

結合低價單頻 GPS 接收儀與虛擬動態基準站定位 精度之研究

The Study of Accuracy of Combining Lost-Cost L1 GPS Receiver and VRS

陳鶴欽¹

饒瑞鈞²

王敏雄³

劉正倫⁴

He-Chin Chen

Ruey-Juin Rau

Min-Shiung Wang

Jeng-Lun Liu

摘要

全球定位系統自 1980 年代以來，已被廣泛應用在定址服務及精密測量作業。依照儀器分類可概分為導航型接收儀及測量型接收儀。本研究使用具單頻 L1 相位觀測量之低成本導航型衛星接收儀，從事加密控制測量作業之可行性初期研究。另外配合內政部國土測繪中心已建置完成之 e-GPS 即時動態定位系統，產生虛擬參考站，計算超短基線，藉以避免單頻儀器無法以線性組合消除電離層誤差影響。

研究成果顯示，零基線測試中，本研究使用之單頻儀器在每小時一筆觀測量之 72 條基線中，僅 3 條大於 1mm，餘 68 條均小於 1mm，最大值 1.4mm。使用虛擬參考站與單頻觀測資料，分別計算 10 分鐘與 1 小時的 15m 超短基線，結果顯示在與雙頻資料成果平均值較差 3mm 以內，最大較差為 6.3mm。

關鍵詞：全球定位系統、單頻 L1 接收儀、零基線、虛擬參考站。

Abstract

GPS have widely used at LBS and precise surveying since 1980. GPS receiver could be divided into two groups, for navigating and surveying. The study using the low-cost single L1 carrier phase receiver do the densifying control surveying projects test. And using the e-GPS RTK positioning system built by NLSC, MOI produces the virtual reference station data, then combine L1 data and calculate the ultra-short baseline. The work is avoiding the single L1 receiver can not eliminate the ionosphere effect that the dual-frequency receiver can do it using the linear combination.

The result of the zero baseline test shows that there are 72 baselines and 3 baselines is over 1mm, the others are less than 1mm, the maximum is 1.4mm. The baselines with combining VRS and L1 data show accuracy less than 3 mm. the maximum is 6.3mm

Keyword: Global Position System, L1 GPS, Zero baseline, Virtual Reference Station.

¹ 國立成功大學地球科學系 博士候選人/內政部國土測繪中心 專員

² 國立成功大學地球科學系 副教授

³ 內政部國土測繪中心 技正

⁴ 內政部國土測繪中心 副主任

一、前言

1.1 緣起

GPS 從 1978 年發射以來，由於 GPS 技術發展快速，已普遍被應用於控制測量、地殼變位監測、汽車導航....等等各方面，GPS 衛星靜態 (Static) 定位應用在控制測量方面，已漸趨普遍，並已證實可達到公分級之精度，在實際作業方面，除要求適當點位透空度外，具有選取點位不需考慮相互通視及網形強度之特性、外業測量不受天候限制及測量時間縮短等優點，故目前台灣地區控制測量部份已全面採用 GPS 衛星定位測量，並建置 TWD97 (TaiWan Datum 1997) 坐標系統供各項建設使用，並於 2000 年正式公告 TWD97 作為國家測量基準 (內政部，2001)。

自 2000 年 5 月美國國防部解除 SA 效應後 (selective Availability) (Satirpod *et al.*, 2001)，GPS 於民生導航的應用更為普及，且因價格相對便宜甚多已廣泛被各行各業使用，導航型 GPS 通常僅接收 C1 電碼觀測資料，缺乏相位資料，無法從事公分級高精度測量作業。而大地測量所用均為雙頻接收儀，除電碼觀測資料外，尚具有 L1 及 L2 的雙頻載波觀測資料，經長時間觀測可達公分級甚至公釐級精度，並已被應用於高精度板塊變形監測作業 (Yu *et al.*, 1997)，此類儀器成本通常較為昂貴。

目前所使用於測量型儀器衛星接收儀多為雙頻之衛星接收儀，除可收電碼外，尚有接收 L1 及 L2 兩種相位觀測資料，價格較為昂貴約 1.5-2 萬美金，而導航型衛星接收儀通常應用於一般定位調查，通常觀測量僅 CA 電碼觀測量，價格約在 500 美元，相對便宜很多。部分導航型接收儀除可輸出電碼觀測量，也可輸出單頻相位觀測量 (L1)，低成本導航型單頻衛星接收儀可為衛星測量作業的另一種解決方案，應用於短距離基線觀測等加密控制測量作業，未來在歐盟伽利略定位系統的發展及降低成本觀念下，僅有 L1 相位成果與 CA 電碼的 GNSS 衛星接收儀，將是低成本多頻多系統 GNSS 衛星接收儀的另一種選擇，可應用於火山口、邊坡及地滑監測作業，可有效掌握監測環境變化情形。

內政部國土測繪中心主要負責國內基本控制點測量作業，每年使用 GPS 接收儀辦理新測設及檢測各級控制點作業約超過 3000 點，其中多數點位為三、四等控制點，以地籍圖重測業務而言，92-96 年 5 年平均每年約新設及檢測四等控制點 2264 點，檢測三等控制點約 600 點，上開點位間距約為 1-3 公里，視點位等級不同，觀測時間約 1-3 小時，GPS 接收儀使用頻繁，儀器耗損高。依據該中心近年來採購儀器花費成本經驗顯示，每部 GPS 雙頻全波長儀器約為 50-55 萬元，且近 3 年來平均每年 GPS 儀器維修成本約超過 70 萬元，其中 96 年度更超過 100 萬元，部分儀器換核心主機板單價更超過 15 萬元，另 GPS 接收儀主機雖然故障，但天線盤仍是

正常運作，若能搭配低價接收儀將可節省成本。

國土測繪中心已於 2007 年在臺灣地區（包含金門、馬祖及澎湖）建置 e-GPS 即時動態定位系統，透過設置於各地共 76 個 GPS 連續站及網路通訊傳輸，每一秒鐘將各地觀測資料傳回設置於該中心計算機房，並解算區域改正參數，再依客戶需要及時傳送一虛擬參考觀測檔，提供客戶進行短基線解算。單頻儀器無法如雙頻接收儀利用雙頻資料所產生之線性組合來消除電離層誤差，但本研究中將嘗試利用 VRS 技術產生虛擬參考站來計算超短基線，可避免單頻接收面臨長基線無法處理的問題，藉以發揮其各項應用。

1.2 前人研究

Talbot (1991) 及吳敏達 (1995) 曾使用單頻 L1 測量型儀器並結合序貫演算法(Sequential Resolution Approach)來提升單頻儀器的精度，基線較差約在 2cm，蘇宣翰 (1996) 利用測量型單頻觀測資料配合 BERNESE 4.0 計算得到單頻觀測量所得的基線長重複性為 $8.4\text{mm}+0.4\text{ppm}$ ，已可達到美國 FGCC 所提出之 GPS 相對定位測量等級中的 2-I 級，證實單頻儀器可行。但隨著儀器的發展，目前多數測量儀器廠商已不出產單頻的測量型儀器。南澳大學使用低成本單頻接收儀（內網監測點）並搭配雙頻儀器（框架網點）測試來辦理加密測量，其精度可與雙頻儀器成果相當 (Chen *et al.*, 2001)，Volker *et al.* (2002) 等更將此方法應用雙頻 GPS 為結合低成本單頻 L1 GPS 接收儀來監測印尼 Mt. Papandayan 火山活動情形，平面方向較差約 1.4—3.7cm，標準偏差約 1.1—1.8cm，Craig (2004) 對單頻 L1 接收儀發展出 sfStatic 軟體，使用 4 小時以上單頻觀測在 1.2 及 11 公里基線可達 2-3ppm。黃文祥 (2004) 使用鼎天 REV2000 導航型 L1 GPS 模組（內部為 SiRF 晶片組）作靜態測試，約 45 分鐘靜態定位成果達公分級，載波觀測精度約 20cm。

在 GPS 衛星接收儀精度檢驗中零基線測試是相當重要一環，且是用來檢測接收儀內部雜訊的主要方法之一。作業原理為使用分流器 (Splitter) 讓 2 部接收儀接收來自同一天線訊號，因來自同一天線盤訊號且環境條件相同，相關誤差在差分時將被消除，惟各接收儀因通道時間、儀器老化...等等，使得基線長不為零，用來檢驗儀器的標準精度。1996 年 Rocken *et al.* (1996) 使用 Bernese 軟體解算零基線期成果優於 1 mm，中國將零基線測試納入「全球定位系統 GPS 測量型接收儀檢定規程」，要求觀測時間 1.5 小時，基線長度應在 1mm 以內 (國家測繪局, 1995, 過靜君等, 1993)，劉美利 (2003) 使用瑞士 Bern 大學發展之 Bernese GPS 軟體及 Trimble 發展之 GPSurvey 軟體對雙頻儀器進行零基線評估，發現同型號儀器所組成之零基線基線長約 0-0.3mm，不同型號所組成基線長約 0.6-1.7mm。

二、e-GPS 即時動態定位系統建置

2.1 系統作業原理

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，並經由網路或其他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，透過以全球行動通訊系統 (GSM) 為基礎的整合封包無線電服務技術 (GPRS) 等無線數據通訊傳輸技術及美國國家海洋電子學會 (NMEA) 專為 GPS 接收儀輸出資料所訂定之標準傳輸格式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「國際海運系統無線電技術委員會」(RTCM) 所制定之差分 GPS 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。

綜上所述，吾人可以歸納採用 VBS-RTK 定位技術進行即時性動態定位實際運作之步驟如下：(1) 基準站區域網資料前級處理：包含建立基準網觀測資料庫，並同時進行基準站之網形平差計算。(2) 基準站區域網解算：控制及計算中心彙整計算各基準站連續觀測資料及精確坐標，建立區域性誤差修正資料庫。(3) 建立虛擬基準站觀測數據：移動站利用無線數據通訊傳輸技術將衛星定位接收儀 NMEA 格式之位置資訊（通常為單點定位坐標）登錄於控制及計算中心後，由控制及計算中心依移動站位置坐標進行系統誤差內插計算，並結合最近的基準站實際觀測資料組成 VBS 虛擬觀測資料後，以 RTCM 格式回傳至移動站。(4) 移動站坐標解算：移動站接收儀進行“超短基線” RTK 定位解算。

2.2 系統組成

在 e-GPS 衛星基準站實地建置部分，93 年度迄今共建置之 76 處基準站，整合包含內政部及中央氣象局、花蓮及彰化縣政府及部分大學院校原建置固定站及國土測繪中心新設置固定站，透過網際網路傳輸觀測資料至計算中心（王敏雄, 2007）。e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統網路架構，基於系統資料傳輸之即時性需求及不影響本中心現有資訊作業之正常運作等情況下，係規劃採用獨立架構方式建置；至控制及計算中心與及各基準站網路線路之申裝，則採用政府網際服務網 (GSN) 虛擬專用網路 (VPN) 架構。目前國土測繪中心 e-GPS 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 架構模式連接各本中心及內政部所建置之衛星基準站。

本系統採用美國 Trimble 公司所研發之 GPSNet 定位系統軟體，其區分為 Basic Package、DGPSNet 及 RTKNet 等三大模組，做為衛星定位基準站遠端控制、資料下載使用及進行單頻 200 公里內 DGPS 差分定位解算及公分級 VBS-RTK 即時動態定位解算。

三、資料蒐集

3.1 硬體

目前市面上多數導航用單頻接收儀多採用 SiRF 及 U-blox 晶片，為考量 GPS 模組的靈敏度 (sensitivity)、低電功率、衛星搜尋至鎖定時間 (Time-To-First-Fix, TTFF) 及輸出 L1 觀測量種類等因素 (U-blox, 2008、飛鷹科技, 2008)，選擇使用 U-blox 晶片模組 (LEA-4T) 之單頻 L1 GPS 接收儀，該款儀器使用 U-blox 之 GPS 晶片模組，內建 GPS 天線模組，可接收及輸出 CA 電碼及 L1 載波觀測資料，該儀器為原設計於導航作業使用。惟儀器天線盤缺乏正確相位中心資料，不利於定心對點及重複觀測等測量作業程序，且會影響觀測成果，我們重新將其設計為可外接分離式天線盤，如此將可滿足一般測量作業定心定平的基本要求，初步估算如僅整體單頻 GPS 接收儀本身價格約在美金 500 元之下，而天線盤可使用市面上已具有相位中心率定資料之天線盤。

3.2 資料蒐集

為了解使用分離式天線盤之單頻 L1 衛星接收儀穩定性及成果品質，我們使用位於測繪中心樓頂 (LSBA) 之 GPS 雙頻衛星接收儀 (TRIMBLE 4000SSE)，搭配大地測量型天線盤 (TRM41249.00)，使用訊號分流器，將 L1 GPS 與其接收相同衛星訊號，透過網路傳輸及自行開發介面程式，將原始 u-blox BINARY L1 觀測資料直接轉換存成 RINEX 格式之 O 檔，接收資料間隔 5 秒一筆，蒐集 2007 年 11 月 7 日至 2007 年 11 月 9 日計 3 天觀測資料 (DOY:311-313)，每一小時一筆觀測資料檔共計 72 筆，進行零基線測試 (Zero baseline)，另外並分別蒐集 15m (LSB0)、3KM (FCU1)、7KM (TC12)、18KM (TACH) 等不同距離資料進行計算比對，並使用 TRIMBLE 公司提供之 Trimble Total Control (TTC) V2.73 GPS 計算軟體進行資料解算作業。

另外並使用國土測繪中心已建置完成之 e-GPS 即時動態基準站觀測網資料，使用 Trimble Gpsnet 軟體，以 Gpsnet 模組及 Gpsnet RTK 模組觀測當時所產生之虛擬參考站修正資料檔 (副檔名 *.vrs)，配合單頻觀測日期及時間，以 LSB0 及 FCU1 坐標，後處理產生 ELSB 及 EFCU 二個虛擬參考觀測資料，辦理後續資料分析。

四、資料處理與分析

4.1 零基線測試

依據零基線原理，理論值較差應為「0」mm，但實務上考量儀器雜訊等等因素後多數以 1mm 為檢測標準。使用 TTC 計算軟體及廣播星曆資料計算 3 天 72 筆零基線資料，結果顯示僅有 3 筆基線長大於 1mm，最大值約 1.4mm，其餘 68 筆觀測資料 (約 95%) 均小於 1mm，整體成果在 0.1-1.4mm 間 (如表 1、圖 1)，與過靜君、劉美利等人實驗成果相符，另外將 3 天之各筆資料中誤差繪出發現誤差較

大者皆在中午時刻，與一般認為中午時刻較不適宜辦理外業觀測作業相符，通常中午時刻衛星顆數較少且 GDOP 值較差。其次僅為單頻資料，無法像雙頻接收儀可組成二次線性組成消去一階項電離層效應之影響量，與蘇宣翰所提影響單頻定位精度最大之因素乃電離層折射效應，若此誤差沒有妥善清除，則應用對流層附加參數法將會不當地吸收殘餘誤差，而造成負面效果。

表 1、單頻零基線成果彙整表 unit:mm

DOY	MAX	MIN	MEAN	STD
2007-311	1.0	0.1	0.5	0.2
2007-312	1.4	0.2	0.6	0.3
2007-313	1.2	0.2	0.5	0.3

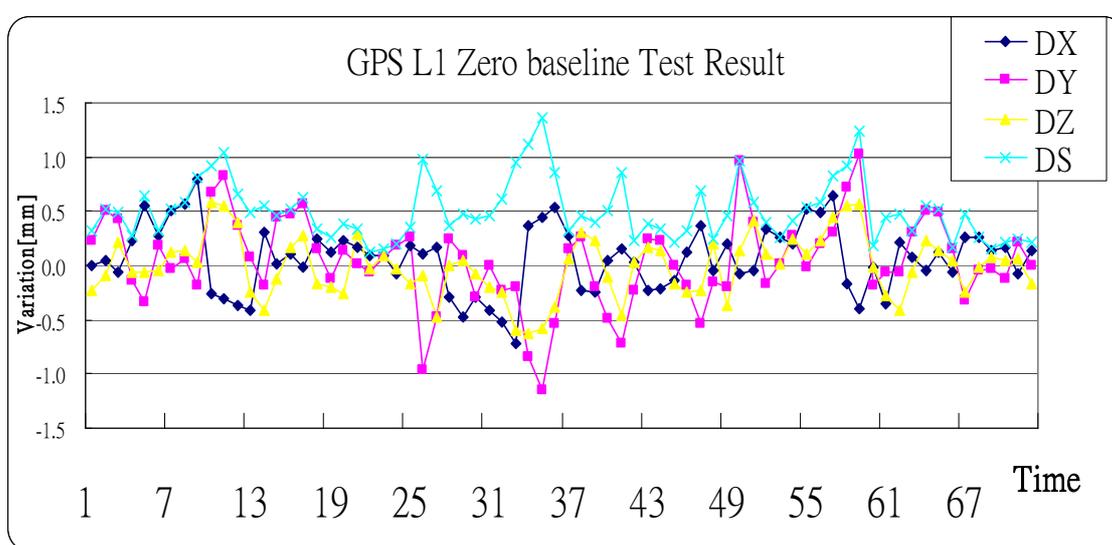


圖 1、GPS L1 零基線成果時間序列

4.2 距離測試

為測試單頻資料在不同距離之成果精度，使用 TTC 軟體求分別求解 LSBA (L1) - LSB0 約 15m、LSBA (L1) - FCU1 約 3km、LSBA (L1) - TC12 約 7km 及 LSBA (L1) - TACH 約 18km 等距離，並以目前四等控制測量作業規範要求 1 小時觀測時間段，3 天共計 72 筆觀測資料，觀測時間段為 2007/11/7 - 2007/11/9 (DOY:311 - 313)，分析 L1 觀測資料在上述四種不同距離基線測試，並使用 LSBA (雙頻) 與 LSB0、FCU1、TC12、TACH 四者之 3 天 72 小時雙頻資料進行基線求解，將雙頻成果視為參考值來比對 L1 基線成果，評判標準以一般辦以加密控制測量之 30mm+6ppm 為準。成果顯示如下：

(1) 超短基線測試，使用 3 天雙頻資料計算基線長為 15.465m (LSBA-LSB0)，另使用 L1 GPS 觀測成果求解 72 條基線全數求得固定解 (FIXED，成功率 100%)，基線平均值為 15.464m，基線長介於 14.463 - 14.466m 間，成果穩定可靠。

(2) 中距離 (FCU1，約 3km) 測試，使用 3 天雙頻資料計算基線長為 3185.447m (LSBA-FCU1)，另使用 L1 GPS 觀測成果求解 72 條基線，其中 72 條求得固定解

(FIXED, 成功率 100%), 基線平均值為 3185.446m, 基線長介於 3185.423—3185.459m 間, 成果屬穩定可靠。(圖 2)

(3) 中距離(TC12, 約 7km)測試, 使用 3 天雙頻資料計算基線長為 7043.056m (TC12-FCU1), 另使用 L1 GPS 觀測成果求解 72 條基線, 其中 66 條求得固定解 (FIXED, 成功率 92%), 為基線平均值為 7043.446m, 惟部份基線較差超過 3cm, 經剔除基線大於 3cm 者, 共剔除 20 條基線, 合格率約 72%。

(4) 長距離測試 (TACH, 約 18km), 使用 3 天雙頻資料計算基線長為 18252.195m (LSBA-TACH), 另使用 L1 GPS 觀測成果求解 71 條基線 (TACH 約缺少 1hr 資料), 其中僅 24 條基線較差在 3cm 以內, 其餘成果度不佳, 較差最大者甚達 1.2m, 成果無法使用。

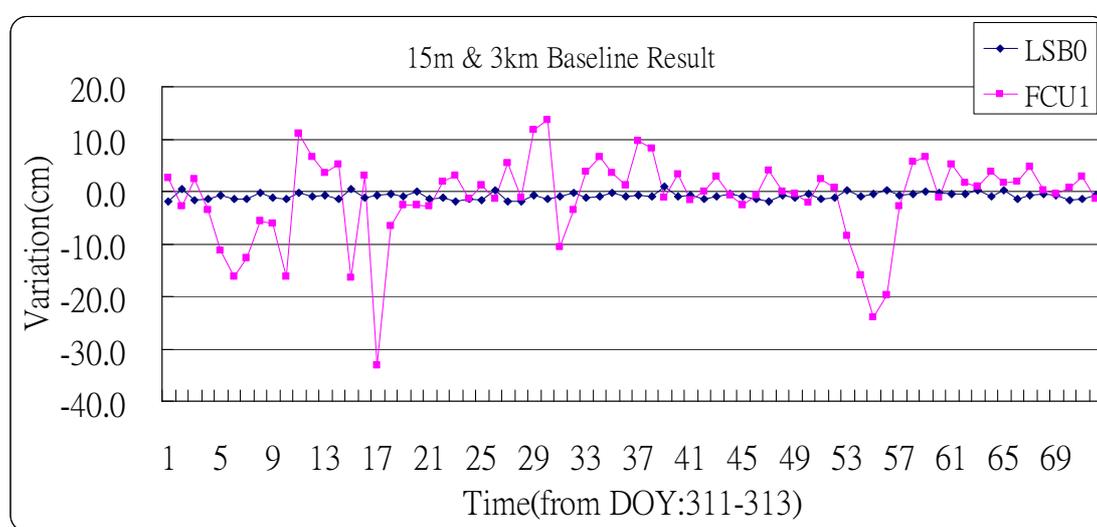


圖 2 單頻 L1 GPS 在 15M 及 3KM 基線計算較差

4.2 短時間短距離靜態基線測試

一般而言, 吾人辦理加密測量多數會在 3km 甚至更短距離內, 以目前內政部國土測繪中心辦理之三等控制測量平地距離間距約 2-6km, 四等控制點距離要求約在 0.5-1.5km, 所以選擇二個測試距離, 由 LSBA(L1)—LSB0 距離約 15m, LSBA(L1)—FCU1 距離約 3km, 選擇 2008/2/6 觀測資料, 使用 UNAVCO 發展之 GPS 觀測資料處理編輯工具軟體 TEQC, 將原本每小時一個觀測資料檔分割成每 10 分鐘一個檔案, 總計分割成 144 個觀測, 並求解基線。成果顯示如下:

(1) 15m(L1—LSB0)短基線共計 144 條基線, 全數求得固定解 (L1 FIXED), 平均值為 15.462m, 另由雙頻資料求得 (LSBA—LSB0) 基線長為 15.464m, 差值約 2mm。144 基線中最大較差值為-6.3mm, 最小者為 0.4mm, 標準偏差為 0.001m。

(2) 3km(L1—FCU1)短基線共計 144 條基線, 其中 136 計算求得固定解 (L1 FIXED), 平均值為 3185.446m, 另由雙頻資料求得 (LSBA—LSB0) 基線長為 3185.447m, 差值約 1mm。為部分基線雖為固定解, 但較差大於 3cm 將其刪除後, 計 129 條基線符合規定, 成功率約 90%。

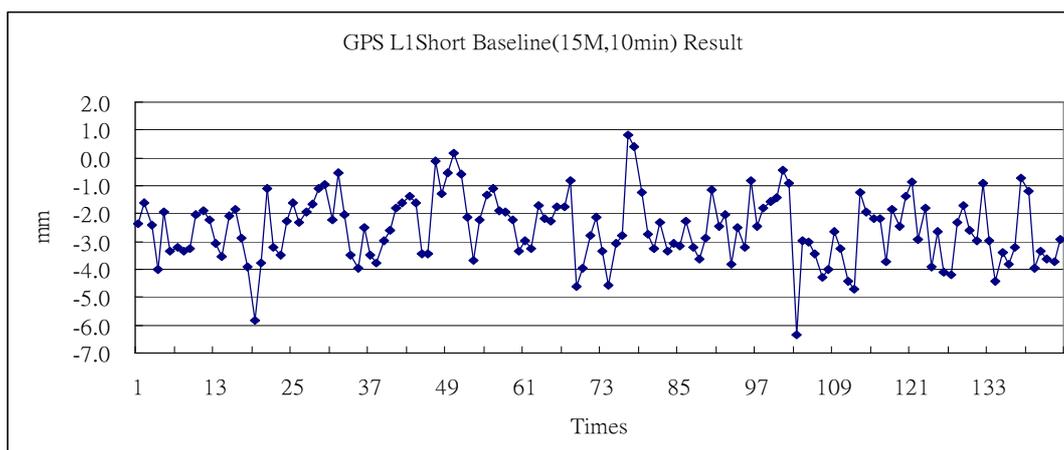


圖 3、單頻 L1 GPS 10 分鐘觀測量 15M 基線計算較差時間序列

4.3 結合 VRS 之不同距離靜態基線測試

為了解經由 VRS 所產生的虛擬參考站內，系統對電離層、對流層等相關誤差已作綜合考量，對於後續單頻解算是否有所改變。對於不同距離作一測試，以每小時一筆資料共計 24 條線成果作一比較，先前在真實觀測資料中，3km 成果可達 98.5%，7km 則只達 70%，且成果精度不佳。

(1) 4km：依據 ET21 使用 Trimble Gpsnet 之 Gpsserver 模組產生虛擬觀測量，並與單頻觀測成果使用計算，成果顯示 24 條基線全數求得固定解 (L1 Fixed)，平均值為 4450.454m，中誤差 0.003m，最大觀測值 4450.461m，最小觀測值 4450.449m，成果良好。

(2) 7km：ET12 使用 Gpsserver 模組產生虛擬觀測量，並與單頻觀測成果使用計算，成果顯示 24 條基線全數求得固定解 (L1 Fixed)，平均值為 7043.084m，中誤差 0.016m，最大觀測值 7043.107m，最小觀測值 7043.063m，成果良好。

(3) 9km：ET907 使用 Gpsserver 模組產生虛擬觀測量，並與單頻觀測成果使用計算，成果顯示 24 條基線全數求得固定解 (L1 Fixed)，平均值為 9483.328m，中誤差 0.035m，最大觀測值 9483.447m，最小觀測值 9483.296m，經分析 9483.467m 應為誤判應於剔除，成功率 98.5%，經重新計算平均值為 9483.323m，中誤差 0.024m，最大觀測值 9483.363m，最小觀測值 9483.296m。

(4) 10km：E395 使用 Gpsserver 模組產生虛擬觀測量，並與單頻觀測成果使用計算，成果顯示 24 條基線全數求得固定解 (L1 Fixed)，平均值為 10145.303m，中誤差 0.029m，最大觀測值 10145.346m，最小觀測值 10145.227m，經分析大於 3 公分者應為較不可信賴成果，應予剔除，共計剔除 6 條基線，成功率 75%(18/24)，經重新計算平均值為 9483.323m，中誤差 0.024m，最大觀測值 9483.363m，最小觀測值 9483.296m。

(5) 15km：E453 使用 Gpsserver 模組產生虛擬觀測量，並與單頻觀測成果使用計算，成果顯示 24 條基線中僅 23 條求得固定解 (L1 Fixed)，剔除浮動解者後 (時間為 2008/2/6 12:00-13:00)，平均值為 15314.358m，中誤差 0.031m，最大觀測值 15314.393m，最小觀測值 15314.302m，經分析大於 3cm 者應為較不可信賴

成果，應予剔除，共計剔除 13 條基線，成功率僅 46%(11/24)，不足一半，顯示單頻 15km 已不能使用。

五、結論與建議

在零基線測試成果顯示，低價單頻 GPS 接收儀在 72 小時觀測中，以每 1 小時為計算單元，共計 72 條零基線成果顯示僅 3 條大於 1mm，其中最大者為 1.4mm，其餘 69 筆資料均小於 1mm，成功率約 95.8%，與一般實驗成果相當，顯示該接收儀訊號成果品質應屬穩定可靠。另外三天零基線中誤差最大誤差均出現在中午時段（11-13 時），推估應該是中午時段衛星顆數 GDOP 值較差之故，是否為電離層因素則須再探討。

距離測試比對中發現，使用單頻資料與真實觀測資料在 1 小時觀測量下，在 3km 以內基線成果 100% 均可求解出固定解且成果可靠，在 7km 距離時，成功率下降至剩 72%。但是對於一般加密應用測量使用者，3km 已經可滿足使用，以價格精度效益比而言，在應用測量領域低成本 GPS L1 接收儀是可令人期待。

將時間縮短至 10 分鐘計分 144 條計算單元，發現 15m 的基線全數求得固定解，平均值為 15.462m，與由雙頻資料求得 15.464m，較差值約 2mm，其中最大較差值為 -6.3mm，最小者為 0.4mm，標準偏差為 1mm。3km 基線中，有 129 條基線成果合於要求，成功率約 90%，平均值為 3185.446m，與由雙頻資料求得基線長為 3185.447m，差值約 1mm。顯示在良好觀測品質下 10 分鐘成果可靠，值得信賴。

使用 VRS 技術產生虛擬參考站與低價單頻 L1 GPS 接收儀成果顯示，使用 GPSnet 產生之虛擬參考站與單頻解算基線距離較原始真實資料來的遠，原真實觀測資料在 7km 處成功已降至約 72%，而 VRS 技術下在 7km 處 100% 的解算成功率，9km 處成功率約 98.5%，在 10km 處可得 75% 成功率，以此推估至少可提升距離效益約 30%（3km/10km）。

本研究未來將對結合 VRS 與單頻動態定位部分資料進行測試，另配合歐盟已發射 2 個 Galileo 衛星，且儀器廠商已宣稱準備好 GNSS L1 接收儀，對此將進行先期模擬測試。本研究使用低成本導航型衛星接收儀經實驗分析顯示觀測資料品質與成果良好，與其它使用測量型單頻略有不同，可大幅降低設置作業成本，對於台灣部分敏感地區，如易地滑之山坡地或土石流等地區，可利用單頻接收儀來進行即時監測作業，達到防災預警之功效。

六、致謝

本研究使用改良分離式 L1 GPS 接收儀係由中國航測工程顧問有限公司洪焜生經理協助製作，並由內政部國土測繪中心提供相關資料，特此致謝。

參考文獻

內政部, 2001, 內政部 90 年 5 月 2 日台內地字第 9060856 號令, 台灣台北。

- 中華人民共和國國家測繪局, 1995, 全球定位系統 (GPS) 測量型接收機檢定規程, 中華人民共和國測繪行業標準。
- 王敏雄, 2007, e-GPS 定位系統應用於基本控制測量作業之研究, 內政部國土測繪中心自行研究報告, 台中。
- 吳敏達, 1995, **GPS** 單頻載波相位以序貫演算法進行即時靜態定位之研究, 成功大學碩士論文, 台南。
- 黃文祥, 2004, REV-2000 GPS 單頻模組相對定位精度分析, 成功大學碩士論文, 台南。
- 飛鷹科技, 2008, 飛鷹科技網頁 <http://www.gpsbaby.com>, 最近查閱 2008-3-22。
- 過靜君, 季如進, 商瑞斌, 張遠智, 1993, GPS 天線相位中心偏移影響及接收儀零基線的測試, 測繪通報 1993 第 1 期, P19-20。
- 劉美利, 2003, 應用零基線原理檢驗接收儀內部雜訊之研究, 交通大學碩士論文, 新竹。
- 蘇宣翰, 1996, 提昇單頻 GPS 接收儀觀測量定位精度之研究, 交通大學碩士論文, 新竹。
- Chen, H. Y., RIZOS, C., Han, S., 2001. From simulation to implementation: low-cost densification of permanent GPS networks in support of geodetic applications, *Journal of Geodesy*(2001)75, pp. 515-526
- C. Rocken, C. Meertens, B. Stephens, J. Braun, T. VanHove, S. Perry. O. Ruud, M. McCallum, J. Richardson, 1996, UNAVCO Academic Research Infrastructure (ARI) Receiver and Antenna Test Report, http://www.unavco.org/pubs_reports/reports/annual/facility/fy_96/sections5-B/annual96-14.html
- Craig ROBERTS, Cedric SEYNAT, Chris RIZOS, Graeme HOOPER, 2004. Low-cost deformation measurement system for volcano monitoring, 3rd FIG Regional Conference, Jakarta, Indonesia, October 3-7, 2004.
- Satirpod C, Rizos C, Wang J, 2001, GPS single point positioning with SA off: how accurate can we get? *Surv Rev* 36 (282), pp. 255-262。
- Talbot N.C., 1991. High-precision real-time GPS positioning concepts: modeling and results, *Navigation, Journal of The Institute of Navigation*, Vol 38 No2, Summer 1991, pp. 147-161.
- Volker Janssen, Craig Roberts, Chris Rizos, Hasanuddin Z. Abidin., 2002, Low-Cost GPS-based Volcano Deformation Monitoring at Mt. Papandayan Indonesia, *Journal of Volcano and Geothermal Research* 115(2002), pp. 139-151.
- Yu, S. B, H.Y. Chen, and L.C. Kuo, 1997. Velocity field of GPS stations in the Taiwan area. *Tectonophysics*, 274, pp. 41-59.
- u-blox, 2008, u-blox homepage <http://www.u-blox.com/>, 最近查閱: 2008-03-22。