

97-56-7341

MOTC-IOT-96-H3DA001-1

颱風波浪頻譜形狀參數之研究 (3/4)



交通部運輸研究所

中華民國 97 年 4 月

97
颱風波浪頻譜形狀參數之研究
(3/4)

交通部運輸研究所

GPN : 1009701020
定價 200 元

97-56-7341

MOTC-IOT-96-H3DA001-1

颱風波浪頻譜形狀參數之研究 (3/4)

著 者：簡仲璟

交通部運輸研究所

中華民國 97 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目資料

颱風波浪頻譜形狀參數之研究. (3/4) / 簡仲璟

著. -- 初版. -- 臺北市：交通部運研所，
民 97. 04

面； 公分

參考書目：面

ISBN 978-986-01-4053-8(平裝)

1. 波動 2. 颱風 3. 數值分析

351. 941

97007732

颱風波浪頻譜形狀參數之研究 (3/4)

著 者：簡仲璟

出版機關：交通部運輸研究所

地 址：臺北市敦化北路 240 號

網 址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電 話：(04) 26587176

出版年月：中華民國 97 年 4 月

印 刷 者：福島實業有限公司

版(刷)次冊數：初版一刷 110 冊

本書同時登載於交通部運輸研究所臺灣技術研究中心網站

定 價：200 元

展 售 處：

交通部運輸研究所運輸資訊組•電話：(02)23496880

五南文化廣場：臺中市中山路 6 號 • 電話：(04)22260330

GPN：1009701020

ISBN：978-986-01-4053-8 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

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

交通部運輸研究所自行研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：颱風波浪頻譜形狀參數之研究（3/4）			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 978-986-01-4053-8 (平裝)	政府出版品統一編號 1009701020	運輸研究所出版品編號 97-56-7341	計畫編號 96-H3DA001-01
主辦單位：港灣技術研究中心 主管：邱永芳 計畫主持人：簡仲璟 研究人員：劉清松、李俊穎、錢爾潔、馬維倫 聯絡電話：04-26587131 傳真號碼：04-26564415			研究期間 自 96 年 01 月 至 96 年 12 月
關鍵詞：波浪頻譜、形狀參數、頻譜動差			
摘要： 本研究對於定義波浪頻譜形狀參數有關之頻譜動差的計算方式，先提出依不同參考頻率將波譜分割為高、低頻區的新構想及依主能量觀點定義頻譜形狀參數之新計算式，並檢視各階頻譜動差在高、低頻區的差異及其隨不同標準波譜(JONSWAP 或 Pierson-Moskowitz 波譜)模式參數之變化趨勢。同時根據高、低頻區之各階頻譜動差值，重新計算頻譜形狀參數，並檢討這些參數的特性及和以往計算方法所得結果的差異。然後利用依主頻區能量觀點所定義之波譜形狀新參數 SB 應用至實測颱風波浪，探討其波譜形狀之演變過程。同時也比較新參數 SB 與其他不同波譜形狀參數之差異性、相關性及在理論波譜擬合的適用性。			
出版日期	頁數	定價	本出版品取得方式
97 年 4 月	156	200	凡屬機密性出版品均不對外公開。普通性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及私營機關團體可按定價價購。
機密等級： ☐ 密 ☐ 機密 ☐ 極機密 ☐ 絕對機密 （解密條件： ☐ 年 月 日解密， ☐ 公布後解密， ☐ 附件抽存後解密， ☐ 工作完成或會議終了時解密， ☐ 另行檢討後辦理解密） ☒ 普通			
備註：本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

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

TITLE: Shape Parameters of Typhoon Wave Spectra (3/4)			
ISBN(OR ISSN) ISBN978-986-01-4053-8 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009701020	IOT SERIAL NUMBER 97-56-7341	PROJECT NUMBER 96-H3DA001-01
DIVISION: HARBOR & MARINE TECHNOLOGY CENTER DIVISION DIRECTOR: Yung-Fang Chiu PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chung-Ching Chien PROJECT STAFF: Ching-Song Liu, Chun-Ying Lee, Er-Jier Chien, Wei-Lun Ma PHONE: 886-4-26587131 FAX: 886-4-26564415			PROJECT PERIOD FROM January 2007 TO December 2007
KEY WORDS: Wave Spectra, Shape Parameters, Spectral Moment			
ABSTRACT: To estimate spectral shape parameters, two new conceptions are proposed. The first is that wave spectra are divided into higher and lower frequency regions by a new frequency level, and the second is that the main energy region of spectra defines a new calculation method for the shape parameter. Generally, the shape parameters of wave spectra are obtained from the moment of spectra. According to the moment of spectra at higher and lower frequency regions from different frequency levels, the shape parameters of spectra are rechecked and the variation trend of the spectral moment is examined; new shape parameters compare with the parameter of standard wave spectrum model. In this study, a new method for calculating the wave spectral shape parameter was defined by the main energy region of spectra. The new shape parameter was applied to the typhoon wave site observations around Hualien Harbor, and examined the variation trend of wave spectral shape during the wave generation, decay process. Furthermore, we analyzed the relativity between the new shape parameter and other parameters; the suitability for using the theoretic spectrum fitting was also rechecked.			
DATE OF PUBLICATION April 2008	NUMBER OF PAGES 156	PRICE 200	CLASSIFICATION ☐ RESTRICTED ☐ CONFIDENTIAL ☐ SECRET ☐ TOP SECRET ☒ UNCLASSIFIED
The views expressed in this publication are not necessarily those of the Ministry of Transportation and Communications.			

目 錄

中文摘要	I
英文摘要	II
目 錄	III
圖 目 錄	V
表 目 錄	XI
第一章 前言	1-1
1.1 研究背景	1-1
1.2 研究目的	1-1
第二章 資料蒐集與波譜形狀參數定義	2-1
2.1 颱風波浪資料蒐集與分類	2-1
2.2 波浪逐時變化與颱風動態	2-1
2.3 波譜形狀參數之定義	2-2
第三章 波譜演變特性及擬合	3-1
3.1 波譜高、低頻區能量之演變	3-1
3.2 正規化波譜之形狀比較及擬合	3-2
第四章 波譜形狀參數分析與比較	4-1
4.1 波譜形狀參數之逐時變化	4-1
4.2 波譜形狀參數間相關性分析	4-2

第五章 結論與後續課題	5-1
5.1 結論	5-1
5.2 後續課題.....	5-2
參考文獻	參-1

圖 目 錄

圖 2-1 ABE 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-7
圖 2-2 ZEB 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-8
圖 2-3 TIM 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-9
圖 2-4 OTTO 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-10
圖 2-5 SETH 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-11
圖 2-6 AMY 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-12
圖 2-7 OFELIA 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-13
圖 2-8 BOBBIE 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-14
圖 2-9 TED 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-15
圖 2-9(續) TED 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-16
圖 2-10 YANNI 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-17
圖 2-11 HERB 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-18
圖 2-12 CAM 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-19
圖 2-13 GLORIA 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-20
圖 2-14 KORYN 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-21
圖 2-14(續) KORYN 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-22
圖 2-15 TINA 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-23
圖 2-16 GARY 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-24
圖 2-17 JANIS 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-25
圖 2-18 MARK 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-26
圖 2-18(續) MARK 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-27
圖 2-19 BECKY 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖	2-28

圖 2-20 以主頻區能量為考察重點參之頻譜分割示意圖	2-29
圖 2-21 多峰波譜之波譜分割之示意圖	2-29
圖 3-1 ABE 颱風波浪能譜圖（成長時段）	3-4
圖 3-2 ZEB 颱風波浪能譜圖（成長時段）	3-5
圖 3-3 TIM 颱風波浪能譜圖（成長時段）	3-6
圖 3-4 OTTO 颱風波浪能譜圖（成長時段）	3-7
圖 3-5 OTTO 颱風波浪能譜圖（衰退時段）	3-8
圖 3-6 SETH 颱風波浪能譜圖（成長時段）	3-9
圖 3-7 SETH 颱風波浪能譜圖（衰退時段）	3-10
圖 3-8 AMY 颱風波浪能譜圖（成長時段）	3-11
圖 3-9 OFELIA 颱風波浪能譜圖（成長時段）	3-12
圖 3-10 BOBBIE 颱風波浪能譜圖（成長時段）	3-13
圖 3-11 BOBBIE 颱風波浪能譜圖（衰退時段）	3-14
圖 3-12 TED 颱風波浪能譜圖（成長時段）	3-15
圖 3-13 TED 颱風波浪能譜圖（衰退時段）	3-16
圖 3-14 YANNI 颱風波浪能譜圖（成長時段）	3-17
圖 3-15 YANNI 颱風波浪能譜圖（衰退時段）	3-18
圖 3-16 HERB 颱風波浪能譜圖（成長時段）	3-19
圖 3-17 CAM 颱風波浪能譜圖（成長時段）	3-20
圖 3-18 GLORIA 颱風波浪能譜圖（衰退時段）	3-21
圖 3-19 KORYN 颱風波浪能譜圖（衰退時段）	3-22
圖 3-20 TINA 颱風波浪能譜圖（衰退時段）	3-23
圖 3-21 GARY 颱風波浪能譜圖（衰退時段）	3-24
圖 3-22 JANIS 颱風波浪能譜圖（近穩定時段）	3-25

圖 3-23 MARK 颱風波浪能譜圖（近穩定時段）	3-26
圖 3-24 BECKY 颱風波浪能譜圖（近穩定時段）	3-27
圖 3-25 TIM 颱風波浪能譜高頻區斜率	3-28
圖 3-26 OTTO 颱風波浪能譜高頻區斜率	3-29
圖 3-27 ABE 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑	3-30
圖 3-28 ZEB 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑	3-31
圖 3-29 TIM 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑	3-32
圖 3-30 OTTO 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑	3-33
圖 3-31 OTTO 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑	3-34
圖 3-32 SETH 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑	3-35
圖 3-33 SETH 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑	3-36
圖 3-34 AMY 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑	3-37
圖 3-35 OFELIA 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑 ...	3-38
圖 3-36 BOBBIE 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑 ..	3-39
圖 3-37 BOBBIE 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑 ..	3-40
圖 3-38 TED 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑	3-41
圖 3-39 TED 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑	3-42
圖 3-40 YANNI 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑	3-43
圖 3-41 YANNI 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑	3-44
圖 3-42 HERB 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑	3-45
圖 3-43 CAM 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑	3-46
圖 3-44 GLORIA 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑 ..	3-47
圖 3-45 KORYN 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑 ...	3-48
圖 3-46 TINA 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑	3-49

圖 3-47 GARY 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑.....	3-50
圖 3-48 JANIS 颱風波浪正規化頻譜（近穩定時段）及颱風路徑 ..	3-51
圖 3-49 MARK 颱風波浪正規化頻譜（近穩定時段）及颱風路徑 .	3-52
圖 3-50 BECKY 颱風波浪正規化頻譜（近穩定時段）及颱風路徑	3-53
圖 3-51 ABE 颱風波浪正規化頻譜之擬合	3-54
圖 3-52 SETH 颱風波浪正規化頻譜之擬合	3-55
圖 3-53 AMY 颱風波浪正規化頻譜之擬合	3-56
圖 3-54 OFELIA 颱風波浪正規化頻譜之擬合	3-57
圖 3-55 TED 颱風波浪正規化頻譜之擬合	3-58
圖 3-56 BECKY 颱風波浪正規化頻譜之擬合	3-59
圖 4-1 ABE 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化	4-4
圖 4-2 ZEB 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化	4-5
圖 4-3 TIM 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化	4-6
圖 4-4 OTTO 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化	4-7
圖 4-5 SETH 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化	4-8
圖 4-6 AMY 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化	4-9
圖 4-7 OFELIA 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化	4-10
圖 4-8 BOBBIE 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化	4-11
圖 4-9 TED 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化	4-12
圖 4-10 YANNI 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化	4-13
圖 4-11 HERB 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化	4-14
圖 4-12 CAM 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化	4-15
圖 4-13 GLORIA 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化	4-16
圖 4-14 KORYN 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化	4-17

圖 4-15 TINA 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化.....	4-18
圖 4-16 GARY 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化.....	4-19
圖 4-17 JANIS 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化	4-20
圖 4-18 MARK 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化	4-21
圖 4-19 BECKY 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化.....	4-22
圖 4-20 ABE 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈	4-23
圖 4-21 ZEB 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈.....	4-24
圖 4-22 TIM 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈.....	4-25
圖 4-23 OTTO 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈.....	4-26
圖 4-24 SETH 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈	4-27
圖 4-25 AMY 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈	4-28
圖 4-26 OFELIA 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈	4-29
圖 4-27 BOBBIE 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈	4-30
圖 4-28 TED 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈	4-31
圖 4-29 YANNI 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈	4-32
圖 4-30 HERB 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈.....	4-33
圖 4-31 CAM 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈	4-34
圖 4-32 GLORIA 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈	4-35
圖 4-33 KORYN 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈	4-36
圖 4-34 TINA 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈.....	4-37
圖 4-35 GARY 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈	4-38
圖 4-36 JANIS 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈	4-39
圖 4-37 MARK 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈	4-40
圖 4-38 BECKY 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈.....	4-41

圖 4-39 颱風波浪成長時段波譜形狀參數相關分佈	4-42
圖 4-40 颱風波浪衰退時段波譜形狀參數相關分佈	4-43
圖 4-41 颱風波浪近穩定時段波譜形狀參數相關分佈	4-44

表 目 錄

表 2-1 颱風波浪資料分類表	2-5
-----------------------	-----

第一章 前言

1.1 研究背景

一般描述波浪最常見也最常使用的是統計的波高及週期。然而實際上波浪具有不規則性，因此，以單一之波高、週期大小（例如示性波高、示性週期）來描述波浪是僅就不規則的波動以統計上的觀點作處理，對於不規則之實質內涵表示是有所不足的。相較而言波浪頻譜對於波浪的不規則性則有較清楚的說明，因為由頻譜分析所得結果可以明瞭波浪在不同頻率（對應於週期）的能量（對應於波高）分佈情形。不過在實用上統計的波高、週期，因為僅以單一數值表示，所以較為方便。相對的，波譜則有一序列相對應之頻率與能量（或振幅）數值（非單一數值）表示，實用上較不方便。然而由於水面波動本身的物理特性，使得波浪之頻譜形狀具有某種程度的一致性。因此，有許多波浪之頻譜表示式被提出，例如常見之 Pierson-Moskowitz 波譜及 JONSWAP 波譜。這些波譜表示式中含有所謂之波譜形狀參數，例如主頻率、頻譜寬度、頻譜窄度、頻譜零階動差及高頻斜率等，波譜表示式即根據這些形狀參數加以定義。換言之，可由這些參數值的大小得知波譜的概略形狀，並進一步瞭解不規則波浪的成分組成。

1.2 研究目的

一般常用波譜形狀參數包括頻譜寬度、頻譜窄度及頻譜尖度等，這些參數基本上式由頻譜各階動差的無因次表示式組成。而這些波譜形狀參數在使用上仍有其缺點，例如 Rye 及 Goda 都指出波譜高頻部分，由於割棄（cut-off）的限界（ $f_{max}=1/2dt$ ，與取樣頻率有關）對高階動差造成影響，因此使得形狀參數便得不穩定，例如頻譜寬度參數即含有頻譜第 4 階動差。目前波譜動差皆以頻率為零當作動差軸進行計算，然為何以頻率為零當作動差軸？並沒有相關的說明或討論。

因此本研究第一年（94 年度）嘗試以不同的動差軸，進行實測波譜之各階頻譜動差的計算，然後根據新的頻譜動差值計算各波譜形狀參數，並與原有形狀參數作比較。藉此明瞭不同的動差軸對波譜形狀參數的影響，並作為進一步嘗試定義新的波譜形狀參數的參考。其研究成果包括：（1）頻譜動差階數愈高隨波高成長或衰退的一致性變化趨勢愈不明顯，除第 0 階動差外，低頻區之各階頻譜動差值，絕大部分皆較高頻區為小。（2）頻譜動差值主要是受高頻區影響，而低頻區的影響雖然較小，但其頻譜動差值在高階時之變化趨勢仍與波高有較明顯的一致性，而高頻區則無。（3）在波高的成長或衰退過程中，頻譜形狀之改變沒有對應之趨勢出現。但是該研究僅利用兩個颱風波浪資料進行初步分析，在統計上樣本是不足的。此外，由於實測波浪之頻譜形狀較複雜，不如理論波浪頻譜的單純與平滑。因此，造成分析結果比對上的困難。

因此，本研究第二年（95 年度）先利用已知之理論波浪波譜，例如 JONSWAP 或 Pierson-Moskowitz 波譜，在掌握頻譜形狀的情況下，重新檢視由高低頻區頻譜動差計算之頻譜形狀參數的應用情形。同時也利用波譜主要能量分割觀點定義新的形狀參數及探討其適用性。其研究成果包括：（1）由參考頻率 $f_b=0$ 計算所得之波譜動差值，無法瞭解其主要是受高頻區或低頻區影響。但採用參考頻率 $f_b=F_p$ 及 $f_b=F_E$ 之高、低頻區的分割方法後，發現波譜動差值主要是受高頻區影響，因為高頻區動差值明顯較低頻區為較大。不過其差異隨波譜參數 γ 及 m 之增大而減小，尤其是在 Pierson-Moskowitz 波譜的高階動差。以參考頻率 $f_b=F_p$ 及 $f_b=F_E$ 計算所得之高頻區各階動差值非常接近（ $f_b=F_p$ 稍大些），低頻區則以 $f_b=F_E$ 較大。（2）高、低頻區之各階動差經無因次整合後，以參考頻率 $f_b=F_p$ 及 $f_b=F_E$ 計算所得之各階新動差隨波譜參數 γ 及 m 之變化趨勢與參考頻率 $f_b=0$ 相似，但其值皆較參考頻率 $f_b=0$ 計算者為小。此外 JONSWAP 波譜的新動差隨波譜參數 γ 之變化趨勢與 Pierson-Moskowitz 波譜不同，尤其在高階時愈明顯。（3）以新、舊動

差參數分別定義之新、舊波譜形狀參數寬度參數 ε 及窄度參數 ν ，無論在 JONSWAP 或 Pierson-Moskowitz 波譜情況，皆不適合直接代替波譜參數 γ 值或 m 值。因為新、舊窄度參數 ν 及寬度參數 ε 隨波譜參數 m 的變化趨勢與隨波譜參數 γ 完全不同，此表示新參數對於波譜形狀的衡量在不同波譜的情況無法獲得一致性的結果。(4) 依主頻區能量觀點所定義之新 SB 參數值非常接近波譜形狀參數 γ 或 m 之數值，若以主頻區能量佔全部能量之 65% 基準而言，其相對誤差不超過 5%，因此新 SB 參數可以直接作為波譜形狀參數。換言之，若有一實測正規化波譜，以新 SB 參數值代入理論波譜表示式，即可得該波譜對應之正規化 JONSWAP 波譜或 Pierson-Moskowitz 波譜，而完成波譜擬合過程。

基於前二年之研究成果，本研究利用依主頻區能量觀點所定義之新波譜形狀參數 SB 實際應用至實測颱風波浪，探討其波譜形狀之演變過程及不同波譜形狀參數之適用性及相關性。本報告共分五章，第一章說明本計畫緣由及目的。第二章說明颱風波浪資料之蒐集及配合本研究所進行之資料分類。第三章探討波譜高、低頻區之能量隨波高逐時演變的趨勢特性及正規化波譜之擬合比較。第四章根據不同之波譜形狀參數比較其隨波高成長或衰退的變化特性，同時探討各參數間之相關性及適用性。第五章綜合檢討結果提出結論及未來研究方向的建議。

第二章 資料蒐集與波譜形狀參數定義

本章除說明颱風波浪資料蒐集與波高、週期隨颱風動態之逐時變化特性外，對於配合本研究需要所進行之資料分類方式。此外也對上一年度所提出之新波譜形狀參數 SB 在遭遇波譜多峰時之處理方法作一補充說明。

2.1 颱風波浪資料蒐集與分類

根據本所於花蓮港海域長期海氣象觀測站所量測之颱風波浪資料，選取 1990 年至 1998 年間共計 19 個颱風實測波浪資料，如表 2-1。為配合研究需要將各颱風波浪逐時資料選取特定 7 筆作進一步分析。並依這 7 筆資料之波高及週期變化趨勢區分為（1）波高週期成長（2）波高週期衰退及（3）波高週期近似穩定等 3 類。有關花蓮港海域之海氣象觀測作業之詳細情形，請參閱本所出版之海氣象觀測年報及專刊，在此不作贅述。

2.2 波浪逐時變化與颱風動態

配合上述所選取特定 7 筆資料，颱風波浪之波高、週期逐時變化部分情形如圖 2-1 至圖 2-19 所示，圖中標示該特定 7 筆資料之起訖日期與時間。完整之逐時變化圖可另參考以往之研究「臺灣海域海氣象現場調查與網路系統建立之應用研究」報告。至於颱風動態之相關圖示則另繪製於下一章中。

由上述圖中顯示，颱風侵襲花蓮港時之示性波高（以下簡稱波高）、示性週期（以下簡稱週期）逐時變化趨勢與颱風動態有密切關係，這些動態包括颱風強度、移動路徑、移動速度及陸地效應等。例如 TIM 颱風因為屬強烈颱風並直接侵襲花蓮港海域，所以創下最大波高達 10.7m 之觀測新紀錄。ZEB 颱風同樣為強烈颱風，但因颱風中心登陸

菲律賓呂宋島，暴風風域受陸地影響，波高逐時變化出現特殊雙峰現象。SETH 颱風雖然由強烈轉中度，但因移動路徑穩定撲向花蓮港海域，最大波高達 8m。MARK 颱風為輕度颱風且移動路徑在臺灣海峽，因此波高僅約 1.2m 左右且變化不大，此顯示行經臺灣海峽之颱風對花蓮港海域影響不大。OFELIA 及 AMY 颱風因移動路徑穩定，其波高、週期逐時變化出現相對穩定成長趨勢。綜合而言，颱風波浪之波高、週期逐時變化大致上隨颱風接近與遠離而分別出現增大與減小趨勢。但因颱風動態的不穩定，該趨勢會有些許差異。

對照最大波高及颱風移動行經區域，發現颱風若行經北緯 18° 至 24° 東經 121° 至 127° 之區域範圍並由東南方向逼近花蓮港，則颱風波浪波高值相對較大。例如強烈颱風 TIM 最大波高 10.7m、由強烈轉中度之 SETH 颱風最大波高 8.4m、強烈颱風 AMY 最大波高 8.4m、中度颱風 OFELIA 最大波高 9.2m、輕度但快速直接逼近花蓮港之 OTTO 颱風最大波高 6.7m 及同樣是輕度之 TED 颱風但因移動出現滯留現象其最大波高也達 6.7m。至於由區域範圍外側邊緣經過之颱風其最大波高相對較小。例如中度颱風 ABE 最大波高 3.5m、輕度轉中度颱風 TINA 最大波高 2.9m、中度颱風且受陸地影響之 GLORIA 其最大波高 4.8m 及強烈颱風 KORYN 最大波高 4.8m。因此北緯 18° 至 24° 東經 121° 至 127° 之區域範圍，對花蓮港而言是危險區域，當颱風行經此區域應提高警覺，另外要強調的是最大波高與颱風中心是否由花蓮港附近通過（或登陸）有密切關係。由歷年觀測資料顯示花蓮港颱風波浪之可能最大波高估計約 12m、對應最大周期則約 16sec。

2.3 波譜形狀參數之定義

海洋波浪之能量結構組成，一般可藉由波譜分析所得之各頻率成分波能量大小獲得瞭解，並且也可由波譜形狀的變化得知各成份波間其能量的轉移情形。在本次研究中參考以往學者所提出的三種常見波譜形狀參數如下：

Longuet-Higgins(1956)所提出之波譜形狀窄度參數

$$v = \sqrt{\frac{m_0 m_2}{m_1^2} - 1} \quad (2-1)$$

及波譜形狀寬度參數

$$\varepsilon = \sqrt{1 - \frac{m_2^2}{m_0 m_4}} \quad (2-2)$$

上列各式中 $m_n = \int f^n S(f) df$ 為頻譜的 n 階動差 (moment)。

Goda, Y. (1970) 認為窄度及寬度參數不能顯示波譜尖峰形狀，故另定義尖峰度如下：

$$QP = \frac{2}{m_0} \int_0^\infty f S^2(f) Df \quad (2-3)$$

此外在上一年度研究中基於波浪之波譜能量在尖峰頻率處最大且大部分集中於此頻率附近。因此，由尖峰頻率附近之能量佔全部總能量之百分比作考量，將頻譜分割成主頻區及副頻區如圖 2-20。由於主頻區頻率範圍屬頻率軸上的變化，而能量密度最大值則屬能量軸上的變化，因此本文定義兩個新無因次參數 S 及 B 如下：

$$S = S(f_p) / S_c \quad (2-4)$$

$S(f_p)$ ：尖峰頻率之能量密度；

S_c ：主頻區能量基準

$$B = (f_{\max} - f_{\min}) / (fH - fL) \quad (2-5)$$

$f_{\max}$ ：頻率最大值；

$f_{\min}$ ：頻率最小值；

fH ：主頻區頻率最大值；

f_L ：主頻區頻率最小值

基本上無因次參數 S 與波譜形狀之尖銳程度有關，因為當 $S(f_p)$ 值愈大，而參數 S 也愈大，故可視為波譜尖度參數。主頻區之能量基準 S_c 係以主頻區能量總和佔全部頻區總能量之百分比而定，在本文中參照上一年度分析結果採用 65%。無因次參數 B 則與波譜形狀之寬度程度有關，因為當主頻區頻率範圍愈小即 f_H-f_L 值愈小，因而參數 B 愈大，故可視為波譜寬度參數。

當頻譜形狀出現多峰時，如圖 2-21，本方法會有頻譜分割後出現多個主頻區問題，此時參數 B 必須進一步修改成如下：

$$B = PE / \sum_{i=1}^n \left[(fH_i - fL_i) \times \int_{fL_i}^{fH_i} S(f) df \right] \quad (2-6)$$

$$PE = (f_{\max} - f_{\min}) \times \sum_{i=1}^n \int_{fL_i}^{fH_i} S(f) df$$

為了方便比較，本文將上述兩種無因次參數結合為一新無因次參數 SB 如下：

$$SB = a \times (S \times B)^b \quad (2-7)$$

上式中 a, b 為待定係數。 SB 參數經分別以 JONSWAP 及 P-M 正規化波譜之 γ 與 m 形狀參數，依最小二乘方法回歸求得待定係數。JONSWAP 波譜之 a, b 值分別為 0.0887 與 0.9612；P-M 波譜之 a, b 值則分別為 0.8222 與 0.7244。待定係數會隨頻率最大值與最小值不同而有差異，上述待定係數值是依頻率最小值為 0；頻率最大值為 5.0 作計算範圍。

表 2-1 颱風波浪資料分類表

變化趨勢種類	年/月	颱風名稱	取樣頻率，資料點數
波高週期成長	1990/08	ABE	2.56Hz,3072
波高週期成長	1998/10	ZEB	2.56Hz,3072
波高週期成長	1994/07	TIM	1.28Hz,1536
波高週期成長	1998/08	OTTO	2.56Hz,3072
波高週期成長	1994/10	SETH	1.28Hz,1536
波高週期成長	1991/07	AMY	2.56Hz,3072
波高週期成長	1990/06	OFELIA	2.56Hz,3072
波高週期成長	1992/06	BOBBIE	2.56Hz,3072
波高週期成長	1992/09	TED	2.56Hz,3072
波高週期成長	1998/09	YANNI	2.56Hz,3072
波高週期成長	1996/07	HERB	1.28Hz,1536
波高週期成長	1996/05	CAM	1.28Hz,1536
波高週期衰減	1994/10	SETH	1.28Hz,1536
波高週期衰減	1998/08	OTTO	2.56Hz,3072
波高週期衰減	1996/07	GLORIA	1.28Hz,1536
波高週期衰減	1993/06	KORYN	2.56Hz,3072
波高週期衰減	1992/06	BOBBIE	2.56Hz,3072
波高週期衰減	1992/09	TED	2.56Hz,3072
波高週期衰減	1997/08	TINA	1.28Hz,1536
波高週期衰減	1995/07	GARY	1.28Hz,1536
波高週期衰減	1998/09	YANNI	2.56Hz,3072

波高週期穩定	1995/08	JANIS	1.28Hz,1536
波高週期穩定	1992/08	MARK	2.56Hz,3072
波高週期穩定	1990/08	BECKY	2.56Hz,3072

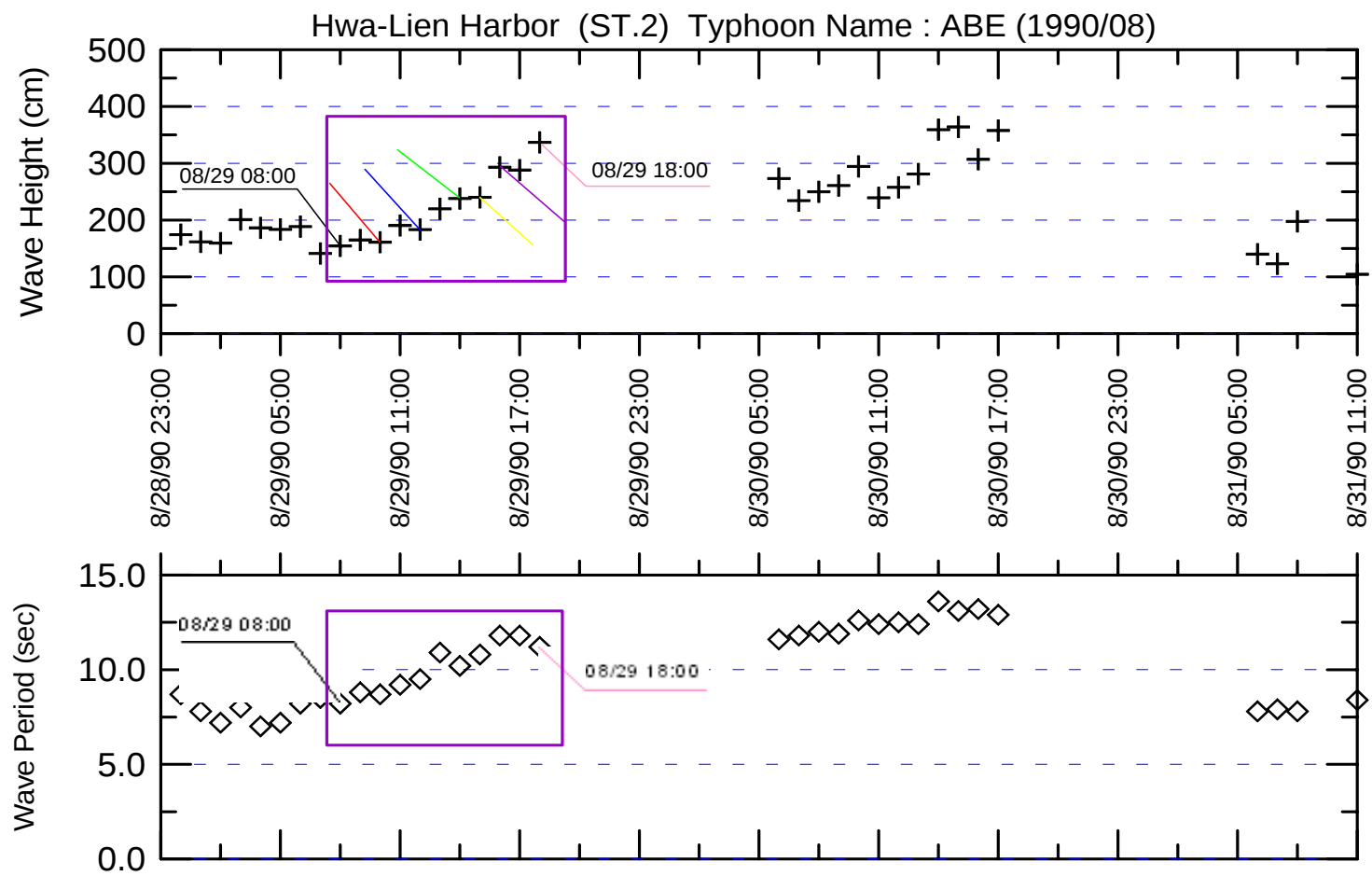


圖 2-1 ABE 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

ABE-HT1.GRF

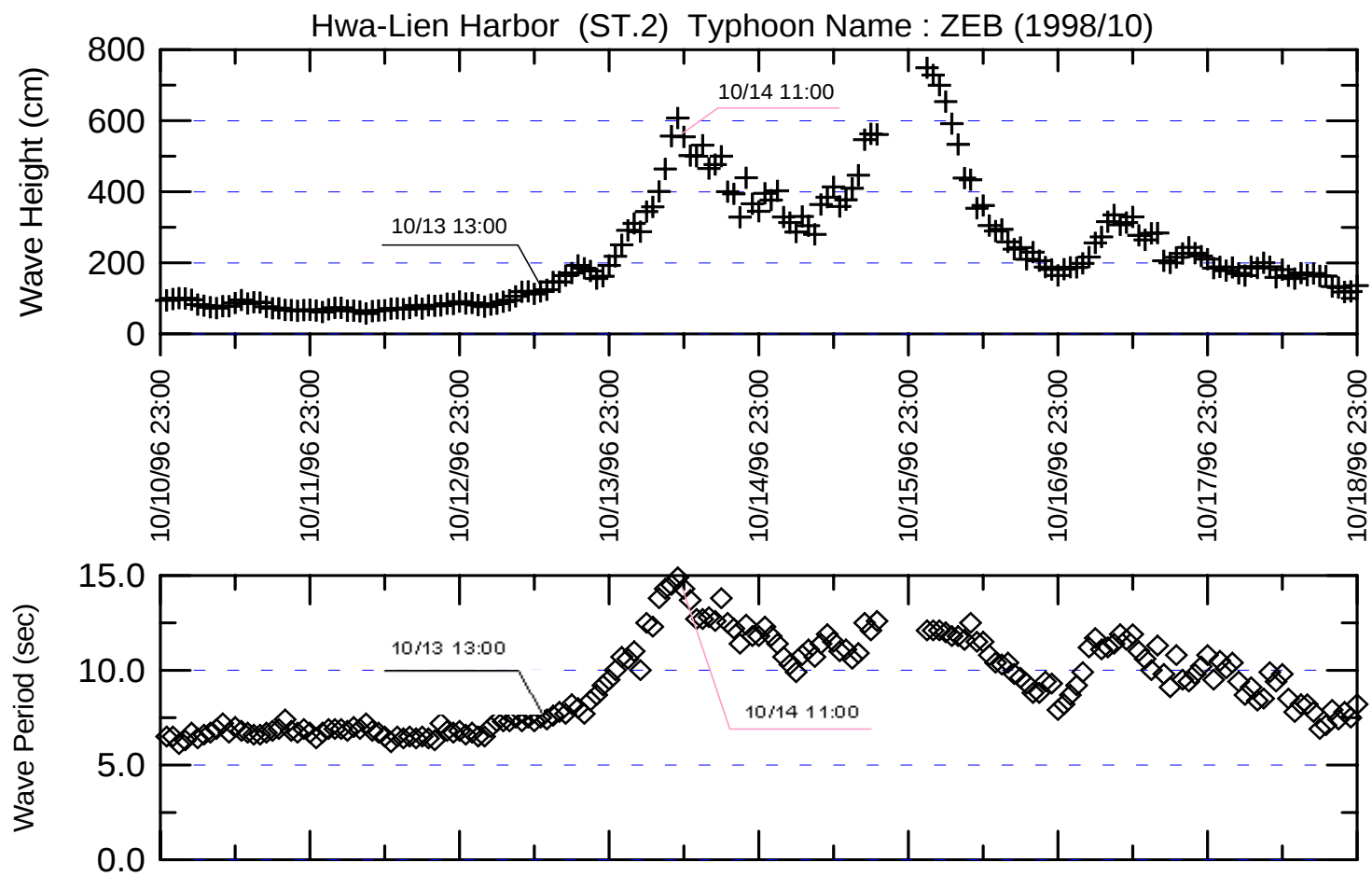


圖 2-2 ZEB 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

ZEB-HT1.GRF

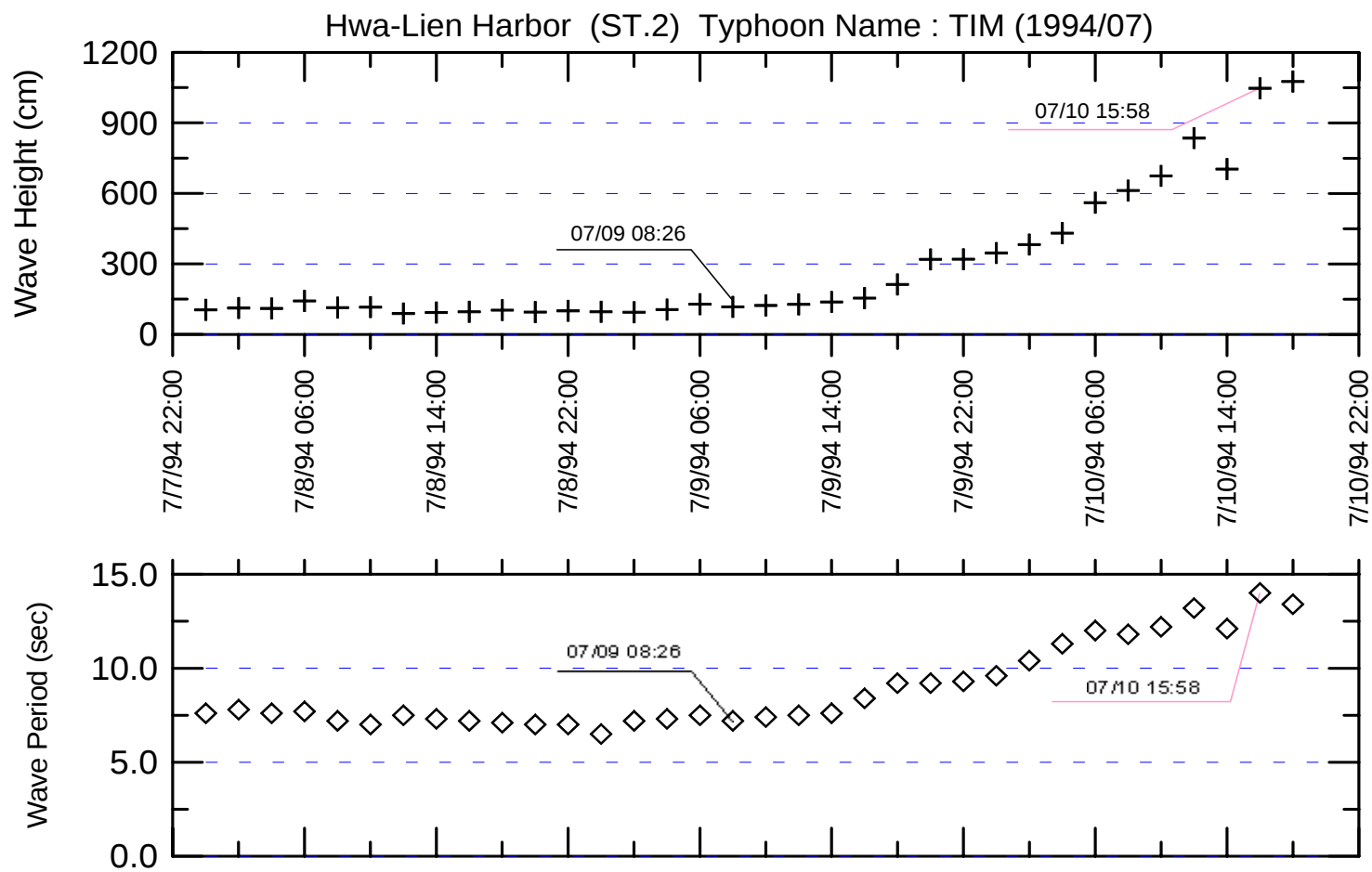


圖 2-3 TIM 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

TIM-HT1.GRF

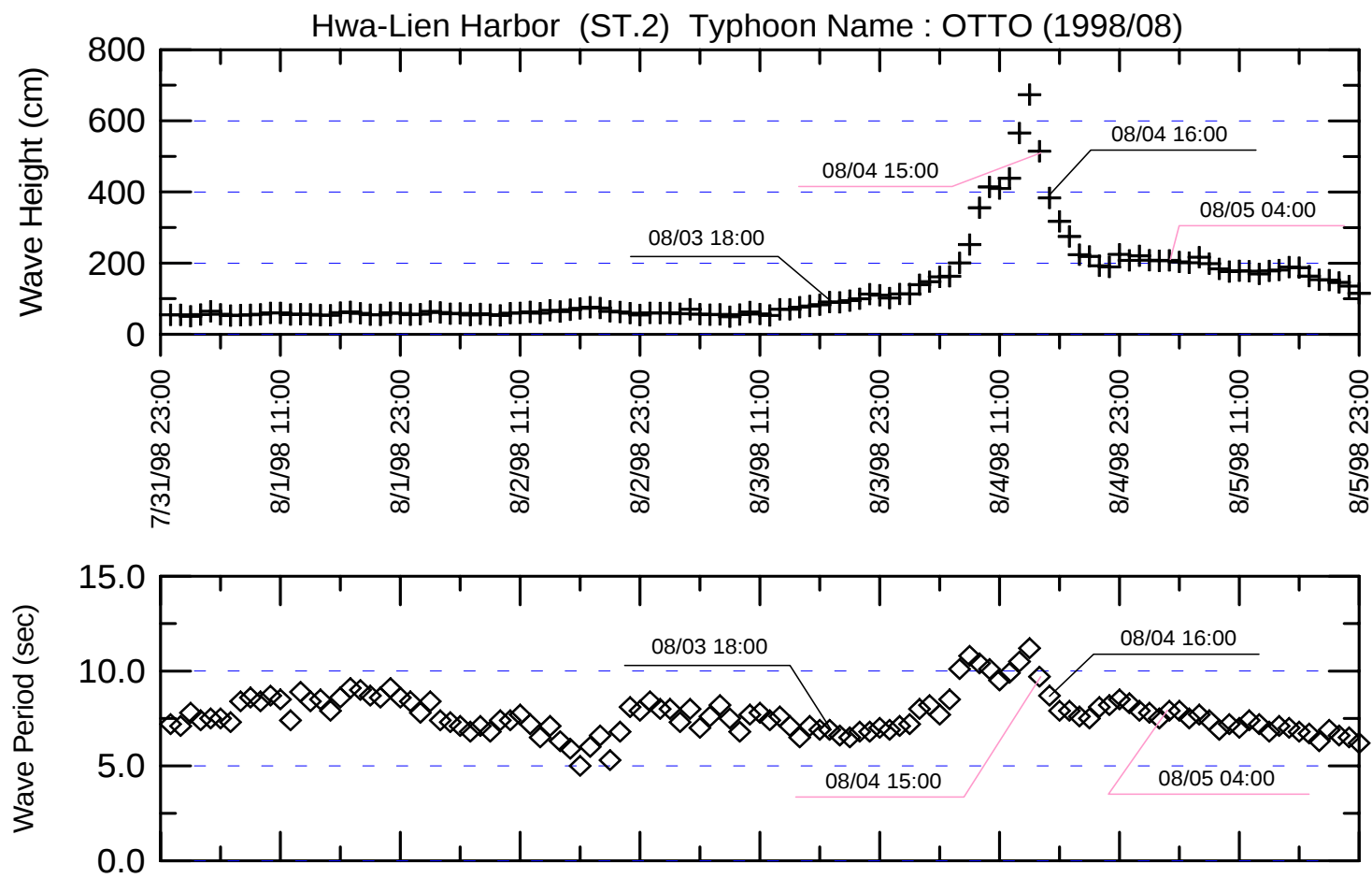


圖 2-4 OTTO 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

OTT-HT1.GRF

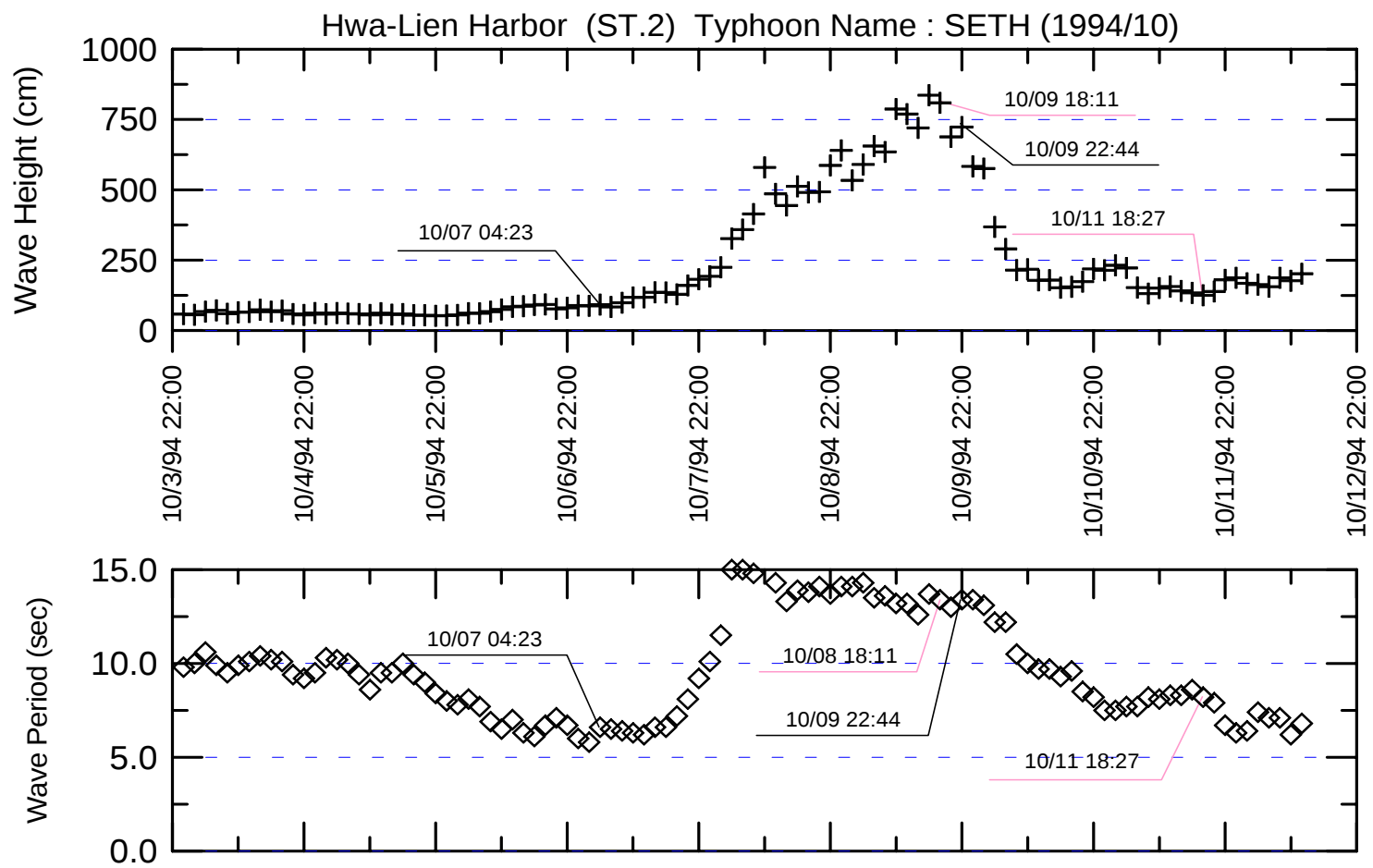


圖 2-5 SETH 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

SET-HT1.GRF

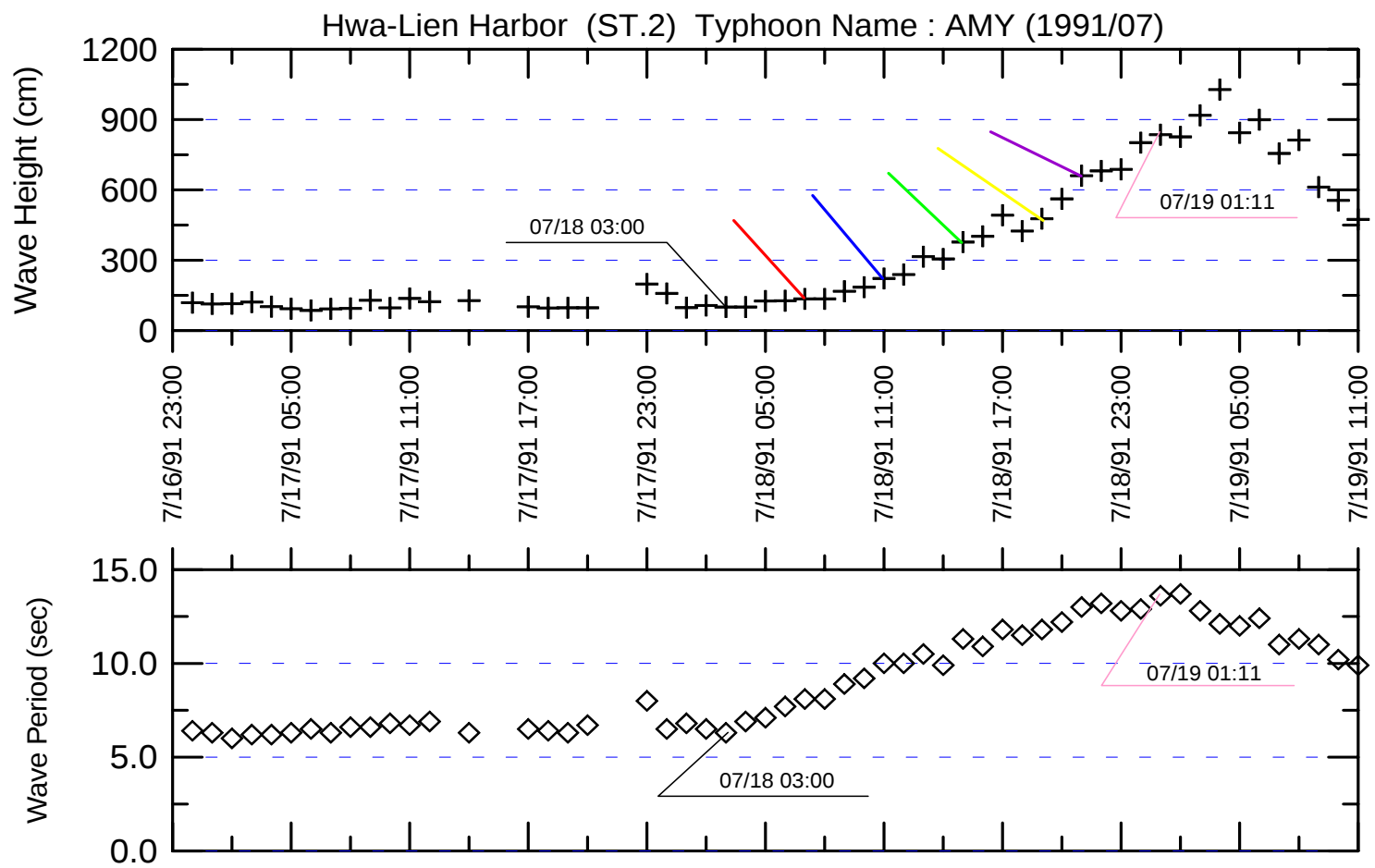


圖 2-6 AMY 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

AMY-HT1.GRF

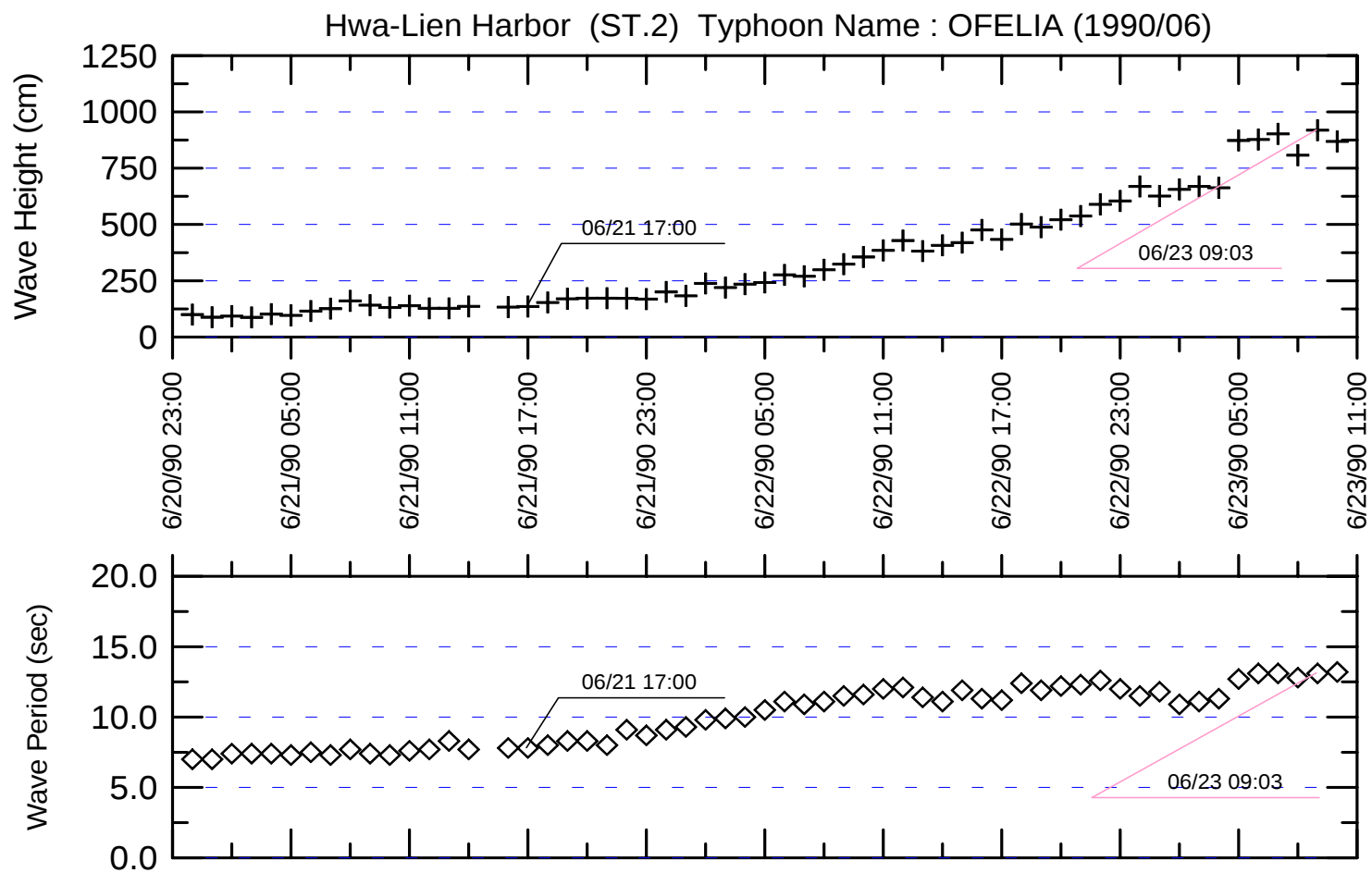


圖 2-7 OFELIA 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

OFE-HT1.GRF

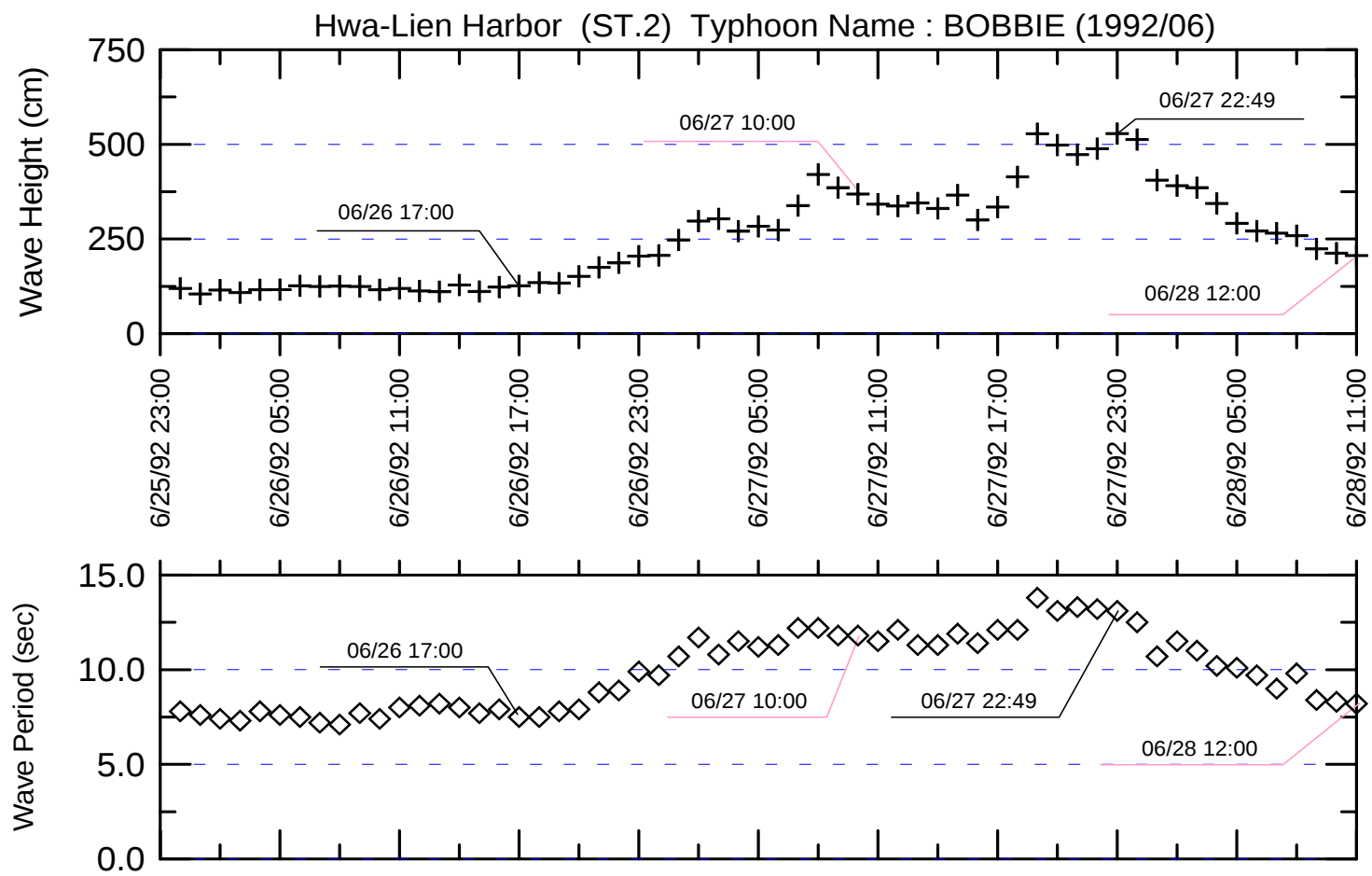


圖 2-8 BOBBIE 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

BOB-HT1.GRF

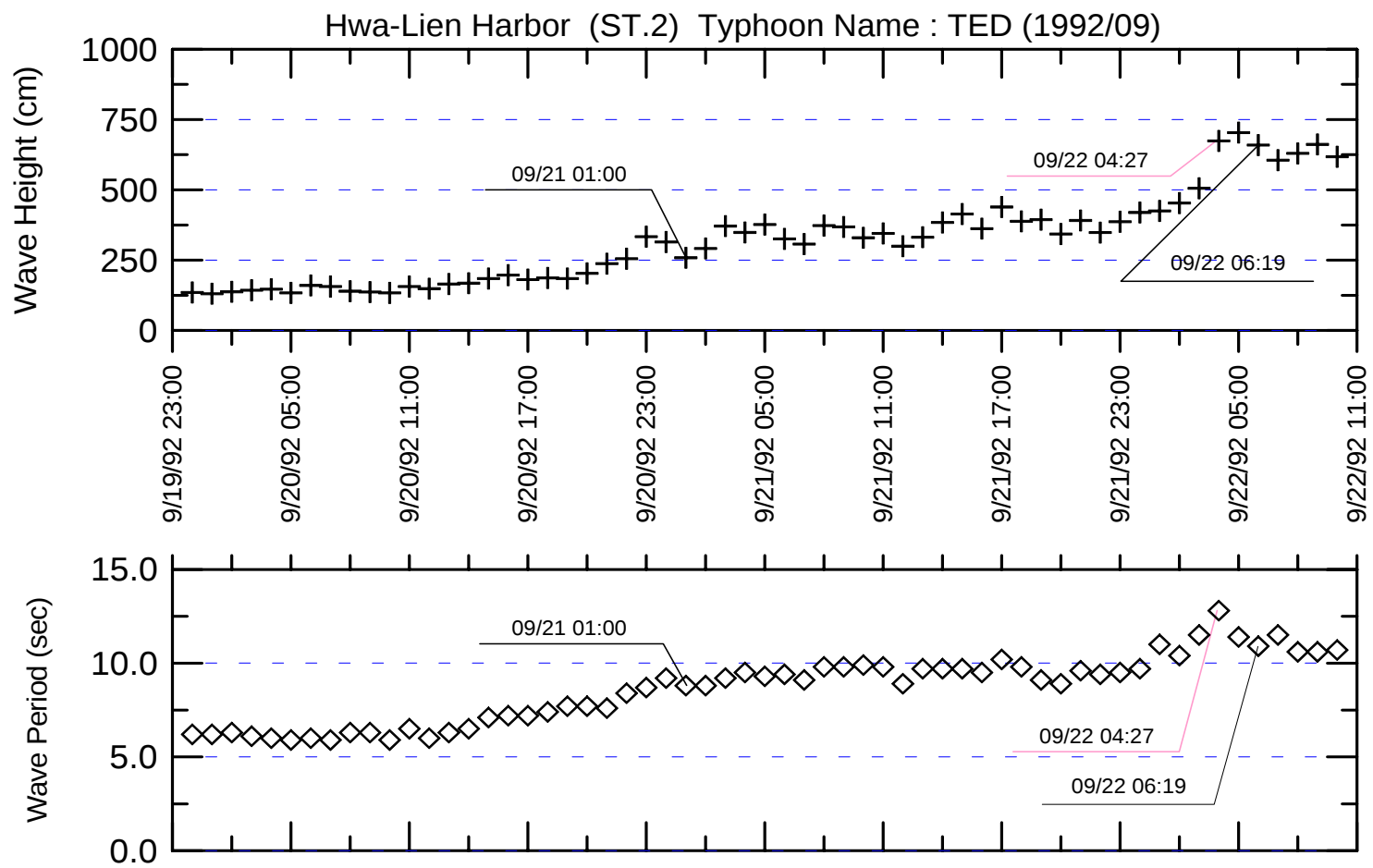


圖 2-9 TED 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

TED-HT1.GRF

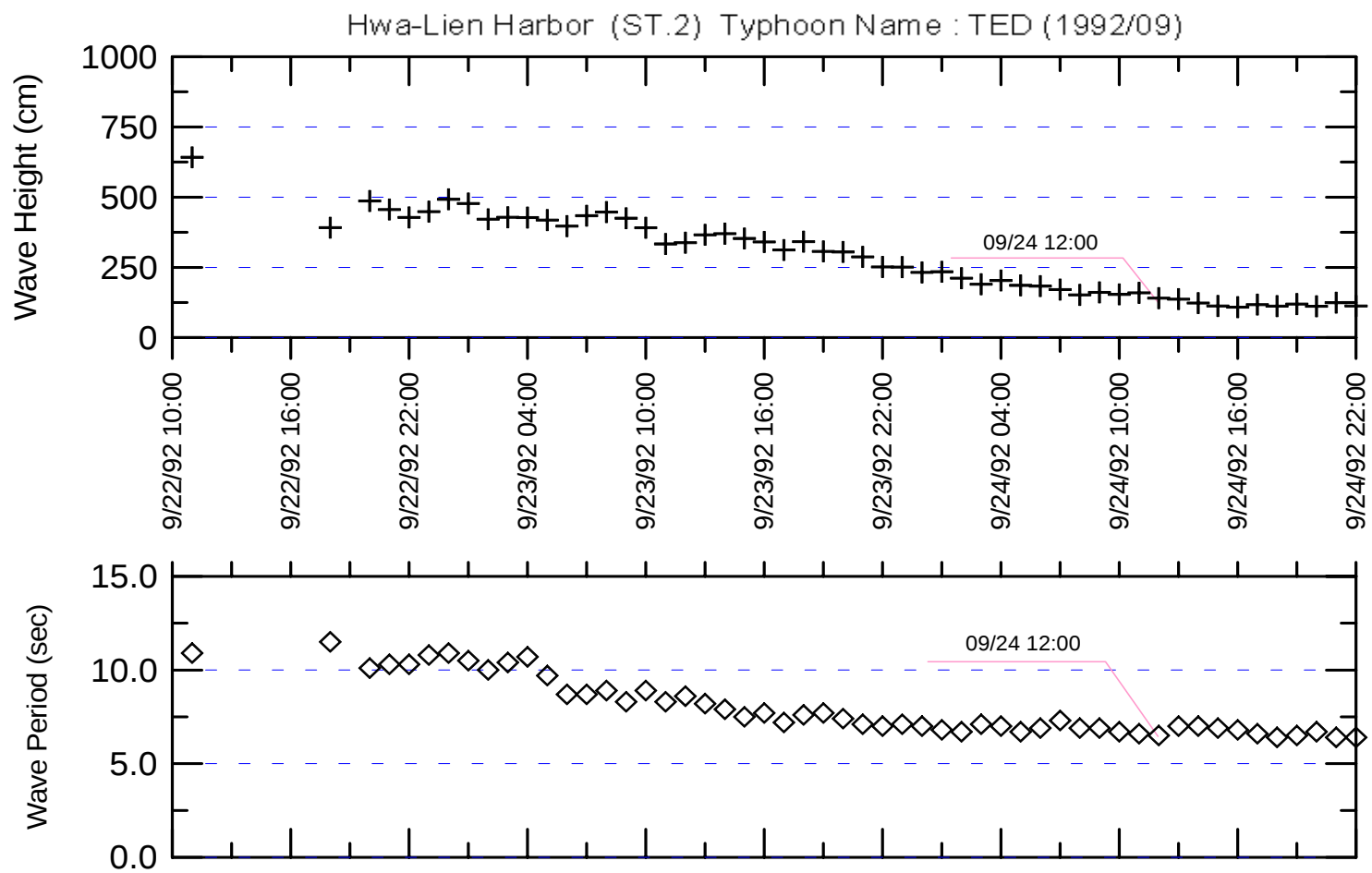


圖 2-9 (續) TED 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

TED-HT2.GRF

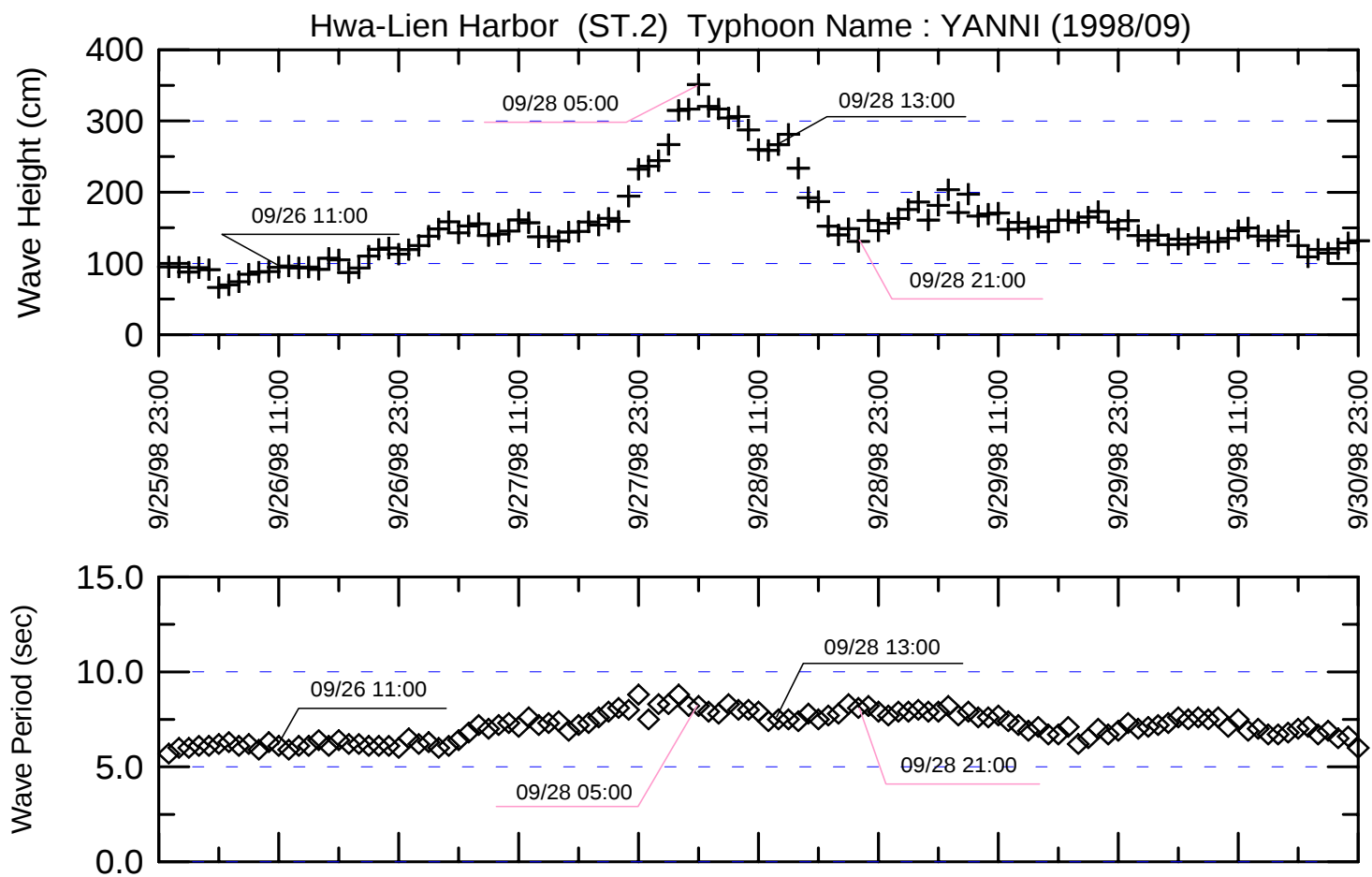


圖 2-10 YANNI 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

YAN-HT1.GRF

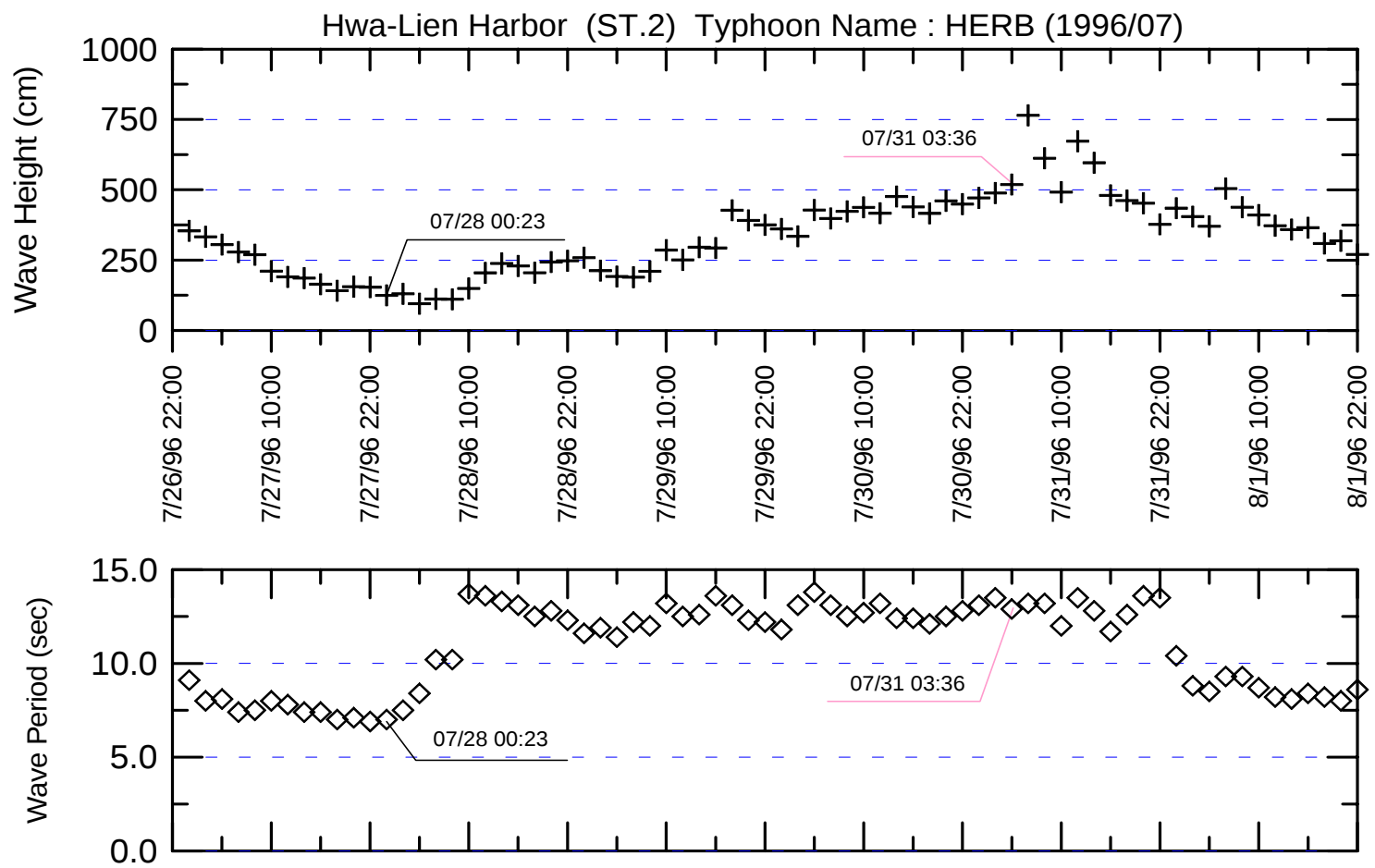


圖 2-11 HERB 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

HER-HT1.GRF

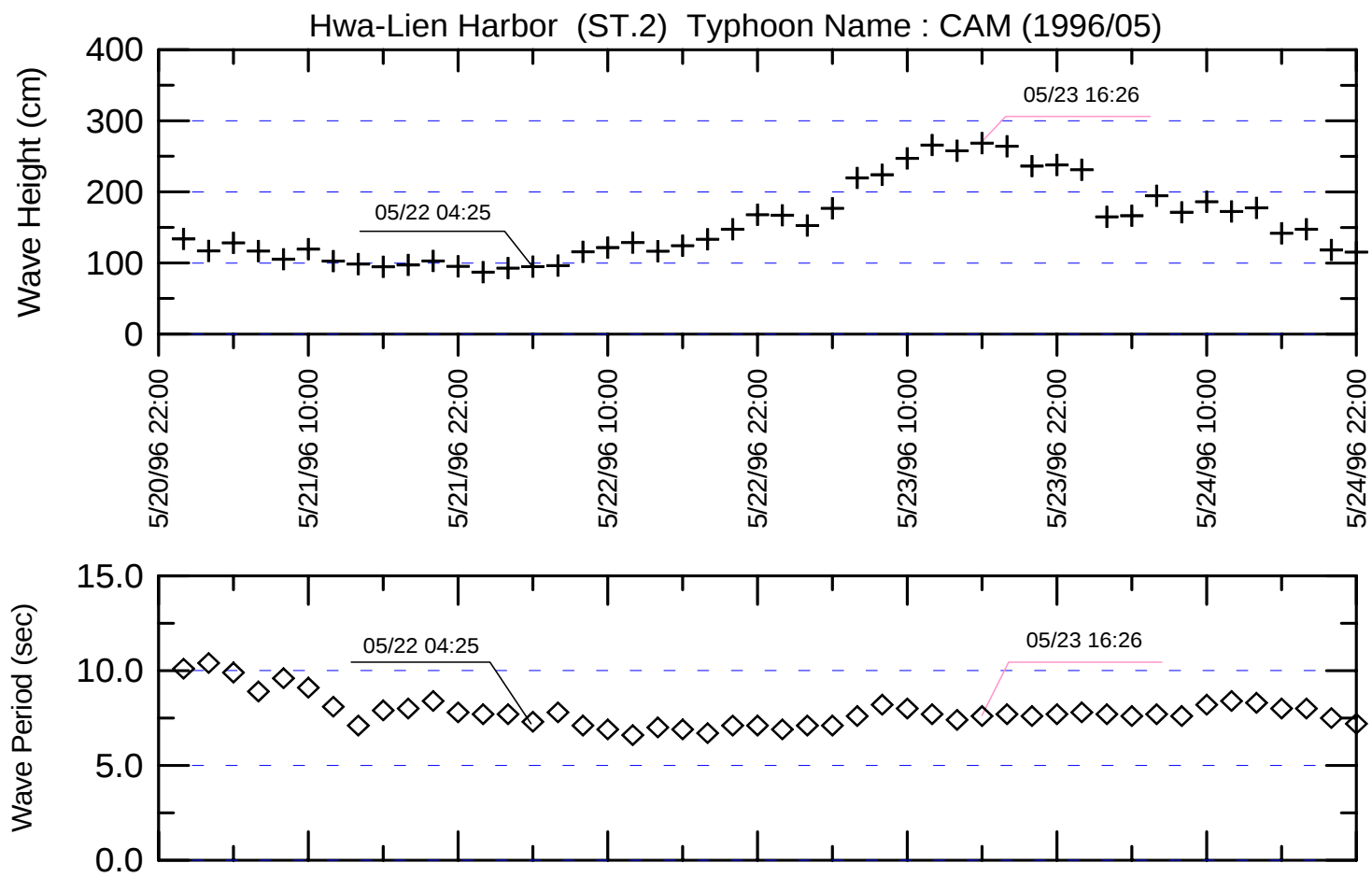


圖 2-12 CAM 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

CAM-HT1.GRF

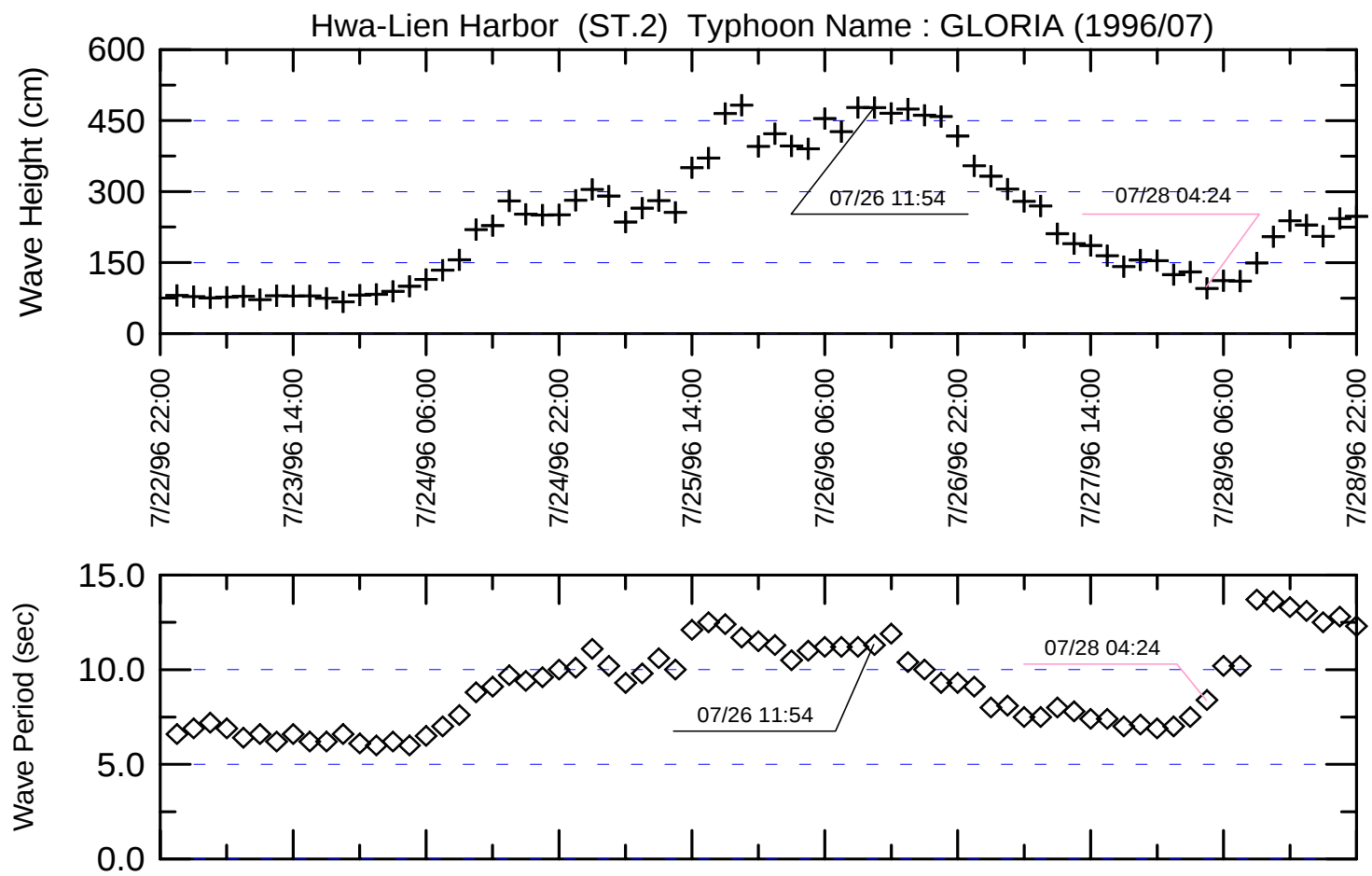


圖 2-13 GLORIA 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

GLO-HT1.GRF

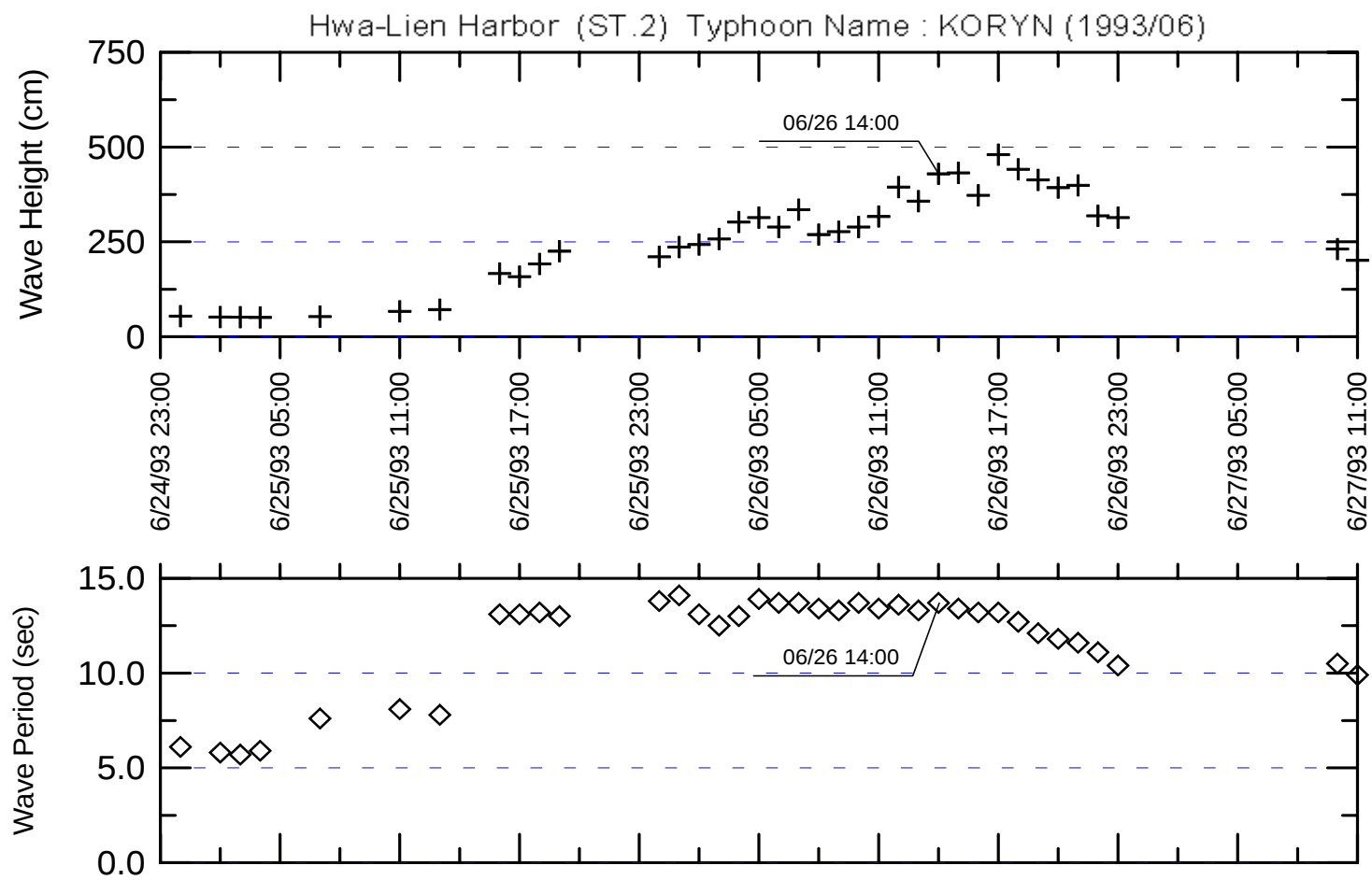


圖 2-14 KORYN 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

KOR-HT3.GRF

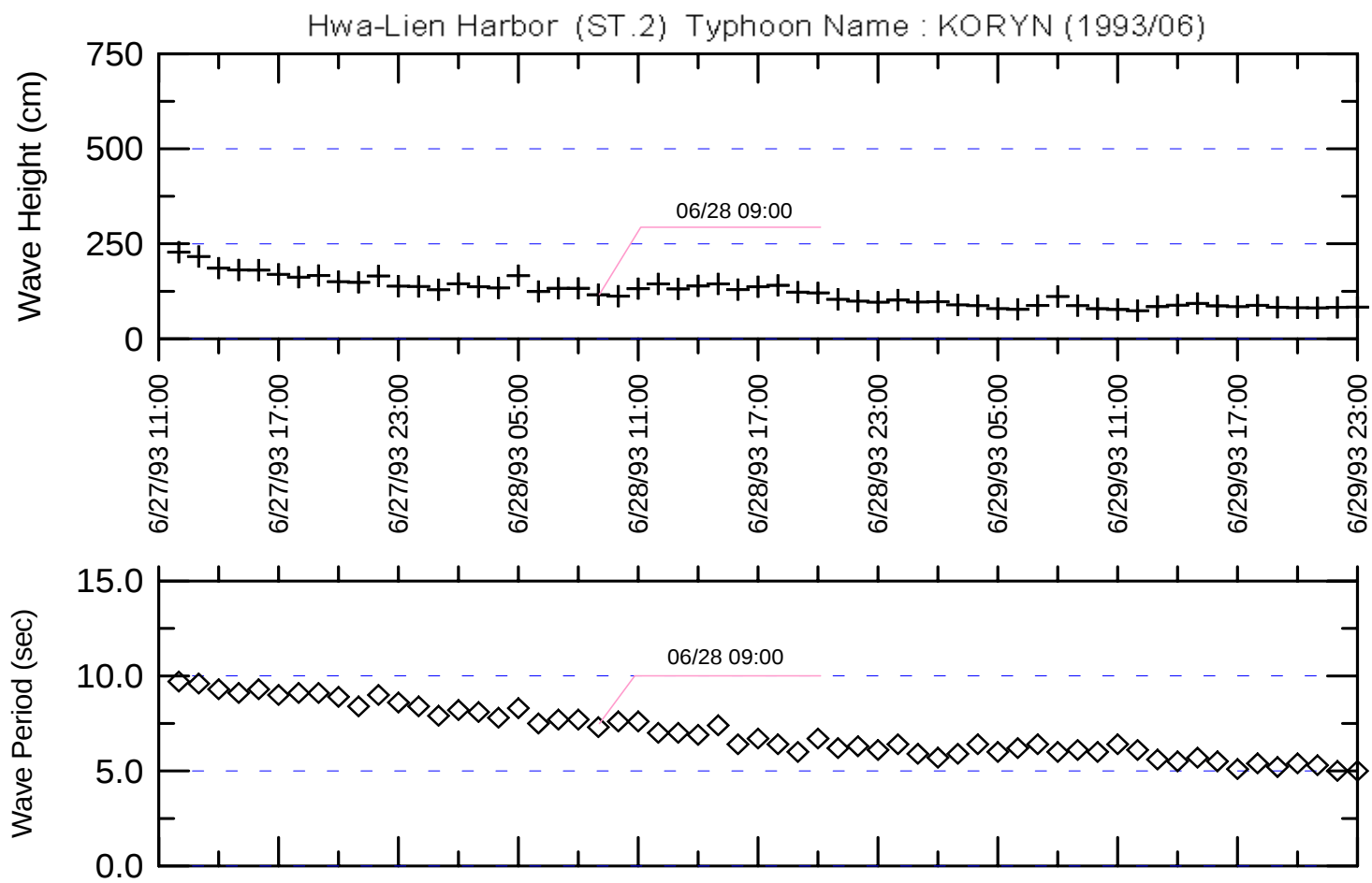


圖 2-14 (續) KORYN 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

KOR-HT4.GRF

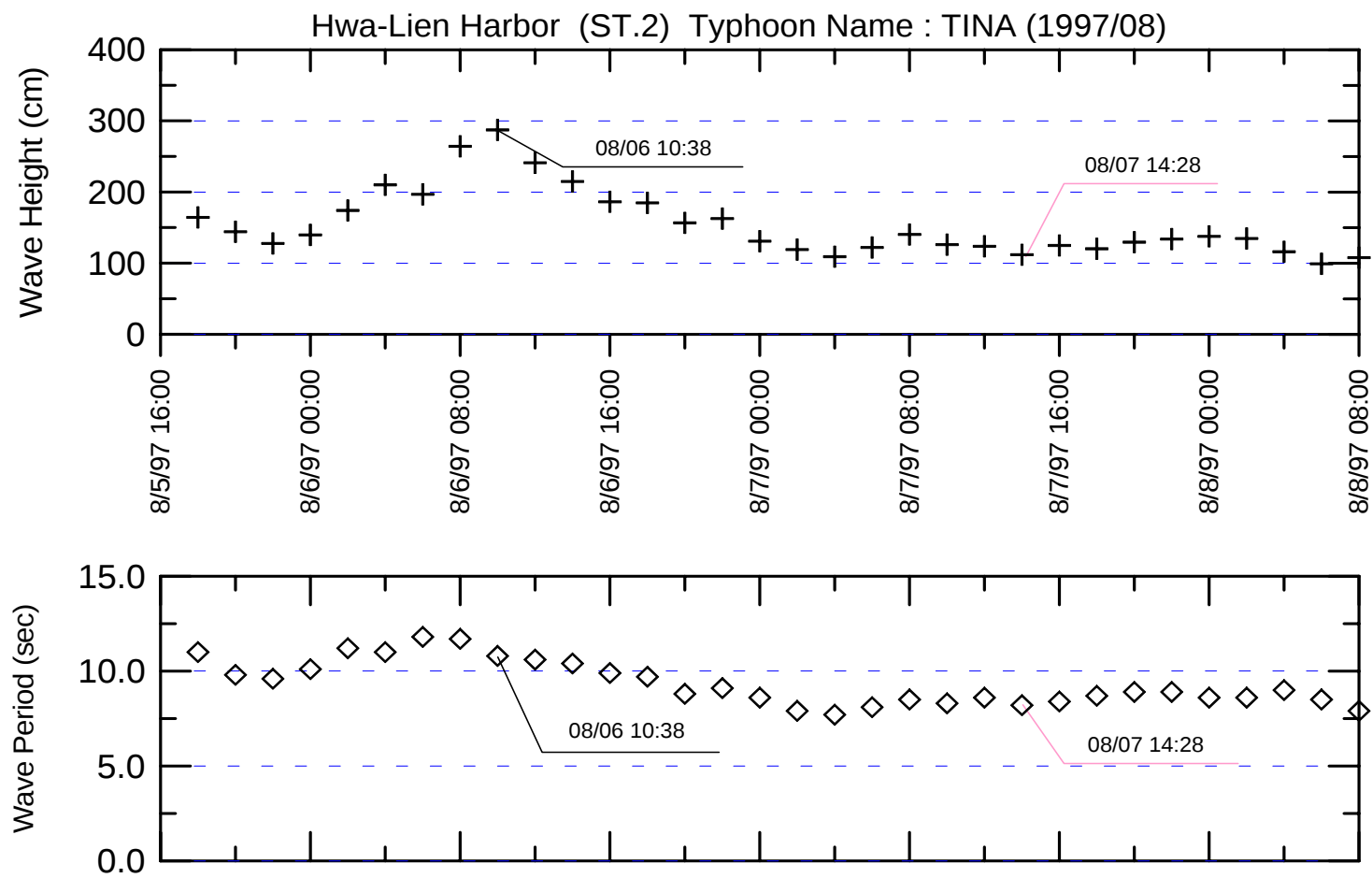


圖 2-15 TINA 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

TIN-HT1.GRF

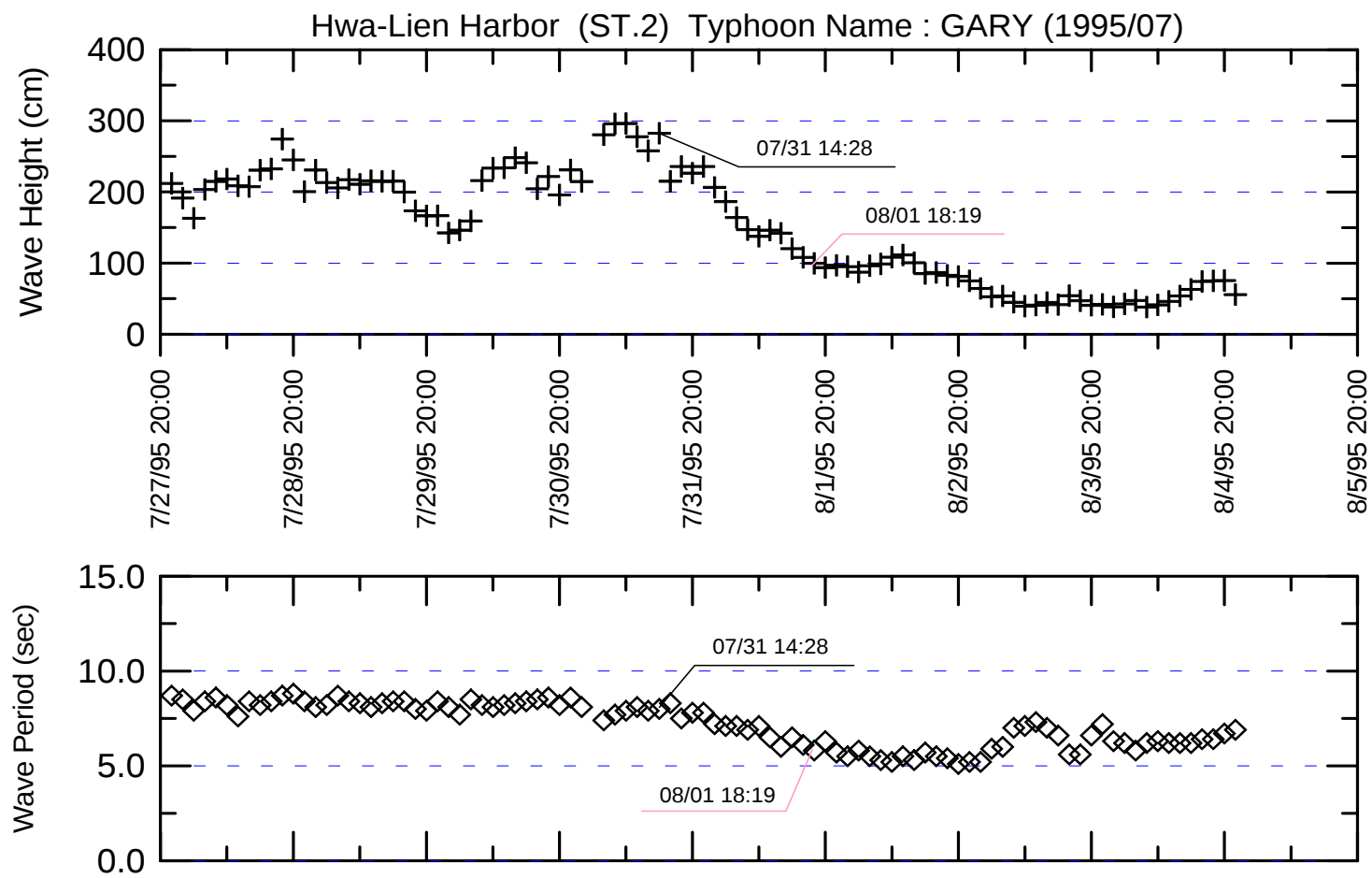


圖 2-16 GARY 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

GAR-HT1.GRF

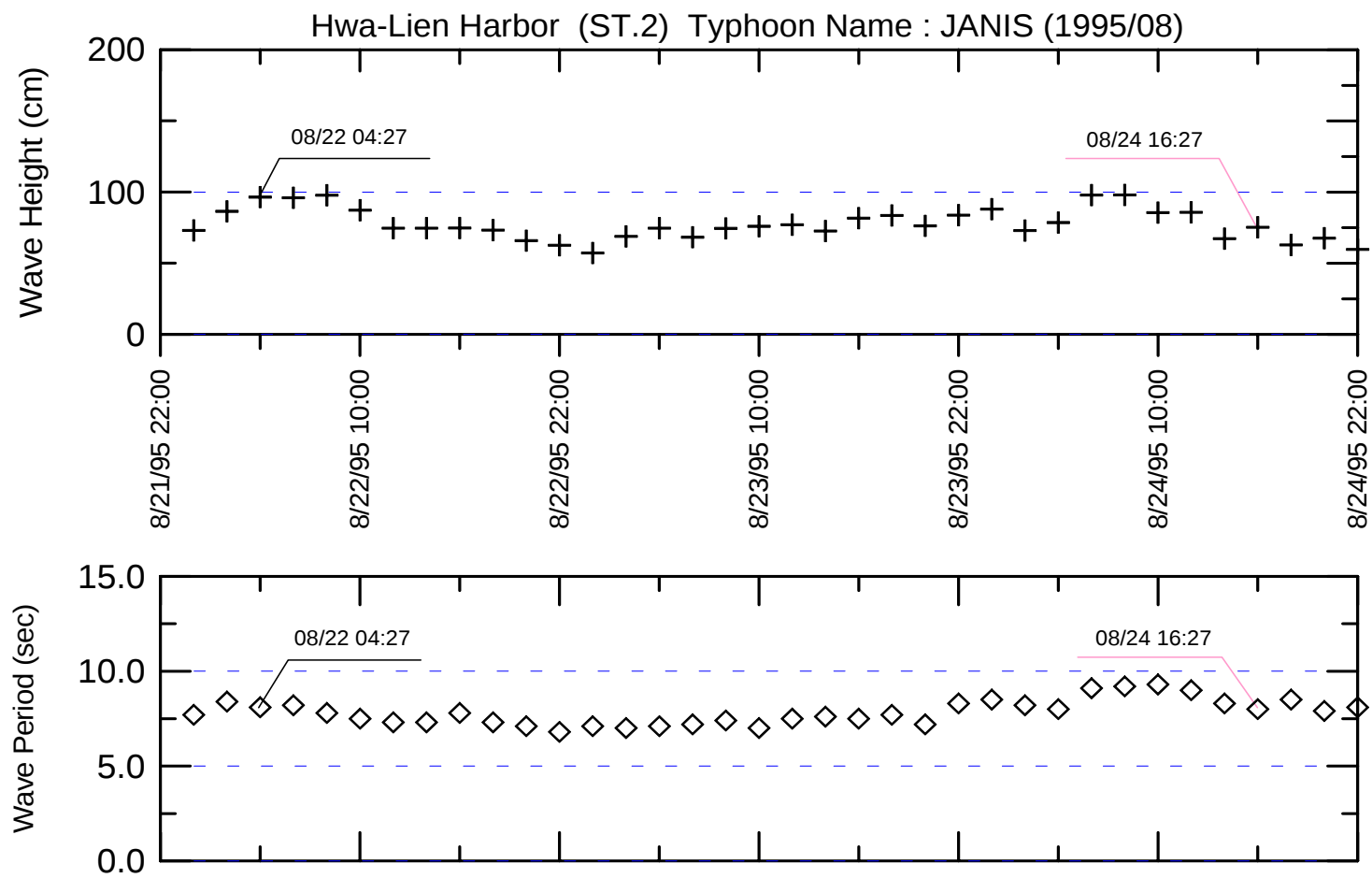


圖 2-17 JANIS 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

JAN-HT1.GRF

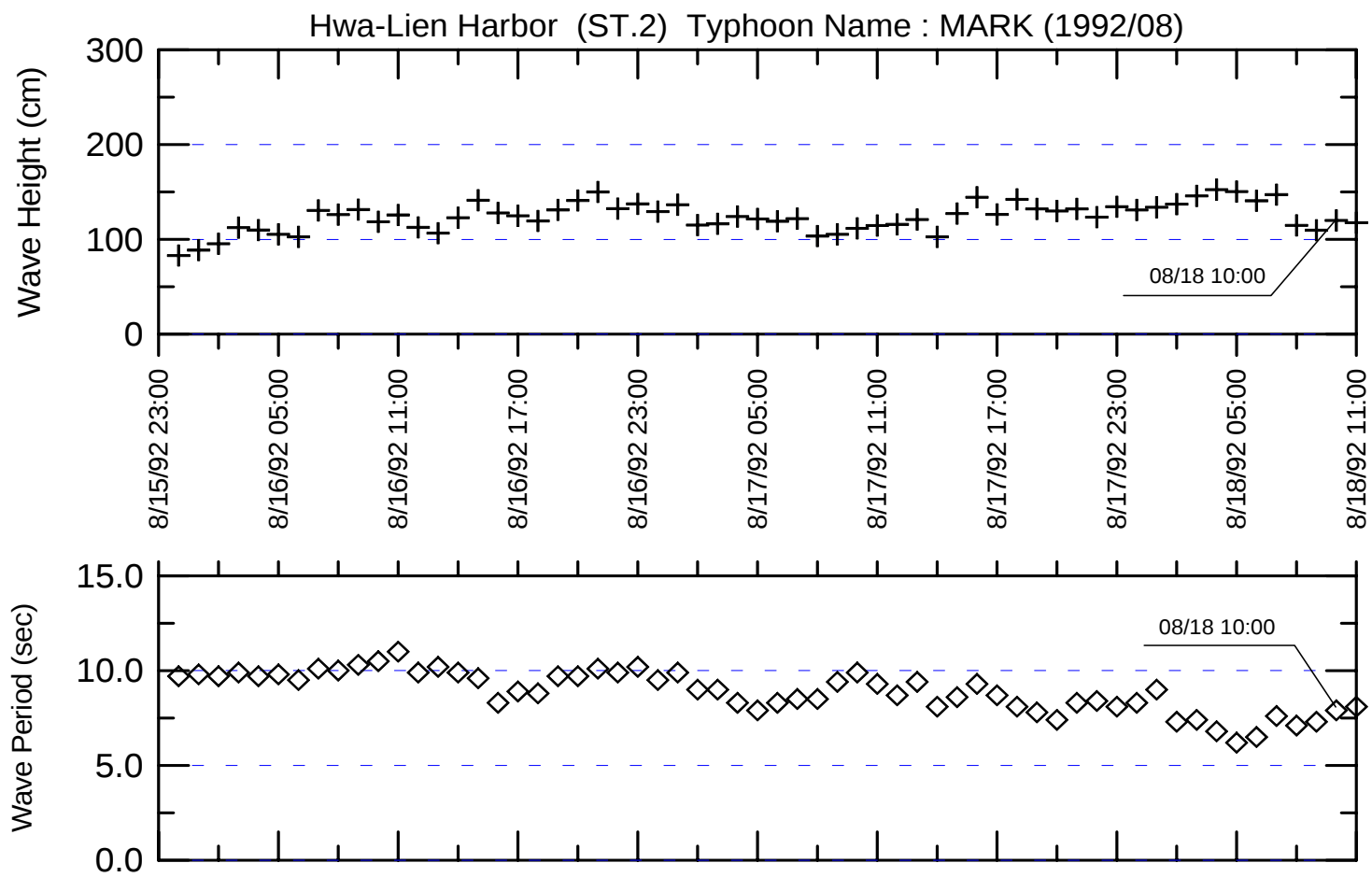


圖 2-18 MARK 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

MAR-HT1.GRF

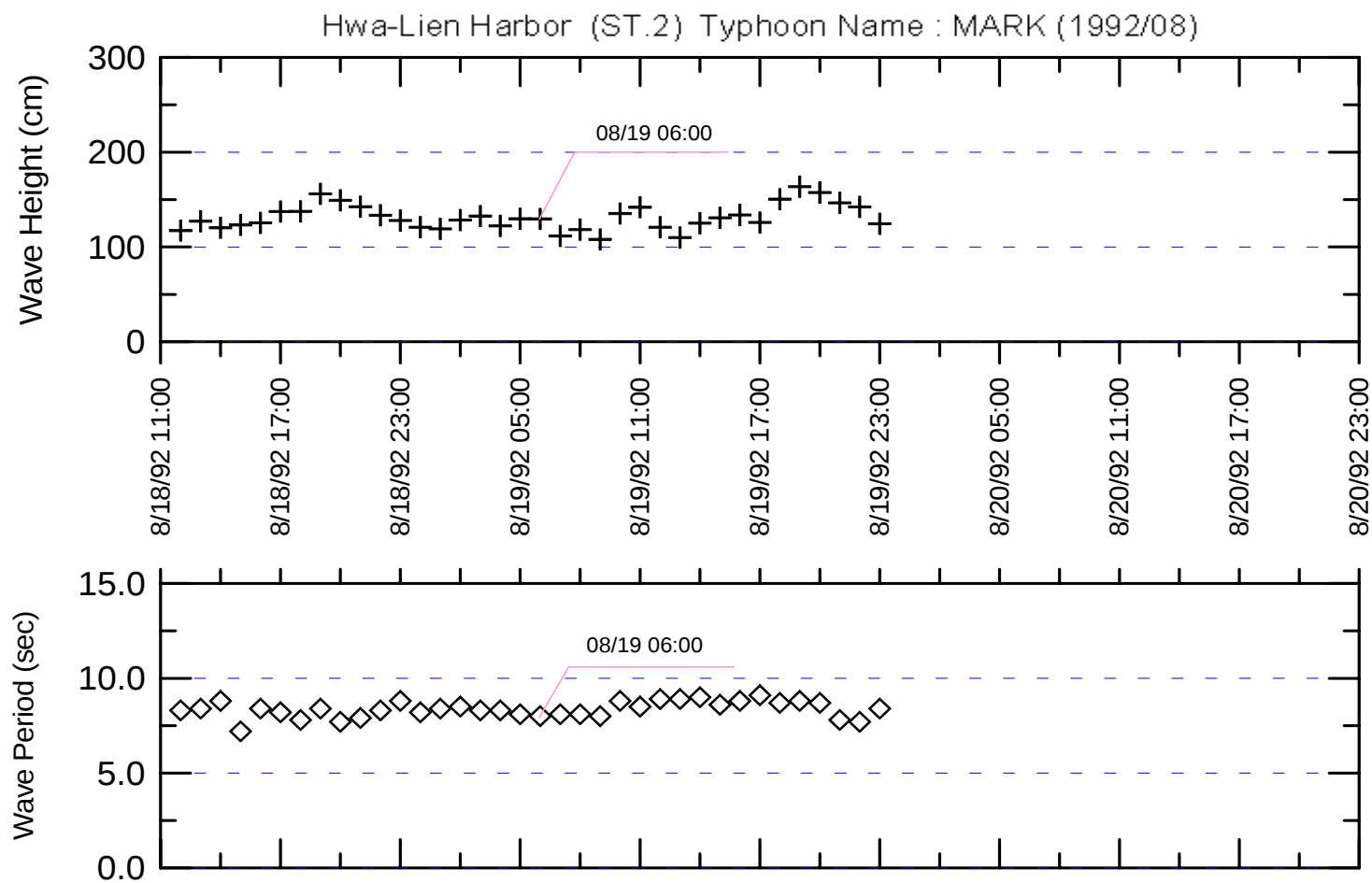


圖 2-18 (續) MARK 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

MAR-HT2.GRF

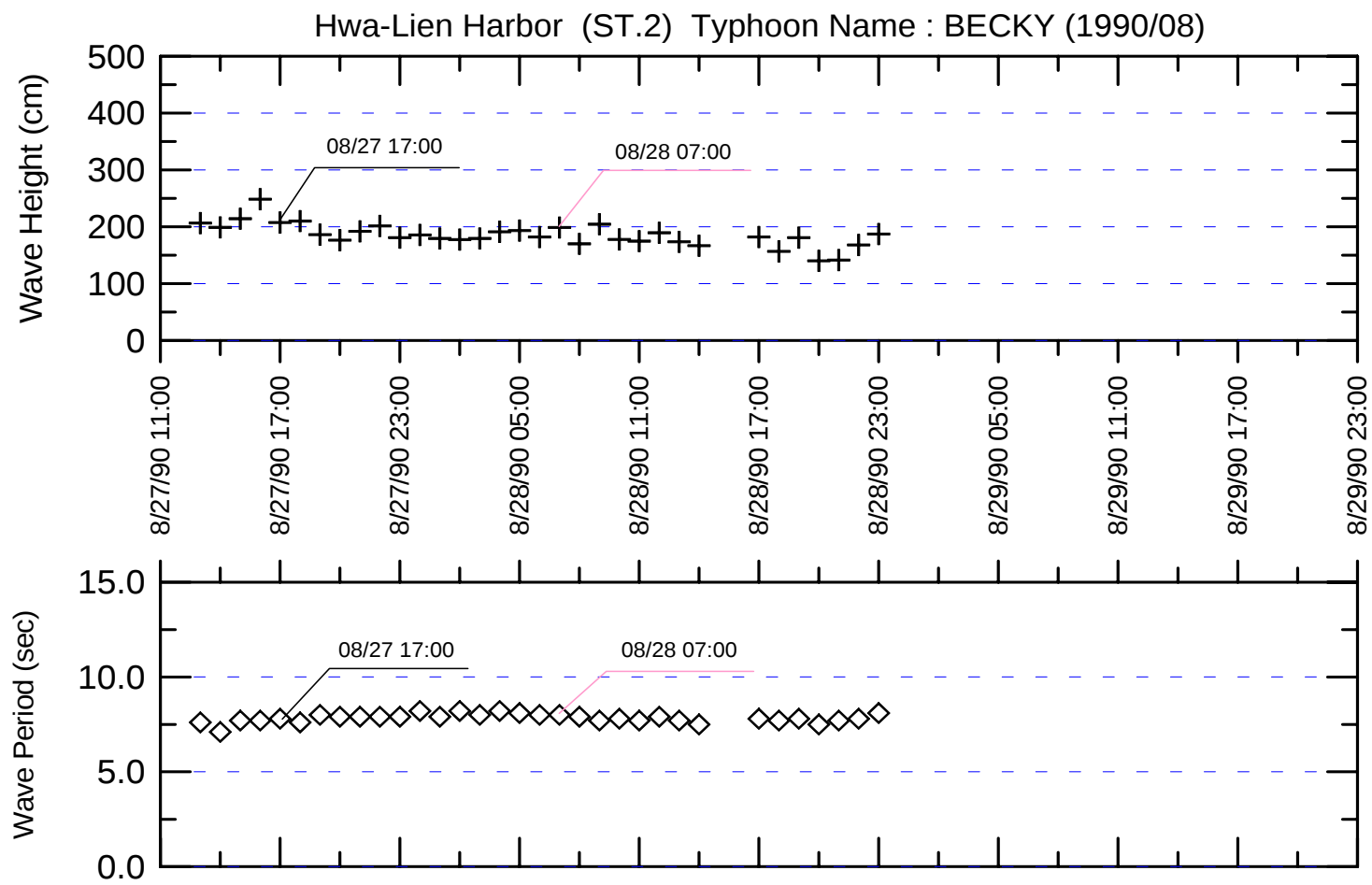


圖 2-19 BECKY 颱風波浪示性波高、示性週期逐時變化圖

BEC-HT2.GRF

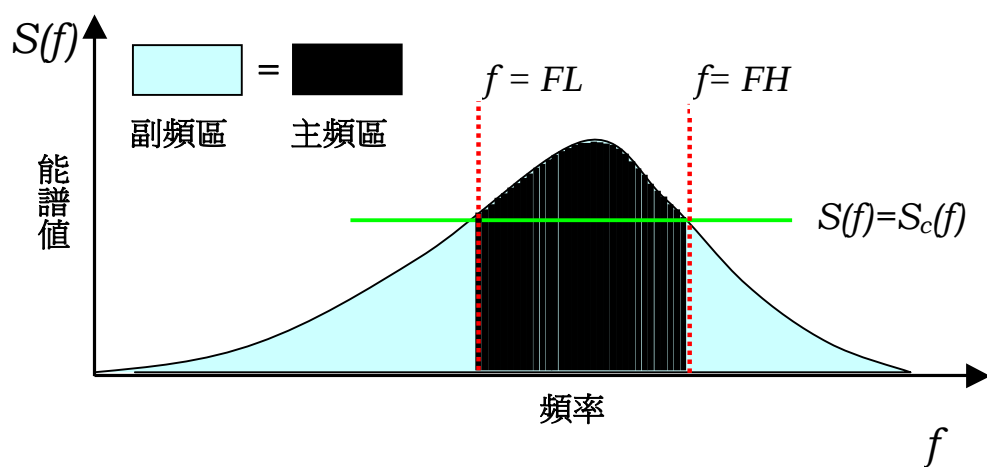


圖 2-20 以主頻區能量為考察重點參之頻譜分割示意圖

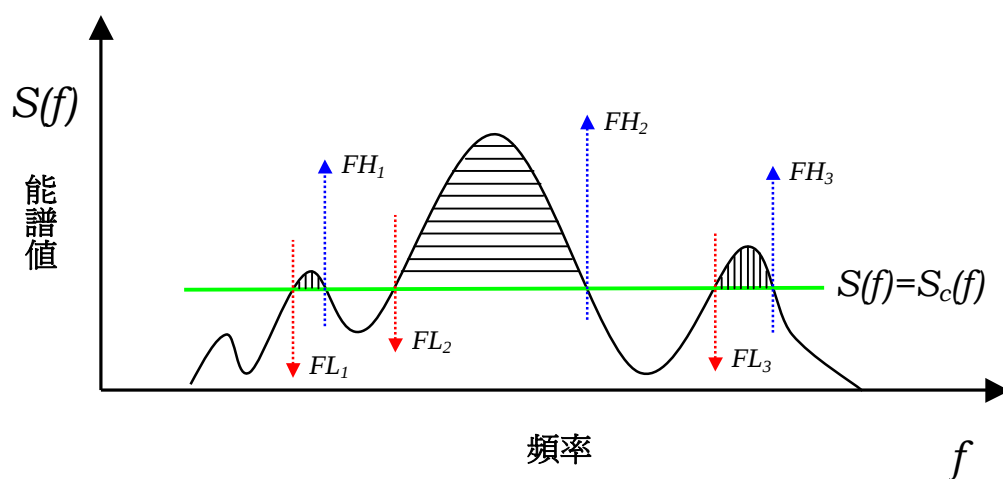


圖 2-21 多峰波譜之波譜分割之示意圖

第三章 波譜演變特性及擬合

本章分析前章所選取之特定 7 筆波浪資料之波譜演變趨勢，以瞭解在波高成長、衰退及近穩定過程中，高、低頻區波浪能量分佈之變化。本文所稱高、低頻區是以該 7 筆起始波浪資料之主頻率值作高低區分。此外同時探討該 7 筆資料其正規化波譜的形狀差異及其與理論波譜之擬合。

3.1 波譜高、低頻區能量之演變

為方便分析及比較於颱風波浪資料中，根據波高逐時變化趨勢，選取特定 7 筆資料進行波譜分析，這 7 筆資料包含波高成長或衰退或近穩定等情況，其波譜結果如圖 3-1 至圖 3-24 所示。為檢視高、低頻區能譜值之變化，故將 x 軸座標分別以線性及對數方式繪製，分別如圖中之上、下圖。圖中也另標示這 7 筆資料之波高、週期與發生日期及時間，以便相互對照。

由上述波浪能譜圖檢視，發現在波高成長時段，主頻率往低頻區移動，且低頻區波譜能量密度值明顯逐筆增大約 10^2 至 10^5 倍；高頻區增大程度則較小，大致不超過 10 倍。波高衰退時段，主頻率往高頻區移動，且低頻區波譜能量密度值明顯逐筆減小約 10^2 至 10^5 倍；高頻區減小程度則較小，大致也不超過 10 倍。因此，波浪成長及衰退過程其能量分佈的變化是循相同的途徑來回逐步演變，此與以往的學者研究結果一致。

以波譜的形狀外觀檢視，則發現高頻區波譜斜率近似固定，此與以往研究高頻區波譜斜率約 -4.54 的結果一致，如圖 3-25 及圖 3-26。而低頻區斜率在波高成長時段有些微增大，如 OTTO 颱風、ZEB 颱風及 AMY 颱風；在波高衰退時段則有些微減小，如 SETH 颱風及 GARY 颱風；波高近穩定時段其波譜形狀大致上相似無明顯改變。依此綜合推論當波高浪成長時（波高增大）波譜形狀變得較尖銳；反之當波浪

衰退時（波高減小）則變得較平緩。

3.2 正規化波譜之形狀比較及擬合

波譜形狀之相互比較，一般依正規化處理以去除因波高或週期不同而產生波譜間主頻率及能量密度值之差異。正規化後在相同基礎來比較，才能檢視出波浪能量之相對分佈情形。各颱風特定 7 筆波浪資料之正規化波譜如圖 3-27 至圖 3-50，並另附颱風行進路徑圖，圖中實圓、半圓及虛圓分別表強烈、中度及輕度颱風。

一般認為波浪之正規化波譜其形狀應相似，但這可能僅限於對發展成熟之波浪而言。而本研究所選取之波浪資料基本上是包含波高成長、衰退及近穩定等情況。因此，正規化波譜形狀會出現不一致的情形，此可由上述圖中最下側之重疊圖檢視。隨波高增大或減小過程各正規化波譜的形狀不相似，在波浪成長時段，當波高較小時正規化波譜較易出現複雜多峰且較平緩的形狀，但隨波高增大其形狀變得單純少峰且較尖銳。反之在波浪衰退時段，隨波高減小正規化波譜則由尖銳單純少峰逐漸演變成複雜多峰且較平緩的形狀。例如 OTTO 颱風、SETH 颱風、BOBBIE 颱風及 TED 颱風等。正規化波譜形狀不一致的原因，初步認為在波浪成長過程中，不同頻率之波浪成分正進行不平衡之能量相對轉移（如前章所述能量由高頻區往低頻區移動）；反之在衰退過程中，同樣也有由低頻區往高頻區移動之能量不平衡相對轉移現象。因此，無論在波浪成長或衰退過程中，皆屬不穩定之非成熟波浪，而無法符合成熟波浪其正規化波譜形狀一致之結果。

在波浪成長過程正規化波譜形狀演變漸趨成為較尖銳之單峰，此顯示波浪能量漸趨集中在主頻率附近。換言之，若外力因素颱風的條件不變，則波浪的成長將漸趨成熟。而在波浪衰退過程正規化波譜形狀演變漸趨成為較平緩之多峰，此顯示波浪能量漸趨分散至不同頻率，依本研究所選取衰退時段波浪而言，仍屬不穩定之非成熟波浪。須補充強調的實際情況是外力因素颱風條件（強度、路徑、移動速度

等)無論在波浪成長或衰退過程中並非保持固定不變。因此，波譜形狀的演變相當複雜，不易由目視結果作定量上的判斷或比較。另檢視波浪近穩定過程的情況如 JANIS 颱風、MARK 颱風及 BECKY 颱風，則發現正規化波譜形狀大都是多峰情形，但以平滑化來看則形狀相近，此顯示波浪屬近成熟狀態。

綜合而言，在波浪成長過程正規化波譜形狀由平緩多峰逐漸演變成較尖銳之單峰，反之在波浪衰退過程則由尖銳單峰逐漸演變成平緩多峰的形狀。因此，無論在波浪成長或衰退的時段裡正規化波譜形狀並不一致。至於波浪近穩定時段裡雖然正規化波譜仍是多峰情況，但若以平滑化方式檢視則形狀相近，可視為近成熟波浪。由於颱風的強度、路徑及移動速度等隨時在變化，對波浪而言並非穩定的外力條件，此造成波譜形狀演變趨勢比較上的不便與困擾。

由 19 個颱風中任意挑選 ABE 颱風(成長)、AMY 颱風(成長)、OFELIA 颱風(成長)、SETH 颱風(衰退)、TED 颱風(衰退)及 BECKY (近穩定)等波浪資料，以本研究所提出之波譜形狀新參數 SB 進行正規化波譜之理論波譜(JONSWAP 及 Pierson-Moskowitz)之擬合，其結果如圖 3-51 至圖 3-56，圖中並標示各正規化波譜擬合成理論波譜之 SB 值。由圖中顯示擬合結果理想，其中 JONSWAP 對於尖銳單峰之正規化波譜擬合結果較佳，尤其在主頻率處($f/f_p=1$)之峰值較接近觀測值。而 Pierson-Moskowitz 則對於平緩多峰之正規化波譜擬合結果較佳。因此，本研究依能量觀點提出之參數 SB 可作為理想的波譜形狀參數，在波譜的擬合應用上則可直接作為理論波譜形狀參數 γ 或 m 之替代值。此外，檢視 SB 參數值發現其隨波浪成長與衰退過程分別有增大與減小的趨勢，而在波浪近穩定過程則保持近似固定不變，此與前述之目視結果一致。

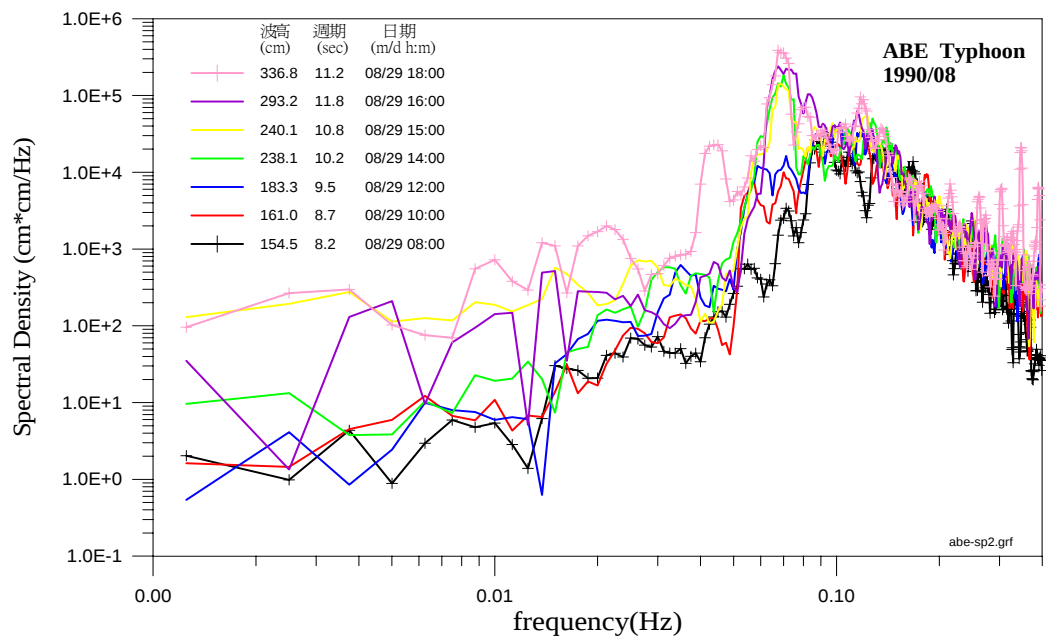
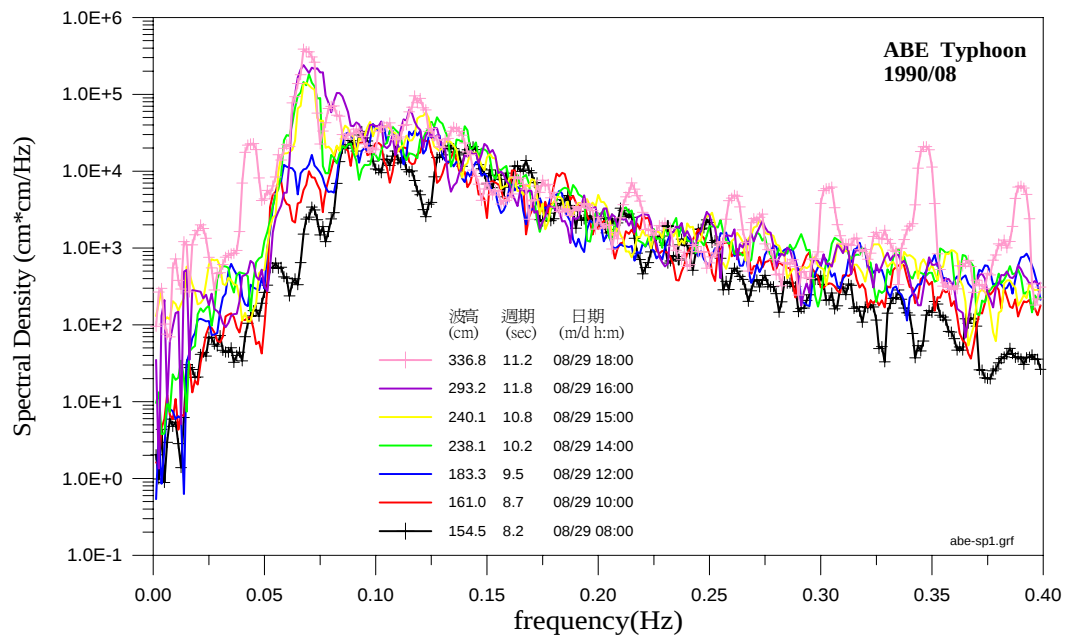


圖 3-1 ABE 颱風波浪能譜圖（成長時段）

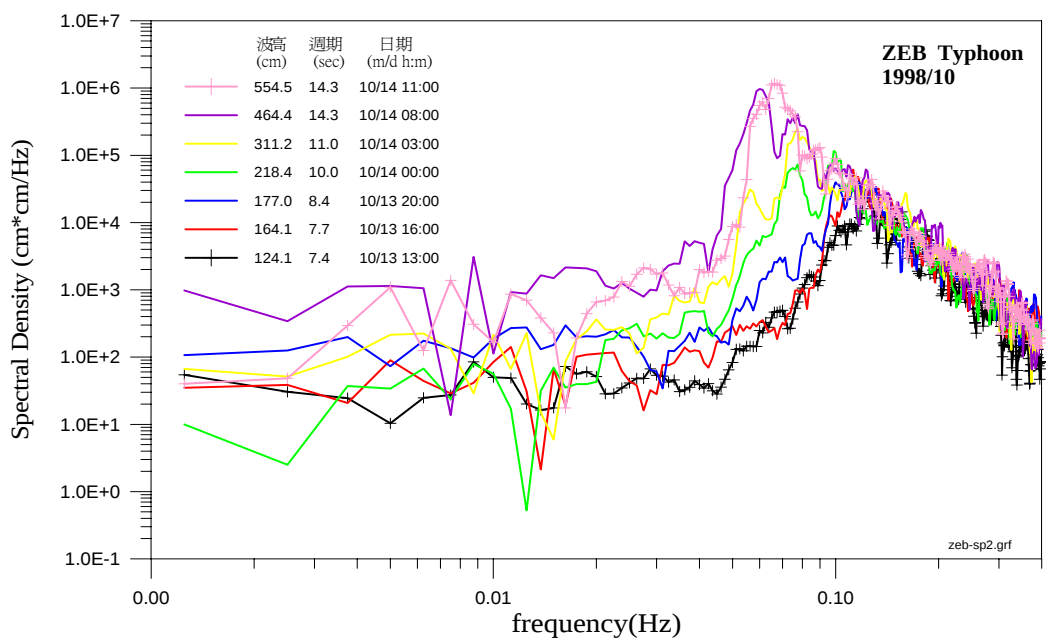
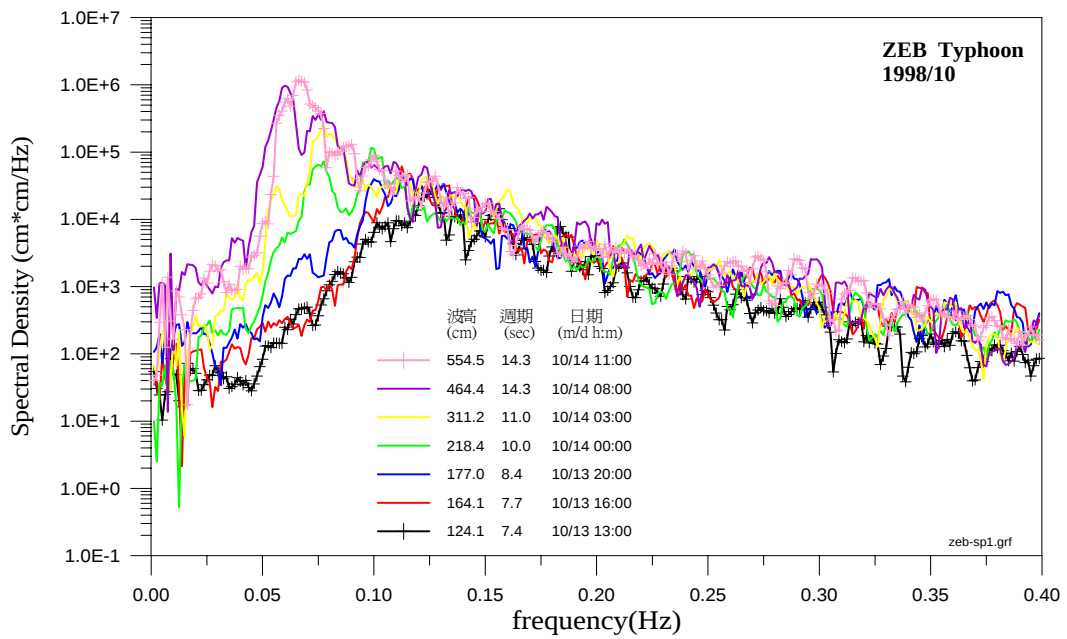


圖 3-2 ZEB 颱風波浪能譜圖（成長時段）

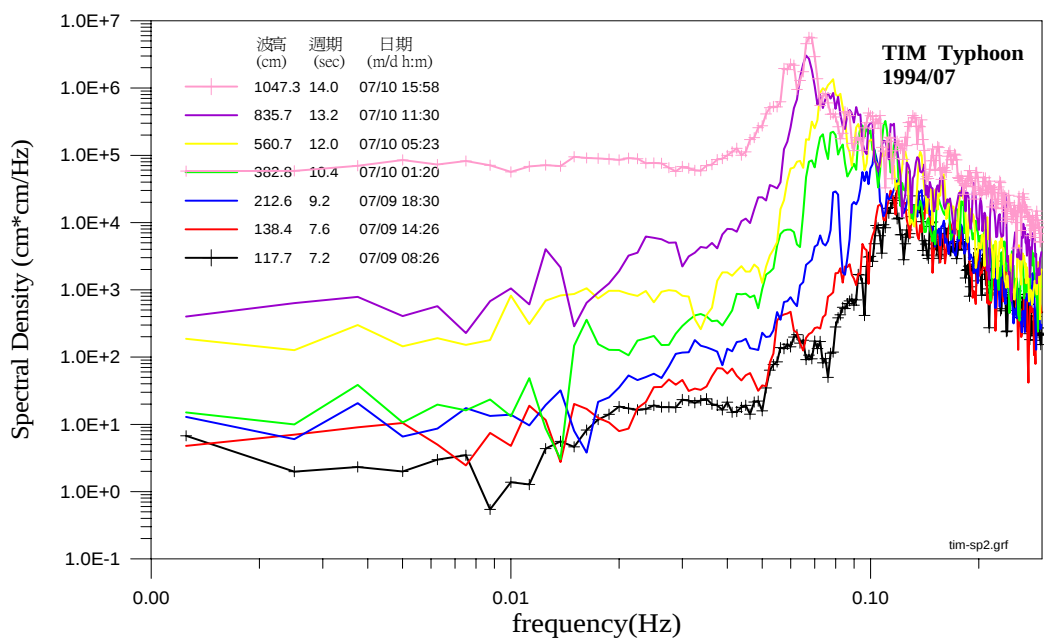
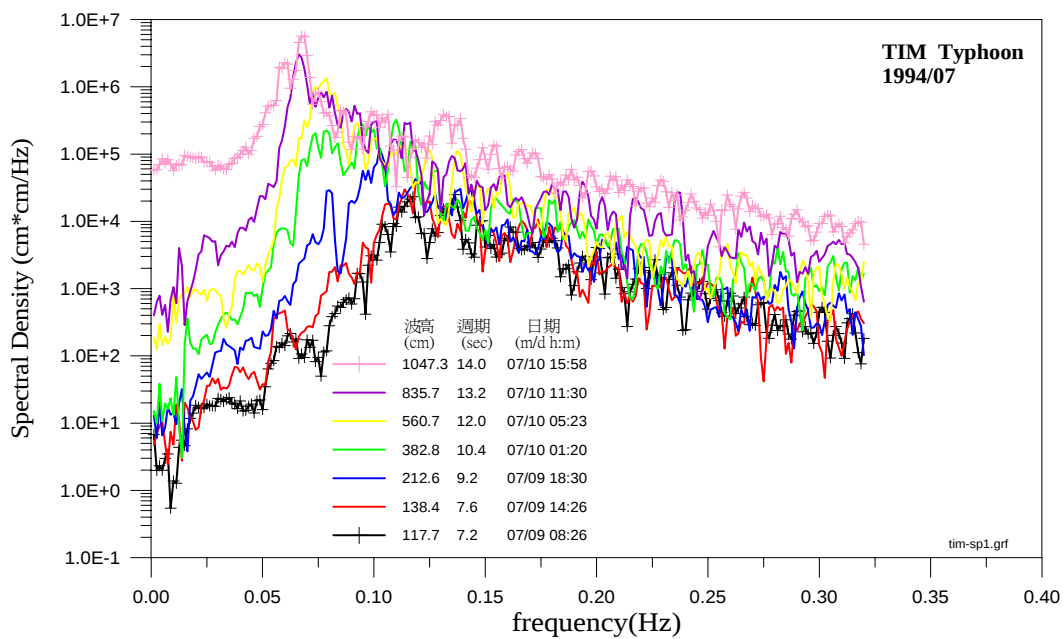


圖 3-3 TIM 颱風波浪能譜圖（成長時段）

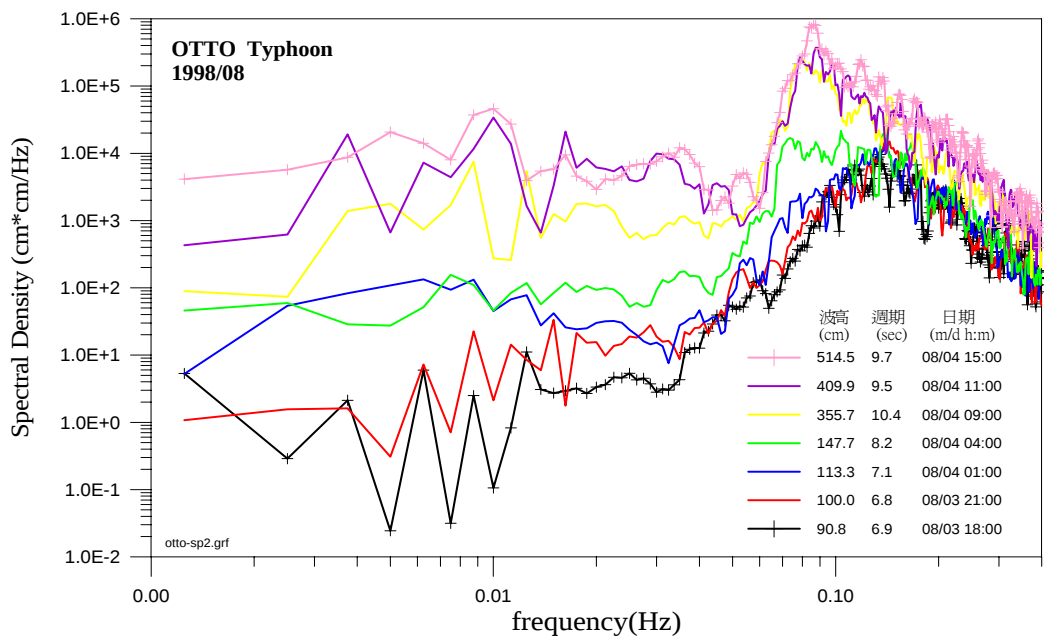
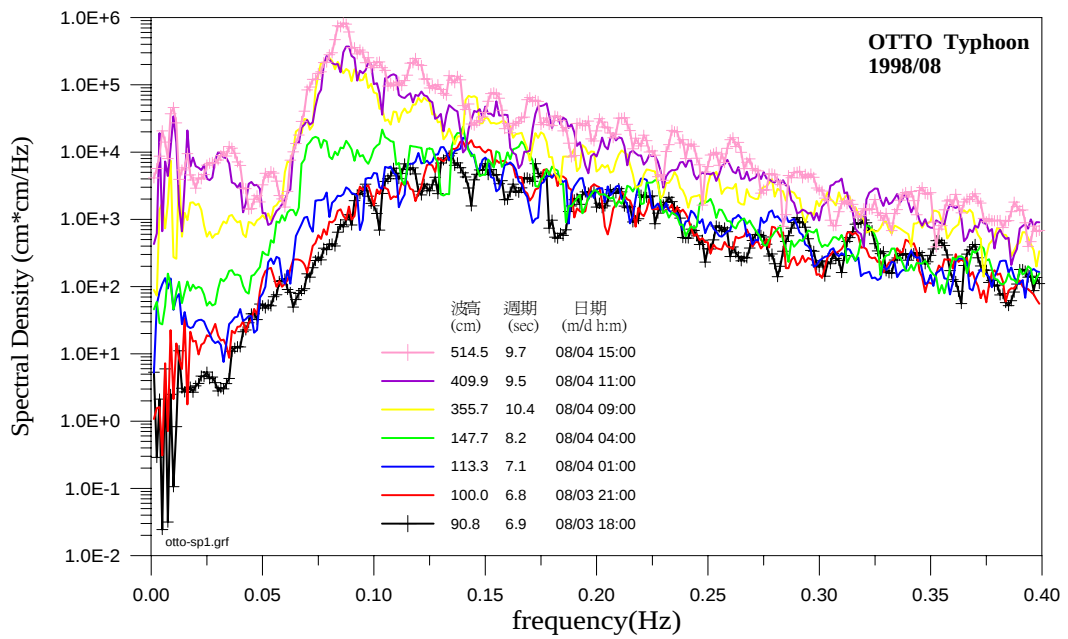


圖 3-4 OTTO 颱風波浪能譜圖（成長時段）

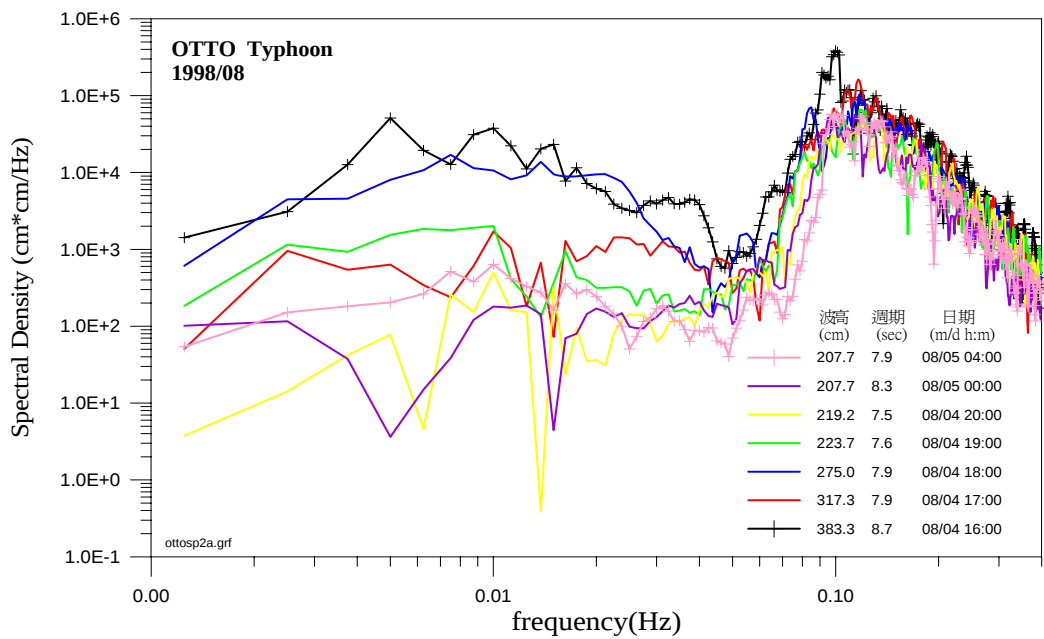
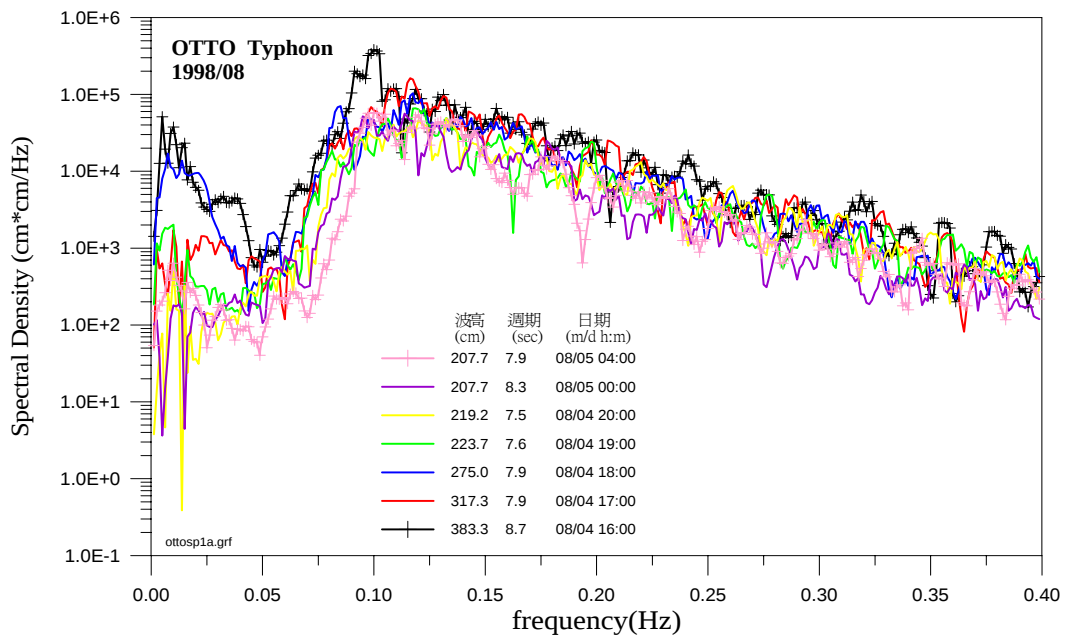


圖 3-5 OTTO 颱風波浪能譜圖（衰退時段）

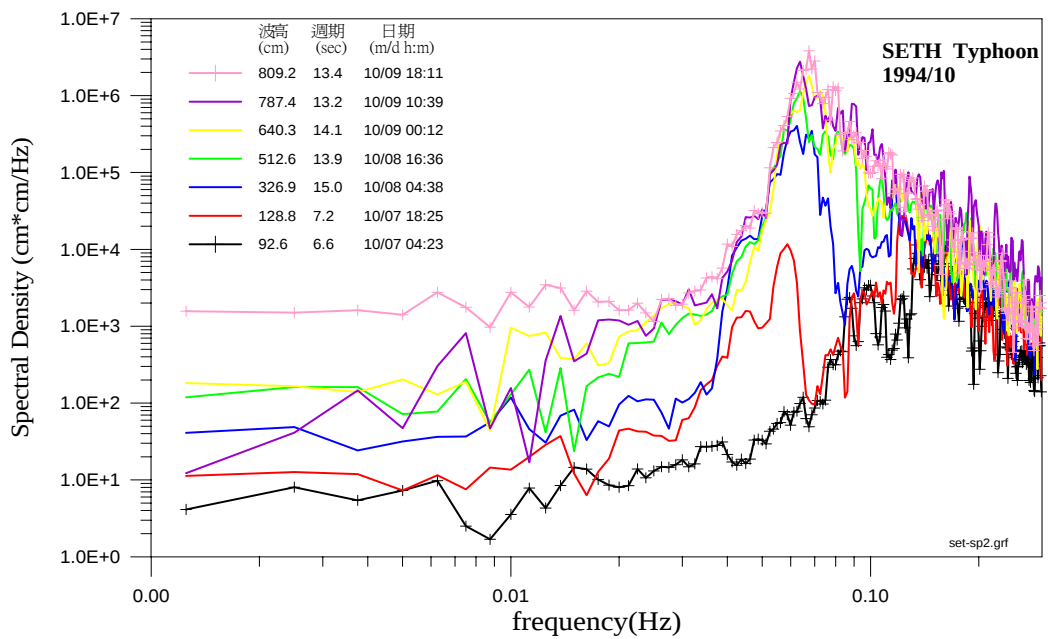
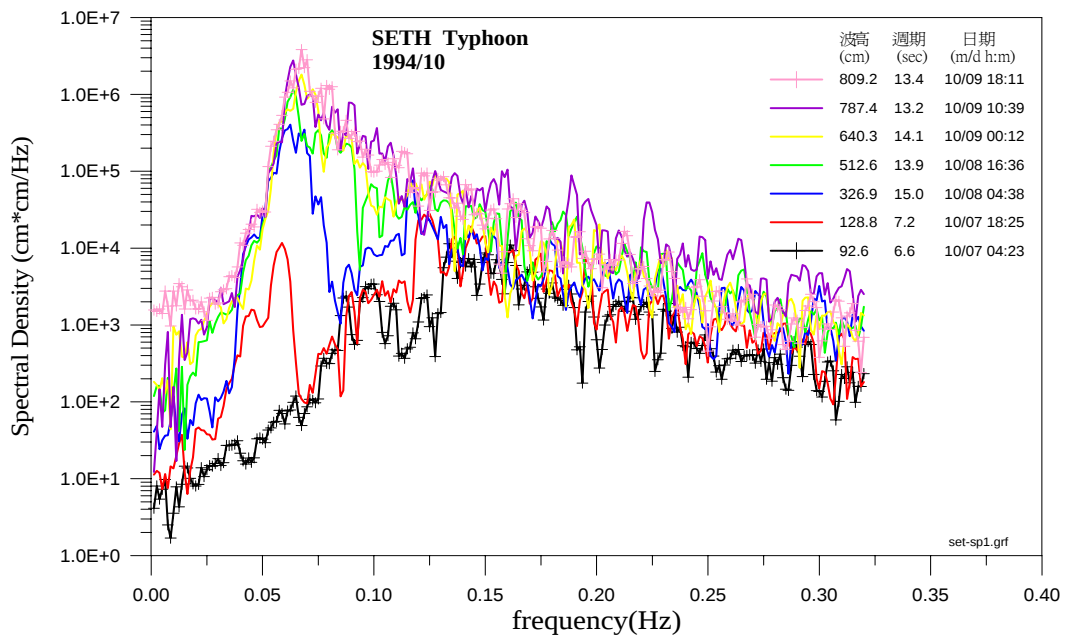


圖 3-6 SETH 颱風波浪能譜圖（成長時段）

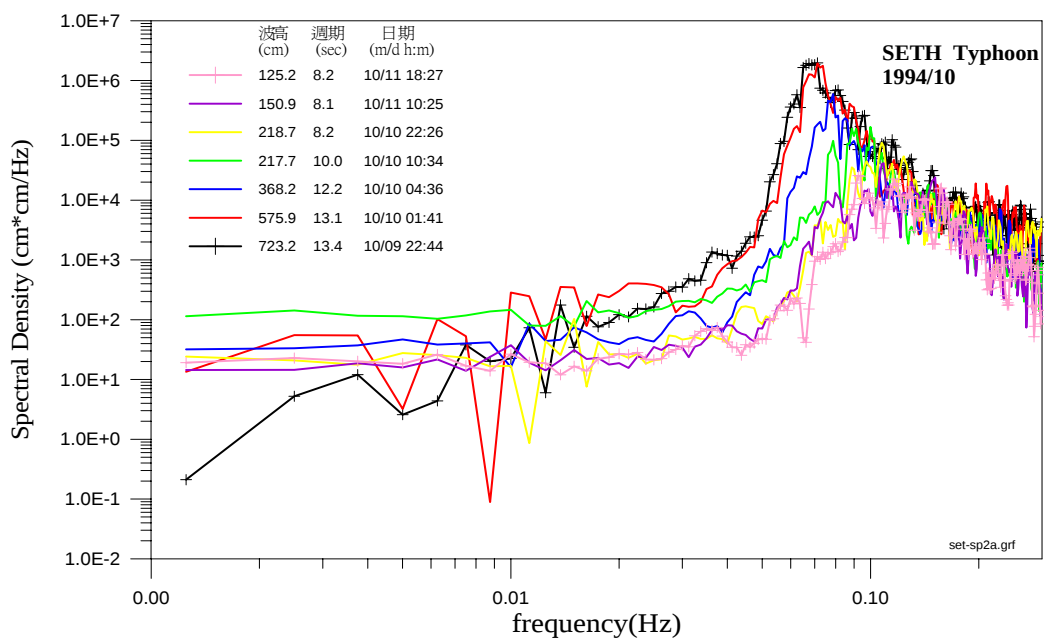
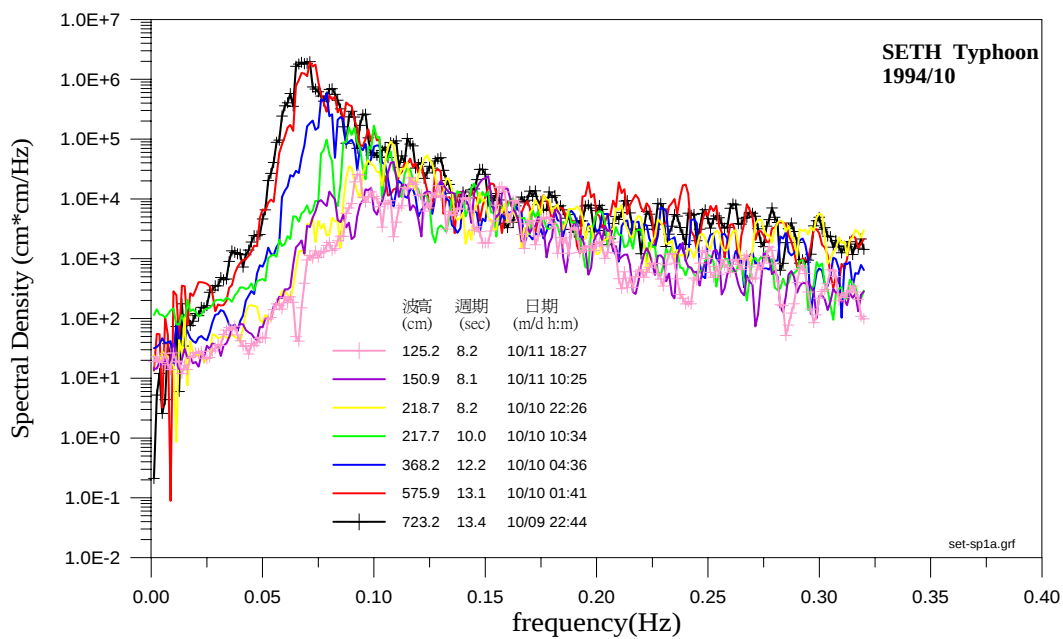


圖 3-7 SETH 颱風波浪能譜圖（衰退時段）

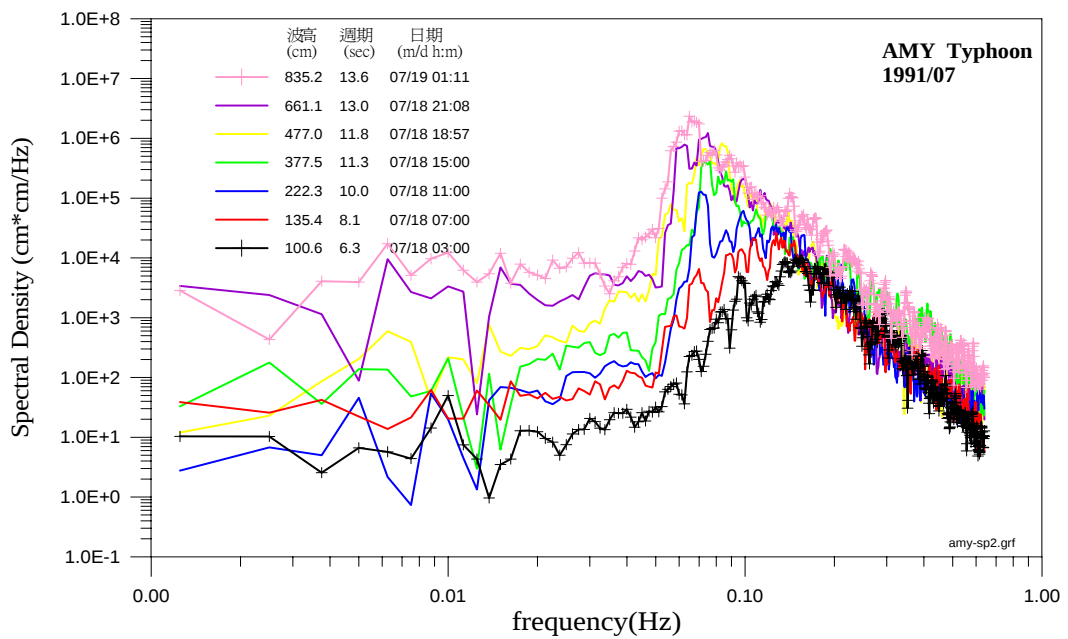
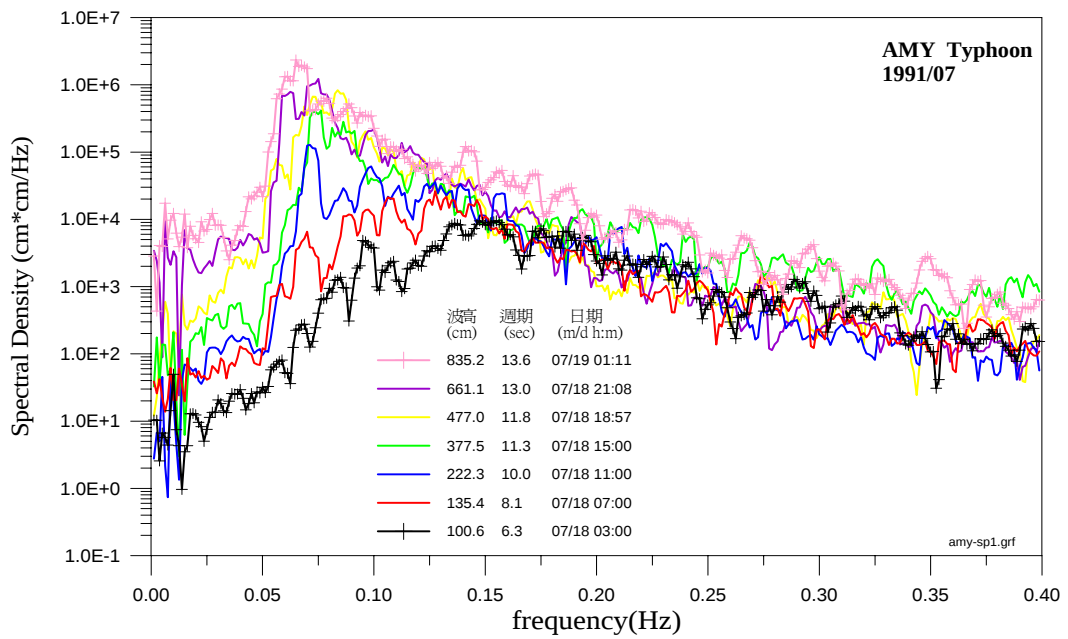


圖 3-8 AMY 颱風波浪能譜圖（成長時段）

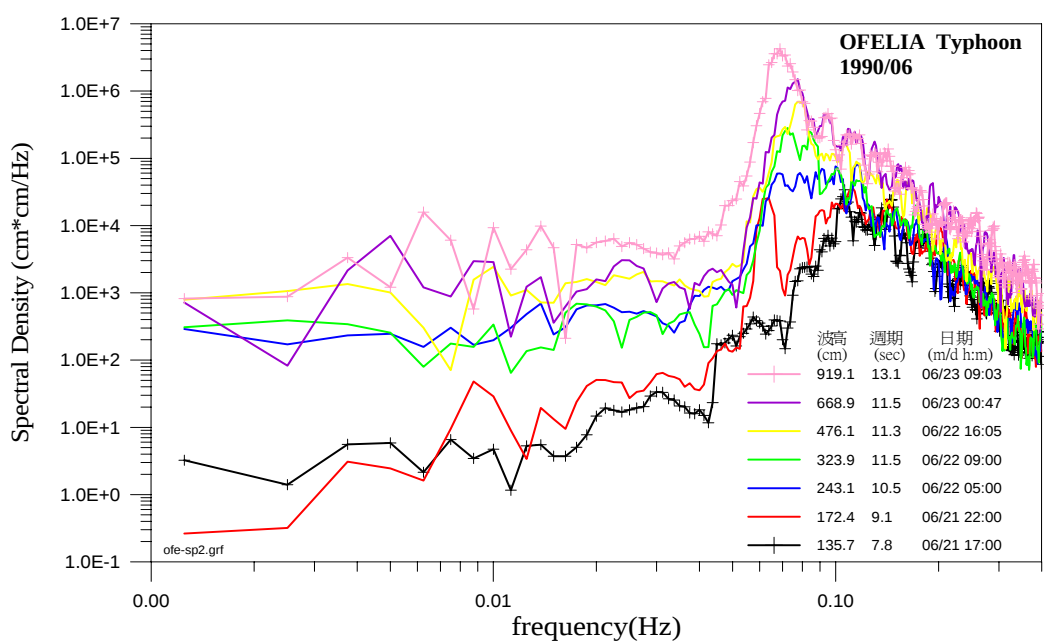
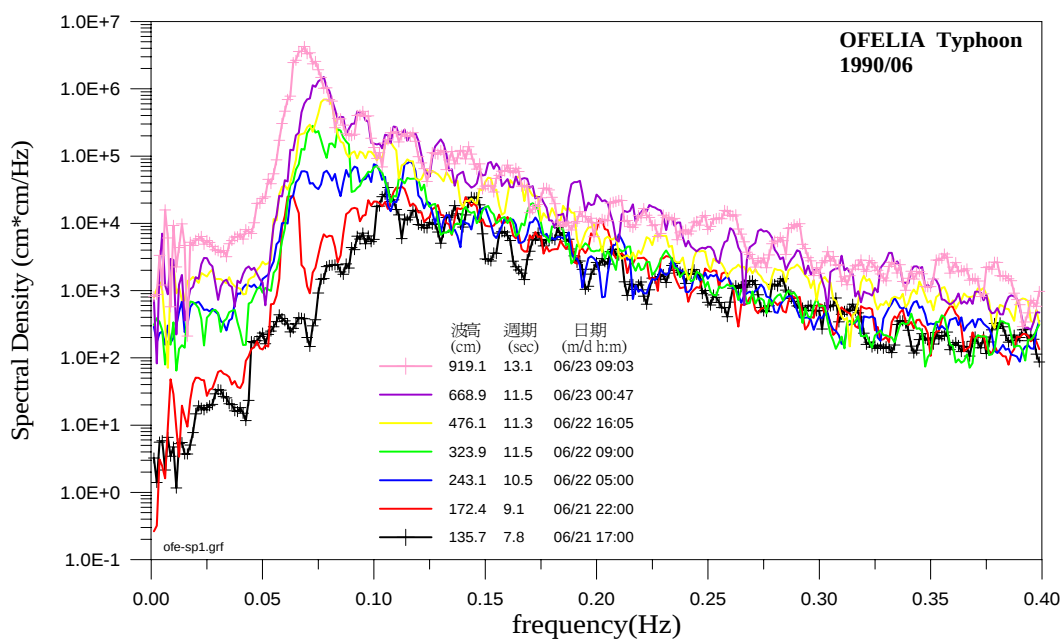


圖 3-9 OFELIA 颱風波浪能譜圖（成長時段）

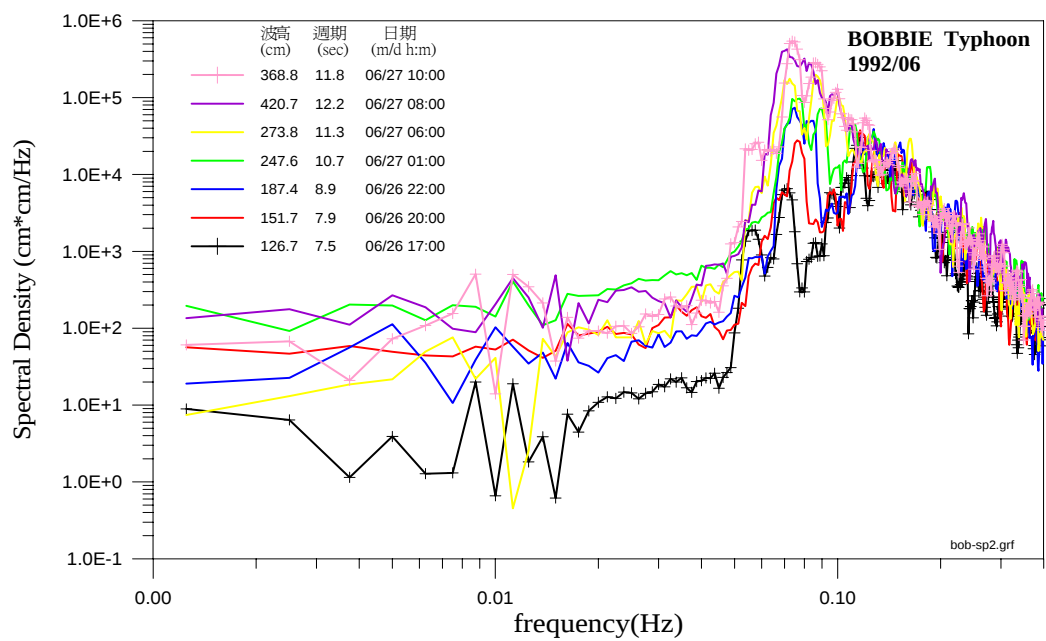
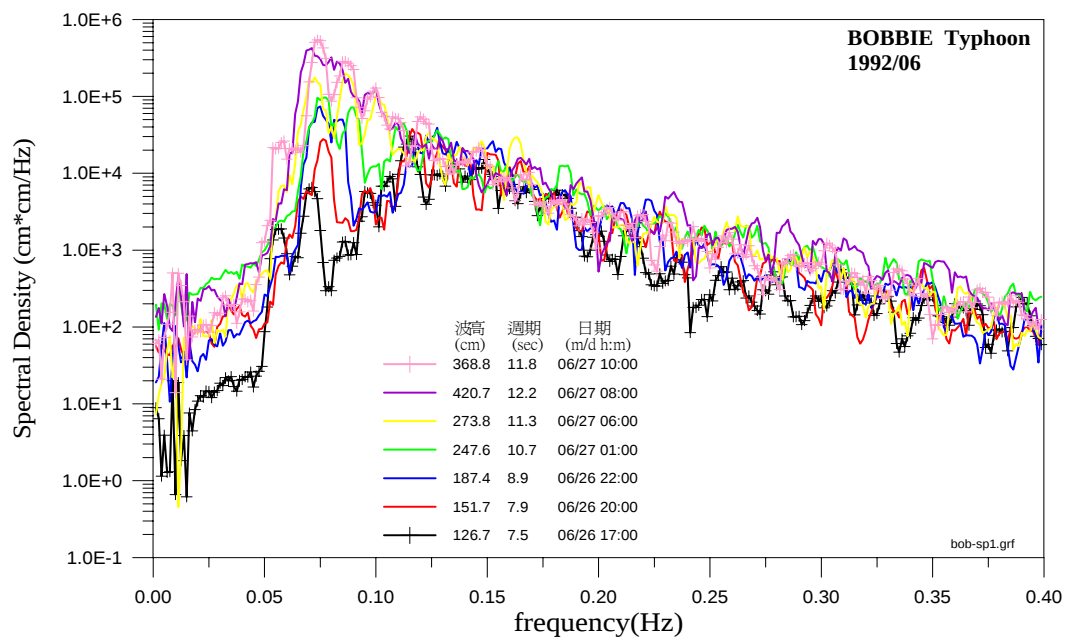


圖 3-10 BOBBIE 颱風波浪能譜圖（成長時段）

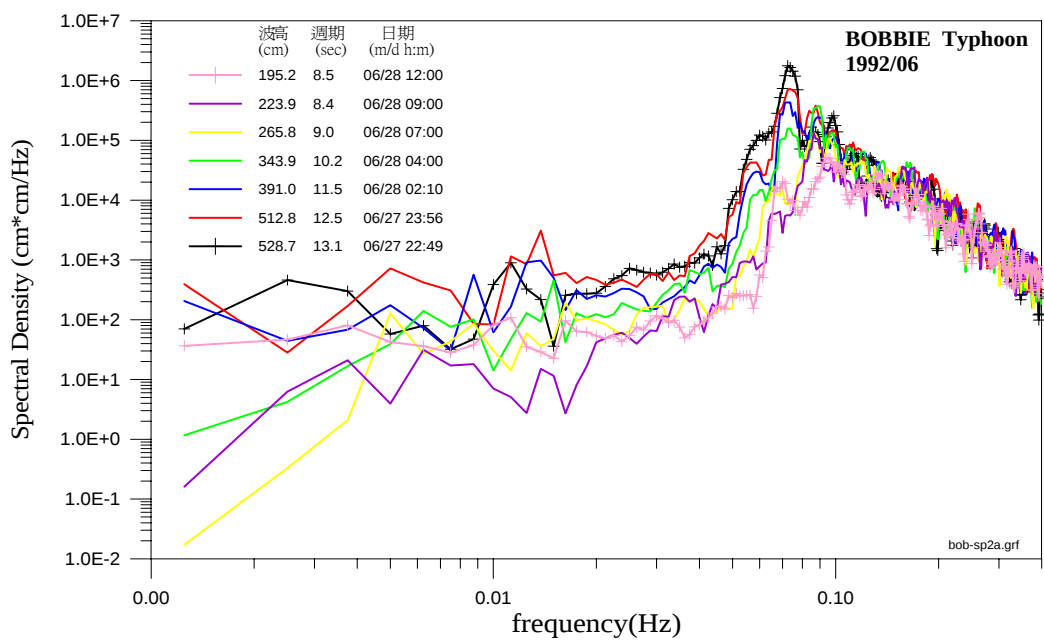
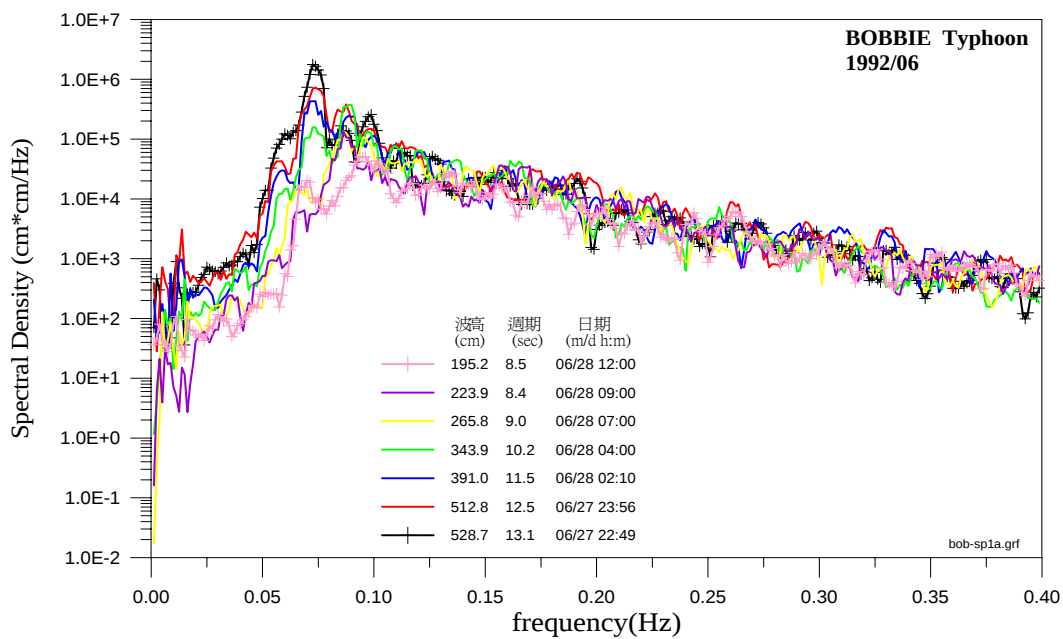


圖 3-11 BOBBIE 颱風波浪能譜圖（衰退時段）

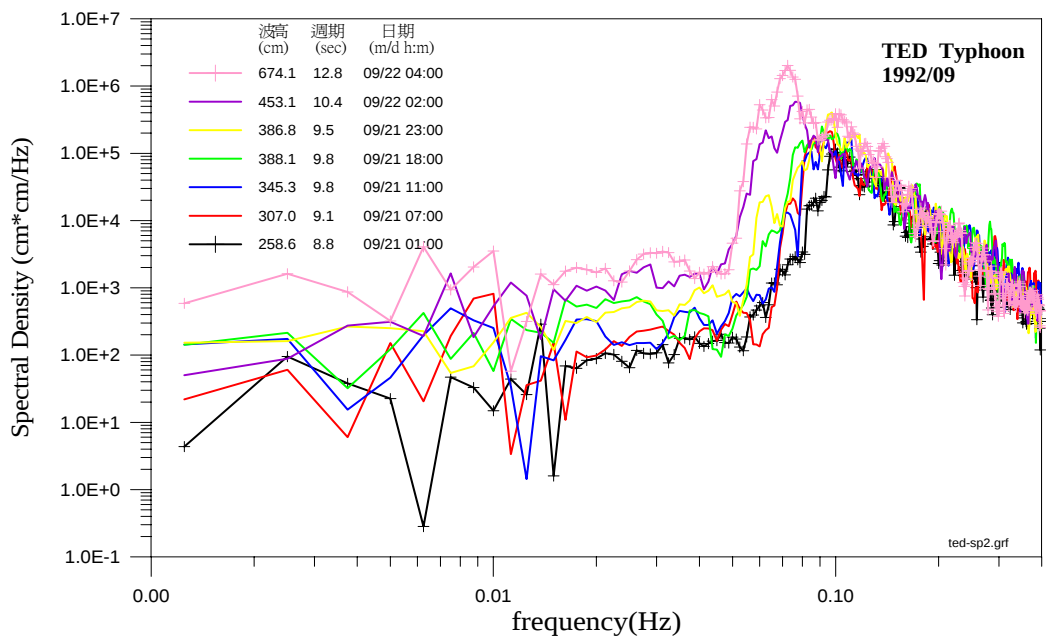
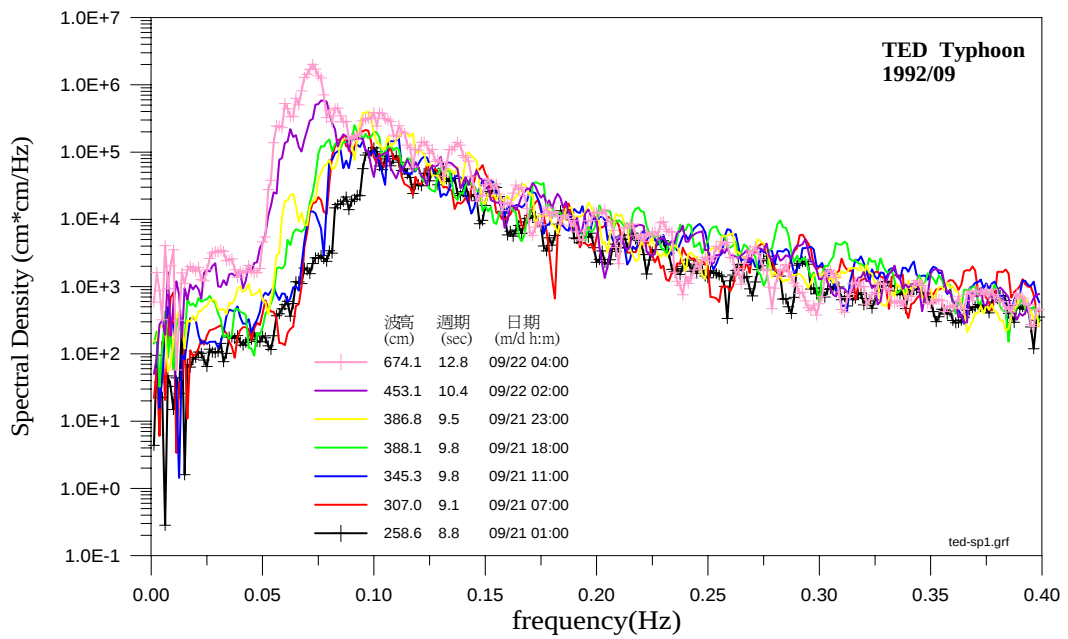


圖 3-12 TED 颱風波浪能譜圖（成長時段）

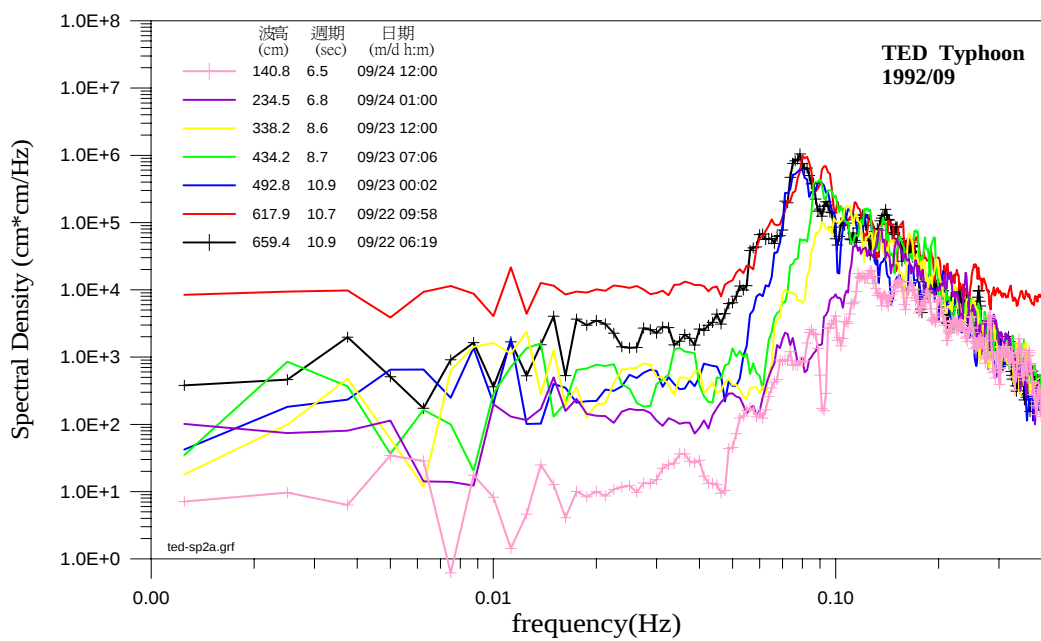
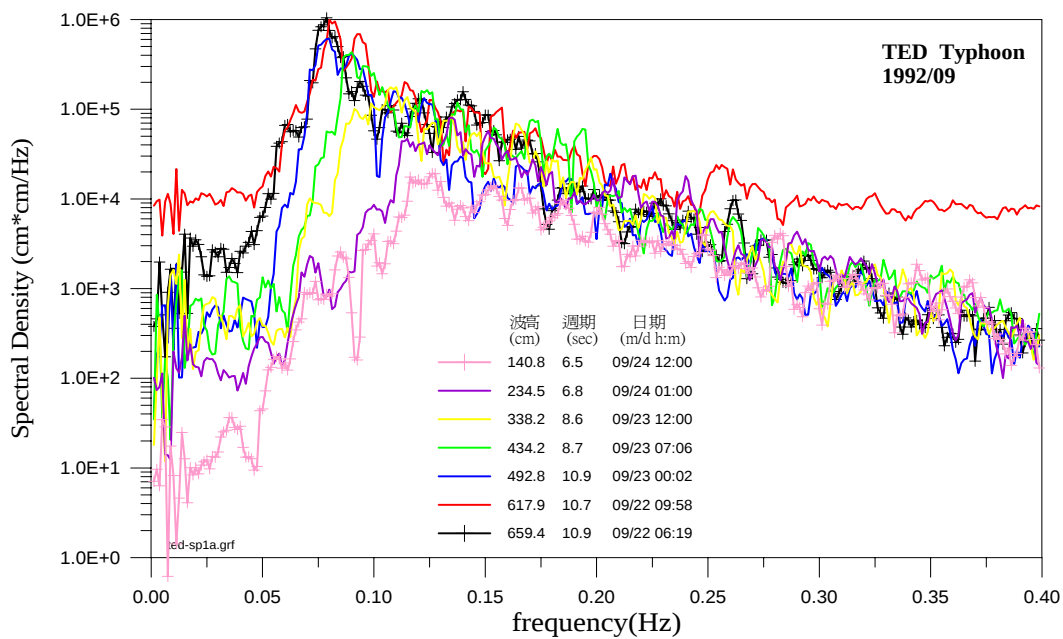


圖 3-13 TED 颱風波浪能譜圖（衰退時段）

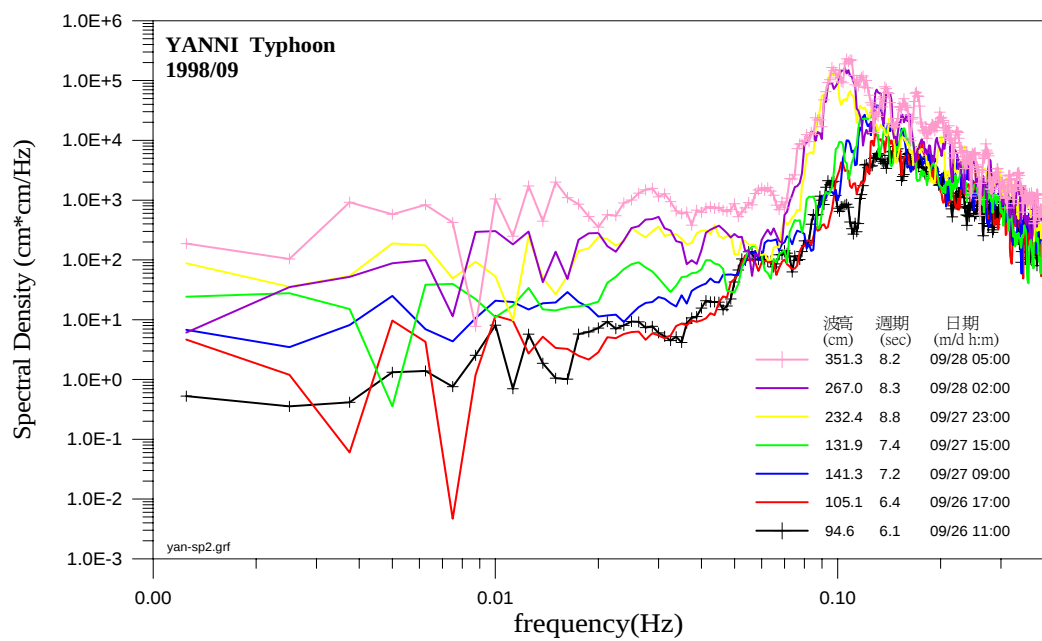
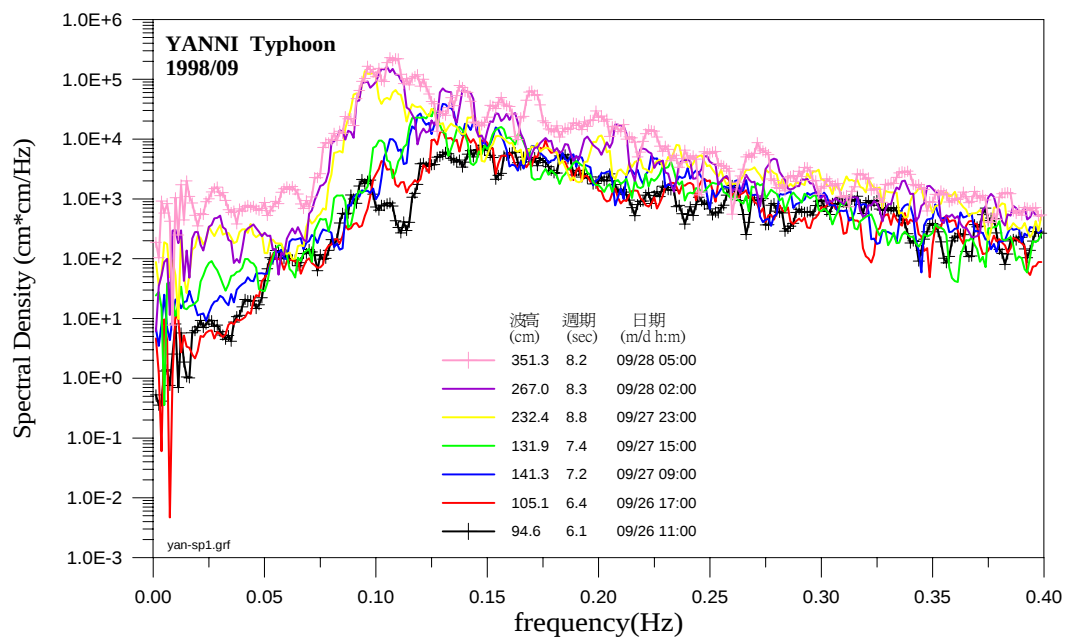


圖 3-14 YANNI 颱風波浪能譜圖（成長時段）

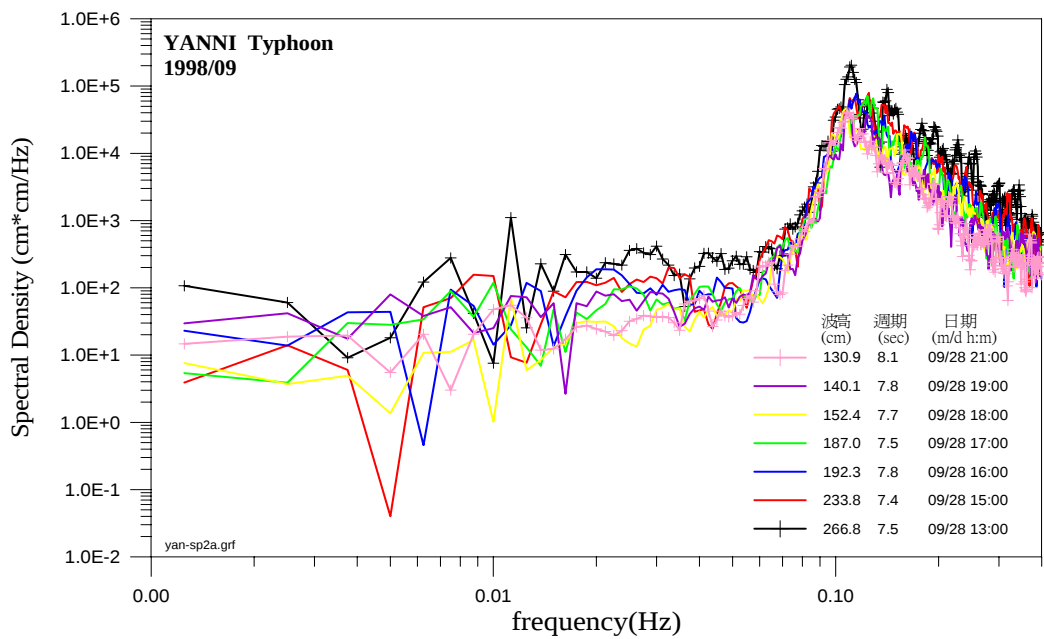
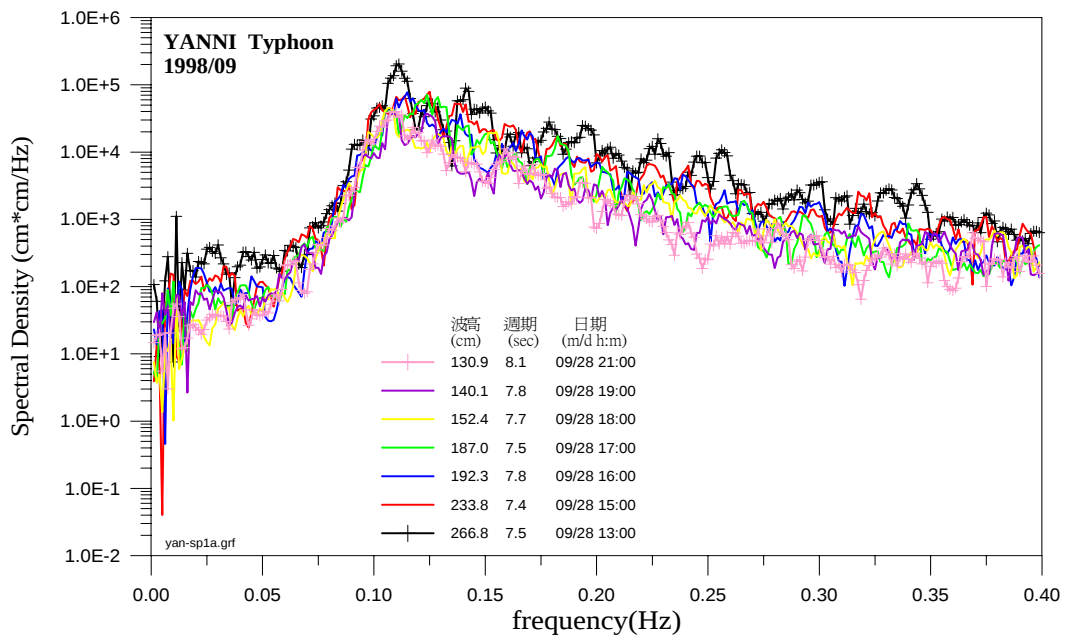


圖 3-15 YANNI 颱風波浪能譜圖（衰退時段）

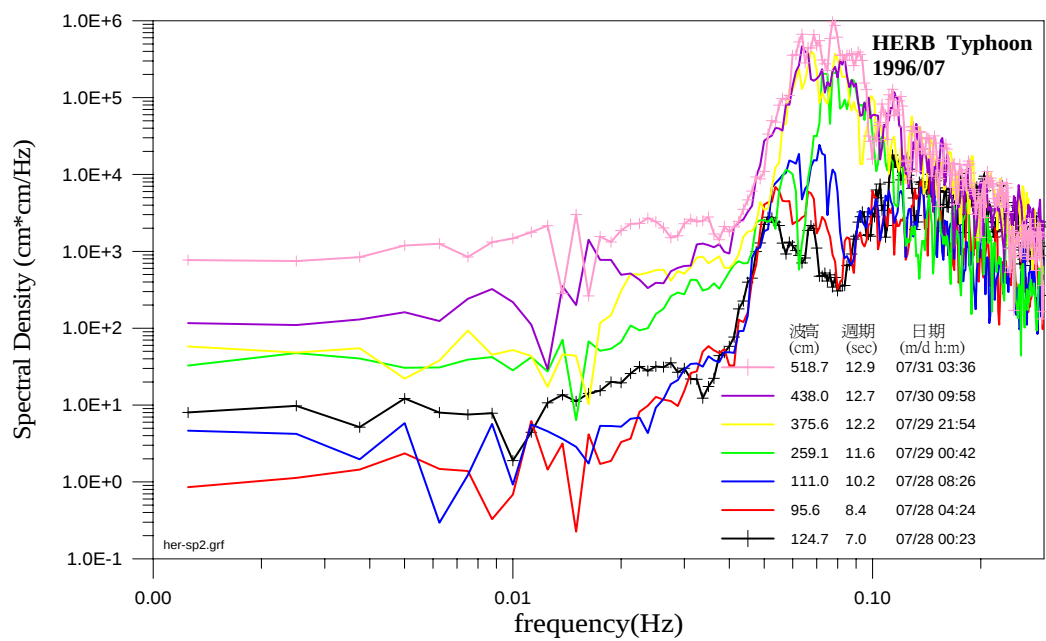
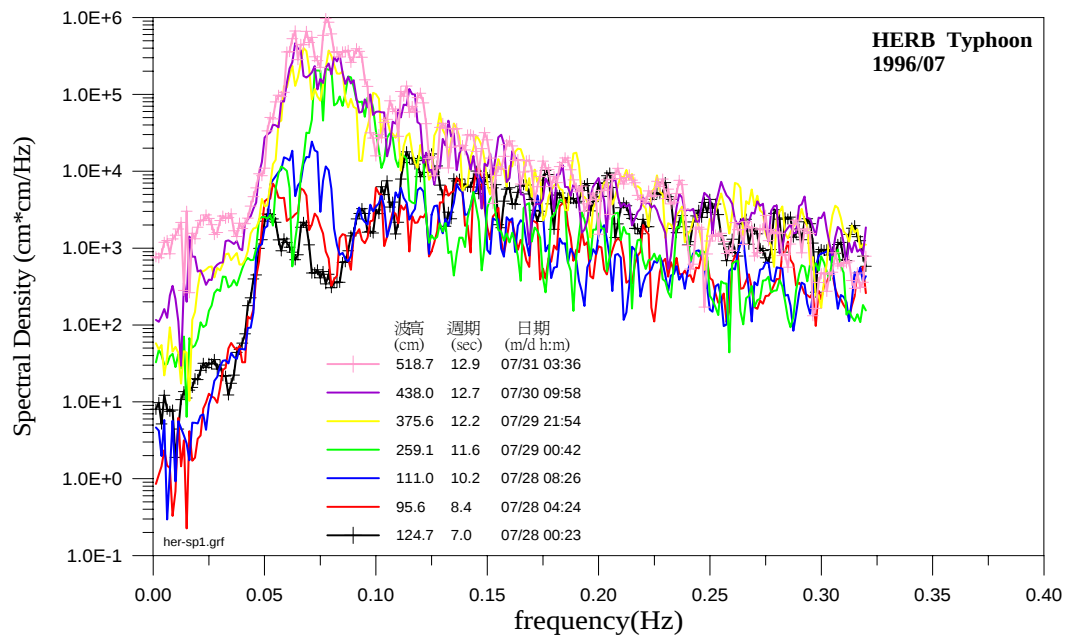


圖 3-16 HERB 颱風波浪能譜圖（成長時段）

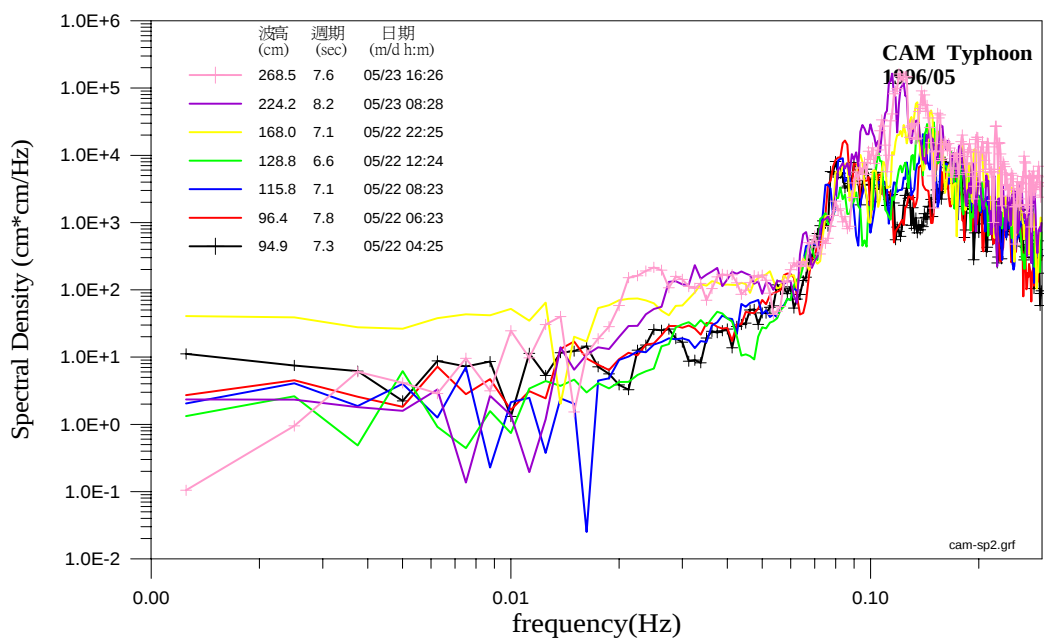
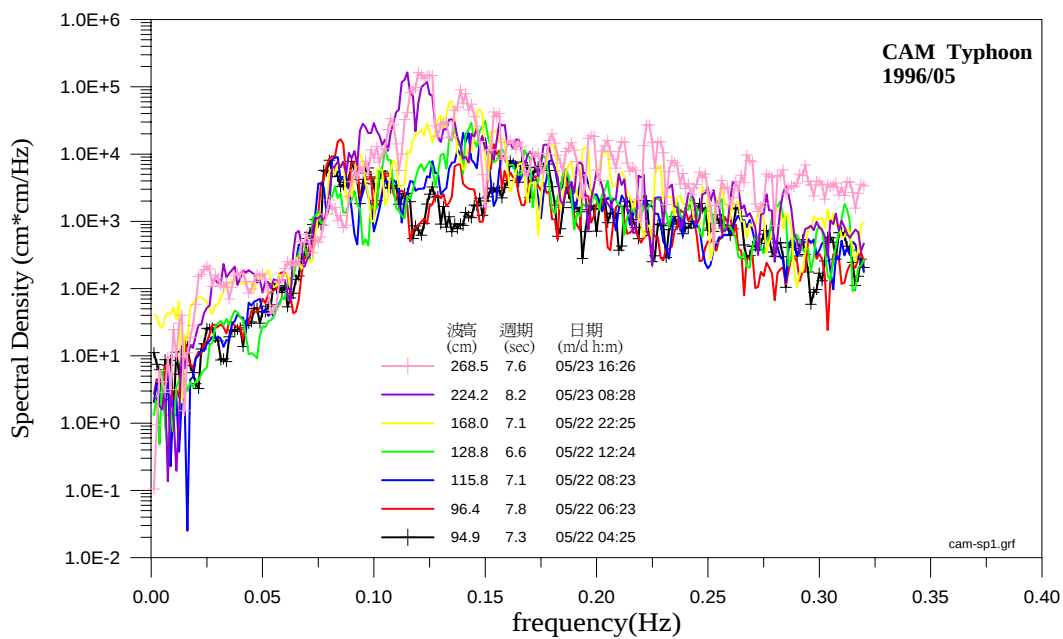


圖 3-17 CAM 颱風波浪能譜圖（成長時段）

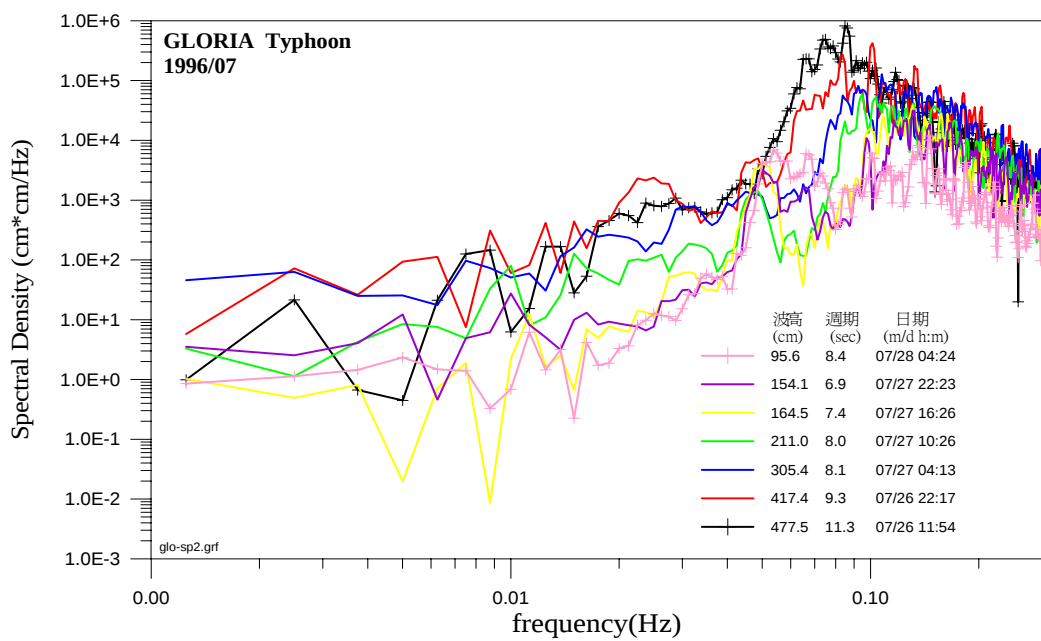
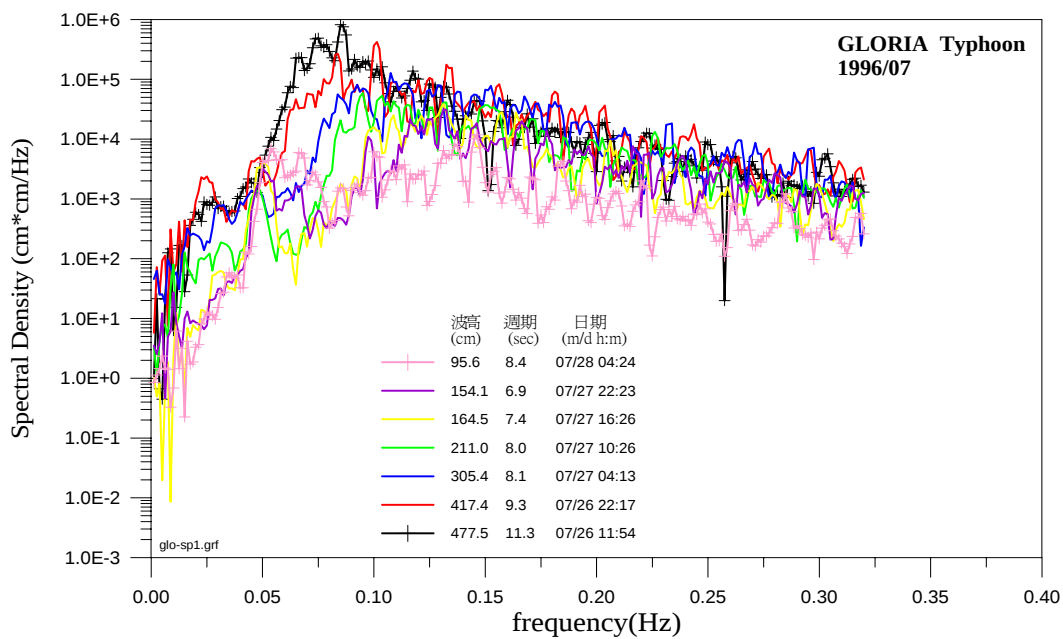


圖 3-18 GLORIA 颱風波浪能譜圖（衰退時段）

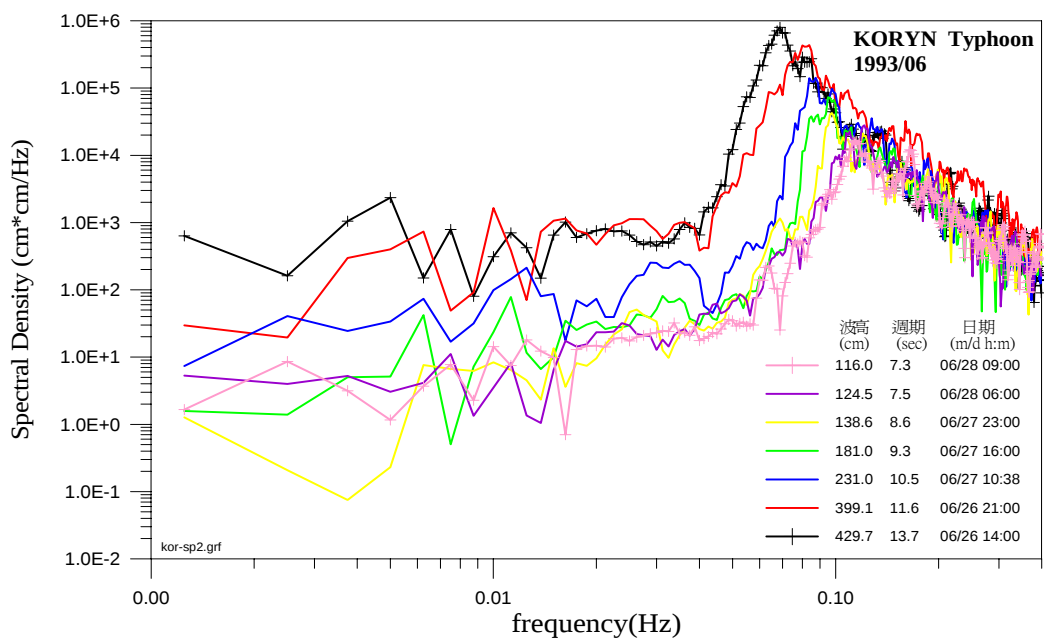
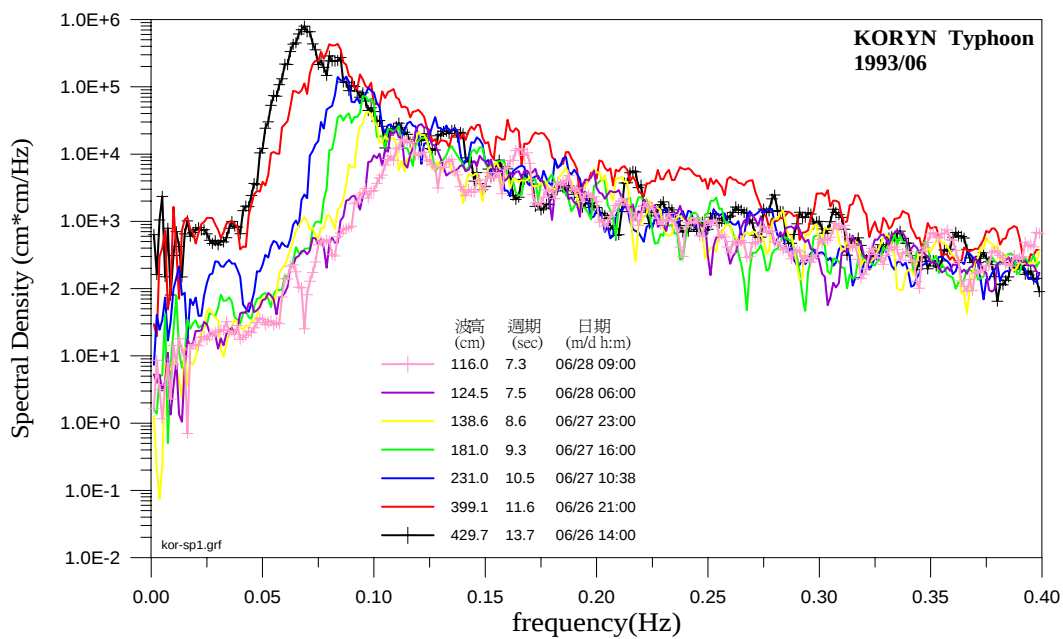


圖 3-19 KORYN 颱風波浪能譜圖（衰退時段）

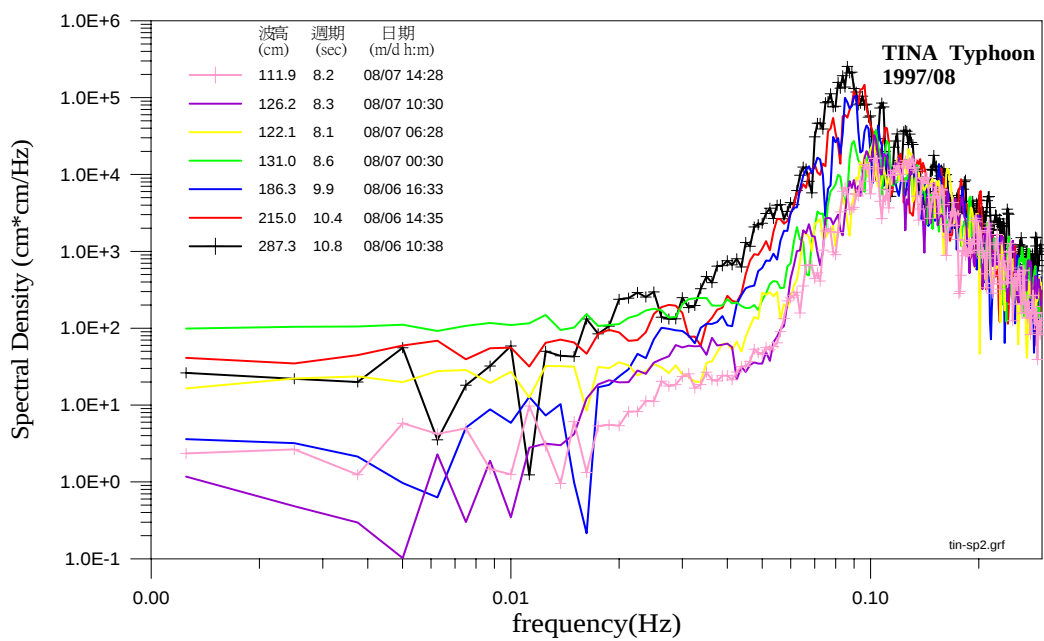
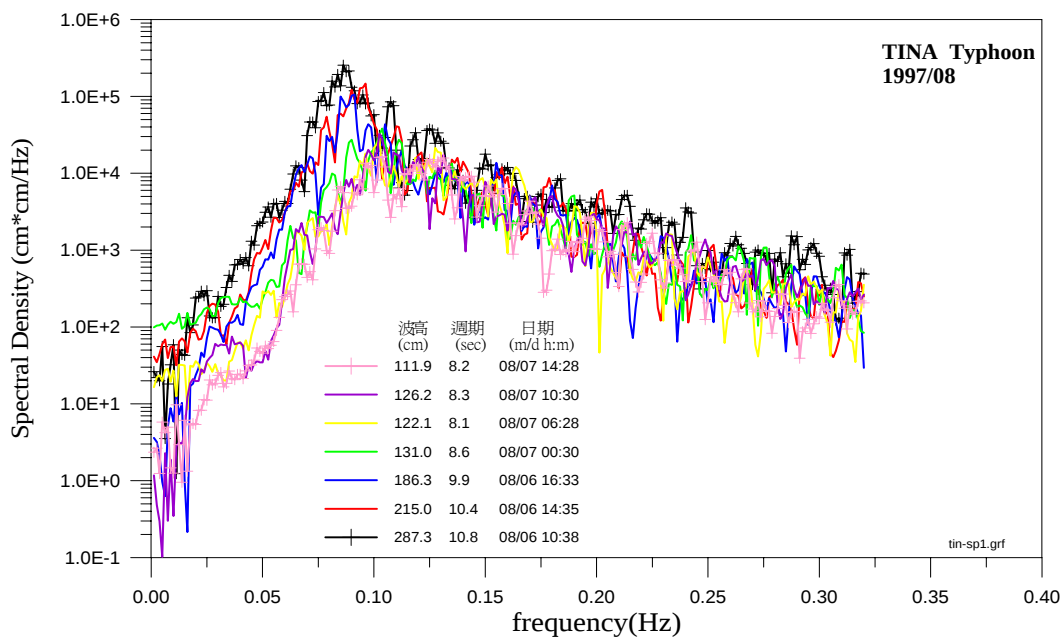


圖 3-20 TINA 颱風波浪能譜圖（衰退時段）

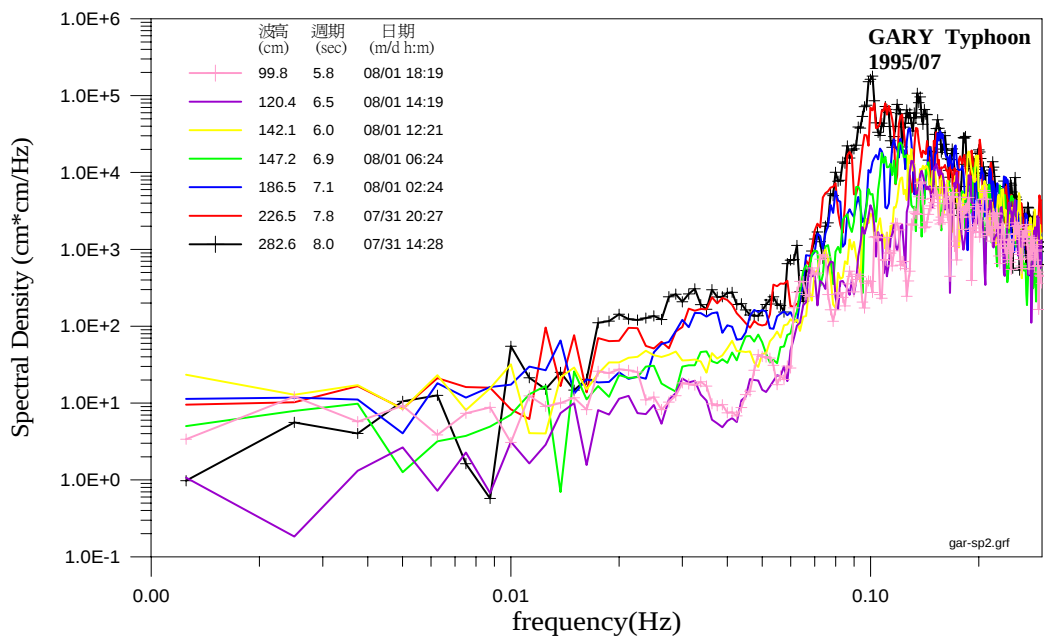
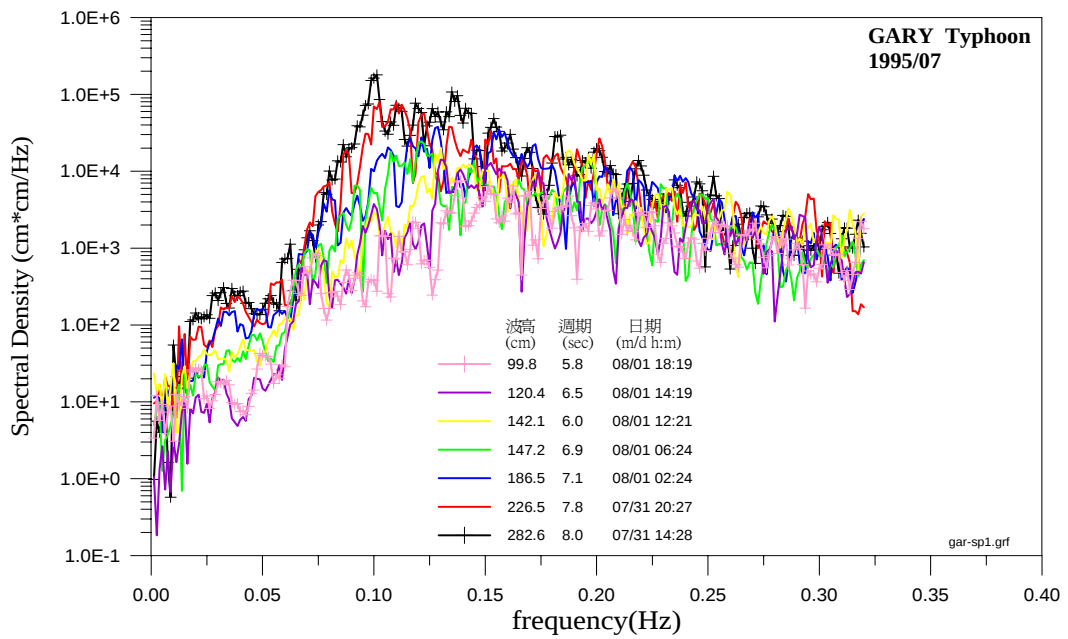


圖 3-21 GARY 颱風波浪能譜圖（衰退時段）

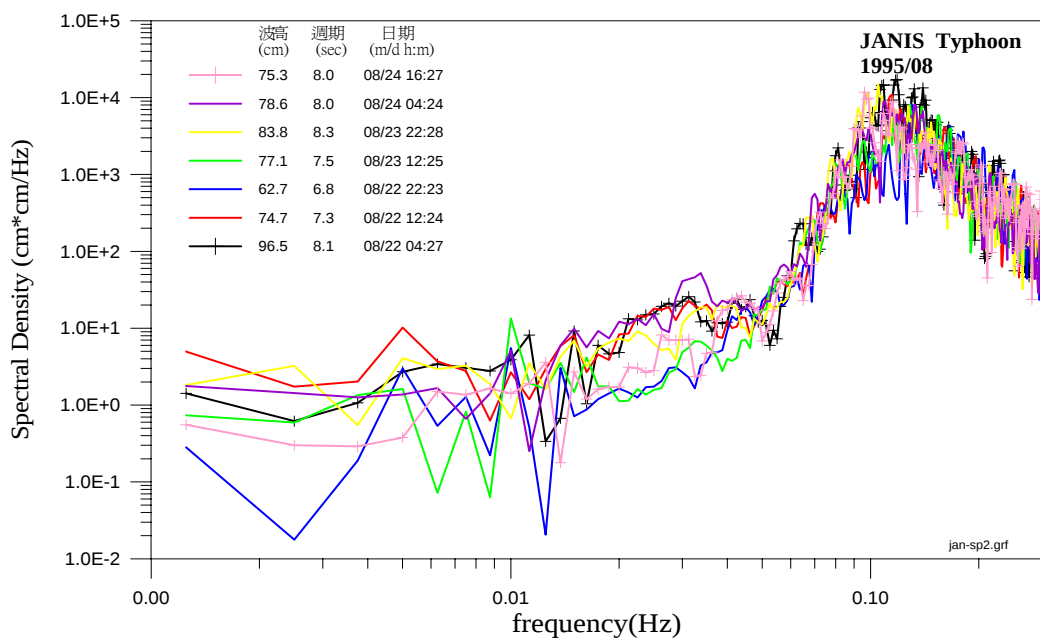
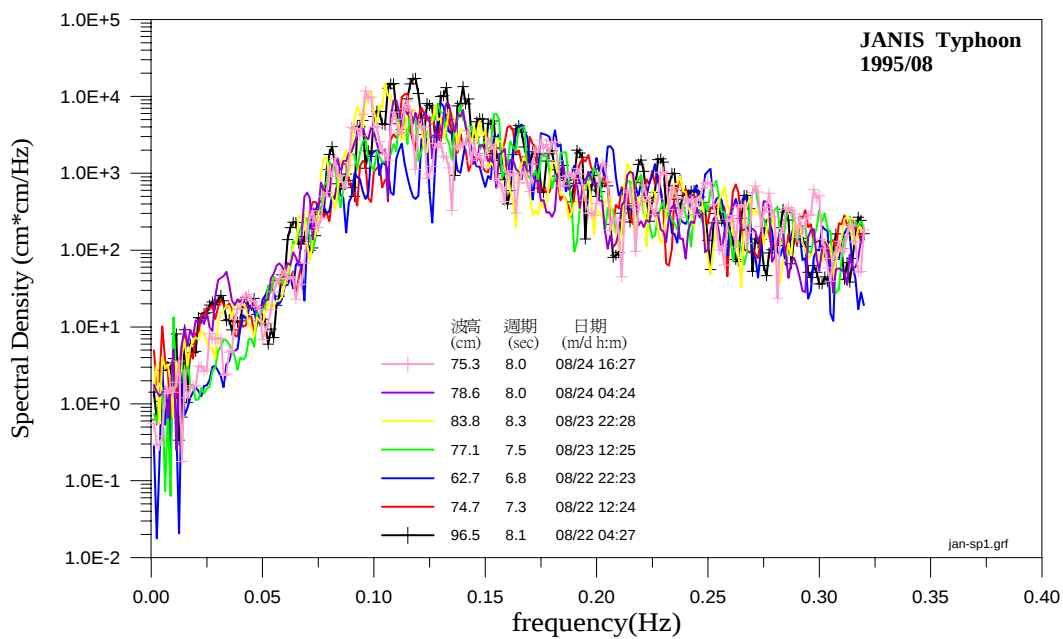


圖 3-22 JANIS 颱風波浪能譜圖（近穩定時段）

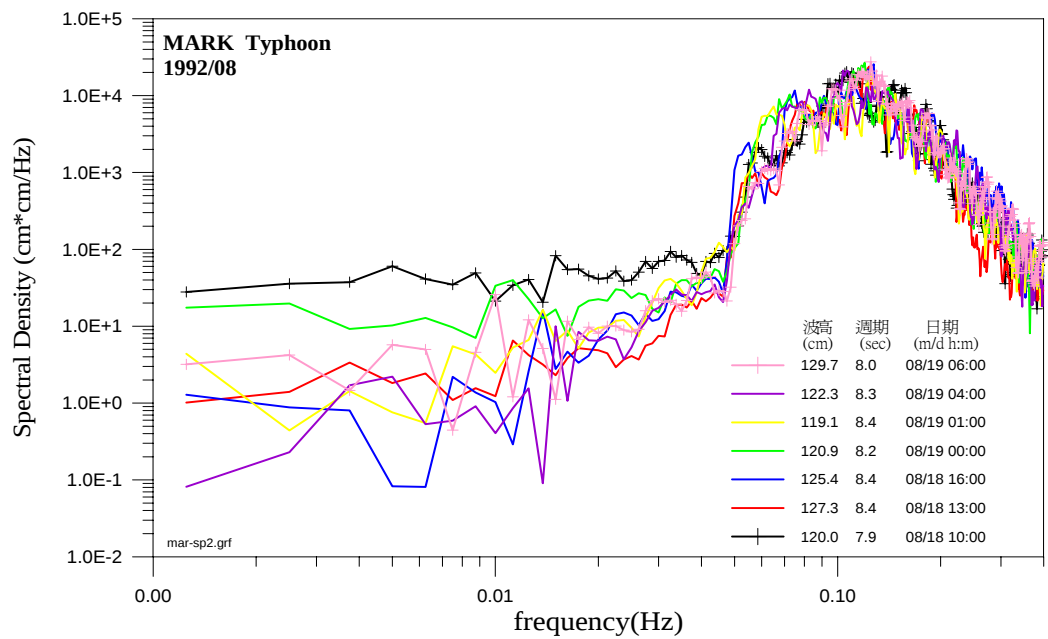
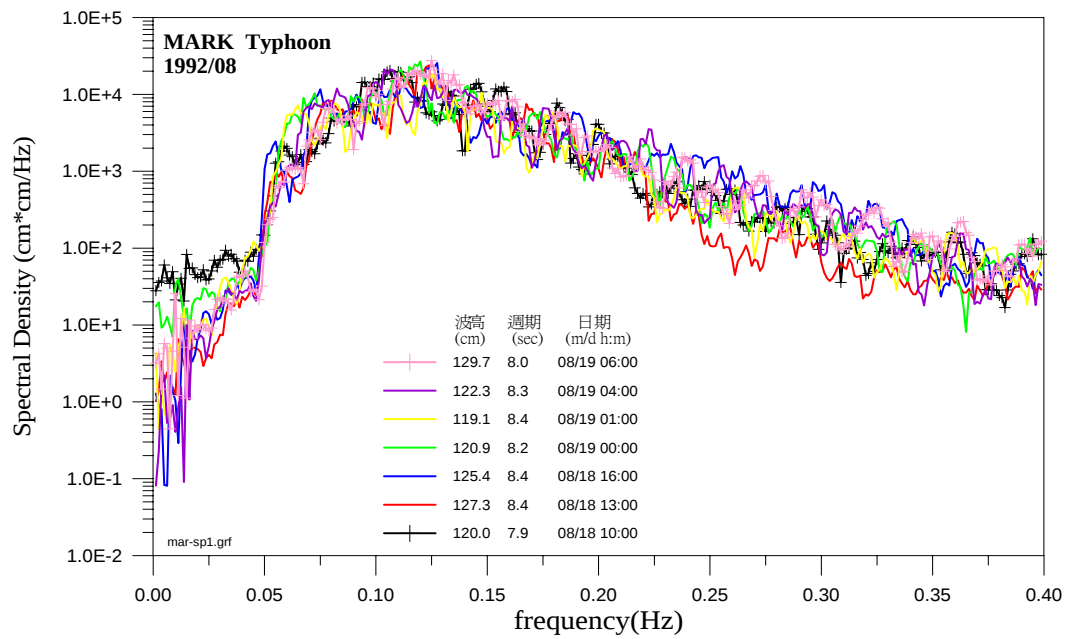


圖 3-23 MARK 颱風波浪能譜圖（近穩定時段）

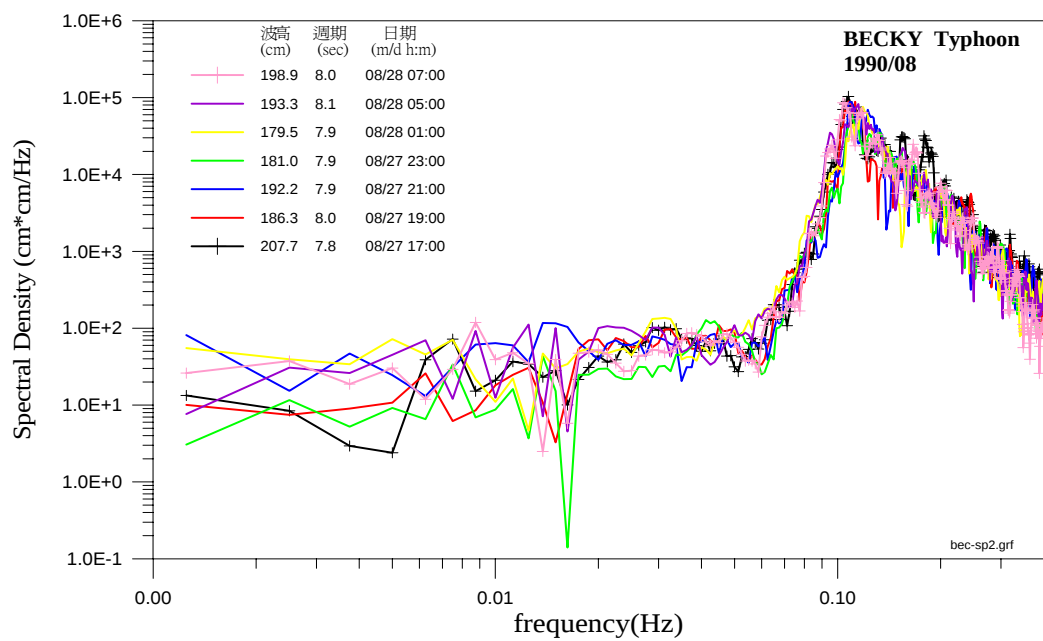
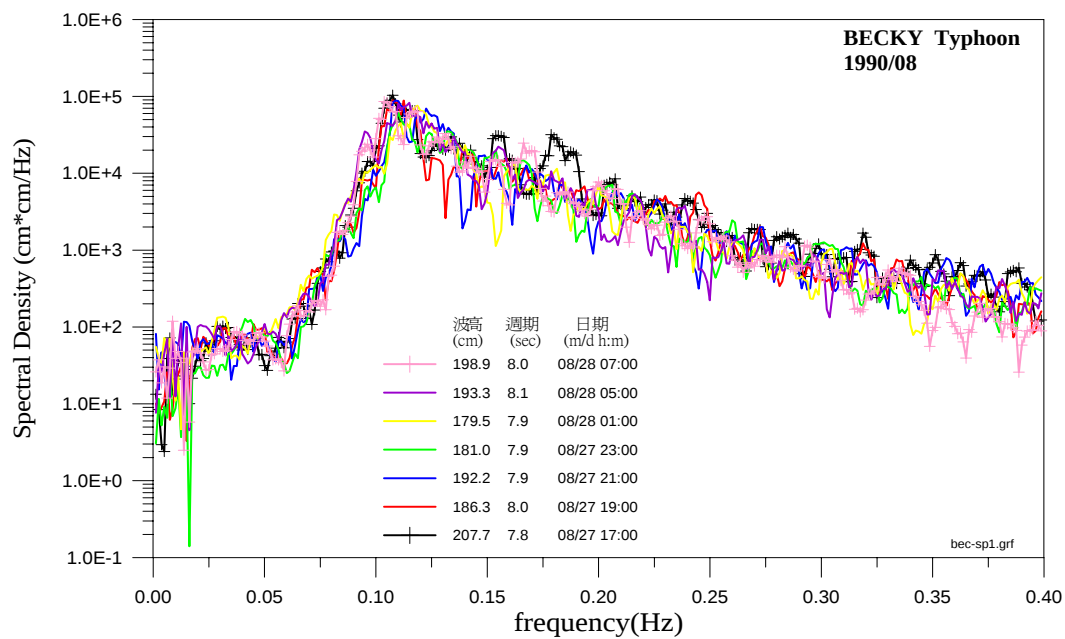


圖 3-24 BECKY 颱風波浪能譜圖（近穩定時段）

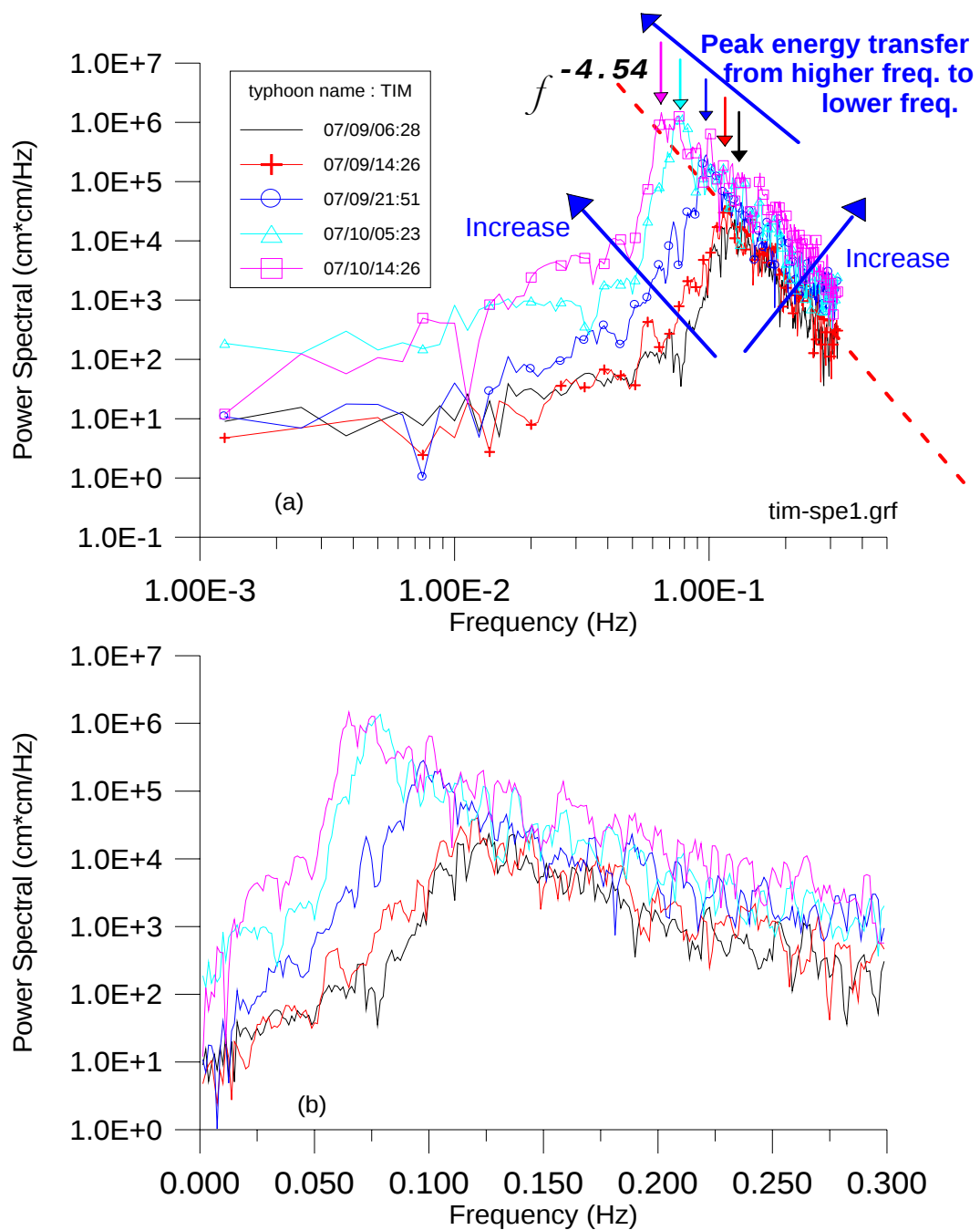
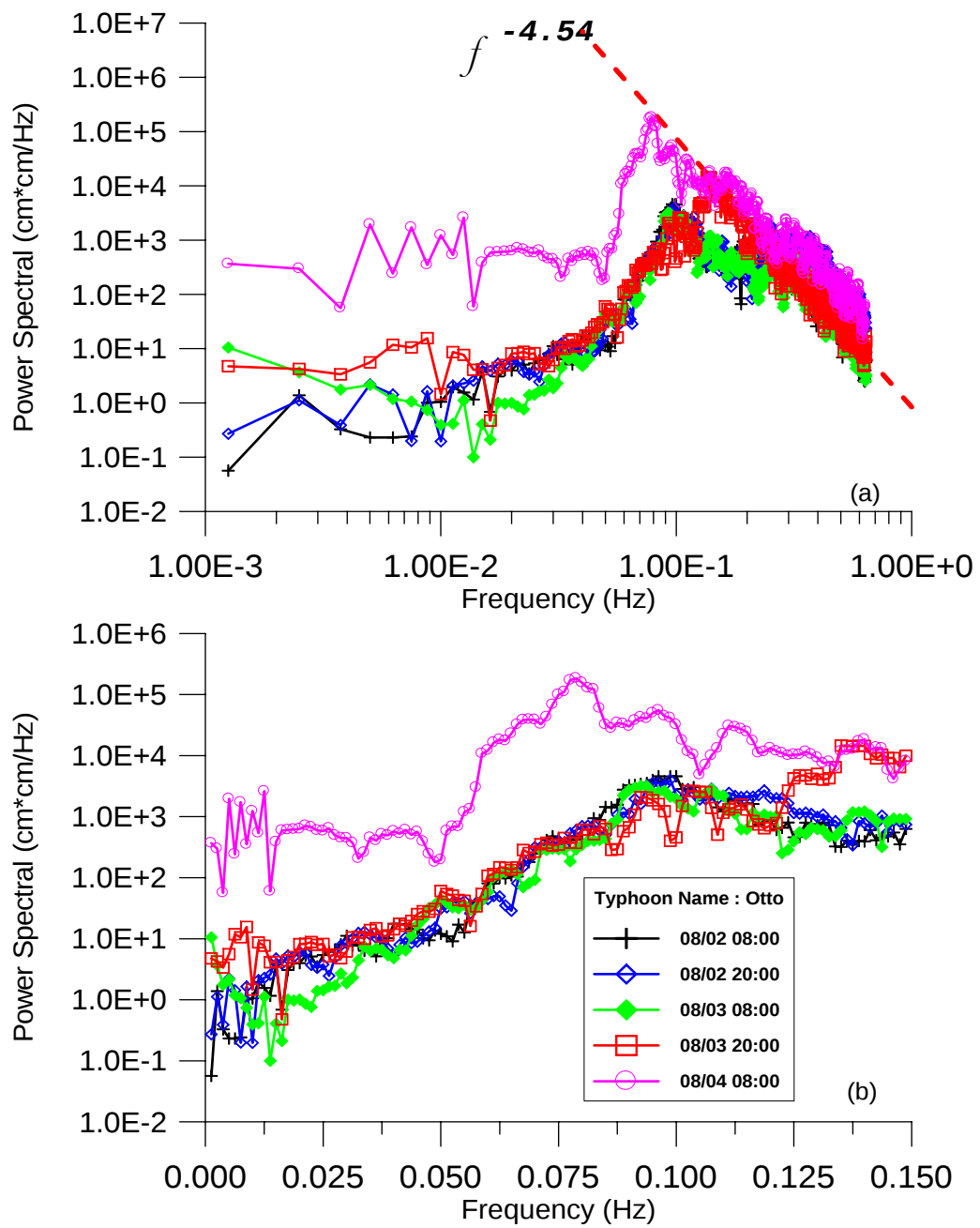


圖 3-25 TIM 颱風波浪能譜高頻區斜率



ott-sp1.grf

圖 3-26 OTTO 颱風波浪能譜高頻區斜率

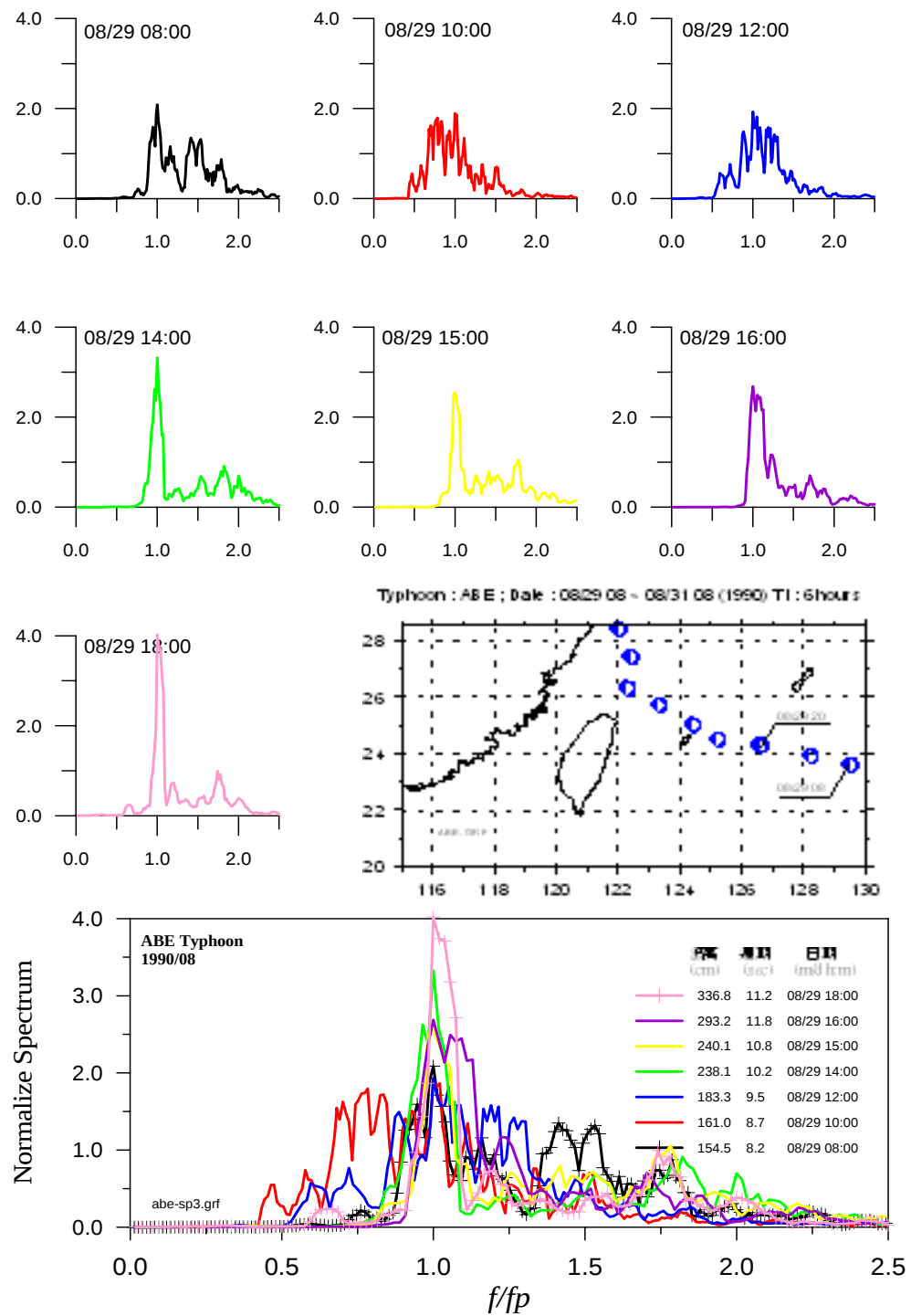


圖 3-27 ABE 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

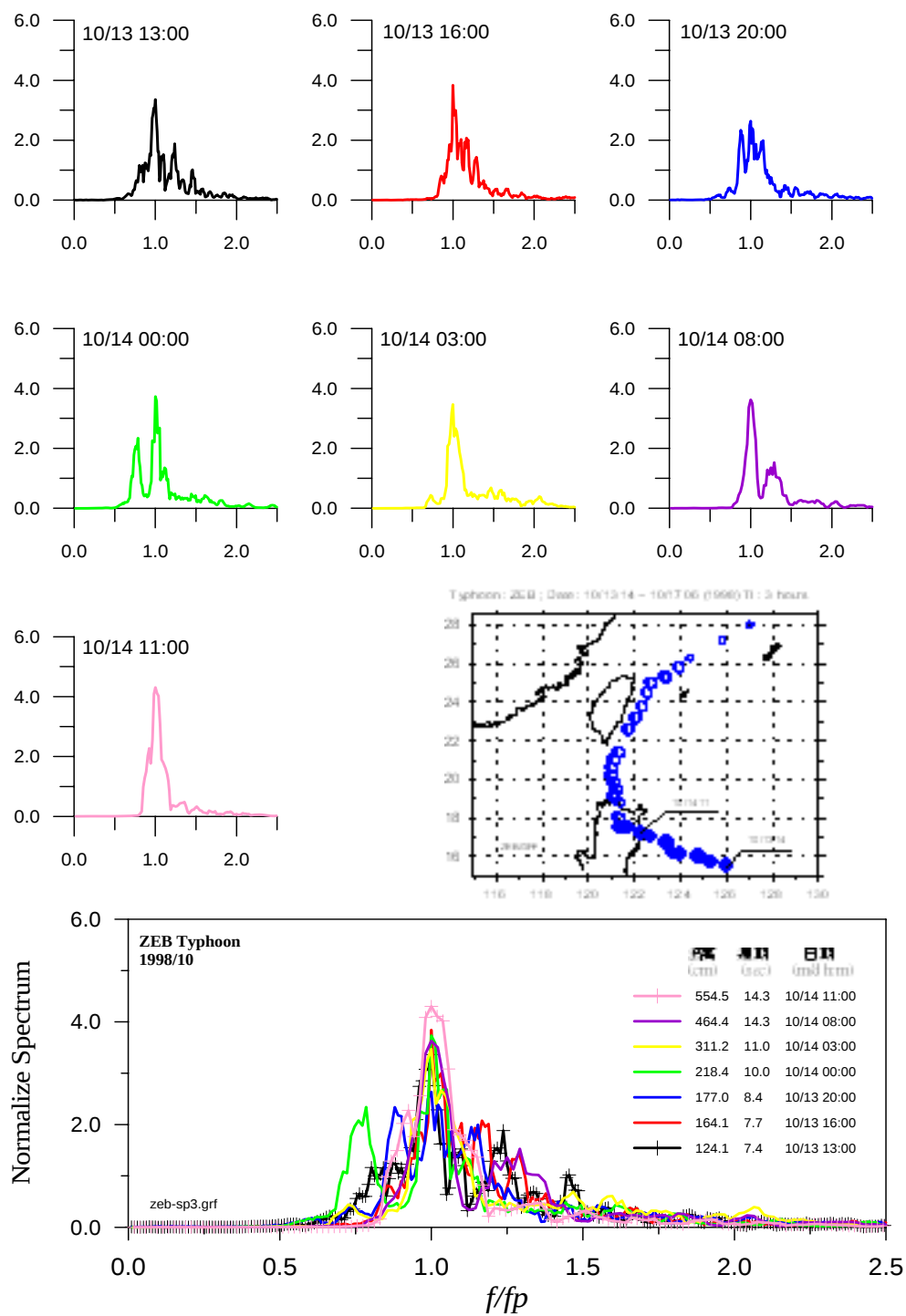


圖 3-28 ZEB 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

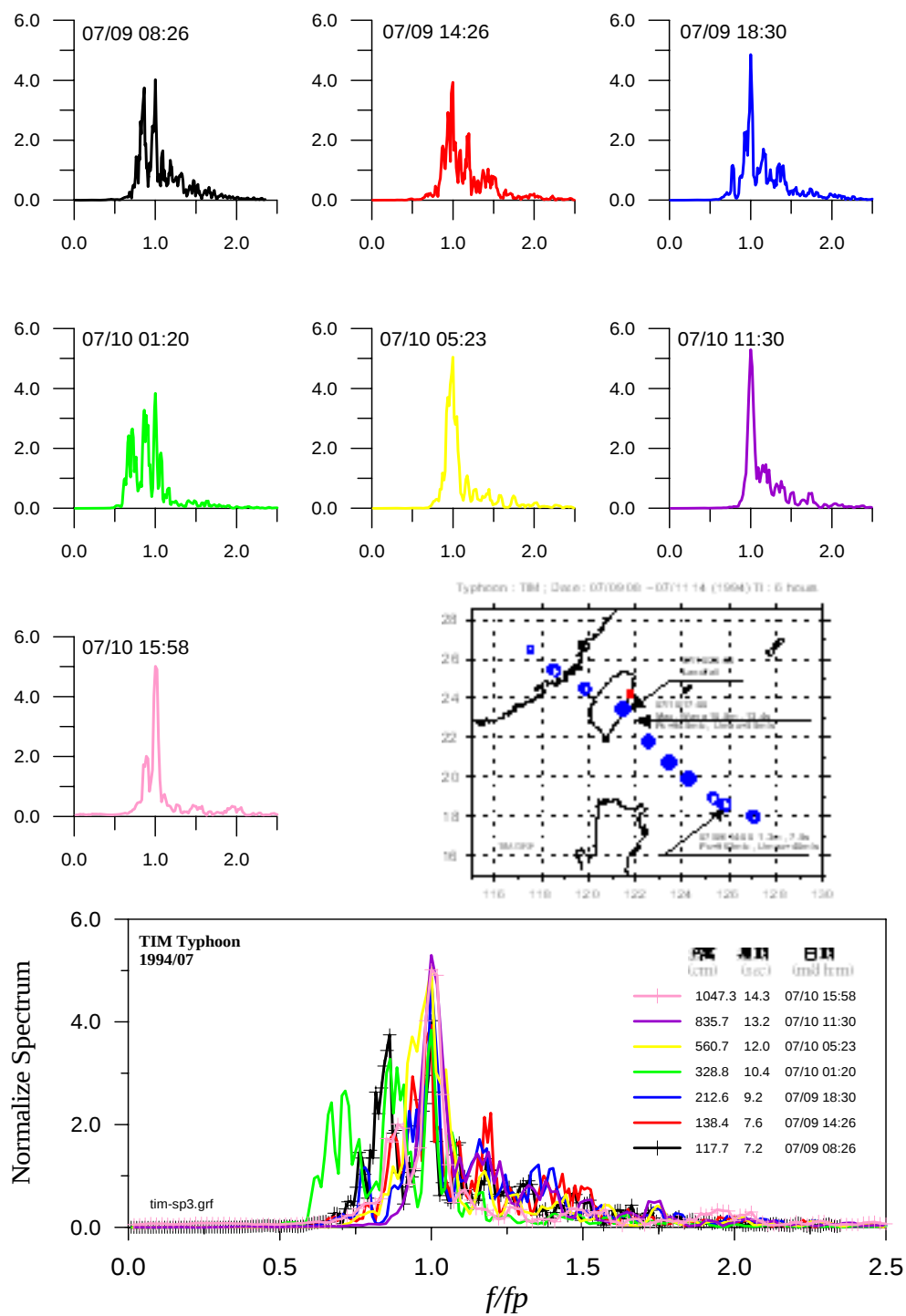


圖 3-29 TIM 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

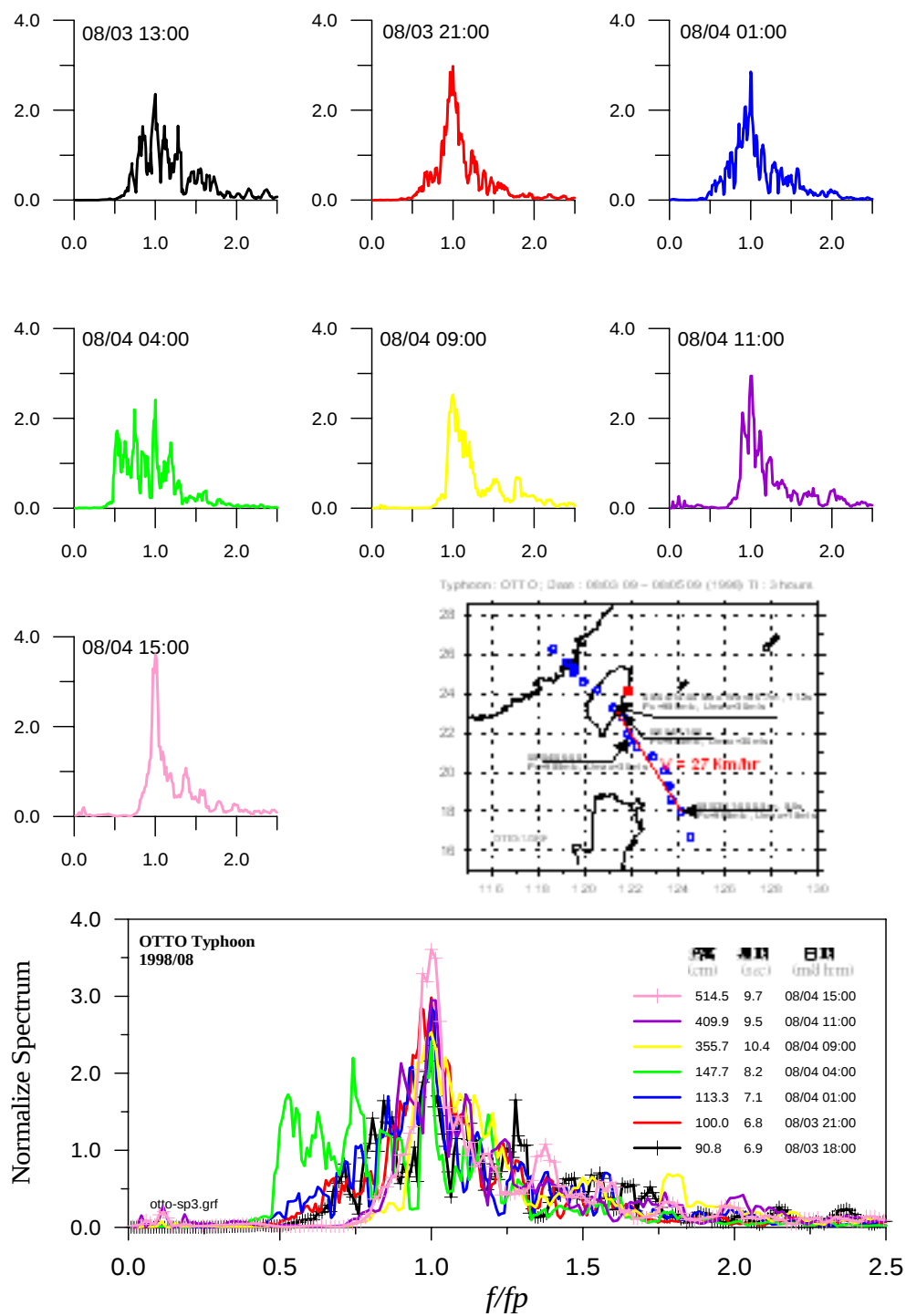


圖 3-30 OTTO 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

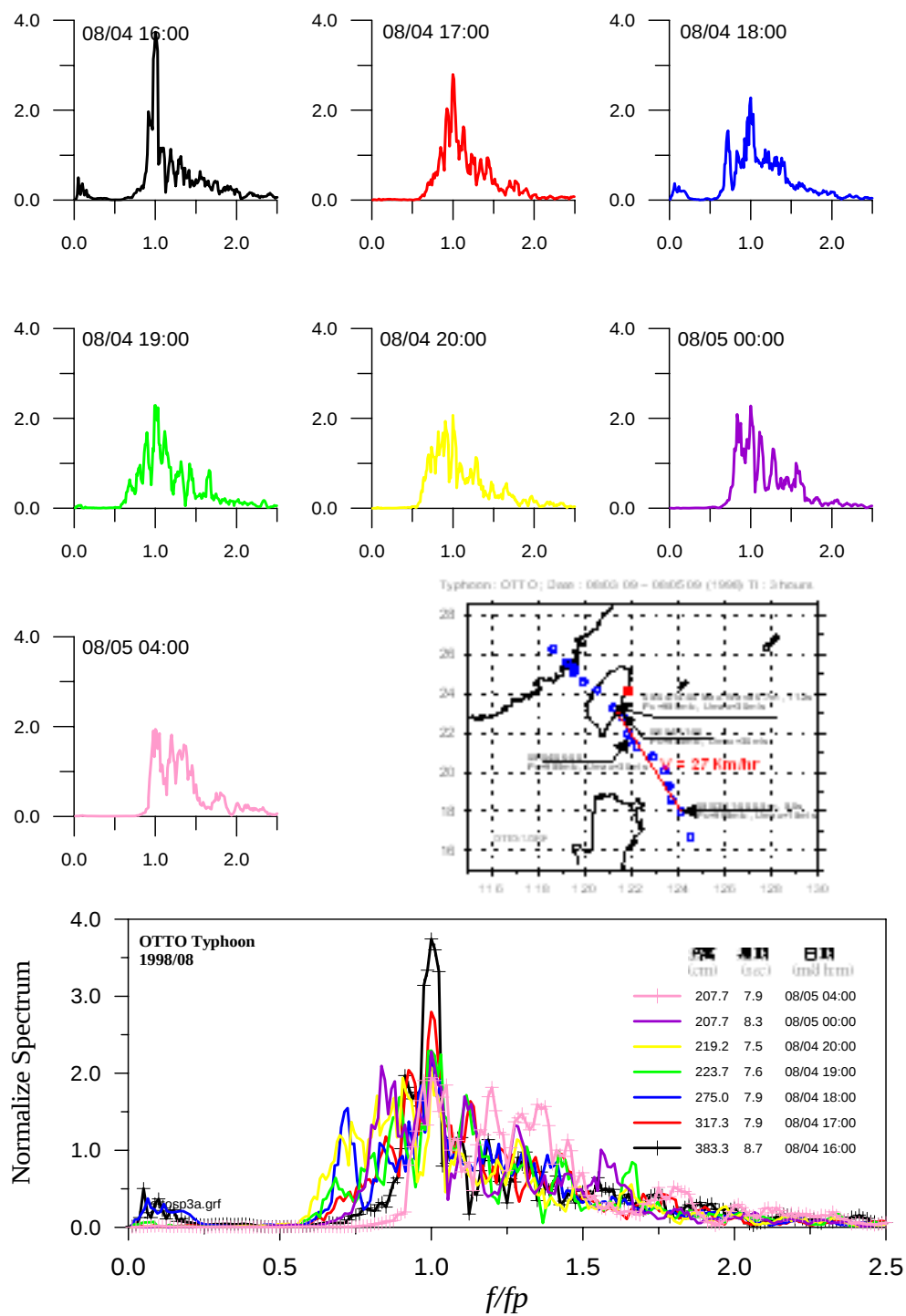


圖 3-31 OTTO 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

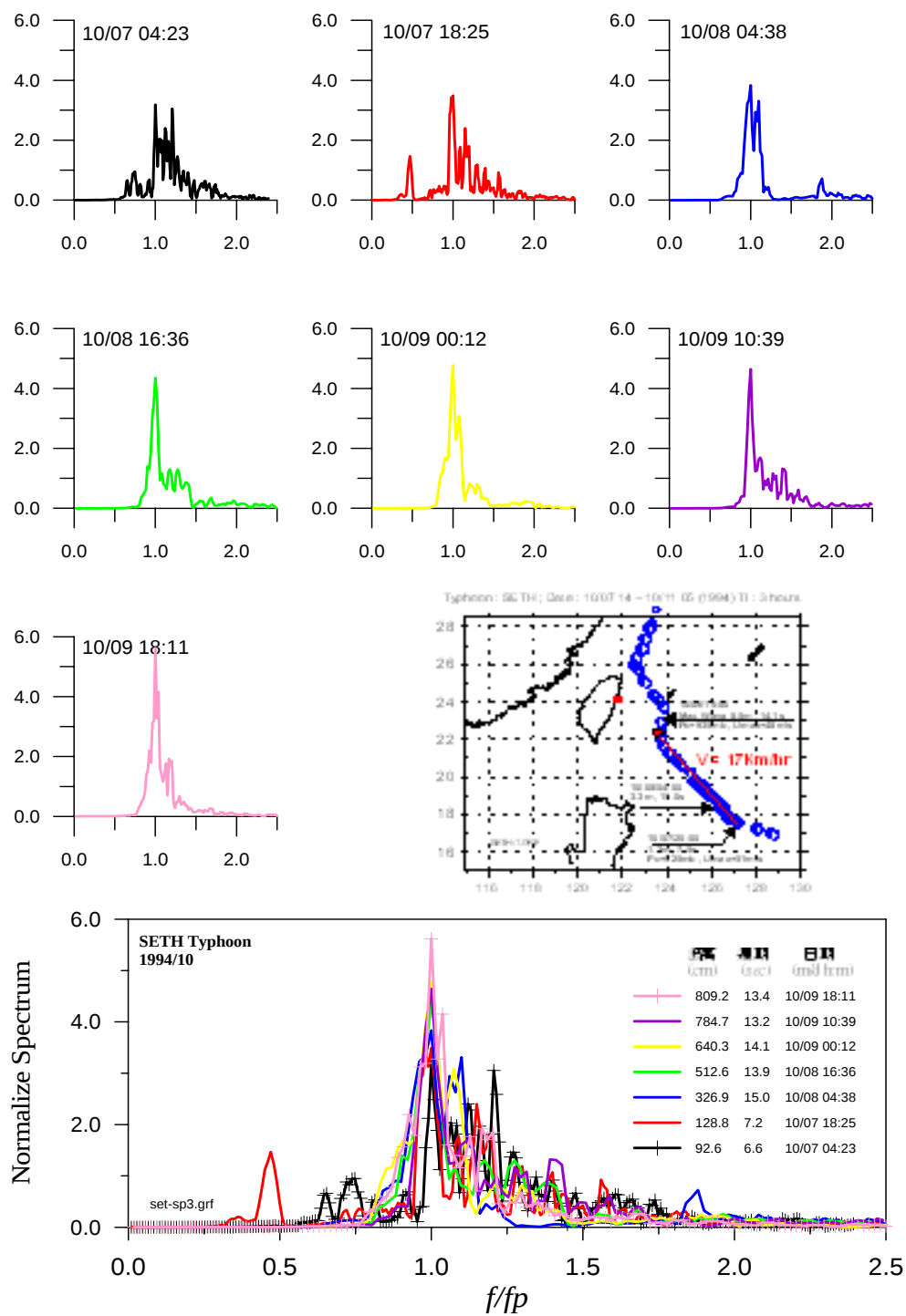


圖 3-32 SETH 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

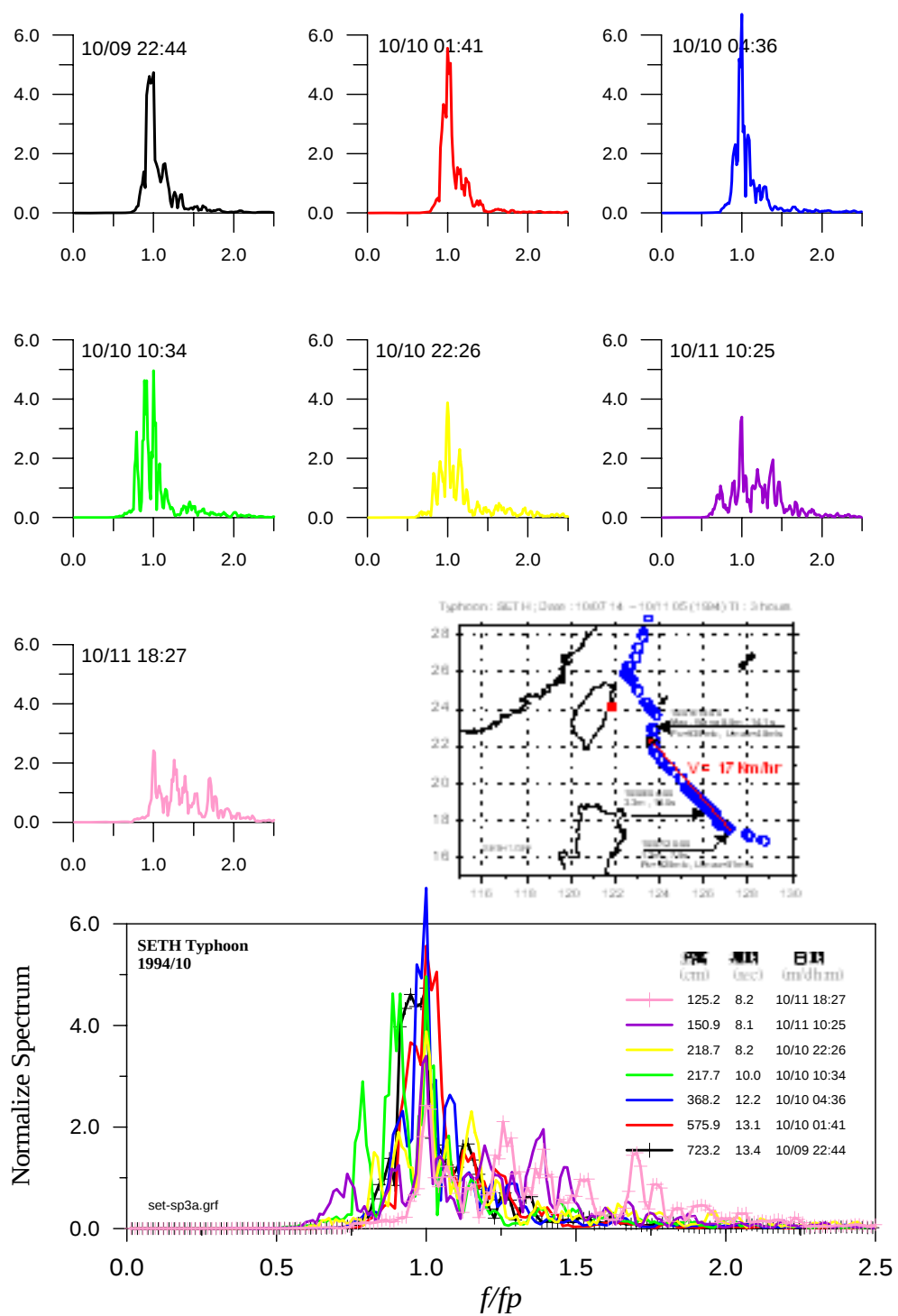


圖 3-33 SETH 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

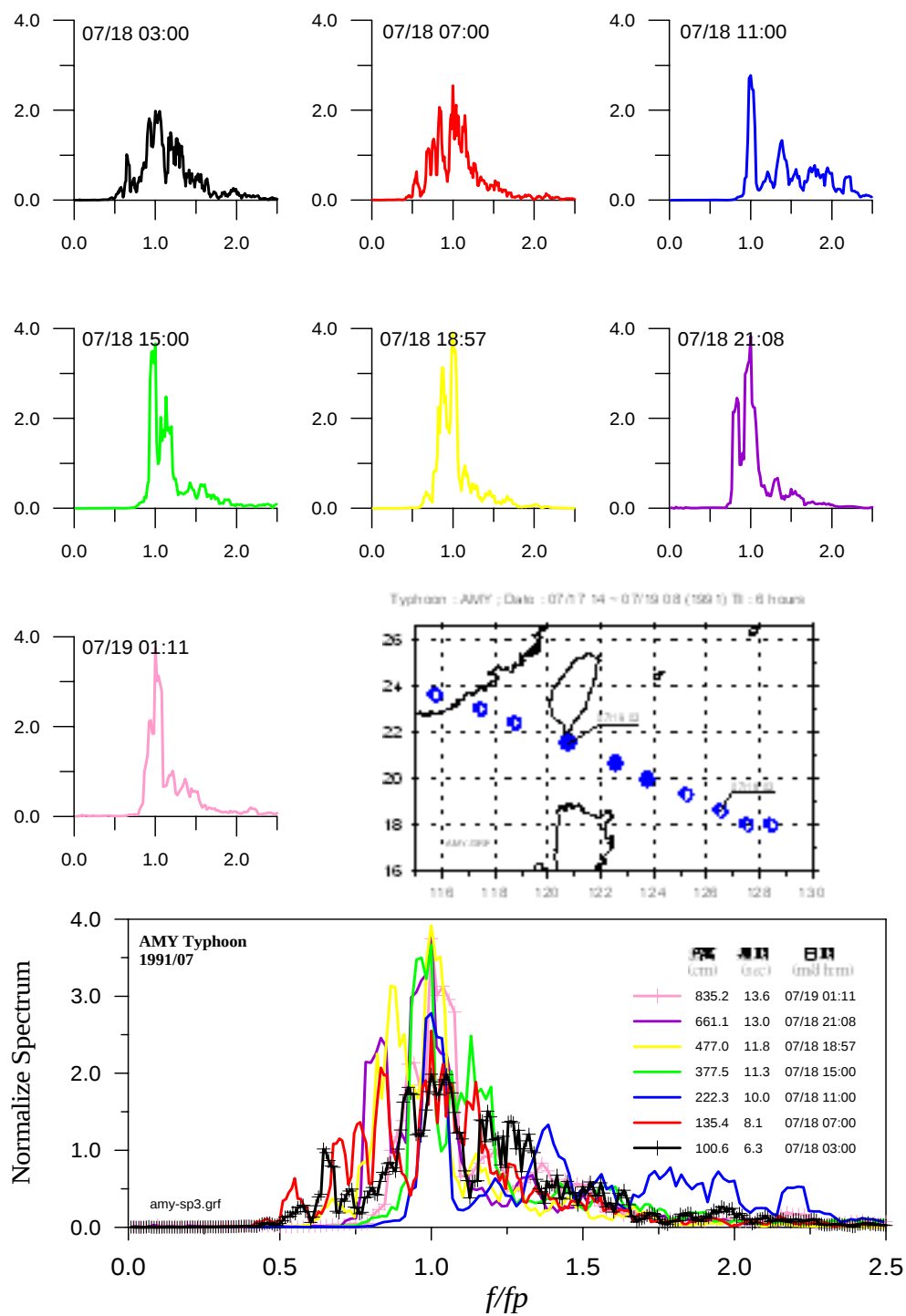


圖 3-34 AMY 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

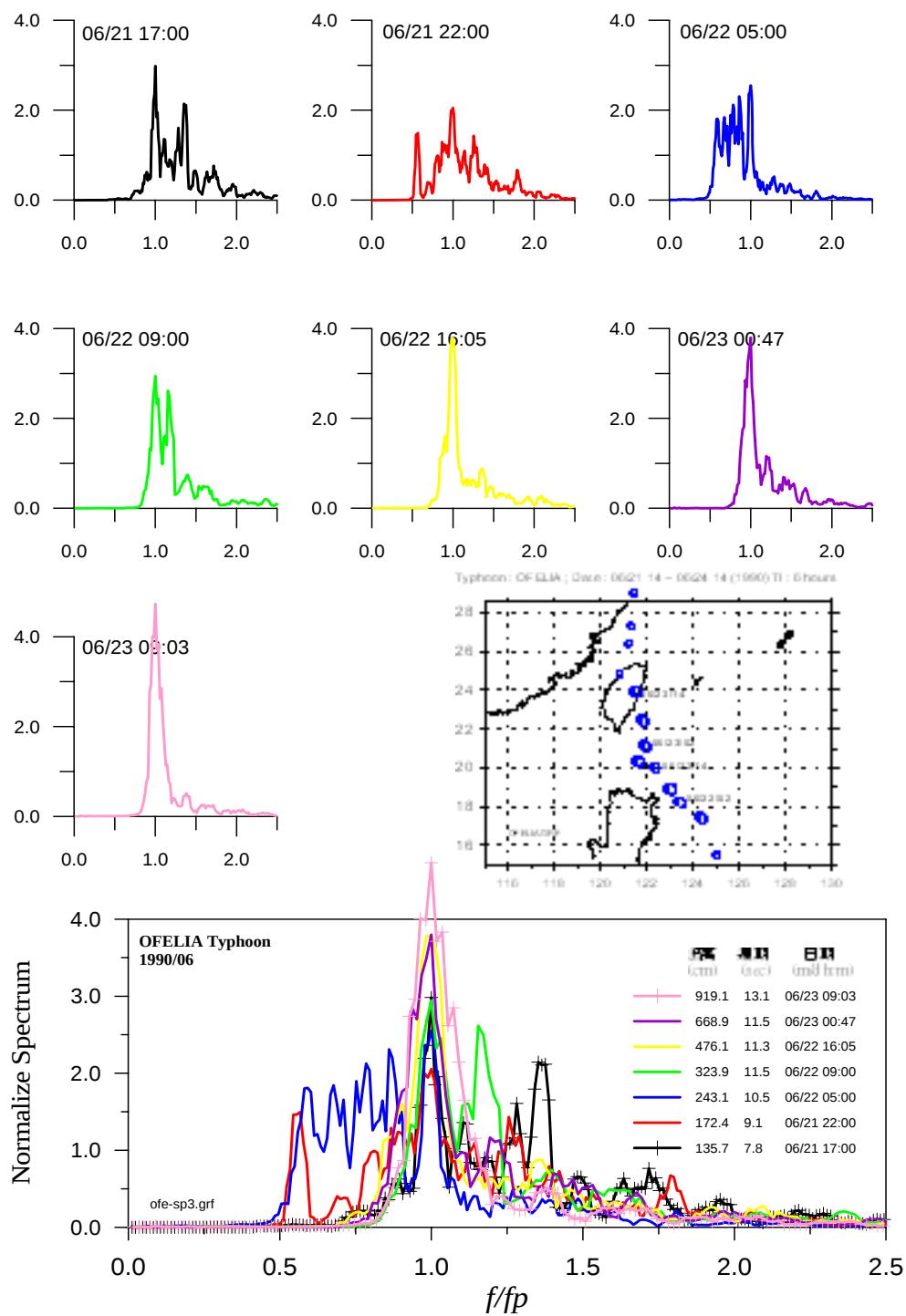


圖 3-35 OFELIA 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

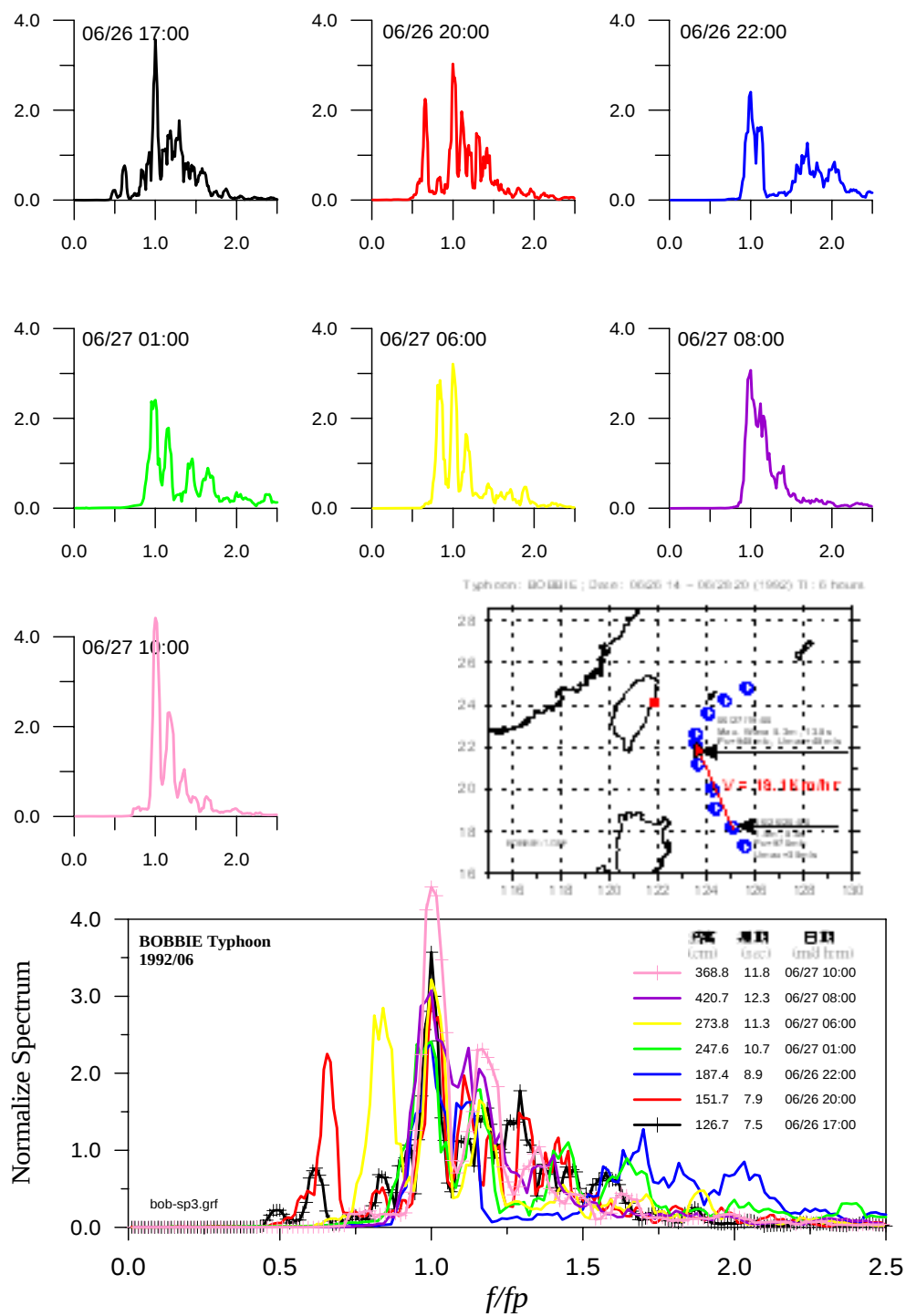


圖 3-36 BOBBIE 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

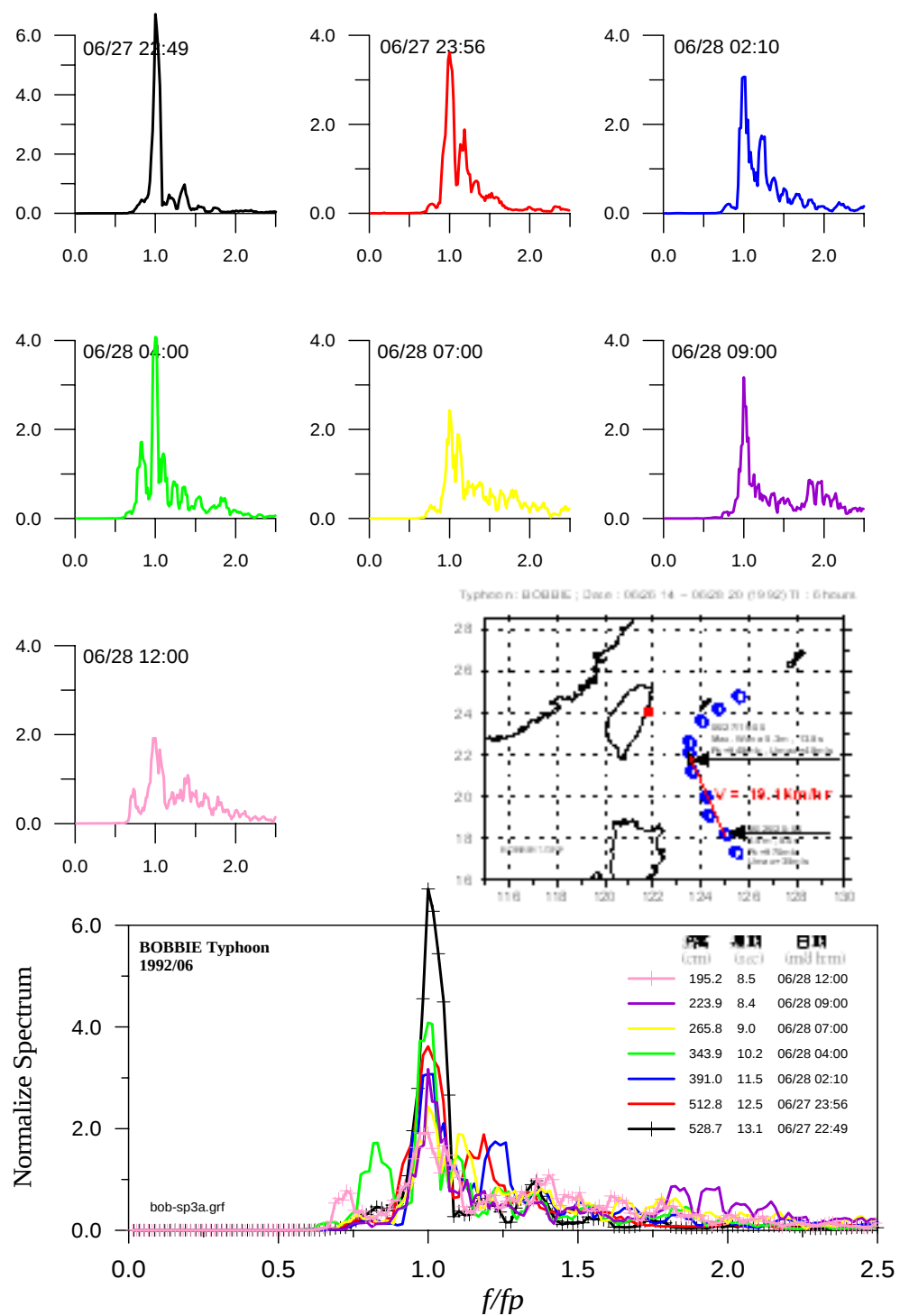


圖 3-37 BOBBIE 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

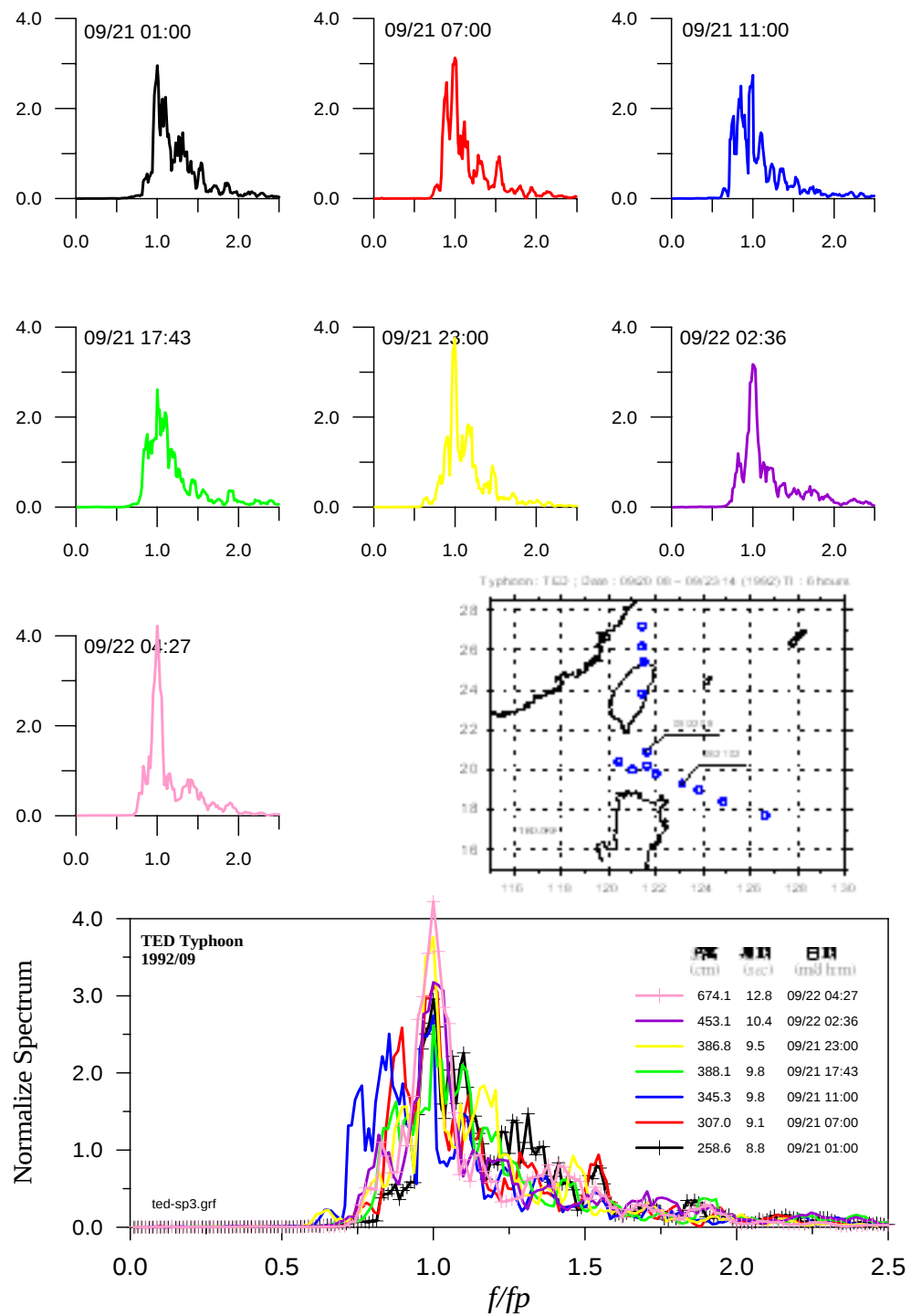


圖 3-38 TED 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

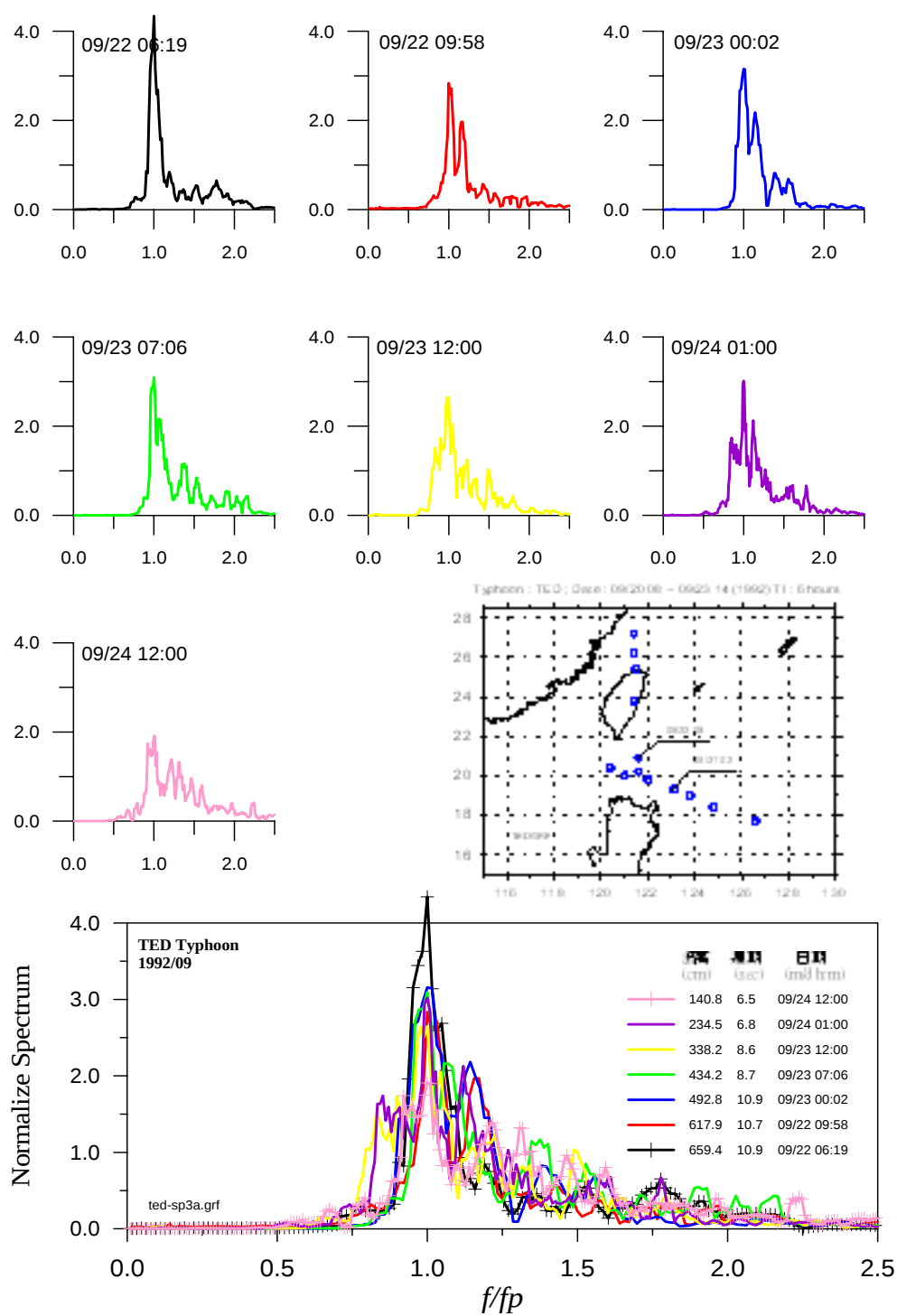


圖 3-39 TED 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

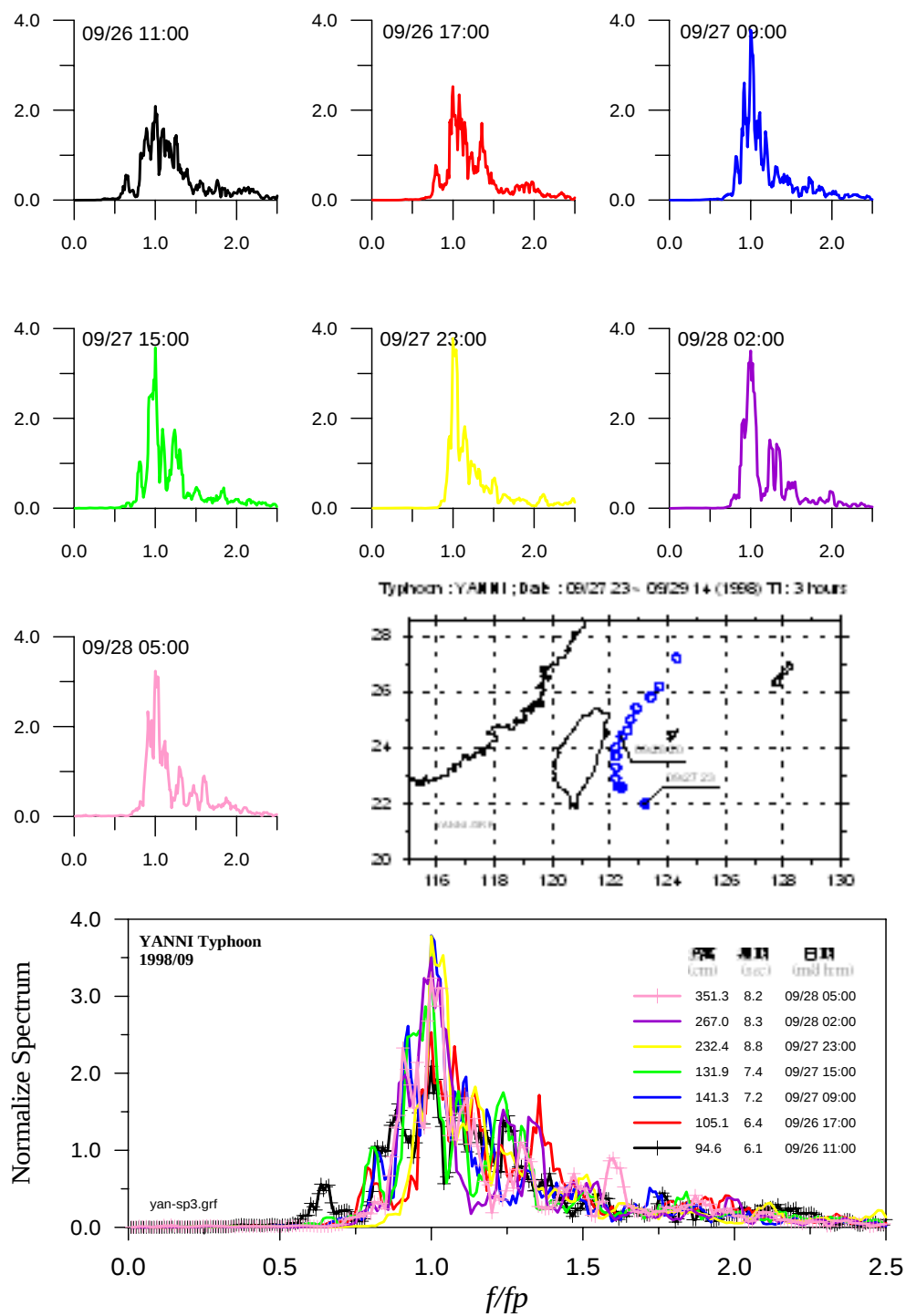


圖 3-40 YANNI 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

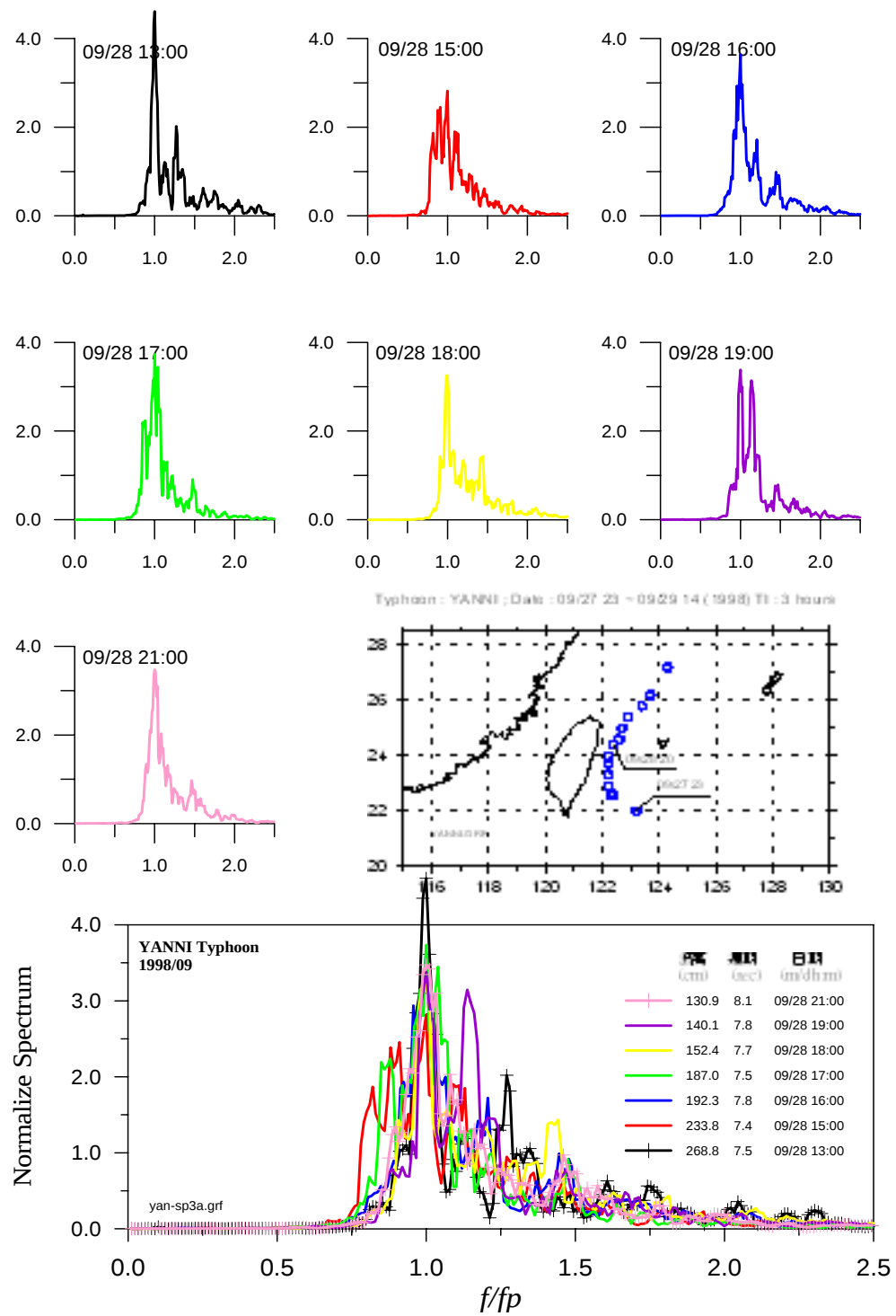


圖 3-41 YANNI 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

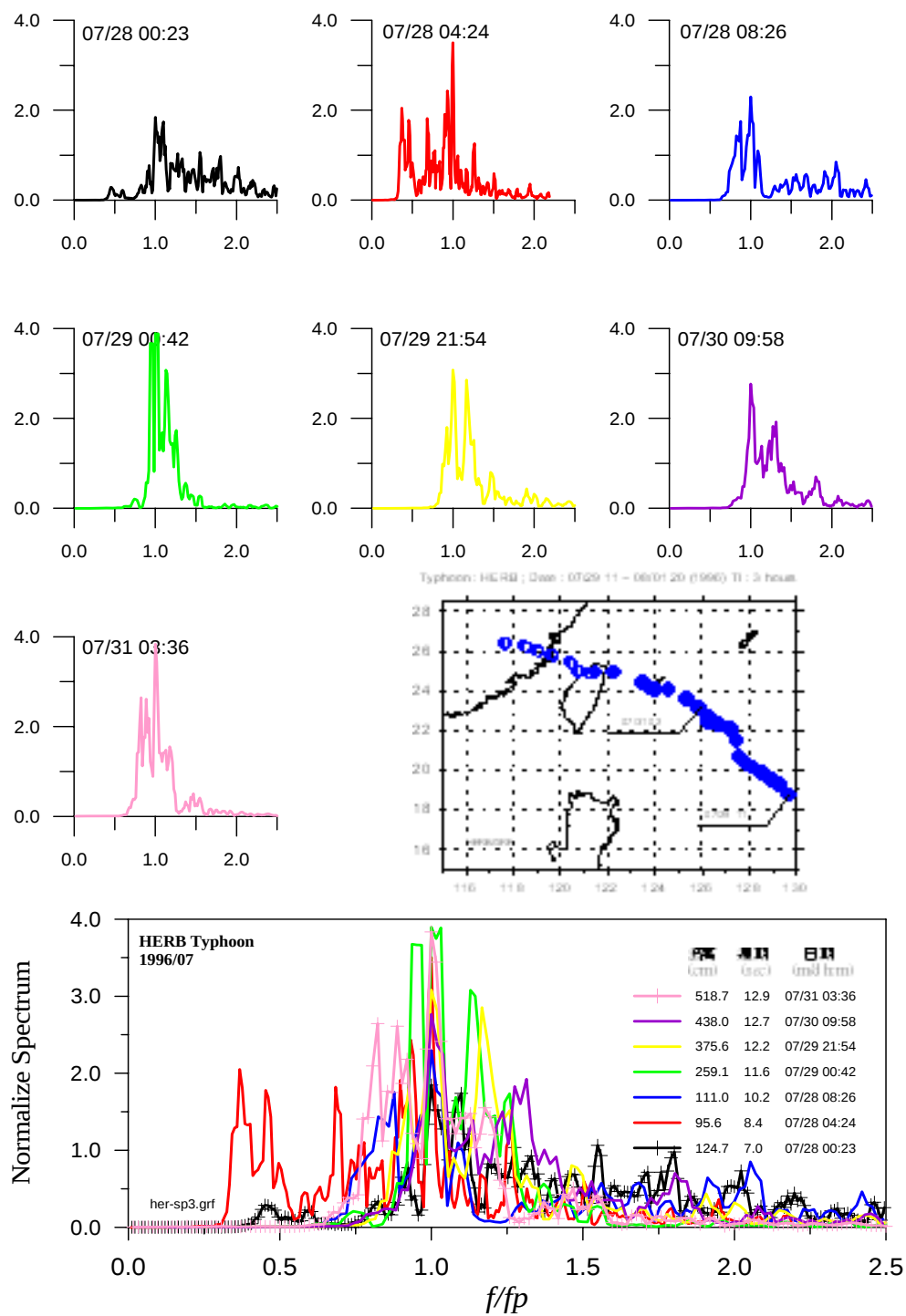


圖 3-42 HERB 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

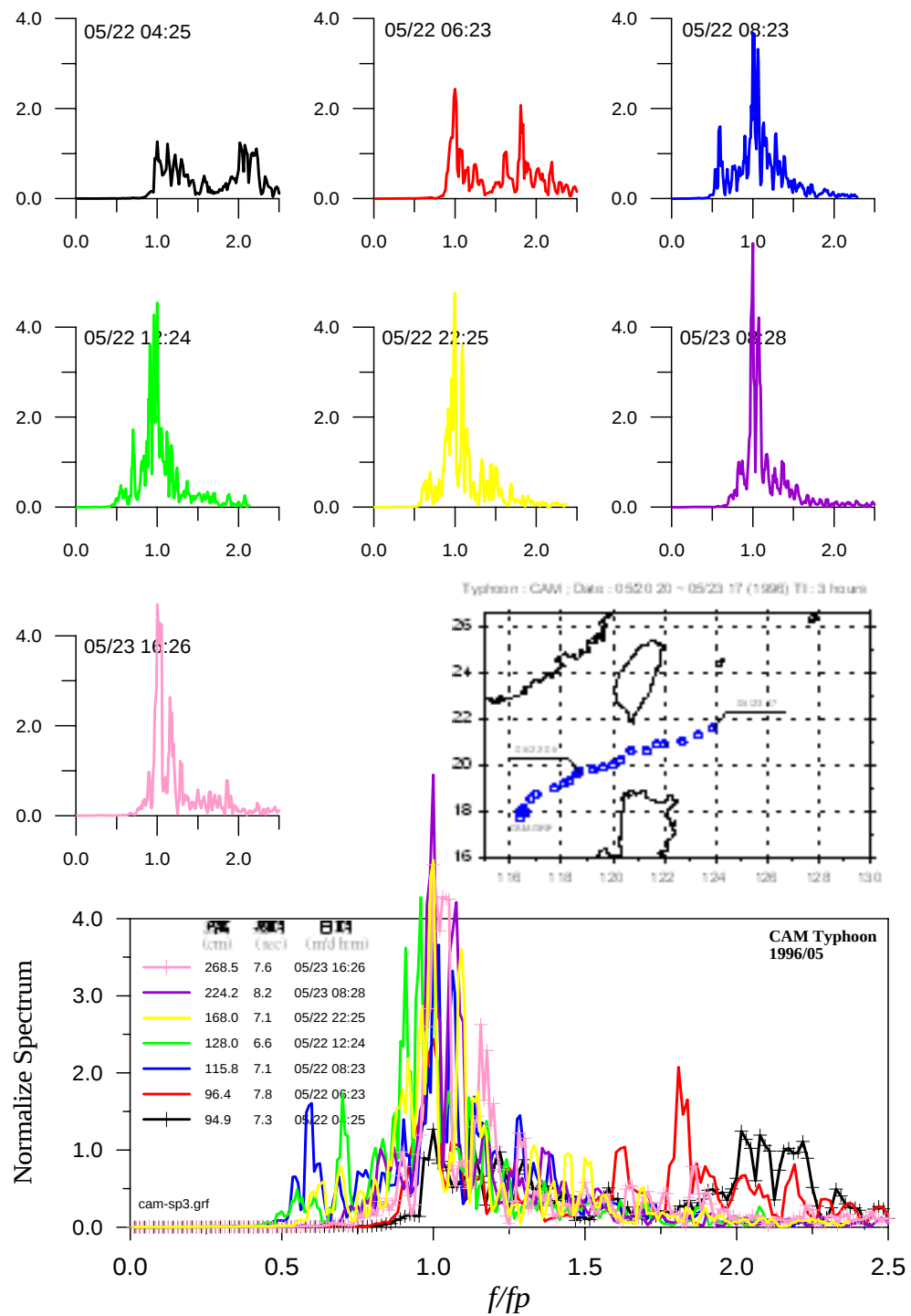


圖 3-43 CAM 颱風波浪正規化頻譜（成長時段）及颱風路徑

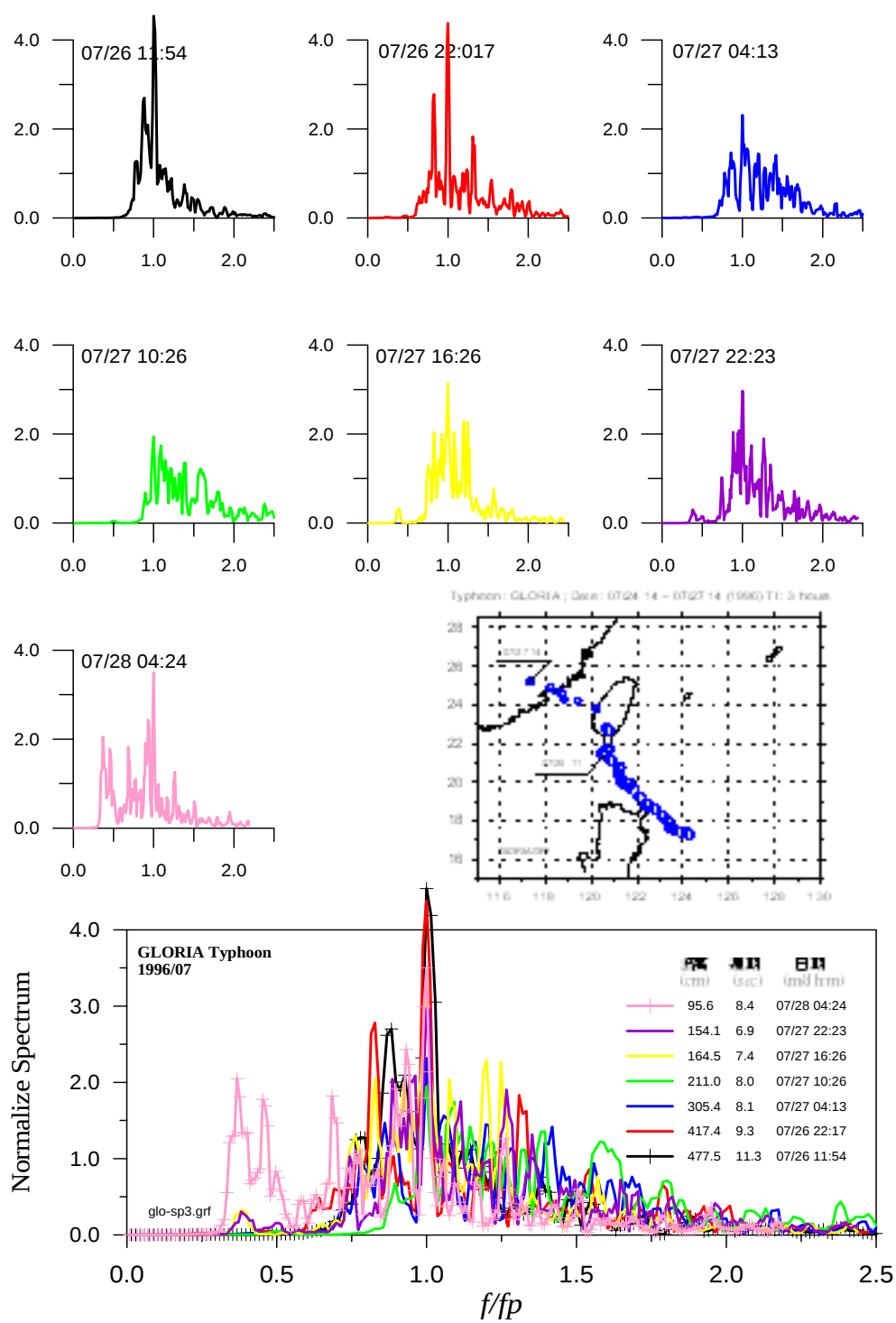


圖 3-44 GLORIA 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

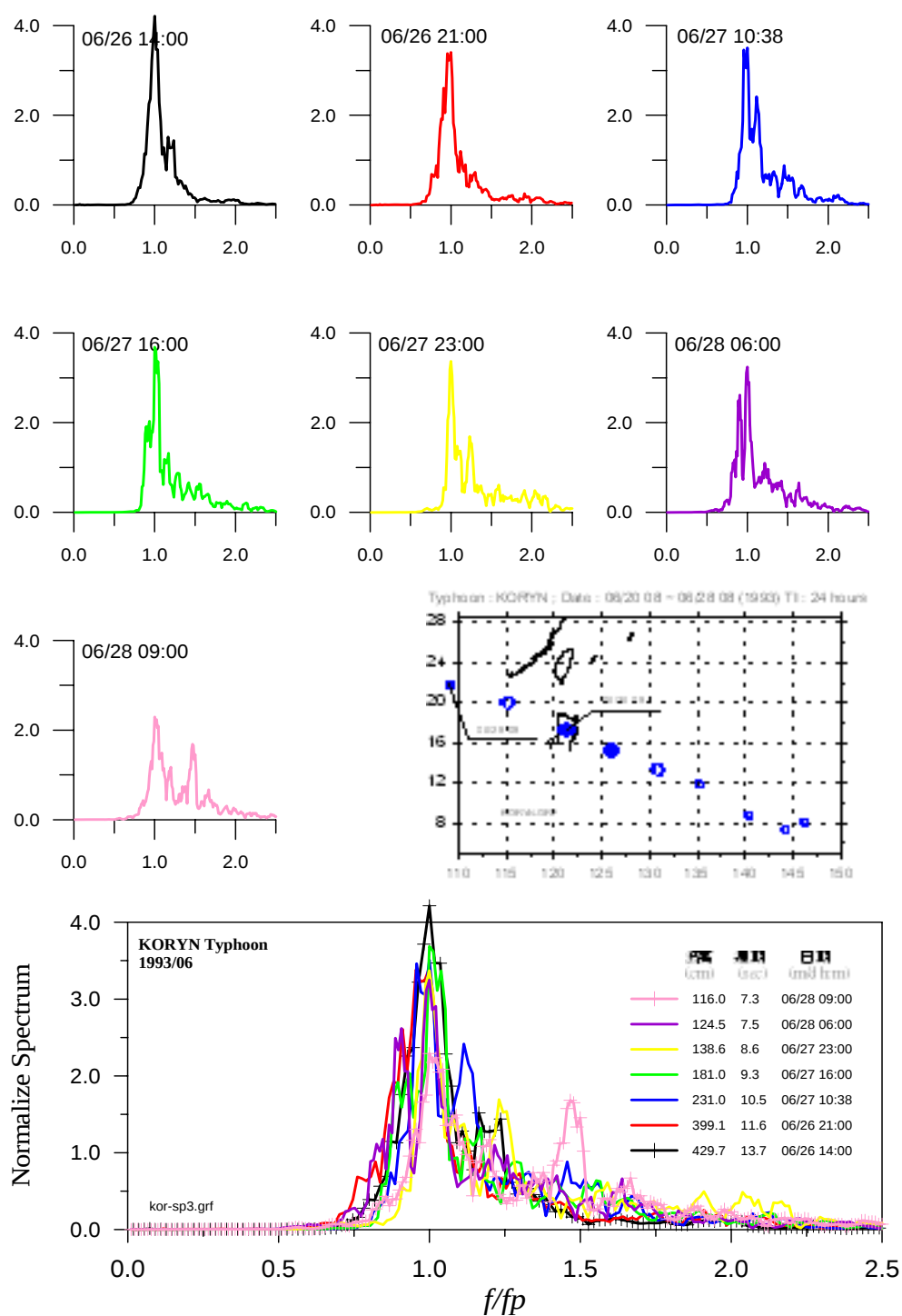


圖 3-45 KORYN 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

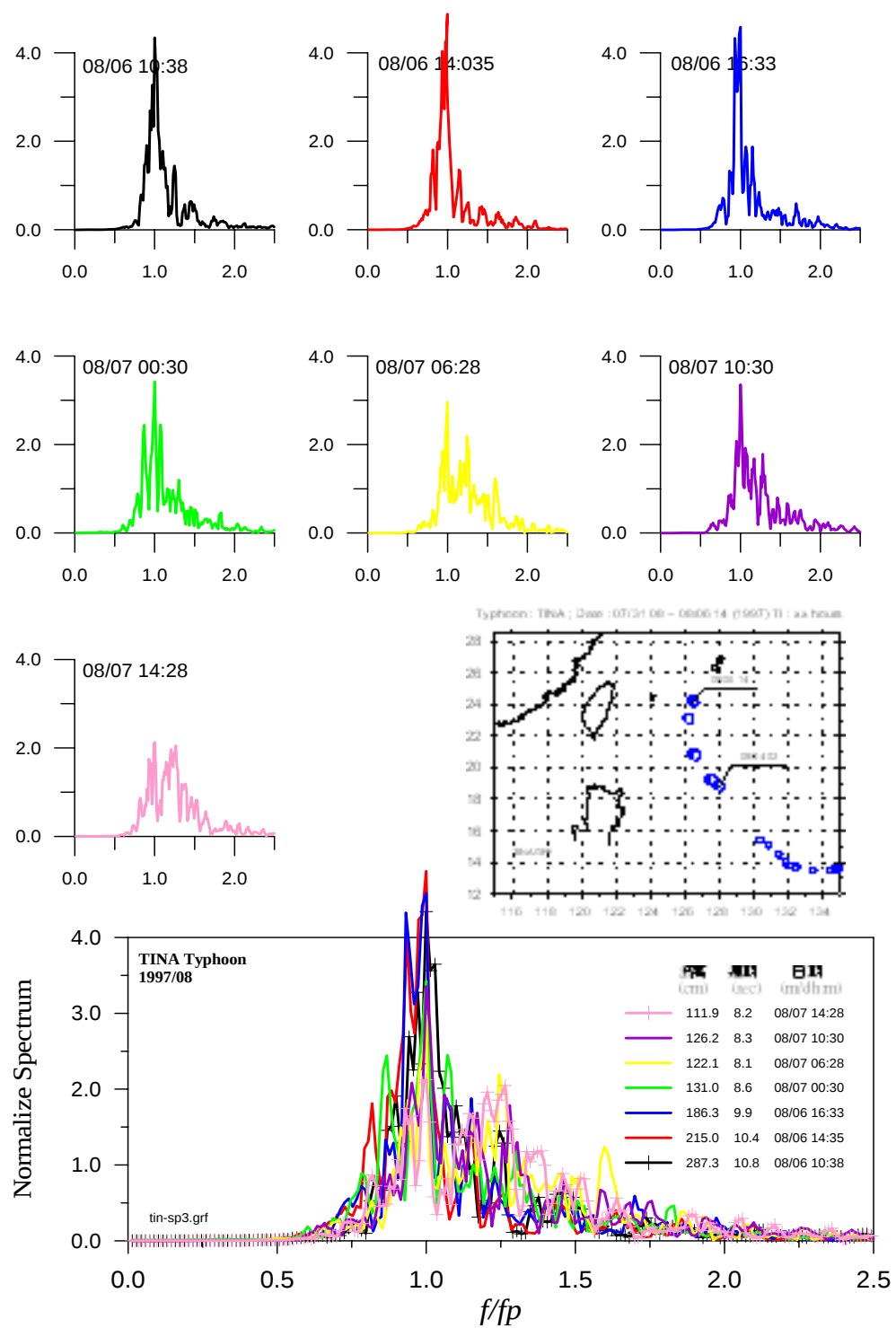


圖 3-46 TINA 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

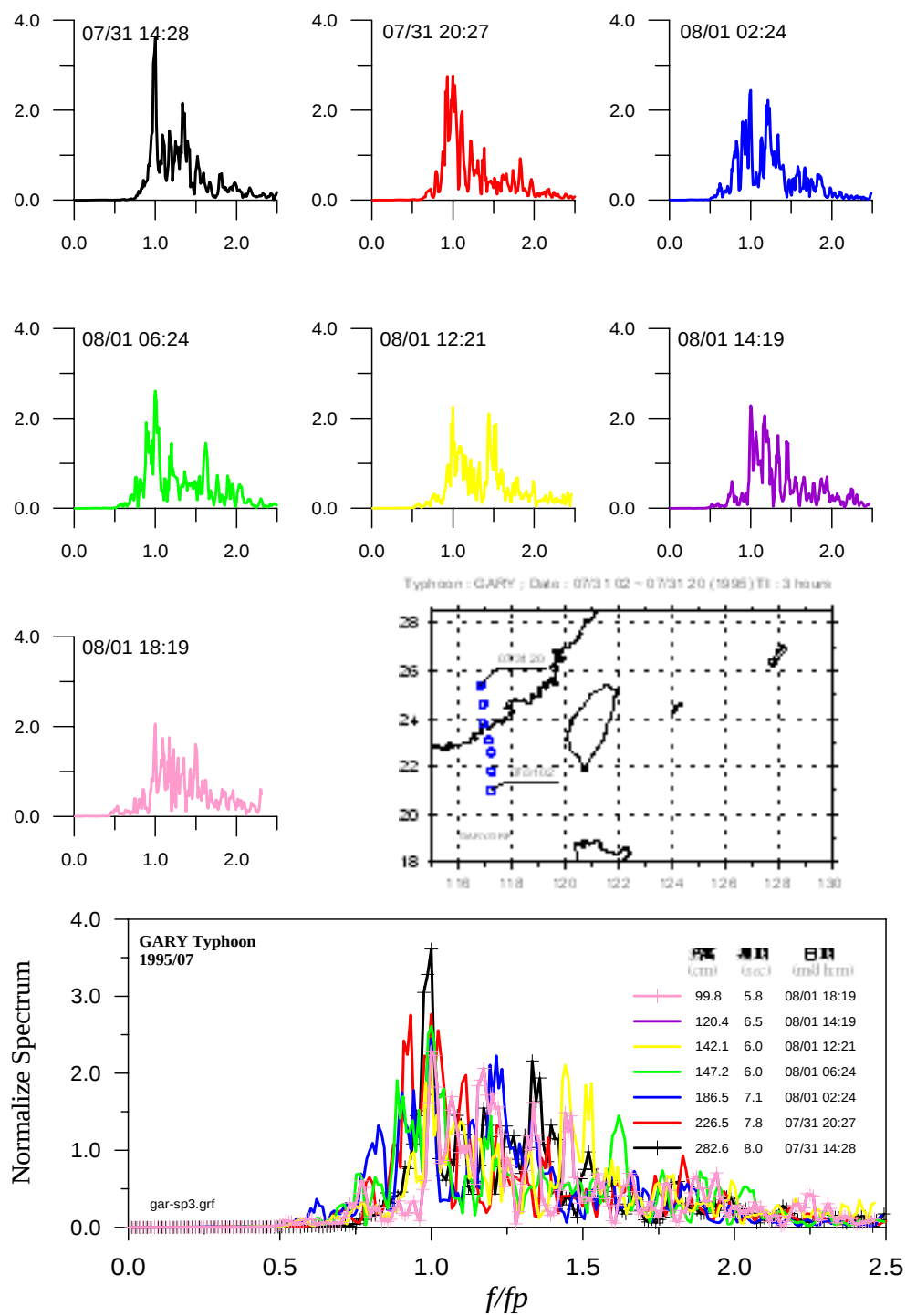


圖 3-47 GARY 颱風波浪正規化頻譜（衰退時段）及颱風路徑

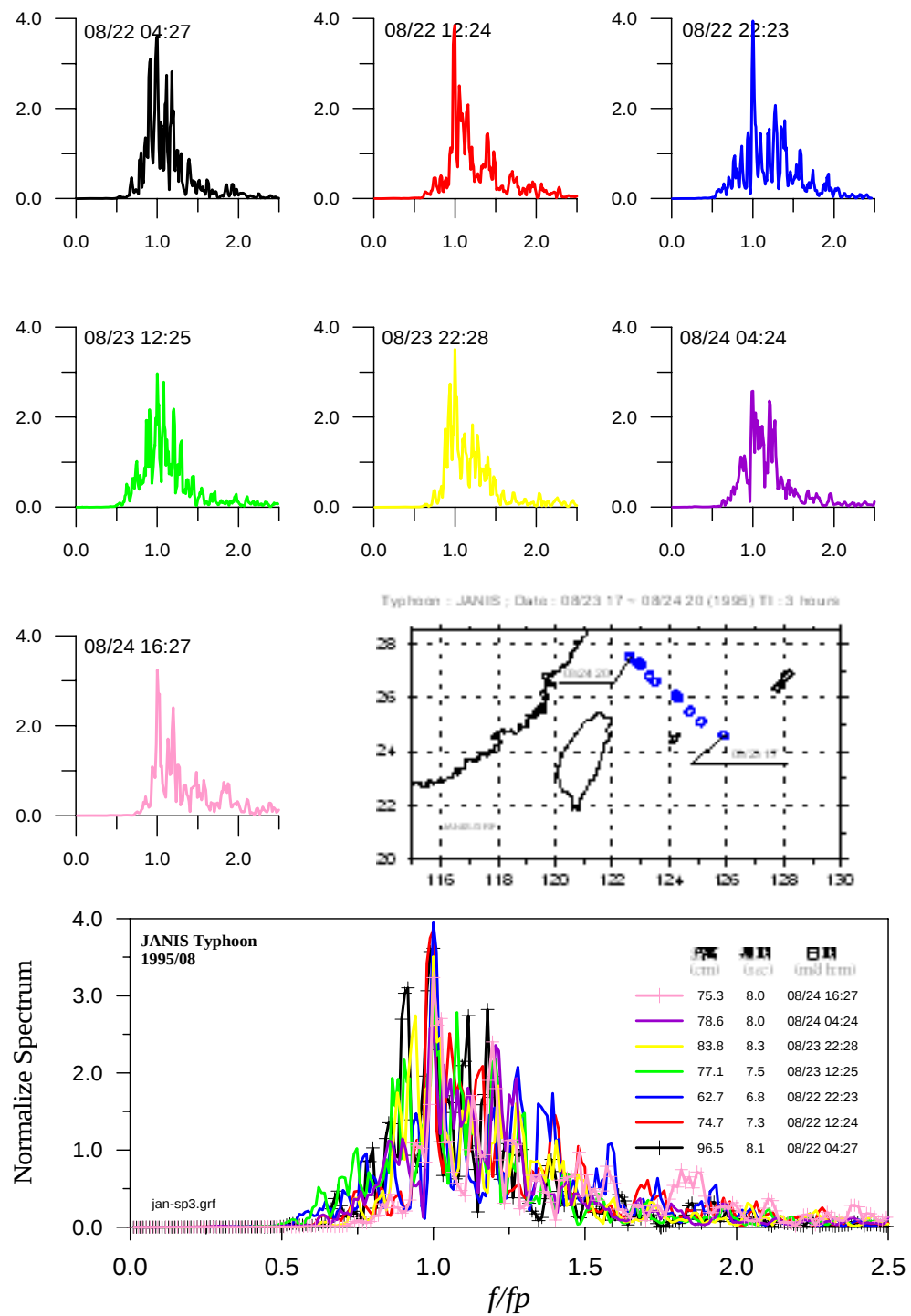


圖 3-48 JANIS 颱風波浪正規化頻譜（近穩定時段）及颱風路徑

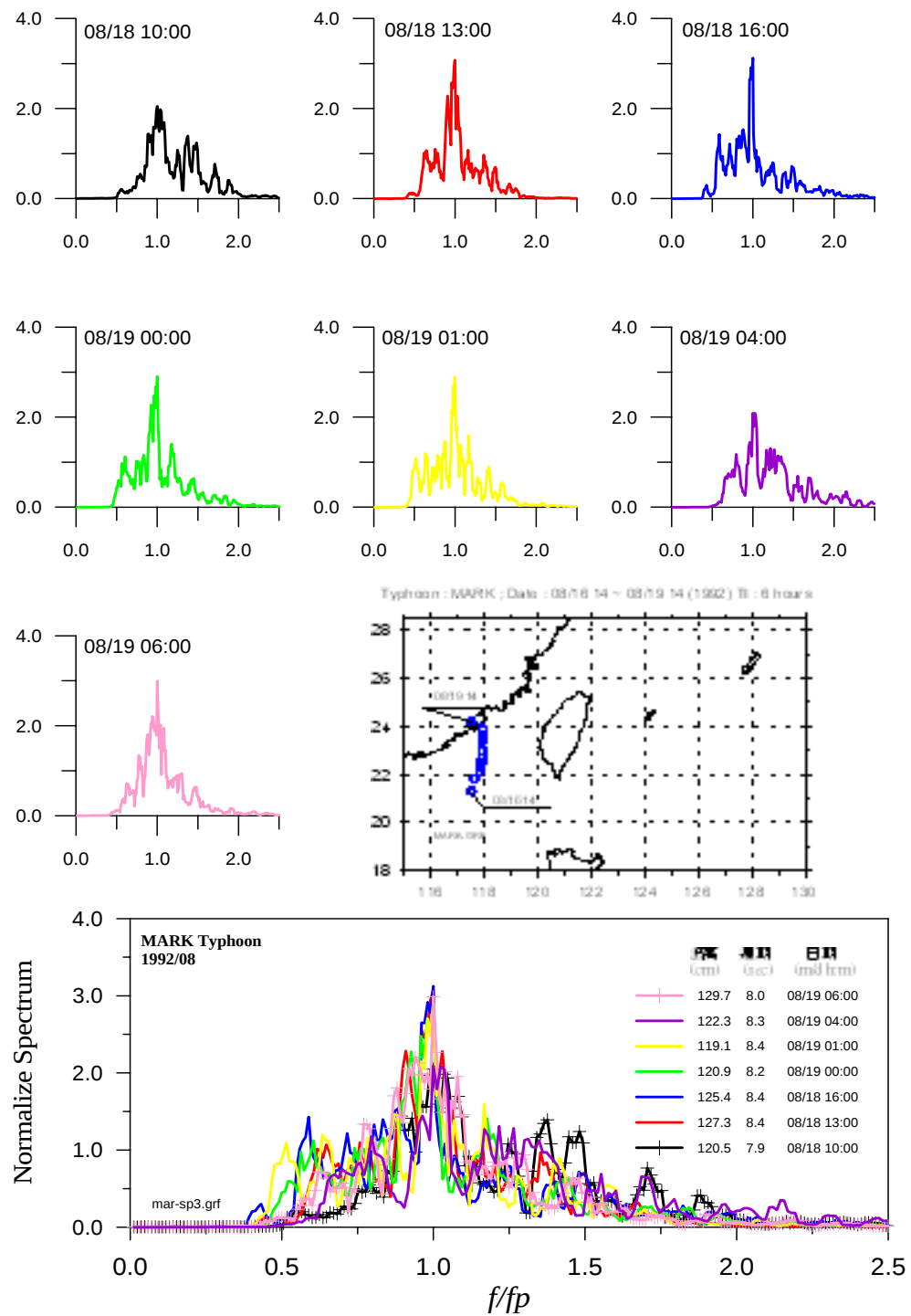


圖 3-49 MARK 颱風波浪正規化頻譜（近穩定時段）及颱風路徑

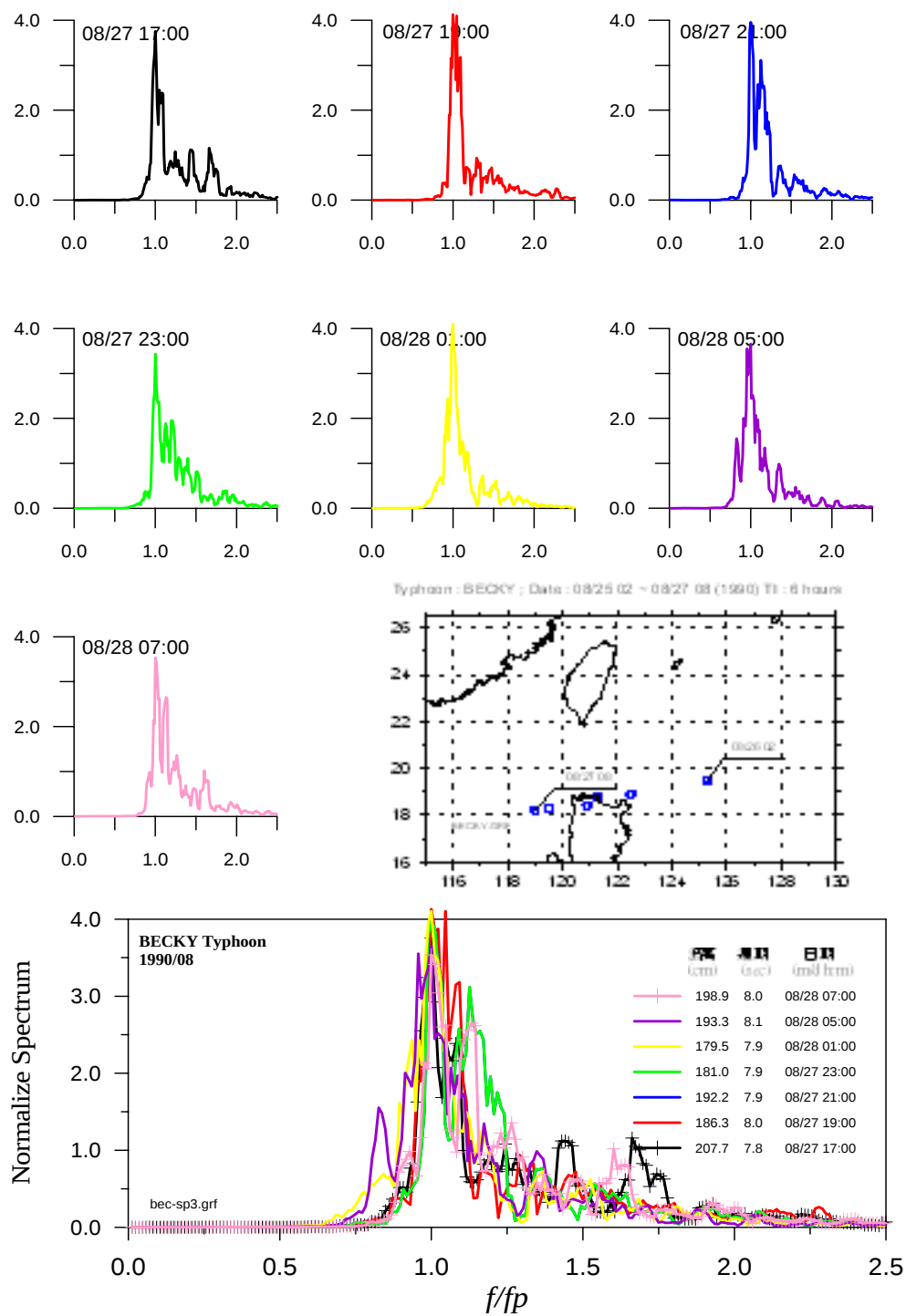


圖 3-50 BECKY 颱風波浪正規化頻譜（近穩定時段）及颱風路徑

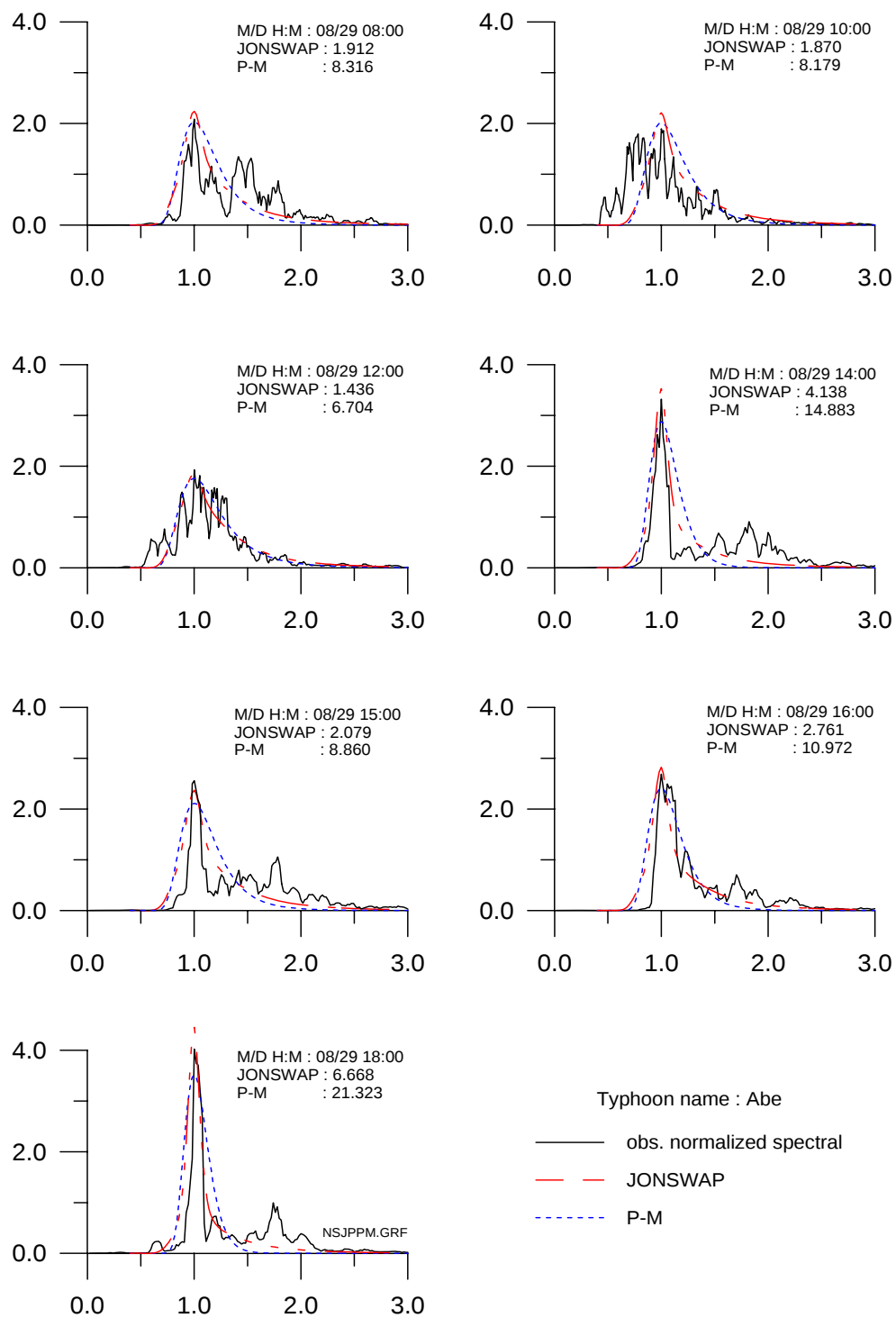


圖 3-51 ABE 颱風波浪正規化頻譜之擬合

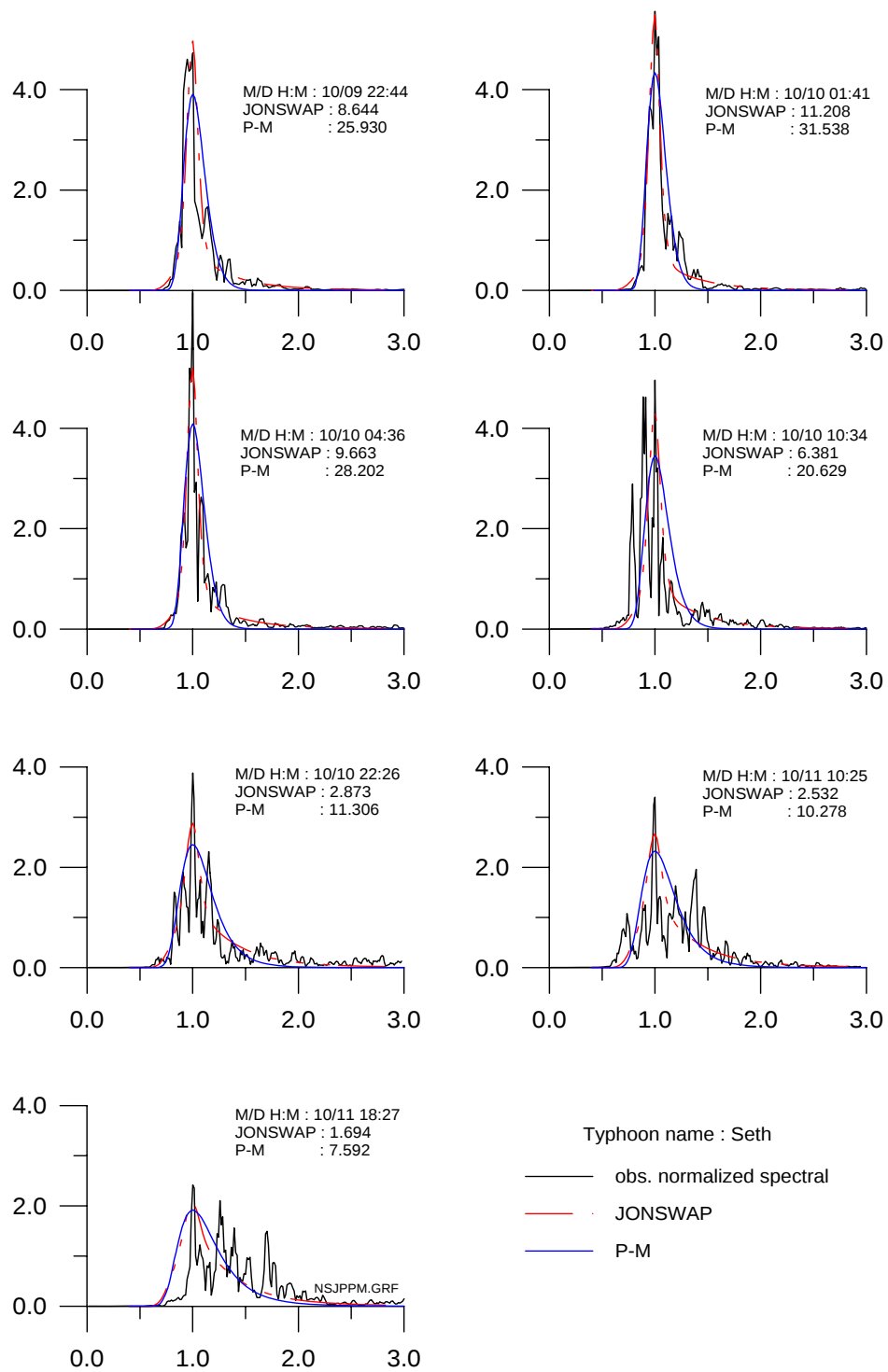


圖 3-52 SETH 颱風波浪正規化頻譜之擬合

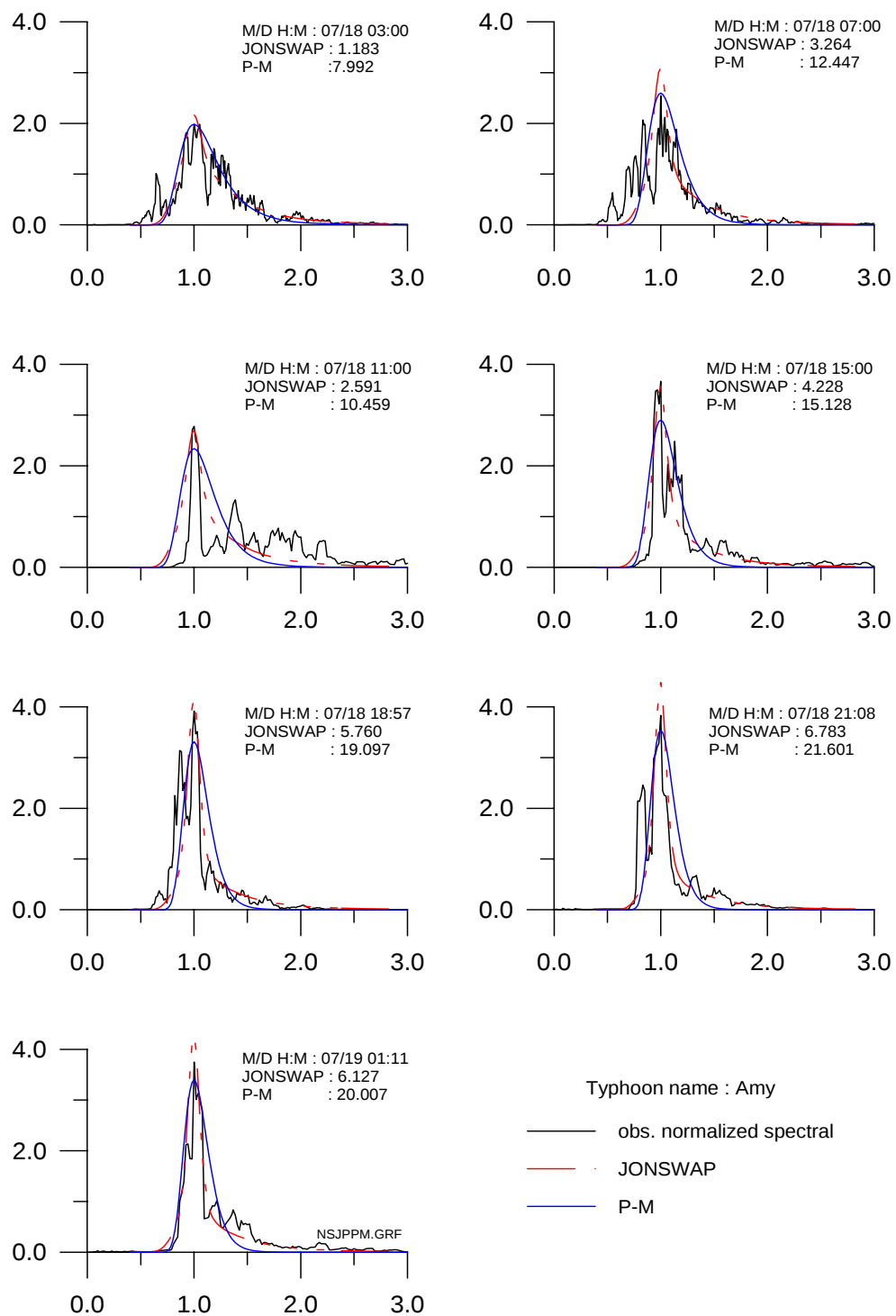


圖 3-53 AMY 颱風波浪正規化頻譜之擬合

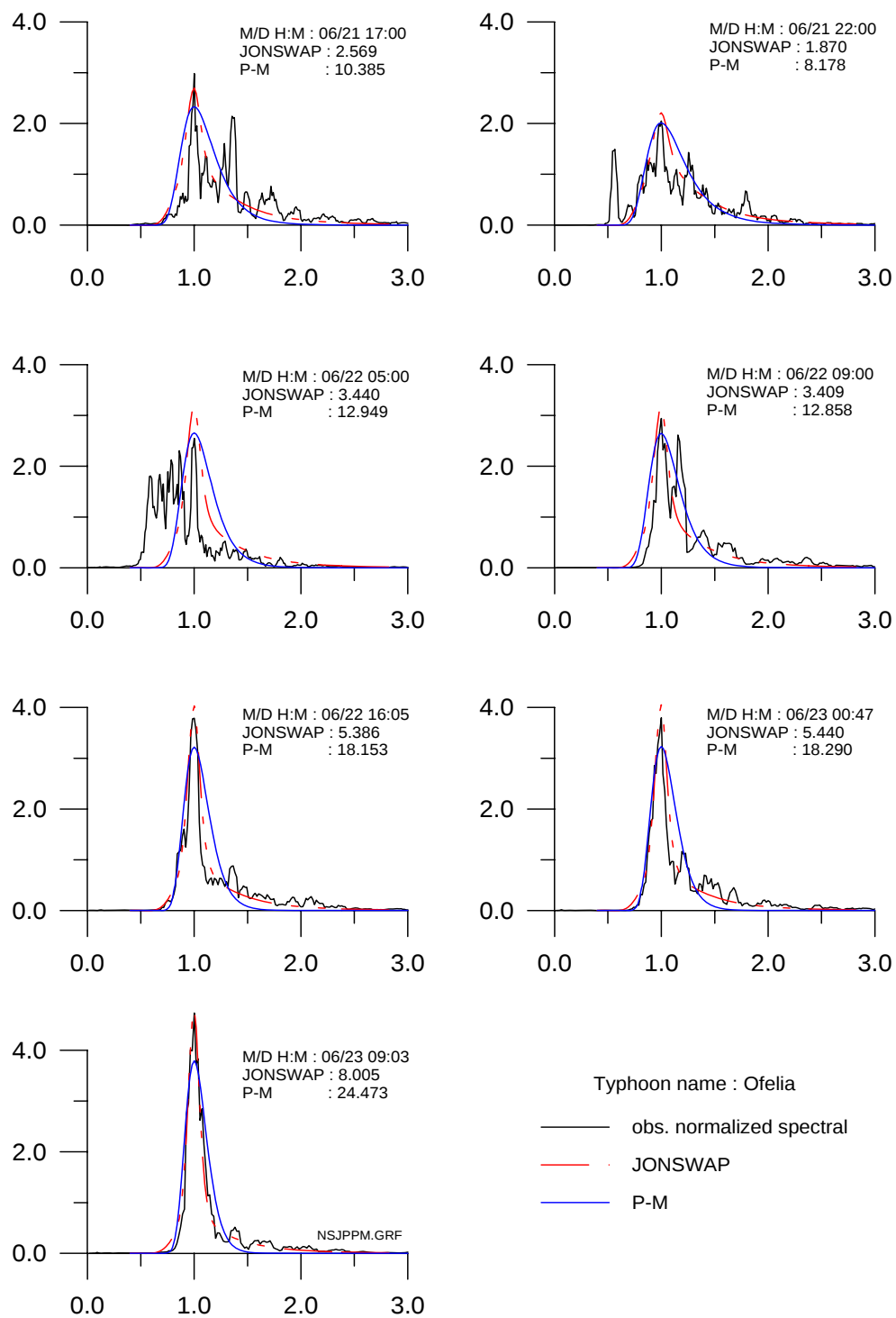


圖 3-54 OFELIA 颱風波浪正規化頻譜之擬合

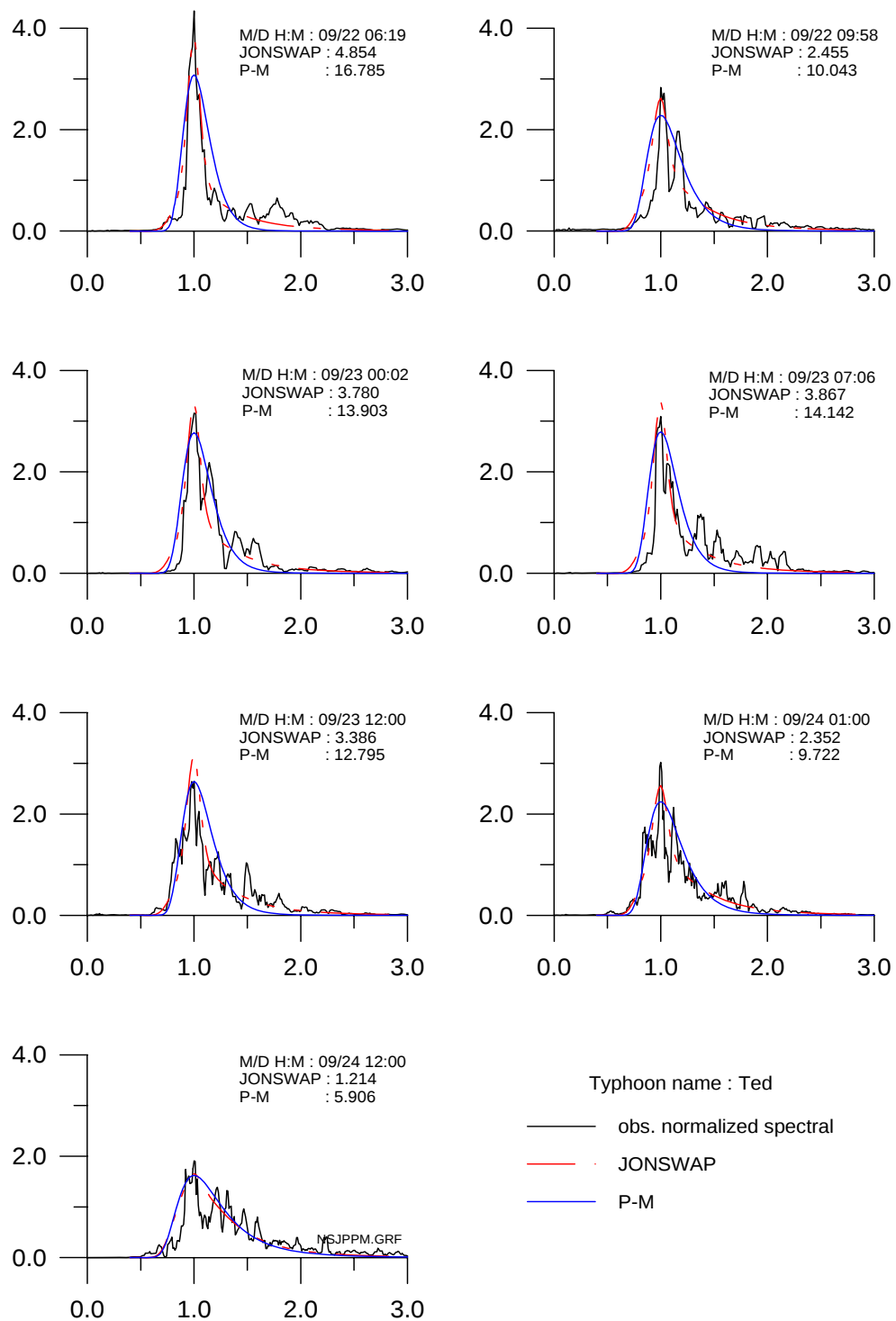


圖 3-55 TED 颱風波浪正規化頻譜之擬合

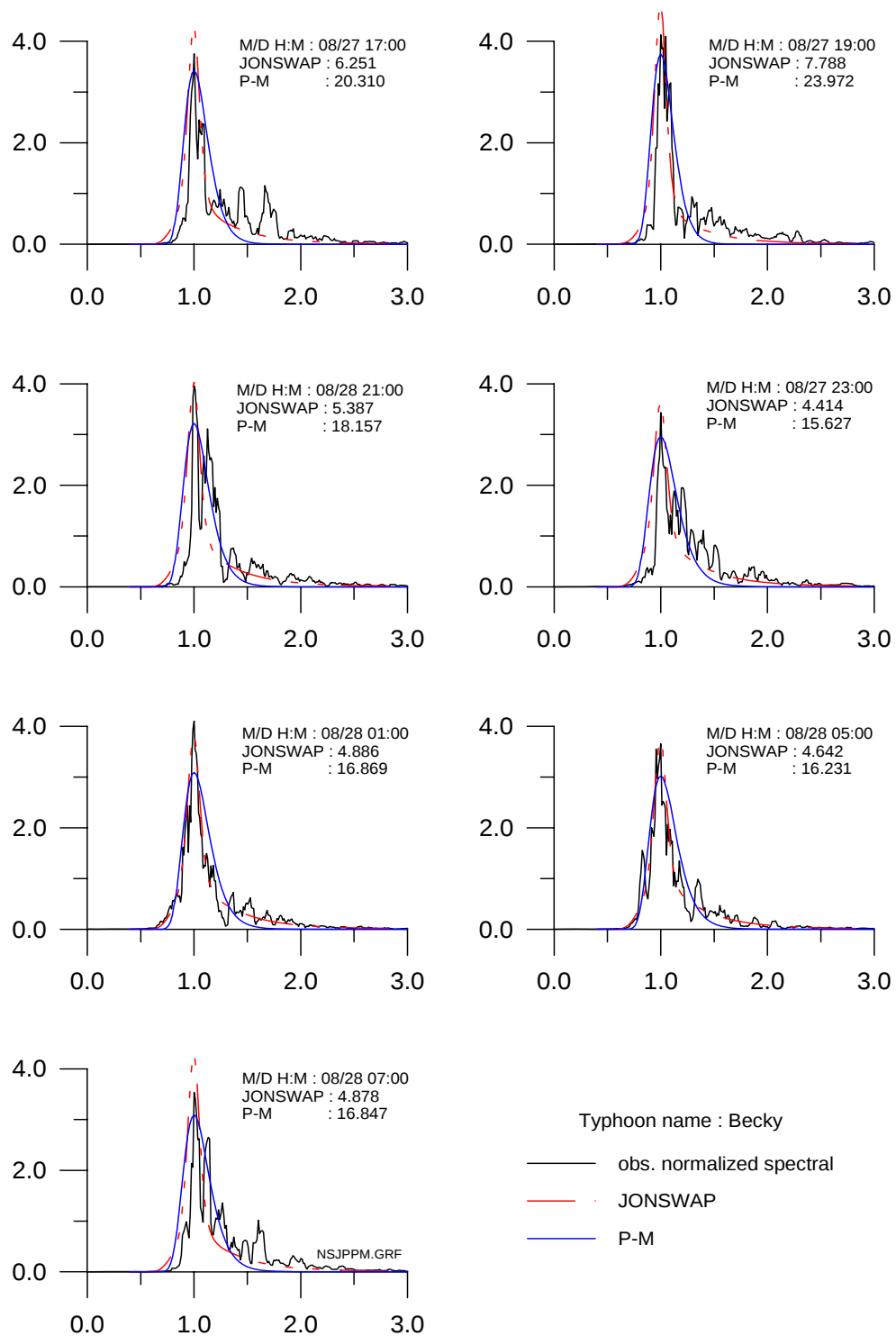


圖 3-56 BECKY 颱風波浪正規化頻譜之擬合

第四章 波譜形狀參數分析與比較

本章分析、比較各波譜形狀參數隨各颱風波高、週期變化之演變趨勢，以瞭解在波浪成長、衰退或近穩定過程中各參數值的變化。同時探討各參數間之相關性，以釐清不同波譜形狀參數的異同。本研究採用之波譜形狀參數計有 Longuet-Higgins(1956)所提出之波譜形狀窄度參數 ν 及波譜形狀寬度參數 ε ；Goda, Y. (1970) 所提出之波譜尖峰度 QP ；及本研究提出之波譜形狀新參數 SB 等四種，各參數之相關定義如第二章說明。

4.1 波譜形狀參數之逐時變化

各颱風波浪波高、週期及其對應之各波譜形狀參數如圖 4-1 至圖 4-19 所示。由圖中比較窄度參數 ν 及寬度參數 ε 隨波高與周期之逐時變化趨勢，發現無法得到一致性之結果。例如 ZEB 及 OFELIA 颱風波浪當波高與周期明顯增大（或減小）時，窄度參數 ν 及寬度參數 ε 並沒有明顯變化趨勢出現，前者大約維持在 0.4 左右；後者則大約維持在 0.7 附近。但以 TIM 颱風波浪為例，則此兩參數隨波高及週期增大而略有增大趨勢。又以 SETH 及 HERB 颱風波浪為例，此兩參數隨週期則有較一致性的變動趨勢。而波譜尖峰度 QP 及新形狀參數 SB 隨波高及週期之變動趨勢，同樣也無法明確歸納出一致性的結果。但此兩參數在波高成長與衰退時段，其值較大且變動較劇烈。例如 SETH 颱風波浪，在波高增大與減小時段，尖峰度 QP 值約在 2.0~6.0 之間變動，其他時段則大約維持在 2.0~4.0 之間；而新形狀參數 SB 在波高增大與減小時段，其值約在 2.0~15.0 之間變動，其他時段則大約維持在 1.5~5.0 之間。又如 HERB 颱風波浪，在大週期（波高增大）時段，尖峰度 QP 值約在 1.5~9.0 之間變動，其他時段則大約維持在 1.5~3.0 之間；而新形狀參數 SB 在相同時段，其值則約在 2.5~15.0 之間變動，其他時段則大約維持在 1.0~2.5 之間。由全部分析資料比較發現窄度參數 ν 及寬

度參數 ε 之值皆小於 1 且變動範圍較小，同時此兩參數的逐時變化趨勢相近。而波譜尖峰度 QP 及新形狀參數 SB 之值變動範圍較大，尤其是後者，同時此兩參數的逐時變化趨勢則較相近，但與前兩參數卻不一致。

綜合而言，本研究所採用之波譜形狀參數隨波高（或週期）之逐時變化並無明顯的一致性變動趨勢，此顯示在波浪的成長或衰退過程中波譜的形狀並無相關性的變化出現。不過在某些波浪資料中（例如 SETH 及 HERB 颱風波浪），這些形狀參數與周期有較明顯的相關性，此有待進一步探討。此外依參數間之變動趨勢而言，窄度參數 ν 及寬度參數 ε 兩者相近；而波譜尖峰度 QP 則與新形狀參數 SB 兩者相近，但前兩者與後兩者之變動趨勢並不相同。

4.2 波譜形狀參數間相關性分析

19 個颱風波浪資料其波譜形狀參數之間的相關性分析結果，依各颱風波浪資料繪製如圖 4-20 至圖 4-38，圖中並分別標示各參數間之相關係數值。由圖中發現窄度參數 ν 及寬度參數 ε 兩者之相關係數值大都大於 0.65，而波譜尖峰度 QP 則與新形狀參數 SB 兩者之相關繫數值則大都大於 0.86，此顯示窄度參數 ν 及寬度參數 ε 具有正相關性，而波譜尖峰度 QP 則與新形狀參數 SB 則具有更高的正相關性。至於其他參數間之相關係數值不高，故相關性不明顯。

窄度參數 ν 及寬度參數 ε 兩者之間存在某一程度之相關，其原因初步推論可能與兩者都是波譜動差的無因次定義有關。而波譜尖峰度 QP 與新形狀參數 SB 兩者，雖然定義並不相同，但卻有更高的相關性存在。其可能原因為波譜尖峰度 QP 的計算式可拆解成某一頻率區間之波譜能量 $S(f)df$ 與該區間代表能量密度值 $S(f)$ 及與頻率軸轉矩 f 之乘積，其中能量密度值 $S(f)$ 可視為該頻率區間波譜能量之權重。因此，波譜尖峰度 QP 參數可視為以波譜能量分佈為考量之波譜形狀參數，此與本研究所提出之新形狀參數 SB 兩者在觀點上是相同。但兩者

計算方法不同，波譜尖峰度 QP 參數是波譜能量矩，而新形狀參數 SB 是波譜能量分佈形狀之直接衡量。以上僅是初步的研判，後續應可再進一步探討。

經由波譜參數相關性分析、比較，波譜尖峰度 QP 參數由於與新形狀參數 SB 具有高度相關，因此，經進一步處理後，可同新形狀參數 SB 一樣，作為理論波譜擬合時取代 γ 或 m 之用。而其差別為波譜尖峰度 QP 參數在計算上無新形狀參數 SB 面對波譜多峰時之處理困擾，雖然該困擾已有有效之解決方法。

將全部屬於成長、衰退及近穩定之特定 7 筆波浪資料的波譜形狀參數之相關分析結果分別繪製如圖 4-39 至圖 4-41。圖中顯示各參數間的相關性與個別颱風波浪之分析結果相似，因此，參數間之相關性與波浪處於何種發展階段無關。

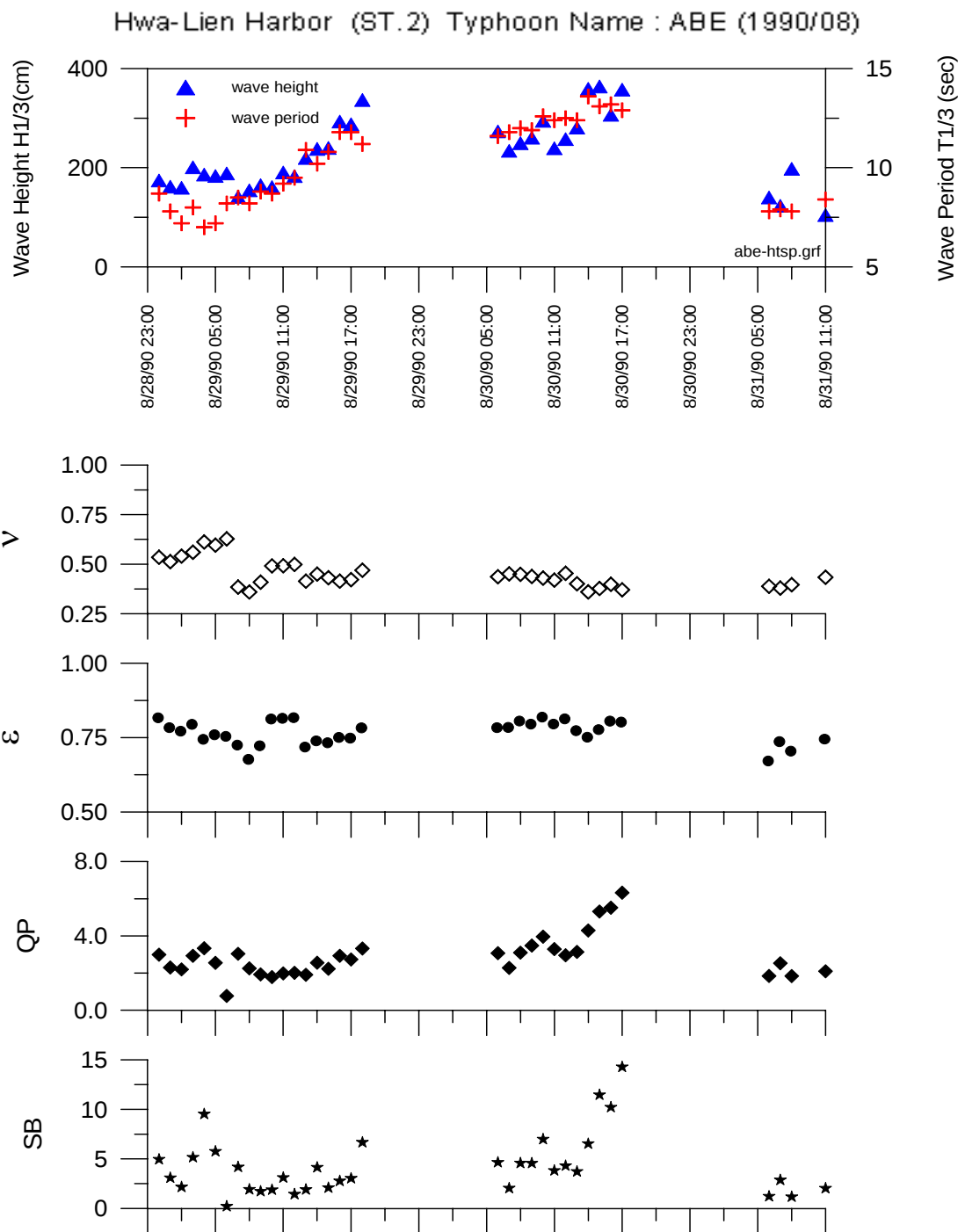


圖 4-1 ABE 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

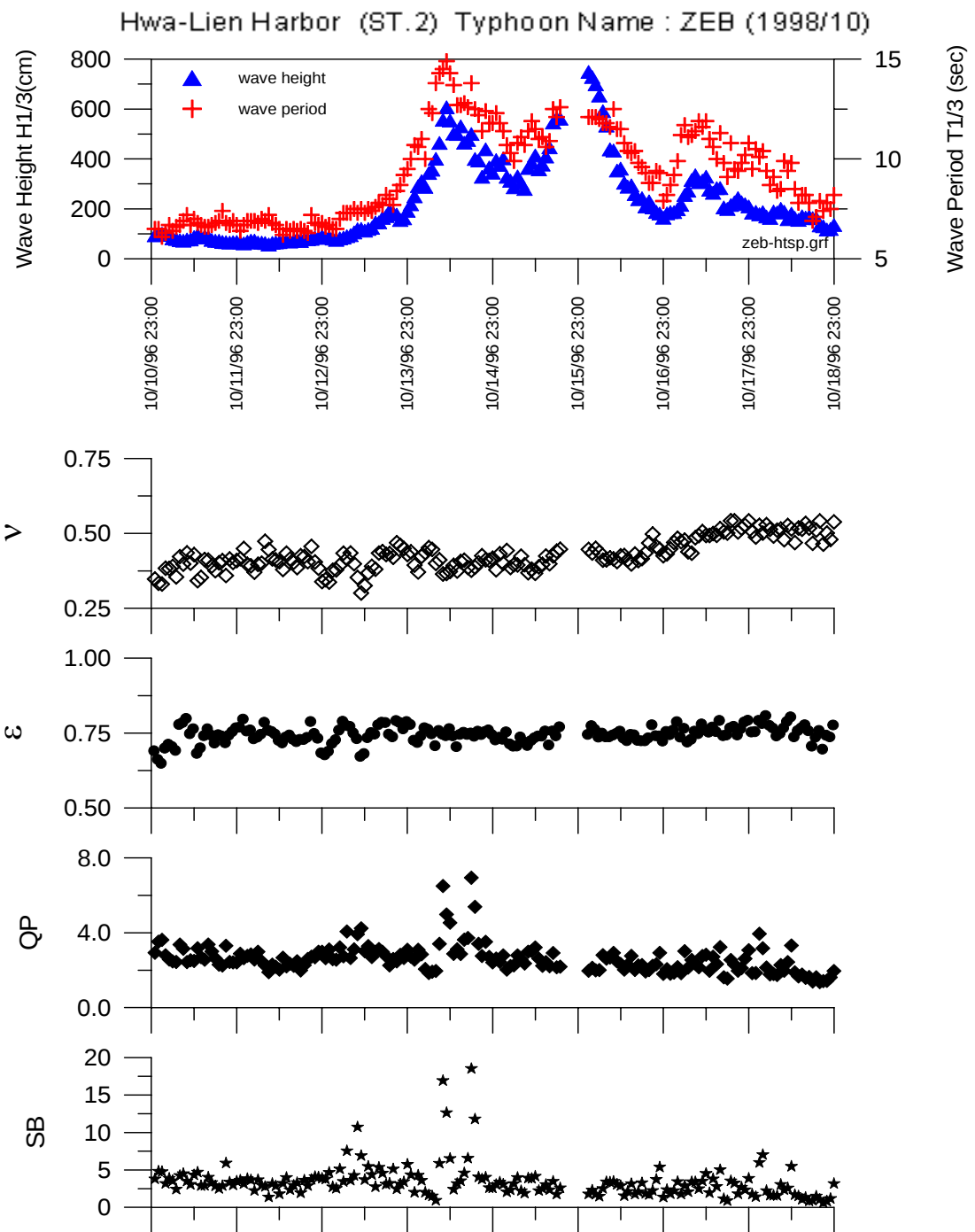


圖 4-2 ZEB 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

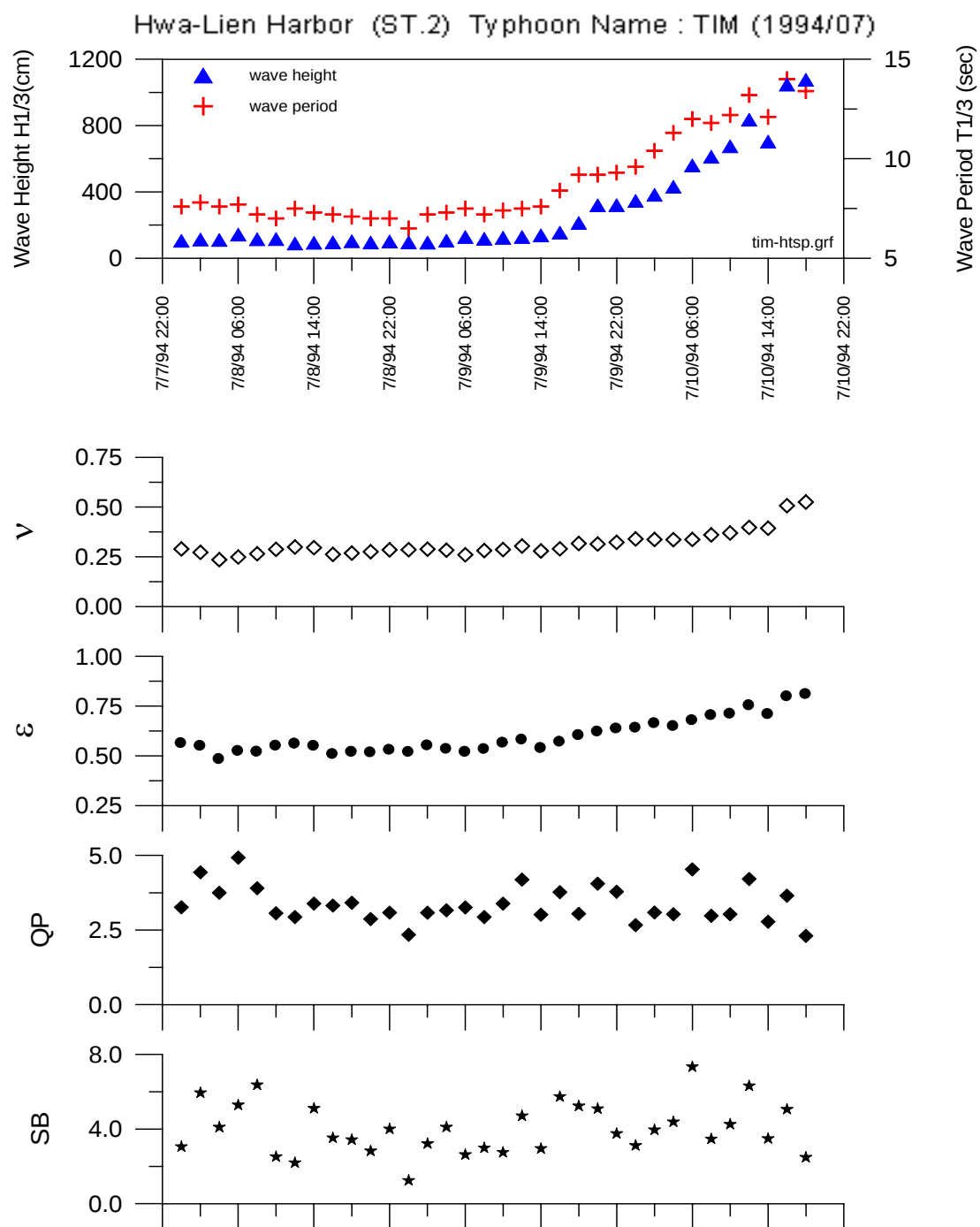


圖 4-3 TIM 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

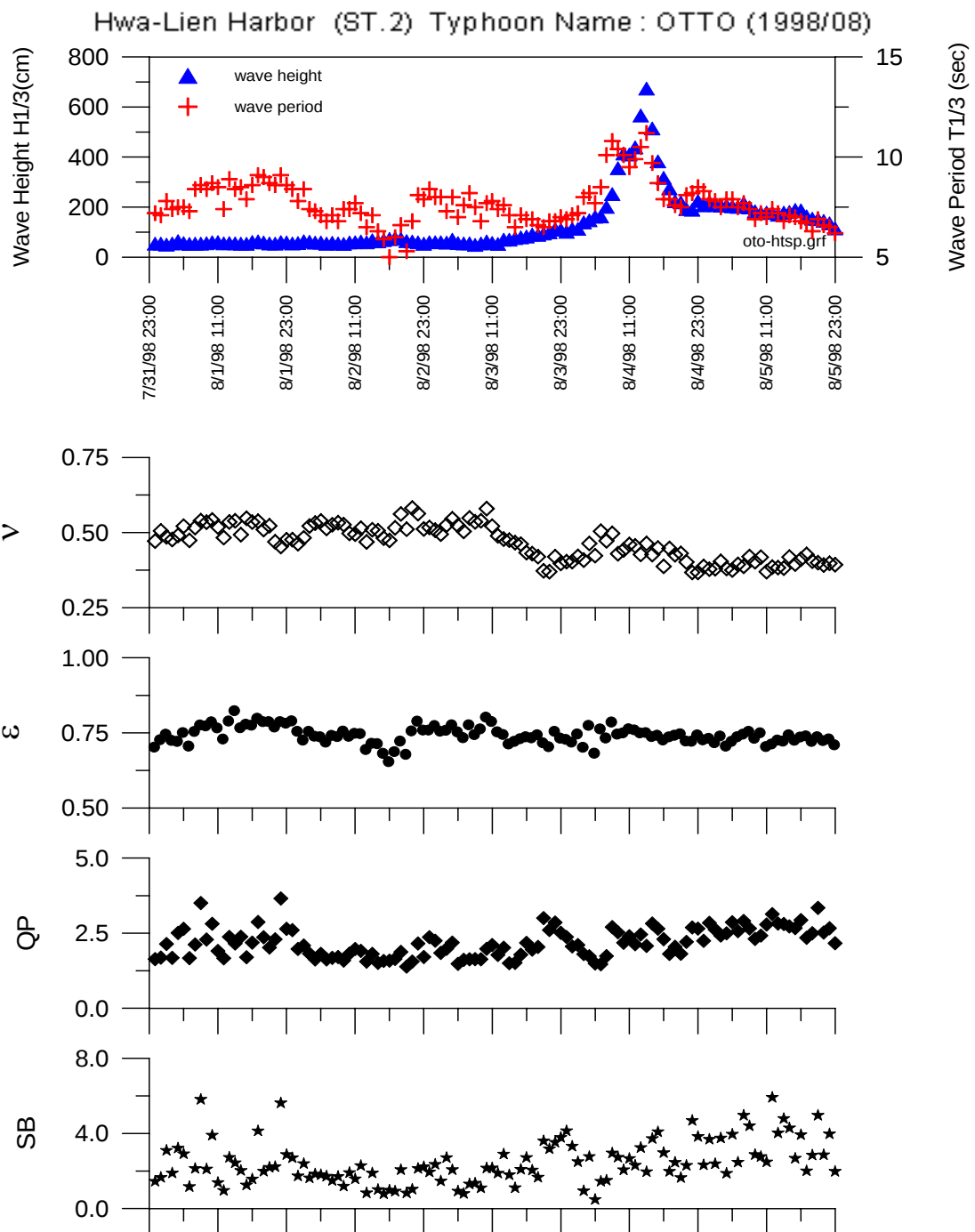


圖 4-4 OTTO 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

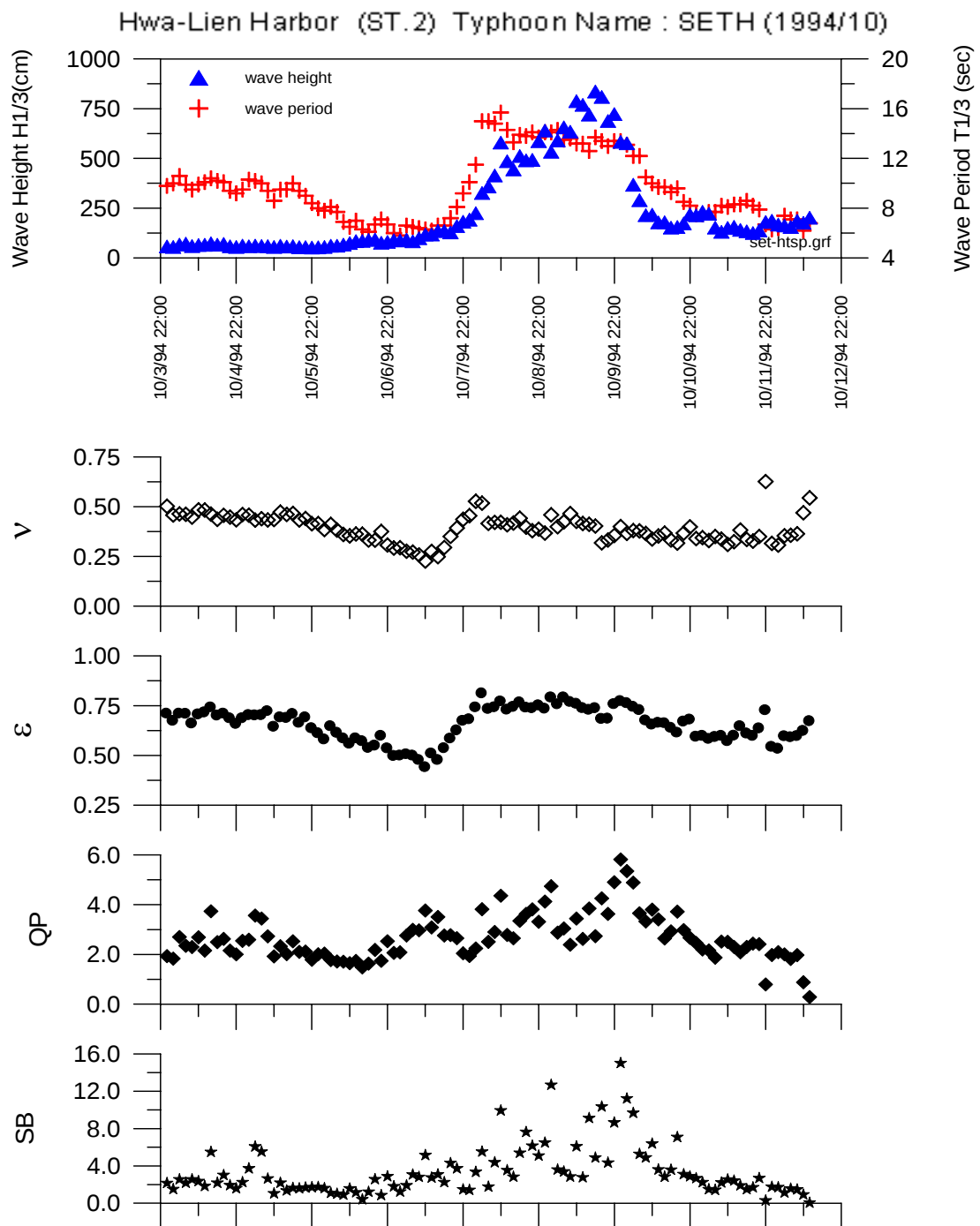


圖 4-5 SETH 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

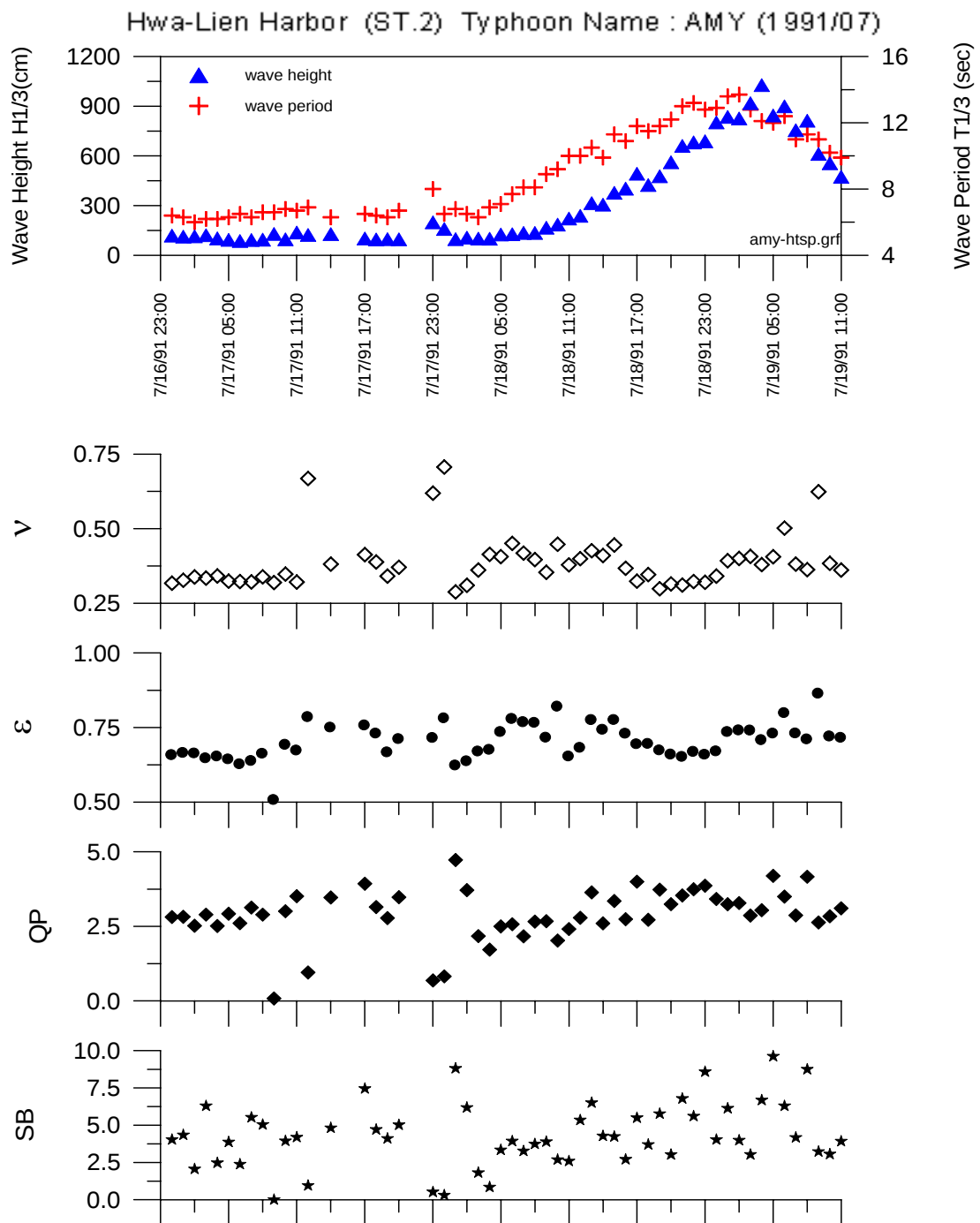


圖 4-6 AMY 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

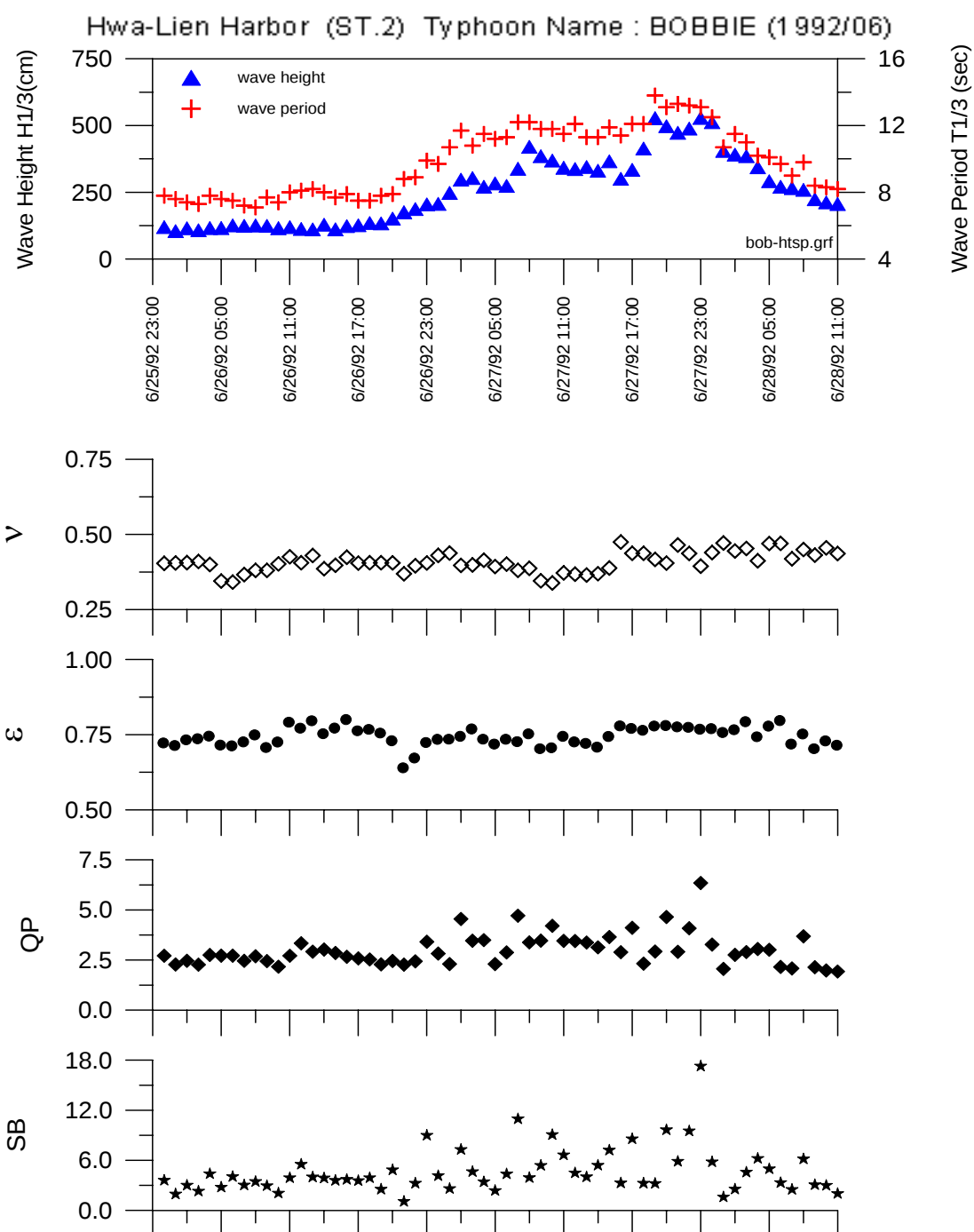


圖 4-8 BOBBIE 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

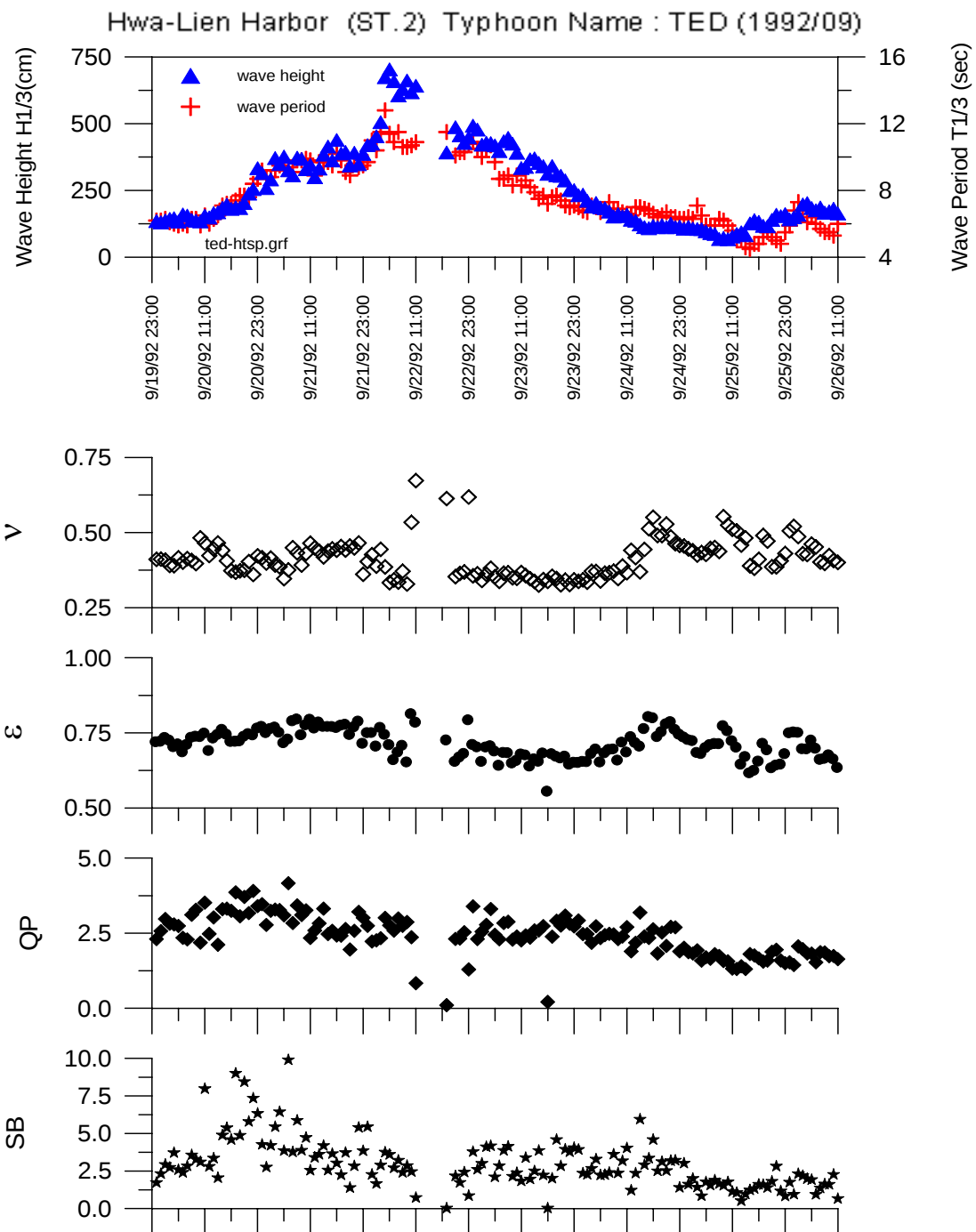


圖 4-9 TED 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

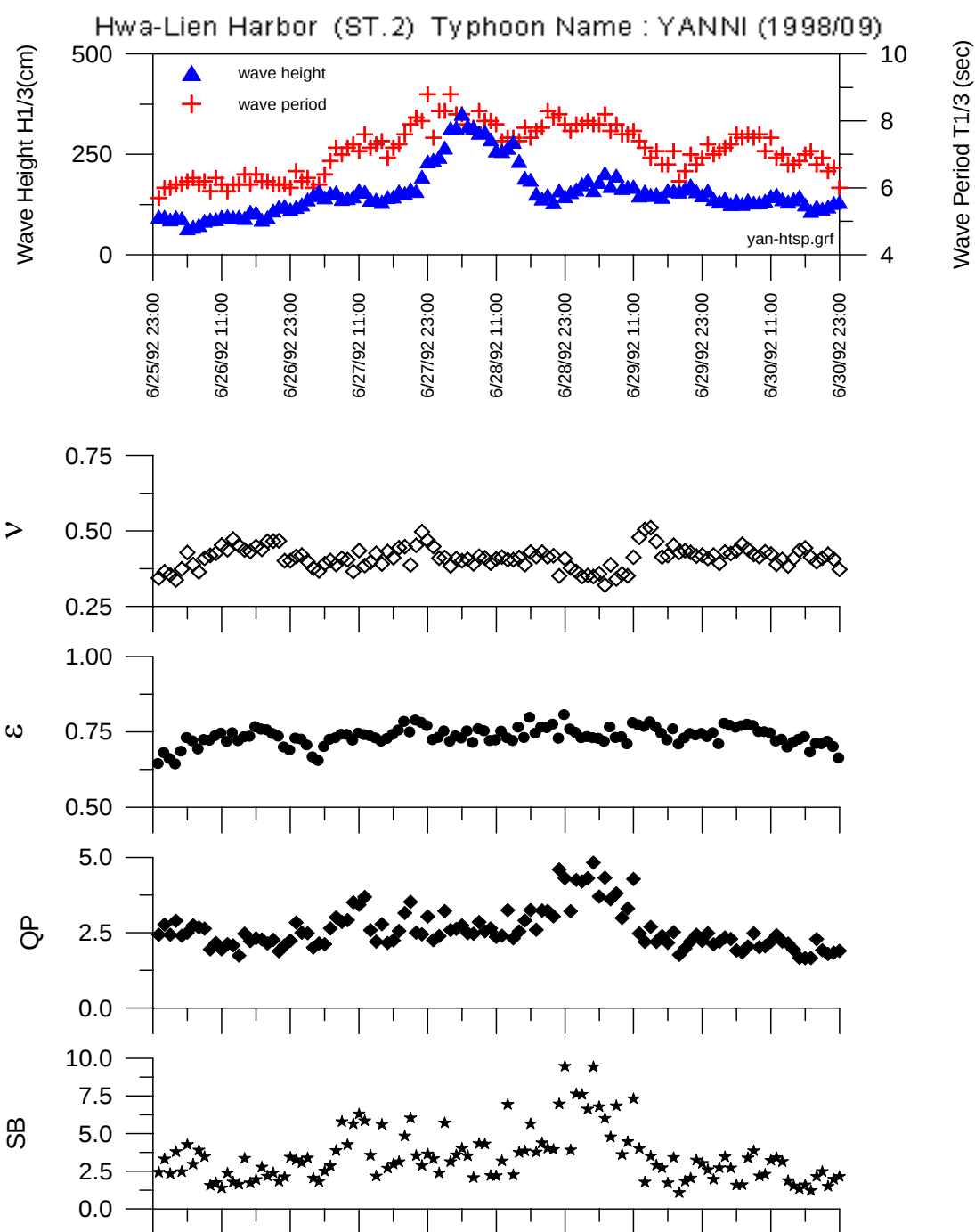


圖 4-10 YANNI 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

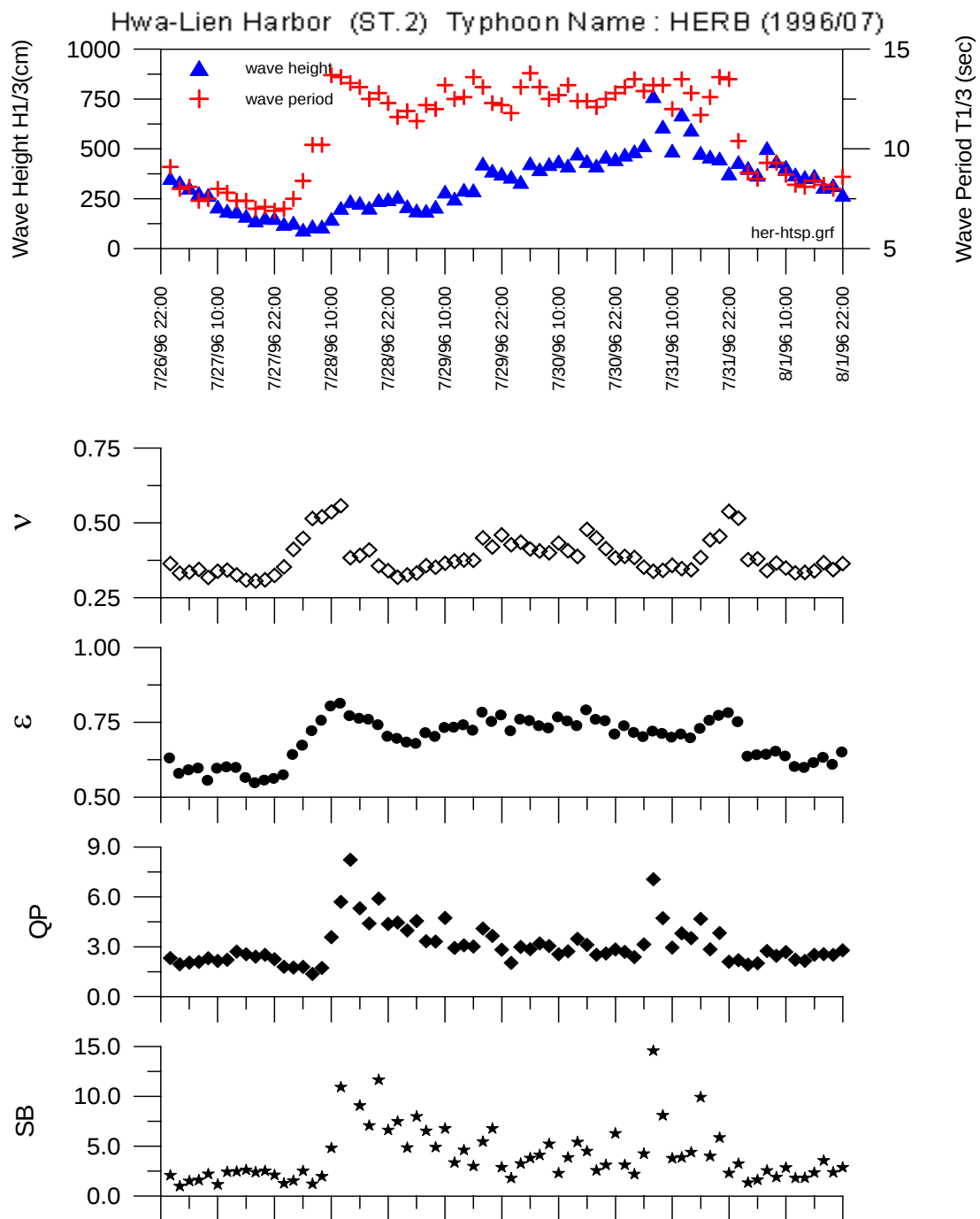


圖 4-11 HERB 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

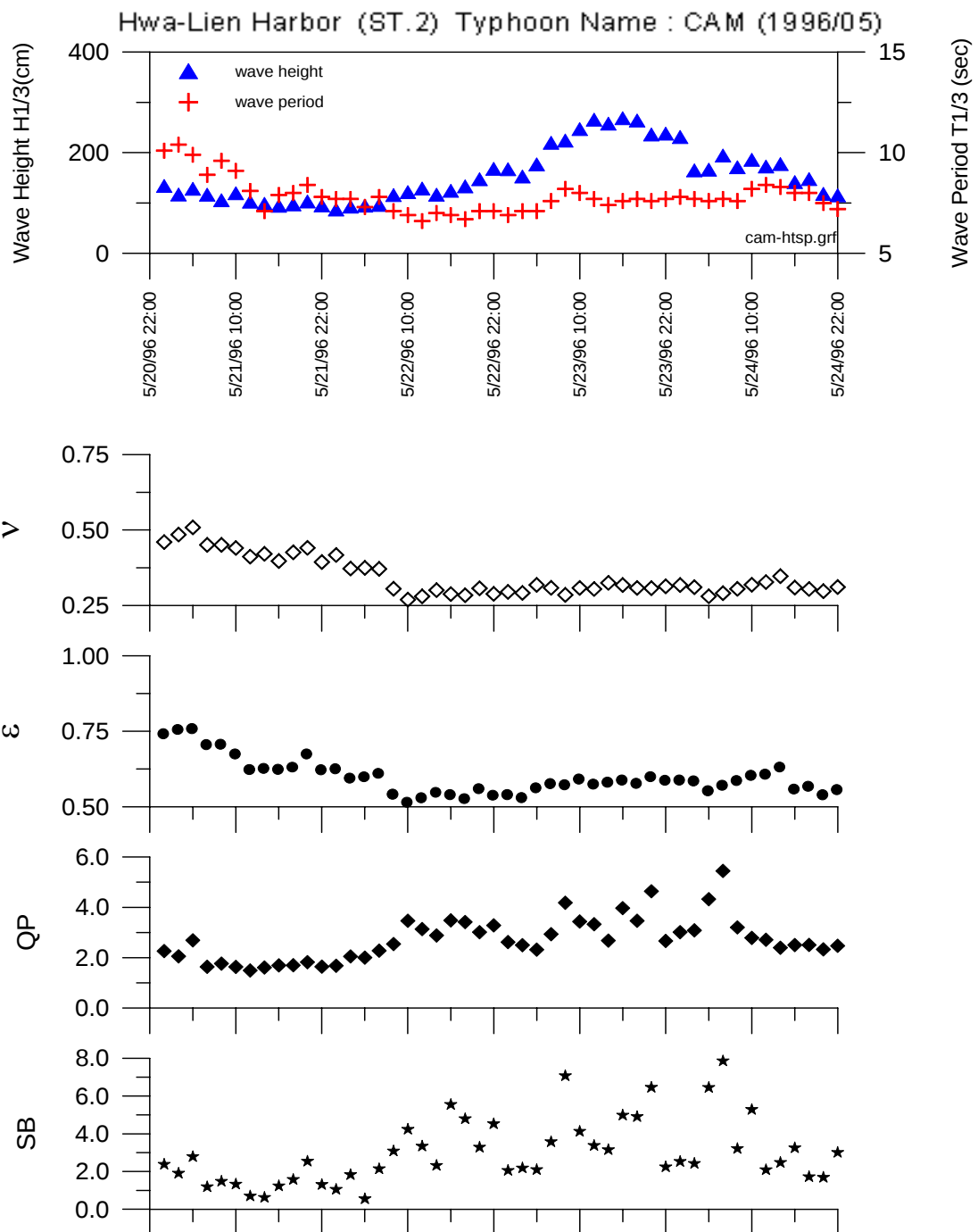


圖 4-12 CAM 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

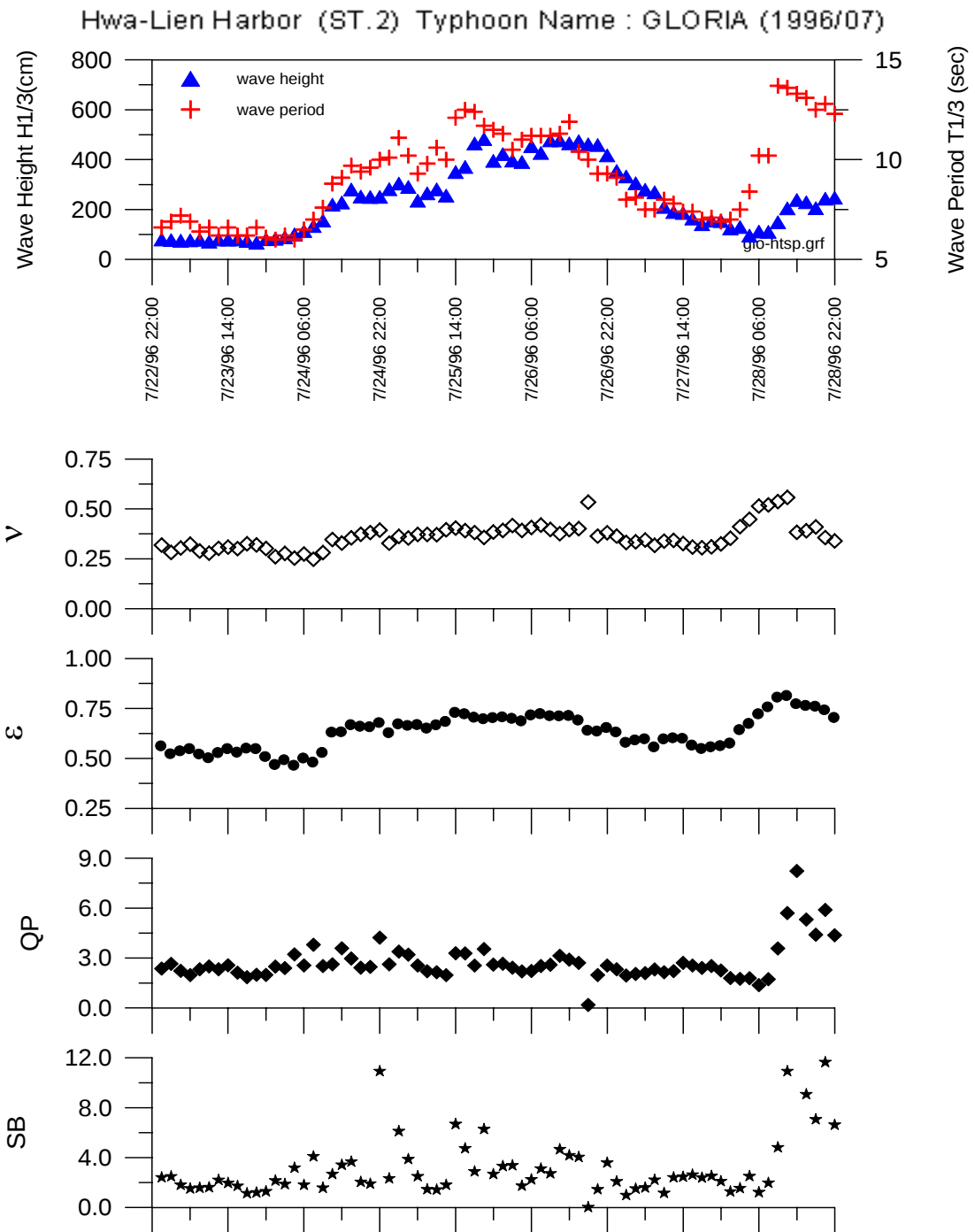


圖 4-13 GLORIA 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

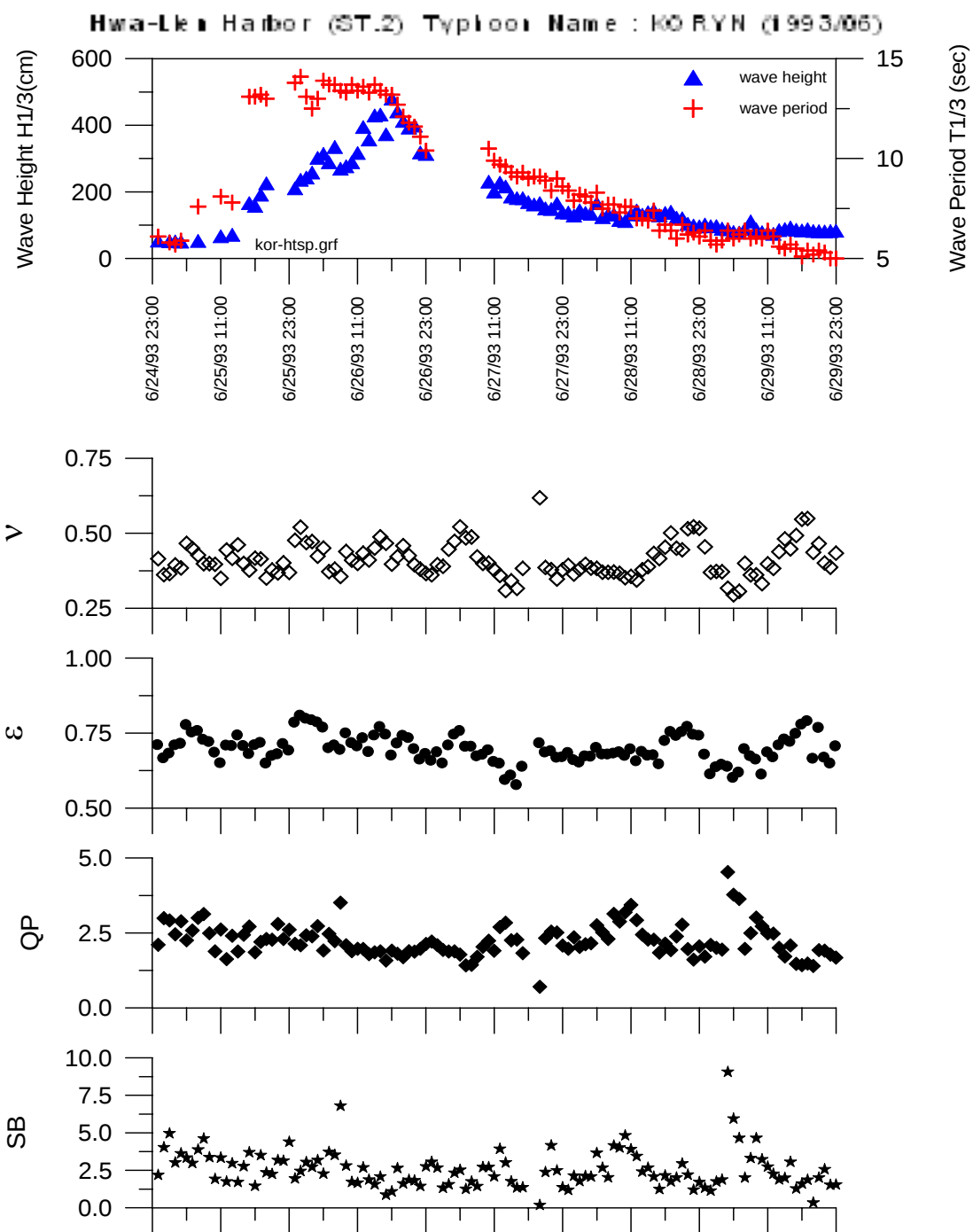


圖 4-14 KORYN 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

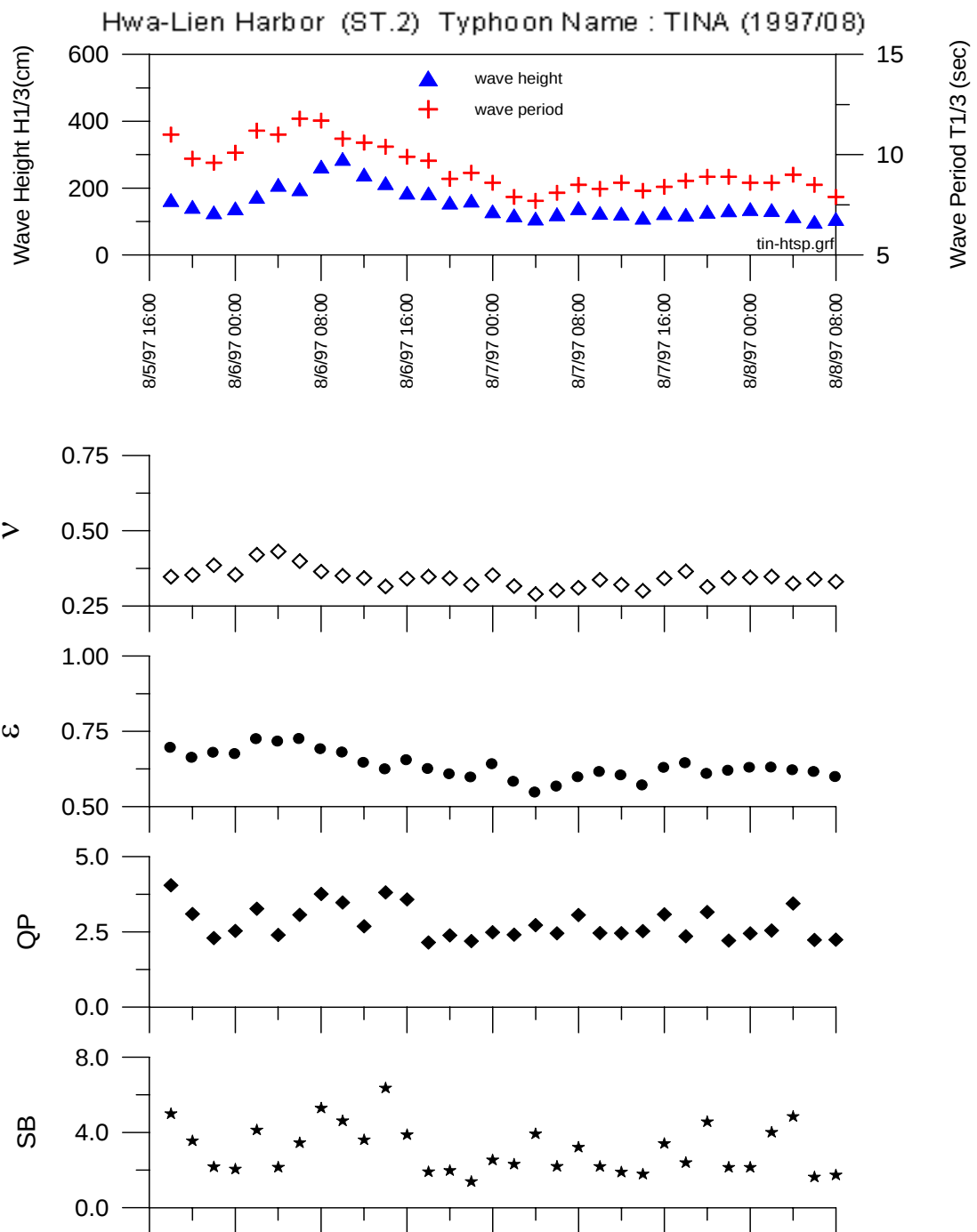


圖 4-15 TINA 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

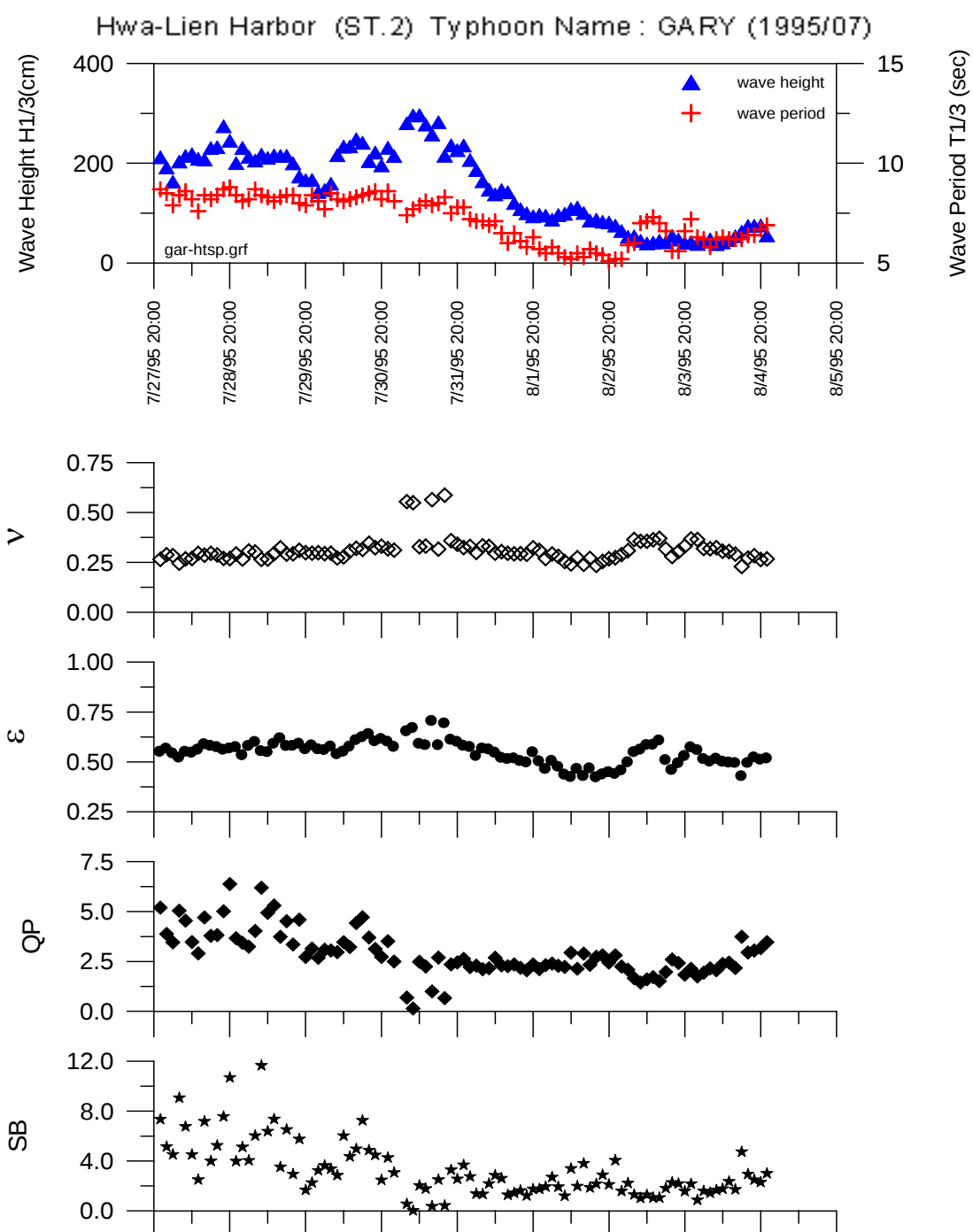


圖 4-16 GARY 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

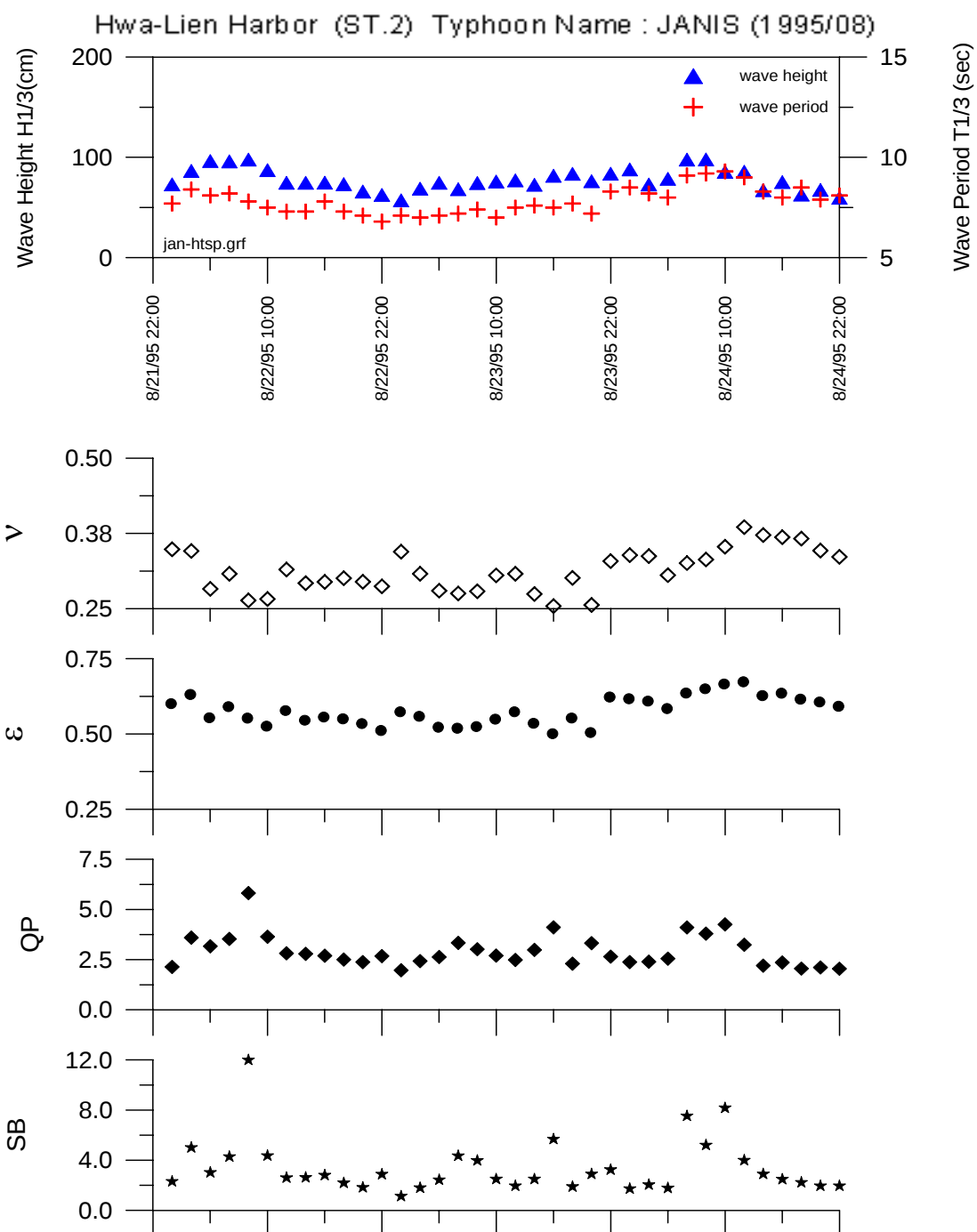


圖 4-17 JANIS 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

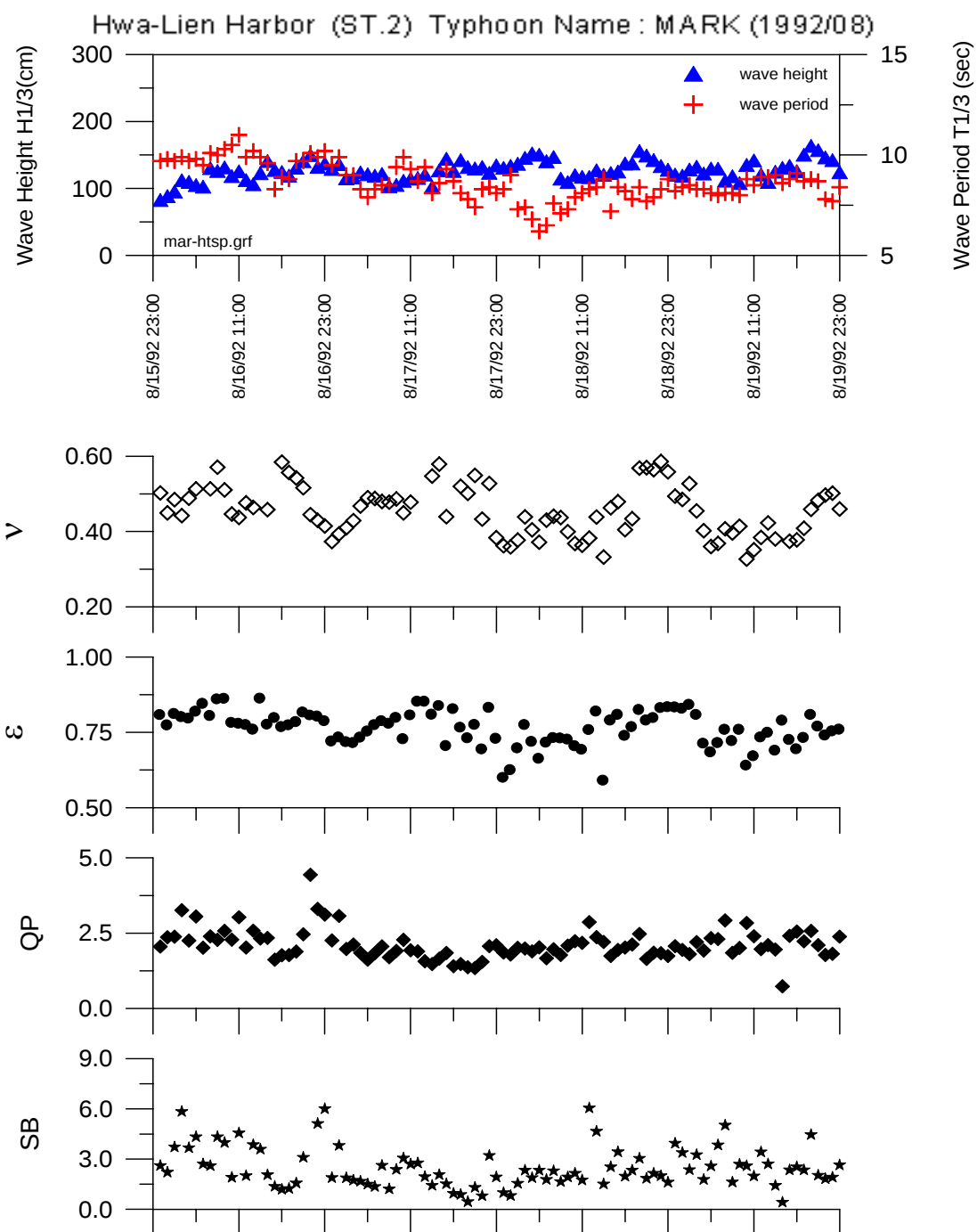


圖 4-18 MARK 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

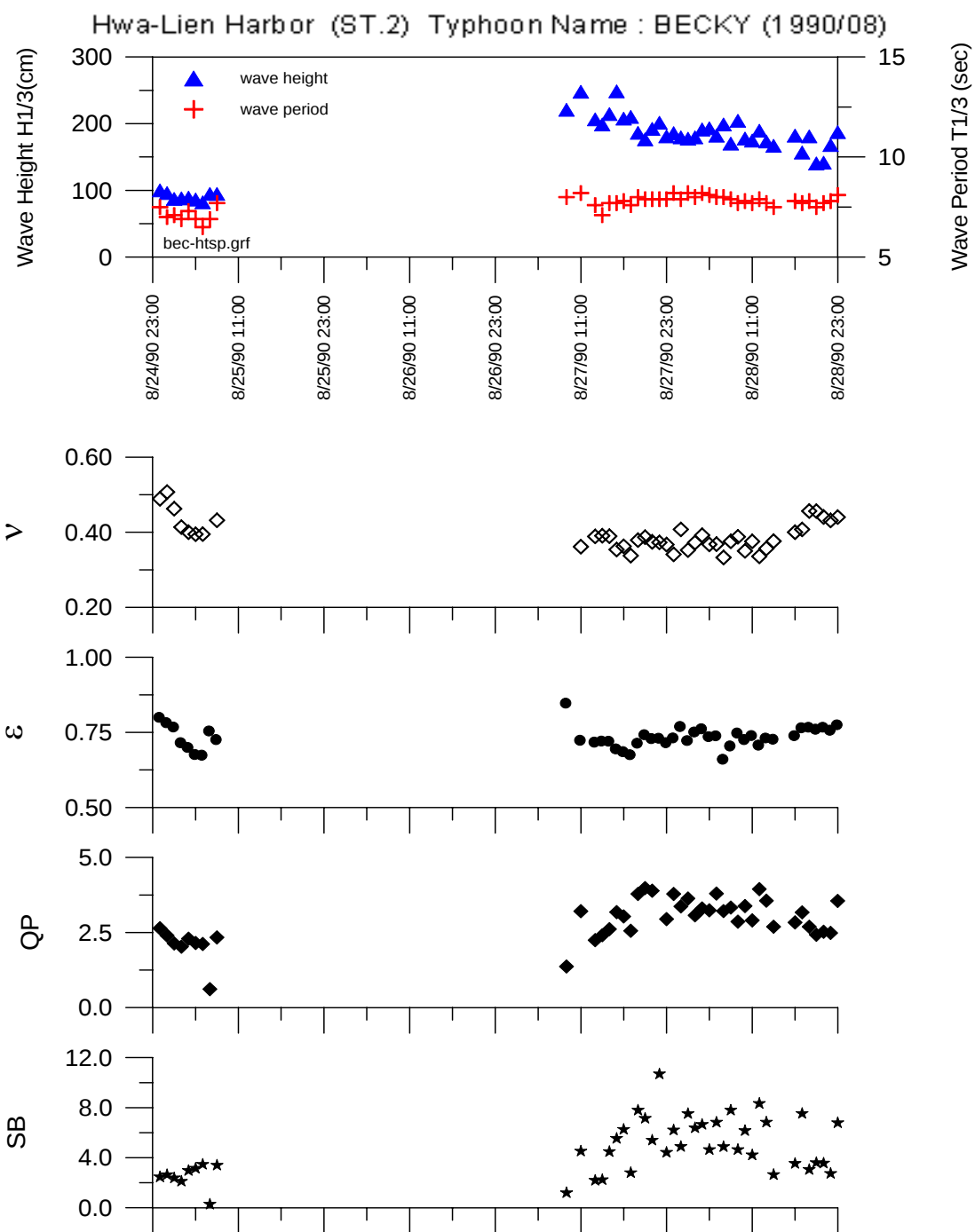


圖 4-19 BECKY 颱風波浪波譜形狀參數逐時變化

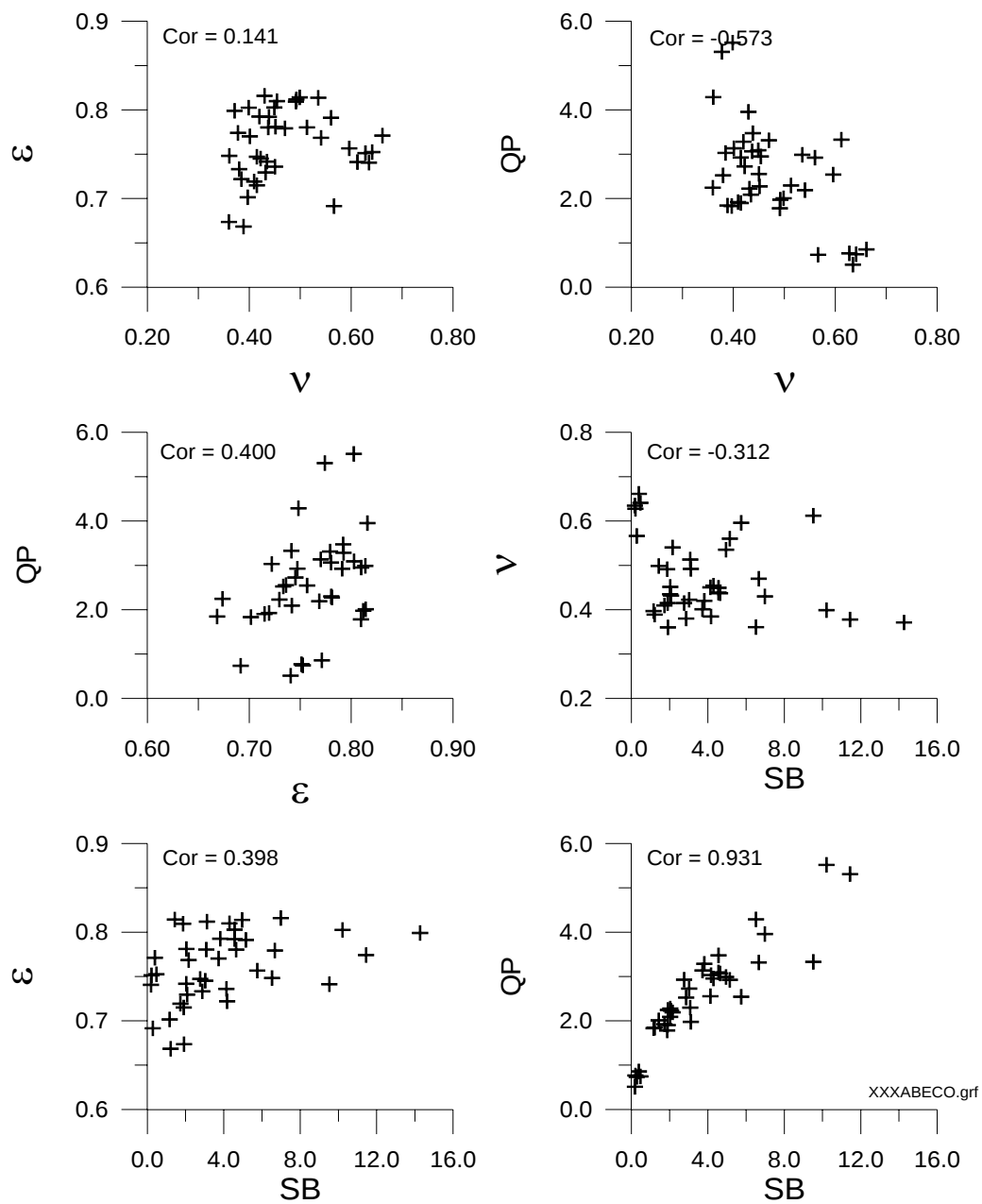


圖 4-20 ABE 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

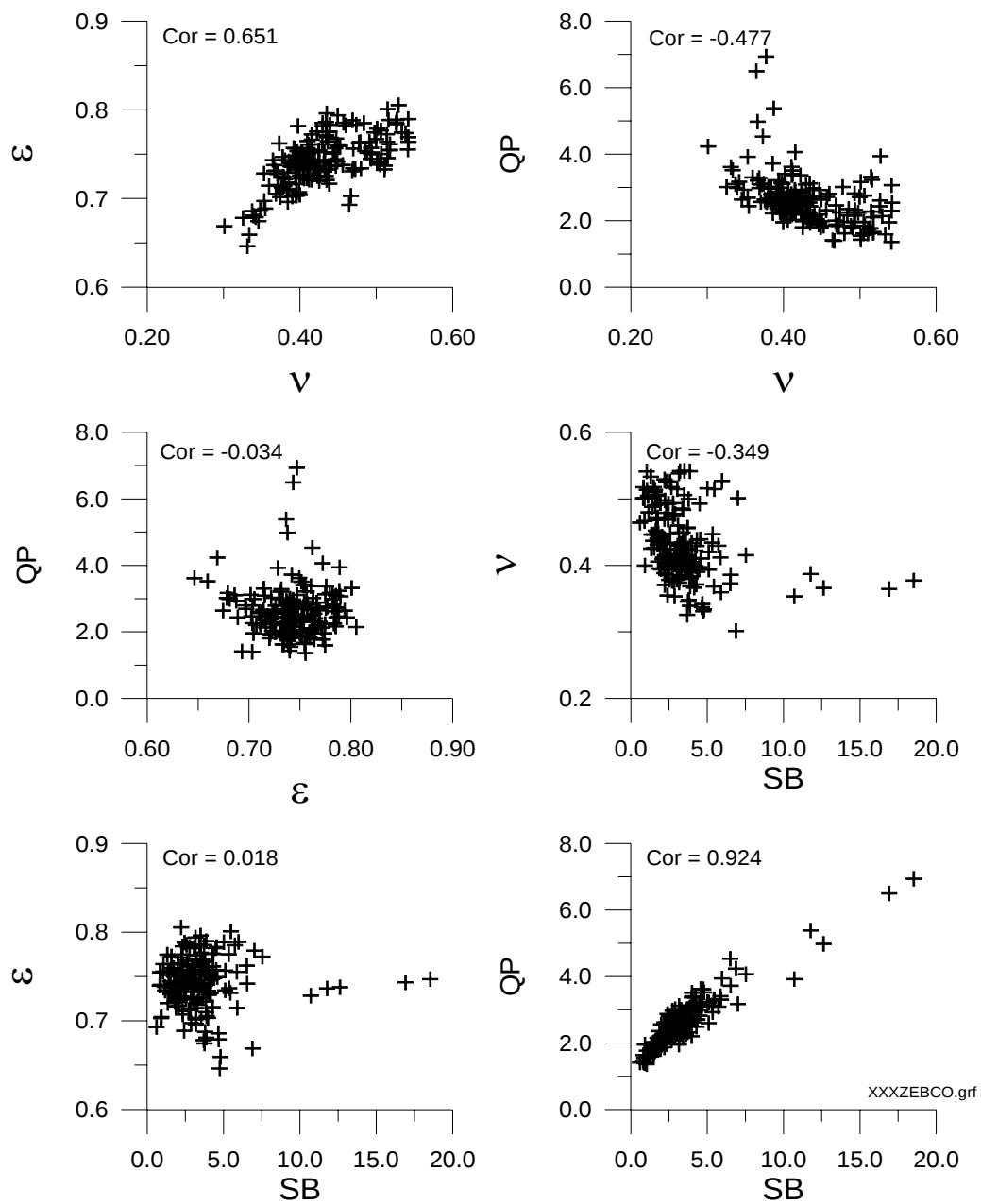


圖 4-21 ZEB 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

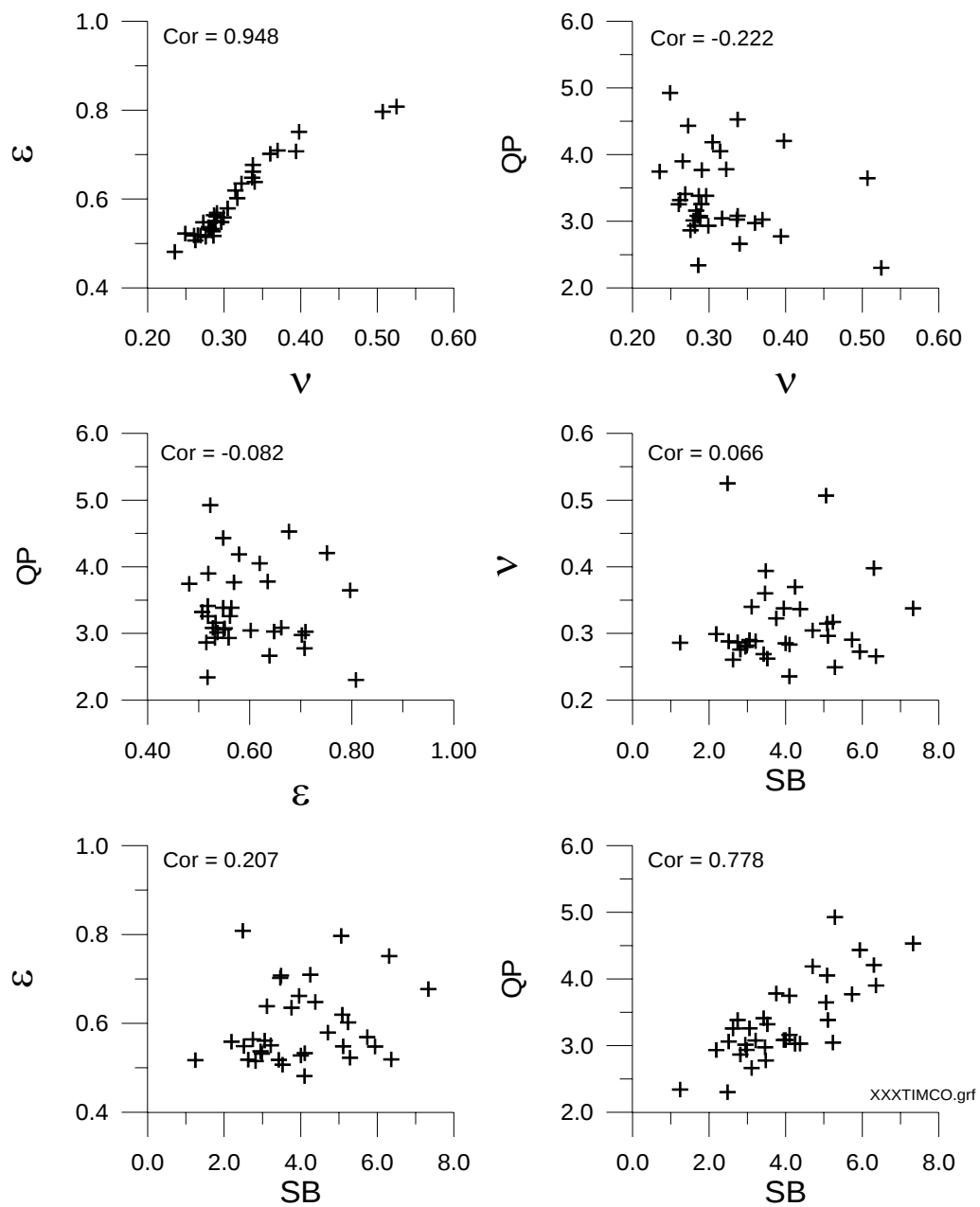


圖 4-22 TIM 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

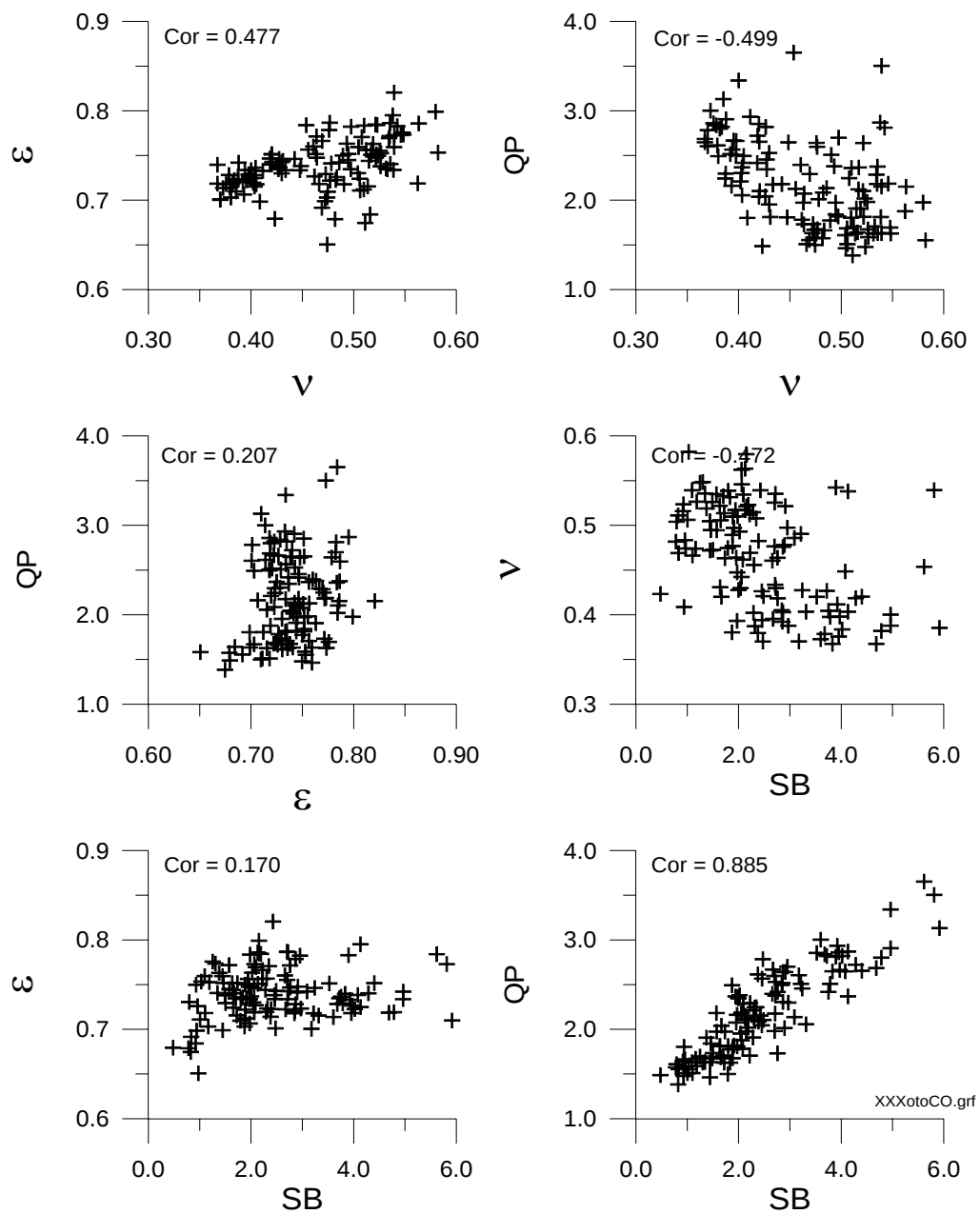


圖 4-23 OTTO 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

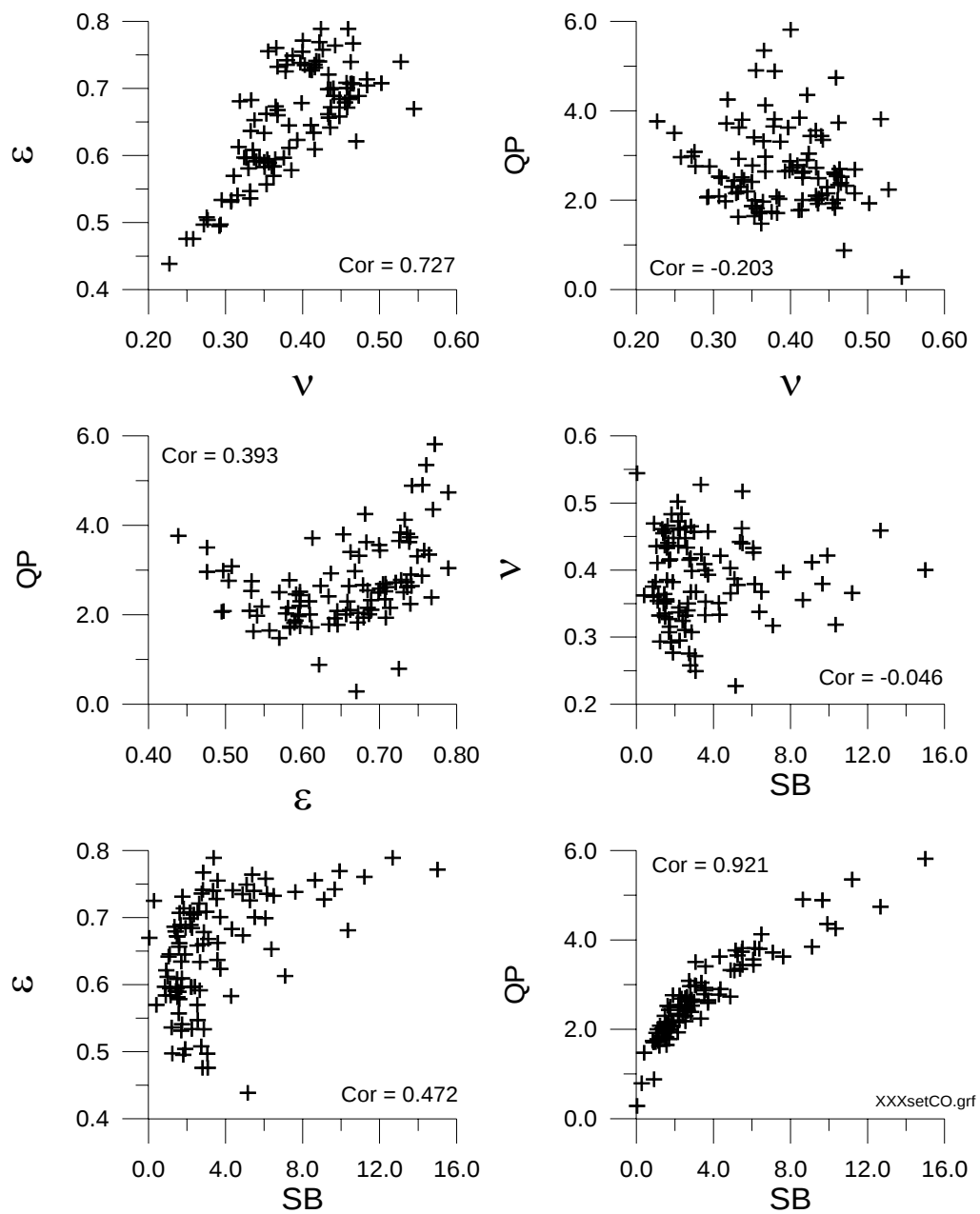


圖 4-24 SETH 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

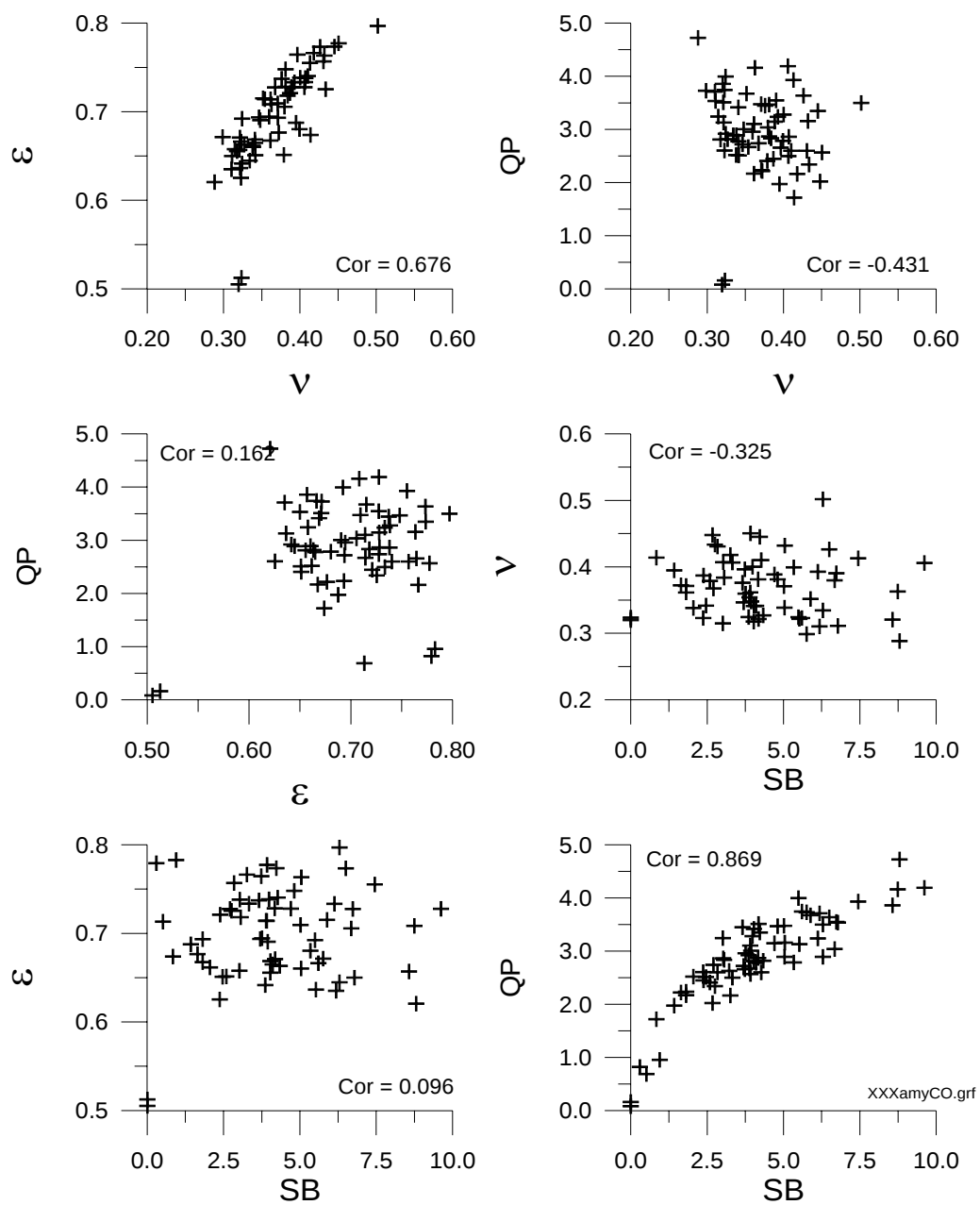


圖 4-25 AMY 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

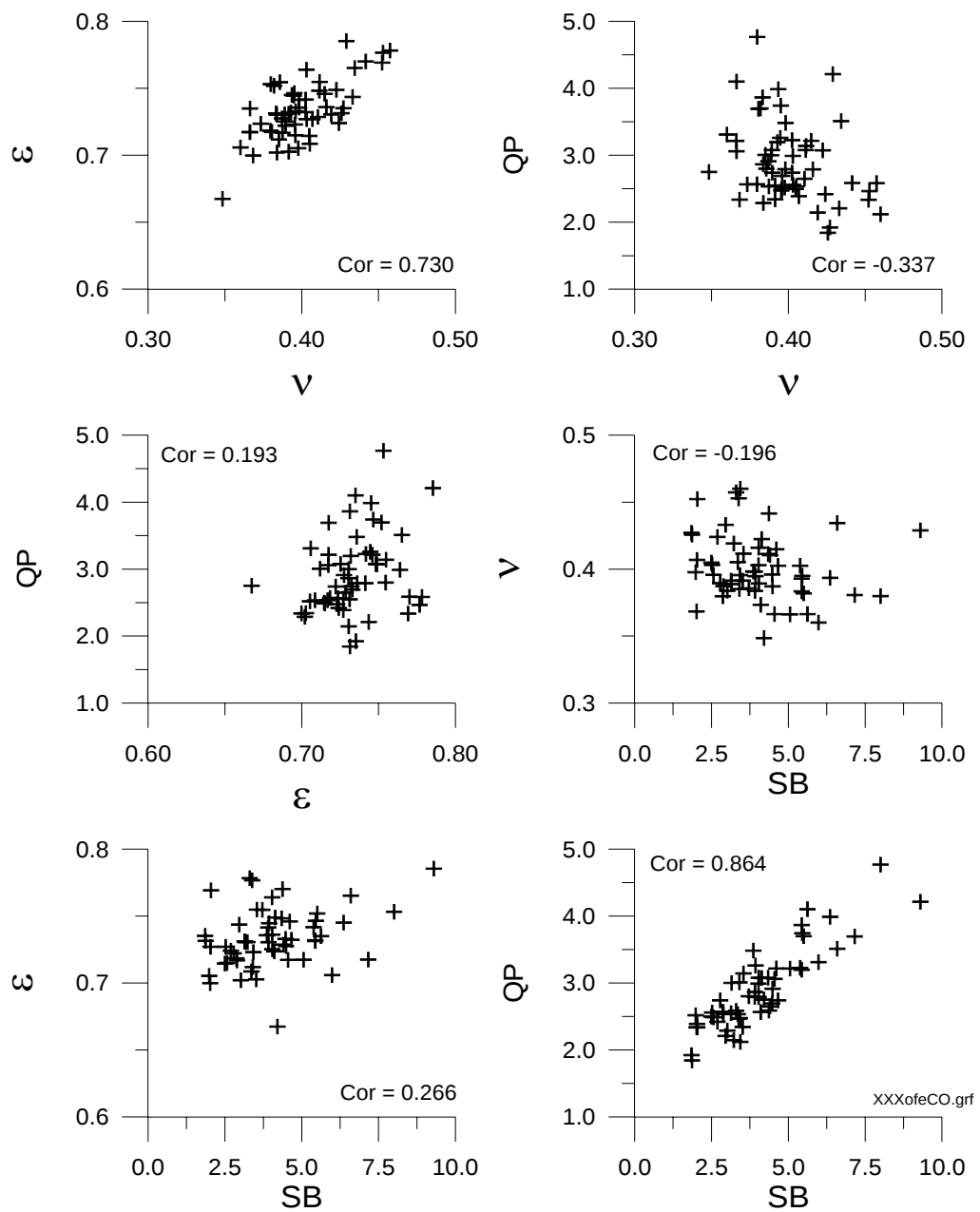


圖 4-26 OFELIA 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

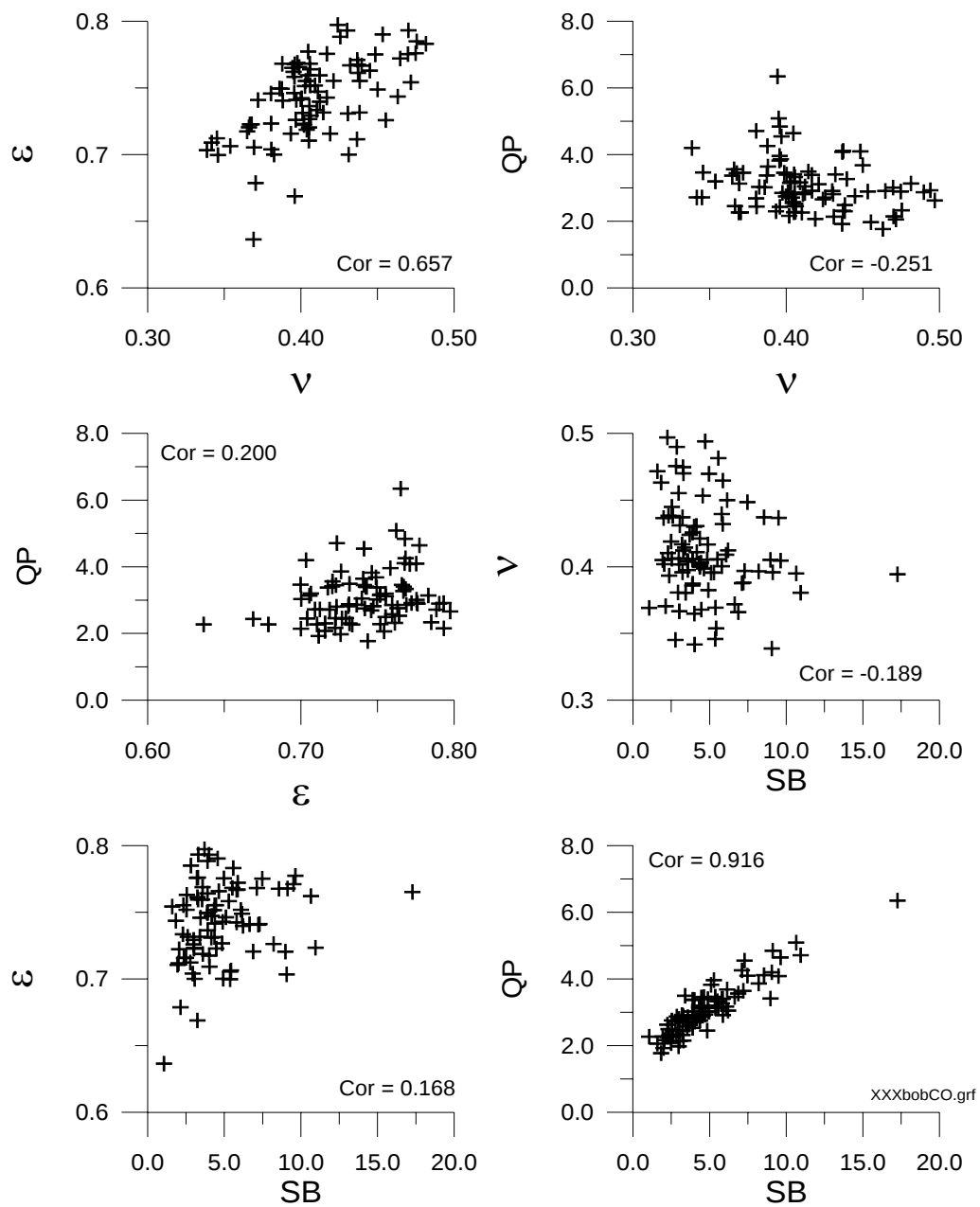


圖 4-27 BOBBIE 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

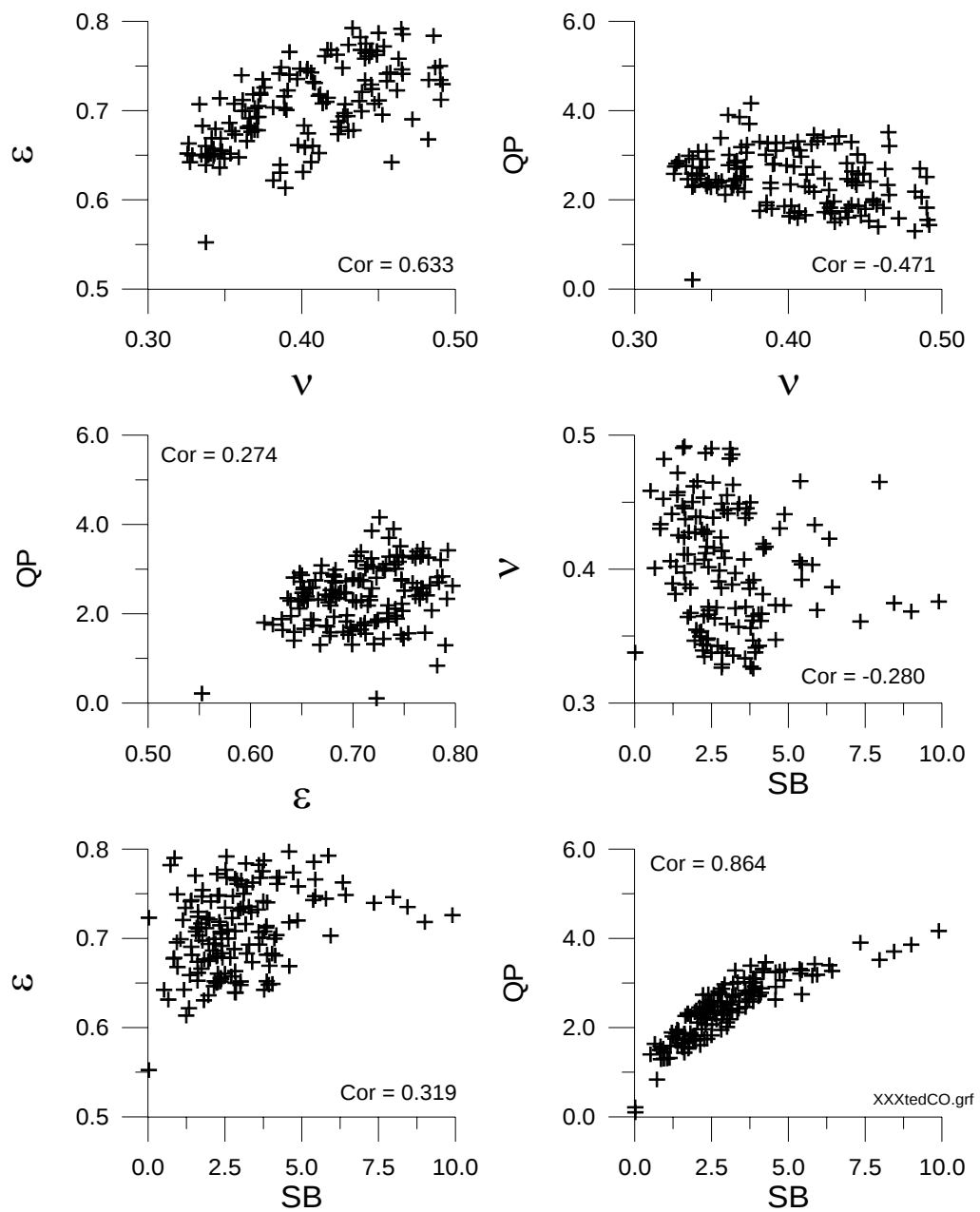


圖 4-28 TED 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

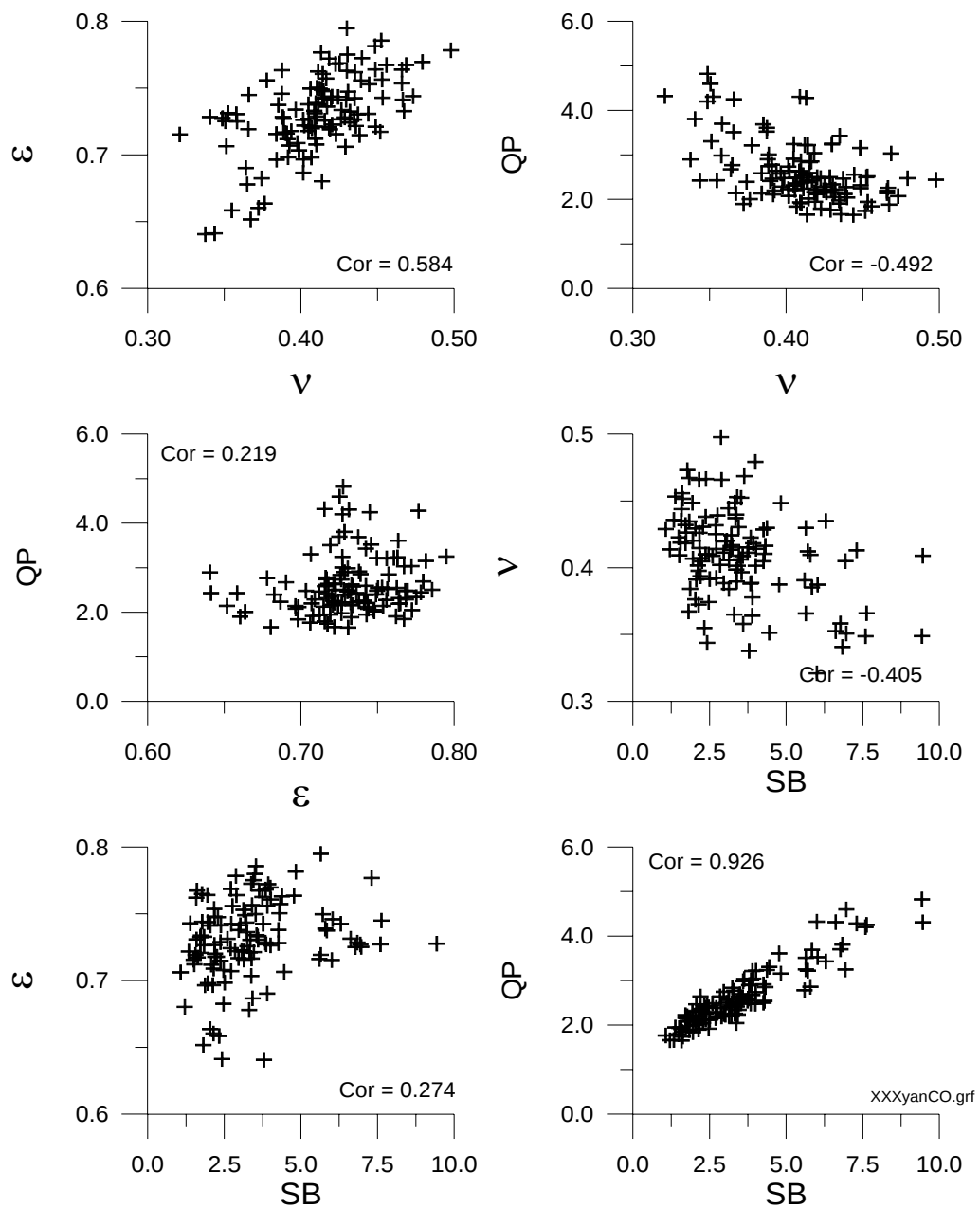


圖 4-29 YANNI 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

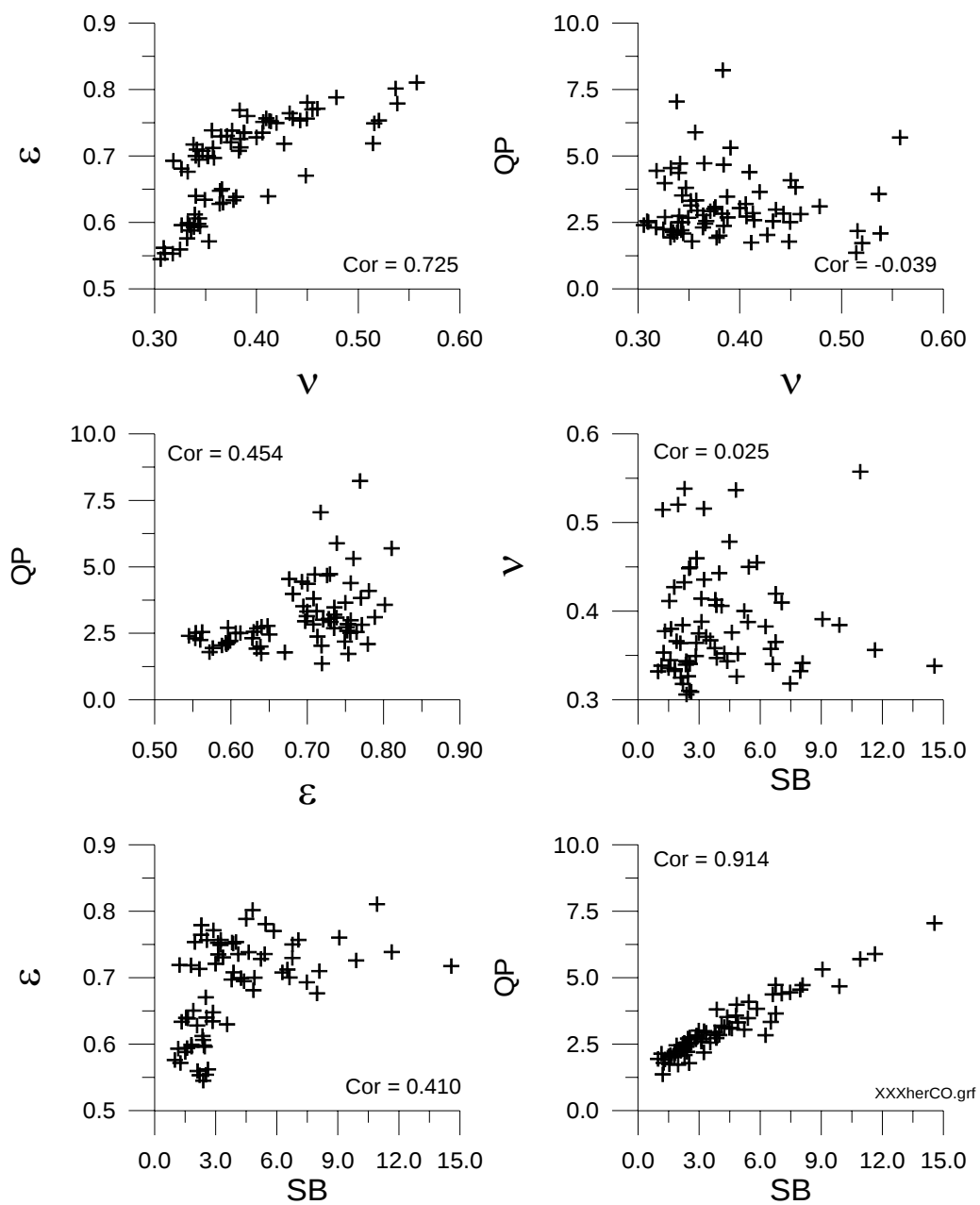


圖 4-30 HERB 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

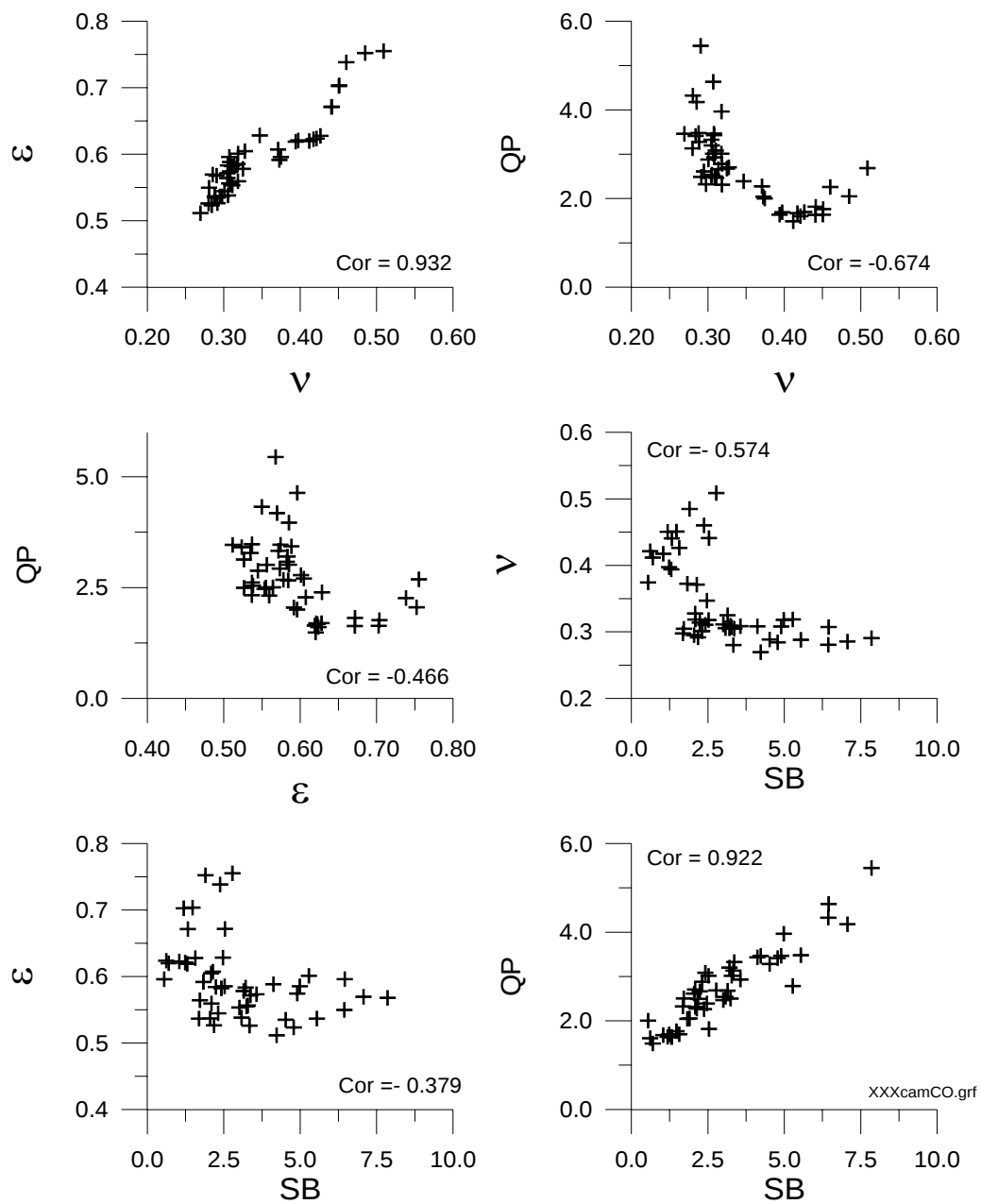


圖 4-31 CAM 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

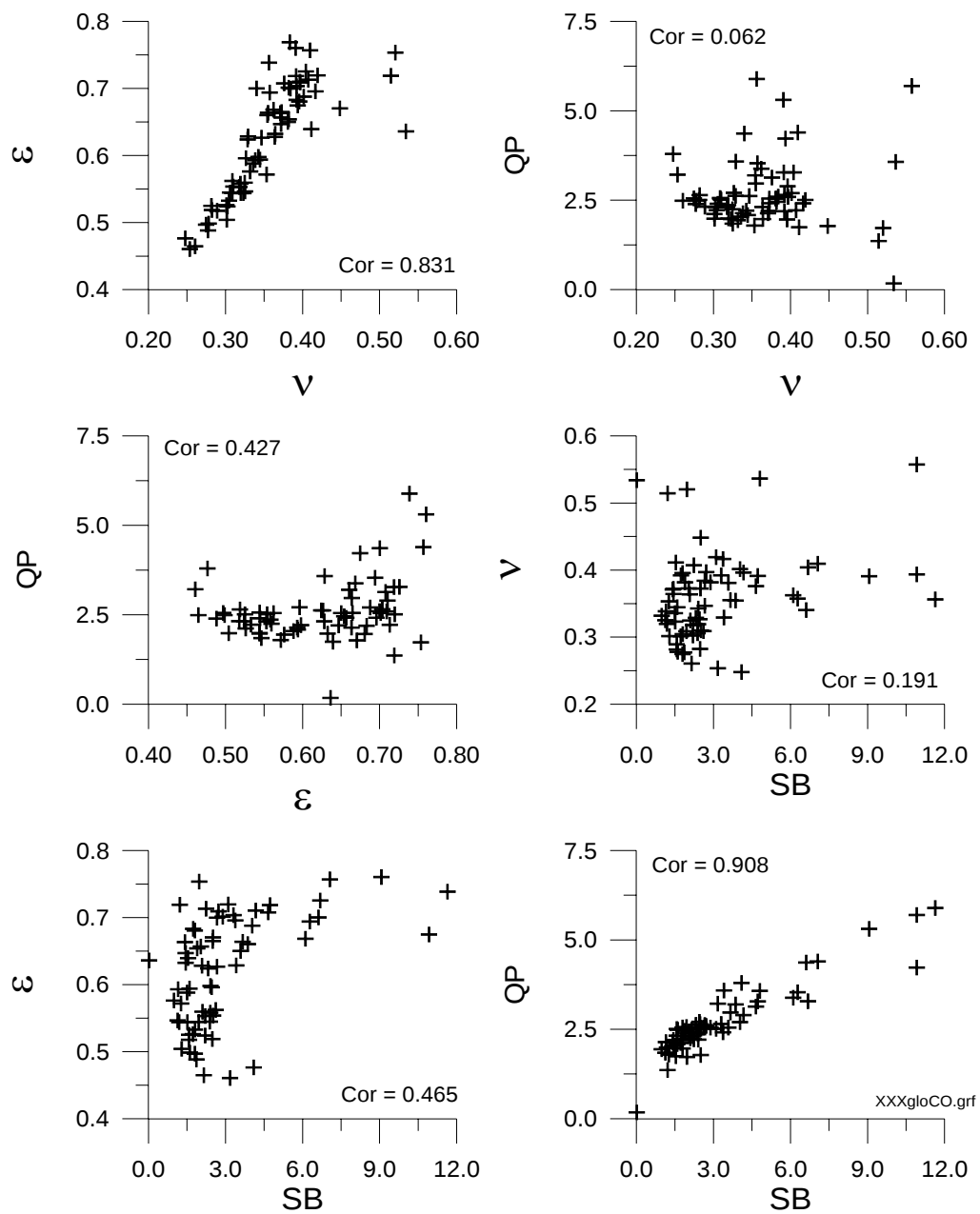


圖 4-32 GLORIA 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

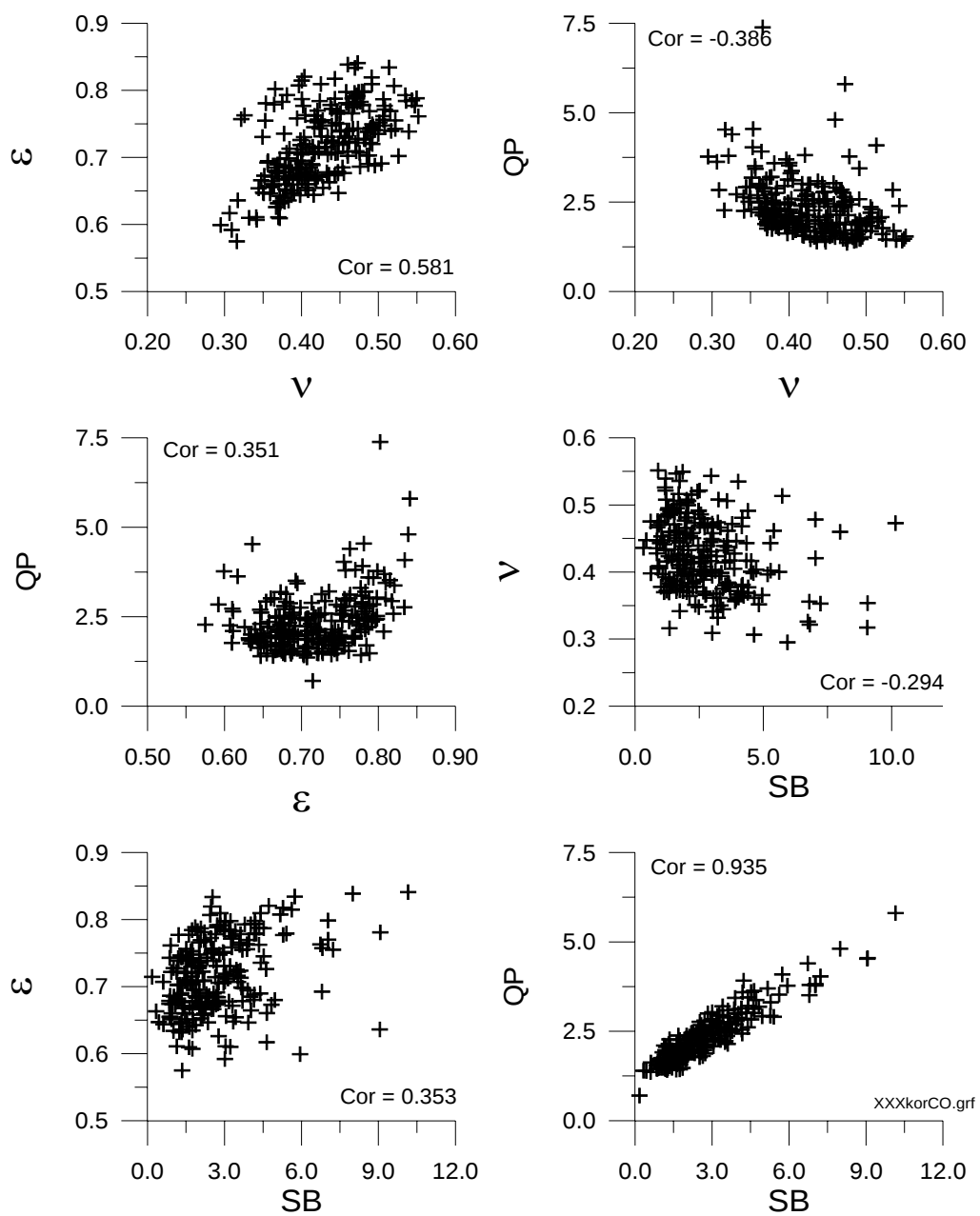


圖 4-33 KORYN 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

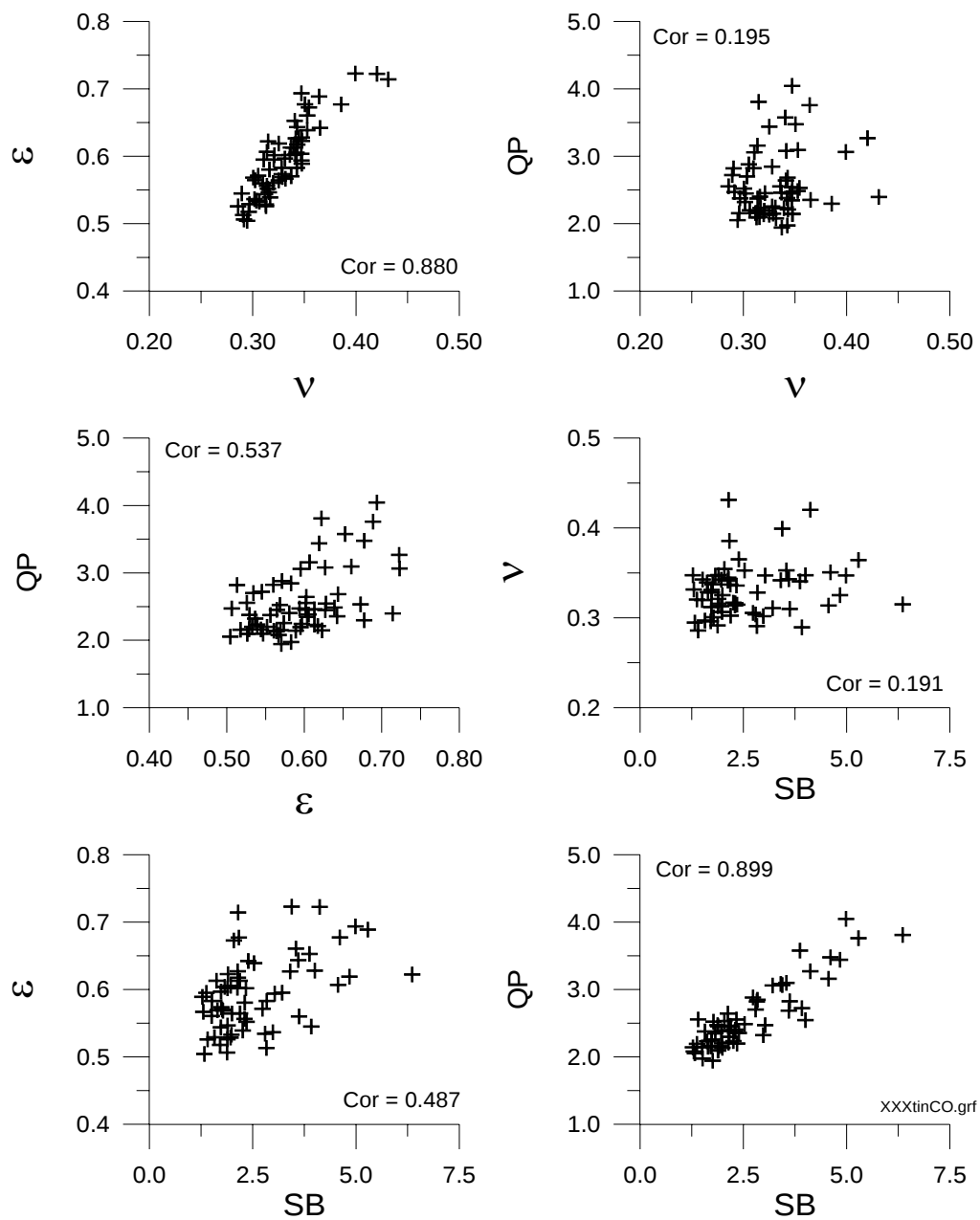


圖 4-34 TINA 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

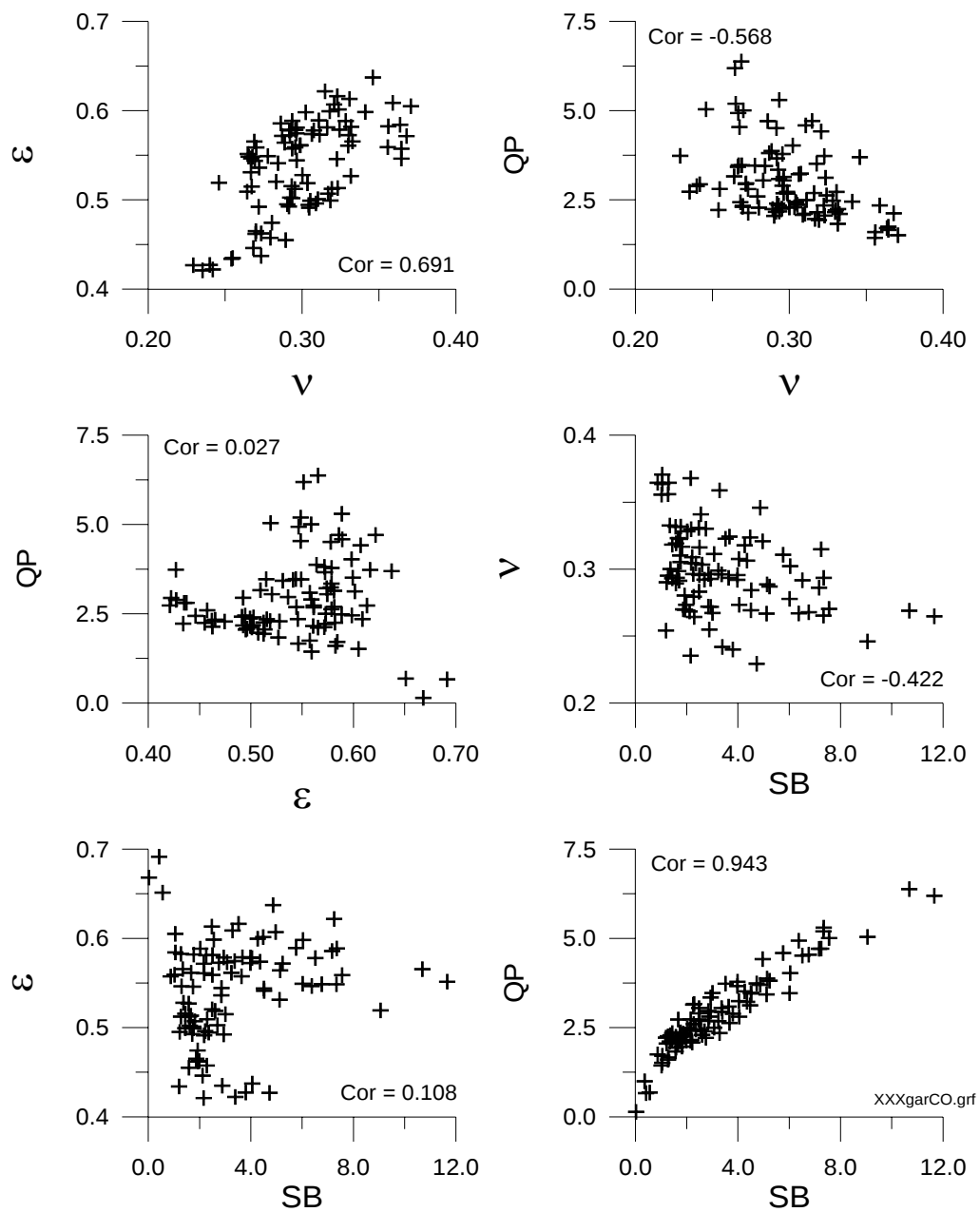


圖 4-35 GARY 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

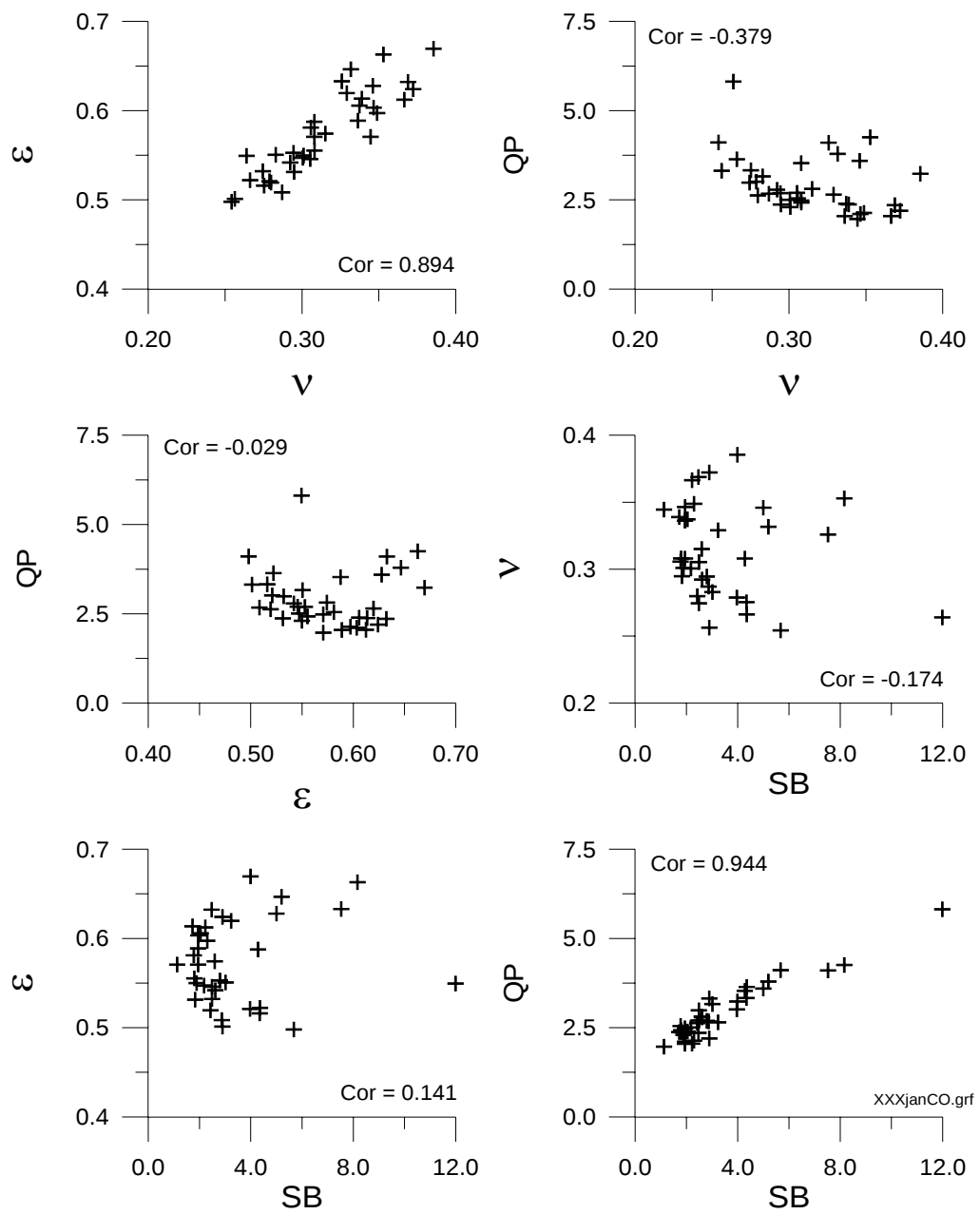


圖 4-36 JANIS 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

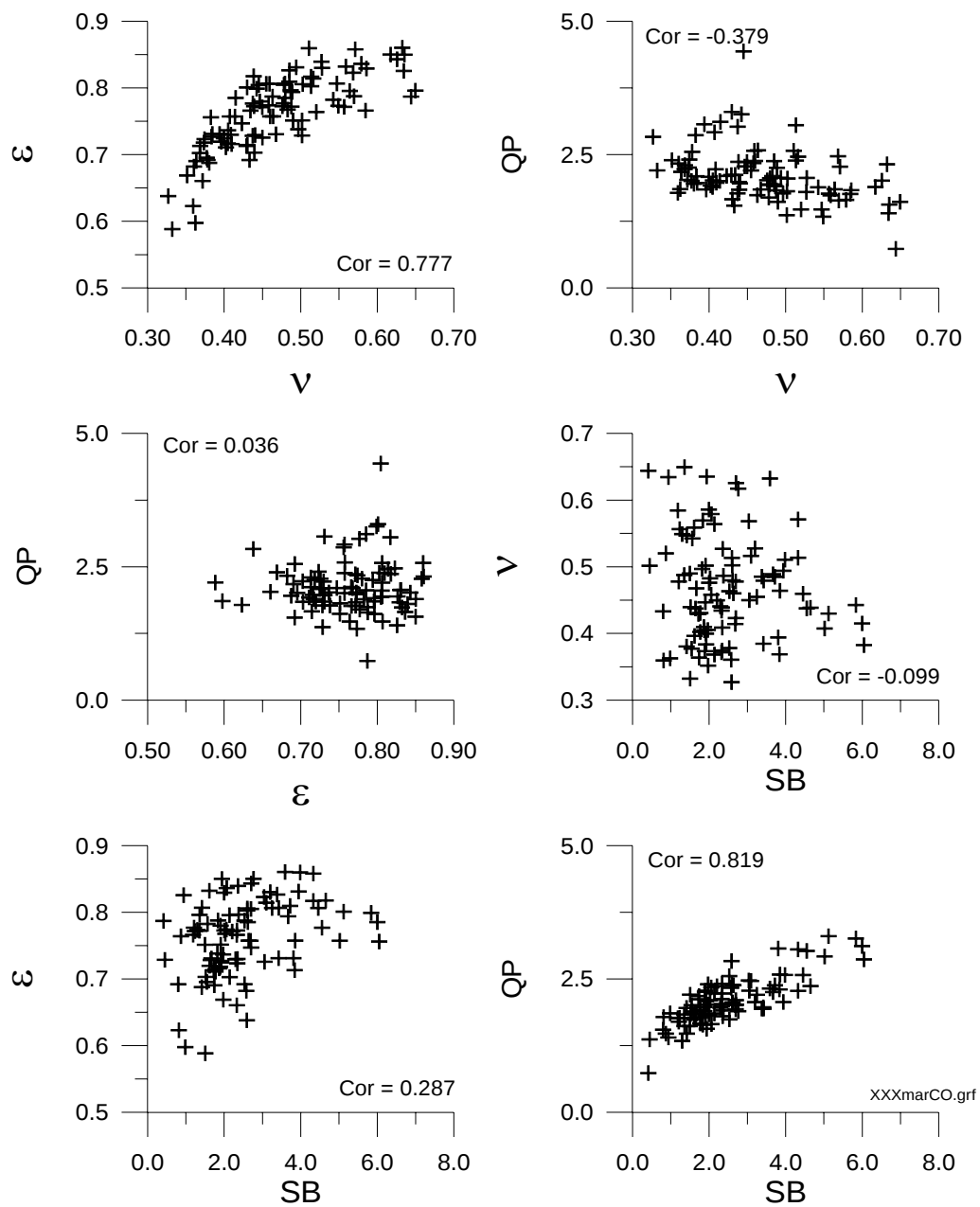


圖 4-37 MARK 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

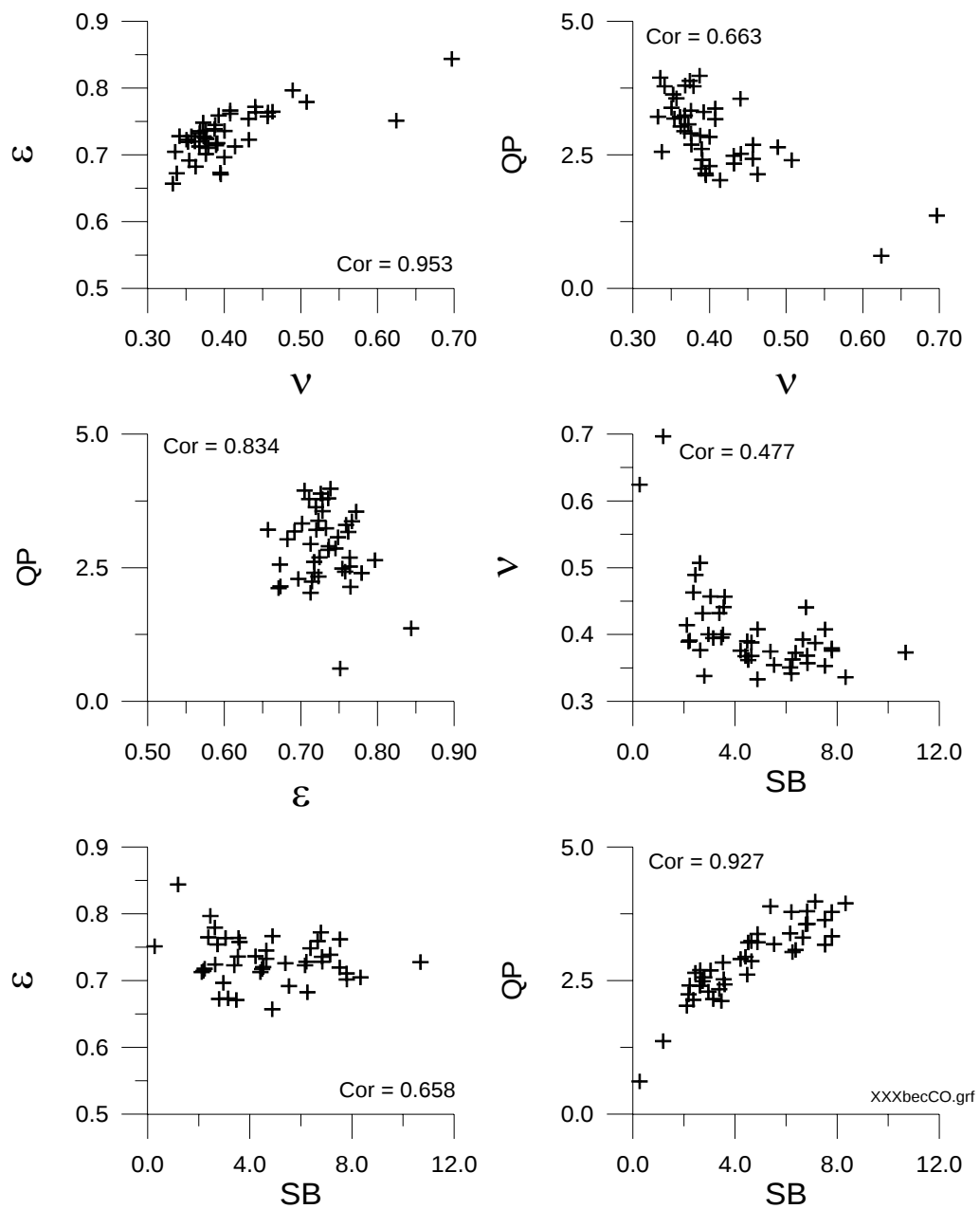


圖 4-38 BECKY 颱風波浪波譜形狀參數相關分佈

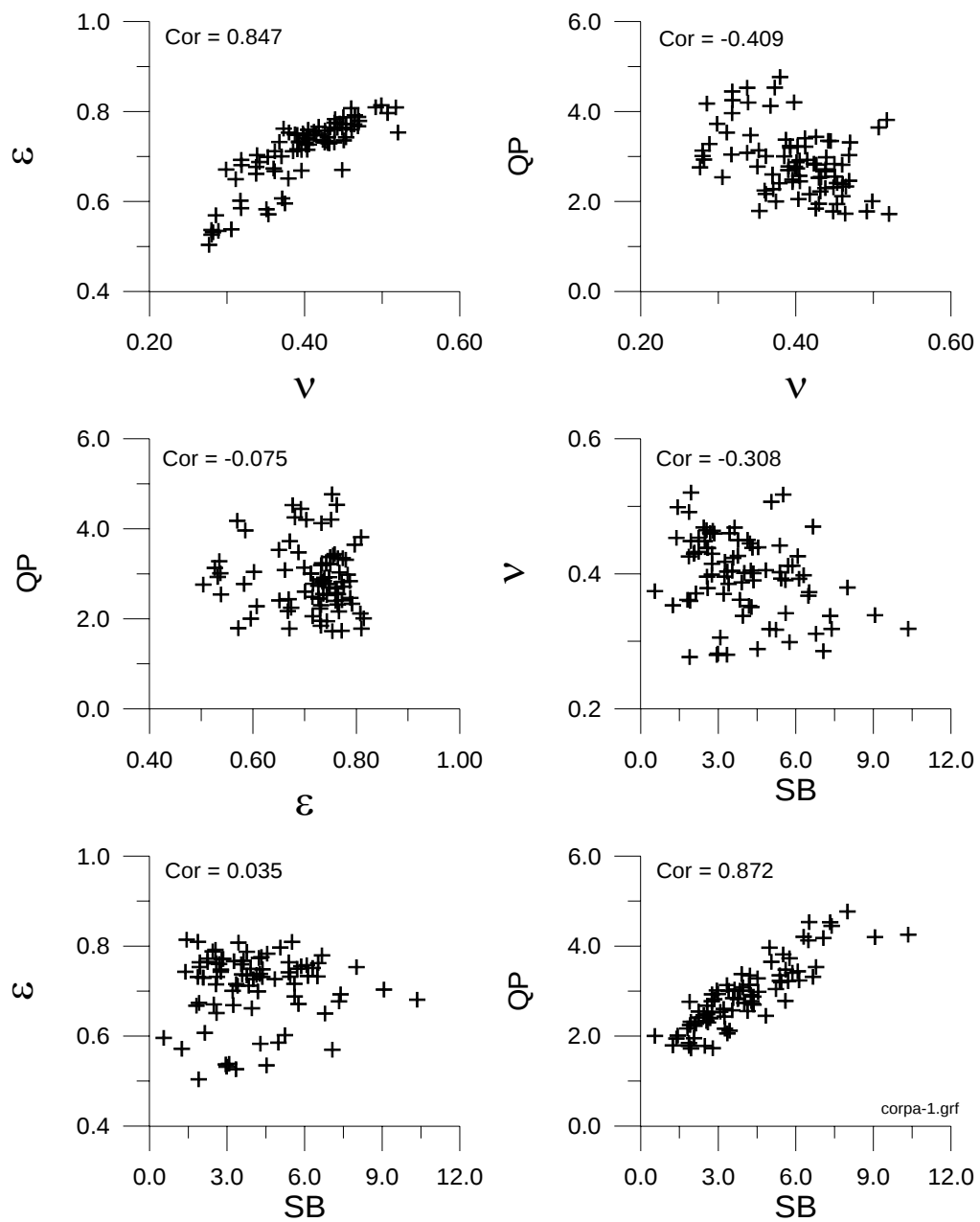


圖 4-39 颱風波浪成長時段波譜形狀參數相關分佈

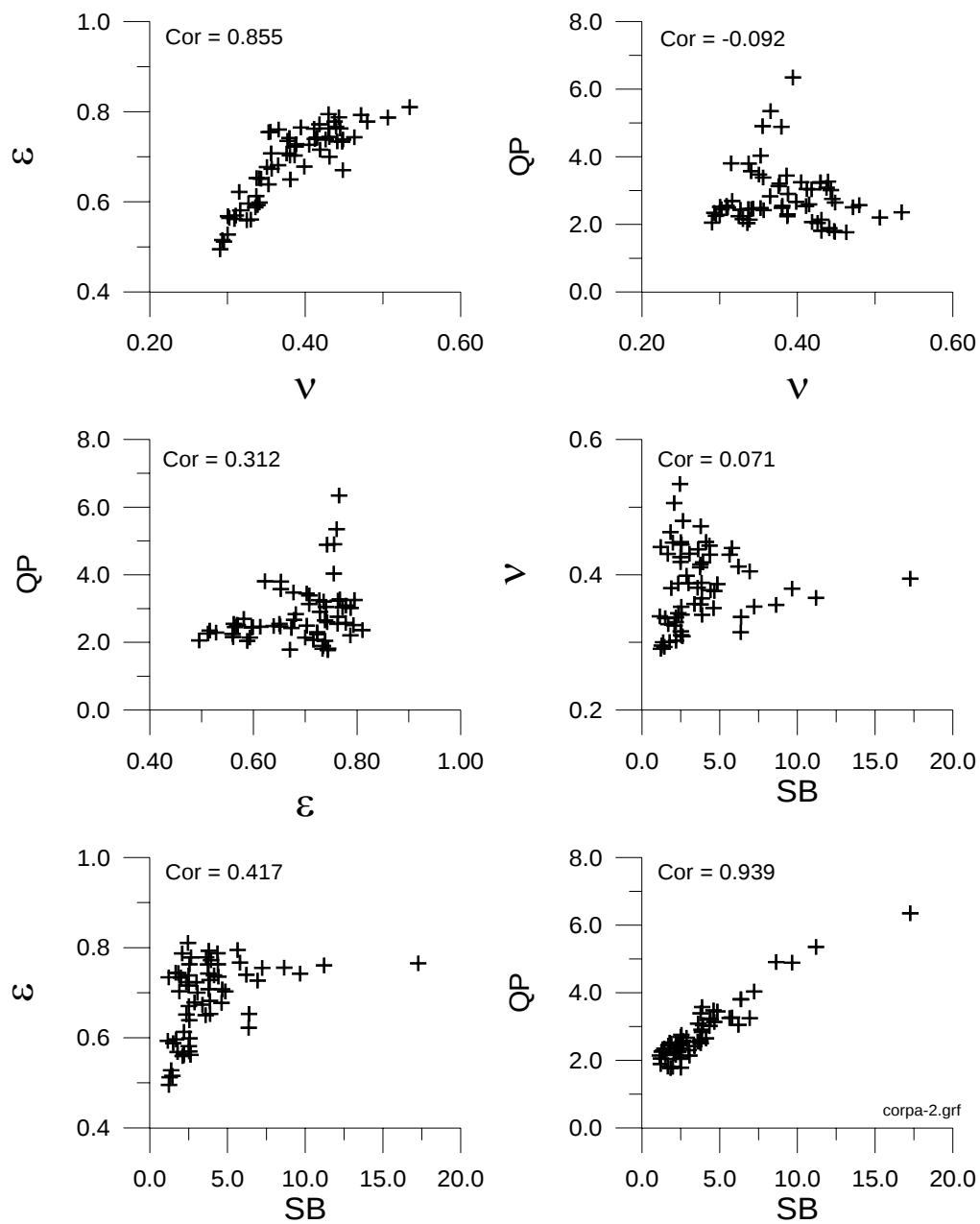


圖 4-40 颱風波浪衰退時段波譜形狀參數相關分佈

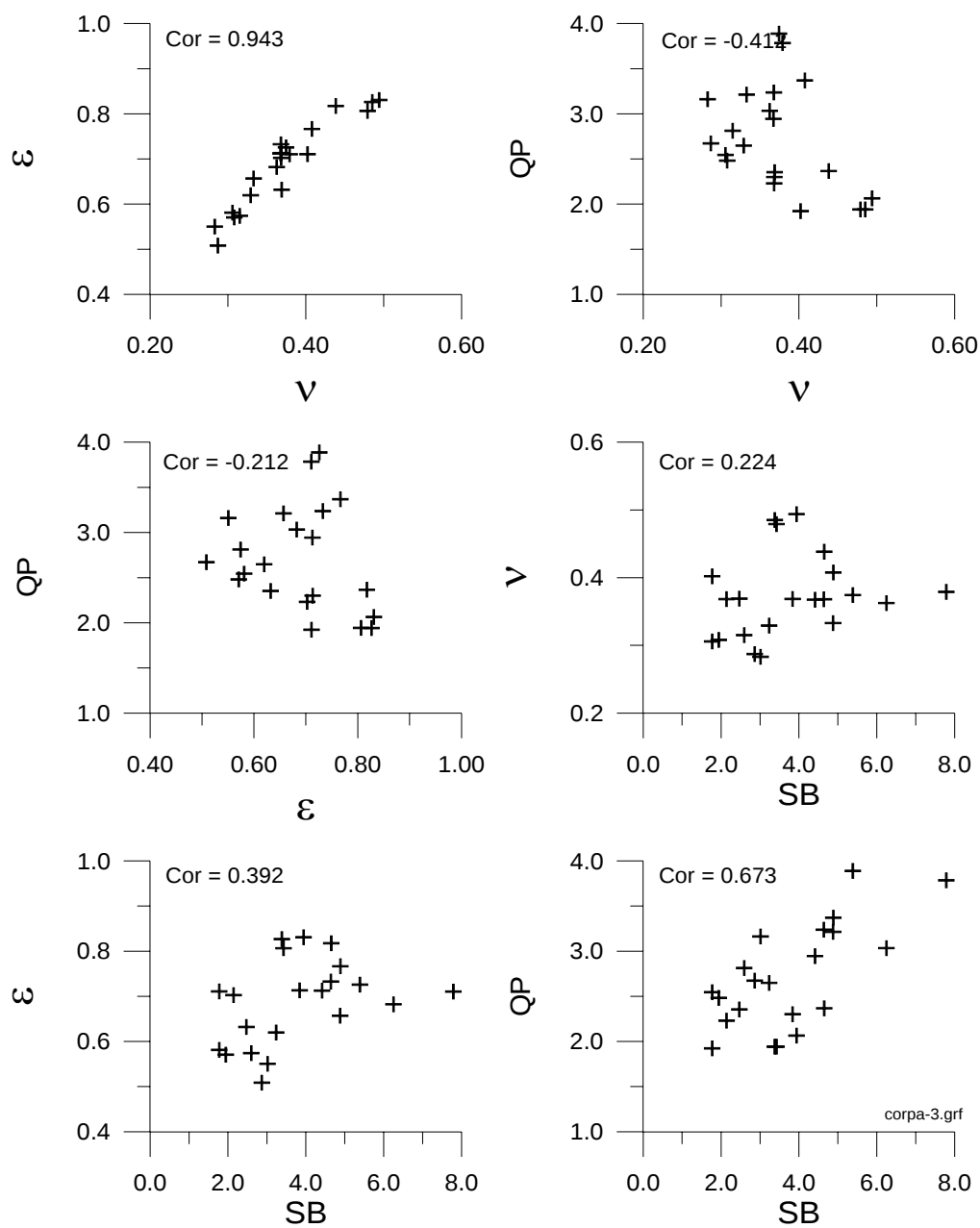


圖 4-41 颱風波浪近穩定時段波譜形狀參數相關分佈

第五章 結論與後續課題

本研究利用依主頻區能量觀點所定義之波譜形狀新參數 SB 實際應用至實測颱風波浪，探討其波譜形狀之演變過程及其他不同波譜形狀參數間之相關性及在理論波譜擬合的適用性。此外，由實測颱風波浪中分別選取波高成長、衰退及近穩定等時段資料，利用頻譜分析探討波浪能量之轉移。同時也比較在不同發展階段，各波譜形狀參數值隨波高（或週期）變化趨勢之對應演變情形。

5.1 結論

颱風波浪之波高、週期逐時變化大致上隨颱風接近與遠離而分別出現增大與減小趨勢。但因颱風動態的不穩定，該趨勢會有些許差異。此外，北緯 18° 至 24° 東經 121° 至 127° 之區域範圍，對花蓮港而言是危險區域，當颱風行經此區域應提高警覺，另外要強調的是最大波高與颱風中心是否由花蓮港附近通過（或登陸）有密切關係。由歷年觀測資料顯示花蓮港颱風波浪之可能最大波高估計約 12m、對應最大周期則約 16sec。

在波高成長時段，主頻率往低頻區移動，且低頻區波譜能量密度值明顯逐筆增大，高頻區增大程度則較小，同時波譜形狀變得較尖銳。波高衰退時段，主頻率往高頻區移動，且低頻區波譜能量密度值明顯逐筆減小，高頻區減小程度則較小，且波譜形狀變得較平緩。因此，波浪成長及衰退過程其能量分佈的變化是循相同的途徑來回逐步演變，此與以往的學者研究結果一致。此外，以波譜的形狀外觀檢視，則發現高頻區波譜斜率近似固定，此也與以往研究高頻區波譜斜率約 -4.54 的結果一致。

在波浪成長過程正規化波譜形狀由平緩多峰逐漸演變成較尖銳之單峰，反之在波浪衰退過程則由尖銳單峰逐漸演變成平緩多峰的形狀。因此，無論在波浪成長或衰退的時段裡正規化波譜形狀並不一致。

至於波浪近穩定時段裡雖然正規化波譜仍是多峰情況，但若以平滑化方式檢視則形狀相近，可視為接近成熟波浪。

以本研究所提出之波譜形狀新參數 SB 進行正規化波譜之理論波譜 (JONSWAP 及 Pierson-Moskowitz) 之擬合，可得理想之結果。因此，新參數 SB 可作為理想的波譜形狀參數，在波譜的擬合應用上則可直接作為理論波譜形狀參數 γ 或 m 之替代值。

波譜形狀參數隨波高（或週期）之逐時變化並無明顯的一致性變動趨勢，此顯示在波浪的成長或衰退過程中波譜的形狀並無相關性的變化出現。此外依參數間之變動趨勢而言，窄度參數 ν 及寬度參數 ε 兩者相近；而波譜尖峰度 QP 則與新形狀參數 SB 兩者相近，但前兩者與後兩者之變動趨勢並不相同。

波譜形狀窄度參數 ν 及寬度參數 ε 兩者之相關係數值大都大於 0.65，而波譜尖峰度 QP 則與新形狀參數 SB 兩者之相關係數值則大都大於 0.86，此顯示窄度參數 ν 及寬度參數 ε 具有正相關性，而波譜尖峰度 QP 則與新形狀參數 SB 則具有更高的正相關性。至於其他參數間之相關係數值不高，故相關性不明顯。經由波譜參數相關性分析、比較，波譜尖峰度 QP 參數由於與新形狀參數 SB 具有高度相關，因此，經進一步處理後，可同新形狀參數 SB 一樣，作為理論波譜擬合時取代 γ 或 m 之用。

5.2 後續課題

波譜形狀參數隨波高（或週期）之逐時變化，雖然無明顯的一致性變動趨勢。不過在某些波浪資料中（例如 SETH 及 HERB 颱風波浪），波譜形狀參數與周期有較明顯的相關性，此有待進一步探討。

窄度參數 ν 及寬度參數 ε 兩者之間存在某一程度之相關，其原因初步推論可能與兩者都是波譜動差的無因次定義有關。而波譜尖峰度 QP 與新形狀參數 SB 兩者，雖然定義並不相同，但卻有更高的相關

性存在。其可能原因為波譜尖峰度 QP 的計算式可拆解成某一頻率區間之波譜能量 $S(f)df$ 與該區間代表能量密度值 $S(f)$ 及與頻率軸轉矩 f 之乘積，其中能量密度值 $S(f)$ 可視為該頻率區間波譜能量之權重。因此，波譜尖峰度 QP 參數可視為以波譜能量分佈為考量之波譜形狀參數，此與本研究所提出之新形狀參數 SB 兩者在觀點上是相同。但兩者計算方法不同，波譜尖峰度 QP 參數是波譜能量矩，而新形狀參數 SB 是波譜能量分佈形狀之直接衡量。以上僅是初步的研判，後續應可再進一步探討。

對於颱風波浪而言其主要影響條件包括颱風強度、颱風路徑、颱風移動速度等，但無論在波浪成長或衰退過程中這些條件並非保持固定不變。因此，波譜形狀的演變相當複雜，後續可將這些條件先進行分類後再作細部分析與比較。

本文所提新 SB 參數基本上是由與波譜尖銳程度有關之無因次參數 S 及波譜寬度程度有關之無因次參數 B 合併而成，如 $SB=a*(S*B)^b$ 所示，其中 a 、 b 為待定係數。後續將考慮不合併而以 $SB=a*S^{b1}*B^{b2}$ 表示，其中 a 、 $b1$ 、 $b2$ 為待定係數，可由二自變數之最小平方法求得。

參考文獻

1. 簡仲璟、曾相茂 (2007)「颱風波浪頻譜形狀參數之研究」，第二十九屆海洋工程研討會論文集，第547-552頁。
2. 簡仲璟 (2007)「颱風波浪頻譜形狀參數之研究」，交通部運輸研究所，出版品編號：96-48-7264，GPN：1009600964。
3. 簡仲璟、張金機 (2003)「台灣地區國際港港灣水理數值模式應用研究(2/4)-颱風波浪之群波特性」，交通部運輸研究所，出版品編號：92-85-764，GPN：1009202116。
4. 簡仲璟、曾相茂 (1999)「花蓮港颱風波浪特性研究」，第二十一屆海洋工程研討會論文集，第55-62頁。
5. Goda, Y. (1970) “Numerical experiments on wave statistics with spectral simulation” , Port and Harbor Research Institute, Vol. 9, No. 3, pp. 3-57.
6. Longuet-Higgins, M. S., (1956) ” The refraction of sea waves in shallow water” , J. Fluid Mech., Vol. 1, pp. 163-176.