

# 101 年度多平台製圖技術工作案

## Multi-Platform Mapping Technology

主管單位：內政部

江凱偉<sup>1</sup> 曾義星<sup>1</sup> 楊名<sup>1</sup> 詹劭勳<sup>2</sup> 饒見有<sup>1</sup>

Chiang, Kai-Wei<sup>1</sup> Tseng, Yi-Hsing<sup>1</sup> Yang, Ming<sup>1</sup> Jan, Shau-Shiun<sup>2</sup> Jiann-Yeou Rau<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 國立成功大學測量及空間資訊學系

<sup>2</sup> 國立成功大學航空太空工程學系

### 摘要

現有空間資訊系統之效益建構在系統空間及屬性資料時效性以及正確性，並藉此發揮它的功能以表示真實世界的現象。然而，傳統測量以及屬性調查作業從開始收集資料到系統建置完成往往需要半年以上的時間，已不符合科技發展的趨勢與成本效益。近年來測量與空間資訊技術正在逐漸革新，移動遙測製圖系統結合攝影測量製圖的技術與精密整合式定位定向系統，搭配多種的數位影像感測器來收集空間資料，逐步實現快速即時移動式測量及空間資料收集技術。

自主研發適用不同平台之移動遙測製圖技術，為各國發展移動遙測製圖技術之理想目標，本年度工作案希望在 100 年度工作案既有成果上，持續更進一步自主研發多平台製圖系統應用相關之關鍵技術，包含：建立多平台製圖系統測試及率定實驗室、研製抗 GNSS 訊號脫落及干擾之定位定向系統演算法、結合內政部 e-GPS 系統、發展新式定位定向演算架構於應用領域、評估戰術等級定位定向系統之應用和多平台製圖系統聯合作業模式之研究。同時希望藉由積極參與國外專業領域各學會之研討會、參與論文競賽和發表高品質期刊論文，持續加強專業人才訓練與先進多平台製圖技術之國際競爭力。期進一步提升我國自主組裝多平台移動遙測製圖設備能力與研發能量，厚植未來國際自動化測繪技術競爭力。相關成果除可加速國土規劃外，並藉以培養優質人才、提升學術水準及國家競爭力。

**關鍵詞：**多平台、定位定向、空間資訊

### Abstract

The efficiency and advantages of spatial information systems rely on the validity and time effectiveness of spatial and attribute information to work properly and express the phenomena of real world. However, traditional surveying techniques can't fit the trend of technology revolution and cost reduction due to their heavy labor works and slow project progress. Generally speaking, survey and geomatics technologies have been revolutionized since the early nineties in the last century. Advances in satellite and inertial technology made it possible to think about mobile mapping in a new way. Instead of using ground control

points as references for orienting the images in space, the trajectory and orientation of the imager platform can now be determined directly. Cameras, along with positioning and orientation sensors, are integrated and mounted on a land vehicle for mapping purposes. Objects of interest can be directly measured and mapped from images that have been geo-referenced using positioning and orientation sensors.

The Self-development of mobile mapping technologies applied for various platforms can be considered as the ultimate objective of geomatics communities around the globe. This project aims at developing several core technologies concerning multi-platform mobile mapping systems including professional calibration facilities and infrastructures for multi-platform mobile mapping systems, anti-GNSS outage multi-sensor fusion algorithms, post-processed VRS embedded multi-sensor fusion algorithms with new applications, and multi-platform mobile mapping systems. In addition, this project enhances Taiwan's capability of research and development for advanced mobile mapping technologies and to be comparable to regional and international geomatics and navigation communities. The progress of this project is beneficial to the development of national spatial planning program as well provide proper and professional training to young scholars and engineers thus enhance the competitiveness and academic achievement around the world.

**Keywords :** Multi-platform, Positioning and Orientation, Spatial information

## 一、前言

現有空間資訊系統之效益建構在系統空間及屬性資料時效性以及正確性，並藉此發揮它的功能以表示真實世界的現象。傳統測量以及屬性調查作業從開始收集資料到系統建置完成往往需要半年以上的時間，已不符合科技發展的趨勢與成本效益。近年來測量與空間資訊技術正在逐漸革新，攝影測量製圖的技術與精密整合式定位定向系統結合，搭配多種的數位影像感測器來收集空間資料，逐步實現快速即時移動式測量及空間資料之多平台製圖技術。這類技術整合多元感測器並具備直接定位能力（Direct Geo-referencing, DG）及多感測器系統的空間資訊獲取移動平台。結合衛星、飛機、直昇機、船舶、汽機車等不同載具及多種高效率影像感測器，輔以全球導航衛星系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)、慣性導航系統(Inertial Navigation System, INS)、機電整合及軟體工程模擬器等元件，所形成之先進製圖技術。透過使用多平台製圖技術建置空間資料，可更快速及有效規劃國土發展，進而推動空間資訊產業之成長。值得一提的是這類系統最早完全由空間資訊領域之學者因應空間資訊領域之需求主導開發，並與機電整合與軟體工程相關領域之工程師合作而設計的軟硬體架構，目前已廣泛應用於非傳統測量之應用領域中，全球移動遙測製圖系統相關之空間資訊與非空間資訊產業產值(含應用)迄今已成長至高達每年數十億美元，未來還將持續成長(Schwarz and El-Sheimy, 2008)。

在空間資訊相關應用領域方面，移動遙測製圖系統的機動性以及對數位影像處理與蒐集的能力，可以顯著節省許多傳統測量所需要的人力及時間。而在其他非傳統測量方面，如建立交通標誌資訊以規劃交通路線，或用來調查都市地區的基礎公共建設，如人孔、變電箱、電線桿，甚至透過影像處理技術獲取路牌、招牌上所隱含的屬性資訊，更新導航電子地圖，整合並更進一步加值定位服務技術。在載具結合上，透過無線通訊技術以發展無人控制載具，搭配直接定位技術滿足即時監控及救災需求。若更進一步整合人工智慧技術，開發無人自動駕駛車更能實質擴展到民生用途及軍事技術上，關於移動遙測製圖系統更廣泛之應用請參考圖1.1。

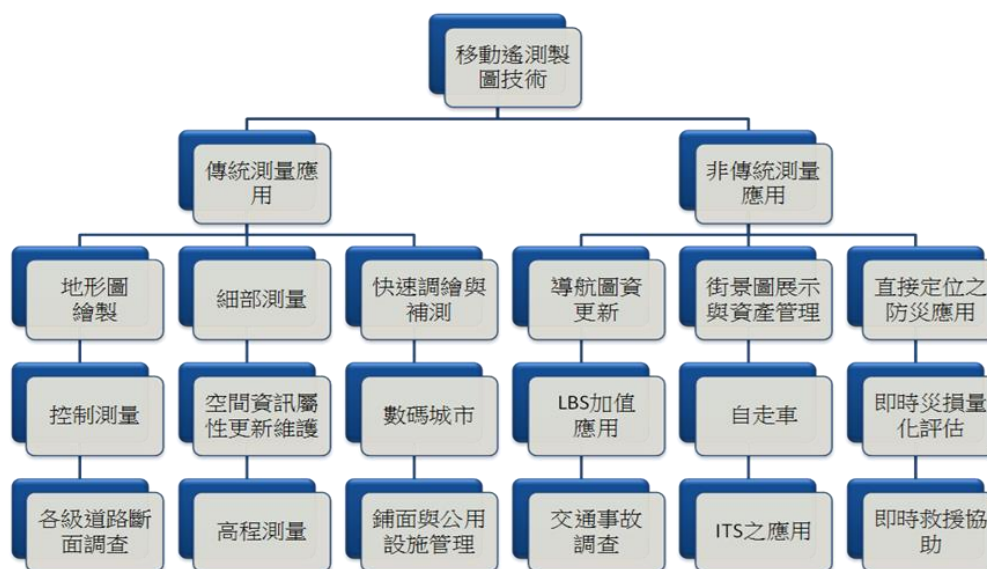


圖1.1 移動遙測製圖系統可拓展之領域(江凱偉等人，2011)

## 二、建立多平台製圖系統測試及率定實驗室

### 2.1 專業慣性測量儀率定及測試功能之室內實驗室

目前國內除中科院外，並無任何單位具備專業的慣性測量儀率定及校正實驗室，而中科院的測試設備因為軍方視慣性導航技術具備高度的敏感性故無法接受民間的委託進行系統測試。如前所述，國內目前有超過20套整合式定位定向系統在執行不同政府單位或民間所委託之移動遙測製圖業務，而慣性測量儀之品質與穩定性可視為整合式定位定向系統之核心；目前使用者投資近千萬元採購設備，而只能依據系統商所提供短短幾頁之測試規格，或其他使用者之回饋意見，作為系統精度依據，如此國內的空間資訊相關公司於承攬業務時，亦具備相當大之風險，而所有系統的不確定性最後將由業主承擔。

本案設置的專業慣性測量儀率定及測試功能之室內實驗室主要設施為高精度雙軸位置與速率旋轉台，用以測試高精度戰術等級以上之陀螺儀；高精度單軸線性加速度台，用以測試戰術等級以上加速度計(飄移 $<5\text{mg}$ )；溫度櫃用以測試慣性測量儀各感測器系統誤差之溫度效應，並提供合適的補償模型等精密測試儀器。本案目前已透過向成功大學與工學院爭取預算累計約 200 萬，用以採購高精度雙軸的位置與速率旋轉台，如圖 1.2 所示，該轉台定位精度達 0.01 角秒(約 0.0000003 度)，其可以提供目前所有國內運作中的民用戰術等級與導航等級慣性測量儀所需之率定功能，與各商民用定位定向系統之定向精度驗證之用。本案規劃的專業慣性測量儀率定測試實驗室針對上述測試項目可提供之精度規格列於表 1.1。

同時本案在 101 年十月獲得測量及空間資訊學系贊助並已在此實驗室設置 GNSS 訊號室內播放設備，如圖 1.3 所示，並向本校繼續爭取經費採購其他所需設備(含溫度櫃、線性加速度台等設備)，預計本實驗室可以提供媲美中科院所有專業實驗室之部分功能，而這些功能對於多平台製圖技術之品質管制是必須的。同時若因預算關係無法及時採購線性加速度台，本團隊發展的率定技術可以透過使用圖 1.2 所示之高精度雙軸位置速率轉台提供率定加速度計系統誤差之功能。所以線性加速度台雖然比較便宜，但在本團隊向本校爭取預算的優先順序中排在高精度雙軸位置速率轉台之後。但若是未來預算充足，本團隊仍會採購此項設備以持續提升專業慣性測量儀率定測試實驗室之硬體設施。



圖1.2採購之高精度雙軸位置速率轉台 圖1.3雙頻雙系統載波相位觀測量室內播放工具

表 1.1 專業慣性測量儀率定測試實驗室之測試項目、規格與預估經費

測試項目		測試場之精度規格	測試項目	測試場之精度規格	
慣性測量儀系統誤差	陀螺儀原位偏移	0.001度/小時	定向	方位角	0.000001度
	加速度計原位偏移	10ug		滾轉	0.000001度
	陀螺儀原位偏移穩定性	0.00001度/小時		俯仰	0.000001度
	加速度計原位偏移穩定性	1ug	定位	經度	0.1公分
	陀螺儀尺度因子穩定性	0.1ppm		緯度	0.1公分
	加速度計尺度因子穩定性	0.1ppm		橢球高	0.1公分
	軸交誤差	0.000001度	定速	北速度	0.001公尺/秒
		東速度		0.001公尺/秒	
		垂直速度		0.001公尺/秒	

## 2.2 高精度位置與航向基樁之室外靜態測試基線場

測量及空間資訊學系在成功大學成功校區已設置完成具有 5 個基樁的室外基線測試場以供學生實習之用，這基線場具備高精度位置與航向基樁之室外靜態測試場各基樁之坐標，基線方位角皆已利用測量及空間資訊學系館頂樓的內政部國土測繪中心設置之 e-GPS 基站為主站完成高精度之靜態測量程序，如圖 1.4 左所示，各基樁絕對坐標之標準偏差約在 0.2 至 0.5 公分之間，而基樁連線之方位角之標準偏差約在 0.01~0.0001 度之間(與基樁基線距離有關)，施測方式為透過高精度雙天線航向儀進行，如圖 1.4 右所示。故上述坐標基樁與基線方位角可以提供定位定向系統之靜態測試設施，此基線場之部分實測成果請參考表 1.2。

透過量測上述基線之方位角，真北參考線可以透過全測站精確的標定出來，本案選定基線長度超過 50 公尺之二個基樁所訂出來之方位角為參考方向，透過全站儀標定真北方向(方位角為 0 度)，此資訊對於後續慣性測量儀之率定與精度驗證相當重要，此一真北參考線的精度約在 0.0003 至 0.0005 度間。

表 1.2 基現場之部分實測基本資料(短基線差分<100 公尺)

POS		平均值	標準差
GPS2 (基樁 2)	緯度(度)	22.99889690	0.00000017
	經度(度)	120.21986155	0.00000017
	橢球高(公尺)	42.63642500	0.00905419
GPS3 (基樁 3)	緯度(度)	22.99904453	0.00000002
	經度(度)	120.21977048	0.00000002
	橢球高(公尺)	42.74440833	0.00939560
GPS4 (基樁 4)	緯度(度)	22.99927268	0.00000000
	經度(度)	120.21963074	0.00000000
	橢球高(公尺)	41.33911765	0.00060025



圖 1.4 高精度位置與航向基樁之室外靜態測試場之實測過程

### 2.3 單一相機內方位率定場

本案設計一可旋轉的圓盤率定場，大小約  $3 \times 4 \times 2.5 \text{ (m}^3\text{)}$ ，其上均勻佈置了不同高度的木柱與 Australis 編碼過之人造標，以產生三度空間率定場，提高焦距率定之精度。拍攝時每旋轉圓盤  $22.5^\circ$  或  $45^\circ$  拍攝兩張相片，一張正拍，一張旋轉相機  $90^\circ$  以避免參數間之高相關性。經過此種拍攝程序後，其效果如同環繞此圓盤四周以交會式拍攝的效果。圖 1.5 為拍攝程序之示意圖。

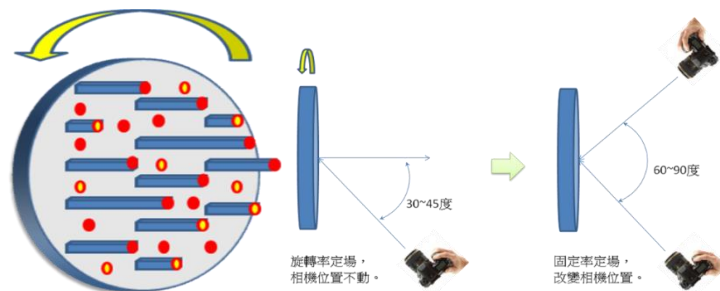


圖 1.5 單一相機率定法拍攝方式示意圖

拍攝時考慮到交會幾何強度，讓平差成果較穩定可靠且提高定位精度，因此，拍攝時固定相機位置，每旋轉圓盤  $22.5^\circ$  或  $45^\circ$  拍攝一張照片，旋轉  $360^\circ$  後旋轉相機  $90^\circ$ ，再重複上述程序一次，最後面對圓盤正中間再拍兩張照片，共得 18-34 張。相機拍攝時要考慮人造標在影像中的位置，要盡量使整個像幅尤其是影像角落佈滿人造標，以提供影像外圍之坐標觀測量，適切的描述透鏡畸變狀況。由於每個標上面是由八個特殊排列的白點所組成，因此軟體能透過白點之間的相對關係自動辨識出每個標的代碼，減少人工辨識的時間。圖 1.6 為拍攝影像及人造標偵測範例，圖 1.7 為相機率定中某一地物點之光束交會情況。

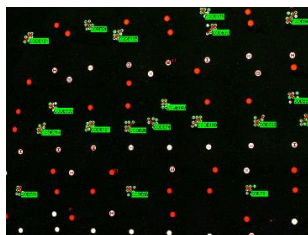


圖 1.6 率定用影像及人造標辨識

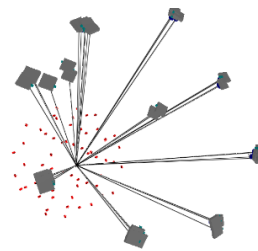


圖 1.7 相機率定光束交會情況

## 2.4 多組相機相對方位率定場

### 2.4.1 720 度全景相機

本案設計一立方體率定場，如圖 1.8 所示，大小約  $3 \times 4 \times 2.5$  ( $m^3$ )，包括四面牆及天花板與地板共六個面，其中一牆面是由兩塊大型屏風取代，以方便人員進出。接著在六個面上均勻貼附 Australis 專用人造標，由於 720 度全景相機之影像解析度僅兩百萬畫素，因此必須將 Australis 人造標放大三倍，方能有效的自動辨識人造標。此外，由於人造標數量有限，為了增加影像坐標觀測量，另外貼附大量白色圓形標，以便在有初始外方位參數下，透過 Australis 自動辨識圓形標，同時得到大量之共軛點影像坐標。圖 1.9 為率定場全景影像範例。

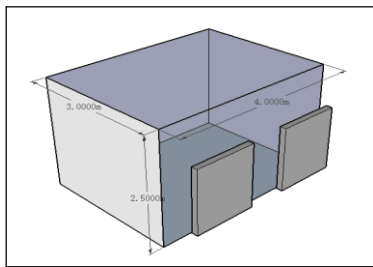


圖 1.8 立方體率定場示意圖



圖 1.9 率定場全景影像範例

### 2.4.2 360 度全景相機

本案利用 6 台 SONY Nex-3 相機自行組裝而成，目的為製作一組可攜式全景影像測繪系統 (PPIMS)，由於該相機之解析度為一千四百六十萬畫素，因此所使用之人造標不需要放大，而率定場之設計為建置室內環場率定場，即四面牆皆完整布標之率定場，其大小為長  $\times$  寬  $\times$  高 =  $6.85 \times 4.60 \times 2.67$  ( $m^3$ )，如圖 1.10，但僅使用到四面牆，不包括天花板與地板。拍攝時改變不同位置與方向，以增加拍攝幾何強度及多餘觀測量。



圖 1.10 室內環場多相機之相對方位率定場

## 2.5 多平台製圖系統室外測試與率定場

本案設置多平台製圖系統室外測試與率定場之目的為建立一室外率定場及測試場，以符合車載與可攜式移動式測繪系統率定與檢驗成果精度之需求，也就是率定這些平台所搭配之工業級數位相機與 IMU 載體坐標系之軸角與固定臂，部分在計算載體坐標系位置與姿態時需要有 GNSS 衛星定位觀測量，因此必須在室外進行。例如測繪車與可攜式全景影像測繪系統 (PPIMS)。為了達到直接地理定位之目的，必須進行 IMU 與相機之軸角與固定臂率定。因此必須選擇一個透空度高，車輛方便進出，且有部分建物可以

被拍攝的場所。因此本計畫在成大歸仁校區西南方角落設置率定場，其四周有些建物，但透空度仍可達 50 度以上，適合 GNSS 訊號接收。主要是以建物牆面之十字交線、特徵點或黑色人造標當作率定控制點，如圖 1.11 示。檢核點則是分布在歸仁校區主要道路兩旁的水泥樁上的白底黑色圓型標(圖 1.12)。

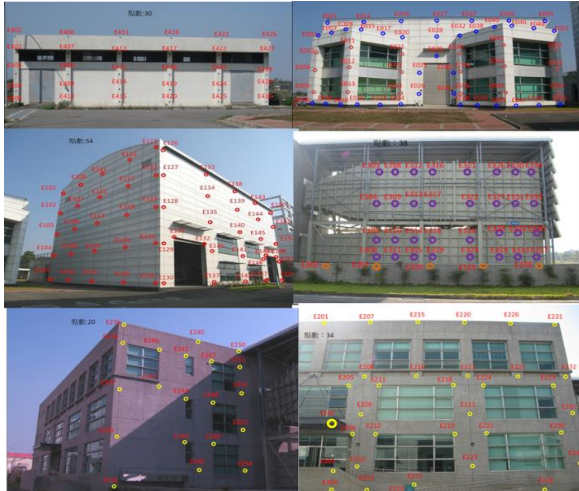


圖 1.11 牆面控制點



圖 1.12 道路兩旁檢核用之特徵物檢核點

多平台製圖系統室外測試與率定場之選擇考量到足夠的透空度，減少 GPS 訊號受到遮蔽或多路徑效應的影響，同時能讓車輛方便進出。而在控制場控制點之三維坐標量測是以 GPS 控制測量、導線測量、三邊測量方法實施加密控制測量、水準高程控制測量、全站儀採光線法三維定位等方式進行，由上而下依序完成 GPS 控制點、導線點、加密控制點、牆面控制點及物徵檢核點的量測與坐標計算，最後達成整體控制場的設置。

### 三、研製抗 GNSS 訊號脫落及干擾之定位定向系統演算法

目前多數的商用移動遙測製圖系統使用鬆耦合的架構為其多元感測器整合之核心算法，但此類演算法對衛星訊號之遮蔽效應相當敏感，所以近年來緊耦合架構逐漸成為主流，其優點在於最大的優點在於當 GNSS 訊號薄弱時，系統只要能收到一顆衛星的正常訊號，即可進行導航解算。當導航衛星數在四顆以上時，緊耦合與鬆耦合整合架構的定位精度表現差異不大。然當衛星數量少於四顆時，鬆耦合整合架構的定位精度急速地隨間變差，相對的，緊耦合整合架構的定位精度仍維持平穩直至衛星數量減少至零顆。

然而現行商用緊耦合架構之潛在問題之一為 GNSS 訊號於遮蔽效應活躍區域之訊號品質欠佳，儘管 GNSS 衛星接收儀可以勉強收到一顆衛星，但其觀測量品質不佳，如此可以影響定位精度達數十公分，而此類因衛星訊好品質不佳所造成的定位精度損失並無法藉由傳統差分模式或 VRS RTK 的方式移除；同時一旦衛星數量減為 0 時，現有緊耦合架構之定位精度仍會隨時間遞減。故本案發展混合式抗 GNSS 訊號脫落及干擾之定位定向演算法架構，如圖 1.13 所示。該演算法將結合現有鬆緊耦合架構並提出一個混合



式架構以發展抗 GNSS 訊號脫落及干擾之定位定向演算法。透過緊耦合架構先產生第一個階段的定位定向解，再將位置、速度與姿態輸入至閉合式鬆耦合架構進行第二階段之最佳定位定向解，如此，該鬆耦合架構將緊耦合架構視為虛擬的 GNSS。

而本案所提出的虛擬 GNSS 概念相對於現有軟體使用的實體 GNSS 而言具備連續不會斷訊與提供姿態更新之優勢，此演算法除了可以有效提供現有商用戰術等級規格之定位定向系統精度外，對於低成本微機電慣性測量儀之應用勢必會有更顯著的協助，如此透過低成本的定位定向系統可以進一步的推廣多平台製圖系統於傳統空間資訊與非空間資訊領域之應用。如前所述，本案所發展之混合式架構將鬆耦合架構做大幅改變，首先利用基於緊耦合架構平滑器產生之解為虛擬的 GNSS 解，作為第二階段鬆耦合平滑器之更新觀測量，接下來完成混合式架構之定位定向解。此種架構之特色在於整合了緊耦合架構對 GNSS 訊號架構較為不敏感之特性與鬆耦合架構解較為平滑之特性，預期此種架構對於車載系統之應用有顯著的效能提升。圖 1.13 為混合式定位定向架構圖，圖 1.14 為混合式定位定向架構圖與傳統緊耦合架構之理論效能比較示意圖。

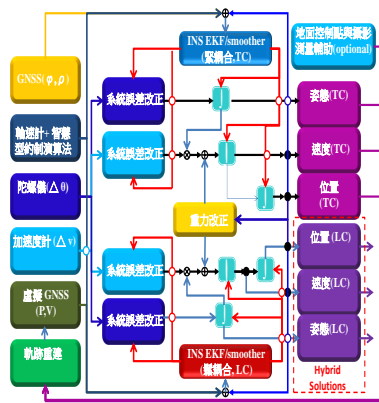


圖 1.13 混合式定位定向架構

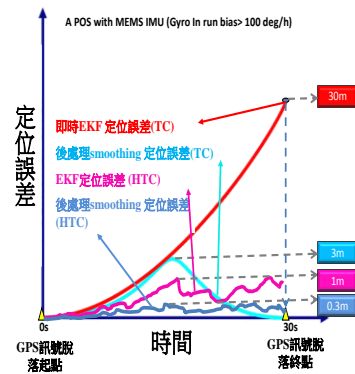


圖 1.14 混合式定位定向架構之理論效能

本案並針對混合式定位定向演算法做測試，其測試區域為台北市內湖區。圖 1.15 為 GNSS 衛星數目及軌跡，本次測試利用緊耦合架構輔以輪速計所計算的平滑解做為參考軌跡，旨在測試無輪速計輔助之鬆耦合(LC)、緊耦合(TC)和混合式(HTC)架構之定位誤差。本次測試所使用的系統為本系擁有的 SPAN- CPT 戰術等級慣性測量儀，圖 1.16、表 1.3 定位誤差分析結果，本案所發展之混合式架構於都市遮蔽率區域之定位精度有明顯的提升，在定位精度方面(均方根誤差，RMS)，混合式架構效益較緊耦合架構提升約 91%，而緊耦合較鬆耦合提升約 60%。

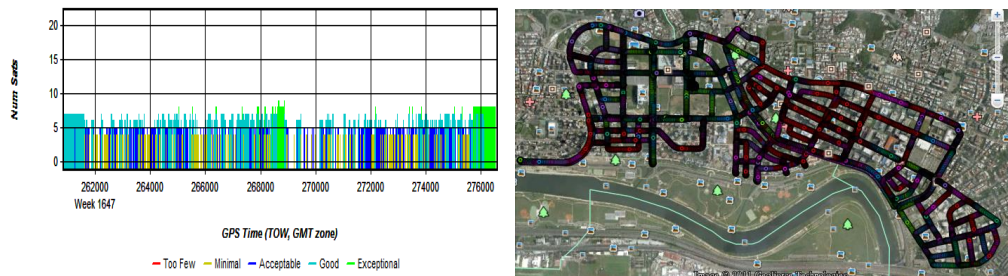


圖 1.15 測試區域之衛星數目分布及測試軌跡

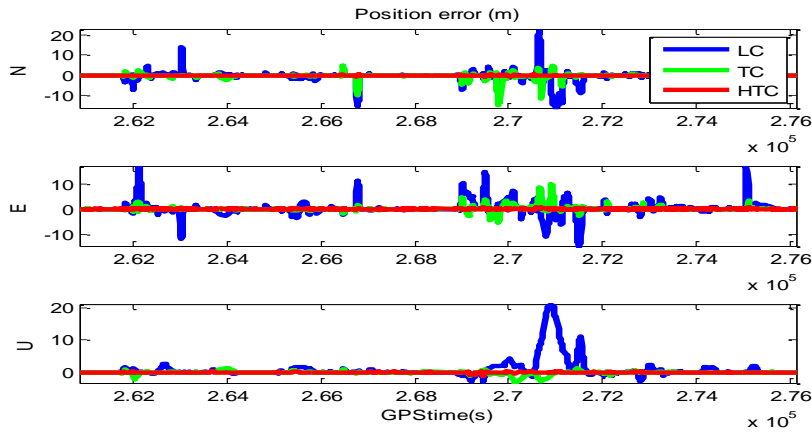


圖 1.16 位置誤差圖

表 1.3 定位誤差表

	AVG			STD			RMS		
	LC	TC	HTC	LC	TC	HTC	LC	TC	HTC
N (m)	-0.264	-0.225	0.002	3.139	1.596	0.085	3.150	1.612	0.085
E (m)	0.366	0.175	0.012	2.991	1.371	0.114	3.013	1.382	0.115
H (m)	0.958	-0.072	-0.007	3.251	0.500	0.118	3.389	0.505	0.118
2D (m)	0.451	0.285	0.012	4.336	2.104	0.143	4.359	2.123	0.143
3D (m)	1.059	0.294	0.014	5.419	2.163	0.185	5.522	2.183	0.186

本案更進一步針對混合式定位定向演算法進行特徵點量測(無控制點近景攝影測量模式)並與地面控制測量所得之參考坐標比較以進行直接地理定位分析，本次實驗針對都市區域(IN THE URBAN)及空曠無遮蔽區域(IN THE OPEN SKY)設置檢核點，圖 1.17 檢核點與軌跡之分佈，表 1.4 為其誤差直接地理定位誤差分析表。由結果可知，混合式架構與其他架構在於無遮蔽區之無控制點快速(>50 公里/小時)移動下之近景攝影測量模式效益並無太大差異，然而其效益於高遮蔽率區有顯著提升，經計算相較於目前商用緊耦合架構有 36%的提升。

表 1.4 直接地理定位誤差分析表



圖 1.17 檢核點與軌跡之分佈

ERROR	AVG			STD			RMS		
	LC	TC	HTC	LC	TC	HTC	LC	TC	HTC
IN THE OPEN SKY									
N (m)	0.060	0.142	0.122	0.419	0.275	0.345	0.404	0.298	0.351
E (m)	-0.118	-0.148	-0.204	0.247	0.179	0.201	0.263	0.226	0.279
H (m)	-0.025	0.081	0.100	0.307	0.407	0.304	0.294	0.396	0.307
2D (m)	0.374	0.266	0.393	0.319	0.275	0.226	0.482	0.374	0.448
3D (m)	0.447	0.440	0.473	0.361	0.337	0.281	0.564	0.545	0.544
IN THE URBAN									
N (m)	0.584	-0.650	0.101	6.787	2.325	1.344	6.566	2.333	1.299
E (m)	3.470	-0.098	-1.034	4.960	3.946	2.247	5.907	3.803	2.399
H (m)	-4.136	-0.454	-0.454	6.643	1.234	1.038	7.621	1.273	1.098
2D (m)	6.891	3.189	2.046	5.732	3.239	1.873	8.832	4.462	2.729
3D (m)	9.137	3.589	2.365	7.527	3.053	1.815	11.666	4.640	2.941

#### 四、結合內政部 e-GPS 系統，發展新式定位定向演算架構於應用領域

隨著日漸頻繁的大範圍測繪作業，測繪單位所需架設的參考主站須依作業範圍作增減，因低成本策略，於測試區域減低架設主站之次數，儼然成為降低成本第一手段，本案發展將 VRS 技術匯入後處理感測器動態定位定向演算架構，正是因應此一趨勢。目前無其他商用軟體可以提供完整的後處理 VRS 的精密定位定向技術。故本案採用自行研發的跟隨式虛擬主站差分技術評估利用國土測繪中心的 e-GPS 服務之後處理 VRS 輔助多元感測器整合定位定向演算法，以符合日漸蓬勃多平台製圖應用之高精度需求。利用軌跡中數個中心點沿軌跡建立數個直徑相等之圓，稱為 VRS proximity，在同一個圓內所屬之軌跡點將使用該圓之中心坐標並搭配 e-GPS 主站所產生之 VRS 點進行差分定位，如圖 1.18 所示。此種跟隨式虛擬主站技術(Moving VRS, M-VRS)對多平台製圖技術的應用是相當重要的。圖 1.19 為本案依據改良式緊耦合架構所提出的後處理 VRS 輔助多元感測器整合定位定向演算法架構。

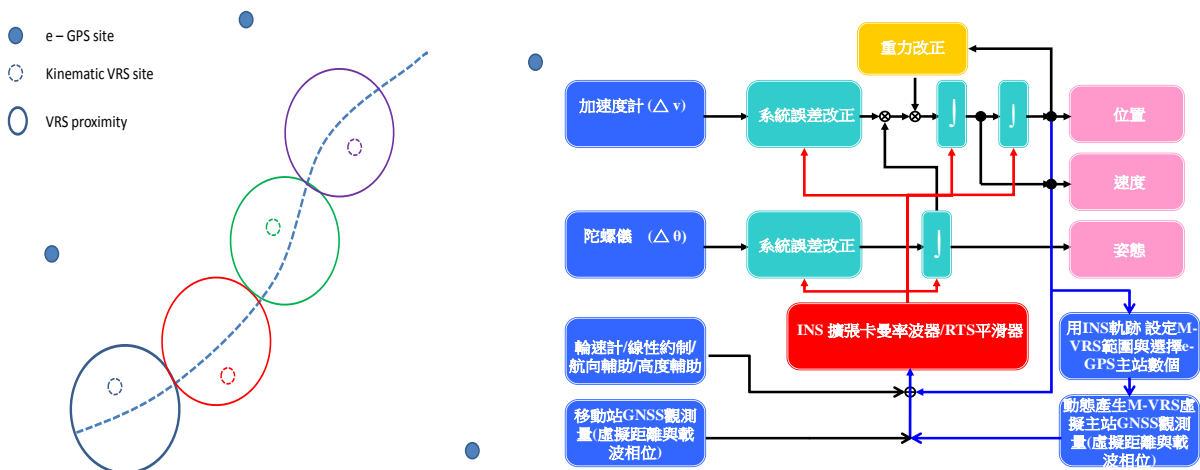


圖 1.18 跟隨式虛擬主站差分定位技術 圖 1.19 後處理的 VRS 輔助多元感測器整合定位定向演算法架構

本節針對新式後處理 M-VRS 效益做比較分析，為測試 M-VRS 效益，將測試軌跡設計約 20 公里，起點為台南市成功大學歸仁校區、終點為台南市安南工業園區，所使用之測試儀器為商用系統 SPAN-CPT，其加速度計飄移為 0.75mg，而陀螺儀飄移為 1 度/小時。本次實驗於起迄點皆架設實體主站(A04, CK66)，並於台南市成功大學成功校區測量系架設另一主站(CN11)。本次實驗將利用 A04、CK66 所解算之定位定向緊耦合平滑解作為參考解；而測試軌跡一為利用後處理 M-VRS 之輔助之緊耦合平滑定位定向解(圖 1.20)，其 M-VRS 主站為每 5 公里產生一站，共四站(VRS1-VRS4)；測試軌跡二為使用精密星曆之精密單點定位輔助緊耦合定位定向平滑解；而測試軌跡三為使用傳統單一主站(CN11) 差分之緊耦合定位定向平滑解。圖 1.20 表示衛星狀況及軌跡與各站之分布圖。

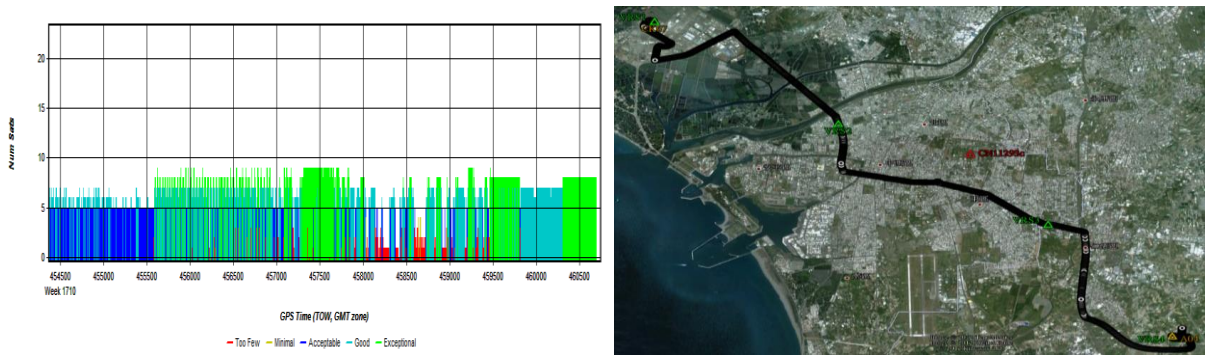


圖 1.20 衛星狀況及軌跡與各站之分布

本案對無控制點高速移動近景攝影測量模式進行效益分析。本實驗起點處為成功大學歸仁校區控制與檢核場，藉由該場測量約 20 個檢核點，做直接地理定位分析，圖 1.21 說明使用各軌跡進行影像特徵點量測之直接地理定位三維誤差，包含參考解(ref)、基於移動虛擬主站(M-VRS)、精密單點定位(PPP)、傳統單一主站差分模式(one base)之直接定位成果，縱軸表示誤差量單位為公尺，橫軸表示各點點號，而表 1.5 則為其誤差分析表。由實驗結果可知，新式後處理 M-VRS 動態定位定向演算法對於大範圍作業有較高精度且較節省人力和時間成本。

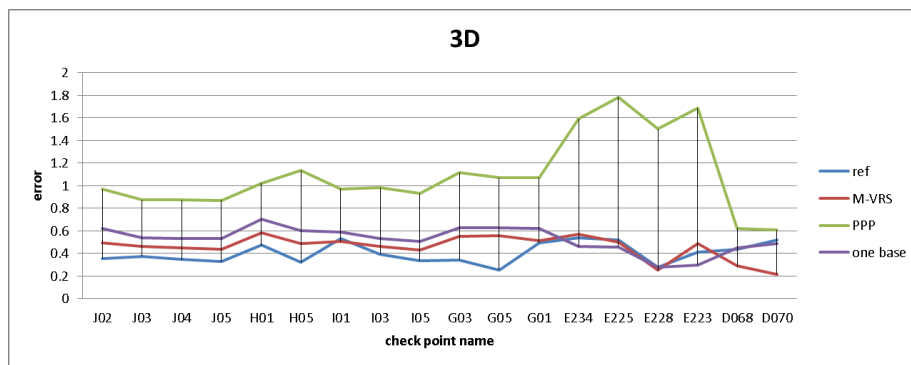


圖 1.21 不同模式之直接地理定位三維誤差

表 1.5 不同模式之直接地理定位誤差分析

TWD97 2TM (M)		AVG	STD	RMS
E	ref	0.088	0.082	0.119
	M-VRS	-0.199	0.289	0.345
	PPP	-0.127	0.820	0.807
	one base	-0.368	0.182	0.408
N	ref	-0.034	0.253	0.248
	M-VRS	-0.077	0.244	0.250
	PPP	0.074	0.258	0.262
	one base	-0.035	0.218	0.215
H	ref	-0.291	0.105	0.308
	M-VRS	-0.184	0.072	0.197
	PPP	0.744	0.169	0.762
	one base	-0.261	0.085	0.274
3D	ref	0.306	0.286	0.413
	M-VRS	0.282	0.385	0.469
	PPP	0.758	0.876	1.140
	one base	0.453	0.296	0.536

## 五、多平台製圖系統聯合作業模式之研究

本項工作之目的為探討如何融合多平台移動式遙測系統資料，包括空載、車載與個人攜行式等遙測影像，進行快速製圖與大量地理資訊之萃取，同時分析此作業模式在土地利用調查之可行性、定位精度，以及土地利用調查層級之分析等，本項工作主要重點有為研提車載、空載與個人攜行系統聯合作業模式，並進行絕對定位精度分析。

以服務導向架構(Service-oriented Architecture, SOA)，配合雲端(Cloud)技術，整合各式地理資訊系統圖資與多平台遙測系統影像，發展聯合土地利用調查作業模式。

為了達到資料融合之目標，必須開發使用者介面建立聯合作業模式，除了在資料面上整合多平台遙測影像資料外，在技術面則整合了攝影測量、地理資訊系統、全球導航衛星系統、電腦繪圖、影像處理、軟體工程與資通訊科技等。分析本項工作之內容可再細分成建立一項基礎架構及開發一項應用模式，也就是(1)建立雲端運算服務導向架構之多平台製圖系統，(2)發展土地利用調查之聯合作業模式，(3)實作『國土地利用調查與影像管理多平台移動測繪管理系統』，附帶工作則是(4)進行絕對定位精度分析。因篇幅有限，以下簡略說明此四項研究之方法。

### 5.1 建立雲端運算服務導向架構之多平台製圖系統

服務導向架構和雲端(Cloud Computing)運算，是目前工業界和學術界都非常關注的兩個領域。本計畫長期的目標為配合雲端發展技術與空間資料庫(Spatial Database)、開放地理資訊系統(OpenGIS)、空間網路服務(Geospatial Web Service)、軟體工程與資通訊科技等相關實務，建置以服務導向架構為基礎的多平台製圖系統運作機制，其架構如圖 1.22 所示，此機制亦可同時結合國家空間資料基礎建設(National Spatial Data Infrastructure, NSDI)。系統中擬將衛星與航照正射影像、空載垂直影像、空載傾斜影像、無人駕駛飛行載具影像、測繪車影像、個人攜行式測繪系統影像，以及各式 GIS 圖資，例如土地利用圖、通用版電子地圖、行政區界圖、地籍圖、交通路網圖、建物邊界圖、門牌號碼與地址等整合在一起建構聯合作業模式。

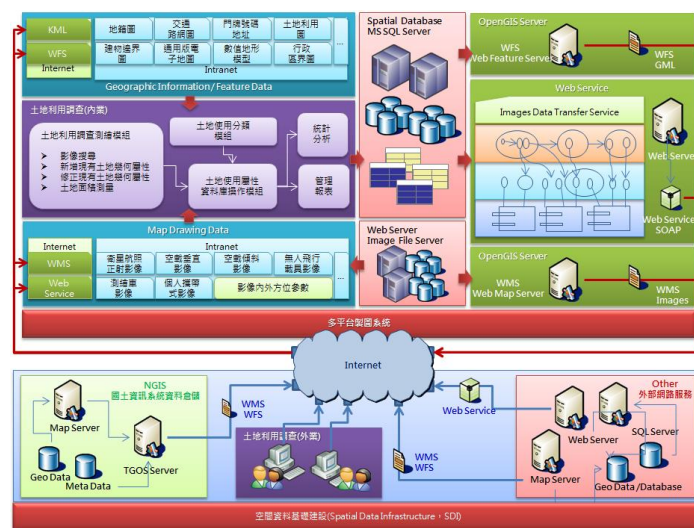


圖 1.22 配合雲端技術服務導向架構建置之多平台製圖系統架構

## 5.2 發展土地利用調查聯合作業模式

本計畫建置之多平台製圖系統，擬提供操作者利用多元感測器影像資料進行土地利用圖層內容、位置、屬性之檢查與編輯，成果可以匯出成常用的 Shapefile 與 Google KML 格式，同時提供對應的屬性檔案與影像。

基於確保土地利用調查成果時效性及適用性，本系統擬提供一套土地利用調查快速更新與減少內業與外業人力調查之方法，來減少人力、物力、時間及經費之需求，以協助辦理更新土地利用調查任務。本團隊擬實作設計一多平台製圖系統-土地利用調查模組，其架構如圖 1.23 所示，包括土地利用調查測繪模組、土地使用分類模組，以及土地利用調查屬性資料庫操作模組。

## 5.3 實作『國土土地利用調查與影像管理多平台移動測繪管理系統』

本團隊將自主開發一套『國土土地利用調查與影像管理多平台移動測繪管理系統』視窗介面軟體，整合各種 GIS 空間資料庫(Spatial Database)圖資，以協助國土土地利用判釋、圖資數化、編修，協助國土測繪中心業務面查詢國土土地利用調查成果與現場拍攝之影像，進行檢核與品質管制。而在外業調查時，則可透過 Windows 平板電腦以離線方式進行國土土地利用調查。未來國土測繪中心若全面改以此移動式測繪技術進行國土土地利用調查作業，則可以改成線上(On-line)方式連結國土測繪中心各種 GIS 空間資料庫，協助國土測繪中心業務面查詢國土土地利用調查成果與現場拍攝之影像，進行檢核與品質管制。

圖 1.24 為本計畫透過 MMS 進行土地利用調查之研究流程圖，前端包括三種移動式測繪系統所拍攝之數位影像，包括內外方位參數，儲存在原始影像資料庫與另一網路空間資料庫中。接著透過『國土土地利用調查與多平台移動測繪影像管理系統』進行影像與 GIS 圖資管理、影像搜尋、土地利用屬性設定、統計報表與資料格式轉換等。圖 1.25 為實作『國土土地利用調查與影像管理多平台移動測繪管理系統』之系統畫面示意圖。

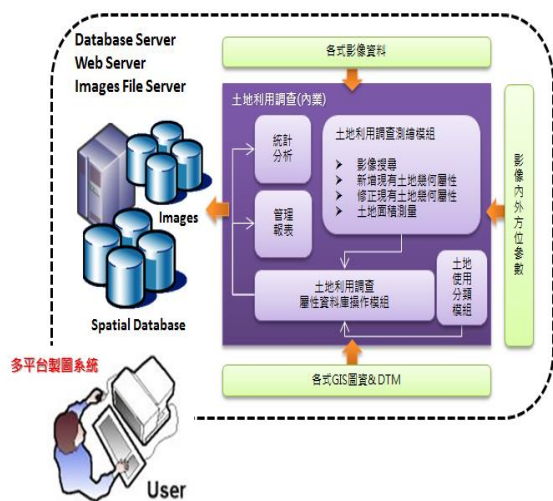


圖 1.23 多平台製圖系統-土地利用

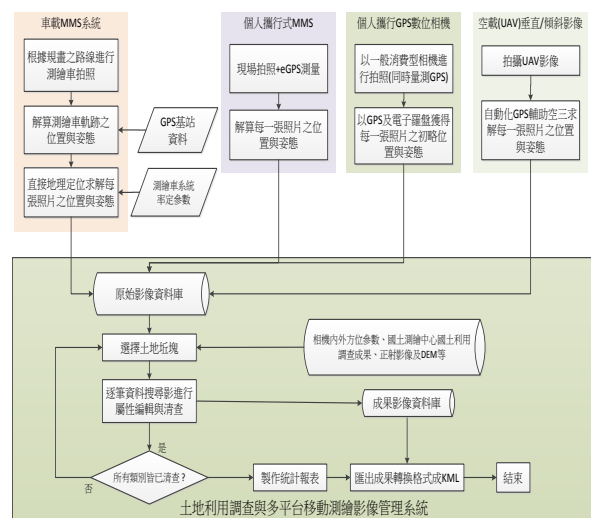


圖 1.24 多平台製圖系統-方法流程圖  
調查模組示意圖

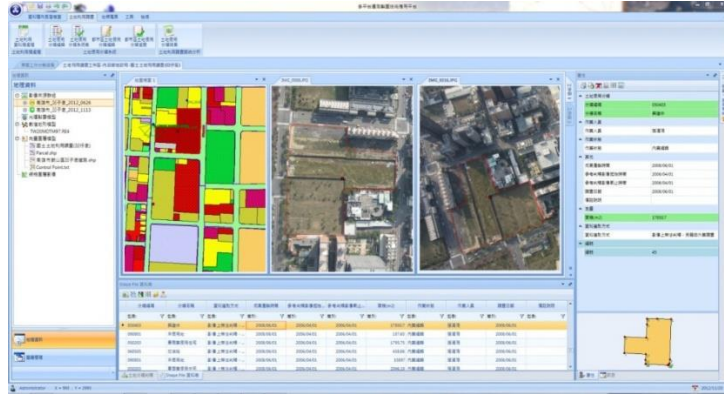


圖 1.25 多平台製圖系統-系統畫面示意圖

#### 5.4 絕對定位精度分析

由於本計畫所使用之多平台框幅式影像其外方位參數來源可能是來自直接地理定位或傳統之空中三角平差(間接地理定位或 GNSS 輔助空三)，且各來源影像之空間解析度也各有不同。為了瞭解各個平台之適用性，例如災害防救、製圖或土地利用等，有必要分析其絕對定位精度。尤其是直接地理定位部分，當 GNSS/IMU 整體求解在 GNSS 訊號有長時間遮蔽現象時，對地理定位之影響。

以下針對多平台框幅式影像各種來源，分別進行絕對定位精度之分析，在 SwingletCAM UAV 影像經傳統空三平差後，在平面與高程之 RMS 分別約 19.5 公分及 107 公分。Ladybug3 相機直接地理定位後在空曠地區約 13~24 公分，高程約 32 公分。測繪車立體影像在直接地理定位後空曠地區精度可達 16~17 公分，高程約 30 公分。而 PPIMS 360 全景影像在 e-GPS 可正常量測之情形下，其平面定位精度約 4~6 公分，高程約 5 公分。

#### 參考文獻

1. 江凱偉、曾義星、饒見有、詹劭勳、楊名 (2011)，「100 年度發展與應用多平台遙測製圖技術工作案期末報告」，內政部地政司。
2. Schwarz, K.P. and El-Sheimy, N. (2008) Mobile Mapping Systems – State Of The Art And Future Trends, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, TS SS 3, Beijing.