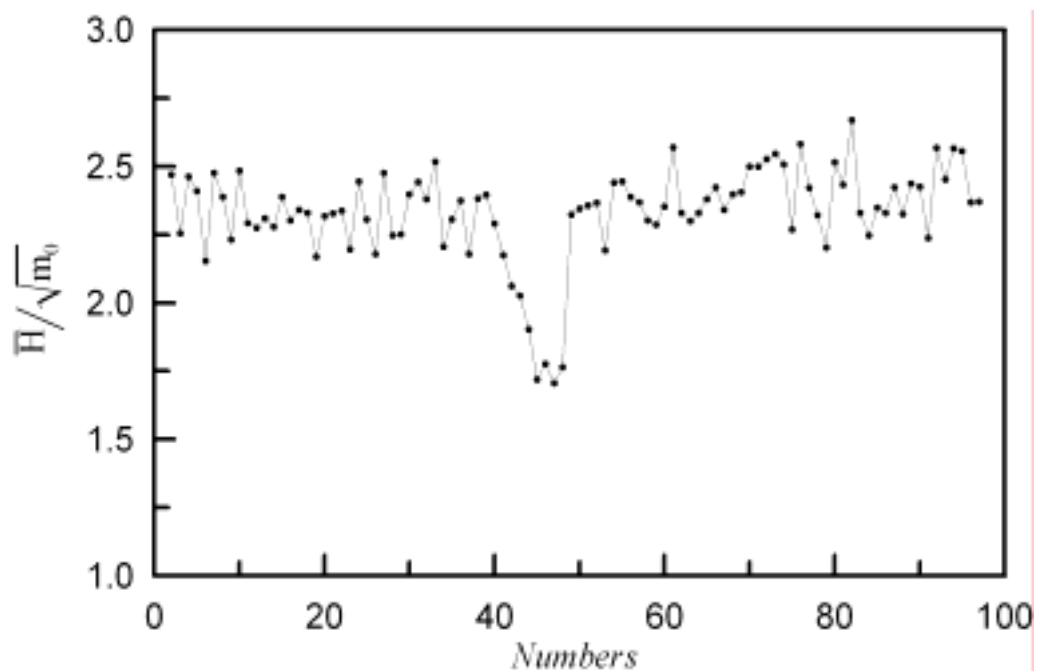
附圖 1-19 2004 年各筆波高資料實際 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖
($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)



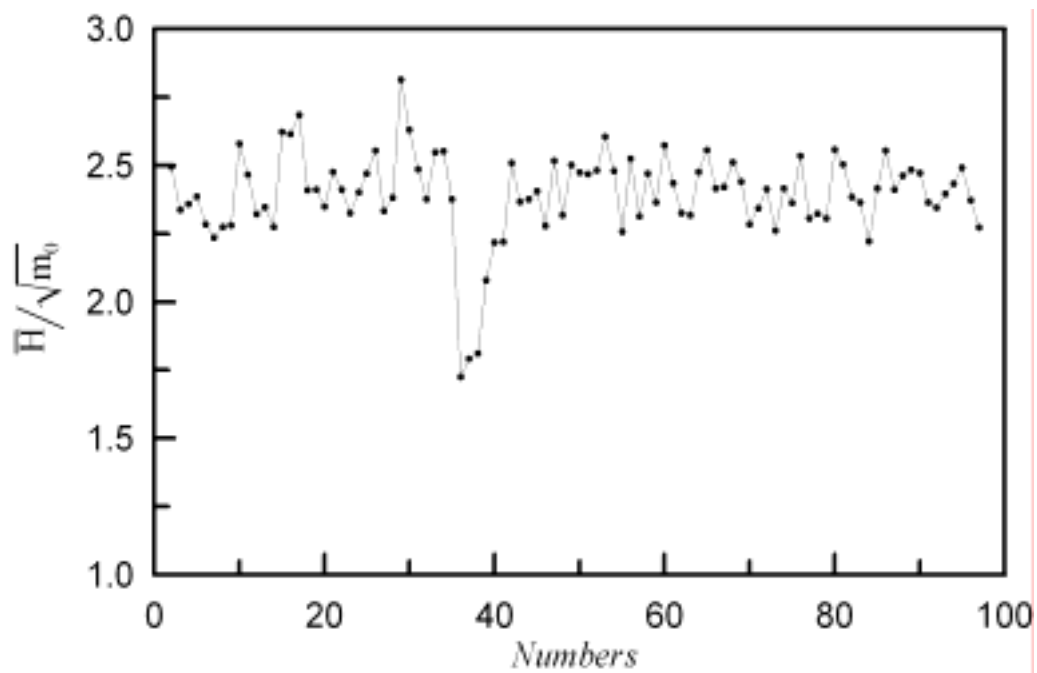
附圖 1-20 2004 年各筆波高資料實際 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖
($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)



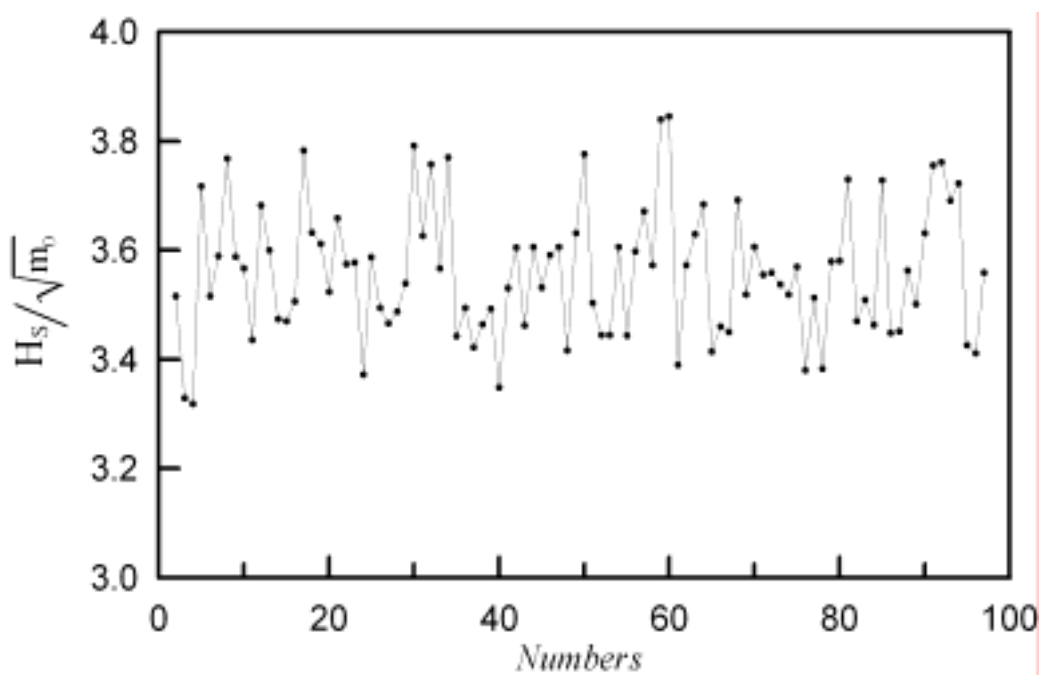
附圖 1-21 2004 年各筆波高資料實際 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖
(1.5m<Hs<2.0m)



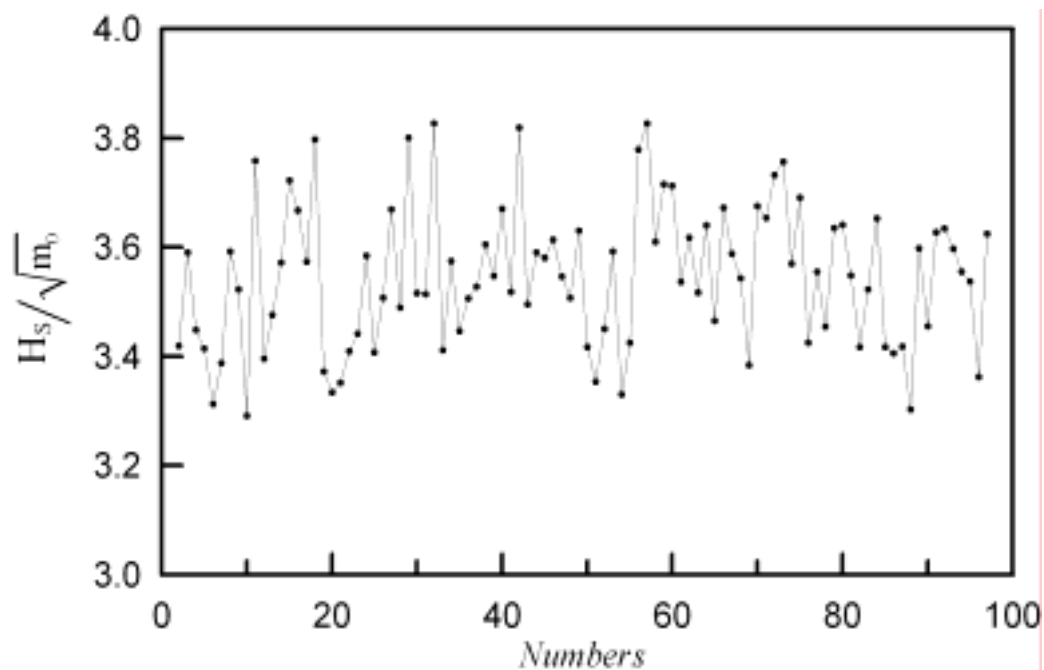
附圖 1-22 2004 年各筆波高資料實際 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖
(2.0m<Hs<3.0m)



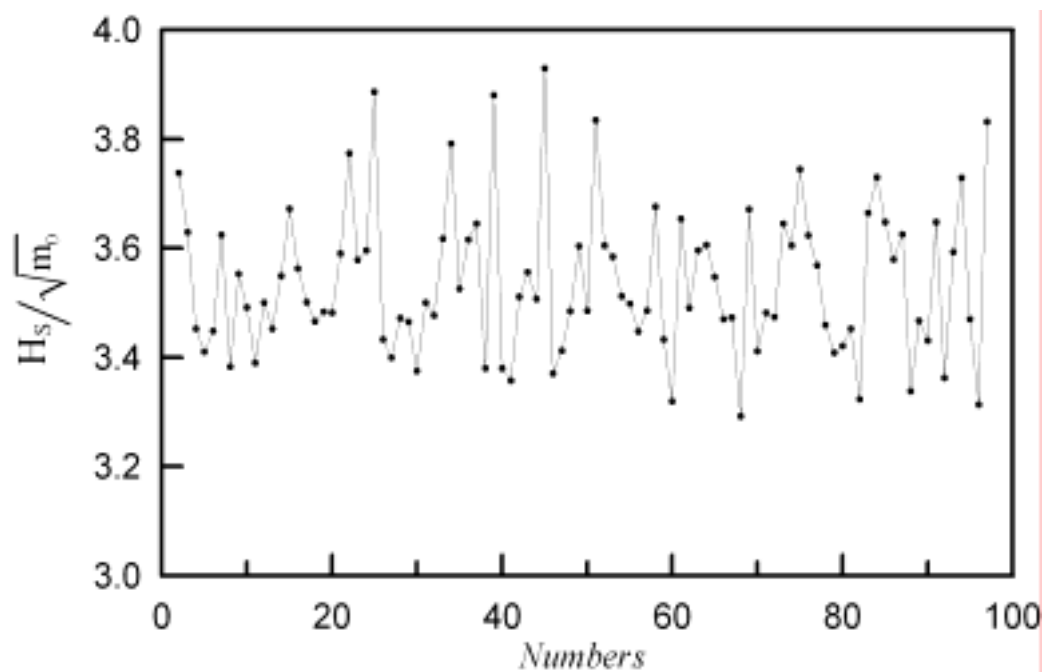
附圖 1-23 2004 年各筆波高資料實際 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($H_s > 3.0\text{m}$)



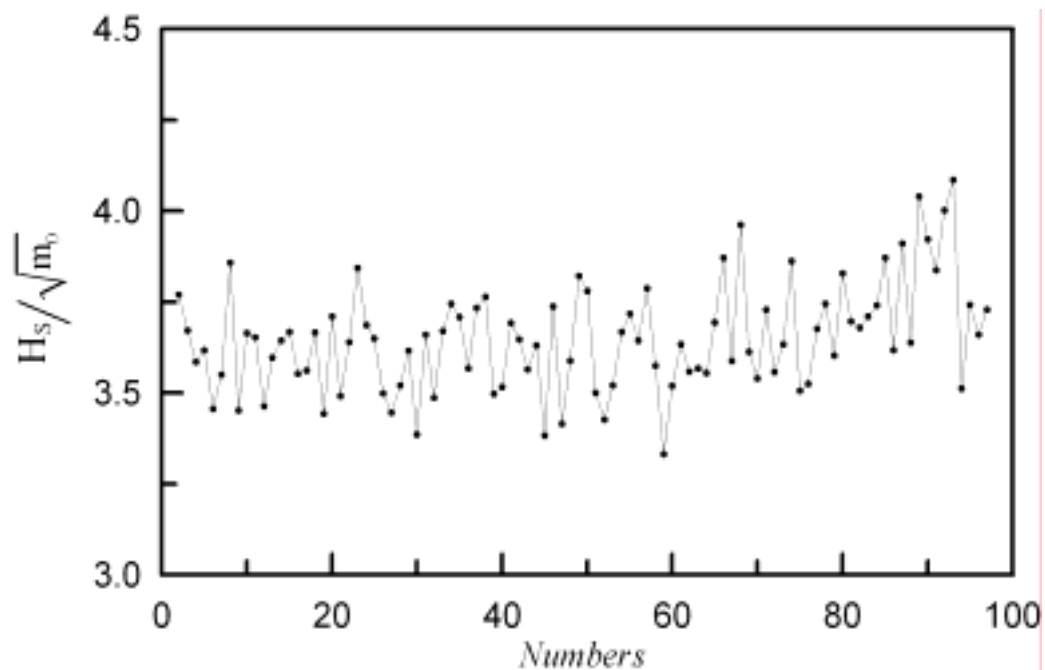
附圖 1-24 2004 年各筆波高資料實際 $H_s/\sqrt{m_0}$ 分佈圖($H_s < 0.5\text{m}$)



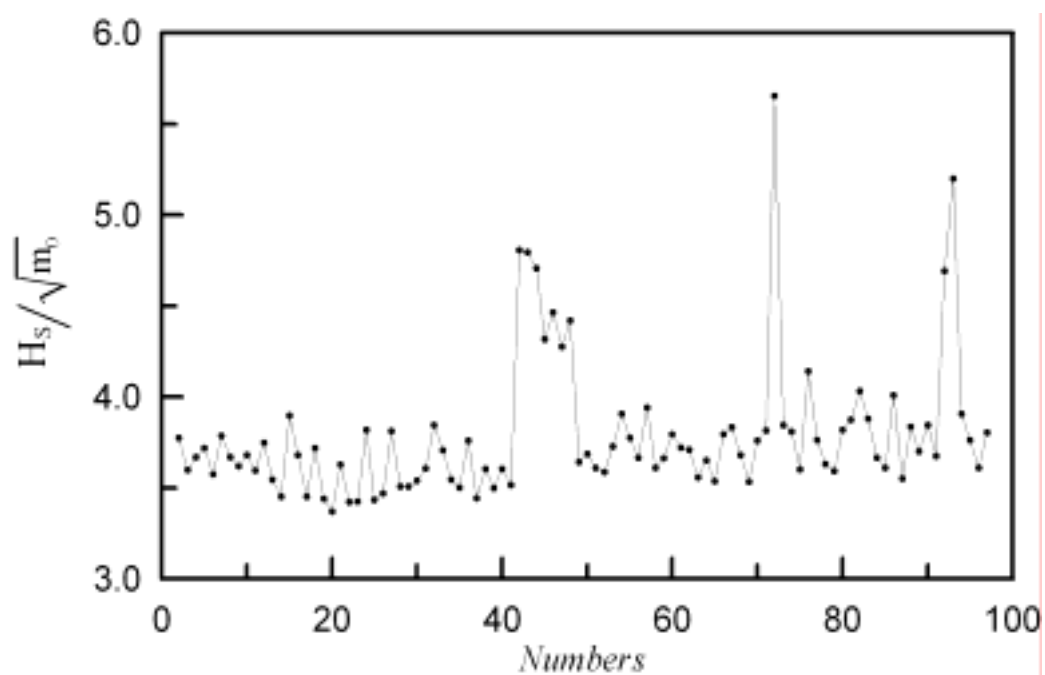
附圖 1-25 2004 年各筆波高資料實際 $H_s/\sqrt{m_0}$ 分佈圖(0.5m<Hs<1.0m)



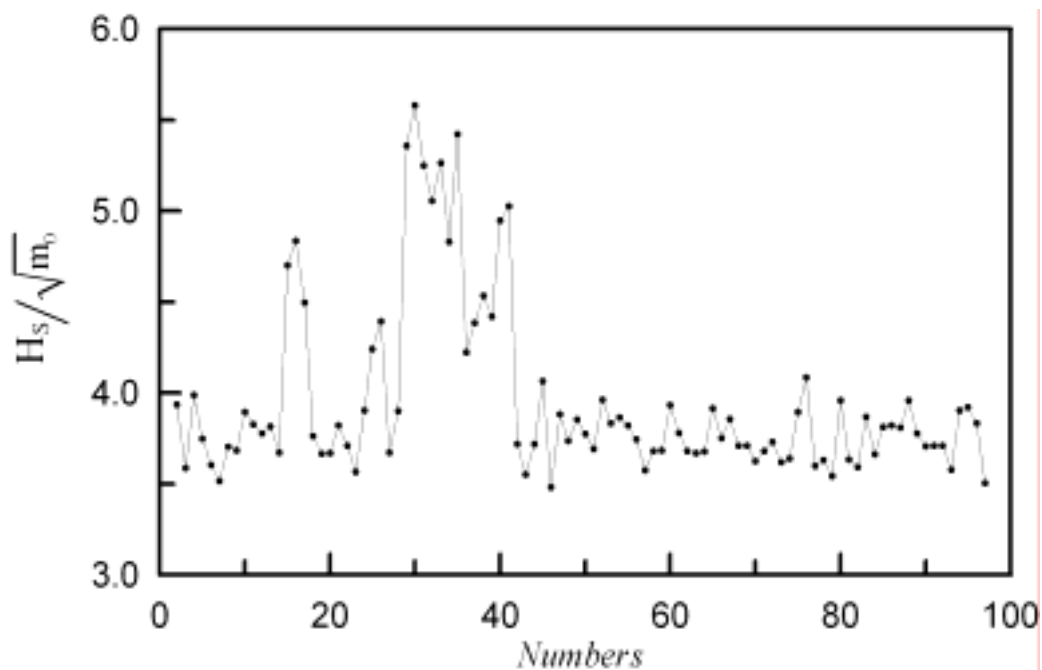
附圖 1-26 2004 年各筆波高資料實際 $H_s/\sqrt{m_0}$ 分佈圖(1.0m<Hs<1.5m)



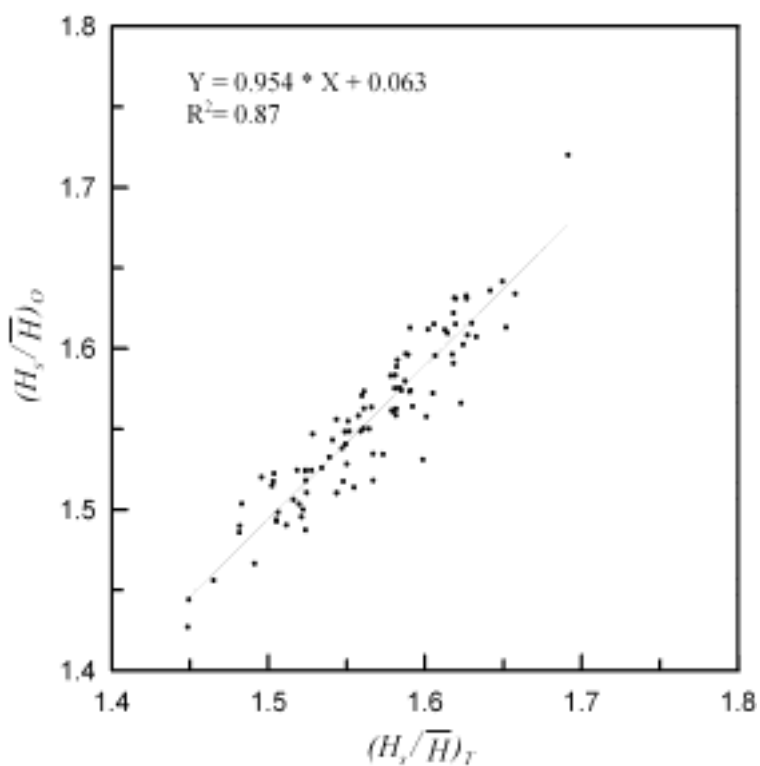
附圖 1-27 2004 年各筆波高資料實際 $H_s/\sqrt{m_0}$ 分佈圖($1.5\text{m}<H_s<2.0\text{m}$)



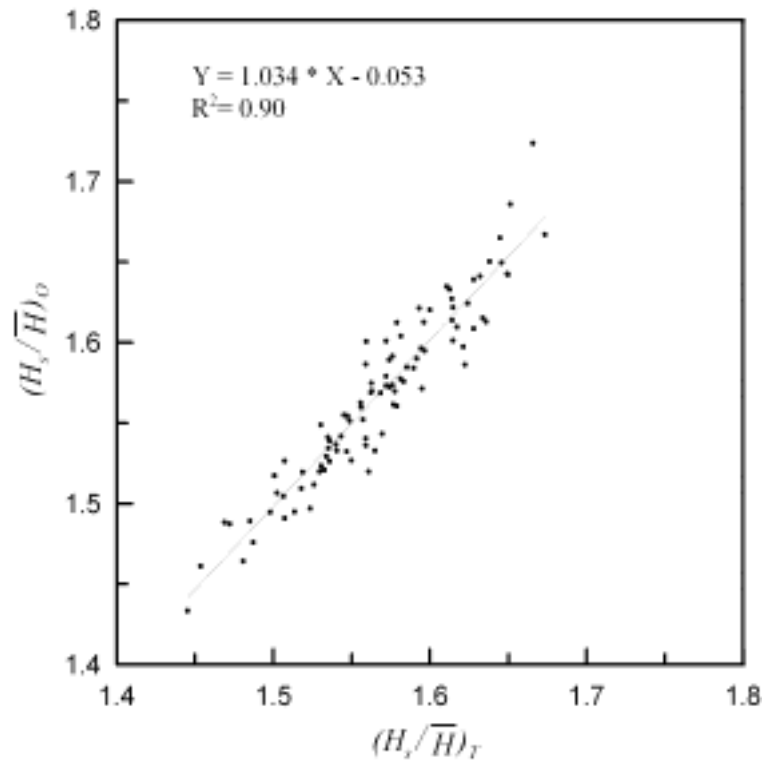
附圖 1-28 2004 年各筆波高資料實際 $H_s/\sqrt{m_0}$ 分佈圖($2.0\text{m}<H_s<3.0\text{m}$)



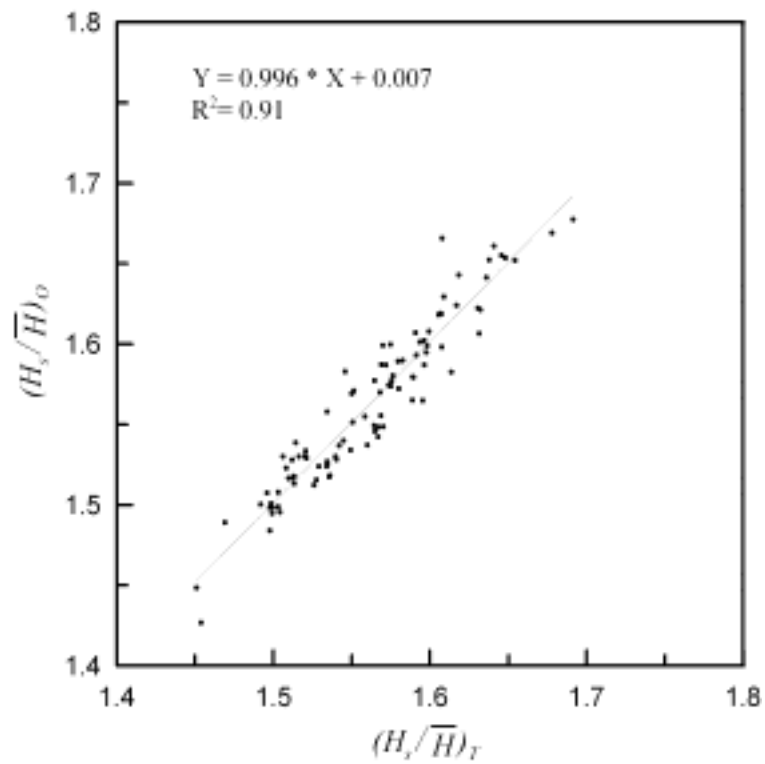
附圖 1-29 2004 年各筆波高資料實際 $H_s/\sqrt{m_0}$ 分佈圖($H_s > 3.0\text{m}$)



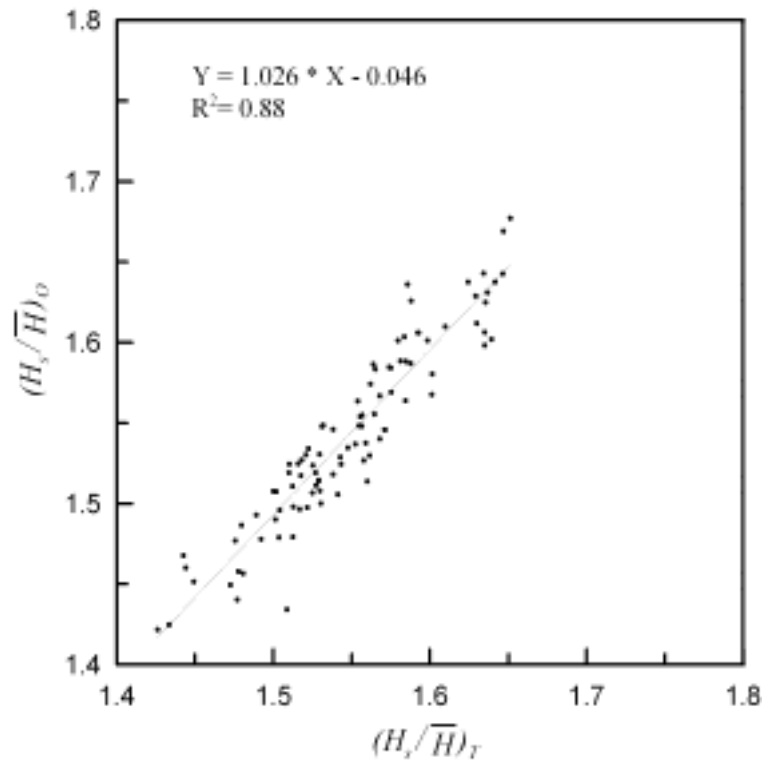
附圖 1-30 各筆波高資料理論與實際 $H_s/\bar{H}$ 關係圖($H_s < 0.5\text{m}$)



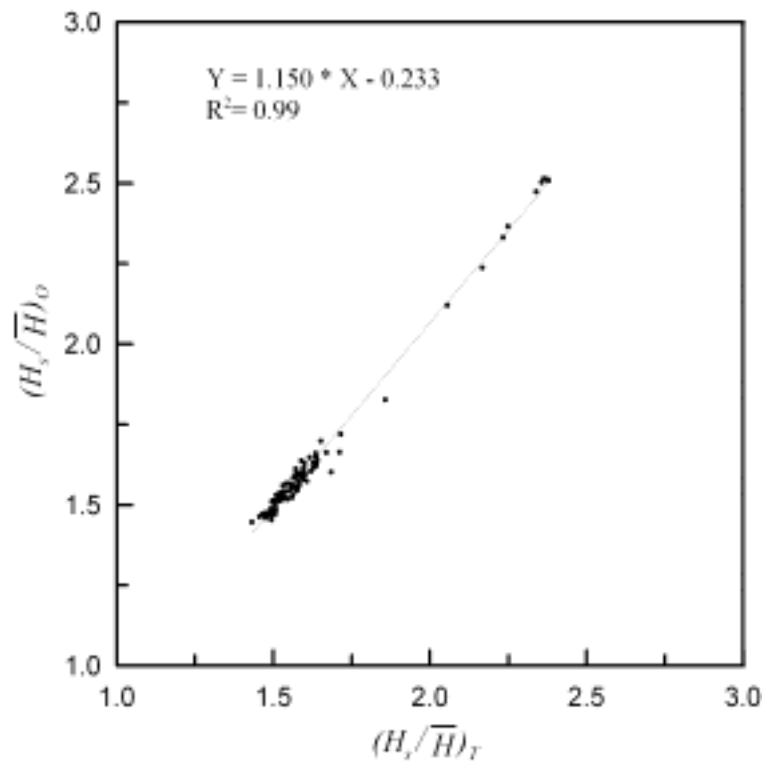
附圖 1-31 各筆波高資料理論與實際 $H_s/\bar{H}$ 關係圖($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)



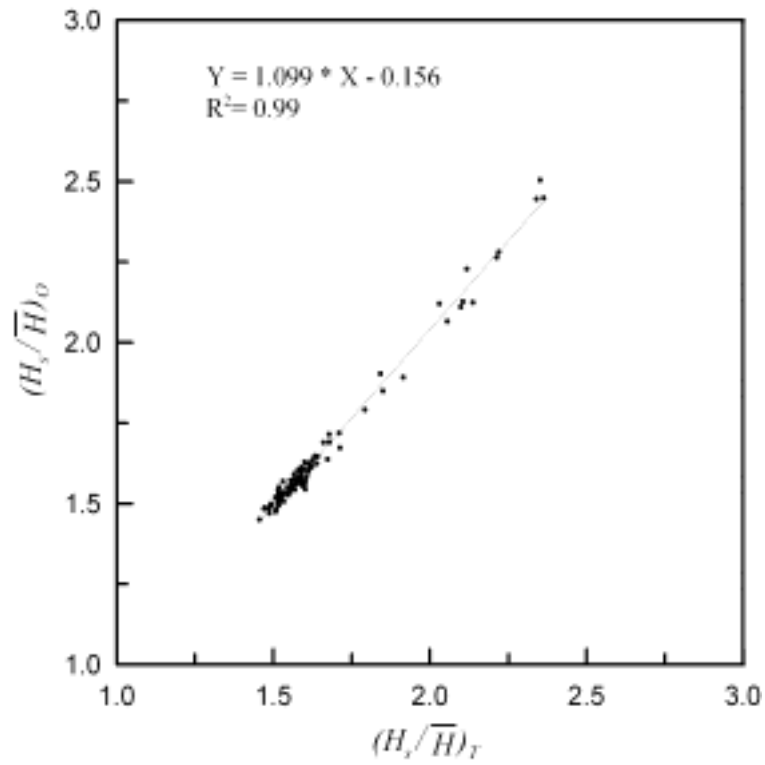
附圖 1-32 各筆波高資料理論與實際 $H_s/\bar{H}$ 關係圖($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)



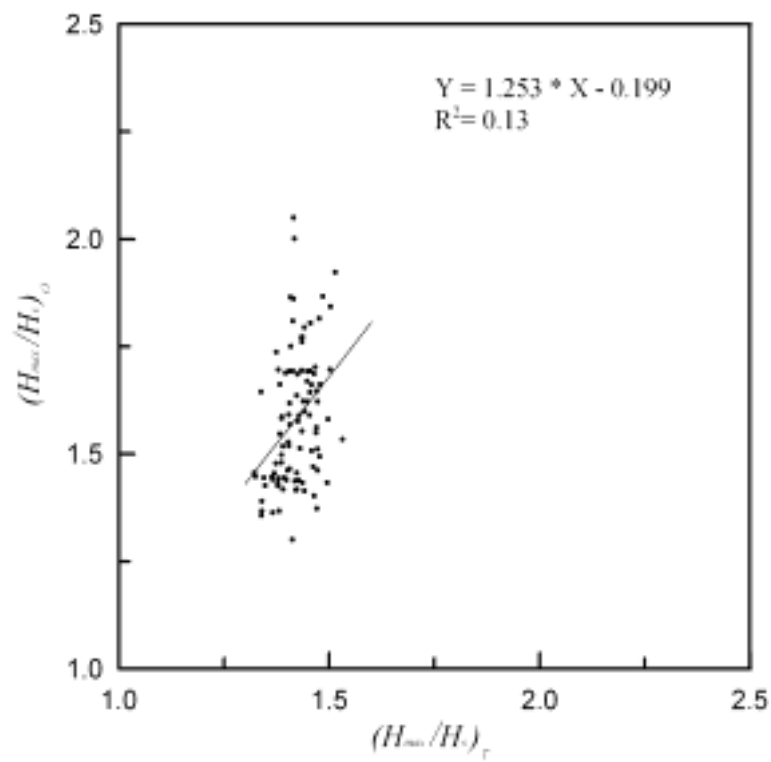
附圖 1-33 各筆波高資料理論與實際 $H_s/\bar{H}$ 關係圖($1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$)



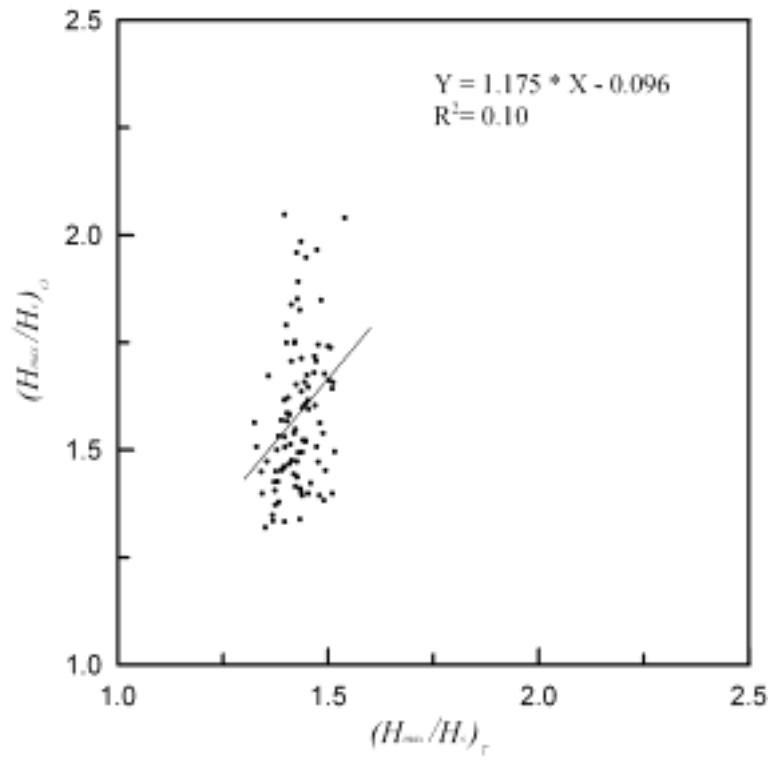
附圖 1-34 各筆波高資料理論與實際 $H_s/\bar{H}$ 關係圖($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)



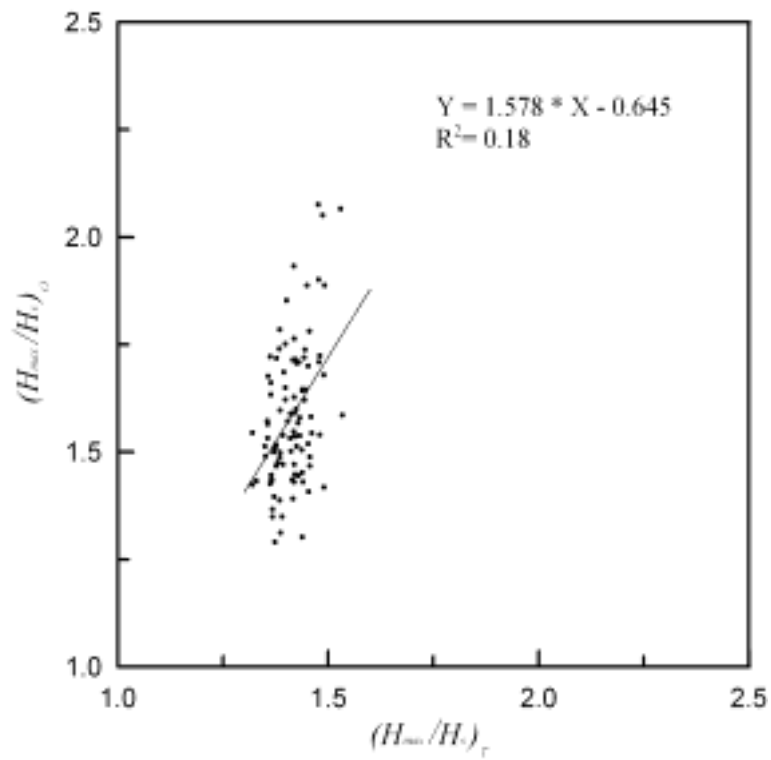
附圖 1-35 各筆波高資料理論與實際 $H_s/\bar{H}$ 關係圖($H_s > 3.0\text{m}$)



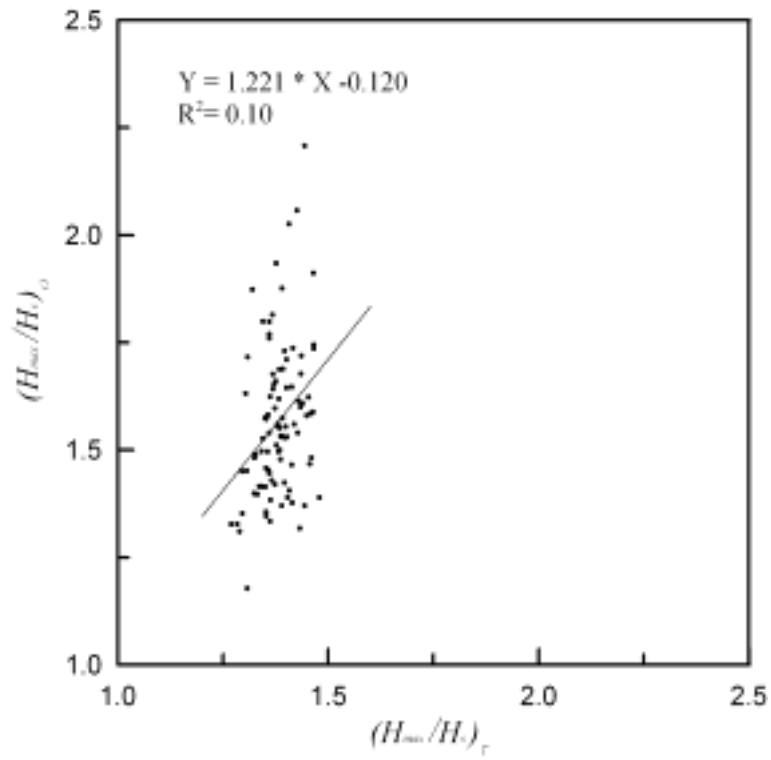
附圖 1-36 各筆波高資料理論與實際 H_{max}/H_s 關係圖($H_s < 0.5\text{m}$)



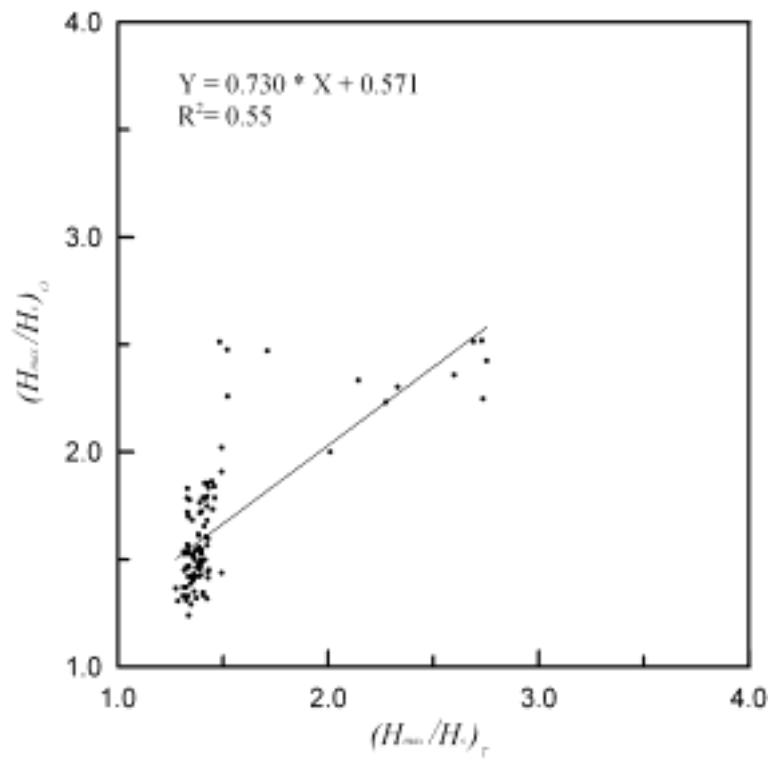
附圖 1-37 各筆波高資料理論與實際 H_{max}/H_s 關係圖($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)



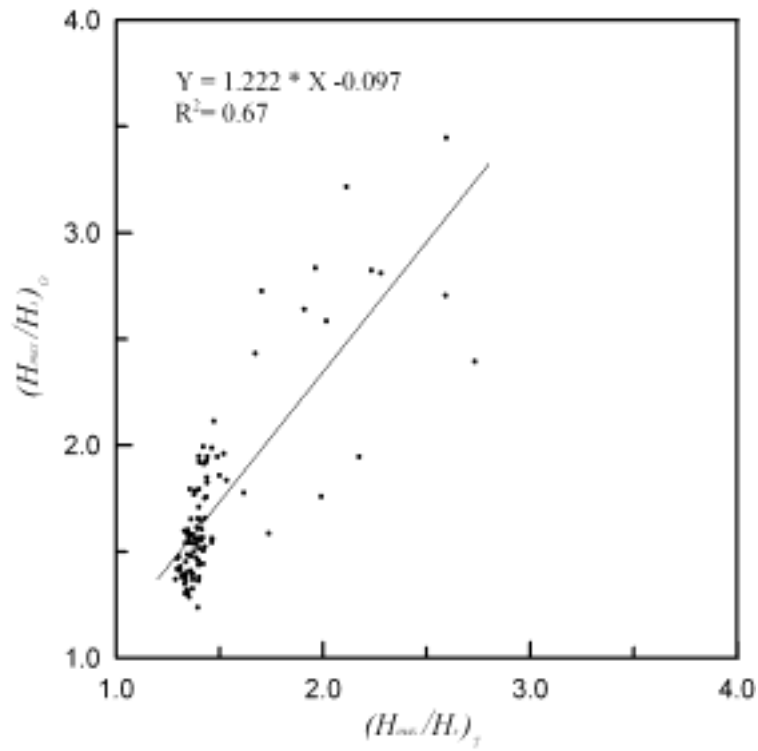
附圖 1-38 各筆波高資料理論與實際 H_{max}/H_s 關係圖($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)



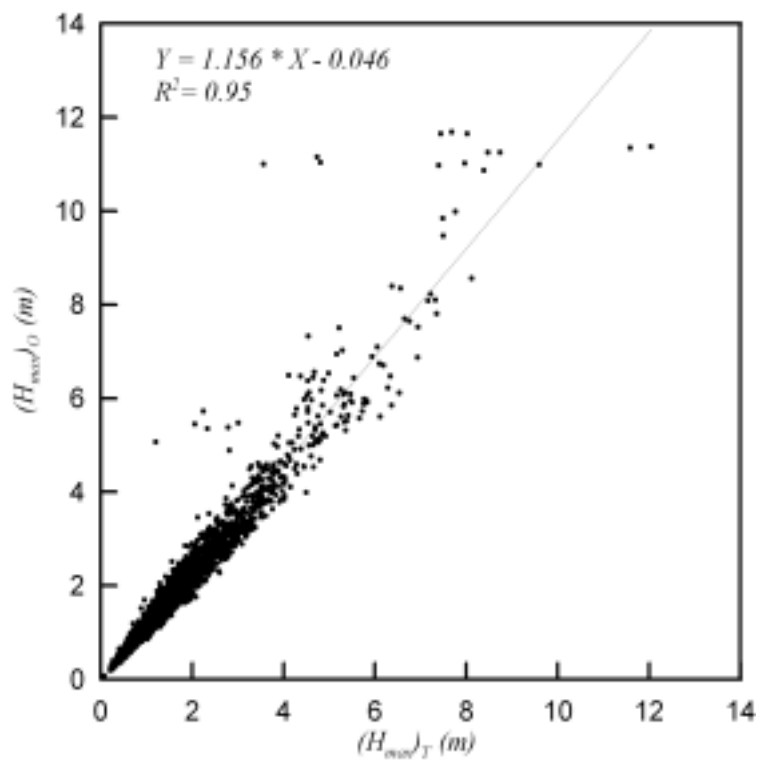
附圖 1-39 各筆波高資料理論與實際 H_{max}/H_s 關係圖($1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$)



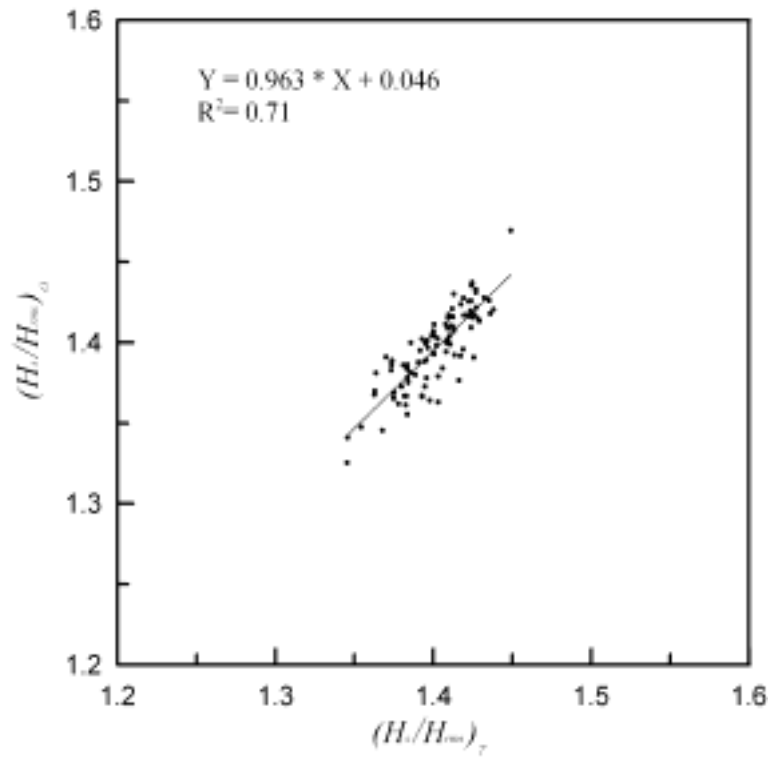
附圖 1-40 各筆波高資料理論與實際 H_{max}/H_s 關係圖($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)



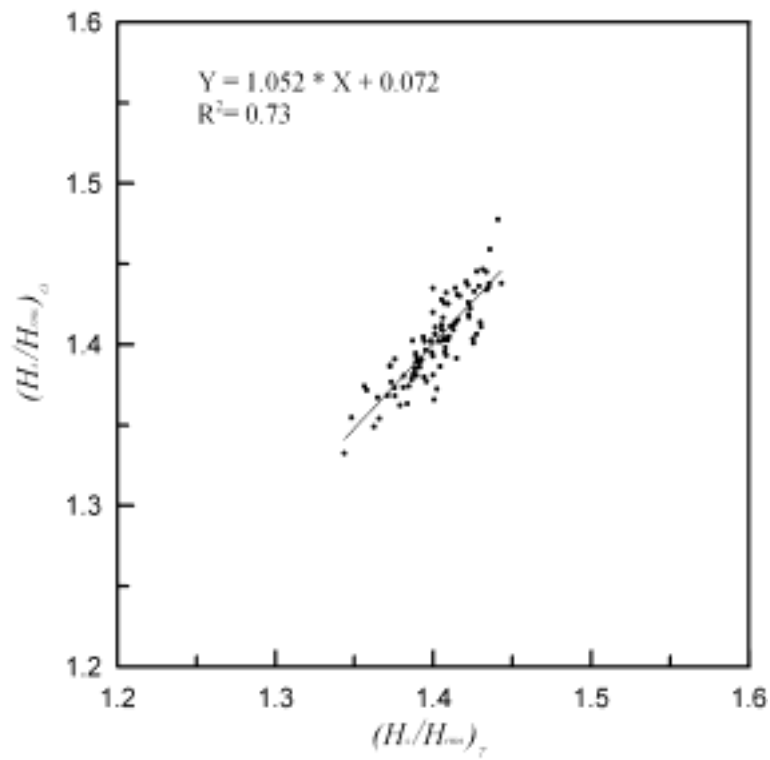
附圖 1-41 各筆波高資料理論與實際 H_{max}/H_s 關係圖($H_s > 3.0\text{m}$)



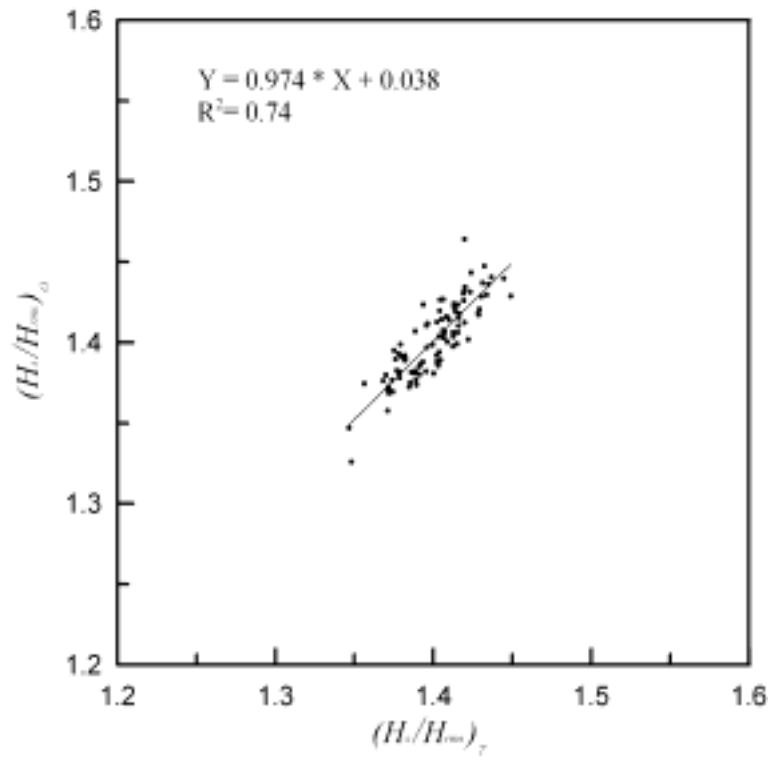
附圖 1-42 2004 年全年波高資料實際與理論 H_{max} 比較圖



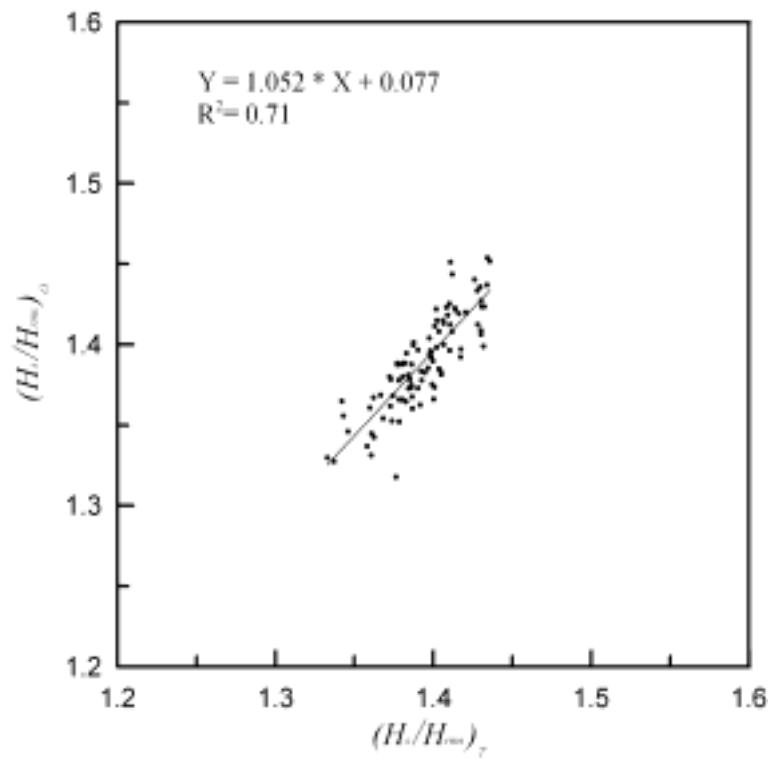
附圖 1-43 各筆波高資料理論與實際 H_s/H_{rms} 關係圖($H_s < 0.5\text{m}$)



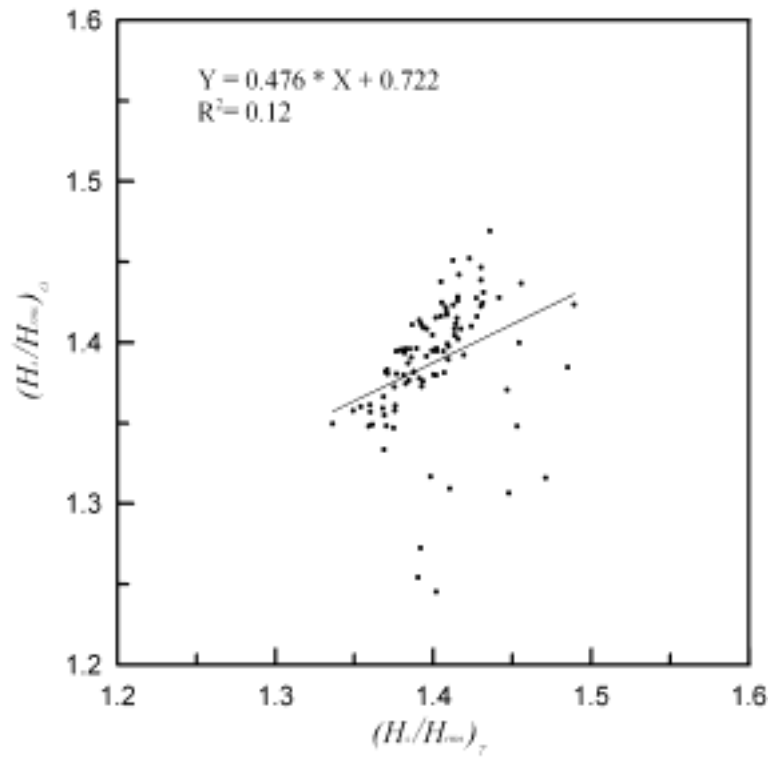
附圖 1-44 各筆波高資料理論與實際 H_s/H_{rms} 關係圖($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)



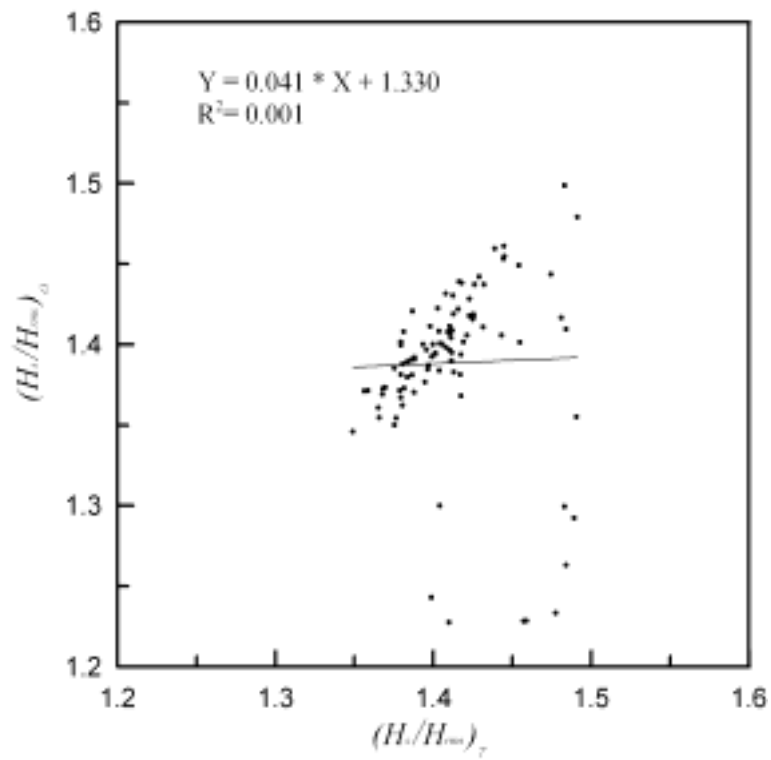
附圖 1-45 各筆波高資料理論與實際 H_s/H_{rms} 關係圖($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)



附圖 1-46 各筆波高資料理論與實際 H_s/H_{rms} 關係圖($1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{ m}$)

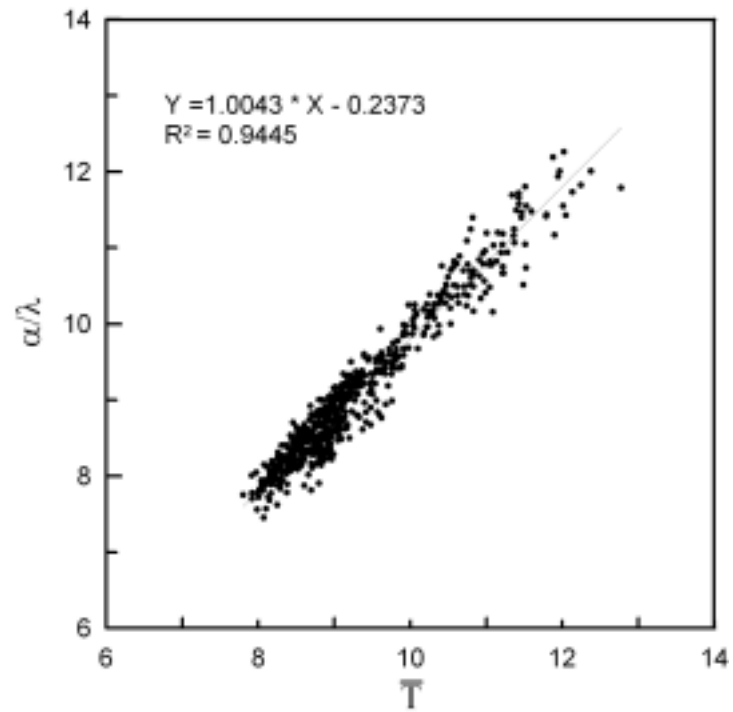


附圖 1-47 各筆波高資料理論與實際 H_s/H_{rms} 關係圖($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)

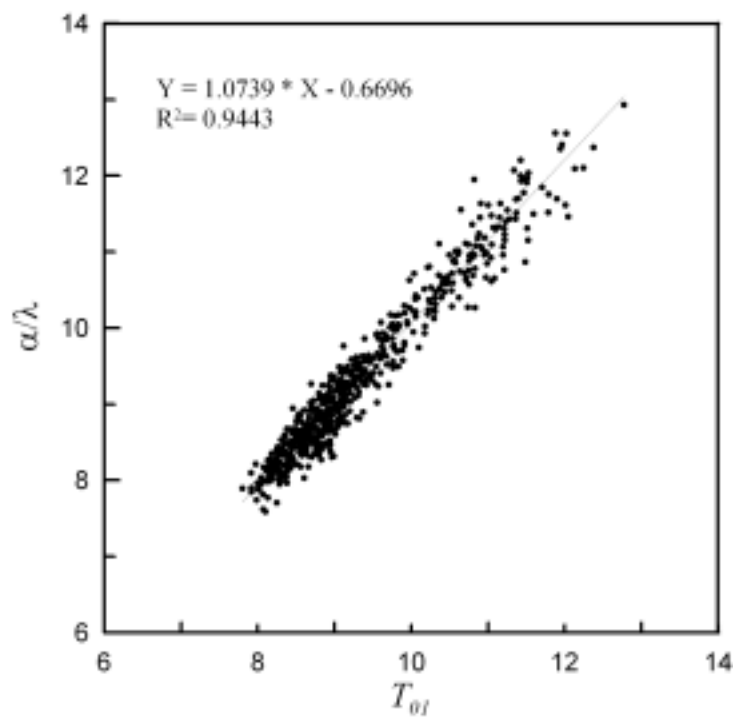


附圖 1-48 各筆波高資料理論與實際 H_s/H_{rms} 關係圖($H_s > 3.0\text{m}$)

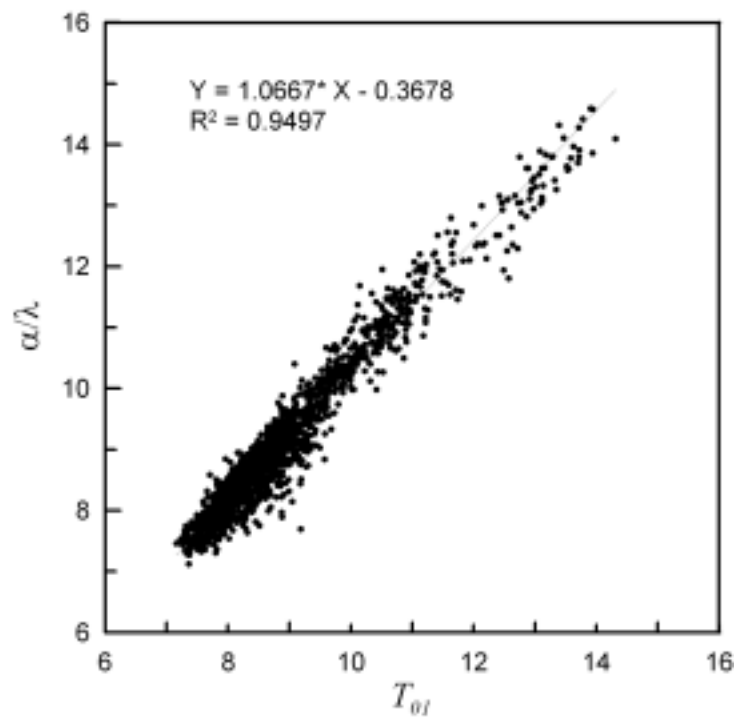
附圖 2



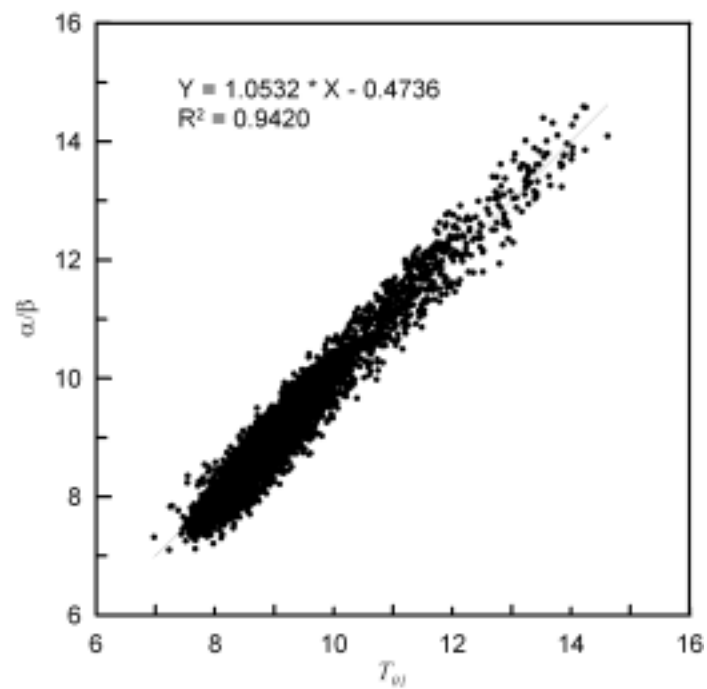
附圖 2-1 α/λ 與 T 之關係圖



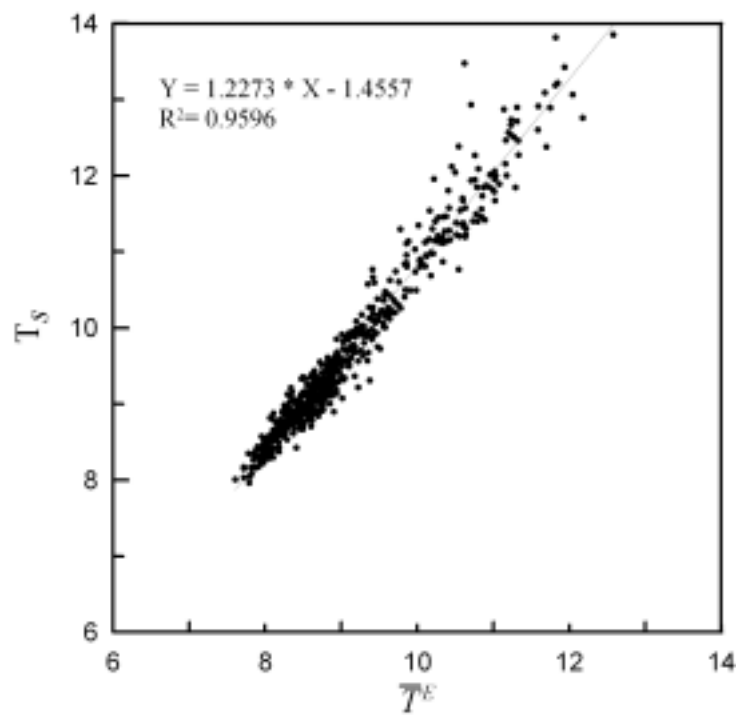
附圖 2-2 α/λ 與 T_{01} 之關係圖(2004 年 8 月)



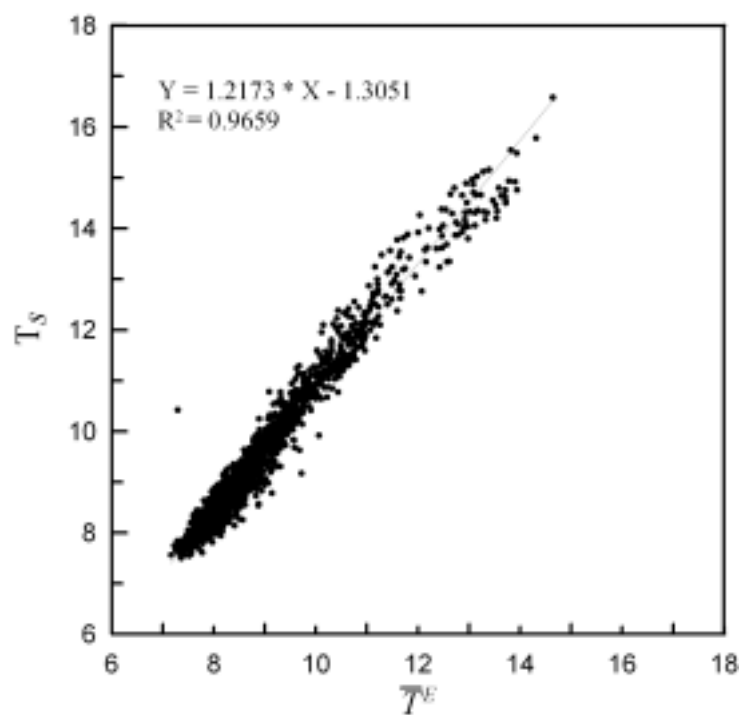
附圖 2-3 α/λ 與 T_{01} 之關係圖(2004 年第 3 季)



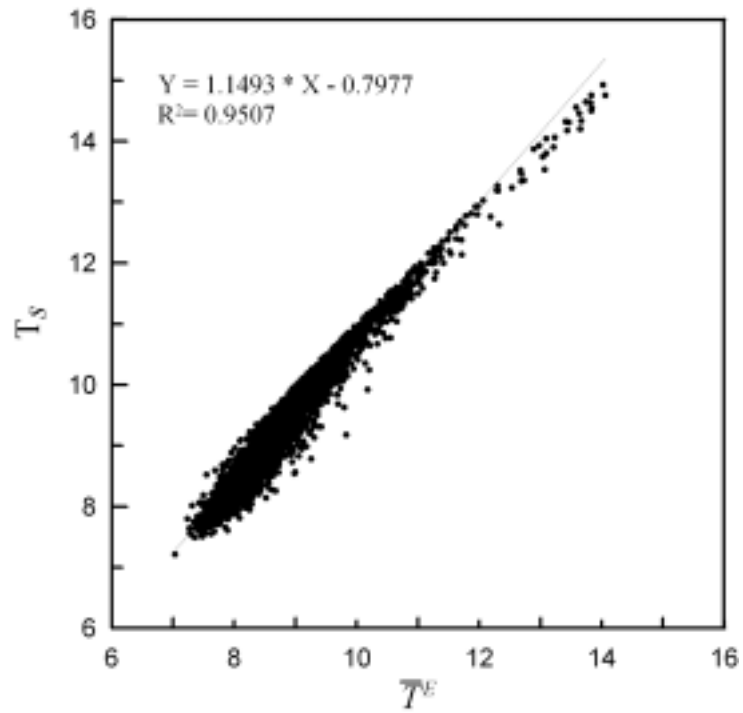
附圖 2-4 α/λ 與 T_{01} 之關係圖(2004 年全年)



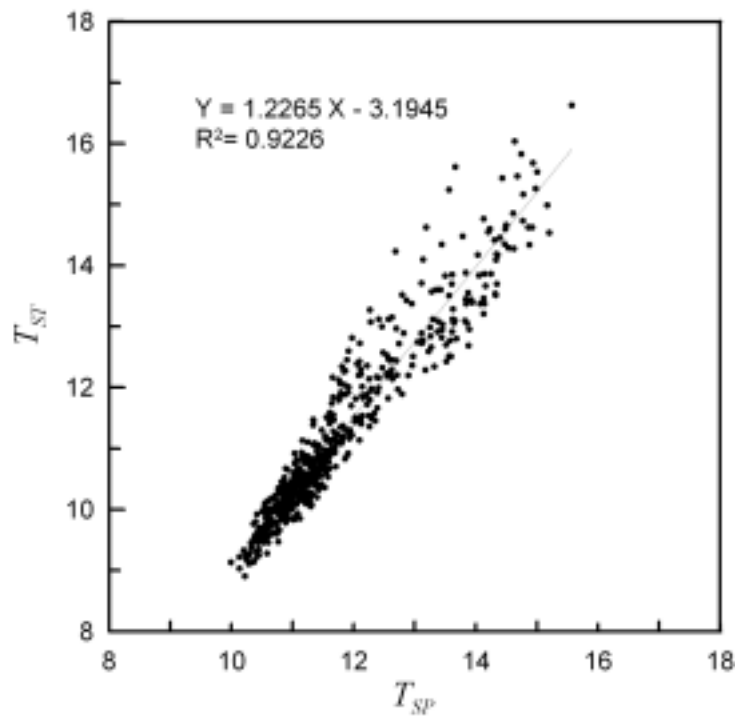
附圖 2-5 T_s 與理論平均週期 $\overline{T}^E$ 之關係圖(2004 年 8 月)



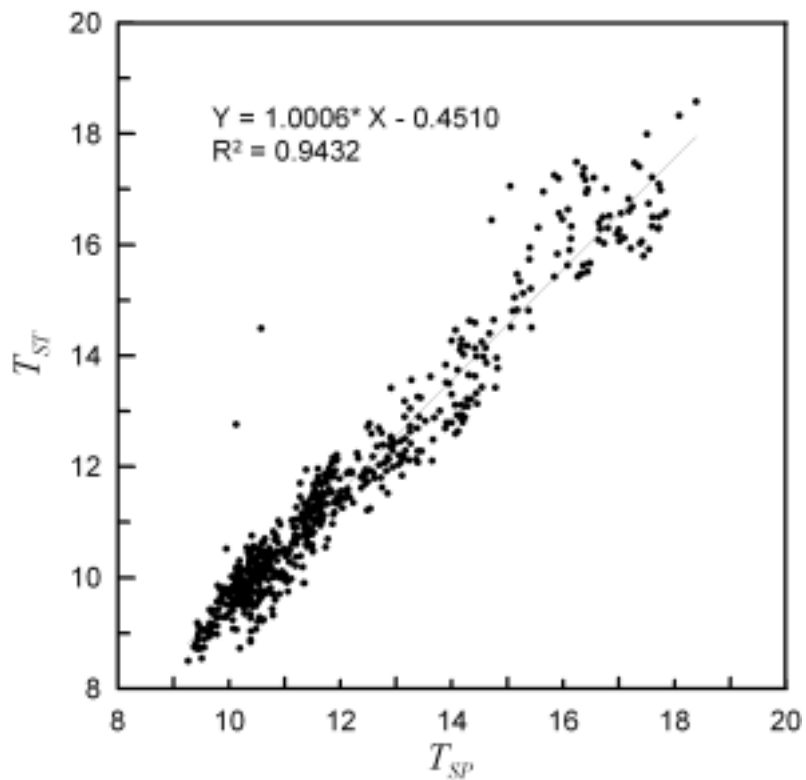
附圖 2-6 T_s 與理論平均週期 $\overline{T}^E$ 之關係圖(2004 年第 3 季)



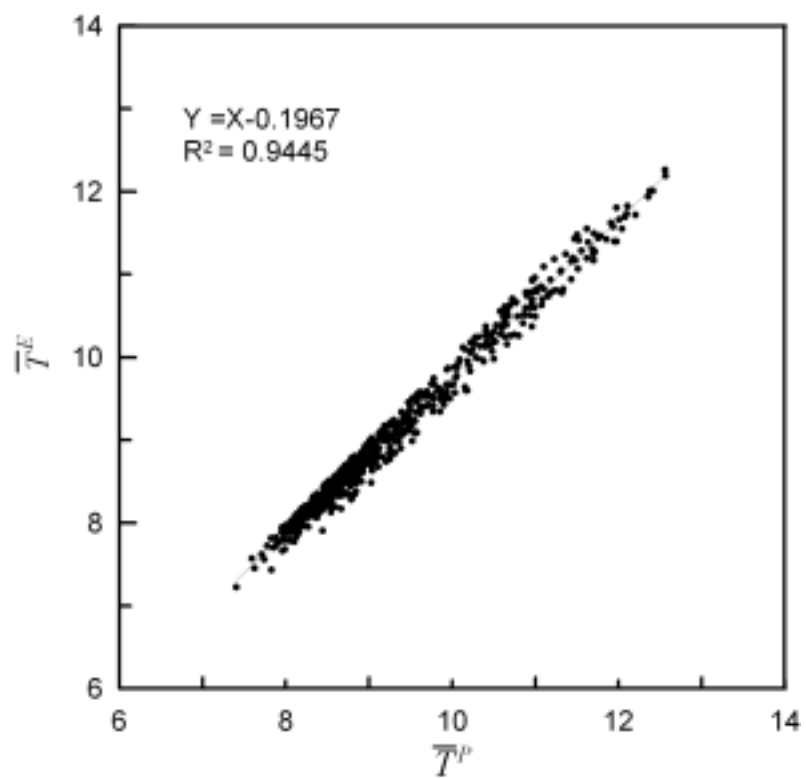
附圖 2-7 T_s 與理論平均週期 T^E 之關係圖(2004 年全年)



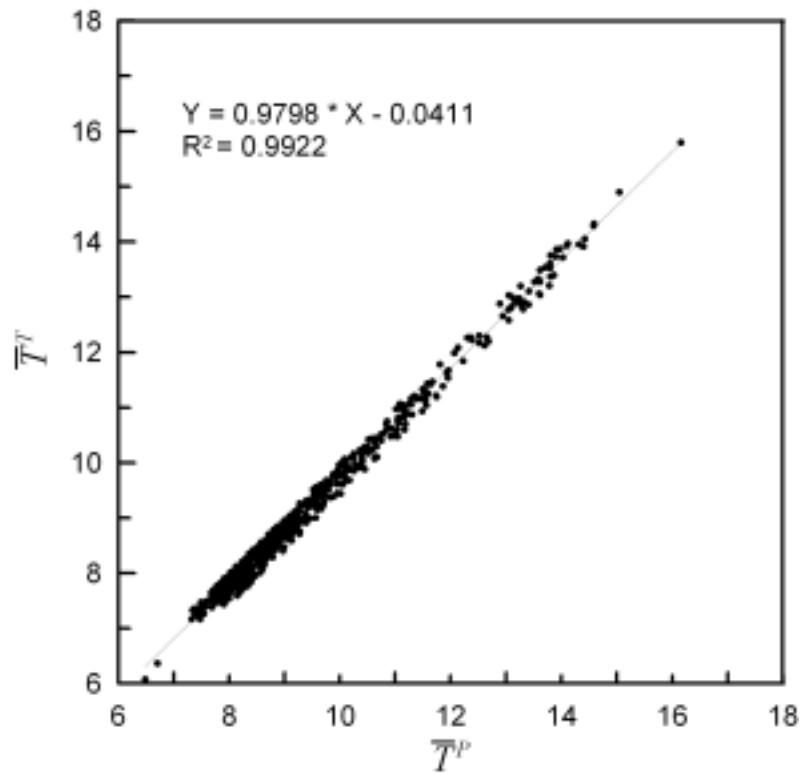
附圖 2-8 理論與推估示性週期之關係圖(2004 年 8 月)



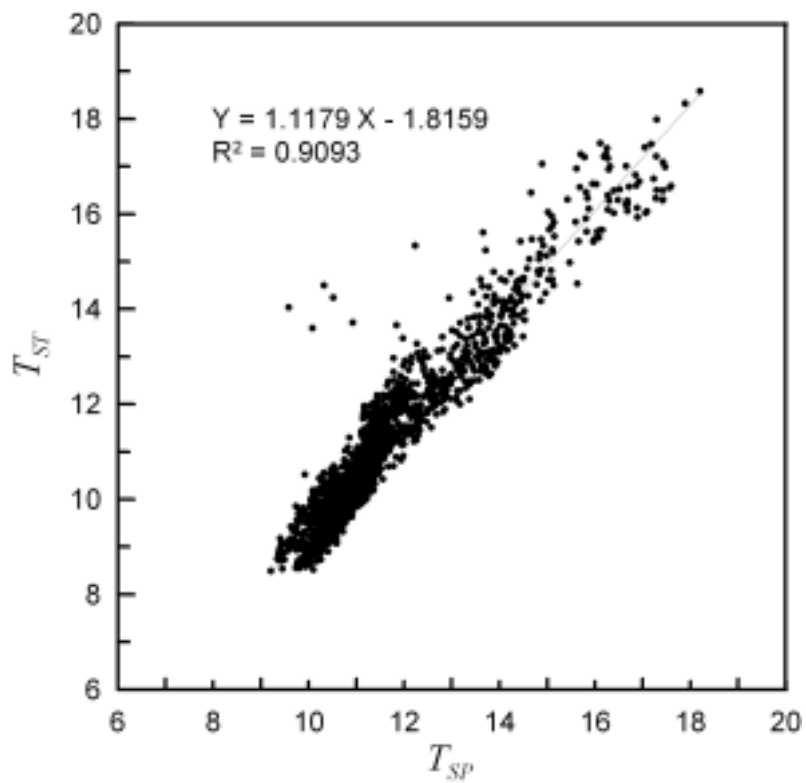
附圖 2-9 理論與推估示性週期之關係圖(2004 年 9 月)



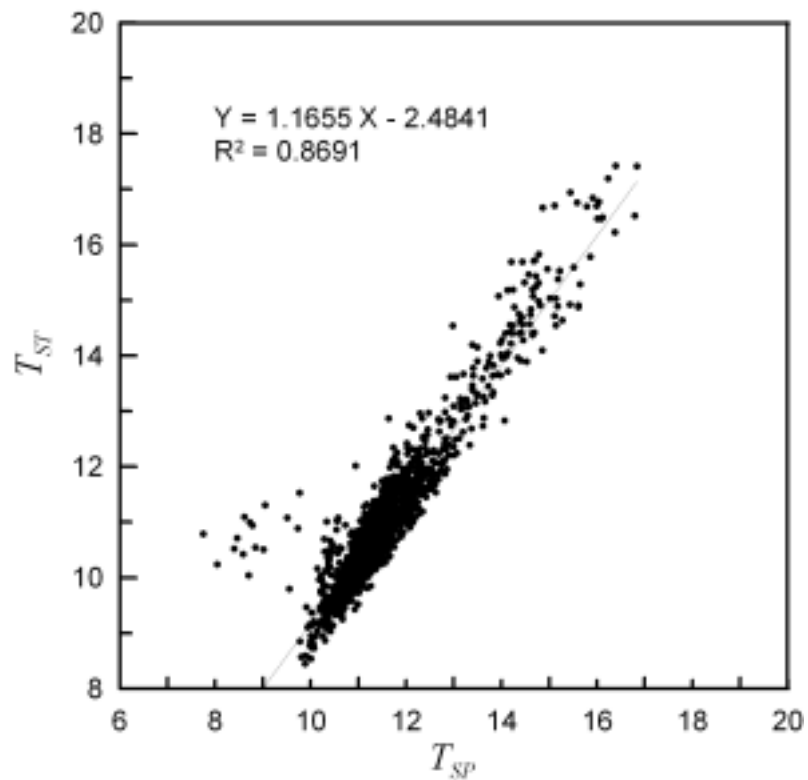
附圖 2-10 理論與推估平均週期之關係圖(2004 年 8 月)



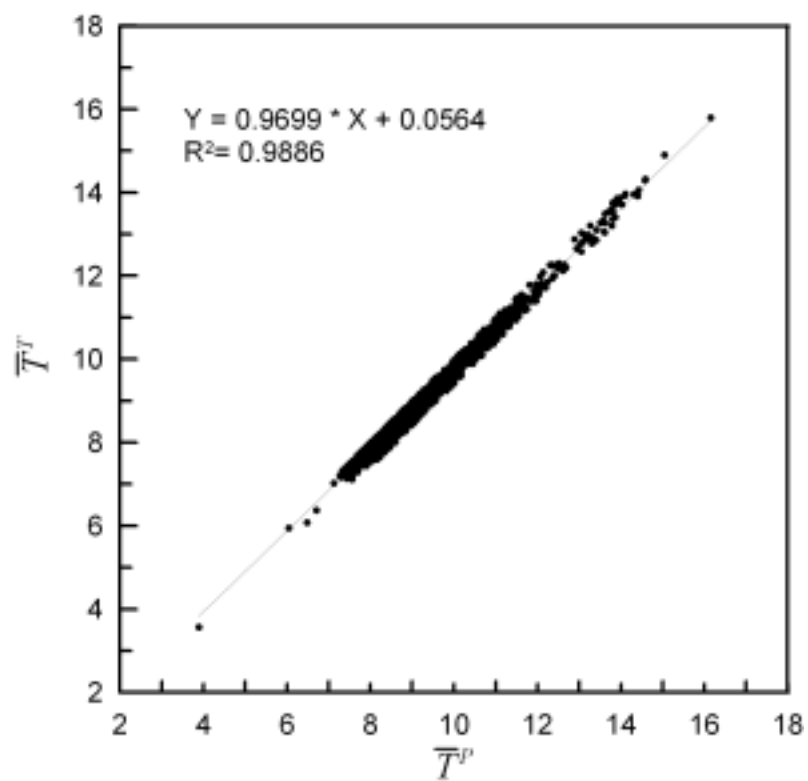
附圖 2-11 理論與推估平均週期之關係圖(2004 年 9 月)



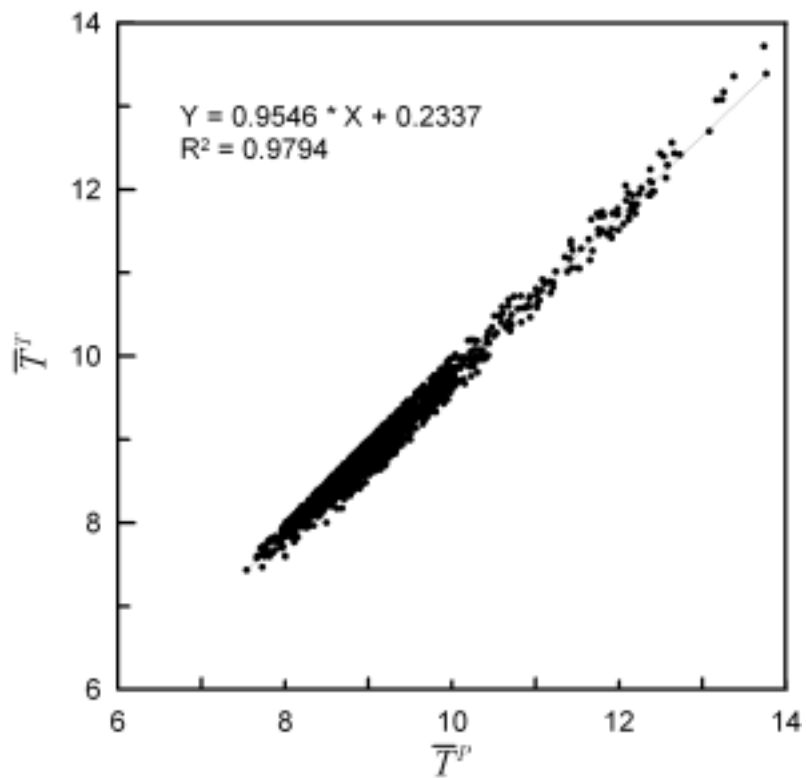
附圖 2-12 理論與推估示性週期之關係圖(2004 年第 3 季)



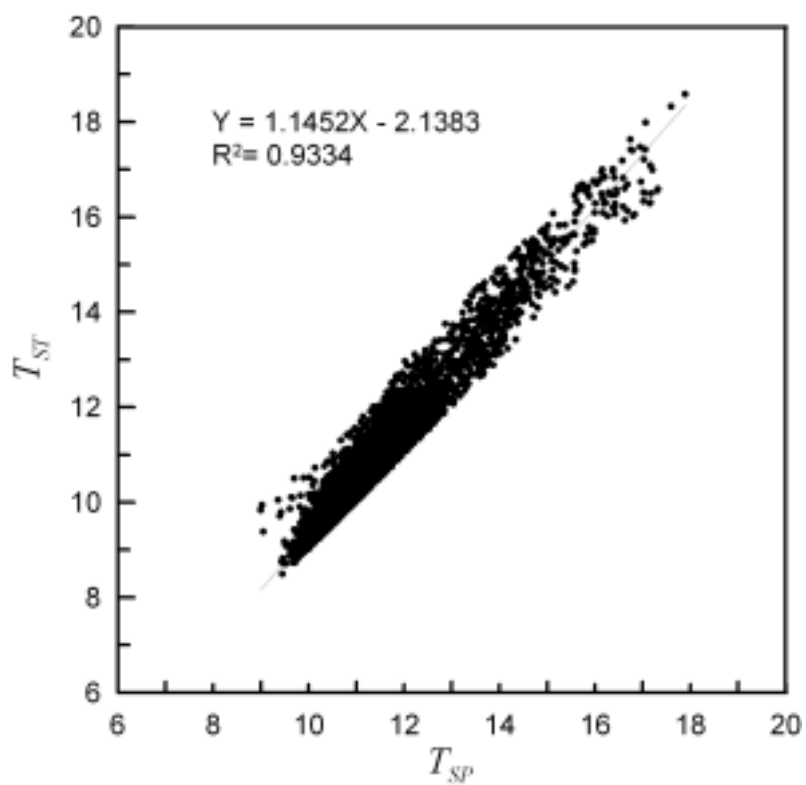
附圖 2-13 理論與推估示性週期之關係圖(2004 年第 4 季)



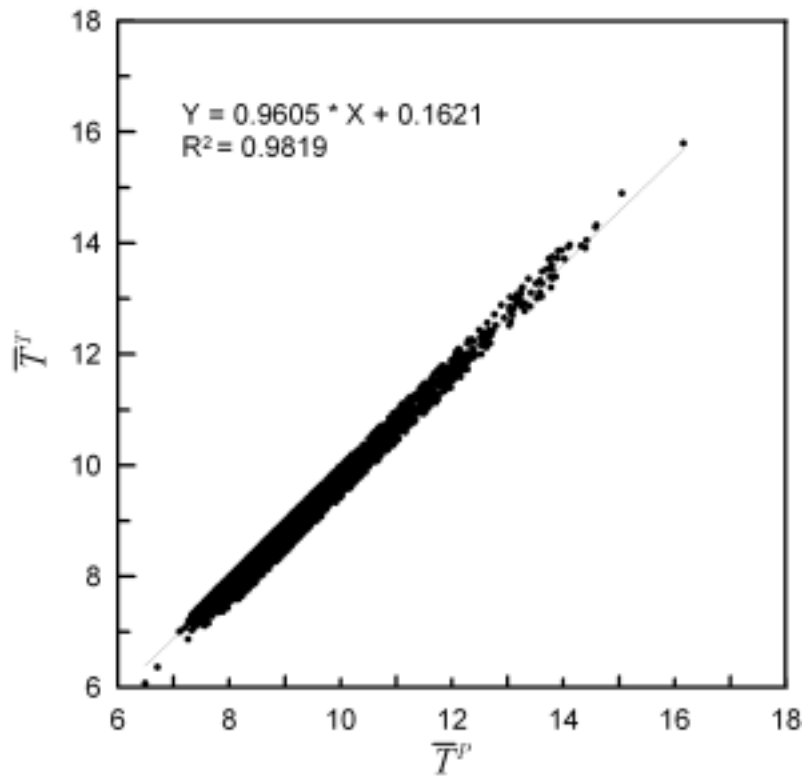
附圖 2-14 理論與推估平均週期之關係圖(2004 年第 3 季)



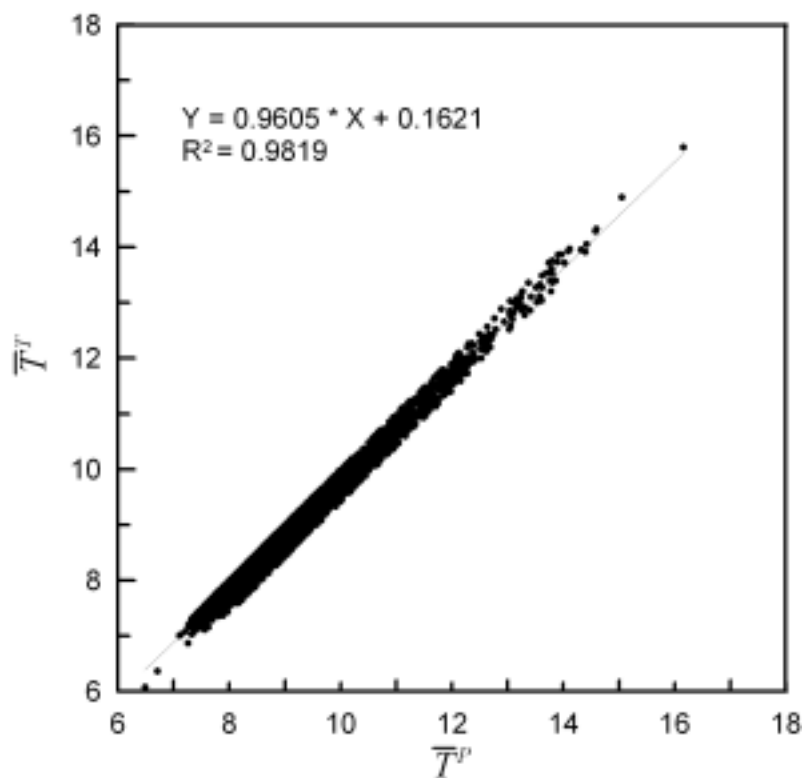
附圖 2-15 理論與推估平均週期之關係圖(2004 年第 4 季)



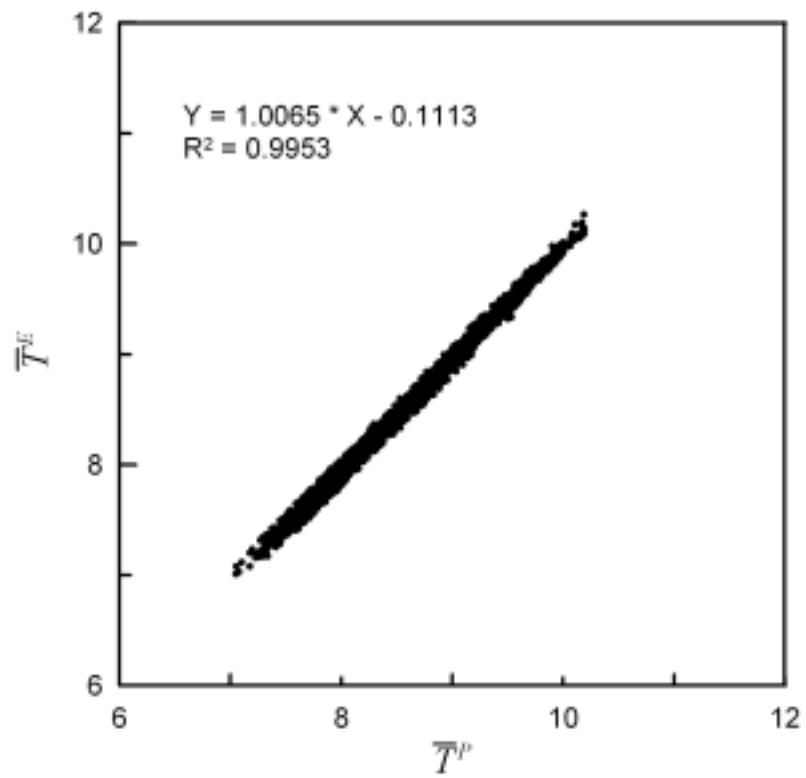
附圖 2-16 理論與推估示性週期之關係圖(2004 年)



附圖 2-17 理論與推估示性週期之關係圖(2005 年)



附圖 2-18 理論與推估平均週期之關係圖(2004 年)



附圖 2-19 理論與推估平均週期之關係圖(2005 年)

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
 (二)

執行單位：國立交通大學土木系

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
陳陽益教授：	
1. 應用類神經網路尋求快速且合理之預測模式，以便未來提供花蓮港務局於颱風侵襲期間，作為港內船隻碇泊安全之快速決策參考，此為本研究值得達成之計畫目標。 2. 有關船舶動態管理系統模式之研究成果和上一年度之結果類似，建議於期末報告中研提更具體之預期成果。 3. 有關波浪統計特性分析方面，期中報告中尚未見到相關分析結果，其應用之分析方法應考量各種分佈函數之適用情況與統計特性。	1. 感謝陳教授對本計劃的肯定與指教。 2. 感謝方委員的建議，本模式以 94 的初步研究，於本年度進行類神經網路模式的建置，並予以驗證，本計劃將於期末報告中提出所有驗證的結果，以說明模式驗證後亦可進行初步的預警。 3. 此部份為後續工作項目之一，期中報告僅說明如何分析的步驟，本計劃將於期末報告中作相關分析結果的闡述，感謝陳教授的指正。
梁乃匡教授：	
1. 建議類神經網路模式改為網「絡」，因為「網路」會被誤認為上 www 便可解決。 2. 船隻異動指數預測結果僅 11%與實際不符，看起來結果不錯，但如果把一些很容易判斷為「1」的去掉，不符率可能會提高，而我們要的就是那些不容易判斷的情況，因此還有改善空間。	1. 感謝梁教授之建議，網路與網絡皆由 network 翻譯，且類神經網路因其模擬人體神經元的架構就像 network 一般。而 WWW network(網絡)亦是取其意。但是類神經屬於數值模式之計算與 WWW 網絡大不相同且鑑別度也大，因此，目前尚未被誤認。 2. 感謝梁教授委員的建議，對於學習的由於颱風僅取一天之時間，且為 6 小

	時取一次之數據，則每天有 4 個數據。但是船隻動態只有發生再其中一個時間，其餘三次則根據颱風動態內差所得之船隻動態指數。若使用該次發生的船隻動態指數與颱風參數，神經網路因資料過少而無法進行最佳化的學習，因此本文採用上述資料內插，使其達到最好之學習過程。當然，為求更精確的預警，對於模式參數選擇及模式本身架構，本計劃可進一步分析已達最佳的預警。
林焯圭教授：	
1. 船舶動態特性影響因子是否應考慮各時間點之間的行進方向。 2. 類神經網路模式之神經元是否應相互獨立？若是的話，則颱風動態之相關因子如何區分其獨立性？ 3. P.18 第一段文字部份，類神經網路應是依人為的設定各神經元，協助依設定的思考邏輯去學習與思考，似乎不如文字中「…對於物理現象…之建立有遺漏部份…」所述之功能。 4. 各層之神經元為何，是否詳加說明。	1. 感謝林教授的建議，對於颱風行進的方向與測站之關係，對類神經模式屬於較重要的輸入因子，本文亦已將此考慮於此模式中。 2. 神經元並非相互獨立，而是藉由各神經元的相互連結，以傳遞學習過程的訊息。 3. 類神經網路只需給予輸入參數與目標參數，並架構神經元的數目與層數，再以最佳化的方法使其達到輸出值與目標值達到最小誤差，而最佳化的過程則為學習與思考的情形。Robert Hechat-Nielson(1990)對類神經的定義，「神經網路是一種計算系統，由許多高度聯結的節點所組成，用來處理資訊並對外部的輸入以網路動態來回應」。因此，可透類神經模式之學

	習過程，以描述物理現象。 4. 本模式之類神經模式，只有一層隱藏層，最佳化之神經元數目則為 27 個，輸入神經元參數為颱風路徑、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 6 個影響船隻動態的颱風因子，目標神經元參數僅為船舶動態指數。
莊甲子教授：	
1. 前言(P.1)與研究動機(P.3) 內容略有重複，宜加整合綜述。 2. 九種颱風路徑分類(P.7)宜加圖示說明。 3. 部份圖之出處(P.10 圖 2-2)宜註明。 4. 如何以颱風中心之經緯度計算颱風距預報點之距離，應有所交待。 5. 四種船隻異動指數中第(1)與(2)種似無明顯差別，其皆為不影響裝卸作業。 6. 湧浪波高增大至何程度將會影響船隻作業或船隻需出港避風，宜有所界定。 7. 颱風規模大小如何界定，應有所交待。 8. 船隻異動指數之定義與意義，宜加補述。 9. 波浪特性分析，宜增實際分析結果說明並加圖示。	1. 感謝莊教授的指正，本文將綜合論述與整理。 2. 對於九種颱風路徑乃依氣象局之分類，本研究已於 94 年度計畫詳列文中，並詳加說明路徑分類的標準，本年度計畫著重預警模式之建立，並以 94 年度的分析結果，作為模式之輸入參數。 3. 文中圖 2-2 出處已註明參考文獻張和錢(2003)所整理。 4. 距離公式如下 $R = \text{earth's radius (mean radius = 6,371km)}$ $\Delta \text{lat} = \text{lat}_2 - \text{lat}_1$ $\Delta \text{long} = \text{long}_2 - \text{long}_1$ $a = \sin^2(\Delta \text{lat}/2) + \cos(\text{lat}_1) \cdot \cos(\text{lat}_2) \cdot \sin^2(\Delta \text{long}/2)$ $c = 2 \cdot \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a})$ $\text{distance} = R \cdot c$ 。距離公式已屬較基本的測量計算，於 WWW 網路與各教科書皆可查到，因此於本文並不另行說明。

	5. 本文之船舶動態指標分類，皆從花蓮港務局人員之紀錄，與以分類並分級，指數 1 及 2 雖都不影響作業，但是指數 2 卻是因颱風湧浪發生的結果，與指數 1 並不相同。且若發生指數 2 的情形，表示颱風較接近目標測站，依其路徑亦有可能發生指數 2 以上之情形。因此，指數 1 及 2 以湧浪之有無予以進行分級。 6. 關於波浪湧浪波高增大之程度，由於港內波浪資料與船舶動態資料同時皆有的情況並不多，因此對於莊教授指教的問題，本研究礙於資料的問題無法提供較好的解答，但是本計劃於 94 年度已進行颱風波浪的補遺研究，未來可再以颱風波浪之補遺資料分析與船舶動態之關係。 7. 颱風規模大小之分類標準，依據文中表 2-2Saffir-Simpson 的颱風規模分類標準。 8. 對於船隻異動指數之定義與意義，已於本文中 2.1 節 P11 闡明其意義，主要分類的標準能以船隻安全為主要依據。 9. 感謝莊教授之指正，此部份為後續工作項目之一，於期中報告加註說明後續工作的重點，並於期末報告中作修正。
何良勝科長：	
1. 相關颱風對船舶動態影響之分析資	1. 由於船隻動態表中的資料，對於無法

料，建議增加新的資料(2005 年)加以分析。 2. 有關船舶動態預警模式之驗證方面，建議以多種不同方式進行測試，同時能以較明確之方式，釐清是否須要離港避難。 3. 相關波浪特性分析方面，相關波高與週期之分佈函數宜一併加以探討，同時其最適之分佈函數亦應增加不同方法，加以判別。	滿足颱風及預警動態標準者，本研究將適度的進行篩選，再以此相關資料進行模式之建立與驗證，因此本年度計畫將以文中之颱風動態學習資料，進行模式之建立。對於模式並未達到更好的精度，則有模式參數選擇及模式本身架構的問題，因此，將上述問題進一步分析後，再行考慮是否將 2005 年之資料作為學習的對象，仍感謝何科長的提醒與建議。 2. 對於離港避難的標準，將與花蓮港務局人員進行討論，已更精確的提出預警的正確性與時效性。驗證方式則將進一步分析，並於期末報告中說明之。 3. 感謝何科長提供相關意見，由於期中報告只提出如何進行波浪特性分析，對於後續最適之分佈函數會做進一步的分析，於期末報告提出。
簡仲璟科長：	
1. 船舶動態預警是否應考慮船隻泊靠碼頭位置、吃水、船舶大小（長、寬）及繫纜方式等因素？ 2. 波浪特性分析方面目前僅說明探討波高與週期最適機率分布的方法，並沒有具體分析結果。若此部份是後續工作項目之一，在結論部分應加以說明。最好是能有本計畫後續研究工作重點說明。 3. 報告內容有多處誤植請查對後修正。如第三章中之第 21 頁「...船舶	1. 由於對於花蓮港務局所紀錄之船舶動態表中，只紀錄颱風相關資料及船舶是否出港等情形，對於船隻本身資料的提供則是較缺乏的。但是，紀錄的船隻動態表，是根據颱風的動態來研判港內波浪的情形，再由波浪與船隻的相對關係提出預警，因此本模式直接提出颱風的動態與船隻的關係，以代表是否需要出港等。所以，船隻的資料並未被考慮於本模式中。 2. 感謝簡科長指正，此部份為後續工作項目之一，於期中報告加註說明後續

預動態警模式...」、第 24 頁「...圖 3-9 之實現線...」、第 25 頁「...在附錄 2 中...」；第四章中之第 27 頁「...如圖 2-1...」、第 28 頁「...頻譜能率之關係為式 (4-1) ...」等。此外「網路預測」一詞似乎不當, 建議改為「模式預警」。 4. 船舶動態預警模式之驗證說明與對應圖示中實、虛線無法一致, 請查對後修正。	工作的重點, 並於期末報告中作修正。 3. 對於文中多處誤植的部分已經修正完畢, 感謝簡科長指正。 4. 對於文中說明無法一致部分, 已修改及查證感謝簡科長指正。
---	--

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
 (二)

執行單位：國立交通大學土木系

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
陳陽益教授：	
4. 有關本模式經驗證下，其各種預測值與實際值間的精度列述一下。 5. 自 189 至 223 頁各項實際差與理論值差異還不小，以及迴歸分析後的各項實際值與理論值仍頗不太一致，請列述其原因如何，以便為日後再深入探討改進的參考。	4. 本模式之驗證於 P.21 已說明學習誤差約有 11%，於驗證之三場颱風已說明本模式之預測值與實際之船舶動態紀錄相同，因此本模式可推算發生船舶動態該時間點之情形。 5. 189 頁至 223 頁為第五章內容之附圖及附表，相關內容已於第五張敘述，對於各項實際值與理論值仍頗不太一致，已有相關之討論，但對於其不一致之原因仍在分析，並未獲得較好的結果，本計畫將於下年度進行探討與改進。
梁乃匡教授：	
3. 建議「颱風路徑」參數化為角度、距離和與觀測點距離的時間變化率。跟據本人研究其時間變率和湧浪波高有密切關連，稱為堆積效應或 Doppler 效應(Liang ,2003 ,Ocean Engineering)。	3. 感謝梁教授之建議，本年度計畫之船舶動態類神經模式之輸入值已有颱風中心至測站之距離及方位角度，未來將測試梁教授之建議去除颱風路徑，並加入颱風之延時變率予以建構模式。
林炤圭教授：	
5. 本年度計畫執行成果良好，未來應繼續引入更多實測資料校正模式。 6. 建議是否在本報告或下年度計畫中針	5. 感謝林教授肯定，未來將依其意見辦理。 6. 對於模式應用上，將於下年度計畫中

對其應用面詳加討論並舉例說明。 7. 鋒面波浪的預測是否可行？建議評估。 8. 類神經網路部份目前考慮之颱風因子屬於靜態因子(各位置之參數各自獨立)建議評估加入動態因子。	進行模式之修正後，予以建立使用者介面，並實際操作與應用。 7. 張憲國副教授於「近岸數值模擬系統之建立(3/4)」中已完成類神經模糊季風波浪模式之建構，相關內容請參考該計畫。 8. 感謝林教授之建議，未來於下年度將動態因子加入本模式進行測試。
莊甲子教授：	
10. 各類引用計算方程式及其應用條件仍應註明為宜。 11. 颱風路徑分類表仍宜於本年度報告中補充，以達年度報告之完整性。 12. 船舶動態預警模式驗證資料儘取近年者為宜。 13. 船舶動態管理特性與颱風波浪資料分析特性結果的相關性宜加補充。 14. 所有分析資料皆為花蓮港者，而計畫研究題目為「臺灣國際港區」，能否一體適用宜加說明。	10. 感謝莊教授的指正，本文將綜合論述與整理。 11. 已於期末報告進行修正。 12. 將於下年度計畫進行模式修正後，再行實際案例之測試。 13. 已於期末報告進行修正。 14. 本計劃欲建立船舶受颱風影響之動態模式，對於其他港口，若有收集或紀錄其受颱風影響之船隻動態，則可適用該方法建立類神經模式。
簡仲璟科長：	
4. 本研究報告對於花蓮港波浪之特性，利用機率分佈作完整的探討，其成果及努力值得肯定。不過 1.3 節有關本年度工作項目似乎與報告內容不太一致，建議修正。 5. 影響船舶動態的颱風因子中，颱風規模與風速似乎不是相互獨立的變數？是否可嘗試將颱風規模改為七級或十級風暴風半徑？	4. 感謝簡科長的肯定，相關建議將於期末報告中修正。 5. 對於簡科長的建議，本計畫將於下年度加入七級或十級風暴風半徑予以測試。 6. 將於期末報中補充說明。 7. 本段說明有誤，將於期末報告中刪除。 8. 本段說明有誤，將於期末報告中刪

6. 第二章對於影響船舶動態的 6 個颱風因子，僅以颱風規模及颱風距離作敘述，是否可補充其他因子的影響說明。 7. 報告第 58 頁「…因根據理論，大或小波高中，其 m_0 差異較 更為小，且…」本段敘述可再詳盡說明。例如根據何種理論？ 8. 報告第 59 頁「…不建議以此關係式來估算示性波高大小，而應以實際觀測所得資料，計算…」。此段是否意謂波高大時不宜以 $\sqrt{m_0}$ 來估算 H_s？但現場觀測儀器卻經常以 $\sqrt{m_0}$ 來估算波高。	除。
曾相茂委員：	
5. p8 是否要將花蓮港港口(向南南東)方向考慮。 6. p11, 2005 年尚未歸納似乎慢了點，而且這一年的波浪資料最完整且有三個強烈颱風登陸(波浪資料在 2005 年 6 月已提供)。 7. p17 預警模式這部份建議是否可參考臺大海洋所梁教授在 10 年前(pc 用 286 及一片 1.44MB 的軟碟)就完成的模式，他的模式簡單扼要容易使用。 8. P26 本中心在花蓮港海氣象觀測站，主要量測資料為波高、週期、波向、剖面流速流向、水位及水溫，波浪每小時量測時間為 1024 秒，頻率	5. 由圖 2-3 至 2-7 所示，船舶動態之發生範圍皆於-60 至 150 度之間，顯示在該範圍內之颱風會引起船隻異動，該範圍包含港口之開口方向，相關論述將增加於期末報告中。 6. 本計畫將於期末報告中加入 2005 年船舶動態資料並分析歸納。 7. 對於颱風動態因子之輸入值與模式將於下年度進行修正與改進，感謝曾委員之建議。 8. 將於期末報告中修正。

為 2HZ, 同時用壓力及超音波式二種 量測。	
------------------------------------	--

簡 報 內 容

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(二)

期末簡報



交通大學土木系 張憲國 副教授

台灣海岸環境系統網路研究室
Network Research on the Coastal Environment System in Taiwan

日期：2006.11.16

計畫完成目標

一、港區船舶動態管理特性研究

- ◆ 針對花蓮、蘇澳港收集颱風及波浪與船舶動態相關資料。
- ◆ 建立花蓮港颱風與船舶動態關係。
- ◆ 應用類神經網路建構船舶動態預警系統。
- ◆ 波浪統計模式之建立。

二、颱風波浪資料補遺分析

- ◆ 1. 統計分析模式之改善。
- ◆ 2. 現場資料之蒐集與分析。
- ◆ 3. 實例操作：以花蓮港、蘇澳港進行實例操作。
- ◆ 4. 模式視窗化之初步建立。
- ◆ 5. 教育訓練：每年六次，包含計量統計分析理論與應用、模式操作應用。

簡報綱要

- ◆ 研究動機
- ◆ 颱風與船舶動態特性分析
- ◆ 船隻動態預警模式之建構
- ◆ 波浪統計特性分析
- ◆ 結論

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(二)

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。



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(二)

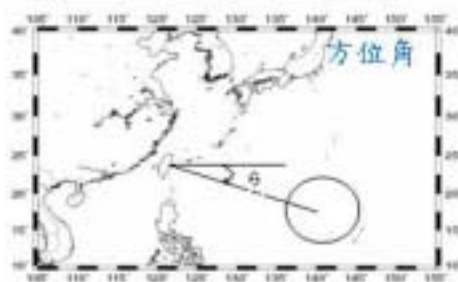
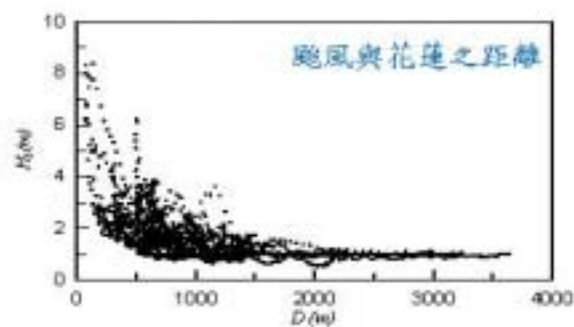
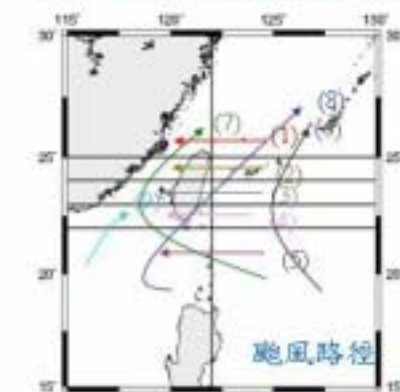
海氣象與船舶動態資料收集與分類

探討颱風影響船舶動態的機制

- ◆ 颱風路徑
- ◆ 颱風規模
- ◆ 颱風風速
- ◆ 颱風中心與花蓮港之角度
- ◆ 颱風中心之經緯度
- ◆ 船隻異動指數

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(二)

颱風與船舶動態特性分析



颱風規模

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

颱風與船舶動態特性分析

颱風等級	颱風名稱	個數
1	溫妮(Winnie, 1997) - 辛樂克(Sinkala, 2002) - 蘭寧(Ramatin, 2004) - 艾利(Aere, 2004)	4
2	賀伯(Herb, 1996)	1
3	安瑪(Amber, 1997) - 奧托(Otto, 1998) - 碧利斯(Bilis, 2000) - 桃芝(Toraji, 2001)	4
4	莫拉克(Morakot, 2003)	1
5	莎莉(Sally, 1996) - 貝絲(Beth, 1996) - 瑪姬(Maggie, 1999) - 山姆(Sam, 1999) - 貝碧佳(Babine, 2000) - 尤特(Utt, 2001) - 伊布都(Intudo, 2003) - 科羅旺(Kororah, 2003) - 杜鰲(Dujan, 2003)	9
6	維多利亞(Violet, 1996) - 蘇迪(Zane, 1996) - 妮妲(Dale, 1996) - 伊莎(Ira, 1997) - 歐迪(Opal, 1997) - 彼得(Peter, 1997) - 羅西(Rose, 1997) - 蒂娜(Tina, 1996) - 楊桃(Yami, 1998) - 瑞伯(Zeb, 1998) - 凱特(Kate, 1999) - 歐拉(Olga, 1999) - 奇海星(King, 2000) - 霍馬德(Ramman, 2002) - 科吉拉(Kujira, 2003) - 艾倫(Etan, 2003) - 米爾(Mel, 2003) - 蘇迪蘇(Soudou, 2003) - 梅卡(Maui, 2003) - 海恩(Haiyan, 2003) - 羅比(Lupit, 2003) - 巴比魯(Papirou, 2000) - 凱沙娜(Ketsana, 2003) - 舒達(Sudal, 2004) - 妮妲(Nida, 2004) - 達嘉(Dagun, 2004) - 敏督利(Mindulla, 2004) - 梅姬(Magi, 2004) - 佳佳(Chaba, 2004) - 妮姬(Nick-Ten, 2004) - 蘇達(Songda, 2004) - 米雷(Musi, 2004) - 瑪姬(Ma-Ou, 2004) - 陶卡基(Tokage, 2004)	34
7	葛莉雅(Gloria, 1996) - 奇比(Chibi, 2001) - 丹恩(Dan, 1999)	3
8	艾文(Ivan, 1997) - 維琪(Vicki, 1998) - 嘉神(Xangson, 2000)	3
9	芭比絲(Babi, 1998)	1

臺灣國際港務船舶動態管理特性及颱風波浪資料補遺研究(二)

颱風與船舶動態特性分析

颱風規模	颱風名稱	個數
1 級颱風	彼得(Peter, 1997) - 楊桃(Yami, 1998) - 奧托(Otto, 1998) - 凱特(Kate, 1999) - 歐拉(Olga, 1999) - 山姆(Sam, 1999) - 尤特(Utt, 2001) - 莫拉克(Morakot, 2003) - 米爾(Mel, 2003) - 梅姬(Magi, 2004)	10
2 級颱風	貝絲(Beth, 1996) - 葛莉雅(Gloria, 1996) - 蒂娜(Tina, 1996) - 歐迪(Opal, 1997) - 維琪(Vicki, 1998) - 嘉神(Xangson, 2000) - 貝碧佳(Babine, 2000) - 科羅旺(Kororah, 2003) - 巴比魯(Papirou, 2000) - 海恩(Haiyan, 2001) - 達嘉(Dagun, 2004) - 蘭寧(Ramatin, 2004) - 艾利(Aere, 2004)	13
3 級颱風	蘇迪(Zane, 1996) - 安瑪(Amber, 1997) - 丹恩(Dan, 1999) - 瑪姬(Maggie, 1999) - 奇比(Chibi, 2001) - 桃芝(Toraji, 2001) - 霍馬德(Ramman, 2002) - 艾倫(Etan, 2003) - 妮姬(Nick-Ten, 2004)	9
4 級颱風	維多利亞(Violet, 1996) - 奇海星(King, 2000) - 杜鰲(Dujan, 2003) - 科吉拉(Kujira, 2003) - 伊布都(Intudo, 2003) - 蘇迪蘇(Soudou, 2003) - 辛樂克(Sinkala, 2002) - 凱沙娜(Ketsana, 2003) - 舒達(Sudal, 2004) - 敏督利(Mindulla, 2004) - 蘇達(Songda, 2004) - 米雷(Musi, 2004) - 陶卡基(Tokage, 2004)	13
5 級颱風	妮妲(Dale, 1996) - 賀伯(Herb, 1996) - 莎莉(Sally, 1996) - 溫妮(Winnie, 1997) - 伊莎(Ira, 1997) - 艾文(Ivan, 1997) - 羅西(Rose, 1997) - 瑞伯(Zeb, 1998) - 芭比絲(Babi, 1998) - 碧利斯(Bilis, 2000) - 羅比(Lupit, 2003) - 梅卡(Maui, 2003) - 妮姬(Nida, 2004) - 佳佳(Chaba, 2004) - 瑪姬(Ma-Ou, 2004)	15

臺灣國際港務船舶動態管理特性及颱風波浪資料補遺研究(二)

颱風與船舶動態特性分析

船隻異動指數	颱風名稱	個數
1	貝絲 (Beth, 1996) - 瑪琪 (Maggie, 1999) - 凱特 (Kate, 1999) - 貝碧佳 (Bibina, 2000) - 芭比娜 (Papillon, 2000) - 海葵 (Huiyui, 2001) - 凱莎娜 (Katsara, 2003) - 康森 (Comau, 2004) - 蘭寧 (Lanning, 2004) - 梅姬 (Megi, 2004)	10
2	彼得 (Peter, 1997) - 碧姬 (Tina, 1997) - 瑪琪 (Maggie, 1999) - 丹恩 (Dan, 1999) - 奇爾克 (Sirdala, 2002) - 吳伯克 (Moralot, 2003) - 伊羅紅 (Korowak, 2003) - 伊羅紅 (Korowak, 2003) - 梅米 (Maemi, 2003) - 妮妲 (Nida, 2004) - 佳佳 (Chaba, 2004) - 弗雷 (Freya, 2004) - 馬爾 (Ma-Ou, 2004)	13
3	瑪琪 (Maggie, 1999) - 凱特 (Kate, 1999) - 羅西 (Rosa, 1997) - 瑪琪 (Maggie, 1999) - 山姆 (Sam, 1999) - 奇爾克 (Kiroji, 2000) - 奇比 (Chibi, 2001) - 尤特 (Uta, 2001) - 阿吉拉 (Kujira, 2003) - 杜鰲 (Dorai, 2003) - 卡倫 (Kala, 2003) - 杜達 (Dada, 2004) - 桑達 (Sangda, 2004) - 妮姬 (Niki-Ten, 2004)	13
4	羅西 (Rosa, 1997) - 賀伯 (Herb, 1996) - 莎莉 (Sally, 1996) - 梅姬 (Megi, 1996) - 伊莎 (Isa, 1997) - 凱特 (Opal, 1997) - 羅西 (Rosa, 1997) - 亞瑟 (Arthur, 1997) - 艾比 (Ebi, 1997) - 奧托 (Otto, 1998) - 瑪琪 (Zeb, 1998) - 芭比娜 (Baba, 1998) - 凱特 (Olga, 2000) - 貝利 (Bili, 2000) - 亞瑟 (Zangara, 2000) - 杜達 (Dada, 2001) - 雷內 (Rennan, 2002) - 蘇達 (Sudat, 2003) - 伊布都 (Imbudo, 2003) - 艾瑪 (Ema, 2003) - 盧比 (Lubi, 2003) - 凱特 (Katie, 2004) - 艾利 (Aeri, 2004) - 陶卡基 (Tokagi, 2004)	24

臺灣國際港務局船舶動態管理特性及颱風波浪資料補遺研究(二)

颱風與船舶動態特性分析

花蓮港港務局提供民國85-94年之船隻動態表

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。

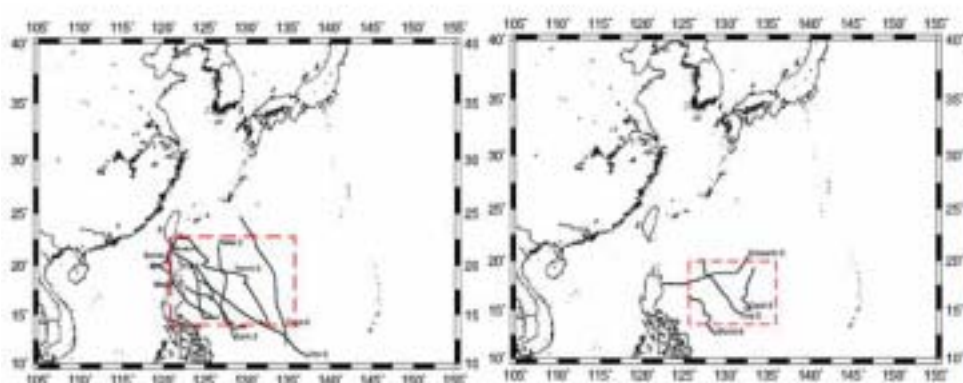
船隻異動指數4：船隻發生斷纜之現象。

颱風規模 4				颱風規模 5			
颱風名	船隻異動指數	颱風名	船隻異動指數	颱風名	船隻異動指數	颱風名	船隻異動指數
杜鰲	3	陶卡基	4	溫妮	4	莎莉	4
柯吉拉	3	凱莎娜	1	伊莎	4	艾文	4
奇洛基	3	舒達	3	凱兒	3	芭比娜	4
魏萊特	3	桑達	3	盧碧	4	梅米	2
尹布都	4	弗雷	4	瑪姬	4	妮姬	2
蘇達勒	4			羅西	3	馬爾	4
伊萊克	2			賀伯	4	佳佳	5
凱特利	4			碧莉絲	4		

臺灣國際港務局船舶動態管理特性及颱風波浪資料補遺研究(二)

颱風與船舶動態特性分析

颱風規模對船舶動態的影響：

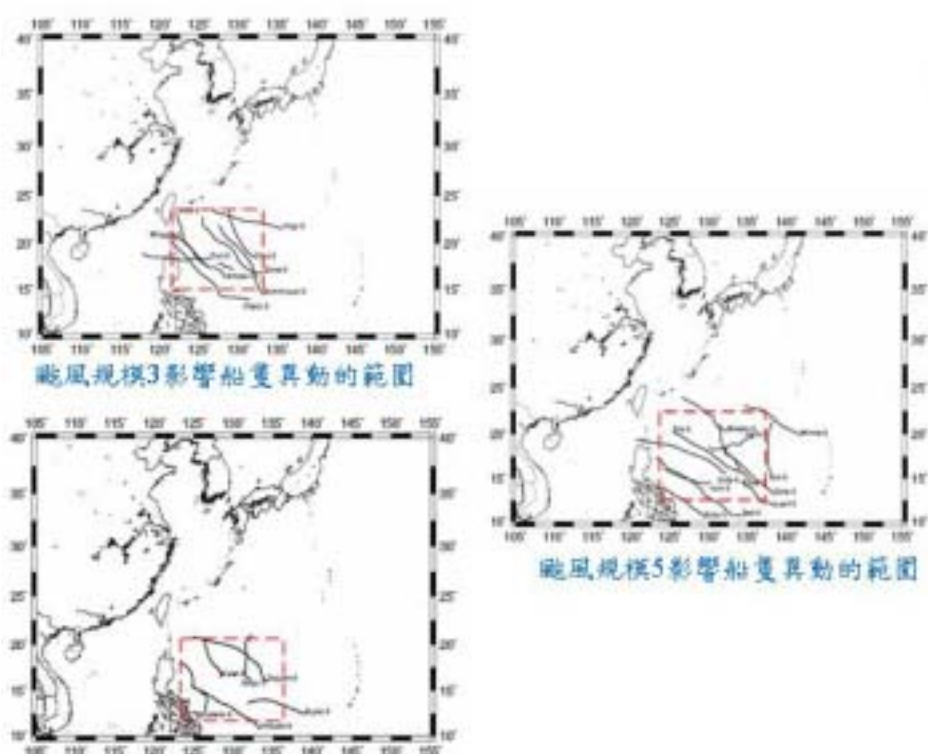


颱風規模1影響船隻異動的範圍

颱風規模2影響船隻異動的範圍

11

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(二)



颱風規模3影響船隻異動的範圍

颱風規模5影響船隻異動的範圍

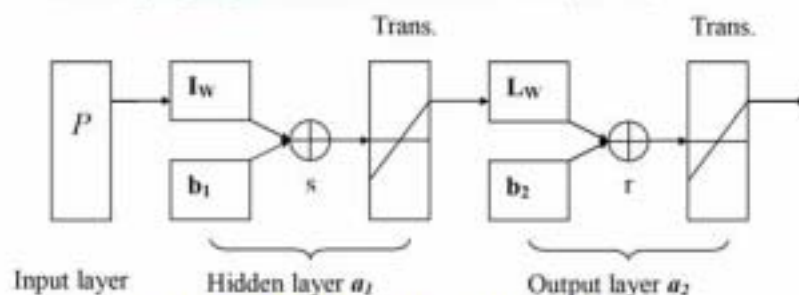
颱風規模4影響船隻異動的範圍

12

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(二)

船隻動態預警模式之建構

Back-propagation neural network (BPN)



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

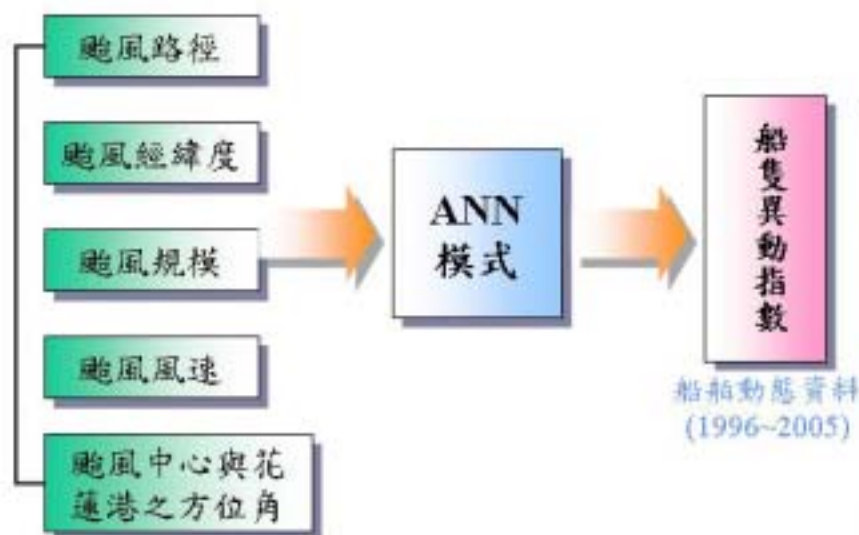
$$a_{2,r \times 1} = f_{r \times 1}(L_{W,r \times s} a_{1,s \times 1} + b_{2,r \times 1})$$

Learning method $\longrightarrow E = \frac{\|a_2 - Y\|^2}{N}$
Levenberg-Marquardt

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(二)

13

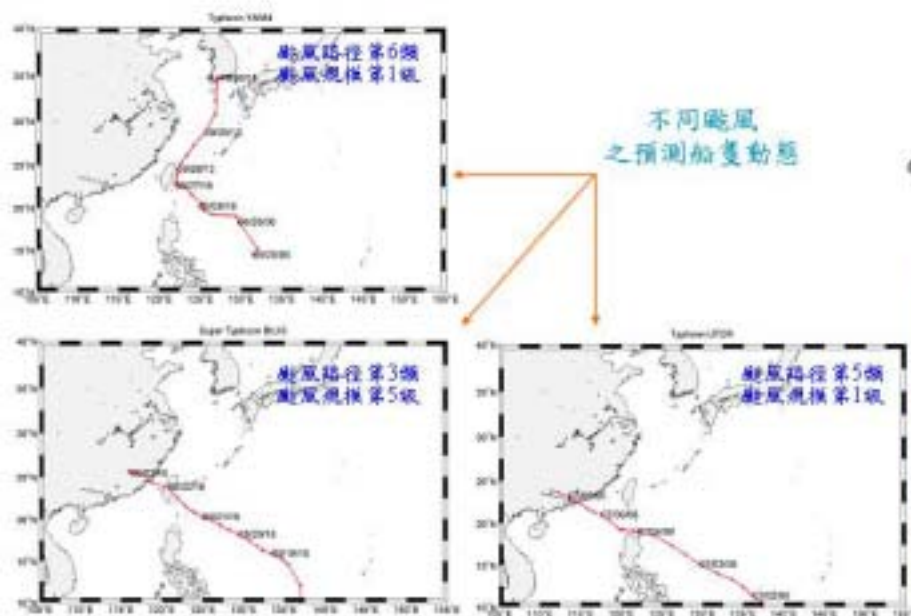
船隻動態預警模式之建構



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(二)

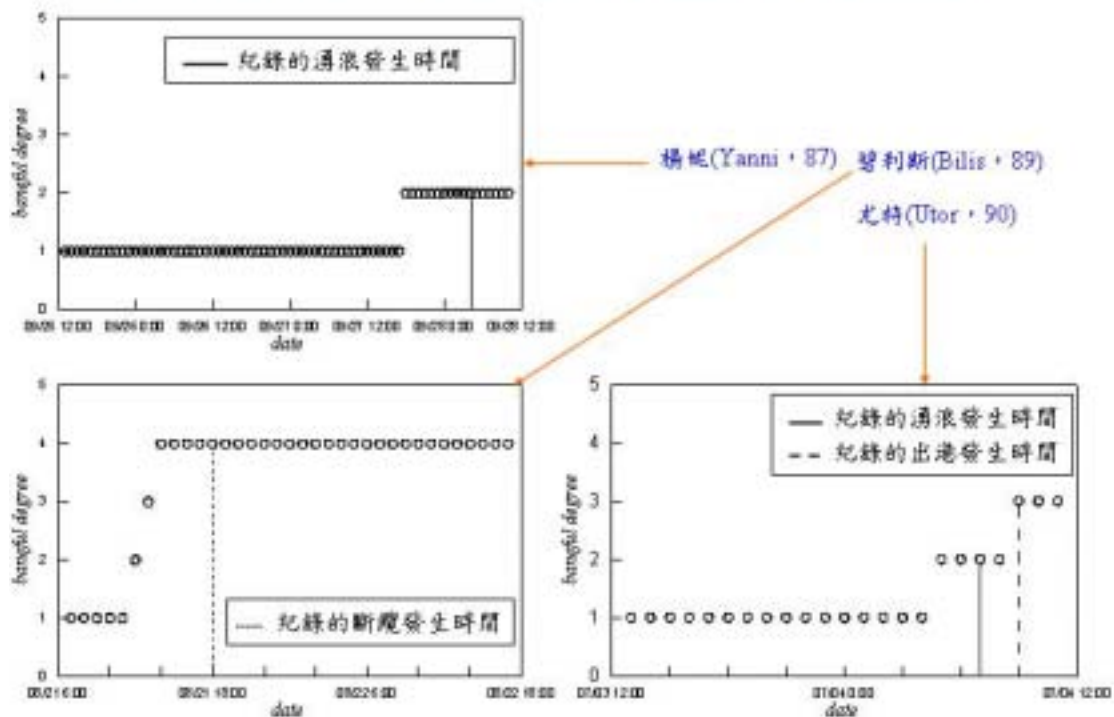
14

船隻動態預警模式之建構



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(二)

船隻動態預警模式之建構



波浪資料統計分析



波浪資料--基隆技術研究中心提供
時間為90年至94年的資料
波浪取樣頻率為2HZ
每小時共取樣2048筆資料

由於2000至2005年波高資料，因部分波浪記錄資料不全，僅2004年有較完整之波高資料，因此本研究以花蓮港2004年全年波高資料

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(二)

19

波浪資料統計分析

示性波高及週期之計算

1. 以波群中波高較大的1/3部分的個別波
波高平均值來代表
以波群中波高較大的1/3部分的個別波
週期平均值來代表

2. 頻譜法

$$m_n = \int_0^{\infty} f^n S(f) df$$

$$H_{1/3} = 4\sqrt{m_0} \quad (\text{Rayleigh 分佈})$$

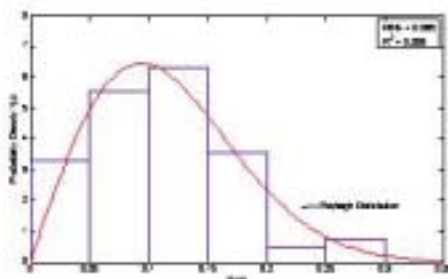
$$H_{1/3} = 3.8\sqrt{m_0} \quad (\text{Weibull 分佈})$$

$$T_{1/3} = \frac{1}{1.05 f_p} \quad \text{Mitsuyasu(1968)}$$

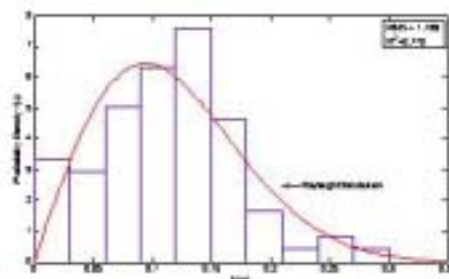
$$T_{1/3} = \frac{1}{1.1 f_p} \quad \text{合田(1987)}$$

波浪資料統計分析

不同組數對理論機率分佈之影響



組數為六組之機率密度與 Rayleigh 分佈圖



組數為十組之機率密度與 Rayleigh 分佈圖

1. Sturges(史特吉斯) 法

$$X = 1 + 3.322 \log(N)$$

2. Doane(唐恩)法：

$$X = \sqrt{N}$$

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(二)

21

波浪資料統計分析

示性波高機率密度

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

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

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

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

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(二)

22

波浪資料統計分析

示性週期機率密度

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

$$m(\hat{\eta}) = \tau + \left[\frac{\lambda^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^l (\hat{\eta}_i)^j / j!}{\sum_{i=1}^n \frac{(\hat{\eta}_i)^j}{j!}} \right] \lambda = \frac{\bar{T}}{S^2} \quad \alpha = \frac{\bar{T}^2}{S^2} \quad \text{N.Unnikrishnan Nair 等(2003)}$$

2. Longuet-Higgins 分佈 $p(T) = \left| \frac{d\phi}{dT} \right| P(\phi | \lambda) = \frac{\pi T_{02}}{2\pi T_{01}} \frac{\nu^3}{2\nu^2 + (1 - \frac{T}{T_{01}})^2}^{3/2}$

3. Rayleigh分佈

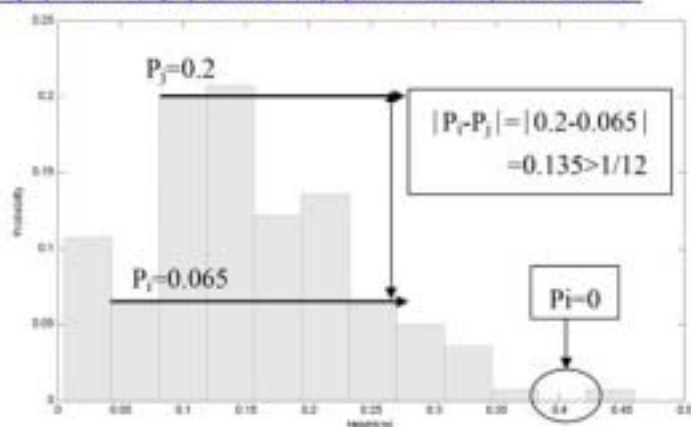
4. Gamma分佈

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(二)

23

波浪資料統計分析

機率分佈與直方圖密合度評估指標



誤差均方根(RMS)

相關係數(R²)

$Pi=0$

$|Pi-Pj| > 1/N$

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(二)

24

波浪資料統計分析

統計分析研究流程



25

波浪資料統計分析

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

26

波浪資料統計分析-波高

波高分析結果

組數與分佈函數之各種指標評估結果($H_s < 0.5m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.041	0.037	0.035	0.034	0.032	0.032	0.030	0.029
	R^2	0.926	0.904	0.883	0.861	0.838	0.813	0.801	0.778
Normal	MSE	0.042	0.041	0.037	0.035	0.032	0.031	0.029	0.028
	R^2	0.928	0.900	0.888	0.865	0.855	0.835	0.819	0.801
Rayleigh	MSE	0.035	0.032	0.030	0.029	0.028	0.028	0.026	0.025
	R^2	0.940	0.924	0.909	0.889	0.871	0.848	0.835	0.816
Weibull	MSE	0.030	0.030	0.028	0.028	0.026	0.026	0.025	0.025
	R^2	0.960	0.943	0.929	0.908	0.895	0.872	0.858	0.839
$P_i=0$		0	0	1	4	10	16	28	34
$ P_i - P_j > 1/N$		38	29	30	37	37	49	52	56

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(二)

27

波浪資料統計分析-波高

波高分析結果

組數與分佈函數之各種指標評估結果($0.5m < H_s < 1.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.037	0.035	0.032	0.030	0.030	0.029	0.028	0.027
	R^2	0.937	0.915	0.901	0.887	0.858	0.839	0.815	0.800
Normal	MSE	0.049	0.043	0.041	0.037	0.034	0.033	0.031	0.030
	R^2	0.903	0.886	0.858	0.847	0.830	0.809	0.790	0.773
Rayleigh	MSE	0.035	0.033	0.031	0.028	0.027	0.027	0.026	0.025
	R^2	0.938	0.923	0.906	0.895	0.873	0.853	0.831	0.815
Weibull	MSE	0.031	0.030	0.029	0.026	0.026	0.026	0.026	0.025
	R^2	0.957	0.940	0.924	0.914	0.891	0.873	0.851	0.836
$P_i=0$		0	0	1	3	6	14	22	29
$ P_i - P_j > 1/N$		31	24	24	24	38	44	52	51

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(二)

28

波浪資料統計分析-波高

波高分析結果

組數與分佈函數之各種指標評估結果(1.0m<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.035	0.033	0.032	0.033	0.030	0.030	0.028	0.027
	R ²	0.942	0.922	0.899	0.870	0.858	0.830	0.820	0.801
Normal	MSE	0.051	0.045	0.041	0.038	0.035	0.034	0.031	0.030
	R ²	0.897	0.879	0.860	0.839	0.823	0.797	0.795	0.770
Rayleigh	MSE	0.035	0.032	0.031	0.031	0.028	0.028	0.026	0.026
	R ²	0.940	0.925	0.906	0.882	0.869	0.843	0.836	0.815
Weibull	MSE	0.032	0.031	0.030	0.030	0.027	0.028	0.025	0.025
	R ²	0.954	0.940	0.922	0.898	0.885	0.859	0.854	0.832
P=0		0	1	2	4	8	11	16	26
Pi-Pj >1/N		37	28	32	30	38	50	51	58

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(二)

29

波浪資料統計分析-波高

波高分析結果

組數與分佈函數之各種指標評估結果(1.5m<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.042	0.038	0.037	0.034	0.034	0.032	0.031	0.029
	R ²	0.913	0.897	0.874	0.849	0.821	0.799	0.780	0.775
Normal	MSE	0.048	0.043	0.038	0.037	0.035	0.032	0.031	0.029
	R ²	0.907	0.884	0.872	0.845	0.824	0.809	0.789	0.784
Rayleigh	MSE	0.040	0.038	0.035	0.032	0.032	0.030	0.029	0.027
	R ²	0.915	0.897	0.882	0.858	0.832	0.814	0.794	0.788
Weibull	MSE	0.036	0.033	0.031	0.030	0.029	0.028	0.028	0.025
	R ²	0.943	0.920	0.914	0.890	0.868	0.849	0.830	0.825
P=0		0	0	3	8	14	24	32	40
Pi-Pj >1/N		40	35	34	32	44	51	52	62

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(二)

30

波浪資料統計分析-波高

波高分析結果

組數與分佈函數之各種指標評估結果($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.046	0.045	0.043	0.043	0.040	0.039	0.037	0.035
	R ²	0.924	0.899	0.877	0.843	0.830	0.803	0.791	0.766
Normal	MSE	0.075	0.068	0.063	0.058	0.054	0.051	0.048	0.045
	R ²	0.842	0.815	0.785	0.762	0.740	0.718	0.704	0.685
Rayleigh	MSE	0.062	0.059	0.055	0.054	0.050	0.048	0.045	0.043
	R ²	0.855	0.828	0.803	0.773	0.759	0.732	0.719	0.697
Weibull	MSE	0.041	0.040	0.039	0.038	0.037	0.036	0.034	0.032
	R ²	0.942	0.926	0.903	0.878	0.861	0.836	0.824	0.804
Pi=0		10	13	13	18	26	28	32	43
Pi-Pj >1/N		29	33	33	40	48	52	55	64

31

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(二)

波浪資料統計分析-波高

波高分析結果

組數與分佈函數之各種指標評估結果($H_s > 3.0\text{m}$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.049	0.048	0.044	0.043	0.041	0.039	0.037	0.035
	R ²	0.926	0.898	0.882	0.852	0.829	0.810	0.796	0.781
Normal	MSE	0.083	0.076	0.067	0.062	0.058	0.054	0.050	0.047
	R ²	0.829	0.797	0.785	0.759	0.730	0.713	0.698	0.685
Rayleigh	MSE	0.067	0.065	0.060	0.056	0.054	0.051	0.047	0.045
	R ²	0.846	0.812	0.797	0.769	0.743	0.724	0.710	0.694
Weibull	MSE	0.044	0.044	0.040	0.039	0.038	0.036	0.034	0.033
	R ²	0.942	0.924	0.912	0.886	0.860	0.843	0.829	0.814
Pi=0		12	15	20	22	33	36	43	50
Pi-Pj >1/N		28	28	32	44	47	58	52	67

32

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(二)

波浪資料統計分析-波高

波高分析結果

最適合之機率分佈:

經分析結果，可驗證出花蓮港2004年波高分佈近似於Weibull分佈

最佳直方圖分組組數:

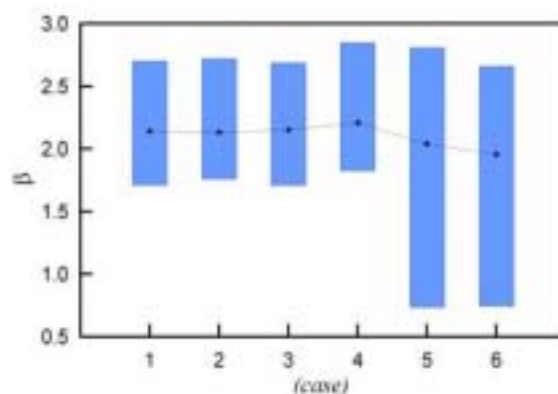
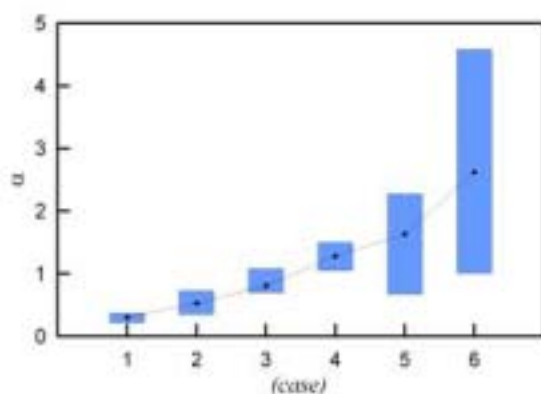
- 示性波高小於2m時，分組組數以6及7組最佳
- 示性波高大於2m時，5至7組為其最佳分組組數

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(二)

33

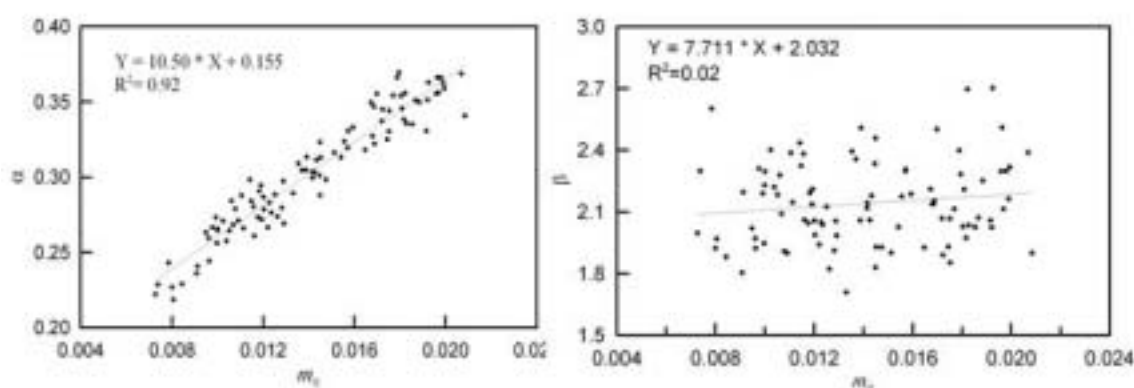
波浪資料統計分析-波高

波高資料各區間Weibull分佈之 α 及 β 範圍



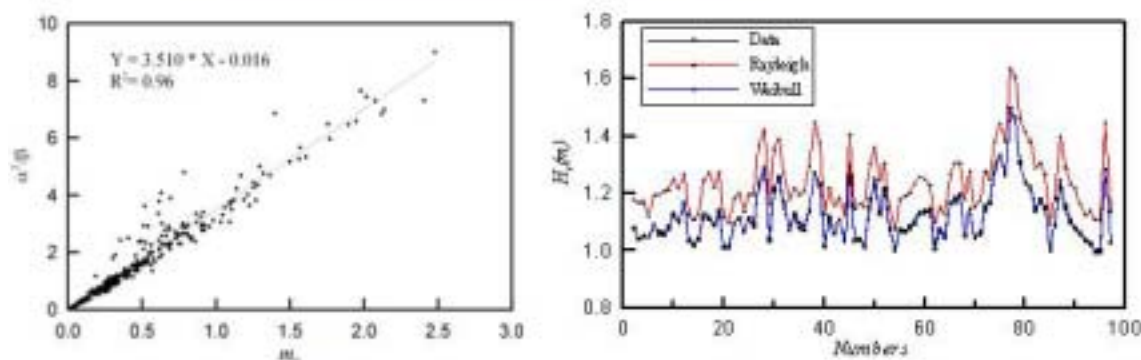
波浪資料統計分析-波高

波高資料之 m_0 與 α 關係及 m_0 與 β 關係 ($H_s < 0.5\text{m}$)



波浪資料統計分析-波高

2004年波高資料之 m_0 與 α^2/β 關係



$$\alpha = 2.622 m_0^{0.506}$$

$$\beta = \frac{\alpha^2}{(3.510 m_0 - 0.016)}$$

Rayleigh及Weibull理論值與
實際示性波高比較圖($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)

$$H_s = 3\beta\Gamma\left[\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right), \ln(3)\right]$$

波浪資料統計分析-波高

Weibull分佈之理論波高統計值

花蓮港之波高分佈是近似於Weibull分佈，由Weibull之公式及相關波高統計值之理論，可推導出如下之理論波高統計值公式

$$H_s = 3\beta\Gamma\left(\left(\frac{1}{\alpha}+1\right), \ln(3)\right)$$

$$\bar{H} = \beta\Gamma\left(\frac{1}{\alpha}+1\right)$$

$$H_{max} = \beta\left[(\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}} - \frac{1}{\alpha}(\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}-1} \cdot \gamma + \frac{1-\alpha}{2\alpha^2}(\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}-2} \cdot \left(\frac{\pi^2}{6} + \gamma^2\right)\right]$$

$$H_{rms} = \beta\left[\Gamma\left(\frac{2}{\alpha}+1\right)\right]^{\frac{1}{2}}$$

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(二)

37

波浪資料統計分析-波高

$H_s/\sqrt{m_0}$, $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 值之比較

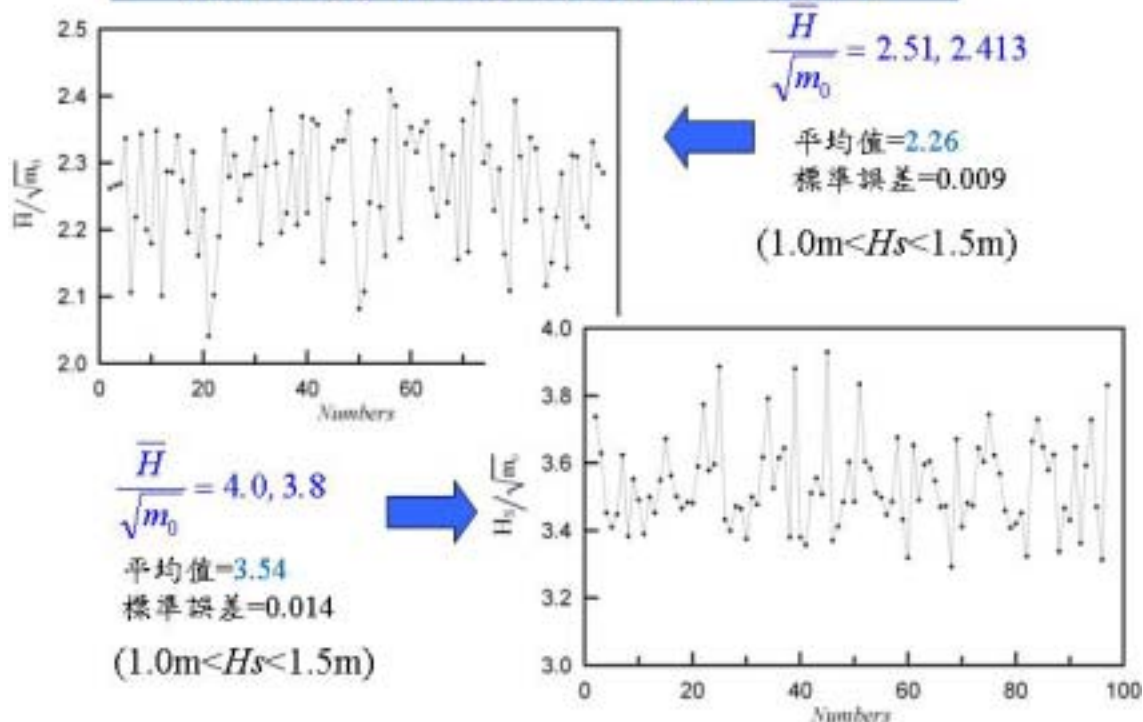
m_0 為波高零階能率，若波高分佈近似於Rayleigh及Weibull之分佈模式下， m_0 與示性波高及平均波高有如下之關係式，根據此關係式，分析花蓮港實際波高統計比值

- Rayleigh : $\frac{H_s}{H} = 1.597$, $\frac{\bar{H}}{\sqrt{m_0}} = 2.51$, $\frac{H_s}{\sqrt{m_0}} = 4.0$
- Weibull : $\frac{\bar{H}}{\sqrt{m_0}} = 2.413$, $\frac{H_s}{\sqrt{m_0}} = 3.774$

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(二)

38

波浪資料統計分析-波高



波浪資料統計分析-週期

週期分析結果

組數與分佈函數之各種指標評估結果(Hs<0.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0731	0.0703	0.0633	0.0573	0.0548	0.0492	0.0475	0.0433
	R ²	0.8795	0.8553	0.8324	0.8183	0.7972	0.792	0.7729	0.7726
Erlang	MSE	0.0679	0.0661	0.0602	0.0541	0.0522	0.0468	0.0457	0.0415
	R ²	0.9033	0.8828	0.8583	0.8471	0.825	0.8197	0.7988	0.7994
Rayleigh	MSE	0.1645	0.1484	0.1298	0.1153	0.1063	0.0961	0.0897	0.0822
	R ²	0.3208	0.2578	0.2127	0.1842	0.1534	0.135	0.1166	0.1055
L-H	MSE	0.0608	0.0568	0.0538	0.0516	0.0506	0.0504	0.0503	0.0501
	R ²	0.9356	0.9186	0.9119	0.9178	0.9063	0.9003	0.8827	0.8919
Fi		0	0	1	5	9	11	16	17
Peak		1	1	4	5	11	15	16	22

波浪資料統計分析-週期

週期分析結果

組數與分佈函數之各種指標評估結果(0.5cm<Hs<1.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0649	0.058	0.0553	0.054	0.0482	0.0467	0.0418	0.04
	R ²	0.9152	0.9105	0.8869	0.8639	0.858	0.8398	0.8389	0.8283
Erlang	MSE	0.067	0.0581	0.0557	0.0542	0.0482	0.0467	0.0417	0.04
	R ²	0.9155	0.9125	0.8881	0.8657	0.86	0.8426	0.8421	0.8309
Rayleigh	MSE	0.1917	0.1658	0.1465	0.1322	0.1185	0.1093	0.0994	0.0927
	R ²	0.1821	0.1297	0.094	0.0757	0.0651	0.0547	0.0503	0.046
L-H	MSE	0.0607	0.0587	0.0567	0.0532	0.0472	0.0469	0.0437	0.0401
	R ²	0.9564	0.9296	0.9276	0.9237	0.9169	0.9209	0.8986	0.9012
Pi		0	0	1	2	3	8	12	15
Peak		2	2	4	6	13	15	18	22

41

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(二)

波浪資料統計分析-週期

週期分析結果

組數與分佈函數之各種指標評估結果(1.0cm<Hs<1.5m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0606	0.0536	0.0473	0.0476	0.0442	0.041	0.0388	0.037
	R ²	0.9148	0.9071	0.8992	0.8674	0.8567	0.8433	0.8334	0.8228
Erlang	MSE	0.0607	0.0528	0.0466	0.0469	0.0434	0.0407	0.0383	0.0366
	R ²	0.9188	0.9137	0.9056	0.8739	0.8644	0.8488	0.8411	0.8291
Rayleigh	MSE	0.1783	0.153	0.1331	0.1208	0.109	0.0995	0.0917	0.0855
	R ²	0.2231	0.1727	0.1419	0.1153	0.0956	0.0899	0.077	0.0706
L-H	MSE	0.0599	0.0527	0.0476	0.0459	0.0441	0.0405	0.0377	0.0356
	R ²	0.9223	0.9315	0.9146	0.9152	0.9102	0.9001	0.8947	0.878
Pi		0	0	3	3	7	7	12	13
Peak		3	3	4	7	10	13	14	19

42

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(二)

波浪資料統計分析-週期

週期分析結果

組數與分佈函數之各種指標評估結果(1.5cm<Hs<2.0m)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0597	0.0588	0.0477	0.0475	0.0431	0.0412	0.0401	0.0368
	R ²	0.8286	0.7673	0.7732	0.7201	0.7115	0.68	0.6459	0.6323
Erlang	MSE	0.0584	0.0563	0.0456	0.046	0.0417	0.0404	0.0392	0.0361
	R ²	0.8404	0.7848	0.789	0.7344	0.7247	0.6894	0.6556	0.6416
Rayleigh	MSE	0.1315	0.1159	0.0997	0.0911	0.0828	0.0763	0.0711	0.0659
	R ²	0.2864	0.2396	0.2262	0.2091	0.1827	0.176	0.1559	0.1496
L-H	MSE	0.0682	0.0662	0.066	0.0646	0.0617	0.0594	0.0572	0.0561
	R ²	0.786	0.7542	0.7376	0.7201	0.7024	0.7038	0.6541	0.6377
Pi		0	1	3	3	7	9	11	11
Peak		1	2	5	7	11	14	16	20

43

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(二)

波浪資料統計分析-週期

週期分析結果

組數與分佈函數之各種指標評估結果(2.0cm<Hs<3.0cm)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0477	0.0488	0.0484	0.042	0.0396	0.0357	0.0369	0.032
	R ²	0.9006	0.8595	0.8266	0.8154	0.7911	0.7905	0.7433	0.7637
Erlang	MSE	0.0466	0.0473	0.0465	0.0409	0.0386	0.0348	0.0362	0.0313
	R ²	0.9094	0.8722	0.8403	0.8268	0.8029	0.8008	0.7551	0.7739
Rayleigh	MSE	0.1289	0.115	0.1014	0.0896	0.0817	0.074	0.0703	0.0644
	R ²	0.3947	0.3118	0.2596	0.2393	0.2107	0.2015	0.1704	0.1611
L-H	MSE	0.0561	0.0553	0.0511	0.0499	0.0486	0.0448	0.0467	0.0411
	R ²	0.8577	0.8245	0.7834	0.7718	0.7592	0.7697	0.7253	0.7524
Pi		0	0	1	4	8	10	14	14
Peak		1	3	3	7	10	14	16	23

44

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(二)

波浪資料統計分析-週期

週期分析結果

組數與分佈函數之各種指標評估結果($H_s > 3.0m$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.0695	0.0641	0.0583	0.0521	0.0516	0.0437	0.0426	0.0413
	R^2	0.8109	0.766	0.7497	0.7215	0.6758	0.6924	0.6628	0.6279
Erlang	MSE	0.0651	0.061	0.0557	0.05	0.0499	0.0423	0.0415	0.0404
	R^2	0.8341	0.7904	0.773	0.7425	0.6954	0.7117	0.6793	0.6431
Rayleigh	MSE	0.1424	0.1239	0.1101	0.0977	0.0908	0.0814	0.0764	0.0713
	R^2	0.2291	0.1697	0.1411	0.1122	0.0975	0.0894	0.0812	0.0781
L-H	MSE	0.0687	0.0671	0.0663	0.0622	0.0601	0.0577	0.0566	0.0544
	R^2	0.7267	0.7069	0.6912	0.6945	0.6539	0.6737	0.649	0.6315
Pi		0	0	0	1	1	2	5	6
Peak		1	1	3	8	10	15	16	24

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(二)

45

波浪資料統計分析-週期

週期分析結果

最適合之機率分佈:

- 示性波高大於1.5m時，最佳分佈為Erlang分佈
- 示性波高小於1.5m時，最佳分佈為Longuet-Higgins分佈

最佳直方圖分組組數:

分組組數以5至7組最佳

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(二)

46

波浪資料統計分析-週期

週期參數說明

$$T_1 < T_2 < T_3 \dots \dots \dots < T_n \quad \left\{ \begin{array}{l} \bar{T} \text{ 平均值} \\ S \text{ 變異數} \end{array} \right.$$

$$m(t) = t + \left[\frac{\lambda^{-1} \sum_{i=0}^{\alpha-1} \sum_{j=0}^s (\lambda t)^j / j!}{\sum_{i=0}^{\alpha-1} \frac{(\lambda t)^i}{i!}} \right]$$

$$\bar{T}^E = \alpha / \lambda$$

$$T_{2n/3} = T_s$$

$$T_{ST} \propto f(\lambda = \frac{\bar{T}}{s^2}, \alpha = \frac{\bar{T}^2}{s^2}, T_s)$$

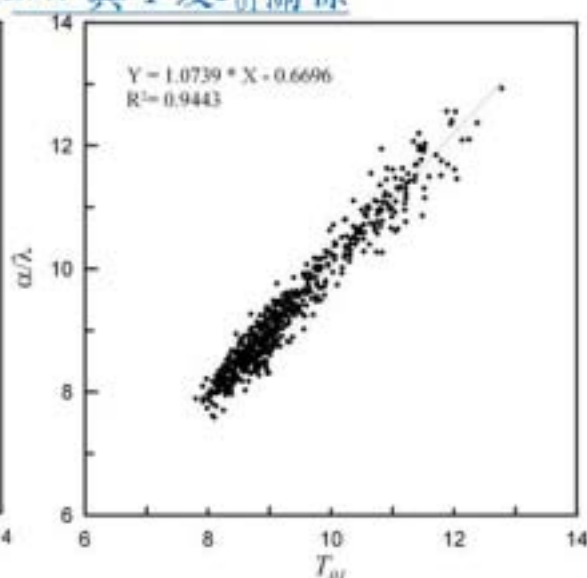
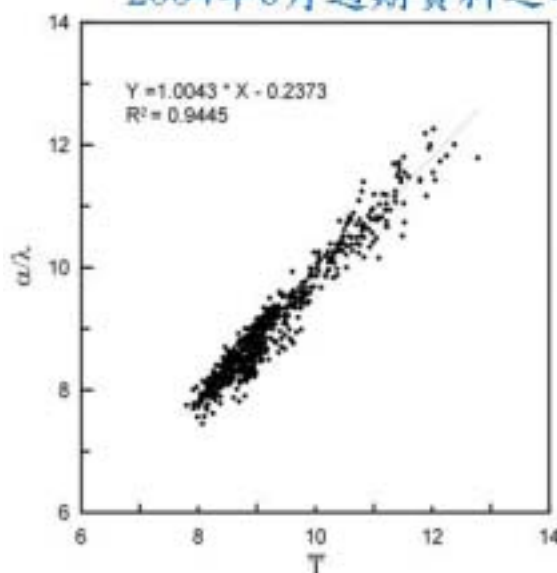
$$\bar{T}^E \propto f(\lambda = \frac{\bar{T}}{s^2}, \alpha = \frac{\bar{T}^2}{s^2})$$

$$T_{SP} \propto (f(T_{01}) \rightarrow (\lambda, \alpha), f(\bar{T}^E) \rightarrow T_s)$$

$$\bar{T}^P \propto (f(T_{01}) \rightarrow (\lambda, \alpha))$$

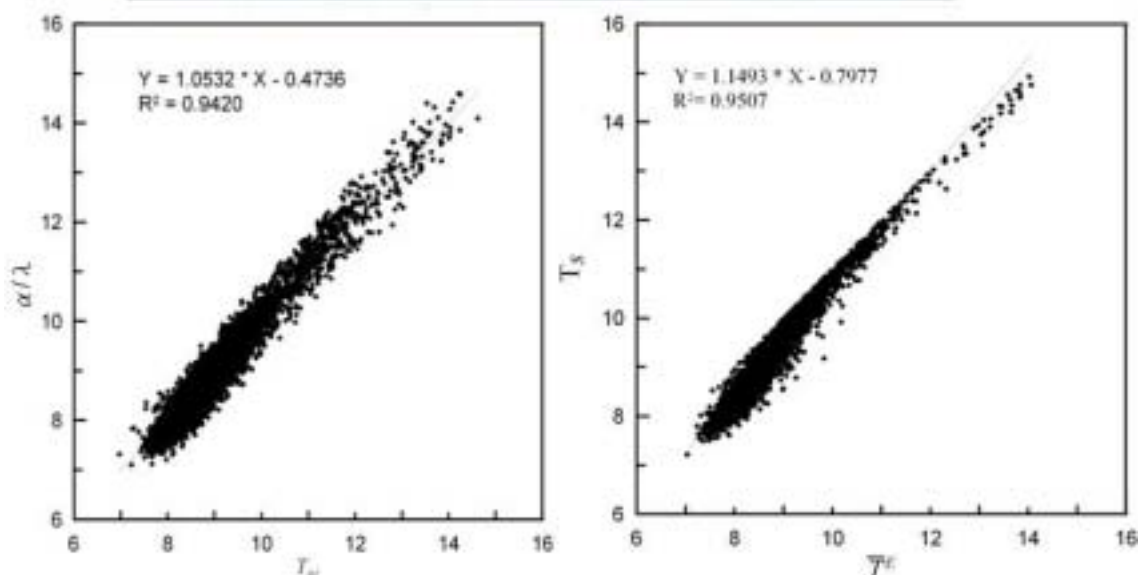
波浪資料統計分析-週期

2004年8月週期資料之 α/λ 與 $\bar{T}$ 及 T_{01} 關係



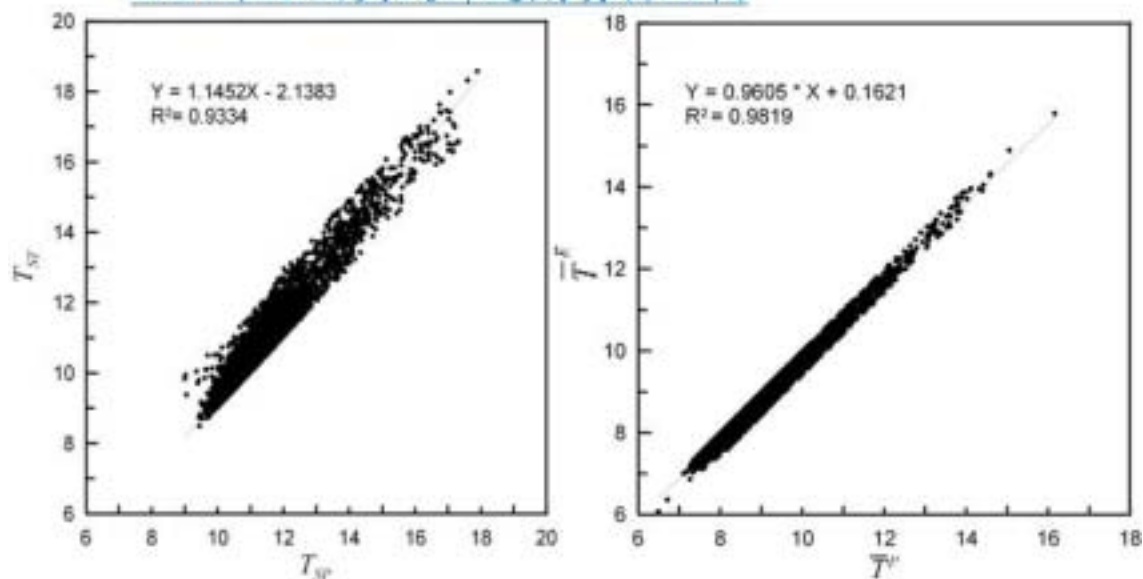
波浪資料統計分析-週期

2004年週期資料之 α/λ 與 T_{01} 及 T_s 與 $\bar{T}^E$ 關係



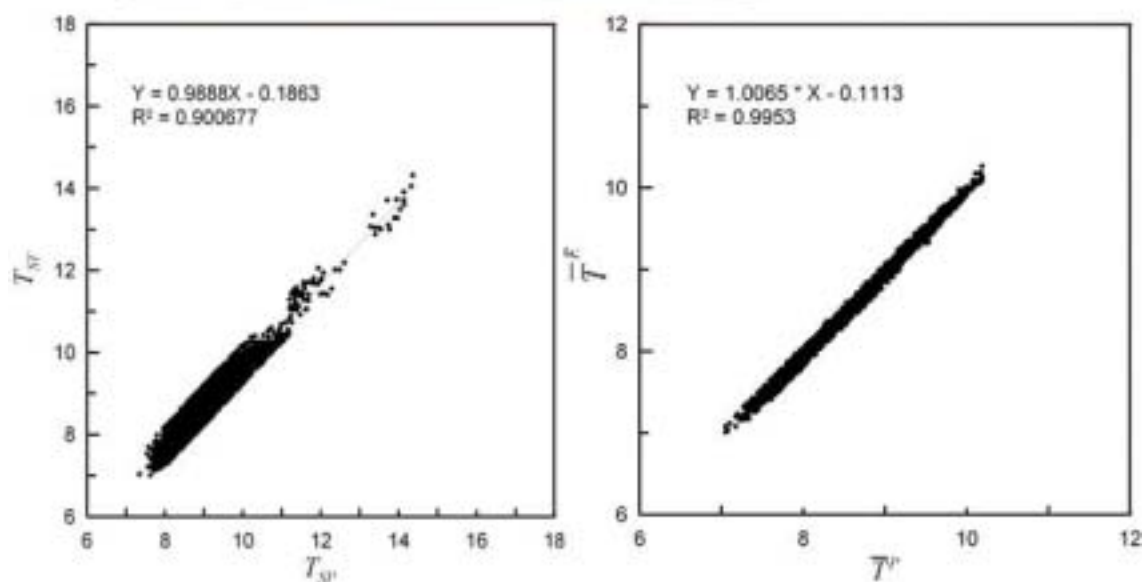
波浪資料統計分析-週期

2004年理論與統計週期資料比較

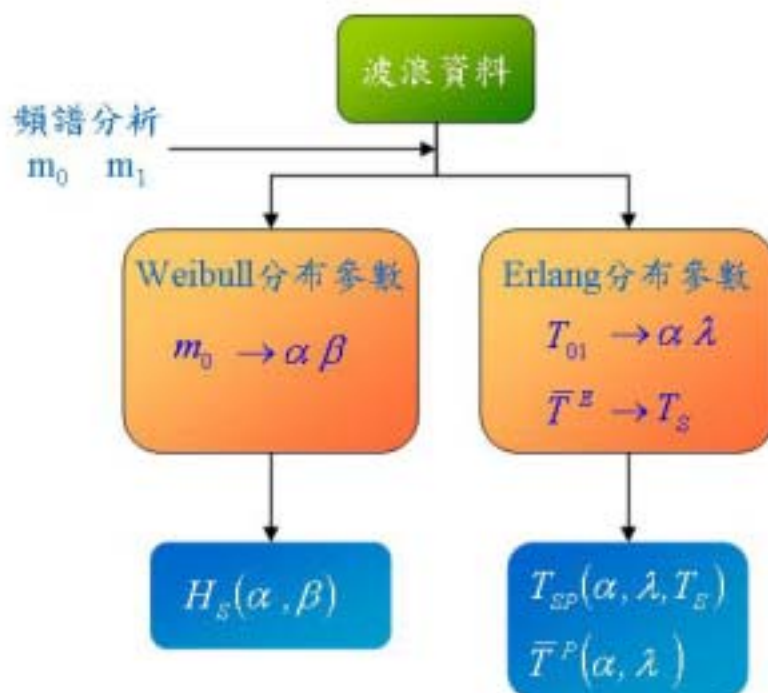


波浪資料統計分析-週期

2005年理論與統計週期資料比較



波浪資料統計分析



結論

- ◆ 本計劃選擇85-94年的船舶動態資料，進行模式之架構，其學習範例為含蓋5種颱風規模、4種船隻異動指數及9種颱風路徑之颱風共36個，由驗證之楊妮、碧利斯及尤特颱風之結果顯示，本模式可於實際颱風期間花蓮港之船舶操作預警。
- ◆ 本計畫以相關統計參數，分別為誤差均方根(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。
- ◆ 花蓮港之波高分佈較接近Weibull分佈，其示性波高小於2m以下時，分組組數以6組及7組較適合，而示性波高大於2m時，5至7組則為其較佳之直方圖分組組數。

臺灣國際港區船舶動態管理特性及颱風波浪資料構建研究(二)

結論

- ◆ 由Weibull分佈之 H_s 推算值與實測值誤差約為10%， H_{max} 推算值小於實測值，誤差約在10%。
- ◆ $H_s/\sqrt{H}$ 實際與理論有較高之相關性，其值約在1.45-1.65，波高大時相關性增加。
- ◆ $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值大部分小於Weibull分佈理論值2.413， $H_s/\sqrt{m_0}$ 比值介於3.4至3.8，波高大時比值略增。
- ◆ H_{max}/H_s 實際與理論相關性較低，亦較分散。
- ◆ H_s/H_{max} 實際與理論相關性則約為0.7

臺灣國際港區船舶動態管理特性及颱風波浪資料構建研究(二)

結論

- ◆ 花蓮港之週期分佈其示性波高小於1.5m以下時，以Longuet-Higgins分佈函數與直方圖吻合程度最佳，1.5m以上時，以Erlang分佈函數與直方圖吻合程度最佳，最佳分組組數為5至7組。
- ◆ Erlang理論參數經驗公式，藉由頻譜矩(m_0, m_1)計算出Erlang理論示性週期 T_{sp} 以及平均週期 $\bar{T}^p$ 所需之參數，可大略地推算其理論週期統計參數，此結果可做為波浪統計上以及海岸工程上的應用參考。

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(二)



簡報完畢

