

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¹ 詹君正²

論文收件日期：98年11月18日

論文接受日期：99年7月19日

摘 要

內政部國土測繪中心為擴大RTK有效作業範圍，同時降低主站布設密度，透過網際網路高速、寬頻之數據傳輸技術，建置完成全國性電子化衛星定位測量基準網（e-GPS），就其連續定位觀測資料，建構區域性定位誤差內插模式，並配合虛擬基準站（Virtual Base Station, VBS）即時動態定位技術（Real-Time Kinematic, RTK）（簡稱VBS-RTK），獲得高精度的定位成果，提供多目標定位服務及加值應用。本文利用e-GPS衛星定位基準站即時動態定位系統北區服務網為基準網，探討以VBS-RTK定位技術應用於圖根測量及直接辦理土地複丈之可行性。首先檢核實驗區內控制點與圖根點成果發現，縱坐標（N）較差絕對值之平均值為1.9公分，橫坐標（E）較差平均值為2.0公分。經分析，本實驗區之VBS-RTK測量成果與原坐標成果間有系統誤差存在，透過六參數轉換後，其坐標較差值均符合圖根點測量規範。其次，以VBS-RTK直接辦理土地複丈，其界址點坐標成果較差亦均符合界址點位置檢查與原坐標值之較差不得超過6公分之規定。

關鍵詞：e-GPS 衛星定位基準站、即時性動態定位、虛擬基準站

¹教授，中華科技大學土木工程系，TEL：（02）2786-4448轉15，E-mail：ahsin37@cc.cust.edu.tw。

²臺北市政府地政處土地開發總隊科長。

The Accuracy of Land Revision Survey with Virtual Base Stations RTK

Wei-Hsin Ho¹ and Chun-Chen Chan²

Abstract

For extending the effective range and decreasing the density of base stations, National Land surveying and Mapping Center, Ministry of Interior in Taiwan had built up an e-GPS base stations network in 2006. In order to obtain high precision results of positioning and provide multi-goals service, this system is also involved regional position error interpolation and Virtual Base Station (VBS) technique.

The discussions of supplementary control survey and land revision survey with VBS-RTK technique will be conducted in this issue. Firstly, the all 4th and higher order control points and the traverse points located at the research area were examined with VBS-RTK technique. The results were compared with the original data. The compared results have shown that the average differences of absolute value are 1.9cm in N-axis and 2.0cm in E-axis respectively. After either 4 or 6 parameters transformation, the results have shown that errors of all control points and traverse points are obeyed the stipulation of rules. Secondly, the land revision survey was implemented with VBS-RTK technique. The errors of all boundary points were less than 6cm and also obeyed the stipulation of rules.

Keywords: e-GPS, Real-Time Kinematic (RTK), Virtual Base Station (VBS)

¹ Professor, Department of Civil Engineering, China University of Science and Technology, TEL: +886-2-2786-4448 ext. 15, E-mail: ahsin37@cc.cust.edu.tw.

² Section Chief, Land Development Agency, Department of Land, Taipei City Government.

一、前 言

傳統單一參考站RTK在短基線時（6-10公里以內）可以達到公分級之定位精度，但RTK在應用中遇到的最大問題就是參考站改正資料的有效作用距離。為了克服傳統 RTK技術在作業距離上的缺陷，在Virtual Reference Station Systems (Landau et al., 2002) 文中已經發展使用GPS虛擬參考站（簡稱VRS）技術。台灣 e-GPS 電子基準站規劃設計及測試分析報告（曾清涼等，2003、2004）提出了e-GPS之網絡RTK的技術，在網絡 RTK 的技術中，單站的 GPS 基準站誤差模型將由區域性的GPS多基準站網絡誤差模型所取代。亦即採用多個基準站所組成的 GPS 網絡來評估該基準站網所涵蓋地區的 GPS 誤差模型，並以此建立虛擬基準站（Virtual Base Station, VBS）的模型觀測數據，提供該地區內RTK用戶作為主站之用，該VBS的觀測數據將會與RTK用戶觀測數據的誤差模型具有極高的相關性，因此當進行虛擬基準站即時動態定位技術（簡稱VBS-RTK）的差分處理後，可消除系統誤差，RTK定位精度因而得以提高。

內政部國土測繪中心為提供高精度即時定位之需要，並擴大RTK 有效作業範圍，已設置完成透過網際網路高速、寬頻之數據傳輸技術，建置全國性電子化衛星定位基準網（e-GPS），就其連續定位觀測資料，建構區域性定位誤差內插模式，並配合VBS-RTK，可獲得高精度的定位成果。

土地複丈作業為完成地籍測量後，地政事務所及測量機關經常性、永久性之地籍圖管理、維護工作。依各地區地籍圖資料的型態，有圖解法地籍圖土地複丈與數值法土地複丈兩種作業方式。數值法辦理土地複丈，是依據圖根點之已知坐標反算與界址點間的夾角與距離，在實地以全測站經緯儀依據相關之圖根點測定複丈土地之界址點，原則上只要圖根點的精度符合規定的要求，則複丈成果之精確度亦可符合規定。但是，大部分土地複丈地區的圖根點早已滅失，若依傳統數值法土地複丈，須先補設圖根點，既耗費作業時間亦影響複丈成果精度。所以，建立一套可在現場直接進行土地複丈作業的數值法土地複丈作業系統，是一非常重要的工作。

理論上使用VBS-RTK測量之技術，可運用於基本控制測量及圖根測量，或直接辦理土地複丈作業。因此，本文乃利用已建置完成之e-GPS衛星定位基準網，整合適當測量儀器，配合VBS-RTK技術應用於圖根點增、補建測量時，定位精度是否也能符合地籍測量實施規則之圖根點測量規範，並進一步探討以VBS-RTK技術直接進行土地複丈精度之測試。

二、研究範圍與方法

(一) 研究範圍

本研究選定臺北縣鶯歌鎮95年度辦理地籍圖重測地區為研究範圍，該地區位於臺北縣與桃園縣八德市臨接的鶯歌地區，是一個開發甚早的市鎮，區內除了有高樓大廈及公寓外，尚有農地、山坡地及林地，地形甚為複雜，可針對各種遮蔽情況下進行定位研究，且本研究實驗分析所須之數值資料均已建立，故選此地區為實驗範圍，位置如圖1所示。



圖1 實驗區範圍圖

(二) 研究方法

本研究採實驗研究法，利用全國性衛星定位基準網之VBS-RTK北區服務網，對實驗地區之四等控制點及圖根點進行觀測及界址點放樣，綜合觀測值分別與重測公告坐標成果及面積，進行比較分析，探討e-GPS衛星定位基準網之VBS-RTK辦理土地複丈之精度及可行性。

三、全國性e-GPS衛星定位基準網

(一) 基本組成架構

內政部國土測繪中心透過網際網路高速、寬頻之數據傳輸技術，採用VBS-RTK技術，建置全國性e-GPS衛星定位基準網即時動態定位系統，透過已建置完成之衛星定位基準站，每天24小時每1秒鐘連續接收GPS衛星資料，即時傳回控制及

計算中心，進行資料自動化處理後，在臺灣、澎湖及金馬地區之任何地點只要GPS衛星接收儀同時接收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）或其他無線上網方式，在極短的時間內，依使用者需求，獲得公分級精度等級的即時動態定位服務。

全國性e-GPS衛星定位基準網即時動態定位系統是國內第一套完整涵蓋全國範圍且可達公分級精度的即時性動態衛星定位系統，其基本組成架構分述如下：

1. 衛星定位基準網

衛星定位基準站之最佳建置間距以不超過70公里為原則，目前已於全國各地區建置79處基準站，主要功能如下：

- (1) 連續接收GPS 觀測資料。
- (2) 連續透過網際網路將GPS原始觀測資料即時傳輸至控制及計算中心。

2. 控制及計算中心

建置控制及計算中心伺服器的目的為集中管理各衛星基準站的GPS 資料，其主要功能如下：

- (1) 連續進行GPS 觀測資料之品管、儲存、處理與遠端監控。
- (2) 連續計算產生區域性定位誤差修正資料。
- (3) 組成VBS虛擬觀測資料。
- (4) 透過行動電話GSM/GPRS及RTCM網際網路傳輸通訊協定（NTRIP），將VBS虛擬觀測資料（RTCM 格式）傳送至移動站。

3. 移動站

採用虛擬基準站即時動態定位技術所須配合之基本配備，只要1組具有 RTK 解算功能之衛星定位接收儀、控制器及具有 GSM / GPRS 上網功能之 PDA 或其他相容之行動通訊設備，即可進行 VBS-RTK 定位解算，其作業流程如下：

- (1) 下載移動站GPS原始衛星觀測資料並計算產生導航定位坐標。
- (2) 透過GSM/GPRS及NTRIP將導航定位坐標（NMEA格式）傳輸至控制及計算中心。
- (3) 聯合移動站觀測資料及VBS虛擬觀測資料進行RTK 定位解算。

(二) 本實驗使用之定位服務網

e-GPS即時動態定位系統之VBS-RTK定位服務網，將台灣本島地區劃分為7個

區域性VBS-RTK定位服務網及1個全區性DGPS定位服務網，本實驗區位於北區服務網（North）範圍內，其定位服務範圍包括基隆市、台北市（縣）、桃園縣及新竹縣（市）等6市、縣（市），如圖2。

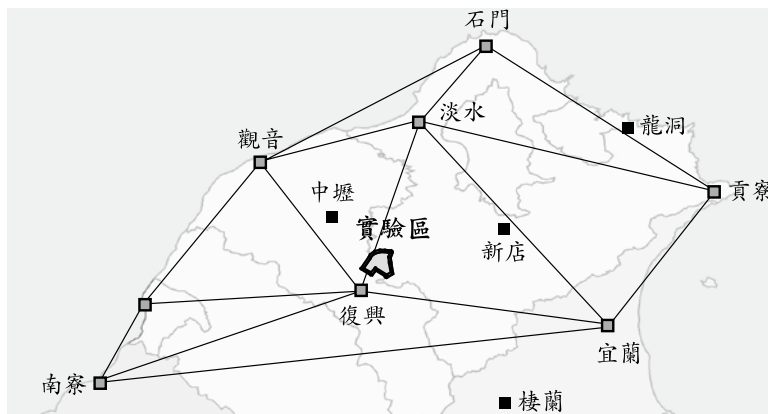


圖2 北區服務網圖

(三) 土地複丈之精度規範

數值法土地複丈之作業項目，計有鑑界測量、分割測量、合併測量、未登記土地測量、浮覆測量、坍塌測量、調整地形及界址調整複丈、他項權利位置測量、更正檢查有關測量等9種項目。而數值法土地複丈之作業方式，是根據圖根點、界址點位之數值坐標檔繪製土地複丈參考圖，然後依據圖根點之已知坐標反算與界址點間的夾角與距離，在實地以全測站經緯儀依據相關之圖根點或界址點測定複丈土地之界址點。數值法土地複丈，實質上僅將原有測設計算之界址點坐標，復原測定於實地。有關數值法土地複丈之相關規定如表1。

四、實驗成果分析

(一) 實驗數據資料

1. 四等控制點及圖根點

本實驗使用之四等控制點及圖根點資料，係臺北縣鶯歌鎮95年度辦理地籍圖重測時所測設，其坐標成果均符合地籍測量實施規則之精度規範。

表1 數值法土地複丈之相關規定

地籍測量 實施規則	條文內容
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公尺 \sqrt{S} + 0.04公尺（S係邊長，以公尺為單位）。 二、農地：0.01公尺 \sqrt{S} + 0.08公尺。 三、山地：0.02公尺 \sqrt{S} + 0.08公尺。 前項之檢測應由縱橫二方向實施之。
第251條	數值法複丈，其界址點位置誤差之限制準用第73條之規定。即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2公分，最大誤差6公分。 二、農地：標準誤差7公分，最大誤差20公分。 三、山地：標準誤差15公分，最大誤差45公分。

2. 界址點

土地鑑界複丈實驗所使用之界址點，係地籍圖重測公告確定之數值資料。為探討VBS-RTK辦理土地複丈之實驗，外業前須先以參數轉換方式，套合至e-GPS即時動態定位基準網VBS-RTK採用之坐標系統，以降低系統間之偏差。

（二）圖根點 VBS-RTK 成果分析

本實驗GPS外業時，不考慮現有圖根點之遮蔽狀況及透空度，直接對實驗區內8點四等控制點及193點圖根點進行RTK觀測。每個點位開始觀測時，均重新啟動接收儀之VBS-RTK定位模組進行定位。

1. 原始觀測成果分析

（1）第1次原始觀測成果分析

觀測成果經初步統計分析，其縱、橫坐標分量較差統計圖及平面位置較差統計圖，如圖3所示，其中dN、dE表示縱、橫坐標方向較差。經計算觀測成果與公告成果縱坐標較差絕對值之平均值為2.2公分，橫坐標較差絕對值之平均值為2.0公分，

平面位置較差平均值為3.0公分，縱坐標較差值均方根誤差（RMSE_n）為±2.4公分，橫坐標較差值均方根誤差（RMSE_e）為±2.6公分，平面位置較差值均方根誤差（RMSE_p）為±3.5公分。縱、橫坐標分量較差分析曲線圖，如圖4所示。

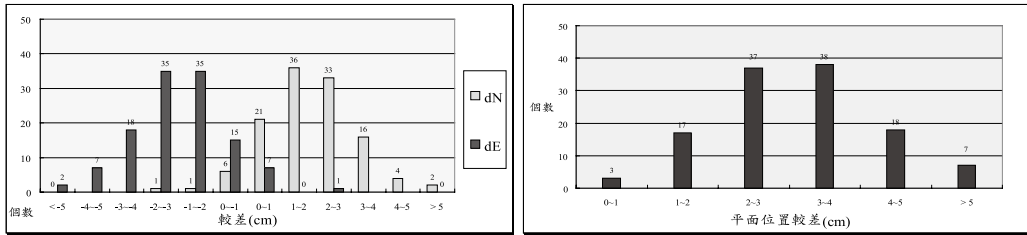


圖3 第1次觀測成果坐標分量及平面位置較差統計圖

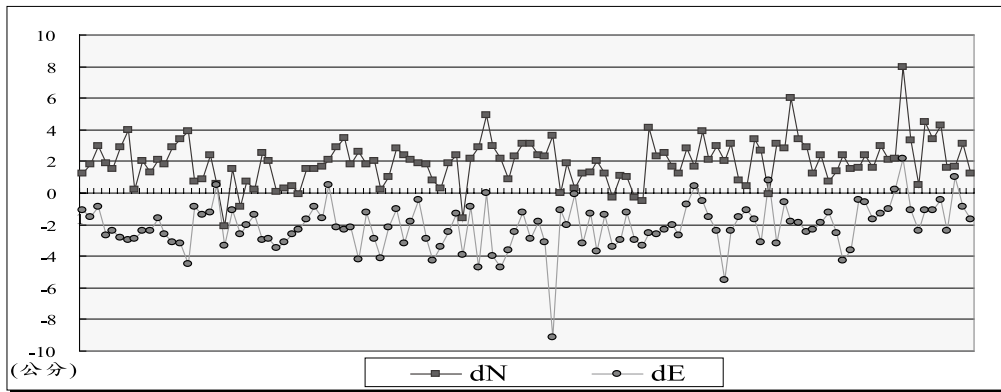


圖4 第1次觀測成果點位較差分量曲線圖

(2) 第2次原始觀測成果分析

當圖根點第1次全部觀測完竣後，選擇不同時段對所有點位進行重複觀測，以確保成果可靠。第2次觀測所得之坐標成果經初步統計分析，並製作縱、橫坐標分量較差統計圖及平面位置較差統計圖，如圖5所示。經計算觀測成果與公告成果縱坐標較差絕對值之平均值為2.0公分，橫坐標較差絕對值之平均值為2.1公分，平面位置坐標較差之平均值（ σ_p ）為2.9公分。其縱坐標較差值均方根誤差（RMSE_n）為±2.3公分，橫坐標較差值均方根誤差（RMSE_e）為±2.4公分，平面位置較差值均方根誤差（RMSE_p）為±3.3公分。縱、橫坐標分量較差分析曲線圖，如圖6所示。

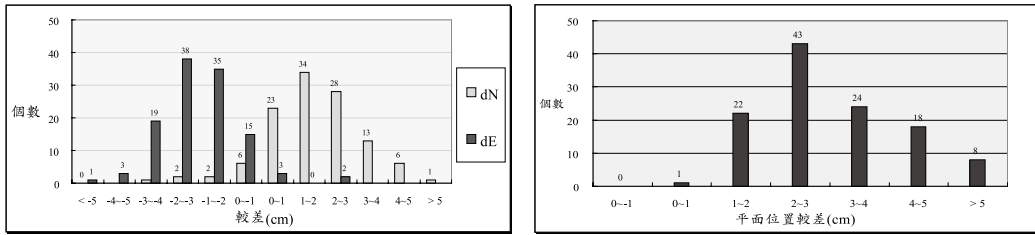


圖5 第2次觀測成果坐標分量及平面位置較差統計圖

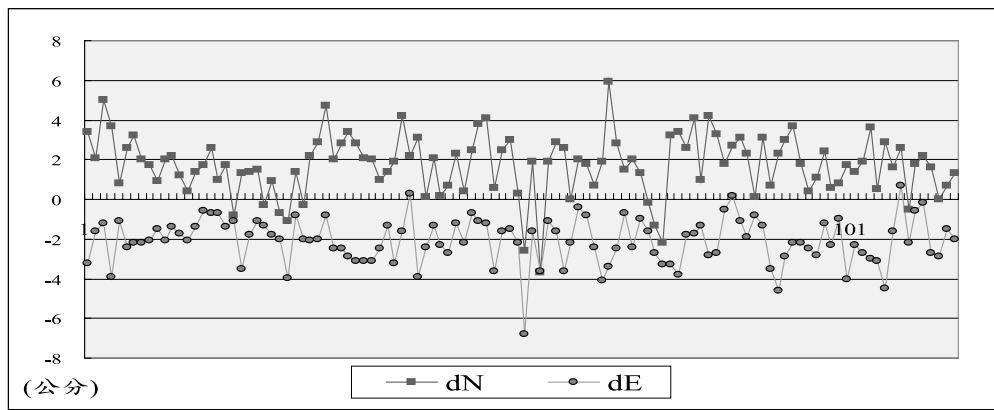


圖6 第2次觀測成果點位較差分量曲線圖

(3) 不同時段重複觀測成果分析

選取2不同時段重複觀測成果，進行較差統計結果，如表2所示，其坐標分量較差統計圖及平面位置較差統計圖，如圖7所示。依據數值地籍圖重測作業手冊規定，圖根測量若採即時動態衛星測量（RTK）方式辦理，其RTK作業必須同一點位接收二個不同主站，資料進行重複觀測二次且重複觀測之坐標較差須小於2公分，若超出2公分則需重新觀測，符合規定之兩次坐標取平均為最後成果。本實驗VBS-RTK重複觀測成果之較差，經分析結果，符合規定在2公分以內者僅占62.6%。就統計而言，觀測值大於標準誤差的偶然誤差其出現的機率約為32%，大於標準誤差2倍者約5%，大於標準誤差3倍者僅0.3%，因此常將2倍標準誤差的偶然誤差作為容許誤差，將3倍標準誤差定為誤差極限，超過此大誤差的極限則認為係錯誤而非偶然誤差，平差中該值應剔除不用。因此，就VBS-RTK即時動態定位而言，若將重複觀測成果較差超過2公分者剔除，似乎太過嚴格。

表2 VBS-RTK重複觀測成果較差統計表

較差級距	N方向	百分比	E方向	百分比	平面位置	百分比
<-5	2	2.0%	1	1.0%	—	—
-4~-5	0	0%	0	0%	—	—
-3~-4	1	1.0%	1	1.0%	—	—
-2~-3	8	8.1%	6	6.1%	—	—
-1~-2	13	13.1%	11	11.1%	—	—
0~-1	26	26.3%	24	24.2%	—	—
0~1	25	25.3%	31	31.3%	23	23.2%
1~2	15	15.2%	18	18.2%	39	39.5%
2~3	7	7.1%	4	4.0%	24	24.2%
3~4	2	2.0%	3	3.0%	10	10.1%
4~5	0	0%	0	0%	1	1.0%
>5	0	0%	0	0%	2	2.0%

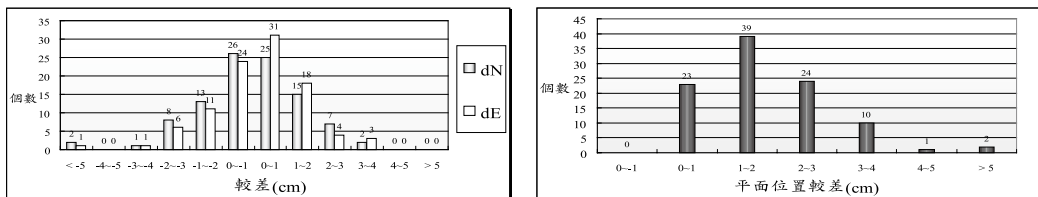


圖7 VBS-RTK重複觀測成果分量較差統計圖

(4) 觀測成果平均值分析

2次不同時段重複觀測成果，將平均值與公告成果較差統計分析，其坐標分量及平面位置較差統計圖，如圖8。經計算各次觀測成果及平均成果與公告成果之坐標較差絕對值之平均值及均方根誤差，如表3所示，其坐標值較差絕對值之平均值均相當接近，且從圖7中重複觀測成果之dN、dE常態分布曲線中心分別位於0~-1公分及0~1公分較差級距位置，可見VBS-RTK即時動態定位之觀測精度甚為平均，再從圖8平面位置較差曲線分布情形，可以得知VBS-RTK得到之坐標成果與公告之坐標存有大約2~3公分之系統差。

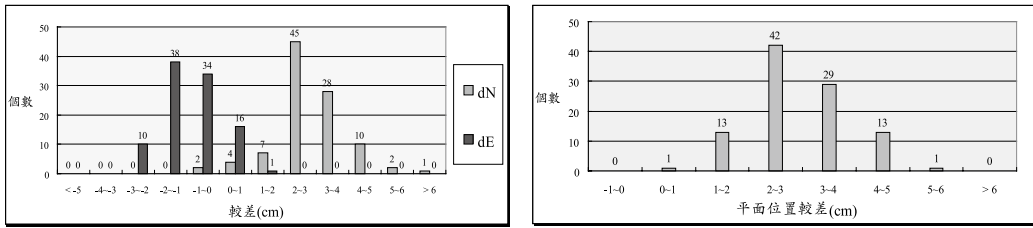


圖8 觀測成果平均值坐標分量及平面位置較差統計圖

表3 VBS-RTK各次觀測精度比較表

觀測次數	坐標值較差絕對值之平均值			均方根誤差		
	\bar{dN}	\bar{dE}	\bar{dP}	$RMSE_n$	$RMSE_e$	$RMSE_p$
第1次	2.2	2.0	3.0	± 2.4	± 2.6	± 3.5
第2次	2.0	2.1	2.9	± 2.3	± 2.4	± 3.3
觀測平均	1.9	2.0	2.8	± 2.2	± 2.1	± 3.1

2. 坐標轉換成果分析

從前面的分析得知，VBS-RTK觀測得到坐標與公告坐標有系統差之存在，為解決此區域坐標之系統誤差，理論上以四參數轉換即可得到辦理土地複丈所須之成果精度，但考慮到兩坐標系統的坐標軸可能會有不同的尺度比例，故本實驗採用六參數平面坐標轉換套合作法，使觀測成果與公告坐標相符。

利用研究區域外圍所測設之8個四等控制點，以六參數轉換數學式計算，經計算後得出轉換參數，如表4。

六參數轉換套合後之坐標成果與公告成果進行較差統計分析結果，其中僅1點位置差異為5.3公分，其餘均位於5公分內，如表5。將轉換前後之平面位置較差進行統計分析，如圖9所示。縱坐標較差絕對值之平均值為1.2公分，橫坐標較差絕對值之平均值為0.8公分，平面位置坐標較差絕對值之平均值為1.4公分。縱坐標較差值均方根誤差為 ± 1.6 公分，橫坐標較差值均方根誤差為 ± 1.0 公分，平面位置較差值均方根誤差為 ± 1.9 公分。轉換前後之坐標較差絕對值之平均值（ \bar{dN} ， \bar{dE} ， \bar{dP} ）及均方根誤差（ $RMSE_n$ ， $RMSE_e$ ， $RMSE_p$ ）比較分析結果，如圖10所示。

從圖9得知坐標轉換後之成果與公告成果較差在2公分以內者，從14點提升至62點，較差在3公分以內者則從56點上升至82點。再從圖10亦可得知轉換後之坐標較

差絕對值之平均值 ($d\bar{N}$, $d\bar{E}$, $d\bar{P}$) 及均方根誤差 ($RMSE_n$, $RMSE_e$, $RMSE_p$) 均較轉換前為低, 可知經六參數轉換後之成果精度較佳。故VBS-RTK觀測成果, 可以利用坐標轉換方式使觀測之坐標成果較相似於公告成果, 以減少系統誤差。本實驗以六參數轉換之結果, 均符合界址點位置檢查與原坐標值之較差不得超過6公分之規定。因此, 利用全國性e-GPS衛星定位基準網之VBS-RTK即時動態定位系統, 辦理土地鑑界可達到地籍測量實施規則之精度規範。

表4 六參數轉換參數

六參數轉換公式	$X = Ax + By + C, Y = Dx + Ey + F$	
各項參數	A=1.0000133701	D=0.0000085068
	B=0.0000131471	E=0.9999968040
	C=-0.0207875783	F=0.0214814278
自由度	10	
中誤差	0.0080 [M]	

表5 六參數轉換套合後成果較差級距統計表

較差級距	N方向	百分比	E方向	百分比	平面位置	百分比
<-5	1	1.1%	0	0%	—	—
-4~-5	2	2.2%	0	0%	—	—
-3~-4	4	4.4%	0	0%	—	—
-2~-3	9	9.9%	0	0%	—	—
-1~-2	21	23.1%	8	8.8%	—	—
0~-1	27	29.7%	27	29.7%	—	—
0~1	21	23.1%	37	40.7%	27	29.7%
1~2	4	4.4%	12	13.2%	35	38.5%
2~3	1	1.1%	7	7.7%	20	22.0%
3~4	1	1.1%	0	0%	6	6.6%
4~5	0	0%	0	0%	2	2.2%
>5	0	0%	0	0%	1	1.1%

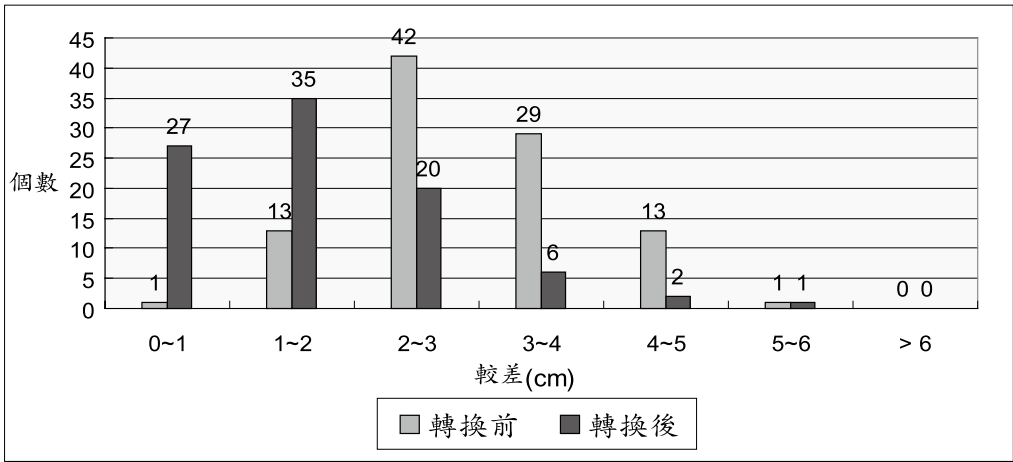


圖9 六參數轉換前後平面位置較差統計分析圖

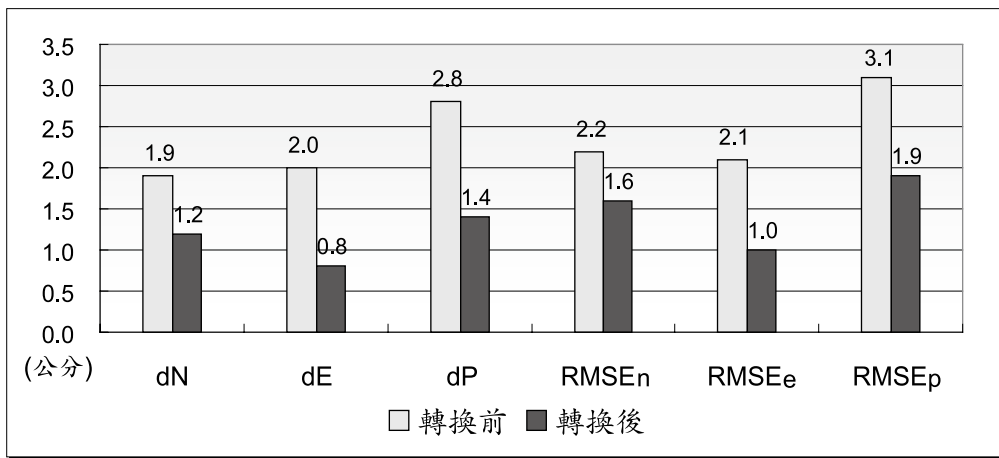


圖10 六參數轉換前後精度分析圖

3. 上下午時段觀測成果分析

上下午時段成果統計分析的目的，在測試分析VBS-RTK即時動態定位於每日上午及下午二不同時段，所觀測之成果是否存在有差異性。將2次之觀測成果，區分為上午時段（0800~1200）及下午時段（1200~1800）2組。然後以各組四等點之觀測成果作為共同點，利用六參數坐標轉換方式將觀測之坐標成果轉換套合於實驗區之圖根公告成果坐標系統，以減少系統誤差。經分別計算並統計分析其上下午時段平面位置較差之結果，如圖11。

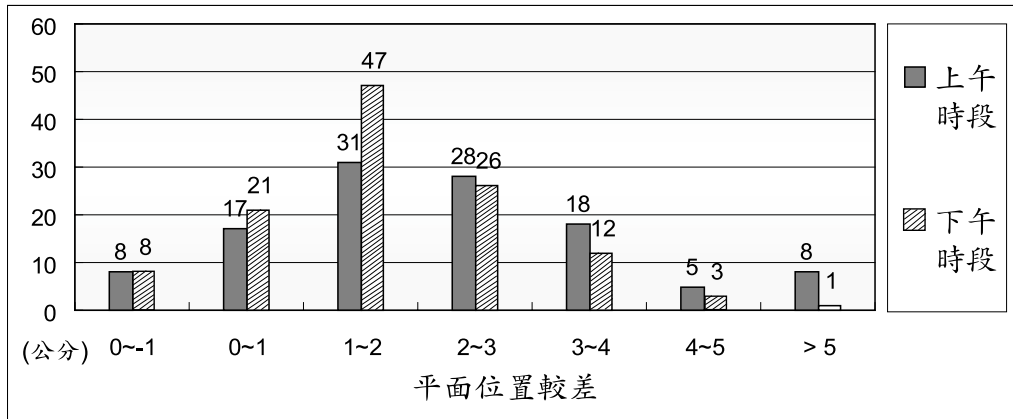


圖11 上下午時段平面位置較差統計分析圖

將觀測成果平均值及上、下午時段觀測成果，經六參數轉換套合後分別與公告成果比較計算其坐標較差絕對值平均值及均方根誤差，如表6及圖12。從統計結果顯示，各觀測成果平面位置之均方根誤差以觀測成果平均值之 ± 1.9 公分為最佳。將上、下午時段觀測成果進行變異數比的檢定結果顯示，上、下午時段觀測成果具有明顯差異，且下午時段觀測成果與觀測成果平均值並無明顯差異。

本項分析結果顯示VBS-RTK之定位成果，上、下午定位精度雖存在有明顯之差異性，但均可達到地籍測量實施規則辦理土地複丈鑑界之精度規範。因此，利用全國性e-GPS衛星定位基準網之VBS-RTK即時動態定位系統辦理土地複丈之定位精度，與每日時間區段無絕對相關性，亦即移動站使用者在每天任何時刻進行定位解算時，均可獲得相當之定位精度。

(三) 土地複丈分析

本實驗以轉換圖根點之六參數，將界址點坐標轉換套合於TWD97@2005坐標系統，使全國性e-GPS衛星定位基準網之VBS-RTK即時動態定位直接辦理土地複丈作業測試時，將區域坐標偏差情形降至最低。

實驗時將範圍區分為A區及B區2個實驗區，A區大部分為農地、菜園、空地及雜林，其間參雜少數平房與高樓等建築物，透空環境大致良好。本實驗區進行界址點放樣時，完全利用全國性e-GPS衛星定位基準網之VBS-RTK即時動態定位放樣，若其中界址點因建築物遮蔽或其他地形等外在因素影響，系統無法求出整數解（fixed解），則僅利用簡易的測量工具輔助放樣，而未求助其他觀測儀器。

表6 上、下午時段觀測成果精度比較分析表

誤差項目 \ 時段	觀測成果 平均值 (cm)	上午時段 觀測成果 (cm)	下午時段 觀測成果 (cm)
dN	1.2	1.7	1.2
dE	0.8	1.1	1.1
dP	1.4	2.0	1.6
RMSE _n	1.6	2.3	1.7
RMSE _e	1.0	1.6	1.4
RMSE _p	1.9	2.8	2.2

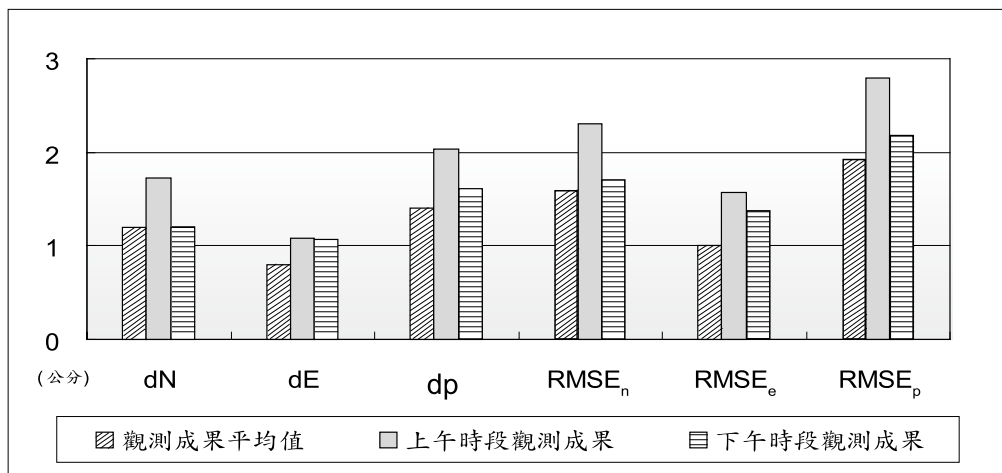


圖12 上、下午觀測成果精度分析圖

B區則因大部分為建築物，透空環境不佳，界址點受建築物遮蔽影響嚴重，進行界址點放樣時，則以利用全國性e-GPS衛星定位基準網之VBS-RTK配合全測站經緯儀及其他測量工具輔助放樣作業。

實驗區界址點全部放樣完竣後，以全測站經緯儀利用地籍圖重測時所測設之圖根點，觀測之前放樣之界址點，並計算其坐標及宗地土地面積，最後將成果與公告成果比較分析，以測試土地複丈之精度及可行性。

1. 實驗A區土地複丈分析

(1) 界址點放樣成果分析

將實驗A區放樣後坐標成果與公告成果比較分析，其中僅1點位置差異超過6公分，其餘符合界址點位置檢查與原坐標值之較差不得超過6公分之規定，點位較差分佈圖，如圖13所示。

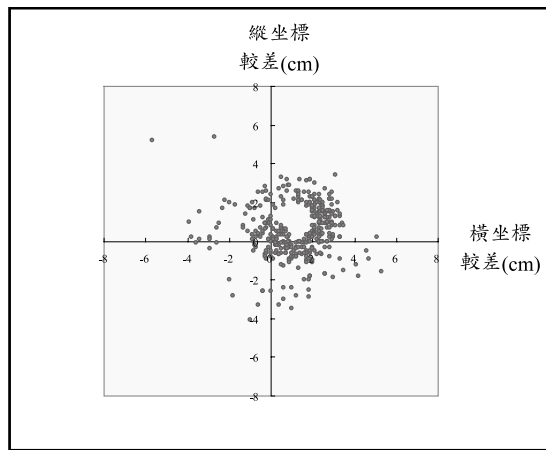


圖13 實驗A區界址點放樣成果平面位置較差分佈圖

本實驗A區僅單獨利用全國性e-GPS衛星定位基準網即時動態定位系統辦理土地複丈，若界址點能順利求出正確解（fixed解）使放樣確定或配合使用簡易之輔助工具放樣，其成果符合地籍測量實施規則規定之容許誤差範圍。

(2) 宗地面積複丈成果分析

利用放樣後之界址點坐標，重新計算各宗地面積，再與登記面積作比較分析，結果如表7所示。由測試成果分析，本實驗區僅單獨利用全國性e-GPS衛星定位基準網即時動態定位系統配合使用簡易之輔助工具辦理土地複丈，其宗地面積較差均符合地籍測量實施規則之面積計算規定。

2. 實驗B區土地複丈分析

(1) 界址點放樣成果分析

將實驗B區放樣後坐標成果與原公告成果比較，其中僅1點位置差異7.7公分，其餘均小於5公分，符合界址點位置檢查與原坐標值之較差不得超過6公分之規定。其點位較差分佈圖，如圖14所示。本區因受建築物遮蔽之影響，大部分界址點無法

表7 實驗A區複丈前後宗地面積較差表

地號	面積較差 (m ²)	較差百分比 (%)	地號	面積較差 (m ²)	較差百分比 (%)	地號	面積較差 (m ²)	較差百分比 (%)
277-2	1.92	0.15	355-1	-0.01	0.02	386-9	0.16	0.13
278	-1.6	0.09	356	0.14	0.23	386-10	0.56	0.60
279	0.57	0.10	356-1	-0.04	0.09	386-11	-0.04	0.04
338-3	-0.09	0.05	357	-0.21	0.02	386-12	-0.07	0.07
339	3.33	0.02	357-1	-0.09	1.09	386-13	0.32	0.34
339-1	0.06	0.03	358-2	0.19	0.01	386-14	0	0.00
339-2	-0.16	3.05	359	-0.03	0.04	386-17	0.15	0.14
340	-0.13	0.28	360	-0.23	0.18	386-25	-0.39	0.33
340-1	-0.4	0.19	361	-0.11	0.09	386-26	0.29	0.30
340-2	0.24	0.06	365	0.13	0.10	386-27	0.71	0.77
341	-0.08	0.08	366	-0.13	0.14	386-28	-0.3	0.32
342	-0.13	0.02	366-2	-0.05	0.06	386-29	-0.04	0.05
342-2	-0.5	0.06	366-3	-0.07	0.08	386-30	0.04	0.05
342-3	0.44	0.03	366-4	0.05	0.06	386-34	0.02	0.03
343	-0.14	0.01	366-5	0.15	0.18	386-36	-0.03	0.04
344-5	0.21	0.20	366-6	0.05	0.06	387	-0.3	0.42
344-6	-0.14	0.48	366-7	0	0.00	388	-0.15	0.21
344-7	0.19	0.41	367-8	-0.04	0.04	388-1	0.65	0.35
345-2	0.84	0.04	367-9	0.06	0.08	388-2	0.8	0.05
346	-0.17	0.29	367-10	0.06	0.08	388-3	-0.17	0.22
347	-0.15	0.38	367-11	0.19	0.26	388-4	-0.73	0.09
348	-0.11	0.38	367-12	-0.14	0.19	388-5	0.01	0.00
349	0.11	0.46	367-13	0	0.00	388-6	-0.06	0.15
350	0.02	0.08	367-14	-0.04	0.02	388-7	-0.05	0.05
351	0.03	0.13	368	-0.32	0.19	388-8	-0.09	1.11
352	0.08	0.14	386	-0.84	0.27	388-9	0.4	0.13
353	-0.05	0.01	386-2	-0.14	0.02	388-11	-0.26	0.14
353-1	0.37	0.17	386-4	0.04	0.06	388-14	-0.23	0.30
354	-0.22	0.20	386-7	-0.06	0.06	388-17	-0.77	0.07
354-1	0.08	0.22	386-8	0.43	0.37	389-2	0.38	0.10
355	-0.13	0.11						

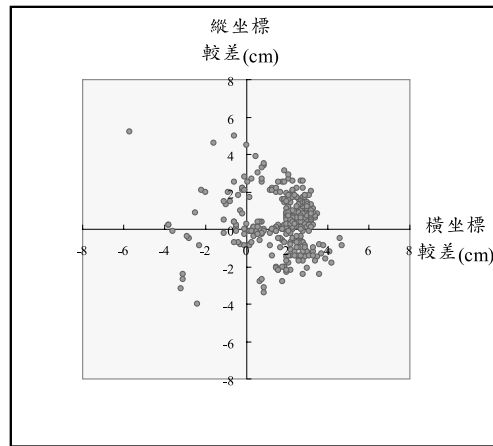


圖14 實驗B區界址點放樣平面位置較差分佈圖

利用全國性e-GPS衛星定位基準網即時動態定位系統辦理土地複丈放樣。乃於實驗區透空環境較佳之位置測設若干圖根補點，再以各補點為基礎配合全測站經緯儀及其他測量工具，將全部界址點放樣於實地。經實驗結果顯示其成果亦能符合容許誤差範圍。

(2) 宗地面積複丈成果分析

本實驗B區經以放樣後之界址點，重新計算各宗地面積比較分析結果，如表8，各宗地面積較差均符合地籍測量實施規則之土地複丈面積之誤差規定。

表8 實驗B區複丈前後宗地面積較差表

地號	面積較差 (m ²)	較差百分比 (%)	地號	面積較差 (m ²)	較差百分比 (%)	地號	面積較差 (m ²)	較差百分比 (%)
367-1	0.04	0.16	371-43	0.2	0.26	371-85	-0.03	0.04
371	-0.08	0.02	371-44	-0.06	0.08	371-86	-0.05	0.06
371-2	0.22	0.02	371-45	0.06	0.08	371-87	0.13	0.13
371-3	-0.21	0.20	371-46	-0.01	0.01	371-88	0.21	0.06
371-4	-0.22	0.12	371-47	0	0.00	371-89	0.02	0.02
371-5	-0.33	0.25	371-48	0.03	0.04	371-90	0.16	0.21
371-7	0	0.00	371-49	0.1	0.13	371-91	0.05	0.06
371-8	-0.06	0.08	371-50	-0.24	0.20	371-92	0.1	0.11
371-9	0.09	0.13	371-51	0.02	0.03	371-93	-0.29	0.31
371-10	-0.03	0.04	371-52	0.1	0.13	371-94	-0.04	0.05

表8 實驗B區複丈前後宗地面積較差表（續）

地號	面積較差 (m ²)	較差百分比 (%)	地號	面積較差 (m ²)	較差百分比 (%)	地號	面積較差 (m ²)	較差百分比 (%)
371-11	-0.12	0.17	371-53	-0.1	0.13	371-95	-0.16	0.19
371-12	-0.13	0.19	371-54	0.02	0.03	371-98	0.05	0.30
371-13	0.03	0.05	371-55	0.11	0.10	371-99	-0.08	0.08
371-14	-0.07	0.10	371-56	-0.12	0.05	371-100	0.1	0.25
371-15	-0.07	0.06	371-57	0.02	0.03	384	0.47	0.07
371-16	-0.09	0.12	371-58	-0.01	0.01	384-4	0.13	0.08
371-17	-0.25	0.35	371-59	0.17	0.19	384-5	0.08	0.05
371-18	-0.03	0.04	371-60	0.02	0.04	384-6	0.03	0.02
371-19	0.12	0.17	371-61	0.06	0.10	384-7	0	0.00
371-20	0.05	0.07	371-62	-0.33	0.22	384-8	0.11	0.11
371-21	0.18	0.26	371-63	-0.07	0.09	384-9	0.22	0.25
371-22	0.01	0.01	371-64	0.07	0.08	385	-0.23	0.06
371-23	0.1	0.15	371-65	-0.01	0.01	386-1	0.39	0.25
371-24	0.14	0.21	371-66	-0.19	0.19	386-3	0.58	0.05
371-25	0.1	0.15	371-67	-0.12	0.15	386-6	-0.47	0.24
371-26	0.06	0.06	371-68	-0.28	0.34	386-38	-0.27	0.18
371-27	0.04	0.05	371-69	0.01	0.01	386-39	0.04	0.03
371-28	-0.09	0.11	371-70	-0.14	0.17	386-40	-0.18	0.08
371-29	-0.01	0.01	371-71	-0.09	0.11	386-41	-0.05	0.06
371-30	0.3	0.26	371-72	-0.29	0.35	386-42	-0.09	0.11
371-31	-1.69	0.41	371-73	-0.28	0.19	386-43	-0.29	0.36
371-32	0.32	0.25	371-74	-0.01	0.01	386-44	-0.3	0.29
371-33	-0.07	0.09	371-75	-0.05	0.05	386-45	-0.49	0.45
371-34	-0.11	0.15	371-76	0	0.00	386-46	-0.15	0.13
371-35	0.03	0.04	371-77	-0.15	0.14	386-47	-0.09	0.09
371-36	-0.06	0.09	371-78	0.04	0.04	386-48	-0.27	0.20
371-37	0.02	0.02	371-79	0.21	0.19	386-49	0.12	0.10
371-38	-0.16	0.21	371-80	-0.24	0.23	386-50	0.46	0.28
371-39	-0.01	0.01	371-81	-0.04	0.04	386-51	-0.16	0.10
371-40	0	0.00	371-82	0.03	0.03	387-1	-0.01	0.01
371-41	0	0.00	371-83	0.14	0.14	387-2	0.22	0.06
371-42	0.01	0.01	371-84	-0.1	0.11			

五、結論與建議

1. 從實驗數據結果，2次之觀測成果與公告成果坐標值較差絕對值平均值與均方根誤差值，均僅0.1公分，可見VBS-RTK即時動態定位之觀測精度甚為平均，另從觀測平均值之平面位置較差曲線分佈情形，可知本實驗區測得之坐標成果與公告成果存有約2~3公分之系統差，因此以VBS-RTK直接應用於圖根測量及土地複丈，得經坐標轉換套合之程序。
2. 本實驗以六參數坐標轉換，轉換後成果與公告成果之坐標差值絕對值之平均值及均方根誤差均較轉換前低。且成果較差均符合界址點位置檢查與原坐標值之較差不得超過6公分之規定，其中除有1點位置較差為5.3公分外，其餘點位亦均符合圖根點位置檢查與原坐標值之較差不得超過5公分之規定。故VBS-RTK觀測成果，可利用坐標轉換方式使觀測之坐標成果較相似於公告成果，以減少系統誤差。
3. 利用全國性e-GPS衛星定位基準網之VBS-RTK辦理土地複丈界址點放樣，其中界址點因建築物遮蔽或其他地形等外在因素影響，系統無法求出正確解（fixed解）時，須配合使用簡易之測量工具輔助，若複丈區之界址點受建築物遮蔽情況嚴重，則尚須配合全測站經緯儀及其他測量工具作業，才能將全部界址點放樣於實地。
4. 本實驗區經以放樣後重新測量計算之界址點坐標，再重新計算各宗地面積與登記簿面積比較分析結果，各宗地面積較差均符合地籍測量實施規則之容許誤差範圍，故VBS-RTK可直接用於辦理土地複丈作業。
5. 以VBS-RTK辦理圖根測量，雖可達到地籍測量實施規則之精度規範，但仍受限於點位位置所能接收到之衛星顆數及幾何分佈之影響，因此，辦理時盡量使圖根點之透空度良好，使成果正確可靠。另為確保成果可靠度，建議觀測時應慎選最佳觀測時段進行點位重複觀測，兩次重複觀測的較差值可放寬為3公分。
6. 都會地區，土地界址受地形遮蔽影響，實際作業上單僅靠VRS-RTK辦理複丈，較不容易達到，至少尚需輔助如掌上型測距儀等簡易之測量工具，而辦理新開發地區（重劃或區段徵收地區）之控制測量或地籍測量將是首選之測量方式。

參考文獻

內政部，2006，《地籍測量實施規則》。

- 內政部土地測量局，2004，《數值法地籍圖重測作業手冊》。
- 王敏雄，2004，《全國性電子化 GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統之建置》，台中：內政部土地測量局。
- 王敏雄，2005，《全國性 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統建置及測試作業》，台中：內政部土地測量局。
- 張繼文，2005，《GPS 虛擬參考站系統於地籍控制測量應用之研究》，國立中興大學土木工程研究所碩士論文。
- 陳世平，2003，《數值法辦理圖解地籍圖數化區之土地複丈作業研究—以農地重測區為例》，國立中興大學土木工程研究所碩士論文。
- 陳鶴欽，2004，《台灣地區虛擬電子基準站最佳間距之研究》，台中：內政部土地測量局。
- 曾清涼等，2003，《台灣 e-GPS 電子基準站規劃設計及測試分析期中報告》，台中：內政部土地測量局。
- 曾清涼等，2004，《台灣 e-GPS 電子基準站規劃設計及測試分析期末報告》，台中：內政部土地測量局。
- 楊名、余致義，1997，即時動態 GPS 應用於控制測量與戶地測量之設計與實驗，《地籍測量》，第 16 卷，第 4 期，頁 1-32。
- 戴翰國、余致義、曾清涼，2002，利用六參數平面轉換與最小二乘配置進行小區域 TWD67 與 TWD97 之地籍資料坐標轉換—以臺北市大安區通化段為例，《第五屆 GPS 衛星科技研討會論文集》：國立成功大學衛星資訊研究中心，頁 66-71。
- Hu, G. R., H. S. Khoo, P. C. Goh, and C. L. Law, 2003, Development and Assessment of GPS Virtual Reference Stations for RTK Positioning, *Journal of Geodesy*, 77 (5-6), pp. 292-302.
- Landau, H., 2000, GPS/GLONASS Reference Station Networks, introduce the concept of Virtual Reference station in Real-Time positioning, GPS Network 2000.
- Landau, H., U. Vollath, and X. Chen, 2002, Virtual Reference Station Systems, *Journal of Global Positioning Systems*, 1 (2), pp. 137-143.
- Seeber, G., 2000, Real-Time Satellite Positioning on the Centimeter Level in the 21st Century Using Permanent Reference Stations, *The 13th International Technical Meeting*, Utah: Salt Lake City, ION GPS2000.
- Vollath, U., A. Deking, H. Landau, and Chr. Pagels, 2001, Long Range RTK Positioning

using Virtual Reference Stations, *International Symposium on Kinematic Systems in Geodesy, Geomatics and Navigation*, Banff: Canada.

Vollath, U., H. Landau, and X. Chen, 2002, Network RTK-Concept and Performance, Trimble Terrasat GmbH, Hoehenkirchen 85635, Germany.