

e-GPS 衛星基準網之 VBS-RTK 即時動態定位系統 測量成果分析

Surveying Results Analysis on Virtual Base Station Real Time Kinematic Positioning System of e-GPS Base Station Network

王敏雄¹ 劉至忠² 劉正倫³ 蕭輔導⁴

Min-Shiung,Wang Chih-Chung,Liu Jeng-Lun,Liou Fuu-Dao Hsiao

摘 要

由於網際網路及無線數據通訊傳輸技術蓬勃發展，GPS 即時動態定位 (RTK) 儼然已成為國際測繪及定位技術之主流，特別是結合 GPS 衛星定位基準網及虛擬基準站 (Virtual Base Station, VBS) 即時動態定位技術，更是現今世界各先進國家積極建置之即時性動態定位系統。內政部土地測量局(以下簡稱本局) 自 93 年度起規劃建置全國性 e-GPS 衛星定位基準網 VBS-RTK 即時動態定位系統，以 Trimble 公司之 GPSNet 系統軟體計算區域性改正參數 (Area Correction Parameters, ACP)，除可延展 RTK 有效作業範圍外，亦可提升 RTK 定位精度與可靠度。

為評估 VBS-RTK 定位技術應用於各項測繪業務之成果精度及可行性，本局自 94 年 4 月份起至 12 月止於臺灣中、北部地區進行一系列相關測試結果，已初步證實 VBS-RTK 定位成果在平面精度約 2 公分，高程精度約 5 公分，應可適用於各級基本控制點與圖根之點測設及管理維護檢測工作，預期在不久的未來，亦將廣泛地被應用於社會民生、救災防護、導航監控及各類科學研究等領域。

¹ 王敏雄 內政部土地測量局技正

² 劉至忠 內政部土地測量局課長

³ 劉正倫 內政部土地測量局副局長

⁴ 蕭輔導 內政部土地測量局局長

Abstract

Flourishingly developing technologies of internet and wireless communication have made the Real-Time Kinematic (RTK) positioning as the main stream of international survey and positioning technique. Specifically, the architecture of the Global Positioning System (GPS) network combined with the Virtual Base Station (VBS) has been the real-time kinematic positioning system that developed countries are actively establishing. Since 2004, the Land Survey Bureau (LSB) MOI, has been integrating the existing base stations around the nation to build up VBS-RTK positioning system of the national e-GPS base station network. The e-GPS network has offered the improvement of linear deduction caused from the increase of distance between the single reference station and the rover. This has enlarged the operation area than that RTK can reach. Moreover, the area correction parameters (ACP) derived from Gpsnet software of Trimble Co. also has improved the RTK positioning precision and reliability

In order to assess the precision and feasibility of VBS-RTK positioning technique on each survey fields, from April to December of 2005, LSB carried on a series of relevant tests in the middle and northern Taiwan. The tests have already verified that the VBS-RTK positioning precision is up to about 2 centimeters on horizontal level and with about 5 centimeters on high level. The results can be suitable for examining setting up and management to the basic and all orders control points. It is expected that the VBS-RTK positioning technique will be also widely applied the people's livelihood, provided disaster relief and protected, navigated fields and all kinds of scientific research in the near future.

一、緣起

臺灣因位於中低緯度且地形高差起伏變化較大，不僅 GPS 衛星訊號受電離層、對流層誤差影響遠較全球其他國家明顯，另因地殼活動相當頻繁，坐標系統維護工作甚為不易，為達到有效運用本定位系統辦理各級測量標測設及管理維護工作之目標，本局透過於全國各地建置 GPS 衛星定位基準站全天候 24 小時連續觀測資料，配合成熟的網際網路基礎建設及無線數據通訊傳輸技術，於 94 年度規劃採用 VBS-RTK 定位技術試辦各級基本控制點與圖根點之測設及檢測工作，其工作目標除首要完成 e-GPS 衛星定位基準網精密坐標解算及 VBS-TK 定位成果精度與可靠度彙整分析外，其次更要配合整體經濟

效益及可行性評估，歸納測試作業實務經驗及測試成果，俾做為研擬各項測繪作業規範及標準作業程序（SOP）之參考依據。

二、VBS-RTK 即時動態定位系統介紹

2.1 VBS-RTK 基本定位原理

VBS-RTK 定位技術的基本觀念既是由多個 GPS 基準站全天候連續地接收衛星資料，並經由網路或其它通訊設備與控制及計算中心連接，彙整計算產生區域改正參數資料庫，藉以計算出任一移動站附近之虛擬基準站的相關資料，所以在基準站所構成的基線網範圍內，RTK 使用者只需在移動站上擺設衛星定位接收儀，並將相關定位資訊，透過無線數據通訊傳輸技術傳送至控制及計算中心，並計算虛擬基準站之模擬觀測量後，再以 RTCM 標準格式回傳至移動站衛星定位接收儀，進行”超短距離”之 RTK 定位解算，即可即時求得公分級精度定位坐標。

2.2 系統基本組成：

VBS-RTK 即時動態定位系統區分為三大單元，茲就其操作功能性分述如下：

- 1.e-GPS 衛星定位基準網：連續接收 GPS 觀測資料並透過網際網路 (Internet)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：
 - (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並組成 VBS 虛擬觀測資料。
 - (3) 透過行動電話 GSM/GPRS 及 RTCM 網際網路傳輸通訊協定 (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol , NTRIP)，將 VBS 虛擬觀測資料傳送至移動站。
- 3.移動站：
 - (1) 透過 GSM/GPRS 及 NTRIP 將導航坐標 (NMEA 格式) 傳輸至控制及計算中心。
 - (2) 利用接收之虛擬觀測資料進行 OTF-RTK 定位解算。

三、e-GPS 衛星定位基準網 VBS-RTK 即時動態定位系統建置現況

3.1 衛星定位基準網建置

本局規劃建置全國 e-GPS 衛星定位基準網，基準站間距以不超過 50 公里為原則，本局自 93 年度起編列經費展辦建置工作，至 95 年度止預計於臺灣本島及澎湖、金門、綠島、蘭嶼等離(外)島地區建置 79 處基準站，包括 93 年度建置臺灣本島北部地區 23 處基準站，94 年度建置臺灣本島北部地區 20 處基準站，95 年度建置離(外)島及加密臺灣本島地區計 36 處基準站，各基準站分布情形詳如圖 3-1。

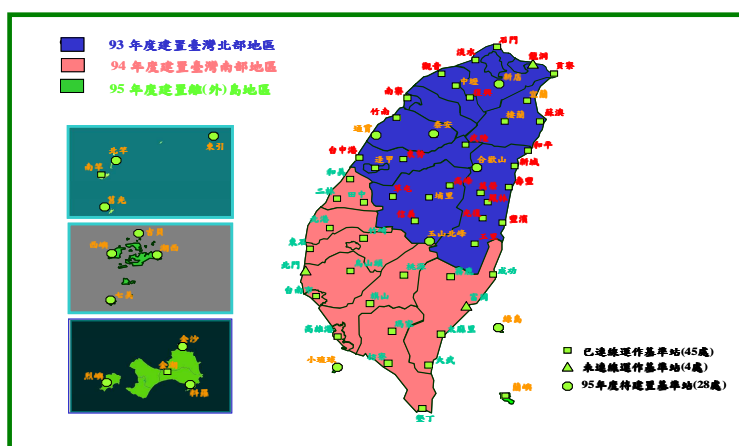


圖 3-1 e - GPS 衛星定位基準網分布圖

3.2 控制及計算中心網路架構

控制及計算中心與及各基準站網路線路之申裝，係採用政府網際服務網 (GSN) 虛擬專用網路 (VPN) 架構。目前本局控制及計算中心已申裝架設固接式 T1 專線 2 條、E1 專線 1 條及 ADSL (2M/512K) 專線 1 條，並採 VPN 架構模式連接各基準站如圖 3-2。

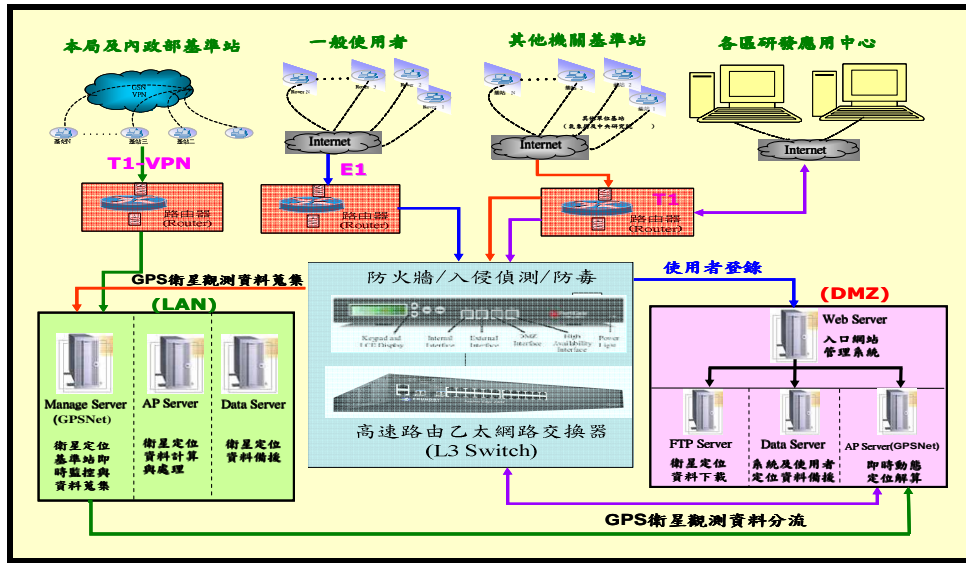


圖 3-2 e-GPS 即時動態定位系統網路架構圖

3.3 VBS-RTK 定位服務網設定：

因臺灣位處地球板塊激烈碰撞變動及中低緯度地區，地殼變動位移量及高度複雜化之電離層等定位系統誤差將因區域性不同而有所差異，維護各基準站間高精度之相對關係始能確保本系統精密解算或更新區域改正參數資料庫及初始化運作效能，不致 VBS-RTK 定位精度嚴重衰減情形。

基於上列諸項因素，本定位系統以縣為單位共分為 8 個定位服務子網（如圖 3-3），包括 7 處區域性定位服務網及 1 個全區性 DGPS 定位服務網等，期能藉由各基準站連續性衛星觀測資料及累積大規模辦理各級基本控制點檢測之野外定位測試成果，來推求解算臺灣本島各地區高精度之位移量及速度量，達到精確劃分 VBS-RTK 定位基準網之目的。

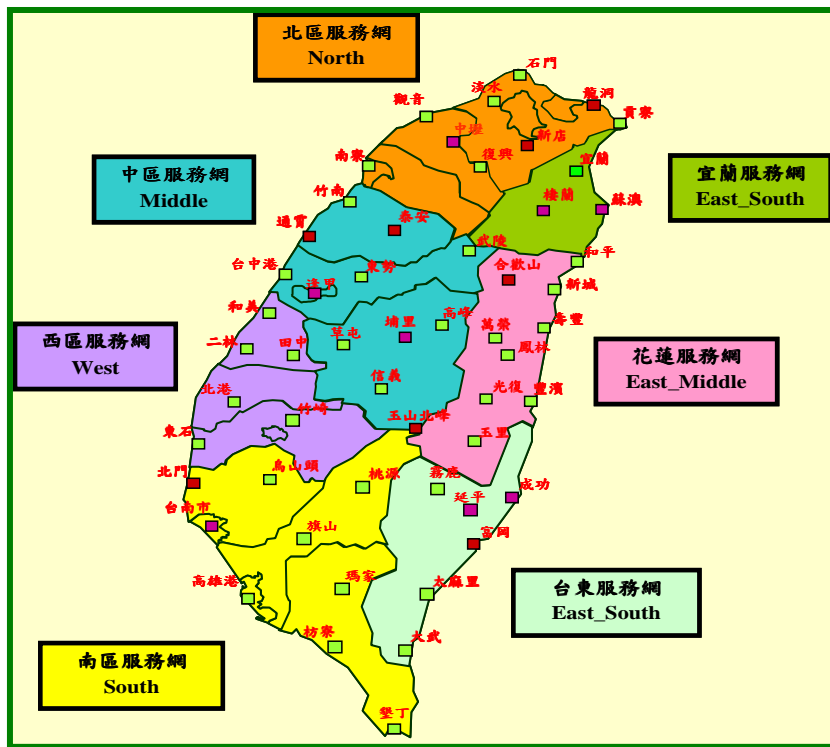


圖 3-3 臺灣本島地區 VBS-RTK 定位服務範圍圖

四、VBS-RTK 定位精度及可靠度測試作業

4.1 測試作業背景

為達到有效運用 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統辦理各級測量標測設及後續管理維護（檢測）工作之目標，本測試作業計畫主要評估項目如下：

- (1) GPS 衛星定位基準網精密坐標解算及精度評估。
- (2) 配合各級測量標現行測設或檢測作業規範，進行定位成果精度及可靠度分析。

4.2 e-GPS 衛星基準網精密坐標精度評估分析

衛星定位基準網各基準坐標精度為影響 VBS-RTK 定位成果之主要因素，本項測試評估工作主要將本局 93 及 94 年度建置之衛星定位基準

站聯合內政部各衛星追蹤站（東沙除外）、驗潮站，進行採最小約制整體嚴密網形平差計算，並分析其位移速度，做為後續各項測試分析之坐標基準。

4.2.1 固定基準站選取：

先以固定內政部陽明山衛星追蹤站 TWD97 坐標解算本系統各基準站坐標，再從各基準站中挑選點位位移量最小且資料接收最穩定之基準站，當作本局 e-GPS 衛星定位基準站坐標及速度場解算之固定站，每天定時自動解算坐標及速度場。經計算分析後，以建置於竹南地政事務所基準站（JUNA）為固定站，其坐標基準框架為 ITRF 94，坐標定義起始時刻 2005 年 02 月 15 日 12:00:00，直角三維坐標為 X:-2975764.7118、Y:4976994.8411、Z:2647324.2334，其速度量分別為 X:0.0083m/yr、Y:-0.0006 m/yr、Z:-0.0129 m/yr。

4.2.2 解算流程：

採用瑞士伯恩大學天文研究所開發之 BERNESE 計算軟體及 IGS 公布之最終精密星曆（Final）每天解算各衛星定位基準站坐標，再針對基準站每天坐標進行 TAU 測試（ τ -Test）剔除較差之成果後，以線性方程式計算三軸坐標速度場，各基準站計算後之速度量變化及其標準偏差值詳如表 4-1 及圖 4-1。

表 4-1 e-GPS 衛星定位基準站速度量及標準偏差一覽表(2005 年 / Day 032-365)單位: mm

項次	基準站名稱	N-S 方向速度量	N-S 方向標準偏差	E-W 方向速度量	E-W 方向標準偏差	高程方向速度量	h 方向標準偏差
1	GOLI	-15.3	0.8	2.1	0.8	-11.6	1.9
2	SHMN	-12.6	0.8	-2.8	0.9	-13.9	1.8
3	GS10	-14.5	3.1	7.1	2.5	-14.7	8.0
4	KYIN	-14.6	1.0	-0.7	0.7	-4.5	2.4
5	FUSN	-6.6	0.7	-25.4	0.9	-32.7	1.4
6	SHJU	-12.2	0.4	-5.8	0.3	-18.6	1.1
7	JUNA	-9.7	0.0	-6.8	0.0	-9.7	0.0
8	TACH1	-17.9	0.8	-8.1	0.8	-24.6	2.2
	TACH2	-7.7	2.6	-10.1	2.3	-2.2	6.4
9	DOSH	-8.5	0.6	-11.6	0.6	-15.3	1.3
10	WULI	-4.4	0.9	-8.0	0.8	7.0	2.1
11	CAOT	-12.8	0.6	-9.8	0.7	-15.9	1.3
12	KAFN	-1.4	0.7	-43.9	0.5	-1.0	1.6
13	SINY	-2.7	0.6	-34.1	0.7	-7.3	1.8

14	VR01	-14.4	0.7	-7.9	0.6	-11.3	1.6
15	VR02	-16.9	0.6	-11.2	0.6	-93.3	1.6
16	VR03	-13.9	0.7	-7.9	0.7	-9.2	1.7
17	PKGM	-14.6	0.7	-8.0	0.5	-29.7	1.7
18	CHYI	-14.3	1.2	1.0	1.3	-19.7	2.8
19	JHCI	-8.2	1.5	-21.7	1.8	1.4	4.9
20	WUST	-6.7	2.3	-14.1	2.0	20.3	6.7
21	KASH	-32.9	2	-60.5	2.2	-3.1	6.0
22	CISH	-15.7	1.7	-45	1.9	4.9	4.3
23	TAYN	11.6	2.2	-48.6	2.5	27.9	7.0
24	MAJA	-3.8	1.9	-56.8	2.8	1.2	6.9
25	FALI	2.4	1.6	-56.7	2.2	-11.4	5.1
26	KDNM	12.8	4.7	-74.4	8.4	13.7	17.4
27	DAWU	-0.6	1.6	-64	2	8.6	5.0
28	TMAM	11.4	4.1	-34.7	5.2	15.6	14.6
29	WULU	6.8	2.3	-25.2	3.2	24.6	8.2
30	JULI	8.0	0.6	-33.0	0.8	-30.1	2.1
31	FONB	35.7	0.8	-54.6	0.9	-25.5	2.1
32	FLNM	5.3	0.8	-32.1	0.8	-18.7	2.1
33	HUAP	-24.4	1.4	4.0	1.8	1.1	4.9
34	YILN	-1.3	8.5	-5.3	7.8	-22.4	35.3

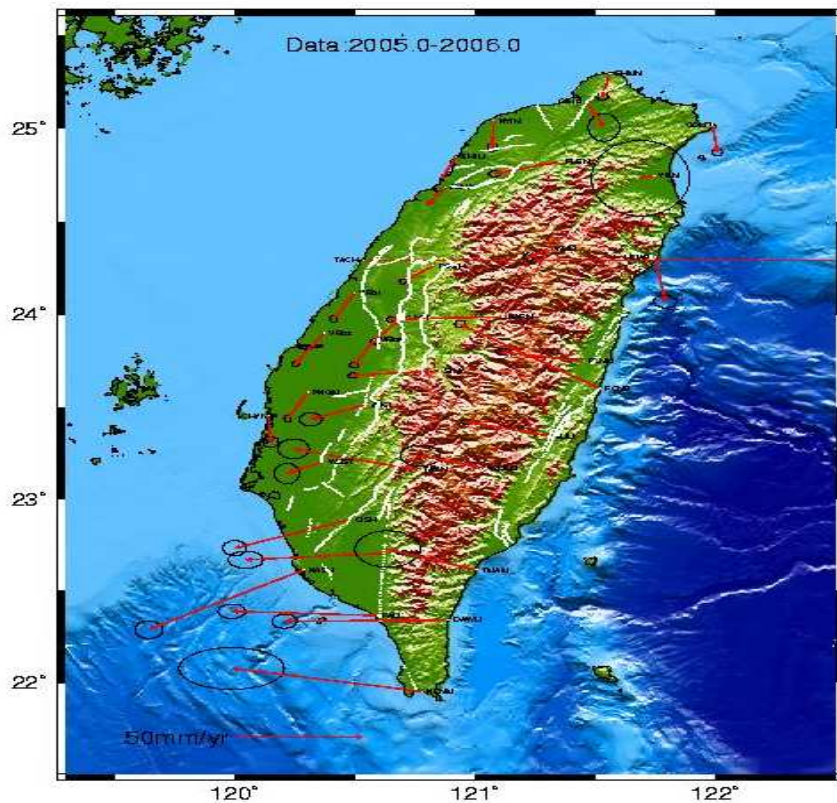


圖 4-1 e-GPS 衛星定位基準站速度量及標準偏差示意圖

4.2.3 坐標計算成果分析：

經 2005 年整年觀測資料計算分析結果，以各基準站相對精度需達 1cm 之系統精度要求而言，北區、中區及宜蘭服務網需 3 個月更動坐標 1 次，台東服務網需 2 個月更動坐標 1 次，西區、南區及花蓮服務網需 1 個月更動坐標 1 次。

4.3 VBS-RTK 定位精度及可靠度測試成果分析

有關 VBS-RTK 定位精度及可靠度測試成果分析，以一固定站 (LSBA) 每天 24 小時 1 Hz 連續之 VBS-RTK 定位坐標成果，模擬野外動態實際觀測數據，並以所蒐集獲得之 VBS-RTK 固定解 (Fixed Solution) 做為統計分析之基礎資料，評估分析 VBS-RTK 定位成果之解算成功率、精密度及精確度。另因基準站電力及通訊等因素，致其定位服務網無法將臺灣完全涵蓋在內，部分沿海陸地測量及近海地區船測使用時，勢必造成外插定位之現象，因此，本計畫同時以固定站 (LSBA) 每天 24 小時 1 Hz 連續之精密定位坐標成果為參考基準，並依據 LSBA 測站與各鄰近基準站之距離，機動調整外插測試網之衛星基準站組合，其外插距離分別為 14、18、32、38 及 52 公里，來評估外插定位之精度以為日後定位使用之參考。

為精確評估 LSBA 測站坐標之穩定度，採用 Bernese 4.2 版計算軟體聯合 LSBA 測站與中區服務網 11 處衛星定位基準站進最小約制平差計算，自 2005 年 Day 121 至 Day 271 期間 LSBA 測站坐標在 N 方向最大之變化量為 0.97 公分，在 E 方向最大之變化量為 -1.19 公分，在 h 方向最大之變化量為 1.55 公分詳如圖 4-2，顯示 LSBA 測站坐標之穩定性應可做為各項測試作業之參考基準。

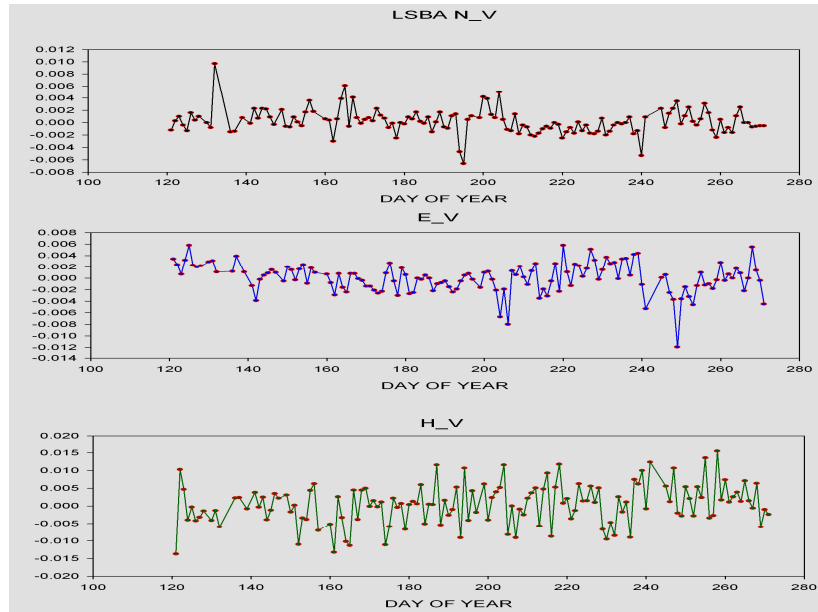


圖 4-2 LSBA 測站每日坐標變化情形 (2005 年 Day 121 - 271)

4.3.1 VBS-RTK 靜態定位內插測試成果統計分析：

VBS-RTK 定位靜態內插相關測試係於中區服務網 (Middle) 中進行 VBS-RTK 定位解算，合計自 94 年 4 月 27 日起至 94 年 12 月 30 日止總共蒐集 157 整天之 VBS-RTK 定位成果，各項測試結果之統計分析數據如下：

4.3.1.1 VBS-RTK 定位成果解算成功率統計分析：

定位解算成功率之分析基礎係為統計 LSBA 測站每日連續定位成果可以解算至固定解 (Fixed Solution) 之比率。本次測試作業期間進行 157 整天之 VBS-RTK 定位結果，其解算成功率之總平均值為 98.38%。其中單日定位解算成功率最高者為 100%，最低者為 57.26%。各月份解算成功率統計結果，其中除 7 月份及 8 月份之解算成功率分別為 96.64% 及 94.32% 外，其餘各月平均值均可達 97% 以上。

7-8 月份定位解算成功率較低之主要原因，按天候狀況初步研析結果，可能是受到當月期間多颱風及豪雨等天候影響，不僅造成部分基準站數據傳輸品質不穩定，甚至發生數據傳輸中斷情形，亦嚴重影響 VBS-RTK 定位之解算成功率及定位成果精度。

4.3.1.2 VBS-RTK 定位成果精密度 (precision) 統計分析：

定位成果之精密度分析係以 LSBA 測站每日 1Hz 連續定位成果平均值所統計之標準差(standard deviation , STD), 做為統計分析之基礎資料。本測試作業共蒐集 157 天 VBS-RTK 定位成果，扣除 7 月 8、29 日及 8 月 17、19 等 4 天之平面及高程定位精度較低之成果，在 N 方向之 STD 平均值為 1.44 公分，在 E 方向之 STD 平均值為 1.48 公分，在高程方向之 STD 平均值為 3.87 公分，各月份在平面方向 STD 平均值均小於 2 公分，高程方向則大約在 3-4 公分之間。詳如表 4-2 及圖 4-3。

表 4-2 LSBA 測站各月份 VBS-RTK 定位精度平均值統計表

年/月		94/05	94/06	94/07	94/08	94/09	94/10	94/11	94/12
取樣日數(天)		26	23	16	12	21	23	15	21
定位精度平均值 (公分)	N	1.37	1.42	2.52	2.29	1.17	0.98	1.12	1.23
	E	1.28	1.58	2.33	2.36	1.33	1.06	1.33	1.21
	h	3.60	4.17	5.45	5.62	3.41	3.13	3.60	3.16



圖 4-3 LSBA 測站 VBS-RTK 每日定位精度變化示意圖

4.3.1.3 VBS-RTK 定位成果準確度 (accuracy) 統計分析：

定位成果之準確度分析係假設以 LSBA 計算之精密坐標為真值，與每日 1Hz 連續定位成果所統計獲得之均方根值 (Root Mean Square,RMS), 做為統計分析之基礎，其本質著重於 VBS-RTK 定位成果與假設真值之差異程度。本測試作業共蒐集 157 天 VBS-RTK 定位成果，其 N 方向之 RMS 為 1.70 公分，E 方向之 RMS 為 1.80 公分，高程方向之 RMS 為 4.42 公分，詳如表 4-3 及圖 4-4。

表 4-3 LSBA 測站各月份 VBS-RTK 定位平均中誤差統計表

年/月		94/05	94/06	94/07	94/08	94/09	94/10	94/11	94/12
取樣日數 (天)		26	23	16	12	21	23	15	21
平均中誤差 (公分)	N	1.74	1.76	2.82	2.56	1.35	1.22	1.40	1.35
	E	1.36	1.73	2.44	2.57	1.88	1.61	1.84	1.56
	h	4.29	4.47	5.59	6.18	3.84	4.34	4.29	3.38

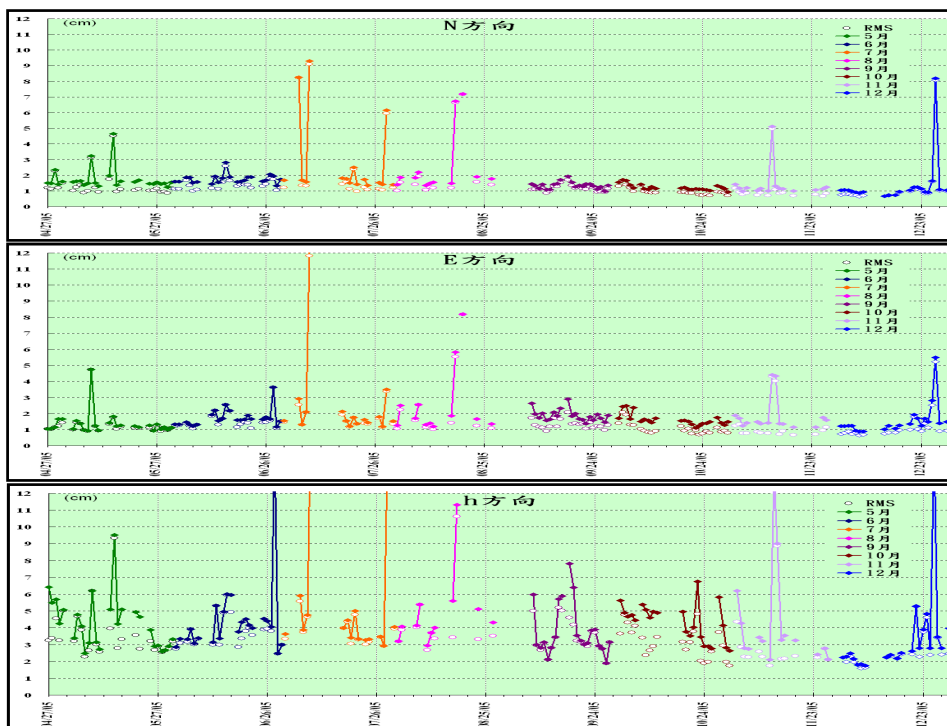


圖 4-4 LSBA 測站 VBS-RTK 每日定位 RMS 變化示意圖

4.3.1.4 VBS-RTK 定位成果與每日時間區段相關性分析：

VBS-RTK 定位成果與每日時間區段相關性分析，係將 LSBA 測站每日，以 4 個小時為一時間區段，統計各時間區段內 VBS-RTK 定位成果精度 (RMS 值) 之變化情形，自 94 年 5 月至 12 月期間於 LSBA 測站每月份 VBS-RTK 定位精度與每日時間區段之比對顯示，除 94 年 7 月份及 8 月份因期間有數天之定位精度高達 10 公分以上，導致定位精度有劣化情形外，其餘各月份每日各時間區段之 VBS-RTK 定位成果均大致可符合平面 2 公分、高程 5 公分之預期精度以內，故 VBS-RTK 定位精度初步推斷應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 VBS-RTK 定位解算時，均可獲得相當之定位精度，詳如表 4-4。

表 4-4 LSBA 測站各月份 VBS-RTK 定位精度與時間區段比對表 (單位：公分)

	年月 時間區段	94/05	94/06	94/07	94/08	94/09	94/10	94/11	94/12
		N	0hr-4hr	1.4	1.6	2.4	1.3	0.9	1.0
5hr-8hr	1.0		1.1	1.0	2.7	1.0	0.8	0.6	0.6
9hr-12hr	1.4		1.6	1.2	1.2	0.9	0.8	0.7	0.7
13hr-16hr	1.2		1.2	2.1	2.9	1.1	0.9	1.1	1.0
17hr-20hr	1.0		1.1	1.1	2.2	1.5	1.0	1.9	1.9
21hr-24hr	1.1		1.2	2.7	1.3	1.1	0.9	0.8	0.9
E	0hr-4hr	1.5	1.6	1.5	2.4	0.9	0.9	0.7	0.7
	5hr-8hr	0.9	1.1	1.0	2.5	0.8	0.8	0.7	0.7
	9hr-12hr	1.1	1.5	1.3	1.3	1.0	0.9	0.8	0.8
	13hr-16hr	1.1	1.4	1.7	2.6	0.9	1.1	1.0	1.0
	17hr-20hr	1.0	1.3	1.5	2.0	0.8	1.1	2.3	1.8
	21hr-24hr	1.2	1.4	3.2	1.2	0.8	0.9	0.7	0.8
h	0hr-4hr	3.1	4.7	3.6	4.4	3.2	2.9	2.1	2.0
	5hr-8hr	2.7	3.2	3.2	5.9	2.1	2.1	1.7	1.5
	9hr-12hr	4.1	3.9	2.9	2.7	2.2	1.9	1.7	1.6
	13hr-16hr	3.1	3.2	5.9	7.3	3.1	2.4	2.2	3.8
	17hr-20hr	2.7	2.7	3.5	5.1	3.3	2.8	6.0	3.8
	21hr-24hr	3.1	3.1	5.8	2.9	2.8	3.0	2.7	2.2

4.3.2 VBS-RTK 靜態外插定位測試成果統計分析：

VBS-RTK 定位靜態外插測試亦採用 LSBA 固定測站，於 e-GPS 即時動態定位系統中進行 VBS-RTK 動態定位解算，作為定位精度分析之基礎，並依據 LSBA 測站與各鄰近基準站之距離，機動調整外插測試網之衛星基準站組合，其外插距離分別為 14、18、32、38、52 及 64 公里。

本項測試因測試方法與前節靜態內插之測試方法相同，故僅針對 VBS-RTK 定位之解算成功率、精密度及準確度等 3 項主要定位結果進行統計分析，有關測試結果如下：

4.3.2.1 VBS-RTK 靜態外插定位成果解算成功率統計分析：

VBS-RTK 靜態外插定位在測站距離主基準站 38 公里內時，其定位解算成功率仍可高達 95% 以上，至超過 50 公里以上時，則約已降至 90% 以下，詳如圖 4-5。

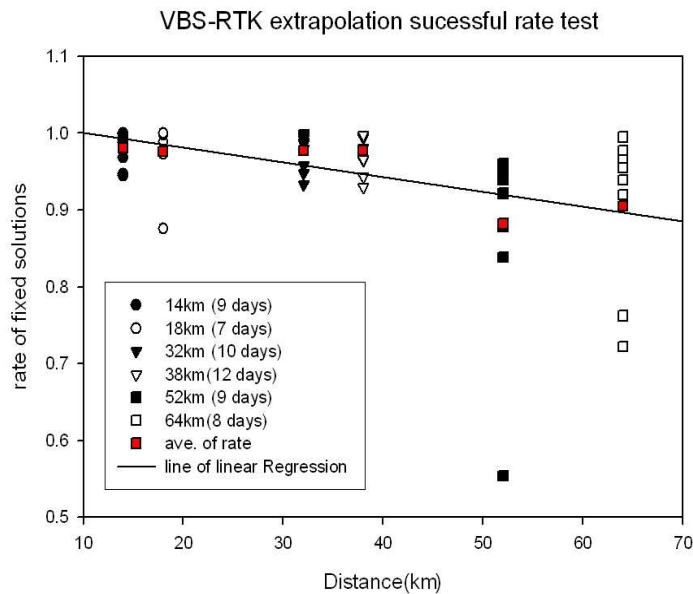
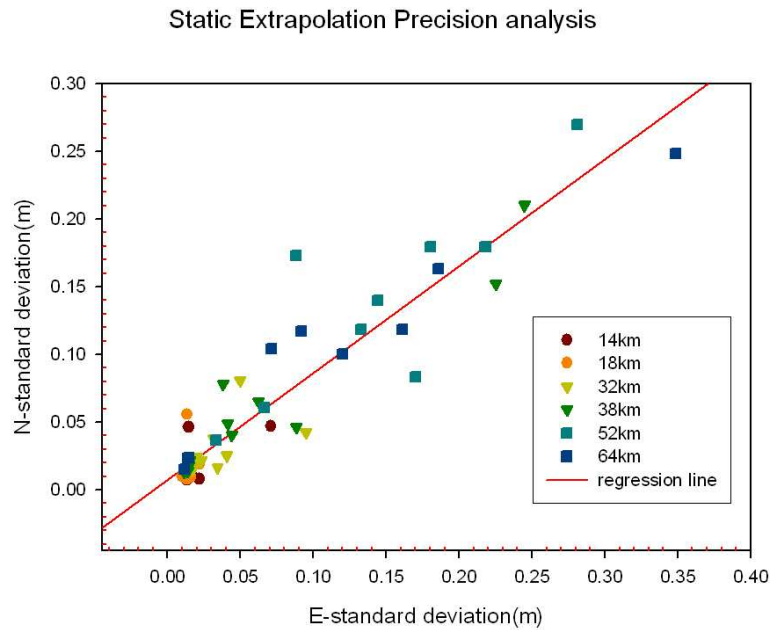


圖 4-5 VBS-RTK 靜態外插定位成果解算成功率統計圖

4.3.2.2 VBS-RTK 靜態外插定位成果精密度統計分析：

VBS-RTK 靜態外插定位在測站距離主基準站 18 公里以內時，其平面定位精度大致可維持在 2 公分以內，但高程方向之平均定位精度約為 5 公分，最大定位誤差者則已超過 20 公分；另自外插 32 公里起，其平面及高程精度亦隨距離增長而降低，高程定位精度之不確定性，更是大幅相對提高，詳如圖 4-6。



圖

4-6 VBS-RTK 靜態外插定位成果精密度分析統計圖

4.3.2.3 VBS-RTK 靜態外插定位成果準確度統計分析：

VBS-RTK 靜態外插定位成果之中誤差準確度統計分析，可發現其與內插定位所呈現之相關性一致，即 VBS-RTK 定位精度與準確度具有高度相關性，詳如圖 4-7。

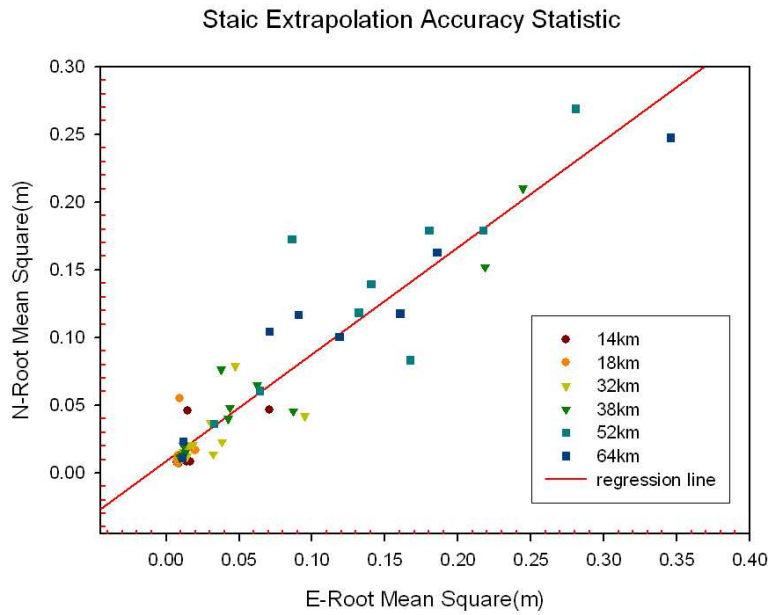


圖 4-7 VBS-RTK 靜態外插定位成果準確度分析統計圖

4.3.3 VBS-RTK 野外動態定位測試成果統計分析：

有關 VBS-RTK 定位成果之動態測試部分，係於野外各級基本控制點或圖根點實際進行即時性動態之定位解算後，探討 VBS-RTK 定位相關測試數據與各項已知資料間之差異性，藉以做為後續訂定各項測繪工作訂定標準化作業規範之參考。

4.3.3.1 VBS-RTK 動態定位成果與各級點位坐標較差分析：

因本系統各基準站之精密坐標除須定期修正外，其相對精度需維持在 1 公分內，故與內政部公布之 TWD97 國家坐標系統，會產生區域性之偏移量。VBS-RTK 動態定位成果與各級點位 TWD97 公告坐標較差分析之目的，即在於瞭解此項坐標不符值及涵蓋區域。

平面坐標之平均最大不符值均發生於基隆市，其 N、E 方向之不符值分別為 -4.8 公分及 3.5 公分，在高程方向則發生於新竹市，其坐標偏移量為 3.8 公分；至其中部地區之苗栗、台中及南投地區在 E 方向有 6-30 公分之偏移量，推斷可能是因 921 大地震後地殼應變效應仍持續作用所造成，至宜蘭及花蓮地區則在 N 方向及 E 方向之偏移均超過 10 公分，花蓮地

區在 E 方向之平均偏移量甚至已趨近 30 公分詳如表 4-5。

表 4-5 VBS-RTK 動態定位成果與各級點位坐標較差分析表 單位：公分

縣市別	基隆	台北	桃園	新竹	苗栗	台中	南投	宜蘭	花蓮
檢測點數	10	39	131	43	11	25	5	27	120
ΔN	-4.8	2.4	1.2	2.2	-1.7	-0.9	3.1	-11.2	12.6
ΔE	3.5	1.3	-0.4	-1.1	-5.9	-6.2	-29.3	14.8	-27.8
Δh	2.9	0.1	-2.0	3.8	5.2	-6.5			

4.3.3.2 VBS-RTK 動態定位成果之轉換與套合分析：

由於目前 e-GPS 定位系統所採用之”現時”坐標框架與地籍測量所採用之”公告”坐標框架雖同以 TWD97 國家坐標系統為基礎，惟各地區受到各基本控制點測設精度、地殼變動或其他因素影響所產生之坐標偏移量，將造成不同時期之地籍測量成果無法整合情形。在各基準站尚無長期觀測推算之完整且精確之速度場資訊情況下，故目前僅能採用後處理方式，以坐標轉換配合最小二乘配置坐標強置套合方法，來連繫 VBS-RTK 直接解算之定位坐標與法定公告坐標間之相關性。

圖 4-8 顯示於宜蘭縣冬山地區以 1 個二等衛星控制點及 3 個三等控制點為轉換套合之共同點，於測區範圍內採用 Helmert 四參數平面坐標轉換及最小二乘配置坐標套合方法針對 20 個四等控制點及 151 個圖根點進行轉換套合前後所獲得之實際數據比較，圖中 N 方向及 E 方向之平均坐標偏移量已分別由轉換套合前-12.1 公分及 15.4 公分調降為 0.9 公分及 1.4 公分，顯示採用上開坐標轉換及套合模式，初步認為不僅在技術層面部分，可符合小範圍如地籍圖重測區或其他地籍整理地區圖根點測量作業需求，且因其相關測量成果係強制套合於上級已知基本控制點坐標，在法制層面上亦可滿足地籍測量相關規範。

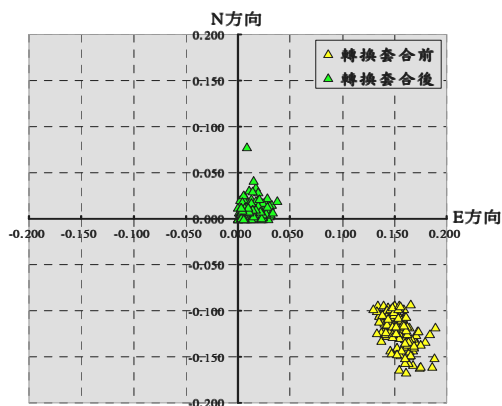


圖 4-8 95 年度宜蘭冬山重測區 e-GPS 坐標與公告坐標較差圖

4.3.3.3 VBS-RTK 動態定位服務觀測網初始化時間統計：

VBS-RTK 動態定位時間取決於採用 On-The - Fly(OTF) 整數週波未值求解所需之初始話時間，一但初始化成功後，便可每秒求解公分級精度的 RTK-Fix 坐標解。所以針對 VBS-RTK 動態定位服務觀測網初始化時間之統計分析部分，係測試期間在北區定位服務網所進行之 71 處各級控制點所歸納統計之數據，64%可在 1 分鐘內完成初始化，高達 92%在 2 分鐘內完成初使化詳如圖 4-9。

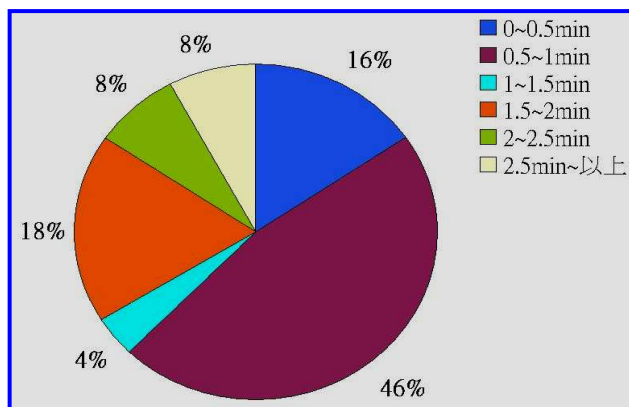


圖 4-9 北區定位服務網初始化所需時間之比率統計圖

五、結論與建議

5.1 結論：

1. 自 94 年 4 月至 95 年 12 月期間於北區、中區及花蓮等 3 處定位服務網，採用 VBS-RTK 定位技術進行 4 項測試工作獲得之初步結論如下：

(1) VBS-RTK 靜態定位內插測試部分：

- a. 所須初始化時間小於 1 分鐘。
- b. 平均解算成功率可高達 98.38 %。
- c. 平均定位精度 (RMS) 在 N 方向為 1.44 公分，在 E 方向為 1.48 公分，在高程方向為 3.87 公分。
- d. VBS-RTK 定位之準確度 (以中誤差表示) 與定位精密度 (以均方根表示) 呈高度相關性，在實務作業時，應就平面及高程精度予以適度規範，俾提高定成果之可靠度。

(2) VBS-RTK 靜態定位外插測試部分：

VBS-RTK 靜態外插定位精度隨著移動站與主基準站間距增加而增大趨勢，尤以在高程方向之劣化現象特別明顯，例如在距離主基準站 18 公里時，平面平均定位精度尚可達到 2 公分，高程平均精度約為 5 公分；但距離超過 32 公里時，其精度隨距離增長而劣化嚴重。

(3) VBS-RTK 野外動態定位測試部分：

- a. 共檢測 411 個各級基本控制點結果，其在不同測試地區所產生與公告 TWD97 坐標偏差值，具有明顯之區域性量級，例如在新竹以北地區，平面坐標之偏差量均低於 5 公分，在苗、中、投地區因受 921 大地震影響，在 E 方向之偏差量自 6 公分至 30 公分不等，至東部宜蘭及花蓮地區，其各平面坐標方向之偏差量均已高達 10 公分以上。
- b. 初始化時間是影響 VBS-RTK 作業效能的重要因素之一，依據本次在北區定位服務網針對 71 個各級基本控制點進行 VBS-RTK 定位所需初始化時間統計分析結果，計有 62 % 可在 1 分鐘內完成，84% 可在 2 分鐘內完成，僅 8 % 須超過

2.5 分鐘。

- 2.由於 GPSNet 定位系統軟體要求基準站坐標之相對精度在 1 公分範圍以內，因此 e-GPS 即時動態定位所使用之現時 TWD97 坐標系統，與內政部公告 TWD97 坐標系統間會產生區域性坐標偏差量，使用者絕不可將採用 VBS-RTK 定位獲得之坐標，直接引用於地籍測量成果。

5.2 建議：

- 1.針對本局進行野外 VBS-RTK 即時動態定位之實務經驗，有關移動站定位資訊及虛擬觀測量等數據通訊傳輸品質，為影響 VBS-RTK 定位解算成功率之主要因素，建議應再予研發其他數據傳輸模式如無線電網絡或行動式基地台等中繼方式，以輔助現有 GSM/GPRS 數據通訊架構之不足，提升 VBS-RTK 即時動態定位之效能。
- 2.由本次野外測試作業之實務經驗發現，在某一特定時間內，偶爾會發生 VBS-RTK 定位無法初始化成功或因初始化時間過長，造成定位成果品質不佳情形，一般認為是受到 GPSNet 定位系統軟體之電離層誤差解模組無法正確解算所致，故建議針對臺灣地區特有之衛星定位觀測環境，研究適合之電離層誤差修正模式，提升 VBS-RTK 即時動態定位之精度與可靠度
- 3.就上述與內政部公告 TWD97 坐標系統間會產生坐標系統偏移問題，目前本局係僅以後處理方式，採用 4 參數或 6 參數平面坐標轉換，並配合最小二乘配置坐標套合方法，將 VBS-RTK 定位坐標轉換並套合至法定 TWD97 坐標系統，暫時解決上開坐標系統偏差及法制化問題，惟就實務應用層面，建議繼續研究導入各基準站速度場資訊（即所謂動態基準）之可行性。
- 4.臺灣因位處歐亞大陸板塊及菲律賓海板塊之劇烈碰撞地帶，其引發之地殼活動將造成本系統各分區定位服務網之各基準站精確坐標，必須定期修正及維護，建議將本定位系統建置之基準站一併納入國家坐標系統予以妥善管理維護，並依據其長期且連續蒐集衛星觀測資料之特性，據以訂定國家測繪基準及建立精確速度

場資訊，以達到維持 e-GPS 即時動態定位系統正常營運及定位成果法制化等多重目標。

六、參考文獻

- 1.成都加訊科技網頁。
- 2.曾清涼，2002，虛擬衛星即時動態擴增系統 e-GPS 研究，國立成功大學 90 年度休假研究報告。
- 3.內政部土地測量局，2003.12，台灣 e-GPSS 電子基準站規劃設計及測試分析期中報告，台中；執行單位：財團法人成大研究發展基金會，計畫主持人：曾清涼教授。
- 4.內政部土地測量局，2004.4，台灣 e-GPS 電子基準站規劃設計及測試分析期末報告，台中；執行單位：財團法人成大研究發展基金會，計畫主持人：曾清涼教授。