

95-62-7200

MOTC-IOT-94-H2DB001

臺灣國際港區船舶動態管理特性 及颱風波浪資料補遺研究(一)



交通部運輸研究所

中華民國 95 年 4 月

95-62-7200

MOTC-IOT-94-H2DB001

臺灣國際港區船舶動態管理特性 及颱風波浪資料補遺研究(一)

著 者：江玟德、張憲國、林立青、陳蔚瑋、何良勝

交通部運輸研究所

中華民國 95 年 4 月

國家圖書館出版品預行編目資料

臺灣國際港區船舶動態管理特性及颱風波浪資料
補遺研究. 一 / 江玟德等著. -- 初版. --

臺北市：交通部運研所，民95

面：公分

參考書目：面

ISBN 986-00-4951-3(平裝)

1. 海洋氣象 - 自動化 2. 波動 - 臺灣

444.94029

95006959

臺灣國際港區船舶動態管理特性及颱風波浪資料補遺研究(一)

著者：江玟德、張憲國、林立青、陳蔚瑋、何良勝

出版機關：交通部運輸研究所

地址：臺北市敦化北路 240 號

網址：www.ihmt.gov.tw (中文版>中心出版品)

電話：(04)26587176

出版年月：中華民國 95 年 4 月

印刷者：大興國際科技有限公司

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

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

五南文化廣場：臺中市中山路 2 號 B1•電話：(04)22260330

GPN：1009500921

ISBN：986-00-4951-3 (平裝)

著作財產權人：中華民國(代表機關：交通部運輸研究所)

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

GPN : 1009500921

定價 200 元

交通部運輸研究所合作研究計畫出版品摘要表

出版品名稱：臺灣國際港區船舶動態管理特性及颱風波浪資料補遺研究(一)			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 986-00-4951-3（平裝）	政府出版品統一編號 1009500921	運輸研究所出版品編號 95-62-7200	計畫編號 94-H2DB001
本所主辦單位：港研中心 主管：邱永芳 計畫主持人：何良勝 研究人員：江玟德 聯絡電話：04-26587126 傳真號碼：04-26560661	合作研究單位：國立交通大學 計畫主持人：張憲國 研究人員：林立青、陳蔚璋、黃明揚 地址：新竹市大學路 1001 號 聯絡電話：03-5131488		研究期間 自 94 年 02 月 至 94 年 11 月
關鍵詞：船舶預警模式、神經網路、波浪統計、暴潮模式			
摘要： 本計畫利用花蓮港港務局所提供 1996 年~2004 年之船隻動態記錄，配合收集海氣象相關資料如颱風、潮汐以及波浪資料與船隻動態記錄進行相關性分析，評估對船舶動態有影響的相關因子。分析颱風侵臺時港內外波浪對船舶動態造成的影響，並經由波浪之觀測與船舶動態資料分析建立預警模式使港灣管理單位能做即時的判斷與反應。 在颱風強大的波浪作用下，量測儀器可能受損或遺失，導致量測資料失去連續性，在工程規劃及設計上會造成設計波浪發生誤差，故必須經過海氣象資料的統計分析並建立精確的資料補遺系統，提升實測數據品質可增進未來模式建立的準確度。本研究並實際以颱風侵臺時的波浪資料為例進行補遺。 此外颱風中心低氣壓對海面水位造成的暴潮偏差問題，本研究利用傳統的調和分析法將暴潮偏差與天文潮分離。發現部份暴潮偏差與颱風風速及颱風距離相關性高，而成功利用神經網路建立初步的暴潮偏差推估模式。然而由於模擬結果尚未到達可接受範圍，在未來一年的計劃中將藉由更多資料的輸入來改善暴潮預測模式。期望未來可作為海洋科學研究與港灣擴建發展及防災的重要依據。			
出版日期	頁數	定價	本 出 版 品 取 得 方 式
95 年 4 月	146	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: An Alert Model for Ship Escape from Hualien Harbor during Typhoon Period (I)			
ISBN(OR ISSN) ISBN 986-00-4951-3 (pbk)	GOVERNMENT PUBLICATIONS NUMBER 1009500921	IOT SERIAL NUMBER 95-62-7200	PROJECT NUMBER 94-H2DB001
DIVISION: Harbor & Marine Technology Center DIVISION DIRECTOR: Chiu, Yung-Fang PRINCIPAL INVESTIGATOR: Ho, Liang-Sheng PROJECT STAFF: Jiang, Wen-Der PHONE: (04) 26587126 FAX: (04) 26560661			PROJECT PERIOD FROM February 2005 TO November 2005
RESEARCH AGENCY: National Chiao Tung University PRINCIPAL INVESTIGATOR: Chang, Hsien-Kuo PROJECT STAFF: Lin, Li-Ching, Chen, Wei-Wei, Huang, Ming-Yang ADDRESS: 1001 Ta Hsueh Road, Hsinchu 300, Taiwan, R.O.C. PHONE: 886-3-513-1488			
KEY WORDS: Alert model of ship escape; Neural network; Wave statistics; Storm surge			
ABSTRACT: The official records of ship escape from Hualien Harbor during typhoon periods each year were collected from 1996 to 2004 in this project. Conditions of ship escape are classified into four groups depending on the resulting factors, such as typhoon's scale, path, and wave. The relationship between the conditions of ship escape and the resulting factors was established by an artificial Neural Network (NN) to form an alert model of ship escape. Another subject of this project is to remedy the unavailable data of waves and tides that commonly occur during typhoon periods due to loss or failure of equipment. The NN model with high accuracy was developed to simulate typhoon's wave heights. Some typhoons that occur in this year are examined to evaluate the forecasting capacity of this model. In the future, the proposed model can be used to simulate wave heights for all typhoons possibly approaching Taiwan. Storm surge deviations are separated from tidal data by traditional harmonic method. Some separated storm surge deviation is related to wind speed, distance between an interest point and typhoon's eye. An initial NN model is developed to simulate storm surge deviation. The results are still unsatisfactory due to weak relationship between the separated storm surge deviation and typhoon's scale. The model of predicting storm surge will be improved by using more input data next year.			
DATE OF PUBLICATION April 2006	NUMBER OF PAGES 146	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

中文摘要表	
英文摘要表	
目錄	
圖目錄	
表目錄	
第一章緒論	1-1
1.1 前言	1-1
1.2 工作內容	1-2
1.3 研究動機與文獻回顧	1-3
第二章 海氣象與船舶動態資料收集與分類	2-1
2.1 颱風影響船舶動態的機制	2-1
2.2 影響船舶動態的颱風因子	2-1
2.3 船隻異動指數	2-10
第三章 颱風與船舶動態特性分析	3-1
3.1 颱風規模對船舶動態的影響	3-1
3.2 颱風距離對船舶動態的影響	3-2
3.3 港內外波浪特性與船舶動態之關係	3-6
3.4 模式視窗化操作之初步建構	3-9
第四章 颱風波浪資料之補遺	4-1
4.1 類神經網路預報模式架構	4-1
4.2 颱風波浪補遺實例操作	4-13
4.3 推算結果誤差評估	4-16
第五章 暴潮類神經模式	5-1
5.1 暴潮與颱風動態之統計分析	5-1
5.2 神經網路颱風暴潮模式之建構	5-6

5.3 颱風暴潮模式之預測.....	5-15
第六章 海氣象資料統計與分析	6-1
6.1 機率密度函數簡介.....	6-1
6.2 波高與水位之統計特性	6-6
6.3 未來研究課題.....	6-12
第七章 結論	7-1
參考文獻	參-1
簡報內容	簡-1
期中審查意見處理情形表	審 1-1
期末審查意見處理情形表	審 2-1

圖 目 錄

圖 2.1 中央氣象局定義五種西行颱風的路徑示意圖.....	2-3
圖 2.2 中央氣象局定義兩種北行颱風的路徑示意圖.....	2-3
圖 2.3 中央氣象局定義颱風路徑 8 之示意圖.....	2-4
圖 2.4 中央氣象局定義颱風路徑 9 之示意圖.....	2-4
圖 2.5 颱風中心與花蓮港之方位角度示意圖.....	2-9
圖 2.6 颱風距離與觀測站指示波高關係.....	2-10
圖 3.1 颱風規模 1 影響船隻異動的範圍.....	3-3
圖 3.2 颱風規模 2 影響船隻異動的範圍.....	3-4
圖 3.3 颱風規模 3 影響船隻異動的範圍.....	3-4
圖 3.4 颱風規模 4 影響船隻異動的範圍.....	3-5
圖 3.5 颱風規模 5 影響船隻異動的範圍.....	3-5
圖 3.6 船隻異動指數與港外示性波高相關性分析.....	3-9
圖 3.7 船隻異動指數與港外示性週期相關性分析.....	3-9
圖 3.8 GUI 初步建構圖.....	3-12
圖 4.1 緩慢移動颱風內示性波高等值分佈圖(Coastal Engineering Manual, CEM, 2005).....	4-4
圖 4.2 花蓮觀測站之颱風中心位置區分圖.....	4-7
圖 4.3 颱風波浪類神經網路模式操作流程.....	4-12
圖 4.4 2004 年蘭寧(RANANIM)颱風模式推算花蓮港颱風波浪示 性波高.....	4-14
圖 4.5 2004 年艾利(AERE)颱風模式推算花蓮港颱風波浪示性波 高.....	4-15
圖 4.6 2004 年蘭寧(RANANIM)颱風模式推算花蓮港颱風波浪示 性波高.....	4-15
圖 4.7 2004 年艾利(AERE)颱風模式推算花蓮港颱風波浪示性波 高.....	4-16

圖 5.1 潮位資料補遺與分析流程圖.....	5-1
圖 5.2 蘭寧 (RANANIM) 與艾利 (AERE) 之暴潮偏差	5-3
圖 5.3 2002 颱風路徑圖.....	5-3
圖 5.4 2003 颱風路徑圖.....	5-4
圖 5.5 2004 颱風路徑圖.....	5-4
圖 5.6 蘭寧颱風暴潮偏差與測站距離及中心風速相關性分析	5-5
圖 5.7 艾利颱風暴潮偏差與測站距離及中心風速相關性分析	5-5
圖 5.8 雷馬遜颱風暴潮偏差與測站距離及中心風速相關性分析	5-6
圖 5.9 娜克莉颱風暴潮偏差與測站距離及中心風速相關性分析	5-6
圖 5.10 莫拉克颱風暴潮偏差與測站距離及中心風速相關性分析 ...	5-6
圖 5.11 12 個虛擬觀測站位置.....	5-7
圖 5.12 臺灣東岸花蓮港位置與陸地影響區域區分.....	5-12
圖 5.13 陸地效應二維模糊關係函數.....	5-13
圖 5.14 類神經網路颱風暴潮模式學習結果關係圖.....	5-14
圖 5.15 蘭寧颱風類神經網路模式測試結果關係圖.....	5-15
圖 5.16 蘭寧颱風暴潮偏差與觀測值比較.....	5-15
圖 5.17 海棠及泰利颱風行進路徑圖.....	5-16
圖 5.18 海棠颱風暴潮偏差與花蓮港觀測值之比較.....	5-17
圖 5.19 海棠颱風暴潮偏差與蘇澳港觀測值之比較.....	5-17
圖 5.20 泰利颱風暴潮偏差與花蓮港觀測值之比較.....	5-18
圖 6.1 不同參數變化之 Normal 機率密度分佈圖	6-2
圖 6.2 不同參數時之 Gamma 機率分佈	6-3
圖 6.3 不同參數變化之 Rayleigh 分佈	6-4
圖 6.4 不同參數之 Weibull 機率密度分佈.....	6-5
圖 6.5 波高機率密度分析流程圖.....	6-6
圖 6.6 平時港內波浪時序圖.....	6-7
圖 6.7 颱風港內期間波浪時序圖.....	6-7

圖 6.8 波浪時序機率分佈分析圖.....	6-8
圖 6.9 平時波浪機率密度函數分佈比較圖.....	6-9
圖 6.10 颱風期間波浪各種機率密度函數分佈圖.....	6-9
圖 6.11 組數為六組之機率密度與 Rayleigh 分佈圖	6-10
圖 6.12 組數為十組之機率密度與 Rayleigh 分佈圖	6-10

表 目 錄

表 2.1 研究颱風之颱風路徑歸類表.....	2-5
表 2.2 Saffir-Simpson 的颱風規模分類標準	2-6
表 2.3 研究颱風之颱風規模歸類表.....	2-6
表 2.4 風級浪高對照表.....	2-7
表 2.5 研究颱風之船隻異動指數歸類表.....	2-11
表 3.1 颱風規模 4 與颱風規模 5 各個颱風之船隻異動指數.....	3-1
表 3.2 颱風期間港內波浪特性與船隻異動指數表.....	3-6
表 3.3 颱風期間港外波浪特性與船隻異動指數表.....	3-7
表 4.1 波浪預報模式--花蓮測站颱風與波浪學習資料	4-12
表 4.2 波浪預報模式--花蓮測站颱風與波浪檢測資料	4-13
表 4.3 模式學習指標 R, RMS,.....	4-17
表 4.4 模式測試指標 R, RMS, ΔH_{sp} and Δt_p 測試結果	4-17
表 5.1 2000-2004 花蓮港潮汐資料之初步整理	5-1
表 5.2 2001-2004 颱風資料列表	5-2
表 5.3 暴潮與測站距離及中心風速之相關性.....	5-5
表 6.1 波高機率分佈之最適性比較表.....	6-8
表 6.2 平時與颱風波浪特性比較表.....	6-12

第一章 緒論

1.1 前言

臺灣目前全島設置五個主要港口以發展航運，對經濟發展產生莫大助益。多變的環境現象為港灣內安定的主要影響變數之一。臺灣的地理位置正處於西太平洋颱風發生及主要行進的區域，颱風的豪雨、強風及其引起的巨浪，使臺灣海域的漁撈、航運交通、建築物、農作物遭受損害，甚至造成人員的傷亡，每年颱風的侵襲與異常波浪的發生，使得港內外之設施遭受破壞，而颱風所引起的巨浪為破壞港灣的重要因素；港內則因波浪作用影響船舶安全以及停靠作業的進行等。因此，港內之穩靜情況關係著船隻泊碇與貨物裝卸作業之管理，為了解決颱風波浪對港內外造成的影響，可從波浪之觀測與船舶動態資料分析並建立預警模式予以港灣管理單位做即時的判斷與反應。

對颱風所產生的波浪可藉由波浪推算模式預測波浪的大小及時間，而提早知道波浪可能的未來狀況，此種預警模式的預測是減少港灣及港內船隻損失的有效方法之一。目前對於波浪推算的方法多採用經驗公式配合現場資料分析，以迴歸或數值模擬方式計算。然而，此兩種方法對於中小尺度的地理位置差異並無法充分反應。而且，目前國內主要港口尚無有關港內外波浪特性與船舶動態管理機制探討的具體研究。另外，在颱風強大的波浪作用下，量測儀器可能受損或遺失，導致量測資料失去連續性，使得估計的設計波浪發生誤差，所以必須建立精確的資料補遺系統，作為港灣擴建發展及防災的重要依據。因此，如何建立觀測資料分類與分析，並進行預警系統的建置，為本研究重要的課題。所以本次計畫將利用過去研究經驗，配合類神經網路等技術，建立一個以臺灣港灣為主的颱風波浪、暴潮與船舶動態關係之模式，並針對颱風動態參數與觀測資料進行統計分析與分類，以建立有系統之颱風波浪、暴潮資料補遺，並藉由相關颱風與船舶資料之

模式，進而能提高預警防災的能力。

本計畫另外提供海氣象資料的統計與分析方法，針對實測波浪資料進行統計分析，並對缺遺之資料進行補遺。實測資料品質的提升能夠提供未來波浪推算模式或是船舶動態預警模式更好的學習資料，使國內海洋科學研究能有更好的參考資料。此外對於船舶動態預警系統在本年度提出初步的架構以及規劃，期望能利用圖形化使用者介面(GUI)來提升整體模式的操作性以及應用性。

1.2 工作內容

本研究擬針對花蓮及蘇澳港區之港內外波浪及颱風暴潮情況，收集歷年海象資料，包括波浪與潮位資料以及歷年港內船舶碇靠、離港紀錄等，並整理颱風與影響船隻動態的因子可包括：颱風路徑、颱風規模、風速、颱風中心與花蓮港之角度與颱風中心之經緯度等因素進行統計分析與特性研究。另外利用相關氣象單位及中央氣象局發佈的颱風資料，包括颱風路徑、中心氣壓、暴風半徑等以及已量測所得之現場波浪資料，驗證之前所建立的颱風波浪模式在颱風波浪資料補遺的應用性。本年度研究計畫的完整工作項目分為兩部份：

一、港區船舶動態管理特性研究

1. 針對花蓮、蘇澳港區收集颱風及波浪與船舶動態相關資料。
2. 藉由颱風規模及路徑等因素分析船舶管理之特性。
3. 分析港內外波浪特性與船舶動態之關係。
4. 分析颱風風場與暴潮特性之關係。

二、颱風波浪資料補遺分析

1. 海氣象統計計量分析模式之建立，包括觀測資料之處理、最佳化計量分析架構、分析參數之選取、模式效能評估指標等。

2. 現場資料之蒐集與分析。
3. 實例操作：以花蓮港及蘇澳港進行實例操作。
4. 模式視窗化操作之初步建構。

1.3 研究動機與文獻回顧

花蓮港為東西二防波堤圍築而成之人工港，沒有自然岬灣或灣澳的遮蔽，又因臺灣東部海底地形外海具有峽谷，地形陡峭，且在每年夏季平均約有 3 至 4 個颱風侵襲，所以，具有特殊港形的花蓮港面臨著港池震盪的問題。根據張(1996)分析花蓮港船隻動態與長波之關係中得知，每年颱風波浪造成船隻出港避風之次數高達 5 至 6 次之多，而除了強烈的風力對船隻停泊有影響外，長波所造成船隻的搖晃，亦是造成船隻斷纜或出港之主要因素，所以船隻動態與颱風波浪關係密切。往昔學者如簡和曾(1999)分析颱風資料得到颱風波浪大小與颱風行進路徑及強度規模有關。張和郭(1999)提出花蓮港在波浪週期 $T = 96\text{sec}$ 時會有明顯港池共振現象，若岸壁反射率小於 0.9 時則共振情況會緩和且當外海入射波向為 SE 之波浪對花蓮港港池靜穩定之影響最大，因此花蓮港容易受到夏季太平洋之颱風波浪或東南方向遠洋傳來之湧浪影響，造成港池不靜穩。郭(2001)提出颱風波浪的大小與颱風之規模強度 颱風風速及颱風的行進方向等有很大的關係。張和簡(2002)探討颱風期間實測波浪延時變化，其結果顯示波浪成長與颱風路徑、最大風速、中心移動度等有密切關係。因此花蓮港之船隻停泊在颱風侵臺期間目前仍面臨出港躲避湧浪之困擾。

在海岸工程的應用上，過去有許多學者利用類神經網路於預測波浪及潮汐等方面，Tsai 和 Lee(1999)應用類神經網路來預測潮位，此方法僅輸入前幾個時序列的潮汐資料，利用類神經網路非線性的預測功能，預測下一時刻的潮位，但若要再預測下一時刻潮位，則需輸入前兩個小時之實測潮位才可繼續預測潮汐水位。Kumar 和

Minocha(2001)、Mandal(2001)、Medina(2001)等學者指出 Tsai 和 Lee(1999)之模式對於工程應用方面稍嫌不足，且學習次數過少，網路架構不夠穩定等技術上的因素也影響預報之品質。謝(2000)利用類神經網路預報長時的潮汐，其輸入層為各分潮所對應之餘弦和正弦函數，其輸出層為潮汐水位，並藉由網路之權重獲得輸出層與輸入層的關係。並提出該權重即類似調和分析法之調和參數，並以此神經網路進行潮汐預測。張和曾(2001)對網路架構的測試及模式預報能力的分析，提出類神經網路的輸入變數若不包含理論潮位，則預測能力不佳；相對地，給與理論天文潮汐當輸入參數後，經由神經網路演算可得到較佳的權重和閾值，並使網路學習到整體潮位變動的趨勢，如大潮與小潮的變化，以此增加預測的精確度。李等(2002)以倒傳遞類神經網路，結合調和方程式，建立一套簡便可行的潮汐補遺推算模式。錢等人(2002)利用神經-模糊網路推算颱風波浪並建立颱風行為及氣象與颱風波浪間的關係。張和錢(2003)結合 Holland 颱風風場模型與類神經網路，建立三種不同影響參數之臺灣東部近岸颱風波浪推算模式以模擬颱風波浪。

由於港內異常波浪的產生與颱風有密切的關係，因此觀測資料的連續性及品質則成為未來資料分析及模式建構之重要基礎。此外觀測資料會因颱風發生而使觀測儀器損壞或遺失，對未來特性分析與預測模式的建立有很大的影響。本研究欲先就從花蓮港港務局的船隻動態記錄，分析其船隻動態之時間與颱風規模及位置等參數之關係，並利用類神經網路來建立花蓮港船隻異動指數之預警模式，期望可在颱風來襲之前，利用預警模式判斷船隻是否需要出港避風、何時該出港避風或是船隻是否會有斷纜等情形，以減少船隻因來不及出港避風而受損的情況。並對於資料不連續性問題，予以有效及合理的進行資料修正與補遺。

第二章 海氣象與船舶動態資料收集與分類

2.1 颱風影響船舶動態的機制

由基本的海洋物理概念中可得知，當颱風中心愈接近港灣時風力愈大，其所造成的波浪亦大，造成港池振盪愈劇烈，且愈影響船隻停泊的安全。因此，颱風強弱影響波浪大小，波浪大小影響港池之靜穩度，而港池靜穩度則關係船隻停泊或者出港避浪等不同的動態，故本節將分析足以影響船隻動態的颱風因子。另外也收集相對應於各個颱風的波浪資料進行颱風波浪的補遺研究。

簡和曾(1999)所述颱風波浪大小與颱風行進路徑及強度規模有關；而波浪是由風吹過海面而造成的，風愈大波浪亦愈高；颱風中心與花蓮港之角度影響颱風波浪是否直接侵襲花蓮港而造成花蓮港之共振，張與郭(1999)發現以外海入射波向為西南向(SE)波浪對花蓮港港池靜穩定之影響最大。張和錢(2003)發現當颱風距離推算點在 1500 公里以內時，波高隨著颱風的接近明顯升高，由此可知，波高與距離有著明顯的關係。可利用颱風中心之經緯度代表颱風距離，而當做影響船隻動態之影響因子。

由以上整理颱風與花蓮港波浪結果可知影響船隻動態的因子可包括：颱風路徑、颱風規模、風速、颱風中心與花蓮港之角度與颱風中心之經緯度等五個。下節將針對此五項颱風因子逐項詳述此五種影響船隻動態之影響因子。

2.2 影響船舶動態的颱風因子

針對前節所述之五項颱風因子，需收集颱風路徑以及颱風中心壓力等相關颱風資料推求而得。而本計畫收集颱風資料的來源，有美國 <http://www.weather.unisys.com>、Joint Typhoon Warning Center (JTWC)

及中央氣象局三個網站。以下分別詳述五項颱風因子對船舶動態的影響：

1. 颱風路徑

依中央氣象局(<http://www.cwb.gov.tw>)之颱風路徑分類法，將侵臺的颱風路徑分為九種：其中包括西行颱風部份，當颱風中心位置在東經 122°時，依不同的緯度區分為 5 種路徑，示如圖 2.1：

颱風路徑 1：颱風在 25°N 緯度以上之西行者；

颱風路徑 2：颱風在 24°-25°N 緯度間上西行者；

颱風路徑 3：颱風在 23°-24°N 緯度間西行者；

颱風路徑 4：颱風在 22°-23°N 緯度間西行者；

颱風路徑 5：颱風低於 22°N 以下西行者。

另外，以中央山脈軸線為界將北行颱風分為兩種，在東者為颱風路徑 6，在西者為颱風路徑 7，示如圖 2.2。

颱風路徑 8 則為自太平洋西行而後「東北」轉向，示如圖 2.3。

颱風路徑 9 為南海生成之颱風，示如圖 2.4。

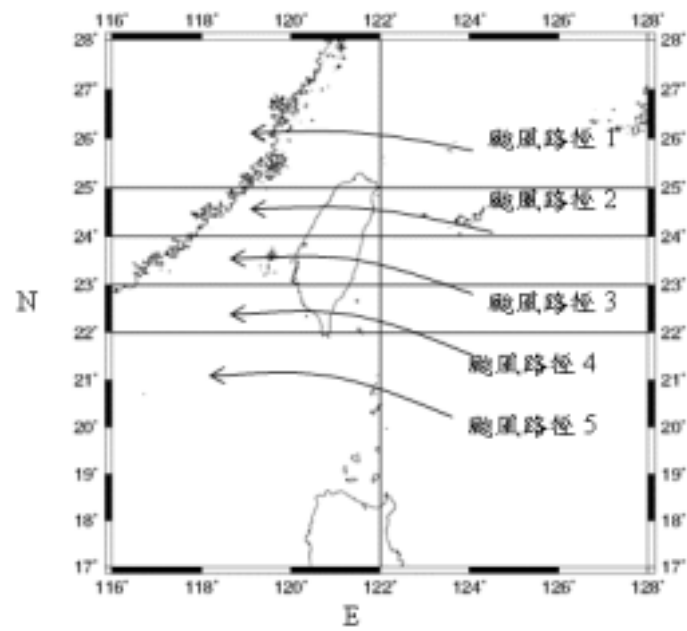


圖 2.1 中央氣象局定義五種西行颱風的路徑示意圖

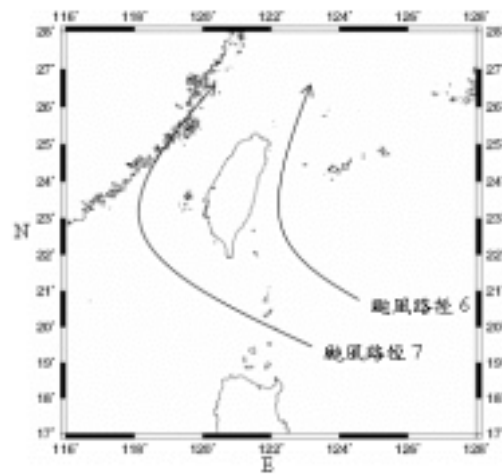


圖 2.2 中央氣象局定義兩種北行颱風的路徑示意圖

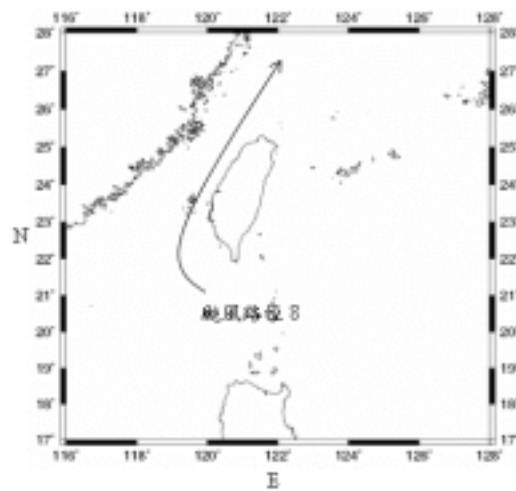


圖 2.3 中央氣象局定義颱風路徑 8 之示意圖

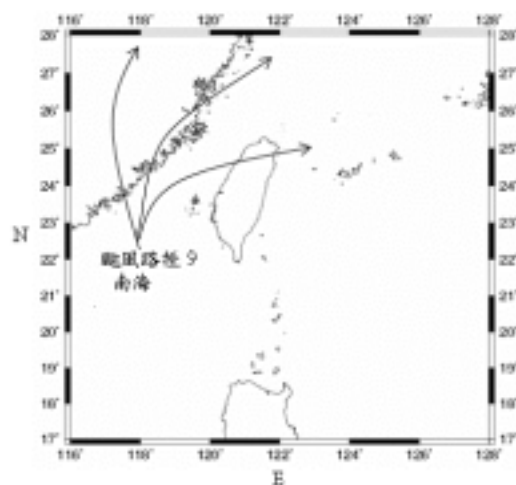


圖 2.4 中央氣象局定義颱風路徑 9 之示意圖

本文根據此九種颱風路徑分類法，花蓮港港務局提供民國 85 年至 93 年之船隻動態表中有關颱風共 60 場整理其路徑分類，如表 2.1 所示。由表 2.1 發現第 6 種路徑最多，共有 34 個；其次為第 5 種路徑有 9 個，而第 2、4、9 種路徑最少，僅各有一個。

表 2.1 研究颱風之颱風路徑歸類表

颱風路徑	颱風名稱	個數
1	溫妮 (WINNIE, 1997)、辛樂克 (SINLAKE, 2002)、蘭寧 (RANANIM, 2004)、艾利 (AERE, 2004)	4
2	賀伯 (HERB, 1996)	1
3	安珀 (AMBER, 1997)、奧托 (OTTO, 1998)、碧利斯 (BILIS, 2000)、桃芝 (TORAJI, 2001)	4
4	莫拉克 (MORAKOT, 2003)	1
5	莎莉 (SALLY, 1996)、貝絲 (BETH, 1996)、瑪姬 (MAGGIE, 1999)、山姆 (SAM, 1999)、貝碧佳 (BEBINCA, 2000) 尤特 (UTOR, 2001) 尹布都 (IMBUDO, 2003) 科羅旺 (KROVANH, 2003)、杜鵑 (DUJUAN, 2003)	9
6	魏萊特 (VIOLET, 1996)、薩恩 (ZANE, 1996)、戴兒 (DALE, 1996)、伊莎 (ISA, 1997)、歐珀 (OPAL, 1997)、彼得 (PETER, 1997) 羅西 (ROSIE, 1997) 蒂娜 (TINA, 1996) 楊妮 (YANNI, 1998)、瑞伯 (ZEB, 1998) 凱特 (KATE, 1999)、歐佳 (OLGA, 1999) 奇洛基 (KIROGI, 2000) 雷馬遜 (RAMMASUN, 2002) 科吉拉 (KUJIRA, 2003)、艾陶 (ETAU, 2003)、米勒 (MELOR, 2003)、蘇迪勒 (SOUDROR, 2003)、梅米 (MAEMI, 2003)、海燕 (HAIYAN, 2003)、盧碧 (LUPIT, 2003)、巴比崙 (PRAPIROON, 2000)、凱沙娜 (KETSANA, 2003)、舒達 (SUDAL, 2004) 妮坦 (NIDA, 2004) 康森 (CONSON, 2004) 敏督利 (MINDULLE, 2004) 梅姬 (MEGI, 2004) 佳芭 (CHABA, 2004) 納坦 (NOCK-TEN, 2004) 桑達 (SONGDA, 2004) 米雷 (MEARI, 2004)、馬鞍 (MAN-ON, 2004)、陶卡基 (TOKAGE, 2004)	34
7	葛樂禮 (GLORIA, 1996)、奇比 (CHEBI, 2001)、丹恩 (DAN, 1999)	3
8	艾文 (IVAN, 1997)、維琪 (VICKI, 1998)、象神 (XANGSANE, 2000)	3
9	芭比絲 (BABS, 1998)	1

2. 颱風規模

颱風規模乃根據 <http://www.weather.unisys.com> 中 Saffir-Simpson 之分類標準，將颱風規模依據颱風中心氣壓及最大風速分為五級，其

標準示如表 2.2，本文中依此標準將選擇的 60 場颱風分類出其颱風規模，詳見如表 2.3。由表 2.3 可知 60 場颱風在五種颱風規模的個數相當平均，各約有 9 至 15 個。

表 2.2 Saffir-Simpson 的颱風規模分類標準

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

表 2.3 研究颱風之颱風規模歸類表

颱風規模	颱風名稱	個數
1 級颱風	彼得(PETER, 1997) 楊妮(YANNI, 1998) 奧托(OTTO, 1998) 凱特 (KATE, 1999) 歐佳 (OLGA, 1999) 山姆 (SAM, 1999)、尤特 (UTOR, 2001)、莫拉克 (MORAKOT, 2003) 米勒(MELOR, 2003) 梅姬(MEGI, 2004)	10
2 級颱風	貝絲 (BETH, 1996) 葛樂禮 (GLORIA, 1996) 蒂娜 (TINA, 1997) 歐珀 (OPAL, 1997) 維琪 (VICKI, 1998) 象神 (XANGSANE, 2000) 貝碧佳 (BEBINCA, 2000) 科羅旺(KROVANH, 2003) 巴比崙(PRAPIROON, 2000) 海燕(HAIYAN, 2001) 康森(CONSON, 2004) 蘭寧 (RANANIM, 2004) 艾利 (AERE, 2004)	13
3 級颱風	薩恩(ZANE, 1996) 安珀(AMBER, 1997) 丹恩(DAN, 1999) 瑪姬 (MAGGIE, 1999) 奇比 (CHEBI, 2001) 桃芝 (TORAJI, 2001) 雷馬遜 (RAMMASUN, 2002) 艾陶 (ETAU, 2003) 納坦 (NOCK-TEN, 2004)	9
4 級颱風	魏萊特 (VIOLET, 1996) 奇洛基 (KIROGI, 2000) 杜鵑 (DUJUAN, 2003) 科吉拉 (KUJIRA, 2003) 尹布都 (IMBUDO, 2003) 蘇迪勒 (SOUDELOR, 2003) 辛樂克 (SINLAKE, 2002) 凱沙娜 (KETSANA, 2003) 舒達 (SUDAL, 2004) 敏督利 (MINDULLE, 2004) 桑達	13

	(SONGDA, 2004)、米雷 (MEARI, 2004)、陶卡基 (TOKAGE, 2004)	
5 級颱風	戴兒 (DALE, 1996) 賀伯 (HERB, 1996) 莎莉 (SALLY, 1996) 溫妮 (WINNIE, 1997) 伊莎 (ISA, 1997) 艾文 (IVAN, 1997) 羅西 (ROSIE, 1997) 瑞伯 (ZEB, 1998) 芭比絲 (BABS, 1998) 碧利斯 (BILIS, 2000) 盧碧 (LUPIT, 2003) 梅米 (MAEMI, 2003) 妮妲 (NIDA, 2004) 佳芭 (CHABA, 2004) 馬鞍 (MAN-ON, 2004)	15

3. 風速

英國海軍上將蒲福(Admiral Sir Francis Beaufort)於 1806 年所訂定的蒲福風級(Beaufort Scale)，在 1838 年採用時蒲福風級僅有十三級，目前已延伸至十八級。表 2.4 即為此十八級風所對應之風速與可能的波高範圍。由表 2.4 中可知，每級蒲福風級之對應的風浪之名稱及風速跟可能波高跟最大波高的值。觀察此表可得知，當風速越大，波高則越大，風速與波高有著明顯的關係，因此，本文將風速亦納入影響因子中。

表 2.4 風級浪高對照表

蒲福風級	名稱		風速		浪高 (公尺)	
	風	浪	每時海哩	每秒公尺	可能波高	最大波高
0	無風	-	1 以下	0 - 0.2	-	-
1	軟風	微波	1 - 3	0.3 - 1.5	0.1	0.1
2	輕風	微波	4 - 6	1.6 - 3.3	0.2	0.3
3	微風	小波	7 - 10	3.4 - 5.4	0.6	1.0
4	和風	小浪	11 - 16	5.5 - 7.9	1.0	1.5
5	清風	中浪	17 - 21	8.0 - 10.7	2.0	2.5
6	強風	大浪	22 - 27	10.8 - 13.8	3.0	4.0
7	疾風	大浪	28 - 33	13.9 - 17.1	4.0	5.5

8	大風	巨浪	34 - 40	17.2 - 20.7	6.0	7.5
9	烈風	猛浪	41 - 47	20.8 - 24.4	7.0	10.0
10	暴風	猛浪	48 - 55	24.5 - 28.4	9.0	12.5
11	狂風	狂濤	56 - 63	28.5 - 32.6	11.5	16.0
12	颶風	狂濤	64 - 71	32.7 - 36.9	14.0	16 以上
13	颶風	狂濤	72 - 80	37.0 - 41.4	14 以上	16 以上
14	颶風	狂濤	81 - 89	41.5 - 46.1	14 以上	16 以上
15	颶風	狂濤	90 - 99	46.2 - 50.9	14 以上	16 以上
16	颶風	狂濤	100 - 109	51.0 - 56.0	14 以上	16 以上
17	颶風	狂濤	109 - 118	56.1 - 61.2	14 以上	16 以上

4. 颱風中心與花蓮港之角度

颱風中心與花蓮港之角度影響颱風所引起之波浪是否直接侵襲花蓮港而造成花蓮港之共振。本文定義颱風中心及花蓮港連線與花蓮港緯度線之夾角，如圖 2.5 所示，代表颱風中心位在花蓮港的方向，並以花蓮港之緯度線為界取順時針為正。若 $-90^\circ < \theta < 0^\circ$ 時，表示颱風位於花蓮港之東北方；而若 $90^\circ < \theta < 180^\circ$ 時，則表示颱風位於花蓮港之西南方，及 $-180^\circ < \theta < -90^\circ$ 時，表示颱風於花蓮港之西北方，在上述三種角度之颱風所產生之波浪均不易傳入花蓮港內而引起港池共振。當颱風中心與花蓮港之東南方時，影響花蓮港較大。

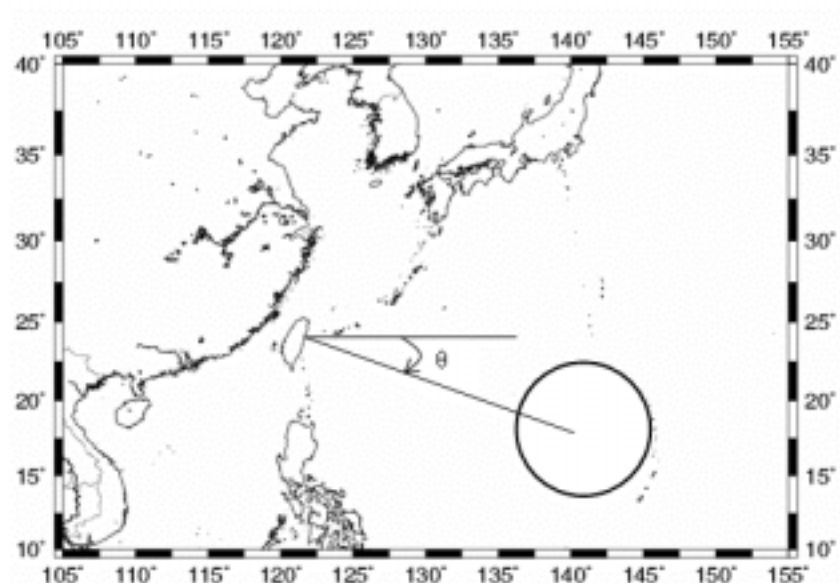


圖 2.5 颱風中心與花蓮港之方位角度示意圖

5. 颱風中心之經緯度

張和錢(2003)整理分析颱風中心位置距離觀測站的距離與觀測站的指示波高的關係圖，如圖 2.6 所示。圖 2.6 可以發現當颱風距離推算點在 1500 公里以上時波高與颱風無明顯關係，若在 1500 公里以內則波高與距離有著明顯的關係。

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

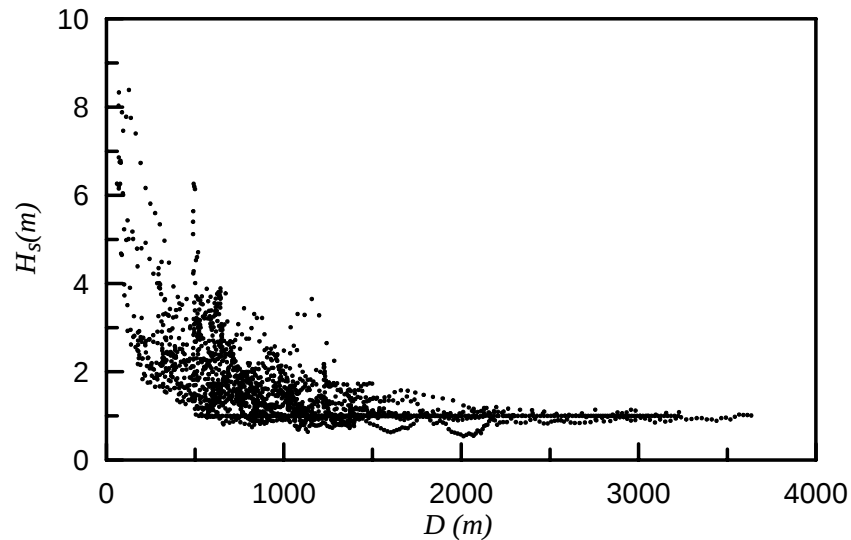


圖 2.6 颱風距離與觀測站指示波高關係

2.3 船隻異動指數

根據花蓮港港務局所公布的船隻動態表，表中記錄了由民國 85~93 年之船隻動態表，包括颱風來臨之時間、颱風名稱、颱風中心之經緯度、行進方向速度、七級風半徑、十級風半徑、中心最大風速、瞬間最大風速及船隻的動態等資料。本文整理此表可發現，在颱風來臨期間，共分成四種船隻動態分別為(1)對港及船隻皆未造成影響；(2)港內產生湧浪但未影響船隻裝卸作業；(3)船隻出港避風未造成斷纜及；(4)船隻斷纜等情形。本文根據此四種船隻動態，依對船隻異動之嚴重性，將定義為四個等級的船隻異動指數(Index for ship escape, ISE)。

船隻異動指數 1：花蓮港內之船隻與其裝卸作業皆未受影響。

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

船隻異動指數 3：產生之湧浪大到船隻需出港避風，才能免除斷纜的可能。

船隻異動指數 4：船隻產生了斷纜。船隻發生斷纜可能造成船隻在港內任意漂泊進而造成船隻更嚴重之船隻異動，如可能與

港內其他之船隻產生破撞等，因此，我們將斷纜歸於最嚴重之船隻異動指數 4。

根據此 4 個船隻異動指數，將本文選擇的 60 個颱風加以分級，示如表 2.5。由表 2.5 可知 60 場颱風中有 24 場造成船隻的斷纜，有 10 場颱風對船隻沒有造成影響，13 場颱風有湧浪的產生，13 場颱風船隻需出港避風的情形。

表 2.5 研究颱風之船隻異動指數歸類表

船隻異動指數	颱風名稱	個數
1	貝絲(BETH, 1996) 維琪(VICKI, 1998) 凱特(KATE, 1999)、 貝碧佳 (BEBINCA, 2000)、 巴比崙 (PRAPIROON, 2000) 海燕 (HAIYAN, 2001) 凱莎娜 (KETSANA, 2003) 康森 (CONSON, 2004)、 蘭寧 (RANANIM, 2004)、 梅姬 (MEGI, 2004)	10
2	彼得(PETER, 1997) 蒂娜(TINA, 1997) 楊妮(YANNI, 1998) 丹恩 (DAN, 1999) 辛樂克 (SINLAKE, 2002) 莫拉克 (MORAKOT, 2003)、 科羅旺 (KROVANH, 2003) 科羅旺 (KROVANH, 2003) 梅米 (MAEMI, 2003) 妮妲 (NIDA, 2004) 佳芭 (CHABA, 2004) 米雷 (MEARI, 2004) 馬鞍 (MA-ON, 2004)	13
3	魏萊特 (VIOLET, 1996、) 戴兒 (DALE, 1996) 羅西 (ROSIE, 1997) 瑪姬 (MAGGIE, 1999) 山姆 (SAM, 1999) 奇洛基 (KIROJI, 2000) 奇比 (CHEBI, 2001) 尤特 (UTOR, 2001) 柯吉拉 (KUJIRA, 2003) 杜鵑 (DOJUAN, 2003)、 米勒 (MELOR, 2003)、 舒達 (SUDAL, 2004)、 桑達 (SONGDA, 2004)、 納坦 (NOCK-TEN, 2004)	13
4	葛樂禮 (GLORIA, 1996) 賀伯 (HERB, 1996) 莎莉 (SALLY, 1996) 薩恩 (ZANE, 1996) 伊莎 (ISA, 1997) 歐珀 (OPAL, 1997) 溫妮 (WINNIE, 1997) 安珀 (AMBER, 1997) 艾文 (IVAN, 1997) 奧托 (OTTO, 1998) 瑞伯 (ZEB, 1998) 芭比絲 (BABS, 1998) 歐佳 (OLGA, 2000)、 碧利斯 (BILIS, 2000)、 象神 (XANGSANE, 2000) 桃芝 (TORAJI, 2001) 雷馬遜 (RAMMASUN, 2002) 蘇迪勒 (SOUDELOR, 2003) 尹布都 (IMBUDO, 2003) 艾陶 (ETAU, 2003) 盧碧 (LUPIT, 2003) 敏督利 (MINDULLE, 2004) 艾利 (AERE, 2004) 陶卡基 (TOKAGE, 2004)	24

第三章 颱風與船舶動態特性分析

3.1 颱風規模對船舶動態的影響

依據花蓮港務局提供民國 85 至 93 年的船隻動態表，表中記載著颱風發生之時間、颱風名稱、颱風中心之經緯度、行進方向速度、七級與十級風半徑、颱風中心與瞬間最大風速及船隻的動態等資料。經過分析此船隻動態表得知，熱帶性低氣壓均未對花蓮港船隻造成影響，因此，研究中所選擇之研究對象為颱風規模 1 至颱風規模 5 共 62 個之颱風。

經由整理分析花蓮港所提供之船隻動態表得知，凡是沿著花蓮港通過或直接穿過花蓮港之颱風，船隻若未出港避風，則會發生斷纜，如安珀(Amber, 1997)、瑞伯(Zeb, 1998)、象神(Xangsane, 2000)、桃芝(Toraji, 2001)，其路徑見附錄 1。

表 3.1 為整理颱風規模 4 與颱風規模 5 颱風之船隻異動指數，由表 3.1 可知，在颱風規模 4 以上之颱風其船隻異動指數除了辛樂克(Sinlake)、妮坦(NIDA)、凱莎娜(KETSANA)及梅米(Maemi)為 2 以下，其餘皆為 3 以上，因此，船隻在颱風規模 4 以上之颱風來襲之時，則需出港避風。

表 3.1 颱風規模 4 與颱風規模 5 各個颱風之船隻異動指數

颱風規模 4				颱風規模 5			
颱風名	船隻異動指數	颱風名	船隻異動指數	颱風名	船隻異動指數	颱風名	船隻異動指數
杜鵑	3	陶卡基	4	溫妮	4	莎莉	4
柯吉拉	3	凱莎娜	1	伊莎	4	艾文	4
奇洛基	3	舒達	3	戴兒	3	芭比絲	4

魏萊特	3	桑達	3	盧碧	4	梅米	2
尹布都	4	米雷	4	瑞伯	4	妮妲	2
蘇迪勒	4			羅西	3	馬鞍	4
辛樂克	2			賀伯	4	佳芭	5
敏督利	4			碧莉絲	4		

3.2 颱風距離對船舶動態的影響

簡及曾(1999)定義波浪開始明顯增大之時間，當做增大起始時刻，並計算此起始時刻至波高達到最大時之時間間距為增大作用時間；同樣選取波高開始明顯消退之時間當做消退起始時刻，並計算此起始時刻至波高消退回復至平常波高值之時間當做消退作用時間，而颱風波浪之總作用時間則為兩者之總合。簡及曾(1999)指出花蓮港之颱風波浪的總作用時間大部份為 1 至 2 日，本文將附錄 1 之船隻動態中記錄之湧浪產生、船隻出港及船隻斷纜之時間往前推算兩日，當做颱風波浪影響花蓮港船隻停泊之起始點。本文將船隻停泊受颱風波浪影響之起始點與產生船隻異動之時間調整成格林威治時間(GMT)後，且對照當時颱風之經緯度，繪製出不同颱風規模所產生船隻異動點之可能區域，分別示如圖 3.1 至圖 3.5。

由圖 3.1 至圖 3.5 中可知，在颱風規模為 3 以下時，需較靠近花蓮港才會有船隻可能需出港避難或斷纜的可能，但在颱風規模 4 跟颱風規模 5 時，卻從東經 125° 開始就產生了船隻異動，比較圖 3.1 至圖 3.5 可知，颱風規模越大者，其船隻異動之區域離花蓮港越遠，即越早產生船隻異動。因圖 3.2 的颱風規模 2，由於颱風之筆數不多，因此，亦較難觀察出此規則。另外使花蓮港產生船隻異動指數為 2 以上之颱風，皆位於花蓮港之東南方。由圖 3.1 可知颱風規模 1 之船隻異動區域位於東經120°至東經135°及北緯14°至北緯22.5°；由圖 3.2 可知，颱風規模 2 之船隻異動區域位於東經125°至東經135°及北緯14°至北緯21°；由圖

3.3 可知，颱風規模 3 之船隻異動區域位於東經 122.5° 至東經 135° 及北緯 14° 至北緯 22.5° ；由圖 3.4 可知，颱風規模 4 之船隻異動區域位於東經 125° 至東經 136° 及北緯 12.5° 至北緯 22° ；由圖 3.5 可知，颱風規模 5 之船隻異動區域位於東經 125° 至東經 137° 及北緯 12° 至北緯 23° 。綜合上述颱風產生船隻異動區域大約在東經 120° 至東經 138° 及北緯 10° 至北緯 23° 。因此，本研究將此影響船隻異動的颱風所在範圍定於東經 $120^{\circ} \sim 140^{\circ}$ 、北緯 $10^{\circ} \sim 25^{\circ}$ 之間，且此範圍亦為本模式模擬學習時選擇的颱風。

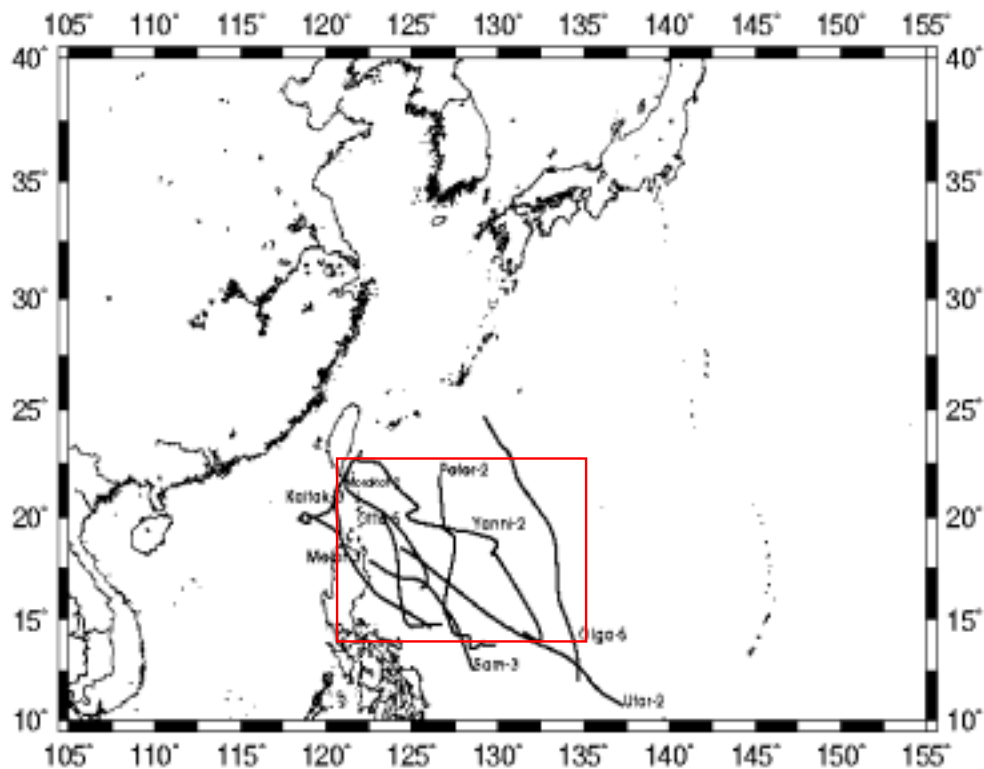


圖 3.1 颱風規模 1 影響船隻異動的範圍

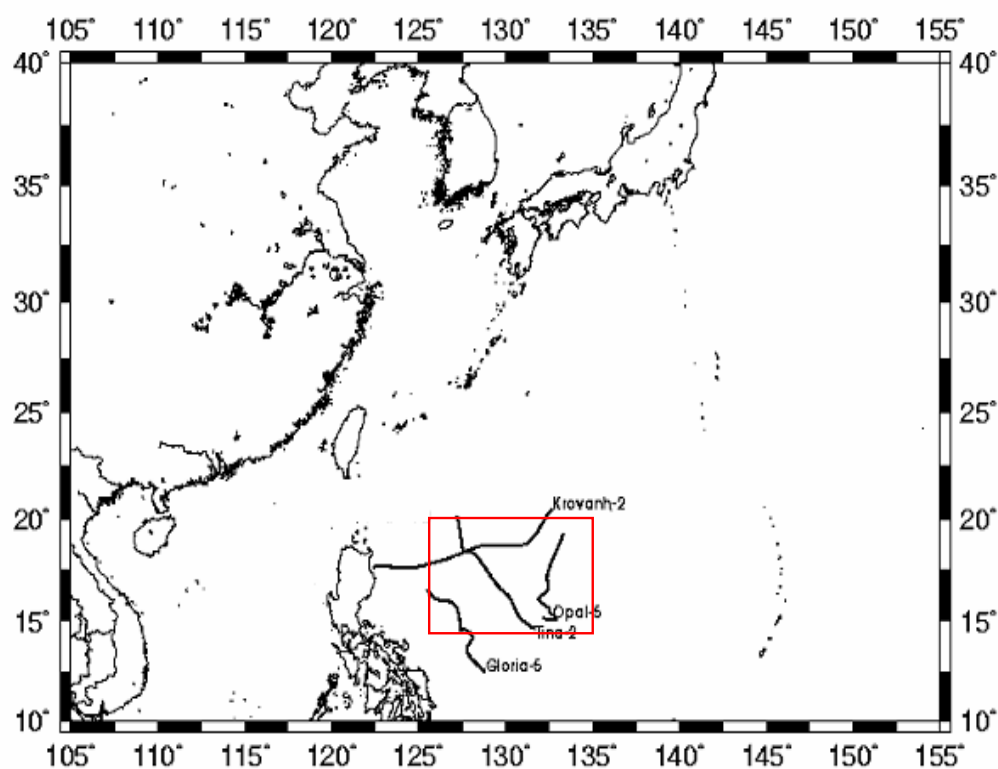


圖 3.2 颱風規模 2 影響船隻異動的範圍

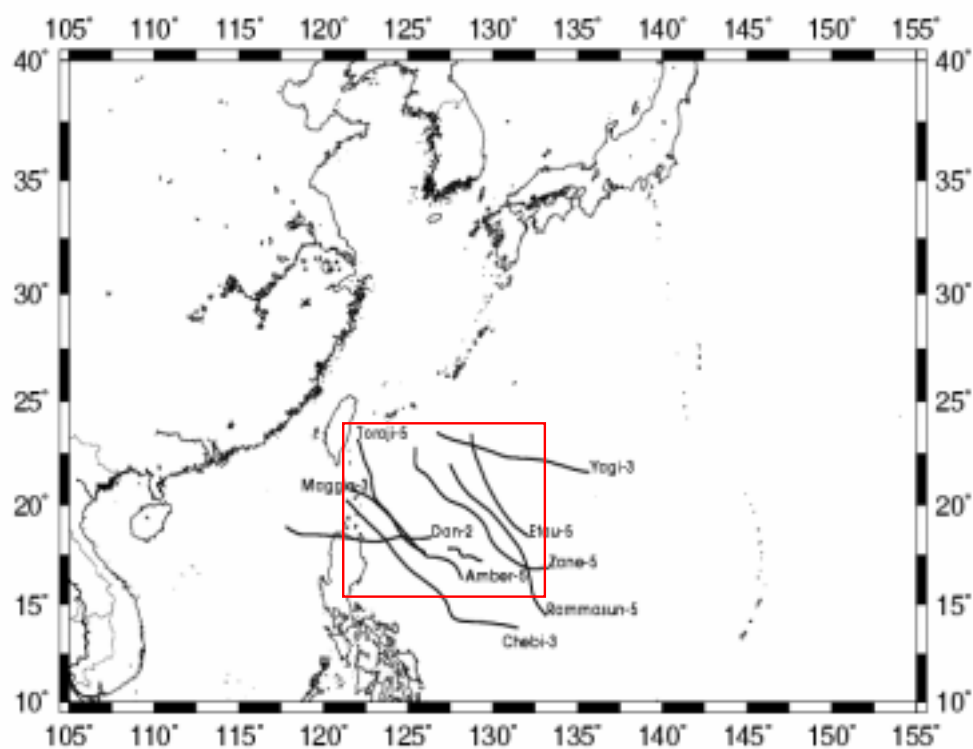


圖 3.3 颱風規模 3 影響船隻異動的範圍

3.3 港內外波浪特性與船舶動態之關係

颱風事件發生時，颱風中心的風力越大，波浪亦大，颱風經由臺灣東部海面靠近花蓮港，湧浪的行進加上港灣內部的振盪並進而影響船隻停泊之安全，因此本文探究颱風影響港內船隻動態之關係。預期利用類神經網路建立花蓮港船隻異動指數的預警模式。本研究為探討港內外波浪與船舶動態的關係，因此收集港灣技術中心(IHMT) 波浪資料份，分別為（1996-2003）花蓮港外與花蓮港內數據。對應船隻異動指數由 1996 開始，故此收集之波浪數據則以 1996 年為起點。波浪資料進行初步整理得到相對應之示性波高 $H_{1/3}$ 與示性週期 $T_{1/3}$ 。其選取的時間為颱風因素所引至之船舶異動事件時間。

在颱風資料中，本研究收集了 1996-2004 共 68 個颱風資料。而根據預警模式之分類，將船隻異動指數分成四個等級，船隻異動指數 1 有 26 個颱風、船隻異動指數 2 有 8 個颱風、船隻異動指數 3 有 13 個颱風、船隻異動指數 4 有 21 個颱風。現有的波浪數據於港內資料，目前只收集 7 個颱風事件資料示如表 3.2，港外資料則示如表 3.3。表 3.2 及表 3.3 以颱風發生先後之順序排序，並列出相關船隻異動指數及示性波高及週期。

表 3.2 颱風期間港內波浪特性與船隻異動指數表

颱風名稱	級數	$H_{1/3}(m)$	$T_{1/3}(s)$
海燕 (HAIYAN,2001)	1	1.49	5.41
諾古力 (NOGURI,2002)	1	0.14	13.25
柯吉拉 (KUJIRA,2003)	3	0.23	15.58
南卡 (NANGKA,2003)	1	0.10	11.66
蘇迪勒 (SOUDELOR,2003)	4	1.37	13.32
尹布都 (IMBUDO,2003)	4	0.54	13.13
莫拉克 (MORAKOT,2003)	2	0.08	12.10

表 3.3 颱風期間港外波浪特性與船隻異動指數表

颱風名稱	級數	H _{1/3} (m)	T _{1/3} (s)	颱風名稱	級數	H _{1/3} (m)	T _{1/3} (s)
葛樂禮 (GLORIA,1996)	4	2.08	8.90	葛樂禮 (GLORIA,1999)	1	1.25	7.30
賀伯 (HERB,1996)	4	2.76	13.20	丹瑞 (DAMREY,2000)	1	1.03	7.40
貝絲 (BETH,1996)	1	1.57	7.30	龍王 (LONGWANG,2000)	1	0.80	6.10
依莎 (ISA,1997)	4	2.04	10.80	碧利斯 (BILIS,2000)	4	0.50	7.40
里維 (LEVI,1997)	1	1.01	6.90	寶發 (BOPHA,2000)	1	0.76	6.20
歐珀 (OPAL,1997)	4	0.71	6.60	雅吉 (YAGI,2000)	3	0.74	7.30
彼得 (PETER,1997)	2	2.24	9.90	象神 (XANGSA,2000NE)	4	1.60	7.10
羅西 (ROSIE,1997)	3	1.49	9.30	貝碧佳 (BEBINCA,2000)	1	1.30	7.20
溫妮 (WINNIE,1997)	4	2.98	14.50	西馬隆 (CIMARON,2001)	1	2.75	6.50
安珀 (AMBER,1997)	4	2.27	12.10	納莉 (NARI,2001)	1	1.53	7.70
艾文 (IVAN,1997)	4	3.14	12.42	利奇馬 (LEKIMA,2001)	2	2.15	7.00
奧托 (OTTO,1998)	4	2.29	9.45	海燕 (HAIYAN,2001)	1	2.83	6.80
維琪 (VICKI,1998)	1	1.16	6.46	諾古力 (NOGURI,2002)	1	0.53	6.60
楊妮 (YANNI,1998)	2	3.02	8.27	雷馬遜 (RAMMASUN,2002)	4	0.75	5.90
瑞伯 (ZEB,1998)	4	3.29	10.22	辛樂克 (SINLAKU,2002)	1	1.28	7.30
芭比絲 (BABS,1998)	4	3.39	11.66	南卡 (NANGKA,2003)	1	0.65	9.795
費絲 (FAITH,1998)	1	2.24	8.64	蘇迪勒 (SOUDELOR,2003)	4	1.20	11.50
山姆 (SAM,1999)	3	0.35	7.40	莫拉克 (MORAKOT,2003)	2	0.15	10.55
丹恩 (DAN,1999)	2	0.79	7.20				

本研究將表 3.2 及表 3.3 之波浪及船隻異動指數進行相關性分析，示如圖 3.6 及圖 3.7，圖 3.6 及圖 3.7 為港外波浪之分析，本文並利用相關係數 R^2 做為評估相關與否之參數，其數值介於 0 與 1 之間，當相關性越接近 1 時即代表兩者相關性較顯著。礙於港內波浪資料只收集至 7 個颱風事件，以至於無法分析其船隻異動指數之相關性，本研究將於未來加強資料分析及整理，以分析港內波浪與船隻異動指數的關係。

由圖 3.6 可知船隻異動指數與示性波高之相關係數 R^2 約為 0.10。圖 3.7 則為港外示性週期與船隻異動指數之相關性分析，其相關係數 R^2 約為 0.33。由圖 3.6 可知船隻異動指數為 1 時，示性波高發生區間為 0.10~2.83 公尺、船隻異動指數為 2 時，示性波高發生區間為 0.08~3.02 公尺、船隻異動指數為 3 時，示性波高發生區間為 0.23~1.49 公尺、船隻異動指數為 4 時，示性波高發生區間為 0.5~3.39 公尺，其中以船隻異動指數為 4 的波高分布範圍最廣，其區間值約為 2.89 公尺。

由圖 3.7 可知船隻異動指數為 1 時，示性週期發生區間為 5.41~13.25 秒、船隻異動指數為 2 時，示性週期發生區間為 7~12.1 秒、船隻異動指數為 3 時，示性週期發生區間為 7.3~15.58 秒、船隻異動指數為 4 時，示性週期發生區間為 5.9~14.5 秒，其中以船隻異動指數為 4 的週期分布範圍最廣，其區間值約為 8.6 秒。

由圖 3.6 及圖 3.7 之颱風波浪與船隻異動指數之相關分析，顯示船隻異動指數於颱風事件發生時之波高與週期並非集中於某區間，而是分散於較廣泛的範圍，由此可知由波浪特性較無法明顯判斷與船隻異動指數的關係。其結果與颱風規模之船隻異動指數分析有相同的特性，船隻異動指數越高，則波浪特性或颱風規模並非呈線性增加。其原因可能為當時船舶管理為避免災害發生而進行相關船隻異動措施，因此於未來將篩選船隻異動指數並以颱風規模及波浪特性進行類神經網路的模式之建立。

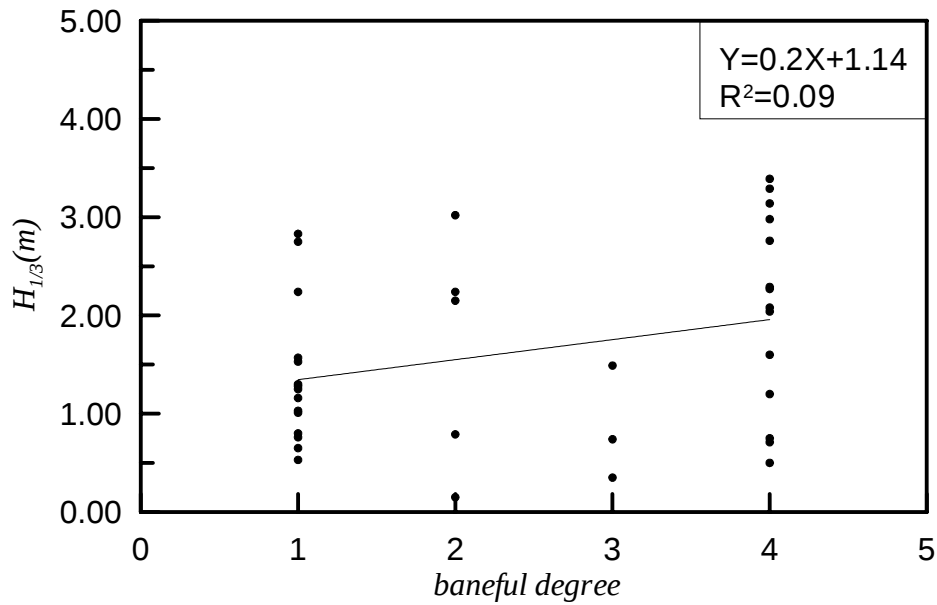


圖 3.6 船隻異動指數與港外示性波高相關性分析

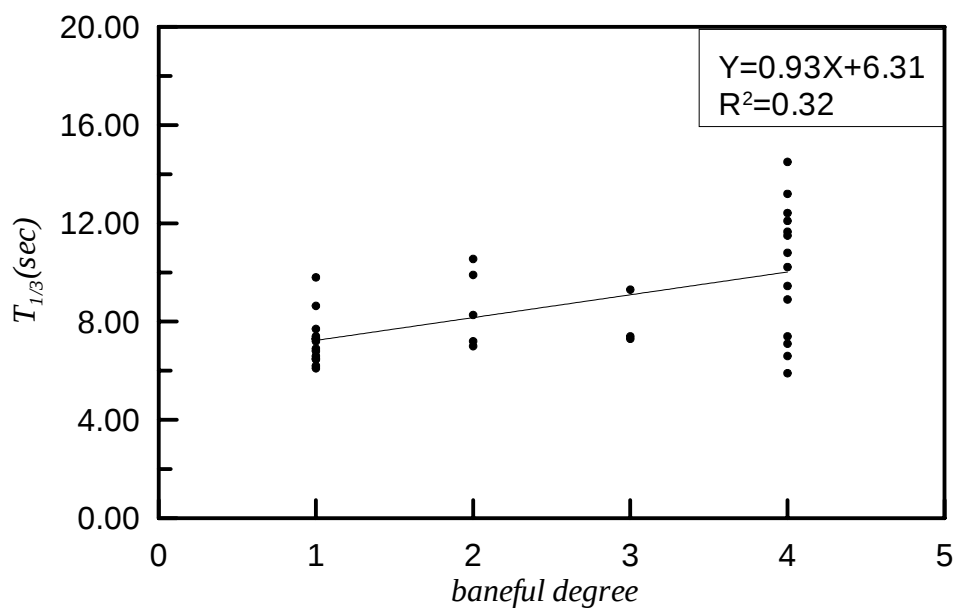


圖 3.7 船隻異動指數與港外示性週期相關性分析

3.4 模式視窗化操作之初步建構

海氣象資料經過統計與分析後配合船舶動態資料即可進行類神經網路模式的建立。本開發團隊至今已進行模式之建立，其成效以及精度尚需改善，而對於模式的操作性以及功能本計畫在此提出以圖形化

使用者介面(Graphical User Interface)加以提升其操作性以及應用性。對於一般應用程式的使用者而言，在完全沒有程式開發基礎的情況下，想要使用一套工程或研究人員所開發的程式或是模式來說，是相當困難的。所以在本年度的工作項目中有一部分為開發船舶動態預警模式的圖形化使用者介面。此介面是以考慮未來船舶動態預警模式建立完成後的各項功能以及各輸出資料來開發，以人性化的操控介面整合而成。此外由於 MATLAB 的開發環境已具備類神經網路的開發工具組，故將圖形化使用者介面建立在 MATLAB 的環境中。在介面外觀方面，採用類似一般使用者常接觸的 Windows 介面樣式來作設計，圖形化的表現能提升本介面與使用者之間的互動。而此介面的建立與整合，可視為未來發展全自動監測預警系統的前置研究。

本研究初步構想的圖形化使用者介面有三個主要目標，詳述於下：

1. 擴展使用者族群

近年來在專業領域中的應用程式開發，不論是在任何一種作業平臺上，都開始趨向於採用對於使用者較為友善的圖形化介面。其目的除了介面視覺上的美觀之外，還能由圖示選項來代替原本程式操作所需要用的指令。如此一來可使原本颱風波浪預報模式的使用者，由原本所需要的富有程式操控能力且有颱風波浪相關知識的工作人員，擴展到擁有颱風波浪相關知識的工作人員。使得本模式的使用範圍更為廣泛，使用者所需具備的程式操控能力限制將會大幅降低。詳細的圖形介面以及完整的說明文件可以讓不具有程式語言能力的使用者輕鬆地就可以利用本介面進行颱風波浪的預測與評估。使用者只要熟練滑鼠的基本操作(單擊、雙擊、拖曳)，就可以完成所有的操作指令。

2. 增加模式操作性

在模式中輸入資料以備妥的情況下，本圖形化介面只需使用滑鼠的點選即可完成整個颱風波浪的預測工作(包含資料輸入至結果輸出)。搭配輸入資料狀態視窗，可以清楚地列出輸入資料的長度，加上

中文化介面以及完整的說明文件，提昇本介面的親和力。介面中的開發環境是以目前一般使用者所熟稔的 Windows 系統為基礎，滑鼠的點擊、鍵盤的快速鍵操作以及開啟檔案的檔案列表，都是與 Windows 系統相同。使用者只要能夠具備有 Windows 的基本操作觀念甚至不需要操作手冊就可以對本介面輕鬆上手。這也使得本介面不像一般專業工程應用軟體一般令人感到困難。

3. 提升未來自動化環境可行性

本介面的開發不但提供使用者在操作上的便利，並且在開發過程中整合了整個模式的運作。整合後的模式可提升對於未來自動化環境的配合度。未來可應用於提供網頁即時海象及船舶預報，可以在無人操作的環境中直接擷取颱風觀測資料並同時以該伺服器作即時發布。

結合以上三個目標，本研究將圖形化使用者介面初步架構如圖 3.8 所示。本介面目前暫時以颱風風速資料以及颱風位置資料當作輸入資料，進去介面後自動計算轉換為所需之颱風特性，例如颱風規模、颱風與測站距離、颱風入侵方位角以及颱風移動速度等參數。輸入並計算所須之參數後介面自動進行輸入資料的繪圖以及資料檢核，待檢核無誤後即可推算出颱風對於港內船舶的影響危險層級。以上為圖形化使用者介面目前的初步規劃，在模式完成後能夠更詳細的規劃輸出資料類型是否包含波浪預測或是暴潮資料預測以及其他功能。

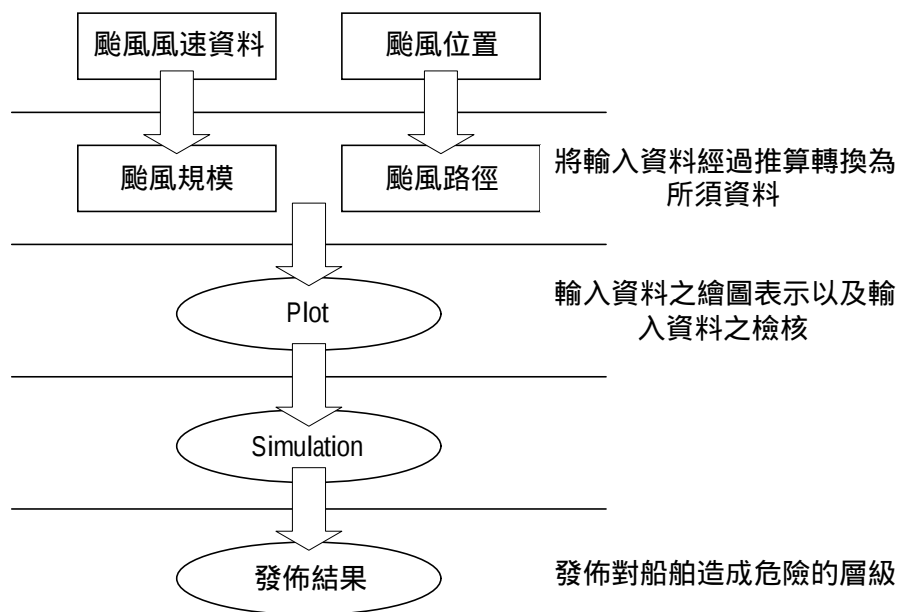


圖 3.8 GUI初步建構圖

第四章 颱風波浪資料之補遺

4.1 類神經網路預報模式架構

不論參數形式的經驗公式或是數值計算模式，在考量特殊颱風行為以及對於推算模式的推算誤差都必須對參數或是模式做適當的修正，又因為大部分推算誤差的產生不具規則性，影響因素也不易有效分離或解析，所以推算模式修正的過程往往相當複雜，效果也相當有限。在這一方面，類神經網路模式的自我修正能力相當的好，每次的推算誤差都可以藉由學習的過程，修正模式內各個輸入參數與輸出值的關係。

考量觀測的颱風以及氣象環境資料的不確定性及不準確性、波浪交互作用的複雜性、小尺度的區域特性，要達到計算快速及準確需要付出極大的成本，本研究由推算單一測站的颱風波浪著手，以類神經網路結構計算的方式，提高計算結果準確性的能力，降低相關計算的成本。

類神經網路預報模式系統以目前較常使用的波浪預報模式包括數值模式及參數模式作為建構的基礎，參考的預報模式整理如下：

1.WAM、WW3 能量守恆二維條件下波譜 $N(t, \phi, \theta, \lambda)$ 其關係式為：

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{1}{\cos \phi} \frac{\partial}{\partial \phi} (\dot{\phi} N \cos \theta) + \frac{\partial}{\partial \lambda} (\dot{\lambda} N) + \frac{\partial}{\partial \theta} (\dot{\theta} N) = \frac{S}{\sigma} \quad (4.1)$$

其中 θ 是波浪方向、 ϕ 、 λ 是經度及緯度， $\dot{\phi}$ 、 $\dot{\lambda}$ 是群波速度在經度及緯度方向的分量， $\dot{\theta}$ 為波浪方向改變率， S 是能量的交換總和，組成的內容為：

$$S = S_{in} + S_{nl} + S_{ds} + S_{bot} \dots\dots\dots (4.2)$$

S_{in} 為風波作用項， S_{nl} 為波波間非線性交互作用項， S_{ds} 為波浪能量散逸，包括白沫現象或是碎波， S_{bot} 來自底床摩擦的能量消耗。

2. Bretshneider(1976)提出推算滯留颱風波浪之方法為

$$H_s = K' \sqrt{R\Delta P} \quad \dots\dots\dots (4.3)$$

其中 H_s 為最大風速處之示性波高，其單位為 m ， K' 值為 Ω 、 $\sin \phi$ 、 R 及 V_{max} 之函數，經迴歸分析其結果可表為

$$K' = 0.3335 - 0.4493(X) + 0.4346(X)^2 - 0.153(X)^3 \quad \dots\dots\dots (4.4)$$

$$X = \frac{2\Omega R \sin \phi}{V_{max}} \quad \dots\dots\dots (4.5)$$

當颱風移動速度為 V_f 時(m/s)則風速增加，移動颱風中最大風速處之波高則修正為

$$H'_s = H_s \left(1 + \frac{V_f \cos(\theta + \beta)}{2V_{max}} \right) \quad \dots\dots\dots (4.6)$$

θ 為等壓切線與颱風移動方向之夾角， β 為傾斜風向中心之夾角。

至於颱風內之波高，則由颱風內示性波高等值分佈圖之相對位置查比值即得該區域波高。波浪週期 T_s 與 H_s 及風速關係如下

$$T_s = 0.734 V_{max} \tanh \left[1.07 \tanh^{-1} \left(\frac{34.81 H_s}{V_{max}^2} \right)^{0.6} \right] \quad \dots\dots\dots (4.7)$$

3. 根據美國海岸保護手冊(1984)，當颱風緩慢移動時，風域內最大示性波高及其週期，與能量指標 $R\Delta p$ (Energy Index) 有關，其公式為

$$H_{\frac{1}{3}} = 5.03e^{\frac{R\Delta p}{4700}} \left[1 + \frac{0.29V_f}{\sqrt{V_{\max}}} \right] \dots\dots\dots(4.8)$$

$$T_{\frac{1}{3}} = 8.60e^{\frac{R\Delta p}{9400}} \left[1 + \frac{0.145V_f}{\sqrt{V_{\max}}} \right] \dots\dots\dots(4.9)$$

式(4.8)及式(4.9)中， $H_{\frac{1}{3}}$ 單位為 m ， $V_{\max}$ 為海面上 10 公尺處之最大風速，其單位為 m/s 。 $V_{\max}$ 可由下式求得

$$V_{\max} = 0.387(14.5\Delta p^{\frac{1}{2}} - 0.62R\Omega \sin \phi) + 0.5V_f \dots\dots\dots(4.10)$$

至於颱風圈內其他各處之示性波高分佈，可由緩慢移動颱風內示性波高等值分佈圖(Coastal Engineering Manual, 2005)依相對座標位置查出相對波高值，再乘以最大示性波高即可得移動颱風內之波高，而此處波浪週期則可由式(4.11)表示

$$T_{\frac{1}{3}} = 3.83\sqrt{H_{\frac{1}{3}}} \dots\dots\dots(4.11)$$

4.Young(1988)利用颱風最大風速 $V_{\max}$ (m/s)，颱風移動速度 V_f (m/s)，等效風域吹送距離 F (m)以及颱風最大風速半徑 R (m)組合計算風域內最大示性波高，

$$\frac{F}{R'} = aV_{\max}^2 + bV_{\max} + cV_f^2 + dV_{\max} + eV_f + f \dots\dots\dots(4.12)$$

其中係數 $a = -2.17 \times 10^{-3}$ ， $b = 1.506 \times 10^{-2}$ ， $c = -1.223 \times 10^{-1}$ ， $d = 2.190 \times 10^{-1}$ ， $e = 6.737 \times 10^{-1}$ ， $f = 7.980 \times 10^{-1}$ ，而 R' 可由最大風速半徑 R 計算而得：

$$R' = 22.5 \times 10^3 \log R - 70.8 \times 10^3 \dots\dots\dots(4.13)$$

假設波浪的組成符合 JOSNWAP 的形式，在風域內最大風速所產生的最大示性波高可以表示為：

$$\frac{gH_s}{V_{\max}^2} = 0.0016 \left(\frac{gF}{V_{\max}^2} \right)^{0.5} \dots\dots\dots(4.14)$$

5.美國海岸工程手冊(2005) (Coastal Engineering Manual, 2005)除了配合利用 Young(1988)的半經驗公式外，配合模擬緩慢移動風場的波浪分佈圖表如圖(4.1)，即可獲得風域內波浪分佈。

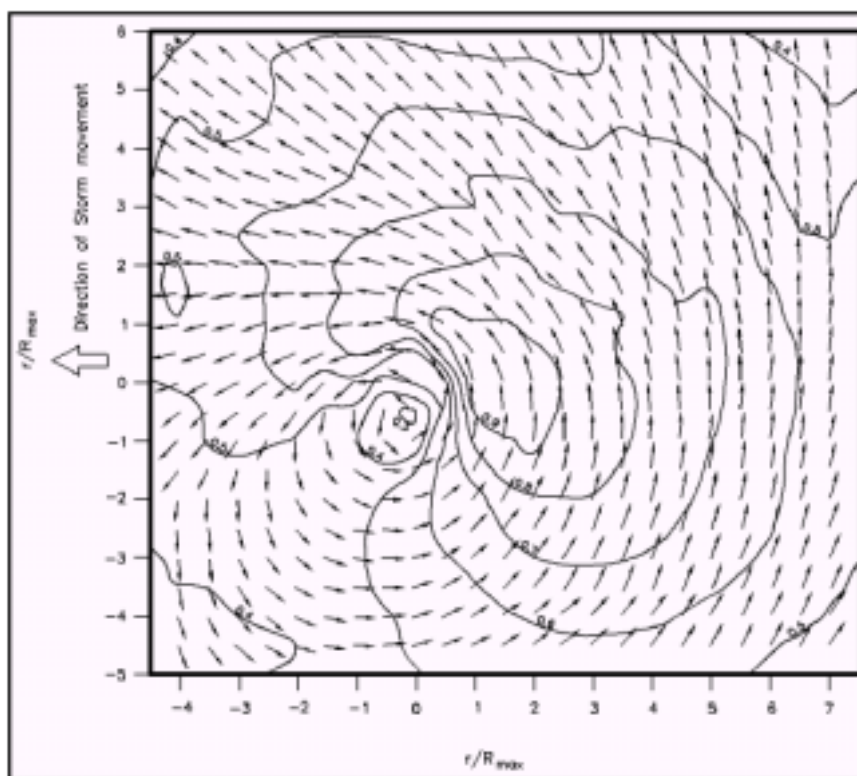


圖 4.1 緩慢移動颱風內示性波高等值分佈圖(Coastal Engineering Manual, CEM, 2005)

6.Global Guide to Tropical Cyclone Forecasting(Bureau of Meteorology Research Centre)估算颱風近中心最大風速的最大示性波高為：

$$H_s = 0.20(p_n - p_c) \dots\dots\dots(4.15)$$

p_n 為颱風外環境大氣壓， p_c 為颱風中心氣壓（hPa）

觀察公式(4.1)至(4.15)可以發現，推算過程中輸入資料的正確性以及完整性相當重要，如海底地形資料、颱風規模及風場變化、波浪的交互作用及能量的消散等，若將各個公式影響颱風波浪的因素整合，並考慮波浪推算位置海面 10 公尺高的風速 V_{10} ，颱風波浪示性波高的變化可以表示為：

$$H_s(t) = f_h(\Delta p, V_{\max}, V_f, V_{10}, R, \phi, \lambda, S_{in}, S_{nl}, S_{ds}, S_{bot}, t) \dots\dots\dots(4.16)$$

式(4.16)中， Δp 、 $V_{\max}$ 、 V_f 、 V_{10} 、 R 、 S_{in} 主要是描述颱風風場與波浪推算位置關係的參數，如果利用參數式颱風模型則可將這 6 個參數整合於颱風模型中，而颱風模型計算颱風風場所需的主要參數為 V_f 、 Δp 或 $V_{\max}$ ，而 R 、 V_{10} 或 S_{in} 就可以被計算出來。若將計算範圍、條件限制於固定區域內，地形及地理位置對颱風波浪的影響就可以假設為固定值，因此式(4.16)中 S_{bot} 的特性就可以直接反應在波浪行為。為描述颱風位置並因應颱風風場的特性，將 ϕ 、 λ 改以颱風眼為中心的極座標， r 、 θ 代表從颱風眼到波浪推算位置的距離及方位角，另外，假設相同或相似的颱風規模以及颱風路徑和行為，對於相同的地形、環境等具有相似的波浪特性及行為，所以波浪間的交互作用與能量散逸與颱風規模與行為有關，因此可以假設 S_{nl} 、 S_{ds} 的影響包括在計算颱風風場及颱風位置的關係中，且假設颱風波浪不具有記憶效應，也就是不考慮延時的影響。另外考慮颱風移動速度 V_f 、颱風最大風速 $V_{\max}$ 與颱風波浪傳遞行為有關，所以式(4.16)可以簡化為：

$$H_s = f_h(V_{\max}, V_f, V_{10}, r, \theta) \dots\dots\dots(4.17)$$

若考慮颱風路徑及颱風停滯、加速、轉向等行為時，就必須考慮颱風過去時刻的行為，若考慮延時的效應則式(4.17)可以成寫：

$$H_{s1}(t) = F_h [f_h(V_{10}, r, \theta, t), f_h(V_{10}, r, \theta, t-1), \dots, f_h(V_{10}, r, \theta, t-n)] \quad (4.18)$$

假設颱風風場內風浪行為會因為颱風行進方向改變，進而影響風場內發展中的風浪時，就必須考慮颱風風場角度的變動，若颱風角度的變動量為 θ_1 則式(4.18)可以進一步描述為：

$$H_{s2}(t) = F_h [f_h(H_{s1}, r, \theta, \theta_1, t), f_h(H_{s1}, r, \theta, \theta_1, t-1), \dots, f_h(H_{s1}, r, \theta, \theta_1, t-n)] \quad (4.19)$$

為了要分離陸地對颱風風場的影響，將對颱風中心與陸地位置對波浪推算位置與臺灣的相對位置進行分類及限制，區分的方式以花蓮港為例如圖(4.2)所示，當颱風中心落在第一區時顯示颱風被陸地遮蔽，對花蓮測站的影響相對較小，當颱風位於第二區時則表示颱風可以直接影響花蓮測站，而對於第一區與第二區的交界位置可以利用位置的時間序列變動描述颱風波浪的特性。所以可以將式(4.19)修正為：

$$H_s(t) = F_h [f_h(H_{s2}, f(r, \theta), t), f_h(H_{s2}, f(r, \theta), t-1), \dots, f_h(H_{s2}, f(r, \theta), t-n)] \quad (4.20)$$

本文將針對式(4.20)的架構建立類神經網路模式，並利用收集的颱風氣象與波浪資料進行類神經網路模式的測試與驗證。

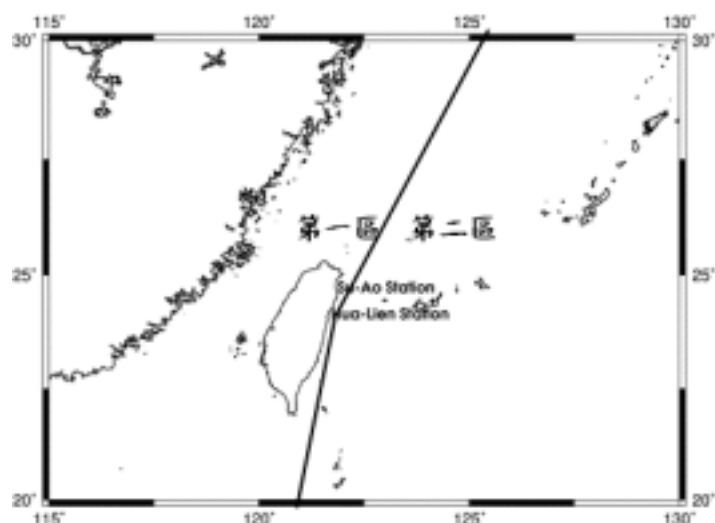


圖 4.2 花蓮觀測站之颱風中心位置區分圖

推算模式主要核心採用類神經網路理論及模糊理論二者合併。類神經網路具備著一些優良的特性其中包括(1)高速的計算能力(2)自我學習能力(3)高容量的記憶力(4)容錯的能力。

人工神經元輸出值與輸入值的關係式，可以表示如下：

$$Y_i = f\left(\sum_j W_{ij} X_j - \theta_i\right) \dots\dots\dots (4.21)$$

Y_i ：人工神經元模型的輸出訊號。

f ：人工神經元模型的轉換函數(transfer function)，將人工神經元的輸出，經由轉換函數處理後，得到輸出訊號。

W_{ij} ：人工神經元模型連結加權值。

X_j ：人工神經元模型的輸入訊號。

θ_i ：人工神經元模型的閾值。

本研究使用 MATLAB 類神經網路軟體，選擇其中的工具程式庫之

倒傳遞網路作為颱風推算的工具。倒傳遞類神經網路(back-propagation neural network, BPN), 屬於前向監督式學習網路, 其基本原理是利用最陡坡降法(gradient steepest descent method), 疊代修正誤差函數而使誤差函數達到最小。倒傳遞類神經網路的總體運作學習方式有兩種, 一為學習過程, 就是網路依既定的學習演算法, 從使用的輸入資料中學習, 並藉以調整網路連結的加權值; 使得網路演算結果與目標輸出值相同; 另一種為回想過程, 網路依照設定的回想法則, 以輸入資料來決定網路的輸出值。

倒傳遞類神經網路學習演算法中, 加權值矩陣為 W_1 及 W_2 , 偏權值量為 θ_1 及 θ_2 , 輸入量為 X , 目標輸出量為 T , 轉換函數則採用雙曲函數(hyperbolic tangent function), 而網路輸出量為 Y , 網路的學習過程大致可分為下列幾個單元:

(1)計算隱藏層輸出量 Z 與網路輸出量 Y

$$net_1 = \sum_i W_{1i} X_i - \theta_1 \dots\dots\dots(4.22)$$

$$Z = f(net_1) = \frac{e^{net_1} - e^{-net_1}}{e^{net_1} + e^{-net_1}} \dots\dots\dots(4.23)$$

$$net_2 = \sum_j W_{2j} X_j - \theta_2 \dots\dots\dots(4.24)$$

$$Y = f(net_2) = \frac{e^{net_2} - e^{-net_2}}{e^{net_2} + e^{-net_2}} \dots\dots\dots(4.25)$$

(2)計算隱藏層差距量 δ_1 與輸出層差距量 δ_2

$$\delta_1 = Z(1-Z)\sum_j (W_{2j} \delta_j) \dots\dots\dots(4.26)$$

$$\delta_2 = (1+Y)(1-Y)(Z-Y) \dots\dots\dots(4.27)$$

(3)計算加權值矩陣的修正量 ΔW

由於監督式學習目的在降低網路的目標輸出值 T_j 與網路輸出值 Y_j 之間的差距，為了達到這個目的，以誤差函數 E 做為修正的加權值指標，並藉由轉換函數降低誤差函數值，誤差函數 E 設為：

$$E = \frac{1}{2} \sum_j (T_j - Y_j)^2 \dots\dots\dots(4.28)$$

此時加權值的修正量可表示為：

$$\Delta W = -\eta \cdot \frac{\partial E}{\partial W} \dots\dots\dots(4.29)$$

$$\frac{\partial E}{\partial W_{ij}} = -\delta_j^n A_i^{n-1} \dots\dots\dots(4.30)$$

其中 η 為學習速率(learning rate)，主要控制每次誤差函數最小化的速率快慢， δ_j^n 為 W_{ij} 所連結第 n 層之處理單元差距量， A_i^{n-1} 為 W_{ij} 所連結第 $n-1$ 層之處理單元值。

(4)隱藏層與輸出層加權值矩陣 W_1 、 W_2 及偏權值向量 θ_1 、 θ_2 的更新：

$$W_1 = W_1 + \Delta W_1 \dots\dots\dots(4.31)$$

$$\theta_1 = \theta_1 + \Delta \theta_1 \dots\dots\dots(4.32)$$

$$W_2 = W_2 + \Delta W_2 \dots\dots\dots(4.33)$$

$$\theta_2 = \theta_2 + \Delta \theta_2 \dots\dots\dots(4.34)$$

當倒傳遞類神經網路經過輸入值與目標輸出值一次的學習，便算是經過一個學習的循環，而學習循環的次數將取決於誤差函數收斂與否以及是否達到容許的誤差量。一般而言，倒傳遞類神經網路較其他的類神經網路需要較多的學習循環次數。由測試用的資料數據，利用學習完成的網路參數進行網路回想的過程，由網路回想過程得到的網路輸出值與目標輸出值比較，以評估網路學習的精度。

為了能評鑑倒傳遞類神經網路的網路學習的效能，本文將採用均方根誤差量(Root Mean Squared Error)做為評鑑指標，計算式如下：

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i^n (T_i - Y_i)^2} \dots\dots\dots(4.35)$$

其中 n 為學習資料的筆數

式(4.17) 及式(4.18)中的 $V_{\max}$ 、 V_f 、 V_{10} 、 r 具有連續的特性， θ 為颱風中心與波浪推算位置的方位角，在颱風行進的路徑可能發生角度不連續的現象，因此類神經網路採用兩個隱藏層的架構解決不連續的問題，若將颱風示性波浪與週期合併考量於推算模式時，因此式(4.18)至(4.20)的類神經網路模式可以表示為三個計算階段：

$$O_1 = f_1(W_{S2 \times S1} \cdot f_1(W_{S1 \times (R \cdot n)} [I_{1R \times 1}]_{n \times 1} + b_{S1 \times 1}) + b_{S2 \times 1}) \dots\dots\dots(4.36)$$

$$O_2 = f_2(W_{S2 \times S1} \cdot f_1(W_{S1 \times (R \cdot n)} [I_{2R \times 1}]_{n \times 1} + b_{S1 \times 1}) + b_{S2 \times 1}) \dots\dots\dots(4.37)$$

$$O_3 = f_3(W_{S2 \times S1} \cdot f_1(W_{S1 \times (R \cdot n)} [I_{3R \times 1}]_{n \times 1} + b_{S1 \times 1}) + b_{S2 \times 1}) \dots (4.38)$$

模式的輸出 $O_1 = \begin{bmatrix} H_{s1} \\ T_{s1} \end{bmatrix}$ $O_2 = \begin{bmatrix} H_{s2} \\ T_{s2} \end{bmatrix}$ $O_3 = \begin{bmatrix} H_s \\ T_s \end{bmatrix}$, 輸入函數 $I_1 = [V_{10} r \theta]^T$, $I_2 = [O_1 r \theta \theta_1]^T$ $I_3 = [O_2 f(r, \theta)]^T$, 輸入資料延時 n 。

以式(4.18)至(4.20)為基礎的模式, 假設風場作用測站在相同風速及相同颱風運動軌跡條件下, 波浪分佈會有相同的變化, 所以模式利用測站的風速 V_{10} 、颱風位置 r 、 θ 、颱風行進方向變動 θ_1 及地形修正函數 $f(\theta, r)$ 作為輸入參數, 以颱風 24 個小時內移動的位置作為颱風位置及軌跡的特性, 建立颱風軌跡、風速與示性波高及週期間的關係。第一階段模式的輸入為 24 個小時內的 V_{10} 、 r 及 θ 的資料, 為降低類神經網路結構的複雜性, 將以每 2 小時的 V_{10} 、 r 及 θ 的資料值為輸入資料, 即 t 、 $t-2$ 、 $t-4$ $t-24$ 時刻的 V_{10} 、 r 及 θ 共 39 個。在類神經組織結構第一個隱藏層使用 80 個神經元, 第二個隱藏層採用 40 個神經元, 輸出為 O_1 , 網路結構可表示為 (39-80-40-2)。

第二階段為每 2 小時的 O_1 、 r 、 θ 及 θ_1 的資料值為輸入資料, 即 t 、 $t-2$ 、 $t-4$ $t-12$ 時刻的資料共 28 個, 輸出為 O_2 , 網路結構可表示為 (28-80-40-2)。第三階段為每 2 小時的 O_2 及 $f(\theta, r)$ 的資料值為輸入資料, 即 t 、 $t-2$ 、 $t-4$ $t-12$ 時刻的資料共 28 個, 輸出為颱風波浪之示性波高與週期 O_3 , 網路結構可表示為 (28-80-40-2)。

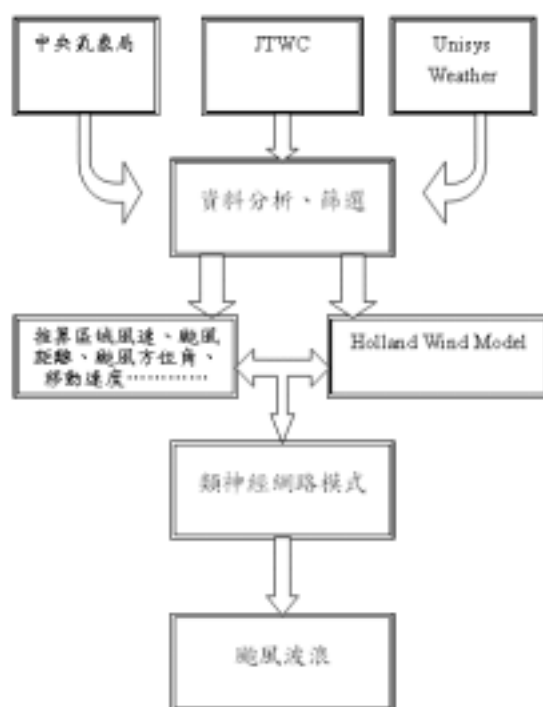


圖 4.3 颱風波浪類神經網路模式操作流程

類神經網路預報模式學習過程中以花蓮港為例，學習的颱風場次共有 9 場颱風波浪資料，如表 4.1 所示。對花蓮觀測站進行颱風波浪檢驗的颱風場次共有 8 場颱風，如表 4.2 所示，含 2003 年颱風波浪測試共 8 場。

表 4.1 波浪預報模式--花蓮測站颱風與波浪學習資料

花蓮港測站			
年代	颱風名稱	颱風資料時段	波浪資料時段
1997	LEVI	05/25(1800)~05/30(0600)	05/25(1800)~05/30(0600)
	OPAL	06/15(0600)~06/21(0600)	06/15(0600)~06/21(0600)
	PETER	06/23(0600)~06/29(0000)	06/23(0600)~06/29(0000)
1998	OTTO	08/02(0000)~08/05(0600)	08/02(0000)~08/05(0600)
1999	SAM	08/18(0600)~08/23(0000)	08/18(0600)~08/23(0000)
2000	JELAWAT	08/01(0000)~08/11(0000)	08/03(0800)~08/11(0000)
	BILIS	08/18(0600)~08/24(0000)	08/18(0600)~08/22(1200)
	BOPHA	09/05(1800)~09/11(0600)	09/08(0400)~09/11(0600)
	YAGI	10/22(1200)~10/27(0600)	10/22(1200)~10/27(0600)

表 4.2 波浪預報模式--花蓮測站颱風與波浪檢測資料

花蓮港測站			
年代	颱風名稱	颱風資料時段	模式計算時段
1996	HERB	07/23(0600)~08/01(1200)	07/23(0600)~08/01(1200)
1998	ZEB	10/09(1800)~10/17(1200)	10/09(1800)~10/17(1200)
2001	CIMARON	05/07(0000)~05/14(1200)	05/07(0000)~05/14(1200)
	LEKIMA	09/22(0000)~09/29(1800)	09/22(0000)~09/29(1800)
	TORAJI	07/25(1800)~07/31(1200)	07/25(1800)~07/31(1200)
	CHEBI	06/19(1800)~06/24(0000)	06/19(1800)~06/24(0000)
2003	DUJUAN	08/30(0000)~09/03(0000)	08/30(0000)~09/03(0000)
	VAMCO	08/19(0000)~08/20(1200)	08/19(0000)~08/20(1200)

4.2 颱風波浪補遺實例操作

類神經網路波浪推算模式依執行流程，選定觀測站位置或推算位置後，可以將操作的方式分成三個步驟：

- (一) 輸入資料及格式的建構：首先依照相關單位發佈的颱風規模及路徑，讀取每小時颱風中心位置的經度、緯度與近中心最大風速當作輸入資料，以文字或是資料格式建立。
- (二) 模式的執行：執行主程式後將輸入資料分成兩個步驟運算，首先將輸入資料利用參數風場模式建立颱風風場，計算風場分佈與觀測站的相對位置的颱風資料推算位置 10 公尺高風速 V_{10} 、測站與颱風中心距離 r 、測站與颱風中心方位角 θ 、測站與颱風行進夾角 θ_1 。第二個步驟則將第一個步驟計算的結果做 24 小時資料延時的處理，利用類神經網路模式推算颱風波浪的示性波高與週期的結果。
- (三) 模式輸出：模式輸出包括時間、示性波高與週期共三個欄位的 ASCII 資料檔，推算資料的時間間格為一個小時。

對於類神經網路學習資料的收集目前以花蓮港的颱風波浪資料收集較為完整，模式操作的部分將以花蓮港為模式推算的測試港口，並利用花蓮港波浪推算模式推算鄰近的蘇澳港，藉以瞭解模式推算的能力。

1. 颱風波浪資料整場補遺

當颱風波浪資料在颱風事件中遺缺時，直接藉由歷史颱風氣象資料作為模式輸入，在完全沒有波浪資料的情況下，藉由執行模式程式推算颱風波浪後得到推算的颱風波浪資料。以 2004 年颱風蘭寧(RANANIM)及艾利(AERE)為例：

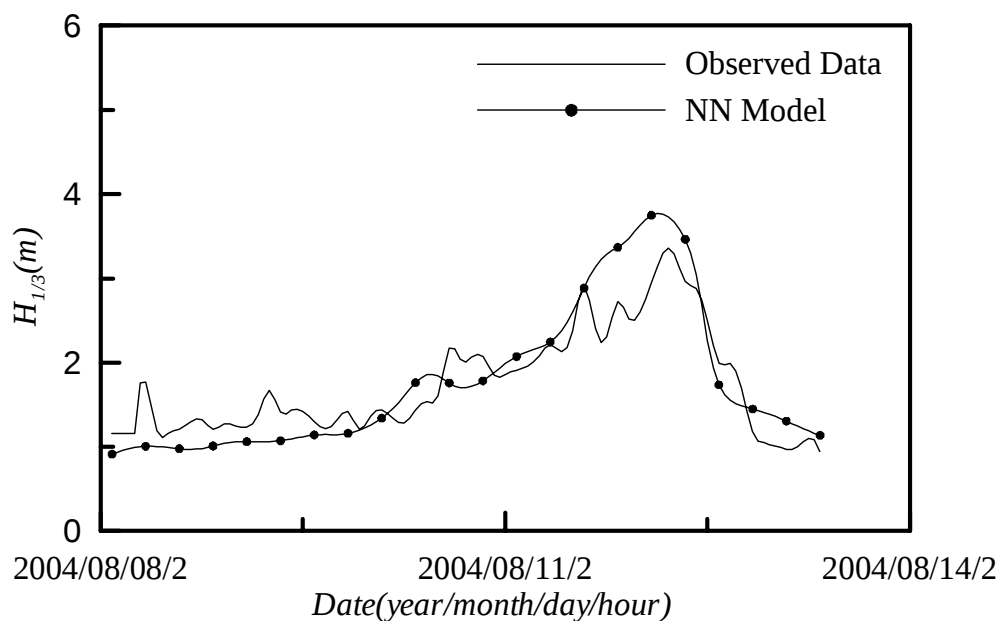


圖 4.4 2004 年蘭寧(RANANIM)颱風模式推算花蓮港颱風波浪示性波高

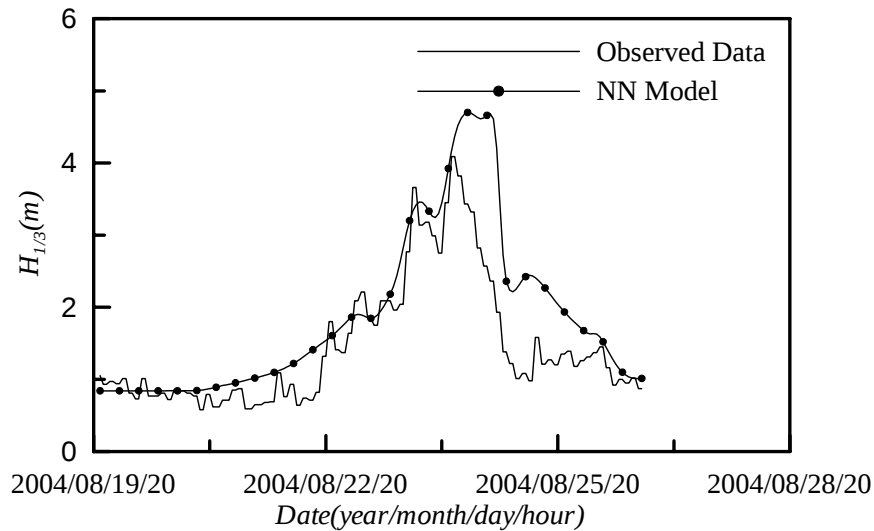


圖 4.5 2004 年艾利(AERE)颱風模式推算花蓮港颱風波浪示性波高

2. 颱風波浪資料部分補遺

當颱風波浪資料僅有部分缺遺時，利用模式進行颱風波浪推算，將缺少的資料進行補遺。補遺資料與實測資料的連結方式，可以利用缺遺資料的前六小時波高計算實測資料與補遺資料的平均誤差值後，採用資料平移修正方式修正與實測資料的誤差。假設 2004 年 RANANIM 颱風侵襲臺灣時花蓮港測站於 2004 年 8 月 9 日 20 時遭受破壞或故障而失去資料，本模式配合前六個小時的實測資料進行波浪資料補遺，結果如下圖 4.6 所示。

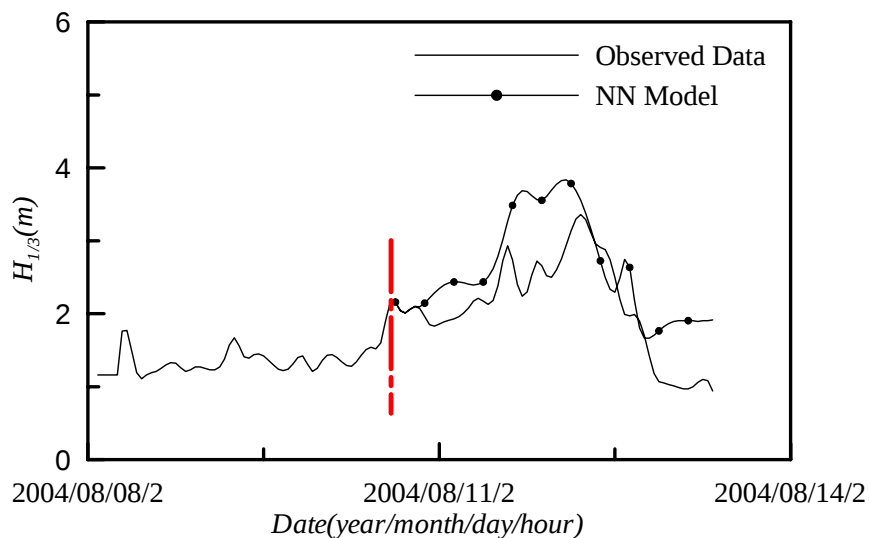


圖 4.6 2004 年蘭寧(RANANIM)颱風模式推算花蓮港颱風波浪示性波高

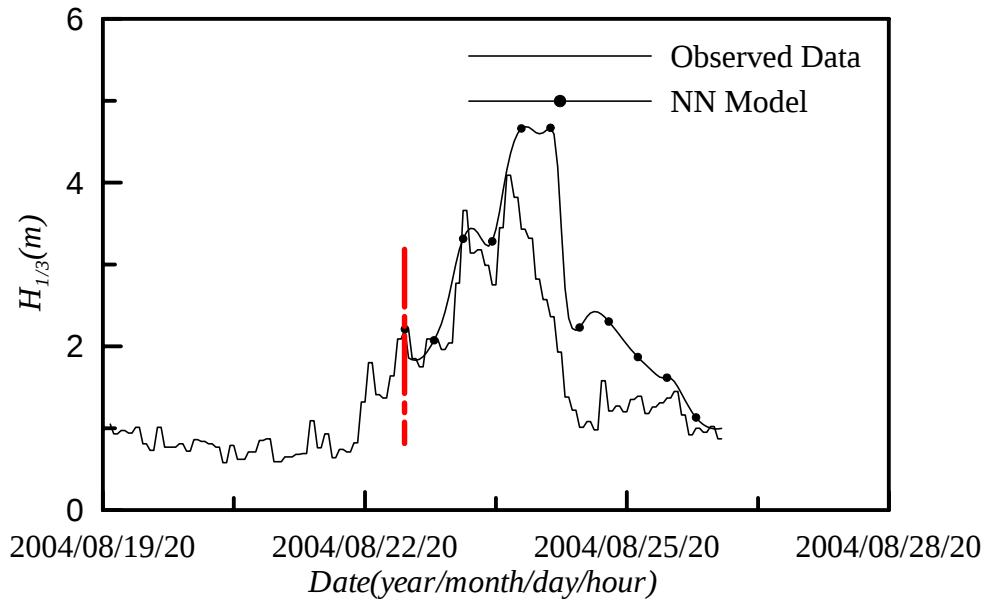


圖 4.7 2004 年艾利(AERE)颱風模式推算花蓮港颱風波浪示性波高

而圖 4.7 以 2004 年的 Aere 颱風為例，波浪資料於 2004 年 8 月 23 日 14 時開始失去記錄，本模式利用 2004 年 8 月 23 日 8 時至 13 時的實測波浪資料進行颱風波浪模式的修正，進而推算出 2004 年 8 月 23 日 14 時後的波浪資料。

4.3 推算結果誤差評估

模式測試指標包括：相關係數 R 、均方根誤差 RMS 、最大示性波高誤差 ΔH_{sp} ，最大示性波高發生時間誤差 Δt_p ，內容表示如下：

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m [H_{sm}(t_i) - H_{sp}(t_i)]^2} \dots\dots\dots (4.39)$$

$$\Delta H_{sp} = H_{sp,p} - H_{sp,m} \dots\dots\dots (4.40)$$

$$\Delta t_p = t_{p,p} - t_{p,m} \dots\dots\dots (4.41)$$

其中 $H_{sp,m}$ 及 $H_{sp,p}$ 為實測與模式預測最大示性波高, 而 $t_{p,m}$ 及 $t_{p,p}$ 為實測與模式預測最大示性波高發生時間。

表 4.3 模式學習指標 R , $RMS, \Delta H_{sp}$ and Δt_p 測試結果

	Levi	Opal	Peter	Otto	Sam	Jelawat	Bilis	Boph	Yagi
R	0.50	0.39	0.90	0.88	0.90	0.63	0.90	0.88	0.67
RMS (m)	0.31	0.37	0.30	0.68	0.54	0.28	0.70	0.39	0.73
$\frac{RMS}{H_{spm}}$	0.16	0.19	0.12	0.08	0.14	0.15	0.08	0.14	0.25
ΔH_{sp} (m)	0.06	-0.20	-0.48	-0.96	-0.34	-0.02	-1.20	0.30	1.00
$\frac{\Delta H_{sp}}{H_{spm}}$	0.03	0.10	0.15	0.12	0.09	0.01	0.14	0.11	0.35
Δt_p (hr)	5	0	0	0	2	0	-3	5	4
H_{spm}	1.92	1.97	3.19	8.03	3.89	1.97	8.39	2.78	2.89

表 4.4 模式測試指標 R , $RMS, \Delta H_{sp}$ and Δt_p 測試結果

	Fred	Kent	Haiyan	Rananim	Aere	Maggie*
R	0.94	0.92	0.82	0.89	0.89	0.87
RMS (m)	0.35	0.45	0.51	0.39	0.68	0.66
$\frac{RMS}{H_{spm}}$	0.05	0.07	0.11	0.12	0.17	0.11
ΔH_{sp} (m)	0.50	-1.14	-0.30	0.51	0.60	0.30

$\frac{\Delta H_{sp}}{H_{spm}}$	0.07	0.18	0.07	0.16	0.15	0.05
Δt_p (hr)	1	0	0	0	3	0
H_{spm}	6.75	6.29	4.49	3.29	4.09	5.96

第五章 暴潮類神經模式

5.1 暴潮與颱風動態之統計分析

本研究之潮汐資料為 2001-2004 年花蓮港資料測站之數據，而潮汐資料初步整理過後如下表 5.1 所示，其中資料不滿 20 天的用「○」來作代表。由表 5.1 可知 2003 年資料的缺失較多。當原始數據不足一年時，則必須進行補遺的動作。補遺過後的數據，再利用調和分析法做潮位分析及預測的步驟。可從中得到分潮特性(振幅及相位角)，其補遺及分析流程示如圖 5.1。

表 5.1 2000-2004 年花蓮港潮汐資料之初步整理

月份 年	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2001				○	○	○	○	○	○		○	○
2002	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2003	○	○	○	○	○			○				○
2004	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

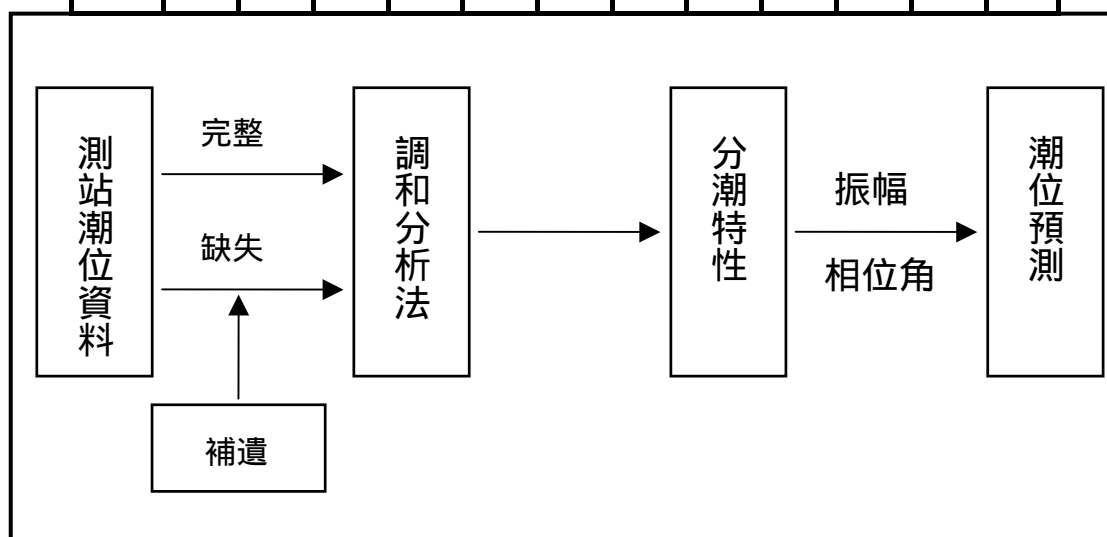


圖 5.1 潮位資料補遺與分析流程圖

於補遺的過程中，將遺失之數據補零，並代入調合分析法。設定遺失數據補遺前後之誤差均方根小於 1cm 時，則完成潮位資料之補遺程序。本研究將潮位數據補遺後，即以 2001 年作為調合分析之學習時間，並預測 2002-2004 年之調合分析水位。並將潮位數據於颱風發生期間扣除調和分析之潮位記錄，則為暴潮。本文為探討暴潮與颱風動態的相關性，於 unisys 網站（<http://weather.unisys.com>）收集颱風於 2002-2004 之颱風路徑與其中心風速之相關資料示如表 5.2。其中表 5.2 有 * 號的標記，是代表暴潮現象較為明顯之資料數據。而颱風資料共有 26 個颱風，其中選定暴潮較為顯著的有 13 個颱風進一步討論，本研究以蘭寧（RANANIM）和艾利（AERE）暴潮為例，示如圖 5.2，其中蘭寧（RANANIM）颱風暴潮偏差最大值為 40cm，艾利（AERE）暴潮偏差最大值則為 35cm。

表 5.2 2001-2004 年颱風資料列表

2002	2003	2004
* 雷馬遜 (RAMMASUN)	* 柯吉拉 (KUJIRA)	* 妮坦 (NIDA)
* 娜克莉 (NAKRI)	* 蓮花 (LINFA)	* 康森 (CONSON)
辛樂克 (SINLAKU)	* 南卡 (NANGKA)	* 敏督利 (MINDULLE)
* 諾古力 (NOGUR)	* 蘇迪勒 (SOUDELOR)	康柏斯 (KOMPASU)
	* 莫拉克 (MORAKOT)	* 蘭寧 (RANANIM)
	艾陶 (ETAU)	梅姬 (MEGI)
	梵高 (VAMCO)	* 艾利 (AERE)
	杜鵑 (DUJUAN)	桑達 (SONGDA)
	梅米 (MAEMI)	米雷 (MEARI)
	米勒 (MELOR)	馬鞍 (MA_ON)
		納坦 (NOCK_TEN)
		南瑪都 (NANMADOL)

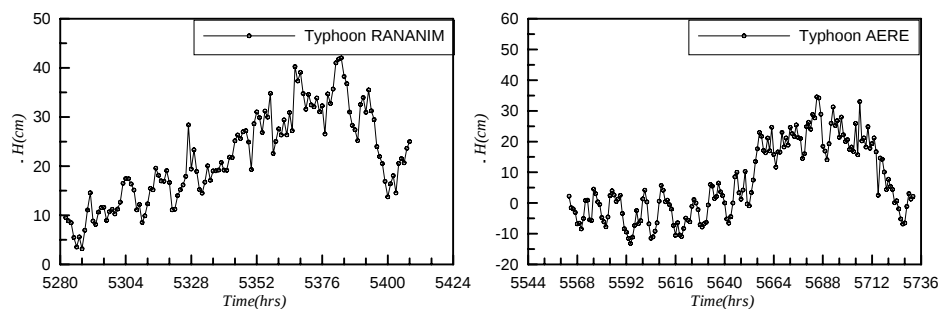


圖 5.2 蘭寧 (RANANIM) 與艾利 (AERE) 之暴潮偏差

圖 5.3 至圖 5.5 為各年颱風之行進路徑圖，於圖中之颱風路徑分類除了按照氣象局分類為 10 類之外，殊颱風路徑則歸類為第 11 類。圖 5.3 中的颱風路徑分別為雷馬遜為第 6 類、娜克莉為第 9 類及諾古力為第 11 類。而圖 5.4 柯吉拉為第 6 類、蓮花及蘇迪勒為第 11 大類、南卡為第 9 類、莫拉克為第 7 類。圖 5.5 妮坦為第 9 類、康森為第 8 類、敏督利為第 6 類、蘭寧及艾利則為第 1 類颱風路徑。

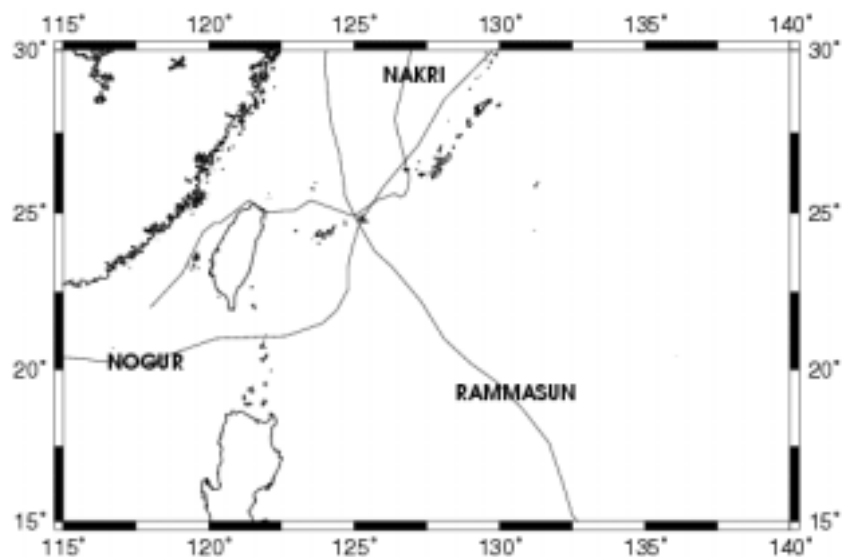


圖 5.3 2002 颱風路徑圖

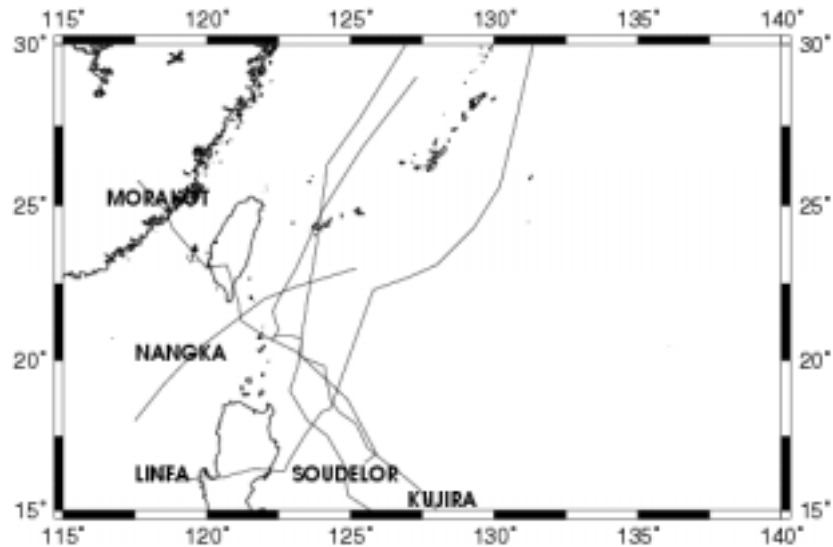


圖 5.4 2003 颱風路徑圖

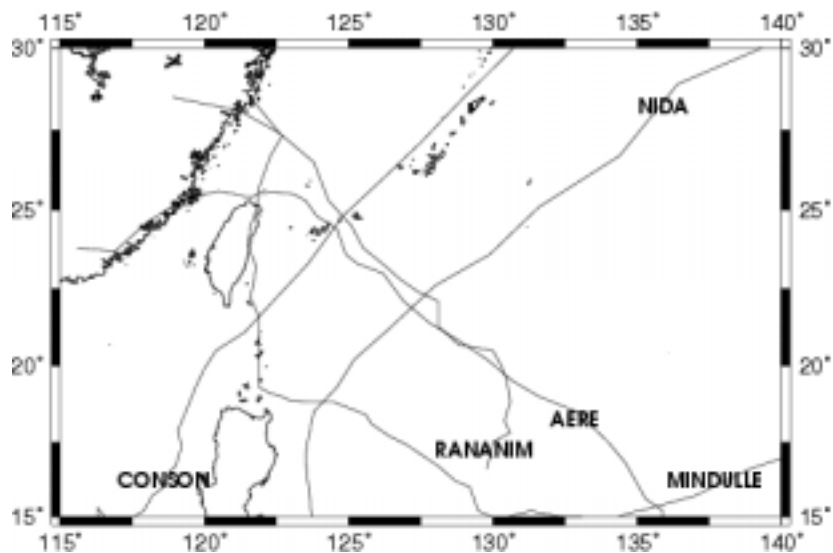


圖 5.5 2004 颱風路徑圖

為了探討暴潮與颱風動態之相關性，本研究將分析暴潮與颱風測站間之距離及中心風速之間的關係。並利用相關係數 R^2 做為評估相關與否之參數，其數值介於 1 與 0 之間，當相關性越接近 1 時即代表兩者相關性較顯著。本研究分析 2002-2004 年之颱風暴潮與測站距離及中心風速之 R^2 值，示如表 5.3。由表 5.3 之分析計算並取結果較佳之五個颱風資料，並依顯著性之優劣排序。其中以蘭寧颱風之分析結果與測站距離之 R^2 為 0.73 及中心風速之 R^2 為 0.67 為最高。圖 5.6 至圖 5.10

為其相關性分析圖。由上述的分析結果得知，測站距離對暴潮的影響較中心風速大，然而就花蓮港來說，由經度 $130^{\circ}\sim 137^{\circ}\text{E}$ ，緯度 $15^{\circ}\sim 18^{\circ}\text{N}$ 左右的颱風往西北方向前進時，對花蓮港所產生之暴潮最為顯著。

表 5.3 暴潮與測站距離及中心風速之相關性

年代	颱風名稱	距離(km)	中心風速(knts)
2004	蘭寧 (RANANIM)	0.73	0.67
2004	艾利 (AERE)	0.54	0.42
2002	雷馬遜 (RAMMASUN)	0.49	0.37
2002	娜克莉 (NAKRI)	0.34	0.05
2003	莫拉克 (MORAKOT)	0.34	0.01

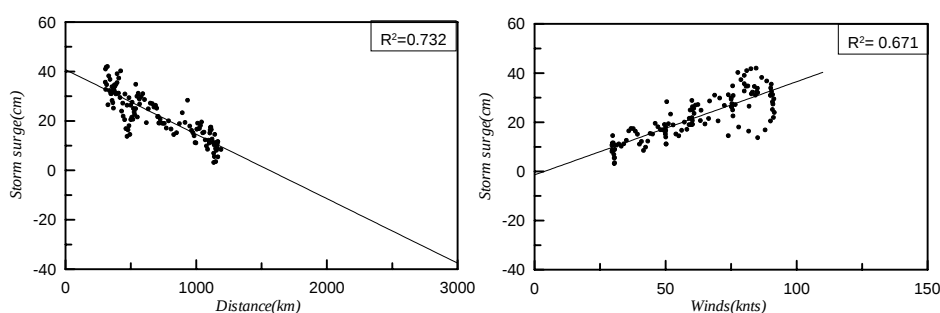


圖 5.6 蘭寧颱風暴潮偏差與測站距離及中心風速相關性分析

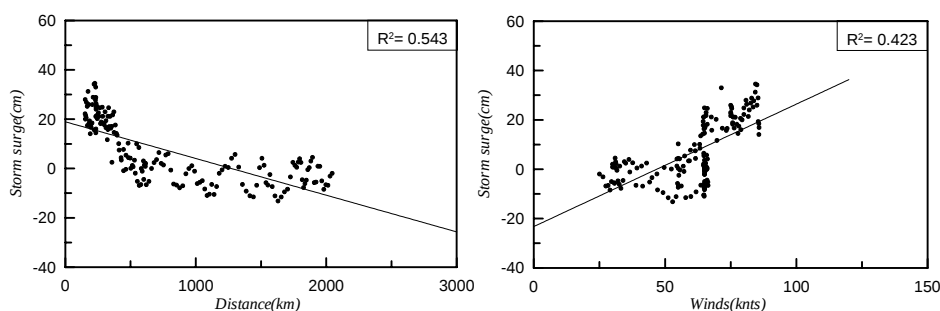


圖 5.7 艾利颱風暴潮偏差與測站距離及中心風速相關性分析

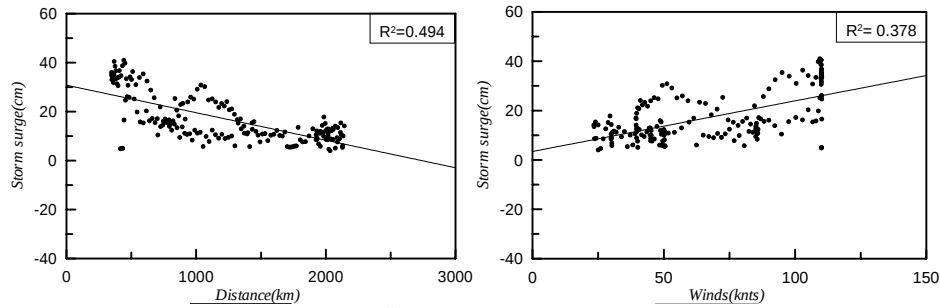


圖 5.8 雷馬遜颱風暴潮偏差與測站距離及中心風速相關性分析

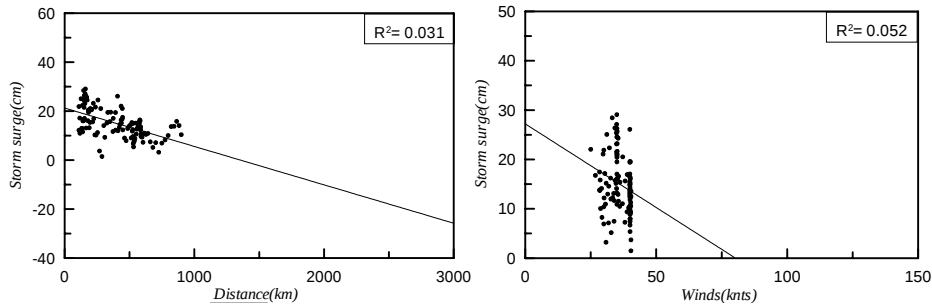


圖 5.9 娜克莉颱風暴潮偏差與測站距離及中心風速相關性分析

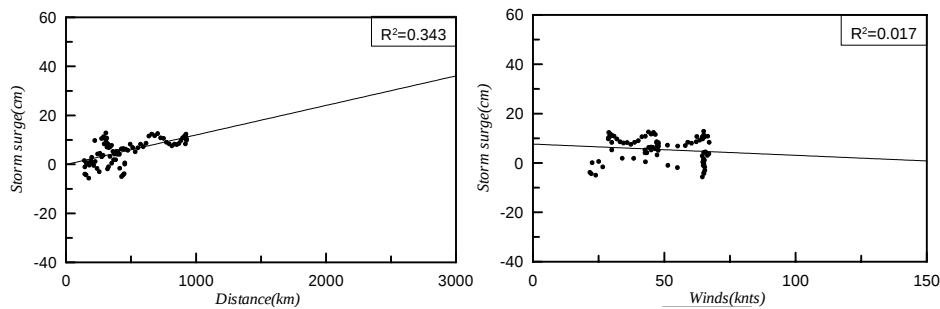


圖 5.10 莫拉克颱風暴潮偏差與測站距離及中心風速相關性分析

5.2 神經網路颱風暴潮模式之建構

颱風暴潮成因是低氣壓、風剪力、波浪及地形環境因素等的綜合非線性動力交互作用結果，而颱風暴潮的發展行為取決於颱風的路徑與影響時間。當颱風接近臺灣地區時，受到中央山脈的阻擋，颱風結構遭到破壞變形，暴潮發展的情況更加複雜。此外，颱風路徑預報、海面風場及氣壓場的正確程度與誤差，對颱風暴潮預測結果的準確性佔了相當重要的角色。這樣複雜的機制使得一般的數值模式難以精確地描述颱風、暴潮的關係，但隨著模糊理論以及類神經網路理論的科技發展，在分析非線性關係的方法上有相當大的改善，因此以類神

經網路結合颱風模式來計算颱風暴潮位將可以提高暴潮位推算結果的準確性。

為了提高暴潮模式推算的穩定性，並且增加模式應用的範圍，模式建構的主要架構延續採用本研究團隊『規劃海象觀測網、暴潮數值最佳網格化系統』（2004）的類神經模式架構外並將此波浪推算模式的架構作為暴潮模式的核心，並加入了 12 個虛擬的颱風海面上 10 公尺風速觀測點，藉以對觀測站海域風場分佈及變化有更周全的描述與反映，並將此模式的架構發展成為模組化，藉以應用在颱風波浪、水位的推測甚至模式的資料同化。12 個虛擬觀測站位置如圖 5.11 所示。

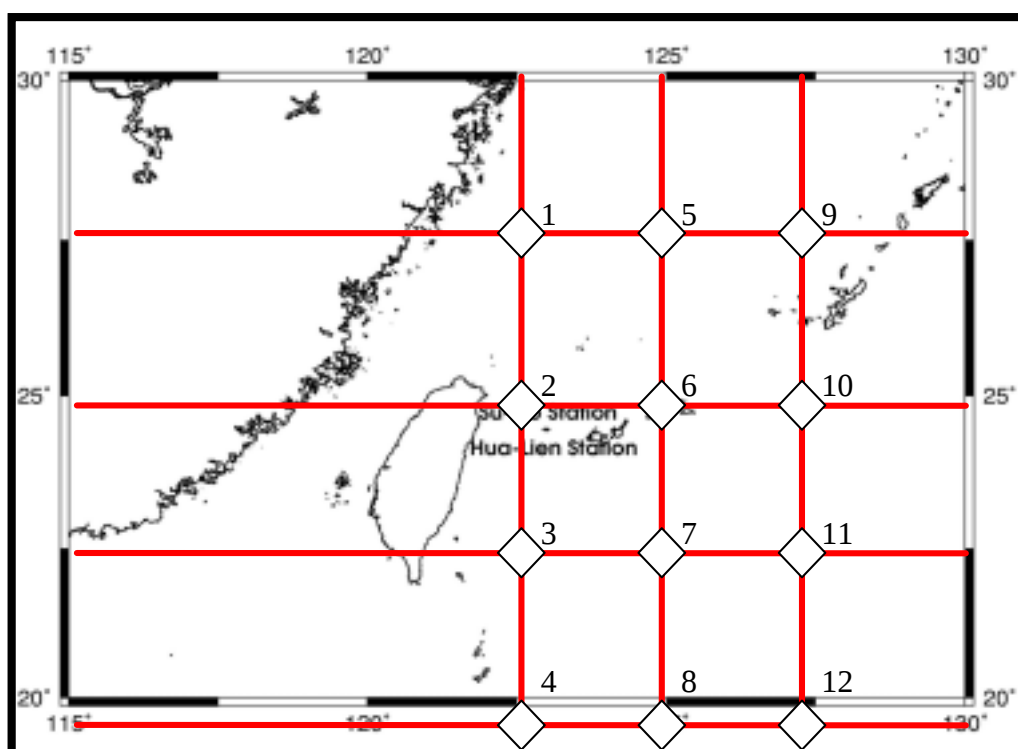


圖 5.11 12 個虛擬觀測站位置

本文選擇 Holland (1980)的經驗參數模式來描述颱風風場，其為

$$\frac{p - p_c}{p_n - p_c} = \exp \left[- \left(\frac{R}{r} \right)^B \right] \dots\dots\dots (5.1)$$

其中 p_n 為颱風影響範外的氣壓，本文設定為 1 大氣壓

(1013.3 mb) , p_c 為颱風中心氣壓 (mb) , p (mb) 為距離颱風中心 r (km) 的氣壓。風場內距離颱風中心 r 的風速 V (m/s) 可以下是表示：

$$V = \left[\frac{B(p_n - p_c)}{\rho} \left(\frac{R}{r} \right)^B \exp \left[- \left(\frac{R}{r} \right)^B \right] + \frac{r^2 f^2}{4} \right]^{0.5} - \frac{rf}{2} \dots\dots\dots (5.2)$$

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

$$V_{\max} = \left[\frac{B(p_n - p_c)}{\rho \cdot e} \right]^{0.5} \dots\dots\dots (5.3)$$

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

$$B = 2 - \frac{p_c - 900}{160}, \quad 1.0 < B < 2.5 \dots\dots\dots (5.4)$$

風場在海面上 10 公尺的風速為：

$$V_{10} = K_m V \dots\dots\dots (5.5)$$

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

$$V(r) = \frac{R \cdot r}{R^2 + r^2} V_f \dots\dots\dots (5.6)$$

由風場的規模變動及推算點的距離 角度藉由式(5.1)至式(5.6)可推算出區域的 V_{10} , 此 V_{10} 可充分表現出該區域颱風風場特性與颱風波浪的相對關係，所以，考慮颱風運動及颱風規模連續的變動則影響波浪、暴潮隨時間的改變即可由 V_{10} 、 r 、 θ_1 及時間 t 的函數表示之。

由 Holland (1980)等文獻的討論分析了解，風速 V_{10} 分佈與氣壓成正比，也是提供及影響颱風波浪、暴潮能量主要的因素，因此在暴潮的推算上假設風速 V_{10} 分佈可以充分表達大氣壓力的分佈情形。而颱風的路徑及行為是影響颱風波浪、暴潮變化的另一個因素，在固定位置上同樣的颱風規模及運動方向不同的路徑也將有不同發展的颱風波浪、暴潮。隨著波浪接近海岸時在複雜地形及海流的交互作用下，更增加了計算在近岸颱風波浪的困難度，為了簡化能量方程式的架構，對於固定區域 t_j 時刻颱風波浪推算總和能量 S 的能量交換在行為、規模相似的颱風條件下，可以表示為過去颱風資料 $V_{10}, r, \theta, \theta_1$ 的函數線性組合：

$$S(t_j) = \sum_{i=0}^j a_i f_1(V_{10}, r, \theta, \theta_1; t_i) \dots\dots\dots(5.7)$$

式(5.7)中 a_i 為係數， f_1 為函數， t_j 為時間。根據以上的能量平衡觀念， t_j 小時的颱風暴潮為內能量 S 的函數：

$$\Delta \eta(t_j) = \sum_{i=0}^j b_i f_2[S(t_i)] \dots\dots\dots(5.8)$$

結合式(5.7)及式(5.8)可表示颱風暴潮為不同時間 $V_{10}, r, \theta, \theta_1$ 的函數

$$\Delta \eta(t_j) = \sum_{i=j-m}^j c_i f(V_{10}, r, \theta, \theta_1; t_i) \dots\dots\dots(5.9)$$

式(5.9)中 m 表示颱風開始產生颱風暴潮的時間，即 t_j 時刻的颱風波浪只受過去 m 小時內的颱風行為影響， m 即為計算颱風波浪資料的延時時間。配合 12 個虛擬風速觀測站，式(5.9)可以寫成式(5.10)。本文將針對式(5.10)的架構建立類神經網路模式，利用收集的颱風氣象與颱風暴潮資料進行類神經網路模式的測試與驗證，並以式(5.10)的架構建立類神經網路模式。

$$\Delta \eta(t_j) = \sum_{i=j-m}^j c_i f(V_{10}, V_{(1)10}, \dots, V_{(12)10}, r, \theta, \theta_1; t_i) \dots (5.10)$$

類神經網路模式採用到傳遞量神經網路架構，關於到傳遞神經網路的理論與演算在文獻中有詳細的說明與推導，具有一個隱藏層的倒傳遞類神經網路通常表示為：

$$O_{P \times 1} = f(W_{S \times R} I_{R \times 1} + b_{S \times 1}) \dots (5.11)$$

其中 $O_{P \times 1}$ 為神經網路具有 P 個向量的輸出矩陣， f 為轉移函數， $I_{R \times 1}$ 為具有 R 個向量的輸入矩陣， $W_{S \times R}$ 為具有 S 個神經元的神經網路權重矩陣， $b_{S \times 1}$ 為網路偏權值矩陣，而式(5.11)簡單的表示方法為 ” S-P ”，所以具有 1 個輸入項，2 個隱藏層神經元的個數分別為 10、20，一個輸出單元時，簡單的表示法為 1-10-20-1。

式(5.8)及式(5.9)中的 $V_{\max}$ 、 V_f 、 V_{10} 、 $V_{(1)10}$ $V_{(12)10}$ 、 r 具有連續的特性， θ 為颱風中心與颱風暴潮推算位置的方位角，在颱風行進的路徑可能發生角度不連續的現象，因此類神經網路採用兩個隱藏層的架構解決不連續的問題，若將颱風示性波浪與週期合併考量於推算模式時，因此類神經網路模式可以表示為

$$O_1 = f_1(W_{S2 \times S1} \cdot f_1(W_{S1 \times (R \times n)} [I_{1R \times 1}]_{n \times 1} + b_{S1 \times 1}) + b_{S2 \times 1}) \quad (5.12)$$

模式的輸出 $O_1 = [\Delta \eta]$ ，輸入函數， $I_1 = [V_{10}, V_{(1)10}, \dots, V_{(12)10}, r, \theta, \theta_1]^T$ ，輸入資料延時 n 。

A.陸地效應的修正

目前颱風風場與陸地交互影響的關係目前仍然無法完全解析，參數形式的颱風風場模式更難以即時反應陸地對風場的影響，因此，藉由修正颱風風場模式達到修正颱風暴潮是相當困難的。陸地地形除了影響颱風風場外，陸地的遮蔽效應也影響颱風暴潮的行為。所以可以

在空間上進行初步的區分，在特定颱風路徑與位置時，區分出陸地效應影響颱風暴潮的範圍，逐步找出颱風位置與影響颱風暴潮的關係，藉此，可以修正颱風暴潮行為。對於特地區域颱風暴潮推算模式的建立可以藉由分析該區域陸地地形特性對風、暴潮的影響，在平面空間上劃分出影響的區域，逐步修正該推算區域的颱風暴潮。在陸地效應影響區域的分析，包括：颱風暴潮推算區域的地形分析、陸地遮蔽範圍分析與分區、颱風風場與地形關係分析與分區以及被區分區域間的關係。

襲臺灣的颱風大都來自北太平洋西部，發生的地點以加羅林群島、馬利安納群島和帛琉群島附近一帶由臺灣東部向西行的最多，另外也有部分來自中國南海海面由臺灣的西南部向東北行進，但次數較少。針對臺灣東部花蓮港海域模式建構而在颱風路徑條件上做出限制的考量，包括：臺灣東部的海域沒有大型的島嶼，且颱風生成後颱風波浪的發展相當穩定，颱風在東岸發展的颱風波浪作用型為與生成機制相似，因此可以將臺灣東岸生成且西行的颱風歸為一類。

由臺灣西岸中國南海海面生成颱風的颱風暴潮，對臺灣東岸的影響並非單獨且直接作用，且受到陸地強烈的影響，在颱風波浪、颱風暴潮生成機制與波浪行為明顯不同於東岸生成的颱風波浪與颱風暴潮，以及西部颱風對東岸海域影響有限的考量下，選取北太平洋西部生成且直接威脅臺灣東岸花蓮港海域的颱風做為建立推算颱風波浪模式應用的目標，示如圖 5.12。圖 5.12 提供了颱風暴潮推算區域花蓮港海域與臺灣本島的相對位置、陸地範圍等，以及依地形環境建立的 4 個區域 Area1、Area2、Area3、Area4，其中 Area1、Area4 位於臺灣東部，當颱風西行且中心位於這兩個區域時，波浪、暴潮發展機制相近而 Area1、Area4 的差別在於颱風在 Area1 時是以颱風左半圓接近花蓮港海域，而在 Area4 時颱風是以右半圓接近花蓮港海域，這兩個區域的差別在輸入參數中，可以充分反映出來，而 Area2、Area3 則是受到陸地效應影響的區域，兩個區域的差別也是考慮颱風接近花蓮港海域時是受到颱風左半圓或右半圓影響而區分。

當颱風由 Area1、Area4 逐漸接近觀測站時，風場直接作用直接反映於觀測站海域示性波高與颱風暴潮上，但是當颱風接近觀測站海域進入 Area2、Area3 時，颱風波浪、颱風暴潮發展就有明顯的不同。當颱風中心位於 Area2 時，颱風左半圓接近觀測站而因為颱風風向為逆時鐘旋轉，受到陸地的影響使的颱風左半圓風場無法持續作用海面，因而颱風提供波浪的能量大減造成示性波高快速降低。而當颱風中心位於 Area3 時颱風右半圓接近觀測站，颱風風場持續作用海面，所以當颱風中心進入陸地後最大示性波高與暴潮才到達。陸地效應的影響隨著颱風距離推算區域愈遠影響也愈小。

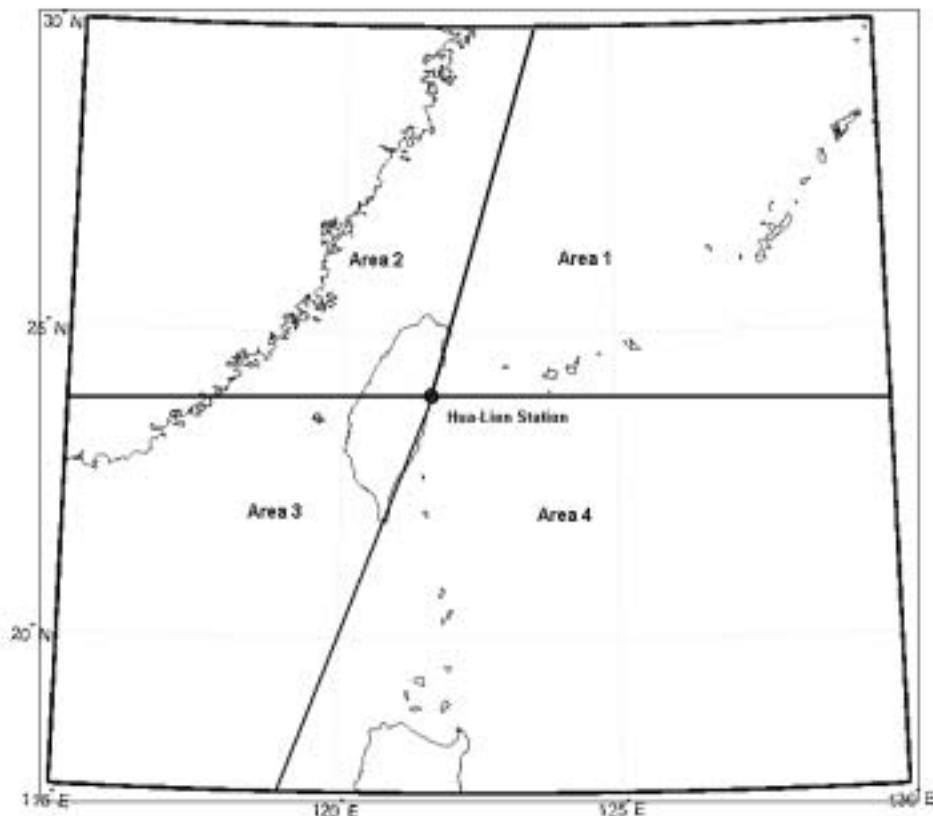


圖 5.12 臺灣東岸花蓮港位置與陸地影響區域區分

利用以上的現象以及陸地效應與颱風暴潮行為，藉由模糊理論以颱風位置建立示性波浪、暴潮與陸地間的模糊關係，藉以修正颱風暴潮推算模式。以颱風中心位置 r, θ_1 建立影響颱風暴潮關係的二維關係函

數，可以表示為 $MF(r, \theta_1)$ 。利用 $MF(r, \theta_1)$ 修正陸地效應對颱風暴潮的影響方法，示如圖 5.13。模式架構是將颱風暴潮的計算分成兩個階段，第一個階段維持 2004 模式，原有颱風推算模式架構與參數設定，第二個階段是將原模式輸出的示性波高串連另一個以 $MF(r, \theta_1)$ 函數為主體的類神經模糊網路模式進行修正，反應陸地效應對颱風波浪的影響。第二個階段的類神經模糊架構可表示為

$$\overline{\Delta \eta} = f_2(W_{S2 \times S1} \cdot f_1(W_{S1 \times (R \times n)} [\bar{I}_{R \times 1}]_{n \times 1} + b_{S1 \times 1}) + b_{S2 \times 1}) \dots (5.13)$$

其中 $\bar{I} = [\Delta \eta]^T \times MF(r, \theta_1)$, 輸入資料延時 n 。

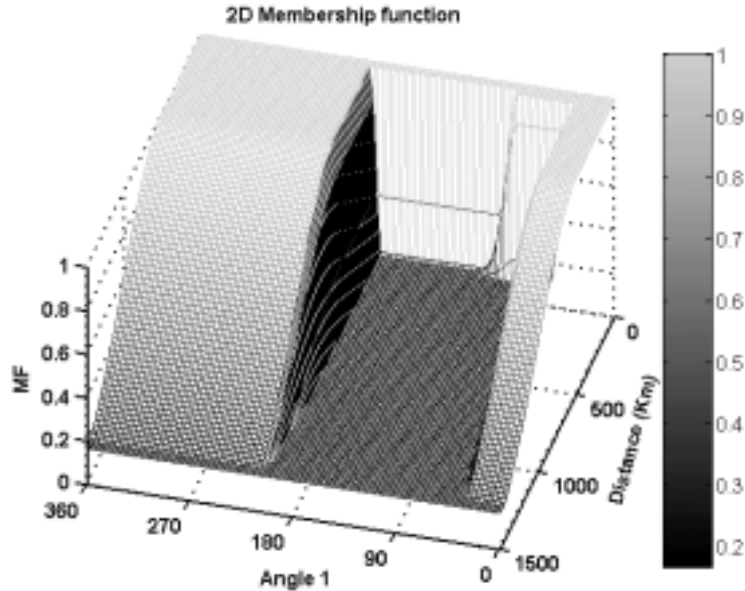


圖 5.13 陸地效應二維模糊關係函數

B. 模式操作

對於類神經網路學習資料的收集，目前以花蓮港的颱風暴潮資料收集較為完整，模式操作的部分將以花蓮港為模式推算的測試港口，藉以瞭解模式推算的能力。颱風暴潮學習資料：花蓮港颱風資料驗證學習內容為艾利(AERE,2004)颱風、敏督利(MINDULLE,2004)颱風、妮坦(NIDA,2004)颱風、蘭寧(RANANIM,2004)颱風，學習結果相關係數

為 0.863，示如圖 5.14。

本計劃所研究之暴潮模式以花蓮港颱風資料驗證，RAMMASUN（2002）颱風，之測試相關係數為 0.723，示如圖 5.15，其結果有略偏低的現象，經過時間序列的比較發現如圖 5.16 所示，發現颱風接近臺灣的期間颱風暴潮的估算相當接近實測值，當颱風遠離時颱風暴潮推算值與實測值出現較大誤差，誤差的原因可能來自於風場模擬時的誤差或是觀測資料受到其他因素影響而產生較大誤差所致。

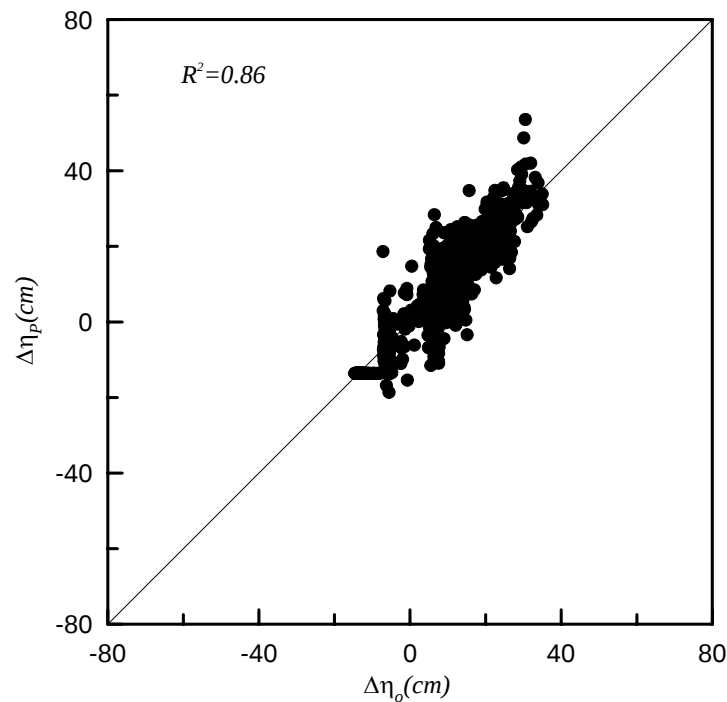


圖 5.14 類神經網路颱風暴潮模式學習結果關係圖

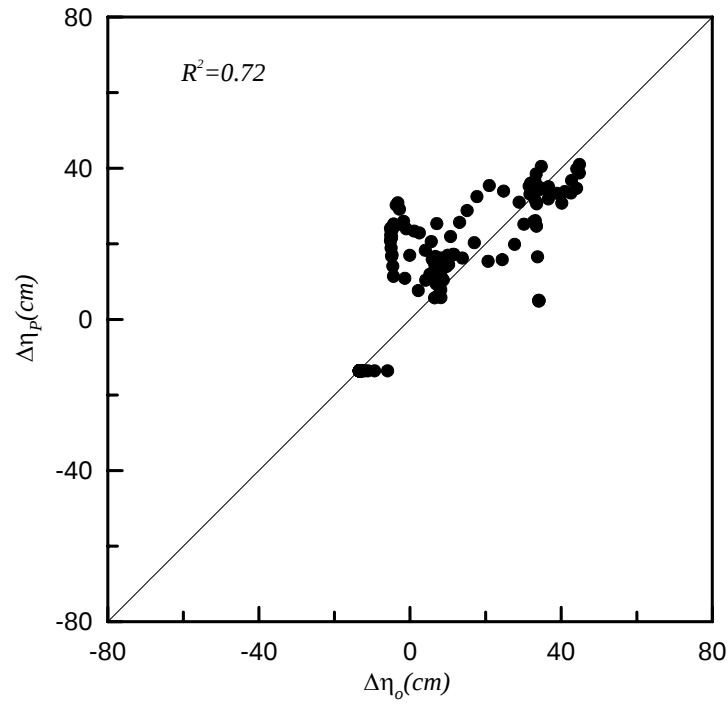


圖 5.15 蘭寧颱風類神經網路模式測試結果關係圖

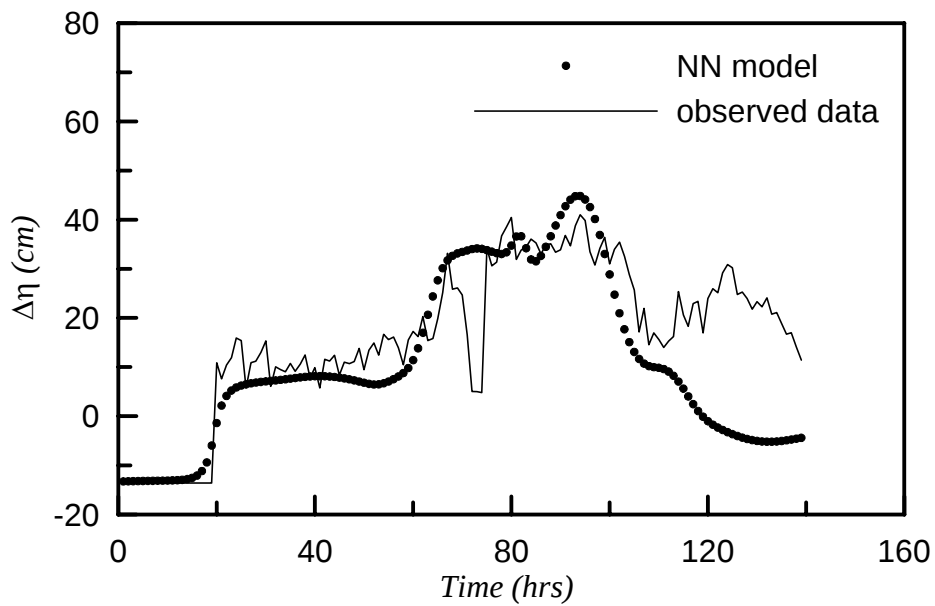


圖 5.16 蘭寧颱風暴潮偏差與觀測值比較

5.3 颱風暴潮模式之預測

經由上述類神經網路的建構與暴潮之驗證，本計劃即應用該模式

進行 2005 年颱風暴潮之推算，本計劃共收集兩場颱風潮汐數據依次為，海棠(HAITANG)及泰利(TALIM)。其中海棠及泰利為強度颱風，其行進路徑皆有穿越中央山脈，兩場颱風路徑則示如圖 5.17。

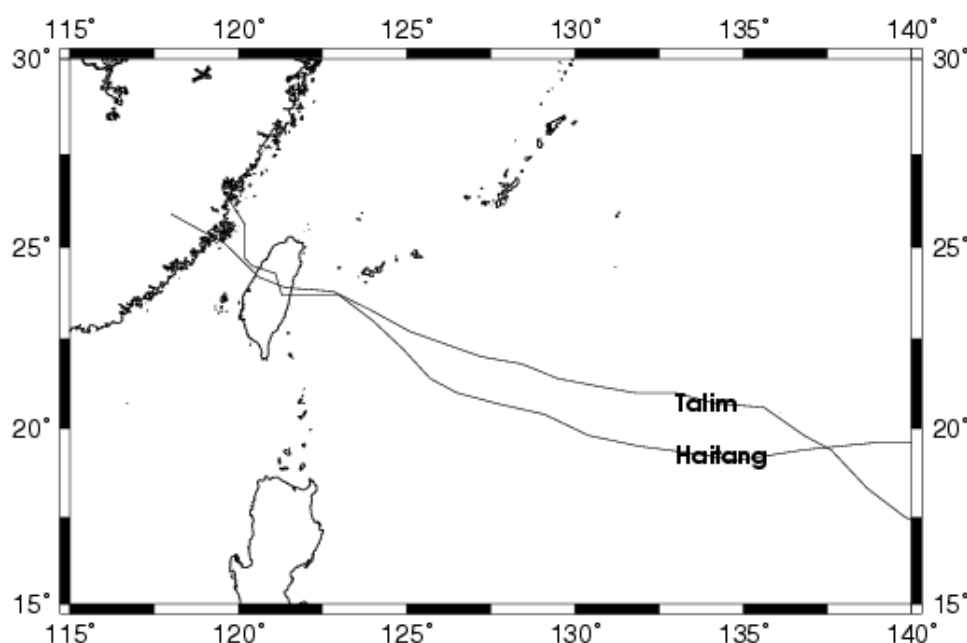


圖 5.17 海棠及泰利颱風行進路徑圖

本計劃以所收集之颱風潮位數據有港灣技術中心(IHMT)及氣象局(CWB)資料，其扣除上節模式之推算潮位，即為颱風暴潮數據。並以神經網路輸入颱風動態數據，進行颱風暴潮之預測與比較。並以花蓮港與蘇澳港為推算之測站，圖 5.18 為花蓮測站於海棠颱風之推算結果，由圖 5.18 可知於暴潮發生的時間，兩單位之潮位資料皆無紀錄，且氣象局則只有 7 月 19 日以後之資料。而模式的推算暴潮最大值則為 0.5 公尺。圖 5.19 為蘇澳港於颱風之推算結果，由圖中可知兩單位之資料於 7 月 13 至 18 日皆有較完整的潮位紀錄，模式之推算暴潮最大值約為 0.51 公尺，而港研中心之實測最大值約為 0.45 公尺，氣象局之實測最大值約為 0.81 公尺。其中模式推算最大值距港研中心數據時間約早 2 個小時，與氣象局數據時間約晚為 2 個小時。圖 5.20 為花蓮港測站於泰利颱風之暴潮推算結果，由圖中可知港研中心較為完整，氣象局則只有 8 月 27 日至 9 月 1 日之資料，於暴潮發生時間則無紀錄。模式推算最大暴潮為 0.47 公尺，而港研中心數據則為 0.67 公尺，大暴潮

發生時間之模式推算值與港研中心觀測值，則為同時。

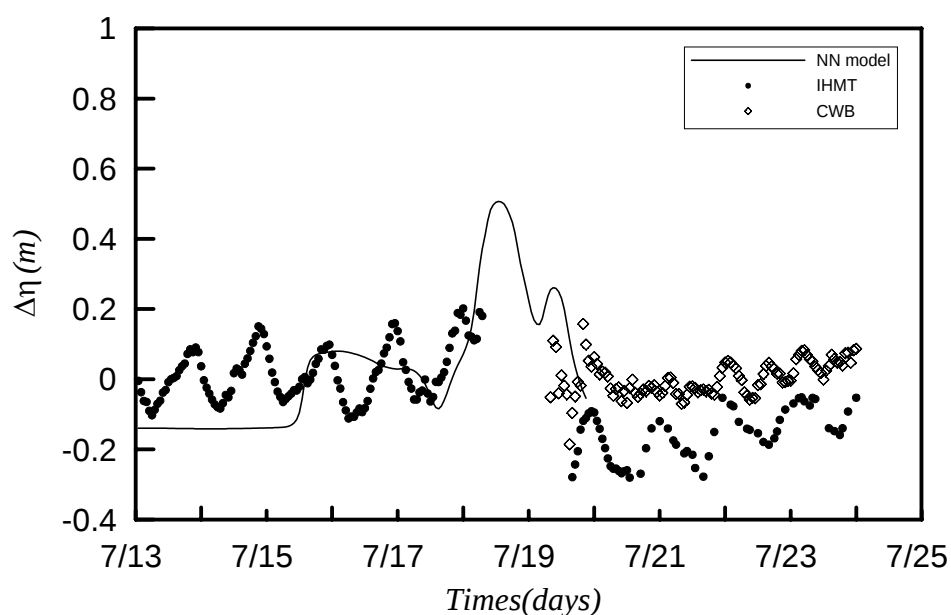


圖 5.18 海棠颱風暴潮偏差與花蓮港觀測值之比較

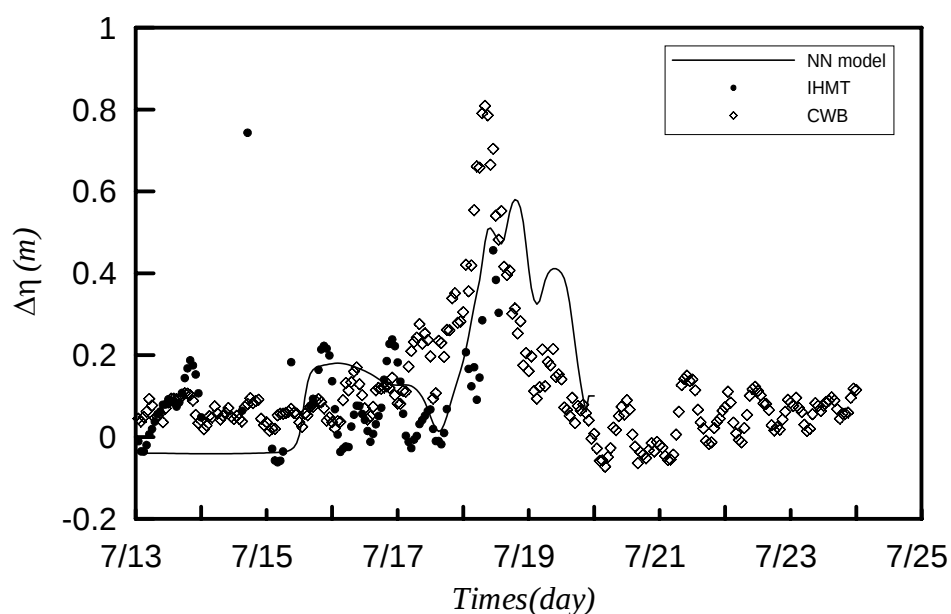


圖 5.19 海棠颱風暴潮偏差與蘇澳港觀測值之比較

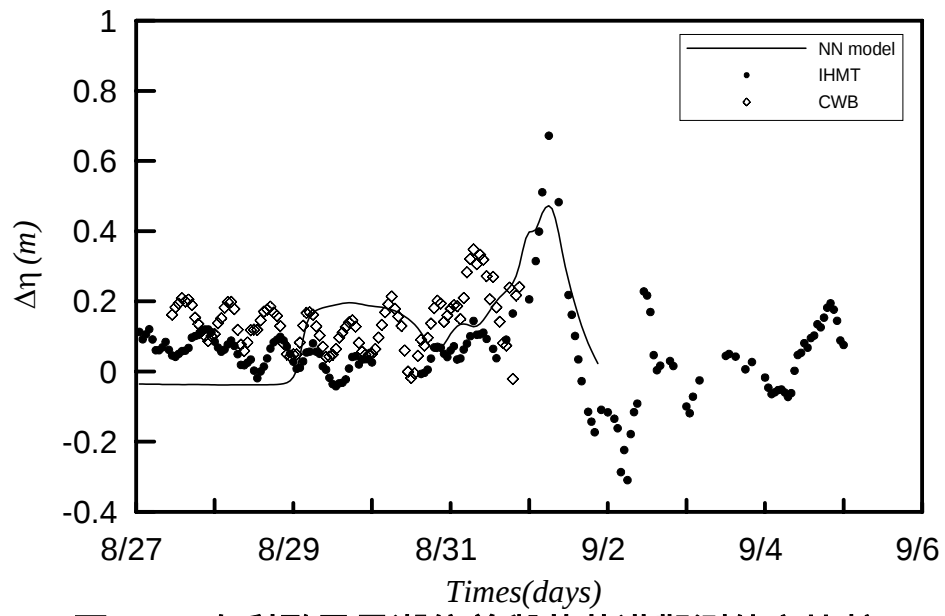


圖 5.20 泰利颱風暴潮偏差與花蓮港觀測值之比較

第六章 海氣象資料統計與分析

6.1 機率密度函數簡介

本研究為探討船舶動態與颱風規模及到達推算處波浪特性之有關，因此先探究所收集之波浪資料的統計特性。由統計特性之分析瞭解合理的波浪數據，並以此作為類神經網路模式之輸入值。風浪所造成的水面變化具有多方向不規則性，然以一支水位計量測到的水面變化只是時間軸上的訊號，無法顯示其方向分佈性，即所謂一維的不規則波。一般的波形信號，在統計分析上首先必須將其離散化，再以各個離散的水變位數據作成直方圖（histogram），以瞭解其機率分佈。理論上，假設海面上的風浪是由無限多的線性獨立成份波疊加而成，不論各成份波振幅變化的機率分佈為何，其疊加而成的最終波形之水面變位，依照統計學上的中央極限定理（central limit theorem），認為其必成一個常態分佈（normal distribution）的機率分佈，而波高的機率密度函數則是 Rayleigh 分佈的情形。本研究選取其他常用於工程或科學的 Weibull、Gamma 及 Normal 三種機率分佈函數，並與 Rayleigh 分佈進行波高統計分析比較，分別計算出誤差均方根 RMS 與相關係數 R2 這兩參數為評估指標，以此來判定何者為最適當之機率密度函數。

本文分別介紹相關機率密度函數：

1. 常態分佈

$f(x; \mu, \sigma)$ 為常態分佈的機率密度函數，示如式（6.1）

$$f(x; \mu, \sigma) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}, -\infty < x < \infty, -\infty < \mu < \infty, \sigma > 0 \quad \dots\dots\dots(6.1)$$

常態分佈主要有兩個參數， σ 為標準偏差（standard deviation）， μ 為平均值（mean value）。且由式（6.2）及式（6.3）推算標準偏差及

平均值，其不同參數變化之機率分佈示如圖 6.1。

$$\hat{\mu} = \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \dots\dots\dots(6.2)$$

$$\hat{\sigma}^2 = s^2 = \frac{1}{N-1} (\sum_{i=1}^N x_i - \bar{x})^2 \dots\dots\dots(6.3)$$

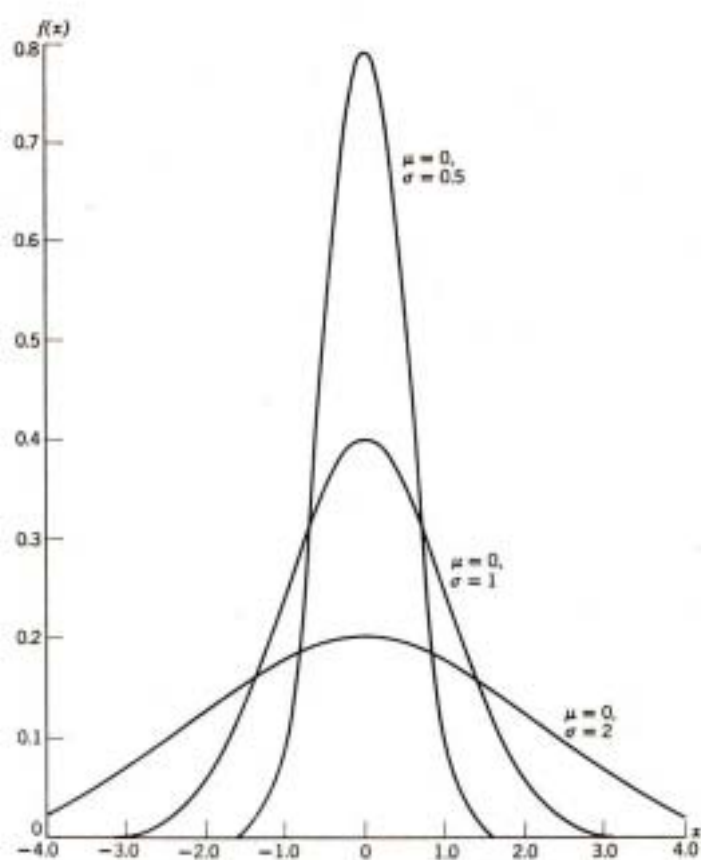


圖 6.1 不同參數變化之 Normal 機率密度分佈圖

2. Gamma 分佈

$f(x; \eta, \lambda)$ 為 Gamma 分佈的機率密度函數，示如式(6.4)

$$f(x; \eta, \lambda) = \begin{cases} \frac{\lambda^\eta}{\Gamma(\eta)} x^{\eta-1} e^{-\lambda x}, & x \geq 0, \eta > 0, \lambda > 0 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \dots\dots\dots (6.4)$$

其中 $\Gamma(\eta) = \int_0^\infty x^{\eta-1} e^{-x} dx$ 為 Gamma 函數, Gamma 函數中的兩個參數計算方式如下式, 而不同參數變化之 Gamma 機率分佈則示如圖 6.2

$$\hat{\lambda} = \frac{\bar{x}}{s^2}, \quad \hat{\eta} = \hat{\lambda} \bar{x} \dots\dots\dots (6.5)$$

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

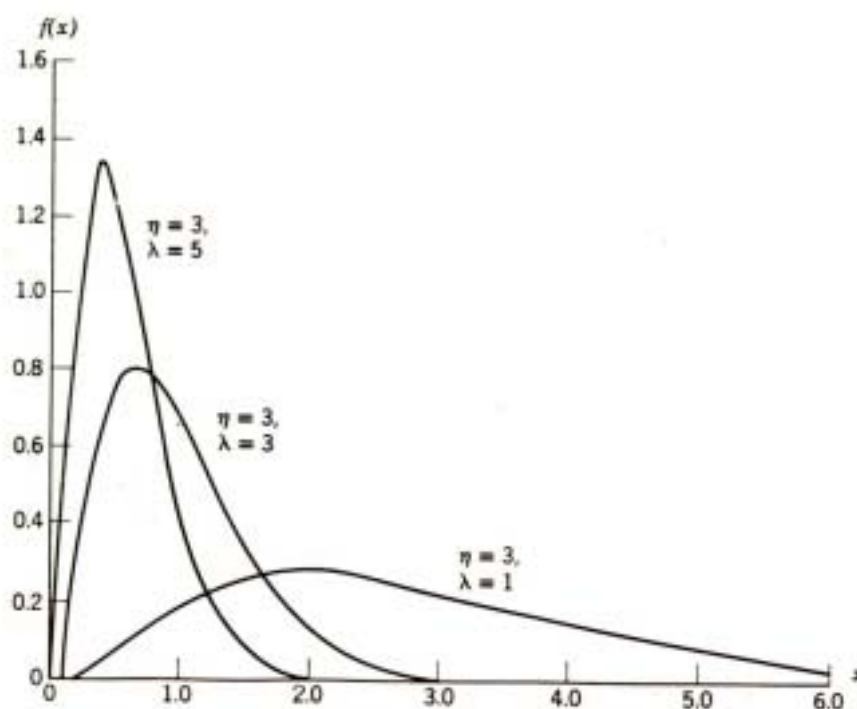


圖 6.2 不同參數時之 Gamma 機率分佈

3. Rayleigh 分佈

$f(x_i, a)$ 為 Rayleigh 分佈的機率密度函數, 示如式 (6.6)

$$f(x; \sigma) = \begin{cases} \frac{x}{\sigma^2} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}}, & x \geq 0, \sigma > 0 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \dots\dots\dots (6.6)$$

其中 σ 為一參數且其不同參數變化之機率密度如圖 6.3 所示

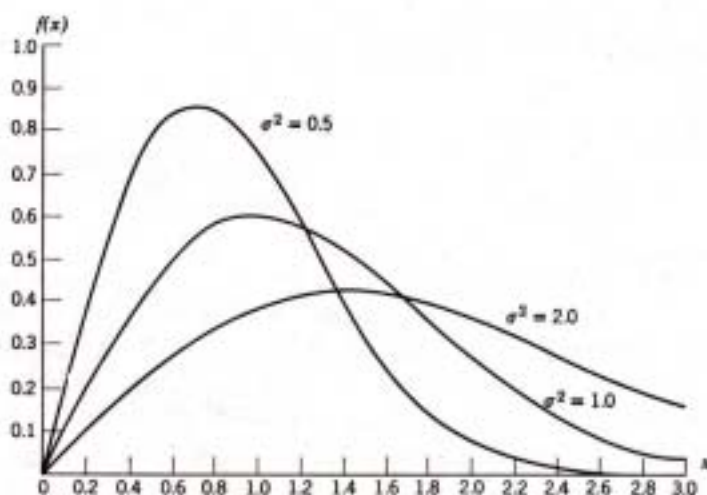


圖 6.3 不同參數變化之 Rayleigh 分佈

4. Weibull 分佈

$f(x; \eta, \sigma)$ 為 Weibull 分佈的機率密度函數，示如式 (6.7)

$$f(x; \eta, \sigma) = \begin{cases} \frac{\eta}{\sigma} \left(\frac{x}{\sigma}\right)^{\eta-1} e^{-\left(\frac{x}{\sigma}\right)^\eta}, & x \geq 0, \eta > 0, \sigma > 0 \\ 0, & \text{elsewhere} \end{cases} \dots\dots\dots (6.7)$$

其中 σ 和 η 為兩參數值，其不同參數變化之機率密度如圖 6.4 所示

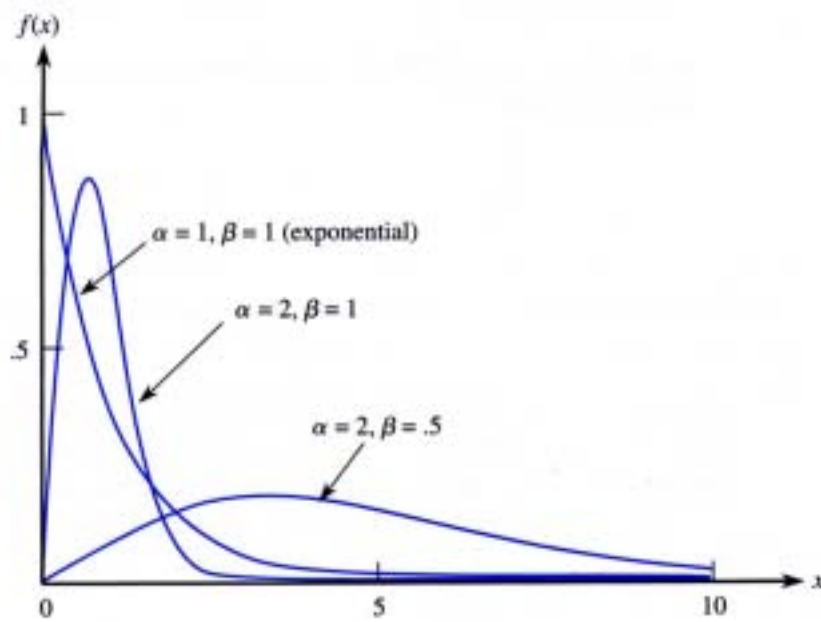


圖 6.4 不同參數之 Weibull 機率密度分佈

藉由上述各種機率密度函數之敘述，本文將利用所收集之波浪時序資料進行統計分析，分析資料為平時及颱風期間港內波浪時序資料共兩筆，平時量測的時間間隔為 4Hz，颱風期間時間間隔則為 2Hz。並以此探討最適之機率分析與分組組數對於資料分佈之密度函數的差異，誤差均方根 RMS 與相關係數 R^2 ，來評估其適用性，其統計分析流程圖如圖 6.5 所示，由圖 6.5 可知波高之機率密度分析步驟，乃由原始水位資料統計後，進行零上切法，得到波高時序值，以此進行計算並繪出實際波高機率密度直方圖。藉由波高時序資料求得不同機率密度分佈之參數，以獲得對應的理論密度分佈函數，而以最大概似法 (Maximum Likelihood Estimator, MLE) 求解各理論機率分佈之參數，其各參數值均落在 95%信賴區間，最後再根據分組組數與資料分佈的特性，以 RMS 及 R^2 探討最適之機率密度分佈特性。

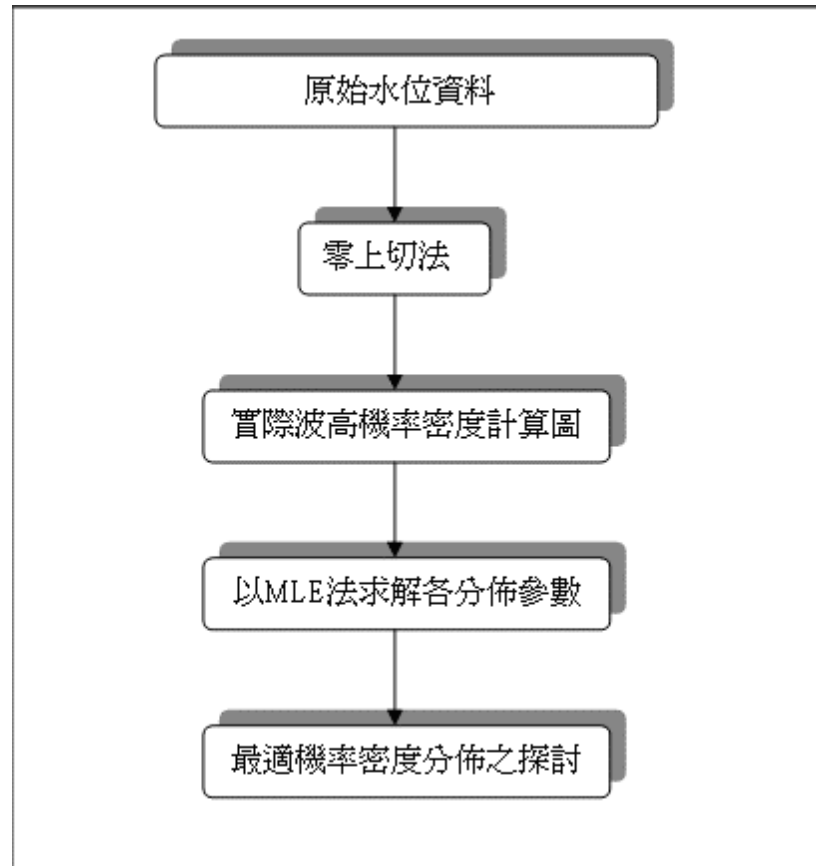


圖 6.5 波高機率密度分析流程圖

6.2 波高與水位之統計特性

本研究以圖 6.5 之流程進行波高機率密度分析，圖 6.6 及圖 6.7 為平時及颱風期間港內波浪時序圖，圖 6.8 為波浪水位時序資料之機率分析結果，由圖 6.8 可知水位分佈，較符合 Normal 分佈。且經由上述流程即可求解並繪出平時與颱風波高機率密度分佈圖，示如圖 6.9 及圖 6.10。

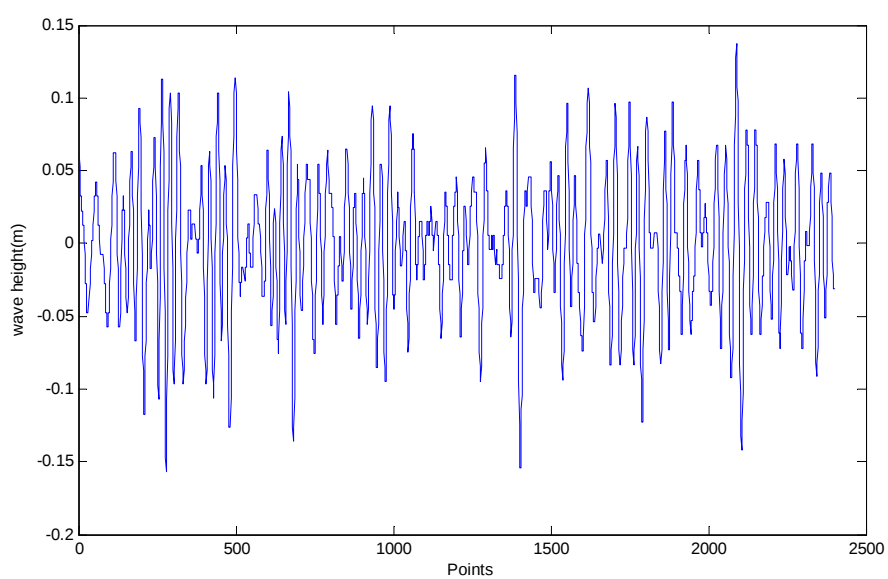


圖 6.6 平時港內波浪時序圖

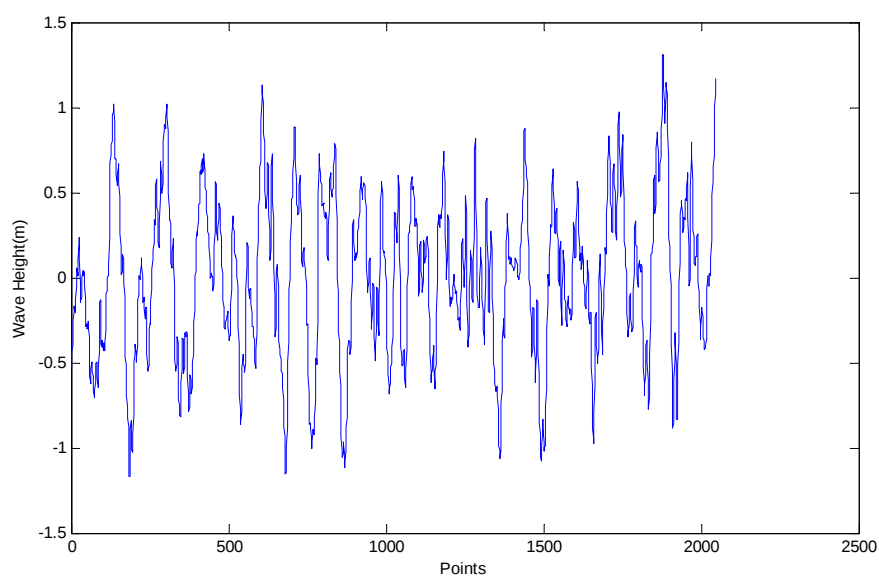


圖 6.7 颱風港內期間波浪時序圖

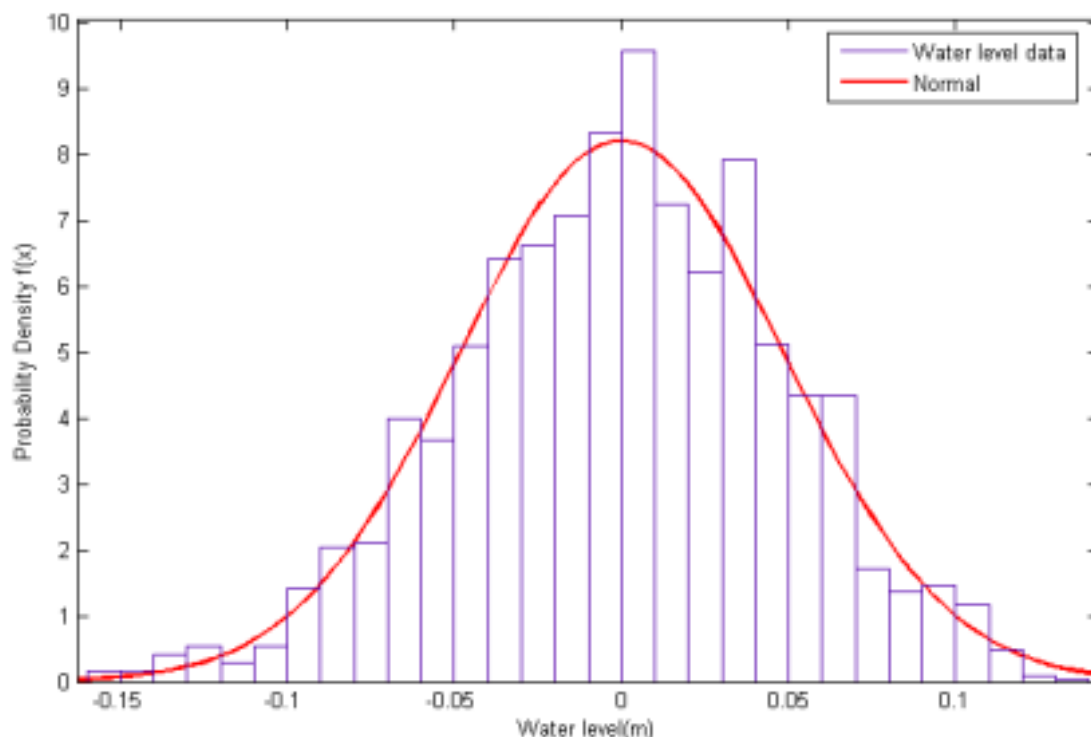


圖 6.8 波浪時序機率分佈分析圖

各機率密度函數描述平時與颱風時波高之適用指標，RMS 及 R^2 示如表 6.1。由表 6.1 及圖 6.9、圖 6.10 可知，平時波浪資料最符合 Weibull 分佈，其 RMS 為 1.02， R^2 為 0.82，而颱風波浪則最符合 Gamma 分佈，其 RMS 為 0.21， R^2 為 0.68，由此可知誤差均方根與相關係數可較客觀的判斷最適之波高機率分佈。

表 6.1 波高機率分佈之最適性比較表

波高類別 \ 分佈函數與參數	Gamma		Normal		Rayleigh		Weibull	
	RMS	R^2	RMS	R^2	RMS	R^2	RMS	R^2
平時波浪	1.40	0.68	0.82	0.89	1.06	0.81	1.02	0.82
颱風波浪	0.21	0.68	0.28	0.39	0.24	0.56	0.23	0.59

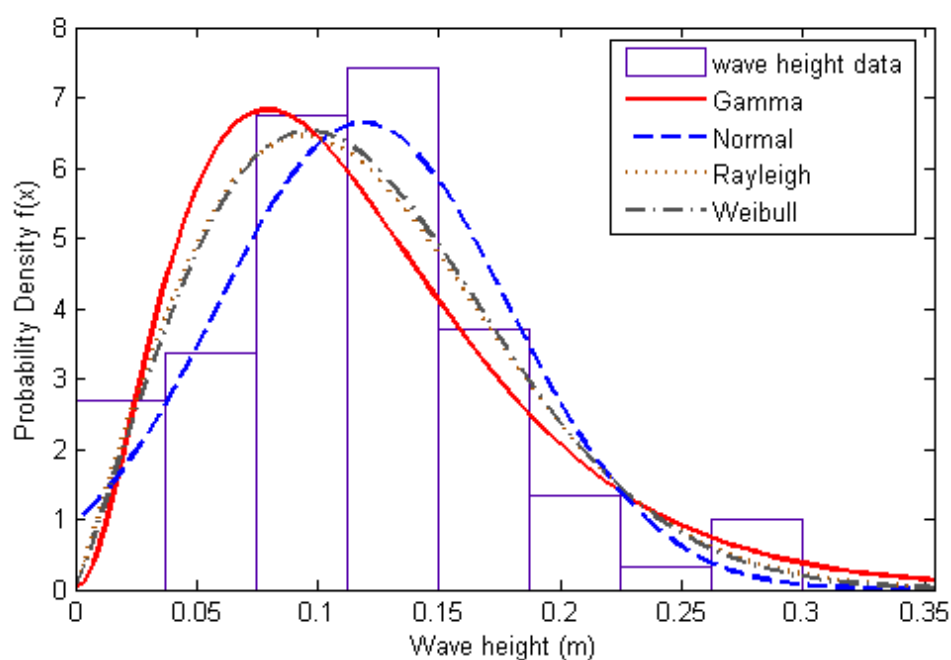


圖 6.9 平時波浪機率密度函數分佈比較圖

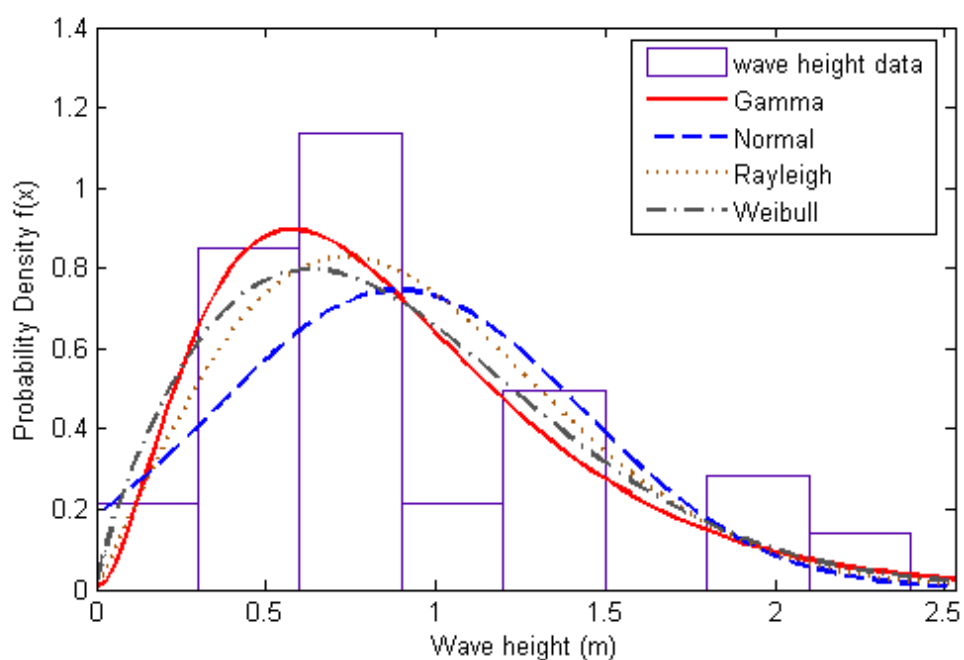


圖 6.10 颱風期間波浪各種機率密度函數分佈圖

本文為探討不同組數對理論機率分佈之 RMS 及 R^2 關係是否有影響，因此茲將平時波浪資料分成六組與十組分別比較，並繪至波高機率密度分析圖中，分別示如圖 6.11 及圖 6.12。圖 6.11 之 RMS 為 0.565， R^2 為 0.939，圖 6.12 之 RMS 為 1.163， R^2 為 0.770。因此可知

不同組數確實會影響機率分佈是否為最適，因此本研究於未來將探討組數與最適之機率分佈相關之分析，經由波高機率分佈分析後，即可進行理論及實際示性波高之統計特性比較。

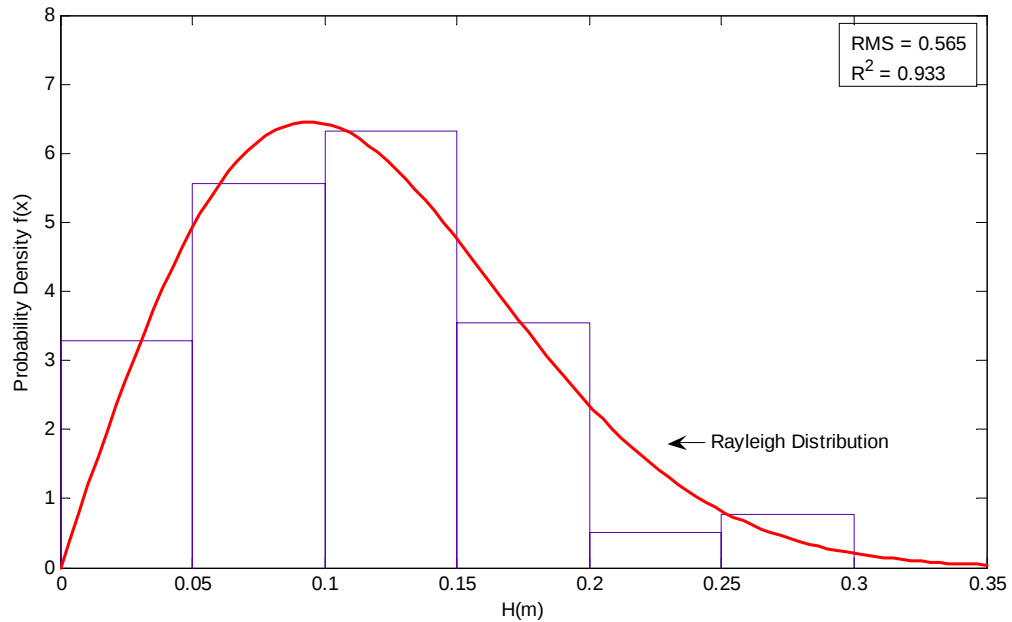


圖 6.11 組數為六組之機率密度與 Rayleigh 分佈圖

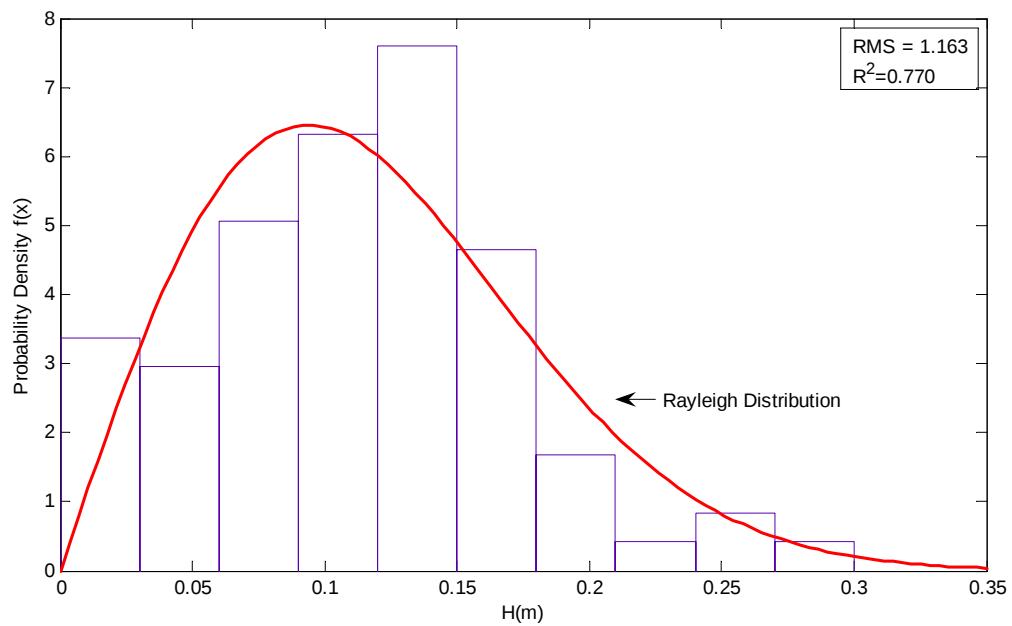


圖 6.12 組數為十組之機率密度與 Rayleigh 分佈圖

由波高資料可知波高的統計特性，如示性波高 $H_{1/3}$ 。若利用波高機率密度函數，今設大於某特定無因次波高值 $x_N (= H_N / \bar{H})$ 的機率為 $1/3$ ，即

$$\int_{x_N}^{\infty} p\left(\frac{H}{\bar{H}}\right) d\left(\frac{H}{\bar{H}}\right) = \frac{1}{3} \quad \dots\dots\dots (6.8)$$

已知機率密度函數 $p(x)$ 時由式 (6.8) 即可求出 x_N 。再依照 $H_{1/3}$ 的定義，即自 x_N 至 ∞ 範圍內所涵蓋面積之形心位置就是 $H_{\%}/\bar{H}$ ，以數學式表示之則為

$$\frac{H_{\%}}{\bar{H}} = \frac{\int_{x_N}^{\infty} \frac{H}{\bar{H}} p\left(\frac{H}{\bar{H}}\right) d\left(\frac{H}{\bar{H}}\right)}{\int_{x_N}^{\infty} p\left(\frac{H}{\bar{H}}\right) d\left(\frac{H}{\bar{H}}\right)} \quad \dots\dots\dots (6.9)$$

將實測波高之密度函數 $p(H/\bar{H})$ 代入式 (6.9) 計算，可求得理論之示性波高值。當波高的機率密度函數為 Rayleigh 分佈時，則理論之統計分析結果可得相關比值示如下

$$\frac{\bar{H}}{\sqrt{m_0}} = 2.413, \quad \frac{H_{\%}}{\sqrt{m_0}} = 3.774, \quad \frac{H_{\%_0}}{\sqrt{m_0}} = 4.733 \quad \dots\dots\dots (6.10)$$

其中 $m_0 = \eta^2$ ， η 為水面變位值。以式 (6.8) 及式 (6.9) 之計算，選擇 Rayleigh 分佈函數，得平時波浪之理論示性波高為 0.188，而依示性波高之定義計算之統計值為 0.183。颱風波浪之理論示性波高為 1.470，其統計值為 1.506。由此計算結果，再計算 $H_{1/3}$ 、 $H_{1/10}$ 、 $\bar{H}$ 、與 $\sqrt{m_0}$ 之比值，示如表 6.2。由表 6.2 可知計算之比值與理論比值有異。

表 6.2 平時與颱風波浪特性比較表

類別	$\frac{\bar{H}}{\sqrt{m_0}}$	$\frac{H_{\frac{1}{3}}}{\sqrt{m_0}}$	$\frac{H_{\frac{1}{10}}}{\sqrt{m_0}}$
平時波浪	0.802	2.538	3.217
颱風波浪	1.273	4.294	5.788

6.3 未來研究課題

經由前節之初步分析結果，本研究建議未來研究可著重於下列幾個課題：

1. 資料直方圖最適之組數：直方圖之組數若分得太細，則會產生鋸齒狀，若太少則會產生平滑化之現象，在波高或水位之機率分佈最適合之分組，目前尚無人探討，本應是值得探討之基本課題。
2. 位之適合常態分佈之程度：一般而言，水位之分佈應是常態分佈，但因波高增加，非線性增強，波浪線性化之假設逐漸不適用，因此水位資料適合常態分佈之程度與波浪非線性關係來做探討。
3. 波高適合之分佈函數：由上述結果顯示，並非理論之波高 Rayleigh 分佈較適合於實際波高，所以可檢測花蓮海域之波高分佈特性。
4. 不同季節之示性波高分佈：為瞭解某地之波浪長期特性，如冬季某月份的特性，示性波高分佈為何，其代表之特性又是如何，目前尚無定論，在本計畫後續研究會提出分析的結果。
5. 各統計值與理論值之比較：一般波高或水位已有理論之機率及各統計值之比值，但實際波浪是否具有此理論比值之特性應可探討。
6. 波浪週期之機率分佈探討：一般實測波浪週期特性較波高特性不符合其理論分佈，研究結果也較少，然而波浪週期常是海岸工程中，很重要之設計因子，因此週期之統計特性，未來探討其最適合分佈，季節特性及與理論比值之比較。

7.波高及週期之聯合分佈最適函數及其特性:較大波高之週期一般較小波浪之週期長,因此波高與週期常具有某種關聯,因此波高及週期聯合分佈同時描述,應是未來了解某地波浪特性最佳方式。

第七章 結論

類神經網路補遺模式的準確度依賴學習資料的完整及準確，當模式進行颱風波浪推算的建構時，因應更複雜的颱風行為就需要更充足的相關學習資料，以花蓮港觀測站為例，對於花蓮觀測站 9 場的颱風波浪資料學習內容作為類神經網路架構的基礎，推算 9 場颱風的示性波高結果亦相當合理。此外，由於風場模式對實際颱風風場的描述有相當的限制，而颱風模型與實際風場的差異就成為推算誤差的來源，特別是當颱風的運動行為劇烈變化或是颱風與陸地交互作用時，更顯現出波浪實測值與模式推算結果的差異。關於颱風風場模式的這個部分仍有改善的空間。

海氣象資料統計分析能夠提供該地波浪特性之探討，並以誤差均方根取相關係數進行分析以判斷最適之機率分布函數。對於波浪行為推算結果的誤差，可將該場颱風波浪資料加入學習資料中，藉由模式的再學習過程提高對類似行為的颱風波浪推算結果。面對颱風資料及波浪資料收集技術及內容逐漸完備，促使利用類神經網路建構的波浪推算模式擁有更準確、快速的推算過程及結果。目前類神經網路波浪補遺模式受限於波浪資料的數量及內容，僅能滿足小區域的波浪推算及預報，對於大區域的波浪補遺將藉由改善模式架構，結合其他數學及計算技術，如模糊理論、遺傳演算法等，配合氣象及波浪資料的收集，將可以把補遺模式應用在較大區域上。另外類神經網路應用在颱風波浪的補遺上，會遭遇到並非完全缺遺的波浪資料，而該段缺失前之波浪資料的參考價值也可深入研究。在波浪資料缺遺前的資料是否會因儀器故障前的問題而失去參考價值，此研究方向另需更深入了解颱風所造成對波高測站的影響。

本研究將颱風期間之暴潮偏差，帶入颱風暴潮之神經網路模式，經由學習建立颱風暴潮之預測模式，並於今年進行預測，由預測結果可知推算暴潮最大值與本所港研中心資料之誤差為 0.2 公尺，暴潮發生

時間則為同時。由此可知，本研究之颱風暴潮推算模式於最大值及其發生時間，有較可靠的推算能力，未來於工程設計或防災上有較大的應用性。

颱風侵襲港灣地區所必須考慮到的船舶動態管理方面，花蓮港務局所提供的船舶動態歷史資料，以及颱風相關資料已收集完成。初步統計特性分析將颱風影響船舶動態的各個影響因子如颱風規模以及颱風距離加以分類，以助於進行船舶動態模式的建立。船舶動態模式的建立將以類神經網路為基礎，便於與颱風波浪模式及暴潮模式整合成為易操作的 GUI 介面。GUI 介面的初步建構已完成，將針對未來船舶預警模式之功能及輸出資料類型加以改善。

參考文獻

1. 張金機(1996)“花蓮港長波與碇泊船隻動態關係”，花蓮港港池振盪及其改善方案研討會，61-82 頁。
2. 張憲國、郭一羽(1999)“花蓮港共振機制研究”，臺灣省政府交通處研究報告。
3. 簡仲景、曾相茂(1999)“花蓮港颱風波浪特性研究”，第二十一屆海洋工程研討會論文集，55-62 頁。
4. 謝榮哲(2000)“類神經網路在長時期潮汐預報之應用”，國立中興大學土木工程學系碩士論文。
5. 郭一羽(2001)“不規則波理論”，郭一羽主編，海洋工程學，第三章，文山書局。
6. 張憲國、曾彥喆(2001)“輸入天文潮汐改善類神經網路的潮汐預報能力之研究”，第二十三屆海洋工程研討會論文集，97-104 頁。
7. 張金機、簡仲璟(2002)“花蓮港外海颱風波浪研究“，第 24 屆海洋工程研討會論文集，405-410 頁。
8. 李宗霖、蔡清標、謝榮哲、徐月娟、陳進益、劉聖義(2002)“倒傳遞類神經網路在潮汐補遺之應用”，第 24 屆海洋工程研討會論文集，453-460 頁。
9. 錢維安、張憲國、何良勝(2002)“神經-模糊網路在推算颱風波浪之應用 II”，第 24 屆海洋工程研討會論文集，461-468 頁。
10. 張憲國、錢維安、何良勝(2003)“應用類神經網路在臺灣東岸海域颱風波浪推算之研究”，海洋工程學刊，第三卷，第一期，73-95 頁。
11. Booij, N., Holthuijsen, L. H., and Ris, R.C. (1996) “ The SWAN Wave

- Model for Shallow Water,” *Proceedings of 24th Conference International Conference on Coastal Engineering*, ASCE, Orlando, Vol. 1, pp. 668-676.
12. Bretschneider, C. L., and Tamaye, E. E. (1976) “ Hurricane Wind and Wave Forecasting Techniques,” *Proceedings of the Fifteenth Conference on Coastal Engineering*, Hawaii, Vol. 1, pp. 202-237.
 13. Chen, Y. H., and Wang, H. (1983) “ Numerical Model for Non-Stationary Shallow Water Wave Spectral Transformation,” *Journal of Geophysical Research*, Vol. 88, pp. 9851-9863.
 14. Coastal Engineering Manual (2005) U.S. Army Coastal Engineering Research Center, Fort Belvoir, Vol. I-III.
 15. Deo, M. C., and Naidu, C. S. (2001) “ Real Time Wave Forecasting Using Neural Networks,” *Ocean Engineering*, Vol. 26, pp. 191– 303.
 16. Eberhart, R. C., and Dobbins, R. W. (1990) *Neural Network PC Tools – A Practical Guide*, Academic Press, Ins, pp. 10-250.
 17. Hajime, M., Sakamoto, M., and Sakai, T. (1995) “ Neural Network for Stability Analysis of Rubble-Mound Breakwaters,” *Journal of Waterway Port, Coastal and Ocean Engineering*, ASCE, Vol. 97, pp. 139– 154.
 18. Harper, B. A., and Holland, G. J. (1999) “ An Updated Parametric Model of the Tropical Cyclone,” *Proceedings of the 23rd Conference of Hurricane and Tropical Meteorology*, Dallas, Texas, pp. 893– 896.
 19. Hiraoka, T., Maeda, H., and Ikoma, N. (1999) “ Two-Stage Prediction Method of Typhoon Position by Fuzzy Modeling-Fusion of Outline Prediction and Detailed Prediction Systems,” *Proceedings of IEEE*

- SMC '99 Conference on Man, and Cybernetics*, Vol. 6, pp. 581 -585.
20. Holland, G. J. (1980) “ An Analytical Model of the Wind and Pressure Profiles in Hurricanes,” *Monthly Weather Review*, Vol. 108, pp. 1212-1218.
 21. Jelesnianski, C. P. (1966) “ Numerical Computations of Storm Surges Without Bottom Stress,” *Monthly Weather Review*, Vol. 94, No. 6, pp. 379– 394.
 22. Kumar, A., and Minocha, V.K., (2001) “ A Discussion on Back-propagation Neural Network in Tidal-level Forecasting, by Tsai, C.P., and Lee, T.L.,” *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, vol. 127, pp. 54-55.
 23. Lee, R. S. T., and Liu, J. N. K. (1999) “ An Elastic Graph Dynamic Link Model for Tropical Cyclone Pattern Recognition,” *Proceedings of the 6th International Conference on Neural Information*, ICONIP’ 99, Vol. 1, pp. 177-182.
 24. Lippman, R. P. (1987) “ An Introduction to Computing With Neural Nets,” *IEEE ASSP Magazine*, Vol.4, pp.14-24.
 25. Mandal S., (2001) “ A Discussion on Back-propagation Neural Network in Tidal-level Forecasting, by Tsai, C.P., and Lee, T.L.,” *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, vol. 127, pp. 54-55.
 26. Medina, J.R., (2001) “ A Discussion on Back-propagation Neural Network in Tidal-level Forecasting, by Tsai, C.P., and Lee, T.L.,” *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, vol. 127, pp. 55-57.

27. Niwa, Y., and Hibiya, T. (1998) “ Nonlinear Processes of Energy Transfer from Traveling Hurricanes to the Deep Ocean Internal Wave Field,” *Oceanographic Literature Review*, Vol. 45, pp. 39.
28. Tsai, C.P., and Lee, T.L., (1999) “ Back-Propagation Neural Network in Tidal-Level Forecasting,” *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering*, vol. 125, pp. 195-202.

附錄 1 花蓮港之船隻動態表

花蓮港受颱風影響港池狀況概述依據 85 年起持續觀察花蓮港港池受颱風影響之狀況，港池共振之程度概取決於颱風之路徑、強度、暴風圈範圍及其行進速度等因素，茲謹就臺灣東部海域之颱風對花蓮港港池狀況之影響概略區分如下：

一、由臺灣西南方之南中國海生成之颱風由巴士海峽約朝東北向進入臺灣東南海域並持續遠離臺灣者，均不至對花蓮港港池造成共振現象，例如：

由臺灣西南朝東北向進入臺灣東南海域颱風										
時 間		颱 風 名 稱	經 緯 度		行進方 向速度 (km/h)	七級風 半 徑 (km)	十級風 半 徑 (km)	中心最 大風速 (m/s)	瞬間最 大風速 (m/s)	對本港之影響概況
日	時		經度	緯度						
85.05.22	1400	凱 姆 CAM	19.9	119.6	ne-15	150		20-8*	25-10*	船舶進出港作業正 常
85.05.23	0800		20.9	122.0	ne-18	150		20-8*	25-10*	
85.05.23	1400		21.3	123.3	ne-22	150		20-8*	25-10*	
87.09.18	0200	維 琪 VICKI	17.0	118.7	滯留	100		18-8*	25-10*	船舶正常進出港及 裝卸作業
87.09.21	0200		23.2	128.7	ne~nne-25	120		28-10*	35-12*	
87.09.21	1400		26.0	131.0	nne-30	200		30-11*	38-13*	
90.05.11	0800	西馬隆 Cima	17.0	119.0	N-13	100		18-8*	25-10*	05/12 1400 成立防 颱中心 未造成港內湧浪。 「金瀧」在 23#碼 頭待修及沉箱渠內 之沉箱均安然。
90.05.12	0800		18.8	119.5	n~nne-11	120		20-8*	28-10*	
90.05.13	0700		21.0	121.7	nne-19	150		20-8*	28-10*	
90.05.13	1700		22.7	123.4	NE-26	150		23-9*	30-11*	
91.06.08	1400	諾古力 Noguri	21.0	118.0						無任何影響
91.06.09	1400		22.0	124.5						
91.06.10	1400		24.9	125.5						
92.06.01	2000	南 卡 Nangka	18.2	117.8	Ne-15	100		18-8*	25-10*	無任何影響
92.06.02	1400		20.6	120.3	Ne-23~33	100		23-9*	30-11*	
92.06.03	0200		21.8	122.9	Ne-28~39	100		23-9*	30-11*	
92.11.02	0500	米 勒 Melor	19.6	120.7	NW-10	150		23-9*	30-11*	11/02 1100 成立應 變小組 11/03 1600 解除本次颱風動態 與氣象局預測誤差 太大 11/03 0900 時 召開防颱會議要求 船舶出港避風，「康 運」經強制要求於 1200 時前出港，其 他船舶則均未出港 避風，港內亦無明 顯湧浪形成。
	1100		20.3	120.5	nnw~nw-10	150		23-9*	30-11*	
	1700		21.0	120.8	N-10	150		23-9*	30-11*	
	2200		21.4	121.0	N-10	150		25-10*	33-12*	
92.11.03	0600		22.4	121.7	N-10	150		25-10*	33-12*	
	1100		22.8	122.2	Nne-10	120		20-8*	28-10*	
	1700		23.5	123.1		120		18-8*	25-10*	
93.06.07	0800	康森 Conson	16.4	118.7	Nne-10	100		20-8*	28-10*	06/08 1630 成立緊 急應變小組 06/09 1830 解除 本次颱風對本港無 任何影響，亦無湧
93.06.08	0800		18.3	119.3	Nne-11	150		25-10*	33-12*	
	1800		19.8	119.9	Nne-11	150		30-11*	38-13*	
93.06.09	0800		21.2	121.3	Nne-15	150	50	33-12*	43-14*	
	1400		22.3	122.6	Ne-25~32 ne-30	150	50	33-12*	43-14*	

	1700		22.9	123.0	ne-30	150	50	33-12*	43-14*	浪產生。
--	------	--	------	-------	-------	-----	----	--------	--------	------

二、由臺灣東北部外海生成之颱風朝西南向接近臺灣而未直接侵襲花蓮者，亦不至對花蓮港港池造成共振現象，例如：

由臺灣東北部外海朝西南向接近臺灣颱風										
時 間		颱 風 名 稱	經 緯 度		行進方 向速度 (km/h)	七級風 半 徑 (km)	十級風 半 徑 (km)	中心最 大風速 (m/s)	瞬間最 大風速 (m/s)	對本港之影響概況
日	時		經度	緯度						
89.09.08	1400	寶 發 Bopha	25.5	128.0	w~wsW-19	180		23-9*	30-11*	09/09 0900 成立防 颱 09/10 1500 解除 內外港均靠泊有船 並無斷纜情事。
89.09.09	1000		25.3	124.7	wsW~sw-17	150		23-9*	30-11*	
89.09.09	2100		24.3	123.6	sw~ssW-17	150		23-9*	30-11*	
89.09.10	0700		22.5	123.0	ssW~s-17	150		23-9*	30-11*	
90.09.13	1400	納 莉 Nari	26.9	126.2	Wnw-8	150	50	30-11*	38-13*	09/15 0900 成立應 變小組 09/27 1200 解除 本次颱風非常詭異 重創臺灣，惟本港 完全未受影響。
90.09.14	1400		27.5	124.9	Wsw-8	150	50	30-11*	38-13*	
90.09.15	1400		25.9	123.9	Sw-12	150	50	30-11*	38-13*	
90.09.16	1400		25.4	122.6	Wsw-6	150	50	40-13*	50-15*	
90.09.17	1400		24.0	120.8	Sw-4	120		20-8*	28-10*	
90.09.18	1500		23.7	120.4	w-3	120		18-8*	25-10*	
90.09.19	2000		22.4	118.8	w-10	80		18-8*	25-10*	

三、在菲律賓呂宋島東方海域生成之颱風朝西向通過呂宋島者，亦不至對花蓮港港池造成共振現象，例如：

由呂宋島東方海域朝西向通過呂宋島颱風										
時 間		颱 風 名 稱	經 緯 度		行進方 向速度 (km/h)	七級風 半 徑 (km)	十級風 半 徑 (km)	中心最 大風速 (m/s)	瞬間最 大風速 (m/s)	對本港之影響概況
日	時		經度	緯度						
85.10.17	0200	貝 絲	17.7	125.2	w-12					無明顯浪湧
85.10.18	0200		17.6	122.1	w-15					無船舶斷纜或出港
85.10.19	0200		18.6	119.6	w-11					避風
87.12.10	2000	費 絲	11.7	126.0	w-25	120		23-9*	28-10*	船舶正常進出港及
87.12.11	0800	FAITH	12.0	122.0	w-28	150		28-10*	35-12*	裝卸作業（冷鋒南
87.12.11	1400		11.5	120.1	w-28	200		30-11*	38-13*	下）
92.08.21	0800	科羅旺	18.8	129.2	W-17	150		23-9*	30-11*	本次颱風發布海上
	1400	Krovanh	18.4	128.0	W-19	200		25-10*	33-12*	颱風警報。
92.08.22	0200		17.9	125.9	W-22	200	50	30-11*	38-13*	除 08/22 晚上稍有
	1100		17.7	123.7	W-22	250	100	33-12*	43-14*	湧外，不影響進出
	2300		17.7	121.5	w~wnw-21	250	100	30-11*	38-13*	作業。
92.08.23	0800		17.6	119.2	w~wnw-22	250	100	30-11*	38-13*	
93.07.14	0800	康伯斯	21.2	125.0	Wnw-18	100		18-8*	25-10*	本次颱風在較高緯

93.07.15	1400	Kompasu	21.4	123.5	wnw-20	100		18-8*	25-10*	度生成，本局於 07/141500 時召開 防颱會議並於 1530 時配合交通部成立 緊急應變小組，由 於颱風持續偏西且 維持輕度，故對本 港絲毫無影響， 07/15 0700 時解除 應變小組。
	2000		20.9	121.5	wnw-20	100		20-8*	28-10*	
	0200		20.9	120.5	wnw-20	100		20-8*	28-10*	

四、在菲律賓呂宋島東方海域生成之颱風朝西北向接近臺灣並直接侵襲花蓮者，影響最為嚴重，例如：

由呂宋島東方海域朝西北向接近臺灣並直接侵襲花蓮颱風										
時 間		颱 風 名 稱	經 緯 度		行進方 向速度 (km/h)	七級風 半 徑 (km)	十級風 半 徑 (km)	中心最 大風速 (m/s)	瞬間最 大風速 (m/s)	對本港之影響概況
日	時		經度	緯度						
86.08.27	0800	安 珀 AMBER	19.1	126.	Wnw-9	200	80	43-14*	53-16*	08/26 1834 時起「亞 士皮」、「法羅」、「千 葉」均因斷纜分別 由 23#、17#、6#碼 頭出港避風迄 08/30 再返港；08/29 0400 左右颱風眼通 過本港，造成東防 波堤胸牆倒塌等嚴 重災情。
86.08.28	0200		20.3	2	Wnw~nw-18	250	100	48-15*	58-17*	
86.08.28	1400		21.4	124.	nw-18	250	100	48-15*	58-17*	
86.08.29	0200		23.4	2	nw-18	250	100	48-15*	58-17*	
86.08.29	1400		24.8	122. 9 121. 6 120. 0	nw-18	250	100	35-12*	45-14*	
89.08.21	0800	碧利斯 Bilis	18.8	128.	wnw-22	250	100	45-14*	55-16*	08/21 1730 時成立 防颱中心 08/21 2400 時前除 內港「天立一號」 輪堅不出港及「億 滿鴻」700 噸漁船要 求進港外，均已出 港避風。「天立一 號」幾乎完全斷纜 在內港迴船池漂 盪，本次本港包括 東防波堤受到重 創。08/23 1200 時恢 復正常。
89.08.22	0700		20.7	3	wnw-22	300	120	53-16*	65-17*	
89.08.22	2000		22.5	124.	NW-22	300	120	53-16*	65-17*	
89.08.23	0200		23.6	2	wnw-20	300	120	45-14*	55-16*	
89.08.23	0500		23.8	122. 0 120. 2 119.5	wnw-20	300	120	45-14*	55-16*	

90.07.27	1400	桃 芝 Toraji	17.2	126.	NW-11	200		23-9*	30-11*	07/28 1400t 成立應變小組 07/31 1500 解除 07/29 2030 湧浪開始劇烈,除 12#碼頭「華龍」2300 時斷纜外,其他商船均已出港 07/30 0500 時湧浪已減緩。
90.07.28	0800		18.4	9	NW-17	250	100	35-12*	45-14*	
90.07.29	1300		22.0	124.	Nnw-17	250	100	38-13*	51-16*	
90.07.30	0000		23.5	8	Nnw-17	250	100	38-13*	51-16*	
90.07.30	1400		25.2	122.	Nnw-17	200	80	30-11*	40-13*	
				5						
				121.						
				5						
				120.						
				6						
93.06.23	1400	敏督利 Mindulle	16.7	142.	wnw~w-11~	100		18-8*	25-10*	06/28 凌晨高潮位時即開始有湧,「裕東」,「傑昌」,「通華」均因斷纜陸續出港避湧 06/30 湧浪稍有減緩 07/01 因偏北轉向港內湧浪再漸次加劇,故船舶至 07/03 晚上始陸續進泊。 07/01 0830 召開防颱會議 本次颱風引進強烈西南氣流,重創臺灣中南部。
93.06.24	1400		16.3	9	15	150		25-10*	33-12*	
93.06.25	1400		15.0	137.	w-18	150		28-10*	35-12*	
93.06.26	1400		14.8	8	w-18	150		30-11*	38-13*	
93.06.27	1400		16.9	133.	w~wnw-14	150		30-11*	38-13*	
	2000		17.4	9		200	50	33-12*	43-14*	
93.06.28	1400		18.4	130.	wnw-18~12	250	100	40-13*	50-15*	
93.06.29	1400		18.9	4	wnw-18~12	250	100	45-14*	55-16*	
93.06.30	1400		19.3	128.	wnw-10	250	100	40-13*	50-15*	
	2000		19.8	1	wnw-8	250	100	40-13*	50-15*	
93.07.01	0800		21.7	127.	wnw~nw-8	200		30-11*	38-13*	
	2200		23.7	0	nnw-10	200		30-11*	38-13*	
93.07.02	0800		25.0	125.	nnw~n-15	200		28-10*	35-12*	
				5	n~nne-15					
				123.	nne~ne-15					
				7						
				122.						
				0						
				122.						
				1						
				121.						
				8						
				121.						
				7						
				121.						
				6						
93.10.19	0200	納坦 Nock-Te n	10.1	149.	w~wnw-18	150	50	33-12*	43-14*	10/24 1600 高潮位前後湧浪加劇,原泊港商船三艘出港避風,惟「永順一號」仍堅持進靠 10#碼頭卸貨 10/25 0400 時起風勢漸強,0900 時起則持續吹南風至 1700 時仍未歇 10/26 上午恢復正常
93.10.20	1400		11.4	8	nw-22	150	50	38-13*	48-15*	
93.10.21	0200		12.6	144.	nw-22	150	50	40-13*	50-15*	
	1400		13.8	0	nw-22	150	50	40-13*	50-15*	
93.10.22	0200		14.5	141.	nw-20	150	50	40-13*	50-15*	
93.10.23	0800		17.4	8	wnw-29	200	80	43-14*	53-16*	
93.10.24	0700		19.8	139.	wnw~nw-27	250	100	43-14*	53-16*	
	2200		22.0	3	~21	250	100	43-14*	53-16*	
93.10.25	0200		22.7	137.	nw~n-21~18	250	100	40-13*	50-15*	
	0800		24.0	3	nnw~nne-19	250	100	40-13*	50-15*	
	1100		25.0	132.	~15	250	100	40-13*	50-15*	
				3	n~ne-18					
				126.	n~ne-20~23					
				4						
				123.						
				0						
				122.						
				5						
				122.						
				2						
				121.						
				8						

五、在菲律賓呂宋島東方海域生成之颱風朝西北向接近臺灣再轉北北西或轉北由花蓮外海通過者,影響亦甚顯著,例如:

呂宋島東方海域朝西北向接近臺灣再轉北北西或轉北由花蓮外海通過颱風										
時 間		颱風 名 稱	經 緯 度		行進方 向速度 (km/h)	七級風 半 徑 (km)	十級風 半 徑 (km)	中心最 大風速 (m/s)	瞬間最 大風速 (m/s)	對本港之影響概況
日	時		經度	緯度						
85.07.29	1100	賀 伯	18.7	129.7	wnw-19	350	150	53-16*	65-17*	暴風圈涵蓋本港， 07/30 成立防颱風中 心 07/29「貝爾」，「羅 伯」，「安康」，「安吉 拉」，「克蘭」，「福 全」，「聯榮」分別 因斷纜由 23#、 25#、19#、6#、24#、 13#、15#碼頭出港 避風，至 08/02 始 陸續返港 「普堤」因主機故 障無法出港，在 20# 碼頭經歷極度之危 險，並碰損碰墊及 船體
85.07.30	0200	HERB	20.3	127.9	Nw-19	350	150	53-16*	65-17*	
85.07.30	1400		22.0	127.2	nw~wnw-20	350	150	53-16*	65-17*	
85.07.31	0800		24.0	124.6	wnw-23	350	150	53-16*	65-17*	
85.08.01	0800		25.4	120.4	wnw-19	300	100	40-13*	53-16*	
87.10.12	0200	瑞 伯	11.0	133.7	wnw-20	150		28-10*	35-12*	10/14 1730 成立防
87.10.12	1400	ZEB	12.3	131.3	wnw~nw-25	300	120	35-12*	45-14*	颱風中心 10/16 1800
87.10.13	0200		13.6	129.0	wnw~nw-25	300	120	40-13*	50-15*	解除
87.10.13	1400		15.5	126.0	Nw-25	350	150	51-16*	63-17*	10/13 2249「卡迪」
87.10.14	0200		16.2	123.7	Nw-18	350	150	55-16*	68-17*	預知颱風動態自
87.10.15	0200		18.8	121.3	N-15	350	120	45-14*	55-16*	15#碼頭出港 10/14
87.10.16	0800		23.8	122.3	nne-22	300	120	33-13*	48-15*	0651~0842「江
87.10.16	1800		25.4	123.5	nne~ne-22	300	100	33-13*	43-14*	美」，「華榮」，「亞 七」因斷纜分別自

										24#、23#、11#碼頭 出港避風；「捷運」 則私自於內港迴船 池拋錨。 10/17 後港內恢復 正常運作
92.04.18	0200	柯吉拉	13.6	131.4	W-13	250	100	45-14*	55-16*	04/17 晚上即出現 湧浪，04/18 船舶均 出港避風，至 04/24 始陸續恢復船舶進 港。
92.04.21	0500	Kujira	18.2	124.9	NW-13	250	100	43-14*	53-16*	
92.04.22	0200		19.5	124.0	NW-10	250	100	35-12*	45-14*	
92.04.23	0800		20.8	122.5	NNW-7	180		23-9*	30-11*	
92.04.24	0800		22.0	122.6	n~nne-7~15	180		18-8*	25-10*	
92.04.24	1700		24.1	123.8	NNE-20~30	150		18-8*	25-10*	
93.05.14	1400	妮妲	8.5	131.5	nw-15~23	100		20-8*	28-10*	05/18 0500 時高潮 位港內湧浪，24# 碼頭「和風」搖盪 仍勉強完成卸載， 並於 1300 時出 港，其他較小型之 砂石船及內港靠泊 船舶均仍可裝卸作 業。05/19 港內仍 持續有湧，05/19 1800 高潮位時湧浪 甚至加劇，致「國 昌」延期進港。0520 上午湧浪漸減。
93.05.16	0200	N I D	10.7	128.0	nm-23~20	220	80	38-13*	48-15*	
	1400	A	11.8	126.4	NW-19	250	100	45-14*	55-16*	
93.05.17	0800		14.1	124.3	nnw-16	250	100	45-14*	55-16*	
	1400		14.7	123.8	nnw~n-13	250	100	45-14*	55-16*	
93.05.18	0800		16.9	123.5	n~ne-17	250	100	45-14*	55-16*	
	1400		17.5	123.6	nne~ne-17~	250	100	45-14*	55-16*	
93.05.19	0800		20.2	125.2	20	250	100	40-13*	50-15*	
	1400		21.3	126.5	ne-30~43	250	100	40-13*	50-15*	
93.05.20	0200		23.6	129.6	ne-36~44 ne-48~65	250	100	40-13*	50-15*	
93.10.13	0800	陶卡基	14.4	143.9	Wnw-19	100		18-8*	25-10*	10/18 上午湧浪漸 生，0900 時高潮位 後漸加劇，中午以
93.10.14	0200	Tokage:	14.2	139.0	w~wnw-21~	200	50	28-10*	35-12*	
	0800		13.8	138.1	15	200	50	28-10*	35-12*	

93.10.15	2000		15.5	134.4	w~wnw-18~	200	50	38-13*	48-15*	後因颱風與東北季
93.10.16	1400		17.6	134.0	12	200	80	43-14*	53-16*	風加乘效果港內湧
93.10.17	0200		18.6	132.5	nw-12	200	80	43-14*	53-16*	浪加劇，風及浪持
93.10.18	0800		21.8	128.2	nw-15	200	80	43-14*	53-16*	續增強，東堤越浪
	1400		22.2	127.4	nw-15	200	80	43-14*	53-16*	甚巨，下午四時以
	2000		23.0	126.9	nw~n-15	200	80	43-14*	53-16*	後外港及內港船舶
93.10.19	0800		24.7	127.2	nnw~nne-15	200	80	43-14*	53-16*	均漸次嚴重斷纜，
					nnw~nne-15					「祥樂」從 18#移
					~20					6#碼頭仍持續由拖
					nne-25~37					船頂住，13#「通和」
										亦靠拖船頂住，隨
										後 17#「富國新 6
										號」，20#「佳新」，
										4#「亞五」，13#「通
										和」，10#「蘇太」，
										6#「祥樂」均緊急
										出港，3#「海朋」
										則錨泊內港迴船
										池。翌日雖港內湧
										漸緩，但東堤越浪
										仍甚劇。

六、在菲律賓呂宋島東方海域生成之颱風朝西北向接近臺灣由臺灣南端或巴士海峽通過者，影響亦稱明顯，例如：

呂宋島東方海域朝西北向接近臺灣由臺灣南端或巴士海峽通過颱風										
時 間		颱風 名 稱	經 緯 度		行進方 向速度 (km/h)	七級風 半 徑 (km)	十級風 半 徑 (km)	中心最 大風速 (m/s)	瞬間最 大風速 (m/s)	對本港之影響概況
日	時		經度	緯度						
85.07.24	1400	葛樂禮	17.3	124.2	Nw-15	250	80	33-12*	43-14*	暴風圈涵蓋本港， 07/25 成立防颱中 心
85.07.25	0800	GLORIA	18.8	122.4	Nw-15	250	80	35-12*	45-14*	
85.07.26	0800		21.1	120.8	Nw-14	250	80	35-12*	45-14*	

85.07.27	0800		24.7	118.5	Nw-22	180		23-9*	33-12*	07/24 當日進港之「羅伯」,「貝爾」,「安吉拉」分別因斷纜由 25#、23#、4#碼頭出港避風,至 07/28 始陸續返港
85.09.07	0800	莎莉	18.1	127.0	wnw-20	200	50	33-12*	43-14*	09/08 0550「宏安」
85.09.08	0200	SALLY	19.2	121.9	w~wnw-28	250	80	45-14*	55-16*	於 10#碼頭斷纜經
85.09.08	1400		19.7	118.0	w-30	250	80	48-15*	58-17*	推頂重新帶纜、09/08 0753 至 0854「長貴」及「艾特絲」分別自 23#及 13#碼頭出港避風迄 09/09 再進港。
87.08.03	0200	奧托	15.5	124.8	Nw-13	100		18-8*	23-9*	08/04 0500 左右港
87.08.03	0800	OTTO	16.7	124.5	Nw-18	150		18-8*	25-10*	內開始明顯產生湧
87.08.03	1500		18.7	123.7	Nw-23	150		23-9*	30-11*	浪 08/04 1000 成立
87.08.03	2000		20.1	123.4	Nw-25	150		25-10*	33-12*	防颱中心 2200 解除
87.08.04	0700		21.8	121.8	Nw-20	150		30-11*	43-14*	08/04 1300~1500 湧
87.08.04	1600		23.7	120.8	Nw-20	150		30-11*	43-14*	浪最劇 08/04
87.08.04	1700		24.2	120.5	Nw-20	150		25-10*	33-12*	0722~1037「北斗星」,「希吉」,「福運」,「富國新六號」因斷纜分別自 22#、23#、25#、20#碼頭出港避風;「花蓮一號」,「友泰六號」自 21#移至 4#

										3#碼頭，幸安然度過，惟仍有斷纜發生
88.06.03	0200	瑪 姬	14.3	129.4	NNW-11	150		23-9*	30-11*	06/05 1800 成立防
88.06.04	1400	MAGGI	16.6	127.9	NW-15	220	80	30-12*	43-14*	颱中心 06/06 1200
88.06.05	0800	E	18.9	124.5	WNW-17	250	100	38-13*	48-15*	解除 06/05 2300 港
88.06.06	1200		22.3	118.6	WNW-26	250	100	38-13*	48-15*	內湧浪加劇 06/06
										0000 起內外港「達和」、「東日」、「富國新六號」、「海富」、「伯那德」等分別出港避風
88.08.19	1400	山 姆	16.8	125.4	NW-20	200		18-8*	25-10*	08/20 上午外港湧
88.08.20	1100	SAM	18.3	121.8	wnw~nw-17	200		20-8*	28-10*	浪加劇，內港狀況
88.08.21	0500		18.8	118.9	NW-17	200		25-10*	33-12*	尚可「捷運」、「富海」由外港移內港、「庫島」自 22# 碼頭出港避風。
										08/21 外港仍有湧
88.10.03	1400	丹 恩	17.9	129.4	W-13	100		18-8*	25-10*	10/06 上午湧浪出
88.10.04	0200	DAN	18.5	127.9	W-13	120		25-10*	33-12*	現「信輝」勉強泊
88.10.05	0800		18.2	122.4	W-19	250	80	38-13*	48-15*	靠 23#碼頭，18#碼
88.10.06	0500		18.5	119.2	wnw-13	250	80	35-12*	45-14*	頭稍受影響，裝卸
88.10.07	0800		19.7	117.3	NW-8	250	80	35-12*	45-14*	作業暫停。
88.10.08	0700		21.6	118.1	N-8	220	80	33-12*	43-14*	
										本次颱風「富國新」於高雄旗津擱淺、「金門二號」於金門沉沒。

90.06.20	1400	奇 比	13.0	133.0	wnw-19	150		18-8*	25-10*	06/22 1600 成立應
90.06.21	0800	Chebi	14.3	127.7	wnw-19	200		20-8*	28-10*	變小組 06/24 解除
90.06.22	1400		19.3	122.4	NW-23	200		30-11*	38-13*	06/22 1900 起湧浪
90.06.23	0100		20.9	120.0	nw~nnw-25	200	80	33-12*	43-14*	漸加劇,2209 時 23# 碼頭「貿易」出港; 06/23 0030 時 18#碼 頭「宏安」出港。 內港 3#碼頭「捷運」 情況尚可。
90.07.02	1400	尤 特	11.3	136.1	NW-28	250		20-8*	28-10*	07/04 0800 成立應
90.07.03	1400	Utor	15.2	129.8	NW-33	350		30-11*	38-13*	變小組 07/05 1830
90.07.04	1400		19.0	122.5	wnw-33~29	350	120	38-13*	48-15*	解除 07/04 0730 已
90.07.04	1800		19.1	121.0	wnw-33~29	350	120	38-13*	48-15*	產生湧浪, 0900 時 23#碼頭「安裕」出 港「源利」, 1200 時 21#碼頭「重榮」 出港, 湧浪甚劇, 迄 07/06 恢復進 出, 惟仍有湧。
90.09.23	2000	利奇馬	19.2	122.1	Wnw-5	180		25-10*	33-12*	09/25 1700 成立應
90.09.24	2000	Lekima	19.8	121.9	NW-5	180	50	33-12*	43-14*	變小組 09/27 1200
90.09.25	0900		20.4	122.0	nnw~nw-5	180	50	33-12*	43-14*	解除
90.09.26	2000		22.8	120.9	NW-7	180	50	33-12*	43-14*	內港未受影響、外
90.09.27	0800		23.4	120.4	NW-7	150		25-10*	33-12*	港自 09/26 上午起 有湧至晚上稍劇。 24#碼頭「伯那」勉 強撐過
92.07.17	1400	尹布都	8.3	140.9	NW-15	150		18-8*	25-10*	07/22 清晨開始明

92.07.18	0200	Imbudo	9.3	139.4	NW-15	150		18-8*	25-10*	顯有湧，23#碼頭
92.07.20	1400		12.1	131.6	WNW-19	300	120	40-13*	50-15*	「宏伶」原擬於
92.07.21	1400		14.3	127.1	NW-15	300	120	40-13*	50-15*	0530 時出港避風，
92.07.21	2000		15.0	125.8	NW-25	300	120	48-15*	58-17*	後因覺情況稍微轉
92.07.22	0200		15.7	124.4	NW-27	300	120	45-14*	55-16*	好而作罷，0830 時
92.07.22	0800		16.4	123.0	NW-27	300	120	43-14*	53-16*	由壽豐頂住趕卸
92.07.22	1400		16.9	121.3	WNW-27	300	100	40-13*	50-15*	1023 出港，損壞碰
92.07.23	0500		18.2	117.6	WNW-27	300	100	40-13*	50-15*	墊二組。
										18#碼頭「佳星」斷
										續於 0944 時出港避
										風，損壞碰墊二
										組。
										11#碼頭「金瀧」堅
										不出港。
										07/22 中午過後湧
										浪加劇。「金瀧」斷
										續嚴重。07/23 中午
										過後，湧浪漸減
										輕。
92.08.02	1700	莫拉克	19.1	124.6	Nw-15	100		18-8*	25-10*	本次颱風帶來雨量
92.08.02	2300		19.8	123.9	Nw-15	100		20-8*	28-10*	舒解旱象，除 08/03
92.08.03	0500	Morakot	20.5	122.9	Nw-18	100		23-9*	30-11*	晚上至 08/04 早上
92.08.03	1400		21.3	121.4	Nw-19	100		23-9*	30-11*	稍有湧外，均無影
92.08.04	1400		24.1	119.0	Nw-16	100		20-8	28-10	響船舶進出作業，
										亦無斷纜現象。
										08/02 2350 時成立
										防颱、08/04 1830
										時解除。
92.08.30	0200	杜鵑	16.2	134.6	W-9	150		18-8*	25-10*	08/31 2130 成立應

92.08.31	0200	Dujuan	18.5	132.2	wnw-22	250	100	33-12*	43-14*	變小組 09/02 1830
	2000		20.2	127.9	wnw-28	250	100	35-12*	45-14*	解除
92.09.01	0200		20.5	126.8	wnw-25	250	100	35-12*	45-14*	09/01 1000 時左右
	1600		21.0	123.2	w-26	250	100	43-14*	53-16*	高潮位開始起湧，
	2200		21.4	121.5	w-30	250	100	43-14*	53-16*	17#碼頭「振興」提
92.09.02	1400		22.2	116.6	w-26	250	100	40-13*	50-15*	早於 1130 時出港；
										18#碼頭「晶利 3 號」
										1230 時出港避風；
										23#碼頭「范迪克」
										在拖船協助推頂搶
										卸完花崗石後 1330
										時出港；21#碼頭
										「長宏」1130 時移
										泊 4#碼頭。
										09/02 晚上後湧漸
										緩和，「晶利 3 號」
										2030 時進港。

七、在菲律賓呂宋島東方海域生成之颱風朝西北，在距臺灣尚遠時，緯度即高過花蓮者，在未接近臺灣前即轉北北西或轉北由臺灣東部外海通過，甚至轉北北東、東北而遠離臺灣東部外海者，亦稍有影響或甚至無影響，例如：

時 間		颱風名稱	經 緯 度		行進方向速度 (km/h)	七級風半 徑 (km)	十級風半 徑 (km)	中心最大風速 (m/s)	瞬間最大風速 (m/s)	對本港之影響概況
日	時		經度	緯度						
85.09.15	2000	魏萊特 VIOLET	18.8	126.6	Nw-10	250	100	43-14*	53-16*	暴風圈無涵蓋本港，外港有湧，內港尚可。09/16「友泰六號」進泊 20#碼頭無法靠泊隨即出港。
85.09.16	0800		20.0	126.3	nw~nnw-10	300	120	51-16*	63-17*	
85.09.16	1700		20.5	126.2	nnw~n-10	300	120	51-16*	63-17*	
85.09.16	2000		20.5	126.6	n~nne-10	300	120	51-16*	63-17*	
85.09.27	1400	薩 恩 ZANE	21.5	126.1	nw~nnw-13	200	80	43-14*	53-16*	暴風圈無涵蓋本港，港內產生湧浪 09/27「冒險家」因斷纜由 22#碼頭出港避風，「富國新六
85.09.28	0200		22.0	125.5	~10	200	80	43-14*	53-16*	
85.09.28	0800		22.9	125.4	nnw-8	200	80	43-14*	53-16*	
85.09.28	2000		24.3	125.6	n~nne-15 nne~ne-15	200	80	43-14*	53-16*	

										號」則因油料不足，無法在港外頂浪而緊急勉強進靠24#碼頭。港內船隻多因斷纜而加強帶纜
85.11.10 85.11.11 85.11.13	0800 0200 0200	戴 兒	16.8 19.4 29.3	133.8 131.6 138.8	nw-25 nw~nnw-23 ne-42	300 250	120 100	53-16* 48-15*	65-17* 58-17*	85.11.11.在港商船五艘全部出港避風 85.11.13.船舶陸續返港 22#碼頭護舷材受損
86.06.16 86.06.17 86.06.18 86.06.19	0800 0800 0800 0800	歐 珀	15.0 16.4 20.7 27.4	132.9 132.4 133.6 133.7	Nnw-11 n-12 n-22 n~nnw-34	100 180 220 250	80 100	18-7* 25-10* 38-13* 34-13*	23-9* 33-12* 48-15* 50-15*	06/18 至 06/19 港內產生微湧，「裕亨」於 25#碼頭艙艙各斷纜一次 06/19 0856 時，「米雪」於 24#碼頭擦碰船體受損
86.06.24 86.06.25 86.06.26 86.06.26 86.06.26 86.06.27	1400 0800 0200 0800 1400 0200	彼 得	15.0 17.0 19.3 20.6 21.9 24.9	129.0 127.0 127.2 126.5 126.3 126.5	nw-11 nw-11 nw-13 nnw-15 nnw~n-20 n~nne-26	100 150 200 200 200 200		18-7* 18-7* 23-9* 25-10* 28-10* 30-11*	23-9* 23-9* 28-10* 33-12* 35-12* 38-13*	06/26 外港產生湧浪，內港裝卸作業正常 06/26 0820 「明維」由 24#移至 3#碼頭 06/26 1030 「安傑利」由 23#移至 6#碼頭 06/26 1800 「友泰六號」由 21#移至 11#碼頭 06/27 外港仍有湧
86.07.21 86.07.21 86.07.22 86.07.23 86.07.24 86.07.25	0200 1400 0800 0800 0800 0200	羅 西	14.7 15.9 17.5 19.1 22.4 25.9	135.2 134.0 132.6 131.9 132.5 133.6	nw-13 nw-15 nw~nnw-15 n-15 n-21 n-21	150 250 300 400 400 350	100 120 200 200 150	23-9* 33-12* 40-13* 51-16* 53-16* 45-14*	28-10* 43-14* 50-15* 63-17* 65-17* 55-16*	07/23 港內有湧產生，「亞五」、「富國新六號」提早出港，其他各船尚能勉強靠泊，惟至 07/25 均影響正常裝卸作業。
86.08.01 86.08.02 86.08.03 86.08.04 86.08.05 86.08.06 86.08.06	1400 0800 0800 0800 0800 0200 1400	蒂 娜	13.4 13.5 14.5 17.0 20.0 22.0 24.2	135.0 133.5 131.5 129.2 127.0 126.2 126.5	滯留 nw-13 nw-12 nw~nnw-17 nnw~n-18 n-13 n-19	100 150 180 200 200 250 200	80 80 100 80	20-8* 25-10* 28-10* 33-12* 33-12* 40-13* 40-13*	25-10* 33-12* 35-12* 43-14* 43-14* 50-15* 50-15*	08/05 港內有湧產生，然船舶進出港作業均未受影響。
86.08.13 86.08.14 86.08.15 86.08.16 86.08.17	1400 0800 0800 0800 0800	溫 妮 WINNIE	19.6 20.9 22.6 23.7 24.5	142.2 139.5 135.7 132.0 128.3	Wnw-19 Wnw-19 Wnw-19 Wnw-15 Wnw-15	300 300 300 300 300	120 120 100 100 100	55-16* 53-16* 48-15* 45-14* 40-13*	68-17* 65-17* 58-17* 55-16* 50-15*	08/15 港內產生湧浪，無法正常裝卸作業。「昌盛」、「宏記」、「諄鵲」均因斷纜分別由 22#、8#、24#碼頭出港；「希吉」則由 23#移至 4#碼頭，惟仍斷纜。
86.10.18 86.10.19 86.10.20 86.10.21	0800 1400 0800 0800	艾 文 IVAN	14.8 17.1 18.8 19.4	127.2 123.4 122.0 122.6	w-19~11 nw~n 11~7 n~ne-7 ne~ene-11	250 250 200 200	100 100 80 80	55-16* 55-16* 45-14* 35-12*	68-17* 68-17* 55-16* 45-14*	10/19 外港有湧，外港船隻有斷纜情形，「肯尼克」、「嘉新一號」分別由

86.10.21	1400		19.8	123.9	ene-15~19	200	80	35-12*	45-14*	新二號」分別由23#、18#碼頭出港。內港則尚正常。
88.07.30 88.07.31 88.08.01	0800 0200 0800	歐 佳 OLGA	16.6 20.8 24.8	133.7 131.9 129.3	NNW-15 NW-19 NW-19	150 180 200		18-8* 25-10* 28-10*	25-10* 33-12* 35-12*	港內有湧，雖未影響靠泊，惟 08/01 至 08/02 外港部分船隻仍有斷纜。
88.09.19 88.09.20 88.09.21	0800 0800 1400	巴 特 BART	21.8 23.4 24.5	128.0 125.5 125.9	nw~nnw-9 N-slowly nne-slowly	100 120 180	80	18-8* 25-10* 40-13*	25-10* 33-12* 50-15*	無影響船舶進出裝卸作業
89.07.04 89.07.05 89.07.05 89.07.06	2000 0200 1400 0200	奇洛基 Kirogi	19.0 20.0 21.6 23.3	131.6 131.4 132.5 133.6	Nnw-15 Nnw-15 Nne-19 Nne-19	250 250 280 280	100 100 120 120	38-13* 38-13* 45-14* 45-14*	48-15* 48-15* 55-16* 55-16*	07/04 2321 時 22#碼頭「曼多」及 07/05 1005 時 25#碼頭「快捷」出港避湧，外港各船勉強維持至 07/06 下午後漸改善恢復作業。
89.08.27 89.08.28 89.08.29 89.08.30	2000 1600 1100 0700	巴比倫 Prapiroon	22.3 23.0 24.0 26.6	130.1 127.1 125.1 123.4	wnw-18 wnw-18 NW-19 nw~nnw-22	250 250 250 250		20-8* 23-9* 25-10* 30-11*	28-10* 30-11* 33-12* 38-13*	08/28 1730 時成立防颱中心 08/30 上午解除 港內運作正常
89.10.23 89.10.24 89.10.25	0200 0800 0800	雅 吉 Yagi	22.2 23.0 24.7	133.8 128.2 124.9	W-23 W-19 W-18~9	100 150 180	50	20-8* 25-10* 33-12*	28-10* 33-12* 43-14*	港內幾無湧浪產生，惟於 10/24 1700 成立防颱中心並建議外港「盛寶」及內港「瑞和」出港避風。
90.10.15 90.10.15 90.10.16 90.10.16	1100 2300 0200 0800	海 燕 Haiyan	22.4 23.4 23.8 24.4	127.2 125.4 125.1 124.4	wnw-16 wnw~nw-18~15 nw-15 nw~n-15~9	200 250 250 250	80 100 100 100	33-12* 35-12* 35-12* 35-12*	43-14* 45-14* 45-14* 45-14*	10/15 1600 成立應變小組 10/16 2130 解除 未受影響
91.06.29 91.07.02 91.07.03 91.07.03	1400 0200 0200 1700	雷馬遜 Rammasun	11.3 18.6 22.3 24.2	136.0 131.0 127.3 125.6	wnw-10 nw-23 nw-19 nnw~n-15	100 280 300 300	80 100 100	18-8* 33-12* 45-14* 45-14*	25-10* 43-14* 53-16* 55-16*	港內產生湧浪多數船舶斷纜，24#碼頭「可兒」撞損碰墊。
92.08.03 92.08.04 92.08.04 92.08.05 92.08.05 92.08.06 92.08.07	1400 0200 1400 0200 1400 0200 0200	艾陶 E T A U	13.5 14.7 15.6 17.8 18.7 20.5 25.3	139.6 138.1 135.3 133.7 131.5 130.3 128.7	Nw-17 Nw-17 nw~nnw-22 nw~nnw-22 nw~nnw-23 nnw~n-25 n~nne-25	150 150 200 250 250 250 300	50 80 80 120	18-8* 20-8* 28-10* 35-12* 38-13* 38-13* 43-14*	25-10* 28-10* 35-12* 45-14* 48-15* 48-15* 53-16*	本次颱風無影響船舶進出靠泊，惟於 08/07 凌晨高潮位起即有越浪並稍有湧，持續至下午 1530 時高潮位後始漸穩靜。18#碼頭「雷尼」及 19#碼頭「行運」均有斷纜現象。
92.08.19 92.08.19 92.08.19 92.08.19 92.08.19	1100 1500 1800 2000 2300	梵高 Vanco	21.6 22.5 23.1 24.2 24.7	125.2 124.7 124.2 123.4 122.7	Nw-26 Nw-26 Nw-26 Nw-28 Nw-28	100 100 100 100 100		18-8* 18-8* 18-8* 18-8* 18-8*	25-10* 25-10* 25-10* 25-10* 25-10*	08/19 1400 成立應變小組 08/20 0800 解除 本次颱風本港無任何異狀
92.09.10	0200 0800 1400	梅米 Maemi	23.4 23.6 23.9	127.8 127.2 126.7	wnw~nw-14 wnw-12 nw~nnw-14	200 200 200	80 100 100	45-14* 48-15* 51-16*	55-16* 58-17* 60-17*	09/10 上午有湧，惟不影響港內船舶靠泊

92.10.20	0200	凱莎娜	15.4	130.3	Steady	180		25-10*	33-12*	無任何影響
92.10.20	1400	K etsana	15.7	130.9	ne-slowly	250	100	30-11*	38-13*	
92.10.21	0200		16.1	131.2	NNE-6	250	100	35-12*	45-14*	
	1400		16.7	131.3	NNE-8	300	100	40-13*	50-15*	
92.10.22	0200		17.2	131.3	NNE-10	300	120	43-14*	53-16*	
	1400		17.8	131.3	NNE-10	300	120	43-14*	53-16*	
92.10.23	0800		18.7	131.9	nne~ne-11	300	120	43-14*	53-16*	
	1400		19.1	132.2	NE-12	300	120	43-14*	53-16*	
92.10.24	1400		21.0	133.7	NNE-20	300	120	40-13*	50-15*	
92.11.22	1400	盧碧 L upit	8.8	152.3	W-24	150		25-10*	33-12*	11/27 下午起湧， 23#「莎菲」晚上無法卸貨作業，11/29湧浪加劇，至12/01上午始趨緩和。23#「莎菲」15000噸級勉強支撐度過本次颱風，其他砂石船亦均免強維持作業。內港船舶則尚可作業，惟斷纜難免。
92.11.23	1400		8.1	146.9	w~wnw-25	150		28-10*	35-12*	
92.11.24	1400		8.5	143.5	wnw-21	250	100	40-13*	50-15*	
92.11.25	1400		11.6	138.7	nw-23~16	250	100	43-14*	53-16*	
92.11.26	1400		13.1	136.4	NW-13	250	100	51-16*	63-17*	
92.11.27	1400		14.4	134.5	NW-10	250	100	51-16*	63-17*	
92.11.28	1400		16.1	132.5	Nnw-13	250	100	48-15*	58-17*	
92.11.29	1400		19.2	130.9	Nne~ne-16~	250	100	43-14*	53-16*	
92.11.30	1400		23.1	133.8	29	250	100	40-13*	50-15*	
92.12.01	0200		25.9	137.5	NE-36 NE-43	250	80	38-13*	48-15*	
93.04.05	0800	舒達 S udal	8.0	149.0	Wnw-7	100		18-8*	25-10*	04/12 早上外港已稍有湧並通報各代理行、中午高潮位後轉劇通知金澧及質光 04/12 1730 時23#雲天客出港避湧 04/12 2100 時25#裕樸出港避湧並通知七海行原訂04/13 0000 時進靠24#福順延後進港 04/13 湧浪加劇 04/14 早上仍有湧浪，中午左右福順、雲天客、裕樸等陸續進港，04/14 1400 高潮位過後，湧浪慢慢減弱。
93.04.06	0800		9.5	147.0	Wnw-15	120		23-9*	30-11*	
93.04.07	0800		10.1	144.4	Wnw-14	150	50	30-11*	40-13*	
93.04.08	0800		9.2	140.6	w~wnw-14	200	80	33-12*	43-14*	
93.04.09	0800		9.1	138.1	nwn~nw-12	220	100	40-13*	50-15*	
93.04.10	0800		10.8	135.3	~15	250	100	43-14*	53-16*	
93.04.11	1400		13.7	131.6	NW-14	250	100	43-14*	53-16*	
93.04.12	0800		15.4	131.0	nnw~nne-11	250	100	38-13*	48-15*	
93.04.13	0800		17.2	131.7	n~nne-11	250	100	38-13*	48-15*	
93.04.14	0800		20.5	134.0	NE-17	250	100	38-13*	48-15*	
93.04.15	0800		23.7	138.8	ne~ene-24~27 ene-36~45	200	50	33-12*	43-14*	
93.10.04	1400	馬鞍 MA-ON	16.9	134.4	wnw-siow	100		18-8*	25-10*	10/08 上午稍有湧浪，惟25#「海安」仍正常卸載 10/08 中午湧浪稍增強，惟下午即轉趨減弱 舊東堤越浪甚巨
93.10.05	1400		18.7	134.7	nw-6	100		20-8*	28-10*	
93.10.06	1400		20.6	132.7	wnw~nw-9	150	50	28-10*	35-12*	
93.10.07	0200		21.3	131.6	nnw~n-10	200	80	33-12*	43-14*	
93.10.08	0200		23.2	130.8	nne-20~27	200	80	51-16*	63-17↑	
	0800		23.8	131.5	nne-29~40	200	80	51-16*	63-17↑	
	1400		25.2	132.2	nne-35~46	250	80	53-16*	65-17↑	
93.08.09	0200	蘭寧 Rananim	18.8	130.4	Nne-12	150		23-9*	30-11*	本次颱風對本港泊港船舶毫無影響，甚至25#碼頭之「裕東」輪均正常卸載煤炭。惟因東堤越浪，堤頭燈塔施工中已樹
93.08.10	0200		20.9	129.3	Nnw-11	200	50	28-10*	35-12*	
	0800		21.3	128.1	nw-11	200	50	30-11*	38-13*	
	1400		22.1	128.1	nw-13	200	50	33-12*	43-14*	
93.08.11	0200		22.9	127.1	Nw-13	250	100	33-12*	43-14*	
	0800		23.1	126.4	Nw-13	250	100	35-12*	45-14*	
	1400		23.9	125.6	Nw-17	250	100	38-13*	48-15*	

										立之鋼筋均被衝垮。 本局於 08/11 1530 時成立緊急應變小組 08/12 2030 時解除。
93.08.16 93.08.17	1400 0200 0800 1400	梅姬 Megi	18.8 21.1 23.0 24.7	130.8 128.8 127.8 127.1	wnw~nw-25 nw-25 nw~nnw-30 nnw~n-28~22	200 200 200 200		18-8* 18-8* 20-8* 20-8*	25-10* 25-10* 28-10* 28-10*	本次颱風對本港毫無影響。
93.08.20 93.08.21 93.08.22 93.08.24 93.08.25 93.08.26	0800 1400 1400 1400 0800 0800 0200	佳芭 C haba	13.4 13.8 14.4 14.3 17.5 20.3 22.5	157.6 157.0 151.8 146.3 140.2 138.2 136.7	w-20 w-20 w~wnw-21 wnw-21 nw-20 nw-16 nw-16~13	100 100 150 200 300 300 300		20-8* 20-8* 28-10* 40-13* 55-16* 55-16* 55-16*	28-10* 28-10* 35-12* 50-15* 68-17↑ 68-17↑ 68-17↑	08/25 上午 0900 時左右港內開始有較大湧浪產生，但「信興」仍進靠 21#碼頭、「富國新七號」仍靠 17#碼頭，油輪「安運」則取消進泊。 08/26 上午湧浪已減小，船舶均已正常進出作業。
93.08.20 93.08.21 93.08.22 93.08.23 93.08.24 93.08.25	0800 1400 1400 1400 0800 0800 0800	艾利 A ere	13.4 14.7 18.2 20.9 22.9 24.9 25.4	135.3 136.5 132.9 129.1 126.4 124.0 121.4	Nw-12 Nw=15 Nw-18 Nw-19~15 nw~wnw-15 ~12 w-11 w-15	150 150 150 150 200 200 200		18-8* 20-8* 28-10* 30-11* 33-12* 35-12* 38-13*	25-10* 28-10* 35-12* 38-13* 43-14* 45-14* 48-15*	08/23 早上開始有湧，泊港船舶多有斷纜情形，惟仍可正常裝卸作業。除 25#碼頭「富國新七號」外，其他砂石船均進泊內港。 08/23 1500 時成立緊急應變小組
93.09.03 93.09.04 93.09.05	1400 0800 1400 0200 1400	桑達 SONGD A	22.4 23.3 24.1 25.1 26.3	135.2 132.1 131.1 129.7 128.2	w-19 wnw-17~14 wnw-17~14 wnw~nw-13 nw~nnw-13~10	200 200 200 200 250	80 80 80 50 100	48-15* 48-15* 48-15* 48-15* 48-15*	58-17* 58-17* 58-17* 58-17* 58-17*	09/03 上午八時左右高潮位時稍見湧浪 09/04 上午九時左業「宏裕」於 18#碼頭斷纜出港避湧，09/04 至 09/05 下午外港湧浪較巨，惟數艘砂石船仍進出裝貨。09/05 2100 時高潮位後港內已較平靜，惟舊東堤越浪仍甚巨
93.09.21 93.09.22 93.09.23 93.09.24 93.09.25 93.09.26 93.09.27	0800 0800 0800 0800 0800 0800 0800	米雷 MEARI	13.1 15.0 17.2 19.4 22.2 25.8 26.0	141.9 139.6 137.5 134.3 131.2 126.4 124.8	Wnw-13 Wnw-14 NW-16 NW-17 NW-19 w-15~9 stdy~nne-7	100 100 150 200 200 200 200		18-8* 23-9* 33-12* 40-13* 45-14* 40-13* 40-13*	25-10* 30-11* 43-14* 50-15* 55-16* 50-15* 50-15*	25 日晚上至 26 日下午稍有湧浪，惟不影響船舶正常作業 (本次颱風形成行進期間適逢大陸高壓南下)

臺灣國際港區船舶動態管理特性 及颱風波浪資料補遺研究(一)



期末報告

簡報：張憲國 副教授



國立交通大學土木工程學系
中華民國九十四年十一月九日



期中完成目標

- ◆ 針對花蓮、蘇澳港區收集颱風及波浪與船舶動態相關資料。
- ◆ 藉由颱風規模及路徑等因素分析船舶管理之特性。
- ◆ 現場資料之蒐集與分析。
- ◆ 進行波浪補遺實例操作。

期末完成目標

- ◆ 分析颱風風場與暴潮特性之關係。
- ◆ 模式視窗化操作之初步建構。
- ◆ 教育訓練：2005年共八次，包含統計分析理論與應用、模式操作應用。
- ◆ 分析港內外波浪特性與船舶動態之關係。
- ◆ 海氣象統計計量分析模式之建立。

3

簡報綱要

- ◆ 研究目標與研究動機
- ◆ 海氣象與船舶動態資料收集與分類
- ◆ 颱風與船舶動態特性分析
- ◆ 颱風波浪資料之補遺
- ◆ 暴潮類神經模式
- ◆ 海氣象資料統計與分析
- ◆ 結論

研究動機

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



研究目標

- ◆ 本研究欲從花蓮港港務局的船隻動態記錄，分析其船隻動態之時間與颱風規模及位置之關係，並利用類神經網路來建立花蓮港船隻異動指數之預警模式。
- ◆ 為建立船舶動態管理模式，針對暴潮以及颱風波浪等海氣象資料進行分析以及補遺。

海氣象與船舶動態資料收集與分類

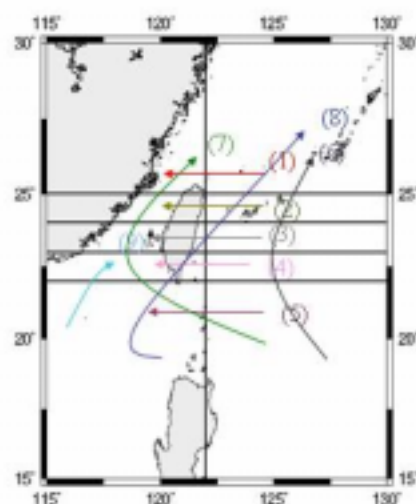
- ◆ 探討颱風影響船舶動態的機制
- ◆ 颱風路徑
- ◆ 颱風規模
- ◆ 颱風風速
- ◆ 颱風中心與花蓮港之角度
- ◆ 颱風中心之經緯度
- ◆ 船隻異動指數

颱風影響船舶動態的機制

- ◆ 簡和曾(1999)所述颱風波浪大小與颱風行進路徑及強度規模有關
- ◆ 張與郭(1999)發現以外海入射波向為西南向(SE)波浪對花蓮港港池靜穩定之影響最大
- ◆ 張和錢(2003)發現當颱風距離推算點在1500公里以內時，波高隨著颱風的接近明顯升高

颱風路徑

- 路徑1： 颱風在25°N緯度以上之西行者
 路徑2： 颱風在24°-25°N緯度間上西行者
 路徑3： 颱風在23°-24°N緯度間西行者
 路徑4： 颱風在22°-23°N緯度間西行者
 路徑5： 颱風低於22°N以下西行者
 路徑6： 北行颱風以中央山脈軸為界以東者
 路徑7： 北行颱風以中央山脈軸為界以西者
 路徑8： 為自太平洋西行而後「東北」轉向
 路徑9： 為南海生成之颱風

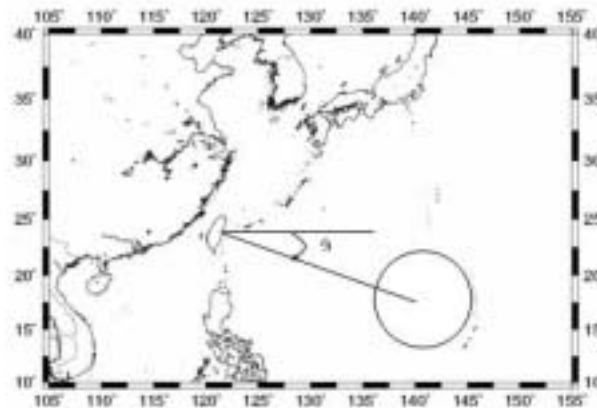


颱風規模

Saffir-Simpson的颱風規模分類標準

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

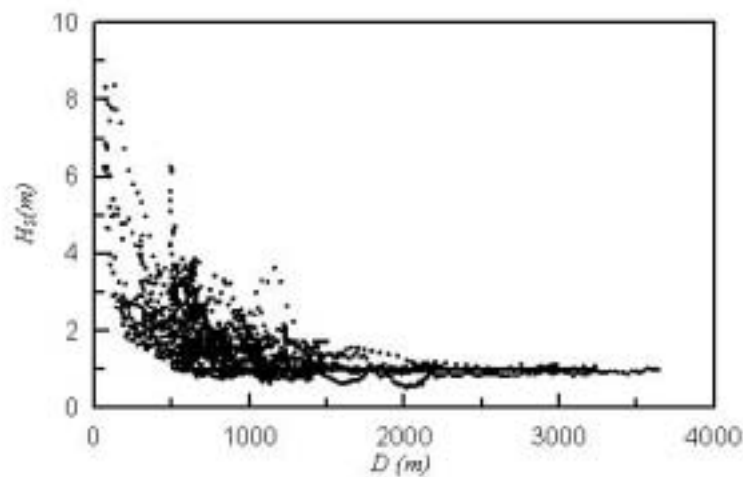
颱風中心與花蓮港之角度



11



颱風中心之經緯度



引自張和錢（2003）整理分析颱風中心位置距離觀測站的距離與觀測站的指示波高的關係圖

12



船隻異動指數

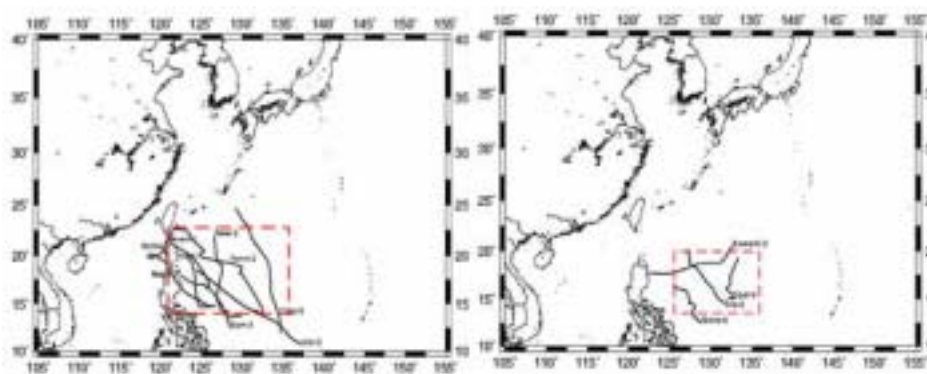
花蓮港港務局提供民國85~92年之船隻動態表

- ◆ 船隻異動指數1：花蓮港內之船隻與其裝卸作業皆未受影響。
- ◆ 船隻異動指數2：花蓮港內產生湧浪，但湧浪並未大到影響裝卸作業，船隻亦不需出港避風。
- ◆ 船隻異動指數3：產生之湧浪大到船隻需出港避風，才能免除斷纜的可能。
- ◆ 船隻異動指數4：船隻發生斷纜之現象。

13

颱風與船舶動態特性分析

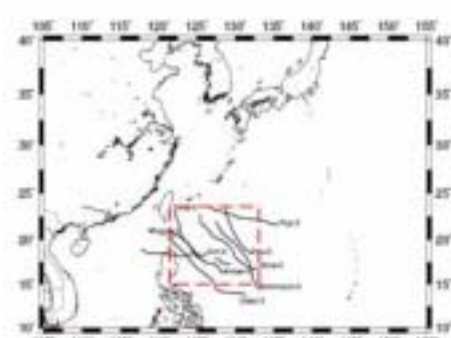
颱風位置對船舶動態的影響：



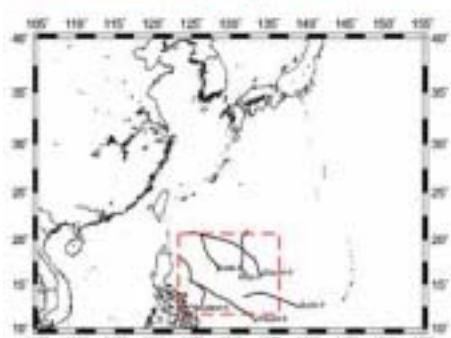
颱風規模1影響船隻異動的範圍

颱風規模2影響船隻異動的範圍

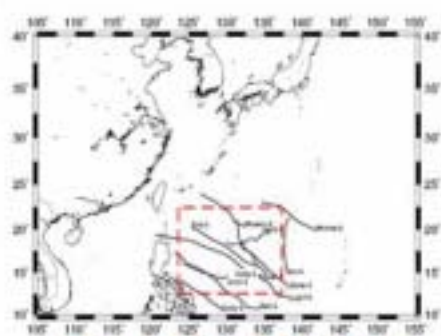
14



颱風規模3影響船隻異動的範圍



颱風規模4影響船隻異動的範圍



颱風規模5影響船隻異動的範圍

15

颱風與船舶動態特性分析

颱風規模對船舶動態的影響：

颱風規模4與颱風規模5各個颱風之船隻異動指數

颱風規模 4		颱風規模 5			
颱風名	船隻異動指數	颱風名	船隻異動指數	颱風名	船隻異動指數
杜鵬	3	溫妮	4	賀伯	4
柯吉拉	3	伊莎	4	碧莉絲	4
奇洛基	3	戴兒	3	莎莉	4
魏萊特	3	盧碧	4	艾文	4
尹布都	4	瑞伯	4	芭比絲	4
蘇迪勒	4	羅西	3	梅米	2
辛樂克	2				

16

港內外波浪特性與船舶動態之關係

本研究收集了1996-2003 共68個颱風資料。而根據預警模式之分類，將船隻異動指數分成四個等級：

船隻異動指數1有26個颱風

船隻異動指數2有8個颱風

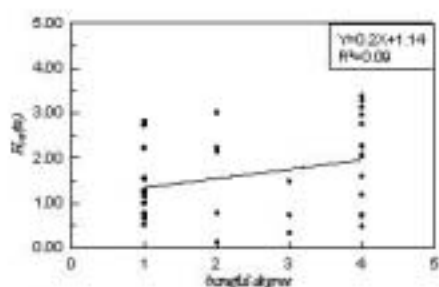
船隻異動指數3有13個颱風

船隻異動指數4有21個颱風

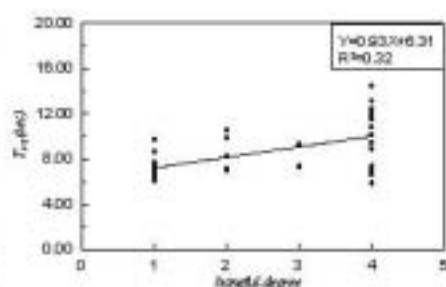
現有的波浪數據於港內資料目前收集7個颱風事件
現有的波浪數據於港外資料則有37個颱風事件

17

港外波浪特性與船舶動態之關係



船隻異動指數與示性波高相關性分析

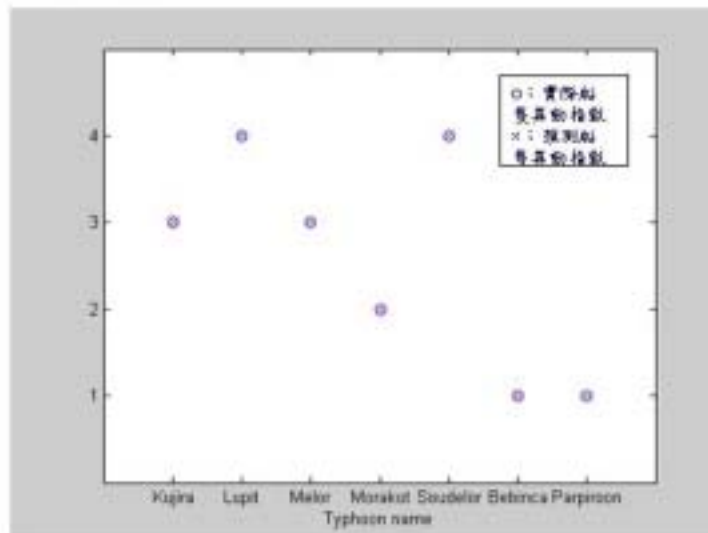


船隻異動指數與示性週期相關性分析

18

模式視窗化操作之初步建構

船舶動態模式：



19

模式視窗化操作之初步建構

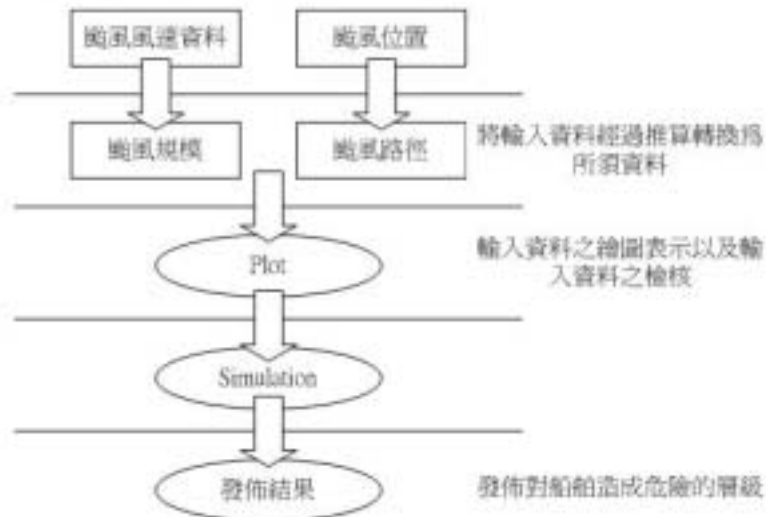
本研究初步構想的圖形化使用者介面有三個主要目標：

- ◆ 擴展使用者族群
- ◆ 增加模式操作性
- ◆ 提升未來自動化環境可行性

20

模式視窗化操作之初步建構

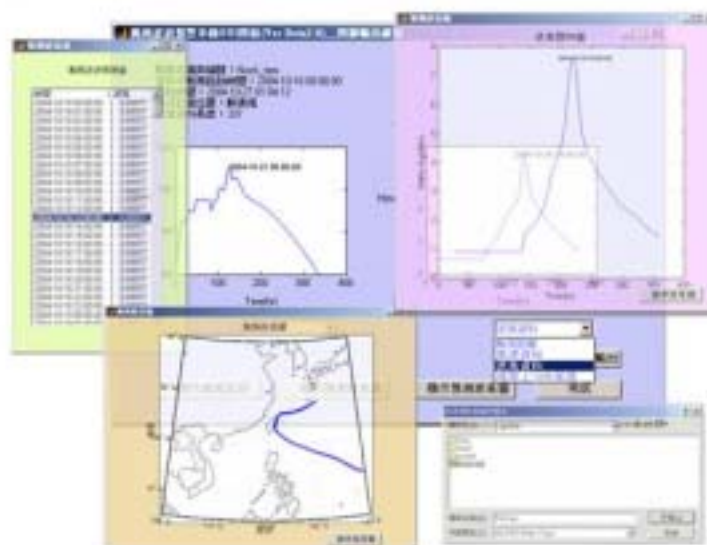
GUI模式流程初步建構圖：



21

模式視窗化操作之初步建構

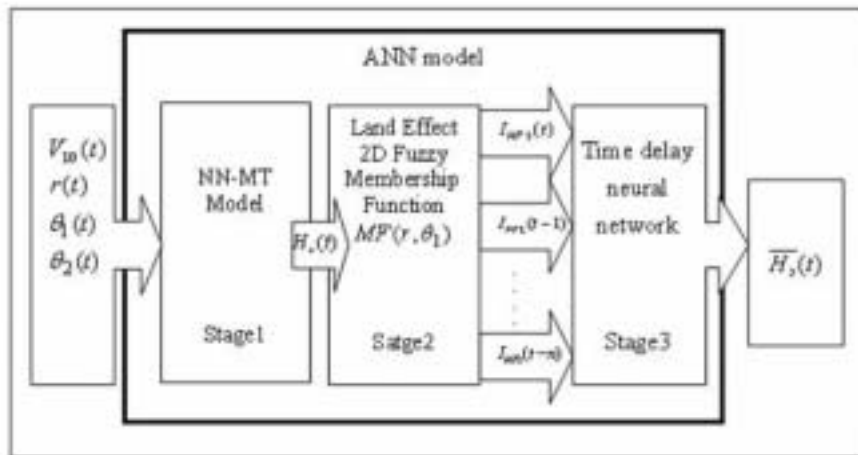
GUI模式範例：



22

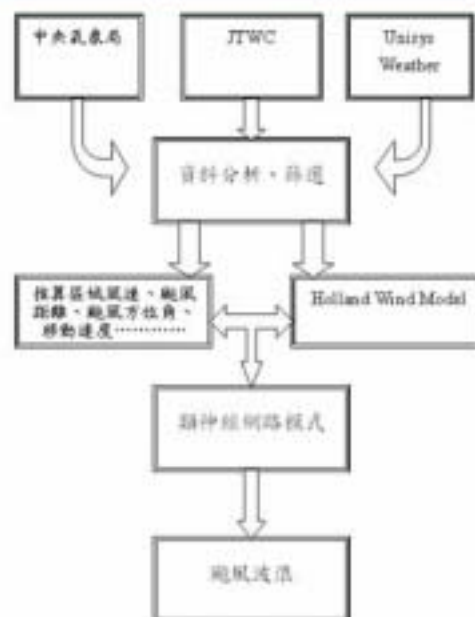
颱風波浪補遺模式架構

利用往昔颱風波浪推算模式的架構加上二維模糊函數來作為陸域影響的修正



23

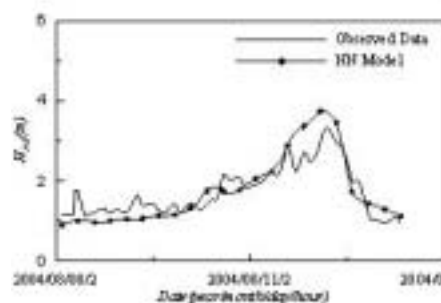
颱風波浪補遺實例操作



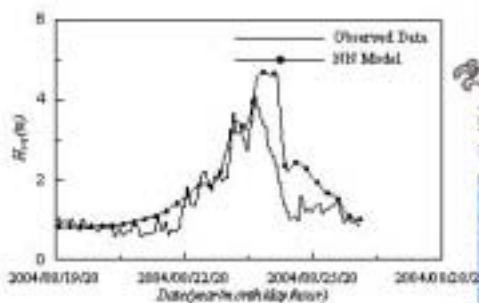
24

颱風波浪補遺實例操作

整場颱風波浪資料補遺：



2004年RANANIM颱風模式
推算花蓮港颱風波浪示
性波高



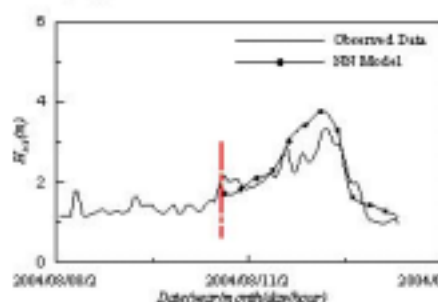
2004年AERE颱風模式
推算花蓮港颱風波浪示
性波高

25

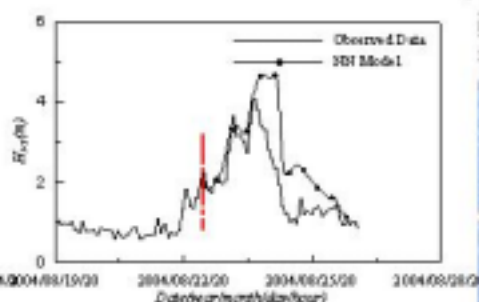
颱風波浪補遺實例操作

部分颱風波浪資料補遺：

假設颱風對波高測站造成影響後使得測站缺少部分資料(紅線後)，補遺模式將考慮前半部的測站資料來對推算值作平移修正。



2004年RANANIM颱風模式
推算花蓮港颱風波浪示
性波高



2004年AERE颱風模式
推算花蓮港颱風波浪示
性波高

26

颱風波浪補遺誤差評估

模式測試指標包括：相關係數 R 、均方根誤差 RMS 、最大示性波高誤差 ΔH_{sp} ，最大示性波高發生時間誤差 Δt_p ，內容表示如下：

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n [H_{in}(t_i) - H_{sp}(t_i)]^2}$$

$$\Delta H_{sp} = H_{sp,p} - H_{sp,n}$$

$$\Delta t_p = t_{p,p} - t_{p,n}$$

其中 $H_{sp,n}$ 及 $H_{sp,p}$ 為實測與模式預測最大示性波高，而 $t_{p,n}$ 及 $t_{p,p}$ 為實測與模式預測最大示性波高發生時間。

27

颱風波浪補遺誤差評估

模式測試指標 R , RMS , ΔH_{sp} and Δt_p 測試結果

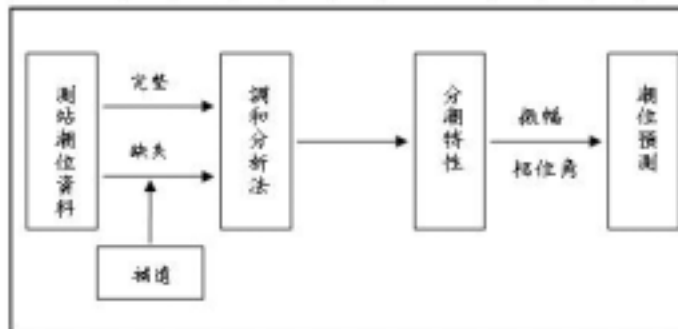
	Fred	Kent	Haiyan	Rananim	Aere	Maggie*
R	0.94	0.92	0.82	0.89	0.89	0.87
RMS (m)	0.35	0.45	0.51	0.39	0.68	0.66
$\frac{RMS}{H_{in}}$	0.05	0.07	0.11	0.12	0.17	0.11
ΔH_{sp} (m)	0.50	-1.14	-0.30	0.51	0.60	0.30
$\frac{\Delta H_{sp}}{H_{in}}$	0.07	0.18	0.07	0.16	0.15	0.05
Δt_p (hr)	1	0	0	0	3	0
$H_{sp,n}$	6.75	6.29	4.49	3.29	4.09	5.96

28

暴潮類神經模式

2000-2004 花蓮港潮汐資料之初步整理(◎代表資料不滿 20 天)

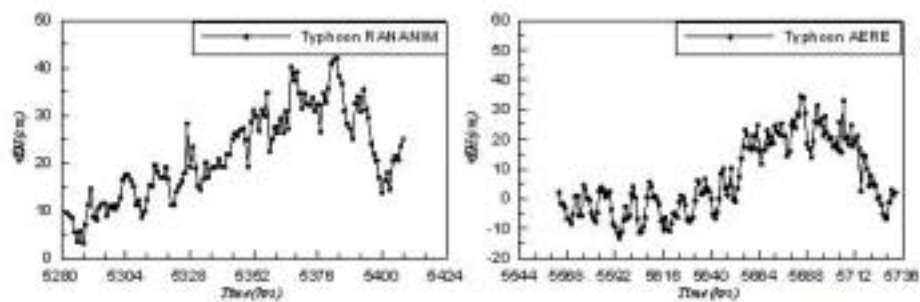
年份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2001	◎	◎	◎	○	○	○	○	○	○	◎	○	○
2002	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2003	○	○	○	○	○	◎	◎	○	◎	◎	◎	○
2004	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○



潮位資料補遺與分析流程圖

29

暴潮類神經模式



蘭寧 (RANANIM) 與艾利 (AERE) 之暴潮偏差

30

暴潮類神經模式

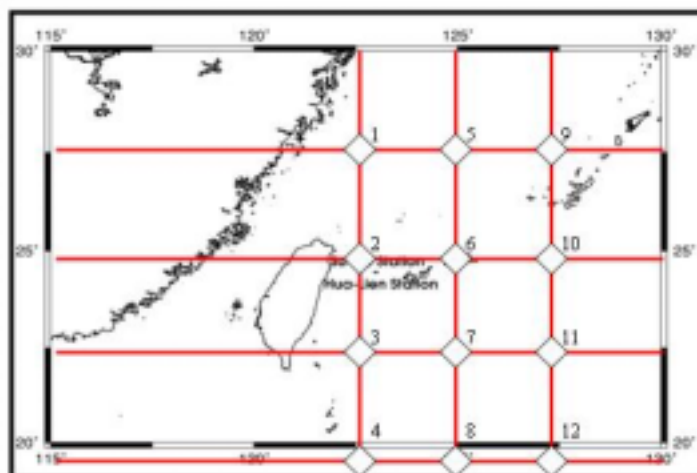
暴潮與測站距離及中心風速之相關性

年代	颱風名稱	距離(km)	中心風速(knts)
2004	蘭寧 (RANANIM)	0.73	0.67
2004	艾利 (AERE)	0.54	0.42
2002	雷馬遜 (RAMMASUN)	0.49	0.37
2002	娜克莉 (NAKRI)	0.34	0.05
2003	莫拉克 (MORAKOT)	0.34	0.01

31

暴潮類神經模式

利用往昔發展之類神經波浪推算模式的架構作為暴潮模式的核心，並加入了12個虛擬的颱風海面上10公尺風速觀測點，



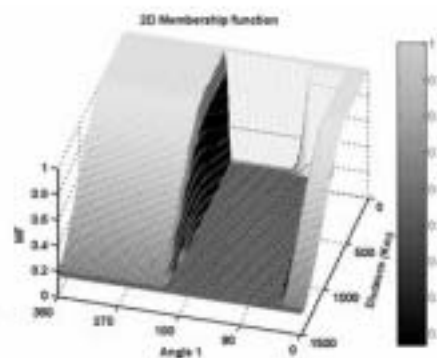
32

暴潮類神經模式

陸地效應的修正：



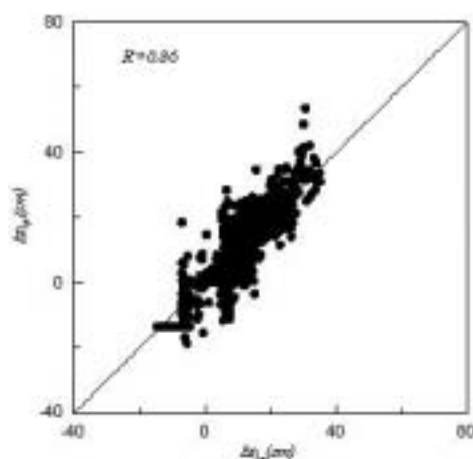
台灣東岸花蓮港位置與陸地
影響區域區分



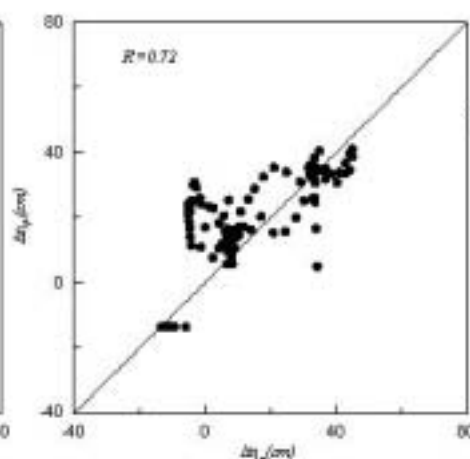
陸地效應二維模糊關係函數

33

暴潮類神經模式



類神經網路颱風暴潮模式
學習結果關係圖

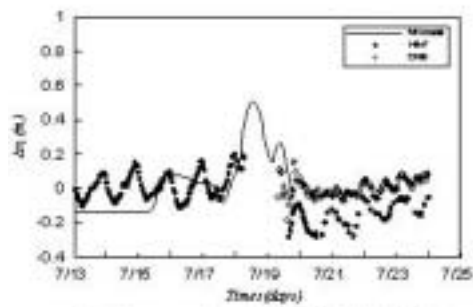


類神經網路颱風暴潮模式
測試結果關係圖

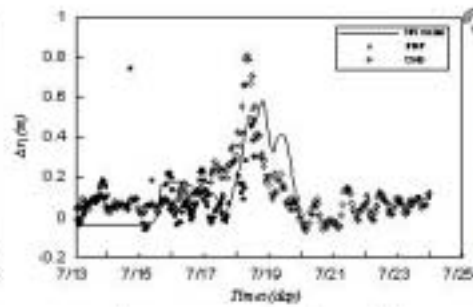
34

暴潮類神經模式

颱風暴潮模式之預測：



海棠颱風暴潮偏差與花蓮港
觀測值之比較

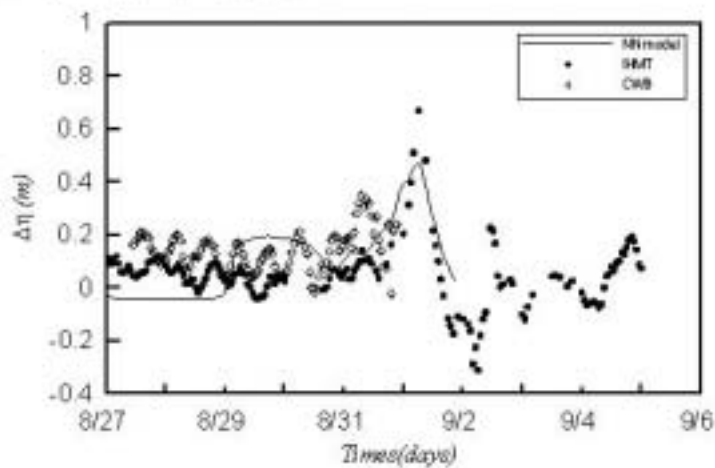


海棠颱風暴潮偏差與蘇澳港
觀測值之比較

35

暴潮類神經模式

颱風暴潮模式之預測：



泰利颱風暴潮偏差與花蓮港觀測值之比較

36

海氣象資料統計與分析

1. 常態分佈

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

2. Gamma分佈

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

3. Rayleigh分佈

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

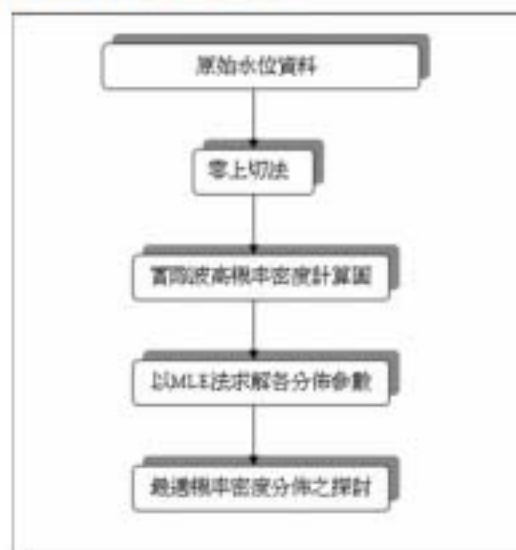
4. Weibull分佈

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

37

海氣象資料統計與分析

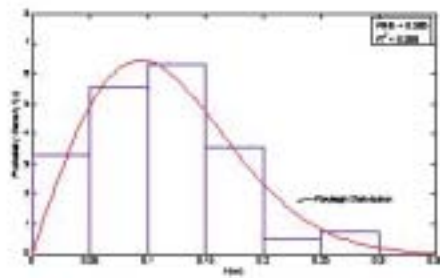
波高機率密度分析流程圖：



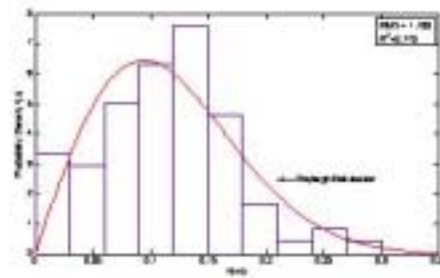
38

海氣象資料統計與分析

不同組數對理論機率分佈之RMS及R2之影響：



組數為六組之機率密度與
Rayleigh分佈圖

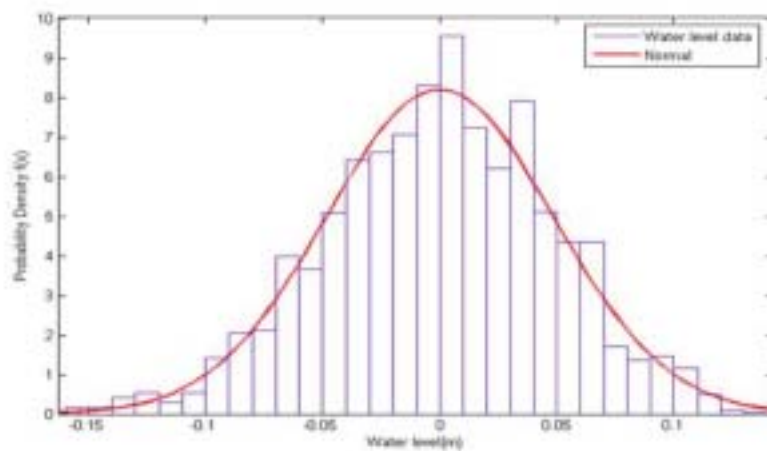


組數為十組之機率密度與
Rayleigh分佈圖

39

海氣象資料統計與分析

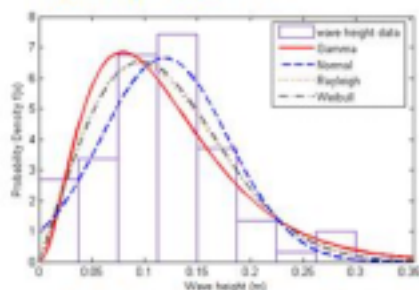
水位資料之機率密度直方圖：



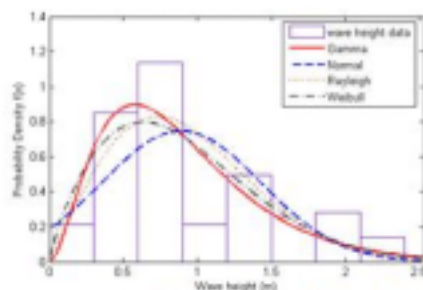
40

海氣象資料統計與分析

波高分佈指標：



平時波浪機率密度函數分佈比較圖



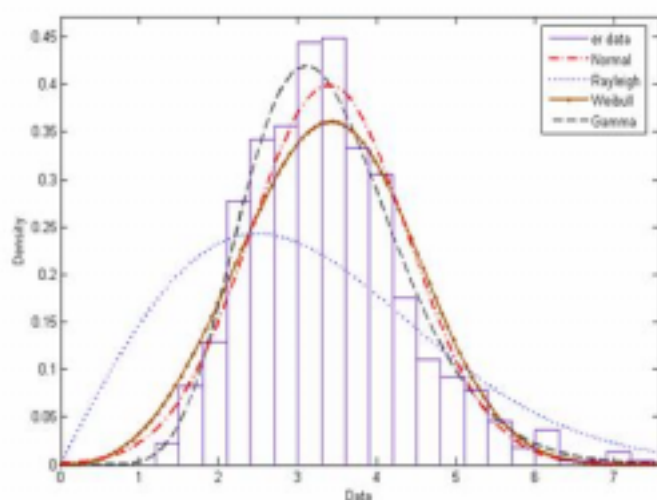
颱風期間波浪各種機率密度函數分佈圖

	Gamma		Normal		Rayleigh		Weibull	
	RMS	R ²	RMS	R ²	RMS	R ²	RMS	R ²
平時波浪	1.40	0.68	0.82	0.89	1.06	0.81	1.02	0.82
颱風波浪	0.21	0.68	0.28	0.39	0.24	0.56	0.27	0.39

41

海氣象資料統計與分析

季節性波高統計分佈：



六月資料各機率函數比較

42

海氣象資料統計與分析

理論值與統計值之比較：

將實測波高之密度函數 $p(H/H)$ 經由計算可求得理論之示性波高值。當波高的機率密度函數為 Rayleigh 分佈時，則理論之統計分析結果可得相關比值示如下

$$\frac{\bar{H}}{\sqrt{m_0}} = 2.413, \quad \frac{H_T}{\sqrt{m_0}} = 3.774, \quad \frac{H_N}{\sqrt{m_0}} = 4.733$$

其中 $m_0 = \eta^2$ ， η 為水面變位值。選擇 Rayleigh 分佈函數進行計算，得平時波浪之理論示性波高為 0.188，而依示性波高之定義計算之統計值為 0.183。颱風波浪之理論示性波高為 1.470，其統計值為 1.506。由此計算結果，再計算 H_T 、 H_N 、 $\bar{H}$ 與 $\sqrt{m_0}$ 之比值，示如下表，可發現計算之比值與理論比值有異。

表 2 平時與颱風波浪特性比較表

類別	$\frac{\bar{H}}{\sqrt{m_0}}$	$\frac{H_T}{\sqrt{m_0}}$	$\frac{H_N}{\sqrt{m_0}}$
平時波浪	0.802	2.538	3.217
颱風波浪	1.273	4.294	5.788

43

海氣象資料統計與分析

◆ 波浪週期之機率分佈探討

一般實測波浪週期特性較波高特性不符合其理論分佈。研究結果也較少，然而波浪週期常是海岸工程中，很重要之設計因子，因此應探討週期之最適合分佈，季節特性及與理論比值之比較。

◆ 波高及週期之聯合分佈最適函數及其特性

大波浪之週期一般較小波浪之週期長，因此波高與週期常具有某種關聯，因此波高及週期聯合分佈同時描述，應是了解某地波浪特性最佳方式。

44

結論與建議

- ◆ 花蓮港務局所提供的船舶動態歷史資料，以及颱風相關資料已收集完成。初步統計特性分析將颱風影響船舶動態的各個影響因子加以分類，以助於未來進行船舶動態類神經模式的建立。
- ◆ 船舶動態模式的建立將以類神經網路為基礎，便於與颱風波浪模式及暴潮模式整合成為易操作的GUI介面。

45

結論與建議

- ◆ 類神經網路補遺模式對於花蓮觀測站9場的颱風波浪資料學習內容作為類神經網路架構的基礎，推算9場颱風的示性波高結果亦相當合理。未來將利用近年實測之颱風波浪資料來評估模式推估颱風波浪峰值誤差之機率分佈。
- ◆ 本研究將颱風期間之暴潮偏差，帶入颱風暴潮之神經網路模式，經由學習建立颱風暴潮之預測模式，並於今年進行預測，由預測結果可知推算暴潮最大值與港研中心資料之誤差為0.2公尺，暴潮發生時間則為同時。未來一年計畫將利用更多的輸入資料進行模式的改善與修正。

46

結論與建議

- ◆ 使用平時波浪與颱風波浪時之水位資料各一筆來分析波浪之水位與波高特性，發現一些與理論值有些差異之處。因此本研究未來將著重於資料直方圖最適之組數以及波浪特性與其之機率密度分佈函數間之關係。
- ◆ 本計畫年度之計量統計分析理論及模式操作之應用教育訓練已完成。

47



簡報完畢



交通部運輸研究所合作研究計畫

■ 期中 □ 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：臺灣國際港區船舶動態管理特性及颱風波浪資料補遺研究

(一)

執行單位：國立交通大學土木系

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
方禎祥委員：	
1. 附錄 1 花蓮港之船隻動態表請增加 93 年度資料。 2. 第 12 頁船隻異動指數 1.2.請考慮船隻是否可正常進出港。 3. 颱風規模對船舶動態的影響，僅就颱風規模來考慮船隻需出港避風之依據是否不足？建議將颱風路徑因素亦一併考慮在內。	1. 建議內容將於期末報告修正。 2. 感謝方委員的建議，本模式建立時會參照辦理，而船隻異動指數的範圍劃分主要是由花蓮港之影響紀錄來界定，但由於紀錄中並無法提供颱風對於船隻進出港行進間的影像，故無法進行研判。 3. 模式建構初期已有考慮颱風路徑的影響，將利用已收集的颱風路徑資料進行分析。
陳陽益教授：	
1. 船舶離港避颱風，需多少天後才可再入港？請一併推估。 2. 補的資料要註明，以免與實測資料混淆或誤用。 3. 船舶受浪作用碰撞、斷錨及要避多遠，請一併考量。	1. 感謝陳教授的建議，本模式建立時會參照辦理，但目前船舶動態資料並無法提供離港避風後的相關訊息與資料，故暫時無法推估入港的適當時機。 2. 將於期末報告書面說明中作更詳盡的描述。 3. 由於無法取得船隻於外海避浪之距離資料，此外外海船隻避浪

	管理需要推算全區域的波場變化，本模式目前以港內船隻預警為目的，故需未來再建立管理模式。
林焯圭教授：	
1. 第 5 頁第二段有關影響船舶動態的颱風因子，目前所採用的因子包括颱風路徑、規模、風速、相對角度及中心位置。如考量颱風“向著”或“遠離”觀測點應會有不同的效應，是否未來增加與“位移向量”相關的因子。 2. 有關方位角的因子，一般颱風場內之波高以行進方向為 y 軸之第四象限較大，觀測位置與颱風中心的關係探討，主要應是在找尋颱風暴風圈內之波浪、風(含方向與大小)之關連性，因此，是否方位角之計算應加入颱風象限座標的觀念。 3. 第 19 頁預報模式整理中，WAN 是否為 WAM？	1. 感謝林教授的建議，本模式將利用颱風中心位置以及颱風路徑兩個因子的時序變化來推算位移向量。 2. 本模式將利用相對角度以及颱風路徑兩因子資料計算方位角。 3. 感謝林教授指正，將遵照修正。
何良勝科長：	
1. 有關資料補遺部份，其計算過程可不必求快速，而應以準確為主。 2. 建議文內修正或補充之處： (1)表 2-5 之颱風加註年份。	1. 本模式將以準確為首要目的，並兼顧即時預警的能力。 2. 相關修正將立刻於報告中修改。 3. 是的，推算結果誤差評估以整組資料為準，而波浪週期的補遺模

(2)有關第三章內之圖標示清楚。 3. 有關資料補遺部份，其「推算結果誤差評估」之依據是否以整組資料為準？另，有否考慮補遺波浪資料之週期部份？ 4. 建議工作團隊與花蓮港務局相關人員保持連繫，以掌握船隻動態之情況。	資料為準，而波浪週期的補遺模式仍在嘗試建立中。 4. 感謝何科長的建議，本工作團隊將與花蓮港務局相關人員保持連繫。
曾相茂研究員：	
1. 本計畫之實務性相當高，符合當初之目標，期望能持續精進建立有系統之颱風波浪、暴潮資料之補遺，並針對本所及花蓮港務局相關人員進行模式操作應用之教育訓練，而能提高預警防災的能力。 2. 第 4 頁第二段第二行「為成為」是否改「成為」，第 8 頁颱風路徑 6 之蘿西。 3. 有些颱風會直接影響花蓮港港內的船舶，但當時港內恰好已事先走光了，因此，這種颱風是否亦要考慮。 4. 79 年後本中心已有花蓮港外海之波浪資料，是否往前收集到 79 年之船舶進出。	1. 謝謝曾研究員的肯定。 2. 感謝曾研究員指正，將於期末報告中作修正。 3. 感謝曾研究員提出本模式來源資料中可能發生的誤差，本研究團隊將於期末報告內作誤差的評估與分析，或再與相關單位對船舶動態資料的記錄方式作更進一步的了解 4. 將於期末報告遵照辦理。

邱永芳主任	
1. 湧浪部份之推算和颱風入侵之計算對花蓮港之船舶管理才會直接有效，建議颱風前期之湧浪推算應討論或建立。 2. 可否推算船舶無法繫纜或進出港之波浪條件，才會避免過度寬鬆船舶離港條件。	1. 感謝邱主任的建議，本模式目標是直接以即時颱風資料作為船舶動態管理的參考，可在未來的模式中加入湧浪推算的功能以及相關評估。 2. 本模式將以颱風相關資料直接推算出船舶動態的中的各個層級來作為評估，更進一步的波浪條件可在未來資料收集完整後再進行分析。

交通部運輸研究所合作研究計畫
□ 期中 ■ 期末報告審查意見處理情形表

計畫名稱：臺灣國際港區船舶動態管理特性及颱風波浪資料補遺研究

(一)

執行單位：國立交通大學土木系

參與審查人員 及其所提之意見	合作研究單位 處理情形
陳陽益教授：	
1. 模式驗證時，以現有實測資料中變化起伏最大的一段作未知(即先拿掉)後，再以模式推測出該段來與實測者做比較，如此才較宜。 2. 模式之誤差(即其精確度)應要對各個案例進行檢討，以便比較出所得的模式較適用於何者情況，及檢討出為什麼對其他者較不適宜之原因；尤其 94 年更有 5、6 個颱風(強弱都有)的各個颱風情況。 3. 期中審查中未修正或需進一步做的(如 94 年龍王颱風把一條船斷繩後推上岸)請補述。 4. 以實測資料為背景下，以類神經網路方式來找出預測模式，以便日後對花蓮港內颱風來時之因應，以具體提出初步可預期的結果，達成本計畫之目標。	1. 本模式在經過歷史資料學習後，驗證時皆將實測資料當作未知來進行推估。 2. 由於各個颱風間特性不同而會造成差異，即可辨別問題的原因，本研究團隊將在未來延續計畫中改進，感謝陳教授之建議。 3. 感謝陳教授指正。目前已遵照現有資料作說明，其他資料不足的情況將待延續計畫中資料收集完成後再加以探討。 4. 感謝陳教授對本團隊及研究成果之肯定。
林炤圭教授：	
1. 前言文字未能完整指出本計畫	1. 感謝林教授的建議，將參照辦

之重要性，建議改進，文中用到颱風波浪與異常波浪，是否相同，建議定義清楚。 2. 由於波浪的推算需要用到推算風場，而此一部份行徑導致風浪推算值與實測值的差異，建議能先用以前的追算資料先了解推算波浪或實測波浪對預報結果影響。 3. 本計畫使用類神經網路建立船舶動態管理與颱風波浪的關連性，在實務上有其絕對必要性。建議應持續累積其學習的資料庫，以及模式的改善。	理。 2. 感謝林教授的建議，未來本研究將增加探討國外單位風場推算的誤差對本模式預報之影響。 3. 在延續計畫中本研究團隊將收集更多風浪資料以提供模式進行改善，感謝林教授的對本研究計畫之肯定。
何良勝科長：	
1. 研究結果豐富且符合預期工作成果。 2. 文內應修正之處： (1)圖 3-1~圖 3-5 應標示清晰。 (2)第 14 頁部份文字修飾。 (3)結論部份，增加說明「船舶動態特性分析」之結果。 3. 建議未來「模式視窗化操作」部份中有關警示情況操作。 4. 有關颱風波浪資料補遺部份，建議未來可否利用其他統計方法作相互檢核驗證。	1. 感謝何科長之肯定。 2. 感謝何科長指正，將遵照修正。 3. 在延續研究計畫中，本研究團隊將具體展現模式視窗化操作的各部分，感謝何科長建議。 4. 目前本研究中之海氣象資料統計分析部分尚未完善，未來於延續計畫中將嘗試遵照何科長建議辦理。
曾相茂研究員：	

1. 承辦單位蒐集了這麼豐富的海象資料，在短短幾個月能有這樣的成果，值得肯定。 2. 本文第 1 頁第二段所敘述之預警模式的預測可達到多少之精確度。 3. 以往在強力的波浪作用下，安裝在海面上的量測儀器如 DATA Buoy 較易受損而導致量測資料失去連續性，但現在本所安裝方式已漸改進，如今年三個強烈颱風的侵襲都能量測到連續的波浪、海流等資料了。 4. 教育訓練是否也請花蓮港務局有關人員或到花蓮同時訓練。 5. 第 6~7 頁之颱風路徑編號與氣象局網路上分類不一樣，請再查清楚。 6. 第 19 頁表 3-2、3-3 內之颱風可否加上日期、時間以便對照。	1. 感謝曾研究員對本研究團隊之肯定。 2. 文中所敘述之波浪預警模式即為本研究團隊與港研中心長久以來合作發展之神經網路波浪預警模式，其預測精確度示如本報告中表 4-4。 3. 仰賴貴所提供之完整波浪以及海流資料，必能增進本模式在預測方面的精確度。 4. 感謝曾研究員的建議，未來延續計畫開始前將再與相關單位進行討論。 5. 本報告中所提及的颱風路徑編號為氣象局基本的分類，目前有更加細分的侵臺颱風 8 位數分類碼並未採用。 6. 感謝曾委員的建議，已加上年份以避免與同名颱風混淆，另日期以及時間由於颱風侵臺時難以取決一代表性之時間，故僅以颱風年份加註。
方禎祥委員：	
1. 有關 P8、P9、P13 所蒐集之各類颱風，如能將路徑歸類、颱風規模歸類、船隻異動指數歸類等三種歸類表格整理出為一種表格(含蓋三種歸類)，則較易使人一	1. 感謝方委員之建議，目前本研究船舶動態模式尚在建立中，未來分類方式可能會加以修改，故將在延續計畫中改進。 2. 感謝方委員之建議，未來將遵照

目瞭然容易比對。 2. 在本研究中有關花蓮港外海相關海底地形資料，在未來接續研究中宜納入考量。 3. 本研究暴潮最大值與發生時間，模式推算值與港研中心觀測值之比較，以海棠颱風、泰利颱風作為比較例子說服力有限，將來宜擴展收納過去發生過之許多颱風例子來推估比較(如有足夠資料引用時)。	辦理。 3. 感謝方委員之建議，未來將納入更多完整之實測資料以進行與模式推算值之驗證。
梁乃匡教授：	
1. 對船舶動態分析及颱風波浪資料補遺已作深入探討。 2. 建議船隻動態資料分析除異動指數外，增加船出港或斷纜時，颱風中心的位置及距離，但事實上造成問題的「湧」源自其先前位置所造之「浪」，因此「距離」為其下限。 3. 應用類神經網路方法時，選擇的因子很重要，在作船舶動態分析及颱風波浪資料補遺時，湧浪都是重要因素。建議在已採用因子之外，增加颱風中心與測站距離的時間變化率，因為根據本人研究，這與颱風湧浪的「都卜勒效應」或「堆積效應」很有關係。	1. 謝謝梁教授的肯定。 2. 感謝梁教授的建議，未來將考慮此類問題並加以探討。 3. 感謝梁教授的指教，本研究中的颱風波浪補遺模式中已考慮颱風中心之移動速度，但目前港灣船舶預警模式仍在建構中，未來也將考慮以颱風中心移動速度為影響因子。

邱永芳主任	
1. 計畫執行成果符合原先構想。 2. 請考量未來與數值模式結合之介面。 3. 請先行考量未來預警通路之架構。	1. 感謝邱主任的肯定。 2. 感謝邱主任的建議，未來的研究中將考慮與數值模式之結合。 3. 本模式目前以颱風相關資料直接推算出船舶動態的各個層級來作為評估，更進一步的架構與目標將著重於視窗化介面的建立以及模式精確度的提升。