

96-35-7254

MOTC-IOT-95-H2DA001-3

臺灣地區港灣波浪推算與構造物 安全監測研究(2/4)



交通部運輸研究所

中華民國 96 年 4 月

96-35-7254
MOTC-IOT-95-H2DA001-3

臺灣地區港灣波浪推算與構造物 安全監測研究(2/4)

著 者：何良勝、林受勳、江玟德
張富東、張惠華

交通部運輸研究所
中華民國 96 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目資料

臺灣地區港灣波浪推算與構造物安全監測研究.
(2/4) / 何良勝等著. -- 初版. -- 臺北市 :
交通部運研所, 民96
面 ; 公分
參考書目:面
ISBN 978-986-00-9356-8(平裝)

1. 波動 - 臺灣 2. 防波堤 - 設計

351. 941

96006882

臺灣地區港灣波浪推算與構造物安全監測研究(2/4)

著 者：何良勝、林受勳、江玟德、張富東、張惠華

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：台北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電 話：(04)26587176

出版年月：中華民國 96 年 4 月

印 刷 者：承亞興企業有限公司

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 2 號 B1•電話：(04)22260330

GPN：1009600916

ISBN：978-986-00-9356-8 (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。

GPN : 1009600916

定價：300 元

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：臺灣地區港灣波浪推算與構造物安全監測研究(2/4)			
國際標準書號（或叢刊號） 978-986-00-9356-8（平裝）	政府出版品統一編號 1009600916	運輸研究所出版品編號 96-35-7254	計畫編號 95-H2DA001-3
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：何良勝 研究人員：林受勳、江玟德、張富東、張惠華 聯絡電話：04-26587121 傳真號碼：04-26571329			研究期間 自 95 年 01 月 至 95 年 12 月
關鍵詞：船隻異動指數、波浪特性分析模式、防波堤安全監測			
摘要： 本研究內容主要包含建立花蓮港船舶動態管理系統與波浪特性分析模式，以及進行蘇澳、花蓮兩港之外廓防波堤安全監測等項。其中船舶動態管理系統經由 36 場颱風之學習及 3 場不同影響情況颱風的驗證比對，不論港內發生湧浪、警示船隻出港避風或船隻發生斷纜情況，本模式推算之船隻異動指數與實際發生情況頗為脛合。 利用花蓮港實測波浪資料探討波浪特性分析模式的結果顯示，花蓮港域的波高分佈較符合 Weibull 分佈，其波高直方圖之分組數以 5 至 8 組較適合；且以 Weibull 分佈所計算之理論示性波高值與實測者甚為接近。 防波堤堤址調查與堤體高程測量的結果顯示，蘇澳港南外防波堤沉箱底部並未有明顯掏空或護基方塊移位現象；而花蓮港東防波堤部份沉箱護基方塊有較明顯位移現象，較嚴重者其方塊位移達 5~6m。另本年度兩港之沉箱堤面之高程位移差量，並無明顯變化或差異。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
96 年 4 月	236	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 （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: Typhoon Wave Calculation and Structures Investigation around Harbors of Taiwan (2/4)			
ISBN (OR ISSN) 978-986-00-9356-8 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009600916	IOT SERIAL NUMBER 96-35-7254	PROJECT NUMBER 95-H2DA001-3
DIVISION: HARBOR AND MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Y-F Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Liang-sheng Ho PROJECT STAFF: Lin S.S., Jiang W.D., Chang F.T., Chang H.H. PHONE: 886-4-26587121 FAX: 886-4-26571329			PROJECT PERIOD FROM January 2006 TO December 2006
KEY WORDS: Index of Ship Escape; Wave Statistics Model; Breakwater Investigation			
ABSTRACT: The study investigates the relationships between the conditions of ship escape and the resulting factors at Hualien Harbor and the breakwater investigation at Hualien and Suao Harbors. The characteristics of ship escape which are related to routes, scales and speeds of typhoon's influential factors at Hualien Harbor are analyzed this year. The results are shown as the follows. The best fitting distribution is the Weibull distribution among four probability distributions. Erlang distribution is used to approximate the significant wave periods. According to the data analysis results, Erlang distribution has the best fit for the wave period distributions. It is found that the suitable number of histograms for wave heights per hour locates in the ranges of 5 to 8. The investigations of the sites and bases present no apparent evidence that blocks' displacement or settlement at the South Outer Breakwater of Suao Harbor happened. However, at the Eastern Breakwater of Hualien Harbor, obvious displacements are found and the worst one reaches 5~6 meters. There is no significant different between the elevations of the caissons' top at both Harbors.			
DATE OF PUBLICATION April 2007	NUMBER OF PAGES 236	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	
英文摘要	
目 錄	
表目錄	
圖目錄	
照片目錄	
第一章 前言	1-1
第二章 颱風風場模式特性探討	2-1
2.1 颱風風場結構之探討	2-1
2.2 颱風模式之建立	2-3
第三章 船舶動態管理系統之建立	3-1
3.1 影響船舶動態的颱風因子	3-1
3.1.1 颱風路徑之影響探討	3-2
3.1.2 颱風規模之影響探討	3-4
3.1.3 颱風風速之影響探討	3-5
3.1.4 颱風中心與花蓮港角度之影響探討	3-7
3.1.5 颱風中心經緯度之影響探討	3-7
3.2 船隻異動指數分類探討	3-8
3.3 船舶動態特性分析	3-10
3.3.1 颱風規模對船舶動態之影響	3-10

3.3.2 颱風發生區域對船舶動態之影響.....	3-11
3.3.3 颱風風速及方位角對船舶動態之影響	3-15
3.4 船舶動態預警管理系統之建構	3-16
3.4.1 類神經網路模式之理論架構	3-16
3.4.2 類神經網路模式之建立	3-19
3.4.3 類神經網路模式之驗證	3-23
第四章 花蓮港域波浪特性分析	4-1
4.1 資料蒐集與處理.....	4-1
4.2 波浪資料分析模式說明	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
4.2.3 波高與週期分佈函數之探討	4-3
4.3 波浪資料分佈函數之探討	4-11
4.3.1 波高之分析結果.....	4-11
4.3.2 週期之分析結果.....	4-18
4.4 波高統計特性之理論推算	4-25
4.4.1 波高統計代表值推導	4-26
4.4.2 波高理論分佈參數分析	4-29
4.4.3 波高之理論與實際值比較方法.....	4-35
4.4.4 示性波高 H_s 理論與實測值之比較	4-36
4.4.5 $\bar{H} / \sqrt{m_0}$ 理論與實測值之比較.....	4-40
4.4.6 $H_s / \sqrt{m_0}$ 理論與實測值之比較.....	4-44

4.4.7 $H_s / \bar{H}$ 理論與實測值之比較	4-47
4.4.8 $H_{\max} / H_s$ 理論與實測值之比較	4-51
4.4.9 H_s / H_{rms} 理論與實測值之比較	4-56
4.5 週期統計特性之理論推算	4-60
4.5.1 月份之週期統計特性	4-65
4.5.2 每季之週期統計特性	4-68
4.5.3 全年之週期統計特性	4-71
第五章 港灣構造物之安全監測	5-1
5.1 防波堤損壞原因探討	5-1
5.2 防波堤現場調查分析	5-4
5.2.1 防波堤堤腳與堤址之調查	5-4
5.2.2 防波堤堤體異位之調查	5-11
5.2.3 多音束測深作業調查	5-17
第六章 結論與建議	6-1
參考文獻	7-1
附錄 A 花蓮港船隻動態紀錄表	8-1
附錄 B 花蓮港民國 93 年實測波高資料分析	9-1
附錄 C 花蓮港實測週期資料分析	10-1

表 目 錄

表 3.1	颱風路徑歸類表.....	3-3
表 3.2	Saffir-Simpson 的颱風規模分類標準	3-4
表 3.3	1996 年~2005 年花蓮港之颱風規模歸類表	3-5
表 3.4	蒲福風級與波高對照表.....	3-6
表 3.5	1996 年~2005 年花蓮港船隻異動指數歸類表	3-9
表 3.6	颱風規模與船隻異動指數關係.....	3-10
表 3.7	單一隱藏層之學習誤差平方值.....	3-21
表 3.8	雙層隱藏層之學習誤差平方值.....	3-22
表 3.9	模式學習輸出值與實際值(船隻異動指數)之比較.....	3-22
表 4.1	全年波高資料組數與分佈函數之比較($H_s < 0.5m$).....	4-14
表 4.2	全年波高資料組數與分佈函數之比較($0.5m < H_s < 1.0m$).....	4-14
表 4.3	全年波高資料組數與分佈函數之比較($1.0m < H_s < 1.5m$).....	4-15
表 4.4	全年波高資料組數與分佈函數之比較($1.5m < H_s < 2.0m$).....	4-15
表 4.5	全年波高資料組數與分佈函數之比較($2.0m < H_s < 3.0m$).....	4-16
表 4.6	全年波高資料組數與分佈函數之比較($H_s > 3.0m$).....	4-16
表 4.7	全年週期資料組數與分佈函數之比較($H_s < 0.5m$).....	4-22
表 4.8	全年週期資料組數與分佈函數之比較($0.5m < H_s < 1.0m$).....	4-22
表 4.9	全年週期資料組數與分佈函數之比較 ($1.0m < H_s < 1.5m$) ..	4-23
表 4.10	全年週期資料組數與分佈函數之比較($1.5m < H_s < 2.0m$) ...	4-23
表 4.11	全年週期資料組數與分佈函數之比較 ($2.0m < H_s < 3.0m$)	4-24
表 4.12	全年週期資料組數與分佈函數之比較 ($3.0m < H_s$)	4-24

表 4.13	全年週期資料組數與分佈函數之比較(不分波高區間).....	4-25
表 4.14	各區間實測波高資料 m_0 與 β 之關係.....	4-34
表 5.1	蘇澳港南外防波堤堤腳與堤址調查說明表.....	5-4
表 5.2	花蓮港東防波堤堤腳與堤址調查說明表.....	5-6

圖 目 錄

圖 2.1	颱風結構示意圖.....	2-2
圖 2.2	KMA 亞洲區域 925 hPa 壓力場分佈	2-3
圖 2.3	颱風運動參數符號說明.....	2-5
圖 3.1	五種西行颱風路徑示意圖.....	3-2
圖 3.2	兩種北行颱風路徑示意圖.....	3-2
圖 3.3	颱風路徑 8 之示意圖.....	3-3
圖 3.4	颱風路徑 9 之示意圖.....	3-3
圖 3.5	颱風中心與花蓮港之方位角度示意圖.....	3-7
圖 3.6	颱風距離與花蓮觀測站示性波高關係.....	3-8
圖 3.7	颱風規模 1 影響船隻異動的範圍.....	3-12
圖 3.8	颱風規模 2 影響船隻異動的範圍.....	3-13
圖 3.9	颱風規模 3 影響船隻異動的範圍.....	3-13
圖 3.10	颱風規模 4 影響船隻異動的範圍.....	3-14
圖 3.11	颱風規模 5 影響船隻異動的範圍.....	3-14
圖 3.12	颱風風速與船隻異動指數關係圖.....	3-15
圖 3.13	颱風中心至測站方位角與船隻異動指數關係圖.....	3-16
圖 3.14	類神經網路架構示意圖.....	3-17
圖 3.15	類神經網路架構示意圖.....	3-19
圖 3.16	楊妮(Yanni)颱風路徑圖	3-24
圖 3.17	模擬楊妮(Yanni)颱風侵襲時之船隻異動指數	3-24
圖 3.18	碧利斯(Bilis)颱風路徑圖.....	3-25
圖 3.19	模擬碧利斯(Bilis)颱風侵襲時之船隻異動指數	3-25

圖 3.20	尤特(Utor)颱風路徑圖.....	3-26
圖 3.21	模擬尤特(Utor)颱風侵襲時之船隻異動指數.....	3-26
圖 4.1	花蓮港海象觀測站位置示意圖.....	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函數之操作流程圖	4-10
圖 4.4	花蓮港波高資料各區間 Weibull 分佈之 α 分佈範圍	4-30
圖 4.5	花蓮港波高資料各區間 Weibull 分佈之 β 分佈範圍	4-30
圖 4.6	實測波高資料 m_0 與 α 關係之($H_s < 0.5m$)	4-31
圖 4.7	實測波高資料 m_0 與 α 關係之($0.5m < H_s < 1.0m$).....	4-31
圖 4.8	實測波高資料 m_0 與 α 關係之($1.0m < H_s < 1.5m$).....	4-32
圖 4.9	實測波高資料 m_0 與 α 關係之($1.5m < H_s < 2.0m$).....	4-32
圖 4.10	實測波高資料 m_0 與 α 關係之($2.0m < H_s < 3.0m$).....	4-33
圖 4.11	實測波高資料 m_0 與 α 關係之($H_s > 3.0m$)	4-33
圖 4.12	實測波高資料 m_0 與 α 關係之($H < 0.5m$).....	4-34
圖 4.13	全年波高資料之 m_0 與 α^2/β 之關係	4-35
圖 4.14	示性波高實測值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值之比較 ($H_s < 0.5m$).....	4-37
圖 4.15	示性波高實測值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值之比較 ($0.5m < H_s < 1.0m$).....	4-37
圖 4.16	示性波高實測值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值之比較 ($1.0m < H_s < 1.5m$).....	4-38
圖 4.17	示性波高實測值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值之比較 ($1.5m < H_s < 2.0m$).....	4-38
圖 4.18	示性波高實測值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值之比較 ($2.0m < H_s < 3.0m$).....	4-39

圖 4.19	示性波高實測值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值之比較 ($H_s > 3.0\text{m}$)	4-39
圖 4.20	波高實測資料 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($H_s < 0.5\text{m}$)	4-41
圖 4.21	波高實測資料 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)	4-41
圖 4.22	波高實測資料 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)	4-42
圖 4.23	波高實測資料 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$)	4-42
圖 4.24	波高實測資料 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)	4-43
圖 4.25	波高實測資料 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($H_s > 3.0\text{m}$)	4-43
圖 4.26	波高實測資料 $H_s/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($H_s < 0.5\text{m}$)	4-44
圖 4.27	波高實測資料 $H_s/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)	4-45
圖 4.28	波高實測資料 $H_s/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)	4-45
圖 4.29	波高實測資料 $H_s/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$)	4-46
圖 4.30	波高實測資料 $H_s/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)	4-46
圖 4.31	波高實測資料 $H_s/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($H_s > 3.0\text{m}$)	4-47
圖 4.32	$H_s/\bar{H}$ 比值之理論與實測資料關係圖($H_s < 0.5\text{m}$)	4-48
圖 4.33	$H_s/\bar{H}$ 比值之理論與實測資料關係圖($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)	4-48
圖 4.34	$H_s/\bar{H}$ 比值之理論與實測資料關係圖($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)	4-49
圖 4.35	$H_s/\bar{H}$ 比值之理論與實測資料關係圖($1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$)	4-49
圖 4.36	$H_s/\bar{H}$ 比值之理論與實測資料關係圖($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)	4-50
圖 4.37	$H_s/\bar{H}$ 比值之理論與實測資料關係圖($H_s > 3.0\text{m}$)	4-50
圖 4.38	H_{max}/H_s 比值之理論與實測資料關係圖($H_s < 0.5\text{m}$)	4-52
圖 4.39	H_{max}/H_s 比值之理論與實測資料關係圖($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$) ...	4-53
圖 4.40	H_{max}/H_s 比值之理論與實測資料關係圖($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$) ...	4-53
圖 4.41	H_{max}/H_s 比值之理論與實測資料關係圖($1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$) ...	4-54

圖 4.42	H_{max}/H_s 比值之理論與實測資料關係圖(2.0m<Hs<3.0m) ...	4-54
圖 4.43	H_{max}/H_s 比值之理論與實測資料關係圖(Hs>3.0m).....	4-55
圖 4.44	全年波高實測值與理論 H_{max} 之比較	4-55
圖 4.45	H_s/H_{rms} 比值之理論與實測資料關係圖(Hs<0.5m)	4-57
圖 4.46	H_s/H_{rms} 比值之理論與實測資料關係圖(0.5m<Hs<1.0m)....	4-57
圖 4.47	H_s/H_{rms} 比值之理論與實測資料關係圖(1.0m<Hs<1.5m)....	4-58
圖 4.48	H_s/H_{rms} 比值之理論與實測資料關係圖(1.5m<Hs<2.0 m)...	4-58
圖 4.49	H_s/H_{rms} 比值之理論與實測資料關係圖(2.0m<Hs<3.0m)....	4-59
圖 4.50	H_s/H_{rms} 比值之理論與實測資料關係圖(Hs>3.0m)	4-59
圖 4.51	α/λ 與 $\bar{T}$ 之關係圖	4-60
圖 4.52	α/λ 與 T_{01} 之關係圖(93 年 8 月).....	4-62
圖 4.53	α/λ 與 T_{01} 之關係圖(93 年第 3 季).....	4-62
圖 4.54	α/λ 與 T_{01} 之關係圖(93 年全年).....	4-63
圖 4.55	實測資料 T_s 與理論平均週期 $\bar{T}^E$ 之關係圖(93 年 8 月)	4-64
圖 4.56	實測資料 T_s 與理論平均週期 $\bar{T}^E$ 之關係圖(93 年第 3 季)	4-64
圖 4.57	實測資料 T_s 與理論平均週期 $\bar{T}^E$ 之關係圖(93 年全年)	4-65
圖 4.58	93 年 8 月示性週期之理論與推估值比較.....	4-66
圖 4.59	93 年 9 月示性週期之理論與推估值比較.....	4-66
圖 4.60	93 年 8 月示性週期之理論與推估值比較.....	4-67
圖 4.61	93 年 9 月平均週期之理論與推估值比較.....	4-67
圖 4.62	93 年第 3 季示性週期之理論與推估值比較.....	4-69
圖 4.63	93 年第 4 季示性週期之理論與推估值比較.....	4-69
圖 4.64	93 年第 3 季平均週期之理論與推估值比較.....	4-70
圖 4.65	93 年第 4 季平均週期之理論與推估值比較.....	4-70

圖 4.66	93 年全年示性週期之理論與推估值比較.....	4-71
圖 4.67	93 年全年平均週期之理論與推估值比較.....	4-72
圖 5.1	94 年花蓮港東防波堤#65 沉箱外海側底部掏空情形	5-3
圖 5.2	94 年花蓮港東防波堤#71 沉箱外海側底部掏空情形	5-3
圖 5.3	蘇澳港南外防波堤沉箱控制點測量範示意圖.....	5-12
圖 5.4	花蓮港新東堤沉箱控制點測量範示意圖.....	5-12
圖 5.5	蘇澳港南外堤沉箱堤面各 E 點之歷年高程變化比較	5-13
圖 5.6	蘇澳港南外堤沉箱堤面各 S 點之歷年高程變化比較	5-14
圖 5.7	蘇澳港南外堤沉箱堤面各 W 點之歷年高程變化比較.....	5-14
圖 5.8	花蓮港東堤沉箱堤面各 E 點之歷年高程變化比較	5-15
圖 5.9	花蓮港東堤沉箱堤面各 N 點之歷年高程變化比較.....	5-16
圖 5.10	花蓮港東堤沉箱堤面各 S 點之歷年高程變化比較	5-16
圖 5.11	花蓮港東堤沉箱堤面各 W 點之歷年高程變化比較.....	5-17
圖 5.12	測量成果等深線圖.....	5-18
圖 5.13	花蓮港東防波堤堤頭沉箱堤址現況.....	5-18
圖 5.14	# 12 與 # 13 沉箱堤腳塊石分佈情形.....	5-18
圖 5.15	# 29 沉箱堤腳塊石位移情形.....	5-19
圖 5.16	# 33 沉箱堤腳塊石位移情形.....	5-19
圖 5.17	# 34 沉箱堤腳塊石位移情形.....	5-19
圖 5.18	# 66、 # 66 沉箱側面隙縫與堤腳塊石位移情形.....	5-20

照 片 目 錄

照片 5.1	花蓮港東防波堤#26 沉箱位移情況.....	5-10
照片 5.2	花蓮港東防波堤 # 34 沉箱底部掏空範圍.....	5-10
照片 5.3	花蓮港東防波堤 # 34 沉箱底部掏空範圍擴大至 # 33 沉箱.....	5-11

第一章 前言

臺灣四周環海，航運貿易尤為經濟發展之命脈，因此，港內之穩靜關係著船隻碇泊與貨物裝卸之作業。而從事港灣工程規劃設計者冀望以長期可靠之海氣象資料，作為港灣構造物、港內設施與船隻碇泊等相關事項改善之依據，尤其當颱風或異常波浪來襲襲時，能及時的提供相關安全資訊，作為港務管理單位實施預警性防護措施之參考。

由於臺灣地理位置正處於西太平洋颱風發生及主要行進的區域，夏秋兩季常受颱風侵襲，尤以臺灣東部最為嚴重。而颱風帶來的強大風浪及豪雨，不僅造成陸上人員傷亡與建築物的破壞，且當颱風來襲時，因颱風風力強力吹襲海面所形成的波浪具有較長週期與較大波高，波浪能量即較平時之季節風波浪強，相對於沿岸地形或港灣結構物的破壞也隨之增加；而港內則因波浪作用影響船舶安全以及碇泊作業的進行。因此，如何建立一個包含能快速反應的港內船舶動態管理系統及長期性的港池結構物安全監測資料庫，用以提供港務單位港灣海域安全操作之應用依據，是為本計畫之研究目標。

依據計畫目標，本研究工作擬先利用本所於各主要港口建置之長期海氣象觀測資料，進行港域波浪特性探討並建立一即時性的颱風波浪推算操作模式。再利用海氣象觀測資料與港內船舶碇靠、離港紀錄，分析船隻異動與颱風波浪關係，用以建立船舶動態管理系統；另外，依據港池外廓防波堤之監測資料分析破壞原因，建立結構物安全維護評估依據。最後，以快速反應的颱風波浪推算模式提供港內船舶動態管理及港池結構物安全監測之即時性資訊，合構建立一視窗化監測操作系統。

本計畫擬以四年時間(民國 94~97 年)進行研究探討，本年度為第二年研究期程。有關颱風波浪推算操作模式，本研究已於 94 年利用類神經-模糊網路分析方法及圖形化介面模組，建立一套花蓮港域之視窗化

颱風波浪推算操作模式，相關計算數值與實測值頗為脛合，並正申請專利中，本計畫擬於 96 年度進行現場推算預測驗證。

在港域波浪特性探討方面，有關往昔國內外學者的研究，Longuet-Higgins(1952)首先證明了海面上的波高應該近似於 Rayleigh 分佈，而 Forritall(1978)以墨西哥灣暴風雨來臨時的實測波浪資料分析，提出波高分佈為具兩參數的 Weibull 分佈；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，驗證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，也說明了波高分佈以 Weibull 分佈最佳。至於週期方面則有，Rayleigh(1952)提出風波場的週期分佈可以 Rayleigh 模式來描述，而 Bretschneider(1959)亦曾提出週期的平方成 Rayleigh 分佈的建議。Nair 等(2002)將 Erlang 分佈理論應用在週期分佈上，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。本計畫仍延續 94 年度的分析方式，利用花蓮港外海的波浪觀測資料，以直方圖與各種機率密度分佈函數，進一步探討花蓮港域包含波高及週期最適分佈的波浪統計特性。

有關船舶動態管理系統建置方面，本年度延續 94 年度利用花蓮港的船隻動態紀錄與颱風路徑、規模、風速等颱風影響因子的影響機制探討，進一步篩選船隻異動指數，探討颱風規模及波浪特性的影響特性，並初步建構以類神經網路分析方法為主的操作預警模式。

臺灣每年遭受約 3.5 個颱風之侵襲，其中尤以東部地區為烈，針對港池外廓防波堤結構物而言，其為維繫港池穩靜的屏障，彼等結構物之保固是為港內設施與船隻碇泊安全的指標。觀之台灣東部蘇澳與花蓮兩港，不僅位處地震頻仍之地區，且因受颱風波浪之侵襲受損而危及港內。因此，本計畫亦延續 94 年度的工作方式，進行蘇澳與花蓮兩

港外廓防波堤堤體變位及堤址淘刷的現況調查，及防波堤受力特性之分析探討，以作為防波堤結構物維護對策與破壞預測推估之參考依據。

本計畫報告內容主要包括，第二章為探討颱風風場特性與模式結構之說明；第三章則為船舶動態管理系統建構過程與分析結果，其中包括颱風影響船舶動態機制因子的探討及類神經網路預警模式之建構；第四章為包含波高與週期的港域波浪統計特性分析結果；第五章則是蘇澳與花蓮兩港防波堤受力特性分析及結構物堤體安全監測結果；最後，於第六章作一研究報告之結論。

第二章 颱風風場模式特性探討

2.1 颱風風場結構之探討

颱風結構呈漏斗狀之強烈渦流，下層空氣流向中心並向上竄升，高至 10 公里左右後，向四周流出，四周空氣涵蓋之範圍可達數百公里。由天氣圖上所見之颱風，約形成同心圓等壓線分佈之低氣壓，在近中心附近之壓力梯度愈大，風速愈強，但在颱風中心附近反呈無風狀態。成熟熱帶氣旋或颱風具有獨特螺旋狀雨帶和風眼，眼區半徑最大可達 100 公里，最小僅 5 公里，一般情形約為 25-60 公里。從颱風外圍向內，地面氣壓迅速下降，風力增強，並伴隨狂風大雨，風眼區內天氣較平靜熱帶氣旋的溫壓場。

颱風的氣壓場特徵為極低的中心氣壓和極大的水平氣壓梯度，形成颱風中心最低氣壓一般在 960 百帕(hPa)以下。地面天氣圖上，熱帶氣旋表現為一個圓形對稱的、梯度極大的閉合低壓系統。颱風的流場低層有強烈氣旋性風切變化和氣流流入，高層則有氣流流出，低層的氣流流場和高層的流場都從熱帶氣旋中心往外伸展約 1000 公里。颱風水平範圍大致可分為三部份：1.眼區，一般範圍約為數十公里，眼區內風力較弱；2.最大風速區，圍繞在颱風眼的環狀最大風速區，平均寬度約為 8 至 50 公里，最大風速區約與颱風眼壁的雲牆相當；3.外區，從最大風速區外緣至熱帶氣旋邊緣，在這個區域，風速向外急遽減弱。

颱風垂直結構也可分為三層：一為地面至 3 公里左右的氣旋性流入層，有強烈氣流流入中心，其中 1 公里以下的輻合最強；3 至 8 公里之中層，流入氣流很少，主要是垂直氣流，將低層輻合的暖濕空氣通過這一層輸送至高層；另一 8 公里到熱帶對流層頂部為流出層，最大輻散氣流出現在 10 公里左右。流出的空氣和四周的環境空氣混合下沉

至低層，形成熱帶氣旋的垂直環流，颱風結構表示如圖 2.1 所示。

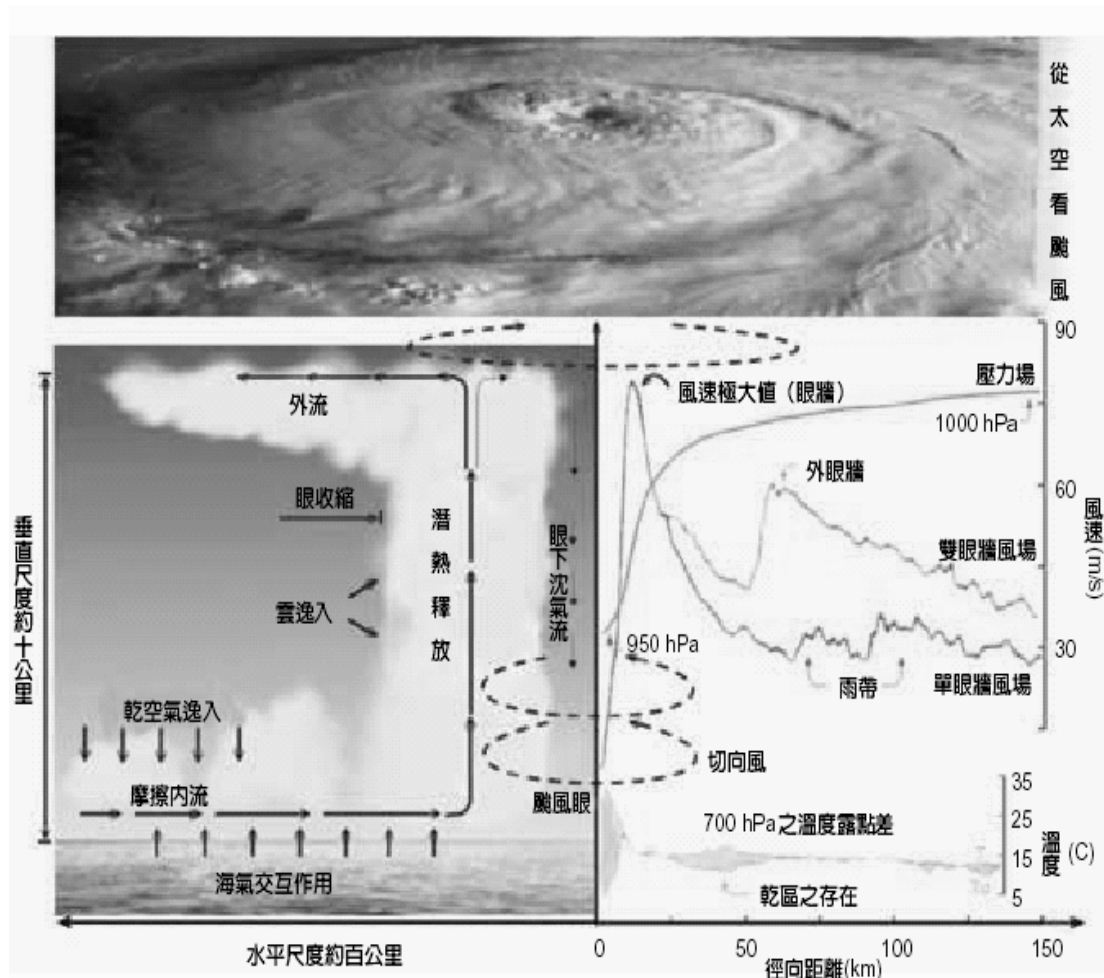


圖 2.1 颱風結構示意圖（摘自：科學發展月刊）

藉由衛星資料可以初步瞭解颱風的物理特性及颱風風場基本的變化機制，颱風風場的變化受制於颱風的運動行為、颱風能量增減及陸地的影響。颱風屬於熱帶性低氣壓，颱風運動行為受太平洋高氣壓對熱帶氣旋的移動、轉向的路徑有主要作用。當太平洋高氣壓強大、穩定，呈東西向帶狀分佈時，位於太平洋高氣壓南側的熱帶氣旋在東風氣流引導下會西移，當熱帶氣旋位於太平洋高氣壓西側時將向北移，又熱帶氣旋在太平洋高氣壓北側時將向東移。

在整個颱風的事件中，颱風風場是許多影響因素作用於颱風後的結果，在颱風波浪推算的過程中，颱風風場之變化即成為計算颱風波浪的主要影響因素，然颱風風場變化相當的迅速及複雜，針對風場進

行完整的量測及解析是為相當困難之作為。因此，目前大致應用在假設解析區域內的風場均勻的條件下，對於風場的量測採用每小時或是 6 小時內量測風速的平均值或是壓力場(如圖 2.2 所示)，再配合衛星資料分析計算描繪颱風風場，由資料的解析程度決定每一個解析點的風速涵蓋面積。由於風場與時間變化資料之完整性及快速性影響風場計算的準確度，因此，有關颱風模式的選擇，將依據颱風資料取得之方式，採用參數形式之颱風模式作為結合類神經颱風波浪計算模式。

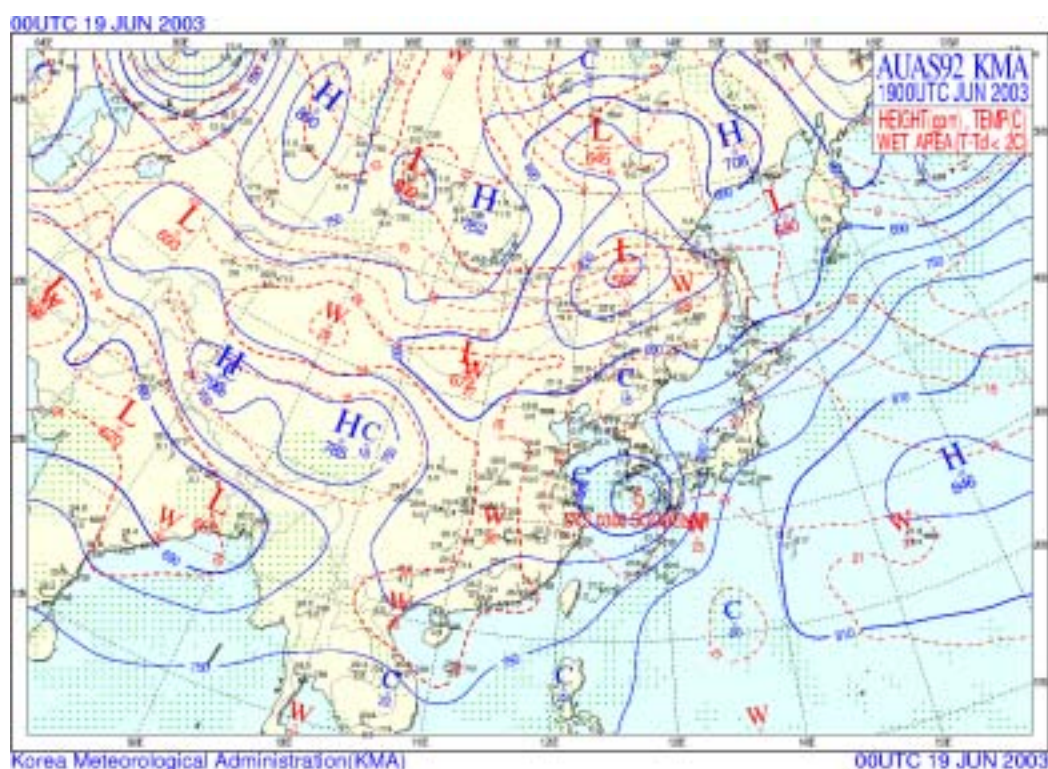


圖 2.2 KMA 亞洲區域 925 hPa 壓力場分佈

2.2 颱風模式之建立

有關大區域之波浪推算模式，自 1970 年代經不斷的修改控制方程式中相關能量交換的過程及作用機制，發展至目前的第三代波浪推算模式，如 WAM (1988)或 Tolman (1997)等，在風場作用下的二維波譜 $N(t, \phi, \theta, \lambda)$ 能量守恆方程式表示為：

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{1}{\cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} (N \dot{\phi} \cos \theta) + \frac{\partial}{\partial \lambda} (N \dot{\lambda}) + \frac{\partial}{\partial \theta} (N \dot{\theta}) = \frac{S}{\sigma} \dots\dots\dots(2.1)$$

$$\text{其中 } S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} \dots\dots\dots(2.2)$$

式中 t 為時間， θ 是波浪的前進方向， ϕ 、 λ 是經度及緯度， σ 為成分波的頻率， $\dot{\phi}$ 、 $\dot{\lambda}$ 是群波速度在經度及緯度方向的分量， $\dot{\theta}$ 為波浪前進方向改變率， S 是總和的能量交換，包括風能輸入作用項 (S_{in})，波波間非線性交互作用項 (S_{nl})，由白沫現象或是碎波波浪產生之能量散逸 (S_{ds})，及底床摩擦的能量消耗 (S_{bot})。

颱風風場變動與能量輸入機制的瞭解對以能量平衡式推算颱風事件進行波浪相當重要。由於颱風風場的變動包括颱風移動速度及方向、颱風規模、颱風移動軌跡以及颱風位置的經緯度等，且颱風風場需要足夠的作用時間方能提供海面形成颱風波浪的能量。因此，颱風波浪波波間非線性交互作用、波浪白沫現象及碎波波浪產生之能量散逸皆與颱風運動行為及颱風規模的變動有密切的關係。

本研究為方便描述颱風中心的變化，乃以極座標 r 、 θ_1 取代一般的颱風中心經緯度 ϕ 、 λ ，其中 r 為颱風中心至觀測站的距離， θ_1 為颱風中心至觀測站的方位角。

由於颱風風場對海面波浪的作用需要有足夠的作用時間才能產生成熟的颱風波浪，因此在風場作用期間的變化將影響颱風波浪的行為，對於颱風連續性的變化包括有颱風規模 V_{max} 的變化、颱風移動速度 V_f 的變化、颱風相對移動位置 r 、 θ_1 的變化以及颱風風場分佈旋轉，即颱風行進方向與觀測夾角 θ_2 的變化，颱風運動參數符號說明如圖 2.3 所示。

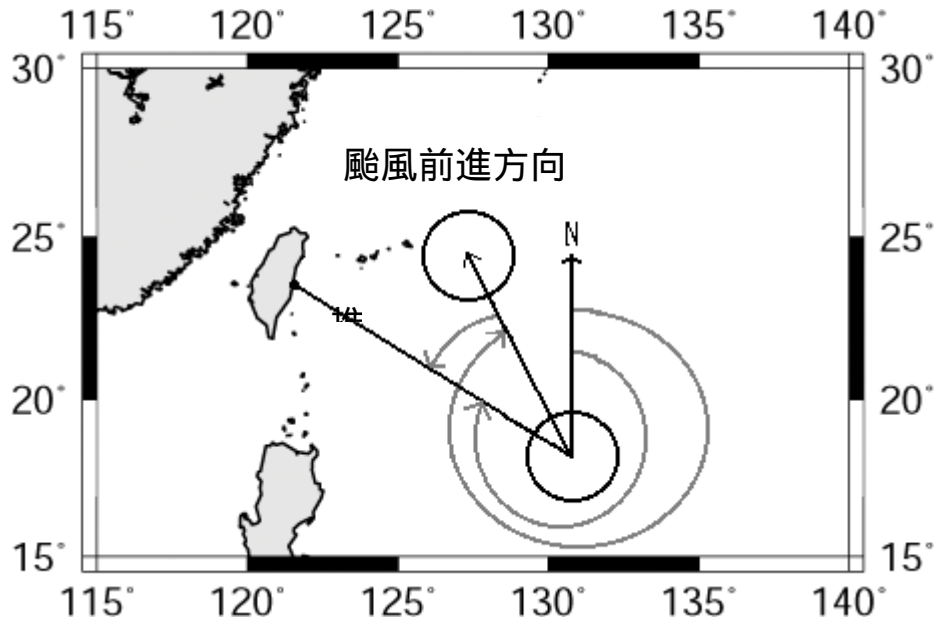


圖 2.3 颱風運動參數符號說明

式(2.2)之波浪能量的變化於颱風波浪及颱風運動行為中呈現之方式，詳述如下。

1. 風能輸入作用項(S_{in})：

颱風風場能量輸入的建構方式可使用即時衛星觀測資料、大氣氣象模式模擬以及參數颱風風場模式等三種方式，本研究中採用參數形式的颱風風場模式當作能量輸入的計算模式，利用 Holland (1980)的經驗參數模式來描述颱風風場，其為

$$\frac{p - p_c}{p_n - p_c} = \exp\left[-\left(\frac{R}{r}\right)^B\right] \dots\dots\dots(2.3)$$

其中 p_n 為颱風影響範外的氣壓， p_c 為颱風中心氣壓(mb)， p (mb) 為距離颱風中心 r (km) 的氣壓，風場內距離颱風中心 r 的風速 V (m/s) 如下式所示：

$$V = \left[\frac{B(p_n - p_c)}{\rho} \left(\frac{R}{r}\right)^B \exp\left[-\left(\frac{R}{r}\right)^B\right] + \frac{r^2 f^2}{4} \right]^{0.5} - \frac{rf}{2} \dots\dots\dots(2.4)$$

其中 f 為柯氏參數(Coriolis parameter)。若忽略柯氏力的影響，颱風最大風速可表示為：

$$V_{\max} = \left[\frac{B(p_n - p_c)}{\rho \cdot e} \right]^{0.5} \dots\dots\dots(2.5)$$

係數 B 採用 Harper and Holland (1999)建議的關係式：

$$B = 2 - \frac{p_c - 900}{160}, \quad 1.0 < B < 2.5 \dots\dots\dots(2.6)$$

風場在海面上 10 公尺的風速為：

$$V_{10} = K_m V \dots\dots\dots(2.7)$$

Harper and Holland (1999)建議 $K_m = 0.7$ ，而颱風風場的風傾角假設為 25° 。颱風移動速度 V_f 對颱風風場內的影響，採用 Jelesnianski (1966)建議的關係式：

$$V(r) = \frac{R \cdot r}{R^2 + r^2} V_f \dots\dots\dots(2.8)$$

由風場的規模變動及推算點的距離、角度藉由式(2.3)至式(2.8)可推算出區域的 V_{10} ，此 V_{10} 可充分表現出該區域颱風風場特性與颱風波浪的相對關係，所以，考慮颱風運動及颱風規模連續的變動則 S_{in} 隨時間的變動即可由 V_{10} 、 r 、 θ_1 及時間 t 的函數表示之。

2.波波間非線性交互作用項(S_{nl})

假設颱風波浪在生成與傳遞過程中的交互作用皆來自於颱風風場，並考慮颱風波浪場內的波浪大於當地的波浪或是忽略當地的波浪，故波波間非線性交互作用項(S_{nl})只與颱風風場結構以及颱風運動有關，相似的颱風結構及颱風運動行為有相似的波波間非線性交互作用結果。

3.能量散逸項(S_{ds})

對於颱風波浪能量散逸的型態主要來自於波浪的摩擦 碎波或是白沫現象，通常發生因素包括風速的驟變、地形的影響，如果相似的颱風結構及颱風運動行為有相似的能量散逸作用的結果。對能量散逸項 (S_{ds}) 的描述也可以利用颱風運動軌跡以及颱風規模的變化進行描述。

4.底床摩擦的能量消耗(S_{bot})

底床摩擦的能量消耗(S_{bot})因外海颱風所處的水深較深，底床地形對颱風及波浪影響甚低，且若推算點的水深不在近岸淺水區，波浪傳遞受底床摩擦力影響甚小，因此底床能量消耗因素，在本研究中不予以考慮。

5.其他影響波浪傳遞的因素

颱風移動速度的變化直接影響颱風風場內波浪傳遞的情形，當颱風移動速度接近颱風波浪傳遞速度時，颱風波浪在颱風前進方向的傳遞就受到限制，使得波浪無法傳出颱風風場，當然，颱風移動速度緩慢時颱風波浪的傳遞就能夠容易的傳出風場的範圍，然而颱風移動速度並不會固定不變，加上風場作用海面的過程並非即時反應在生成波浪與改變波浪行為，因此某時刻的颱風波浪除了應該與 t 時刻的颱風位置及移動速度有關外，也應該與前時刻內發生過的颱風軌跡與移動速度的變化有關，也就是與 V_f 的變化有關。如果颱風中心的資料的取樣間距固定時， V_f 可以利用颱風中心位置的變動表示，即為颱風的運動軌跡。

在颱風風場內不同位置的風速及風向並非對稱，而此特性直接反應到颱風波浪的分佈，通常在北半球行進間的颱風，右半圓風速較左半圓在相同半徑的風速大而波浪分佈亦相同，當颱風行為變化時，相對應的風場結構也會出現變動，對應不同颱風風場位置的波浪也因為風場結構的變動而出現變化。作用在海面的風場特性變動不大時，颱風波浪的行為相對單純，如果考慮颱風風場範圍內因颱風行進方向改變，造成海面受颱風作用區域內風場連續的變化對颱風波浪產生的連

續影響，就必須同時考慮風場變動時間延時對風域內波浪的影響。假設相似行為、規模的颱風風場結構變動相似，颱風風場因為行進方向改變而產生的變動可以利用颱風行進方向與觀測站的夾角 θ_2 隨時間的變動表示。

依據以上所述，瞭解風速 V_{10} 為提供及影響颱風波浪大小主要的因素，而颱風的路徑及行為是影響颱風波浪變化的原因，在固定位置上即使兩個同樣的颱風規模但運動方向不同的路徑颱風波浪亦會不同。為了簡化能量方程式的架構，利用限制推算颱風波浪區域減少影響變數，對於固定區域颱風波浪推算總和能量 S 的能量交換在路徑及規模相似的颱風條件下，可用前 m 個小時 $V_{10}, r, \theta_1, \theta_2$ 的函數線性組合表示之：

$$S(t) = f_1[V_{10}(t), r(t), \theta_1(t), \theta_2(t)] \dots\dots\dots(2.9)$$

式(2.9)中 a_i 為係數， f_1 為函數， t_m 為時間。根據以上的能量平衡觀念，颱風波浪為 m 小時內能量 S 的函數：

$$H_s(t) = \sum_{m=0}^n a_m f_2[S(t - m\Delta t)] \dots\dots\dots(2.10)$$

結合式(2.9)及式(2.10)可表示颱風波浪之示性波高為不同時間 $V_{10}, r, \theta_1, \theta_2$ 的函數

$$H_s(t) = \sum_{m=0}^n b_m f(V_{10}, r, \theta_1, \theta_2; t - m\Delta t) \dots\dots\dots(2.11)$$

式(2.11)中 m 表示颱風開始影響颱風波浪的時間，即 t 時刻的颱風波浪只受過去 m 小時內的颱風行為影響， m 即為計算颱風波浪資料的延時時間。

第三章 船舶動態管理系統之建立

臺灣濱臨太平洋，位處易受颱風或異常波浪侵襲地區，而颱風所引起之巨浪常為港灣設施損壞之原因，且亦困擾港內船隻作業與碇靠之管理。尤其花蓮港為位於臺灣東部之人工港，沒有自然岬灣或灣澳的遮蔽，又因臨近海域海底地形特殊關係，每年夏季平均約有 3 至 4 個颱風侵襲，港內船隻常需於颱風期間出港避風，以避免斷纜之虞。是以探討颱風波浪對船隻動態之影響，並能即時性提供預警資訊，以作為港務單位船隻動態管理之依據。因此，本研究擬由海氣象資料與歷年港內船隻碇靠、離港紀錄，探討颱風與船隻動態的因子關係，並尋求建立一套可快速預警的船舶動態管理系統。本項工作本年度仍針對花蓮港域延續探討颱風影響船隻動態的機制因子外，並初步進行船舶動態管理預警系統之建置與驗證工作。

3.1 影響船舶動態的颱風因子

由基本學理得知，當颱風中心愈接近港灣時風力愈大，較大的颱風波浪亦造成港池振盪愈劇烈，且愈影響船隻停泊的安全。因此，颱風強弱與行經路徑影響波浪大小，波浪大小影響港池之靜穩度，而港池靜穩度則關係著港內船隻停泊或出港避浪的不同因應作法。簡和曾(1999)論述颱風波浪大小與颱風行進路徑及強度規模有關；張與郭(1999)發現以外海入射波向為西南向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，波高與距離有著明顯的關係。

由以上學者專家之論述歸納得知，影響花蓮港內船隻動態的颱風因子可包括：颱風路徑、颱風規模、風速、颱風中心與花蓮港之角度，及颱風中心的經緯度等五個，此五項颱風因子之影響情況將詳述如

下。為配合花蓮港務局所提供颱風期間的船隻動態表(始自民國 85 年)，本章之資料分析期間為民國 89 年至 94 年。

3.1.1 颱風路徑之影響探討

依據中央氣象局之颱風路徑分類法，將侵台的颱風路徑分為九種：其中包括西行颱風部份，當颱風中心位置在東經 122°時，依不同的緯度區分為 5 種路徑，相關路徑如圖 3.1 所示。颱風路徑說明為：颱風路徑 1:颱風在 25°N 緯度以上之西行者；颱風路徑 2:颱風在 24°-25°N 緯度間上西行者；颱風路徑 3：颱風在 23°-24°N 緯度間西行者；颱風路徑 4：颱風在 22°-23°N 緯度間西行者；颱風路徑 5：颱風低於 22°N 以下西行者。

另外，以中央山脈軸線為界將北行颱風分為兩種，在東者為颱風路徑 6，在西者為颱風路徑 7，如圖 3.2。而颱風路徑 8 為自太平洋西行而後「東北」轉向，如圖 3.3；颱風路徑 9 則為南海生成之颱風，如圖 3.4。

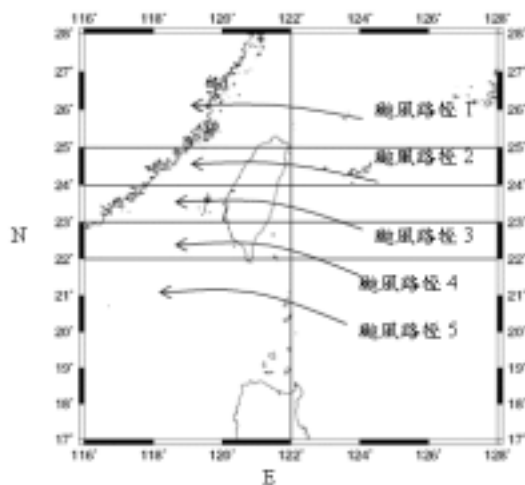


圖 3.1 五種西行颱風路徑示意圖

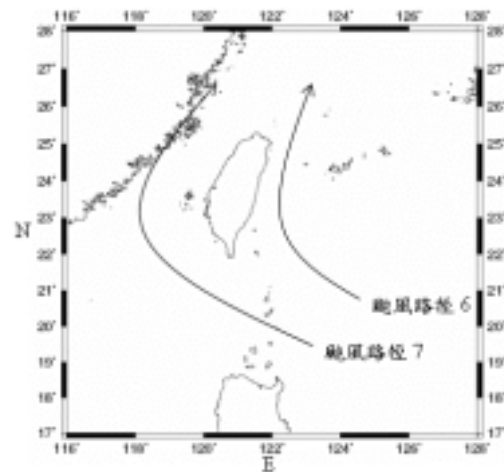


圖 3.2 兩種北行颱風路徑示意圖

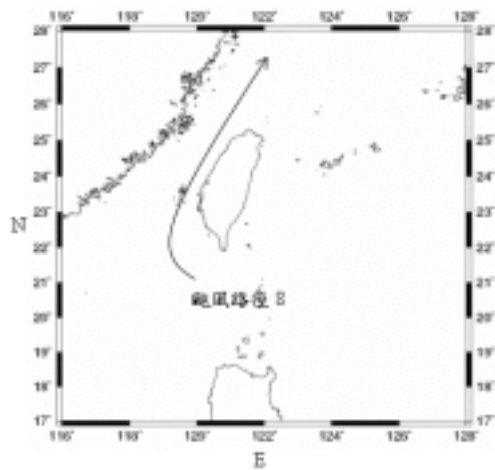


圖 3.3 颱風路徑 8 之示意圖

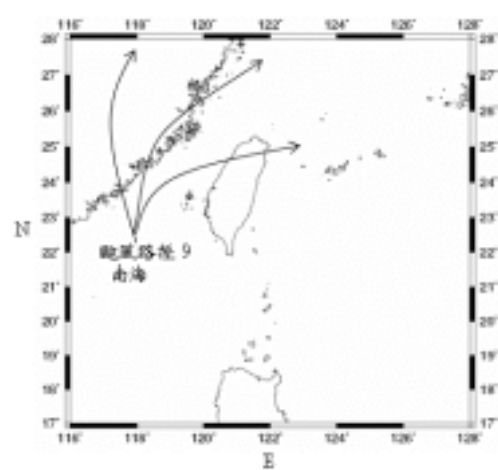


圖 3.4 颱風路徑 9 之示意圖

依據前述之 9 種颱風路徑分類，及花蓮港港務局提供民國 85 年至 94 年之船隻動態表中發生之颱風共 69 場整理其路徑分類，如表 3.1 所示。由表中發現屬第 6 種颱風路徑為最多，共有 38 個；其次為第 5 種路徑有 10 個，而第 2、4、9 種路徑最少。

表 3.1 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 (Dujuan, 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 (Rammasun, 2002) 科吉拉 (Kujira,	38

	2003) 艾陶(Etai, 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)	
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

3.1.2 颱風規模之影響探討

颱風規模係依照 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，其分類標準如表 3.2 所示。依此標準，將前述之 69 場颱風分類出其颱風規模情形，如表 3.3。由表中可知，花蓮港域於民國 85 年至 94 年間發生的颱風以屬第 4、5 級颱風規模的個數較多。

表 3.2 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 3.3 1996 年~2005 年花蓮港之颱風規模歸類表

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 (RAMMASUN, 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

3.1.3 颱風風速之影響探討

表 3.4 為依據蒲福風級(Beaufort Scale)分類之十八級風所對應風速

與可能的波高範圍對照表，由表中觀察得知，當風速越大，波高則越大，風速與波高有著明顯的關係，因此，本研究亦將風速作為影響因子之探討。

表 3.4 蒲福風級與波高對照表

蒲福風級	名稱		風速		浪高 (公尺)	
	風	浪	每時海浬	每秒公尺	可能波高	最大波高
0	無風	-	1 以下	0 - 0.2	-	-
1	軟風	微波	1 - 3	0.3 - 1.5	0.1	0.1
2	輕風	微波	4 - 6	1.6 - 3.3	0.2	0.3
3	微風	小波	7 - 10	3.4 - 5.4	0.6	1.0
4	和風	小浪	11 - 16	5.5 - 7.9	1.0	1.5
5	清風	中浪	17 - 21	8.0 - 10.7	2.0	2.5
6	強風	大浪	22 - 27	10.8 - 13.8	3.0	4.0
7	疾風	大浪	28 - 33	13.9 - 17.1	4.0	5.5
8	大風	巨浪	34 - 40	17.2 - 20.7	6.0	7.5
9	烈風	猛浪	41 - 47	20.8 - 24.4	7.0	10.0
10	暴風	猛浪	48 - 55	24.5 - 28.4	9.0	12.5
11	狂風	狂濤	56 - 63	28.5 - 32.6	11.5	16.0
12	颶風	狂濤	64 - 71	32.7 - 36.9	14.0	16 以上
13	颶風	狂濤	72 - 80	37.0 - 41.4	14 以上	16 以上
14	颶風	狂濤	81 - 89	41.5 - 46.1	14 以上	16 以上
15	颶風	狂濤	90 - 99	46.2 - 50.9	14 以上	16 以上
16	颶風	狂濤	100 - 109	51.0 - 56.0	14 以上	16 以上
17	颶風	狂濤	109 - 118	56.1 - 61.2	14 以上	16 以上

3.1.4 颱風中心與花蓮港角度之影響探討

颱風之行經路徑對花蓮港域產生的颱風波浪大小極有關連，本研究中擬以颱風中心及花蓮港連線與花蓮港緯度線之夾角作為颱風行經路徑之判別依據，如圖 3.5 所示。圖中角度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；又 $-180^\circ < \theta < -90^\circ$ 時，表示颱風位於花蓮港之西北方。上述三種角度之颱風所產生之波浪較不易傳入花蓮港內而引起港池共振，而當颱風在花蓮港的東南方時，影響花蓮港較大。

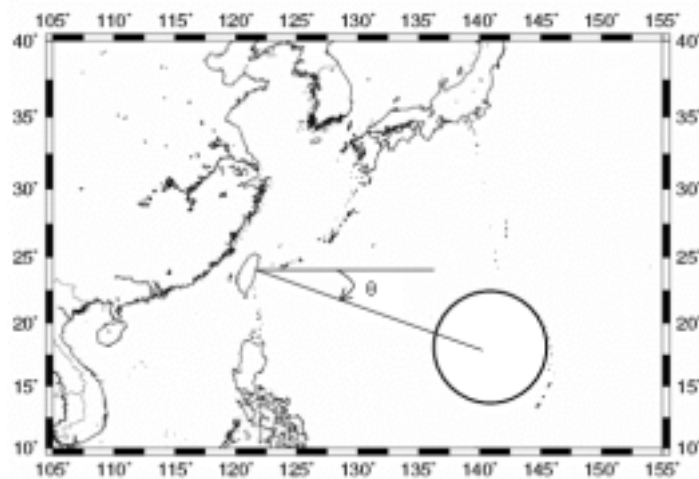


圖 3.5 颱風中心與花蓮港之方位角度示意圖

3.1.5 颱風中心經緯度之影響探討

依據張和錢(2003)探討颱風中心位置與花蓮港距離關係的研究中得知，當颱風距離花蓮港測站 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較明顯的關係，其結果如圖 3.6 所示。

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($0^\circ < \theta < 90^\circ$)，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。據此，本研

究中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。

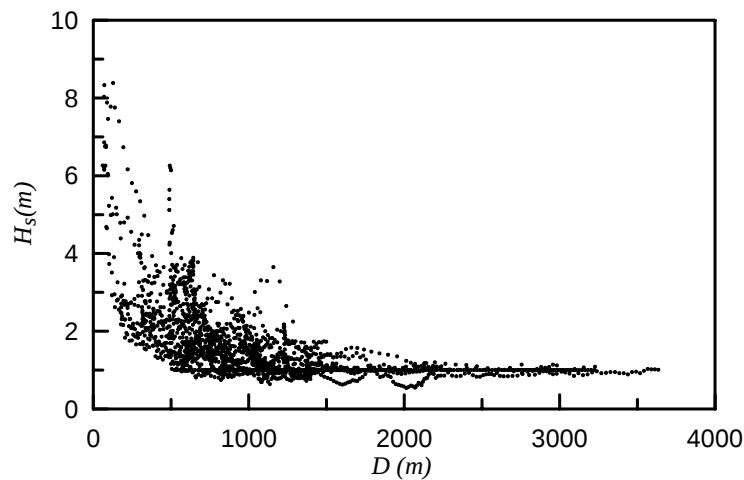


圖 3.6 颱風距離與花蓮觀測站示性波高關係

3.2 船隻異動指數分類探討

根據花蓮港港務局所公布的船隻動態紀錄表(參考附錄 A)，表中記錄民國 85 至 94 年颱風期間港內船隻的異動情況。本研究整理此表可發現，在颱風來臨期間，船隻動態情形可分成四種為：(1)港池及船隻皆未造成影響；(2)港內產生湧浪但未影響船隻裝卸作業；(3)船隻出港避風未造成斷纜；(4)船隻斷纜等情形。依據此四種船隻動態紀錄和對船隻異動的嚴重性，本研究中將定義為四個等級的船隻異動指數(Index for ship escape, ISE)如下：

1. 船隻異動指數 1：港內船隻及其裝卸作業皆未受影響。
2. 船隻異動指數 2：港內產生湧浪但並未影響裝卸，船隻亦不需出港避風。
3. 船隻異動指數 3：產生之湧浪大到船隻需出港避風，才能避免斷纜可能。
4. 船隻異動指數 4：發生船隻斷纜之最嚴重情況。

依據此 4 種船隻異動指數並配合前述的 69 個颱風加以歸類，如表

3.5 所示。由表中分類可知，其中有 29 場颱風造成船隻斷纜，有 15 場颱風船隻須出港避風，15 場有湧浪的產生，而另有 10 場對船隻沒有造成影響。

表 3.5 1996 年~2005 年花蓮港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

3.3 船舶動態特性分析

依據前節探討之颱風路徑、颱風規模、風速、颱風中心與花蓮港角度，與颱風中心經緯度等五個颱風影響因子，以及花蓮港港務局船隻動態表而分類之船隻異動指數，本節中將花蓮港港內船隻於颱風侵襲期間的動態關係分析說明如下，以作為後續船舶動態管理預警系統輸入參數之依據。

3.3.1 颱風規模對船舶動態之影響

本節中先行探討颱風規模大小與港內船隻異動的關係，表 3.6 為依據花蓮港船隻動態表而分類的船隻異動指數和颱風規模 4、颱風規模 5 的關係。由表中得知，於民國 85 年至 94 年間發生颱風規模 4 以上的 35 個颱風中，除了辛樂克(Sinlake)、凱莎娜(Ketsana)、桑卡(Sonca)、尼莎(Nesat)、妮坦(Nida)及梅米(Maemi)等之船隻異動指數為 1 或 2 外，其餘 29 個颱風侵襲時，港內船隻異動屬須出港避風或已發生斷纜情況，其比率逾八成以上。因此，本研究中依船隻異動指數定義，在颱風規模 4 以上之颱風來襲時，為避免斷纜之可能，船隻原則上需出港避風。

表 3.6 颱風規模與船隻異動指數關係

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	4
敏督利	4	泰利	4	碧莉絲	4	海棠	3
卡努	3	龍王	4	娜比	4		

3.3.2 颱風發生區域對船舶動態之影響

對港務管理單位而言，當颱風來襲時，掌握颱風規模與行經路徑對港內船隻的影響，是為即早研擬因應對策之重要關鍵。因此，本節中將利用附錄之船隻異動紀錄分析颱風的影響範圍。簡及曾(1999)定義波浪開始明顯增大之時間，當做波浪增大起始時刻，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為此兩者之總合，彼等並指出花蓮港域颱風波浪的總作用時間大部份為 1 至 2 日。

依據前述研究，本研究擬將附錄船隻動態中記錄之湧浪產生、船隻出港及船隻斷纜的時間往前推算兩日，當做颱風波浪影響花蓮港船隻停泊之起始點。圖 3.7 至圖 3.11 分別為不同的颱風規模來襲時，港內船隻受颱風波浪影響而有船隻異動指數 2 以上的情況，其颱風經緯度的可能影響區域範圍。

由圖 3.7 之結果顯示，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°；而圖 3.8 為颱風規模 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°；圖 3.9 則是颱風規模 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 3.10 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°；圖 3.11 則顯示颱風規模 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°。由上述各圖之分析結果可

知，在颱風規模為 3 以下時，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 與規模 5 時，卻從東經 125°開始就產生船隻異動。由此可知，颱風規模越大者則越早產生湧浪，其船隻異動之區域離花蓮港越遠；而颱風規模 2 之資料不多，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，大都位於花蓮港之東南方。

綜合上述所言，花蓮港海域因颱風來襲所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設定於東經120°～140°、北緯10°～25°之間。

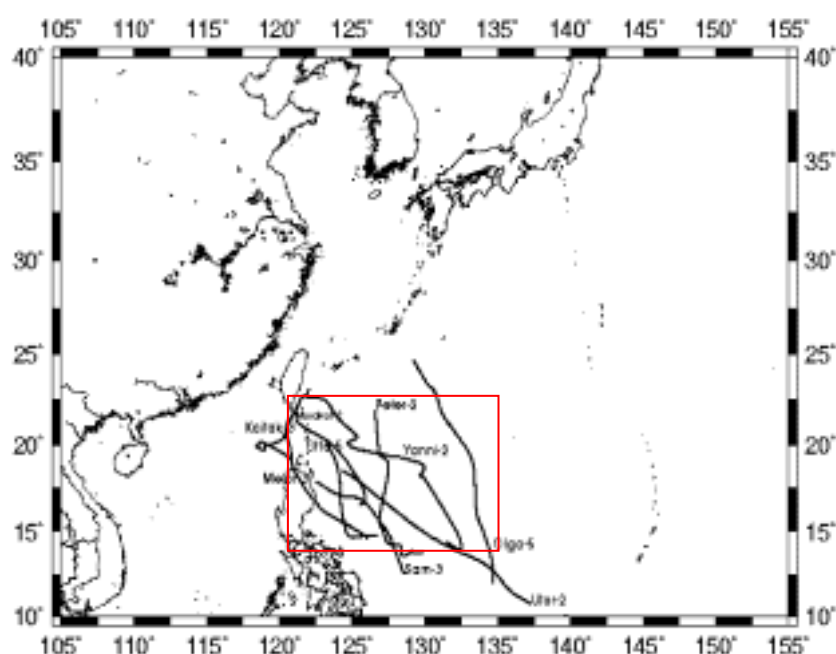


圖 3.7 颱風規模 1 影響船隻異動的範圍

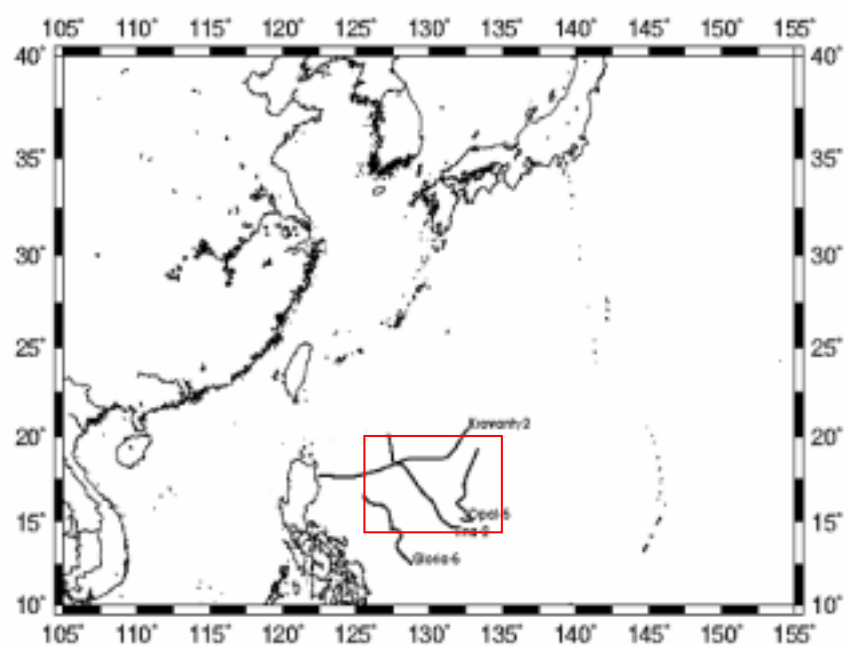


圖 3.8 颱風規模 2 影響船隻異動的範圍

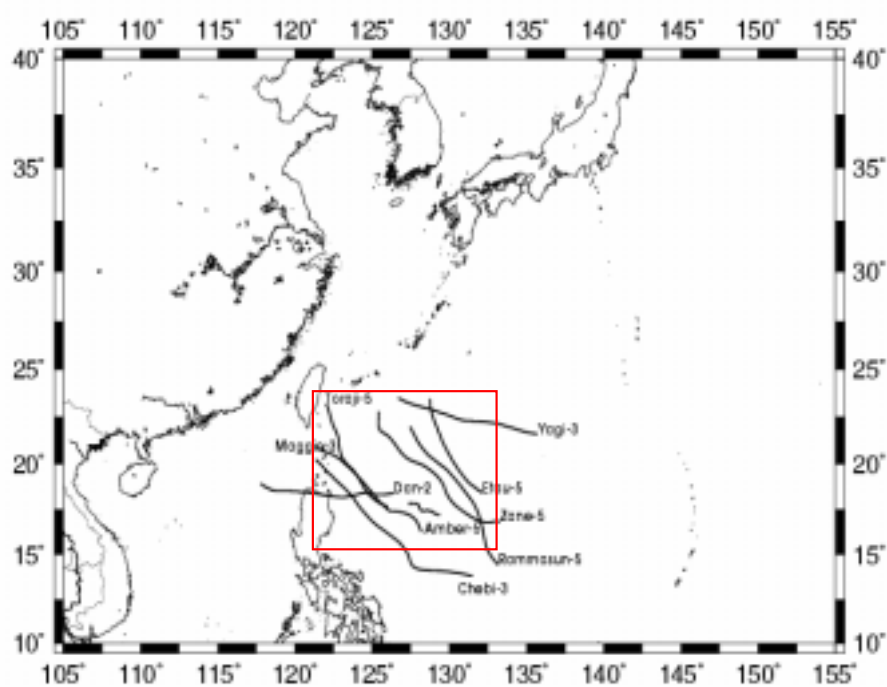


圖 3.9 颱風規模 3 影響船隻異動的範圍

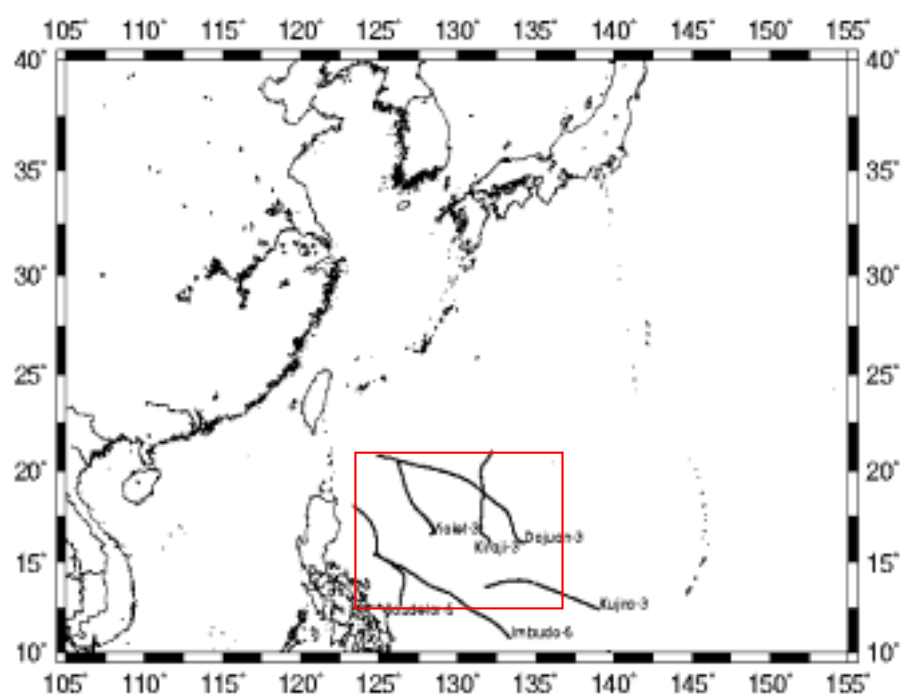


圖 3.10 颱風規模 4 影響船隻異動的範圍

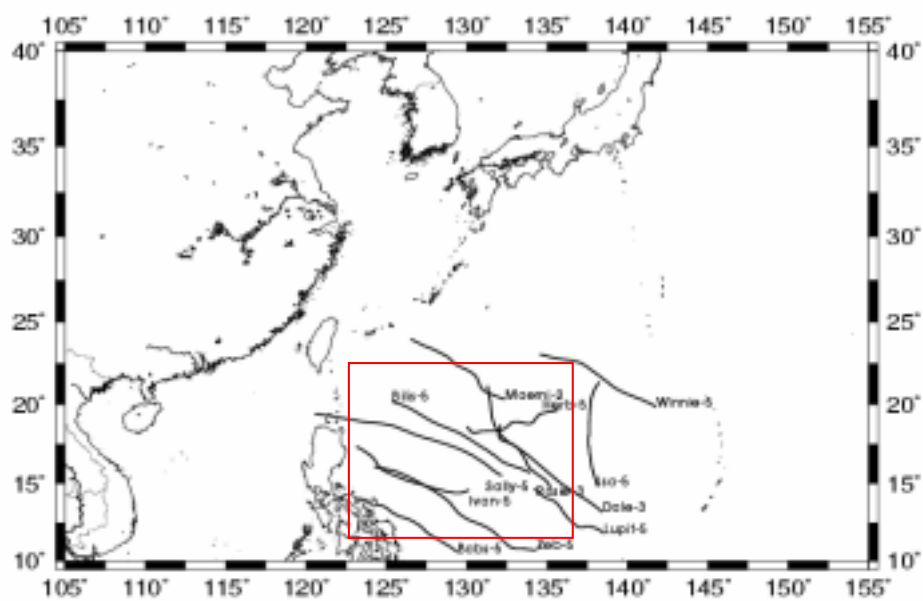


圖 3.11 颱風規模 5 影響船隻異動的範圍

3.3.3 颱風風速及方位角對船舶動態之影響

針對於颱風風速及颱風中心至花蓮港之方位角對船隻異動所進行的分析結果，如圖 3.12 與圖 3.13 所示。圖 3.12 為颱風風速與船隻異動指數的關係，由圖中可看出船隻異動指數 1 分布於風速 75~175knots 的範圍，而異動指數 2~4 則分布在 55~295 knots 之間；由整體結果顯示，颱風風速對船隻異動情況並無直接影響性。

圖 3.13 為颱風方位角與船隻異動指數的關係，由圖中結果顯示，影響花蓮港船舶動態的颱風中心至花蓮港之方位角，以花蓮港之緯度為界 0~150 度及 300~360 度，且各船隻異動指數之分佈範圍約略相似。

由前述風速及方位角對船隻異動之關係分析可知，兩者之分佈較分散且無一定之規則，然該兩參數仍是可定性描述影響異動指數之關係。因此，本研究仍將於後續之船舶動態預警管理系統中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。

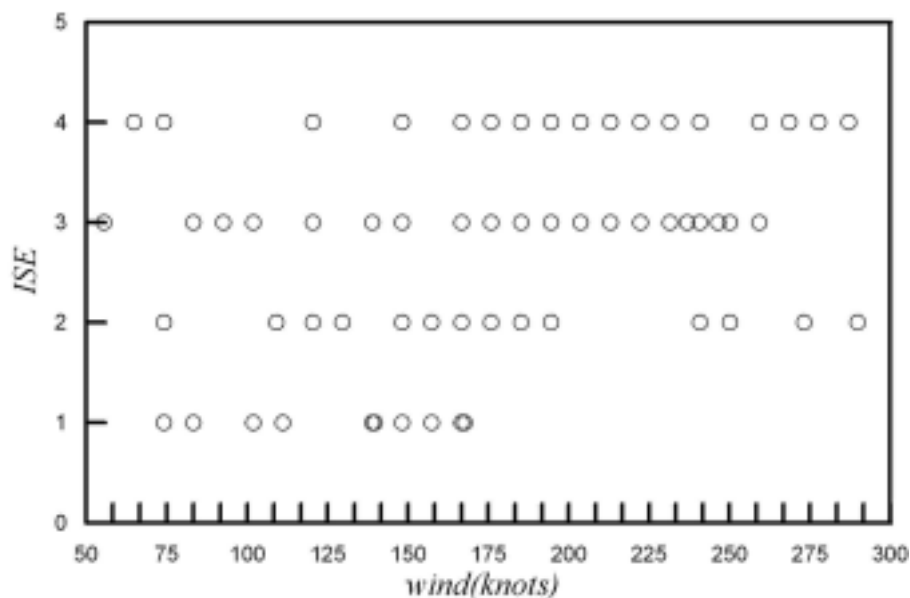


圖 3.12 颱風風速與船隻異動指數關係圖

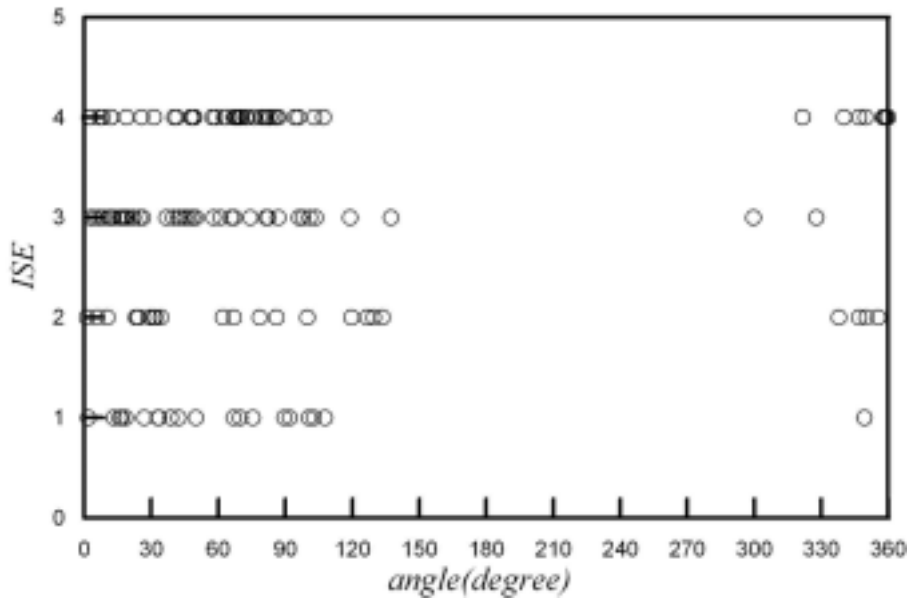


圖 3.13 颱風中心至測站方位角與船隻異動指數關係圖

3.4 船舶動態預警管理系統之建構

本研究主要目標之一即為建立一套視窗化的船舶動態預警管理操作系統，以提供港務單位船隻碇靠或離港避難的即時性資訊。利用前節探討花蓮港颱風影響因子與船隻異動關係之分析結果，本節中將說明相關船舶動態預警管理系統之建構過程及模式的初步驗證結果，未來將進一步利用研發之圖形化使用者介面(Graphical User Interface)，整合一套方便使用的視窗化操作系統。

3.4.1 類神經網路模式之理論架構

本研究擬建置之船舶動態預警管理系統中主要利用類神經網路(Artificial neural network, ANN)作為資料演算的分析方法，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。本研究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，相關架構神經網路使用 Matlab 軟體來建置倒傳遞類神經網路，如圖 3.14 所示。

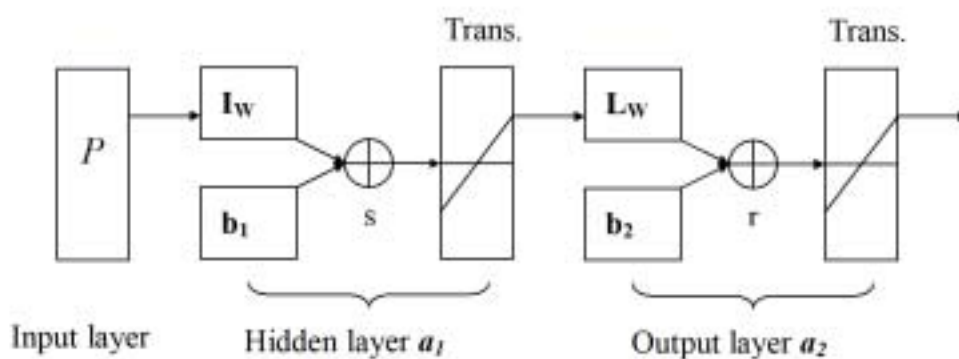


圖 3.14 類神經網路架構示意圖

倒傳遞學習演算法是被廣泛使用的一種學習演算法，因其具有學習及回想的功能，故可在回想過程中以相同於學習過程的方式來進行預測。一般倒傳遞網路可分為三部份，輸入層用以接受外在環境的訊息；隱藏層則表現輸入與輸出層各處理單元間的相互關係，並以權重和閾值來闡述其相關性；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 3.14 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， IW 和 b_1 為輸入層與隱藏層間的權重和閾值矩陣， LW 和 b_2 為輸出層與隱藏層間的權重和閾值矩陣。經由網路學習誤差最佳化的過程，神經網路將輸入值及學習目標值的關係紀錄在閾值與權重上，以此表示輸入值與學習目標值間的關係強弱。其中，類神經網路使用轉換函數使隱藏層模仿生物神經元處理非線性的機能，以輸入值之加權乘積和轉換成處理單元之輸出值，整個倒傳遞網路模式由隱藏層與輸入參數及輸出層的關係可用方程式表示

如下：

$$\mathbf{a}_{1,s \times 1} = f_{s \times 1}(\mathbf{I}_{W,s \times n} \mathbf{P}_{n \times 1} + \mathbf{b}_{1,s \times 1}) \dots\dots\dots (3.1)$$

$$\mathbf{a}_{2,r \times 1} = f_{r \times 1}(\mathbf{L}_{W,r \times s} \mathbf{a}_{1,s \times 1} + \mathbf{b}_{2,r \times 1}) \dots\dots\dots (3.2)$$

其中 $\mathbf{a}_1$ 為隱藏層之輸出值矩陣， $\mathbf{a}_2$ 為倒傳遞網路輸出值矩陣， f 為轉換函數。藉由上式之運算後求出網路輸出值矩陣 $\mathbf{a}_2$ ，其與學習目標矩陣 $\mathbf{Y}$ 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閾值使誤差函數達到最小值，反覆迭代其過程使網路輸出值趨近學習目標值。當網路完成學習過程(最佳化過程)，建立最合適的權重和閾值後即可以此網路的回想過程來進行預測分析。以下說明其演算過程，最佳化過程可分為兩類，一為啟發式的最佳化，如可變學習數率(Variable Learning Rate)與有彈性(Resilient)之演算法；另一為使用標準的數值最佳化，如共軛梯度法、擬牛頓法及 Levenberg-Marquardt (L-M)法。一般而言，在函數逼近的問題上 Levenberg-Marquardt 演算法將有最快之收斂性(Neural Network Toolbox User's Guide)，是以，本研究選擇使用 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。

$$\mathbf{X}_{k+1} = \mathbf{X}_k - [\mathbf{J}^T \mathbf{J} + \mu \mathbf{I}]^{-1} \mathbf{J}^T \mathbf{e} \dots\dots\dots (3.4)$$

式中， $\mathbf{X}_k$ 、 $\mathbf{X}_{k+1}$ 分別表示每次疊代權重 $\{\mathbf{I}_w, \mathbf{L}_w\}$ 與門限值 $\{b_1, b_2\}$ 之前後最佳化計算值， $\mathbf{J}$ 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。

3.4.2 類神經網路模式之建立

依據前節類神經網路建構說明及颱風影響船舶動態參數之探討，本研究以颱風路徑、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五個影響船隻動態的颱風因子，做為類神經網路之輸入值，相關模式架構如圖 3.15 所示。

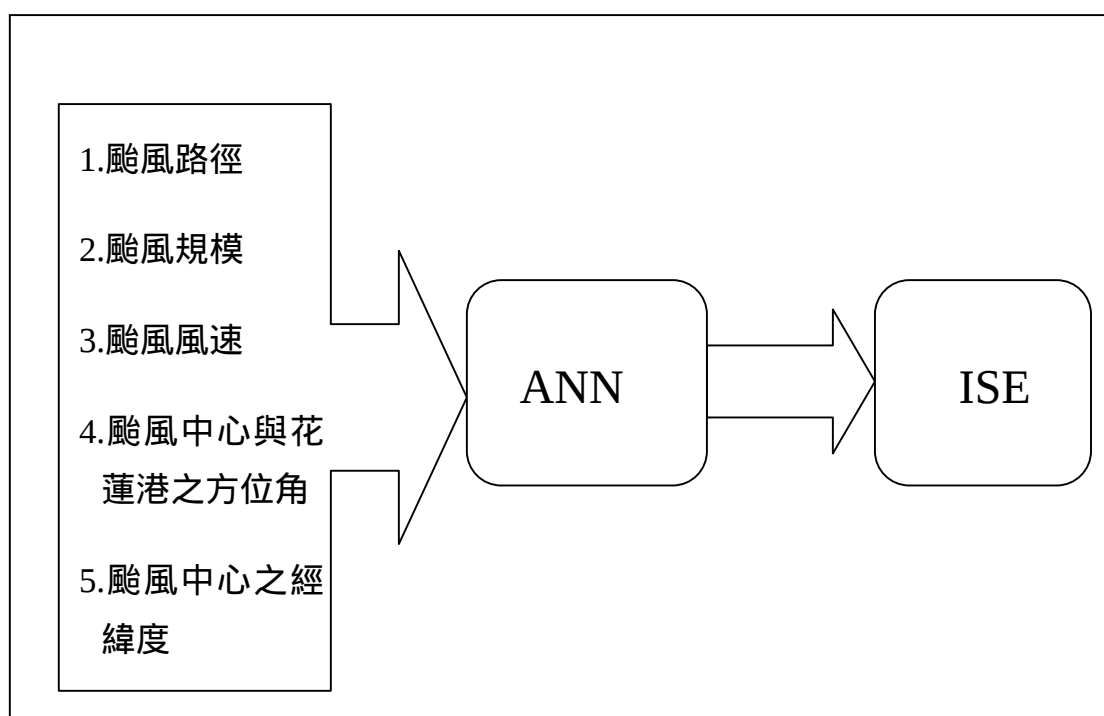


圖 3.15 類神經網路架構示意圖

類神經網路模式之建立須包含學習與驗證範例之過程，方能使模式達於準確可行。本模式所選擇之學習範例為含蓋前節所述 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。另外，依時間順序分別選擇楊妮 (Yanni) 尤特 (Utor) 碧利斯 (Bilis) 等 3 場其他颱風，作為已建立模式之驗證範例。

一般而言，類神經網路隱藏層之層數可為 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，本模式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 3.7 為不同轉換函數及不同神經元數之模式學習誤差平方值，由表中可知，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，此網路架構之模式具有最佳的學習效果。

為測試隱藏層數目是否會影響網路的精度，本研究另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。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 3.8 為雙層隱藏層模式的學習誤差平方值，由表中可知，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，本研究以 27 個神經元的單層隱藏層模式進行後續類神經網

路模式的學習與驗證。

表 3.9 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，而本模式之輸入矩陣為 6×144 ；第三欄是預測之船隻異動指數；第四欄則為實際之船隻異動指數，共 144 個。由表中結果可知，有誤差者共計 16 筆資料，其中數據為船隻異動指數 1 之誤判，則佔有 9 筆。由此學習結果可知，學習後的模式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，本研究後續將以此網路架構驗證其他 3 場颱風所發生的船隻動態情形。

表 3.7 單一隱藏層之學習誤差平方值

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 3.8 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 3.9 模式學習輸出值與實際值(船隻異動指數)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	2	2		18	1	1		18	1	1		18	1	1
	24	3	4		24	3	3		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	3		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	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	遜	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	1		12	3	3		12	1	1				
	18	2	2		18	4	4		18	3	3		18	1	1				
	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																

3.4.3 類神經網路模式之驗證

經由上述類神經網路模式之學習後，為驗證本網路模式之預測能力，本研究另選擇 3 場颱風，作為模式之驗證範例。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, 1998)、碧利斯(Bilis, 2000)及尤特(Utor, 2001)等颱風以先後時序之方式呈現。

楊妮 (Yanni) 颱風為第 6 類颱風路徑且颱風規模為第 1 級(如圖 3.16)，圖 3.17 為楊妮颱風經由模式推算所得之船隻異動指數變化時序圖，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，由附錄之實際船隻動態紀錄中可知，楊妮颱風侵襲時之船隻異動指數為 2，因紀錄資料中未清楚記載湧浪產生之時刻，是以表中開始紀錄湧浪產生之時刻，即 9 月 28 日 2 時，如圖中之實現線所示處。

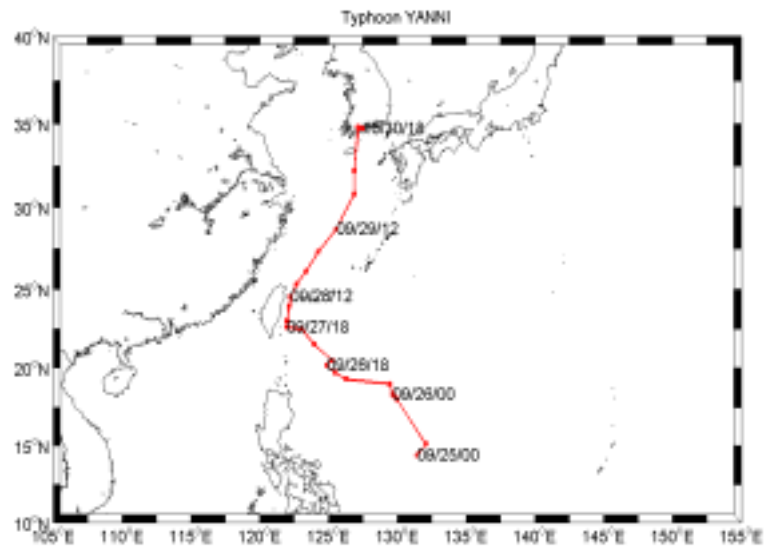


圖 3.16 楊妮(Yanni)颱風路徑圖

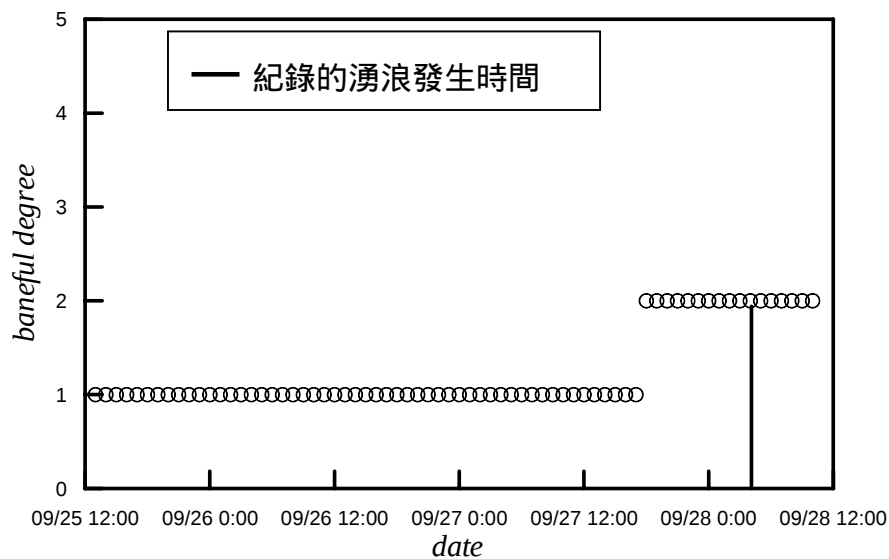


圖 3.17 模擬楊妮(Yanni)颱風侵襲時之船隻異動指數

碧利斯(Bilis)颱風為第 3 類路徑颱風規模為 5 級(如圖 3.18), 圖 3.19 為由模式推算所得碧利斯颱風之預測船隻異動指數。由圖中可看出每一時間點之船隻異動指數, 且由模式預測碧利斯颱風之最大船隻異動指數為 4, 亦即船隻有斷纜的可能。同樣由附錄之船隻動態紀錄中可知, 當碧利斯颱風來襲時, 有船隻出港避風並產生了斷纜的情況, 因

此，判定碧利斯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處。由模式推算預測之圖示結果，亦判定為船隻有斷纜之可能。

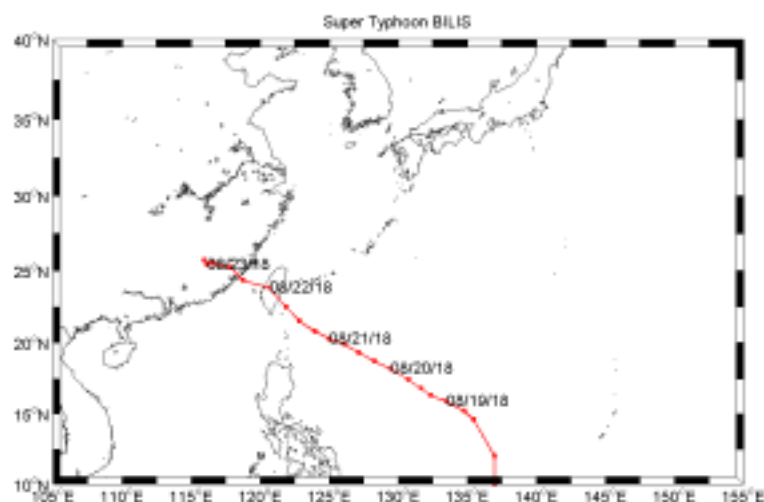


圖 3.18 碧利斯(Bilis)颱風路徑圖

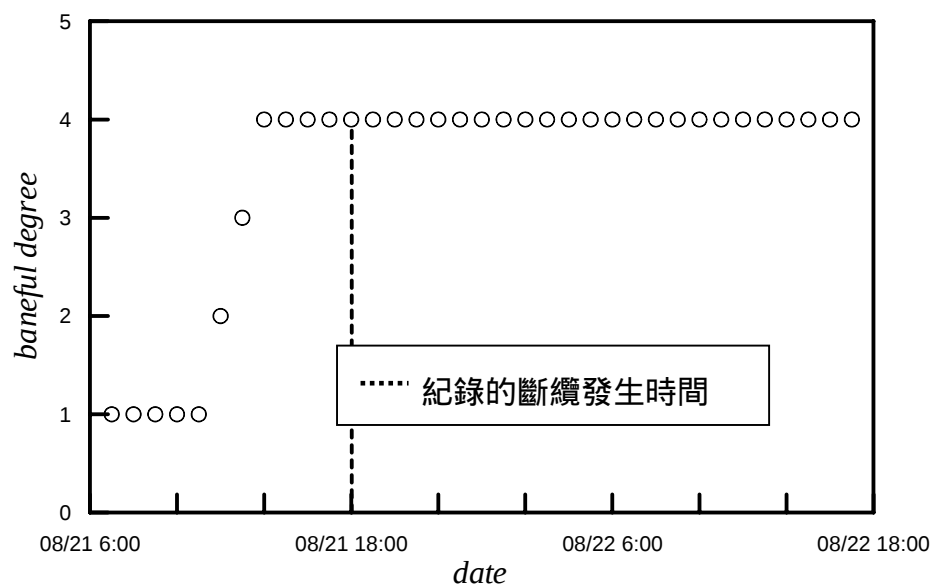


圖 3.19 模擬碧利斯(Bilis)颱風侵襲時之船隻異動指數

尤特(Utor)颱風為第 5 類颱風路徑 颱風規模為第 1 級(如圖 3.20)，圖 3.21 為經由模式推算所得尤特颱風之預測船隻異動指數。由圖中結果可看出每一時間點之船隻異動變化情況，並可知由模式預測尤特颱風之最大船隻異動指數為 3，亦即為避免斷纜之可能，船隻有出港避風

的必要性。同樣由附錄之船隻動態紀錄中可知，當尤特颱風來襲之時，有船隻出港避風，是以判定尤特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，如圖中之實線處，此時對照模式之預測船隻異動指數亦為 2；而實際之船隻出港避風時間，如圖中之實線部份，比較模式預測結果，亦為船隻異動指數 3 之船隻需出港避風情況。

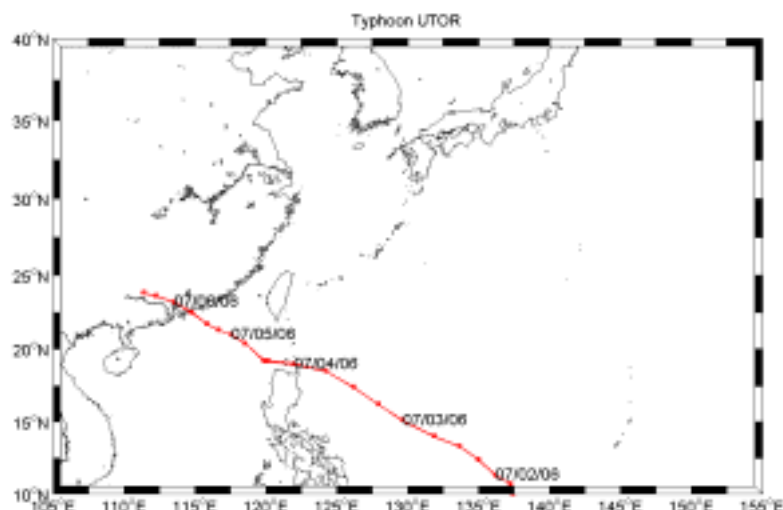


圖 3.20 尤特(Utor)颱風路徑圖

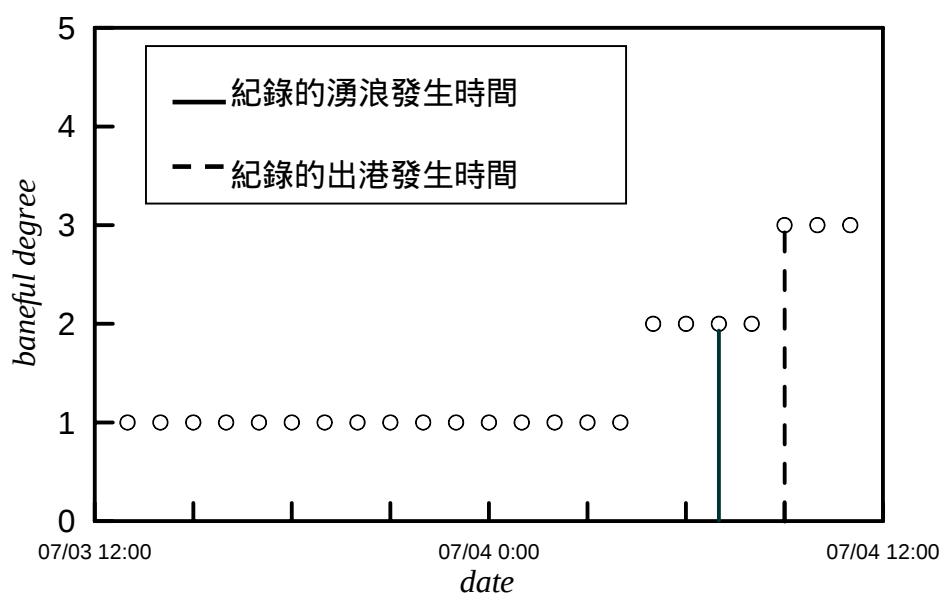


圖 3.21 模擬尤特(Utor)颱風侵襲時之船隻異動指數

第四章 花蓮港域波浪特性分析

本所港研中心自民國 79 年起即於花蓮港外海設站，進行長期性的海氣象觀測工作，並建置包含初步統計分析之資料庫。為充實資料庫內容及更進一步瞭解花蓮港域之波浪統計特性，本研究擬利用長期的觀測資料，以統計計量分析方法建立最適的波浪分佈函數。

4.1 資料蒐集與處理

本所港研中心歷年來於花蓮港外海所設置海氣象觀測站位置如圖 4-1 所示，經由站址與儀器種類的更迭，近年來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，觀測儀器為挪威 NORTEK 公司之波高波向與剖面海流即時傳送監測系統(簡稱 AWCP)，可收集波高、週期、波向之波浪與剖面海流、流向等資料。AWCP 儀觀測時間間隔為 1 小時，0-10 分記錄海流資料，10-27 分記錄波浪資料，意即波浪每小時取樣為 17 分鐘，頻率為 2HZ，每小時取樣 2048 筆資料，亦即在每 0.5 秒間隔內分別量測所得速度 U 、 V 、 W 向量與壓力量，量測取得之資料再作整合而得到波高、波向的資料。



圖 4.1 花蓮港海象觀測站位置示意圖

4.2 波浪資料分析模式說明

4.2.1 示性波高之計算

現場量測所得之原始水位變化資料，依需要轉換處理後可得吾人所需的波高、週期等波浪資料，本研究中以 H_s 作為波高之代表值，用以計算相關波高特性。 H_s (示性波高)之計算方式是以波群中波高較大的 1/3 部分的平均值來代表，於統計特性上，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，是最常引用的波高代表值(郭，1999)。

示性波高 H_s 亦可直接經由量測所得之水位變化資料計算而得，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 n 階動差(moment)，如下式(4.1)。

$$m_n = \int_0^\infty f^n S(f) df \dots\dots\dots(4.1)$$

式中， $S(f) = E[X(f)\bar{X}(f)]$ ， $E[\]$ 為期望值， $X(f)$ 是水位訊號的 Fourier 係數， $\bar{X}(f)$ 為其共軛複數。零階動差 m_0 可表示為波浪能量，而 H_s 與 m_0 的關係可以下式表示。

$$H_s = a\sqrt{m_0} \dots\dots\dots(4.2)$$

式中 a 為常數，其值隨不同的波高分佈而有所差異，一般約在 3.8~4.0 之間。若波高分佈為 Rayleigh 分佈時， a 值為 4.004；波高若屬 Weibull 分佈則其值為 3.8。另依據現場實測資料分析，臺灣北部海域為 3.8(歐，1977)；歐洲北海地區為 3.87(Tang，1977)；合田(1990)則建議實際風浪採用 3.8。

4.2.2 示性週期之計算

本研究中以示性週期 T_s 為週期的統計代表值，其定義為：假設有 n 個波高及其相對應之週期，選擇示性波高 H_s 所相對應週期的平均值。

另外，經由波浪頻譜求取的示性週期 T_s ，一般而言，可藉由波高週期分佈的半理論或經驗模式獲得。Mitsuyasu(1968)提出示性週期與波浪頻譜之主頻 f_p 的關係為：

$$T_s = \frac{1}{1.05 f_p} \dots\dots\dots(4.3)$$

而合田(1987)則以觀測數據建議示性週期值如下：

$$T_s = \frac{1}{1.1 f_p} \dots\dots\dots(4.4)$$

4.2.3 波高與週期分佈函數之探討

本節中說明本研究依據現場波浪觀測資料，進行示性波高與週期的區間劃分、直方圖分組及各種機率分佈函數套配的適合度探討後，最後決定花蓮港域最適的波浪分佈函數。將現場量測之原始水位資料經過轉換後，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、週期與直方圖分佈。其間，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，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

影響資料分析後的結果。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。而依據統計學之理論，合理的直方圖分組組數應至少要大於五組，而一般統計學上常用的分組方法有如下幾種：

1. 史特吉斯(Sturges)法

$$X = 1 + 3.322 \log(N) \dots\dots\dots 4.5)$$

式中 X 為確定好之分組組數， N 為資料次數或個數。

2. 唐恩(Doane)法：

$$X = \sqrt{N} \dots\dots\dots 4.6)$$

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

花蓮港域現場量測之波數範圍大致介於 70 至 150 個之間，依據上述兩種計算方法，可得到分組組數範圍大概為 7 至 12 組，而本研究除了參考上述兩種分組分法外，另加入兩組數 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。

有關波高與週期之最佳組數及最適機率分佈的決定，本研究中將選擇適用的統計參數來判斷，相關說明如下。首先，誤差均方根(RMS)與相關係數(R^2)為常用之統計學上的技巧；另外，本研究亦以卡方檢定(Chi-Square test)、最小平方法(施與尹，1994)，及 Kolmogorov-Smirnov test 檢定等三種方法檢定與判斷機率分佈與直方圖的適用性。然而，在分析過程中，最小平方法之檢定並無法明顯地判斷出各分佈的優

劣，而另卡方與 Kolmogorov-Smirnov test 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，本研究另提出 $P_i=0$ 與 $|P_i-P_j|>1/N$ 兩參數來判斷適用性，此兩種參數之說明與判斷方法示如下。

圖 4.2 為某一波高資料分成 12 組距的直方圖，其中 $P_i=0$ 表示波高分組時其產生機率值為零的情況。如圖中所示，波浪資料分成 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為零，則 $P_i=0$ 之參數紀錄為零。另一參數 $|P_i-P_j|>1/N$ (N 為分組組數) 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。

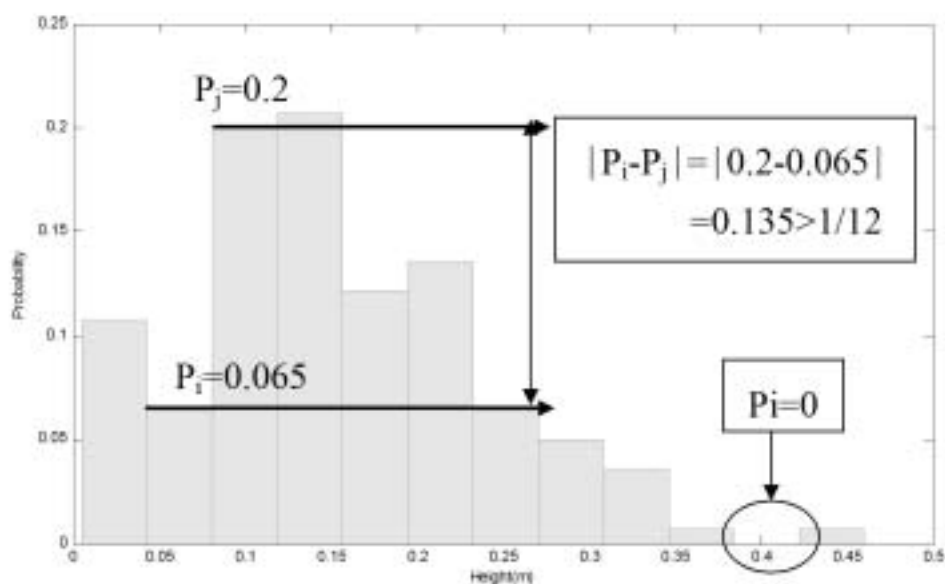


圖 4.2 統計參數與波高資料直方圖

除了上述最佳組數的判斷與選擇外，本研究中另選擇 Normal (常態)、Gamma、Rayleigh 及 Weibull 等四種分佈探討波高最適之機率分佈函數；而週期方面則選擇 Erlang、Gamma、Rayleigh 及 Longuet-Higgins

等四種分佈加以分析探討，相關之機率密度分佈簡述如下：

1. Normal(常態)分佈

常態分佈的機率密度函數表示如下式：

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, -\infty < x < \infty, -\infty < \mu < \infty, \sigma > 0 \quad (4.7)$$

常態分佈主要有兩個參數， σ 為標準偏差(standard deviation)， μ 為平均值，此兩值可由下式計算求得。

$$\mu = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (4.8)$$

$$\sigma^2 = s^2 = \frac{1}{N-1} \left(\sum_{i=1}^N x_i - \bar{x} \right)^2 \quad (4.9)$$

2. Gamma 分佈

Gamma 分佈的機率密度函數表示如下式：

$$f(x; \alpha, \lambda) = \begin{cases} \frac{\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\lambda x} & , x \geq 0, \alpha > 0, \lambda > 0 \\ 0, elsewhere \end{cases} \quad (4.10)$$

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

$$\hat{\lambda} = \frac{\bar{x}}{s^2}, \quad \hat{\alpha} = \hat{\lambda} \bar{x} \quad (4.11)$$

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)，為 Gamma 分佈的特例。而當 $\alpha = 1$ 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

Rayleigh 分佈的機率密度函數表示如下式：

$$f(x, \sigma) = \begin{cases} \frac{x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, & x \geq 0, \sigma > 0 \dots\dots\dots(4.12) \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases}$$

式中 σ 為其參數。

4. Weibull 分佈

Weibull 分佈的機率密度函數表示如下式：

$$f(x, \eta, \sigma) = \begin{cases} \frac{\alpha}{\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}, & x \geq 0, \alpha > 0, \beta > 0 \dots\dots\dots(4.13) \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases}$$

式中 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，提出波高 H 與週期 T 的聯合機率密度函數，如式(4.14)：

$$p(\chi, \tau) = \frac{dR}{d\chi} \left| \frac{d\dot{\phi}}{d\tau} \right| p(R, \dot{\phi}) = \frac{2a^3 \chi^2}{\sqrt{\pi} \nu} \exp \left\{ -a^2 \chi^2 \left[1 + \frac{(\tau-1)^2}{\nu^2} \right] \right\} \dots (4.14)$$

式中， $\chi = H/\sqrt{m_0}$ 、 $\tau = T/\bar{T}$ 分別為波高與週期的正規化表示， R 為振幅， ϕ 為相位角， ν 為譜寬參數， a 為參數。將式(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，如下式：

$$p(\tau) = \frac{\nu^2}{2[\nu^2 + (\tau-1)^2]^{3/2}} \dots (4.15)$$

$$p(T) = \left| \frac{d\dot{\phi}}{dT} \right| p(\dot{\phi} | \chi) = \frac{\varpi T_{02}}{2\pi T_{01}} \frac{\nu^2}{2[\nu^2 + (1 - \frac{T}{T_{01}})^2]^{3/2}} \dots (4.16)$$

6. Erlang 分佈

Erlang 分佈為 Gamma 分佈中的特殊分佈，其機率密度函數與式(4.10)相同，但需取其函數中的參數 n 為整數，即如下式表示：

$$f(x; n, \lambda) = \begin{cases} \frac{\lambda^n}{(n-1)!} x^{n-1} e^{-\lambda x} & , x \geq 0, \lambda > 0, n \in N \dots (4.17) \\ 0, elsewhere \end{cases}$$

N.Unnikrishnan & Nair(2003)提出將 Erlang 分佈應用在波浪週期，並推導出其理論的示性週期計算方法如下式：

$$m(t) = t + \left[\frac{\lambda^{-1} \sum_{i=0}^{\alpha-1} \sum_{j=0}^i (\lambda t)^j / j!}{\sum_{i=0}^{\alpha-1} \frac{(\lambda t)^i}{i!}} \right] \dots\dots\dots (4.18)$$

式中 $t = T_s$ ， 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 計算方式如下式。

$$\lambda = \frac{\bar{T}}{s^2}, \quad \alpha = \frac{\bar{T}^2}{s^2} \dots\dots\dots (4.19)$$

有關上述六種機率分佈函數之參數決定方法，本研究將以最大概似法來加以估算。

依據前述有關波高與週期最佳分組組數與最適機率分佈函數之選擇及研判的作業流程，如圖 4.3 所示，後續將依此操作流程，進行花蓮港域波浪特性的分析探討。

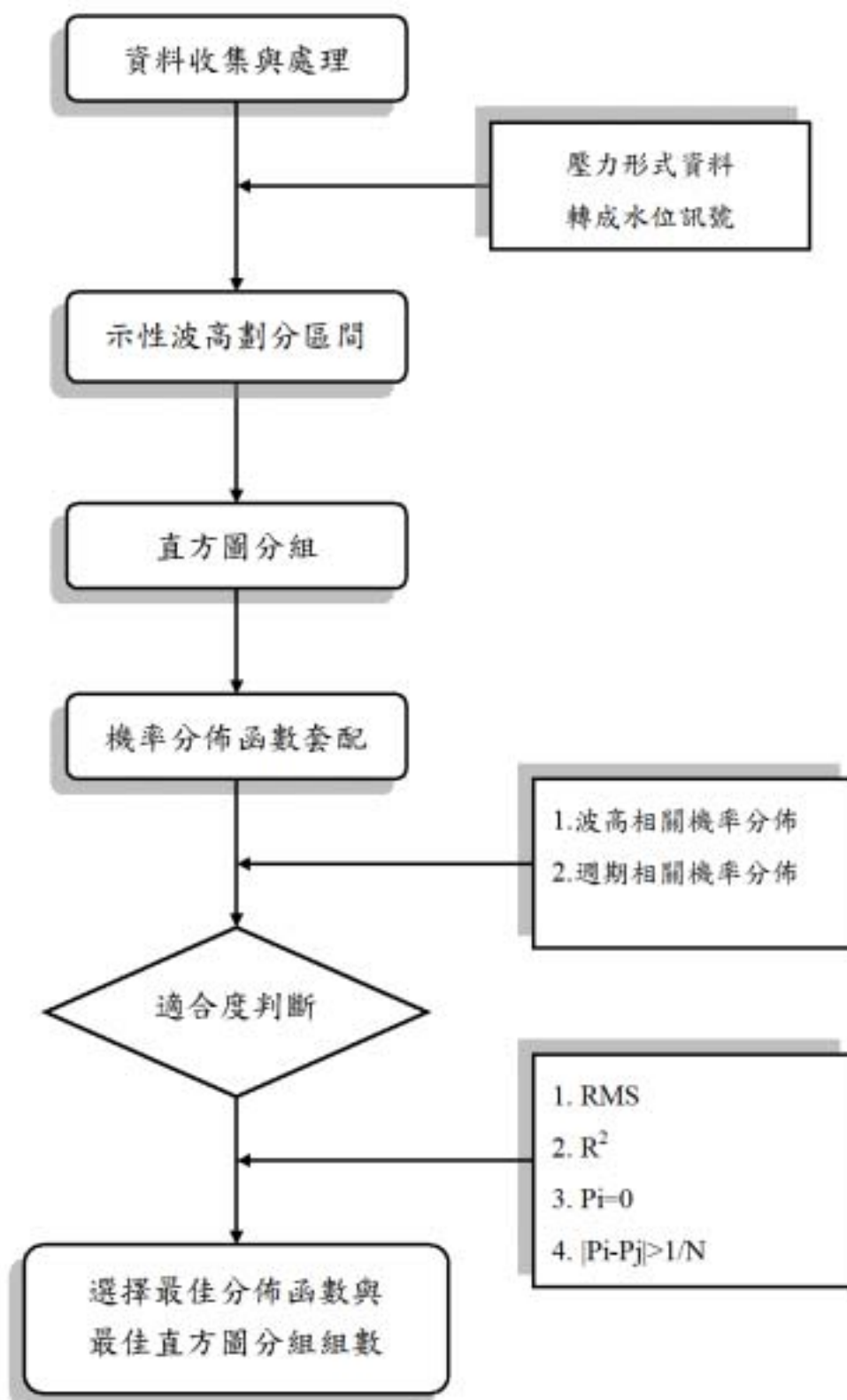


圖 4.3 波高與週期最適組數與機率分佈函數之操作流程圖

4.3 波浪資料分佈函數之探討

依據前節波浪資料分析模式之說明，本節中將利用本所港研中心於花蓮港之現場觀測資料，以誤差均方根(RMS)、相關係數(R^2)、離島型直方圖($P_i=0$)及判斷是否為雙峰直方圖($|P_i-P_j|>1/N$)等四種參數來探討其波高與週期直方圖的最佳組數與最適的機率分佈函數。

檢查本所港研中心於花蓮港最近幾年波浪資料，其中民國 89 與 90 年間因觀測儀器改裝與維護之故，波浪資料缺失較多；而 91~93 年與 94 年仍有少數月份資料無法使用，因此本研究選取 93 年有整年完整之波浪資料，分別作每月、每季與全年之波高與週期的分析探討。

4.3.1 波高之分析結果

1. 每月波高資料分析結果

將花蓮港民國 93 年每月之實測波高值依 0.5m 大小間距，以前節所述之模式操作流程的分析結果，如附錄 B 所示。依據統計分析結果得知，其每月之波高筆數，大部分集中在示性波高值介於 0.5m 至 1.5m 之間；而其它部份波高值區間，所含之波高資料僅有少數小於 30 筆或為 0 筆，因此在分析過程中，資料數甚小之區間，將不併入分析。

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 $H_s > 2m$ 時之數據結果不考慮在內。當 $H_s < 2m$ 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。

依據 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。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亦為 Weibull 分佈。

台灣夏季為颱風盛行之季節，依據氣象局資料顯示，民國 93 年 6 月至 10 月及 12 月共有 9 個颱風侵台，其中 7 月與 9 月各有一輕度颱風，其餘皆為中度颱風。因此，由 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。依 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，依據分析結果判斷，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，比較 7 月、10 月與 12 月之統計結果得知，7 月份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，由分析結果判斷，Weibull 分佈為 7 月、10 月與 12 月最適合之分佈函數，7 月份之最佳分組組數為 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 組為最佳。

2. 每季波高資料分析結果

本研究除如上述之每月資料分析外，亦按季作分析比較探討。將 93 年全年之波高資料約略依春、夏、秋、冬分為四季，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、第四季則是 10 至 12 月，其分析結果列表如附錄 B 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。依據分析數據，第五區間所含之資料筆數較少，將不考慮其分析結果，而由 R^2 與 RMS 之分析數據可知，Weibull 分佈為第一季最適合之機率分佈；另由 $P_i=0$ 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，為本季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。依據分析結果，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。同理由分析結果顯示，第三季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。由附錄數據可觀察得，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。

3. 全年波高分析結果

民國 93 年花蓮港全年觀測資料扣除記錄錯誤及缺失資料，有效波浪資料計有 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， $H_s < 0.5m$ 有 1871 筆； $0.5m < H_s < 1.0m$ 有 3383 筆；在 $1.0m < H_s < 1.5m$ 有 1587 筆， $1.5m < H_s < 2.0m$ 有 428 筆， $2.0m < H_s$

<3.0m 有 252 筆，於 $H_s > 3.0\text{m}$ 此區間筆數則較少，僅有 96 筆。依據前述之分析方式，全年波高的分析結果則如表 4.1 至表 4.6 所示。

表 4.1 全年波高資料組數與分佈函數之比較($H_s < 0.5\text{m}$)

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
$ P_i - P_j > 1/N$		38	29	30	37	37	49	52	56

表 4.2 全年波高資料組數與分佈函數之比較($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)

分組		5	6	7	8	9	10	11	12
Gamma	MSE	0.037	0.035	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

$ P_i - P_j > 1/N$	31	24	24	24	38	44	52	51
---------------------	----	----	----	----	----	----	----	----

表 4.3 全年波高資料組數與分佈函數之比較(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
$ P_i - P_j > 1/N$		37	28	32	30	38	50	51	58

表 4.4 全年波高資料組數與分佈函數之比較(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 4.5 全年波高資料組數與分佈函數之比較(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 4.6 全年波高資料組數與分佈函數之比較(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
$P_i=0$		12	15	20	22	33	36	43	50
$ P_i-P_j >1/N$		28	28	32	44	47	58	52	67

由表 4.1 至表 4.6 之波高分析結果可知，依據 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，花蓮港域的波高機率分佈可以 Weibull 分佈函數來適切地來描述其波浪特性。

另有關全年波高資料直方圖的組數分析方面，經由表 4.1 至表 4.6 結果的觀察，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。而依據 MSE 計算公式定義，其分組組數越多，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相吻合。

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，因此本研究中另以 $P_i=0$ 與 $|P_i-P_j|>1/N$ 兩參數來選定適合的分組組數範圍。由表 4.1 至表 4.6 分析結果可得知，

$P_i=0$ 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，從各表分析之結果，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。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 $H_s < 0.5\text{m}$ 、 $0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$ 、 $1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$ 與 $1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$ 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，依據上述觀察結果，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。

綜合上述分析結果，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。而以 $|P_i-P_j|>1/N$ 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。最後，綜合兩參數之比較結果，可決定示性波高大於 2m 時，5 至 7 組為其較佳之直方圖分組組數。

4.3.2 週期之分析結果

1. 每月週期資料分析結果

民國 93 年花蓮港各月份的週期資料分析結果如附錄 C 所示，本研究中僅對資料數據在 30 筆以上的示性波高區間作分析。在各月份的波浪資料中，2 月、4 月與 5 月的第 4 區間、第 5 區間及第 6 區間資料均不足；而 7 月份僅第 1 區間的週期資料在 30 筆以上，其餘區間資料數據亦不足；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 月及 7 月的波浪資料；而第二部份則為包含示性波高 1.5m 以上的區間所對應的週期資料，為 1 月、6 月及 8 月至 12 月的波浪資料。分析結果大致為，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。

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。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。

本研究依前述方式，將 1 月至 12 月不分區間的波浪週期資料作一分析比較，分析之結果如附錄 C 所示。其中，5 月、8 月及 12 月之分佈函數與直方圖吻合程度以 Erlang 分佈為最佳，其餘月份則以 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。

2. 每季週期資料分析結果

有關波浪週期每季分析之月份劃分亦如前波高者相同，相關分析結果如附錄 C 所示。第一季週期資料在第 5 以及第 6 區間資料不足 30 筆，故不予以分析。由比較 R^2 以及 MSE 之結果可知，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。

第二季週期資料在第 6 區間不足 30 筆，分析時亦不考慮。依據分析結果可得，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三季以及東北季風強烈的第四季，由第三季之分析結果可知，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。

第四季的各區間分析結果較前三季不同，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。而第四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。

本研究進一步分析評估各季不分區間的週期資料，因第二季以及第三季為颱風發生頻率較高之季節，故將此兩季合併為同一季加以探討，並將 Normal 分佈函數加入一併分析後之結果如附錄 C 所示。第二、三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；而第一季以及第四季週期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 P_i 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。

3. 全年週期資料分析結果

民國 93 年花蓮港全年之週期資料分析結果如表 4.7 至 4.13 所示。依據 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，有關全年週期資料在分區間及分組的分析結果為：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。

另有關全年週期資料直方圖的組數分析方面，由表 4.7 至圖 4.12 中可以觀察出， P_i 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。由分析結果中可發現，當分組組數為 5 至 8 組時，評估參數 P_i 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探討，分析之結果如表 4.13 所示。由表中結果可知，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 4.7 全年週期資料組數與分佈函數之比較($H_s < 0.5m$)

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 4.8 全年週期資料組數與分佈函數之比較($0.5m < H_s < 1.0m$)

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 4.9 全年週期資料組數與分佈函數之比較 (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 4.10 全年週期資料組數與分佈函數之比較(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 4.11 全年週期資料組數與分佈函數之比較 ($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)

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 4.12 全年週期資料組數與分佈函數之比較 ($3.0\text{m} < H_s$)

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 4.13 全年週期資料組數與分佈函數之比較(不分波高區間)

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

4.4 波高統計特性之理論推算

依據前節之分析探討，已得知花蓮港實測波浪資料的分佈函數型式，本節中將進一步建立波高推算模式，以作為港灣工程或波浪統計之應用需求。依據花蓮港實測波高分佈較符合 Weibull 分佈函數之結

果，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。

4.4.1 波高統計代表值推導

本節中為進一步瞭解 Weibull 分佈與實際波高之相關性，將以最大概似法(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

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} \dots\dots\dots(4.20)$$

假設大於某特定波高值 x_N 的機率為 $1/3$ ，則

$$f(x \geq x_N) = \int_{x_N}^{\infty} f(x) dx = 1/3 \dots\dots\dots(4.21)$$

令 $y = (x/\beta)^\alpha$ 代入式(4.20)，可得

$$f(y) = \int_{y_N}^{\infty} e^{-y} dy \dots\dots\dots(4.22)$$

令式(4.22)值為 $1/3$ ，可推得 $y_N = -\ln(1/3) = \ln(3)$ ，再依照示性波高 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

$$\begin{aligned}
H_s &= \frac{\int_{x_N}^{\infty} xf(x)dx}{\int_{x_N}^{\infty} f(x)dx} = \frac{1}{e^{-y_N}} \int_{x_N}^{\infty} xf(x)dx \\
&= \frac{1}{e^{-y_N}} \beta \int_{y_N}^{\infty} y^{\frac{1}{\alpha}} e^{-y} dy \\
&= 3\beta \Gamma\left(\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right), \ln(3)\right) \dots\dots\dots (4.23)
\end{aligned}$$

上式中 α 為其形狀參數，是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 Gumbel 分佈。將波高取對數，成一尺度一位置極值分佈函數，再以最大概似法(Maximum Likelihood Estimates)估計參數。

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

$$\bar{H} = \int_0^{\infty} xf(x)dx \dots\dots\dots (4.24)$$

由式(4.20)與式(4.24)，令 $y = (x/\beta)^\alpha$ 代入，得 $f(y) = \int_0^{\infty} e^{-y} dy$ ，即

$$\begin{aligned}
\bar{H} &= \beta \int_0^{\infty} y^{\frac{1}{\alpha}} e^{-y} dy \\
&= \beta \Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right) \dots\dots\dots (4.25)
\end{aligned}$$

上式即為 Weibull 分佈函數推得之理論平均波高 $\bar{H}$ 。

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

$$f(x > x_{max}) = \int_{x_{max}}^{\infty} f(x) dx \dots\dots\dots (4.26)$$

令 $y = (x/\beta)^\alpha$ 代入式(4.26)，則

$$\int_{\left(\frac{x_{max}}{\beta}\right)^\alpha}^{\infty} e^{-y} dy = e^{-\left(\frac{x_{max}}{\beta}\right)^\alpha} \dots\dots\dots (4.27)$$

上式中，令 $\xi = N_0 f(x_{max}) = N_0 e^{-\left(\frac{x_{max}}{\beta}\right)^\alpha}$ ，則

$$x_{max} = \beta \left[-\ln\left(\frac{\xi}{N_0}\right) \right]^{\frac{1}{\alpha}} = \beta \left[\ln(N_0) - \ln(\xi) \right]^{\frac{1}{\alpha}} \dots\dots\dots (4.28)$$

其最大波高 H_{max} 為

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

$$= \beta \left[(\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}} - \frac{1}{\alpha} (\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}-1} \cdot \gamma + \frac{1-\alpha}{2\alpha^2} (\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}-2} \cdot \left(\frac{\pi^2}{6} + \gamma^2 \right) \right] \quad (4.29)$$

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

4. Weibull 分佈之理論 H_{rms}

由式(4.20)可推導出 Weibull 分佈之理論均方根值 H_{rms} 為

$$\begin{aligned}
H_{rms}^2 &= \int_0^{\infty} \frac{\alpha}{\beta^\alpha} x^{\alpha-1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} x^2 dx \\
&= \frac{\alpha}{\beta^\alpha} \int_0^{\infty} x^{\alpha+1} e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} dx \dots\dots\dots(4.30)
\end{aligned}$$

令 $y = \left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha$ 代入上式，為

$$H_{rms}^2 = \beta^2 \int_0^{\infty} y^{\left(\frac{2}{\alpha}\right)} e^{-y} dy = \beta^2 \cdot \Gamma\left(\frac{2}{\alpha} + 1\right) \dots\dots\dots(4.31)$$

故得

$$H_{rms} = \beta \left[\Gamma\left(\frac{2}{\alpha} + 1\right) \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots(4.32)$$

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。

4.4.2 波高理論分佈參數分析

利用 Weibull 分佈模式和波高直方圖套配(fitted)結果，可計算出分佈函數之 α 與 β 兩參數值，依花蓮港 93 年全年波高資料分析結果，將每區間之 α 與 β 值將其繪製如圖 4.4 與圖 4.5 所示，圖中橫坐標之示性波高範圍區分成 1 至 6 個區間。由圖中可觀察出，因 α 為形狀參數，是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。依據上述之分析結果可知，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。

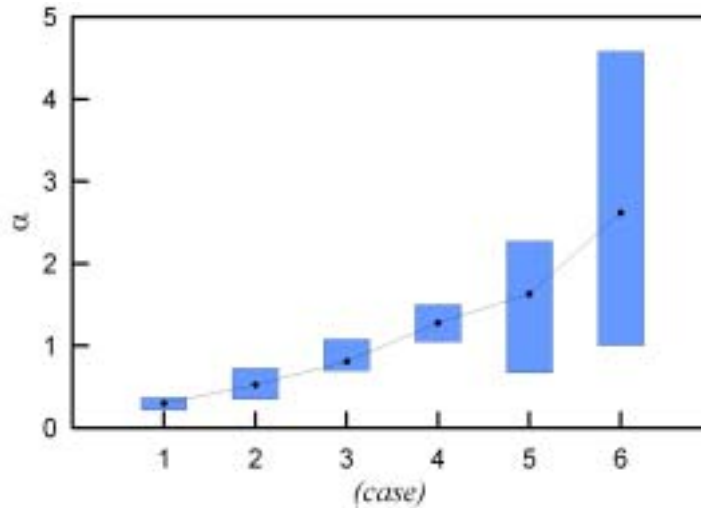


圖 4.4 花蓮港波高資料各區間 Weibull 分佈之 α 分佈範圍

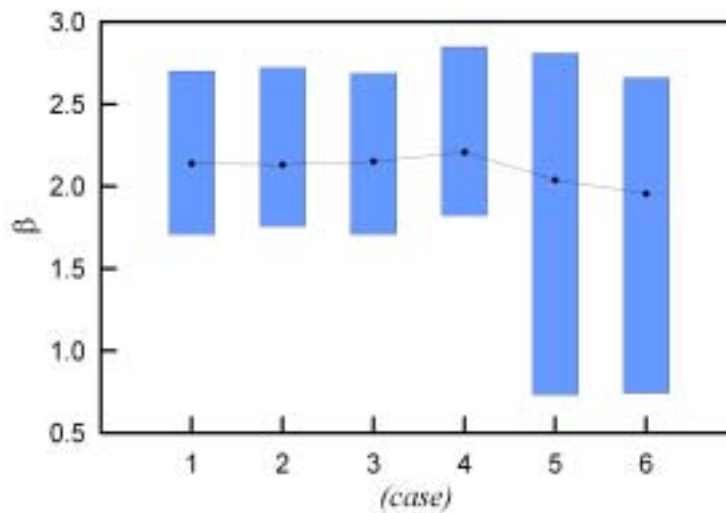


圖 4.5 花蓮港波高資料各區間 Weibull 分佈之 β 分佈範圍

為求得 α 、 β 值與示性波高大小之相關性，由 Rayleigh 分佈之理論計算公式 $H_s = 4\sqrt{m_0}$ ，可知示性波高大小與 $\sqrt{m_0}$ 成正比，其中 m_0 為前式 (4.1) 之零階動差。

有關全年實測波高資料各區間之 m_0 與 α 之關係，如圖 4.6 至圖 4.11 所示；因 β 值與示性波高關係甚小，僅如圖 4.12 計算 $H_s < 0.5\text{m}$ 區間之 m_0 與 β 之關係，其餘各區間 m_0 與 β 之關係則如表 4.14 表示。

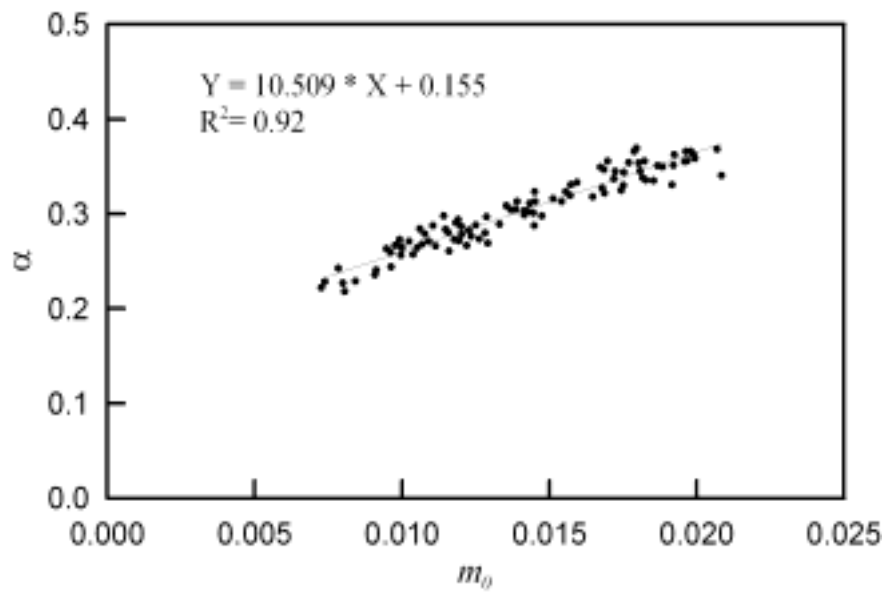


圖 4.6 實測波高資料 m_0 與 α 關係之($H_s < 0.5\text{m}$)

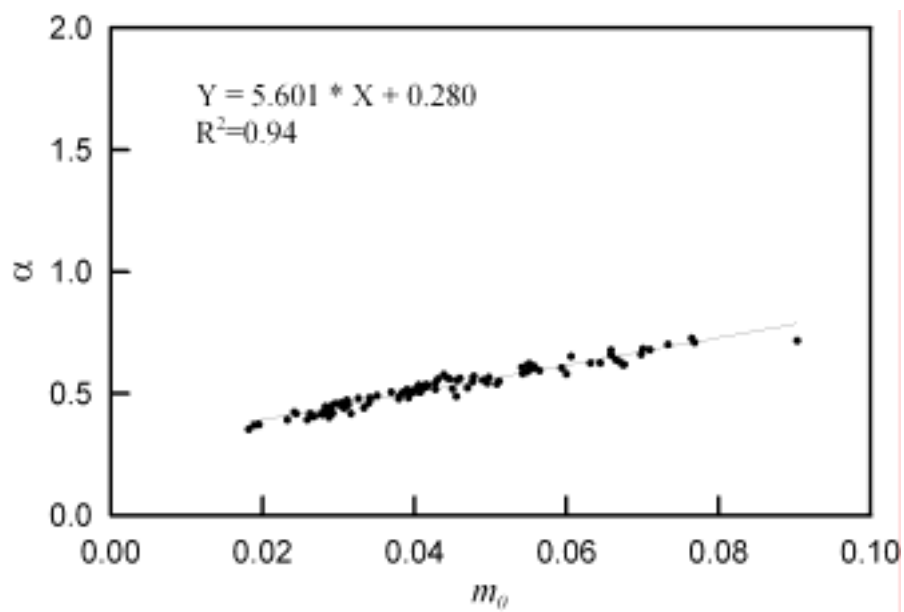


圖 4.7 實測波高資料 m_0 與 α 關係之($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)

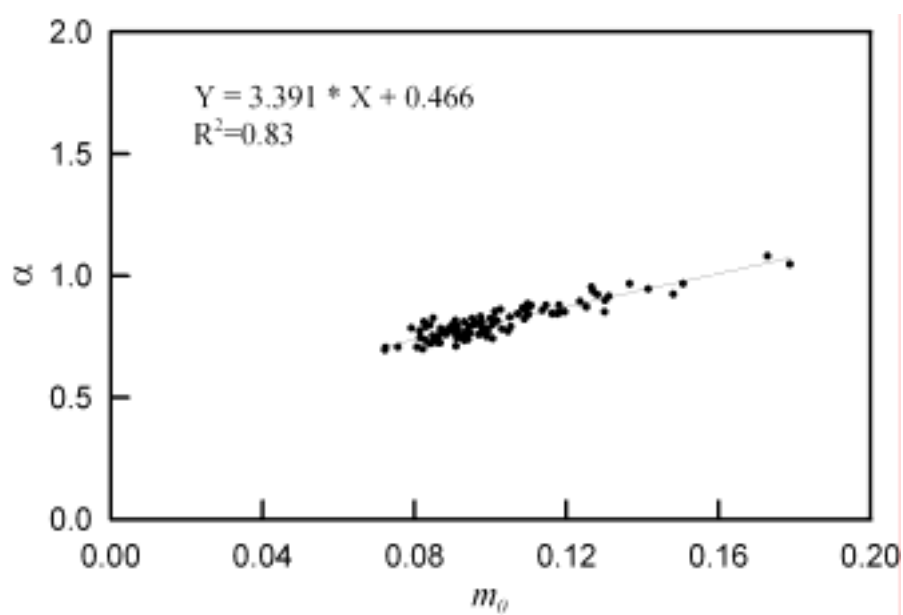


圖 4.8 實測波高資料 m_0 與 α 關係之 $(1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m})$

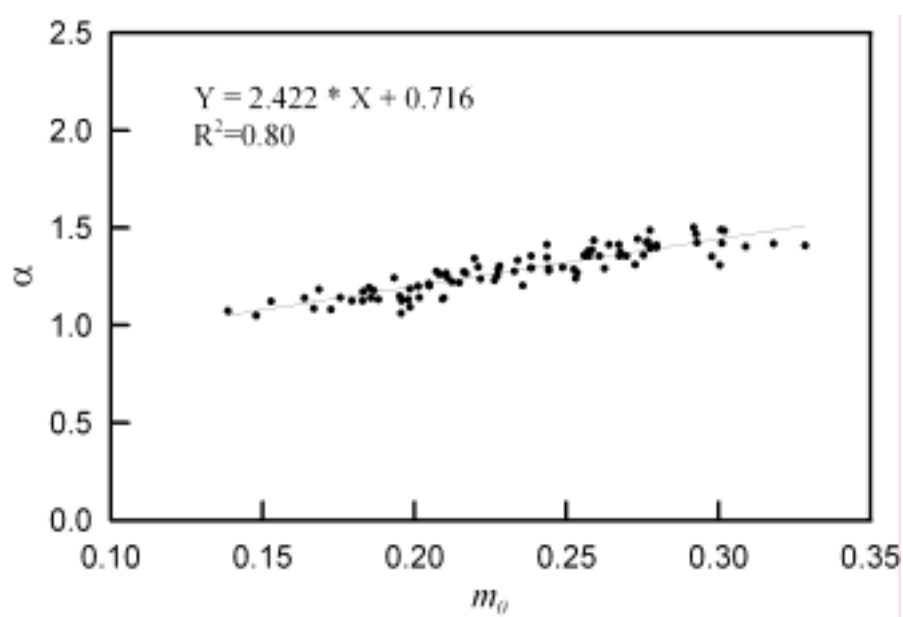


圖 4.9 實測波高資料 m_0 與 α 關係之 $(1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m})$

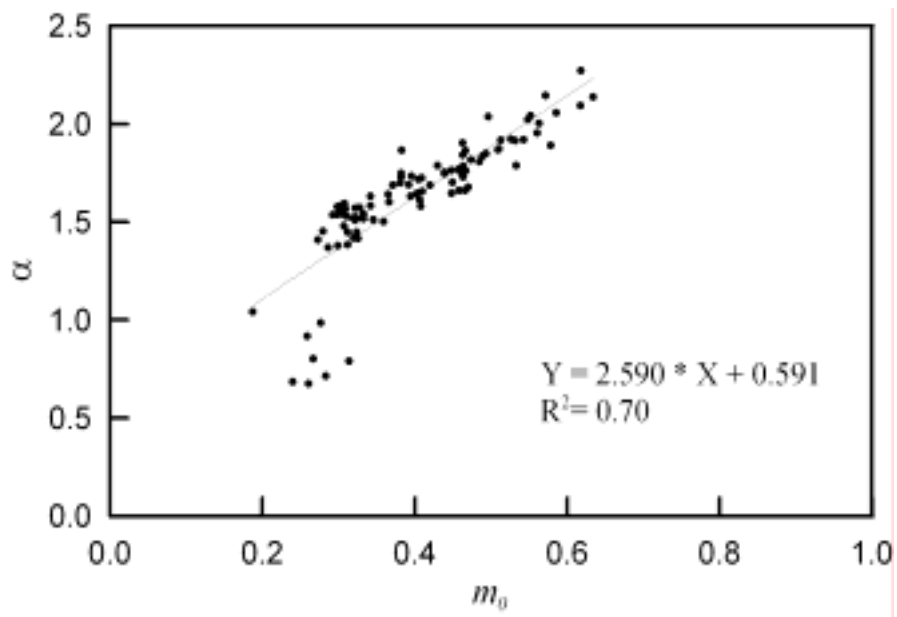


圖 4.10 實測波高資料 m_0 與 α 關係之 ($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)

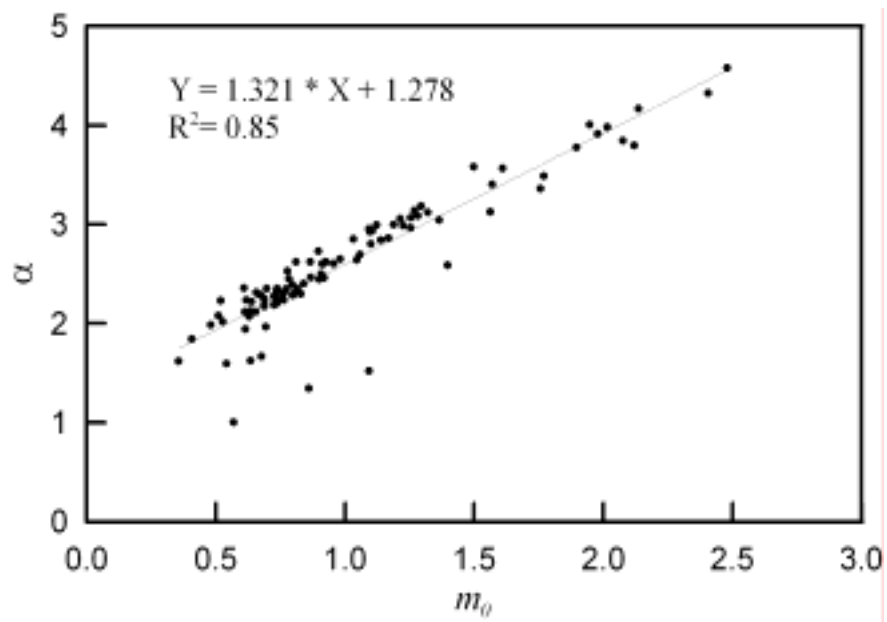


圖 4.11 實測波高資料 m_0 與 α 關係之 ($H_s > 3.0\text{m}$)

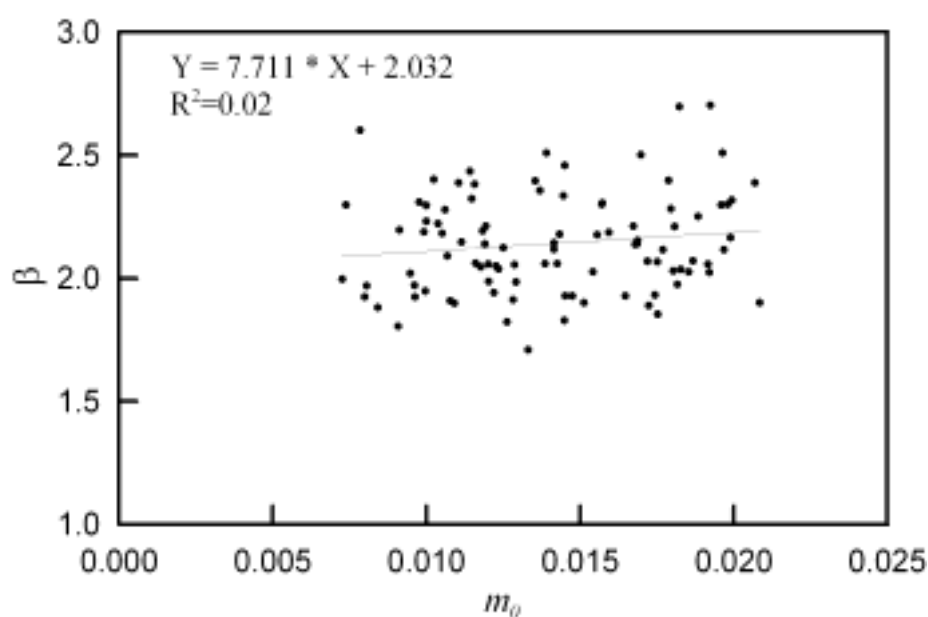


圖 4.12 實測波高資料 m_0 與 α 關係之($H < 0.5\text{m}$)

表 4.14 各區間實測波高資料 m_0 與 β 之關係

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	$y = 0.367x + 1.585$

依據圖 4.6 至圖 4.11 之 m_0 與 α 的結果顯示，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，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，其相關性減低顯然是受少數資料點影響，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，但此區間之 R^2 值亦介於 0.8 至 0.9 之間。整體而言，雖然波高 m_0 與 α 之相關性較高，但 m_0 與 β 之相關性則甚低。因此，為進一步確定 m_0 與 β 之相關性，本研究另以全

年資料之 m_0 與 α 、 β 一起作迴歸分析，求得其 m_0 與 α^2/β 之相關性較高，如下圖 4.13 所示。

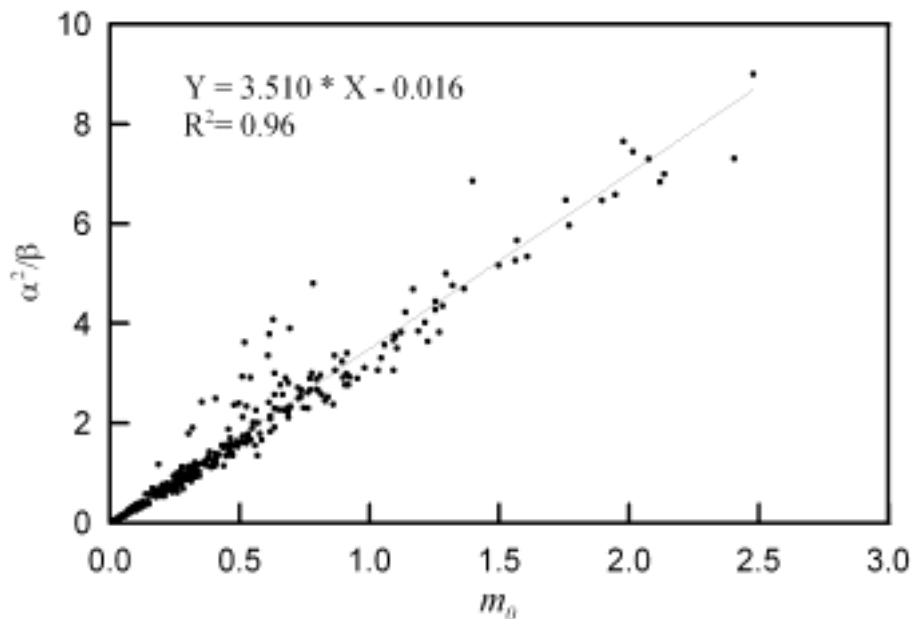


圖 4.13 全年波高資料之 m_0 與 α^2/β 之關係

由花蓮港 93 年各區間波高資料之 m_0 與 α 及 α^2/β 的迴歸關係式，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，依據此結果可推得 m_0 與 α 及 β 關係式如下：

$$\alpha = 2.622m_0^{0.506} \dots\dots\dots(4.33)$$

$$\beta = \frac{\alpha^2}{(3.510m_0 - 0.016)} \dots\dots\dots(4.34)$$

4.4.3 波高之理論與實際值比較方法

花蓮港之實測波高分佈近似於 Weibull 分佈，由 Weibull 分佈可推導出 H_s 、 $\overline{H}$ 、 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，而示性波高 H_s 為重要之代表波參數，常應用於工程上之設計，因此本研究擬以下列兩式比較各種波高統計參數之差異。

依據 Rayleigh 分佈之公式，可推得如下之理論關係式

$$\frac{H_s}{H} = 1.597, \quad \frac{\bar{H}}{\sqrt{m_0}} = 2.51, \quad \frac{H_s}{\sqrt{m_0}} = 4.0 \dots\dots\dots(4.35)$$

及郭(2001)之 Weibull 分佈理論比值

$$\frac{\bar{H}}{\sqrt{m_0}} = 2.413, \quad \frac{H_s}{\sqrt{m_0}} = 3.774 \dots\dots\dots(4.36)$$

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，並與上兩式之理論值進行比較。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)。

4.4.4 示性波高 H_s 理論與實測值之比較

示性波高值之計算有兩種方式，一種是水位變化資料經由轉換可獲得波浪資料之歷線圖，而後將波高依大小排序，取波高資料中較大的前 1/3 部份的平均值，此平均值即為示性波高；另一種為無法獲得波高歷線圖而需藉由波浪頻譜依理論或經驗公式求取。依據波浪統計理論論述，紛紜水面若具統一性(ergodicity)則其波高分佈為 Rayleigh 分佈，而花蓮港之實測波高分佈卻較符合 Weibull 分佈，本節中將探討此三者所計算獲得之示性波高值對花蓮港域的波浪統計特性的差異性及

代表性。

將花蓮港民國 93 年之波浪資料依波高排序、Rayleigh 與 Weibull 等三種不同的示性波高計算方式的各區間分析結果，如圖 4.14 至圖 4.19 所示，圖中 Data、Rayleigh 與 Weibull 等曲線分別前述三種所計算出之 H_s ，橫座標為波浪資料筆數。

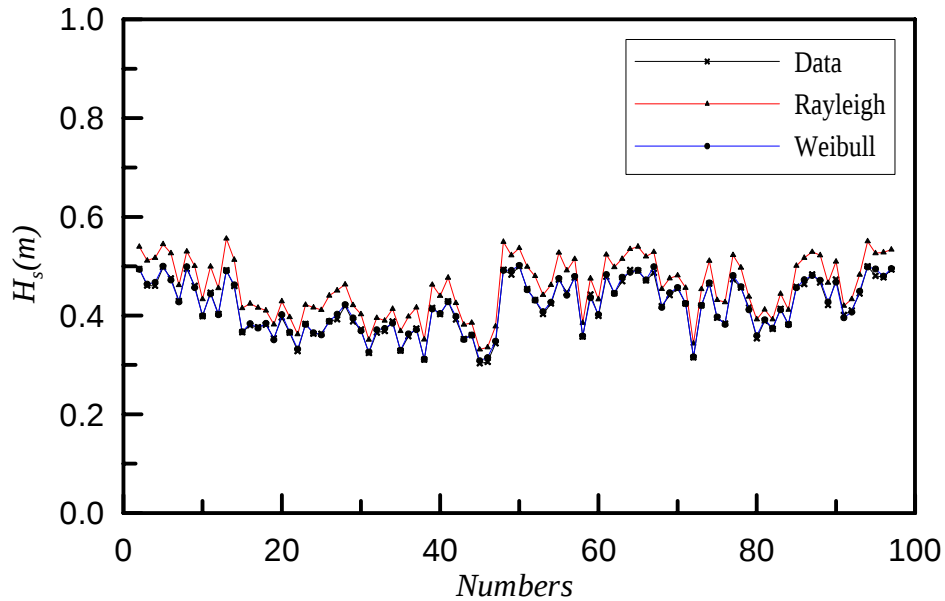


圖 4.14 示性波高實測值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值之比較($H_s < 0.5\text{m}$)

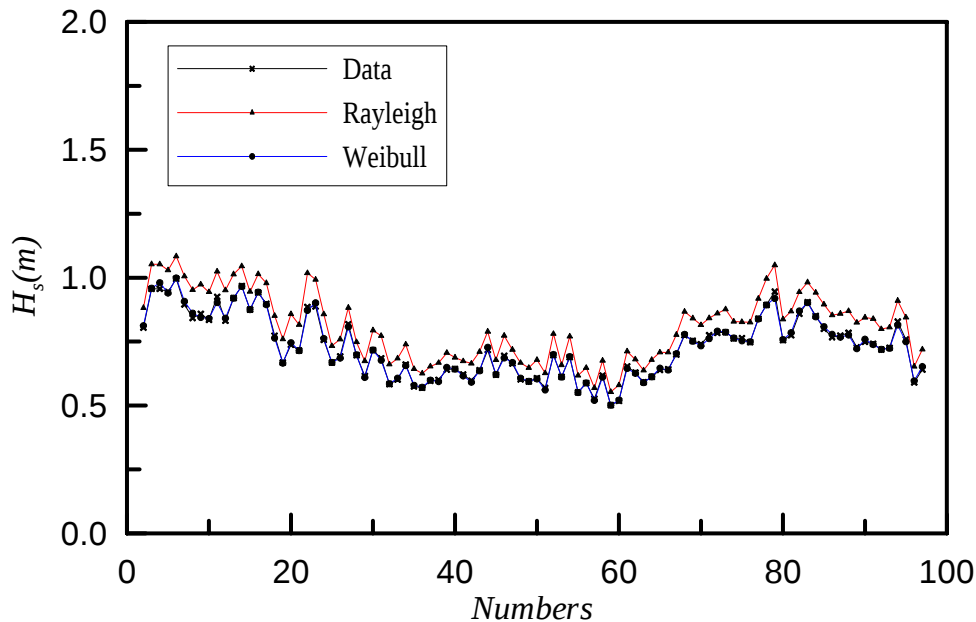


圖 4.15 示性波高實測值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值之比較($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)

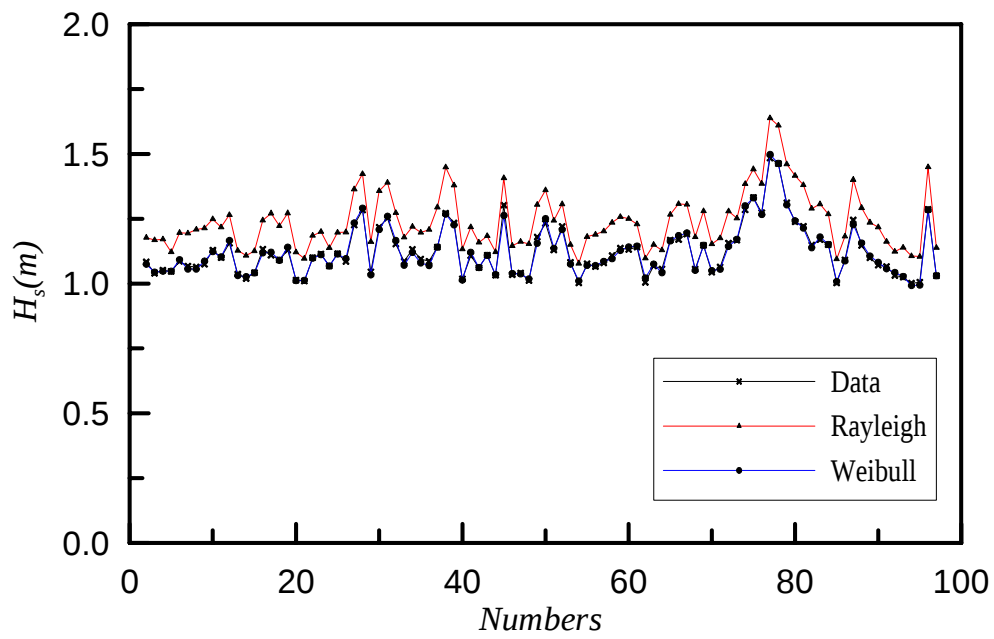


圖 4.16 示性波高實測值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值之比較(1.0m<Hs<1.5m)

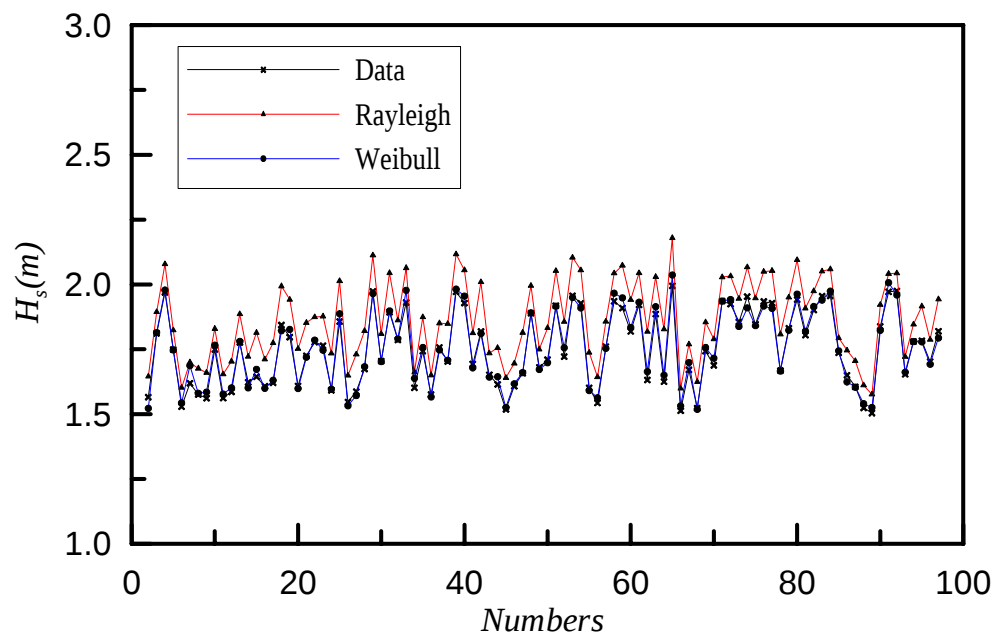


圖 4.17 示性波高實測值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值之比較(1.5m<Hs<2.0m)

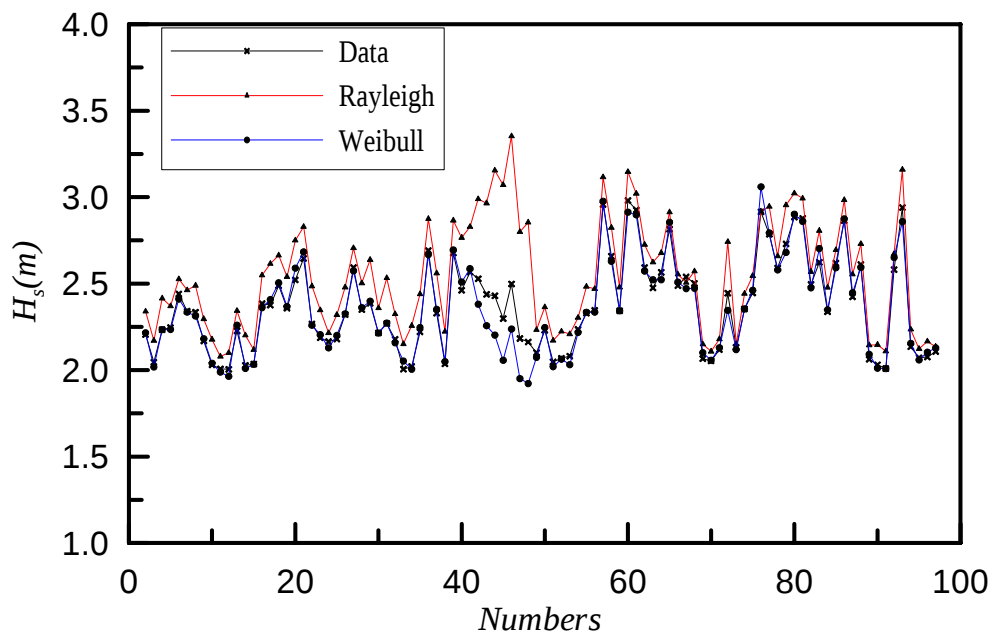


圖 4.18 示性波高實測值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值之比較($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)

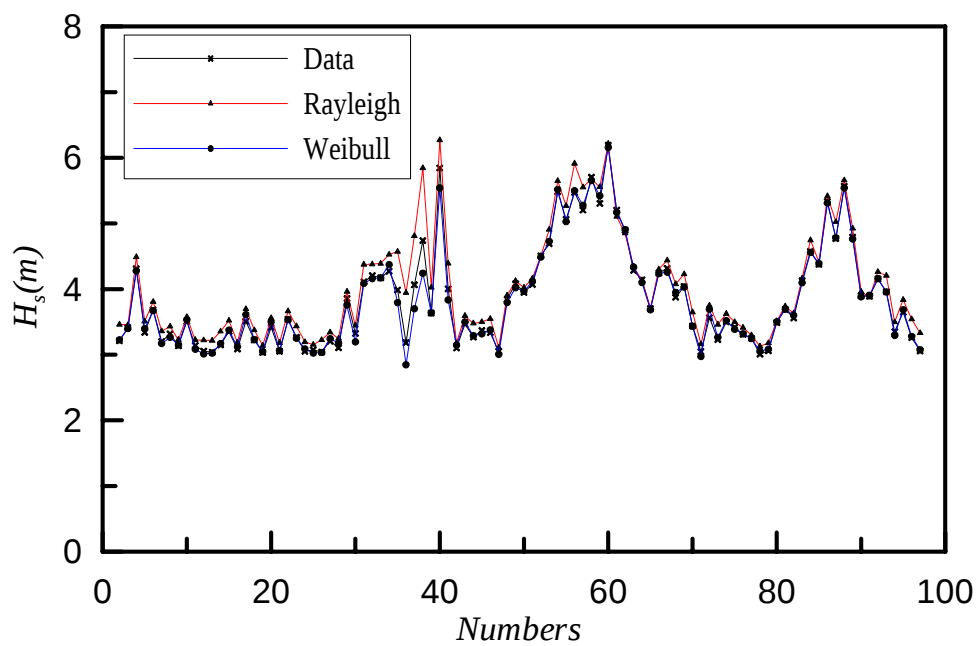


圖 4.19 示性波高實測值與 Rayleigh 及 Weibull 理論值之比較($H_s > 3.0\text{m}$)

由上圖之 H_s 比較結果可發現，經由 Rayleigh 分佈所計算之理論示性波高值較由實測波高排序所求得的示性波高值明顯有高估的現象，而 Weibull 分佈之示性波高值較符合實測波高情形，且於小波高時，其與實測值之誤差更小，意即 Weibull 理論值與實測波高曲線吻合度高，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，如圖 4.18 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。因此，可知不論波高之大小，以式(4.23)Weibull 分佈之 H_s 理論值計算結果較近似於波高實測值。

4.4.5 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 理論與實測值之比較

$\bar{H}$ 為實測波高資料之平均值，而 m_0 為實測波浪之能量，以實測資料計算之 $\bar{H}$ 與 m_0 比值分別與式(4.35)Rayleigh 理論值 $\bar{H}/\sqrt{m_0}=2.51$ 及式(4.36)Weibull 理論值 $\bar{H}/\sqrt{m_0}=2.413$ 作一比較，相關實測資料計算結果如圖 4.20 至圖 4.25 所示。

由上各圖之分析結果，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(如圖 4.20 至圖 4.22)時，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，當 $1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$ 時， $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值大於 2.413 之資料點數也相對增加，於圖 4.25 之大波高時，其比值更逼近 2.8。因此，依據其比值在各區間之分佈趨勢，可發現 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 會隨著波高增大而比值隨著變大。

於圖 4.24($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)之第 41 至第 48 筆及圖 4.25 之第 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，此結果與上節所論述其可能 m_0 值異常之情況相同。

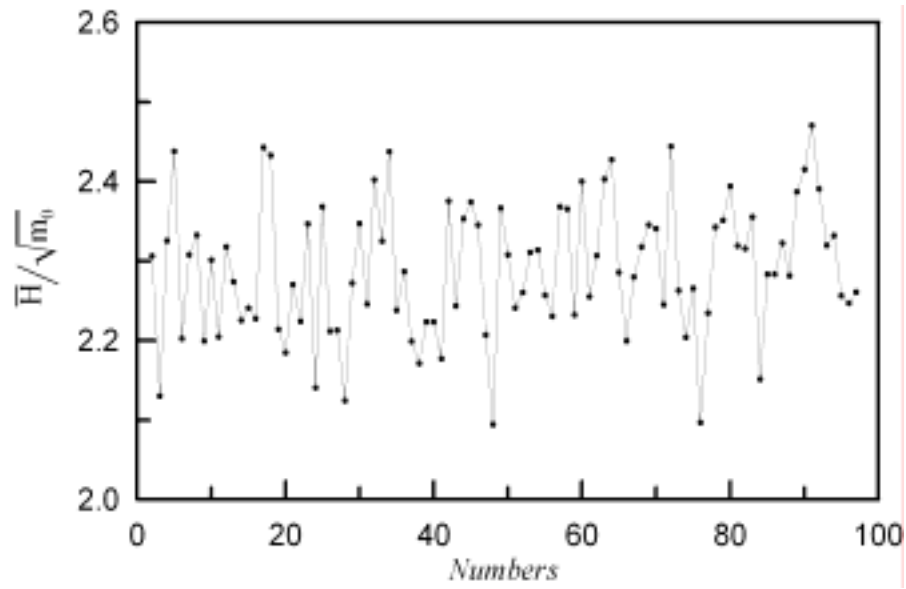


圖 4.20 波高實測資料 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($H_s < 0.5\text{m}$)

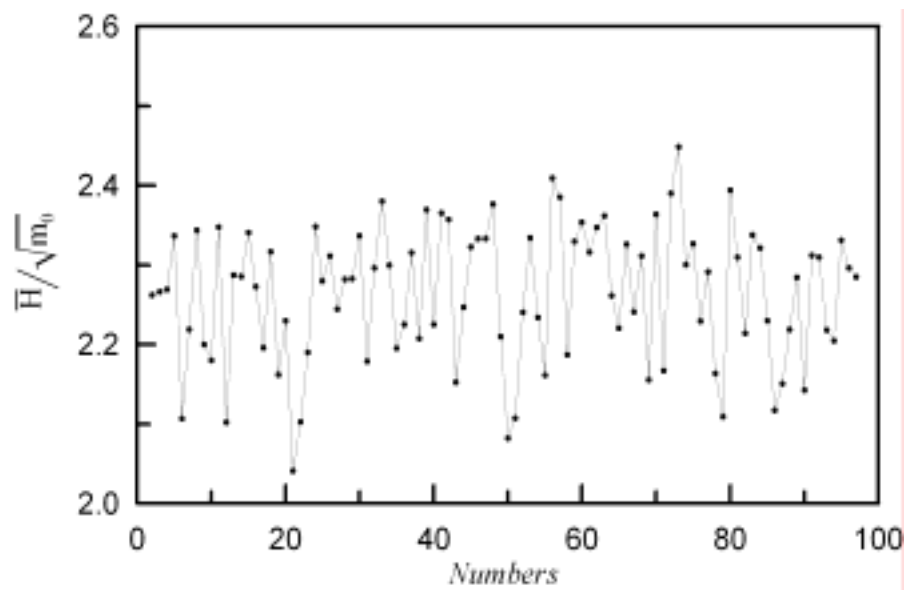


圖 4.21 波高實測資料 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)

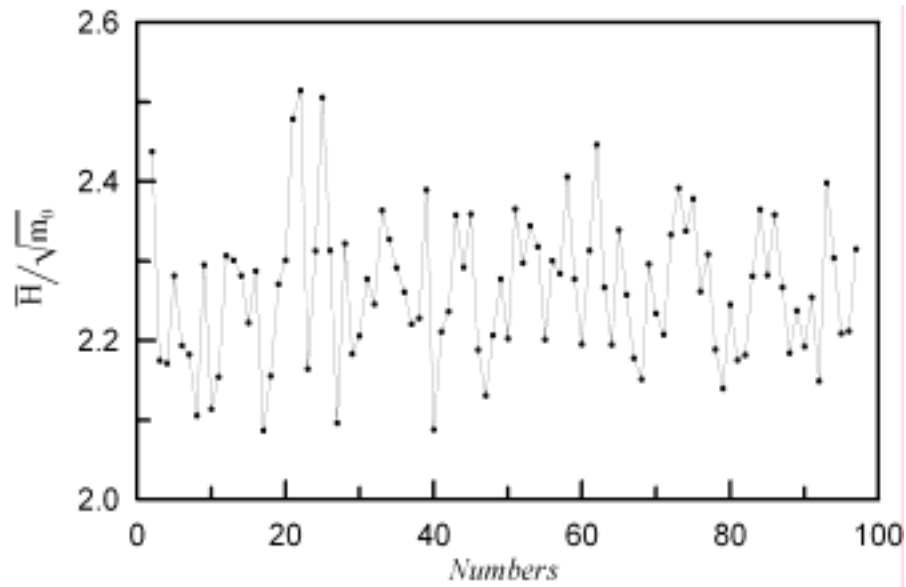


圖 4.22 波高實測資料 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖(1.0m<Hs<1.5m)

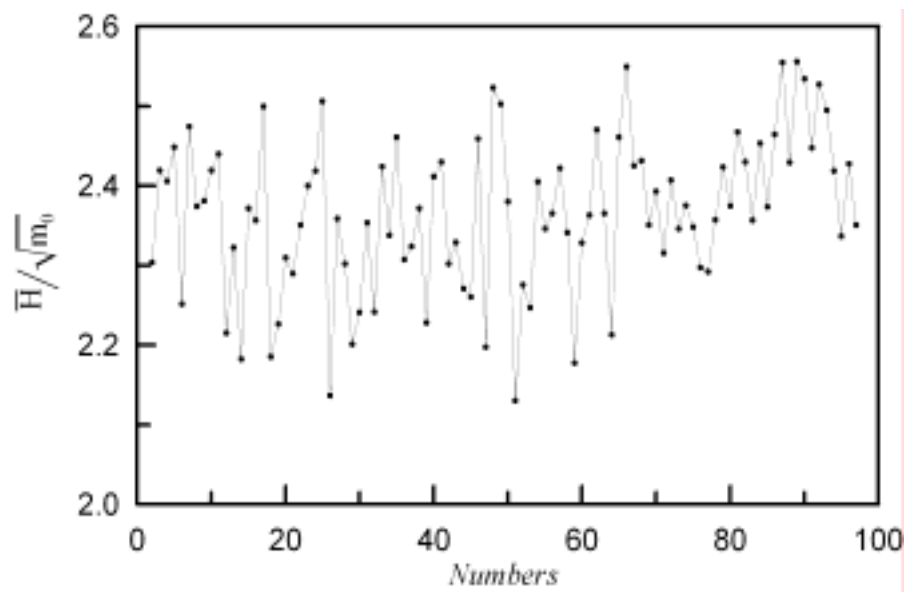


圖 4.23 波高實測資料 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖(1.5m<Hs<2.0m)

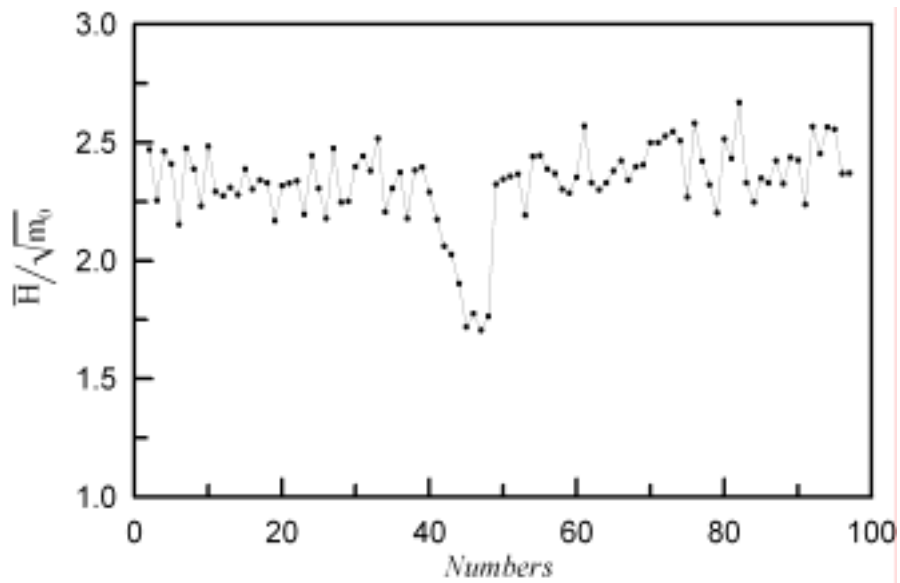


圖 4.24 波高實測資料 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($2.0\text{m}<H_s<3.0\text{m}$)

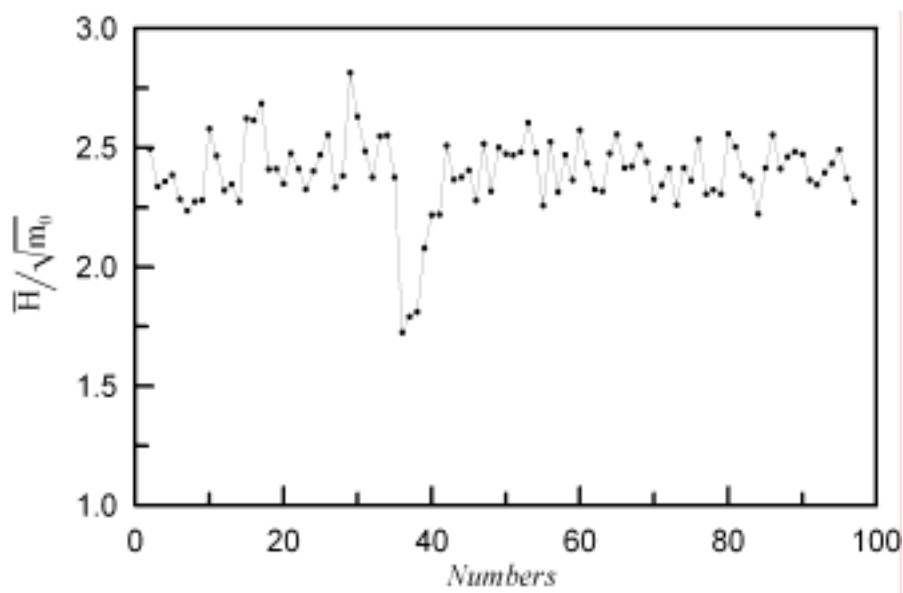


圖 4.25 波高實測資料 $\bar{H}/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($H_s>3.0\text{m}$)

4.4.6 $H_s/\sqrt{m_0}$ 理論與實測值之比較

本節中亦分析探討全年實測波浪資料之 $H_s/\sqrt{m_0}$ 比值與兩種分佈函數理論值之差異，相關實測資料計算結果如圖 4.26 至圖 4.31 所示。

由前式(4.35)及式(4.36)可知，Rayleigh 分佈之理論比值 $H_s/\sqrt{m_0}$ 為 4.0，而 Weibull 分佈的理論比值為 3.774。由圖 4.26 至圖 4.31 之實測值分佈可知，當示性波高小於 2m 時，其 $H_s/\sqrt{m_0}$ 值大致介於 3.4~3.8 之間；而當示性波高大於 2m(如圖 4.30 與圖 4.31)時，其比值大概為 3.5~4.0；而於波高 $2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$ 區間中，發現其資料有少數幾筆為異常現象，此與前節之分析論述相同。另外，當示性波高值大於 2.0m 以上時(如圖 4.30 與圖 4.31)，其有多筆資料點之比值大於 4.0，此可能為包含發生於颱風季節之波高資料，是以在計算實際比值，無法以平時波高理論值來作為判斷資料正常與否的依據。由上述之分析論述，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。

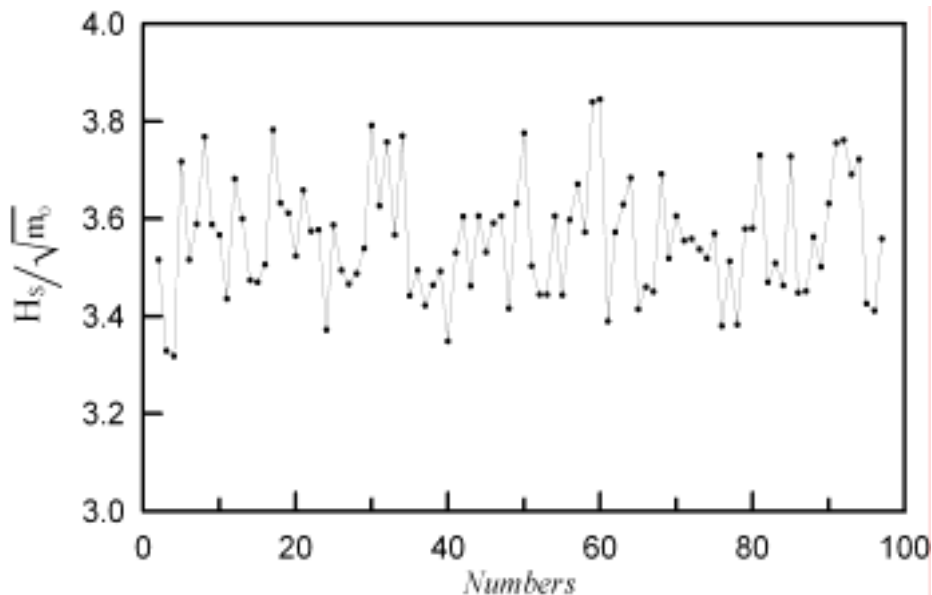


圖 4.26 波高實測資料 $H_s/\sqrt{m_0}$ 比值分佈圖($H_s < 0.5\text{m}$)

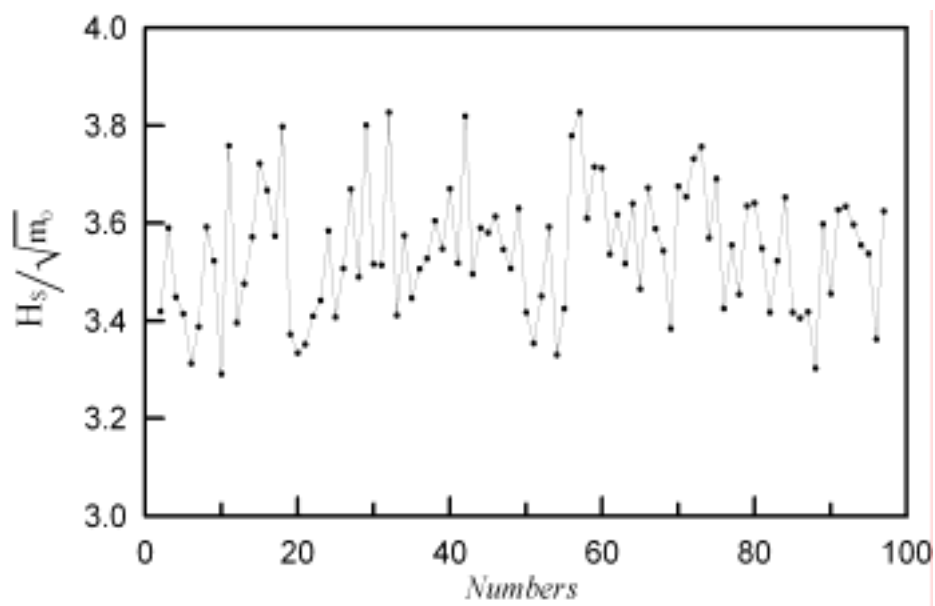


圖 4.27 波高實測資料 $H_s / \sqrt{m_0}$ 比值分佈圖(0.5m<Hs<1.0m)

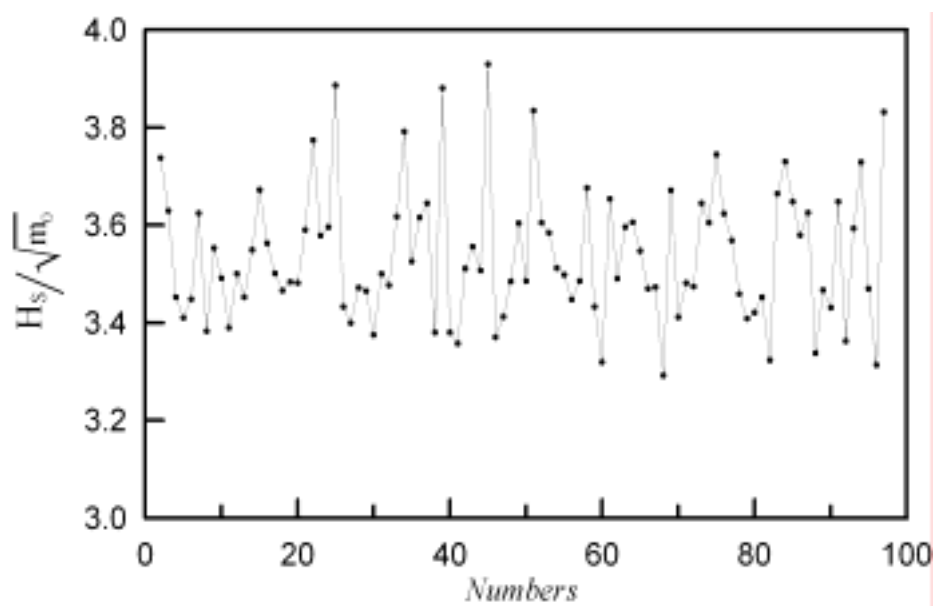


圖 4.28 波高實測資料 $H_s / \sqrt{m_0}$ 比值分佈圖(1.0m<Hs<1.5m)

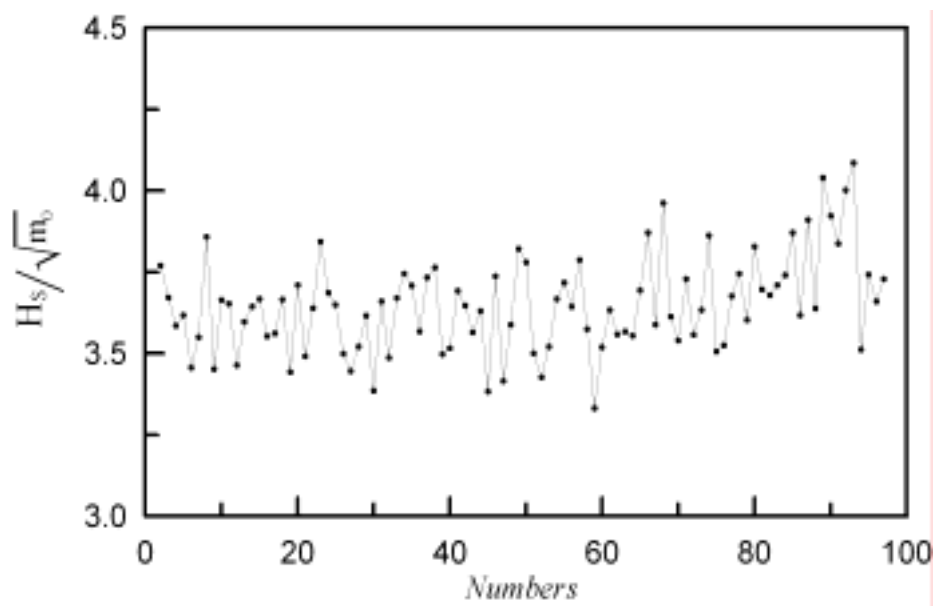


圖 4.29 波高實測資料 $H_s / \sqrt{m_0}$ 比值分佈圖(1.5m<H_s<2.0m)

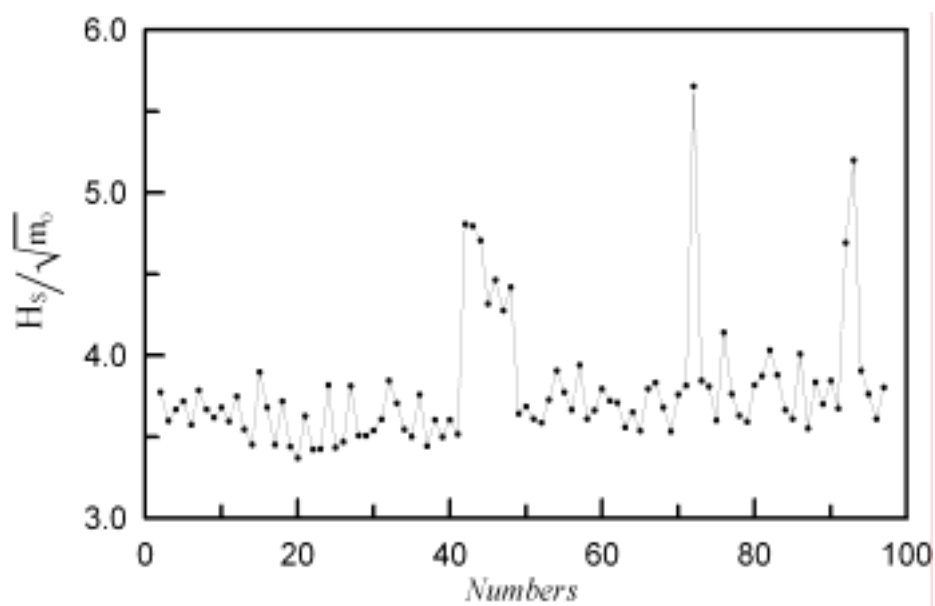


圖 4.30 波高實測資料 $H_s / \sqrt{m_0}$ 比值分佈圖(2.0m<H_s<3.0m)

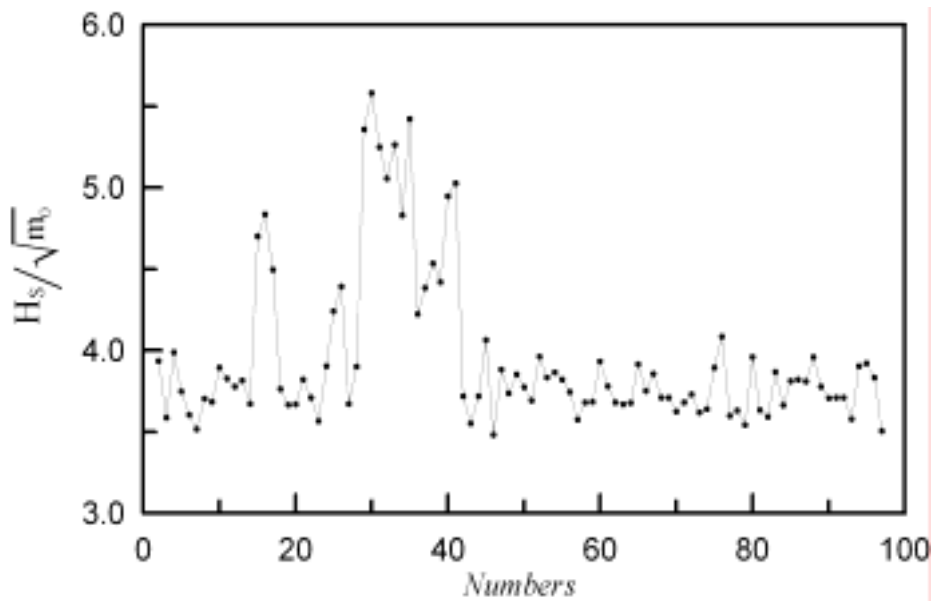


圖 4.31 波高實測資料 $H_s / \sqrt{m_0}$ 比值分佈圖 ($H_s > 3.0\text{m}$)

4.4.7 $H_s / \bar{H}$ 理論與實測值之比較

由式(4.35)可知，當波高分佈為 Rayleigh 分佈時， $H_s / \bar{H}$ 之理論比值為一定值，同理由式(4.23)與式(4.24)之 Weibull 分佈的 $H_s / \bar{H}$ 亦可得一理論比值，此理論 $H_s / \bar{H}$ 之比值如下求得：

$$\frac{H_s}{\bar{H}} = \frac{N\Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + 1, \ln N\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{\alpha} + 1\right)} \dots\dots\dots(4.37)$$

利用上式計算之理論值，本節中將比較 Weibull 分佈之 $H_s / \bar{H}$ 與實測波浪資料的差異，相關比較結果如圖 4.32 至圖 4.37 所示，圖中 $(H_s / \bar{H})_T$ 為理論值表示，而 $(H_s / \bar{H})_O$ 則是實測資料比值。

由各圖之分析結果可觀察出，各波高區間之 $H_s / \bar{H}$ 實測值與理論值的相關性皆很高，其中在示性波高小於 2m 時， $H_s / \bar{H}$ 其比值大致介於 1.45 至 1.65 之間(如圖 4.32 至圖 4.35)，且此四區間內之 $H_s / \bar{H}$ 相關性皆很接近；而在示性波高大於 2m 時，其實際與理論值之相關性趨近於 1，

且大部分之 $H_s/\overline{H}$ 比值集中於 1.45 至 1.65 之間。

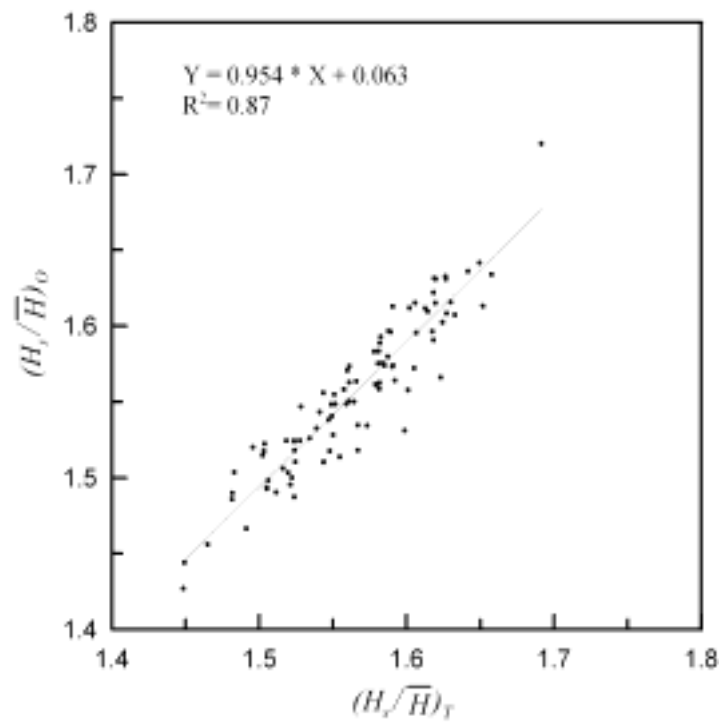


圖 4.32 $H_s/\overline{H}$ 比值之理論與實測資料關係圖($H_s < 0.5\text{m}$)

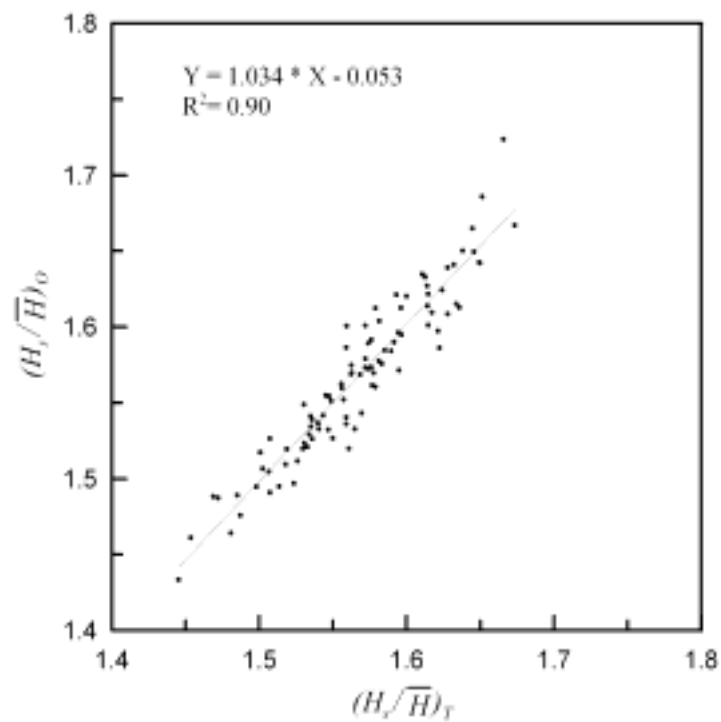


圖 4.33 $H_s/\overline{H}$ 比值之理論與實測資料關係圖($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)

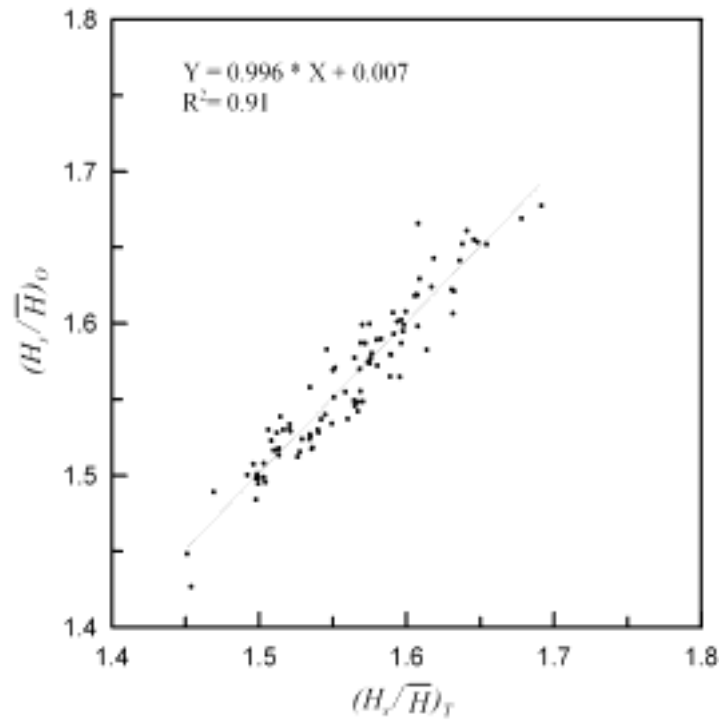


圖 4.34 $H_s/\overline{H}$ 比值之理論與實測資料關係圖($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)

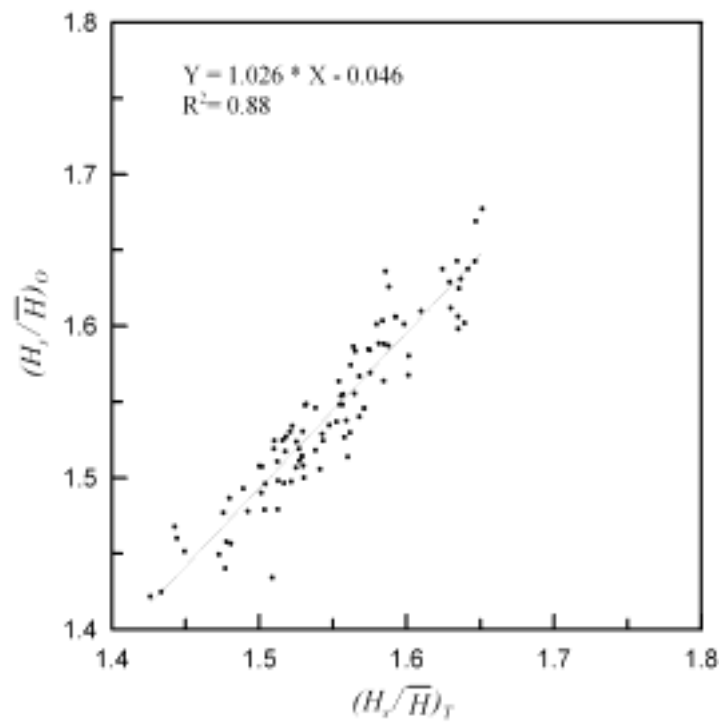


圖 4.35 $H_s/\overline{H}$ 比值之理論與實測資料關係圖($1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$)

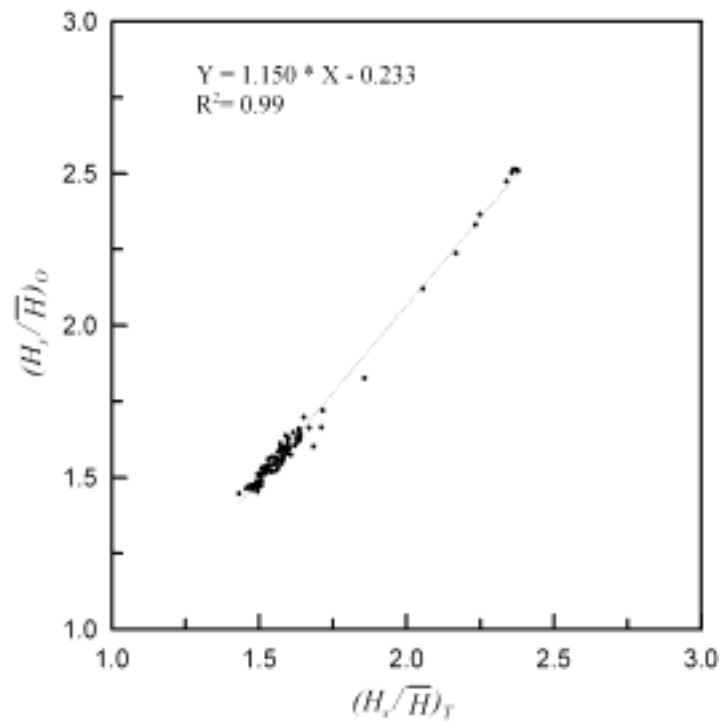


圖 4.36 $H_s/\bar{H}$ 比值之理論與實測資料關係圖($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)

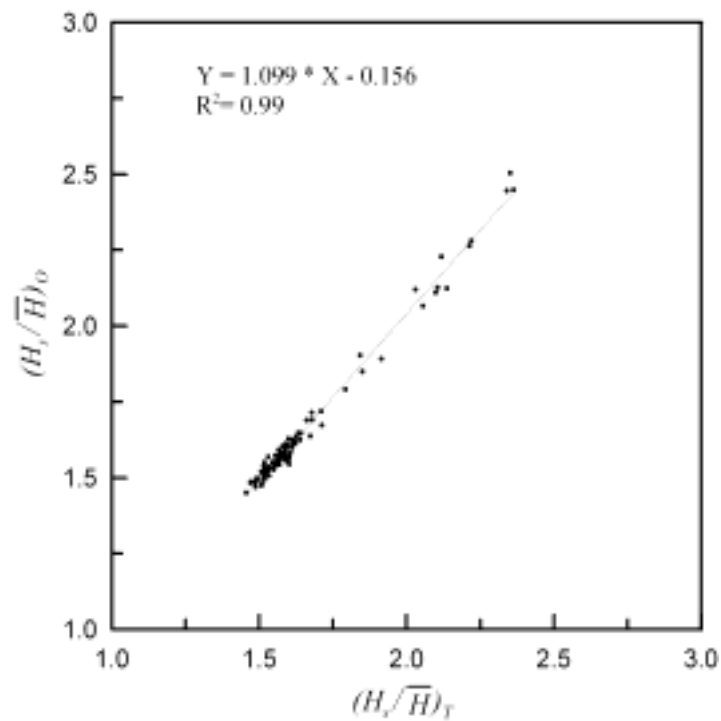


圖 4.37 $H_s/\bar{H}$ 比值之理論與實測資料關係圖($H_s > 3.0\text{m}$)

4.4.8 H_{max}/H_s 理論與實測值之比較

對具有相同統計特性的波場而言(如假設紛紜之波場於進行資料統計過程中，具有平均上與偏差上的統一性(ergodicity))，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} 值卻可能有所差異。Longuet-Higgins(1952)利用統計理論求出最大波高 H_{max} 之機率分佈，並計算出各種統計代表值，如下之關係式：

$$\left(\frac{H_{max}}{\bar{H}}\right)_{mode} \approx \left(\frac{H_{max}}{\bar{H}}\right)_{mean} \approx \frac{2}{\sqrt{\pi}} (\ln N_0)^{1/2} \dots\dots\dots (4.38)$$

式中 N_0 是以零上切法求得的個別波數目。利用上式並藉由式(4.35) $\bar{H}$ 與 H_s 之關係式可推得 Rayleigh 分佈的 H_{max}/H_s ，由此關係式即可根據 H_s 求得最大波高。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。

$$H_{max} = (1.6 \sim 2.0)H_s \dots\dots\dots (4.39)$$

由上兩式可知，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，由前式(4.23)及式(4.29)可得其比值為：

$$\frac{H_{max}}{H_s} = \frac{\left[(\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}} - \frac{1}{\alpha} (\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}-1} \cdot \gamma + \frac{1-\alpha}{2\alpha^2} (\ln N_0)^{\frac{1}{\alpha}-2} \cdot \left(\frac{\pi^2}{6} + \gamma^2 \right) \right]}{3\Gamma\left(\left(\frac{1}{\alpha}+1\right), \ln(3)\right)} \dots\dots\dots (4.40)$$

由式(4.40)即可計算 Weibull 分佈之理論之比值，本節中亦將比較 Weibull 分佈之 H_{max}/H_s 與實測波浪資料的差異，相關比較結果如圖 4.38

至圖 4.44 所示，圖中 $(H_{max}/H_s)_O$ 代表實測統計值， $(H_{max}/H_s)_T$ 則表示為以式(4.40)所計算出之理論值

由圖 4.38 至圖 4.43 之結果顯示，資料點大部份集中於圖之左半部份，且其大部份實測資料所計算之比值均較理論值稍高。當示性波高小於 2m 時，其實際與理論比值之相關性甚低；而大於 2m 時則相關性較高。但另由圖中 R^2 值看出，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。由前述之分析可知，以式(4.40)所計算出 H_{max} 之理論值會產生低估情況，本研究另以示性波高不分區間之 93 年全年資料實測值與理論 H_{max} 之關係作一比較，其結果如圖 4.44 所示。

由圖 4.44 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} 。

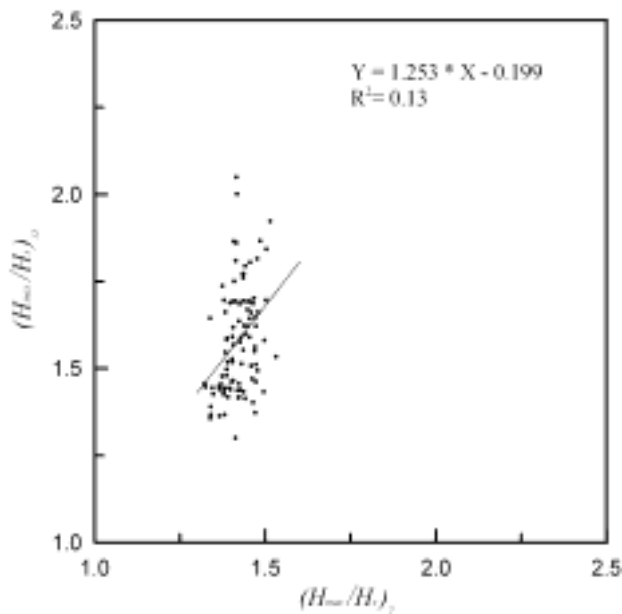


圖 4.38 H_{max}/H_s 比值之理論與實測資料關係圖($H_s < 0.5m$)

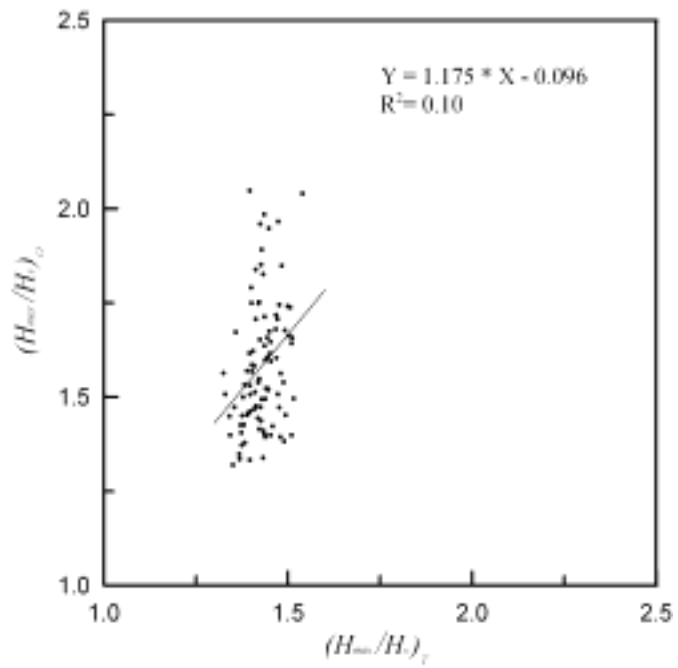


圖 4.39 H_{max}/H_s 比值之理論與實測資料關係圖($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)

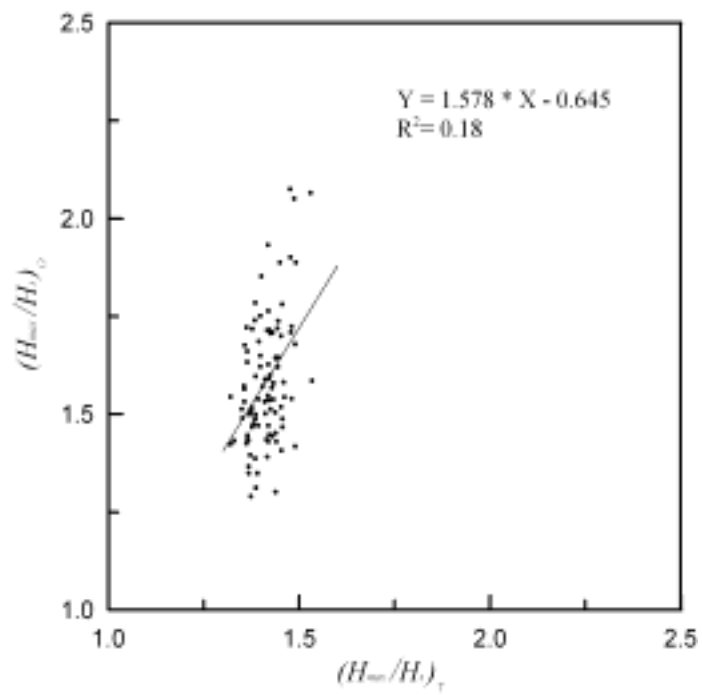


圖 4.40 H_{max}/H_s 比值之理論與實測資料關係圖($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)

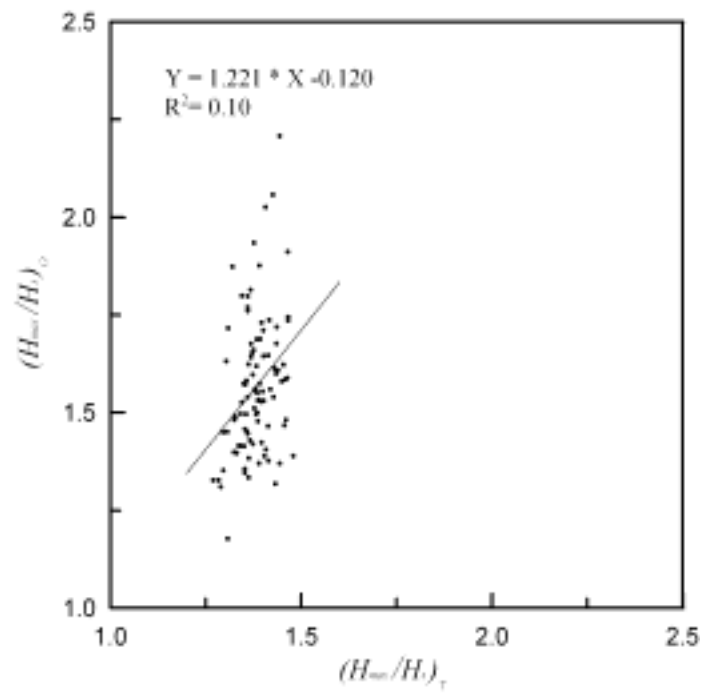


圖 4.41 H_{max}/H_s 比值之理論與實測資料關係圖($1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{m}$)

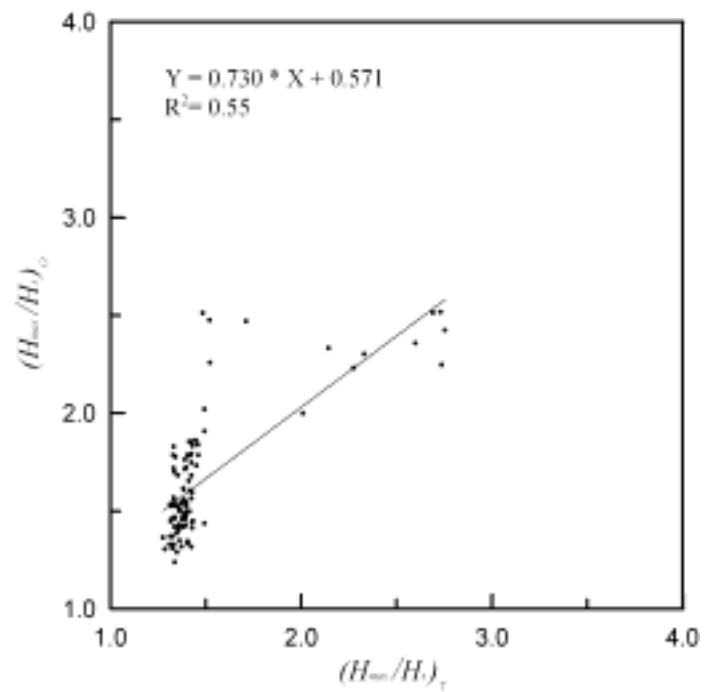


圖 4.42 H_{max}/H_s 比值之理論與實測資料關係圖($2.0\text{m} < H_s < 3.0\text{m}$)

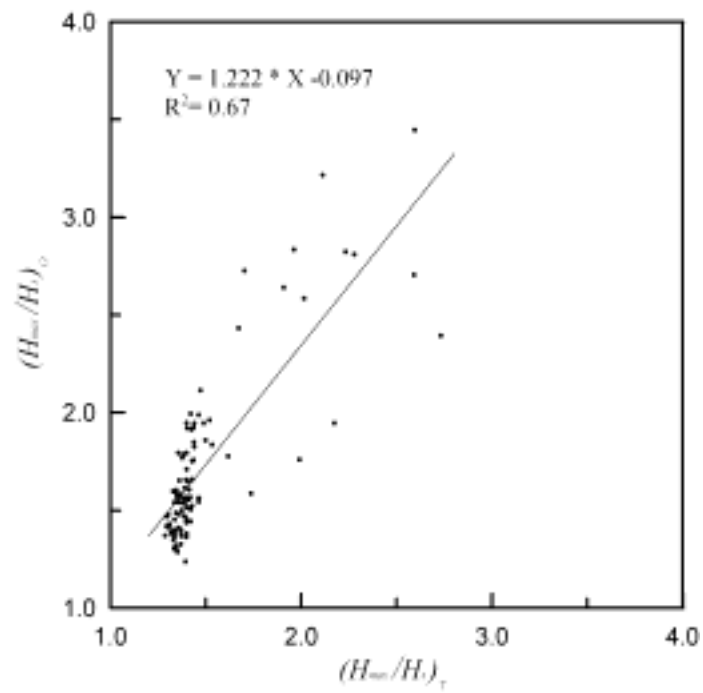


圖 4.43 H_{max}/H_s 比值之理論與實測資料關係圖($H_s > 3.0m$)

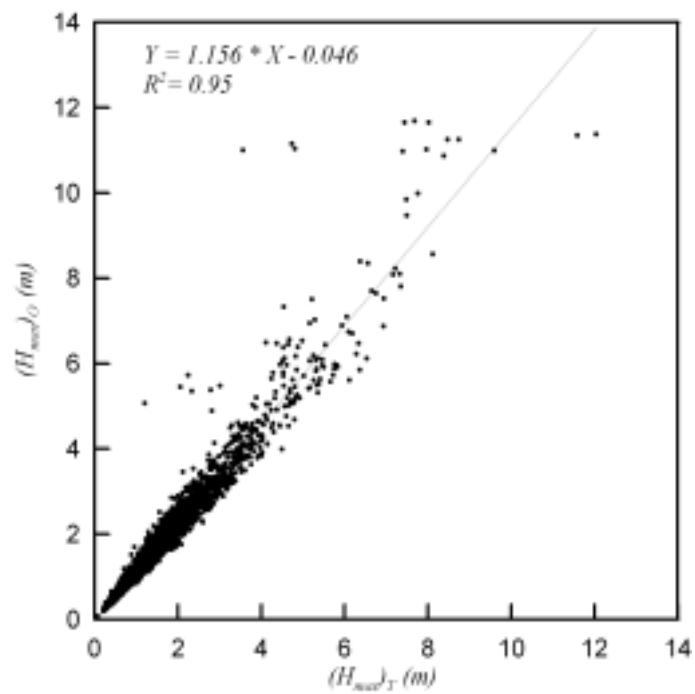


圖 4.44 全年波高實測值與理論 H_{max} 之比較

4.4.9 H_s/H_{rms} 理論與實測值之比較

H_{rms} 表示為波高之均方根值，藉由式(4.23)及式(4.31)可求得 H_s/H_{rms} 之理論關係式為

$$\frac{H_s}{H_{rms}} = \frac{3\Gamma\left(\left(\frac{1}{\alpha}+1\right), \ln(3)\right)}{\left[\Gamma\left(\frac{2}{\alpha}+1\right)\right]^{\frac{1}{2}}} \dots\dots\dots(4.41)$$

本節中將依據式(4.41)計算出 Weibull 分佈的 H_s/H_{rms} 理論比值，並與實測資料統計之比值作一比較說明，相關比較結果如圖 4.45 至圖 4.50 所示。

由圖 4.45 至圖 4.50 的分析結果可知，當示性波高大於 2m 時，其理論與實際之相關性甚低，其中圖 4.50 波高大於 3m 之 R^2 值甚至趨近於 0.001；而當示性波高小於 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，大致為 0.7 至 0.75 之間，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。因此，單以式(4.41)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，且無法有效的以示性波高大小來判斷 H_{rms} 之趨勢。

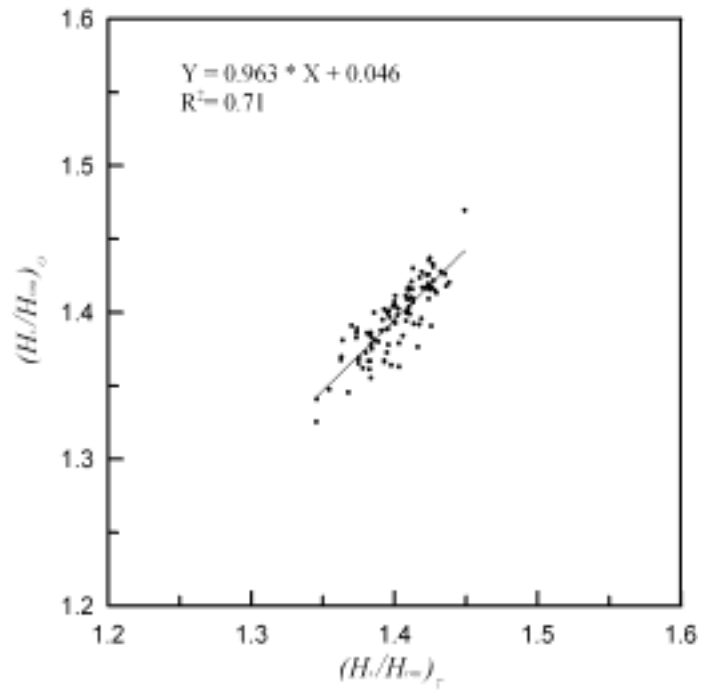


圖 4.45 H_s/H_{rms} 比值之理論與實測資料關係圖($H_s < 0.5\text{m}$)

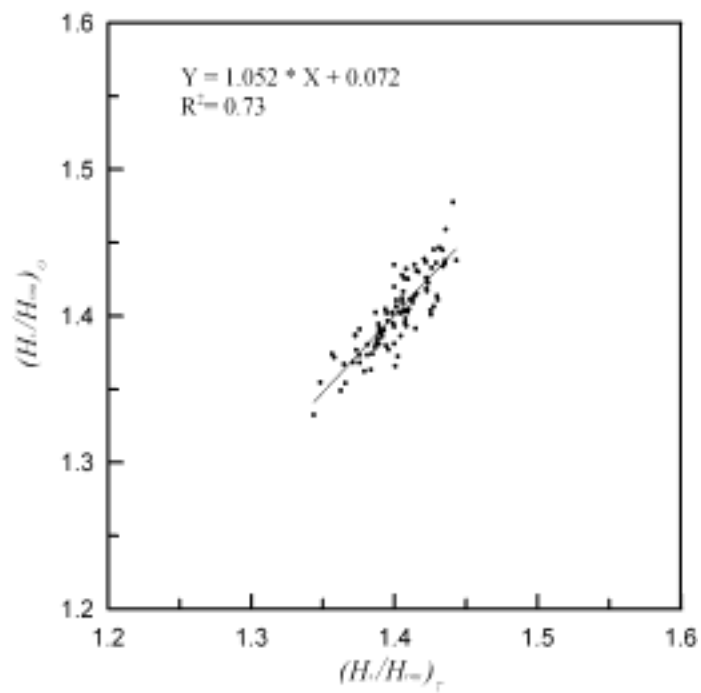


圖 4.46 H_s/H_{rms} 比值之理論與實測資料關係圖($0.5\text{m} < H_s < 1.0\text{m}$)

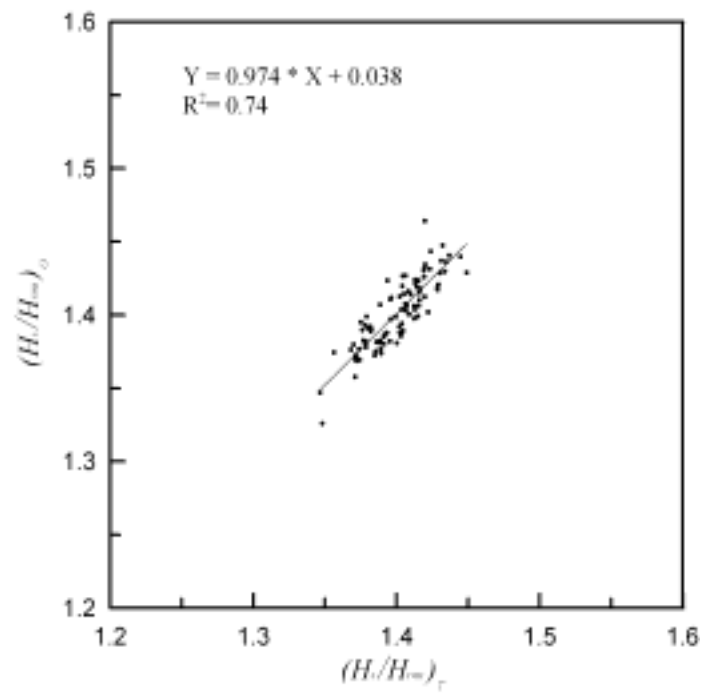


圖 4.47 H_s/H_{rms} 比值之理論與實測資料關係圖($1.0\text{m} < H_s < 1.5\text{m}$)

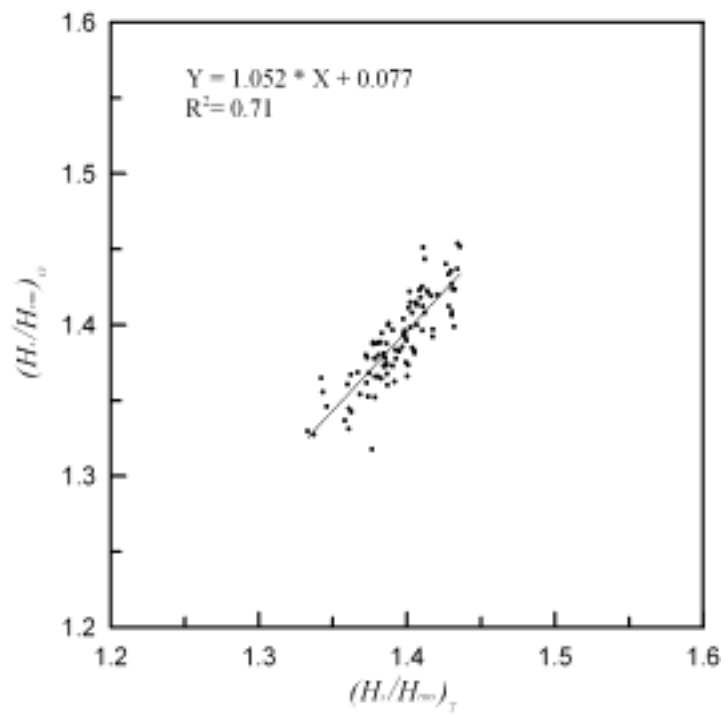


圖 4.48 H_s/H_{rms} 比值之理論與實測資料關係圖($1.5\text{m} < H_s < 2.0\text{ m}$)

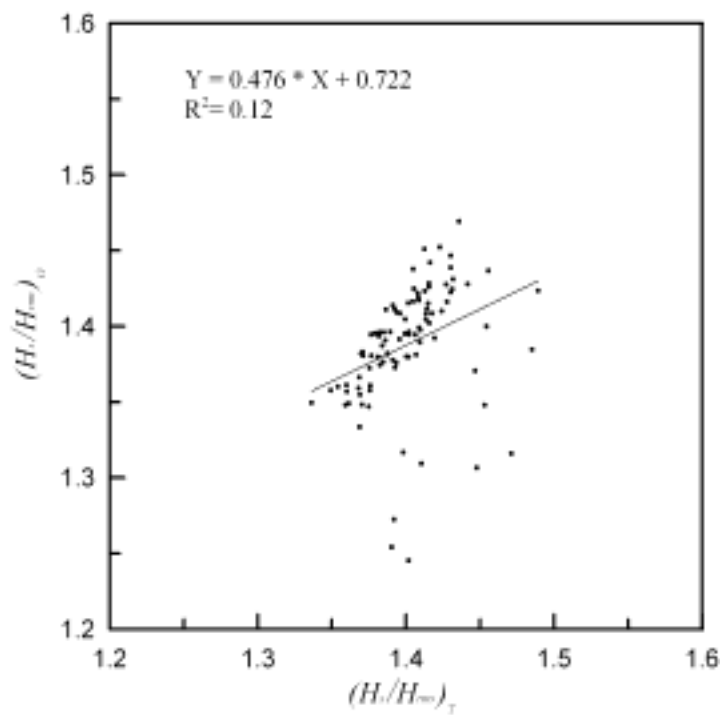


圖 4.49 H_s/H_{rms} 比值之理論與實測資料關係圖(2.0m<H_s<3.0m)

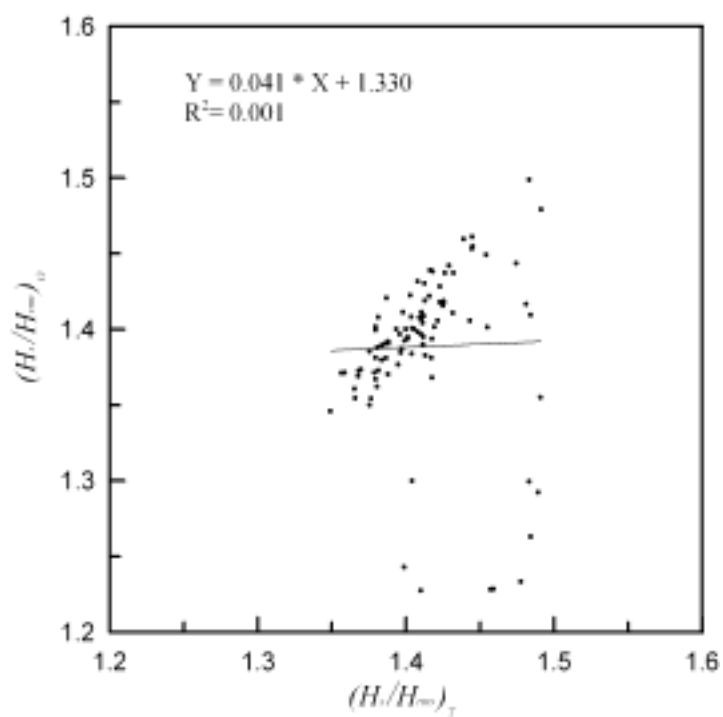


圖 4.50 H_s/H_{rms} 比值之理論與實測資料關係圖(H_s>3.0m)

4.5 週期統計特性之理論推算

由前節之週期組數分析可以得知，Erlang 分佈適用於花蓮港域波浪實測資料的週期分佈。因此，本研究擬進一步探討 Erlang 理論分佈中的參數與頻譜矩的關係，期望建立經驗公式來正確估算 Erlang 理論示性週期及平均週期所需之參數值，俾能由頻譜矩及 Erlang 參數計算正確的理論示性週期及平均週期，而使之更簡便的應用於波浪統計的研究。

Erlang 理論分佈中的參數 α 與 λ 的比值(如式 4.17)，在其理論分佈中的定義為平均週期。圖 4.51 為利用實測波浪資料所計算的平均週期 $\bar{T}$ 與 α/λ 比值的關係，圖中橫軸為實測波浪的平均週期，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 $Y = 1.0043X - 0.2373$ 的迴歸線上，此迴歸線斜率 1.0043 接近於 1，截距 0.2373 接近於 0。由此可知，實測波浪之平均週期符合 Erlang 理論分佈 α/λ 比值為平均週期之定義。

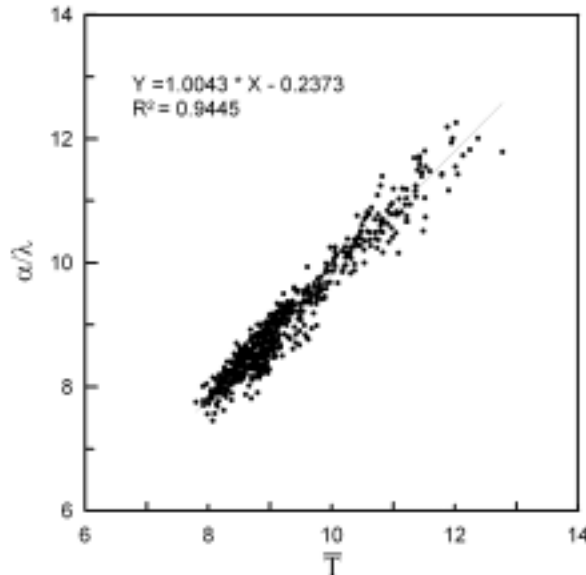


圖 4.51 α/λ 與 $\bar{T}$ 之關係圖

另由波浪統計理論之頻譜矩 m_0 及 m_1 所計算之 T_{01} 亦為平均週期之定義，因此本研究擬利用 T_{01} 與 Erlang 理論分佈的 α/λ 關係，建立出月份、每季以及全年所計算 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值 $T_{2n/3}$ 亦可利用 T_{01} 與 $T_{2n/3}$ 之間關係，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。本研究中選擇花蓮港民國 93 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。

假設 Erlang 理論之參數 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，則其表示如下：

$$\frac{\alpha}{\lambda} = A \cdot T_{01} + B \quad \dots\dots\dots(4.42)$$

其中 A、B 為待定之係數值， α/λ 、 T_{01} 單位為 sec。

圖 4.52 至圖 4.54 為利用式(4.42)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，圖中之資料黑點為 T_{01} 所對照之 α/λ 值；實線則為迴歸曲線，其計算月份、每季、全年之 α/λ 的經驗公式分別如下：

$$\frac{\alpha}{\lambda} = 1.0739 T_{01} - 0.6696 \quad \dots\dots\dots(4.43)$$

$$\frac{\alpha}{\lambda} = 1.0067 \cdot T_{01} - 0.3678 \quad \dots\dots\dots(4.44)$$

$$\frac{\alpha}{\lambda} = 1.0532 \cdot T_{01} - 0.4736 \quad \dots\dots\dots(4.45)$$

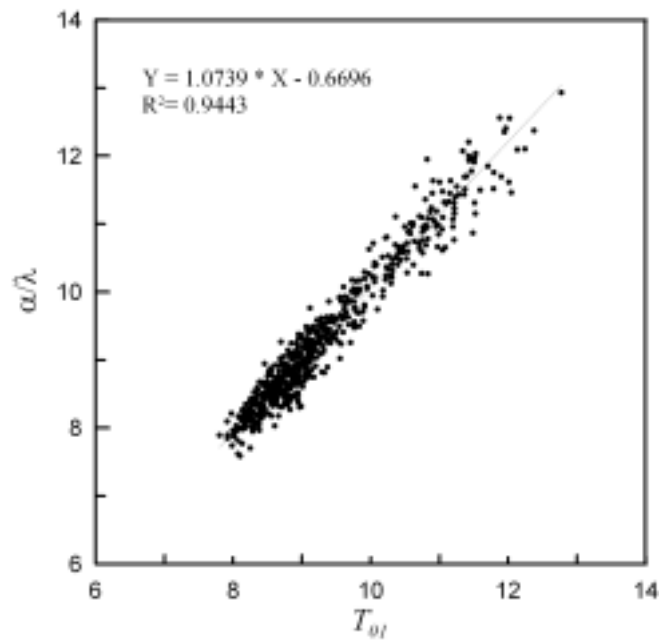


圖 4.52 α/λ 與 T_{0l} 之關係圖(93 年 8 月)

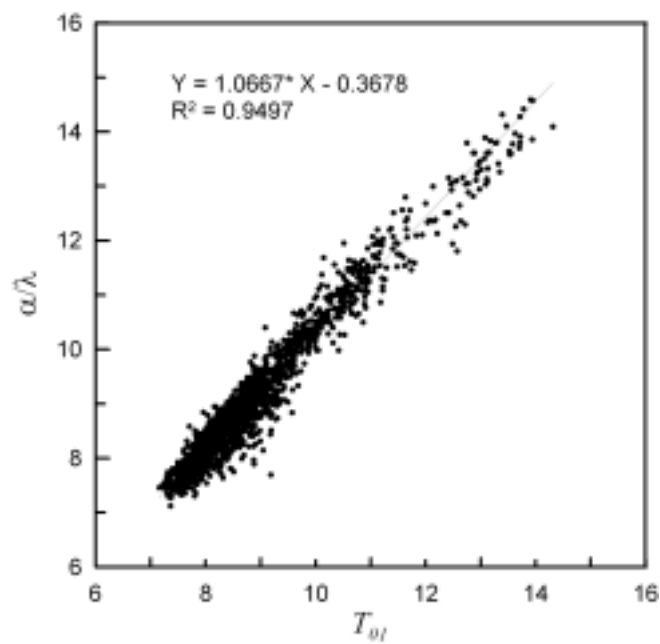


圖 4.53 α/λ 與 T_{0l} 之關係圖(93 年第 3 季)

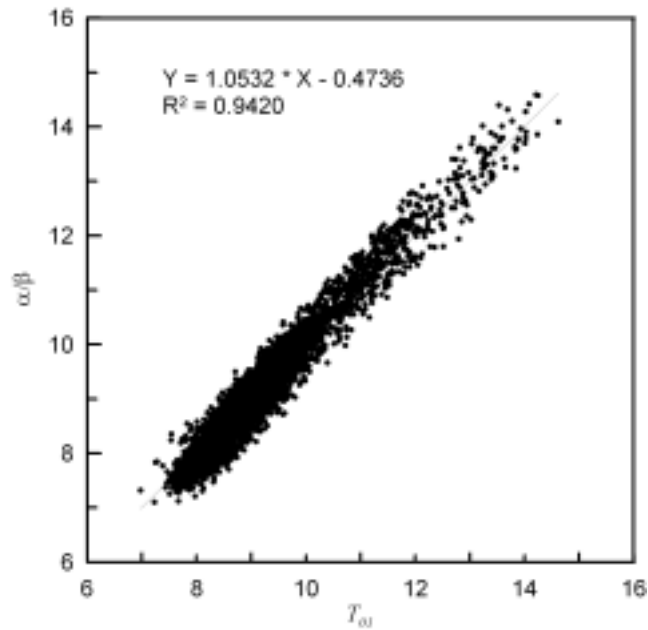


圖 4.54 α/λ 與 T_{01} 之關係圖(93 年全年)

若假設示性週期 T_s 與理論平均週期 $\bar{T}^E$ 成線性關係如下式:

$$T_s = C \cdot \bar{T}^E + D \dots\dots\dots(4.46)$$

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

圖 4.55 至圖 4.57 為利用上式(4.46)迴歸月份、每季、全年 T_s 與 $\bar{T}$ 的關係圖，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：

$$T_s = 1.2273\bar{T}^E - 1.4457 \dots\dots\dots(4.47)$$

$$T_s = 1.2173 \cdot \bar{T}^E - 1.3051 \dots\dots\dots(4.48)$$

$$T_s = 1.1493 \cdot \bar{T}^E - 0.7977 \dots\dots\dots(4.49)$$

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，下節將詳述花蓮港域月份、每季與全年實測波浪之週期統計與理論計算之比較。

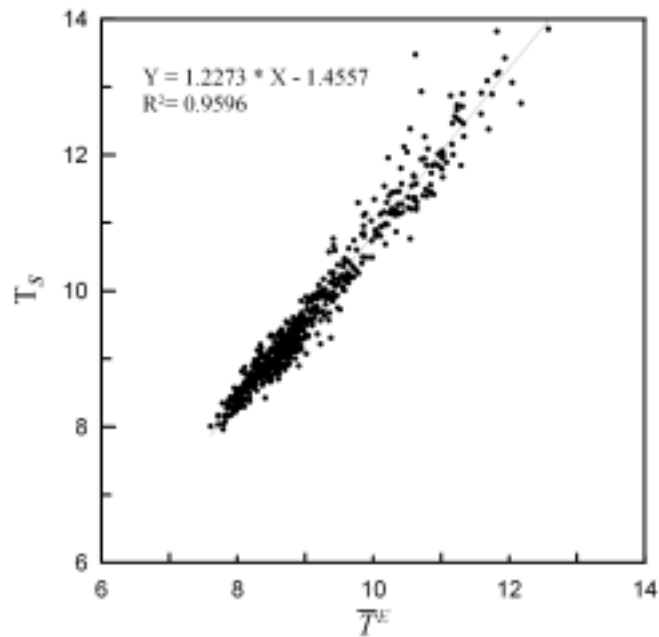


圖 4.55 實測資料 T_s 與理論平均週期 $\bar{T}^E$ 之關係圖(93 年 8 月)

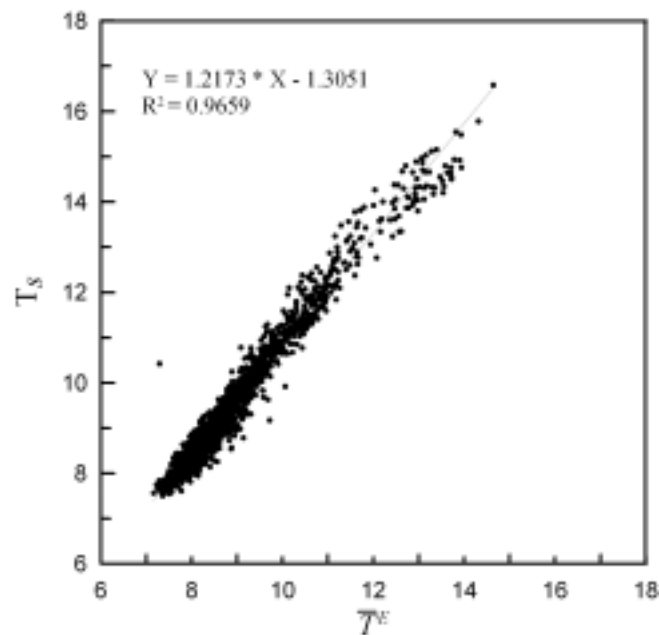


圖 4.56 實測資料 T_s 與理論平均週期 $\bar{T}^E$ 之關係圖(93 年第 3 季)

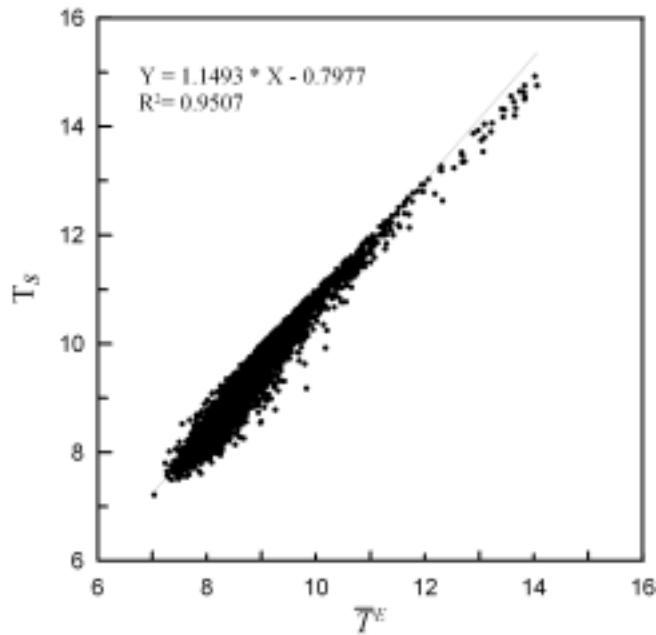


圖 4.57 實測資料 T_s 與理論平均週期 $\bar{T}^E$ 之關係圖(93 年全年)

4.5.1 月份之週期統計特性

本研究利用前節所建立之經驗公式，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，並與實測波浪週期所計算之結果作一比較比較。

圖 4.58 與圖 4.59 分別為利用花蓮港 93 年 8、9 月份之實測波浪資料經由式(4.43)與式(4.46)的計算所得參數來推估 Erlang 理論之示性週期，與 Erlang 理論示性週期的比較關係圖，圖中橫座標為推估值，而縱軸則為理論值。由圖 4.58 之 8 月份的結果可觀察出，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。而圖中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情況，而在週期較大區域反有低估現象。

圖 4.59 之 9 月份的示性週期推估結果與 8 月者有相同趨勢，其相

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 有所差異。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。

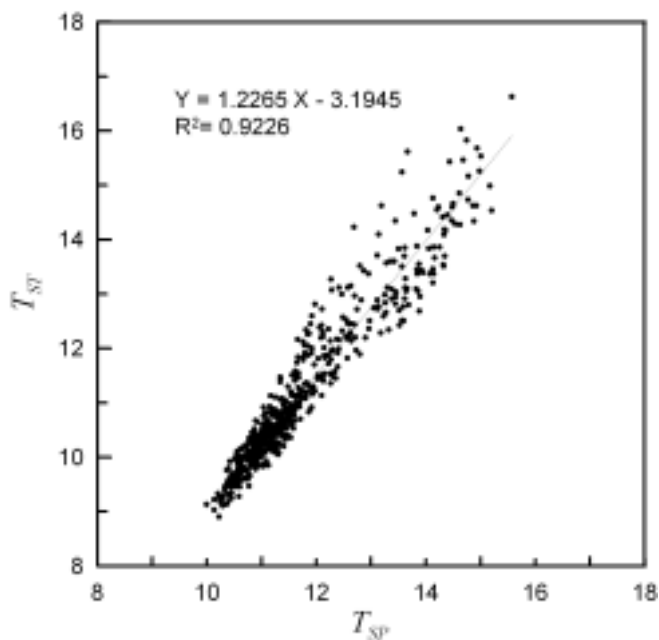


圖 4.58 93 年 8 月示性週期之理論與推估值比較

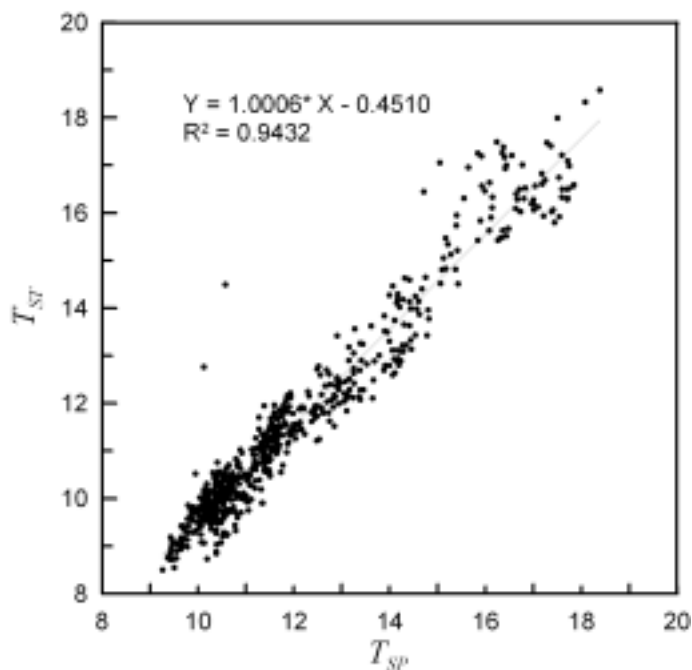


圖 4.59 93 年 9 月示性週期之理論與推估值比較

圖 4.60 與圖 4.61 分別為 93 年 8、9 月份平均週期的理論與推估值之比較結果，推估值之計算和前述相同。由兩圖中可知，其相關係數分別為 0.9852 及 0.9922，而直線斜率分別 0.9476 及 0.9922 接近於 1，截距為 0.2887 及 0.0411 亦接近於 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。

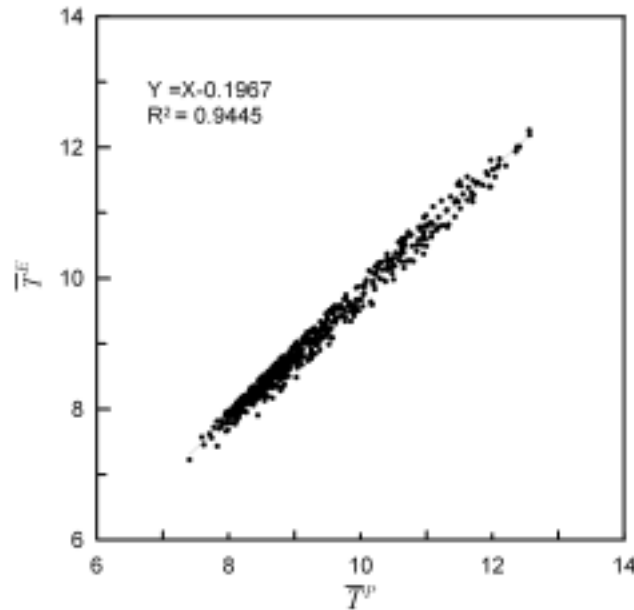


圖 4.60 93 年 8 月示性週期之理論與推估值比較

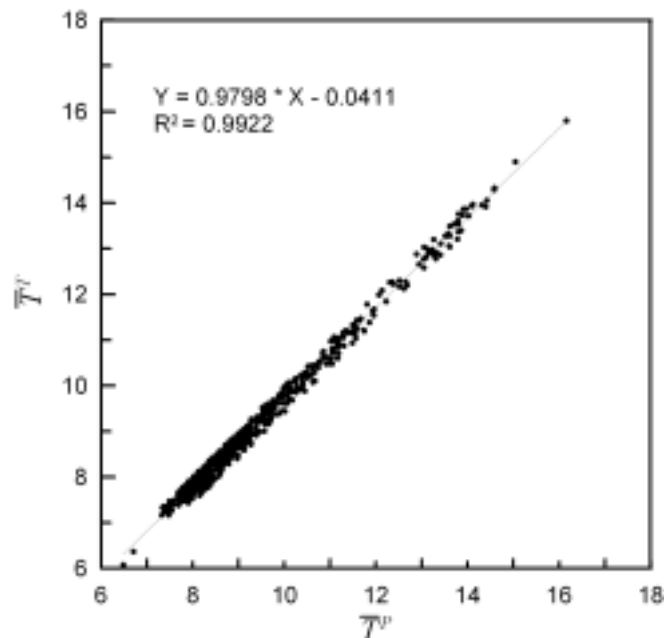


圖 4.61 93 年 9 月平均週期之理論與推估值比較

4.5.2 每季之週期統計特性

依據前述計算方法，將每季之實測週期資料經由式(4.43)與式(4.46)計算而獲得推估的代表週期值，再與 Erlang 理論的對應週期作一比較。本節中先進行 93 年第 3 季(7~9 月)及第 4 季(10~12 月)資料之探討，相關季示性週期的比較結果如圖 4.62 與圖 4.63 所示，而圖 4.64 與圖 4.65 則為平均週期的比較。

由圖 4.62 之 93 年第 3 季示性週期的理論與推估值比較關係可看出，大部分的數據值落點於 $Y = 1.1179 X - 1.8159$ 的迴歸線附近，其相關係數為 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。

由圖 4.63 的第 4 季結果顯示，其示性週期推估結果與第 3 季者有相同趨勢，相關係數為 0.8619，而大部分的數據落點於 $Y = 1.1655 X - 2.4841$ 的迴歸線附近。

另由圖 4.64 與圖 4.65 的第 3、4 季平均週期的比較，其大部分的數據平均值落點於 $Y = 0.9699 X + 0.0564$ 以及 $Y = 0.9546 X + 0.2337$ 的最佳迴歸線上，兩者之相關係數分別達到 0.9886 及 0.9794，迴歸直線斜率為 0.9699 與 0.9546 接近於 1，截距則是 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。

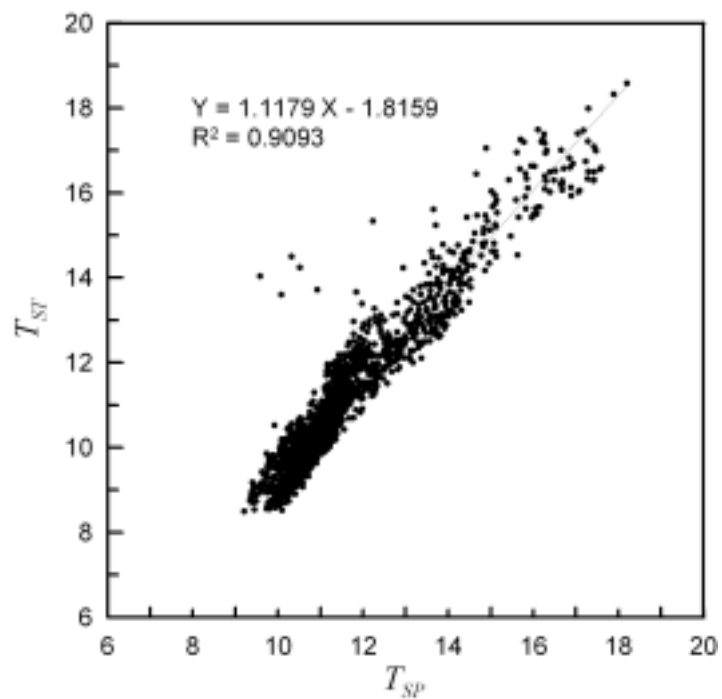


圖 4.62 93 年第 3 季示性週期之理論與推估值比較

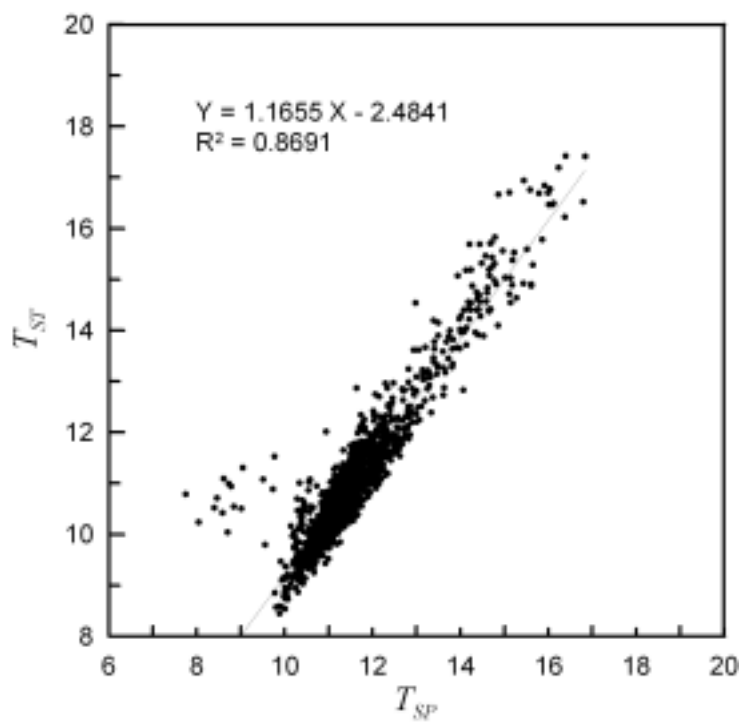


圖 4.63 93 年第 4 季示性週期之理論與推估值比較

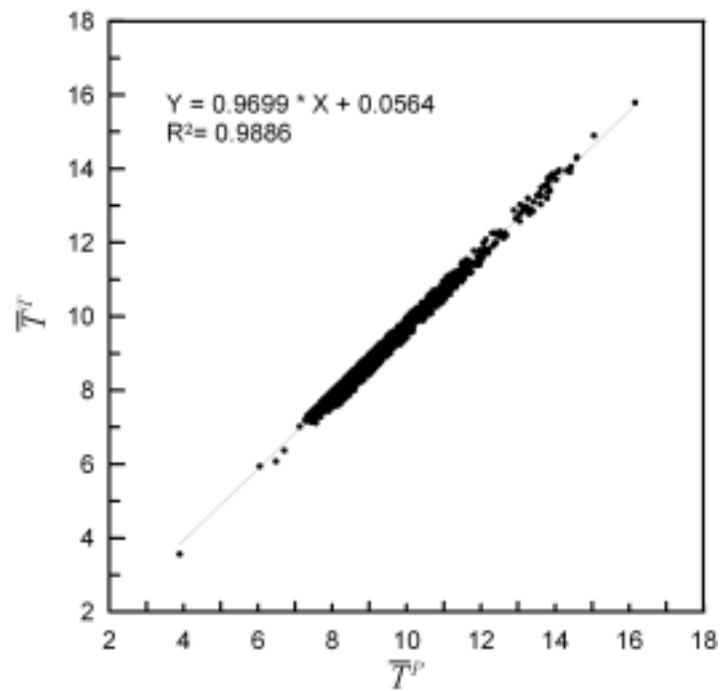


圖 4.64 93 年第 3 季平均週期之理論與推估值比較

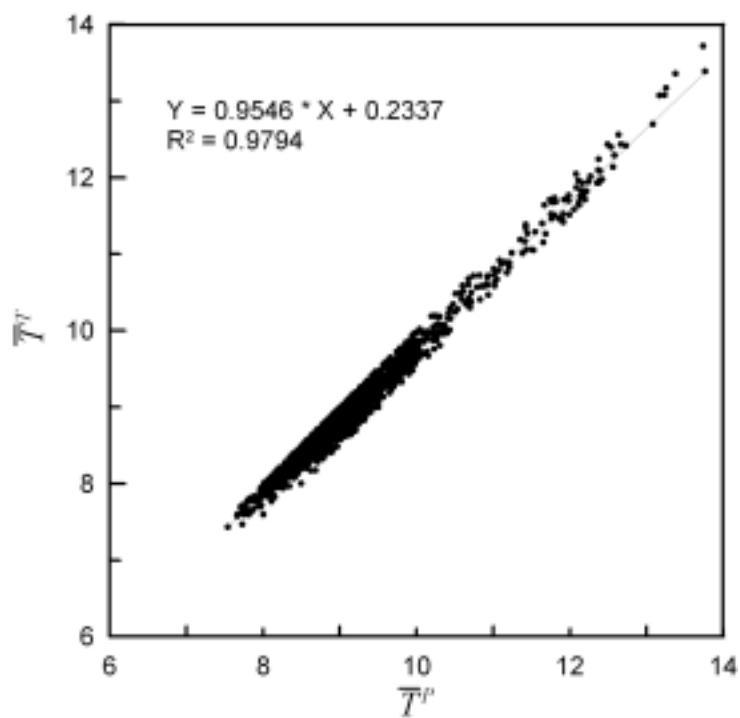


圖 4.65 93 年第 4 季平均週期之理論與推估值比較

4.5.3 全年之週期統計特性

應用相同方法進行花蓮港 93 年全年波浪資料之示性週期、平均週期的理論與推估值的關係比較，相關分析結果如圖 4.66 與圖 4.67 所示。由圖 4.66 之示性週期關係比較可看出，大部分的數據值落點於 $Y = 1.1452X - 2.1383$ 的迴歸線附近，其相關係數為 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。

另由圖 4.67 之平均週期結果得知，其相關係數為 0.9819，而大部分的數據平均值落點於 $Y = 0.9605X + 0.1621$ 的最佳迴歸線上，迴歸直線斜率為 0.9476 接近於 1，截距則是 0.1621。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。

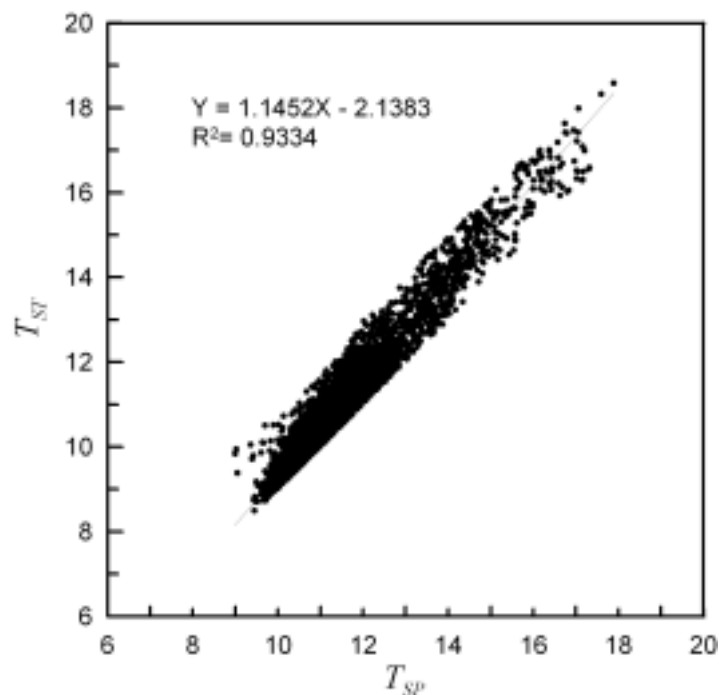


圖 4.66 93 年全年示性週期之理論與推估值比較

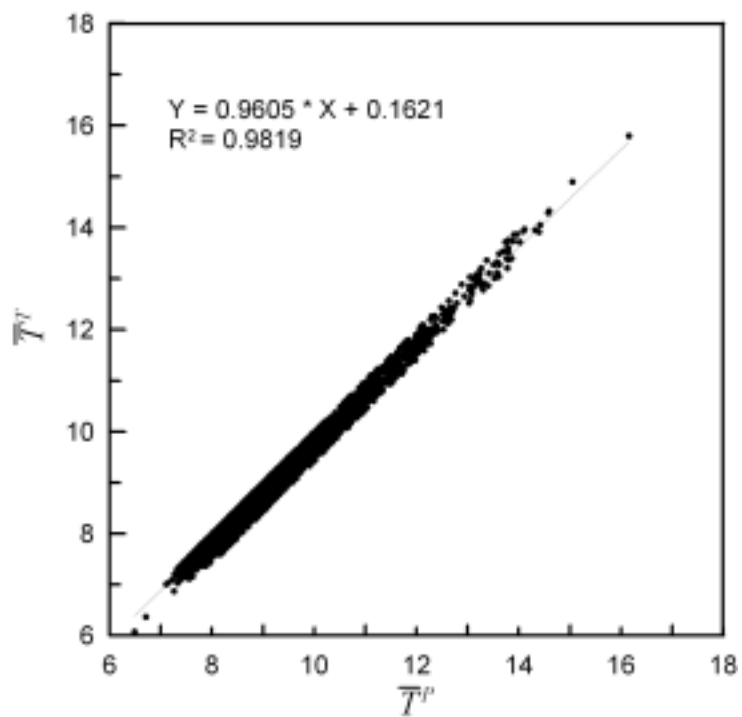


圖 4.67 93 年全年平均週期之理論與推估值比較

第五章 港灣構造物之安全監測

蘇澳及花蓮港防波堤因經年受颱風、地震和東北季風波浪侵襲，造成堤面與胸牆處處龜裂，堤體有下陷及淘空情形，故每年必須花費龐大經費進行維修與復建，以維持構造物安全與港口正常營運。為港口整體規劃及未來發展，有必要進行外廓防波堤之長期監測與安全評估，用以減輕維修經費，避免港內設施與船隻之損壞。

本項工作除延續 94 年度之監測作業項目與方式，主要包括防波堤堤體變位測量，及堤腳與堤址現況之攝影照相調查工作外，本年度另利用多音束測深系統(Multi Beam Echo-Sounder System；簡稱 MBS)進行花蓮港東防波堤外水深測量與堤腳護基方塊位移的立體圖像檢核工作。藉由歷年之資料變化比對，以定性化之描述，先行瞭解防波堤結構物破壞之情況，後續將就防波堤受力特性因素及沉箱結構之安全評估加以分析探討，以作為防波堤結構物維護對策與破壞預測推估之參考依據。

5.1 防波堤損壞原因探討

沉箱式合成堤是目前臺灣各港口在大水深的地方廣泛採用的防波堤型式，主要是因為其能承受較大的波力，但防波堤的破壞災害也經常發生。依據本所港研中心於民國 85 年辦理蘇澳港防波堤損壞過程模擬及可能造成破壞之影響因素探討的相關計畫中，其破壞過程之說明如下：

1. 防波堤長時間受各種波力往復作用及地震力作用，沉箱因而發生振動或微振。
2. 歷年來颱風期間產生大浪，造成沉箱往港內方向移動。
3. 沉箱內移後，造成港側相接海側之間隙變寬，形成樑形夾縫。

4. 港側因沉箱振動產生擠壓或波壓力集中衝擊造成港側堤頂破壞。
5. 沉箱內回填材料因長期受到振動或微振作用，因而搗實材料重新排列，形成大小不一之空隙。
6. 沉箱內空隙形成後，海側側牆所承受之背填土壓力減少，相對的加上側牆版厚不足，因此側牆版產生振動因而破裂。
7. 海側側牆破裂後，大量水體進入沉箱內，造成沉箱蓋板及消波胸牆消波室受波力與空氣之擠壓雙重衝擊，使得沉箱振動加速。
8. 沉箱上部結構長期振動，造成橫側牆的拉力與拉彎矩產生，使得橫側牆受拉力破壞。
9. 由於側牆破壞進而使第二隔艙橫側牆會有破洞出現，第二隔艙內回填材料被水體往外帶出，加速破洞擴大。
10. 由於沉箱內橫側牆接連破壞，更形成下一個側面牆的受拉彎矩的增大，使得沉箱破壞加速。
11. 最後沉箱各隔艙牆無法承受上載荷重及振動外力，導致沉箱內隔艙牆全體斷裂。
12. 斷裂之上部結構物材料便往前傾而墜入大海，散落在堤址前方。

經由以上破壞原因的探討可推測，沉箱斷裂之潛在原因為內填料經由長期振動而使得內填料重新排列而減少其抵抗波力能力。花蓮港與蘇澳港皆位於臺灣東部經常受颱風波浪侵襲與地震頻仍之海域，其外廓防波堤受外力作用之情況相近似。圖 5.1 與圖 5.2(水下攝影照片)為 94 年 9 月份花蓮港東防波堤部份沉箱於颱風侵襲後其底部被掏空的情況，兩沉箱外海側底部被掏空之最大高度約有 100cm，及至 9 月底之龍王颱風侵襲後，更造致部份沉箱港池內側結構之破壞。因此，先行現場調查瞭解花蓮與蘇澳兩港外廓防波堤堤體變位與堤址破壞情況，以作為未來後續防波堤沉箱結構物之安全評估探討及提供相關維護與防治對策，是為本研究當務之課題。



圖 5.1 94 年花蓮港東防波堤#65 沉箱外海側底部掏空情形



圖 5.2 94 年花蓮港東防波堤#71 沉箱外海側底部掏空情形

5.2 防波堤現場調查分析

5.2.1 防波堤堤腳與堤址之調查

外廓防波堤堤腳與堤址之調查工作於每年颱風季節過後的 9、10 月份進行，其係由潛水人員依沉箱編號順序，以錄影和觀看方式進行，發現有沖蝕時再量測其破壞範圍，再由研究人員複查並記錄之，相關紀錄資料並提供港務單位作為防波堤維護之參考。

本年度蘇澳港調查範圍為南外防波堤，相關結果如表 5.1 所示。依據調查結果顯示，沉箱底堤腳處未發現明顯掏空或護基方塊移位現象，本年度的攝影檢查結果與 94 年度者比較，並未發現明顯異常情況。

表 5.1 蘇澳港南外防波堤堤腳與堤址調查說明表

沉箱編號	調查狀況說明	備註
# 1	亂拋堆置大型消波塊、大石塊散佈。	
# 2	亂拋堆置大型消波塊、大石塊散佈。	
# 3	亂拋堆置大型消波塊、大石塊散佈。	
# 4	亂拋堆置大型消波塊、大石塊散佈。	
# 5	亂拋堆置大型消波塊、大石塊散佈。	
# 6	亂拋堆置大型消波塊、大石塊散佈。	
# 7	亂拋堆置大型消波塊、大石塊散佈。	
# 8	大型消波塊、水泥灌漿。	
# 9	大型消波塊、水泥灌漿。	
# 10	大型消波塊堆置。	
# 11	大型消波塊堆置。	
# 12	大型消波塊堆置、水泥灌漿。	
# 13	大型消波塊堆置、護基方塊上石塊堆積。	
# 14	護基方塊上石塊堆積。	已修復沉箱
# 15	沉箱縫隙 50 公分、施工廢棄物。	

# 16	施工廢棄物、廢棄沉箱塊及消波塊。	
# 17	大型消波塊堆置、護基方塊上石塊堆積。	
# 18	護基方塊上石塊堆積。	
# 19	水泥灌漿及石塊。	已修復沉箱
# 20	沉箱縫隙 60 公分、施工廢棄鋼架。	
# 21	沉箱修復施工廢棄物。	
# 22	沉箱縫隙 50 公分、石塊堆積。	
# 23	沉箱修復施工廢棄物、沙包堆積。	已修復沉箱
# 24	施工廢棄物。	
# 25	沉箱縫隙 40 公分、石塊堆積、施工廢棄物	
# 26	石塊堆積、水泥灌漿、大型消波塊。	
# 27	石塊堆積。	已修復沉箱
# 28	石塊堆積、施工廢棄物。	
# 29	施工廢棄物、石塊堆積。	
# 30	沉箱縫隙 50 公分、石塊堆積。	
# 31	沉箱縫隙 30 公分、石塊堆積。	
# 32	沉箱縫隙 70 公分、施工廢棄物、沉箱塊。	
# 33	石塊堆積、廢棄沉箱塊。	
# 34	沉箱縫隙 60 公分、石塊堆積、廢棄沉箱塊	
# 35	沉箱縫隙 50 公分、石塊堆積、廢棄方塊。	
# 36	沉箱縫隙 50 公分、石塊堆積。	
# 37	沉箱縫隙 30 公分、石塊堆積。	
# 38	石塊堆積。	
# 39	沉箱縫隙 30 公分、石塊堆積。	
# 40	沉箱縫隙 80 公分、石塊堆積。	港口轉角
# 40	轉角處無異狀。	港口轉角
內 # 39	沉箱縫隙 60 公分、石塊堆積。	
內 # 38	無異狀。	

本年度花蓮港調查範圍為新東堤 1837m、新東堤堤頭 300m，相關結果如表 5.2 所示。依據調查結果顯示，# 9、# 33、# 34 等三處之沉箱堤腳發現底部有明顯掏空情況；另 # 13、# 25、# 26、# 29、# 33、# 34、# 67 等處之沉箱堤腳發現有較嚴重的護基方塊位移現象，其中，# 13、# 29、# 67 等處之護基方塊位移約 2~3m，而 # 25、# 26、# 34 等處位移量則達 5~6m 之多；而 # 34 沉箱之底部掏空範圍已擴大至 # 33 沉箱處。照片 5.1 至照片 5.3 為花蓮港沉箱底部的調查實況。

表 5.2 花蓮港東防波堤堤腳與堤址調查說明表

沉箱編號	調查狀況說明	備註
# 1	大型消波塊、大石塊散佈	
# 2	大型消波塊、大石塊散佈	
# 3	消波塊、護基方塊間隙	已修復沉箱
# 4	沉箱縫隙 50CM、消波塊	
# 5	大石塊堆、消波塊	
# 6	消波塊、護基方塊間隙、大石塊堆	
# 7	沉箱縫隙 50CM、消波塊及大石塊堆	
# 8	沉箱縫隙 50CM、護基方塊位移、消波塊	
# 9	沉箱縫隙 70CM、沉箱全段掏空最高約為 110CM、平均 70CM、護基方塊明顯位移	沉箱底部部份破損
# 10	無異狀	
# 11	大石塊	
# 12	堤腳護基方塊間隙 90CM、大石塊堆	
# 13	護基方塊明顯位移 2M、護基方塊間隙	
# 14	堤腳護基方塊間隙 80CM、外側護基方塊位移	

# 15	大石塊堆、護基方塊位移 80CM	
# 16	護基方塊間隙	
# 17	大石塊堆、護基方塊間隙	
# 18	大石塊堆積於護基方塊上	
# 19	護基方塊有間隙	
# 20	大石塊堆置	
# 21	大石塊堆積於護基方塊上	東堤轉彎處
# 22	大石塊堆積於護基方塊上	
# 23	大石塊堆積於護基方塊上	
# 24	護基方塊間隙、大石塊堆積於護基方塊上	
# 25	護基方塊明顯位移 5M 以上	
# 26	護基方塊明顯位移 5M 以上	
# 27	護基方塊位移	
# 28	沉箱間隙 40CM	
# 29	外側護基方塊明顯位移 330CM、大石塊	
# 30	石塊堆積於護基方塊上	
# 31	大石塊堆、護基方塊間隙 90CM	
# 32	大石塊堆、護基方塊明顯位移	
# 33	大石塊堆、沉箱全段護基方塊明顯位移	
# 34	沉箱底部掏空長約 6.5M、高度約 90CM、 沉箱全段護基方塊明顯位移	沉箱底部部份破損
# 35	大石塊、護基方塊明顯位移	
# 36	大石塊堆積於護基方塊上、外側護基方塊 位移 90CM	

# 37	外側護基方塊位移 90CM、大石塊	
# 38	大石塊堆積於護基方塊上、護基方塊位移 40 CM	
# 39	護基方塊位移 50 CM、大石塊堆	
# 40	外側護基方塊位移 50 CM、大石塊	
# 41	外側護基方塊位移 30CM	
# 42	大石塊堆積於護基方塊上	
# 43	大石塊堆積於護基方塊上	
# 44	沉箱縫隙 40CM、大石塊堆、外側護基方塊位移 80CM	
# 45	護基方塊位移、大石塊堆積於護基方塊上	
# 46	大石塊堆積於護基方塊上	
# 47	大石塊堆積於護基方塊上	
# 48	大石塊堆積於護基方塊上	
# 49	無異狀	
# 50	大石塊堆積於護基方塊上	
# 51	無異狀	
# 52	大石塊堆積於護基方塊上	
# 53	大石塊堆積於護基方塊上	
# 54	石塊堆積於護基方塊上	
# 55	無異狀	
# 56	內側護基方塊明顯位移	
# 57	護基方塊間隙、外側護基方塊位移 110CM、大石塊堆積於護基方塊上	
# 58	沉箱縫隙 60CM、大石塊堆積護基方塊上	

# 59	無異狀	
# 60	沉箱縫隙 40CM、外側護基方塊位移	
# 61	部份大石塊堆積於護基方塊上	
# 62	沉箱縫隙 40CM、大石塊、護基方塊位移	
# 63	大石塊堆積於護基方塊上	
# 64	無異狀	
# 65	水泥補強脫落	
# 66	外側護基方塊位移、水泥補強脫落	
# 67	外側護基方塊位移距離 3M	
# 68	無異狀	
# 69	外側護基方塊位移 70CM	
# 70	外側護基方塊位移 90CM	
# 71	沉箱縫隙 90CM	
# 72	護基方塊上淤沙	
# 73	無異狀、廢棄碼頭防撞壁	
堤頭	無異狀、本所波浪觀測用之儀器鐵架	港口轉角
內 # 73	部份石塊堆積於護基方塊上、施工廢棄物	含內堤頭



照片 5.1 花蓮港東防波堤#26 沉箱位移情況



照片 5.2 花蓮港東防波堤 # 34 沉箱底部掏空範圍



照片 5.3 花蓮港東防波堤 # 34 沉箱底部掏空範圍擴大至 # 33 沉箱

5.2.2 防波堤堤體異位之調查

本項工作主要是以現場水準測量方式量測沉箱高程、法線位置，配合 GPS 衛星定位系統擷取座標位置，做為每一年比對沉箱是否有下陷或傾斜依據，並進一步比較沉箱間之相對位移量，再利用 GIS 或 AUTOCAD 地理繪圖系統繪製變化圖，以分析沉箱高程、法線位置變化情況。測量範圍蘇澳港仍為南外防波堤，而花蓮港亦是新東堤 1837m、新東堤堤頭 300m。

為明確比較沉箱變位起見，以東南西北等方位於每一沉箱面設定四個位置點，作為歷年調查資料比較之控制點，圖 5.3 與圖 5.4 各為蘇澳及花蓮港沉箱測量控制點之示意圖。

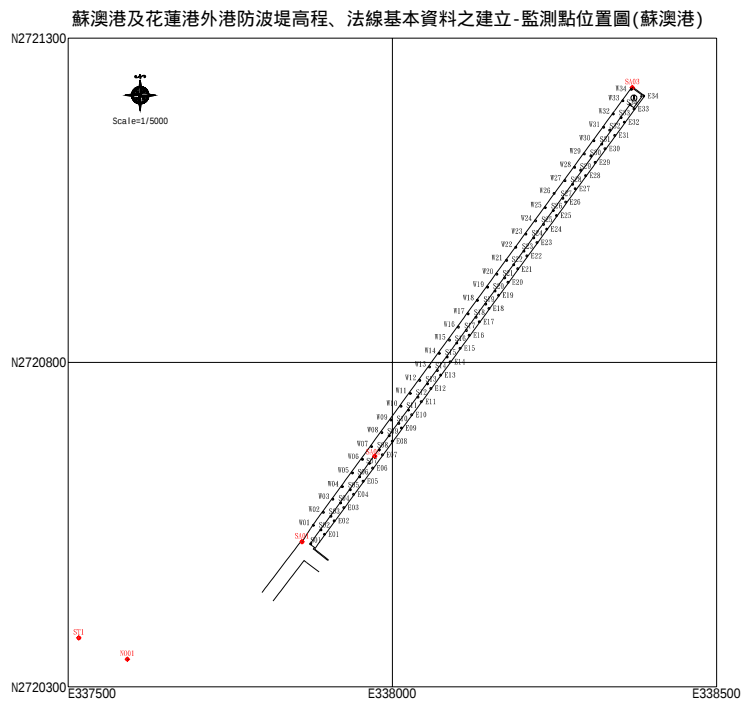


圖 5.3 蘇澳港南外防波堤沉箱控制點測量範示意圖

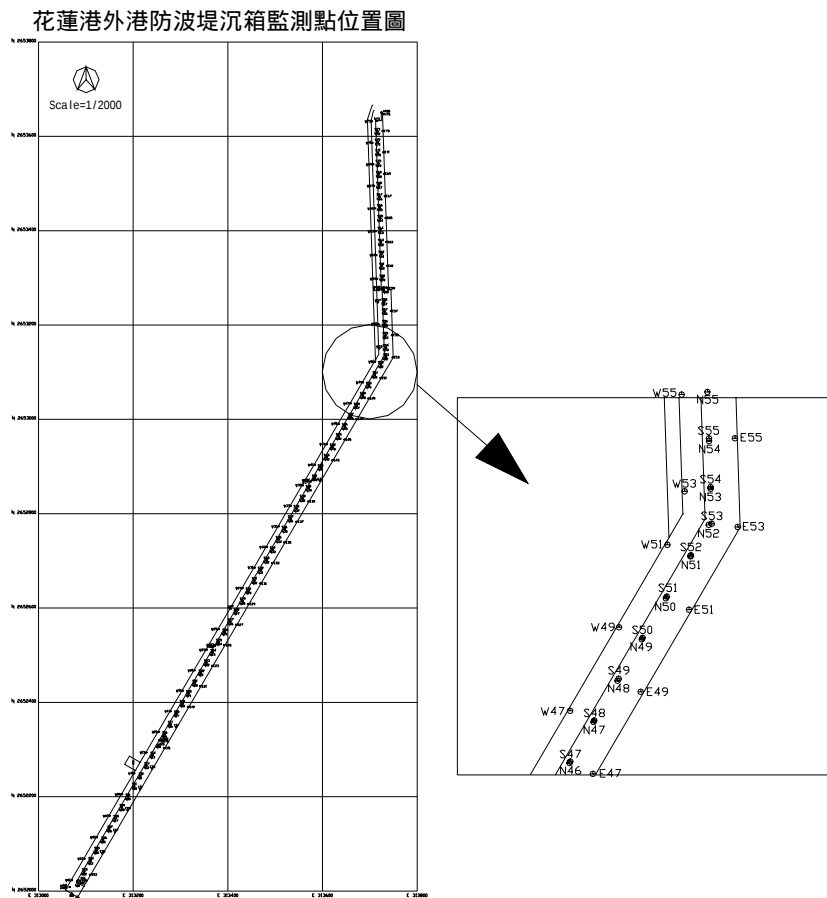


圖 5.4 花蓮港新東堤沉箱控制點測量範示意圖

圖 5.5 至圖 5.7 為蘇澳港南外堤沉箱堤面各測點於民國 91 至 95 年之高程變化比較，各圖之 E、S、W，表示同一沉箱面之東、南、西位置，其中 94 年度有兩次測值，係因之前有部份測點鋼釘遺失而於原測點附近增設並全面另測之故，而較詳細之變化數據可參考本所港研中心的測量報告。由各圖之比較結果得知，除#25 至#34 等沉箱面西側(W 點)有較大的高程變化，最大之高程變化約 20cm，主要係因沉箱路面或胸牆頂部被風浪破壞所致，其餘各沉箱堤面各方位的高程差異皆在 1cm 以內。整體而言，蘇澳港外廓防波堤堤體高程呈現穩定狀態。

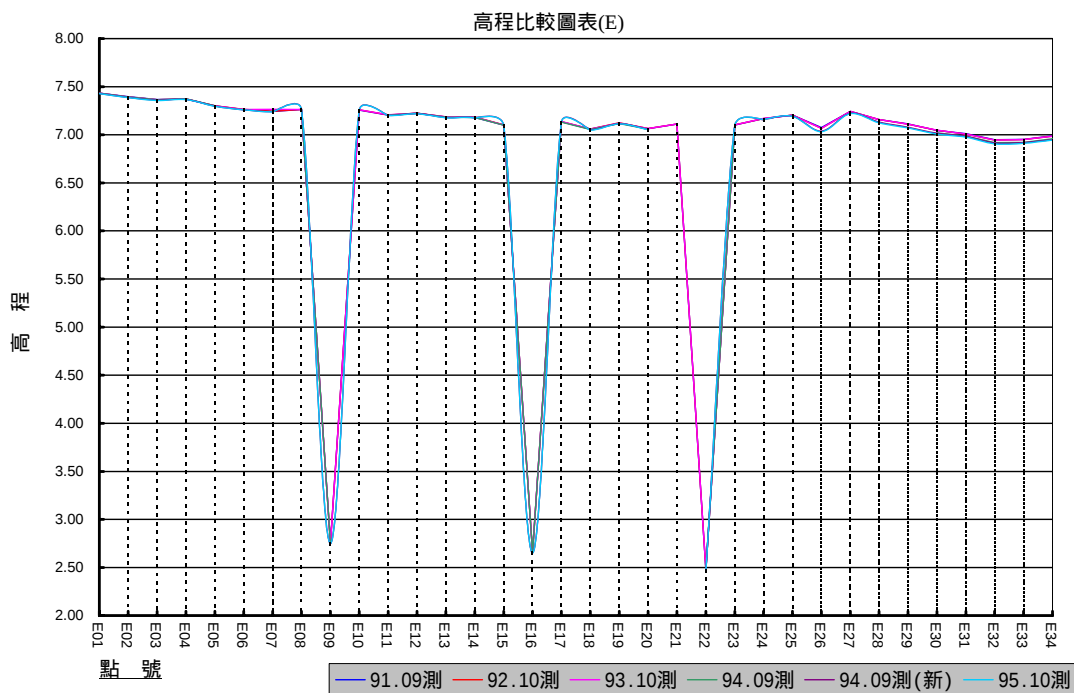


圖 5.5 蘇澳港南外堤沉箱堤面各 E 點之歷年高程變化比較

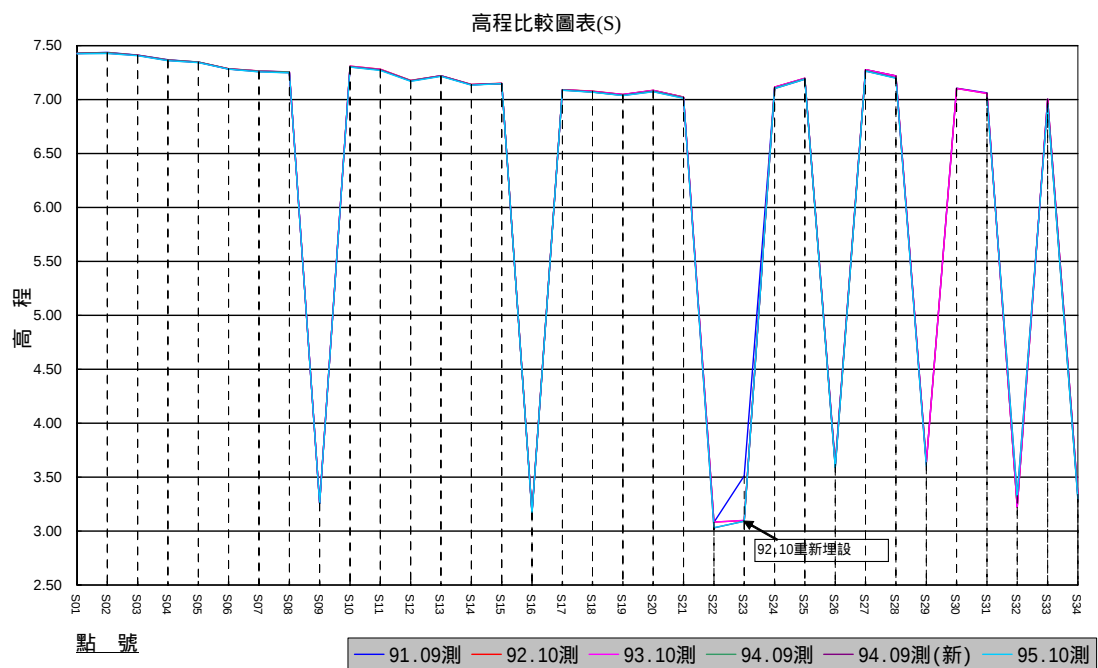


圖 5.6 蘇澳港南外堤沉箱堤面各 S 點之歷年高程變化比較

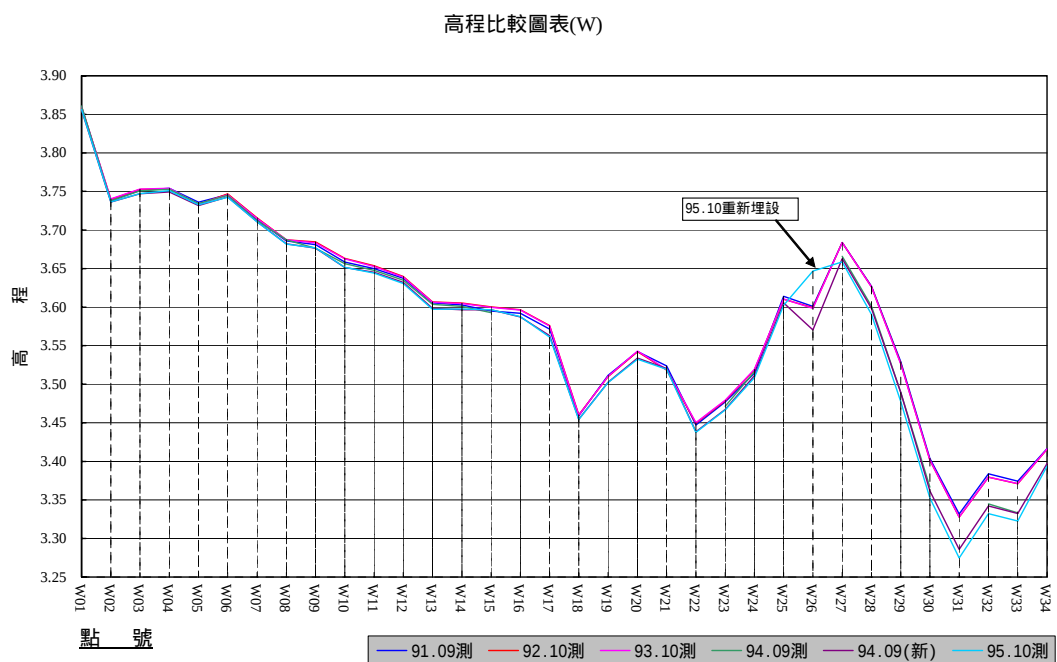


圖 5.7 蘇澳港南外堤沉箱堤面各 W 點之歷年高程變化比較

圖 5.8 至圖 5.11 則是花蓮港東防波堤沉箱堤面各測點於 89 至 95 年之高程變化比較，圖中表示和前圖說明相同。由各圖之比較結果顯示，花蓮港東防波堤各沉箱堤面除部份測點有 2~3cm 之高程變化外，其餘各沉箱堤面的高程差異皆在 1cm 以內。整體而言，花蓮港外廓防波堤堤體高程變化差異不大。

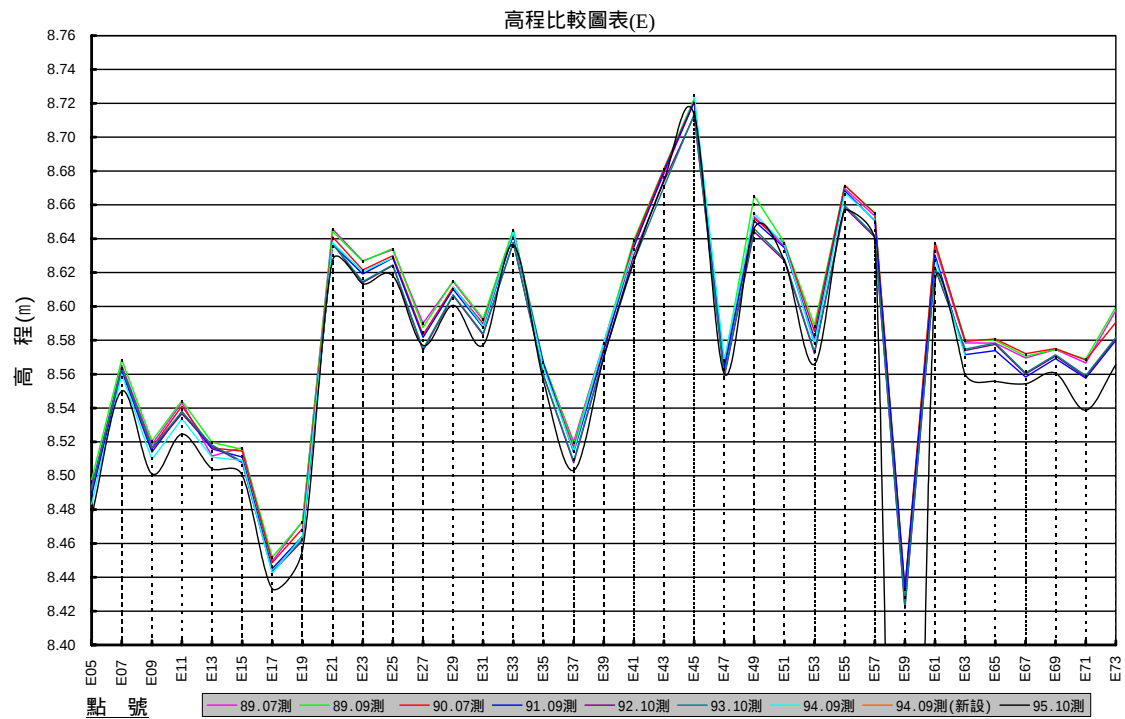


圖 5.8 花蓮港東堤沉箱堤面各 E 點之歷年高程變化比較

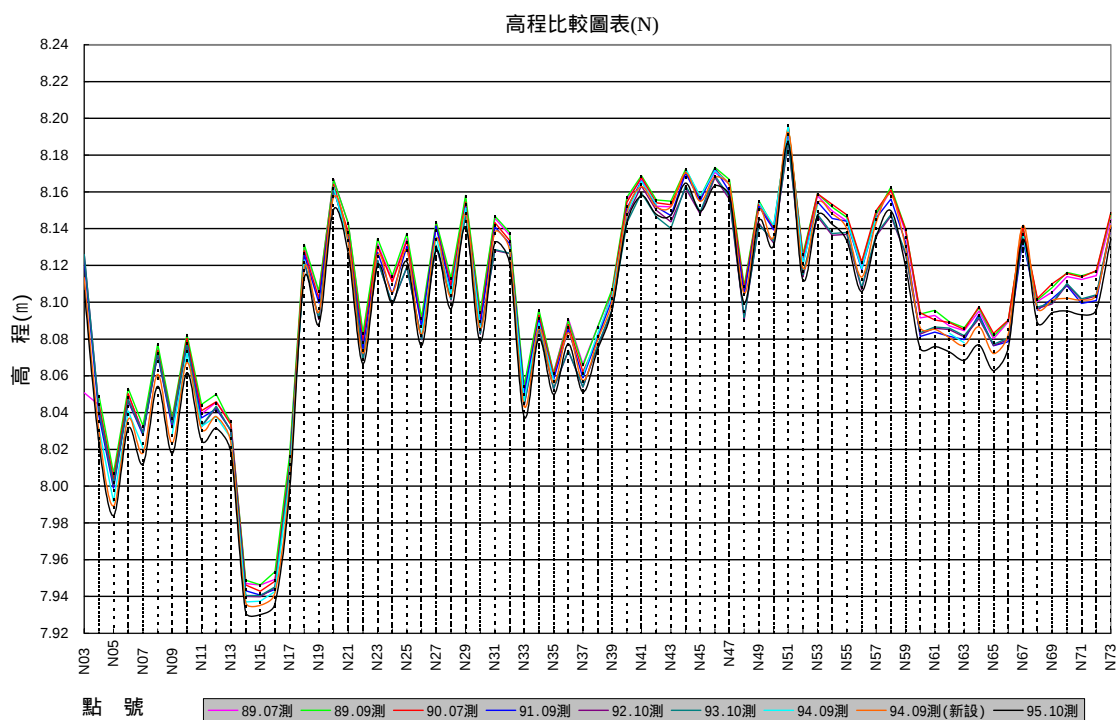


圖 5.9 花蓮港東堤沉箱堤面各 N 點之歷年高程變化比較

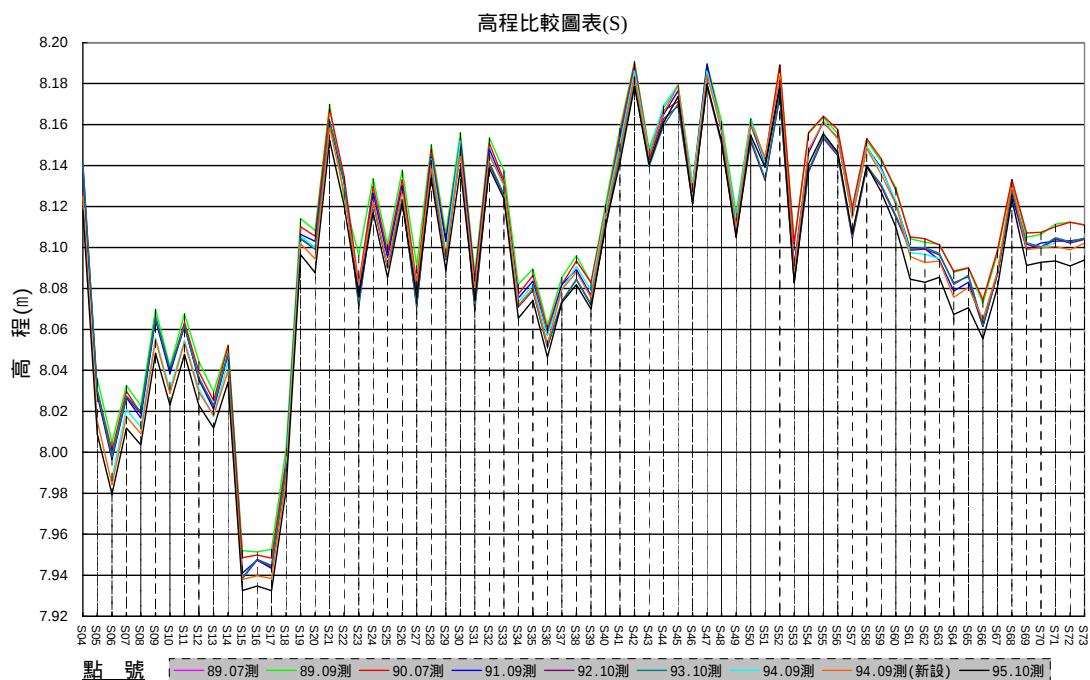


圖 5.10 花蓮港東堤沉箱堤面各 S 點之歷年高程變化比較

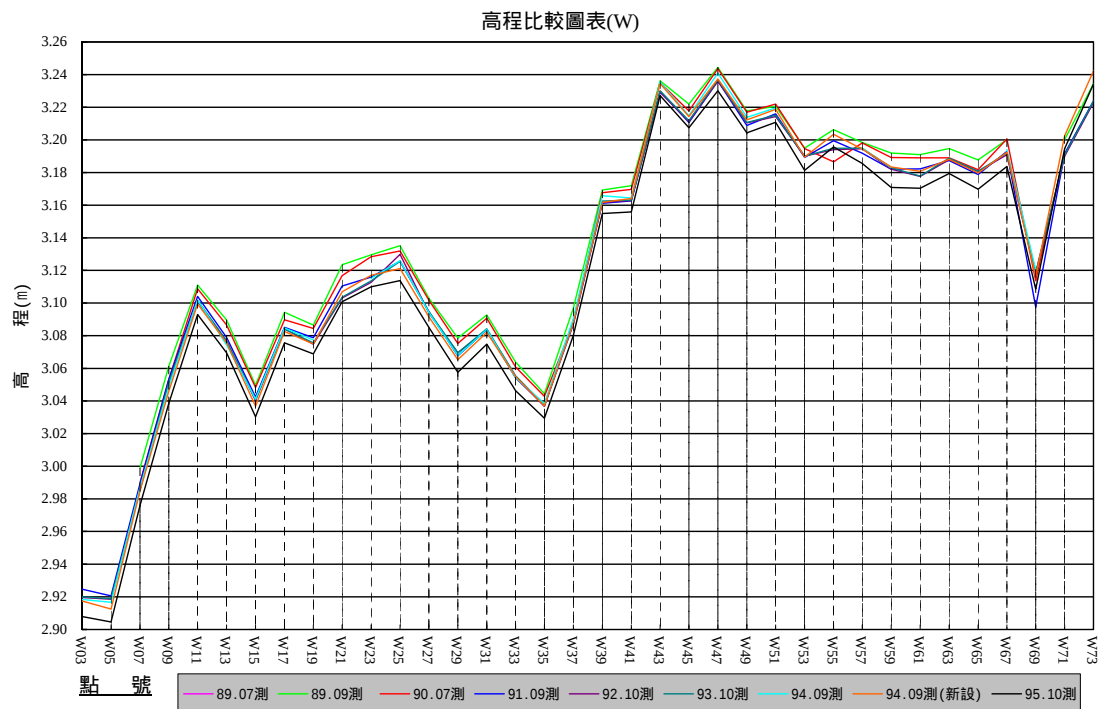


圖 5.11 花蓮港東堤沉箱堤面各 W 點之歷年高程變化比較

5.2.3 多音束測深作業調查

本年度首次利用多音束測深系統(MBS)進行花蓮港東防波堤外地形變化與堤腳護基方塊位移的立體圖像檢核工作，調查範圍包含花蓮港舊東堤約 1700 公尺(堤外消波塊區)、新舊東堤交接轉角 30 公尺、新東堤 1837 公尺(73 座沉箱與護基方塊)及新東堤堤頭 300 公尺處，其網格資料密度採用 0.2m 網格(25 筆/平方公尺)，相關詳細之作業方式與要求可參考本所港研中心測量報告。圖 5.12 為本次水深測量成果，圖 5.13 至圖 5.18 為節錄部份的調查成果，配合前表 5.2 花蓮港東防波堤堤址的調查說明，圖示可更清楚瞭解堤腳護基方塊的平面位移情況。

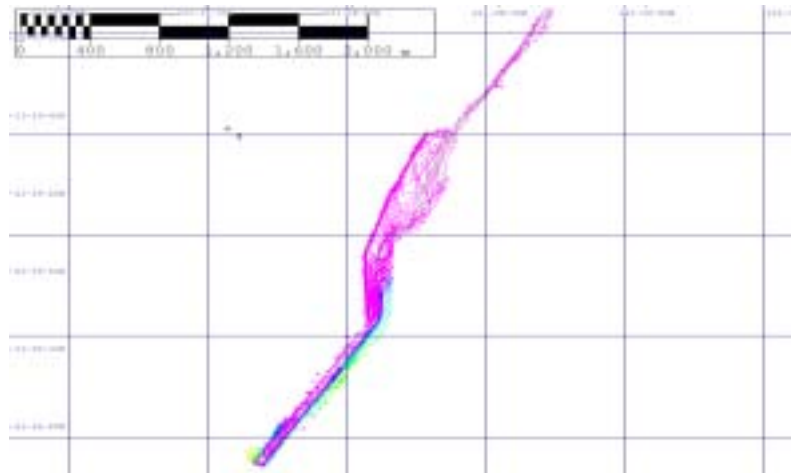


圖 5.12 測量成果等深線圖

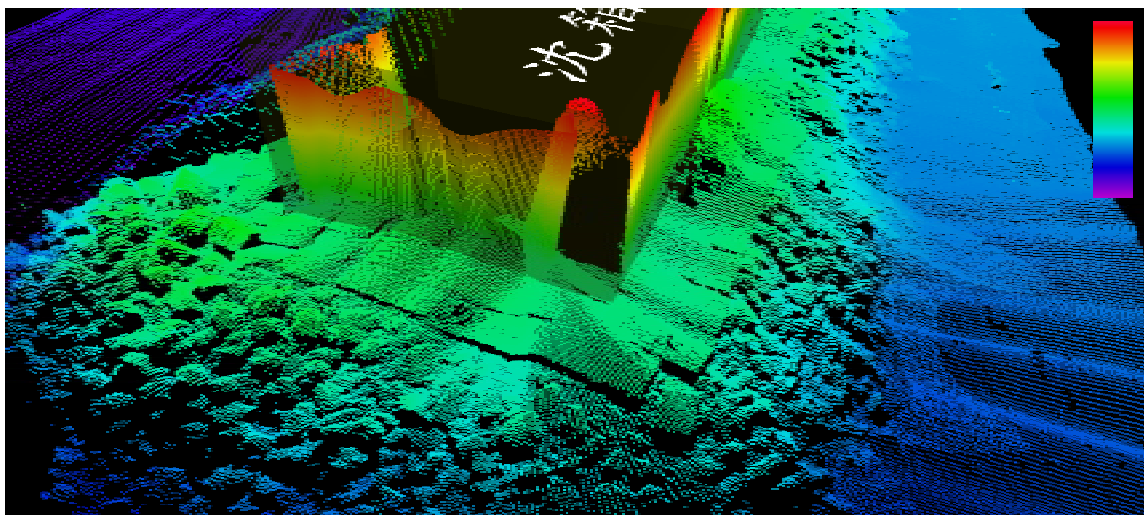


圖 5.13 花蓮港東防波堤堤頭沉箱堤址現況

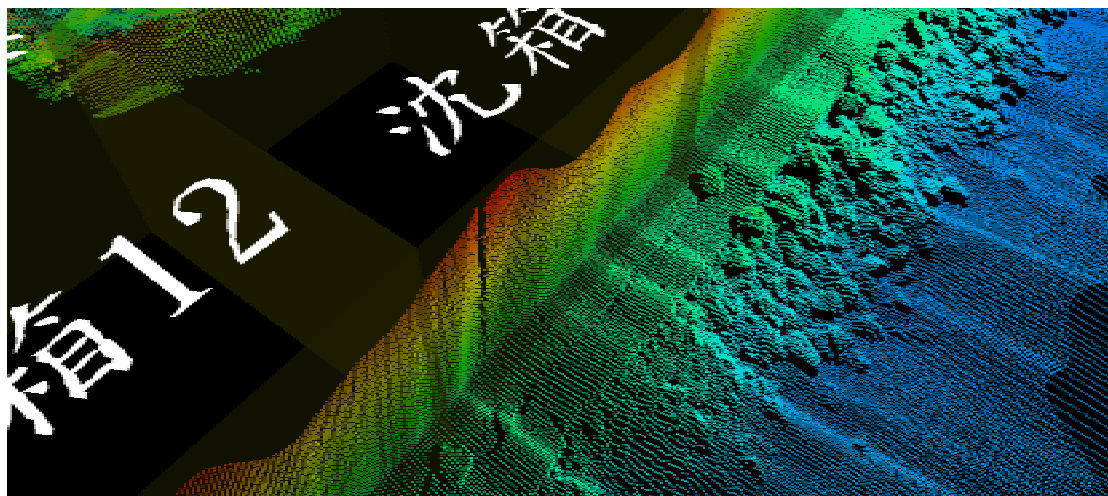


圖 5.14 #12 與 #13 沉箱堤腳塊石分佈情形

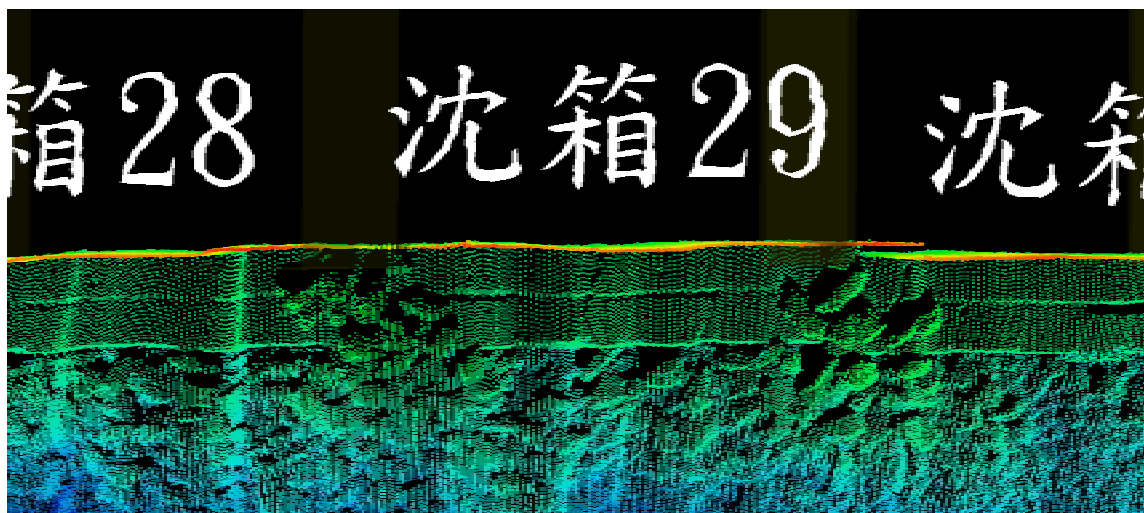


圖 5.15 # 29 沉箱堤腳塊石位移情形

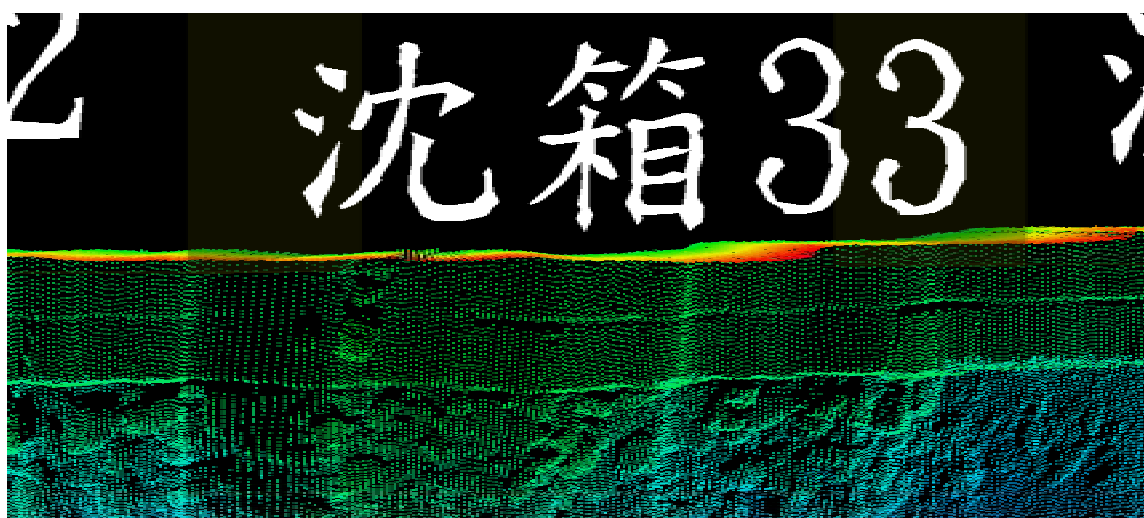


圖 5.16 # 33 沉箱堤腳塊石位移情形

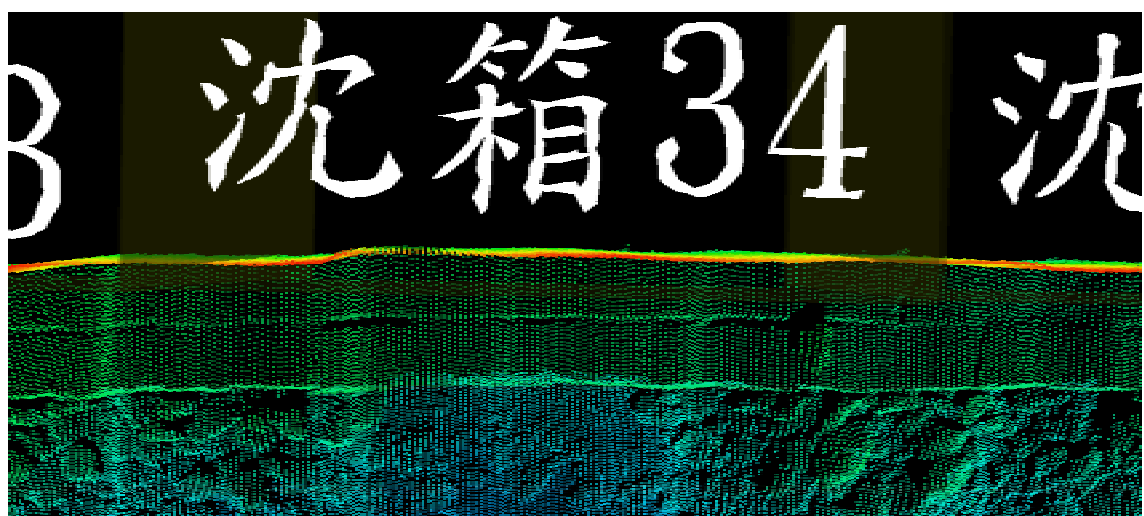


圖 5.17 # 34 沉箱堤腳塊石位移情形

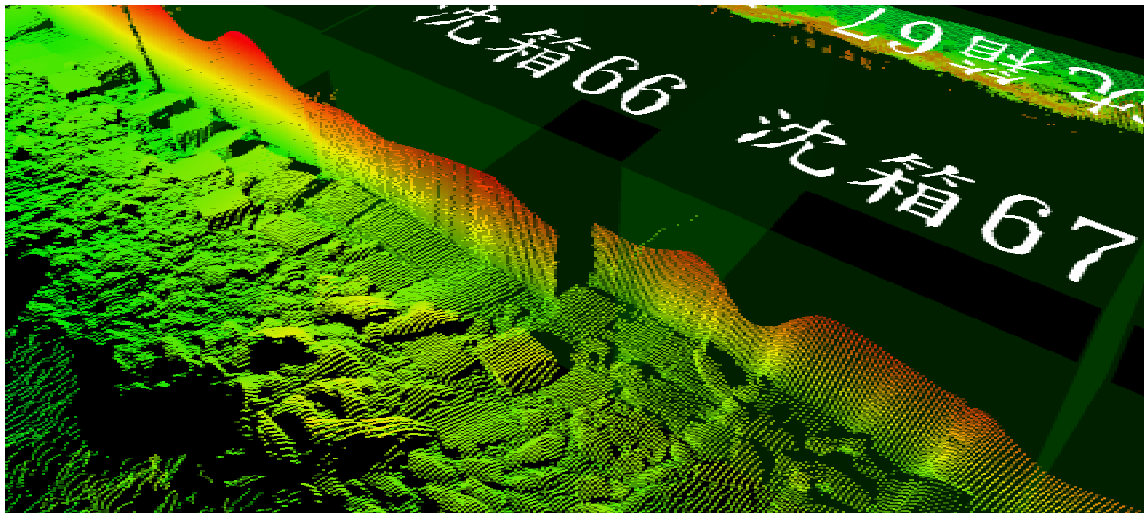


圖 5.18 # 66、# 66 沉箱側面隙縫與堤腳塊石位移情形

第六章 結論與建議

本研究主要以建立船舶動態管理系統、波浪特性分析模式及進行港灣防波堤結構物安全監測等合構而為計畫工作目標，其中有關船舶動態管理系統建置方面，本年度藉由海氣象資料與船隻碇靠、離港紀錄，探討花蓮港域颱風影響船舶動態的機制因子，並建立船舶動態預警模式與初步驗證。本研究另以實測波浪資料建立花蓮港域之波浪特性模式，其中包含波高與週期直方圖最佳分組數與最適機率分佈函數之分析探討，以及相關波浪統計參數理論與實測值的驗證比較。而有關防波堤結構物安全監測方面，本年度主要進行花蓮與蘇澳兩港之堤體、堤址的現場調查工作，以作為未來防波堤受力特性、沉箱結構物安全評估及相關維護對策與破壞預測推估之參考依據。綜合前章節之論述，可得數點結論如下：

1. 有關花蓮港域颱風對船隻動態的影響分析方面，本研究中以颱風路徑、颱風規模、風速、颱風中心與花蓮港之角度及颱風中心之經緯度等分類為五種颱風影響因子區分，並將歷年颱風侵襲期間之船隻動態紀錄以不同之船隻異動指數分類。依據颱風影響因子與船隻異動指數之分析結果顯示，在颱風規模 4 以上之颱風來襲時，為避免斷纜之可能，船隻原則上需出港避風；而颱風發生於東經 $120^{\circ} \sim 140^{\circ}$ 與北緯 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 之範圍，將影響花蓮港域之船隻異動。而颱風風速與颱風方位角則對花蓮港船隻異動無明顯的規則關係。
2. 花蓮港船舶動態管理系統係利用倒傳遞式類神經網路，建立為一層隱藏層與包含 27 個神經元正切雙彎曲轉換函數之船舶動態預警模式。本模式並進行學習及驗證工作，選擇發生於民國 85 年至 94 年間 69 場颱風中含蓋 5 種颱風規模、4 種船隻異動指數與 9 種颱風路徑之颱風共 36 個作為模式建立之學習範例。另以三場不同影響情況之颱風作為驗證比對，經由驗證結果，不論港內發生湧浪、警示船隻出港避風或船隻發生斷纜情況，模式推算之船隻異動指數與實際發生情況頗為脛合。

3. 有關波浪統計特性模式分析方面，本年度以花蓮港於民國 93 年全年較完整之實測波浪資料，進行波高與週期之直方圖與機率分佈函數的計算。有關機率分佈函數的選取，波高分析方面為 Gamma、Normal、Rayleigh 與 Weibull 等四種機率分佈函數；而週期分析則是 Gamma、Erlang、Rayleigh 與 Longuet-Higgins 等四種。本研究並以誤差均方根(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($|P_i-P_j|>1/N$)等四種統計參數來探討最適之機率分佈特性與最佳分組組數。
4. 依據波高特性之分析結果顯示，花蓮港域的波高分佈較符合於 Weibull 分佈，其波高直方圖之分組數以 5 至 8 組較適合。另由 H_s 、 $\bar{H}$ 、 H_{max} 與 H_{rms} 等波高統計參數之理論與實測值的比較分析得知，以 Weibull 分佈所計算而得之理論 H_s 與實測波高 H_s 甚為接近；應用其所建立之關係式，即推算其它波高統計參數值，並藉以瞭解花蓮港域的波高統計特性。
5. 有關週期特性的分析結果，本研究發現不論在全年、每季或每月之波浪資料中，在示性波高大於 1.5m 區間所對應的週期資料，其最適之理論分佈為 Erlang 分佈；而在示性波高小於 1.5m 區間，其最適之理論分佈為 Longuet-Higgins 分佈；然在波高不分區間之週期分析，則以 Normal 分佈為較佳；而任一波高區間內的週期直方圖之分組數均以 7 組較為適合。另有關週期統計參數之理論與實測值的比較分析方面，本研究所提出之季節性 Erlang 理論參數經驗公式，藉由頻譜矩 T_{01} 計算出 Erlang 理論示性週期與平均週期所需之參數，可大略推算其理論週期統計參數，此結果可做為波浪統計研究或海岸工程應用之參考。
4. 依據防波堤堤址調查與堤體高程測量的結果顯示，蘇澳港南外防波堤沉箱底部並未有明顯掏空或護基方塊移位現象，本年度的調查結果和 94 年者差異不大。花蓮港東防波堤 #9、#33、#34 等三處沉箱外海側之底部有明顯掏空情況；部份沉箱護基方塊有較明顯位移現象，其中以 #13、#29、#67 等沉箱之護基方塊位移約 2~3m，而 #25、#26、#34 等沉箱之護基方塊位移量達 5~6m 為最嚴重。

有關蘇澳與花蓮兩港的沉箱堤面高程位移差量的調查結果顯示，除蘇澳港南外防波堤#25至#34等沉箱面西側有約20cm的高程變化，主要可能因沉箱路面或胸牆頂部被風浪破壞所致，其餘兩港各沉箱堤面各方位的高程差異皆在1~3cm以內，並無明顯變化或差異。而本年度首次利用多音束測深系統進行花蓮港東防波堤堤腳護基方塊位移的立體圖像檢核成果，可更清楚瞭解堤腳護基方塊的平面位移情況。

附錄 A 花蓮港船隻動態紀錄表

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

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
85.09	莎莉 (Sally)	08/14:00 09	#23	船隻「長貴」進港 船隻「艾特絲」進港		19.7N,118.0E	
85.09	魏萊特 Violet	15/20:00 16/08:00 17:00 20:00	#20	船隻「友萊六號」進泊 無法靠泊隨即出港		18.8N,126.6E 20.0N,126.3E 20.5N,126.2E 20.5N,126.6E	
85.09	薩恩 Zane	27/14:00 28/02:00 08:00 20:00	#22 #24	船隻「冒險家」因斷纜 出港避風 船隻「富國新六號」因 油料不足，無法在港外 頂浪而緊急勉強進靠。 港內船隻多因斷纜而加 強帶纜		21.5N,126.1E 22.0N,125.5E 22.9N,125.4E 24.3N,125.6E	
85.10	貝絲	17/02:00 18/02:00 19/02:00		無明顯湧浪 無船舶斷纜或出港避風		17.7N,125.2E 17.6N,122.1E 18.6N,119.6E	
85.11	爾尼			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 11/02:00 13/02:00		在港商船五艘全部出港 避風 船鼻船陸續返港		16.8N,133.8E 19.4N,131.6E 29.3N,138.8E	
86.04	伊莎	21/16:00 22/04:00 08:00 23/02:00		下午港內產生湧浪，船 隻「榮華」、「卓越」移 泊內港，仍有斷纜 仍受湧浪影響，多有斷 纜 仍受湧浪影響，多有斷 纜 已較緩和，裝卸仍受影 響		24.3N,139.5E 24.5N,139.7E 27.4N,143.7E	
86.05	里維	28/02:00 29/02:00 30/02:00		港內船隻未受影響 港內船隻未受影響 港內船隻未受影響		18.8N,126.3E 23.2N,127.5E 27.3N,32.4E	
86.06	歐珀	16/08:00 17/08:00 18/08:00	#25	06/18 至 06/19 港內產生 微湧，船隻「裕亨」艀 艀各斷纜一次		15.0N,132.9E 16.4N,132.4E 20.7N,133.6E	

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
92.11	盧碧 (Lupit)	27/1400	#23	11/27 下午起湧,「莎菲」晚上無法卸貨作業		14.4N,134.5E	
		28/1400				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,惟斷纜難免。		25.9N/137.5E	
93.04	舒達 (Sudal)	05/0800	#23 #25	早上外港已稍有湧並通報各代理行 中午高潮位後轉劇通知「金豐」及「貿光」, 1730 時「雲天客」出港避湧, 2100 時「裕樸」出港避湧 原訂 04/13 0000 時進靠 24# 福順 延後進港,湧浪加劇		8.0N,149E	
		06/0800				9.5,147E	
		07/0800				10.1N,144.4E	
		08/0800				9.2N,140.6E	
		09/0800				9.1E,138.1E	
		10/0800				10.8N,135.3E	
		11/0800				13.7N,131.6E	
		12/0800				15.4E,131E	
		13/0800				17.2N,131.7E	
		14/0800				20.5N,134E	
		15/0800				23.7N,138.8E	
93.05	妮妲 (Nida)	14/1400	#24	0500 時高潮位港內湧浪, 24#碼頭「和風」搖盪仍勉強完成卸載,並於 1300 時出港,其他較小型之砂石船及內港靠泊船舶均可裝卸作業 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		8.5N,131.5E	
		16/0200				10.7N,128E	
		1400				11.8N,126.4E	
		17/0800				14.1N,124.3E	
		1400				14.7N/123.8E	
		18/0800				16.9N,123.5E	
		1400				17.5N,123.6E	
		19/0800				20.2N,125.2E	
		1400				21.3N,126.5E	

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

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

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

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
93.10	納坦 (Nock-Ten)	19/0200				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	
				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	
		24/0700					
		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	
94.04	桑卡 (Sonca)	25/0200		對本港無明顯影響		15.2N,131E	
		1400				16.7N,131.6E	
		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	
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	

日期	颱風名稱	時間	碼頭	船隻動態	波浪特性	中心距離 (0) (距離,km)	備註
94.08	泰利 (Talim)	30/0800		0700 左右 18#碼頭「亞三」, 25#碼頭「信和」均因斷纜先後出港避湧, 惟內港 11#碼頭「亞七」及外港之砂石船均分別作業至下午及晚上始正常出港。		21.4N,129.7E	
		1400				21.6N,1283.E	
		31/0800		08/31 上午以後港內湧浪加劇		22.7N,125.2E	
		1400				23.4N,124.1E	
		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 日仍有斷纜之情事。		18.8N,138.5E	
		1400				19.6N,136.8E	
94.09	卡努 (Khanun)	07/1400				13.5N,134E	
		08/0200				14.8N,133E	
		1400				16.3N,132.3E	
		09/0200				18.2N,131.1E	
		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 (0) (距離,km)	備註
94.09	龍王 (Longwang)	30/0800				22N,132.1E	
		2000				22N,129.9E	
94.10		01/0800		10/01 上午外港稍有湧浪，內港則尚好，13#碼頭「盛和」遲至 1200 時出港，12#碼頭「金瀧」則堅不出港		22.5N,127E	
		2000		10/01 下午起湧浪開始加劇 「金瀧」於 10/02 0330 時纜繩全斷漂流，0442 時擱淺於南濱沿岸		23.1N,123.9E	
		02/0400				23.6N,122E	
		1200		10/03 正常進出		23.9N,119.9E	

附錄 B 花蓮港民國 93 年實測波高資料分析

一、每月之波高資料分析

表 B1.1 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
Pi=0		0	0	0	4	5	7	9	8
$ P_i - P_j > 1/N$		11	13	8	9	16	15	20	15

表 B1.2 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
Pi=0		0	0	0	1	0	3	4	7

$ P_i - P_j > 1/N$	10	8	7	9	9	11	16	12
---------------------	----	---	---	---	---	----	----	----

表 B1.3 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
$ P_i - P_j > 1/N$		8	6	9	12	11	14	17	14

表 B1.4 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
$ P_i - P_j > 1/N$		10	10	9	8	14	16	13	18

表 B1.5 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

表 B1.6 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

表 B1.7 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

表 B1.8 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

表 B1.9 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

表 B1.10 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

表 B1.11 3 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	0.001	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
Pi=0		0	0	0	0	0	0	1	2
Pi-Pj >1/N		3	1	1	2	1	1	2	2

表 B1.12 3 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	0.037	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
Pi=0		0	0	2	3	6	14	22	29
Pi-Pj >1/N		31	24	24	24	38	44	53	51

表 B1.13 3 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	0.033	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
Pi=0		0	1	2	4	8	11	16	26

$ P_i - P_j > 1/N$	30	28	32	30	38	50	51	59
---------------------	----	----	----	----	----	----	----	----

表 B1.14 4 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	0.037	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

表 B1.15 4 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	0.038	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
$P_i = 0$		0	0	3	6	8	12	16	25
$ P_i - P_j > 1/N$		39	32	36	40	44	59	67	72

表 B1.16 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

表 B1.17 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

表 B1.18 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

表 B1.19 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

表 B1.20 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

表 B1.21 5 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	0.009	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

表 B1.22 6 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	0.040	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

表 B1.23 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

表 B1.24 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

$ P_i - P_j > 1/N$	11	7	16	13	12	14	15	16
---------------------	----	---	----	----	----	----	----	----

表 B1.25 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
$ P_i - P_j > 1/N$		16	11	15	11	14	18	17	21

表 B1.26 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
$ P_i - P_j > 1/N$		8	9	11	13	16	17	17	17

表 B1.27 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
Pi=0		0	2	6	12	30	42	65	93
$ P_i - P_j > 1/N$		130	117	120	130	160	164	181	204

表 B1.28 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
Pi=0		1	1	1	1	1	2	4	6
$ P_i - P_j > 1/N$		5	6	5	2	8	12	9	10

表 B1.29 7 月波浪資料之各種指標評估結果($1.0m < H_s < 1.5m$)

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

表 B1.30 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

表 B1.31 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

表 B1.32 7 月波浪資料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	0.000	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

表 B1.33 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
Pi=0		0	0	0	1	4	6	8	11
Pi-Pj >1/N		19	17	15	17	16	19	19	29

表 B1.34 8 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	0.034	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
Pi=0		0	2	3	5	7	10	17	20
Pi-Pj >1/N		17	15	17	13	21	22	20	36

表 B1.35 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

$ P_i - P_j > 1/N$	10	12	13	11	16	18	20	22
---------------------	----	----	----	----	----	----	----	----

表 B1.36 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
$ P_i - P_j > 1/N$		16	17	14	19	24	23	25	31

表 B1.37 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
$ P_i - P_j > 1/N$		14	18	17	20	24	26	28	37

表 B1.38 8 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	0.022	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
$ P_i - P_j > 1/N$		11	12	11	14	14	15	14	15

表 B1.39 9 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	0.038	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
$ P_i - P_j > 1/N$		16	11	13	14	17	21	19	19

表 B1.40 9 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	0.048	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

表 B1.41 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

表 B1.42 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

表 B1.43 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

表 B1.44 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

表 B1.45 10 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	0.001	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

表 B1.46 10 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	0.040	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

$ P_i - P_j > 1/N$	19	19	27	21	23	28	24	31
---------------------	----	----	----	----	----	----	----	----

表 B1.47 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
$ P_i - P_j > 1/N$		19	14	13	18	21	27	24	27

表 B1.48 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
$ P_i - P_j > 1/N$		16	20	21	20	26	23	22	29

表 B1.49 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

表 B1.50 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

表 B1.51 11 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	0.038	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
Pi=0		0	0	0	1	4	5	8	12
Pi-Pj >1/N		14	16	12	15	15	15	20	23

表 B1.52 11 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	0.040	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
Pi=0		1	1	2	2	1	5	9	12
Pi-Pj >1/N		14	19	11	19	16	17	19	24

表 B1.53 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

表 B1.54 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

表 B1.55 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

表 B1.56 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

表 B1.57 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

$ P_i - P_j > 1/N$	13	5	13	9	16	11	14	17
---------------------	----	---	----	---	----	----	----	----

表 B1.58 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
$ P_i - P_j > 1/N$		20	15	14	20	26	21	22	28

表 B1.59 12 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	0.001	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
Pi=0		0	0	0	0	0	0	0	0
$ P_i - P_j > 1/N$		0	0	0	0	1	0	0	0

二、每季之波高資料分析

表 B2.1 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
Pi=0		0	0	1	5	6	9	11	12
Pi-Pj >1/N		20	19	12	16	22	21	27	22

表 B2.2 第 1 季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	0.036	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

表 B2.3 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

表 B2.4 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

表 B2.5 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

表 B2.6 第 2 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	0.040	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

表 B2.7 第 2 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	0.038	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

表 B2.8 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

表 B2.9 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

表 B2.10 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

表 B2.11 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

$ P_i - P_j > 1/N$	10	8	7	14	11	17	10	17
---------------------	----	---	---	----	----	----	----	----

表 B2.12 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
$ P_i - P_j > 1/N$		11	11	8	5	13	18	14	22

表 B2.13 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
$ P_i - P_j > 1/N$		8	10	10	8	13	14	15	20

表 B2.14 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

表 B2.15 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

表 B2.16 第 3 季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	0.059	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
Pi=0		12	15	18	18	22	22	24	30
Pi-Pj >1/N		14	15	16	20	21	26	23	26

表 B2.17 第 4 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	0.039	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
Pi=0		0	0	0	1	4	6	9	13
Pi-Pj >1/N		15	16	12	16	16	16	21	23

表 B2.18 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

表 B2.19 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

表 B2.20 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

表 B2.21 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

表 B2.22 第 4 季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	0.041	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
Pi=0		0	0	1	1	5	6	11	10

$ P_i - P_j > 1/N$	10	9	13	15	15	21	17	27
---------------------	----	---	----	----	----	----	----	----

附錄 C 花蓮港實測週期資料分析

一、每月之週期資料分析

表 C1.1 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

表 C1.2 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

表 C1.3 1 月波浪資料評估分組組數的各種指標($1.0m < H_s < 1.5m$)

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

表 C1.4 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

表 C1.5 2 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	0.0845	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

表 C1.6 2 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	0.06	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

表 C1.7 2 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	0.0846	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

表 C1.8 3 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	0.0845	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

表 C1.9 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

表 C1.10 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

表 C1.11 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

表 C1.12 4 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	0.0557	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

表 C1.13 5 月波浪資料評估分組組數的各種指標($H_s < 0.5\text{m}$)

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

表 C1.14 5 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	0.0658	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
------	---	---	---	---	---	----	----	----

表 C1.15 5 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	0.0818	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

表 C1.16 6 月波浪資料評估分組組數的各種指標($H_s < 0.5\text{m}$)

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

表 C1.17 6 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	0.0985	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

表 C1.18 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

表 C1.19 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

表 C1.20 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

表 C1.21 7 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	0.0477	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

表 C1.22 8 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	0.1144	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

表 C1.23 8 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	0.0678	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

表 C1.24 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

表 C1.25 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

表 C1.26 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

表 C1.27 9 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	0.0569	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

表 C1.28 9 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	0.0827	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

表 C1.29 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

表 C1.30 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

表 C1.31 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
------	---	---	---	---	---	----	----	----

表 C1.32 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

表 C1.33 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

表 C1.34 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

表 C1.35 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

表 C1.36 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

表 C1.37 11 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	0.0642	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

表 C1.38 11 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	0.0603	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

表 C1.39 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

表 C1.40 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

表 C1.41 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

表 C1.42 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

表 C1.43 12 月波浪資料評估分組組數的各種指標($1.0m < H_s < 1.5m$)

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

表 C1.44 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

表 C1.45 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

二、每月不分區間之週期資料分析

表 C2.1 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

表 C2.2 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

表 C2.3 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

表 C2.4 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

表 C2.5 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

表 C2.6 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

表 C2.7 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

表 C2.8 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

表 C2.9 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

表 C2.10 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

表 C2.11 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

表 C2.12 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

三、每季之週期資料分析

表 C3.1 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

表 C3.2 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

表 C3.3 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

表 C3.4 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

表 C3.5 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

表 C3.6 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

表 C3.7 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

表 C3.8 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

表 C3.9 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

表 C3.10 第 3 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	0.1144	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

表 C3.11 第 3 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	0.0926	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

表 C3.12 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

表 C3.13 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

**表 C3.14 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

表 C3.15 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

表 C3.16 第 4 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	0.0635	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

表 C3.17 第 4 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	0.0733	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

表 C3.18 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

表 C3.19 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

表 C3.20 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

表 C3.21 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

表 C3.22 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

表 C3.23 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

表 C3.24 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