

全球定位系統國內應用現況調查



交通部運輸研究所

中華民國八十三年九月

交通部運輸研究所出版品摘要表

出版品名稱 中文：全球定位系統國內應用現況調查 外文：A National-wide Survey of GPS's Applications for Transportation			
國際標準書號（或叢刊號） ISBN 957-00-4510-8（平裝）	政府出版品統一編號 009104830450	運輸研究所出版品編號 83—46—633	
主辦單位： 綜合技術組 主 管： 楊淑貞 計畫主持人： 莊凱勳 研究人員： 莊凱勳			研究期間 自 82 年 10 月 至 83 年 8 月
關鍵詞： 全球定位系統、差分定位、衛星定位、自動車輛定位。			
摘要： 全球定位系統為美國發射與維護的廿四小時全天候世界性衛星定位設施，由於美國政府慷慨地免費開放給世界大眾使用，因此，近年來此一定位工具逐漸被測量工程、地球科學、海洋資源以及交通運輸等領域所應用。本計畫主要針對國內交通運輸方面的 GPS 研究與應用情況作全面性調查。報告書首先簡單描述全球定位系統運作原理，接著摘彙目前國內已經發表的 GPS 應用相關研究，並訪查各政府、學術以及廠商等單位，羅列各單位之研究成果、研究人員與相關設備，最後並提出未來 GPS 運輸應用時將面對的問題和可行對策。所有受訪人員之姓名與聯絡電話亦附於後，希藉此促進經驗交流。本調查報告之完成全得助於受訪者之協助，併此致謝。			
出版日期	頁數	工本費	本出版品取得方式
83 年 9 月	85	60	凡屬機密或限閱性出版品均不對外公開。一般性出版品，公營、公益機關團體及學校可函洽本所免費贈閱；私人及及私營機關團體可按工本費價購。
管制等級： <input type="checkbox"/> 機密（ <input type="checkbox"/> 解密日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解密） <input type="checkbox"/> 限閱（ <input type="checkbox"/> 解限日期為 年 月 日， <input type="checkbox"/> 主辦單位視情況辦理解密） <input checked="" type="checkbox"/> 一般			
備註： 本研究之結論與建議不代表交通部之意見。			

目 錄

	頁 次
目 錄-----	I
圖目錄-----	III
表目錄-----	IV
第一章 前言-----	1
1.1 調查緣起-----	1
1.2 調查目的-----	2
1.3 調查範圍-----	2
1.4 調查內容-----	2
1.5 工作進行流程-----	3
第二章 全球定位系統發展概述-----	5
2.1 GPS發展歷程-----	5
2.2 GPS系統架構-----	10
2.3 GPS原理概述-----	13
第三章 國內GPS技術研究與應用調查-----	27
3.1 國內GPS發展概述-----	27
3.2 國內GPS運輸應用有關文獻摘彙-----	28
3.3 產官學研各機構GPS發展現況-----	37
第四章 國內GPS運輸應用所面對的問題和對策--	53

4.1 通訊方面-----	53
4.2 道路運輸方面-----	55
4.3 海洋運輸方面-----	59
4.4 航空運輸方面-----	61
第五章 總結-----	67
參考文獻-----	71
附錄一 訪問名單與聯絡電話-----	73
附錄二 國內各機構GPS應用情形訪問草稿-----	77
附錄三 全球定位系統相關用語-----	81

圖 目 錄

	頁 次
圖1-1 調查工作流程圖-----	4
圖2-1 GPS衛星定位應用技術發展歷程-----	9
圖2-2 24顆GPS衛星於地球上六個軌道運行示意圖-----	11
圖2-3 六條GPS衛星軌道垂直投影地表圖-----	12
圖2-4 GPS衛星定位幾何原理-----	15
圖2-5 虛擬距離時間延遲量測示意圖-----	19
圖3-1 已完成及設置中的台灣GPS固定站分佈圖-----	29
圖4-1 WGS84與TWD67參考橢球體示意圖-----	57
圖4-2 GPS座標轉換台灣地區座標程序-----	58
圖4-3 GPS用於沿岸船舶定位-----	60
圖4-4 GPS用於航路上之飛機定位-----	63
圖4-5 GPS用於機場地面飛機與車輛之定位-----	64
圖4-6 GPS用於航機進場導引-----	65

表 目 錄

	<u>頁 次</u>
表2.1 GPS衛星現況資料-----	7
表2.2 在SA情況下GPS定位誤差量-----	21

第一章 前 言

1.1 調查緣起

近幾年，一些工業發達國家的交通規劃人員不斷反省思索一些問題，是否道路運輸技術已發展到極限？難道已經沒有再突破發展的可能性？自從西元一九八九年美國運輸部聯邦公路總署公佈「智慧型車路系統發展計畫」（A Program for the Advancement of Intelligent Vehicle/Highway Systems）之後，歐美日各國競相投入發展所謂智慧型車路技術的態勢已然明顯，一方面除了想要藉此轉變傳統勞力密集的道路運輸特性，改善日益惡化的交通問題之外；另一方面，也欲藉以刺激相關工業的發展，在運輸產業技術上佔取國際優勢。有鑑於此，我國除了應多汲取他國之技術與經驗外，最重要的是對國內運輸環境與技術水準的瞭解，唯知己知彼，方能引進或設計出合適己用的設施，並進而尋求自行研發的方向。

自動車輛定位技術是智慧型車路運輸發展之關鍵技術，無論是行車路線導引資料的提供、公車監控或危險物品運送追蹤等，凡需要即時知道車輛位置的應用都必需擁有此一技術，在傳統上車輛位置的追蹤都是採用無線電通訊（語音）、無線電定位（如：Loran-C）或信號柱或航位推移（dead-rekoning）的方式，其精確度和成本常常無法兼顧，然自從1974年美國國防部開始著手發展全球定位系統（Global Positioning System, GPS）以來，這兩者即逐漸獲得良好改善，迄今，GPS已開始全面性廣泛應用在運輸、測量、地球科學和海洋資源等領域。國內這方面的研究以

各大學為起始，研究課題主要在測量方面的應用，近來逐漸轉移至車輛定位、船舶定位及航空器導航等方面應用之探討。相對於學術研究，民間公司對於這一項新科技產品的開發顯得更為積極，已經有一些成果公開發表。基於對國內GPS應用開發情形及研究水準應有一全盤性了解，以便進一步規劃未來發展方向，實需要深入各GPS應用開發與使用單位、公司探訪，以彙集眾人之經驗以供政府部門參考，並主動協助橫向之連繫。

1.2 調查目的

瞭解國內GPS應用發展現況，做為規劃國內智慧型運輸系統之參考，相關調查資料並提供各研究與應用單位使用，促成經驗交流與彼此合作關係之建立，並避免重疊研究開發之資源浪費。

1.3 調查範圍

本次調查對象為國內GPS使用機構、開發單位、學理研究單位、硬體販售商與電子通訊技術研製機構（公司）等，包括政府部門、學術機構與民間公司，主要針對已使用、開發中與計畫開發的應用進行調查。其中硬體販售商與電子通訊技術研製機構訪問之目的在瞭解國內目前研製GPS接收器的情況與技術生根的程度。

1.4 調查內容

本次國內GPS應用現況調查項目主要有：

1. GPS應用之領域（包括已開發、開發中及計畫開發）。
2. GPS應用研究之學術單位及負責人。
3. 政府各部門GPS應用發展計畫及進展。
4. GPS應用產品開發過程中所遭遇之問題與解決方式。
5. GPS硬體產品生產廠商與產品規格。
6. 民間GPS應用軟體開發廠商。

1.5 工作進行流程

因本調查的主體為一新科技系統，為保證調查工作順利進行及調查內容能夠深入，在正式全面展開訪查之前，先蒐集與回顧國內外GPS相關文獻，以了解GPS系統運作的原理，並對國內GPS相關應用的概況與研究人員有一初步認識。在掌握大部分的研究與應用主題以及關鍵人員聯絡資料之後，乃針對每一對象特性分別研擬訪問稿，以精確獲得所需資訊，並免除過份煩擾受訪者，且增加受訪者對調查工作專業素養的認同。同時，為避免訪問工作太過唐突，在正式拜訪之前，亦先以電話與受訪者聯繫，一方面讓受訪者先對本調查工作有所了解，一方面也可讓受訪者在正式接受訪問前有充分的準備時間。

本調查工作的執行以電話訪問為主，並請受訪者提供其最新研究、應用和產品相關書面資料，對於必須進一步深入了解的對象，在尋求對方意願後，由調查人員親自前往專訪，且商請安排現場實作參觀。同時，調查期間亦邀請在GPS應用研究有所專精者至本所講演，以讓本所同仁能分享外界研究經驗。全部調查工作進行流程如圖1-1所示。

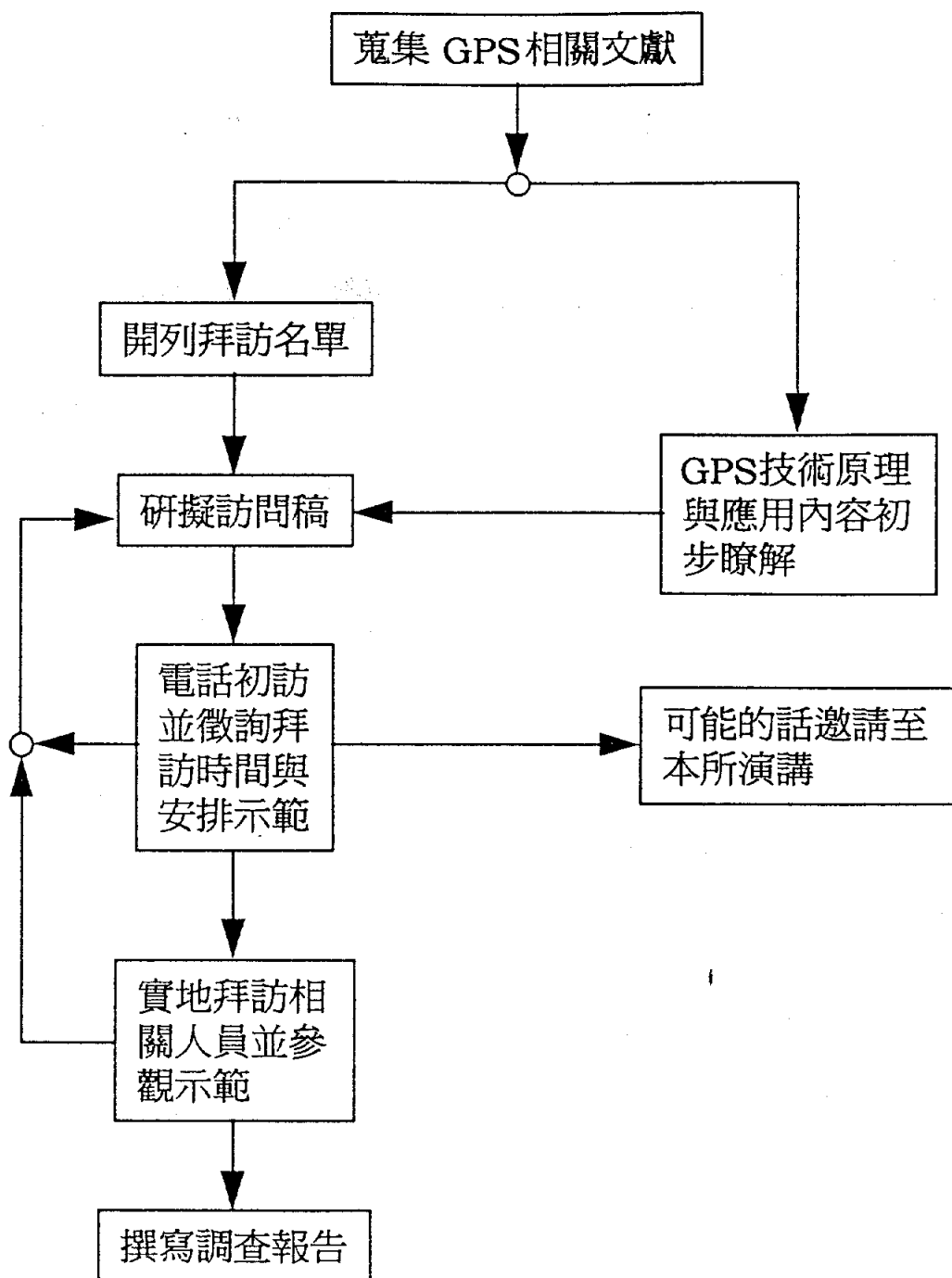


圖1-1 調查工作流程圖

第二章 全球定位系統發展概述

2.1 GPS發展歷程

1. 硬體技術的發展

1960年間美國海軍爲軍方船艦與潛艇定位，發展TRANSIT天經衛星導航系統，並於1967年7月開放供全球各國使用，但因衛星數量有限，僅能提供間斷性定位，因此大部分僅爲低運動性的海上船隻所使用，而高運動性的陸地上車輛與空中航機則極少使用。1970年初美國空軍爲空防目的而研發NAVSTAR三度空間精確定位導航衛星系統，並預定發射24顆衛星於地球軌道，提供全天候連續不間斷定位。1973年，由美國國防部導航衛星部門接管，並將原有之空軍NAVSTAR「Program 621B」計畫與海軍之「TIMATION」新實驗導航衛星計畫整合，共同設計一套三度空間全天候立體精確定位系統，稱之爲全球定位系統(GPS)。

美國國防部自從1973年接手衛星定位計畫後之後，在1978年與1985年期間發射了11顆Block I型研究用雛型衛星，其中五顆帶有精密原子鐘，經過三年多的觀察與測試肯定之後，於1989年開始發射帶有精密原子鐘的標準型Block II衛星，並陸續在1989年發射五顆，1990年發射五顆，1991年發射一顆，1992年發射六顆，1993年發射五顆，至此21顆全球衛星定位系統宣佈建立完成，而早期發射的五顆帶原子鐘Block I衛星則保留其中三顆做爲備用衛星，目前天空中的GPS衛星狀況，如表2.1所示。未來美國國防部希望在1995年前再發射4顆Block II型GPS衛星以更換老舊和故障的衛星，並在1996年以後發射20顆由GE Aerospace公司和

Martin Marietta公司製造的Block IIR型衛星，替換現有衛星。從民用觀點來看，Block II衛星與Block I衛星唯一不同點在後者不具觸動SA(Selective Availability)效應功能，而SA效應是美國國防部基於軍事安全考慮，將GPS衛星上發射出來的C/A電碼降低精度至一般民用程度，以普遍開放民間利用，而做的訊號處理。於1990年，當已有足夠多的Block II衛星陸續啓用之後，美國國防部也開始啓動SA效應，但SA效應的影響程度並非固定，大部分時間GPS的定位精度仍保持在原有的20到40公尺水準，只是偶爾會出現上百公尺的誤差。

2. 應用技術的發展

1980年代的GPS還是一個實驗性質的系統，除了美國軍方的使用測試之外，民間少有相關應用研究發表。在實驗系統初期，GPS接收器端的定位設計係根據原先美國國防部所設想的虛擬距離推算方式，然因美國軍方基於國防安全考慮，刻意降低定位精度與保留高精度電碼使用權，使得一些民間使用者的相關應用受到限制，因此後來在一些非軍方應用的研究中又發展出另一套比虛擬距離更精確的計算方法，稱為載波相位觀測。從此，GPS的定位方法分成兩路系統發展：一路以電碼作為觀測對象，稱為虛擬距離觀測，其特性是定位效率（頻率）很高，但是定位精度並不是很好，因此適合具有高運動性但不要求高精度的物體定位；另一路以載波作為觀測對象，稱為相位觀測，精度極高，但定位效率不好，所以主要用在運動性要求較小的大地測量。

表2.1 G P S 衛星現況資料

SVN 編號	隨機電碼 編號	衛星 型式	原子鐘 型式	發射 時間	啓用 時間	軌道面 編號	運行 註記
Block I							
9	13		Cs	06-13-84	07-19-84	C4	
10	12		Rb	09-08-84	10-03-84	A1	
11	3		Rb	10-09-85	10-30-85	C1	
Block II							
13	2		Cs	06-10-89	08-10-89	B3	
14	14		Cs	02-14-89	04-15-89	E1	
15	15		Cs	10-01-90	10-15-90	D2	
16	16		Cs	08-18-89	10-14-89	E3	A
17	17		Cs	12-11-89	01-06-90	D3	
18	18		Cs	01-24-90	02-14-90	F3	
19	19		Cs	10-21-89	11-26-89	A4	B
20	20		Cs	03-26-90	04-18-90	B2	
21	21		Cs	08-02-90	08-22-90	E2	
Block IIA							
22	22		Cs	02-03-93	04-04-93	B1	
23	23		Cs	11-26-90	12-10-90	E4	C
24	24		Cs	07-04-91	08-30-91	D1	
25	25		Rb	02-23-92	03-24-92	A2	
26	26		Cs	07-07-92	07-23-92	F2	
27	27		Cs	09-09-92	09-30-92	A3	
28	28		Cs	04-10-92	04-25-92	C2	
29	29		Cs	12-18-92	01-05-93	F4	
31	31		Cs	03-30-93	04-13-93	C3	
32	1		Cs	11-22-92	12-11-92	F1	
37	7		Cs	05-13-93	06-12-93	C4	
39	9		Cs	06-26-93	07-20-93	A1	
35	5		Cs	08-30-93	D	B4	

運行註記：

- A. 於1991年1月7日替換成銨原子鐘。
- B. Leeds大學發現有不正常訊號發射情況，現仍在調查當中。
- C. 有一個損壞的控制電子元件，但仍能發送正常的導航訊號。
- D. 預定於1993年9月21日以後啓用。

資料來源：[1]

無論虛擬距離觀測或是相位觀測，在早期使用單機單點絕對定位，由於受到一些外在環境的影響與系統本身的設計限制，在精度上無法提升，遂引入雙機觀測的方法，產生相對定位的技巧。

在虛擬距離觀測方面，因為P電碼受到美國軍方管制的關係，C/A電碼變成民間唯一可以使用的工具，且更甚者，軍方刻意以SA效應將C/A電碼精度從30公尺左右降到百公尺，為突破此一問題，遂基於相對定位的技巧發展出可以消除系統性共同誤差的差分定位方法，並在近一兩年大量使用在運輸工具的定位上，從使用中發現除了精度的改善之外，在可靠度方面的加強亦同樣重要，特別當使用在航機定位導航上，以及在都市高樓林立，GPS訊號易受遮蔽地區的車輛定位上。因此，乃進一步引入其他輔助定位設備，朝整合式定位方向發展。趨勢顯示虛擬距離觀測這一類GPS定位系統最終將以提供即時可靠定位服務為目標，且將大量應用在車輛導引、船舶導航和航空器導航方面。

在相位觀測方面，早期主要以觀測調制C/A電碼的L1載波為對象，重心在解決所謂「週波未定值」問題，基此，發展出靜態測量、半動態測量、快速靜態測量以及最新的動態測量等技術，每一種演進都代表著定位效率的增加，然亦同時加諸了許多限定條件。相位觀測的應用一直就以測量為主，多使用在大地測量和地殼變動測量等高精密測量上，但在追求高精度下，付出的是單一點長時間觀測的代價，定位效率的低落減少實用的意願，因此，相關的研究都以改善定位效率為目標，近年更以L1/L2載波雙頻觀測為基礎發展動態測量技術，大幅增進測量的速度。趨勢顯示相位觀測這一類GPS定位系統將以提供高精確、快速測量為目標，在運輸方面的應用則以電子地圖的製作為主。圖2-1[2]為GPS衛星定位應用技術發展的歷程。

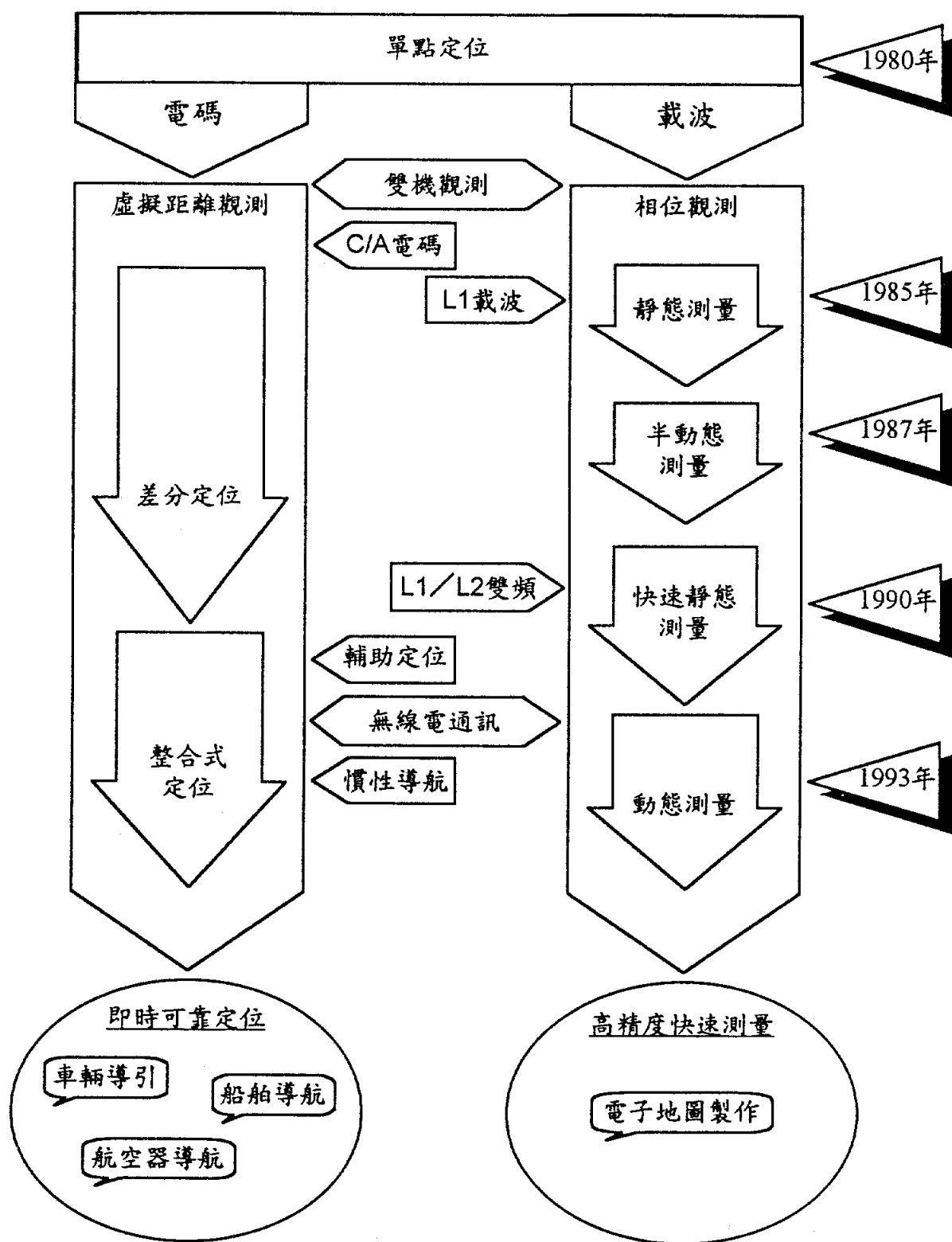


圖2-1 GPS衛星定位應用技術發展歷程

2.2 GPS系統架構

全球定位系統整體運作上可以分成三部份：太空部分、地面部分以及訊號部分。分述於后：

1. 太空部分

主要由21顆GPS衛星和3顆備用衛星構成，均勻分佈於六條繞極軌道上運行，軌道平面相對赤道面傾斜55度，每條軌道相隔60度，軌道高度20,183公里（圖2-2，圖2-3），衛星環繞地球一週約12小時，任何一時刻地面上都可以同時觀測到4到7顆衛星訊號。每顆GPS衛星上都有一個原子鐘，產生一極為穩定之10.23MHz基本頻率，並以此頻率之不同倍數值產生1.023Mbit/s的C/A隨機電碼、10.23Mbit/s的P隨機電碼、1575.42MHz($154 \times 10.23\text{MHz}$)的L1載波以及1227.6MHz ($120 \times 10.23\text{MHz}$)的L2載波，原子鐘也提供作為地面接收器進行虛擬定位時所需的時間同步時差計算之用。

2. 地面部分

主要為GPS監控與使用者兩部份。監控部分，主要是美國國防部建立的一個主控站(master control station)和數個監視站(monitor station)，全天候追蹤監視所有GPS衛星狀態，進行軌道分析、軌道預測和時鐘校正，並將控制與修正資料向衛星傳送，修正衛星姿態與原子鐘誤差，以維護GPS衛星定位系統的精度與正常運作。使用者部分，主要是一個GPS衛星訊號接收器，依照不同使用目的而有各種定位能力，最基本的能力是能夠接收L1載波，分離出C/A電碼，進行最簡單的虛擬距離定位；最完整的

的接收器則是可以同時接收L1和L2載波，進行C/A電碼、P電碼、雙P電碼虛擬定位以及L1、L2載波相位計算等。

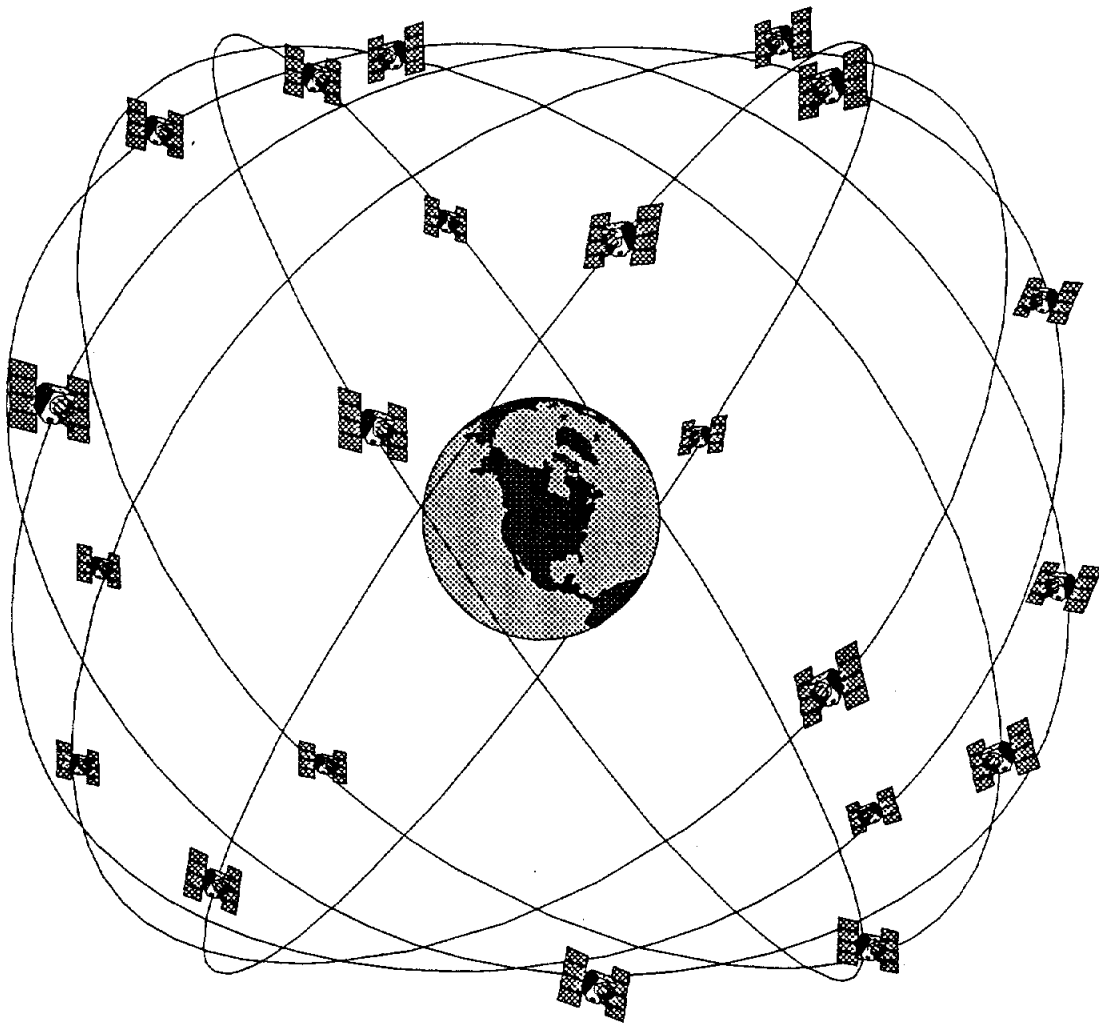


圖2-2 24顆GPS衛星於地球上六個軌道運行示意圖

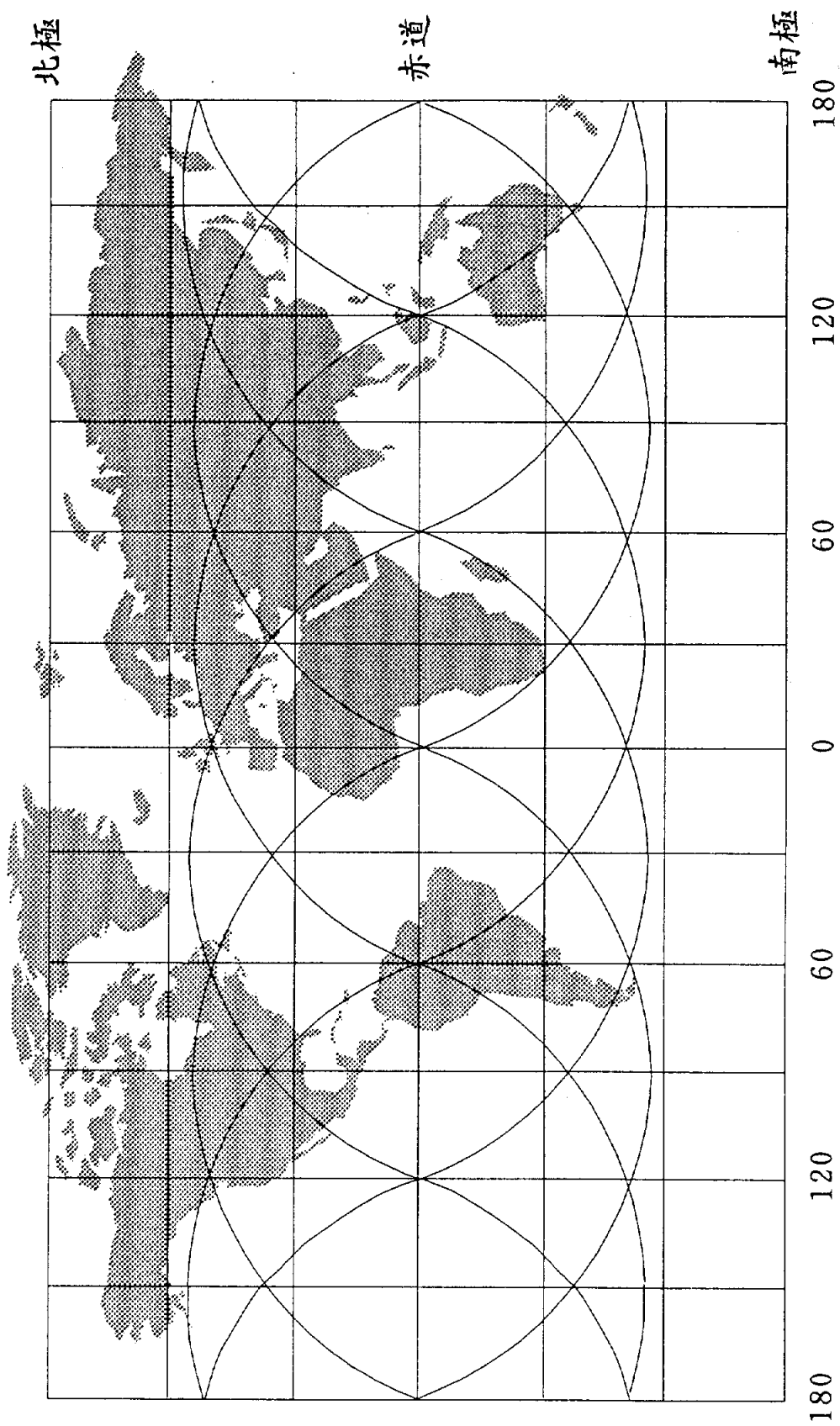


圖2-3 六條GPS衛星軌道垂直投影地表圖

3. 訊號部分

GPS衛星產生兩組隨機電碼，一組稱為C/A電碼，一組稱為P電碼，其訊號內容為單純的+1/-1兩種方形波組成，雖然稱為隨機電碼，事實上是由一固定公式產生，因此電碼內容是可以預測的。C/A電碼訊號每千分之一秒重複相同內容，亦即電碼週期為1 msec，而P電碼訊號週期則長達267天，但是受GPS衛星內部記憶體容量限制的關係，P電碼每七天由地面主控站重新設定一次。

C/A電碼主要開放民間用途，因此在精度上刻意降低，P電碼則是美國國防部保留為其軍事用途使用的另一組電碼，精度比C/A電碼更高，因此設有密碼，一般民間使用者無法解讀，然近年來美國國內民眾極力反應與爭取，有逐漸解除管制的趨勢。

GPS衛星除產生隨機電碼外，每一顆衛星也都固定發送總長1500位元的衛星信息資料，內容為一些時間與電離層改正參數、衛星星曆、文數電碼信息和曆書等資料。

為將前面所述之C/A電碼、P電碼與衛星信息等訊號傳送至地面，GPS衛星另外產生兩種不同頻率載波—L1載波與L2載波用來承載所有電碼與訊息，其中C/A電碼僅調製在L1載波上，P電碼則分別調製在L1與L2載波上，並區別為P1電碼與P2電碼，衛星訊息則以每秒50 bits的速率調製在L1和L2載波上。

2.3 GPS原理概述

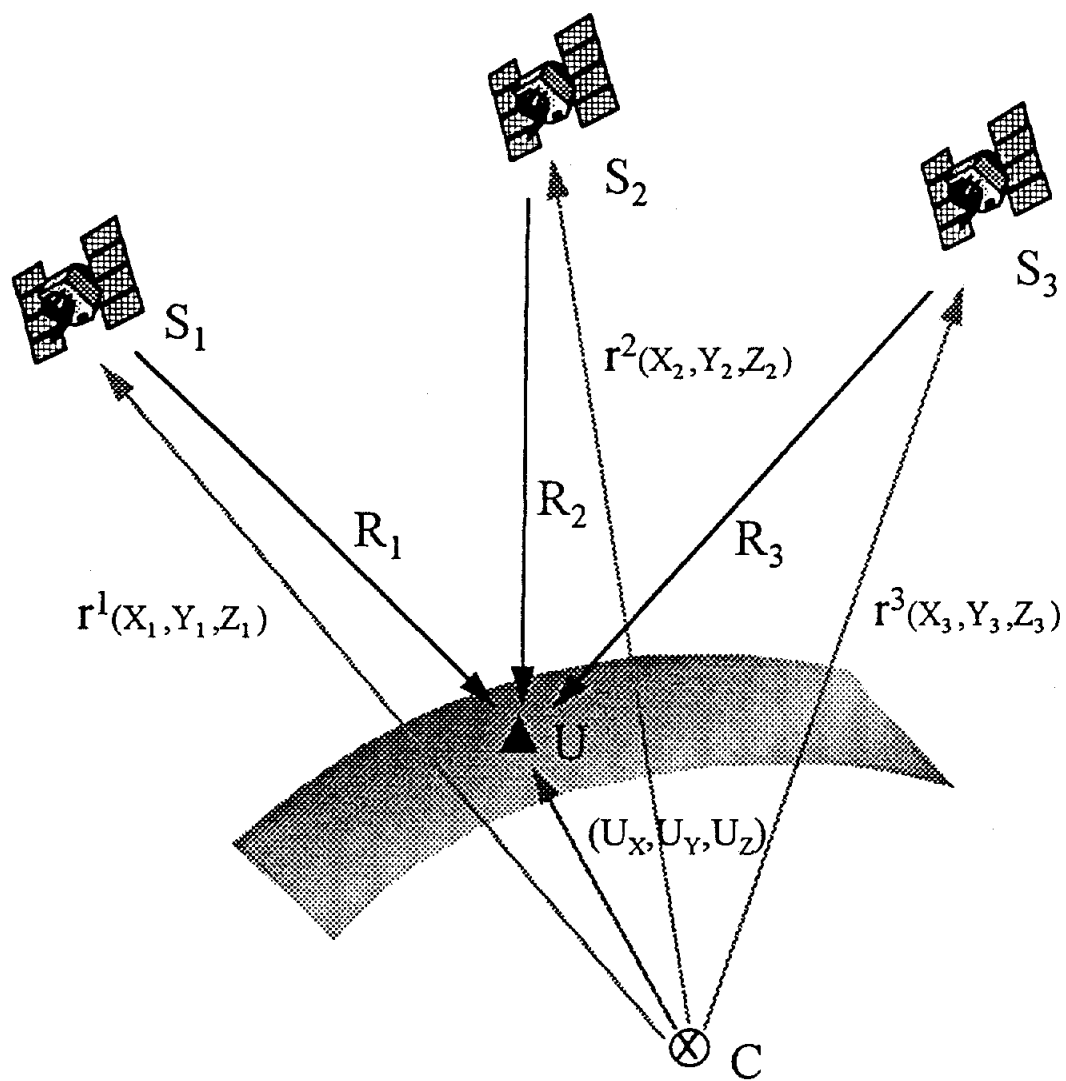
目前各國已使用的定位方法概可分成四類：位置推移法（Dead Reckoning）、信號柱法（Proximity Beacon）、無線電定位法（Radio

Location) 和地圖匹配 (Map Matching)，其中無線電定位法無論在精度上和廣度上都有很好的表現，長久以來就被用在船舶和航機導航上，而且技術不斷更新。就技術原理來說，無線電定位法又細分為四種定位方法：(1)雙曲線定位法 (hyperbolic system)，常見的系統有船舶導航使用的LORAN-C、OMEGA以及DECCA航行系統；(2)雙向測距定位法 (two-way ranging systems)，航機導航使用的測距儀(DME)即屬於此一類；(3)單向測距定位法或稱虛擬距離定位法 (one-way ranging/pseudo-ranging systems)，以GPS為代表；(4)直接定位法 (direct ranging)，以雙曲線定位法為基礎，加上時間同步系統而可以直接計算發射台與接收器間距離的定位方法。底下僅就GPS的定位原理作說明。

1. GPS的幾何定位原理

根據幾何理論，平面上任兩條非平行直線相交於一點，而空間上的一點則由三非平行面決定，因此如果擁有兩個已知座標參考點，並且任一待測點與此二參考點間的距離都可以測量出來的話，則平面上的任一點位置座標都可以加以測定。同樣，如果已知座標參考點有三個，則連垂直高程也可測定出來。

GPS一共擁有24顆衛星，在環繞地球的六條固定軌道上運行，基本上，任何一時刻每顆GPS的位置座標都可以預測並計算得出來，形成一群天空中活動的已知參考座標點。持有GPS衛星訊號接收器在地面上任一位置，接收三顆以上GPS衛星訊號，獲得各衛星於天空中的座標值並測得各衛星和接收器間的距離，以空間三段距離後方交會原理即可將接收器所在位置座標(U_x, U_y, U_z)計算出來 (圖2-4) [3]。其基本幾何計算過程，在求解一組空間的聯立方程式，如下：



已知： r^1, r^2, r^3

觀測： R_1, R_2, R_3

求解： U_x, U_y, U_z

圖2-4 GPS衛星定位幾何原理

$$(X_1 - U_X)^2 + (Y_1 - U_Y)^2 + (Z_1 - U_Z)^2 = R_1^2$$

$$(X_2 - U_X)^2 + (Y_2 - U_Y)^2 + (Z_2 - U_Z)^2 = R_2^2$$

$$(X_3 - U_X)^2 + (Y_3 - U_Y)^2 + (Z_3 - U_Z)^2 = R_3^2$$

其中， X_1, Y_1, Z_1 = S₁衛星的座標值（已知）

X_2, Y_2, Z_2 = S₂衛星的座標值（已知）

X_3, Y_3, Z_3 = S₃衛星的座標值（已知）

U_X, U_Y, U_Z = 待測點的座標值（未知）

R_1, R_2, R_3 = 待測點分別與S₁, S₂, S₃三顆衛星的距離
（已知）

如果同時接收四顆衛星訊號，則可以多出一組方程式，而將接收器的時錶誤差C_B也求算出來，更提高定位精度：

$$(X_1 - U_X)^2 + (Y_1 - U_Y)^2 + (Z_1 - U_Z)^2 = (R_1 - C_B)^2$$

$$(X_2 - U_X)^2 + (Y_2 - U_Y)^2 + (Z_2 - U_Z)^2 = (R_2 - C_B)^2$$

$$(X_3 - U_X)^2 + (Y_3 - U_Y)^2 + (Z_3 - U_Z)^2 = (R_3 - C_B)^2$$

$$(X_4 - U_X)^2 + (Y_4 - U_Y)^2 + (Z_4 - U_Z)^2 = (R_4 - C_B)^2$$

其中， X_1, Y_1, Z_1 = S₁衛星的座標值（已知）

X_2, Y_2, Z_2 = S₂衛星的座標值（已知）

X_3, Y_3, Z_3 = S₃衛星的座標值（已知）

X_4, Y_4, Z_4 = S₄衛星的座標值（已知）

U_X, U_Y, U_Z = 待測點的座標值（未知）

R_1, R_2, R_3, R_4 = 待測點分別與 S_1, S_2, S_3, S_4 四顆衛星的距離
(已知)

C_B = 時錶誤差 (未知)

由上可知，地面上任一點之位置座標值皆可由衛星座標和衛星與該點之距離兩項數據演算得，因此這兩組數據的產生方法便是GPS的主體工程。

2. 衛星座標的產生

爲對天空中運行的衛星位置加以描述，必須先定義一套可以描述三度空間位置的座標系統。傳統上，大家都習慣笛卡爾氏所定義的卡氏直角座標系統，這對於一般簡單的幾何描述都可以容易使用，但在某些空間描述上則顯得極爲複雜，因此，爲簡化描述繞行於地球軌道上的衛星運動行爲，並方便地球表面任一點位置座標的計算，全球定位系統定義了一個以地球質心爲座標原點的橢球座標系統，稱爲WGS-84座標系統。

由於每顆GPS衛星都是在環繞地球的固定軌道上運轉，因此任一時刻的位置都可以以一組所謂的「軌道參數」加以描述，每一顆GPS衛星都擁有其獨特的軌道參數，這些資料存放在衛星信息資料中的「星曆」部分，並由地面追蹤站與主控站持續監視與修正。當地面接收器接收到這相資料時，套入軌道公式，就可以獲得接收訊號當時衛星在軌道上的瞬時座標位置。因爲GPS衛星座標的計算是直接由地面接收器根據衛星所傳送的參數資料套入軌道公式算得的，而每一台接收器同一時刻所收到同一顆衛星參數資料都一樣，所以計算出的衛星座標也全都一樣。

3. 衛星與接收器間距離計算

理論上，地面上的衛星接收器只要能夠收到衛星訊號，並同時知道該訊號在空中傳播的時間，便可以容易算出其間的傳播距離。但實際上，衛星訊號從發出到地面接收這段旅行時間並非輕易能夠獲得的，需要在訊號內容、衛星運行和接收器計算三方面進行特殊設計才可。首先衛星和接收器兩者必須有同步進行的時間系統，其次是衛星訊號必須要能夠被接收器辨認出發射的時間。因此，在GPS衛星上裝置一顆精密原子鐘，地面接收器也備有計時設備，並由地面主控站維持著高精度同步時間系統（GPS時系）；衛星訊號方面，則設計C/A電碼與P電碼兩套系統供訊號發射時間比對辨認之用。

原先依照美國國防部的構想，GPS衛星與地面接收器間距離的計算是根據觀測C/A電碼和P電碼來獲得，也就是所謂的「虛擬距離觀測」。這種觀測方式所獲得的定位精度（對P電碼而言），無論對軍事武器或是運動裝備的定位要求，都可以滿足，然一方面因高精度的P電碼受軍方管制，一方面低精度的C/A電碼不能符合某些應用需求，如：大地測量和地殼運動觀測等，遂發展出所謂「載波相位觀測」的方法。

目前衛星與接收器間距離求算的方法有好幾種，如：虛擬距離觀測法、載波相位觀測法、積分都卜勒觀測法和干涉法差分距離觀測等，比較為大多數人使用的為前面兩種，以下即說明此兩種計算方法。

a) 虛擬距離觀測法

這是美國國防部發展GPS最先構想的衛星距離計算方法，如圖2-5[3]，GPS衛星將C/A電碼與P電碼（統稱PRN電碼）分別調製在L1與L2載

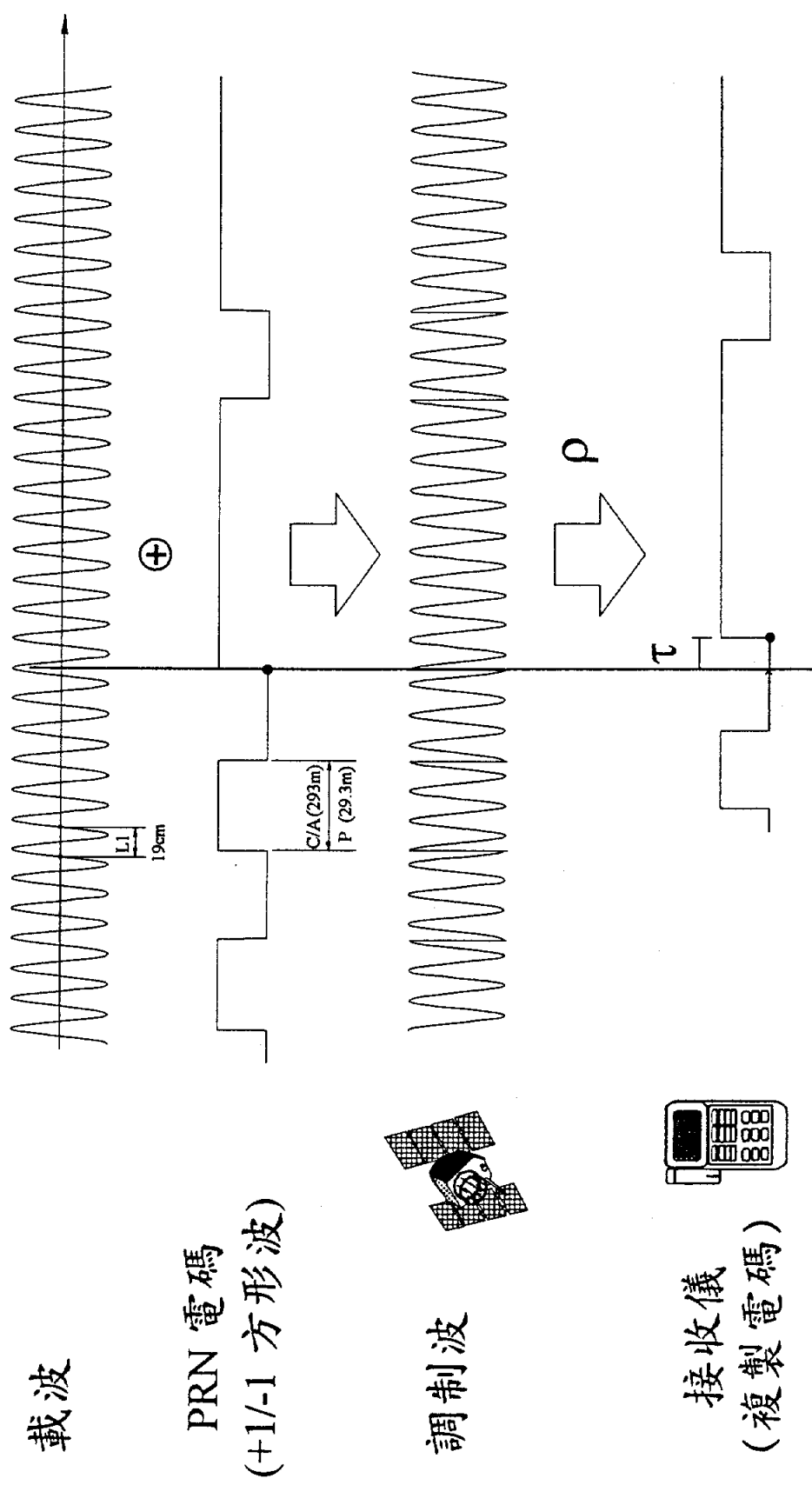


圖2-5 虛擬距離時間延遲量測示意圖

波上而形成調製波。當接收器收到調製波訊號後，將之還原成PRN電碼，與自己同步產生的PRN電碼比對，獲得兩訊號間的時間差（ τ ），即是訊號在空中旅行的時間，再乘以電波傳播速率（光速） c ，即為衛星與接收器間之虛擬(pseudo)距離 ρ 。

$$\rho = \tau \times c$$

稱為虛擬距離是為與實際距離有別，其原因是有許多因素直接或間接造成接收器所獲得的訊號旅行時間，不是實際衛星訊號直線傳播的時間，造成求算出來的距離與真實距離間有誤差。其中比較明顯的誤差有：衛星的時鐘誤差、接收器的時序誤差、星曆誤差、軌道誤差、電波傳播的電離層與對流層延遲、以及地面物體造成的多路徑效應等。GPS定位可能產生的誤差因素、誤差來源及影響程度如表2.2所示[2]。

C/A電碼虛擬距離觀測法在無SA效應下，可以獲得20到40公尺的精度，但在SA效應下，訊號誤差被放大，因此產生百公尺以上的誤差。P電碼虛擬距離觀測法一般的精度則在1到3公尺，若AS(Anti-Spoofing)效應被開啓，則P電碼將被轉變成Y電碼，一般使用者無法加以解讀使用。

b)載波相位觀測法

除了使用訊號傳播的時間做為計算接收器與衛星間距離的依據之外，持續觀測載波相位的改變也可以作為計算的基礎。基本上，接收器可以偵測載波從GPS衛星發出後到接收器間的相位差，但卻無法知道已經經過多少週波，因此，接收器開始觀測時，先自行近似一個整數週波值來使用，而這和實際的週波值間便存在一「週波未定值」（Cycle

表2.2 在SA情況下GPS定位誤差量

(單位：公尺)

誤差因素	誤差來源	GPS	DGPS
星曆誤差	衛星部分	40.0	0
時鐘不穩定		15.0	0
軌道誤差		5.0	0
接收器儀器誤差	地面設備部分	--	--
使用者操作誤差		--	--
接收雜訊		2.0	2.8
電離層延遲	傳播路徑部分	12.0	1.0
對流層延遲		3.0	0.5
多路徑效應		2.0	2.0
幾何結構不良	接收器和衛星間幾何結構	--	--
	總合之均方根誤差	44.8	3.6

Ambiguity)。如果接收器對某一顆衛星持續不斷觀測，則可以同時繼續計數所通過的整數週波值，並保持週波未定值不變，然後藉由多次觀測量來求算或消去此一週波未定值。另外也可使用多台接收器同步觀測的方式來達到同樣目的。

相位觀測的技巧可以將定位精度推展到一個波長（L1波長19公分，L2波長24公分）的誤差以上，而精密電子儀器更可以識別出百分之一波長的差異，因此理論上可以獲得厘米以上的最高精度。

4.地面接收器定位方法

整體來說，GPS發射出來的訊號一共有五種：C/A電碼、P1電碼、P2電碼、衛星訊息、L1載波及L2載波，也就是所有定位的方法都是從這些訊號中加以推演的。就單獨的接收器本身而言，可以使用C/A電碼作粗糙的「絕對單點定位」，也可以同時接收精度較高的P1和P2電碼，做雙電碼單點定位。這種單點定位方式存在內在的系統誤差影響，在精度上有一定限度，因此產生另一種所謂「相對定位」的方法，這一種方法至少需要兩台接收器同時觀測，藉以消除共同性的系統誤差，最常使用於基線測量方面，由早期的單獨觀測L1載波所進行靜態測量、半動態測量，發展到L1與L2收頻觀測以及載波相位觀測輔以P電碼計算的快速靜態測量和動態測量；而另外一種屬於雙站觀測方式的「差分定位法」（Differential GPS），精度則比前面所述的幾種主要用在測量方面的方法差，但比起絕對單點定位好很多，較適合講求即時性與常處於運動狀態下的交通工具定位需要。

底下分別說明靜態基線測量、半動態基線測量、靜態快速測量、動態測量與差分定位等五種GPS相對測量與定位方法[3]。

a)靜態基線測量

至少兩台接收器在分開的不同地點同時並長時連續接收三顆以上相同的GPS衛星訊號，連續接收時間視兩接收器間基線長度而定，基線越長，觀測時間越久，通常需要30分鐘以上的觀測時間。

b)半動態基線測量

由於使用靜態基線測量方法，每一條基線都需要花費相當長的觀測時間，測量速度太慢，因此研究出一種加速測量速度的方法，稱為半動態基線測量。做法是，將測量起始兩端點中的一端作為固定端，稱之為主站，另一端為移動點起點。每一移動點只要觀測一至二分鐘就可以往下一待測點移動，直到所有點觀測完畢，最後將主站於測量這段時間的持續觀測量與所有移動點之觀測量聯合計算，就可以獲得同樣高精度的測量結果。

c)虛擬動態快速測量(靜態快速測量)

半動態測量仍有其缺點，主要是測量期間必須保持所有訊號的不中斷，除非是在開闊地方，不然很難達到此一要求。為解決此一問題，乃發展另一種觀測與計算方法，稱為虛擬動態快速測量。測量期間各移動點只要觀測三分鐘，一小時後回到第一個移動點再重複做一次觀測，其間一小時的觀測中斷，視為「週波脫落」(Cycle Slip)處理，形成一小時又六分鐘的長時間「虛擬」基線觀測時段，其精度與半動態基線測量相同。

d)動態測量

由於使用相位觀測的關係，必須求解或消去整數週波未定值，因此耗費多餘的觀測時間以獲得必要的觀測量。如果能有加速求解週波未定

值得技巧，則觀測時間必可縮短。目前因P電碼逐漸開放管制，以P電碼來輔助求解週波未定值變成可行，接收雙頻雙P電碼獲得四個觀測量，可以立即求解週波未定值，基此逐漸發展出定位速度快、精度高的「動態測量」技術。

e)差分定位

主要係為改善以C/A電碼觀測為主的虛擬距離定位精度不佳的情況，其基本想法是，虛擬距離定位方法的誤差許多是來自像GPS衛星原子鐘偏差、軌道誤差、星曆誤差以及電波在大氣中傳播的延遲等因素，這些因素對地面上的每一個接收器都產生同樣的影響。因此，如果在一個已經知道確實座標的地點，也裝設一個接收器和無線電廣播設備，作為座標修正參考站，將其接收器所觀測到的定位座標和已知座標間的誤差廣播出去，則附近的其它觀測點都可以根據這一數據來消除共同誤差。

目前有兩種差分定位誤差修正方式：一是虛擬距離改正量法，另一是座標分量改正量法。虛擬距離改正量法主要在計算參考站與衛星間虛擬距離的誤差量，以此誤差量去修改移動站與衛星間的虛擬距離；而座標分量改正法則是計算出參考站由GPS衛星所定位的座標與實際座標的差值，以此差值去改正移動站所定位出的座標。一般接收器都會從所觀測到的許多衛星中挑選三顆幾何構成最好的衛星來計算，如果參考站和移動站選用計算座標的衛星都相同的話，則上面兩誤差修正方法所獲得的結果將會完全一致。但實務上，參考站所觀測到的衛星數目和移動站所觀測到的常不相同，所以有時選用的衛星也不會一樣，因此座標分量改正的方式便失去功能，而虛擬距離量改正的方式則不會有此一問題。

差分定位法之所以提高定位精度，根據的是消去共同性的一些誤差，因此必須假設移動站（載台）上的GPS定位誤差與參考站相同的，以虛擬距離觀測之瞬時單點定位來說，主要誤差有七項：(1)衛星時錶誤差；(2)廣播星曆誤差；(3)電離層遲滯誤差；(4)對流層遲滯誤差；(5)雜訊及電碼數值化（解碼）誤差；(6)接收器頻道不準確誤差；(7)多路徑效應誤差。對同一時刻不同接收器觀測的結果，第一、二項誤差完全相同，第三、四項誤差相似，第五至第七項誤差則完全獨立。所以差分定位主要在修正第一至第四項屬於共同性的誤差部份，但對於第三、四項傳播性誤差，由於電波從GPS衛星到差分站所經過路徑的環境與到移動站所經過的路徑環境只是類似，且相似性隨兩站間距離愈遠愈差，因此移動站和差分站如果相距太遠，則此一相似性便不復存在，若仍以此修正資料對移動站進行修正則不僅沒有提高精度，反而劣化精度。根據一些測試顯示，此一距離最好不超過150公里。

差分定位方法另一個值得注意的是時效性問題。理想上移動站的誤差修正應該和參考站同步，因為只有在同一時刻，兩者間的衛星與大氣狀況才會一樣。但事實上，修正站將誤差計算出來到傳播至移動站上，中間會有時差，再加上如果資訊廣播的頻率不高的話，時差會更加大。根據曾清涼[2]建議，「爲了克服SA效應，基地（參考站）改正量的輸送需在20秒之內傳送至移動站，要求精度愈高，更新率愈高例如5m精度則在12秒內」。

第三章 國內GPS技術研究與應用調查

3.1 國內GPS發展概述

雖然廿四顆全球定位系統架構於公元1993年10月才正式完成，但過去期間，國內已有許多大學院校科系進行相關研究，其中以測量相關應用為主，研究以成功大學測量學系起步最早，成果也相當豐碩。運輸方面應用的研究則為近幾年的事，其中又以道路運輸之車輛定位與導引為主，包括車輛定位精度的測試、差分定位通訊的測試、電子地圖的建立以及電腦應用軟體的規劃設計等，此一方面相關研究的學校系所有：成功大學交通管理科學研究所、航空測量研究所、交通大學運輸工程與管理學系、淡江大學資訊工程研究所、元智工學院電機暨資訊研究所等；海運方面應用的研究以海洋大學航運技術研究所為主，已經開發成功一套海上試車軟體；航空方面的應用目前尚未有任何研究。

在學術研究蓬勃進行同時，一些政府部門亦開始著手建立其業務相關之系統，內政部於民國八十年正式成立衛星測量工作小組，並展開為期五年的「應用全球定位系統實施台閩地區基本控制點測量計畫」，預定設立八座GPS追蹤站（現在已經完成四站），建立台灣、澎湖、金門、馬祖、綠島、蘭嶼、東沙、南沙諸島七百個基本控制點。中央氣象局地震中心目前已經設置完成板橋、花蓮、嘉義、日月潭、成功、蘭嶼以及澎湖等七個GPS固定站，以加強台灣地區地震觀測，預計將來還會繼續增加三至四站。中央科學研究院地球科學研究所設有一個世界網聯測的GPS固定追蹤站。交通部電信研究所也設有固定站做為增進頻率與時間校準之用。警政署則規劃在所有警車上配裝衛星定位設備，以確實掌握每一

輛警車動態，提高警力機動調度的力量。目前國內已經完成及陸續設置中的GPS固定站分佈如圖3-1。

對於民間廠商而言，所感興趣應是GPS的市場問題。以往，由於國內GPS相關應用的研究僅限於少數學術機構，相關軟硬體的需求量不大。近年來，有逐漸從學術研究轉移到實用的趨勢，尤其當內政部正式著手進行GPS衛星三角點測量五年工作計畫之後，相關軟硬體需求立即迅速擴增。可以預見，當全國的GPS座標系統全部建立以後，GPS接收器的需求更會大幅成長。目前GPS接收器硬體多為國外產品，國內廠商僅為代理銷售與進行修護工作，唯一在國內生產的廠商為台灣國際航電公司（Garmin子公司）。除了硬體市場外，一些廠商也著手開發相關應用軟體，如精技電腦公司開發出第一套即時GPS衛星車輛定位系統，勝宇資訊公司開發成功一套衛星定位自動回報系統，並使用在遠洋船舶定位上。

3.2 國內GPS運輸應用有關文獻摘彙

1. 題目：GPS於IVHS系統之應用

作者：萬紹正、林偉成等

單位：中山科學研究院

來源：第一屆GPS衛星定位技術研討會論文集

摘要：規劃使用GPS定位技術之公車定位系統與監控調度中心之整體系統設計，包含車上設備、監控中心之功能與硬體需求，並對無線電通訊之通訊架構、通訊方式、通訊格式、載波頻率、資料傳輸率及錯誤率等進行測試。

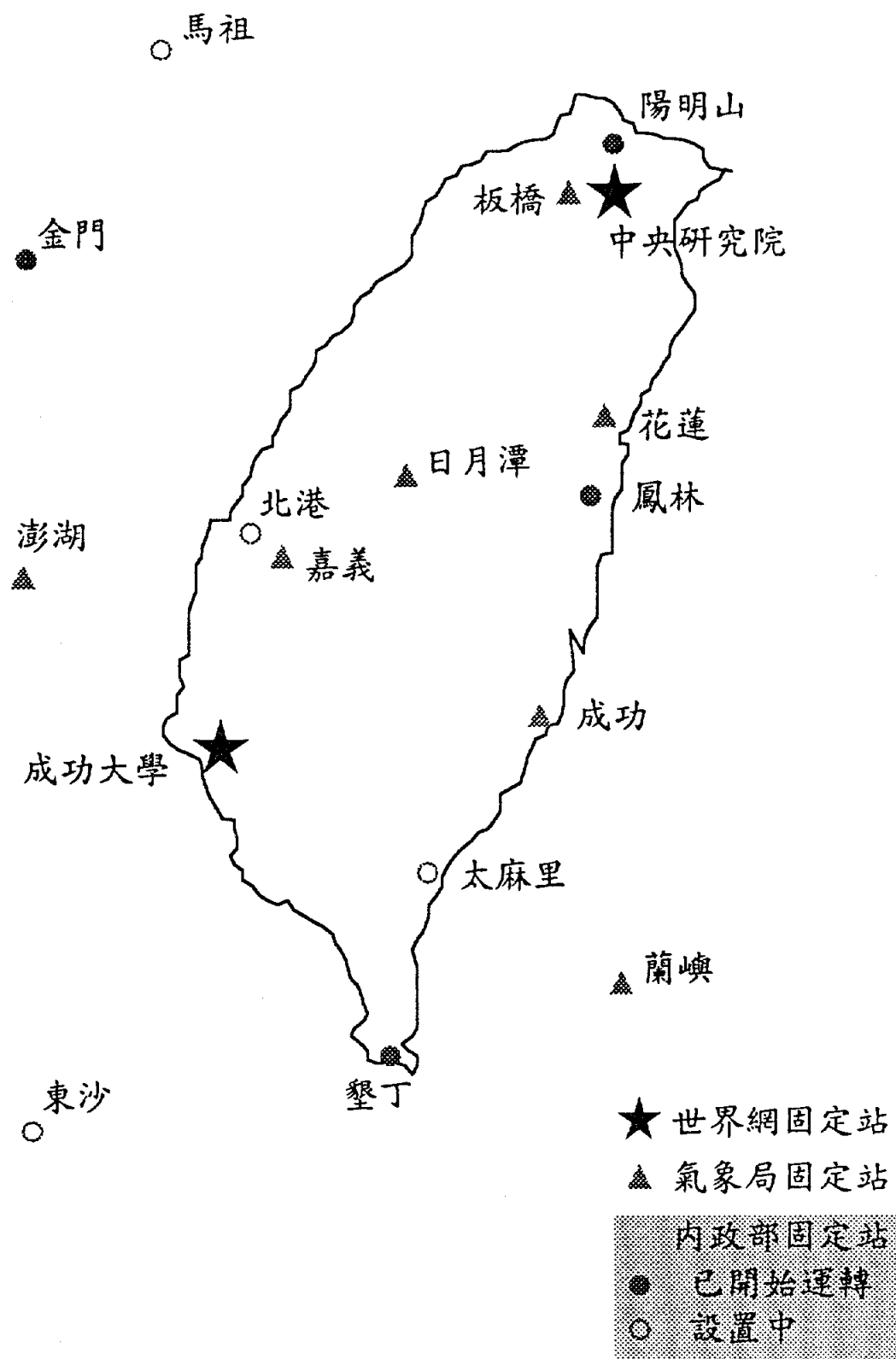


圖 3-1 已完成及設置中的台灣GPS固定站分佈圖

2. 題目：GPS汽車導航系統之應用

作者：蔣安定等

單位：私立淡江大學資訊工程研究所

來源：第一屆GPS衛星定位技術研討會論文集

摘要：建立以GPS定位系統作為汽車導航之電腦軟體架構雛形，提出「多層式路徑找尋」之技巧，解決廣域路徑搜尋耗時且耗記憶體的問題，並於DOS與WINDOWS環境下分別開發一套汽車導航使用之電腦軟體應用系統。

3. 題目：即時性DGPS衛星定位系統之建立與海上試車之應用

作者：李台生、石宏揚

單位：海洋大學航運技術研究所教授、交通大學土木所博士班

來源：第一屆GPS衛星定位技術研討會論文集

摘要：分析虛擬距離觀測定位之誤差來源，介紹DGPS定位原理，說明即時性DGPS系統傳送修正資料主要有兩種方式：上鏈式，資料由參考站傳送到移動站，而載移動站上作計算與進行自身座標位置修正；下鏈式，移動站將其GPS接收器收到的原始資料傳送到參考站，而由參考站計算與修正後，再將修正座標傳回移動站。而兩種GDPS所傳輸資料的形式又有虛擬距離修正資料和位置座標分量修正資料之分，基於各種因素考慮，一般採用上鏈式虛擬距離修正法比較好。本研究同時以海上試車為例說明GDPS的應用，海上試車的兩個應用例為：慶富造

船廠新造之鴻利輪海上試車、中國造船廠新造之康運輪海上試車。建議解決現行海圖座標系統與GPS所使用的WGS-84座標系統間差異的問題。

4. 題目：台灣沿岸地區DGPS導航定位系統規劃設立之難議

作者：薛憲文

單位：中山大學航海洋環境系暨研究所副教授

來源：第一屆GPS衛星定位技術研討會論文集

摘要：介紹美國海岸防衛隊DGPS基站設立之經驗，並討論DGPS系統之架構及其相關技術問題。建議基站不進行電離層之模式修正，而無線電發射系統的資料更新率(Update Rate, UR)取決於定位之方法、預期系統之成果、可能遭遇之錯誤狀況及品質管制等方面之考量，因此UR之計算為：

$$UR = \frac{TML}{TR \times P(\text{good})}$$

其中

TML = Total Message Length,

TR = Transmission Rate,

$P(\text{good})$ = Probability of good reception.

5. 題目：GPS在緊急救難之應用；救護車DGPS衛星自動帶路系統

作者：蔡明哲；曾清涼、余致義等人

單位：成大醫院急救部；成功大學測量系

來源：第一屆GPS衛星定位技術研討會論文集

摘要：台南地區於民國七十九年八月成立緊急救護網，民國八十一年成立救護聯絡中心，全天候三班輪值，不定時與責任醫院聯繫床位更動情形，雖然已能夠大幅改善救護車派遣之適切性，然對救護車動態之掌握能極為薄弱，乃以GPS定位方法建立一套救護車自動回報與導引系統。配合GPS車輛定位顯示與導引需求，以ARC/INFO建立數值道路地圖與相關屬性資料，屬性資料包括：圖幅控制點資料表、圖幅範圍資料表、道路行車（交通）屬性表、道路分類資料表、道路轉向資料表、地址屬性關聯表及特徵地物地址關聯表等。

6. 題目：整合式DGPS衛星汽車自動帶路系統

作者：曾清涼、余致義、王敏雄、戴翰國

單位：成功大學航空測量研究所

來源：第十二屆測量學術及應用研討會論文集

摘要：即時性DGPS已被證實可以達到五公尺的精度等級，但在訊號遮蔽區，DGPS常無法發揮正常的定位功能。本文即研究使用「盲導法」(dead-reckoning)輔助DGPS定位，以輔助DGPS訊號受到遮蔽時的定位失效缺點。盲導法啟動前必須先設定開始位置，且誤差隨時間或續程距離而擴大，亦即具有累積性，因此必須每隔固定時間或距離加

以改正，這又可以藉由DGPS訊號恢復時加以修正。另規劃導航用地圖資料庫與軟硬體雛型整合測試。

7. 題目：GPS/GIS/INS之定位監控整合系統於IVHS之應用

作者：何志強

單位：中山科學研究院二所七組

來源：中科院提研究計畫書

摘要：本計劃為期三年，主要目的在研究以差分式全球定位系統輔以低價位的慣性導航儀器，獲得連續可靠的車輛定位資訊，並配合無線電自動回報系統，結合地理資訊系統路網分析與顯圖功能，建立一套有力的車輛監控與指揮系統。在計劃中將嘗試自行開發一套車輛使用的低價位慣性導航儀器，主要是在都市地區，GPS訊號受到遮蔽時，接手車輛定位的工作。

8. 題目：GPS衛星測量基準轉換參數之實用解法

作者：余致義、楊枝安、曾清涼、周龍章

單位：成功大學測量工程系暨航空測量研究所

來源：第十二屆測量學術及應用研討會論文集

摘要：由於GPS衛星測量技術廣泛應用於三角點的加密測量，因此，如何將GPS衛星測量所得的WGS 84座標轉換到目前台灣使用的TWD 67之二度TM座標，是目前一個重要課題。本文以區域內適用的已知三角點作為基準參數計

算的依據，進行區域性WGS 85與TWD 67之間的座標轉換，試驗結果證實GPS衛星測量座標經區域性轉換參數計算所獲得的座標與既有的座標值相差在十公分以內，角度相差小於20秒，距離相差少於二萬分之一（50 ppm）。

9. 題目：GPS應用在公路影像實錄之探討

作者：陳春益、傅耀南

單位：成功大學交通管理科學研究所

來源：第一屆GPS衛星定位技術研討會論文集

摘要：傳統上，公路影像實錄乃以「公路里程」作為定位之依據，以利拍攝地點之定位，以及公路管理單位之查詢。近年來，公路影像實錄更與運輸地理資訊系統結合，除方便於影像的查詢之外，亦利於與其他公路相關的資料連結，但連結的關鍵仍是公路里程資料。本文認為此一以公路里程為主軸的定位方式不易配合地理資訊系統「圖面座標」的定位方式，而提出輔以GPS定位取得影像拍攝時的座標值，以便與其他具有空間單位之公路管理資料整合使用。

10. 題目：GPS衛星定位方法及系統誤差分析

作者：曾清涼

單位：國立成功大學航空測量研究所

來源：第十二屆測量學術及應用研討會論文集

摘要：介紹四種基本GPS衛星定位方法：虛擬距離觀測、積分都卜勒觀測、干涉法差分距離觀測（干涉法時間遲滯）和載波瞬時相位及差分相位觀測。說明GPS衛星傳播信息內容，探討衛星軌道計算上的誤差。說明GPS使用的時系，探討原子鐘誤差模式以及訊號在電離層與各流層的誤差和改正。最後說明GPS觀測數據的平差方法，並提出GPS用於控制測量的觀測方法、精度問題、網形規劃及外業觀測細節問題。

11. 題目：全球定位系統

作者：曾清涼

單位：國立成功大學航空測量研究所

來源：臺灣省地籍測量業務研討會論文集

摘要：簡單介紹GPS衛星訊號內容與調制方法，分別說明GPS虛擬定位方法在運具定位上的應用原理以及載波相位觀測方法在基線測量方面應用的理論。由於載具定位是以一種單點定位方式進行，在使用C/A電碼觀測情況，最高精度僅達40公尺左右，因此本文建議採用差分導航定位方法，並敘述以離線方式所獲得的現場測試結果，顯示精定可以達到4公尺以上的精度。在基線測量應用上，因要求精度極高，純粹虛擬距離觀測的方式無法滿足所需，乃發展以相位觀測為基礎的一些定位測量技巧，本

文共探討「靜態基線測量」、「半動態基線測量」、「虛擬動態快速測量」和「靜態快速測量」等四種GPS測量方法，並分別列舉實例說明。

12. 題目：GPS衛星在交通方面之應用

作者：曾清涼、余致義

單位：國立成功大學航空測量研究所

來源：運輸需求管理研討會論文集

摘要：提出DGPS在系統構建上必須考慮的兩個問題：

一、數據通訊連結

- 1) 為克服SA效應，參考站的修正資料必須在20秒內傳送到移動站上，且要求精度愈高，更新率就必須愈高，例如：如果要求精度在5公尺之內，則修正資料必須在12秒內傳送至移動站。
- 2) 資料格式必須統一，目前已有海事無線電協定的RTCM SC-104標準規定，其建議數據傳輸率為50 baud。
- 3) 無線電通訊系統的選擇主要考慮設備成本、發射距離以及可使用的頻率等因素。

二、DGPS接收器

進行DGPS定位，移動站必須擁有具無線電數據傳輸的DGPS接收器，目前廠商大多有其自定規格的DGPS接收器，彼此間有相容的問題，而公眾

的DGPS系統雖然沒有特定規格問題，但必須制定無線電數據傳輸機的傳輸標準與介面標準。

並簡單說明GPS在改善行動電話、道路運輸、船舶運輸、航空站等方面具有應用潛力。

3.3 產官學研各機構GPS發展現況

1. 國防部中山科學研究院

國防部中山科學研究院本屬一軍事高科技研究發展機構，已往完全以軍事應用研究為主，近年因國內環境逐漸轉變，乃應政策方向擴大研究領域，朝向軍用技術民用發展，其中與交通技術相關研究主題，經與交通部相關單位溝通了解後，正式於八十二年八月由交通部提出「軍民通用交通科技發展推動計劃」。其中與GPS有關之研究有兩項，簡述於后。

研究主題：(1)差分式全球定位系統結合慣性導航與地圖比對技術應用於低價位智慧型車輛導引系統

研究人員：何志強

研究說明：一般車輛單獨使用GPS定位，常會遇到訊號中斷的情形，尤其在高樓林立的都市地區，衛星信號易遭遮蔽或因建築物多重反射，使GPS誤差加大，因此需要配合其他導航定位方法，在GPS訊號中斷或誤差加大仍能獲得導航定位的資訊。中山科學研究院累積豐富導航技術經驗，尤其在慣

性導航方面。目前開始進行一個為期三年的「衛星定位／車輛導航／地理資訊之定位監控整合系統於智慧型車路系統應用」研究計畫，目標係利用差分式全球定位系統提供定位資料，配合低價位車輛導航系統（VNS），再結合地理資訊系統，利用地圖比對技術，提升車輛導航定位精度，並將車輛導航定位訊息透過無線電自動回報系統傳回監控中心，在電腦螢幕上即時顯現車輛的動態以及相關道路資訊。預定開發出低價位VNS、GPS Sensor Board、二維地圖比對專用GIS軟體、無線電自動回報系統以及監控中心軟硬體等五項軟硬體。

研究主題：**(2)GPS用於公車定位之整體設計**

研究人員：林偉成

研究說明：自八十四年度開始進行為期五年的「智慧型車路系統」規劃設計研究計劃，中心架構乃針對大眾運輸之公車系統營運與使用者資訊需求設計，目標係規劃一套完整資訊蒐集與傳輸系統，對象包括公車車輛、監控中心、交通大隊、傳播媒體等。其中公車定位的方法考慮使用GPS或sign post的方式，目前在評估當中。預計成果有四：建立公車監控中心、車內資訊系統、路況資訊系統、有線及無線通信網路之架構。

2. 交通部電信研究所

應用說明：電信研究所自民國五十八年設立頻率、時間實驗室，以呼號BSF中華民國頻時廣播電台對全世界廣播。民國五十九年獲國際頻時機構（BIH：為國際度量衡局BIMP前身）認定；民國六十三年十二月起接受經濟部中央標準局委託作為中華民國之時間標準；民國七十七年引入GPS觀測系統進行全球時間共同觀測。中央標準局為推動度量衡國家檢校體系實驗室認證制度，於民國八十三年正式委託電信研究所維持頻率與時間國家標準，全國頻時追溯體系之建立及其國際標準比對及追溯。目前已經擁有之技術及維運系統有：1)標準頻時廣播；2)頻時校核；3)同步網路；4)頻時國家標準實驗室；5)頻時數據專線。

依據第三次TRB會議及第十四次行政院科技顧問會議結論和建議，電信研究所於「研究計畫規劃與管理工作小組」增加推動GPS相關應用工作項目，其中與交通相關的事項有：1)DGPS校正資訊傳播供用路人遠端擷取；2)用路人與交通資訊中心資訊雙向通訊。並依據交通部「差分式全球定位系統DGPS設置計畫」結論，亦將協助民用航空局訂定DGPS試用系統規格，以供其採購時參考。電信研究所進行之DGPS計畫包括：1)DGPS接收站設置於市區（電信機房）；2)建立DGPS接收機至電台之數據專線；3)信號透過Modem專線送至警察廣播電台及其它調頻電台廣播，提供一般使用者擷取利用。

相關設備：1)標準頻時實驗室：頻時標準設備一套。

2)一般接收量測室：GPS固定站一座。

3)標準頻時廣播電台。

4)標準頻時傳輸數據專線。

3. 內政部地政司衛星測量中心

應用說明：內政部於民國八十一年七月開始執行「應用全球定位系統實施台閩地區基本控制點測量計畫」，將以五個年度的時間完成：

一、設置精密基本控制網（預定設立追蹤站八站）。提供精密詳細之衛星資料，供測量、地震、工程、營建、農業、國防、航管、警政等各界使用。

二、施測一等衛星控制網（一百點）、二等衛星控制網（六百點）合計七百個衛星控制點。

三、研擬「內政部一、二等衛星控制點測量作業規範草案」。

四、大地基準轉換參數計算。

五、GPS衛星定位測量國際聯測及衛星軌道分析計算。

六、衛星定位測量之推廣應用。

截至八十三年度底，已經完成陽明山、花蓮鳳林、墾丁和金門等四個GPS固定站的設置，且開始運轉，而北港、台東太麻里、東沙島與馬祖等四站亦將佈設完成。

相關設備：八座衛星固定（追蹤）站各有一套GPS接收器、原子鐘、氣象設備及通訊系統，共合計八套設備，並另規劃有一套備用設備及12套野外測量用衛星接收器及氣象設備。

4. 內政部警政署勤務組/資訊中心

應用說明：為提昇警車機動調度的能力，內政部警政署經過三年對各種可用之車輛定位技術與地理資訊系統進行了解以及實際道路測試之後，於八十三年七月一日由台灣國際標準電子公司取得GPS警車定位系統的規劃建置合約（截至八十三年八月一日，本計畫繼續在報請審計部決標當中），預計一年後，全台北市620輛警車都將裝置GPS接收器與位置自動回報裝置，屆時將取代傳統的無線電語音警車位置回報方式，每輛警車位置回報的時間間隔可從15分鐘縮短為3分鐘，並配合電腦輔助自動調派的功能，大幅增強機動打擊犯罪的能力。

由於市區高樓林立，GPS電波易受遮蔽，本系統另外設計一套航位推移(dead reckoning)輔助定位器，在GPS訊號受到遮蔽時接手定位工作。警車定位系統先期於台北市警察局試辦，並評估運作成效，如果效益顯著，則其他縣市警察局亦將隨後裝設。

目前計畫的警車定位採用DGPS的定位方法，差分校正站預定設置在台北市警察局樓頂，有關定位資訊的

通訊已經向交通部申請共同使用「整平計畫」所提供之
480~514MHz頻帶。

5. 中央氣象局地震中心

應用說明：為建立台灣地區地殼變動充分和連續的觀測資料，中央氣象局地震中心藉由中央科學研究院協助，分別在板橋、花蓮、日月潭、嘉義、成功、蘭嶼以及澎湖等七處氣象站內設置完成GPS固定站，並計劃將來繼續在其他地區設再增置三至四個固定站，同時也希望增添數套半固定式的GPS接收設備，機動佈設於地震發生地區。目前固定站所蒐集的資料是以整批離線撥接的方式傳回地震中心。

相關設備：使用AOA公司GPS接收器產品

6. 中央研究院地球科學研究所

研究人員：劉啓清博士

應用說明：中研院目前設立並維護一個世界網的GPS固定站，並設立數個半固定追蹤站做為地殼變動監測之用。地球科學研究所劉啓清博士建議將來結合台灣地區所有的GPS固定站，形成台灣的GPS固定站網，並設立資料中心，提供各種相關應用所需資訊服務。

7. 成功大學測量學系暨研究所

國立成功大學始自民國七十五年開始，以高精度大地測量應用為目標持續進行GPS相關研究，民國七十九年提出「快速靜態測量方法」，民國八十年參加美國太空總署全球GPS聯合觀測，民國八十一年正式擴展GPS研究至汽車導航方面的應用，同年更參加規模龐大的全球二百多站GPS聯合觀測活動，民國八十二年正式成立國內第一個「GPS研究群」，由成大測量系曾清涼教授擔任召集人，成員有測量系周龍章與余致義教授，航空太空學系何慶雄教授，電機系林偉成與莊智清教授，交通管理科學學系陳春益教授以及成大醫院急診部吳明和與蔡明哲醫師。民國八十三年於成功大學舉辦第一屆GPS衛星定位技術研討會。成功大學GPS相關應用研究包含：土木水利、交通、緊急救護網、汽車帶路系統、農林調查、地理資訊系統及各種土地與工程測量。

研究人員：曾清涼教授、余致義教授、何慶雄教授、許耀文

研究主題：(1)GPS在大地測量的應用

研究說明：主要以高精度快速測量為主，提出「快速靜態測量」方法，陸續申請並完成國科會「公分級精度GPS衛星測量研究(I)、(II)」、「GPS衛星追蹤網建立及資料分析—先期研究」、「GPS衛星快速測量及精密導航系統研究(I)、(II)」等三項研究。並曾經接受內政部委託完成台灣地區適用於地籍測量之高精度「基準轉換參數計算」之研究，其成果

已使用於地籍測量業務，亦曾分別接受高速公路局、水利局、農委會和台北市政府等單位委託將GPS測量技術應用於實務上，目前正開發一套GPS配合雷射槍測距，並整合地理資訊系統自動測繪，稱為GPSMAP的整合應用軟體。

研究主題：(2)GPS在汽車定位與導引方面的應用

研究說明：於民國七十九年開始「GPS差分導航定位法精度分析」的研究，並持續於「GPS衛星汽車自動帶路系統之定位精度研究」、「汽車自動帶路系統之GPS及輔助定位系統研究」，規劃「汽車導引數值圖資料庫」之建立。與成大教學醫院合作發展「救護車自動帶路系統」，並將雛型系統裝置於一輛救護車上，進行現場實測。

研究主題：(3)GPS衛星定位應用於農業災害籍坡地利用監測

研究說明：為農委會、臺灣省水利局及水土保持局所委託，目標在建立一套準即時性災害勘查系統，系統組成包括：GPS衛星精密定位系統、航測／遙測正攝影像資料以及包含空間資料、數值資料與地籍資料的地理資訊系統。可提供災區現場立即調查、採證及驗證工作協助，以及做為地盤沉陷量測量、災區範圍測定之用。

相關設備：於台南市體育場設有國際GPS觀測固定站，舊測量系館設有DGPS差分定位參考站，GPS接收器數台，雷射槍，ARC/INFO軟體。

8. 成功大學交通管理科學研究所

研究主題：利用DGPS差分式全球定位系統建立最短路徑行車導引控制系統

研究人員：何志宏教授

研究說明：國立成功大學交通管理科學研究所於民國八十一年八月成立「DGPS差分式全球衛星定位暨車輛導航系統實驗室」，由何志宏教授主持。主要研究工作在綜合應用差分式全球定位系統、地圖對映（map matching）定位電腦軟體以及最短路徑產生電腦軟體，以建立行車路徑導引系統。其設計之系統操作程序為：駕駛人於車輛出發前，將預定的旅次起點和終點輸入系統中，車內的導航電腦立即產生一條最短路徑，呈現在駕駛人面前的螢幕，駕駛人根據路線圖開車上路，同時車上的全球定位系統持續監視車輛的行走路徑，如果脫離原有最短路徑，系統將會主動提醒駕駛人，並依據新的車輛位置重新產生到達目的地的最短路徑，並更新螢幕顯示的最短路線圖，如此一路引導駕駛人抵達目的地。差分修正資料傳輸所使用的通訊頻率為166.5MHz。

相關設備：GPS差分修正站一座、移動台DGPS接收器。

9. 交通大學運輸工程與管理學系

研究主題：**GPS和汽車導引所需GIS圖形檔整合與建立**

研究人員：卓訓榮教授

研究說明：探討汽車導引所需的電子地圖特性，進行臺灣省二萬五千分之一及台北市五千分之一現有電腦數化地圖修改工作，另開發高速公路壅塞替代路線選擇理論與程式，以及進行公車定位資訊顯示測試和電腦軟體撰寫。整套系統架構在美國陸軍工程師兵團所發展出的GRASS地理資訊系統軟體之上。亦設計製作一公車經過站位動態顯示板，並選擇新竹市一公車路線進行實地測試。

10. 海洋大學航運技術研究所

研究主題：**GPS應用於海上試車**

研究人員：李台生所長、石宏揚

研究說明：運用差分定位技術發展一套海上試車方法和軟體，先後試用於慶富造船廠和中國造船廠之新船，在高雄外海進行海上試車。並將技術移轉中國造船廠，取代傳統的新船試車方法。這一方法也獲得美國驗船協會認證，應可以很快成為另一種新試車方法與標準。

相關設備：Trimble Reciver(C/A Code)一台、Trimble DGPS reciver(C/A code)一台，設有差分定位站。

11.中正理工學院測繪工程學系

研究主題：(1)GPS精密測量與電子海圖製作

(2)GPS整合GIS於汽車導引

(3)航機定位導航

(4)GPS航空測量

研究人員：張瑞剛教授

研究說明：中正理工學院測繪工程學系GPS相關的應用研究主要以大地測量為主，民國78年開始陸續於全省尋找適當的三角點，實施GPS測量校核，分別以地區為單位進行WGS座標和GRS座標轉換，並將GPS接收器裝設在直升機上進行航空測量。在航空方面的應用，曾對全省九個軍用機場的十條跑道與設施做GPS精密定位，製作電子航圖，並在AT3教練機上擺置GPS接收器，搜集飛機飛行路線資料，進行離線分析，最終以建立GPS導航為目標。在汽車導引方面，目前正接受臺灣省公路局的委託，配合每十年一次的全省公路普查，進行GPS車輛定位和GIS資料庫分析整合，先期應用於危險物品運輸車輛之追蹤與肇事地點之即時定位與緊急救護之聯絡。在航海方面，與海洋大學合作製作完成基隆港與台中港WGS座標系統海圖。目前正接受國科會補助與中科院和海洋大學合作進行GPS與INS整合在捷運行車安全監視的應用研究。

12.元智工學院電機暨資訊研究所

研究主題：差分衛星全球定位系統輔以位置推算器及圖形比對之自動載具定位與導航

研究人員：馬杰教授

研究說明：研究將位置推算器(dead reckoning)、車上電子計算器(electronic computing unit)與DGPS接收器做訊號整合，並發展圖形比對(map matching)邏輯，以填補及改善DGPS訊號在都市地區受大樓遮蔽產生的定位中斷及精度不佳時段。以模擬的方法分別就五種DGPS與輔助定位系統的組合，完成精度分析：(1)DGPS定位，使用延展卡曼濾波器，無遮蔽狀況；(2)DGPS/DR，使用延展卡曼濾波器，無遮蔽狀況，測距儀尺度常數與方位儀偏移不估計；(3)DGPS/DR，使用延展卡曼濾波器，無遮蔽狀況，測距儀尺度常數與方位儀偏移估計；(4)DGPS/DR，使用延展卡曼濾波器，有遮蔽狀況，測距儀尺度常數與方位儀偏移估計；(5)DGPS/DR/MM，使用延展卡曼濾波器，有遮蔽狀況，測距儀尺度常數與方位儀偏移估計。

相關設備：dead-reckoning儀器、基地台DGPS接收器、移動台DGPS接收器。

13.精技電腦股份有限公司

研發產品：於民國八十年開發出一套汽車定位系統，以一輛裝置GPS接收器的汽車實地在台北市中正紀念堂周邊道路進行現場

測試，車輛位置資訊不僅顯示在車上電腦螢幕的電子地圖上，也利用行動電話將位置資訊傳回該公司辦公室的電腦監控螢幕上。這項系統包括：行動電話、數據機、GPS接收天線、解碼器與電腦等硬體設備，以及數據通訊、地圖顯示等電腦軟體。

14. 帕斯卡測量資訊顧問有限公司

代理產品：美國Allen Osborne Associates(AOA)、GARMIN、NOVATEL等公司GPS接收器產品，以及GEOLAB、TOPAS、TURBONET等GPS應用軟體。

研發產品：FREE-LINK GPS通訊數據機、TeleNav勤務回報派遣系統、DRS追蹤站遙控資料收集軟體、URS DB-168基站處理系統、TRACK NAV浮球追蹤監測系統、G-LINK DATA TERMINAL地理屬性調查測量系統、G-LINK+ DATA TERMINAL即時相位觀測終端機、Turbo GPS/DR mobil sensor with dead-reckoning（此系統包含GPS、DR與RF modem等設備，其中DR係由Gyroscope、compass及odometer所組成，系統具有自動/polling回報功能，並加有保密措施，可以防止傳輸資料被竊取使用）。

15.臺灣國際航電公司（Garmin子公司）

代理產品：GARMIN公司GPS系列產品—GPS 50、GPS 75、GPS 100 personal navigator、GPS 100 personal Surveyor、GPSMAP 200、GPS SRVY II、GPS 10 sensor board set。

16.勝宇資訊有限公司

研發產品：於民國八十年研發完成自動監測回報系統(Automatic data Recording and Transmitting System,ARTS)，民國八十一年結合GPS設備並經由工業技術學院李咸亨教授協助地理資訊系統之設計，完成「衛星定位自動回報系統」(ARTS-GPS)。該系統獲得中央標準局之專利認證以及發明金頭腦獎，並於民國八十二年獲得德國紐倫堡發明展銀牌獎。ARTS-GPS為一衛星定位回報系統移動車裝台，包含GPS、dead-reckoning、控制與管理和數據通訊等四個子系統，主要功能為：(1)定位功能；(2)回報功能；(3)遠端遙控操作功能；(4)校正功能；(5)通訊功能；(6)自我檢測功能；(7)介面功能。其產品特色：

- ① 定時自動回報功能具備秒差設定，可避免通信尖峰(peak load)的產生，增加通信效率並降低無線電負載。
- ② 具有緊急回報功能，提昇移動台安全防護能力。
- ③ 使用密碼控制，符合通信保密要求。
- ④ 具備自我檢測功能，增加系統之穩定性。

- ⑤ 具有自我恢復功能，可以避免因外在環境干擾所造成的當機現象。
- ⑥ 使用檢查碼驗證資料傳輸的正確性，可以控制傳輸線路中外在雜訊干擾所產生錯誤，增加系統操作的可信度。

該系統已經為英國、土耳其、義大利及澳洲等各國使用，國內使用者則有國立海洋大學和中正理工學院測繪系。

代理產品：美國MOTOROLA GPS、日本TASCO TNC RF MODEM。

17. 華俊工程顧問公司

代理產品：美國Ashtech公司GPS系列產品—Ranger GPS Receiver、DN-12 Real-Time Differential Navigator、M-XII、MD-XII、MS-XII、P-12 P-code receiver、Z-12 receiver、3DF GPS Attitude Determination Unit、3DF GPS Receiver、PRISM GPS Surveying Software。

第四章 國內GPS運輸應用所面對的問題和對策

GPS是一項新科技產品，提供強大的定位功能，具有提升運輸服務品質、增進運輸效率、帶向自動化運輸管理紀元的潛在效益。目前國內運輸界對GPS的應用研究，主要在道路運輸方面，從許多研究和雛型系統使用經驗發現，GPS只是單純的一項定位設備，它全天候、連續、精確和低成本的定位能力，使得一些需要即時精確掌控車輛動態的相關應用因此有可能實現，然而GPS也僅是整個應用系統中的一部份，而非全部，所以國內一些應用研究最後也發覺，當以GPS為主體來設計有關應用系統時，開發到某一階段便遇到相關配合系統不足的窘境，這還只在實驗室中的系統開發階段，將來在真實環境使用時還會一些實務問題要解決。

4.1 通訊方面

GPS定位資訊的傳送主要靠無線電通訊完成，因此在通訊頻道的分配、通訊品質的保障和通訊協定等方面必須事先加以規劃。

1. 問題：通訊頻道分配使用問題

說明：GPS定位資訊傳輸必須藉由無線電通訊完成，主要有兩種資訊需要傳送，一種是車輛上GPS接收器產生的車輛位置座標必須傳回監控中心，一種是差分校正站產生的座標修正資料必須廣播給每一輛裝置GPS接收器的車輛。由於監控中心對車輛動態的掌握有一定時效性，同一輛車前後兩次位置顯示差距

（不連續性）不能太大，因此必須保持車輛位置訊息一定的更新頻率（掃描頻率），兼以考慮資訊內容的傳輸需要時間，因此一個無線電頻道所能掌控的車輛數目也是固定。當使用GPS定位的車隊規模愈來愈大時，將可能產生無線電頻道不敷使用的狀況，有必要事先預為規劃。

對策：①分配GPS使用頻道。

②建立公用DGPS資訊廣播系統。可藉由現有電信網路將各地區DGPS修正站加以串聯，運輸業者可以透過電話線接收差分資訊，而無須建立自己的DGPS接收站，節省DGPS硬體設備成本。

③建立小區域通訊架構，以更有效使用無線電頻道資源。

2. 問題：通訊品質問題

說明：目前國內學術界以研究目的使用所申請的無線電頻道多以未規範使用的頻道為主，因此顯得極為紊亂，加以國內「香腸族」和「火腿族」業餘無線電玩家興盛，客貨運輸業者違規使用無線電通訊，容易發生干擾情形，使得GPS定位資訊通訊品質不穩定，影響整體系統運作的可靠度。

對策：①分配GPS使用頻道。

②加強電信監理與違規取締工作。

3. 問題：通訊協定問題

說明：爲能讓DGPS修正資訊爲大眾所通用，無論政府或民間設置的差分校正站所發射出來得資訊應該具有共同格式。由於目前國內多進口使用國外的GPS接收器，因此DGPS資訊格式也多使用RTCM SC-104規格，未來我國是否就採用此一格式，或者自己訂定一套國內使用的格式，仍有待進一步探討。

對策：召集運輸界與電信界相關人員進行討論。

4.2 道路運輸方面

1. 問題：缺乏統一格式與運輸需要導向的電子地圖

說明：GPS定位結果最好的表現方式是在地圖上顯示，而定位資訊也需要經過路網分析才能產出有用資訊，因此配合GPS需要一套以交通需求來設計的電子地圖。雖然目前內政部已經著手建立全國地理資訊相關圖檔，但仍無法提供運輸目的分析使用，例如：在道路網圖中的道路交叉口沒有進行切割，沒有路網分析時需要的轉向、流量等資訊。交通使用的電子地圖還需要交通號誌、交通標誌、單行道、立體交叉等交通管制資訊。

對策：由交通部運輸研究所邀集交通相關部門與學者討論交通分析需要與旅行資訊需要之電子地圖內容，並統一全國交通使用之地理資訊圖形資料與旅行資料格式。

2. 問題：座標系統轉換問題

說明：目前國內地圖使用的座標為TWD67 2⁰TM系統，與GPS的WGS84座標系統不一致。如圖4-1所示，設定台灣地區大地基準的TWD67參考橢球體形心與WGS84參考橢球體的質心本身並不重合，加上自身使用的投影化算方法，形成GPS接收器所定位的座標無法與現有地圖吻合，因此國內必須研究制定一套轉換座標程序，以將GPS定位座標正確地對應在地圖上。一般常用的GPS座標轉換台灣地區座標系統程序如圖4-2[14]所示，其中在轉換WGS84系統成為TWD67系統的方法上有許多模式可以使用，但一些研究指出以Molodensky模式轉換精度較好，目前成功大學航空測量研究所發表一套七參數的轉換模式與參數，已經公開提供國內相關應用使用，準確度則待全省各處應用後方能獲得證實。有些研究學者指出單一的座標轉換參數無法精確應用在全省各處，因而建議分區校估建立轉換參數。無論如何，將來都必須建立一套統一的轉換系統。

對策：統一使用內政部衛星測量計畫所校估之大地基準轉換參數。

TWD67參考橢球體

地球質心
(WGS84形心)

TWD67形心

WGS84參考橢球體

圖4-1 WGS84與TWD67參考橢球體示意圖

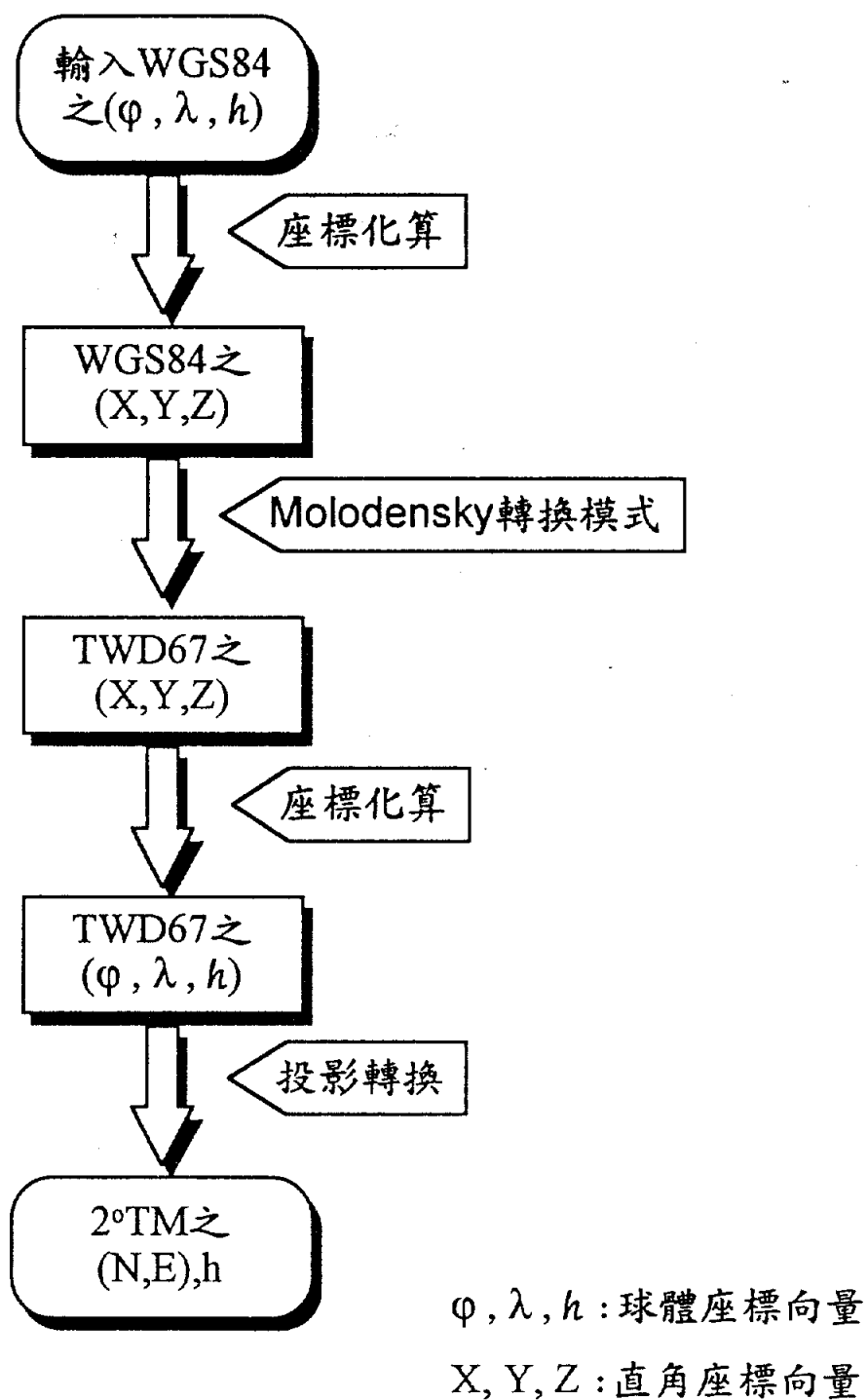


圖4-2 GPS座標轉換台灣地區座標程序

3. 問題：缺乏交通相關資訊

說明：由於GPS設備所提供的只是單純的位置資訊，在實際應用上，還必須依照使用目的並配合其他相關資訊才能發揮功用，例如：在公車監控管理應用上，GPS可以讓調度員確實掌握行駛在外的公車位置，但要有效指揮公車行進，還必須知道該地區的道路實體狀況、車流量與交通管制情形，對於車上乘客數目，甚至站牌候車的旅客數目也最好能掌握概括的資訊。然以目前國內道路交資訊系統極為薄弱的情況，GPS所能發揮的效用將很有限。

對策：檢討目前交通資訊體系，建立整體交通資訊蒐集、預測與通報系統。

4.3 海洋運輸方面

GPS海洋運輸方面的應用目前只有海洋大學剛開始相關研究，且國內亦無實務上的使用，因此仍待探索。經初步察訪了解，在港區水域內船隻交通動態的監控，應該仍以VTS為主，GPS為輔；而在台灣沿岸則可建立GPS參考站提供沿岸海域船舶定位的服務（圖4-3）；在遠洋船舶定位導航應用上，也將逐漸由GPS取代傳統的LORAN-C、DECCA、OMEGA等系統。未來國內引進GPS於船舶定位時，主要面對的問題將是通訊問題，尤其在遠洋船舶定位資訊的回報，通訊距離遙遠使得可選用的工具非常

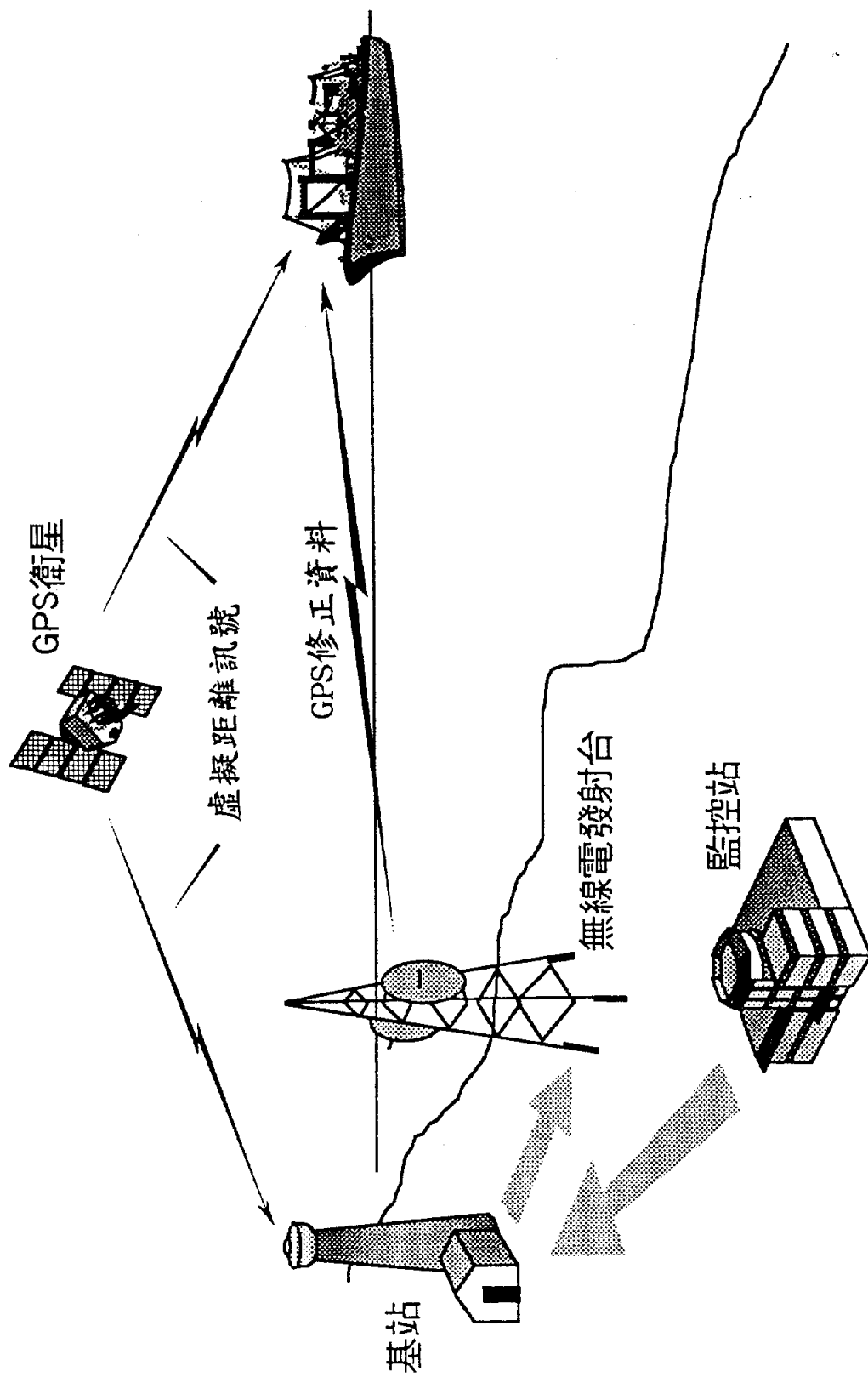


圖4-3 GPS用於沿岸船舶定位

有限，基本上，應該有兩種選擇：使用HF無線電頻道直接通訊或透過國際海事衛星（IMARSAT）通訊。

因為無線電波的特性，頻率高的短波，如：VHF、UHF，訊號容易隨傳播距離增長而急速衰減，而且需要直線通訊，中間不能有障礙物，因此傳統遠洋船舶多藉由傳播距離較長的低頻長波通訊，使用的頻道多為HF頻道（或一般人所稱的SSB）。但長波通訊一般訊號品質不是很好，根據經驗，僅有30%的成功率，但短波在訊號可及範圍內，成功率接近100%。為增進通訊品質，經由國際海事衛星傳送是另一種可行方式，惟通訊費用不貲。

11 航空運輸方面

GPS在航空運輸的潛在應用主要在航管方面，依照飛航管制程序，航機從一機場飛行至另一機場，必須接受三階段的管制：航路管制、進場管制以及機場地面管制。每一階段管制中心都必須時時精確掌握每一航機位置與動向，以正確指揮每一架航機間必須與其它物體間保持安全距離。目前航路上航機的位置主要由地面雷達掃描獲得，而進場端航機的定位則依賴儀器降落設備或更先進的微波降落設備獲得，機場地面航機的動態則由塔台管制員目視監控或地面雷達偵測。新的GPS技術似乎可以提供相同的航機定位功能，但不論地面設施或機艙設備成本都將大幅降低，因此美國國內民航業者正全力推動GPS航管標準的制定，然航管標準的

改變屬全球性的事務，不僅顧慮飛航安全，也牽涉國際政治問題，短期內難獲結論。

就最關鍵的飛航安全考慮，GPS必須能夠證明系統運作的「完整性」(integrity)，亦即在航路管制階段，GPS若發生故障必須在30秒內提出警告，而在進場階段，依非精確進場標準，必須在10秒內提出警告，若依第一類精確進場標準，則必須在6秒內提出警告，若依第二／第三類進場標準，則必須在1至2秒內提出警告，這是目前GPS面臨的最大挑戰。美國聯邦航空總署(FAA)希望GPS能先取代第一類儀器精確進場設施，並廣於美國國內四千座大小機場佈設。未來GPS可能用於航管的構想如圖4-4～圖4-6。

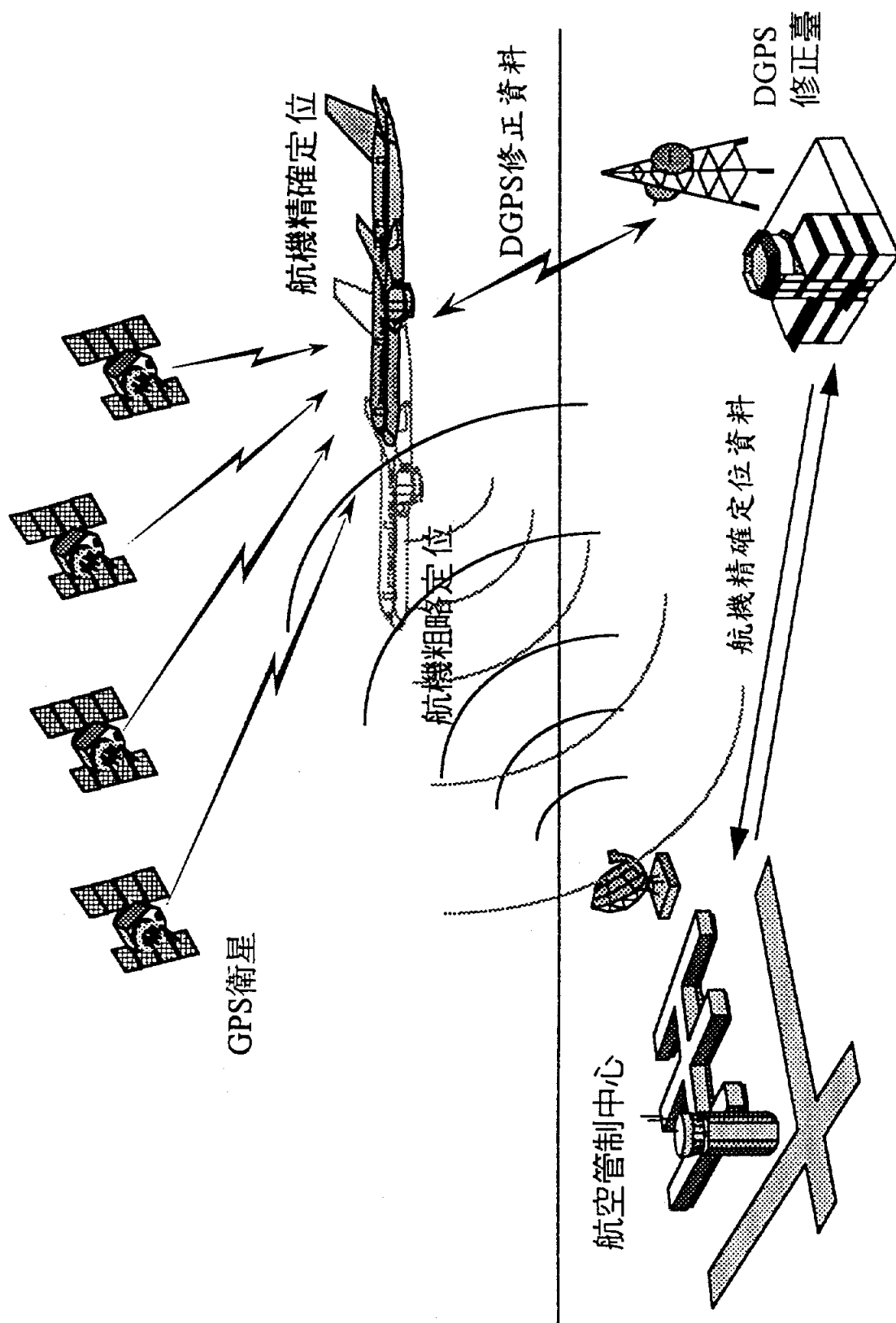


圖4-4 GPS用於航路上之飛機定位

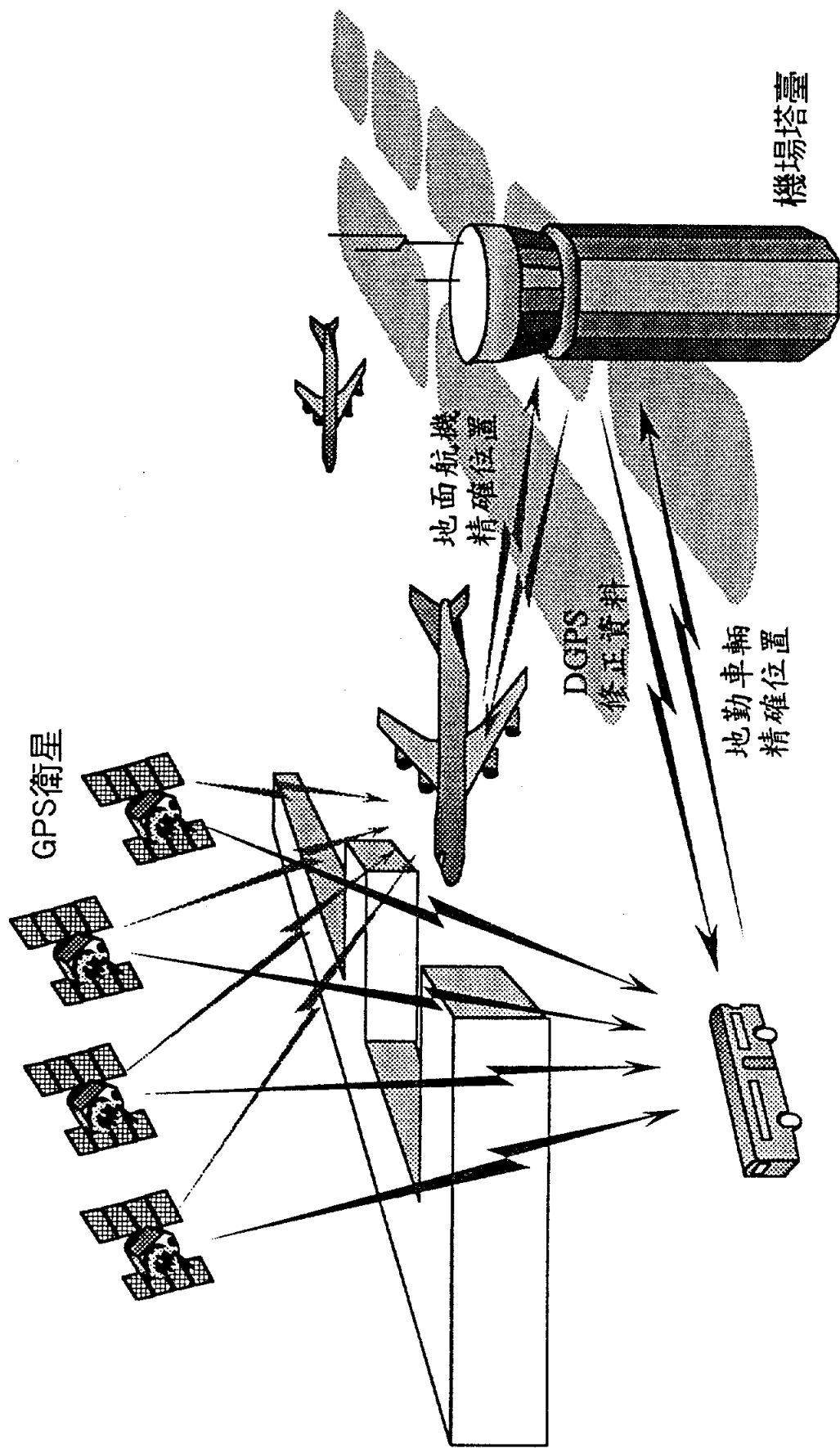


圖4-5 GPS用於機場地面飛機與車輛之定位

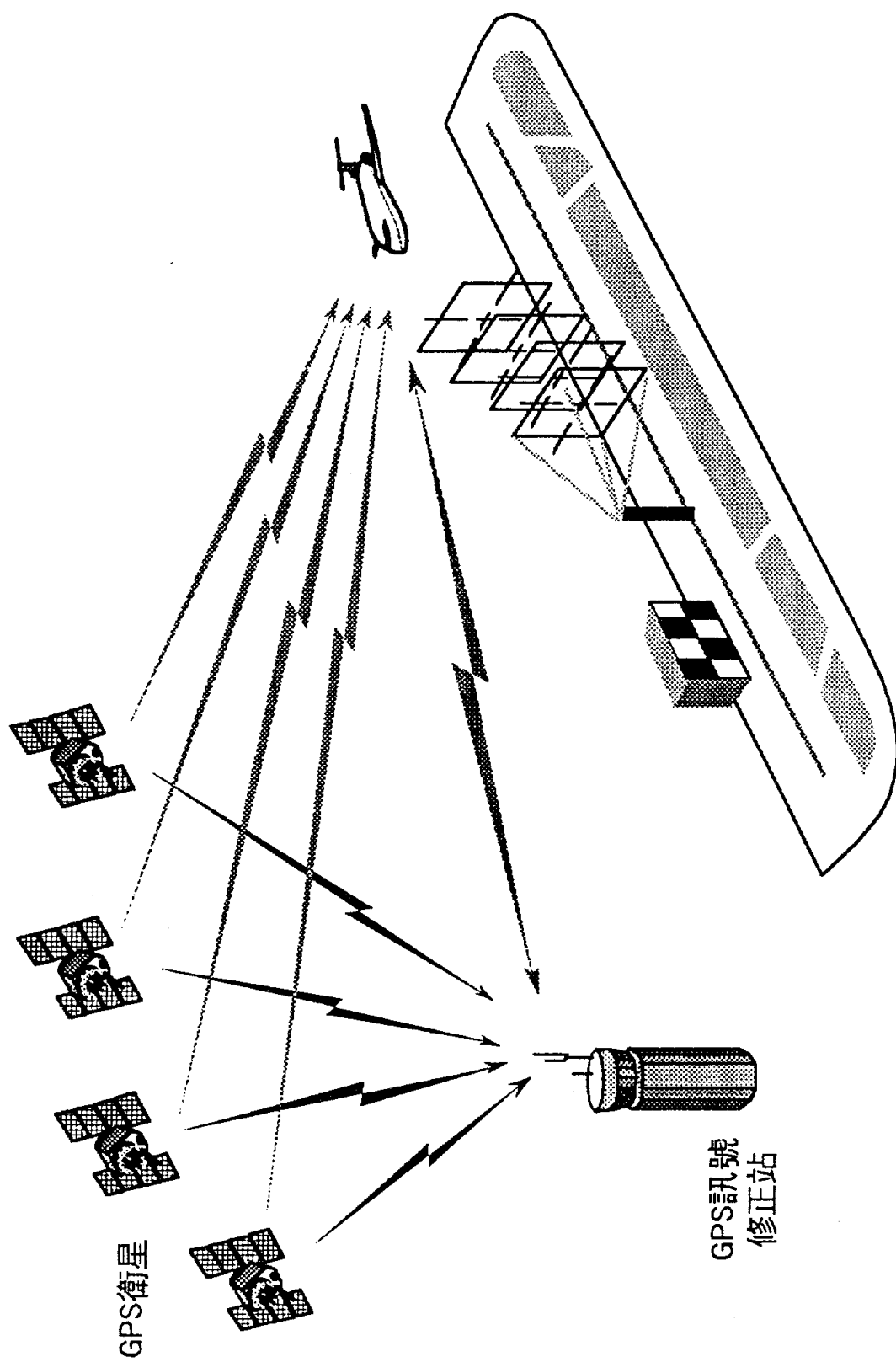


圖4-6 GPS用於航機進場導引

第五章 總 結

1. GPS爲一成本低廉之定位工具

全球定位系統（GPS）是美國高科技與強力國勢的表現，目前美國政府很慷慨地把這一套系統免費的開放給全世界每一個人使用。因此，基本上只要擁有一個GPS接收器就可以享受全天候廿四小時定位服務。雖然我們不知道美國政府未來是否會改變慷慨的態度，但可以確定的是，美國政府爲了維護軍事上的目的與提供國內一般民間的應用，必然會全力維護GPS的正常運作並持續開放一般人使用。這也意味著，不分國界，所有GPS使用者應該可以放心投入開發其應用系統，而不用擔心突然有一天因GPS突然停止功能而致所投入的心血白費。而無論收費與否，一般估計GPS仍是目前可提供高精度、全天候、連續定位服務並且使用成本低廉的唯一系統。

2. 國內運輸之應用仍以車輛定位爲主

國內GPS相關的研究起步很早，最初的學術研究主要以大地測量爲主，已經陸續在地籍測量、農林測量、捷運工程測量與高速公路路界樁測量等方面實際使用。而當公元一九九三年24顆GPS衛星架構完成之後，GPS定位精確度、可靠度與頻度都大幅提昇，運輸方面的應用隨之迅速增加，目前實地測試許多以道路車輛定位爲對象，測試結果也大都令人滿意。相對道路運輸方面的研究測試，海運和航空方面的研究顯得非常稀少，這一方面可能是因爲研究的學者專家仍以道

路運輸領域者居多，另一方面，道路運輸測試主體較容易尋找，方便實地安裝測試，亦無安全方面顧慮。

3. 及早規劃車輛定位資訊傳送使用頻道

車輛定位資訊必須藉由無線電通訊傳輸，以單純的回報車輛位置資訊來說，根據內政部警政署的警車定位系統的規劃，欲保持三分鐘更新一次之掃描頻率，每一頻道大約最多可掌控200輛車，也就是說，隨著車輛數目的增加，需要使用的無線電頻道也隨之比例增加。而將來除了警車定位需要外，還會有公車定位、保全車輛定位、警備車輛定位、救護車輛定位以及貨車定位等需求，因此可以預見將來會發生可用之無線電頻道不足狀況，尤其是在大都市地區，此一問題更加嚴重。應該及早注意此一問題，研究如何有效率的規劃與使用有限的無線電頻道資源。

4. 建立共享之差分定位資訊廣播系統

由過去學術研究架設差分校正站的經驗了解，每一座差分校正站的設置成本多不超過一百萬新台幣，包括DGPS接收器、無線電廣播設備和電腦與周邊設備等。雖然對於監控大型車隊的應用系統來說，差分校正站的設置成本並不算高，但以整體來看，每一種不同的應用系統都同時設置功能類似的差分校正站，並不符合經濟原則，且多佔用無線電頻道。因此，可以考慮設置共同使用之差分校正站，目前交通部電信研究所即有此一構想。

5. 建立交通目的使用的基本電子地圖

對於整體應用系統而言，GPS僅是其中重要的組成之一，負責移動車輛的定位追蹤，而車輛位置資訊的標示和路網的計算與指示則需要一套數位化道路網圖作基礎，這一套交通目的使用的電子地圖與一般使用的地理資訊系統地圖不相同，在道路資料的編碼(coding)上必須符合車輛運行規則，例如：道路須有方向性（單行道與雙巷道）、交叉路口必須考慮平面交叉或立體交叉、同一條道路也須考慮高架部分與平面部分、公車專用道的標示、還有多層式道路立體交叉的區分等。應可由交通主管單位來統一編製，並經常更新，避免圖面資料與實地狀況不符。

使用全球定位系統來追蹤道路上行駛車輛的動向或海上船舶的位置，增加車隊調度的機動性與船舶海上航行的安全性，已經是目前運輸研究發展新潮流。而由全球定位系統所引發的運輸技術革新，尚面對一些相關配合條件不足的問題，在本報告書第四章中僅列出幾個重點問題，並提出原則性的解決策略，這些問題，未來仍需要再進一步研究，並研擬更詳細可執行的方案，而其它本報告書中未列載的問題，亦須在未來更深入的研究中發掘。

參考文獻

1. GPS WORLD, October 1993
2. 曾清涼、余致義，「GPS衛星在交通方面之應用」，運輸需求管理研討會論文集，民國八十三年四月。
3. 曾清涼，「全球定位系統(GPS)」，臺灣省地籍測量業務研討會論文集，pp.G1-G76，民國八十一年九月。
4. 萬紹正、林偉成等，「GPS於IVHS系統之應用」，第一屆GPS衛星定位技術研討會論文集，pp.1-23，民國八十三年三月。
5. 蔣安定、葛煥昭等，「GPS汽車導航系統之應用」，第一屆GPS衛星定位技術研討會論文集，pp.25-39，民國八十三年三月。
6. 李台生、石宏揚，「即時性DGPS衛星定位系統之建立與海上試車之應用」，第一屆GPS衛星定位技術研討會論文集，pp.41-51，民國八十三年三月。
7. 薛憲文，「台灣沿岸地區DGPS導航定位系統規劃設立之建議」，第一屆GPS衛星定位技術研討會論文集，pp.53-62，民國八十三年三月。
8. 蔡明哲，「GPS在緊急救難之應用」，第一屆GPS衛星定位技術研討會論文集，pp.63-74，民國八十三年三月。
9. 曾清涼、余致義等，「救護車DGPS衛星自動帶路系統」，第一屆GPS衛星定位技術研討會論文集，pp.75-87，民國八十三年三月。

10. 曾清涼、余致義等，「整合式DGPS衛星汽車自動帶路系統」，第十二屆測量學術及應用研討會論文集，民國八十二年九月。
11. 余致義、楊枝安，「GPS衛星測量基準轉換參數之實用解法」，第十二屆測量學術及應用研討會論文集，民國八十二年九月。
12. 陳春益、傅耀南，「GPS應用在公路影像實錄之探討」，第一屆GPS衛星定位技術研討會論文集，pp.89-98，民國八十三年三月。
13. 曾清涼，「GPS衛星定位方法及系統誤差分析」，第四屆測量學術及應用研討會論文集，民國七十五年二月。
14. 王敏雄，「汽車自動帶路系統之GPS及輔助定位系統研究」，國立成功大學航空測量研究所碩士論文，民國八十二年六月。

附錄一 訪問名單與聯絡電話

一、政府部門

1. 國防部中山科學研究院

何志強組長

電話：(02)3718300 ext 356471

林偉成副研究員

電話：(02)3145384 ext 355696

2. 交通部電信研究所基本科技室

張昌吉先生

電話：(03)4244636

3. 內政部地政司衛星測量中心

李彥弘技正

電話：3566100

4. 內政部警政署勤務指揮中心

李相丞主任

電話：3219011轉2454或2456

6. 氣象局地震中心

吳慶餘先生

電話：3491164

7. 中央研究院地球科學研究所

劉啓清博士

電話：7839910轉517

二、學術機構

1. 成功大學測量學系暨研究所

曾清涼教授

電話：(06)2757575 ext 63824

2. 交通大學運輸工程與管理學系

卓訓榮教授

電話：(035)712121 ext 5307

3. 海洋大學航運技術研究所

李台生所長

電話：(02)4622192 ext 3501

4. 中正理工學院測繪工程學系

張瑞剛教授

電話：(03)3800364

5. 元智工學院電機暨資訊研究所

馬杰教授

電話：(034)638800

6. 成功大學交通管理科學研究所

何志宏教授

電話：(06)2757575 ext 53223

三、民間公司

1. 精技電腦股份有限公司

陳原森協理

電話：(02)7168610

2. 帕斯卡測量資訊顧問有限公司

電話：(02)7051566

3. 臺灣國際航電公司 (Garmin子公司)

何明興先生

電話：(02)9174107、9142485

4. 勝宇公司

電話：(02)9340361、9312514

5. 華俊工程顧問公司

負責人：黃瑾

連絡人：曾副總

電話： (02)7040860

(080)212201

附錄二 國內各機構GPS應用情形訪問草稿

◆ 中科院二所何志強組長

- GPS訊號接收器(解碼器)國內是否能夠自製？
- GPS接收器與其它定位系統(如慣性導航、dead reckoning)之間互補整合，技術上難易程度如何？

◆ 內政部衛星測量中心

- 請問貴部衛星測量計畫之背景與目標以及目前之進展。
- 貴部將來是否計畫設置DGPS主站？預計需要多少經費？多少人員編制？
- 如果使用GPS做為國土測量之主要工具，是否意謂更改目前臺灣地區使用之座標系統，而改用GPS使用的座標系統(WGS84座標系統)？
- 是否將來會全面更新臺灣地區的地圖(包括電子地圖)？

◆ 內政部警政署

- 請問貴署警車定位系統計畫之目的？
- 目前之進行狀況？
- 所面對較為棘手的問題為何？

◆ 交通部民用航空局

- 貴局是否有GPS使用於航機導航之相關研究？

- 以GPS輔助塔臺地面管制、近場管制或航路管制之可行性如何？
- 目前越洋航路上(En Route)航機定位(導航)的方式？如果使用GPS定位配合衛星通訊是否可提高飛行安全與節省地面設施費用？我國政策如何？
- 符合CAT I、CAT II和CAT III航機降落標準所需之定位精度如何？
- 航機定位資訊更新的頻率要求(兩次位置資料進來的時間間隔或相鄰兩次航機定位的最大允許空間距離)？
- 目前國內機場是否裝置機場地面活動偵測雷達(Airport Surface Detection Equipment,ASDE)？未來GPS在此一需求上是否足以提供服務？
- 使用GPS定位是否可以滿足所需？
- 成本如何？

◆ 交通部電信研究所

- DGPS修正資訊最佳之廣播頻率為何？
- 是否有必要制定通訊協定？應包含哪些內容？
- 是否可能劃設測試頻道供研究測試使用？

◆ 海洋大學(航運技術研究所)

- 貴校已設有DGPS主站？設置目的為何？運作情形如何？是否可以提供地面運輸工具定位使用？

- 目前遠洋與近海船舶如何定位？
- 國內目前是否有船舶使用GPS導航(定位)？
- 港區內船舶進出(位置)如監控？使用GPS定位港區內船舶是否可行？

◆ 曾清涼教授

- 請問您在GPS方面之研究項目與成果。
- 目前GPS定位的精度與頻度如何？
- 都市內GPS電訊遮蔽的情況是否嚴重？最低可以滿足何種車輛定位需求？如果需要改善，有何方法？成本增加多少？
- 在車輛導引需求上，若使用GPS定位是否需再搭配其它輔助定位設備？
- 目前國內DGPS基站設置的情形如何？
- 理想上DGPS基站廣播修正資訊應該包含哪些內容？

◆ 卓訓榮教授

- 請問您以GPS進行車輛定位與導引方面的研究成果和心得，是否曾遭遇過難題？如何解決？目前尚待解決的問題為何？計畫未來研究的方向為何？
- 以GPS作為車輛定位與導引工具需要那些基礎設施？
- 車輛定位導引所需的電子地圖與一般的電子地圖有何差異？
- 在車輛導引需求上，若使用GPS定位是否需再搭配其它輔助定位設備？

- 設計車輛定位與導引系統時，可否以影像圖作為底圖顯示，而以向量圖作為路線分析，來兼顧資訊細節與顯圖效率。

◆ 共同問題

- 差分定位主站需要的必要設備為何？
- 差分定位主站設置的成本？
- 將來美國是否會改變免費使用的態度，而對使用人收費？或對製造商收費而轉嫁使用者。
- 基於減少投資成本，將來臺灣地區的差分定位主站(monitor station)應如何佈設？
- 為何軍事用P電碼的定位精度比民用C/A電碼高？使用差分定位是為消除此一原因的方法嗎？
- 美國海軍方對P電碼的管制情形如何？對C/A電碼是否不作任何管制？
- GPS接收器購買來源是否受到管制？是否有寡佔壟斷之現象？
- 臺灣地區使用的座標系統是否與GPS定位的座標系統一致？如果不一致，如何轉換？轉換過程中是否會產生誤差？多大？
- DGPS移動台位置資訊修正有兩種方式：一種是基地台將GPS修正資訊送至移動台，由移動台修正其位置；另一種是移動台將原始定位資料傳回基地台，由基地台修正其位置。此二種方式優劣點各為何？

附錄三 全球定位系統相關用語

- **單點定位(Single Point Positioning)**

僅使用一台GPS接收器接收GPS衛星訊號，獨立求算其所在位置座標，而無其他GPS衛星接收器或輔助校正設備與資訊，所進行之GPS衛星定位方法。

- **相對定位**

以兩台以上GPS接收器同時接收衛星訊號，計算彼此間的相對位置，一般多用於求算兩點間的基線長度，常需要長時間的觀測，所獲得的精度也最高。

- **差分定位(Differential GPS, DGPS)**

一種以雙機雙點或多機多點的GPS衛星定位方式，主要目的在改善以C/A電碼觀測為主的虛擬距離定位精度不佳的情形。其方法為，選擇一固定基地點，精確測量其座標，並架設GPS接收器、電腦與無線電廣播設備。該固定基地站全天候持續接收衛星訊號，將訊號解算成座標後與正確座標比較，計算其間誤差值，加以記錄並立即以無線電將修正資訊廣播出去。其他移動台上的GPS接收器透過無線電通訊設備接收此一修正資訊來改正其原始定位座標值，藉此可以消除共同性的系統誤差，提高定位精度。目前主要有兩種修整方式：一是虛擬距離改正量法，另一是座標分量改正量法。虛擬距離改正量法主要在計算參考站與衛星間虛擬距離的誤差量，以此誤差量去修改移動站與衛星間的虛擬距離；而座標分量改正法則是計算

出參考站由GPS衛星所定位的座標值與實際座標值的差值，以此差值去改正移動站所定位出的座標值。

- **差分校正站(Differential Reference Station)**

在實施差分定位時，需要一個已知座標點持續接收GPS衛星訊號，以分析及記錄GPS訊號的共同性系統誤差，提供其他未知點座標計算修正之用，此已知座標參考點即為一差分校正站。

- **動態定位(Kinematic GPS, KGPS)**

使用單機雙頻雙P電碼觀測與相位求解技巧，可以獲得快速且高精度的定位目的，兼具虛擬距離立即定位與靜態測量高精度的優點。

- **SA效應(Selective Availability)**

GPS衛星定位採用兩種隨機電碼，一種C/A電碼，一種是P電碼，一般GPS接收器獨立動態定位時，使用C/A電碼的定位精度約在20~40公尺，而使用P電碼的精度可達3公尺左右。美國國防部基於軍事安全考慮與民間使用要求，乃將C/A電碼經訊號干擾處理，降低精度至百公尺後開放民用，稱為Selective Availability，而P電碼則以密碼管制，保留為美國軍事用途使用。

- **AS效應(Anti-Spoofing)**

為一種P電碼被破壞的效應。係美國軍方為防止GPS訊號擠訊(jamming)而採用的人為防制方法，其效果是，當開啓AS效應時，將

會把L1與L2頻道上的P電碼訊號轉調成Y電碼，而Y電碼內容僅能使用特殊的接收器接收。

- **C/A碼(Coarse/Acquisition Code)**

為GPS衛星產生之一種+1/-1方形波隨機電碼，電碼訊號速率為1.023 Mbit/s（或相當1.023MHz波頻），電碼內容每千分之一秒重複一次，調製於L1載波上。

- **P碼(Precision Code)**

為GPS衛星產生之另一種+1/-1方形波隨機電碼，電碼訊號速率為10.23 Mbit/s（或相當10.23MHz波頻），電碼內容每267天重複一次，調製於L1與L2載波上。

- **WGS-84座標(World Geodetic System of 1984)**

為GPS衛星使用之絕對座標系統，以地球質心為座標原點，為一橢球座標系統。

- **TWD-67座標(Taiwan Datum of 1967)**

為台灣地區使用之一種參考橢圓座標系統，目前台灣地區的制式地圖皆建立於此一座標系統上。

- **二度分帶橫向麥卡脫投影(2°TM)**

為一種將三維空間地球表面轉換對應到二維平面，以製作平面地圖的投影方法。其投影範圍為經度二度角，剛好足以涵蓋台灣本島所有區域。

- **相位觀測**

除了使用訊號傳播的時間做為計算接收器與衛星間距離的依據之外，持續觀測載波相位的改變也可以作為計算的基礎。基本上，接收器可以偵測載波從GPS衛星發出後到接收器間的相位差，但卻無法知道已經經過多少週波，因此，接收器開始觀測時，先自行近似一個整數週波值來使用，而這和實際的週波值間便存在一「週波未定值」(Cycle Ambiguity)。如果接收器對某一顆衛星持續不斷觀測，則可以同時繼續計數所通過的整數週波值，並保持週波未定值不變，然後藉由多次觀測量來求算或消去此一週波未定值。也可使用多台接收器同步觀測的方式來達到相同目的。

- **虛擬距離(pseudo range)**

GPS接收器接收到衛星發送下來得訊號，將之還原成C/A電碼或P電碼，與接收器本身同步產生的C/A電碼或P電碼比對，獲得GPS訊號在空中旅行的時間，乘上電波旅行的速率，及求得訊號旅行的距離，代表GPS衛星與接收器間的距離。由於接收器所獲得的時間資訊受到GPS衛星軌道、衛星時鐘、空中傳播與接收器本身等誤差影響，基此求得的距離並非真實距離，稱之為虛擬距離。

- **定位精度**

在表現點位測定精確之程度，有許多計算方式與指標，而其中以「信賴區間」(confidence regions)和「精度比數」(proportional error)兩種表示方式較常受到使用。信賴區間表示法，以觀測值或測量值落於某一區間的機率百分比來表現定位精度，因此在平面定位精度

上所顯示的是一個橢圓區域，而在三度空間定位精度上所表現的是一個橢球體；精度比數表示法，是將待測點方向上的標準誤差除以座標原點至該待測點的距離而得，為一種相對誤差表示方式，以ppm(10^{-6})為單位，例如測量一10公里基線長度，如果具有1ppm的測量精度，則表示誤差為1公分。前者適合用來表示車輛定位精度，後者常用在大地測量精度控制上。

- **多路徑效應(Multipath Effect)**

GPS訊號的傳播可能從衛星直接到達接收器，也可能經過其他物體反射後才到達接收器，尤其在都市高樓林立地區，這將產生訊號旅行時間變長的情況，導致接收器收到不同時間到達的同樣訊號，或同一時間收到許多不一樣的訊號，造成訊號處理時的誤差，形成定位精度降低情形。