

南投縣政府 111 年度研究報告

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

研究人

服務單位：草屯地政事務所

研究人員：李金輝 梁崇智 盧立偉 童健恆

中 華 民 國 111 年 3 月 9 日

¹ 李金輝，南投縣草屯地政事務所第二股股長

² 梁崇智，南投縣草屯地政事務所主任

³ 盧立偉，南投縣草屯地政事務所技士

⁴ 童健恆，南投縣草屯地政事務所測量員

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

Application of e-GNSS RTK positioning system to the accuracy analysis of numerical cadastral survey-taking the Caotun framework as an example

¹ 李金輝 ² 梁崇智 ³ 盧立偉 ⁴ 童健恆

摘要

近年來 e-GNSS 即時動態定位系統的普及化，使得即時取得高精度定位成果及增進作業效率不再遙不可及。且 e-GNSS 具備多種坐標框架解算，若能正確應用 e-GNSS 即時動態定位系統於地籍測量作業，除可克服圖根點位遺失或相互通視不良之問題，亦能提高作業效率。

本研究應用一般使用 e-GNSS 即時動態定位系統在不同作業模式下，所產生不同的誤差概念。以各三種不同坐標框架的作業方式，各自補設圖根補點，再以這些補設點為已知點，先以三參數轉換方式將各界址點坐標轉換與補設點為同一框架，來分析以上不同作業方式所產生資料庫母體間所呈現差異，再依據各不同坐標框架分別採取實地放樣。將不同框架下的坐標放樣值於實地界址直接後驗比較，將會得到與直接觀測的差值，而這個差值趨近於誤差值與真值之間。

經研究結果顯示，以 e-GNSS 依上述不同方式所測定之成果，在精確度上，確實與不同的作業方式產生截然不同的結果。其中以草屯框架所產生的差值最小，但與前述實地直接後驗放樣點與確定界址點間，其平均較差為 8.6 公分。

關鍵字：e-GNSS、地籍測量、後驗

Application of e-GNSS RTK positioning system to the accuracy analysis of numerical cadastral survey-taking the Caotun framework as an example

Abstract

In recent years, the popularization of e-GNSS real-time dynamic positioning system has made it no longer difficult to obtain high-precision coordinate positioning results and improve operational efficiency in real time. In addition, e-GNSS has a variety of coordinate frame calculations. If the e-GNSS real-time dynamic positioning system can be correctly applied to cadastral survey operations, it can not only overcome mapping control point loss or poor mutual visibility, but also improve operational efficiency.

This study uses the e-GNSS real-time dynamic positioning system to produce different error concepts under different operating modes. Using three different coordinate frame operation methods, each supplement subsidiary station, and then use these supplement points as known points, and first convert and supplement each parcel corner coordinate by three-parameter conversion Point is the same framework, first analyze the gaps between the database matrices generated by the above different operation methods. Then take field measurements according to different coordinate frames. Directly A Posteriori comparison of the coordinate stakeout values under the two different frameworks with the field boundary will result in the direct observation gap, which is close to the error value and true value.

The research results show that the results measured by e-GNSS in the previous different methods, in Accuracy, do produce completely different results from different operating methods. Among them, the difference produced by the Caotun frame is the smallest, but the average error between the measurement point and the determined point in the field directly A Posteriori is 8.6 cm.

Keywords: e-GNSS 、 Cadastral Surveying 、 A Posteriori

壹、研究源起與目的

一、研究源起

臺灣位於歐亞板塊與菲律賓海板塊交接處，屬於聚合性板塊交界。除了地表變動所造成的同震位移，在震前震後地層受力情形之改變下，不同的時間點均有可能造成測站坐標、速率以及方向的改變。台灣現今之大地基準 TWD97 (Taiwan Datum 1997)，是自 2001 年內政部公布以來已超過 10 年，由於 TWD97 所提供之點位坐標為固定在 1997.0 曆元，有鑑於台灣所處的構造活躍特性，會逐漸與實際的情況產生脫節，因此相關依此為框架的測量率定更顯有其必要性。

VBS-RTK (Virtual Base Station)即時動態定位技術是由多組 GPS 基準站全天候連續地接收衛星資料，並經由行動網路與控制中心連接，計算出區域改正參數，再配合最鄰近的實體基準站觀測資料，藉以模擬出移動站附近之虛擬基準站相關資料。系統誤差即可透過 RTK 差分計算消除，使用者可快速獲得高精度之即時動態定位成果。

地籍測量作業中，無論是地籍圖重測、土地複丈或其他不同形式的地籍測量，圖地一致永遠是精度要求的最高目標，而檢視圖地是否相符，則有賴透過基準點，以現場直接測量方能實際確認其誤差範圍。同時依據地籍測量實施規則第六十九條：戶地測量，以確定一宗地之位置、形狀、面積為目的，並應依基本控制點及圖根點施測之。

另依數值法土地複丈相關作業規範，土地複丈宗地形狀、位置是否正確依下列取捨：

(一)、若測得之點位與實地界標及地籍調查表之記載相符，即為所求正確之

界址點。

(二)、若測得之點位與實地界標超過容許誤差、或實地界標(經界物)與地籍

調查表記載不符，均應詳細檢核查明原因，依下列方式處理：

1、原地籍調查表所記載之界址標示物(界標或經界物) 無變動，以調

查表內所記之權利界址為準，據以測定新坐標，依法更正。

2、原地籍調查表所記載之界址標示物有所變動，以原坐標復原之界址位置為準。

二、研究目的及方法

圖根點常因道路施工、外力破壞導致遺失，倖存之圖根點也常存在通視不良問題，為此需要耗費大量時間與人力從遠處圖根點為基準進行圖根補建作業。依據誤差傳播定律，導線精度將隨距離與測站數量增加而降低，若無附和導線可供平差約制時，其精度讓人存疑(2015, 陳正軒等 2 人)。地政事務所通常由單一測量編組進行複丈相關作業，正可適用於 e-GNSS 即時動態定位系統作業方式，但是土地複丈業務往往受於時間限制，無法同時做後驗之基本檢核。雖然已有相當多文獻對於 e-GNSS 應用於地籍測量這方面的探討，但在未進行相關測試下，多數人員對於系統正確使用方式及理解概念的不同，也出現一些不同的作業方式。

為此本研究希望能將 e-GNSS 即時動態系統成果，以不同框架的作業方式呈現。再以現場存在原始圖根點以直接觀測的方式，來做綜合比較，最後再以 e-GNSS 草屯框架(以下同)測設成果為最後分析比較，期望以此經驗及結果能予相關作業人員參考。

貳、相關文獻及規定

一、相關文獻

網路 RTK(e-GNSS)的用法，一般分為兩大類，概分如下：

(一)、“相對坐標測量”是指所測的坐標必需與某種坐標系統一致，例如 TWD67 或 TWD97 或 TWD97[2010]...等，正確的作法是先到控制點測量其坐標，再到待測點測量坐標，得到的就是與其坐標系統相對應的坐標。若要求精度 $<10\text{cm}$ 時，這是最直接最正確的作法，完全不受地殼變化影響。這同時也是我們從事地籍測量比較標準之作法，先至現場約制同年度原已知圖根

點，以內差的方式測設待求點坐標，依理論及相關文獻看，此種做法是網路 RTK(e-GNSS)方法中，最接近地籍測量規範要求的。

(二)、“絕對坐標測量”是指儀器開機後所測的坐標，該坐標為 GPS 衛星框架 ITRF 坐標系統。該坐標會受地殼變化及時間影響而前後不同，同一地點可能今年測的坐標跟去年測的坐標不同。若精度要求在 1 公尺時，可採用絕對坐標測量。此法也是往往會對地籍測量及衛星定位原理瞭解不徹底的人造成混淆，地籍測量的精度衡量基準為與當年度坐標相對之較差。因為當年度之坐標皆為經過公告確認的法定坐標，除非經過更正，否則法定坐標是沒有更改的空間。

(三)、台灣土地研究，民國 109 年 5 月，第 23 卷，第 1 期，第 83 頁至第 101 頁，周逸屏、陳國華、景國恩、楊 名、陳鶴欽等 5 人，以「臺灣衛星連續站坐標時間序列分析與平面坐標基準適用期之探討」一文中提出：臺灣地處歐亞板塊與菲律賓海板塊交界處，為板塊較活躍地區，由於板塊間的相對運動，使得臺灣目前使用的一九九七坐標系統 2010 年成果（簡稱 TWD97[2010]），在精度上逐漸失去其準確性。……該研究進行 357 個 GPS 衛星連續觀測站每日坐標的時間序列分析，以瞭解臺灣地區衛星連續觀測站的坐標時間序列的擬合精度，……依據該研究結果顯示，臺灣多數地區的 TWD97[2010]公告成果在使用約 10 年之後，即無法符合高精度測量作業的需求，特別在西南部以及東部地區即有更新坐標系統之必要。」。

(四)、以傳統 RTK 進行即時動態定位，由於修正量是由固定參考基站計算而來，定位精度完全依靠單一基站數據，無法得知隱藏性誤差，導致無法全面監控測量品質，且透過無線電波溝通，移動站與基站距離需控制在 6~10km 內方可達到公分級定位精度(何維信、詹君正·2010)。

(五)、內政部國土測繪中心 2012 年，黃華尉等 5 人對於應用 e-GNSS 即時動態定位系統之限制說明如下：

1、e-GNSS 即時動態定位系統雖然可快速獲得定位成果，但是在實際應用上仍存在部分限制，例如當移動站所處透空不佳時，將產生 GPS 接收訊號降低、衛星分佈形狀不良、多路徑效應增加等影響，縱使 e- GNSS 定位能透過控制中心解算修正量，但 e-GNSS 產生之虛擬基站仍需配合移動站位置當作起始運算，初始定位精度低落嚴重時將導致無法求得虛擬基站坐標。此問題應用在市區大樓林立與山區茂密樹叢時特別明顯，移動站選取務必考量透空良好區域。

2、選用基準站不同年度（97、99 年度）的坐標及控制點檢測成果進行坐標轉換結果比較，發現坐標更新間隔時間僅約 1 年半，幾何相對關係已有明顯改變，而採用小分區進行坐標轉換(相對坐標測量)，可提升坐標轉換成果精度，其原因應與小區域基準站、待轉換點變動情形較一致等因素有關。

二、相關法令及規範

(一)、現行地籍測量實施規則相關說明：

第 73 條

戶地測量採數值法測繪者，其圖根點至界址點之位置誤差不得超過下列限制：

- (一)、市地：標準誤差二公分，最大誤差六公分。
- (二)、農地：標準誤差七公分，最大誤差二十公分。
- (三)、山地：標準誤差十五公分，最大誤差四十五公分。

第 74 條

戶地測量採數值法測繪者，其界址點間坐標計算邊長與實測邊長之差不得超過下列限制：

- (一)、市地：2 公分+0.3 公分 $\sqrt{S}$ （S 係邊長，以公尺為單位）

(二)、農地： $4 \text{ 公分} + 1 \text{ 公分}\sqrt{S}$

(三)、山地： $8 \text{ 公分} + 2 \text{ 公分}\sqrt{S}$

第 97 條

戶地測量採數值法者，以光線法為主，並得視實地情形，採直線截點法、導線法或交會法等為之。

第 98 條

數值法戶地測量應依基本控制點、加密控制點、圖根點或都市計畫樁測量之成果觀測及計算之。

第 246 條

數值法複丈時，應準備下列資料：

(一)、錄印本宗土地及鄰接四週適當範圍內之界址點點號、坐標及附近圖根點點號、坐標，並加算方位角及邊長。

(二)、土地面積。

(三)、參考圖。

(四)、地籍調查表。

第 247 條

複丈應以圖根點或界址點作為依據，並應先檢測圖根點及界址點，所測得點位間之距離與由坐標反算之距離，其差不得超過下列限制：

(一)、市地： $0.005 \text{ 公尺}\sqrt{S} + 0.04 \text{ 公尺}$ （ S 係邊長，以公尺為單位）。

(二)、農地： $0.01 \text{ 公尺}\sqrt{S} + 0.08 \text{ 公尺}$ 。

(三)、山地： $0.02 \text{ 公尺}\sqrt{S} + 0.08 \text{ 公尺}$ 。

前項之檢測應由縱橫二方向實施之。

以上為現有之法令明文規定，請自行參酌。

三、相關理論及概念

一般測量人員對於距離跟尺寸比較有直接的概念，而對於時間及空間分

量則相對陌生許多。但是 GPS 的資料記錄是由空間分量(即緯度 φ ，經度 λ)和時間分量(即時間標記 t)所組成。

一般 GPS 衛星精確傳輸定時 GPS 信號是由兩個 L 波段頻率 1575.42 MHz 和 1227.6 MHz。這些信號必須以導航數據形式嵌入其中，都是精確的衛星時鐘時間以及衛星位置，以便用戶接收器可以確定衛星時間和衛星位置傳輸時間。因此，這些幾乎都是圍繞在時間序列的概念。

另外依 GPS 組合原理及結構，是比較依循物理學的定義所成立。故依愛因斯坦在 1905 年提出的狹義相對論，拓展了伽利略相對性原理，也就是時間間隔(鐘的走動)和空間長度(尺子的長)都成變化的，而且相對於「靜止的」而言，越是高速運動，時鐘就越是變慢，尺度就越是變短。因此絕對的同時性不存在，也就是說在一個參照系中同時發生的兩個事件，在另一個高速運動的參照系就不再是同時發生了。另外因為光速是定量，所以時間、空間間隔，就成了不變量。

綜上延伸一個問題，就是同一個點位若中間隔了一段時間去擺設接收解算，以某些作業習慣，不再重複以同一系統已知點再重新擺設約制，而是直接以先前接收過的點直接解算，若再加上常態性的地殼變動等相關因素。在這些誤差傳播下所解算出之數據是否經得起用原始已知點以後驗的方式檢核？這或許是一些測量人員值得後續探討的問題。畢竟，數值地籍測量辦理土地複丈所允許誤差是只容許公分級，而且是以原始坐標的相對位置為準。

另就最基本精度及誤差傳播的概念，科學是一種歸納的學問，實驗則是檢驗真理的唯一準則。因此，實驗數據的可信度一直都是最核心的問題。如何判斷實驗數據可不可信，科學家以準確度(Accuracy)與精密度(Precision)為重要的參考指標。

準確度(Accuracy)是一個統計學上的概念，指在每一次獨立的測量之間，其平均值與已知的數據真值之間的差距。若多次測量其平均值接近於已知的

數據真值（理論值或期望值），我們可以相信數據「準確」，或是數據具有「高準確度」。反之，若多次測量其平均值與已知的數據真值差距較大，表示實驗數據不準確，或準確度不高。

其數學定義如下：

$$\text{絕對誤差: } E = \bar{X} - X_t$$

$$\text{相對誤差: } E_r = \frac{\bar{X} - X_t}{X_t} \times 100\%$$

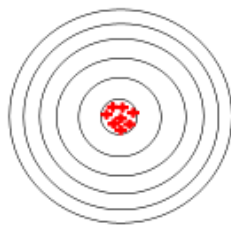
當要求實驗數據很精準時，我們同時會要求實驗有高度的「再現性」，表示我們取得的實驗數據是可信的，也就是實驗數據需要具有高「精密度（precision）」。精密度同樣是一個統計學上的概念，指各次獨立實驗數據之分佈的「集中程度」。通常多次測量值的彼此之間的差距小，顯示精密度高；反之若多次測量值彼此之間的差距較大，則此系列實驗不夠精確，即精密度低。

在實驗數據呈現常態分佈的情況之下，精密度可以利用測量值的樣品標準差（standard variation）、變異（variance）、變異係數（variance of coefficient）來度量。

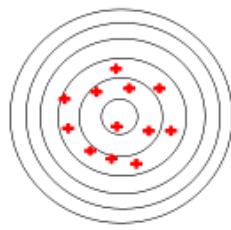
其數學定義如下：

$$\text{標準差} \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \mu)^2}{n - 1}}$$

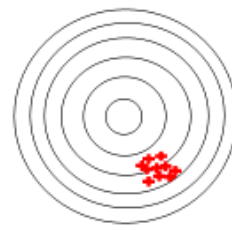
準確度與精密度以不同的面向來描述數據的不確定性或者可確定的程度，雖然兩者的定義明顯不同，但大多數人常把他們搞混了。為了清楚得說明兩者，我們以「打靶」為例：



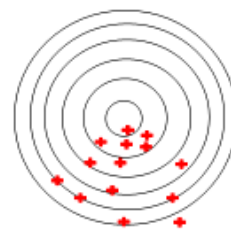
準確度高
精密度高



準確度高
精密度低



準確度低
精密度高



準確度低
精密度低

圖 1 準確度與精密度示例圖

叁、研究範圍與方法

一、研究範圍

本研究區範圍之選定，主要是考量該地區已辦理過數值地籍測量，該區為市區平地，並且通視展望良好無遮蔽物，如此方能以最佳訊號及收訊狀態呈現，因此選擇 95 年重測區玉峰段為本研究之實驗區域。



圖 2 本研究區試驗範圍圖

二、研究方法與過程

(一)、現場資料收集及分析部分

本研究之撰寫，主要模擬一般較常見 e-GNSS 的幾種使用方式，其中以先前草屯鎮歷年重測區內現存的圖根所建置的草屯框架為試驗樣本。然後彙整草屯鎮已辦竣重測地區中，選定一個位於市區平坦地為試驗樣區，該樣區附近尚有原始圖根點可供後驗檢核，同時不至於太過老舊並且為 TWD97 坐標系統，因此選定草屯鎮玉峰段為試驗區。先以現場圖根點直接觀測檢核並實地放樣界址點，再以 e-GNSS 草屯框架(以下同)的測量方式，將所測設的補點同樣採取實地放樣界址點。以此兩種方式產生之界址點建立直接後驗檢核之基本架構。後驗檢核以剛通過內政部國土測繪中心校正合格之經緯儀，以直接觀測並採正倒鏡二測回的方式。以此探測適合以 e-GNSS 解算之影響

因素參考作法，最後並提出具體建議事項以供各界參考。

1、全面清查控制點。



圖 3 已知圖根點現況照片

2、已知點基線及角距檢核。

3、佈設 e-GNSS 待測點(多數待測點附近有圖根點可檢核)。



圖 4 佈設待測點現況照片

4、以 e-GNSS 現場接收並解算。



圖 5 以 e-GNSS 現場實測情形

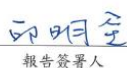
校正報告	
校正項目：電子測距儀	
報告日期：110 年 11 月 10 日	
報告編號：B202111020201	
	
儀器名稱：電子測距經緯儀	
廠牌型號：Nikon / Nivo2.M	
儀器序號：D000924	
送校單位：草屯地政事務所	
地址：南投縣草屯鎮富察里中正路 579-1 號	
上送儀器經本實驗室校正，結果如內文。	
本報告含封面及 5 頁內文，分離使用無效。	
  報告簽署人	
內政部國土測繪中心測量儀器校正實驗室 臺中市南屯區黎明路 2 段 497 號 4 樓	

圖 6 合格經緯儀校正報告

5、以地測方式由原始圖根點直接後驗檢核，採多點已知點重複多餘觀測（光線法）。

光線法(輻射法)

計算原理及數學式：

$$X_j = X_i + S_{ij} \times \sin \varphi_{ij}$$

$$Y_j = Y_i + S_{ij} \times \cos \varphi_{ij}$$

6、建立觀測較差資料庫。

先驗點及後驗點界址座標放樣比較表									
草屯框架(VRS)點放樣座標			後驗點放樣座標			較差			
點號	座標		點號	座標		DY	DX	向量差	
2527	2653173.149	218328.801	2527	2653173.113	218328.734	0.036	0.067	0.076	
2519	2653176.279	218326.341	2519	2653176.242	218326.273	0.037	0.068	0.077	
2511	2653179.367	218323.797	2511	2653179.329	218323.728	0.038	0.069	0.079	
2503	2653182.803	218321.210	2503	2653182.764	218321.140	0.039	0.070	0.080	
2493	2653186.184	218318.552	2493	2653186.144	218318.481	0.040	0.071	0.081	
2479	2653189.564	218315.895	2479	2653189.523	218315.822	0.041	0.073	0.084	
2464	2653192.944	218313.237	2464	2653192.902	218313.163	0.042	0.074	0.085	
2451	2653196.325	218310.579	2451	2653196.282	218310.504	0.043	0.075	0.086	
2438	2653199.705	218307.921	2438	2653199.661	218307.845	0.044	0.076	0.088	
2427	2653203.085	218305.264	2427	2653203.040	218305.187	0.045	0.077	0.089	
2411	2653206.466	218302.607	2411	2653206.420	218302.528	0.046	0.079	0.091	
2398	2653210.627	218299.327	2398	2653210.580	218299.247	0.047	0.080	0.093	
2361	2653221.157	218312.650	2361	2653221.115	218312.566	0.042	0.084	0.094	
2378	2653216.977	218315.920	2378	2653216.936	218315.838	0.041	0.082	0.092	
2391	2653213.590	218318.570	2391	2653213.550	218318.489	0.040	0.081	0.090	
2401	2653210.204	218321.221	2401	2653210.165	218321.141	0.039	0.080	0.089	
2410	2653206.817	218323.871	2410	2653206.779	218323.792	0.038	0.079	0.088	
2416	2653205.798	218324.667	2416	2653205.760	218324.589	0.038	0.078	0.087	
2426	2653203.432	218326.522	2426	2653203.395	218326.445	0.037	0.077	0.085	
2437	2653200.048	218329.174	2437	2653200.012	218329.098	0.036	0.076	0.084	
2448	2653196.663	218331.827	2448	2653196.628	218331.752	0.035	0.075	0.083	
2463	2653193.279	218334.480	2463	2653193.245	218334.406	0.034	0.074	0.081	
2472	2653190.451	218336.697	2472	2653190.417	218336.624	0.034	0.073	0.081	
2478	2653189.894	218337.133	2478	2653189.861	218337.060	0.033	0.073	0.080	
2491	2653186.747	218339.600	2491	2653186.714	218339.528	0.033	0.072	0.079	
2501	2653183.614	218342.055	2501	2653183.582	218341.985	0.032	0.070	0.077	
2513	2653179.051	218345.632	2513	2653179.021	218345.563	0.030	0.069	0.075	
2499	2653184.185	218364.593	2499	2653184.161	218364.522	0.024	0.071	0.075	
2494	2653186.162	218371.897	2494	2653186.141	218371.826	0.021	0.071	0.074	
2489	2653187.075	218373.356	2489	2653187.054	218373.284	0.021	0.072	0.075	
2470	2653191.263	218381.046	2470	2653191.245	218380.973	0.018	0.073	0.075	
2468	2653192.605	218383.756	2468	2653192.588	218383.682	0.017	0.074	0.076	
2455	2653195.947	218387.108	2455	2653195.931	218387.033	0.016	0.075	0.077	
2449	2653196.848	218389.562	2449	2653196.833	218389.487	0.015	0.075	0.076	
2407	2653208.711	218402.162	2407	2653208.701	218402.083	0.010	0.079	0.080	
2397	2653211.695	218398.936	2397	2653211.684	218398.856	0.011	0.080	0.081	
2389	2653214.559	218395.840	2389	2653214.546	218395.759	0.013	0.081	0.082	
2376	2653217.419	218392.748	2376	2653217.405	218392.666	0.014	0.082	0.083	
2367	2653220.282	218389.652	2367	2653220.267	218389.569	0.015	0.083	0.084	
2363	2653221.617	218388.209	2363	2653221.602	218388.125	0.015	0.084	0.085	
2354	2653223.745	218386.469	2354	2653223.729	218386.384	0.016	0.085	0.086	
2358	2653222.297	218384.975	2358	2653222.281	218384.891	0.016	0.084	0.086	
2388	2653215.107	218377.562	2388	2653215.088	218377.480	0.019	0.082	0.084	
2408	2653207.381	218367.788	2408	2653207.358	218367.709	0.023	0.079	0.082	
2430	2653202.032	218361.023	2430	2653202.007	218360.946	0.025	0.077	0.081	
2447	2653196.697	218354.275	2447	2653196.670	218354.200	0.027	0.075	0.080	
2477	2653190.069	218345.890	2477	2653190.039	218345.817	0.030	0.073	0.079	
2497	2653185.504	218349.468	2497	2653185.475	218349.397	0.029	0.071	0.077	
2462	2653193.191	218340.165	2462	2653193.159	218340.091	0.032	0.074	0.081	
2406	2653208.511	218328.098	2406	2653208.474	218328.019	0.037	0.079	0.087	
2353	2653223.886	218316.102	2353	2653223.845	218316.017	0.041	0.085	0.094	
2346	2653226.547	218319.381	2346	2653226.507	218319.381	0.040	0.086	0.095	
2396	2653211.178	218331.472	2396	2653211.142	218331.392	0.036	0.080	0.088	
2453	2653195.858	218343.538	2453	2653195.827	218343.463	0.031	0.075	0.081	
2440	2653198.525	218346.911	2440	2653198.495	218346.835	0.030	0.076	0.082	
2390	2653213.843	218334.845	2390	2653213.809	218334.764	0.034	0.081	0.088	
2339	2653229.213	218322.841	2339	2653229.174	218322.754	0.039	0.087	0.095	
2328	2653231.867	218326.199	2328	2653231.830	218326.111	0.037	0.088	0.095	
2380	2653216.510	218338.218	2380	2653216.477	218338.136	0.033	0.082	0.088	
2432	2653201.192	218350.285	2432	2653201.163	218350.208	0.029	0.077	0.082	
2423	2653203.859	218353.658	2423	2653203.831	218353.580	0.028	0.078	0.083	
2370	2653219.177	218341.592	2370	2653219.145	218341.509	0.032	0.083	0.089	
2319	2653234.539	218329.581	2319	2653234.503	218329.492	0.036	0.089	0.096	
2312	2653237.219	218332.969	2312	2653237.184	218332.879	0.035	0.090	0.097	
2359	2653221.844	218344.965	2359	2653221.813	218344.881	0.031	0.084	0.090	
2412	2653206.525	218357.031	2412	2653206.499	218356.952	0.026	0.079	0.083	
2405	2653209.191	218360.405	2405	2653209.166	218360.325	0.025	0.080	0.084	
2351	2653224.511	218348.338	2351	2653224.481	218348.253	0.030	0.085	0.090	
2303	2653239.885	218336.342	2303	2653239.851	218336.252	0.034	0.090	0.096	
2293	2653242.558	218339.723	2293	2653242.525	218339.632	0.033	0.091	0.097	
2343	2653227.177	218351.712	2343	2653227.149	218351.626	0.028	0.086	0.090	
2395	2653211.858	218363.777	2395	2653211.834	218363.697	0.024	0.080	0.084	
2387	2653214.600	218367.244	2387	2653214.577	218367.163	0.023	0.081	0.084	
2375	2653218.075	218364.521	2375	2653218.051	218364.438	0.024	0.083	0.086	
2360	2653221.395	218361.919	2360	2653221.370	218361.835	0.025	0.084	0.088	
2350	2653224.715	218359.317	2350	2653224.689	218359.232	0.026	0.085	0.089	
2341	2653227.979	218356.758	2341	2653227.952	218356.672	0.027	0.086	0.090	
2337	2653229.947	218355.216	2337	2653229.920	218355.129	0.027	0.087	0.091	
2329	2653231.300	218354.154	2329	2653231.273	218354.067	0.027	0.087	0.091	
3449	2653235.107	218351.171	3449	2653235.079	218351.082	0.028	0.089	0.093	
3451	2653238.666	218348.381	3451	2653238.637	218348.291	0.029	0.090	0.095	
2278	2653245.294	218343.186	2278	2653245.263	218343.094	0.031	0.092	0.097	
3446	2653252.688	218350.692	3446	2653252.659	218350.597	0.029	0.095	0.099	
2245	2653257.645	218355.726	2245	2653257.618	218355.629	0.027	0.097	0.101	
3450	2653251.456	218361.763	3450	2653251.431	218361.668	0.025	0.095	0.098	
3448	2653248.235	218364.905	3448	2653248.211	218364.812	0.024	0.093	0.096	
2282	2653244.812	218368.243	2282	2653244.790	218368.151	0.022	0.092	0.095	
2295	2653241.806	218371.176	2295	2653241.785	218371.085	0.021	0.091	0.093	
2307	2653238.711	218374.114	2307	2653238.691	218374.024	0.020	0.090	0.092	
2327	2653232.252	218379.510	2327	2653232.234	218379.422	0.018	0.088	0.090	
2340	2653228.406	218382.656	2340	2653228.389	218382.570	0.017	0.086	0.088	
2345	2653226.688	218380.885	2345	2653226.670	218380.799	0.018	0.086	0.088	
2373	2653219.615	218373.589	2373	2653219.594	218373.506	0.021	0.083	0.086	
						0.029	0.081	0.086	平均差

表 1 先驗與後驗界址點坐標比較表

7、各測設資料與標準件資料互相比對檢核。

8、測設資料準確度分析。

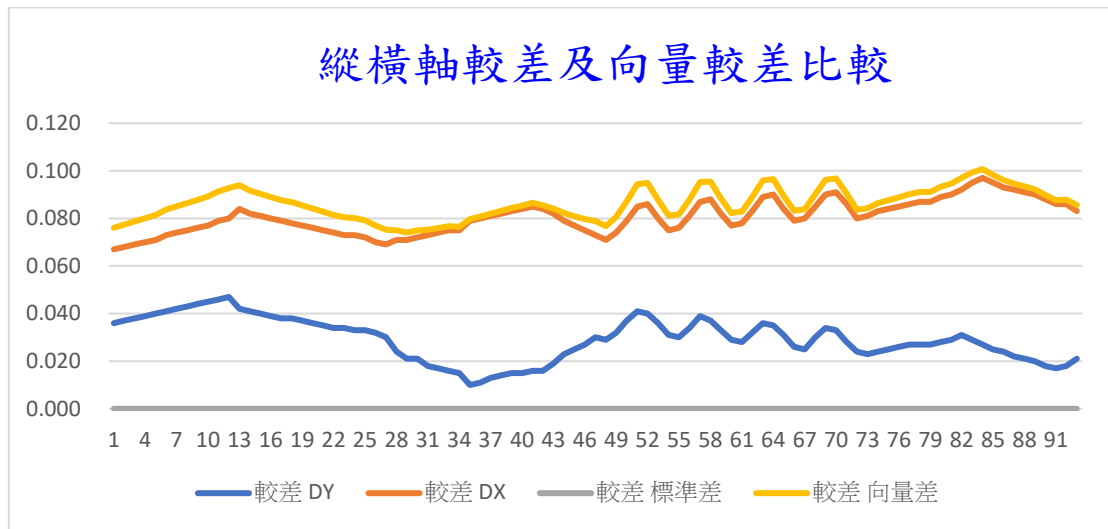


圖 7 測設資料較差分析圖表

9、提出結論及建議。

(二)、應用統計程式後處理檢驗部分

簡單線性迴歸模型：

定義：線性迴歸主要在探討自變數(x)和應變數(y)之間的線性關係，透過迴歸模型的建立，可以推論和預測研究者感興趣的變數，而在只有一個自變數與應變數的情況下，即為簡單線性迴歸。

模型假設：

$$y_i = b_1 x_i + b_0 + e_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

其中 b_1 和 b_0 分別代表斜率與截距，皆為估計出的參數，而 e_i 則為誤差項或稱為殘差(Residual)，而迴歸分析的目標即為找到 b_1 與 b_0 的估計值，使誤差項的值越小越好，此方法稱為最小平方法。

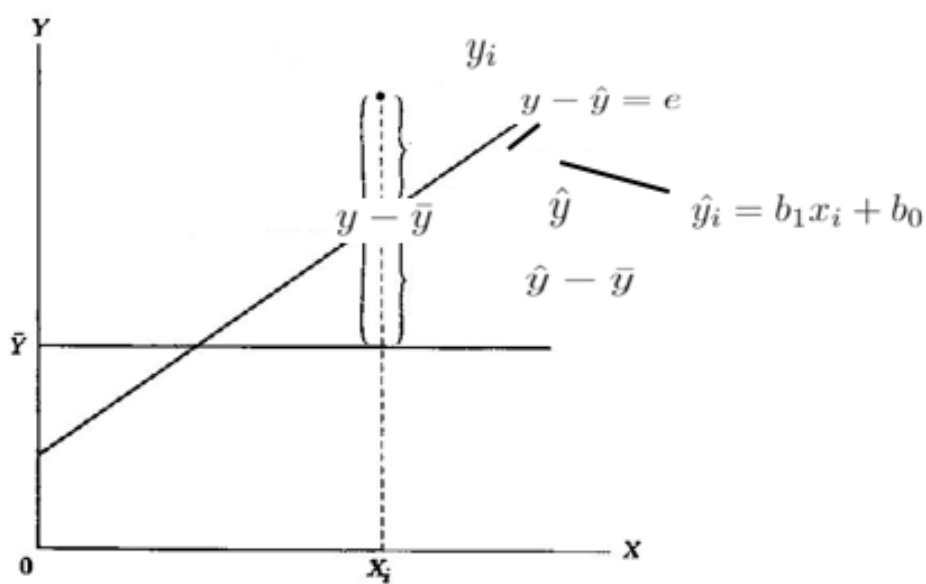
由最小平方方法可得計算 b_1 和 b_0 參數估計值公式如下：

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x}$$

可藉由對參數的估計，估計出能夠解釋出自變數和應變數之間線性關係的迴歸模型，並同時可由線性迴歸模型推算出應變數的估計值 $\hat{y}$

$$\hat{y} = b_1 x + b_0$$



R squared

R 平方(R squared)又稱為判定係數(coefficient of determination)，是一種衡量回歸模型表現的指標，代表從獨立變數 X 可以解釋依變數 Y 變異的比例。

值域範圍： $0 \leq R^2 \leq 1$ 。

當 R^2 越接近 1，表示估計式中大部份 Y 之變異是由 X 影響而來。

殘差平方和(residual sum of squares)

對於一個模型來說，不能解釋的部分就是殘差(residual)。每個樣本的真實值 y_i 預測值 f_i 即為殘差，為了數學上計算的方便，在加總累計時通常我們都會取平方和，殘差平方和(residual sum of squares)公式如下

$$SS_{res} = \sum_i (y_i - f_i)^2 = \sum_i e_i^2$$

因此殘差平方和越大，表示模型解釋力越低。

總平方和(total sum of squares)

為真實值-平均觀察值的平方和表示

$$SS_{tot} = \sum_{i=1} (y_i - \bar{y})^2$$

在此變異量可以想成是資訊含量，如果今天觀察值是常數，總變異量會是 0，毫無資訊含量可言。

由上述說明，不能解釋變異的比例為：

$$\frac{SS_{res}}{SS_{tot}} = \frac{\sum_{i=1} (y_i - f_i)^2}{\sum_{i=1} (y_i - \bar{y})^2}$$

可以解釋的比例，自然就是以 1 相減

$$R^2 = 1 - \frac{SS_{res}}{SS_{tot}}$$

事實上總變異平方和就是回歸平方和及殘差平方和的組成。

$$\underbrace{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}_{\text{Total Sum of Squares}} = \underbrace{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}_{\text{Regression Sum of Squares}} + \underbrace{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}_{\text{Residual Sum of Squares}}$$

R^2 公式又可表示為

$$\begin{aligned} R^2 &= \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \\ &= \frac{\sum_{i=1}^n b_1^2 (x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \\ &= \frac{\left(\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \right)^2 \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \\ &= \frac{(\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}))^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \end{aligned}$$

肆、實證分析

在臺灣這樣複雜且不同的板塊構造下，此種僅描述公告時刻控制點位置的靜態式坐標系統，在使用一段時間後，將面臨點位變動使得精度逐漸降低的情況，在未來更有可能導致無法符合地籍測量的作業規範及要求。

若要檢測測量控制點的公告坐標是否可用？可依據相關的測量作業規範，進行點位間相對位置是否變化之檢驗，如果點位之間的地表位移方向大致相同，則其間的對應坐標較能維持原有的相對關係。

但是若點位之間的相對位置變化並非完全的一致性，則隨著時間的增長，控制點位間的相對關係也將逐漸改變，而當其間的位移量超過規範值時，則須進行點位坐標的檢討。另外要如何偵測控制點位間的相對位置已產生變化，以及所測得之補點是否能擬合於已知圖根點？則需回歸參考基線檢校之原理概念，以標準件(原有圖根點)用後驗檢核之方式達成檢定的需求。

本研究在律定差異性之初，必須依循前揭有關GPS定位原理及文獻為學理依據。首先將本所轄區(草屯鎮)歷年辦理過地籍圖重測地區，依不同年度以圖形區塊分劃出。其目的就是用可視性預覽方式，利於研判不同年度系統區塊分佈狀況，分析所選用已知點與補點間，控制點網型強度及內外差情形。

因此本研究採依作業人員常用複丈方式，以e-GNSS現場收測所選定補點坐標，為利於後續分析比較，於作業同時收測TWD97、TWD97-H-1、草屯框架等3種坐標框架來分別解算比較。

經由以上3種框架初步分析比較，草屯框架所收測之較差較小，因此本研究此次檢定，就以草屯框架為後驗主體來分析。後驗標準件及主體是以草屯鎮95年重測區玉峰段及該年度現存原圖根與界址坐標為法定標準件。

一、系統計算分析及軟體檢定

本實證分析程序是將先驗及後驗測得資料彙整，再依據彙整後資料互相分析比對，再將以上資料以系統化檢定程序檢核並產製結果。

=90年重測區 =72年重測區 =95年重測區 =96年重測區 =76年重測區 =92年重測區 =86年重測區 =98、99、100年重測區

圖 8 草屯鎮重測區分佈圖

上圖為草屯鎮已辦理重測區範圍分佈圖，本研究先行了解本所轄區歷年重測區各個不同年度辦理情形及分佈，先有空間分佈概念，才能進一步去做規劃及分析。

草屯鎮VRS-座標計算分析表(先驗值)									
	框架 日期	TWD97		TWD97-H-1		VRS草屯框架		法定坐標	
	點號	DY	DX	DY	DX	DY	DX	DY	DX
已知點	BA425	2652019.197	219340.651	2652019.368	219340.472	2652019.393	219340.41	2652019.360	219340.429
		-0.163	0.222	0.008	0.043	0.033	-0.019		
	GN13	2652272.718	219446.066	2652272.887	219445.888	2652272.918	219445.829	2652272.890	219445.800
		-0.172	0.266	-0.003	0.088	0.028	0.029		
補建點	QB63	2653273.738	218583.24	2653273.926	218583.018	2653273.966	218582.991	2653273.974	218582.969
		-0.236	0.271	-0.048	0.049	-0.008	0.022		
	H9826	2653175.185	218481.268	2653175.374	218481.044	2653175.411	218481.016	2653175.416	218480.983
		-0.231	0.285	-0.042	0.061	-0.005	0.033		
補建點	QV15	2653103.754	218380.304	2653103.946	218380.078	2653103.979	218380.050		
	QV15-1	2653125.733	218365.126	2653125.924	218364.899	2653125.959	218364.871		
	QV15-2	2653143.669	218465.727	2653143.859	218465.503	2653143.895	218465.475		
	QV424	2652051.072	219315.318	2652051.243	219315.138	2652051.268	219315.077		
已知點	溪底	DY	DX	DY	DX	DY	DX	DY	DX
	QE1901	2654675.283	221432.009	2654675.44	221431.845	2654675.403	221431.859	2654675.411	221431.909
		-0.128	0.010	0.029	-0.064	-0.008	-0.050		
	QE1902	2654607.668	221441.288	2654607.825	221441.126	2654607.787	221441.137	2654607.791	221441.169
已知點		-0.123	0.119	0.034	-0.043	-0.004	-0.033		
	HB566	2654562.164	221584.286	2654562.319	221584.129	2654562.282	221584.136	2654562.268	221584.160
		-0.104	0.126	0.051	-0.031	0.014	-0.024		
	QB03	2654504.676	222124.327	2654504.827	222124.186	2654504.792	222124.18	2654504.767	222124.196
		-0.091	0.131	0.06	-0.01	0.025	-0.016		

先驗較差分析

表 2 座標計算分析表(先驗值)

以上圖表為收測TWD97(全國GPS基準站)、TWD97-H-1(草屯附近GPS基準站)、草屯框架(自行建立資料夾)等3種坐標框架來分別解算比較較差值，從解算結果明顯看出，直接以TWD97框架收測較差最大，其次依序為TWD97-H-1、草屯框架。

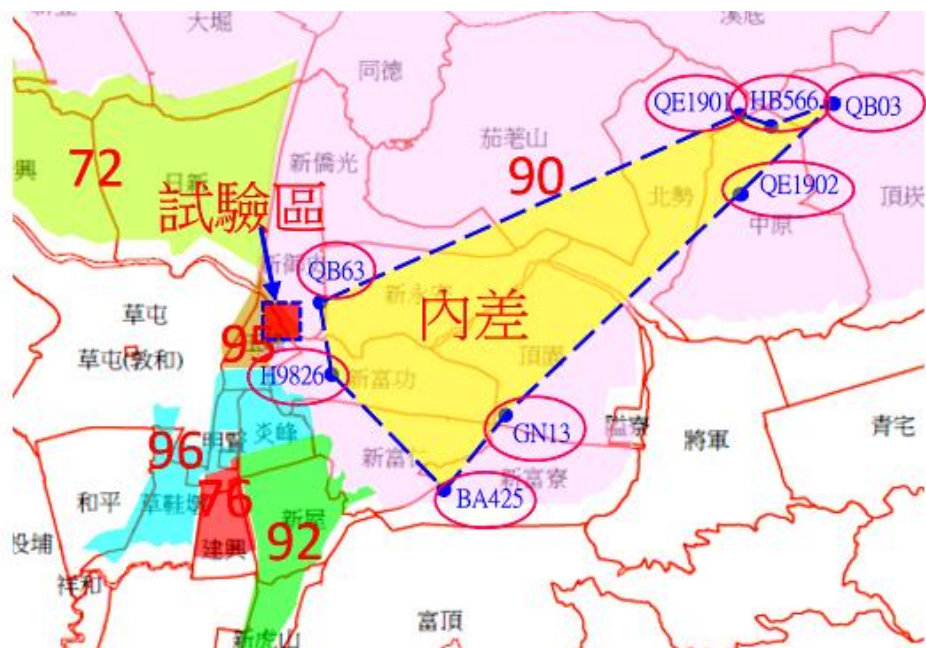
草屯鎮VRS-座標計算比較分析表(後驗值)									
日期	點號	TWD97(VRS測設)		TWD97-H-1(VRS測設)		草屯框架(VRS測設)		已知點實地後驗	
		DY	DX	DY	DX	DY	DX	DY	DX
補建點	QV15	2653103.754	218380.304	2653103.946	218380.078	2653103.979	218380.050	2653103.957	218380.010
	QV15-1	2653125.733	218365.126	2653125.924	218364.899	2653125.959	218364.871	2653125.935	218364.821
	QV15-2	2653143.669	218465.727	2653143.859	218465.503	2653143.895	218465.475	2653143.884	218465.447
	QV424	2652051.072	219315.318	2652051.243	219315.138	2652051.268	219315.077	2652051.234	219315.088
與後驗較差	QV15	-0.203	0.294	-0.011	0.068	0.022	0.040		
	QV15-1	-0.202	0.305	-0.011	0.078	0.024	0.050		
	QV15-2	-0.215	0.280	-0.025	0.056	0.011	0.028		
	QV424	-0.162	0.230	0.009	0.050	0.034	-0.011		
向量差(公尺)	QV15	0.357		0.069		0.046			
	QV15-1	0.366		0.079		0.055			
	QV15-2	0.353		0.061		0.030			
	QV424	0.281		0.051		0.036			

後驗較差分析

後驗較差分析

表 3 坐標計算分析表(後驗值)

以上圖表為實地驗收TWD97(全國GPS基準站)、TWD97-H-1(草屯附近GPS基準站)、草屯框架(自行收測歷年圖根建立固定資料夾)等3種坐標框架來分別比較與較差值，從解算結果明顯看出，有許多較差象限兩者明顯不同。



前述空間區位分析，以草屯框架已知點所閉合之區域(藍色虛線內黃色範圍)，本研究試驗區(藍色虛線內紅色範圍)，從以上明顯看出彼此空間幾何關係。

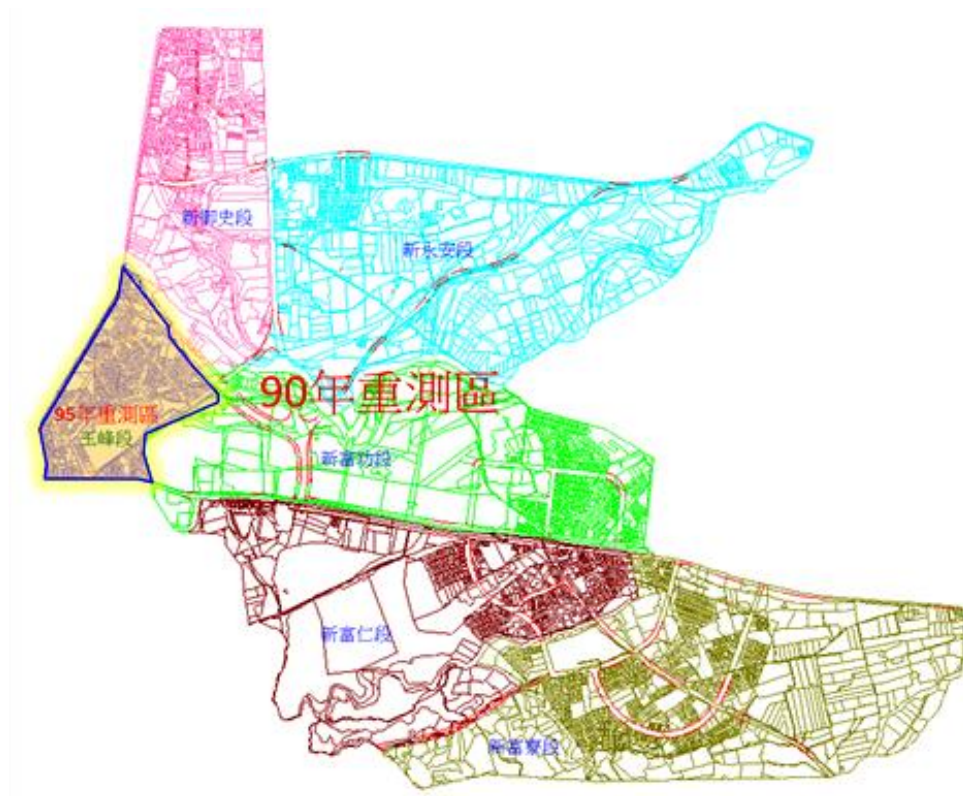


圖 10 試驗區與周邊重測區相對位置圖

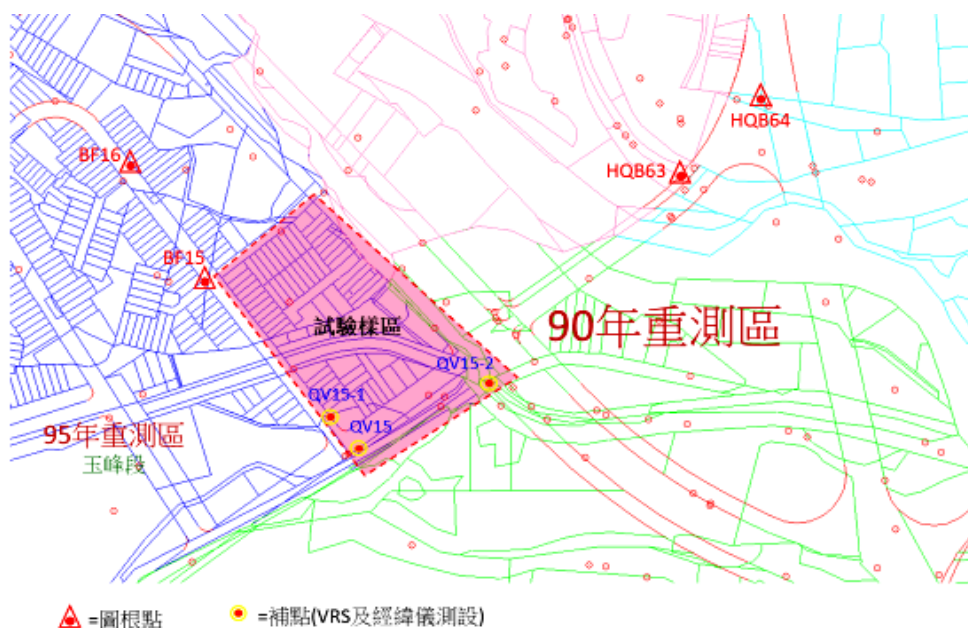


圖 11 試驗樣區原始圖根點及補點位置圖

已知點與後驗點座標較差分析表										
框架 日期	TWD97(VRS已知點)		TWD97-H-1(VRS已知點)		草屯框架(VRS已知點)		已知點後驗VRS補點			
	點號	DY	DX	DY	DX	DY	DX	點號	DY	DX
較差分析 (公尺)	BA425	-0.163	0.222	0.008	0.043	0.033	-0.019	QV15	0.022	0.04
	向量差	0.275		0.044		0.038		向量差	0.046	
	GN13	-0.172	0.266	-0.003	0.088	0.028	0.029	QV15-1	0.024	0.050
	向量差	0.317		0.088		0.040		向量差	0.055	
	QB63	-0.236	0.271	-0.048	0.049	-0.008	0.022	QV15-2	0.011	0.028
	向量差	0.359		0.069		0.023		向量差	0.030	
	H9826	-0.231	0.285	-0.042	0.061	-0.005	0.033	QV424	0.034	-0.011
	向量差	0.367		0.074		0.033		向量差	0.036	
	QE1901	-0.128	0.01	0.029	-0.064	-0.008	-0.05			
	向量差	0.128		0.070		0.051				
	QE1902	-0.123	0.119	0.034	-0.043	-0.004	-0.032			
	向量差	0.119		0.055		0.032				
	HB566	-0.104	0.126	0.051	-0.031	0.014	-0.024			
	向量差	0.163		0.060		0.028				
	QB03	-0.091	0.131	0.06	-0.01	0.025	-0.016			
	向量差	0.160		0.061		0.030				
	DY	DX	DY	DX	DY	DX	DY	DX		
	平均	-0.161	0.179	0.011	0.012	0.009	-0.007	0.023	0.027	
	向量平均	0.236		0.065		0.034		0.042		

表 4 以地測後驗解算 e-GNSS 較差分析圖表

以上較差分析圖表中可看出，經後驗檢測補點其向量差最大為5.5公分，最小為3公分。另從各框架Y軸及X軸較差分析中可看出，經直接觀測檢驗與先驗象限差值並不一致，由此分析以e-GNSS系統所呈現的差值為該系統的差值，該差值與現場已知圖根點直接量測的差值是有所不同的。

先驗測點與後驗測點比較分析表									
	框架 日期	TWD97(VRS施測點)		TWD97-H-1(VRS施測點)		草屯框架(VRS施測點)		施測點實地後驗座標	
	點號	DY	DX	DY	DX	DY	DX	DY	DX
較 差 分 析 (公 尺)	QV15	-0.203	0.294	-0.011	0.068	0.022	0.040	2653103.957	218380.010
	向量差	0.357		0.069		0.046		2653125.935	218364.821
	QV15-1	-0.202	0.305	-0.011	0.078	0.024	0.05	2653143.884	218465.447
	向量差	0.366		0.079		0.055		2652051.234	219315.088
	QV15-2	-0.215	0.28	-0.025	0.056	0.011	0.028		
	向量差	0.353		0.061		0.030			
	QV424	-0.162	0.23	0.009	0.05	0.034	-0.011		
	向量差	0.281		0.051		0.036			
		DY	DX	DY	DX	DY	DX		
	平均	-0.195	0.277	-0.010	0.063	0.023	0.027		
	向量平均	0.339		0.065		0.042			

表 5 後驗檢測較差表

上表所呈現為實地圖根點檢核後各個框架差異分析，純粹以TWD97框架(全國GPS基準站)向量平均較差為33.9公分，TWD91-H-1框架(草屯附近GPS基準站)向量平均較差為6.5公分，本所的草屯框架(自行收測歷年圖根建立固定資料夾)向量平均較差為4.2公分。

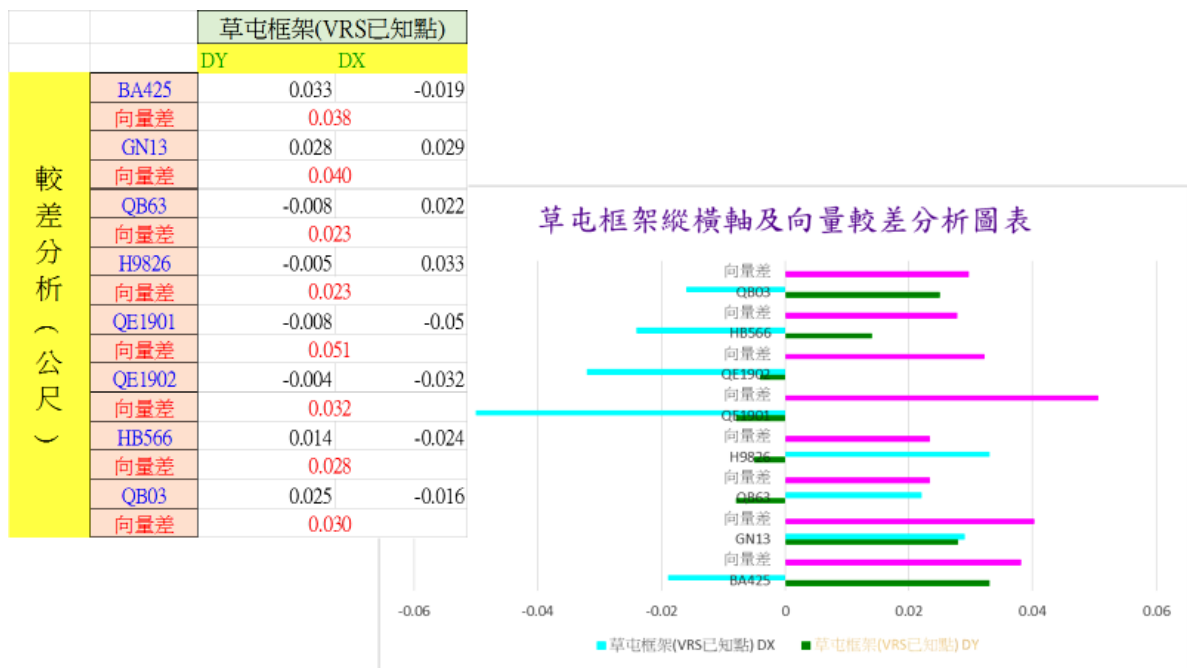


圖 12 以 e-GNSS 草屯框架測設已知點位較差分析長條圖-1

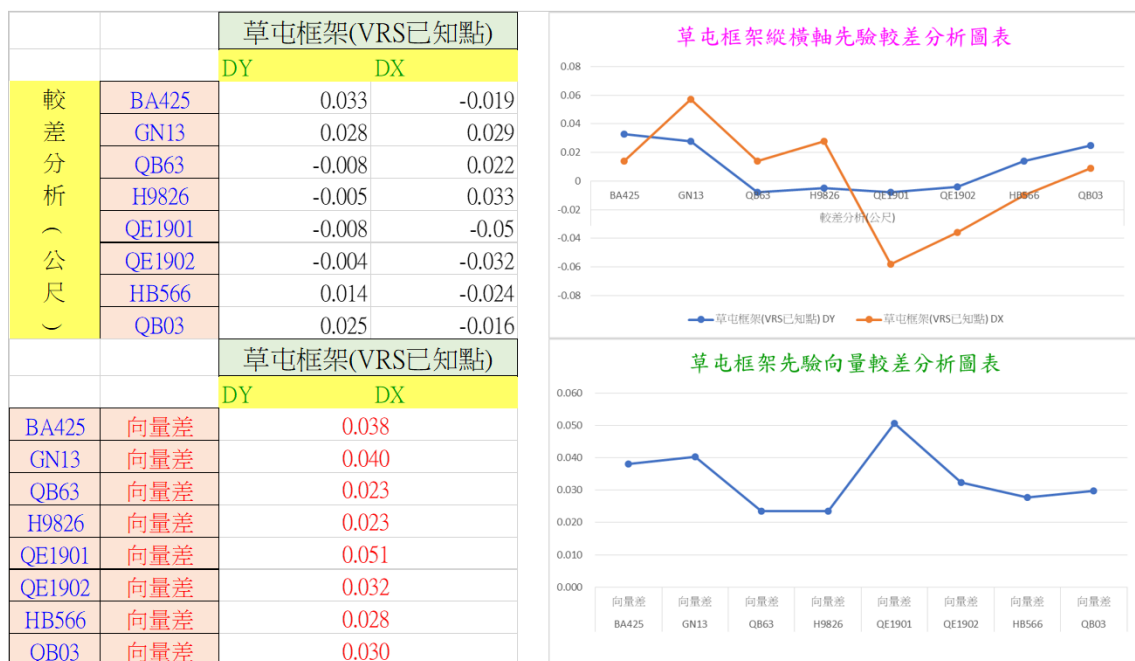


圖 13 以 e-GNSS 草屯框架測設已知點位較差分析折線圖-2

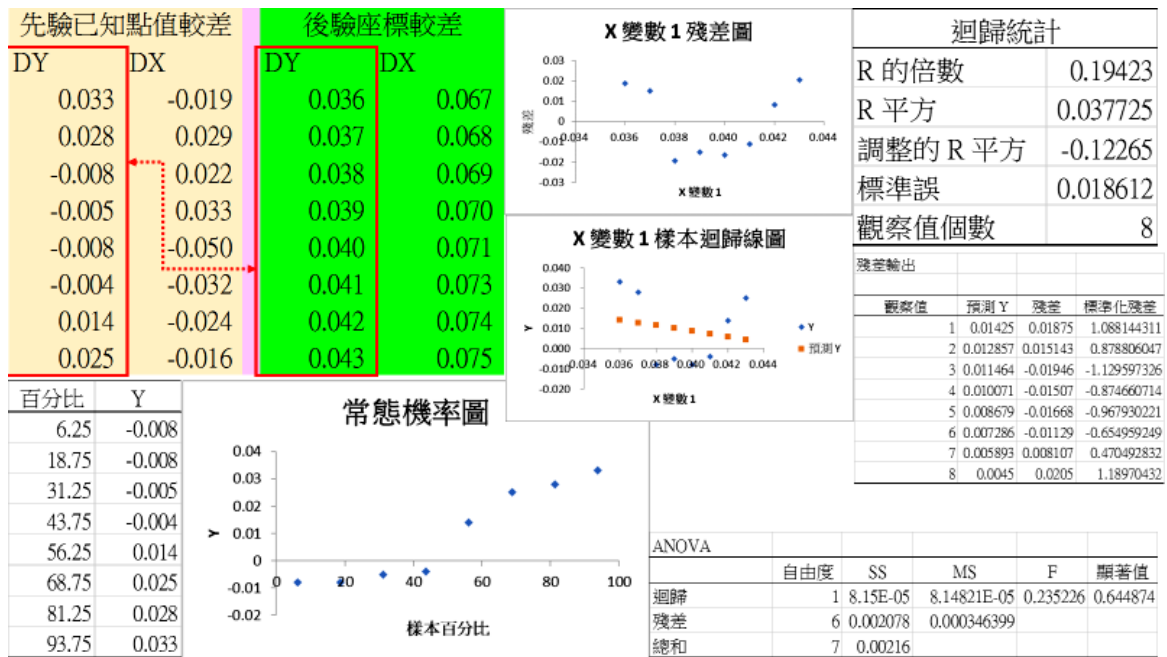


圖 14 以統計量迴歸分析各樣本圖表-1

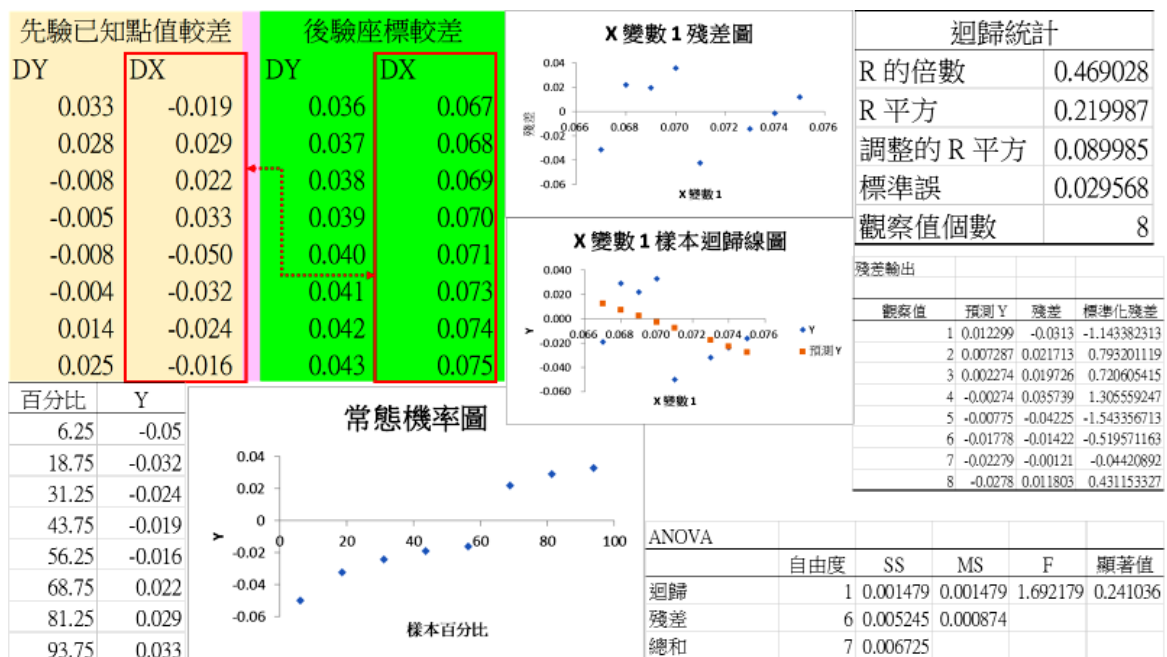


圖 15 以統計量迴歸分析各樣本圖表-2

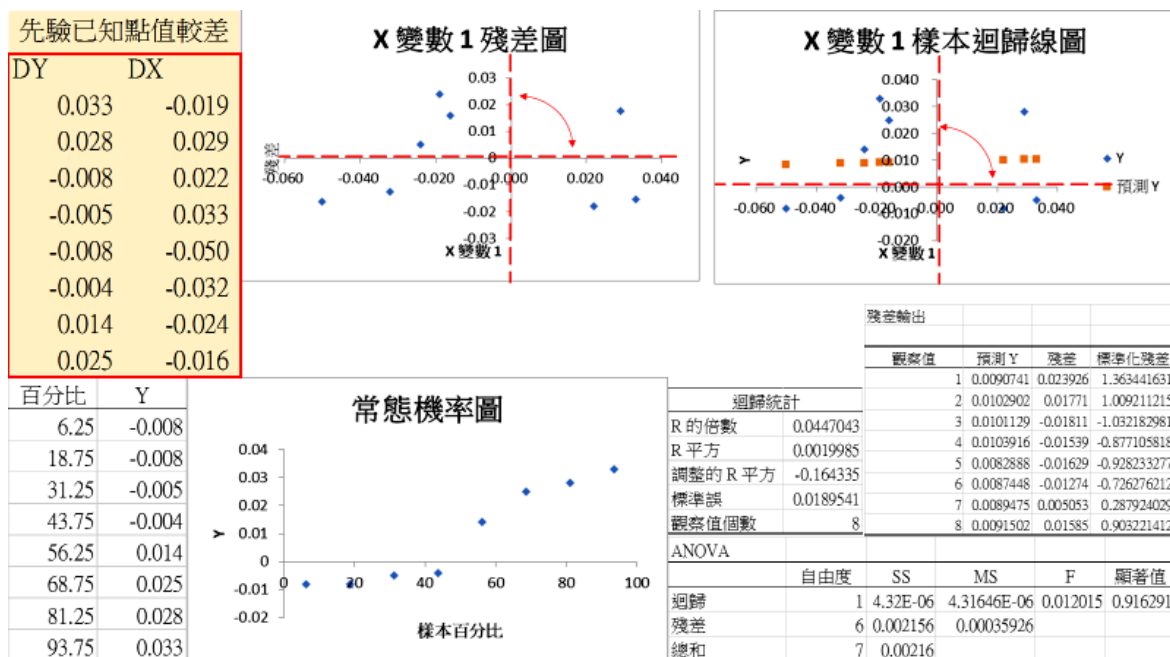


圖 16 以統計量迴歸分析各樣本圖表-3

經由以上統計量迴歸分析各樣本圖表(1)–(3)中解析如下：

迴歸統計是判斷X與Y之間的相關性,值會介於1~-1之間,值越接近1或-1代表相關性越大。也就是判斷你估計出來的迴歸模型跟你真實資料的適配程度,值會介於0-1之間,越接近1代表模型適配程度越佳,所以其實也可以變相解釋成值越接近1代表X與Y之間相關程度越大。

前述是判斷估計出來的迴歸模型跟真實資料的適配程度,值會介於0-1之間,越接近1代表模型適配程度越佳,所以其實也可以變相解釋成值越接近1代表X與Y之間相關程度越大。另外因R平方在樣本數越小的時候越容易出現高估的情況,因此有時會採用調整後的R平方來做估計,此估計意思基本上與變異數是相同的概念。

殘差輸出輸出方面,是根據左邊那欄的預測y減去真實y值計算出來的,是根據估計出來的迴歸模型來估計出的y值。

二、現場實地外業放樣印證

經由以上彙整分析檢核程序,已產生第一階段外業結果資料,惟該成果為電腦計算與軟體檢驗所得,因此本研究兼採第二階段外業實地放樣測試。



圖 17 現場已知原始圖根點為檢核標準現場照片



圖 18 現場補點與地測檢核現場照片

實地放樣誤差比較



實地放樣誤差比較



圖 19 現場實地放樣檢核現場照片

經以上實地放樣比較，以e-GNSS系統(草屯框架)測設補點與原圖根點實地放樣界指點較差約為8~9公分，此與前揭經參數轉換後點位差異及後驗界址坐標放樣比較表較差相符。

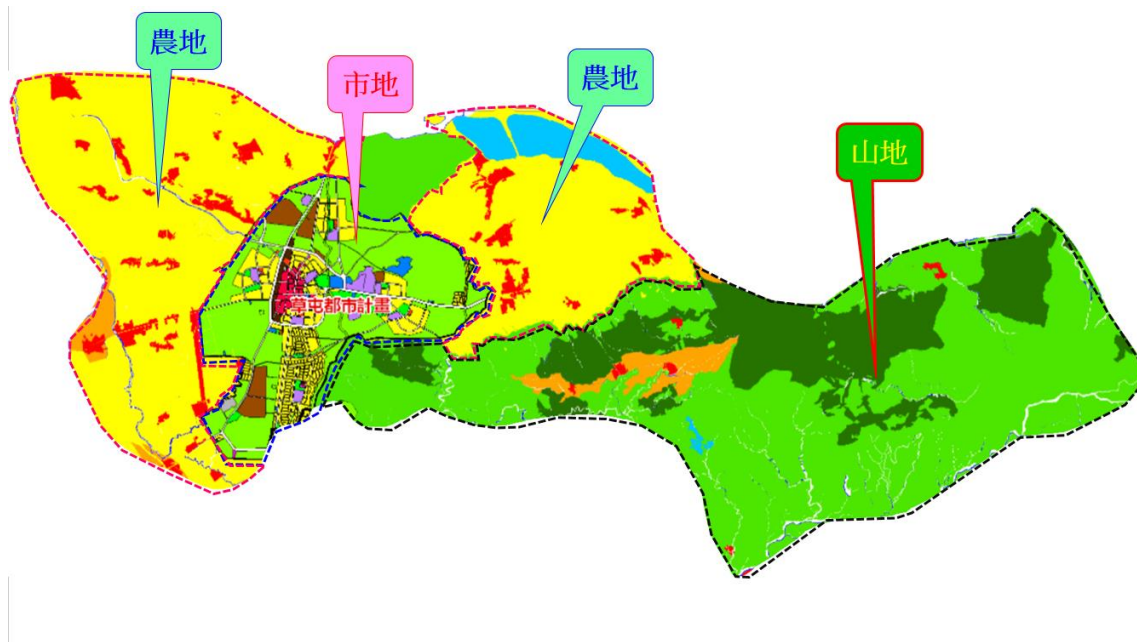


圖 20 草屯鎮都市計畫略圖

三、以R程式統計檢驗以e-GNSS接收已知點及補點與實際坐標關係

最後之檢驗部分本研究採用次程式語言去撰寫R studio為系統檢驗方式，因為R語言是結合統計分析與繪圖功能的原始碼軟體，R Studio 則是能讓我們編寫R程式時候使用體驗更好的整合開發環境（Integrated Development Environment，IDE）。

另外也由於R本身具有以下特性：

- (一)、分類：一個樣本或事件下來之後，如何根據他的狀況進行相對應的處理。此類型就是屬於分類的類型。
- (二)、預測：利用大量的歷史資料建立模型，並且透過模型我們可以去預測接下來的狀況。
- (三)、分群：藉由比較資料與資料之間的相似度，我們可以將類似的資料聚合為一群，使得同一群組內皆為相似的個體。
- (四)、關聯性：利用各種不同的資料，來發現其中隱含的關係，或者規則模型。

因此本研究採用R語言去撰寫，同時分析架構也依循前述特性去設計。

程式碼撰寫及設計分析結果：

```
##Data1
```

```
library("readxl")
```

```
my_data <- read_excel("a.xlsx")
```

```
model1=lm(my_data$x1~my_data$x2)
```

```
summary(model1)
```

Call:

```
lm(formula = my_data$x1 ~ my_data$x2)
```

Residuals:

1	2	3	4
0.02113	0.01578	-0.01789	-0.01902

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.007906	0.038838	0.204	0.858
my_data\$x2	0.179944	1.606782	0.112	0.921

Residual standard error: 0.02624 on 2 degrees of freedom

(4 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.006232, Adjusted R-squared: -0.4907

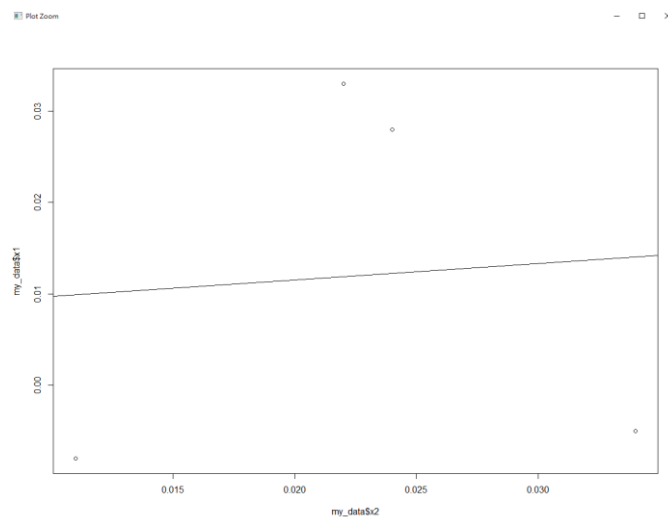
F-statistic: 0.01254 on 1 and 2 DF, p-value: 0.9211

經由以上分析結果，我們對兩個X群體間的相關性獲得以下結論：

1. X1與X2估計出的迴歸模型為 $X1=0.007906 + 0.179944 \cdot X2$
2. 根據P-value，X2對X1不顯著
3. 由 $R\text{-squared} = 0.006232$ ，可知，迴歸模型的是配度(預測能力)非常不佳，因此可間接推論X1與X2之間的相關性不強

```
plot(my_data$x2, my_data$x1)
```

```
abline(lm(my_data$x1~my_data$x2))
```



```
##Data2
```

```
model2=lm(my_data$y1~my_data$y2)
```

```
summary(model2)
```

Call:

```
lm(formula = my_data$y1 ~ my_data$y2)
```

Residuals:

	1	2	3	4
	-0.030329	0.021384	0.006214	0.002731

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)
(Intercept)	0.02618	0.02038	1.284	0.328
my_data\$y2	-0.37137	0.57629	-0.644	0.585

Residual standard error: 0.02668 on 2 degrees of freedom

(4 observations deleted due to missingness)

Multiple R-squared: 0.1719, Adjusted R-squared: -0.2421

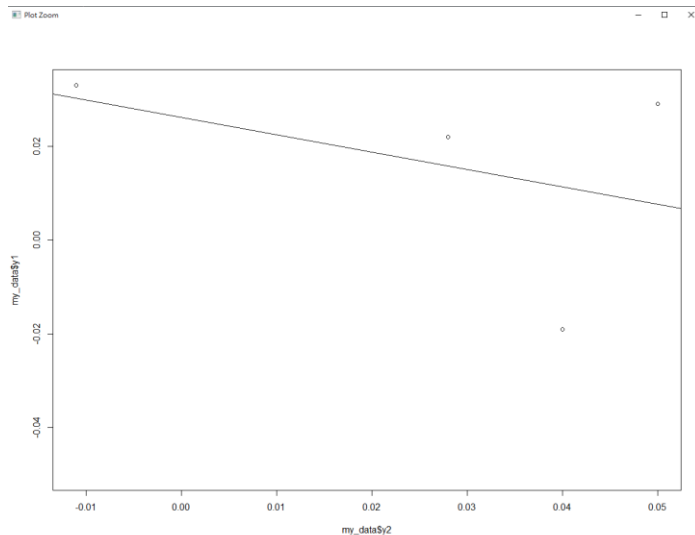
F-statistic: 0.4153 on 1 and 2 DF, p-value: 0.5853

經由以上分析結果，我們對兩個Y群體間的相關性獲得以下結論：

1. Y1與Y2估計出的迴歸模型為 $Y1 = 0.02618 - 0.37137 * Y2$
2. 根據P-value，Y2對Y1不顯著
3. 由 $R\text{-squared} = 0.1719$ ，可知，迴歸模型的是配度(預測能力)非常不佳，因此可間接推論Y1與Y2之間的相關性不強

```
plot(my_data$y2, my_data$y1)
```

```
abline(lm(my_data$y1~my_data$y2))
```



綜合以上分析，以e-GNSS草屯框架所測設顯示的點位較差與實地直接觀測方式所呈現之較差是沒有相關性的。換言之，這兩者之間存在系統之不一致性，也無法以預先修正的方式去整合。

本章小結：

依據地籍測量實施規則，數值區誤差須符合以下規定。

第 73 條

戶地測量採數值法測繪者，其圖根點至界址點之位置誤差不得超過下列限制：

- 一、市地：標準誤差二公分，最大誤差六公分。
- 二、農地：標準誤差七公分，最大誤差二十公分。
- 三、山地：標準誤差十五公分，最大誤差四十五公分。

第 74 條

戶地測量採數值法測繪者，其界址點間坐標計算邊長與實測邊長之差不得超過下列限制：

- 一、市地：2 公分+0.3 公分 $\sqrt{S}$ (S 係邊長，以公尺為單位)
- 二、農地：4 公分+1 公分 $\sqrt{S}$
- 三、山地：8 公分+2 公分 $\sqrt{S}$

第 247 條

複丈應以圖根點或界址點作為依據，並應先檢測圖根點及界址點，所測得點位間之距離與由坐標反算之距離，其差不得超過下列限制：

(一)、市地： $0.005 \text{ 公尺} \sqrt{S} + 0.04 \text{ 公尺}$ (S係邊長，以公尺為單位)。

(二)、農地： $0.01 \text{ 公尺} \sqrt{S} + 0.08 \text{ 公尺}$ 。

(三)、山地： $0.02 \text{ 公尺} \sqrt{S} + 0.08 \text{ 公尺}$ 。

前項之檢測應由縱橫二方向實施之。

以本研究為市地標準分析如下：

(一)依第73條：圖根點至界址點標準誤差二公分，最大誤差六公分。

(二)依第74條：界址點間坐標計算邊長與實測邊長， $2 \text{ 公分} + 0.3 \text{ 公分} \sqrt{16.89}(\text{實量})$
 $= 3.23 \text{ 公分}$ 。

(三)依第247條： $0.005 \text{ 公尺} \sqrt{16.89}(\text{實量}) + 0.04 \text{ 公尺} = 0.06 \text{ m}(6 \text{ 公分})$

本研究放樣之界址點實證較差為8~9公分，皆無法通過以上三項規範。

伍、結論及建議

一、結論

經由以上研究分析結果，我們獲得了一些觀念以及驗證。就是以 e-GNSS 即時動態定位系統測量的成果，若要符合地籍測量實施規則數值區的精確度，其作業方式將會是主要影響關鍵。因為地籍測量所追求的目標是與原始法定坐標相對位置接近的程度，是較接近於精確度的概念，而非精密度。因此 e-GNSS 由於使用者無門檻限制，同時也因為 e-GNSS 即時動態定位系統的便利性，使用者只需會操作既可輕易得到坐標。而在這過程中，幾乎任何人皆能按鍵操作的情形下，也就不會去注意到包刮不同年度、系統、幾何強度、內外差等影響精確度因素，更容易忽略對先驗及後驗的觀念去做考量。

科學檢驗的架構都是以測試件與標準件的比較來計量偏差值，不可能就以單一測試件就能詮釋出真正的誤差。就以本研究實驗成果為例，以 e-GNSS 即時動態定位系統要達到公寸級以內的精確度，在沒有多餘時段觀測的輔助及現場分佈適當的已知控制點約制，理論上是不容易的，尤其重點是系統必須強制附合於當年度公告之法定坐標框架。經實證結果顯示，在不以現有圖根點約制下，其準確度較差為 34 公分，另以約制部分已知控制點其平均單點較差也達 4.2 公分。若在此情形下再以此兩個補點來對標去放樣，這也是本研究雖以草屯框架輔助下，以所測設補點實地放樣界址點仍然較差達 8~9 公分的原因。因此以誤差傳播的概念，要以 e-GNSS 做為全面圖根補建及經年反覆沿用，其所需注意的事項及操作方法，是不宜只靠用所謂去固定一個框架的方式去輔助的，現場已知控制點適當的約制及分佈，才會是影響的精確度的關鍵。簡而言之，每個年度公告確定的坐標是靶心，地籍測量所追求的目標是接近靶心的程度，也就是準確度(精確度)而不是精密度。

另就以上實驗數據所呈現各樣本母體彼此間較差及分析可知，以 e-GNSS 草屯框架輔助即時動態定位系統所測量之成果，其精密度明顯高於準確度。換言之，若作業方式不洽當，其系統在等量往同一象限位移情形下，又只同樣以補設點位彼此對標，而其精密度又較佳的情形下，若與準確度(精確度)脫離的潛在誤差，在現場是無法察覺的。

最後綜整各項分析結果分述如下：

(一)、只以固定一個框架的方式，要來包含所有不同年度全數值區，來輔助 e-GNSS 的外業測量，在市地的標準是無法通過規範檢驗的。因為地籍圖重測的過程及作業方式是採取逐級平差的方式辦理，也就是加密(四等)控制點先解算並經審核通過確定後就固定不動，接下來才是圖根測量。而圖根測量必須是要強制附合在加密控制網之下，再來做次一級的網型平差。以上再經審驗過後才是以圖根點去測量現況界址點，所以與界址點關係最為密切直接者是圖根點。因此在不同年度、不同區段、不同配賦的圖根座標，雖然皆為 TWD97 系統，但也難免大同中存在小異，若再以彼此小異互相去做延伸，就有可會產生加乘效果，如本研究所產生 8~9 公分的較差，應該就是不恰當的作業方式所產生。另外我們從表 4 中可以看出，以 e-GNSS 現場約制的已知點 QB03，在 QB03 點號旁收測的補點 QV15-2 皆為同年度系統，所以較差最小為 3 公分，也因此或許可以間接佐證以上論點之可能性。

(二)、另再以迴歸模型來輔助分析先驗值與後驗值之間較差關係，來檢視是否能先以事前率定修正方式來提升 e-GNSS 的區域附合度。從本研究圖 14~16 中解析，不論是在回歸模型的 R^2 或調整後的 R^2 皆介於 0.019~0.21 之間，這與基本統計門檻值 R^2 要大於 0.7 相差甚遠(滿分為 1)。也就是說以 e-GNSS 的虛擬觀測值與後驗的較差值兩者是呈現負相關，這也直接證明 e-GNSS 所呈現的較差，無法先以此率定修正方式來與實地相符。

(三)、最後是在有關內、外差的探討上，在重測衛星加密佈設規範是不允許有外差的情形(內、外差架構詳如圖 9)，而本研究以草屯框架下約制的已知點與試驗區之間，明顯呈現外差的情形，所以縱使有草屯框架額外來做輔助，仍然產生了相當明顯的誤差量，故內外差極有可能是繼前揭問題另一個會產生誤差之重要因子，這點在實務操作上值得去重視。

(四)、從表 2、表 3 中發現，以 TWD91-H-1 框架(草屯附近 GPS 基準站)直接收測的向量平均較差為 6.5 公分，這與以專門建立的草屯框架方式所收測的成果其實差異並不大。是否由此可研判，雖然是直接收測，但因附近基準站的持續修正，反而會與不當之作業方式如：外差、約制點幾何分佈不佳等情形，所產生之誤差量接近。

二、建議

透過以上分析，本研究有以下幾項建議可供參考：

1. 以 e-GNSS 草屯框架來輔助雖符合精度規範，但不宜未經以現場已知點適當的分佈約制及改正而直接使用。
2. 任何儀器不論精密度如何，使用方式及規範才是影響精確度主要因素。以經緯儀為例，正倒鏡施測可消除人為及儀器絕大部份誤差，尤其是測設補點時。
3. 本研究只在模擬一般測量人員在各種使用模式下所產生之結果，只純粹為一般使用習慣結果的呈現，並無任何改正及終局論定。
4. 數值區複丈，建議採行本研究第 2 頁，相關文獻→相對座標測量的作業方式。
5. 以 e-GNSS 測設補點，約制點建議儘量考量相同年度、幾何強度、內差來固定，另外也可以檢測現場確定界址方式來確保。
6. 若在數值區可以經緯儀直接觀測情形下而捨棄不用，值得商確。
7. 建議 67 坐標系統不宜以此方式補建，因 67 坐標系統不只地球原子不同，重點當時比較沒有較嚴密的平差，故一段之中可能存在不只一個子系統。
8. 若以山區測量為例，以草屯框架來輔助方式值得參考。
9. 建議測量人員以 e-GNSS 即時動態定位系統進行圖根測量時，依循相關測量作業規範來辦理。

陸、參考文獻

- 一、內政部國土測繪中心，「e-GPS 即時動態定位系統坐標轉換最佳化之研究」，黃華尉等5人，2012年。
- 二、內政部國土測繪中心，「e-GPS 定位系統應用於基本控制測量作業之研究」，王敏雄等5人，2007。
- 三、國土測繪與空間資訊，「GNSS 快速靜態與 e-GNSS 運用於加密圖根控制測量之研究」，黃立信等3人，2015 年。
- 四、台中市中興地政事務所，「e-GNSS 即時定位系統與地籍圖之探討」，陳正軒等2人，2015 年。
- 五、台灣土地研究，「虛擬基準站即時動態定位辦理土地複丈精度之研究」，何維信、詹君正等2人，2010 年。
- 六、台灣土地研究，「臺灣衛星連續站坐標時間序列分析與平面坐標基準適用期之探討」，周逸屏、陳國華、景國恩、楊 名、陳鶴欽等5人，2020 年。
- 七、地籍測量第32卷第3期，「準確度與精密度」，史天元著，第 18-26 頁。
- 八、國土測繪與空間資訊，「GNSS 快速靜態與 e-GNSS 運用於加密圖根控制測量之研究」，黃立信等3人，2015 年。
- 九、(維基百科 <https://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%97%B6%E7%A9%BA#>)。)
- 十、Anonym, 2002. Structural Deformation Surveying (EM 1110- 2-1009), US Army Corps of Engineers, Washington, DC.
- 十一、Çelik, R. N., Ayan, T., Denli, H., Özlüdemir, T., Erol, S., Özöner, B., Apaydın, N., Erincer, M., Leinen, S., Groten, E., 2001. Monitoring Deformation on Karasu Viaduct Using GPS and Precise Levelling Techniques, Kluwer Academic Publisher, Netherlands.
- 十二、Erol, S., Ayan, T., 2003. An Investigation on Deformation Measurements of Engineering Structures With GPS And Levelling Data Case Study, International Symposium on Modern Technologies, Education and Professional Practice in the Globalizing World, 6-7 November 2003, Sofia, Bulgaria.