

導航系統發展與地圖問題之探討*

The Development of Navigation System and Its Cartographic Problems

賴進貴**

Jinn-Guey Lay

摘 要

汽車導航系統是結合電子地圖和全球定位系統的一項新科技產品，能夠提供汽車行駛所需的道路資訊。由於汽車導航系統的發展涉及軟硬體技術及行政管理等多種因素，如：電器系統整合、電子通訊、地理資料庫、地圖展示等綜合性專門技術，因此需要各相關單位的整體配合始可順利推動。目前投入此一領域的業者，主要包括：家電業者、地圖出版社、GPS的生產者等。以台灣的經濟發展水準與消費能力而言，GPS導航業務應有極大的發展空間，亟待相關的產官學界攜手共同開創。汽車導航系統的發展涉及許多技術與管理層面的問題，包括：資料品質、資料供應、地圖展示技術層面的因素，這些因素都是地圖研究與管理的相關議題。本文提出這些問題的項目並加以討論，希望此一報告能提昇地圖學相關的產官學界對於導航系統發展的認識，並積極推動必要之研究與行政協調工作。

關鍵字 Key Words

全球定位系統 Global Positioning System (GPS)

資料品質 Data Quality

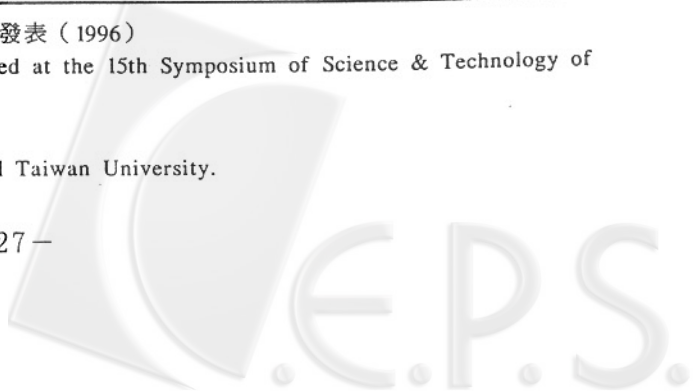
地圖設計 Map Design

* 本文內容曾於第十五屆測量學術及應用研討會中發表 (1996)

An earlier version of this paper has been presented at the 15th Symposium of Science & Technology of Surveying and Mapping.(1996)

** 台灣大學地理系副教授

Associate Professor, Dept. of Geography, National Taiwan University.



ABSTRACT

Automobile navigation system is a newly developed product that integrates digital maps and GPS technology. It provides mobile drivers route information for navigation purpose. The development of such system requires domain knowledge from several relevant fields, including: appliance design, telecommunication, geographic data base, cartographic display and so on. Current commercial developments of this new system concentrate in companies of various backgrounds, such as: appliance company, map data provider, and manufacturers of GPS receivers. Considering the economical status and the level of consuming power, such product should have a bright future in Taiwan that deserves more research endeavors to enhance its performance. This paper reviews the development and status of such system and addresses the problems to be solved in further development. It is anticipated that this paper can enhance our understanding of this new technology hence more research efforts and cooperation on this task.

一、介 紹

街道圖是一般民眾最常接觸、最常購買的地圖之一；手持著道路圖，一邊開車一邊核對地圖與路況的經驗，是大多數駕駛員所共有的經驗。這種長久以來的普遍現象，隨著全球定位系統（global positioning system, GPS）發展與普及而漸有變化。

爲了軍事與國防上的用途，美國國防部在1960年代即開始發展利用衛星來提供飛航器定位的系統，歷經多年的研發而終於產生了全球定位系統（global positioning system, GPS）（Hofmann-Wellenhof et al., 1992）。這一套系統的運作，包含了三個部份的子系統：太空中的衛星、地面控制站、衛星訊號接收器。空中衛星是用以作爲坐標參考的基準，它們的功能就如同天文測量所使用的恆星。地面控制站的工作在於監控衛星的位置，提供適時的修正，確保位置的準確性。對於廣大的GPS使用者而言，利用GPS進行定位所需要的工具是衛星訊號接收器。這個接收器在接受GPS衛星訊號後，可以計算出接收器所在地點的經緯度坐標，並且立即顯示或儲存下來，完成整個定位工作。

隨著整套定位系統逐步完成，全球定位系統的應用層面逐漸由核心向外擴散，繼國防和軍事應用之後，最先受益於GPS技術的民間應用領域包括：測量、航空、航海等，繼而是地理資料收集等測繪上的工作。近幾年來，汽車導航系統的快速發展是GPS應用的另一項重大進展。目前，國外已有將近兩百家公司投入這一項應用技術的研發（Krakiwsky, 1994a），國內的相關研發工作也在積極進行中，數家有興趣的公司已投入數年時間在進行系統發展與整合工作，並陸續有產品上市。汽車導航系統的發展，需要整合許多相關領域的知識，如：GPS系統使用、數值地圖資料庫、電信通訊、電機電子系統設計等。在業務推動上，也需要和相關單位的行政管理業務配合，始可順利進行。依據國內外的資料顯示，目前投入汽車導航系統開發的業者，主要來自於幾種背景：傳統家電業者，如國際(Panasonic)、三菱(Mitsubishi)、新立(Sony)等主要電器公司，將生產電器設備的經驗應用到導航設備的製造與銷售上；傳統

地圖業者，在投入數值地圖的生產之後，進一步推廣導航和生活資訊供應等相關業務；GPS接收器的生產製造者，基於開拓GPS市場的著眼點，也積極參與汽車導航系統的研發。這些公司通常只具備部份的專業知識，在實際的發展過程中，需要尋找相關的協力廠商或學術單位來提供技術支援。

汽車導航系統的發展若能普及，不僅有助於交通狀況的改進，提昇國民生活環境品質，並將增進相關產業的生產活動，促進經濟發展，同時更有向外推展擴展國際貿易的潛在經濟價值。衡諸台灣的經濟發展水準與國民的消費能力，這項產品的國內市場相當具有開發價值，未來向大陸及東南亞國家的推展也都深具潛力，因此這項產品的發展應該受到鼓勵與支持，除了業界的自行推動外，學術單位及政府相關部門在理論技術和行政方面也都可以扮演重要的角色。基於推展地圖與資訊處理的學術發展，提昇其應用價值的目標，本文將介紹汽車導航系統的發展現況，並探討未來研發上需要進一步解決的問題，以提供學術研究和產品研發的努力與思考方向。

二、發展現況介紹

汽車導航和通訊系統的研發工作，並不是因為GPS技術的誕生才被激發出來的構想。早在1970年代初期，美國和日本的研究單位就已著手發展類似的汽車通訊和導引系統(Krakiwsky, 1995)。1973年，日本的國際貿易和工業部支持一項名為「全面汽車交通控制系統」(Comprehensive Automobile Traffic Control System, 簡稱CATCS)的計畫，這個計畫耗資70億日元，費時六年。全套系統利用埋設在路面下的感應通訊設備，配合裝置在汽車中的特殊感應器，可以在車上展示道路圖網並提供駕駛導引的功能。而在稍早的時期，美國也有類似的ERGS(Electronic Route Guidance System)計畫，但是規模不如日本。日本的CATCS計畫測試區位於東京附近，涵蓋28平方公里的範圍，計有330輛車參與測試，測試結果肯定了該計畫的價值，乃有後續的研發工作。在1980年代中期到1990年，日本的警察局(National Police Agency)和建設部(Ministry of Constuction)也有類似的研究計畫，支持汽車交通通訊系統的建立和服務，這些系統都屬於智慧型交通系統(Intelligent Transportation System, ITS)的一種，也是今日汽車導航系統的前身(Krakiwsky, 1995)。而GPS的誕生則提供了這類系統便捷的資訊來源和通訊架構，加速了這項系統的推廣。

從系統所提供的服務來看，這一類的導航系統必須進行兩項主要任務(Krakiwsky, 1994 a)：

定位(positioning)：定位工作的目的在於確定汽車所在地點的坐標，如經緯度坐標值或其他常用的地圖坐標等。在前述的CATCS系統中，最初是利用架設在路面下的感應通訊網路來定位，後來利用航行位移計算(dead reckoning)的技術，而目前則以使用GPS為主。

方位確認(locating)：此一工作勢將汽車的坐標標示道地圖上，以顯示汽車所在地點附近的地理資訊，如：道路網、建築物、地標、交通標誌等，使駕駛人得以瞭解附近的環境，並且探索出前往目的地的路徑。地圖是展示地理資訊最理想的媒體，因此這項功能需要結合當地的道路圖始能達成任務，而為了提供自動、立即的地圖展示，這部份的地圖必須是以數值圖檔的方式來儲存和展示。

理論上，這兩種任務是獨立的步驟，駕駛人可以在確定所在地的坐標之後，以人工方式將它標示到地圖上，再行判讀地圖以找尋目標，一般登山人士使用GPS的方式，即停留在這個層次的應用。然而，在汽車駕駛的過程中，這兩種功能必須妥善迅速地配合，才能提供及時的服務，定位結果的坐標必須能和數值道路圖的圖檔平順地結合，自動將汽車的位置標示在地圖中，並且隨著車子的移動適時更新圖面範圍，讓駕駛者可以隨時看到自己所在的位置。所以GPS之類的定位工具和數值圖檔的自動搜尋、展示功能缺一不可，系統必須同時處理並整合汽車坐標和道路網的資訊。

三、相關技術結合

導航系統所處理的定位坐標和道路網資料，一定都存有誤差，但資料誤差不是單純「有沒有」問題，而是「可不可以被接受」的問題。以GPS所提供的資料而言，由於Selective Availability的刻意誤差，加上都市地區的訊號折射、大氣干擾等，以單機模式使用GPS所求取出來的位置可能有30—100公尺的誤差 (Krakiwsky, 1994b)，而各種因為地形地物遮蔽而接收不到GPS訊號的情形則是另一個問題。另外，數值地圖本身的誤差，也需要正視並加以處理。不論是定位坐標錯誤或是數值地圖的道路位置有誤，都可能造成汽車偏離道路、錯過路口等現象，造成駕駛人的困擾和迷惑。因此，系統的設計研發工作，必須解決這些訊號接收不到、或誤差太大的情形。由於GPS的訊號誤差和穩定性問題，目前的導航系統很少完全仰賴GPS系統來定位，而必須藉助於其他相關的軟硬體技術，以提昇導引的品質，茲將這些技術介紹如下(Krakiwsky, 1994b)。

Inertial System (INS)：INS的技術是採用陀螺儀、指南針之類的設備和輪胎轉速資料等，藉以推算出汽車的行進距離和方向。在短距離內，INS系統所提供的資料比GPS的訊號來得準確，因此對於短距離內的汽車定位誤差修正，或在GPS訊號誤接收不到的情形，INS系統可以提供修正和資料補充的功能，這方面的功能亦即傳統航海界的航行位移計算 (dead reckoning) 概念之應用。

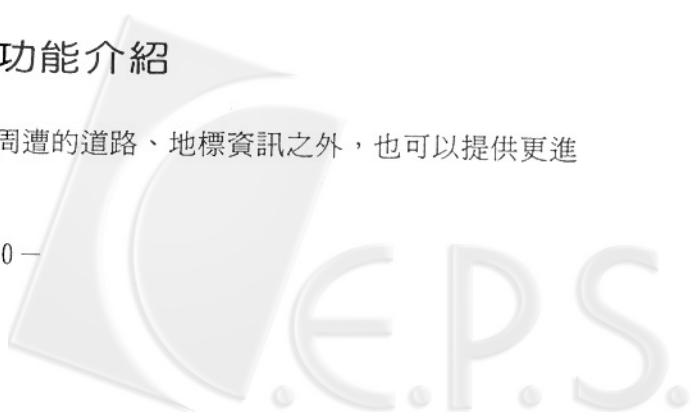
地圖比對 (map matching)：在理想狀況下，車子應該在道路網上移動，但是由於資料的誤差，它可能偏移道路網之外。地圖比對的功能是根據地圖上的道路網位置，將車子「拉回 (snap)」所在位置最鄰近的道路上。此一功能必須配合精確的數值地圖作為基礎，並且系統要具備基本的空間分析與計算功能始可達成。

衛星通訊：利用低軌的衛星 (low earth orbit, LEO) 或是同步衛星 (geostationary)，提供車子與控制中心的訊號傳輸，可以動態地掌握車子位置或提供及時的路況消息。

差分GPS (DGPS)：為了校正GPS單機使用時所產生的誤差，可以由基地台提供差分的定位校正資料，透過無線電傳輸的方式提供汽車上的定位系統，進行坐標校正工作。

四、應用功能介紹

汽車導航系統除了提供基本的定位和顯示周遭的道路、地標資訊之外，也可以提供更進一步的服務。這些服務功能包括：



最佳路徑選取：駕駛人可以利用螢幕上的地圖或選單，輸入汽車所在地和目的地的位置，由系統自動將兩地之間的最佳路徑（如：最近、最快的路線）選定出來，以特殊顏色標示在地圖上，提供駕駛者參考。

指引：針對駕駛者所指定的路徑或系統自行找尋出來的路徑，導航系統提供指引的功能，以語音或圖像來告知駕駛者相關的訊息或行動的建議，如：前行的方向和距離、靠左、靠右、左轉、右轉等。

根據上述這兩項功能的有無，目前的汽車導航系統可以分為兩類：被動導航與主動導航。被動導航系統的主要功能是將目前車子所在的位置標在地圖上，不提供路徑、也不提供指引，駕駛者必須自行閱讀系統所展示的地圖以判斷所在地的位置，然後決定前進的方向。這種系統對於駕駛人而言，所提供的導引功能極其有限，一般使用者不可能邊開車邊看地圖以尋找路徑，在小螢幕搜尋道路網也非常不便。當然，這種系統仍有其存在的價值，例如大遊覽車上的乘客可以藉此知道目前所在的位置，減少等待的焦慮。主動導航系統則能提供導引的功能，通常是以語音告知駕駛者前進的方向和距離、適時的變換車道或轉彎等訊息，並且全程監測行進路線，當駕駛人偏離原設定的路徑時，可以從新計算並建議新的路徑。

這兩種功能所需要的資料圖檔和分析功能有極大的差異。被動導引的地圖主要作為位置參考之用，不需要有位相、路網的訊息，因此所使用的圖檔可以是掃描式的影像圖檔。至於主動導引系統所需要的地圖，不僅對於準確度和完整性的要求很高，而且必須有明確的位相資料，包括道路網的連結情形、道路的方向（單行道、雙向道）、路口的轉彎限制等，若缺少這方面的資料，整個地圖的導引功能將受到影響。以日本為例，為了避免汽車繞道駛進住宅區而破壞居住環境的品質，它們的數值地圖並不提供路口的交通管制資料，因此所開發的導航系統只能顯示建議路徑，而不進行主動導引的服務，這個例子顯示了資料內容和服務功能之間的關係。

導航系統的應用層面，依其功能特性可以分成四種類別 (Krakiwsky, 1994a):

1. 車隊管理：包括車隊的任務派遣、車輛行蹤監測等，例如警車的管理即屬於這一類的系統。
2. 導航系統：個人汽車駕駛的導引服務。
3. 告知系統：提供及時的路況報導服務，讓駕駛人可以避開交通壅塞的路段。
4. 資料收集：利用汽車導航系統，並結合DGPS技術、INS、電子照相機等，進行照相攝影，以進行快速的資料收集。以加拿大Calgary大學發展出來的系統為例，車輛可以在時速60公里的速度下進行攝影，再由後續的室內工作進行測繪 (Li et al., 1996)。

除了這些已經開發的應用層面外，目前還有其他的應用層面正在發展中。從文獻上所顯示的應用，包括：

1. 緊急道路救援：許多公司正積極開發緊急道路救援的服務，如福特公司的RESCU計畫。這套系統結合GPS所提供的定位和無線電話通訊設備，在緊急狀況下，駕駛人只要利用車上的無線電話呼叫救援中心，中心即可以確定車輛的位置，並提供適當的服務。以目前的服務績效來看，平均在11分鐘後，救援者即可到達現場提供服務 (Krakiwsky, 1996)。
2. 分類廣告 (yellow pages)：導航系統不僅可以輔助駕駛，同時也可以提供各類生活資訊。

例如，將一個地區的飯店、電影院、郵局、加油站等生活訊息提供在CD-ROM上面，使用者不但可以找到路徑，甚至可以直接找到餐廳、電影院的位置等等。這類的地理資訊服務其實已經在發展中，把分類廣告中的資料和空間位置結合，如果進一步和導航系統結合，則可以提供更直接的導引服務。

五、待解決的問題

目前汽車導航系統已經上市量產，不同種類的系統分別在歐美日等先進國家使用。我國的系統也正開始進入市場，接受消費者的考驗。從系統架構和作業程序的分析，加上筆者個人實際的使用心得來看，筆者認為目前的導航系統在功能和服務品質上，還有一些發展改進的空間，而這些改進工作面臨數項實質問題，包括：資料層面、技術層面和行政管理層面上的問題。這些問題不是業者所能獨力解決的，值得相關的產官學界共同來思考與努力。

(一)資料品質問題

茲以駕駛員經常可能面臨的一個實際情況為例，來說明目前的導航系統所存在的資料品質問題。範例情況：

「導引圖顯示下一個路口應該要左轉，但是螢幕上車子還未抵達該路口之前，駕駛者已經發現一個路口，而圖上並沒有顯示出這條相交的道路。由於地圖上沒有顯示路名，所以也無從判斷該在這個路口左轉，或該等到下一個路口再行左轉。」

這種狀況發生的實際原因，可能是下列數種不同原因之一所造成的。

①狀況一：GPS所得到的定位有問題，車子其實已經到達應該左轉的路口，但是系統所計算出的坐標位置有誤，以至於無法顯示出汽車的正確位置。

②狀況二：雖然GPS定位正確，但是數值道路的位置有問題，道路網的位置產生偏差，以至於無法正確顯示車子在路網中的正確相對位置。

③狀況三：定位資料和路網的位置都正確，但是由於資料數化時候的簡化或疏漏，沒有將該條道路輸入道路圖中。

④狀況四：該條道路是一條新闢的道路，還來不及輸入數值道路網的資料庫中。

追根究底，這些原因都跟資料的品質有關，而在不同的狀況下，駕駛者所應該採取的策略不一樣。若是屬第一、二種情形，則駕駛者應該要立即左轉，若是屬第三、四種情形，則應該繼續向前行駛到下一個路口再左轉。然而，在當時的狀況下，駕駛者可能只有仰賴運氣的份，無從得知是屬於那一種錯誤所造成。這種情形對於使用者而言，不是一種很愉快的經驗，而一套系統若時常需要駕駛者賭運氣的話，它在市場上的風評想必不會很好，其業務推廣的阻力也將隨之增加。

上述四種不同的可能狀況，反映了地理資料的品質層面。數值地理資料的品質要素可大致區分為：微觀層次（micro level），巨觀層次（macro level）及使用層次（usage level）（Aronoff, 1989）。微觀層次指的是每一筆資料的品質，包括：空間位置的準確性、屬性的準確性、資料一致性及解析度等四項因子。個別道路的位置如果有顯著誤差，即屬於微觀層面的誤差。從巨觀層次來看，資料品質則包括了完整性（completeness）、時效性（time）及

處理歷程。資料的分類或內容如果不夠完整，或資料過時，則屬於這個層面的誤差。從使用層面來考量，使用者若對於資料的使用不熟悉，往往會因為不正確的判斷而造成錯誤。反過來看，使用者若知道資料的特性和準確度，便可以藉由合理的判斷而提昇資料使用的可靠性。以前例而言，如果使用者已經知道定位誤差在100公尺內，當他發現實際面臨的道路和地圖上的道路差距達300公尺時，便可以判斷該條道路應該是一條新闢的道路或數化時遺漏所致，不太可能是因為定位誤差所引起的位移。

(二)資料供應問題

目前汽車導航系統使用成熟的國家，都有健全的資料供應管道。以日本的數值道路圖供應管道來說，全日本的1/25000和1/50000的數值道路地圖都由「日本數值道路圖協會」(Japan Digital Road Map Association, JDRMA)負責生產、更新(Krakiwsky, 1994a)。這個協會是由建設部輔導業者成立的，主要的相關廠商都是協會的會員，擁有使用資料的權力，各會員可以另外進行加值作業，針對各自的業務需求去生產更細部的資料，或加入其他屬性資料。在美國方面，資料供應主要仰賴民間廠商的生產體系，Etak和NaviTech這兩家公司，生產製作了全美國主要城市的數值道路圖檔，以提供相關業者使用，其中Etak的資料庫甚至涵蓋了歐洲、日本、加拿大、香港等世界性都會區的地圖，對於導航所需的數值道路圖供應，扮演著非常重要的角色。從這個層面來看，筆者不禁要問：「台灣的JDRMA或Etak在那裡？」缺乏資料供應體系的配合，導航系統的所有技術研發都將無法落實到應用層面，即使廠商們可以自行生產資料，但是對於整個導航系統的服務品質和商機擴展都將帶來負面的影響。資料供應是個大問題，關係到導航系統的長期發展。由於道路相關資料是由政府所掌控，站在輔導民間業者的立場，主管機關應該積極主動地提供必要的協調服務，以暢通數值道路資料的流通管道。

(三)技術層面

作為一項新的技術和應用，導航系統的發展也面臨著許多地圖學和地理資訊系統領域的技術問題。茲將這些技術層面的問題分別介紹如下：

1.使用者介面

目前有許多導航系統都提供圖像和語音的提示(Trudeau, 1994)。就汽車導航系統的使用而言，其使用目的是查詢行進過程中的路徑。開車的過程是介於線和面之間的1.5D空間維度中行進，駕駛人所需要知道的是該向前行進多少、該在何處轉彎、該接連到那一條道路之類的訊息，而不是全面性的二度空間平面資料，如何有效地呈現這種1.5D的資訊，是導航系統畫面設計時的必要考量。

從人體感官功能的特性來分析，聽覺器官的包容性比較高，可以和其他感覺器官同時並用，而視覺則有排他性，開著車子行進，不方便注視著地圖。目前的導航系統，仍是以前圖像式的資料供應為主，但對於駕駛輔助的功能而言，圖像式的資料供應不見得是最理想的方式，倒是語音服務的功能應該加強。然而，如何將「地圖」資料轉換成語音服務的訊息，對系統發展工作而言是一大挑戰，有待開發。

2.圖名概括化的取捨

GPS導航系統所展示的地圖是Moellering (1980)所謂的虛擬地圖 (virtual map) 之一種，其形式及使用狀況都有別於傳統地圖。地圖設計的基本原則之一是，必須考慮到地圖的使用狀況和使用目的 (Robinson et al., 1995)。以導航所需的地圖功能而言，路名是一項非常重要的資訊，然而在狹小的螢幕上要顯示出路名，是一項難以克服的瓶頸。由於液晶螢幕的技術進步甚快，目前在5吋的螢幕上即可以顯示224,640個像元 (pixel)，然而螢幕上的每個中文字需要16×16的像元，加上字與字之間間距以及其他點線面符號所佔有的空間，螢幕畫面的擁擠情形可見一斑，很可能會發生文字註記重疊的狀況。因此如何在有限的空間裡顯示重要的訊息，對於地圖的設計是一大挑戰。傳統地圖學的方根定理(radical rule) (Topfer et al., 1966)，所提出的地圖簡化程度與比例尺變化之間的關係，在電腦螢幕這種媒題上是否依然適用、對於導航地圖的設計有什麼實際應用的價值，這些理論和實際上的問題，都值得地圖學者加以思考和研究。

3.文字註記自動配置

為了因應汽車的動態行動，導航設備所展示的地圖必須是資料的動態組合與展現，地圖的方向、比例尺、範圍要能隨時改變。在這動態的過程中，文字註記的自動配置是一項必備的功能。這項工作不是目前技術所能輕易達成的。考慮到圖面上有限的空間，如何機動、有效地擺置文字，是地圖設計的一大挑戰。

4.資料模式問題

實際道路是三度空間的線性特徵，不同於紙張地圖的平面符號，因此三度空間的道路和二度空間的資料在應用上有些差異必須加以注意。首先是三度空間的實際道路距離會大於平面道路的距離，而開車時是在三度空間的道路行駛，因此在使用INS導航時會出現距離換算的差誤，除非將道路坡度納入資料庫或感應系統中，否則這種問題將難以解決。至於如何把坡度因素納入考慮，則又是另一項挑戰了。

三度空間的交叉道路展現和分辨也是個棘手的問題。以台北市越來越多的高架道路來說，在路口處只有數公尺的差距，很難依據定位的坐標來分辨車子到底是上了高架或在平面，而是否走上高架路又會影響後續的指引，因此如何建立三度空間的道路網並加以明白區分，在技術上也有待克服。

六、發展前景與努力方向

汽車導航系統的商品發展，在電子地圖和GPS系統推廣上是一個重要的機會。市場上對於導航系統的接受程度，可以從這項商品的銷售情形略知一二。累計到1995年年底的資料顯示，這種導航設備在日本已經售出1,000,000套，美洲和歐洲則分別賣出10,000套左右，預計到2005年時，美國出廠的新車將有一半會安裝導航系統。目前這種系統的價格也從早期的10,000美金，降到2,000美金左右 (Krakiwsky, 1995)，顯見這種系統發展的遠景相當樂觀。未來的發展將不只倚仗價格降低後的優勢，同時也仰賴商品附加價值增加後所帶來的使用意願。以國外已經發展中的緊急救援系統為例，配合無線電的服務，提供汽車的緊急狀況處理，這種系統對車主應該有很大的吸引力，其發展前景普遍看好，目前幾家大規模的汽車公司，都陸續推出這種緊急救援系統 (Krakiwsky, 1996)。類似的附加價值提供，對於導航系統的發展

將有莫大的幫助。

從使用上的便利性、準確性等實際考量，現有的導航系統還有許多改進的空間，但是以相關技術的發展和管理措施的配合情形來衡量，廠商們對新科技的掌握與整合能力的頗值得欽佩。導航系統功能的進一步提昇，除了業界自行努力開發之外，學術界的基礎研究和政府政策也有待配合，若是基礎研究不足或行政配合不良，產品功能提昇的困難度將大為增加。導航資訊的提供本來就是傳統地圖的一大功能，而現有導航發展所面臨的一些瓶頸，也是地圖學領域的相關問題。從應用推廣的角度而言，地圖學界應該密切注意科技發展的腳步，提供適切的服務。從地圖學領域的學術發展而言，新科技所衍生的問題也帶來許多研究創新的課題和機會。以往，國內地圖學界和實務結合的情形並不多見，汽車導航系統的發展提供學術和應用結合的機會，這種機會應該是地圖學界所樂於見到，也應該要積極參與，以拓展國內地圖使用的層面與水準。

謝 啟

本研究進行中，承蒙台灣松下電器股份有限公司提供相關設備及資料之使用，謹此致謝。

參考文獻

1. Aronoff, S. (1989), *Geographic Information Systems: A Management Perspective*, WDL Publications, Ottawa.
2. Hofmann-Wellenhof, B., H. Lichtenegger, & J. Collins (1992), *GPS Theory and Practices*, Springer-Verlag Wein, New York.
3. Krakiwsky, E. J. (1994a), *Digital Road Data: Putting GPS on the MAP*, GPS WORLD, May, pp.43-46.
4. Krakiwsky, E. J. (1994b), *Innovations in Vehicle Tracking and Navigation*, GPS WORLD, February, pp.42-46.
5. Krakiwsky, E. J., & French, R. L. (1995), *Japan in the Driver's Seat*, GPS WORLD, October, pp.53-60.
6. Krakiwsky, E. J. (1996), *Heading This Way: Affordable Security on the Road*, GPS WORLD, April, pp.55-59.
7. Li, R., K.P. Schwarz, M.A. Champman, & M. Gravel (1996), *Integrate GPS and Related Technologies for Rapid Data Acquisition*, GIS World, April, pp.41-43.
8. Moellerring, H. (1980), *Strategies of real time cartography*, The Cartographic Journal, Vol. 17, No.1, pp.12-15.
9. Robinson, A.H., J.L. Morrison, P.C. Muehrcke, A.J. Kimerling, & S.C. Guptill (1995), *Elements of Cartography*, 6th Ed., Wiley, New York.
10. Topfer, F., & W. Pilliwizer (1966), *The Principles of Selection*, The Cartographic Journal, Vol. 3, No.1, pp.10-16.

