

交通部中央氣象局

委託研究計畫(期末)成果報告

異常海象機率預警研究與作業試用 (2/4)

計畫類別：氣象 海象 地震

計畫編號：MOTC-CWB-106-O-02

執行期間：106 年 01 月 01 日至 106 年 12 月 31 日

計畫主持人：董東璟副教授

共同主持人：蔡政翰教授、蔡仁智副教授、陳憲宗副教授

執行機構：財團法人成大研究發展基金會

本成果報告包括以下應繳交之附件(或附錄)：

赴國外出差或研習心得報告 0 份

赴大陸地區出差或研習心得報告 0 份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各 0 份

中華民國 106 年 12 月

摘 要

本計畫目的旨在研究並建立危險波浪預警系統，包含「海洋異常波浪預警系統」、「海岸瘋狗浪預警系統」兩個子系統，並在過去的研究基礎下，提昇為具有機率預警功能，提供災害性海象發生機率訊息。前述所稱之海洋異常波浪是指發生在海洋中，常造成船隻翻覆的瞬間大浪；而海岸瘋狗浪則為發生在海岸邊，把人或車衝擊落海的突發性激浪，這兩種災害海象的發生機制不同，因此本研究分別探討之，唯一相似的是，截至目前為止，尚無學理可以定時、定點預測異常波浪或瘋狗浪之發生，因此，本研究採用序率手段，預測其發生機率。

本年度計畫工作可歸納為以下五大部分：(一)海岸瘋狗浪機率預測子系統的精進；(二)建置海峽航線上海洋異常波浪機率預測子系統；(三)瘋狗浪監視影像分析技術研發；(四)異常波浪引致船難與瘋狗浪事件資料之蒐集；(五)預警系統作業化並上線測試運作。

在海岸瘋狗浪機率預測子系統精進部分，本計畫共採用了群集分析和類神經網路建置瘋狗浪預警系統。本年度已將前期使用群集分析方法建置的預測模式的預警時間增加了 9 和 18 小時，目前共可預警 9、12、18、24 小時內海岸瘋狗浪可能發生機率，另外，去年度才加入的類神經瘋狗浪機率預測模式也已新增完成三種不同模式輸入資料(即僅觀測資料、觀測資料結合模式預測資料、和僅模式預測資料)之探討，評估結果顯示，僅使用現場觀測資料具有最佳預測結果，利用類神經網路建置的海岸瘋狗浪預測模式也已經完成了 9、12、18 和 24 小時的子模式建立。本文以相同事件比較群集分析和類神經網路兩種模式，結果顯示兩個模式在所設定的三個指標顯示正確預測得結果均超過七成，兩個模式可互為備援模式。另外，本年度新增碧砂漁港附近海岸瘋狗浪預警系統之開發，在當地沒有即時海象觀測資料之情形下，此子系統僅採用模式資料與氣象資料進行建置，仍同時採用群集分析法與類神經網路方法，建置結果的評鑑指標顯示準確預測率亦超過七成。

在海峽航線上之異常波浪預警系統建置方面，完成了基隆-馬祖與台中-平潭兩條航線上的海洋異常波浪預警子系統，可藉由中央氣象局的波浪模式輸出資料

推展到異常波浪發生機率預測，此結果可結合藍色公路海氣象預測系統，提供系統更完善航行安全資訊。

在瘋狗浪影像分析技術研發方面，由於前述所使用來建置瘋狗浪預警系統的資料係來自於報載發生事件，此類資料的不確定性較高，因此中央氣象局分別於龍洞和碧砂海岸設置了瘋狗浪影像監視站，本計畫改進了去年半自動影像辨識技術使成為全自動分析，經驗證可順利自動辨別出 85%以上瘋狗浪事件，同時，本研究也針對激浪花的水量與延時提出計算的方法，並參考了日本海嘯實驗所提浪花對人具有危害性之條件，提出了一個判釋是否為瘋狗浪案例之條件。

在危險海象資料庫建置方面，本計畫仍持續蒐集海岸瘋狗浪與海洋異常波浪引致船難事件，自 2000 年開始迄今已合計蒐集了 335 件海岸瘋狗浪事件和 140 件船難事件。而在實測海洋異常波浪探勘分析中，本年度已完成 17 座現場波浪觀測站去年資料分析，共再探勘得 1421 筆危險異常波浪，合計已蒐集 9486 個危險異常波浪案例。

中央氣象局前期計畫建置的海岸瘋狗浪預警系統僅能預警發生風險之高或低，稱為第一代預警系統，本計畫在去年已提升前述預警系統使可以估算瘋狗浪發生機率，稱之為第二代預警系統，本計畫已在上半年度將第二代海岸瘋狗浪預警系統更新於中央氣象局，開始與氣象局模式結合測試運作，為方便預報人員判讀相關預警資訊，本計畫設計了展示介面，提供預警系統結果之可應用性。

ABSTRACT

The purpose of this study is to improve two existing systems “Warning System for Oceanic Freak Waves” and “Warning System for Coastal Freak Waves” to become the probabilistic warning systems. Oceanic freak waves are those large waves that suddenly occur in the open sea to induce shipwrecks. Coastal freak waves are the large splashes generated by the interaction of waves and coastal structures or rocks, frequent sweep people into the sea at the coastal areas. Both oceanic and coastal freak waves are not possible to be predicted determinately. This study constructs the warning systems by using stochastic approaches. The occurrence probabilities are provided by the systems to warn to mitigate the potential damages.

The working items of this project include five main parts: (1) Improvement of the probabilistic warning system for coastal freak wave; (2) Development of oceanic freak wave probabilistic sub- warning system for cruise routes in Taiwan Strait; (3) Analysis on coastal freak wave images; (4) Field data analysis and historical events collection; (5) Operation of the warning systems. The outcomes of the project are shown below:

Cluster analysis (CA) and artificial neural network (ANN) were used to establish the probabilistic forecasting model for coastal freak waves in this study. This project adds sub- systems with leading time 9 and 18 hours. The coastal freak wave warning system now can provide occurrence probabilities for next 9, 12, 18 and 24 hours. ANN was employed to establish the coastal freak wave warning system since last year. In this year, the best model is found with three candidate models that using different type input data: they are Type I: only field data; Type II: only wave model data; Type III: both field and model data are used. ANN model using only field data was identified as the best model for forecast. Both CA and ANN models were verified their capability. Three assessment parameters ACR (Accuracy rate), RCR (Recall rate) and RSR (Respond rate) are all higher than 70%. The establishment of another warning system for the coastal area of Bisha Fishing Port was developed in this project, except Longdong sub-system that developed last year. The ACR, RCR and RSR for Bisha warning system are all higher

than 70%.

The warning system for oceanic freak wave was applied on cruise routes in Taiwan Strait (Keelung-Matsu and Taichung-Pingtán). The sub-systems can predict the occurrence probabilities of of freak waves by using the outputs of the wave model from CWB. The results are suggested to integrate with the blueway forecasting system on sea states to provide better navigation safety information.

Data for actual events that reported by media were used to develop the existing coastal freak wave warning systems, which has higher uncertainties. CWB has established an optical monitoring system for coastal freak wave at Longdong and Bisa fish ports. The propose is to obtain the real coastal freak waves from video recording. A semi-automatic image extraction process of coastal freak wave was developed last year. This process is upgraded to automatic in this project. More than 85% of coastal freak wave events can be correctly identified by this method. In addition to coastal freak wave height, the duration and discharge of the coastal freak waves are derived in this project. Finally, a new definition according to properties of the splash water of coastal freak wave was proposed.

There have been collected 335 and 140 events of coastal and oceanic freak waves that occurred in Taiwanese waters or coastal area since 2000, respectively. In the analysis of in-situ oceanic freak waves, 1421 dangerous freak waves had been found in this year. There have accumulated 9486 dangerous freak waves in the past 18 years.

The first generation warning systems provided only high or low possibilities of occurrences of coastal freak waves. In this year, the second-generation warning systems have been developed. The systems provide occurrence probabilities for oceanic or coastal freak waves. A graphical and user-friendly interface was designed in order to provide better application for CWB colleagues.

驗收清單章節對照表

交付項目	驗收標準	對應章節
1. 更新繪製近岸瘋狗浪與外洋異常波浪風險圖	繳交瘋狗浪與異常波浪發生事件分布圖	第 5 章第 1 節 圖 5-4、5-5
2. 完成中央氣象局所屬資料浮標異常波浪探勘與統計分析更新	繳交中央氣象局所屬資料浮標異常波浪探勘清單與統計分析結果表(更新分析資料至 105 年)	第 5 章 第 2 節
3. 更新線上系統至第二代瘋狗浪與異常波浪預警模式	繳交第二代瘋狗浪與異常波浪預警系統更新後運作狀況報告	第 6 章 第 1 節
4. 完成評估以類神經網路建置瘋狗浪機率預警之最佳模式	繳交最佳類神經網路建置瘋狗浪預警模式報告	第 2 章 第 2 節
5. 完成縮短預警時間之群集分析模式	繳交以群集分析理論建置縮短預警時間之瘋狗浪預警系統報告	第 2 章 第 2 節
6. 完成瘋狗浪監視影像分析	繳交民國 106 年 6 月前瘋狗浪影像分析成果與清單	第 4 章 第 4 節
7. 完成非中央氣象局所屬資料浮標異常波浪探勘與統計分析更新	繳交非中央氣象局所屬資料浮標異常波浪探勘清單與統計分析結果表(更新分析資料至 105 年)	第 5 章 第 2 節
8. 完成線上作業化機率預警系統運作成效評估	繳交機率預警系統運作成效評估報告	第 6 章 第 2 節
9. 完成海峽航線異常波浪機率預警系統建置	完成海峽航線異常波浪機率預警系統建置報告	第 3 章 第 3 節
10. 完成碧砂/八斗子瘋狗浪機率預警子系統建置	繳交碧砂/八斗子瘋狗浪機率預警系統建置報告	第 2 章 第 3 節
11. 廠商於期末報告需附上績效報告1份。	期末績效報告 1 份 (依照科技部格式)。	附錄七
12. 配合本局不定期之查訪	本局將不定期對本計畫進行工作進度查訪，廠商至少應向本局進行 3 次以上工作進度報告(簡報或會議型式)。建議時間：106 年 3 月、5 月、8 月、10 月。	附錄四

目 錄

摘 要	i
ABSTRACT.....	iii
驗收清單章節對照表.....	v
目 錄.....	vi
圖目錄.....	ix
表目錄.....	xii
第一章 前言.....	1
1-1 背景	1
1-2 計畫目的	3
1-3 前期計畫成果摘錄	4
1-4 本年度工作項目	7
第二章 瘋狗浪機率預警系統之精進.....	11
2-1 瘋狗浪預警系統基本理論	11
2-1-1 群集分析方法理論	11
2-1-2 類神經網路理論	13
2-1-3 評估指標	16
2-2 龍洞海岸預警子系統.....	17
2-2-1 使用資料	17
2-2-2 群集分析法訓練結果與驗證	21
2-2-3 類神經網路法訓練結果與驗證	30
2-2-4 兩方法預警模式結果比較	34
2-3 碧沙海岸瘋狗浪機率預警子系統.....	35
2-3-1 使用資料	35

2-3-2	群集分析法訓練與驗證結果.....	36
2-3-3	類神經網路訓練與驗證結果.....	49
2-3-4	兩方法之比較.....	54
第三章	海峽航線上異常波浪機率預警系統.....	57
3-1	藍色公路海氣象預報.....	57
3-2	藍色公路(海峽航線)上之異常波浪機率預測方法.....	59
3-3	分析結果.....	62
第四章	瘋狗浪觀測及影像分析.....	70
4-1	瘋狗浪觀測系統.....	70
4-2	影像分析流程與分析方法.....	72
4-3	影像分析結果與驗證.....	75
4-4	水花特性分析.....	78
4-4-1	水花流量與歷時分析.....	79
4-4-2	影像分析結果與瘋狗浪定義探討.....	83
第五章	瘋狗浪與異常波浪資料庫.....	88
5-1	海岸瘋狗浪與海洋異常波浪災害事件蒐集.....	88
5-1-1	海岸瘋狗浪事件蒐集.....	88
5-1-2	海洋異常波浪導致船難事件蒐集.....	92
5-2	現場實測海洋異常波浪探勘.....	94
5-2-1	異常波浪分析方法與分析資料.....	94
5-2-2	異常波浪探勘與案例統計分析結果.....	97
第六章	現行作業化預警系統運作情況.....	105
6-1	第二代預警系統簡介.....	105
6-1-1	海岸瘋狗浪預警系統.....	105
6-1-2	海洋異常波浪預警系統.....	108

6-2 運作情形與結果.....	109
第七章 結論與建議.....	114
7-1 結論.....	114
7-2 建議.....	116
參考文獻.....	118
附錄一 期初審查意見與回覆.....	附 1
附錄二 期中審查意見與回覆.....	附 3
附錄三 期末審查意見與回復.....	附 6
附錄四 工作會議紀錄.....	附 9
附錄五 海岸瘋狗浪擊落海事件清單(2000-2017 年).....	附 13
附錄六 2000-2017 海洋異常海象造成海難事件清單.....	附 28
附錄七 績效報告.....	附 38

圖目錄

圖 1-1 危險波浪預警系統.....	2
圖 2-1 群集分析演算示意圖.....	13
圖 2-2 瘋狗浪機率預警計算方式示意圖.....	13
圖 2-3 類神經網路之基本架構.....	16
圖 2-4 瘋狗浪預警模式建置流程.....	28
圖 2-5 各因子資料分布情形.....	29
圖 2-6 各時段機率預警分布比較.....	29
圖 2-7 海岸瘋狗浪機率預警模式架構.....	31
圖 2-8 各因子資料分布情形.....	48
圖 2-9 各時段機率預警分布比較.....	49
圖 2-10 預警時間 9 小時模式訓練結果.....	52
圖 2-11 預警時間 9 小時模式驗證結果.....	52
圖 2-12 預警時間 12 小時模式訓練結果.....	52
圖 2-13 預警時間 12 小時模式驗證結果.....	52
圖 2-14 預警時間 18 小時模式訓練結果.....	53
圖 2-15 預警時間 18 小時模式驗證結果.....	53
圖 2-16 預警時間 24 小時模式訓練結果.....	53
圖 2-17 預警時間 24 小時模式驗證結果.....	53
圖 2-18 2015 年 3-4 月兩系統機率預測之測試結果.....	55
圖 2-19 2015 年冬季運作結果.....	55
圖 2-20 2015 年春季運作結果.....	55
圖 2-21 2015 年夏季運作結果.....	56
圖 2-22 2015 年秋季運作結果.....	56
圖 3-1 藍色公路航線圖.....	58
圖 3-2 基隆-馬祖航線上.....	59
圖 3-3 台中-平潭航線上.....	59
圖 3-4 波高比值與峰度係數關係圖.....	62
圖 3-5 兩條航線上波譜資料參考點.....	66
圖 3-6 基隆-馬祖各航段異常波浪發生機率分布.....	67

圖 3-7 2016 年 2 月 10 日案例	68
圖 3-8 2016 年 2 月 10 日案例異常波浪發生機率	68
圖 3-9 基隆-馬祖各航段異常波浪發生高機率(大於 45%)頻率	69
圖 3-10 台中-平潭各航段異常波浪發生機率分布	67
圖 3-11 台中-平潭各航段異常波浪發生高機率(大於 45%)頻率	69
圖 4-1 龍洞瘋狗浪光學監視站預計設置位置	71
圖 4-2 碧砂瘋狗浪光學監視站設置位置	72
圖 4-3 監視系統拍攝得之原始全彩影像	74
圖 4-4 原始影像灰階轉化結果	75
圖 4-5 影像二值化結果	75
圖 4-6 影像均質濾波結果	75
圖 4-7 辨識失敗案例-颱風期間影像模糊	77
圖 4-8 辨識失敗案例-黃昏時刻海面反光	77
圖 4-9 水花辨識結果(2016/6/3 15:42)	77
圖 4-10 水花辨識結果(2016/8/1 13:32)	78
圖 4-11 水花辨識結果(2016/7/6 9:21)	78
圖 4-12 浪花影像 (2014/10/12)	80
圖 4-13 浪花分析結果	81
圖 4-14 流量與歷時分析結果 (6/3 15:42)	81
圖 4-15 流量與歷時分析結果 (7/6 9:21)	82
圖 4-16 流量與歷時分析結果 (8/1 13:34)	82
圖 4-17 流量與歷時分析結果 (9/13 16:58)	83
圖 4-18 海嘯實驗結果	86
圖 4-19 瘋狗浪案例歷時統計結果	86
圖 4-20 瘋狗浪案例最大浪花高度分布	86
圖 4-21 瘋狗浪期間水花空間分布發生頻率 (6/3 15:42)	87
圖 4-22 瘋狗浪期間水花空間分布發生頻率 (7/6 9:21)	87
圖 4-23 瘋狗浪期間水花空間分布發生頻率 (8/1 13:34)	87
圖 5-1 2000 年-2017 年 11 月台灣各縣市發生落海事件統計	90
圖 5-2 2000 年-2017 年 11 月間台灣各月份發生落海事件統計	90
圖 5-3 北海岸三縣市歷年發生瘋狗浪襲人事件數	91
圖 5-4 台灣海岸發生瘋狗浪事件分布位置圖	91

圖 5-5 台灣鄰近海域發生因異常波浪造成船難事件之位置圖.....	93
圖 5-6 異常海象導致船難事件月份分布圖.....	94
圖 5-7 本研究使用波浪測站位置圖.....	97
圖 6-1 第二代海岸瘋狗浪預警作業時程示意圖.....	107
圖 6-2 第二代海岸瘋狗浪機率預警系統展示介面.....	108
圖 6-3 第二代海洋異常波浪機率預警系統展示介面.....	109

表目錄

表 2-1 瘋狗浪擊落海事件發生之錯差矩陣.....	17
表 2-2 群集分析法輸入資料及其說明.....	20
表 2-2 可能造成落海事件發生的海氣象條件(群集分析方法).....	26
表 2-3 預警時間 9 小時與 18 小時預警模式結果比較(群集分析方法).....	26
表 2-4 預警時間 9 小時機率預警模式輸入因子特性說明(群集分析方法).....	27
表 2-5 預警時間 9 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析.....	27
表 2-6 預警時間 18 小時機率預警模式輸入因子特性說明.....	27
表 2-7 預警時間 18 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析.....	28
表 2-8 類神經網路預警時間 9 小時預警系統訓練與驗證結果.....	32
表 2-9 類神經網路預警系統驗證指標表現(僅使用波浪模式預測資料).....	32
表 2-10 類神經網路預警時間 9 小時預警系統訓練與驗證結果.....	33
表 2-11 類神經網路預警系統驗證結果	34
表 2-12 最佳類神經網路模式評估	34
表 2-13 類神經瘋狗浪預警系統與群集分析瘋狗浪預警系統之綜合驗證結果....	35
表 2-15 群集分析法預警模式驗證結果比較.....	43
表 2-16 預警時間 9 小時機率預警模式輸入因子特性說明.....	43
表 2-17 預警時間 9 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析	44
表 2-18 預警時間 12 小時機率預警模式輸入因子特性說明.....	44
表 2-19 預警時間 12 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析	45
表 2-20 預警時間 18 小時機率預警模式輸入因子特性說明.....	45
表 2-21 預警時間 18 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析	46
表 2-22 預警時間 24 小時機率預警模式輸入因子特性說明.....	46
表 2-23 預警時間 24 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析.....	47
表 2-24 類神經網路預警時間 9 小時預警系統訓練與驗證結果.....	51
表 2-25 類神經網路預警系統驗證結果.....	51
表 3-1 基隆-馬祖航線上各航段上四季異常波浪發生機率	65
表 3-2 台中-平潭航線上各航段上四季異常波浪發生機率	65
表 3-3 基隆-馬祖航線異常波浪資訊結合藍色公路預報系統	66

表 4-1 調整參數與視窗測試結果.....	76
表 4-2 瘋狗浪發生期間經過時間與整體流量.....	80
表 4-3 瘋狗浪影像案例分析結果.....	85
表 5-1 本年度瘋狗浪襲人事件新增清單.....	89
表 5-2 大浪導致船難事件新增清單.....	93
表 5-3 本計畫資料分析之測站.....	96
表 5-4 危險異常波浪分析結果.....	99
表 6-1 第二代海岸瘋狗浪模式 9 小時機率預警各月份可能落海機率分布.....	110
表 6-2 第二代海岸瘋狗浪模式 12 小時機率預警各月份可能落海機率分布.....	111
表 6-3 第二代海岸瘋狗浪模式 18 小時機率預警各月份可能落海機率分布.....	112
表 6-4 第二代海岸瘋狗浪模式 24 小時機率預警各月份可能落海機率分布.....	113

第一章 前言

1-1 背景

近十餘年來，臺灣周遭水域每年發生多件海洋異常波浪與海岸瘋狗浪(Oceanic and coastal freak wave)事件，導致船翻、人落海等事件，每年因此危險海象而造成之死傷人數達近百人，造成民眾生命損失並投資巨大救災資源。海洋異常波浪與海岸瘋狗浪之發生機制不同(陳等，2016)，本研究分開對其進行研究。譬如：民國 102 年 11 月，新北市鼻頭地質步道發生重大瘋狗浪事件，遭遇海浪襲擊落海 16 人，此為典型之海岸瘋狗浪；另外，民國 94 年 2 月，從花蓮出發開往日本石垣島之砂石船「瑞太八號」一夕失蹤，其可能原因之一就是遭遇了突然來的異常波浪，這類的事件時常在海洋中發生。不論海岸瘋狗浪或海洋異常波浪，都是因為突然發生的大波浪造成海岸邊活動的民眾或海洋裡活動的船隻因而損傷，在事發前均未能給予適當警告，均屬於危險性的波浪。此類事件之特色為其瞬變性與不可預測性，不像潮汐為週期性的變化，風浪也可以數學解析之，異常波浪與瘋狗浪事件發生原因很多，截至目前為止，世界各國仍無法確定地預測瘋狗浪何時何地會發生。有鑑於民眾休閒活動日益向海靠近，考量民眾海域活動的安全性，以及未來政府持續推動藍色公路和兩岸間船舶往來更趨頻繁，本計畫將發展前述危險波浪系的預警系統，包含(一)海洋異常波浪預警系統；(二)海岸瘋狗浪預警系統，如圖 1-1 所示。本計畫根據最新觀測、模擬與分析技術建立前述危險海象預警系統，提供適時的警告資訊，使能有所防範以降低傷害機率。

本計畫為達成強化防災海象科技研發、促進海象科技民生應用之政策目標，藉由觀測補強與技術開發之執行策略來達到建立中央氣象局發布突發性危險海象特報的作業能力，期能建置機率預警系統，減少因災害性海象所造成的損失，並建立危險海象預警系統來滿足未來民眾和防救災單位之需求。中央氣象局已發展高解析度的作業化波浪預報系統，目前這些作業化的波浪模式對於大尺度、長

時間的預測甚至颱風波浪的預測均有相當高的準確性，但對於突然發生的危險海象仍無法預測，由於海象變化具有高度的不確定性，前述定率式(deterministic)的預測顯然不足，序率式(stochastic)的機率預測理論是另外一種替代的方法。

中央氣象局過去的研究已開始進行瞬變海象之探討與雛型預警系統之建置(中央氣象局，2015)，然而已完成之研究尚存在有兩項不足，一是該研究建置預警系統之資料為實際發生瘋狗浪事件，大多為報載或報案紀錄，這些資料有可能遺漏有瘋狗浪發生但未有紀錄之情形，代表性略顯不足；第二是該預警系統可得知瘋狗浪發生之風險高低，但未有提供發生機率值。本計畫將提昇現有預警系統，使用更具有代表性的資料進行研究，並計算瘋狗浪發生機率。由於中央氣象局已在臺灣環島建置波浪與潮位觀測系統，本計畫研究資料來自於前述觀測系統，再輔以瘋狗浪事件判釋技術以及預警模式發展等層面，完成近岸區域瘋狗浪預警模式和外海異常波浪預警模式之建置，期望未來能對發生在岸邊和海洋中的瘋狗浪提出適宜的預警資訊，並將此機率預警作業落實於中央氣象局作業化流程中。

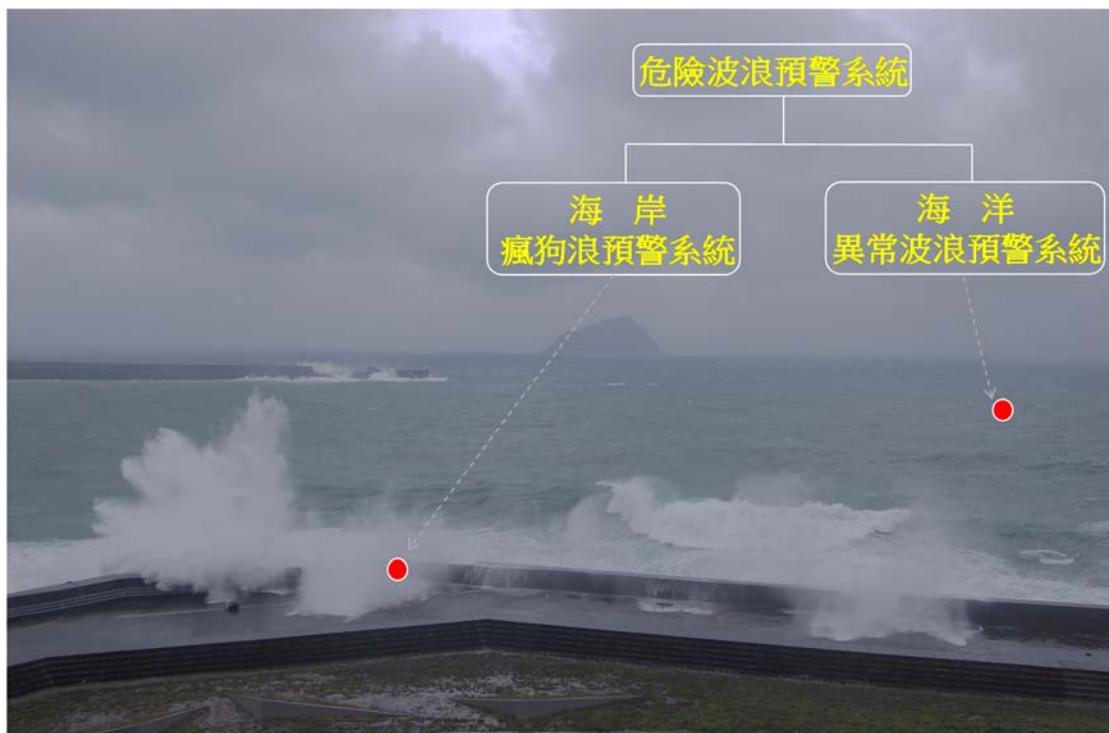


圖 1-1 危險波浪預警系統

1-2 計畫目的

本計畫目的為強化中央氣象局發布突發性危險海象特報之作業能力，具體之研究目標有四：(一)擴充海洋異常波浪與海岸瘋狗浪事件資料庫，提供科學研究與建置預警系統用途；(二)發展台灣海岸區域瘋狗浪機率預警系統；(三)強化台灣鄰近海域海洋異常波浪機率預警系統；(四)發展前述預警系統使與中央氣象局現行作業方法或模式整合。期能藉由達到前述目標提升中央氣象局現有異常浪預警系統，減少因災害性海象所造成的損失，以滿足民眾和防救災單位之需求。

全程工作期限為四年，根據計畫招標公告內容，逐年預定完成之工作項目如下，本年(第二年)度之詳細工作方法與步驟說明於下節，後兩年計畫工作方法亦概略說明如下：

(一)第一年 (已完成)

- (1) 瘋狗浪監測影像判釋技術研發
- (2) 海岸瘋狗浪機率預測方法之建立
- (3) 海洋異常波浪機率預測理論之改進
- (4) 瘋狗浪之發生與湧浪關聯分析
- (5) 近岸瘋狗浪與海洋異常波浪事件分布圖更新

(一)第二年

- (1) 持續蒐集實際海岸瘋狗浪與異常波浪事件，以及分析實測海洋異常波浪資料，擴充異常海象資料庫，更新風險地圖。
- (2) 瘋狗浪機率預警系統之精進
- (3) 再建置 1 個海岸區域瘋狗浪機率預警子系統
- (4) 持續分析瘋狗浪監視影像

- (5) 建置海峽航線上異常波浪機率預警系統
- (6) 將第一年機率預警研究成果更新至線上系統
- (7) 持續操作現行作業化預警系統並評估成果

(三) 第三年

- (1) 建置 1 個近岸區域瘋狗浪機率預警系統並驗證
- (2) 海峽航線異常波浪機率預測分析
- (3) 機率預警系統運作成效評估

(四) 第四年

- (1) 建置 1 個近岸區域瘋狗浪機率預警系統並驗證
- (2) 海岸瘋狗浪機率預警系統運作情形檢討與改善
- (3) 東亞海域異常波浪機率預警系統運作情形檢討與改善
- (4) 台灣海峽異常波浪機率預警系統運作情形檢討與改善
- (5) 危險海象特報內容與作業流程規劃

1-3 前期計畫成果摘錄

(1) 海岸瘋狗浪與海洋異常波浪資料庫蒐集建置

本計畫持續蒐集海岸瘋狗浪與海洋異常波浪導致船難事件。從 2000 年至 2016 年間共蒐集了台灣地區的海岸瘋狗浪事件 304 件，共計有 479 人被浪擊落海，平均每年發生約有 18 案例、28 人受到傷害，其中有 58 件(約 19%)發生在西北太平洋上影颶風的條件，主要發生在台灣東、北部海岸區域，事件發生時颶風中心距離台灣平均約 800 公里，最遠的案例發生在距離 1250 公里，有 51 件(88%)事件發生在颶風警報期間外。

在海洋異常波浪部分，本研究蒐集相關報告或報導中明確說明是因遭遇突然

大浪而導致之船難事件，蒐集竹筏、膠筏、舢舨、漁船及貨輪遭受大浪襲擊導致翻覆的報導事件，本計畫認定標準謹慎但從寬認定異常波浪造成之海難事件以增加分析資料庫。第一年度，共新增 8 件案例，過去 17 年來因異常海象造成之船難事件共有 127 件，共造成 730 人落海。

(2) 第一代預警系統之維護與驗證

中央氣象局於 2015 年已建置完成第一代瘋狗浪預警系統與異常波浪預警系統，並已於中央氣象局線上測試運作中。本計畫於第一執行年度持續操作該系統，並針對出現狀況之處進行維護與更新，同時也評估運作概況與驗證運作成果。針對第一代海岸瘋狗浪預警系統部分時候運作失敗之狀況，已進行三處更新：(1)當系統輸入資料缺值的情形少於 1/3 以下，則忽略缺值的情況，直接執行。(2)系統執行時若未能取得 NWWIII 或龍洞浮標資料，則設定於 1 小時後自動重新執行。(3)新增了 e-mail 通知的功能，當海岸瘋狗浪預警系統預測為危險的情況時，會發送海岸瘋狗浪高風險通知信，同時可以隨時追蹤系統運作情形。系統更新後運作情形大幅改善，運作成功率達 9 成左右。在將近一年的運作結果顯示，發布高風險的時間主要集中在冬季 1、2 月，與瘋狗浪事件集中發生在冬季的結果類似；夏季長浪即時訊息發的時段也與預警系統發布高風險的時刻吻合，顯示瘋狗浪預警資訊具有參考價值。

另一個海洋異常波浪預測系統的運作情形則較為順利，因此運作次數由原先的一天一次改為一天四次，對於結果輸出也增加了波浪模式資料時間與預測時間，以利於判讀結果。本計畫第一年度以東吉島波浪站連續觀測資料進行該預測系統運作結果之驗證，結果顯示加權誤差介於 8%-17%之間，顯示系統有一定程度的準確性。分析 2015-2016 年共 14 個月的運作結果，顯示在台灣海峽北部海域與東海北部海域發生異常波浪的機率較高，從異常波浪發生機率預測值分布結果，建議未來運作時可以中位數與 95%值(Q₉₅)定義低、中和高風險，可供未來預警產

品發布時的參考。

(3) 機率預警系統之建立與測試

如前文所述，中央氣象局於 2015 年建置的第一代瘋狗浪與異常波浪預警系統係顯示發生瘋狗浪或異常波浪的風險高低，本計畫於第一年度提升該系統功能，使具有預測發生機率之能力，使成為「機率預警系統」。針對瘋狗浪機率預警系統之建置，本計畫第一年度以群集分析演算法，且以各項因子的資料分布情形，提出從群集分析的結果中估算機率的方法，以過去實際落海資料進行驗證，顯示實際發生瘋狗浪事件的案例，其發生機率估算在 50% 以上者占有 9 成。另外，第一年度的計畫還使用了類神經網路演算法建置瘋狗浪機率預警系統，完成了預警時間 12 小時的瘋狗浪機率預警模式，在模式的建置過程中，引入過去文獻中提及會影響瘋狗浪發生之因子作為建模參數，譬如群波因子、非線性參數 BFI 等。以上兩個瘋狗浪機率預警系統經驗證結果顯示，在反查率與回應率皆達到 7 成以上，顯示兩個系統進行預警作業時皆能提供有效的預警資訊，同時不會有過度預警的情形發生。

(4) 瘋狗浪影像分析技術之建立

本計畫第一年度執行期間，中央氣象局另案在龍洞海域建置了一座瘋狗浪光學影像監視站，本計畫負責影像辨識分析技術之建立。在第一年期間已發展了一套影像辨識程式，可分析光學監視系統所得之瘋狗浪影像，本研究初步設定當浪花高度高於一個人的身高，即視為是瘋狗浪案例。分析自 2016 年 6 月 12 日至 9 月 30 日的影像中，共計有 166 筆瘋狗浪案例，其中在風平浪靜且波高小於 1 公尺的條件下，也有瘋狗浪案例的紀錄，顯示瘋狗浪發生並非僅是波高與波浪週期大小的影響，其他影響應進一步的討論。

(5) 海洋異常波浪發生機率推估準確度之提升

本計畫於第一年期間完成了 19 個浮標測站至 2015 年的實測危險異常波浪探勘，累積獲得 8065 筆危險異常波浪案例，發生危險異常波浪的機率介於 $3.24 \times 10^{-5} \sim 13.4 \times 10^{-5}$ 之間。分析結果顯示外洋浮標(台東外洋浮標、東沙浮標)發生危險常波浪之機率較其他近岸區域來的高，顯示在開放海洋海域，異常波浪的生成演化不易受到近岸地形影響，較易產生危險異常波浪，且危險異常波浪好發季節會因地域不同而不一樣，可推測受天氣系統影響的程度不同是主要因素；颱風期間發生危險異常波浪的機率最大是平常的 10 倍左右。從異常波浪與湧浪之分析也顯示，在相同的 AI 條件下，湧浪形態的異常波浪其對應之峰度值較大，推測湧浪帶來的能量會使異常波浪形成時產生更大的波高，使波浪的非線性效應更為顯著。

本計畫第一年度也針對海洋異常波浪機率預測理論的誤差來源進行探討，認為主要的誤差來源是示性波高與水位均方根比值的假設所導致，使用東吉島波浪站連續觀測資料，以大量的波浪資料中，已歸納出示性波高與水位均方根比值與水位峰度值的回歸關係式，以此關係式代替線性波理論的進行機率預測理論之修正，並以東吉島波浪站連續觀測資料進行驗證，驗證結果其平均相對誤差為 9.29%，平均均方根誤差為 13.2%，比前期研究所得之 22.3% 有明顯改善，證實以實測資料探討示性波高與水位均方根比值可以有效的修正異常波浪發生機率估算之誤差。

1-4 本年度工作項目

本年度計畫工作分為兩個部分，分別是海岸瘋狗浪機率預警模式與海洋異常波浪機率預測模式之建立、更新或改良。主要工作項目與其內容說明如下：

(一) 海岸瘋狗浪與海洋異常波浪事件分布圖更新

1. 實際發生案例之蒐集

台灣周圍海域的海上作業興盛，但是海上船難不時的出現在報章雜誌上，通

常在極惡劣的海況（如颱風）時，船隻並不會出港，災害大多得以避免，反而難以預防的是突來的大浪，一般船隻遇到這種大浪時常應變不及而發生意外。在前期研究計畫中，已蒐集 2000-2016 年期間的浪及船難事件，在此計畫中將繼續持續追蹤相關事件，如有報導案例即納入資料庫內；蒐集項目包括事件發生日期、發生地點（海域）、事件描述、傷亡或失蹤人數、以及船難資料來源，同時將連結海象資料（如波高）。在海岸浪襲人員落海事件的部分，前期研究計畫中也嘗試各種可能蒐集瘋狗浪事件，蒐集時間自 2000 至 2016 年。本年度工作將持續蒐集相關資料，並將更新瘋狗浪事件發生之時間與空間分布，更新繪製台灣近岸海域瘋狗浪危害分布圖，提供中央氣象局參考與宣導。此一階段除了持續蒐集落海事件相關資料外，並將所蒐集的資料項存入瘋狗浪資料庫中，以方便後續的研究使用。

2. 現場實測資料探勘

在前期計畫中，建立以異常波浪指數(Abnormal Index, AI)為評斷指標的外洋異常波浪探勘方法，當 AI 超過 2 時視為異常波浪，並定義當異常波浪波高大於 2 米則為危險異常波浪。本年度計畫將繼續分析目前作業化運作的 18 個浮標與 1 個波浪站之異常波浪探勘，並完成異常波浪的統計分析，納入海洋異常波浪資料庫，可用於後續相關研究之參考。

(二) 海岸瘋狗浪機率預警系統之精進

1. 增加預警時間重新率定模式

中央氣象局目前建置有一套東北角瘋狗浪預警系統，預警能力已由輸出發生瘋狗浪發生風險高或低之定率結果，提升預警系統為機率預警系統，可提供東北角海域可能發生瘋狗浪之機率，本年度將增加預警時段，提供短時間至長時間海岸瘋狗浪發生機率資訊。

2. 最佳類神經網路模式評估

前期計畫中，已完成使用實測資料輸入類神經網路模式之建置，本年度將新增波浪預測模式資料，分別建置以波浪模式預報資料輸入之預警模式，以及實測資料加上波浪模式預報資料為輸入之預警模式，建置完成後評估三種模式的預警能力，將最佳模式做為主模式，次佳者作為備援模式；人工類神經模式之預測結果也將與前述群集分析建置之瘋狗浪預警系統結果相互評估比較。

(三) 再建置 1 個海岸區域瘋狗浪機率預警子系統

第二年度工作擬建立第二處海岸瘋狗浪機率預警子系統，建置地點為基隆碧砂漁港附近海岸，基隆碧砂漁港為瘋狗浪襲人事件紀錄中累計第二高之發生地點，建置方法則延續與第一年計畫相同，採用群集分析與人工類神經方法建置碧砂/八斗子瘋狗浪機率預警系統。

(四) 瘋狗浪監視影像分析

瘋狗浪不知何時會發生於何地？目前並未有針對瘋狗浪之觀測系統，安裝在海底或海面之量測儀器可以用來探討瘋狗浪形成前之海象特性，但若儀器無法直接置放於海堤或礁岩前，則無法測得真正之瘋狗浪，而量測儀器要能安裝在海堤或礁岩前方絕非易事。本計畫第一年建議中央氣象局於龍洞海岸設置了瘋狗浪影像觀測系統，成效頗佳，本計畫第二年度則建議中央氣象局配合本年度研究工作，再建置第二座瘋狗浪影像觀測系統，利用影像判釋技術於巨量監測影像時序列 (image time sequence) 分析找出這些瘋狗浪發生之時間點與瘋狗浪高。

(五) 建置海峽航線上異常波浪機率預警系統

中央氣象局已針對藍色公路沿線上之海象進行預報，本計畫將把異常波浪發生機率預警模式細化至台灣海峽北部和中部兩條航線：「基隆-馬祖航線」和「台中-平潭航線」，預期可提供航行船隻更多航行安全資訊。此海洋異常波浪預警系統之細化可作為未來客製化系統之先導試驗。

(六) 將第一年機率預警研究成果更新至線上系統

目前線上運作中之異常波浪與瘋狗浪預警系統仍是以「風險」高低為輸出的第一代系統，本計畫第二年度將把第一年度已發展完成且經驗證之機率預警系統

作業化，更新成為中央氣象局線上作業系統，本計畫將稱之為第二代機率預警系統。在瘋狗浪的預警系統部分，除原先的群集分析方法外，類神經網路模式亦將上線運作。

(七) 持續操作現行作業化預警系統並評估成果

本計畫將持續操作位於中央氣象局之異常波浪與瘋狗浪預警系統，根據中央氣象局業務需求進行必要之系統功能設計或變更，並定時評估運作成效，尤其當實際發生瘋狗浪或異常波浪導致船難事件時，擷取運作成果，進行評估與討論。

第二章 瘋狗浪機率預警系統之精進

本計畫以群集分析(Cluster Analysis, CA)方法與人工類神經網路(Artificial Neural Network, ANN)方法針對瘋狗浪好發海岸建置瘋狗浪預警系統，上年度計畫中，已將東北角龍洞海域的瘋狗浪預警系統提升為機率預警系統，驗證結果顯示兩種方法在預測海岸瘋狗浪發生機率皆有不錯的表現。本年度將新增預警時段，增加預警模式輸出，增加預警模式的預警資訊；而人工類神經網路的方法，由於是去年新增的方法，僅使用浮標實測資料建置預警模式，本年度將新增波浪模式預測資料進行建置預警模式，並評估最佳模式的輸入資料。同時，本年度亦將新增建立一個瘋狗浪機率預警系統，預設地點為碧砂漁港。

2-1 瘋狗浪預警系統基本理論

2-1-1 群集分析方法理論

群集分析法的核心理念將相似的樣本聚集在一起，演算法以距離作為分類的依據，因此距離越近相似程度越高，可歸類成一個群集，而群集內的樣本特性相近，而群集間的相異性增加，如此便可依群特性來辨識。此演算法使用反覆的運算將資料集中的資料特性進行分類，藉由加權分類能將相同性質的資料集分成同一類，如此便可藉由各資料群之間的差異性，進而透過各資料群的資料特性及發生機率來進行預測。

本文以碧砂漁港外波浪觀測資料來說明以群集分析從事瘋狗浪擊落海事件預警系統的概念。圖 2-1 為碧砂漁港波浪測站的示性波高與對應的示性週期散佈圖，其中橘色菱形的資料點係指落海事件發生時在碧砂漁港測得之資料，藍色圓形資料點則代表沒有落海事件發生，當使用群集分析方法並設定群集個數為 4 時，在各群中比較其特性，便可發現群集 1、2、4 傾向於會發生落海事件，群集 3 則傾向於不會有落海事件發生，即可進一步分析各群的資料屬性，從中歸納出發生落海事件發生的條件。本研究主要事先蒐集各種不同的海氣象資料或是海氣象參數，再參考前人研究挑選合適的海氣象因子或海氣象因子之統計值，統整所

有可能的候選資料因子，藉由群集分析演算法進行探勘分析。過程中為求得最佳的預測結果，可由改變群集的個數，最小支持度(門檻值)及最大的輸入因子等參數，另外，為使模式不要過於複雜，也會限制模式最大輸入因子數目。

由前期的研究中，以群集分析方法建置瘋狗浪預警系統，然而此系統僅為定率之結果，輸出發生瘋狗浪發生風險之高或低，本計畫將因子特性分布將高低危險程度轉換成機率式的預警系統，完成後可提升輸出海岸瘋狗浪發生機率。在先前的預警模式建置過程中，我們可得到每一候選因子條件，與可能發生落海事件的關聯性門檻條件，再藉由因子條件與門檻條件的距離，換算出當時每一因子發生事故的機率值，再利用因子權重間的關係，計算出當下發生瘋狗浪事件的機率。然而因子的分布並非是線性關係，因此直接以距離計算可能會因為少數極值影響而低估了瘋狗浪發生之機率。因此本研究首先確認每一因子與事故發生是否是正相關，確定因子與事故發生的關聯性後，便採用研究中該因子條件在母體所佔有的分段累積分布機率，來做為該因子在條件下會發生落海事件的機率；若為負相關，則為反向處理。圖 2-2 假設因子與事故發生是正向相關，為計算資料點發生瘋狗浪事件的機率計算說明，過程中將先由計算出每單向因子在研究期間(2004-2017 年間)的分段資料分布情形，假設當下因子條件為 X_i ，判斷該條件是落於哪一分段，再將該分段之前的機率分布累加計算(斜線部分)，其機率計算方式如式 2-1 所示。

$$P(X_{i1}) = \sum_{n=1}^i P(x_n) \quad (2-1)$$

當考量所有候選因子的集合時，其機率計算公式則必須考量每一因子條件在該群集中所扮演的角色，也就是需考量其權重，所以計算資料點會發生瘋狗浪的機率 $P(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik})$ 如式 2-2。

$$P(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik}) = \frac{\sum_{j=1}^k W(j) \times P(X_{ij})}{\sum_{j=1}^k W(j)} \times 100\% \quad (2-2)$$

完成式 2-2 的計算，便可將任一資料輸入點紀錄，推算出該點在各分時預警模式中，可能發生瘋狗浪事件的機率值。

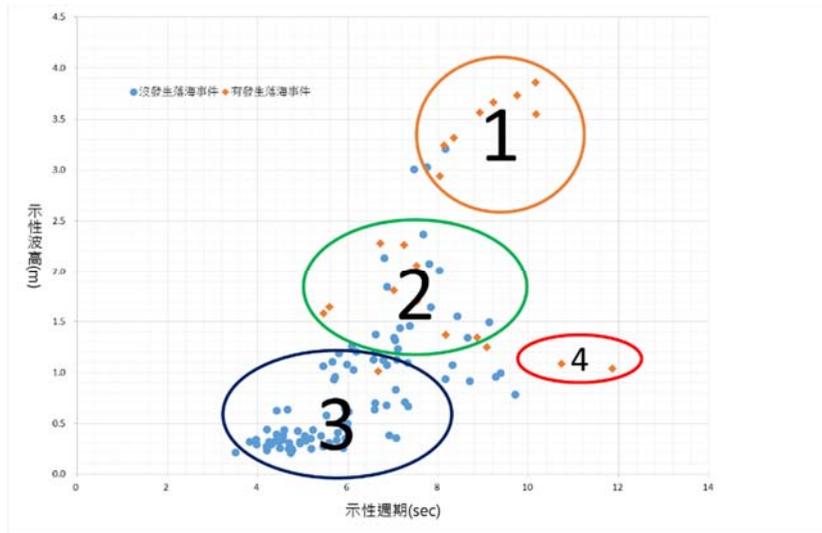


圖 2-1 群集分析演算示意圖

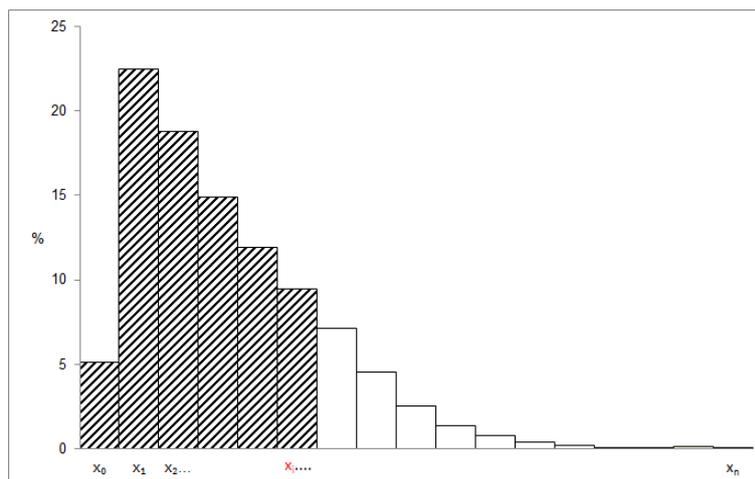


圖 2-2 瘋狗浪機率預警計算方式示意圖

2-1-2 類神經網路理論

由於海岸瘋狗浪形成機制未明，本計畫採用資料探勘(data mining)技術建置海岸瘋狗浪預警模式，資料探勘技術有很多種，前文已報告了利用群集分析演算法建置預警模式，然而，更廣為人知的是人工類神經網路演算法，類神經具有學習演算及非線性最佳化之優點，比一般傳統之統計迴歸方法更好，此類統計方法已被廣泛應用於各研究領域當中。在海洋工程領域，類神經網路已經常被使用來處理複雜的問題，例如潮汐預測及補遺、颱風暴潮之預測、颱風波浪推算、海平

面變遷、海岸灘線變遷等。

近年來類神經網路應用於自然災害預警的相關研究相當普遍，Böse et al. (2008)提出以類神經網路建置近即時且高可信度的地震預警系統，當地震發生於海底，因震波的動力會引起海水劇烈起伏形成海嘯，Romano et al. (2009)、Mase et al. (2011)利用倒傳遞類神經網路建置即時海嘯預警系統；因應氣象引致區域型的災害，Chang et al. (2007)和 Kung et al. (2012)利用類神經網路建立土石流預警系統，以輸出值判斷土石流是否會發生；Thirumalaiah et al. (1998)、Sunkpho et al. (2011)、López et al. (2012)利用類神經網路預測水位高度進而建置城市淹水預警系統。此外，張憲國等人(2006)利用類神經網路建立花蓮港船隻異動指數的預警模式，以提供花蓮港內船隻在颱風來襲之時判定有無出港避湧之需要。

類神經網路是利用電腦學習人腦結構與神經傳遞訊息的過程，從模擬神經傳遞訊息與反應動作的過程，應用在機制尚不明確的自然事件，從中找尋自然事件發生機制或是原因。神經元是類神經網路最基本的組成單位如圖 2-3 所示，輸入值 X 與權重值 W 輸入至神經元後，神經元內部即開始計算，計算公式如式 2-3 所示，計算結果 Y 為神經元之輸出值。

$$Y_j = f(net) = f(\sum_i W_{ij}X_i - \theta_j) \quad (2-3)$$

其中 Y_j ：類神經網路神經元的輸出值。

$f(net)$ ：集成函數

W_{ij} ：類神經網路各神經元間的連結權重值。

X_i ：輸入變數。

θ_j ：類神經網路處理單元的門檻值

完整的類神經網路架構包含輸入層(input layer)、隱藏層(hidden layer)以及輸出層(output layer)，類神經網路之輸入資料由輸入層輸入，再傳遞至隱藏層的神經元進行運算，隱藏層中神經元可以是一個亦可是數個，神經元數量將根據問題的複雜度決定，最後經由轉化函數得輸出值。轉化函數有三種函數，其一為 S 型曲線函數(sigmoid function)，輸出值會介於 0 至 1 之間，其公式如 2-4 式所示；

雙曲線正切函數(hyperbolic tangent function)，輸出值會介於-1 至 1 之間，其公式如 2-5 式所示；以及線性函數(pure linear)。對於本身發生機制尚未釐清的自然現象或是複雜的問題，通常會使用 S 型曲線函數或雙曲線正切函數，使類神經網路具有非線性計算能力，建立複雜的函數關係，以描述整個物理現象。

$$f(net) = \frac{1}{1+exp^{-net}} \quad (2-4)$$

$$f(net) = \frac{1-exp^{-net}}{1+exp^{-net}} \quad (2-5)$$

現今有許多類神經網路依各種需求被發展出來，依照網路架構可分成前向式類神經網路以及回饋式類神經網路。前向式類神經網路是各網路層計算方向一致，後一層之計算結果不會回饋回上一層，計算較為簡單且迅速；回饋式類神經網路是各網路層計算後之輸出值會回饋回上一層進行修正，計算方式較前向式類神經網路複雜，所需計算時間相對較長。前向式類神經網路有反傳遞網路(counter-propagation network, CPN)、機率神經網路(probabilistic neural network, PNN)、倒傳遞網路(back-propagation network, BPN)以及自組式映射圖(self-organizing maps, SOM)等；回饋式類神經網路波茲曼機(Boltzmann machine, BM)、霍普菲爾網路(Hopfield neural network, HNN)、霍普菲爾-坦克神經網路(Hopfield-tank neural network, HTN)以及退火神經網路(annealed neural networks, ANN)。

本計畫選用之類神經網路為 Rumelhart et al. (1986) 提出的倒傳遞類神經網路，此類神經網路具有監督式學習的特性，即學習網路中有輸入值也有學習目標值。當開始學習時，網路將建立輸出值與學習目標值間的連結之關聯性，利用網路權重(weights)與門限值(bias)來表示其關係的強弱。本計畫架構類神經網路使用 Matlab 程式來建置倒傳遞類神經網路，模式的建置工作包括了學習演算法、隱藏層神經元數、隱藏層數、學習速率、以及隱藏層與輸出層轉化函數等 6 項。學習演算法使用 Levenberg Marquardt 方法，隱藏層神經元數係以平均法求得(葉怡成, 2001)。隱藏層數、學習速率、隱藏層與輸出層轉化函數皆以試誤法求得最佳值。

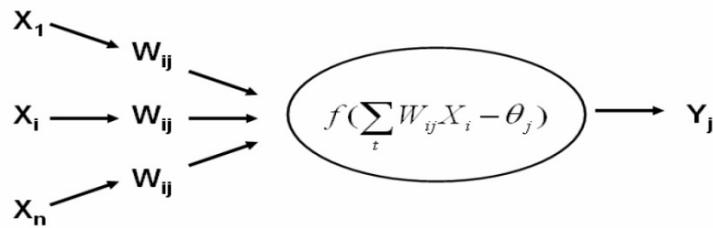


圖2-3 類神經網路之基本架構

2-1-3 評估指標

研究中在模式建置的學習與測試階段，均使用以落海事件的發生與否來驗證模式的準確性，經探勘工具的學習或驗證後可得出預測的錯差矩陣(表 2-1)。表中：A 代表模式預測不會發生落海事件，實際也無落海事件發生的事件個數；B 代表模式預測不會發生落海事件，實際卻有落海事件發生的事件個數；C 代表模式預測會發生落海事件，實際卻無落海事件發生的事件個數；D 代表模式預測會發生落海事件，實際也有落海事件發生的事件個數。

錯差矩陣中可產出三個指標，即正確率(Accuracy rate)、回應率(response rate)和反查(recall)。正確率是指說預測是否與實際情形相同。回應率的意義是指在預測為有落海事件發生集合中，多少是屬於真正的落海事件發生，回應率越高代表模式效果越好；反查是指在所有實際有落海事件發生中，有多少比率被模式找出來，其值越高越好。正確率之公式為 $(A+D)/(A+B+C+D)$ ；回應率之公式為 $D/(C+D)$ ；反查的公式為 $D/(B+D)$ 。反查指標對本研究特別重要，回應率高不見得模式就好，更重要的是反查要高，它代表的是把稀有事件找出來。一般而言，實際落海事件資料屬於稀有事件，假設落海事件佔全部資料的 5%，若有一個模式把所有結果都預測為沒有落海事件發生，那麼這個模式毫無意義。落海事件的預測分類不同於一般的分類問題，它的精神在於對於落海事件發生的真正掌握率。

表 2-1 瘋狗浪擊落海事件發生之錯差矩陣

	實際未發生 落海事件	實際發生 落海事件
預測未發生 落海事件	A	B
預測發生 落海事件	C	D

2-2 龍洞海岸預警子系統

本計畫分別以群集分析法與類神經網路演算法，針對瘋狗浪好發的龍洞海域建置瘋狗浪預警模式，前期的研究中已完成了定率式的預警系統，可產出發生瘋狗浪之風險高或低，去年的研究提升為機率警模式，本年度將增加預警模式的預警時段，以針對不同需求能提供更多預警資訊。

2-2-1 使用資料

根據本計畫蒐集結果，自 2000 年至 2015 年間，在龍洞附近海岸 20 公里內因浪襲擊而落海的事件共計有 76 筆，為全台瘋狗浪好發最顯著區，故本研究優先以龍洞海岸作為研究區域。本計畫用於預警模式建置之海氣象輸入資料來自中央氣象局於龍洞海域內佈放的資料浮標，其離岸 1 公里，水深 23 米，逐時觀測的海氣象物理量作為建模之輸入資料，觀測氣象之物理量包括風速、風向、氣壓、氣溫、水溫等，海象是量測浮標之加速度資料，從浮標之運動以波浪理論推算波浪之方向波譜，從波譜可計算波浪統計值資料例如示性波高(H_{m0})、平均週期(T_{m02})、尖峰週期(T_p)、波向(θ_{wave})等。除了實測資料，中央氣象局每天定時執行 NWW III (NOAA Wave Watch III)波浪預報資料，輸出西太平洋波浪預報資料，本計畫挑選接近龍洞浮標點位之模式輸出波浪場資料，做為代表龍洞海域波浪預報資料，波浪預報資料包含示性波高(H_{m0})、平均週期(T_{m02})、尖峰週期(T_p)、風速、風向等。

在前期建置之瘋狗浪預警系統，將各輸入資料整理成每 6 小時為一時段之輸入資料集，再依 12 小時模式選取各預報點前 6 小時內之輸入資料集作為建模資料。群集演算法與類神經網路演算法使用的建模資料種類略有差異，群集分析法是將所有蒐集到的海氣象資料與其統計值全部輸入，資料包含資料浮標量測之海象資料(波高、平均週期、尖峰週期、波向)和氣象資料(三秒陣風、平均風速、風向、氣壓等)以及波浪模式輸出之波高、週期、風速、風向等，其統計值包含最大值、平均值、標準差、最大成長率、平均成長率等，輸入因子如表 2-2。本研究預期從落海事件當中，找出瘋狗浪發生之重要影響因子。

然而類神經網路建模的參數係根據前人的研究成果提到瘋狗浪的發生與海況(波浪)、氣象(主要是風)、湧浪、方向(波向與風向)、非線性因子、群波因子與異常指數有關，因此本研究將輸入因子區分為 7 大類，分別為海象類別、湧浪類別、方向類別、風類別、非線性類別、群波類別以及異常指數，分別選擇合適的參數建模。以上因子皆可從浮標觀測資料中皆可獲得，本年度新增波浪模式預報資料，上述七大因子大多可以從波浪模式輸出之波譜計算獲得，然而某些因子若無原始水位資料，則難以獲得，因此將從替代的波浪參數作為輸入。各因子說明如下：

(1) 海象類別參數

海象可以海面粗糙度、波高等物理參數來描述，考量資料蒐集的便利性，本計畫使用波高來描述波浪的起伏程度，以波高描述海況可以使用最大波高或平均波高，本計畫使用前 6 小時內最大波高作為輸入參數，以提供模式在預警期間的波浪變化資訊。

(2) 湧浪類別參數

Tamura et al. (2009)認為瘋狗浪的成因與湧浪有很大的關係，湧浪可透過波齡、平均週期、尖峰週期、湧浪波高、湧浪週期等參數來判斷，然而考量預警模式在輸入時的便利性，本計畫使用前 6 小時內最大週期作為輸入參數，以提供模式在預警期間的湧浪資訊。

(3) 方向類別參數

當波浪向岸傳遞，風亦向岸吹送時，預期波浪於海岸邊的疊加效果將非常顯

著，故本計畫在此以預報當時之波向風向差以提供模式在訓練時之方向資訊。

(4) 風類別參數

風垂直海岸向吹送，若風速愈強，預期所造成波浪於海岸邊的疊加效果將較為顯著，因此以前 6 小時內最大向岸風速作為輸入資料以提供因強勁向岸風造成波浪疊加的資訊。

(5) 非線性類別參數

Janssen (2003)認為瘋狗浪的發生是基於非線性波的交互作用，因此本研究使用前 6 小時內最大峰度(kurtosis)與前 6 小時內最大班傑明非線性指數(Benjamin Feir Index, BFI)以提供模式波浪非線性程度的資訊。一般而言，水位分布成均勻的高斯分布，而在非線性效應影響下水位分布會較為集中且會出現整體分布偏移的情形，峰度可描述整體水位分布變化現象；BFI 指數則是用以量化波浪不穩定現象的程度，可由波浪尖銳度以及譜寬參數計算得到。

(6) 波浪群性類別參數

Tsai et al. (2001; 2004), Chien et al. (2002) and Chen (2002)皆指出瘋狗浪的發生與波浪的群性有強的相關性存在，也認為波浪成群的效應是瘋狗浪發生的機制之一。本研究採用以前 6 小時群波因子(Groupiness Factor)作為模式輸入因子，以提供模式波浪成群與否的資訊。然而波浪模式中並無水位資料可分析群性，因此參考 Goda(2000)提出之譜間參數(Qp)來替代，當譜間參數較大時表示能量越聚集，在群性明顯的波群中，其能量通常較為密集。

(7) 異常指數類別參數

本研究認為瘋狗浪可視為海岸邊的異常波浪，國際間對大洋中的異常波浪採用 Kharif et al. (2009) 定義之異常指數(Abnormal Index, AI)，如式(2-2)，作為判斷異常波浪之依據，式中 H 表示波浪波高，也就是說 $AI > 2$ ，該波浪即為異常波浪。本研究以前 6 小時異常指數能提供模式近岸波浪的異常程度，以預測瘋狗浪的發生。同樣地因波浪模式沒有水位時序列資料，因此在波譜模式的輸入資料中省略異常指數類別參數的輸入。

$$AI = H / H_s$$

(2-6)

然而在類神經方法以波浪模式輸出資料進行建置時，需要波譜資料計算出之 BFI 等非線性參數，但是中央氣象局先前執行的波浪模式預報資料中，資料量龐大，波譜儲存並非中央氣象局波浪模式預報作業項目，並無過去 16 年期間龍洞海域的波浪模式輸出之方向波譜，導致預警系統無法訓練建置。為了補足此部分缺少之波浪模式資料，本計畫自行執行波浪模式計算過去 16 年龍洞海域之波浪場，計算波浪場之理論與 NWW III 波浪模式相同，都是使用波浪作用力密度波譜 (Komen et al., 1994) 來描述波浪場的生成與變化，並將波浪成長或是消散的機制以點源項(source term)的方式加到控制方程式中，包含有風驅項、非線性增長項、波波交互作用、波浪白帽、底床摩擦力、波浪破碎、波浪折射等，計算結果即為方向波譜，從波譜中可以進一步求得相關波浪參數，例如示性波高、尖峰週期、波向等等。本計畫輸入之風場採用 CCMP(Cross-Calibrated Mutli-Platform)之風場作為波浪模式之輸入，此風場是由 Robert Atlas 的團隊透過美國太空總署(NASA)所建置，原始風場資料是使用歐洲天氣預報中心(ECWMF)的再分析風場，並使用 SSM/I、TMI、AMSR-E、QuickSCAT、ADEOS II2 等衛星測得之海面風場以其他地面觀測資料進行修正，此風場之網格與時間精度為 0.25 度(約 25 公里)與 6 小時，其資料始於 1987 年 7 月，範圍涵蓋全球。

表 2-2 群集分析法輸入資料及其說明

輸入因子	代號	說明
示性波高平均值	Hs Avg6	預報點前 6 小時內示性波高的平均值
示性波高最大上升率	Hs Max Slope6	預報點前 6 小時內示性波高最大上升率
示性波高最大值	Hs Max6	預報點前 6 小時內示性波高的最大值
示性波高平均上升率	Hs Slope6	預報點前 6 小時內示性波高平均上升率
示性波高標準差	Hs Std6	預報點前 6 小時內示性波高的標準差
示性波高	Hs	預報點前當時示性波高
平均週期平均值	Tavg Avg6	預報點前 6 小時內平均週期的平均值
平均週期最大上升率	Tavg Max Slope6	預報點前 6 小時內平均週期最大上升率
平均週期最大值	Tavg Max6	預報點前 6 小時內平均週期的最大值
平均週期平均上升率	Tavg Slope6	預報點前 6 小時內平均週期最平均上升率
平均週期標準差	Tavg Std6	預報點前 6 小時內平均週期的標準差
尖峰週期平均值	Tp Avg6	預報點前 6 小時內尖峰週期的平均值
尖峰週期最大上升率	Tp Max Slope6	預報點前 6 小時內尖峰週期最大上升率
尖峰週期最大值	Tp Max6	預報點前 6 小時內尖峰週期的最大值
尖峰週期平均上升率	Tp Slope6	預報點前 6 小時內尖峰週期最平均上升率

輸入因子	代號	說明
尖峰週期標準差	Tp Std6	預報點前 6 小時內尖峰週期的標準差
尖峰週期	Tp	預報點當時的尖峰週期
氣壓平均值	P Avg6	預報點前 6 小時內氣壓的平均值
氣壓最大值	P Max6	預報點前 6 小時內氣壓的最大值
氣壓最小值	P Min6	預報點前 6 小時內氣壓的最小值
氣壓標準差	P Std6	預報點前 6 小時內氣壓的標準差
氣壓	P	預報點當時的氣壓
3 秒陣風平均值	w3 Avg6	預報點前 6 小時內 3 秒陣風的平均值
3 秒陣風最大上升率	w3 Max Slope6	預報點前 6 小時內 3 秒陣風最大上升率
3 秒陣風最大值	w3 Max6	預報點前 6 小時內 3 秒陣風的最大值
3 秒陣風平均上升率	w3 Slope6	預報點前 6 小時內 3 秒陣風平均上升率
3 秒陣風標準差	w3 Std6	預報點前 6 小時內 3 秒陣風的標準差
3 秒陣風	w3	預報點當時的 3 秒陣風
氣溫最大值	Tempair_max6	預報點前 6 小時內氣溫最大值
氣溫標準差	Tempair_std6	預報點前 6 小時內氣溫標準差
氣溫平均值	Tempair_avg6	預報點前 6 小時內氣溫平均值
氣溫	Tempair	預報點當時氣溫平均值
風向	Wind D	預報點當時的平均風向
風速平均值	Ws Avg6	預報點前 6 小時內平均風速的平均值
風速最大上升率	Ws Max Slope6	預報點前 6 小時內平均風速最大上升率
風速最大值	Ws Max6	預報點前 6 小時內平均風速的最大值
風速平均上升率	Ws Slope6	預報點前 6 小時內平均風速平均上升率
風速標準差	Ws Std6	預報點前 6 小時內平均風速的標準差
風速	Ws	預報點當時的平均風速

2-2-2 群集分析法訓練結果與驗證

圖 2-4 為本計畫建置瘋狗浪預警模式的流程，第 1 階段為使用碧砂海象資料、基隆海象資料以及氣象局紙本預報資料來定義可能造成落海事件的發生時段；第 2 階段則開始用龍洞觀測資料以及 NWWIII 資料做為預警模式的輸入資料來建置預警模式；第 3 階段為比較各種不同的預警模式，找出最適當的模式；最後則開始作業化的規劃，建置出一瘋狗浪預警系統。

由於 2000 年至今龍洞海域實際落海事件數量有 63 件，以群集分析法難以分辨出各群間成分之差異，因此採用資料繁衍的技術，從碧砂測站連續波浪測量資料與距測站 20 公里內落海事件資料，經關連分析後得到可能落海事件發生的 11 項條件(表 2-3)，研究中使用強關聯分析，發現當海氣象條件符合表中的 7 項條件以上時，與落海事件發生有強關聯現象。故研究中定義只要表中的 7 項條件以上的時段，則將該時段設定為可能落海事件發生的時段。經對應當時的海氣象條件，得到在 2000-2003 年間的在台灣東北海域間可能發生落海事件的時段，作為後續建議瘋狗浪預警系統之訓練樣本，期間符合條件之數量共有 314 件，作為後續訓練模式之用。

本研究主要是利用群集分析資料探勘方式，來建置 9 小時、12 小時、18 小時和 24 小時瘋狗浪預警模式。以龍洞測站的觀測資料以及 NWWIII 中的候選因子進行預警模式的建置，其中訓練樣本共有 314 件。驗證資料部分使用，2004 年-2017 年間所有所蒐集到瘋狗浪案例作為驗證資料，由於海氣象資料有缺值，導致有部份資料必須剔除，共有 58 件實際落海事件來做為模式的驗證。研究中所使用的資料庫是微軟公司 SQL Server 2012，首先將資料準備後的資料匯入資料庫中，再藉由 SQL Server Data Tools 探勘工具尋找出各分時的最佳預測模式，同時也藉由探勘工具分析出可能造成落海事件發生的海氣象條件，進而使用程式語法將模式直接建置完成。本研究依據預測的回應率、反查率，來反覆調整選用的輸入因子與因子之權重。研究中對模式的評估，採兩階段作業，第一階段採未經訓練的樣本作測試，第二階採實際落海記錄作為驗證使用。當兩項驗證均符合期望，則達成本計畫最終目標。

1. 預警時間 9 小時機率預警系統

預警時間 9 小時預警系統的最佳候選因子包含(1)預報點前 6 小時內示性波高的平均值、(2)預報點前 6 小時內示性波高的最大值、(3)NWWIII 預報點前 12 小時在 45°方向的平均風速分量、(4)預報點前 12 小時在 0°方向的平均風速分量等，經訓練後的預警時間 9 小時瘋狗浪預警模式訓練與驗證結果如表 2-4 所示，以符合先前 7 項條件以上的可能落海事件驗證之，結果顯示 314 筆驗證資料被模式正確預測到 245 筆，反查率為 88%。驗證資料中的 58 筆實際瘋狗浪事件資料中

預測到 53 筆，亦即反查率為 91%，顯示出預警模式對於瘋狗浪導致落海事件掌握度很高。

預警時間 9 小時預警模式的群集特性如表 2-5 所示。由表 2-5 可看出每一個輸入因子在各群之間的特性定量描述，群集 1 中可能發生落海機率為 8.2%、不會發生落海機率為 91.8%；群集 2 中可能發生落海機率為 82.2%、不會發生落海機率為 17.8%；群集 1 預報點前 6 小時內示性波高的平均值介於 41 到 90 cm 間；而群集 2 預報點前 6 小時內示性波高的平均值介於 123.99 到 217.48cm 間；群集 1 預報點前 6 小時內示性波高的最大值介於 47 到 103cm 間；群集 2 預報點前 6 小時內示性波高的最大值介於 144 到 258cm 間；群集 1 NWW III 預報點前 12 小時在 45°方向的平均風速分量介於-2.51 到 3.08m/sec 間；群集 2 NWW III 預報點前 12 小時在 45°方向的平均風速分量介於 0.36 到 8.81m/sec 間；群集 1 預報點前 12 小時在 0°方向的平均風速分量介於-3.97 到 0.61m/sec 間；群集 2 預報點前 12 小時在 0°方向的平均風速分量介於-2.11 到 6.68m/sec 間；由群集特性描述亦可發現當海氣象紀錄資料集接近於群集 2 時，會被判定可能會有落海事件的發生，反之海氣象紀錄資料集接近群集 1 時，亦表示不會發生落海事件。

本研究亦使用群集辨識工具來了解最可能會發生落海事件的群集 2 以及較不會發生落海事件的群集 1 的因子相異之處，表 2-6 為 9 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析，表中顯示群集 1 預報點前 6 小時內示性波高的最大值在 23 到 130 cm 間，而群集 2 在 130 到 332 cm 間，因子發生機率為 100%；群集 1 預報點前 6 小時內示性波高的平均值在 21 到 112 cm 間，而群集 2 在 112 到 278 cm，因子發生機率為 98.3%；群集 1 預報點前 12 小時 0 度的平均風量在-7.1 到 1.6 m/sec 間，而群集 2 在 1.6 到 9.5 m/sec 間，因子發生機率為 32.7%。群集 1 NWWIII 預報點前 12 小時 45 度的平均風量在-9.0 到 3.8 m/sec 間，而群集 2 在 3.8 到 10.9 m/sec 間，因子發生機率為 28.2%。當資料集偏向群集 2 時，9 小時內發生落海事件的機率將提高許多，必須提高警覺當心 9 小時後海岸瘋狗浪的發生機率較高。

2. 預警時間 18 小時機率預警系統建置

預警時間 18 小時預警系統的最佳候選因子包含(1)預報點前 6 小時內示性波高的平均值、(2)NWW III 預報點前 6 小時平均風向、(3)NWW III 預報點前 6 小時在 45°方向的平均風速分量、(4)預報點前 6 小時尖峰週期平均值、(5) 預報點當時在 0°方向的風速分量等，經訓練後的預警時間 18 小時瘋狗浪預警模式訓練與驗證結果如表 2-6 所示，以符合先前 7 項條件以上的可能落海事件驗證之，結果顯示 314 筆驗證資料被模式正確預測到 260 筆，反查率為 85 %。驗證資料中的 58 筆實際瘋狗浪落海資料中預測到 54 筆，意即反查率為 93 %。

預警時間 18 小時預警模式的群集特性如表 2-7 所示。由表 2-7 可看出每一個輸入因子在各群之間的特性定量描述，群集 1 中可能發生落海機率為 20.6%、不會發生落海機率為 79.4%；群集 2 中可能發生落海機率為 68.9%、不會發生落海機率為 31.1%；群集 1 預報點前 6 小時內示性波高的平均值介於 40 到 122 cm 間；而群集 2 介於 76 到 210cm 間；群集 1 NWW III 預報點前 6 小時平均風向介於 111 到 180 度間；群集 2 介於 193 到 251 度間；群集 1 NWW III 預報點前 6 小時在 45°方向的平均風速分量介於-3.09 到 1.99 m/sec 間；群集 2 介於 1.68 到 8.80 m/sec 間；群集 1 預報點前 6 小時尖峰週期平均值介於 6.66 到 10.28 sec 間；群集 2 介於 7.37 到 11.97 m/sec 間；群集 1 預報點當時在 0°方向的風速分量介於 -5.8 到 -0.2 m/sec；群集 2 介於 -0.38 到 7.0m/sec；由群集特性描述亦可發現當海氣象紀錄資料集接近於群集 2 時，會被判定可能會有落海事件的發生，反之海氣象紀錄資料集接近群集 1 時，亦表示不會發生落海事件。

使用群集辨識工具來了解最可能會發生落海事件的群集 2 以及較不會發生落海事件的群集 1 的因子相異之處，如表 2-8 群集演算 18 小時預警模式群集 1 與群集 2 差異分析。表 2-8 為 18 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析，表中顯示群集 1 NWW III 預報點前 6 小時平均風向在 90 到 187 cm 間，而群集 2 在 187 到 270 cm 間，因子發生機率為 100%；群集 1 預報點當時在 0°方向的風速分量在 -11.8 到 0.5 m/sec 間，而群集 2 在 0.5 到 11.8 m/sec，因子發生機率為 74.9%；群集 1 NWW III 預報點前 6 小時在 45°方向的平均風速分量在 -9.5 到 2.7 m/sec 間，而群集 2 在 2.7 到 13.8 m/sec 間，因子發生機率為 73.3%。群集 1 預報點前 6 小時內示性波高的平均值在 21 到 130 cm 間，而群集 2 在 130 到 278

cm 間，因子發生機率為 37.1%。群集 1 預報點前 6 小時尖峰週期平均值在 4.0 到 10.2 sec 間，而群集 2 在 10.2 到 15.1 sec 間，因子發生機率為 9.7%。當資料集偏向群集 2 時，表示 18 小內發生落海事件的機率將提高許多，必須提高警覺當心 18 小後海岸瘋狗浪的發生機率較高。

本研究中將驗證海岸瘋狗浪預警模式資料 2004 至 2017 年的龍洞浮標資料以及 NWW III 資料進行資料分組，如圖 2-5 所示，圖分別為預報點前 6 小時內示性波高的平均值、預報點前 6 小時內示性波高的最大值、NWW III 預報點前 12 小時在 45°方向的平均風速分量、預報點前 12 小時在 0°方向的平均風速分量、NWW III 預報點前 6 小時在 45°方向的平均風速分量、預報點前 6 小時內尖峰週期的平均值等因子在 2004 年至 2017 年的資料分布，亦可得出每個資料區間的機率值，並算出每個資料區間的機率進而加總為累積機率，透過每個資料點皆可得出該資料點在資料集中所佔的機率值。透過每個因子所得到的相對機率值再與先前模式所得的因子權重值相乘，即可得出該時間點的預警機率。

研究中以 2004 年至 2017 年所蒐集的 58 件瘋狗浪落海事件進行驗證，9 小時瘋狗浪機率預警，結果顯示預測發生機率在 50%以上者共有 56 件瘋狗浪事件佔全部蒐集 58 件的 96%。18 小時瘋狗浪機率預警，結果顯示預測發生機率在 50%以上共有 58 件瘋狗浪事件佔全部 58 件的 100%。與先前研究完成的 12 小時及 24 小時瘋狗浪機率預警比較如圖 2-6 所示。圖 2-6 為 2004 年至 2017 年所蒐集的 58 件瘋狗浪落海事件，透過預警時間 9 小時(黑色)、12 小時(白色)、18 小時(藍色)與 24 小時(紅色)之機率預警模式預測之結果，結果顯示預測發生機率在 50%以上，12 小時機率預警共佔 58 件瘋狗浪事件的 95%，24 小時機率預警共佔 58 件瘋狗浪事件的 98%。以實際發生瘋狗浪案例進研驗證與比較，顯示各時段機率預警能力具合理性及準確性，能提供有效的預警資訊。

表 2-3 可能造成落海事件發生的海氣象條件(群集分析方法)

項次	關係因子	關係條件
1	預報點前 6 小時內的平均示性波高(Hs)標準差	大於 0.2
2	預報點當時的最大波高(Hmax)	大於 2m
3	預報點當時的平均示性週期(Ts)	大於 7sec
4	預報點前 3 小時內平均示性波高(Hs)	大於 1m
5	預報點當時的頻譜參數 Qp	大於 2
6	預報點前 6 小時內的平均波高相關係數 γ	大於 0.3
7	預報點當時的平均水溫	介於 20°到 26°間
8	預報點前 4 小時內發生三連波個數	超過 6 以上
9	預報點前 3 小時內最多瞬間風風向	介於 45°與 135°間
10	預報點前 12 小時內的平均風向	0°與 90°間
11	預報點當時的平均風速	大於 4m/sec

表 2-4 預警時間 9 小時與 18 小時預警模式結果比較(群集分析方法)

預警模式	測試			驗證
	正確率 (Accuracy)	回應率 (Response Rate)	反查 (Recall)	反查 (Recall)
9 小時模式	87.7%	81.6%	88.1%	91.3%
12 小時模式	85.4%	75.3%	93.6%	94.8
18 小時模式	86.3%	82.8%	85.5%	93.1%
24 小時模式	77.6%	68.5%	90.8%	100%

表 2-5 預警時間 9 小時機率預警模式輸入因子特性說明(群集分析方法)

因子說明\群集	群集 1	群集 2
預警時間 9 小時預警(發生落海/未發生落海)機率	0.082/0.918	0.822/0.178
預報點前 6 小時內示性波高的平均值(cm)	66.3±24.69	170.73±46.74
預報點前 6 小時內示性波高的最大值(cm)	75.54±28.38	201.34±56.86
預報點前 12 小時在 0°方向的平均風速分量(m/sec)	0.28±2.8	4.58±4.23
NWWIII 預報點前 12 小時在 45°方向的平均風速分量(m/sec)	-1.68±2.29	2.28±4.40

表 2-6 預警時間 9 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析

因子說明\群集	資料值範圍	資料範圍內
	群集 1/群集 2	所占機率(%)
預報點前 6 小時內示性波高的最大值(cm)	23.0 – 130.0	100
	130.0 – 332.0	
預報點前 6 小時內示性波高的平均值(cm)	21.7 – 112.7	98.3
	112.7 – 278.3	
預報點前 12 小時在 0°方向的平均風速分量(m/sec)	-7.1 – 1.6	32.7
	1.6 – 9.5	
NWWIII 預報點前 12 小時在 45°方向的平均風速分量(m/sec)	-9.0– 3.8	28.2
	3.8 – 10.9	

表 2-7 預警時間 18 小時機率預警模式輸入因子特性說明

因子說明\群集	群集 1	群集 2
預警時間 9 小時預警(發生落海/未發生落海)機率	0.206/0.794	0.689/0.311
預報點前 6 小時內示性波高的平均值(cm)	81.45±41.01	143.59±67.15
NWWIII 預報點前 6 小時平均風向(度)	146±34.48	222.25±28.91
NWWIII 預報點前 6 小時在 45°方向的平均風速分量(m/sec)	-0.55±2.54	5.24±3.56
預報點前 6 小時尖峰週期平均值(sec)	8.47±1.81	9.67±2.30
預報點當時在 0°方向的風速分量(m/sec)	-3.0±2.80	3.31±3.69

表 2-8 預警時間 18 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析

因子說明\群集	資料值範圍	
	群集 1/群集 2	資料範圍內 所占機率(%)
NWWIII 預報點前 6 小時平均風向(度)	90.1 – 187.9 189.7 – 270.0	100
預報點當時在 0° 方向的風速分量(m/sec)	-11.8 – 0.5 0.5 – 11.8	74.9
NWWIII 預報點前 6 小時在 45° 方向的平均風速分量(m/sec)	-9.5 – 2.7 2.7 – 13.8	73.3
預報點前 6 小時內示性波高的平均值(cm)	21.7 – 130.6 130.6 – 278.3	37.1
預報點前 6 小時尖峰週期平均值(sec)	4.0– 10.2 10.2 – 15.1	9.7

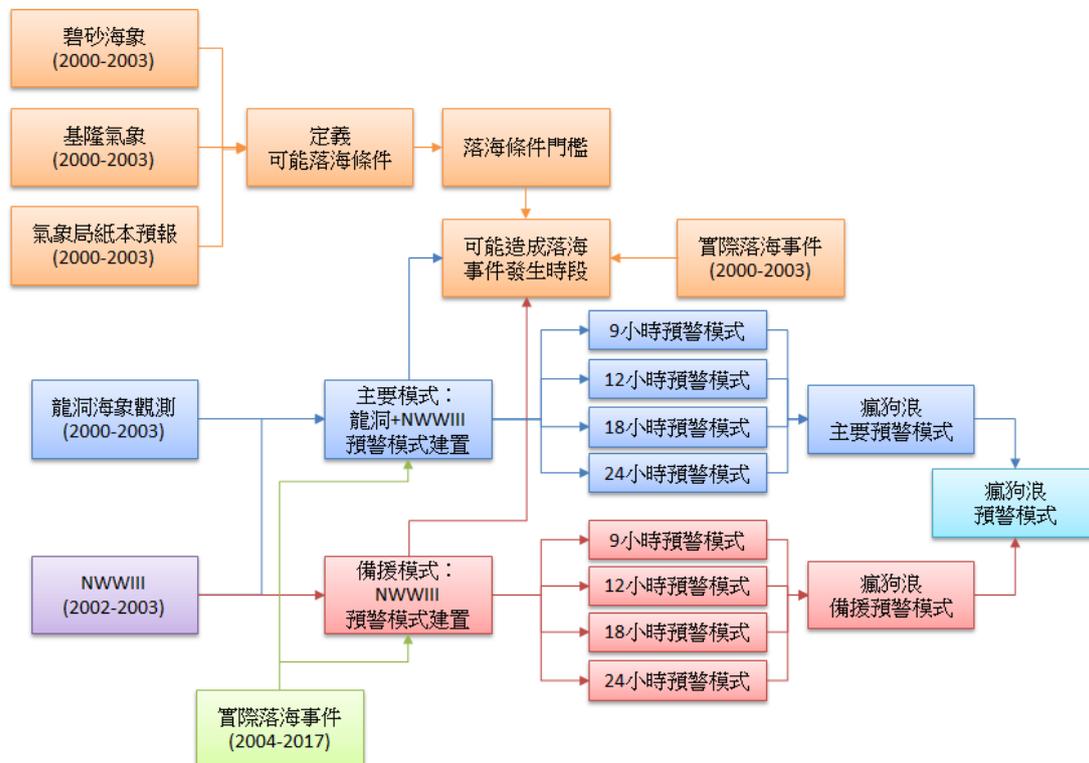


圖 2-4 瘋狗浪預警模式建置流程 (群集分析方法)

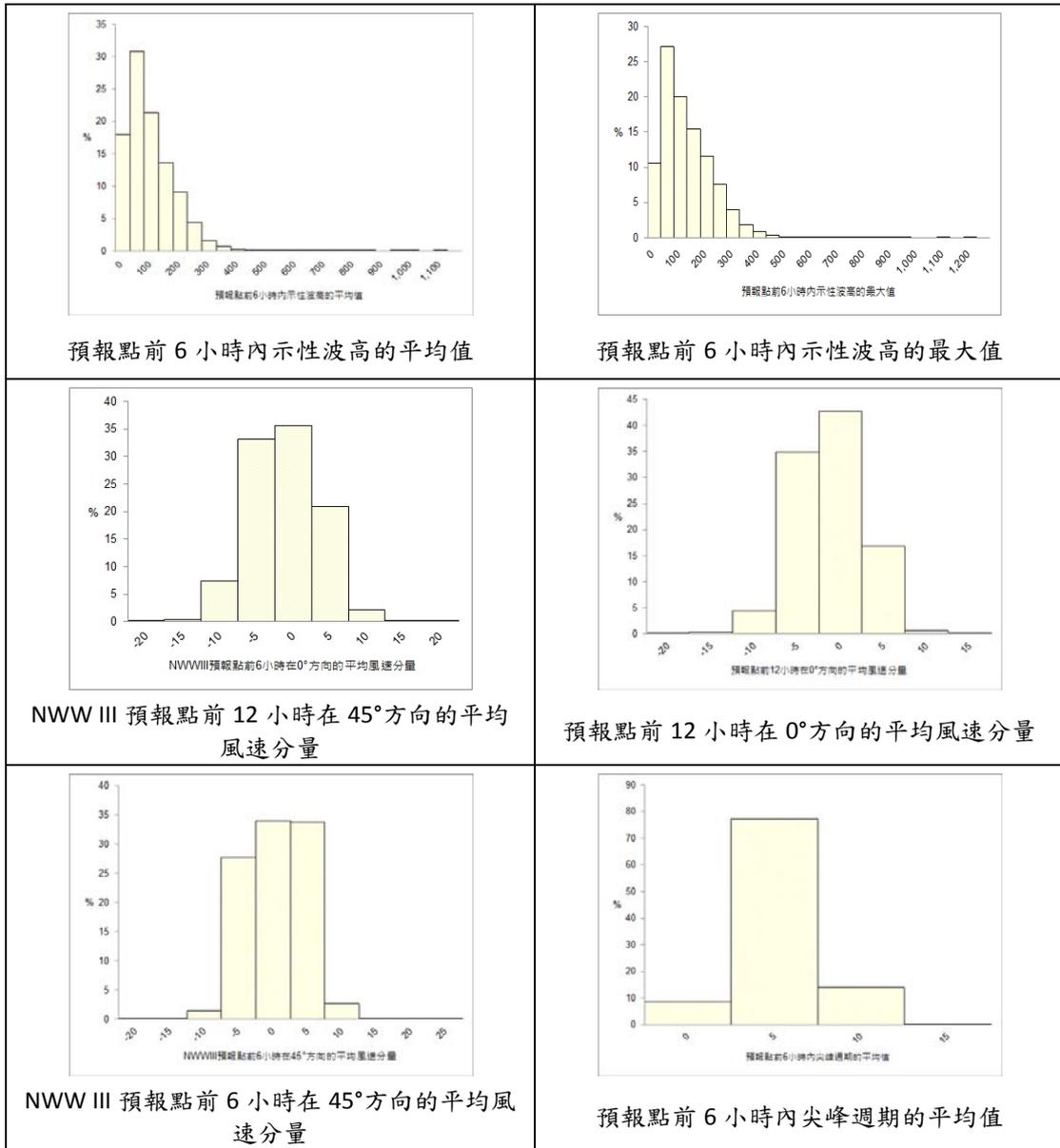


圖 2-5 各因子資料分布情形 (群集分析方法)

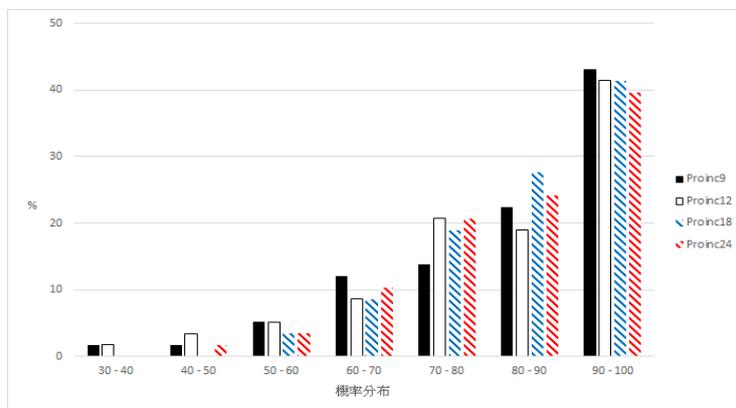


圖 2-6 龍洞子系統實際瘋狗浪案例驗證結果(群集分析法)，圖中四個色柱分別表示預警時間 9、12、18 和 24 小時的結果

2-2-3 類神經網路法訓練結果與驗證

建置瘋狗浪預警模式過程包含模式訓練與驗證兩階段，模式訓練採 40 筆瘋狗浪引致落海事件資料與 40 筆未發生瘋狗浪之資料作為訓練資料，剩餘之 23 筆瘋狗浪引致落海事件資料搭配 23 筆未發生瘋狗浪之資料作為驗證資料，以驗證模式之預測能力。本計畫提出以倒傳遞類神經演算法建置海岸瘋狗浪預警模式為 8-5-1 之架構，如圖 2-7 所示，模式架構包含輸入因子(1)前六小時波高、(2)前六小時尖峰週期、(3)前六小時向岸風速、(4)前六小時峰度、(5)前六小時 BFI 指數、(6)當時波向風向差、(7)前六小時群波因子以及(8)前六小時異常指數等 8 個輸入因子，5 個隱藏層神經元以及 1 個輸出層神經元，類神經轉化函數皆使用正切 S 型曲線轉換函數。模式輸出值將介於 0 至 1 之間，即為瘋狗浪發生機率。

由於本計畫使用之倒傳遞類神經網路是採用監督式學習法，學習過程中所需的學習目標值採用實際落海事件，本文使用了所有資料的 2/3 數量合計 40 筆作為模式學習案例，而剩餘的 23 個案例則作為驗證資料。由於 16 年來累積之未發生瘋狗浪時的海象資料過多，合計超過 13 萬筆，為避免模式在學習過程中的偏頗，本研究從嚴在 13 萬筆未發生瘋狗浪事件的資料中，以 1 比 1 的比例隨機挑選 40 筆與 23 筆分別作為學習不會發生瘋狗浪之資料與驗證資料。以 16 年的波高、平均風速以及平均週期觀測資料之四分之一位數作為篩選門檻，門檻值包含示性波高小於 0.6 公尺、平均風速為每秒 2.6 公尺以及尖峰週期 6.9 秒，小於門檻值之資料才得以視為不會發生瘋狗浪的資料。

瘋狗浪機率預警模式與先前之瘋狗浪分類預警模式最大的差異在於，瘋狗浪機率預警模式於模式訓練時之學習目標值調整以及模式訓練次數增加。學習目標值由原分類模式中之 0 (未發生瘋狗浪事件)與 1 (發生瘋狗浪事件)，調整成發生瘋狗浪事件之學習目標值為 0.70 至 0.99，以及未發生瘋狗浪事件之學習目標為 0.01 至 0.30，各事件之學習目標值以隨機選取的方式設定。瘋狗浪機率預警模式之模式訓練次數由原分類模式中之訓練 1 次，增加為訓練 10 次，以提升模式預報的穩定性。

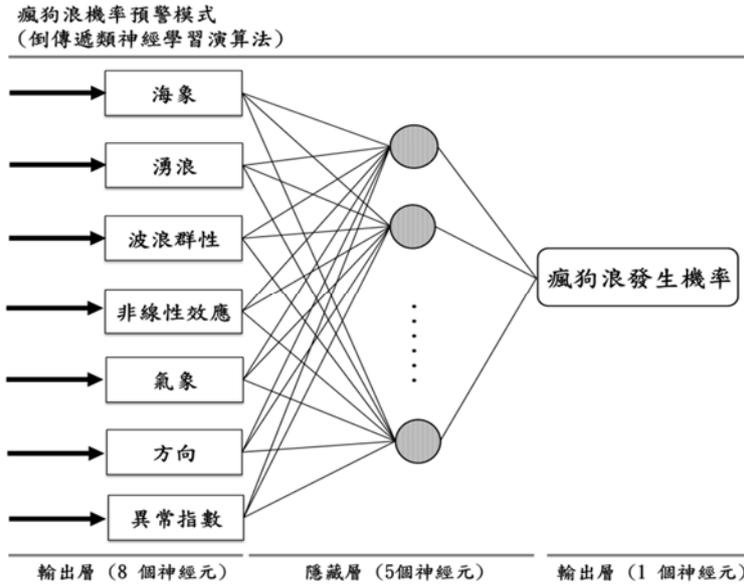


圖 2-7 利用類神經網路建置海岸瘋狗浪機率預警模式架構

本計畫根據瘋狗浪機率預警模式建置時所設定之學習目標值，定義 0.7 與 0.3 為門檻值，以模式預測值大於 0.7 視為高瘋狗浪發生機率，模式預測值小於 0.3 歸類為低瘋狗浪發生機率，再以前期研究所使用準確性指標來評估模式預報之準確性。包含正確率、回應率和反查率。

輸入資料包含浮標觀測資料以及波浪模式預測資料，僅使用浮標觀測資料建置的模式已在上一個年度完成，兩種模式建置結果如下。

1. 僅使用波浪模式預測資料

預警時間 9 小時之瘋狗浪機率預警模式訓練與驗證結果如表 2-9 所示，透過三個準確性指標值檢視模式訓練效果可知，瘋狗浪機率預警模式在訓練 10 次後，其三個準確性指標皆為 90% 以上，顯示出瘋狗浪機率預警模式已得到良好的訓練。經訓練後的瘋狗浪機率預警模式，以實際瘋狗浪引致人員落海事件驗證之，結果顯示 46 筆驗證資料被模式正確預測到 32 筆，正確率為 70%。驗證資料中的 23 筆實際瘋狗浪落海資料中預測到 14 筆，意即反查率為 61%，顯示出瘋狗浪機率預警模式對於稀有之瘋狗浪引致人員落海事件有一定程度之識別。另外模式預測會發生瘋狗浪之集合中，有 74% 是屬於實際瘋狗浪引致落海事件，即回應率，顯示出此瘋狗浪機率預警模式之誤報率不高。綜合以上結果可知，本計畫建置之瘋

狗浪機率預警模式具有高準確性的預測能力，極具參考價值，同時也顯示出本計畫在建模時所選用之輸入因子、轉化函數以及神經元個數，皆能提供模式很好的判斷依據。其餘預警時間之驗證結果如表 2-10，在經過充分訓練後，正確率與回應率皆有 7 成以上，反查率最高達 9 成左右。

表 2-9 類神經網路預警時間 9 小時預警系統訓練與驗證結果(僅使用波浪模式預測資料)

	訓練		驗證	
	成功	失敗	成功	失敗
高瘋狗浪發生機率	38	2	14	9
低瘋狗浪發生機率	37	3	18	5
正確率	94 %		70 %	
回應率	93 %		74 %	
反查率	95 %		61 %	

表 2-10 類神經網路預警系統驗證指標表現(僅使用波浪模式預測資料)

預警時間	正確率	回應率	反查率
9 小時	70%	74%	61%
12 小時	74%	72%	78%
18 小時	78%	73%	91%
24 小時	78%	72%	91%

2. 同時使用波浪模式預測資料與浮標觀測資料建置預警系統

預警時間 9 小時之瘋狗浪機率預警模式訓練與驗證結果如表 2-11 所示，透過三個準確性指標值檢視模式訓練效果可知，瘋狗浪機率預警模式同樣在訓練

10 次後，使瘋狗浪機率預警模式得到良好的訓練。經訓練後的瘋狗浪機率預警模式，以實際瘋狗浪引至人員落海事件驗證之，結果顯示 46 筆驗證資料被模式正確預測到 32 筆，正確率為 70%。驗證資料中的 23 筆實際瘋狗浪落海資料中預測到 14 筆，即反查率為 61%，顯示出瘋狗浪機率預警模式對於稀有之瘋狗浪引致人員落海事件也預有一定程度之掌握。另外模式預測會發生瘋狗浪之集合中，有 74% 是屬於實際瘋狗浪引致落海事件，即回應率，顯示出此瘋狗浪機率預警模式之誤報率不高。綜合以上結果可知，本計畫建置之瘋狗浪機率預警模式具有高準確性的預測能力，極具參考價值，同時也顯示出本計畫在建模時所選用之輸入因子、轉化函數以及神經元個數，皆能提供模式很好的判斷依據。其餘預警時間之驗證結果如表 2-12，在經過充分訓練後，正確率與回應率皆有 7 成以上，反查率最高達 9 成左右。

至目前為止已完成三種輸入資料之預警模式，輸入資料分別為(1) 僅使用浮標觀測資料 (2) 僅使用波浪模式預測資料 (3) 使用浮標觀測資料與波浪模式預測資料，並分別完成了 9、12、18 和 24 小時預警時間的建置。預警時間 12 小時之驗證結果如表 2-13 顯示僅使用浮標觀測資料建置預警系統，具有最高之正確率，反查率也最高，因此未來將作為主模式，使用實測資料與模式資料建置的資料三，具有次高的正確率與最高的回應率，將作為備援模式。

表 2-11 類神經網路預警時間 9 小時預警系統訓練與驗證結果(同時使用波浪模式預測資料與浮標實測資料)

	訓練		驗證	
	成功	失敗	成功	失敗
高瘋狗浪發生機率	36	4	19	4
低瘋狗浪發生機率	36	4	17	6
正確率	90%		78 %	
回應率	90%		76 %	
反查率	90%		83 %	

表 2-12 類神經網路預警系統驗證結果 (同時使用波浪模式預測資料與浮標實測資料)

預警時間	正確率	回應率	反查率
9 小時	78%	76%	83%
12 小時	80%	85%	74%
18 小時	83%	78%	91%
24 小時	78%	72%	91%

表 2-13 最佳類神經網路模式評估 (以 12 小時為例)

輸入資料	正確率	回應率	反查率
實測資料	84%	83%	82%
模式資料	74%	72%	78%
實測+模式資料	84%	82%	69%

2-2-4 兩方法預警模式結果比較

本研究團隊以過去所蒐集之瘋狗浪事件發生時的海氣象資料為研究，以群集分析法與類神經網路法完成海岸瘋狗浪機率預警系統之建置，然而由於建置的方法與理念不同，在驗證的過程中並非使用相同的資料，且機率預測的結果要進行驗證需要相當大量的資料進行，若資料數不足，則會因為有不確定性而降低驗證結果的可信度。然而為了比較兩系統的驗證結果，本研究設計使用 2000-2015 年期間實際發生瘋狗浪的案例中挑選 23 筆瘋狗浪事件，並搭配隨機挑選的無瘋狗浪且海況平穩時的案例 23 筆，資料數量以 1:1 的方式混合，用以作為兩方法驗證的資料。評估的方法由於沒有客觀的指標，因此初步沿用前節中類神經演算法正確率、反查率以及反應率之準則，用來評估這兩個系統驗證的結果。

兩個系統驗證以 12 小時機率預警系統為例，結果如表 2-14，由表可知當瘋狗浪發生時，類神經瘋狗浪預警系統預警系統成功預警 19 件失敗 4 件，群集分析瘋狗浪預警系統成功預警 17 件失敗 6 件，整體來說兩個系統都有 7 成以上的反查率以及反應率，表示兩系統都能針對瘋狗浪事件的發生提供預警資訊，且不會有過度預警的情形發生。

表 2-14 類神經瘋狗浪預警系統與群集分析瘋狗浪預警系統之綜合驗證結果

	類神經瘋狗浪預警系統		群集分析瘋狗浪預警系統	
	預測成功	預測失敗	預測成功	預測失敗
瘋狗浪案例	19	4	17	6
非瘋狗浪案例	20	3	15	7
正確率	84 %		70 %	
回應率	83 %		73%	
反查率	82%		69%	

2-3 碧沙海岸瘋狗浪機率預警子系統

本年度將針對瘋狗浪事件累積第二高之碧砂漁港海域，進行第二個預警子系統之建立，此子系統同樣使用群集分析法與類神經網路演算法，沿用龍洞子系統建置之流程，建置碧砂子系統機率預警模式，預警模式的預警時段與龍洞子系統相同，以針對不同需求能提供更多預警資訊。

2-3-1 使用資料

根據本計畫蒐集結果，自 2000 年至 2016 年間，在碧砂/八斗子漁港周遭海域因浪襲擊而落海的事件共計 60 筆，與龍洞海域類似，同樣是瘋狗浪好發之海域，

因此本年度新增一子系統，針對碧砂漁港海域作為研究區域。本計畫用於預警模式建置之氣象輸入資料來自中央氣象局基隆天氣站資料，觀測的項目包含陣風、平均風之風速與風向、氣壓與氣溫等。而碧砂漁港與龍洞海域不同，該海域並無資料浮標即時觀測，此外過去中央氣象局海象中心執行的 NWWIII 波浪模式並無針對碧砂漁港海域輸出，因此本計畫自行執行波浪模式，使用的波浪模式與風場資料與前節重算龍洞海域波浪場相同。在碧砂漁港子系統之建置由於缺少海象之實測資料，因此將採用實測天氣資料與模式之海象資料進行建置。

資料之整理方式採用與龍洞瘋狗浪子系統相同，將各輸入資料整理成每 6 小時為一時段之輸入資料集，再依 12 小時模式選取各預報點前 6 小時內之輸入資料集作為建模資料。群集演算法與類神經網路演算法使用相同的資料輸入，兩方法輸入因子的差異是，群集分析法將所有蒐集到的海氣象資料與其統計值進行輸入，從中找出與落海事件發生相關的因子，然而定類神經網路建模的參數係根據前人的研究與研究團隊前期的成果，歸納出瘋狗浪的發生與海況(波浪)、氣象(主要是風)、湧浪、方向(波向與風向)、非線性因子、群波因子與異常指數有關。因此本研究將輸入因子區分為 7 大類，分別為海象類別、湧浪類別、方向類別、風類別、非線性類別、群波類別以及異常指數，並選擇合適的參數建模。以上因子除異常指數以外，皆可從波浪模式輸出波譜資料計算而得。使用之因子與龍洞子系統相同，在此不再贅述。

2-3-2 群集分析法訓練與驗證結果

研究中在模式建置的學習與測試階段，均以落海事件的發生與否來驗證模式的準確性，經探勘工具的學習或驗證後可得出預測的錯差矩陣，可計算回應率與反查作為最主要之評估指標。一般而言，實際落海事件資料屬與稀有事件，假設落海事件佔全部資料的 5%，若有一個模式把所有結果都預測為沒有落海事件發生，那麼這個模式毫無意義。落海事件的預測分類不同於一般的分類問題，它的精神在於對於落海事件發生的真正掌握率。本研究依據預測的回應率、反查率，來決定輸入因子與所使用的演算法，經反覆的修正模式，若能符合預警的期望，便能達成本研究的目的。研究中對模式的評估，採兩階段作業，第一階段採未經

訓練的樣本作測試，第二階採實際落海記錄作為驗證使用。當兩項驗證均符合期望，則達成本計畫最終目標。

1. 預警時間 9 小時機率預警系統建置

預警時間 9 小時預警系統的最佳候選因子包含(1)預報點前 6 小時內示性波高的平均值、(2)預報點前 6 小時內示性波高的最大值、(3)預報點前 6 小時內尖峰週期的平均值(4)預報點前 12 小時在 0°方向的平均風速分量、(5)預報點當時在 0°方向的平均風速分量、(6) 預報點前 12 小時在 45°方向的平均風速分量、(5)預報點當時在 45°方向的平均風速分量等，經訓練後的預警時間 9 小時瘋狗浪預警模式訓練與驗證結果如表 2-15 所示，以符合先前 7 項條件以上的可能落海事件驗證之，結果顯示 313 筆驗證資料被模式正確預測到 297 筆，反查率為 94%。驗證資料中的 59 筆實際瘋狗浪落海資料中預測到 53 筆，意即反查率為 90%，顯示出預警模式對於瘋狗浪導致落海事件掌握度很高。

預警時間 9 小時預警模式的群集特性如表 2-16 所示。由表可看出每一個輸入因子在各群之間的特性定量描述，群集 1 中可能發生落海機率為 2.8%、不會發生落海機率為 97.2%；群集 2 中可能發生落海機率為 68.1%、不會發生落海機率為 31.9%；分析兩群中，資料因子的特性分布：群集 1 預報點前 6 小時內示性波高的平均值介於 46.70 到 80.11 cm 間；而群集 2 預報點前 6 小時內示性波高的平均值介於 111.67 到 228.04cm 間；群集 1 預報點前 6 小時內示性波高的最大值介於 48.04 到 82.74cm 間；群集 2 預報點前 6 小時內示性波高的最大值介於 117.16 到 239.34cm 間；群集 1 預報點前 6 小時內尖峰週期的平均值介於 4.7 到 6.8sec 間；群集 2 預報點前 6 小時內尖峰週期的平均值介於 6.48 到 9.31sec 間；群集 1 預報點前 12 小時在 0°方向的平均風速分量介於-4.21 到 0.25m/sec 間；群集 2 預報點前 12 小時在 0°方向的平均風速分量介於-3.06 到 7.99m/sec 間；群集 1 預報點前 12 小時在 45°方向的平均風速分量介於-2.89 到 2.3m/sec 間；群集 2 預報點前 12 小時在 45°方向的平均風速分量介於-0.03 到 8.34m/sec 間；群集 1 預報點當時在 0°方向的平均風速分量介於-4.31 到 0.71m/sec 間；群集 2 預報點當時在 0°方向的平均風速分量介於-3.41 到 8.21m/sec 間；群集 1 預報點當時在

45°方向的平均風速分量介於-3 到 2.55m/sec 間；群集 2 預報點當時在 45°方向的平均風速分量介於-0.11 到 8.48m/sec 間；由群集特性描述亦可發現當海氣象紀錄資料集接近於群集 2 時，會被判定可能會有落海事件的發生，反之海氣象紀錄資料集接近群集 1 時，亦表示不會發生落海事件。

本研究亦使用群集辨識工具來了解最可能會發生落海事件的群集 2 以及較不會發生落海事件的群集 1 的因子相異之處，如表 2-17 群集演算 9 小時預警模式群集 1 與群集 2 差異分析。表 2-17 為 9 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析，表中顯示群集 1 預報點前 6 小時內示性波高的最大值在 14 到 100.7 cm 間，而群集 2 在 100.7 到 383 cm 間，因子發生機率為 100%；群集 1 預報點前 6 小時內示性波高的平均值在 14.0 到 97.2 cm 間，而群集 2 在 97.2 到 344.8 cm，因子發生機率為 98.8%；群集 1 預報點前 6 小時內尖峰周期平均在 2.9 到 6.9 sec 間，而群集 2 在 6.9 到 12.1sec 間，因子發生機率為 44.1%。群集 1 預報點前 12 小時 0 度的平均風量在-6.8 到 1.1 m/sec 間，而群集 2 在 1.1 到 11.6 m/sec 間，因子發生機率為 35.9%。群集 1 預報點前 12 小時 45 度的平均風量在-8.6 到 2.5 m/sec 間，而群集 2 在 2.5 到 10.8 m/sec 間，因子發生機率為 30.1%。群集 1 預報點當時 0 度的平均風量在-7 到 1.5 m/sec 間，而群集 2 在 1.5 到 13.2 m/sec 間，因子發生機率為 27.6%。群集 1 預報點當時 45 度的平均風量在-8.6 到 2.6 m/sec 間，而群集 2 在 2.6 到 11.9 m/sec 間，因子發生機率為 27.6%。當資料集偏向群集 2 時，9 小內發生落海事件的機率將提高許多，必須提高警覺當心 9 小後海況會不佳。

2. 預警時間 12 小時機率預警系統建置

預警時間 12 小時預警系統的最佳候選因子包含(1)預報點前 6 小時內示性波高的平均值、(2) 預報點前 6 小時內示性波高的最大值、(3)預報點前 6 小時內尖峰週期的最大值、(4) 預報點前 12 小時在 0°方向的風速分量、(5) 預報點前 12 小時在 45°方向的風速分量等，經訓練後的預警時間 12 小時瘋狗浪預警模式訓練與驗證結果如表 2-18 所示，以符合先前 7 項條件以上的可能落海事件驗證之，結果顯示 314 筆驗證資料，被模式正確預測到的有 296 筆，其反查率為 92%。以

實際的 59 筆瘋狗浪事件來驗證，模式預測到 51 筆，其反查率為 86%。

預警時間 12 小時預警模式的群集特性如表 2-19 所示。由表 2-19 可看出每一個輸入因子在各群之間的特性定量描述，群集 1 中可能發生落海機率為 4.4%、不會發生落海機率為 95.6%；群集 2 中可能發生落海機率為 73.0%、不會發生落海機率為 27.0%；群集 1 預報點前 6 小時內示性波高的平均值介於 47.9 到 80.36 cm 間；而群集 2 介於 122.79 到 230.94cm 間；群集 1 預報點前 6 小時內示性波高的最大值介於 49.3 到 83.06cm 間；群集 2 介於 128.97 到 242.35cm 間；群集 1 預報點前 6 小時內尖峰週期平均值介於 4.84 到 7.02sec 間；群集 2 介於 6.84 到 9.67sec 間；群集 1 預報點前 12 小時在 0° 方向的風速分量介於 -4.16 到 1.17 m/sec 間；群集 2 介於 -3.52 到 7.99 m/sec 間；群集 1 預報點前 12 小時在 45° 方向的風速分量介於 -2.71 到 2.72m/sec；群集 2 介於 -0.23 到 8.51m/sec；由群集特性描述亦可發現當海氣象紀錄資料集接近於群集 2 時，會被判定可能有落海事件的發生，反之海氣象紀錄資料集接近群集 1 時，亦表示不會發生落海事件。

使用群集辨識工具來了解最可能會發生落海事件的群集 2 以及較不會發生落海事件的群集 1 的因子相異之處，如表 2-19 群集演算 12 小時預警模式群集 1 與群集 2 差異分析。表 2-19 為 12 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析，表中顯示群集預報點前 6 小時內示性波高最大值在 14.0 到 103.3 cm 間，而群集 2 在 103.3 到 383.0 cm 間，因子發生機率為 100%；群集 1 預報點前 6 小時內示性波高平均值在 14.0 到 99.5 cm 間，而群集 2 在 99.5 到 344.8 cm，因子發生機率為 98.8%；群集 1 預報點前 6 小時內尖峰週期的最大值在 2.9 到 7.2 sec 間，而群集 2 在 7.2 到 12.6 sec 間，因子發生機率為 44.3%。群集 1 預報點前 12 小時在 45° 方向的平均風速分量在 -8.3 到 3.1 m/sec 間，而群集 2 在 3.1 到 10.8 m/sec 間，因子發生機率為 23.5%。群集 1 預報點前 12 小時在 0° 方向的平均風速分量在 -7.1 到 2.1 m/sec 間，而群集 2 在 2.1 到 11.6 m/sec 間，因子發生機率為 23.5%。當資料集偏向群集 2 時，12 小內發生落海事件的機率將提高許多，必須提高警覺當心 12 小後海況會不佳。

3. 預警時間 18 小時機率預警系統建置

預警時間 18 小時預警系統的最佳候選因子包含(1)預報點前 6 小時內示性波高的平均值、(2) 預報點前 6 小時內尖峰週期的平均值、(3) 預報點當時在 0° 方

向的風速分量、(4) 預報點前 6 小時在 45°方向的風速分量等，經訓練後的預警時間 18 小時瘋狗浪預警模式訓練與驗證結果如表 2-20 所示，以符合先前 7 項條件以上的可能落海事件驗證之，結果顯示 344 筆驗證資料被模式正確預測到 321 筆，反查率為 93%。以實際的 59 筆瘋狗浪事件來驗證，模式預測到 51 筆，其反查率為 86%。

預警時間 18 小時預警模式的群集特性如表 2-20 所示。由表 2-21 可看出每一個輸入因子在各群之間的特性定量描述，群集 1 中可能發生落海機率為 5.0%、不會發生落海機率為 95.0%；群集 2 中可能發生落海機率為 73.6%、不會發生落海機率為 26.4%；群集 1 預報點前 6 小時內示性波高的平均值介於 46.36 到 81.61 cm 間；而群集 2 介於 111.88 到 228.58cm 間；群集 1 預報點前 6 小時內尖峰週期的平均值介於 4.71 到 6.64 sec 間；群集 2 介於 6.64 到 9.34 sec 間；群集 1 預報點當時在 0°方向的風速分量介於-4.42 到 0.92 m/sec 間；群集 2 介於-3.39 到 8.17 m/sec 間；群集 1 預報點前 6 小時在 45°方向的風速分量介於-2.97 到 2.53 m/sec 間；群集 2 介於-0.08 到 8.41 m/sec 間；由群集特性描述亦可發現當海氣象紀錄資料集接近於群集 2 時，會被判定可能會有落海事件的發生，反之海氣象紀錄資料集接近群集 1 時，亦表示不會發生落海事件。

使用群集辨識工具來了解最可能會發生落海事件的群集 2 以及較不會發生落海事件的群集 1 的因子相異之處，如表 2-21 群集演算 18 小時預警模式群集 1 與群集 2 差異分析。表 2-21 為 12 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析，表中顯示群集預報點前 6 小時內示性波高平均值在 14.0 到 99.0 cm 間，而群集 2 在 99.0 到 344.8 cm 間，因子發生機率為 100%；群集 1 預報點前 6 小時內尖峰週期最大值在 2.9 到 6.8 sec 間，而群集 2 在 6.8 到 12.1 sec，因子發生機率為 57.0%；群集 1 預報點前 6 小時在 45°方向的平均風速分量在-9.4 到 2.6 m/sec 間，而群集 2 在 2.6 到 11.2 m/sec 間，因子發生機率為 28.4%。群集 1 預報點當時在 0°方向的平均風速分量在-7.4 到 1.7 m/sec 間，而群集 2 在 1.7 到 13.2 m/sec 間，因子發生機率為 26.2%。當資料集偏向群集 2 時，18 小內發生落海事件的機率將提高許多，必須提高警覺當心 18 小後海況會不佳。

4. 預警時間 24 小時機率預警系統建置

預警時間 24 小時預警系統的最佳候選因子包含(1)預報點前 6 小時內示性波

高的平均值、(2) 預報點前 6 小時內示性波高的最大值、(3) 預報點前 6 小時內尖峰週期最大值、(4) 預報點前 12 小時在 0° 方向的風速分量、(5) 預報點當時在 0° 方向的風速分量、(6) 預報點前 12 小時在 45° 方向的風速分量、(7) 預報點當時在 45° 方向的風速分量等，經訓練後的預警時間 24 小時瘋狗浪預警模式訓練與驗證結果如表 2-22 所示，以符合先前 7 項條件以上的可能落海事件驗證之，結果顯示 362 筆驗證資料被模式正確預測到 339 筆，反查率為 93%。驗證資料中的 59 筆實際瘋狗浪落海資料中預測到 52 筆，意即反查率為 88%。

預警時間 24 小時預警模式的群集特性如表 2-23 所示。由表看出每一個輸入因子在各群之間的特性定量描述，群集 1 中可能發生落海機率為 73.4%、不會發生落海機率為 2.66%；群集 2 中可能發生落海機率為 6.1%、不會發生落海機率為 93.9%；群集 1 預報點前 6 小時內示性波高的平均值介於 105.15 到 226.40 cm 間；而群集 2 介於 45.84 到 81.37cm 間；群集 1 預報點前 6 小時內示性波高的最大值介於 110.19 到 237.65 cm 間；而群集 2 介於 47.10 到 84.12cm 間；群集 1 預報點前 6 小時內尖峰週期的最大值介於 6.57 到 9.57 sec 間；群集 2 介於 4.81 到 6.93 sec 間；群集 1 預報點前 12 小時在 0° 方向的風速分量介於 -2.79 到 7.93 m/sec 間；群集 2 介於 -4.26 到 -0.27 m/sec 間；群集 1 預報點當時在 0° 方向的風速分量介於 -3.09 到 8.20 m/sec 間；群集 2 介於 -4.37 到 0.11 m/sec 間；群集 1 預報點前 12 小時在 45° 方向的風速分量介於 0.10 到 8.26 m/sec 間；群集 2 介於 -2.98 到 2.01 m/sec 間；群集 1 預報點當時在 45° 方向的風速分量介於 0.09 到 8.42 m/sec 間；群集 2 介於 -3.12 到 2.18 m/sec 間；由群集特性描述亦可發現當海氣象紀錄資料集接近於群集 1 時，會被判定可能有落海事件的發生，反之海氣象紀錄資料集接近群集 2 時，亦表示不會發生落海事件。

使用群集辨識工具來了解最可能會發生落海事件的群集 2 以及較不會發生落海事件的群集 1 的因子相異之處，如表 2-23 群集演算 24 小時預警模式群集 1 與群集 2 差異分析。表 2-23 為 24 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析，表中顯示群集預報點前 6 小時內示性波高的最大值在 101.0 到 383.0 cm 間，而群集 2 在 14.0 到 101.0 cm 間，因子發生機率為 100%；群集 1 預報點前 6 小時內示性波高的平均值在 97.3 到 344.8 cm 間，而群集 2 在 14.0 到 97.3 cm 間，因子發生機率為 98.9%；群集 1 預報點前 6 小時內尖峰週期最大值在 7.0 到 12.6 sec 間，而群集 2 在 2.9 到 7.0 sec，因子發生機率為 47.2%；群集 1 預報點前 12 小時

在 0° 方向的平均風速分量在 0.5 到 11.6 m/sec 間，而群集 2 在 -6.6 到 0.5 m/sec 間，因子發生機率為 43.4%。群集 1 預報點當時在 0° 方向的平均風速分量在 0.9 到 13.2 m/sec 間，而群集 2 在 -6.9 到 0.9 m/sec 間，因子發生機率為 37.2%；群集 1 預報點前 12 小時在 45° 方向的平均風速分量在 2.1 到 10.8 m/sec 間，而群集 2 在 -8.7 到 2.1 m/sec 間，因子發生機率為 36.6%。群集 1 預報點當時在 45° 方向的平均風速分量在 2.2 到 11.9 m/sec 間，而群集 2 在 -8.6 到 2.2 m/sec 間，因子發生機率為 34.7%。當資料集偏向群集 1 時，24 小內發生落海事件的機率將提高許多，必須提高警覺當心 24 小後海況會不佳。

本研究中將驗證海岸瘋狗浪預警模式資料 2004 至 2016 年的碧砂漁港模式資料進行分組，如圖 2-8 所示，圖分別為預報點前 6 小時內示性波高的平均值、預報點前 6 小時內示性波高的最大值、預報點前 6 小時內尖峰週期平均值、預報點前 6 小時內尖峰週期最大值、預報點當時在 0° 方向的平均風速分量、預報點前 12 小時在 0° 方向的平均風速分量、預報點當時在 45° 方向的平均風速分量、預報點前 12 小時在 45° 方向的平均風速分量等因子在 2004 年至 2016 的資料分布，亦可得出每個資料區間的機率值，並算出每個資料區間的機率進而加總為累積機率，透過每個資料點皆可的出該資料點在資料集中所佔的機率值。透過每個因子所到的相對機率值再與先前模式所得的因子權重值相乘，即可得出該時間點的預警機率。

研究中以 2000 年至 2016 年所蒐集的 59 件瘋狗浪落海事件進行驗證，9 小時瘋狗浪機率預警，結果顯示預測發生機率在 50% 以上者共有 53 件瘋狗浪事件佔全部蒐集 59 件的 90%。12 小時瘋狗浪機率預警，結果顯示預測發生機率在 50% 以上共有 52 件瘋狗浪事件佔全部 59 件的 88%。18 小時瘋狗浪機率預警，結果顯示預測發生機率在 50% 以上共有 55 件瘋狗浪事件佔全部 59 件的 93%。24 小時瘋狗浪機率預警，結果顯示預測發生機率在 50% 以上共有 53 件瘋狗浪事件佔全部 59 件的 90%，各模式比較如圖 2-9 所示。圖 2-9 為 2000 年至 2016 年所蒐集的 59 件瘋狗浪落海事件，透過各時段機率預警模式的分布，黑色直條為 9 小時機率預警、白色直條為 12 小時機率預警、藍色直條為 18 小時機率預警、紅色直條為 24 小時機率預警。結果顯示各時段機率預警效果差異不大。

表 2-15 群集分析法預警模式驗證結果比較

預警模式	測試			驗證
	正確率 (Accuracy)	回應率 (Response Rate)	反查 (Recall)	反查 (Recall)
9 小時模式	83.65%	69.72%	94.89%	89.83%
12 小時模式	86.36%	75.51%	92.21%	86.44%
18 小時模式	85.46%	75.18%	93.31%	86.44%
24 小時模式	84.33%	74.51%	93.65%	88.14%

表 2-16 預警時間 9 小時機率預警模式輸入因子特性說明

因子說明\群集	群集 1	群集 2
預警時間 9 小時預警(發生落海/未發生落海)機率	0.028/0.972	0.681/0.319
預報點前 6 小時內示性波高的平均值(cm)	63.41±16.7	169.86±58.18
預報點前 6 小時內示性波高的最大值(cm)	65.39±17.35	178.25±61.09
預報點前 6 小時內尖峰週期的平均值(sec)	5.75±1.05	7.9±1.41
預報點前 12 小時在 0° 方向的平均風速分量(m/sec)	-1.98±2.23	2.47±5.52
預報點當時在 0° 方向的平均風速分量(m/sec)	-1.8±2.51	2.4±5.81
預報點前 12 小時在 45° 方向的平均風速分量(m/sec)	-0.29±2.59	4.16±4.18
預報點當時在 45° 方向的平均風速分量(m/sec)	-0.23±2.78	4.19±4.29

表 2-17 預警時間 9 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析

因子說明\群集	資料值範圍		資料範圍內 所占機率 (%)
	群集 1/群集 2		
預報點前 6 小時內示性波高的最大值(cm)	14.0 – 100.7	100.7 – 383.0	100
預報點前 6 小時內示性波高的平均值(cm)	14.0 – 97.2	97.2 – 344.8	98.3
預報點前 6 小時內尖峰週期的平均值(cm)	2.9 – 6.9	6.9 – 12.1	44.1
預報點前 12 小時在 0° 方向的平均風速分量(m/sec)	-6.8– 1.1	1.1 – 11.6	33.3
預報點前 12 小時在 45° 方向的平均風速分量 (m/sec)	-8.6– 2.5	2.5 – 10.8	30.1
預報點當時在 0° 方向的平均風速分量(m/sec)	-7.0– 1.5	1.5 – 13.2	27.6
預報點當時在 45° 方向的平均風速分量(m/sec)	-8.6– 2.6	2.6 – 11.9	27.3

表 2-18 預警時間 12 小時機率預警模式輸入因子特性說明

因子說明\群集	群集 1	群集 2
預警時間 9 小時預警(發生落海/未發生落海)機率	0.044/0.956	0.730/0.270
預報點前 6 小時內示性波高的平均值(cm)	64.13±16.23	176.87±54.07
預報點前 6 小時內示性波高的最大值(cm)	66.18±16.88	185.66±56.69
預報點前 6 小時內尖峰週期的最大值(sec)	5.93±1.09	8.26±1.41
預報點前 12 小時在 0° 方向的風速分量(m/sec)	-1.5±2.67	2.23±5.76
預報點前 12 小時在 45° 方向的風速分量(m/sec)	0±2.72	4.14±4.37

表 2-19 預警時間 12 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析

因子說明\群集	資料值範圍		資料範圍內 所占機率 (%)
	群集 1	群集 2	
預報點前 6 小時內示性波高的最大值(cm)	14.0 – 103.3	103.3 – 383.0	100
預報點前 6 小時內示性波高的平均值(cm)	14.0 – 99.5	99.5 – 344.8	98.9
預報點前 6 小時內尖峰週期的最大值(sec)	2.9 – 7.2	7.2 – 12.6	44.3
預報點前 12 小時在 45° 方向的風速分量(m/sec)	-8.3 – 3.1	3.1 – 10.8	23.6
預報點前 12 小時在 0° 方向的風速分量(m/sec)	-7.1 – 2.1	2.1 – 11.6	23.5

表 2-20 預警時間 18 小時機率預警模式輸入因子特性說明

因子說明\群集	群集 1	群集 2
預警時間 9 小時預警(發生落海/未發生落海)機率	0.050/0.950	0.736/0.264
預報點前 6 小時內示性波高的平均值(cm)	63.99±17.62	170.23±58.35
預報點前 6 小時內尖峰週期的最大值(sec)	5.68±0.96	7.99±1.35
預報點當時在 0° 方向的風速分量(m/sec)	-1.75±2.67	2.39±5.78
預報點前 12 小時在 45° 方向的風速分量(m/sec)	-0.22±2.75	4.17±4.24

表 2-21 預警時間 18 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析

因子說明\群集	資料值範圍	
	群集 1/群集 2	資料範圍內所占機率 (%)
預報點前 6 小時內示性波高的平均值(cm)	14.0 – 99.0 99.0 – 344.8	100
預報點前 6 小時內尖峰週期的平均值(sec)	2.9 – 6.8 6.8 – 12.1	57.0
預報點前 6 小時在 45° 方向的風速分量(m/sec)	-9.4 – 2.6 2.6 – 11.2	28.4
預報點當時在 0° 方向的風速分量(m/sec)	-7.4 – 1.7 1.7 – 13.2	26.2

表 2-22 預警時間 24 小時機率預警模式輸入因子特性說明

因子說明\群集	群集 1	群集 2
預警時間 9 小時預警(發生落海/未發生落海)機率	0.734/0.266	0.061/0.939
預報點前 6 小時內示性波高的平均值(cm)	165.77±60.63	63.61±17.76
預報點前 6 小時內示性波高的最大值(cm)	173.92±63.73	65.61±18.51
預報點前 6 小時內尖峰週期的最大值(sec)	8.07±1.5	5.87±1.06
預報點前 12 小時在 0° 方向的風速分量(m/sec)	2.57±5.36	-2.26±1.99
預報點當時在 0° 方向的風速分量(m/sec)	2.55±5.65	-2.13±2.24
預報點前 12 小時在 45° 方向的風速分量(m/sec)	4.18±4.08	-0.49±2.5
預報點當時在 45° 方向的風速分量(m/sec)	4.25±4.17	-0.47±2.65

表 2-23 預警時間 24 小時機率預警模式群集 1 與群集 2 差異分析

因子說明\群集	資料值範圍	資料範圍內
	群集 1/群集 2	所占機率(%)
預報點前 6 小時內示性波高的最大值(cm)	$\frac{101.0 - 383.0}{14.0 - 101.0}$	100
預報點前 6 小時內示性波高的平均值(cm)	$\frac{97.3 - 344.8}{14.0 - 97.3}$	98.1
預報點前 6 小時內尖峰週期的最大值(sec)	$\frac{7.0 - 12.6}{2.9 - 7.0}$	47.2
預報點前 12 小時在 0° 方向的風速分量(m/sec)	$\frac{0.5 - 11.6}{-6.6 - 0.5}$	43.4
預報點當時在 0° 方向的風速分量(m/sec)	$\frac{0.9 - 13.2}{-6.9 - 0.9}$	37.2
預報點前 12 小時在 45° 方向的風速分量(m/sec)	$\frac{2.1 - 10.8}{-8.7 - 2.1}$	36.6
預報點當時在 45° 方向的風速分量(m/sec)	$\frac{2.2 - 11.9}{-8.6 - 2.2}$	34.7

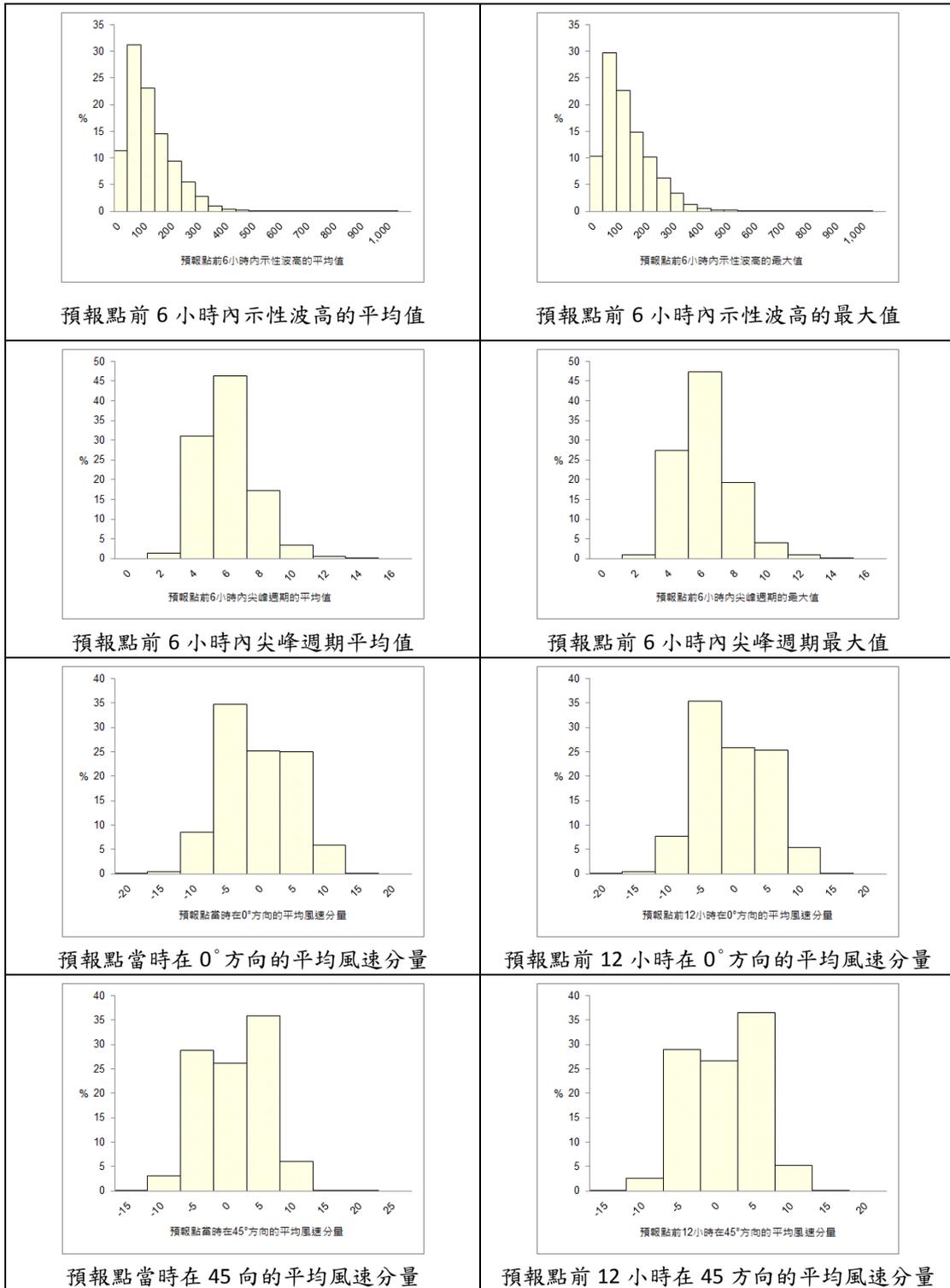


圖 2-8 各因子資料分布情形

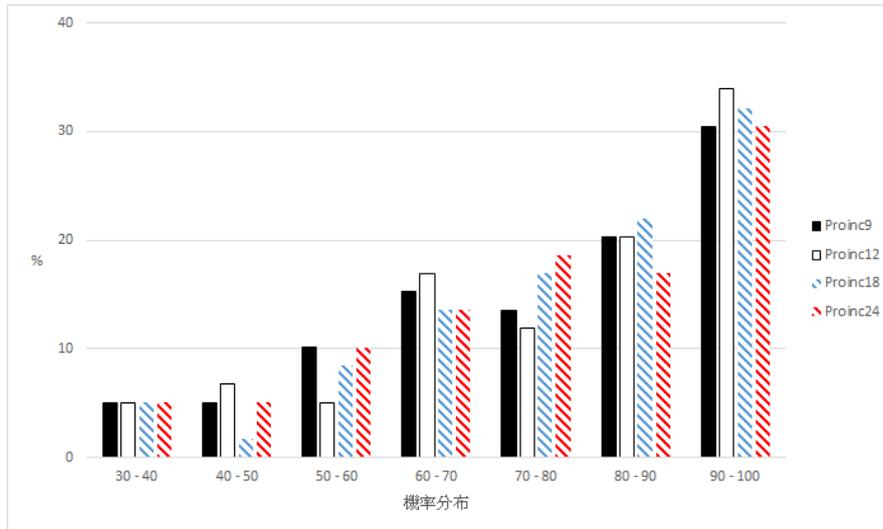


圖 2-9 碧砂子系統實際瘋狗浪案例驗證結果(群集分析法)，圖中四個色柱分別表示預警時間 9、12、18 和 24 小時的結果

2-3-3 類神經網路訓練與驗證結果

建置瘋狗浪預警模式過程包含模式訓練與驗證兩階段，模式訓練採 40 筆瘋狗浪引致落海事件資料與 40 筆未發生瘋狗浪之資料作為訓練資料，剩餘之 20 筆瘋狗浪引致落海事件資料搭配 20 筆未發生瘋狗浪之資料作為驗證資料，以驗證模式之預測能力。本計畫提出以倒傳遞類神經演算法建置海岸瘋狗浪預警模式為 8-5-1 之架構，與龍洞子系統類似(圖 2-7)，模式架構包含輸入因子(1)前六小時波高、(2)前六小時尖峰週期、(3)前六小時向岸風速、(4)前六小時 BFI 指數、(5)當時波向風向差、(6)前六小時譜尖參數等 6 個輸入因子，5 個隱藏層神經元以及 1 個輸出層神經元，類神經轉化函數皆使用正切 S 型曲線轉換函數。模式輸出值將介於 0 至 1 之間，即為瘋狗浪發生機率。

由於本計畫使用之倒傳遞類神經網路是採用監督式學習法，學習過程中所需的學習目標值採用實際落海事件，本文使用了所有資料的 2/3 數量合計 40 筆作為模式學習案例，而剩餘的 20 個案例則作為驗證資料。由於 16 年來累積之未發生瘋狗浪時的海象資料過多，合計超過 14 萬筆，為避免模式在學習過程中的偏頗，本研究從嚴在 14 萬筆未發生瘋狗浪事件的資料中，以 1 比 1 的比例隨機挑

選 40 筆與 20 筆分別作為學習不會發生瘋狗浪之資料與驗證資料。以 16 年的波高、平均風速以及平均週期觀測資料之四分之一位數作為篩選門檻，門檻值包含示性波高小於 0.6 公尺、平均風速為每秒 2.6 公尺以及尖峰週期 6.9 秒，小於門檻值之資料才得以視為不會發生瘋狗浪的資料。

瘋狗浪機率預警模式與先前之瘋狗浪分類預警模式最大的差異在於，瘋狗浪機率預警模式於模式訓練時之學習目標值調整以及模式訓練次數增加。學習目標值由原分類模式中之 0 (未發生瘋狗浪事件)與 1 (發生瘋狗浪事件)，調整成發生瘋狗浪事件之學習目標值為 0.70 至 0.99，以及未發生瘋狗浪事件之學習目標為 0.01 至 0.30，各事件之學習目標值以隨機選取的方式設定。瘋狗浪機率預警模式之模式訓練次數由原分類模式中之訓練 1 次，增加為訓練 10 次，以提升模式預報的穩定性。

本計畫根據瘋狗浪機率預警模式建置時所設定之學習目標值，定義 0.7 與 0.3 為門檻值，以模式預測值大於 0.7 視為高瘋狗浪發生機率，模式預測值小於 0.3 歸類為低瘋狗浪發生機率，再以前期研究所使用準確性指標來評估模式預報之準確性。這些評估指標包含了正確率、回應率、反查率。

碧砂子系統僅使用波浪模式預測資料與氣象站天氣觀測資料作為建模輸入之資料，針對四種不同預警時間分別建置瘋狗浪機率預警模式。預警時間 9 小時之瘋狗浪機率預警模式訓練結果如圖 2-10，將訓練結果整理如表 2-24，透過三個準確性指標值檢視模式訓練效果可知，瘋狗浪機率預警模式在訓練 10 次後，其三個準確性指標皆為 95%以上，顯示出瘋狗浪機率預警模式已得到良好的訓練。經訓練後的瘋狗浪機率預警模式，以實際瘋狗浪引致人員落海事件驗證之(結果如圖 2-11)，結果顯示 40 筆驗證資料被模式正確預測到 34 筆，正確率為 85%。驗證資料中的 20 筆實際瘋狗浪落海資料中預測到 18 筆，意即反查率為 90%，顯示出瘋狗浪機率預警模式對於稀有之瘋狗浪引致人員落海事件有一定程度之識別。另外模式預測會發生瘋狗浪之集合中，有 82%是屬於實際瘋狗浪引致落海事件，即回應率，顯示出此瘋狗浪機率預警模式之誤報率不高。綜合以上結果可知，本計畫建置之瘋狗浪機率預警模式具有高準確性的預測能力，極具參考價值，同時也顯示出本計畫在建模時所選用之輸入因子、轉化函數以及神經元個數，皆

能提供模式很好的判斷依據。以相同之建置流程，分別建置預警時間 12 小時、預警時間 18 小時與預警時間 24 小時之預警模式，訓練結果與驗證結果如圖 2-12-圖 2-17，由訓練結果皆可發現，在經過 10 次的重複訓練後，各預警時間之預警模式皆得到充分之訓練，正確率、回應率與反查率皆可達到約 9 成以上。經訓練後的瘋狗浪機率預警模式，以實際瘋狗浪引致人員落海事件驗證之，而驗證結果顯示隨著預警時間越長，預警能力較低，但是在預警時間 24 小時之預警模式，正確率、回應率與反查率皆可達到 7 成，其驗證結果，仍具有相當程度之參考價值，本研究認為仍可以接受。其餘預警時間之驗證結果如表 2-25，在經過充分訓練後，正確率與回應率皆有 7 成以上，反查率最高達 9 成左右。

表 2-24 類神經網路預警時間 9 小時預警系統訓練與驗證結果 (僅使用波浪模式預測資料)

	訓練		驗證	
	成功	失敗	成功	失敗
高瘋狗浪發生機率	38	2	18	2
低瘋狗浪發生機率	39	1	16	4
正確率	96%		85%	
回應率	95%		82%	
反查率	97%		90%	

表 2-25 類神經網路預警系統驗證結果

預警時間	正確率	回應率	反查率
9 小時	85%	82%	90%
12 小時	85%	85%	85%
18 小時	73%	74%	70%
24 小時	70%	70%	70%

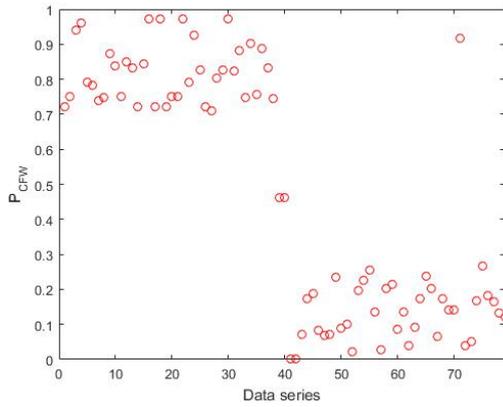


圖 2-10 類神經網路預警時間 9 小時
模式訓練結果

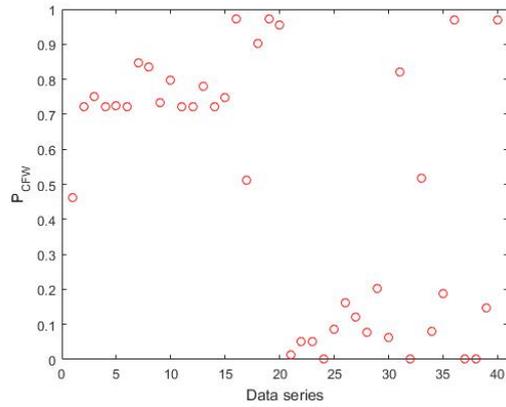


圖 2-11 類神經網路預警時間 9 小時
模式驗證結果

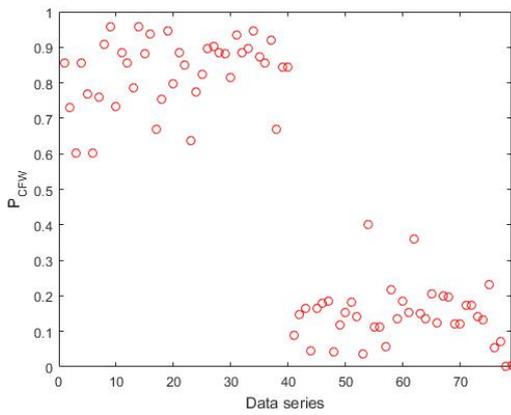


圖 2-12 類神經網路預警時間 12 小時
模式訓練結果

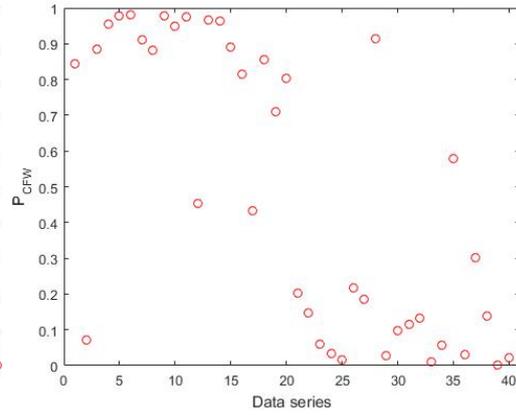


圖 2-13 類神經網路預警時間 12 小時
模式驗證結果

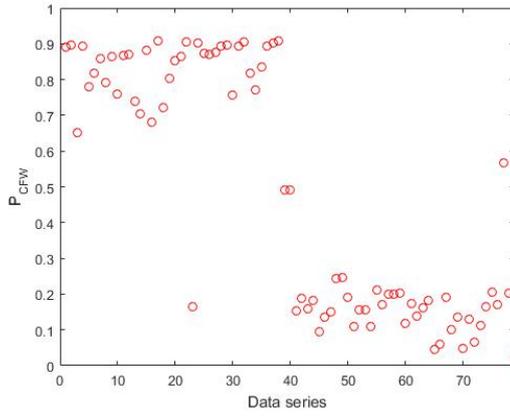


圖 2-14 類神經網路預警時間 18 小時模式訓練結果

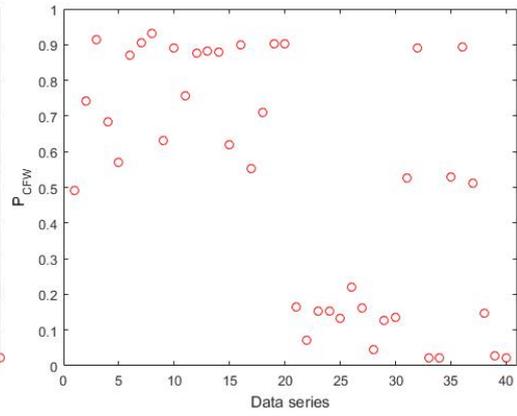


圖 2-15 類神經網路預警時間 18 小時模式驗證結果

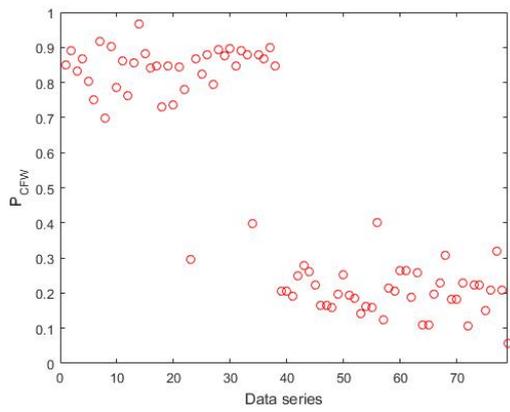


圖 2-16 類神經網路預警時間 24 小時模式訓練結果

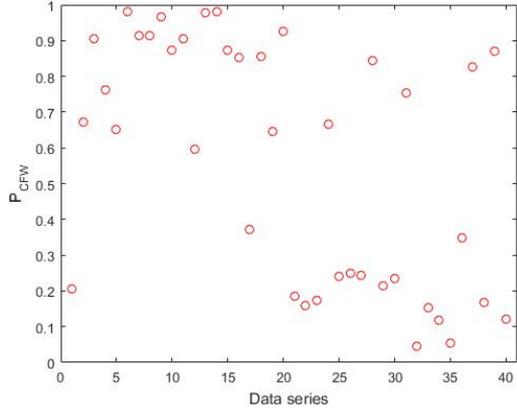


圖 2-17 類神經網路預警時間 24 小時模式驗證結果

2-3-4 兩方法之比較

由前兩節中，已經以群集分析法與類神經網路演算法分別建置瘋狗浪機率預警系統，從驗證的結果顯示，兩系統隨著預警時間越長，誤差越大，但都仍具有相當可靠的預警能力，可供未來線上測試使用。

此外本研究以 2015 年之資料對兩系統預警時間 12 小時之預警模式進行測試，比較兩系統運作結果，並對執行結果進行探討。目的是了解兩系統在一整年的資料中運作情形。圖 2-18 是 2015 年 3-4 月執行結果，初步可發現兩系統預測之機率值不同，但是有很相近之趨勢。分別依照四季(冬季 12-2 月、春季 3-5 月、夏季 6-8、秋季 9-11 月)進行統計(圖 2-19-圖 2-22)，在四季的統計結果顯示，兩系統在冬季及春季兩季節預測的瘋狗浪發生機率分布差異不大，但是在夏季與秋季之變動較大，可能的原因是冬季與春季之影響海面變動之天氣系統主要是鋒面與大陸冷高壓，由過去龍洞子系統運作之經驗，當有顯著的天氣系統經過時，都是瘋狗浪好發階段，且鋒面與大陸冷高壓天氣系統的變異性並不大，當鋒面來襲時，海岸區域瘋狗浪發生機率都會有顯著的上升。然而在夏季或秋季時，無天氣系統影響，或是西南季風吹拂時，對北部海域影響有限，海面上多為風平浪靜，影響瘋狗浪發生的主要天氣系統颱風，其變異性較大，且當颱風尚未靠近時，由遠處帶來的湧浪，也是形成瘋狗浪的主因之一，因此在夏秋兩季兩系統預測之結果趨勢大致一至，但是預測之機率值並不太相同，此結果也說明了由颱風所引起的瘋狗浪案例在預測尚存有較大的不確定性。

兩方法建置之預警模式由於建置的方法與輸入資料皆不同，驗證結果雖已證明兩系統皆具有可靠之預警能力，但所能反映出瘋狗浪的特性並不完全一樣，究竟在什麼條件下，哪個方法具有較好的預警能力，是未來值得進一步探討的課題。

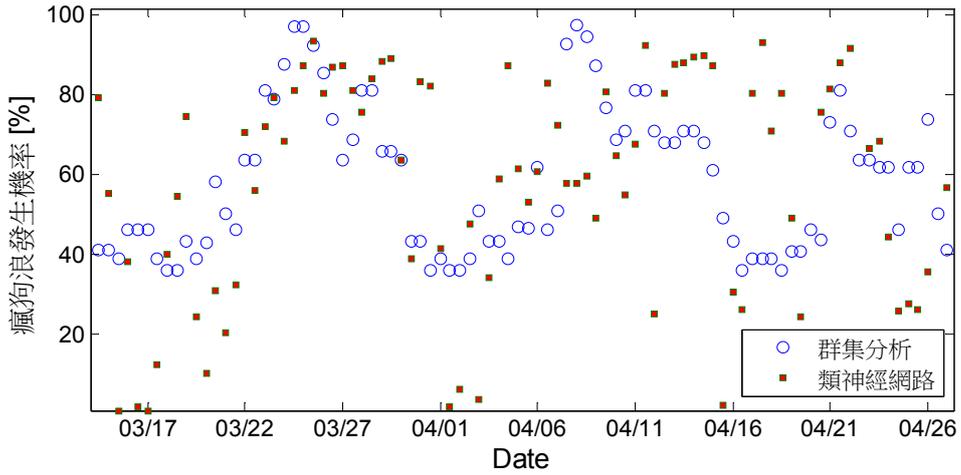


圖 2-18 2015 年 3-4 月群集分析法與類神經網路預警系統測試結果

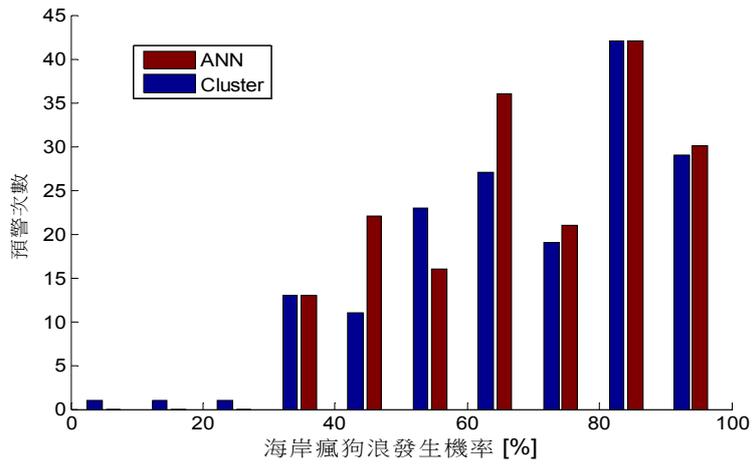


圖 2-19 2015 年冬季運作結果

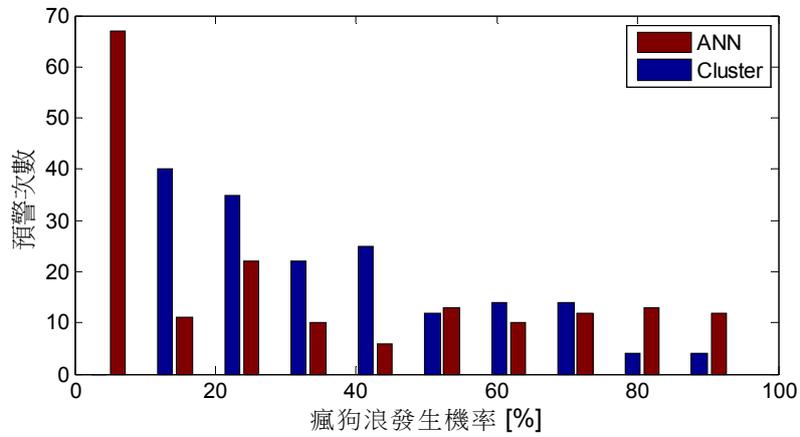


圖 2-20 2015 年春季運作結果

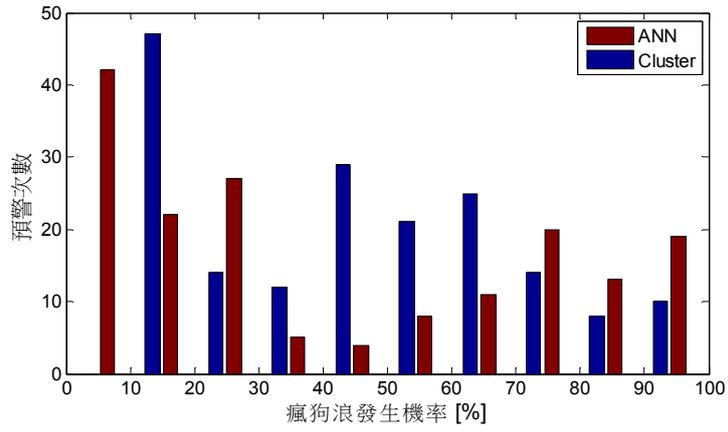


圖 2-21 2015 年夏季運作結果

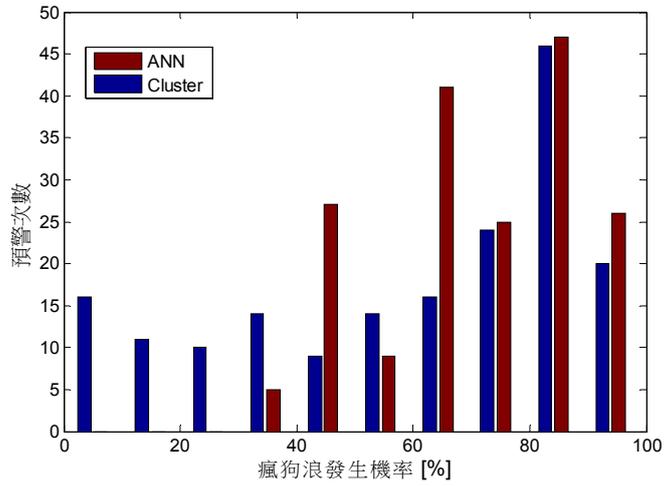


圖 2-22 2015 年秋季運作結果

第三章 海峽航線上異常波浪機率預警系統

海洋異常波浪的發生無所不在，從過去實測波浪資料的異常波浪探勘結果顯示，任何海域都有發生具危險異常波浪的可能性，發生頻率由每天 1~2 次不等，去年的計畫中，已完成海洋異常波浪的機率預測系統，驗證結果良好。因此如果能準確地預測航線上，異常波浪發生的機率，則能有效的提升海上船隻航行的安全性，避免災害發生。

3-1 藍色公路海氣象預報

隨著觀光遊憩與海上運輸的蓬勃發展，台灣周遭與海峽內航線船班往返日益頻繁，航行安全之提升相對地顯出其重要性，海上船隻之操船者首要面對的即為風、波與流對船隻航行時間或是航行安全的影響。國內早期建置的漁業氣象預報僅提供大範圍海域之風與波的資訊，許多近岸航行船隻也多倚賴氣象通報系統、氣象諮詢專線或是漁業電台提供之海氣象資訊，然這些資料多為區域平均的預報資料，在環境多變的海洋中，平均值難以顯現較為稀有的異常海象，進而難以保障海峽上頻繁往返之船隻之安全。因此中央氣象局自 2001 年開始逐步發展台灣周遭海域之海氣象預報，目的為提供操船者足夠的航行海氣象資訊，避免航運船隻遭遇險惡的海況，減少意外發生；除此之外，近年來台灣港務公司針對客輪進出港管制作業程序裡，新增參考藍色公路航段海象預報資訊系統之海氣象資料，作為判別客輪適航條件。至今，藍色公路預報系統已完成上線運作，於中央氣象局的網頁上社會大眾皆可即時點閱參考航線上海氣象預報結果，目前中央氣象局針對台灣周遭 24 條國內和兩岸航線(如圖 3-1)，包含熱門的觀光路線如基隆-馬祖、嘉義-馬公、台東-綠島、東港-小琉球等航線，提供航線上未來 48 小時之海氣象逐時預報資訊。

藍色公路預報系統之預測資料，係使用 NWW III 波浪模式計算，採用多重網格(multi-grid)的計算方法，同時使用大尺度網格與航線周遭細化之小網格，如此

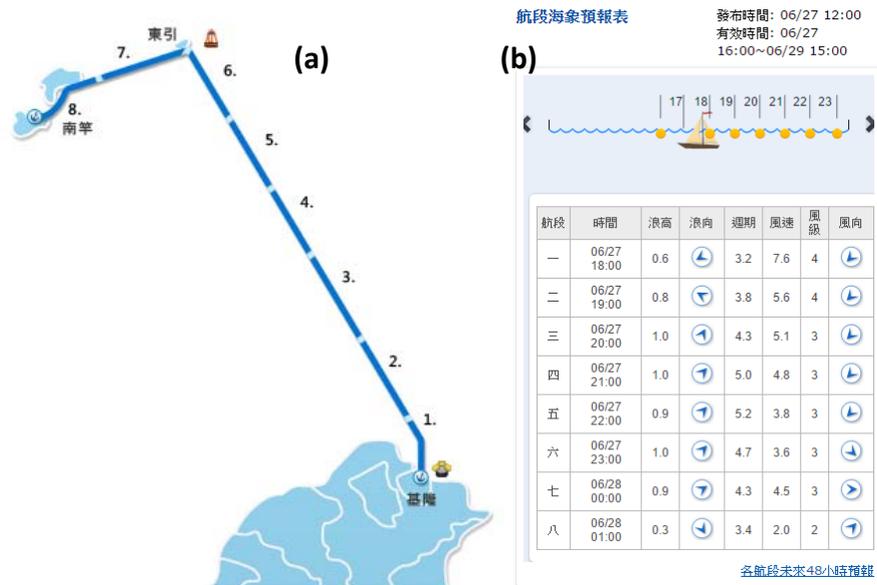


圖 3-2 基隆-馬祖航線上 (a) 航線分段圖 (b)航段上逐時預報海氣象資料

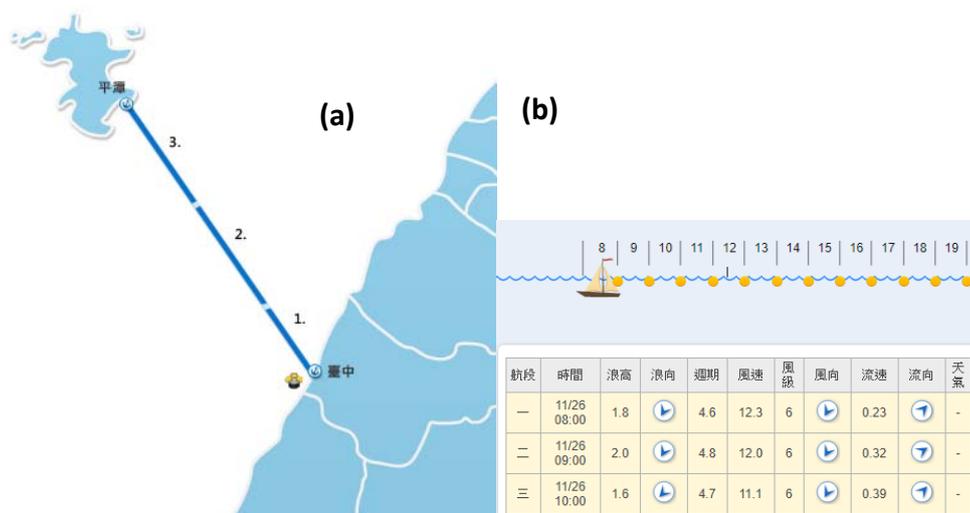


圖 3-3 台中-平潭航線上 (a) 航線分段圖 (b)航段上逐時預報海氣象資料

3-2 藍色公路(海峽航線)上之異常波浪機率預測方法

本研究團隊於前期研究中，協助中央氣象局建置了一套「海洋異常波浪預警系統雛形(Warning System for Oceanic Freak Waves)」(中央氣象局，2015)。第一代海洋異常波浪預警系統已經是一個機率預警系統，其建置的理論根據係參考國外學者(Mori and Janssen, 2006; Mori et al., 2011)研究成果，透過非線性波理論，從波高分布(如 3-1 式)推導出最大波高超越機率(如 3-2 式)，式中波高 H' 是以 η_{rms}

為基底的無因次化參數，函數 B_H 可以 3-3 式表示，隨後再利用異常波浪臨界條件，異常浪高是示性波高的兩倍，推導出異常波浪的發生機率之估算式。

$$P(H') = e^{-(1/8)H'^2} [1 + \kappa_{40} B_H(H')] \quad (3-1)$$

$$P_m(H_{max}) = 1 - \exp\left\{-N e^{-\left(\frac{H_{max}^2}{8}\right)} [1 + \kappa_{40} B_H(H_{max})]\right\} \quad (3-2)$$

$$B_H(H') = \frac{1}{384} H'^2 (H'^2 - 16) \quad (3-3)$$

前期研究中修正了無因次波高之比值，線性理論中無因次波高為 4 倍的水位均方根，從實測資料的分析中，我們發現 $H_{1/3}/\eta_{rms}$ 的比值並非定值，而是峰度係數的函數，會隨著峰度值改變而變化，因此將無因次 H_{max} 以 α 取代，稱之為機率推算係數，此係數是水位峰度值的函數，用以代表最大波高與水位均方根值的比值，在線性理論的假設下異常波浪發生時 $\alpha=8$ ，在本研究中發現 α 與峰度係數有關，由前期研究使用東吉島波浪站 2012-2014 年的資料進行回歸，東吉島波浪站為連續觀測資料，異常波浪發生機率之估算修正式如下式所示

$$P'_{freak} = 1 - \exp\left\{-N e^{-\left(\frac{\alpha^2}{8}\right)} \left[1 + \frac{\kappa_{40}}{384} \alpha^2 (\alpha^2 - 16)\right]\right\} \quad (3-4)$$

α 值資料與回歸結果如圖 3-4，並得到關係式如下

$$\alpha = -0.045\mu_4^2 + 0.406\mu_4 + 6.608 \quad (3-5)$$

上述推導中， P_{freak} 為異常波浪發生機率， N 為波浪個數、 κ_{40} 則為四階的累積量 (cumulate)，等同於水位分布的峰度係數 (kurtosis, μ_4) 減 3。由上式可知，若波浪的個數及水位之峰度都已知時，便可估算出異常波浪之發生機率。波浪數 N 會受到許多因素影響，例如船隻航行的速度、船向與波向的夾角和當時的波浪週期等皆會影響，現行機率預測系統中，係假設船隻以 15 節的速度，波浪週期以 6 秒計算，通過一個網格點 (0.25 度) 的過程會遭遇到的波浪數 N 約為 1000。另外一個參數水位的峰度值可表示水位的非線性程度，數值越大表非線性效應越明顯，遇到異常波浪的機率也越大；而隨著波浪數的增加，遭遇異常波浪的機率也越大。

然而目前常見的波浪模式如 SWAN、NOAA Wave Watch III 等，主要輸出產品為波浪波譜，再從波譜計算波浪參數進行預報，但是要從波浪預報模式中輸出水位峰度值是相當困難的。Janssen (2003)提出波浪非線性效應演化會產生的調制現象是異常波浪發生的原因，以 BFI 指數(Benjamin-Feir Index, BFI)來描述波浪不穩定狀態，也提出 BFI 與水位峰度值間的關係(如式 3-6)

$$\kappa_{40} = \frac{\pi}{\sqrt{3}} BFI^2 \quad (3-6)$$

而 BFI 指數可由波譜中計算獲得，因此只要有波浪模式輸出之波譜資料，即可估算未來異常波浪發生機率。本研究使用 BFI 定義為

$$BFI = k_0 \sqrt{m_0} Q_p \sqrt{2\pi} \quad (3-7)$$

其中 m_0 為波譜的 0 次矩，而 Q_p 為譜尖參數(Goda's peakness factor)， k_0 為波浪尖銳度，定義為波高與波長之比值，其中波高可由波譜計算 H_{m0} 其定義為

$$H_{m_0} = 4.004 \sqrt{m_0} \quad (3-8)$$

波長可由波譜計算 T_{m02} 再以波浪頻散關係式求得，本計畫參考 Fenton and Mckee (1990)提出之波長近似式計算，其誤差小於 1.9%，定義為

$$L = L_0 \tanh^{2/3} \left(\frac{2\pi h}{L_0} \right)^{3/4} \quad (3-9)$$

其中 L_0 為深水波長。Mori et al. (2011)的研究指出，計算 BFI 值時應考慮能量在方向上的分布，未考慮方向分布可能出現不合理結果，因此式(3-7)改寫為

$$BFI_{2D}^2 = \frac{BFI_{1D}^2}{1 + \alpha R} \quad (3-10)$$

式中 BFI_{2D} 表示考慮方向分布函數計算所得之 BFI， BFI_{1D} 為以(3-7)式計算得之 BFI， R 為方向寬度(Directional width)與頻譜寬度(Spectrum width)之比值， α 為一常數。 R 的定義為

$$R = \frac{\sigma_{\theta}^2}{2\sigma_{\omega}^2} \quad (3-11)$$

$$\sigma_{\theta} = \sqrt{\int \theta^2 S(\theta) d\theta} \quad (3-12)$$

其中 $S(\theta)$ 為波浪方向能量密度函數。

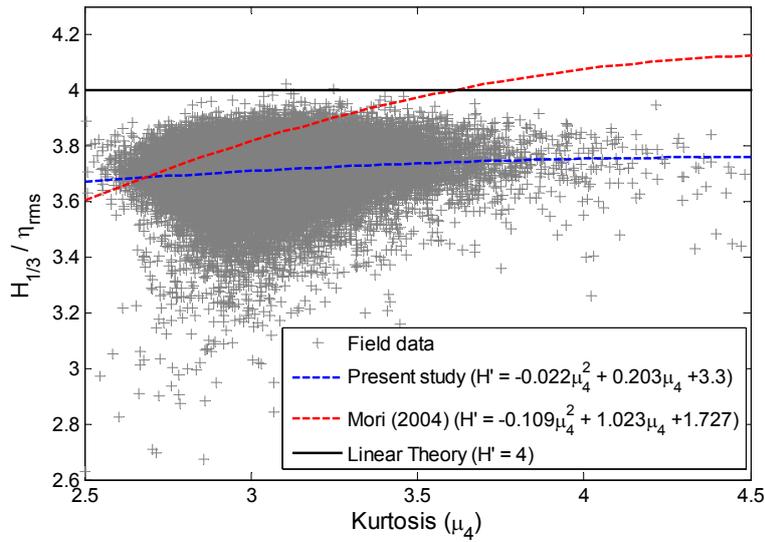


圖 3-4 波高比值與峰度係數關係圖 (中央氣象局，2016)

3-3 分析結果

本計畫已自中央氣象局取得細化後(0.025 度)的 NWW III 波浪模式在航線上之波譜輸出資料，但資料時間僅自 2017 年 8 月開始，雖持續累積中但目前資料數尚屬不足，因此為了解航線上異常波浪發生機率之特性，仍先使用先前中央氣象局提供之解析度為 0.25 度的 NWW III 波浪模式輸出進行分析，每次輸出時間點包含預報時間、未來 24、36 以及 48 小時之波浪方向波譜，方向譜之頻率帶為 25，方向帶為 24。本計畫將使用預報時間點之波譜資料進行系統之測試，資料頻率為每日四次，資料時間為每天 2 時、8 時、14 時與 20 時，接著分析統計航線

上海洋異常波浪發生機率之分佈情形，由於解析度較粗糙，取用的原則採取航線通過波浪模式較近之網格點代表該航段之波浪場情形(圖 3-5)，資料時間自 2015 年 06 月至 2017 年 9 月底為止，共計 28 個月，此期間包含 11 個有發布警報之颱風案例，分別針對基隆-馬祖與台中-平潭航線進行建置與分析，從前年計畫針對海洋異常波浪發生機率預警系統的運作結果分析中，台灣海峽北部是相對發生機率較高的海域，異常波浪發生機率中位數為 34.8%，第三分位數為 42.3%，初步討論結果，當異常波浪發生機率大於 45%時，視為是異常波浪發生之高風險情形。

各航段上異常波浪發生機率計算結果統計如表 3-1、表 3-2，異常波浪乃是稀有事件，因此以平均值進行統計難以找到其特性，因此依照四季分別統計最大值與中位數，四季的定義為春季(3-5 月)、夏季(6-8 月)、秋季(9-11 月)和冬季(12-2 月)，整體上基隆-馬祖航線上各航點的全年中位數的發生機率相當接近，約為 34-36%之間，此結果也與各航點之全年盒鬚圖分析結果相似(圖 3-6、圖 3-7)，全年的中位數約在 35%上下，第三分位數與第一分位數差大約在 5%之間。從四季分布顯示以秋冬的發生機率約略較大，通常在秋冬兩季海況較為惡劣，在較惡劣的海況條件下，異常波浪發生機率也較高此結果與實測浮標資料分析結果吻合，隨著海況越惡劣，異常波浪發生機率越高；各航段上最大異常波浪發生機率於夏季有較大的結果，此結果推測是受到颱風影響所致。從各航段的機率預測結果顯示，在航段 1 與航段 2 較靠近台灣本島的區域，發生機率在秋冬季也有比較大的差異。在台中-平潭航線上，在航段 1 的異常波浪發生機率無論哪個季節，發生機率相對較小，而位於海峽至另外一側之航段三，則是此航線上異常波浪發生機率最大之航段。四季當中以春季是屬於相對危險的季節，航段三的異常波浪發生機率可達 4 成。

然而兩條航線上，預測異常波浪發生機率最大是發生在位於基隆-馬祖航線

上基隆外海的航段一，發生機率達約 87%，此案例發生在 2016 年 2 月 10 日 0 點 (UTC)，當時天氣系統有一高壓位於台灣北方東海上空[圖 3-8(b)]，台灣海峽至東海一帶平均波高約有 1 米左右[圖 3-8(a)]，海況並不算平靜。從系統輸出台灣周遭海域異常波浪發生機率[圖 3-9(a)]顯示，台灣東北邊有一異常波浪發生機率較高之區域，此區一直往北延伸經長江出海口至山東半島為止，區域內的異常波浪發生機率約在 70-90%，從圖 3-9(b)可知，基隆馬祖航線位於異常波浪發生高機率區域的邊緣。在先前異常波浪機率預測系統的運作結果中，通常東海海域出現大範圍異常波浪高機率的情形時，是發生在冬春季交界時有大型天氣系統(尤其是大陸冷高壓)的時刻，此案例即為一例。相較台灣海峽北部的分析統計結果，航線上異常波浪機率之計算結果顯示偏高的情形，顯示航線上海域是台灣海峽北部異常波浪發生機率偏高且相對危險的區域。此外本計畫參考前期研究分析的成果，取台灣海峽周遭海域之預異常波浪發生機率的第三分位數為標準(~45%)，定義為異常波浪出現之高風險時段，統計基隆-馬祖航線上超過此標準的資料頻率，目的是從超越標準的發生次數，用以評估航線上較易發生異常波浪的航段，結果如圖 3-10、圖 3-11，發生頻率約在 3-7%之間，航線上越靠近基隆端其發生頻率越高，在靠馬祖端的頻率則略低。而在台中-平潭航線上，靠近台灣測之航段一達高風險之比率為 0，在航段 3 的頻率約為 15%，與四季分析結相同，航段 3 是比較危險之區域。

目前異海峽航線異常波浪機率預測系統已完成基隆-馬祖、台中-平潭航線的建置，只要輸入 NWW III 波浪模式輸出之方向波譜資料，系統即可計算出航線上異常波浪發生機率，若輸入的波譜資料為逐時資料，即可得到未來每小時異常波浪發生機率。本計畫以 2017 年 6 月 27 日的案例為例(圖 3-2)，輸入 6 月 27-29 日的方向波譜資料，計算所得之機率可與藍色公路預警系統結合，依照不同時間於航線上各航段之機率預測值如表 3-3 之結果。待未來完成多多段航線之建置，機率預測系統輸出可輸出給藍色公路海氣象預警系統使用，此將使藍色公路系統更

佳完善。

表 3-1 基隆-馬祖航線上各航段上四季異常波浪發生機率

航段		1	2	3	4	5	6	7	8
秋	median	36.2%	36.0%	36.1%	35.8%	35.5%	35.1%	35.3%	35.1%
	max	76.2%	65.3%	55.9%	55.8%	54.2%	57.9%	72.0%	55.3%
冬	median	35.2%	34.8%	34.3%	34.2%	33.7%	34.4%	33.6%	33.8%
	max	87.2%	65.3%	57.9%	55.8%	59.1%	59.9%	69.6%	50.9%
春	median	34.9%	34.5%	34.4%	34.3%	34.2%	34.0%	34.0%	34.1%
	max	75.0%	63.1%	53.7%	57.4%	61.7%	58.9%	52.1%	50.1%
夏	median	36.5%	36.2%	36.0%	35.8%	35.6%	35.7%	34.9%	34.9%
	max	80.3%	79.3%	64.4%	77.0%	85.6%	74.0%	78.4%	69.7%

表 3-2 台中-平潭航線上各航段上四季異常波浪發生機率

航段		1	2	3
秋	median	20.5%	21.7%	34.1%
	max	38.2%	68.6%	91.4%
冬	median	20.6%	30.4%	34.2%
	max	35.7%	83.2%	58.8%
春	median	22.1%	34.3%	40.0%
	max	25.7%	43.7%	43.0%
夏	median	17.1%	18.4%	19.4%
	max	31.8%	80.8%	73.6%

表 3-3 基隆-馬祖航線異常波浪資訊結合藍色公路預報系統

航段	時間	浪高	浪向	週期	風速	風向	異常波浪發生機率
一	6/27 18:00	0.6	WS	3.2	7.6	ES	36.1%
二	6/27 19:00	0.8	WN	3.8	5.6	ES	34.2%
三	6/27 20:00	1.0	EN	4.3	5.1	ES	34.2%
四	6/27 21:00	1.0	EN	5.0	4.8	ES	34.2%
五	6/27 22:00	0.9	EN	5.2	3.8	ES	35.7%
六	6/27 23:00	1.0	EN	4.7	3.6	WS	34.1%
七	6/28 00:00	0.9	EN	4.3	4.5	W	34.0%
八	6/28 01:00	0.3	ES	3.4	2.0	WN	33.7%

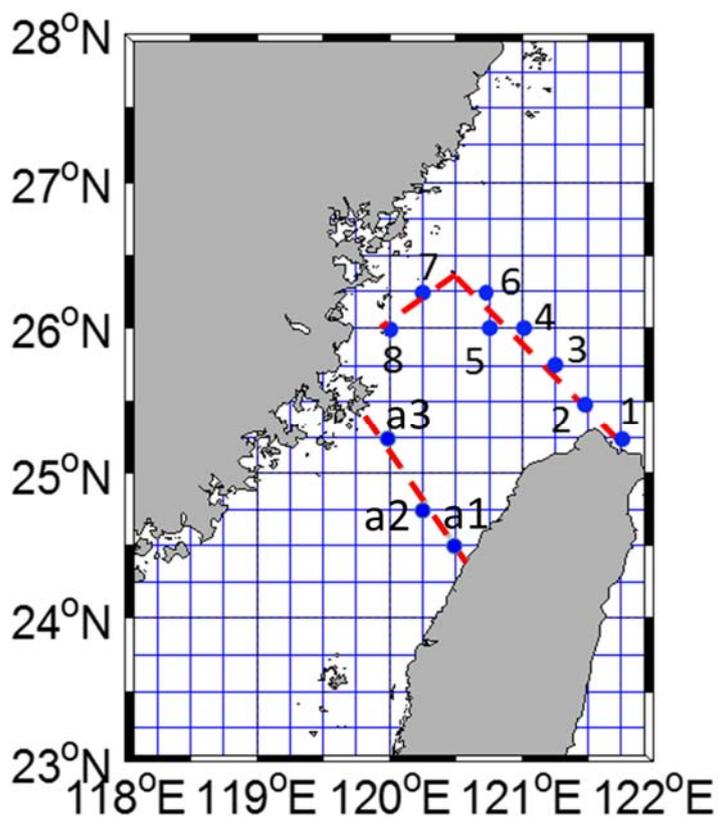


圖 3-5 兩條航線上波譜資料參考點

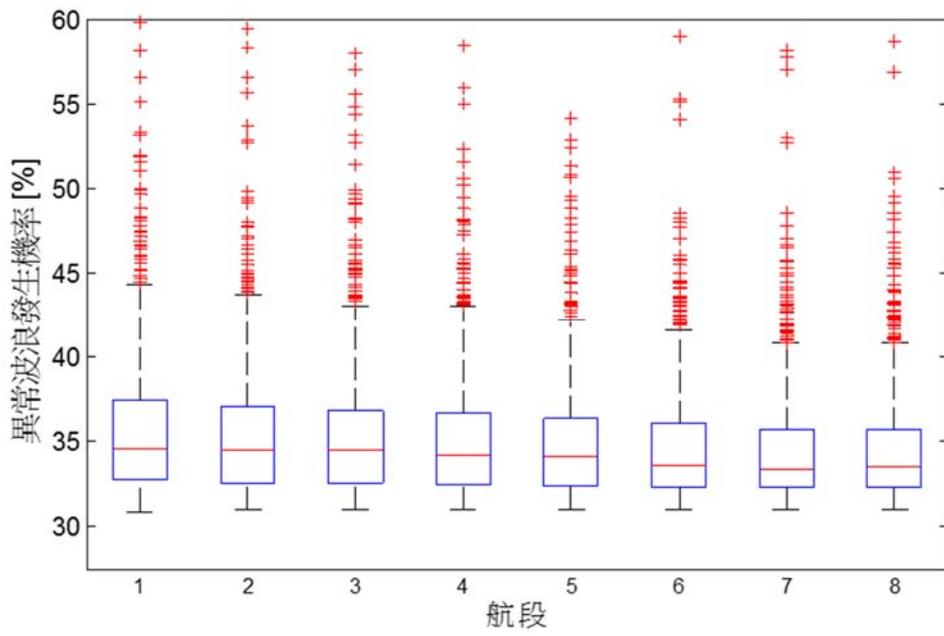


圖 3-6 基隆-馬祖各航段異常波浪發生機率分布

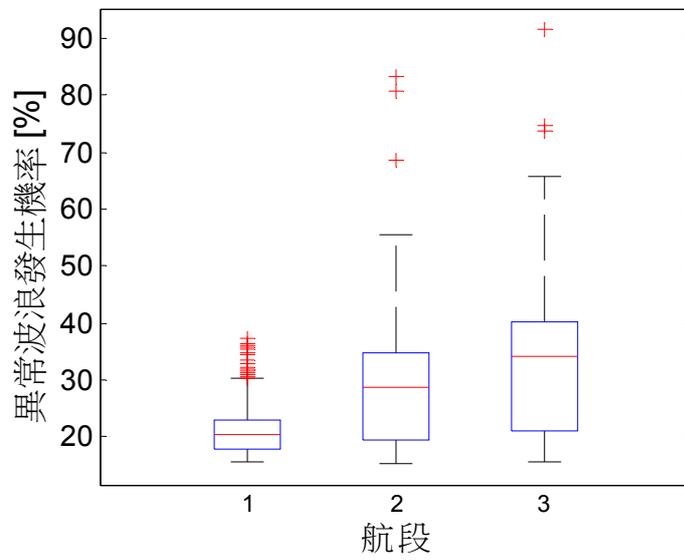


圖 3-7 台中-平潭各航段上異常波浪發生機率分布

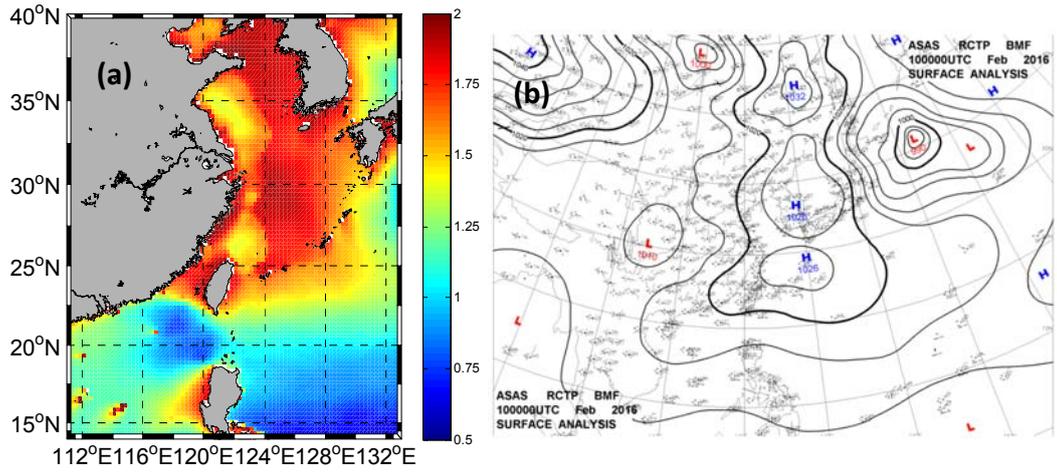


圖 3-8 2016 年 2 月 10 日案例 (a)示性波高 (b)地面天氣圖

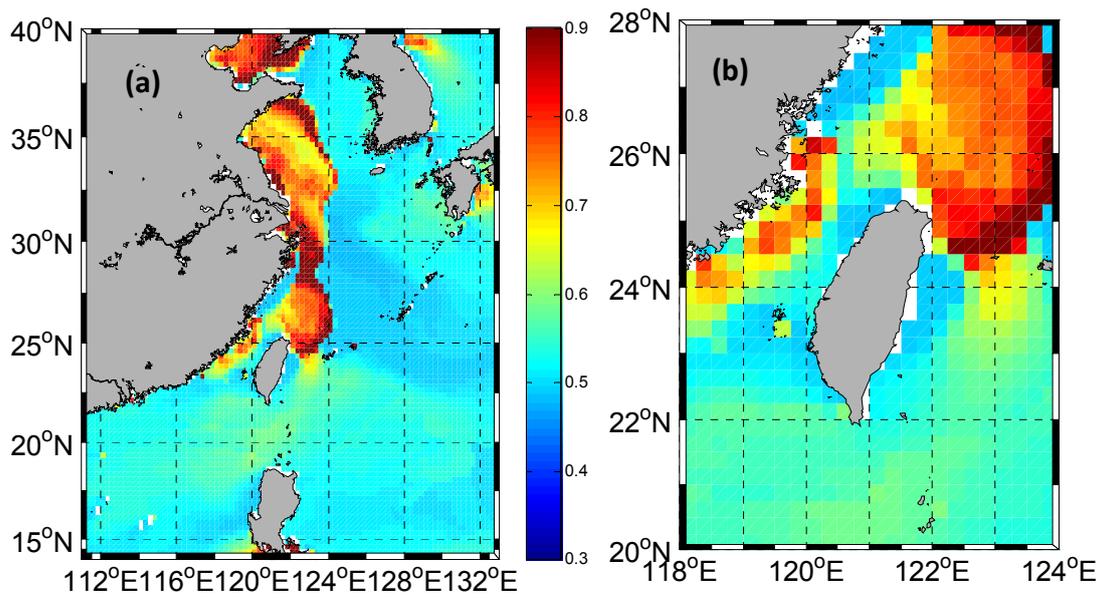


圖 3-9 2016 年 2 月 10 日案例異常波浪發生機率 (a) 全域 (b) 台灣週遭

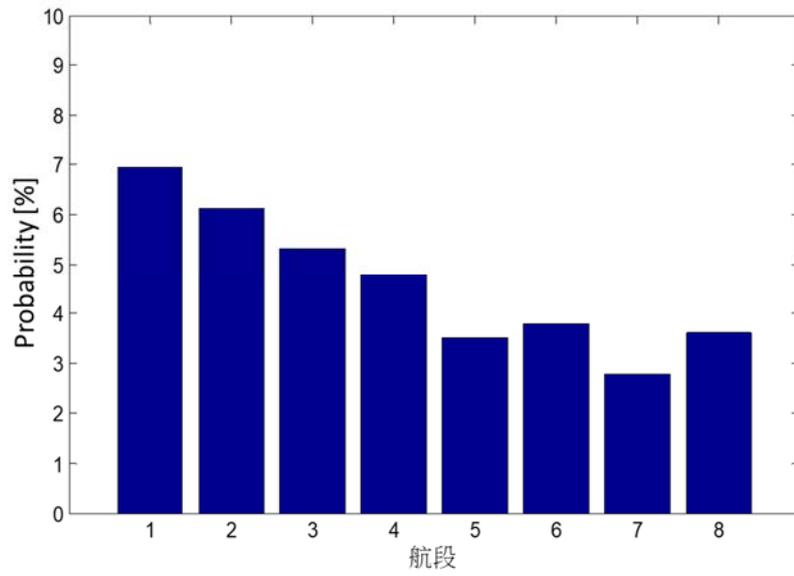


圖 3-10 基隆-馬祖各航段異常波浪發生高機率(大於 45%)頻率

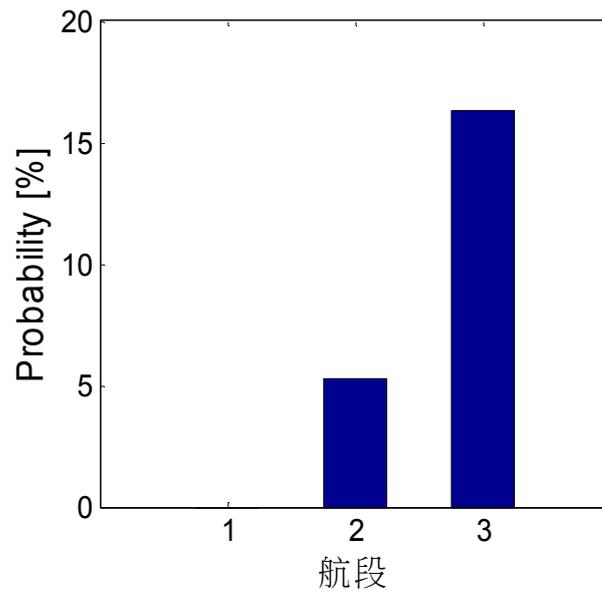


圖 3-11 台中-平潭各航段異常波浪發生高機率(大於 45%)頻率

第四章 瘋狗浪觀測及影像分析

4-1 瘋狗浪觀測系統

瘋狗浪不知會發生在何時?或發生於何地。目前並未有針對瘋狗浪之觀測系統。本研究對海岸瘋狗浪之定義，它必定發生於岸邊，岸邊地形、地貌複雜，人員活動亦多，安裝在海底或海面之量測儀器可以用來探討瘋狗浪形成前之海象特性，但若儀器無法直接置放於海堤或礁岩前，則無法測得真正之瘋狗浪，而量測儀器要能安裝在海堤或礁岩前方並非易事。

海岸邊的遙測系統包含光學(optics)系統和雷達波(radar)系統，Lehner et al. (2002)、Dankert et al. (2002)等人曾使用衛星雷達影像或微波雷達影像去分析海洋中的極端大波浪(extreme wave)，但這類的研究限制在較外海區域，無法應用至海岸邊。光學成為觀測海岸瘋狗浪的工具之一，光學觀測一般以數位化攝影機進行，觀測波浪運動不需要到每秒鐘記錄 20~30 張影像，每秒 1~5 張即已足夠。

中央氣象局目前的瘋狗浪預警系統建置係採用報載瘋狗浪事件資料，本研究認為這些資料含有一定的不確定性，且亦非完整的瘋狗浪資料，當瘋狗浪發生時，若無人發生意外，或是發生意外但是沒有被記錄，則不會有事件資料。因此若能從事瘋狗浪監測，藉以蒐集更正確、完整且充足的資料提供建置預警系統使用，理論上可建置更準確地瘋狗浪預警系統。本計畫工作項目不包含瘋狗浪觀測站之建置，現場測站由中央氣象局設置，提供觀測影像予本計畫進行分析。根據前期研究成果(中央氣象局，2015)，新北市貢寮區龍洞一支岬頭釣場是台灣海岸中發生瘋狗浪事件頻率最高的地點，因此，中央氣象局於該處建置一套瘋狗浪光學監視系統，如圖 4-1 所示，瘋狗浪光學監視器設於原龍洞管理站(現改裝後委外經營)辦公室架設，監視系統的畫素為 200 萬，錄影設置為 24fps，影像清晰可捕捉到瘋狗浪成形的過程。當入射波浪與礁岩交互作用激起巨大水花，可能衝擊岬頭上釣客使其落海，本計畫利用影像判釋技術於巨量監測影像時序列(image time

sequence)分析找出這些瘋狗浪發生之時間點與瘋狗浪高。此監視系統已於 105 年 5 月 13 日開始運作，預期紀錄所得之影像資料，可應用於瘋狗浪預警系統之更新建置或驗證工作上。本(106)年度中央氣象局於基隆八斗子/碧砂漁港建置第二套瘋狗浪光學監視站(圖 4-2)，監視系統的畫素為 200 萬，錄影設置為 24fps，此系統設置兩支攝影機分別拍攝港區之右堤與左堤，影像清晰可捕捉到瘋狗浪成形的過程。八斗子/碧砂漁港是過去瘋狗浪襲人資料庫中，案例累計數量排名第 2 之區域，也是本年度海岸瘋狗浪預警系統新增之子系統預警區域，此攝影機於民國 106 年 8 月 29 日開始運作。本年度主要將著重於光學影像之自動辨識方法之研發，並從過去文獻中蒐集浪花對人造成危害之條件，以應用在本光學影像辨識系統，作為瘋狗浪案例之定義。



圖 4-1 龍洞瘋狗浪光學監視站預計設置位置



圖 4-2 碧砂瘋狗浪光學監視站設置位置

4-2 影像分析流程與分析方法

瘋狗浪光學監視站可監看波浪與岬頭交互作用激起之浪花高度，本研究將根據現場訪查與過去經驗，初步以發生瘋狗浪事件的激浪臨界高度為一個人高做為案例之挑選，當波浪花高度超過該臨界值時，挑出案例做為海岸瘋狗浪可能案例資料庫。為達此目的，需從影像中判釋激浪高度，在前期研究中仍以人工半自動的方法進行判讀，此方法缺乏效率，且需要大量人力。本年度將進行修正提出一全自動影像辨識的分析流程，藉由視訊系統所擷取之影像，經過數位影像處理，量化為可用的資訊，來分析出激浪高度。主要分析步驟分為影像切割、灰階轉換、影像雜訊濾除與銳化、影像二值化和高程計算，詳如下說明。

(1) 影像讀取

由於視訊系統所提供的資料為海水面動態的影片，而非單張靜態的影像，為能將視訊系統的資料進行影像分析，須先透過數位讀取的技術，將圖片從影像中擷取，再進行單張影像的分割，如圖 4-3 所示。龍洞監測站之影像儲存為

24fps(frame per second)，為增加處理效率，每秒中僅取 4 張影像進行分析。

(2) 灰階轉化

從視訊系統所擷取出的影像為全彩格式，由於影像處理所需的計算較為繁雜，為簡化計算過程，加速得到計算結果，且目前已發展之影像處理及分析技術，大多是架構在單色灰階影像的處理，因此在進行其它影像處理步驟之前，須先行將影像進行灰階處理，如圖 4-4 所示。

(3) 影像二值化

影像二值化(binanzation)是將灰階影像轉化成單純的二值影像，經二值化處理後的影像中僅呈現黑或白的資訊。水化影像二值化處理之目的，在於將影像中目標物與背景明顯的分離出，藉以獲取影像中目標物的資訊，如圖 4-5 所示。而這部份會因為時間點的不同，背景色調有些微的差異，因此在做影像二值化前，需要由背景區塊選取參考值，本研究測試後發現以天空區域內之最大灰度值(Gray scale, G_s)，有最好的區分能力，參考值乘上一調整參數(R)，用以作為二質化之的閾值(T_b)，計算方法可以下式表示。

$$T_b = R \times \max(G_s)$$

(4) 影像雜訊濾除與銳化

原始影像中常有許多的雜訊，必須經由一些處理方法方能得到適合機器判讀辨識之影像，最常用的技術包含濾波及銳化影像。目前已發展應用的雜訊濾除方法可區分為空間域的雜訊濾除以頻率域的雜訊濾除，本計畫探討兩種方法應用在水情影像的適用性以及效果。藉以獲得最適合消除水情影像雜訊的方法。由於透過雜訊濾除的過程中，影像中的一些非雜訊部份的訊號亦難免會受到影響，因此須透過影像銳化過程回復這些資訊。銳化的主要目的是突顯影像中細微的部分或增強已模糊的細節，本計畫嘗試應用影像一階導數的增強、拉普拉斯轉換等方法進行影像的銳化，藉以增強影像的水情資訊，但效果不彰。在濾波處理上採用的

是均質濾波法(如圖 4-6)，其概念就是移動平均的方法，此法須設定移動平均的視窗大小(windows)，藉以達到濾除影像雜訊的目的，選取的視窗過大會使畫面失去影像細節，但是選取不夠大則無法去除雜訊，需經過測試，以找尋最適合的濾波參數設定。

(5) 高程計算

影像資料在攝影機安裝完成後，經由靜態率定，可求得影像中之絕對高程，由於碎波與背景(礁岩、海水面)具有明顯色差，故可利用二值化之影像明顯區分出來，並透過前述率定方法求出其高程，然而在計算高程須先定義基準線，本研究參考平均潮位線做為基準，從平均潮位時刻的影像，可以找到當時刻海水面的位置，用以定義瘋狗浪水花高度之基準線。

在辨識水花高度的部分，本研究以現場釣客做為比例尺參考標的物，用釣客之身高定義影像中 1 個相素所代表之高度。假設成人的平均身高為 170 公分，釣客的平均高度約為 45 個像素，表示一個像素代表高度約為 4 公分。



圖 4-3 監視系統拍攝得之原始全彩影像



圖 4-4 原始影像灰階轉化結果(紅色窗框為背景色參考區域)

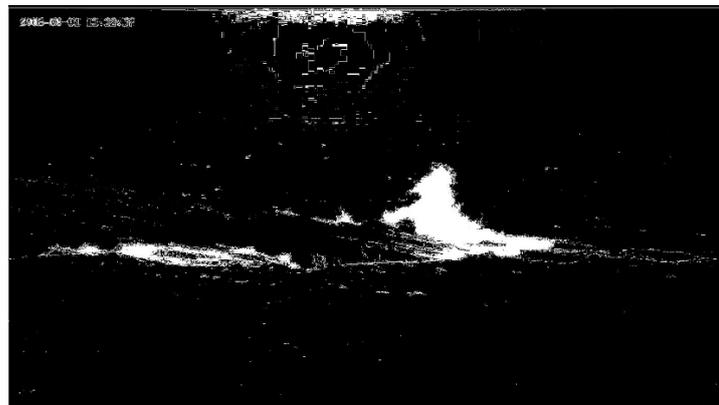


圖 4-5 影像二值化結果

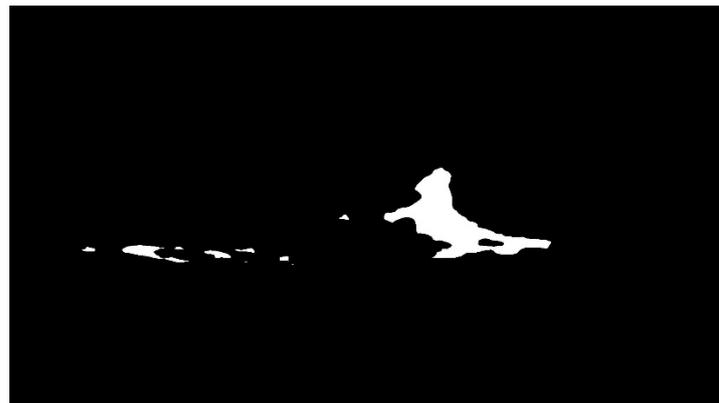


圖 4-6 影像均質濾波結果

4-3 影像分析結果與驗證

由前章節之分析流程，可以自動化地從監視影像中擷取影像並分析出水花範

圍，並計算出水花離海平面之距離。但是在不同時刻或不同天氣條件下，水花、海面與天空顏色並不同，為了確保此分析流程可以準確的分析出波浪拍擊礁岩激起之浪花，本研究以人工判斷取得 186 筆有明顯水花之案例，用以率定步驟三中二值化影像轉換的調整參數，以及步驟四中均質化之視窗大小設定。步驟三中之調整參數範圍由 0.7 至 0.95 進行測試，測試結果顯示調整參數太高時，天空背景會被誤判為水花；但是當參數太低時，水花的辨識能力降低，甚至無法辨識；均質化視窗的設定則測試 10pixel 和 15pixel，當均質化視窗太大時，會使遺失過多影像中之資訊，但是太小時，卻又無法凸顯目標。測試結果如表 4-1，結果顯示調整參數為 0.92 且視窗設定為 15pixel 時具有最高的辨識率，186 筆案例中成功辨識 160 筆案例，成功率有 86%，其中辨識失敗的案例主要發生在颱風期間攝影機搖晃導致畫面模糊(如圖 4-7)或黃昏時刻海面反光嚴重(如圖 4-8)。本研究也嘗試將分析所得之水花邊界套疊至原圖中比對，以確認分析結果之正確性，從前述中任意選取 3 筆資料進行水花分析之驗證，結果如圖 4-9-圖 4-11，皆顯示水花邊界略小於實際圖片中之水花範圍，此乃該處之水花密度稍微疏散，不過大致上此分析流程可以準確地辨別出水花主體，可進行後續浪花特性分析。

表 4-1 調整參數與視窗測試結果

調整參數(R)	視窗大小	
	10 Pixel	15 Pixel
0.7	75 %	77 %
0.8	67 %	73 %
0.9	74 %	76 %
0.91	79 %	83 %
0.92	83 %	86 %
0.93	79 %	83 %



圖 4-7 辨識失敗案例-颱風期間影像模糊



圖 4-8 辨識失敗案例-黃昏時刻海面反光



圖 4-9 水花辨識結果(2016/6/3 15:42)



圖 4-10 水花辨識結果(2016/8/1 13:32)



圖 4-11 水花辨識結果(2016/7/6 9:21)

4-4 水花特性分析

由前節的驗證，本計畫提出的分析流程已可以自動且準確的從影像中取出浪花邊界，然而最終的課題仍是如何從二維平面的水花影像中，找出對人具危險性的瘋狗浪案例？要將人沖倒需要夠大水量或是足夠的流量，因此本研究認為分析

結果應納入流量與水花生成的歷時分析，除了水花高度外，應增加其它判斷條件用以定義瘋狗浪。

4-4-1 水花流量與歷時分析

當波浪碰到近岸礁石激起的水花需要將岸邊的人沖倒，需要有足夠大的動能，而動能可以從流量推得，流量越大即表示動能越大。本計畫提出一套從影像中推估水花流量的估算方法，目的是要從流量的推估作為定義瘋狗浪的參考之一。從前述分析的過序中，可準確的將激起的水花範圍取出，在後續的驗證中也得到佐證，在假設水花的密度皆相同且水花的深度(厚度)也相同的情形下，水花的面積($\eta(s,t)$)即為單位水量，而從水花的面積變化，除以歷時(t_{cfw})，可以推算單位流量(C_{cfw})，如下式

$$V_{CFW} = \frac{1}{t_{CFW}} \int_{t_s}^{t_e} \eta(s,t) ds dt \quad (4-1)$$

浪花中夾雜著水與空氣，其比例會受到水花的型態而影響，且過去尚無任何研究討論水花密度。本計畫嘗試從過去浪花影像中挑選具有代表性之影像，欲分析浪花中水氣比例，則影像需要近距離、背景單調且清晰記錄散步空氣中之浪花，否則會因雜訊而誤判浪花密度，假設浪花之密度皆與此案例相似，以作為後續計算流量之依據。圖 4-12 為 2014 年 10 月 12 日於基隆潮境公園拍攝之浪花影像，此時黃蜂颱風正行經台灣東北方海域，傳來之颱風波浪與近岸礁岩或結構域交互作用頻頻產生如圖中之浪花，此影像為資料庫中最符合條件之案例，作為此研究之參考影像。使用前述之分析流程，結果如圖 4-13，浪花中海水比例佔有 12.02%，流量計算時皆會呈上此比例，視為是真實流量。此外在推算單位流量過程中，也可計算整個水花產生到落入海中的歷時，水花產生到結束定義水花高於礁岩一個人高度(45pixel)以上到最高水花低於礁岩上一個人高為止，視為是一個案例的開始與結束。如此便可得到此案例發生時間內，總共流經多少水量，在何時所造成

的流量最大，本研究挑選 4 個案例進行計算，結果如圖 4-14-圖 4-17，此四個案例發生的歷時介於 1.9-3.8 秒(表 4-2)，由此分析結果可知，通常在案例開始一秒左右，流量會達到最大，但是案例三的歷時為 3.8 秒，其最大流量發生在約 2 秒的時刻。針對這些水花的特性，後續會繼續探討究竟怎樣的水花足以將人沖倒，也可作為後續判別瘋狗浪案例的依據。

表 4-2 瘋狗浪發生期間經過時間與整體流量

時間	歷時 (sec)	瘋狗浪發生期間總體流量 (m ² /sec)
6/3 15:42	2.2	16.74
7/6 9:21	2.3	34.64
8/1 13:42	3.8	67.51
9/13 16:58	1.9	90.28



圖 4-12 浪花影像 (2014/10/12)

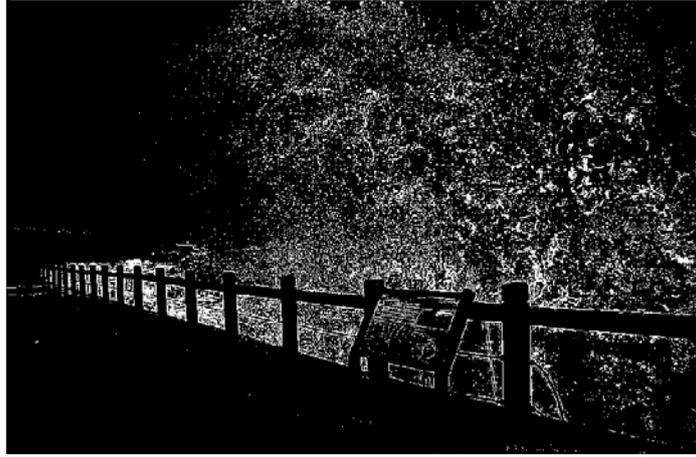


圖 4-13 浪花分析結果

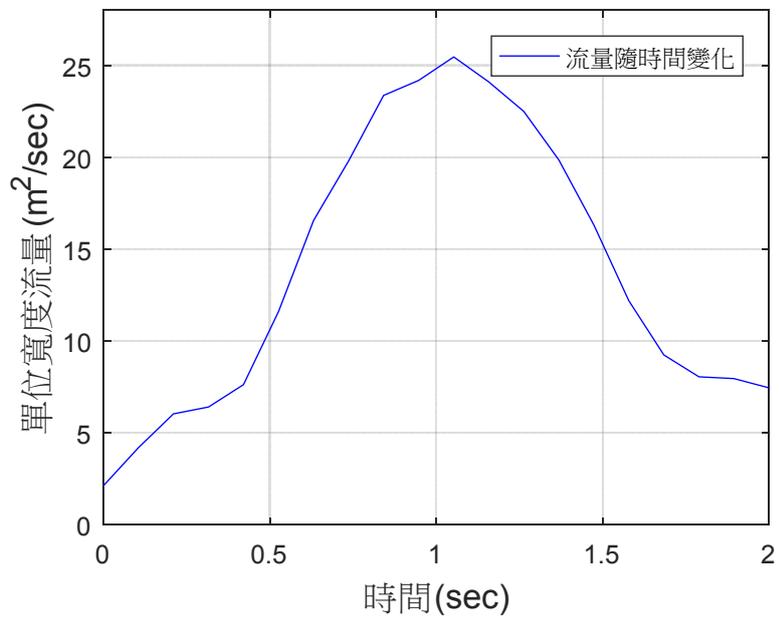


圖 4-14 流量與歷時分析結果 (6/3 15:42)

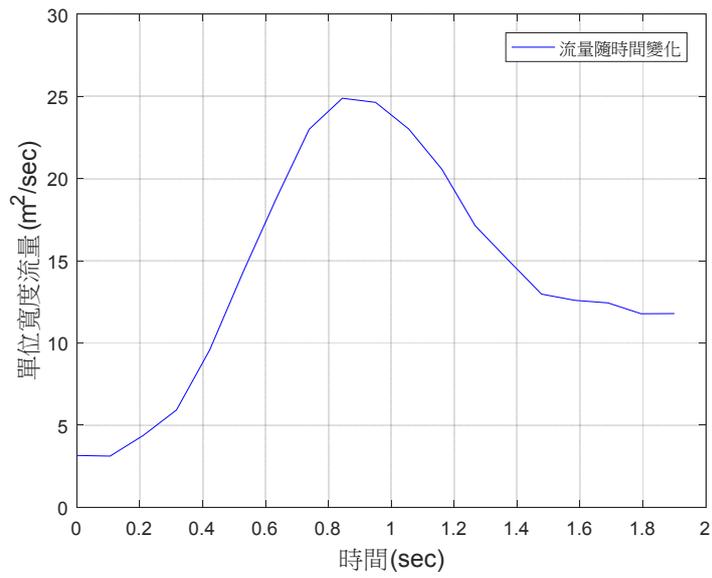


圖 4-15 流量與歷時分析結果 (7/6 9:21)

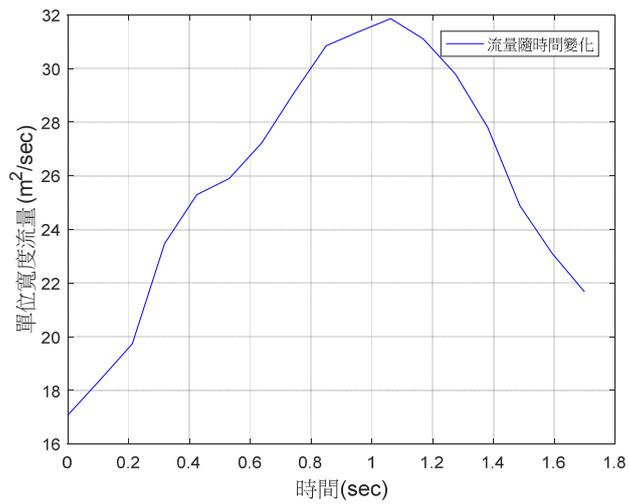


圖 4-16 流量與歷時分析結果 (8/1 13:34)

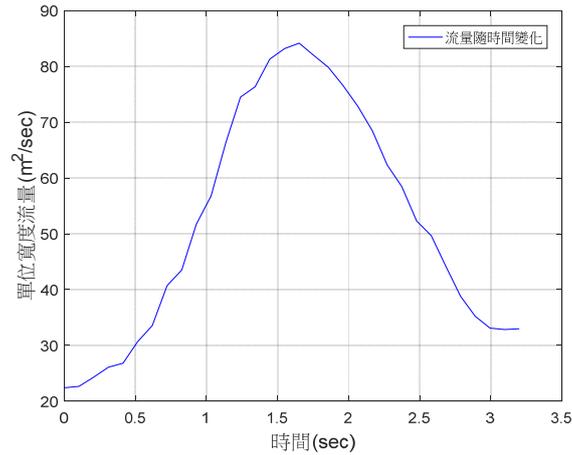


圖 4-17 流量與歷時分析結果 (9/13 16:58)

4-4-2 影像分析結果與瘋狗浪定義探討

瘋狗浪是指在海岸地區會對人造成危害之浪花，然而人的體格條件、環境條件都是影響人是否會受到威脅的因素，本研究參考 Takahashi et al. (1992) 之海嘯對人衝擊的實驗，設定不同水深與不同流速，以成年男性作為實驗對象，不考慮站姿因素，挺直站在水槽中，測試足以將人沖倒的條件，實驗結果如圖 4-18，由圖可知，當流速為 4m/s 時，水深為 0.2m，換算單位流量為 0.8m²/sec 時，即有可能將人沖倒，造成傷害，本研究以此條件作為瘋狗浪案例之篩選條件，符合條件則視為是瘋狗浪案例。

前年度之研究挑出 30000 多筆浪花高度大於 1 人高之案例，從中隨意挑選 100 筆案例進行測試，案例之發生時間、最大浪花高度、歷時與流量如表 4-3 所示，其中符合條件之瘋狗浪例有 53 件，從案例之歷時與最大浪花高度分析結果顯示(圖 4-19 和圖 4-20)，瘋狗浪案例主要集中在歷時較短或歷時很長的情況下，當歷時越短顯示水花速度越大，當歷時很長顯示浪花沖刷時間很長，威脅性也越大；隨著最大浪花高度越大，瘋狗浪案例之平均最大浪花高度為 5.2 公尺，約是 3 人高。

本研究對同一區域內何處是瘋狗浪好發的地點相當感興趣，若能從影像分析中統計空間分布，則可以了解瘋狗浪發生時激起水花的型態，也能進一步掌握瘋狗浪易發生的熱區，增加更多預防措施避免發生意外。水花空間分布發生頻率的分析方法，係使用影像分析過程中二值化圖片，對二值圖片中判定為水花(白色)之區域進行統計，統計之時間與前節歷時判定採用相同標準，將統計結果即為碎波水花於空間分布之頻率圖(圖 4-21-圖 4-23)，由圖中可知，波浪拍擊礁岩激起之水花，最高與最遠可以到達之處，此外圖中紅色區域表示當浪花激起時，水花主要衝擊的區域，帶累積更多案例分析的結果，應可對瘋狗浪發生衝擊的區域有更完整的了解。

表 4-3 瘋狗浪影像案例分析結果

編號	時間	流量 (m ² /sec)	歷時 (sec)	最大浪花 高度 (m)	編號	時間	流量 (m ² /sec)	歷時 (sec)	最大浪花 高度 (m)
1	2016/10/18 09:03	0.028	3.88	5.160	51	2016/10/14 09:49	0.932	2.75	4.360
2	2016/06/26 09:00	0.163	2.70	6.000	52	2016/10/14 09:03	0.954	3.25	6.880
3	2016/06/27 12:00	0.175	2.60	6.000	53	2016/10/18 09:00	0.963	3.00	6.400
4	2016/09/09 11:21	0.207	2.75	3.280	54	2016/10/18 09:27	1.049	3.00	5.080
5	2016/06/27 12:00	0.213	2.50	5.080	55	2016/10/14 09:58	1.052	2.88	3.520
6	2016/09/09 11:21	0.230	2.50	2.840	56	2016/10/18 09:08	1.054	3.88	6.600
7	2016/09/09 11:02	0.237	2.00	1.360	57	2016/10/18 09:03	1.068	3.13	6.240
8	2016/09/09 11:02	0.261	2.38	3.600	58	2016/10/18 09:22	1.079	3.00	4.080
9	2016/09/09 11:23	0.283	2.00	3.040	59	2016/06/27 13:00	1.102	1.90	8.160
10	2016/06/27 13:00	0.286	2.10	5.080	60	2016/06/23 13:00	1.111	2.00	6.720
11	2016/09/09 11:53	0.291	2.63	3.800	61	2016/10/18 09:01	1.118	3.25	3.120
12	2016/09/09 11:23	0.302	2.63	3.840	*62	2016/10/21 13:16	1.139	6.00	9.000
13	2016/09/09 11:09	0.317	2.00	3.000	63	2016/10/18 09:02	1.147	3.00	4.720
14	2016/09/09 11:06	0.320	2.13	3.880	64	2016/10/14 09:01	1.170	2.75	5.480
*15	2016/10/18 09:05	0.337	5.88	5.720	65	2016/10/18 09:01	1.199	2.63	3.080
16	2016/09/09 11:04	0.348	1.88	3.320	66	2016/10/14 09:47	1.238	2.25	3.920
17	2016/06/27 12:00	0.355	2.40	5.520	67	2016/06/20 13:00	1.247	2.20	7.480
18	2016/09/09 11:08	0.359	2.50	4.880	*68	2016/10/18 09:53	1.280	4.88	7.040
19	2016/09/09 11:04	0.362	1.75	2.840	69	2016/10/14 09:34	1.292	2.38	3.400
20	2016/09/09 11:04	0.384	1.88	3.160	70	2016/10/18 09:07	1.302	2.88	5.720
21	2016/06/27 12:00	0.385	2.70	6.840	71	2016/10/18 09:01	1.348	2.63	3.240
22	2016/09/09 11:23	0.396	2.25	3.960	72	2016/06/29 12:00	1.426	2.60	6.320
23	2016/09/09 11:24	0.396	2.25	4.640	73	2016/09/09 11:34	1.451	1.25	3.360
24	2016/09/09 11:24	0.420	1.75	3.600	74	2016/10/14 09:53	1.458	1.63	3.080
25	2016/09/09 11:09	0.443	2.50	4.920	75	2016/10/18 09:59	1.483	3.63	5.160
26	2016/09/09 11:21	0.456	1.63	3.560	76	2016/06/29 13:00	1.491	2.30	8.280
27	2016/10/14 09:00	0.486	2.13	3.800	77	2016/06/29 12:00	1.537	2.10	3.320
28	2016/09/09 11:53	0.494	2.13	3.920	78	2016/09/09 11:43	1.579	1.25	2.680
29	2016/09/09 11:02	0.498	1.88	3.560	79	2016/06/29 13:00	1.589	2.50	7.280
30	2016/06/27 09:00	0.551	2.50	7.320	80	2016/10/21 13:11	1.667	4.63	10.200
31	2016/06/27 12:00	0.553	1.80	5.160	81	2016/10/18 09:10	1.795	3.00	6.920
*32	2016/06/30 16:00	0.557	4.70	9.200	82	2016/10/21 13:36	1.871	3.75	5.520
33	2016/09/09 11:06	0.565	2.13	3.680	83	2016/10/21 13:59	1.982	4.25	9.520
34	2016/09/09 11:28	0.567	2.38	4.520	*84	2016/10/21 13:59	2.017	6.13	9.280
35	2016/09/09 11:07	0.574	2.25	4.360	85	2016/09/09 11:27	2.229	0.88	2.360
36	2016/09/09 11:24	0.587	1.88	3.880	86	2016/10/21 13:04	2.362	2.75	7.240
37	2016/10/14 09:03	0.594	3.13	3.920	87	2016/10/21 13:16	2.655	3.00	5.160
38	2016/10/18 09:02	0.631	3.50	3.680	88	2016/09/09 11:06	3.328	0.63	2.120
39	2016/10/14 09:03	0.647	3.25	5.320	89	2016/09/09 11:21	3.377	0.63	2.360
40	2016/10/14 09:00	0.647	3.13	4.840	90	2016/09/09 11:24	3.733	0.75	2.240
41	2016/10/14 09:55	0.698	2.25	4.400	91	2016/10/21 13:59	4.104	2.25	4.240
42	2016/09/09 11:25	0.720	1.63	2.840	92	2016/10/27 12:54	4.117	3.25	4.200
43	2016/10/18 09:00	0.732	3.25	4.880	93	2016/10/28 11:01	4.307	3.25	4.560
44	2016/10/14 09:01	0.738	4.63	4.600	94	2016/10/27 12:16	4.324	1.75	3.280
45	2016/09/09 11:06	0.762	2.50	4.120	95	2016/10/27 12:33	5.341	2.88	5.680
46	2016/09/09 11:50	0.765	2.13	4.440	96	2016/10/27 12:02	5.795	2.63	3.280
47	2016/10/14 09:49	0.889	3.25	6.000	97	2016/10/27 12:01	6.177	2.63	5.280
48	2016/06/20 15:00	0.894	2.20	5.800	98	2016/10/27 12:53	6.705	2.25	3.520
49	2016/10/14 09:01	0.917	3.50	6.920	99	2016/09/09 11:07	6.727	0.63	2.040
50	2016/10/14 09:56	0.929	2.75	5.920					

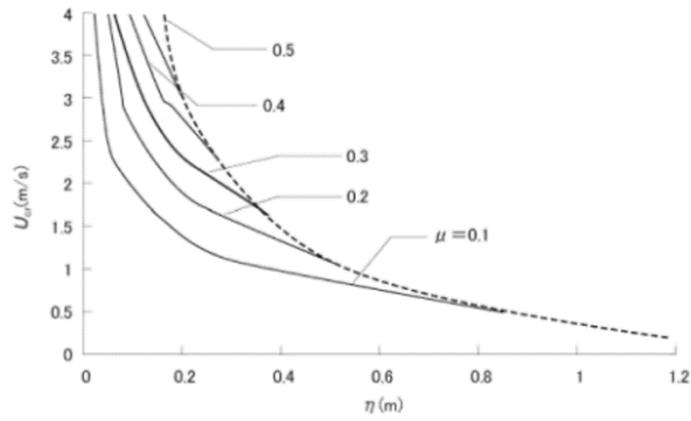


圖 4-18 海嘯實驗結果(Takahashi et al., 1992)

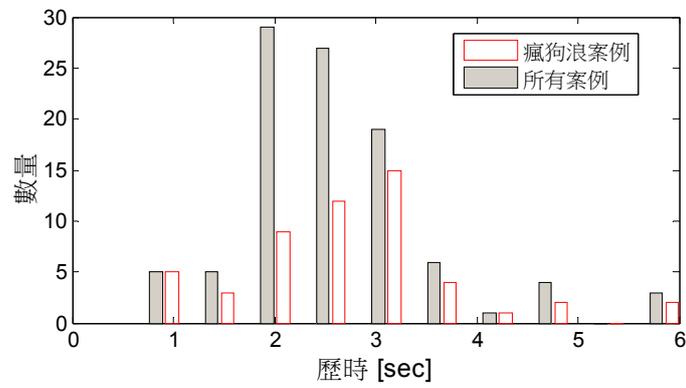


圖 4-19 瘋狗浪案例歷時統計結果

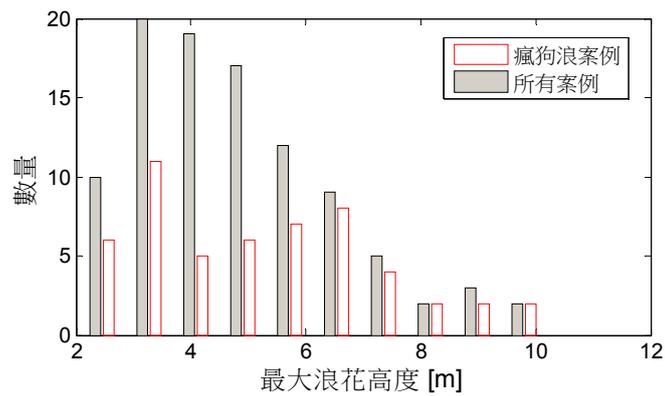


圖 4-20 瘋狗浪案例最大浪花高度分布

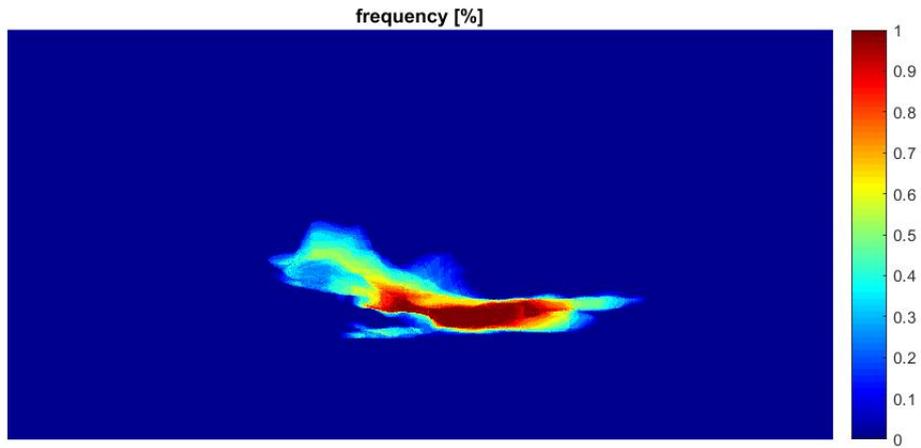


圖 4-21 瘋狗浪期間水花空間分布發生頻率 (6/3 15:42)

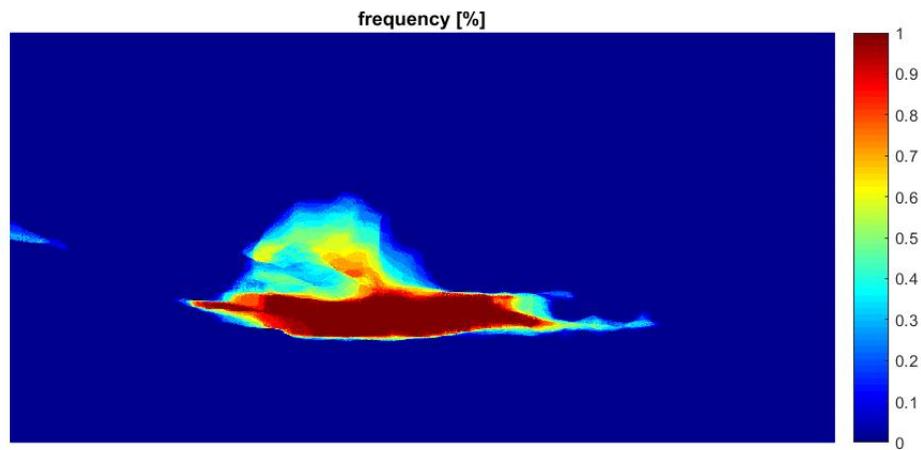


圖 4-22 瘋狗浪期間水花空間分布發生頻率 (7/6 9:21)

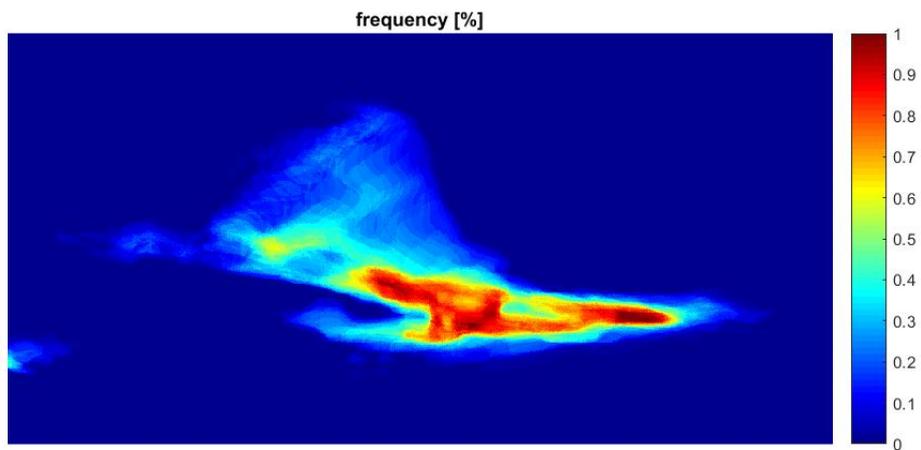


圖 4-23 瘋狗浪期間水花空間分布發生頻率 (8/1 13:34)

第五章 瘋狗浪與異常波浪資料庫

5-1 海岸瘋狗浪與海洋異常波浪災害事件蒐集

5-1-1 海岸瘋狗浪事件蒐集

目前海岸瘋狗浪預警系統的建置與驗證，皆仰賴於報載與政府機關報案之人員落海紀錄，研究團隊自 2000 年起，即開始著手相關案例的蒐集，每當事故發生時，本計畫團隊均會以電話或是現場訪問相關人員包含岸巡或消防相關單位，原則上該事件必須發生在岸邊(非船上)，且係非自身不小心緣故遭浪擊以至於落海者才會形成有效案件。因此本年度也持續蒐集浪擊人員落海事件，自去年 11 月底至今，共蒐集到 27 件海岸瘋狗浪襲人事件。清單如表 5-1。

統計從 2000 年至 2017 年 11 月，台灣地區共有 335 瘋狗浪事件發生，556 人遭浪擊落海，其中發生在東北角海岸的 3 縣市(基隆、新北市、宜蘭)共有 227 件，約占全部事件的 7 成左右(圖 5-1)。統計 2000 年至 2017 年 11 月間各月份瘋狗浪事件發生的次數與造成死傷人數(圖 5-2)，發現以 5 月份發生 9 件瘋狗浪事件數最低，9 月份則是瘋狗浪發生 88 件次數最多的月份。台灣東北角與北海岸近年來發生是件的數量逐漸遞減(圖 5-3)，但總體來說仍是瘋狗浪發生之好發區域(圖 5-4)。

表 5-1 本年度瘋狗浪襲人事件新增清單

事件編號	發生時間	發生地點	落海人數
1	2016/11/25 10:00	台中市梧棲區(台中港北堤)	0
2	2016/12/4 05:50	屏東縣琉球鄉(福漁港)	1
3	2016/12/20 13:00	花蓮縣秀林鄉(蘇花公路台 9 線清水斷崖)	2
4	2017/1/7 07:00	基隆市中山區(外木山附近海域)	1
5	2017/3/21 14:00	新北市貢寮區(龍洞佛祖崖)	1
6	2017/4/13 12:00	花蓮豐濱鄉(豐港橋附近)	1
7	2017/5/24 05:00	花蓮市壽豐鄉(花蓮溪出海口)	1
8	2017/6/3 00:00	台東縣台東市(海濱公園)	1
9	2017/6/7 13:00	新北市萬里區(下寮沙灘)	5
10	2017/6/13 17:00	高雄市旗津區(星光隧道海灘)	1
11	2017/6/17 09:30	宜蘭縣頭城鎮(大里與石城交界)	1
12	2017/6/23 09:50	宜蘭縣頭城鎮石城縣界	1
13	2017/7/6 04:00	宜蘭縣頭城鎮石城縣界	1
14	2017/7/16 16:00	台南市南區(黃金海岸)	4
15	2017/8/3 15:00	高雄市旗津區(旗津海灘)	7
16	2017/8/24 16:00	高雄市鼓山區(西子灣)	2
17	2017/9/3 11:00	桃園市大園區(竹圍漁港)	2
18	2017/9/14 19:00	基隆市中正區(八斗子漁港)	1
19	2017/9/14 14:00	宜蘭縣南澳鄉(朝陽漁港)	3
20	2017/9/17 09:00	基隆市中山區(基隆港綠燈塔外凸堤)	2
21	2017/9/17 16:05	花蓮縣豐濱鄉(石梯坪海岸)	2
22	2017/9/17 11:00	基隆市安樂區(大武崙外木山附近)	3
23	2017/9/17 10:30	屏東縣恆春鎮(龍磐公園岸)	4
24	2017/10/1 03:00	新北市貢寮龍洞攀岩場海域	3
25	2017/10/7 09:30	花蓮縣新城鄉(三棧溪出海口)	1
26	2017/10/16 11:00	臺東縣蘭嶼鄉(青青草原)	1
27	2017/10/22 06:00	新北市萬里區(野柳地質公園第 3 區情人洞一帶)	1
28	2017/10/24 16:00	宜蘭縣蘇澳鎮(東澳粉鳥林)	1
29	2017/10/26 23:30	新北市貢寮區(海公路 92 公里處岸際)	1
30	2017/11/19 09:30	新北市貢寮區(龍洞佛祖崖、鶯歌石)	3

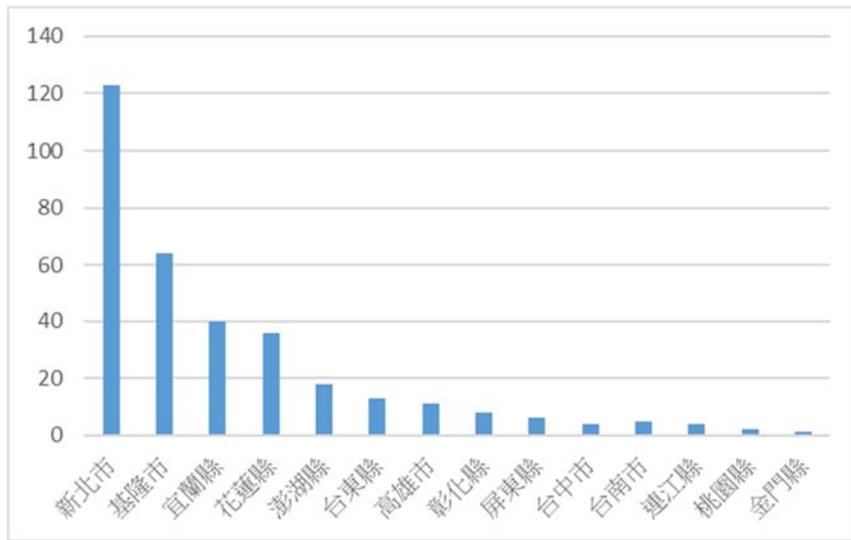


圖 5-1 2000 年-2017 年 11 月台灣各縣市發生落海事件統計

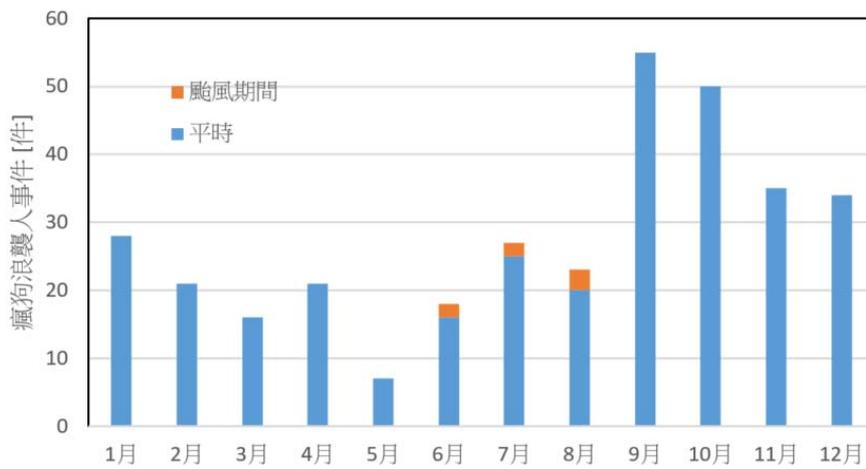


圖 5-2 2000 年-2017 年 11 月間台灣各月份發生落海事件統計

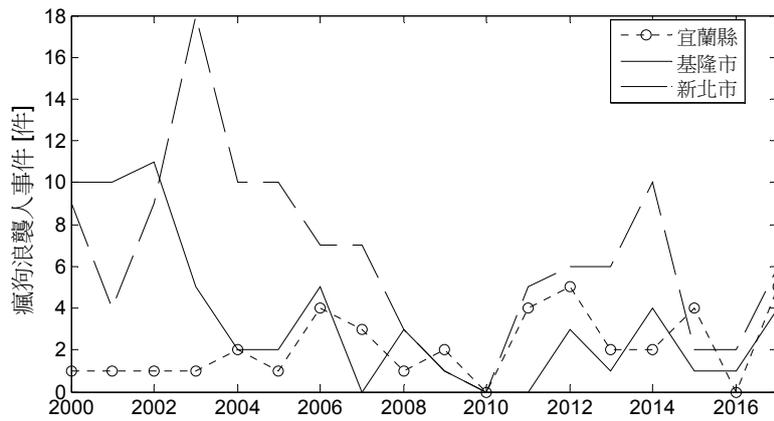


圖 5-3 北海岸三縣市歷年發生瘋狗浪襲人事件數

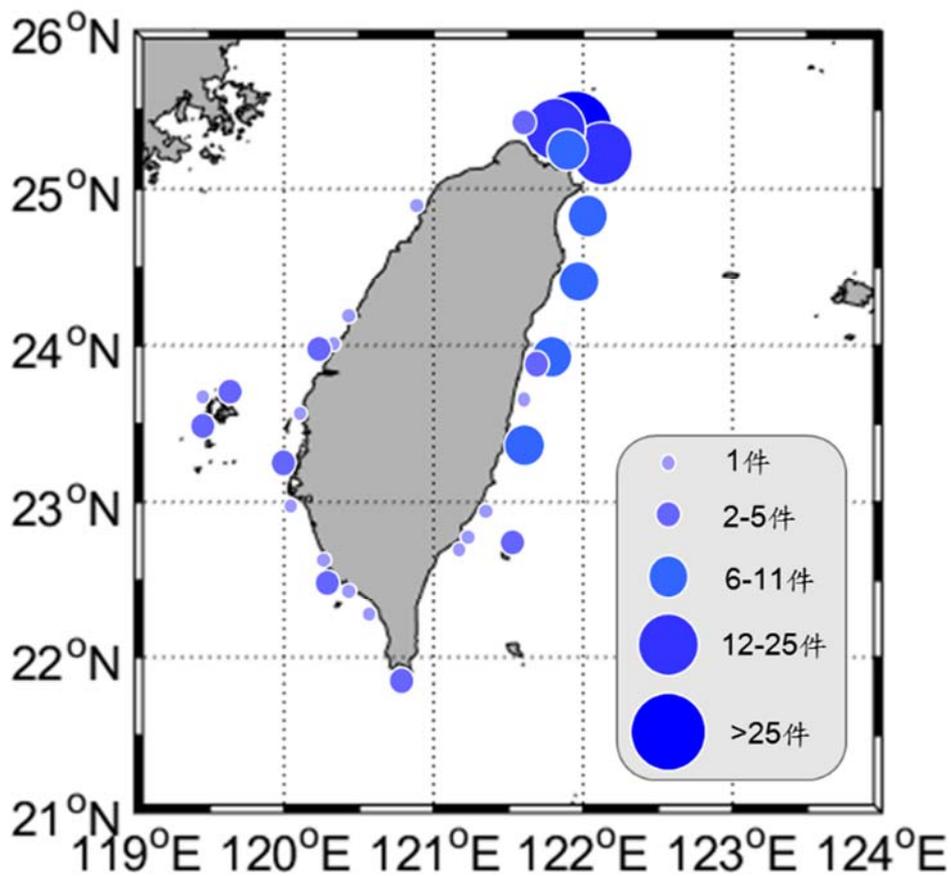


圖 5-4 台灣海岸發生瘋狗浪事件分布位置圖 (資料時間：2000 - 2017/10)

5-1-2 海洋異常波浪導致船難事件蒐集

在外洋異常波浪部分，本研究僅蒐集相關報告或報導中明確說明是因遭遇突然大浪而導致之船難事件，排除因人為、機件問題所造成之船難事件，本計畫蒐集竹筏、膠筏、舢舨、漁船及貨輪遭受大浪襲擊導致翻覆的報導事件，認定標準謹慎但從寬認定異常波浪造成之海難事件以增加分析資料庫。本年度截至期末報告繳交為止，共新增 7 件案例，如表 5-2 所示，累積前期計畫所蒐集者，自 2000 年迄 2017 年 11 月合計有 140 件。

船隻翻覆事件位置遍佈於台灣四周海域，也包含外島及離島範圍，翻覆位置大概在近岸到 6 海浬左右，但亦有 12 海浬、30 海浬、40 海浬以及在棉花嶼、彭佳嶼等較遠的地方翻覆，詳細位置分布如圖 5-5。過去 18 年來因異常海象造成之船難事件共造成 740 人落海，其中失蹤或死亡者有 333 人，其餘則是受傷或獲救，傷亡數據相當驚人，各月份發生的比率可見圖 5-6，其中十月份 18 件、十一月份 11 件、十二月份 19 件、一月份有 26 件發生次數居高，顯示這類的船難事件與季節因素仍有顯著的關係。而台灣每年夏、秋兩季平均都有三至四個颱風來襲，而颱風所帶來的強風與惡劣的海象也具有很高的威脅性，然而發生在颱風期間因異常波浪而翻船的事件比例並不高，若僅以發生在中央氣象局警報期間的異常波浪導致船難事件，則僅有 9 件，僅佔總發生件數的 7.2%，但若類似前述海岸瘋狗浪分析，採用比較廣義的颱風影響來分析，把這些災害事件發生時，2000 公里內有颱風者都視為與颱風有關的事件，則有 28 件，佔總事件比率也僅有 22.4%，這些比率都相對不高，可能與颱風期間或颱風前後大部分的海上作業均已有所警惕或已回港躲避有關，因此只要有適當的預警，還是可以有效地降低災難發生。

表 5-2 大浪導致船難事件新增清單

事件編號	發生時間	發生地點	落海人數
1	2016/12/9 21:00	新北市石門區(石門外海)	8
2	2017/1/26 21:00	新北市(釣魚台外海)	16
3	2017/5/21 下午	在金門往馬公航行途中(離金門大約 15、16 海浬)	4
4	2017/8/3 16:00	基隆市中正區(望海巷灣)	4
5	2017/8/9 14:00	基隆市(澎佳嶼外海)	1
6	2017/10/26 21:01	金門縣烈嶼鄉(羅厝漁港)	1
7	2017/10/27 05:00	台東縣成功鎮(三仙台海域)	4

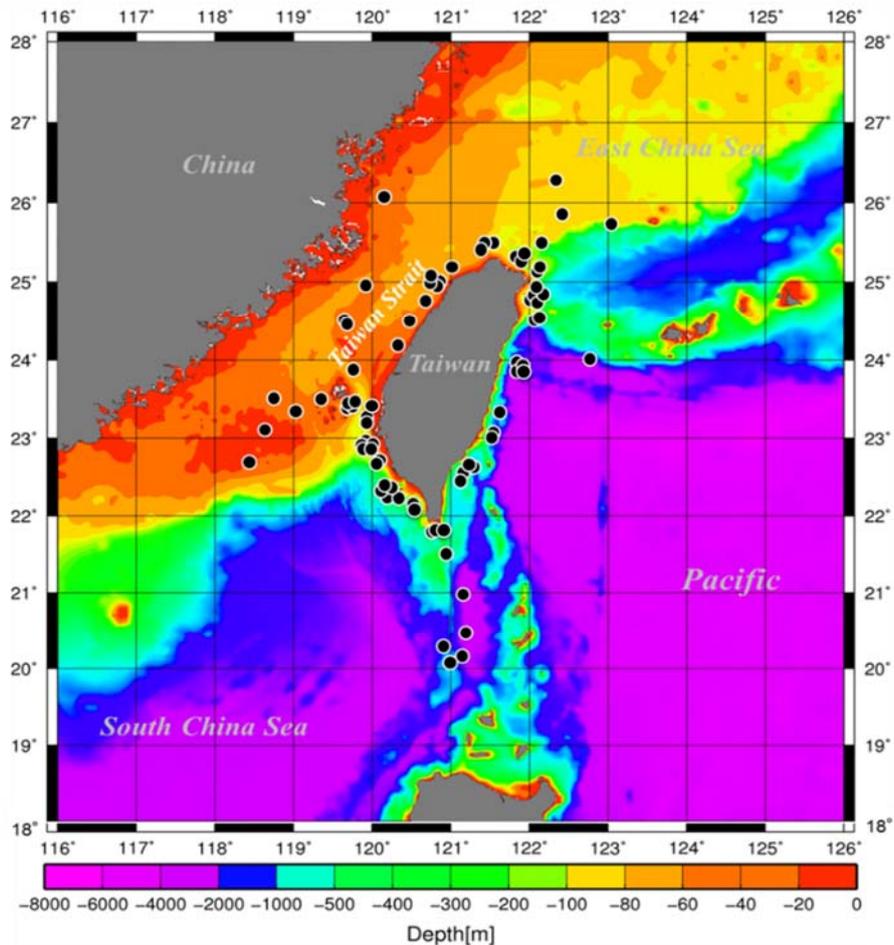


圖 5-5 台灣鄰近海域發生因異常波浪造成船難事件之位置圖

(資料時間：2000 - 2017/11)

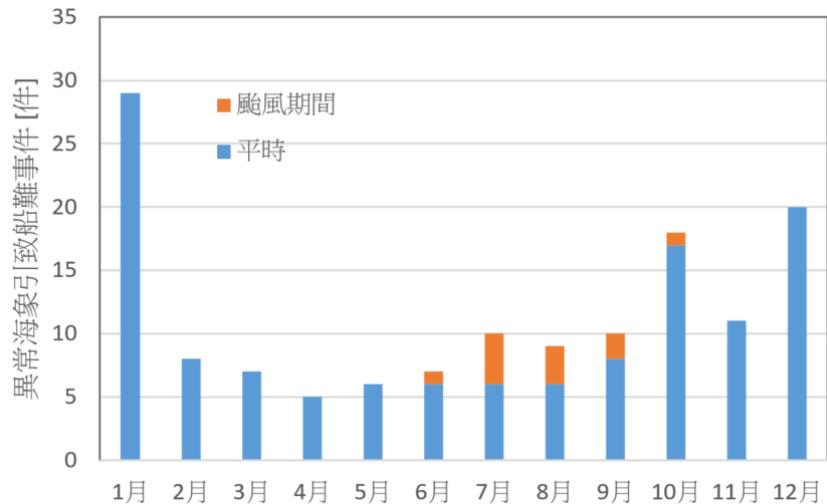


圖 5-6 異常海象導致船難事件月份分布圖

5-2 現場實測海洋異常波浪探勘

5-2-1 異常波浪分析方法與分析資料

本研究分析實測波浪資料，藉此了解台灣周圍海域異常波浪的發生情形，分析方法將採用前期研究成果，選用目前被廣泛使用的異常指數(Abnormal Index, AI)。Sand et al. (1990) 指出，當某一個波高大於示性波高兩倍以上者，此波即稱為異常波浪，假設在一次觀測中出現一個異常波浪，則該異常波浪必為最大波高。Kharif et al. (2009) 也提出相同的定義，並稱之為異常指數，作為判斷異常波浪之依據，式中 H 表示波浪波高，也就是說 $AI \geq 2$ ，該波浪即為異常波浪。AI 也是目前國際上最常使用的異常波浪定義，根據此定義，異常波浪僅是相對於當時海況較大的波浪，這並非說明此異常波浪必定是大波浪，在風平浪靜時，也有可能 50 公分高的波浪就滿足了前述異常波浪的定義，但這類型波高小的異常波浪即使瞬間發生，其威脅性也不大，大部分的海上運行船隻都可以承受，真正會造成危害的異常波浪通常是數公尺以上的大波，在發生的瞬間，即便是大型貨輪或遊輪也可能遭受損壞。根據前期計畫蒐集船難事件發生時之海象資料，有 70% 的船難都發生在示性波高 1 公尺以上，因此本計畫除採用廣泛的異常波浪條件 $AI \geq 2.0$ 外，

再增加示性波高超過 1 公尺(即異常波浪波高超過 2 公尺)之條件，符合這兩條件之異常波浪稱之為危險異常波浪(Dangerous freak wave, DFW)，本研究後文分析所稱之異常波浪均屬危險異常波浪。

本研究分析之水位資料係由資料浮標所記錄之加速度資料轉換而得，資料浮標量測波浪的方法為藉由浮標隨著表面波浪的運動，紀錄浮標體的三軸加速度、俯仰(Pitch)和翻滾(Roll)等傾角，透過方向波譜(Directional spectrum)理論獲得波浪能譜，再積分求得波高、週期等波浪參數。本研究分析異常波浪的水位變化資料係由前述的加速度資料轉換獲得(Lee et al., 2011; Wu et al., 2010)，得到之水位變化資料可以零切法(zero crossing) 得到個別波浪，先前的研究也已證明以零上切法或零下切法進行異常波浪統計分析，對長期的統計結果影響並不大。

本研究分析對象為中央氣象局設置於台灣環島海域的資料浮標實測波浪資料，中央氣象局於 1997 年正式開始第一個作業化資料浮標的運作，至 2016 年為止，目前運作中之資料浮標已遍布四周台灣海域，包括近岸浮標(如花蓮、新竹、龍洞、龜山島、鵝鑾鼻、七股、富貴角等浮標)、離島海域(如金門、馬祖、澎湖和七美浮標)與深海海域(台東外洋與東沙島浮標)。本年度預計更新異常波浪案例資料庫至 2016 年底，本年度已完成了 16 個浮標測站與 1 個波浪站的分析，完成分析之測站位置與資料筆數如圖 5-7 與表 5-3 所示，浮標資料選取時間均自設站開始迄 2016 年底為止。

表 5-3 本計畫資料分析之測站

測站	水深 (公尺)	資料期間	觀測筆數	原始資料 回傳筆數	品管後有效之 資料筆數
龍洞浮標	30	1998-2016	142059	116150	111180
新竹浮標	17	1997-2016	130008	122069	108372
花蓮浮標	21	1997-2016	155103	130079	113060
小琉球浮標	82	2003-2016	107261	104777	101179
台東外洋浮標	5600	2006, 2008, 2009-2016	31643	22072	19591
馬祖浮標	58	2010-2016	51242	47323	44830
東沙浮標	2600	2010-2016	54688	49600	48898
富貴角浮標	31	2015-2016	7617	7155	7141
澎湖浮標	27	2006-2016	75887	74664	73760
台東浮標	30	2010-2016	43327	40328	40886
蘇澳浮標	20	1999-2016	104349	84781	89260
鵝鑾鼻浮標	40	2000-2016	106949	89174	84192
彌陀浮標	23	2012-2016	36127	32318	29270
七股浮標	18	2006-2016	71691	52148	50356
澎湖浮標	27	2006-2016	64887	63950	67019
金門浮標	25	2000-2016	109178	81304	82618
東吉島波浪站	40	2013/5- 2017/7	42050	42050	41105

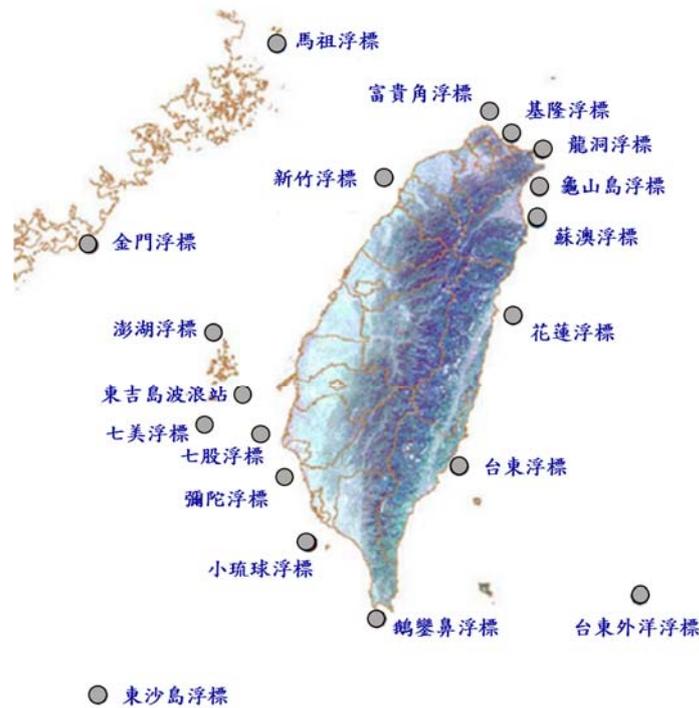


圖 5-7 本研究使用波浪測站位置圖

5-2-2 異常波浪探勘與案例統計分析結果

本計畫完成之 17 個測站 2016 年資料，分析探勘所得之危險異常波浪計有 1421 筆，累計已有 9486 個案例，各測站異常波浪發生機率分析結果如表 5-4，危險異常波浪發生機率介於 4.20×10^{-5} ~ 17.5×10^{-5} ，結果顯示測站所處的水域不同，受到天氣、地形等因素是影響發生機率不同的可能原因。隨著水深越深、愈外海，波浪的生成演化較不受限制，危險異常波浪發生的機率越大，危險異常波浪發生機率最高的發生在富貴角浮標達 17.5×10^{-5} ，也就是說平均每 5700 個波就包含一個具災害性的危險異常波浪，以浮標每 10 分鐘約可量測 80 個波來計算，平均一天內至少會出現 2 個危險異常波浪，然而富貴角浮標是 2015 年設置，資料長度至 2016 年底僅有約 18 個月，其統計結果之不確定性仍大。此外，本文探討颱風期間異常波浪發生機率，定義颱風期間為颱風中心與資料浮標之間的距離小於一

倍七級暴風半徑的期間，統計颱風期間危險異常波浪發生機率，如表 5-4 所示，發現颱風期間發生異常波浪的機率約為非颱風期間之 1.4 倍至 7.3 倍不等，顯示在颱風期間，除了惡劣的海象以外，突發性的大浪亦時常發生，對海上的船隻的危害相當地大。圖 5-8 顯示危險異常波浪發生月份分布圖，結果顯示大部分測站在 11 月-1 月間發生危險異常波浪的機率超過 40%，但小琉球測站之危險異常波浪則好發於夏季，冬季較多案例發生可以歸納是受到冬季東北季風影響所致，夏季案例則可能和西南季風有關，整體的分析結果可以歸納，劇烈天氣系統(如鋒面、颱風)確實增加了危險異常波浪的發生。依個別測站進行異常波浪波高統計分析，如圖 5-9 所示，分析結果顯示，近海浮標中觀測得危險異常波浪的浪高主要分布在 2~4 公尺之間，約占 60%-85%不等，4 公尺以上的危險異常波浪發生次數較少，而在外海測站的分析結果中發現，相對較大的危險異常波浪所占比例較大，4 公尺以上的危險異常波浪約佔有一半以上。

表 5-4 危險異常波浪分析結果

測站名稱		新竹	龍洞	花蓮	小琉球	台東外洋	東沙	馬祖	澎湖	富貴角
資料時間		1997-2016	1998-2016	1997-2016	2003-2016	2006,2008, 2009-2016	2010-2016	2010-2016	2006-2016	2015-2016
記錄筆數		108372	111180	113060	101179	19591	48898	44830	73760	7141
所有 期 間	總波浪數	11366973	9737123	9563164	10012870	1615599	4230385	7356915	4306712	649333
	危險異常波浪個數	770	775	713	421	218	511	730	524	114
	危險異常波浪發生 機率	6.77×10^{-5}	7.95×10^{-5}	7.45×10^{-5}	4.20×10^{-5}	13.5×10^{-5}	12.0×10^{-5}	9.92×10^{-5}	12.1×10^{-5}	17.5×10^{-5}
僅 颶 風 期 間	颶風期間總波浪數	106694	83967	104720	22914	20730	23857	61906	18195	--
	危險異常波浪個數	22	22	11	7	9	4	7	9	--
	危險異常波浪發生 機率	20.6×10^{-5}	26.2×10^{-5}	10.5×10^{-5}	30.5×10^{-5}	43.4×10^{-5}	16.7×10^{-5}	11.3×10^{-5}	49.4×10^{-5}	--
僅 非 颶 風 期 間	非颶風期間總波浪數	11260279	9653156	9458444	9989956	1594869	4206528	7295009	4288517	--
	危險異常波浪個數	748	753	702	414	209	507	723	515	--
	危險異常波浪發生 機率	6.64×10^{-5}	7.80×10^{-5}	7.42×10^{-5}	4.14×10^{-5}	13.1×10^{-5}	12.0×10^{-5}	9.91×10^{-5}	12.0×10^{-5}	--
颶風與非颶風期間危險 異常波浪發生機率比值		3.1	3.3	1.4	7.3	3.3	1.4	1.4	3.5	--

表 5-4 危險異常波浪分析結果(續)

測站名稱		龜山島	七股	蘇澳	東吉島波浪站	台東	金門	馬祖	鵝鑾鼻
資料時間		2002-2016	2006-2016	1999-2016	2013/05-2016/10	2010-2016	2000-2016	2010-2016	2002-2016
記錄筆數		83499	51836	89260	41105	40886	82618	44830	84192
所有期間	總波浪數	5444822	7494281	15759873	3309427	8282250	4230385	7569248	7356915
	危險異常波浪個數	489	598	1248	356	538	511	383	730
	危險異常波浪發生機率	8.98×10^{-5}	7.97×10^{-5}	7.91×10^{-5}	10.7×10^{-5}	6.49×10^{-5}	12.0×10^{-5}	5.05×10^{-5}	9.92×10^{-5}
僅颱風期間	颱風期間總波浪數	41685	76279	24497	24998	39069	23857	60715	61906
	危險異常波浪個數	21	14	2	4	8	4	10	7
	危險異常波浪發生機率	50.3×10^{-5}	18.7×10^{-5}	8.15×10^{-5}	16.0×10^{-5}	20.4×10^{-5}	16.7×10^{-5}	16.4×10^{-5}	11.3×10^{-5}
僅非颱風期間	非颱風期間總波浪數	5275008	7188991	10590637	2552596	7387252	4206528	6740111	7295009
	危險異常波浪個數	456	564	796	281	473	507	348	723
	危險異常波浪發生機率	8.64×10^{-5}	7.84×10^{-5}	7.51×10^{-5}	11.0×10^{-5}	6.40×10^{-5}	12.0×10^{-5}	5.16×10^{-5}	9.91×10^{-5}
颱風與非颱風期間危險異常波浪發生機率比值		5.6	2.3	1.0	1.5	3.1	1.4	3.2	1.1

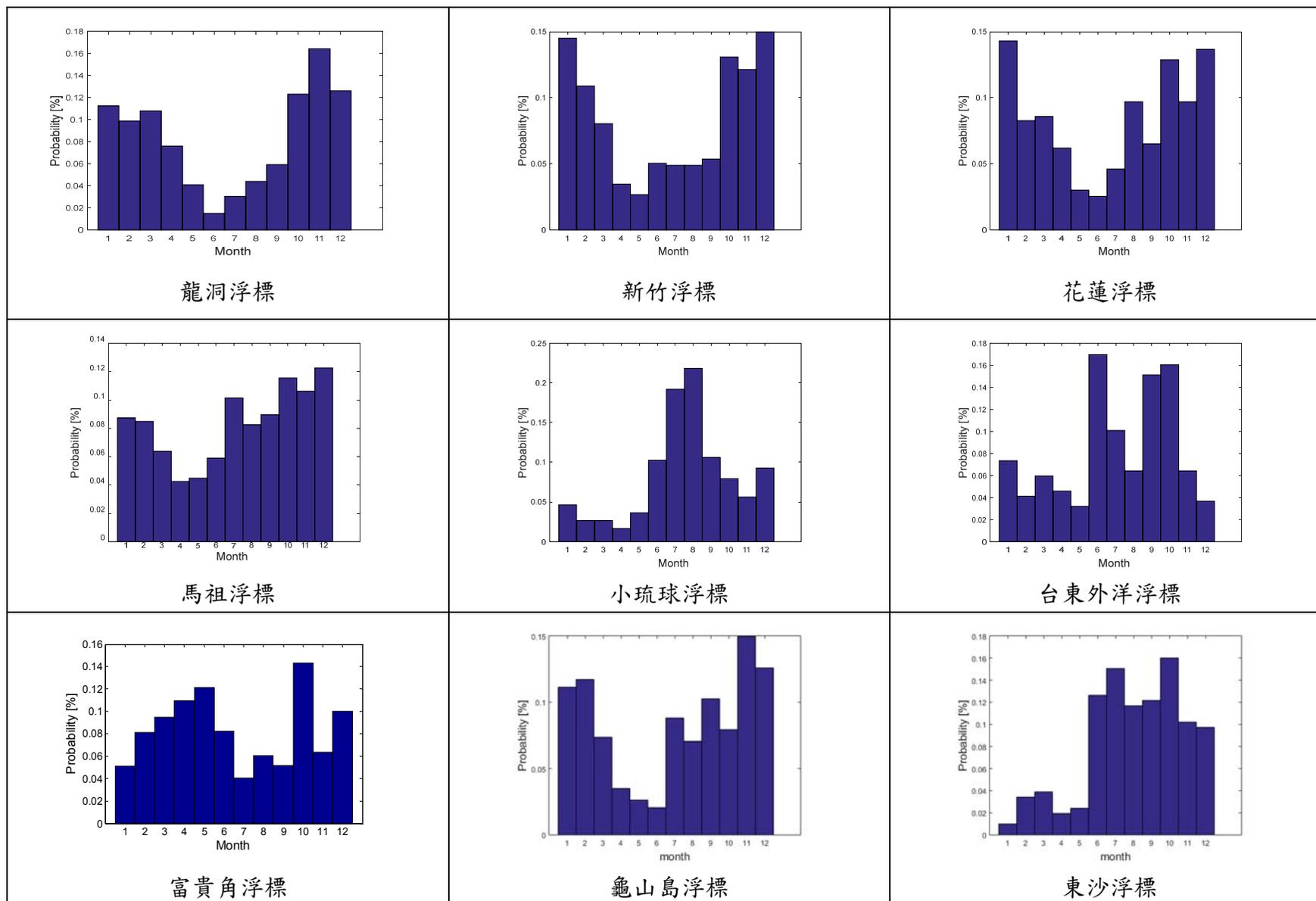


圖 5-8 危險異常波浪發生月分分布

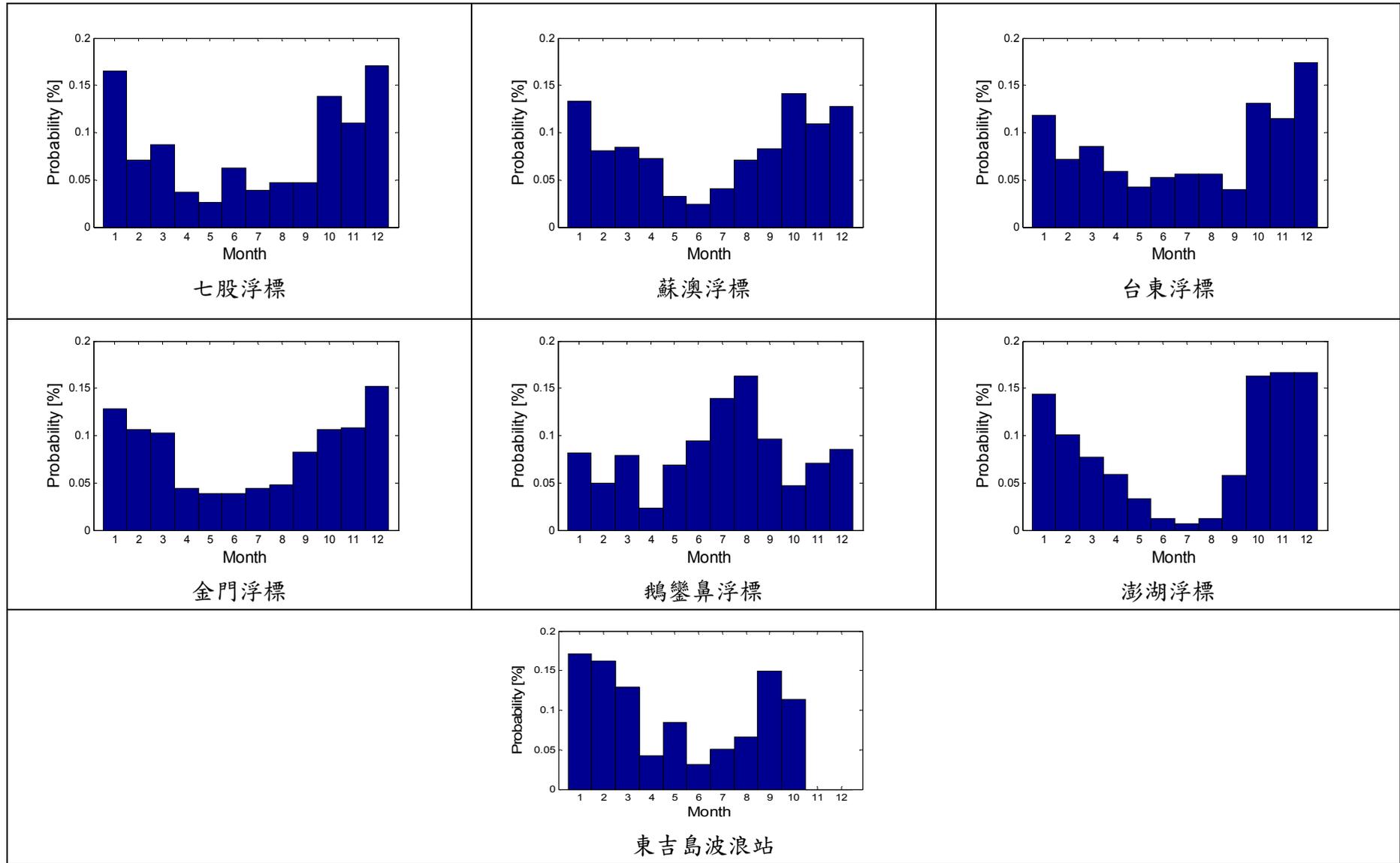


圖 5-8 危險異常波浪發生月分分布 (續)

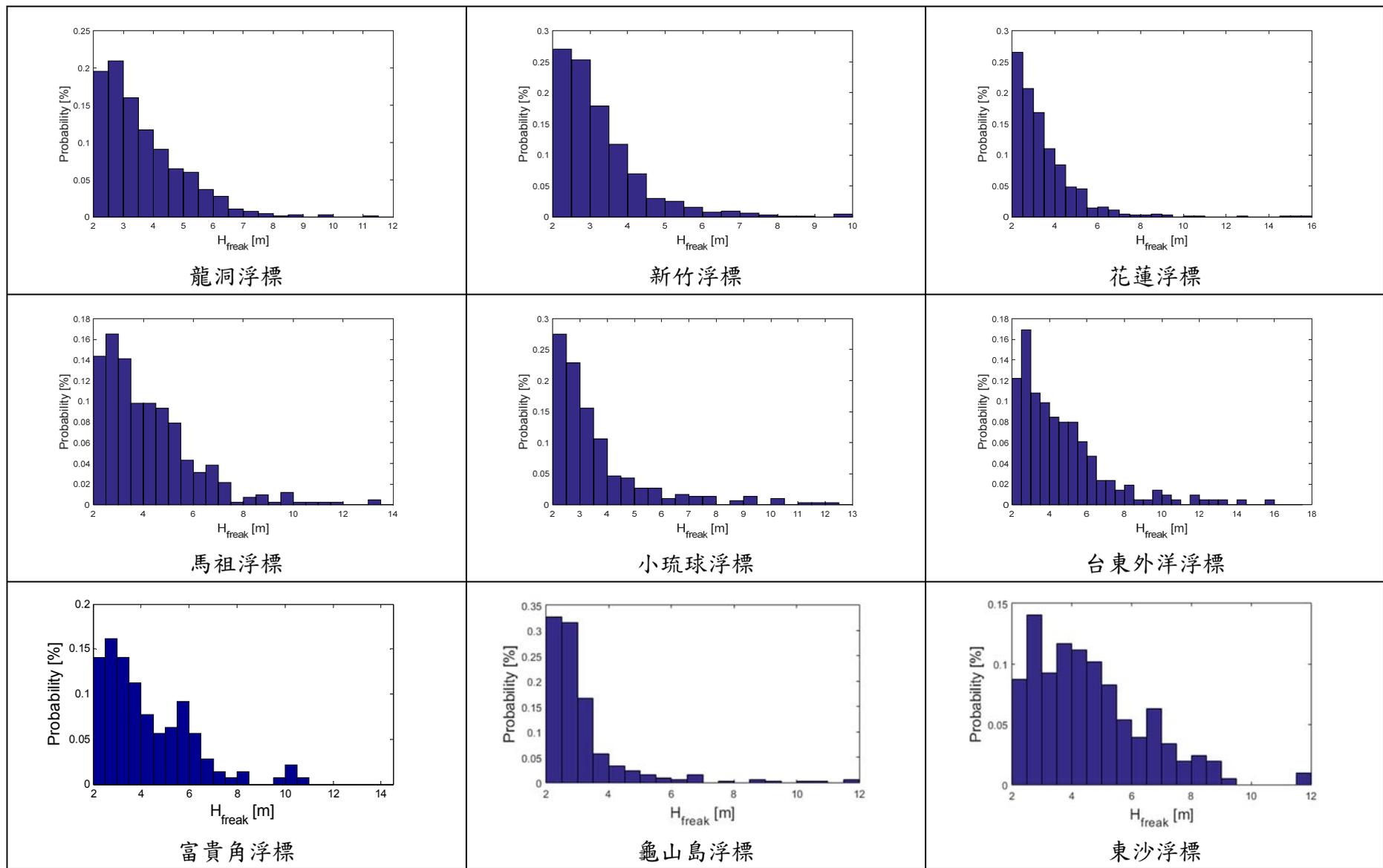


圖 5-9 危險異常波浪波高分布

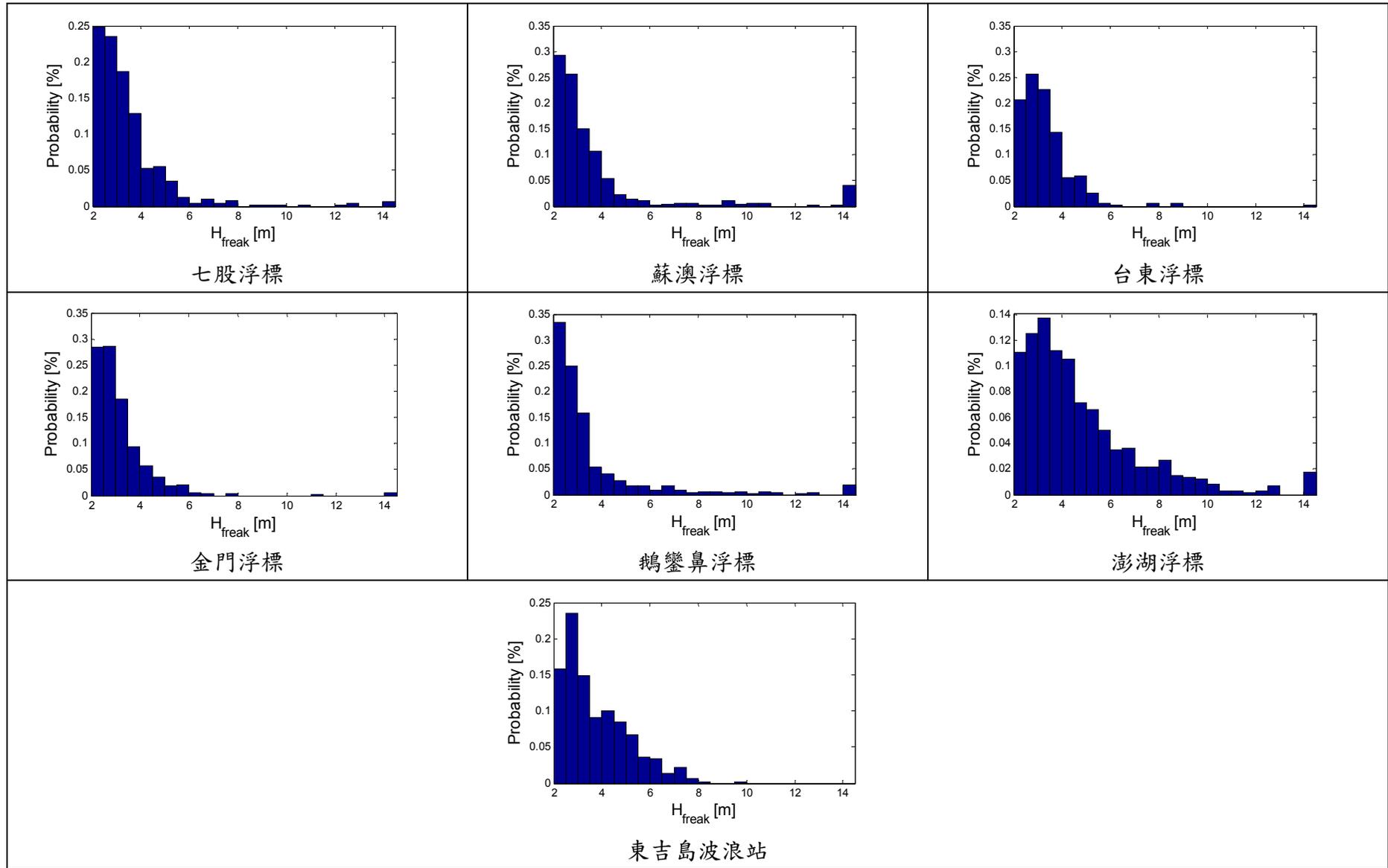


圖 5-9 危險異常波浪波高分布 (續)

第六章 現行作業化預警系統運作情況

前年計畫中已針對海岸瘋狗浪預警系統與海洋異常波浪預警系統之預警能力進行改良，在海洋異常波浪的部分，針對機率預測的誤差，提出一符合台灣海域之回歸式，對預測理論進行修正；而在海岸瘋狗浪預警系統的部分，提出一新的方法，將原先定率的預警(風險高或低)提升為機率預警。本年度將兩系統更新上線運作，並針對兩系統各新增一展示介面，以方便未來使用上之便利性。

6-1 第二代預警系統簡介

6-1-1 海岸瘋狗浪預警系統

海岸瘋狗浪預警系統分別使用了群集分析演算法與類神經網路演算法，兩種方法皆得到不錯的驗證結果，皆具有相當可靠的瘋狗浪預警能力，因此本研究在建置第二代瘋狗浪預警系統時，以兩種方法同時執行，並互為備援模式之概念。目前針對已完成建置與訓練之龍洞瘋狗浪預警子系統(Lon-Dog)進行建置。

在群集分析演算法的部分，本研究建置第二代海岸瘋狗浪預警系統雛型與第一代預警系統一樣，使用了兩種類別資料作為建置預警系統之輸入因子，分別實測資料與模式資料，實測資料來自於中央氣象局龍洞資料浮標的觀測資料，模式資料則是中央氣象局 NOAA WAVEWATCH III (NWW III)波浪模式的產出。龍洞測站觀測項目包含風速、風向、波高、週期與氣壓等；而 NWW III 波浪模式產出則包含了風速、風向及示性波高等。第二代的預警系統分別採用上述兩種資料建置了兩個模式，第一個模式是同時使用了龍洞觀測資料以及 NWW III 模式資料，根據先前的研究，此模式的預警成效最佳，為主模式；而第二個模式則是僅使用了 NWW III 模式資料，可作為備援模式。

前期研究的成果顯示，預警時間 12 小時的第一個模式(主模式)的輸入因子有五個，包含了(1)前 6 小時內示性波高的平均值；(2)前 6 小時內示性波高的最大值；(3)前 12 小時在 0°方向的 NWWIII 平均風速分量；(4)前 12 小時在 45°方向的 NWWIII 平均風速分量；(5)前 6 小時內尖峰週期的最大值。預警時間 24 小時的第一個模式(主模式)的輸入因子有六個，包含了(1)前 6 小時內示性波高的平均值；(2)前 6 小時內示性波高的最大值；(3)前 12 小時在 0°方向的 NWWIII 平均風速分量；(4)前 6 小時內尖峰周期的平均值；(5)前 6 小時內尖峰周期的最大值；(6)前 12 小時在 45°方向的平均風速分量。

至於預警時間 12 小時的第二個模式(備援模式)的輸入因子有五個，包含(1)當時風向；(2)前 12 小時平均風速；(3)前 12 小時在 0°方向的平均風速分量；(4)前 6 小時在 0°方向的平均風速分量；(5)前 12 小時在 45°方向的平均風速分量。預警時間 24 小時的第二個模式(備援模式)的輸入因子亦有五個，包含(1)當時風向；(2)前 6 小時在 0°方向的平均風速分量；(3)前 12 小時在 0°方向的平均風速分量；(4)前 6 小時在 45°方向的平均風速分量；(5)前 12 小時在 0°方向的平均風速分量。

第二代海岸瘋狗浪預警系統平時運作係執行第一個模式(主模式)，當龍洞浮標觀測資料有異無法即時傳入運作工作站時，則改執行第二個模式。在運作流程上，搭配中央氣象局 NWW III 波浪模式運作時程，海岸瘋狗浪預警系統目前每天運作四次，如圖 6-1 所示，分別於 CST 07:00、13:00、19:00、01:00 自動執行，預警系統將輸出該時段可能發生落海機率，當可能落海機率高於 70%時，代表可能發生瘋狗浪擊落海事件的風險較高。

在類神經網路演算法建置的部分與群集分析法相同，分別建置僅使用實測資料之模式，與使用波浪模式為輸入之第二個模式，輸入之時測資料為龍洞浮標之波譜資料與天氣觀測資料，從波譜資料中可計算出波浪統計資料，如波高、尖峰

週期等等，同時也可算出波譜參數，如 BFI 等；若無實測資料，則改為輸入波浪模式資料，所需要之資料同樣可以從模式輸出波譜資料計算所得。

本年度將兩方法整合在同一個展示介面上呈現結果，展示介面如圖 6-2。展示介面上呈現最新一次 4 個時間之瘋狗浪發生機率值，為了避免判讀人員之困擾，此系統將兩個模式輸出之機率值進行平均，只輸出一種結果，增加人員判讀的效率。輸出的機率若為高風險(>70%)則呈現為紅色，中度風險(50%-70%)為黃色，低風險(<50%)則為綠色。同時在介面下方輸出過去一天系統預警執行結果之歷程，也可相互比較或作為進一步預報之參考資訊。

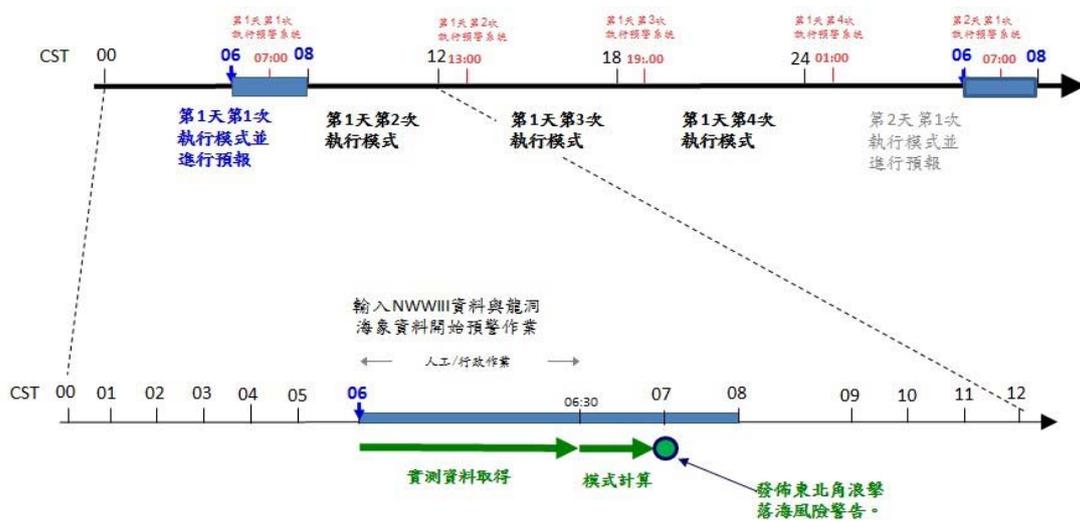


圖 6-1 第二代海岸瘋狗浪預警作業時程示意圖

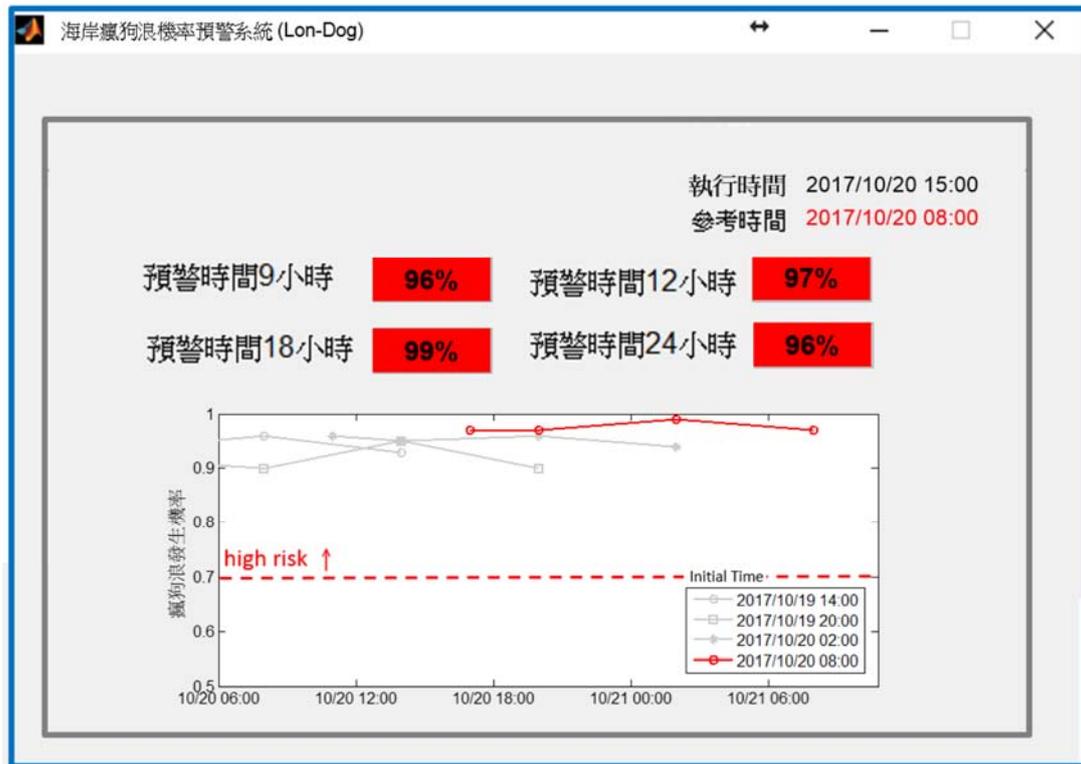


圖 6-2 第二代海岸瘋狗浪機率預警系統展示介面

6-1-2 海洋異常波浪預警系統

異常波浪指的是海上突然出現的一個大波，突然出現也消失得很快，對於海上航行的船隻而言，具有很大的威脅性。本研究團隊於前期研究中，協助中央氣象局建置了一套「海洋異常波浪預警系統雛形(Warning System for Oceanic Freak Waves)」(中央氣象局，2015)。這個已建立的第一代海洋異常波浪預警系統已經是一個機率預警系統，其建置的理論根據係參考國外學者(Mori and Janssen, 2006; Mori et al., 2011)研究成果，透過非線性波理論，推導出異常波浪機率估算式。然而異常波浪發生機率估算式的推導過程，使用了線性波理論之假設波浪的 0 次矩為 4 倍的水位均方根，此假設與實測資料之情況有落差，是可能的誤差來源。在前期計畫中也針對此誤差進行討論，並提出一符合台灣海域波浪特性之關係式，

用以修正異常波浪發生機率估算式，驗證結果顯示，新的關係式可以有效地降低異常波浪機率估算之誤差。此關係式已於期中前應用應用在預警系統上。

本計畫也針對異常波浪機率預警系統建置一成果展示介面(如圖 6-3)，展示介面包含分析場、預警時間 24 小時、預警時間 36 小時與預警時間 48 小時之異常波浪發生機率圖，機率預警範圍由東經 112-132 度，北緯 15-40 度。同時針對漁業氣象之海域區分，分別計算各海域內最大異常波浪發生機率，四個預警時間之預測結果分別呈現，若發生機率大於 50%則以橘色呈現表示為高風險時刻，小於 30%則以綠色呈現，表示該海域之異常波浪發生為低風險，介於中間則以黃色呈現，表示為中風險的情形。

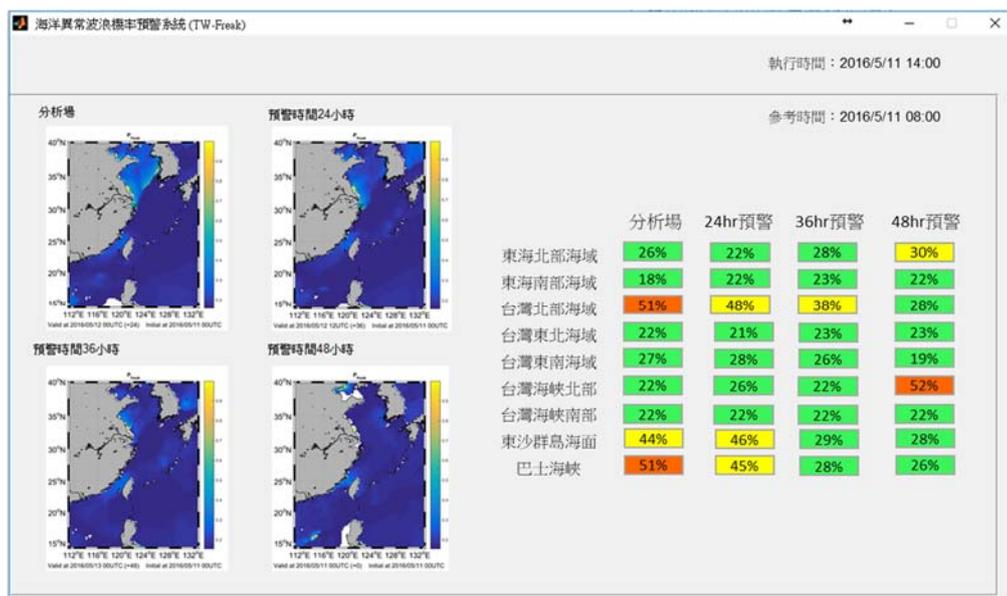


圖 6-3 第二代海洋異常波浪機率預警系統展示介面

6-2 運作情形與結果

海洋異常波浪機率預測系統自 2017 年 3 月 17 日更新為 2 代機率預測系統，至 6 月 6 日為止共執行 628 次(每天執行 4 次)，全數執行成功。海洋異常波浪機

率預測系統自 2017 年 1 月 1 日至 11 月 27 日為止共執行 628 次(每天執行 4 次), 其中成功執行 1320 次, 失敗 141 次。表 6-1、6-2、6-3 及 6-4 為 2017 年 1 月 1 日至 11 月 26 日為止, 第二代海岸瘋狗浪系統 9 小時、12 小時、18 小時及 24 小時機率預警各月份可能落海機率分布。由從系統運行的結果顯示, 冬季 1、2 月時, 可能落海機率達 70%以上時比例約佔 50%至 70%, 在 3 月之後, 可能落海機率 70%以上的比例降低至 46%左右, 此結果顯示當冬季當天氣系統影響至台灣周遭海域, 如鋒面或大陸冷高壓通過時, 海況較差, 海岸瘋狗浪發生機率也會較大。

表 6-1 第二代海岸瘋狗浪模式 9 小時機率預警各月份可能落海機率分布

機率區間 月份	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	總計
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
2017 年 1 月				7			64		53	124
2017 年 2 月				6	4	8	36	16	40	110
2017 年 3 月				4	12	6	42	5	55	124
2017 年 4 月		1	6		19	3	8	5	78	120
2017 年 5 月		10	12		68	18	10	2		120
2017 年 6 月		61	16		20	8	6	5		116
2017 年 7 月		51	17	8	9	3	2	4	2	96
2017 年 8 月	2	41	10	1	31	7	8			100
2017 年 9 月		21	15	4	10	2	5	8	15	80
2017 年 10 月			1		7	7	10	26	46	97
2017 年 11 月 26 日					5	14	21	26	26	92
總計	2	185	77	30	185	76	212	97	315	1179

表 6-2 第二代海岸瘋狗浪模式 12 小時機率預警各月份可能落海機率分布

機率區間 月份	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	總計
	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
2017 年 1 月					28	44	3	36	13	124
2017 年 2 月				4	11	38	8	33	16	110
2017 年 3 月				8	15	36	19	16	30	124
2017 年 4 月		1	6		19	3	8	5	78	120
2017 年 5 月		10	12		68	18	10	2		120
2017 年 6 月		61	16		20	8	6	4	1	116
2017 年 7 月	3	48	17	15	2	3	2	4	2	96
2017 年 8 月	1	42	11	23	8	12	3			100
2017 年 9 月		21	15	13	1	6	5	10	9	80
2017 年 10 月			1	6	1	11	8	24	46	97
2017 年 11 月 26 日				1	5	23	19	17	27	92
總計	4	183	78	70	178	202	91	151	222	1179

表 6-3 第二代海岸瘋狗浪模式 18 小時機率預警各月份可能落海機率分布

機率區間 月份	0.1 - 0.2	0.2 - 0.3	0.3 - 0.4	0.4 - 0.5	0.5 - 0.6	0.6 - 0.7	0.7 - 0.8	0.8 - 0.9	0.9 - 1	總計
2017 年 1 月					28	44	1	38	13	124
2017 年 2 月				5	13	33	7	34	18	110
2017 年 3 月					21	37	6	26	34	124
2017 年 4 月			1	1	18	8	8	9	75	120
2017 年 5 月			2	13	43	49	8	5		120
2017 年 6 月				28	46	32	8	2		116
2017 年 7 月		1	30	31	23	7	2	2		96
2017 年 8 月			9	23	42	23	3			100
2017 年 9 月			7	13	21	17	13	7	2	80
2017 年 10 月			1	3	14	3	3	23	50	97
2017 年 11 月 26 日					12	12	14	25	29	92
總計	0	1	50	117	281	265	73	171	221	1179

表 6-4 第二代海岸瘋狗浪模式 24 小時機率預警各月份可能落海機率分布

機率區間 月份	0.1 - 0.2	0.2 - 0.3	0.3 - 0.4	0.4 - 0.5	0.5 - 0.6	0.6 - 0.7	0.7 - 0.8	0.8 - 0.9	0.9 - 1	總計
2017 年 1 月				1	19	35	19	37	13	124
2017 年 2 月				1	11	25	24	32	17	110
2017 年 3 月					18	27	30	45	4	124
2017 年 4 月			1	9	13	3	11	80	3	120
2017 年 5 月			11	16	47	17	27	2		120
2017 年 6 月		5	52	20	14	6	14	3	2	116
2017 年 7 月		5	48	16	16	2	2	5	2	96
2017 年 8 月	2	9	34	9	23	18	3	2		100
2017 年 9 月		1	21	15	12	4	4	6	17	80
2017 年 10 月				1	6	11	7	27	45	97
2017 年 11 月 26 日					1	19	26	24	22	92
總計	2	20	167	88	180	167	167	263	125	1179

第七章 結論與建議

7-1 結論

本計畫目的旨在研究並建立危險波浪預警系統，主要的產品包含有「海洋異常波浪機率預警系統」以及「海岸瘋狗浪機率預警系統」兩個子系統。本年度研究與往年最大的改進是已將前述系統提昇為具有機率預警功能，提供災害性海象發生機率訊息。

在海岸瘋狗浪機率預測子系統提昇部分，已將前期使用群集分析方法建置的預測模式的預警時間增加了 9 和 18 小時，驗證結果反查率可達到 9 成以上，對瘋狗浪的發生居有很高的掌握度，目前共可預警 9、12、18、24 小時內海岸瘋狗浪可能發生機率，另外，去年度才加入的類神經瘋狗浪機率預測模式也已新增完成三種不同模式輸入資料(僅即時觀測資料、即時觀測資料結合模式預測資料、僅模式預測資料)之探討，評估結果顯示，僅使用即時浮標觀測資料具有最佳預測結果，驗證結果正確率達八成以上，使用即時觀測資料結合模式預測資料驗證結果次佳，正確率約為八成。利用類神經網路建置的海岸瘋狗浪預測模式也已經完成了 9、12、18 和 24 小時的子模式建立。本文以相同事件比較群集分析和類神經網路兩種模式，結果顯示兩個模式在所設定的三個指標顯示正確預測得結果均超過七成，兩個模式可互為備援模式。

本年度針對碧砂漁港附近海岸新建置了一套海岸瘋狗浪機率預警子系統，同樣使用群集分析與類神經演算法建置，與龍洞子系統建置流程相同，也一樣可預警 9、12、18 和 24 小時之瘋狗浪發生機率，由於碧砂漁港缺乏海象即時觀測資料，本子系統使用波浪模式預測資料與天氣實測資料進行建置。驗證結果顯示，碧砂子系統機率預警之正確率有 7 成以上，且預警模式可以有效的針對實際瘋狗浪襲人事件預警，顯示此模式具有可靠的預警能力。

針對基隆-馬祖與台中-平潭兩條海峽航線上的海洋異常波浪預警子系統之建立已完成，可進行航道上異常波浪發生機率預測，該預警系統架構原理是基於

異常波浪是在波浪成份間的非線性調和所產生，預警系統產出之異常波浪發生機率可結合藍色公路海氣象預測系統，提供系統更完善航行安全資訊。從過去兩年計算結果顯示，夏季颱風期間異常波浪發生機率達到最大，也發現一案例發生在冬季大陸冷高壓東移，航線上異常波浪發生機率大幅上升的情況，而示性波高僅 1-2 米的案例，是屬於風險相對較高的案例。為了解航線上之異常波浪發生機率之概況，係使用較粗略之波浪模式輸出為測試之資料，未來實際用作時將採用較細模式資料作為此子系統之輸入。

前述所使用來建置瘋狗浪預警系統的資料係來自於報載實際發生事件，此類資料的不確定性較高，因此中央氣象局於龍洞海岸設置了瘋狗浪影像監視站，希望透過光學影像連續不中斷地錄得瘋狗浪發生時之海象，本計畫上半年度改進了去年半自動影像辨識技術使成全自動分析，使用 186 筆瘋狗浪浪花案例進行率定與驗證，經驗證可順利自動辨別出 160 筆瘋狗浪浪花，準確率達 86%，而水花邊緣的辨識結果良好，可準確的描繪出水花邊界。同時，本研究也針對激浪花的水量與延時提出計算的方法，一個激浪花的延時約在 2 秒左右，最長可達約 4 秒；在浪花流量的計算上，由於過去缺乏浪花密度之相關文獻，本研究自行提出一個浪花密度之估算值，用以求得實際之浪花流量，並參考日本海嘯實驗，定義出對人具有危害性浪花，提出浪花對人具有危害性之條件(單位寬度流量須達 $0.8\text{ m}^2/\text{s}$ 以上，此單位寬度流量計算時已考慮了浪花高度、浪花密度以及延時)，做為未來瘋狗浪案例之篩選條件。

本計畫仍持續蒐集海岸瘋狗浪與海洋異常波浪引致船難事件，自 2000 年開始迄今已合計蒐集了 335 件海岸瘋狗浪事件和 140 件船難事件，危害民眾安全甚鉅，經分析瘋狗浪案例在 5 月較少，而 9 月最多。而在實測海洋異常波浪探勘分析中，本年度已完成 17 個浮標測站去年資料分析，共探勘得 1421 筆危險異常波浪案例，已納入資料庫。

在前期計畫中已完成預警系統雛形之建置，提供海岸瘋狗浪發生之風險高低與海洋異常波浪發生機率，稱為第一代預警系統；本計畫去年已將海岸瘋狗浪預警系統提升為海岸瘋狗浪機率預警系統，也針對海洋異常波浪機率計算理論依東吉島波浪站資料進行修正，稱為第二代預警系統，本計畫已在上半年度將第二代

系統上線開始運作測試，預作結果良好，顯示系統的運作已逐漸趨於穩定。為方便人員判讀預警資訊，本計畫有完成展示介面之設計，以增加預警系統之實用性。

根據前述說明，以下以列點方式顯示出本年度計畫完成之具體量化指標：

- [1] 完成 2 個作業化危險海象預警系統，分別為「海洋異常波浪機率預警系統」與「海岸瘋狗浪機率預警系統」。
- [2] 完成 2 個海岸瘋狗浪機率預警子系統，預警地點分別是龍洞附近海岸以及碧砂漁港附近海岸。
- [3] 完成 2 條藍色公路上之海洋異常波浪機率預警子系統，分別是基隆-馬祖航線和台中-平潭航線。
- [4] 海岸瘋狗浪機率預警系統可提供 4 個預警時間之瘋狗浪發生機率，分別是 9、12、18 和 24 小時。
- [5] 共使用了 2 種資料探勘方法建置海岸瘋狗浪預警系統，分別是群集分析理論和人工類神經網路方法。
- [6] 利用 3 個評判指標(正確率、回應率和反查率)驗證以前述 2 方法建置之海岸瘋狗浪預警系統，其準確性均超過 7 成。
- [7] 第二代作業化海岸瘋狗浪與海洋異常波浪機率預警系統已安裝於中央氣象局正常執行 600 次(每天執行 4 次)以上。
- [8] 本計畫研發了 1 套瘋狗浪花自動辨識程序，準確性可達 8 成 6 以上。
- [9] 影像觀測瘋狗浪花分析結果顯示，每次瘋狗浪花發生時間平均約 2 秒，最長也僅約 4 秒。
- [10] 本計畫蒐集自 2000 年迄今(2017/11)為止，在台灣海岸發生之瘋狗浪案例有 335 件，合計 658 人遭浪擊落海。
- [11] 本計畫蒐集自 2000 年迄今(2017/11)為止，在台灣附近海域發生之異常波浪導致船難事件有 140 件，合計造成 730 人落海。
- [12] 分析台灣鄰近海域現場海象觀測站資料，合計探勘得 9486 個危險異常波浪案例。

7-2 建議

本研究已針對兩處海域建置海岸瘋狗浪機率預警子系統，使用兩種不同的演

算法與輸入資料，預期能針對不同瘋狗浪好發的海氣象條件進行預測，分析結果顯示兩個方法在瘋狗浪預警上都有不錯之能力，但如何整合成更具實用性，能提供中央氣象局預報員簡單易懂之參考訊息仍有待進一步研究設計。

本年度也完成了光學影像辨識技術與定義出對人具有危害性之浪花條件，龍洞光學瘋狗浪監視站已累積將近一年之影像資料，雖案例分析需要相當長的時間與計算量，其中光學監視站所記錄到之瘋狗浪案例，相較報載瘋狗浪案例具有較低之不確定性，相當適合作為探討兩模式之預警能力，此工作項目建議在下個年度著手進行。

本計畫已逐年建置了兩個海岸瘋狗浪預警子系統(分別位於龍洞和碧砂)，但這些預警系統都需要實測資料作為輸入，部分地點無實測資料(如碧砂)僅能使用模式預測資料會提高預警的不確定性，未來若能建置有長期作業化的觀測資料提供瘋狗浪預警模式使用最佳。除此，台灣海岸仍有多處瘋狗浪好發區，逐步建置預警子系統使預警範圍能擴大有其必要性。

參考文獻

- 中央氣象局 (2015)，災害性瞬變海象之研究，研究計畫報告。
- 中央氣象局 (2016)，異常海象機率預警研究與作業試用(1/4)，研究計畫報告。
- 張憲國、林立青、何良勝、李明璋 (2006)，花蓮港船隻預警神經網路模式之研究，第28屆海洋工程研討會論文集，第923-928頁。
- 葉怡成(2001)，應用類神經網路，儒林圖書公司，修訂三版。
- Böse, M., Wenzel, F., Erdik, M. (2008). PreSEIS: A Neural Network-Based Approach to Earthquake Early Warning for Finite Faults. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 98 (1), 366 – 382.
- Chang, F.J., Tseng, K. Y., Chaves, P. (2007). Shared near neighbours neural network model: a debris flow warning system. *Hydrological Processes*, 21, 1968 – 1976.
- Chen, W.B., Liu, W.C., Hsu, M.H. (2012). Predicting typhoon-induced storm surge tide with a two-dimensional hydrodynamic model and artificial neural network model. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12, 3799 – 3809.
- Chi Q., Shu, J., Zhang, X. Zhou, Q. (2011). The Application of Improved BP Neural Network for Power Load Forecasting in the Island Microgrid System. *IEEE Electrical and Control Engineering*, 6138 – 6141.
- Dankert, H., Horstmann, J., Rosenthal, W. (2002, June). Detection of extreme waves using radar-image sequences. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2002. IGARSS'02. 2002 IEEE International (Vol. 3, pp. 1831-1833)*. IEEE.
- Janssen, P. A. (2003). Nonlinear four-wave interactions and freak waves. *Journal of*

Physical Oceanography, 33(4), 863-884.

Kuik, A. J., Van Vledder, G. P., Holthuijsen, L. H. (1988). A method for the routine analysis of pitch-and-roll buoy wave data. *Journal of Physical Oceanography*, 18(7), 1020-1034.

Kung, H.Y., Chen, C.H., Ku, H.H. (2012). Designing intelligent disaster prediction models and systems for debris-flow disasters in Taiwan. *Experts Systems with Application*, 39, 5838 – 5856.

Lehner, S., Schulz-Stellenfleth, J., & Niedermeier, A. (2002, June). Detection of extreme waves using synthetic aperture radar images. In *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2002. IGARSS'02. 2002 IEEE International (Vol. 3, pp. 1893-1895)*. IEEE.

Liang, N. K. (2003). The typhoon swell Doppler effect. *Ocean Engineering*, 30(9), 1107-1115.

Liang, N. K. (2012). The Freak Wave Potential of Typhoon Swell. *Journal of Marine Science and Technology*, 20(4), 467-471.

López, V.F., Medina, S.L., Paz, J.F.d. (2012). Taranis: Neural networks and intelligent agents in the early warning against floods. *Experts Systems with Application*, 39, 10031 – 10037.

Mase, H., Yasuda, T., Mori, N. (2011). Real-Time Prediction of Tsunami Magnitudes in Osaka Bay, Japan, Using an Artificial Neural Network, *Journal of Water, Port*, 137 (5), 263 – 268.

Romano, M., Liang, S.Y., Vu, M.T., Zemskyy, P., Doan, C.D., Dao, M. H., Tkalich, P. (2009).

Artificial neural network for tsunami forecasting. *Journal of Asian Earth Sciences*, 36, 29 – 37.

Rumelhart, D.E., Hinton, G.E., Williams, R.J. (1986). Learning internal representations by back-propagating errors. *Nature*, 323, 533 – 536.

Salmon, J. E., Holthuijsen, L. H. (2015). Modeling depth-induced wave breaking over complex coastal bathymetries. *Coastal Engineering*, 105, 21-35.

Sand, S. E., Hansen, N. O., Klinting, P., Gudmestad, O. T., & Sterndorff, M. J. (1990). Freak wave kinematics. In *Water Wave Kinematics* (pp. 535-549). Springer Netherlands.

SanilKumar, V., Anoop, T. R. (2013). Directionality and spread of shallow water waves along the eastern Arabian Sea.

Sunkpho, J., O otamakorn, C. (2011). Real-time flood monitoring and warning system. *Journal of Science and Technology*, 33(2), 227 – 235.

Thirumalaiah, K., Deo, M. C. (1998). Real-Time Flood Forecasting Using Neural Networks. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 13, 101 – 111.

Tsai, C. H., Su, M. Y., Huang, S. J. (2004). Observations and conditions for occurrence of dangerous coastal waves. *Ocean engineering*, 31(5), 745-760.

Waseda, T., Tamura, H., & Kinoshita, T. (2012). Freakish sea index and sea states during ship accidents. *Journal of marine science and technology*, 17(3), 305-314.

Chien, H., Kao, C.C., Chuang L. Z. H., 2002. On the characteristics of observed freak waves, *Coastal Engineering Journal*, 44, 4, 301 – 319.

Chen, G.Y., 2002. Possible explanations for coastal giant waves. *J. Coastal Ocean Eng.*

Taiwan Soc. Ocean Eng. 2 (1), 93–106 (in Chinese).

Janssen, P. A. (2003). Nonlinear four-wave interactions and freak waves. *Journal of Physical Oceanography*, 33(4), 863-884.

Tamura, H. Waseda, T. Miyazawa, Y. (2009) Freakish sea state and well-windsea coupling: Numerical study of the Suwa-Marun incident. *Geographical Research Letter*, Vol.36, L01607.

Tsai, C.H., Lin, Y.C., Tseng H.M., 2001. Group waves and dangerous waves at the coast. *Ocean Engineering*, 1, 71 – 82. (in Chinese)

Tsai, C.H., Su, M.Y., and Huang, S.J., 2004. Observations and Conditions for Occurrence of Dangerous Coastal Waves, *Ocean Engineering*, 31, 745– 760.

附錄一：期初審查意見與回覆

交通部中央氣象局

106 年度委託研究計畫服務建議書審查會議紀錄

一、計畫名稱：異常海象機率預警研究與作業試用(2/4)

二、廠商名稱：財團法人成大研究發展基金會

三、審查日期：105 年 12 月 19 日（星期一）下午 15 時 30 分

四、地點：中央氣象局 617 會議室

五、主持人：滕春慈主任

紀錄：林芳如

六、出席人員：略

七、簡報服務建議：略

八、審查意見與回覆：

委員姓名與意見	財團法人成大研究發展基金會回覆
一、港灣技術研究中心簡仲璟組長	
1. 本計畫第一年工作成果豐碩，此對一般民眾於海岸地區活動及海上船舶航行安全的提升極有助益。因此建議持續辦理。	謝謝委員肯定。
2. 工作計畫書內容大致完整，工作時程合理，所列工作項目之工作方法具體可行。	謝謝委員肯定。
二、弘光科技大學環境與安全衛生工程系溫志中副教授	
1. 本計畫及具有實用意義，有延續執行之必要。	謝謝委員肯定。
2. 預警系統模式中，建議考慮發生異常波浪、瘋狗浪路徑水深變化。	海洋異常波浪的發生多處於深水條件，成因主要是由波浪的非線性效應，生命週期短，受波浪的行徑方向與水深變化影響較少；現行海岸瘋狗浪預警系統主要針對龍洞區域的海岸進行預警，並非針對單一位置進行預警，因此目前主要朝以海岸瘋狗浪好發的海氣象

	條件進行探討，進而建置預警系統。
3. 觀測系統設置漁港域結構物進行觀測，建議考量港域結構物反射率以釐清是否有放大之效果。	現行海岸瘋狗浪預警系統主要針對龍洞區域的海岸進行預警，該海域主要是以天然礁岩形成，無人工結構物。 另，目前採用方法係連結瘋狗浪之發生與附近海域資料所建置之資料探勘模式，不易針對局部波浪與結構物交互作用之影響進行評估。
三、交通部中央氣象局海象測報中心 滕春慈主任	
1. 藍色公路上增加異常海象機率預測外，也增加最大可能波高。	異常波浪發生機率係以最大波高分佈推算所得，藍色公路異常波浪預測系統加入最大波高預測理論上可行。將與海象中心商討如何在來年計畫中加入與展示。
四、交通部中央氣象局預報中心 鄭明典主任	
1. 建議計畫執行過程，如果有紀錄到顯著事件發生，應該即時提供相關訊息。	遵照辦理。研究團隊近年來持續追蹤海岸瘋狗浪或海洋異常波浪引致之災害事件，且逐例分析海氣象資料並探討可能成因，相關分析結果將提供給海象中心參考。
五、交通部中央氣象局預報中心 林燕璋副主任	
1. 加強預報模式之校驗，期末時說明前兩年預報校驗結果。	遵照辦理。
2. 建議納入東北角國家風景區管理處 CCD 影像資料，供校驗比對。	謝謝委員建議，東北角國家風景管理處 CCD 影像主要是針對園區內人員管理架設，若有合適之影像，可納入分析。
六、中央氣象局資訊中心 馮欽賜副主任	
1. 本案對本局海象作業極有助益予以支持。	謝謝委員肯定。

附錄二：期中審查意見與回覆

交通部中央氣象局 106 年度委託研究計畫期中審查會議紀錄

一、計畫名稱：異常海象機率預警研究與作業試用(2/4)

二、廠商名稱：財團法人成大研究發展基金會

三、審查日期：106 年 7 月 17 日（星期一）上午 10 時 00 分

四、地點：中央氣象局 2 樓衛星中心會議室

五、主持人：滕春慈主任

紀錄：林芳如

六、出席人員：略

七、簡報服務建議：略

八、審查意見與回覆：

委員姓名與意見	財團法人成大研究發展基金會回覆
一、交通部中央氣象局海象測報中心 滕春慈主任	
1. P.5 提到運作時可以中位數與 95%(Q95)值定義低、中和高風險，是否為作業使用條件？	計算異常波浪發生機率之中位數與 Q95 值，目的即為未來在作業化中可以參考作為高、中或低風險之準則。
2. P.3 建置瘋狗浪機率預警，若需要氣象局預先準備觀測設備，請預先告知。	謝謝委員建議，將於下次工作會議時提出商討。
3. 類神經方法，氣象局需要先購買軟體嗎？	以類神經建置之海岸瘋狗浪預警系統將包裝成可獨立執行之執行檔，無須另外購買軟體。
4. 有無考慮 9、12、18、24 小時預報的連續性？	謝謝委員建議，研究團隊將於第二代機率預警系統上線測試後，探討各時段預警結果之連續性。
二、中央氣象局資訊中心	

馮欽賜副主任	
1. 建議採用機率校驗方法進行預警模式的校驗分析。	謝謝委員建議，遵照辦理。
2. 符合進度審查通過。	謝謝委員肯定。
三、交通部中央氣象局預報中心 林燕璋副主任	
1. 完成期中報告驗收工作事項。	謝謝委員肯定
2. 關於實際影像異常波與瘋狗浪媒體個案於名稱上是否採更嚴謹定義？	從光學監視影像中分析所得的越波案例，將定義為瘋狗浪案例，未來將取代報章媒體所得蒐集得之瘋狗浪案例，本計畫初步可將其作為瘋狗浪預警系統之驗證案例。
3. 對於影像收集新增個案，建議儘速納入模式個案驗證使用。	待蒐集足夠案例後將納入模式率定與驗證使用。
四、港灣技術研究中心簡仲璟組長	
1. 期中工作完成事項大致符合預定進度。	謝謝委員肯定。
2. 瘋狗浪監視及事件與異常波浪引致船難事件蒐集等工作之目的為何？是否與機率預警系統的結果作對照比較，以檢視系統的可靠性？若是請補充相關之比較說明。	異常波浪引致船難事件是目前建立預警系統的資料來源。未來將採用監視影像來改善預警系統之準確性。期末報告將增加相關說明。
3. 可能落海事件發生的 11 項條件中，若符合條件項數愈多(7 項以上)，是否發生機率愈高？這些條件是否有權重分配？請補充說明。	群集分析需要足夠之案例分析，結果才具有代表性，然而實際瘋狗浪落海事件稀少，因此應用資料探勘的方法進行資料繁衍，符合 7 項以上條件之案例，將視為是瘋狗浪事件之樣本，細節將於期末報告增加說明。
4. 異常波浪發生機率之計算公式中之 α 值是以東吉島資料進行回歸所得，因此此公式是否僅適用在東吉島附近海域？可直接引用至馬祖至基隆航線上的海域？	計算 α 值需要使用連續之波浪資料，目前連續觀測資料僅有東吉島波浪站。雖不一定完全符合台灣周遭其他海域，但已比其他國外研究，更貼近於實際其況。
5. 期中簡報中之最新研究成果，請納入期末初稿。	遵照辦理

<p>五、弘光科技大學環境與安全衛生工程系溫志中副教授</p>	
<p>1. 發生事件機率分析建議引入假設檢定之統計方法進行分析。</p>	<p>感謝委員建議，會參考辦理。</p>
<p>2. 報告中引入不同模式進行波浪場之計算，建議加入與原模式之比較。</p>	<p>遵照辦理。將於工作會議中提出和氣象局討論。</p>
<p>3. 以類神經系統評估瘋狗浪預警系統失敗案例是否也為群集分析歸類失敗案例？</p>	<p>謝謝委員建議，經探討後確認並未完全一致，此係因模式方法、率定資料均不同所致，但整體的準確性都已證實可達七成以上。</p>
<p>4. 表 5-4 馬祖與澎湖結果有誤。</p>	<p>謝謝委員指證，修正結果將呈現於期末報告。</p>
<p>六、交通部中央氣象局預報中心 鄭明典主任</p>	
<p>1. 此計畫有依照原規劃進行觀測與分析，進度合理。</p>	<p>謝謝委員肯定。</p>

附錄三：期末審查意見與回覆

交通部中央氣象局

106 年度委託研究計畫期末審查會議紀錄

一、計畫名稱：異常海象機率預警研究與作業試用(2/4)

二、廠商名稱：財團法人成大研究發展基金會

三、審查日期：106 年 12 月 8 日（星期五）下午 2 時 00 分

四、地點：中央氣象局 2 樓衛星中心會議室

五、主持人：滕春慈主任

紀錄：林芳如

六、出席人員：略

七、簡報服務建議：略

八、審查意見與回覆：

委員姓名與意見	財團法人成大研究發展基金會回覆
一、交通部中央氣象局海象測報中心 滕春慈主任	
2. 龍洞影像對應的瘋狗浪有無報章報導的對應事件案例	目前發生案例並無發生於攝影機拍攝範圍內(龍洞一支)，後續將持續關切瘋狗浪事件與攝影機影像紀錄。
3. 瘋狗浪事件作業預報有無驗證資料	光學影像是目前最適合用於作業預報之驗證資料，預期下年度影像分析完成後，即可對瘋狗浪預警作業進行測試。
4. 瘋狗浪機率預報有無可能使用遠距浮標觀測資料	謝謝委員建議，將列為下年度之工作項目之一，評估使用遠距浮標觀測資料建置，並與目前已建置完成之預警系統比較。
5. 船難事件有無類似瘋狗浪事件，對歷史個案的校驗。	船難事件發生時，周圍若無海況觀測資料，則沒有現場實測資料進行分析，若以波浪模式進行模擬或許可行，研究團隊將會思考如何以船難事

	件對異常波浪預警系統進行校驗。
二、中央氣象局資訊中心 馮欽賜副主任	
2. 符合計畫進度與規劃工作項目， 報告完整審查合格	謝謝委員肯定。
三、交通部中央氣象局預報中心 林燕璋副主任	
3. 依約完成計畫工作	謝謝委員肯定。
四、港灣技術研究中心簡仲璟組長	
1. 異常波浪發生機率由表 3-1 基隆-馬祖航線及表 3-2 台中-平潭之數據顯示與實際認知有差異，例如表 3-1 中季節差異不大(一般認為冬季發生機率較高)，危險航段(基隆-馬祖在基隆端；台中-平潭在平潭端)一般認知在海峽中段，請在檢視確認	感謝委員建議，從先前實測資料的分析顯示，異常波浪的發生與季節和地域上有差異；開放海域的異常波浪發生機率也有偏高的情形，但機率偏高的情形同樣也在部份近岸浮標發現。顯示影響異常波浪發生的原因相當複雜。後續會繼續針對這個部分進行探討。
2. 瘋狗浪花一般而言水花高度愈高，歷時會愈長，反之高度愈低歷時愈短，此和第 83 頁敘述似有不同，請再進一步研究。例如考慮波向、潮汐等。	謝謝委員建議，遵照辦理。波向與潮汐皆是影響浪花大小之的因素，其中潮汐因素已於水花高度分析中納入。
3. 船難事件的蒐集範圍(地理位置)疑有說明，一般船事件包含船舶失火、機械故障、碰撞、翻覆人員落海等。本研究是否僅包含翻覆部分。	異常海象引致之船難事件資料庫，已排除人為操船因素、船隻機械故障等。僅保留因海象因素導致翻船或是人員落海之事件。
4. 附表 5-1 所示之船難事件如何定義與海象相關?建議補充船舶相關背景資料	除報案紀錄或報章內容提及因大浪或險惡海況引致船難事件以外，排除一切人為、機械故障或觸礁等與海象無關之船難因素之事件。船舶背景資料將於下個年度新增入資料庫中。
五、弘光科技大學環境與安全衛生工	

程系溫志中副教授	
1. 報告內容實用度可符合業務單位需求	感謝委員肯定。
2. 訓練與驗證結果，建議結合假設檢定，訂出信心水準 90%或 95%。	信心水準之計算需仰賴大量之樣本與真值，瘋狗浪屬於少數事件，在樣本取得尚屬不易，信心水準之計算在短期內不易達成，未來會持續思考如何增加瘋狗浪預警之準確度。
3. 表 3-1, 3-2 四季異常波浪發生機率某時段發生機率偏高，請重新檢視。	遵照辦理。
4. 浪及落海事件中，新北市之政策防滑釘鞋其增加之摩擦係數可抵擋之流量，建議未來加以探討。	本研究主要是針對瘋狗浪發生的海氣象條件進行探討，但是針對海岸人員的個別行為進行探討，會過於複雜且難有相同之背景條件。因此本計畫還是著重在瘋狗浪發生時的海氣象條件。
5. 瘋狗浪落海機率各區域之統計特性是否具有一致性?	感謝委員建議，此問題將納入下年度工作內容，進一步探討各區域之前之預警結果。

附錄四：工作會議紀錄

「異常海象機率預警研究與作業試用(1/4)」計畫案 【106年3月工作會議紀錄】

時間：105年3月17日(星期五) 下午 2:00

地點：本局 617 室

主席：滕春慈主任

出席人員：海象中心：朱啟豪課長、林芳如技士

成功大學：董東璟副教授、陳盈智研究助理

臺灣海洋大學：蔡政翰教授

崇右技術學院：蔡仁智副教授

逢甲大學：陳憲宗副教授

記錄：陳琬婷研究助理

壹、工作進度簡報：

計畫執行進度報告。(如附件 1)

貳、討論及決議事項：

1. 海象中心 NWW III 波浪模式運作時程配合風場資料調整，後續海岸瘋狗浪預警系統與海洋異常波浪機率預測系統運作須配合調整。
2. 東北角海域瘋狗浪預警系統改名為「龍洞瘋狗浪預警系統」，下半年度建置之碧砂/八斗子漁港命名為「碧砂漁港瘋狗浪預警系統」。
3. 下半年機率預警系統建置完成後，邀請預報科討論預警系統結合預報作業事宜。
- 4.

參、散會：16 時 0 分

附件 1：計畫工作進度簡報

「異常海象機率預警研究與作業試用(2/4)」計畫案
【106年5月工作會議紀錄】

時間：106年5月12日(星期五) 14:00
地點：本局 616B 室
主席：朱啟豪課長
出席人員：海象中心：朱啟豪課長、林芳如技士
成功大學：董東璟副教授、陳盈智研究助理
臺灣海洋大學：蔡政翰教授
崇右技術學院：蔡仁智副教授
逢甲大學：陳憲宗副教授

記錄：陳琬婷研究助理

壹、工作進度簡報：

計畫執行進度報告。(如附件 1)

貳、討論及決議事項：

1. 碧砂漁港海象監視設備裝設案，於 4/21 智碧砂漁港現勘，原先規畫裝設之漁會大樓樓頂，因漁會人員表示該樓頂將另有用途無法提供場地，經討論後裝設地點移至漁會電台頂樓，該監視設備電費由研究計畫內支應，若需使用網路則由海象中心負責相關申請及費用是宜。
2. 對於藍色公路基隆-馬祖、台中-平潭航線之異常波浪機率預警，海象中心將提供解析度較密(0.025°)之波浪模式波譜輸出，供預警系統使用。

參、散會：15 時 0 分

附件 1：計畫工作進度簡報

「異常海象機率預警研究與作業試用(2/4)」計畫案 【106年8月工作會議紀錄】

時間：106年8月25日(星期五)下午2:00
地點：本局2樓衛星中心會議室
主席：朱啟豪課長
出席人員：海象中心：林芳如技士、陳琬婷研究助理
 成功大學：董東璟副教授
 臺灣海洋大學：蔡政翰教授
 崇右技術學院：蔡仁智副教授
 逢甲大學：陳憲宗副教授
記錄：陳盈智研究助理

壹、工作進度簡報：

計畫執行進度報告。(如附件1)

貳、討論及決議事項：

1. 海洋異常波浪與海岸瘋狗浪預警系統展示介面已有初步雛形，待中心內部討論後，再請研究團隊進行修改。
2. 簡報中已針對 Mike SW 與 NWW3 的波譜進行比較，初步看來差異不大。且鑒於海象中心 NWW III 波浪模式已無法輸出過去歷年之方向波譜資料，同意以 Mike SW 模組進行波浪模擬，以供建置碧砂瘋狗浪子系統。
3. 請海象中心將龍洞浮標水位時序列傳入工作電腦，以供海岸瘋狗浪機率預警系統使用。
4. 龍洞四季灣與碧砂漁港瘋狗浪監視攝影機影像，於本年度期年底由海象中心提供儲存空間，備份影像。
5. 目前已有研究指出氣象海嘯亦可能造成瘋狗浪，請研究團隊評估是否將其列入瘋狗浪機率預警系統之因子。

參、散會：下午4時

附件1：計畫工作進度簡報

「異常海象機率預警研究與作業試用(2/4)」計畫案
【106年10月工作會議紀錄】

時間：106年10月19日(星期四)上午10:00
地點：本局2樓衛星中心會議室
主席：朱啟豪課長
出席人員：海象中心：林芳如技士、陳琬婷研究助理
 成功大學：董東璟副教授
 臺灣海洋大學：蔡政翰教授
 崇右技術學院：蔡仁智副教授
 逢甲大學：陳憲宗副教授
記錄：陳盈智研究助理

壹、工作進度簡報：

計畫執行進度報告。(如附件1)

貳、討論及決議事項：

1. 請供研究團隊於蘭恩颱風期間提供瘋狗浪預警系統運作結果給相關單位參考。
2. 與預報中心展示海岸瘋狗浪與海洋異常波浪機率預警系統展示，請研究團隊協助系統展示與產品介紹。

參、散會：上午11時30分

附件1：計畫工作進度簡報

附錄五：海岸瘋狗浪擊落海事件清單

事件編號	事件發生時間	落海地點	死亡或失蹤	受傷	颱風期間
1	2000/1/11 08:35	基隆市中正區和平島（九孔池旁礁石）	0	2	
2	2000/1/14 12:00	基隆市中正區（西岸 33 號碼頭）	2	2	
3	2000/3/17 下午	新北市瑞芳區（瑞濱海邊）	1	1	
4	2000/3/20 01:00	新北市（台二線濱海公路九十點四公里）	1	1	
5	2000/4/15 20:57	新北市貢寮區美豔山街	1	1	
6	2000/4/16 00:00	新北市貢寮區（蝙蝠洞前海域）	1	1	
7	2000/4/18 18:51	基隆市中正區八斗子長潭里垃圾埕防波堤外	1	1	
8	2000/7/6 21:34	高雄市小港區（紅毛港南岸第二防波堤）	1	3	Kai-tak
9	2000/7/14 14:45	澎湖縣白鄉（吉貝後山）	1	1	
10	2000/7/15 15:25	澎湖縣白沙鄉（吉貝後山）	1	1	
11	2000/7/19 17:47	高雄市鼓山區（西子灣燈塔防波堤）	1	2	
12	2000/7/31 15:55	澎湖縣白沙區（吉貝西方材文礁附近海域）	1	1	
13	2000/8/24 00:23	澎湖縣馬公市（講美碼頭）	1	1	
14	2000/9/2 14:30	高雄市茄萣區（海邊）	2	4	
15	2000/9/12 19:35	基隆市中正區（八斗子漁港綠燈塔防波堤）	1	1	SAOMAI
16	2000/9/14 11:00	新北市石門區	1	1	SAOMAI
17	2000/10/26 17:35	基隆市中正區（海洋大學前防波堤）	1	1	Yagi
18	2000/10/29 04:58	基隆市中正區（八斗子漁港綠燈塔外海）	1	5	XANGSANE
19	2000/10/29 02:10	宜蘭縣頭城鎮（石城漁港）	2	2	XANGSANE
20	2000/11/11 08:35	基隆市中正區（和平島公園）	2	2	

21	2000/11/14 03:02	基隆市（西三十三碼頭紅燈塔外海）	2	2	
22	2000/11/23 09:00	新北市鶯歌區（鶯歌石）	1	1	
23	2000/12/3 11:35	基隆市中山區（協和發電場）	1	1	
24	2000/12/14 09:41	基隆市中正區（八斗子漁港）	3	4	
25	2000/12/14 10:00	新北市貢寮區（龍洞海域）	3	3	
26	2000/12/15 07:30	新北市鶯歌區（台二線濱海公路）	3	3	
27	2000/12/29 03:00	基隆市中正區（碧砂漁港）	1	1	
28	2000/12/30 12:05	新北市鶯歌區（鶯歌石）	1	2	
29	2001/1/6 上午	新北市萬里區（野柳公園）	2	2	
30	2001/1/27 13:00	宜蘭縣蘇澳區北堤	1	1	
31	2001/1/30 12:28	基隆市中正區（碧砂漁港）	1	1	
32	2001/2/10 00:00	基隆市中正區（和平島公園）	1	1	
33	2001/2/11 19:41	基隆市中正區（長潭里垃圾場）	1	1	
34	2001/2/23 05:10	基隆市中正區（和平公園）	1	1	
35	2001/3/10 05:13	澎湖縣烏嶼村（北方北礁嶼）	1	1	
36	2001/4/15 08:00	新北市貢寮區（馬崗漁港）	0	3	
37	2001/4/18 18:30	基隆市中正區（八斗子長潭里）	1	1	
38	2001/5/20 08:21	澎湖縣西嶼竹灣村（濱海公路海邊）	1	1	
39	2001/6/26 傍晚	高雄市鼓山區(西子灣防波堤)	1	1	
40	2001/7/2 00:00	高雄市永安區（鹽田海邊）	6	6	
41	2001/9/15 00:52	基隆市中正區（外木山協和莊漁港）	1	1	Nari
42	2001/9/23 05:07	基隆市中正區（碧砂漁港紅燈塔處）	1	1	Lekima
43	2001/9/28 17:46	基隆市中正區（長潭里垃圾場）	1	1	Lekima
44	2001/10/3 04:32	基隆市中正區（和平島濱海公園）	1	1	

45	2001/10/17 18:30	新北市萬里區(野柳公園)	1	1	X
46	2001/11/12 11:25	新北市瑞芳區(深澳漁港外礁)	1	1	
47	2001/11/18 14:14	基隆市中正區(長潭里垃圾場)	1	1	
48	2002/1/1 06:05	彰化縣芳苑鄉(漢寶海域外傘沙洲)	1	1	
49	2002/1/25 00:00	新北市貢寮區(和美派出所海邊)	1	1	
50	2002/2/21 13:37	基隆市中山區(外木山海邊)	2	2	
51	2002/3/11 00:16	基隆市中山區(外木山海域)	1	1	
52	2002/3/12 00:00	新北市貢寮區(三貂角海域)	1	1	
53	2002/3/21 03:37	彰化縣伸港區	1	1	
54	2002/5/6 17:06	花蓮縣秀林區(仁岸巡分隊附近)	1	1	
55	2002/6/7 01:35	彰化縣大城區台西村	1	1	
56	2002/7/7 07:26	彰化縣線西區(蚵寮沙洲上)	1	1	
57	2002/7/12 18:00	花蓮縣秀林區	1	1	
58	2002/7/13 23:24	新北市貢寮區(濱海公路 118K 處海域)	1	1	HALONG
59	2002/7/14 18:33	新北市貢寮區(濱海公路 95K 美豔山停車場旁礁石)	1	1	HALONG
60	2002/8/4 19:44	澎湖縣馬公市(西衛碼頭)	1	1	KAMMURI
61	2002/8/16 18:16	台南市北門區(蘆竹溝海域)	1	1	
62	2002/8/18 01:21	基隆市中正區(和平島濱海公園)	1	1	VONGFONG
63	2002/8/29 18:23	新北市貢寮區(深澳漁港內外礁岩海岸)	1	1	RUSA
64	2002/9/6 清晨	花蓮縣新武區(七星潭海邊)	1	1	Strlikes
65	2002/9/12 10:13	基隆市中山區(外木山海邊)	1	1	
66	2002/10/14 13:06	花蓮縣秀林區(清水斷崖)	1	1	
67	2002/10/15 02:30	基隆市中山區(外木山海域與新北市交界處)	1	1	
68	2002/10/15 12:48	基隆市中正區(長潭里垃圾場)	2	2	

69	2002/11/8 12:01	基隆市中正區(長潭里垃圾場)	1	1	
70	2002/11/8 00:00	新北市貢寮區(龍洞佛祖廟)	1	1	
71	2002/11/10 07:44	基隆市中正區(八斗子漁港燈塔處)	1	1	
72	2002/11/10 12:25	基隆市中正區(長潭里垃圾場)	1	1	
73	2002/11/27 08:39	新北市貢寮區((龍洞佛祖廟)	1	1	
74	2002/12/5 07:38	新北市貢寮區(深澳漁港)	1	1	
75	2002/12/14 14:07	基隆市中正區(和平島)	1	5	
76	2002/12/20 10:30	連江縣東引島	2	3	
77	2002/12/23 00:00	基隆市中正區長潭里(垃圾場)	1	1	
78	2002/12/28 20:16	台中市梧棲區(台中港西碼頭區南外堤處)	0	5	
79	2002/12/31 00:00	宜蘭縣頭城鄉(台二省道 123.5K 蕃薯寮海邊)	1	1	
80	2003/1/4 07:13	新北市瑞貢寮鄉(澳漁港內)	1	1	
81	2003/1/8 12:30	新北市萬里區(野柳舊隧道防波堤)	1	1	
82	2003/2/21 13:37	基隆市中山區(外木山協和油庫前方礁岩)	1	2	
83	2003/2/27 14:41	新北市貢寮鄉(深澳漁港象鼻岩)	1	1	
84	2003/2/28 12:17	基隆市中正區(協和發電廠)	1	2	
85	2003/4/19 18:43	新北市貢寮區(和美漁港)	1	1	
86	2003/4/19 14:15	彰化縣鹿港鎮(彰濱北岸)	1	1	KUJIRA
87	2003/6/8 06:50	基隆市中正區(碧砂漁港防波堤)	1	1	
88	2003/6/13 22:48	新北市貢寮鄉(水南洞海域)	1	1	
89	2003/7/24 06:30	宜蘭縣頭城鎮(石城漁)	1	4	IMBUDO
90	2003/8/9 12:49	基隆市中正區(八斗子油庫)	1	1	
91	2003/8/26 14:00	台南市安平區(安平港外港護堤)	2	2	
92	2003/8/30 09:15	彰化縣芳苑區信義村(普天宮後方外傘頂洲)	1	1	

93	2003/9/6 21:26	新北市萬里區(萬美海水域場)	1	1	
94	2003/9/10 20:35	新北市萬里區(野柳風景區)	1	3	MAEMI
95	2003/9/12 22:00	新北市貢寮區(陰陽海海域)	1	6	
96	2003/10/1 14:13	新北市貢寮區(美豔山街水域)	1	1	
97	2003/10/1 18:50	基隆市中正區(長潭里)	1	1	
98	2003/10/5 16:00	台南市安平區(四草大橋)	1	2	
99	2003/10/8 00:48	新北市石門區(石門漁港)	1	1	
100	2003/10/8 03:50	新北市貢寮區(龍洞磯釣場)	1	1	
101	2003/10/11 15:40	新北市石門區(富基漁港內)	1	1	
102	2003/10/30 12:44	彰化縣伸港鄉(什股海域)	1	1	
103	2003/11/2 00:00	新北市(龍洞佛祖廟)	1	1	Melor
104	2003/11/9 14:12	彰化縣伸港區(什股海域)	1	3	
105	2003/11/14 15:51	澎湖縣(鎖港碼頭)	1	1	
106	2003/11/18 07:11	新北市林口區(發電廠出水口)	1	1	
107	2003/12/5 09:54	新北市貢寮鄉(龍洞佛祖廟)	1	1	
108	2003/12/17 08:53	新北市貢寮區(龍洞安檢所附近海域)	1	1	
109	2003/12/25 06:33	新北市貢寮區(澳底大礁外 0.3 哩)	3	3	
110	2003/12/26 14:50	新北市萬里區(野柳隧道口旁防波堤)	1	1	
111	2004/1/11 11:00	新北市萬里區(野柳公園)	2	3	
112	2004/2/15 10:53	新北市貢寮區(龍洞媽祖廟)	1	1	
113	2004/4/15 13:32	新北市貢寮區(馬崗漁港)	1	1	
114	2004/6/17 下午	連江縣福正村東	1	1	
115	2004/6/19 16:08	花蓮縣新城區(七星潭海邊)	1	1	DIANMU
116	2004/6/20 18:32	基隆市中正區(碧砂漁港紅燈塔)	1	1	

117	2004/6/21 22:19	澎湖縣白沙鄉(瓦硯海邊)	1	1	
118	2004/6/27 17:27	澎湖縣北寮鄉(奎壁山海邊)	1	1	MINDULLE
119	2004/7/4 13:00	澎湖縣白沙鄉(赤崁碼頭東側海域)	1	1	
120	2004/7/4 19:00	花蓮縣花蓮市(漁會漁港)	?	?	
121	2004/7/10 18:20	金門金湖鎮(成功海邊)	2	3	
122	2004/8/31 14:40	宜蘭縣(頭城鎮烏石港)	1	3	
123	2004/9/5 22:57	新北市貢寮區(龍洞海邊)	2	2	SONGDA
124	2004/9/7 17:06	新北市貢寮區(鶯歌石)	2	3	
125	2004/9/11 00:00	澎湖縣(黑水溝)	0	1	Talim
126	2004/9/21 12:35	澎湖縣歧頭區(中屯風力發電北側海域)	1	1	
127	2004/9/27 23:29	基隆市中正區(碧砂漁港紅燈塔)	1	4	Meari
128	2004/10/6 20:31	新北市貢寮區(龍洞佛祖廟)	1	1	MA-ON
129	2004/10/19 21:47	新北市貢寮區(龍洞佛祖廟)	1	1	
130	2004/11/12 20:37	台中市梧棲區(台中港)	1	2	
131	2004/11/22 13:08	新北市貢寮區(龍洞第三支釣場)	1	1	MERBOK
132	2004/12/1 11:09	新北市貢寮區(馬崗漁港)	1	1	
133	2004/12/9 13:10	新北市貢寮區(鶯歌石)	1	1	
134	2004/12/31 11:30	宜蘭縣(頭城鎮蕃薯寮海邊)	1	1	
135	2005/1/5 09:42	新北市石門區(十八王公廟)	1	1	
136	2005/1/9 09:05	新北市貢寮鄉(洞頂路 210 號)	1	1	
137	2005/1/12 08:18	新北市貢寮區(龍門村龍門街往海邊方向)	1	1	
138	2005/1/13 10:57	新北市石門區(富貴角老梅溪口外海)	1	1	
139	2005/2/13 12:50	台中市梧棲區(台中港北防坡堤)	1	1	
140	2005/2/26 08:14	宜蘭縣蘇澳鎮(東奧里粉鳥林旁海邊)	1	1	

141	2005/4/6 02:00	澎湖縣白沙鄉(員貝村東側海岸潮間帶)	1	1	
142	2005/5/28 15:08	澎湖縣白沙鄉(赤崁村牛踏尾海域)	1	1	
143	2005/6/12 01:10	新北市貢寮區(美豔山停車場旁水域)	1	1	
144	2005/8/5 00:00	基隆市中正區(海洋大學前防波堤)	1	1	Nesat
145	2005/8/14 16:58:00	澎湖縣馬公市(鎖港里灘頭海邊)	1	1	
146	2005/8/15 00:00	澎湖縣馬公市(鎖港里灘頭海邊)	?	?	
147	2005/9/5 23:00	新北市貢寮區(西靈巖寺下方的第三支釣場)	1	1	
148	2005/9/6 07:15	新北市萬里區(野柳漁港)	1	1	
149	2005/9/6 21:12	基隆市中正區(海洋大學前海域防波堤)	1	1	
150	2005/9/7 17:17	新北市貢寮區(三貂角)	1	1	
151	2005/9/12 14:30	台東縣卑南鄉(卑南溪出海口)	1	1	
152	2005/9/18 14:50	高雄市彌陀區(南寮漁港)	1	1	
153	2005/9/19 20:30	新北市貢寮區(龍洞南口岸邊)	4	4	DAMREY
154	2005/9/28 20:11	澎湖縣馬公市(五德海域)	1	1	
155	2005/12/27 13:00	新北市貢寮區(龍洞北口公園)	1	1	
156	2006/1/26 11:10	新北市貢寮區(龍洞佛祖廟)	2	2	
157	2006/2/3 16:57	新北市貢寮區(龍洞磯釣場)	1	1	
158	2006/2/7 14:56	新北市貢寮區(龍洞)	0	1	
159	2006/2/18 09:05	新北市萬里區(野柳公園)	2	2	
160	2006/3/19 14:20	台南市七股區(燈塔)	2	4	
161	2006/4/4 09:39	新北市貢寮區(萊萊磯釣場)	1	1	
162	2006/4/16 09:22	屏東縣恆春鎮(墾丁龍磐公園)	1	1	
163	2006/7/7 14:00	宜蘭縣蘇澳鎮(內埤海邊)	2	2	Ewiniar

164	2006/8/19 17:50	基隆市中正區(和平島)	1	1	
165	2006/8/20 01:00	基隆市中正區(望海巷)	1	1	
166	2006/9/3 16:00	台東縣長濱區(竹湖海邊)	2	2	
167	2006/9/4 23:36	新北市瑞芳鎮(水湳洞)	1	1	
168	2006/9/17 12:30	基隆市中正區(八斗子綠燈塔)	1	1	
169	2006/9/17 中午	宜蘭縣壯圍鄉(永鎮海邊)	0	3	
170	2006/10/1 17:07	新北市貢寮區(龍洞攀岩場)	1	1	
171	2006/10/8 11:44	花蓮縣豐濱鄉(石梯坪)	1	1	
172	2006/10/16 18:00	基隆市中正區(和平島)	2	2	
173	2006/10/17 11:00	基隆市中正區(和平島)	1	1	
174	2006/10/21 10:00	花蓮縣濱豐鄉(磯崎海岸)	1	1	
175	2006/10/27 晚上	宜蘭縣宜蘭市(頭城鎮烏石港)	1	1	
176	2006/12/7 07:00	宜蘭縣蘇澳鄉(蘇花公路 9.5k)	1	4	
177	2007/1/13 23:35	宜蘭縣蘇澳鎮(蘇澳港)	1	1	
178	2007/1/15 10:13	宜蘭縣蘇澳鎮(內埤灣)	1	1	
179	2007/2/9 06:45	台東縣台東市大同路(海濱公園七里坡附近)	1	1	
180	2007/3/21 16:00	台東縣綠島(牛頭山)	4	4	
181	2007/8/8 12:15	新北市萬里區(野柳)	1	1	wutip
182	2007/8/10 04:00	屏東縣枋山區(枋山溪出海口)	2	3	
183	2007/9/6 12:40	花蓮縣壽豐鄉(鹽寮防波堤)	1	1	
184	2007/9/12 03:45	新北市貢寮區(美艷山)	1	1	
185	2007/11/2 12:50	新北市鶯歌區(鶯歌石)	1	1	
186	2007/11/5 08:30	新北市貢寮鄉(深澳漁港象鼻岩)	1	1	PEIPAH
187	2007/11/14 14:00	花蓮縣秀林區(清水斷崖)	1	1	

188	2007/11/25 16:00	花蓮縣豐濱鄉(石梯坪)	1	1	MITAG
189	2007/11/25 00:00	新北市貢寮區(龍洞灣和美國小附近)	2	2	
190	2007/12/6 08:45	花蓮縣秀林區(仁清隧道下方)	0	1	
191	2007/12/6 12:00	宜蘭縣頭城鎮(大里海邊)	1	2	
192	2007/12/16 08:44	新北市貢寮區(龍洞媽祖廟)	3	3	
193	2007/12/26 14:38	新北市貢寮區(龍洞媽祖廟)	2	2	
194	2008/1/2 08:00	花蓮縣豐濱區(石梯坪)	1	1	
195	2008/1/17 14:33	台東縣綠島(將軍岩附近)	2	2	
196	2008/1/24 07:40	新北市貢寮區(龍洞媽祖廟)	1	1	
197	2008/3/15 00:00	基隆市中正區長潭里	1	1	
198	2008/3/22 13:36	新北市瑞芳區(鼻頭國小下方的海蝕平台)	0	2	
199	2008/5/12 20:00	新北市貢寮區(水湳洞陰陽海附近海域 81K)	2	4	
200	2008/5/13 下午	花蓮縣豐濱鄉(石梯坪)	1	1	
201	2008/11/9 03:15	基隆市中正區(八斗子漁港綠燈塔)	1	1	MAYSAK
202	2008/12/5 05:30	基隆市中正區(八斗子漁港綠燈塔)	1	2	
203	2008/12/27 11:01	宜蘭縣蘇澳鎮(烏石岩)	1	1	
204	2009/2/19 15:55	花蓮縣秀林鄉(和仁海域)	1	1	
205	2009/6/28 07:20	高雄市旗津區	1	1	
206	2009/9/5 12:35	新北市貢寮區(龍洞蚊仔坑)	1	1	
207	2009/9/6 17:48	宜蘭縣頭城鎮(北關海域)	1	1	
208	2009/9/20 07:30	基隆市中正區(潮境公園)	1	1	
209	2009/10/18 15:45	新北市(馬崗漁港)	1	1	
210	2009/10/21 12:59	宜蘭縣蘇澳鎮(內埤海邊)	2	2	LUPIT
211	2009/11/14 12:30	新北市貢寮區(龍洞佛祖廟)	0	1	

212	2009/11/18 09:40	新北市(馬崗漁港)	1	1	
213	2009/11/28 11:18	新北市貢寮鄉(萊萊磯釣場)	1	1	
214	2010/1/9 10:58	花蓮縣花蓮市(東岸防波堤)	0	1	
215	2010/1/17 07:27	花蓮縣花蓮市(東岸防波堤)	1	2	
216	2010/1/24 10:18	花蓮縣豐濱鄉(石梯坪)	0	1	
217	2010/3/11 08:00	花蓮縣豐濱鄉(石梯坪)	0	1	
218	2010/3/22 21:00	新北市瑞芳區(鼻頭路段明隧道)	2	2	
219	2010/4/11 14:20	新北市貢寮區(龍洞佛祖廟)	1	2	
220	2010/4/17 07:00	台東縣(東河領新蘭安檢所左側渚橋休息區 20 公尺)	1	1	
221	2010/5/2 下午	新北市貢寮區(萊萊磯釣場)	1	1	
222	2010/7/23 15:00	屏東縣東港鎮(鎮海公園)	1	1	
223	2010/11/29 19:11	新北市石門區(麟山鼻海域)	1	2	
224	2011/1/2 11:30	宜蘭縣彭佳嶼(燈塔)	1	1	
225	2011/1/8 07:00	新北市貢寮區(水湳洞海域)	1	2	
226	2011/2/2 09:38	新北市貢寮區(萊萊磯釣場)	1	1	
227	2011/2/25 09:00	新北市貢寮區(龍洞佛祖廟)	1	2	
228	2011/3/22 08:00	花蓮縣豐濱鄉(靜浦海堤)	1	1	
229	2011/7/18 10:30	台東縣成功鎮(三仙台)	3	5	
230	2011/7/18 13:30	新北市萬里區(野柳公園)	1	8	
231	2011/7/18 17:30	宜蘭縣頭城鎮(大溪漁港)	0	1	
232	2011/8/6 17:21	新北市貢寮區(深澳象鼻岩)	2	2	梅花
233	2011/9/1 08:54	宜蘭縣(頭城鎮北關地磅海邊)	3	3	
234	2011/9/1 09:02	宜蘭縣(頭城鎮烏石港第二港區)	3	3	
235	2011/9/18 21:00	新北市萬里區(野柳公園)	2	19	ROKE

236	2011/11/4 14:00	花蓮縣豐濱鄉(芭崎海邊)	1	1	
237	2011/11/4 18:00	花蓮縣豐濱鄉(新磯隧道)	1	1	
238	2011/11/5 17:00	台東縣太麻里鄉(曙光園區)	1	1	
239	2012/2/2 10:10	新北市(馬崗漁港)	1	1	
240	2012/2/8 15:30	花蓮縣豐濱區(石梯坪)	1	1	
241	2012/6/6 02:34	新北市(龍洞佛祖廟)	2	2	
242	2012/9/15 07:30	宜蘭縣頭城鎮(大溪漁港)	1	2	SANBA
243	2012/9/15 14:37	花蓮縣(蘇花公路 114 公里咖啡停車場附近的海邊)	1	1	SANBA
244	2012/9/17 03:22	基隆市中正區(碧砂漁港紅燈塔)	2	3	
245	2012/9/26 04:30	新北市鶯歌區(鶯歌石)	1	2	JELAWAT
246	2012/9/27 07:40	新北市貢寮區(龍洞媽祖廟)	2	2	JELAWAT
247	2012/9/29 12:57	新北市萬里區(東澳漁港旁九孔池)	0	1	JELAWAT
248	2012/9/29 13:45	基隆市中正區(海大小艇碼頭)	0	1	JELAWAT
249	2012/9/29 14:30	宜蘭縣蘇澳鎮(內埤海邊)	1	2	JELAWAT
250	2012/9/29 14:49	基隆市中正區(海大小艇碼頭)	1	2	JELAWAT
251	2012/9/29 18:25	宜蘭縣南澳鄉(東澳粉鳥林漁港)	1	1	X
252	2012/9/30 09:50	宜蘭縣南澳鄉(觀音海岸海蝕洞)	1	1	
253	2012/10/14 17:00	宜蘭縣頭城鎮(梗枋漁港北防坡堤)	3	3	PRAPIROON
254	2013/1/13 05:57	新北市(鶯歌石)	1	1	
255	2013/1/14 15:40	新北市貢寮區(龍洞佛祖廟)	1	1	
256	2013/4/7 11:16	新北市貢寮區(龍洞佛祖廟)	2	2	
257	2013/6/19 13:48	花蓮縣秀林鄉(加灣海邊)	2	2	LEEPI
258	2013/8/3 22:39	高雄市三民區(高雄港第二港口外海防波堤)	1		
259	2013/10/21 09:36	新北市鶯歌鎮(鶯歌石)	0	1	

260	2013/10/25 08:45	宜蘭縣頭城鎮(大溪漁港)	0	1	
261	2013/10/26 07:20	基隆市中正區(碧砂漁港防波堤入口內側)	1	2	
262	2013/11/9 10:00	宜蘭縣頭城鎮(大溪漁港)	1	1	
263	2013/11/9 15:17	新北市貢寮區(鼻頭角海蝕平台)	6	11	
264	2013/11/10 12:16	台東縣蘭嶼區椰油村(饅頭山岸際)	1	1	
265	2013/11/15 18:30	新北市貢寮區(龍洞佛祖廟)	1	1	
266	2013/12/16 11:00	桃園縣永安區(永安漁港)	0	1	
267	2014/2/8 06:58	基隆市中山區(外木山漁港)	1	1	
268	2014/3/1 15:00	新北市貢寮區(萊萊磯釣場)	1	1	
269	2014/4/26 20:26	新北市安樂區(大武崙章魚游泳池附近)	0	2	
270	2014/7/8 16:55	新北市萬里區(野柳公園)	0	7	NEOGURI
271	2014/7/10 17:15	新北市貢寮鄉(陰陽海樂利橋附近)	0	1	
272	2014/10/4 17:00	新北市萬里區(野柳地質公園)	2	2	PHANFONE
273	2014/10/5 06:15	新北市萬里區(野柳漁港)	0	1	
274	2014/10/5 10:30	台東縣台東市(富岡漁港)	0	1	
275	2014/10/11 09:40	新北市貢寮區(龍洞佛祖廟)	1	3	VONGFONG
276	2014/10/11 15:21	基隆市中正區(八斗子綠燈防坡堤內側)	0	2	VONGFONG
277	2014/10/11 17:00	宜蘭縣蘇澳鎮(內埤海邊)	1	1	VONGFONG
278	2014/10/12 13:00	連江縣馬祖東(引老鼠沙近岸海域)	0	2	VONGFONG
279	2014/10/12 16:57	基隆市中正區(海洋大學前防波堤)	0	1	VONGFONG
280	2014/10/12 22:26	新北市貢寮區(深澳路 189-9 號前方海域)	1	2	
281	2014/10/13 17:35	新北市貢寮區(龍洞佛祖廟)	1	1	
282	2014/10/13 18:00	基隆市中正區(八斗子漁港綠燈塔)	1	1	
283	2014/10/14 11:25	宜蘭縣頭城鎮(大里漁港)	0	1	

284	2014/10/26 16:30	新北市貢寮區(龍洞佛祖崖)	1	1	
285	2014/12/1 08:49	花蓮縣豐濱區(石梯坪)	1	1	
286	2014/12/21 16:00	花蓮縣花蓮縣(豐濱區月洞海邊)	?	?	
287	2015/4/3 06:46	台東縣成功鎮(三仙台)	1	1	
288	2015/4/3 11:30	花蓮縣新武區(七星潭)	1	1	
289	2015/4/4 11:47	花蓮縣新武區(七星潭)	2	2	MAYSAK
290	2015/4/4 12:53	花蓮縣(蘇花公路崇德段坂下漁場下方)	1	1	MAYSAK
291	2015/4/4 15:18	宜蘭縣蘇澳鎮(內埤海邊)	0	2	MAYSAK
292	2015/7/10 12:02	基隆市中正區(海大防波堤)	0	2	Chan-hom
293	2015/7/14 06:06	宜蘭縣(蘇澳鎮內埤海邊)	1	2	
294	2015/7/18 08:13	宜蘭縣(鶯歌石)	0	2	
295	2015/8/6 16:52	宜蘭縣蘇澳鎮(內埤海邊)	3	4	Soudelor
296	2015/8/19 14:28	宜蘭縣蘇澳鎮(內埤海邊)	1	2	GONI
297	2015/10/8 20:07	新北市貢寮區(龍洞佛祖崖)	3	3	
298	2015/10/10 14:00	屏東縣達仁區(阿朗壹古道)	1	1	
299	2015/12/13 08:00	台東縣長濱區(烏石鼻外海)	0	1	
300	2015/12/18 03:00	新北市瑞芳區(水湳洞)	1	1	
301	2016/2/14 11:30	新北市瑞芳區(明隧道旁)	1	2	
302	2016/3/1 10:00	基隆市安樂區(大武崙外木山外海)	0	1	
303	2016/7/7 19:00	連江縣東引鄉(太白天聲附近)	1	1	
304	2016/8/21 09:30	花蓮豐濱鄉(石梯坪礁石區附近)	1	1	
305	2016/9/18 09:30	新北市萬里區(野柳漁港附近)	1	1	
306	2016/11/25 10:00	台中市梧棲區(台中港北堤)	0	0	
307	2016/12/4 05:50	屏東縣琉球鄉(福漁港)	1	1	

308	2016/12/20 13:00	花蓮縣秀林鄉(蘇花公路台9線170公里處清水斷崖)	1	2	
309	2017/1/7 07:00	基隆市中山區(外木山附近海域)	0	1	
310	2017/3/21 14:00	新北市貢寮區(龍洞佛祖崖)	1	1	
311	2017/4/13 12:00	花蓮豐濱鄉(豐港橋附近)	1	1	
312	2017/5/24 05:00	花蓮市壽豐鄉(花蓮溪出海口)	1	1	
313	2017/6/3 00:00	台東縣台東市(海濱公園)	0	1	
314	2017/6/7 13:00	新北市萬里區(下寮沙灘)	1	5	
315	2017/6/13 17:00	高雄市旗津區(星光隧道海灘)	0	1	
316	2017/6/17 09:30	宜蘭縣頭城鎮(大里與石城交界)	0	1	
317	2017/6/23 09:50	宜蘭縣頭城鎮石城縣界	0	1	
318	2017/7/6 04:00	宜蘭縣頭城鎮石城縣界	0	1	
319	2017/7/16 16:00	台南市南區(黃金海岸)	0	4	
320	2017/8/3 15:00	高雄市旗津區(旗津海灘)	0	7	
321	2017/8/24 16:00	高雄市鼓山區(西子灣)	1	2	
322	2017/9/3 11:00	桃園市大園區(竹圍漁港)	1	2	
323	2017/9/14 19:00	基隆市中正區(八斗子漁港)	2	1	
324	2017/9/14 14:00	宜蘭縣南澳鄉(朝陽漁港)	1	3	
325	2017/9/17 09:00	基隆市中山區(基隆港綠燈塔外凸堤)	0	2	
326	2017/9/17 16:05	花蓮縣豐濱鄉(石梯坪海岸)	1	2	
327	2017/9/17 11:00	基隆市安樂區(大武崙外木山附近)	1	3	
328	2017/9/17 10:30	屏東縣恆春鎮(龍磐公園岸)	1	4	
329	2017/10/1 03:00	新北市貢寮龍洞攀岩場海域	1	3	
330	2017/10/7 09:30	花蓮縣新城鄉(三棧溪出海口)	0	1	
331	2017/10/16 11:00	臺東縣蘭嶼鄉(青青草原)	1	1	

332	2017/10/22 06:00	新北市萬里區(野柳地質公園第3區情人洞一帶)	1	1	
333	2017/10/24 16:00	宜蘭縣蘇澳鎮(東澳粉鳥林)	0	1	
334	2017/10/26 23:30	新北市貢寮區(海公路92公里處岸際)	1	1	
335	2017/11/19 09:30	新北市貢寮區(龍洞佛祖崖、鶯歌石)	1	3	

附錄六：2000-2017 外洋異常波浪造成海難事件清單

附表 5-1 過去十八年(2000-2017 年)台灣海域與海象相關之船難事件表

事件編號	事件發生時間	落海地點	船隻種類	落海或傷亡組人數	死亡人數	參考之鄰近測站	參考時間	參考波高(m)	參考陣風(m/s)	備註(颱風名)
1	2000/1/20 08:40	新竹新豐區(外海 25 海浬)	貨輪	15	13	新竹	4:00~10:00	1.6	16.5	
2	2000/1/22 05:00	宜蘭縣頭城鎮(竹安河出海口)	漁船	4	2	蘇澳	0:00~6:00	1.64	3.7	
3	2000/1/31 上午	馬祖烏坵區(海域)	漁船	4	3	新竹	0:00~12:00	2.44	21.2	
4	2000/3/1 07:20	屏東縣恆春鎮鵝鑾里(海域)	貨輪	22	6	花蓮	0:00~10:00	2.09	4.2	
5	2000/11/1 06:00	新北市貢寮區(三貂角外海)	貨輪	24	23	龍洞	4:00~12:00	4.88	25.2	Xangsane
6	2000/12/15 11:00	宜蘭縣蘇澳鎮大坑里(外海)	漁船	5	1	蘇澳	0:00~12:00	1.77	3.6	
7	2001/6/23 傍晚	台南市安平區(安平港外海)	漁船	23	19	新竹	14:00~18:00	1.01	12	CHEBI
8	2001/6/24 07:00	台東縣成功鎮(三仙台海域)	漁船	6	1	鵝鑾鼻	2:00~10:00	2.61	8.7	CHEBI
9	2001/9/23 15:00	高雄市鼓山區(高雄港西南方 80 海浬)	貨輪	18	0	新竹	12:00~18:00	1.84	16	LEKIMA
10	2001/9/27 凌晨	台中市梧棲區(台中港外海 12 海浬)	漁船	5	3	新竹	0:00~6:00	2.06	18	Lekima
11	2002/3/6 03:00	基隆市安樂區(大武崙漁港 0.5 海浬)	漁船	2	1	龍洞	0:00~6:00	2.61	12.2	
12	2002/8/3 傍晚	金門縣列嶼鄉(大膽島海域)	漁船	2	1	金門	14:00~20:00	1.71	11	KAMMURI
13	2002/9/8 下午	宜蘭縣南澳鄉(粉鳥林漁港外海)	漁船	3	2	蘇澳	14:00~20:00	1.13	9.2	

14	2003/1/3 早上	宜蘭蘇澳鎮(外海)	漁船	2	0	蘇澳	6:00~12:00	1.57	14.6	
15	2003/1/9 15:00	台中市梧棲區(外海 40 海浬)	貨輪	3	0	新竹	09:00~15:00	1.1	11.7	
16	2003/11/9 凌晨	基隆市中正區(基隆嶼海域)	漁船	2	0	龍洞	0:00~06:00	3.14	10.7	
17	2003/08/07 上午	台南市安平區(四草大橋下)	漁船	1	0	新竹	8:00~12:00	0.32	6.9	ETAU
18	2003/11/21 06:00	桃園市觀音區(外海 10 海浬)	漁船	10	1	新竹	00:00~06:00	0.42	5.3	
19	2004/04/12 上午	宜蘭縣教西區(竹安外海)	漁船	2	2	龜山島	04:00~10:00	1.2	2.3	
20	2004/04/13 凌晨	台東縣成功鎮(成功小港海域)	漁船	3	0	花蓮	00:00~05:00	1.37	3.5	
21	2004/5/2 06:31	屏東縣東港區(外海 2.5 海浬)	貨輪	5	4	大鵬灣	01:00~07:00	1.19	10.8	
22	2004/7/7 12:57	高雄市彌陀區(竹子溪出海口)	漁船	4	1	大鵬灣	06:00~13:00	1.43	3.8	
23	2004/08/22 深夜	屏東縣恆春鎮(龍坑海域)	漁船	5	1	鵝鑾鼻	18~08/23 00	1.15	5.7	Aere
24	2004/08/23 早上	基隆市中正區外海(棉花嶼海域)	漁船	9	4	龍洞	04:00~10:00	1.73	13.5	Aere
25	2004/11/30 傍晚	台中市(外海 40 海浬)	貨輪	11	4	新竹	06:00~18:00	1.17	16.1	
26	2005/1/7 23:59	彭佳嶼(西北方 3 海浬)	漁船	3	2	龍洞	18:00~24:00	1.53	10.1	
27	2005/1/10 03:55	台南市(二仁溪西方 4 海浬)	漁船	6	0	新竹	22:00~01/10 04:00	1.96	14.8	
28	2005/1/15 23:20	高雄鼓山區柴山(外海 5 海浬)	漁船	2	1	大鵬灣	18:00~ 24:00	0.58	9.8	
29	2005/1/17 10:00	新竹市北區(南寮漁港外海)	漁船	1	1	新竹	04:00~10:00	0.91	10.3	
30	2005/2/10 19:58	花蓮縣新武鄉(花蓮機場東方約 十七浬海域)	貨輪	18	18	花蓮	13:00~20:00	2.44	14	
31	2005/10/8 06:13	新北市石門區(麟山鼻外 2 浬)	貨輪	9	0	龍洞	00:00~07:00	1.68	14.8	
32	2005/10/8 06:00	新竹市北區(南寮外海 1.3 海	漁船	4	1	新竹	00:00~06:00	1.42	13.4	

		哩)								
33	2006/1/5 06:00	宜蘭縣頭城鎮(大溪漁港外海500m)	漁船	3	0	龍洞	00:00~06:00	2.68	16.9	
34	2006/1/14 13:50	新北市貢寮區(和美港外海)	漁船	1	0	龍洞	08:00~14:00	1.67	4.5	
35	2006/2/18 07:40	澎湖縣湖西鄉(尖山外海)	漁船	2	2	新竹	0:600~12:00	2.25	13.4	
36	2006/4/6 16:00	基隆市中正區(八斗子外海1.2海哩)	漁船	4	4	龍洞	10:00~16:00	1.16	15.8	
37	2007/3/11 08:00	宜蘭縣五結鄉(蘭陽溪外海4海哩)	漁船	7	5	龜山島	02:00~08:00	1.84	14.3	
38	2007/10/2 05:00	高雄市小港區(鳳鼻頭漁港)	漁船	2	2	大鵬灣	23:00~10/02 05:00	1.41	5.5	Krosa
39	2007/11/27 14:45	新北市貢寮區(鼻頭角外海30哩)	貨輪	28	27	龍洞	09:00~15:00	5.4	16.8	Mitag
40	2008/1/16 04:30	屏東縣恆春鎮鵝鑾里(外海100海哩)	貨輪	19	14	鵝鑾鼻	23:00~05:00	1.13	19.9	
41	2008/1/18 14:10	花蓮縣花蓮市(花蓮港東防波堤外海)	漁船	3	0	花蓮	08:00~15:00	2.24	10.8	
42	2008/1/19 13:00	彰化縣線西鄉(崙尾灣出海口)	漁船	1	0	澎湖	07:00~ 13:00	1.9	8.3	
43	2008/9/23 12:30	澎湖縣(西嶼西方1海哩)	漁船	1	0	澎湖	06:00~13:00	2.11	9.6	Hagupit
44	2008/10/19 22:00	台北縣貢寮區(龍洞外海1.7海哩)	漁船	1	0	龍洞	16:00~22:00	1.51	3.4	

45	2008/11/10 01:00	屏東縣恆春鎮（鵝鑾鼻南方 12 海浬）	漁船	28	21	鵝鑾鼻	19:00~01:00	1.24		
46	2009/03/24 清晨	台南市將軍區（將軍漁港海域）	漁船	2	1	七股	00:00~06:00	1.25	11.7	
47	2009/8/7 16:55	屏東縣林邊鄉水利村（外海）	漁船	3	2	大鵬灣	10:00~ 17:00	5.32	27.8	Morakot
48	2009/10/4 17:40	澎湖縣湖西鄉（西南方 86 浬海 域處）	貨輪	14	11	澎湖	11:00~18:00	3.69	23.1	Parma
49	2009/11/20 11:40	新北市石門區（富基漁港外海 200 公尺）	漁船	2	2	龍洞	05:00~12:00	2.88	13.6	
50	2009/11/28 21:40	宜蘭縣壯圍鄉（永鎮外海 50 公 尺）	漁船	3	3	龜山島	16:00~22:00	1.65	12.3	
51	2009/12/14 15:00	屏東縣東港鎮（鹽埔漁港外海）	漁船	4	0	大鵬灣	10:00~16:00	0.71	5	
52	2009/12/15 10:00	台東縣東河鄉（興昌外海 3 海 浬）	漁船	3	1	花蓮	04:00~ 10:00	1.68	5.9	
53	2009/12/30 23:00	新竹市北區（外海 40 海浬）	漁船	13	3	新竹	17:00~23:00	0.98	13.6	
54	2010/1/26 06:00	澎湖縣湖西鄉（查某嶼東北 10 海浬）	貨輪	19	9	澎湖	00:00~06:00	3.62	21.6	
55	2010/4/4 10:02	台中市清水區（大甲溪海口外 海）	漁船	4	0	澎湖	04:00~10:00	2.16	11.7	
56	2010/4/11 13:00	花蓮縣花蓮市（花蓮漁港東側外 海）	漁船	4	0	花蓮	07:00~13:00	0.82	10.9	
57	2010/5/15 15:00	台東達仁鄉（安朔溪海口 200 公 尺）	漁船	2	0	花蓮	09:00~15:00	1.13	4	

		尺)								
58	2010/5/28 14:19	台東縣東河鄉(金樽漁港北堤外200m)	漁船	1	0	花蓮	08:00~15:00	0.81	3.6	
59	2010/8/7 09:00	連江縣北竿鄉(大坵水道海域)	漁船	4	1	馬祖	03:00~09:00	2.1	10.2	
60	2010/9/30 06:00	高雄市永安區(永新漁港外海0.1哩)	漁船	1	0	七股	00:00~06:00	0.93	6.2	
61	2010/10/18 22:41	苗栗縣後龍鎮(外埔西北方18海哩)	貨輪	22	4	新竹	16:00~23:00	1.6	21.9	
62	2010/10/19 05:57	台南市將軍區(西方67海哩)	貨輪	12	0	七股	00:00~06:00	1.39	11.7	Megi
63	2010/10/21 07:00	屏東縣林邊鄉(林邊溪出海口)	漁船	2	0	大鵬灣	01:00~07:00	2.71	7.5	Megi
64	2010/10/27 08:13	屏東縣恆春鎮鵝鑾里(西南方86哩)	貨輪	25	13	鵝鑾鼻	03:00~09:00	3.87	20.4	
65	2010/11/10 04:00	屏東縣恆春鎮鵝鑾里(西南外海180海哩)	貨輪	25	22	鵝鑾鼻	23:00~04:00	1.87	15.9	
66	2010/12/3 14:30	屏東縣恆春鎮(外海110海哩)	貨輪	24	8	鵝鑾鼻	09:00~15:00	1.09	21.9	
67	2010/12/12 07:30	新竹市北區(新竹漁港外海600公尺)	漁船	2	2	新竹	01:00~07:30	0.95	5.9	
68	2011/1/6 16:13	宜蘭縣蘇澳鎮(蘇澳港東南方6海哩)	漁船	4	2	蘇澳	10:00~17:00	2.35	15.2	
69	2011/01/23 深夜	屏東縣恆春鎮鵝鑾里(東南方30哩)	漁船	7	2	鵝鑾鼻	18:00~00:00	1.46	16	
70	2011/2/26 16:50	高雄市茄萣區(興達港外海0.5	漁船	1	0	七股	11:00~17:00	1.35	12	

		海裡)								
71	2011/6/10 10:30	澎湖縣湖西鄉(尖山碼頭外海)	漁船	1	1	澎湖	04:00~11:00	1.03	12.6	SARIKA
72	2011/6/17 07:40	澎湖縣湖西鄉(錠鈎嶼海域)	漁船	3	0	澎湖	01:00~08:00	0.44	6.7	
73	2011/6/27 14:00	宜蘭縣頭城鎮(梗枋外海 800 公尺)	漁船	3	0	龜山島	08:00~14:00	1.42	11.6	Meari
74	2011/7/19 06:00	台東縣大武區(尚武漁港)	漁船	2	2	花蓮	00:00~06:00	0.9	4.9	
75	2011/10/25 22:48	澎湖縣馬公鄉(西方 40 海裡)	漁船	5	0	澎湖	16:00~23:00	4.24	23.4	
76	2011/11/21 19:30	花蓮縣(美崙溪出海口)	漁船	1	0	澎湖	13:00~20:00	2.78	17.5	
77	2011/12/18 08:00	苗栗市後龍鎮(外埔海域)	漁船	2	1	新竹	02:00~ 08:00	1.87	14.1	
78	2012/3/19 04:00	基隆市(外海 9 海裡)	漁船	15	8	龍洞	23:00~ 04:00	1.82	2.7	
79	2012/8/27	東沙群島外海	漁船	7	0	東沙	03:00~09:00	5.5		Tembin
80	2012/9/16 19:50	新北市淡水區(外海)	貨輪	17	1	龍洞	18:00~24:00	3.2	8.5	
81	2005/2/27 10:00	新北市淡水區(北方 32 哩)	漁船	8	7	龍洞	00:00~12:00	2.43	11.8	
82	2012/12/31 03:00	台東縣卑南鄉(卑南溪口外海)	漁船	1	0	七股	21:00~03:00	2.84	19	
83	2013/1/3 08:00	屏東縣(墾丁香蕉灣 0.3)	漁船	1	1	小琉球	04:00~12:00	0.86	4.5	
84	2013/1/20 02:00	桃園市大園區(竹圍漁港外)	漁船	2	1	新竹	20:00~02:00	1.26	6	
85	2013/2/9 13:00	台東縣台東市(富岡漁港外)	漁船	1	0	台東	07:00~13:00	2.34	11.4	
86	2013/7/17 14:00	宜蘭縣頭城鎮(大溪漁港外海)	漁船	2	1	龜山島	08:00~14:00	1.57	18.3	CIMARON
87	2013/07/26 清晨	台南市將軍區(將軍漁港外)	漁船	2	2	七股	00:00~06:00	0.53	6.4	
88	2013/8/3 12:30	高雄市梓官區(梓官漁港外)	漁船	3	2	小琉球	06:00~12:00	3.52	6.8	

89	2013/9/22 07:00	澎湖縣馬公市（龍門港外）	漁船	2	0	澎湖	01:00~07:00	3.02	10.4	Usagi
90	2013/10/9 18:00	基隆市中正區（望海巷漁港）	漁船	2	1	基隆	13:00~18:00	2.02	6.1	
91	2013/10/15	屏東縣車城鄉（竹坑海域）	漁船	1	1	小琉球	01:00~06:00	2.39	7.6	
92	2013/11/9	台東縣長濱鄉（長濱港外）	漁船	3	2	台東	01:00~06:00	3.01	8.9	
93	2014/1/2 17:00	新北市萬里區（野柳附近海域）	漁船	5	0	基隆	17:00	0.67	4.7	
94	2014/1/5 17:00	新北市林口區（海域）	漁船	2	0	新竹	17:00	1.66	13.1	
95	2014/1/6 07:00	桃園縣蘆竹區（蘆竹海域）	漁船	2	0	新竹	07:00	1.38	7.2	
96	2014/01/07 凌晨	彰化縣芳苑鄉（芳苑外海）	漁船	1	1	新竹	00:00~06:00	1.25	3.9	
97	2014/2/14 13:00	花蓮縣（外海）	漁船	3	1	花蓮	13:00	2.18	9.8	
98	2014/07/07 晚上	屏東縣滿州鄉（興海漁港）	漁船	0	0	小琉球	18:00-22:00	1	10.8	Neoguri
99	2014/8/9 晚間	基隆市中正區（八斗子漁港）	漁船	8	0					
100	2014/08/10 凌晨	基隆市中正區（八斗子漁港）	漁船	4	0	基隆	0:00-04:00	1.86	5.5	
101	2014/09/19/ 04:11	桃園市新屋區（永安漁港3海裡處）	漁船	3	0	新竹	04:00	1.03	4.7	Fungwong
102	2014/09/20 下午	新北市金山區（金山海域）	漁船	8	0	基隆	14:00-18:00	2.33	8.6	Fungwong
103	2014/10/03 凌晨	花蓮縣（沙東外海8.8海裡）	漁船	3	0	花蓮	00:00-04:00	1.36	7.1	
104	2014/10/12 10:06	苗栗縣竹南鎮（龍鳳漁港外海50m）	漁船	30	2	新竹	10:00	1.67	5.1	VONGFONG
105	2014/10/13 15:34	花蓮縣（花蓮溪出海口）	漁船	3	1	花蓮	15:00	3	11.5	
106	2014/12/9 21:00	新北市林口區（發電廠卸煤碼頭）	漁船	1	1	新竹	21:00	2.32	12	HAGUPIT
107	2014/12/15 07:00	苗栗縣後龍鎮（外海）	漁船	2	0	新竹	07:00	1.61	3.9	

108	2014/12/18 深夜	彰化縣彰化市(外海)	漁船	2	2	新竹	18:00~24:00	1.8	13.8	
109	2014/12/23 10:11	雲林縣湖口鄉(子漁港外海)	漁船	2	1	七股	06:00~12:00	0.63		
110	2015/1/12 08:00	屏東縣枋寮區(外海)	漁船	4	3	小琉球	08:00	1.29	18.6	
111	2015/3/28 13:00	新北市八里區(焚化爐外海)	漁船	5	1	新竹	13:00	1.18	3.1	
112	2015/3/28 11:58	金門縣(母嶼海域)	漁船	3	3	金門	12:00	1.9	3.1	
113	2015/6/22 08:00	高雄市梓官區(蚵仔寮)	漁船	1	0	彌陀	08:00	1.46	2.4	KUJIRA
114	2015/7/11 清晨	高雄市彌陀區	漁船	1	0	彌陀	4:00-8:00	2.34	12.3	
115	2015/7/25 13:58	基隆市中正區(望海巷)	漁船	5	0	基隆	14:00	1.08	6.7	HALOLA
116	2015/10/3 14:00	台南市安南區(鹿耳門出海口)	膠筏	3	2	七股	14:00	1.2	6.6	MUJIGAE
117	2015/12/9 09:25	宜蘭縣外澳區(海域)	舢舨	1	0	蘇澳	08:00	1.66	6.9	
118	2015/12/14 06:00	新竹市新豐鄉(外海)	漁船	3	0	新竹	06:00	1.43	5.6	
119	2015/12/19 晚間	花蓮縣(花蓮溪出海口)	舢舨	1	1	花蓮	21:00~24:00	2.62	12.3	
120	2015/12/20 14:00	苗栗縣後龍鎮(外埔漁港)	舢舨	2	0	新竹	14:00	1.47	4.6	
121	2015/12/29 14:30	新北市瑞芳區(水湳洞)	漁船	1	1	龍洞	14:00	1.31	7.6	
122	2016/1/12 08:00	屏東縣枋寮鄉	漁船	4	1	小琉球	08:00	0.87	4.6	
123	2016/1/17 18:00	金門縣金城鎮	漁船	2	3	金門	18:00	0.66	5.5	
124	2016/02/01 下午	屏東縣恆春鎮(滿洲龍坑)	漁船	2	2	鵝鑾鼻	17:00	0.78	16.1	
125	2016/5/27 19:00	嘉義縣布袋鄉(布袋商港出海口)	漁船	2	0	七股	19:00	1.19	7.4	
126	2015/12/19 23:00	花蓮縣吉安鄉(花蓮溪出海口)	漁船	1	1					
127	2015/12/29 14:30	新北市瑞芳區(水湳洞)	漁船	1	1					
128	2016/1/12 08:00	屏東縣枋寮鄉	漁船	4	4					
129	2016/1/17 18:00	金門縣金城鎮	漁船	2	2					

130	2016/02/01 下午	屏東縣恆春鎮(滿洲龍坑)	漁船	2	2					
131	2016/5/27 19:00	嘉義縣布袋鄉(布袋商港出海口)	漁船	2	2					
132	2016/6/13	彰化縣崙尾灣外海 3 哩	漁船	1	1					
133	2016/9/21 08:30	宜蘭縣頭城鎮(東森海洋溫泉酒店外海域)	漁船	1	1					
134	2016/12/9 21:00	新北市石門區(石門外海)	漁船	8	7					
135	2017/1/26 21:00	新北市(調魚台外海)	漁船	16	0					
136	2017/5/21 下午	在金門往馬公航行途中(離金門大約 15、16 海哩)	木船	4	0					
137	2017/8/3 16:00	基隆市中正區(望海巷灣)	保麗龍船	4	1					
138	2017/8/9 14:00	基隆市(澎佳嶼外海)	漁船	1	1					
139	2017/10/26 21:01	金門縣烈嶼鄉(羅厝漁港)	漁船	1	0					
140	2017/10/27 05:00	台東縣成功鎮(三仙台海域)	漁船	4	0					

備註：未知船難確定時間者，鄰近測站資料取某期間內之最大值。

附錄七：績效報告

105 年度政府科技發展計畫 績效報告書 (D006)

計畫名稱：異常海象機率預警研究與作業試用(2/4)

執行期間：

全程：自 105 年 1 月 1 日 至 108 年 12 月 31 日止

本期：自 106 年 1 月 1 日 至 106 年 12 月 31 日止

主管機關：交通部

執行單位：中央氣象局

中華民國 106 年 12 月 20 日

目 錄

【105 年度政府科技發展計畫績效報告基本資料表(D003)】

【分年階段性目標達成情形與重要成果摘要表】

【105 年度績效自評意見暨回復說明(D007)】

第一部分 43

壹、目標與架構

- 一、 目標與效益
 - (一) 目標.....
 - (二) 效益.....
- 二、 架構
- 三、 實際達成與原預期目標之差異說明

貳、主要內容

- 一、 執行內容
- 二、 遭遇困難與因應對策
- 三、 實際執行與原規劃差異說明

參、經費與人力執行情形

- 一、 經費執行情形
 - (一) 經資門經費表 (E005)
 - (二) 經費支用說明.....
 - (三) 經費實際支用與原規劃差異說明.....
- 二、 計畫人力運用情形
 - (一) 計畫人力結構 (E004)
 - (二) 人力實際進用與原規劃差異說明.....

肆、已獲得之主要成果與重大突破(含量化 output) (E003)

第二部分

壹、主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome)

- 一、 學術成就(科技基礎研究)
- 二、 技術創新(科技技術創新)
- 三、 經濟效益(經濟產業促進)
- 四、 社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)
- 五、 其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等)

貳、 跨部會協調或與相關計畫之配合

參、 檢討與展望

附表、佐證資料表

年度	階段性目標達成情形(每年度以 300 字為限)	重要成果摘要說明 (每年度以 600 字為限，過程性結果請免列)
105	<ol style="list-style-type: none"> 1. 新增本(105)年度台灣海岸地區發生之瘋狗浪事件以及鄰近海域發生之異常波浪引致船難事件之蒐集與分析，同時更新了台灣周遭海域危險海象風險地圖。 2. 完成了民國 104 年度台灣海域波浪實測資料中異常波浪(freak wave)資料探勘，增加對實際海洋中發生之異常波浪事件有更多的瞭解。 3. 維持中央氣象局第一代異常海象預警系統之運作，同時分析、檢討系統運作狀況與結果。 4. 將第一代危險海象預警系統自定率式預測提升為機率預測模式。 5. 完成建置了海岸瘋狗浪機率預警系統以及海洋異常波浪機率預警系統，每日 4 次提供預警資訊。 6. 提升了海洋異常波浪機率預警結果。 7. 完成海岸瘋狗浪監視影像初步分析技術之開發。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 本(105)年度新增蒐集了 5 件瘋狗浪襲人事件以及 8 件異常海象引致船難事件。 2. 近 7 成瘋狗浪襲人事件是發生在北部及東北角(新北-基隆-宜蘭)海岸 3. 已完成 19 個浮標測站至 2015 年的異常波浪探勘分析，共累積 8065 筆危險異常波浪案例，發生危險異常波浪的機率介於 $3.24 \times 10^{-5} \sim 13.4 \times 10^{-5}$ 之間。 4. 監控運作第一代瘋狗浪與異常海浪預警系統，結果顯示系統正常執行可達 9 成以上，其中高風險預警次數約有 21%。 5. 分別以群集分析和類神經網路建置龍洞海岸瘋狗浪預警系統，反查率與回應率皆達到 7 成以上，顯示兩個系統進行預警作業時皆能提供有效的預警資訊，同時不會有過度預警的情形發生。 6. 比對預警系統與中央氣象局長浪即時訊息結果顯示海岸瘋狗浪之發生與長浪有很高的相關性。 7. 以東吉島波浪站連續觀測資料進行異常波浪預警系統之驗證，加權誤差介於 8%-17% 之間，顯示系統有一定程度的準確性。 8. 分析結果顯示在台灣海峽北部海域與東海北部海域異常波浪發生機率高於其他海域 9. 建議預警系統未來運作可以中位數與 95%(Q₉₅)值定義低、中和高風險。 8. 發展了一套半自動影像辨識系統，可分析中央氣象局架設於龍洞四季灣之瘋狗浪光學影像。

106	<ol style="list-style-type: none"> 1. 更新前一年度發展之危險海象機率預警模式與中央氣象局波浪模式，使成第二代作業化危險海象機率預警模式，包含海岸瘋狗浪與海洋異常波浪兩個模式。 2. 增加海岸瘋狗浪預警時間並擴增海岸瘋狗浪預警區域至全台瘋狗浪事件發生第二熱區-基隆海岸。 3. 完成海洋異常波浪機率預警區域細化至海峽航線上。 4. 擴充台灣海岸與鄰近海域危險海象事件以及異常波浪資料庫。 5. 完成監控以及更新第二代作業化危險海域機率預警系統之運行，並評估其成效。 6. 完成海岸瘋狗浪影像自動化判釋技術之發展。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 建立第二代作業化危險海象預警系統，包含 2 個系統，分別是「海洋異常波浪機率預警系統」與「海岸瘋狗浪機率預警系統」，安裝於中央氣象局海象中心，每日例行性運行。 2. 海岸瘋狗浪機率預警子系統包含 2 個子系統，預警地點分別是龍洞附近海岸以及碧砂漁港附近海岸。 3. 完成 2 條藍色公路上之海洋異常波浪機率預警子系統，分別是基隆-馬祖航線和台中-平潭航線。 4. 海岸瘋狗浪機率預警系統可提供 4 個預警時間之瘋狗浪發生機率，分別是 9、12、18 和 24 小時。 5. 共使用了 2 種資料探勘方法建置海岸瘋狗浪預警系統，分別是群集分析理論和人工類神經網路方法。 6. 利用 3 個評判指標(正確率、回應率和反查率)驗證以前述 2 方法建置之海岸瘋狗浪預警系統，其準確性均超過 7 成。 7. 第二代作業化海岸瘋狗浪與海洋異常波浪機率預警系統已安裝於中央氣象局正常執行 600 次(每天執行 4 次)以上。 8. 本計畫研發了 1 套瘋狗浪花自動辨識程序，準確性可達 8 成 6 以上。 9. 影像觀測瘋狗浪花分析結果顯示，每次瘋狗浪花發生時間平均約 2 秒，最長也僅約 4 秒。 10. 本計畫蒐集自 2000 年迄 2017 年 11 月為止，在台灣海岸發生之瘋狗浪案例計有 335 件。 11. 本計畫蒐集自 2000 年迄 2017 年 11 月為止，在台灣附近海域發生之異常波浪導致船難事件計有 140 件。 12. 分析台灣鄰近海域現場海象觀測站資料，合計探勘得 9486 個危險異常波浪案例。
-----	--	---

第一部分

註：第一部分及第二部分（不含佐證資料）合計頁數建議以不超過 200 頁為原則，相關有助審查之詳細資料宜以附件方式呈現。

壹、 目標與架構

()

一、 目標與效益

(一) 目標

本計畫目的旨在研究並建立台灣海岸與鄰近海域危險波浪預警系統，包含「海洋異常波浪預警系統」、「海岸瘋狗浪預警系統」兩部分。本計畫將在過去的研究基礎下，提昇預警系統為具有機率預警功能，提供海岸邊發生瘋狗浪或海洋裡出現異常波浪之發生機率。前述所稱之海洋異常波浪是指發生在海洋中，常造成船隻翻覆的瞬間大浪；而海岸瘋狗浪則為發生在海岸邊，把人或車衝擊落海的突發性激浪，這兩種災害海象的發生機制不同，因此本研究分別探討之，其唯一相似的是，截至目前為止，尚無學理可以定時、定點預測異常波浪或瘋狗浪之發生，因此，本研究採用序率式手段，預測其發生機率，作為預警。

本計畫除了上述目標外，還包含蒐集實際事件，建立海岸瘋狗浪與海洋異常波浪事件資料庫並繪製風險地圖，另外，也將從實測資料中進行探勘分析，擷取出在台灣鄰近海域實測波浪站中的異常波浪，藉此掌握其特性並探究其可能發生機制，同時，本計畫亦從事海岸瘋狗浪監視影像分析技術開發，以上做為均是為提供未來發展更精確預警模式之參考。

(二) 效益

(對於國內外環境、產業目前已經面臨或未來可能面臨之挑戰與機會，請說明透過本計畫之執行而改善或衍生機會等效益。)

台灣四面環海，經濟發展與海洋息息相關，同時，民眾休閒活動日益接近海洋，海象相關災害問題頻繁發生，有必要針對此類災害建立預警機制。

海象的災害可區分為發生在海岸邊以及發生在海洋裡兩種，發生在海岸邊的即是我們俗稱的「瘋狗浪」，它是一種足以把人或車衝擊落海的突發性激浪，根據統計，過去 10 幾年在台灣海岸已發生超過 300 件瘋狗浪事件，每年因此死傷人數甚鉅；另外一種是發生在海洋裡的「異常波浪」，外文稱之為 **freak wave**，它是一個可能造成船隻翻覆的瞬間大浪，這兩種危險波浪發生的地點不同、發

生的機制也不同，唯一相同的是，它們截至目前為止，都無法被正確預測何時何地會發生。

在國外，由於航行船隻的安全需求，大都著重在異常波浪的研究，近十年來此部分的研究相當興盛，對於異常波浪生成的機制有了更充分的瞭解，這也使得從事異常波浪的預測逐漸提高可能應。但國外由於海岸環境以及民眾活動型態，較少海岸邊瘋狗浪事件的發生，因此相關研究也較侷限，另一個原因則是因為海岸風狗浪的生成機制包含了波浪、海岸結構物以及和人之間的交互作用，完整的機制不易掌握，也難以觀測，因此研究上也受到了限制。反過來，在國內由於瘋狗浪時常發生，研究上相對於國外較多，但大都限於對瘋狗浪發生時間、地點的分析以及可能機制的探討，未有從事相關預警模式研發的相關研究；同樣地，國內對於海洋中異常波浪的研究(尤其是預警模式研發)更是相當少數。

災害性波浪已造成我國不小經濟損失與民眾傷亡，建立預警系統不容克緩，本計畫完成後可以建立出針對廣大海洋上的異常波浪預警系統，以及針對海岸地區發生之瘋狗浪的預警系統，預期對於我國之海上航行以及海岸休閒遊憩活動安全可以帶來甚大助益。同時，採用新進的研究與分析技術，在學術上也有創新作為，研究成果在國際上亦可能獲得關注，預警系統之實現也有可能輸出到有類似災害之國家。整體而言，本計畫在學術、實務上均將有重大貢獻。

● 國際比較與分析

(如有計畫執行前後之國際比較，請列出，並以表格方式呈現為佳。)

比較項目或計畫產出成果	計畫執行前	計畫執行後
危險性波浪監測與預警方法	著重在外洋之異常波浪研究，但偏重理論少實測數據。	從台灣環島波浪測站探勘出近萬筆異常波浪案例，且建立了海岸瘋狗浪監視影像分析技術。不論是外洋或海岸危險波浪均有監測與分析方法提出。
海洋異常波浪預警系統	透過數值模擬驗證異常波浪預測理論，屬理論推導，過於理想，尚未實用。	根據實際觀測資料率定出一個異常波浪機率預警模式，已上線測試運作，且以

		細化至藍色公路航線上，具實用價值。
海岸瘋狗浪預警系統	著重在海洋，幾無海岸(coastal)瘋狗浪研究，更未有預警研究提出。	透過資料探勘方法，建立了海岸瘋狗浪機率預警系統，已上線測試運作，具實用價值。

貳、 主要內容

一、 執行內容

本計畫預計執行四年，逐年執行內容條列如下：

第一年：

- 越波型瘋狗浪判釋技術研發。
- 近岸瘋狗浪機率預測方法之建立。
- 外洋異常波浪機率預測理論之改進。
- 瘋狗浪之發生與湧浪關聯分析。
- 近岸瘋狗浪與外洋異常波浪事件分布圖更新。

第二年：

- 持續蒐集實際海岸瘋狗浪與異常波浪事件，以及分析實測海洋異常波浪資料，擴充異常海象資料庫，更新風險地圖。
- 瘋狗浪機率預警系統之精進
- 再建置 1 個海岸區域瘋狗浪機率預警子系統
- 持續分析瘋狗浪監視影像
- 建置海峽航線上異常波浪機率預警系統
- 將第一年機率預警研究成果更新至線上系統
- 持續操作現行作業化預警系統並評估成果

第三年：

- 擴充海岸瘋狗浪與海洋異常波浪資料庫。包含(a)實際發生案例之蒐集；(b)現場實測資料探勘。
- 作業化預警系統運作檢討與精進。包含(a)持續監控作業化預警系統運作並改善展示介面；(b)海岸瘋狗浪預警成果探討；(c)海洋異常波浪預警成果探討；(d)無現場資料之海岸瘋狗浪預警系統解決方案；(e)預警風險標準之建立。

- 瘋狗浪監視影像分析。包含(a)龍洞瘋狗浪影像資料庫建立；(b)碧砂瘋狗浪影像分析；(c)瘋狗浪特性分析
- 海岸瘋狗浪機率預警子系統之建置
- 新增海峽航線上異常波浪機率預警系統航線

第四年：

- 兩個瘋狗浪機率預警系統之整合以及執行監控展示介面之整合
- 海洋異常波浪機率預警執行監控展示介面之整合
- 機率預警系統準確性綜合評估與誤差分析
- 實測海洋異常波浪特性綜合分析
- 海洋異常波浪與海岸瘋狗浪資料庫與查詢系統建置
- 預警系統標準作業流程之建立

二、 遭遇困難與因應對策

(執行計畫過程中所遭遇困難、執行落後之因應措施及建議，如無遭遇困難或落後情形者，請填寫「無」即可。)

類別	說明	因應措施與建議
執行困難		
執行落後		

參、經費與人力執行情形

一、經費執行情形

(一) 經資門經費表 (E005)

1.

不填報

單位：千元；%

肆、 已獲得之主要成果與重大突破(含量化 output) (E003)

填寫說明：

1. 績效指標之「原訂目標值」應與原綱要計畫書一致，惟因 105 年度績效指標項目修正，部分績效項目整併或分列，機關得依績效項目之調整配合修正原訂指標項目與原訂目標值，惟整體而言，不得調降原訂目標值。
2. 得因計畫實際執行增列指標項目以呈現計畫成果。
3. 如該績效指標類別之各項績效指標項目之目標值、達成值均為 0，請刪除該績效指標類別，以利閱讀。
4. 如績效指標有填列實際達成情形，均須附佐證資料，佐證資料另以附表上傳。

務必填報

屬性	績效指標類別	績效指標項目		106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值		
學術成就 (科技基礎)	A. 論文	期刊論文	國內(篇)	5		效益說明可包含發表在國際上重要學術研討會或期刊（如：SCI、SSCI、EI、AHCI、TSSCI 等）之論文篇數、被引用情形及影響係數、論文獲獎等情形。	
			國外(篇)				
		研討會論文	國內(篇)		6		
			國外(篇)		1		
		專書論文	國內(篇)		1		
			國外(篇)				
	B. 合作團隊 (計畫)養成	機構內跨領域合作團隊(計畫)數	1		組成國內研究異常波浪與瘋狗浪跨校研究團隊		
		跨機構合作團隊(計畫)數		1			

屬性	績效指標類別	績效指標項目	106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值		
研究)		跨國合作團隊(計畫)數				
		簽訂合作協議數				
		形成研究中心數				
		形成實驗室數				
學術成就 (科技基礎研究)	C.培育及延攬人才	博士培育/訓人數	5	1	本計劃培育三位碩士班、二位博士班研究生(一位已畢業，餘未畢業)。培育之研究生未來在科研單位或海象相關研究部門可貢獻其在災害性海象分析技術，有助於學術科技發展與實務應用開發。	
		碩士培育/訓人數		4		
		學士培育/訓人數		1		
		學程或課程培訓人數				
		延攬科研人才數				
		國際學生/學者交換人數				
		培育/訓後取得證照人數				
D1.研究報告	研究報告篇數	1	1	產出研究報告乙本，研究報告中之預警系統理論內容可提供國內學術研究參考；預警系統運作內容可提供相關政府部門參考；至於報告中蒐集之異常波浪與瘋狗浪資料庫則可供政府與學界研究參考使用。所有蒐集案例與其原始資料均附於研究報告中。		
						D2.臨床試驗

屬性	績效指標類別	績效指標項目	106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值		
		醫療器材臨床試驗件數			外臨床試驗通過情形等。	
	E. 辦理學術活動	國內學術會議、研討會、論壇次數			學術活動包含研討會(workshop)、學術會議 (symposium)、學術研討會 (conference)、論壇(forum)等；效益說明可包含主辦國際重要研討會情形等。	
		國際學術會議、研討會、論壇次數				
		雙邊學術會議、研討會、論壇次數				
		出版論文集數量				
	F. 形成課程/教材/手冊/軟體	形成課程件數			效益說明可包含課程、教材、手冊、軟體被引用情形，或其他個人或團體之加值利用情形等。	
		製作教材件數				
		製作手冊件數				
		自由軟體授權釋出教材件數				
	其他					

技術創新	G. 智慧財產	申請中	國內	發明專利(件)		效益說明可包含智慧財產應用、引用、授權情形等。	
				新型/設計專利(件)			
				商標(件)			
				品種(件)			

屬性	績效指標類別	績效指標項目		106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值		
(科技技術創新)			國外	發明專利(件)			
				新型/設計專利(件)			
				商標(件)			
				品種(件)			
		已獲准	國內	發明專利(件)			
				新型/設計專利(件)			
				商標(件)			
				品種(件)			
			國外	發明專利(件)			
				新型/設計專利(件)			
				商標(件)			
				品種(件)			
		專書著作	國內(件)				
			國外(件)				
		與其他機構或廠商合作智財件數					

屬性	績效指標類別	績效指標項目	106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破	
			原訂目標值	實際達成值			
技術創新 (科技技術創新)	H.技術報告及檢驗方法	新技術開發或技術升級開發之技術報告篇數			效益說明可包含技術或檢驗方法獲得國際認證情形、授權情形等。		
		新檢驗方法數					
	I1. 辦理技術活動	辦理技術研討會場次			效益說明可包含技術活動參與人次、主辦國際重要技術活動場次等。		
		辦理技術說明會或推廣活動場次					
		辦理競賽活動場次					
	I2. 參與技術活動	發表於國內外技術活動(包含技術研討會、技術說明會、競賽活動等)場次			效益說明可包含於國際重要技術活動發表、競賽活動獲獎情形等		
	J1. 技轉與智財授權	技轉或授權件數	技術(含先期技術)移轉 <u>國內</u> 廠商或機構件數			效益說明可包含技轉與智財授權情形、商品化情形等。	
			技術(含先期技術)移轉 <u>國外</u> 廠商或機構件數				
			專利授權 <u>國內</u> 廠商或機構件數				
			專利授權 <u>國外</u> 廠商或機構件數				

屬性	績效指標類別	績效指標項目	106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值		
		自由軟體授權件數				
		其他授權件數				

技術創新 (科技技術創新)	技轉或授權金額	技術(含先期技術)移轉 <u>國內</u> 廠商或機構之授權或權利金(千元)				
		技術(含先期技術)移轉 <u>國外</u> 廠商或機構之授權或權利金(千元)				
		專利授權 <u>國內</u> 廠商或機構之授權或權利金(千元)				
		專利授權 <u>國外</u> 廠商或機構之授權或權利金(千元)				
		其他授權或權利金(千元)				
	J2.技術輸入	引進技術件數			效益說明可包含引進技術之應用情形。	
		引進技術經費(千元)				
	S1.技術服務 (含委託案及工業服務)	技術服務件數			效益說明可包含技術服務收入等。	
		技術服務家數				
		技術服務金額(千元)				

屬性	績效指標類別	績效指標項目	106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值		
	S2. 科研設施 建置及服務	設施建置項數			效益說明可科研設施服務收入、服務滿意度等。	
		設施運轉穩定度(%)				
		設施運轉效率(%)				
		設施服務項目數				
		設施使用人次				
		設施服務件數				
		設施服務時數				
	設施服務收入					
其他						

經濟 效益 (經濟 產	L. 促成投資	促成廠商投資件數			效益說明可包含廠商或產業團體投資或成立新創事業所推出之新產品上市項數、產量、產值等情形。	
		促成生產投資金額(千元)				
		促成研發投資金額(千元)				
		促成新創事業投資金額(千元)				
	促成產值提升或新創事業所推出新產品產值(千元)					
M. 創新產業	成立營運總部數			效益說明可包含增加台灣產業運籌電		

屬性	績效指標類別	績效指標項目	106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值		
業 促 進)	或模式建立	衍生公司家數			子化擴散面積、衍生公司投資金額、創新模式衍生新產品產值、環境改善或體系建立等提高產品競爭力、促進產業發展效益。	
		建立產業發展環境、體系或營運模式件數				
		參與產業發展環境、體系或營運模式之產業團體數				
		促成企業聯盟家數				
		創新模式衍生新產品上市項數				
		促成產值提升或創新模式衍生新產品產值(千元)				

經 濟 效 益)	N.協助提升我國產業全球地位	建立國際品牌或排名提升				效益說明可包含相關產業(品)產值國際排名提升情形等。	
		相關產業產品產值世界排名提升					
		促成國際互惠合作件數					
		促進國際廠商在台採購(千元)					
	O.共通/檢測	輔導廠商或產業團	件數			效益說明可包含輔導廠商或產業團體	

屬性	績效指標類別	績效指標項目		106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值		
濟 產 業 促 進)	技術服務及輔導	體技術或品質提升、技術標準認證、實驗室認證、申請與執行主導性新產品及關鍵性零組件等	廠商家數			獲得國家/國際證照、通過實驗室認證、申請或獲得專利情形、輔導對象相對投入情形、輔導個人獲得相關專業證照情形、國內二級校正衍生數等。	
			廠商配合款(千元)				
		技術、作業準則等教育訓練人次					
		提供國家級校正服務件數					
	P.創業育成	新公司或衍生公司家數				效益說明可包含新公司或衍生公司投資金額、年營業額等。	
	T.促成與學界或產業團體合作研究	媒合與推廣活動辦理次數				效益說明可包含合作研究產品上市項數、產量、銷售金額、降低產品成本、提升產品附加價值等	
		促成合作研究件數					
		廠商研究配合款金額(千元)					
		合作研究產品上市項數					
	U.促成智財權資金融通	輔導診斷家數				效益說明可包含協助中小企業取得融資及保證情形等	
		案源媒合家數					
		協助廠商取得融資家數					
		協助廠商取得融資金額(千元)					

屬性	績效指標類別		績效指標項目	106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值		
	AC. 減少災害損失		開發災害防治技術與產品數	3	3	開發 1 套海洋異常波浪機率預警系統，結合中央氣象局海象中心作業化波浪模式同步產出海上異常波浪發生機率風險圖，可以提供海上航行船隻航行安全資訊，避開異常波浪發生風險較高之區域，減少被異常波浪襲擊發生意外的機會。另開發 1 套龍洞海岸瘋狗浪機率預警子系統以及 1 套碧砂海岸瘋狗浪機率預警系統，整合中央氣象局龍洞浮標實測數據與波浪模式資料，分析在東北角龍洞與碧砂海岸邊發生瘋狗浪之發生機率，該系統可提供民眾前往東北角海岸從事遊憩活動之安全訊息，當瘋狗浪發生風險高時，可提醒遊客或釣客避免靠近岸邊，未來這些資訊亦可提供給其它相關政府部門，作為海岸安全警戒的依據。	
			建立示範區域或環境觀測平台數				
			建築或橋梁補強數				
			輔導廠商建立安全相關生產或驗證機制之件數				
			預估降低環境危害風險或成本(千元)				
	其他						
社會	社會	AB. 科技知識普	科普知識推廣與宣導次數			效益說明可包含於國際重要報章媒體刊登或宣傳情形。	
			科普知識推廣與宣導觸達人數				

屬性	績效指標類別		績效指標項目	106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
				原訂目標值	實際達成值		
影響	福祉提升	及	新聞刊登或媒體宣傳數量				
		Q. 資訊服務	設立網站數			效益說明可包含網站訪客人數或人次、縮短行政作業時間比率、服務使用提升率、服務滿意度、外部評鑑或查核機制獲獎情形等。	
			提供客服件數				
			知識或資訊擴散(觸達)人次				
			開放資料(Open Data)項數				
			提供共用服務或應用服務項目數				
			線上申辦服務數				
	服務使用提升率						
R. 增加就業	廠商增聘人數			效益說明可包含降低失業率、提升國民生產毛額等。			
社會影響	社會福祉	W. 提升公共服務	旅行時間節省(換算為貨幣價值，千元)			效益說明可包含運輸耗能節省金額、減少二氧化碳排放量等。	
			運輸耗能節省金額(千元)				
			減少二氧化碳排放量(公噸)				
	社會福祉提升	X. 提高人民或業者收入	受益人數			效益說明可包含受益人數、受益者每人年平均增加收入等。	
			增加收入(千元)				

屬性	績效指標類別	績效指標項目	106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值		
環境安全永續	XY. 人權及性別平等促進	人權、弱勢族群或性別平等促進活動場次			效益說明可包含性別或弱勢族群之受益比例等。	
		活動參與人數				
		其他				
	V. 提高能源利用率及綠能開發	技術或產品之能源效率提升百分比(%)			效益說明可包含技術或產品上市銷售帶動節約能源量、減少二氧化碳排放量、提升新能源及再生能源占比等。	
		技術/產品達成綠色設計件數				
		減少二氧化碳排放量(公噸)				
		提升新能源及再生能源產出量				
	Z. 調查成果	調查筆數			調查 2000-2017 年期間，台灣周遭海域海上異常波浪導致船難事件，完成 1 幅海上異常波浪發生風險圖；同時也調查了 2000-2017 年台灣岸邊發生瘋狗浪擊落海事件，繪製了瘋狗浪發生風險圖 1 幅。兩張圖分別包含台灣海域異常波浪引發船難發生位置與海岸瘋狗浪危害位置等資訊，可提供海象災害預警參考與宣導。	
		調查圖幅數	2	2		
		調查面積				
影像資料筆數						
調查物種數						
其他						

屬性	績效指標類別	績效指標項目	106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值		
其他效益 (科技政策管理及其他)	K. 規範/標準或政策/法規草案制訂	參與制訂政府或產業技術規範/標準件數			效益說明可包含採用技術規範/標準之廠商家數、產品種類等，以及政策建議被採納、法規草案公告實施件數等	
		參與制訂之政策或法規草案件數				
		草案被採納或認可通過件數				
		草案公告實施或發表件數				
	Y. 資訊平台與資料庫	新建資訊平台或資料庫數	2	2	新增 1421 筆異常波浪案例以及 13 件實際發生之海上異常波浪導致船難事件至前期計畫已建置之海上異常波浪資料庫中；另新增 31 件海岸瘋狗浪實際發生案件至前期已建置之瘋狗浪資料庫中；本年度持續擴增海上異常波浪與海岸瘋狗浪，對於後續在這二種危害性瞬變海象之研究提供完整的參考資訊，有助於未來更完整之預警系統建置使用。	
		更新資訊平台功能項目				
		更新或新增資料庫資料筆數				
		資訊平台或資料庫使用人次				
	AA. 決策依據	新建或整合流程數			效益說明可包含政策建議被採納數、節省公帑(千元)等。	
		提供政策建議或重大統計訊息數				
		政策建議被採納數				
		決策支援系統及其反應加速時間(%)				

屬性	績效指標類別	績效指標項目	106 年度		效益說明 (每項以 500 字為限)	重大突破
			原訂目標值	實際達成值		
	其他					

105 年度計畫績效指標實際達成與原訂目標差異說明：

績效指標與原訂目標相符。

第二部分

註：第一部分及第二部分（不含佐證資料）合計頁數建議以不超過 200 頁為原則，相關有助審查之詳細資料宜以附件方式呈現。

壹、 主要成就及成果之價值與貢獻度(outcome)

(請說明計畫所達成之主要成就與成果，以及其價值與貢獻度；若綱要計畫為多年期計畫，請填寫起始年累積至今之主要成就及成果之價值與貢獻度。)

一、 學術成就(科技基礎研究)

「海洋異常波浪」為發生在海洋中，常造成船隻翻覆的瞬間大浪；而「海岸瘋狗浪」則為發生在海岸邊，把人或車衝擊落海的突發性激浪，這兩種災害性波浪的發生機制不同，宜分別探討之，其唯一相似的是，截至目前為止，尚無學理可以定時、定點預測異常波浪或瘋狗浪之發生，而本計畫採用序率式(stochastic)的方法，預測異常波浪與瘋狗浪發生的機率，並結合波浪模式，使其可達作業化預警功能，為重要之學術成就。茲分點說明如下：

(一)建立海岸瘋狗浪發生機率預測模式

當波浪自外海傳遞至海岸邊，受到底床摩擦、海岸地形作用(折繞射)、近海海流或岸邊的礁岩或防波堤等地形作用下，入射波浪在海岸邊激起巨大水花，將礁岩上或防波堤上的人、車沖刷入海，此等情境是一般典型的瘋狗浪現象，它的特色是：發生於岸邊且大部分發生在礁岩或防波堤海岸，它少有徵兆、難以預防，因此發生時常有不少的傷亡，這種海岸瘋狗浪基本上並不滿足波浪學理上的”浪”，稱之為浪花較為貼切，它主要的生成機制是波浪和結構物的交互作用所產生。

然而上述機制非常複雜，為氣象、波浪、底床、結構物之間的交互作用，甚至還需要考慮海流和水(潮)位，過去以來，從未見任何學術論文提出此機制之探討，更遑論預測其發生，因此，海岸瘋狗浪迄今為止，是一個還無法預測它會在何時何地發生的一種危險性波浪。

既然生成機制未明，本計畫即採用統計方法，希望藉由過去事件的紀錄，找到規律(rule)或關聯(association)，這樣的理念就是資料探勘(data mining)的核心概念，本研究共採用了兩種資料探勘方法建置瘋狗浪機率預警系統，它們分別是群集分析(Cluster Analysis)方法和人工類神經網路(Artificial Neural Network, ANN)。

「群集分析法」主要是使群集間的相異性增加，如此便可依群體的特性來辨識其行為。此演算法使用反覆的運算技術，將資料集中的資料特性進行分類，藉由此等分類能將相同性質的資料集分成同一類，如此便可藉由各資料群之間的差異性，來進行預測為能明顯得到最佳的模式。海岸瘋狗浪預警系統使用了實測資料與模式資料來建模，實測資料來自於中央氣象局龍洞浮標觀測資料，模式資料則是中央氣象局 NWW III 波浪模式的產出。龍洞現場資料包含了風速、風向、波高、週期與

氣壓等；而 NWW III 模式資料則包含了風速、風向及示性波高等。

本計畫目標為建置預警時間 9~24 小時的瘋狗浪預警系統。以預警時間 12 小時為例，模式輸入因子有五個，包含(1)前 6 小時內示性波高的平均值；(2)前 6 小時內示性波高的最大值；(3)前 12 小時在 0°方向的 NWWIII 平均風速分量；(4)前 12 小時在 45°方向的 NWWIII 平均風速分量；(5)前 6 小時內尖峰週期的最大值。這些資料分別來自於龍洞實測資料與 NWWIII 資料，未來只要有這些資料即可進行預測。

「類神經網路」則是具有監督式學習的特性，即學習網路中有輸入值也有學習目標值，當開始學習時，網路將建立輸出值與學習目標值間的連結之關聯性，利用網路權重(weights)與門限值(bias)來表示其關係的強弱，模式的建置工作包括了決定學習演算法、隱藏層神經元數、隱藏層數、學習速率、以及隱藏層與輸出層轉化函數等工作。類神經網路是利用電腦學習人腦結構與神經傳遞訊息的過程，神經元是類神經網路最基本的組成單位，輸入值 X 與權重值 W 輸入至神經元後，神經元內部即開始計算。完整的類神經網路架構包含輸入層(input layer)、隱藏層(hidden layer)以及輸出層(output layer)，類神經網路之輸入資料由輸入層輸入，再傳遞至隱藏層的神經元進行運算，隱藏層中神經元可以是一個亦可是數個，神經元數量將根據問題的複雜度決定，最後經由轉化函數得輸出值。類神經網路依網路架構可分成前向式類神經網路以及回饋式類神經網路，本研究使用的是倒傳遞類神經網路(back-propagation network, BPN)，此類神經網路具有監督式學習的特性。本計畫考慮海象特徵的記憶性，以前六小時之物理量變化作為輸入。建模參數亦經過精心設計，本研究考慮瘋狗浪發生之物理特性來決定類神經網路建模因子，根據過去眾多文獻提出，瘋狗浪的發生與海況(波浪)、氣象(主要是風)、湧浪、方向(波向與風向)、波浪非線性因子、群波因子和異常指數(abnormal index)有關，因此本研究將輸入因子區分為海象類別、湧浪類別、方向類別、風類別、非線性類別、群波類別以及異常指數等七大類來選擇合適的參數建模。本計畫蒐集 2000 年至 2016 年在龍洞附近海域因浪襲擊而落海的事件共計 62 筆，使用其中 2/3 數量計 40 筆作為模式學習案例，而剩餘的 22 個案例則作為驗證資料。

本計畫根據過去在台灣海岸地區發生之瘋狗浪實際案例率定上述模式，採用正確率(accurate rate, ACR)、回應率(response rate, RSR)與反查率(recall rate, RCR)三個評估指標來評估模式效能。本計畫共建置了「龍洞海岸瘋狗浪預測子系統」以及「碧砂海岸瘋狗浪預測子系統」，預警時間增加了 9 小時和 18 小時預警，合計共有 9、12、18、24 小時四種預警時間，模式建立資料則有僅使用現場觀測資料、僅使波浪模式

輸出資料，以及同時使用現場觀測和波浪模式資料三種型態。研究結果：群集分析方法建置的預警系統以同時使用現場觀測資料搭配波浪模式輸出資料為最佳模式；類神經瘋狗浪機率預警系統之率定結果則顯示僅使用即時浮標觀測資料具有最佳預測結果，本計畫建置之龍洞與碧砂兩個海岸瘋狗浪機率預警子系統的預警正確率均達七成以上，顯示此預警模式具有可靠的預警能力。

(二)建立海洋異常波浪發生機率預測模式

發生在海洋中的異常波浪是另外一種危險波浪，當在海洋中突然出現一個比周遭環境以及前後時刻大兩倍以上的波浪，衝擊船隻造成翻覆，由於船隻時常搭載很多遊客，此類的傷亡常常不輕，這個巨大的波浪稱之為「異常波浪」，異常波浪目前並沒有統一的名稱，除了廣泛使用的 **Freak wave** 之外，有些文獻也稱之為 **Rogue wave**，中文上常把它翻譯成異常波浪、突浪、詭浪或畸形波等。異常波浪確實是一個浪，國內外的研究指稱：它可能是由於波浪成分波之間的非線性調制不穩定或能量、方向的集中所導致生成，尚無明確之定論，它發生在海洋中，與海岸瘋狗浪完全是不同的機制所引發，但它們共通的特性是：截至目前為止，它們都尚無法預測何時、何地會發生，它們的發生也幾乎都沒有徵兆，它們發生時，假使剛好有人員、船隻在該處活動，時常帶來不小傷亡。

海洋異常波浪預警系統之建置理論係透過非線性波理論，從波高分布推導出最大波高超越機率，隨後再利用異常波浪臨界條件，異常浪高是示性波高的兩倍，推導出異常波浪的發生機率之估算式所得。從推導的結果顯示，若波浪的個數及水位之峰度都已知時，便可估算出異常波浪之發生機率。峰度值越大表非線性效應越明顯，遇到異常波浪的機率也越大；而隨著波浪數的增加，遭遇異常波浪的機率也越大。然而目前常見的波浪模式如 **SWAN**、**Wave Watch III** 等，主要輸出產品為波浪波譜，再從波譜計算波浪參數進行預報，但是要從波浪預報模式中輸出水位峰度值相當困難，根據前人研究成果顯示，波浪非線性效應演化會產生的調制現象是異常波浪發生的原因，以 **BFI** 指數(**Benjamin-Feir Index, BFI**)來描述波浪不穩定狀態，可以建立 **BFI** 與水位峰度值間的關係，而 **BFI** 指數可由波譜中計算獲得，因此只要有波浪模式輸出之波譜資料，即可估算未來異常波浪發生機率。

本計畫建立之海洋異常波浪預警系統是結合中央氣象局的 **NWWIII** 模式，根據波浪模式輸出未來幾小時在計算領域網格上的波浪方向波譜，透過前述方程式計算各網格上的 **BFI** 值，求得峰度值，其中的波浪數則假設船隻以 10 節的速度航行，通過一個網格點大約會遭遇到 1000 個波，進而求得各網格上的異常波浪發生機率。

二、技術創新(科技技術創新)

(一)機率預警技術之創新

群集分析方法是一種統計分群的方法；類神經網路可以說是一種迴歸的技術，本計畫利用這兩種方法來建構海岸瘋狗浪預警系統。然而，這兩種方法本質上是屬於定率式的預測，僅能告知瘋狗浪發生風險之高或低，因此，如何將該結果轉化成機率預測則是本計畫在本年度的重點工作。

本研究提出一個新的構想，使上述分析結果推展其為機率預警。假使每單項因子會發生瘋狗浪事件的門檻條件 X_m ，以及計算安全條件 X_n ，便可開始計算輸入資料點 $(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik})$ 的可能落海機率，其中 X_{i1}, X_{i2}, \dots 代表群集中的每一候選因子的量化數值，因子候選集會發生落海的門檻條件集合為 $(X_{m1}, X_{m2}, \dots, X_{mk})$ ，不會發生落海的門檻條件集合為 $(X_{n1}, X_{n2}, \dots, X_{nk})$ ，每一因子在該條下會發生落海事件的機率(權重)分別為 w_1, w_2, \dots, w_k (可由差異分析取得其機率值)。要計算每一資料點會發生瘋狗浪事件的機率，首先必須先計算資料點在每一因子條件中，會發生事故的機率；例如計算因子條件 C_1 下， X_{i1} 會發生落海事故的機率 $P(X_{i1})$ ，其機率計算方式如下式所示。

$$P(X_{i1}) = \left(\frac{X_{i1} - X_{n1}}{X_{m1} - X_{n1}} \right) \times 100\%$$

當 $X_{i1} > X_{m1}$ 時， $X_{i1} = X_{m1}$ ；但當 $X_{i1} < X_{n1}$ 時， $X_{i1} = X_{n1}$ 。當考量所有候選因子的集合時，其機率計算公式則必須考量每一因子條件在該群集中所扮演的角色，也就是需考量其權重，所以計算資料點會發生瘋狗浪的機率如下：

$$P(X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ik}) = \frac{\sum_{j=1}^k W(j) \times P(X_{ij})}{\sum_{j=1}^k W(j)} \times 100\%$$

基本上這是一個把定率式的結果(有發生或沒發生)，以距離的觀念(將有發生設為 1、未發生設為 0)拓展成機率的觀念，為一新式方法，讓定率式的方法轉化成機率預測結果。

(二)海洋異常波浪發生機率估算技術之創新

海洋異常波浪預警系統建置理論根據係透過非線性波理論，從波高分布推導出最大波高超越機率，隨後再利用異常波浪臨界條件，異常浪高是示性波高的兩倍，

推導出異常波浪的發生機率之估算式 P_{freak} ，如下式：

$$P_{freak} = 1 - \exp[-N \cdot e^{\beta}(1 + 8\kappa_{40})]$$

式中 P_{freak} 為異常波浪發生機率， N 為波浪個數， κ_{40} 則為四階的累積量(cumulate)，等同於水位分布的峰度係數(kurtosis, μ_4)減 3， $\beta = -8$ 則為一推導過程中產出之常數。由上式可知，若波浪的個數及水位之峰度都已知時，便可估算出異常波浪之發生機率。峰度值越大表非線性效應越明顯，遇到異常波浪的機率也越大；而隨著波浪數的增加，遭遇異常波浪的機率也越大。然而目前無法從波浪預報模式中輸出水位峰度值。本計畫採用描述波浪非線性效應的 BFI 指數(Benjamin-Feir Index, BFI)與水位峰度值間的關係(如下式)來估算未來異常波浪發生機率。BFI 指數可由波譜中計算獲得，因此只要有波浪模式輸出之波譜資料，即可估算未來異常波浪發生機率。

$$\kappa_{40} = \frac{\pi}{\sqrt{3}} BFI^2$$

而在計算 BFI 值時也考慮了能量在方向上的分布，如下式

$$BFI_{2D}^2 = \frac{BFI_{1D}^2}{1 + \alpha R}$$

式中 BFI_{2D} 表示考慮方向分布函數計算所得之 BFI， BFI_{1D} 為不考慮方向性計算所得之 BFI， R 為方向寬度(Directional width)與頻譜寬度(Spectrum width)之比值， α 為一常數。

本計畫創新之處是將海洋異常波浪機率預測方法結合中央氣象局的 NWWIII 模式，根據波浪模式輸出未來幾小時在計算領域網格上的波浪方向波譜，透過前述方程式計算各網格上的 BFI 值，求得 κ_{40} 值，再利用前述 P_{freak} 推導結果可求得各網格上的異常波浪發生機率。

(三)創新的自動化海岸瘋狗浪影像判釋技術

目前尚無法有有效的儀器設備或方法可以完全地記錄異常波浪或瘋狗浪，海上觀測儀器僅為單點，且非全程記錄，僅有異常波浪恰好發生在儀器位置以及記錄時間內才有可能被觀測到，遙測儀器受限於再訪時間過長或解析度不足等因素，也僅能記錄到片段的異常波浪。因此，本計畫發展光學影像監測海岸瘋狗浪系統。

本計畫創新開發技術是在這巨量的監測影像時序列(image time sequence)中，分析出瘋狗浪發生之時間與瘋狗浪高。此影像自動判釋方法係藉由視訊系統所擷取

之影像，經過數位影像處理，量化為可用的資訊，來分析出激浪高度。主要分析步驟分為影像切割、灰階轉換、影像雜訊濾除與銳化、影像二值化和高程計算。

在高程計算方面，影像資料在攝影機安裝完成後，經由靜態率定，可求得影像中之絕對高程，由於碎波與背景(礁岩、海水面)具有明顯色差，故可利用二值化之影像明顯區分出來，並透過本文所發展的率定方法求出其高程，然而在計算高程須先定義基準線，本研究參考平均潮位線做為基準，從平均潮位時刻的影像，可以找到當時刻海水面的位置，用以定義瘋狗浪水花高度之基準線。除了邊緣線萃取與瘋狗浪花高度之外，另外，本計畫也提出一個估算瘋狗浪花密度以及延時的方法，結合上述估算結果可以計算瘋狗浪花的流量。

本計畫使用 186 筆瘋狗浪浪花案例進行率定與驗證，經驗證可順利自動辨別出 160 筆瘋狗浪浪花，準確率達 86%，而水花邊緣的辨識結果良好，可準確的描繪出水花邊界。本研究也針對激浪花的水量與延時提出計算的方法，一個激浪花的延時約在 2 秒左右，最長可達約 4 秒；在浪花流量的計算上，由於過去缺乏浪花密度之相關文獻，本研究自行提出一個浪花密度之估算值，用以求得實際之浪花流量，並參考日本海嘯實驗，定義出對人具有危害性浪花，提出浪花對人具有危害性之條件，做為未來瘋狗浪案例之篩選條件。

三、經濟效益(經濟產業促進)

中央氣象局發布之海象資訊對台灣社會與經濟影響很深，許多海上的作業船隻(如漁船)與航行客貨輪(如台灣周遭海域的藍色公路航線)等或是岸邊遊憩海釣或衝浪的民眾，都與海象資訊息息相關。因此提升在海象災害方面的預警能力，將可有效的提升相關人員的警戒，並避免國人生命財產的損失。本計畫研究發展的海洋異常波浪發生機率估算方法，與海岸瘋狗浪預警系統等，就是為了充實當前氣象局的海象預報，補充過去對於海上災害事件的不足。一個海洋的異常波浪預警系統(針對台灣周遭海域全域和基隆-馬祖、台中-平潭兩條海峽航線)和兩個海岸瘋狗浪預警系統(針對龍洞與碧砂附近海岸)在本年度已完成建置與驗證，在執行上都不需要耗費龐大的計算能力，只要能即時取得海氣象資料與波浪模式輸出結果，即可對外洋航行的船隻以及近岸活動的人員提供更多的生命安全保障，此成果雖難以直接量化估計的經濟產值，但是對間接的減少海洋相關產業安全的不確定性，對於未來要發展海上遊憩相關產業，能提供更多的訊息，也能對海運航行的安全提供更多的保障。

四、 社會影響(社會福祉提升、環境保護安全)

建立海洋異常波浪造成之船難與海岸瘋狗浪及落海事件之資料庫：持續蒐集近 18 年來的外洋異常波浪造成之船難事件以及發生於海岸邊之瘋狗浪事件，與事發當時之海氣象資料。未來可提供相關研究之參考，從發生事件的整理與統計，也可以提升國人了解那些海域屬於事件的好發區域或是在特定節期間屬於較危險，使的在好發區域內活動時能提高警覺，並且事前瞭解活動期間，該區域活動之風險性。同時也可以讓社會大眾更了解變化多端的海洋，進一步提升社會大眾對海洋的認知與了解。

五、 其他效益(科技政策管理、人才培育、法規制度、國際合作、推動輔導等)

選擇性填報

貳、 檢討與展望

(請檢討計畫執行可改善事項或後續可精進處，並說明後續工作構想重點與未來展望等；)

本計畫業已完成一個台灣周遭海域的「海洋異常波浪機率預警系統」以及兩個「海岸瘋狗浪機率預警系統」。海洋異常波浪除全域的預測外，本年度也已細化至兩條海峽航線上，未來宜持續細化至其他藍色公路航線，已提供安全航行資訊。而瘋狗浪預警系統的預警範圍為龍洞與碧砂漁港附近海岸，預警時間自 9~24 小時，目前此預警模式係根據採用實際瘋狗浪案例所對應之實測資料進行率定得來，惟過去實際案例資料有限，宜採用更正確、更多的資料進行模式率定始能有更精準的模式預警結果，譬如使用瘋狗浪影像觀測資料。另外，預警範圍內若無實測資料(如碧砂漁港)則僅能採用模式輸出資料，宜檢討是否可使用鄰近測站資料。最後，預警範圍宜持續擴增，逐漸涵蓋全台。基於前述，後續工作應改善前列事項，重點工作條列如下：

- 擴充海岸瘋狗浪與海洋異常波浪資料庫。包含(a)實際發生案例之蒐集；(b)現場實測資料探勘。
- 作業化預警系統運作檢討與精進。包含(a)持續監控作業化預警系統運作並改善展示介面；(b)海岸瘋狗浪預警成果探討；(c)海洋異常波浪預警成果探討；(d)無現場資料之海岸瘋狗浪預警系統解決方案；(e)預警風險標準之建立。
- 瘋狗浪監視影像分析。包含(a)龍洞瘋狗浪影像資料庫建立；(b)碧砂瘋狗浪影像分析；(c)瘋狗浪特性分析
- 海岸瘋狗浪機率預警子系統之建置
- 新增海峽航線上異常波浪機率預警系統航線

附表、佐證資料表-----務必填報

(請選擇合適之佐證資料表填寫，超過 1 筆請自行插入列繼續填寫，未使用之指標資料表請刪除。)

【A 論文表】

題 名	第一作者	發表年(西元年)	文獻類別
Simulation on the Coastal Freak Wave Occurrence using SPH Approach	Chen, Ying-Chih	2017	F 國際研討會
海岸瘋狗浪光學影像分析之研究	王敘民	2017	E 國內研討會
應用類神經網路建置瘋狗浪機率預警系統	蘇瑋琳	2017	E 國內研討會
考慮有限吹風延時之風湧浪分離方法	李堉辰	2017	E 國內研討會
SPH 粒子法建置不規則波造波水槽初步研究	陳盈智	2017	E 國內研討會
湧浪源頭追蹤方法之研究	夏兆威	2017	E 國內研討會
台灣海域雙峰波譜模型之初步研究	吳祥煜	2017	E 國內研討會
從方向波譜分離風湧浪之研究—有限吹風延時法	李堉辰	2017	G 國內專書論文

註：文獻類別分成 A 國內一般期刊、B 國內重要期刊、C 國外一般期刊、D 國外重要期刊、E 國內研討會、F 國際研討會、G 國內專書論文、H 國際專書論文

【AA 決策依據表】

名稱	內容	類別	是否被採納
----	----	----	-------

--	--	--	--

註：**類別**分成 A 新建或整合流程、B 重大統計訊息或政策建議報告；**是否被採納**分成 A 院級採納、B 部會署級採納、C 單位內採納、D 存參

【B 合作團隊(計畫)養成表】

團隊(計畫)名稱	合作對象	合作模式	團隊(計畫)性質	成立時間(西元年)
災害性海象預警團隊	國立成功大學 國立台灣海洋大學 逢甲大學 崇右技術學院	B 跨機構合作	A 形成合作團隊或合作計畫	2002

註：**合作模式**分成 A 機構內跨領域合作、B 跨機構合作、C 跨國合作；**團隊(計畫)性質**分成 A 形成合作團隊或合作計畫、B 形成研究中心、C 形成實驗室、D 簽訂協議

【C 培育及延攬人才表】

姓名	機構名稱	學歷	性質
陳盈智	國立成功大學水利及海洋工程學系	A 博士(含博士生)	B 學程通過
李堉辰	國立成功大學水利及海洋工程學系	B 碩士(含碩士生)	B 學程通過
夏兆威	國立成功大學水利及海洋工程學系	B 碩士(含碩士生)	B 學程通過

蘇瑋琳	國立成功大學水利及海洋工程學系	B 碩士(含碩士生)	B 學程通過
吳祥煜	國立成功大學水利及海洋工程學系	B 碩士(含碩士生)	B 學程通過
王敘民	國立成功大學水利及海洋工程學系	C 學士(含大學 生)	B 學程通過

註：學歷分成 A 博士(含博士生)、B 碩士(含碩士生)、C 學士(含大學生)；性質分成 B 學程通過、C 培訓課程通過、D 國際學生/學者交換、E 延攬人才

【D1 研究報告表】

報告名稱	作者姓名	出版年(西元年)	是否被採納
異常海象機率預警研究與作業試用 (2/4)	董東璟、蔡政翰、蔡仁智、陳憲宗	2016	D 存參

註：是否被採納分成 A 院級採納、B 部會署級採納、C 單位內採納、D 存參

【D2 臨床試驗表】

新藥或新醫療器材之名稱	藥/醫材	申請試驗國家	臨床試驗狀態

註：臨床試驗狀態分成 A 已申請並進行臨床試驗中、B 臨床試驗結果通過

【E 學術活動表】

研討會名稱	性質	舉辦日期 (YYYYMMDD)	主/協辦單位

--	--	--	--

註：性質分成 A 國內研討會、B 國際研討會、C 兩岸研討會

【F 形成課程教材手冊軟體表】

名稱	性質	類別	發表年度 (西元年)	出版單位	是否為自由 軟體

註：性質分成 A 課程、B 教材、C 手冊；類別分成 A 文件式、B 多媒體、C 軟體(含 APP)、D 其他(請序
明)

【G 智慧財產資料表】

智財名稱	智財類別	授予國家	有效日期 (YYYYMM)

註：智財類別分成 A 發明專利、B 新型/設計專利、C 商標、D 專書著作、E 品種

【H 技術報告檢驗方法表】

技術或檢驗方法名稱	性質	作者姓名	出版年(西元年)	出版單位

註：性質分成 A 技術報告、B 檢驗方法

【J1 技術移轉及智財授權表】

技術或智財名稱	類別	授權單位	被授權廠商或機構	授權金(千 元)

註：類別分成 A 先期技術移轉、B 軟體/自由軟體授權、C 技術移轉、D 專利授權、E 商標授權、F 品種
權授權、G 著作/出版品授權、H 其他項目授權(請述明)

【J2 技術輸入表】

輸入技術名稱	輸出國家	輸出(授權)廠商或機構	引進(被授權)廠商或機構

【K 規範標準及政策法規草案制訂表】

名稱	類別	制定及參採情形	應用範圍

註：**類別**分成 A 規範、B 標準、C 法規、D 政策；**制定及參採情形**分成 A 參與草案或建議方案制訂、B 草案經採納或認可通過、C 發表或公告實施、D 草案存參、E 其他；**應用範圍**分成 A 機構內、B 國內、C 國際、D 未發表

【L 促成投資表】

廠商名稱	投資類別	投資金額(千元)	產品名稱

註：**投資類別**分成 A 研發投資、B 生產投資、C 新創事業投資

【M 創新產業或模式建立表】

名稱	性質	產值提升(千元)	產品名稱

註：**性質**分成 A 成立營運總部、B 衍生公司、C 建立產業環境或營運模式、D 促成企業聯盟；**投資類別**分成 A 研發投資、B 生產投資

【N 協助提升我國產業全球地位表】

產品/技術/服務名稱	公司名稱	產值(千元)	世界排名

【O 共通檢測技術服務及輔導表】

服務名稱	服務對象	服務性質	服務收入(千元)

註：服務對象分成 A 國內廠商、B 國外廠商、C 其他；服務性質分成 A 輔導諮詢、B 檢測校正、C 訓練講習、E 工作坊 D 其他(請述明)

【P 創業育成表】

新創廠商名稱	資本額(千元)	年營業額(千元)	成立時間(西元年)

【Q 資訊服務表】

網站或服務名稱	服務對象	服務人次/年	服務收入(千元)

【R 增加就業表】

廠商名稱	廠商統一編號	增加員工人數	增加之年度

【S1 技術服務表】

技術服務名稱	服務對象類別	服務對象名稱	服務收入(千元)

--	--	--	--

註：服務對象類別分成 A 國內廠商、B 國外廠商、C 其他(請序明)

【S2 科研設施建置及服務表】

科研設施名稱	服務件數	服務人次	服務收入(千元)

【T 促成產學合作表】

合作廠商名稱	合作計畫或合約名稱	廠商配合款(千元)	合作參與人數

【U 智財資金融通表】

智財名稱	廠商名稱	融資機構性質	融資機構名稱	協助取得融資金額(千元)

註：融資機構性質分成 A 國內融資機構、B 國外融資機構

【V 能源利用表】

技術或產品名稱	廠商名稱	提升能源效率(%)	節約能源量(%)	二氧化碳減量(公噸)

【W 提升公共服務表】

服務或措施名稱	行政精簡時間(天)	運輸耗能節省金額(千元)	二氧化碳減量(公噸)

--	--	--	--

【x 提高收入表】

措施名稱	受益人數	受益者每人年平均增加收入金額(千元)	增加之年度 (西元年)

【Y 資訊平台資料庫表】

資訊平台/資料庫名稱	內容描述	類別	資料筆數
海上異常波浪資料庫	儲存實測海上異常波浪數據	Numerical	9486
海岸瘋狗浪案例資料庫	儲存海岸瘋狗浪發生案例	Text	335

註：類別分成 Bibliography、Numerical、Factual、Multimedia、Text

【Z 調查成果表】

調查項目名稱	調查面積	圖幅數	調查點筆數
海上異常波浪導致船難風險地圖	台灣鄰近海域	1	140
海岸瘋狗浪擊落海風險地圖	全台海岸	1	335