

異常海象機率預警之研究

陳盈智¹ 董東璟¹ 蔡政翰² 蔡仁智³ 陳憲宗⁴ 藤春慈⁵ 朱啟豪⁵

¹國立成功大學 水利及海洋工程學系

²國立臺灣海洋大學 海洋環境資訊系

³崇佑技術學院 數位媒體設計系

⁴逢甲大學 水利工程與資源保育學系

⁵交通部中央氣象局 海象測報中心

前言

- 海上異常波浪



發生機制：

波浪調制不穩定現象 (Wave Modulation)

波流交互作用

波浪聚合現象 (Wave Focusing)

- 海岸瘋狗浪



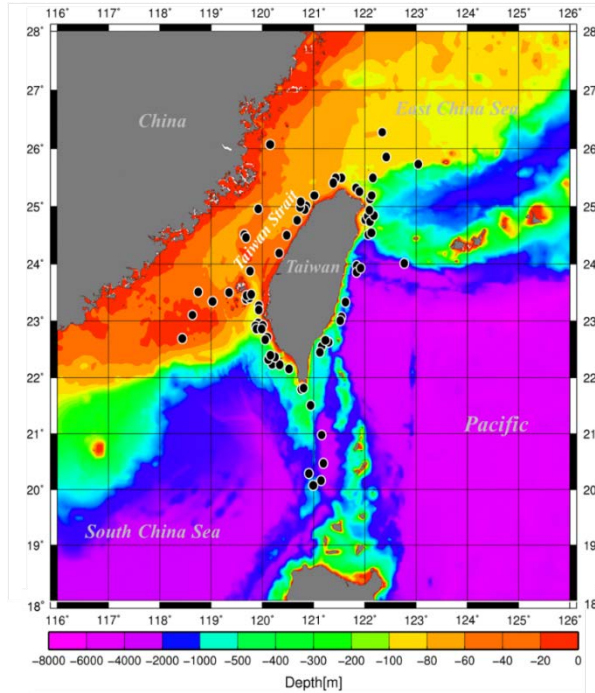
發生機制：

波浪淺化效應

波浪與結構物交互作用

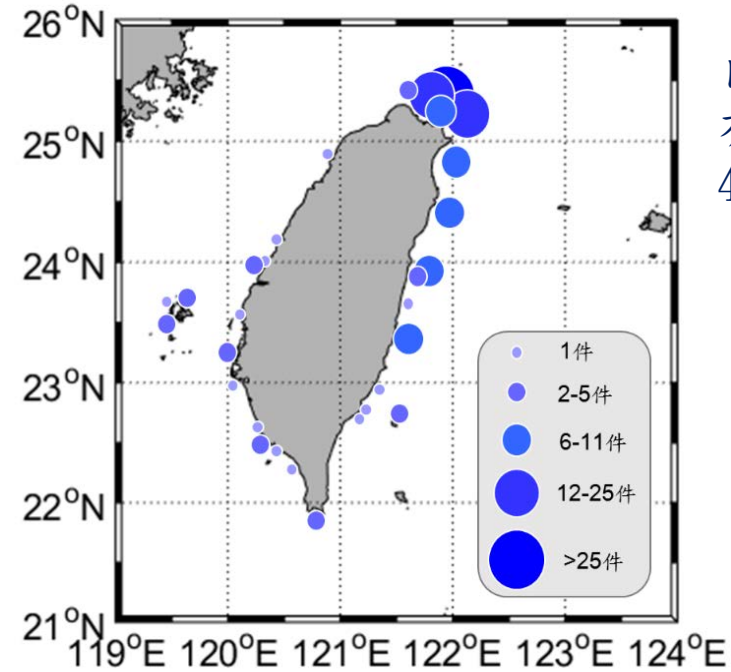
前言

異常海象引致船難事件



自 2000 年-2016/6 共有 125 件案例，合計 730 人落海。

瘋狗浪襲人事件



自 2000 年-2016/6 共有 301 件案例，合計 475 人落海。

目的：建置海洋異常波浪與海岸瘋狗浪機率預警系統

海岸瘋狗浪預警系統建置

適用海域：東北角海岸龍洞測站20公里內海岸區域

建置方法：群集分析演算法

輸出成果：該海岸出現瘋狗浪的機率

預警時間：12、24小時

執行時間：每日4次

使用資料：龍洞浮標資料＋海象中心 NWW III 模式輸出資料

率定與驗證資料：

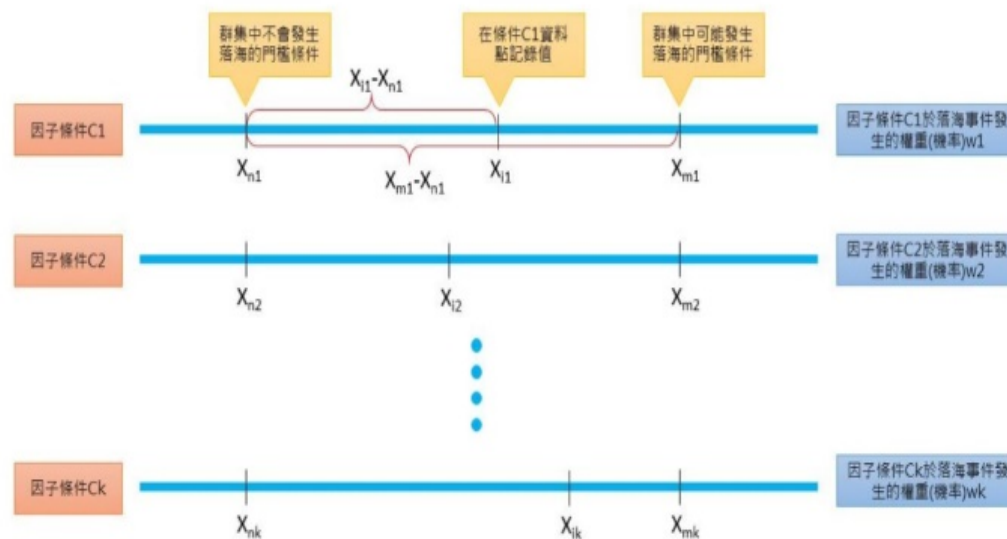
- (i) 由關聯性分析定義之台灣東北海域可能發生落海事件。
- (ii) 2004-2015 年間實際發生的瘋狗浪事件用來驗證模式。

群集分析演算法

- 此演算法概念為，將資料集中的資料依特性進行**分類**，目的是要使群集間的相異性增加，如此便可依群體的特性來辨識。
- 將樣本分為三群，一群**僅包含有發生**之樣本集，另一群**僅包含無發生**之樣本集，第三群**包含其餘介於灰色地帶未歸類**之樣本集，從**有發生**樣本集中之海氣象條件訂出**危險門檻值**，從**無發生**樣本集中之海氣象條件訂出**安全門檻值**，介於兩門檻者，與門檻值的距離即可代表機率。

$$P(x_i) = \begin{cases} \frac{x_i - x_{n_1}}{x_{m_1} - x_{n_1}} & x_i > x_{n_1} \\ x_i = x_{n_1} & x_i > x_{m_1} \end{cases}$$

$$p(x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_k}) = \frac{\sum_{j=1}^k w_j p(x_{i_j})}{\sum_{j=1}^k w_j}$$



使用資料

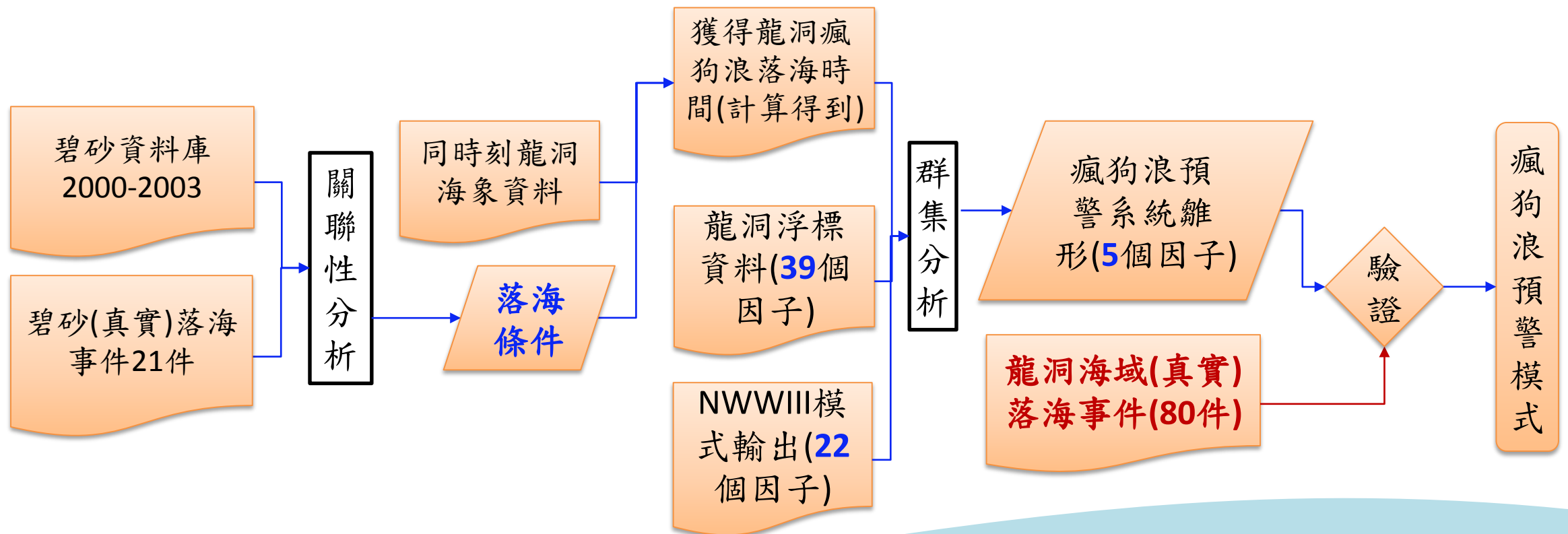
龍洞浮標實測資料

- 波高\平均週期\尖峰週期\氣溫\氣壓\3秒陣風\平均風速 等6小時內的平均值 (7)
- 波高\平均週期\尖峰週期\氣溫\氣壓\3秒陣風\平均風速 等6小時內的標準差 (7)
- 波高\平均週期\尖峰週期\氣溫\氣壓\3秒陣風\平均風速 等6小時內的最大值 (7)
- 波高\平均週期\尖峰週期\3秒陣風\平均風速 等6小時內的最大上升率 (5)
- 波高\平均週期\尖峰週期\3秒陣風\平均風速 等6小時內的平均上升率(5)
- 預報點當時的 波高\平均週期\尖峰週期\氣溫\氣壓\3秒陣風\平均風速\平均風向 (8)

波浪數值模式NWWIII 輸出資料

- 預報當時風速在各角度上的分量 (4)
- 波高/風速 等在6小時內的平均值 (2)
- 波高/風速 等在6小時內的標準差 (2)
- 風速在各角度6小時的平均分量 (4)
- 波高/風速 等在12小時內的平均值 (2)
- 波高/風速 等在12小時內的標準差 (2)
- 風速在各角度12小時的平均分量 (4)

瘋狗浪預警系統建制流程圖



訓練結果

12小時機率預警系統-輸入因子與門檻值

	無發生落海事件樣本集 (群集1)因子加權值	有發生落海事件樣本集 (群集2)因子加權值
12小時內NWWIII模式輸出風速於0度平均分量	-11.6 – 0.6	0.6 – 10.7
6小時內NWWIII模式輸出風速於0度平均分量	-11.7 – 0.4	0.4 – 13.1
12小時內NWWIII模式輸出風速於45度平均分量	-9.0 – 2.8	2.8 – 10.9
6小時內最大示性波高	23.0 – 160.6	160.6 – 332.0
6小時內平均示性波高	21.7 – 137.9	137.9 – 278.3

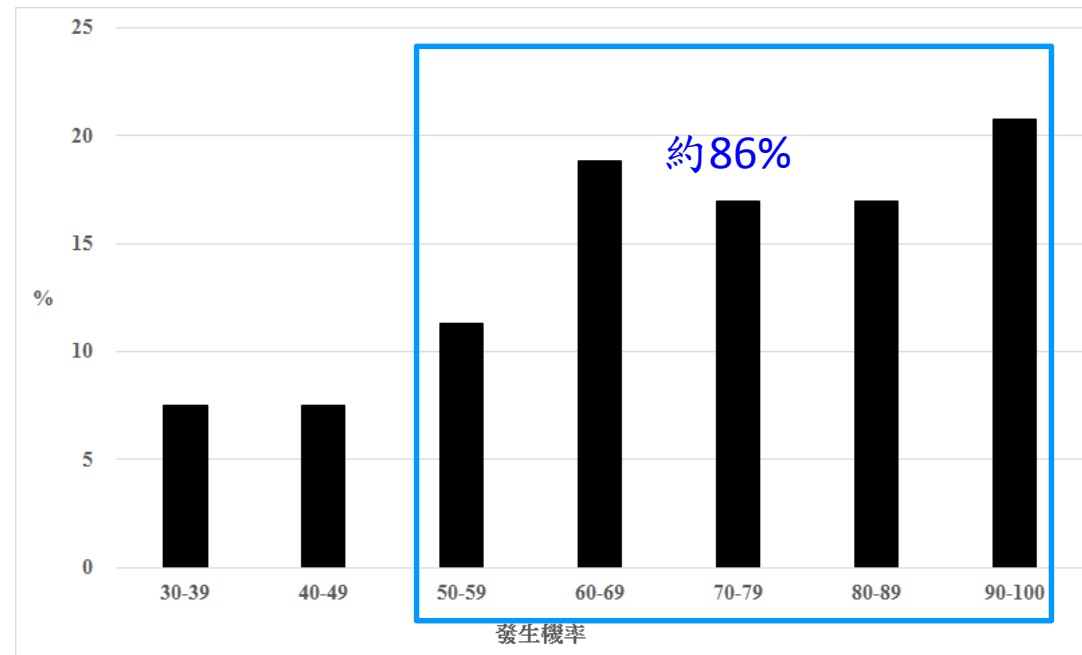
■ 透過分群辨識最大值以及最小值來設定門檻值

- 由無發生落海事件樣本集各因子最小值設為安全門檻
- 由有發生落海事件樣本集各因子最大值設為危險門檻

瘋狗浪預警系統驗證

■ 以2004-2014年實際瘋狗浪落海事件驗證

- 期間共有53件瘋狗浪案例，以機率預警系統進行測試，發生機率分布在30-99%之間，預測結果發生機率在**50%以上者共佔86%**。



海上異常波浪發生機率預測系統

適用海域：台灣周遭海域 (東經112-132度，北緯15-40度)

建置方法：非線性異常波浪機率預測(基於Mori and Janssen, 2006之推導)

執行時間：每日4次

預警時間：24、36、48小時(與中央氣象局網頁波浪預報圖一致)

使用資料：海象中心 NWW III 模式輸出之方向波譜

系統產出：台灣周遭海域異常波浪發生機率圖

驗證資料：東吉島波浪站連續觀測波浪資料

異常波浪機率預測理論

- 波高分布

$$p(H) = \frac{1}{4} H e^{-\frac{H^2}{8}} \left[1 + \kappa_{40} \frac{1}{384} (H^4 - 32H^2 + 128) \right]$$

- 最大波高分布

$$P_m(H_{max}) = 1 - \exp\left\{-N e^{-\frac{H_{max}^2}{8}} \left[1 + \kappa_{40} \frac{1}{384} H_{max}^2 (H_{max}^2 - 16) \right]\right\}$$

- 異常波浪發生機率 ($H_{max}/H_{m0} > 2$)

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

- 水位峰度值 (κ_{40})

$$\kappa_{40} = \frac{\pi}{\sqrt{3}} \times \text{BFI}^2 \quad (\text{Janssen, 2003})$$

$$\text{BFI}_{2D}^2 = \frac{\text{BFI}_{Q_p}^2}{1 + \alpha_2 R} \quad (\text{Mori et al., 2011})$$

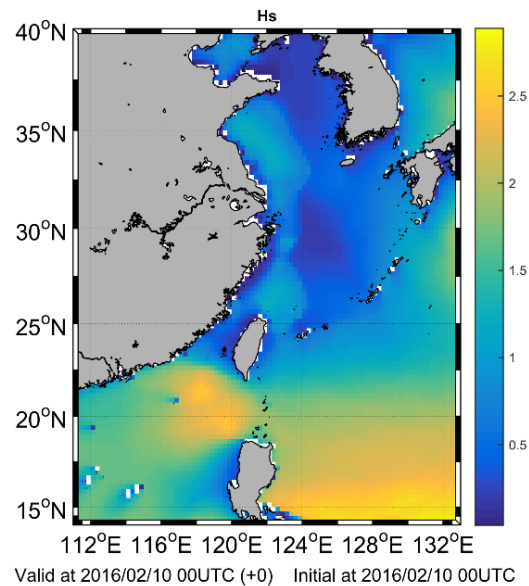
$$\text{BFI}_{Q_p} = k \sqrt{m_0} Q_p \sqrt{2\pi} \quad R = \frac{\sigma_\theta^2}{2\sigma_\omega^2}$$

$$Q_p = \frac{2}{m_0^2} \int f S^2(f) df$$

海上異常波浪機率預測系統運作流程



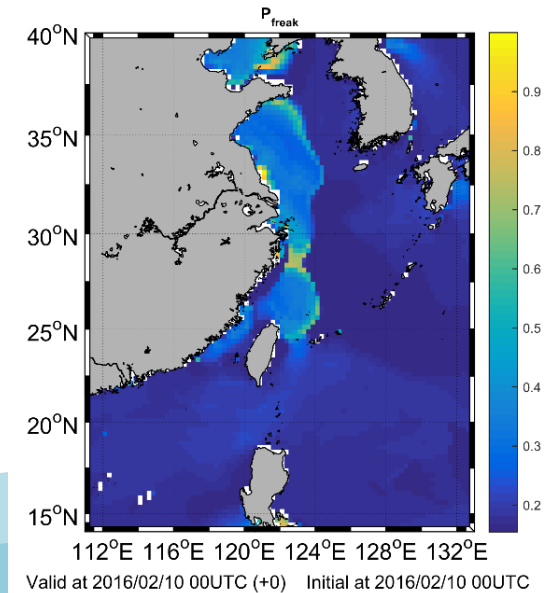
中央氣象局波浪模式輸出



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



異常波浪發生機率預測圖



機率預測結果

海域分區	最大值	Q ₁	Q ₂	Q ₃	標準差
東海北部海域	0.578	0.166	0.175	0.205	0.026
東海南部海域	0.639	0.164	0.171	0.191	0.021
台灣北部海域	0.511	0.165	0.172	0.196	0.018
台灣東北海域	0.587	0.163	0.169	0.184	0.015
台灣東南海域	0.415	0.163	0.167	0.182	0.013
台灣海峽北部	0.663	0.173	0.188	0.234	0.033
台灣海峽南部	0.574	0.167	0.173	0.194	0.015
東沙群島海面	0.587	0.167	0.171	0.187	0.013
巴士海峽	0.705	0.174	0.188	0.239	0.012

Q₁為第1分位數(25%)、Q₂為第2分位數(50%)，即中位數、Q₃為第3分位數(75%)

以波浪數(N) 500 為例



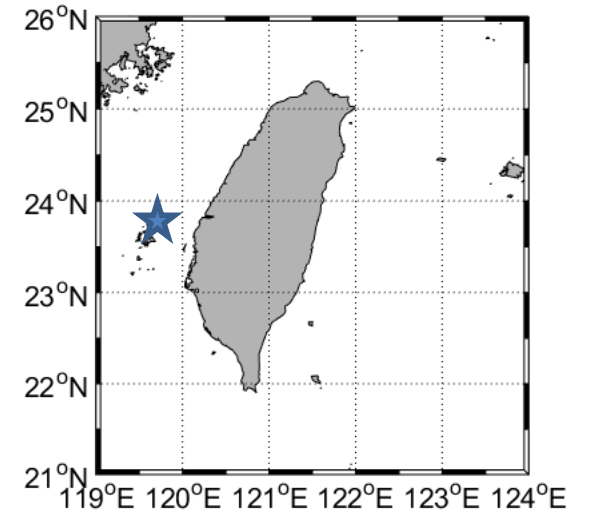
資料時間：2015/8 – 2016/6

驗證方法與使用資料

- 參考中央氣象局降雨機率預報驗證方式來驗證異常波浪發生機率。
- 將相同預測機率的事件進行歸類，並比較在此預測機率下，實際發生的機率為何，若**實際發生的機率與預測的發生機率相同**，則稱為最佳預測。

$$\text{機率預測誤差} = |1 - \text{機率預測值} / \text{實際發生機率值}|$$

- 驗證資料：東吉島波浪站 (2015/8/10-2016/6/20)

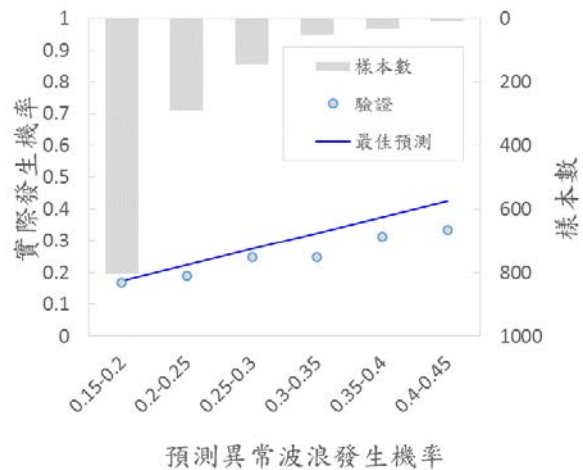


Sonic Corporation
USW-1000

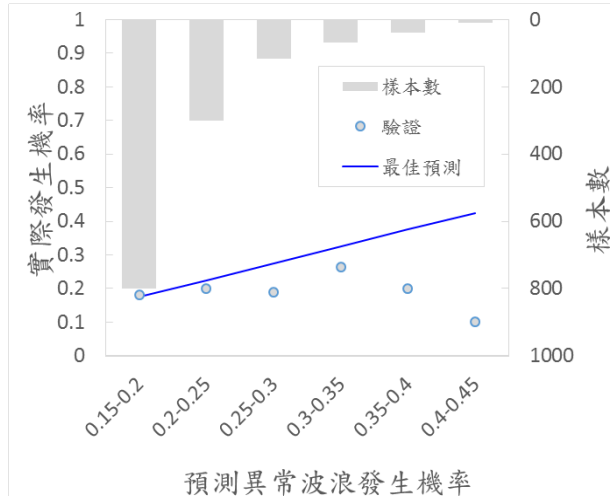
異常波浪發生機率預測結果驗證

預報資料時間點	機率區間						加權平均誤差
	15-20%	20-25	0.25-0.3	0.3-0.35	0.35-0.4	0.4-0.45	
分析場	5.2 %	5.2 %	13.4 %	17.1 %	27.7 %	11.6 %	7.1 %
24小時	3.1 %	19.1 %	9.1 %	27.0 %	16.6 %	21.5 %	7.9 %
36小時	2.9 %	11.2 %	31.0 %	18.5 %	44.7 %	76.4 %	10.1 %
48小時	10.6 %	13.9 %	9.0 %	2.8 %	58.3 %	52.9 %	14.1 %

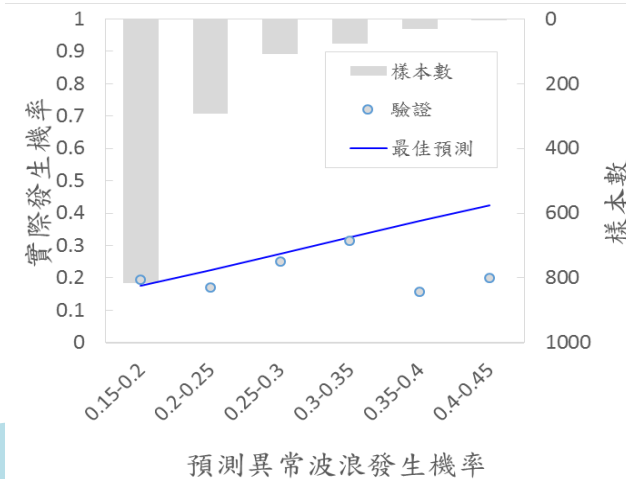
24小時驗證結果



36小時驗證結果



48小時驗證結果



結論

- 海岸瘋狗浪機率預警系統
 - 本研究以群集分析演算法建置完成瘋狗浪機率預警系統之建置。
 - 從實際發生的52件瘋狗浪事件中，發生機率在50%以上佔有86%。
 - 系統之驗證有待未來更多瘋狗浪資料進行測試。
- 海上異常波浪機率預測系統
 - 台灣周遭海域異常波浪發生機率約介於17-21%，以**台灣海峽北部**與**巴士海峽**兩處約略較高。
 - 驗證結果之加權誤差介於7-14%。