

e-GPS 與坐標轉換應用於山區地籍測量之研究： 以台電鐵塔用地預為分割測量為例

Application of e-GPS and Coordinate Transformation for Cadastral Surveying in Mountainous Areas : A Case Study at Taipower Towers Surveying of Land Preparation Segmentation

林偉祥¹ 陳松安² 何啟佑³
Wei-Hsiang Lin Sung-An Chen Chi-Yu Ho

摘 要

山區辦理地籍測量作業受圖根點數量不足、施測可靠經界物不易及圖解地籍圖伸縮與變形等因素影響，致使測量成果精確度降低。為了提升精確度，本研究於作業中採：(1)使用電子化全球衛星即時動態定位系統e-GPS(Electronical-Global Positioning System)測設TWD97(Taiwan Datum 1997)坐標圖根點；(2)繪製TWD97坐標圖廓處理圖解地籍圖伸縮與變形；(3)鐵塔位置展繪於圖解數化地籍圖等步驟進行坐標轉換。

本文選擇桃園縣復興鄉山區為測試區，獲得以下結論：(1)山區使用e-GPS測設圖根點是可行的。以6參數轉換最小二乘配置法測設TWD97坐標圖根點成果較佳，其地測檢核距離誤差量最大為1.5公分。(2)圖解地籍圖以4參數轉換繪製TWD97坐標圖廓較符合原始圖廓規格。(3)鐵塔位置以6參數轉換最小二乘配置法展繪於圖解數化地籍圖較符合地籍圖圖紙伸縮與變形的特性。(4)倒傳遞類神經網路應用於坐標轉換成果符合地籍測量作業規範之精度要求。

關鍵詞：地籍測量、e-GPS、坐標轉換

Abstract

There are several reasons resulting poor quality of cadastral surveying in mountainous areas. These could be the insufficient numbers of control points, the lack of reliable boundaries and deformation of stretched cadastral maps. To improve the accuracy level, we use three procedures in this research to coordinate transformation: (1) Locating control points using Electronical-Global Positioning System (e-GPS) on Taiwan Datum 1997 (TWD97). (2) Grids on TWD97 for deformation

¹內政部國土測繪中心技士

²國防大學理工學院環境資訊及工程學系副教授

³內政部國土測繪中心隊長

of stretched cadastral maps. (3) Compiling locations of Taipower towers on digital cadastral maps.

By choosing Fusing Township, Taoyuan County as the study area, we outline conclusions as follows: (1) It is feasible to locate control points using e-GPS in mountainous areas. It is more suitable to use Affine Transformation with Least-Squares Collocation (LSC) to pinpoint control points on TWD97. In the field work, the maximum distance error is 1.5 cm. (2) It is conformed to the original specifications by using Conformal Transformation and mapping cadastral grids on TWD97. (3) It is more appropriate to resolve deformation of stretched cadastral maps and compile locations of Taipower towers on the digital cadastral maps using Affine Transformation with LSC. (4) The results of coordinate transformation using Back-propagation Network (BPN) are qualified to the accuracy of Cadastration Act.

Keywords: Cadastral Surveying, Electronical-Global Positioning System(e-GPS), Coordinate Transformation

一、前言

地籍測量(Cadastral Surveying)屬於平面測量(Plane Surveying)之範圍。而地籍圖種類以測量方法的不同，可區分為以數值方式辦理測量之數值區，其坐標系統包含有TWD67 (Taiwan Datum 1967)坐標及TWD97(Taiwan Datum 1997)坐標等系統；以圖解方式辦理測量之圖解區，其坐標系統包含有舊地籍坐標、TWD67坐標及數化坐標等系統。山區大部分為舊地籍坐標之圖解區，於現地作業常因地形及地貌的改變致使舊有之圖根點尋找不易；復因幅員廣大，施測可靠經界物不易，影響套繪位置之成果；且因地籍圖為沿用日據時期經描繪而成之副圖，加上繪製年代久遠，地籍圖圖紙保存不易，致使圖紙伸縮及變形嚴重（內政部土地測量局，2005），如據以辦理測量，造成測量精確度降低。

本研究之相關文獻回顧如下：(一)陳文通於2006年提出以VRS-GPS (Virtual Reference Station-Global Positioning System)網路RTK (Real Time Kinematic)技術布設控制點，除了減少點位的布設數量，亦不需採用分級布網及

逐級控制的傳統測量模式。(二)尤瑞哲等人於2006年提出使用分布均勻的三角點以最小二乘配置法 (Least-Squares Collocation)進行TWD67坐標及TWD97坐標之平面坐標轉換其研究顯示減少40%的三角點數量對坐標轉換成果影響無顯著差異，且坐標差值符合規範。(三)董荔偉於2006年提出圖解數化地籍圖接合方法改進之研究，結果顯示加入地籍圖圖廓點、地籍圖圖幅邊長及原地籍圖實測之圖根點進行圖幅伸縮改正，經套疊現況坐標轉換之地籍圖接合成果，界址點或經界線更接近實測之現況點。(四)林文亮於2007年提出以e-GPS衛星定位基準網，就其連續定位觀測資料建構區域性定位誤差內差模式，以VBS-RTK(Virtual Base Station-Real Time Kinematic)技術，可獲得平面精度優於2公分，高程精度優於5公分，用於基本控制測量作業可提升作業效率，節省人力、時間與成本。(五)賴清陽於2009年提出以臺中市西屯區龍門段為研究區域，應用4參數、6參數、倒傳遞神經網路 (Back-propagation Network, BPN)及多變量複迴歸模式進行平面坐標轉換，結果顯示以前述之方法所得成果皆符

合地籍測量實施規則。

因此為了提升山區測量結果的精確度，本研究以內政部國土測繪中心建構之高精度電子化全球衛星即時動態定位系統(Electronic-Global Positioning System,e-GPS)應用於山區之地籍測量及配合地籍圖坐標轉換，改善傳統圖根測量方法及地籍圖圖紙伸縮及變形之影響等問題。研究流程如圖1。其中：(一)e-GPS 檢測TWD97坐標控制點位置差合格與否及(二)布設圖根點地測合格與否的判定是以「地籍圖重測成果檢查作業須知」辦理(內政部國土測繪中心，2009)。(三)由於舊地籍坐標之控制點及地籍圖受當

時施測技術、儀器設備及比例尺過小等因素之影響，因此將舊地籍坐標之圖廓點視為與界址點精度相等。故控制點之舊地籍坐標與TWD97坐標轉換後位置差合格與否的判定是以「地籍測量實施規則第73條」辦理(全國法規資料庫入口網站，2011)。(四)繪製近似原始地籍圖規格之TWD97坐標圖廓之規則性判定是以所繪製圖廓與原始測設圖廓規格(約為向北727.273公尺乘以向東909.091公尺，夾角為90度)相比較選擇：(1)何者較相符。(2)所繪製圖廓規格之較差是否超過「地籍測量實施規則第73條」規定(全國法規資料庫入口網站，2011)。

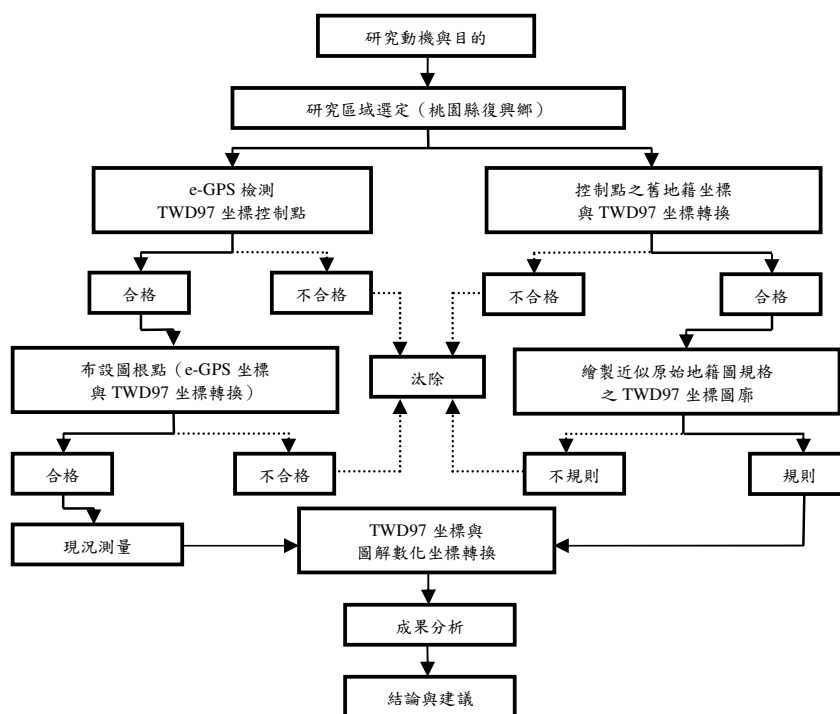


圖1 研究流程圖

前述研究流程中坐標轉換應用項目可分為：

(一)e-GPS坐標與TWD97坐標轉換：使用e-GPS檢測TWD97坐標之控制點並以本研究規劃之不同轉換模式計算求取該區最佳轉換模式及參

數，布設TWD97坐標圖根點，降低山區因地形、地貌及幅員廣大的影響，減少作業人力及時間（內政部國土測繪中心入口網站，2011）。坐標轉換流程如圖2。

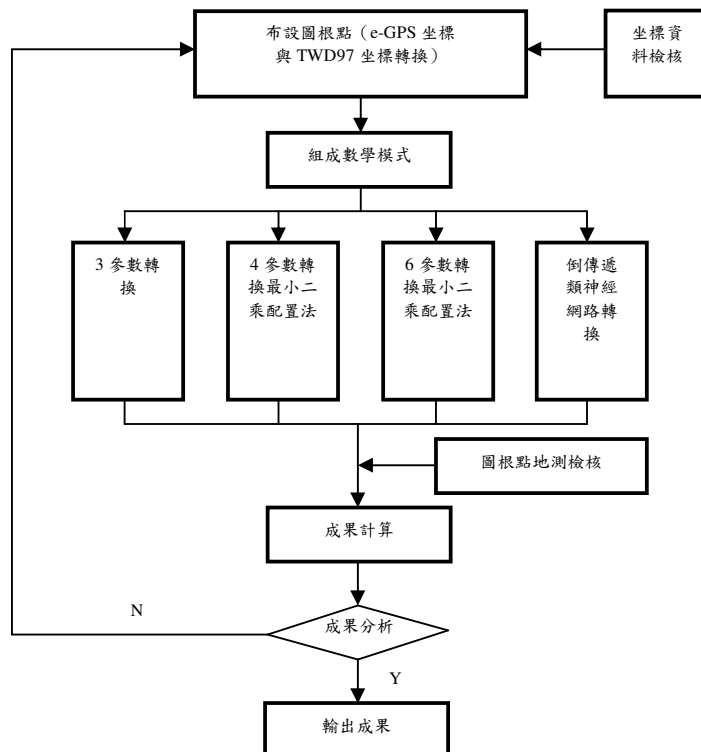


圖2 e-GPS坐標與TWD97坐標轉換研究流程圖

(二)舊地籍坐標與TWD97坐標轉換：選擇具有舊地籍坐標與TWD97坐標的控制點，以本研究規劃之不同轉換模式計算求取該區最佳轉換模式及參數，用以繪製近似原始地籍圖規格之TWD97坐標圖廓，以其圖廓點與圖解數化地籍圖之圖廓點進行坐標轉換，改善地籍圖圖紙伸縮

及變形之問題。坐標轉換流程如圖3。由於圖解區每一地籍圖圖幅之伸縮及變形量不相同且具有不規則的特性（董荔偉，2006），因此不規則性可以應用於後續TWD97坐標與圖解數化地籍圖之坐標轉換項目。

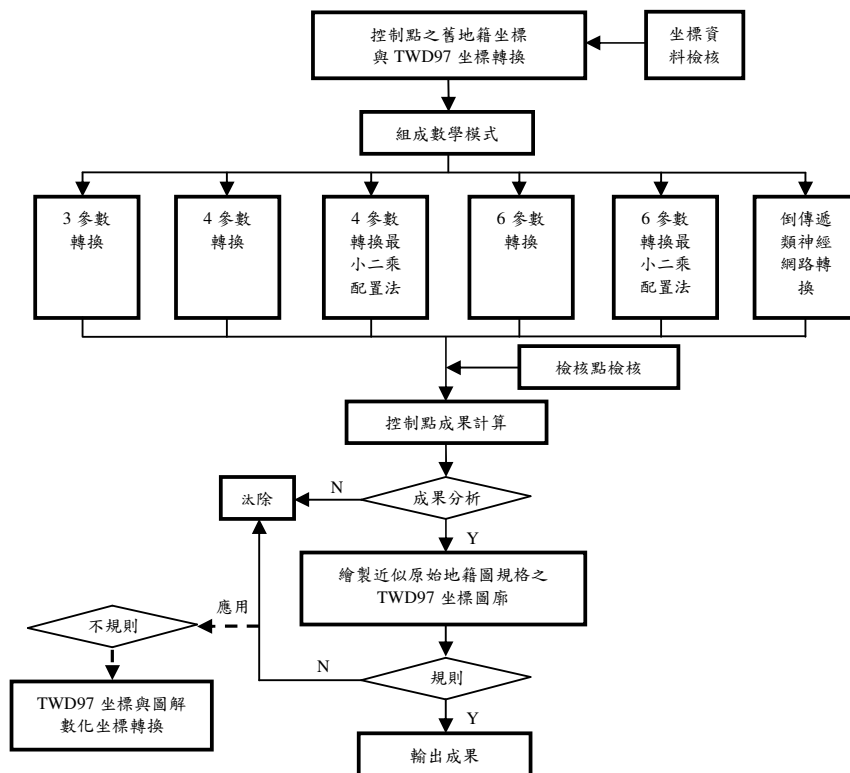


圖3 舊地籍坐標與TWD97坐標轉換研究流程圖

(三)TWD97坐標與圖解數化地籍圖之坐標轉換:以本研究規劃之最合適之轉換模式計算求取每一圖幅的轉換參數,將實測TWD97坐標現況測量成果展繪至圖解地籍圖之數化坐標,用於後續圖解區地籍圖的訂正。

二、理論基礎

(一) e-GPS: 為結合衛星定位、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(Web)等5項先進主流科技,並以全國各地所建置連線運作之衛星定位基準站就其連續定位觀測資料,建構區域性定位誤差之內插模

式,劃分為10個VBS-RTK定位服務區,(如圖4),因此在臺灣本島、綠島、蘭嶼、澎湖、金門及馬祖地區任何地點只要GPS衛星接收儀可同時接收5顆以上GPS衛星訊號,都可以全天候經由整合封包無線電服務技術GPRS(General Packet Radio Service)或其他無線上網方式,在短時間內以虛擬基準站(Virtual Base Station, VBS)為定位基礎之網路化即時動態定位(Network RTK)技術(如圖5)獲得公分級精度等級的即時動態定位服務(內政部國土測繪中心e-GPS入口網站,2011)。

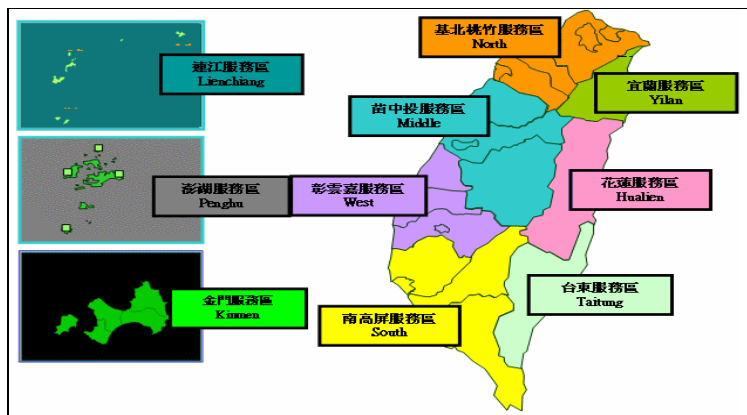


圖4 e-GPS定位服務區範圍 (內政部國土測繪中心, 2010)

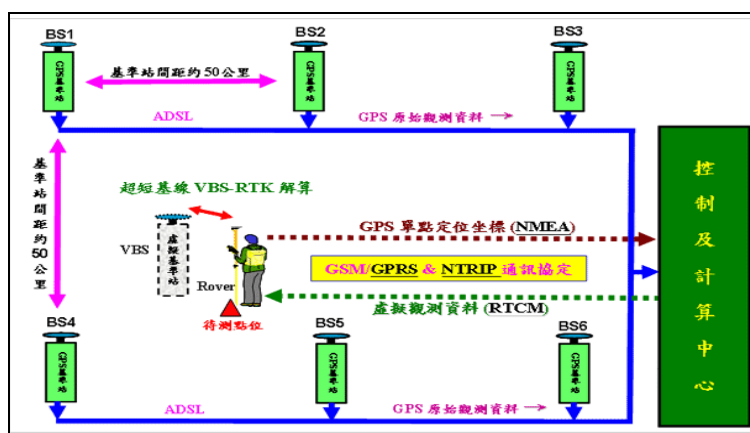


圖5 VBS-RTK定位系統示意圖 (內政部土地測量局, 2006)

e-GPS坐標理應以內政部87年度公佈之TWD97坐標系統為基礎。惟臺灣地區因位處於地殼變動劇烈地帶，且區域性之地表位移量於各地均有明顯差異，以及控制點的精度亦有等級之分等原因，也因此造成各基準站間之坐標精度已不敷進行相關基線資料解算，因此內

政部國土測繪中心在臺灣本島地區選定竹南地政事務所基準站(JUNA)為固定站，並自行定義一套以時間為函數之e-GPS坐標系統，如表1，做為本系統進行即時動態定位之坐標基準（內政部國土測繪中心，2010）。

表1 臺灣本島地區e-GPS坐標系統之基本定義
(內政部國土測繪中心 e-GPS 入口網站, 2011)

固定站點名		竹南(JUNA)	
國際坐標基準框架		ITRF94	
坐標定義起始時刻		2005年02月15日12:00:00	
X坐標	-2975764.7118	X速度量	0.0083公尺/年
Y坐標	4976994.8411	Y速度量	-0.0006公尺/年
Z坐標	2647324.2334	Z速度量	-0.0129公尺/年

(二)地籍圖坐標有舊地籍坐標、圖解數化坐標、TWD67坐標及TWD97坐標，其定義如表2。

(註1：內政部國土測繪中心入口網站，2011)；(註2：內政部土地測量局，2007)。

表2 地籍圖坐標系統定義比較表

名稱 項目	舊地籍坐標 (註1)	圖解數化坐標 (註2)	TWD67坐標 (註1)	TWD97坐標 (註1)
起始時間	日據時期	民國86年	民國69年	民國87年
坐標原點	臺中公園 主三角點89號	左下方圖廓點	南投埔里虎子山 一等三角點	ITRF推算之地心 及BIH定義之方位
測量方式	圖解法	圖解法	圖解法及數值法	數值法
投影方式	無	依地籍圖類別	2° TM及3° TM	2° TM
投影 坐標原點	無	依地籍圖類別	中央子午線與赤道之交 點向西平移25萬及35萬 公尺	中央子午線與赤道之 交點向西平移25萬公 尺
坐標單位	間	間及公尺	公尺	公尺

(三)3參數轉換：含1個旋轉角及2個平移量（翁享裕，2006），數學式如(1)。

$$\begin{cases} Y_2 = Y_1 \cos T + X_1 \sin T + Y_0 \\ X_2 = -Y_1 \sin T + X_1 \cos T + X_0 \end{cases} \quad (1)$$

式中， X_2 、 Y_2 ：共同點轉換後坐標； X_1 、 Y_1 ：共同點轉換前坐標； T ：旋轉角； X_0 、 Y_0 ：平移量。

(四)4參數轉換：含1個旋轉角、1個尺度量及2個平移量（翁享裕，2006），數學式如(2)。

$$\begin{cases} Y_2 = (Y_1 \cos T + X_1 \sin T)S + Y_0 \\ X_2 = (-Y_1 \sin T + X_1 \cos T)S + X_0 \end{cases} \quad (2)$$

式中， X_2 、 Y_2 ：共同點轉換後坐標； X_1 、 Y_1 ：共同點轉換前坐標； T ：旋轉角； S ：尺度參數； X_0 、 Y_0 ：平移量。

假設 $a = S \cos T$ ， $b = S \sin T$ ， $c = Y_0$ ， $d = X_0$ ，則(2)式可以(3)式表示：

$$\begin{cases} Y_2 = aY_1 + bX_1 + c \\ X_2 = -bY_1 + aX_1 + d \end{cases} \quad (3)$$

式中， a ：尺度量； b ：旋轉量； c 、 d ：平移量。

(五)6參數轉換：含1個旋轉角、2個尺度量、1個軸系不正交偏角及2個平移量（翁享裕，2006）。數學式如(4)：

$$\begin{cases} Y_2 = S_y \cos(T+U)Y_1 + S_x \sin T X_1 + Y_0 \\ X_2 = -S_y \sin(T+U)Y_1 + S_x \cos T X_1 + X_0 \end{cases} \quad (4)$$

式中， X_2 、 Y_2 ：共同點轉換後坐標； X_1 、 Y_1 ：共同點轉換前坐標； T ：旋轉角； S_x 、 S_y ：尺度參數； U ：軸系不正交之偏角； X_0 、 Y_0 ：平移量。

假設 $a = S_y \cos(T+U)$ ， $b = S_x \sin T$ ， $c = Y_0$ ， $e = -S_y \sin(T+U)$ ， $f = S_x \cos T$ ， $d = X_0$ ，則(4)式可以(5)式表示：

$$\begin{cases} Y_2 = aY_1 + bX_1 + c \\ X_2 = eY_1 + fX_1 + d \end{cases} \quad (5)$$

式中， a 、 f ：尺度量； b ：旋轉量； c 、 d ：平移量； e ：軸系不正交量。

(六)倒傳遞類神經網路：是由層與層所組成，基礎架構包括輸入層

(Input Layer)、隱藏層(Hidden Layer)和輸出層(Output Layer)等三層網路所連結。倒傳遞神經網路處理單元之輸出入值之關係(葉怡成, 1999)如下:

$$Y_j = M(\text{net } j) \quad (6)$$

$$\text{net } j = \sum W_{ij} X_i - \theta_j \quad (7)$$

式中, Y_j : 輸出變數; M : 轉換函數; W_{ij} : 連結加權值; X_i : 輸入變數; θ_j : 門限值, 又稱偏權值、閾值。

三、資料蒐集與處理

(一)研究區域簡介: 研究區域為新設輸電線路「巴陵山線69仟伏輸電線路#1-#15鐵塔預為分割作業」。該輸電線路坐落於桃園縣復興鄉山區, 地籍範圍涵蓋桃園縣復興鄉高坡段為圖解區(如圖6之區域1)、羅浮段為數值區(如圖6之區域2)及色霧閣段為圖解區(如圖6之區域3), 其中點線為輸電線路, 長度約5.5公里, 地籍圖圖幅數量計10幅, 面積約為660公頃。

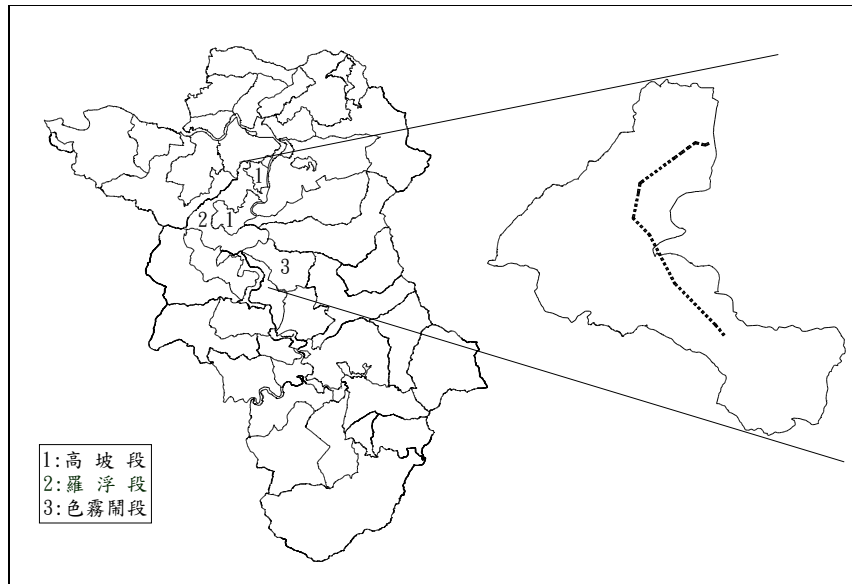


圖6 復興鄉地段圖

(二)檢測控制點及圖根點計算: 由於e-GPS坐標與TWD97坐標間具有區域性偏差值, 因此採用作業範圍內之各等級控制點作為e-GPS坐標與TWD97坐標轉換所需檢測之控制點, 經檢測合格後, 使用本研究規劃之不同坐標轉換模式進行坐標轉換, 將e-GPS坐標套合至TWD97

坐標, 再應用於圖根點計算。本研究選取檢測控制點(圓形點位)及鐵塔中心位置分布情形如圖7, 其中檢測的控制點包含三等控制點3點、四等控制點9點及水準點6點, 合計18點。採用e-GPS布設圖根點以每施測1座鐵塔布設3點圖根點且能互相通視, 並採用經緯儀以光

線法觀測鐵塔所有樁位或是鄰近可靠界址點為原則。若因地形與地貌影響圖根點通視性、圖根點透空度不佳、行動式數據GPRS無法傳輸及其他等因素之影響，而無法達到前述布設圖根點之原則時，於鄰近

處所另尋適當之圖根點布設位置後，以補點導線模式布設圖根補點，經檢測合格後用以現況測量。研究中以施測編號3號鐵塔位置作為採用e-GPS辦理圖根測量與傳統導線辦理圖根測量之比較，如表3。

表3 不同模式辦理施測3號鐵塔位置所需之圖根測量比較

項目		模式	
		e-GPS	導線
外業	作業人數(人)	2	4
	作業時間(分)	15	60
	圖根數量(點)	3	14
內業作業時間(分)		5	20
圖根點位精度		一致性	誤差累積性

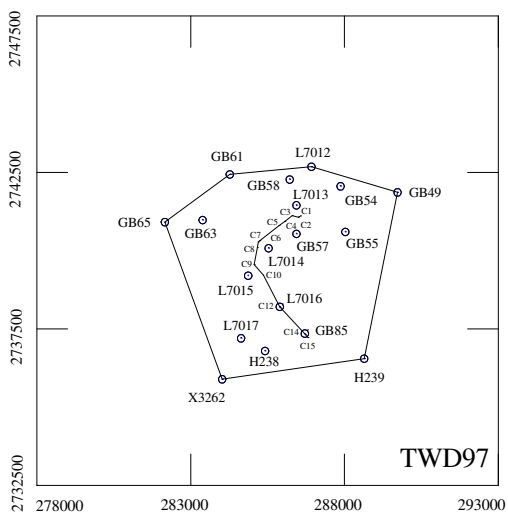


圖7 檢測控制點及鐵塔分布圖(公尺)

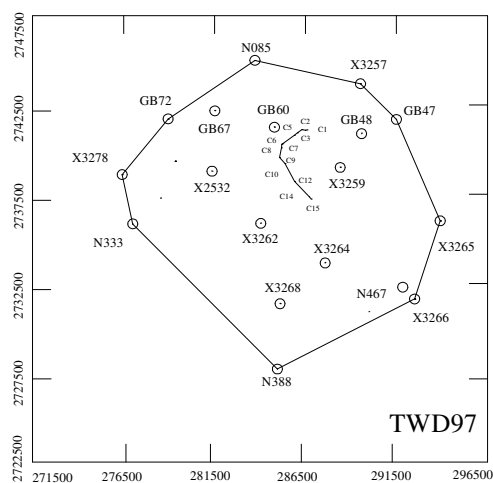


圖8 圖廓計算控制點及鐵塔分布圖(公尺)

(三)地籍圖TWD97坐標圖廓計算：研究區內之原始測設圖廓規格係以圖幅左下方之圖廓點為基準，為向北400間乘以向東500間，夾角為90度，繪製成一長方形圖廓，經單位化算至公尺後圖廓規格約為向北727.273公尺乘以向東909.091公尺。而繪製近似原始地籍圖規格之TWD97坐標圖廓，其目的是以其圖廓點與圖解數化地籍圖之圖廓點進行坐標轉換，用以改善地籍圖圖

紙伸縮及變形之問題；所需控制點選取原則，以涵蓋鐵塔用地及其附近範圍內，同時具有舊地籍坐標與TWD97坐標之各等級控制點，規劃時盡量避免有外插情形發生。本研究選取控制點(外圍相連接之圓形點位為坐標轉換共同點，內圍無相連接之圓形點位為坐標轉換檢核點)及鐵塔中心位置分布情形如圖8，其中控制點包含二等衛星控制點4點、三等控制點9點及四等控制

點5點，合計18點。再以控制點檢核合格之坐標轉換模式及參數，於研究區內繪製16個地籍圖圖廓，與原始圖廓規格作比較，判別本研究規劃之不同坐標轉換模式用於繪製近似原始地籍圖規格之TWD97坐標圖廓的適用性。

(四) 鐵塔位置展繪至圖解數化地籍圖：由於圖解區每一地籍圖圖幅之伸縮及變形量不相同且具有不規則的特性（董荔偉，2006），因此本研究以各圖幅作為區分，並分別以繪製完成並具有TWD97坐標之各圖幅圖廓點與圖解數化地籍圖坐標之各圖幅圖廓點，採用本研究規劃及適用性較佳之坐標轉換模式

進行坐標轉換，若鐵塔位置涵蓋不同圖幅時，則分別以各圖幅進行坐標轉換，將鐵塔位置展繪至圖解數化地籍圖之坐標，用於後續圖解區地籍圖的訂正。

四、成果與分析

(一) e-GPS坐標與TWD97坐標轉換

1、檢測控制點：本研究檢測控制點角度數量合計288個，以坐標反算角度減去實測角度之較差，其分布情形如圖9。檢測控制點距離數量合計153個，距離之較差比值分布情形如圖10。

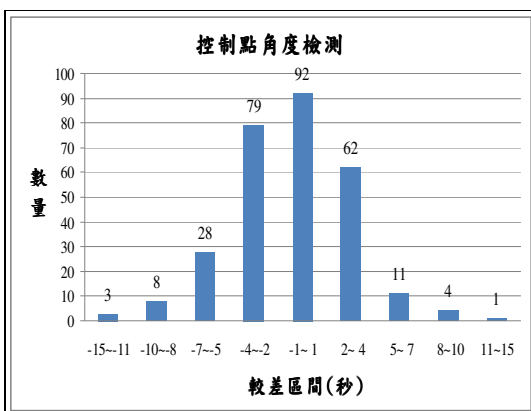


圖9 控制點角度檢測較差

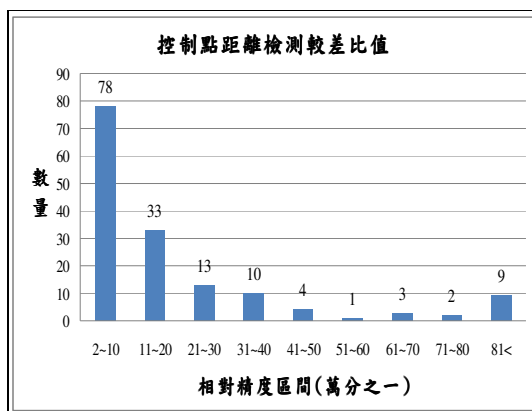


圖10 控制點距離檢測較差比值

結果顯示控制點角度較差值區間為-15至12秒，符合已知控制點檢測成果之較差在±20秒以內之規範（內政部國土測繪中心，2009）。控制點距離之較差比值區間為1/20,273至1/9,999,999，符合已知控制點檢測成果之較差小

於1/20,000之規範（內政部國土測繪中心，2009）。

2、布設圖根點

(1)3參數轉換：圖根點位間之夾角及距離地測檢核成果如圖11及圖12。

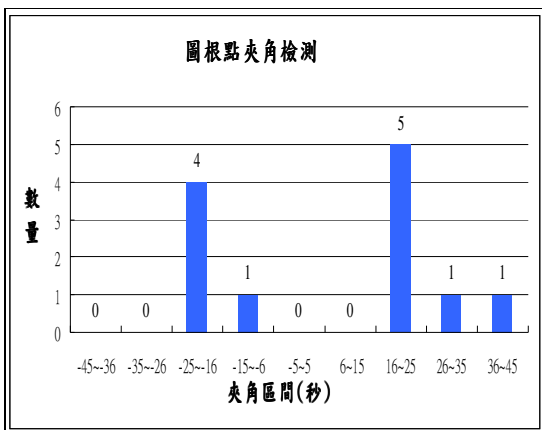


圖11 3參數轉換圖根點夾角檢測

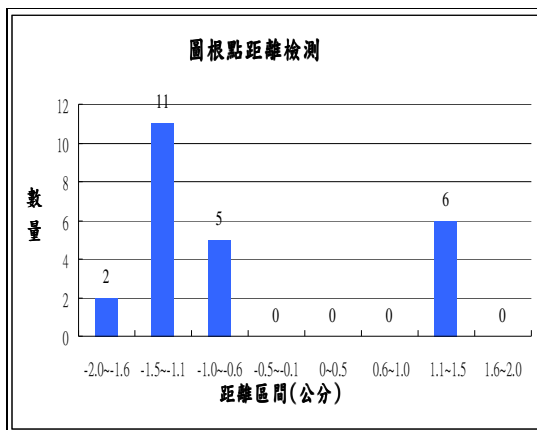


圖12 3參數轉換圖根點距離檢測

成果顯示3參數轉換圖根點點位間地測實量角度減去坐標反算角度較差量介於-24至40秒；地測實量距離減去坐標反算距離較差量介於-1.7至1.4公分。

(2)4參數轉換最小二乘配置法：圖根點位間之夾角及距離地測檢核成果如圖13及圖14。

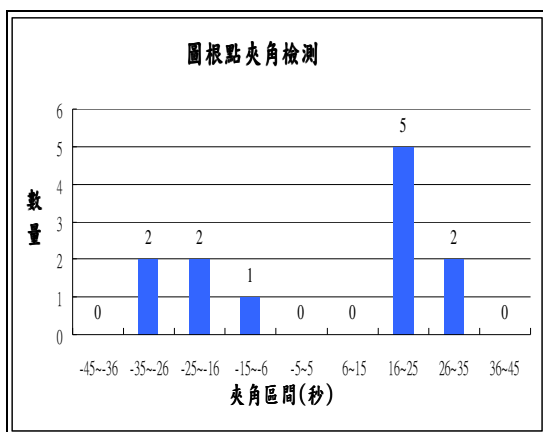


圖13 4參數轉換最小二乘配置法圖根點夾角檢測

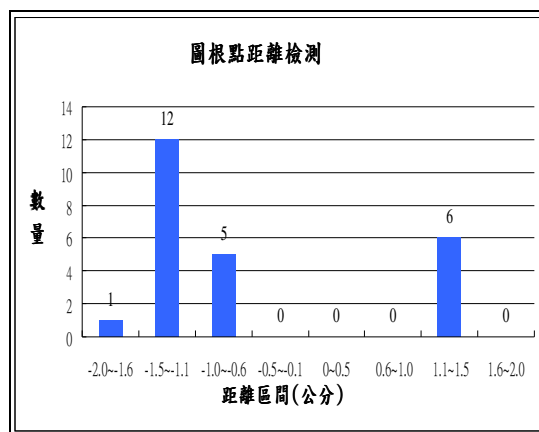


圖14 4參數轉換最小二乘配置法圖根點距離檢測

成果顯示4參數轉換最小二乘配置法圖根點點位間地測實量角度減去坐標反算角度較差量介於-34至33秒；地測實量距離減去坐標反算距離較差量介於-1.6至1.4

公分。

(3)6參數轉換最小二乘配置法：圖根點位間之夾角及距離地測檢核成果如圖15及圖16。

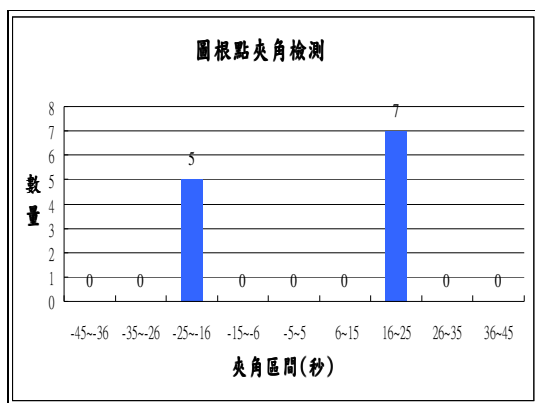


圖15 6參數轉換最小二乘配置法
圖根點夾角檢測

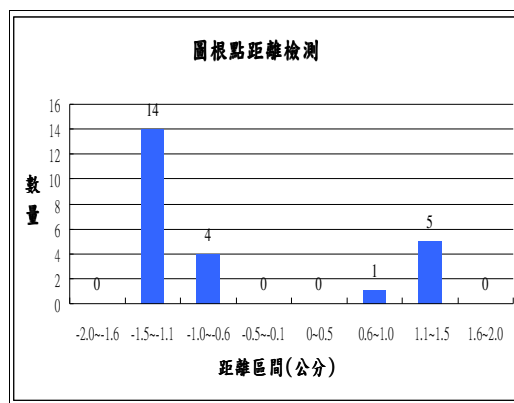


圖16 6參數轉換最小二乘配置法
圖根點距離檢測

成果顯示6參數轉換最小二乘配置法圖根點點位間地測量角度減去坐標反算角度較差量介於-25至25秒；地測量距離減去坐標反算距離較差量介於-1.5至1.4公分。

- (4) 倒傳遞類神經網路：使用 Matlab類神經網路工具箱中之訓練函數，其可區分為普通訓練函數（如：traingd、traingdm）、快速訓練函數（如：traingda、traingdx、trainrp）、共軛梯度更新法（如：traincgf、traincgp、traincgb、trainscg）、Quasi-Newton 演算法（如：trainbfg、trainoss）及 LM（Levenberg-Marquardt）演算法

函數（如：trainlm）。在訓練前須將輸出入樣本映射到合理的區間中，稱「尺度化」，網路在訓練後，利用網路推論所得之輸出值須經「反尺度化」映射為真實尺度（羅華強，2008）。再以前述之訓練函數與隱藏層單元數組合進行圖根點坐標轉換，而隱藏層單元數選取原則是將本研究分別定義為簡單問題、一般問題及困難問題等方式，因此隱藏層單元數分別為2、4及8，並採用檢測控制點坐標轉換之RMS值較小者為坐標轉換模式，如表4。

表4 圖根點轉換之訓練函數及其RMS（單位：公尺）

訓練函數	隱藏層單元數		
	2	4	8
traingd	±0.048	±0.045	±0.048
traingdm	±0.046	±0.048	±0.048
traingda	±0.043	±0.048	±0.044
traingdx	±0.047	±0.046	±0.046
trainrp	±0.042	±0.047	±0.044
traincgf	±0.088	±0.148	±0.105
traincgp	±0.072	±0.099	±0.103
traincgb	±0.054	±0.044	±0.119
trainscg	±0.048	±0.048	±0.047
trainbfg	±0.047	±0.047	±0.048
trainoss	±0.051	±0.051	±0.048
trainlm	±0.048	±0.048	±0.048

結果顯示trainrp訓練函數隱藏層單元數目為2進行控制點坐標轉換之RMS值最小，為±0.042公尺，因此以本研究於布設圖根點之倒傳遞類神經網路模式選用

trainrp訓練函數隱藏層單元數目為2進行坐標轉換。轉換之圖根點位間之夾角及距離地測檢核成果如圖17及圖18。

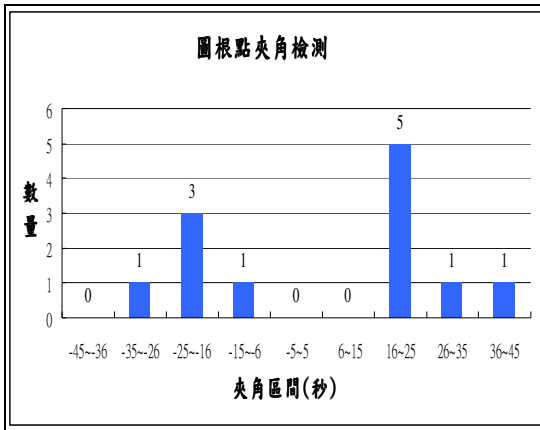


圖17 倒傳遞類神經網路轉換圖根點夾角檢測

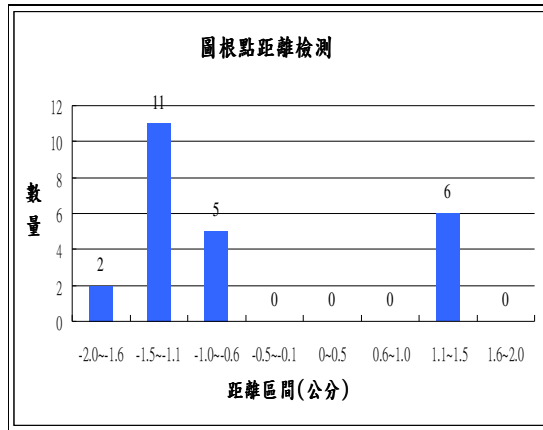


圖18 倒傳遞類神經網路轉換圖根點距離檢測

成果顯示倒傳遞類神經網路轉換圖根點點位間地測實量角度減去坐標反算角度較差量介於-29至40秒；地測實量距離減去坐標反算距

離較差量介於-1.7至1.4公分。

(5) e-GPS坐標與TWD97坐標間轉換模式分析：如表5。

表5 不同坐標轉換模式布設圖根點之比較

模式 \ 項目	地測檢核 角度較差 (秒)	地測檢核 距離較差 (公分)
3 參數轉換	-24~40	-1.7~1.4
4 參數轉換 最小二乘配置法	-34~33	-1.6~1.4
6 參數轉換 最小二乘配置法	-25~25	-1.5~1.4
倒傳遞類神經網路轉換	-29~40	-1.7~1.4

由研究結果資料顯示，布設圖根點之 e-GPS 坐標與 TWD97坐標轉換，圖根點使用3參數轉換、4參數轉換最

小二乘配置法、6參數轉換最小二乘配置法及倒傳遞類神經網路轉換，以全測站經緯儀辦理點位間之距離

地測檢核成果，皆符合圖根測量觀測成果之採RTK觀測者其相鄰點位直接距離觀測檢測較差應小於3公分之規範（內政部國土測繪中心，2009）。其中以6參數轉換最小二乘配置法轉換模式之地測檢核角度較差區

間及地測檢核距離較差區間最小，其距離誤差量最大為-1.5公分。因此本研究於布設圖根點之e-GPS坐標與TWD97坐標轉換採用6參數轉換最小二乘配置法轉換模式，最佳轉換參數如表6。

表6 e-GPS布設圖根點之轉換參數

$\begin{cases} Y_2 = aY_1 + bX_1 + c \\ X_2 = eY_1 + fX_1 + d \end{cases}$	
a= 1.00000500313	e= 0.00000627460
b=-0.00000111784	f= 0.99999347957
c= -0.04572661193	d=-0.01417090759

(二)舊地籍坐標與TWD97坐標轉換

1、控制點轉換

(1) 共同點轉換是以3參數轉換、4參數轉換、4參數轉換最小二乘配置法、6參數轉換、6參數轉換最小二乘配置法及倒傳遞類神經網路轉換等模式進行坐標轉換，其中倒傳遞類神經網路模式之訓練函數與隱藏層單元數組合之設定與前述圖根點坐標轉換時相同，並

採用控制點（共同點）坐標轉換之RMS值較小者為坐標轉換模式，如表7。結果顯示trainrp訓練函數隱藏層單元數目為2進行控制點（共同點）坐標轉換之RMS值最小，為±0.228公尺，因此本研究於倒傳遞類神經網路模式選用trainrp訓練函數隱藏層單元數目為2進行坐標轉換。

表7 圖廓計算之訓練函數及其RMS（單位：公尺）

訓練函數	隱藏層單元數		
	2	4	8
traingd	±0.256	±0.233	±0.274
traingdm	±0.251	±0.233	±0.230
traingda	±0.245	±0.249	±0.284
traingdx	±0.271	±0.256	±0.273
trainrp	±0.228	±0.259	±0.239
traingcf	±0.334	±0.261	±0.256
traingcp	±0.296	±0.333	±0.326
traingcb	±0.236	±0.273	±0.234
traingcg	±0.240	±0.316	±0.284
traingbf	±0.232	±0.253	±0.238
traingoss	±0.284	±0.264	±0.261
trainglm	±0.235	±0.235	±0.235

(2)舊地籍坐標與TWD97坐標間轉換共同點轉換成果如圖19，檢核點轉換成果如圖20。結果顯示採用3參數轉換之成果顯示共同點位置差介於0.751至1.556公尺；檢核點位置差介於0.333至1.254公尺。4參數轉換之成果顯示共同點位置差介於0.093至0.359公尺；檢核點位置差介於0.063至0.293公尺。4參數轉換最小二乘配置法成果顯示共同點強制套合至TWD97坐標，檢核點

位置差介於0.049至0.168公尺。6參數轉換之成果顯示共同點位置差介於0.088至0.289公尺；檢核點位置差介於0.018至0.265公尺。6參數轉換最小二乘配置法成果顯示共同點強制套合至TWD97坐標，檢核點位置差介於0.050至0.165公尺。倒傳遞類神經網路轉換之成果顯示共同點位置差介於0.075至0.362公尺；檢核點位置差介於0.050至0.330公尺。

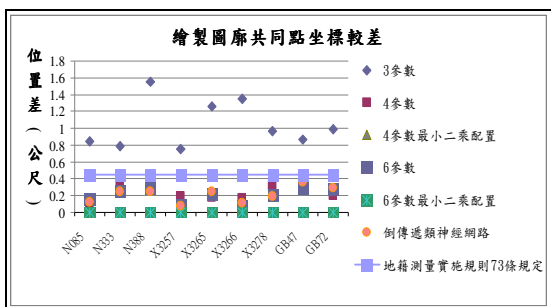


圖19 繪製圖廓共同點坐標較差

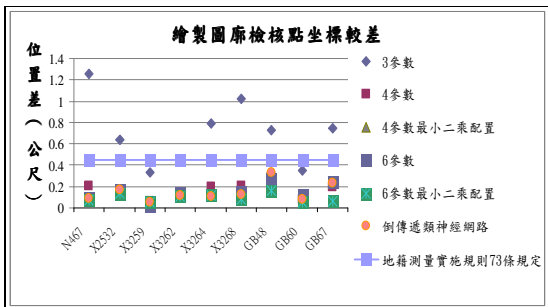


圖20 繪製圖廓檢核點坐標較差

(3)舊地籍坐標與TWD97坐標間轉換模式分析：由研究結果資料顯示，控制點使用3參數轉換後共同點位置差未符合「地籍測量實施規則第73條」規定：戶地測量採數值法測繪者，其圖根點至界址點之位置誤差於山地不得超過最大誤差45公分（全國法規資料庫入口網站，2011）。使用4參數轉換、4參數轉換最小二乘配置

法、6參數轉換、6參數轉換最小二乘配置法及倒傳遞類神經網路轉換後共同點及檢核點位置差皆符合規定。

2、繪製圖廓：採用符合「地籍測量實施規則第73條」規定之4參數轉換、4參數轉換最小二乘配置法、6參數轉換、6參數轉換最小二乘配置法及倒傳遞類神經網路坐標轉換模式於研究區內繪製16個具有TWD97坐

標地籍圖圖廓與原始圖廓規格作檢核及比較。由研究結果顯示，繪製TWD97坐標地籍圖圖廓與原始圖廓規格作檢核及比較如表8，其所繪製之圖廓，其N較差及E較差皆符合「地籍測量實施規則第73條」(全國法規資料庫入口網站，2011)之規範。其中以4參數轉換模式繪製圖廓於各項目之較差量間較具

有規則性及軸系間正交之特性，較符合原始測設圖廓規格，較適用於繪製近似原始地籍圖規格之TWD97坐標圖廓，最佳轉換參數如表9。另外使用6參數轉換最小二乘配置法模式繪製圖廓於各項目之較差量間較具有不規則性及軸系間不正交之特性。

表8 不同坐標轉換模式繪製TWD97坐標圖廓之比較

項目 模式	繪製圖廓 N 較差 (公尺)	繪製圖廓 E 較差 (公尺)	繪製圖廓 角度較差 (秒)
4 參數轉換	0.089~0.090	0.112~0.113	0
4 參數轉換 最小二乘配置法	0.074~0.077	0.092~0.098	1~5
6 參數轉換	0.097~0.098	0.104~0.105	4~5
6 參數轉換 最小二乘配置法	0.081~0.087	0.088~0.094	4~9
倒傳遞類神 經網路轉換	0.096~0.098	0.104~0.106	5~6

表9 繪製TWD97坐標地籍圖圖廓之轉換參數

$\begin{cases} Y_2 = aY_1 + bX_1 + c \\ X_2 = -bY_1 + aX_1 + d \end{cases}$	
a= 1.00012151108	c=2670970.67173656449
b=-0.00234207163	d= 217995.77158313344

(三)TWD97坐標與圖解數化坐標轉換

本研究巴陵山線69仟伏新設輸電線路#1-#15鐵塔預為分割作業，地籍範圍涵蓋桃園縣復興鄉高坡段、羅浮段及色霧鬧段，地籍圖圖幅數量計10幅，圖幅位置分布如圖21。其中羅浮段地籍圖性質屬於TWD97坐標之數值區，地籍圖無伸縮及變形的情形，可直接將實測鐵塔位置展繪至地籍圖；高坡段（圖幅編號1、4及7）及色霧鬧段（圖幅編號3）地籍圖性質屬於舊

地籍坐標之圖解區並具有圖解數化坐標。由於圖解區地籍圖有伸縮及變形的情形，以研究區內數化地籍圖圖廓規格減去原始圖廓規格並比較其伸縮及變形量如表10，各圖幅N較差量介於-2.446至3.797公尺，各圖幅E較差量介於-1.863至1.987公尺，各圖幅角度較差量介於-813至277秒，顯示每一圖幅之伸縮及變形量不相同且具有不規則的特性，因此本研究以各圖幅作為區分，並分別進行坐標轉換。

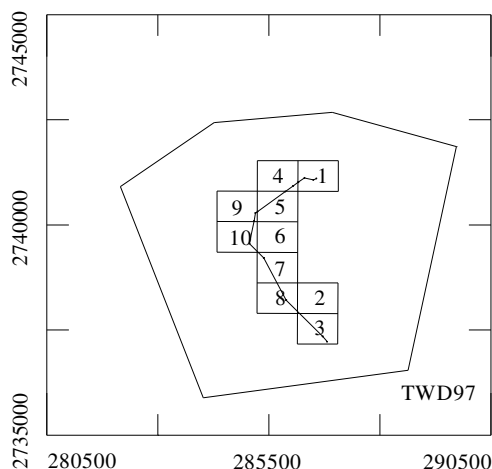


圖21 圖幅位置分布圖 (公尺)

表10 研究區地籍圖伸縮及變形量

圖幅編號	N 較差 (公尺)	E 較差 (公尺)	角度較差 (秒)
1	3.797	-1.863	-813
3	2.250	1.987	81
4	-0.181	-0.900	277
7	-2.446	-1.568	-51

由於圖解地籍圖的伸縮及變形量具有不規則的特性，本研究於繪製TWD97坐標圖廓之比較成果顯示，以6參數轉換最小二乘配置法之坐標轉換模式成果較符合不規則的特性，所以選用此模式用於改正圖解地籍圖的伸縮及變形的問題；以使用繪製完成並具有TWD97之圖廓點坐標與圖解數化地籍圖之圖廓點坐標進行坐標轉

換，將TWD97坐標之鐵塔位置展繪至圖解數化地籍圖之坐標，用於後續圖解區地籍圖的訂正。

TWD97坐標與圖解數化坐標轉換後，再以圖廓左下方之圖廓點為基準，以展繪鐵塔中心樁位置作比較，將圖解地籍圖伸縮及變形改正後位置減去改正前位置之較差，並比較鐵塔塔位之面積較差，如表11。

表11 鐵塔位置展繪前與展繪後之較差

鐵塔編號	1	2	3	4	5	11	14	15
中心樁位置差 (公尺)	2.240	2.024	1.774	1.111	0.539	1.804	1.065	1.186
鐵塔規劃面積 (平方公尺)	289	289	289	289	289	289	289	289
鐵塔面積較差 (平方公尺)	0.33	0.11	-0.50	-1.00	-0.11	1.06	-1.34	-1.35

研究結果顯示，地籍圖伸縮及變形 所造成鐵塔中心樁的位置較差為0.539公

尺至2.240公尺，超過「地籍測量實施規則第73條」(全國法規資料庫入口網站，2011)之規定，因此圖解區應辦理地籍圖圖紙伸縮及變形之改正。面積較差為-1.35平方公尺至1.06平方公尺，符合「地籍測量實施規則第243條」(全國法規資料庫入口網站，2011)面積計算之規定。

五、結論與建議

- (一)山區以e-GPS布設圖根點，經由3參數轉換、4參數轉換最小二乘配置法、6參數轉換最小二乘配置法及倒傳遞類神經網路等模式轉換至TWD97坐標後，以全測站經緯儀辦理圖根點地測檢核，結果顯示皆符合圖根測量觀測成果之採RTK觀測者其相鄰點位直接距離觀測檢測較差應小於3公分之規範。而6參數轉換最小二乘配置法之模式地測檢核距離較差區間較小，其距離誤差量最大為1.5公分。
- (二)以同時具有舊地籍坐標及TWD97坐標之控制點經由3參數轉換、4參數轉換、4參數轉換最小二乘配置法、6參數轉換、6參數轉換最小二乘配置法及倒傳遞類神經網路等模式之坐標轉換後，並繪製地籍圖圖廓與原始地籍圖圖廓規格比較。結果顯示以4參數轉換後所繪製之地籍圖圖廓，其N較差區間、E較差區間及角度較差較小，並具有軸系正交之特性。
- (三)本研究採用以繪製圖廓之成果顯示較符合不規則特性的6參數轉換最小二乘配置法模式辦理TWD97坐標與數化坐標間之坐標轉換，適用於後續圖解區地籍圖的訂正。

(四)倒傳遞類神經網路應用於e-GPS坐標與TWD97坐標間以及舊地籍坐標及TWD97坐標間之轉換，其成果皆符合地籍測量作業規範之精度要求。

(五)本研究以桃園縣復興鄉山區為例，惟臺灣地區因位處於地殼變動劇烈地帶，倘若研究區域位於地表位移量較大之地區(如花蓮、台東)，則以e-GPS檢測控制點及布設圖根點之作業方式，值得後續研究與討論。

參考文獻

- 1.內政部土地測量局(2005)，圖解地籍圖數化計畫工作成果報告，第1-22頁。
- 2.內政部土地測量局(2006)，e-GPS衛星基準站即時動態定位系統VBS-RTK定位測試成果報告，第3-46頁。
- 3.內政部土地測量局(2007)，打造地籍圖新風貌-圖解地籍圖數值化計畫20年工作紀實，第7-13頁。
- 4.內政部國土測繪中心(2009)，地籍圖重測成果檢查作業須知，第4-21頁。
- 5.內政部國土測繪中心(2010)，98年度三等精度控制點速度場測量及管理維護作業工作總報告，第5-55頁。
- 6.林文亮(2007)，e-GPS系統應用於圖根控制測量之探討-以臺中縣龍井鄉重測區為例，中興大學土木工程學系研究所碩士論文，臺中，73頁。
- 7.翁享裕(2006)，建物測量成果圖加值運用-以臺中市1/1000數值地形圖房屋圖層資料更新為例，臺中市

- 政府自行研究報告，臺中，95年度。 No. 2, pp. 64-70.
8. 陳文通(2006)，VRS-GPS網絡RTK技術及其應用，福建建設科技，第1期，第36-38頁。
 9. 梁煜誠(2006)，VRS-RTK應用於圖根點補建之坐標轉換區域研究-以大湖地區為例，中興大學土木工程學系研究所碩士論文，臺中，89頁。
 10. 葉怡成(1999)，應用類神經網路，儒林圖書有限公司，第(2-1)-(3-66)頁。
 11. 董荔偉(2006)，圖解數化地籍圖接合方法改進之研究，中興大學土木工程學系研究所碩士論文，臺中，85頁。
 12. 賴清陽(2009)，應用倒傳遞神經網路於町面坐標轉換之研究-以臺中市西屯區龍門段為例，中興大學土木工程學系研究所碩士論文，臺中，86頁。
 13. 羅華強(2008)，類神經網路-MATLAB的應用，高立圖書有限公司，第(2-1)-(6-38)頁。
 14. <http://law.moj.gov.tw/LawClass/LawAll.aspx?PCode=D0060053>，(全國法規資料庫入口網站)，前次查訪2011/05/05。
 15. <http://www.egps.nlsc.gov.tw/>，(內政部國土測繪中心e-GPS入口網站)，前次查訪2011/05/05。
 16. <http://www.nlsc.gov.tw/>，(內政部國土測繪中心入口網站)，前次查訪2011/05/05。
 17. You, R. J. and Hwang, H. W. (2006), Coordinate Transformation between Two Geodetic Datums of Taiwan by Least-Squares Collocation, Journal of Surveying Engineering, Vol. 132,