

## 電子海圖航路監視於偏航警示效用之驗證

# Route Monitoring Applications in Electronic Chart Display Trials: Off-track Warning

許華智\*

### 摘要

根據2010年STCW公約馬尼拉修正案內容，船舶裝載合格之電子海圖顯示系統，該船舶航行員可藉操作該系統，進行無紙化導航。此系統在功能性、準確性及可靠性之表現，於航行時納入電子海圖顯示之資訊，應可與傳統紙海圖作業有所區隔，不過系統表現再如何亮眼，最後對航行安全之提升，仍有賴背後之航行員。以目前國際公約所規範之進度，裝載電子海圖顯示系統時間表以及相關操作標準都對多數航商造成某種程度之壓力，其中更以還未通過正式訓練課程之航行員首當其衝。本文以航路監視應用進行探討，邀請到現役之一等船副，於操船模擬機進行驗證，模擬程序將受測船副分成兩組，控制變數為可否使用電子海圖顯示系統；模擬腳本為兩組船副依相同之航行計畫作放大洋航行，航行水域並有明顯水流發生。針對受測員之航跡紀錄與原本之計畫航路做比對，搭配無母數檢定方法對兩組進行顯著性探討，結果顯示在模擬航程中，電子海圖組受測船副較海圖組船副少花費七分鐘即察覺有強勁橫流並修正航向，另外在偏離主航線之程度上，電子海圖組平均約節省35碼之橫向偏航距離。以電子海圖之功能而論，即時定位可以對區域之水流變化做一獨立之觀測，經解算之水流資訊，可以提供航行員針對即時之水流影響，積極修正艏向以利航安。

關鍵字: 電子海圖顯示，航路監視，偏航警示

\* 許華智 Hua-Zhi HSU, MNI/MRIN, 國立高雄海洋科技大學航運技術系助理教授。  
Email: hhsu@mail.nkmu.edu.tw; 本文為國科會補助計畫案編號 NSC 100-2410-H-022。

## Abstract

The Electronic Chart Display and Information System (ECDIS) is a system integrating various information resources and providing a real-time information display to the end users. It is of purpose to ease the workload and to provide accurate navigational data at the same time. As a result, it is not as simple as executing a conventional (paper) chart work. Nevertheless, it does serve to provide a more efficient and sophisticated means by which information is exchanged among the bridge systems. Before the ECDIS carriage requirement is fulfilled, there is a need to know the end users' behaviour regarding operational habits and conflicts. Sixteen active deck officers were invited to run the simulation experiment. The scenario was to sail own ship in an open sea area where the voyage plan was given to the participants in advance. The participants were allocated into two groups, one was allowed to navigate with ECDIS and the other was not. Significant results were identified by means of nonparametric tests where the group with ECDIS available responded much quicker to determine the existence of the current effect. Furthermore, the ship was kept closer to the planned track by the ECDIS group than the group without access to ECDIS information. It was further discovered that with real-time and accurate information, ECDIS group was adopting set and drift information to adjust heading for planned track.

Keywords: Electronic Chart Display, Route Monitoring, Off-track Warning

### 一、前言

船用電子海圖系統之演進，已從輔助海圖作業之電子儀器發展成航行資訊整合之顯示與操作平台。電子海圖除了能輔助航行員導航時，讓航行員，能有效掌握航行資訊並做出最適合之導航決策。面對船舶噸位大型化、海上交通多元化以及當班人數精簡化之三重挑戰下，航行員必須要能善用當前精密電子助航儀器以提升航行安全。本文將介紹電子海圖顯示之相關規定、電子海圖顯示系統、定位資訊以及水流解算，接著討論針對偏航情勢之驗證方法及模擬成果分析，在總結之前，將針對本文所衍生之相關議題提出討論。

## 二、電子海圖顯示

海上安全公約(SOLAS Convention)第五章航行安全(Safety of Navigation, Chapter V)第 19 條船用導航系統暨設備之裝置要求<sup>1</sup> (Carriage requirements for shipborne navigational systems and equipment, Regulation 19)規範裝置電子海圖系統符合 SOLAS 公約之海圖配備要求。Norris (2012)指出電子海圖顯示系統不同於紙海圖,新增之功能有:危機評估、緊急準備、操作程序、演練與練習及訓練與熟悉。電子海圖顯示即時船位而非傳統紙海圖所用的歷史定位(Gale 2009),電子海圖系統在聯結船橋電子定位資料可顯示即時船位,搭配已建立之航行計畫(route planning),即可執行航路監視(route monitoring)。

### 2.1 船用電子海圖顯示系統

自 2012 年 7 月後,300 總噸以上航行國際水域 SOLAS 船舶,必需配置電子海圖顯示系統(IMO 2010)。隨著世界經濟規模之發展,船舶航行也面臨交通複雜度之挑戰,區域型海上交通,因大幅增加之船隻艘數、船舶噸位以及船舶種類多樣化,嚴重壓縮了船舶在海上自由運轉的空間(Hsu, Liao et al. 2011)。依照 SOLAS 公約第五章第 18.4 條規定,要成為船用電子海圖顯示系統,必須要符合 IMO 電子海圖顯示系統效能標準<sup>2</sup>之相關規範(UK P&I Club 2012),由於本系統屬於船用電子導航設備之一,按規定搭載之船舶必須要有備份系統,目前以另設一套電子海圖顯示系統或保有紙海圖為之。

### 2.2 定位資訊

電子海圖主要顯示即時船位而非傳統紙海圖作業僅能繪製已成歷史之定位資料(Gale 2009)。在幾乎同步無誤差之船位顯示功能背後,一個不可或缺之資料來源是一電子準確定位資料。「準確定位」可藉由全球衛星定位系統(Global Navigation Satellite System; GNSS),提供船用電子海圖顯示系統能在同步且水平誤差小之定位基準下協助導航。準確定位所提供之應用有:

- 當船舶通過手動設定之危險安全區域(safety frame)時,以警報通知當班人員;

<sup>1</sup> SOLAS Reg. 19.2.1.4, nautical charts and nautical publications to plan and display the ship's route for the intended voyage and to plot and monitor positions throughout the voyage; an ECDIS may be accepted as meeting the chart carriage requirements of this subparagraph.

<sup>2</sup> IMO Resolution A.817 (19): Recommendation on Performance Standards for Electronic Chart Display and Information Systems.

- 顯示危險界線<sup>3</sup> (Limiting Danger Line; LDL)；
- 用方位、距離圈及平行位置指示器協助執行航路監控；以及
- 對完整航路做手動檢查(manual check)。

航行者需認知電子海圖顯示系統與衛星定位系統皆屬於電子儀器，過度仰賴電子儀器所提供之導航資訊，可能讓駕駛台當班船副對當前船舶所處環境之認知產生盲點 (Instone 2010)，明智的航行者應該充分了解系統之限制何在，更要有能力判斷及證明定位資訊之正確性，甚至於當系統不正常時之應變措施。因此不要只(單獨)依賴全球衛星定位系統，當有機會使用目視及其他可用方法時，應藉此驗證整個系統正確性及可靠度。

### 2.3 水流資訊

船副在海圖上標出定位，目的是為了保持船舶在計畫之航線(planned track)上以及避免擱淺(Gale 2009)。Bowditch (1995)藉由比對推算船位與最新定位，解算在過去時間內船舶所受到之外力(風、流、浪效應)及偏航程度。在大比例尺電子海圖顯示即時船位，可比對船位與航線，並觀察船舶受到外力影響之程度，若能對本船所遭遇之水流方向(set)及流速(drift)精準掌握，即可產出較能信服之對地預期航跡(intended track)以及前進速率(advanced speed)。

由於操作程序及經濟因素等理由，紙海圖並不是大部分船舶的最佳選擇(Norris 2012)，根據 2010 年 STCW 馬尼拉公約修正案針對船舶搭載電子海圖顯示系統之時間表，可以看出電子化海圖作業已成為未來增進航安的方法之一(Norris 2010)，應用電子海圖顯示系統在船位繪製所省下的大部分時間，應該用來評估顯示船位之準確度，藉由各種駕駛台當前可用之方法，隨時確認顯示資訊之可信度。

## 三、研究方法

量測電子海圖顯示系統與傳統紙海圖作業之差異程度，可以凸顯無紙化導航之特性。本研究包含研究背景、模擬機之使用與驗證程序、收集資料、預期會遭遇之限制並討論其解決之方法以及資料分析。

<sup>3</sup> 危險界線需納入吃水、安全水深及座艙再扣除時間因素。

### 3.1 研究背景

無紙化導航將是電子海圖與紙海圖在執行海圖作業時最大之區別，同步攫取精確定位資訊更讓電子海圖顯示系統在航路監視之應用上如虎添翼，未來即時船位顯示將成常態，要證明航路監視之優異程度，需要藉當班船副測試本系統之相關功能。

### 3.2 模擬機之使用及驗證程序

本驗證運用模擬機作為實驗之工作平台，採用配有整合型導航系統(Integrated Bridge System; IBS)之 TRANSAS (Professional 5000)操船模擬機。

受測船副需對模擬機之基本操作與環境有相當程度之認識，期望能降低外在因素對模擬機試驗的影響(National Research Council (US) 1996)，此要求是為了避免因不熟悉模擬機，衍生出非實驗所期待之變數，影響檢定之獨立性。為了要認識與熟悉模擬機之操作環境，必需將視界、船舶操縱諸元以及相關航行儀器之操作列入考慮(Redfern 1993)，並在勤前任務說明與暖身階段執行(Valentine 1985)。模擬機之使用說明流程亦提及「模擬準備」，目的是讓每一位受測者在無壓力影響下，有充裕之時間，熟悉將要操控之模擬器。

於暖身階段，受測船副可以自由操作本船，本船選擇為一長 250 米、寬 32 米、三萬兩千總噸之全貨櫃輪，於開闊水域航行，海上能見度良好；本船之初始俾舵控制設定為海上全速前進(19.4 節；Full Sea Speed Ahead)、自動舵模式(Autopilot on)。接下來，正式腳本之任務提示：最長耗時半小時之當班模擬，須依計畫航路航行，航行計畫業已在模擬開始時給定，並清楚標示在海圖上(紙海圖或電子海圖)。

為了探討電子海圖顯示系統對航路監視之有效性，採用方法是將受測船副分成兩組：電子海圖組與紙海圖組，藉由使用不同海圖系統之組別，觀察執行航行計畫之差異性。

### 3.3 資料收集

當受測航行員察覺橫流現象並調整航向朝原航行計畫修正，即中止模擬。在模擬航程中，收集每一位受測船副之航跡紀錄、俾舵改變時間以及偏移計畫航線之最遠橫向距離。俾舵之改變攸關船舶在天候等外在因素影響下，船副下決定修正本船航向之關鍵時間點，這與洞察船舶偏航程度有正向關聯，由於流水效應持續對本船做橫向推移，收集偏航之最大距離將反應船副對水流影響偏航程度之掌握以及完成原航行計畫之能力。

### 3.4 限制與解決方法

爲了顧及受測船副在過程中，可能因腳本所給定之交通環境、天候狀況等所引起之不適感，特別在勤前說明時，明確告知每位受測者享有之權利：有任何不適感產生，即放棄模擬航行。

本模擬機之駕駛台視野顯示，限制在 37 度角，初始設定(default view)僅能顯示船艙前方左右各 18.5°，若需要目視瞭望初始視野外之場景，必須以手動控制移動所顯示之場景，不可避免，此舉將大大降低船橋瞭望之擬真度。

本模擬船台之數量爲兩部，當每次執行模擬腳本時，僅能容納兩名受測員，不同組別之受測船副將不在同一時間執行模擬腳本，避免預知模擬腳本中所控制之變素，另外爲避免重複驗證模擬腳本之擾，一部船台僅由一位船副單獨操作。

爲避免船副海上資歷之長短對本實驗之分組結果造成偏頗，依受測船副之海上資歷平均分配至各組，此舉將可避免過於資深(或資淺)之組別產生，目的是能消彌未控制之變數影響。

### 3.5 資料分析

無母數檢定可針對兩組不重複之受測目標分別執行兩不相關之設計腳本並分析是否存在顯著性(Greene and D'Oliveira 1982)。雖然無母數檢定比有母數檢定(如 T 檢定)強度較弱(Dytham 2003)，當檢定之兩組資料實際上並無差異時，有母數檢定卻容易在做差異性檢定時，獲得錯誤之檢定結果。換言之，無母數檢定更能減少犯下型一(Type I)錯誤的機率。

在模擬機上所收集之兩組資料：俾舵改變時間以及偏航最大距離，將採無母數 Wilcoxon 排序檢定分析法。此法將關注受測資料之排序程度以及組別群聚之顯著現象(Keller and Warrack 1997)，爲了檢定電子海圖顯示系統對駕駛台導航之影響，本計畫將假設以有/無電子海圖之操作對兩組受測人員設下：

虛無假設( $H_0$ ): 兩組母體並無異處。

對立假設( $H_a$ ): 兩組母體不相同。

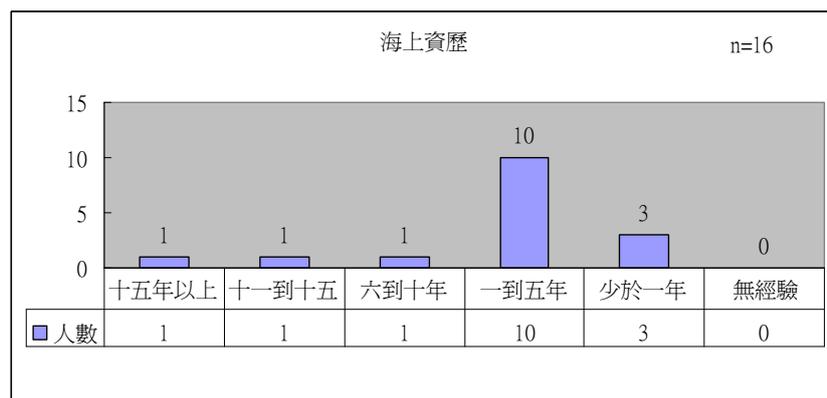
使用無母數檢定忽略每筆資料之數值，取而代之的是將資料按順序由小至大排階(秩)，無母數方法會檢定出兩組間之關係，並計算出其 T 值，T 值檢定之臨界值設在 5%

(雙尾)，得出上部臨界值  $T_U=87$ ；下部臨界值  $T_L=49$ 。經數值比對，各組檢定之 T 值若小於  $T_L=49$  或大於  $T_U=87$ ，代表兩組間確實有明顯差異，以臨界值低於 5% 為標準拒絕虛無假設( $H_0$ )，在此表示所控制之唯一變數：有/無使用電子海圖系統進行導航，已達到此檢定之顯著水準。

#### 四、 模擬操船驗證

##### 4.1 受測者

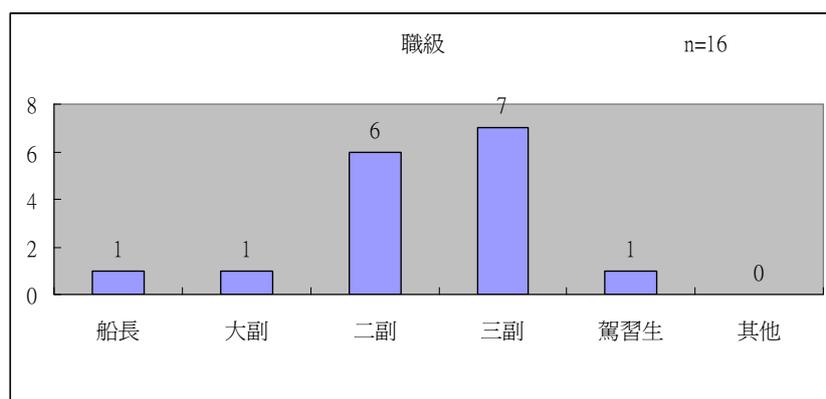
在三個月之模擬操船驗證，參與實驗之航行員皆為現役之商船船副(一等航行員及以上)，邀請對象以需要執行航行當班之船副為主，船長或(及)以上為輔。在全數二十名<sup>4</sup>之受測航行員中，有效樣本為十六位，其中女性船副占四位，有別於以往全由男性船副主導之駕駛台工作環境。依照受測者之海上資歷區分，多數船副為擁有一至五年(10名)之海上工作經歷(圖一)。



圖一、海上資歷分佈

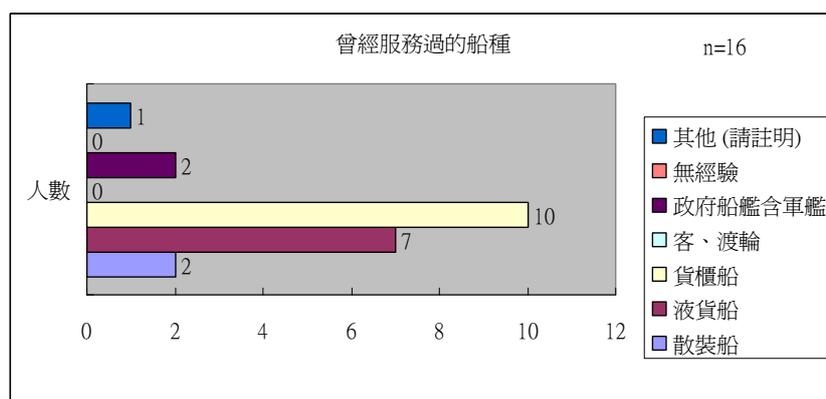
比對圖一與圖二，不難理解受測船副之職級多數為二副(六名)及三副(七名)職級，資深船副則有一名大副及一名船長，唯一之駕駛台實習生(一名)為海上年資低於一年(九個月)之見習三副。

<sup>4</sup> 在二十名船副中，有四位受測者未能完成模擬操作過程，不予列入驗證。



圖二、駕駛台職級

超過半數之受測者曾在貨櫃船(共 10 名)及液態貨品船(共 7 名)上服務過(圖三)，其餘曾有服務過之船種為政府船舶(含軍艦)、散裝貨輪及其他(VLCC)。



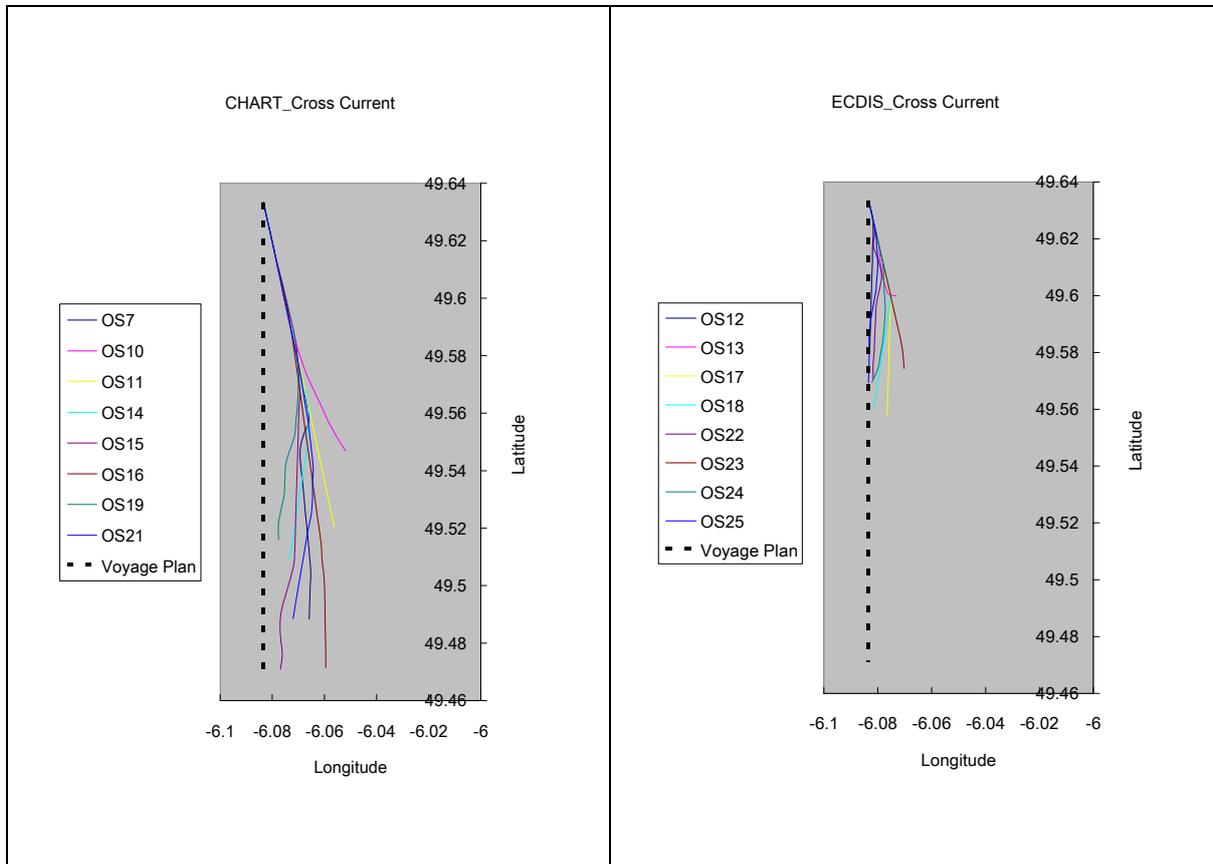
圖三、服務船型

#### 4.2 航跡紀錄

受限於操船模擬機船台之數量限制(兩部)，每次受測之航行員，最多為兩名(一部船台僅由一位船副單獨操作)。在設定橫流之海域，將觀察航行員對船舶發生偏航時所採取之措施。由於觀測焦點在船舶定位資訊攫取、外力(水流)影響程度以及海圖作業展現，兩組成員將以所分配到之定位方法/工具進行三十分鐘之模擬航船當值，當受測航行員察覺橫流現象並調整航向朝原航行計畫修正，即中止模擬。

圖四(紙海圖組)與圖五(電子海圖組)為不同組別所呈現之航行軌跡，兩圖中之虛線為腳本所要求之計畫航線(真航向 180°; 航行時間為三十分鐘)。論完成模擬腳本之時間，紙海圖組(見圖四)平均約花費 24 分 52.5 秒，電子海圖組(見圖五)平均為 11 分 52.5 秒，

紙海圖組較電子海圖組平均多花費 13 分鐘之航程才結束此模擬腳本，應用電子海圖即時定位顯示功能，在強勁橫流影響下，較能有效保持船舶在計畫航路上。



圖四、紙海圖組航跡分佈圖

圖五、電子海圖組航跡分佈圖

爲了進一步檢視電子海圖提供當值人員即時定位之功效，受測者對於偏航現象查察、理解到反應所需時間以量化之方式檢驗之。表一爲記錄兩組航行員在察覺本船偏航，爲依循航行計畫修正艏向之用舵時間。紙海圖組從起始點到用舵點平均需花費約十二分鐘(757.5 秒)，反觀電子海圖組則約爲四分鐘(255 秒)。由兩組成員之平均用舵時間，相差約八分鐘(502.5 秒)，使用電子海圖顯示即時船位之組別較僅能使用紙海圖定位之組別快察覺偏航狀況。

表一、用舵時間

紙海圖組	OS7	OS10	OS11	OS14	OS15	OS16	OS19	OS21	組別平均時間
時間(秒)	840	1260	1260	480	600	300	600	720	757.5
電子海圖組	OS12	OS13	OS17	OS18	OS22	OS23	OS24	OS25	組別平均時間
時間(秒)	60	180	360	360	120	600	240	120	255

由於兩組受測船副在察覺偏航之時間點有差異，因此船舶在與計畫航線產生之橫向距離也呈現正相關之差異性。表二為記錄每位船副本船最大之偏航距離，紙海圖組平均偏移 76.79 碼，最小偏移距離 41.46 碼(OS19)，最大偏移距離 203.47 碼(OS10)；電子海圖組平均偏移 21.36 碼，最小偏移距離 5.13 碼(OS12)，最大偏移距離 40.54 碼(OS23)。

表二、偏航距離

紙海圖組	OS7	OS10	OS11	OS14	OS15	OS16	OS19	OS21	組別平均偏移量
最大偏移距離(碼)	56.22	203.47	84.21	52.81	43.16	74.09	41.46	58.92	76.79
電子海圖組	OS12	OS13	OS17	OS18	OS22	OS23	OS24	OS25	組別平均偏移量
最大偏移距離(碼)	5.13	32.07	24.86	24.23	14.82	40.54	18.96	10.30	21.36

#### 4.3 顯著性

模擬程序之情境設定為船舶遭遇橫向水流導致偏航，海圖組與電子海圖組之差異在於所控制之變數為：可/否應用電子海圖系統。基本上，船副在獲悉船位不在航線上，一旦本船所偏移距離與原航線相差達一定程度時，才動舵修正艏向。表三將兩組 16 名船副在發生偏航時採取措施之時間點(見表一)，按快慢順序排列。

表三、用舵時間點/排序

編號	用舵時間點	排序	組別
OS 12	60 秒	1	電子海圖組
OS 22	120 秒	2	電子海圖組
OS 25	120 秒	2	電子海圖組
OS 13	180 秒	4	電子海圖組
OS 24	240 秒	5	電子海圖組
OS 16	300 秒	6	紙海圖組
OS 17	360 秒	7	電子海圖組
OS 18	360 秒	7	電子海圖組
OS 14	480 秒	9	紙海圖組
OS 15	600 秒	10	紙海圖組
OS 19	600 秒	10	紙海圖組
OS 23	600 秒	10	電子海圖組
OS 21	720 秒	13	紙海圖組
OS 07	840 秒	14	紙海圖組
OS 10	1260 秒	15	紙海圖組
OS 11	1260 秒	16	紙海圖組

在表三中所整理出的排序資料，賦予排階秩次。將每位船副所得之秩次，依其所屬組別分別記錄整理(表四)，得出紙海圖組秩和( $T_{紙海圖} = 95$ )與電子海圖組秩和( $T_{電子海圖} = 41$ )。依照 Wilcoxon 排序檢定(無母數檢定)針對獨立樣本(兩組人數各為八名;小樣本)所設下

之臨界值(95%信賴區間內)，分別得出上部臨界值  $T_U=87$ ；下部臨界值  $T_L=49$ 。經數值比對，紙海圖組秩和( $T_{紙海圖}=95$ )大於上部臨界值( $T_U=87$ )，電子海圖組秩和值( $T_{電子海圖}=41$ )也小於下部臨界值( $T_L=49$ )。按機率之概念，僅有不到 5%之機率兩個組之秩和會大於  $T_U=87$  小於  $T_L=49$ ，因此實驗控制之變數：可/否應用電子海圖系統對兩組受測船副造成顯著影響，電子海圖組明顯能快速查察船位偏航狀況(兩組中位數相差 450 秒)。

表四、用舵時間點/中位數/秩和

紙海圖組			電子海圖組		
編號	用舵時間	秩	編號	用舵時間	秩
OS 7	840 秒	14	OS 12	60 秒	1
OS 10	1260 秒	15.5	OS 13	180 秒	4
OS 11	1260 秒	15.5	OS 17	360 秒	7.5
OS 14	480 秒	9	OS 18	360 秒	7.5
OS 15	600 秒	11	OS 22	120 秒	2.5
OS 16	300 秒	6	OS 23	600 秒	11
OS 19	600 秒	11	OS 24	240 秒	5
OS 21	720 秒	13	OS 25	120 秒	2.5
中位數	660 秒	-	中位數	210 秒	-
秩和		95	秩和		41

水流資訊為正東流向、流速三節，當無任何俾舵改變時，本船將持續朝左舷偏移，20 分鐘之航程就會造成偏航 2000 碼(腳本最長模擬時間限制為半小時)。受測船副須掌握偏航程度，以朝船舶原計畫航線修正之，由量測航跡偏移量得出船副在開闊水域所能接受之偏航距離。表五顯示一面倒之顯著差異，電子海圖組全體受測者(與紙海圖組比較)偏航程度明顯輕微，在限定時間內有五名船副(OS12,OS18,OS22,OS24,OS25)完成任務，將本船駛回計畫航線上(見圖五)。兩組在航跡偏移量之明顯差距以量化數值呈現，中位數值相差達 35.975 碼。

表五、航跡偏移量/秩和

編號	紙海圖組	秩	編號	電子海圖組	秩
OS 7	56.22 碼	12	OS 12	5.13 碼	1
OS 10	203.47 碼	16	OS 13	32.07 碼	7
OS 11	84.21 碼	15	OS 17	24.86 碼	6
OS 14	52.81 碼	11	OS 18	24.23 碼	5
OS 15	43.16 碼	10	OS 22	14.82 碼	3
OS 16	74.09 碼	14	OS 23	40.54 碼	8
OS 19	41.46 碼	9	OS 24	18.96 碼	4
OS 21	58.92 碼	13	OS 25	10.30 碼	2
中位數	57.57 碼	-	中位數	21.595 碼	-
秩和		100	秩和		33

## 五、 衍生議題

### 5.1 資訊來源

在船舶大型化及人員精簡化之工作環境，為因應國際公約修正案對於駕駛台精確導航之要求，可藉操作電子海圖顯示系統，提升航行安全。目前一般先進電子航儀在船橋整合式航行資訊可以提供即時之(風)水流資訊，此功能與電子海圖在船位偏航之顯示應用類似，但仍須考慮獲得資訊之來源是否過於單一(Instone 2010)，例如單靠一套衛星定位系統所解算出之水流資訊，則需以另一獨立系統資訊輔助，以提高偏航資訊之可信度。

### 5.2 訓練因素

2010 年之馬尼拉公約修正案將對駕駛台裝配電子海圖設下相關規定及訓練要求，配有電子海圖之商船航行員必須取得合格之證照(Norris 2010)。電子海圖顯示系統由於不熟悉系統、不確實的操作或不標準的訓練，被指為與某些海事案例有直接或間接之關聯性(UK P&I Club 2012)，目前許多國家之港口國管制官員甚至已著手對來訪船舶做相關檢查，並將海圖作業列為例行之檢查項目。

以訓練而言，電子海圖系統使用手冊就不適合被用來做為系統熟悉訓練用(Gale 2009)，雖然目前之訓練對象以在配有此系統工作之船副為主，但因不同船型、不同廠商所提供之顯示系統都可能對新合約船之船副造成挑戰。

電子海圖存在船舶駕駛台已有一段時間，合格之電子海圖顯示系統卻是自今年才成爲正式之船用配備，要使所有船副接受標準之訓練，船上自訓無法滿足公約要求，各國之岸上船員訓練課程，應能提供合乎 IMO 規範之電子海圖訓練課程。

### 5.3 軟體更新

除了各國海道測量單位對該國水域圖資維護之差別迥異外，許多船公司還沒體認到導航儀器軟體更新問題<sup>5</sup>的嚴重性(Norris 2012)，系統上之更新及衝突需要在交到船上之末端使用者(end user)操作前，即能保證無誤差，這點有賴政府單位、航商及航儀廠商共同努力。

### 5.4 估計船位

船舶定位之精神在於以可用之最佳資料定出之船位。在無定位資訊、無航進定位資訊下應循推算船位(Dead Reckoning; DR)航行，由於估計船位(Estimated Position; EP)是由不完全或準確性不足之資料所定出之最可能船位，在航行定位之地位敬陪末座。理論上以兩次定位對照自第一次定位所推算之船位，可以解算船舶在兩次定位時間內所受到之外力影響程度(一般多指流、風、浪等效應)。將電子海圖系統之即時定位顯示，可以對區域之水流變化做一獨立之觀察，搭配解算後之外力資訊可以提供航行員在估計船位作業時所採用之航向、航速，甚至能適時修正偏航情況，將可使船隻在狹窄、水流複雜區域時，掌握船舶動向。

## 六、 總結

本文主要使用駕駛台模擬機，邀請到台灣籍遠洋商船船副(一等船副及以上)作爲主要之研究對象。藉由各船副單獨操作相同之模擬實境。所有船副被分作二組，一實驗組在模擬機內可獲取電子海圖系統之即時資訊，一對照組則全程無法獲得該系統之任何訊息。模擬機之驗證結果針對受測船副進行採取定位導航措施比對(反應時間及耗用時間)，經進一步之統計分析、檢定，證實兩組受測船副在導航之行爲上有明顯之差異，擁有電子海圖系統之船副群組在偏航情事產生時所花費之反航時間較紙海圖組明快、簡捷。

應用操船模擬機，突顯了在讀取電子海圖系統後，受測船副所反應之操船模式。本研究分析針對採取偏航程度量測並做統計檢定分析。雖然在採取措施之時間上不會因組別之不同而有差異，在進一步之實驗中卻發現，擁有電子海圖系統之組別花費較短之時間，即可回到原航行計畫之航線上。利用統計檢定發現，加諸於兩組間之變數：有/無

<sup>5</sup> 2010年12月IMO導則MSC.1/Circ.1389。

電子海圖系統，在針對偏航距離之影響，有顯著之差異性存在。換句話說，該變數拒絕了虛無假設( $H_0$ )：兩組母體並未因控制之變數而有差異。此控制之變數意謂實驗組船副，因為參考了電子海圖系統，率先對目標船之資訊做充分掌握：橫流效應，比另一組船副較快速且有效率地完成航向修正。該統計檢定之結果亦可驗證電子海圖系統加諸於現今駕駛台電子航儀之貢獻度，儼然成爲一資訊呈現及交換之平台。基於本文之發現總結：適當使用電子海圖系統，在協助航路監視上，將有正面之影響。

## 七、文獻

- Bowditch, N. (1995). The American Practical Navigator: An Epitome of Navigation. Maryland, National Imagery and Mapping Agency.
- Dytham, C. (2003). Choosing and using statistics: a biologist's guide. Oxford, Blackwell Science.
- Gale, H. (2009). From Paper Charts to ECDIS: a practical voyage plan. London, The Nautical Institute.
- Greene, J. and M. D'Oliveira (1982). Learning to use statistical tests in psychology: a student's guide. Philadelphia, Open University Press.
- Hsu, H. Z., T. Liao, et al. (2011). "The Impact of Manila Amendments to the STCW Convention on Navigation." Journal of Marine Technology **15**(no. 3): 56-66.
- IMO (2010). The Manila Amendments to the Seafarers' Training, Certification and Watchkeeping (STCW) Code. London, IMO: 1-346.
- Instone, M. (2010). "Advanced ECDIS." Seaways(December): 12-14.
- Keller, G. and B. Warrack (1997). Statistics for management and economics Belmont, Wadsworth.
- National Research Council (US) (1996). Simulated voyages: using simulation technology to train and license mariners. Washington, D.C., National Academy Press.
- Norris, A. (2010). ECDIS and Positioning: Integrated Bridge Systems Vol.2. London, The Nautical Institute.
- Norris, A. (2012). "The ECDIS Mindset." Seaways(January): 8-10.
- Redfern, A. (1993). Watchkeeper collision avoidance behaviour. Plymouth, Marine Directorate, Department of Transport.

UK P&I Club (2012). "ECDIS: Need to know." Seaways(February): 8-9.

Valentine, R. D. (1985). Marine Maneuvering Simulation. Marine Simulation, Munich, Springer-Verlag.