

台灣海域船舶擱淺事故分析之研究

A Study on Casualty Analysis of Ship Groundings in Taiwan Waters

曾福祺 Fu-chi Tzeng*、林彬 Bin Lin**

摘要

在台灣海域，過去曾經發生的海洋油污染事件中，以船舶擱淺的海難事故類型為最多，污染量也最大。本研究之目的在於找出影響台灣海域船舶擱淺的因素，並探討事故嚴重程度，作為未來改善的參考。本研究以各港務局在台灣海域船舶擱淺的海事報告作為研究之樣本，依據人員、船舶、港口地理設施和天候等四項因素，利用敘述統計分析船舶擱淺事故之特性，再以變異數分析來探討事故原因與擱淺因素之相關性與差異性，最後再建構 Logistic 迴歸模式，預測船舶擱淺的嚴重程度及找出影響最嚴重的因素。研究結果發現台灣海域發生船舶擱淺事故中，人為失誤的比例偏高。再進一步分析之後，發現天候影響人為的失誤最為嚴重。此外，事故船舶其船齡皆偏高，引致機械故障而造成擱淺；噸位大的船舶在進出港時，餘裕水深不足是在港內發生擱淺的主因。經由迴歸分析得出擱淺的損害情況，當風力每增加一級時，擱淺船舶事後需要外力協助脫淺之機率就增加 1.365 倍。

關鍵字：海難、人為疏失、變異數分析

Abstract

During the past years, most of events of marine oil pollutions within Taiwan waters were caused by maritime casualties of ship groundings which also caused the largest amounts of oil spillage. The purpose of this study is to find the factors causing the accidents in the waters and analyze the severity of those so that the results could be used as references to reduce ship grounding incidents. Cases of accidental reports happened in Taiwan waters were collected as the samples.

* 基隆港務局台北港分局信號台，國立台灣海洋大學商船學系碩士

** 國立台灣海洋大學商船學系教授（聯絡地址：基隆市中正區北寧路二號；E-mail：blin@mail.ntou.edu.tw）

According to factors including person, ship, port facilities, geography and climate, characteristics of ship groundings were firstly analyzed by using descriptive statistic. Then methods of analysis of variance were used to analyze the causes of the accidents and the relationship and difference between the factors. Finally, logistic regression models were built to predict the severity of ship grounding in order to identify influences of the factors. Results of this study showed the percentage of causing the accidents due to human errors was higher. Following the further analysis, climate was the main factors to affect the errors. Furthermore, most of the groundings involved older ships due to machinery failures and large ships due to lack of under keel clearance in inner harbor. Through Logistic regression analysis, it showed that the requirement of re-floating the grounding ship with external assistance increased 1.365 times when the wind speed increased one additional scale.

Keywords: Marine casualty, Human error, Analysis of variance.

壹、前言

由於海難的發生可能會導致人命財產的損失，對於海洋環境的傷害更可能造成嚴重的威脅。根據 ITOPIF 於 2010 年發行之統計年報指出^[1]，油輪發生溢油超過 700 噸的事故中，係因海難而導致溢油就佔了 84%，其中主要的海難種類為擱淺與碰撞，分別為 36.3%、29.1%。所以，擱淺與碰撞的海難類型對環境的威脅最為嚴重。

檢視台灣歷年所發生的海難的事故，從布拉格油輪漏油事故，到阿瑪斯號貨輪溢油事故，和近期發生的晨曦輪溢油事故，皆是因為船舶擱淺造成嚴重的海洋污染。反而船舶因碰撞導致溢油，進而造成環境與經濟上重大損失的情況並不多見。

對於在台灣海域所發生的海難事故，過去的研究文獻通常皆把所有類型的海難事故一同探討，或著分析碰撞事故中之人為因素^[2,3]。海上事故發生的相關因素有人為因素、船舶因素、和環境因素等。然而，不同的海難事件雖有重疊的事故因子，但亦存在著獨特的事故因子。船舶碰撞是指兩艘或兩艘以上之船舶因為某些原因而撞擊在一起，但船舶擱淺卻是船舶自身因為某些因素而導致擱淺事故發生。因此，將海難事故分別獨立出來，並且針對單一種事故分析，才能合理的探討出事故發生的原因。

本研究從台灣水域所發生船舶擱淺之案例中，統整出擱淺事故發生之各項相關數據，找出數據相互之關聯性，再歸納出擱淺原因之構面，最後經由統計分析，找尋導致船舶擱淺主要之原因，並探討改善擱淺事故有效之措施。冀期經由本研究成果，能降低台灣各港水域、錨泊區及近岸海域發生船舶擱淺之憾事。

貳、文獻回顧

Kristiansen^[4]對於船舶擱淺事故發生原因，分成：外部狀況、船舶設備故障、航行資源不足、航行失誤、疏忽、其它船舶造成等因素做分析。從表 1 內可以發現，航行資源不足、航行失誤及疏失三種因素中，船上組織與管理不完全、通訊或溝通不佳、個人因素、疏忽等，都是屬於因人為失誤群造成船舶擱淺的發生的原因。依其發生頻率之比例來看，因人為失誤造成船舶擱淺的比例為 47.6%，非人為失誤造成船舶擱淺的比例為 52.3%。

表 1 挪威船舶擱淺原因分析

擱淺事故原因	比率
外部狀況	39.9%
船舶設備故障	8.8%
航行資源不足	18.9%
航行的失誤	22.9%
疏忽	8.1%
其它船舶造成	1.4%
總和	100%

資料來源：Kristiansen(2005)

張新立^[5]依據海難發生的原因，區分為人為因素、船舶因素、航路因素和環境因素。對於船舶擱淺的發生，吳兆麟^[6]、Rothblum^[7]將船舶擱淺初步的原因分成五種：人為因素、船舶規格、航路特性、天候狀況、情境因素。由於第五項因素涉及層面過於複雜，因此，本研究只探討前述四項，並以客觀及科學的方式做詳細的分析。

人為因素

前蘇聯的尤道維奇(ЮДОВИЧ)分析各類擱淺案例的原因包括：船位監測不佳；船位迷失；瞭望不合要求；瞭望組織不佳；過分信任領港操船、在引航水域自航而未用領港、讓船時的錯誤行動、操舵錯誤和恢復原航向過慢、船速過高、在風暴條件下的錯誤操船、過分信任當班駕駛員操船，以及其他“人為因素”和客觀的原因^[6]。

從上述的分析來看，因人為因素造成船舶發生擱淺的原因頗多，本研究綜整了蔡存強^[8]、陳發源^[9]、周連柏^[10]三位大陸專家學者所做的船舶擱淺原因分析，其人為因素有：

- (1). 航向誤差：航海人員對電羅經存在誤差沒有及時發現和測定，或者對磁羅經的自差沒有按規定進行校正和測定，因此對航向誤差也就不能發現，這是造成航跡推算失誤的重要原因。

- (2). 航程誤差：航海人員對本船航速掌握不準確，或者對淺水中、風浪中的失速沒有認真對待，都會造成航程計算的誤差。這種失誤是隨著時間的推移而增大，當推算轉向時，就會使轉向點提前或推後，甚至使下一個推算航跡偏離計畫航線較遠，以致把船舶引入歧途。
- (3). 對風流的影響失算：有的航海人員對風流的影響缺乏警覺，在航行繪算中將其忽視；有的則對風流的要素估算失誤，特別是對潮流的轉流時間缺乏研究，而把流向估計相反。這些失誤既使航跡推算產生較大偏差，也使航程計算造成較大誤差。由於未修正風流影響，或者錯誤的修正風流影響，致使航跡繪算失誤造成擱淺、觸礁事故的並不少見。
- (4). 陸標定位失誤：最常見的是辨認目標的錯誤，主因在於沒有很好識別目標。因陸標錯認，導致定位的錯誤，用這樣錯誤的船位作依據來推算轉向，必然會給航行安全帶來嚴重的後果。
- (5). 雷達定位失誤：主要表現在對雷達幕上顯影識別缺乏知識，由於不瞭解顯影中遮擋的特點，就會把整片陸地看成幾塊不相連的島嶼；如果不懂得顯影中的展寬、粘連等特點，又會把十分相近的幾個島嶼誤認為一個目標。更多的失誤情況一般都發生在港灣附近對一片目標回波的識別錯誤。
- (6). 航線選擇失誤：在近岸航行中，憑自己對海區比較熟悉，選擇航線離水下障礙物距離過近，違背了一般安全距離的要求。為了走“近路”，或者為了減少風浪對船舶搖擺的影響，把航線選擇在淺水區，在不該轉向的地區選擇轉向點。
- (7). 其他方面的失誤：霧中航行，沒有嚴格執行霧航的有關規定；過淺水區時潮汐計算失誤；盲目航行，不做海圖作業。
- (8). 除了因避讓行為的決策判斷錯誤之外，人為因素亦常常伴有其他因素共同存在。如在海象不佳的情況中，駕駛台資源管理不佳，船長為了要避開海象對船舶的影響，卻疏忽船位的動向，導致船舶陷於危險水域而擱淺。

除了因避讓行為的決策判斷錯誤之外，人為因素亦常常伴有其他因素共同存在。如在海象不佳的情況中，駕駛台資源管理不佳，船長為了要避開海象對船舶的影響，卻疏忽船位的動向，導致船舶陷於危險水域而擱淺。

船舶因素

根據美國海岸防衛隊海事安全調查局於 1992 年的 CASMAIN 資料庫分析，因船舶機械故障的原因造成船舶擱淺分為兩種類別：失去動力及失去轉向能力。若船舶失去動力，就隨著風向及流向漂往岸邊或淺灘處擱淺。若失去轉向能力，就因無法抵抗橫風的下壓流向的牽引而被迫向岸邊或淺水區擱淺。

若從船舶因機械故障原因而失去轉向能力導致擱淺的歷史案例中，其最著名的就是賴比瑞亞籍油輪 Amoco Cadiz 的擱淺事故。在台灣海域也曾發生與 Amoco Cadiz 類似之擱淺事故，即 2001 年阿瑪斯(Amorgos)輪因主機故障，失去動力，擱淺在墾丁海域造成嚴重的油污染的事故。

航路因素

足夠的水深及安全的水域，是讓船舶在航行或錨泊不致擱淺的地理因素。歐、美許多研究報告指出，在限制水域中，船舶航行之安全主要受海面船舶密度、地理環境、天候及水文等因素影響，碰撞危機與船舶密度之平方成正比；擱淺危機與船舶離岸距成反比^[11]。所以當船舶離岸愈近，擱淺發生的機率就愈高，尤其是彎曲及水文多變化的狹窄水道。

以連接黑海和馬爾馬拉海的伊斯坦堡海峽為例，船舶航行於狹長的“S 形”通道，造成許多海難事件在此發生。由於南來北往的船舶繁多，相對的碰撞事件也不少。但從 1994 年設立了分道通航(TSS)後，碰撞事故減少，擱淺則成為主要的海難事件。然而，每個地區水域環境當然有所不同。歐洲大陸與北美洲的狹長河道，印尼、菲律賓的大小島嶼，皆是可航水域狹窄，容易造成船舶擱淺的因素。不過，台灣水域的地理環境並不與前述的地區有相似之處，台灣沒有可供商船航行的內陸水道，亦沒有在主要航路上有過多的島嶼。故從台灣這座海島的水域地理環境來看，會影響船舶因地理環境因素而發生擱淺的狹窄水域，只有港口及附近水域，且以港口的水深不足造成擱淺之案例最多。

除了實體上的環境因素，港口的助航設施及標誌的規劃與安置亦會影響船舶擱淺的發生。台灣各港口中，台北港為一已營運但仍在規劃建設中之港口，港口的助航設施及標誌，難免會有所更動，若考量不夠周全，可能就會發生船舶擱淺的事故。

氣候因素

陳彥宏及張家榕^[12]利用海運統計和市場評論(Shipping Statistics and Market Review)的統計資料分析，自 1992 年 1 月起至 2002 年 5 月為止，在 873 起船舶全損海難中，海難類別以天候因素居冠，佔全球海難總數 25.4%。但在散裝貨輪在因天候情況所造成

之全損海難，卻佔所有散裝貨輪全損海難的 32.1%，顯著的高於平均值 6.7%。由此不難窺出天候因素對於船舶航行安全之重要性。

張春水^[13]蒐集 1963 年至 1996 年間全球各地發生 6,879 件海難事故，經過整理分析後，有關發生海難主要原因，以天候不良所造成之個案最多，共 2,084 件，佔全部海難事件之 30.3%；擱淺觸礁共 944 件，佔 13.72%；碰撞共 472 件，佔 6.86%。由以上的統計數據，乍看之下，天候因素似乎是船舶遇難主要因素，然而，船舶海難的發生，常非僅是單一原因所引起，經過深入的交叉分析發現，在天候不良情況下，發生船舶擱淺觸礁共 637 件，佔 30.57%；其次分別為沉沒 411 件，佔 19.72%；碰撞 244 件，佔 11.71%；翻覆 197 件，佔 9.45%等。可見，在天候不良的狀況下，最容易造成船舶的擱淺觸礁事故。

從上述文獻的數據中，可以看出天候對於航行在海上船舶的影響。而對於天候影響的種類，劉中平^[14]在海事事故的天然致因的分析上，分為海況因素與天候因素兩種關於天候的影響。海況因素有狂浪、海流、潮汐或其它關於海況上之原因等因素而造成事故發生。天候因素有暴風、颱風、冰或結冰、能見度不良或其他關於天候上之原因等因素而造成事故發生。

由於台灣海域較無可能有冰或結冰現象，狂浪通常亦是由狂風而引起。故影響台灣海域的天候因素可分為風力的大小、海流、潮汐及能見度。對於風力的大小、風向的變化直接關係著船舶的安全，狂風可以使船舶走錨，偏離航線進入淺水域導致擱淺或碰撞等事故的發生。對風而言，考慮的是風速和風向，對於具體的船舶而言是考慮風力和風舷角，同時還應考慮船舶的裝載狀態，因為裝載狀態不同，船舶的受風面積也不同。Hauke 提出風速和能見度，是影響船舶擱淺風險的主要因素。

在台灣海域航行的船舶，夏季常有颱風所帶來航行上的威脅，在秋冬時節亦有東北季風所產生的惡劣海象。所以年年偶有因風力強盛而使船舶陷入擱淺的危機。除了船舶身陷惡劣天候，與險峻的海象無法抗衡而失控擱淺，突如其來的強烈陣風，往往會使得受風面積過大的船舶在進出港或接近淺水礁石區時，因瞬間風壓使船位位移，應變不及而擱淺。

參、研究方法

船舶擱淺既然是一件可能導致人命財產和環境遭到嚴重損害的意外事件，但船舶擱淺的發生卻仍然無法有效的防止。為了能夠將擱淺事件機率降低，並控制損害的情況，因此必須對擱淺的因素加以了解。對於船舶擱淺問題的研究方法，一般可以從調查歷史數據，諮詢專家意見，或進行風險分析等方面來著手。

對於擱淺問題之研究方法，皆有各自的優缺點。2006 年國際船舶及海洋結構會議^[15]對於上述之研究方法提供了優缺點的分析，如表 2 所示：

表 2 擱淺事故研究方法

研究途徑	主要優點	主要缺點
事故統計	長期以來一直被認為是唯一可靠的來源	事故報告與限制，難以在未來的應用
專家意見	長時使用了有限的數據	主觀
綜合風險分析	合理的，包括結果	依靠事故數據為基準

資料來源：16th International Ship and Offshore Structures Congress (2006)

從表 2 中可以看出，數據的建立是以上三種研究方式的根基。易逸波等^[16]針對災害的風險評估指出，定量風險評估可分為兩大部份：後果分析與頻率分析，前者大多是依賴一些經過驗證的理論公式來計算意外發生時的嚴重程度，而頻率分析則必須大幅仰賴類似意外事故之統計頻率或基本元件失效之機率，因此需要大量之數據。由於目前並無台灣水域發生擱淺事故的統計資料庫，故在進行風險評估時，僅能依靠國外的研究數據來進行分析，但由於氣候狀況、人為的操作習性及許多相關因素的不同，故分析的準確度上必定會有所差距。另外專家亦是只能參考國外的分析數據及利用自身之專業知識，提出個人之見解。因此，本研究針對台灣海域及港口所發生的擱淺事故，作一完整的資料整理，並建立其資料庫，然後再將數據進行統計分析。

在量化研究中，任何一種統計方法的運用都與變項本身的性質(如自變項、依變項、連續變項、類別變項)有關；不同的尺度資料類型，通常對應不同的資料整理與統計分析方法(不同的資料類型，有相對較適合的分析方法)。所以本研究將蒐集來的擱淺事故海事報告中的資料與數據先行分類，並對分類出來的結果作敘述性的統計分析。然後再依據變項的屬性，決定所要採用的統計分析方法。由於擱淺事故之資料具有稀少性、離散性、隨機性，因此使用 Logistic 迴歸進行模式的建構，可以不受一般線性迴歸須要常態分配的限制^[17]，因此適合應用在本研究中。另外在影響擱淺原因的因素裡，本研究根據變數的類型，使用變異數分析的方法，找尋變數間相互影響的關係，以找出影響船舶擱淺原因的主要因素。

變異數分析(Analysis Of Variation, ANOVA)：變異數分析是一套應用於探討平均數差異的統計方法，當研究者所欲分析的資料是不同樣本的平均數，也就是探討類別變項對於連續變項的影響，平均數的差異成為主要分析重點。超過兩個以上的平均數的考驗，其原理是運用 F 考驗來檢驗平均數間的變異量是否顯著的高於隨機變異量，又稱為變異數分析。當變異數分析 F 考驗值達顯著水準，即推翻了平均數相等的虛無假設，亦即表示至少有兩組平均數之間有顯著差異存在。當多個平均數整體效果(overall effect)達顯著水準後，必須檢驗哪幾個平均數之間顯著有所不同，即進行多重比較(multiple comparison)

來檢驗。本研究使用變異數分析其目的為分析樣本資料各項的差異，在眾多影響船舶擱淺的因子中，找出哪些因子相互之間有影響之差異性。

Logistic 迴歸：在定量分析的研究中，一般皆使用線性迴歸模型作為統計分析的方法，可是在某些統計分析的情況下，線性迴歸的使用上會受到限制。例如，若依變數不是連續變數而是類別變數時，線性迴歸就不能適用^[18]。當依變數為二元化甚至多元時，一般傳統迴歸分析方法已無法適用，而 **Logistic 迴歸模型** 可用來處理此類問題。**Logistic 迴歸之 odds ratio** 實際上是一個勝算比率，表示某一解釋變項的值增加 1 個單位之後，其 odds 與原來 odds 的比值。所以 odds ratio 大於 1，表示解釋變項增加 1 個單位之後，odds 的值增加即為事件出現的機率增高^[19]。本研究使用 **Logistic 迴歸分析** 影響船舶擱淺的因素為何，並且從 odds ratio 求出其因素之風險機率。

肆、擱淺事故統計分析

本研究蒐集台灣四大國際商港 1988 年至 2009 年共 71 件關於擱淺的海事報告，在剔除非台灣海域所發生的擱淺事故，並篩選掉公務船舶、工作船及海事報告繕寫不完整之資料後，最後整理出 56 件較為完整的擱淺事故海事報告作為本研究的樣本資料。蒐集的內容為擱淺事故船舶的基本資料，包括：船名、船舶種類、總噸位、船齡、國籍。在事故當時狀況資訊有事故發生的季節、事故地點、有無領港在船、事故發生的原因、事故當時之天後狀況及損害情況。

本研究所蒐集的擱淺事故，就其事故報告內容大致可分四種原因：

- A. 人為因素：事故的發生以人為因素之 25 件最多，佔較大的比例，但由於事故的發生可能還伴隨多種因素共同夾雜所造成，如在錨地下錨的船舶，在風、流的侵襲下導致流錨的發生，但由於船上當值人員疏於定位，當發覺船位已往淺水區移動時，船舶主機動力還來不及建立起來，於是就由著風、流的影響，導致擱淺的發生。
- B. 機械故障：因主機動力失靈、操舵設備失效，或著其他機械設備的故障而造成航行的困難等原因，使船舶在無法自行掌控下漂流到岸邊或擱在礁石上的事故，在所蒐集的樣本中有 11 件，佔了約五分之一的比例。
- C. 港口設施：在台灣各港口的港區水域環境雖然有分別，但若港區水深對於吃水較深的船舶無法給予足夠的可航水深，則對擱淺的發生帶來風險。另外，港區水深的量測是否精準亦是影響在港內船舶發生擱淺的機率。經過本研究統計後，共有 11 件事務與水深關係較大。

- D. 天後惡劣：夏季的颱風和秋冬的強勁東北季風是台灣常年的所出現的天候現象，惡劣的天候是對船舶在台灣水域航行的一大風險，在此惡劣天候使得船舶無法抗衡之情況下，因颱風導致擱淺的案例共有 9 件。

擱淺事故相關敘述統計

依台灣四大國際商港所管轄的範圍分佈成四個區域，其中以中部海域的 19 件的事務最多。由於台灣海峽強勁的黑潮在每年中秋節前後到次年清明節間，會挾著大量流沙從北往南流沖，當它沖擊任一突出海岸的地形或港口堤防時，北面會擋下源源不絕的流沙造成淤積使得台中港這座突出原海岸樣貌之人工港，因泥沙淤積造成港口附近水深的變化，遂而讓船舶在此地區有較高的擱淺事故機率。

本研究根據台灣海域的地理環境，原將擱淺事故分成港內、港外兩個區域作比較。但經由 GPS 經緯度做詳細擱淺位置的查驗後，發現船舶擱淺位置的分佈顯著分成三個區塊，即港內、錨地和港外。船舶擱淺事故以在港內發生的 25 次為最多。錨地擱淺的事故有 11 件，佔了 20%，顯示有其重要的比例，故本研究將錨地發生擱淺一同與港內、港外做比較。

若以 15 年界定老船或非老船，則非老船只有 14 艘，只佔了 1/4。21 至 30 年的船有 21 艘，30 年以上的也達 8 艘之多。因此船舶發生擱淺事故的船齡明顯偏老，所以將進一步的探討老舊的船體與機器設備是否和因機械故障造成擱淺有著直接的關係。

擱淺船舶種類的分佈以散裝船 24 艘最多，所以就船種型態來說，載貨重的大型散裝船，其吃水的深度與擱淺有著相對關係。其他船種有 15 艘，包含有貨櫃船、汽車船、客船等船種。此類船種的船體受風面積較大，但這類型船舶是不是因著風力的關係而擱淺，則要進一步分析。

船舶國籍的分佈以巴拿馬籍的船最多，共有 21 件。船舶國籍的不同，雖然不能全然代表著船員國籍的不同，但中華民國籍的船舶對於台灣港口及周邊水域應該是比较外籍船舶還來的熟悉。另外對於巴拿馬籍船舶，是否因為是權宜籍船舶而有船上安全管理的不嚴謹？對於人為因素的分析，本研究因為無法確實掌握船員的國籍及船員的素質，故較難有科學的依據及解釋。

當船上有領港在協助引航時，領港對於當地水文的熟悉及對水域交通的狀況，會對航行安全有所提升。但由於台灣的引水範圍只有在港區，並沒有如歐洲的北海領港或日本的內海領港在繁忙或複雜的水域協助引航。所以在本研究調查中，擱淺事故發生時，

有 40 件是沒有領港在船協助的。

台灣海域因有舉世聞名的東北季風在秋冬兩季強烈的吹襲，而剛好擱淺事故有將近七成的比例分佈在這兩季節，其中秋季有 16 件，冬季更是多達 22 件。本研究之擱淺船舶遇到八級以上風力占了 51%，可見當船舶遇到惡劣天候，是對船舶航行安全的一大挑戰。另外在夏季和初秋所發生的擱淺事故，則可能與颱風有所關聯，春季則最少，只有 8 件。故擱淺事故因季節性的天候不同，在發生的比例上有影響性的差異。

擱淺事故變異數分析

(1). 船舶總噸位與事故原因之變異數分析

由總噸位與事故原因的獨立樣本單因子變異數分析來看，變異數同質性檢定 p 值為 $0.373 > 0.05$ ，未違反同質性檢定，表示四種事故原因在擱淺船舶的總噸位之離散情形並無明顯差別，變異數分析組間效果的考驗達到顯著水準。其 F 檢定值為 3.032， p 值為 $0.037 < 0.05$ ，表示不同的事故原因其船舶的總噸位有顯著差異，如表 3 與表 4 所示。在事後多重比較結果，因港口設施原因而擱淺的船舶其總噸位大於因人為因素、天候惡劣、機械故障而擱淺的船舶。

表 3 擱淺船舶總噸位與事故原因描述性統計量

事故原因	個數	平均數	標準差
人為因素	25	18,801.28	19,922.89
機械故障	11	9,381.00	11,510.89
港口設施	11	33,462.27	27,243.79
天候惡劣	9	12,199.78	19,568.46
總和	56	18769.75	21349.672

表 4 擱淺船舶總噸位與事故原因變異數分析

	SS	df	MS	F 值	p 值
組間	3732713025.723	3	1244237675.241	3.032	0.037
組內	21336754332.777	52	410322198.707		
總和	25069467358.5	55			
變異數同質性檢定				1.062	0.373

在港口設施因素造成船舶擱淺的主要原因為港口水深無法提供足夠的水深讓進出港船舶安全的航行，通常噸位大的船舶吃水亦較深，所以這樣的船舶在進出港口時，若

沒有仔細核對船舶本身的吃水深度及港口能提供的最大水深，就可能發生船舶觸底的事
故。

(2). 風力與事故原因之變異數分析

由風力與事故原因的獨立樣本單因子變異數分析來看，變異數同質性檢定 p 值為 $0.203 > 0.05$ ，未違反同質性檢定，表示四種事故原因在擱淺船舶的風力之離散情形並無明顯差別，變異數分析組間效果的考驗達到顯著水準。其 F 檢定值為 4.137， p 值為 $0.011 < 0.05$ ，表示不同事故原因其擱淺事故發生時的風力有顯著差異，如表 5 與表 6 所示。在事後多重比較結果，船舶擱淺時所遭遇的風力大小在事故原因的分組情況為：天候惡劣 > 機械故障 > 人爲因素 > 港口設施。

表 5 風力與事故原因描述性統計量

事故原因	個數	風力平均數(級)	標準差
人爲因素	25	7.00	2.799
機械故障	11	7.82	2.892
港口設施	11	4.27	1.794
天候惡劣	9	9.89	2.315
總和	56	7.09	3.047

表 6 風力與事故原因變異數分析

	SS	df	MS	F 值	p 值
組間	163.847	3	54.616	8.191	0.000
組內	346.707	52	6.667		
總和	510.554	55			
變異數同質性檢定				1.591	0.203

就事故原因的詳細比較，因天候惡劣導致船舶發生擱淺其風力當然最大，尤其是當船舶遇到夏季常出現的颱風等惡劣天候。機械故障原因導致擱淺的船舶其主因雖為機械故障，但由於船舶發生機械故障時，失去了動力及保向的航行能力，變成了處在海上的漂流物，此時若是風平浪靜，船舶若能夠在短時間內將故障排除，恢復其航行能力及保向能力，則脫離不安全狀態。但若船舶發生機械故障時遭遇到強風，則極易因強風吹襲導致船舶漂流至淺灘或危險區，最後發生擱淺。港口設施因素導致擱淺的原因通常為港口的水深不足，較與風力大小無絕對的關係，所以港口設施原因導致擱淺時的風力，在本研究所分類的四大主因下為最小。

(3). 風力與事故地點之變異數分析

在擱淺船舶的地點與當時風力的大小的關係上來看，風力與事故地點的獨立樣本單因子變異數分析中，變異數同質性檢定 p 值為 $0.186 > 0.05$ ，未違反同質性檢定，表示三種事故地點在擱淺船舶所遭遇的風力之離散情形並無明顯差別，變異數分析組間效果的考驗達到顯著水準。其 F 檢定值為 8.529 ， p 值為 $0.001 < 0.05$ ，表示不同事故地點之風力大小有顯著差異，如表 7 與表 8 所示。在事後多重比較結果，當船舶擱淺時所遭遇的風力為錨地 $>$ 港外 $>$ 港內。

表 7 風力與事故地點描述性統計量

事故地點	個數	平均數	標準差
港內	25	5.44	2.551
錨地	11	9.00	2.049
港外	20	8.10	3.110
總和	56	7.09	3.047

表 8 風力與事故地點變異數分析

	SS	df	MS	F 值	p 值
組間	128.594	2	64.297	8.992	0.000
組內	381.960	52	7.207		
總和	510.554	55			
變異數同質性檢定				1.737	0.186

就船舶擱淺的地理環境而言，在港內發生船舶擱淺時所遭遇的風力通常會較弱，這是因為港內通常皆有自然或人工的屏障阻擋了強風的吹襲，如基隆港位於灣澳之內，天然的地形屏障使得港內的風力相對的比港外小；高雄港第四貨櫃中心的橋式起重機、跨載機等人工建築物亦可破壞風力的結構。在變異數分析的事後多重比較，船舶擱淺時的地點，錨地的風力之所以比港外來的大是因為船舶發生擱淺時，在錨地錨泊的船舶受到強風吹襲下，較易發生流錨的情況。當流錨的情況發生時，若沒將船舶主機處於備便的狀態，則船舶就無法抗衡風力的吹襲，成為無法控制的漂流物體，並漸漸被風吹向淺灘或陸地，導致擱淺事故的發生。反觀在港外的船舶於正常情況下遭遇強風，尚可運用自身的主機運轉能力，達到與風力抗衡航行能力，遠離淺灘或危險區域。所以，在錨地擱淺的船舶常是因為強風吹襲導致流錨擱淺，港外發生擱淺的原因尚有其他因素存在，如避讓船舶導致擱淺等無關風力大小的原因，使得港外發生船舶擱淺時的風力平均數並沒有錨地來的大。

(4). 風力與船舶種類之變異數分析

由船舶種類與風力的獨立樣本單因子變異數分析來看，變異數同質性檢定 p 值為

0.804>0.05，未違反同質性檢定，表示分類的三種船種在擱淺時的風力之離散情形並無明顯差別，變異數分析組間效果的考驗達到顯著水準。其 F 檢定值為 3.726，p 值為 0.031<0.05，如表 9 與表 10 所示。在事後多重比較中，其他船種與散裝船有顯著差異。散裝船因乾舷較低，受風面積不大，故較不容易因受風壓力而導致擱淺的發生。在本研究的其他船種包括有汽車船、貨櫃船、客輪等乾舷較高的船型。由於乾舷高，故受風面大大，所以在遇到強風時，較不易用俾舵抗衡來自橫風面的下壓。當風壓的力量大過於船舶的保向性，船舶就無法繼續維持期望的航向，若此時處於危險區，就可能因強風而導致擱淺事故的發生。

表 9 風力與船舶種類描述性統計量

船舶種類	個數	平均數	標準差
雜貨船	16	7.19	2.926
散裝船	25	6.08	2.957
其他船種	15	8.67	2.795
總和	56	7.09	2.906

表 10 風力與船舶種類變異數分析

	SS	df	MS	F 值	p 值
組間	62.943	2	31.471	3.726	0.031
組內	447.611	53	8.445		
總和	510.554	55			
變異數同質性檢定				0.219	0.804

以上經由總噸位與風力分別與事故原因進行變異數分析之後，經事後多重比較，因港口設施因素導致擱淺船舶的總噸位為最大；因天候惡劣導致擱淺事故時，所遭遇的平均風力最大，機械故障因素次之，再來是人為因素，最後才是港口設施。並且風力與事故地點之變異數分析，經事後多重比較之後，港內的風力亦最小。最後，在風力與船舶種類的變異數分析中，其他船種(汽車船、客船、貨櫃船等)因受風面積較大，故較易因突然的強風造成失去保向能力而擱淺，如表 11 所示。

表 11 變異數分析摘要

		F 值	P 值	事後多重比較			
總噸位	事故原因	3.032	0.037	港口設施 >	人為因素 >	天候惡劣 =	機械故障
風力	事故原因	8.191	0.000	港口設施 <	人為因素 <	機械故障 <	天候惡劣
風力	事故地點	8.992	0.000	錨地擱淺 >	港外擱淺 >	港內擱淺	

風力	船舶種類	3.726	0.031	其他船種 >	散裝船 =	雜貨船	
----	------	-------	-------	--------	-------	-----	--

Logistic 迴歸分析

本研究將船舶擱淺事故損害程度分為二個等級：自力脫淺與外力協助。自力脫淺指船舶發生擱淺，船舶底部與海底或礁石接觸後即離開接觸面或著船舶靠著自身機械運轉能力及潮水的浮力在短時間內脫淺，並繼續航行。外力協助指船舶發生擱淺，船舶底部與海底或礁石接觸後，無法靠著自身機械運轉能力及潮水的浮力在短時間內脫淺，造成一段時間的無法靠著船舶自身主機運轉下繼續航行，且需靠著拖船或其他外力等協助下才能脫淺。因此，能夠自力脫淺的擱淺船舶只是與海底或礁石輕微的觸碰，故損害程度較輕；需要外力協助的擱淺船，船底與海底或礁石接觸的範圍較廣，碰撞的作用力較大，使得船舶陷入無法自行脫困的海底或礁石之中，並可能因撞擊力道過強，造成船殼的破裂，導致船舶進水或漏油的嚴重事故。

本研究利用 Logistic 迴歸模式建構自力脫淺與外力協助發生的機率，從蒐集來的 56 件台灣海域船舶擱淺事故報告中，40 件的擱淺船舶是需要靠著拖船或其他外力等協助下才能脫淺，約佔七成左右，如表 12 所示。而能夠靠著自身的機械運轉能力及潮水的浮力在短時間內脫淺的比例只將近三成，所以擱淺事故的發生確實會影響船舶航行的能力。

表 12 船舶擱淺損害情況之反應變項敘述統計

損害情況	內部值	次數	百分比	累積百分比
自力脫淺	0	16	28.6%	28.6%
外力協助	1	40	71.4%	100%
總和		56	100%	100%

在整個迴歸模式從一開始只有常數項來進行預測分類，經過了預測變項加入模式之後的檢定，並且模型的適合度檢定皆符合 Logistic 迴歸模型的考驗後，得到了最終模式參數結果。在本研究所投入的預測變項中，「總噸位」與「風力」在最終模式得達到顯著。其中「總噸位」原始加權係數為-0.042，標準誤為 0.018，Wald 檢定值為 5.360，p 值為 $0.021 < 0.05$ 達到顯著水準；「風力」原始加權係數為 0.311，標準誤為 0.132，Wald 檢定值為 5.563，p 值為 $0.018 < 0.05$ 達到顯著水準，如表 13 所示。

在預測變項對於模式預測的機率比值解釋上，「風力」的倍比值 $\text{Exp}(\beta)$ 為 1.365，因此當風力每增加一級，其「擱淺船舶為外力協助脫淺的勝算」之機率就增加 1.365 倍。

「總噸位」的倍比值 $\text{Exp}(\beta)$ 為 0.959，因係數 β 值為負數，故在解釋上為：當噸位每增加 1000 噸，其「擱淺船舶為外力協助脫淺的勝算」之機率就減少 0.959 倍，即若船舶總噸位愈大的船，其擱淺的型態通常為因水深不足而觸底，因為船舶噸位較大的船舶其吃水深度亦較大，在進出港時若因餘裕水深的空間沒有謹慎的計算，且船速過快時就容易讓船舶自身產生下蹲的情形而觸底。這種情形由於是船舶的艙部下沉，碰觸的嚴重性較小，所以通常接觸海底後能繼續航行的機率較大。

由變數在 Logistic 迴歸方程式的迴歸係數表，可以得到以下公式：

$$Y = (-0.164) - 0.042(\text{總噸位}) + 0.311(\text{風力})$$

表 13 模式結果之迴歸係數

		B	S.E.	Wald	自由度	顯著性	Exp(B)
步驟 1	總噸位	-0.051	0.019	7.617	1	0.006	0.950
	常數	1.981	0.508	15.175	1	0.000	7.247
步驟 2	總噸位	-0.042	0.018	5.360	1	0.021	0.959
	風力	0.311	0.132	5.563	1	0.018	1.365
	常數	-0.164	0.963	0.029	1	0.865	0.849

伍、結論

經由本研究所進行的各項分析與探討之結果證實，天候因素影響了台灣海域擱淺船舶的嚴重程度，人為失誤常在天候不佳時發生，受風面積大的船在強風時較易擱淺，而船齡老舊是擱淺船舶普遍的現象，載運鐵礦砂的散裝船容易在港內觸底。

本研究茲歸納出各項結論如下：

1. 從文獻分析發覺船舶擱淺之主要原因為：以人為因素、船舶因素、港口設施因素及天候，本研究對擱淺事故原因分析即以此四項因素做為分類準則。
2. 事故樣本中，以人為疏忽造成擱淺的次數最多，再來是機械故障與港口設施原因，惡劣天候造成擱淺的次數最少。這四項原因的個別次數無較為極端的數值，分配適當。因此，台灣海域發生擱淺主要為這四種類型之原因。
3. 船舶擱淺原因經由變異數分析的結果得出風力與總噸位達到顯著統計意義，並且亦與相關分析同樣呈現負相關性。總噸位在港口設施影響最大，風力則在惡劣天候影響最大，機械故障次之，再來是人為因素，最後才是港口設施。因此船舶總噸位大

小對港口設施因素有較大影響，總噸位愈大，其船舶吃水相對的也愈深，港口能不能提供適足的水深讓船舶安全進出，是船舶擱淺中在港口地理設施因素的重要關鍵。不過船舶種類卻與風力大小有關性，其他船種(汽車船、客船、貨櫃船等)在一般情況下其受風面積比散裝船還大，故較易因突然的強風造成失去保向能力而擱淺。

4. 就事故地點的次數統計，港內發生擱淺的機率最高，證實了擱淺危機與船舶離岸距離成反比。但若是加入外在的天候因素後，在風力與事故地點的變異數分析下，在錨地擱淺的船舶受風力影響最大。不過在錨地擱淺的事故中，參雜了未確實查核船位的人為疏忽及流錨時的機械故障或動力反應不及而漂流擱淺。
5. 從事故原因與船齡之變異數分析中，所有擱淺船舶之年齡平均值皆很大，因此得不到顯著值。但就事實與常理的層面來看，船齡老舊是造成因機械故障而擱淺的主要因素。
6. 從本研究構建的台灣海域船舶擱淺原因之 Logistic 迴歸模型，證實最為影響船舶擱淺原因為風力的大小。在擱淺的損害情況中，當風力每增加一級，其「擱淺船舶為外力協助脫淺的勝算」之機率就增加 1.365 倍。就事故原始樣貌的呈現及統計分析，惡劣海象使航行員稍有閃失就引發擱淺的可能性、船舶機械故障後隨著風力的吹襲向岸擱淺、強風造成船位保持不易而驟然擱淺於水深不足的港域、荒天的海象更使得船舶無力去抵抗。故在本研究分類的船舶擱淺四大原因，皆與風力大小有著直接的關係。

台灣各界普遍地較重視碰撞的海難事故，但從國外的文獻中，擱淺發生後可能引起的海洋環境汙染，其風險性卻是比碰撞來的大。對於擱淺事故的調查與紀錄，因為只有單方面的過失，所以並不如碰撞事故有謹慎的調查。所以經由本研究對擱淺事故的研究與分析後，期望能提供相關參考。

參考文獻

1. ITOPF, 2010, Oil Tanker Spill Statistics: 2009, The International Tanker Owners Pollution Federation Limited.
2. Kite-Powell, H. L., Jin, D. and Patrikalakis, 1999, Investigation of Potential Risk Factors for Groundings of Commercial Vessels in U.S. Ports, International Journal of Offshore and Polar Engineering.
3. Kum, S., Fuchi, M. and Furusho, M., 2006, Analysing of Maritime Accidents by Approaching Method for Minimizing Human Error, Proceedings of Globalization and MET.

4. Kristiansen, S., 2005, Maritime Transportation: Safety Management and Risk Analysis, London.
5. 張新立, 1994, 台灣地區海上交通安全體系之研究(二)—建立海上交通事故分析系統之研究, 交通部運輸研究所。
6. 吳兆麟, 1993, 海上交通工程, 大連海事大學出版社。
7. Rothblum, A. M., 2002, Human Factors in Incident Investigation and Analysis, U.S. Coast Guard Research and Development Center.
8. 蔡存強, 1995, 造成擱淺海事的原因剖析, 上海海運學院學報。
9. 陳發源, 船舶擱淺、觸礁的海事分析, 中國遠洋航務 2006 年第 03 期。
10. 周連柏, 淺析防止船舶擱淺觸礁事故, 中國遠洋航務 2007 年第 05 期。
11. 周和平、簡光志、周明道, 2002, 我國所轄海域海上交通管理芻議, 海運研究學刊, 第十二期。
12. 陳彥宏、張家榕, 2003, 散裝貨輪安全研究(二)散裝貨輪安全評估模式之研究, 海運研究學刊, 第十五期。
13. 張春水, 1999, 船舶全損海難事故風險係數之評估, 大專學生參與國科會專題研究計畫成果報告, 國立台灣海洋大學航海技術系。
14. 劉中平, 2005, 台灣國際商港水域航行安全性及海事事故分級制度之研究, 國立臺灣海洋大學博士論文。
15. ISSC, 2006, Report of Committee V.1: Collision and Grounding, Proc. 16th International Ship and Offshore Structure Congress, Vol.2.
16. 易逸波、黃奕豪、鄭丞惟, 2007, 本土化毒化災後果模擬暨風險評估軟體之研發(一), 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告。
17. 張大成、周麗娟、黃筱雯, 2004, 經營效率與企業危機相關性研究, 信用資訊月刊, 財團法人金融聯合徵信中心。
18. 王濟川、郭志剛, 2008, Logistic 迴歸模型—方法及應用, 五南圖書公司。
19. 張曜麟, 2005, 都市土地使用變遷之研究, 國立成功大學博士論文。