

鄭和航海圖中的針路： 一個 GIS 與 Google Earth 的應用

鄧志松*，賴進義**

摘要

本研究利用自行開發的 GIS 軟體 excel2earth，配合文字探勘技巧，重新整理鄭和航海圖中的針路。作者結合現代經緯度的概念，校正每段針路，將其投影在 Google earth 衛星影像圖中。使用者可以從地圖中，動態觀察每段針路行經的路線，以及沿線所見的山、川、島、礁、城鎮等景物，同時，與原始的針路文獻，及古地圖相互對照，比對其間的差異。研究旨在以現代資訊科技，重新整理古代文獻，考察其正確性，校訂誤差，除了瞭解古代航海技術的成就外，重新賦予歷史研究的新風貌。

鄭和是明初偉大的航海家，曾率領龐大艦隊，七下西洋，可惜，古史對其記載不多，且多係負面，其航海事蹟，檔案文件已毀，世人難窺全貌。茅元儀編纂的《武備志》，附有令人驚艷的航海圖多幅，一般相信，這是鄭和第六次出洋(1422)時的參考用圖，回來後有些增補。這些「航海圖」與我們現在理解的航海圖，極為不同。它是由一連串文字與抽象的山水描繪構成，不易識讀。為推廣鄭和研究，作者乃以科學方法重新整理航海圖中記載的航線，將其歸納成四十一條，從長江口出洋南行、穿越南中國海、過麻六甲海峽、繞過錫蘭、孟加拉，抵印度西岸，再到阿拉伯、東非。研究成果公佈在台灣鄭和學會專屬的網站中，期能讓世人對鄭和的航海壯舉有更深一層的認識。

關鍵字：地理資訊系統 (GIS)，Google Earth, 鄭和航海圖, 武備志

* 國立臺灣大學國家發展研究所副教授。

** 臺灣鄭和學會前會長。

Malaga in Zheng He's Navigation Map: An Application of GIS and Social Net Work Analysis

Chih-sung Teng
Jeff, Chin Yi Lai

This study redraws the Zheng He's Map with modern GIS techniques. The original Zheng He Map adopted the traditional Chinese landscape painting methods, that is, plotting from the perspective of the shipper, showing the starting point of the route, the direction of travel, the distance of navigation, and the scenes observed along the way, rocks, mountains, reefs, ports, Towns, etc. All these shipping guidelines were recorded in a special grammar (named needle) written in a long scroll. In addition to the needle, the map was supplemented by lots of icons which represent the landscape along the shipping routes. Basically it is a practical navigation guide for shipping.

This study sorts out all the routes of Zheng He's Navigation Map, based on Zhu Jianqiu's (朱鑾秋) wonderful work, "New Zheng He Navigation Atlas" 《新編鄭和航海圖集》. We have got a total of 41 routes, which could be demonstrated on the google earth platform with modern latitude and longitude. The original needle texts, the corresponding routes, and the nearby scenery are shown together, for the purpose of comparison, which is useful for us to correct errors and to understand each route in much more details.

Zheng He's Navigation Map, known as Mao Kun Map, was compiled and published by Mao Yuanyi (茅元儀), while examining the old collections of official documents. The original materials he used should be dated 200 years earlier. In 1422 Zheng He plotted this map, preparing for his sixth voyage, and there were some corrections after he returned. Since the archives of Zheng He had been destroyed, this map gives us a whole picture of Zheng He's ocean expedition, and the importance is self-evident.

Keywords: Geographic Information System (GIS), Google Earth, Mao Kun Map, Zheng He Navigation Map, Wu Pei Chi

前言

鄭和(1371-1433)活躍於中國明朝永樂年間，獲成祖信任，曾助其「靖難」奪得政權，後奉命率領龐大艦隊七度遠洋航行，1405 年到 1433 年間，遠航至印度洋、阿拉伯、東非，訪問了三十多個西太平洋和印度洋沿岸國家和地區。鄭和航行的目的表面的原因有：尋找失蹤的惠帝、安撫東南亞諸邦，「宣德化而柔遠人」，然也可能是與海外印度諸國聯繫，以便腹背夾擊帖木兒帝國。(蕭弘德：2006；朱鑿秋：1994, 1988)，鄭和下西洋，每次都動員隨船人員超過二萬五千人，其規模之大，航程之遠，都令人驚嘆。

西方的航海探險始於十五世紀末，足足落後鄭和達半個多世紀之久。中世紀晚期，歐洲探險隊曾跨過歐亞大陸，前往亞洲。歐洲到中亞的商路為義大利城邦的商人控制，馬可·波羅是其中最著名的一位。¹ 隨著蒙古帝國的崩潰，經由陸路到東方變得風險極高。1421 年奧斯曼土耳其帝國圍攻拜占庭，終於切斷了通往中國的陸路通道。

陸路不通，只能走海路。最早從事海路探險的是葡萄牙人。1487 年迪亞士(Bartolomeu Dias, 1451-1500) 帶領船隊航行至非洲大陸南端，發現好望角，為葡萄牙開闢通往東方的新航線。西班牙接著葡萄牙，開啟海上霸業，1492 年，哥倫布(Cristoforo Colombo, 1451-1506) 出航，希望找到向西航行至印度洋的路線，以替代葡萄牙人的好望角航線。哥倫布沒有抵達亞洲，卻意外地發現美洲新大陸。1498 年，葡萄牙人達迦馬(Vasco da Gama, 1460-1524) 繞過好望角，由西向東，經印度洋到達印度西海岸的古里(Calicut)，是第一位從歐洲航海到印度的人。鄭和 1405 年由東至西也到達古里，抵達同一目的地，鄭和早了近百年。此時，麻六甲以東、東印度群島、印度支那半島(中南半島)、中國和日本這個商圈的貿易，仍是華人的天下。1497 年受英格蘭也加入海上探險行列，卡博托(Giovanni Caboto) 發現了北美洲，登陸地點當在紐芬蘭島附近。1519-1521 年西班牙贊助的麥哲倫(Fernando de Magallanes; 1480-1521)，由東往西，繞過美洲南端(後稱為麥哲倫海峽)，穿越太平洋，首次完成環航地球壯舉。² 不過，這已是鄭和之後一百年的事了。

鄭和的遠洋航行，遠較西方為早，航隊的規模、航程更是西方望塵莫及。可惜，中國對鄭和的認識不多，且多係負面，其航海事蹟，檔案遭銷毀，世人難窺全貌。國人重新發現鄭和，首推梁啟超在《新民叢報》發表的《祖國大航海家鄭和傳》(1905)。他讚揚鄭和是「有史以來，最光焰之時代」、「嘆我大國民之氣魄，詢非他族所能幾也」。明顯地，他是針對西方海權擴張，要以鄭和創造的海上功績，激勵國人，重振海權。

西方人對鄭和的發現，更早於梁啟超。1885 年英國學者喬治·菲立浦(George Philips) 在所著論文《印度和錫蘭的海港》中，首次將「鄭和航海圖」複製，考證了其中一百多個地名。鄭和航海圖是刊印在《武備志》中的附圖，原本題為《自寶船廠開船從龍江關出水直抵外國諸番圖》，後人簡稱為《鄭和航海

¹ 1271 年到 1295 年間，他穿越歐亞大陸，抵達當時由元朝統治下的中國。

² 麥哲倫死於與菲律賓當地部族的衝突中。雖然他沒有親自環球，但他船上餘下的水手卻在他死後，帶著大批香料，繼續向西航行，回到歐洲。

圖》。一般相信，這是鄭和第六次出洋時的參考用圖，回來後有些增補。³《武備志》是一部綜合性的兵書，有 240 卷，200 餘萬字，圖 738 幅，成書於明崇禎元年(1628 年)作者茅元儀，其祖父茅坤是一位軍事家，在兵部為官。茅元儀整理宮中舊藏，發現其祖父茅坤留下來的古代航海圖，將其刊印。不過，由於茅元儀生於明末，與清庭對立。這部書在乾隆年間被列入《違礙書目》，遭受焚毀命運。不過，《武備志》在日本卻受到相當的重視。據日本學者考證，它被作為江戶時期日本海防戰略和「海軍」構想的理論雛形，成為日後兵學名著《海國兵談》的重要思想來源。《鄭和航海圖》在中國則一直默默無聞，沈寂了許久，反而是西方人發現其價值，才引起學者們注意與研究。⁴

《鄭和航海圖》與我們現在熟知的地圖極為不同。原圖為長卷式的捲軸，採用中國式的山法寫景繪製。在編入《武備志》時，被改為書本式，切割為 24 頁，自右而左，錄圖 20 頁，共 40 幅，其中國內 18 幅，國外 22 幅，最後附「過洋牽星圖」四幅，合計四十四幅。鄭和航海圖實際上是一冊圖集，如果頁頁相連，首尾銜接，黏貼起來又是一幅長卷。(賴進義，2017) 它沒有經緯度、距離、相對位置也不正確，由一連串文字與抽象的山水圖案構成，數學精度很低。

本質上，鄭和航海圖是實用的行船指引。它從行船者的角度，告訴行船者從什麼地方出港，用什麼「針」(羅盤針代表角度)，行進多遠，以「更」作為量度的單位，沿路可以看到什麼東西(對景，例如島嶼、礁石、港口、城鎮等)，接著再換下一組「針」與「更」的指令，也就是說，以一連串的「指令」，告訴行船者應該怎麼走。令人驚訝的是鄭和航海圖相當完整。以寶船廠(在今江蘇南京)為起點，沿江向東，出長江口沿海岸向南，入南中國海，經淡馬錫(今新加坡)向西，經錫蘭山(今斯里蘭卡)等地到溜山國(今馬爾地夫)。從溜山國開始航線分為兩支，一是橫越大洋到非洲的木骨都東(今索馬利亞的摩加迪休)，另一是穿過阿拉伯海直達忽魯謨斯(位於今荷姆茲海峽)。(賴進義，2017) 這些航線遠超過中國人活動的範圍。航線的繪製，不太可能是由中國人獨立完成，應該是彙集當時阿拉伯人、印度人的航海知識。這是不同文化、合作的創舉，即使是今日，亦深具意義。無疑地，鄭和是史無前例的大航海家，當然，他的航海壯舉，如果沒有明初龐大的國力與財富支持，是無法完成的。這幅航海圖可以一窺鄭和航行路線的全貌，彌足珍貴。

另外一幅與鄭和航海圖相提並論的地圖是「塞爾登地圖」(The Selden Map of China)，繪製於明末(17 世紀初)，作者不詳。範圍涵蓋今日本、朝鮮半島、東南亞與一部份的印度，非漢字地名使用閩南話拉丁字母音譯。這一張圖主要記載明朝福建海商在海外的活動範圍、航海路線和主要港埠等資訊，總共繪製了經常使用的 6 條東洋航路和 12 條西洋航路。塞爾登地圖已受西方地圖繪

³ 學者徐玉虎更將《鄭和航海圖》繪製的時間，定為 1425 年至 1430 年間。1. 航海圖第一頁有靜海寺，此寺建成於明洪熙元年(1425 年)，可見航海圖製作在 1425 年之後。

2. 明宣德五年(1430 年)鄭和第七次下西洋，命一隊船從古里拔都港出發前往天方國。然而《航海圖》中沒有拔都港，可見航海圖繪製在 1430 年前[1]。

⁴ 有少部份學者甚至認為鄭和曾經抵達過美洲大陸，也即是認為他先於哥倫布發現了美洲[24]；這批學者中的代表人物當推《1421：中國發現世界》的作者加文·孟席斯。

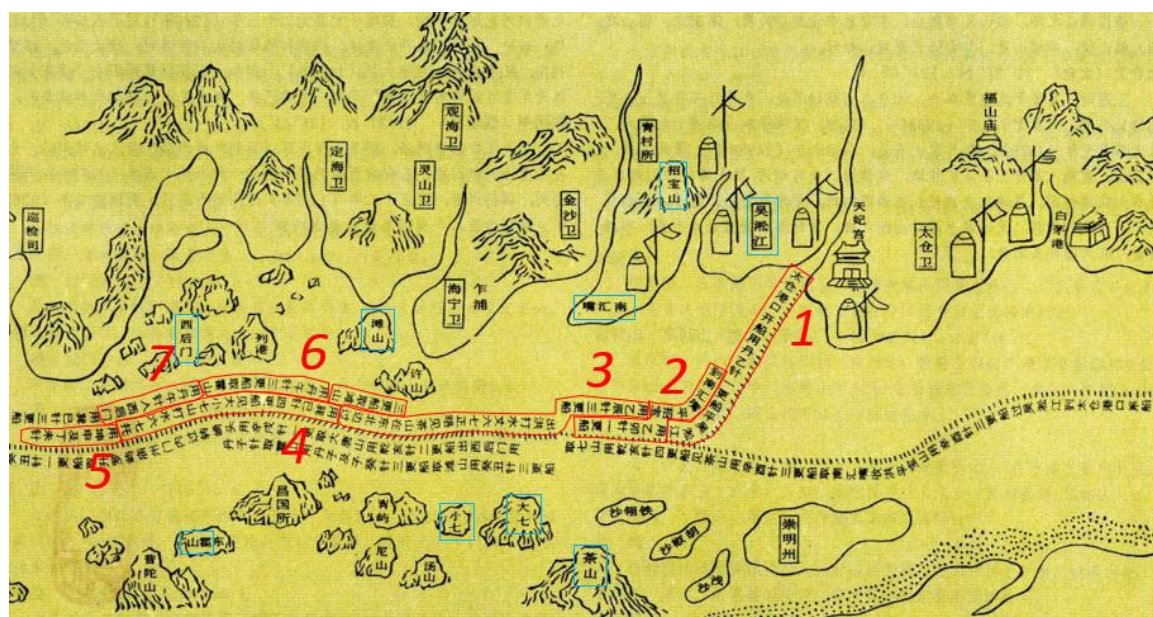
製的影響，地理位置空間關係比較接近實際，不過圖面上沒有記載針路。另一本書《順風相送》⁵則有關於此區域航線의 清楚針路記載，可相互比對。

本研究整理鄭和航海圖中所有的航線紀錄，用自行開發的軟體 excel2earth⁶，以現代的經緯度定位，依針路記載，轉換成軌跡，展示在 google earth⁷平台之上，和衛星影象圖套疊，亦即用現代 GIS 技術，重新繪製鄭和航海圖，逐段檢視針路的正確性，校正誤差，這讓我們對此地圖有更多細節的瞭解。

壹、針路與現代經緯度地圖的轉換

針路語法

如前所述，「鄭和航海圖」本質上是實用的行船指南。而航線旁稱為「針路」的文字，是連串的「指令」，告訴行船者應該怎麼走。航海圖雖然沒有經緯度，距離、相對位置也不正確，但指令本身卻語法固定，清楚而明白，特別適合用電腦來解析。以下截取一段從太倉山出港至五虎山的針路圖為例(如圖一)說明針路的基本語法。



圖一，從太倉山出港至五虎山的一小段針路圖

圖一清楚顯示中國山水的描繪筆法，山丘、建物、礁石、奇岩。中間的虛線是航線，旁邊有一排字，文字方向有時由右至左，有時由左至右，視航行的起迄點而定，航線左右連貫，與實際的東西南北方位無關。而這排文字，便是所謂的「針路」。由於沒有標點，無段落，牽就圖面配置，文字常會被斷行，不易閱讀。我們標出七小段針路，編號從 1 至 7，便於說明。

⁵ 《順風相送》的著者及成書年代不詳，成書約在十六世紀下半葉。

⁶ Excel2earth, <https://ceiba.ntu.edu.tw/course/51f7ca/index.htm>

⁷ Google earth, <https://earth.google.com/web/>

- 1 太倉港口開船，用丹乙針，一更，船平吳淞江。
- 2 用乙卯針，一更，船到南匯嘴，平招寶。
- 3 用乙辰針，三更，船出洪，打水六七，正路見茶山，在東北邊過。
- 4 用巽巳針，四更，船見大小七山，打水六七托。
- 5 用坤申及丁未針，三更，船取灘山。
- 6 用丹午針，三更，船取霍山。
- 7 用丹午針，入西后門。

編號 1 從太倉港口開船，太倉港口即為航行的起點。「用丹乙針」，這是羅盤針，代表角度，為 345 度。「一更」為距離，約 15km。「船平吳淞江」，此為對景。譯為現代的話語便是「從太倉港出發，航行角度為 345 度，行駛 15km 之後，船身便與吳淞江齊平」。以下 2 到 7 類同，針路的語法都是：用～針，～更，然後對景，即可以看到什麼東西。對景常用的術語有：船平、船到、正路見、船見、西邊見、船過、內過、外過、東北邊過、船出、船取(趨近之意)、船入(港)等，後接地名，如範例中的吳淞江、南匯嘴、招寶、茶山、大小七山、灘山、霍山、西后門。打水～托，則指水深，一托大約 1.68 公尺⁸。由以上可知，這一連串的「行船指令」，告訴行船者從什麼地方出發，用什麼「針」(方向)，行進多遠，幾「更」(距離)，沿線可以看到什麼東西，接著再換下一組「針」與「更」的組合，說明下一步應該怎麼辦。

值得注意的是「更」原為時間的量度單位，在此成為距離的量度單位，意為船舶在標準航速下通過的里程。我們發現在不同的航線上，其相應的里程數略有不同，有可能航速受風力洋流影響，各航線「更」代表的距離似有不同。羅盤指針的方位是根據天干地支與四維配成二十四方位。單針位 24 方位，加上所夾的「縫針」可以指示四十八個方位。羅盤的角度，與今日數學慣常用的角度換算，如附錄一所示。

類似這樣的針路記載，計有 236 筆，由起迄點歸納為 41 條航線。古代船舶動力有限，主要靠風帆，穩定的季風或洋流，實為航行的重要關鍵，因此針路圖似應配合時間(季節)使用。冬季出發，夏末返國。不過鄭和航海圖中並季節的標記，料想應是整理舊檔案時已散失。

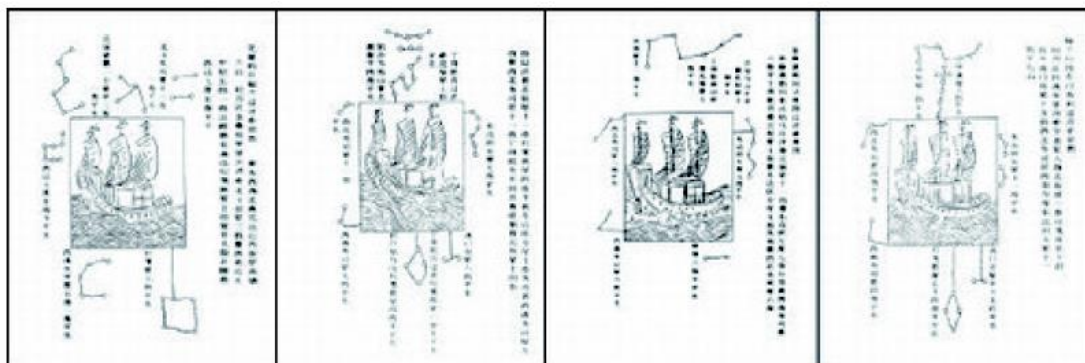
另外，值得一提的是，針路的方向與距離，不是很精確，因此「對景」有不可或缺的重要性，如果航向正確，預期可以看到什麼景物？這在沿岸航行，問題不大。但是，出了洋，這就有些麻煩了，大海汪洋一片，無景可對。古代沒有 GPS (Global Positioning System, 全球定位系統)，無法確切知道船舶的位置、船向、船速，又無周邊景物可對，這時必須有其他替代的方法，觀星就是很重要的工具。

過洋牽星

自蘇門答臘以西，進入印度洋，跨越孟加拉灣與阿拉伯海，缺少陸地目標以供辨識，《武備志》附有四幅《過洋牽星圖》，以觀星作為航行指引。所謂「牽星」是指用牽星板來測量星星高度的方法：從十多片尺寸規律變化的牽星板中選擇一片，手臂平伸拿著，板面上緣對齊星星，下緣對齊海平面，此牽星

⁸ 鄭和航海圖今析<<http://channelg.siangoo.com/item/items/12874/>>

板大小即為星星仰角。星之仰角以「指」為單位，一指約為 $1^{\circ}36''$ ，從1到12指，一「指」又分4「角」(徐勝一，陳有志：2008a, 2008b)。



注:引自《海图学概论》

圖二、四幅過洋牽星圖

圖二的過洋牽星圖，分別就東西南北四個方向，告訴行船者，在什麼時候，可以看到什麼星座。提及的星座有北辰星、織女星、西南布司星，西北布司星、燈籠星等。四幅「過洋牽星圖」的起迄點如下，由於本研究重點放在針路(用針與更)，這些以觀星為導引的針路，就沒有細究：

- 1 龍延嶼往錫蘭過洋牽星圖，越過孟加拉灣。⁹
- 2 丁得把昔到忽魯謨斯，越過阿拉伯海。
- 3 忽魯謨斯國回古里國過洋牽星圖，越過阿拉伯海。
- 4 錫蘭山回蘇門答刺過洋牽星圖，越過孟加拉灣。

貳、鄭和船海圖以 GIS 技術重新繪製

地名經緯度定位

由於針路語法明確，用電腦來推測航線不困難，比較大的挑戰是地名的位置(經緯度)不易確認。今古地名有別，蒼海桑田，透過文獻比對，或許可以找出位置，然曠日廢時，亦非吾人能力所能及。所幸，朱鑿秋《新編鄭和航海圖集》(1988)針對主要的地名有清楚考證，查出經緯度，解決不少問題；另外，該書亦將針路文字重新繕打、整理、加標點，易於閱讀。本研究在朱鑿秋的基础上，增補遺漏地名、經緯度，如果沒有朱先生的貢獻，本研究實難以進行，在此致謝。

針路與航線軌跡

針路是一連串的行船指引，依起點與迄點，經歸納得41條航線。每條航線分若干小段，每小段均由「用針」(角度、航向)與「更數」(距離、航程)構成。由起點、航向、航程，即可推算「標的點」位置；接著再以此「標的點」作為起點，加上新的航向與航程，算得第二個「標的點」，依此類推，到達終點。不過要注意的是，有些小段是沿岸而行，航線單純，沒有用針與更數的指示；

⁹孟加拉灣航線起迄點的緯度變化不大，稱之為「平緯航法」。

另外，有些航線因須過洋，以觀星為主，非傳統的用針與更數。經整理航線與小段時目如附錄二所示，總里程數超過五萬公里(51628)，針路的小段數為 236 筆。

角度與距離調校

古代受限於航海技術，船舶的確切位置、航向、航速、航程，甚難精確得知，用針與更數的誤差校正，乃成為本研究的重點。本文校正的方式，分「整體調校」與「個別調校」兩個模式，同時進行。分述如下：

一、整體調校：

主要是針對「更」與距離(公里)的換算，根據經驗值，一更約為 15km。不過，我們也發現，這似乎這不是定數，不同的航線，更數與距離的換算有異，最小者一更約 9km (如古里至加加溜)，最大者可達 20km (如占城返五虎山)。我們發現出洋，每更換算的公里數似乎較少 (有低估之嫌)。

二、個別調校：

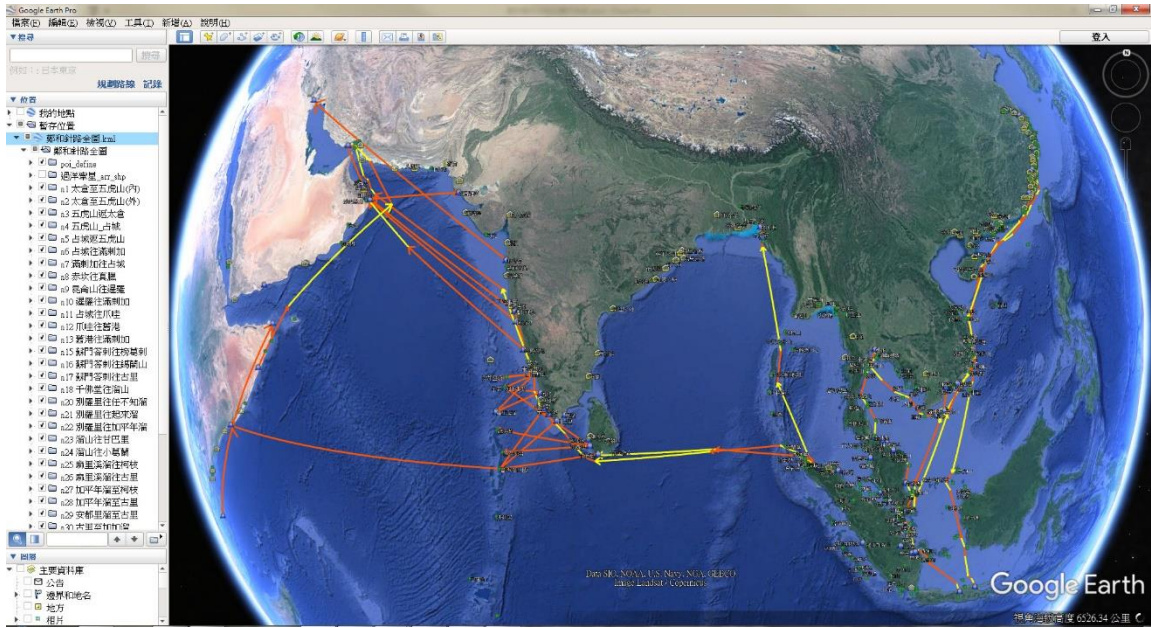
個別調校則以「對景」方式，針對個別的針路小段，進行角度與距離的微調，可能為正，亦可能為負。個別調校須與整體調校配合，最終的目標是推估的航線起點與迄點，與真實情況符合。而每條航線各小段針路角度與距離的校正值的總和接近零。我們採試誤的方式，亦即找個一組最合適的校正值，校正之後，讓航線最符合實際。

同時，為比較不同航線的精確度。分別計算各航線「角度校正」與「距離校正」的平均，理論上，愈接近零精確度愈高。另外，我們也計算「平均誤差」(每公里)，即校正值取絕對值加總，再除以航線的距離，求得「平均角度誤差」，與「平均距離誤差」，其值亦極愈小愈好。附錄三比較各航線的誤差程度，標示出校正較大者，整體而言，極為精確。

參、3D 動態展示，針路與航線對照

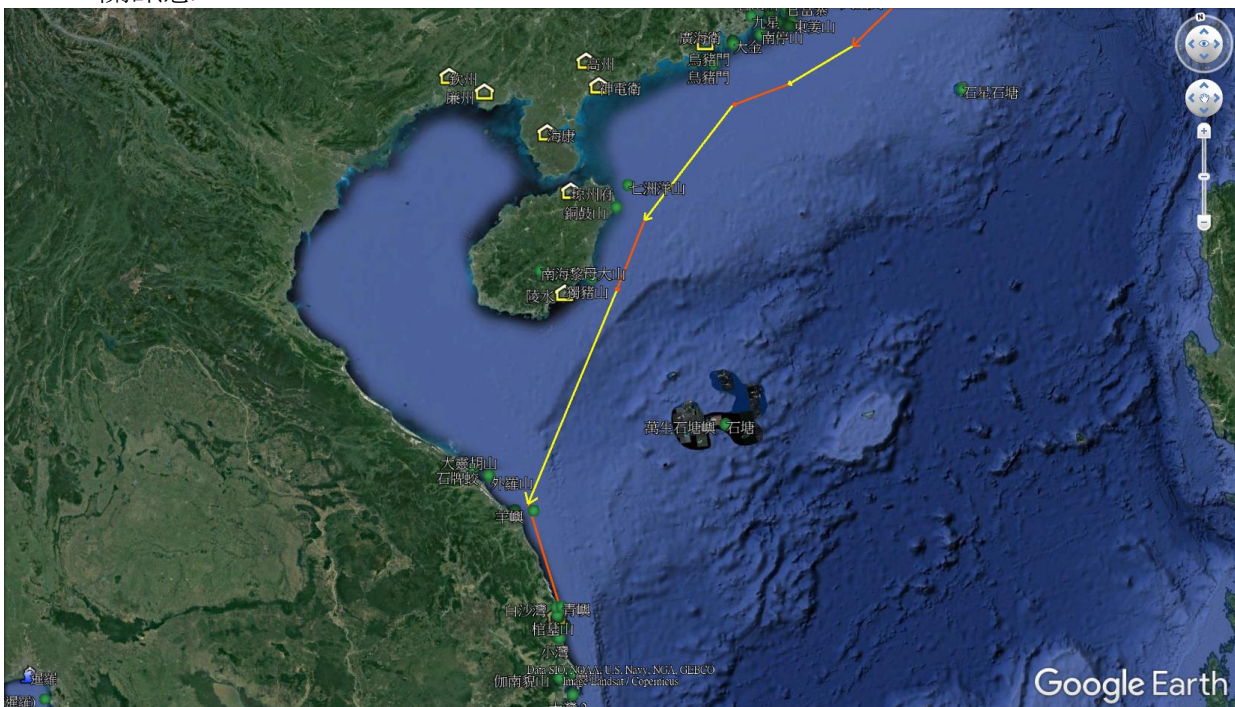
Google Earth 作為展示平台

本研究整理四十一條航線，投影在 google earth 平台上，如圖三所示，左側是圖層列表。第一個圖層(poi_define) 顯示所有可供對景的地名，其他圖層則列出航線，以起迄地點為名稱，研究者可以自由勾選要顯示的項目。



圖三，Google Earth 平台與所有的航線

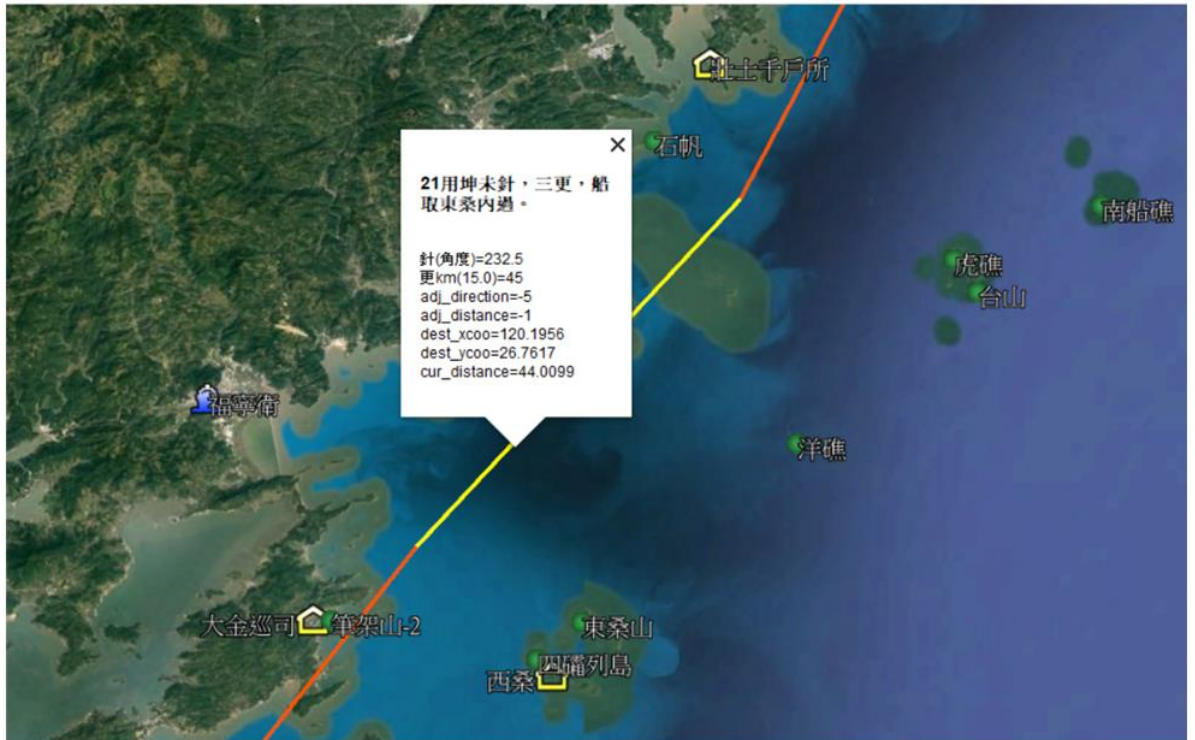
Google earth 最大的優點是它是動態的地圖，可以拉近、拉遠、旋轉、平移，如圖四所示，我們取一小段從五虎山到占城的航線，箭頭表示航行的方向，航線兩旁可清楚的看到「對景」的礁石、島嶼、港灣、山丘、衛所位置。而黃色與紅色則代表不同針路小段，點選任何一個小段，則會出現該小段的相關訊息。



圖四、五虎山到占城的部分航線

圖五點選航線一個小段，則出現一個小訊息框：「21 用坤未針，三更，船取東桑內過。」21 係小段編號，「坤未針」換算成角度即為 232.5 度，「三更」，為 45 公里，接下來是調校值。Adj_direction 角度調校為-5 度，adj_distance 距離調校為-1 公里，標的點座標(dest_xcoo, dest_ycoo)為 (120.1956,

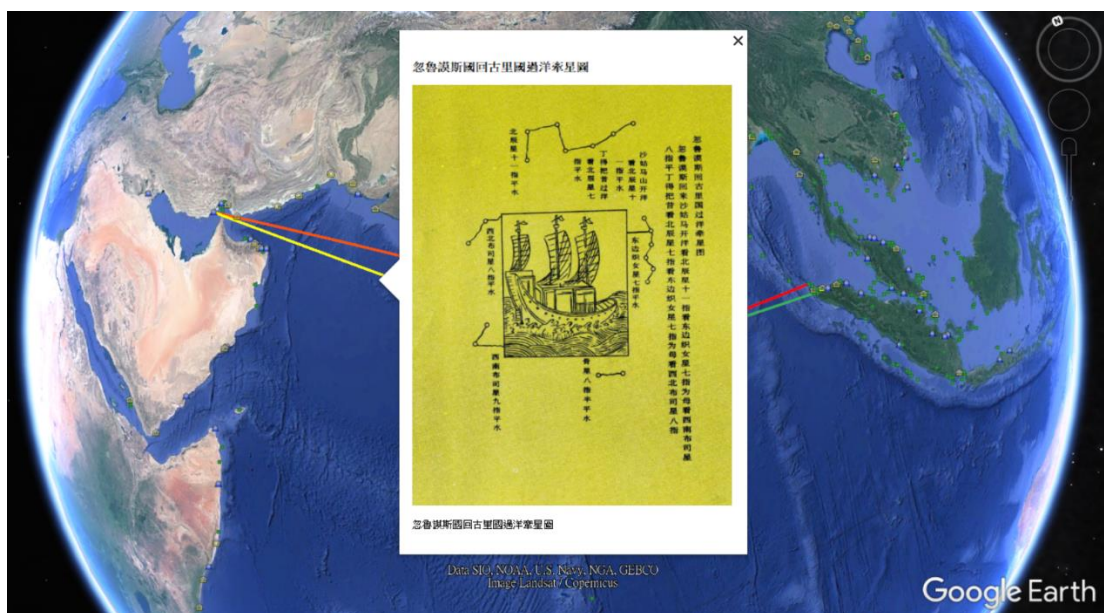
26.7617) 而本小段的航程為 44 公里。依此方式，航線中任一小段均可顯示：原始角度、距離，調校的角度、距離，標的點的經緯度座標，以及該小段的航程，同時與原始的針路文字對照。不過要注意，並非所有的針路都有用針與更數，如前所述，沿岸航行無此必要，過洋牽星則是導航的原理不同。



圖五、五虎山到占城，第 21 小段，原始針路與校正

過洋牽星圖

鄭和航海圖的四幅過洋牽星圖，在 google earth 平台中，僅顯示航線的起迄點位置，及顯示相應圖，如圖六所示，至於內容文字則未探討。



圖六 過洋牽星圖

結論

鄭和在 1405 年到 1433 年間，曾七次下西洋。可惜關於其航行的檔案文件，因政策更迭，已遭銷毀，後人無從考查。鄭和航海圖，原名《自寶船廠開船從龍江關出水直抵外國諸番圖》，刊印在茅元儀編的《武備志》中，一般相信，這是鄭和第六次出洋時的參考用圖。本研究以 GIS 方法，重新整理鄭和航海圖中的針路記載，校訂資料，將針路轉換為現代經緯度系統，以便在 Google Earth 上展示。除了可以作進一步的教學研究之外，它本身也是一個動態、互動的展示系統，在博物館、展覽廳中作為導覽平台，亦甚合適。由於電腦科技的應用，傳統人文歷史的研究與展示都有新的風貌。

鄭和航海圖本質上是行船指南。它告訴行船者從什麼地方出港，用什麼「針」(角度)，行進幾「更」(距離)，沿路可以看到什麼東西(對景)，接著再換下一組「針」與「更」，也就是說，這是一連串的「航行指令」，告訴行船者應該怎麼走。我們使用自己開發的 GIS 軟體 excel2earth，配合文字探勘的技巧重新整理鄭和航海圖中的針路，共有 236 筆，在製圖的過程中，逐一校正角度與距離。最後由起迄點得出 41 條航線。各航線，投影在 Google earth 之中，動態展示。同時，利用圖層套疊的功能，航線與周邊景物套疊，達到「對景」的目的，原始的針路，與校調的數據、預估的航線均可參照比對。

後續研究，可聚焦於沿線的政經情勢。鄭和遠洋航行，必有其政治考量；另外，中國或鄰近國家的遠洋航行非始於鄭和，早在鄭和之前即有頻繁而廣泛的海上交通網絡，鄭和航海圖只是集大成，因此與其他古代航海圖的比較當是重點。同時，航線可以視為節點與節點間的聯結，構成一個社會網絡(social network)，觀察網絡的模式與計算節點的中心性，亦會有不少有趣的發現。

參考資料

- 朱鑿秋(1994)，中國古代航海圖發展簡史，《海交史研究》，第一期，13-21。
- 朱鑿秋、李萬權主編(1988)《新編鄭和航海圖集》，海軍海洋測繪研究所、大連海運學院航海史研究室編製，北京：人民交通出版社。
- 茅元儀[明]，《武備志》卷二百四十。
- 徐勝一，陳有志(2008a)〈鄭和「過洋牽星圖」及丁得把昔與沙姑馬山地理定位之研究〉地理學報，第五十二期，93-114。
- 徐勝一，陳有志(2008b)〈下西洋航海圖及牽星圖之探討〉，海洋大學海洋文化研討會。
- 蕭弘德(2006)，〈鄭和遠航原始動機的探尋—鄭和艦隊於忽魯謨斯五十二天〉《成大歷史學報》第三十號，頁 91-138。
- 賴進義(2017)〈鄭和航海圖〉解讀，中華科技史學會學刊，第二十二期，173-176。

附錄一，羅盤用針與角度換算

用針	羅盤	現代角度	方位
----	----	------	----

丹子	0	90	正北
子癸	7.5	82.5	
丹癸	15	75	
丑癸	22.5	67.5	
丹丑	30	60	
丑艮	37.5	52.5	
丹艮	45	45	東北
艮寅	52.5	37.5	
丹寅	60	30	
甲寅	67.5	22.5	
丹甲	75	15	
甲卯	82.5	7.5	
丹卯	90	0	正東
乙卯	97.5	352.5	
丹乙	105	345	
乙辰	112.5	337.5	
丹辰	120	330	
辰巽	127.5	322.5	
丹巽	135	315	東南
巽巳	142.5	307.5	
丹巳	150	300	
丙巳	157.5	292.5	
丹丙	165	285	
丙午	172.5	277.5	
丹午	180	270	正南
丁午	187.5	262.5	
丹丁	195	255	
丁未	202.5	247.5	
丹未	210	240	
坤未	217.5	232.5	
丹坤	225	225	西南

坤申	232.5	217.5	
丹申	240	210	
庚申	247.5	202.5	
丹庚	255	195	
庚酉	262.5	187.5	
丹酉	270	180	正西
辛酉	277.5	172.5	
丹辛	285	165	
辛戌	292.5	157.5	
丹戌	300	150	
乾戌	307.5	142.5	
丹乾	315	135	西北
乾亥	322.5	127.5	
丹亥	330	120	
壬亥	337.5	112.5	
丹壬	345	105	
壬子	352.5	97.5	

附錄二，航線總表

編號	航線	總距離(km)	針路小段數
1	太倉至五虎山(內)	773.07	27
2	太倉至五虎山(外)	776.11	23
3	五虎山返太倉	807.61	23
4	五虎山往占城	1989.84	13
5	占城返五虎山	1887.12	11
6	占城往滿刺加	1828.8	12
7	滿刺加往占城	1827.2	12
8	赤坎往真臘	139.88	5
9	昆侖山往暹羅	1180.54	9
10	暹羅往滿刺加	1620.31	12
11	占城往爪哇	2484.62	10
12	爪哇往舊港	821.7	4

13	舊港往滿刺加	639.87	11
14	蘇門答刺返滿刺加	779.48	10
15	蘇門答刺往榜葛刺	1979.24	5
16	蘇門答刺往錫蘭山	2698.2	11
17	蘇門答刺往古里	773.07	3
18	千佛堂往溜山	805.13	1
19	別羅里往溜山	750.49	1
20	別羅里往任不知溜	697.3	1
21	別羅里往起來溜	754.63	1
22	別羅里往加平年溜	794.3	1
23	溜山往甘巴里	607.72	1
24	溜山往小葛蘭	629.16	1
25	麻里溪溜往柯枝	393.95	1
26	麻里溪溜往古里	448.98	1
27	加平年溜至柯枝	292.18	1
28	加平年溜至古里	265.38	1
29	安都里溜至古里	224.58	1
30	古里至加加溜	343.97	1
31	溜山往木骨都束	3149.55	1
32	麻林地到葛兒得風	2628.97	1
33	黑兒往忽魯謨斯	2877.26	4
34	莽葛奴兒往加刺哈	1962.41	1
35	阿者刁往加刺哈	1755.17	1
36	纏打兀兒往加刺哈	1687.62	1
37	馬哈音往都里馬新富	2724.49	1
38	鶯頭往吳實記落	845.57	1
39	鶯頭往忽魯謨斯	644.6	1
40	纏打兀回古里	504.65	1
41	古里往忽魯謨斯	2833.65	9

附錄三、各航線的誤差校正

編號	航線	一更公里	平均誤差 (角度)	平均誤差 (距離)	備註
1	太倉至五虎山(內)	15.0	0.0223	0.0149	
2	太倉至五虎山(外)	15.0	0.0261	0.0167	
3	五虎山返太倉	15.0	0.0252	0.0130	
4	五虎山往占城	18.0	0.0085	0.0078	
5	占城返五虎山	23.0	0.0182	0.0054	
6	占城往滿刺加	15.0	0.0088	0.0650	校正頗多，疑有誤
7	滿刺加往占城	15.0	0.0066	0.0179	過洋針路更數低估
8	赤坎往真臘	15.0	0.1072	0.1143	
9	昆侖山往暹羅	14.5	0.0205	0.0288	
10	暹羅往滿刺加	15.0	0.0200	0.0265	針路僅至淡馬錫附近外海，有缺；校正多
11	占城往爪哇	16.0	0.0073	0.0201	過洋針路更數低估
12	爪哇往舊港	15.5	0	0	
13	舊港往滿刺加	10.5	0.0614	0.0341	
14	蘇門答刺返滿刺加	11.0	0.0224	0.0384	
15	蘇門答刺往榜葛刺	15.0	0.0101	0.0303	
16	蘇門答刺往錫蘭山	15.0	0.0125	0.0315	
17	蘇門答刺往古里	16.6	0.0129	0	
18	千佛堂往溜山	15.0	0.0012	0.0124	
19	別羅里往溜山	16.0	0.0359	0.0399	
20	別羅里往任不知溜	15.5	0.0243	0	
21	別羅里往起來溜	12.6	0.0238	0	
22	別羅里往加平年溜	14.5	0	0	
23	溜山往甘巴里	21.0	0.0600	0	
24	溜山往小葛蘭	14.0	0.0667	0	
25	麻里溪溜往柯枝	9.0	0.0050	0	

26	麻里溪溜往古里	15.8	0.0400	0	
27	加平年溜至柯枝	15.8	0.0179	0	
28	加平年溜至古里	15.8	0.0791	0	
29	安都里溜至古里	15.8	0.0489	0	
30	古里至加加溜	15.8	0.5610	0	方向剛好相反，顯然有誤
31	溜山往木骨都束	21.0	0.0009	0	
32	麻林地到葛兒得風	略	略	略	主要為觀星
33	黑兒往忽魯謨斯	略	0	0.3301	主要為觀星，無更數
34	莽葛奴兒往加刺哈	15.0	0.0038	0.0076	
35	阿者刁往加刺哈	16.0	0.0037	0.0284	
36	纏打兀兒往加刺哈	15.0	0.0118	0.0118	
37	馬哈音往都里馬新富	15.0	0.0040	0	
38	觜頭往吳實記落	略	略	略	觀星，無用針，無更數。
39	觜頭往忽魯謨斯	15.0	0.0240	0	
40	纏打兀回古里	15.0	0.1089	0	用針可能有誤
41	古里往忽魯謨斯	15.0	0.0144	0.0127	配合觀星