

國立交通大學土木工程研究所

碩士論文

花蓮海域波浪之週期分佈及其統計特性研究

Wave-period distribution and statistics
at the Hua-lien waters



指導教授：張憲國博士

研究生：蔡弘偉

中華民國九十五年七月

花蓮海域波浪之週期分佈及其統計特性研究

研究生：蔡弘偉

指導教授：張憲國 博士

國立交通大學土木工程研究所

摘要

本研究針對花蓮港外 2004 年實測的波壓器原始資料，經波壓轉換以及零上切之後所得之週期，計算其與 Erlang、Gamma、Rayleigh、Longuet-Higgins 各分佈理論之間的均方根誤差(MSE)、相關性(R^2)，以及判斷是否為雙峰直方圖與離島形直方圖，評估其最適之理論分佈與直方圖最佳分組組數。並以實測波浪壓力訊號資料所計算出的頻譜矩(spectral moment)，推算出 Erlang 理論中的參數 α 、 λ 及 T_s ，再以其推估 Erlang 理論中的示性週期、平均週期，與實際波浪資料的示性週期、平均週期比較，討論理論週期統計參數與實際週期統計參數之間的相關性以及正確性。

本文發現不論在全年、每季或是每月的波浪資料中，在示性波高大於 1.5m 的區間所對應的週期資料，其最適之理論分佈為 Erlang 分佈，在示性波高小於 1.5m 的區間，其最適之理論分佈為 Longuet-Higgins 分佈。在不分區間的波浪週期資料方面，則以 Normal 分佈與機率密度直方圖的吻合度較佳。而任一區間內的波浪資料，其最佳分組組數均為 7 組。

而本文所提出之季節性 Erlang 理論參數經驗公式，藉由頻譜矩 T_{01} 計算出 Erlang 理論示性週期以及平均週期所需之參數，可大略地推算其理論週期統計參數，此結果可做為波浪統計上以及海岸工程上的應用參考。

Wave-period distribution and statistics at the Hua-lien waters

Author : Hung-Wei Tsai

Advisor : Dr. Hsien-Kuo Chang

Institute of Civil Engineering National Chiao Tung University

ABSTRACT

In this study, Erlang, Gamma, Rayleigh, and Longuet-Higgins distribution were chosen to examine the best distribution of wave period among these four distributions for the field data in the whole year 2004 at the Hua-lien waters using four criteria that are the root mean square error, determinant coefficient, the double-peaked distribution and the isolated peaked distribution. Meanwhile five to seven groups are the most suitable number of histogram of wave period of each data.

The predicted significant period and average period are theoretically derived using the first and second moment of the spectrum of the Erlang distribution. For every data set Erlang distribution is the best approach to the wave period distributions when the significant wave height is over 1.5m. Otherwhile the significant wave height is smaller than 1.5m, Longuet-Higgins distribution is the best wave period distributions. However, the significant wave periods of one-month, quarter-month, and one year are also examined to best fit the Normal distribution.

誌謝

兩年了，終於輪到我寫誌謝了，首先得感謝張憲國教授的悉心教誨，啟發了我學習以及處事上應有的態度及精神，讓我能夠在這學習過程中得到獨立思考的能力，這篇論文才能在兩年內順利完成。

作研究的這段期間，感謝已經畢業很會喝酒的勁成學長、即將畢業常被爆頭的立青學長、應該會很快畢業很喜歡爆人家頭的蔚瑋學長、在當兵的昀達及俊杰、都在打電動的阿光、很多人倒追的明揚、女性朋友很多的俊銘的陪伴與協助，希望大家畢業後都可以一帆風順。還有，在我爆肝寫論文的期間，不斷在我前面、後面、隔壁一直打電動的景鉅、明璋、彥廷，沒有你們的刺激，我自己都不曉得我還有那麼多的潛力，記住，明年或後年你們就知道怎麼死的了。

最後的感謝要留給我的家人跟女友，老爸、老媽、老姊、大哥、二哥、宣汝，文字無法描述出我對你們的心意，但我相信你們可以了解。沒有你們，就沒有我，也沒有這篇論文。



目錄

花蓮海域波浪之週期分佈及其統計特性研究.....	ii
Wave-period distribution and statistics.....	iii
at the Hua-lien waters.....	iii
誌謝.....	iv
目錄.....	v
圖目錄.....	viii
表目錄.....	x
符號表.....	xix
第一章 緒論.....	1
1-1 研究動機.....	1
1-2 研究目的.....	1
1-3 文獻回顧.....	2
1-4 文章結構.....	3
第二章 波浪週期資料收集與分析方法.....	5
2-1 測站背景資料.....	5
2-2 資料格式.....	6
2-3 統計分析.....	6
2-4 頻譜分析.....	10



2-5 波浪週期的理論分佈	10
2-5-1 Longuet-Higgins 分佈	10
2-5-2 Rayleigh 分佈	11
2-5-3 Gamma 分佈	11
2-5-4 Erlang 分佈	12
第三章 波浪資料分析	13
3-1 機率密度直方圖最佳組數	13
3-1-1 全年週期資料分析結果	18
3-1-2 每季波浪資料分組組數分析	24
3-1-3 月份資料分組組數分析	25
3-2 分析結果討論	26
第四章 季節性 Erlang 理論參數經驗公式之建立	27
第五章 週期之季節性統計分析	33
5-1 月份統計特性	33
5-2 每季統計特性	37
5-3 全年統計特性	40
5-4 統計特性分析結果	40
第六章 結論與建議	44
6-1 結論	44

6-2 建議	45
參考文獻.....	46
附錄 1 2004 年 1 月至 12 月波浪資料分組組數分析結果	48
附錄 2 2004 年第 1 季至第 4 季波浪資料分組組數分析結果 ...	75



圖目錄

圖 2-1 花蓮港地理位置示意圖	5
圖 2-2 一般波浪理論所定義之示性週期與 Erlang 理論所定 義之示性週期關係圖	8
圖 2-3 示性波高與一般波浪理論所定義之示性週期之關係圖	9
圖 2-3 示性波高與 Erlang 理論所定義之示性週期之關係圖	9
圖 3-1 離島型直方圖	16
圖 3-2 雙峰型直方圖	16
圖 3-3 波浪週期分析流程圖	17
圖 4-1 α/λ 與 \bar{T} 之關係圖	28
圖 4-2 α/λ 與 T_{01} 之關係圖(2004 年 8 月)	30
圖 4-3 α/λ 與 T_{01} 之關係圖(2004 年第 3 季)	30
圖 4-4 α/λ 與 T_{01} 之關係圖(2004 年全年)	31
圖 4-5 T_s 與理論平均週期 \bar{T}^E 之關係圖(2004 年 8 月)....	31
圖 4-6 T_s 與理論平均週期 \bar{T}^E 之關係圖(2004 年第 3 季)..	32
圖 4-7 T_s 與理論平均週期 \bar{T}^E 之關係圖(2004 年全年)....	32
圖 5-1 理論與推估示性週期之關係圖(2004 年 8 月)	35
圖 5-2 理論與推估示性週期之關係圖(2004 年 9 月)	35

圖 5-3 理論與推估平均週期之關係圖(2004 年 8 月)	36
圖 5-4 理論與推估平均週期之關係圖(2004 年 9 月)	36
圖 5-5 理論與推估示性週期之關係圖(2004 年第 3 季) ..	38
圖 5-6 理論與推估示性週期之關係圖(2004 年第 4 季) ..	38
圖 5-7 理論與推估平均週期之關係圖(2004 年第 3 季) ..	39
圖 5-8 理論與推估平均週期之關係圖(2004 年第 4 季) ..	39
圖 5-9 理論與推估示性週期之關係圖(2004 年)	42
圖 5-9 理論與推估示性週期之關係圖(2005 年)	42
圖 5-11 理論與推估平均週期之關係圖(2004 年)	43
圖 5-12 理論與推估平均週期之關係圖(2005 年)	43



表目錄

表 3-1 評估分組組數的各種指標 ($H_s < 0.5m$)	20
表 3-2 評估分組組數的各種指標 ($0.5m < H_s < 1.0m$)	20
表 3-3 評估分組組數的各種指標 ($1.0m < H_s < 1.5m$)	21
表 3-4 評估分組組數的各種指標 ($1.5m < H_s < 2.0m$)	21
表 3-5 評估分組組數的各種指標 ($2.0m < H_s < 3.0m$) ...	22
表 3-6 評估分組組數的各種指標 ($3.0m < H_s$)	22
表 3-7 評估分組組數的各種指標 (2004 年全年週期資料)	
.....	23
附錄 1-1 1 月波浪資料評估分組組數的各種指標 ($H_s < 0.5m$)	
.....	48
附錄 1-2 1 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
($0.5m < H_s < 1.0m$)	48
附錄 1-3 1 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
($1.0m < H_s < 1.5m$)	49
附錄 1-4 1 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
($1.5m < H_s < 2.0m$)	49
附錄 1-5 2 月波浪資料評估分組組數的各種指標 ($H_s < 0.5m$)	
.....	50

附錄 1-5 2 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(0.5m<Hs<1.0m)	50
附錄 1-6 2 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.0m<Hs<1.5m)	51
附錄 1-7 3 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(0.5m<Hs<1.0m)	52
附錄 1-8 3 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.0m<Hs<1.5m)	52
附錄 1-9 4 月波浪資料評估分組組數的各種指標(Hs<0.5m)	
.....	53
附錄 1-10 4 月波浪資料評估分組組數的各種指標(0.5m	
<Hs<1.0m)	53
附錄 1-11 4 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.0m<Hs<1.5m)	54
附錄 1-12 5 月波浪資料評估分組組數的各種指標(Hs<0.5m)	
.....	55
附錄 1-13 5 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(0.5m<Hs<1.0m)	55
附錄 1-14 5 月波浪資料評估分組組數的各種指標	

(1.0m<Hs<1.5m).....	56
附錄 1-15 6 月波浪資料評估分組組數的各種指標(Hs<0.5m)	
.....	57
附錄 1-16 6 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(0.5m<Hs<1.0m).....	57
附錄 1-17 6 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.0m<Hs<1.5m).....	58
附錄 1-18 6 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.5m<Hs<2.0m).....	58
附錄 1-19 6 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(2.0m<Hs<3.0m).....	59
附錄 1-20 7 月波浪資料評估分組組數的各種指標(Hs<0.5m)	
.....	60
附錄 1-21 8 月波浪資料評估分組組數的各種指標(Hs<0.5m)	
.....	61
附錄 1-22 8 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(0.5m<Hs<1.0m).....	61
附錄 1-23 8 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.0m<Hs<1.5m).....	62

附錄 1-24 8 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.5m<Hs<2.0m)	62
附錄 1-25 8 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(2.0m<Hs<3.0m)	63
附錄 1-26 9 月波浪資料評估分組組數的各種指標(Hs<0.5m)	
.....	64
附錄 1-27 9 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(0.5m<Hs<1.0m)	64
附錄 1-28 9 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.0m<Hs<1.5m)	65
附錄 1-29 9 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.5m<Hs<2.0m)	65
附錄 1-30 9 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(2.0m<Hs<3.0m)	66
附錄 1-31 10 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(0.5m<Hs<1.0m)	67
附錄 1-32 10 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.0m<Hs<1.5m)	67
附錄 1-33 10 月波浪資料評估分組組數的各種指標	

(1.5m<Hs<2.0m)	68
附錄 1-34 10 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(2.0m<Hs<3.0m)	68
附錄 1-35 10 月波浪資料評估分組組數的各種指標(3.0m<Hs)	
.....	69
附錄 1-36 11 月波浪資料評估分組組數的各種指標(Hs<0.5m)	
.....	70
附錄 1-37 11 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(0.5m<Hs<1.0m)	70
附錄 1-38 11 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.0m<Hs<1.5m)	71
附錄 1-39 11 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.5m<Hs<2.0m)	71
附錄 1-40 12 月波浪資料評估分組組數的各種指標(Hs<0.5m)	
.....	72
附錄 1-41 12 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(0.5m<Hs<1.0m)	72
附錄 1-42 12 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.0m<Hs<1.5m)	73

附錄 1-43 12 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.5m<Hs<2.0m)	73
附錄 1-44 12 月波浪資料評估分組組數的各種指標	
(2.0m<Hs<3.0m)	74
附錄 2-1 第 1 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(Hs<0.5m)	75
附錄 2-2 第 1 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(0.5m<Hs<1.0m)	75
附錄 2-3 第 1 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.0m<Hs<1.5m)	76
附錄 2-4 第 1 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.5m<Hs<2.0m)	76
附錄 2-5 第 2 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(Hs<0.5m)	77
附錄 2-6 第 2 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(0.5m<Hs<1.0m)	77
附錄 2-7 第 2 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.0m<Hs<1.5m)	78
附錄 2-8 第 2 季波浪資料評估分組組數的各種指標	

(1.5m<Hs<2.0m)	78
附錄 2-9 第 2 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(2.0m<Hs<3.0m)	79
附錄 2-10 第 3 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(Hs<0.5m)	80
附錄 2-11 第 3 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(0.5m<Hs<1.0m)	80
附錄 2-12 第 3 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.0m<Hs<1.5m)	81
附錄 2-13 第 3 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.5m<Hs<2.0m)	81
附錄 2-14 第 3 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(2.0m<Hs<3.0m)	82
附錄 2-15 第 3 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(3.0m<Hs)	82
附錄 2-16 第 4 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(Hs<0.5m)	83
附錄 2-17 第 4 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(0.5m<Hs<1.0m)	83

附錄 2-18 第 4 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.0m<Hs<1.5m)	84
附錄 2-19 第 4 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(1.5m<Hs<2.0m)	84
附錄 2-20 第 4 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(2.0m<Hs<3.0m)	85
附錄 2-21 第 4 季波浪資料評估分組組數的各種指標	
(3.0m<Hs)	85
附錄 2-22 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	86
附錄 2-23 第 1 季不分區間之波浪資料評估分組組數的各種 指標	86
附錄 2-24 第 4 季不分區間之波浪資料評估分組組數的各種 指標	87
附錄 2-25 1 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標	87
附錄 2-26 2 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標	88
附錄 2-27 3 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標	

.....	88
附錄 2-28 4 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標	
.....	89
附錄 2-29 5 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標	
.....	89
附錄 2-30 6 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標	
.....	90
附錄 2-31 7 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標	
.....	90
附錄 2-32 8 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標	
.....	91
附錄 2-33 9 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標	
.....	91
附錄 2-34 10 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指 標.....	92
附錄 2-35 11 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指 標.....	92
附錄 2-36 12 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指 標.....	93



符號表

\bar{T}		實際波浪資料之平均週期
\bar{T}^E		Erlang 理論之平均週期
\bar{T}^P		以頻譜矩推算之 Erlang 理論平均週期
T_{SP}		以頻譜矩推算之 Erlang 理論示性週期
T_{ST}		Erlang 理論示性週期
T_{SE}		Erlang 理論統計示性週期
T_S^T		統計示性週期
T_S		Erlang 理論統計週期參數
T_{01}		以頻譜矩計算之平均週期
α		Erlang 理論參數
λ		Erlang 理論參數
R^2		各理論分佈與直方圖之間的相關性
MSE		各理論分佈與直方圖之間的均方根誤差
Pi		離島型直方圖出現次數
Peak		雙峰型直方圖出現次數

第一章 緒論

1-1 研究動機

實際的海洋波浪是一種複雜的波動現象，如何對各種不定的海象狀況有更多的瞭解，一直是相關學者努力研究的目標。另外，花蓮港建港完成後，防波堤對季風波浪雖已發揮其防波與消波功能，然而對夏季颱風波浪的作用，遮蔽效果仍然有限，以致受颱風長週期波浪侵襲時，全港區即有發生水位抬升，港池盪漾，波浪增大的現象，因而造成碼頭設施的破壞。此港池盪漾發生的原因，是由於當各種不同頻率的波浪進入港池，當波浪的頻率與港池的自然振動頻率相同時會產生共振，致使港池內某位置上發生波高異常增大的情形，造成港內水域不穩定。而對於碼頭設施的破壞原因方面，就不同週期來看，在外海的短週期波浪，到達港口時，其波能已降到為外海的一半，進港後受到防波堤結構物的遮蔽，透水能量消散及地形摩擦的影響，其能量會迅速減衰；相對的長週期波在外海時本來較不明顯，但到達外港口時，可能因海岸邊界及地形效應的影響而使得波能增大，不易因防波堤結構物而使得能量減少，故港池共振及破壞的原因以長週期波浪的影響較大。

對工程設計而言，週期會影響波浪水粒子流速及壓力分佈，因此週期大小為設計結構物相當重要的因子。而實際波浪為一種紛擾現象，各種週期發生的機率不同，相對的波高亦不同，一般而言長週期波浪存在的可能之波高較高，對結構物之破壞亦較大。以往學者較偏重於區域波高的討論，對於各種波浪的週期現象並無較完全的討論及描述，若能更確知週期分佈的特性，對於海洋資源的開發、海岸工程的規畫設計方面，以及相關的研究工作都具有一定的價值。

1-2 研究目的

本文將以花蓮港外 2004 年實測的波壓器原始資料，經波壓轉換以及零上切之後所得之週期，透過不同的分組方式及應用理論函數分析，以更近似週期分佈的機率密度函數來描述週期資料。並試著以頻譜矩理論中的參數推算出與波浪週期相關之理論統計值，了解理論與

實際波浪週期之間的關係，以期瞭解該海域的波浪週期季節性統計特性。綜合以往文獻回顧的研究，整理出本研究之方法，期望達成以下的研究目的：

1. 計算實際週期與 Erlang、Gamma、Rayleigh、Longuet-Higgins 各分佈理論之間的均方根誤差(MSE)以及決定係數(R^2)，以及判斷是否為雙峰直方圖與離島形直方圖，決定直方圖最佳分組組數。

2. 分析實際波浪資料中，以何種分佈與機率密度直方圖的分析結果較佳。

3. 以實測波浪壓力訊號資料所計算出的頻譜矩(spectral moment)，推算出 Erlang 理論中的參數(α 、 λ)及 T_s ，再以此參數推估 Erlang 理論中的週期統計參數，與實際波浪資料的所計算之 Erlang 理論中的週期統計參數比較後，討論理論週期統計參數與實際週期統計參數之間的相關性以及正確性。以期建立一快速方法，計算週期理論分佈之統計值。



1-3 文獻回顧

關於自然波浪的週期機率分佈，在近數十年來，學者曾提出以下的幾種理論，Lord Rayleigh (1952)提出 Rayleigh 分佈，而此分佈經由 Longuet-Higgins 於 1952 年藉著 Rice (1944, 1945)有關隨機雜訊(random noise)的理論證明：如果水面的變化是常態分佈，且波譜也符合窄頻條件的話，那麼風波場裡的週期分佈，就可以用 Rayleigh 模式來描述。如果波形記錄之時間序列具有窄譜的統計特性，即表示波能主要集中於某一頻率附近。根據週期與振幅的關係，又將波動振幅的機率密度換算成週期的機率密度。Bretschneider (1959)亦曾提出週期的平方成 Rayleigh 分佈的建議。

然而，實際的波高與週期之間有間接的相關性存在，波高大者週期亦較大，當波高小於平均波高時，兩者之間的相關性更高。在波高與週期的聯合分佈相關理論方面，Longuet-Higgins (1975)曾在基於狹帶譜(narrow-band spectrum)的假設下，應用線性高斯分佈(Gaussian

distribution)模式提出一理論聯合機率函數，對其函數的週期積分可以得到 Rayleigh 分佈的波高機率密度函數，對波高積分可以得到週期的機率密度函數。Cavanie 等(1976)同樣基於狹帶高斯模式，採用 4 階波譜密度動差(moment of spectral density)定義譜寬參數(spectral width parameter)，推導出波高週期的聯合分佈，可描述週期的不對稱性，但因其採用的譜寬參數高達 4 階動差，在實用性上較不易使用。Longuet-Higgins (1983) 修正其原先理論分佈的缺失，採用低階的譜寬參數，同樣在狹帶假設下，提出可描述週期不對稱性的簡單理論分佈，供實際應用使用。Goda (1978)、Forristall (1978,1984)、Tayfun (1990) 將 Longuet-Higgins 理論的推測結果與實測波浪資料比較後發現 Longuet-Higgins 理論在大波高區域內無法有效描述實際波浪的分佈情形，會有高估波高或低估週期的誤差存在。Tayfun 等(1993)以大波高的邊際密度(marginal density)與對應週期之條件密度(conditional density)兩者的乘積，來表示大波高區的波高週期聯合分佈，並與實測波浪資料相互驗證，可以得到相當吻合的結果。而陳等(1995)在彰化海域波高與週期聯合分佈之研究中發現，Longuet-Higgins 聯合分佈理論在大波高區會出現高估波高及低估週期的誤差，而 Tayfun 理論推估在大波高區的波高週期聯合分佈，會得到較佳的結果。

Erlang (1917) 提出 Erlang 分佈理論，為 Gamma 分佈中的特殊分佈理論，Erlang 分佈理論將 Gamma 分佈理論中的形狀參數(α)四捨五入取整數後分析，其分佈理論有著以下的特性：當 Erlang 分佈中的變數 λ 為 1 時，Erlang 分佈 會趨近於指數分佈；變數 λ 越來越大時，Erlang 分佈就會接近一個常態分佈。Nair 等(2002) 提出將 Erlang 分佈應用在波浪週期分佈上，提出平均週期、示性週期、平均最大週期、出現頻率最多的最大週期及週期極值等 5 個理論值，與實際波浪資料比較後，證明 Erlang 分佈應用在波浪週期上之正確性。

1-4 文章結構

本文第一章為緒論，主要在說明研究方法與動機以及文獻回顧；第二章將對波浪觀測與調查方法以及 Erlang、Gamma、Rayleigh、Longuet-Higgins 各分佈理論分佈作簡要的敘述；第三章說明波浪資料

蒐集後各區間的最適分佈以及最佳分組組數各項評估參數之定義以及評估流程，並討論其評估後之結果；第四章將就頻譜矩 T_{01} 與 Erlang 理論分佈中的參數 α 、 λ 以及 T_s 之間作經驗公式之推導，第五章則以全年、每季以及月份的波浪資料作季節性推估及理論週期統計分析之結果進行討論；第六章則為結論與建議。



第二章 波浪週期資料收集與分析方法

2-1 測站背景資料

花蓮港位於台灣東部，面臨太平洋，背倚中央山脈，地處花蓮市東北方，為東部唯一國際港，花蓮港於民國 19 年開始建設，歷經日本人的建設，及臺灣光復後政府的四次擴建，使有今日的規模。花蓮港是一個以東西防波堤環抱而成之人工港，沒有自然峽灣及灣澳的遮蔽，其內港水深 6.5 公尺；花蓮港附近地理位置如圖 2-1 所示。



圖 2-1 花蓮港地理位置示意圖

2-2 資料格式

本研究主要分析的資料交通部運輸研究所台中港灣技術研究中心所提供之花蓮港 2000~2005 年實測的波壓器原始資料，波壓器每小時取樣約 17 分鐘，取樣頻率為 2Hz，每小時共收集 2048 筆壓力訊號資料。本研究之測站位置位於花蓮港東防波堤往南延長 380 公尺、水深 34 公尺處，設置儀器為挪威 NORTEK 公司所製之波壓計，此儀器可將剖面海流與表面波浪即時傳送至監測系統，主要收集資料項目為波高、週期以及波向。

2-3 統計分析

波浪為港灣及海洋工程之主要外力，調查時必須測定其波高、週期及波向等三項數據，本研究分析的波浪資料，所採用的調查儀器為壓力式波高計。壓力式波高計調查波浪資料的原理為：海底的水壓力，會因波浪作用而產生週期變化。壓力式波高計量測海底或水中特定水深處的水壓力變化，再扣除儀器所在深度的靜水壓後，利用動壓與自由表面水位變化的關係，換算為水位的時間變化，也就是透過波浪引發的動壓反推波浪的波形特性。為了獲得水面的波形紀錄，需利用動壓與自由表面水位變化間的關係，由動壓紀錄反推水位的時間變化。值得注意的地方是，其間也包含了壓力式波高計在固定水深處所無法感應到的高頻波。該高頻部分的能量雖然不大，但應可被視為雜訊處理。由於轉換並未加上任何限制，如果對於頻譜中此一高頻部分進行轉換的話，則可能使得雜訊的成分被過度放大，而影響到波形的品質。

計算波浪週期時，需先將原始壓力資料經快速傅立葉（FFT）轉換成壓力頻譜，此一轉換將獲得 1024 個成分波的能量分布。再透過式(2-1)中之壓力轉換函數(pressure transfer function)，將壓力頻譜轉換成水位頻譜，此水位頻譜經過反快速傅立葉轉換後，即可得到水位之時序值。將壓力頻譜轉換成水位頻譜，此水位頻譜經過反快速傅立葉轉換後，即可得到水位訊號。

$$\frac{p}{\gamma} = K_p \eta - z \quad (2-1)$$

$$K_p = \cosh k(h+z)/\cosh kh \quad (2-2)$$

式(2-2)稱為壓力轉換函數(pressure transfer function)， p 為波壓， γ 為海水比重， η 表示水位， z 與 h 則分別代表儀器距水面之高程及水深。由於數據較多，且計算繁雜，因此本研究將量測資料以 Neumeier 撰寫名稱為 pr_corr 之程式，於 MATLAB 軟體執行轉換，即可將壓力資料轉換為水位訊號。

一般在波高與週期的統計中是利用零上切法來找出波高與週期。零切法又可分為零上切法(zero-up-crossing)與零下切法(zero-down-crossing)。沿著水面變化曲線尋找一相交於零水位面的點，如其曲線走向向上，此點可視為一個波的起點即零上切點，然後隨著不規則水面線的起伏，直到水面變化線由下往上穿過零水位面時，可尋得下一個零上切點，該點可定義為第一個波的終點亦是第二個波的起點。此即為零上切法；反之尋找曲線相交於零水位面的零下切點則為零下切法。Goda (1985)認為，在統計上兩個方法所得的結果可視為相同。而本研究是以零上切法由記錄中找出波高及週期之後，討論週期之波浪統計參數並找出該取樣點處的週期，並利用統計的方法可得到週期分佈的機率密度直方圖。

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

圖 2-2 之橫座標為利用 2004 年全年的波浪資料統計後所得的示性週期，縱軸為 Nair 等所提出之示性週期。由圖 2-2 可看出大部分

的數據值落點於 $Y = 0.9395 X - 0.5845$ 的最佳迴歸線附近，其相關係數達到 0.9788。

圖 2-3 之橫座標為利用 2004 年全年的波浪資料統計後所得的示性週期，縱軸為統計後所得之示性波高。圖 2-4 之橫座標為利用 2004 年全年的波浪資料以 Nair 等提出的方式所統計之示性週期，縱軸為統計後所得之示性波高。由圖 2-3 以及 2-4 比較後可以發現，Nair 等提出示性週期與示性波高之間的相關性達到 0.6943，優於一般波浪理論示性週期與示性波高之間的相關性。

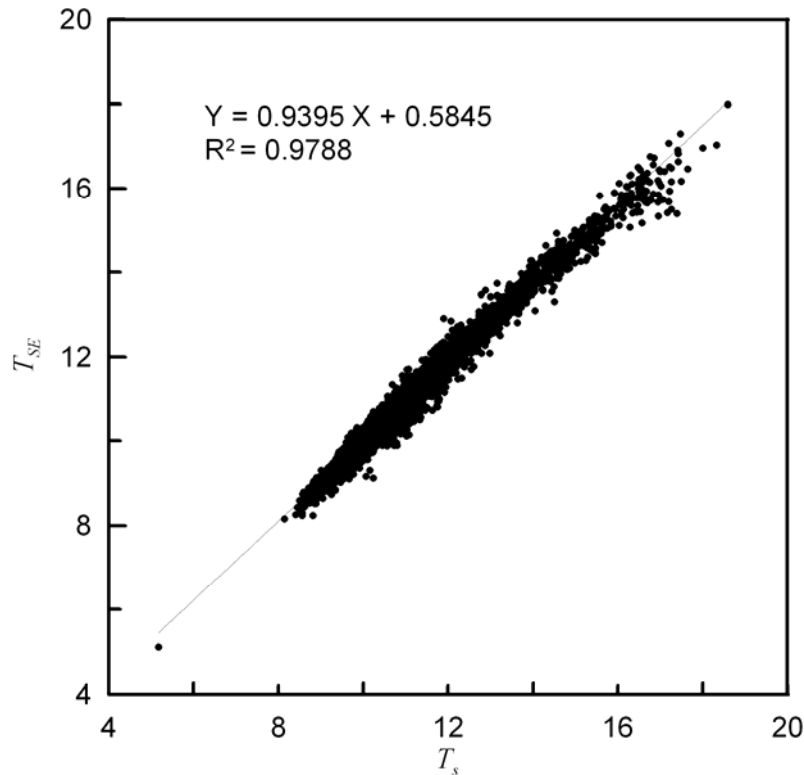


圖 2-2 一般波浪理論所定義之示性週期與 Erlang 理論所定義之示性週期關係圖

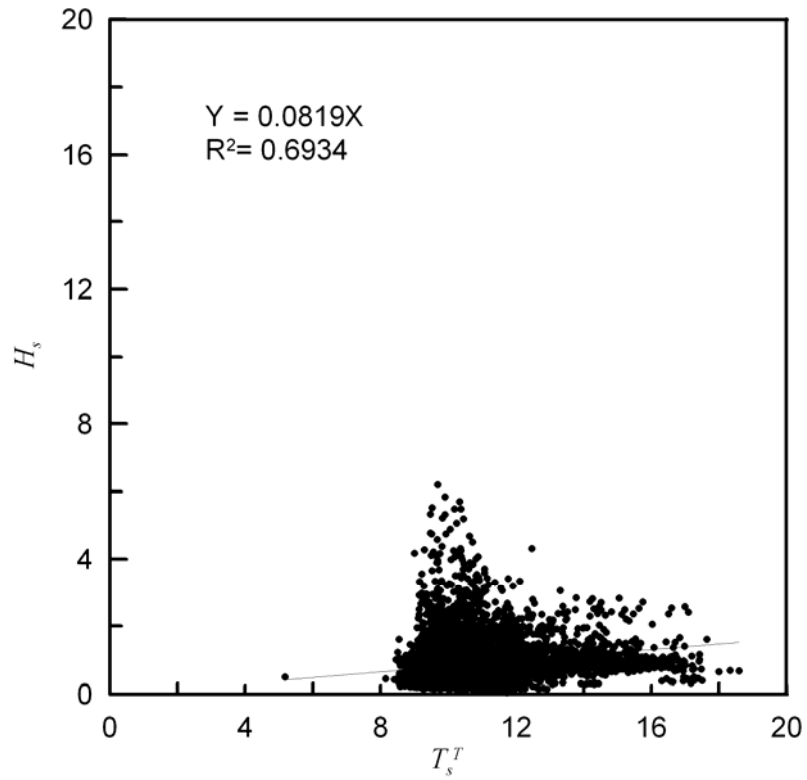


圖 2-3 示性波高與一般波浪理論所定義之示性週期之關係圖

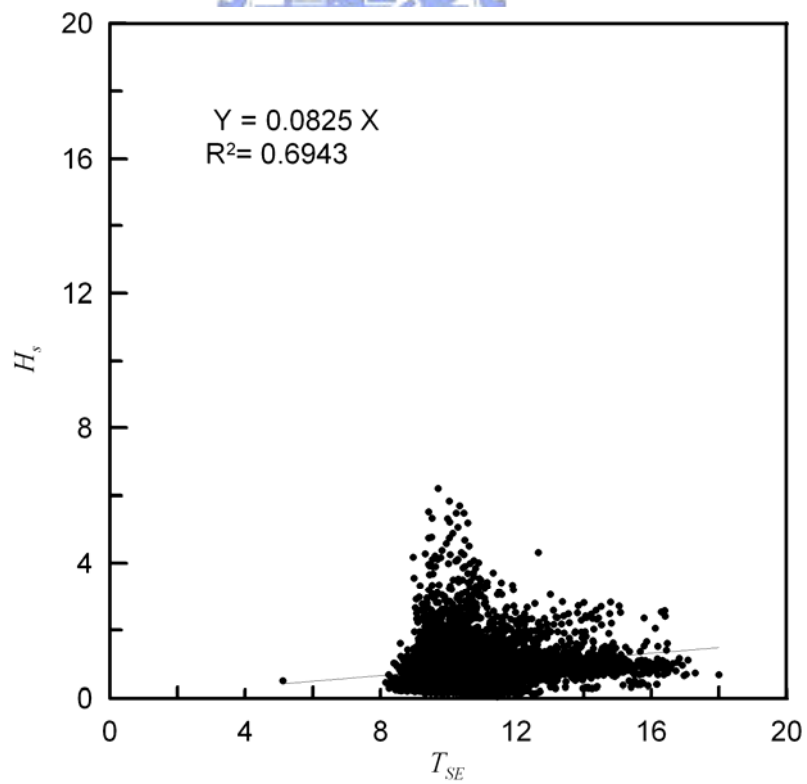


圖 2-3 示性波高與 Erlang 理論所定義之示性週期之關係圖

2-4 頻譜分析

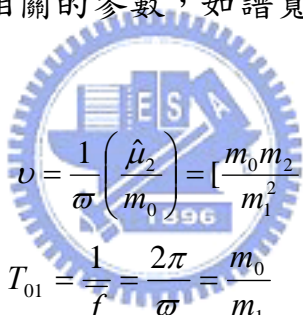
頻譜矩(spectral moment)是時間序列中最基本的參數。不但可以用來計算波浪參數如示性波高、平均波高等，還可以用來計算其它的頻譜參數如譜寬參數及譜峰集中度係數。其表示如式(2-3)：

$$m_n = \int_0^{\infty} f^n S(f) df \quad (2-3)$$

其中

$$S(f) = E[X(f)\bar{X}(f)] \quad (2-4)$$

f 為頻率 $E[\]$ 代表期望值 (樣本平均)， $X(f)$ 是水位訊號的 Fourier 係數， $\bar{X}(f)$ 為其共軛複數， m_n 為第 n 階的頻譜矩。又利用式中求出的頻譜矩亦可計算出許多相關的參數，如譜寬參數(γ)，平均週期(T_{01} 及 T_{02})，其定義分別如下：


$$\nu = \frac{1}{\sigma} \left(\frac{\hat{\mu}_2}{m_0} \right) = \left[\frac{m_0 m_2}{m_1^2} - 1 \right]^{1/2} \quad (2-5)$$

$$T_{01} = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{m_0}{m_1} \quad (2-6)$$

$$T_{02} = 1/N_0^* = (m_2/m_0)^{1/2} \quad (2-7)$$

2-5 波浪週期的理論分佈

本研究選擇往昔學者描述波浪週期的理論統計分佈，有 Longuet-Higgins 分佈、Rayleigh 分佈、Gamma 分佈以及 Erlang 分佈。各相關理論分佈分別介紹如下：

2-5-1 Longuet-Higgins 分佈

Longuet-Higgins(1975)在基於波高與週期間無相關性存在以及頻譜為窄頻的假設下提出如下的理論波高 H 與週期 T 的聯合機率密度函數，示如式(2-8)：

$$p(\chi, \tau) = \frac{dR}{d\chi} \left| \frac{d\dot{\phi}}{d\tau} \right| p(R, \dot{\phi}) = \frac{2a^3 \chi^2}{\sqrt{\pi\nu}} \exp \left\{ -a^2 \chi^2 \left[1 + \frac{(\tau-1)^2}{\nu^2} \right] \right\} \quad (2-8)$$

其中 $x = H/\sqrt{m_0}$ ，為波高的正規化， $\tau = T/\bar{T}$ ，為週期的正規化， R 為振幅， ϕ 為相位角， ν 為譜寬參數， a 為參數。式(2-8)對波高的積分後可以得到無因次化的週期邊際機率密度函數與週期的機率密度函數，示如式(2-9)及(2-10)：

$$p(\tau) = \frac{\nu^2}{2[\nu^2 + (\tau-1)^2]^{3/2}} \quad (2-9)$$

$$p(T) = \left| \frac{d\dot{\phi}}{dT} \right| p(\dot{\phi} | \chi) = \frac{\omega T_{02}}{2\pi T_{01}} \frac{\nu^2}{2[\nu^2 + (1 - \frac{T}{T_{01}})^2]^{3/2}} \quad (2-10)$$

2-5-2 Rayleigh 分佈

$P(x, \alpha)$ 為 Rayleigh 分佈的機率密度函數，示如式(2-11)：

$$P(x, \sigma) = \begin{cases} \frac{x}{\alpha^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, & x \geq 0, \sigma > 0 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (2-11)$$

其中 σ 為其參數。

2-5-3 Gamma 分佈

$P(x; \eta, \lambda)$ 為 Gamma 分佈的機率密度函數，示如式(2-12)：

$$P(x; \alpha, \lambda) = \begin{cases} \frac{\lambda^\alpha}{\Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\lambda x}, & x \geq 0, \alpha > 0, \lambda > 0 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \quad (2-12)$$

其中 $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx$ 為 Gamma 函數，Gamma 函數中的兩個參數計算方式，示如式(2-13)：

$$\hat{\lambda} = \frac{\bar{x}}{s^2}, \quad \alpha = \hat{\lambda}\bar{x} \quad (2-13)$$

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。當 $\alpha = 1$ 時，其分佈函數為指數分佈 (Exponential distribution)，亦是 Gamma 分佈的特例。

2-5-4 Erlang 分佈

Erlang 分佈為 Gamma 分佈中的特殊分佈理論，其機率密度函數與式(2-10)相同，但需對其函數中的參數 α 取整數。N.Unnikrishnan Nair 等 (2002) 提出將 Erlang distribution 應用在波浪週期，並推導出其理論週期統計參數。其理論示性週期的計算方法如式(2-14):

$$m(t) = t + \left[\frac{\lambda^{-1} \sum_{i=0}^{\alpha-1} \sum_{j=0}^i (\lambda t)^j / j!}{\sum_{i=0}^{\alpha-1} \frac{(\lambda t)^i}{i!}} \right] \quad (2-14)$$

其中 $t = T_s$ ， T_s 為週期統計值，其計算方式為將週期依大小排序後 ($T_1 < T_2 < T_3 \dots \dots \dots < T_n$)， n 為週期資料個數， T_s 為在 $2n/3$ 處所對應的週期值，若 $2n/3$ 為非整數，則取其整數部份；Erlang 分佈理論中的兩個參數 λ 、 α 計算方式示如式(2-15)：

$$\lambda = \frac{\bar{T}}{s^2}, \quad \alpha = \frac{\bar{T}^2}{s^2} \quad (2-15)$$

本研究使用最大概似法 (method of maximum likelihood) 來決定四種理論機率密度分佈函數中的參數，再依照這些參數求出理論的機率密度分佈模式。

第三章 波浪資料分析

3-1 機率密度直方圖最佳組數

波高或週期機率密度直方圖(histogram)可統計出波高或週期的發生機率，通常橫軸為波高或週期。直方圖繪製前必須先對波高或週期資料分組，其分組組數將影響到資料分析出來後的結果，當組數分得太少時，將無法有效的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。反之，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。根據統計學上的理論，合理的直方圖分組組數大小應至少要大於 5 組，而一般統計學上常用的分組方法有如下幾種：

(1) Sturges (史特吉斯) 法：

$$X = 1 + 3.322 \log(N) \quad (3-1)$$

其中 X 為分組組數， N 為資料次數或個數。

(2) Doane (唐恩) 法：

$$X = \sqrt{N} \quad (3-2)$$

其中 X 為 \sqrt{N} 最接近之整數值， N 為資料之次數或個數。

花蓮港波數範圍大略介於 70 至 150 個之間，根據上述兩種分組組數計算方法，可得到分組組數範圍大概為 7 至 12 組。為了得到較客觀的分析結果，本研究除了參考上述兩種分組分法外，尚加入了兩組數 5 組與 6 組一起併入計算，即分組範圍為 5 至 12 組。在週期機率分佈方面，本研究將每筆週期值依照 5 至 12 組的分組方法繪成機率密度直方圖。

本研究是以計算週期的機率密度直方圖與 Erlang、Gamma、Rayleigh、Longuet-Higgins 各分佈之間的均方根誤差(MSE)、決定係數(R^2)、判斷是否為雙峰直方圖 (Peak) 以及離島型直方圖 (Pi) 等 4 個參數，探討最適之機率分佈與週期分組組數的關係。各評估指標

計算方式如下：

(1) 誤差均方根(MSE)

在週期理論分佈的直方圖中，假設有 k 個分組區間， n_1, n_2, \dots, n_k 是實測資料確定的機率分佈模式中各個分組區間的機率值， e_1, e_2, \dots, e_k 是理論分佈模式中各個分組區間的機率值，則根據 MSE 計算公式：

$$MSE = \sqrt{\sum_{i=1}^k (e_k - n_k)^2 / (k - r)} \quad (3-3)$$

其中 r 為機率密度函數之自由度，各理論分佈的自由度如下：Gamma 分佈自由度為 2、Erlang 分佈自由度為 2、Rayleigh 分佈自由度為 1，Longuet-Higgins 分佈自由度為 2。

(2) 決定係數 (R^2 , determinant coefficient)

表示所輸入的應變數(dependent variable)的總變異量，能被迴歸模式所解釋的變異量百分比有多少。 R^2 值由 0 至 1， R^2 值越接近 1，表示所計算出的迴歸模式的適配度 (goodness-of-fit) 越好。

(3) 離島型直方圖(Pi)

離島型直方圖如圖 3-1 所示，是指直方圖出現兩個大小相差甚多之高峰，較低之高峰附近之機率密度為 0，在直方圖組數越多時，此情形越容易發生。本研究是以直方圖中的機率密度出現 0 時、將其判定為離島型直方圖。此型態的直方圖無法表現出資料特性，故在決定最佳組數時。需選擇 P_i 值較小的分組組數。

(4) 雙峰直方圖(Peak)

雙峰形直方圖如圖 3-2 所示，是指在數據分布範圍之中央有一低谷，而兩旁各有一高峰。本研究是以當各組距中的機率密度值與其下一組距的機率密度值，相減之後的絕對值大於分組組數倒數的情況出現兩次以上時，來判斷該筆資料在該分組下是否為雙峰直方圖。此型

態的直方圖會影響資料判讀的結果，故在決定最佳組數時。需選擇 Peak 值較小的分組組數。

根據港灣技術研究中心所提供之花蓮港波浪資料，其量測時間為 2000 年至 2005 年，其中 2000 年的波浪資料只有 8、9 兩月之資料；2001 波浪資料則缺少 1 至 7 月之資料；2002 年波浪資料雖有全年之資料，然而在 10 月至 12 月之量測資料，因格式雜亂，難以判讀；另外 2003 年，除了 9 月與 10 月無波浪資料紀錄外，1、2 月資料也皆無法判讀；2005 年波高資料則 11 月份之波浪資料形式無法判讀，因此本研究選取花蓮港 2004 年較完整之波浪資料，分別作每月、每季與全年之週期分佈統計分析。

本研究分析直方圖最佳組數的波浪資料中採用每月所觀測之波浪資料以每小時的示性波高 (H_s) 細分為 $H_s < 0.5m$ 、 $0.5m < H_s < 1.0m$ 、 $1.0m < H_s < 1.5m$ 、 $1.5m < H_s < 2.0m$ 、 $2.0m < H_s < 3.0m$ 、 $H_s > 3.0m$ ，分為 6 個範圍，每個區間的資料筆數大小不一，根據中央極限定理，在每區間中至少需 30 筆以上的週期資料來進行分析。本研究將每區間分為 5~12 組，計算不同組數之機率密度，以及各理論分佈與實測資料的平均 MSE 、 R^2 、 P_i 值、以及 Peak 值，以決定機率密度直方圖最佳組數，同時比較各理論分佈與實測資料間的決定係數以及均方根誤差，選擇出最佳的理論機率分佈模式。本研究評估最合適之直方圖分組之流程如圖 3-3 所示。

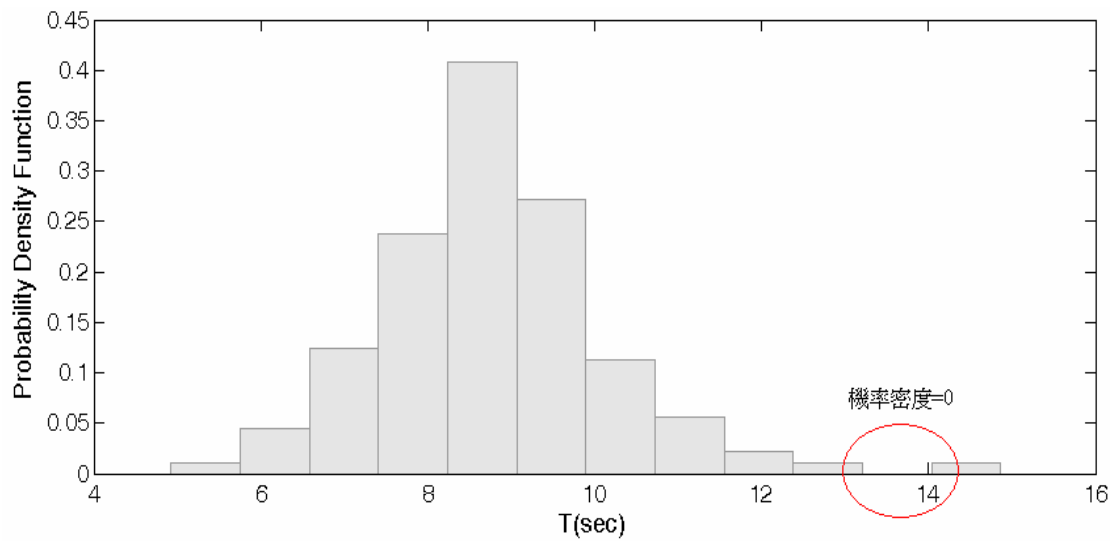


圖 3-1 離島型直方圖

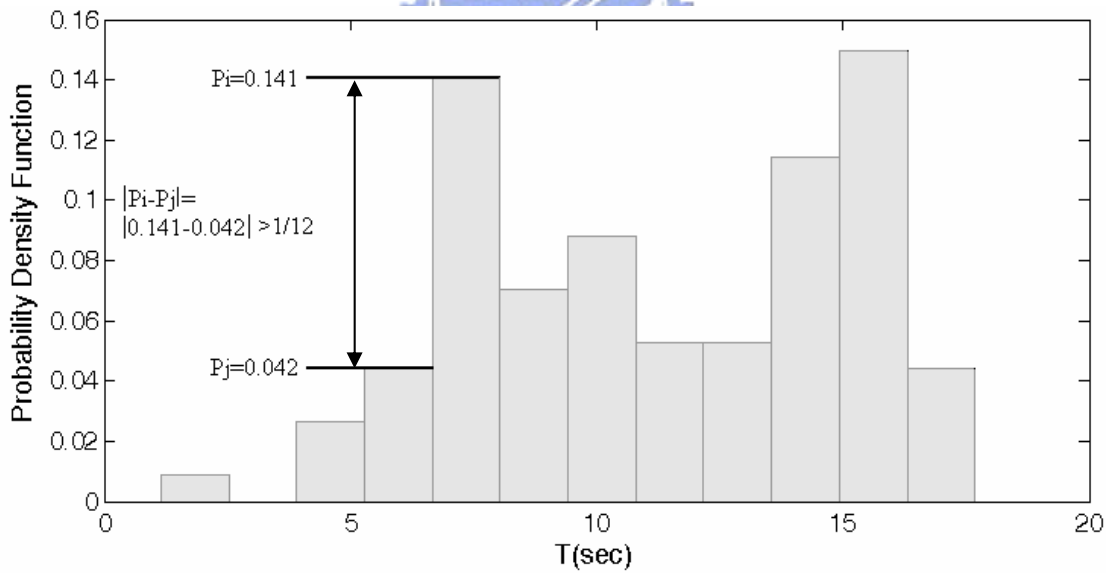


圖 3-2 雙峰型直方圖

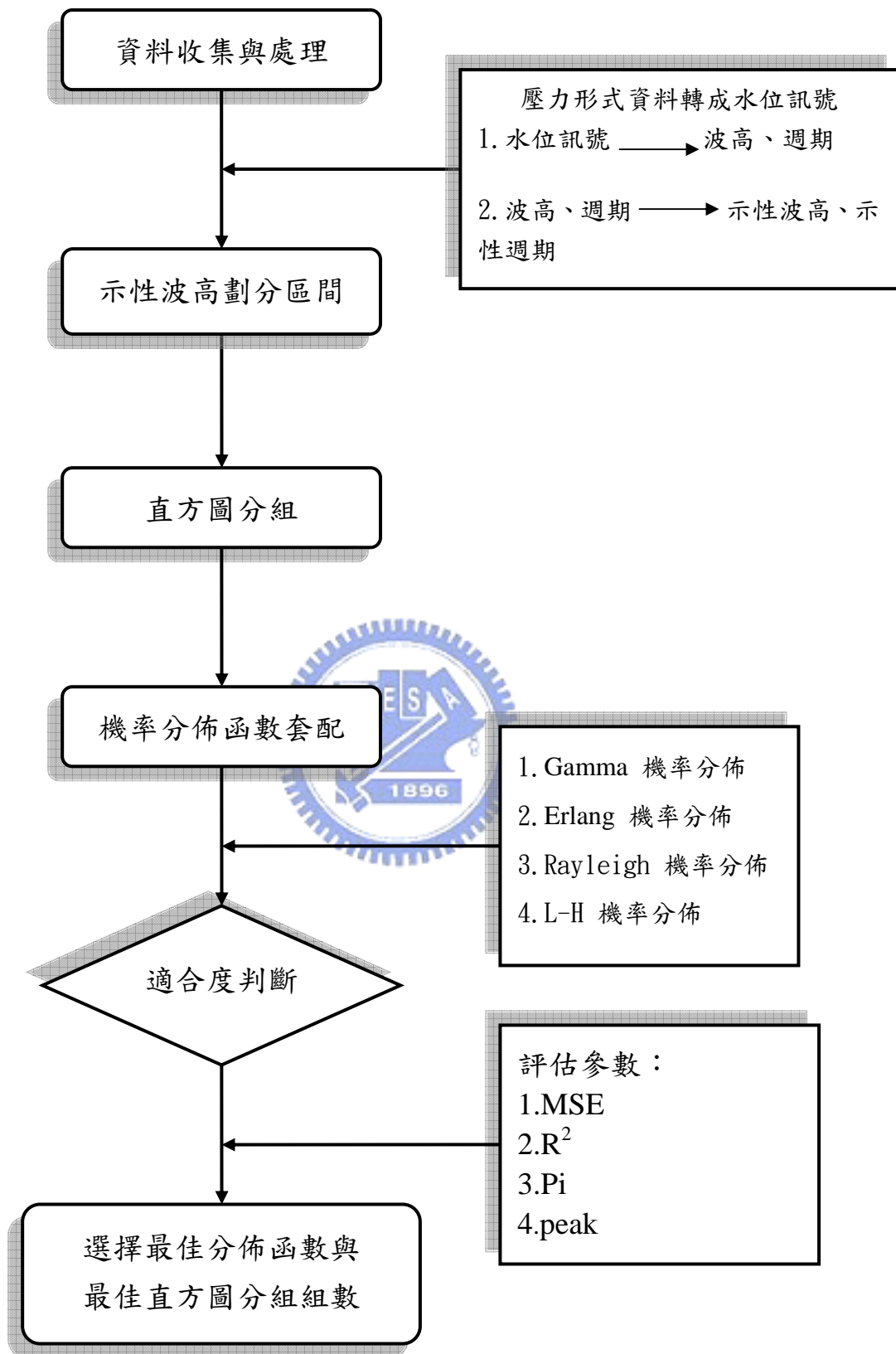


圖 3-3 波浪週期分析流程圖

3-1-1 全年週期資料分析結果

2004 年全年之週期分析結果如表 3-1 至 3-6 所示；根據 R^2 與 MSE 兩參數，可判斷出 Gamma、Erlang、Rayleigh 及 Longuet-Higgins 分佈函數與週期資料直方圖的吻合程度；全年週期資料在分區間及分組後所得到的分析結果為：在示性波高大於 1.5m 的區間內任一分組組數下之 MSE 值，以 Erlang 分佈函數與直方圖吻合程度最佳；示性波高小於 1.5m 的區間，以 Longuet-Higgins 分佈函數與直方圖吻合程度最佳，Erlang 分佈函數次之； R^2 方面，在示性波高大於 1.5m 的區間內任一分組組數，Erlang 分佈函數有最高 R^2 值，Longuet-Higgins 分佈次之，Rayleigh 分佈最低；示性波高小於 1.5m 的區間，以 Longuet-Higgins 分佈之 R^2 值最高，Erlang 分佈次之，Rayleigh 分佈最低。由本研究分析結果可發現，以花蓮港為例，在示性波高大於 1.5m 的區間內，其週期機率密度分佈是 Erlang 分佈的分析結果較佳，示性波高小於 1.5m 的區間內，以 Longuet-Higgins 分佈結果較佳，而 Erlang 分佈亦有不錯的分析結果。

由分析結果中可以觀察出 R^2 與 MSE 值大致上均會隨著分組組數的增加而遞減，這是因為將週期作直方圖組數分組時，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；而隨著分組組數的增加而降低的原因為： MSE 值為計算出直方圖各分組區間中之機率值，與相對應之分佈函數機率值的誤差平方和（Sum of Square due to Error），再除以分組組數扣除其自由度後之值，因此當分組組數越多，分佈函數曲線與直方圖各分組區間之機率值均會變小，其計算出之誤差平方和值亦比較小，而分母因組數增加而變大使得 MSE 值會隨組數增加而減少。

由表 3-1~3-6 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。由分析結果中可以發現，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。而分組組數為 5 組以及 6 組時，因其分組組數過少，無法表現出資料的特性，在統計學上較不具意義；而當分組組數為 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 7 組。

本研究進一步將 2004 年全年波浪週期資料以不分區間的分組方式並加入 Normal 分佈函數後一併加以分析，分析後之結果如表 3-7 所示，各分佈函數與直方圖吻合程度以 Normal 分佈函數最佳；在經由 Pi 值以及 Peak 值兩項參數評估後，其直方圖之最佳分組組數仍為 7 組。



表 3-1 評估分組組數的各種指標 ($H_s < 0.5m$)

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

表 3-2 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	0.0649	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 3-3 評估分組組數的各種指標 (1.0m<Hs<1.5m)

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



表 3-4 評估分組組數的各種指標 (1.5m<Hs<2.0m)

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

表 3-5 評估分組組數的各種指標 (2.0m<Hs<3.0m)

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



表 3-6 評估分組組數的各種指標 (3.0m<Hs)

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

表 3-7 評估分組組數的各種指標 (2004 年全年週期資料)

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

3-1-2 每季波浪資料分組組數分析

為比較 2004 年全年分析與每季分析之結果，本研究分別將 1 至 3 月歸類為第 1 季，4 至 6 月為第 2 季，7 至 9 月為第 3 季，10 至 12 月為第 4 季，其分析結果如附錄 2-1 至 2-4 所示。第 1 季週期資料在第 5 以及第 6 區間資料不足 30 筆，故不予以分析。而依照分析全年週期資料之方法，比較 R^2 以及 MSE 之後，在波高小於 1.5m 的區間其最適之機率分佈為 Longuet-Higgins 分佈，在波高大於 1.5m 的區間其最適之機率分佈為 Erlang 分佈。在經由 Pi 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 7 組。

第 2 季週期資料在第 6 區間不足 30 筆，故分析時不考慮在內。根據表附錄 2-5 至 2-9 之分析結果可以得到在波高小於 1.5m 的區間其最適之機率分佈為 Longuet-Higgins 分佈，在波高大於 1.5m 的區間其最適之機率分佈為 Erlang 分佈。而各區間直方圖之最佳分組組數為 7 組。

波高大於 2m 以上所對應的週期資料大部分集中在颱風出現機率較高的第 3 季以及東北季風強烈的第 4 季，因此第 3 季以及第 4 季各區間的波浪資料較為完整。第 3 季根據表附錄 2-10 至 2-15 之分析結果可以得到：在波高小於 1.5m 的區間其最適之機率分佈為 Longuet-Higgins 分佈，在波高大於 1.5m 的區間其最適之機率分佈為 Erlang 分佈。而各區間直方圖之最佳分組組數為 7 組。

而第 4 季的各區間分析結果較前 3 季不同，無法以 1.5m 的示性波高來區分出何種分佈適合何種區間，但整體上仍舊以 Erlang 分佈與 Longuet-Higgins 分佈的為其最適之理論分佈。而第 4 季各區間的分組組數，以 Pi 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 7 組。

本研究進一步將不分區間的波浪資料以評估最佳分組組數之方式分析第 1 季至第 4 季波浪週期資料，因第 2 季以及第 3 季為颱風發生頻率較高之季節，故將第 2 季以及第 3 季合併為同一季加以討論，並將 Normal 分佈函數加入一併分析後之結果如附錄 2-22 至 2-24 所

示，第 2 季以及第 3 季合併後的波浪資料之分佈函數與直方圖吻合程度以 Normal 分佈函數最佳；第 1 季以及第 4 季波浪資料之分佈函數與直方圖吻合程度同樣以 Normal 分佈函數最佳；在評估 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 7 組。

3-1-3 月份資料分組組數分析

2004 年 1 至 12 月各月份的波浪週期資料分析結果如表附錄 1 所示；本研究僅對資料數據在 30 筆以上的示性波高區間作分析，在單月份的波浪資料中，2 月、4 月以及 5 月的第 4 區間、第 5 區間以及第 6 區間資料均不足；7 月份僅第 1 區間的週期資料在 30 筆以上，其餘區間資料數據均不足；6 月、8 月、9 月、12 月在第 6 區間與 1 月、11 月在第 5 區間及第 6 區間的週期資料均不足 30 筆；3 月僅第 2 區間以及第 3 區間的波浪資料數據在 30 筆以上，其餘區間資料均不足；而 10 月的波浪資料在第 1 區間資料不足。本研究為利於分析，將各月份區間分組後所得的分析結果分為兩部份討論，第一部份為缺少示性波高 1.5m 以上的區間所對應的週期資料，包括 2 至 5 月以及 7 月的波浪資料。第二部份為包含示性波高示性波高 1.5m 以上的區間所對應的週期資料，為 1 月、6 月以及 8 月至 12 月的波浪資料。分析結果大致上為：如表附錄 1 所示，第一部份的週期資料中，在示性波高小於 1.5m 的區間其最適之機率分佈為 Longuet-Higgins 分佈。在比較各項評估參數後，最佳直方圖分組組數為 7 組。

而在第二部份的週期資料中，示性波高大於 1.5m 的區間內任一分組組數下之 MSE 值，以 Erlang 分佈的分析結果最佳，Longuet-Higgins 分佈次之，Rayleigh 分佈最低；示性波高小於 1.5m 的區間，以 Longuet-Higgins 分佈最佳，Erlang 分佈次之，Rayleigh 分佈最低； R^2 方面，在示性波高大於 1.5m 的區間內任一分組組數，其 R^2 值以 Erlang 分佈最高；示性波高小於 1.5m 的區間，以 Longuet-Higgins 分佈的 R^2 值最高，Erlang 分佈次之。由分析結果可觀察出對於不同月份的波浪資料而言，在示性波高大於 1.5m 的區間是以 Erlang 分佈其最適之理論分佈，在示性波高小於 1.5m 的區間，其最適之理論分佈為 Longuet-Higgins 分佈，而 Erlang 分佈亦有不錯

的分析結果。而各月份各區間的分組組數，以 P_i 值、以及 Peak 值等評估參數相互比較後，選定各區間最佳分組組數為 7 組。

本研究進一步以前述相同之方式分析 1 月至 12 月不分區間的波浪週期資料。分析後之結果如附錄 2-25 至附錄 2-36 所示，5 月、8 月以及 12 月之分佈函數與直方圖吻合程度以 Erlangs 分佈函數最佳，其餘月份均以 Longuet-Higgins 分佈之分析結果較佳；在評估 P_i 值以及 Peak 值兩項參數後，每月份直方圖最佳分組組數均為 7 組。

3-2 分析結果討論

由上述之每月、每季以及全年之分析結果可得知，對花蓮港的波浪資料而言，在最適之理論分佈方面，月份、每季、全年的波浪週期資料分析後，在波高大於 1.5m 的區間，Erlang 理論分佈較適合其週期機率密度分佈。在波高小於 1.5m 的區間，Longuet-Higgins 理論分佈最適合其週期機率密度分佈，而 Erlang 理論分佈亦有不錯的分析結果；因小波高所對應之週期資料較多，故在分析不分區間的全年波浪週期資料時，其結果大致上是以 Normal 理論為其最適之理論分佈，Longuet-Higgins 理論分佈次之。在最佳分組組數方面，任一示性波高區間以及不分區間之波浪資料在比較評估參數後，均選擇 7 組為最佳分組組數。而 Longuet-Higgins 分佈以及 Normal 分佈無法由其理論中推求週期統計參數，故根據本研究之分析結果，在分析花蓮港波浪資料時，可利用 Erlang 分佈特性及計算方式，推估其相關之波浪參數，進一步應用在波浪統計分析以及作為工程設計的參考依據。

第四章 季節性 Erlang 理論參數經驗公式之建立

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

Erlang 理論分佈中的參數 α 與 λ 的比值，在其理論分佈中的定義為平均週期。如圖 4-1 所示，橫軸為實際波浪資料的平均週期，縱軸為 α/λ ，由圖可以明顯看出 α/λ 與 \bar{T} 關係相當一致，其相關係數達到 0.9445，而大部分的數據平均值落點於 $Y=1.0043X-0.2373$ 的最佳迴歸線上，此迴歸直線斜率 1.0043 接近於 1，截距 0.2373 接近於 0。由頻譜矩 m_0 及 m_1 所計算出之 T_{01} 在定義上亦為平均週期，故本研究利用 T_{01} 與 Erlang 理論分佈中的 α/λ 的關係，建立起月份、每季以及全年之計算 Erlang 理論參數的經驗公式；而 Erlang 理論中計算示性週期所需的實際週期統計週期值 $T_{2n/3}$ 亦可利用 T_{01} 與 $T_{2n/3}$ 之間的關係建立起月份、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。

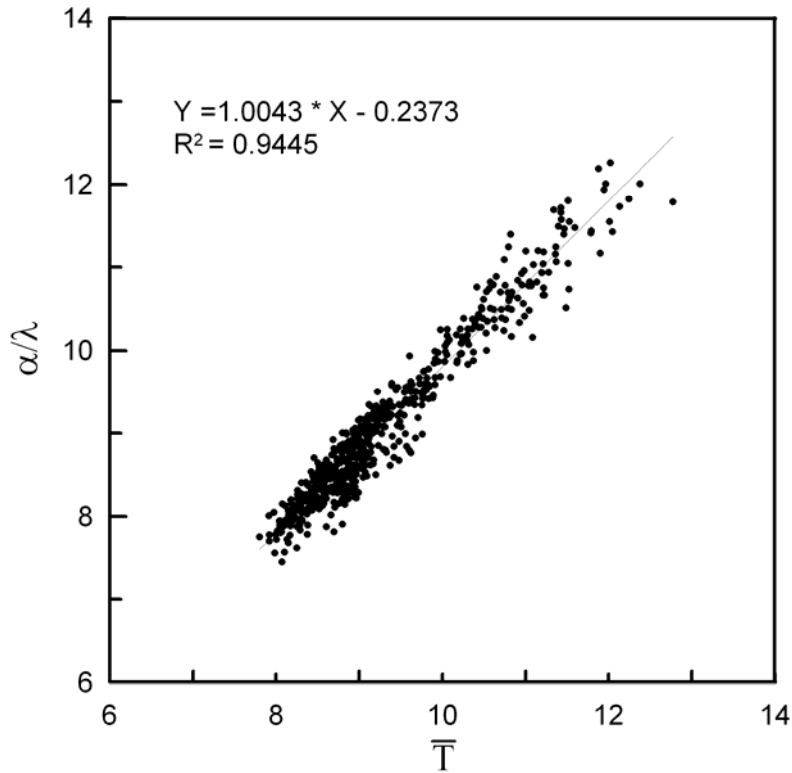


圖 4-1 α/λ 與 \bar{T} 之關係圖

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

$$\frac{\alpha}{\lambda} = A \cdot T_{01} + B \quad (4-1)$$

其中 A 、 B 為待定之係數值， α/λ 、 T_{01} 單位為 sec。

圖 4-2 至圖 4-4 為利用式(4-1)迴歸月份、每季比及全年之 α/λ 與 T_{01} 的關係圖，其 RMS 值分別為 0.2321sec、0.2102sec、0.2910sec， r^2 分別為 0.9443、0.9497、0.9420，其中資料點為 T_{01} 所對照之 α/λ 值，實線為迴歸曲線，可得到計算月份、每季、全年之 α/λ 的經驗公式分別如下：

$$\frac{\alpha}{\lambda} = 1.0439 \cdot T_{01} - 0.6696 \quad (4-2)$$

$$\frac{\alpha}{\lambda} = 1.0067 \cdot T_{01} - 0.3678 \quad (4-3)$$

$$\frac{\alpha}{\lambda} = 1.0532 \cdot T_{01} - 0.4736 \quad (4-4)$$

若假設 T_s 與理論平均週期 \bar{T}^E 成線性關係表示如下：

$$T_s = C \cdot \bar{T}^E + D \quad (4-5)$$

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

圖 4-5 至圖 4-7 為利用式(4-5)迴歸月份、每季、全年 T_s 與 \bar{T} 之關係圖，其 RMS 值分別為 0.2351sec、0.2113sec、0.2492sec， r^2 分別為 0.9596、0.9659、0.9507，其中數據點為 \bar{T} 所對照之 T_s 值，實線為迴歸曲線，可得到計算月份、每季、全年之 T_s 的經驗公式如下：

$$T_s = 1.2243 \cdot \bar{T}^E - 1.4557 \quad (4-6)$$

$$T_s = 1.2173 \cdot \bar{T}^E - 1.3051 \quad (4-7)$$

$$T_s = 1.1493 \cdot \bar{T}^E - 0.7977 \quad (4-8)$$

利用前述推導出的經驗公式，可推估出月份、每季、全年之 Erlang 理論參數，進一步可推算出 Erlang 理論週期統計參數；而其與實際週期所計算出的理論週期統計參數之比較，在下一章節會有詳細的討論。

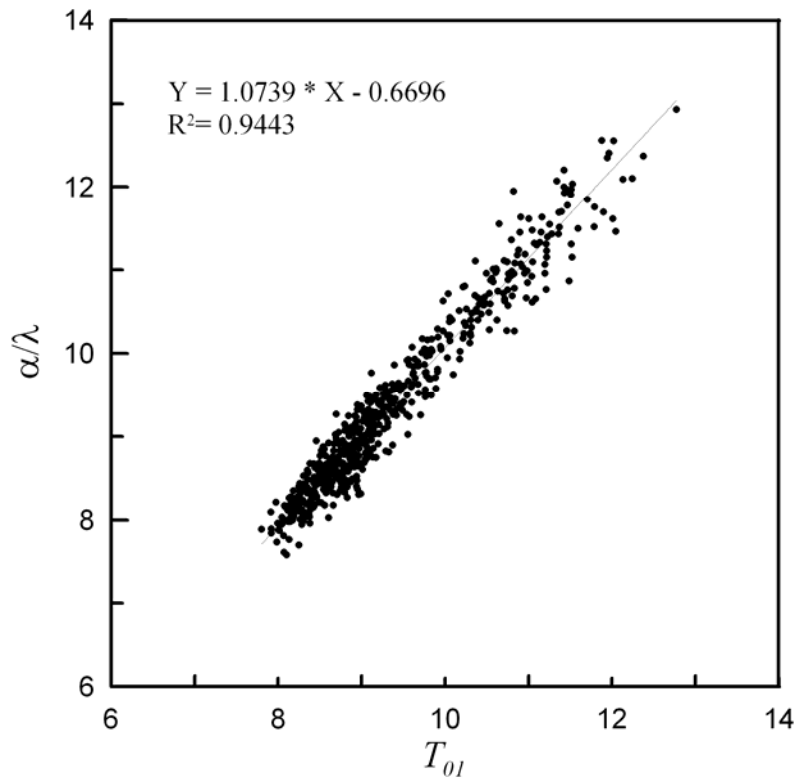


圖 4-2 α/λ 與 T_{01} 之關係圖(2004 年 8 月)

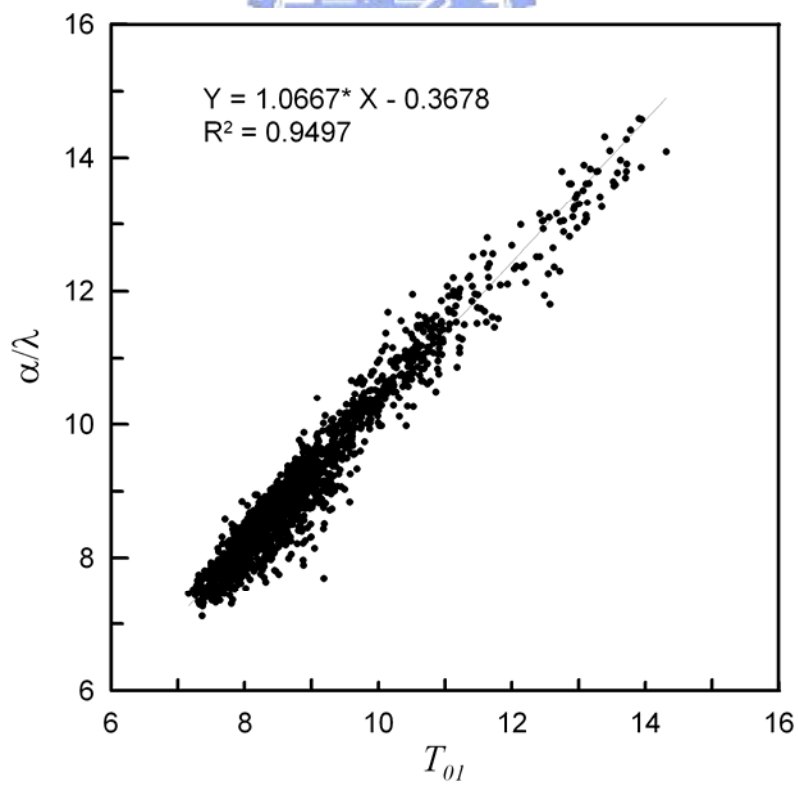


圖 4-3 α/λ 與 T_{01} 之關係圖(2004 年第 3 季)

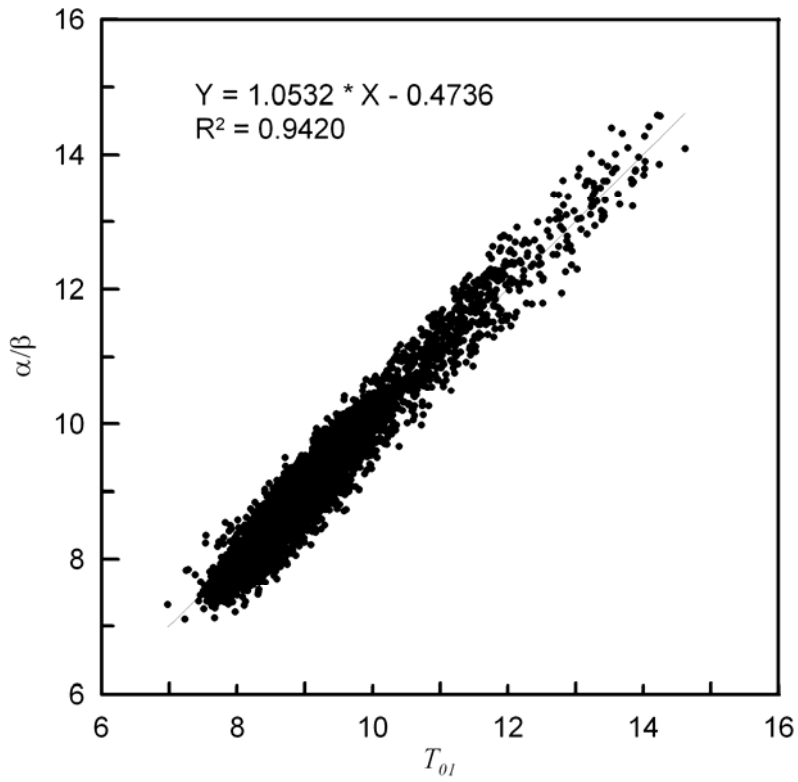


圖 4-4 α/λ 與 T_{01} 之關係圖(2004 年全年)

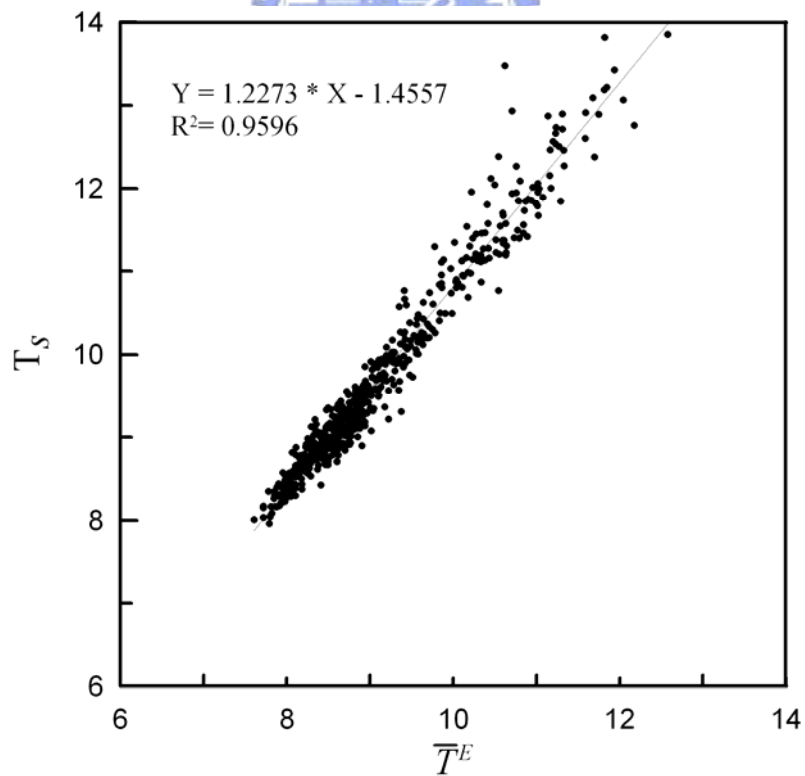


圖 4-5 T_s 與理論平均週期 \bar{T}^E 之關係圖(2004 年 8 月)

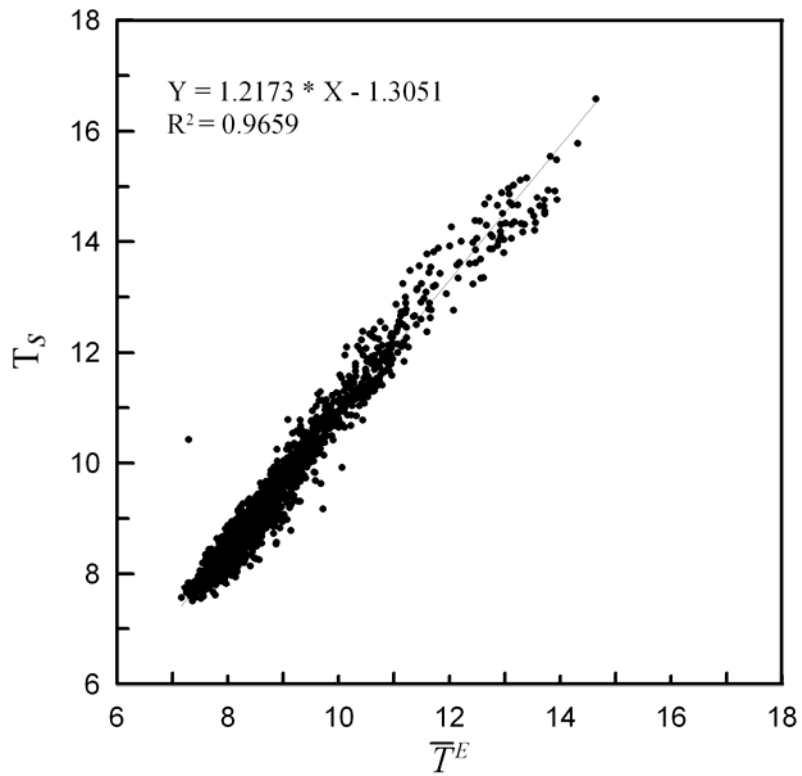


圖 4-6 T_s 與理論平均週期 \bar{T}^E 之關係圖(2004 年第 3 季)

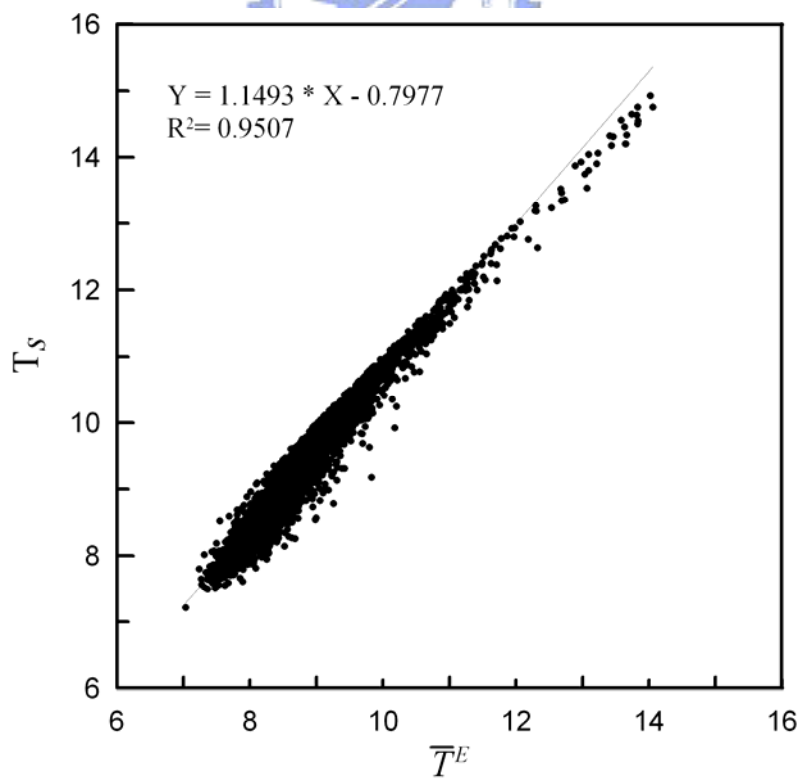


圖 4-7 T_s 與理論平均週期 \bar{T}^E 之關係圖(2004 年全年)

第五章 週期之季節性統計分析

5-1 月份統計特性

本研究利用第四章所建立之經驗公式，以 T_{01} 代入後推求出 Erlang 理論中的相關參數，進一步計算其理論示性週期以及平均週期，並與實際週期所計算之結果比較，分別以月份、每季、全年討論其季節性分析結果。

圖 5-1 之橫座標為利用 2004 年 8 月的波浪資料經由式(4-2)及(4-5)迴歸公式計算所得的參數所推估之 Erlang 理論示性週期，縱軸為統計計算所得的 Erlang 理論示性週期。由圖 5-1 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 5-1 之最佳迴歸線的斜率 1.2265 以及截距 3.1945，與理論斜率 1 及截距 0 有一定的差異，造成此結果的原因為本研究所推算的理論示性週期會在週期較小的區域會有高估示性週期的現象，在週期較大的區域則會產生低估的現象。

本研究進一步利用 2004 年 9 月的波浪資料經由式(4-2)及(4-5)推估 Erlang 理論示性週期，其結果如圖 5-2 所示，橫座標為利用 2004 年 9 月的波浪資料經由式(4-2)及(4-5)迴歸公式計算所得的參數所推估之 Erlang 理論示性週期，縱軸為統計計算所得的 Erlang 理論示性週期。其示性週期推估結果與 8 月推估結果有相同趨勢，相關係數達到 0.9432，而大部分的數據落點於 $Y=1.0006X - 0.4510$ 的最佳迴歸線附近，此迴歸線之斜率 1.0006 趨近於 1，但其截距 0.4510 與 0 有一定程度上的差異。其誤差來源亦來自於經驗公式所推求的理論示性週期會有在大週期區低估與小週期區高估的現象；但就推估值與實際值之間的相關性來說，可以得到不錯的推估結果。

圖 5-3 及圖 5-4 之橫座標為利用推估之理論參數所計算 8 月及 9 月之 Erlang 理論平均週期，縱軸為實際週期推算所得的理論平均周值。由圖 5-3 及圖 5-4 可看出兩者關係相當一致，其相關係數分別達

到 0.9852 及 0.9922，而大部分的數據平均值落點於 $Y = 0.9476 X + 0.2887$ 以及 $Y = 0.9798 X - 0.0411$ 的最佳迴歸線上，迴歸直線斜率分別 0.9476 及 0.9922 接近於 1，截距分別為 0.2887 及 0.0411 接近於 0。由此可知，經由推估參數所計算之理論平均週期與實際理論平均週期相當近似。



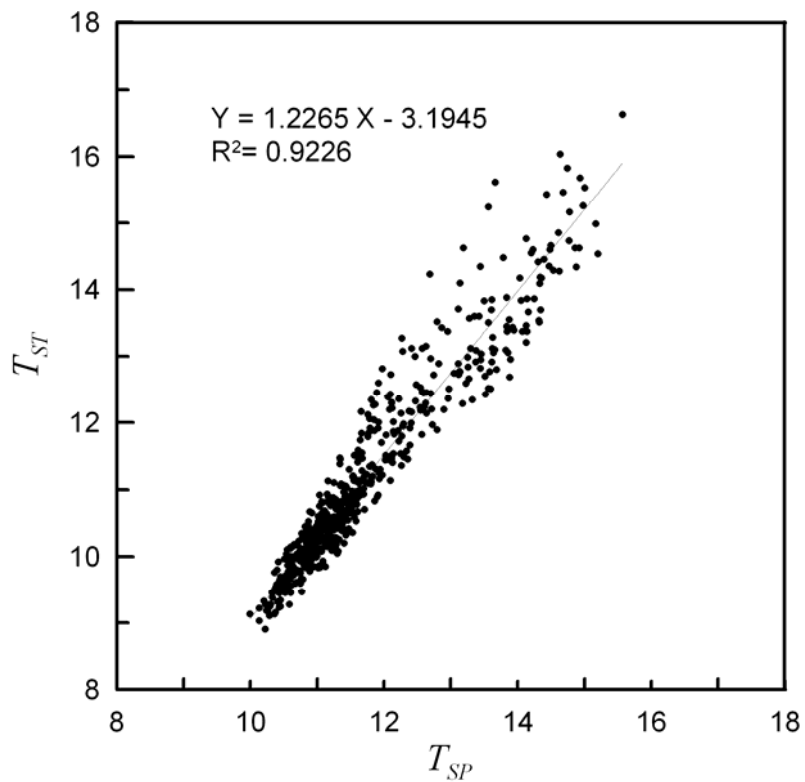


圖 5-1 理論與推估示性週期之關係圖(2004 年 8 月)

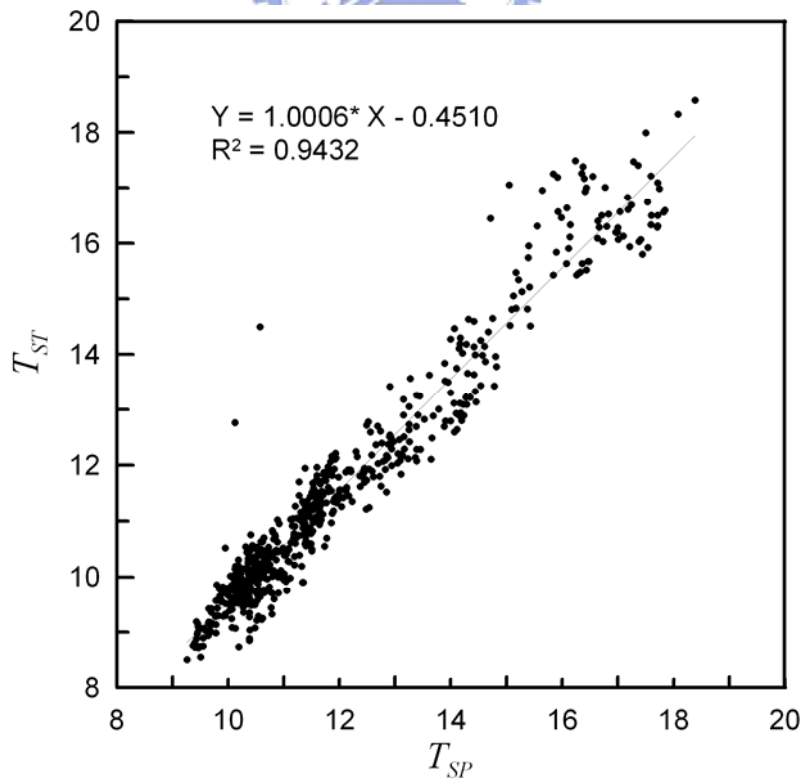


圖 5-2 理論與推估示性週期之關係圖(2004 年 9 月)

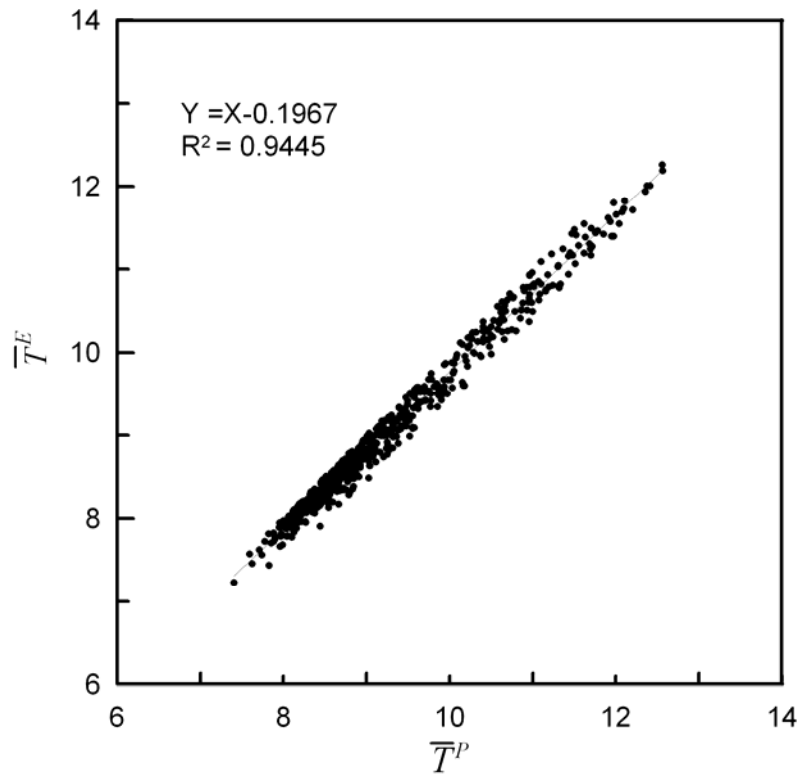


圖 5-3 理論與推估平均週期之關係圖(2004 年 8 月)

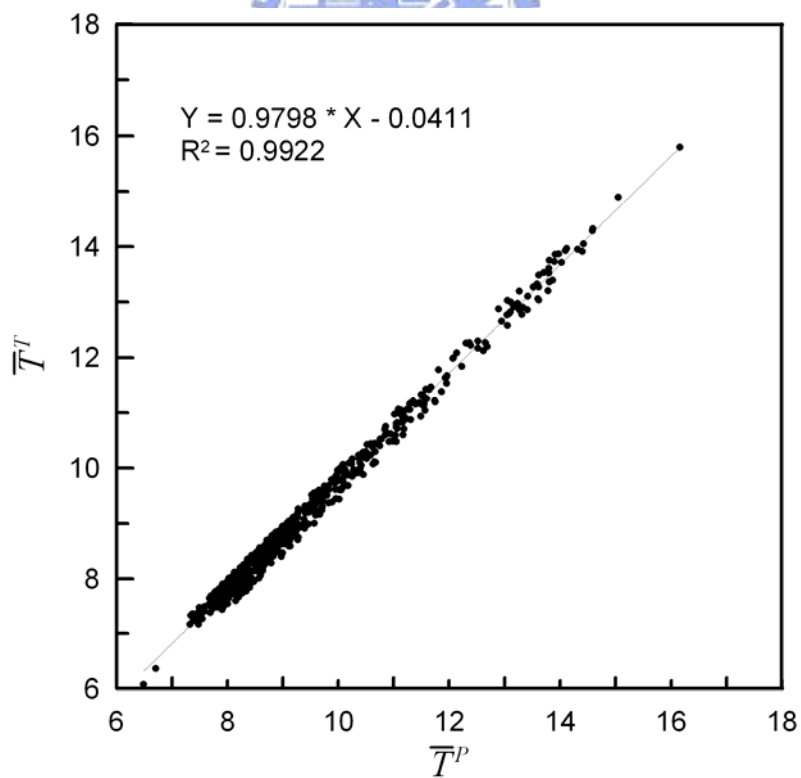


圖 5-4 理論與推估平均週期之關係圖(2004 年 9 月)

5-2 每季統計特性

圖 5-5 之橫座標為利用 2004 年第 3 季的波浪資料經由式(4-3)及(4-6)迴歸公式計算所得的參數所推估之 Erlang 理論示性週期，縱軸為統計計算所得的 Erlang 理論示性週期。由圖 5-5 可看出大部分的數據值落點於 $Y = 1.1179 X - 1.8159$ 的最佳迴歸線附近，其相關係數達到 0.9093。在每季的波浪資料中，本研究所推算之理論值仍然會在週期較小的區域仍會出現高估示性週期的現象，在週期較大的區域有低估示性週期的情形。

本研究進一步利用 2004 年第 4 季的波浪資料經由式(4-3)及(4-6)推估 Erlang 理論示性週期，其結果如圖 5-6 所示，其示性週期推估結果與第 3 季推估結果有相同趨勢，相關係數達到 0.8619，而大部分的數據落點於 $Y = 1.1655 X - 2.4841$ 的最佳迴歸線附近。以經驗公式所推求的理論示性週期仍然會有低估較大之示性週期與高估較小之示性週期的情形，但就其相關性來說，以本研究建立之方法所推算之理論值應可作為波浪統計應用上之參考依據。

圖 5-7 及圖 5-8 之橫座標為利用推估之理論參數所計算第 3 季及第 4 季之 Erlang 理論平均週期，縱軸為實際週期推算所得的理論平均週期。由圖 5-7 及圖 5-8 可看出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關係相當一致，其相關係數分別達到 0.9886 及 0.9794，迴歸直線斜率分別 0.9699 及 0.9546 接近於 1，截距分別為 0.0564 及 0.2337 接近於 0。由此可知，經由推估參數可以計算出與實際理論平均週期相似之理論平均週期。

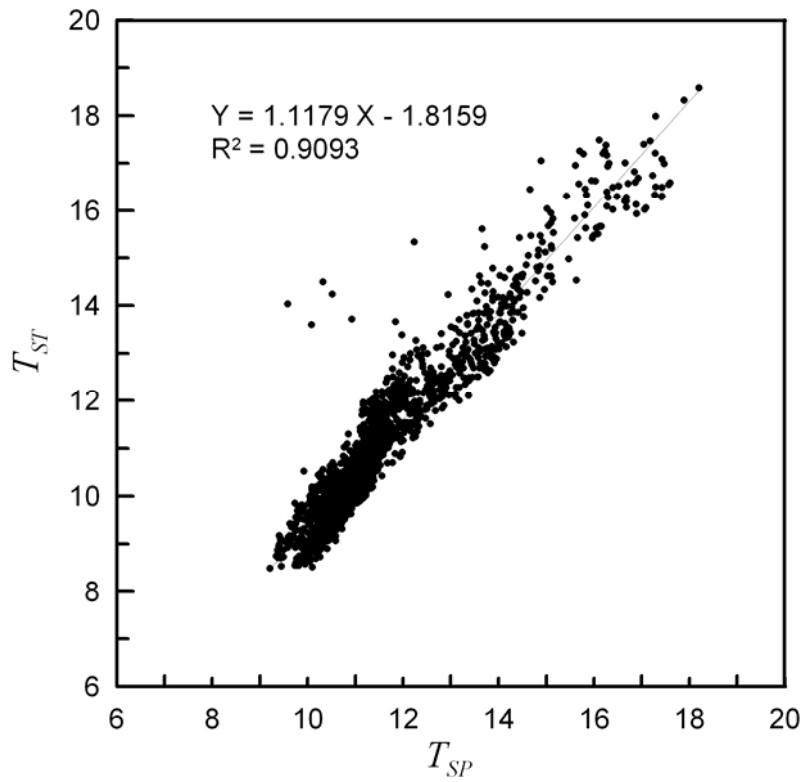


圖 5-5 理論與推估示性週期之關係圖(2004 年第 3 季)

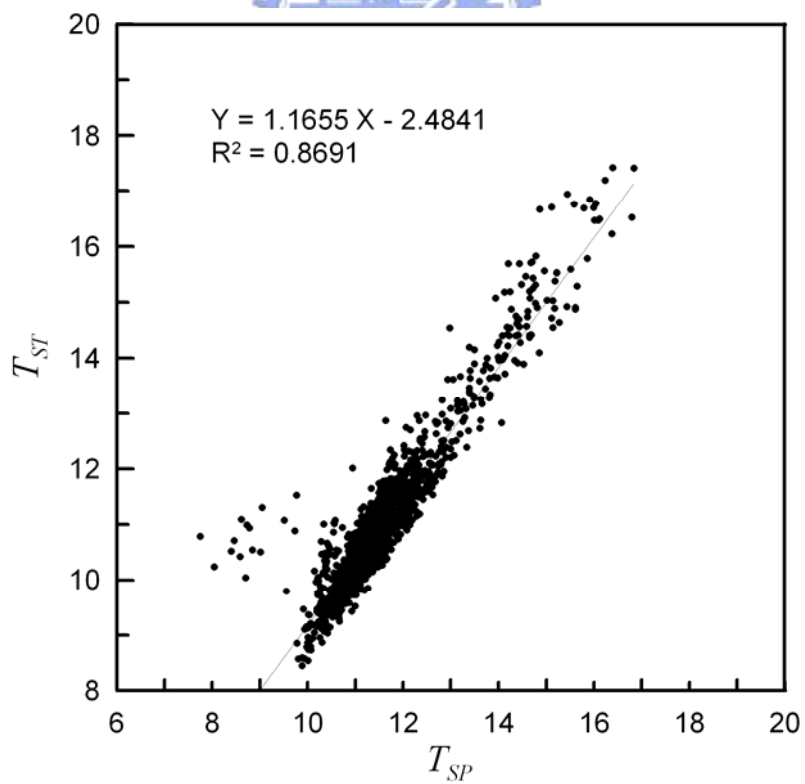


圖 5-6 理論與推估示性週期之關係圖(2004 年第 4 季)

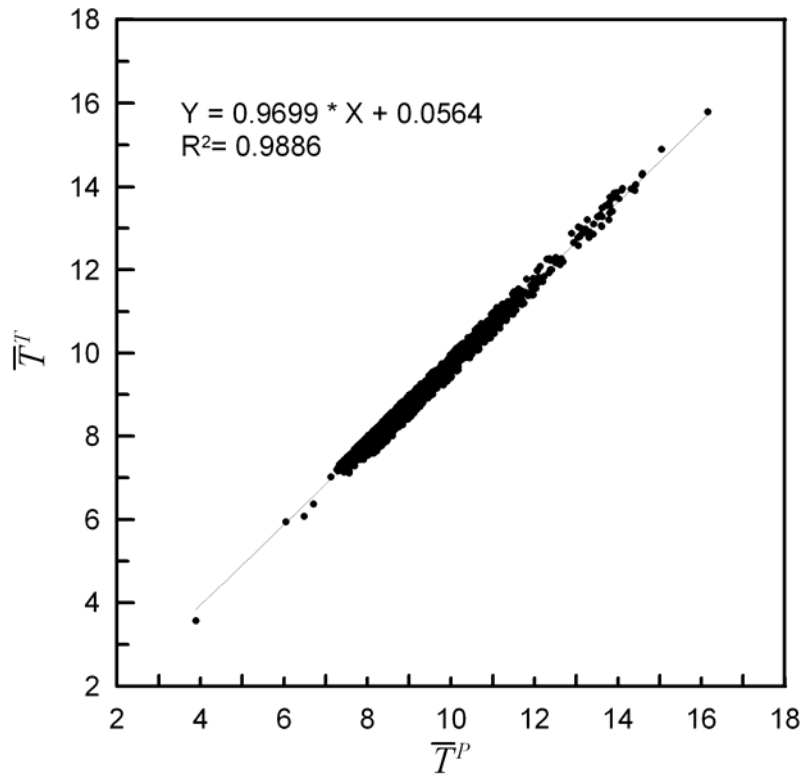


圖 5-7 理論與推估平均週期之關係圖(2004 年第 3 季)

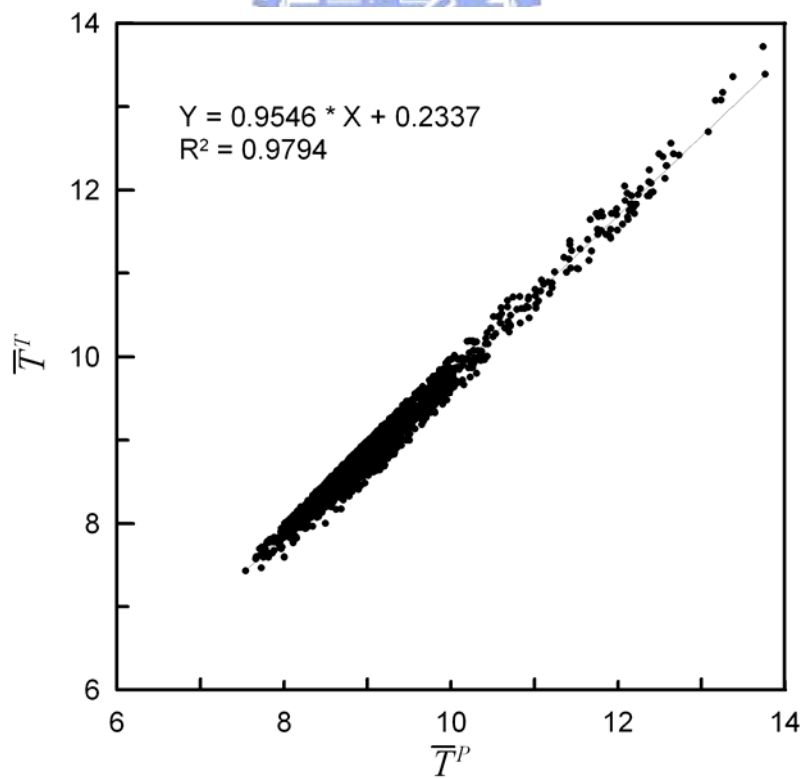


圖 5-8 理論與推估平均週期之關係圖(2004 年第 4 季)

5-3 全年統計特性

圖 5-9 之橫座標為利用 2004 年全年的波浪資料經由式(4-4)及(4-7)迴歸公式計算所得的參數所推估之 Erlang 理論示性週期，縱軸為統計計算所得的 Erlang 理論示性週期。由圖 5-9 可看出大部分的數據值落點於 $Y = 1.1452X - 2.1383$ 的最佳迴歸線附近，其相關係數達到 0.9184。與月份以及每季之推估結果相似，在週期較小的區域理論示性週期會有高估的現象，在週期較大的區域理論示性週期有低估的現象。

本研究進一步利用 2005 年扣除 11 月份後的波浪資料經由式(4-4)及(4-7)推估 Erlang 理論示性週期，其結果如圖 5-10 所示，其示性週期推估結果與 2004 年推估結果有相同趨勢，相關係數達到 0.9006，而大部分的數據落點於 $Y = 0.9888X - 0.1863$ 的最佳迴歸線附近。由此可知，雖然以經驗公式所推求的理論示性週期會有在大週期區低估與小週期區高估的趨勢，但就其與實際理論示性週期之間的相關性來說，以本研究所建立之方法可以推估出與實際值近似之理論值。

圖 5-11 及圖 5-12 之橫座標為利用推估之理論參數所計算 2004 年及 2005 年之 Erlang 理論平均週期，縱軸為實際週期推算所得的理論平均周值。由圖 5-11 及圖 5-12 可看出兩者關係相當一致，其相關係數分別達到 0.9819 及 0.9953，而大部分的數據平均值落點於 $Y = 0.9605 X + 0.1621$ 以及 $Y = 1.0065 X - 0.1113$ 的最佳迴歸線上，迴歸直線斜率分別 0.9476 及 0.9922 接近於 1，截距分別為 0.1621 及 0.1113 接近於 0。由此可知，經由推估參數所計算之理論平均週期與實際理論平均週期在計算結果上相當近似。

5-4 統計特性分析結果

綜合上述的分析結果可知，以本研究所建立之參數經驗公式所推估出之理論週期統計參數，在示性週期方面，月份、每季以及全年的波浪資料所推估之理論示性週期，均會產生在週期較大的區域低估以及週期較小的區域高估的現象，但就其理論值與實際值之間的相關性來看，所得到的推估結果，仍具有一定的參考價值。在平均週期方面，

由理論值與實際值之間的關係可以看出，藉由頻譜矩參數代入本文所推估之經驗公式後，即可快速估算出與實際值相當近似的理論平均週期。故利用本研究所建立之經驗公式可以藉由頻譜矩 T_{01} 計算出 Erlang 理論示性週期以及平均週期所需之參數，即可快速地推算其理論週期統計參數，此結果可做為波浪統計上以及海岸工程上的應用參考。



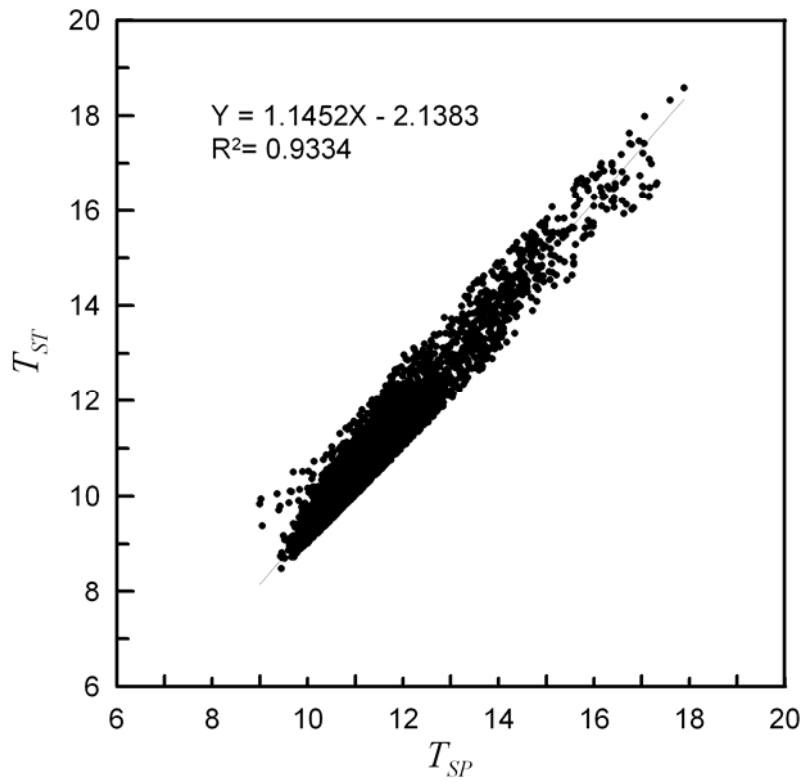


圖 5-9 理論與推估示性週期之關係圖(2004 年)

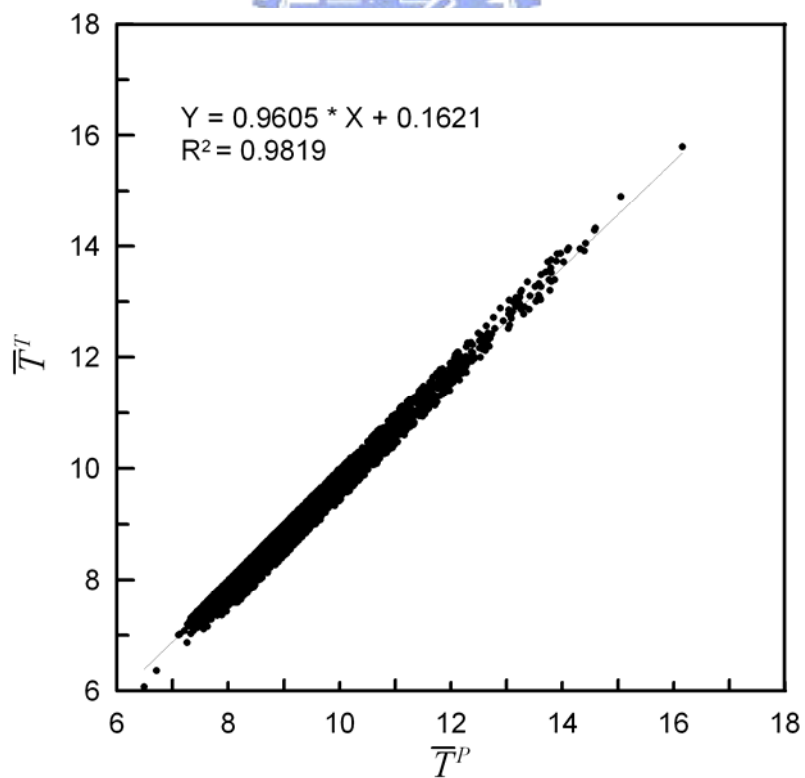


圖 5-10 理論與推估示性週期之關係圖(2005 年)

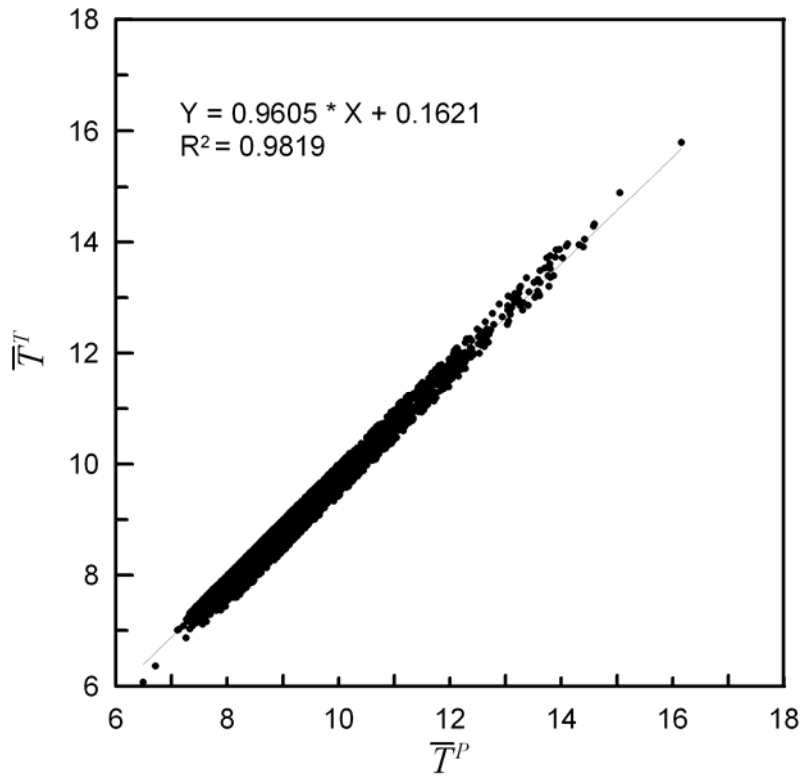


圖 5-11 理論與推估平均週期之關係圖(2004 年)

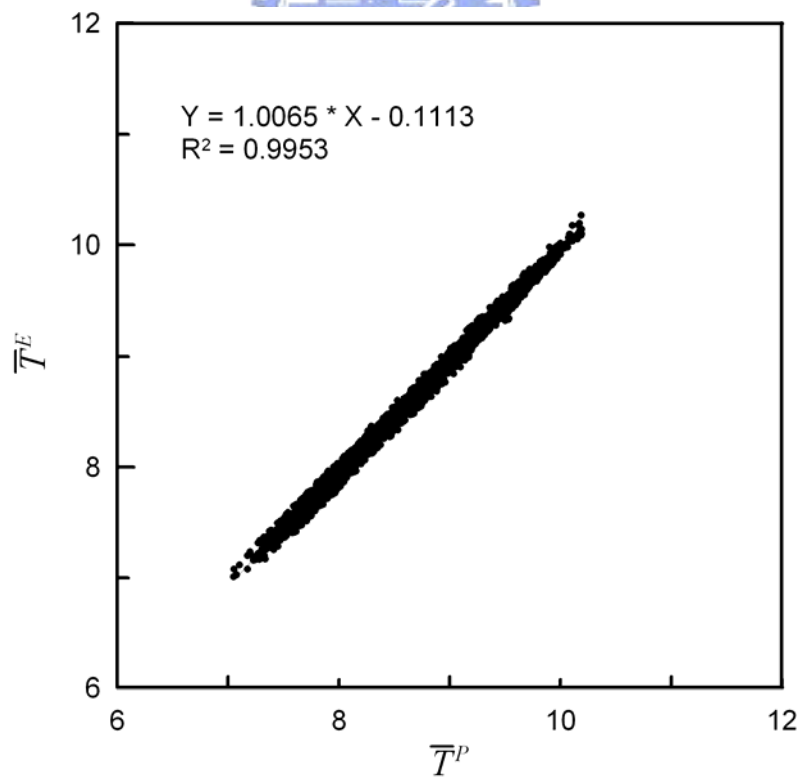


圖 5-12 理論與推估平均週期之關係圖(2005 年)

第六章 結論與建議

6-1 結論

本研究目的在於討論季節性波浪週期的統計直方圖最佳組數以及最適之週期機率密度分佈，並建立相關理論參數之經驗公式，以期能快速的推算出理論週期統計參數。針對花蓮港波浪資料，可得到以下結論：

1. 就全年的波浪週期資料分析結果而言，可在 5 至 8 組之間選擇統計直方圖最佳分組組數，而本研究選定 7 組的主要原因為：當直方圖分組組數為 5 組或是 6 組時，其分組組數過少，無法有效的表現出資料的特性，在統計學上較不具意義；而當分組組數為 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 7 組。在最適之理論分佈方面，在示性波高大於 1.5m 的區間所對應的週期資料，其最適之理論分佈為 Erlang 分佈，在示性波高小於 1.5m 的區間，其最適之理論分佈為 Longuet-Higgins 分佈。而不分區間的波浪週期資料與直方圖之間的吻合程度，以 Normal 分佈分析之結果較佳，最佳分組組數在以評估參數分析後選定為 7 組。
2. 在每季的波浪週期資料分析結果方面，第 1 季、第 2 季以及第 3 季統計直方圖在比較各項分組組數評估參數後，選定最佳分組組數為 7 組。在示性波高大於 1.5m 的區間，其最適之理論分佈為 Erlang 分佈，在示性波高小於 1.5m 的區間，其最適之理論分佈為 Longuet-Higgins 分佈。而第 4 季的波浪資料中，統計直方圖最佳分組組數亦為 7 組，但無法以 1.5m 之示性波高來區分何種分佈適合某一區間的週期分佈，但每一區間的最適分佈大致上為 Erlang 分佈或是 Longuet-Higgins 分佈。而第 1 季以及第 4 季不分區間的週期資料之最適理論分佈為 Longuet-Higgins 分佈，第 2 季以及第 3 季合併後的波浪

資料則以 Normal 分佈之吻合度較佳。各季統計直方圖最佳分組組數仍為 7 組。

3. 而每月份的波浪週期資料分析結果中，統計直方圖最佳分組組數大致上亦為 7 組，在波高大於 1.5m 的區間，其最適之理論分佈為 Erlang 分佈，在示性波高小於 1.5m 時，其最適之理論分佈為 Longuet-Higgins 分佈與全年以及每季分析所得之結果相似。
4. 本文所建立的季節性 Erlang 理論參數經驗公式，不論月份、每季或是全年的波浪資料，其推估之理論示性週期雖在週期較小的區域有高估的現象，在週期較大的區域會出現低估的情形，但就其與實際理論與示性週期間的相關性而言，所推估的結果應可作為統計上的參考依據。而本文所建立之參數經驗公式，可快速的推算出相似的理論平均週期。
5. 由本文的分析探討，而提出之季節性 Erlang 理論參數計算公式，藉由頻譜矩 T_{01} 計算出 Erlang 理論示性週期以及平均週期所需之參數，即可大略地推算其理論週期統計參數，此結果可做為波浪統計上以及海岸工程上的應用參考。

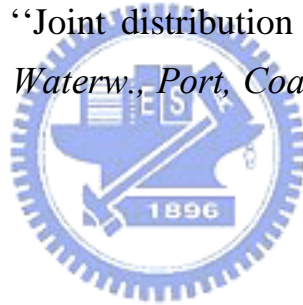
6-2 建議

本文所推導之經驗公式所推估出之理論示性週期，其誤差來源可能來自於在推算過程中所採用之 Erlang 理論參數 λ 。因本文在嘗試推導出 Erlang 理論參數中的 λ 與頻譜矩 T_{01} 的經驗公式時，但無法得到相關性較佳的結果，故在推估理論示性週期時，其參數 λ 是採用月份、每季、年份的波浪週期資料中的平均值。若能以頻譜矩建立起與 λ 相關性較高的經驗公式，並藉由其公式推估出較準確的 λ 值，應可解決推估與實際週期統計值間的高估及低估的誤差。

參考文獻

1. 郭金棟 (1992) , 「海岸工程」, 中國土木工程學會。
2. 郭一羽 (2001) , 「海岸工程學」, 文山書局。
3. 湯麟武 (2001) , 「港灣及海域工程」, 中國土木工程學會。
4. 陳嘉元、黃明志、張恆文(1995), 「彰化海域波高與週期聯合分佈之研究」, 第17屆海洋工程研討會暨1995兩岸港口及海岸開發研討會論文集, 第241頁-第253頁。
5. 方碩堂 (2001) , 「蘇澳港內波動統計研究分析」, 國立海洋大學碩士論文。
6. 林文毅 (2001) , 「台北港波浪統計特性分析」, 國立海洋大學碩士論文。
7. 許泰文 (2003) , 「近岸水動力學」, 科技圖書。
8. Bretschneider, C.L., (1959) “Wave variability and wave spectra for wind generated gravity waves,” *Tech. Rep., U S Army Beach Erosion Board.* , No.118.
9. Cavanie, A., Arhan, M. and Ezraty, R., (1976) “A statistical relationship between individual heights and periods of storm waves,” *Proc. Conf. on Behavior of offshore Struct.*, Vol. 2, pp. 354–360.
10. Delun Xu, Xiang Li, Lizhen Zhang, Ning Xu, and Hongmin Lu, (2004) “On the distributions of wave periods, wavelengths, and amplitudes in a random wave field,” *Journal of geophysical research*, Vol. 109.
11. Erlang, A.K., (1917) “Solution of some problems in the theory of probabilities of significance in automatic telephone exchanges,” *Elektroteknikerer*, Vol. 13, pp. 138-150.
12. Goda, Y., (1978) “The observed joint distribution of periods and heights of sea waves,” *Proc. Int. Conf. on Coastal Eng.*, Vol. I, pp. 227–246.
13. Longuet-Higgins, M.S., (1975) “On the joint distribution of periods and amplitudes of sea waves,” *J. Geophys. Res.* , Vol. 80, pp. 2688-2694.
14. Longuet-Higgins, M.S., (1983) “On the joint distribution of wave

- periods and amplitudes in a random wave field,” *Proc. R. Soc. London*, Vol. 389(A), pp. 241–258.
15. Nair, N.U., Muraleedharan, G., and Kurup, P.G., (2003) “Erlang distribution model for ocean wave periods,” *J. Ind. Geophys. Union* Vol. 7, No. 2, pp. 59-70.
16. Soares, C.G., Cavahols, A.N., (2001) “Probability distribution of wave heights and periods in measured two-peaked spectra from the Portugutse coast,” *20th International conference on Offshore mechanics and artic engineering*, pp. 1-8.
17. Satheesh, S.P., Praveen, V. K. , Kumar, V. J. , Muraleedharan, G. , Kurup, P.G., (2005) “Weibull and Gamma distribution for wave parameters predictions,” *J. Ind. Geophys Union* Vol. 9, No. 1, pp. 55-64.
18. Tayfun, M.A., (1993) “Joint distribution of large wave heights and associated periods,” *J. Waterw., Port, Coastal, Ocean Eng.*, Vol. 119, pp. 261–273.



附錄 1 2004 年 1 月至 12 月波浪資料分組組數分析結果

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

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

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

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

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

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

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

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

附錄 1-5 2 月波浪資料評估分組組數的各種指標($H_s < 0.5m$)

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

附錄 1-5 2 月波浪資料評估分組組數的各種指標($0.5m < H_s < 1.0m$)

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

附錄 1-6 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



附錄 1-7 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

附錄 1-8 3 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

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

附錄 1-9 4 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	0.0606	0.0536	0.0473	0.0476	0.0442	0.041	0.0388	0.037
	R ²	0.9148	0.9071	0.8992	0.8674	0.8567	0.8433	0.8334	0.8228
Erlang	MSE	0.0607	0.0528	0.0466	0.0469	0.0434	0.0407	0.0383	0.0366
	R ²	0.9188	0.9137	0.9056	0.8739	0.8644	0.8488	0.8411	0.8291
Rayleigh	MSE	0.1783	0.153	0.1331	0.1208	0.109	0.0995	0.0917	0.0855
	R ²	0.2231	0.1727	0.1419	0.1153	0.0956	0.0899	0.077	0.0706
L-H	MSE	0.0596	0.0520	0.0433	0.0413	0.0401	0.0392	0.0353	0.0322
	R ²	0.9223	0.9315	0.9146	0.9152	0.9102	0.9001	0.8947	0.878
Pi		0	0	0	3	3	7	7	12
Peak		1	2	5	5	6	9	11	22

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

附錄 1-11 4 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

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



附錄 1-12 5 月波浪資料評估分組組數的各種指標($H_s < 0.5m$)

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

附錄 1-13 5 月波浪資料評估分組組數的各種指標($0.5m < H_s < 1.0m$)

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

附錄 1-14 5 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

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



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

附錄 1-16 6 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	0.0985	0.0883	0.0835	0.0751	0.0699	0.0646	0.0615	0.0557
	R ²	0.8562	0.819	0.7883	0.7773	0.7546	0.749	0.7268	0.7287
Erlang	MSE	0.0949	0.0843	0.0798	0.0724	0.067	0.0625	0.0594	0.0539
	R ²	0.8778	0.8461	0.818	0.804	0.7857	0.7761	0.7556	0.7567
Rayleigh	MSE	0.1927	0.1648	0.1486	0.1321	0.1202	0.1103	0.1024	0.0937
	R ²	0.3164	0.2766	0.2403	0.2218	0.1978	0.1878	0.1709	0.1623
L-H	MSE	0.0704	0.069	0.0664	0.0616	0.0592	0.0574	0.0552	0.0512
	R ²	0.9522	0.9306	0.9287	0.9256	0.9213	0.9107	0.9073	0.9002
Pi		0	0	0	0	3	5	5	7
Peak		1	1	2	2	7	11	15	17

附錄 1-17 6 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

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

附錄 1-18 6 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.5m<Hs<2.0m)

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

附錄 1-19 6 月波浪資料評估分組組數的各種指標(2.0m<Hs<3.0m)

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



附錄 1-20 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



附錄 1-21 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

附錄 1-22 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

附錄 1-23 8 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

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

附錄 1-24 8 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.5m<Hs<2.0m)

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

附錄 1-25 8 月波浪資料評估分組組數的各種指標(2.0m<Hs<3.0m)

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



附錄 1-26 9 月波浪資料評估分組組數的各種指標($H_s < 0.5m$)

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

附錄 1-27 9 月波浪資料評估分組組數的各種指標($0.5m < H_s < 1.0m$)

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

附錄 1-28 9 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

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

附錄 1-29 9 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	0.1209	0.1059	0.0974	0.0897	0.0773	0.0757	0.0713	0.0643
	R ²	0.6781	0.6461	0.5979	0.5683	0.5709	0.5228	0.5043	0.5046
Erlang	MSE	0.1141	0.1012	0.0938	0.0867	0.0747	0.0735	0.0696	0.0629
	R ²	0.723	0.6856	0.6343	0.6028	0.6042	0.5546	0.532	0.5302
Rayleigh	MSE	0.189	0.1639	0.1463	0.1325	0.1174	0.1104	0.103	0.0945
	R ²	0.1556	0.1225	0.0973	0.0768	0.0725	0.0604	0.0559	0.054
L-H	MSE	0.0544	0.0608	0.0646	0.0682	0.0652	0.0734	0.0764	0.0754
	R ²	0.8881	0.8605	0.8307	0.8072	0.8198	0.7846	0.7661	0.7653
Pi		0	0	0	2	3	11	12	17
Peak		1	2	4	4	7	11	13	20

附錄 1-30 9 月波浪資料評估分組組數的各種指標(2.0m<Hs<3.0m)

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



附錄 1-31 10 月波浪資料評估分組組數的各種指標(0.5m<Hs<1.0m)

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

附錄 1-32 10 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

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

附錄 1-33 10 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.5m<Hs<2.0m)

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

附錄 1-34 10 月波浪資料評估分組組數的各種指標(2.0m<Hs<3.0m)

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

附錄 1-35 10 月波浪資料評估分組組數的各種指標(3.0m<Hs)

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



附錄 1-36 11 月波浪資料評估分組組數的各種指標($H_s < 0.5m$)

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

附錄 1-37 11 月波浪資料評估分組組數的各種指標($0.5m < H_s < 1.0m$)

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

附錄 1-38 11 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

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

附錄 1-39 11 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.5m<Hs<2.0m)

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

附錄 1-40 12 月波浪資料評估分組組數的各種指標($H_s < 0.5m$)

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

附錄 1-41 12 月波浪資料評估分組組數的各種指標($0.5m < H_s < 1.0m$)

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

附錄 1-42 12 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.0m<Hs<1.5m)

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

附錄 1-43 12 月波浪資料評估分組組數的各種指標(1.5m<Hs<2.0m)

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

附錄 1-44 12 月波浪資料評估分組組數的各種指標(2.0m<Hs<3.0m)

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



附錄 2 2004 年第 1 季至第 4 季波浪資料分組組數分析結果

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

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

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

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

附錄 2-3 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

附錄 2-4 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

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

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

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

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

附錄 2-7 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

附錄 2-8 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

附錄 2-9 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



附錄 2-10 第 3 季波浪資料評估分組組數的各種指標 ($H_s < 0.5m$)

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

附錄 2-11 第 3 季波浪資料評估分組組數的各種指標 ($0.5m < H_s < 1.0m$)

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

附錄 2-12 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

附錄 2-13 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

附錄 2-14 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

附錄 2-15 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

附錄 2-16 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

附錄 2-17 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

附錄 2-18 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

附錄 2-19 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

附錄 2-20 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

附錄 2-21 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

附錄 2-22 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

附錄 2-23 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

附錄 2-24 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

附錄 2-25 1 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

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

附錄 2-26 2 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

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

附錄 2-27 3 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

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

附錄 2-28 4 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

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

附錄 2-29 5 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

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

附錄 2-30 6 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

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

附錄 2-31 7 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

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

附錄 2-32 8 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

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

附錄 2-33 9 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

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

附錄 2-34 10 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

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

附錄 2-35 11 月不分區間之波浪資料評估分組組數的各種指標

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

附錄 2-36 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

