



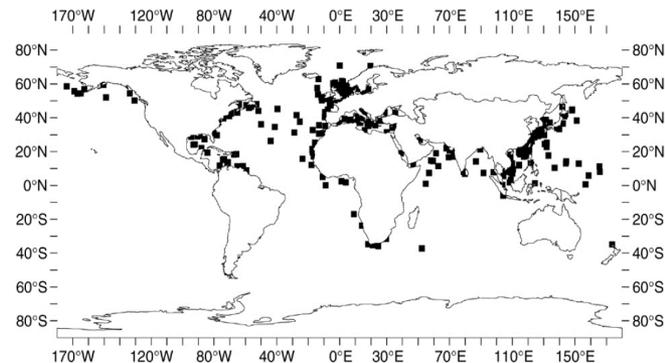
異常海象指標建立之研究

陳盈智¹ 吳柏緯¹ 董東璟¹ 林芳如² 滕春慈²

國立成功大學 水利及海洋工程學系¹
交通部中央氣象局 海象測報中心²

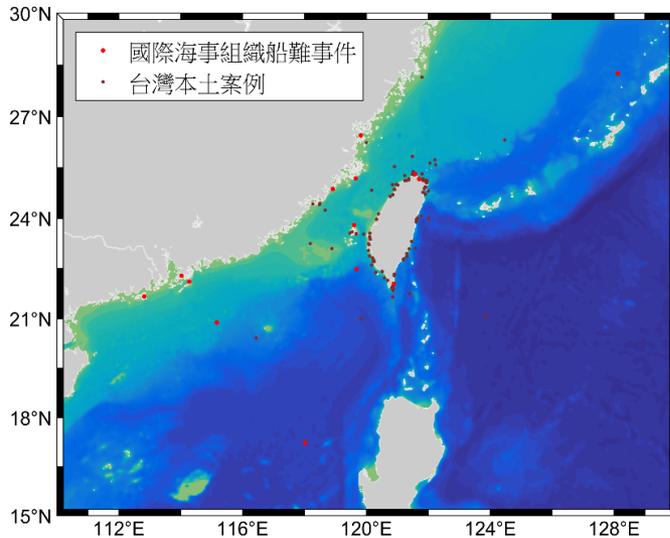
研究背景

- 船難發生的原因很多，包含大浪、異常波浪、颱風湧浪、急速成長波浪等等
- Toffoli et al. (2005)提到大部分案例波高小於4m，這些船難事件發生伴隨迅速變換的海況，波高與波浪尖銳度在短時間內有大幅度的變化
- Waseda et al. (2012)發現船難發生時波浪能量較為集中，並提出以方向譜寬參數 (σ_θ)與譜尖參數 (Q_p)分析船難前後波譜變化，用於檢視能量聚集程度。
- 本研究以波浪能譜的角度著手，探討過去船難事件在發生前後的波浪能量變化進行分析，還原船難發生時的海況，期望此研究成果有利於瞭解船難事件成因，對未來船難海況預警帶來助益。



全球船難分布圖(Toffoli et al., 2005)

台灣船難蒐集與使用資料

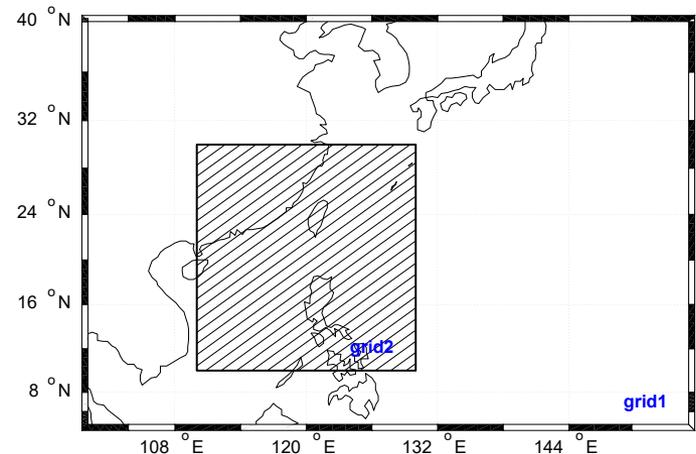


- 船難蒐集範圍與時長：
 - 蒐集時長：20年(2000年~2019年)
 - 蒐集範圍：99°E~155°E、0°N~41°N
- 船難事件資料來源：
 - 國際海事組織(IMO)：24起
 - 政府報告、媒體：151起
- 以漁船比例佔最多有63筆、貨輪45筆、其他67筆。

- 浮標現場觀測資料

- 波浪模式模擬資料

- 波浪模式：NOAA WaveWatch III
- 使用模擬套組(software)：ST6_NRL3
- 輸出範圍：99°E – 155°E, 1°N – 41°N
- 方向波譜解析度：36(方向域)、40(頻率域)



異常海象重要因子

從過往文獻(Waseda et al., 2011; Waseda et al., 2012; Waseda et al., 2014)指出，波譜的能量聚集程度來評估海洋的危險性是可行的。

譜尖參數 (Goda's peakness factor, Q_p)

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

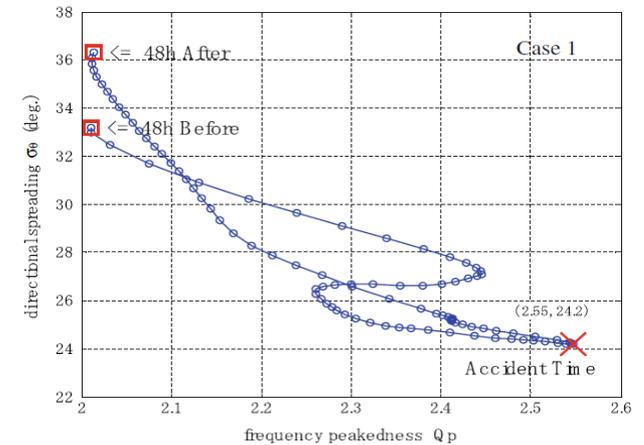
方向譜寬 (Directional spreading, σ_θ)

$$\sigma_\theta = \left[2 \left\{ 1 - \left(\frac{p^2 - q^2}{m_0} \right)^{1/2} \right\} \right]^{1/2}$$

$$p = \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \cos(\theta) F(f, \theta) df d\theta$$

$$q = \int_0^{2\pi} \int_0^\infty \sin(\theta) F(f, \theta) df d\theta$$

$Q_p - \sigma_\theta$ 分析結果

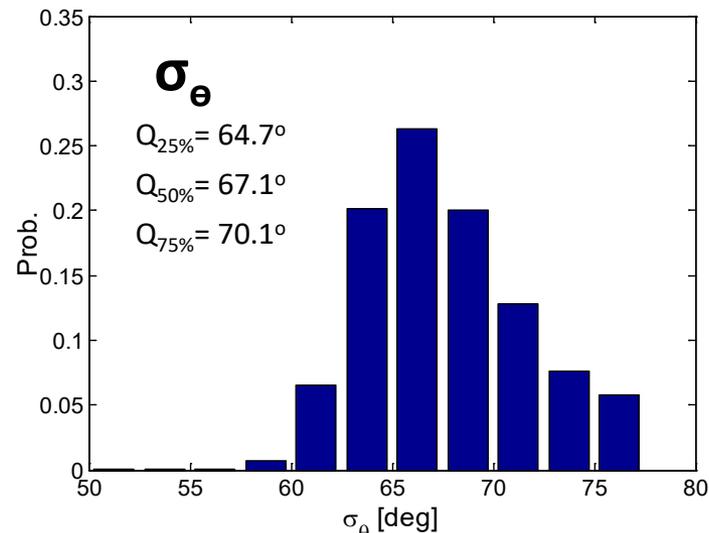
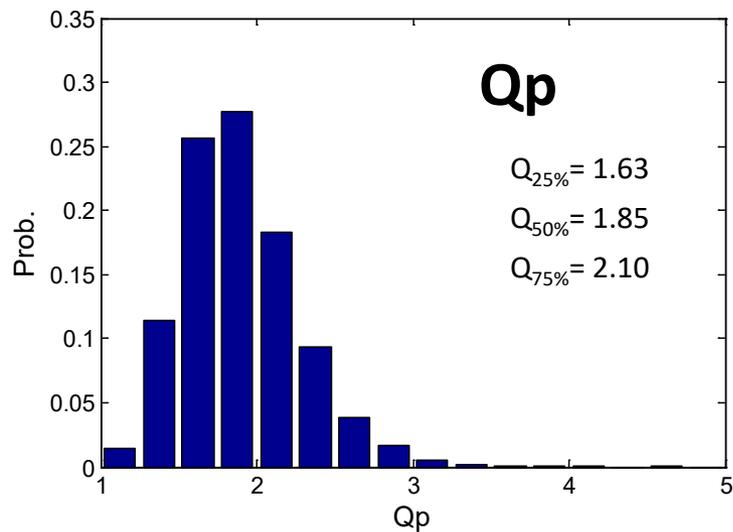


(Waseda et al., 2012)

本研究將進一步從浮標資料與波浪模式資料統計船難案例發生時，兩波譜參數的變化情形進行討論。

波譜能量參數

- 譜尖參數代表頻譜峰值銳度與能量集中程度，是一無因次參數且數值介於1-7之間。Qp對於水位峰度(kurtosis)呈正相關性，可以視為是波浪非線性參數。
- 方向譜寬參數代表波浪在空間中傳遞的寬度，其值介於0至 $\pi/2$ 之間，與水位峰度呈負相關性。



Data: 2006-2017 台東外洋浮標

船難事件實測資料統計

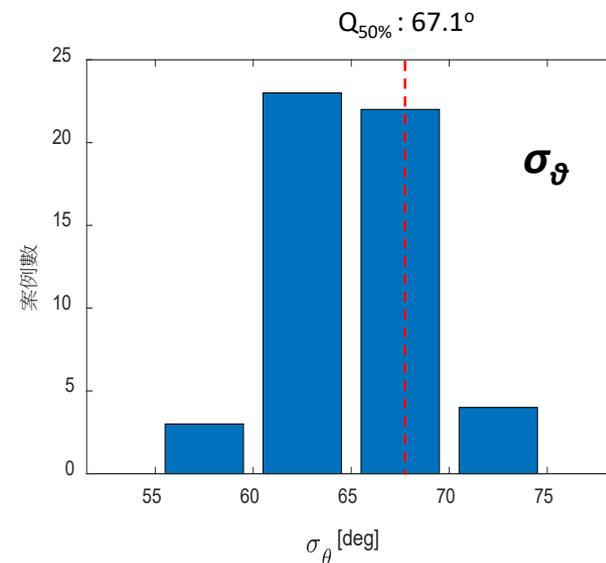
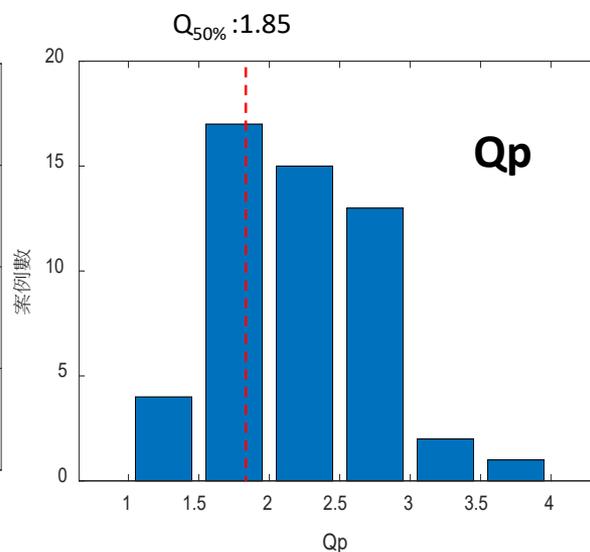
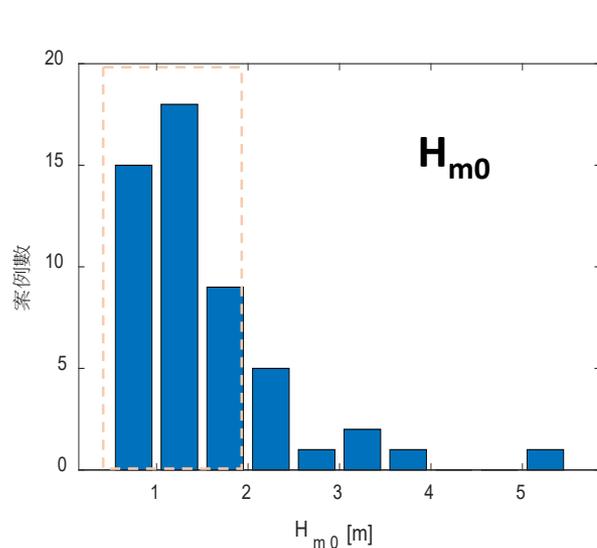
統計55件船難事件發生時鄰近浮標資料之波高、
譜尖參數與方向譜寬

譜尖參數 (Goda's peakness factor, Q_p)

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

方向譜寬 (Directional spreading, σ_θ)

$$\sigma_\theta = \left[2 \left\{ 1 - \left(\frac{p^2 - q^2}{m_0} \right)^{1/2} \right\} \right]^{1/2}$$

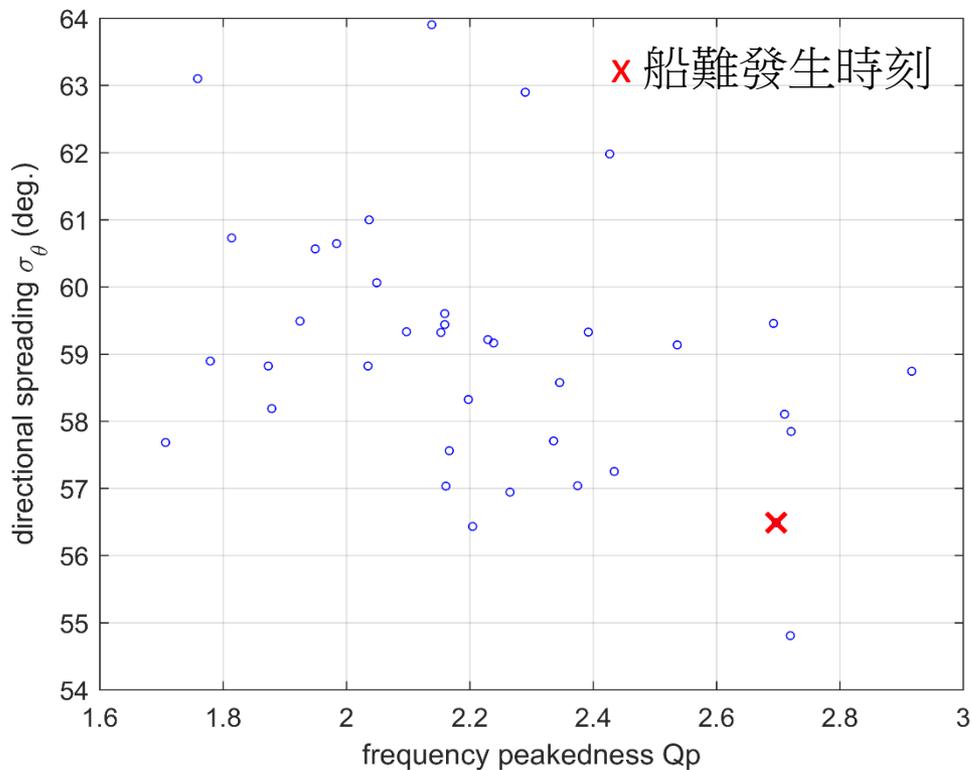
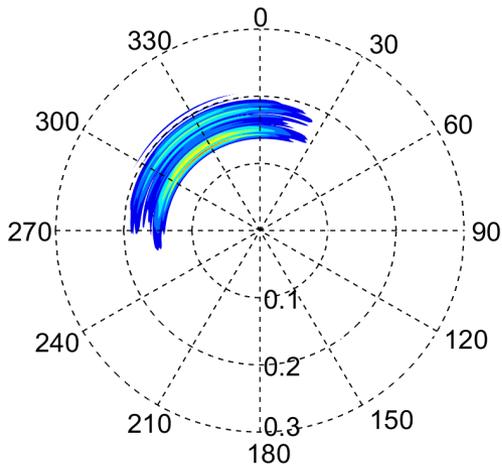


發生在示性波高2米以下有42件(75%)，譜尖參數大多介於1.5-3之間，方向譜寬主要分布於60-70度之間。



案例探討 (基於實測資料)

1/15 23:00 小琉球浮標方向波譜

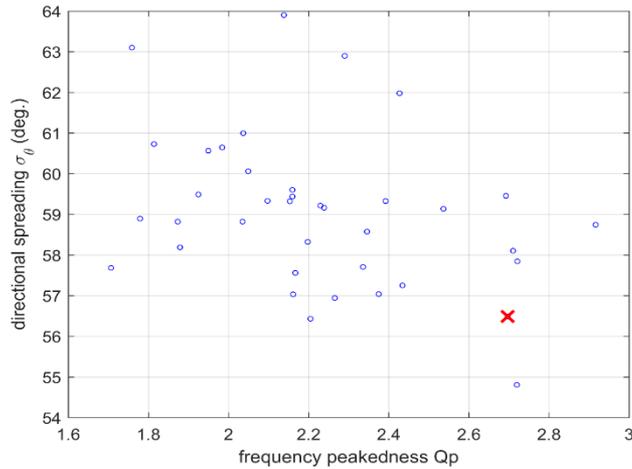


- 船難發生時，在頻率域上明顯有兩個成分波存在，但波向相近
- 船難發生時 Q_p 約為2.7、 σ_θ 約為 56.5° ，為該期間波浪能量相對集中的時刻

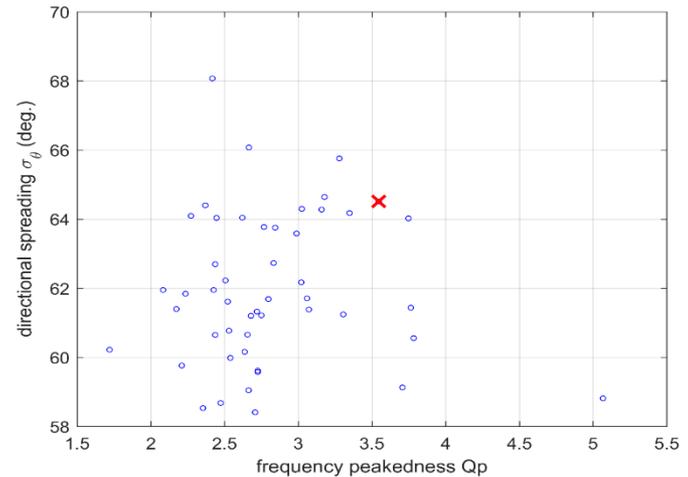


案例探討 (基於實測資料)

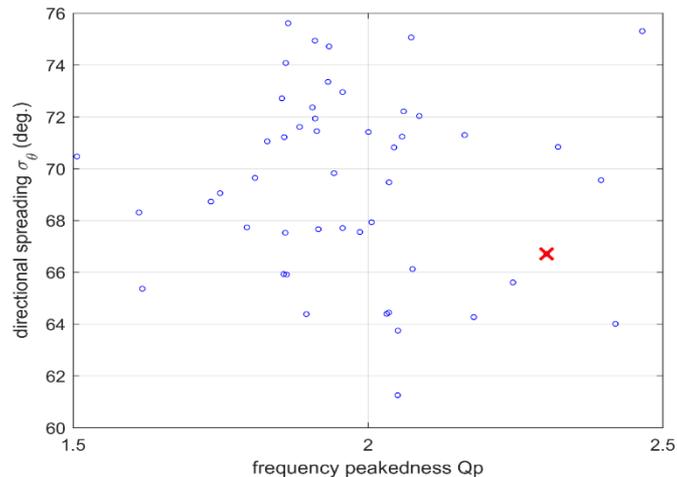
蓮盛滿號事件，2005年1月15日



金瑞益88號事件，2016年12月9日



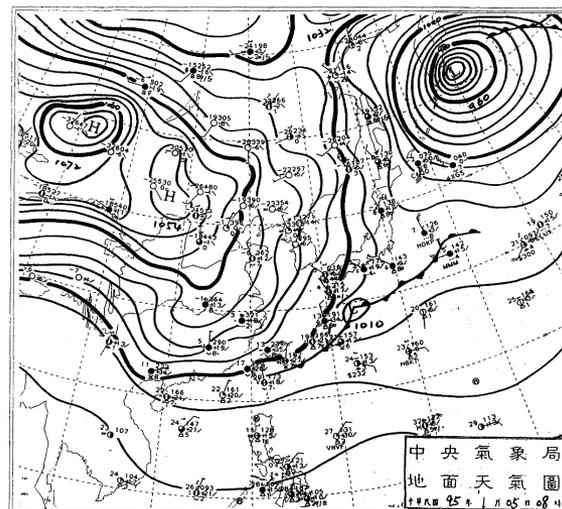
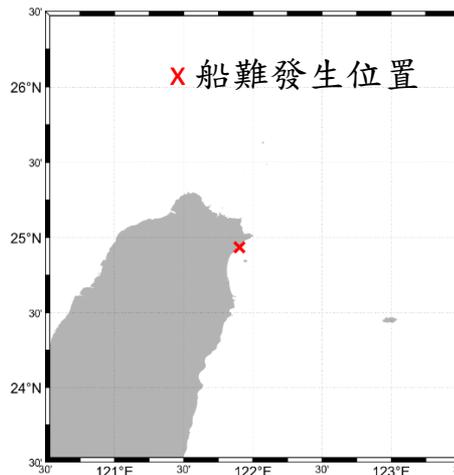
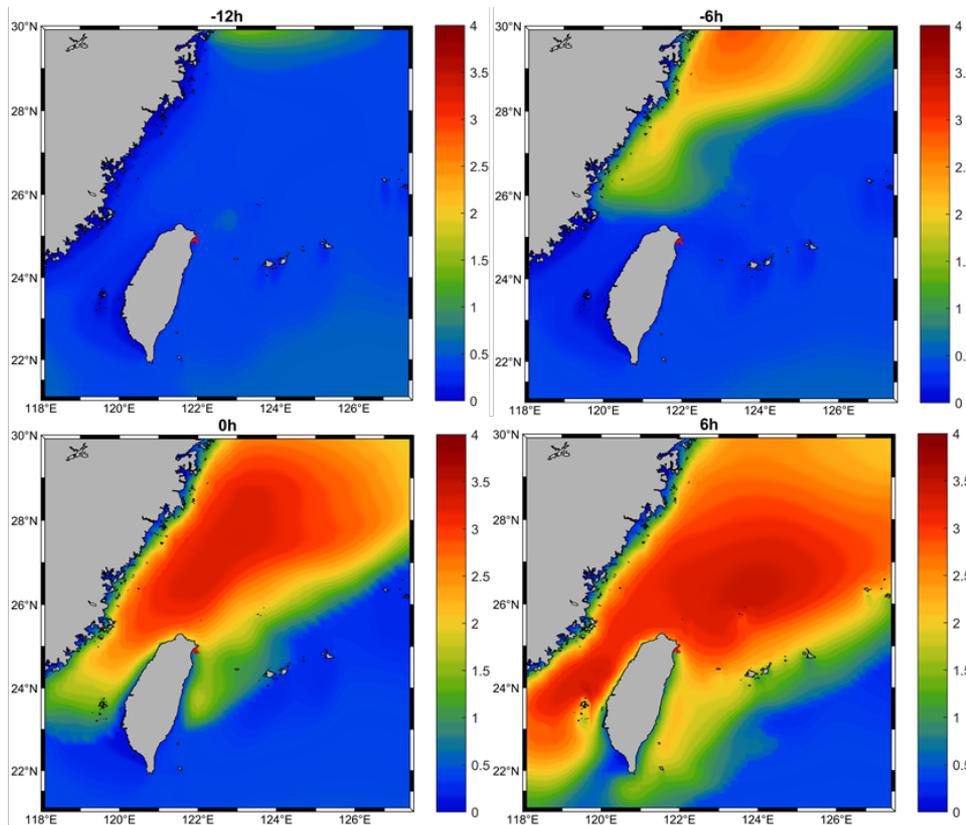
TONG CHENG 601貨輪事件，2017年1月14日



類似的案例共有三件，皆發現波浪能量在頻率域上集中的情形，能量集中為異常波浪好發條件，也可進一步推測引起船難發生的原因。

案例探討 (基於模式資料)

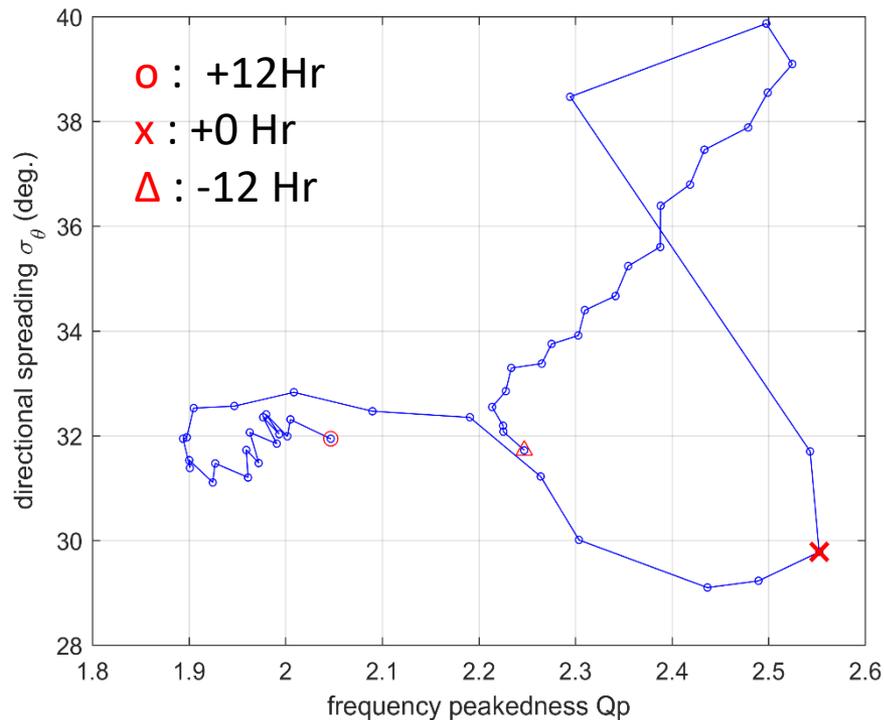
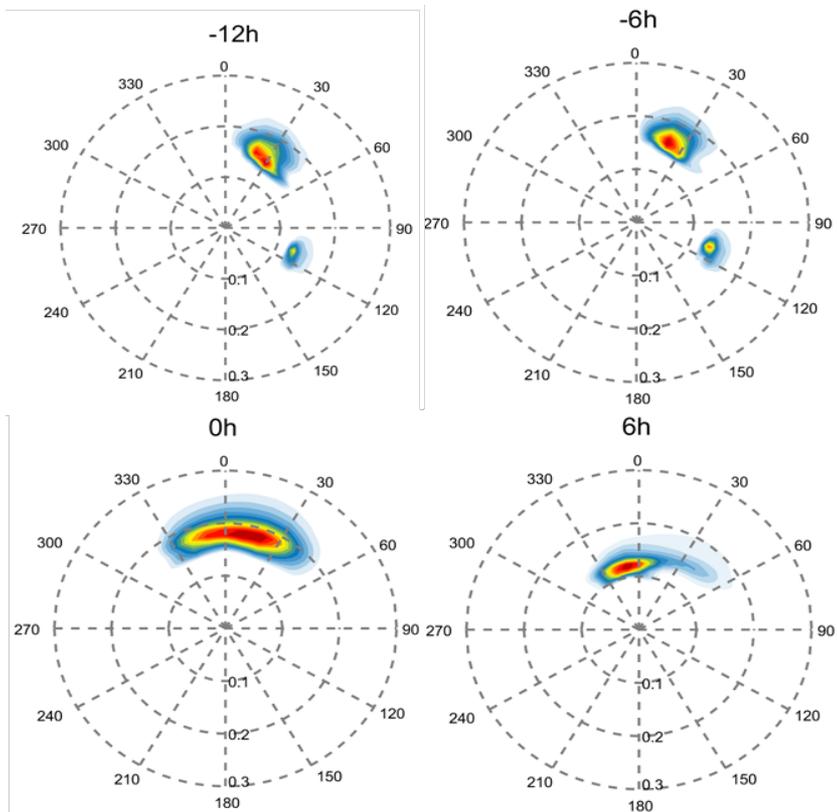
案例一：2006年1月5日 龍進興26號大溪漁港外海翻覆



此案例發生於東北季風影響期間，事發當時為該海域波浪剛受到鋒面影響

案例探討 (基於模式資料)

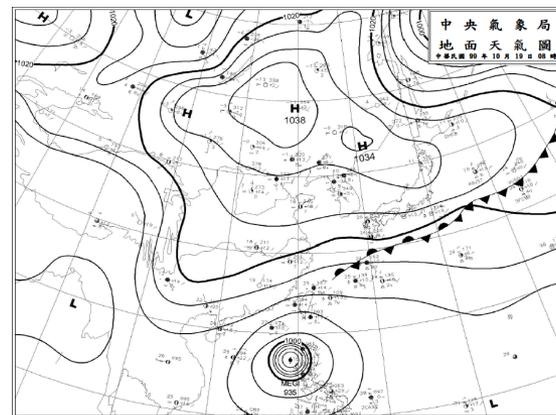
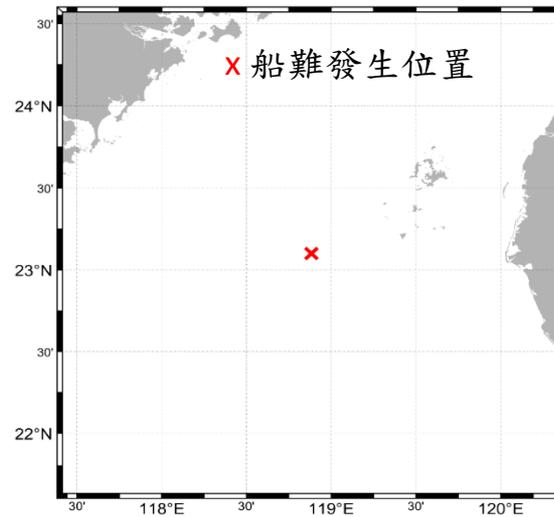
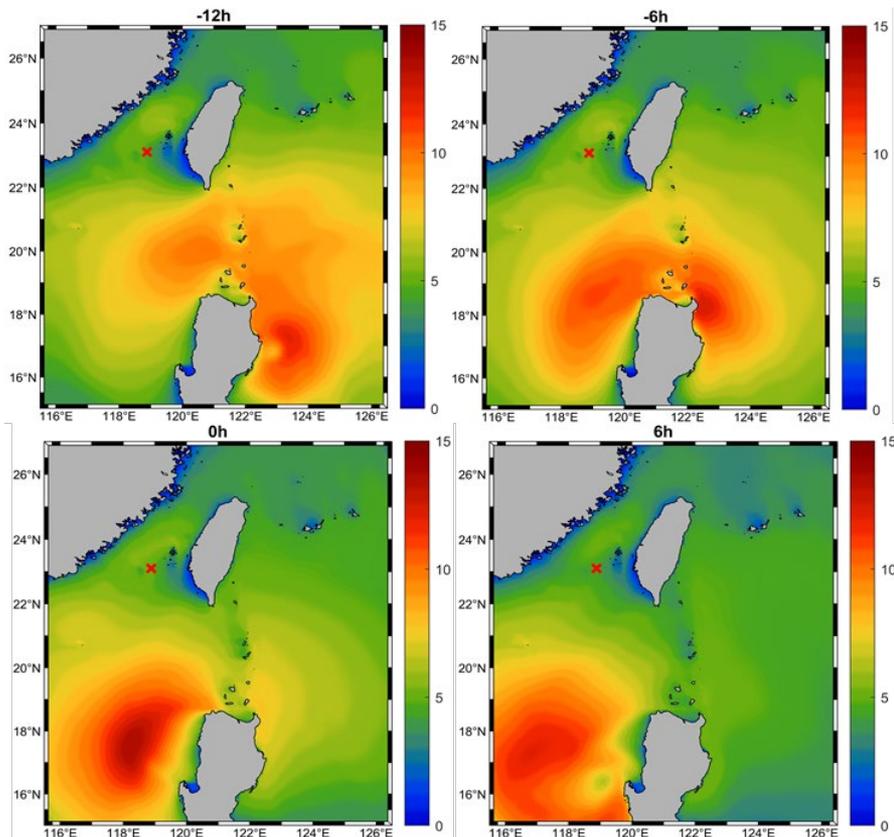
2006年1月5日 龍進興26號大溪漁港外海翻覆



- 事件發生前，該海域存在兩個波浪子系統，至事發時僅剩一個波浪系統。
- 船難發生前後 Q_p - σ_θ 圖可知，波浪能量在船難發生時有顯著集中的情況。

案例探討 (基於模式資料)

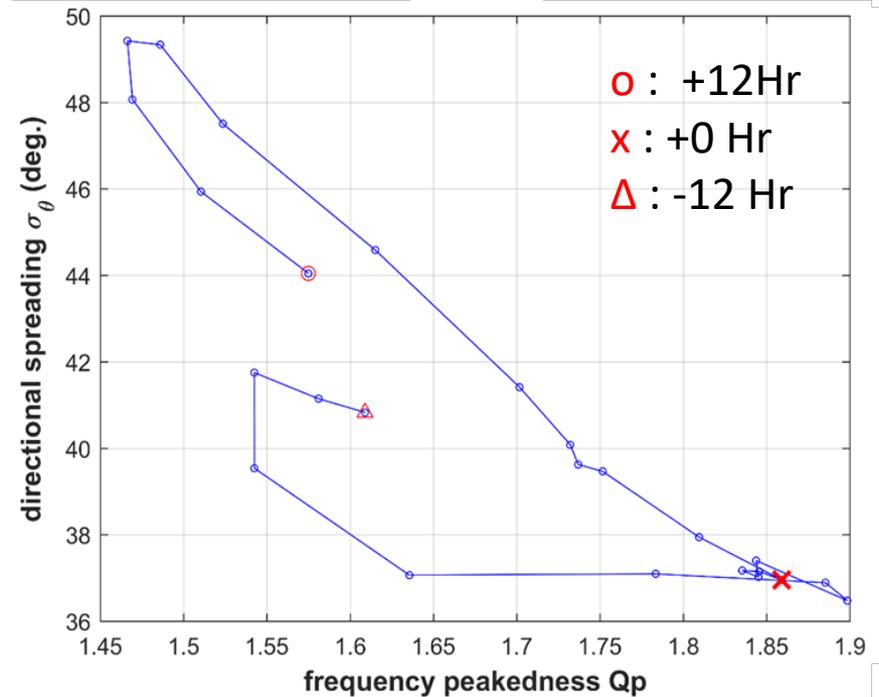
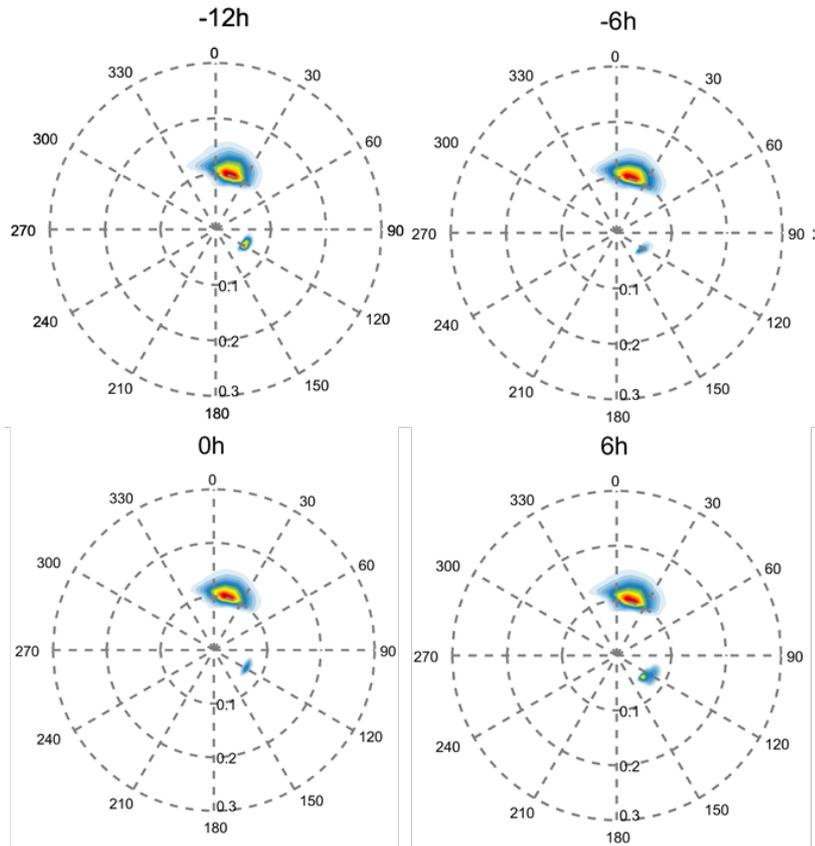
2010年10月19日 DILI STAR貨輪澎湖西南方海域翻覆



此案例發生於東北季風與颱風同時影響期間，事發當時該海域海況惡劣，示性波高達5公尺以上。

案例探討 (基於模式資料)

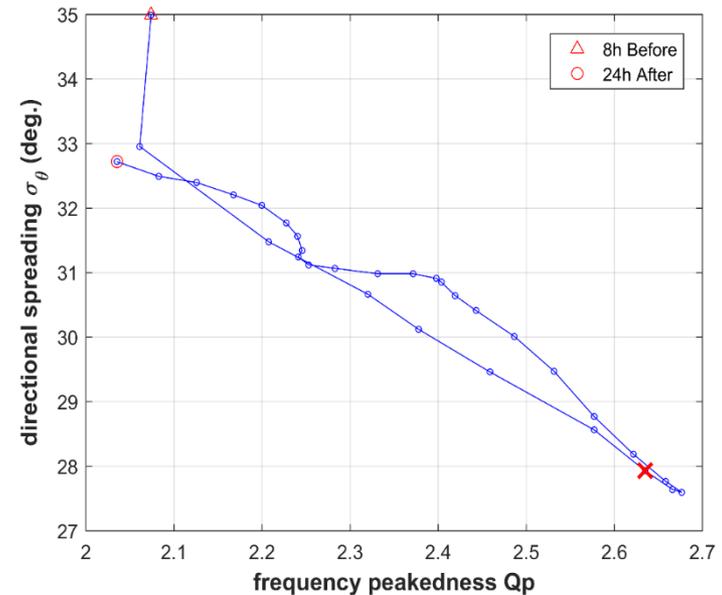
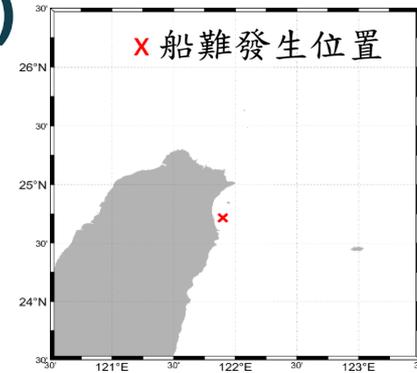
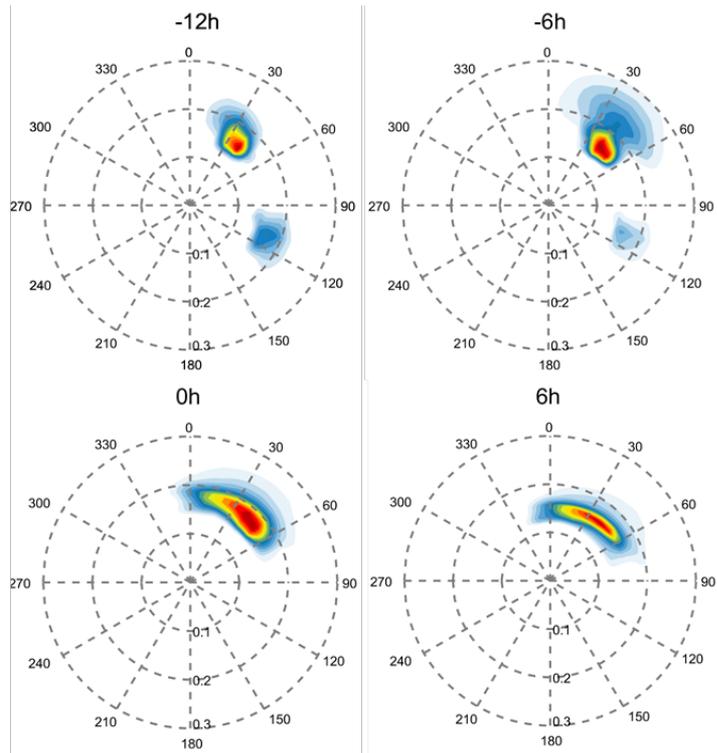
2010年10月19日 DILI STAR貨輪澎湖西南方海域翻覆



- 船難發生前後該海域一直存在兩個波浪系統，推測來自於鋒面與颱風。
- 船難發生前後 Q_p - σ_θ 圖可知，波浪能量在船難發生時有顯著集中的情況。

案例探討 (基於模式資料)

2007年3月11日 大順興號蘭陽溪外海翻覆



與前述案例類似，波浪成份油量個波浪子系統演變成1個，且波浪能量有顯著集中的趨勢。

船難案例資料分析

- 前述船難案例發現，均受大型天氣系統影響，包含東北季風、颱風。
- 船難發生當時波譜能量參數並無一定的趨勢， Q_p 主要分布在1.8-2.6，而 σ_θ 介於28-37度。
- 計算船難事件發生前後12小時波譜參數的變化率，發現變化率約為35%。

船難編號	Max Q_p	Min Q_p	ΔQ_p	Max σ_θ	Min σ_θ	$\Delta \sigma_\theta$
1	2.55	1.89	35%	39.9	29.1	37%
2	2.68	2.06	30%	39.9	27.6	44%
3	2.09	1.63	28%	44.4	33.6	32%
4	1.90	1.47	29%	49.4	36.5	35%
5	2.06	1.60	28%	48.5	36.7	32%
6	2.20	1.42	54%	41.5	30.7	35%
	平均		34%	平均		36%

由此可證實，波譜參數可做為異常海象評估的準則。



結論

- 本研究從船難地點鄰近海域有實測資料之案例統計發現，約7成的船難案例發生時示性波高多集中於2公尺以下，顯示波高並非造成船難的主因
- 實測資料分析結果發現，船難發生時譜尖參數(Q_p)約介於2.5-3之間，與平時相比有顯著偏大的情形，證實異常海象造成之船難可能與波浪能量集中有關
- 6筆典型的船難事件進行分析，發現這些案例發生前後波浪能量於頻率域與方向域皆有顯著的集中情形，在船難發生前後12小時檢視譜尖參數與方向分散參數的變化率，平均達30%以上，本研究認為此關係可作為異常海象評估之指標，然而仍需要更多的船難事件與波浪資料進行標準訂定與驗證