

中華民國地籍測量學會期刊

國土測繪與空間資訊

Taiwan Journal of Geoinformatics

第十卷 第二期

中華民國一一一年七月



VOLUME 10, NO. 2

July 2022

Published by Chinese Society of Cadastral Survey &
National Land Surveying and Mapping Center



內政部國土測繪中心共同發行

中華民國地籍測量學會第 21 屆組織表

一、理監事會：

理事長：洪本善

副理事長：江渾欽

常務理事：蕭輔導、高書屏、劉正倫

理事：紀聰吉、王定平、周天穎、楊名、崔國強、王啟鋒、吳宗寶、謝福勝、吳相忠、邱仲銘、張元旭、朱上岸、陳鶴欽、梁崇智、駱旭琛、徐百輝

常務監事：容承明

監事：史天元、白敏思、蕭正宏、陳國華

秘書長：曾耀賢（兼任）

副秘書長：梁旭文（兼任）

秘書：黃華尉（兼任）、何依屏（兼任）、謝博丞（兼任）

幹事：何美娟（兼任）

二、各種委員會：

(一)服務委員會：

主任委員：王啟鋒

委員：王定平、黃仰澤、賴澄標、張瑞隆、朱上岸、黃建華、李文聖、吳智維

幹事：陳俊德

(二)編輯委員會：

主任委員：史天元

委員：楊名、甯方璽、周天穎、蔡慧萍、韓仁毓、曾國欣、張智安、饒瑞鈞

總編輯：周天穎

編輯：葉美伶、陳鶴欽、黃筱晴

(三)研究發展委員會：

主任委員：高書屏

委員：王宏仁、林登建、吳宗寶、吳聲鴻、黃文華、賴偉君、駱旭琛、蕭萬禧、謝福勝

總幹事：謝博丞

幹事：董荔偉、李孟娟

(四)獎章委員會：

主任委員：蕭輔導

委員：張元旭、曾清涼、曾國鈞、謝福來、劉正倫

幹事：由本會秘書處兼任

(五)教育訓練委員會：

主任委員：崔國強

委員：李文聖、朱上岸、陳俊達、黃建華、蕭介峰、葉文凱

總幹事：蕭泰中

幹事：林以恆

(六)國際事務委員會：

主任委員：周天穎

委員：盧鄂生、王聖鐸、陳惠玲、朱上岸、黃建華、高書屏

總幹事：葉美伶

幹事：邱明全、湯美華、陳家卉

(七)界址鑑定及諮詢委員會：

主任委員：盧鄂生

委員：邱仲銘、崔國強、謝福勝、駱旭琛、吳宗寶、吳相忠、蕭萬禧、王啟鋒、黃玉鐘

幹事：謝博丞

學會地址：408台中市南屯區黎明路二段335巷28號

網址：<http://www.cadastralsurvey.org.tw>

電子郵件：cscs.editor@gmail.com

運用降維演算於空間資料檢索效能改善之研究

穆青雲¹ 龔彬^{2*} 陳建甫³ 周大鈞⁴

論文收件日期：110.10.15

論文修改日期：111.05.10

論文接受日期：111.05.17

摘要

近年來，空間資訊技術廣泛用於車隊管理，減少定位與坐標轉換誤差，可以避免影響後續運送派遣及行車管理的規劃設計。過去在處理坐標轉換時，常遇到需要同時處理非常大量的批次坐標資料轉換問題，我們採用線性轉換坐標方法，先將經緯度之地理坐標轉換至臺灣常用 TM2 度之平面坐標。本研究是以二維坐標資料製作以 Y 坐標為主索引的降維資料表，再以二分搜尋法對降維資料表進行檢索，以及對未檢索到的區域進行撿拾補遺搜尋，再對所有候選點計算歐式距離，確保找到最近點。利用空間資料製作降維資料表，藉由快速檢索與減少歐式距離的計算量，為大量 GPS 資料尋找最近的道路，以提升大型車隊管理效率。本研究隨機取樣 1,000 筆及 2,000 筆模擬坐標點位，執行 20 次試驗，比較降維檢索與二維資料表窮舉計算歐式距離的結果差異，經過實證，降維演算明顯的改善運算效能，能解決龐大空間點位資料的檢索問題。

關鍵詞：二分搜尋法、大型車隊管理系統、全球定位系統、降維檢索、撿拾補遺搜尋。

¹ 助理教授，逢甲大學建設學院。

² 助理研究員，天眼衛星科技股份有限公司。

³ 副總經理，天眼衛星科技股份有限公司。

⁴ 資深工程師，天眼衛星科技股份有限公司。

*通訊作者，TEL: (04)24513012#276，E-mail: Kevin@skyeyes.tw。

A Study on Improving Spatial Data Retrieval Using Dimension Reduction Algorithm

Ching-Yun Mu¹ Pin Kung^{2*} Chien-Fu Chen³ Ta-Chun Chou⁴

Abstract

In recent years, spatial information technology has been widely used in fleet management to reduce positioning and coordinate conversion errors, which can avoid affecting the planning of dispatch and vehicle management. In the past, when dealing with coordinate conversion, we encountered the problem of converting large-scale batch coordinate data at the same time. First, we used the linear conversion method to convert the geographic coordinates to the plane coordinates of TM2 degrees commonly used in Taiwan. In this study, a dimension reduction data table with Y-coordinates as the main index is made from two-dimensional coordinate data, and the dimension reduction data table is retrieved by a binary search method with missing points search, and then the Euclidean distances are calculated for all candidate points to ensure that the nearest point is found. The dimension reduction data table is made by using spatial data, and the nearest road is found for large-scale GPS data by fast retrieval and reducing the computing time using Euclidean distance to improve the efficiency of large fleet management. This study randomly sampled 1,000 and 2,000 simulated coordinate points and performed 20 experiments to compare the difference between the results of the dimension reduction retrieval with exhaustive method in the two-dimensional data table. Through empirical study, the dimension reduction calculation can obviously improve the computational efficiency and solve the retrieval problem of searching huge spatial point data.

Keywords : Large Fleet Management System, Global Positioning System, Binary Search Method, Missing Points Search, Dimension Reduction Retrieval

¹ Assistant Professor, College of Construction and Development, Feng Chia University

² Assistant Researcher, SkyEyes GPS Technology Co., Ltd.

³ Vice General Manager, SkyEyes GPS Technology Co., Ltd.

⁴ Senior Engineer, SkyEyes GPS Technology Co., Ltd.

*Corresponding Author, Tel: +886-4-24513012 ext. 276, E-mail: Kevin@skyeyes.tw

一、前言

近年來，人們透過線上網路購物成為新常態，使得物流配送需求增加，尤其 2020 至今受到疫情影響造就物流運送的蓬勃發展，物流車隊管理（Logistics Fleet Management）處理物流配送目標是減少出貨發生狀況影響交貨時間。車隊管理使用全球衛星定位系統（Global Positioning System, GPS）技術，由於 GPS 本身存在誤差，而且臺灣點到點的距離較為接近，可能影響運送派遣規劃，必須減少大型貨車運送誤差。

在建置物流車隊管理系統，使用數值地圖是不可或缺的工具。本研究使用車輛行駛中回傳之行車紀錄 GPS 坐標，並且提高 GPS 點位坐標落於實際道路上的比例。由於不同的坐標系統的定義不同，需要透過坐標轉換才能使用。在目前網路上提供許多坐標轉換工具，但是要直接處理車隊管理系統有非常大量批次坐標轉換是有困難的，而且三維地圖轉換為二維地圖一定會產生誤差，因為經緯線不是直線，是屬於曲線函數。地理坐標使用屬於球面直角坐標方式表示經緯度，TM2 度則是將球面直角坐標以等角投影呈現（趙忠明等人，2017）。目前在臺灣是透過標準的國際橫麥卡托投影坐標系統，將立體三維的地球轉變成平面二維地圖，高緯度放大會產生失真。由三度空間球面概念的 WGS84 地理坐標之經緯度轉換為 TWD 97 TM2 度分帶平面坐標可以計算出 X 與 Y 的誤差值（穆青雲，2015）。由於考量精確度與涵蓋範圍，有不同的切割帶狀寬度，當切割細接近平面變形小，但是拼接麻煩，當送貨點位距離相近，取不同小數點位數會影響誤差大小（趙忠明等人，2017）。我們將所有 GPS 點位 WGS 84 經緯度坐標，即時利用線性坐標轉換方程式，考量投影範圍跨 2 個經度，以及 2 分帶的切割坐標系統較為精準，轉換成 TWD 97 TM2 平面坐標。本研究是在容許誤差範圍內，有效規劃可行路徑，預期改良貨物運輸效能。

當作業車輛位於廠區、空曠地區、無路名的路段或未建置空間資料的地點時，在後端系統無法快速顯示車輛的位置匹配到道路，運輸作業後的報表也無法以文字呈現移動過程，影響管理機制的完整性。因此，本研究將深入探討利用空間資料製作降維資料表，藉由快速檢索及減少歐式距離計算量，為大量 GPS 資料尋找最近道路，以提升管理效率。

二、文獻回顧

車隊物流管理常遇到需要進行坐標轉換的工作，使用坐標轉換面臨許多誤差的處理與探討，產出的坐標點位後續用於車輛路徑問題（Vehicle Routing Problem, VRP）規劃演算；因此，坐標轉換在車隊管理中，是一項非常重要的前置作業。過去文獻討論過轉換方法使用到啟發式演算，例如劉時偉（2007）提出遺傳規劃法是利用遺傳演算法（Genetic Algorithm, GA）為基礎改良而來的，處理 TWD67 與 TWD97 兩種坐標系統轉換；林老生與王奕鈞（2007）則是利用神經網路演算處理 TWD67 及 TWD97 之間的轉換。史天元（2010）提出 TM2 度與經緯度的坐標轉換數值運算過程影響。穆青雲（2015）提出線性坐標轉換方法，比較轉換後的平面坐標與 GIS 軟

體工具產出轉換後坐標值之間的誤差值；經實證結果，線性坐標轉換方法用於不同坐標系統轉換可大幅提升效率且有較小的轉換誤差。Ye 等人（2016）則是延伸更多線性坐標轉換方法的研究與應用。李昱德（2017）使用不同的參數與基準處理坐標系統，例如最小二乘法、穩健加權總體最小二乘法結合不同的函數、加權總體最小二乘法等方法，處理 TWD67 與 TWD97 坐標系統轉換。洪翎嘉（2018）使用網際網路地圖最常使用的投影方式為網際網路麥卡托投影，包含有三維及二維地圖，包括 Google、ArcGIS、國土測繪等相關資料，並且探討最常見的二維地圖與量測精確度。

在數據點位處理及檢索之研究，趙忠明等人（2017）提到離散樣本點有一維線插值及二維面插值方法，可以處理坐標資料的投影轉換；並且透過資料查詢索引可以處理大數據資料。趙忠明等人（2017）提到處理向量資料的大型空間索引可使用 R 樹、CELL 樹等方法，Yao 與 Li（2018）則是回顧近幾年的空間索引方法，應用 K-D 樹、G 樹等解決空間向量大數據資料問題。由此可知，索引在資料庫管理中屬於非常重要的技術，尤其空間點位屬於複雜的多維度資料，必須提供加快資料查詢速度的方法以利於進行後續研究工作。在搜尋法的研究中，楊濃代（2003）提出使用二分搜尋法（Binary Search）、線性搜尋法（Linear Search）及二分搜尋後線性搜尋方法應用於鐵路運輸。周大鈞（2019）則是提到線性搜尋法、二分搜尋法、插補搜尋法（Interpolation Search）共三種方法的討論。線性搜索的好處是不需任何整理的資料表，透過逐一進行檢查及比對方式進行搜尋；插補搜尋法是常用於分布較為均勻的資料進行搜尋；而研究則是採用二分搜尋法與檢拾補遺找最近點，加速原先只有利用地圖匹配（Map Matching）演算法處理大型車隊有大量空間資料點位需進行對應到地圖上之道路工作。Mu 等人（2021）延伸穆青雲（2015）文獻研究，提出利用多層交通路網之組合，結合地圖匹配演算與統計檢定驗證網格資料結構查表法，能處理更多大量的資料儲存於智慧車隊管理系統問題，結果顯示查表法有較佳的效率表現，確實解決目前在大型貨車之應用問題案例。

三、研究方法

一般在建置大型智慧車隊管理系統中，最常遇到的問題是處理誤差及運算效率問題，在許多數值地圖的製作，會使用不同的投影方式，或是採用坐標轉換處理各種不同專案，加上全球衛星定位系統 GPS 本身也有定位偏移的問題，所以要規劃在可容許範圍內誤差來執行車隊管理。過去研究會利用地圖匹配演算就是將車輛 GPS 接收到的坐標，對應至地圖上的道路，判定車輛所在位置的道路名稱，然而部分地點仍有匹配不到道路之問題，面對日益增加的 GPS 回傳資料，若對每個未定位至道路的回傳點位，以歐式距離計算至所有道路的頂點，判斷最靠近哪一條道路，將耗費許多的計算時間。

本研究提出檢索改良方法能有助於管理車隊降低誤差發生及提升演算執行效能。我們使用交通部提供的交通資訊基礎路段編碼，有詳細的道路分段及路段編碼為基礎，以及採用逢甲大學 GIS 中心的電子地圖，製作道路中心線單線資料（穆青

雲，2015），且一般的道路路網是以折線（Polyline）的向量格式紀錄道路中心線，可見其起迄與轉折位置。因此整個程序是使用 GIS 軟體載入全國路網道路中心線的向量資料，進行路段切割、道路中心線繪製緩衝區（Buffer）及等距擷取環點來組成頂點（如圖 1），當擷取的距離越小，擷取到的頂點數會越多。頂點距離長短，會影響路段面的解析程度，當頂點距離愈短，解析能力愈好，但是資料量也會愈大。本研究以每 50m 距離於各個多邊形的周圍擷取環點，當取得這些路段的頂點坐標，紀錄成為二維資料表於車隊管理系統中。

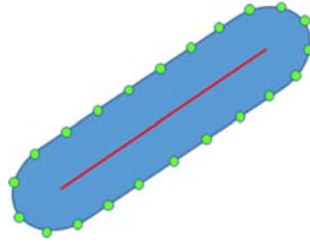


圖 1 道路中心線與頂點（周大鈞，2019）

若將二維坐標路段資料表使用窮舉對每個點計算歐氏距離，會非常消耗電腦資源是不可行，由於從資料庫可以看出 X 與 Y 坐標是有順序性的，本研究針對周大鈞（2019）提出的演算法做延續深入研究與探討。演算法步驟為採用二分搜尋法尋找已平分上下兩部分資料表之中間值，經反覆尋找，當中間值為尋找目標則搜尋結束。當存在可能的候選點位，必須透過計算與樣本點位確定距離是否最短，但仍有可能錯失最近的點位，此時加入撿拾補遺（Missing Points Search）方法能使此演算法進一步確認是找到兩點位之間最短距離。換句話說，以二維坐標資料製作以 Y 坐標為主索引的降維資料表，再以二分搜尋法對降維資料表進行檢索，以及對未檢索到的區域進行撿拾補遺，對所有候選點計算歐式距離，確保找到最短距離的最近點。研究流程架構如圖 2。本研究可透過有效檢索，從大量樣本點中，快速找到小規模的候選點，將歐式距離的計算數量降至最低，有助於解決龐大空間點位資料的檢索問題。

本研究先定義要檢索的範圍，找到一個樣本點位為 C，將檢索區域依 Y 坐標往上往下制訂檢索範圍，這一檢索範圍是包含樣本點位的範圍，樣本點位在橫向範圍及縱向範圍的中間位置，可大幅降低計算距離資料處理的工作量。資料庫是以 Y 資料作為索引，將相同 Y 坐標點位組織成為陣列，並且對 Y 的資料進行排序。接著使用二分搜尋法主要概念是將目標值與陣列的中間值進行比較，去掉與目標較小或較大的一半，繼續搜尋剩餘的一半，每一次的搜尋會使得範圍縮小一半，再次將中間值與目標值進行比較，重複此步驟，直到找到最近 C 的 j 列。在使用二分搜尋法之前，先將二維資料表某一軸進行排序，由於臺灣的地形屬於狹長形狀與道路分布，我們採用 Y 坐標為主鍵值方式由大到小進行排序整理。以樣本點位中 Y 為標準對其定位，劃定 Y 上下若干行為範圍，從資料庫中提取橫向範圍中的點位資料，計算樣本點位分別與這些點位資料的距離，並從中選定最近點位與計算其最小距離。

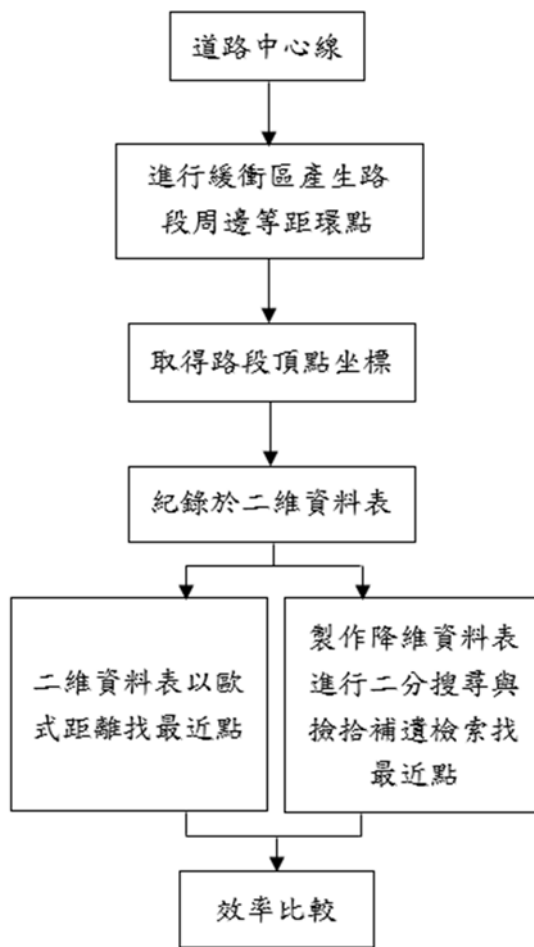


圖 2 研究流程圖

如圖 3 為例，當劃定的檢索橫向範圍寬度過窄不夠時，位於樣本點位 C 接近正上方或正下方的點位資料可能落在橫向範圍之外，原來選定的最近點位 P 點並不真是最近的點位。在搜尋到最近的備選 Y 坐標列時，僅有針對該坐標列往上及往下各多取 5 列的 Y 坐標作為候選列，其中 K1、K2、K3 三點與 P 點距離比較，發現 P 點不是最近點，而這 3 個點卻在取出的最近距離候選點位範圍以外。以前面選定的最小距離為橫向範圍上半部的寬度，將其原橫向範圍寬度擴大，把有可能成為最近的點位擴充進來，從而在檢索區域中找到確定與樣本點位 C 最近的點。因此，透過此整個搜尋可能遺漏的最近點位方法，可以確定找到最近點位。

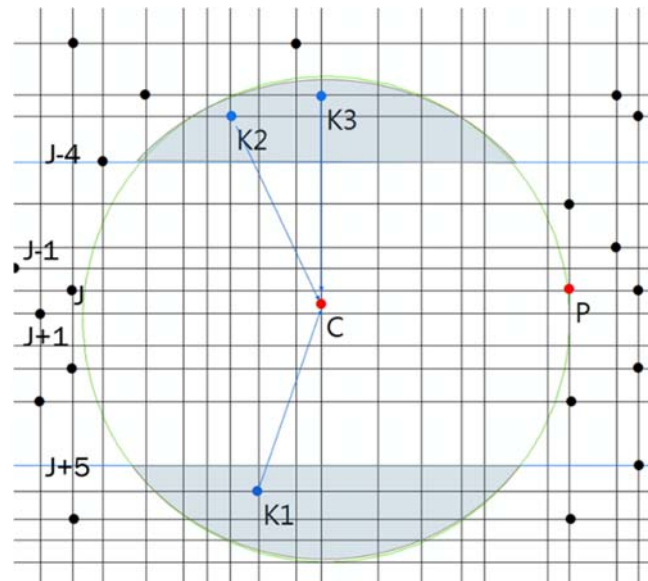


圖 3 以初次選到最近 P 點畫圓檢索可能遺漏的點位 (周大鈞, 2019)

完成以上的檢索工作，比較其降維檢索與原始二維資料窮舉計算歐式距離之效率，改良原有的向量空間形式的地圖匹配。距離公式最為常見有三種度量方法，分別為歐式距離、曼哈頓距離及餘弦距離。本研究採用歐式距離公式計算點到點之間的距離。本研究透過資料檢索的加強搜尋，降低誤差發生，當資料集群當中獲取出來，才能實施後續相對應的各種處理措施。

四、研究結果與分析

本研究收集臺灣某大型物流車隊以 4G 回傳的 GPS 坐標點位，建立資料數據庫，目前使用的電腦規格為 Intel Core i7-4770 CPU @ 3.40GHZ，RAM 16 GB，作業系統版本為 Microsoft Windows 10。本研究將路段範圍的頂點坐標存於二維資料表，總共超過 250 萬個以上的離散點位。臺灣地形屬於狹長的南北向，以縱向 Y 坐標為主索引。為了減少資料處理工作量，將所有資料利用平移概念，將 Y 坐標調整為整數值，以降低計算量與縮小資料庫規模。第一欄儲存 Y 坐標共有 341,073 列，第二欄之後儲存 X 坐標，在單一 Y 列裡最多 X 坐標有 53 個，所有 Y 列的 X 坐標平均個數有 7.6 個；其中 Y 坐標資料不能空白且不重複。將 Y 坐標數值由大到小排序，其數值之間の間隔不是等距，而 X 欄至少會有 1 個數值。再者，為了將 X 坐標與道路編碼儲存於同一欄，所以 X 欄位的編碼方式，小數點前面是 X 坐標值整數，小數點後是道路編碼。這樣的紀錄方式為了提升檢索時間，當檢索到某 Y 列的 X 坐標時，能夠一併獲得該點位的路段編碼，節省尋找道路編碼的時間。完成後的降維資料表部分顯示如表 1。本研究依據大型物流車隊的車輛回傳 GPS 定位坐標資料，至車隊管理電腦主機進行運算，隨機取樣 1,000 筆、2,000 筆為樣本點位，其點位皆在台灣本島內，已經去除造成誤差的離群值，其中原本二維資料表與降維資料表的路段匹配編碼結果相同，並且進行 20 次的搜尋最近點效率比較，距離度量方法採用歐式距離計算。

表 1 降維資料表部分數值結果展示

Y	X1	X2	X3	...	X51	X52	X53
375703	158091.2061	NULL	NULL		NULL	NULL	NULL
375702	154910.2061	NULL	NULL		NULL	NULL	NULL
375699	154946.2078	NULL	NULL		NULL	NULL	NULL
375698	159194.207	NULL	NULL		NULL	NULL	NULL
375697	154901.2061	158028.1401	159242.2029		NULL	NULL	NULL
375692	158166.2004	NULL	NULL		NULL	NULL	NULL
375690	159775.1401	NULL	NULL	...	NULL	NULL	NULL
375686	155024.2078	158196.2061	159274.207		NULL	NULL	NULL
375683	155004.2061	160086.1401	NULL		NULL	NULL	NULL
375680	155022.2004	NULL	NULL		NULL	NULL	NULL
375678	154865.2004	158066.1402	NULL		NULL	NULL	NULL
375677	158067.1402	158130.2046	160025.1402		NULL	NULL	NULL

接著比較二維歐式距離計算與降維檢索計算的運算效率，當有 1,000 筆樣本點位時，二維資料表使用窮舉對 250 萬個點位計算歐式距離，圖 4 為執行程式第 1 次的檢索結果圖形，執行 20 次的結果整理於表 2，平均運算時間是 1,676.345 秒，所以每筆花費快 2 秒時間。透過降維資料表只剩 341,073 列的運算，平均運算時間為 3.51 秒，所以每筆只需要約 0.004 秒時間，所以 20 次的平均處理效率提升 477.59 倍。由於電腦執行大量點位會影響運算效能，秒數會有些微差異，每次的時間計算並不會呈現正相關增加。由表 2 可以看出，降維檢索的標準差比較小，代表其在執行大量計算時，會比使用二維歐式距離還要穩定。

```

Seq : 996      Distance : 16.5529453572468      Node_id : 2080539
耗時 : 1674.7913 ms
-----
Seq : 997      Distance : 36.4005494464026      Node_id : 813
耗時 : 1666.397 ms
-----
Seq : 998      Distance : 13.6014705087354      Node_id : 1401357
耗時 : 1712.3124 ms
-----
Seq : 999      Distance : 13.0384048104053      Node_id : 2003072
耗時 : 1717.9601 ms
-----
Seq : 1000     Distance : 11.1803398874989      Node_id : 2002040
耗時 : 1687.2971 ms
-----
Total time    耗時 : 1687287.3539 ms
    
```

圖 4 二維資料表第 1 次檢索結果

表 2 模擬 1,000 筆運算結果 (單位：秒)

次數	二維歐式距離計算時間	降維檢索計算時間
1	1,687.3	3.6
2	1,707.0	3.7
3	1,674.2	3.6
4	1,707.2	3.6
5	1,674.8	3.6
6	1,678.1	3.3
7	1,723.4	3.9
8	1,711.6	3.5
9	1,733.3	3.4
10	1,707.4	3.4
11	1,699.5	3.3
12	1,699.0	3.3
13	1,702.3	3.7
14	1,704.0	3.3
15	1,702.7	3.4
16	1,595.2	3.6
17	1,612.0	3.4
18	1,612.3	3.6
19	1,594.4	3.4
20	1,601.2	3.6
平均時間	1,676.345	3.51
標準差	45.9164	0.1651

觀察表 2 之時間秒數，兩種方法看起來有很大的差異，但是仍然需要透過統計方法驗證，檢定兩組樣本的平均值是否不同 (Ott 與 Longnecker, 2015)，將虛無假設 (Null Hypothesis) 訂為兩種方法的平均數相同，因為二維資料表與降維資料表有關，使用成對樣本 t 檢定 (Paired Sample t test)，本研究使用 SPSS 統計軟體，執行比較兩組樣本的平均值是否有差異。將結果整理為表 3 得知，在 $\alpha=0.05$ 的水準下，檢定統計量 p 值等於 0.000 小於 0.05，因此拒絕虛無假設，所以兩種方法的平均時間是不一樣的，有顯著性的差異，代表降維檢索計算的效率確實有顯著的提升。由表 4 可以看出當模擬次數增加到 2,000 筆樣本點位，與表 2 的 1000 筆作比較，二維歐式距離計算與降維檢索的平均時間大約是 2 倍以上增加。二維歐式距離計算 20 次，在 1,000 筆樣本點位的樣本標準差為 45.9164；2,000 筆樣本點位時，樣本標準差大幅增加為 90.2505。降維後的降維檢索計算 20 次，在 1,000 筆樣本點位的樣本標準差只有 0.1651，在 2,000 筆樣本點位的樣本標準差是 0.2291，透過圖 5 可以看出降維檢索標準差增加幅度很小，整體效能較為穩定。

表 3 檢定兩樣本平均數結果

模擬 1000 點	成對樣本檢定		
	<i>t</i> 值	自由度	<i>p</i> 值
二維 vs.降維	162.929	19	0.000

表 4 模擬 2,000 筆運算結果 (單位：秒)

次數	二維歐式距離計算時間	降維檢索計算時間
1	3,221.3	7.6
2	3,202.0	7.6
3	3,184.8	7.2
4	3,432.5	7.6
5	3,334.0	7.3
6	3,350.2	7.2
7	3,320.7	7.6
8	3,465.7	7.5
9	3,502.7	7.1
10	3,442.0	7.2
11	3,398.0	7.1
12	3,478.6	7.8
13	3,367.2	7.7
14	3,417.8	7.2
15	3,386.4	7.6
16	3,298.1	7.6
17	3,404.6	7.6
18	3,353.2	7.2
19	3,276.4	7.6
20	3,400.5	7.2
平均時間	3,361.835	7.425
標準差	90.2505	0.2291

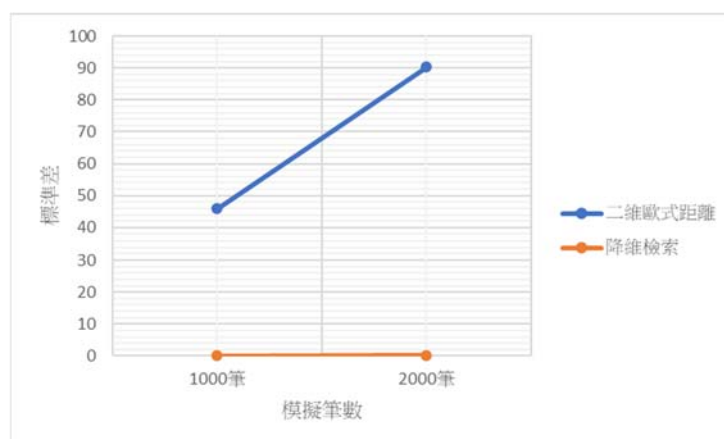


圖 5 兩種方法標準差數值比較

五、結論與未來研究

資料量的增加速度通常高於電腦效能的提升速度，要解決大量資料的處理問題，必須靠提升檢索速度。本研究透過先製作降維資料表進行二分搜尋及撿拾補遺，大幅減少歐式距離的計算量，明顯提升運算效能。電腦硬體不斷地推陳出新，在符合成本考量下，提升設備確實能提升運算效能，但是當資料大量增加時，只靠電腦硬體無法滿足問題規模的成長速度。當車輛行駛在空曠地區或無路名路段，以及空間資料建置不足情況下，使用網格資料索引方法，會有 GPS 回傳坐標沒落在網格資料的狀況發生（穆青雲，2015），使用其他空間索引方法仍可能遇到空間資料建置不足影響到索引的問題，透過本研究提出的方法，可以改善檢索效率，並且獲得正確地圖匹配的資訊點位。本研究採用歐式距離，未來研究可使用曼哈頓距離與餘弦距離探討與比較。橫向範圍的選取也會影響檢索速度，未來會再結合其他演算方法作改善。

參考文獻

- 史天元，2000，橫麥卡脫（TM）坐標與經緯度轉換，《地籍測量》，第 19 卷，第 2 期，頁 1-10。
- 李昱德，2017，《穩健加權總體最小二乘法於三維坐標轉換之研究》，國立中興大學土木工程學系碩士論文。
- 林老生、王奕鈞，2007，應用神經網路在地籍資料 TWD67 與 TWD97 坐標轉換之研究，《台灣土地研究》，第 10 卷，第 1 期，頁 53-69。
- 周大鈞，2019，《利用單點空間數據檢索方法提升巨量空間資料地圖匹配效率》，逢甲大學都市計畫與空間資訊學系碩士論文。
- 洪翎嘉，2018，《網際網路地圖上之量測精度探討》，國立臺灣師範大學地理學系碩士論文。
- 楊濃代，2003，《台鐵捷運化營運分析方法探討》，國立成功大學土木工程學系碩士論文。
- 趙忠明、周天穎、嚴泰來，2017，《空間資訊技術理論及其應用－理論基礎篇》，第二版），臺北市：儒林圖書公司。
- 劉時偉，2007，《利用遺傳規劃在 TWD97 與 TWD67 二度 TM 坐標轉換之研究》，元智大學資訊管理學系碩士論文。
- 穆青雲，2015，《利用線性坐標轉換與不同空間資料索引結構提升空間巨量資料地圖匹配效率》，逢甲大學土木及水利工程博士學位學程博士論文。
- Mu, C.-Y., Chou, T.-Y., Hoang, T.V., Kung, P., Fang, Y.-M., Chen, M.-H. and Yeh, M.-L., 2021. Development of multilayer-based map matching to enhance performance in large truck fleet dispatching. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, 10(2), pp. 79.

- Ott, L. and Longnecker, M., 2015. *An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis*, 7th ed., Cengage Learning: Boston, MA, USA.
- Yao, X. and Li, G., 2018. Big spatial vector data management: A review. *Big Earth Data*, 2(1), pp. 108-129.
- Ye, S. J., Yan, T. L., Yue, Y. L., Lin, W. Y., Li, L., Yao, X. C., Mu, Q. Y., Li, Y. Q. and Zhu, D. H., 2016. Developing a reversible rapid coordinate transformation model for the cylindrical projection. *Computers and Geosciences*, 89, pp. 44-56.

以 WebGIS 與 MIS 整合建置

用地取得暨工程生命週期整合應用系統

賴亞伶¹ 邱亮瑜² 陳美心³ 陳思云^{4*} 鄭如閔⁵

論文收件日期：110.10.15

論文修改日期：111.05.12

論文接受日期：111.05.24

摘 要

政府興辦各項重大公共建設或實施國家重要政策，不僅可以促進經濟發展，更可持續提高國民生活水準，其中，水利工程乃水利署發展國家重大建設與民眾安全的根基之一，各項水利工程建設要能順利施作，從工程勘查、用地取得至工程施工完成，每一執行階段過程之進度與執行內容，都是非常重要的資料，為能有效記錄與保存水利工程建設執行生命週期各階段歷程資料與提供空間分布資訊，即需運用系統相關技術進行 E 化管理並進行相關資訊整合應用，以達到水利署水利工程用地智慧化管理之目標。

水利署水利工程用地取得與建設業務，其執行人員遍及全臺所屬機關，為推廣與宣導該業務執行流程與注意事項，透過建立水利工程用地取得標準作業流程及相關規範(Standard Operating Procedure, SOP)以利業務人員遵循，另為能有效及時掌握工程用地取得整體業務執行進度與成果的落實，導入業務資訊化管理(Management Information System, MIS)及空間化管理(Geographic Information System, GIS)技術，透過建置「用地取得暨工程生命週期整合應用系統」，以推動水利署工程用地取得業務流程 E 化管理並得以將歷年重要資訊保存，且透過空間化資訊輔助，大幅降低過去填報及資訊蒐集之時間與人力成本，並提昇用地取得作業管控與管理之效能。

關鍵詞：水利工程、用地取得、空間資訊、資訊整合

¹ 科長，經濟部水利署土地管理組。

² 助理工程司，經濟部水利署土地管理組。

³ 處長，逢甲大學地理資訊研究中心。

⁴ 副處長，逢甲大學地理資訊研究中心。

⁵ 規劃師，逢甲大學地理資訊研究中心。

*通訊作者，TEL：(04)24516669#670，E-mail：lucky@gis.tw。

Build Land Acquisition and Construction Lifecycle Integration and Application System by integrating WebGIS and MIS

Ya-Ling Lai¹ Liang-Yu Ciou² Mei-Hsin Chen³ Sz-Yun Chen^{4*}
Ju-Min Cheng⁵

Abstract

The government established various major infrastructure or implement important national policies. It can not only promote economic development, but also sustainably improve people's standard of living. Besides, water resources engineering is one of the foundations for the development of major national construction and civil aid to the Water Resources Agency. Various water resources engineering must be able to be implemented smoothly. From project investigation, land acquisition to completion of engineering construction, the data of the progress and execution content of each performing stage is very important. To effectively record and preserve the life cycle of implementation of water resources engineering and historical data of each stage, and provide the information of spatial distribution. It needs to use the system-related technologies for e-management and integrate relevant information to achieve the goal of intelligent management for water resources engineering of Water Resources Agency.

Water resources engineering land acquisition and construction business of Water Resources Agency, and its executors are all over Taiwan's subordinate agencies. In order to promote and publicize the business implementation process and precautions. Through the establishment of SOP (standard operating procedures) of water resources engineering land acquisition to let the sales executive follow. Besides, to effectively and promptly grasp the land acquisition to obtain the overall business implementation progress and the implementation of the results, we import the technology of MIS (Management Information System) and GIS (Geographic Information System). Through the establishment of "Land Acquisition and Construction Lifecycle Integration and Application System", we promote the e-management of the business process of the land acquisition of Water Resources

¹ Division Chief, Land Management Division. Water Resources Agency.

² Assistant Engineer, Land Management Division. Water Resources Agency.

³ Director, Gis Research Center. Feng Chia University.

⁴ Vice Director, Gis Research Center. Feng Chia University.

⁵ Planner, Gis Research Center. Feng Chia University.

*Corresponding Author, TEL: +886-4-24516669#670, E-mail: lucky@gis.tw.

Agency, and save important information over the years. In addition, through the assistance of spatial information, it greatly reduces the time and labor costs of filing and information collection before, and improve the effectiveness for control and management of land acquisition.

Keywords : Water Resources Engineering, Land Acquisition, Spatial Information, Information Integration

一、前言

在智慧國土之發展目標下，土地取得為政府機關興辦各項重大公共建設或實施國家重要政策之首要工作，透過公共建設之投資與政策發展不僅可以促進經濟發展，更可持續提高國民生活水準。土地是所有建設發展之基礎，各項工程建設進行過程中，影響最為深遠的就是用地取得之困難，故水利工程用地取得即為水利署整體計畫中非常重要之環節，若無法順利完成用地取得作業，勢必造成建設發展時程延宕，不僅會增加施工興建延遲成本，更會嚴重影響整個工程的推展進度。

工程用地順利取得與運用得宜，可有效協助水利署各大重要工程順利施行，目前水利工程用地主要取得方式包含先期作業、徵收、撥用、協議價購等項目，用地取得後執行工程施作，從規劃作業起始、經歷細部計畫、施工規劃、時程安排、施工文件製作審查管理、協力廠商管理等作業項目繁多，透過流程規劃與資訊化輔助可有效管理各項工程用地取得進度、經費執行與其成果，藉此強化水利署土地業務執行之深度與準度，進而達到工程施作順遂及提昇土地利用價值之目的。

過去業務人員於先期作業時需耗費大量時間了解土地基本資料(公有地、私有地、權屬等)，以估算該工程用地取得之經費，且經常因調查困難與經費難以預估導致用地取得時程過長，嚴重影響後續水利工程施作，且因工程用地取得資料管理範圍龐雜，且資料具有多元性、分散性、差異性等，在跨部門之資訊整合困難。為減少業務人員作業之負擔，而建置「用地取得暨工程生命週期整合應用系統」，藉由 MIS 資訊整合、GIS 地理資訊、資料庫及 API 服務進行全方位管理，近年來在公共行政 MIS 被視為協調與整合資訊之工具，支援各行政面或規畫面之業務控管(韓慧林等，2012)，另納入 GIS 地理資訊元素，利用可視覺化的地圖來進行分析，將複雜資訊達到時間與空間上的綜合呈現，協助管理者了解整體空間趨勢(廖興中，2020)，基於這些資訊整合方法，得以掌握業務執行與系統管理全貌資訊，使水利署工程用地取得業務流程運作更為順暢。

二、系統目的

世界各國智慧政府計畫持續強調創新科技應用、永續發展與數位民主，以及朝向數位轉型，善用資料與數位新興科技，提供政府服務、改善施政效能，進而為社會創造更多公共價值，是世界各國政府推動數位化治理的主要目的之一。近年來，不少先進國家提出資料分析及數位科技運用相關策略，以加強公共政策與服務品質，隨著政府數位能力漸趨成熟，數位治理以發展資料為核心之政府決策環境與能力，建立高品質、高流通、高價值及創新敏捷之資料治理楷模為目標，強化政府施政決策品質。

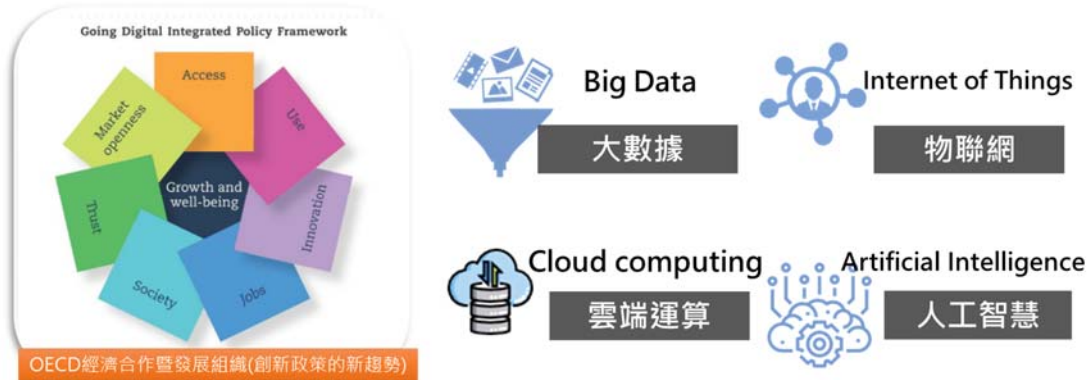


圖 1 政府數位治理趨勢

土地是所有建設發展之基礎，各項工程建設進行過程中，影響最為深遠的就是用地取得之困難，故水利工程用地取得即為水利署整體計畫中非常重要之環節，若無法順利完成用地取得作業，勢必造成建設發展時程延宕，不僅會增加施工興建延遲成本，更會嚴重影響整個工程的推展進度。工程用地順利取得與運用得宜，可有效協助水利署各大重要工程順利施行，目前水利工程用地主要取得方式包含先期作業、徵收、撥用、協議價購等項，不同用地取得方式均有不同之作業流程。為使各業務單位人員與新進人員能快速瞭解工程用地取得作業模式，即依據不同用地取得方式訂定「水利工程用地取得標準作業流程及相關規範（SOP）」，納入各業務執行階段細部流程圖、注意事項、文件範本及法規資訊，使用地取得作業的流程一致化；藉由無縫式 E 化管理，各業務單位可依據作業控管流程呈報用地取得進度與執行內容，而各級主管與計畫控管人員亦可立即掌握案件進度、經費及與成果等全貌資訊並透過空間分布與統計技術，輔助整體業務執行，使水利署工程用地取得業務流程運作更為完整與一貫化。



為使水利署各項工程用地取得等業務順利且有效率執行，基於水利署建立之「水利工程用地取得標準作業流程及相關規範(SOP)」，提供各業務單位據以遵循，並建置「用地取得暨工程生命週期整合應用系統」進行各項用地取得案件管理，透過整體 E 化流程規劃與資訊化輔助可有效管理各項工程用地取得進度、經費執行與其成果，協助水利署有效提升業務效益。

除業務生命週期流程管理外，在空間技術應用上，透過介接內政部地籍資料以及水利署河川區域線與用地範圍線等水利相關圖資，提供快速套疊與周邊土地資訊，讓使用者得以追蹤水利用地之最新資料及周遭環境地理資訊，更能有效率估算土地經費預算，並建立行動化裝置使得資訊能不受限地域等條件影響，發揮資訊即時傳遞性。系統除了提供使用者在整體案件流程管理之便利性，其圖臺及空間資訊的技術整合亦幫助快速掌握土地、河川範圍及案件相關資訊及空間化分布情形。系統整合包含用地取得案件、工程勘評案件、水利工程案件、土地財產空間化資料、空間化分布資料及提供業務行動化應用輔助模組等，如圖 3 所示。



圖 3 用地取得暨工程生命週期管理應用策略

整體目標：

1. 基於水利工程用地取得業務流程建置 E 化資訊系統，資訊化輔助及監控工程用地取得業務資訊整體流程，提升業務效率。
2. 完成整合跨單位多元圖資空間化平台，將不同單位之資訊透過單一平台進行展示與查詢統計，掌握歷史用地取得資料分布情形，發揮活化效益。
3. 建置行動化查詢平台，提供使用者不受時間、地點、網域之限制，隨時可查詢工程資訊、執行狀況、經費支用、施工進度，有效掌握工程執行成效。

三、系統技術

「用地取得暨工程生命週期整合應用系統」所建構之管理主題圖臺以地理資訊系統為主軸，提供空間導向之決策資訊功能，系統有別於一般傳統圖臺系統的架構，需購買 ArcGIS Server 或是 Google Maps API，才能進行圖資套疊與客製化開發功能，且每年依照原廠更新需花費昂貴的維護費用，為開源節流並能符合水利署業務之需求，「用地取得暨工程生命週期整合應用系統」以開放授權之圖臺框架為架構，以 GeoServer 搭配 Open Layers 的國際標準進行開發，伺服器放置於水利署機房，且配合系統開發標準，以及資安相關規定，讓在符合資安規範下進行開發與使用，以利使用者查詢使用，系統使用之技術如圖 4 所示。



圖 4 GeoServer 支援國際主流的 GIS 相關標準

GeoServer 是以 Java 為基礎所開發 GIS 地圖程式，其目的在提供發布地圖相關服務，同時也允許使用者編輯、更新資料，便於使用者、應用系統之間快速共享資料訊息。GIS 圖臺採用最新 HTML5 技術結合開放地圖前端元件 OpenLayers 開發系統操作介面，GIS 圖臺核心引擎則採用與國際接軌之 GeoServer 圖臺，能夠有效客製化使用者需求之底圖與 GIS 圖層圖資，並可輕易結合各單位所發佈之 WEB Services、KML、WMS Server 等相關服務。

(一) 符合國際主流標準，高彈性開發架構

GeoServer 有實做國際開放地理協會(Open Geospatial Consortium, OGC)的標準網路圖徵服務(Web Feature Service, WFS)，同時也符合網路地圖服務(Web Map Service, WMS)標準，在網路地圖系統中扮演核心運算的角色。GeoServer 是一套可架設於各種系統之上，使用者透過網路修改、發布地圖資料，同時支援許多主流的商用規格，如 Shapefile、PostGIS 等，並可轉成多種輸出格式，包括 KML、OpenLayers 等，並支援多數地圖 API，包括 Google Maps、Google Earth、ESRI ArcGIS Service、Open Street Map 等。針對用地取得暨工程生命週期整合應用系統 GeoServer 接取資料庫並即時發布圖層服務，支援多元圖層套疊以及圖磚底圖，系統應用成果如圖 5 所示。

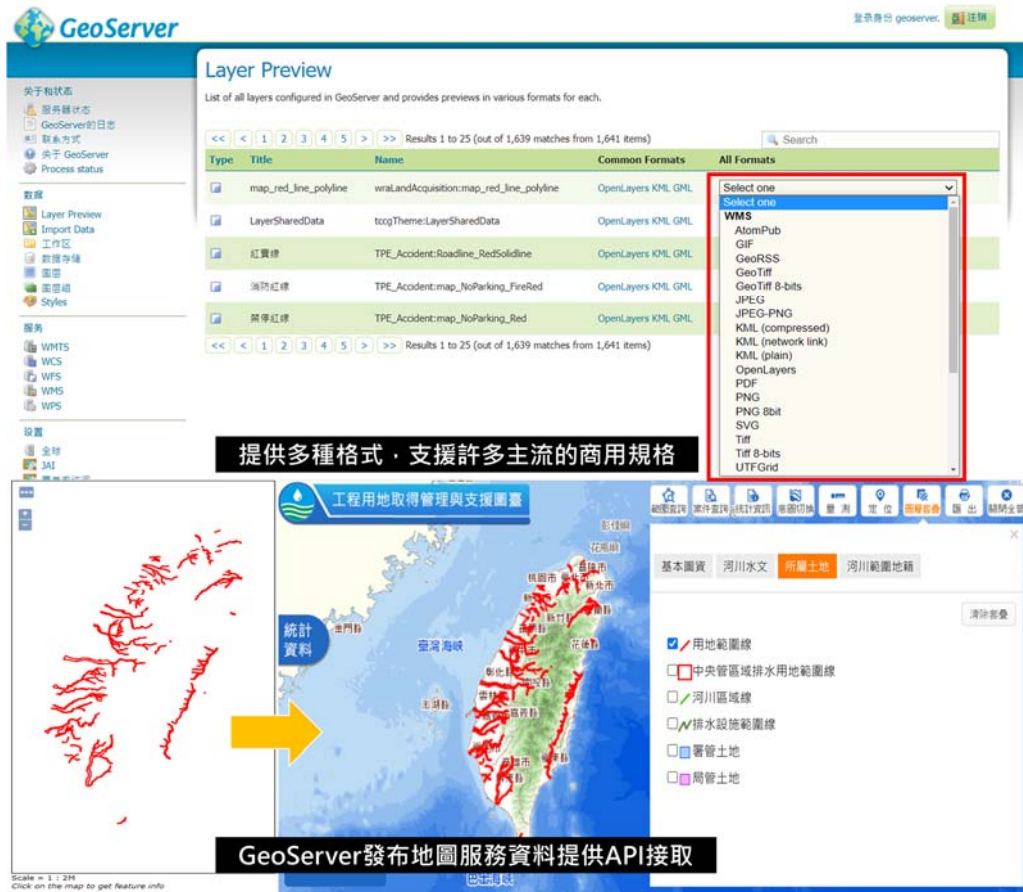


圖 5 系統 GeoServer 圖資發布成果

(二) 符合 HTML5 動態網頁技術，強化使用者操作親和性

HTML5 作為包含 HTML、JavaScript 和 CSS 在內的程式語言，在不斷更新與開發後，幫助「用地取得暨生命週期整合應用系統」更靈活地呈現出許多互動內容，如彈性框選用地範圍，進行公、私有土地判識與統計，讓使用者更容易操作與快速取得土地重要資訊，系統應用成果如圖 6 所示。



圖 6 結合 HTML5 技術成果

(三) 完整的地理資訊分析模組，可應用於空間分析、展示效能之強化

空間分析能力是 GIS 重要的功能，地理分析模組除了幫助進行土地距離、面積測量的展示，同時利用套圖及案件連結幫助分析使用者需要之用地資訊展現，系統應用成果如圖 7 所示。

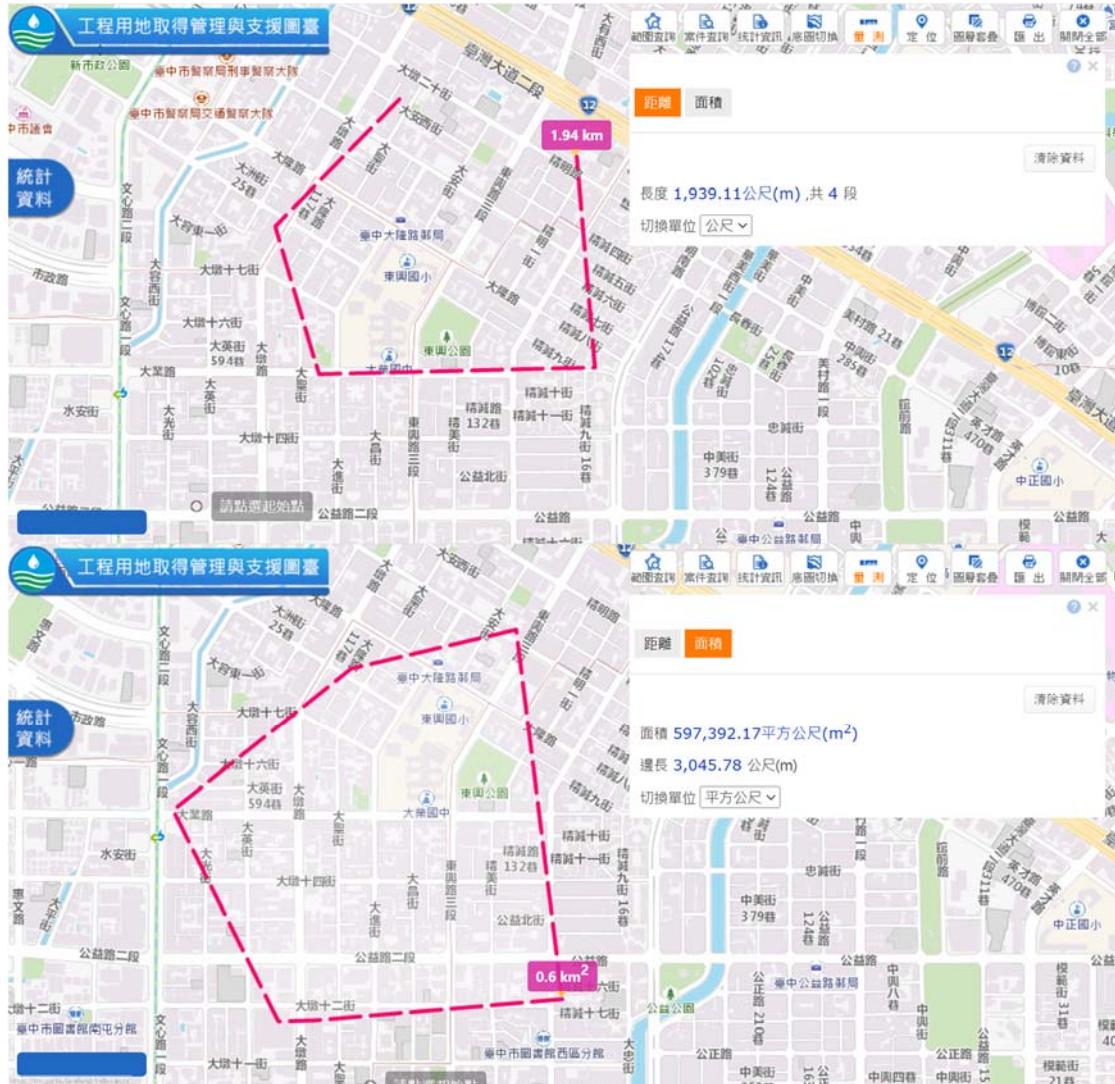


圖 7 量測距離及面積功能成果

(四) 響應式開發，使其達到最佳化瀏覽效果

近年隨著智慧手機、平板電腦等行動裝置開始興起之後，有許多人都開始使用行動裝置來閱讀網頁。而傳統的網頁只有為傳統 PC 做設計的動作，在行動裝置上並不能呈現最好的效果。例如解析度較大之桌上型電腦 1920*1080 的解析度，可利用 4 欄來豐富網頁版面，增強效果，然而平板電腦以及智慧型手機的解析度多介於 320~768 之間，所以顯示的主要內容即需做適當的編排，以利資訊的呈現，傳統網站與響應式網站比較如圖 8。

「用地取得暨生命週期整合應用系統」設計手機(尺寸 320px~720px 之間)、平板(尺寸 720px~1024px 之間)、電腦(尺寸 1024px 以上)裝置網頁，在手機板操作根

據銀幕大小將選單縮至右方功能列，並將查詢清單設置下方，更加便利於行動裝置之操作，系統響應式網站設計如圖 9。

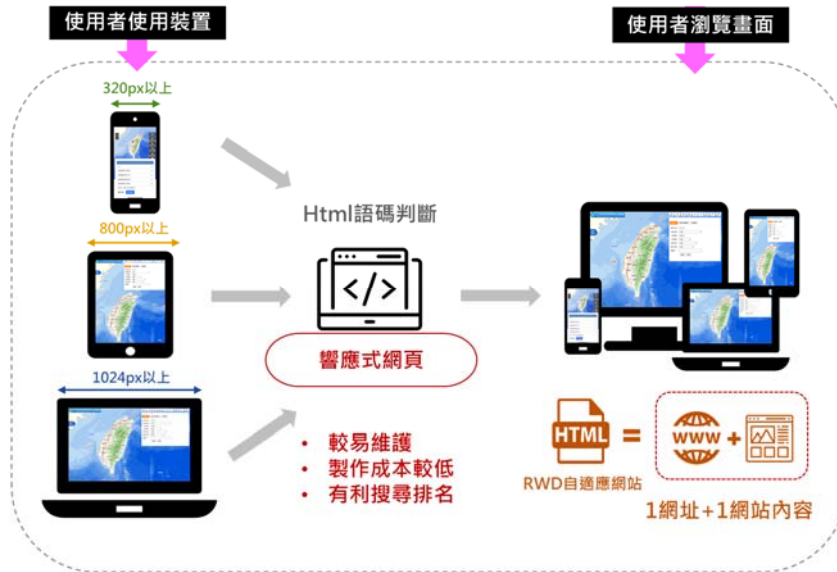


圖 8 響應式網站設計



圖 9 系統響應式網站畫面

四、系統成果

在資訊化業務作業面，「用地取得暨工程生命週期整合應用系統」整合工程勘評、用地取得、工程施工，將業務範疇進行資訊化流程管理，提供相當豐富且多元之系統功能，包含資料建立、資料查詢、報表分析、客製化表單、資料檢核、審核流程、單一簽入、稽催提醒等多項模組機制，在業務面與功能面緊密結合下，著實提高水利署業務執行成效及電子化管理之競爭力。

在空間化技術應用面，圖臺主要功能包含定位、量測、圖疊套疊、範圍查詢、統計資訊、地籍查詢、用地範圍線圖層套疊判釋、整合性圖層資訊統計、顯示土地

空間分布情形等功能，用地取得業務透過圖層套疊之輔助，包含「基本圖」、「河川水文」、「用地範圍線」、「署管土地」、「局管土地」與「河川範圍地籍」，將不同單位之資訊透過單一平台進行展示與查詢，大幅簡化過去需透過紙本查詢或需透過多個資訊系統進行交互查詢之繁瑣過程，達到水利工程用地取得業務有效管理之目標。

在行動化 APP 輔助面，藉由「工程用地取得行動化空間查詢 APP」主要功能包含空間資訊展示地圖、工程資訊多元查詢、工程標案統計資訊等功能，可供業務人員套疊用地範圍線、河川區域線、地籍等圖資，並透過查詢機制顯示地籍範圍空間化資訊，為使系統更能提供現場勘查業務所需資訊與應用，並能藉由軌跡定位即時顯示土地週邊重要資訊等，藉由強化行動化應用服務，以提供業務相關人員透過行動化裝置快速搜尋土地相關資訊，提供更機動性更即時之業務查詢服務。



圖 10 傳統作業及系統突破比較

(一)數位化水利工程用地管理，落實水利工程業務一貫化

在資訊科技與通訊技術蓬勃發展之下，水利署近年蓬勃發展資訊化管理，以提升土地管理、工程品質與工作效率，然依各自需求發展管理系統至某一程度後，必然會產生在相同工作項目間資訊流通與共用之困難，形成「自動化孤島」(Islands of Automation)現象，透過資料流通共享、加值整合應用方能擴大業務執行效益，藉由資訊整合水利工程用地週期中不同參與單位間資訊的流通與共用性，讓分處在不同單位的資源可以分享交流，使各業務單位資訊能互通有無，減少資訊收集成本，提升各單位系統運用層級，加速作業人員資料處理之效率，並讓原有系統再創新價值，是資訊化管理重要工作之一。



圖 11 用地取得及工程執行一貫化



用地取得暨工程生命週期整合應用系統系統架構

圖 12 用地取得暨工程生命週期整合應用系統系統架構

水利署每年所執行之工程案件量相當繁多，透過水利工程資訊管理平台有效掌握工程各階段之辦理現況，另遵循行政院公共工程委員會所頒布之「三級品管」制度運作，亦建立施工監造資訊管理系統，以電子化方式整合各式表單與文件，提供施工及監造廠商定期上傳施工日誌及監造報表，以使施工品質管理資訊化；另系統依據案件執行內容，自動寄發各項資訊提醒與通知信件，以降低溝通成本並能即時掌握訊息(如圖 14 所示)。而針對廠商歷年承攬情形及機關歷年發包案件也透過資料分析與挖掘，提供業務關鍵輔助資訊、發揮資料應用價值並達水利署治理工程 E 化永續發展之目標。



圖 13 工程資訊管理與分析

年度	110
案件編號	LANDR3110xxx
案件名稱	○○農路橋至十三寮排水與○○排水合流點環境改善工程
取得方式	徵收
審核類別	階段流程審核
提送階段	核准/公告徵收
提送時間	2021-12-21 10:09:53

資料
審核通知

2021年【○○溪○○橋上游護岸段改善工程用地取得】已審閱通過!

年度	110
案件編號	LANDR7110xxx
案件名稱	○○溪○○橋上游護岸段改善工程用地取得
先期作業	結案解除鎖定審核
通過	2021/7/16 下午05:14:45

用地取得暨工程生命週期整合應用系統

計畫編號	計畫名稱	取得方式	執行步驟	預定完成日期
110-B-005-001-003-xxx	○○溪東海橋至知照段堤防整理工程用地費	協議價購	協議價購會議	110/04/30
110-B-005-001-003-xxx	○○溪農路橋至十三寮排水與水合流點環境改善工程	徵收		110/07/30
110-B-002-01-003-xxx	○○溪農路橋一線防沖減災工程用地費	協議價購		
110-B-002-03-003-xxx	○○排水日新橋上游改善工程用地先期作業費	先期		
110-B-002-01-003-xxx	○○溪清溪橋下游斷面4-10改善工程用地先期作業	先期		
110-B-002-01-002-xxx	○○溪龍東橋上游護岸段改善工程用地取得	協議價購		
110-B-002-01-002-xxx	○○溪後寮堤防二期改善工程用地取得	協議價購		
110-B-004-02-007-xxx	○○溪合和一期堤防斷面4-44修建工程用地取得	協議價購		
110-B-002-01-002-xxx	○○溪○○溪護岸改善工程，用地取得	徵收		
110-B-004-02-007-xxx	○○溪二期堤防斷面4-44斷面07-11修建工程	徵收		110/07/31

進度提醒
提醒稽催

逾7大主題信件

系統關鍵
資訊通知

110年度 水利工程用地取得法規宣導研習會，即日起開放線上報名作業，歡迎報名踴躍參加，謝謝!

【水利工程用地取得法規宣導研習會】課程通知

※報名截止時間為：7/27的報名截止日為7/26，8/2的截止日為7/31，請參加研習課程之人員前往報名，謝謝!

日期	地點
110/7/27(二)	水利署臺中辦公區第6會議室(5F)
110/8/2(一)	水利署臺中辦公區第6會議室(5F)

圖 14 信件自動化提醒與通知機制

(二) 累積保存水利工程案件資料，並開放民眾查詢關鍵資訊

「用地取得暨工程生命週期整合應用系統」提供水利署及所屬機關辦理工程用地取得相關業務之案件流程管理及資訊獲取管道，目前系統已累積收錄逾 18,000 件案件，系統保存逾 6,500 個歷程重要檔案，亦透過與異質系統介接，取得業務所需資料，使系統提供更完整的服務。系統有效整合各單位電子地圖圖資，包含水利署、內政部國土測繪中心、內政部資訊中心開放式圖資，另工程用地取得所需之實體圖資，則整合本署地籍圖，包含全台 19 個縣市，總計 13,768,494 筆地籍資料，及整合河川區域線與用地範圍線總計 245 條，並介接水利署公用財產管理系統歷年已取得土地共 105,507 筆資料，整合內政部公有土地資料供應系統之「公有土地」資訊共 2,070,637 筆資料。

另用地取得案件各階段皆紀錄與保存案件重要資訊與檔案，而公聽會、土地徵收計畫書圖依法令需登載於需地機關之公開網站，系統透過 RSS(Really Simple Syndication)服務機制與「水利署全球資訊網」進行公聽會資訊及附件檔案資料整合，以避免業務單位人員重覆作業，並透過公開網站達到資訊公開之目的。



圖 15 用地取得公聽會資訊整合與公開

(三) 資訊空間化整合實體與開放資料圖資

為使業務單位人員能有效管理與運用土地資源，並瞭解水利工程用地之地理位置，系統有效整合各單位電子地圖圖資，包含水利署、內政部國土測繪中心、內政部資訊中心開放式圖資，另工程用地取得所需之實體圖資，則整合水利署地籍圖，系統提供定位、量測、圖疊套疊、案件查詢、資料統計等功能，透過該平台，業務單位人員可利用河川地籍之地段號進行資料查詢與定位，並配合用地範圍線與河川區域線之套疊，使快速掌握河川範圍相關資訊，並掌握歷史用地取得空間化分布情形。

1. 各單位平台重要圖資資訊整合

用地取得所需之圖資包含行政界基本圖資、河川區域線、用地範圍線、排水設施範圍線、河川支流等，亦介接水利署公用財產管理系統之歷年已取得土地財產資訊，以及納入內政部城鄉分署之都市土地使用分區及非都市土地使用分區圖資資料。透過 GIS 圖臺整合除了可直覺的透過空間展示各項資訊的位置，亦可進一步的套疊其他圖層以了解用地案件、工程在空間上與其他圖層的關聯性。結合署內外單位所提供之開放式圖資資料及其他網路地圖服務，提供水利署更完整的空間資訊，除了可即時取得最新資料，更大幅降低資料維護成本(圖資清單如表 1 所示)。

表 1 圖資清單

圖資分類	圖資項目	來源	建置年份
底圖	通用版電子地圖	內政部國土測繪中心	
	通用版電子地圖(僅道路)		
	正射影像(通用版)		
	TGOS 電子地圖	內政部資訊中心	
	福衛二號混合圖		
	地形暈溶混合圖		
基本圖資	縣市界	內政部國土測繪中心	介接即時服務
	鄉鎮界		
	村里界		
	河川局管轄範圍圖	經濟部水利署 水利地理資訊服務平台	
	都市土地使用分區	內政部營建署 城鄉發展分署	
	非都市土地使用分區		
河川水文	河川(河道)	經濟部水利署	
	河川(支流)	水利地理資訊服務平台	
所屬土地	用地範圍線	經濟部水利署	109 年
	河川區域線	經濟部水利署	介接即時服務
	中央管區域排水用地範圍線	經濟部水利署	
	排水設施範圍線	水利地理資訊服務平台	
	署管土地	土地財產系統	
	局管土地	土地財產系統	
河川範圍地籍	各縣市地籍圖	內政部地政司	111 年

平台提供業務單位人員利用河川地籍之地段號進行資料查詢與定位，並配合用地範圍線與河川區域線之套疊(如圖 16 所示)，掌握河川範圍相關資訊並掌握歷史用地取得空間化分布情形，使業務執行人員瞭解水利工程用地之地理現況，並提供更完整的統計分析資訊。

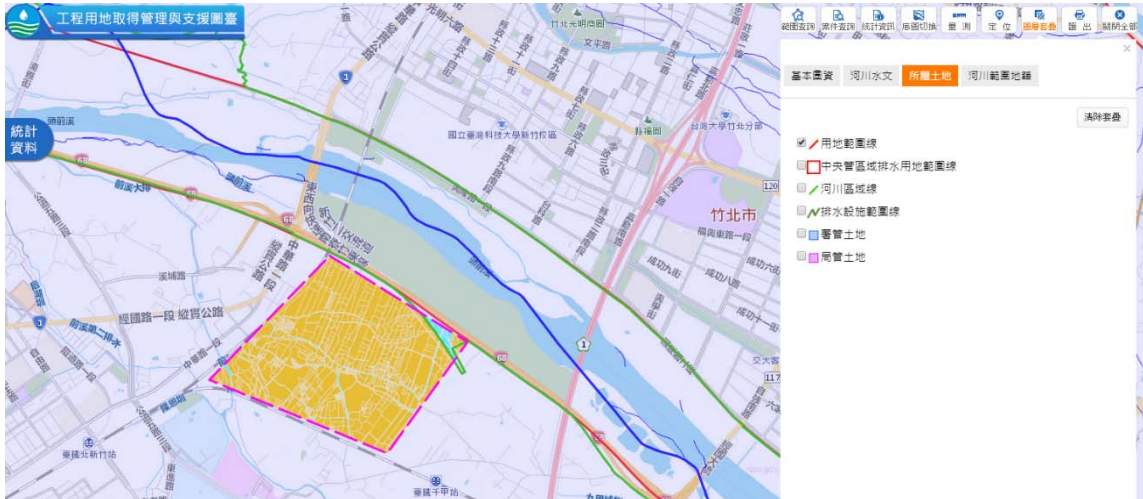


圖 16 資料查詢與河川區域線之套疊

2. 多元底圖應用全方位整合套疊服務

為使「用地取得暨工程生命週期整合應用系統」能提供多種不同底圖展示功能，已完成底圖介接服務，包含水利署「地理資訊倉儲中心」、內政部「地理資訊圖資雲服務平台」及國土測繪中心「國土測繪圖資網路地圖服務系統」所發布之電子地圖以及正射航照之底圖服務 (圖 17 所示)。底圖介接服務大幅降低了過去一套圖臺系統即產製一套底圖的資源浪費，使資源做最有效的利用，透過服務介接大幅提昇系統運作效能並提供使用者可彈性切換各種類型的底圖資料。








圖 17 電子地圖底圖畫面

(四) 整合公私有地土地分佈，資訊 E 網掌握

水利署轄管中央管河川、排水、水庫、海堤及各類型排水使用之國有公用土地，為幫助相關業務人員隨時掌握全國公私有土地與水利署暨所屬機關土地分布情形，「用地取得暨生命週期整合應用系統」介接水利署所屬機關公用財產管理系統之「署管土地」與「局管土地」、並整合內政部公有土地資料供應系統之「公有土地」資訊，並將土地區分為署管土地、局管土地、公有土地、未登錄土地、私有土地等五類。

「用地取得暨生命週期整合應用系統」將此五種所屬土地之圖層資訊，利用 GIS 空間相關技術提供業務人員更多元且豐富的空間分析資訊，於該系統提供套疊統計與空間分布視覺化呈現，另為使業務人員能一目了然不同土地全屬資訊，以不同顏色呈現整體土地空間分布情形(如表 2 所示)。透過資訊統計與進階分析，提供更完整且關鍵訊息，俾利水利署能有效管理與運用土地資源。

表 2 所屬土地資料來源及圖徵樣式表

土地類型	圖資來源	圖徵樣式
署管土地	水利署所屬機關公用財產管理系統。	
局管土地	水利署所屬機關公用財產管理系統。	
公有土地	內政部公有土地資料供應系統之各機關管理之公有土地。(https://data.gov.tw/dataset/34315)	
私有土地	將全台土地扣除署管土地、局管土地、公有土地及未登錄土地後，其餘土地列入私有土地	
未登錄土地	全台土地中未編有地籍地號之土地	

(五) 案件與用地範圍線圖層套疊判釋及整合性圖層資訊統計

針對水利建造物、橋樑建置等需辦理工程用地取得案件，水利署相關業務同仁於辦理用地取得前均會進行現地勘查作業，以瞭解該用地範圍所涉及之區域，亦會至系統填寫該工程勘評案件所在之縣市、河川等資料，以完整保存工程勘查完整之資訊。另工程勘評空間點位資訊以「面」為範圍進行設定，系統以視覺化方式展示於圖臺上，圖臺將案件對應的範圍進行框選範圍顯示，並將交集的署管土地、局管土地、公有土地(不含水利署)、私有土地及未登錄土地位置，依其圖徵樣式進行顯示，並獨立詳列各分類土地在框選範圍中之地籍地號、土地面積與所占百分比等資訊(如圖 18 所示)，提供更豐富、更完整的空間分析訊息，並可作為後續辦理工程用地取得作業之重要參考依據。



圖 18 土地資源空間分布與統計(數據為示意)

(六) 整合用地取得案件，進度資訊視覺化

以往業務人員進行用地勘查與施工，需同時使用多個系統進行資料查詢與彙整，需耗費相當多的作業時間，目前透過「用地取得暨生命週期整合應用系統」全面 E 化的建置，已幫助業務人員可快速瞭解水利工程用地之地理現況及運用各工程資訊，該系統整合水利署歷年用地取得資訊並收納全臺地籍資料，使用者可依照所屬機關、縣市、工程與河川別進行案件資訊查詢，以掌握周邊工程案件及用地取得分布情形，並針對案件需求利用圖臺取得交叉分析資訊，工程用地取得案件資訊包含：

1. 歷史案件基本資訊，包含年度、縣市、工程用地取得名稱等資訊。
2. 針對系統既有工程用地取得資料進行關聯，可透過圖臺進行用地取得案件資料篩選，並進一步查閱案件用地取得辦理情形。
3. 針對執行中之工程用地取得案件，可顯示案件執行生命週期各階段資訊，包含案件辦理情形與進度、經費、重要文件檔案等。

在資料呈現上，則透過視覺化方式整合用地取得七大階段(公聽會、興辦計畫/預算書成立、價購會議/現勘、陳報計畫書、核准/公告徵收、補償救濟、結案)展示於圖臺上，透過圖臺即可檢視案件分布情形及執行內容，使水利署相關業務人員快速掌握全臺各單位之用地取得案件進度(如圖 19 所示)。



圖 19 用地案件篩選及查詢功能

(七) 空間資料整合輸出，提升業務執行效能

可透過整合與查詢功能產出土地使用計畫圖所需之各項統計資訊，土地使用計畫圖乃水利署檢送徵收土地計畫書申請土地徵收時所須檢附的必要附件之一。系統功能除了強化圖臺資料整合應用，並可提供土地使用配置情形及其使用位置查詢結果資料匯出，提供相關業務人員運用空間化管理平台匯出所需之圖檔，並可依需求於土地使用計畫圖上加註圖例、自行訂定圖名以及設定輸出為直向或橫向之紙張方向，以利提升業務執行效率及運用(如圖 20 所示)，所產生之圖檔中附加有用地範圍線及工程範圍之圖例，大幅提升土地使用計畫圖之易讀性。

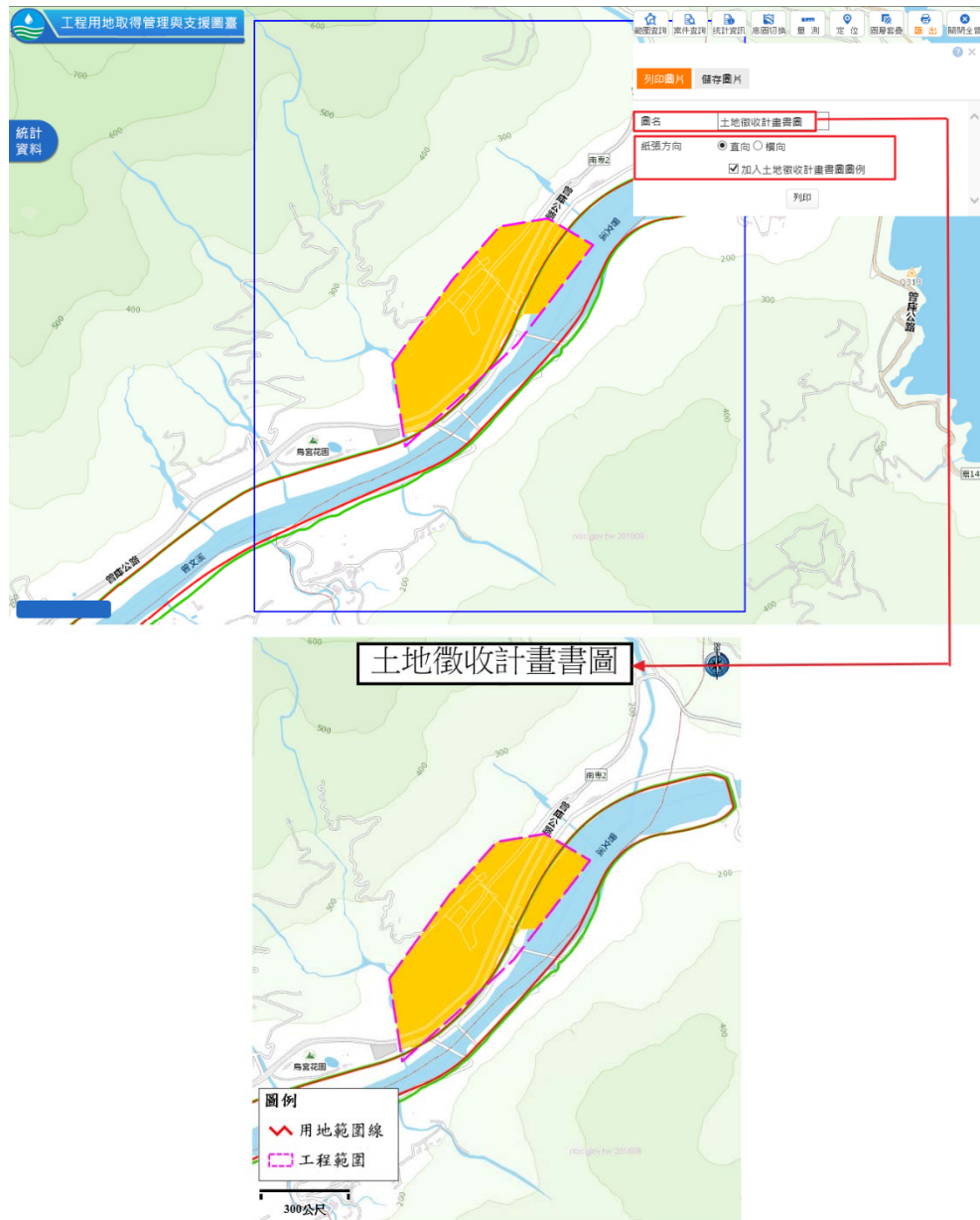
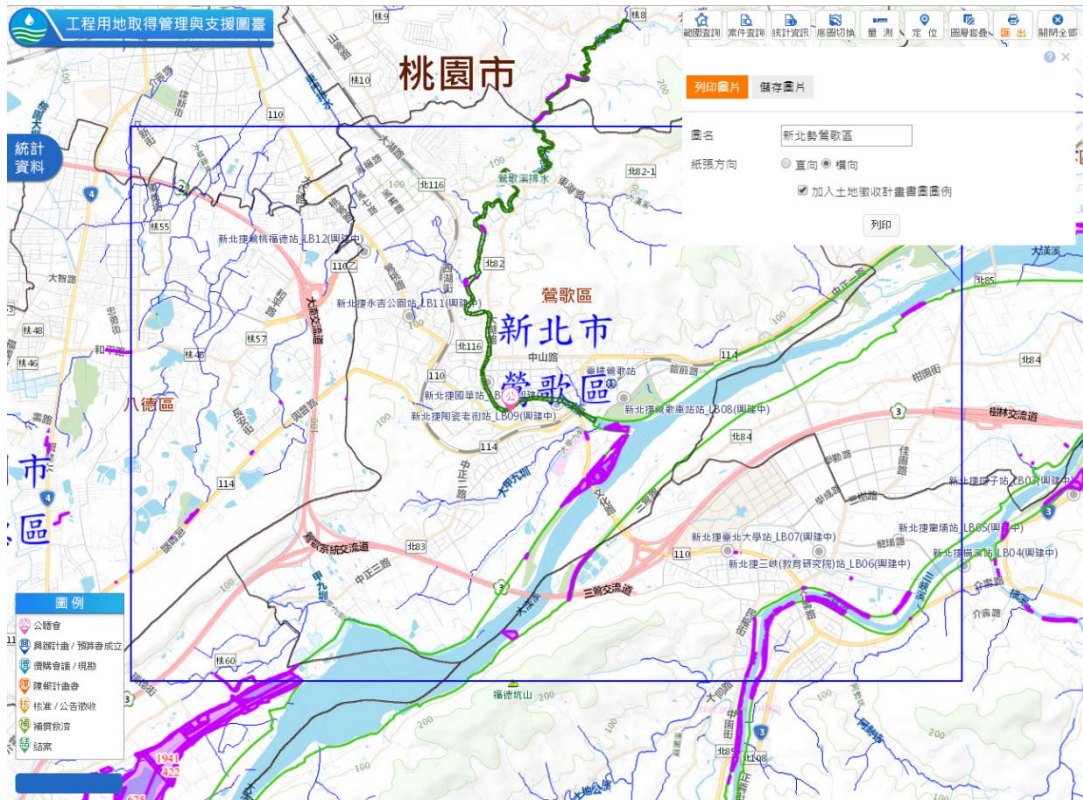


圖 20 土地使用計畫圖產製結果圖

「用地取得暨生命週期整合應用系統」查詢結果資料匯出機制，包含兩種匯出方式：

1. 列印圖片：依據查詢結果匯出圖片資料，納入標題、指北針、比例尺等資訊，提供使用者可將用地取得之位置以及各項圖層套疊結果，透過列印功能產出圖片資料，由使用者自行輸入圖片標題及選擇列印紙張格式為直式或橫式，匯出之圖片將由系統自動產製指北針及比例尺等資訊(如圖 21 所示)。
2. 儲存圖片：依據查詢結果匯出圖片資料，納入圖例、圖名等資訊，並將用地取得之位置以及各項圖層套疊結果，透過儲存功能產出圖片檔案，由使用者按照需求設定圖片尺寸及格式，以利後續加值利用。



↓產製圖表



圖 21 空間化資訊列印圖片產製流程

(八) 建置行動化應用輔助，成為前線作業利器

藉由「工程用地取得行動化空間查詢」使水利署業務人員及其主管隨時隨地有效掌握各階段辦理現況，並為求提供現場勘查業務所需資訊與應用，讓現地勘查人員可即時的取得目前所在位置之周遭環境資訊，建置圖台相關定位查詢功能，包含：圖層套疊、查詢定位、軌跡記錄等，且透過空間查詢功能瀏覽用地取得之經費、範圍等基本資料，更機動性更即時之業務查詢服務，整體介面以響應式設計進行開發，使其達到最佳化瀏覽效果。



圖 22 工程用地取得行動化空間查詢功能畫面

(九) 從資訊科技中獲得良好的效益報酬，節省行政作業時間與成本

透過「用地取得暨生命週期整合應用系統」之有效整合運用，幫助降低過去分散式搜尋以及查詢比對時間，以順利完成用地取得作業，提昇業務效率之目標，各項簡化成本估算如下（如表 3 所示）：

1. 資料查詢：過去需耗費大量時間於各單位查詢土地現況與圖層做交叉比對，透過「用地取得暨生命週期整合應用系統」統合資料，年約節省 3 萬小時的時間與 500 萬的人事成本。
2. 圖表產製：現透過系統匯出功能，協助過去耗費大量時間於各單位進行圖層修改，將年約節省約 2 千小時的時間與 58 萬的人事成本。
3. 文件傳遞：藉由系統多項功能輔助，有效簡化整體行政作業效能，得免於過去文件往返所耗費之時間，提昇報告書製作之效率，年約節省 7 千小時文件傳遞的時間，約 1 千 4 百萬的人事成本與 120 萬的耗材費用。

4. 紙張與列印：系統查詢作業可降低紙張使用之頻率，年約節省 6 千小時紙張列印時間，並節省約 120 萬的人事成本與 168 萬的耗材費用。

表 3 系統執行效益統計表

項目	月			年		
	時間(時)	人事成本(元)	耗材(元)	時間(時)	人事成本(元)	耗材(元)
資料查詢	2,500	500,000		30,000	6,000,000	
圖表產製	450	90,000		5,400	1,080,000	
文件傳遞	620	124,000	10,000	7,440	1,488,000	120,000
紙張+列印	500	100,000	180,000	6,000	1,200,000	2,160,000
總計	4,070	814,000	190,000	48,840	9,768,000	2,280,000

<註：備註：計算基準以薪資：200 元/時 紙張/列印：2 元 郵寄/傳真：5 元 電話：1.5 元/通>

五、結語

經濟部水利署轄區遍及全台，過往人工控管模式下，僅僅土地業務管理即需耗費大量人力及時間，且進度資訊有難以掌控之問題存在，因此建構水利工程用地取得標準作業流程及相關規範 SOP，並結合 MIS、GIS 資訊系統之開發整合，以系統為工具進行土地業務系統化管理。為配合政策作業改版，亦與時俱進不斷更新標準作業流程 SOP 及系統 E 化的監控管理，使管理效能有效提升。經濟部水利署用地業務在水利工程週期裡扮演著承先啟後的角色，藉由系統化的導入，使得全國水利工程從工程勘評、用地取得到工程施工完竣得以制度化、效率化，讓水利工程成效顯著。

「用地取得暨工程生命週期整合應用系統」導入後，完整依照用地取得方式之特性與業務流程進行 E 化並提供智慧化服務，業務人員與主管透過系統的生命週期管理及空間分布與統計功能，即可迅速且即時查詢最新案件執行資訊，利用電子化管理及多元化服務已帶來多項實質成效，包含：

1. 建立「用地取得暨工程生命週期整合應用系統」，提供經濟部水利署及所屬機關辦理工程用地取得相關業務之案件流程管理及資訊獲取管道，累積整合逾 18,000 件案件、系統保存逾 6,500 個歷程重要檔案，亦透過與異質系統介接，取得業務所需資料，建置 E 化資訊系統，完善整體業務流程，並提升其效益。
2. 透過資料流通共享、加值整合應用擴大業務執行效益，已整合各單位電子地圖圖資，包含水利署、內政部國土測繪中心、內政部資訊中心開放式圖資，另工程用地取得所需之實體圖資，則整合河川範圍地籍圖，包含全台 19 個縣市，總計 13,768,494 筆地籍資料，及整合河川區域線與用地範圍線總計 245 條，並介接水利署公用財產管理系統歷年已取得土地共 105,507 筆資料，整合內政部公有土地資料供應系統之「公有土地」資訊共 2,070,637 筆資料，讓原有資料整合再創新

價值，發揮活化效益，亦透過匯出功能節省年約 2 千小時的行政時間與 58 萬的人事成本，降低服務成本及系統化管理之便利性。

3. 透過行動裝置使用便利性的協助特色，建立 12 項功能模組，提供近千名人員使用，使現地勘查資訊更加完備，以重要的參考資訊輔助使用者的診斷及業務作業、解決過去現場資料存取不易且受時域和地域限制的問題、縮短作業流程時間、加速判斷流程、提升作業品質及效率。

水利工程乃水利署發展國家重大建設與民眾安全的根基之一，所以各項水利工程建設要能順利施作，其前置作業的工程用地勘查與取得作業極為重要，水利署透過「用地取得暨工程生命週期整合應用系統」的建置，運用資訊科技已大幅提昇業務管理效率、並有效掌控案件全貌資訊，未來除依據業務需求提供更多元化的服務外，亦將持續引用水利署內部及外部單位土地相關資訊，強化土地整合性空間分析，以提供更關鍵性之決策參考，朝向智慧化土地與工程管理並達到土地活化加值利用之目標。

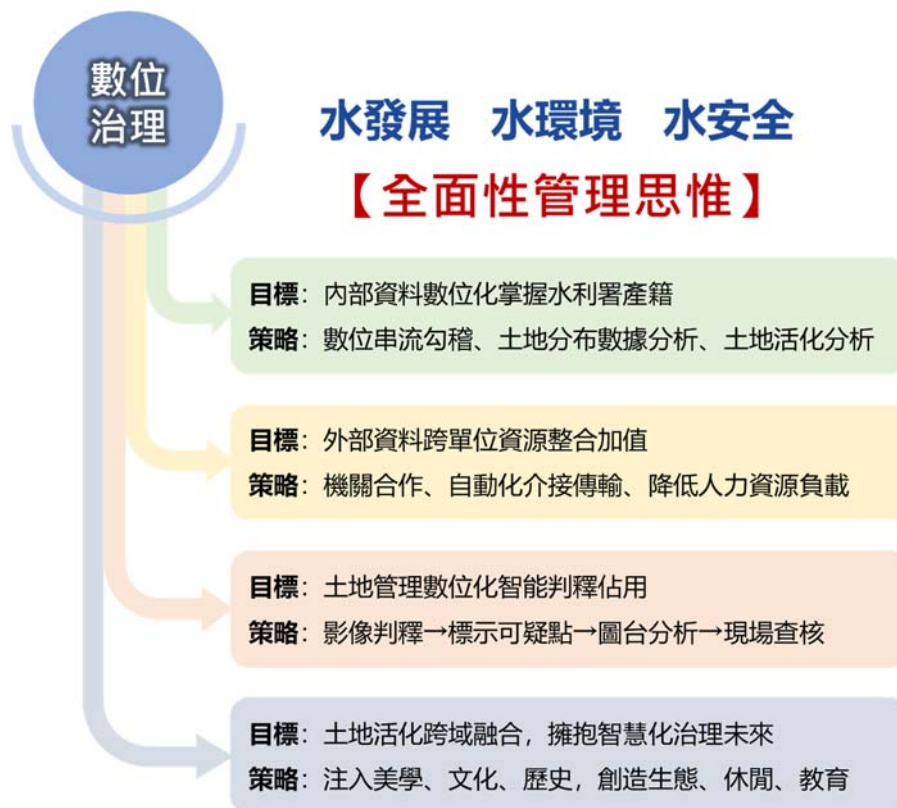


圖 23 未來數位治理願景

參考文獻

- 內政部國土測繪中心，2021。內政部國土測繪中心國土測繪圖資服務雲，
<https://maps.nlsc.gov.tw/>
- 內政部資訊中心，2021。內政部資訊中心 TGOS 地理資訊圖資雲服務平台，
https://www.tgos.tw/tgos/web/tgos_home.aspx
- 洪榮宏，2005。開放式空間資訊整合、服務及應用架構研究，行政院國家科學委員會專題研究計畫。
- 地政司，2021。政府資料開放平臺-公有土地資料(土地屬性資訊)，
<https://data.gov.tw/dataset/34315>
- 國家發展委員會，2022。數位國情架構精進調查與政府數位成熟度評估，
https://www.teg.org.tw/research/study_detail.php?gid=2307&ggid=2464
- 國家發展委員會，2022。後新冠時代的智慧政府發展趨勢與策略，
https://www.teg.org.tw/research/study_detail.php?gid=2307&ggid=2315
- 廖興中，2020。地理資訊系統與空間分析應用對公共行政的啟發，國土及公共治理季刊，第8卷，第3期。
- 韓慧林等人，2012。軍事管理資訊系統關鍵成功因素評估，國防雜誌，第27卷，第6期，第90-105頁。

結合多星系快速精密定位與 3D LiDAR 技術 應用於 3D 立體地圖之建置

黃立信^{1*} 劉秉逸²

論文收件日期：111.01.11

論文修改日期：111.05.12

論文接受日期：111.05.24

摘要

現今三維雷射掃描儀技術發展迅速，吾人構思若是圖根點不在地面上，而是設置於門牌或是屋簷等空中不易受損之位置，相信如此下來，未來土地複丈作業必能減少諸多不便。

本研究依據下列幾個研究目的進行實驗：1.測試新興設備應用於內政部國土測繪中心推廣之電子化全球衛星即時動態定位系統(e-GNSS)；2.結合多星系快速精密定位與三維光達雷射掃描技術，充分實施“圖根點不落地”之概念；3.利用上述成果建置三維立體地圖。經本實驗數據分析，佈設之 3 個地面控制點及 15 個圖根控制點，平面位置較差值皆在 0.006~0.052m 之間，完全符合地籍測量實施規則最大誤差 2~6cm 內的要求。由本研究結果建置之三維立體地圖，就細緻度和便利性而言，效果遠較傳統二維地籍圖為佳，因此本研究可大膽推論；由建置之三維立體地籍圖，將會是未來趨勢。

關鍵字：三維光達雷射掃描技術、多星系快速精密定位、電子化全球衛星即時動態定位系統、圖根點不落地。

¹ 副教授，國防大學理工學院環境資訊及工程學系。

² 碩士，國防大學理工學院環境資訊及工程學系。

* 通訊作者，TEL：(03)3800364#132，E-mail：shinn0329@gmail.com。

A Study on 3D Stereo Map using Multi-Satellite Measurement and 3D LiDAR technology

Lih-Shinn Hwang^{1*} Ping-Yi Liu²

Abstract

This research is based on the following research purposes to conduct experiments: 1. Test new equipment combined with the use of e-GNSS technology. 2. Using Multi-Satellite Measurement and 3D LiDAR technology and "Supplementary Control Point Off the Ground". 3. Establish a three-dimensional cadastral map.

According to the data analysis of this experiment, the 3 ground control points and 15 control points are arranged, and the difference of the plane position is between 0.006~0.052m, which is in full compliance with the cadastral survey implementation regulations. The maximum error of the numerical method in the remeasurement area is 2~6cm. Requirements within. The 3D map produced by this research is far better than traditional 2D cadastral maps in terms of detail and convenience. Therefore, this research boldly concludes that the construction of 3D cadastral maps will be the future trend.

Keywords: 3D LiDAR, e-GNSS, Multi-Satellite Measurement, Supplementary Control Point Off the Ground

¹Associate Professor, Department of Environmental Information and Engineering, National Defense University, C.C.I.T..

² Master, Department of Environmental Information and Engineering, National Defense University, C.C.I.T.

* Corresponding Author, TEL: +886-3-3800364#132, E-mail: shinn0329@gmail.com.

一、前言

由於近年來公共工程興建頻繁(如人行道美化鋪設、挖填地下道或道路翻修等)，加上國人對圖根點的重要性缺乏認知，造成圖根點遺失、毀損及掩埋的情形非常嚴重。新興建物、都市開發、土地複丈鑑界及分割等地籍測量工作，均需依靠控制點來確定工程的施工位置及產權範圍，若控制(圖根)點未能妥善維護，很容易造成工程上施測的錯誤。

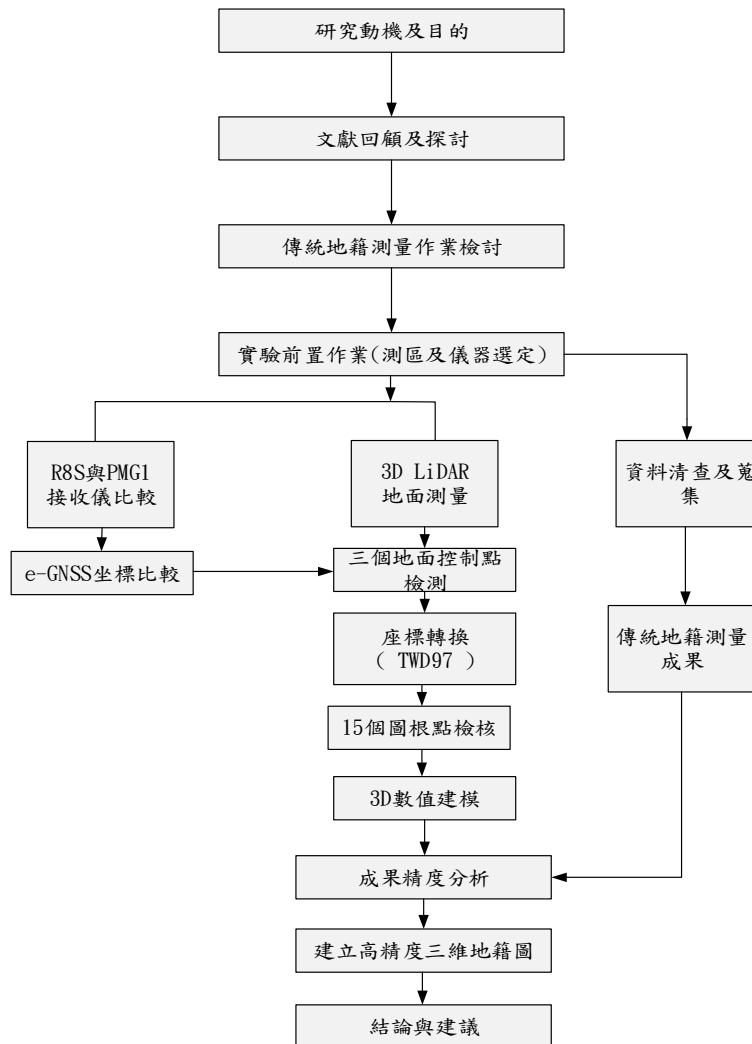


圖 1 研究流程圖

每年相關單位均花費大量的人力及經費，來辦理圖根點補建作業，但多次的補建工程也間接造成精度下降的結果；因為不同年度之新舊圖根點位及歷年的重測成果，均各自有其系統誤差，進而影響到土地複丈作業之精度(黃立信、王建得，2017)(黃立信、羅量來，2018)。

現行地政機關對圖解區無圖根點可用之情形下，主要是以全測站經緯儀量測

基準點，來進行傳統的地面測量，利用光線法逐點測設而得，需先對鑑界土地進行現況測量，經過內業計算展圖後，進行地籍圖套合，再將套圖成果作為後續外業鑑界測量之依據，如此多次往返作業，雖然精度較高，卻十分耗費人力及作業時間(何建邦，2013)(簡廷宇、曾義星，2016)(葉大綱、張淑娟，2018)。

吾人構思若能參照前人提出之“圖根點不落地”之概念，將圖根點位設置於門牌或是屋簷等空中位置，如此下來點位毀損狀況應可大為減低。現今3D雷射掃描儀技術發展迅速，功能及售價亦不斷改善，能順利結合且實施“圖根點不落地”的概念(梁佩琿、游本志、蕭介峰，2018)，相信必能改善現今地籍測量圖根點位缺失的大課題。

運用3D LiDAR技術加上點雲資料處理，建置立體視覺性的三維立體地籍圖，(黃立信、王建文，2021)(李金輝、梁崇智、盧立偉、童健恆，2022)，透過這樣的3D實景圖籍環境，不但增加民眾對地籍圖的閱讀解析能力，更可提升政府與民眾的溝通管道，相信必能減少因精度偏差而造成認知不同之紛爭。圖1為本實驗之流程圖。

二、理論基礎

(一)地面光達坐標系統

地面光達藉由量測雷射光射向目標物體表面再反射回儀器之時間差，以及水平和垂直稜鏡角度，計算目標點相對於測站之三維坐標(郭朗哲，2004)，如圖2所示。圖中S為P點與坐標原點O之距離， α 角及 β 角分別為水平角與垂直角，依三角幾何關係，可計算出P點相對於儀器之坐標(鄧表揚，2007)，公式如(1)。

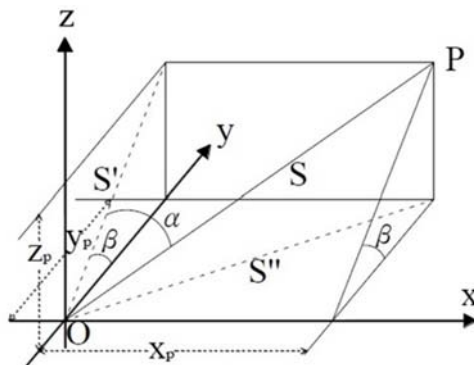


圖 2 地面光達之三維坐標系關係

$$S' = S \times \cos(\alpha)$$

$$x_p = S \times \sin(\alpha) \tag{1}$$

$$y_p = S' \times \cos(\beta) = S \times \cos(\alpha) \times \cos(\beta)$$

α ：水平角；儀器起點方向與目標物垂直投影面之夾角。

β ：垂直角；儀器水平面方向至目標物之垂直夾角。

S：斜距；儀器原點與目標物之距離。

不同時期之點雲資料其坐標系統皆不同，必須經由上述之理論進行內業後處理，將不同坐標系統之三維資料轉換至同一坐標系統。而目前現有的理論當中，共有五種不同的處理方式：測站後視稜鏡法、磁性規標控制點法、共軛面轉換法、曲面匹配法及測站共軛球法，其最基礎在於不同測站的點雲資料彼此間必須具有共同的點位（點雲或控制點）。

表1 拼接方法效率比較表

方法	作業時間	拼接方式	拼接精度	效率
曲面匹配法	快	曲面重疊	最高	最高
規標法	適中	規標擺站	高	適中
共軛球法	慢	球體擺站	適中	低

目前常運用之拼接處理方式為曲面匹配法、規標法及共軛球法，如表1為拼接方法效率比較表。本研究因以快速且精密定位為考量，曲面匹配法優於在匹配快速，並能達到自動化的要求，且精度也是各方式中較高之一種，所以選擇曲面匹配法為主要拼接方式。

(二) e-GNSS即時動態定位介紹

由於網際網路及無線數據通訊傳輸技術蓬勃發展，GNSS即時動態定位已成為國際測繪科技與定位技術之主流，特別是結合衛星定位、寬頻網路數據通訊、Mobile Phone行動式數據傳輸、資料儲管及全球資訊網站等5項，即以虛擬基準站（Virtual Base Station, VBS）為基礎(Landau et al., 2002)之網路化即時動態定位（Network RTK）技術(Lachapelle et al., 2000)，如圖3所示，在系統整體運用與資料供應層面上，更是現今世界各先進國家積極建置營運之即時性、高精度的動態定位系統(內政部國土測繪中心，2021)。

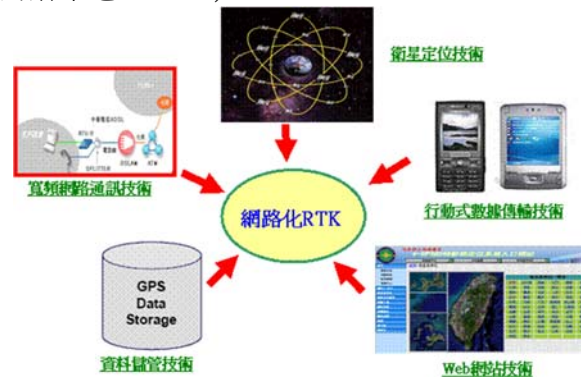


圖 3 e-GNSS 即時動態定位 5 大核心定位技術(內政部國土測繪中心，2021)

e-GNSS採用VBS-RTK即時動態定位技術，以所布設之基準站組成GNSS網絡評估基準站涵蓋地區之定位誤差，配合最鄰近的實體基準站觀測資料，人為產製一個虛擬的基準站做為RTK主站，移動站所觀測之資料並不是接收某個實體基準站之實際觀測資料，而是經過誤差修正後的虛擬觀測數據，如同在移動站附近架設實體的基準站一樣，故被稱之為虛擬基準站即時動態定位技術，簡稱VBS-RTK。

三、研究方法

(一)實驗區選定

實驗區(A)

本校國防大學理工學院醫務所(圖4)，面積約400平方公尺，由於儀器較為貴重，且外在環境因素較大，因此先在校園內作為初步作業測試實驗區，針對點雲拼接進行探討。

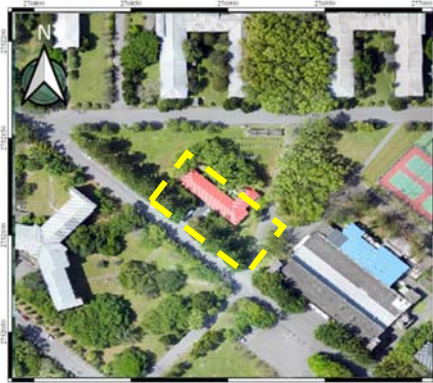


圖 4 中正理工醫務所空照圖

實驗區(B)

選定桃園市龍潭區三坑老街為實驗區(圖5)，面積約0.8公頃，作為實驗區。

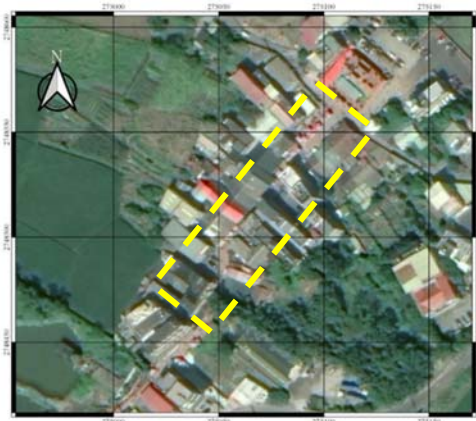


圖 5 三坑老街範圍圖

(二)實驗儀器設備及軟體介紹

1.三維雷射掃描儀

(A) FARO Focus X300 雷射掃描儀

本研究硬體使用FARO Focus X300 3D雷射掃描儀(迅聯光電有限公司，2020)如圖6所示，軟體則採FARO SCENE軟體，具有全面三維點雲處理和管理的軟體，因為FARO Focus X300較為輕便，操作簡便，所以本研究預計以FARO Focus X300 3D雷射掃描儀器進行龍潭區三坑老街的3D 數位掃描的測試。



圖 6 FARO Focus X300 雷射掃描儀(迅聯光電有限公司，2020)

(B)Trimble X7 3D雷射掃描儀

台灣儀器行協助本實驗的研究，同時對三坑老街進行3D掃描作業成果分析，使用的儀器為Trimble X7 3D雷射掃描儀(台灣儀器行，2021)，Trimble X7 3D雷射掃描儀是一款小巧輕量化的系統，採用了創新的技術，操作簡單，提高作業效率。Trimble X7搭配Trimble Perspective軟體，幫助使用者在外業驗證掃描收集到最好的資料品質。因此本研究特別針對分析兩種儀器之掃描便利性及點雲成果細緻度做比較分析，以下是Trimble X7 3D雷射掃描儀外觀如圖7所示。



圖 7 Trimble X7 3D 雷射掃描儀(台灣儀器行，2021)

表2 三維雷射掃描儀比較表

三維雷射掃描儀	拼接方式	點雲數量	測距精度	重量	最大測程
FARO Focus X300	需內業處理	3x10MP，1分鐘	±3mm	4.2(kg)	0.6~300(m)

Trimble X7 3D	平板監控，可 外業自動拼接	3x10MP，1分 鐘	±2mm	5.8(kg)	0.6m~840(m)
---------------	------------------	----------------	------	---------	-------------

本實驗室僅有FARO Focus X300，基於學術交流，台灣儀器行股份有限公司提供Trimble X7 3D 提供外業經驗及技術交流，表2為兩種儀器規格之比較表。

(C) FARO SCENE軟體

本研究採用之FARO SCENE軟體，是一套針對三維點雲資料處理和管理的軟體。在使用雷射掃描儀完成掃描作業後，將其數據載入軟體，此軟體的主要功能用於查看、管理和處理從高解析度三維雷射掃描儀所獲得的各種三維掃描資料，SCENE透過自動特徵物識別、掃描拼接和定位，能夠高效率、輕鬆地處理和管理掃描的資料。SCENE自動接合掃描點雲資料後，即可立即進行分析和進一步地處理。因此使用者可以自行選擇各種簡易的功能-從三維量測到三維視覺化，再到網格劃分和匯出各種點雲格式。另外透過SCENE WebShare，其功能可以將掃描資料發布到網路上，並可藉由網路分享掃描專案。

2.衛星接收儀介紹

(A) Trimble R8S GNSS衛星接收儀

Trimble R8S GNSS接收儀(Trimble 入口網站，2019)如圖8所示，可同時接收GPS、GLONASS、BDS、Galileo及SBAS(QZSS)衛星系統訊號，比一般僅接收2G(GPS+GLONASS)接收儀，多增加解算的機率及減短接收的時間外，更可節省許多外業作業時間，其規格如表3。

表3 Trimble R8S衛星接收儀規格表

型號	R8S Model 4	
支援衛星	GPS、GLONASS、BDS、Galileo及	
頻道	GPS: L1 C/A, L1C, L2C, L2E, L5 GLONASS: L1 C/A, L1P, L2 C/A, L2P, L3 Galileo: E1, E5A, E5B BeiDou (COMPASS): B1, B2 SBAS: QZSS, WAAS, EGNOS, GAGAN	
定位精度	RTK	平面精度: 0.008(m)+1ppm RMS
		高程精度: 0.015(m)+1ppm RMS
	靜態	平面精度: 0.003(m)+ 0.1ppm RMS
		高程精度: 0.035(m)+ 0.4ppm RMS



圖 8 Trimble R8S GNSS 衛星接收儀(Trimble 入口網站，2019)

(B) PMG1 GNSS接收器

PMG1 GNSS接收器為海洋大學林修國教授所帶領的團隊研發之簡易型GNSS接收器(林修國，2021)。PMG1 GNSS定位時其系統架構採用 RTK (Real Time Kinematic)技術，RTK所需的主站，可以是自行架設亦可使用虛擬。其PMG1 GNSS衛星接收儀規格表如表4所示。它的優點在於質輕、價廉、精度穩定及功能健全，初步符合吾人本次作業要求多衛星系接收及e-GNSS計算功能之要求。PMG1第一代儀器僅能做GNSS-RTK作業，隨後海洋大學林修國教授提出網路支援技術改良，即直接結合行動裝置網路連結內政部國土測繪中心所建置的e-GNSS，大幅提升本次作業的便利性及功能性。PMG1接收器外觀示意圖如圖9所示。

表4 PMG1-GNSS衛星接收儀規格表

型號	PMG1	
支援衛	GPS、GLONASS、BDS、Galileo及SBAS(QZSS)	
頻道	GPS: L1、L2、L5 GLONASS: L1 C/A, L1P, L2 C/A, L2P, L3 Galileo: E1、E6、E5a、E5b BDS :B1、B2、B2a、B3 SBAS : QZSS, WAAS, EGNOS, GAGAN	
定位精 度	RTK	平面精度: 0.008公尺(m)+1ppm RMS
		高程精度: 0.015公尺(m)+1ppm RMS
	靜態	平面精度: 0.003公尺(m)+ 0.1ppm RMS
		高程精度: 0.035公尺(m)+ 0.4ppm RMS
備註	進行GNSS、RTK及結合網路行動裝置連結e-GNSS	

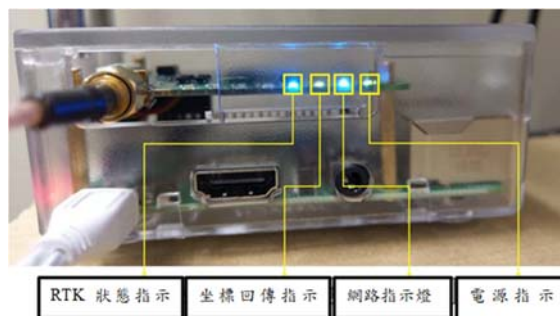


圖 9 PMG1 GNSS 接收儀器外觀示意圖

(C) GNSS衛星計算軟體

本研究之衛星定位，均套合國土測繪中心發展之e-GNSS即時動態定位系統計算而得，原理及介紹請參見前2.2之說明。

四、研究成果與分析

(一)實驗區檢核方式

1.行前檢定

本實驗分為實驗區(A)及實驗區(B)，主要分為1.實驗區行前的檢核、2.控制點佈設及3.檢核點佈設。

1.實驗區行前檢核

實驗區(A)

於警務所四周佈設控制點，4點為控制點及7點特徵物，檢核點共11點。利用e-GNSS所接收之坐標，透過點雲在FARO SENSE軟體上點選相對應之e-GNSS所接收之位置，由於此次研究方式非將特徵物運用方格標法將其作為目標，僅運用軟體進行人工選取。A實驗區控制點分布圖如圖10。

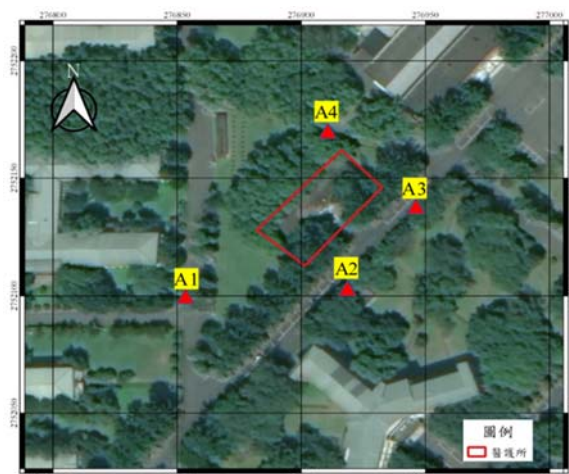


圖 10 實驗區(A) 4 個外部控制點分布圖

實驗區(B)

e-GNSS與PMG1各自在實驗區接收3個公告控制點位如0(每秒1筆資料並接收30筆完成後則為1測回，總共3測回)與鄰近公告坐標點位進行點位精度的檢核。坐標品質須為FIXED解即為固定解，依99%常態分布信心區間進行偵錯，如大於三倍中誤差時應剔除，作為後續是否可以使用之轉換坐標參考點。以下為實驗區(B)控制點分佈圖11。

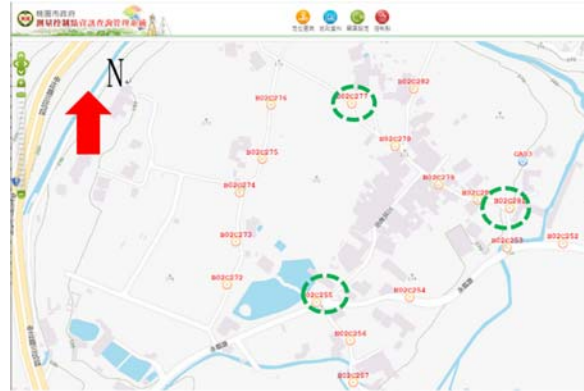


圖 11 實驗區(B)控制點分佈圖

由於現場圖根遺失嚴重，當年94年辦理之控制點早已消失殆盡，僅存零星之圖根點，經現場清理圖根點後皆為102年補建之圖根點。實驗區(B)3個外部圖根點點位坐標值如表5所示。

表5 實驗區(B)3個外部圖根點坐標表

圖根點名	公告縱坐標(N)	公告橫坐標(E)
H02C255	2748410.621	274988.253
H02C277	2748638.015	275028.820
H02C281	2748518.849	275209.723

2.控制點佈設

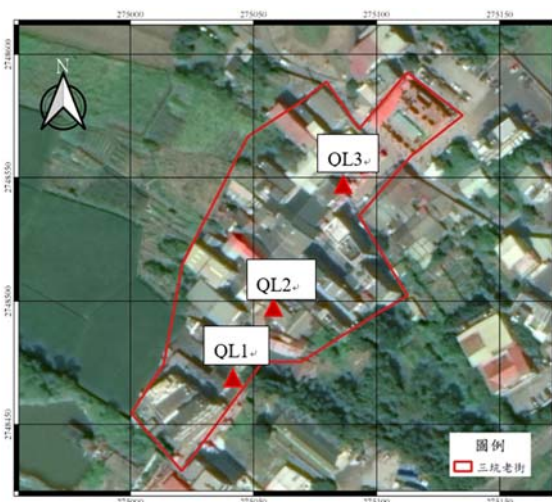


圖 12 實驗區(B)3個自訂內部控制點分佈圖

根據街道走向佈設3個點位，為後續坐標轉換之參考點，控制點設置皆能相互通視為準，作為後續經緯儀可以標定之對象，進行現況特徵點測設。本實驗自訂控制點佈設規劃如圖12。

3.檢核點佈設

在本實驗區(A)中，曾發生所需轉換的檢核點，因點雲在FARO SENSE 軟體操作過程中不易辨識，造成控制點坐標無法順利轉換至TDW97坐標框架下。所以吾人構思以黑白方格標加強註明，提供點雲作業時的方便辨識，而黑白方格標如圖13所示。

本實驗區共佈設18個檢核點，其檢核點分佈總圖如圖14，佈設檢核點均以通視且不易被外力毀損為原則。為避免人工判讀之錯誤或者辨識不易的問題，在實驗區(B)採用黑白方格標做為檢核標之佈設方式，方格標是以A4大小為主，依現場情形也可以採用A3大小方式來佈設。

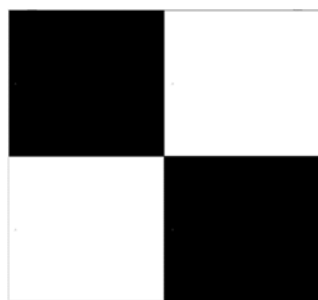


圖 13 黑白方格標

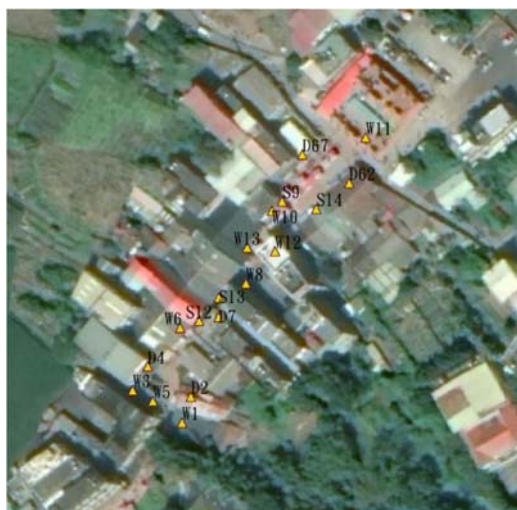


圖 14 檢核點分佈圖

(二)成果分析

1. Tremble R8S與PMG1比較

表6 Trimble R8S與公告坐標差值(m)

控制點名	公告座標		R8		RMS
	N	E	△N	△E	
H02C255	2748410.621	274988.253	0.005	0.014	0.0149
H02C277	2748638.015	275028.820	0.006	0.012	0.0134
H02C281	2748518.849	275209.723	0.008	0.01	0.0128

表7 PMG1 GNSS與公告坐標差值(m)

控制點名	公告座標		PMG1		RMS
	N	E	△N	△E	
H02C255	2748410.621	274988.253	0.015	0.005	0.0158
H02C277	2748638.015	275028.820	0.009	0.016	0.0184
H02C281	2748518.849	275209.723	-0.004	0.01	0.0108

本研究區以Trimble R8S GNSS衛星接收儀及PMG1 RTK GNSS，並以每秒30筆共3測回，表6為Trimble R8與公告坐標差值，表7則為PMG1 GNSS與公告坐標差值。

歸納總結：Trimble R8S與公告坐標差值之RMS均在0.0149m範圍內，PMG1與公告坐標差值之RMS在0.0184m範圍內，兩者接收儀運用在內政部國土測繪中心之e-GNSS系統項下，並經坐標轉換至TWD97，在與公告值坐標進行分析後，誤差成果皆符合地籍測量實施規則規範(全國法規資料庫，2021)，且採RTK觀測者固定解點位平面誤差小於2cm。

2.坐標轉換

實驗區(A)發生因為點雲稀疏辨識不易，所以無法順利點選控制點實施坐標轉換。故本章節就以實驗區(B)加有黑白方格標之案例繼續說明。

經點雲拼接完成後，吾人在成型之影像上，尋找相應之檢核點位，將之納入坐標轉換作業。圖15為三個地面點雲檢核點與e-GNSS接收之控制點轉換精度，意謂實際點位與點雲相應檢核點的坐標點雲精度差值。

歸納總結：為增加點雲間的重疊率，則站與站之間不能相距過大，吾人在此實驗中，設定儀器掃瞄站間距約10公尺內，且待測物小於5公尺內，便於提升點雲拼接成功率，並增加點雲細緻度，根據數據顯示實驗區(B)之3個控制點轉換精度為0.005m上下。

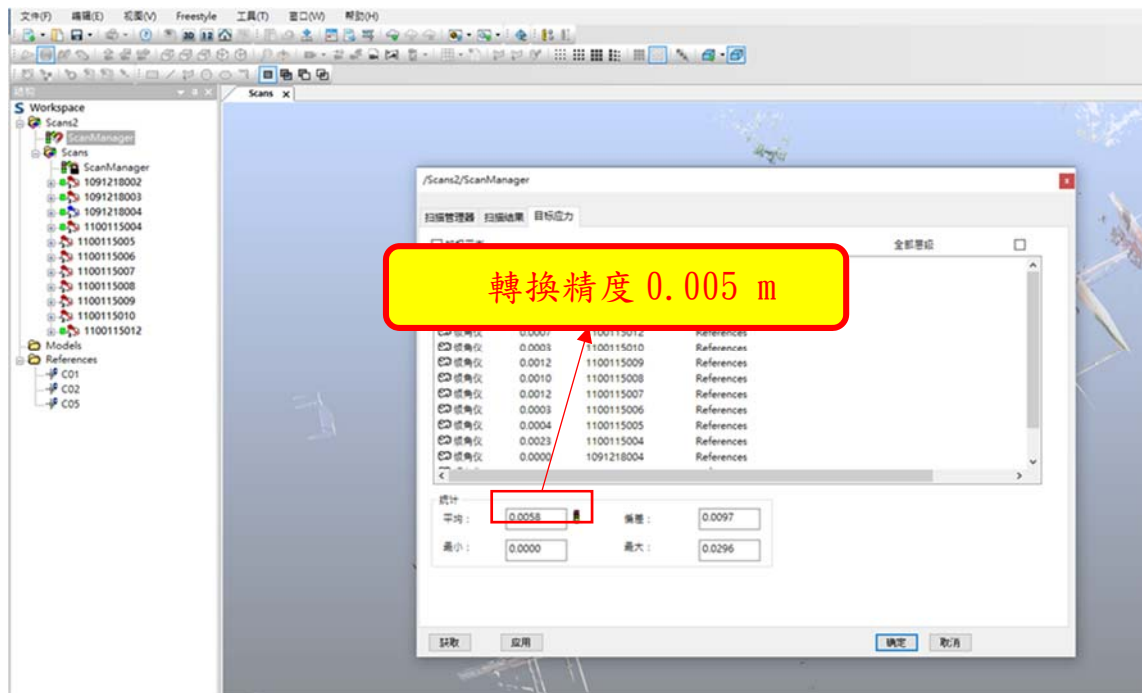


圖 15 轉換精度(3 個控制點)

3.數據檢核分析

表8 15個圖根點坐標與全測站坐標較差(m)

ID	E	N	點雲 e	點雲 n	dE	dN	坐標 差值	標準 差值
W10	275083.3317	2748541.482	275083.352	2748541.486	-0.001	0.006	0.006	0.0156
D4	275045.2789	2748493.715	275045.2841	2748493.717	-0.005	-0.007	0.009	
W13	275075.7855	2748530.223	275075.7868	2748530.221	-0.009	0.007	0.012	
W12	275084.333	2748529.053	275084.3306	2748529.055	-0.01	0.007	0.012	
S14	275097.0118	2748542.17	275097.0074	2748542.175	0.004	-0.014	0.015	
W3	275040.7654	2748486.461	275040.7657	2748486.47	0.011	-0.013	0.017	
W5	275046.9717	2748483.176	275046.974	2748483.18	0.022	0.002	0.022	
D2	275058.5838	2748484.493	275058.5815	2748484.484	0.015	0.02	0.025	
S9	275086.575	2748544.521	275086.5545	2748544.535	-0.005	0.027	0.027	
W8	275075.4098	2748519.242	275075.3966	2748519.255	-0.024	0.018	0.03	
W1	275055.8266	2748476.547	275055.8151	2748476.54	0.028	0.014	0.031	
D7	275067.0329	2748508.909	275067.0163	2748508.926	-0.037	0.028	0.046	
S13	275067.0606	2748515.034	275067.0343	2748515.038	-0.045	0.018	0.048	
S12	275061.0316	2748507.709	275061.0087	2748507.724	-0.043	0.03	0.052	
W11	275112.1879	2748563.987	275112.1486	2748564.01	0.035	-0.039	0.052	

表8為15個圖根點點雲坐標與全測站坐標差值之比較表，平面坐標差值最大

0.052m最小為0.006m，則標準差為0.0156m上下。可以清楚看出全部點位經檢測，皆符合地籍測量實施規則第73條規範界址點位置誤差皆在2至6公分內，D7、S12、S13、W11等4點之坐標差值偏大，推估主要是這四點位置位於老街窄小彎處及過多人停留在此，因此造成擾動大，導致誤差較高。

歸納總結：三個地面控制點檢核點與e-GNSS實際差值均在公分級以內，符合附錄A精度範圍內，再以此3個地面檢核點，測設15個空中圖根點(點雲萃取座標)。在坐標比對下坐標差值較大的為S12坐標差值為0.052(m)；W11坐標差值為0.052(m)，最小值則為W10為0.006(m)，總體標準差則為0.0156m上下，可以清楚看出全部點位經測設，皆符合地籍測實施規則第76條規範之2~6cm範圍之內。

(三) 3D立體地圖呈現

將前面數據經坐標轉換後，全部納入FARO SENSE軟體上以3D立體呈現。圖17-圖19為不同方式展示同一地區的地籍圖示。如圖16為FARO展示之三坑老街之立體模式；圖17則為則為另一套地面光達系統，台灣儀器行提供Trimble TX7點雲資料轉換之共同格式(.E57)，再置於FARO SENSE軟體中展示數值模型；圖18為內政部重測系統展示二維地籍圖；圖19 為CAD套匯點雲資料示意圖；圖20則為FARO SENSE點雲量距示意圖。



圖 16 FARO 展示之立體圖模式(三坑老街)

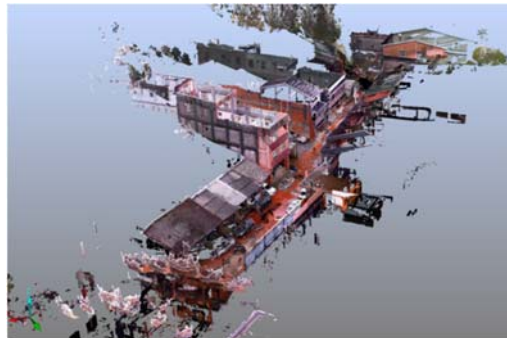


圖 17 Trimble TX7 展示之立體模式(三坑老街)

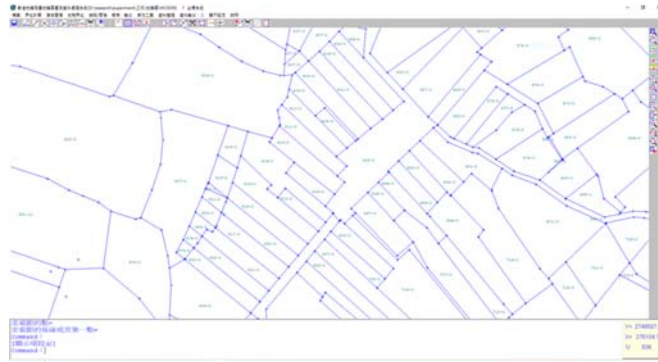


圖 18 內政部重測系統展示二維地籍圖(三坑老街)

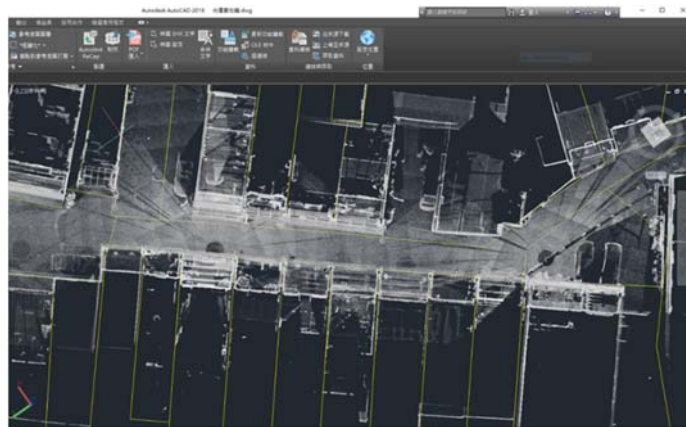


圖 19 CAD 套繪點雲資料



圖 20 FARO 點雲量距

歸納總結 :就實驗成果來看三種設備對同一地點(三坑老街)的數值建模，無論在圖面上之細緻度或介面操作方便性，FARO(本實驗)與Trimble TX7之3D視覺效果，遠較內政部原始2D地籍圖籍更佳。

五、結論與建議

本研究利用內政部國土測繪中心推廣之e-GNSS即時動態定位技術，結合3D雷射掃描技術、點雲資料處理及坐標轉化等方法，建置3D立體地圖，研究實驗成果可歸納為以下幾點結論與建議：

(一)結論

1. 本研究先以多星系快速精密定位技術，檢核外部3個公告控制點位坐標，並比較Trimble R8S及PMG1 二種衛星接收器，兩者接收儀皆能適用內政部國土測繪中心推廣之e-GNSS系統下，並經坐標轉換至TWD97，經量測結果比較，Trimble R8S與公告坐標差值之RMS在0.0149m範圍內，則PMG1與公告坐標差值之RMS在 0.0184m範圍內，兩者定位精度均能符合相關規定。
2. 本實驗擺站間距約10~15公尺內，且離待測物小於5公尺內，在實驗區(A)點雲拼接精度為3.89mm，實驗區(B)點雲精度為3.86mm，因此兩實驗區在點雲疊代拼接下精度皆相近。因實驗區(A)無法清楚辨識檢核點，導致點位坐標轉換不易，但加入黑白方格標之實驗區(B)3個控制點，則順利轉換且精度達到0.005m上下。
3. 三個地面控制檢核點與e-GNSS實際差值均在公分級以內，符合附錄A精度範圍內，以此再檢核15個空中圖根點(點雲萃取座標)。在坐標比對下，坐標差值較大的為S12及W11坐標差值為0.052m，最小值則為W10為0.006m上下，可以看出皆符合地籍測實施規則2~6 cm之範圍。
4. 將前面量測數據經坐標轉換，納入FARO SENSE軟體上作3D數值建模，本實驗FARO與Trimble TX7之成圖效果無論在細緻度或便利性，前二者之視覺效果遠較內政部2D原始地籍圖示為佳，更勝2D成圖效果。

(二)建議

1. 本實驗點雲拼接方式以曲面匹配法為主，以鄰近點雲進行疊代計算。點雲坐標轉換上，以黑白方格標來輔助進行點雲系統上自行判斷控制點，減少人為因素造成的誤差，作業上既便利又快速，黑白方格成本也低，建議可以多加利用。
2. 本研究目的之一為嘗試多元新興量測技術與設備，結合現代化之測量作業，如PMG1衛星接收器為國人自製之儀器設備，成本低廉，經實驗效果卻不比傳統國際大廠Trimble來的差，就精度上兩者皆能符合規範要求，建議日後多與國內產業技術合作。
3. 本次未考慮高程系統實為不妥之處，即使傳統地籍圖無高程資料，日後之研究朝向建立3維地籍圖，應納入高程之考量。
4. 內政部國土測繪中心，陸續建置了立體化的建物測量成果圖，就此表示3D地籍圖國內測量界發展的趨勢，本研究提出快速建置3D立體地圖的方法和概念，期盼能提供新的思考模式。
5. 經本研究結果顯示，吾人建議今後，地籍測量之成果均能建立三維立體地圖模式，使得地籍圖資變得更加豐富。
6. 以往地政機關辦理鑑界程序繁複(需經過申請書填寫、繳納土地複丈費、排定複丈時間，如遇雨下時，則另排定複丈時間)，申辦時間耗時，若地籍資料改為三維模式，即可直接透過電腦展示地籍範圍，讓申請人馬上清楚了解自己

的土地權利範圍，解少土地鑑界之複丈量，增加工作效率。

參考文獻

- 郭朗哲，2004，地面光達於崩塌地地形圖製圖之應用，碩士論文，國立交通大學土木工程學系，新竹，第 1-8 頁。
- 鄧表揚，2007，應用三維雷射掃描技術於大型儲油槽之變形分析，碩士論文，逢甲大學土地管理所，臺中，第 1-49 頁。
- 何建邦，2013，利用地面三維雷射掃描儀取代傳統千分之一數值地形測繪之研究—以竹東下員山地區為例，碩士論文，中興大學土木工程學系，臺中，第 32-41 頁。
- 簡廷宇、曾義星，2016，多測站具 GPS 定位之地面光達資料之網形平差，航測及遙測學刊，第 21 卷 1 期，第 31-42 頁。
- 黃立信、王建得，2017，應用 e-GNSS 檢核地籍圖重測區加密控制測量精度分析之研究，國土測繪與空間資訊期刊，第 5 卷第 2 期，第 129-154 頁。
- 黃立信、羅量來，2018，比對多衛星組合 RTK 與 e-GNSS 在地籍測量上之應用與分析，國土測繪與空間資訊期刊，第 6 卷第 1 期，第 49-74 頁。
- 葉大綱、張淑娟，2018，簡化 e-GNSS 地籍測量作業程序之探討—以北部實驗區為例，國土測繪與空間資訊，第 6 卷 2 期，第 117-135 頁。
- 梁佩琿、游本志、蕭介峰，2018，都會地區圖根點不落地可行性之探討，臺灣災害管理研討會，第 856-864 頁。
- 黃立信、王建文，2021，應用多元量測技術於高精度地籍測量之研究，國土測繪與空間資訊期刊，第 9 卷第 2 期，第 67-83 頁
- 李金輝、梁崇智、盧立偉、童健恆，2022，以 e-GNSS 即時動態定位系統應用於數值地籍測量準確度分析—以草屯框架為例，中華民國地籍測量學會會刊，第 41 卷 1 期，第 27-56 頁。
- Trimble 入口網站，Trimble R8, R6 and R4 User Guide Version 4.80RevisionA, http://trl.trimble.com/docushare/dsweb/Get/Document-666216/R8-R6-R4_v480A_UserGuide.pdf (2019.11.02)。
- 迅聯光電有限公司，[http://www.linkfast.com.tw/\(2020.12.20\)](http://www.linkfast.com.tw/(2020.12.20))
- 內政部國土測繪中心，e-GNSS 即時動態定位入口網站，[http://www.egnss.nlsc.gov.tw/\(2021.1.23\)](http://www.egnss.nlsc.gov.tw/(2021.1.23))。
- 台灣儀器行，Trimble 雷射掃描儀入口網站，[http://www.ticgroup.com.tw/goods/496.html\(2021.1.23\)](http://www.ticgroup.com.tw/goods/496.html(2021.1.23))。
- 全國法規資料庫，[https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=D0060053\(2021.1.20\)](https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?pcode=D0060053(2021.1.20))。
- 林修國，精密衛星定位暨導航系統設計實驗室入口網，[https://sites.google.com/site/ntougpprd/home/boss\(2021.1.26\)](https://sites.google.com/site/ntougpprd/home/boss(2021.1.26))。

Lachapelle, G., Alves, P., Fortes, L. P., and Cannon, M. E., 2000, DGPS RTK Positioning Using a Reference Network, Proceedings of ION GPS 2000, SaltLake City, Utah, U.S.A, pp.1165-1171.

Landau, H., Vollath, U., and Chen, X., 2002, Virtual Reference Station System, Journal of Global Positioning Systems, Australia, .1(2), pp.137-143.

測量觀點的地籍圖段接邊方法研究

洪本善^{1*} 盧立偉²

論文收件日期：111.03.21

論文修改日期：111.05.07

論文接受日期：111.05.17

摘要

地籍圖是國土資訊系統的基本圖資，相鄰段界間或多或少有錯開或重疊的問題，內政部國土測繪中心自2011年起進行 GIS 地籍圖接合對位作業工作，主要是為了地理資訊運用需求，此成果無法提供土地複丈使用。本研究為測量需求目的提出地籍圖段邊界接合方法，兼顧鄰近界址點相對精度進行接合處理，採權平均值(Weighted mean)法計算各界址點之坐標改正值，以距離或距離之開根值為倒數來訂定權(Weights)，及比較何者為佳，並進行接合前後的相鄰界址點距離、接合前後的宗地面積分析比較，以南投縣四個實驗區進行驗證。由圖解區成果呈現，上述較差皆在誤差容忍值範圍內，數值區成果顯示，除修測數值區有一相鄰界址點邊長較差0.09公尺外，其餘較差皆小於0.04公尺；接合前後面積較差方面，除修測數值區有4筆宗地較差介於0.5-0.8平方公尺外，其餘皆小於0.3平方公尺，因此接合後之地籍圖應可作為後續土地複丈使用。

關鍵字：土地複丈、地段、接合、圖解地籍圖、數值地籍圖。

¹ 副教授，逢甲大學土地管理學系。

² 測量員，草屯地政事務所，南投縣政府。

*通信作者，TEL：(04)24517256 #4708，E-mail: pshung@fcu.edu.tw。

Study towards Matching for Cadastral Maps

From the Point-view of Surveying

Pen-Shan Hung ^{1*} Li-Wei Lu ²

Abstract

Cadastral maps serve as foundation of Land Information System. Boundaries of neighboring maps or blocks encounter more or less shrinkage and discrepancy problems. Since 2011, National Surveying and Mapping Center, Ministry of Interior, have made progress in matching digitized cadastral maps in order to support GIS applications. However, the matched maps are not used for land revision but for GIS. In this study, a method is proposed to match cadastral maps for the useage of land revision by taking into account relative accuracy of adjacent points. In order to maintain the relative accuracy, the coordinates of surrounding points of neighboring parcels beside the block boundary line are corrected by weighted means. The weight depends on the reciprocal of distance or the square root of the distance to the points of the block boundary line, and to make comparison with two weighted methods. In addition, the distances between boundary points and the area of parcel will be compared before-after map-matching. There are four blocks located in Nantou County, Taiwan, be tested. Of the tested graphical maps, the results are shown that the differences of the above-metioned distances and the area are within tolerance error required. Of the tested numerical maps, except that the difference of the distance between boundary points at the trimmed numerical block reaches 0.09m, the other are less than 0.04m; except that the discrepancies of the area of four parcels at the trimmed numerical block are at the level of 0.5-0.8m², the other are less than 0.3m². Therefore, the matched cadastral maps might be used for the job of land revision.

Keywords: Block, Graphical Cadastral Map, Land Revision Survey, Matching, Numerical Cadastral Map,

¹ A/Prof., Dept. of Land Management, Feng-Chia Uni.

² Surveyor, Caotun Land Administration Office, Nantou County

*Corresponding Author, TEL:+886-4-245172750 ext.4708, E-mail: pshung@fcu.edu.tw

一、前言

地籍圖是國土資訊系統的基本圖資，國外如塞爾維亞(Serbia)國家為了建立無接縫地籍圖做為國家發展的基本圖資，Cvijetinovic等人於2015年提出了技術面及處理方法的建議研究。國內現正積極推動國土計劃使用功能分區分類及使用地劃設作業，皆需套疊地籍圖與其它圖資使用。不論是圖解區或數值區，相鄰段界地籍圖間或多或少有錯開或重疊的問題，內政部國土測繪中心為推動地籍圖資整合，提供中央機關地籍圖資加值，滿足地理資訊系統運用需求，自2011年起利用2010年開發完成之「地籍資料加值處理系統」，採平差處理方式進行地籍GIS接合對位作業，產製以鄉鎮市區為段界接合及對位範圍之地籍圖資，在GIS地籍圖接合對位作業中，若無法編修之縫隙土地，是以無屬性之多邊形(polygon)填補，為虛擬之未登記土地。

上述接合對位的GIS地籍圖，主要是為了地理資訊規劃需求，然而無法提供後續土地複丈使用。本文研究目的在提出測量需求的地籍圖段邊界接合方法，期望應用此方法完成段邊界接合後之無接縫地籍圖，仍符合地籍測量實施規則精度限制，可為後續辦理土地複丈使用。

本文將敘述國內GIS地籍圖接合對位的現況及方法，及一般地籍圖段界接合研究狀況，概述國外地籍圖段界接合方法，如Shmutter and Doytsher於1992年的接合研究中，比較相鄰邊界之共同點坐標，採循序漸近求解法計算，當相鄰邊界之共同點坐標較差小於誤差容忍值時，再取權平均值接合，強制接合後，其與段邊界共同界址點之鄰近的界址點並未隨之改正，彼此間的相對精度些許將受到影響。

因此，本研究利用兼顧段邊界共同界址點與鄰近界址點相對精度的段接邊接合方法，以南投縣四個實驗區，進行強制接合段邊界共同界址點，同時為維持界址點間之相對精度，採權平均值(Weighted mean)法，進行與段邊界相鄰近的各界址點之坐標改正計算，權(Weights)是採兩種方式，如以距離或距離之開根值為倒數來訂定及比較何者為佳，並進行接合前後的相鄰界址點距離比較、及接合前後的宗地面積分析比較，提出研究結論與建議。

二、文獻回顧

地籍圖常因破損、伸縮等自然或人為因素所造成圖幅無法銜接之問題，此狀況是無法藉由圖解數化解決，加上環境變遷等因素，產生圖解數化成果與實地使用現況不符之發生。一般來說，圖解地籍圖皆是以「圖幅」為最小單位來管理，有些測量單位已完成圖幅接合，以「地段」方式來管理，不論是圖解區或數值區，其地籍圖相鄰段界間或多或少有錯開或重疊的問題。進行段接合前，需先確認兩相鄰段圖資坐標系統一致，並瞭解段界相同特徵點之偏差情形。圖形不合理現象包含地段間

重疊、不合理間隙、宗地離散與經界線錯位等，主要可分成重疊與縫隙二種。圖 1 左圖為金門縣烈嶼鄉某相鄰段接邊情況，以圖上紅色圈範圍內之偏離情形來探討，段接邊界形狀完全不同，無法強制接合，應檢討原因以地籍重測方式來處理。圖 1 右圖顯示段界接邊形狀相似，若能於該宗地附近施測可靠現況點（界址點或經界線），進行區域坐標轉換，方能改善偏離情況，完成接合處理。(洪本善，2017)

理論上，各地段地籍圖皆由該段區域內之圖根點控制，進行戶地測量，倘若地段間之圖根控制點僅存在幾何性的坐標系統差異，則透過數學公式進行坐標轉換，或可解決地段界接邊問題。但若存在非數學幾何問題，欲藉由共同控制點進行坐標轉換，是無法解決非幾何上的問題。

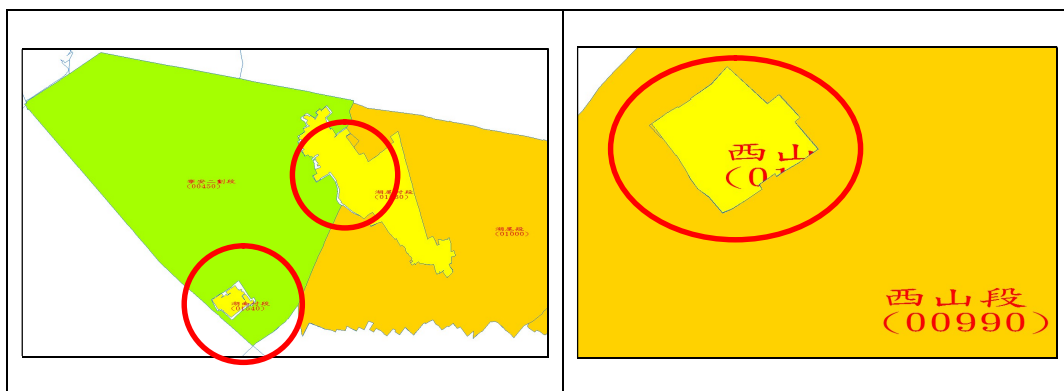


圖 1 金門縣某相鄰地段重疊及錯開(左圖邊界形狀不同、右圖相似)示意圖
(土黃色:金門地籍，淡黃色:圖解區坐標整合，淡綠色:TWD97 系統)

(一) GIS地籍圖段界接合現況

國土測繪中心為推動地籍圖資整合，滿足地理資訊系統運用需求，自 2011 年起迄今，採平差處理方式，利用 2010 年開發完成之「地籍資料加值處理系統」進行地籍 GIS 接合對位作業，產製以鄉鎮市區為段界接合及對位範圍之地籍圖資。行政院農業委員會自 2016 年起委託國土測繪中心辦理其農委會管轄土地範圍之地籍圖接合對位及編修作業，產製 GIS 地籍圖。國土測繪中心並於 2019 年起以 TWD97 數值法地籍測量成果為地籍 GIS 接合對位基準之更新作業工作。GIS 地籍圖接合對位作業中，先進行地籍圖的段接合程序，再以臺灣通用電子地圖(1/2500 比例尺)作為修先對位依據之底圖，考量道路圖層適於對位特徵點較多，是以道路圖層為優先對位之圖層。(內政部國土測繪中心，2020)

GIS 地籍圖接合對位作業成果，可提供 GIS 應用需求，如各縣市進行「國土功能分區分類及使用地劃設作業」，及內政部營建署城鄉分署負責推動的「國土、區域及城鄉規劃、國土復育計畫」等等 (台中市政府，2020；內政部營建署城鄉分署，2020)。

在 GIS 地籍圖接合對位作業中，優先編修較舊年代之地段成圖或登記日期較舊

之宗地，無法編修之縫隙，則以無屬性之多邊形 (polygon) 填補。在接合策略上，一般而言數值測量的精度較圖解測量為高，是以數值區的地段為基準圖資，相鄰地段界間的吻合程度及段邊界的邊長大小，也是影響接合對位成果良窳的原因之一。因此，數值地籍圖資料接合順序之判斷依序如下：(內政部國土測繪中心，2020)

1. 坐標系統：TWD97 坐標系統優先，TWD67 坐標系統次之，地籍坐標系統或其他坐標系統最後。
2. 測量方法：數值法優先，
3. 地段成圖年代：成圖年代較新者優先，
4. 相鄰地段接觸範圍：範圍較大者優先，
5. 其他：比例尺較大者或地段面積較大者優先。

地籍圖接合對位後，地籍圖須進行前後資料的比較，比較的項目包括面積差、面積差百分比、角度差 (角度差平均值、角度差最大值) 及角度差百分比等五項。以定量方式評估地籍 GIS 接合對位作業之成果，如宗地面積差百分比大於 2.0% 或經界線間之角度差大於 4 度，則該筆宗地視為變形宗地。

地籍 GIS 接合對位作業係以臺灣通用電子地圖為對位基準，電子地圖的平面精度為 1.25 公尺，因此以該精度的 2 倍為門檻值，辦理地籍整理更新作業後，若地籍整理地段之界址點平均位移量大於 2.5 公尺，或是最大位移量大於 7.5 公尺 (平均位移量精度的 3 倍)。因此，可理解上述地籍圖段界接合成果僅為 GIS 用途，無法作為日後土地複丈測量使用。

(二) 一般地籍圖段界接合現況

此處所謂的一般地籍圖，係指可為地籍測量用之圖資，而非 GIS 地籍圖。一般來說，昔日圖解區的控制測量大都是採用單導線法，因此相鄰段的圖根控制點坐標彼此間存在系統誤差，此外或因地籍圖紙的伸縮、指示的界址點不同，造成相鄰段邊界之界址點或經界線無法在合理的誤差範圍情形，產生圖地不符的情形。

有關如何改善段邊界錯開或重疊情形？以「三圖合一坐標整合」作業來說，利用系統一致圖根點實施約 50% 所有界址點之現況測量，再進行坐標轉換，主要是將地籍圖轉換至另一種坐標系統，如得到相對於新坐標系統 (如 TWD97) 的地籍圖，可改善段接邊界錯開 (或重疊) 情形，但至今仍未開始進行可為後續土地複丈使用的無接縫地籍圖的接合工作。

為了改善段接邊錯開或重疊情形，三個要點如下：(林登建，2004；洪本善，2017)

1. 須建立統一且精度良好的圖根點坐標，

2. 計算上述圖根點相對於原地籍圖的坐標，換句話說，建立新坐標與原圖坐標的精準幾何數學關係。
3. 利用共同圖根點坐標，進行相鄰圖根點距離的分析，劃分相對精度一致性的區域，進行分區坐標轉換。

如此能使坐標轉換後之原地籍圖成果與新坐標系統的圖根點一致相對關係增加，換言之，圖、地較能相符，段接邊問題較易解決。

以 98 年國土測繪中心委辦之「研訂圖解數化地籍圖整合建置及都市計畫地形圖套疊作業標準暨規範」計劃案成果為例，測量區域為新竹火車站後站之圖解區東光段及東明段(如圖 2)，坐標轉換前後之段接邊成果差異分析如圖 3。轉換前約有 100 個界址點偏離 0.3 公尺以上，經分區域性的坐標轉換後，其相鄰段界之共同點幾乎已可完成接合，僅剩餘 10 點尚未順利解決，由成果顯示，的確可以改善相鄰地段接邊不一致的情形。東光段及東明段相鄰段間之相同圖徵共有 138 點，經查圖徵之屬性，最多為道路，次之空地，再次之房屋及水溝。(內政部國土測繪中心，2009)



圖 2 新竹市東光段與東明段範圍示意圖

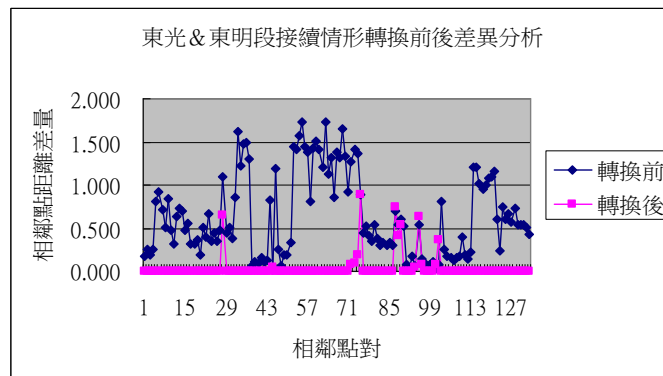


圖 3 新竹市東光段與東明段坐標轉換前後之接邊差異圖

採用前述方式處理，若改善了相鄰地段界線彼此的偏離情形，再採用前節所述的「地籍圖資料接合順序」進行接合。若兩相鄰段的圖籍精度相仿，取其相鄰地段

界邊緣的同一圖徵(如界址點)坐標之平均值(E^* , N^*)，計算該圖徵的坐標改正值 ΔE ($= E^* - E$)、 ΔN ($= N^* - N$)，若此改正值小於地籍測量實施規則之容忍值，則採用此平均坐標值的界址點作為相鄰地段的唯一共同界址之坐標，即完成該段邊界共同界址點之接合處理，該地段內之其它相鄰界址點坐標，應該考慮在某個程度下進行相對性坐標改正，此問題將於第三節討論；若此改正值大於地籍測量實施規則之誤差容忍值，則須再行研究討論解決方式，此問題將不在本研究討論。

Shmutter and Doytsher 曾於 1991 年及 1992 年共同進行數值化地籍圖段邊界的接合研究，Shmutter and Doytsher (1992)之研究方法來自於航空攝影測量的空中三角測量方法概念。假設有兩相鄰段地籍圖 S1 與 S2，利用地段內之共同控制點(common points)，各別進行坐標轉換至同一坐標系統，並比較相鄰邊界之共同界址點坐標，依相鄰地段的精度取其權平均值(weighted mean)，作為初步的接合後坐標值。若差異大於可接合誤差，下一步驟，則採用空中三角測量平差概念，將段邊界之界址點視為攝影測量照片上之共軛點(tie points)，並與該段內之控制點一併納入進行六參數 Affine 平差計算，並更新平差後的段邊界之界址點坐標，兩相鄰段之作法皆是如此，再比較相鄰邊界之共同點坐標，採循序漸近求解法(iteration approximation)，計算至相鄰邊界之共同點坐標較差小於誤差容忍值為止，再取權平均值做為此共同點之坐標。此研究實驗區域有六個地段，其中五個地段比例尺為 1/1250、另一為 1/2500 比例尺，整個範圍內有 129 個共同界址點與 31 個控制點，實驗結果之坐標轉換後標準誤差為 0.15m，段邊界共同界址點最大的差異為 2.39m，詳細研究方法請參閱 Shmutter and Doytsher (1992)。

地籍測量特別著重於點位間的相對精度(Blauchut et al.,1979)，因此相鄰地段間的共同界址點接合後，其鄰近界址點必須隨之變動，以保持相鄰點位間的幾何相對精度，並能符合地籍測量實施規則之精度規範，如此段界接合後的地籍圖成果方能為後續土地複丈使用。

有關一般地籍圖段界接合之國內研究，如洪本善(2017)、賴昀均等(2018)、莊美玲(2020)、賴永昌(2021)、盧立偉(2021)等。本研究之地籍圖段界接合方法，將於下個章節說明。

賴昀均等(2018)之實驗區為金門縣圖解區與數值重測區之相鄰地籍圖段界，選取相鄰段邊界 18 個共同界址點進行接合，以數值區地籍圖為接合基準，這 18 個共同界址點縱橫坐標差異範圍為 1.3 至 18.7cm，經接合後之實驗成果顯示，圖解區之界址點坐標改正接合前後的相鄰界址點距離較差、及接合前後的鄰近宗地面積較差皆符合地籍測量實施規則第 76 及 153 條圖解地籍圖之精度規範。莊美玲(2020)之實驗區為台中市北屯區圖解區與圖解區之相鄰地籍圖段界，選取相鄰段邊界 4 個共同界址點進行接合，這 4 個共同界址點縱橫坐標差異最大值 19.6cm，取其共同界址點坐標平均值為接合後之坐標，因此坐標改正值最大為 9.8 cm，經接合前後之相鄰界址點距離較差、及接合前後的鄰近宗地面積較差皆符合精度規範。

賴永昌(2021)選擇台中市大甲區四個實驗區，皆為圖解區與數值重測區之相鄰地籍圖段界，亦以數值區地籍圖為接合基準，段邊界共同界址點橫向坐標差異最大有 56cm，除了有繆誤處外，其它資料經接合前後之相鄰界址點距離較差、及接合前後的鄰近宗地面積較差皆在合理的範圍。盧立偉(2021)選擇了南投縣四個實驗區，其中兩個為草屯鎮 1/500 比例尺市地重劃數值區，一個為草屯鎮 1/600 圖解區，另一為南投市 1/500 修測數值區，以上四段皆與 TWD97 數值重測區相鄰，因此段接合處理是以數值重測區為接合基準；草屯鎮之兩個段邊界共同界址點縱橫向坐標差異皆小於 6cm，草屯鎮 1/600 圖解區地籍圖存有繆誤情況有 69cm 之多，南投市 1/500 修測數值區與相鄰段之共同界址點坐標最大差異約 15cm，忽略圖解區之繆誤情況，其它資料經接合前後之相鄰界址點距離較差、及接合前後的鄰近宗地面積較差皆在合理的範圍。

三、研究方法

史惠順(1981)、何維信(2004) 論及有關地形圖幅邊拼接的作法，在測圖容許精度內，則以兩幅間同一地物之錯開誤差取其平均值之處接合，改正後之地物地貌尚須注意保持其合理的走向，上述處理方式並未考慮圖幅邊鄰近之地物地貌與前述經改正後地物地貌之相對關係。

段界接邊文獻多探討共同界址點之接合問題，為維持地籍測量強調鄰近點間的相對精度(Blauchut et al.,1979)，因此相鄰地段間的共同界址點接合後，其鄰近界址點亦必須隨之變動，以符合地籍測量實施規則之精度規範。本研究相鄰點位間的幾何相對精度，是以「地籍測量實施規則第 64 條第四項的規範辦理：數值法辦理地籍測量區域，位置閉合比數不得超過支導線相對精度 1/3000，圖解法相對精度 1/2000」為依據。(內政部地政司，2022)

為了考慮相對精度，鄰近界址點坐標亦須伴隨段界邊的共同界址點變動而修正，本研究參考包迪氏法則 (Bowditch Rule) (何維信，2004)，假設段邊界共同界址點 Q_j 的改正值為 (dE_{ij}, dN_{ij}) ，則與之鄰近界址點 P_i 的坐標 (E_i, N_i) 改正公式如下：
(洪本善，2017)

$$dE_{ij} = \left(1 - \frac{r_{ij}}{K_j}\right) \Delta E_j \quad (1)$$

$$dN_{ij} = \left(1 - \frac{r_{ij}}{K_j}\right) \Delta N_j \quad (2)$$

公式 (1) 及 (2) 中，

ΔE_j 、 ΔN_j ：段邊緣共同界址點 Q_j 的橫、縱坐標改正值（假設有 m 個； $j=1,2,\dots,m$ ）；

K_j ：共同界址點 Q_j 之縱（或橫）坐標分量改正值之絕對值，乘上數值區或圖解區之支導線相對精度限制之分母（數值區 1/3000，圖解區 1/2000）；

（假設 $\Delta N_j = 16 \text{ cm}$ ，以圖解區為例，則 $K_j=320\text{m}$ ）

r_{ij} ：鄰近界址點 P_i 至段邊緣共同界址點 Q_j 之距離（ $\sqrt{(E_i - E_j)^2 + (N_i - N_j)^2}$ ），若

r_{ij} 大於前述之 K_j 值，則 $r_{ij} = K_j$ 代入計算，使此點之坐標改正值為零，換句話說，超過臨界距離（ $r_{ij} = K_j$ ）之點位坐標不受影響。

地段內之鄰近界址點 P_i 之坐標修正值為各邊界共同界址點對該界址點影響位移量之權平均值，計算公式如下：（洪本善，2017）

$$\Delta E_{pi} = \frac{\sum_j^m (dE_{ij} \cdot W_{ij})}{\sum_j^m (W_{ij})} \quad (3)$$

$$\Delta N_{pi} = \frac{\sum_j^m (dN_{ij} \cdot W_{ij})}{\sum_j^m (W_{ij})} \quad (4)$$

各點之權 W_{ij} 可為距離 r_{ij} 之倒數($1/r_{ij}$)或 $\sqrt{r_{ij}}$ 之倒數($1/\sqrt{r_{ij}}$)，前者稱 A 法、後者為 B 法； r_{ij} 為 P_i 點至 Q_j 段界共同界址點之距離。

兩相鄰地籍圖段邊界之共同界址點完成接合一致後，需檢核相鄰界址點間的相對關係、及坐標改正前後之宗地面積較差是否仍符合地籍測量實施規則精度要求。段界共同界址點接合改正後，其數值區、圖解區之邊長限制分別採用第七十四條：2 公分 + 0.3 公分 \sqrt{S} (S 為改正前邊長)，及第七十六條：4 公分 + 1 公分 \sqrt{S} + 0.02 公分 * 500 (圖比例尺之分母)，以第二百四十三條規定來進行面積較差之檢定，本研究區域為市地，比例尺 1/500 圖解區之面積誤差限制： $\Delta F = (0.10 + 0.02 \sqrt[4]{F}) \sqrt{F} \text{ m}^2$ (F 為登記面積) (內政部地政司，2022)。數值區面積計算須登記至小數點後兩位 0.01 m^2 ，由於坐標改變，致使面積差異一般皆大於 0.01 m^2 ，建議可適用圖解區土地複丈面積配賦的方式處理，將於後續章節討論。

四、實驗結果比較與分析

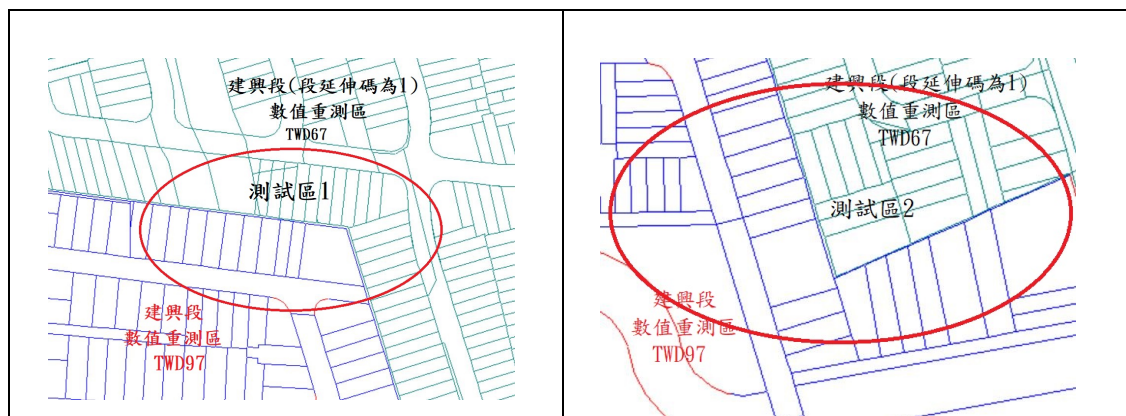
(一) 實驗測試區概況

本研究重新整理盧立偉(2021)南投縣四個實驗區的資料並進行計算分析，簡介如表 2，地籍段界接合前的示意圖如圖 4。四個測試區內，測試區 1、2、及 4 為數

值區，測試區 3 為圖解區。由於適用於土地複丈功能的段邊界共同界址點接合程式尚未開發流通使用，本研究是採用 Excel 工具計算，僅能侷限任選兩相鄰地段之局部段邊界相鄰宗地進行驗證(如表 2 所示)，俟前述程式流通後，即可進行整個地段邊界接合處理。

表2 本研究各實驗區簡介.

編號	段別	局部段邊界鄰近地號	相鄰地籍概況
測試區 1 (TWD67 地籍圖)	建興段	961、960、959、806、807、 808、805、804、754-6、754、 754-7、754-2、755-3、754-3、 755-2	本區為都市計畫內住宅 區土地現況多為建物，地 段為 TWD97 地籍。
測試區 2 (TWD67 地籍圖)	建興段	1154、1114-3、1114、 1114-1、1114-2、1114-8、 1114-4、1114-5、1114-6、 1114-7、1114-9、114-10、 1114-11、1114-12	本區為都市計畫內住宅 區土地現況多為建物，地 段為 TWD97 地籍。
測試區 3 (圖解數 化地籍 圖)	坪頂段	1160、1160-1、1160-2、 1161、1162、1163、1164、 1165、1165-1、1165-2、 1165-3、1165-4、1165-5、 1165-7、1165-8、1165-9、 1168、1170、1171、1172、 1173、1177、1178	本區為鄉村區海拔約 330 公尺之重劃區，地段為 TWD97 地籍。
測試區 4 (TWD97 修測地籍 圖)	光大大段	34、35、36、37、38、38-7、 38-8、38-1、38-2、38-3、 38-4、38-5、39、40-1、41、 42、43、54、55、56、57	本區為都市計畫內住宅 區土地現況多為建物，地 段為 TWD97 地籍。77 年 為 TWD67 地籍圖重測區 經修測後為 TWD97。



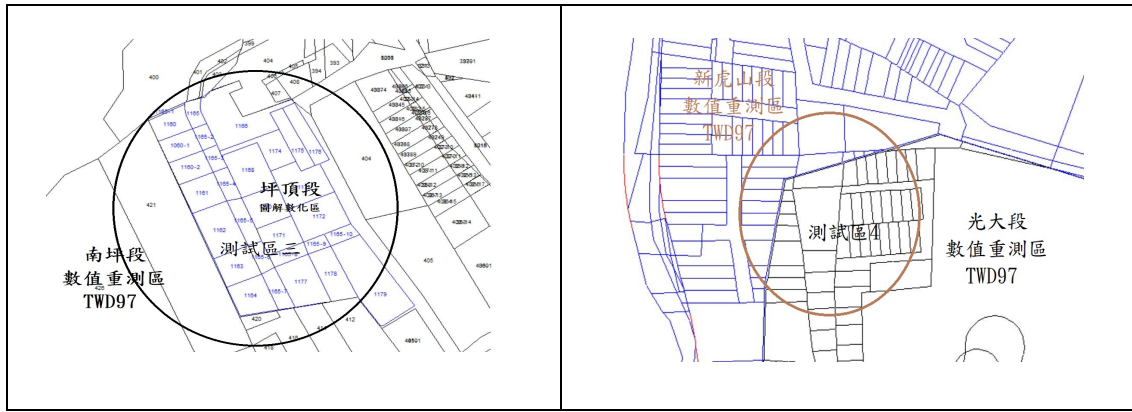


圖 4 地籍段界接合前的示意圖

(二) 段接邊成果分析

進行地籍圖段邊界接合前，需先完成坐標轉換，使兩相鄰段之坐標系統一致，再進行接合處理。有關如何進行坐標轉換不在本研究探討，上述測試區的坐標轉換成果請參考(盧立偉，2021)。原則上，數值區及圖解區之段界共同界址點需在容許誤差範圍內，才可強制接合，數值區之容許誤差為6cm，圖解區為圖上誤差0.3mm(對應1/500、1/600比例尺之實地誤差為15cm、18cm)。

因接合段邊界之共同界址點，其鄰近的界址點坐標改正值，依前節(3)及(4)公式計算，公式內各點之權 W_{ij} ，採用兩種不同的權方法，以距離 r_{ij} 之倒數 $(1/r_{ij})$ 稱之A方法，以距離 r_{ij} 之 $\sqrt{r_{ij}}$ 之倒數 $(1/\sqrt{r_{ij}})$ 稱之B方法， r_{ij} 為界址點 P_i 至段邊界之共同界址點 Q_j 之距離。

1. 段接邊後各界址點之A及B法坐標改正值比較

進行四個測試區段邊界共同界址點接合後，其相鄰界址點坐標(A及B法)改正值統計如圖5。由改正值分布大小得知，測試區1及2之A及B法改正值差異在4cm以內，應是數值區之段邊界共同界址點差異值較小(小於6cm)，採用A或B法對改正值之差異不顯著。

表內呈現測試區3有三處橫線坐標dE改正值達到0.6-0.7m之多，經查此三處坐落於段邊界之地號1164、1165-7、1177宗地(如圖6)，合理的疑問是在段邊界共同界址點判定上有問題(如圖上紅色箭頭所指之界址點)，經查證(盧立偉，2021)，1177宗地之10081及10120界址點邊長為9.008公分，相鄰段之對應界址點6206、6215之邊長為9.754公尺(10081、6215界址點分別為相鄰兩段之道路逕為分割點，理論上應該同一點，但由於圖解地籍圖上辦理分割作業時，卻與相鄰段數值區之邊長不一致的緣故所造成)，結果在接合作業時，相同段界上邊長較差有0.746公尺，以數值區為基

準，強制接合時產生如此大的坐標改正值，因此測試區3此三處繆誤結果在未獲得解決前，此三處繆誤結果於本研究中不予討論。忽略前述情況下，綜觀測試區3及4之其它結果，圖解區之段邊界共同界址點差異值(與測試區1及2成果比較)較大。比較A及B法計算之坐標改正值的差異，採用A法計算之坐標改正值成果明顯較B法成果為穩定。

2. 坐標改正前後之相鄰界址點邊長比較

由圖7之測試區1接合後邊長差異曲線呈現，除橫軸編號23(806宗地)之1494與1798點間邊長較差達0.050公尺外，A、B法邊長較差其餘較差均在-0.016~0.026公尺之間。由測試區2呈現，A、B法邊長較差除橫軸編號17(1141-1宗地)之959及1979點號邊長較差達0.043公尺外，其餘較差均在-0.015~0.027公尺之間。測試區3成果中，由於1177宗地之10081、10120點號邊長較差達0.746公尺(如表3)，因繆誤結果刪除忽略不予討論(造成之原因，已於前節說明)，但因繆誤結果造成B法計算相鄰宗地邊長影響，似有被放大的誤差傳播現象)，其餘大部分較差約在-0.040~0.040之間。由測試區4可知，A法邊長較差最大值為0.09公尺，B法邊長較差以橫軸編號36及44(38-4、38-5宗地之5466至5467點號)邊長較差達0.126公尺為此測試區最大值外，其餘較差在-0.029~0.036之間。

整體上來評估，以A法來進行各界址點坐標改正後之相鄰界址點的邊長差異，較B法差異為小且差異起伏區間較小。

表3 測試區3之 A、B 法邊長差異分析表

宗地	點號	改正前邊長 m	方法 A		方法 B	
			改正後邊長	較差 (A)	改正後邊長	較差 (B)
略...	略...	...	略...	...
1165-7-1	10082	5.146	5.162	0.016	5.156	0.009
2	10078	14.666	14.719	0.052	14.727	0.061
3	10080	5.719	5.617	-0.101	5.617	-0.101
4	10081	16.605	16.563	-0.042	16.568	-0.037
1177-1	10084	12.268	12.315	0.047	12.292	0.024
2	10082	16.605	16.563	-0.042	16.568	-0.037
3	10081	9.008	9.754	0.746	9.754	0.746
4	10120	3.283	3.270	-0.013	3.270	-0.013
5	10083	19.452	19.435	-0.017	19.435	-0.017
1164-1	10078	12.588	12.641	0.053	12.691	0.103
2	10077	11.787	12.075	0.288	12.075	0.288
3	10079	12.916	12.640	-0.276	12.640	-0.276

4	10080	14.666	14.719	0.052	14.727	0.061
---	-------	--------	--------	-------	--------	-------

3. 坐標改正前後之宗地面積比較

數值地籍測試區1及2(如圖8),A法之段邊界接合後與登記面積較差皆小於0.35 m², 測試區4之修測數值地籍, A及B法之接合後與登記面積較差相較無異, 皆小於0.8 m², 或許因是修測數值區, 其較差比數值地籍測試區稍大些。

圖解地籍測試區3之A及B法之接合後與登記面積較差在1.6 m²以內, 相較下, A法成果稍好些, 整體上來說, 接合後面積與登記面積較差皆小於地籍測量實施規則的誤差限制。由上述成果分析, 圖解區地籍圖與相鄰段邊界之共同界址點(或稱圖徵點), 接合前之偏差在圖解區誤差容忍值內, 經接合後之地籍圖仍保持與鄰近界址點之相對精度關係, 因此接合後圖解區地籍圖仍可作為後續土地複丈使用。

數值區地籍圖經過坐標轉換後, 若以界址點坐標計算面積, 必然與登記面積不同, 其面積差異比與六參數(Affine)坐標轉換之兩個參數相乘積有關(台中市政府, 2006; 邱元宏、洪本善, 2009; 洪本善, 2017), 依據地籍測量規則論及有關數值區面積計算登記至小數點後兩位0.01 m², 現階段並沒有任何條文敘明, 因坐標轉換界址點坐標改變或段邊界接合處理後, 而致使計算面積與登記面積不同時, 應可適用圖解區土地複丈面積配賦的方式處理。

一般平面坐標轉換通常採用六參數(affine)轉換方法, 如公式(5),

$$\begin{aligned} X &= a_1x + b_1y + c_1 \\ Y &= a_2x + b_2y + c_2 \end{aligned} \quad (5)$$

假設上式中(x,y)為轉換前坐標, (X,Y)為轉換後坐標(如TWD97)。假設轉換前之計算面積 (或登記面積)為A_b, 轉換後面積 A₉₇;則兩者關係式如公式(6)。

$$A_{97} = \lambda_A \cdot A_b \quad (6)$$

上式中 $\lambda_A = a_1 \times b_2$ (本研究定義為轉換之面積張力比), 每個坐標轉換區皆有其各別的轉換參數, 因此每區的面積張力比皆不同。假設 A₉₇ 為轉換後之計算面積, 此面積須配賦計算至原坐標系統(或登記) 面積公式如下:

$$A_b = A_{97} / \lambda_A \quad (7)$$

由於宗地土地登記面積未經法定程序是不容許任意變更, 且坐標系統轉換後成果未經法定程序公告, 在土地複丈(如鑑界、分割、合併)作業實務上, 可採數值法方式實施, 宗地面積計算時考慮面積張力比 λ_A 進行配賦, 即可還原與土地登記一致的面積成果。以金門烈嶼村莊(LX0000區)為例, 先求出原登記面積與TWD97系統面積之張力比, 假設在TWD97系統下進行某宗地進行分割, 分割後以公式(7)

計算，即可還原與登記面積相符。

表4 烈嶼村莊(LX0000區)轉換前後宗地面積還原試算表.(洪本善, 2017)

地段	地號	登記面積(A _b)	TWD面積(A ₉₇)	面積λ _A 張力比	TWD分割面積(1)	TWD分割面積(2)	還原登記面積(1)	還原登記面積(2)	還原登記合併後面積
59	91-0	556.59	556.18	0.999263	278.09	278.09	278.295	278.295	556.59
	92-0	63.32	63.23	0.998579	31.615	31.615	31.66	31.66	63.32
62	216-0	7683.10	7680.39	0.999647	3840.20	3840.20	3841.55	3841.55	7683.10
	17-2	5.18	5.17	0.998069	2.585	2.585	2.59	2.59	5.18
204	30-0	8136.45	8135.07	0.999830	4067.54	4067.54	4068.23	4068.23	8136.45
	284-0	3.91	3.89	0.994885	1.95	1.95	1.96	1.96	3.91
207	77-0	546.14	546.47	1.000604	273.24	273.24	273.07	273.07	546.14
	131-0	9.34	9.36	1.002141	4.68	4.68	4.67	4.67	9.34

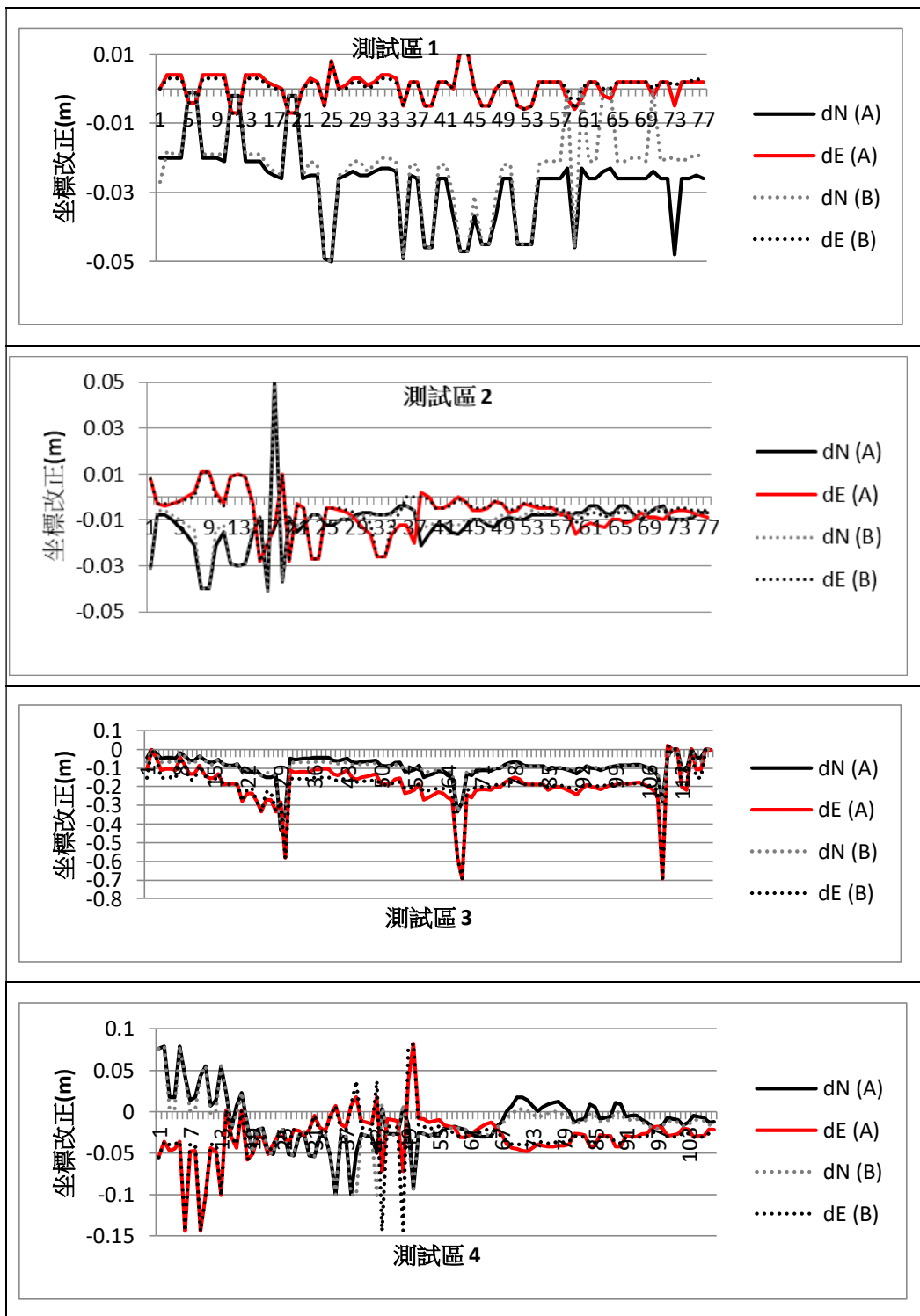


圖5 各測試區之段邊界接合後相鄰界址點坐標改正值(A及B法)統計表

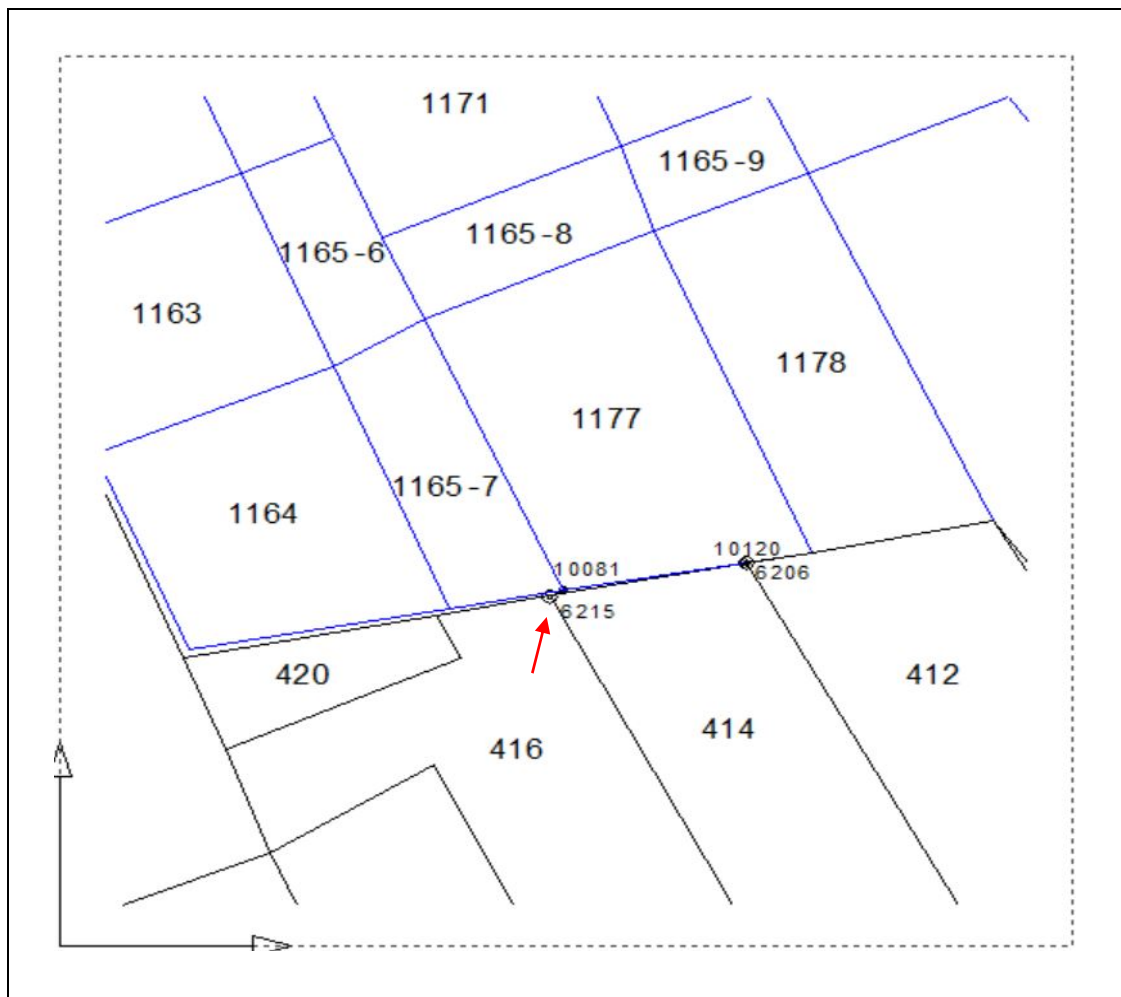


圖6 測試區3之段接合前示意圖

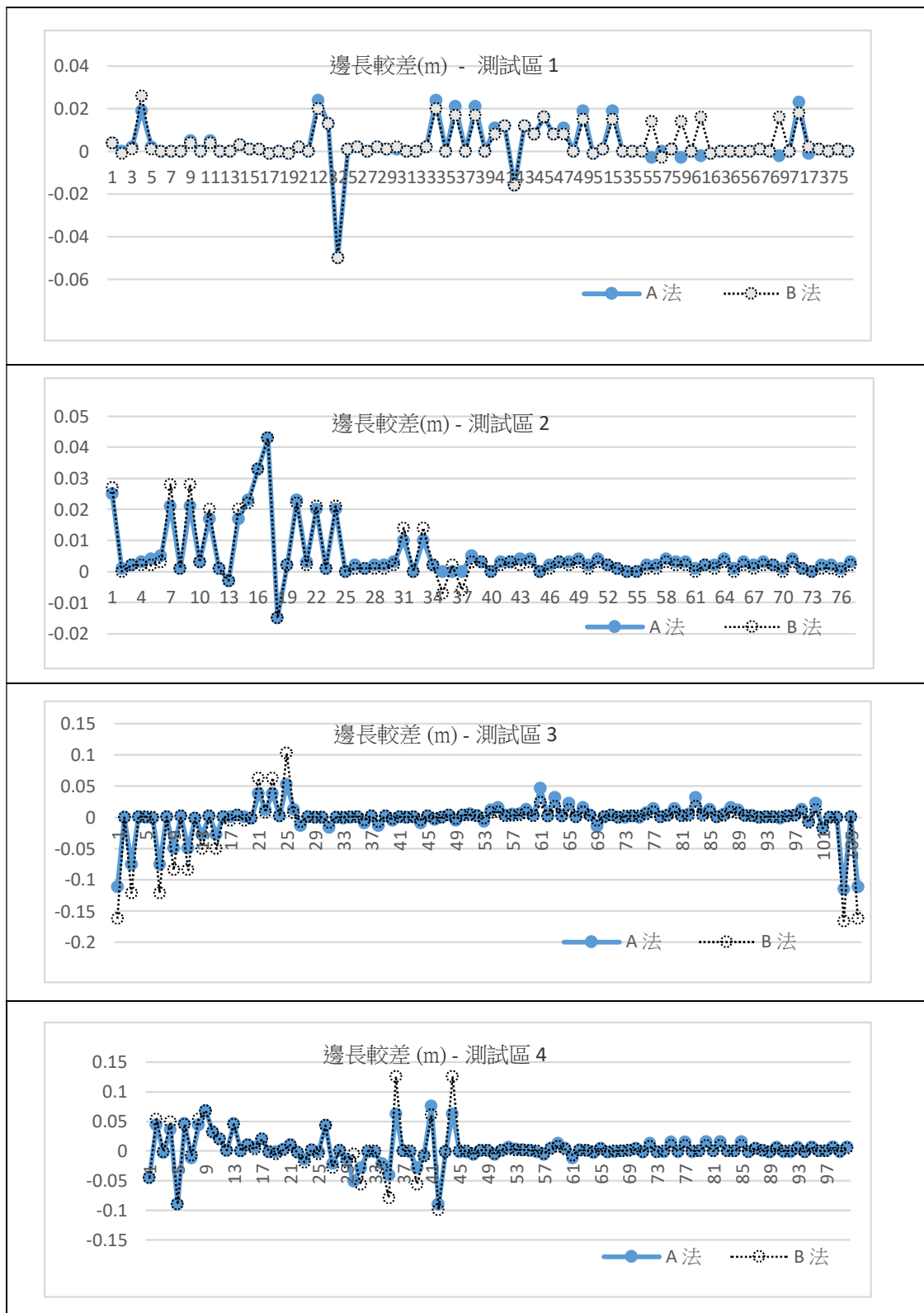


圖7 各測試區之 A、B 法接合後邊長差異圖

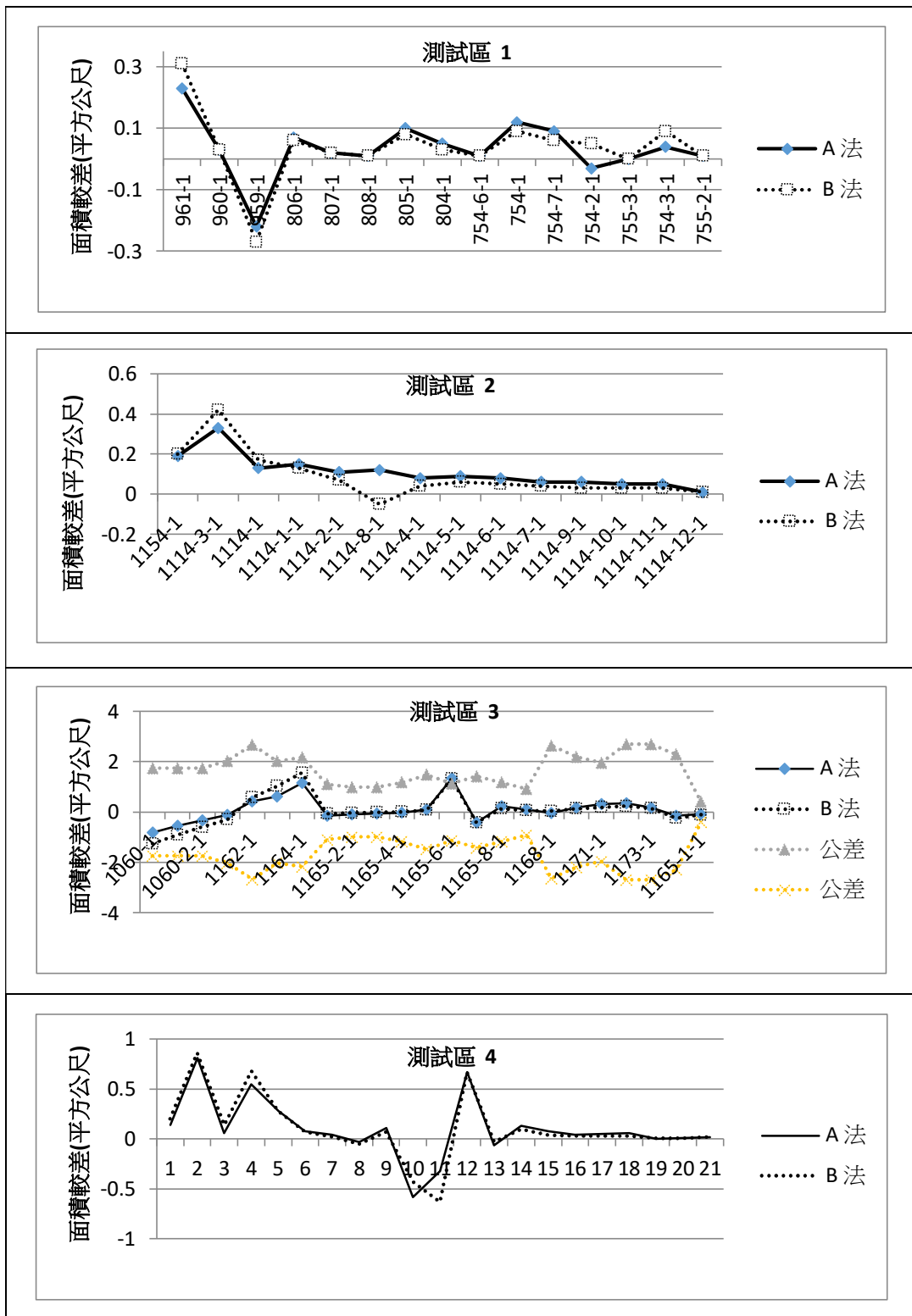


圖8 各測試區之(A及B法)段邊界接合後與登記面積較差圖

五、結論與建議

(一) 結論

相鄰段邊界之共同界址點接合後，其鄰近界址點必隨之變動，以維持界址點之間的相對精度，地段內鄰近界址點的坐標修正值為段邊界之所有共同界址點對該點位移量之權平均值，成果顯示「權與該鄰近界址點至段邊界共同界址點之距離倒數成正比」為佳。

由圖解區成果分析，接合前後之界址點邊長較差、宗地面積與登記面積較差皆在誤差容忍值範圍內，換言之，經接合後之地籍圖仍保持與鄰近界址點間之相對精度關係，因此接合後之地籍圖應可作為後續土地複丈使用。數值區成果顯示，除修測數值區有一相鄰界址點邊長較差0.09公尺外，其餘較差皆小於0.04公尺；接合前後面積較差方面，除修測數值區有4筆宗地較差介於0.5-0.8平方公尺外，其餘皆小於0.3平方公尺。

(二) 建議

數值區及圖解區地籍圖經過坐標轉換後，必然與登記面積不同，且坐標系統轉換後成果未經法定程序公告，登記面積是不容許變更的，在土地複丈作業實務上，可採數值法方式進行，建議宗地面積計算時，考慮面積張力比進行配賦，即可還原與土地登記面積之一致成果。

參考文獻

內政部地政司，2022，<https://www.land.moi.gov.tw/law/Treeclass/105>，內政部地政司地政法規網址。

內政部國土測繪中心，2009，研訂圖解數化地籍圖整合建置及都市計畫地形圖套疊作業標準暨規範，內政部國土測繪中心委託案期末報告書，台中市，內政部國土測繪中心。

內政部國土測繪中心，2020，109 年度全國 GIS 地籍圖接合對位處理作業，內政部國土測繪中心委託經緯航太科技股份有限公司計劃案宗座總報告，台中市，內政部國土測繪中心。

內政部營建署城鄉分署，2020，109 年度國土規劃系統暨土地使用分區資料庫維運計畫委託資訊服務案期末報告書，內政部營建署城鄉分署，台北市，內政部營建署城鄉分署。

史惠順，1981，平面測量學，航空測量研究所出版，國立成功大學，台南市。

台中市政府，2006，不同地籍坐標系統整合委託案期末報告書，台中市政府地政局。

台中市政府，2020，109 年度台中市國土功能分區分類及使用地劃設作業委託技術服務案，台中市地政局。

何維信，2004，測量學，第五版，宏泰出版社。

林登建，2004，以自由測站法輔助圖解法地籍圖數值化成果坐標整合之研究，逢甲大學土地管理學系碩士在職專班碩士論文。

邱元宏、洪本善，2009，地籍圖、都市計畫圖與地形圖三圖合一套疊分析與加值應用之研究，地籍測量，第二十八卷，第 1 期，pp.1-25。

洪本善，2017，106 年金門地籍坐標轉換整合建置作業期末報告書，金門縣政府委託中華空間資訊學會計畫案，金門縣政府。

莊美玲，2020，地籍圖相鄰地段之段接邊處理-以臺中市北屯區為例，逢甲大學土地管理學系學部論文，台中市。

賴永昌，2021，坐標轉換後之圖解地籍圖與數值重測相鄰地段接邊問題研究-以臺中市大甲區為例，逢甲大學建設學院碩士在職專班論文，台中市。

賴昀均、梁睿恩、李和耕、賴承澤、劉叡霆、溫嵩憲、黃聖淳，2018，地籍圖段界無縫接邊處理，逢甲大學土地管理學系學部論文，台中市。

盧立偉，2021，不同坐標系統地籍圖參數轉換套合 TWD97 及相鄰段接邊接合之探--以草屯鎮為例，逢甲大學建設學院碩士在職專班論文，台中市。

Blauchut, T.J.,Chrzanowski, A, and Saastamoinen, J.H.,1979. Urban Surveying and Mapping, Spring-Verlag New York Inc, New York, USA.

Cvijevtinovic, Z., Avramovic, M., and Mihajlovic, 2015. Digital Cadastral Map as Foundation of Coordinate Based Cadastre of Serbia, Survey Review, July 2015.

Shmutter, B. and Doytsher, Y. ,1991, A New Method for Matching Digitized Cadastral Maps. Proceedings of the 1991 ACSM-ASPRS Annual Convention, Baltimore, MD.,Vol. 1 , pp.241-246。

Shmutter, B. and Doytsher, Y. ,1992, Matching A Set of Digitized Cadastral Maps, CISM Journal 1992. Vol.46(3): pp.277-284。

精進 e-GNSS 即時動態定位系統三維坐標轉換模型精度 之研究

莊峰輔^{1*} 陳鶴欽²

論文收件日期：111.03.29

論文修改日期：111.05.03

論文接受日期：111.05.10

摘 要

內政部國土測繪中心e-GNSS即時動態定位系統（簡稱e-GNSS系統）自103年起提供三維坐標轉換服務，透過RTCM 3.1 Type 1021及Type 1023之資料格式，分別將坐標轉換七參數，殘差網格修正模型與網格內插計算方法傳送給使用者，讓使用者在外業測量現場可即時將e-GNSS系統測量成果轉換至法定坐標系統，轉換精度在平面分量約5公分，高程分量約10公分。考量在部分共同點分布較稀疏，無法完全修正板塊與地殼變動影響量之地區，其轉換結果會有些微系統誤差存在，轉換精度略低於其他地區。本研究藉由e-GNSS系統更新e-GNSS[2021]坐標時，一併辦理735點基本控制點測量工作，並計算基本控制點e-GNSS[2021]坐標，期望透過增加轉換模型共同點密度之方式，提升轉換模型精度，並解決部分地區存在系統誤差之問題。

關鍵字： e-GNSS即時動態定位系統、VBS-RTK、三維坐標轉換

¹ 專員，基本測量及企劃科，內政部國土測繪中心。

² 科長，基本測量及企劃科，內政部國土測繪中心。

* 通訊作者，TEL:(04)22522966#272，EMAIL:23087@mail.nlsc.gov.tw。

A study on improving the accuracy of 3D coordinate transformation on e-GNSS real-time kinematic positioning system

Feng-Fu Chuang^{1*} He-Chin Chen²

ABSTRACT

The e-GNSS real-time kinematic positioning system of the National Land Surveying and Mapping Center (e-GNSS) provided 3D coordinate transformation service for users to determine the legal coordinates from e-GNSS coordinates easily by RTCM3.1 Type1021 and Type1023 since 2014, the accuracy of e-GNSS after transformed by 3D coordinate transformation service was about 5cm in horizontal and 10cm in vertical. Consideration of the systematic errors in some area where were not enough common points, we tried to improve the transformation accuracy and solve the systematic errors of transformation model by considering the distribution and using more common points for transformation mode.

Keywords: 3D Coordinate Transformation, The e-GNSS Real-time Kinematic Positioning System, VBS-RTK

¹ Executive Officer, Department of Basic Survey and Planning Section, National Land Surveying and Mapping Center.

² Section Chief, Department of Basic Survey and Planning Section, National Land Surveying and Mapping Center.

*Corresponding Author, TEL:+886-4-22522966#272, EMAIL:23087@mail.nlsc.gov.tw

一、前言

內政部國土測繪中心 e-GNSS 即時動態定位系統（以下簡稱 e-GNSS 系統）係採用虛擬基準站法即時動態定位技術（Virtual Base Station Real-Time Kinematic, VBS-RTK）定位技術，提供使用者即時且高精度之定位服務，測量成果坐標系統為 e-GNSS 坐標，與法定坐標系統不同。因 VBS-RTK 測量成果須仰賴高精度的基準站坐標，作為定位誤差修正的理論基礎，而臺灣位處地殼變動劇烈地帶，各地區域性地表位移量在方位及量級上均明顯不同，故 e-GNSS 系統固定每 2 年更新 1 次基準站坐標，以維持各基準站間之相對精度。

使用者透過 e-GNSS 系統獲得之測量成果，為 e-GNSS 系統專屬之坐標系統，2022 年目前之測量成果為 e-GNSS 系統 2021 年坐標（簡稱 e-GNSS[2021]）。為提供使用者更便利之服務，讓使用者可簡單快速地將 VBS-RTK 測量成果即時轉換至法定坐標系統，節省連測已知控制點與計算坐標轉換與最小二乘配置的繁複程序，降低測量工作技術門檻，提升測量工作效率與成果品質，e-GNSS 系統自 2014 年起提供三維坐標轉換服務，透過國際海運系統無線電技術委員會（Radio Technical Commission for Maritime, RTCM）制定的差分 GNSS 標準格式 RTCM 3.1 Type 1021 及 Type 1023 之資料格式，分別將坐標轉換七參數，殘差網格修正模型與網格內插計算方法傳送給使用者，讓使用者在外業測量現場可即時將 e-GNSS 系統測量成果轉換至法定坐標系統（內政部國土測繪中心，2021）。

e-GNSS 系統三維坐標轉換服務目前提供歷年 e-GNSS 坐標系統（e-GNSS[2013]、e-GNSS[2015]、e-GNSS[2017]、e-GNSS[2019]）轉換至法定 TWD97 坐標系統、TWD97[2010] 坐標系統、TWVD2001 正高與歷年 e-GNSS 坐標系統彼此間之轉換服務，並配合內政部 2020 年公告基本測量 2020 年成果（TWD97[2020]）及 e-GNSS 系統於 110 年更新 e-GNSS[2021] 坐標，提供 e-GNSS[2021] 轉換至法定 TWD97 坐標系統、TWD97[2010] 坐標系統、TWD97[2020] 坐標系統、TWVD2001 正高與歷年 e-GNSS 坐標系統彼此間之轉換服務，轉換精度可供大部分應用測量使用。

e-GNSS 系統定位精度在平面分量約 2 公分，高程分量約 5 公分，經由三維坐標轉換後之精度，在平面分量約 5 公分，高程分量約 10 公分。考量建置轉換模型之共同點坐標精度與獲得坐標成果所需人力與費用，目前大多數轉換模型係使用基準站作為共同點，僅 e-GNSS[2013]→TWD97 轉換模型有額外使用 1,060 點基本控制點，因此在部分共同點分布較稀疏，無法完全修正板塊與地殼變動影響量之地區，其轉換結果會有些微系統誤差存在，如臺南市楠西區之轉換精度略低於其他地區（國立臺北大學公共事務學院土地與環境規劃研究中心，2019）。

為分析建置轉換模型共同點數量與分布對轉換結果之影響，本研究藉由 e-GNSS 系統更新 e-GNSS[2021] 坐標時，一併辦理 735 點基本控制點測量工作，並計算基本控制點 e-GNSS[2021] 坐標，期望透過增加轉換模型共同點密度之方式，提升轉換模型精度，並解決部分地區存在系統誤差之問題。

二、e-GNSS即時動態定位系統三維坐標轉換

因為e-GNSS系統採用VBS-RTK定位技術，提供使用者即時且高精度之定位服務，測量成果坐標系統為e-GNSS坐標，與法定坐標系統不同。為提供使用者更便利之服務，讓使用者可簡單快速地將VBS-RTK測量成果即時轉換至法定坐標系統，節省連測已知控制點與計算坐標轉換與最小二乘配置的繁複程序，降低測量工作技術門檻，e-GNSS系統自2014年起提供三維坐標轉換服務，轉換方式包括即時轉換與後處理轉換。

(一) 即時轉換

透過 RTCM 3.1 Type 1021 及 Type 1023 之資料格式，分別將坐標轉換七參數，殘差網格修正模型與網格內插計算方法傳送給使用者，讓使用者在外業測量現場可即時將 e-GNSS 系統測量成果轉換至法定坐標系統（圖 1）。有關即時轉換相關技術說明，可參閱莊峰輔等人（2014）於內政部國土測繪中心 103 年自行研究報告「三維即時坐標轉換輔助 VBS-RTK 定位技術獲得法定坐標系統測量成果之研究」第二章第四節即時坐標轉換。

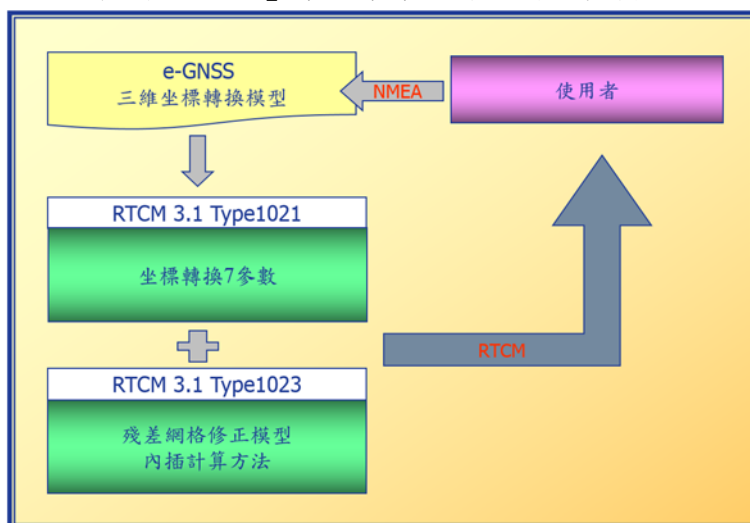


圖1 即時轉換原理示意圖

(二) 後處理轉換

考量部分測量設備不支援 RTCM3.1 功能，或使用者有轉換到多個坐標系統之需求，e-GNSS 系統提供三維坐標轉換服務網頁，讓使用者可於外業測量後，依需求自行選擇轉換模型。

e-GNSS 系統提供之三維坐標轉換服務，除可轉換至法定坐標系統外，亦提供歷年 e-GNSS 坐標系統間之轉換，避免因 e-GNSS 系統更新坐標，造成使用者測量成果前後不一致之情事。目前提供之轉換服務如表 1，使用者可依需求自行選擇適用之轉換模型，轉換精度平面優於 5 公分，高程優於 10 公分。

表1 e-GNSS系統坐標轉換服務統計表

測量坐標系統	轉換坐標系統				
e-GNSS[2013]	TWD97	TWD97[2010]			
e-GNSS[2015]	TWD97	TWD97[2010]	e-GNSS[2013]		
e-GNSS[2017]	TWD97	TWD97[2010]	e-GNSS[2013]	e-GNSS[2015]	
e-GNSS[2017A]	TWD97	TWD97[2010]	e-GNSS[2013]	e-GNSS[2015]	e-GNSS[2017]
e-GNSS[2019]	TWD97	TWD97[2010]	e-GNSS[2013]	e-GNSS[2015]	e-GNSS[2017]
e-GNSS[2021]	TWD97	TWD97[2010]	TWD97[2020]	e-GNSS[2013]	e-GNSS[2015]
	e-GNSS[2017]	e-GNSS[2019]			

三、精進三維坐標轉換模型

(一) 三維坐標轉換模型建置說明

e-GNSS系統為確保使用者VBS-RTK定位成果精度品質，須定期更新基準站坐標，故就計算建置轉換模型來說，如果能利用基準站均勻分布且連續觀測之特性，以臺灣本島之基準站作為共同點，依其e-GNSS坐標與TWD97/TWD97[2010]坐標計算建置轉換模型，將可節省於已知控制點測量e-GNSS坐標的外業人力、時間與成本。惟TWD97坐標系統於1998年公告使用，當時臺灣本島基準站數量有限，不足以供計算建置轉換模型，故建置e-GNSS[2013]→TWD97模型時是使用1,060點基本控制點作為共同點；建置e-GNSS[2013]→TWD97[2010]模型時是使用210個基準站作為共同點。

e-GNSS系統三維坐標轉換自2014年起提供服務，當時e-GNSS[2013]→TWD97/TWD97[2010]模型係利用共同點e-GNSS[2013]及TWD97/TWD97[2010]坐標，以Helmert嚴密法七參數求得RTCM 3.1 type 1021之資訊，再將共同點經七參數轉換後之坐標與TWD97/TWD97[2010]坐標之殘差，以克利金法（Kriging）組成30秒×30秒之網格，作為RTCM 3.1 type 1023之資訊，後續再結合橢球高殘差網格及臺灣地區大地起伏模型，建立TWVD2001正高轉換模型，模型建置流程如圖2。

考量建置轉換模型之共同點坐標精度與獲得坐標成果所需人力與費用，後續e-GNSS[2015]、e-GNSS[2017] 及e-GNSS[2019]等坐標系統轉換至TWD97之轉換模型，是採用二次轉換之方式，利用基準站作為共同點，建置e-GNSS[2015] → e-GNSS[2013]、e-GNSS[2017] → e-GNSS[2013]及e-GNSS[2019] → e-GNSS[2013]轉換模型，再結合原本e-GNSS[2013] → TWD97轉換模型，組成e-GNSS[2015] → TWD97、e-GNSS[2017] → TWD97及e-GNSS[2019] → TWD97轉換模型，並經外業測量驗證轉換精度符合需求後，提供使用者應用，以節省共同點測量時間與成本。

e-GNSS[2015]、e-GNSS[2017] 及e-GNSS[2019]等坐標系統轉換至TWD97[2010]之轉換模型，則維持使用基準站作為共同點，直接建置e-GNSS[2015] → TWD97[2010]、e-GNSS[2017] → TWD97[2010]及e-GNSS[2019] → TWD97[2010]轉換模型。

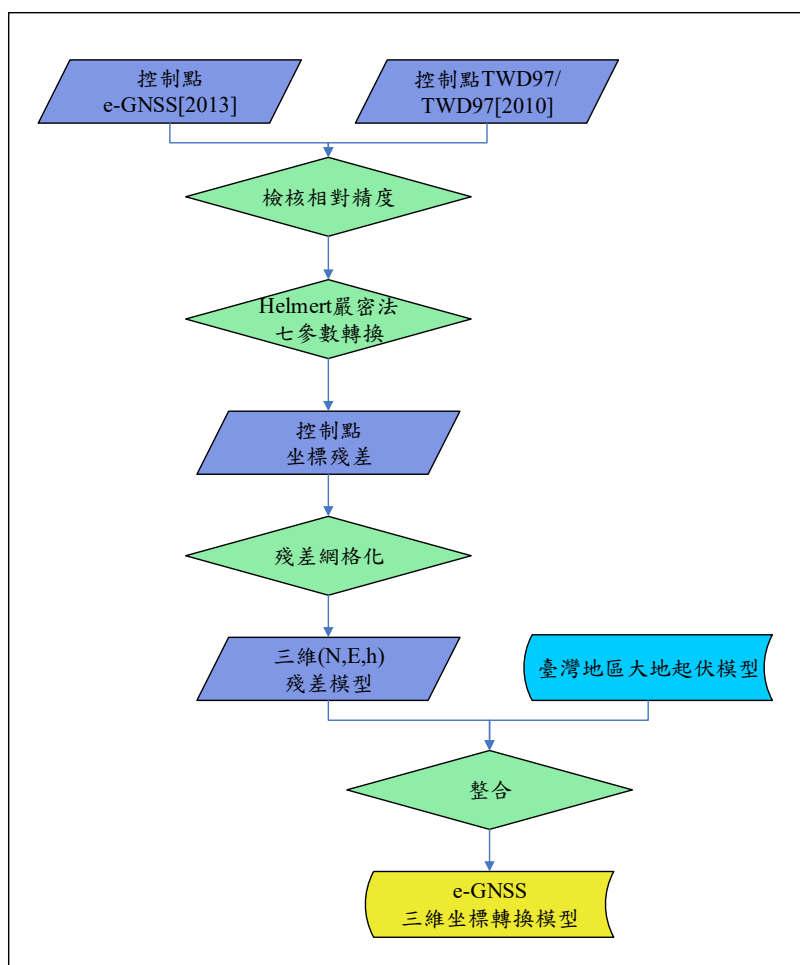


圖2 e-GNSS[2013]轉換模型建置流程

考量歷年轉換模型係使用基準站作為共同點，在共同點分布較稀疏之地區，轉換模型可能無法完全反應板塊與地殼變動之影響量，造成轉換結果有些微系統誤差存在。本研究於e-GNSS系統更新e-GNSS[2021]坐標時，一併辦理735點基本控制點6小時靜態測量工作，並特別加密斷層帶兩側、基準站分布較稀疏及使用者反應回饋轉換模型含系統誤差之臺南市楠西區等地區之基本控制點，測量成果將其最小約制於測繪中心（LSB0）基準站TWD97[2010]坐標，以計算基本控制點e-GNSS[2021]坐標。

本研究參考歷年二次轉換模型建置方式，分別以基準站及基準站加上基本控制點作為共同點，建置e-GNSS[2021]→e-GNSS[2013]轉換模型，再結合e-GNSS[2013]→TWD97轉換模型，組成e-GNSS[2021]→TWD97轉換模型，模型建置流程如圖3左圖；TWD97[2010]轉換模型則直接使用基準站及基準站加上基本控制點作為共同點，建置e-GNSS[2021]→TWD97[2010]轉換模型，模型建置流程如圖3右圖。

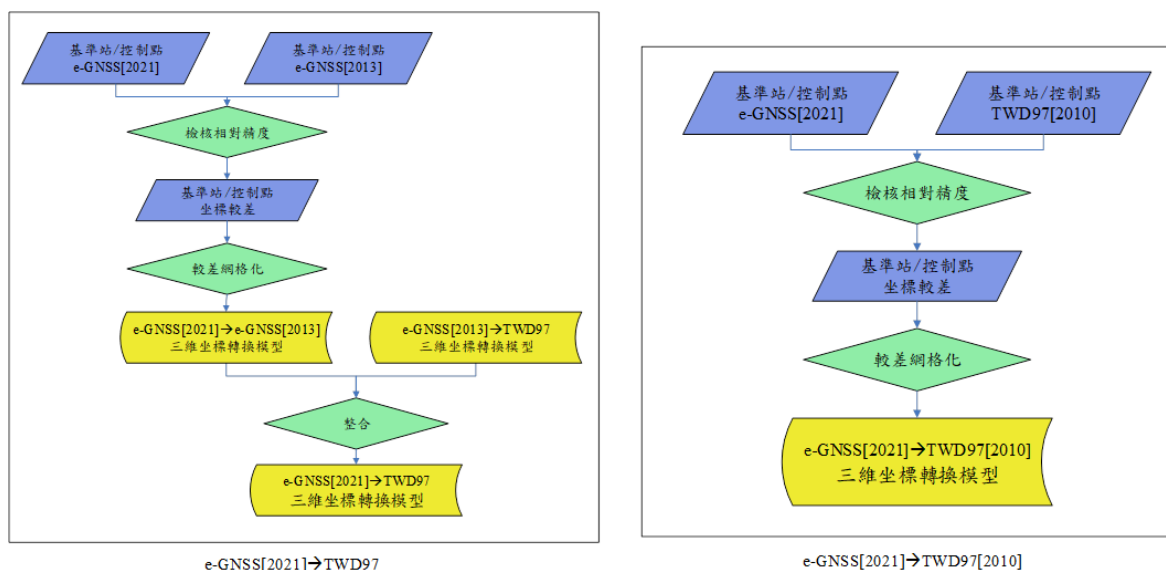


圖3 二次轉換模型建置流程

(二) 建置三維坐標轉換模型

1.e-GNSS[2021]→TWD97

e-GNSS系統核心軟體坐標轉換模組僅支援設定1組七參數及1組殘差網格修正模型，在2015年e-GNSS系統更新為e-GNSS[2015]坐標時，考量系統設定限制並節省共同點測量人力與費用，當時研究不透過七參數轉換，僅將共同點較差以克利金法（Kriging）建置較差網格修正模型，其轉換結果與共同點透過七參數轉換後，再將其殘差建置殘差網格修正模型之轉換結果相同。故2015年建置e-GNSS[2015]→TWD97轉換模型時，e-GNSS系統採用二次轉換之方式，利用基準站建置e-GNSS[2015]→e-GNSS[2013]轉換模型後，再結合原有e-GNSS[2013]→TWD97轉換模型，將2個較差網格修正模型疊加，組成e-GNSS[2015]→TWD97轉換模型，七參數則設定為不轉換之參數，即尺度比為1，旋轉及平移參數均為0（莊峰輔等人，2014）。

後續e-GNSS系統更新為e-GNSS[2017]及e-GNSS[2019]坐標時，亦使用上述二次轉換之方式，建置e-GNSS[2017]→TWD97及e-GNSS[2019]→TWD97轉換模型。

本研究延續歷年作法，分別利用同時具有e-GNSS[2021]及e-GNSS[2013]坐標之274個基準站與274個基準站加上382個基本控制點作為共同點，建置2套轉換模型，以分析增加共同點對轉換精度之影響，模型建置流程說明如下：

- (1) 以Bernese軟體計算國內各機關基準站2020年12月1日至2021年1月31日資料，最小約制於測繪中心（LSB0）基準站，獲得基準站e-GNSS[2021]坐標。
- (2) 配合e-GNSS坐標更新時程，於2020年11月至2021年2月辦理臺灣本島735個基本控制點6小時靜態測量，各觀測時段點位無重複觀測，以MAGNET Tools軟體解算各時段與外圍基準站基線後，將基線成果最小約制於測繪中心（LSB0）基準站，獲得基本控制點e-GNSS[2021]坐標。
- (3) 利用基準站／基本控制點e-GNSS[2021]與e-GNSS[2013]坐標，檢核其相對關係，計有274個基準站及382個基本控制點可作為轉換模型共同點，點位

分布情形如圖4。

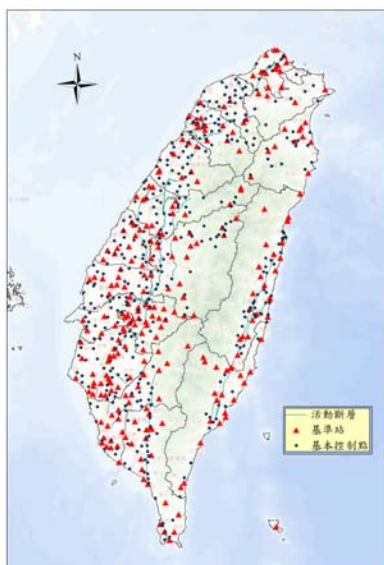


圖4 e-GNSS[2021]→e-GNSS[2013]共同點分布圖

- (4) 分別以274個基準站與274個基準站加上382個基本控制點e-GNSS[2021]與e-GNSS[2013]坐標較差，透過克利金法建置e-GNSS[2021]→e-GNSS[2013]三維坐標轉換模型，兩模型差異如圖5，N、E、h分別代表平面分量（N、E）及高程分量（h）修正量之較差，其較差係因建置轉換模型共同點分布與數量所致。大部分地區差異在5公分以內，表示以基準站建置模型已可充分反應地表變形；惟在花蓮地區超過20公分，主要是因為該地區在2018年2月6日發生大地震，該地區基準站之較差最大僅約50公分，但其鄰近之基本控制點最大較差達80公分左右，故造成該地區兩模型差異較大。
- (5) 整合e-GNSS[2021]→e-GNSS[2013]與e-GNSS[2013]→TWD97三維坐標轉換模型，獲得e-GNSS[2021]→TWD97轉換模型。

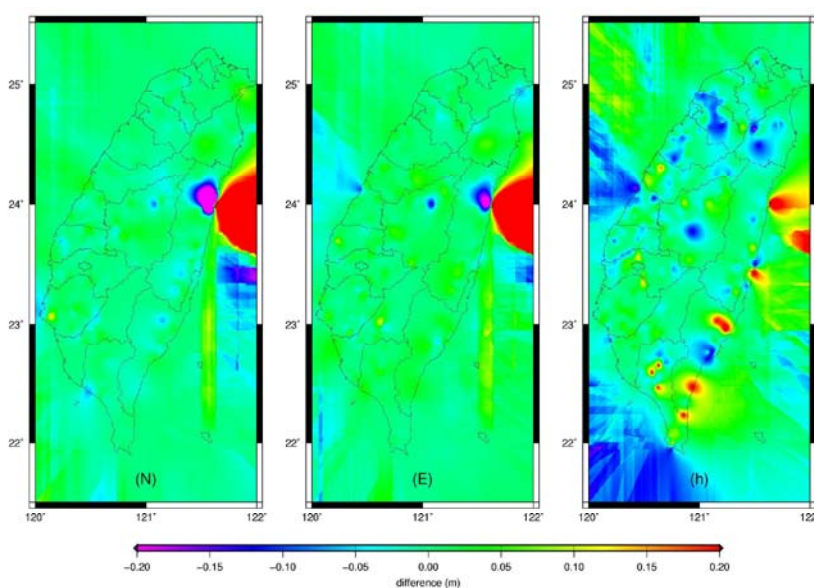


圖5 e-GNSS[2021]→e-GNSS[2013]三維坐標轉換模型較差圖

2.e-GNSS[2021]→TWD97[2010]

e-GNSS系統歷年均係直接以基準站為共同點，利用其e-GNSS坐標與TWD97[2010]建置轉換模型。本研究為分析增加共同點對轉換精度之影響，分別利用同時具有e-GNSS[2021]及TWD97[2010]坐標之176個基準站與176個基準站加上737個基本控制點作為共同點，建置2套轉換模型，模型建置流程說明如下：

- (1) 以Bernese軟體計算國內各機關基準站2020年12月1日至2021年1月31日資料，最小約制於測繪中心（LSB0）基準站，獲得基準站e-GNSS[2021]坐標。
- (2) 配合e-GNSS坐標更新時程，於2020年11月至2021年2月辦理臺灣本島735個基本控制點6小時靜態測量，各觀測時段點位無重複觀測，以MAGNET Tools軟體解算各時段與外圍基準站基線後，將基線成果最小約制於測繪中心（LSB0）基準站，獲得基本控制點e-GNSS[2021]坐標。
- (3) 利用基準站／基本控制點e-GNSS[2021]與TWD97[2010]坐標，檢核其相對關係，計有176個基準站及737個基本控制點可作為轉換模型共同點，點位分布情形如圖6。

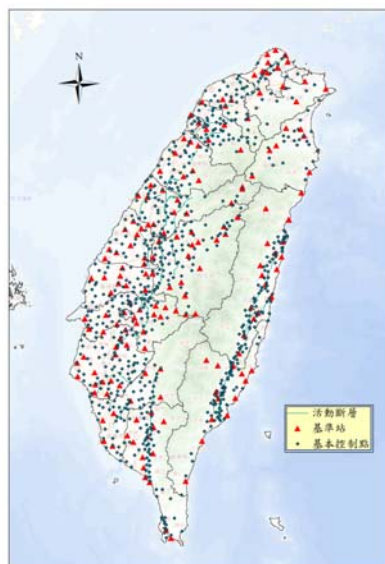


圖6 e-GNSS[2021]→TWD97[2010]共同點分布圖

- (4) 分別以176個基準站與176個基準站加上737個基本控制點e-GNSS[2021]與TWD97[2010]坐標較差，透過克利金法建置e-GNSS[2021]→TWD97[2010]三維坐標轉換模型，兩模型差異如圖7，N、E、h分別代表平面分量（N、E）及高程分量（h）修正量之較差，其較差係因建置轉換模型共同點分布與數量所致。西北部地區差異在5公分以內，表示以基準站建置模型已可充分反應地表變形；花蓮地區與e-GNSS[2021]→e-GNSS[2013]模型有相同情形；另外在東南部部分地區差異超過5公分，研判應係TWD97[2010]坐標公告至今已10餘年，東南部地區板塊運動較劇烈，僅使用基準站無法完全反應地表變形所致。

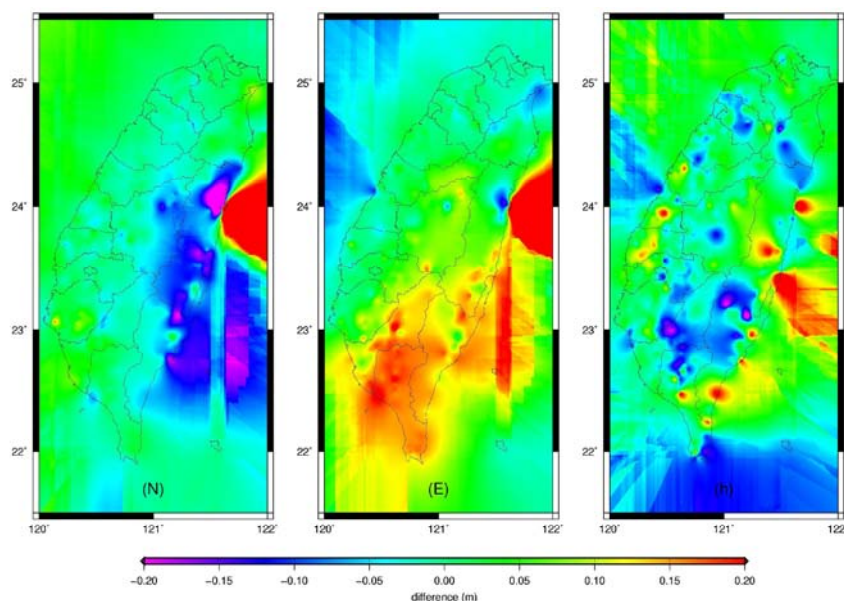


圖7 e-GNSS[2021]→TWD97[2010]三維坐標轉換模型較差圖

四、模型精度驗證分析

為驗證各轉換模型精度，本研究於110年3月至4月辦理臺灣本島均勻分布之600點基本控制點e-GNSS測量工作，點位分布情形如圖8。外業時每個點位辦理2次5分鐘觀測，再將每次觀測獲得100筆以上固定解之成果取平均，以獲得2次觀測成果點位之平均值與公告TWD97及TWD97[2010]坐標比較，作為驗證不同轉換模型精度之依據，驗證結果如下：

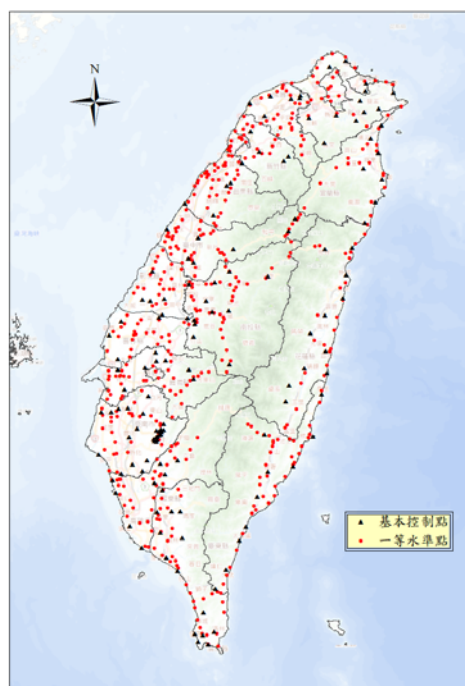


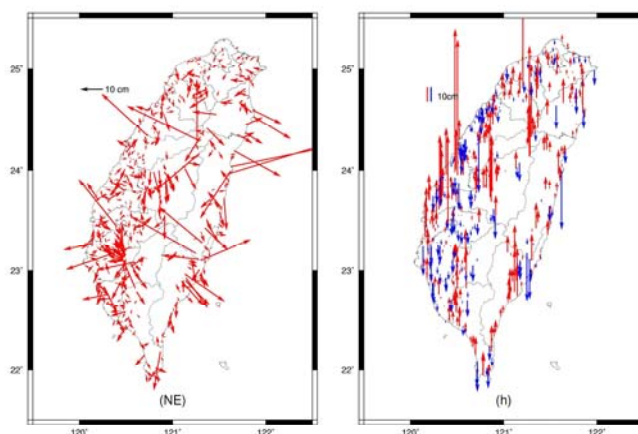
圖8 模型精度驗證點位分布圖

(一) e-GNSS[2021]→TWD97

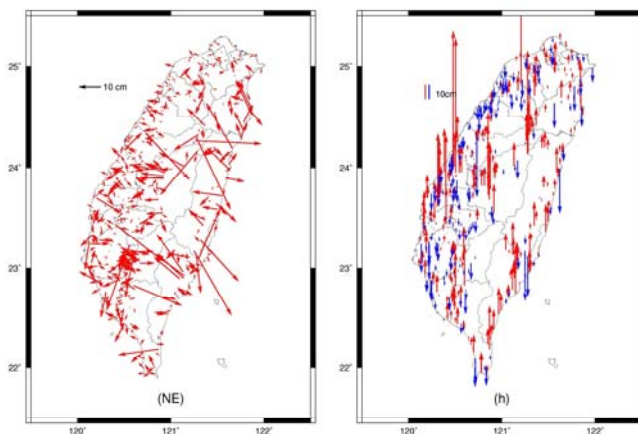
600個觀測點位中，計有536個點位獲得2次觀測成果且具TWD97公告坐標，其坐標較差統計情形如表2，各點較差量級及方向如圖9。只使用基準站建置模型之轉換結果與公告坐標較差之中誤差在N方向為±6.3公分，E方向為±5.3公分，h方向為±11.5公分；使用基準站加上基本控制點建置模型之轉換結果與公告坐標較差之中誤差在N方向為±5.3公分，E方向為±5.1公分，h方向為±11.2公分，使用基準站加上基本控制點之成果略優於只使用基準站之成果，在N方向上精度提升1公分，E及h方向則無明顯差異。

表2 兩模型e-GNSS[2021]→TWD97坐標較差統計表(單位：m)

共同點	基準站			基準站加上基本控制點		
	N	E	h	N	E	h
最大值	0.566	0.341	0.923	0.269	0.354	0.896
最小值	-0.382	-0.254	-0.377	-0.387	-0.215	-0.410
中誤差	±0.063	±0.053	±0.115	±0.053	±0.051	±0.112
平均值	-0.004	-0.011	0.029	-0.006	-0.005	0.025



只使用基準站建置之模型



使用基準站及基本控制點之模型

圖9 兩模型e-GNSS[2021]→TWD97坐標較差圖

若小範圍來看，在苗栗縣及臺中市交界處部分點位只使用基準站建置模型之轉換結果與公告坐標較差較大，但使用基準站加上基本控制點建置模型之轉換結果與公告坐標較差則明顯變小，表示只使用基準站無法完全修正該地區之地表變動情形，在加上基本控制點加密共同點分布與數量後，即可修正其地表變動情形。另外在彰化縣部分點位使用基準站或使用基準站加上基本控制點建置模型之轉換結果與公告坐標較差在高度方向明顯大於其他地區，研判係因該地區屬地層下陷區，其公告高程受地層下陷影響已不敷使用，故110年驗證結果均較公告高程高。

(二) e-GNSS[2021]→TWD97[2010]

600個觀測點位中，計有531個點位獲得2次觀測成果且具TWD97[2010]公告坐標，其坐標較差統計情形如表3，各點較差量級及方向如圖10。只使用基準站建置模型之轉換結果與公告坐標較差之中誤差在N方向為±3.9公分，E方向為±3.7公分，h方向為±6.6公分；使用基準站加上基本控制點建置模型之轉換結果與公告坐標較差之中誤差在N方向為±3.9公分，E方向為±3.5公分，h方向為±7.0公分，只使用基準站之成果與使用基準站加上基本控制點之成果無明顯差異。

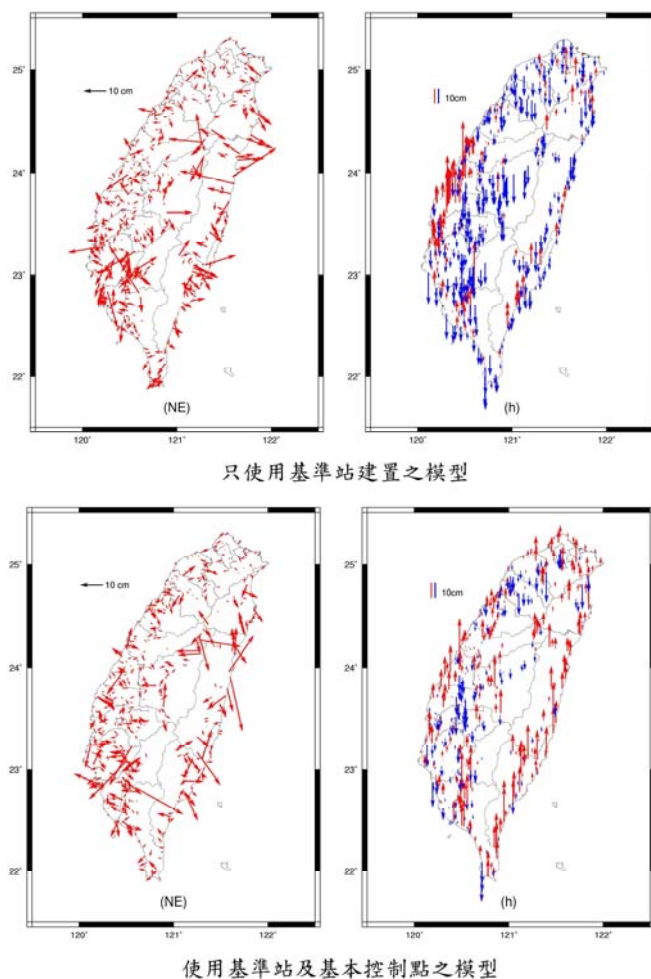


圖10 兩模型e-GNSS[2021]→TWD97[2010]坐標較差圖

表3 兩模型e-GNSS[2021]→TWD97[2010]坐標較差統計表(單位：m)

共同點	基準站			基準站加上基本控制點		
	N	E	h	N	E	h
最大值	0.230	0.245	0.351	0.188	0.250	0.322
最小值	-0.286	-0.193	-0.198	-0.278	-0.194	-0.193
中誤差	±0.039	±0.037	±0.066	±0.039	±0.035	±0.070
平均值	-0.001	-0.004	0.049	-0.006	-0.005	0.025

(三) 臺南市楠西區小範圍驗證分析

考量使用者反應e-GNSS系統三維坐標轉換服務在臺南市楠西區附近，轉換至TWD97坐標系統之成果與公告坐標存在系統性偏移量(國立臺北大學公共事務學院土地與環境規劃研究中心，2019)，本研究在辦理735點基本控制點6小時靜態測量工作時，即增加其附近之控制點數量，以研究增加特定區域建置模型之共同點密度對轉換結果之影響。

臺南市楠西區附近之驗證點位計有18點，其坐標較差統計情形如表4，各點較差量級及方向如圖11。只使用基準站建置模型之轉換結果與公告坐標較差之中誤差在N方向為±2.9公分，E方向為±5.0公分，h方向為±4.1公分，平均值在N方向為5.2公分，E方向為-5.1公分，h方向為-1.9公分；使用基準站加上基本控制點建置模型之轉換結果與公告坐標較差之中誤差在N方向為±2.4公分，E方向為±5.3公分，h方向為±4.0公分，平均值在N方向為4.7公分，E方向為-5.2公分，h方向為-1.9公分，使用基準站加上基本控制點之成果並未明顯提升轉換精度。因e-GNSS[2021]→TWD97模型是由e-GNSS[2021]→e-GNSS [2013]與e-GNSS[2013]→TWD97整合建置，在增加e-GNSS[2021]→e-GNSS [2013]轉換共同點數量與密度後，仍未解決臺南市楠西區轉換系統誤差，故推測轉換系統誤差應係e-GNSS[2013]→TWD97模型所致。

表4 臺南市楠西區附近坐標較差統計表(單位：m)

共同點	基準站			基準站加上基本控制點		
	N	E	h	N	E	h
最大值	0.106	0.018	0.081	0.096	0.017	0.078
最小值	0.001	-0.171	-0.086	-0.006	-0.177	-0.085
中誤差	±0.029	±0.050	±0.041	±0.024	±0.053	±0.040
平均值	0.052	-0.051	-0.019	0.047	-0.052	-0.019

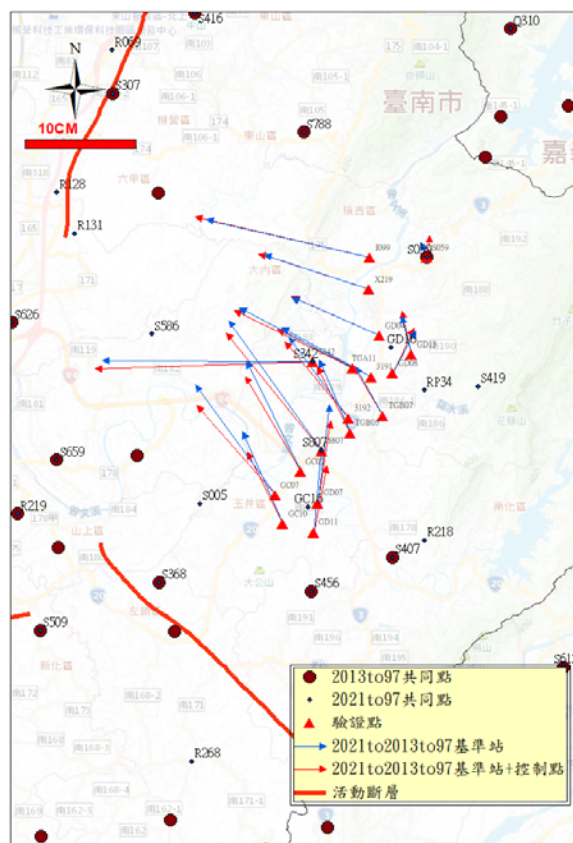


圖 11 臺南市楠西區兩模型e-GNSS[2021]→TWD97坐標較差圖

為驗證上述推測是否正確，另透過同時具e-GNSS[2021]與TWD97之共同點，以相同方法直接建置e-GNSS[2021]→TWD97模型，並將其轉換結果與原本二次轉換結果比較如表5，各點較差量級及方向如圖12。二次轉換結果與公告坐標較差之中誤差在N方向為±2.4公分，E方向為±5.3公分，h方向為±4.0公分，平均值在N方向為4.7公分，E方向為-5.2公分，h方向為-1.9公分；直接轉換結果與公告坐標較差之中誤差在N方向為±1.3公分，E方向為±4.8公分，h方向為±3.8公分，平均值在N方向為-1.0公分，E方向為-0.1公分，h方向為-0.1公分，直接轉換結果解決了臺南市楠西區有轉換系統誤差的問題，並略微提升轉換精度，惟在E方向中誤差偏大，達±4.8公分。

表5 臺南市楠西區二次與直接轉換坐標較差統計表(單位：m)

共同點	基準站			基準站加上基本控制點		
	N	E	h	N	E	h
最大值	0.096	0.017	0.078	0.033	0.070	0.063
最小值	-0.006	-0.177	-0.085	-0.010	-0.104	-0.066
中誤差	±0.024	±0.053	±0.040	±0.013	±0.048	±0.038
平均值	0.047	-0.052	-0.019	-0.010	-0.001	-0.001

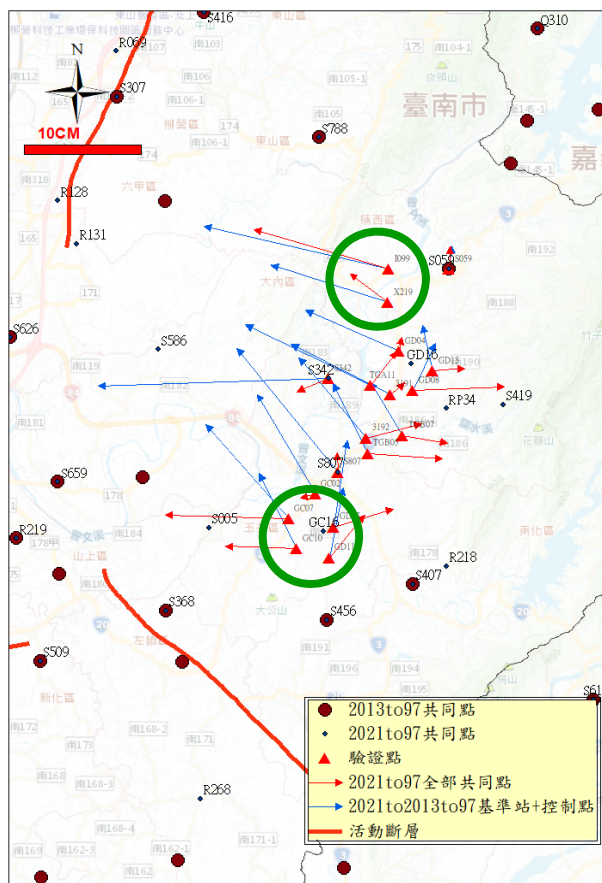


圖12 臺南市楠西區二次與直接轉換坐標較差圖

更進一步就各驗證點較差方向及量級來看，直接轉換結果在外圍的驗證點較差方向明顯與內部的驗證點不同，且量級也較大，故分析臺南市楠西區附近共同點e-GNSS[2021]與TWD97坐標較差如圖13，可以發現楠西區與相鄰東山區、六甲區及大內區兩側的共同點較差方向明顯相反，可能與其附近活動斷層有關，故外圍驗證點受到左右兩側共同點之影響，造成其較差方向及量級與內部點位不同。

為分析活動斷層對其附近驗證點轉換精度之影響，僅挑選圖13黑色虛線右邊較差同向之共同點建置小範圍轉換模型，並將其轉換結果與直接轉換結果比較如表6，各點較差量級及方向如圖14。直接轉換結果與公告坐標較差之中誤差在N方向為 ± 1.3 公分，E方向為 ± 4.8 公分，h方向為 ± 3.8 公分，平均值在N方向為-1.0公分，E方向為-0.1公分，h方向為-0.1公分；小範圍轉換結果與公告坐標較差之中誤差在N方向為 ± 1.4 公分，E方向為 ± 2.4 公分，h方向為 ± 3.6 公分，平均值在N方向為-0.6公分，E方向為-1.7公分，h方向為-1.1公分，小範圍轉換結果解決了臺南市楠西區二次轉換有轉換系統誤差及直接轉換在E方向中誤差偏大的問題。

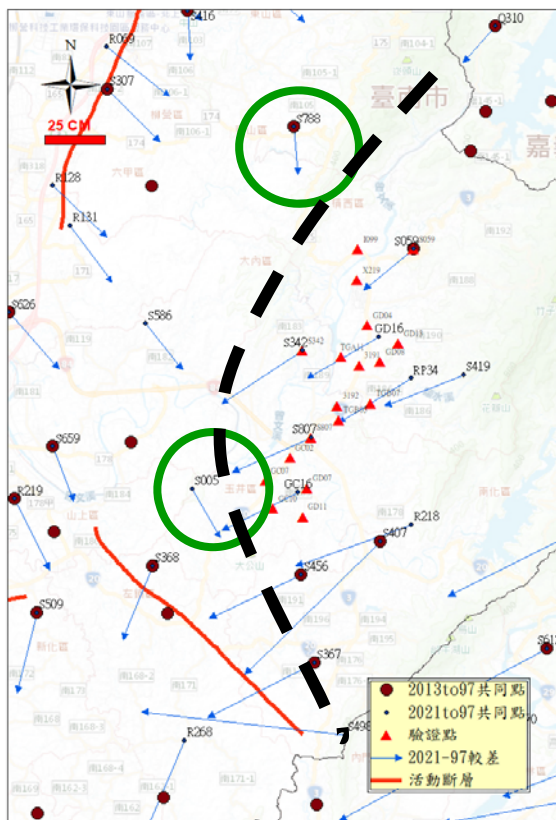


圖13 臺南市楠西區共同點e-GNSS[2021]與 TWD97坐標較差圖

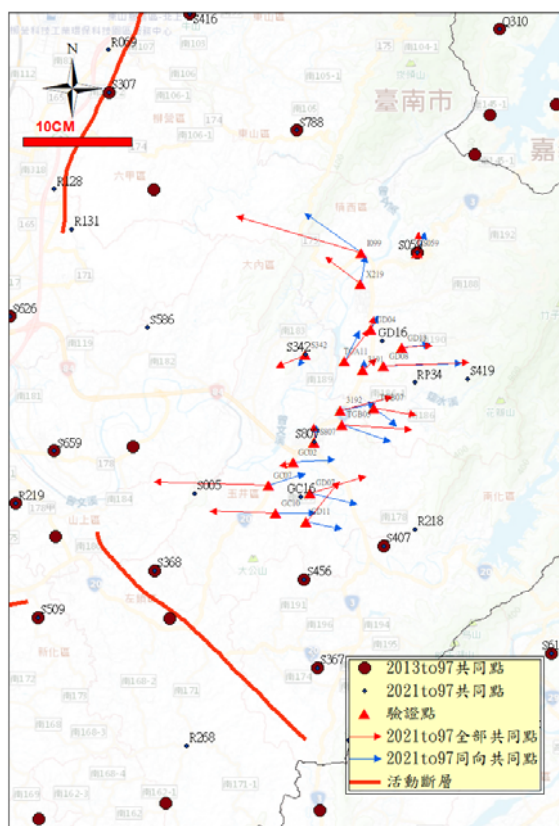


圖14 臺南市楠西區二次與直接轉換坐標較差圖

表6 臺南市楠西區直接與小範圍轉換坐標較差統計表(單位：m)

共同點	基準站			基準站加上基本控制點		
	N	E	h	N	E	h
最大值	0.033	0.070	0.063	0.033	0.064	0.090
最小值	-0.010	-0.104	-0.066	-0.015	-0.047	-0.041
中誤差	±0.013	±0.048	±0.038	±0.014	±0.024	±0.036
平均值	-0.010	-0.001	-0.001	-0.006	-0.017	-0.011

五、結論與建議

(一)結論

本研究分別使用基準站及基準站加上基本控制點作為共同點，建置e-GNSS[2021]→TWD97及e-GNSS[2021]→TWD97[2010]坐標轉換模型，研究增加轉換模型共同點數量對轉換精度之影響，研究結果獲得以下結論：

1. e-GNSS[2021] → TWD97模型只使用基準站建置模型之轉換結果與公告坐標較差之中誤差在N方向為±6.3公分，E方向為±5.3公分，h方向為±11.5公分；使用基準站加上基本控制點建置模型之轉換結果與公告坐標較差之中誤差在N方向為±5.3公分，E方向為±5.1公分，h方向為±11.2公分，使用基準站加上基本控制點之成果略優於只使用基準站之成果，在N方向上精度提升1公分，E及h方向則無明顯差異。
2. e-GNSS[2021] → TWD97[2010]模型只使用基準站建置模型之轉換結果與公告坐標較差之中誤差在N方向為±3.9公分，E方向為±3.7公分，h方向為±6.6公分；使用基準站加上基本控制點建置模型之轉換結果與公告坐標較差之中誤差在N方向為±3.9公分，E方向為±3.5公分，h方向為±7.0公分，兩模型轉換精度無明顯差異。其原因可能是原本只使用基準站之模型，已足夠反應大部分日常地表變動情形（非地震造成之變動量），因此以均勻分布之點位檢核模型之結果，與增加基本控制點後之模型無明顯差異。
3. 臺南市楠西區利用二次轉換方式建置e-GNSS[2021]→e-GNSS[2013] → TWD97轉換模型，在增加e-GNSS[2021] → e-GNSS[2013]共同點數量後，未改善該地區e-GNSS[2021]→ TWD97轉換系統誤差及精度，因其轉換系統誤差來源係e-GNSS[2013] → TWD97模型所致。
4. 透過加密臺南市楠西區轉換共同點，直接建置e-GNSS[2021] → TWD97轉換模型，可修正該地區轉換系統誤差，並略微提升轉換精度，表示e-GNSS[2013] → TWD97模型共同點數量及分布在該地區不足以反應地表實際變動情形，增加該地區共同點數量後即可解決轉換系統誤差。
5. 進一步分析臺南市楠西區周圍共同點e-GNSS[2021]與TWD97坐標較差，發現楠西區與相鄰東山區、六甲區及大內區較差方向明顯不同。若僅用較差方向相同的共同點建置e-GNSS[2021] → TWD97轉換模型，除可修正該地區轉換系統誤差

外，更可大幅提升轉換精度。

(二)建議

1. 本研究規劃時僅特別就臺南市楠西區增加轉換模型共同點，研究結果透過直接轉換確實可解決該地區轉換系統誤差，並提升轉換精度。本中心在獲得初步研究成果後，即在e-GNSS系統入口網站公布最新消息（如圖15），建請e-GNSS系統使用者在測量時若發現特定地區轉換結果與當地已知或公告坐標系統有系統誤差，可填寫相關資料送本中心，作為後續建置e-GNSS系統相關轉換模型時規劃參考，以透過本研究成果，解決e-GNSS系統在不同地區有轉換系統誤差之問題，持續精進e-GNSS系統三維坐標轉換服務精度與品質。



圖15 e-GNSS系統入口網站最新消息

2. 透過二次轉換雖可節省大量外業測量工作與經費，轉換精度亦損失有限，但由本案研究結果顯示，e-GNSS[2021]→TWD97模型的轉換精度受e-GNSS[2013]→TWD97模型影響，在e-GNSS[2013]→TWD97模型有轉換系統誤差的地區，e-GNSS[2021]→TWD97模型也存在轉換系統誤差。本研究透過直接轉換方式，建置臺南市楠西區e-GNSS[2021]→TWD97模型，除可修正該地區轉換系統誤差外，更可提升轉換精度。惟其小範圍直接轉換模型如與原本二次轉換全臺範圍模型整合再一起，在兩模型接縫處可能會產生其他轉換誤差，目前規劃就此地區之轉換模型採另外提供即時轉換之登錄點，或於後處理網站另外提供轉換模型之方式，僅提供該地區小範圍使用。建議爾後可定期配合e-GNSS系統坐標更新時程，辦理全臺大規模基本控制點檢測，並依使用者回饋情形，就存在轉換系統誤差之地區增加檢測點位，透過本研究成果採直接轉換方式更新轉換至TWD97之模型，始可修正目前以e-GNSS[2013]→TWD97模型為基礎產

生之轉換系統誤差。

3. 目前e-GNSS系統測量成果轉換至TWD97[2010]及TWD97[2020]坐標尚未有使用者反應有系統誤差，主要應是該兩坐標系統分別係2012年及2020年公告之成果，距今時間較短，故僅使用基準站建置轉換模型，已可反應地表變動情形。惟參考轉換至TWD97坐標之經驗，為避免時間拉長後，造成部分地區產生轉換系統誤差，透過定期辦理全臺大規模基本控制點檢測，可持續累積不同時期測量成果，有助於建置維護e-GNSS系統三維坐標轉換模型精度與品質。

參考文獻

- 莊峰輔、湯凱佩、王敏雄、梁旭文、劉正倫，2014，《三維即時坐標轉換輔助VBS-RTK定位技術獲得法定坐標系統測量成果之研究》，內政部國土測繪中心。
- 莊峰輔、陳鶴欽、梁旭文，2015，內政部國土測繪中心e-GNSS即時動態定位系統三維坐標轉換服務介紹，《地籍測量》，第34卷，第2期，頁25-35。
- 國立臺北大學公共事務學院土地與環境規劃研究中心，2019，《108年e-GNSS 定位技術運用於地籍圖重測作業可行性驗證實務研析期末報告》，國立臺北大學。
- 內政部國土測繪中心，2021，內政部國土測繪中心e-GNSS即時動態定位系統入口網站，<https://egnss.nlsc.gov.tw>。

利用三維網格模型繪製一千分之一地形圖之精度評估

許展祥^{1*} 林鷺均² 王敏雄³

論文收件日期：111.03.29

論文修改日期：111.05.30

論文接受日期：111.05.17

摘要

本項目的目的是驗證使用三維網格模型繪製地圖的方法是否滿足一千分之一地形圖的精度。

本研究根據分析參考文獻的內容總結了影響因素，如：相機類型（穩定性不同的大、中、小像幅相機）、航拍的 GSD、飛行計劃（如傾斜攝影測量、影像重疊率）等。根據最可能造成影響的因素，協調可能處理或獲取的數據提供者，制定最終可行的實驗設計方案。以傳統攝影測量結果為對照組，對比真實正射影像與網格模型的製圖精度，驗證其是否滿足一千分之一地形製圖精度要求。

經本研究結果顯示，使用三維網格模型繪製地圖的方法尚不能滿足一千分之一地形圖的精度要求。而真實正射影像製圖方法雖然滿足一千分之一地形製圖的精度要求，但可靠性較低，需要藉助專業經驗判斷和選擇適用區域。

關鍵詞：一千分之一地形圖、三維網格模型、正射影像

¹ 技士，內政部國土測繪中心 應用圖資測製科。

² 技士，內政部國土測繪中心 應用圖資測製科。

³ 科長，內政部國土測繪中心 應用圖資測製科。

* 通訊作者，TEL :(04)22522966 #260，E-mail: 23100@mail.nlsc.gov.tw。

Evaluation of the accuracy of drawing 1/1,000 topographic map using a three-dimensional mesh model

Chan Hsiang Hsu^{1*} Lu Chun Lin² Min Shiung Wang³

Abstract

The purpose of this project is to verify whether the method of drawing map using a three-dimensional mesh model satisfies the accuracy of 1/1,000 topographic map.

This study summarized the influencing factors based on the content of the analysis reference documents, such as: camera type (large, medium, and small frame camera that stability are different), ground sample distance (GSD) of aerial photography, fly-planning (such like oblique photogrammetry, image overlap rate), etc. According to the most likely to cause impact, coordinate the data providers that may be processed or obtained, and draw up the final feasible experimental design plan. Using traditional photogrammetry results as a control group, the accuracy of the mapping results of the true-ortho images and mesh model was compared to verify whether it meets the requirements of 1/1,000 topographic mapping accuracy.

In conclusion, the method of drawing map using a three-dimensional mesh model cannot meet the accuracy requirements of 1/1,000 topographic maps. Although the digital mapping method of true-ortho images meets the accuracy requirements of 1/1,000 topographic mapping, its reliability is low, and it needs to be used with professional experience to judge and select the applicable area.

Keywords: 1/1,000 Topographic Map, 3D Mesh Model, Ortho-Image.

¹ Associate Technical Specialist, Applied Map Mapping Section, National Land Surveying and Mapping Center, Ministry of the Interior.

² Associate Technical Specialist, Applied Map Mapping Section, National Land Surveying and Mapping Center, Ministry of the Interior.

³ Section Head, Applied Map Mapping Section, National Land Surveying and Mapping Center, Ministry of the Interior.

* Corresponding Author, Tel: +886-4-22522966 ext. 206, E-mail: 23100@mail.nlsc.gov.tw

一、前言

一千分之一地形圖是各縣市政府用於都市計畫之主要資料來源，其精度需求、內容物種類、更新頻率，均較目前國內五千分之一基本圖之要求更高。面對如此高技术性、高勞力密集之大量需求，勢必對國內測繪能量產生衝擊，而目前國內地形圖測繪領域面臨兩種趨勢，其一國內傳統立製人員逐漸萎縮，培養新興人才緩不濟急、投資成本高、訓練時間長且維持人員持續從業不易，逐漸造成國內製圖能量流失；其二影像式建模(Image-Based Modeling, IBM)技術發展迅速、日漸成熟，自動化建立之三維網格模型（以下簡稱 mesh 模型）可取代傳統經由照片像對，透過影像工作站呈現的立體模型，且 mesh 模型的「直覺性」與「操作性」更優於傳統的立體呈現方式，降低從事立體製圖的人員技術與經驗需求門檻，對於測繪業者極具吸引力。現下已有多款國外商用軟體專為 mesh 模型從事立體製圖而設計，足見此法可能躍於未來之趨勢。

但是，使用 mesh 模型直接立製繪圖雖然簡易、直接且可行，惟其測製成果之精度評估尚未有足夠之研究對其著墨。相較於傳統立製成果之精度，除了人工繪圖所造成的量測誤差外，其餘主要誤差來自於空中三角平差階段，即其精度取決於影像外方位重建成果的優劣；而利用 mesh 模型直接立製的精度，除人工繪圖誤差及外方位重建誤差影響外，尚多了密點雲匹配及建模程序（雜點濾除、表面判斷與建立、特徵平滑策略、……等步驟）所產生的誤差。其最終所能達到的精度是否可達到一千分之一地形圖繪製所需，抑或如何增進改善 mesh 模型之品質以符合製圖需求，為本研究探討之目標。

二、研究動機及目的

依據本中心 110 年 9 月統計全臺除雙北地區外之一千分之一地形圖涵蓋面積合計約為 32 萬 7,908 公頃（如圖 1），以該圖種設定更新頻率為 5 年計算，每年平均約需更新 6 萬 5,582 公頃（約 1,366 幅，每幅 48 公頃）。

經調查國內辦理一千分之一地形圖測製之廠商，其立體製圖所使用之影像工作站每家數量約在 8 至 20 部左右，全部廠商全力投入年產量約 1,000 幅左右，距離未來規劃每年一千分之一地形圖待更新數量尚嫌不足，更遑論國內立製測圖能量尚須辦理其餘如五千分之一地形圖、通用電子地圖等圖資更新工作，可見欲達成各類圖資更新時效，國內立體測圖能量可說是捉襟見肘。因此，為滿足各類圖資更新時效，實有必要研究採行新的三維製圖方法來增加國內產圖能量。

欲增加產能須由人員、軟體、硬體等面向進行改善。其中人員的培訓是最重要的一環，因為製圖業務屬於勞力密集事業，且從事人員需要高度專業技術及經驗，培養不易且流動率高。因此，改善此狀況的方向可以從降低技術需求性、提高從業誘因等方面進行。而軟、硬體部分，因為使用立體製圖的方式測繪圖資，其設備單價高且操作人員的技術條件及需求也高，所以欲改善軟硬體時，須先考慮改變測圖技術或方式，並尋求所搭配的軟硬體設備，於綜合考量後，分析是否可確實增加製

圖產能。

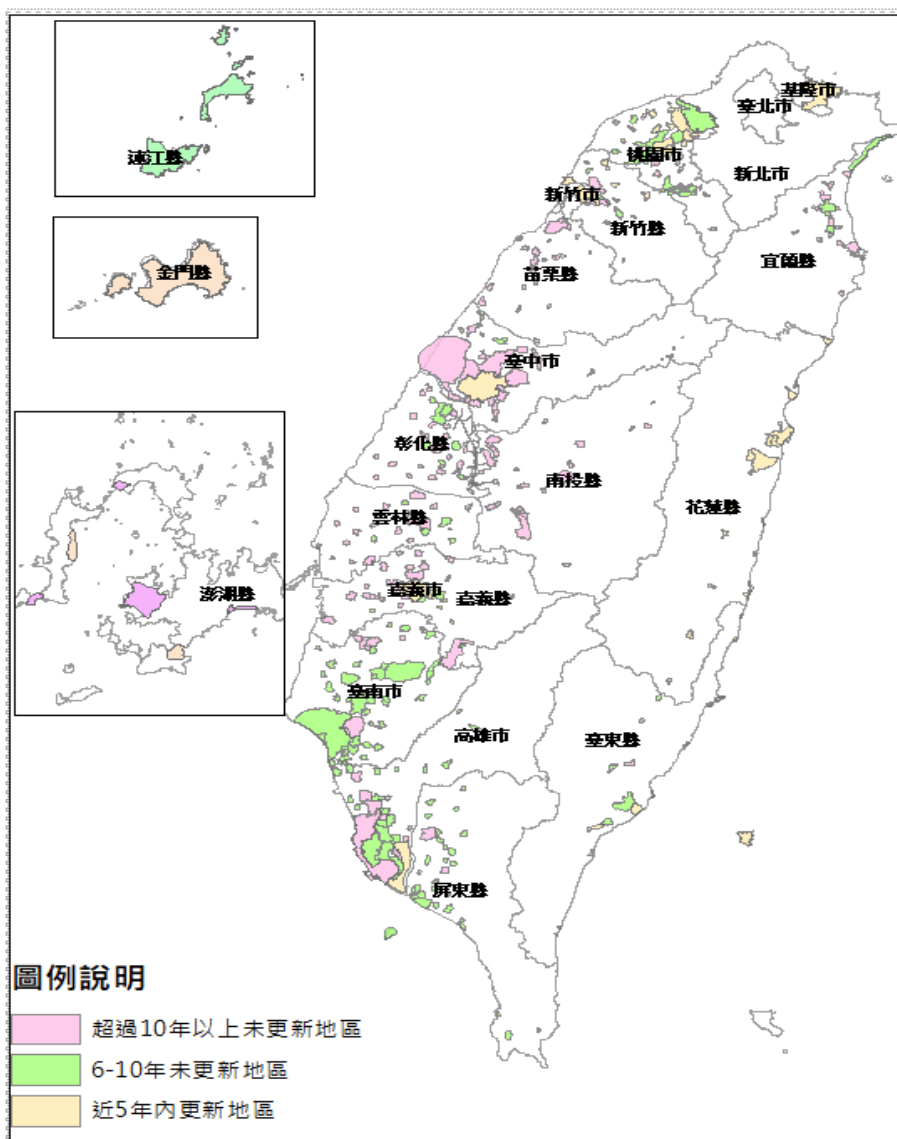


圖 1 各都市計畫區辦理範圍(不含雙北地區，110 年 9 月統計)

鑒於前述國內立體製圖能量不足，國內測繪業界逐漸提出改變傳統航測立體製圖方式的聲浪，希望能經由三維網格模型 (mesh 模型) 或真實正射影像 (True-Ortho image) 繪製平面地形圖，透過直覺性繪圖方式降低製圖人員入門技術門檻，進而引進大量新進測繪人員擴大生產線提升整體產能。

另外測繪軟體的發展方面，隨著無人飛行系統航拍技術的進展及三維建模軟體的普及，隨著專業使用者的跨入，由原本僅要求模型可看性的需求，演變成要求精準度的需求，也促進了許多原本架構於三維模型顯示的軟體也擴增了對於繪製需求的功能，例如：EPS 3DSurvey、SV360 智能三維測圖系統、Bentley Descartes CONNECT Edition、Skyline CityBuilder 等軟體，目前均已具備可直接於 mesh 模型上繪製向量圖徵的功能，即展示了直接產製地形圖的可能性。

綜上，以快速擴增生產線提升產能的角度而言，調整製圖方式以降低製圖人員的技術操作要求，並搭配新興製圖軟體對於三維模型繪圖的支援，是未來替代傳統

製圖方法可以期待的解決方案。

三、研究內容及作業流程

本研究擬定流程主要依照文獻回顧、蒐集各類測試影像、產製 mesh 模型及真實正射影像、地物特徵抽樣量測、精度評估及撰寫研究報告書等順序進行(如圖 2)。

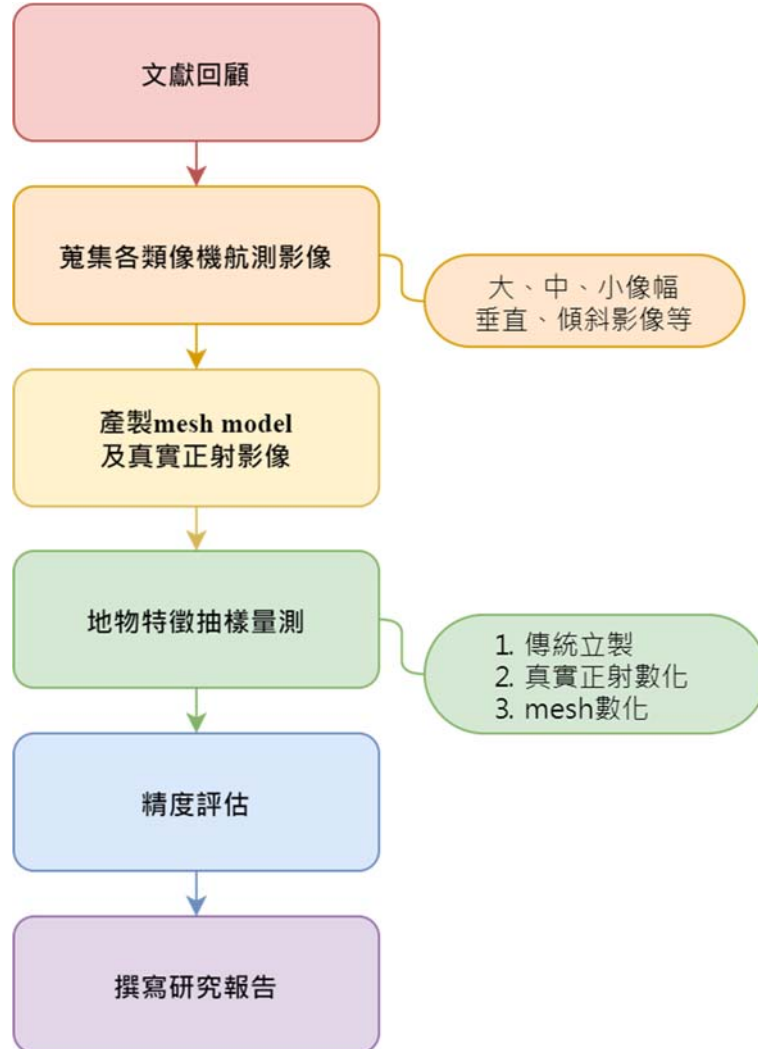


圖 2 研究流程圖

(一)文獻蒐集

本研究於文獻蒐集的規劃，係依照航測製圖的流程分類為航空測量精度方面、三維模型建置及其精度分析方面等類型。首先航空測量精度方面考量目前大部分用於建模任務的設備大多是採用無人飛行載具 (UAS) 搭配非量測型像機，所以這方面主要蒐集使用 UAS 辦理航測的應用成果；而三維模型建置方面則主要蒐集本研究使用的軟體於建模時的標準作業方式以及學術上於建模時採用的方法，提取其經驗加以應用於本研究之中；至於精度分析方面則蒐集有關模型精度評估相關經驗及一千分之一製圖規範 (平面精度 25 cm；高程精度 30 cm) 為本研究成果比對方式的參考。

邱式鴻等人(2014)發表局部重測都市區千分之一地形圖之研究，其中利用定翼型無人飛行載具拍攝 GSD 4.5 cm 影像，成果顯示空三檢核點共計 6 點之 RMSE 在 N 方向為 11 cm，E 方向為 9 cm；立製成果查驗點共計 51 點，均選擇屋頂點、斑馬線繳點或標線角點等明顯特徵點位置，其 RMSE 為 10 cm，符合一千分之地形圖測製精度要求。可見利用 UAS 搭配非量測型像機遵守嚴謹的處理流程，採用傳統立製方式測圖亦可滿足一千分之地形圖測製精度的要求。

曾義星(2020)辦理「109 年度地籍測量輔助作業精進實務研析」運用 UAS 及地面環景攝影技術輔助地籍測量相關作業效益研析，其中提到依實作經驗來說，正射影像檢核精度會落在 0.5~2 倍 GSD 之間，真實正射影像與現有的地籍線套合的成果顯示位於控制點附近之檢核點的誤差較小，距離控制點愈遠的檢核點誤差愈大，檢核點誤差最大值約為 18 cm 左右；其實驗結果顯示檢核點誤差在 NE 方向最大值皆大於 6 cm，標準差在 NE 方向皆大於 2 cm，成果不符合戶地測量的要求，該研究提出該成果只能用來輔助地籍調查，利用影像判斷相對位置使用。

雲林縣北港地政事務所於 109 年委託詠翔測量工程有限公司研究利用無人機航拍大比例尺 (GSD 4 cm) 正射影像輔助地籍圖判釋實務，其實驗數據顯示正射影像與現況點 (明顯樁位) 之較差平均為 7 cm，標準誤差為 4 cm，其中最大誤差為 55 cm，主要因為地籍圖界址點位辨識不明確，經由現況測量點位與正射影像套疊成果，顯示正射影像精度可達地籍圖套疊分析輔助之用 (詠翔測量工程有限公司，2020)。

而國土測繪中心 109 年於義竹及高樹重測區使用旋翼型無人飛行載具拍攝 GSD 4 cm 影像，利用其正射影像數化成果比對重測現況測量成果，其中發現僅 33% 參考點較差小於 6 cm，尚無法達到地籍圖重測成果精度，平均較差約為 0.25 m (國土測繪中心地籍圖重測課，2021)。

綜合前開 2 項文獻的研究成果對於檢核點的部分呈現相反的結論，經本團隊分析發現兩者的分析對象不同，因而造成結果上的差異，其中詠翔的比對目標大多屬於明確的樁位，而本中心的比對目標含有許多如田埂等不明確的地物，因而造成較大的誤差，而詠翔的報告中也指出其中最大達 55 cm 的誤差係因辨別不明確，由此可知標的物是否明確，是影響成果精度的重要因素。

目前大部分建模軟體在進行影像方位重建及模型建置時，都會使用影像密匹配技術，李硯婷等人(2017)提出一些常見的密匹配演算法為 SMM (SIFT-based Multi-image Matching)、SfM (Structure from Motion)、DAISY 及 SGM (Semi-Global Matching)，並利用目視檢查法、相對方位法、像片三角法以及獨立測量法，進行密匹配成果偵錯與品質評估，其中顯示 50.72%和 47.00%的密匹配錯誤分別出現於高程 1 階不連續面 (山形屋脊線) 與 0 階不連續面，僅 0.05%出現於均調區，顯示使用密匹配技術建模時可能出現的誤區，可作為本研究進行建模時修正錯誤模型面的參考。

潘偉庭等人(2014)提出經由影像式三維模型重建的結果，其成果精度可經由 SfM 的焦距誤差估算而得，其研究顯示非量測型像機在建模時的體積誤差約為 2.11%至 4.03%不等，其中誤差最小的是較專業的單眼像機，而誤差較大的是智慧型

手機搭配的像機，這顯示像機焦距參數的穩定性與最終建模成果的品質具有相關性，也點出了本研究欲利用三維網格模型製圖時，採用量測型像機與非量測型像機其內方位參數影像的穩定性可能存在對於成果精度的先天限制。因此本研究的分析對象應納入量測型像機與非量測型像機之間的比較。

經由參考各項文件實驗設計方式，初步歸納與本研究相關之影響因素可分為二種，第一種與航拍資料來源有關，如：像機類型（大、中、小像幅穩定度不同）、航拍的地面像素解析度（Ground sample distance；GSD）、航線規劃方式（是否含傾斜攝影、影像重疊率）等；第二種與資料處理有關，如：空中三角偵錯及除錯方式、密點雲匹配方式、點雲建立 mesh 之方式。了解本研究相關的影響因子後，根據影響因子的組合設計實驗情境，例如分別以大、中、小等不同像幅之像機，拍攝 GSD 3 公分至 7 公分不等之航拍影像，取得上述具有同步傾斜攝影或不具傾斜攝影之影像資料。藉由組合不同的實驗參數，據以分析影響 mesh 模型建置精度的情境。

(二)蒐集實驗影像資料

本研究參考前章影像因子，歸納區分所需蒐集的各項研究資料，另考量地面控制點布設數量及資料獲取的便利性，並且涵蓋城區（建物密集）及鄉區（建物稀疏）特性，從而選擇本中心長年維護的南崗校正場，以及可取得地面控制測量成果的重測區。

至於航拍影像取得部分，南崗校正場自 101 年建場以來國內各主要的航拍業者均曾進行過拍攝，亦有將其作為率定場地者，經接洽自強工程顧問有限公司，了解該公司具有完整大、中、小像幅像機系列所拍攝的影像，並且其中的中像幅像機為傾斜攝影組，非常契合本研究所需探討的研究目標，因此南崗校正場測試區之航拍影像，即以該公司提供之資料進行研究；另外，苗栗市及義竹測試區的航拍影像部分，則由本中心無人飛行載具自行辦理航拍以取得研究資料。

1.南崗校正場

南崗校正場為本中心執行航遙測感應器校正業務使用之場地，該校正場主要位於南投市南崗工業區，圈選其周邊 2,000 公尺乘 1,750 公尺範圍的區域作為校正場，其中常年均勻布設固定標約 95 點（如圖 3）。該場地位於八卦台地東麓，地勢起伏合度，範圍內道路縱橫，工業廠房林立，是測試航攝影像系統的合適地點。

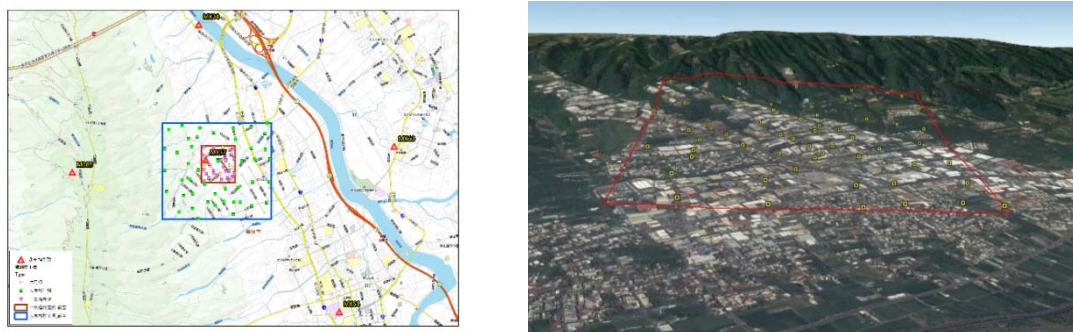


圖 3 南崗校正場

南崗校正場測試區，本研究經洽自強工程顧問有限公司共計取得 3 種航拍影像成果，包含 UAS 小像幅影像、AOS 中像幅傾斜像機影像、UltraCam 大像幅影像，各項影像資料及其航拍參數分述如下：

(1)南崗 UAS 小像幅影像

本項資料係採用無人飛行載具(UAS)，搭配非量測型消費級小像幅像機拍攝目標區，一般會使用 UAS 航拍的作業，通常是為了取得較精細的地面解析度(GSD)，因此 GSD 設定常落於 3~4 公分，但是本測試區因其廠房林立，為顧及飛行安全本任務設定飛行離地高(AGL)高於 300 公尺，因此本項資料 GSD 受限為 5.52 公分，但是仍符合產製一千分之一地形圖 GSD 需求 10 公分的規定。

表 1 南崗 UAS 小像幅像機航拍參數

資料代號：NG_300	 <p>(Sony, 2021)</p>
像機：ILCE-7	
像機類型：非量測型小像幅	
Pixel Size：6 um	
GSD：5.52 cm/pix	
離地高：354 m	
焦距：35 mm	
航線型態：井字	
拍攝日期：2017/6/21	
資料來源：自強工程顧問有限公司提供	

此航拍任務係採井字航線規劃(如圖 4)。本項資料除適用於小像幅航拍攝影機校正使用之外，其拍攝成果亦可作為建模使用，因具有較緊密的交錯航線，於建模時對於建物的側面影像，較無遮蔽死角影響。



圖 4 南崗 UAS 小像幅像片拍攝中心

(2)南崗 AOS 中像幅傾斜像機影像

本項資料是採用有人機搭載具有 5 部中像幅像機傾斜攝影雲臺的量測型像機設備，其中 4 部中像幅像機為傾斜拍攝，1 部主像機為垂直拍攝，表 2 中所列的 GSD 參數是對應到垂直拍攝的主像機，因為傾斜攝影像機的 GSD 數值在像片中變化很大無法用單一數值敘述，所以僅列垂直攝影的結果。

表 2 南崗 AOS 中像幅傾斜像機航拍參數

資料代號：NG_AOS5	 <p>(Geo-matching, 2021)</p>
像機類型：量測型中像幅 5 像機組	
像機：AOS 傾斜像機組 iXU-RS1000(垂直) × 1 iXU-RS1000(傾斜) × 4	
Pixel Size：4.6 um	
GSD：6.87 cm/pix	
離地高：1000 m	
焦距：50 mm(垂直) 70 mm(傾斜)	

航線型態：普通平行航線 + 傾斜攝影	
拍攝日期：2019/2/27	
資料來源：自強工程顧問有限公司提供	

此航拍任務雖然採用井字平行方式航拍（如圖 5），但是，其拍攝目的為辦理像機校正，並非如建置模型所規劃的緊密的井字平行航線，所以此處僅屬於普通具有垂直交錯方向的平行航線。而建模所需的側面影像來源則由傾斜攝影的 4 部中像幅像機取像。

由圖 5 的影像拍攝中心點展繪結果可以發現，雖然使用 5 部像機拍攝但是位於同一拍攝雲台上，5 部像機的拍攝中心是很接近的，所以在比例尺較小的圖面上展繪時，幾乎 5 部像機的拍攝中心都重疊在一處。



圖 5 南崗 AOS 中像幅傾斜像機像片拍攝中心

(3)南崗 UltraCam 大像幅影像

本項資料採用有人機搭載量測型大像幅像機進行取像，此組合屬於拍攝基本圖的常規組合。運用於傳統立製作業是沒有問題的，但是運用於產製 mesh 模型後進行繪圖，其精度是否能滿足所需，仍具有探討的價值。在本研究中本項資料可以做為基準指標，呈現以目前的航拍規格進行 mesh 建置時，是否可用於繪製一千分之一地形圖。

此航拍任務與 NG_AOS5 之平行方式航拍相同（如圖 6），其拍攝目的為辦理像機校正，並非如建置模型所規劃的緊密的井字航線，所以此處僅屬於普通具有垂直交錯方向的平行航線。由於本項資料並非緊密井字航線，亦非傾斜攝影，因此可用

於探討使用普通航線規劃拍攝時，對於 mesh 建模精度的影響，以及建物側面貼圖的影響。

表 3 南崗 UltraCam 大像幅像機航拍參數

資料代號：NG_UXcam	 <p>(Vexcel Imaging GmbH, 2012)</p>
像機：UltraCam Xp	
像機類型：量測型大像幅	
Pixel Size：6 um	
GSD：6.7 cm/pix	
離地高：1055 m	
焦距：100.5 mm	
航線型態：普通平行航線	
拍攝日期：2021/2/7	
資料來源：自強工程顧問有限公司提供	

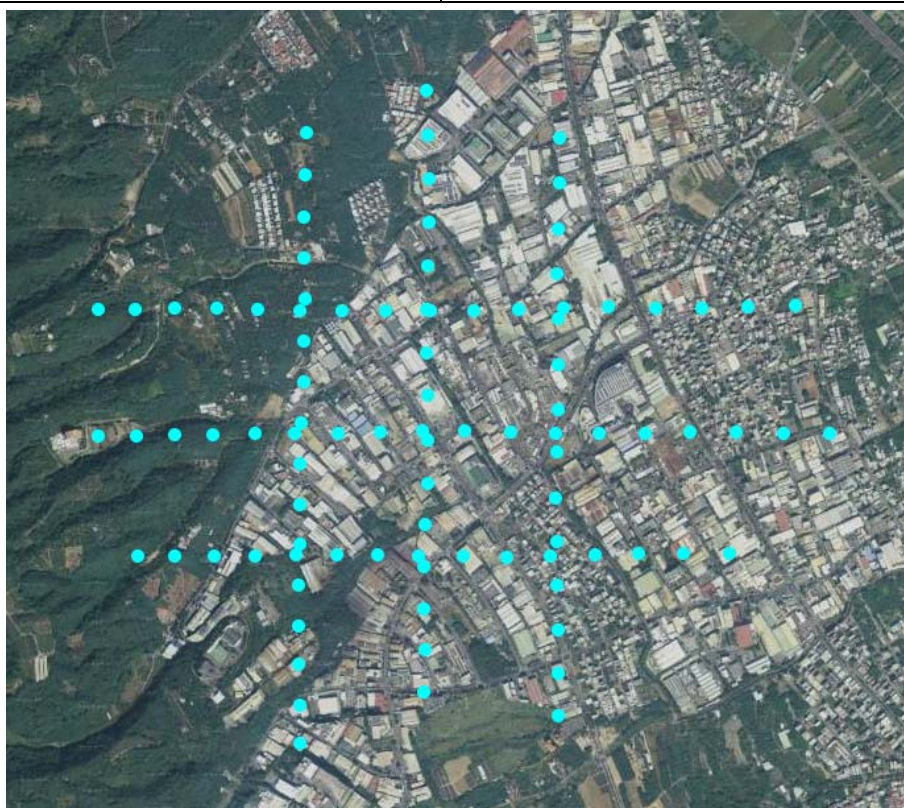


圖 6 南崗 UltraCam 大像幅影像像片拍攝中心

2. 苗栗市測試區

苗栗市測試區屬於中度建物密集類型，範圍內大多屬於中低層建築物，當中雖有些許較高層地標型建物，但是大部分區域會面臨到建物遮蔽產生死角的狀況較少，可期待 mesh 模型的產製成果。

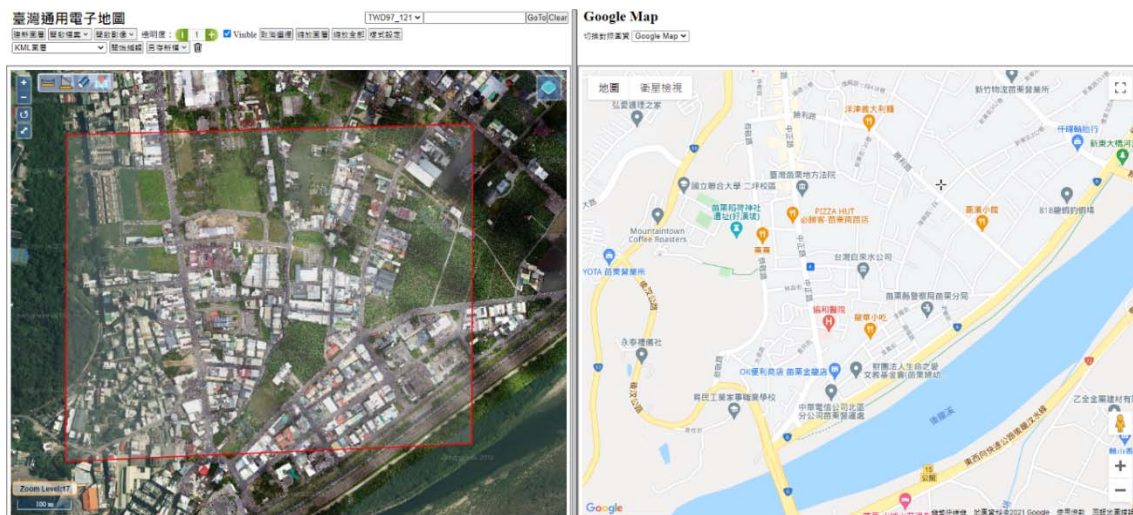


圖 7 苗栗市測試區範圍



圖 8 苗栗市測試區 3D 傾斜視角

此航拍任務以建模為目的採用緊密的井字航線進行拍攝，因該區域大部分屬於中低層建物，可探討在未使用傾斜攝影的設備時，運用緊密的井字航拍可否滿足模型建置的需求。

表 4 苗栗市測試區航拍參數

資料代號：ML	 <p>(Sony, 2021)</p>
像機：ILCE-7RM2	
像機類型：非量測型小像幅	
Pixel Size：4.53 um	
GSD：3.05 cm/pix	
離地高：164 m	
焦距：21 mm	
航線型態：井字（較密）	
拍攝日期：2020/8/17	
資料來源：本中心自行航拍	



圖 9 苗栗市測試區影像像片拍攝中心

3.義竹測試區

義竹測試區性質屬於郊區，範圍內大部分地物類型主要為農作物，西側則以低密度聚落為主，其中多屬於低樓層建物。由於本區域地表大部分為農作物類型，而且全區地物類別東西側分明，空三平差時誤差分配預期可能會特別集中於某側，造成該區域建模時造成問題，而這對於影像匹配及建模作業是個挑戰。

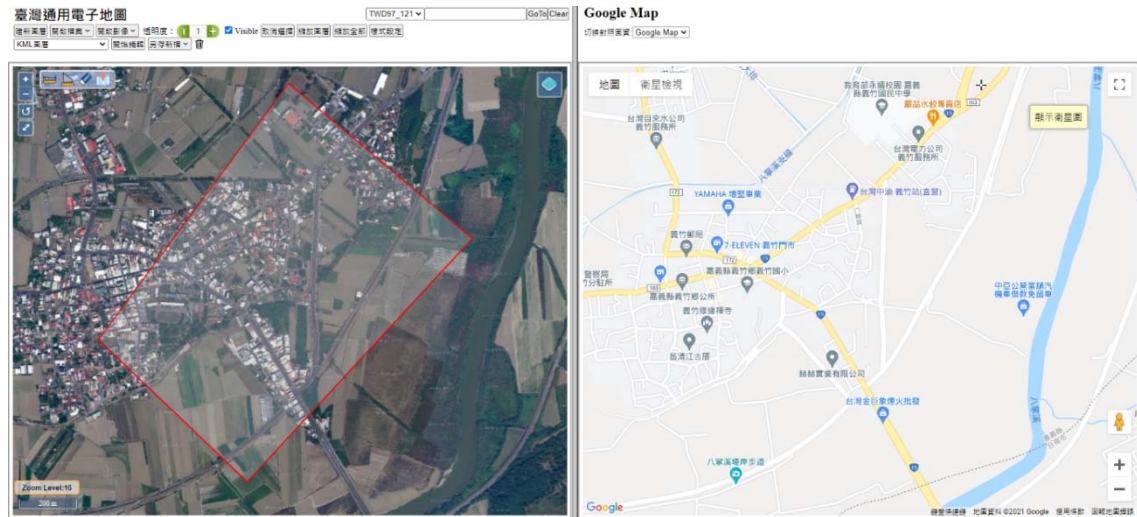


圖 10 義竹測試區範圍



圖 11 義竹測試區 3D 傾斜視角

此航拍任務並未採用井字航線進行拍攝，係因該區域大部分屬於農作區及低層建物類型，不易存在死角及側面影像缺失的問題，因而採用傳統平行航線的規劃。

表 5 義竹測試區航拍參數

資料代號：EZ	 <p>(Sony, 2021)</p>
像機：ILCE-7RM2	
像機類型：非量測型小像幅	
Pixel Size：4.53 um	
GSD：4 cm/pix	
離地高：217 m	
焦距：21 mm	
航線型態：普通平行航線	
拍攝日期：2020/8/14	
資料來源：本中心自行航拍	

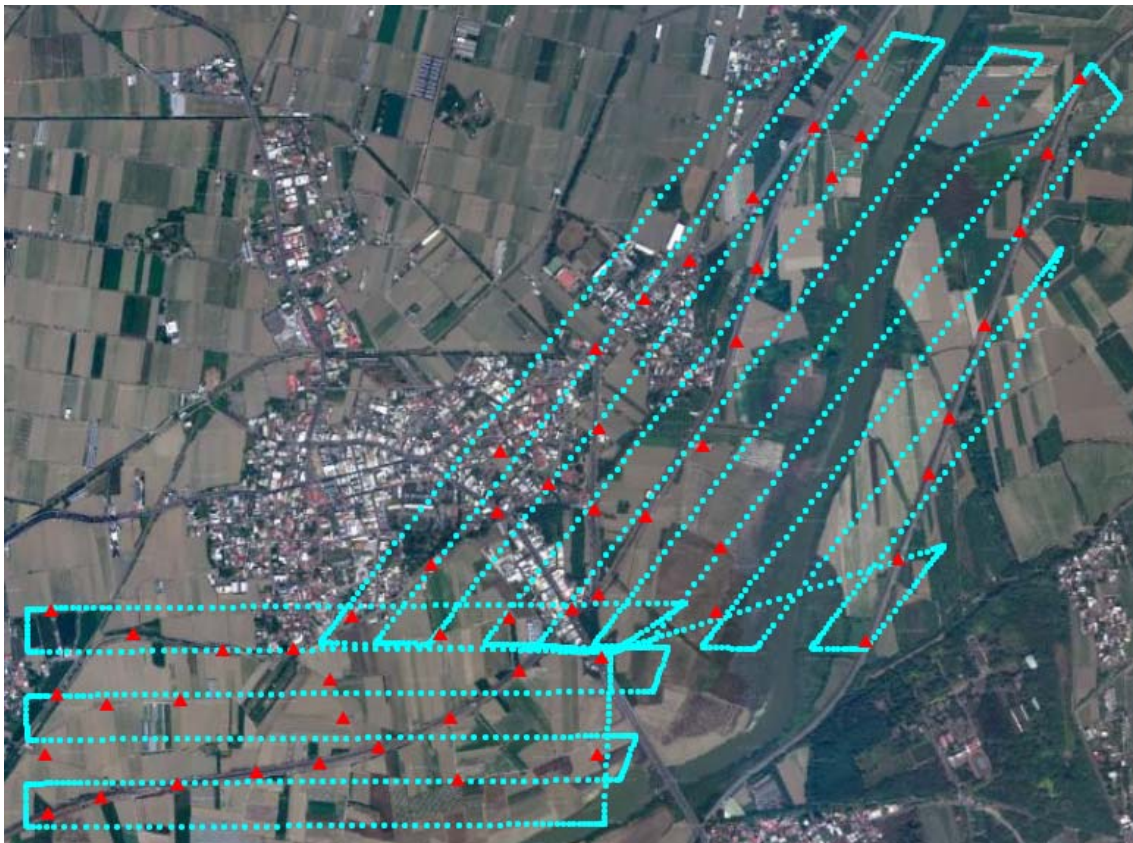


圖 12 義竹測試區影像像片拍攝中心

(三)產製 mesh model 及真實正射影像

本研究取得研究資料後，將先予產出前開研究標的之成果，分別為完成空三平差的立體像對、三維 mesh 模型、真實正射影像，資料處理流程如圖 13。其中立體像對及真實正射影像部分均依照符合「建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊」的標準流程辦理 (內政部, 2011)，至於三維 mesh 模型的產製方式，則依照 USGS 針對 Agisoft Metashape 1.6 版的工作流程辦理如圖 14 (Over, *et al.*, 2021)。

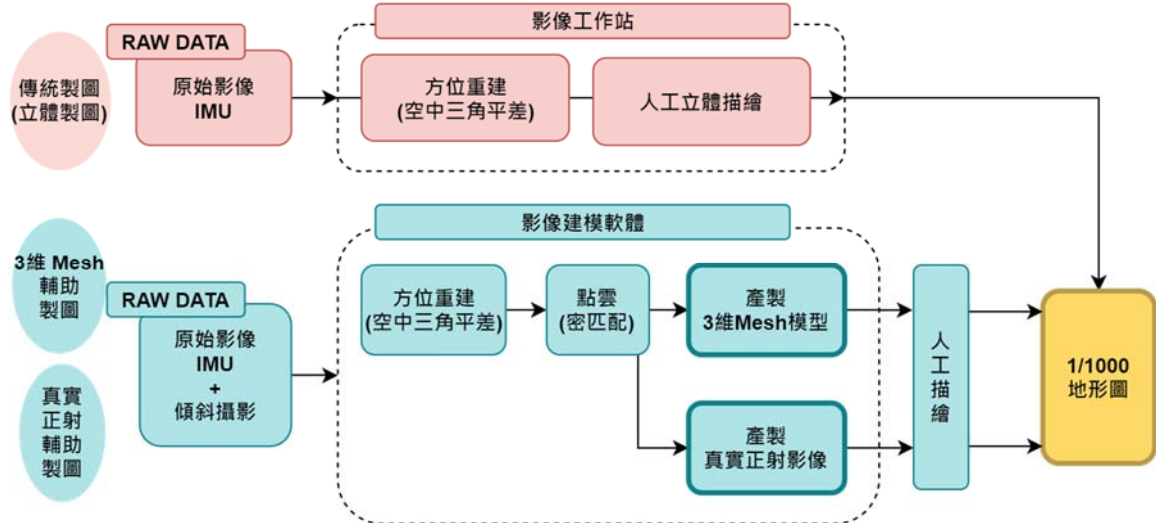


圖 13 資料處理流程

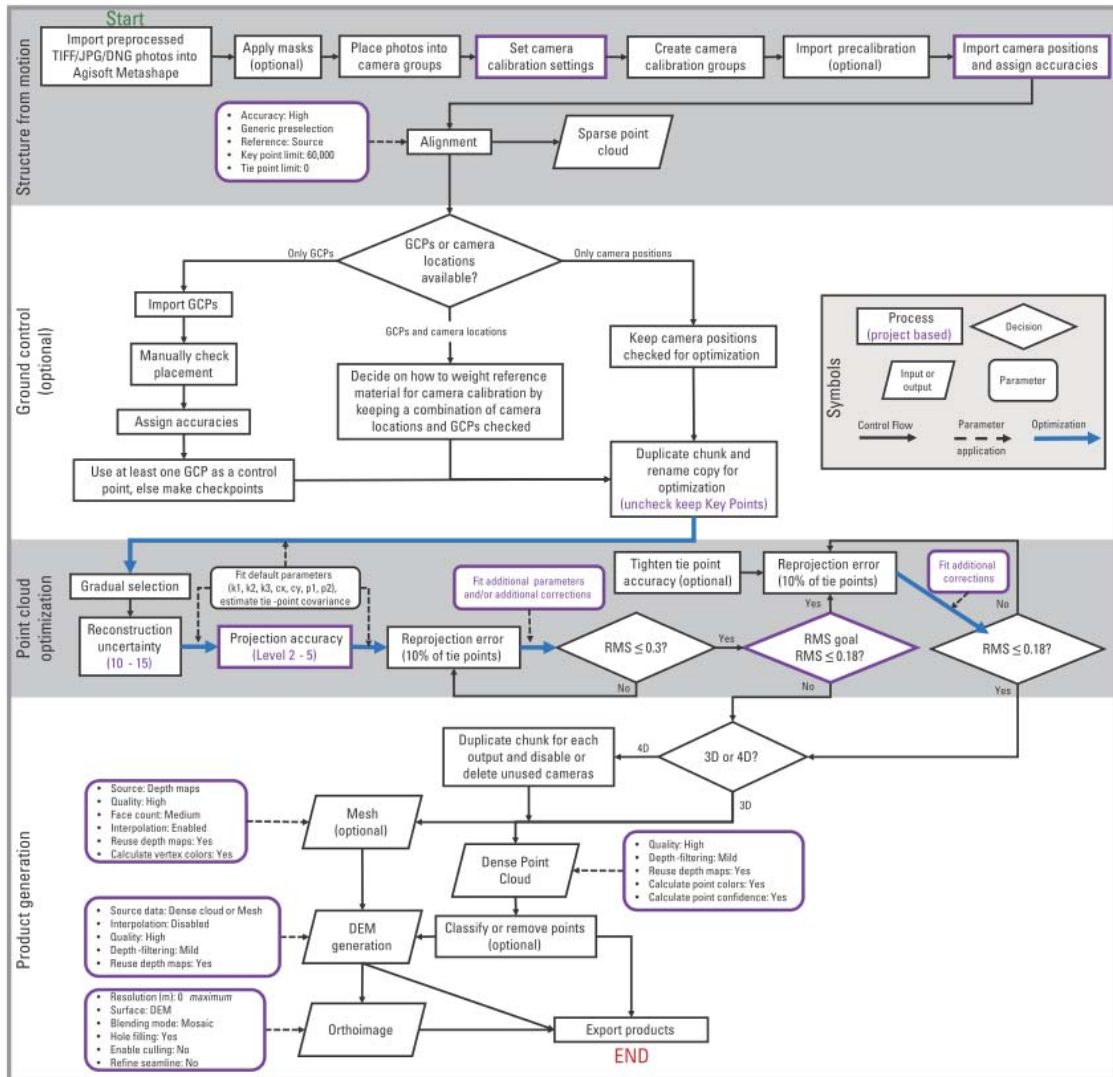


圖 14 USGS 工作流程圖 (Over, et al., 2021)

(四)特徵點抽樣量測

本研究為避免檢核點抽樣時人為介入的程度過高，因此採用亂數方式先產生隨機種子 (seed)，於各測試區亂數產生均勻分布的 45 點，其目的是為了在測試範圍內亂數散佈均勻的抽樣位置，避免人為挑選時過度集中於測試區某處，該隨機種子位置係因亂數產生，該座落位置不一定為地形圖適合繪製的物件，所以取得測試區範圍內均勻分布的位置後，再依照地形圖地物繪製重要性由高至低於隨機種子位置附近挑選適合地形圖繪製的物件，作為分析比對之目標特徵點。

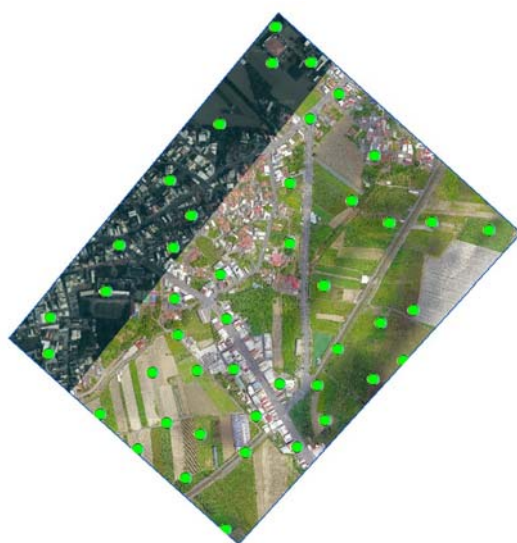
本研究再亂數抽樣上所使用工具為 Geospatial Modelling Environment (v0.7.3.0)，是一套配合 R 軟體及 ESRI ArcGIS 進行地理空間分析的工具，利用其中 genrandompnts 指令於測試區內隨機生成 45 個抽樣點，並依照各測試區大小約制抽樣點之最短間距，來保持分布的均勻性。



南崗校正場



苗栗市區



義竹重測區

圖 15 各測試區隨機抽樣種子分布圖

(五)實驗結果分析

本研究將綜合彙整測試成果，進行相關精度分析及驗證，並針對作業問題研提解決方案，分析效益及可行性。其中對於精度分析及驗證部分，本研究以一千分之一地形圖上所能呈現的線繪成果及測繪者實際執行測繪的角度切入，以萃取特徵地物之坐標值作為精度比對的標的。另以傳統立製、真實正射影像數化、三維 mesh 模型數化等不同的測繪方式進行精度比較。

本研究將以傳統立製的成果作為精度比較之基準，主要因為傳統立製為原本繪製一千分之一地形圖的方式，其精度及品質已受歷年作業成果之驗證，而新的測繪方式（如：真實正射影像數化、三維 mesh 模型數化）則必須符合同樣的測繪精度，方能推行。故本研究中以傳統立製成果作為基準，以重複性概念比對其餘兩者之測繪成果精度，實驗數據結果彙整如表 6、表 7。

表 6 實驗結果彙整表(前後重疊率 80%)

測試區代碼	南崗UAS_300 NG_300	南崗AOS5 NG_AOS5	南崗大像幅 NG_UXcam	苗栗市 ML	義竹 EZ	
像機類型	非量測型小像幅	中像幅5像機組	大像幅	非量測型小像幅	非量測型小像幅	
航線型態	井字(較疏)	普通平行航線 + 傾斜攝影	普通平行航線	井字(較密)	普通平行航線	
離地高 (m)	321.3	816.8	1055.0	164.0	217.0	
焦距 (mm)	36.4	51.6	100.5	21.8	22.4	
Pixel Size (um)	6.00	4.60	6.00	4.53	4.53	
GSD (cm)	5.52	6.87	6.30	3.05	4.00	
平均基線長 (m)	30.44	124.53	141.46	26.87	29.19	
重疊率 (%)	85.6%	80.4%	80.1%	85.1%	87.5%	
基高比(B/H)	0.09	0.15	0.13	0.16	0.13	
空三精度RMSE(XY)	1.116 cm / 1.434 pix	0.217 cm / 0.288 pix	0.120 mm / 0.154 pix	3.335 cm / 2.238 pix	1.947 cm / 1.791 pix	
Reprojection Error	0.332 pix	0.21 pix	0.335 pix	0.329 pix	0.399 pix	
抽樣點數	45	45	45	45	45	
True Ortho (80%)	RMSE (m)	0.196	0.189	0.160	0.157	0.180
	Max. (m)	0.435	0.480	0.396	0.316	0.432
	合格比例 納入統計點數	80.5% 41	82.2% 45	88.6% 44	93.2% 44	82.2% 45
Agisoft Metashape mesh (80%)	RMSE (m)	0.392	0.508	0.410	0.451	0.356
	Max. (m)	0.586	0.988	0.995	0.735	0.589
	合格比例 納入統計點數	34.1% 42	22.2% 45	40.0% 45	36.4% 44	53.5% 43

表 7 實驗結果彙整表(前後重疊率 60%)

測試區代碼	南崗UAS_300 NG_300_pick60	南崗AOS5 NG_AOS5_pick60	南崗大像幅 NG_UXcam	
像機類型	非量測型小像幅	中像幅5像機組	大像幅	
航線型態	井字(較疏)	普通平行航線 + 傾斜攝影	普通平行航線	
離地高 (m)	321.3	816.8	1055.0	
焦距 (mm)	36.4	51.6	100.5	
Pixel Size (um)	6.00	4.60	6.00	
GSD (cm)	5.30	7.28	6.30	
平均基線長 (m)	60.67	249.68	283.39	
重疊率 (%)	71.4%	60.6%	60.2%	
基高比(B/H)	0.19	0.31	0.27	
空三精度RMSE(XY)	1.102 cm / 1.254 pix	0.182 cm / 0.192 pix	0.228 cm / 0.167pix	
Reprojection Error	0.536 pix	0.221 pix	0.18 pix	
抽樣點數	45	45	45	
True Ortho (60%)	RMSE (m)	0.140	0.131	0.179
	Max. (m)	0.327	0.316	0.284
	合格比例 納入統計點數	91.1% 45	93.3% 45	95.2% 42
Agisoft Metashape mesh (60%)	RMSE (m)	0.243	0.563	0.756
	Max. (m)	0.586	0.901	1.073
	合格比例 納入統計點數	60.0% 45	20.0% 45	27.9% 43

其中代碼為 NG_AOS5 及 NG_UXcam 的測試資料為量測型像機成果，代碼 NG_300、ML、EZ 為非量測型像機成果，NG 代表南崗校正場，ML 為苗栗市測試區，EZ 為義竹測試區。

1. 探討量測型與非量測型像機

首先探討量測型與非量測型像機的實驗結果，一般來說量測型像機通常會直接認為是中、大像幅像機，係指具有已知且穩定內方位參數可被運用於量測使用的像機，因大部分中、大像幅像機符合該特性，所以常見的會直接把中、大像幅像機與量測型像機畫上等號，而小像幅像機通常不具備該特性，所以常被認為小像幅像機為非量測型像機。

由表中可發現真實正射影像數化成果的 RMSE 均落於 0.160~0.196 m 之間，顯

示量測型像機與非量測型像機的差別不大，且均可符合一千分之一地形圖測製精度需求，惟 Max. 卻大於 RMSE 約 2 倍以上，合格比例均小於 95%，表示運用於一千分之一地形圖測製時，其測製精度仍有疑慮。

至於 Agisoft Metashape mesh 模型數化的成果，其 RMSE 則落於 0.392 ~ 0.508 m 之間，顯示使用量測型像機與非量測型像機的差異並不顯著，但是均無法符合一千分之一地形圖測製精度需求，其合格比例均小於 50%，表示其完全無法應用於一千分之一地形圖製圖。

理論上而言，量測型像機可以得到穩定且準確的成果，非量測型像機則相反，由上表列出的空三精度可以得知，大像幅像機的成果的確要比中、小像幅像機的成果好，但是經過後續處理步驟產生的真實正射影像及 mesh 模型再進行數化製圖時，卻無法突顯量測型像機在空三成果的優勢。其中真實正射影像數化成果的 RMSE 差異還能略為呈現量測型像機與非量測型像機的差異，但是 mesh 模型數化成果的 RMSE 數據，已完全無法呈現量測型像機與非量測型像機的差異，由此可知產製 mesh 模型時所造成的誤差已經掩蓋過於空三精度的差異，這足以顯示進行 mesh 模型產製的過程，對於成果失真（破壞）的程度是非常大的。

2. 探討 GSD 影響

其次探討 GSD (Ground Sample Distance) 對真實正射影像數化及 mesh 模型數化等 2 種測圖方法的影響。一般認為 GSD 越小，影像拍攝的細節較細，可達到的精度極限可以更高，而不會被先天的來源極限所限制，但這並不代表 GSD 小，精度就會好，如果處理不好甚至結果的精度會比 GSD 大的精度更差。本測試項目即是研究在相同的處理品質條件下，不同的 GSD 影像來源對於真實正射影像及 mesh 模型在數化繪圖成果的影響。

上表中 NG_300、NG_AOS5、NG_UXcam 的資料其 GSD 為 5 ~ 6 cm 視為同一組資料代表 GSD 較大者，而代碼為 ML、EZ 的資料其 GSD 為 3 ~ 4 cm 視為同一組資料代表 GSD 較小者。

由真實正射影像數化成果可以發現 GSD 較大一組其 RMSE 落於 0.160 ~ 0.196 m 之間；GSD 較小一組其 RMSE 落於 0.157 ~ 0.180 m 之間。顯示 GSD 對於正射影像數化成果的影響不大，其成果均可符合一千分之一地形圖測製精度需求，但是 Max. 值不管在 GSD 較大或較小的測試中仍大於 RMSE 約 2 倍以上，且合格比例均小於 95%，表示降低 GSD 參數時，其成果運用於一千分之一地形圖測製仍有疑慮。

另外，mesh 模型數化成果，GSD 較大者其 RMSE 落於 0.392 ~ 0.508 m 之間；GSD 較小者其 RMSE 落於 0.356 ~ 0.451 m 之間。GSD 對該成果的差異仍然不顯著，且降低 GSD 仍無法符合一千分之一地形圖測製精度需求，其合格比例最佳者僅為 53.5%，表示其完全無法應用於一千分之一地形圖製圖。

這研究結果顯示拍攝影像的 GSD 對於兩種數化方式的精度無顯著改善或影響，並呈現 GSD 只是提供獲得更好精度品質的可能性，但是最終精度仍取決於處理過程及其他資料品質的影響，以本研究採用的真實正射影像數化及 mesh 模型數化方式而言，這 2 種製圖方式的誤差以實驗成果來看約在數十公分等級，已超過 GSD

(公分級)所能影響的範圍。

3.探討前後重疊率影響

首先由真實正射影像數化結果來看，高重疊率的 RMES 為 0.160 m~0.196 m 之間，低重疊率的 RMES 為 0.131 m~0.179 m 之間。可以發現低重疊率的結果反而比較好，而且低重疊率的合格比例提升至 90%以上，但是仍無法滿足 95%的門檻。

由 mesh 模型數化的結果來看，高重疊率的 RMES 為 0.392 m~0.508 m 之間，低重疊率的 RMES 為 0.243 m~0.756 m 之間。兩者比較增減互現，無明顯變化趨勢。但是不管高重疊率或是低重疊率其精度仍無法滿足一千分之一地形圖製圖精度需求。

綜上，重疊率的高低對於模型精度並無決定性的影響，低重疊率反而對真實正射影像數化成果具有些微的助益，但是對於 mesh 模型數化成果而言則尚無法判斷其變化的趨勢。

四、結論

- (一)本研究採用 Over 等人提出的 SfM 工作流程，配合漸進篩選 (Gradual selection) 工具建立三維網格模型，以該三維網格模型進行數化製圖，其精度約在數十公分等級 (0.392 ~ 0.508 m)，合格比例約在 5 成，無法符合一千分之一地形圖製圖精度要求。
- (二)本研究使用前項相同的三維網格模型產生真實正射影像，以該真實正射影像進行數化製圖，其精度約在 20 cm 以內 (0.160 ~ 0.196 m)，合格比例約在 8 成，雖符合一千分之一地形圖製圖精度要求，但其可信度仍偏低，運用時需搭配專業經驗判斷挑選適用區域或引進其他三維資訊輔助。
- (三)量測型或非量測型像機對於 mesh 模型精度並無顯著影響，係因本研究像機誤差遠小於建模誤差，倘未來如能降低建模誤差時，像機誤差可能具有影響力。
- (四)於本研究測試中，使用傾斜攝影反而降低 mesh 模型精度，推測原因為像片中 GSD 變化大對密匹配技術產生不良影響造成精度降低，惟測試案例過少仍須進一步求證。
- (五)有關利用三維網格模型繪製一千分之一地形圖的測製方式，目前而言尚無法符合一千分之一地形圖製圖精度要求，現階段不宜將其納入相關測製規範；俟未來三維網格模型產製技術精進，確保能有效降低建模誤差後，再評估其測製方式之可行性；另外，本研究顯示真實正射影像數化方式，雖可符合一千分之一地形圖製圖精度要求，惟可靠度尚不足，使用時仍須搭配專業經驗判斷挑選適用區域或引進其他三維資訊輔助，但仍是非常適合作為輔助製圖的參考資料之一。

參考文獻

內政部，2011，《建置都會區一千分之一數值航測地形圖作業工作手冊》，內政部 100 年 2 月 9 日台內地字第 1000025069 號函修訂。

- 李硯婷，蔡展榮，2017，空照影像密匹配成果偵錯之瓶頸與解決辦法，《航測及遙測學刊》，第 22 卷，第 3 期，頁 137-155。
- 邱式鴻，顏怡和，丁育群，2014，旋翼型 UAV 影像局部重測都市區千分之一地形圖之研究，《台灣土地研究》，第 17 卷，第 2 期，頁 57-88。
- 國土測繪中心地籍圖重測課，2021，《以本中心旋翼型 UAV 拍攝之正射影像應用於 109 年度義竹及高樹地籍圖重測區現況測量成果分析》，內政部國土測繪中心。
- 詠翔測量工程有限公司，2020，《雲林縣元長鄉長北段及崙背鄉豐草段與貓兒干段 109 年度無人機航拍大比例尺正射影像套繪地籍圖測量作業輔助判釋實務分析》，雲林縣北港地政事務所。
- 潘偉庭，楊明德，2014，《應用多來源影像進行影像式模型重建及精度評估指標建立》，國立中興大學土木工程學系碩士學位論文。
- Geo-matching, 2021, AOS-P5, <https://geo-matching.com/digital-aerial-cameras/oblique-airborne-camera-system-with-phase-one-cameras-aos-p5>.
- Over, Jin-Si R.; Ritchie, Andrew C.; Kranenburg, Christine J.; Brown, Jenna A.; Buscombe, Daniel; Noble, Tom; Sherwood, Christopher R.; Warrick, Jonathan A.; Wernette, Phillippe A., 2021, *Processing Coastal Imagery With Agisoft Metashape Professional Edition, Version 1.6—Structure From Motion Workflow Documentation*, U.S.Geological Survey, <https://doi.org/10.3133/ofr20211039>.
- Sony, 2021, $\alpha 7K$, <https://store.sony.com.tw/product/show/t80KAQusM98AAAFBLxksuLuE?fn=SM&cid=gwt%3Aapdp%3Aabuynow%3Acamera%3Ailce-7-body-kit>.
- Sony, 2021, $\alpha 7RII$, <https://store.sony.com.tw/product/show/ff8080814e1e19ea014e1efcfa2100ff?fn=SM&cid=gwt%3Aapdp%3Aabuynow%3Acamera%3Ailce-7rm2>.
- Vexcel Imaging GmbH, 2012, *Calibration Report*, UltraCam Xp, S/N UC-SXp-1-90618207.

投稿須知

所有稿件以未曾在國內、外以任何形式刊載為限，且稿件內容不得有侵犯他人著作權或商業宣傳行為，否則由作者自行負法律之責任。文體以中文或英文撰寫為原則，並附中文及英文摘要。稿件須加註標點、分段及編列頁碼。內容編排以下列順序為原則：（一）封面：包括中文及英文之論文名稱、作者姓名、作者所屬單位、聯絡地址、電話、傳真、電子郵件住址；（二）中、英文摘要及關鍵詞等；（三）內文；（四）註釋；（五）謝誌；（六）參考文獻；及（七）附錄與圖表。審查通過後，無法直接由電腦列印之圖、表，應另附完稿之圖、表（不超過A4紙張），以利編排。圖或照片應以黑白為原則，如需彩色印刷請作者自行負擔費用。內文所引用之文獻須列於參考文獻，參考文獻請以姓氏筆劃多寡，依序以中文列出，之後再依英文姓氏之英文字母，依序以英文列出。各項格式書寫方式，請參考下列說明：

各項格式說明如下：

壹、文書檔案採 A4 直式橫寫書格式，版面邊界分別為上（2.54cm）、下（2.54cm）、左（3cm）、右（2.8cm），字體以新細明體及英文 Times New Roman 等兩種字體排版。

貳、首頁（Title page），應包含下列內容：

一、標題（Article Title）：包括中、英文文章篇名。

二、作者（Author's Name）：

1. 包括中、英文作者姓名。
2. 分別以中、英文註腳載明作者的職稱、單位。若作者有數人，則以阿拉伯數字 1, 2, 3... 個別標示。
3. 須標示通訊作者(加註*)，註明連繫電話、E-mail，英文電話請以國際電話方式書寫。

三、摘要（Abstract）：包括中、英文摘要。

四、關鍵字（Keywords）：包括中文、英文關鍵字，分別列於中、英文摘要之下。

參、正文（Manuscript）

一、稿件標題章節編號層次及順序

中文請按「一，（一），1，（1），a」順序排列；英文則按「1，1.1，1.1.1...」順序排列。

二、引述用例

（一）直接引述：

中文請用單引號「」；英文請用雙引號“ ”，並以括弧標示引述文獻頁次。

（二）引述中復有引述，或特殊引用時：

中文單引號「」在外，雙引號『』在內。英文雙引號“ ”在外，單引號‘ ’在內。

三、文獻引述用例

(一) 文中註明引述文獻

1. 請以（作者，年份）方式表示。
2. 若有數篇文章以分號（；）區隔；中英文文獻分開，並各自以引述文獻之出版年份先後依序排列。
3. 若同一作者，有數篇文章同時引述，則以（作者，年份 1、年份 2）；若同一作者有同一年發表文章同時引述，則以（年份 a, b）表示。
4. 若一篇文章有 2 位作者，請全部列出。中文為（作者 A 與作者 B，年份）；英文為（作者 A and 作者 B, 年份）
5. 若一篇文章有 3 位以上作者（含 3 位），中文請用（第一位作者等，年份）；英文請（第一位作者 *et al.*, 年份）用。
6. 英文期刊第一作者姓在前，名在後，第二作者之後，名在前，姓在後。

(二) 文中已有作者姓名時

1. 請以作者（年份）方式表示
2. 若有數篇文章同時引述，則以作者 A（年份）、作者 B（年份）…表示
3. 若有必要加註說明時，請用註腳，內文註腳號碼使用上標

四、圖版、插圖及表用例

1. 圖名請置於圖之正下方，並以圖 1、圖 2……方式表示。
2. 表名請置於表格之正上方，並以表 1、表 2……方式表示。
3. 若引用他人圖表需註明資料來源。

五、公式寫法用例

以(1)、(2)、(3)…依序編號。例： $\hat{X} = (A^T P A)^{-1} A^T P L$ (1)

肆、參考文獻(References)

- 一、專書：作者，年份，《書名》，版次，出版地：出版者。
- 二、期刊論文：作者，年份，篇名，《期刊名》，卷期數，頁碼。
- 三、研討會論文：作者，出版年，論文名稱，《研討會名稱》。
- 四、博碩士論文：作者，年份，《論文名稱》，學校科系名稱(碩/博士論文)。
- 五、網路等電子化資料：作者（單位），年份，篇名，網站名稱，網址。
- 六、技術報告或研究報告：作者，年份，《報告名稱》，研究單位。

中華民國地籍測量學會「國土測繪與空間資訊」期刊 論文審查辦法

中華民國 101 年 09 月 25 日第 16 屆第 6 次理監事聯席會議通過

第一條 為規範「國土測繪與空間資訊」期刊論文審查辦法(以下簡稱本辦法)，得依本會編輯委員會組織簡則第二條規定訂定之。

第二條 來稿經登記後由總編輯就來稿性質，邀請相關專長之編輯委員推薦審查委員。編輯委員會負責對審查委員及投稿作者保持雙向匿名方式審查，審查作業程序如附圖。

第三條 審查委員應於接到論文後三週內審查完畢，並將論文審查表(如附表)，連同論文寄回編輯委員會，審查意見表中須明確勾選其中一項：

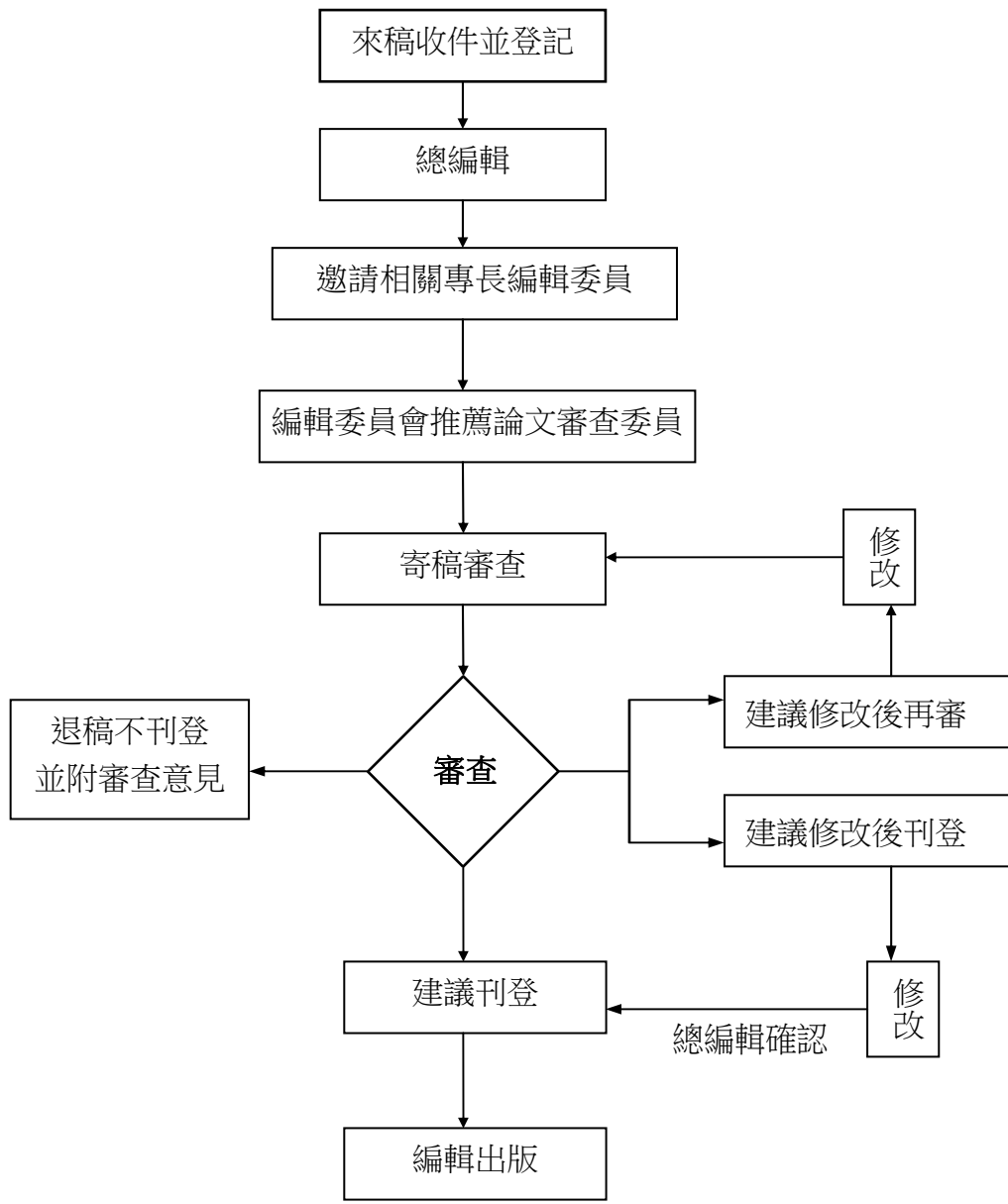
1. 刊登。
2. 修改後刊登(應列明審查意見及建議事項)。
3. 修改後再審(應列明審查意見及建議事項)。
4. 不適刊登(應列明審查意見)。

第四條 審查結果處理方式：

處理 方式 第一位 審查委員意見 第二位 審查委員意見	刊登	修改後刊登	修改後再審	不適刊登
刊登	刊登	寄回修改	寄回修改後再審	第三位審查
修改後刊登	寄回修改	寄回修改	寄回修改後再審	第三位審查
修改後再審	寄回修改後再審	寄回修改後再審	寄回修改後再審	不適刊登
不適刊登	第三位審查	第三位審查	不適刊登	不適刊登

附註：再審以一次為限。

第五條 本辦法經理監事會通過後實施，修改時亦同。



論文審查流程圖

目 錄 CONTENTS

運用降維演算於空間資料檢索效能改善之研究

穆青雲、龔彬、陳建甫、周大鈞.....121

A Study on Improving Spatial Data Retrieval Using Dimension Reduction Algorithm

Ching-Yun Mu , Pin Kung , Chien-Fu Chen , Ta-Chun Chou

以 WebGIS 與 MIS 整合建置用地取得暨工程生命週期整合應用系統

賴亞伶、邱亮瑜、陳美心、陳思云、鄭如閔.....133

Build Land Acquisition and Construction Lifecycle Integration and Application System by integrating WebGIS and MIS

Ya-Ling Lai, Liang-Yu Ciou, Mei-Hsin Chen , Sz-Yun Chen , Ju-Min Cheng

結合多星系快速精密定位與 3D LiDAR 技術應用於 3D 立體地圖之建置

黃立信、劉秉逸.....159

A Study on 3D Stereo Map using Multi-Satellite Measurement and 3D LiDAR technology

Lih-Shinn Hwang, Ping-Yi Liu

測量觀點的地籍圖段接邊方法研究

洪本善、盧立偉.....179

Study towards Matching for Cadastral Maps From the Point-view of Surveying

Pen-Shan Hung, Li-Wei Lu

精進 e-GNSS 即時動態定位系統三維坐標轉換模型精度之研究

莊峰輔、陳鶴欽.....199

A study on improving the accuracy of 3D coordinate transformation on e-GNSS real-time kinematic positioning system

Feng-Fu Chuang , He-Chin Chen

利用三維網格模型繪製一千分之一地形圖之精度評估

許展祥、林鷺均、王敏雄.....219

Evaluation of the accuracy of drawing 1/1,000 topographic map using a three-dimensional mesh model

Chan Hsiang Hsu , Lu Chun Lin , Min Shiung Wang

國土測繪與空間資訊期刊

TAIWAN JOURNAL OF GEOINFORMATICS

編輯委員會

主任委員 史天元 國立交通大學土木工程學系

編輯委員 (依姓氏筆劃順序排列)

周天穎 逢甲大學土地管理學系

甯方璽 國立政治大學地政學系

曾國欣 國立中央大學太空及遙測研究中心

張智安 國立交通大學土木工程學系

楊 名 國立成功大學測量及空間資訊學系

蔡慧萍 國立中興大學土木工程學系

韓仁毓 國立臺灣大學土木工程學系

饒瑞鈞 國立成功大學地球科學系

總 編 輯 周天穎 逢甲大學土地管理學系

編 輯 葉美伶 逢甲大學地理資訊系統研究中心

陳鶴欽 內政部國土測繪中心

黃筱晴 逢甲大學地理資訊系統研究中心

發 行 人 洪本善 理事長 逢甲大學土地管理學系

鄭彩堂 主任 內政部國土測繪中心

出 版 所 中華民國地籍測量學會

內政部國土測繪中心
