

# 基於電子海圖架構下之地理資訊系統天文定位

## Using GIS to Obtain Celestial Fix under the Framework of an ECDIS System

鄒明城 (Ming-Cheng Tsou)\*

### 摘要

**本**研究提出一個在電子海圖 (ECDIS) 架構下以地理資訊系統 (GIS) 功能為基礎的簡單天文定位方法，是用以解決天文定位問題的新思考方向，其原理是回歸到天文航海最基本的定位理論，以天體的位置圈 (COP) 進行作圖定位，藉由 GIS 對於地圖資料的測繪、處理與分析能力，直觀的以作圖的方式獲取天文定位。從使用者的觀點來看，解除在紙海圖上進行海圖作業定位時所受到的限制，也避免了傳統截距法的繁瑣與不精確，以及數值解析方法的複雜計算與難懂原理。這樣的定位操作方式既簡單、易明瞭且精確，可適用於雙天體、多天體以及高高度觀測等各種定位條件，可作為發展 ECDIS 天文定位模組的參考，進而提供大洋航行時衛星定位的檢核與備援，此外，亦可作為現代天文航海教學在 e 化上的參考。

**關鍵字：**電子海圖架構、天文航海、地理資訊系統、截距法

### Abstract

This study proposes a simple method for obtaining a celestial fix using a geographic information system (GIS) under the framework of an electronic chart display & information system (ECDIS). The underlying principle is dependent on the most fundamental theory in celestial navigation and the circle of position (COP)

\* 國立高雄海洋科技大學航運技術系副教授；聯絡地址：805 高雄市旗津區中洲三路 482 號；  
E-mail: mctsou@webmail.nkmu.edu.tw。

of the celestial bodies is plotted to find the fix. Through the spatial data processing, analysis, and visualization capabilities available in GIS, a celestial fix may be obtained directly from plotting on electronic navigation charts. This eliminates the limitations associated with finding the fix manually using a paper nautical chart, but also avoids the cumbersome work and inaccuracy of traditional intercept method (IM), or the complicated, and often obscured, computation involved in numerical methods. The proposed method is simple and accurate, and it applies to situations involving two or more celestial bodies and high-altitude observations. It provides a reference for the development of a celestial positioning module in an ECDIS system, as a backup and position check means for global positioning system (GPS) while ocean passage, and could also be integrated into an educational program on electronic celestial navigation.

**Keywords:** Electronic chart display & information system (ECDIS), Celestial navigation, Geographical information system, Intercept method

## 壹、前言

傳統天文定位一直是 IMO 所要求航海人員必須熟悉的定位技能之一，也仍是現今電子導航時代相當重要的定位備援措施。在港口國管制 (PSC) 機制的運作下，各港口國管制官員 (PSCO) 仍將天文航海的技术列為檢查項目之一。美國、中國等國甚至於 2009 年 STW 第 40 次會議上，提案反對將天文航海從適任列表中刪除，並強調對其資訊化的必要性 (郭禹，2009)。因此，IMO 在 2010 年所頒布關於 STCW 的新修正案中，不但持續重視天文航海的訓練，並且還鼓勵使用電子航海曆 (electronic nautical almanac) 和天文航

海計算軟體 (celestial navigation calculation software)，期望將傳統天文航海導引至電子天文航海的方向上。與此同時，該修正案中也強調 ECDIS 訓練的必要性，以因應 ECDIS 的加速普遍安裝。由此可見資訊化的浪潮正影響著航海技術的發展，在這趨勢下，ECDIS 正是典型的代表，它可以說是繼 GPS 後另一為航海技術帶來革命性影響的裝置，可以很容易的融合各種航行資訊，並且顯示在電子航海圖 (Electronic Navigation Chart - ENC) 上，是提供即時航行決策支援的重要平台。因此 IMO 在其 MSC Resolution 282 (86) 的決議上，已要求所有大於 500 總噸之商船，最遲必須於 2018 年以前完成 ECDIS 的安裝。由於現今 ECDIS 的定位方式主要

仍是以電子導航為主，IMO 在其 MSC Resolution 232(82)——有關 ECDIS 性能標準修正案中，特別增列 ECDIS 必須提供位置線 (LOP)、雷達及天文定位等定位選項，以便作為 GPS 定位之檢核或故障時的備援，ECDIS 與天文定位二者的結合將成為必然。目前天文定位已列為 ECDIS 的輔助定位選項之一，但一般 ECDIS 仍僅僅只是提供傳統的位置線作圖定位，並未將更為精確而快速的天文定位方法融入。有鑑於地理資訊處理的功能模組是 ECDIS 進行海圖展示與航行資料處理上非常重要的部分，它使得一些過去在紙海圖定位上所受到的限制，在現今 ECDIS 的地理資訊處理環境下已不復存在。因此，本研究以 ArcGIS 地理資訊系統軟體為實作說明，提出以 ECDIS 為平台，並以其地理資訊處理的功能模組為基礎，重新回歸到天文航海最基本的理論上，以天體位置圈作圖的方式來完成定位，藉由 GIS 特有的空間資料處理與分析能力來進行資訊化的天文定位海圖作業，完成傳統海圖作業定位所無法達成的任務。

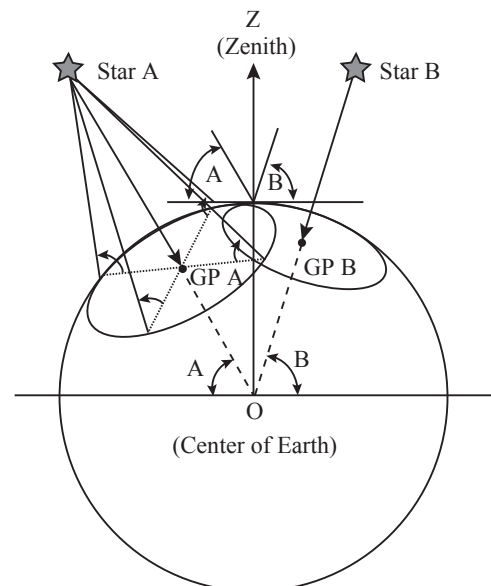
## 貳、現代天文航海定位之演進

天文航海的基本觀念是藉由觀測天體的高度，進而決定天體的位置圈，再由多個天體位置圈交點獲得船舶在某一特定時刻的船位。這樣的基本思路與原理一直以

來並未有所改變，而眾多的解決方法也都以此為基礎而發展出來。藉由適當的測天方法如截距法、高高度觀測或數值計算法等，可以直接以圖解、計算暨圖解或直接計算的方式來決定船位。其演進的過程與方法值得我們做進一步的省思與探討。

### 2.1 天體位置圈作圖定位的基本原理

根據地球與天球之間的關係來看，它們相當於是彼此間的投影，天體位置圈相當於天體在天球上天頂距圓弧在地球上的投影，而位置圈的圓心就相當於天體座標投影在地球上的地理位置 (GP)，位置圈半徑相當於天頂距換算成地球弧距的長度 (圖 1)。為了獲取天文定位，必須同時觀



資料來源：陳志立等人 (2003)。

圖 1 位置圈定位原理

測至少二顆以上的天體，然後產生至少二個以上的位置圈，藉由推算船位 (DR) 之判斷，取最接近推算船位之位置圈交叉點，即為本船的可能船位。由此觀之，天體位置圈定位法的原理其實相當簡單，與雷達導航的距離圈定位法相似，理論上只要具備足夠大的定位圖紙即可完成。

## 2.2 傳統位置圈作圖定位的不實用性

位置圈作圖定位的原理雖然簡單，但實際上難以實行，因為存在以下問題：

1. 位置圈半徑太大。在一般的觀測情況下，如果觀測高度 ( $H_o$ ) 等於 30 度，則天頂距為 60 度，因此位置圈半徑將達到 3600 海浬。假設為達到起碼的精度，我們以 1 mm 代表一海浬，則該海圖必須達 7 M<sup>2</sup> 大小以上，才足以表達這個位置圈，況且天體地理位置也不一

定剛好在圖的正中央，因此所需的海圖將更大。

2. 位置圈在麥氏海圖上由於緯度漸長的原因，在高緯度已不再是圓，而是比較複雜的曲線，且緯度越高變形越大 (如圖 2)。在麥氏海圖上，位置圈的投影曲線隨著天頂距與極距的不同而有三種情況 (郭禹，1999)：

- 當天頂距小於極距時，其投影曲線如圖 3 中的 I。
- 當天頂距等於極距時，其投影曲線如圖 3 中的 II。
- 當天頂距大於極距時，其投影曲線如圖 3 中的 III。

因此若要以一般作圖法的方式將位置圈曲線直接繪出，幾乎是難以實現，只能適用於低緯度地區且位置圈半徑小於 120 海浬時 (如圖 2)。

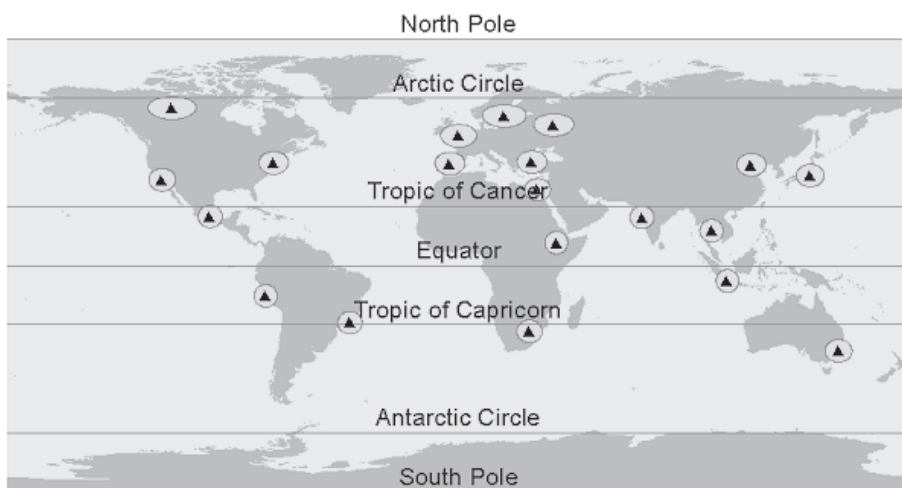
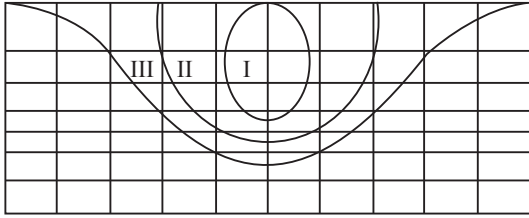


圖 2 相同位置圈直徑在不同緯度上的投影曲線



資料來源：郭禹 (1999)。

圖 3 位置圈投影曲線與天頂距及極距之關係

3. 如果可以採用地球儀直接定位，雖然沒有緯度漸長的問題，但要達到以 1 mm 代表 1 海浬的精度，地球儀的直徑將達到 7 M 以上，在海圖室內放置一個這樣大的地球儀是難以想像的。

有鑑於以上這些原因，位置圈作圖定位法一般僅限用於天體高度大於 87 度時的高高度觀測定位。但這樣的情境在實際的航海經驗中是很少發生的，因此其理論意義大於實際應用價值。

## 2.3 現行以天體位置線定位的截距法

由於位置圈作圖定位法在實際應用上的限制，1875 年法國海軍中校 Marcq de St.- Hilaire 提出了以假設位置 (AP) 為計算基準的截距法，該方法構成了一百多年來天文航海的基本理論。截距法在理論上做了兩項基本假設：一為觀測船位和假設位置對天體的地理位置的方位是相同，另一則為當天頂距夠大時 (位置圈半徑夠大)，可以用無數的位置線來逼近位置圈，當有

了數個天體位置線後就可以在海圖上作圖進行交叉定位。

截距法雖然廣為使用，但受限於其理論基礎以及定位方式，其船位的準確性仍受到下列因素的影響：

1. 假設位置的遠近對所求得船位之準確性影響很大，特別是天體在東西方向時將產生較大的誤差，因此假設位置和真實船位間之距離不應超過 30 海浬。
2. 當所觀測之天體高度超過 70 度，或在高緯度海域航行時，在麥氏海圖上以位置線取代位置圈時，所產生的曲率誤差將會增大。
3. 整個作業包含了觀測、計算、繪圖三個步驟，即便是一般航海專業人員，完成一次天文定位亦需耗時近 20 分鐘左右，而現代遠洋船舶航速快，其滯後的定位精度難以保證船舶航行安全，更無法實現即時定位的要求。

## 2.4 數值計算法

隨著資訊技術在航海領域的應用，天文定位也開始以電腦程式進行解算，可直接獲得精確的船位。Dewit (1974) 與 Van Allen (1981) 對於傳統截距法所用到的位置線定位進行了電腦化版本的改寫。其他的數值計算定位方式如球面三角法、向量矩陣法以及其他數值解析方法，則是直接將天文定位理論進程式化的解算。相關文獻包含了針對雙天體定位進

行數值解析的研究 (陳志立等人, 2003; Chiesa and Chiesa, 1990; Spencer, 1990; Gibson, 1994; Hsu et al., 2005; Vulfovich and Fogilev, 2010), 以及以最小平方法來處理多天體的定位 (Serverance, 1989; Metcalf and Metcalf, 1991; Wu, 1991)。在電腦化計算的過程中, 因為無須再藉助傳統的繪圖作業及查表計算, 定位更為準確且迅速。因此, 在查得準確的天體格林時角 (GHA) 和赤緯 (Dec) 及計算準確的條件下, 天體定位的精度主要取決於天體觀測高度 (Ho) 的準確度。然而, 數值計算法的計算過程比較複雜難懂, 且未能與 ECDIS 的圖形充分整合, 因此在使用上較不直觀。

## 2.5 位置圈作圖定位的重新思考

如果我們有夠大的海圖或地球儀, 天文定位將變得有如在地文航海中量測岸標的方位 / 距離直接進行作圖定位般的直觀與簡單, 不需要複雜的計算。隨著 ECDIS 的開始全面普及安裝後, 電子航海圖已與紙質海圖具有同等的法律效力。因此如何在 ECDIS 上使用電子定位系統以外的方式進行定位, 也是航海人員必須熟練的技能。由於 ECDIS 對於地圖的數位化儲存與處理方式, 使得過去某些存在於紙海圖定位上的限制一一被克服。在 ECDIS 的向量資料顯示模式下, 理論上只要電腦的記憶體夠大, 我們可以載入全世界的地

圖, 可以任意的對地圖進行縮放, 而且不同區域間的海圖可以完全準確的接合, 就像一張超大的海圖, 因此可以說已經完全沒有地圖大小的限制。對位置圈作圖定位來說, 甚至只需要一幅小比例尺的全世界總圖或涵蓋全世界範圍的電子定位圖 (electronic plotting sheet) 即可, 於完成定位後再套疊於相對應較精確的大比例尺海圖上, 完全無損於定位的精確度。此外, 在以地理資訊處理功能模組為核心的 ECDIS 平台中, 大地基準 (geodetic datum) 與投影方式可以任意進行變換, 因此可以輕易的繪出傳統海圖作業難以繪出的位置圈投影曲線。未來, 資訊化海圖作業的能力勢必將與紙圖海圖作業的能力同等重要。下一節我們將就本研究中 GIS 在位置圈作圖定位上之應用與實作進行說明。

## 參、以地理資訊系統進行天文定位

### 3.1 GIS 的概念

人們的生產和生活百分之八十以上的資訊和地理空間位置有關 (Zhou, 2010)。GIS 是獲取、整理、分析和空間資料的重要工具、技術和學科。近年來得到了廣泛關注和迅速發展。GIS 能對空間資料 (spatial data) 和屬性資料 (attribute data) 進行統一的儲存與管理, 其資料結構主要包

含有向量資料和網格式資料。它具有空間資料與屬性資料間的雙向查詢檢索、統計分析和列表製圖等功能，並且具有很強的圖形功能，可以按照指定的範圍進行綜合的空間資料分布展示；另外，還可提供空間資料的多準則分析與評價、預測預報、最佳化模擬等功能，已廣泛的應用於各個領域。其中，交通地理資訊系統 (GIS-T) 是 GIS 技術在交通領域的延伸，是 GIS 與多種交通資訊分析和處理技術的整合。而海洋地理資訊系統 (MGIS) 則是 GIS 在海洋環境與海洋資源管理上的重要延伸應用。此二者各自有其專業的研究領域與技術群體，若能將此二專業領域加以整合成全新的海上交通地理資訊系統 (Marine Traffic GIS - MTGIS)，將可被廣泛的應用於海上交通領域以及海洋測繪領域，而 ECDIS 可以被看成是這樣的代表。

### 3.2 GIS 與航行資訊系統之結合

我們以圖 4 來說明一個航行資訊系統 (Navigation Information System - NIS) 之架構，ECDIS 作為航行資訊系統的核心部分，包含空間資料處理 (GIS) 與屬性資料的管理 (Management Information System - MIS)，提供一個所有航行資訊匯整以及航行決策支援的平台，其中有關電子航海圖資料的顯示及其資料與其他航行資訊的綜合處理分析，則有賴以海上交通地理資訊模組來執行。一些在航路規劃 (如安全等深線的檢查、關鍵區域的檢查) 與船位監

控 (如偏航預警、轉向點提醒、錨泊警戒等) 上常見的功能，大多來自於海上交通地理資訊模組中的空間處理功能。海上交通地理資訊模組在航行資訊系統中的地位可以說是居於最核心的關鍵角色。因此，一個整合型的海上交通地理資訊系統可看作是一個航行資訊系統。但從圖 4 中也可看出，目前 ECDIS 僅使用到 GIS 極小一部分的功能而已，未來如欲使航行資訊系統更具智慧，則需要擴增海上交通地理資訊模組的功能。

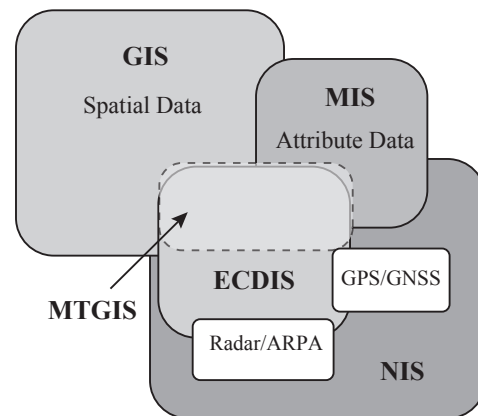


圖 4 整合型航行資訊系統架構圖

### 3.3 GIS 在天文定位上之實踐

本研究以 ESRI 公司出品的 GIS 軟體 (ArcGIS 9.3 版本) 作為實踐的示範工具，該軟體包含了完整的 GIS 功能，並且在各種地理資訊研究中獲得了廣大的應用。所需的資料除一般天文觀測資料外，無須準備額外的資料。所使用之 GIS 功能也均為一般 GIS 軟體所應具備的基本功能。

### 3.3.1 輸入資料

為了能將天體位置圈由 ECDIS 中繪出，所需的輸入資料為定位地圖、每個天體的格林時角 (GHA)、赤緯 (Dec)、天體觀測高度 (Ho) 以及本船的推算船位 (DR)。定位地圖可以是小比例尺的全世界總圖或涵蓋全世界範圍的電子定位圖，完成定位後可以將結果套疊至較大比例尺的電子航海圖上。赤緯直接對應至天體地理位置的緯度 (如公式 1)，GHA 須經轉換後對應至天體地理位置的經度 (如公式 2)。Ho 經變換為天頂距 (90 - Ho) 之後，再轉換為天體的位置圈半徑 (單位為海浬)。DR 位置則用以協助判斷船位的所在。

$$L = Dec \quad (1)$$

$$\lambda = \begin{cases} GHA, & GHA < 180^\circ \text{ West} \\ 360 - GHA, & GHA > 180^\circ \text{ East} \end{cases} \quad (2)$$

### 3.3.2 主要之 GIS 功能與執行步驟

為使執行過程更加自動化，避免繁瑣的執行細節，本研究以 ArcGIS 軟體中的 Model Builder 模組作為執行流程的說明 (圖 5)，在此流程中標示了所需的相關 GIS 指令與資料，但如欲獲得更大的執行彈性，則可以透過 GIS 內建的巨集或客製化程式將相關指令與執行流程整合，建立具使用者操作介面的天文定位模組。以下就所使用的主要內建 GIS 設定與指令進行說明。

1. 大地基準的設定：地圖繪製的首要步驟為大地基準的確立。對於 ECDIS 而言，由於它所依據的大地基準為 WGS84，該模型假設地球為一個長軸半徑 6378137 公尺、短軸半徑 6356752.3 公尺的橢球體。但是對於天文航海定位

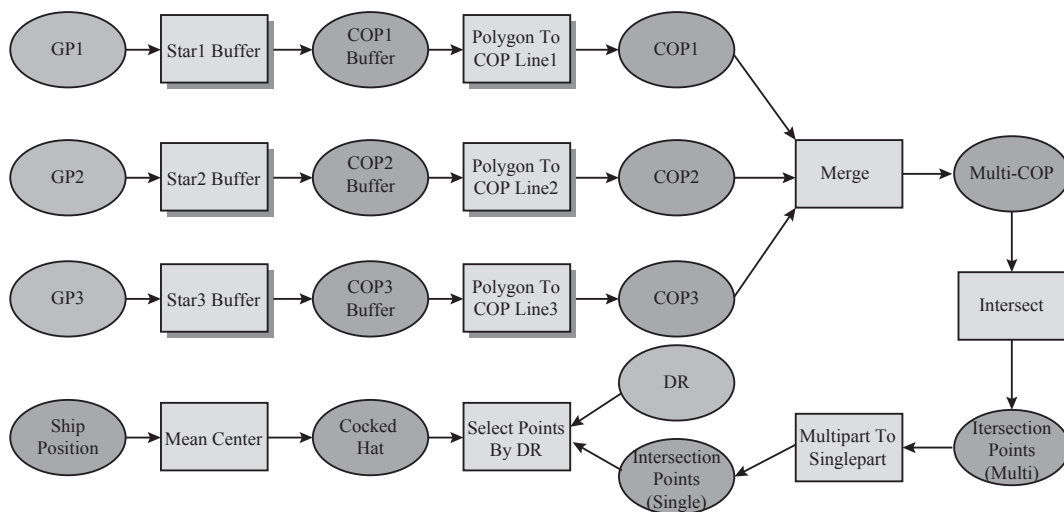


圖 5 GIS 多天體天文定位之執行流程



而言，天球與地球二者均被視為是一完美的球體 (perfect sphere)，二者間的座標關係可以視為是彼此間的互相投影。因此在天文定位上，以 ECDIS 的大地基準 (WGS84) 所繪出的位置圈與使用完美球體為大地基準所繪出的位置圈將略有不同，無法直接應用在天文定位上。所以首先必須進行大地基準的調整，本研究以一般所公認的地球平均半徑約 6371000 公尺作為地球完美球體的大地基準，接下來的距離度量運算便以此為基準。

2. **緩衝區 (Buffer) 運算**：它是根據所欲分析的地理實體 (可以是點、線、面實體)，自動建立它們周圍一定距離的帶狀區域，用以識別這些實體對鄰近實體的服務範圍或影響程度。該功能非常廣泛的使用在 ECDIS 的航路規劃以及船位監控功能中 (如偏航極限的設定、接近轉向點、接近危險目標、錨泊警戒圈等)。本研究提出以 GIS 的 buffer 分析來建立天體的位置圈，它的圓心為天體的地理位置，半徑則為天體的天頂距所對應至地球面上的弧距長度。在 GIS 環境中，藉由適當的投影與大地基準設定，可以指定以各種不同單位的距離來作為 buffer 分析的半徑。過去在麥氏海圖於高緯度地區或大範圍區域難以繪製位置圈的限制，如今在 GIS 環境下已可輕易達成。
3. **交集 (Intersect) 運算**：它的功能在於找

出空間實體間彼此的交點。在位置圈建立後，不同位置圈間彼此在交集運算後所產生的交點，即為可能船位的所在。

4. **空間查詢 (Spatial Query)**：它的功能是在給定一個點或一個幾何圖形後，用以找出在該幾何圖形範圍內的空間實體以及相對應的屬性資料。而所用到的空間查詢運算子包含有 Equal, Disjoint, Intersect, Touch, Cross, Within, Contains, Overlap 等。由於位置圈間在進行交集處理後，所產生的交點可能不只一個，因此需要藉助 DR 位置做更進一步的判斷，因此本研究以空間查詢的功能搜尋靠近 DR 位置附近的位置圈交點來確定船位，將查詢運算子設為 “within a distance” (搜尋在半徑 n 海浬內的目標)，至於搜尋半徑則為自定，一般來說搜尋半徑設定在 60 海浬內已經足夠。雙天體天文定位在經過此一運算後即可獲得單一點，該點即為船舶的天文定位。若是多天體天文定位，則須再進行下一步驟的運算。
5. **平均中心點 (Mean Center) 運算**：對於沿著面狀分布的離散點，其分布中心是一個重要的參數，可以概略的表示分布總體的位置。多天體定位時，在經過空間查詢後，會得到一組在 DR 船位附近的位置圈交點。一般在紙圖定位上，我們會以該交點群的幾何中心作為所求的船位，因此，本研究仿照這樣的方式透過 mean center 的功能來找出這個點群

體的幾何中心位置，以該位置作為最可能的船位 (most probable position)(如圖 6)。若將此功能對應至海圖作業上，則相當於由位置三角形 (cocked hat) 中找出船位。

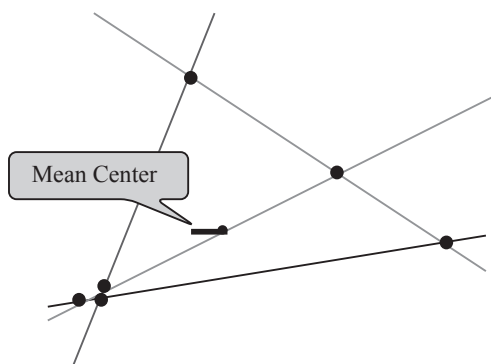


圖 6 求取平均中心點，相當於由位置三角形 (Cocked Hat) 求船位

## 肆、結果驗證

用以驗證的資料包含有雙天體、多天

體以及高高度觀測的資料，並且選用三個發表於相關文獻上重要的天文航海定位方法進行比較。這幾個方法各具代表性，包含有 GIS 位置圈作圖定位法、傳統的截距法作圖定位、Dewit (1974) 所發表並且刊載於航海曆中之程式化截距法及 Metcalf and Metcalf (1991) 之數值計算法。

### 4.1 雙天體定位

本案例之資料來自 Hsu et al. (2005)，僅包含雙天體的觀測資料。相關觀測資料如表 1，實驗結果如表 2，定位展示如圖 7。

從表 1 中可以發現，觀測資料中的 Alkaid 星之高度高達  $77^{\circ} 34.9'$ ，已大於截距法的高度上限  $70^{\circ}$ 。在 Hsu et al. (2005) 所做的實驗中發現，在高高度觀測時，使用截距法所產生之位置線會因為曲率誤差的產生而有所偏移，造成定位不準確。這

表 1 雙天體定位觀測資料

天體	ZT	Ho	GHA	Dec
Capella	20-03-58	$15^{\circ} 19.3'$	$131^{\circ} 24.8'$	$45^{\circ} 58.4' N$
Alkaid	20-02-56	$77^{\circ} 34.9'$	$003^{\circ} 14.2'$	$49^{\circ} 25.7' N$

資料來源：Hsu et al. (2005)。

表 2 雙天體定位結果比較

DR : L = $41^{\circ} N$ , $\lambda = 017^{\circ} W$		
方法	L	$\lambda$
截距法	$41^{\circ} 38.6' N$	$017^{\circ} 08.1' W$
Dewit	$41^{\circ} 39.1' N$	$017^{\circ} 07.3' W$
Metcalf	$41^{\circ} 39.1' N$	$017^{\circ} 07.3' W$
GIS 位置圈	$41^{\circ} 39.1' N$	$017^{\circ} 07.3' W$

點可以由圖 7 中看出，Alkaid 因高度較高，故位置圈較小，且在麥氏海圖上並非是一個純圓，因此會有曲率誤差的產生。圖 7 中位置圈共產生二個交點，其中靠近 DR 船位者，即為天文定位。再從表 2 的比較結果中可發現，除了傳統截距法外，GIS 位置圈所得結果與其他數值計算法相同，並未受到觀測高度或緯度的限制。

## 4.2 多天體定位

本案例之資料來自周和平 (1998)，使用了四個天體進行測試，相關觀測資料如表 3，為多天體定位的問題，並且加入了航進定位之位置修正，執行結果如圖 8 所示，位置圈擴展至全世界，但藉由 DR 位置的篩選，可將靠近 DR 處的位置圈交點

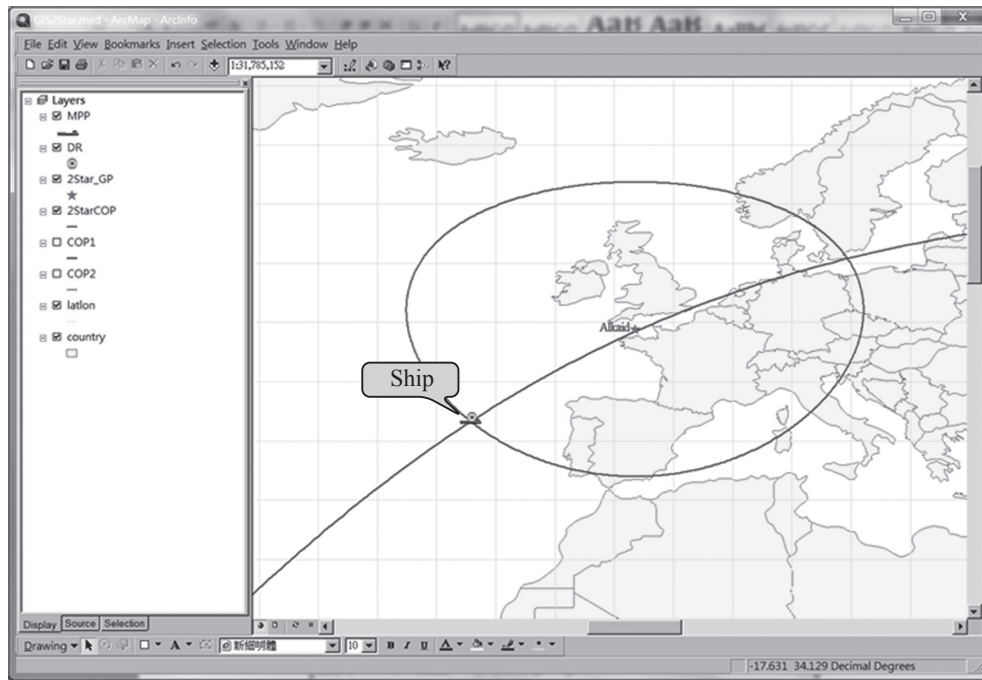


圖 7 雙天體定位結果

表 3 多天體觀測資料

航向：220° 航速：18 kts				
天體	ZT (1993/9/13)	Ho	GHA	Dec
Altair	18-00-00	37° 53.0'	325° 06.6'	08° 51.4' N
Fomalhaut	18-04-00	27° 54.0'	279° 24.2'	29° 39.1' S
Achernar	18-08-00	17° 46.5'	240° 21.7'	57° 15.8' S
Rasalhague	18-12-00	41° 35.5'	002° 04.8'	12° 34.1' N

資料來源：周和平 (1998)。

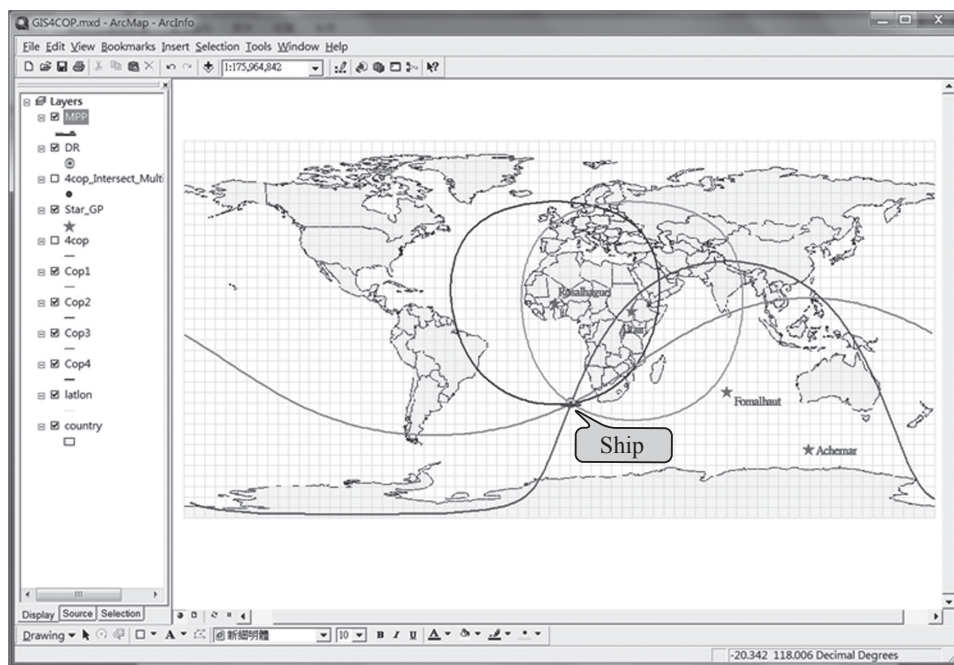


圖 8 多天體定位結果

群找出，再求取此交點群之間的幾何中心，即為天文定位（圖 9），這樣的定位方式在傳統麥氏海圖上是不可能達成的。實驗結果顯示（表 4），除截距法可能因繪圖上的誤差而造成船位略有不同外，本研究所得的船位與數值計算法所獲得的船位甚為接近，其差異在於 mean center 運算時所帶來的些微差距。

### 4.3 高高度觀測定位

本案例資料來自郭禹（1999），於太陽中天前後對太陽進行三次的高高度觀測。由於太陽於低緯度區域中天時刻前後十幾分鐘內時，太陽高度可以達到 88 度以上，此時由於位置圈的曲率問題，已不再

適合使用截距法，必須改用高高度繪圖法或以數值計算法直接求出船位。有關太陽高度觀測資料如表 5，實驗結果如表 6 與圖 10。從圖 10 中可以看到，由於天體高度非常高，在麥氏海圖上位置圈相當於純圓，因此可以傳統海圖作業方式進行繪製。但本研究之結果與數值計算法相近，明顯優於位置圈手工繪圖法。

## 伍、結論

有鑑於 GIS 在海上交通領域上的應用潛力，且目前 ECDIS 仍只用到一小部分的 GIS 功能，如欲使 ECDIS 能夠更具

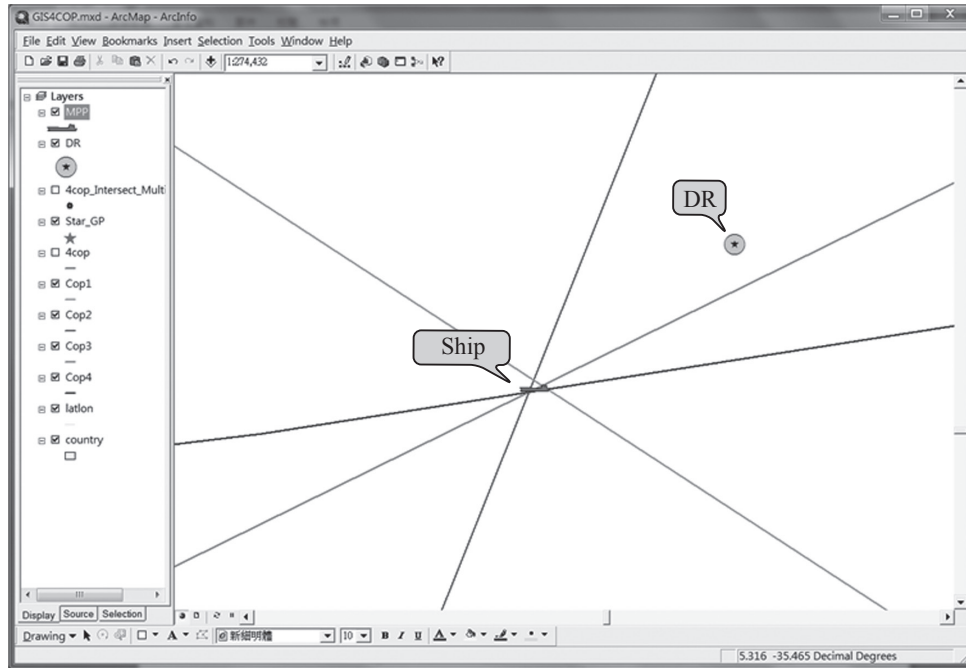


圖 9 多天體定位與其位置三角形 (cocked hat)

表 4 多天體定位結果比較

DR : L = 35° S, λ = 005° E		
方法	L	λ
截距法	35° 19.0' S	005° 26.5' E
Dewit	35° 18.6' S	005° 27.0' E
Metcalf	35° 18.6' S	005° 27.0' E
GIS 位置圈	35° 18.5' S	005° 27.1' E

智慧的支援航行決策，以促進航行安全，則有需要擴增地理資訊處理模組在 ECDIS 中的功能。本研究根據天體位置圈定位的原理，提出直接以 GIS 功能來進行天文定位，可適用於雙天體、多天體以及高高度觀測等各種條件。實驗證明，從使用者的觀點來看，除可免去傳統作法中繁瑣而複雜的計算與繪圖過程外，也較其他數值解

析定位方法簡單，並且可與 ECDIS 完全整合，直觀的展現定位結果，有助於提升天文航海的使用意願。此外，目前 ECDIS 中也缺乏對於天文定位的完整支援，有必要進一步整合電子航海曆，新增天文定位的功能，成為 ECDIS 輔助定位系統的新選項，用以在大洋航行時當作 GPS 定位的檢核與備援。本研究所提出之架構雖然

表 5 高高度觀測資料

航向 : 290° 航速 : 15 kts				
天體	ZT (1996/9/8)	Ho	GHA	Dec
Sun	11-56-13	89° 19.4'	269° 38.9'	05° 34.6' N
Sun	11-58-19	89° 36.2'	270° 10.5'	05° 34.5' N
Sun	12-00-41	89° 19.2'	270° 46.0'	05° 34.5' N

資料來源：郭禹 (1999)。

表 6 天體高高度觀測定位結果比較

DR : L = 06° N, λ = 090° E		
方法	L	λ
手工繪圖法	05° 59.0' N	089° 47.8' E
Dewit	05° 58.1' N	089° 47.6' W
Metcalf	05° 58.1' N	089° 47.6' W
GIS 位置圈	05° 58.0' N	089° 47.6' W

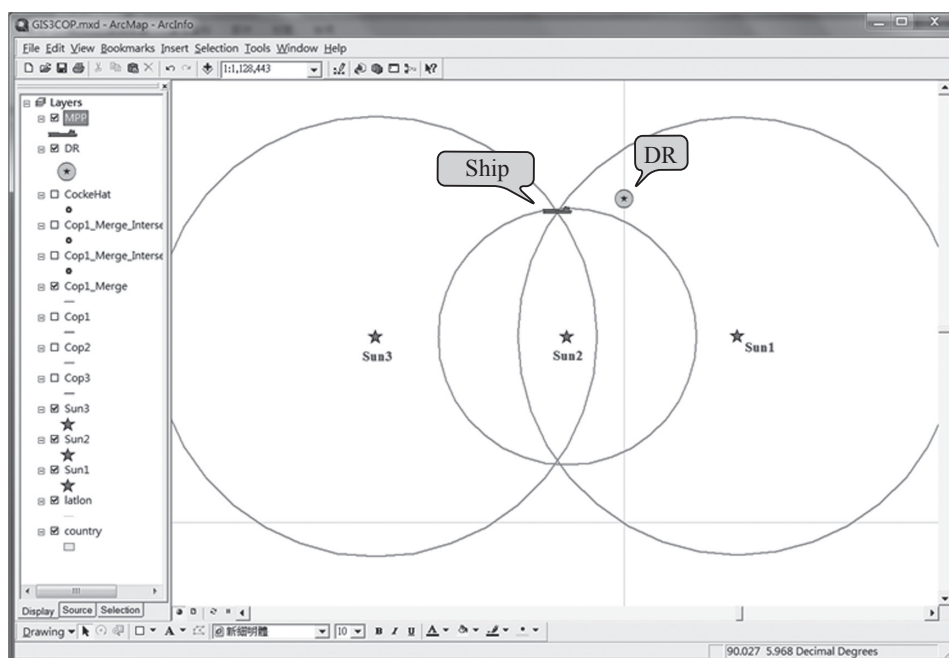


圖 10 天體高高度觀測定位

理論是舊的，但解決天文定位的思考方向卻是不同於傳統，這樣的方式非常適合未來在發展 ECDIS 天文定位模組時的參考。此外，本研究非常直觀的繪圖定位過程，既簡單、迅速且精確，亦可融入於現代電子天文航海的教學上。

### 參考文獻

周和平，1998，天文航海學，周氏兄弟出版社，臺北市。

郭禹，1999，航海學，大連海事大學出版社，中國大連市。

郭禹，2009，航海學，大連海事大學出版社，中國大連市。

陳志立、張建仁、許添本，2003，求解天文位置線不用截距的新計算方法，海運研究學刊，第 15 期，77-93。

Chiesa, A. and Chiesa, R., 1990. A mathematical method of obtaining an astronomical vessel position. *The Journal of Navigation*, 43, 125-129.

Dewit, C., 1974. Optimal estimation of a multi-star fix. *Navigation: Journal of the Institute of Navigation*, 21(4), 320-325.

Gibson, K., 1994. On the two-body running fix. *The Journal of Navigation*, 47, 103-107.

Hsu, T.P., Chen, C.L. and Chang, J.R., 2005. New computation methods for solving problems of the astronomical vessel position.

*The Journal of Navigation*, 58, 315-335.

Metcalf, T.R. and Metcalf, F.T., 1991. On the overdetermined celestial fix. *Navigation: Journal of the Institute of Navigation*, 38(1), 79-89.

Severance, R.W., 1989. Overdetermined celestial fix by iteration. *Navigation: Journal of the Institute of Navigation*, 36(4), 373-378.

Spencer, B., 1990. Astronomical fixes without an assumed position. *The Journal of Navigation*, 43, 449-451.

Van Allen, J.A., 1981. An analytical solution of the two star sight problem of celestial navigation. *Navigation: Journal of the Institute of Navigation*, 28(1), 40-43.

Vulfovich, B. and Fogilev, V., 2010. New ideas for celestial navigation in the third millennium. *The Journal of Navigation*, 63, 373-378.

Wu, G., 1991. An optimal estimating method for celestial navigation. *The Journal of Navigation*, 44, 266-269.

Zhou, C., 2010. Ship classified display of GIS-based AIS vessel monitoring system (In Chinese). *Computer Knowledge and Technology*, 6(6), 1516-1518.

