# 以移動載具 (MMS) 輔助辦理 測繪圖資更新之研究

內政部國土測繪中心 101 年度自行研究案報告 中華民國 101 年 12 月

# 以移動載具 (MMS) 輔助辦理 測繪圖資更新之研究

專員 謝東發

專員 黃英婷

技士 陳鴻智

技正 林昌鑑

課長 蔡季欣

主任 劉正倫

研究人員:

中華民國 101 年 12 月

# Ministry of the Interior Research Project Report

# Research on the Use of MMS in Assisting Map Data Updates

By

Hsieh, Tong-Fa

Huang, Ying-Ting

Chen, Hung-Zi

Lin, Cheng-Jiann

Tsai, Ji-Shin

Liu, Jeng-Lun

December 2012

## 目 錄

摘	要		1
第	一章	緒論	5
	第一節	緣起與背景	5
	第二節	研究動機及目的	8
第	二章	研究方法與流程	10
	第一節	研究方法	10
	第二節	研究流程	12
第	三章	文獻回顧	14
	第一節	MMS 發展概述	14
	第二節	MMS 相關應用	26
第	四章	理論基礎	34
	第一節	MMS 整體架構	34
	第二節	<b>儀器率定</b>	38
	第三節	影像整合	42
第	五章	作業設備、流程方法及研究內容	46
	第一節	作業流程	46
	第二節	作業設備	49
	第三節	研究內容	57

身	<b>芦</b>	作業情形、成果分析與展示	58
	第一節	以 MMS 輔助辦理國土利用調查成果更新作業	58
	第二節	以 MMS 輔助辦理通用版電子地圖地標清查更新作業	73
	第三節	以 MMS 輔助辦理道路快速更新作業	88
穿	10000000000000000000000000000000000000	結論與建議	96
	第一節	結論	96
	第二節	建議	98
K	讨錄一、	土地使用分類系統簡表	99
K	付錄二、	通用版電子地圖地標圖層代碼表	101
2	*考文獻	<u> </u>	102

## 圖目錄

圖	1、研究流程圖	12
圖	2、環架式 INS 與固裝式慣性測量儀之比較	18
圖	3、INS 之誤差行為 (羅貽騂, 2008)	19
圖	4、Alberta MHIS(摘自 Lapucha, 1990)	19
圖	5 · VISAT Van (http://www.amsvisat.com/)	20
圖	6 · Lynx Mobile Mapper (http://www.optech.ca/)	21
圖	7 · Rigel VMX-250	22
圖	8、公路基本資料庫調查系統架構(曾志煌等,2004)	23
圖	9、INS/GNSS/ odometer 原型系統 (江凱偉等,2010)	24
圖	10、MMS 應用領域 (江凱偉,2011)	27
圖	11、VISAT 作業影像(http://www.amsvisat.com/)	28
圖	12、VISAT 作業平台(http://www.amsvisat.com/)	28
圖	13、距離量測操作介面	29
圖	14、高度量測操作介面	29
圖	15、坡度量測操作介面	30
圖	16、曲率半徑量測操作介面	30
圖	17、公路設施圖	30
圖	18、Google Street View 介面(摘自 http://maps.google.com.tw/)	31
圖	19、3D 建物模型 (摘自 Mobile Scan 行動雷射掃描系統簡介)	32
圖	20、數碼城市(http://www.optech.ca/)	32
圖	21、MMS 地形測量(http://www.optech.ca/)	33
圖	22、MMS 之系統架構 (El-sheimy,1996)	34
圖	23、衛星訊號遮蔽的效應	35

圖	24、直接定位技術之演進	. 35
圖	25、MMS 透過 INS/GNSS 直接定位的概念圖	. 37
圖	26、率定場位置示意圖	. 38
邑	27、獨立檢驗場示意圖	. 38
昌	28、直接地理定位示意圖	. 39
邑	29、核幾何關係	. 42
圖	30、MMS 操作流程	. 46
邑	31、方位資料解算流程圖	. 47
邑	32、圖資更新流程圖	. 48
邑	33、MMS 與街景車	. 49
邑	34、率定場	. 50
圖	35、MMS(一)外觀示意圖	. 50
圖	36、MMS(二)外觀示意圖	. 51
圖	37、MMS(一) 感測系統	. 52
圖	38、MMS (二) 感測系統	. 52
圖	39、MMS(二)定位定向系統	. 54
圖	40、安裝輪速計與拍攝間隔設定示意圖	. 54
圖	41、MMS(一)控制系統	. 55
圖	42、MMS (二) 控制系統	. 55
圖	43、MMS (一) 影像處理平台	. 56
圖	44、MMS (二) 影像處理平台	. 56
圖	45、國土利用調查成果示意圖	. 58
邑	46、國土利用調查成果更新作業流程圖	. 59
昌	47、外業出圖範例	. 60
圖	48、外業調查範例	. 60

圖	49、分類錯誤樣態及紀錄示意	. 61
昌	50、MMS(一)輔助辦理國土利用調查成果更新作業測試區	. 61
昌	51、MMS 輔助國土利用調查成果更新作業流程圖	. 62
昌	52、MMS(一)輔助國土利用調查成果更新作業拍攝路線圖	. 63
圖	53、建物分類編修示意圖	. 65
圖	54、影像遮蔽範例圖	. 66
圖	55、機車架設全景攝影機拍攝範例圖	. 67
昌	56、MMS 無法進入拍攝範例圖	. 67
昌	57、道路阻礙 MMS 無法進入拍攝範例圖	. 68
昌	58、陰影遮蔽不易判釋	. 68
昌	59、MMS 輔助辦理國土利用調查成果更新作業較適用範圍	. 70
圖	60、MMS 輔助辦理國土利用調查成果更新作業較不適用範圍	. 71
圖	61、國土利用調查成果示意圖—以街廓整齊地區為例	. 72
昌	62、國土利用調查成果示意圖—以傳統聚落地區為例	. 72
圖	63、通用版電子地圖成果示意圖	. 74
昌	64、通用版電子地圖作業流程圖	. 74
昌	65、MMS(二)輔助辦理通用版電子地圖地標清查更新作業範圍	. 75
昌	66、以 MMS 輔助通用版電子地圖地標清查更新作業流程圖	. 76
昌	67、地標資料來源圖	. 77
邑	68、地標修正示意圖	. 77
邑	69、MMS(二)初步測試區實際拍攝路線圖	. 79
昌	70、已遷移便利超商示意圖	. 80
昌	71、地標分類編輯與地標分類	. 81
圖	72、地標資料建檔畫面示意	. 81
圖	73、地標清查—便利商店	. 82

圖	74、地標清查—加油站	. 82
圖	75、地標清查—金融機構	. 82
圖	76、預估路線圖	. 83
圖	77、MMS 行駛路線	. 83
圖	78、地標位置變更範例(7-11世賢門市)	. 83
圖	79、地標屬性變更範例(7-11 白河門市變更為全家)	. 84
圖	80、公共場所內民生設施建製示意圖	. 84
圖	81、影像遭遮蔽範例(嘉南農田水利會烏林工作站)	. 85
圖	82、無法判斷範例(白河區公有零售市場)	. 85
圖	83、MMS 輔助辦理道路快速更新作業測試區	. 88
圖	84、MMS(一) 道路編修示意圖	. 90
圖	85、MMS(二)道路編修示意圖	. 90
圖	86、MMS 量測道路邊界線與基本圖道路邊界線比較圖	. 91
圖	87、MMS(二)與 MMS(一)產製道路成果套疊比較圖	. 93
圖	88、MMS(二)與 MMS(一)產製道路成果差異示意圖	. 95

## 表目錄

表	1、各國所發展的 MMS (修改自 Li, 2010)	. 15
表	2、MMS 形式與發展過程(Kim, Gi-Hong, 2006、黎驥文等,2010)	. 22
表	3、時間同步誤差的影響量	. 37
表	4、MMS 與街景車之比較	. 49
表	5、感測器規格比較表	. 53
表	6、人工調查與 MMS 作業成本分析	. 69
表	7、人工調查與 MMS 作業比較表	. 71
表	8、測試區民生設施地標數量初步統計表	. 78
表	9、臺南市東區試作成果分析表	. 80
表	10、民生設施地標成果統計表	. 87
表	11、MMS(一)產製道路與基本圖道路距離差值統計表	. 92
表	12、MMS(二)與 MMS(一)產製道路成果距離差值統計表	. 94

#### 摘要

關鍵字:移動載具、國土利用調查、通用版電子地圖

#### 一、研究緣起

移動載具(Mobile Mapping System, MMS)結合地理資訊系統功能蒐集空間資料,已普遍應用於交通設施清查、導航地圖建置、都市建模等工作。近年來 MMS 更整合定位定向系統及高解析度感測器,延伸至高精度測繪領域,將可以加速空間資料的獲取及分析,使得空間資料的蒐集更有效率,提供空間資料庫系統最新的資訊。

本中心近年來致力於辦理基本地形圖、國土利用調查、通用版電子地圖等基礎核心圖資建置工作,並嘗試引進測繪新科技提升作業效率,利用MMS所拍攝影像執行或輔助測繪圖資更新已趨可能。本研究除進一步了解MMS所獲取影像應用層面,並結合本中心現有測繪圖資更新作業,進行輔助辦理之可行性研究。研究發現MMS所獲取高解析度之影像,確可輔助辦理圖資更新,亦可提升外業調查之效率及降低成本。

#### 二、研究方法與過程

- (一) 蒐集國內外 MMS 主要應用領域與案例,特別蒐集各國有關空間資訊之應用案例,了解 MMS 其特性與相關應用潛力。
- (二)選定測試地區辦理 MMS 規劃及實際作業,以獲取測試區資料,並 針對不同工作及成果需求,進行相關影像及資料後處理作業程序。
- (三)綜合彙整測試區成果,進行相關分析及驗證,評估後續各項應用工作之效益與可行性。

#### 三、重要發現

(一)本研究以整幅 1/5000 比例尺圖幅範圍(約 700 公頃)進行 MMS

試辦國土利用調查作業,完成土地使用坵塊筆數達 5,332 筆,內含 街廓整齊之重劃區、密集建物區、農田、魚塭、傳統聚落等各種土 地使用型態。經本研究結果發現,單以 MMS 辦理國土利用調查成 果更新作業,而不與人工調查互相搭配,其成本效益(包含成果合 格率)並不如預期高,但對於街廓整齊、道路寬敞且地籍資料和現 況能整齊對應之社區型建物密集區,成果品質合格率可達 90%, 滿足國土利用調查成果品質要求,另對於新開發區域,影像、現有 資料皆無對應圖資可供參考時,MMS 亦能正確量測新增建物或土 地使用變更範圍,確可輔助辦理國土利用調查成果更新作業。

- (二)通用版電子地圖重要地標清查工作,本研究調查 1,578 幅計 5,075 筆地標,MMS 影像可提供作業人員豐富及多元之內業判讀資訊, 辨識率高達 95%,證明 MMS 可應用於地標清查工作。
- (三)受限於狹窄道路 MMS 無法進入,或土地使用現況、地標招牌遭遮蔽、或建物內縮情形, MMS 無法避開遮蔽物或停車近距離拍攝者,則需再搭配人工赴現地調查補充。
- (四) MMS作業相對於傳統人工調查較無天候限制,但太陽斜射因素容易造成陰影遮蔽與過曝問題等,或通過隧道、地下道、涵洞等光線大幅改變處,易有過曝問題,拍攝時間應儘量避開太陽斜射時段。
- (五) MMS 行經隧道或高樓林立地區,容易發生 GPS 訊號受遮蔽或衛星 分布不佳,導致解算精度變差,此時可採用參考圖資,協助判釋地 標及土地使用現況位置。
- (六)經本研究結果發現,MMS可將大量外業調查人力與時間,改成內 業攝影測量作業模式,對於梅雨季或天候不佳時,可不受天候影 響,進而減少外業成本及發生意外風險,同時拍攝影像可永久保 留,未來可作相關應用。但考量 MMS 仍有部分無法進入拍攝、現

場遮蔽或影像解析度不夠等作業限制,因此依區域特性由外業調查和 MMS 互相搭配,可截長補短,提升整體作業效率及降低成本。

(七)以 MMS 輔助辦理道路快速更新成效良好,經本研究結果發現,對於新增重要交通建設,如影像資料尚未更新或取得困難,利用 MMS 進行路邊線測繪,其產製道路成果與基本圖道路成果比較,整體距離差平均值 0.37 公尺,符合本中心通用版電子地圖、基本地形圖道路圖層 1.25 公尺測圖精度,證明 MMS 確可輔助道路快速更新。

#### 四、建議事項

- (一)對於街廓整齊、道路寬敞且地籍資料整齊和現況能對應之社區型區域建物密集區,以 MMS 辦理國土利用調查成果品質合格率可達90%,滿足國土利用調查成果品質要求;另對於新開發區域,影像、現有資料皆無對應圖資可供參考時,MMS能正確量測界定新增建物或土地使用變更範圍,建議未來可考量區域特性由人工調查和MMS互相搭配辦理國土利用調查成果更新作業,提升整體作業效率及降低成本。
- (二)以 MMS 辦理通用版電子地圖重要地標清查成果品質,內業辨識率達 95%,另對於新增重要交通建設,如影像資料尚未更新或取得困難,利用 MMS 進行路邊線測繪,其產製道路成果符合本中心通用版電子地圖、基本地形圖道路圖層 1.25 公尺測圖精度,建議未來可考量使用 MMS 辦理通用版電子地圖重要地標清查及道路快速更新作業,滿足使用者對通用版電子地圖及時更新需求。

#### **ABSTRACT**

#### Keywords: MMS, Land use investigation, Common electronic map

Technologies of surveying and spatial information are progressing unceasingly. Combined with the technologies of integrated navigation systems and multi-imagery sensors, the spatial information has been collected for road facilities inventory, navigation map construction, and urban modeling. In recent years, the mobile carrier (Mobile Mapping System, MMS) has been more widely used in the field of surveying and mapping to acquire and analyze spatial data more efficiently and to provide up-to-date spatial database.

The National Land Surveying and Mapping Center, Ministry of the Interior (NLSC) has endeavored to perform the land information infrastructure works such as the projects of land use investigation, common version electronic map, and basic topographic map updating in the past years. In the mean time, NLSC has also tried to introduce the latest technology for performance promotion. The aim of this study is to learn more about MMS images applications and hopefully to combine with the existing operating procedures of NLSC for feasibility study of map updating.

This research shows that the MMS imagery used for updating maps is feasible. The varying attributions of ground features can be interpreted and edited directly through measuring captured images. The high resolution images taken by MMS with the non-measurement purpose camera have been proved helpful for land use investigation results updating. Besides its clear imagery and road tracking ability, the MMS provides fast and easier way to identify landmarks for inventory works indoors. It really has decreased field investigation and survey time and personnel expenses as well.

#### 第一章 緒論

### 第一節 緣起與背景

#### 一、緣起

全球導航衛星系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)技術快速發展,已蔚然成為普遍性的定位工具,直接促使測量與空間資訊技術快速進步,尤其 GNSS 近年結合慣性導航系統(Inertial Navigation System, INS),組成直接定位定向系統,搭配各式影像感測器蒐集空間資料的測量製圖技術,普遍應用於國土測繪、地形變遷調查、災害監測、資源探測與環境保護等工作,透過專業電腦處理,快速獲得大面積的高精度空間資訊,使得空間資料的蒐集更有效率,提供空間資料庫系統最新資訊。

有鑑於空間資訊屬變動性資料,資料更新的即時性益形重要,另因空間資訊變動通常為局部或小範圍,如採全面更新需花費龐大資源與較長時間,所以發展經濟有效的空間資料擷取及更新平台,乃成為各國遙感探測技術與測繪製圖發展的重要課題。其中又以無人飛行載具(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)及移動載具(Mobile Mapping System, MMS)為目前測繪領域研究發展的重點。

本中心近年來致力於引進測繪新科技辦理基本圖、國土利用調查、通 用版電子地圖等基礎核心圖資建置工作,為提升圖資更新效率,97 年度 辦理「探測感應器測繪平台架構規劃暨應用作業」案,針對 MMS 架構進 行初步探討,本研究嘗試以國土利用調查成果更新、通用版電子地圖地標 清查更新作業及道路快速更新為試辦標的,以 MMS 高機動性特性,執行 輔助測繪圖資更新,透過行動化載台,補足航遙測資料獲取的空隙,加速 空間資料獲取及分析時程。

#### 二、MMS 發展背景及現況

#### (一) 基礎核心圖資更新週期長

基本圖、國土利用調查、通用版電子地圖等基礎核心圖資更新頻率來看,在經費充足情況下,更新週期約為5年,目前政府預算吃緊,更新週期將更久,然而現代社會土地利用與地形變遷愈加快速,對於各項基礎核心圖資需求殷切,顯然目前更新速度已無法滿足需求,且變異地區亦非為全部範圍,而 MMS 具有針對變異地區,進行區域圖資快速更新修測之潛力。

#### (二) 具備快速機動優勢

MMS與傳統航空攝影測量、衛星感應測量皆屬遙感測量(Remote Sensing)手段之一,但傳統航空攝影測量、衛星感應測量常受限於雲層與天候限制與費用高之缺點,影響圖資更新的效率。MMS因具有高機動性、天候影響程度較低之特性,恰可彌補傳統航空攝影測量、衛星感應測量之不足處,發揮快速獲取資料優勢。

#### (三) 各界積極發展

MMS 可謂經濟有效的資訊獲取平台,通常 MMS 以車輛為搭載平台,所酬載之定位定向裝備 GNSS 與 INS 為一般市售型,其價格低廉,亦非使用量測型相機,雖然非以量測功能為目的所開發,未提供內方位元素資料,但可透過相機率定作業來獲取,且目前相機技術進步快速,影像解析度越來越高,對於地物判釋大有助益,建置成本遠比航遙測專業攝影設備低廉。因 MMS 的低成本亦吸引各界積極投入發展,相關技術進步迅速。

#### (四) MMS 影像可嘗試應用於圖資更新

本中心經過多年進行測繪資料收集及建置,目前已有多種測繪圖資 對外供應,為提升國土測繪資料正確性及可利用性,須持續辦理更新維 護,惟經費有限,且變異地區亦非為全部範圍,發展多元且有效率的更 新維護方式有其必要,另因應 MMS 多年發展,其成果精度應可符合測 繪圖資更新需求,將可納入未來測繪圖資更新技術一環。

#### 第二節 研究動機及目的

#### 一、研究動機

近年來 MMS 的發展,大幅提升空間資訊收集效率,為了解搭載非量 測型相機與低精度 GPS/INS 之 MMS 獲取影像能力、應用範疇及成果精 度與應用測繪製圖潛力,本中心 97 年辦理「探測感應器測繪平台架構規 劃暨應用作業」案。測試成果印證 MMS 所拍攝影像,未來除有應用於專 業製圖領域潛力,亦可朝特徵萃取或地物分類等技術發展與應用,加上 MMS 高機動性,在執行或輔助測繪圖資更新,應可發揮不同經濟效益。

#### 二、研究目的

本研究將延續前開試辦結論,進一步探討如何應用 MMS 輔助本中心辦理測繪圖資如國土利用調查成果、通用版電子地圖地標、道路等更新作業,了解應用於測繪製圖的效益與可行性,最後綜合各項研究成果,針對未來 MMS 技術與應用提出規劃與建議。同時分析作業流程、人力及成本等,藉以提升測繪圖資更新效率。主要研究目的如下:

#### (一)以 MMS 輔助辦理圖資更新作業

現階段的國土利用調查成果與通用版電子地圖地標清查更新作業,仍多以人力至現地進行幾何、屬性資料確認,造成外業調查成本始終居高不下,本研究嘗試以 MMS 輔助人工調查,經由影像拍攝所留存紀錄,除以影像進行國土利用調查成果與通用版電子地圖地標清查更新作業外,減少外業調查及檢查作業時間,另如有爭議或不明處,可日後調閱 MMS 影像確認,期有效降低測繪圖資更新成本。

#### (二)提升測繪圖資更新效率

以往測繪圖資更新作業多配合更新週期分區域辦理,且作業模式主

要以影像資料為基礎,因此對於作業範圍內如影像資料尚未更新或取得 困難,多留待下次更新處理,並無法即時配合更新異動,為因應各界對 於圖資時效性迫切需求,且考量變異地區亦非為全部範圍,本研究嘗試 以 MMS 輔助道路快速更新,期發展多元且有效率的更新方式,提供各 界快速更新且達一定品質的測繪圖資。

#### 第二章 研究方法與流程

#### 第一節 研究方法

#### 一、資料蒐集

蒐集國內外 MMS 發展歷程、方向,以及主要應用領域與案例,特別蒐集各國有關空間資訊的應用案例,以了解 MMS 特性與相關應用潛力,亦得以比對相關應用成果,作為後續發展 MMS 參考。

#### 二、測試區選定

選定測試地區辦理 MMS 規劃及實際執行作業,獲取測試區資料, 並針對不同工作及成果需求,進行相關影像及資料後處理作業程序。本 研究主要分為 3 個測試區:

- (一)以 MMS 輔助辦理國土利用調查成果更新作業:選定本中心 101 年 度國土利用調查成果更新作業區內臺南市安南區(圖號: 94193088),以 MMS 拍攝影像並進行土地使用現況判釋作業,同 時以人工調查方式實地進行成果檢查,了解利用 MMS 輔助辦理國 土利用調查成果更新作業之正確性及適用性,作為後續更新參考。
- (二)以 MMS 輔助辦理通用版電子地圖地標清查更新作業:選定本中心 101 年通用版電子地圖更新作業區範圍,以 MMS 拍攝影像進行民 生設施地標調查,並分析判釋率,探討 MMS 後續應用與發展方向。
- (三)以 MMS 輔助辦理道路快速更新作業:選定臺 84 快速道路麻豆至官田新通車路段,分別以量測 MMS 影像之道路內側路邊線,及採用車行航跡資料搭配影像數化等 2 種不同方式,產製道路範圍成果,並透過成果套疊比較,探討道路快速更新作業方式。

#### 三、測試區作業

針對測試區分別辦理 MMS 測繪,作業前辦理系統率定、作業路線 規劃及執行測試區影像拍攝作業,以獲取測試區影像,提供影像後製處 理資料。

#### 四、影像後製處理

MMS 多角度的相機配置方式可完整紀錄測區實況,藉由同向 2 部相機影像可直接組成立體像對。所有影像除可作為歷史留存紀錄直接瀏覽外,搭配直接定位定向系統所提供的方位資料,可解算空間資訊,直接於資料處理平台來完成內業工作。

#### 五、成果驗證與分析

綜合彙整測試區成果,進行相關探討分析與驗證,評估後續測繪製 圖等各項應用可行性。綜合彙整測試區成果,進行相關分析及驗證,評 估後續各項應用工作之效益與可行性。

#### 六、撰寫研究報告

依內政部自行研究案報告書製作標準格式,辦理「以移動載具 (MMS)輔助辦理測繪圖資更新之研究」研究報告書撰寫製作。

#### 第二節 研究流程

本研究流程主要分為六個部分(如圖六),分別為資料蒐集、測試區 選定、測試區測繪作業、影像後製處理、成果分析與驗證及撰寫研究報告 書等。

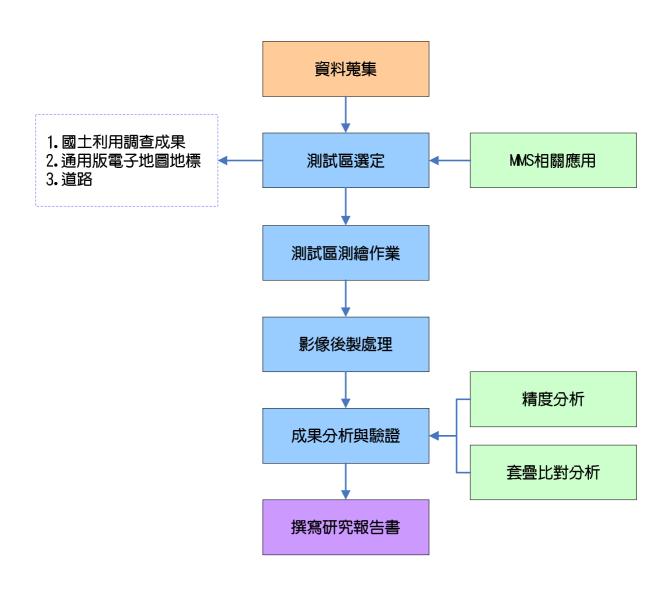


圖 1、研究流程圖

#### 第三節 預期成果

#### 本研究預期成果如下列:

- 一、應用 MMS 影像辦理國土利用調查成果及通用版電子地圖地標清查更新作業,評估 MMS 影像未來取代或輔助傳統人工調查之可行性。
- 二、以 MMS 辦理道路快速更新作業,套疊比較不同作業方式產製之道路更 新成果並比較成果品質,探討道路快速更新作業模式。
- 三、比較 MMS 與傳統作業所花費時間、人力、影像判釋率及精度差異,以 量化數據評估 MMS 所具優勢。
- 四、了解 MMS 應用範疇及使用限制,依區域特性由外業調查和 MMS 互相 搭配,提升整體作業效率及降低成本。

#### 第三章 文獻回顧

#### 第一節 MMS 發展概述

MMS 系統整合 GNSS 及 INS 形成高精度直接定位定向系統,並結合多種高效率影像感測器,快速獲取並儲存感測資料,直接解算並獲得感測器方位,最後高度自動化的軟體系統進行資料處理,獲得所需的空間資訊。所搭載的定位定向感測器可能包括 GNSS 接收儀、INS 及航位推算感測器(Dead Reckoning, DR)等,觀測感測器系統則可以是相機、攝影機、多光譜掃描儀或雷射掃描儀等。配合不斷進步之電腦運算能力與容量,考量各種需求機動搭配各類移動平台,便能在相應的領域上發揮相應價值,移動遙測製圖應用面也隨之更深更廣。

MMS 系統核心為具備多元感測器整合架構之整合式定位定向系統(Positioning and Orientation System, POS),此架構包含不須使用外在電波訊號的自主連續相對定位的慣性導航系統、輪速計(odometer)、與仰賴電波定位之絕對定位技術如全球導航衛星系統,如此可在資料採集過程中無須使用地面控制點而直接計算具備高採樣率之感測器方位。同時搭載如高頻高密度距離觀測之雷射掃描儀,結合多解析、多波段光譜掃描儀及數位相機等多種類的影像感測器,則可獲取各應用領域的幾何與屬性資訊。與現有其他空間資訊擷取技術相較之下,MMS 技術並不一定可以提供更好之定位精度,但仍具備以遙測技術快速獲取空間與屬性資料、資料可以重複使用與更新、作業效率高、提昇製圖技術自動化之程度及大幅減少作業成本(泛指施測面積之單價)之優點(Ellum, 2001)。

MMS 為一整合多種感測器系統與測量系統之移動平台,透過此系統可測得平台之位置及姿態資訊,且能蒐集空間資料(Zhang et al, 2003)。MMS

的濫觴可推至 1980 年代初期部分加拿大亞伯達(Alberta)省政府及美國州政府提出的移動式高速公路盤點系統(Mobile Highway Inventory System, MHIS)之需求(Lapucha, 1990),用以清查日益龐大的路網及附屬設施。隨著衛星定位技術的發展,從使用美國 GPS (Global Positioning System)的單一系統,延續為結合俄羅斯的 GLONASS(GLObal NAvigation Satellite System)的多系統衛星定位技術,相關研究機構也約略在此時期陸續提出來整合衛星定位技術及數位相機的 MMS 技術(El-Sheimy, 1996)。

從1991年美國俄亥俄州立大學研發出 GPSVan,它包含一個 GPS 接收儀、航位推算系統、2台數位相機及2台彩色攝影機(Bossler et al, 1995)的 MMS 開始,目前已有相當數量的 MMS 應用於相關空間資訊領域,表 1 為各國所發展的 MMS 資訊。

表 1、各國所發展的 MMS (修改自 Li, 2010)

Nam	Developers	Platform	Sensors	
Reference	Developers	riationiii	Navigation	Mapping
GPSVanTM [1993]	The Ohio State University	Van, train	GPS, 2 gyros, 2 odometers ( wheel counter	2 monochrome digital cameras,2 VHS cameras
CDSS [1998]	Geodetic Institute Aachen	Van	C/A code GPS, 2 odometers, barometer	2 monochrome CCD digital cameras
KiSSTM [2001]	University of the Federal Armed Forces Munich	Van	GPS,IMU,odometer, barometer,nclinomet er, compass	2 monochrome digital cameras, VHS camera for archival purposes
VISATTM [1996]	University of Calgary	Van	Dual frequency GPS, navigation-grade IMU	8 monochrome digital cameras,1 VHS camera for archival purposes
TruckMAPT M[1996]	John E. Chance and Associates	Van	Dual-antenna GPS, digital attitude sensor	Reflectorless laser range-finder
Gator	University of	Person	GPS, digital	2 CCD digital cameras

CommunicatorTM[2 000]	Florida		compass, inclinometer	
GIMTM [1994]	NAVSYS Corp.	Truck	GPS, low-cost IMU	1 CCD digital camera, 1 VHS camera
Indoor MMS [1997]	National Research Council, Canada	Mobile robotic platform	Wheel encoders	8 CCD digital cameras, bi-iris laser scanner also used for navigation
GI-EYETM [1998]	NAVSYS Corp.	Land vehicle	GPS, low-cost IMU	1 CCD digital camera
Backpack MMS[2001]	University of Calgary	Person	GPS, digital compass, inclinometer	Colour consumer digital camera
WUMMS [1999]	Wuhan Technical University	Truck	GPS, unspecified dead-reckoning sensor	CCD digital camera, laser range-finder
GPSVisionT M [2002]	Lambda Tech.	Van	GPS, avigation-grade IMU	2 colour CCD digital cameras
ON-SIGHT TM [2002]	Transmap Corp.	Van	GPS, avigation-grade IMU	Up to 5 digital CCD cameras
MoSES [2001]	University of the Federal Armed Forces Munich	Van	GPS, avigation-grade IMU, odometer, barometer,	2 CCD digital cameras, laser scanne
GEOVan [2002]	Geospan Corp.	Van	GPS, dead reckoning	10 VHS, voice recorder
RGIAS [2002]	Rowe Surveying and Engineering Co.	Truck	GPS	Video,laser
MANDLI [2002]	Mandli Comm.	Van	GPS	2 CCD digital cameras
FRANK [1995]	Delft TU	Car		Fish-eye camera
RCAMS [1999]	Geomatics Technologies Pty. Ltd	Car, train, aircraft	GPS, INS	2 analogue cameras

ROMDAS [2002]	Highway and Traffic Consultants		GPS, speedometer sensor, and bump integrator	1 video camera	
UMMD [2000]	São Paulo State University	Van	GPS	2 digital video cameras (DVCAM)	
Dyno [1999]	Udine University	Van	GPS	1 CCD digital camera	
LD-2000-R H [2004]	Wuhan Technical University (Leador)	Truck	GPS+ Tactical grade INS+DR	CCD digital camera,	
4-S Van [2006]	ETRI, Daejeon, Korea.	Van	GPS+INS+DMI	CCD digital camera	
VISAT 2006TM [2006]	University of Calgary	Van	Dual frequency GPS, navigation-grade IMU	6 monochrome CCD digital cameras, 1 colour VHS camera, laser scanner	
Tele Atlas Mobile Mapping Van [2007]	Tele Atlas	Van	GPS+INS+DR	4 CCD digital camera, laser scanner	
Lynx Mobile Mapper [2008]	Optech	Van	GNSS+INS	4 CCD digital camera, laser scanner	
VMX-250 [2009]	Riegl	Van	GNSS+INS	4 CCD digital camera, laser scanner	

#### 一、INS 發展過程

早期的 INS 使用機械環架式設計,其精度高但體積龐大,無法應用於 MMS 中,如圖 2 右所示。自 1980 年起,固裝式 (strapdown) 慣性測量儀 (Inertial Measurements Unit, IMU) 之發展因光學陀螺儀與石英加速度計技術發展普及而逐漸成為主流,這類慣性測量儀具備精度高與體積小等特性,如圖 2 左所示。

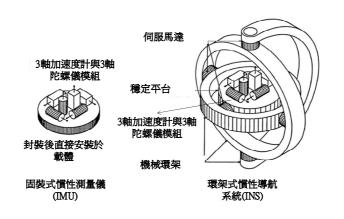


圖 2、環架式 INS 與固裝式慣性測量儀之比較

惯性導航技術需要初始的位置及姿態供加速度的轉換及積分運 算。載體的初始位置可以透過輔助感測器(如衛星定位技術)給定,但 姿態部分則需要一段 10 至 15 分鐘的初始對準 (alignment)的程序,初 始的水平姿態可藉由加速度計在完全靜止的模式下的輸出來決定,而初 始的方位角則要透過陀螺儀偵測地球自轉的速度來計算。因為地球自轉 的速度需要較精密的陀螺儀(陀螺儀之飄移要小於10度/小時)才有辦 法偵測。這個相對於載體及導航坐標系的初始姿態矩陣確定之後,整個 INS 可切換至自由導航模式。此時的 INS 不像衛星接收儀需要接收外來 的信號進行導航,裝載有 INS 的載體可以進行自主導航 (autonomous navigation)(Titterton and Weston, 2004),慣性導航技術具有高採樣頻 率及短時間內高精度之特性,所以可以被使用來解決衛星定位所遭遇諸 如訊號遮蔽、低採樣頻率、週波脫落、易被干擾等限制。但 INS 在獨自 運作的模式下其定位誤差在5分鐘之內約略與時間的平方成正比,如圖 3所示。而整合式定位及定向系統能夠克服單一系統之缺點且提供更穩 定的定位及定向成果,主要的動機在於此二系統具有互補之特徵,衛星 定位技術在無訊號遮蔽的環境下可以提供穩定的定位及導航資訊,故它 可用來減低慣性導航因為積分加速度計及角速度之系統誤差所造成隨

時間累積的定位誤差,對於高動態運動的物體而言,衛星定位技術無法提供足夠的採樣頻率來追蹤載體的運動。

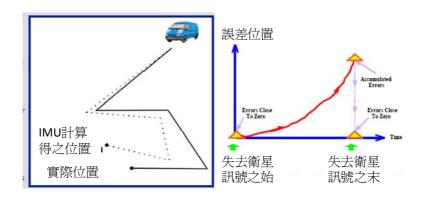


圖 3、INS 之誤差行為 (羅貽騂, 2008)

#### 二、MMS 發展過程

MMS 發展過程與組成設備息息相關,為因應不同使用者之需求,MMS 技術在定位定向系統與觀測系統皆有顯著的進步,前 MMS 時期,使用航位推算感測器,如陀螺儀(gyroscopes)、加速度計(accelerometers)及里程計速器(odometer)等,利用相對定位的原理求取定位解(Schwarz et al., 1993),此時期以加拿大亞伯達省政府與卡加利大學(University of Calgary)共同發展 Alberta MHIS 為代表,如圖 4 (Lapucha, 1990、江凱偉等, 2009),所用的感測器多為類比式相機,目的為盤點公路設施及了解設施妥適情形。

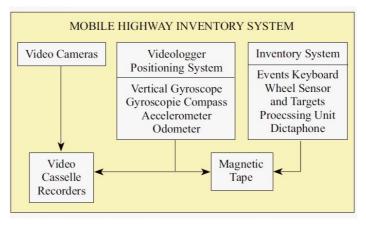


圖 4、Alberta MHIS (摘自 Lapucha, 1990)

Alberta MHIS 在 1988 年應用 GPS 差分技術 (Differential GPS, DGPS) 來提供位置參數,並在 1990 年研究以 INS 提供姿態參數以及 GPS 無導航解時可提供位置參數 (Lapucha, 1990)。1991 年美國俄亥俄州立大學 (The Ohio State University) 製圖中心 (Center for Mapping) 研發 GPS Van,該系統使用 GPS 及里程計數器提供導航參數,其定位精度可達 0.3 至 3 公尺間,具備量測型 MMS 雛型,該系統主要感測器為 2 部可動態連續拍攝立體像對的相機,透過近景攝影測量的原理,可獲得特徵物的三維空間坐標 (Grejner-Brzezinska, 2001)。

加拿大卡加利大學(University of Calgary)於 1993 年將 INS/GPS 系統整合至 Alberta MHIS 中,並發展出 VISAT Van(圖 5)開啟了 MMS 新的里程(Schwarz et al, 1993),其定位精度為 0.1 至 1 公尺,這套系統後來陸續整合了里程計數器、彩色 CCD 相機、攝影機等完整架構(El-Shiemy, 1996),並引入導航等級 INS,使用雷射陀螺儀(Ring Laser Gyroscope, RLG),陀螺飄移<0.01 度/小時。該系統具備可調式的攝影間隔與較高的拍攝行車速度(100km/hr)。



圖 5、VISAT Van (http://www.amsvisat.com/)

隨著光達(LiDAR)技術發展,影像擷取感測器也導入雷射掃描儀或光達(Li et al., 2001)。加拿大 Optech 公司在 ISPRS 2008 中展出 Lynx Mobile Mapper(圖 6),主要組成元件為高精度的定位定向系統、光達測量系統及高解析度相機。定位定向系統核心為 Applanix/Trimble POS LV,除了使用雷射陀螺儀之導航等級慣性測量儀之外,INS/GPS 運算的核心軟體 POSPac Land 亦提供緊耦合的整合架構,整體的定位精度可達公分等級,姿態角的精度可達到 0.05 度。



圖 6、Lynx Mobile Mapper (http://www.optech.ca/)

奥地利 RIEGL 公司 2009 年發表 VMX-250 MMS (圖 7),屬三維數據採集的移動平台,載體式測頭包含 2 個雷射掃描儀、IMU 和 GNSS 設備,搭配符合空氣動力形狀的防護罩。一個精心設計的相機平台可確保用戶友好的安裝和設置最多 6 個數碼相機。視野可以具體調整為每一個攝相機單獨根據項目的要求調整。快速採集具有精度高、分辨率高之三維數據,提供多方面應用(例如路網調查、港口與碼頭測量以及都市更新),國內已有引進。MMS 形式與發展過程,如表 2。



圖 7、Rigel VMX-250

表 2、MMS 形式與發展過程 (Kim, Gi-Hong, 2006、黎驥文等, 2010)

名稱	年份	開發單位	載具	導航裝置	影像感測器
GPSVan	1991	美國 俄亥俄州立大學	小貨車	1 部 GPS 2 個電子陀螺儀, 2 個里程計	2台黑白 CCD 數位 相機 2 台彩色攝影機
VISAT	1993   1999	加拿大 卡加立大學空間 資訊工程系	小貨車	1部雙頻 GPS 1部導航級 IMU	8台黑白 CCD 數位 相機 1 台彩色攝影機
GI-EYE	1998	美國 NAVSYS 公司	任何地 面載具	1部 GPS 1部低成本 IMU	1台CCD數位相機
ON-SIGHT	2002	Transmap 公司	小貨車	1部 GPS 1部導航級 IMU	5台CCD數位相機
GPSVision	2003	Lambda Tech 公司	小貨車	1部 GPS 1部導航級 IMU	2台CCD數位相機
無	2006	馬來西亞 技術學院	轎車	2 部 GPS	2台CCD 數位相機
VMX-250	2009	奥地利 RIEGL 公司	轎車	1 部 GPS 1 部 INS	2具掃描儀 2台相機或攝影機
Lynx Mobile Mapper	2009	加拿大 Optech 公司	任何地 面載具	1 部 GPS 1 部 INS	2具掃描儀 2台攝影機

#### 三、國內 MMS 發展現況

國內利用車載結合定位系統與影像感測器的技術研發開始於 2000 年交通部運輸研究所公路基本資料庫構建計畫,目的為提昇公路基本資料之清查技術、簡化資料的紀錄與保存工作,並將道路實況之視覺影像

資料配合基本資料整合儲存於電腦中,使公路規劃、管理更有效率。該計畫整合 GIS、GPS 與影像紀錄等技術,系統架構採單相機及單 GPS 接收儀之設計,系統架構如圖 8,在車速 30kph 情況下可穩定拍攝,因採 DGPS 解算模式其定位精度為 1~5 公尺,且定位坐標為拍攝位置,故無法得知像片中道路設施之坐標(曾志煌等,2004、黎驥文等,2010)。

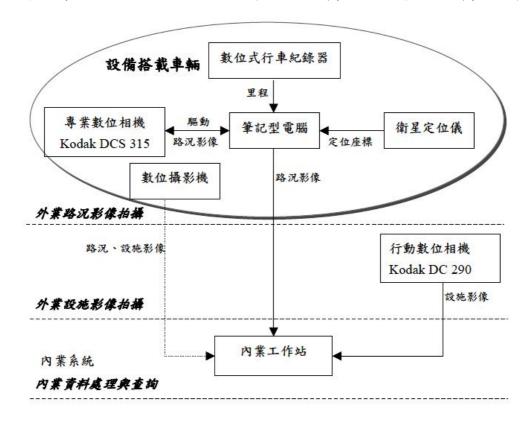


圖 8、公路基本資料庫調查系統架構 (曾志煌等, 2004)

2005 年施伯榮設計一低成本之移動測繪系統,該系統主要以雷射測距儀(LaserAce 300)取代 CCD 數位相機,並加入數位攝影機提供車輛外在環境,對待測目標物進行照相,整合平台採用 Labview 7 軟體,該系統測定待測物之誤差約為 1-3 公尺(翁錦堂、施柏榮等, 2005)。

2008 年本中心為提升圖資測繪效率,委託辦理探測感應器測繪平台架構規劃暨應用作業,規劃 MMS 硬體整合平台開發,及提出所需的硬體設備規格,並探討多元感測器整合平台之開發,研析多感測器的同

步機制、MMS 作業流程,以及評估與比較不同平台整合的可能性(內政部測繪中心,2009)。同時期成功大學在國科會資助下研發車載移動遙測製圖技術(含軟硬體),研發出之整合式定位定向系統包含使用高階戰術等級微機電陀螺儀(陀螺飄移 10度/小時)之慣性測量儀與 GNSS接收儀與輪速計自行組裝之原型系統,如圖 9,並研發了包含多感測器系統整合與觀測量同步、機電設計、精密定位定向演算法、感測器率定與直接定位模組等關鍵技術。2011 任志恆進行自動化從 MMS 影像序列獲取交通路標空間資訊之研究,測試結果 MMS 影像對於交通路標判釋成果率可達 89.5% (任志恆,2011)



圖 9、INS/GNSS/ odometer 原型系統 (江凱偉等,2010)

2011至2012年間內政部為改善傳統測量以及屬性調查作業時間冗長,已不符合科技發展的趨勢與成本效益,辦理發展與應用多平台遙測製圖技術工作案,研發適用不同平台之 MMS 技術。該案引進具備高階光纖陀螺儀之慣性測量儀,並自行研製含軟體之 INS/GNSS 整合式定位定向系統,並進一步評估引進及建立國內慣性測量儀之標準率定程序,並透過國際公認的標準測試程序與設備進行 INS/GNSS 整合定位定向

系統規格測試與分析,開發設計具顯著效益之新解算模式定位定向演算法等關鍵技術,並利用這些基礎建置空間資訊整合展示平台。同時針對發展空載傾斜攝影定位系統技術與建置個人攜帶式定位系統之可行性初期評估與規劃,並選擇不同領域案例初步測試模擬,其中國土利用調查案例初步測試與模擬結果,發現多平台移動式測繪系統可以提供更多視角的影像協助土地利用之判釋(內政部,2011)。

另外國科會 2011 年起為驗證 MMS 車載移動遙測製圖系統與無人機載遙測製圖系統在防災減災之相關應用,同時因應災區之崎嶇地形,目前將前期研發之 MMS 安裝至四輪傳動車上以提高在災區作業之機動性。同時針對電力需求與載台內部完成設計與規劃、並完成直接定位酬載(含定位定向模組與相機)之安裝與初步地面測試。

# 第二節 MMS 相關應用

早期 MMS 定位精度低,特別是在高樓多的都市,因 GPS 定位精度不穩定,量測成果更低於前述之精度。因此,資料大多輸入各種的 GIS 系統,只提供基礎設施目錄清單和設備管理(Toth C. and Grejner-Brzezinska D.,2001)。但隨著各項技術及儀器的日益精進,使得 MMS 蓬勃發展,MMS 主要元件可以分為 2 個部分,一為整合式定位定向系統,另一則為負責空間資料蒐集的遙測感測器。前者的核心架構是 INS 及 GNSS,後者則包含 CCD 數位攝影機或相機、多光譜感測器、雷射掃描儀等影像感測器。兩者的結合可以加速空間資料的獲取及分析,MMS 可應用於道路設施資訊的獲取、製作地形圖、經緻農業、都市測量、路面三維重建,從這些應用經驗可以發現 MMS 的精度與應用目的密切相關,某些低成本的配置所獲得之精度即已足供應用,如精緻農業或交通基礎建設之調查,但某些應用則需高精度之配置,例如圖資測繪。

#### 一、MMS 應用領域

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,可以顯著地節省許多傳統測量所需要的人力及時間,其高自動化的地形測繪與影像製圖能力更是符合全自動科技趨勢的潮流。都市規劃與設計方面,透過雷射掃描及影像處理,可以建立一個三維的都市模型,做為區域設計與規劃的依據。把建立都市模型的相關屬性做進一步的擴充,並與空間資訊系統結合,便可以建立一個三維數碼城市來模擬各種狀況。其中一個很重要的應用就是模擬天然災害造成的損害,來建立都市對應天災的預防及應變措施。

在其他非傳統測量應用方面,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,並進一步整合加值定位服務技術。另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。若再整合人工智慧技術,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如圖 10。

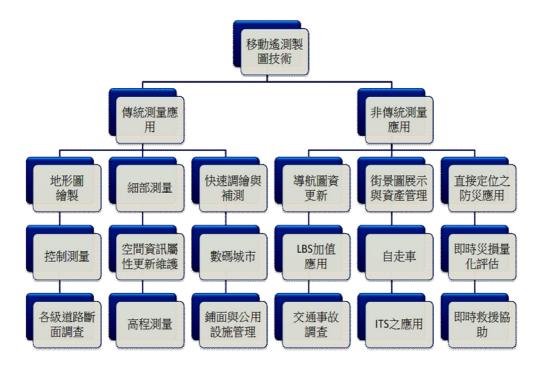


圖 10、MMS 應用領域 (江凱偉,2011)

### 二、MMS 應用案例

各國空間資訊領域學界與產業界積極地發展車載移動遙測技術,由 這些發展趨勢可知,車載移動遙測技術確實可滿足空間資訊相關領域, 快速收集資料的解決方案,近年來國內外商用車載移動遙測技術之實 例,包含公路設施管理、測量製圖、街景圖與數碼城市等介紹如下。

### (一) 公路設施管理

道路及公路設施需求不斷增加,地理資訊系統(GIS)資料庫在交 通運輸、公路設施管理,帶來了重大改革。而資料蒐集是建立和維護這 樣的資料庫的核心問題之一。隨著 MMS 發展,提供公路設施清查管理新的途徑,又以 VISAT 系統為代表。VISAT 系統整合數位相機,全球定位系統 (GPS) 接收器,慣性導航系統 (INS) ,和距離測量儀蒐集沿道路的全景。VISAT 系統存儲地理參考值的數位影像作為基本單元和組合任意數量的這樣的影像單元,該系統可用於選擇性地更新 GIS資料庫圖。一般環境下,VISAT 系統工作速度可達 110 公里/小時,蒐集到次米級精度的影像。圖 11、圖 12 分別為 VISAT 作業影像、平台。







圖 11、VISAT 作業影像(http://www.amsvisat.com/)

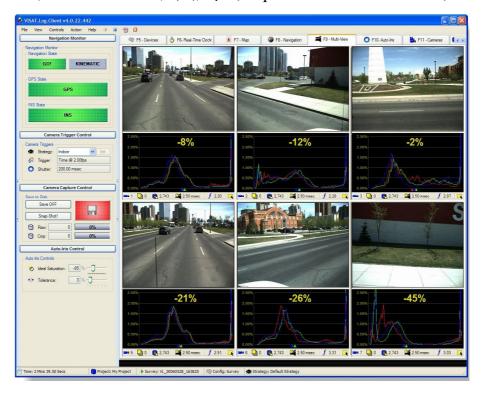


圖 12、VISAT 作業平台 (http://www.amsvisat.com/)

國內 MMS 亦應用於公路設施清查,其作業依據交通部公路總局於 民國 93 年 5 月所擬訂之「公路設施基本資料清查規範」,針對省道、 縣道及鄉道清查各項公路設施,提供交通部公路總局及相關單位了解公 路設施現況。公路設施基本資料清查項目包含路基、路面、橋樑、隧道、 涵管、防護設施、交通安全設施、陡坡、極灣、沿線岔路、鐵路平交道、 立體交叉設施、標誌設施、號誌及照明設施、交流道(槽化)區、停車 設施、隔音牆等 15 項清查項目。各公路設施位置以前方交會計算取得, 屬性資料則可直接於影像進行量測,可量測地物之距離、高度、曲率半 徑、坡度及面積。圖 13 至圖 16 為量測時之操作介面畫面示意,清查完 成的公路設施圖如圖 17。

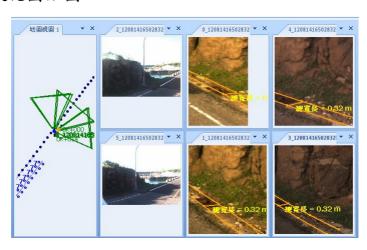


圖 13、距離量測操作介面



圖 14、高度量測操作介面



圖 15、坡度量測操作介面

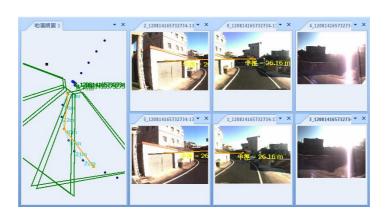


圖 16、曲率半徑量測操作介面

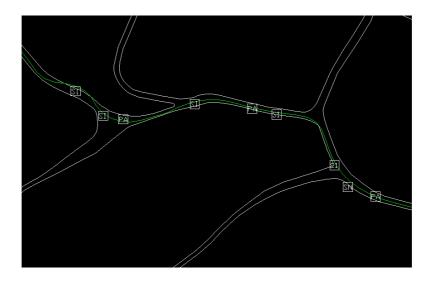


圖 17、公路設施圖

# (二)街景圖與數碼城市

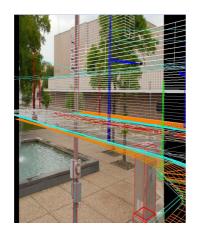
Google 於 2007 年 5 月開始進行名為 Google Street View 計畫,該計畫主要是針對 Google Earth 以及 Google Maps 增加街景導覽的功能,該

功能可給予使用者身歷其境的感覺,只要於地圖街道上選定一點,即可透過 Street View 得知該地點實地的 360 度全景景象,這些全景景像資料便是透過 Google 自行發展的街景車於世界各地蒐集資料而來。目前 Google Street View 功能在 Google Maps 的介面如圖 18 所示。



圖 18、Google Street View 介面 (摘自 http://maps.google.com.tw/)

2008年底開始於臺灣進行拍攝工作的 Google 街景車基本配備至少含有 GPS、相機、光達。360度全景景象的產生過程主要是透過相機拍攝,並將相機拍攝時間與 GPS 軌跡的時間同步處理,GPS 資料提供拍攝相片時所在的位置,像片則組成拍攝位置的全景景象,此即 Street View 的基本運作原理。此外,GoogleMMS 上裝置的光達儀器為德國 SICK AG公司所生產的 LMS291系列型號,可用來建立3D建物模型(圖19)或數碼城市(圖20)。



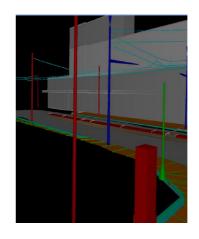


圖 19、3D 建物模型 (摘自 Mobile Scan 行動雷射掃描系統簡介)

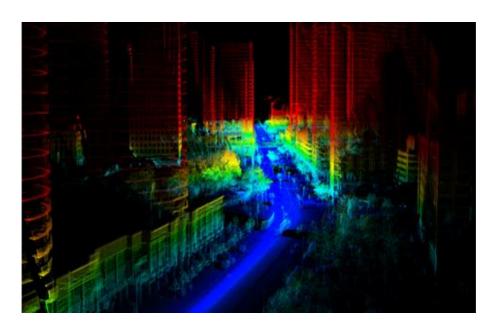


圖 20、數碼城市 (http://www.optech.ca/)

# (三) 測量製圖

以 MMS 應用於地形測量需高精度定位定向系統,TOPCON 公司 2007 發展 IP-S2 Mobile Mapping System 由 GPS 以及光達組成,IP-S2 的定位定向系統採用了測量級的雙頻多系統(如 GPS、GLONASS、WAAS)的 GNSS 接收機和高階戰術等級精度的慣性測量儀(Honeywell HG1700 Series)為其核心架構,在 GNSS 正常狀況下位置精度可以達到平面精度 15 公厘與垂直方向精度 25 公厘;方位角精度則可達到 0.05 度,另外在 GNSS 訊號遮蔽 30 秒以內時平面精度可維持 55 公厘與垂直

方向精度 30 公厘;方位角精度則可達到 0.075 度 (使用雷射陀螺儀之 飄移 1 度/小時的慣性測量儀)。除了 GNSS 以及慣性測量儀之外,IP-S2 系統也可以整合里程計提供額外的速度及位置資訊。IP-S2 的感測器介面可以根據使用需求,同時整合相機以及光達系統,其中整合相機時拍照速率可以達到 15fps,而搭配 IP-S2 的光達系統則可以產生方圓 30 公尺內物件的點雲資料。IP-S2 的資料擷取與處理系統功能相當完備,時間同步的機制可以替各種感測器資料打上統一的時間資訊,搭配戰術級的慣性測量儀更可以提供外方位元素的資料在每張照片中,以符合測量製圖的需求,圖 21 為 MMS 測製之地形模型示意。

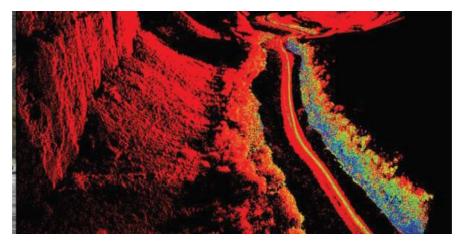


圖 21、MMS 地形測量(http://www.optech.ca/)

# 第四章 理論基礎

### 第一節 MMS 整體架構

MMS 系統整合 GNSS 及 INS 形成高精度直接定位系統,結合多種高效率感測器,具備整合系統之率定場,能快速獲取並儲存感測資料,經由計算直接獲得感測器方位(Direct Sensor Orientation),最後透過高度自動化的軟體系統進行資料處理,獲得所需的空間資訊,其系統離型架構如圖 22。

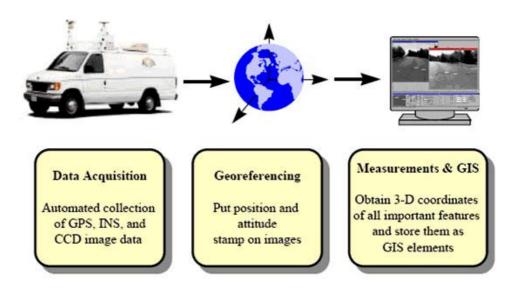


圖 22、MMS 之系統架構 (El-sheimy,1996)

### 一、直接定位

對 GNSS 定位使用者來說,訊號遮蔽或是受干擾的程度,一直是能 否順利達成精準定位的判斷指標,但衛星定位技術在市區、地下道、隧道、 森林等地區仍然會受到訊號遮蔽的效應所影響,一般來說,第一種狀況為 使用者接收儀無法鎖定超過4顆衛星,故無法獲得定位解;而第二種狀況 為使用者雖鎖定超過4顆衛星,也其觀測量品質不佳,導致定位精度不 佳,如圖23所示。同時在空載系統之應用時亦常因劇烈的姿態變化而導 致衛星失鎖而無法獲得定位解之狀況。目前以慣性定位技術,可依重力感 測器與陀螺儀判斷用戶所在位置,在收訊死角依舊能夠提供精準定位,因而結合 GPS 與 IMU 之可攜式導航裝置提供 MMS 發展動能。

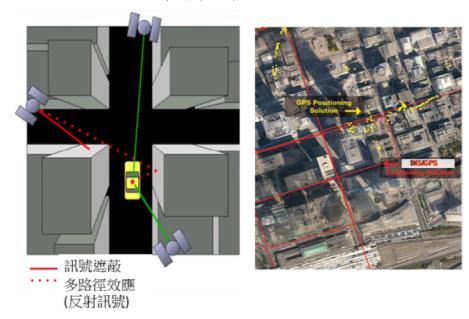


圖 23、衛星訊號遮蔽的效應

決定 MMS 效能的關鍵在於其統整各種感測器進行直接定向(Direct-Georeferencing)的能力,當所有感測器的位置與姿態與製圖的參考坐標框架(Mapping Frame)建立對應關係為已知時,便可以透過直接地理參考來計算感測器測得的地物在製圖參考框架中的坐標。與傳統的攝影製圖測量作業相比,就執行步驟而言,不同的地方在於透過直接定向之技術可較傳統攝影測量技術節省近 50%之效能;同時施測外業的人力亦可有效地減少。就成本而言,直接定位的技術可以提供有效地解決方案,圖 24 所示為直接定位技術的發展流程。



圖 24、直接定位技術之演進

### 二、MMS 誤差(內政部, 2012)

若 INS/GNSS 所提供投影中心外方位元素符合製圖精度需求,則實施傳統空中三角的步驟即可以逐步減少甚至於完全的被取代(El-Sheimy, 1996)。然而,限於高精度 INS 成本需求及 GNSS 的定位精度限制,目前仍無法依賴單一的 INS/GNSS 系統,但精密的定位定向模組在現階段 MMS 的應用而言至少可以大幅減少設置地控點的需求。未來可預見其在成本降低及精度提升的前提下,由 INS/GNSS 整合式定位定向系統輔助的遙測及製圖系統將朝全自動的領域再進一大步(El-Sheimy, 1996)。

$$r_{p}^{m} = r_{s}^{m} + \mu_{s}^{m} R_{s}^{m} r_{p}^{s} \tag{1}$$

直接定向的基礎方程式由7個參數轉換式所組成,如式(1):

其中 $r_p^m$ 為地物點在地圖上的坐標,

 $r_p^r$ 是地物點在影像感測器上的坐標,

 $r_s^m$  為感測器在地圖上的坐標,

 $\mu_s^m$  與 $R_s^m$  分別為感測器參考框架與地圖框架間的尺度因子及轉換矩陣。

考量到 INS 與 GNSS 整合的觀測量,式(1)可以進一步擴充如下:

$$r_p^m = r(t)_{GPS}^m + R(t)_{IMU}^m (r_{IMU/S}^{IMU} - r_{IMU/GPS}^{IMU} + \mu_s^m R_s^{IMU} r_p^s)$$
 (2)

其中 下,為地物點在地圖上的坐標為未知,

r<sup>n</sup>,是地物點在影像感測器上的坐標,可透過測量而得到,

 $r(t)_{GPS}^m$  為透過測量得到 GNSS 相位中心於製圖參考框架之坐標,

 $R_{IMU}^{m}(t)$  為 IMU 所提供之姿態,

 $r_{_{IMU/GPS}}^{_{IMU}}$ 為 GNSS 與 IMU 中以 IMU 載體坐標系之 Lever Arm,

 $R_s^{IMU}$  為相機與 IMU 之相對姿態,

 $r_{ ext{IMU/s}}^{ ext{IMU}}$ 為相機與  $ext{IMU}$  以及  $ext{IMU}$  載體坐標系之  $ext{Lever Arm}$  ,

而  $r_{IMU/GPS}^{IMU}$  、  $R_s^{IMU}$  、  $r_{IMU/s}^{IMU}$  等須透過率定得到。它們的相對關係如圖 25:

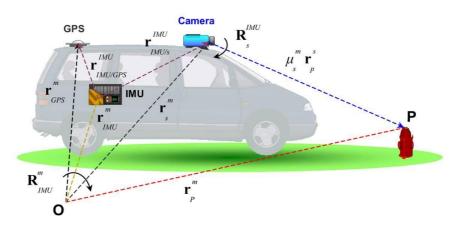


圖 25、MMS 透過 INS/GNSS 直接定位的概念圖

由(2)可知,率定與時間同步的精度影響整體的精度甚鉅,要檢視 兩者的誤差以及觀測量所造成的影響,以 MMS 的公式為例,可以將(2) 取一階線性化後再加上時間同步誤差的影響量,如表 3 所示。在建置一個 移動製圖系統之前,進行如上所敘述的誤差分析有其必要性,使用者可根 據需求選擇系統中每一個組成的元件,以滿足應用領域所要求精度限制。

表 3、時間同步誤差的影響量

$\delta r_p^m = \delta r(t)_{GPS}^m +$	GPS 的定位誤差
$\delta R(t)_{IMU}^{m} (r_{IMU/s}^{IMU} - r_{IMU/GPS}^{IMU} + \mu_s^{m} R_s^{IMU} r_p^{s}) +$	姿態角造成的誤差
$R(t)_{IMU}^m \delta r_{IMU/s}^{IMU} -$	IMU 與感測器間相對位置率定的誤差
$R(t)_{IMU}^m \delta r_{IMU/GPS}^{IMU} +$	IMU與GPS之間相對位置率定的誤差
$\delta\mu_s^m R(t)_{IMU}^m R_s^{IMU} r_p^s +$	尺度因子的誤差
$\mu_s^m R(t)_{IMU}^m \delta R_s^{IMU} r_p^s +$	IMU 與感測器間相對姿態率定的誤差
$\mu_s^m R(t)_{IMU}^m R_s^{IMU} \delta r_p^s +$	感測器的誤差
$\delta t[v(t) + \omega(t)(r_{IMU/s}^{IMU} - r_{IMU/GPS}^{IMU} + \mu_s^m R_s^{IMU} r_p^s)]$	時間同步的誤差

# 第二節 儀器率定

### 一、固定臂(Lever Arm)安置率定

為了達到直接地理定位之目的,必須進行感測器與 GNSS/INS 之軸角 及固定臂之率定,率定場之選擇必須考量有足夠之透空度,以減少 GNSS 訊號受到遮蔽或多路徑效應的影響(如圖 26)。此外,亦可考量設立獨 立檢驗場(如圖 27),以獨立檢驗物空間三維定位之成果。



圖 26、率定場位置示意圖



圖 27、獨立檢驗場示意圖

以下分析直接地理定位之數學模式以了解其定位誤差來源,圖 28 為 MMS 影像系統直接地理定位之示意圖,公式(3)則為直接地理定位之數學模式。

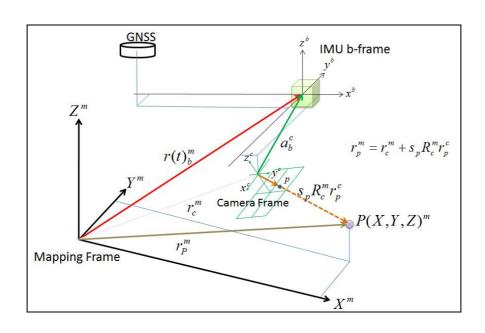


圖 28、直接地理定位示意圖

$$r_p^m = r(t)_b^m - R_c^m a_b^c + R(t)_b^m R_c^b s_p r_p^c \qquad (3)$$

其中 $r_p^M$ 代表地面點 P 在地理坐標系統(Mapping Frame)中位置向量。  $r(t)_b^M$ 代表在時間 t 時,GNSS/IMU 整合解得 IMU 於地理坐標系統位置 向量。

 $R(t)_b^M$  代表在時間 t 時,IMU 所觀測得之姿態所轉成之旋轉矩陣。

 $R_c^b$ 代表相機相對於 IMU 之旋轉矩陣,須透過 Boresight 率定求解。

as代表相機透視中心到 IMU 的位置向量,須透過 Lever-arm 率定求解。

 $^{S}_{p}$ 代表地物點影像坐標 p 到地物點 P 之尺度(Scale),就相機而言必須透過立體影像前方交會求解而得。

 $r_p^c$ 代表影像點之位置向量。

最後關於軸角及固定臂之率定方式,可透過「二階段率定法」進行系統性率定。在固定臂率定方面,每一幅影像在光束法平差後即可獲得相機透視中心在物空間坐標框架之位置向量( $\mathbb{T}_c^M$ ),同時透過  $\mathrm{IMU/GNSS}$  感

測器,經內插可以得到 IMU/GNSS 中心在該攝影瞬刻下之物空間坐標系位置向量( $\mathbf{r}^{(\mathbf{t})}$ ),因此,可以求解固定臂( $\mathbf{r}^{\mathbf{b}}$ )。

在軸角率定方面,每一幅影像都可以透過光束法平差成果得到相機與物空間坐標框架間之旋轉矩陣(RM),同一時間也透過 IMU/GNSS 及內插程式求得 IMU/GNSS 在該攝影瞬刻下相對於物空間坐標系統之旋轉矩陣(RM),因此,相機相對於 IMU 之旋轉矩陣可求解而得。

透過上述公式(2)與(3),在任何時刻(t)拍照時透過 IMU/GNSS 之整體解內插得  $\mathbf{r}^{(t)}$  及 $\mathbf{R}^{\mathbf{M}}$ ,如此即可逆轉換求得相機透視中心位置向量 ( $\mathbf{r}^{\mathbf{M}}$ ) 與旋轉矩陣 ( $\mathbf{R}^{\mathbf{M}}$ ),可以得知相機的外方位參數,如此即可透過攝影測量進行立體量測的任務。

#### 二、相機率定

相機率定的目的主要為瞭解該鏡頭之透鏡畸變、焦距與像主點等內方位參數,以便在後續進行三維坐標量測時可自動修正其系統性誤差(吳建億,2010)。

由於本研究所使用之數位相機與傳統量測型相機,兩者主要的差異在於沒有框標可以決定影像坐標,由於 CCD 是使用高精密的次微米半導體科技所製作,故其像平面影像坐標的定義及平坦性較底片穩定一致。因此,本研究擬採用附加參數自率光束法平差進行相機率定,也就是將透鏡畸變當作附加參數來求解 (Fraser, 1997),如公式 (4)為中心透視投影之共線條件式,其中  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  之目的即是用以補償透鏡畸變之附加參數,其數學模式如公式 (5)所示。

$$x_{a} = x_{p} - c \frac{r_{11}(X_{A} - X_{O}) + r_{21}(Y_{A} - Y_{O}) + r_{31}(Z_{A} - Z_{O})}{r_{13}(X_{A} - X_{O}) + r_{23}(Y_{A} - Y_{O}) + r_{32}(Z_{A} - Z_{O})} + \Delta x$$

$$y_{a} = y_{p} - c \frac{r_{12}(X_{A} - X_{O}) + r_{22}(Y_{A} - Y_{O}) + r_{32}(Z_{A} - Z_{O})}{r_{13}(X_{A} - X_{O}) + r_{23}(Y_{A} - Y_{O}) + r_{33}(Z_{A} - Z_{O})} + \Delta y$$

$$\Delta x = \bar{x} + (K_{1}r^{2} + K_{2}r^{4} + K_{3}r^{6})\bar{x} + P_{1}(r^{2} + 2\bar{x}^{2}) + 2P_{2}xy + b_{1}x + b_{2}y$$

$$\Delta y = \bar{y} + (K_{1}r^{2} + K_{2}r^{4} + K_{3}r^{6})\bar{y} + P_{2}(r^{2} + 2\bar{y}^{2}) + 2P_{1}xy$$

$$(5)$$

其中 XO, YO, ZO 為相片坐標;

XA, YA, ZA 為地面坐標;

K1, K2, K3 用以描述輻射透鏡畸變 (Radial Distortion) 係數;

P1, P2 用以描述偏心畸變 (Decentric Distortion) 係數;

b1, b2 用以描述像平面變形係數。

# 第三節 影像整合

### 一、影像匹配

處理影像資料時,資料匹配自動化、計算取得成果可以減少影像量測所需的時間,節省大量人力。以下說明為利用匹配法,計算得兩張連續拍攝重疊的影像時相機的幾何關係。圖 29 所示為兩張立體像片拍攝相機 i 與 j 的透視投影中心 Ci 與 Cj 的核幾何(Epipolar geometry)關係(謝佳諭,2010),由物空間的點 P 與透視投影中心 Ci 與 Cj 可決定一核面(Epipolar plane),影像中共軛點的連線延伸為核線(Epipolar line),如圖中 Li 與 Lj 所示,Pi 與 Pj 必定位於核線上。其好處為可藉由一維核線表示二維資訊,詳細內容可參考文獻 Zhang (1988) 與 Yan and Zuxun(1988)。

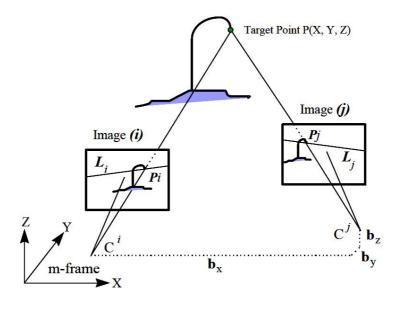


圖 29、核幾何關係

推導核線方程式的基本為共面式條件,其概念為相對應的物點、像 點、相機透視投影中心連線光束皆共面。影像(i)共面條件方程式如下:

$$\begin{vmatrix} b_x^{ci} & b_y^{ci} & b_z^{ci} \\ \overline{x}_{pi}^{ci} & \overline{y}_{pi}^{ci} & -f^{ci} \\ \overline{x}^{ci} & \overline{y}^{ci} & -f^{ci} \end{vmatrix} = 0 .$$
 (6)

其中,
$$\begin{bmatrix} b_x^{ci} \\ b_y^{ci} \\ b_z^{ci} \end{bmatrix} = R_m^{ci} \cdot \begin{bmatrix} b_x^m \\ b_y^m \\ b_z^m \end{bmatrix}$$
為相機  $\mathbf{i}$  坐標系統的基底向量。

$$\begin{bmatrix} b_x^m \\ b_y^m \\ b_z^m \end{bmatrix}$$
為立體像對  $i$  與  $j$  於  $m$ -frame 的基底向量。

 $R_m^{ci}$  為相機 i 於 m-frame 與 c-frame 之間的坐標旋轉矩陣。

fci 為相機 Ci 的焦距長。

xci 與yci 為核線 Li 上任意點的影像坐標。

 $\bar{x}_{pi}^{ci}$ 與 $\bar{y}_{pi}^{ci}$ 為量測核線Li上點P的影像坐標。

核線 Li 可改寫如下式:

$$\bar{y}^{cj} = \frac{f^{ci}b_x^{ci} + \bar{x}_{pi}^{ci}b_z^{ci}}{f^{ci}b_x^{ci} + \bar{x}_{pi}^{ci}b_z^{ci}} \bar{x}^{ci} + \frac{\bar{y}_{pi}^{ci}b_x^{ci} - \bar{x}_{pi}^{ci}b_z^{ci}}{f^{ci}b_x^{ci} + \bar{x}_{pi}^{ci}b_z^{ci}} f^{ci} \dots (7)$$

同理,相機j可寫如下式:

$$\begin{vmatrix} b_x^{cj} & b_y^{cj} & b_z^{cj} \\ x_{pi}^{cj} & y_{pi}^{cj} & z_{pi}^{cj} \\ \bar{x}^{cj} & \bar{y}^{cj} & -f^{cj} \end{vmatrix} = 0 \qquad (8)$$

其中,
$$\begin{bmatrix} x_{pj}^{cj} \\ y_{pj}^{cj} \\ z_{pj}^{cj} \end{bmatrix} = R_{ci}^{cj} \cdot \begin{bmatrix} \bar{x}_{pj}^{cj} \\ \bar{y}_{pj}^{cj} \\ -f^{cj} \end{bmatrix}$$
,為像點 Pi 於相機 Cj 坐標系統的坐標。

核線 Li 可寫如下式:

$$\bar{y}^{cj} = \frac{y_{pi}^{cj} b_z^{cj} - z_{pi}^{cj} b_y^{cj}}{x_{pi}^{cj} b_z^{cj} - z_{pi}^{cj} b_x^{ci}} \bar{x}^{cj} + \frac{y_{pi}^{cj} b_x^{cj} - x_{pi}^{cj} b_y^{cj}}{x_{pi}^{cj} b_z^{cj} - z_{pi}^{cj} b_z^{ci}} f^{cj} \qquad (9)$$

#### 二、特徵物件搜尋

MMS 影像序列為車載行經路線帶狀的空間資訊,透過直接地理定位可以得到影像的外方位參數,因此可利用影像共軛點以前方交會計算特徵物件的地理坐標,為了讓使用者快速找到有拍到特徵物件的影像,因此必須有良好的影像搜尋及瀏覽機制,影像搜尋機制分別採用Top-down 及 Bottom-up 兩種。

### ( — ) Top-down

當匯入影像內外方位參數( $Xc,Yc,Zc,\omega,\varphi,\kappa$ )到資料庫時,會先以 Top-down 作法,利用影像之內外方位參數及數值地形模型,透過 Ray-tracing 的方法計算每一幅影像四個角落投影到地面之範圍,並儲 存在資料庫中。如此即可在使用者點選一地物點得到其地面坐標後, 搜尋是否有任何照片涵蓋到此地物點,以達到搜尋影像的目的。 Top-down 做法中利用 Ray-tracing 公式(11)之處理程序如下,假設 地面高度(ZA)已知,利用影像四個角落之影像坐標(Xa,Ya)。如此即可 利用 DTM 內插得下一個預估之地面高度(ZA),因此此過程必須進 行迭代處理,直到收斂為止,以便得到準確的地面坐標(XA,YA,ZA)。 影像四個角落分別處理結束後,即可得到整張影像在地面之投影範圍。

$$X_{A} - X_{C} = (Z_{A} - Z_{C}) \frac{m_{11}(x_{a} - x_{p} + \delta_{x}) + m_{21}(y_{a} - y_{p} + \delta_{y}) + m_{31}(-f)}{m_{13}(x_{a} - x_{p} + \delta_{x}) + m_{23}(y_{a} - y_{p} + \delta_{y}) + m_{33}(-f)}$$

$$Y_{A} - Y_{C} = (Z_{A} - Z_{C}) \frac{m_{12}(x_{a} - x_{p} + \delta_{x}) + m_{22}(y_{a} - y_{p} + \delta_{y}) + m_{32}(-f)}{m_{13}(x_{a} - x_{p} + \delta_{x}) + m_{23}(y_{a} - y_{p} + \delta_{y}) + m_{33}(-f)}$$
..... (10)

# (二) Bottom-up

Bottom-up 方法則是計算某地物點是否有投影到影像空間,以判斷該地物是否有被某相機拍攝到。所使用的公式為攝影測量中常見之

共線條件式,如公式(12)所示,給予特徵物件之物空間坐標(XA,YA,ZA)或匯入2DGIS圖與DTM,透過點選地圖得到該點之物空間坐標(XA,YA,ZA),接著即可利用共線條件式計算其在每一張照片上之影像坐標(xa、ya),若此坐標有座落在某一影像之範圍內即表示此照片有拍攝到此特徵物件(龔健彬,2000)。

$$x_{a} - x_{p} + \delta_{x} = -f \frac{m_{11}(X_{A} - X_{C}) + m_{12}(Y_{A} - Y_{C}) + m_{13}(Z_{A} - Z_{C})}{m_{31}(X_{A} - X_{C}) + m_{32}(Y_{A} - Y_{C}) + m_{33}(Z_{A} - Z_{C})}$$

$$y_{a} - y_{p} + \delta_{y} = -f \frac{m_{21}(X_{A} - X_{C}) + m_{22}(Y_{A} - Y_{C}) + m_{23}(Z_{A} - Z_{C})}{m_{31}(X_{A} - X_{C}) + m_{32}(Y_{A} - Y_{C}) + m_{33}(Z_{A} - Z_{C})}$$

$$\begin{cases} \delta_{x} = x_{a}(k_{1}r^{2} + k_{2}r^{4}) \\ \delta_{y} = y_{a}(k_{1}r^{2} + k_{2}r^{4}) \end{cases}$$

$$r = \sqrt{(x_{a} - x_{p})^{2} + (y_{a} - y_{p})^{2}}$$

$$m_{11} = \cos(\phi)\cos(\kappa)$$

$$m_{12} = \sin(\omega)\sin(\phi)\cos(\kappa) + \cos(\omega)\sin(\kappa)$$

$$m_{13} = -\cos(\omega)\sin(\phi)\cos(\kappa) + \sin(\omega)\sin(\kappa)$$

$$m_{21} = -\cos(\phi)\sin(\kappa)$$

$$m_{21} = -\cos(\phi)\sin(\kappa)$$

$$m_{22} = -\sin(\omega)\sin(\phi)\sin(\kappa) + \cos(\omega)\cos(\kappa)$$

$$m_{31} = \sin(\phi)$$

$$m_{31} = \sin(\phi)$$

$$m_{32} = -\sin(\omega)\cos(\phi)$$

$$m_{33} = \cos(\omega)\cos(\phi)$$

$$(13)$$

xa、ya表示影像上的像坐標, $\delta x \cdot \delta y$ 表示相機所率訂出的在 x 方向與 y 方向的透鏡畸變差分量, $k1 \cdot k2 \cdot k3 \cdot P1 \cdot P2 \cdot b1 \cdot b2$  分別為徑向、偏心與仿射變形附加參數,f 為成像時的焦距, $xp \cdot yp$  為相機的像主點坐標,在理想情況下,像主點坐標被定義為視準軸與像平面之交點坐標。 $XA \cdot YA \cdot ZA$  為對應的 3D GIS 上物坐標, $Xc \cdot Yc \cdot Zc$  為透視中心之三維坐標, $m11\sim m33$  為相機姿態角  $\omega \cdot \phi \cdot \kappa$  所組成之旋轉矩陣元素, $\omega$  為對 X 坐標軸之旋轉角, $\phi$  為對 Y 坐標軸之旋轉角, $\kappa$  為對 Z 坐標軸之旋轉角, $Xc \cdot Yc \cdot Zc \cdot \omega \cdot \phi \cdot \kappa$  也稱為遠端操控攝影機之外方位參數。

# 第五章 作業設備、流程方法及研究內容

### 第一節 作業流程

### 一、MMS 操作流程

MMS操作流程(圖30)所示,操作時利用車內的電腦控制系統並 擷取資料,為利於取得資料之品質,拍攝時盡量避免突然加速或迴轉, 同時車速不要太快,以增加每張照片的重疊率,這些都將有助於後續解 算的精度。取得的資料包括以串流資料儲存的影像檔、GNSS及IMU資 訊,有了這些資訊便可開始進行資料後處理的解算。解算原理類似於航 空測量的物空間三維定位(或稱空間前方交會,Space Intersection),故 首先必須先解算出每幅影像拍攝時相機的外方位參數(Exterior Orientation),包含絕對坐標及傾斜資訊,然後在每幅影像上找尋特徵 點,並自動匹配成為共軛點,圖31為方位資料解算流程。

後處理完成,可得出一系列帶有絕對坐標的影像,這些影像可經由 影片編碼,使用者可將處理完成之影像匯入應用軟體,並在軟體中進行 量測、數化、或是加入一些虛擬模型,建立一個完整的 3D GIS 系統。

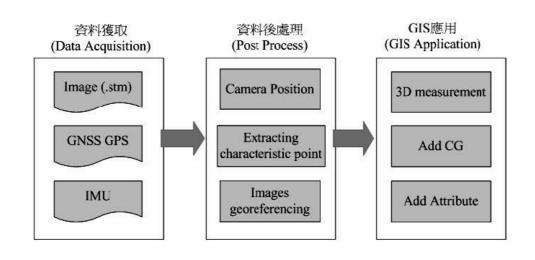


圖 30、MMS 操作流程

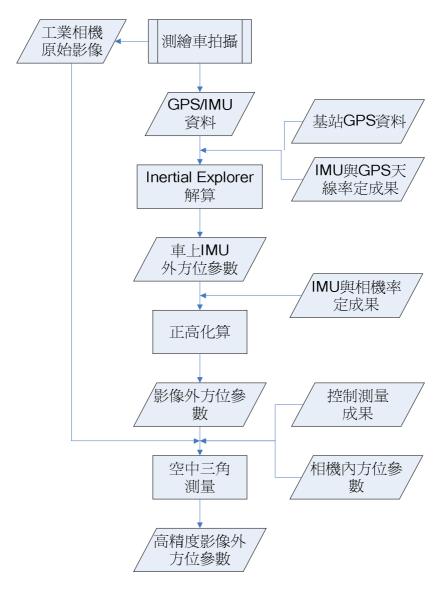


圖 31、方位資料解算流程圖

# 二、以 MMS 辦理圖資成果更新流程

傳統外業調查以人工調查為主,外業調查前需蒐集現有圖資並進行 套疊分析及影像判釋,對於疑義處,再交由外業調查人員實地至現場確 認,針對土地使用現況以及地標名稱進行分類判釋及註記,而以 MMS 辦理圖資成果更新,主要是以 MMS 替代原先人工調查蒐集現場影像以 及初步判斷,將大量外業調查人力與時間,改成內業攝影測量作業模 式,作業較不受天候影響,但對於影像遭遮蔽無法拍攝或品質不佳時, 仍須以人工調查補充。圖資更新流程如圖 32。

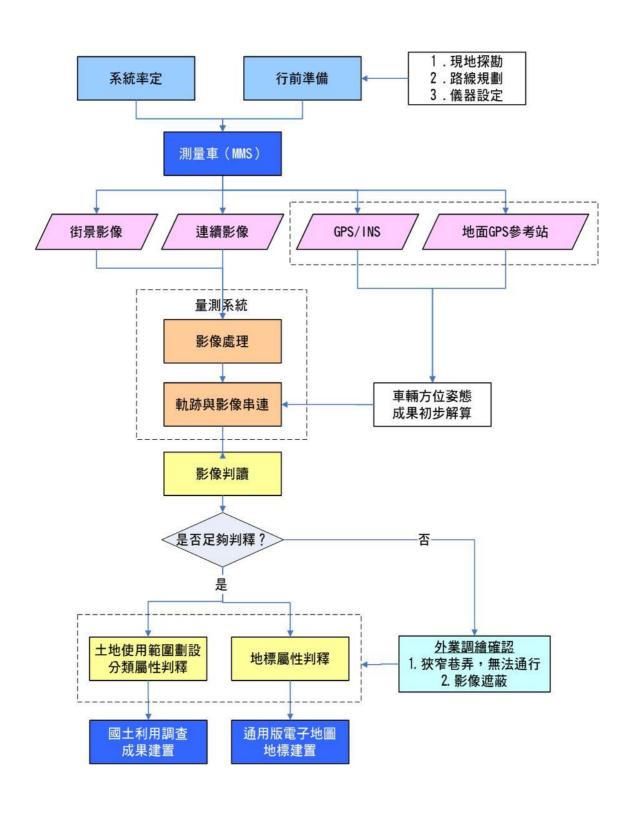


圖 32、圖資更新流程圖

## 第二節 作業設備

### 一、測繪車與街景車比較

常見的 MMS 可概分為「測繪車」與「街景車」(圖 33),兩者最大差別在於,街景車以搭載全景相機記錄街景影像功能為主,但拍攝影像解析度較低;而測繪車多半搭載工業等級相機,且為能進行近景攝影測量,鏡頭間相對關係固定,除能記錄街景影像,同時能整合量測系統量測地物並評估量測成果幾何精度,兩者因應作業需求不同使用。



MMS (http://www.topconpositioning.com/)



街景車 (http://www.papago.com.tw/)

圖 33、MMS 與街景車

經本研究發現(以 MMS 輔助國土利用調查成果更新作業為例),約 90%以上的工作量是以影像屬性判釋為主,剩餘約 10%量測需求,因此可 因應實際需求採以測繪車與街景車搭配應用,而本研究主要使用測繪車並 視實際需求搭載環景攝影機方式作業。兩者比較如表 4 所示。

农 4·WIVIS 契何 京丰之比较		
項目	MMS	街景車
視角	有限的視角範圍	720 度環景
影像解析度	較佳	較差
定位功能	較佳	較差
量測系統	有	無
成本	較高	較低

表 4、MMS 與街景車之比較

### 二、MMS 設備與率定

MMS 作業前,需於儀器率定場進行臂桿率定。先以已知點進行初步率定,再於地面布設特徵物,進行第二次率定,以增加精度,圖 34 為設置於成功大學歸仁校區之率定場。

本研究共採用 2 組 MMS 進行測試,其中 MMS (一) 用於國土利用調查成果更新作業,MMS (二) 用於通用版電子地圖地標清查更新作業;至道路快速更新作業則是 MMS (一) 及 MMS (二) 均進行試辦。MMS 系統載具主要以休旅車改裝而成,分別配置工業級相機、GPS、INS 或 IMU 等設備,外觀示意如圖 35、圖 36。



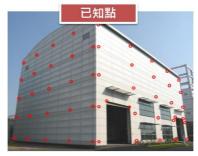




圖 34、率定場



圖 35、MMS(一)外觀示意圖

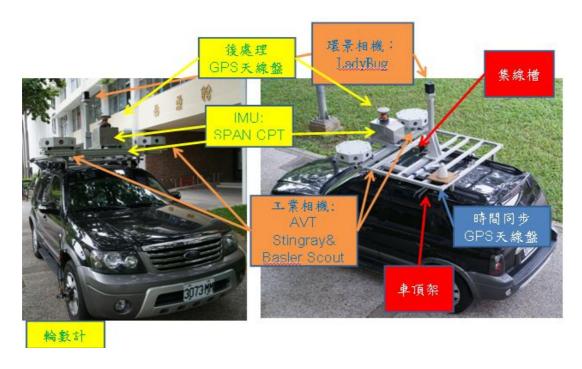


圖 36、MMS(二)外觀示意圖

### (一) 感測系統

傳統攝影測量使用光學相機拍攝照片,近年來數位相機逐漸取代光學相機,雖然 MMS 搭載相機解析度並未達到光學照片水準,但由於相機與物體的距離比航測時短了許多,因此容易滿足在解析度上的要求。且數位相機容易與其他儀器整合,亦能加速資料處理速度。

MMS(一)感測系統具有8台148萬畫素之工業級相機,影像解析 度為1392×1040,其中正前方與正右方各配置2部,可直接組成立體相 對,另於左前、右前、左側、右側仰角40度各配置1部,以多角度相機 配置方式完整記錄測區實況(如圖37)。

MMS(二)感測系統裝置6台200萬畫素之工業級相機,放置在車頂上兩個相距約1.5公尺的八角形鋁盒中(如圖38),共可組成3個方向的立體像對,1個朝向車行進方向,另2個分別45度朝向右方與左方,因此水平總視野角約135度。所有相機皆固定在鋁製型支架上。

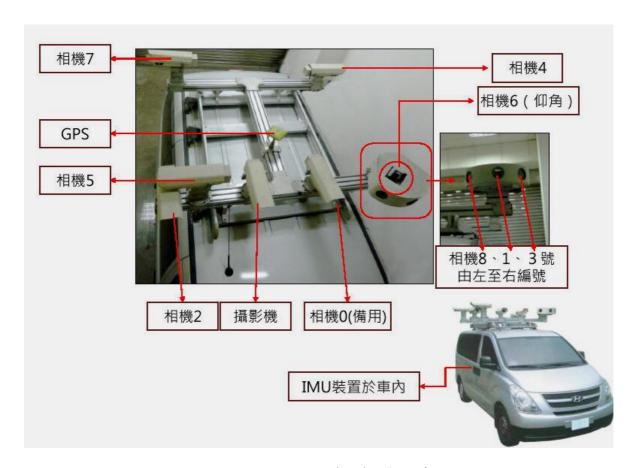


圖 37、MMS (一) 感測系統



圖 38、MMS(二)感測系統

	MMS (-)	MMS (=)
配置相機數量	8	6
網格大小	6.45 μ m*6.45 μ m	4.4 μ m*4.4 μ m
影像解析度	1392 × 1040	1624 × 1234
畫面更新率	15fps	14fps
數位傳輸	IEEE1394	IEEE1394b

表 5、感測器規格比較表

### (二) 定位定向系統

全球衛星定位系統(GPS)是美國國防部發展的導航衛星定位系統,使用者利用天線及訊號接收儀,透過觀測已知衛星的距離,便可以提供使用者定位的資訊,該定位技術已經廣泛地應用。除此之外俄羅斯的GLONASS 導航衛星系統、歐洲太空總署 Galileo 導航系統,整合成為全球衛星導航系統(GNSS)。慣性導航系統(INS)由慣性測量元件(IMU)及導航電腦所組成,利用加速度計觀測載體的加速度,並透過一次積分獲取速度,再次對速度積分則可獲取載體 3 軸的位移資訊。目前業界部分使用 INS 直接輸出 3 軸姿態角、指向角與經緯度及高程資料,部分則使用 IMU 搭配軟體解算,均可獲得定位結果。

MMS(一)定位定向系統由俄羅斯生產 IMU 與雙頻 GPS 接收儀(型號 Maxor-GGDT)組成,GPS/IMU 聯合求解的精度是坐標 0.5m 和姿態 0.05 度。MMS(二)定位定向系統(如圖 39)由 INS(型號:KVH SPAN-CPT)與單頻 GPS 接收儀(型號:NovAtel ProPak -V3)組成,INS 陀螺儀偏差 ±1°/hr(In run)、加速度計偏差±0.75mg。一般 MMS 會配置輪速計,以設定感測器拍攝時間及相機驅動距離。圖 40 為安裝輪速計與拍攝間隔設定。



圖 39、MMS (二) 定位定向系統



圖 40、安裝輪速計與拍攝間隔設定示意圖

### (三)控制系統

控制系統裝置於車廂內,包含工業級電腦、電源供應器及脈衝控制器。電腦整合 INS 及 GNSS 系統為高精度需求的定位及定向系統,並將數位影像多感測器所蒐集的影像透過時間同步的處理,每張影像對應的時間及方位資訊都可以由 INS/GNSS 整合系統提供,更加速測圖及資料處理的速度。MMS(一)、MMS(二)控制系統畫面如圖 41、圖 42。

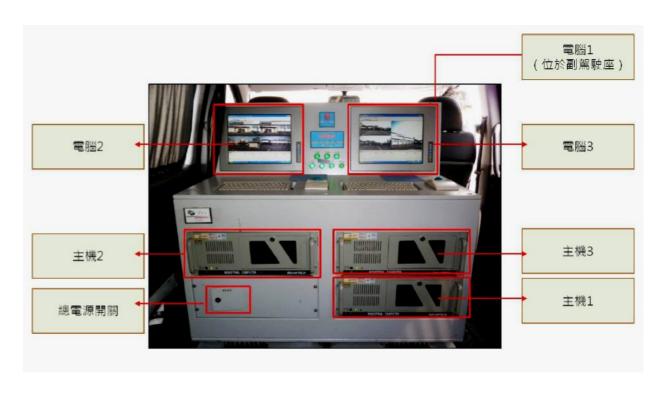


圖 41、MMS (一) 控制系統

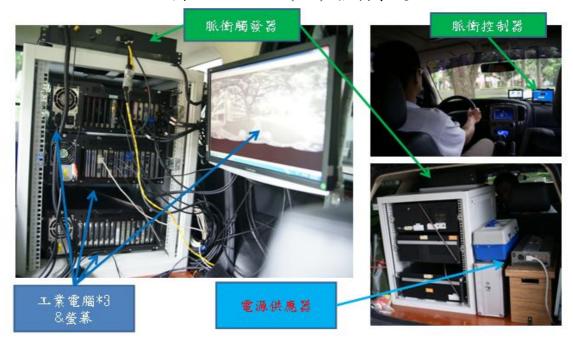


圖 42、MMS (二) 控制系統

# 二、影像處理平台

MMS 所蒐集資料為帶有坐標及方位資訊的高解析度影像,並透過影像處理平台進行影像後處理、內業判釋及儲存,具備圖像展現、向量圖層套疊、前方交會計算功能、檔案管理及地理資訊功能。圖 43、圖 44 分別為 MMS (一)、MMS (二) 所使用之影像處理平台。

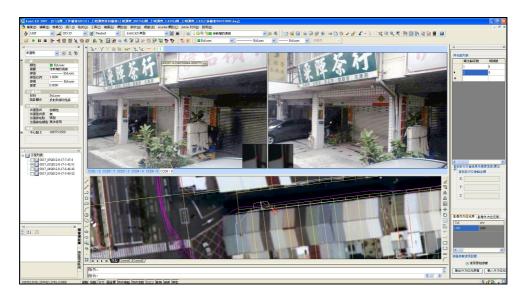


圖 43、MMS (一) 影像處理平台



圖 44、MMS (二)影像處理平台

# 第三節 研究內容

本研究內容主要分成三部分,分述如下:

### 一、以 MMS 輔助辦理國土利用調查成果更新作業

選定本中心101年度國土利用調查成果更新作業區內臺南市安南區(圖號:94193088),以完整1/5000比例尺圖幅範圍(約700公頃)進行MMS輔助辦理國土利用調查成果更新作業,內含街廓整齊之重劃區、密集建物區、農田、魚塭、傳統聚落等各種土地使用型態,藉以了解MMS應用範疇及使用限制,並以人工調查方式實地成果檢查,了解利用MMS輔助辦理國土利用調查成果更新作業之正確性及適用性,並評估作業人力及成本,作為後續更新作業參考。

### 二、以 MMS 輔助辦理通用版電子地圖地標清查更新作業

選定本中心 101 年通用版電子地圖更新作業區範圍,共 1/5000 比例尺 圖幅 1,578 幅,以 MMS 拍攝影像並進行地標清查,並比較分析與傳統人工 清查之優劣,提供驗證作為未來圖資更新參考資料可行性。

### 三、以 MMS 輔助辦理道路快速更新作業

選定臺 84 快速道路麻豆至官田新通車路段,進行 MMS 輔助辦理道路快速更新作業,分別使用量測 MMS 影像之道路內側路邊線,及採用車行航跡資料搭配影像數化等 2 種不同方式,產製道路範圍成果,並透過成果套疊比較,評估探討道路快速更新方式。

# 第六章 作業情形、成果分析與展示

### 第一節 以 MMS 輔助辦理國土利用調查成果更新作業

### 一、國土利用調查成果介紹

全面性的土地利用現況調查成果,是各項社經建設、國土規劃重要基礎資料,為因應社經環境快速變化及實際需求,有效規劃國土利用,內政部自 94 年度開始先期規劃國土利用調查作業並自 95 年度起交由本中心執行建置作業,全案業於 98 年 8 月建置完成總計 1/5000 比例尺國土利用調查成果 5,639 幅,並持續以本中心測量隊人力及委外方式辦理成果更新及提供各界相關業務應用。國土利用調查成果示意如圖 45 (http://lui.nlsc.gov.tw/LUWeb/)。

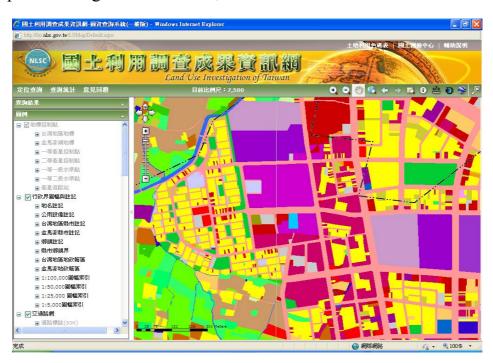


圖 45、國土利用調查成果示意圖

國土利用調查成果建置係以良好品質的航、遙測影像,依土地利用分類系統,結合所蒐集的參考圖資如地籍圖、通用版電子地圖、基本地形圖等,進行內業之初步判釋成果向量化與屬性建立,對於無法判釋至第III級

之各式建物或土地利用,則標註交予外業人員進行實地調查確定屬性後,進行成果整併檢核,依 1/5000 比例尺圖幅範圍建立國土利用調查成果,作業流程如圖 46。

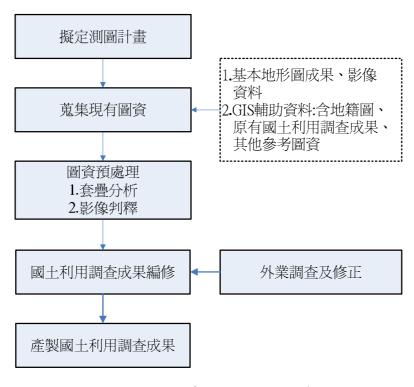


圖 46、國土利用調查成果更新作業流程圖

國土利用調查分類項目涵蓋農業、森林、水利、交通、建築、公共、遊憩、礦鹽及其他等 9 大類,並參照各界業務需求細分 41 中類 103 小類,分類細緻,現階段仍偏重以人力至現地進行幾何及屬性資料之確認,首先將初步內業分類成果輸出紙圖,都會區以比例尺 1/1,000~1/2,000 出圖、鄉村區以比例尺 1/3,000 出圖(如圖 47),由外業調查人員至實地查明補註影像判釋無法確認之分類屬性,外業調查前須先規劃調查路徑,調查時應核對行經之各坵塊屬性是否與底圖註記屬性相符。遇有不符情形時應以外業調查所得之土地利用現況為準,外業調查範例如圖 48,常見錯誤如圖 49。

另為避免外業人員現場調查土地利用分類時,因判斷標準差異造成資料相互矛盾情形,均需對調查人員定期辦理工作講習,訓練土地利用分類原則,以有效掌控調查品質。同時外業調查時發生判定分類疑義時,要求

作業人員於現場拍攝像片帶回俾利討論確認分類,拍攝像片應符合清晰及 多角度拍攝要求,並持續彙整常見錯誤態樣,提供作業人員參考。





(a) 都會區(比例尺:1/1500) (b) 鄉村區(比例尺:1/3000)

圖 47、外業出圖範例



圖 48、外業調查範例



服務業修改為製造業



服務業修改為兼商業使用 住宅



政府機關修改為服務業

圖 49、分類錯誤樣態及紀錄示意

### 二、測試區規劃

選定本中心101年度國土利用調查成果更新作業區內臺南市安南區(圖號:94193088),以MMS(一)拍攝影像並進行土地使用現況判釋作業,同時以人工調查方式實地進行成果檢查,了解利用 MMS 輔助辦理國土利用調查成果更新作業之正確性及適用性,並評估作業人力及成本,作為後續更新作業參考。測試區範圍如圖50。



圖 50、MMS(一)輔助辦理國土利用調查成果更新作業測試區

### 三、作業方式

圖 51 為 MMS 輔助國土利用調查成果更新作業流程圖。

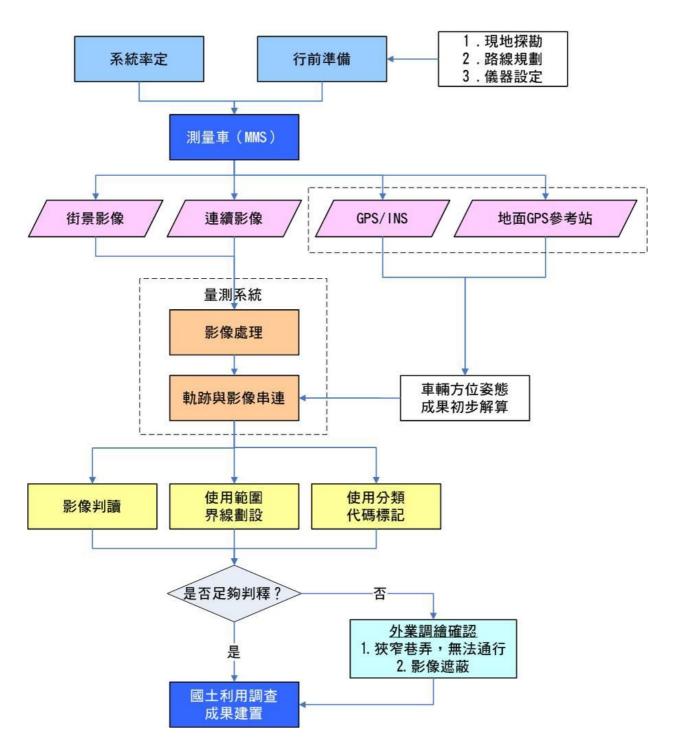


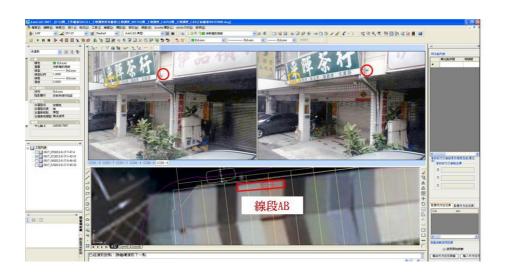
圖 51、MMS 輔助國土利用調查成果更新作業流程圖

首先針對測試範圍規劃拍攝路線,並參考規劃路線拍攝作業,將拍攝影像和影像的方位元素資料儲存至圖資處理平台,利用近景拍攝的影像與圖資結合,並使用圖資處理平台影像瀏覽、影像量測等功能進行土地使用分類範圍界線劃設及屬性判定。MMS(一)實際拍攝路線如圖 52。

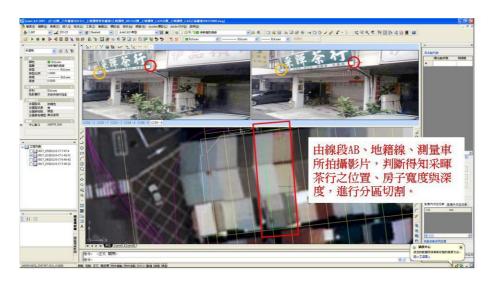


圖 52、MMS(一)輔助國土利用調查成果更新作業拍攝路線圖 藉由觀看不同視角的 MMS 影像,並比對輔助參考圖資如航拍正射影 像、地籍圖、通用版電子地圖、基本地形圖、前一版本國土利用調查成果

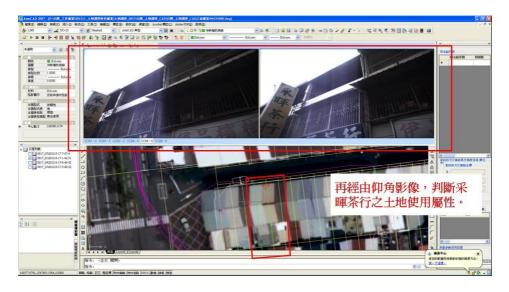
等圖資,確認欲判釋坵塊位置後,進行後續土地使用分類判釋作業。以建築物為例,作業人員首先載入正前方兩部相機所拍攝之影像組成立體像對影像資料,分別於左、右像對點至相同建物予以定位,確認建物臨路面寬度,另參考如正射影像、地籍圖等判斷建物深度,並觀測建物樓高及使用比例確認其土地使用分類,以3樓建築物為例,2、3樓均為住宅,1樓也為住宅使用時,分類為「050201 純住宅」;1樓為工廠使用,則分類為「050202 兼工業使用住宅」;至1樓為販售物品,則分類為「050203 兼商業使用住宅。作業人員以類似圖形分割方式,將建物區塊內不同使用情形於圖面上標設編修,示意圖如圖53。



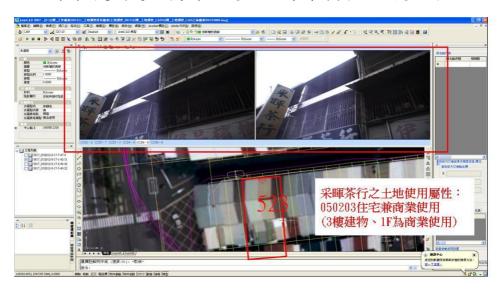
(a) 左、右像對點至相同建物予以定位



(b) 於圖面標示建物臨路面寬度及深度



(c) 觀測建物樓高及使用比例判釋其土地使用分類



(d) 完成建物土地使用分類作業

圖 53、建物分類編修示意圖

### 三、作業限制及因應方案

當 MMS 無法進入拍攝、或拍攝影像部分區域遭遮蔽、品質不佳無法於 拍攝影像上明確辨認等情形,則透過如重新拍攝或採機車架設攝影機拍攝 或人工調查再次確認或使用參考圖資等方式搭配辦理。因應方案如下:

### (一)影像遮蔽

土地使用現況遭柵欄、圍籬等遮蔽、或有建物內縮並非臨路邊建造情形,測繪車無法避開遮蔽物近距離觀看,相對於人工調查可進入建物與遮蔽物間的空隙進行觀察判釋,或對於不確定土地使用時可直接詢問當地民眾,測繪車靈活度較低,為其作業限制,惟仍可透過車輛來回重複拍攝,透過不同視角影像等觀看方式,提供作業人員判釋參考。影像遮蔽範例如圖 54。



(a) 柵欄、圍籬遮蔽



(b) 攤位遮蔽



(b) 車輛遮蔽、建物內縮



(d) 招牌遮蔽,且影像有過曝情形

圖 54、影像遮蔽範例圖

### (二)無法進入拍攝

對於道路狹小、巷弄彎度過大,MMS 不易進入拍攝,或進去拍攝後發現是無尾巷,需迴車、倒車,增加 MMS 拍攝時間等地區,可採機車架設全景攝影機拍攝或人工調查再次確認。以機車架設全景攝影機拍攝範例如圖 55。MMS 無法進入拍攝範例如圖 56。

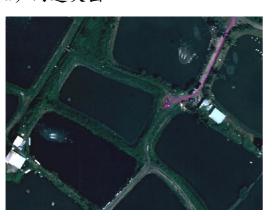




圖 55、機車架設全景攝影機拍攝範例圖



(a) 雨遮突出



(c) 魚塭兩側道路過於狹窄



(b) 道路過於狹窄且有障礙物



(d) 道路彎曲需迴車、倒車拍攝

圖 56、MMS 無法進入拍攝範例圖

### (三) 可進入拍攝但遇道路阻礙

對於道路寬度 MMS 可進入拍攝,但臨時遇道路施工、道路封閉或大型車輛阻礙情形,可調整規劃以其他路線進行拍攝,或另擇期補拍。道路阻礙範例如圖 57。





圖 57、道路阻礙 MMS 無法進入拍攝範例圖

#### (四)光線斜射造成影像拍攝效果不佳

MMS 作業相對於傳統人工調查較無天候限制,但於晨昏時段太陽斜射容易造成左右陰影遮蔽與過曝問題(如圖 58),或通過隧道、地下道、涵洞等光線大幅改變處,影像易有過曝問題,導致判釋不易,因此拍攝時間應儘量避開太陽斜射時段。



圖 58、陰影遮蔽不易判釋

#### (五) 視角景深有限

MMS 拍攝影像受限相機景深、拍攝角度、鏡頭視角等,對於範圍較廣、或細長地物(如大片的農作物、森林、溝渠、道路),往往僅能拍攝到地物局部範圍,不易判釋整體使用範圍,因此可搭配正射影像、基本地形圖、通用版電子地圖、前一版本國土利用調查成果等圖資,協助確認範圍界線。

### 四、成果分析與展示

本研究以完整 1/5000 比例尺圖幅範圍 (約 700 公頃)進行 MMS 試辦國土利用調查作業,完成土地使用坵塊筆數達 5,332 筆,內含街廓整齊之重劃區、密集建物區、農田、魚塭、傳統聚落等各種土地使用型態,整體試辦樣本完整。另為了解 MMS 輔助辦理國土利用調查更新作業人力成本,以及成果品質,本研究併行以人工調查方式實地進行成果比對檢查,同時進行作業人力及成本分析,試辦分析結果將更為貼近實際作業。

本研究試辦結果,以一組作業人員(2至3人編制),避開早晨或傍晚 太陽斜射時段進行拍攝作業,約花費5個工作天完成涵蓋約700公頃 MMS 影像拍攝作業,以人工調查約花費12個工作天,如遇梅雨季或颱風季節, 能爭取更多作業時間,避免因天候延宕,影響作業時程及減低外業調查人 員發生意外風險,且拍攝影像可永久保留,可重複調閱比對或未來相關應 用。人工調查與MMS作業於國土利用調查成果更新作業之成本分析如表6。

表 6、人工調查與 MMS 作業成本分析

石口	MMS	人工調查			
項目	(作業人數×工作天=工作人天)	(作業人數×工作天=工作人天)			
作業準備	1	1			
外業	3 (人/組) × 5=15	12			
內業	28	20			
補充調查	1至2	1			

另去除作業人員本身對土地使用分類判釋不足導致分類錯誤情形,雖試辦圖幅整體合格率約達 80%左右,但明顯發現分類成果合格率也因不同地區而異。整體而言,對於街廓整齊之重劃區成果品質合格率可達 90%,滿足國土利用調查成果品質要求;至密集建物區、傳統聚落地區,因建物範圍較不規則、土地使用容易遭遮蔽,不易抵達地區,單以 MMS 拍攝影像搭配參考圖資進行內業方式判釋,容易發生錯誤,則相對合格率較低。經研究歸納出 MMS 輔助辦理國土利用調查成果更新作業之適用範圍(即合格率達 90%以上)及容易發生錯誤較不適用範圍(合格率低於 90%)範例如圖 59、圖 60。完成之國土利用調查成果示意如圖 61、圖 62。

因此,單以 MMS 辦理國土利用調查成果更新作業,而不與人工調查互相搭配,其成本效益(包含成果合格率)並不如預期高,依區域特性由人工調查和 MMS 互相搭配,可截長補短,提升整體作業效率及降低成本。人工調查與 MMS 作業比較如表 7。



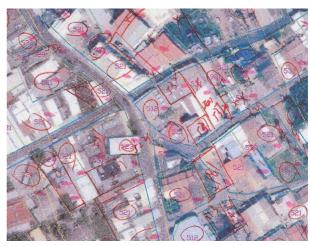
(a) 建物區塊規則

(b) 重劃區

圖 59、MMS 輔助辦理國土利用調查成果更新作業較適用範圍



(a) 建物區塊不規則



(b) 傳統聚落



(c)建物1樓影像遭遮蔽 (d)巷弄過小或為無尾巷



圖 60、MMS 輔助辦理國土利用調查成果更新作業較不適用範圍

表 7、人工調查與 MMS 作業比較表

	人工調查	MMS 調查
安全性	道路上作業,不安全。	載具內作業,安全有保障。
~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~ ~	人力作業,人均每天作	載具作業,外業每天至少可蒐集 80
資料獲取效率	業數公里,效率低。	至 100 公里的資料,效率高。
次州上田以上	2D 資料,視覺化程度	2D 資料+連續可量測道路影像庫,
資料成果形式	低。	另可支援建立虛擬 3D 模型。
~ 数 订	符號化的資料需要判	直接以實景影像表現空間和地物,
資料可讀性	讀和解譯,判讀不易。	無需解譯即可使用,易用性好。
資料保存性	不具保存性	資料可永久保存,具歷史價值
資料可驗證性	重新檢驗時,需再至現	成左 n士一下之田 用目 目 / / / 一   1 / / / 一   1 / / /
	地重新驗證。	隨時可調閱影像直接進行驗證。



圖 61、國土利用調查成果示意圖—以街廓整齊地區為例



圖 62、國土利用調查成果示意圖—以傳統聚落地區為例

### 第二節 以 MMS 輔助辦理通用版電子地圖地標清查更新作業

### 一、通用版電子地圖介紹

內政部為建立國土資訊核心資料,長期辦理基本地形圖測製、編列預算補助地方政府辦理都會區一千分之一數值地形圖測繪、門牌位置資料及公共管線等基礎資料建置,惟其建置時程長,為提供政府機關、民間共通需求及加值應用之基礎底圖,作為國土規劃、國土復育、防救災及民生應用,本中心自96年起分區域辦理通用版電子地圖,透過重新建置與資源整合方式,盡量降低圖資建置經費及作業時程,並兼具內容可用性,建立一套包含道路、鐵路、水系、行政界、區塊、建物、重要地標、控制點、門牌及彩色正射影像等10大類常用圖層之電子地圖,全案至100年度完成建置,總計1/5000比例尺通用版電子地圖5,578幅,並提供各界加值應用。通用版電子地圖成果示意如圖63(http://emap.nlsc.gov.tw/)。

通用版電子地圖其作業方式除金門及馬祖地區採縮編 1/1000 地形圖轉置方式辦理外,其餘臺灣地區皆運用行政院農委會林務局農林航空測量所最新航拍影像,以航測立體製圖搭配屬性外業調查方法辦理,測製精度為 1.25 公尺。自 101 年度起除原有地標項目外再增加民生設施地標,如便利商店、加油站、金融機構、旅館、大型百貨公司及超市等重要地標,以豐富圖資內容及擴大使用層面,通用版電子地圖作業流程如圖 64。



圖 63、通用版電子地圖成果示意圖

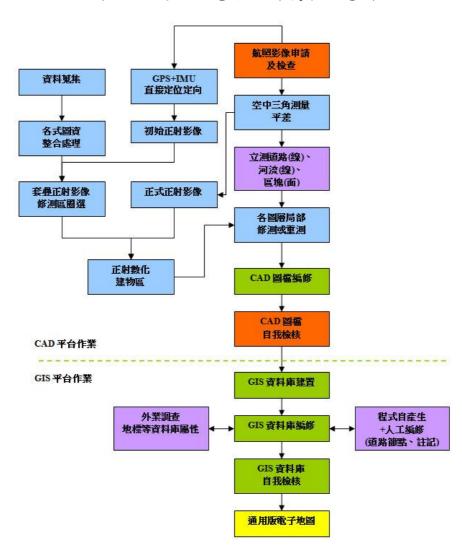


圖 64、通用版電子地圖作業流程圖

### 二、測試區規劃

選定本中心 101 年通用版電子地圖更新作業區範圍包含嘉義縣、嘉義市、臺南市、高雄市、屏東縣等共 1,578 幅,以 MMS (二) 拍攝影像進行民生設施地標調查作業,了解利用 MMS 輔助辦理通用版電子地圖民生設施地標清查更新作業之適用性,並統計地標清單上實際內業可清楚明確判釋比率,評估作業人力及成本,作為後續更新作業參考。測試區範圍如圖 65。



圖 65、MMS (二) 輔助辦理通用版電子地圖地標清查更新作業範圍

### 三、作業方式

圖 66 為 MMS 輔助通用版電子地圖地標清查更新作業流程圖。

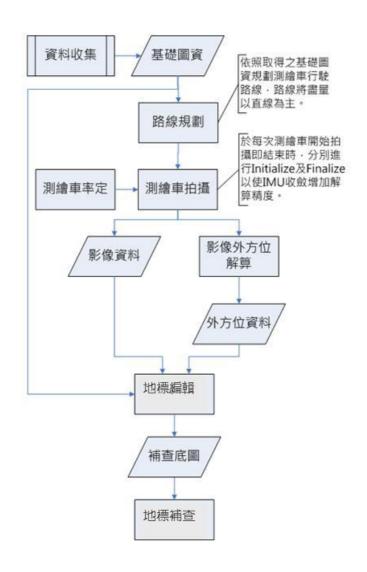


圖 66、以 MMS 輔助通用版電子地圖地標清查更新作業流程圖

本研究主要針對民生設施地標進行清查更新作業,首先於相關公司或政府的網站收集地標所屬單位的清單(如圖 67),共包含 4 大連鎖便利商店(7-11、全家、萊爾富、OK)、加油站、金融機構(不含農漁會及郵局)、旅館(觀光局網站公布的國際觀光旅館、觀光旅館及一般旅館)、大型百貨公司及超市(頂好、松青、興農、全聯等連鎖超市、地下街)交通運輸設施(長途公共汽車站)、公共事業單位(垃圾處理廠、垃圾焚化爐、無線電臺、廣播電台、電視台)、外國領事館及駐華辦事

處、科學園區、工業園區等地標。資料收集完成後,再以門牌資料比對地址以取得坐標,圖 68 說明利用門牌資料來修訂地標位置,以此清單作為 MMS 調查之基礎。透過各資訊查系統整理相關地標資料,再藉由門牌資料輔助確立相關位置及經由外業調查確認其正確性,最後轉置為地標圖層,初步統計地標資料共計 5,029 筆,如表 8。



圖 67、地標資料來源圖

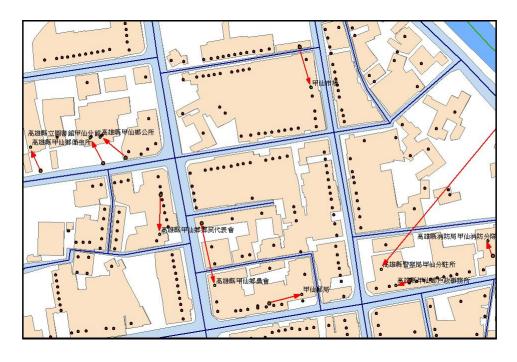


圖 68、地標修正示意圖

表 8、測試區民生設施地標數量初步統計表

編碼	地標項目	嘉義縣	嘉義市	臺南市	高雄市	屏東縣	小計	取得方式
								經濟部工業局台灣
93700	科學園區、工業園區	8	0	11	13	5	37	工業用地供給與服
								務資訊網
	大賣場、大型百貨公							*各單位網站
99513	司、大型超級市場、	12	30	122	190	31	385	
	大型零售式量販							
								7-11、全家、萊爾
99514	連鎖便利商店	131	97	689	883	213	2013	富、OK 等 4 家便利
								商店網站
	電力公司服務處、自							台灣電力公司、台灣
99523	來水公司服務處、天	26	4	46	35	25	136	自來水公司、行政院
77323	然氣(瓦斯)公司	20		40	33	23	150	國軍退除役官兵輔
	然和(此刻)公司							導委員會等網站
99540	旅館	61	48	204	351	104	768	交通部觀光局旅館
77340	VIC RE	01		204	331	104	700	業及民宿管理系統
99623	加油站	97	36	301	269	138	841	台灣中油與台塑加
77023	70 70 20	)	30	501	207	130	071	油站網站
								先於財經資訊股份
								有限公司取得各金
99530	金融機構	50	17	234	413	63	777	融機關清單,在於各
								金融機構網站收集
								所屬單位資料
								國光客運、和欣客運
99610	長途公共汽車站	13	9	17	25	5	69	等網站
99904	外國使領館及駐華 辦事處	0	0	0	3	0	3	外交部網站
 合計	/ · · · ~	398	241	1624	2182	584	5029	

為驗證 MMS 地標清查之可行性,本研究先以臺南市東區為初步測試範圍,並以便利商店、加油站及金融機構為測試標的,清查其位置是否錯誤或變動、類別與屬性是否正確等。為了讓拍攝作業更有效率且完整,將預計清查之地標坐標和路網匯入至 ArcGIS,利用 ArcGIS 的 Network Analysis 工具,沿著道路經過所有待測地標,透過 ArcGIS 自動規劃路徑,

之後再以人工編修將沒有連接的路徑串聯,使其路徑不會經過 MMS 無法進入的小巷子,並儘量行駛直線,減少轉彎次數,以維持 GNSS 衛星訊號,進而提升定位精度。

以 MMS (二) 每 5 公尺等距離方式進行拍攝,總時程花費約 3.5 個小時,共拍攝 8,075 組,也就是總里程數約 40 公里,平均時速約 11 公里以下,由於是在市區,經常會遇到紅燈,且車輛眾多,故此資料蒐集效率尚可接受。圖 69 為經過 POS 解算後實際路徑套疊於 Google Earth 情形。

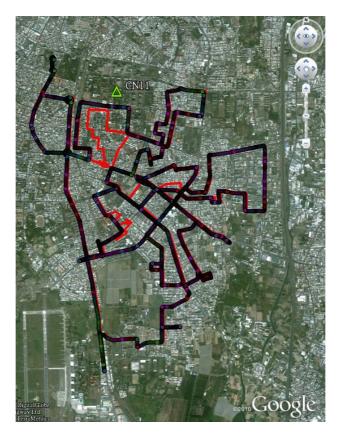


圖 69、MMS (二) 初步測試區實際拍攝路線圖

拍攝作業當天早上下雨,可作業時間被縮短,因此部分規劃路線未經過(圖 69 紅色線條),致部分地區地標無對應影像供清查。經測試作業結果,共有便利商店 78 筆、加油站 11 筆及金融機構 33 筆。其中有 20 處(13 處便利商店+7 處金融機構)因為 MMS 路線未經過而無法調查,其餘 11 處加油站與 26 處金融機構位置與屬性皆正確。另便利商店變動較大,61 處中有 3 處坐標錯誤,1 處便利商店(7-11)已經遷移必須從資

料庫中刪除(如圖 70)。估算內業時間約 1.5 人時,平均 1 分鐘可完成 1 筆調查工作,若該地標沒有變動,則幾乎僅需幾秒鐘在相關屬性之確認 工作,統計分析結果如表 9 所示。



圖 70、已遷移便利超商示意圖

表 9、臺南市東區試作成果分析表

編號	清查分析	便利 商店	加油站	金融機構
清查	來源筆數總計	78	11	33
0	維持原引用資料屬性	60	11	26
1	維持原引用資料屬性,但坐標值異動	3	0	0
2	維持原引用資料屬性,但圖形部分編修異動	0	0	0
3	現場新增地標,直接由影像判釋,無另外業調查獲取屬性資料	0	0	0
4	直接由影像判釋,但影像上並無此筆資料	2	0	0
5	影像上無法判釋,因 MMS 未蒐集到影像	13	0	7

完成 MMS 拍攝後,即可進行地標清查資料內業處理及建檔作業, 首先需將要清查更新之地標分類編碼建置於內業作業系統(如圖 71), 再針對地標屬性如分類、名稱、縣市、鄉鎮市區、地址、X 坐標、Y 坐標、Z 坐標、資料獲取方式、調查日期等進行建檔,最後將地標空 間資訊、分類和屬性新增或更新到 GIS 空間資料庫中。圖 72 至圖 75 為地標清查作業中判釋便利商店、加油站及金融機構之範例。

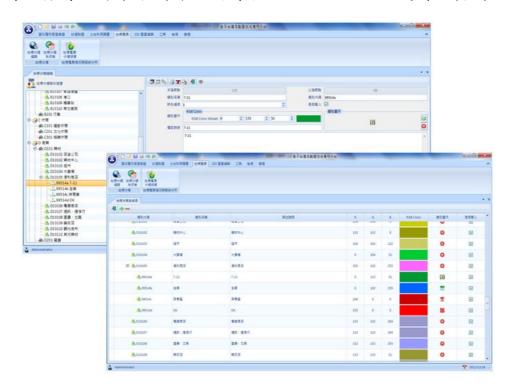


圖 71、地標分類編輯與地標分類



圖 72、地標資料建檔畫面示意

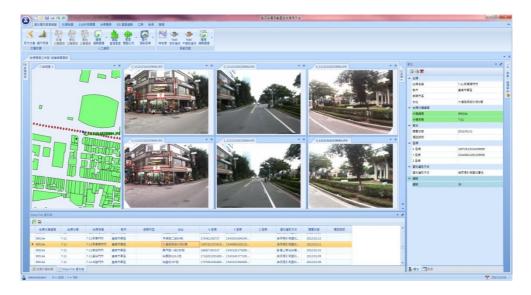


圖 73、地標清查—便利商店

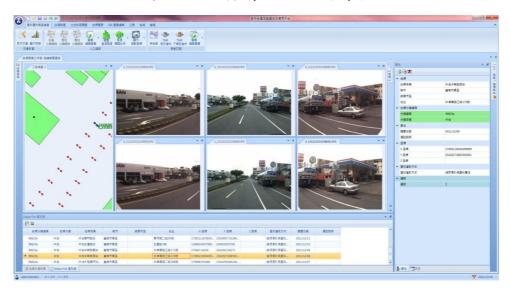


圖 74、地標清查—加油站

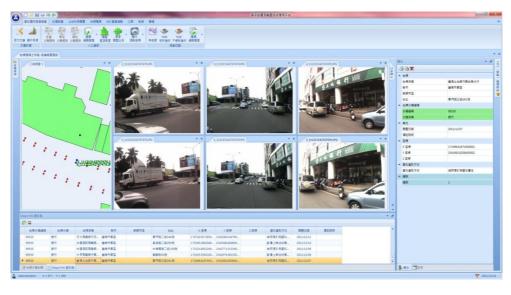


圖 75、地標清查—金融機構

本研究爰以前開作業模式進行 MMS(二)輔助辦理通用版電子地圖地標清查更新作業。預估拍攝路線如圖 76、實際拍攝路線如圖 77。

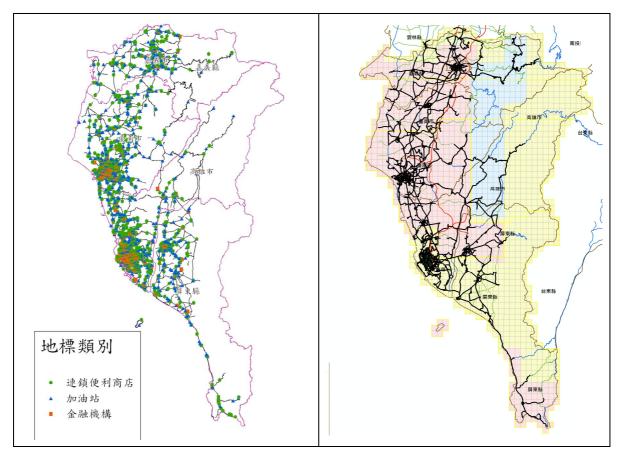


圖 76、預估路線圖

圖 77、MMS 行駛路線

圖 78 為地物位置變更之範例,圖 79 為地標屬性變更之範例,如為 附屬於公共場所內(如學校、醫院)之民生設施,地標位置需建製於民 生設施所在之建物,非以門牌建製位置作為地標位置,如圖 80。



圖 78、地標位置變更範例 (7-11 世賢門市)



圖 79、地標屬性變更範例 (7-11 白河門市變更為全家)



圖 80、公共場所內民生設施建製示意圖

### 三、作業限制及因應方案

當 MMS 無法進入拍攝、或拍攝影像部分區域遭遮蔽、品質不佳無法於 拍攝影像上明確辨認等情形,則以人工調查或於相關網站查詢或使用參考 圖資等方式搭配辦理。因應方案如下:

(一) MMS 行經隧道或高樓林立之區域,會發生無法接收 GPS 訊號之情形, 導致相機外方位參數解算精度變差,使前方交會計算位置錯誤,此時 可使用參考圖資,協助確認地標位置。

- (二)受限於 MMS 體積,無法駛進狹小道路,此時需以人工調查進行地標 清查作業。
- (三) MMS 作業於白天作業,可能因為太陽斜射(直射鏡頭)造成影像過度 曝光,使影像判識困難;鏡頭背對陽光,拍攝光線又會遭到 MMS 本 身遮蔽,造成影像上有大片陰影,對地物判識亦造成困難。因此拍攝 時間儘量避免太陽斜射時段。
- (四) MMS(二) 相機位於左前方、正前方、右前方等三個方向,受限於相機視角及解析度,如地標招牌與道路相距甚遠,或剛好位在側面,或招牌不明顯,則無法清楚辨識招牌內容,此時則搭配人工調查辦理。 圖 81、圖 82 為地標招牌遭遮蔽或不明顯導致無法判斷範例。



圖 81、影像遭遮蔽範例 (嘉南農田水利會烏林工作站)

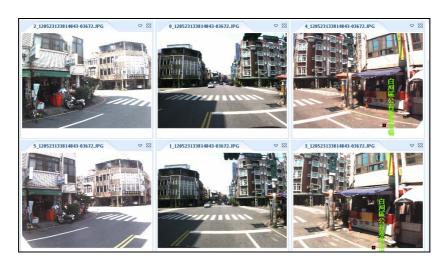


圖 82、無法判斷範例(白河區公有零售市場)

- (五)雖然 MMS 使用 6 個方向的相機,且每 5 公尺拍攝一組像片,但如果 用於前方交會計算的共軛點位距離太遠,或像點位於影像邊緣,造成 交會角度不佳,可能造成前方交會計算後的坐標帶有較大的誤差。
- (六)當欲清查之地標位於公共場所(如學校)或管制地區內,則可透過人工調查或網站查詢方式辦理清查作業。

### 四、成果分析與展示

本研究以嘉義縣、嘉義市、臺南市、高雄市及屏東縣之民生設施地標進行 MMS 輔助辦理通用版電子地圖地標清查更新作業,完成清查後民生設施地標為 5,075 筆,較原先初步統計 5,029 筆,多了 46 筆,統計表如表 10。以欲清查之地標清單為基礎作為統計,以 MMS 拍攝影像進行地標內業判釋,明確辨識率高達 95%,足以證明 MMS 可輔助辦理通用版電子地圖地標清查更新作業。

本研究民生設施地標之分布估計總里程數約 4,000 公里,以平均時速 16 公里估計,總共需要 250 小時外業時間。若避開早晨或傍晚太陽斜射時 段進行拍攝作業,以每天 6 小時可拍攝時數估計,總共需要外業資料蒐集 時間約 42 個工作天。每次資料蒐集後,即可同時進行內業調查工作,不受 天候影響並減少外業調查人員發生意外之風險,且拍攝影像可永久保留, 可重複調閱比對或未來相關應用,有效提升通用版電子地圖地標調查效率。

未來電子地圖的更新,除採用農航所航拍影像,以航測更新方式來維護之外,經本研究結果,MMS 測繪系統是能較及時局部更新部分區域地圖的有效方法,可考慮適當的採用,更能有效滿足使用者對通用版電子地圖的及時更新需求,且依區域特性由外業調查和 MMS 互相搭配,更能截長補短,提升整體作業效率及降低成本。

表 10、民生設施地標成果統計表

編碼	碼地標項目		縣	嘉秉	長市	臺南	与市	高加	<b>作市</b>	屏桌	東縣	小言	计
<b>初</b> 250	地体为日	清查前	清查後	清查前	清查後	清查前	清查後	清查前	清查後	清查前	清查後	清查前	清查後
93700	科學園區、工業園區	8	14	0	1	11	11	13	13	5	5	37	44
99513	大賣場、大型百貨公司、大型超級市場、 大型零售式量販	12	11	30	30	122	121	190	178	31	32	385	372
99514	連鎖便利商店	131	124	97	96	689	637	883	857	213	209	2013	1923
99523	電力公司服務處、自來水公司服務處、天然氣(瓦斯)公司	26	27	4	4	46	54	35	44	25	27	136	156
99540	旅館	61	18	48	62	204	247	351	430	104	64	768	821
99623	加油站	97	61	36	48	301	203	269	345	138	103	841	760
99530	金融機構	50	32	17	8	234	34	413	63	63	22	777	159
99610	長途公共汽車站	13	97	9	36	17	297	25	269	5	138	69	837
99904	外國使領館及駐華 辦事處	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	3	3
	合計	398	384	241	285	1624	1604	2182	2202	584	600	5029	5075

### 第三節 以 MMS 輔助辦理道路快速更新作業

以往測繪圖資更新作業多配合更新週期分區域辦理,且作業模式主要以影像資料為基礎,因此對於作業範圍內如影像資料尚未更新或取得困難,多留待下次更新處理,並無法即時配合更新異動,為因應各界對於圖資時效性迫切需求,且考量變異地區並非全部範圍,MMS亦已發展多年,其成果精度應可符合測繪圖資更新需求,本研究嘗試以 MMS 輔助道路快速更新,期發展多元且有效率的更新方式,提供各界快速更新且達一定品質的測繪圖資。

#### 一、測試區規劃

本研究選定臺 84 快速道路麻豆至官田新通車路段,分別以 MMS(一) 及 MMS(二)辦理道路快速更新作業,了解利用 MMS 輔助道路快速更新作業可行性及成果品質,作為後續更新參考。測試區範圍如圖 83。



圖 83、MMS 輔助辦理道路快速更新作業測試區

### 二、作業方式

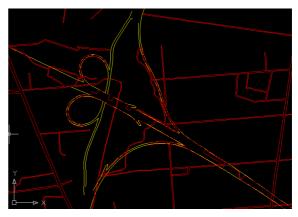
臺 84 快速道路麻豆至官田新通車路段,里程約 8 公里,主要介於麻 豆及官田雨交流道間,需多次上下交流道來回拍攝方能完成任務。本研究 分別使用 MMS (一)及 MMS (二) 辦理道路快速更新作業,其中 MMS (一)採用量測 MMS 影像內側路邊線作為道路邊界線,作業人員載入正 前方2部相機組成立體像對影像,分別於左、右像對點至相同道路邊界線 點位定位後進行路邊線測繪動作,因使用 MMS 拍攝關係,所以採用道路 內側路邊線作為道路邊界線,並參考基本圖、影像及地籍圖產製道路成果 (如圖 84)。



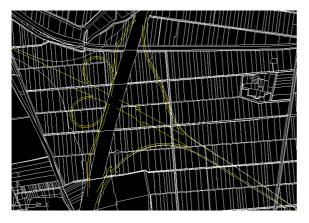
(a) 量測道路邊界線作業書面示意



(b) 量測道路邊界線成果



(c) 道路成果套疊影像 (d) 道路成果套疊基本圖道路資料



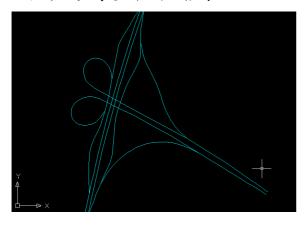
(e) 道路成果套疊地籍圖



(f) 參考影像、地籍圖、基本圖及量 測道路邊界線成果,產製道路

圖 84、MMS (一) 道路編修示意圖

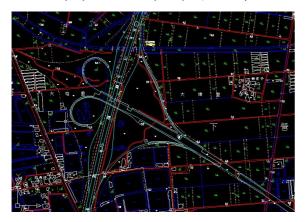
MMS(二)則是將車行軌跡點狀資料,前後連接為線資料做為道路中線,參考基本圖、影像,以數化方式快速產製道路範圍成果(如圖 85)。



(a) MMS (二) 軌跡線



(b) 軌跡線套疊影像



(b) 軌跡線套疊基本圖



(c) 軌跡線套疊影像以數化方式產 製道路資料

圖 85、MMS (二) 道路編修示意圖

### 三、成果分析及展示

臺 84 麻豆至官田路段為原有已通車路段再延伸,為了解 MMS 輔助 道路快速更新成果品質,將 MMS (一)產製道路成果套疊既有基本圖已 通車路段道路成果,量測 20 個平均分布位置(如圖 86,紅色線為基本圖 道路、黃色線為 MMS (一)道路成果),比對使用量測道路內側作為道路邊界線,與一般航測立體判釋,立製人員以測繪道路外側作為道路邊界線認定之差異情形,距離差值統計表如表 11。整體距離差平均值 0.37 公尺,至直線路段距離差平均值為 0.34 公尺,距離差最大值 (0.73 公尺)出現在圓弧曲率較大路段,即兩側匝道處,分析應為量測點位不足導致圓 弧圖形差異,對於圓弧曲率較大路段增加量測點位應可改善。

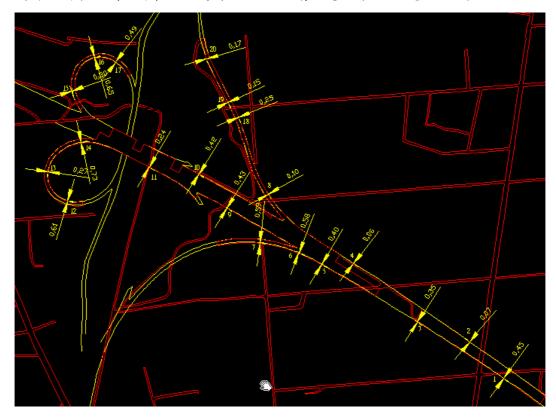


圖 86、MMS 量測道路邊界線與基本圖道路邊界線比較圖 [基本圖:紅色線、MMS(一):黃色線]

表 11、MMS(一)產製道路與基本圖道路距離差值統計表

點號	距離差 (公尺)	備註
1	0.45	直線路段
2	0.07	直線路段
3	0.35	直線路段
4	0.06	直線路段
5	0.40	直線路段
6	0.58	直線路段
7	0.59	直線路段
8	0.10	直線路段
9	0.43	直線路段
10	0.42	直線路段
11	0.24	直線路段
12	0.61	圓弧曲率較大路段
13	0.27	圓弧曲率較大路段
14	0.73	圓弧曲率較大路段
15	0.30	圓弧曲率較大路段
16	0.65	圓弧曲率較大路段
17	0.49	圓弧曲率較大路段
18	0.25	圓弧曲率較小路段
19	0.15	圓弧曲率較小路段
20	0.17	圓弧曲率較小路段
平均值	0.37	

因 MMS (二) 產製道路成果,主要以透過以 MMS 軌跡資料,搭配影像數化及引用既有圖資方式進行道路快速更新,因此,將 MMS (二) 與 MMS (一) 產製道路成果套疊進行比對分析,並分別量測引用基本圖道路成果以及影像數化路段,共25個平均分布位置(如圖 87,藍色線為 MMS (二) 道路成果、黃色線為 MMS (一) 道路成果、紅色線為基本圖道路成果),其距離差值統計表如表 12。整體距離差平均值 1.67 公尺,

引用基本圖道路成果路段之距離差平均值為 0.41 公尺,而影像數化路段之距離差平均值為 3.04 公尺,距離差最大值達 18.77 公尺,經檢視該處為匝道出入口處槽化區範圍,因影像並無地物資訊可供數化參考,僅能使用軌跡資料,並參考基本圖道路成果預估其道路寬度,因此有明顯差異。另MMS(一)因拍攝時間較早,部分匝道雖已完工但尚未通車,無法進入拍攝,致與 MMS(二)拍攝成果有所差異。圖 88 為 MMS(二)與 MMS(一)產製道路成果差異示意圖。

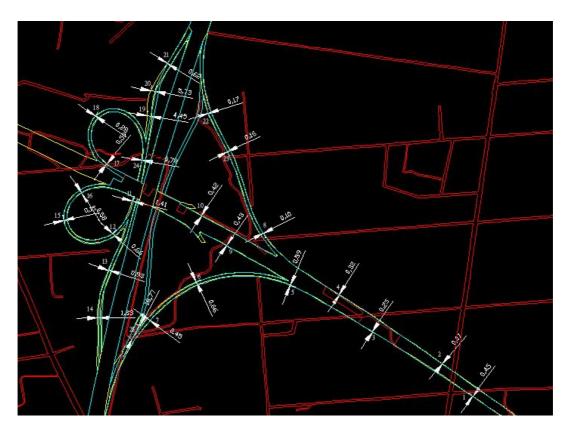
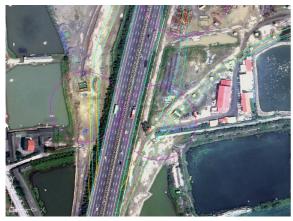


圖 87、MMS (二) 與 MMS (一) 產製道路成果套疊比較圖 [ MMS (二) : 藍色線、MMS (一) : 黃色線、基本圖:紅色線 ]

表 12、MMS(二)與 MMS(一)產製道路成果距離差值統計表

點號	距離差(公尺)	備註
1	0.45	引用基本圖道路成果
2	0.07	引用基本圖道路成果
3	0.25	影像數化
4	0.32	引用基本圖道路成果
5	0.59	引用基本圖道路成果
6	0.66	影像數化
7	0.45	影像數化
8	0.1	引用基本圖道路成果
9	0.43	引用基本圖道路成果
10	0.42	引用基本圖道路成果
11	1.41	影像數化
12	0.66	影像數化
13	0.93	影像數化
14	1.88	影像數化
15	0.15	引用基本圖道路成果
16	0.58	引用基本圖道路成果
17	0.59	影像數化
18	0.28	引用基本圖道路成果
19	4.45	影像數化
20	5.73	影像數化
21	0.62	引用基本圖道路成果
22	1.17	引用基本圖道路成果
23	0.16	引用基本圖道路成果
24	0.78	影像數化
25	18.77	影像數化
平均值	1.676	





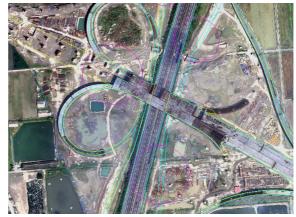


圖 88、MMS (二) 與 MMS (一) 產製道路成果差異示意圖 [MMS (二) : 藍色線、MMS (一) : 黃色線 ]

經本研究試辦結果,使用量測 MMS 影像之道路內側路邊線所產製道 路範圍成果,相較採用車行航跡資料搭配影像數化方式,成果品質較為穩 定,且與基本圖道路成果比較,整體距離差平均值 0.37 公尺,符合本中 心通用版電子地圖、基本地形圖道路圖層 1.25 公尺測圖精度,證明 MMS 確可輔助道路快速更新作業,提升成果更新效率。

# 第七章 結論與建議

### 第一節 結論

- 一、本研究以 MMS 試辦國土利用調查作業,完成土地使用坵塊筆數達 5,332 筆,內含街廓整齊之重劃區、密集建物區、農田、魚塭、傳統聚落等 各種土地使用型態。經本研究結果發現,單以 MMS 辦理國土利用調查 成果更新作業,如不與人工調查互相搭配,其成本效益(包含成果合 格率)並不如預期高,但對於街廓整齊、道路寬敞且地籍資料和現況 能整齊對應之社區型建物密集區,成果品質合格率可達 90%,滿足國 土利用調查成果品質要求。另對於新開發區域,影像、現有資料皆無 對應圖資可供參考時,MMS 亦能正確量測新增建物或土地使用變更範 圍,確可輔助辦理國土利用調查成果更新作業。
- 二、通用版電子地圖重要地標清查工作部分,本研究共調查 5,075 筆地標, MMS 影像可提供作業人員豐富及多元之內業判讀資訊,辨識率達 95%,證明 MMS 可應用於地標清查工作。
- 三、MMS目前尚有部分瓶頸需予以克服,例受限於狹窄道路 MMS 無法進入,或當土地使用現況、地標招牌遭遮蔽、或建物內縮情形,MMS 無法避開遮蔽物近距離拍攝;另太陽斜射或 MMS 通過隧道、地下道、涵洞時,容易發生陰影遮蔽與過曝問題,及 GPS 訊號易受高樓遮蔽或衛星分布不佳,導致解算精度變差等情形,此時需透過搭配人工赴現地調查補充,及採用參考圖資,協助判釋地標及土地使用現況位置。
- 四、經本研究結果發現,MMS 可將大量外業調查人力與時間,改成內業攝 影測量作業模式,對於梅雨季或天候不佳時,可不受天候影響,進而

減少外業成本及發生意外風險,同時拍攝影像可永久保留,未來可作相關應用。但考量 MMS 仍有部分無法進入拍攝、現場遮蔽或影像解析度不夠等作業限制,因此依區域特性由外業調查和 MMS 互相搭配,方能截長補短,提升整體作業效率及降低成本

五、以 MMS 輔助辦理道路快速更新成效良好,經本研究結果發現,對於新增重要交通建設,如影像資料尚未更新或取得困難,以 MMS 進行路邊線測繪,其產製道路成果與基本圖道路成果比較,整體距離差平均值0.37公尺,符合本中心通用版電子地圖、基本地形圖道路圖層1.25公尺測圖精度,證明 MMS 確可輔助道路快速更新作業,提升更新效率。

### 第二節 建議

- 一、對於街廓整齊、道路寬敞且地籍資料整齊和現況能對應之社區型建物密集區,以 MMS 辦理國土利用調查成果品質合格率達 90%,可符合國土利用調查成果品質要求;另對於新開發區域,影像、現有資料皆無對應圖資可供參考時,MMS 能正確的量測界定新增建物或土地使用變更範圍,未來可考量區域特性,由人工調查和 MMS 互相搭配辦理國土利用調查成果更新作業,提升整體作業效率及降低成本。
- 二、以 MMS 辦理通用版電子地圖重要地標清查成果品質,內業辨識率達 95%。另對於新增重要交通建設,如影像資料尚未更新或取得困難,利 用 MMS 進行路邊線測繪,其產製道路成果符合本中心通用版電子地 圖、基本地形圖道路圖層 1.25 公尺測圖精度,未來可考量使用 MMS 辨理通用版電子地圖重要地標清查及道路快速更新作業,滿足使用者 對通用版電子地圖及時更新需求。

# 附錄一、土地使用分類系統簡表

第	[級	第]	 I 級	第Ⅰ	<b>Ⅱ</b> 級	第	I 級	第]	Ⅰ級	第Ⅰ	Ⅱ級
類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼
				稻作	010101			道路	0303	一般道路	030303
		農作	0101	旱作	010102				0303	道路相關 設施	030304
				果樹	010103	交通使用 土地	03			商港	030401
				廢耕地	010104	1270				漁港	030402
		水產養殖	0102	水產養殖	010200			港口	0304	專用港	030403
農業使用 土地	01	畜牧	0103	畜禽舍	010301					其他港口 相關設施	030404
				牧場	010302					河川	040101
				溫室	010401			河道	0401	減河	040102
		農業附帶	0104	倉儲設施	010402			/120	0401	運河	040103
		設施	0104	農產品展 售場	010403					堤防	040104
				其他設施	010404	=		溝渠	0402	溝渠	040200
		天然林	0201	天然針葉 樹純林	020101		灘地			水庫	040301
				天然闊葉 樹純林	020102	水利使用土地		签水油	0403	湖泊	040302
				天然竹林	020103			B 11-10		其他蓄水 池	040303
	02			天然竹針 闊葉混淆	020104					人工湖	040304
<b>.</b>		人工林	0202	樹純林	020201			水道沙洲 灘地	0404	水道沙洲 灘地	040400
森林使用土地				人工闊葉 樹純林	020202					水閘門	040501
				人工竹林	020203					抽水站	040502
				人工竹針 闊葉混淆	020204			水利構造 物	0405	水庫堰壩	040503
				伐木跡地	020301					地下取水 井	040504
		其他森林 使用土地	0203	苗圃	020302					其他設施	040505
		灰川工地		防火線	020303			防汛道路	0406	防汛道路	040600
				土場	020304			海面	0407	海面	040700
		機場	0301	機場	030100	建築使用	05	<b></b>	0501	零售批發	050101
				一般鐵路	030201	土地		商業	0301	服務業	050102
			0302	高速鐵路	030202			住宅		純住宅	050201
交通使用 土地	03			鐵路相關 設施	030203					兼工業使 用住宅	050202
		道路	0303	國道	030301				0502	兼商業使 用住宅	050203
		坦哈	0303	省道、快 速道路	030302					兼其他使 用住宅	050204

第	I級	第	第Ⅱ級		Ⅱ級	第	第Ⅰ級		第Ⅱ級		Ⅱ級
類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼	類別	代碼
2,,,		商業	0501	零售批發	050101	—遊憩使用				公園綠地廣場	070201
		1-1 %	0501	服務業	050102	土地	07	休閒設施	0702	遊樂場所	070202
				純住宅	050201					體育場所	070203
				兼工業使 用住宅	050202			TIF 344	0001	礦場	080101
		住宅	0502	兼商業使 用住宅	050203			礦業	0801	礦業相關 設施	080102
建築使用 上地	05			兼其他使 用住宅	050204	礦鹽使用 土地	08	土石	0802	土石採取 場	080201
		工業	0503	製造業	050301				0002	土石相關 設施	080202
		<b>一</b> 未	0303	倉儲	050302				0803	鹽田	080301
		其他建築用地	0504	宗教	050401			鹽業		鹽業相關 設施	080302
				殯葬設施	050402			軍事用地	0901	軍事用地	090100
				興建中	050403			濕地	0902	溼地	090200
				其他	050404			草生地	0903	草生地	090300
		政府機關	0601	政府機關	060100		裸露地			灘地	090402
		學校	0602	幼稚園	060201			迪雷山	0904	崩塌地	090402
				小學	060202			休路地	0701	礁岩	090403
				中學	060203	│ ──其他使用	29 灌木荒 災害地			裸露空地	090404
				大專院校	060204	土地		灌木荒地	0905	灌木荒地	090500
				特種學校	060205			災害地	0906	災害地	090600
公共使用		醫療保健	0603	醫療保健	060300			營建剩餘 土石方	0907	營建剩餘 土石方	090700
上地	06	社會福利 設施	0604	社會福利 設施	060400				0908	未使用地	090801
				氣象	060501			空置地		人工改變 中土地	090802
				電力	060502					測量標	090803
		公用設備	0605	瓦斯	060503					<u>.</u>	
				自來水	060504						
				加油站	060505						
		環保設施	0606	環保設施	060600						
				法定文化 資產	070101						
	1	1	1	-	+	<del></del>					

\_ 一般文化

其他文化 設施 070103

設施

070102

文化設施 0701

遊憩使用 土地

07

# 附錄二、通用版電子地圖地標圖層代碼表

地標類型	編碼	項目
科學園區、工業園區	93700	科學園區、工業園區
		總統府、中央政府公署、省政府、直轄市政府、縣政府、省
	00100	轄市政府、鄉、鎮、縣轄市、區公所、中央民意機關、省諮
	99100	議會、直轄市議會、縣議會、省轄市議會、鄉、鎮縣轄市民
政府及民意機關		代表會。
	99141	警察局隊、派出所、分駐所。
	99142	監獄、看守所。
	99143	消防局隊。
	99210	學校(公立幼稚園、國民小學、國民中學、高級中學、高級
<b>文                                    </b>	99210	職校、完全中學、大專院校)、職訓中心。
文教及休閒設施	99220	博物館、美術館、文化中心、音樂廳、劇院、圖書館、社教
	99220	館。
殿成及社会证别机长	99311	醫學中心、醫院、衛生所。
醫療及社會福利設施	99313	公立之孤兒院、公立之養老院。
	99410	國家公園、國家森林遊樂區、國家風景區、公園、遊樂場、
	99410	動物園、植物園。
公共及紀念場所	99421	體育館、體育場。
	99423	公立游泳池、海水浴場。
	99430	紀念堂(館)、孔廟、古蹟。
	99510	公有市場
	99513	大賣場、大型百貨公司、大型超級市場、大型零售式量販。
	99514	連鎖便利商店。
1. 1 14 4 - 12 - 1	99521	郵局。
生活機能設施	99523	電力公司服務處、自來水公司服務處、天然氣(瓦斯)公司。
	99540	旅館。
	99623	加油站。
	99530	金融機構。
	99610	臺鐵站、高鐵站、捷運站、長途公共汽車站。
	99621	國道及快速公路交流道(市區高架道路)。
交通運輸設施	99622	收費站。
	99624	公有停車場。
	99625	國道休息站、服務區。
	99630	機場。
	99640	港埠。
其他	99904	外國使領館及駐華辦事處。

# 參考文獻

- 1. 龔健彬、史天元 (2000): Kodak DCS210 數位相機量測特性之探討, 航 測及遙測學刊,第5卷,第4期,39-54頁。
- 2. 曾志煌等 (2004),公路基本資料庫構建計畫,交通部運輸研究所。
- 3. 翁錦堂、施柏榮、何慶雄、曾清涼 (2005), 移動 MMS 之模組設計及測試,第二十四屆測量及空間資訊研討會,第1145-1152頁。
- 4. 江凱偉 (2007):新世代的 MMS,科學發展,416期,6-12頁。
- 5. 羅貽騂 (2008):利用 UKF 發展 GPS-INS 整合式定位演算法之評估,國立成功大學測量及空間資訊學系碩士論文。
- 6. 江凱偉、饒見有、曾義星 (2009): 凡走過必留下空間資訊的 MMS-移動 式測圖系統, 土木水利期刊, 第36卷, 第5期, 64-78頁。
- 7. 內政部國土測繪中心 (2009),探測感應器測繪平台架構規劃暨應用作業工作總報告書。
- 8. 謝佳諭 (2010):利用多重影像匹配獲取 MMS 影像點位之物空間坐標, 國立成功大學測量及空間資訊學系碩士論文。
- 9. 吳建億、蔡展榮 (2010): MMS 多相機檢定, 航測及遙測學刊, 第 15 卷, 第 2 期, 177-188 頁。
- 10. 任志恆 (2011):自動化從 MMS 影像序列獲取交通路標空間資訊之研究, 國立成功大學測量及空間資訊學系碩士論文。
- 11. 黎驥文、甯方璽、王豐良 (2010):應用 GPS 與非量測型相機於行動測繪車之研究,中正嶺學報,第39卷,第2期,113-130頁。
- 12. 內政部 (2011),100 年度發展與應用多平台遙測製圖技術工作案工作總報告書。
- 13. 內政部 (2012), 101 年度多平台遙測製圖技術工作案工作總報告書。
- 14. 內政部國土測繪中心 (2012,a),101 年度基本地形圖轉製國土利用調查成果作業工作總報告書。
- 15. 內政部國土測繪中心 (2012,b),101 年度通用版電子地圖更新維護作業工作總報告書。
- 16. Bossler, J. D. and Toth, C (1995): Accuracies Obtained by the GPSVan TM, Proc. GIS/LIS'95, Vol. 1, pp.70-77.
- 17. El-Sheimy, N. (1996): The Development of VISAT A Mobile Survey System For GIS Applications, Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary, Calgary, Canada.
- 18. Ellum, C.M. (2001): The Development of a Backpack Mobile Mapping

- System, Department of Geomatics Engineering, University of Calgary, C algary, Canada, UCGE Reports 20159.
- 19. Grejner-Brzezinska, D.A. (2001): Direct Sensor Orientation in Airborne and Land-based Mapping Applications, Department of Civil and Environ mental Engineering and Geodetic Science, The Ohio State University, R eport no. 461.
- 20. Kim, Gi-Hong, (2006) "Road Infrastructure Data Acquisition Using a V ehicle-Based Mobile Mapping System," Computer-Aided Civil and Infras tructure Engineering, Vol. 21, pp. 346-356 •
- 21. Lapucha, D. (1990): Precise GPS/INS positioning for a highway invento ry system, Department of Geomatics Engineering, The University of Calgary, Calgary, Canada.
- 22. Li, Q., Li, B., Chen, J., Hu, Q. and Li, Y. (2001): 3D Mobile Mappin g System for Road Modeling, The 3rd International Symposium on Mobile Mapping Technology (MMS 2001), Cario, Egypt.
- 23. Li, Y. H. (2010): The Calibration Methodology of a Low Cost Land V ehicle Mobile Mapping System, Institute of Navigation (ION) GPS/GNS S 2010 meeting, Oregon Convention Center, Portland, Oregon, USA.
- 24. Schwarz, K.P., Chapman, M.E., Cannon, E. and Gong, P. (1993): An I ntegrated INS/GPS approach to the georeferencing of remotely sensed d ata, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, vol. 59, no. 11, p p. 1667-1674.
- 25. Titterton, D.H., and Weston, J.L. (2004): Strapdown Inertial Navigation Technology 2nd Edition. In IEE Radar, Sonar, Navigation and Avioni cs, Series 17, N. Stewart, H. Griffiths, Eds. Institution of Electrical Engineers. Stevenage, UK.
- 26. Toth C. and Grejner-Brzezinska D.(2001): Modern Mobile Mapping Onthe-fly Image Processing, Proc. 3rd International Symposium on Mobile Mapping, Cairo, Egypt, January, pp.3-5.
- 27. TOPCON, Integrated Positioning System (2009), URL:http://www.topcon positioning.com/applications/mapping-and-gis/high-accuracy-gis/hardware/ips2.html
- 28. Yan, L. and Zuxun (1988): Fast Implementation for Generating Epipol ar Line Images with One-dimensional Resampling, Eidgenossiche Techni sc Hocheshule Zurich, Institut für Geodasie und Photogrammetrie., Beric ht Nr. 145, April 1988.

- 29. Zhang, Kefei and Xiao, Benlin. (2003): Current Status of Low-cost GPS and Mobile Mapping Systems," Proceedings of the Malaysia Geoinform ation and Surveying Conference, Kuching, Malaysia.
- 30. Zhang, Z, (1988) ∶ A New Approach of Epipolar-line Matching for Imp roving the Performance of SODAMS System, ISPRS 16<sup>th</sup>, Commission Ⅲ, Kyoto, Japan, 1988.