

台灣管轄水域之航行安全性分析¹

Analysis of Navigation Safety in Taiwanese Territorial Waters

劉中平 Chung-Ping Liu²

梁金樹 Gin-Shuh Liang³

蘇育玲 Yuhling Su⁴

朱經武 Ching-Wu Chu⁵

摘要

海事事故常會引發航行上的意外，及危害人命與財產、污染海洋環境，甚至妨礙港埠營運。自 1997 年國際海事組織不斷提倡調查分析海事事故以找出其因果關係，進而助當權者擬定有關航安與海洋環保之政策規範。多數學者之研究重點於相異國籍船舶間的海事事故、船員死亡事故及船舶安全，而少數學者致力於研究港埠安全，尤在一國管轄水域之航行安全課題。從過往紀錄顯示海事事故主要發生於港埠管轄水域內及其鄰近水域，若欲降低其發生率，則港埠管轄水域之航行安全分析是不可或缺的。

本文主旨為調查我國管轄水域之航行安全現況並提出建議以加強各港之航行安全。在文中將 1992 年至 2003 年間我國各商港之海事事故紀錄加以分析，並確立了六項水域安全的指標，透過灰色關聯分析法分析後，發現花蓮港與台中港之航行安全優於基隆港與高雄港。最後，藉由徹底的回顧事故報告，並與港務機關首長及海事專家學者晤談，揭示出一些我國商港所遭遇到的憂慮，並提供一些建議以鞏固港埠航行安全。

關鍵字：海事事故、航行安全、灰色理論、灰色關聯分析。

ABSTRACT

Marine incidents usually bring casualties in the navigation, and consequently danger peoples' life and property, contaminate the ocean environment, and encumber ports' operation. Since 1997, the International Maritime Organization has advocated investigating and analyzing marine incidents in order to find the cause-effect relationship for benefiting authorities in making marine policies and regulations for navigation safety and ocean environment protection. Many researchers have studied on issues of marine casualties in different flags, seamen fatalities, and ferries safety. However, little research

¹ 本文係行政院國家科學委員會專題計畫（編號：NSC92-2416-H-019-003）之部分研究成果，作者感謝國科會之經費補助。

² 國立台灣海洋大學航運管理研究所博士候選人；育達商業技術學院行銷與流通管理系講師（連絡地址：202 基隆市北寧路 2 號海洋大學航運管理研究所；電話：02-24633573；ntouimt@ms78.url.com.tw）。

³ 國立台灣海洋大學航運管理研究所教授（連絡地址：202 基隆市北寧路 2 號海洋大學航運管理研究所；電話：02-24622192 轉 3429；gsliang@mail.ntou.edu.tw）。

⁴ 國立台灣海洋大學航運管理研究所助理教授（連絡地址：202 基隆市北寧路 2 號海洋大學航運管理研究所；電話：02-24622192 轉 3427；yuhling@mail.ntou.edu.tw）。

⁵ 國立台灣海洋大學航運管理研究所教授（連絡地址：202 基隆市北寧路 2 號海洋大學航運管理研究所；電話：02-24622192 轉 3407；cwchu@mail.ntou.edu.tw）。

has been devoted to the port security, especially the field of navigation safety within a country's territorial waters. Past records showed that marine incidents have occurred mostly on and near the territorial waters of ports. Hence, the navigation safety analysis of territorial waters of ports is essential to reduce marine casualties.

The main purpose of this paper is to investigate the present navigation safety in Taiwanese territorial waters and make suggestions to strengthen the navigation safety of ports. In this paper, we analyze the marine incident records of each Taiwan's commercial port from 1992 to 2003, and identify six indicators that can reveal the safety of waters. The Grey Relationship Analysis methodology is also applied to rank the navigation safety orders of each commercial port; we find that the navigation safety of Port Hualien and Port Taichung are better than that of Port Keelung and Port Kaohsiung. Finally, through thoroughly reviewing incident reports and interviewing with the managers of port authorities and marine specialists, we reveal some apprehensions encountered by Taiwan's commercial ports, and provide some suggestions to strengthen the navigation safety of ports.

Key Words: Marine incident; Navigation safety; Grey theory; Grey Relational Analysis.

壹、前言

海事事故是不可預知的風險，若船舶航行稍有不慎、或相關人員之船貨航安操作上發生些微疏失，除了極易導致海上交通事故，影響港埠營運外，對海洋環境與人員生命財產，均會造成極為重大的傷害。台灣為海島型經濟國家，船運是其經濟命脈重要依靠，其臨海水域之往來船舶交通密度日益頻繁，加上沿岸捕撈作業漁船過往艘數頗多下，如何維護航運安全遂成交通部與各港務局當前重要的航安課題。

為此，本文從台灣各國際商港港務局所提供 1992 年至 2003 年間發生的海事事故原始資料中，經整理後計有 3428 件，此海事事故全發生於台灣國際商港所管轄的水域裡，平均每年約發生 271 件，其平均年發生率高達 0.3455%。此外，本研究發現船舶事故發生地點，以距離港口十浬以內之範圍居多，此一現象，更突顯了探討台灣國際商港管轄水域之船舶航安分析的重要性。

國際海事組織 (International Maritime Organization, 以下簡稱 IMO) 為促進海上航行安全及維護海洋環境，於 1997 年 11 月 27 日之第 A.849(20)號決議裡，明確指出適當地對海事事故進行調查與分析，對找出海難發生因果關係有極大的助益，並可從事故分析裡，進而獲取有效的補救措施。因此，有不少 IMO 的會員國相繼投入了海事事故統計分析之研究，且都獲得了頗有價值的結果⁶。

此外，剖析本國交通部運研所過去有關執行攸關海運安全系列的研究計劃或研究成果，如：1993 年「我國海域及商漁船海難事故調查研究」^[1]、「航運安全相關法規與海事資料之分析研究」^[2]及「台灣地區海上交通安全體系之研究 (一) ---

⁶ 資料來源：Marine Accident Investigators International Forum, <http://www.maiif.net/>。

建立台灣地區港埠交通安全體系之研究」^[3]；1994年「航安業務之現況及研擬改進措施研究」^[4]、「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」^[5]；1995年「台灣地區海上交通安全體系之研究(三)--台灣海域海上搜索與救助現況調查與模擬分析之研究」^[6]；1999年「運輸安全白皮書(二)--海運安全篇」^[7]；2002年「交通政策白皮書：運輸」^[8]，無不突顯出探究台灣各港水域發生海事事故致因之航安研究課題，對改善台灣水域之航運安全上，甚為重要。

因此，不論是海員、國際海事組織、政府、航商、或是相關的航運機構組織，無不希望透過以往累積的海事事故信息，從中習得提昇航運安全的經驗與改善方法。換言之，誰能夠最大限度的開發海事信息資源，誰就能夠擷取最大的海事安全效益與利益。

若要提昇商港管轄水域之海事安全，不僅須靠提昇海員精湛的航海與船藝技能、與遵守相關國際公約及政府法令的強制性規範，還須隨時掌握船舶航行水域的安全資訊，才能更有效的降低海事事故之發生。而水域之航行安全性分析為海事事故分析中不可或缺的一環。

目前研討此類航安評比之相關文獻，皆僅以一項或兩項的航安分析指標，及採取簡單的統計各指標值的發生頻率來進行航安評比，而較無嚴謹性地分析與研擬因應對策。因海事事故具有不可預知性，且存在許多無法為人所窺知掌控的因素，因此具有灰色特性，遂而選用灰色系統理論中的灰色關聯性分析方法作為本文之研究工具。

綜合言之，本文從事水域航安分析之動機，是為了解和掌握海事事故的總況，探尋和揭示海事事故發生的原因及其影響因素，從而提出減少和避免事故的措施與途徑。此外，本文之研究目的在於找尋最適航安評估指標，進而依此評估指標對四個國際商港管轄水域進行航安評比分析，以了解影響該港水域航行安全的隱憂，並研擬其因應對策。

最後，冀期經由本文之研究成果，能使台灣各港持續對整個港區、錨泊區及近岸海域進行有效監視、提昇應急處理能力，並顯示相關之各港水域的交通資訊予航海與港埠之相關操作人員，使其能迅速瞭解該港埠內外之全盤海事交通狀況，以提供船舶能即時適當處理各項航安措施，及防止海上事故發生、或協助海難救助，並維護各港進出之船舶或途經港外水域船舶的航行安全。

貳、海事安全相關文獻之探討

有關航安分析評比指標之建構，不宜片面依據各港內容格式相異之海事報告而定。基於此，本文擬於探討此議題之專家學者們的研究文獻後，再從中找尋適

切且可供借鏡之航行安全性分析的評估準則。

Huang et al. (1997) 以海事事故之死亡人數、船舶沉沒艘數、經濟損失作為分類評估指標，並藉由模糊理論的數學模式來劃分船舶交通事故之等級，有效地消除利用法規上單一指標來界定海事事故等級的缺失^[9]。

Li and Wonham (1999) 在其所從事之海事安全研究中，以英國勞氏船籍協會所發行之「世界意外災難統計」與「世界船隊統計」中所呈現的相關數據，求算各船籍國發生船舶全損滅失率，從而分析自 1977 年至 1996 年世界主要 36 個商船船籍國之 100 噸以上船舶海事全損滅失情形，促使各國加強關注查驗高滅失率船籍國之船舶進入管轄水域的適航條件，從而提升該水域之航行安全^[10]。

HaVold (2000) 以大量研究海事安全之文獻，說明眾多與海事安全有關的因素，並歸納出目前海事安全所較欠缺的研議主題是探討如何制定海事安全評估指標及海事事故分類準則^[11]。因此，該篇文獻突顯出本文所探討船舶航安之主題的重要性。

Li and Wonham 兩人續於 2001 年利用國際勞工組織、英國海事意外調查部與倫敦保險協會所提供之 10437 筆船員傷亡資料，發現全球海員有近 90% 死於船舶甲板上，肇事地多分布於沿海附近，其次為散裝船主要航行之航線水域，從而建議國際海事組織訂定更為嚴格的船員安全法規，尤其針對沿海水域的船舶更加有所規範，以降低航行水域上發生人命的傷亡^[12]。

Talley (2002) 以美國國家運輸安全部門所提供完整的沿海渡輪事故資料，採用 Poisson 分配模式估算美國沿海渡輪發生意外之致命性與非致命性機率的研究，其結論得到渡輪發生碰撞、火災或爆炸之致命性和非致命性的機率較擱淺、機器或環境缺失為多，且其每件不同類型海事事故船舶艘數上，亦多為兩船以上的情況居多，通常若能見度差且渡輪老舊時，其非致命性事故的傷害較多^[13]。

Alderton and Winchester (2002) 以英國勞氏船籍協會所提供自 1997 年至 1999 年的海事事故資料庫裡，選用各船籍國之海事事故肇事率，作為分析船舶船籍與其航行安全之關係，發現權宜籍船較國際性船籍之肇事率高^[14]。

綜合上述，可知從事海事安全相關議題研究之學者們所用之航安分析評估項目不外是「遇險船舶之船籍」、「船舶全損滅失率」、「船員傷亡人數」、「各國船籍之海事事故肇事率」、「船舶沉沒艘數」與「海事事故之經濟損失」等，故本文打算先將這些項目納入本文之航安評等準則裡，然後再配合其他相關條件限制以及我國事故訊息曝光量程度，做適當的篩選與改良。

過去在探討我國或台海兩岸間的海事事故相關議題之諸多文獻裡，大致可歸

納成五大研究領域：海上安全研究^[7,8,15-22]、海難救助及責任^[23-28]、海事調查^[1,29,30]、海難事故分析^[31-33]、海事事故分級^[9,34,35]。在此五大研究領域的研究成果中，以海上搜索與救助最為豐碩，但海事評議與有關海上安全研究部份，卻常因政治因素、航政與港務之主管機關首長的異動，導致其被採納於實務中之施行改善的層次與效果極其有限。此外，本研究亦發現多數攸關海上安全議題之研究結果中，皆僅提及我國應更重視海事安全之研究，及加速建立船舶海上安全資料電子交換系統之建議，且在其研究過程裡，並無真正實際探究台灣所有國際商港水域安全應如何改善的議題。

另於回顧我國現有有關港埠航安議題的文獻裡，發現其整理各港務局或交通部航政司所提供之海事事故資料時，常發生誤將同筆海事事故之兩艘船舶，登記成兩筆事故的研究資料，導致多船相碰的同一事故變成多筆海事事故，而影響港口航安評比。此外，又有不少此類國內文獻，未發現航港機關於原始資料上已重複記載同筆海事事件，而不小心於整理研究資料時又再重複登錄了，以致最後有些研究結果失真。

本文為避免前述整理資料之重大缺失，乃以多位人員逐筆目視交叉整理比對，及利用 Excel 2000 之篩選功能，逐筆核對每筆事件是否發生重複登錄同一案件或誤拆同筆事件成數筆案件、或其它整理資料上的疏失，以求該資料於航安分析立足點上的公平性。

作者於實地訪談調查各港務局時，發現其所製作的海事報告格式未具一致性，且同港之歷年海事事故於登記資料方面，因不同承辦人員的作業方式而有差異，加上該海事事故基本資料之曝光量小，如遇險事故船舶之船籍資料極不完善、無詳實記載船上貨品的實際遇險程度及損失金額、貨損的理賠金額或滅失價值、船體的修護金額及海事船體保險理賠額、海員與旅客的人壽意外險理賠額等重要分析資料，推究其原因，不外乎遇險船舶之航商基於商業機密，而無法提供相關遇險資料與賠償金額，且所承保遇險船舶之保險公司，則以保護客戶隱私權或公司已將該份承保文件鎖密為由，拒絕透露該所有相關事宜，而無法對外公開。致使本研究在從事港埠管轄水域航行安全關聯性分析上，無法將遇險船舶船籍、人員之人壽意外險理賠金額、遇險貨品受損程度及其損失金額、遇險船體之修護金額等列入航安關聯性分析評比指標集裡。

另外，在台灣各國際商港之海事報告裡，幾乎無法從其內容獲知或確定人員受傷程度是否為輕傷、重傷、肢體殘廢亦或身體器官喪失功能；也無法得知或判定船舶受損程度是否為船殼無漏水的輕微凹陷、船舶動力喪失程度、船體裝卸設施損壞數量、船艙浸水總艙數；更無法知悉船上所承運之各類貨物的受損程度是否一致、穀類貨物之浸濕百分比、液態化學品之揮發程度。使得經由實地訪談所

取得的海事事故原始資料上，因而呈現分析系統中存有不確定性與訊息不完全性的灰色信息特性，所以本文將嘗試以灰色系統理論進行我國國際商港管轄水域上的航行安全性分析。

叁、各港水域海事事故之灰色關聯性分析

船舶交通事故與船舶交通實態、航行環境條件、交通管理措施之間的相關性非常密切，處理、剖析與研擬此四者所需之專業性及技術性較強，並受環境、地理、水文、氣象等多種複雜因素的制約。船舶交通事故分析的方式主要有兩種：事故案例分析和事故統計分析。海事調查便是我國航港行政管理部門對重大海事進行各項研究的主要方式，這也是相關國際公約的要求。事故統計分析是指對某一時期某一單位、部門、地區船舶的整個交通事故，或者某一時期不同單位、部門、地區的事故進行統計和對比分析。事故統計研究是了解和掌握事故總況，探尋和揭示船舶交通事故發生原因及其影響因素，從而提出減少和避免事故的措施與途徑。世界各國的不少事故統計分析都獲得了頗有價值的結果。

灰色系統理論與一般統計分析方法之最大差異處，在於灰色系統理論可簡單運算處理多角度、連續或不連續、規律性或無規則性、與任意分布型態之數列，且分析數據特性若於不明確或少量時、或存有無法量化信息時、或一般統計分析不易處理的情形下，透過此灰色分析仍可獲得有效的分析結果。尤其對處理災變事故關聯性分析方面，此一分析方法，更是能夠依據資料整體的特性，從而找出各數列間、因素間的特徵，做一整體有效的量化與分析，並把資料系統裡有關因素間的各種關係予以一一呈現出來。

因船舶交通事故的發生是不可預知的，又非屬於連續性、常態性或規律性的型態，以及在海事事故資料之曝光量不多的情況下，此種災變畸點的資料較不適用一般統計資料分析模式，反而適合以簡單運算的灰色理論來分析之。亦即，海事事故因具有灰色特徵，故可利用灰色系統理論進行事故分析，增加透明度，以力求做到定量有據、心中有數、監督有力的完美境界；而且更有助於將事故統計分析的方法朝向信息管理系統轉化，以提高工作效率。

3.1 灰色關聯分析

灰色系統理論 (Grey System Theory) 為一信息區間分析的概念，它是由中國大陸學者鄧聚龍於 1982 年所創^[36]，該系統理論將信息分為白色、黑色、灰色等三類，白色為在一系統裡的信息是完全清楚的、黑色則表示對信息完全一無所知，而灰色的不確定性則是含括已知與未知的信息^[37-42]。灰色關聯分析 (Grey Relational Analysis) 為灰色系統理論的四大研究方法之一，此法為鄧聚龍於 1984 年所提出^[37,38,43]。灰色關聯分析主要是透過參數間關聯性的比較，來瞭解參數與實際理想變

數間的關聯性，並透過部份不明確的條件，找出所需要的訊息，進而明瞭參數間的互動關係^[44]；其原理為數量化之整體比較，也就是有測度之比較，不像距離空間之特性雖有測度但無整體性^[45]。

由於海事事故是無法預知，且存有許多無法被人所能掌控的發生因素，亦即，它具有灰色信息特性，因此，本文將採用灰色關聯分析之方法，作為研究航行安全性的分析工具。於有關應用此法的文獻裡，吾人發現除了可應用的範疇不少外，亦皆能獲致相當不錯的分析結果^[46-53]。因此，採用灰色關聯分析將對於本研究將有很大之助益。

令 $x_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(k), \dots, x_i(n))$ ，代表一個包含 n 個元素的信息序列，則滿足 (1) 式之信息序列的集合 X 稱為灰關聯因子空間 (Grey Relational Factor Space)。

$$X = \{x_i | x_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(k), \dots, x_i(n)), n \geq 3, 0 \leq i \leq m, m \geq 2\} \quad (1)$$

令 $x_0 = (x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(k), \dots, x_0(n))$ 與 $x_i = (x_i(1), x_i(2), \dots, x_i(k), \dots, x_i(n))$ ，分別代表 X 中之兩個信息序列， x_0 為參考序列， x_i 為比較序列，則 $x_0(k), x_i(k)$ 兩點之間的絕對距離 $\Delta_{0i}(k)$ 為：

$$\Delta_{0i}(k) = |x_0(k) - x_i(k)| \quad (2)$$

灰關聯係數 $\gamma(x_0(k), x_i(k))$ 可用來反映兩序列 x_0 與 x_i 在 $\Delta_{0i}(k)$ 的考量下，於第 k 位置之關係：

$$\gamma(x_0(k), x_i(k)) = \frac{\min_i \min_k \Delta_{0i}(k) + \zeta \max_i \max_k \Delta_{0i}(k)}{\Delta_{0i}(k) + \zeta \max_i \max_k \Delta_{0i}(k)} \quad (3)$$

當 $x_0(k) = x_i(k)$ 時，則灰關聯係數 $\gamma(x_0(k), x_i(k)) = 1$ ，即表示該兩序列之關聯程度極高。

(3) 式中之 $\min_i \min_k \Delta_{0i}(k)$ 為 $\Delta_{0i}(k)$ 的最小值、 $\max_i \max_k \Delta_{0i}(k)$ 為 $\Delta_{0i}(k)$ 的最大值，而 $\zeta \in [0, 1]$ 則稱為分辨係數 (distinguishing coefficient)， ζ 是用來削弱 $\max_i \max_k \Delta_{0i}(k)$ 數值過大而失真的影響，以提高灰關聯係數間差異顯著性；此外， ζ 僅會改變灰關聯係數 $\gamma(x_0(k), x_i(k))$ 相對數值的大小，但不影響灰關聯度的排序^[54, 55]。一般而言，當各序列間或因素間之相關情形不明確時，取 $\zeta = 0.5$ 之效果較好^[43]。

至於灰關聯度 (Grey Relational Grade) $\gamma(x_0, x_i)$ 的計算方面，當求解灰關聯係數的數很多且訊息過於分散時，則對各參考因素採用均權，將其與參考序列的各灰關聯係數予以平均而得。灰關聯度之值介於 0 與 1 之間，若此灰關聯度愈趨近 1 時，則表示序列 x_i 對序列 x_0 的關聯程度愈高；反之，灰關聯度愈趨近 0 時，則表示序列 x_i 對序列 x_0 的關聯程度愈低。灰關聯度算式如下：

$$\gamma(x_0, x_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \gamma(x_0(k), x_i(k)) \quad (4)$$

令 X 為灰關聯因子空間， γ 為從 x_i, x_0 到 $\gamma(x_0, x_i)$ 的灰關聯映射， Γ 為所有 γ 的集合，則 (X, Γ) 稱為灰關聯空間 (Grey Relational Space)。因此，在灰關聯因子空間 X ，及灰關聯空間 (X, Γ) 上，若有 $\gamma(x_0, x_j), \gamma(x_0, x_p), \dots, \gamma(x_0, x_q)$ 滿足：

$$\gamma(x_0, x_j) > \gamma(x_0, x_p) > \dots > \gamma(x_0, x_q),$$

則 $x_j \succ x_p \succ \dots \succ x_q$ 。

上述排列稱為灰關聯排序 (Grey Relational Order)，記為 $(j, p, \dots, q \succ)$ 。

3.2 各國際商港管轄水域之航行安全性灰色關聯分析

本文於選取航行安全性之灰色關聯分析指標方面，乃參酌專家學者的建議以及經由文獻之探討，從而謹慎萃取出適當的航安分析指標，或加以改良應用之，其考量的主要內涵如下所述。

Alderton and Winchester^[14]於西元 2002 年單選各船籍國之海事事故發生率，作為分析船舶船籍與其航行安全之關係，其研究結果必然太過偏頗。其原因乃在於海事事故發生之結果會牽扯人命、船體及貨物的損失，容易使一些較易發生重大海事傷亡事故的船籍之國家，會因其登記該國船籍的總艘數多，致影響海事事故發生率之值降低，而無法得知何種船籍國之海上遇險程度。有鑑於此，本文在使用海事事故發生率之航安評估指標時，乃配上相關人命、船體及貨物的損失指標，進行有關航安議題上之探討。

Li and Wonham (1999)^[10]曾使用船舶全損滅失率為海事安全評估指標，評估各船籍國船舶進入管轄水域之適航安全性分析。可是當海事事故發生時，未必皆會發生船舶全損滅失的情形，有可能發生船體受損而無全損滅失或僅有人命傷亡而無船體受損的情況。為周延性考量，本文遂將此二位學者採用之「船舶全損滅失率」的航安分析指標，修改成能夠表徵由人、船、貨所組合成的各類海事事故的真實情況之「各港海事事故發生率⁷」，做為各港水域航行安全的評估指標。

前述兩位學者在 2001 年^[12]改採發生海員傷亡之海事事故發生件數、遇難船舶

⁷ 各港海事事故發生率：係指在某港管轄水域內於某一特定期間所發生海事事故總件數，將其除以該港進出港總艘次而得之數。

艘數、海員意外死亡數、海員因病死亡數來分析海員生命於海上航行安全之風險性分析，此一改良性分析雖較為符合實際情形，但仍因欠缺引用海事事故船舶損傷程度指標，以致無法分析在受損或滅失的船舶上之海員生命與海上航安的關係。

基於每筆海事事故所引發的結果不盡相同，有的同時會對貨物、人命健康、船體結構造成損傷或滅失，有些則僅對船體或人命造成傷亡情形，亦或其它許多種類型的海事事故傷亡結果。本文遂將 Li et al.^[12]所採用之「發生海員傷亡之海事事故發生件數」修改為「各港海事事故總件數」，用以涵括未發生海員傷亡之海事事故；同時，將各港水域所發生之在船海員間的喋血事件、旅客在船死亡或落海失蹤、船員失蹤落海或因病死亡、船員或港勤船舶從業人員之執勤不當致死等各類特殊海事事故，皆納入事故總件數的計算範疇裡，使能真實呈現該港實際發生事故的總數。

由於海事事故發生率較高的港口，未必其發生海事事故的總件數較多，有可能是該港的總進出港艘次量較小，而將事故發生率提昇；反之，海事事故發生率較低的港口，有可能是其發生海事事故的總件數頗多，且該港總進出港艘次量較大，而使事故發生率下降。因此，若僅單取「各港海事事故發生率」或「各港海事事故總件數」作為航安分析指標時，將使航安分析結果與實際情況產生偏頗之象。

綜合上述可知，在分析台灣各國際商港管轄水域海事事故之風險關聯性分析時，評估指標至少應包含船舶受損艘數、船舶滅失艘數、人員受傷數、人員死亡失蹤數，並於人員受傷數、人員死亡失蹤數之計數方面，更要將前述各類情形納入其內，方能使資料分析的內涵更加顯得周延。

再回顧國內外有關此類議題之研究，大多根據歷年海事事故資料，針對其海事事故結果，分析探究海事案件事故原因，研擬改善策略，據以執行改善方案。有鑑於此，為降低我國各國際商港水域之海事事故的發生，本文亦先蒐集海事事件資料，但卻發現其各港海事事故資料格式不一，且資料中又存有許多不完善的事務基本訊息、人命或船貨之損傷程度的不確定性⁸，而灰色關聯性分析法恰為解決此類問題的有效方法之一，且其運算過程簡單、事件分配型態不拘，故而選用灰色關聯分析方法做為本研究之分析工具。

本文所使用之灰色關聯分析指標集，乃依相關文獻予以改良設計而成，共包含六個指標：「各港海事事故總件數」、「各港海事事故發生率」、「海事事故死亡失蹤人數」、「海事事故受傷人數」、「海事事故船舶受損艘數」與「海事事故船舶沉

⁸ 本國各港海事報告裡，幾乎無法從其內容確知人員實際受傷程度是否為輕傷、殘疾、重傷，亦無法得知船舶受損程度情況：船殼無漏水的凹陷、船艙浸水總艙數、船舶動力喪失程度、船體裝卸設施損壞數量、...等，更無法得知船上所承運之各類貨物的受損程度是否一致、或穀類貨物之浸濕百分比、或液態化學品之揮發程度、...等。

沒艘數」。此外，本文根據各港務局所提供之 1992~2003 年間有關海事事故原始資料（表 1 與表 2），加以彙整得到如表 3 所示之可供進一步分析的次級資料。

表 1 各港海事事故相關基本資料（一）

年份	基隆港			高雄港			台中港			花蓮港		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1992	187	17100	1.0936%	123	53456	0.2301%	9	6538	0.1377%	23	1784	1.2892%
1993	134	17270	0.7759%	119	45994	0.2587%	18	7073	0.2545%	21	2108	0.9962%
1994	110	17285	0.6364%	121	42294	0.2861%	19	7565	0.2512%	24	2347	1.0226%
1995	82	17620	0.4654%	124	51196	0.2422%	14	8172	0.1713%	13	2460	0.5285%
1996	117	18233	0.6417%	136	49117	0.2769%	17	9445	0.1800%	19	2453	0.7746%
1997	114	18461	0.6175%	152	52041	0.2921%	24	10737	0.2235%	12	2890	0.4152%
1998	101	18506	0.5458%	150	55978	0.2680%	26	11274	0.2306%	13	3342	0.3890%
1999	109	19035	0.5726%	158	53238	0.2968%	15	11545	0.1299%	24	4194	0.5722%
2000	118	20435	0.5774%	116	37219	0.3117%	16	11664	0.1372%	8	4251	0.1882%
2001	86	21100	0.4076%	139	37761	0.3681%	13	10694	0.1216%	10	4222	0.2369%
2002	83	20664	0.4017%	119	38176	0.3117%	14	11081	0.1263%	4	4673	0.0856%
2003	51	21216	0.2404%	116	39498	0.2937%	20	11508	0.1738%	7	5250	0.1333%
歷年	1292	226925	0.5694%	1573	555968	0.2829%	205	117296	0.1748%	178	39974	0.4453%

資料來源：各港務局提供與本研究整理。

附註：「歷年」表示累計同港之 1992 至 2003 年的資料；「A」表示為海事事故總件數；「B」表示為當年進出港艘次；「C」表示為 A÷B 所得之海事事故年發生率。

表 2 各港海事事故相關基本資料（二）

年份	基隆港				高雄港				台中港				花蓮港			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
1992	94	16	5	24	24	39	2	11	6	2	5	2	24	0	0	0
1993	90	13	1	24	20	29	4	16	7	3	7	8	20	0	1	0
1994	87	12	3	3	34	26	1	31	12	3	2	3	16	0	3	0
1995	61	12	3	6	29	22	1	19	10	5	1	9	14	0	0	0
1996	90	16	5	38	35	24	0	15	11	4	1	7	16	1	1	2
1997	75	6	2	6	41	17	1	8	17	2	1	6	11	1	1	0
1998	61	12	5	12	32	23	0	19	16	9	1	15	9	1	1	1
1999	66	17	11	18	42	42	0	64	9	4	0	3	19	4	1	23
2000	89	14	7	16	39	26	0	31	12	5	4	8	6	2	0	0
2001	62	8	2	9	36	34	44	20	8	2	2	1	6	0	1	2
2002	57	10	3	5	19	31	4	20	11	1	6	2	2	1	0	1
2003	26	5	0	5	36	19	0	30	14	1	5	4	5	0	1	1
歷年	858	141	47	166	388	332	57	284	133	41	35	68	147	10	10	30

資料來源：各港務局提供與本研究整理。

附註：「歷年」表示累計同港之 1992 至 2003 年的資料；「A」表示為船舶受損艘數；「B」表示為船舶沉沒艘數；「C」表示人員受傷人數；「D」表示人員死亡與失蹤人數。

表 3 各港航安分析之原始灰色關聯因子空間

港務局	各港海事 事故總件數	各港海事 事故發生率	海事事故人員 死亡失蹤數	海事事故人員 受傷數	海事事故船 船受損艘數	海事事故船 船沉沒艘數
參考列 (x_0)	178	0.1748%	30	10	133	10
基隆 (x_1)	1292	0.5694%	166	47	858	141
高雄 (x_2)	1573	0.2829%	284	57	388	332
台中 (x_3)	205	0.1748%	68	35	133	41
花蓮 (x_4)	178	0.4453%	30	10	147	10

資料來源：本研究整理。

爲使表 3 各項評量指標值能夠一齊用於評比航安，本文採用灰生成之最大值生成公式 $x_i^*(k) = \frac{x_i(k)}{\max_i x_i(k)}$ ，將各項評量指標值加以轉換，並彙整成下表 4。

表 4 經最大值轉化後的灰關聯因子空間

港務局	各港海事 事故總件數	各港海事 事故發生率	海事事故人員 死亡失蹤數	海事事故人員 受傷數	海事事故船 船受損艘數	海事事故船 船沉沒艘數
參考列 (x_0)	0.1132	0.3070	0.1056	0.1754	0.1550	0.0301
基隆 (x_1)	0.8214	1.0000	0.5845	0.8246	1.0000	0.4247
高雄 (x_2)	1.0000	0.4969	1.0000	1.0000	0.4522	1.0000
台中 (x_3)	0.1303	0.3070	0.2394	0.6140	0.1550	0.1235
花蓮 (x_4)	0.1132	0.7821	0.1056	0.1754	0.1713	0.0301

資料來源：本研究整理。

表 5 各港所生成的比較數列與參考序列之絕對距離表

$\Delta_{oi}(k)$	各港海事 事故總件數	各港海事 事故發生率	海事事故人員 死亡失蹤數	海事事故人員 受傷數	海事事故船 船受損艘數	海事事故船 船沉沒艘數
$\Delta_{01}(k)$	0.7082	0.6930	0.4789	0.6491	0.8450	0.3946
$\Delta_{02}(k)$	0.8868	0.1900	0.8944	0.8246	0.2972	0.9699
$\Delta_{03}(k)$	0.0172	0.0000	0.1338	0.4386	0.0000	0.0934
$\Delta_{04}(k)$	0.0000	0.4751	0.0000	0.0000	0.0163	0.0000

資料來源：本研究整理。

附註：「0」表示參考序列；「1」表示爲基隆港之比較序列；「2」表示爲高雄港之比較序列；「3」台中港之比較序列；「4」花蓮港之比較序列。

利用式 (2) 與表 4 所示之資料，求解各比較序列 (x_1, x_2, x_3, x_4) 與參考序列 (x_0) 之絕對距離 $\Delta_{oi}(k)$ ，結果列於表 5。進而，利用表 5 之資料於求得 $\min_i \min_k \Delta_{oi}(k) = 0.0000$ 與 $\max_i \max_k \Delta_{oi}(k) = 0.9699$ 後，取分辨係數 $\zeta = 0.5$ ，一併帶

入式 (3)，求得此兩序列之各項航安指標評估的灰關聯係數 (表 6)。最後，利用式 (4) 求取此四港之灰關聯度 $\gamma(x_0, x_i)$ ，再依灰關聯排序原理，獲得台灣各國際商港水域之海事安全性評比，依其高低排序為：花蓮港 > 台中港 > 高雄港 > 基隆港 (詳見表 6 與表 7)。為試驗不同的分辨係數 ξ ，是否會有不同的排序結果，本文取不同之 ξ 值加以驗證，驗證結果顯示上述各港航安之灰關聯度的排序結果，並不會因 ξ 值之大小而有差異 (表 7)。

表 6 四港於各航安指標下的灰關聯係數表

$\gamma(x_0(k), x_i(k))$	各港海事 事故總件數	各港海事 事故發生率	海事事故人員 死亡失蹤數	海事事故人 員受傷數	海事事故船 舶受損艘數	海事事故船 舶沉沒艘數	$\gamma(x_0, x_i)$
$\gamma(x_0(k), x_1(k))$	0.4064	0.4117	0.5031	0.4276	0.3646	0.5514	0.4441
$\gamma(x_0(k), x_2(k))$	0.3535	0.7185	0.3516	0.3703	0.6200	0.3333	0.4579
$\gamma(x_0(k), x_3(k))$	0.9658	1.0000	0.7838	0.5251	1.0000	0.8385	0.8522
$\gamma(x_0(k), x_4(k))$	1.0000	0.5051	1.0000	1.0000	0.9674	1.0000	0.9121

附註：取 $\xi = 0.5$

表 7 相異 ξ 值所得之各港航安灰關聯度

$\gamma(x_0, x_i)$	$\xi = 0.1$	$\xi = 0.2$	$\xi = 0.3$	$\xi = 0.4$	$\xi = 0.5$	$\xi = 0.6$	$\xi = 0.7$	$\xi = 0.8$	$\xi = 0.9$	$\xi = 1.0$
$\gamma(x_0, x_1)$	0.1403	0.2447	0.3258	0.3908	0.4441	0.4888	0.5266	0.5592	0.5876	0.6125
$\gamma(x_0, x_2)$	0.1628	0.2692	0.3473	0.4083	0.4579	0.4992	0.5342	0.5645	0.5909	0.6141
$\gamma(x_0, x_3)$	0.6601	0.7487	0.7975	0.8294	0.8522	0.8694	0.8829	0.8938	0.9028	0.9104
$\gamma(x_0, x_4)$	0.8376	0.8687	0.8878	0.9015	0.9121	0.9205	0.9275	0.9333	0.9382	0.9424

資料來源：本研究整理。

肆、船舶於管轄水域安全航行之隱憂及對策

船舶交通事故的分析有如下作用：描述一個港口或地區當前的安全狀況，以作為各地區及各類船舶交通事故趨勢比較的依據，並用以判斷和確定水上交通安全問題的範圍，以及作為探查各種船舶交通事故的主要原因的依據。此外，尚可根據統計分析得出的船舶交通事故共同原因制定廣泛的安全措施，並對船舶交通事故的動態分析構成確定事故發展趨勢的依據。

各港於各項主要航安隱憂情況，乃是本文經由海事事故原始資料記載及實地訪視各港部分水域環境外，並藉由灰關聯航安評比結果，及統計整理各港所提供海事事故原始資料上事故發生水域位置之事故件數數據，再參照各港水域紙本地圖後，遂使本文作者分批進行與各港務局主管海事單位人員 7 人、資深航海員 5 人、資深承保水險業務主管 5 人與專研航行安全學者 4 人之深度訪談主要影響各港航安隱憂事項後，所獲得凝聚歸納而成之主要影響航安隱憂上的共識結果。

表 8 各港主要影響航安之隱憂一覽表

影響航安要項		基隆港	高雄港	台中港	花蓮港
1. 船舶自身航行過程的隱憂	(1)船舶隨意拋錨	◎	---	---	---
	(2)重載船舶進出複雜航道	◎	◎	---	---
	(3)靠離碼頭過程	◎	◎	---	---
	(4)船舶具有不適航事實	◎	◎	◎	◎
2. 來自航行水域之隱憂	(1)助航設施條件不佳	◎	◎	◎	◎
	(2)沿海水產養殖業侵占通航水域	---	◎	---	---
	(3)水上建設對船舶航行安全之隱憂	◎	◎	◎	---
3. 其他方面的隱憂	(1)小型機動漁船對進港船舶帶來的安全隱憂	◎	◎	◎	◎
	(2)承載貨物對船舶航行安全之隱憂	◎	◎	---	◎
	(3)漁民非理性抗爭對船舶航行安全之隱憂	◎	◎	◎	◎

資料來源：本研究整理。

附註：「◎」表示該國際商港管轄水域有此項航安隱憂；「---」則表示該國際商港管轄水域無此項航安隱憂。

4.1 來自船舶自身航行過程的安全隱憂

本節擬就表 8 所示之各港主要影響航安項目中，來自船舶自身航行過程之隱憂部份加以詳細陳述。

4.1.1 船舶隨意拋錨存在的隱憂

船舶拋錨時，一般是在規定的錨地水域內自行選擇拋錨位置。如果拋錨船舶較多，密度過於集中，隨意拋錨是存在隱憂的航安問題，尤其是一些靠泊計劃明確的船舶都想在航道附近水域拋錨，以便於領港登船引航，也便於船舶直接駛入航道。由於拋錨船舶密度相對集中，一旦出現意外，如受惡劣天氣影響所導致船舶走錨情形，就有可能發生船舶間的相互碰撞。

4.1.2 重載船舶進出複雜航道易發生擱淺或碰撞的隱憂

早期中央與地方政府在興建碼頭時，由於較缺乏整體規劃和資金問題，而因地制宜建設航道，導致現今航道水域變成複雜，使得船舶進出這些航道時，很容易出現擱淺或碰撞事故。以基隆港碼頭為例，該港由政府出資興建，部分碼頭選址與和平島之漁港海水域相連，且還共用港區主航道，加上整個港內航道是由不夠寬裕的內航道、連接段支航道及外航道等三段，所組成類似“之”字形樣。在連接段航道水面僅約 100 米寬，易出現艙推、岸吸現象。此外，與港口相連靠近的岸上導標未設置邊標，使得船舶在進出時，不易掌握船舵之提前轉向角度量，因而也較易導致船舶發生擱淺情形。

4.1.3 靠離碼頭過程中存在的隱憂

1. 相鄰船席間距不足：一般情況下，碼頭長度應為預靠船舶總長的 1.2 倍，以便船舶在靠離預定船席過程中，能有充分的迴旋水域和進退空間。通常在單一船席僅靠離單船的情況下，不易出現相鄰船席間距發生不足的情況。但在垂直相鄰船席之離靠船舶過程中，若同時安排單一船席噸位較大的船型時，則存在相鄰船席間距不足的安全隱憂。
2. 所泊靠的船席不適合：由於航運不景氣的影響，一些港務管理單位也承接一些不符合碼頭規範的小型船舶從事裝卸貨，以致該船於海水面以上的船舶乾舷高度，常低於該碼頭高出海水面的高度，容易在大風、強浪拍打岸肩時，

使船舶乾舷處與碼頭岸肩發生緊密激烈碰撞；同時，靠泊碼頭這側船舷邊的舷梯也易發生折斷或脫落現象。所以，船席若不適合時，就易帶來明顯的安全隱憂。

4.1.4 船舶具有不適航事實的隱憂

不適航所造成的海難事故屢見不鮮。船舶在開航前，如出現以下不適航情況，則可能會嚴重影響港區與外港水域安全：

1. 船舶強度不足或船體、機器的缺陷。
2. 船上設備不足或有缺陷。如管道的缺陷，未能配備最低限度能安全可靠使用的導航儀器；未配足航次所需的海圖與航海圖書資料、或未向船員提供有關該船積載、穩性等方面的資料和說明書；錨、舵、車葉、羅經以及必要的救生設備和通信設備不足或工作不正常；船舶沒有舷燈或舷燈失明而喪失夜間照明能力；舷窗位置不當等缺失。
3. 船舶所配置之合格船員數量不足、或技術水準不合格、或工作不力。
4. 船上之燃料、物料或日常給養物品的不足。
5. 不適宜裝載某種貨物。
6. 沒有備全或取得船舶航行所必須的證書和文件。

4.2 來自航行水域之隱憂

本節擬就表 8 所示之各港主要影響航安項目中，來自航行水域之隱憂部份加以詳細陳述。

4.2.1 助航設施條件不佳的隱憂

1. 陸上導標的清楚目視能見條件惡化。高大的裝卸機械在佈局位置方面，對陸上導標的清楚目視能見條件會產生影響。此外，由於規劃上的失誤，在陸上燈樁、導標燈附近出現高屋建築，在夜間建築物內的燈光同導標、燈樁的燈光相互混淆，易使進出港船舶無法分辨正確的陸標位置，而影響船舶是否可安全適切的航行。
2. 助航效能下降。一方面台灣北方港口在冬末春初受強烈海上季風影響，易造成海上燈浮標、燈樁損壞、移位和滅失。另一方面某些漁民違章破壞航標行為，使航標發揮的助航效能大大削弱。

4.2.2 沿海水產養殖業侵占通航水域的隱憂

近年來，台灣西岸沿海水產養殖區域侵占航道、錨地和通航密集區等通航水域的現象屢見不鮮。以高雄港轄區為例，在安平港附近及高屏縣市沿岸所私自設置的民間養殖區，便嚴重影響船舶進出港安全。另依據漁業署年報統計資料裡，發現誤入錨地水域內的水產養殖區，易造成的商船與漁船發生海上事故。

4.2.3 水上建設對船舶航行安全之隱憂

1. 施工區域侵占港內主要航道水域，使船舶航行安全之有效面積減小，導致船舶進入施工水域時，存在著極大的安全隱憂。如：基隆港之部分碼頭重整建設。
2. 施工船舶來往頻繁，影響船舶進出安全。各種挖泥、疏浚、拖帶的施工船舶在港區來往，穿越航道，途經航行密集區，船舶多隸屬於不同的施工作業單

位，缺乏統一嚴格的調度指揮。

3. 施工船舶違章作業帶來的隱憂，主要表現於施工作業船舶不安排人員值班、不按時守聽、不認真瞭望，有的施工船舶甚至不配備超高頻無線電話參與作業。這些違反安全航行章程的行為，極易對其他船舶航行安全構成極大隱憂。

4.3 其他方面的隱憂

除上述來自船舶自身航行過程的隱憂與來自航行水域之隱憂外，其他影響航安的隱憂則於本節陳述之。

4.3.1 小型機動漁船對進港船舶帶來的安全隱憂

在捕撈季節大量小型機動漁船湧入港池、航道和錨地進行捕撈作業，發生搶越大船船頭，橫越航道等違反正常航行章程的行為。在旅遊季節一些高速載客小型遊艇爲了選擇既風平浪靜，又能靠近碼頭岸邊觀賞萬噸巨輪的港池作爲經營場所，來回穿梭其中，嚴重干擾正常的通航秩序。

4.3.2 承載貨物對船舶航行安全之隱憂

貨物致使船舶出現海難事故通常表現在以下幾方面：重力分佈不均造成船體結構損壞或穩性不當、貨物移位或倒塌、濕貨滲水流動、貨物自燃和化學危險等。

4.3.3 漁民非理性抗爭對船舶航行安全之隱憂

台灣國際商港都有商、漁船混合使用港口主航道的情形。當漁港位於港埠區域內，且與國際商港產生利益衝突時，漁民有時採取較爲激烈的抗爭手段，甚至圍港，產生嚴重危害商船進出港口的情形。

4.4 因應對策

本節擬針對上述之各種影響航安之隱憂，提出一些因應對策。

4.4.1 建立完善的船舶交通管制制度

建立適合轄區的船舶交通管理實施細則是不可缺少的。此細則應包括特殊天氣情況下指定水域錨泊，建立完善的船位報告制度、船舶交通信息服務、法律責任等方面內容，此舉有利於對船舶隨意拋錨所帶來的隱憂，掀起遏制和預防的作用。此外，對於有些未經註冊穿梭在港區的小船，或經註冊而未依規定停泊之船舶，各港務局均應依據商港法第二十條、第四十六條及第四十七條之規定，予以嚴加查緝並重懲之。

4.4.2 加強導航標誌清楚目視能見條件的綜合治理

首先，應結合港埠航運團體制訂「航標條例」，使航運團體能夠愛護沿岸及水域上的航標。其次，對於因高大裝卸機械所造成船舶清楚目視導標能見條件的降低，應儘速採取補救措施，例如在高雄港及基隆港之管轄水域沿岸上設置疊標，以利航海人員於夜間或氣候能見度不佳時，能更精確地將船舶定位與定向，以降低船舶誤航造成碰撞、觸礁或擱淺的危險。此外，還應與地方城市建設、規劃等管理部門主動溝通，對有可能影響導標目視效果的新建建築物統一規劃，共同做好導標目視區管理工作。

另於助導航設施業務方面，台灣沿海應再增設近程助航設施，確立浮標制度，改進漁港助導航設施，加強助導航設施業務主管機關之間的協調，評估設置中程助航設施，標識近岸海域有礙航行之障礙危險處。

4.4.3 加強海上燈標（樁）的維護

可以考慮由財政部關稅總局海務處，除了就現有運星艦擔任燈塔補給修繕之外，應成立特別行動的船隊，做到快速反應，以便在強烈海上季風期間及因惡劣天氣影響而對遭受破壞移位浮標（樁）進行及時搶修復位，以保證航道暢通。

4.4.4 對複雜航道，採取強制引航制度

對於複雜航道，必要時得出動拖船護航，並強制由引水人輔佐其航行水道之所有航程。還可考慮固定每年印製最新版海圖，以及印製各種新建碼頭、新建港地、新建航道等航海資料，以幫助船方及時掌握了解更詳細的信息。尤其於海圖及航海書刊方面，訂定重刊或新刊海圖優先順序，廣泛收集國外或大陸海圖、航海用表等相關資料，刊行英文版航行指南，注意電子海圖資料顯示系統的發展，可有助船舶航行於危險水域降低海事事故發生率。

4.4.5 規範水產養殖

在養殖區的設置上，一方面主管機關應主動與地方政府協商溝通，就海洋功能區劃問題達成一致共識；另一方面，對嚴重影響船舶通航區域的非法養殖，應採取強制拆除措施。尤其是在航道、港池附近的非法養殖區更應及早拆除。

4.4.6 加強水上工程作業管理

水上工程作業審批、施工作業船舶值班制度的建立、航行警（通）告的發布和禁航區的劃定都應該進一步規範化、程序化、標準化。同時，各船公司也應及時把收到的航行通告發往各船，以便船方及早掌握施工作業船舶動態，在不甚明瞭施工區情況時，船方也應主動向有關作業船舶取得聯繫，雙方共同做好防範工作。

4.4.7 建立安全例會制度

對於領港與拖船船員、航商所僱用在船服務船員之間，因進出港操船技術協調不當所生的人為海事事故之航安隱憂方面，建議引水公會與拖船人員、灣靠航商的船員代表，共同建立定期安全例會制度，以就該港海事事故及航安隱憂進行分析研究，以防範事故於未然。

伍、結論與建議

確保海運安全為維護整體運輸安全中的重要課題，亦為促進台灣地區整體運輸發展的重要工作項目之一。台灣海域上航行船舶甚多，加上台灣與大陸之眾多漁船與漁筏經常作業其間，致使台灣海域之海難事件發生頻率甚高，因此探究各港水域發生海事事故致因之航安研究課題顯得特別重要。

本文參酌相關文獻所提之海事安全評估指標予以改良並創設了六大灰色關聯分析指標：「各港海事事故總件數」、「海事事故發生率」、「海事事故死亡人數」、「海事事故受傷人數」、「海事事故船舶受損艘數」、「海事事故船舶沉沒艘數」。經採灰色關聯性分析後，得知台灣各國際商港管轄水域之船舶航行安全性的高低排序為：花蓮港 > 台中港 > 高雄港 > 基隆港。

本文在進行各港航安評比後，從各港海事事故資料中，檢視整理其影響各港之航安因素，彙總於表 8，並對這些影響航安要項研擬航安建議。

首先，目前我國針對海事事故通報系統並不完善，指揮系統亦不明確。建議

各航政單位應落實海事報告通報制度，以使事故資料具有完整性，且各港務局應定期召開港埠安全會議，並就該年當季（每三個月一季）港埠安全資料彙集完整，擬訂具體方案提會研討後裁定辦理，若遇重大海事事故時，應召開臨時港埠安全會議。

其次，為使各港務局能有系統地搜集海事事故資料，建議設計更加詳實的海事事故調查報告格式，以針對實際發生具體損害的事故案件能加以詳細分類、建檔及列管，並製作風險因子與事故次數統計，使得利用海上交通事故資料可以分析出事故與時間因子之相關性及危險因子。

再者，在加強海上及船舶的助航與導航設施之服務與管理方面，應立即檢討現有助航與導航之設施數量、功能、設置位置、環境，評估能見距離及高度，並消除視野盲區問題，另可增加助航與導航設施之監測、識別、查驗及協調等功能，甚至可加設傳統目視助航設施及傳統雷達助航設施，以協助海員正確地操船。

最後，建議台灣之航港機關應優先考量將商船、漁船及軍艦之共用同港進出航道情況予以改善，並加強漁船與水產養殖區之管理以減少海難事故的發生，同時請管轄各港助航設施之財政部關稅總局海務處，能與各港務局協調定期維護、改善與增設相關航安設施，以降低航海人員航行誤判的機會，從而改善及提昇各港之船舶航行水域安全。

參考文獻

1. 姚忠義、郭長齡，我國海域及商漁船海難事故調查研究，交通部委託中華民國船長公會研究計劃，民國八十二年。
2. 交通部運輸研究所，「航運安全相關法規與海事資料之分析研究」，交通部運輸研究所出版，民國八十二年。
3. 葉名山，台灣地區海上交通安全體系之研究(一)--建立台灣地區港埠交通安全體系之研究，交通部運輸研究所委託逢甲大學運輸工程與管理學系研究計劃，民國八十二年。
4. 中華民國船長公會，航安業務之現況及研擬改進措施研究，交通部委託中華民國船長公會研究計劃，民國八十三年。
5. 張新立，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，交通部運輸研究所委託交通大學運輸工程與管理學系之研究計劃，民國八十三年。
6. 陳彥宏，台灣地區海上交通安全體系之研究(三)--台灣海域海上搜索與救助現況調查與模擬分析之研究，交通部運輸研究所委託海洋大學航海技術系之研究計劃，民國八十四年。
7. 交通部，「運輸安全白皮書(二)---海運安全篇」，交通部出版，民國八十八年。
8. 交通部，「交通政策白皮書：運輸」，交通部出版，民國九十一年。
9. Huang, Y.P., Zheng, Z.Y., and Wu, Z.L., "Fuzzy model for quantitative determination of casualty levels," *Journal of Dalian Maritime University*, Vol. 23, No. 4, pp. 29-33, 1997.
10. Li, K.X. and Wonham, J., "Who is safe and who is at risk: a study of 20-year-record on accident total in different flags," *Maritime Policy & Management*, Vol. 26, No. 2,

- pp. 137-144, 1999.
11. HaVold, Jon Ivar, "Culture in maritime safety," *Maritime Policy & Management*, Vol. 27, No. 1, pp. 79-88, 2000.
 12. Li, K.X. and Wonham, J., "Maritime legislation: new areas for safety of life at sea," *Maritime Policy & Management*, Vol. 28, No. 3, pp. 225-234, 2001.
 13. Talley, Wayne K., "The safety of ferries: an accident injury perspective," *Maritime Policy & Management*, Vol. 29, No. 3, pp. 331-338, 2002.
 14. Alderton, Tony and Winchester, Nik, "Flag states and safety: 1997-1999," *Maritime Policy & Management*, Vol. 29, No. 2, pp. 151-162, 2002.
 15. 中華海運研究協會，海峽兩岸海上安全技術之研究，交通部科技顧問室委託計劃，民國八十五年。
 16. 中華海運研究協會，兩岸交流與海上安全問題之研究，行政院大陸委員會委託計劃，民國八十三年。
 17. 陳彥宏，海上遇險事故鑑定技術之初步研究，行政院國科會專題研究計畫成果報告，民國八十九年七月，計畫編號：NSC-89-2211-E-019-006。
 18. Zhang, C.L., Xu, L.P., Cui, L.J., and Hu, K.F., "A discussion on researching methods concerning human elements in the safety at sea," *Journal of Dalian Maritime University*, Vol. 26, No. 3, pp. 76-79, 2000.
 19. You, Q.W. and Xie, C.L., "The Discussion on construction of the shipping safety culture," *World Shipping*, Vol. 25, No. 3, pp. 10-12, 2002.
 20. Fang, X.L., Wu, F.L., Nie, J.T., and He, H.G., "Comprehensive evaluation method of marine traffic system," *Journal of Dalian Maritime University*, Vol. 25, No. Supplement, pp. 92-97, 1999.
 21. Luo, X., "The hidden dangers of vessel in/out port and its countermeasure," *World Shipping*, Vol. 26, No. 2, pp. 27-28, 2003.
 22. Weng, Y.Z. and Wu, Z.L., "Safety of the navigation environment system for the port of Xiamen," *Journal of Dalian Maritime University*, Vol. 27, No. 1, pp. 1-4, 2001.
 23. 中華海運研究協會，台灣海域及喬港區域沈船移除責任之研究，交通部委託研究計畫，民國九十一年，計畫編號：6029011021。
 24. 陳彥宏，「台灣海難搜救體系之分析與檢討」，運輸計劃季刊，第三十一卷，第三期，民國九十一年，頁 635-662。
 25. 陳彥宏，海上搜索與救助資訊整合之實證研究，行政院國科會專題研究計畫成果報告，民國八十七年七月，計畫編號：NSC-87-2611-E-019-029。
 26. 陳彥宏、趙榆生、紀嘉毅，船舶海上遇險救援模擬之研究，行政院國科會專題研究計畫成果報告，民國八十六年七月，計畫編號：NSC-86-2211-E-019-002。
 27. Lee, M., "Analysis on capability of salvage and rescue at sea in China," *World Shipping*, Vol. 26, No. 3, pp. 15-16, 2003.
 28. Wang, Z., Lee, L., and Bao, S.M., "Salvage for vessels and survivors in distress," *World Shipping*, Vol. 25, No. 2, pp. 16-17, 2002.
 29. 陳彥宏，船舶海上交通遇險事故之調查研究，行政院國科會專題研究計畫成果報告，民國八十八年七月，計畫編號：NSC-88-2211-E-019-010。
 30. Zhang, T.B., "Some points on the strength of the law enforcement personnel of maritime safety administration," *World Shipping*, Vol. 25, No. 3, pp. 13-15, 2002.
 31. Wang, F.W., Wu, Z.L., and Zheng, Z.Y., "Analysis and preventing measure of the

- shipwreck," *World Shipping*, Vol. 26, No. 1, pp. 9-11, 2003.
32. Song, Y., "Analysis on the cause of collision between fishing boat and merchant ship," *World Shipping*, Vol. 26, No. 4, pp. 15-16, 2003.
 33. Xiong, Z.N. and Wu, Z.L., "Research on the grey incidence analysis of maritime accidents," *Journal of Dalian Maritime University*, Vol. 27, No. 2, pp. 11-15, 2001.
 34. Wen, H., Fang, F., and Xiao, H.L., "The redesign on the accident classification of vessel traffic accident statistical regulations of PRC," *World Shipping*, Vol. 26, No. 3, pp. 12-14, 2003.
 35. Qiu, Z.X., "Quantitative determination of VTMS levels," *Journal of Navigation*, Vol. 45, No. 2, pp. 285-291, 1992.
 36. Deng, J.L., "The control problems of grey systems," *Systems & Control Letters*, Vol. 5, pp. 288-294, 1982.
 37. Deng, J.L., "The theory and methods of socio-economic grey systems," Science Press, Beijing, China, 1984.
 38. Deng, J.L., "Contributions to Grey Systems and Agriculture," *Science and Technology Press*, Taiyuan, Shanxi, China, 1984.
 39. Deng, J.L., "Grey prediction and decision," Huazhong Institute of Technology Press, Wuhan, China, 1986.
 40. Huang, G.H., Baetz, B.W., and Patry, G.G., "Grey fuzzy dynamic programming: Application to municipal solid waste management planning problems," *Civil Engineering Systems*, Vol. 11, pp. 43-73, 1994.
 41. Chang, N.B., Yeh, S.C., and Wu, G.C., "Stability analysis of grey compromise programming and its applications," *International Journal of Systems Science*, Vol. 30, No. 6, pp. 571-589, 1999.
 42. Huang, G.H., Baetz, B.W., and Patry, G.G., "A grey integer programming: An applicator to waste management planning under uncertainty," *European Journal of Operational Research*, Vol. 83, pp. 594-620, 1995.
 43. Deng, J.L., "Introduction to grey systems," *The Journal of Grey Systems*, Vol. 1, No. 1, pp. 1-24, 1989.
 44. 鄧聚龍, 「灰色系統理論與應用」, 高立圖書有限公司, 民國八十八年。
 45. Hwang, J.H., "The applications of grey theory on test items selection," I-Shou University, Department of Information Engineering Press, 2001.
 46. Bangchun, W., Zhishan, D., Hengxiu, W., and Shudong, Y., "Application of the theory of grey system to fault diagnosis of rotating machine, In: Diagnostics Vehicle Dynamics and Special Topics," Twelfth Binnial Conference on echanical Vibration and Noise, Presented at the 1989 ASME Design Technical Conference, Montreal, Que., Can., pp.32-36, 1989.
 47. Stephen, Su, Y.H. and Hede, Ma, "Fault isolation in grey systems," Internation Test Conference Proceedings : NewFrontiers in Testing, Publ. by IEEE, 1988.
 48. Tang, I.L., Chen, S.Y., and Chen, C.B., "Ranking Analysis in Mutual Fund Performance Based on Grey Relational Grade," 1998 Third National Conference on Grey Theory and Applications, Changhua Taiwan, pp.145-152, 1998.
 49. Wu, H.J. and Chen, C.B., "An Alternative Form for Grey Correlative Grader," *The Journal of Grey Systems*, Vol. 11, No. 1, pp. 7-12, 1999.
 50. Wang, Y.F., "Predicting stock price using fuzzy grey prediction system," *Expert*

- Systems with Applications*, Vol. 22, No. 1, pp. 33-38, 2002.
51. Wu, C.C. and Chang, N.B., "Grey input - output analysis and its application for environmental cost allocation," *European Journal of Operational Research*, Vol. 145, No. 1, pp. 175-201, 2003.
 52. Lee, C.J., Huang, Y.F., and Lin, Grier, "Evaluation Model of Heavy Machinery Dealer Service Performance," The 2002(7th) National Conference on Grey System Theory and Applications, pp.I-69~I-74, 2002.
 53. Pan, C.L., Huang, Y.F., and Lin, Grier, "The Study of Grey Relational Analysis in the Selection of Excellent Construction Contractors," The 2002(7th) National Conference on Grey System Theory and Applications, pp.III-13~III-20, 2002.
 54. Wong, C.C. and Lai, H.R., "A new grey relational measurement," *The Journal of Grey System*, Vol. 12, No. 4, pp. 341-346, 2000.
 55. Wen, K.L. and Wu, John H., "On distinguishing coefficient & relational grade," *The Journal of Grey System*, Vol. 8, No. 1, pp. 11-18, 1996.