

建置臺灣海域海象災害風險地圖

范揚沼¹ 王良生¹ 邱惠絹¹

¹國立成功大學近海水文中心

摘要

本研究目的係針對臺灣海域探討因海象不佳造成災害的風險程度。操船者、船隻及海象環境是造成海上災害的三大變數，本研究選用與海象環境有直接或間接關係的海上災害事件，以國際海事組織的「正規安全評估」指南分類方式，分析臺灣近海的海上災害潛在風險。海上災害事件來源包括交通部航港局（以下簡稱航港局）在其網頁上公開 2013~2021 年之海事案件資料共 1,815 件個案、海洋委員會海巡署（以下簡稱海巡署）公開 2000~2020 年之海上救災救難事件資料，經過逐筆研判後挑選在近海漁業分區海域內因受惡劣海況致災的個案共 217 件。分析各案例嚴重性指數，於空間上計算各海域頻率指數，且於時間上依季節進行劃分，進而製作出臺灣海域各季節的海象災害風險地圖，期望透過分析過去海象災害事故的結果，達到降低海上作業風險的目標。

關鍵詞：風險地圖、海上災害、正規安全評估、臺灣海域

Build the marine disaster risk map in Taiwan waters

Yang-Ming Fan¹, Liang-Sheng Wang¹, Hui-Chuan Chiu¹

Coastal Ocean Monitoring Center, National Cheng Kung University¹

ABSTRACT

The purpose of this study is to analysis the marine disaster risk which caused by severe sea state in Taiwan waters. Ship operators, ships and marine environment are the three major variables that cause marine disasters. This study selects marine disaster events that are directly or indirectly related to the marine environment, and uses the International Maritime Organization's guidelines of "Formal Safety Assessment" to canalysis the offshore disasters risk in Taiwan water. The sources of marine disaster incidents include the Maritime Port Bureau, MOTC which published a total of 1,815 maritime disaster incidents from 2013 to 2021 on its website, and the Coast Guard Administration, OAC published maritime disaster incidents from 2000 to 2020. After a case-by-case study and judgment, a total of 217 disaster incidents caused by severe sea conditions in the area of Inshore Fishery Forecast were selected, and then the risk index of each marine disaster incident was analyzed. This study builds a marine disaster risk map in Taiwan waters , includes four seasons. It is hoped that by analyzing the results of past marine disaster accidents to reduce the risk of offshore operations can be achieved.

Keywords: Marine Disaster; Risk Map; Formal Safety Assessment; Taiwan waters

一、前言

操船者、船隻及海象環境是造成海上災害的三大變數，本研究針對與海象環境有直接或間接關係的海上災害進行探討。中央氣象局自 2012 年起已針對因海象造成的海上災害進行研究，包括 2012 年至 2015 年期間的「災害性瞬變海象之研究」，蒐集了 2000-2015 年因異常波浪引發之船難事件共造成 712 人落海，平均每年 34 人因異常波浪引發船難落海，平均每事件 5.9 人落海，全部落海人數中，死亡(含失蹤)有 323 人，其餘則是受傷或獲救，發生次數較高的月份發生包括 10 月份 14 件、11 月份 10 件、12 月份 11 件，以及 1 月份有 22 件，顯示這類的船難事件與季節因素仍有顯著的關係。臺灣每年夏、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，然而在颱風期間因異常波浪而翻船的事件比例並不高；2016 年至 2019 年的「異常海象機率預警研究與作業試用」研究報告指出 2000 年至 2019 年 11 月間合計有 158 件因異常海象造成之船難事件，共造成 859 人落海，其中失蹤或死亡者有 354 人，其餘則是受傷或獲救。透過前述船難事件作為海洋異常波浪機率預警系統之驗證，以提高該預警系統之準確度，進而擴增至海上固定航線之安全航行資訊。

上述研究使用新聞或國際海事組織的船難事件對異常海象發生機制已有明確結果，而本研究從風險的面向對臺灣近海海域進行海象災害風險，為了明確取得海上災害的發生位置，本研究選用海巡署與航港局的官方公告資料來探討臺灣各區海域的風險程度。

二、風險分級方法

風險的概念最初由 Hammer(1972)所提出，定義風險 (Risk) 為機率 (Probability) 與結果 (Consequence) 之結合，即風險為災害發生機率和災害發生時可能之損害。聯合國災難救援組織 (United Nations Disaster Relief Organization, UNDRO) 將風險定義為「在某事件下預估將導致的生命損失、人員受傷、財產毀損或經濟活動干擾」，並提出風險評估公式：風險 (Risk)=危險度 (Hazard)×脆弱度 (Vulnerability)。國內外學者依此概念對於海岸環境

進行風險分級，例如簡連貴等人 (2019) 利用風險矩陣將濱海陸地多重危害與脆弱度指標結合，進行海岸地區災害風險分析，並建立濱海陸地多重危害脆弱風險地圖。Ferrari et al. (2019) 透過危險度和脆弱度的概念，危險度 (Hazard Index, HI) 以海岸的物理型態和水動力條件代表，而脆弱度因子則以海灘的易達性 (Accessibility) 代表，最終將海灘戲水風險指數 (Risk of Bathing Index, RBI) 依其數值大小分為四個風險等級，可供民眾和管理單位參考。

海上環境與海岸或陸地不同，1912 年鐵達尼號船難發生後引發了當時人們對於船舶安全標準的質疑，英國政府在倫敦召開了首次國際海上人命安全會議，並推出了《國際海上人命安全公約》(SOLAS 公約)，隨後與船舶安全相關的國際法相繼出現。應用於海上活動的風險矩陣包括 Defence Standard 00-56 “Safety Management Requirements For Defence Systems Part 1: Requirements” (1996)、Draft International Standard 17776 (ISO 1999)、IMO Guidelines on FSA (國際海事組織「正規安全評估」指南分級方法) (IMO 1997)。由於 IMO Guidelines on FSA 在頻率指標定義上相較於 Defence Standard 00-56 明確，又 ISO 提出的 Draft International Standard 17776 較適用於公司企業，因此本研究使用 IMO Guidelines on FSA 進行風險分級，其風險矩陣使用矩陣將頻率 (FI) 和嚴重程度 (SI) 的維度劃分，結合可能性指標與嚴重性指標，可得到風險指數如式(1)，其風險指數如表 1 所示。

$$RI=FI+SI \quad (1)$$

風險指數由 2 至 11，數字越大代表風險越高，又由表 1 可以看出分析風險指數需要實際發生海上災害的樣本，因此本研究使用過去事故經驗法，將所蒐集的交通部航港局公告的海上事故及海巡署救生救難案件，逐筆研判海象不佳引起的海難事件做為分析的樣本。

表1 風險指數表 (RI=FI+S)

可能性指標 (FI)	頻率	嚴重性指標 (SI)			
		1 輕微	2 重大	3 嚴重	4 災難性
7	經常發生	8	9	10	11
6		7	8	9	10
5	可能發生	6	7	8	9
4		5	6	7	8
3	很少發生	4	5	6	7
2		3	4	5	6
1	極少發生	2	3	4	5

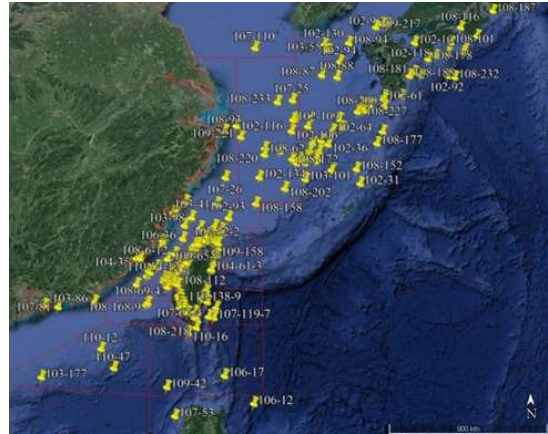


圖1 近海漁業分區內海難事件分布

三、海難事件歸納與分析

本研究選擇海巡署在政府資料開放平臺公開海上救生救難案例，這份文件紀錄自 2000 年至 2020 年共 21 年期間的 129 件海難案件。為了擴充事件樣本，再納入航港局所公告之海難統計資料，該資料係自 2013 至 2021 年經海事簽證之海難事件，事故總數達 1,815 件。由於本研究臺灣海域海象災害風險地圖僅針對因海況不佳而引起海難事件進行分析，且為了確定前述海上災害事件發生位置所在海域及季節，本研究由前述資料中逐筆審視，判斷各案件是否為海象所引起，並將確認後的案件之發生坐標標示於 google earth 上 (如圖 1)，其中海巡署與航港局屬於因海象環境不佳直接或間接影響的案件分別為 77 件及 319 件。

本研究進一步以中央氣象局的臺灣近海漁業分區海域範圍圖資進行套疊 (如圖 1 紅色線條)，將標示於 google earth 上的案件區分至各海域後，海巡署與航港局位於近海漁業海域內的事件分別有 61 件 (表 2) 與 156 件 (表 3)，再經由交叉比對扣除重複事件後，共為 217 件 (表 4)，其中各分區中最多起海難事件者為新竹鹿港海面之 42 件，其次為基隆彭佳嶼海面之 39 件。

經由前述資料整理後的結果，依 IMO Guidelines on FSA 的定義，估算海象災害之可能性指標以及各案件的嚴重性指標後，獲得臺灣海域海象災害風險地圖。

表 2 海巡署近海漁業分區四季海難事件數

近海分區	新竹鹿港	鹿港東石	東石安平	安平高雄	高雄枋寮	枋寮恆春	鵝鑾鼻	臺東大武	成功臺東
春	2	1	0	1	1	0	0	0	0
夏	0	1	1	1	4	3	1	0	0
秋	2	0	0	0	0	0	0	0	0
冬	2	1	0	0	0	0	1	0	0
小計	6	3	1	2	5	3	2	0	0
近海分區	花蓮	宜蘭蘇澳	彭佳嶼基隆	釣魚台	綠島蘭嶼	馬祖	金門	澎湖	合計
春	0	3	5	1	0	0	2	3	19
夏	0	0	1	0	1	0	0	3	16
秋	0	0	5	0	0	1	1	1	10
冬	3	2	2	0	2	1	2	0	16
小計	3	5	13	1	3	2	5	7	61

表3 航港局近海漁業分區四季海難事件數

近海分區	新竹鹿港	鹿港東石	東石安平	安平高雄	高雄枋寮	枋寮恆春	鵝鑾鼻	臺東大武	成功臺東
春	6	1	0	1	0	0	0	1	0
夏	9	1	0	14	5	0	0	0	1
秋	6	5	2	4	3	0	2	0	1
冬	15	8	2	2	2	1	1	1	1
小計	36	15	4	21	10	1	3	2	3
近海分區	花蓮	宜蘭蘇澳	彭佳嶼基隆	釣魚台	綠島蘭嶼	馬祖	金門	澎湖	合計
春	3	2	4	0	1	3	0	3	25
夏	2	1	5	0	2	4	0	0	44
秋	2	0	9	0	0	1	2	3	40
冬	1	2	8	0	0	1	1	1	47
小計	8	5	26	0	3	9	3	7	156

表4 綜整航港局與海巡署近海漁業海難事件數

近海分區	新竹鹿港	鹿港東石	東石安平	安平高雄	高雄枋寮	枋寮恆春	鵝鑾鼻	臺東大武	成功臺東
春	8	2	0	2	1	0	0	1	0
夏	9	2	1	15	9	3	1	0	1
秋	8	5	2	4	3	0	2	0	1
冬	17	9	2	2	2	1	2	1	1
小計	42	18	5	23	15	4	5	2	3
近海分區	花蓮	宜蘭蘇澳	彭佳嶼基隆	釣魚台	綠島蘭嶼	馬祖	金門	澎湖	合計
春	3	5	9	1	1	3	2	6	44
夏	2	1	6	0	3	4	0	3	60
秋	2	0	14	0	0	2	3	4	50
冬	4	4	10	0	2	2	3	1	63
小計	11	10	39	1	6	11	8	14	217

四、海域風險之時空分佈

本研究依據 IMO Guidelines on FSA 對前述海難事件的嚴重程度、各近海分區的發生頻率計算風險指數，分析結果如圖 2 至圖 6。圖 2 為全部事件於各近海分區的風險地圖，圖中顯示各近海分區的風險指數介於 7 至 9。圖 3 至圖 6 則為各近海分區於春、夏、秋、冬等四季的風險地圖，春季期間高雄枋寮沿海與馬祖海面的風險指數達到 10，而秋季期間的東石安平沿海風險指數僅 5。此外，某些海域於特定季節沒有風險指數，代表該季節相對於其他海域的海上作業風險較低，但並非沒有風險，例如春季期間的成功臺東沿海。

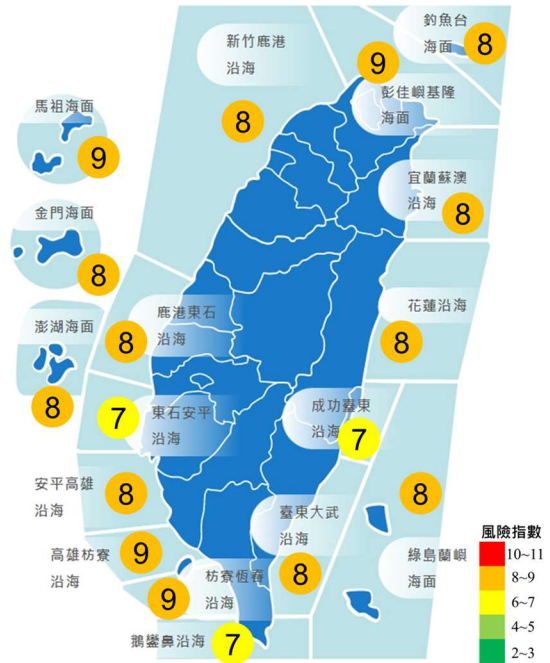


圖2 臺灣海域海象災害風險地圖

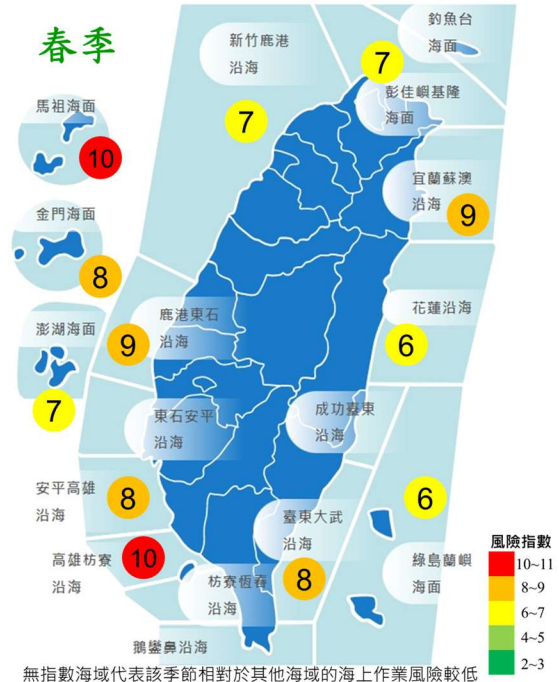


圖3 臺灣海域海象 (春季) 災害風險地圖

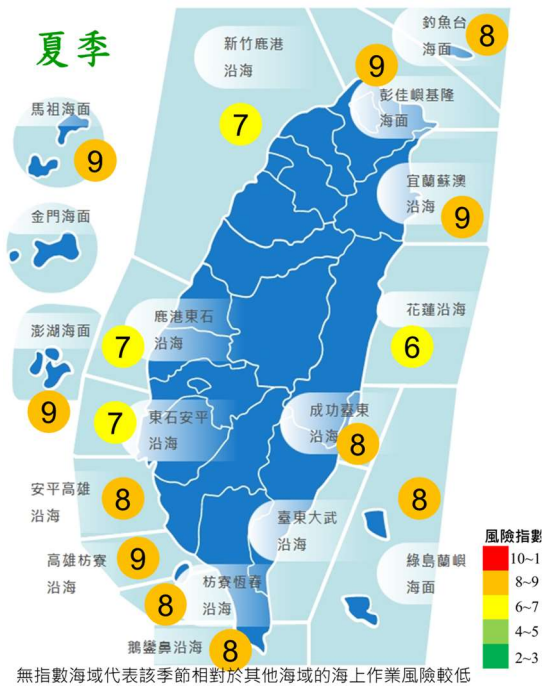


圖4 臺灣海域海象 (夏季) 災害風險地圖

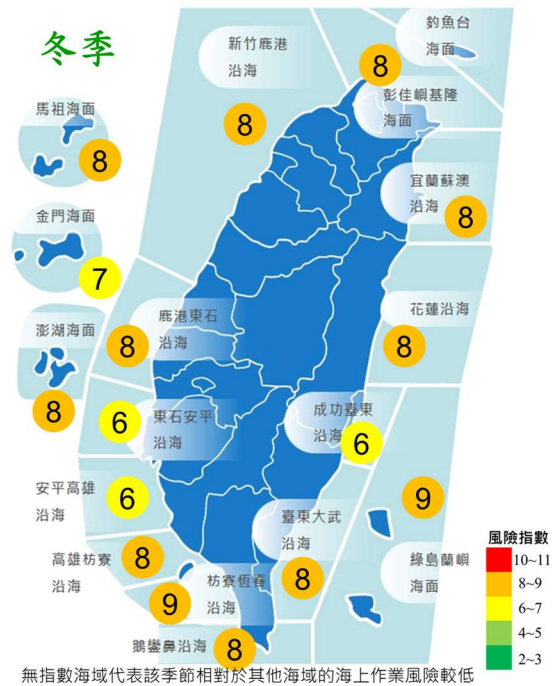


圖6 臺灣海域海象 (冬季) 災害風險地圖

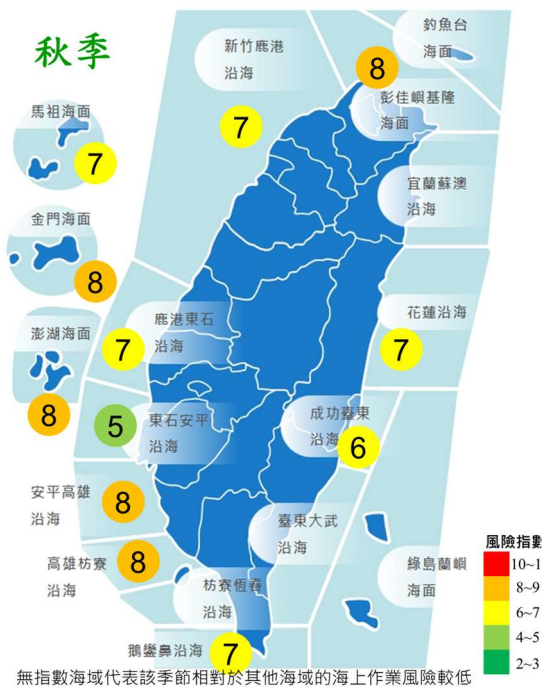


圖5 臺灣海域海象 (秋季) 災害風險地圖

五、結論與建議

本研究以 IMO Guidelines on FSA 的頻率指標及嚴重程度指標進行風險指數的分級，分析臺灣近海漁業分區範圍各區域於不同季節的風險指數，獲得臺灣海域海象災害風險地圖。各近海分區的風險程度隨著季節而有所不同，最高風險指數發生在春季期間高雄枋寮沿海與馬祖海面，風險指數達到 10，最低風險指數發生在秋季期間的東石安平沿海，風險指數僅 5。又某些海域於特定季節沒有風險指數，代表該季節相對於其他海域的海上作業風險較低，但並非沒有風險。

臺灣海域海象風險地圖為使用歷史事件分析獲得的靜態圖資，可作為海上航行與作業的規劃參考，但為了達到預警效益，本研究後續將利用海氣象預報資料發展動態圖資，即時提供海上風險資訊，進而減少海難的發生。

五、謝誌

本論文係中央氣象局「發展海象智慧訊息應用服務技術」計畫之研究成果，承蒙中央氣象局經費之補助使本研究得以順利完成，謹致謝忱。

六、參考文獻

1. Ferrara, M., Carpia, L., Pepe, G., Mucerino, L., Schiaffino, C.F., Brignone, M., Cerasco, A., 2019. A geomorphological and hydrodynamic approach for beach safety and sea bathing risk estimation. *Science of The Total Environment*, 671, 1214-1226.
2. Hammer, W., 1972. *Handbook of System and Product Safety*, Prentice-Hall.
3. IMO, 1997. *Interim Guidelines for the application of Formal Safety Assessment (FSA) to the IMO Rule-Making Process*. MSC Circ.829/MEPC/Circ.335.
4. ISO, 1999. *Petroleum and Natural Gas Industries - Offshore Production Installations - Guidelines on Tools and Techniques for the Identification and Assessment of Hazardous Events*. Draft International Standard ISO 17776, International Organization for Standardization.
5. Safety Management Requirements For Defence Systems Part 1: *Requirements*. 1996. UK Ministry of Defence Standards.
6. 簡連貴、莊博允、蔡明諺、黃偉柏、顧承宇 (2019) 「海岸地區多重災害風險評估與管理」，第41屆海洋工程研討會論文集。