

內政部土地測量局
中華民國 95 年 5 月



**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**

內政部土地測量局
中華民國 95 年 5 月

序

自從美國國防部在 1978 年 2 月將第 1 顆 GPS 衛星送進太空軌道後，GPS 已成為全球性導航定位及衛星測量領域之代名詞，隨著電信與資訊科技的快速發展，尤其是網際網路與無線數據通訊技術的興起，GPS 在測量定位的應用，已由長時間靜態觀測演進為即時動態定位。為順應此一國際測繪科技潮流趨勢及臺灣具備優質的寬頻化與行動化之電信基礎建設的有利條件，在前任局長--現任內政部地政司吳司長萬順的指導及推動下，於 92 年度委託財團法人成大研究發展基金會研究辦理先期規劃工作，完成採用虛擬基準站即時動態定位技術（VBS-RTK）之可行性評估外後，賡續於 93 年度起籌建「全國性 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統」，並在李前副局長彥弘及劉副局長正倫所召集領導的營運推動小組，歷經 2 年群策群力的推動下，目前臺灣本島地區已有超過 50 個基準站順利連線運作，而且在任何時刻、任何地點只要同時接收 5 顆以上 GPS 衛星訊號，透過 GSM/GPRS 無線數據傳輸技術，都可獲得公分級的即時動態定位成果，這也宣告國內衛星定位及相關測繪技術已邁入 e 化及行動化的嶄新時代。

本報告主要論述應用本局全國性 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統提供之即時動態定位技術所辦理之各項測試成果，報告中除簡介本系統之緣起、目標及建置現況外，亦針對 VBS-RTK 定位及網路化 DGPS 差分定位之解算成功率、精密度、準確度、可靠度及各種可能影響定位成果的相關性層面等，進行統計分析，相信對各單位爾後採用即時動態定位技術辦理各項測繪工作，可引為訂定標準作業程序或制定相關作業規範之參據。另本次得以順利完成初步測試工作，除對營運推動小組各位幹事在各項專業領域全力投入，特別是平面控制課劉課長至忠及王技正敏雄從最初整整系統規劃、建置到現階段管理、維護及測試工作，林測量員文勇在網路架構規劃與管理及邱測量

員明全、黃測量員華尉及袁測量員克中在各項資料處理與輔助應用軟體研發工作上，長期付出心血，表示由衷感激外，另對於辛苦地在野外協助蒐集測試資料的同仁及工作伙伴們，不畏風吹雨打、日曬雨淋的奉獻精神，亦表達萬分感佩之意。

本系統之全國性衛星定位基準網及後續營運所需的入口網站管理系統雖即將於 95 年底全數建置完成，但就提供多功能定位服務及增值應用之既定目標，仍有一段漫長歷程需要面對與克服，在此勉勵所有 e-GPS 的工作伙伴們，繼續盡情發揮土地測量局創新精神與執行效率，繼續為國內各項測繪工作提供高精度、高品質、高效能且即時又可靠的定位服務共同來打拼。

內政部土地測量局長 蕭輔導謹識

中華民國 95 年 5 月

目 錄

摘 要.....	1
壹、緣起.....	2
貳、e-GPS 即時動態定位系統概述.....	3
一、系統基本組成.....	3
二、虛擬基準站 RTK 動態定位技術.....	3
三、VBS-RTK 基本定位原理.....	4
四、VBS-RTK 定位技術之優點.....	5
五、定位服務與增值應用.....	8
參、全國性 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統.....	10
一、全國性 e-GPS 衛星定位基準網.....	10
二、e-GPS 控制及計算中心.....	17
三、e - GPS 網路及數據傳輸系統架構.....	19
四、移動站基本配備.....	20
肆、GPSNet 系統軟體運作實務.....	21
一、基準站衛星接收儀連結設定.....	22
二、基準站衛星觀測料時間同步化.....	26
三、基準站與即時坐標監視.....	27
四、VBS-RTK 定位基準網設定.....	28
五、移動站 VBS-RTK 定位模組設定.....	36
六、系統監控及其他應用功能模組.....	38
伍、VBS-RTK 定位精度及可靠度測試作業.....	42
一、測試作業背景.....	42
二、測試作業規劃.....	42
三、e-GPS 衛星定位基準網精密坐標精度評估分析.....	46
(一) 固定基準站選取.....	46
(二) 解算流程.....	46

(三) 坐標計算成果分析.....	51
四、測試作業之規劃與準備.....	60
五、VBS-RTK 定位精度及可靠度測試成果分析.....	63
(一) VBS-RTK 靜態定位內插測試成果統計分析.....	63
1.VBS-RTK 定位成果解算成功率統計分析.....	63
2.VBS-RTK 定位成果精密度統計分析.....	64
3.VBS-RTK 定位成果準確度統計分析.....	67
4.VBS-RTK 定位成果內可靠度統計分析.....	70
5.VBS-RTK 定位成果與衛星幾何精度因子相關性分析.....	74
6.VBS-RTK 定位成果與每日時間區段相關性分析.....	77
7.VBS-RTK 定位成果與天候狀況相關性分析.....	80
8.VBS-RTK 定位成果與電離層誤差修正相關性分析.....	82
9.VBS-RTK 定位成果與基準站分布及數量相關性分析.....	86
(二) VBS-RTK 靜態外插定位測試成果統計分析.....	88
1. VBS-RTK 靜態外插定位成果解算成功率統計分析	88
2. VBS-RTK 靜態外插定位成果精密度統計分析	90
3.VBS-RTK 靜態外插定位成果準確度統計分析.....	93
(三) VBS-RTK 野外動態定位測試成果統計分析.....	95
1.使用之儀器設備.....	95
2.測試地區.....	96
3.定位成果統計及分析.....	96
(1) VBS-RTK 動態定位成果與各級點位坐標較差分析.....	96
(2) VBS-RTK 動態定位成果之轉換與套合分析.....	98
(3) VBS-RTK 動態定位服務觀測網初始化時間統計.....	99
(4) VBS-RTK 動態定位成果精度與 PDOP 值相關性.....	100
陸、差分 DGPS 動態定位成果統計分析.....	102
一、DGPS 定位解算成功率統計分析.....	102
二、DGPS 定位精密度統計分析.....	103

三、DGPS 定位準確度統計分析.....	103
柒、e-GPS 定位成果之加值應用測試.....	105
一、陸域汽車導航定位應用.....	105
二、海域船舶導航及海洋測量應用.....	106
三、管理者即時監控及輔助決策應用.....	107
捌、VBS-RTK 野外作業遭遇問題及解決方案.....	110
玖、綜合結論與建議.....	112
一、綜合結論.....	112
二、綜合建議.....	114
拾、參考文獻.....	115
附 錄.....	116

表 目 錄

表 3-1 全國性 e-GPS 衛星定位基準站各項資訊明細表	11
表 4-1 VBS-RTK 定位服務網劃分現況及服務範圍一覽表	29
表 5-1 e-GPS 衛星定位基準網精密坐標解算天數統計表	48
表 5-2 e-GPS 衛星定位基準站速度量及標準偏差一覽表	49
表 5-3 VBS-RTK 即時動態服務網基準站速度場、空間距離相對變化表 及其服務範圍圖	53
表 5-4 LSBA 測站各月份 VBS-RTK 定位解算成功率統計表	64
表 5-5 LSBA 測站各月份 VBS-RTK 定位精度平均值統計表	65
表 5-6 LSBA 測站各月份 VBS-RTK 定位平均中誤差統計表	68
表 5-7 LSBA 測站每月 VBS-RTK 定位成果之較差機率平均統計表	71
表 5-8 LSBA 測站各月份 VBS-RTK 定位精度與 PDOP 區段相關性一覽 表	75
表 5-9 LSBA 測站各月份 VBS-RTK 定位精度與時間區段比對表	78
表 5-10 LSBA 測站各月份 VBS-RTK 定位精度與天候狀況比對表	81
表 5-11 LSBA 測站單日 VBS-RTK 定位精度與天候狀況比對表	82
表 5-12 VBS-RTK 動態定位成果與各級點位坐標較差分析表	97

圖 目 錄

圖 2-1	虛擬基準站定位系統示意圖.....	6
圖 2-2	VBS-RTK 動態定位技術解算流程圖.....	7
圖 2-3	e - GPS 即時動態定位系統應用領域及輔助國土資訊系統定位資料圖層關聯性.....	9
圖 3-1	全國性 e - GPS 衛星定位基準網分布圖.....	15
圖 3-2	鋼柱式天線架基座架設及儀器機櫃主要基本配備實景相片.....	16
圖 3-3	e-GPS 控制及計算中心資訊機房實景相片.....	18
圖 3-4	e-GPS 即時動態定位系統網路架構圖.....	19
圖 3-5	Trimble 公司研發移動站衛星定位接收儀控制器操作畫面.....	20
圖 4-1	GPSNet 系統軟體各功能模組一覽圖.....	21
圖 4-2	接收儀設定功能模組之各項應用子模組.....	23
圖 4-3	GPSNet 系統軟體中已連線運作基準站分布圖.....	24
圖 4-4	Sky-Plot 圖.....	24
圖 4-5	Multipath-Plot 圖.....	25
圖 4-6	Point Position Analysis 圖.....	25
圖 4-7	「Synchronizer」模組中各基準站衛星觀測資料時間延遲.....	26
圖 4-8	Coordinate Monitor 模坐標差量圖.....	27
圖 4-9	Coordinate Monitor 模組坐標差量圖.....	28
圖 4-10	臺灣本島地區 VBS-RTK 定位服務範圍圖.....	31
圖 4-11	各分區定位服務網.....	32
圖 4-12	移動站 VBS-RTK 定位成果現況監控畫面.....	37
圖 4-13	移動站 VBS-RTK 定位服務監控圖形畫面.....	37
圖 4-14	磁碟監視系統 (Disk Watch) 運作畫面.....	39
圖 4-15	顯示 FTP 備份系統 (FTPMirror) 運作畫面.....	40
圖 4-16	無線電監控系統 (Radio Monitor) 運作畫面.....	41
圖 4-17	NMEA 配置轉接器 (NMEA Distributor) 運作畫面.....	41
圖 5-1	e-GPS 衛星定位基準站坐標及速度量解流程圖.....	47

圖 5-2	e-GPS 衛星定位基準站速度量及標準偏差示意圖	50
圖 5-3	本局樓頂 LSBA GPS 連續觀測站天線位置實景	61
圖 5-4	LSBA 測站每日坐標變化情形示意圖	62
圖 5-5	LSBA 測站每日 VBS-RTK 定位解算成功率統計圖	64
圖 5-6	LSBA 測站 VBS-RTK 每日定位精度變化示意圖	66
圖 5-7	LSBA 測站 VBS-RTK 每日定位中誤差變化示意圖	69
圖 5-8	LSBA 測站 VBS-RTK 定位成果每日較差機率分布示意圖	72
圖 5-9	VBS-RTK 定位成果與平均中值之較差關係圖	73
圖 5-10	LSBA 測站每日定位精度與 PDOP 區段比對圖	76
圖 5-11	LSBA 測站每日定位精度與時間區段之比對	79
圖 5-12	GPSNet 系統軟體產製之各類典型電離層修正指標圖	83
圖 5-13	每日電離層修正最大指標與 LSBA 測站定位成果精度比對情形	84
圖 5-14	LSBA 測站定位精度較差單日所對應之電離層修正指標圖	85
圖 5-15	LSBA 測站在不同定位服務網之 VBS-RTK 定位精度比較圖	87
圖 5-16	VBS-RTK 靜態外插定位成果解算成功率統計圖	88
圖 5-17	VBS-RTK 靜態外插定位成果精密度分析統計圖	91
圖 5-18	VBS-RTK 靜態外插定位成果準確度分析統計圖	93
圖 5-19	VBS-RTK 定位測試相關儀器整置情形	95
圖 5-20	VBS-RTK 動態定位測試點位分布圖	96
圖 5-21	95 年度宜蘭冬山重測區 e-GPS 坐標與公告坐標較差圖	99
圖 5-22	北區定位服務網初始化所需時間之比率統計圖	100
圖 5-23	VBS-RTK 動態定位成果精度與 PDOP 值相關性分析圖	101
圖 6-1	LSBA 測站 DGPS 差分定位解算成功率統計圖	102
圖 6-2	LSBA 測站 DGPS 差分定位精度統計分析圖	103
圖 6-3	LSBA 測站 DGPS 差分定位中誤差統計分析圖	104
圖 7-1	陸域汽車導航定位測試儀器設備整置情形	105
圖 7-2	DGPS 定位成果套繪於商用導航軟體之定位軌跡	106
圖 7-3	海域船舶導航及海洋測量應用測試儀器整置情形	107
圖 7-4	台中梧棲港-苗栗通霄外海進行 VBS-RTK 定位軌跡圖	108

圖 7-5 本局自行開發之 PC 版使用者即時監控系統.....109
圖 7-6 本局自行開發之 PDA 版使用者即時監控系統.....109

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 衛星定位基準站即時動態定位系統，除可大幅延展 RTK 有效作業範圍外，另採用多個基準站聯合計算區域性改正參數 (Area Correction Parameters, ACP)，亦可達到提升 RTK 定位精度與可靠度之目的。

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 定位成果精度在平面方向優於 2 公分，高程方向優於 5 公分，除明顯提升各級基本控制點與圖根之點測設及管理維護檢測工作之產能及效率，達到節制作業成本之目標外，另本系統多功能、多目標之即動態定位特性，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。

壹、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 定位技術辦理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精度評估及 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。

貳、e-GPS 即時動態定位系統概述

一、系統基本組成：

e-GPS 即時動態定位系統之基本組成可區分為三大組成單元，茲就其操作功能性分述如下：

(一) GPS 衛星定位基準網：

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

(二) 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。
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 (Networked Transport of RTCM via Internet Protocol, NTRIP)，將 VBS 虛擬觀測資料 (RTCM 格式) 傳送至移動站。

(三) 移動站：

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

二、虛擬基準站 RTK 動態定位技術

應用 RTK 定位技術之最大的瓶頸，在於基準站系統誤差改正參數之有效作用距離，GPS 定位誤差的空間相關性會隨著基準站與移動站距離的增加而逐漸失去線型誤差模型的有效性。因此在較長距離的情況下(大於 10 公里)，經過差分處理後的觀測數據仍然含有很大的系統誤差，尤其是電離層的殘餘誤差將導致整週波未定值求解的困難，甚至無法求解，造成定位成果不佳。

為了克服上述傳統 RTK 定位技術的缺陷，在網路化 e 世紀來臨之際，利用虛擬基準站即時動態定位技術求解區域性 GPS 多基準站網絡誤差模型如對流層、電離層及軌道誤差等，將可有效增加傳統單主站 RTK 定位之作業範圍，亦即採用多個基準站所組成的 GPS 網絡來評估基準站涵蓋地區的 GPS 定位誤差，並配合最鄰近的實體基準站觀測資料，建構一個虛擬基準站(Virtual Base Station, VBS)做為 RTK 主站使用，此時該虛擬基準站的觀測數據將會與移動站衛星定位接收儀實際接收的觀測數據及誤差模型具有極高的相關性，當再進行 RTK 差分處理後，系統誤差可澈底消除，達到快速、方便、高精度及高可靠度的定位成果。所以 RTK 移動站使用者並非接收某個實際基準站的實際觀測資料，而是經過定位誤差修正後的虛擬觀測數據，也就是 RTK 主站是經過人為加工產製的虛擬化基準站，其意義就彷彿是使用者在移動站附近架設一個實體的基準站一樣，這種透過網路及無線數據訊傳輸的 RTK 定位技術稱之為虛擬基準站即時動態定位技術（簡稱 VBS-RTK）。

三、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 (General Packet Radio Service, GPRS) 等無線數據通訊傳輸技術及美國國家海洋電子學會(National Marine Electronics Association, 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」(Radio Technical Commission for Maritime, 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，我們可以歸納採用 VBS-RTK 定位技術進行即時性動態定位實際運作之步驟如下：

- (一) **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。
- (二) **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，建立區域性改正參數 (ACP) 資料庫。
- (三) **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。
- (四) **移動站坐標解算**：移動站接收儀進行”超短基線” RTK 定位解算。

圖 2-1 所示為虛擬基準站定位系統示意圖，圖 2-2 顯示 VBS-RTK 動態定位技術解算流程。

四、VBS-RTK 定位技術之優點

- (一) 可擴大有效作業範圍，提高定位精度及可靠度。
- (二) 測量誤差及初始化時間不因距離增長而增加。
- (三) 使用者無須架設區域性主站。
- (四) 單人單機即可作業。
- (五) 可縮短作業時間，增加產能，降低作業成本。
- (六) 所有使用者皆在同一框架下進行即時定位。
- (七) 可提供全面性的定位成果品質監控。

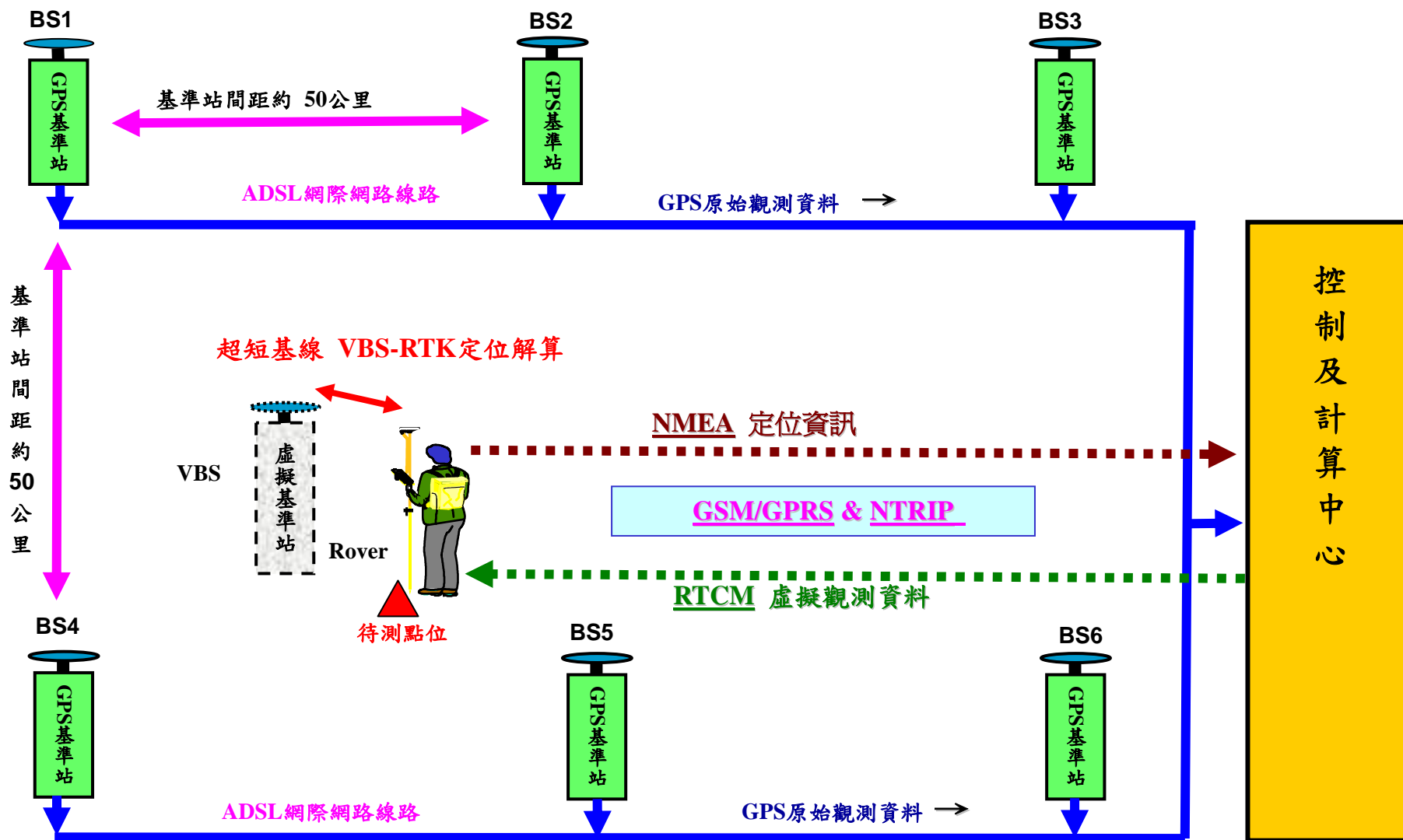


圖 2-1 虛擬基準站定位系統示意圖

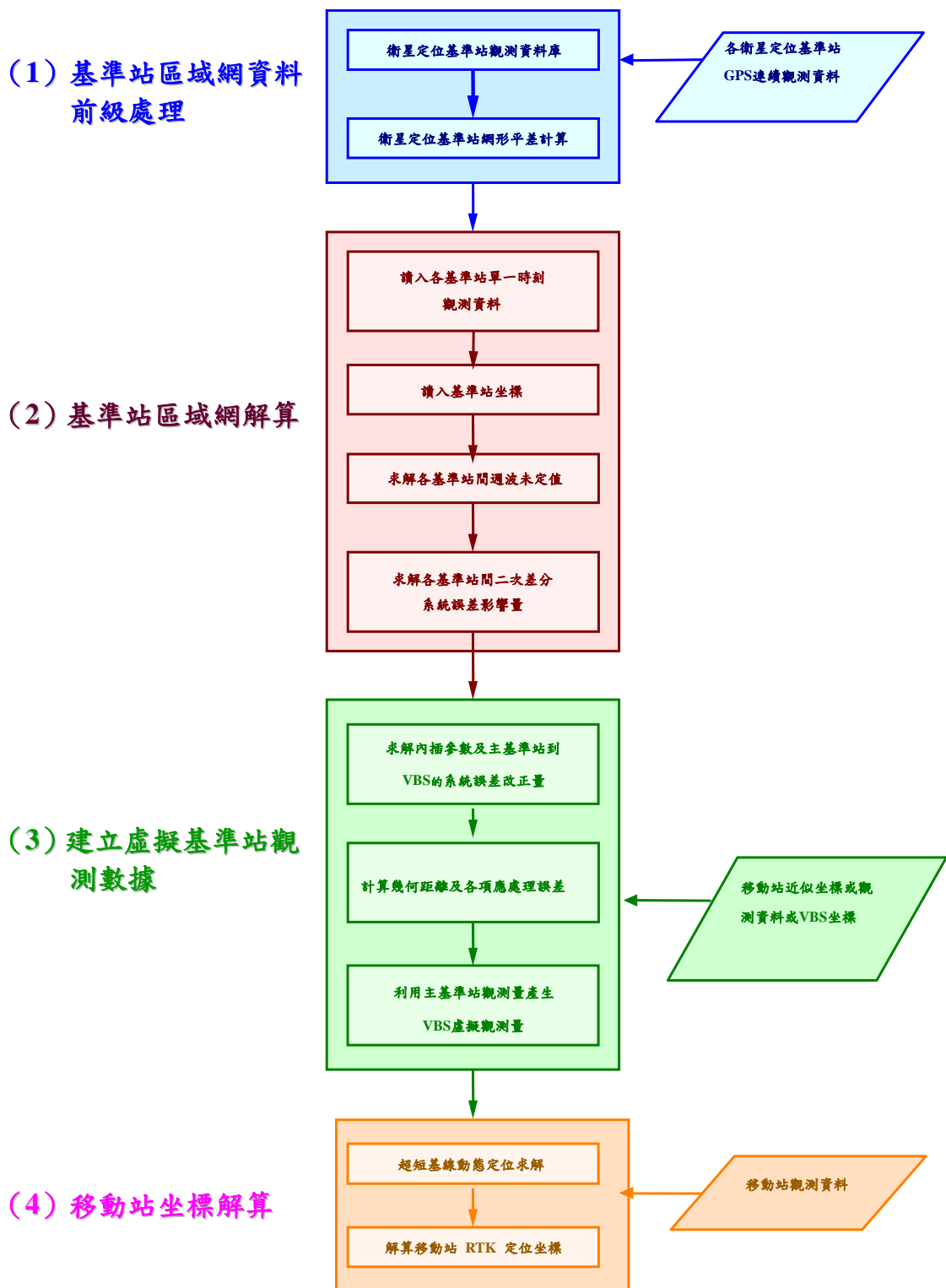


圖 2-2 VBS-RTK 動態定位技術解算流程圖

五、定位服務與增值應用

就 e-GPS 即時動態定位系統架構及基本功能而言，除可提供移動站使用者進行 VBS-RTK 或 Differential GPS (DGPS) 等即時性動態定位解算外，另其每日 24 小時所連續觀測獲得之衛星觀測資料，亦可做為輔助其他非即時性且高精度之定位應用，茲就相關增值應用領域分列如下：

(一) 非即時性定位應用包括：

1. 測量基準訂定。
2. 國家坐標系統維護。
3. 各級基本控制點補建與檢測。
4. 地殼變形監測。
5. GPS 精密軌道計算。
6. 地球科學、大氣科學等學術研究。
7. 其他增值應用。

(二) 即時性定位應用包括：

1. 工程測量。
2. 細部測量(如界址測量、地形測量、海洋測量等)。
3. 資源踏勘及調查。
4. 輔助決策(如環境監測、農業發展...)。
5. 民生及旅遊等諮詢服務。
6. 載具導航定位。
7. 車輛派遣與監控 (DGPS)。
8. 其他增值應用。

另針對 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統具備多目標、高效率、高產能之定位資訊蒐集能力，只要予以相關的標準化認證後，相信對於目前政府極力推展國土資訊系統之圖層建構，將會有直接的輔助效益。圖 2-3 顯示 e-GPS 即時動態定位系統之應用領域及其輔助國土資訊系統定位資料圖層之關聯性。

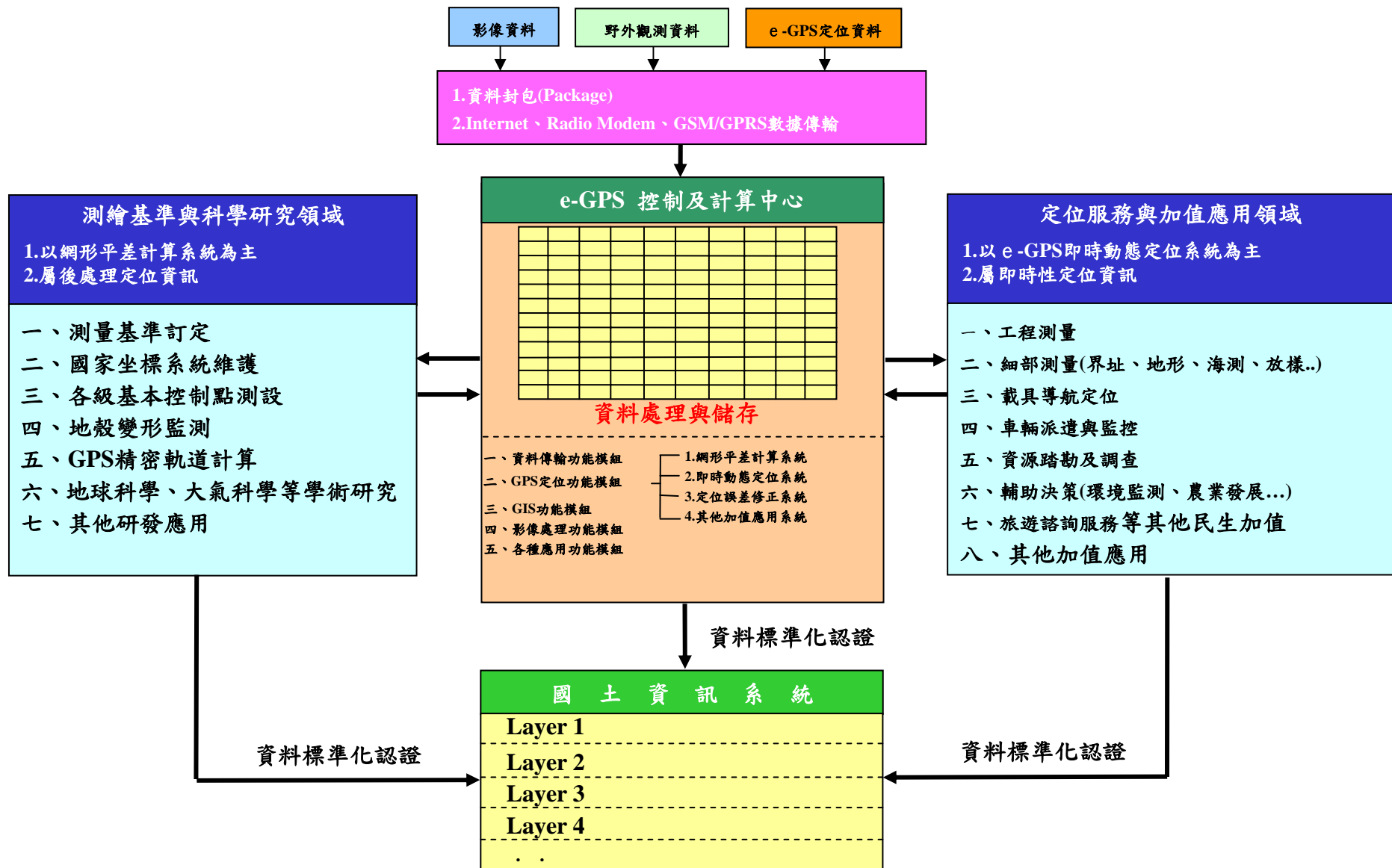


圖 2-3 e - GPS 即時動態定位系統應用領域及輔助國土資訊系統定位資料圖層關聯性

參、全國性 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統

本局規劃建置全國 e-GPS 衛星定位基準網，按 92 年度委託財團法人成大研究發展基金會辦理「臺灣 e-GPS 電子基準站規劃設計及測試分析」研究結果，建議在臺灣本島地區布設衛星定位基準站之最佳間距，以不超過 50 公里為原則，準此，本局自 93 年度起編列經費展辦全國性 e - GPS 衛星定位基準站建置工作，初期規劃至 95 年度止於臺灣本島及澎湖、金門、綠島、蘭嶼等離（外）島地區建置 66 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 23 處基準站。另為避免重複建置造成資源浪費，故本局進行衛星定位基準網規劃時，均優先將各機關已建置完成之現有基準站納入整體考量，再依網形分布密度，選擇適當地點辦理後續基準站各項建置工作。

一、全國性 e-GPS 衛星定位基準網

（一）衛星定位基準網：

在基準站實地建置部分，截至 94 年 5 月份止，合計規劃建置 79 處基準站，其中 93 年度規劃 23 處基準站，除臺北縣龍洞站（LNDO）因電力供應問題因電力供應及網路線路架設等問題，尚未連線運作外，實際建置完成 22 處基準站並已連線運作；94 年度規劃 20 處，尚有臺南縣北門站及臺東富岡站等 2 處基準站，因電力供應及儀器設備等因素尚未連線外，餘 18 處基準站均已連線運作；至 95 年規劃建置之屏東縣小琉球站、台東縣綠島站、蘭嶼站、澎湖縣、福建省金門縣、連江縣等離（外）島地區計 15 處基準站，並加密臺灣本島地區 21 處基準站做為備援基準站，合計 36 處；目前已完成實地點位勘選，現正陸續辦理相關建置事宜，預計於 95 年第 4 季全數建置完成。有關本局各年度規劃或建置完成之 e-GPS 衛星定位基準網相關資訊一覽表詳如表 3-1，各基準站分布情形詳如圖 3-1。

近來國內相關學術單位因為各類不同研究領域需要，如經濟部中央地質調查所、臺灣大學地質科學系、清雲科技大學及逢甲大學建設學院空間資訊研究群等研究單位，均已主動向本局提出申請合作建置基準站或資料共享互惠方案，初步預估至95年底前，本局全國性 e-GPS 衛星定位基準網可連線運作之基準站總數將超過 80 處，屆時除可加密做為 e-GPS 即時動態定位系統之備援基準站，有效提升 VBS-RTK 即時動定位成果品質精度及可靠度外，對於測量基準訂定、國家坐標系統維護及地殼變形監測等非即時性定位加值應用，亦具有直接輔助效益。

表 3-1 全國性 e-GPS 衛星定位基準站各項資訊明細表

93 年度規劃建置基準站							
序號	所在地點	設置機關	點號	接收儀廠牌及型號	天線盤型號	網際網路線路種類及頻寬	備註
1	台北縣貢寮鄉龍洞南口公園	內政部	LND0	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	--	現有站，因電力供應及網路線路等問題，目前尚未連線運作
2	台北縣淡水鎮竹圍國中	經濟部中央地質調查所	GS10	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	地調所網路	現有站 已連線運作
3	新竹市南寮漁港	內政部	SHJU	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	ADSL 1M/64KB	現有站 已連線運作
4	台中縣梧棲鎮台中港區	內政部	TACH	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
5	花蓮縣鳳林鎮鳳林地政事務所	內政部	FLNM	Topcon Odyssey RS	CR3_GGD	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
6	花蓮縣新城鄉秀林國中	花蓮縣政府	SICH	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
7	花蓮縣壽豐鄉鹽寮派出所	花蓮縣政府	SOFN	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
8	花蓮縣萬榮鄉西林國小	花蓮縣政府	WARO	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
9	花蓮縣玉里鎮玉里地政事務所	花蓮縣政府	JULI	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
10	花蓮縣光復鄉大富國小	花蓮縣政府	GUFU	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
11	花蓮縣豐濱鄉	花蓮縣政府	FINB	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
12	桃園縣觀音鄉觀音國中	交通部中央氣象局	KYIN	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	氣象局網路	現有站 已連線運作
13	宜蘭縣蘇澳蘇澳港區	交通部中央氣象局	SUAO	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	氣象局網路	現有站 已連線運作
14	花蓮縣秀林鄉和平國小	交通部中央氣象局	HAUP	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	氣象局網路	現有站 已連線運作
15	南投縣仁愛鄉高峰茶園	土地測量局	KAFN	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 1M/64KB	原為中央研究院地球科學研究所現有站 已連線運作

16	台北縣石門鄉 鄉立體育館	土地測量局	SHMN	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	本局新建站 已連線運作
17	台北縣貢寮鄉 水產種苗繁殖場	土地測量局	GOLI	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	本局新建站 已連線運作
18	桃園縣復興鄉 介壽國中	土地測量局	FUSN	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	本局新建站 已連線運作
19	苗栗縣竹南鎮 竹南地政事務所	土地測量局	JUNA	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	本局新建站 已連線運作
20	台中縣東勢鎮 東勢地政事務所	土地測量局	DOSH	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	本局新建站 已連線運作
21	台中縣和平鄉 武陵農場	土地測量局	WULI	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	本局新建站 已連線運作
22	南投縣草屯鎮 草屯地政事務所	土地測量局	CAOT	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	本局新建站 已連線運作
23	南投縣信義鄉 信義國中	土地測量局	SINY	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	本局新建站 已連線運作
94 年度規劃建置基準站							
24	雲林縣北港鎮 北港地政事務所	內政部	PKGM	Topcon Odyssey RS	CR3 GGD	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
25	嘉義縣東石鄉 東石漁港	內政部	CHYI	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
26	高雄市鼓山區 高雄港 10 號碼頭	內政部	KASH	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
27	屏東縣恆春鎮 墾丁國家公園管理處	內政部	KDNM	Topcon Odyssey RS	CR3 GGD	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
28	台東縣太麻里鄉 太麻里地政事務所	內政部	TMAM	Topcon Odyssey RS	CR3 GGD	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
29	台東縣台東市 富岡漁港	內政部	FUGN	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	--	現有站，因電力供應及網 路線路等問題，目前尚未 連線運作
30	彰化縣和美鎮 和美地政事務所	彰化縣政府	VR01	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
31	彰化縣二林鎮 二林地政事務所	彰化縣政府	VR02	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
32	彰化縣田中鎮 田中地政事務所	彰化縣政府	VR03	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
33	台南市南區 體育公園	成功大學衛星 資訊研究中心	CK01	Trimble 4000SSE	Dome Margolin	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
34	台南縣北門鄉 北門國小	台南縣政府					台南縣政府規劃建置
35	台南縣官田鄉 烏山頭水庫	交通部 中央氣象局	WUST	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	氣象局 網路	本局新建站 已連線運作
36	嘉義縣竹崎鄉竹崎 地政事務所	土地測量局	JHCI	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	本局新建站 已連線運作
37	高雄縣旗山鎮 旗山地政事務所	土地測量局	CISH	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	本局新建站 已連線運作
38	高雄縣桃源鄉 桃源鄉公所	土地測量局	TAYN	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	本局新建站 已連線運作
39	屏東縣瑪家鄉 原住民文化園區	土地測量局	MAJA	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	本局新建站 已連線運作
40	屏東縣枋寮鄉 枋寮地政事務所	土地測量局	FALI	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	本局新建站 已連線運作
41	台東縣大武鄉 大武鄉公所	土地測量局	DAWU	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	本局新建站 已連線運作
42	台東縣海端鄉 霧鹿國小	土地測量局	WULU	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	本局新建站 已連線運作

43	台東縣成功鎮 成功地政事務所	土地測量局	CHGO	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	ADSL 2M/512KB	本局新建站 95年1月連線運作
95年度規劃建置基準站							
44	台北市士林區 陽明山國家公園管理處	內政部	YMSM	Topcon Odyssey RS	CR3 GGD		現有站，因網路線路問題，目前尚未連線運作
45	南投縣埔里鎮 虎子山公園	內政部	PLIM	Topcon Odyssey RS	CR3 GGD	ADSL 2M/512KB	現有站 網路申裝中
46	台東縣綠島鄉 南寮漁港	內政部	LUDA	Trimble 5700	Zephyr Geodetic c		現有站，因電力供應及網路線路等問題，目前尚未連線運作
47	金門縣金湖鎮 金門衛星追蹤站	內政部	KMNM	Topcon Odyssey RS	CR3 GGD	ADSL 2M/512KB	現有站 網路申裝中
48	連江縣南竿鄉 馬祖衛星追蹤站	內政部	MZUM	Topcon Odyssey RS	CR3 GGD	ADSL 2M/512KB	現有站 網路申裝中
49	宜蘭縣宜蘭市 宜蘭大學	宜蘭大學	YILN	Trimble 5700	Zephyr Geodetic	學術網路	現有站 已連線運作
50	台中市西屯區 逢甲大學	逢甲大學	FCU1	Leica SR530	AT502	名家公司 網路	現有站 已連線運作
51	宜蘭縣大同鄉 棲蘭	交通部 中央氣象局	CLAN	Trimble 5700	Zephyr Geodeti	氣象局 網路	現有站 已連線運作
52	玉山北峰氣象站	交通部 中央氣象局	YUSN	Trimble 5700	Zephyr Geodeti	氣象局 網路	現有站，因網路線路問題，目前尚未連線運作
53	台東縣蘭嶼鄉 蘭嶼氣象站	交通部 中央氣象局	LANB	Trimble 5700	Zephyr Geodeti	氣象局 網路	現有站 已連線運作
54	苗栗縣通霄鎮	交通部 中央氣象局		Trimble 5700	Zephyr Geodeti	氣象局 網路	現有站，協調中
55	屏東縣琉球鄉	交通部 中央氣象局	LIUC	Trimble 5700	Zephyr Geodeti	氣象局 網路	現有站，協調中
56	南投縣仁愛鄉 合歡山區	交通部 中央氣象局	HUAN	Trimble 5700	Zephyr Geodeti	氣象局 網路	現有站，協調中
57	交通部觀光局東部海 岸國家風景區管理處	台灣大學 地質科學系	T101	Leica RS500	AT504	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
58	台東縣東河鄉 臺灣泰源技能訓練所	台灣大學 地質科學系	T102	Leica RS500	AT504	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
59	花蓮縣富里鄉 學田國小	台灣大學 地質科學系	T105	Leica RS500	AT504	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
60	花蓮縣富里鄉 富南國小	台灣大學 地質科學系	T104	Leica RS500	AT504	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
61	花蓮縣富里鄉 永豐國小	台灣大學 地質科學系	T103	Leica RS500	AT504	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
62	花蓮縣卓溪鄉 卓樂國小	台灣大學 地質科學系	T106	Leica RS500	AT504		現有站，因網路線路問題，目前尚未連線運作
63	台東縣池上鄉 萬安國小	台灣大學 地質科學系	T107	Leica RS500	AT504	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
64	台東縣池上鄉 萬安國小振興分校	台灣大學 地質科學系	T108	Leica RS500	AT504		現有站，因網路線路問題，目前尚未連線運作
65	台東縣關山鎮 電光國小	台灣大學 地質科學系	T109	Leica RS500	AT504	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
66	台東縣延平鄉 桃源國中	台灣大學 地質科學系	T110	Leica RS500	AT504	ADSL 2M/512KB	現有站 已連線運作
67	桃園縣中壢市 清雲科技大學	清雲科技大學	TCYU	Trimble NetRS	Zephyr Geodetic	清雲科技大 學網路	現有站 已連線運作
68	台北縣新店市 新店地政事務所	土地測量局				ADSL 2M/512KB	本局新建站
69	苗栗縣泰安鄉 汶水國小	土地測量局				ADSL 2M/512KB	本局新建站

70	澎湖縣湖西鄉 龍門國小	土地測量局				ADSL 2M/512KB	本局新建站
71	澎湖縣白沙鄉 吉貝村活動心	土地測量局				ADSL 2M/512KB	本局新建站
72	澎湖縣西嶼鄉 外垵國小	土地測量局				ADSL 2M/512KB	本局新建站
73	澎湖縣七美鄉 鄉立圖書館	土地測量局				ADSL 2M/512KB	本局新建站
74	金門縣金沙鎮 榮湖汗水處理廠	土地測量局				ADSL 2M/512KB	本局新建站
75	金門縣金湖鎮 新塘垃圾掩埋場	土地測量局				ADSL 2M/512KB	本局新建站
76	金門縣烈嶼鄉 紅山淨水廠	土地測量局				ADSL 2M/512KB	本局新建站
77	連江縣北竿鄉 坂里國小	土地測量局				ADSL 2M/512KB	本局新建站
78	連江縣莒光鄉 東莒派出所	土地測量局				ADSL 2M/512KB	本局新建站
79	連江縣東引鄉 東引警察所	土地測量局				ADSL 2M/512KB	本局新建站

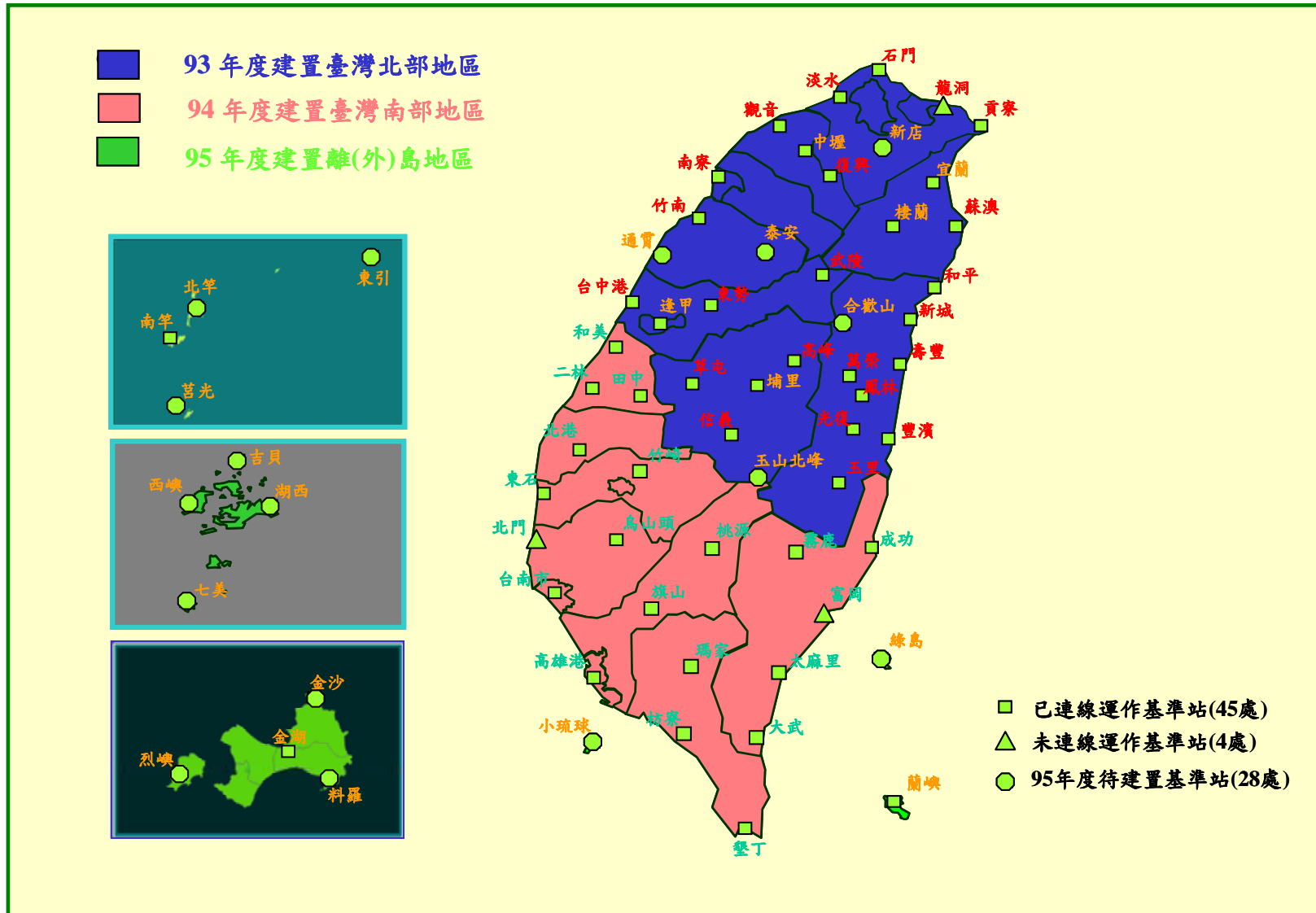


圖 3-1 全國性 e - GPS 衛星定位基準網分布圖 (部分備援基準站未列出)

(二) 衛星定位基準站基本配備：

e-GPS 衛星定位基準站因須具備 24 小時全天候連續接收衛星觀測資料之基本功能，且分散全國各地，無人看管，為確保基準站全時順利連線運作，各基準站所需基本設備如下：

1. 連續運作追蹤站型 GPS 衛星定位接收儀及天線。
2. GPS 天線架基座。
3. 儀器機櫃，用以承裝各類硬體設備。
4. 資料儲存及備份設備，如採用工業級電腦。
5. 網際網路數據傳輸設備，如中華電信股份有限公司提供之 ADSL 路由器 (ATU-R)。
6. 防雷擊保安設備，如安裝天線及電源避雷裝置。
7. 不斷電系統，如採用一組智慧型充電器及可充電式電池。
8. 保全監視設備，採用攝影機線上監視儀器運作及保全。

圖 3-2 為本局新建基準站鋼柱式天線架基座架設及儀器機櫃主要基本配備。



圖 3-2 鋼柱式天線架基座架設及儀器機櫃主要基本配備實景相片

二、e-GPS 控制及計算中心

e-GPS 控制及計算中心建置於本局地籍資料庫 4 樓資訊機房如圖 3-3，截至 94 年 12 月止已採購之主要軟硬體設備如下：

(一) 基本硬體設備包含：

1. CISCO 2651 XM 型中階路由器 (Router) 2 部，用以連接 T1 數據專線與網路交換器及硬體式防火牆等設備。
2. CISCO WS-C3750G-24TS 型高速路由乙太網路交換器 1 部，做為網路線路分線至各伺服器使用。
3. 42 U 型標準機架 (Rack) 2 個，用以承裝各類硬體設備。
4. IBM X235 型中階伺服器四部，配備 Windows 2003 Sever 作業系統平台，用以儲存、管理及計算處理各類資料。
5. AD-LINK 工業級電腦 3 部，用以進行網路流量監控及執行其他應用系統軟體使用。
6. Top View KVM 主機螢幕切換器 2 部，用以切換各伺服器及工業級電腦等設備使用。
7. Tandberg 2U Autoloader 磁帶機 1 部，用以儲存各衛星定位基準站原始觀測資料。
8. ELDON-MAX10000 型不斷電系統(UPS)1 部。
9. Fortigate 400 型硬體式防火牆 (Firewall) 1 部，用以維護資訊數據安全。

(二) 使用之系統軟體為美國 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，其主要功能如下：

1. 執行控制及計算中心與各基準站接收儀間連線，自動傳輸觀測資料。目前本局已採購 37 個衛星定位基準站遠端控制執照 (License)，預計至 96 年度止配合連線運作之基準站總數擴增

至 80 個以上。

2. 進行資料傳輸時，衛星接收儀仍可正常儲存觀測資料。
3. 資料下載過程中，不會中斷衛星訊號接收、傳輸與儲存。
4. 自動下載觀測資料並轉換為 RINEX 格式，並可自動儲存及壓縮。
5. 即時監控遠端基準站衛星接收儀狀態及設定衛星接收儀運作參數，如有效觀測截角 (Cutoff Angle)、接收訊號取樣間隔 (Sampling Interval) 等。
6. 自動檢核、管理、貯存原始及處理後之觀測資料。
7. 可產生虛擬位置之 RTCM 觀測數據及 SAPOS FKP 廣播改正資料，並自動傳送至移動站。
8. 藉由軟體分析碼及載波相位觀測量，可連續計算多路徑誤差、電離層誤差、對流層誤差、星曆誤差及 L1、L2 載波相位整數週波未定值 (Integer Ambiguity)。



圖 3-3 e-GPS 控制及計算中心資訊機房實景相片

三、e - GPS 網路及數據傳輸系統架構

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土地測量局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 3-4。

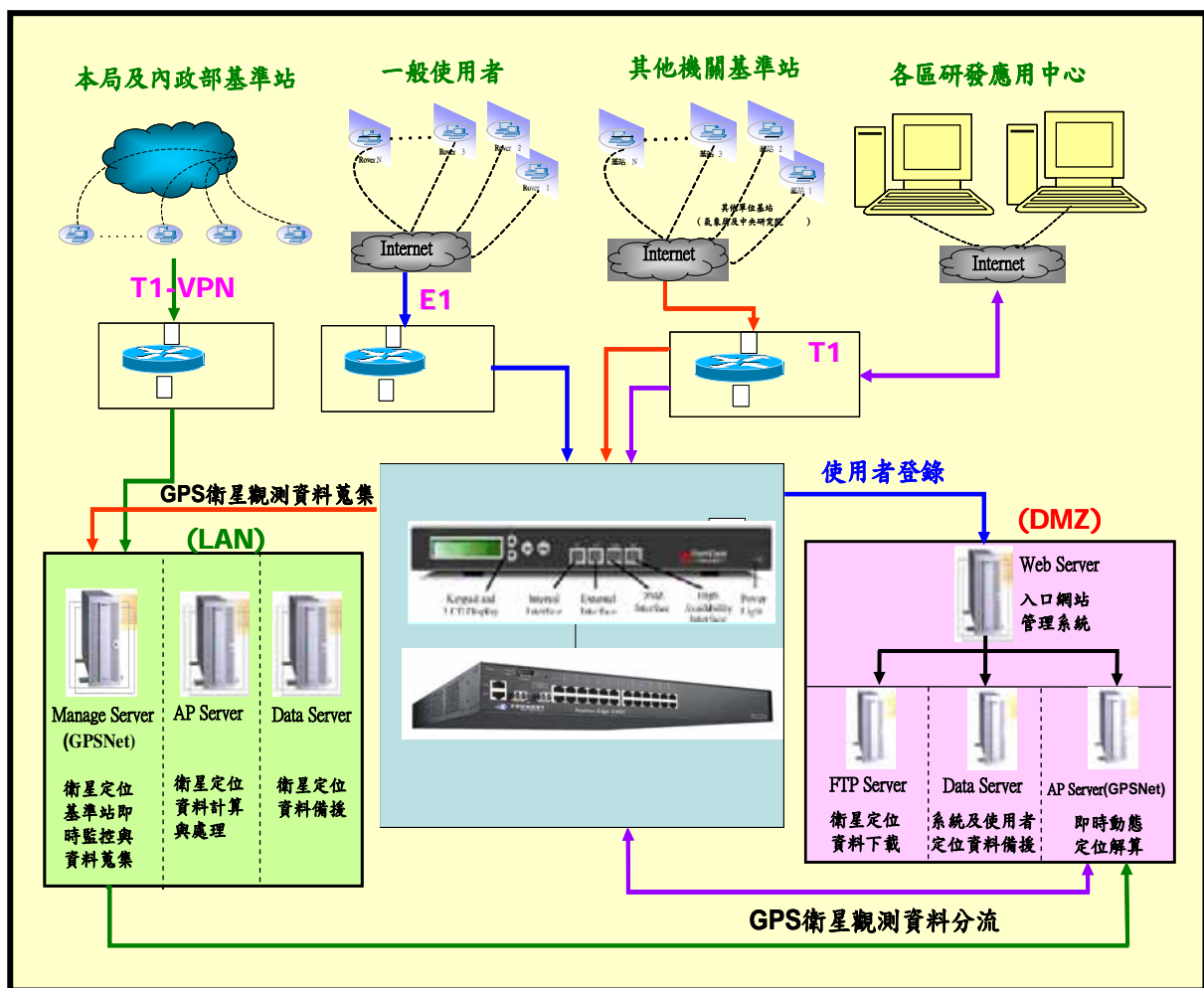


圖 3-4 e-GPS 即時動態定位系統網路架構圖

基站1

基站2

基站3

四、移動站基本配備

採用虛擬基準站即時動態定位技術所須配合之基本配備，目前在移動站使用者端係採用 PDA 及各廠牌現有控制器軟體，透過 GPRS 及 NTRIP 通訊協定，來進行移動站衛星接收儀與 e-GPS 控制計算中心間之通訊連結及數據傳輸。不同於單主站 RTK 之單向廣播式數據傳輸模式，VBS-RTK 定位因控制及計算中心須事先已知移動站所在位置，俾進行定位誤差內插計算及初始化 (Initialize)，屬於雙向數據傳輸模式，故在實機操作上，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，在儀器設備上並無特殊廠牌及機型限制。圖 3-5 顯示由 Trimble 公司研發之移動站定位計算軟體，係以該廠牌手持式控制器 (TSC-e) 內建 WinCE.Net V4.2 作業系統及藍芽無線傳輸，其除具有使用者登入功能、GPS 衛星定位接收儀下載功能、設定計算中心傳輸埠功能及資料傳輸功能外，並具備 VBS-RTK 定位計算功能。



圖 3-5 Trimble 公司研發移動站衛星定位接收儀控制器操作畫面

肆、GPSNet 系統軟體運作實務

本局 e-GPS 控制及計算中心與各基準站衛星定位接收儀間衛星觀測資料下載、儲存及線上遠端監控等功能，係透過 ADSL 網路線路進行網路線路連結與數據傳輸。本局目前使用美國 Trimble 公司所研發之 GPSNet 定位系統軟體來管理各基準站，其功能模組詳如圖 4-1。

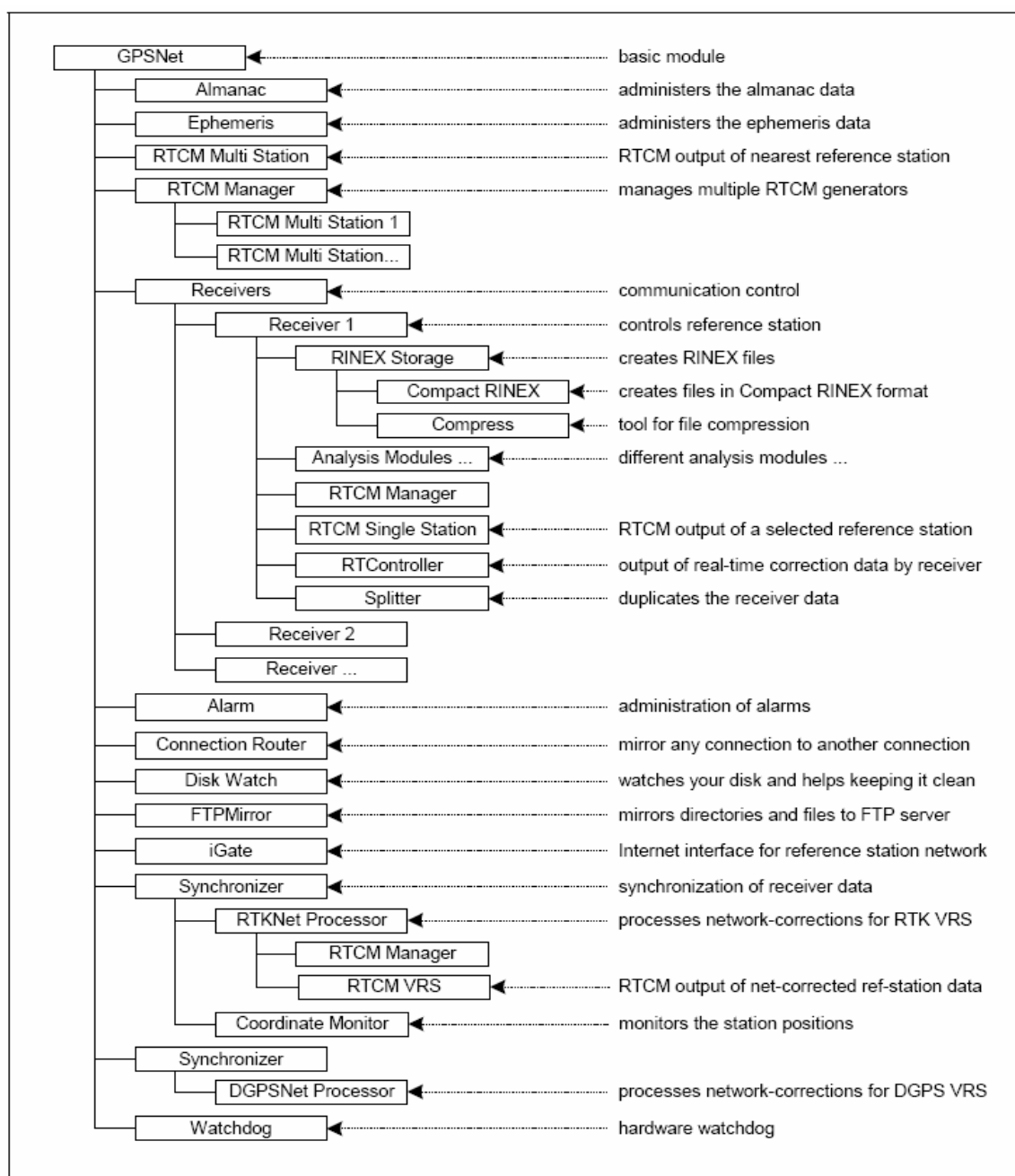


圖 4-1 GPSNet 系統軟體各功能模組一覽圖

一、基準站衛星接收儀連結設定：

GPSNet 系統軟體係以該軟體所提供之「Receiver」功能模組來執行各基準站與控制及計算中心之連線與遠端監控制功能，連線方式除可直接以 RS-23-串列埠進行連線外，一般較常使用之連線方法主要為主從式 (Client-Server) 架構並採用 TCP/IP 通訊協定進行數據傳輸。進行連線設定時，其應設參數之設定包括接收儀與天線盤之廠牌型號、衛星觀測資料接收截角、取樣間隔、基準站精密坐標 (可為大地經緯度坐標或卡式直角坐標)、基準參考框架及衛星觀測量之種類等，另針對各基準站衛星觀測資料即時下載、儲存及線上遠端監控等功能概述如下，操作畫面如圖 4-2。

- (一) DAT Storage：可直接儲存 Trimble 公司自訂之衛星原始觀測資料格式 (*.dat)。
- (二) OBS Storage：可直接儲存 Trimble 公司自訂之衛星觀測資料格式 (*.obs)。
- (三) RAW Storage：可直接儲存 Trimble 公司所生產之衛星定位接收儀最原始之衛星觀測資料格式 (*.org)。
- (四) RINEX Storage：可直接儲存各廠牌、型號之衛星定位接收儀衛星觀測資料標準資料交換格式 (Receiver INdependent EXchange, RINEX)，包括：
 - *.04o：觀測資料檔 (Observation File)
 - *.04n：導航訊息檔 (Navigation File)
 - *.04m：氣象資料檔 (Meteorological File)
 - *.04g：GLONASS 導航訊息檔
- (五) Met storage：可直接儲存各基準站觀測獲得之氣象資料。
- (六) Point Position Analysis：基準站點位分析。
- (七) Raw Data Analysis：各基準站原始衛星觀測資料分析，包括每顆衛星觀測資料發生週波脫落統計及基準站點位多路徑效應 (Multipath) 等。
- (八) Single Point Position (SPP)：單點定位成果統計分析。

(九) Availability：分析基準站每顆可視衛星觀測資料之接收狀況與相關訊息。

(十) RTController：針對即時動態定位修正資料（RTCM 或 CMR 資料格式）進行控制及輸出功能。

(十一) Splitter：衛星觀測資料之轉接與分送。

截至 95 年 2 月 28 日止，本局 e-GPS 衛星基準站即時動態定位系統計有 40 處基準站已連線運作，使用衛星定位接收儀計有 Trimble NetRS 型 17 部、Trimble 5700 型 17 部、Topcon Odyssey RS 型 5 部及 Leica SR530 型 1 部，有關各基準站分布情形詳如圖 4-3，其中各基準站標記右下角之 4 碼英文字母為該基準站之作業點號，至基準站標記為綠色者，表示該基準站連線運作及資料傳輸狀況均為正常，另圖中花蓮和平站（HAUP）及台南烏山頭站（WUST）2 處基準站標記為紅色，表示該基準站網路連線正常但無法順利擷取相關觀測資料，至南投高峰站（KAFN）標記為黃色，表示該基準站目前為網路連線中斷情形。

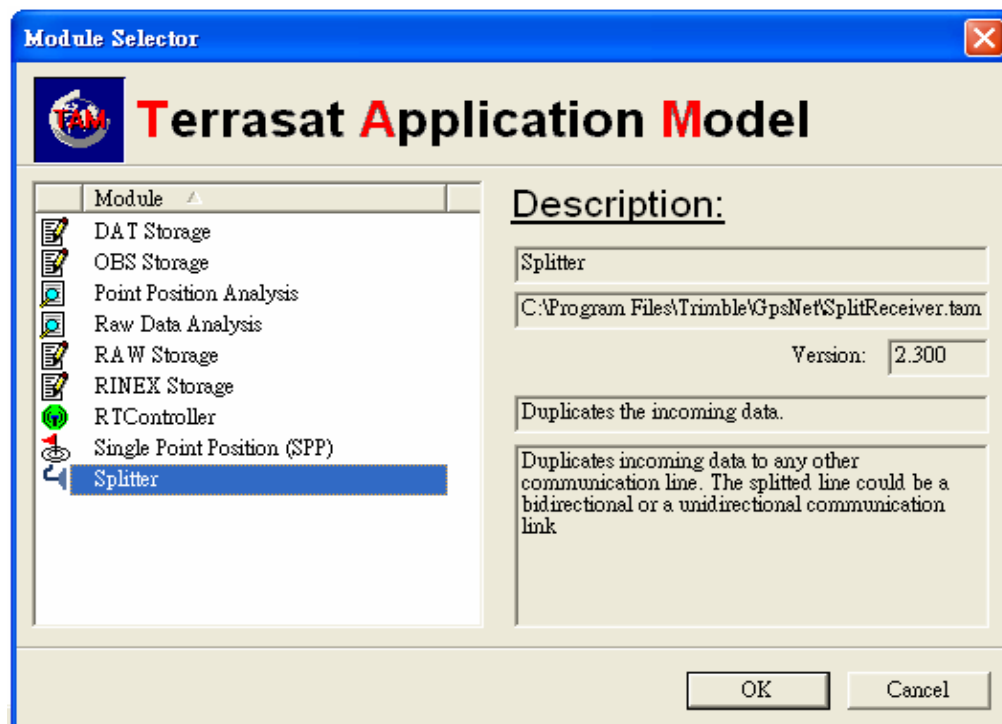


圖 4-2 接收儀設定功能模組之各項應用子模組

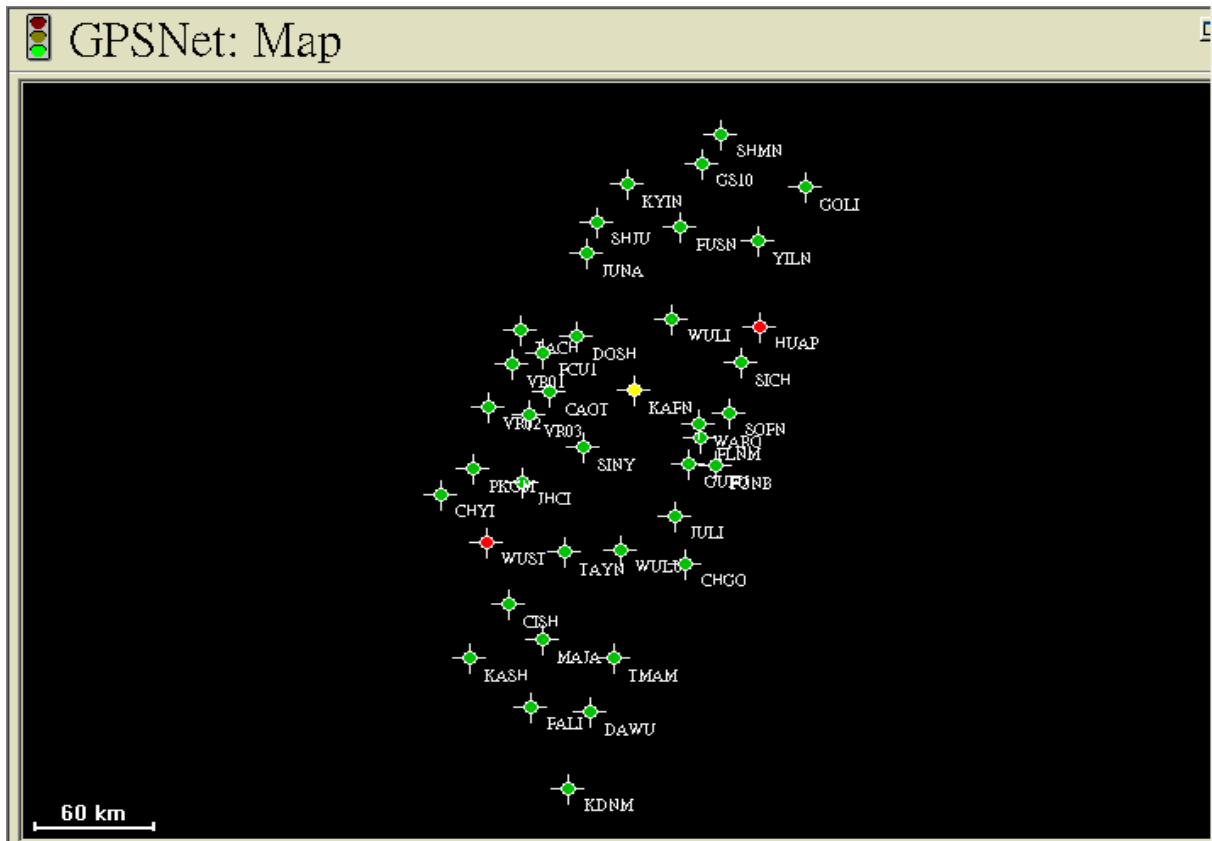


圖 4-3 GPSNet 系統軟體中已連線運作基準站分布圖

此外，Receiver 能模組亦顯示各連線運作基準站之即時衛星訊號接收狀況（Sky-Plot，如圖 4-4）、多路徑效應分析（Multipath-Plot，如圖 4-5）及點位分析（Point Position Analysis 如圖 4-6）。

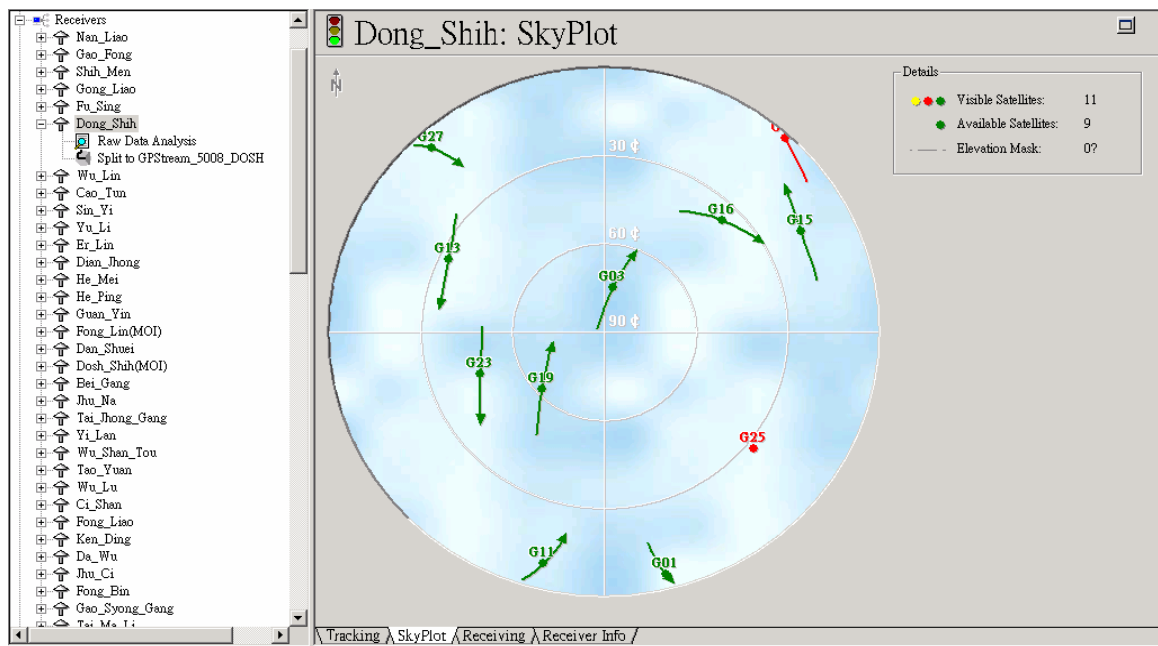


圖 4-4 Sky-Plot 圖（台中東勢站 2005/12/27 上午 9 時）

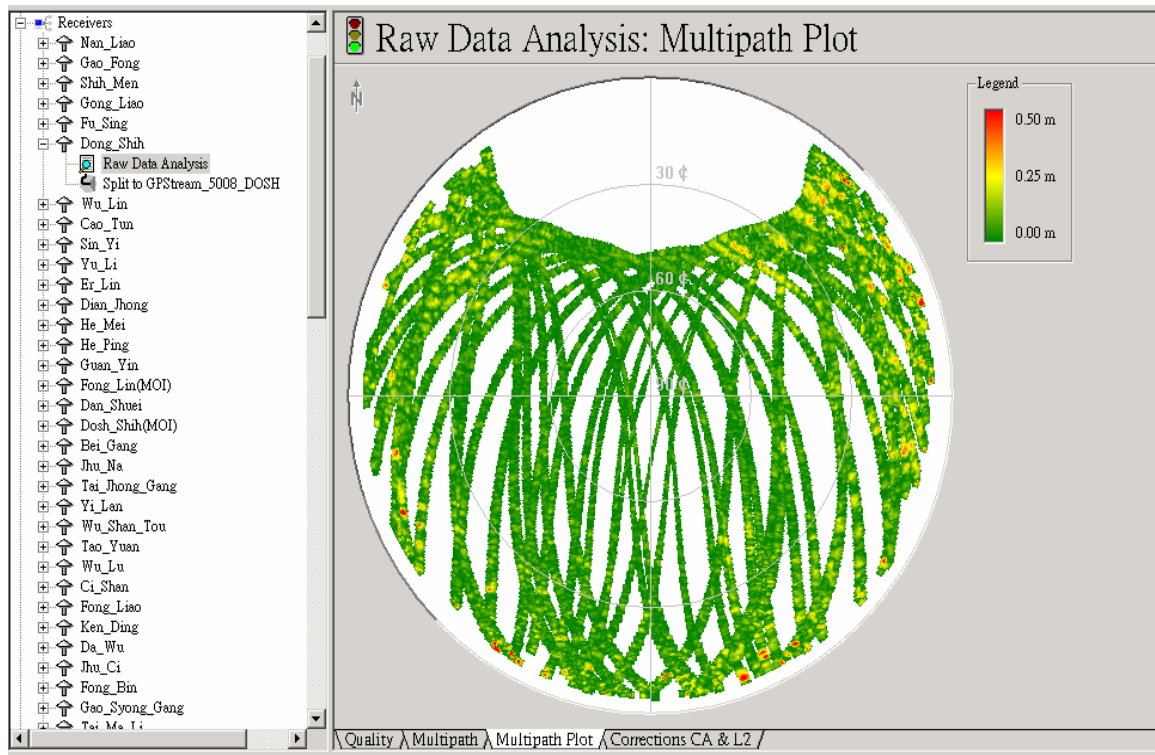


圖 4-5 Multipath-Plot 圖 (台中東勢站 2005/12/27 上午 9 時)

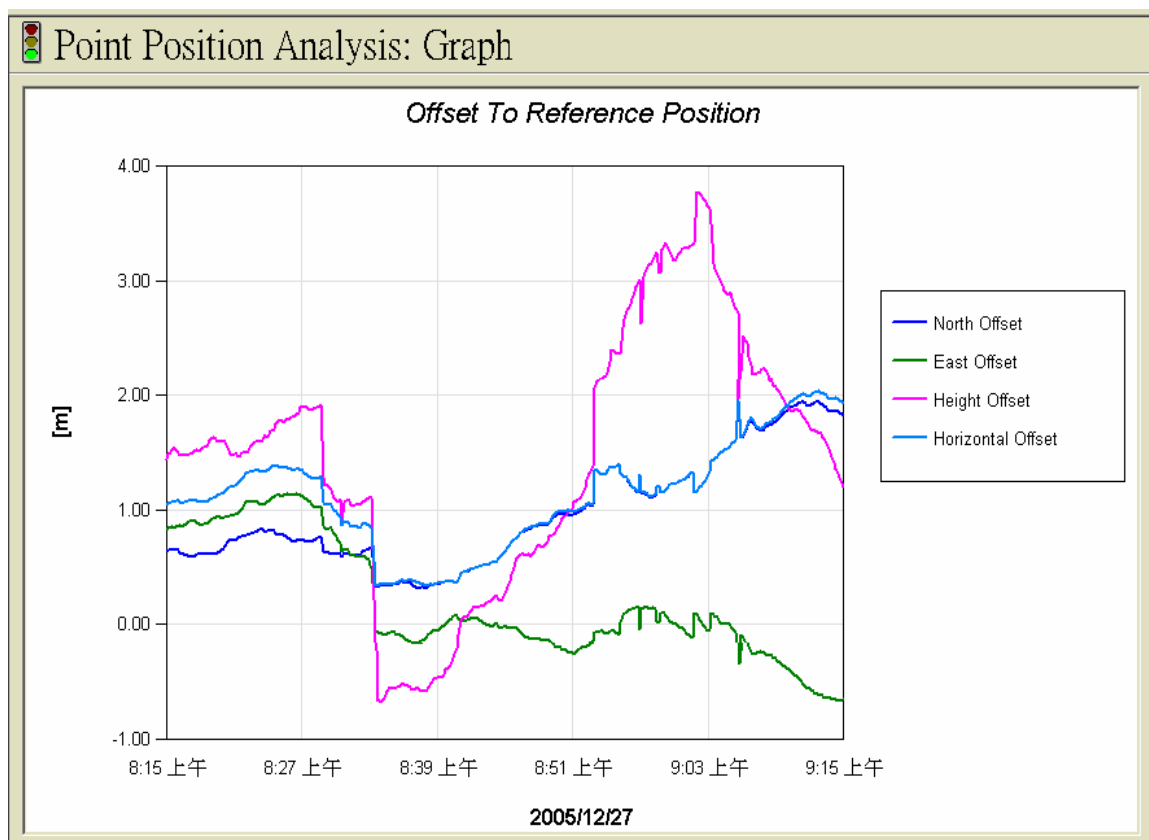
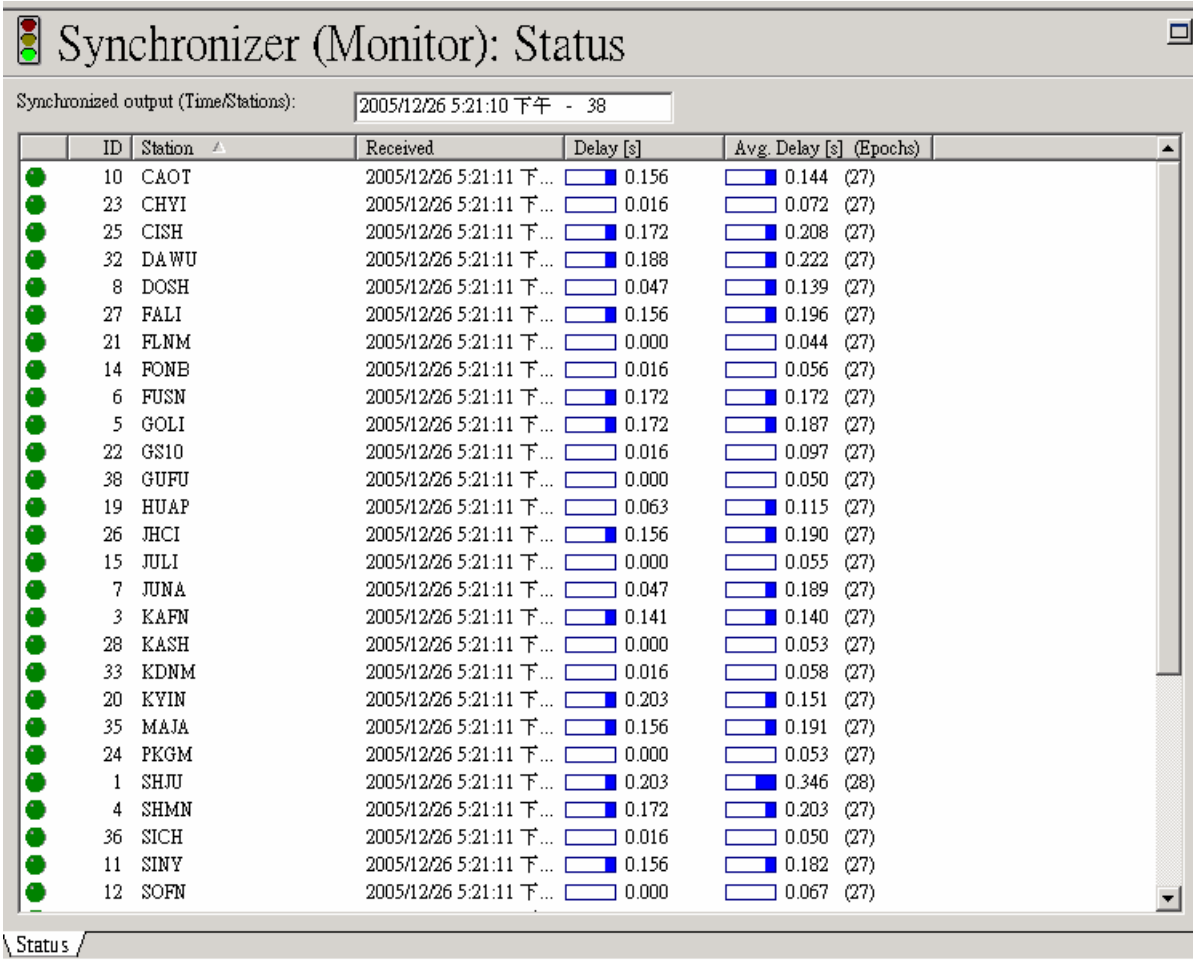


圖 4-6 Point Position Analysis 圖 (台中東勢站 2005/12/27)

二、基準站衛星觀測資料時間同步化：

各基準站衛星觀測資料雖於全國各地透過 ADSL 網際網路線路即時傳回本局 e-GPS 控制及計算中心，惟因各基準站布設網際網路線路傳輸品質與頻寬不盡相同，致各基準站原始衛星觀測資料進入 GPSNet 系統軟體之延遲 (Delay) 時間亦不相同，為達到時間同步化之需求，GPSNet 系統軟體中之「Synchronizer」功能模組即會自動整合網系中所有基準站觀測資料並予以時間同步化，但如基準站某一筆衛星觀測資料延遲超過 2 秒鐘，「Synchronizer」模組便會排除該筆觀測量，並將其他基準站之衛星觀測資料傳送至虛擬參考站資料處理器 (VRS-Processor) 提供 DGPS 或 VBS-RTK 定位計算使用。圖 4-7 為「Synchronizer」模組所顯示各基準站衛星觀測資料時間延遲情形。



The screenshot shows a window titled "Synchronizer (Monitor): Status" with a date and time filter set to "2005/12/26 5:21:10 下午 - 38". The main area contains a table with the following columns: ID, Station, Received, Delay [s], and Avg. Delay [s] (Epochs). Each row represents a station with its corresponding ID, name, and delay values. The delay values are visualized with horizontal bars and numerical values.

ID	Station	Received	Delay [s]	Avg. Delay [s] (Epochs)
10	CAOT	2005/12/26 5:21:11 下...	0.156	0.144 (27)
23	CHYI	2005/12/26 5:21:11 下...	0.016	0.072 (27)
25	CISH	2005/12/26 5:21:11 下...	0.172	0.208 (27)
32	DAWU	2005/12/26 5:21:11 下...	0.188	0.222 (27)
8	DOSH	2005/12/26 5:21:11 下...	0.047	0.139 (27)
27	FALI	2005/12/26 5:21:11 下...	0.156	0.196 (27)
21	FLNM	2005/12/26 5:21:11 下...	0.000	0.044 (27)
14	FOMB	2005/12/26 5:21:11 下...	0.016	0.056 (27)
6	FUSN	2005/12/26 5:21:11 下...	0.172	0.172 (27)
5	GOLI	2005/12/26 5:21:11 下...	0.172	0.187 (27)
22	GSIO	2005/12/26 5:21:11 下...	0.016	0.097 (27)
38	GUFU	2005/12/26 5:21:11 下...	0.000	0.050 (27)
19	HUAP	2005/12/26 5:21:11 下...	0.063	0.115 (27)
26	JHCI	2005/12/26 5:21:11 下...	0.156	0.190 (27)
15	JULI	2005/12/26 5:21:11 下...	0.000	0.055 (27)
7	JUNA	2005/12/26 5:21:11 下...	0.047	0.189 (27)
3	KAFN	2005/12/26 5:21:11 下...	0.141	0.140 (27)
28	KASH	2005/12/26 5:21:11 下...	0.000	0.053 (27)
33	KDNM	2005/12/26 5:21:11 下...	0.016	0.058 (27)
20	KYIN	2005/12/26 5:21:11 下...	0.203	0.151 (27)
35	MAJA	2005/12/26 5:21:11 下...	0.156	0.191 (27)
24	PKGM	2005/12/26 5:21:11 下...	0.000	0.053 (27)
1	SHJU	2005/12/26 5:21:11 下...	0.203	0.346 (28)
4	SHMN	2005/12/26 5:21:11 下...	0.172	0.203 (27)
36	SICH	2005/12/26 5:21:11 下...	0.016	0.050 (27)
11	SINY	2005/12/26 5:21:11 下...	0.156	0.182 (27)
12	SOFN	2005/12/26 5:21:11 下...	0.000	0.067 (27)

圖 4-7 「Synchronizer」模組中各基準站衛星觀測資料時間延遲

三、基準站與即時坐標監視：

在「Synchronizer」主功能模組中，系統軟體亦提供即時坐標監視功能「Coordinate Monitor」，目前於本局 e-GPS 即時動態定位系統中，針對即時坐標監視功能所設定之參數為使用 IGS 超快速精密星曆（Ultra Rapid Ephemeris，IGR）、無電離層效應（Iono Free）之 Lc 觀測量及對流層效應尺度因子化（Tropospheric Scaling），並以 1Hz 更新速度進行各基準站間基線解算，圖 4-8 顯示本局 e-GPS 即時動態定位系統於 2005 年 12 月 27 日上午 10 時 45 分以苗栗竹南站為參考主站所計算獲得之各基準站坐標差（Coordinate Difference），圖中除第 35 號屏東碼家站（MAJA）因 3 維坐標差量超過 5 公分，系統軟體以橘色燈號警告外，其餘各站坐標差量均低於 5 公分，故以綠色燈號顯示；圖 4-9 則為該時刻對應之即時坐標差量圖。

ID	Station	North Offset	East Offset	Height Offset	3D Offset	North 3-Sigma	East 3-Sigma	Height
10	CAOT	-0.0051	0.0054	-0.0023	0.0078	0.0021	0.0045	
23	CHYI	-0.0071	0.0027	-0.0276	0.0286	0.0023	0.0055	
25	CISH	-0.0017	-0.0065	-0.0037	0.0077	0.0023	0.0051	
32	DAWU	-0.0013	-0.0102	0.0054	0.0116	0.0024	0.0051	
8	DOSH	0.0047	0.0071	-0.0012	0.0086	0.0021	0.0046	
27	FALI	0.0005	-0.0032	0.0004	0.0033	0.0024	0.0051	
21	FLNM	0.0050	-0.0030	-0.0102	0.0117	0.0022	0.0051	
14	FONB	0.0177	-0.0070	-0.0004	0.0190	0.0022	0.0051	
6	FUSN	0.0034	0.0097	0.0046	0.0113	0.0020	0.0043	
5	GOLI	0.0058	0.0112	-0.0020	0.0128	0.0021	0.0048	
22	GS10	0.0053	0.0124	-0.0371	0.0395	0.0022	0.0051	
38	GUFU	0.0024	0.0061	-0.0032	0.0073	0.0022	0.0051	
19	HUAP	0.0027	-0.0011	-0.0069	0.0075	0.0022	0.0052	
26	JHCI	-0.0050	0.0020	-0.0088	0.0103	0.0022	0.0051	
15	JULI	0.0034	-0.0405	0.0010	0.0406	0.0023	0.0051	
7	JUNA (reference)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	
3	KAFN	0.0038	-0.0049	-0.0041	0.0074	0.0021	0.0047	
28	KASH	-0.0086	-0.0018	0.0144	0.0169	0.0024	0.0051	
33	KDNM	-0.0012	-0.0033	0.0125	0.0130	0.0025	0.0052	
20	KVIN	0.0064	0.0081	0.0066	0.0123	0.0022	0.0051	
35	MAJA	-0.0454	-0.0689	-0.0109	0.0832	0.0024	0.0052	
24	PKGM	0.0008	0.0021	-0.0018	0.0029	0.0022	0.0051	
1	SHJU	0.0019	0.0219	-0.0042	0.0223	0.0036	0.0101	
4	SHMN	0.0052	0.0152	0.0016	0.0162	0.0020	0.0044	
36	SICH	0.0028	0.0019	0.0077	0.0084	0.0023	0.0055	
11	SINY	-0.0001	0.0012	0.0042	0.0044	0.0021	0.0047	

圖 4-8 Coordinate Monitor 模組坐標差量圖（2005/12/27 上午 10：45）

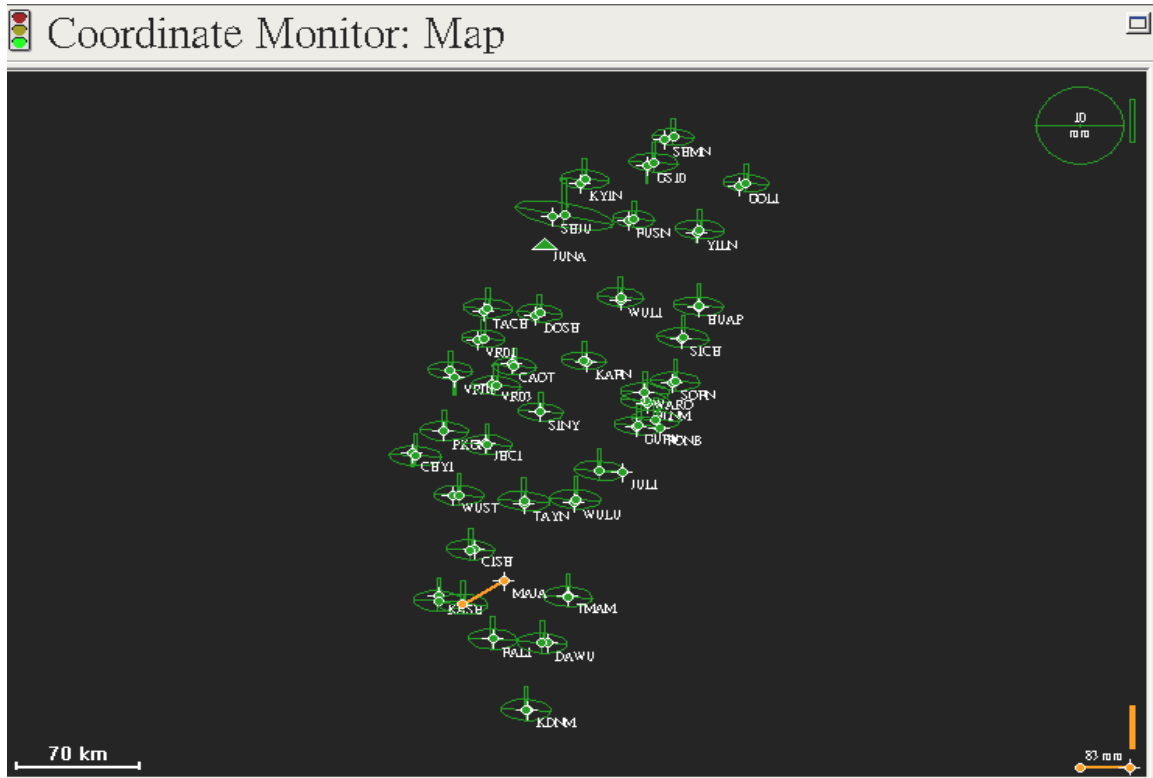


圖 4-9 Coordinate Monitor 模組坐標差量圖 (2005/12/27 上午 10:45)

四、VBS-RTK 定位基準網設定：

VBS-RTK 基本定位原理計為多個基準站全天候連續地接收衛星資料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，其運作效能特別是初始化所需時間，在理論上，將與網內基準站數量直接相關，且因臺灣位處地球板塊激烈碰撞變動及中低緯度地區，如未經常性維護各基準站間高精度之相對關係，亦將因區域性不同之地殼變動位移量及高度複雜化之電離層等定位系統誤差影響，造成 GPSNet 系統軟體無法精密解算或更新區域改正參數資料庫，進而導致 VBS-RTK 定位精度嚴重衰減情形。

基於上列諸項因素，本定位系統因仍處於建置階段，雖目前在臺灣本島只要可以利用 GSM/GPRS 或無線上網之任何地點，均可提供 VBS-RTK 定位服務，惟因未獲取具體地殼變動分析成果數據可資參考，本局乃權宜將至 95 年 4 月底止，臺灣本島已連線運作之 38 處基

準站分布狀況，配合本局自 84 年度起展辦之三等控制點補建、新建及管理維護各年度施政計畫，以縣為單位，原則上依各年度辦理縣市區分為 9 個定位服務子網，包括 7 處區域性定位服務網、1 個外插測試網及 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。

表 4-1 顯示各區域性基準網劃分及所涵蓋之定位服務地區，圖 4-10 為本局 e-GPS 即時動態定位系統為各基準網定位服務範圍，各基準網及其涵括之基準站分布情形如圖 4-11A 至圖 4-11H。

表 4-1 VBS-RTK 定位服務網劃分現況及服務範圍一覽表

序號	基準網名稱	基準站名稱	定位服務類別	定位服務範圍	備註
1	DGPS 服務網 DGPS_Net	全數基準站	網路化 DGPS 定位	臺灣本島 各縣市及 近海地區	
2	北區服務網 North	1.宜蘭宜蘭市站 (YILN) 2.台北石門站 (SHMN) 3.台北貢寮站 (GOLI) 4.台北淡水站 (GS10) 5.桃園觀音站 (KYIN) 6.桃園復興站 (FUSN) 7.新竹南寮站 (SHJU) 8.苗栗竹南站 (JUNA)	VBS-RTK	基隆市 台北市 台北縣 桃園縣 新竹市 新竹縣	
3	宜蘭服務網 East_North-	1.宜蘭宜蘭市站 (YILN) 2.台北石門站 (SHMN) 3.台北貢寮站 (GOLI) 4.台北淡水站 (GS10) 5.桃園復興站 (FUSN) 6.台中武陵站 (WULI) 7.花蓮和平站 (HUAP)	VBS-RTK	宜蘭縣	
4	中區服務網 Middle	1.桃園復興站 (FUSN) 2.新竹南寮站 (SHJU) 3.苗栗竹南站 (JUNA) 4.台中武陵站 (WULI) 5.台中港站 (TACH) 6.台中東勢站 (DOSH) 7.彰化和美站 (VR01) 8.彰化田中站 (VR03) 9.南投草屯站 (CAOT) 10.南投高峰站 (KAFN) 11.南投信義站 (SINY)	VBS-RTK	苗栗縣 台中市 台中縣 南投縣	

5	花蓮服務網 East_Middle	1.台中武陵站 (WULI) 2.南投高峰站 (KAFN) 3.南投信義站 (SINY) 4.花蓮和平站 (HUAP) 5.花蓮新城站 (SICH) 6.花蓮萬榮站 (WARO) 7.花蓮壽豐站 (SOFN) 8.花蓮鳳林站 (FLNM) 9.花蓮光復站 (GUFU) 10.花蓮豐濱站 (FONB) 11.花蓮玉里站 (JULI) 12.台東霧鹿站 (WULU) 13.高雄桃源站 (TAYN)	VBS-RTK	花蓮縣	
6	西區服務網 West	1.台中港站 (TACH) 2.台中東勢站 (DOSH) 3.彰化和美站 (VR01) 4.彰化二林站 (VR02) 5.彰化田中站 (VR03) 6.南投草屯站 (CAOT) 7.南投信義站 (SINY) 8.雲林北港站 (PKGM) 9.嘉義東石站 (CHYI) 10.嘉義竹崎站 (JHCI) 11.台南烏山頭站 (WUST) 12.高雄桃源站 (TAYN)	VBS-RTK	彰化縣 雲林縣 嘉義市 嘉義縣	
7	南區服務網 South	1.南投信義站 (SINY) 2.嘉義東石站 (CHYI) 3.嘉義竹崎站 (JHCI) 4.台南烏山頭站 (WUST) 5.高雄桃源站 (TAYN) 6.高雄旗山站 (CISH) 7.高雄港站 (KASH) 8.屏東瑪家站 (MAJA) 9.屏東枋寮站 (FALI) 10.屏東墾丁站 (KDNM) 11.台東大武站 (DAWU) 12.台東霧鹿站 (WULU)	VBS-RTK	台南市 台南縣 高雄市 高雄縣 屏東縣	
8	台東服務網 East_South	1.花蓮玉里站 (JULI) 2.南投信義站 (SINY) 3.高雄桃源站 (TAYN) 4.屏東瑪家站 (MAJA) 5.屏東枋寮站 (FALI) 6.屏東墾丁站 (KDNM) 7.台東大武站 (DAWU) 8.台東太麻里站 (TMAM) 9.台東霧鹿站 (WULU)	VBS-RTK	台東縣	
9	外插測試網 Marine_Test	機動調整	VBS-RTK	臺灣本島 近海地區	

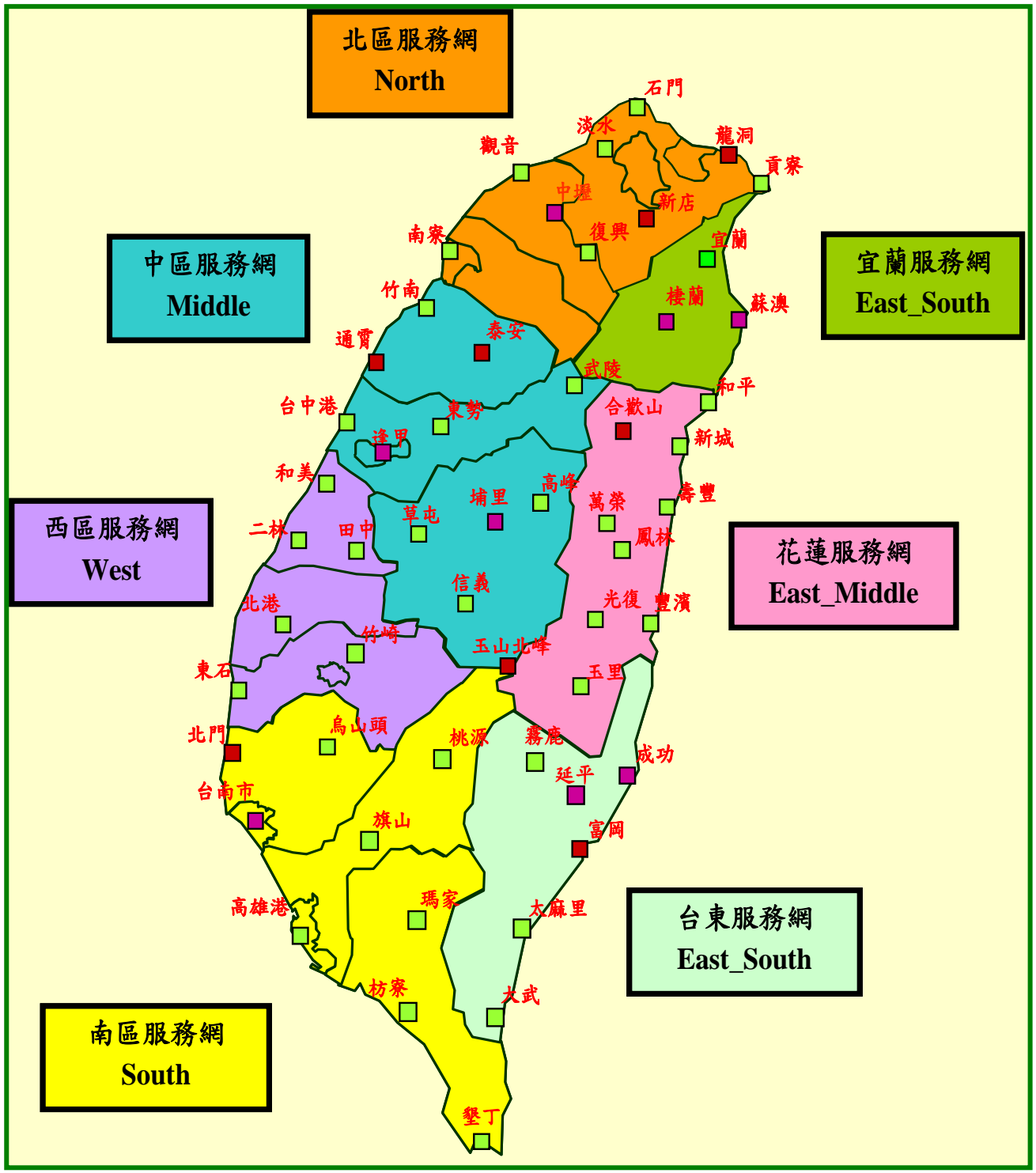


圖 4-10 臺灣本島地區 VBS-RTK 定位服務範圍圖

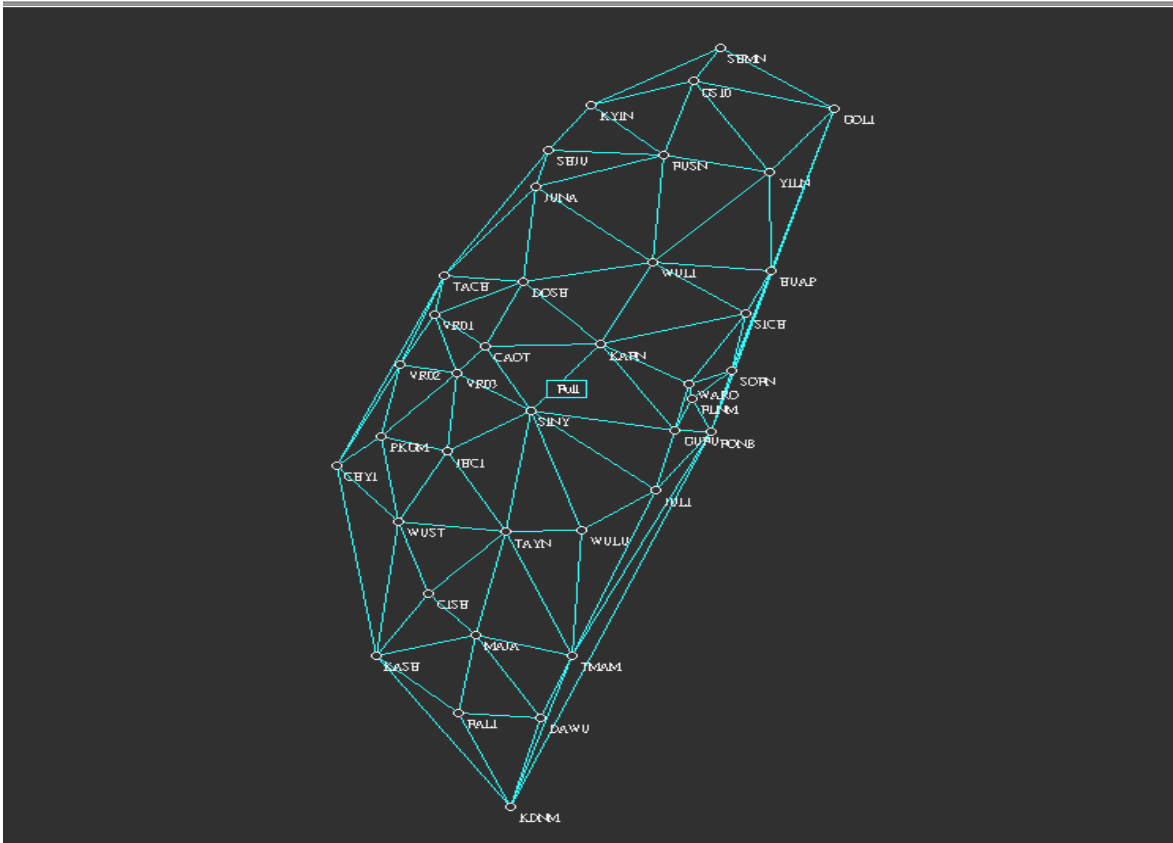


圖 4-11A DGPS 定位服務網 (DGPS_Net)

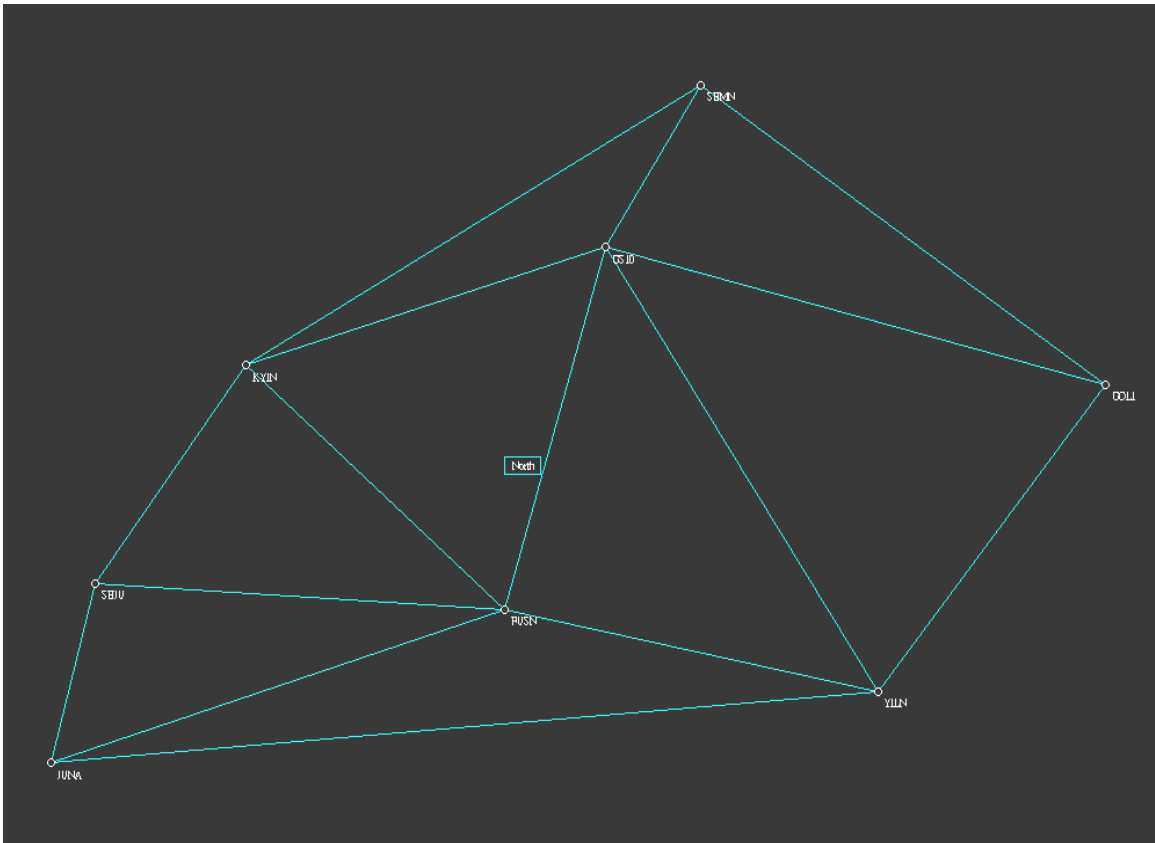


圖 4-11B 北區服務網 (North)

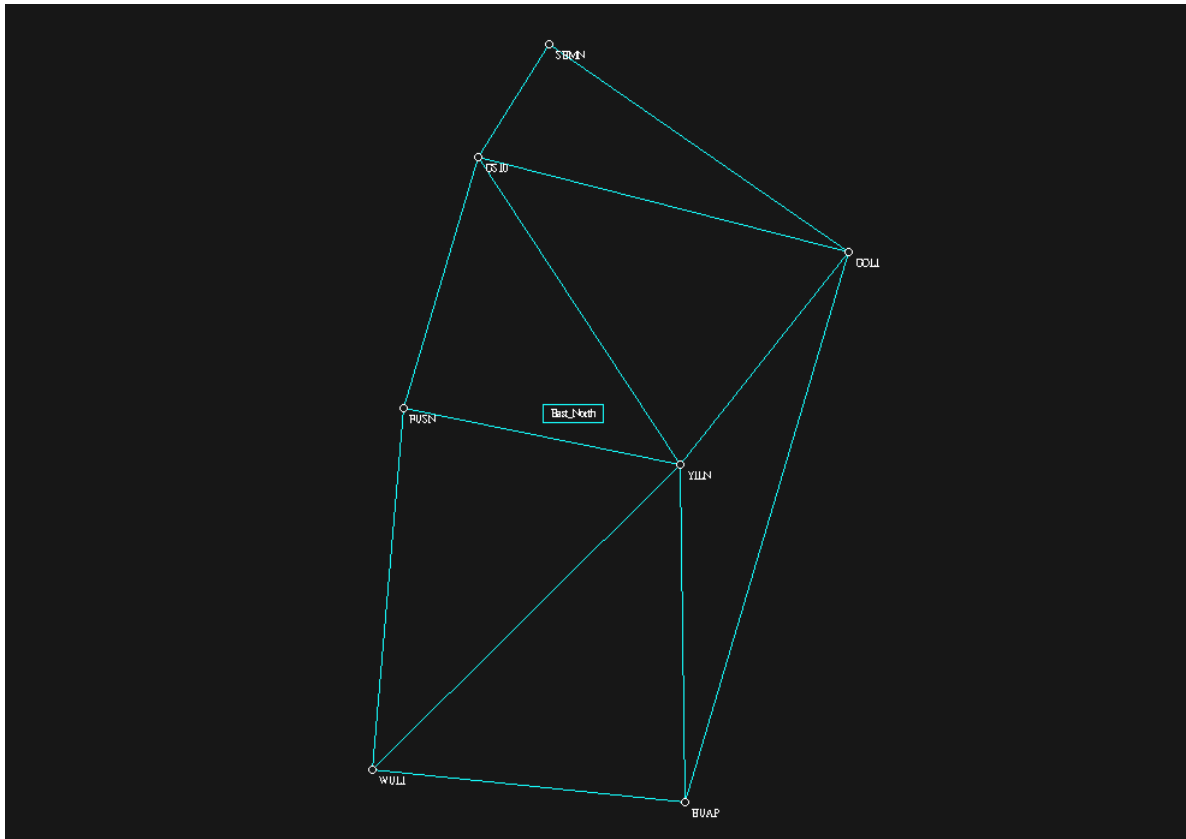


圖 4-11C 宜蘭服務網 (East_North)

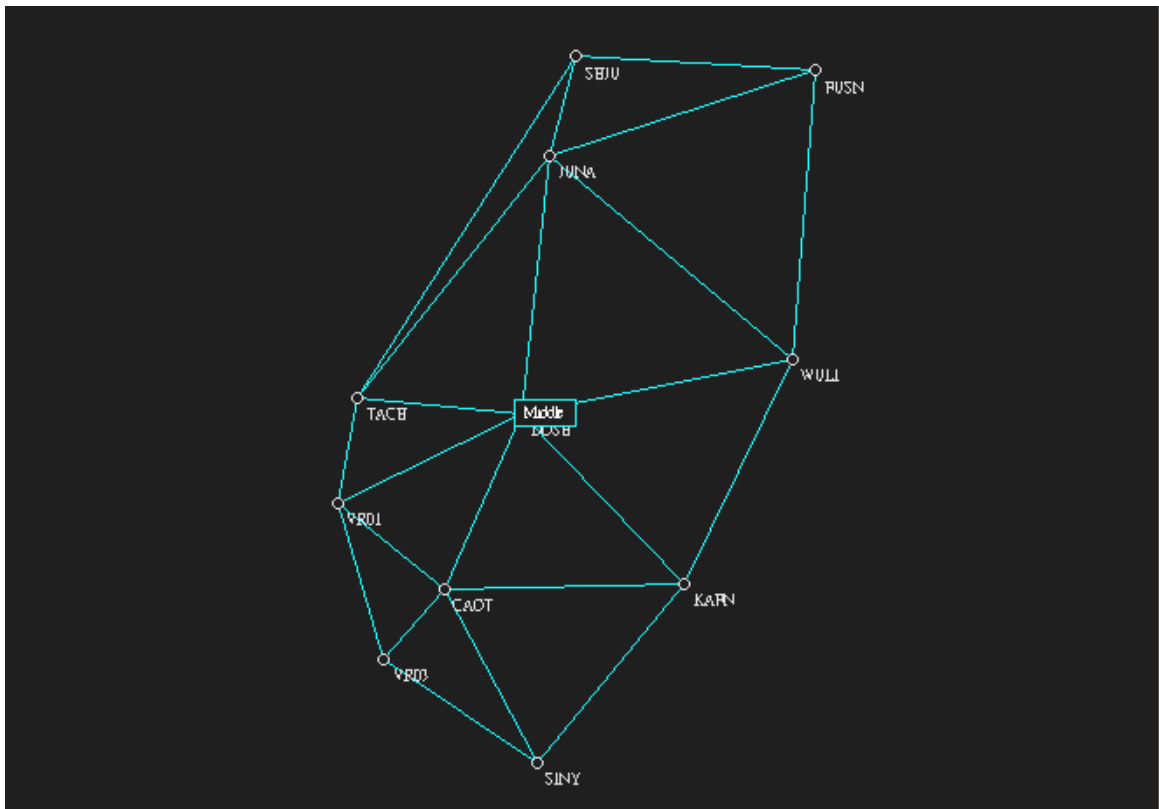


圖 4-11D 中區服務網 (Middle)

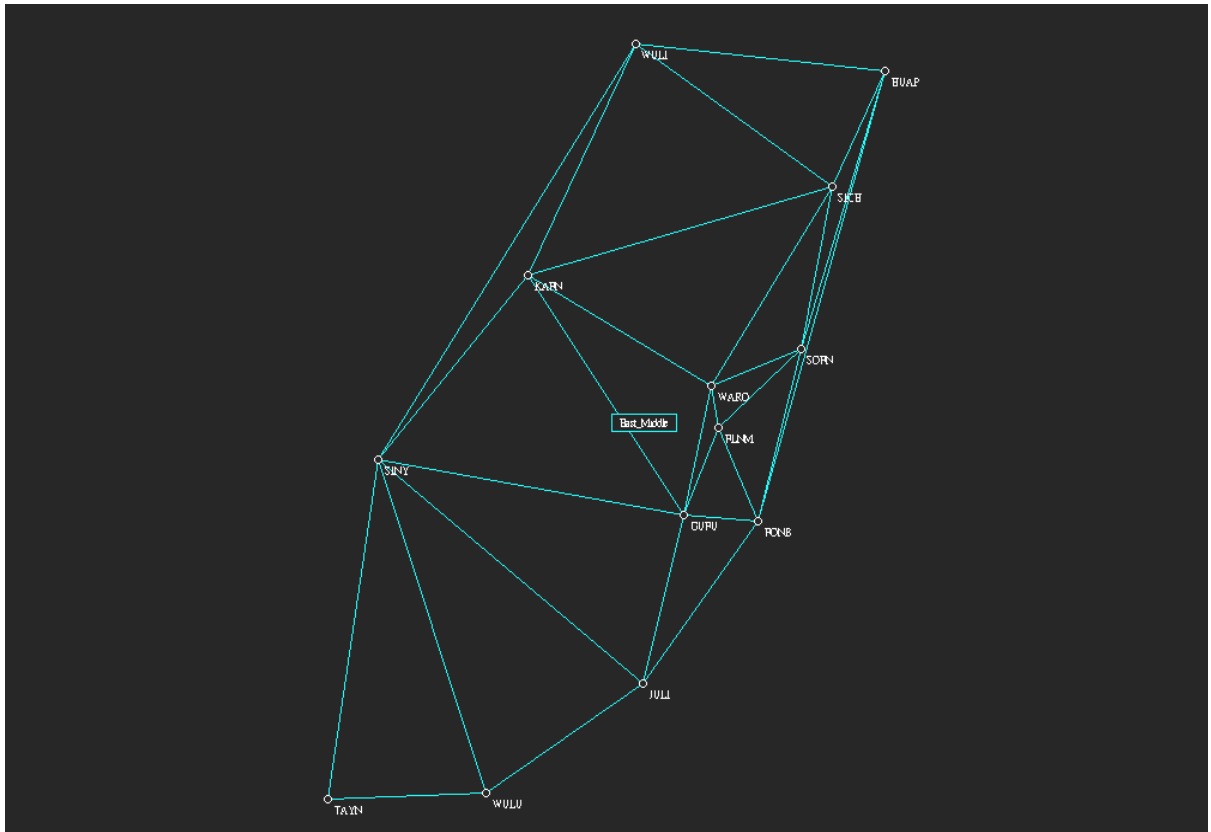


圖 4-11E 花蓮服務網 (East_Midde)

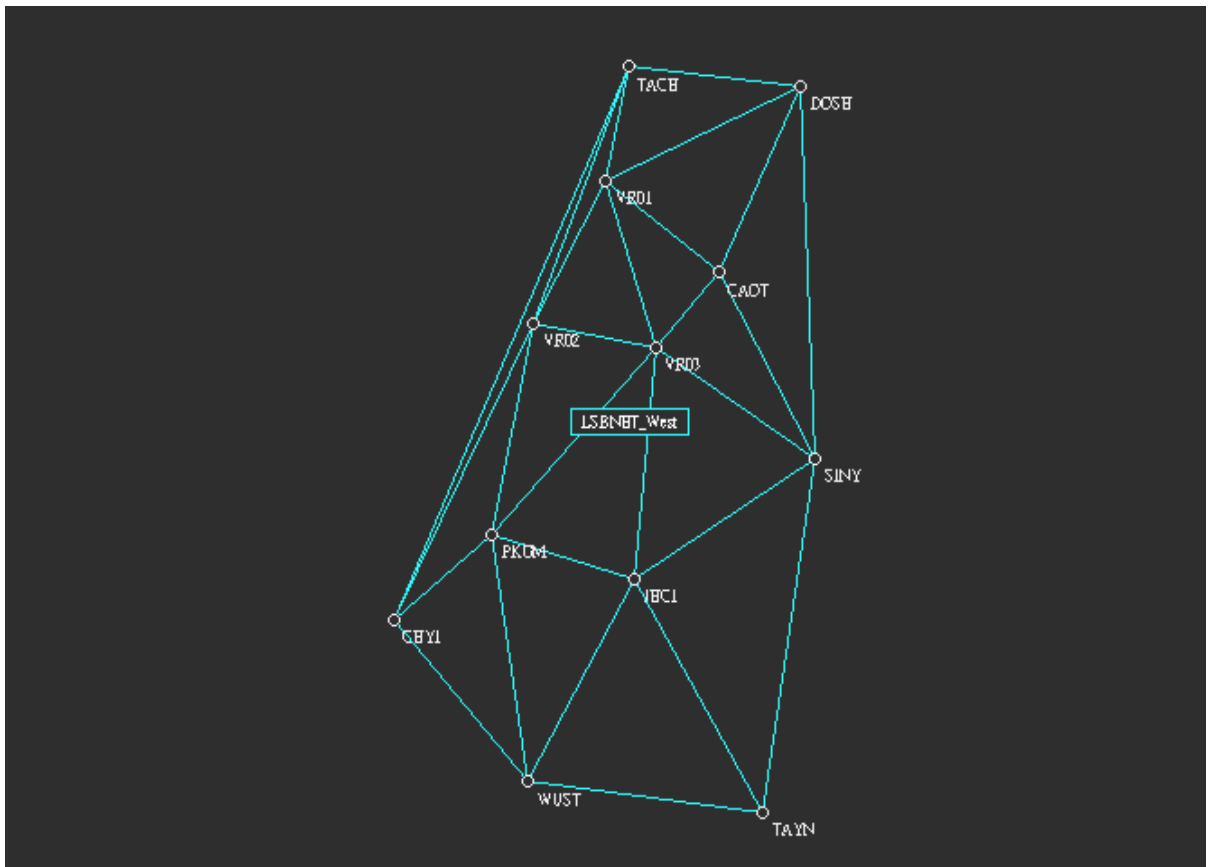


圖 4-11F 西區服務網 (West)

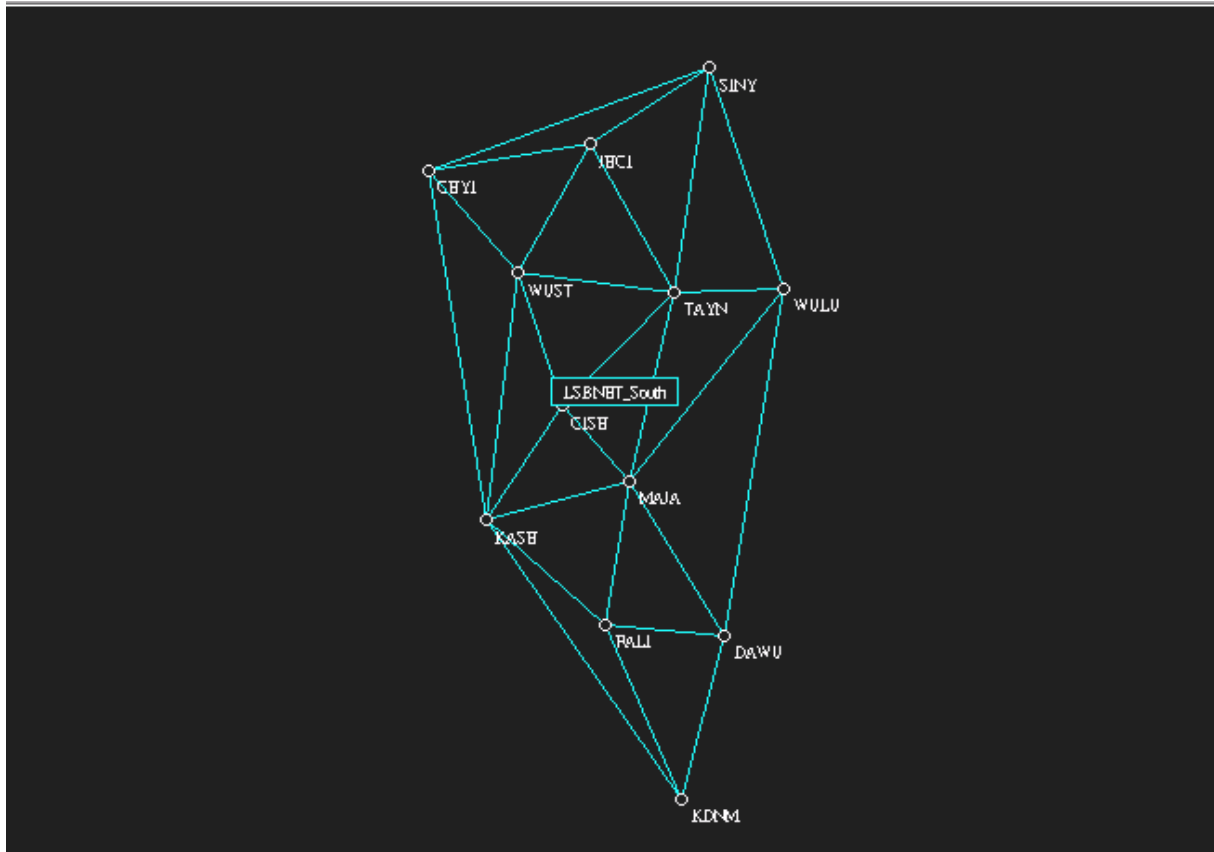


圖 4-11G 南區服務網 (South)

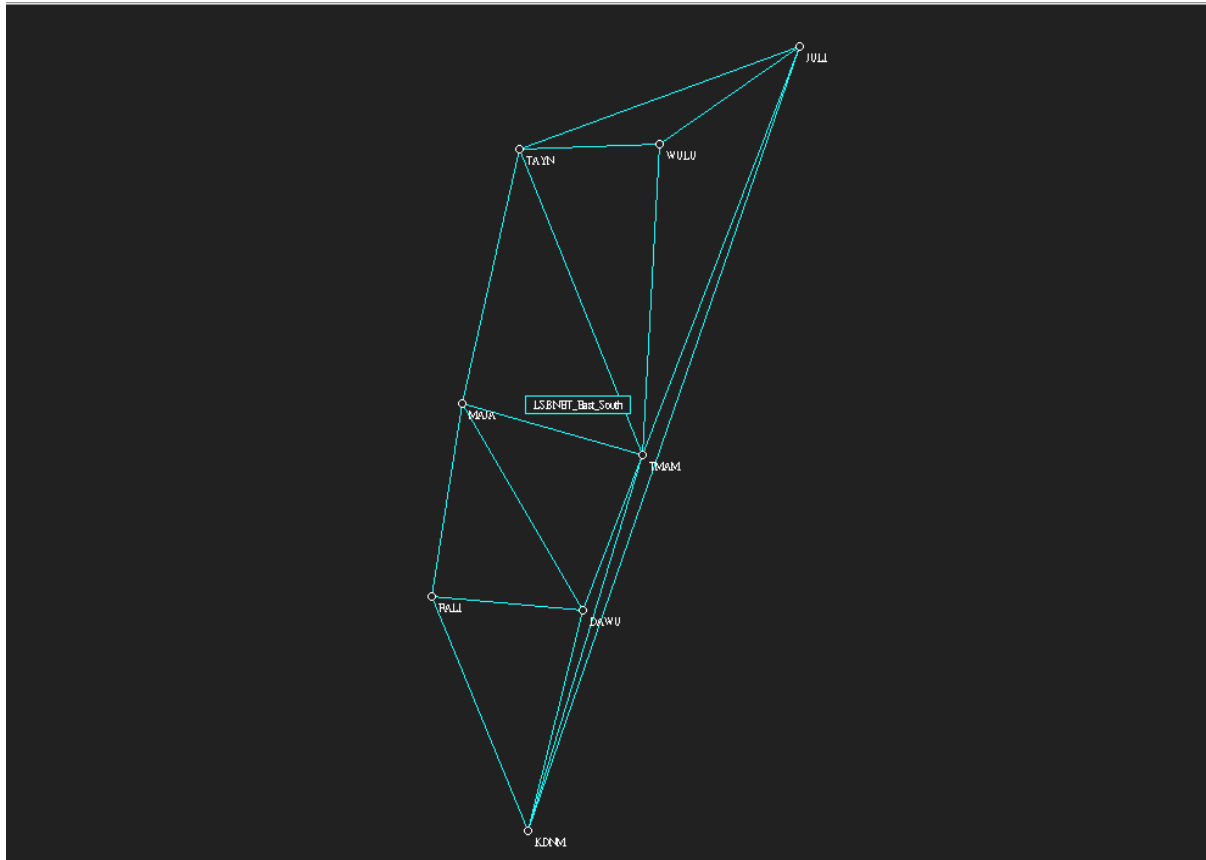


圖 4-11H 台東服務網 (East_South)

五、移動站 VBS-RTK 定位模組設定：

VBS-RTK 定位技術採用 GSM/GPRS 及 NTRIP 通訊協定來傳輸移動站之單點定位坐標及 VBS 虛擬觀測資料，所以在 GPSNet 定位系統軟體必須具備相對應之資料傳輸與-RTK 定位計算之相關功能模組，來進行 VBS-RTK 即時動態定位解算。在實際的操作與設定層面上，首先除先由「Synchronizer」功能模組完成資料同步化後，依每一個定位服務子網分別設定一組 RTK 定位計算模組（RTKNet Processor）及一系列以 SockeSever 連接埠所組成的 RTCM 資料管理模組（RTCM Manager），最後再透過「LineRelay」及「iGATE」功能模組自動執行各定位服務子網連接埠對應、分配及使用者權限等管制，所以移動站使用者僅需取得本局 e-GPS 控制及計算中心之網路位址（IP Address）、NTRIP 連接埠及經授權之使用者名稱（User Name）與密碼（Password）後，即可進入本定系統進行 VBS-RTK 定位解算服務，大符提升使用便利性及資訊安全性。

另為使系統管理人員能夠充份掌握各移動站使用者進行 VBS-RTK 定位之現況，GPSNet 系統軟體亦提供監控與管制介面，來顯示各移動站即時定位現況，其可監控之資訊包括移動站使用者之坐標、使用主基準站之名稱與距離及使用者作業時間與 VBS-RTK 定位成果品質（如解算至 Float 解或 Fix 解等）。圖 4-12 為 GPSNet 系統軟體對單一移動站進行 VBS-RTK 定位成果現況之監控畫面；圖 4-13 為 e-GPS 控制及計算中心對所有移動站之監控圖形畫面，其位於臺灣中部地區之綠色三角形處，即為進行 VBS-RTK 定位之移動站所在地點，茲因目前該系統軟體並無提供底圖套合功能，本局已積極研究套合地形圖、像片圖、街道圖或其他影像地圖等不同主題圖之可行性，俾提供全面性監控與管制功能，提升全方位的加值服務與應用。

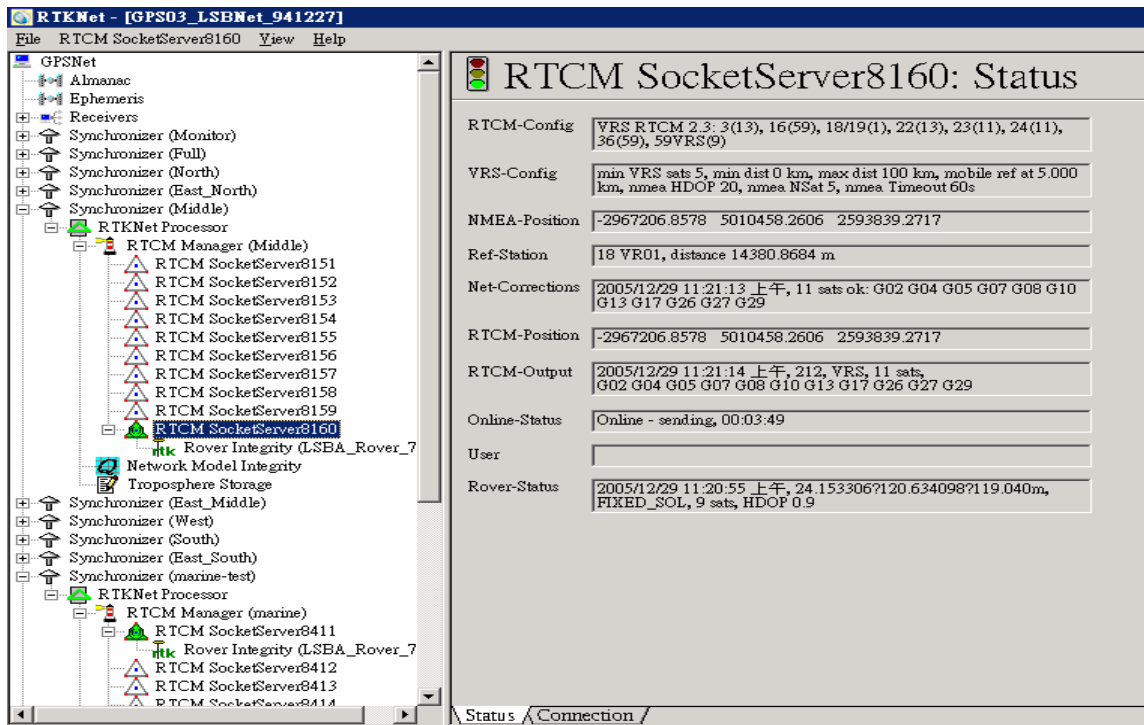


圖 4-12 移動站 VBS-RTK 定位成果現況監控畫面

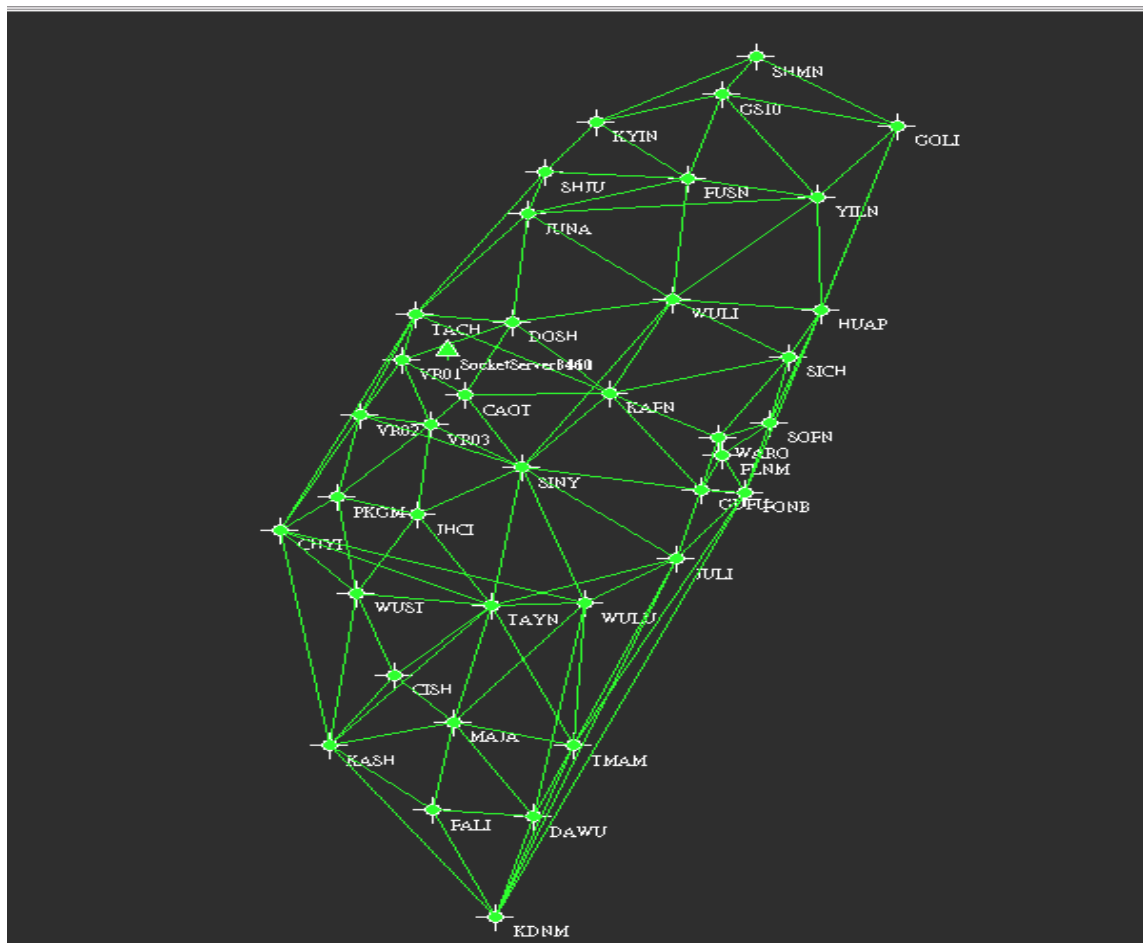


圖 4-13 移動站 VBS-RTK 定位服務監控圖形畫面

六、系統監控及其他應用功能模組：

GPSNet 系統軟體提供了許多重要的系統監控及其他應用功能模組，可有效輔助管理整體 e-GPS 即時動太定位系統運作效能，茲就常用之功能模組簡要說明如下：

(一) 警報系統 (Alarm System)：

GPSNet 系統軟體自動警報系統之功能，係當系統偵測到網路連線、記憶體、衛星定位接收儀觀測訊號或其他運算處理器（如 VRS Processor）等發生異常現象時，系統會依照設定模式自動將所發生異常現象透過聲音、電子郵件、數據機指令、重新啟動電源或執行批次處理等方式，通知系統管理人員或進行必要的修正與回復。目前系統軟體所提供之異常警報功能項目如下：

- 1.效能 (Availability)：包含衛星及系統訊息。
- 2.磁碟監視 (Disk Watch)：如磁碟空間不足等。
- 3.無線電監控 (Radio Monitor)：錯誤的傳輸速率或無法傳輸資料等。
- 4.衛星接收儀模組 (Receiver Module)：如無衛星觀測資料或自動轉換至備用傳輸線路等。
- 5.同步化 (Synchronizer)：基準站本身或基準站之修正量無法順利運作時。
6. VRS 運算處理器 (如 VRS Processor)：衛星顆數不足導致無法解算至固定解時。
- 7.坐標監控 (Coordinate Monitor)：發生點位變形或快速移動現象時。
- 8.網路模式完整性 (Network Model Integrity)：預估或現在時刻之幾何誤差或電離層誤差超過設定規範時。

(二) 磁碟監視系統 (Disk Watch)：

磁碟監視功能模組為輔助系統理人員監控及管理維護

GPSNet 系統軟體及衛星觀測資料所使用之磁碟空間，一般系統預設參數為資料超過 90 天或磁碟可儲存空間低於 40MB 時，系統將自動發布警訊並自動刪除資料檔案。圖 4-14 顯示磁碟監視系統之運作情形。

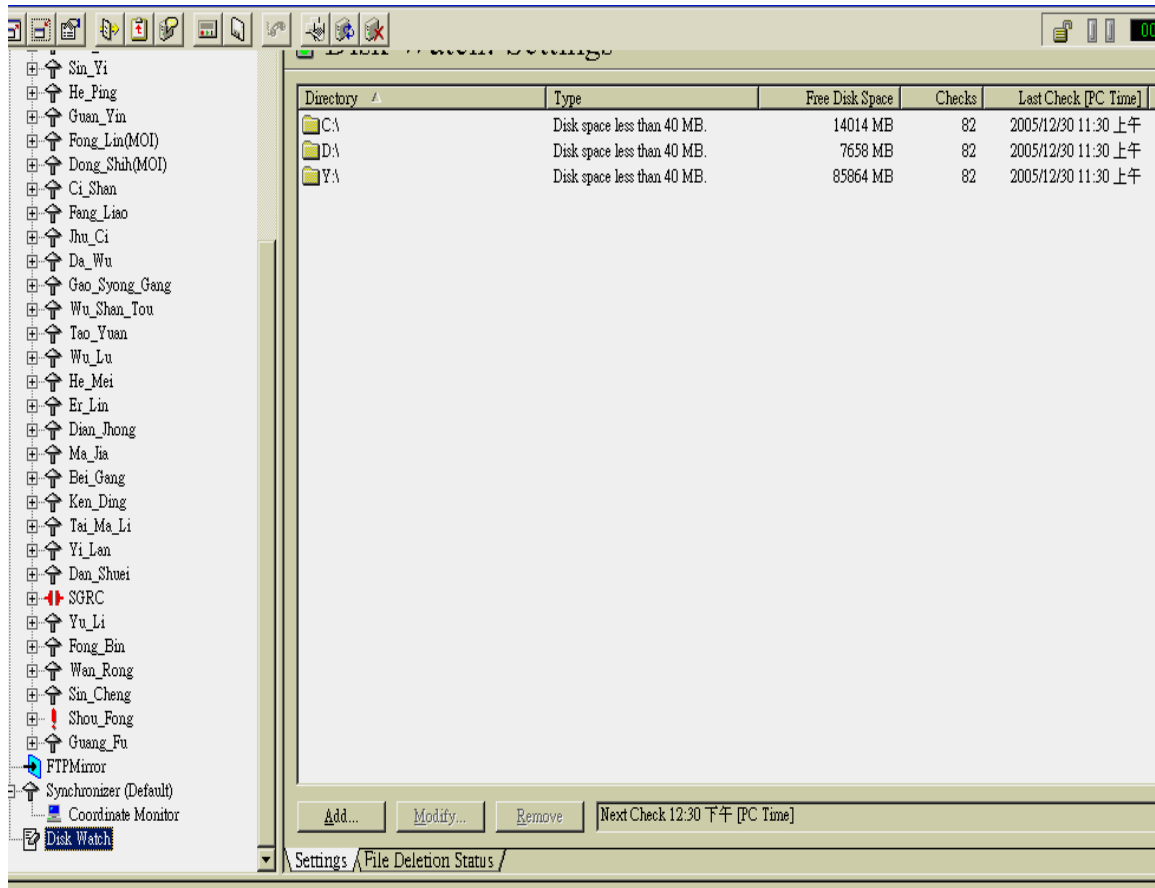


圖 4-14 磁碟監視系統 (Disk Watch) 運作畫面

(三) FTP 備份系統 (FTPMirror) :

FTP 備份系統是利用 GPSNet 系統軟體內建的 FTP client 模組，定時將特定的衛星觀測資料或其他成果資料等，傳送到指定網路位址及資料目錄夾，達到資料備援目的。圖 4-15 顯示 FTP 備份系統運作情形，圖中右方畫面顯示之黃色閃電標記表示系統正進行 FTP 資料傳輸。

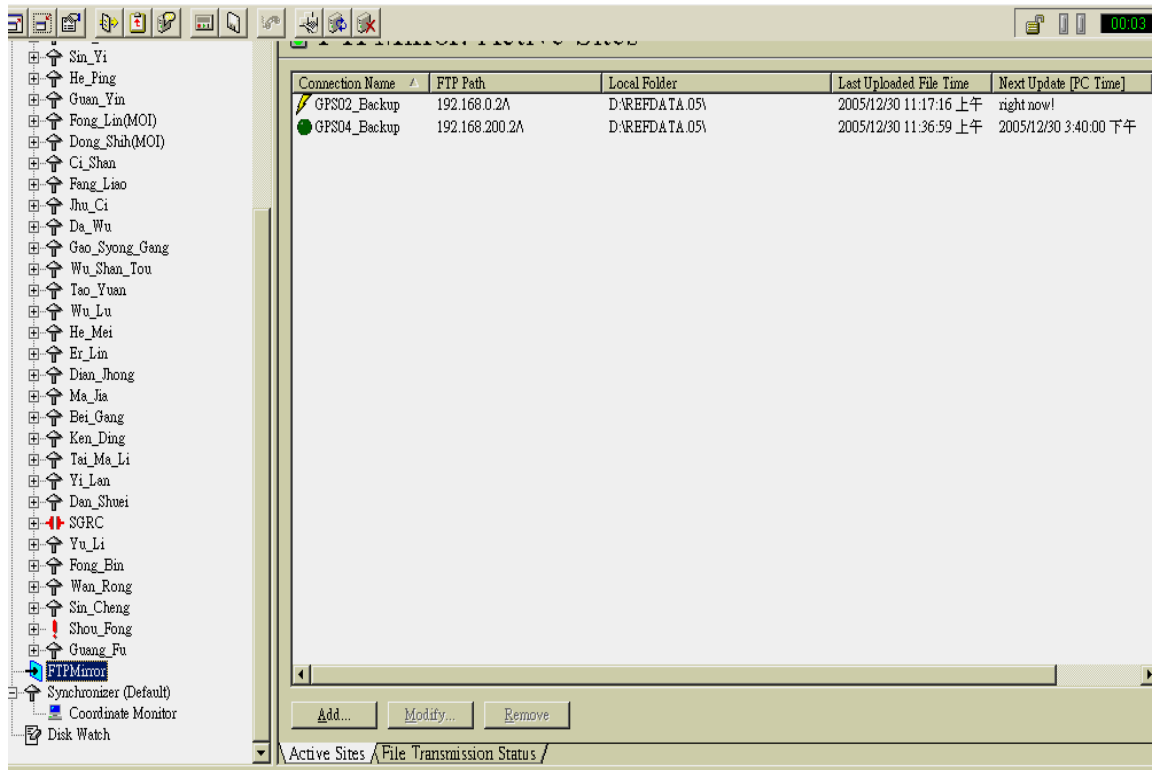


圖 4-15 顯示 FTP 備份系統 (FTPMirror) 運作畫面

(四) 看門狗系統 (Watchdog):

看門狗系統主要是偵測電腦及系統軟硬體之效能及運作是否正常，目前看門狗系統模組提供 3 種不同設備之偵測功能如下：

1. QUANCOM PWDOG 1 (PCI slot card)
2. QUANCOM WATCHGOS 2 (ISA slot card)
3. TimeOut 2400 (external)

(五) 無線電監控系統 (Radio Monitor):

GPSNet 系統軟體除可透過 RTKNet 功能模組進行網路化 VBS-RTK 定位解算外，另針對每一處基準站，其亦具有採用 RTCM 或 CMR+格式資料進行傳統單主站 (Single-Base) RTK 定位解算之功能，無線電監控系統即為進行單主站 RTK 時，對於控制及計算中心所廣播之 RTCM 或 CMR+格式資料之即時監控訊息，圖 4-16 顯示無線電監控系統之運作情形。

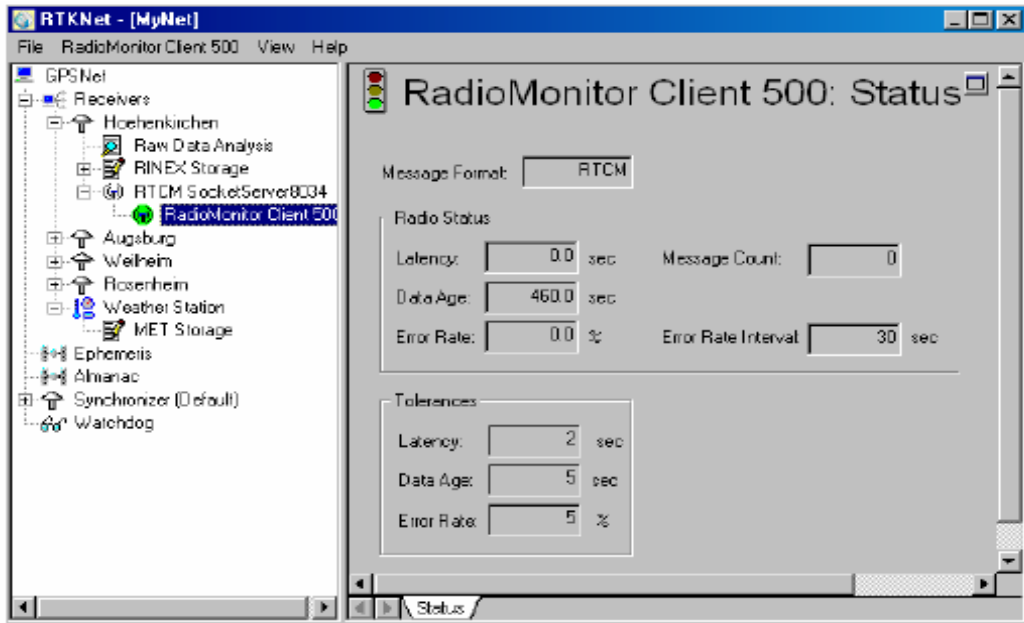


圖 4-16 無線電監控系統（Radio Monitor）運作畫面

(六) NMEA 配置轉接器（NMEA Distributor）：

NMEA 配置轉接器為蒐集特定群組使用者所回傳之 NMEA 格式定位資訊，其經與現有系統資訊彙整後，再傳送給其他系統服務或定位資訊需求者如行車控制中心或人車派遣中心等，可提供即時且更行動化之定位資訊，所以 NMEA 配置器不僅具有資料彙整及轉接功能外，亦具有使用者監控與外部設備控制功能。圖 4-17 顯示 NMEA 配置轉接器之運作情形。

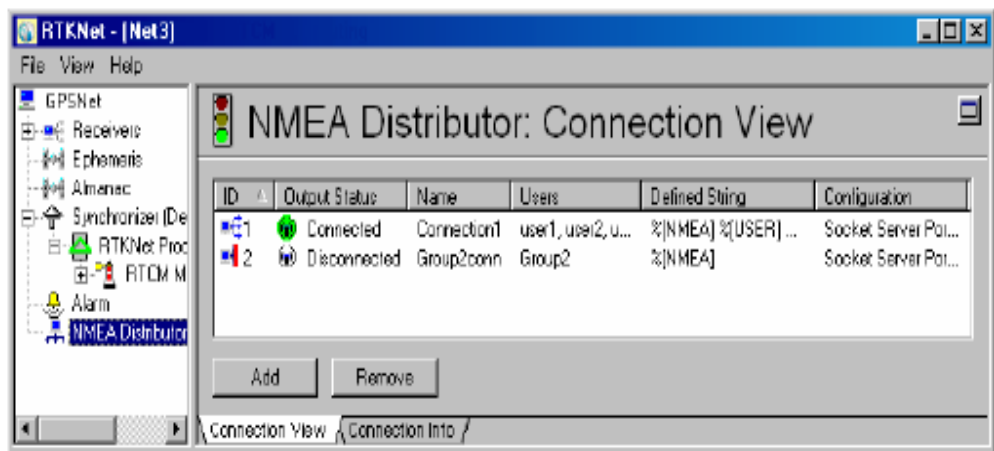


圖 4-17 NMEA 配置轉接器（NMEA Distributor）運作畫面

伍、VBS-RTK 定位精度及可靠度測試作業

一、測試作業背景

臺灣因位於中低緯度且地形高差起伏變化甚大，不僅 GPS 星定位訊號受電離層、對流層誤差影響遠較其他國家明顯，且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 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，本局業於 94 年 4 月起訂定本測試作業計畫於臺灣中、北部地區勘選具代表性之各種測試區，並依各類測量標之不同屬性，分別設計測試項目及測試方法。有關本測試計畫預定達成之主要目標如下：

- (一) GPS 衛星定位基準網精密坐標解算及精度評估。
- (二) 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。
- (三) 配合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，做為後續研擬相關作業精度規範及標準作業程序（SOP）之參考依據。
- (四) VBS-RTK 定位技術及成果之加值應用與系統研發創新。

二、測試作業規劃

- (一) 測試項目及作業方法：

- 1.e-GPS 衛星定位基準網精密坐標解算：

衛星定位基準網各基準站坐標精度為影響 VBS-RTK 定位成果之主要因素，按 e-GPS 衛星定位基準站係每天 24 小時每秒連續接收衛星觀測資料，即時傳回本局控制及計算中心，並由 GPSNet 系統軟體轉換為 RINEX 標準格式檔，最後再利用後處理的方式，進行基計算及嚴密網形平差計算，獲得各基準站精密坐標及精度指標。本項測試評估工作主要以每個月為時間區段，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。

2.VBS-RTK 定位精度測試：

為評估野外各種不同觀測環境、條件或區域性坐標系統精度對 VBS-RTK 定位精度及可靠度分析所產生之影響，擬配合各測試作業區之限制條件及特性，規劃下列測試：

(1) 地形及觀測環境與 VBS-RTK 定位精度相關性測試：

GPS 衛星定位精度除與電離層、對流層延遲及多路徑效應等信號傳播誤差與測站緯度及高程相關外，另觀測當時衛星顆數及幾何分布狀況，更是影響 GPS 定位精度最直接且明顯的關鍵要素。VBS-RTK 定位技術要求基準站及移動站間至少須有 5 顆以上之共同觀測衛星，方能進行定位解算，顯示移動點所在地之地形及透空環境與 VBS-RTK 定位解算成功率及成果精度息息相關。本項測試作業主要的測試方法為配合特殊地形屬性之測試作業區，如高海拔之國有林班地作業區、建物密集之都會作業區或鄰近大面積水域之作業區等，記錄施測當時衛星顆數及幾何精度指標如 PDOP、HDOP、VDOP 值，與 VBS-RTK 定位成果進行比對分析，據以歸納統計其相關性。

(2) 天候狀況與 VBS-RTK 定位精度相關性測試：

RTK 定位基本理論主要源自於假設二次差載波相位觀測量中，相對的大氣層影響量已經互相抵消，雖然 VBS-RTK 定位技術已將上開定位誤差模組化，以降低系統誤差之影響量，並有效延伸作業範圍，但因臺灣位於中低緯度且為海島氣候型態，大氣變化所引發之定位誤差變量較為複雜，對於電離層及對流遲滯誤差影響量有效消除之程度，仍待進一步證實，故針對各種天候型態與定位成果精度進一步測試與分析，實有其必要性。

本項測試作業主要的測試方法為依據交通部中央氣象局公布之氣象資料（如溫度、氣壓、相對濕度及降雨量等資料）並配合 GPSNet 系統軟體提供 e-GPS 衛星基準網解算之當日電離層定位誤差修正指標資訊，再與 VBS-RTK 定位成果精度交叉比對，據以歸納統計其相關性。

(3) 區域性坐標系統與 VBS-RTK 定位成果相關性測試：

由於不同測區範圍內之各級點位坐標成果，不論原測設坐標系統為 TWD97 或 TWD67 坐標系統，大多為不同時期採用不同儀器或觀測方法施測，其因觀測精度及地殼變動等因素產生區域性坐標系統的不一致性，亦為影響 VBS-RTK 定位成果精度之重要關鍵。本項測試作業主要的測試方法為進行 2 套不同坐標系統坐標分量比對分析，並據以歸納統計三維分量之相關性。另長時間、週期性的施測成果甚至可以分析區域性點位之位移變化、速度場及坐標轉換參數，輔助建立具有時序性及區域性的坐標回溯機制。

(4) 衛星基準站間距及數量與 VBS-RTK 定位精度及效率相關性測試：

VBS-RTK 定位誤差模型之組成係以多個 GPS 衛星定位基準站全天候連續接收衛星資料，透過網際網路及其它通訊設備傳輸至控制及計算中心，並將基準站原始觀測資料加以處理後，建立區域性系統誤差模型，所以用來組成定位誤差模型之基準站分布與數量，應可以輔助分析其與 VBS-RTK 定位精度與之相關性，提供爾後劃分區域性坐標系統之參據。其主要測試工作為在相同點位進行 VBS-RTK 定位測試時，分別比較鄰近地區數個基準站與全網所有基準站定位成果之坐標分量較差，比對分析其差異性。

(二) VBS-RTK 定位可靠度測試：

本項測試工作主要規劃以現有 e-GPS 衛星定位基準站或其他固定測試點位 24 小時每 1 秒連續觀測所得之 VBS-RTK 定位成果資料，進行分析統計後，做為後續研訂標準作業成序及精度指標規範之參考依據。有關進行測試統計分析之項如下：

- 1.VBS-RTK 定位成果之解算成功率。
- 2.VBS-RTK 定位成果之精密度與精確度，其精確度分析係以靜態測量方式計算獲得之坐標為基準值。
- 3.VBS-RTK 定位成果與衛星顆數及精度因子(DOP 值)等幾何條件之相關性，其作業方法比照第(一)-2-(1)項。
- 4.VBS-RTK 定位成果與天候狀況之相關性，其作業方法詳如第(一)-2-(2)項。
- 5.VBS-RTK 定位成果與衛星基準站分布數量之相關性，其作業方法詳如第(一)-2-(4)項。

(三) VBS-RTK 定位成果加值應用：

本項測試工作主要利用本定位系統高效率及高精度之定位特性，並配合其它數值地圖資料，依目前相關軟硬體設備及圖資成果，主要可做為動態載具導航及監控方面之應用。導航定位因具有須連續定位之特性，故本項測試主要於移動載具如車輛、船舶上採用 DGPS 及 VBS-RTK 定位並分析其軌跡與成果精度。本項測試規劃配合汽車導航及船載水深測量作業，每秒記錄載具之 DGPS 或 VBS-RTK 定位成果後，以後處理方式展繪軌跡圖評估其定位精度。

三、e-GPS 衛星定位基準網精密坐標精度評估分析

(一) 固定基準站選取：

在本系統建置初期（及 93 年 11 月至 94 年 6 月）先以固定內政部陽明山衛星追蹤站 TWD97 坐標解算各基準站坐標後，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，其相關資訊如下：

坐標基準框架		ITRF 94	
坐標定義起始時刻		2005 年 02 月 15 日 12:00:00	
固定站點名	X-COORDS	Y-COORDS	Z-COORDS
JUNA	-2975764.7118	4976994.8411	2647324.2334
速度量	0.0083m/yr	-0.0006 m/yr	-0.0129 m/yr

(二) 解算流程：

為精確解算衛星定位基準站坐標及其速度場，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，再針對每一衛星定位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，其計算流程如圖 5-1，另截至 94 年 12 月 31 日止連線運作之 34 處衛星定位基準站納入衛星定位基準網精密坐標解算天數統計情形詳如表

5-1。另表 5-2 及圖 5-2 為各基準站速度量變化及其標準偏差值。
有關 2005 年期間各基準站坐標時間序列詳如附錄。

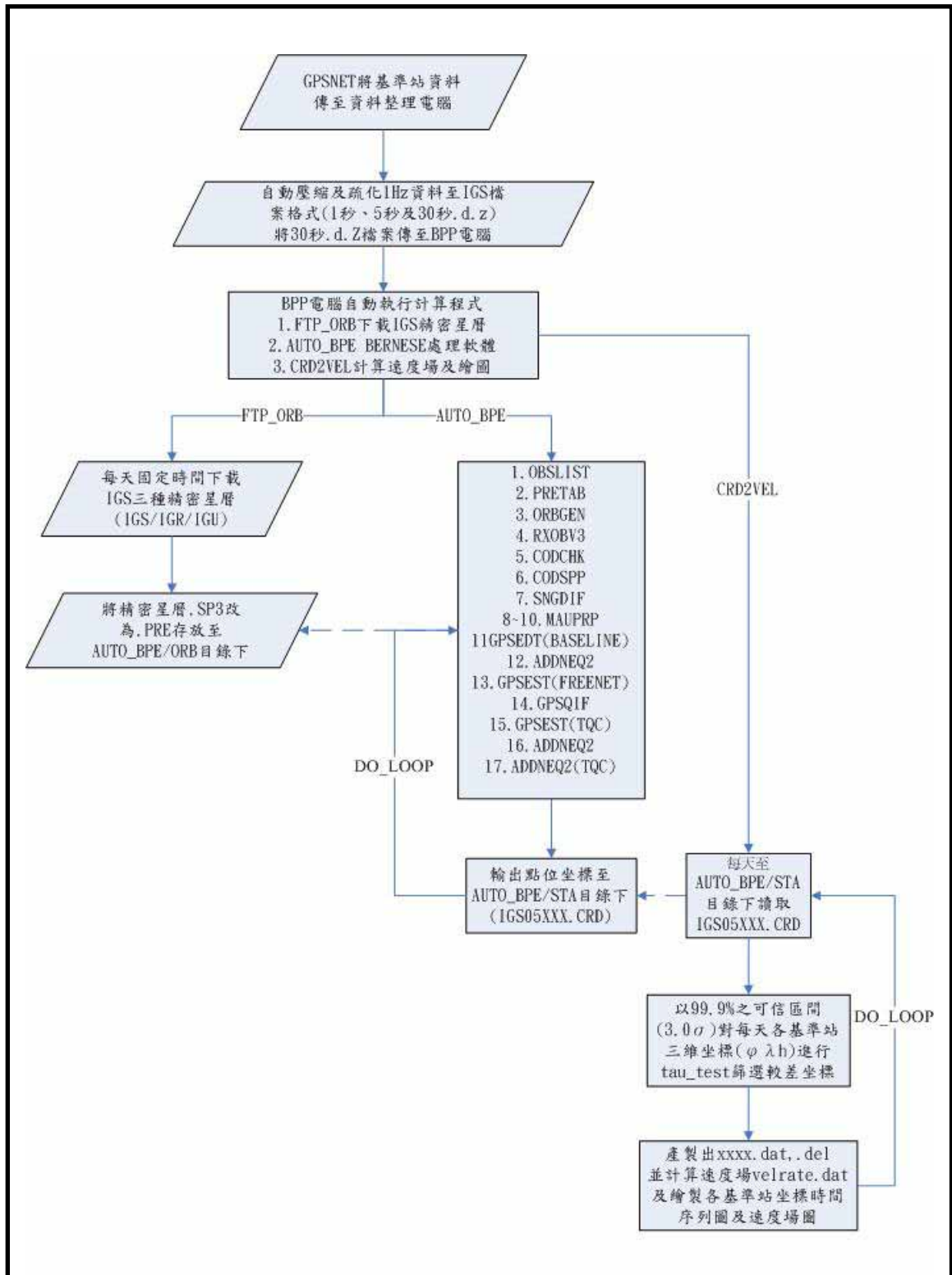


圖 5-1 e-GPS 衛星定位基準站坐標及速度量解流程圖

表 5-1 e-GPS 衛星定位基準網精密坐標解算天數統計表

(2005 年 / Day 032-365)

單位：天

項次	基準站名稱	總天數	刪除天數	使用天數	備註	
1	台北貢寮站 (GOLI)	311	9	302		
2	台北石門站 (SHMN)	310	9	301		
3	台北淡水站 (GS10)	79	6	73		
4	桃園觀音站 (KYIN)	214	9	205		
5	桃園復興站 (FUSN)	305	10	295		
6	新竹南寮站 (SHJU)	309	4	305		
7	苗栗竹南站 (JUNA)	311	0	311	約制基準站	
8	台中港站	(TACH1)	216	8	208	2005/9/30 遷站， TACH1 欄為遷站 前，TACH2 欄為遷 站後
		(TACH2)	89	5	84	
9	台中東勢站 (DOSH)	305	13	292		
10	台中武陵站 (WULI)	299	12	287		
11	南投草屯站 (CAOT)	304	13	291		
12	南投高峰站 (KAFN)	306	17	289		
13	南投信義站 (SINY)	310	16	294		
14	彰化和美站 (VR01)	258	11	47		
15	彰化二林站 (VR02)	272	14	258		
16	彰化田中站 (VR03)	275	12	263		
17	雲林北港站 (PKG M)	159	10	149		
18	嘉義東石站 (CHYI)	201	12	189		
19	嘉義竹崎站 (JHCI)	152	5	147		
20	台南烏山頭站 (WUST)	111	6	105		
21	高雄港站 (KASH)	119	4	115		
22	高雄旗山站 (CISH)	155	6	149		
23	高雄桃源站 (TAYN)	117	5	112		
24	屏東瑪家站 (MAJA)	128	7	121		
25	屏東枋寮站 (FALI)	158	6	152		
26	屏東墾丁站 (KDNM)	83	7	76		
27	台東大武站 (DAWU)	152	8	144		
28	台東太麻里站 (TMAM)	77	6	71		
29	台東霧鹿站 (WULU)	118	4	114		
30	花蓮玉里站 (JULI)	241	14	227		
31	花蓮豐濱站 (FONB)	215	16	199		
32	花蓮鳳林站 (FLNM)	299	13	286		
33	花蓮和平站 (HUAP)	177	8	169		
34	宜蘭市站 (YILN)	38	1	37		

表 5-2 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	PKGGM	-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

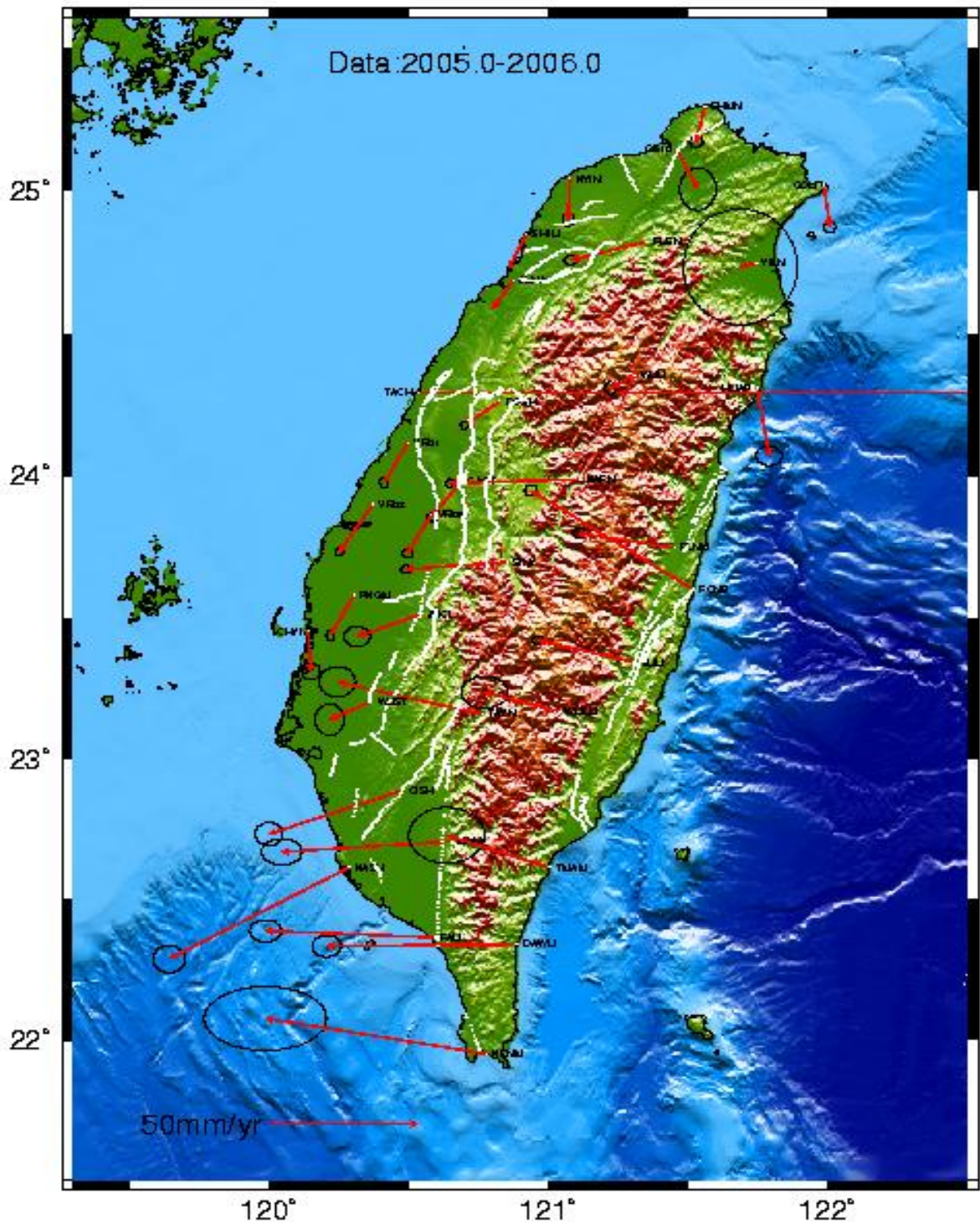


圖 5-2 e-GPS 衛星定位基準站速度量及標準偏差示意圖

(三) 坐標計算成果分析：

臺灣本島地區 e-GPS 衛星基準站即時定位服務網共分為 7 個子網，目前在臺灣本島地區只要可以利用 GSM/GPRS 或無線上網之地區，均可提供 VBS-RTK 定位服務。本局將臺灣本島地區已連線運作之 40 處基準站配合本局自 84 年度起展辦之三等控制點補建、新建及管理維護各年度施政計畫，以縣為單位，分為 7 處區域性定位服務網及 1 個全區性 DGPS 定位服務網如表，由於系統對基準站坐標之相對關係要求甚高，相對坐標誤差量須在 1 公分以內，因此，各服務子網之基準站坐標必須定期作修正，經 2005 年整年觀測資料計算分析結果如表 5-3，說明如下：

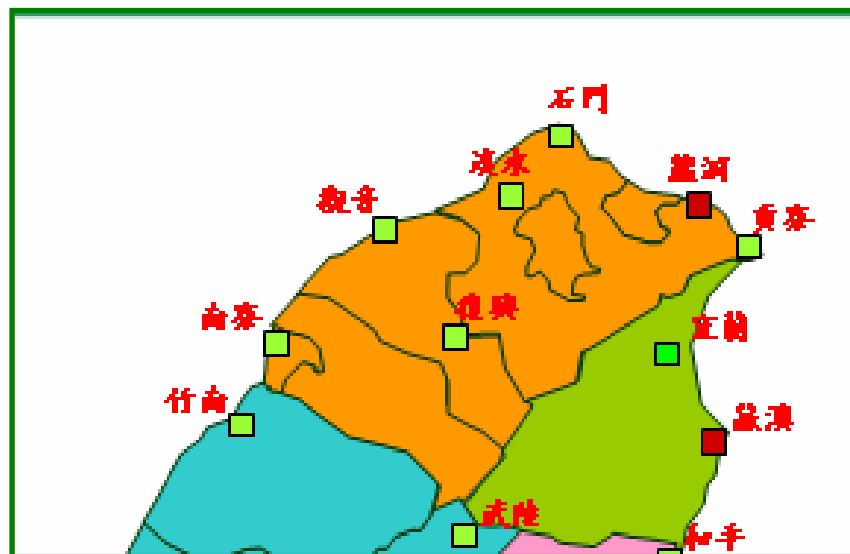
- 1.北區服務網：計有 9 處基準站，以 FUSN 基準站之年絕對位移量 41.9mm 為最大，各基準站間之年相對位移量以 FUSN—WULI 為最大，其位移量為 43.4mm，若以系統之精度要求（10mm 以內），本服務網需 3 個月更動坐標 1 次。
- 2.中區服務網：計有 11 處基準站，以 KAFN 基準站之年絕對位移量 43.9mm 為最大，各基準站間之年相對位移量以 FUSN—WULI 為最大，其位移量為 43.4mm，若以系統之精度要求（10mm 以內），本服務網需 3 個月更動坐標 1 次。
- 3.西區服務網：計有 13 處基準站（北門站建置中），以 VR02 基準站之年絕對位移量 95.5mm 為最大，各基準站間之年相對位移量以 VR02—TAYN 為最大，其位移量為 130.0mm，若以系統之精度要求（10mm 以內），本服務網需 1 個月更動坐標 1 次。
- 4.南區服務網：計有 14 處基準站（北門站及台南市站建置中），以 KDNM 基準站之年絕對位移量 76.7mm 為最大，各基準站間之年相對位移量以 KDNM—CHYI 為最大，其位移量為 86.8mm，若以系統之精度要求（10mm 以內），本服務網似乎需 1.5 個月更動坐標 1 次。

- 5.宜蘭服務網：計有 7 處基準站，以 FUSN 基準站之年絕對位移量 41.9mm 為最大，各基準站間之年相對位移量以 FUSN—HUAP 為最大，其位移量為 48.2mm，若以系統之精度要求（10mm 以內），本服務網需 3 個月更動坐標 1 次。
- 6.台東服務網：計有 9 處基準站，以 KDNM 基準站之年絕對位移量 76.7mm 為最大，各基準站間之年相對位移量以 KDNM—TMAM 為最大，其位移量為 60.5mm，若以系統之精度要求（10mm 以內），本服務網需 2 個月更動坐標 1 次。
- 7.花蓮服務網：計有 13 處基準站（新城站、萬榮站壽豐站及光復站資料尚不足夠），以 FONB 基準站之年絕對位移量 70.0mm 為最大，各基準站間之年相對位移量以 FONB—HUAP 為最大，其位移量為 88.1mm，若以系統之精度要求（10mm 以內），本服務網似乎需 1 個月更動坐標 1 次。

表 5-3 VBS-RTK 即時動態服務網基準站速度場、空間距離相對變化表及其服務範圍圖

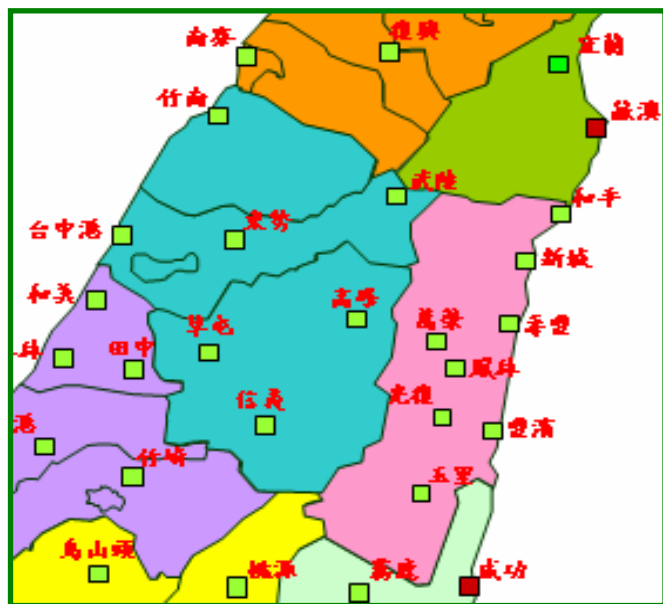
北區服務網		速度場					
		$V_n(\text{mm/yr})$	σV_n	$V_e(\text{mm/yr})$	σV_e	$V_h(\text{mm/yr})$	σV_h
SHMN		-12.6	0.8	-2.8	0.9	-13.9	1.8
KYIN		-14.6	1	-0.7	0.7	-4.5	2.4
GS10		-14.5	3.1	7.1	2.5	-14.7	8
SHJU		-12.2	0.4	-5.8	0.3	-18.6	1.1
JUNA		-9.7	0	-6.8	0	-9.7	0
WULI		-4.4	0.9	-8	0.8	7	2.1
FUSN		-6.6	0.7	-25.4	0.9	-32.7	1.4
GOLI		-15.3	0.8	2.1	0.8	-11.6	1.9
YILN		-1.3	8.5	-5.3	7.8	-22.4	35.3

空間距離相對位移量(mm/yr)									
SHMN	KYIN	GS10	SHJU	JUNA	WULI	FUSN	GOLI	YILN	
19.0	9.8	10.1	5.6	6.5	23.0	30.0	6.0	14.4	SHMN
	15.3	12.8	15.2	9.4	17.0	38.3	7.7	22.8	KYIN
		21.8	13.7	15.5	28.3	38.0	5.9	19.7	GS10
			23.0	9.3	26.9	24.8	11.0	11.6	SHJU
				15.3	17.6	29.7	10.7	15.3	JUNA
					11.5	43.4	23.8	29.7	WULI
						41.9	35.7	23.2	FUSN
							19.3	19.2	GOLI
								23.1	YILN



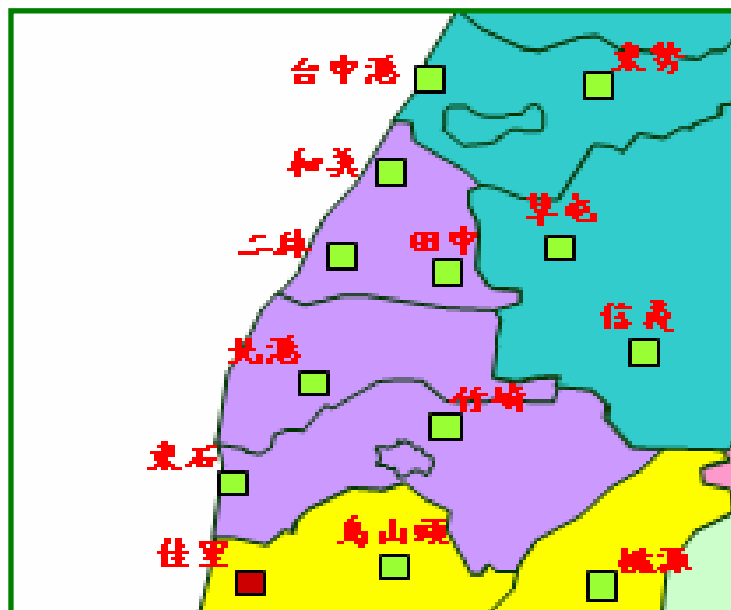
中區服務網	速度場					
	$V_n(\text{mm/yr})$	σV_n	$V_e(\text{mm/yr})$	σV_e	$V_h(\text{mm/yr})$	σV_h
DOSH	-8.5	0.6	-11.6	0.6	-15.3	1.3
CAOT	-12.8	0.6	-9.8	0.7	-15.9	1.3
TACH2	-7.7	2.6	-10.1	2.3	-2.2	6.4
SHJU	-12.2	0.4	-5.8	0.3	-18.6	1.1
JUNA	-9.7	0	-6.8	0	-9.7	0
WULI	-4.4	0.9	-8	0.8	7	2.1
FUSN	-6.6	0.7	-25.4	0.9	-32.7	1.4
VR01	-14.4	0.7	-7.9	0.6	-11.3	1.6
VR03	-13.9	0.7	-7.9	0.7	-9.2	1.7
KAFN	-1.4	0.7	-43.9	0.5	-1	1.6
SINY	-2.7	0.6	-34.1	0.7	-7.3	1.8

空間距離相對位移量(mm/yr)											
DOSH	CAOT	TACH	SHJU	JUNA	WULI	FUSN	VR01	VR03	KAFN	SINY	
21.0	4.7	13.2	7.6	7.5	23.0	22.3	8.0	8.9	36.0	24.6	DOSH
	22.6	14.6	4.9	7.6	24.5	23.7	5.2	7.1	38.9	27.7	CAOT
		12.9	17.5	8.4	10.0	34.1	11.5	9.6	34.4	25.0	TACH
			23.0	9.3	26.9	24.8	7.9	9.8	43.3	31.9	SHJU
				15.3	17.6	29.7	5.1	4.4	39.0	28.3	JUNA
					11.5	43.4	20.9	18.8	36.9	29.8	WULI
						41.9	28.7	30.2	37.1	27.1	FUSN
							19.9	2.2	39.6	29.0	VR01
								18.4	39.0	28.6	VR03
									43.9	11.7	KAFN
										35.0	SINY



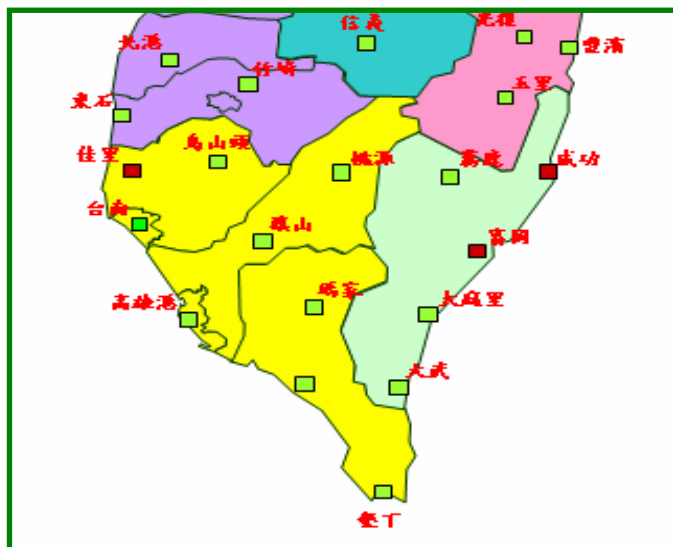
西區服務網	速度場					
	$V_n(\text{mm/yr})$	σ_{Vn}	$V_e(\text{mm/yr})$	σ_{Ve}	$V_h(\text{mm/yr})$	σ_{Vh}
DOSH	-8.5	0.6	-11.6	0.6	-15.3	1.3
CAOT	-12.8	0.6	-9.8	0.7	-15.9	1.3
TACH2	-7.7	2.6	-10.1	2.3	-2.2	6.4
VR02	-16.9	0.6	-11.2	0.6	-93.3	1.6
PKGM	-14.6	0.7	-8	0.5	-29.7	1.7
CHYI	-14.3	1.2	1	1.3	-19.7	2.8
JHCI	-8.2	1.5	-21.7	1.8	1.4	4.9
VR01	-14.4	0.7	-7.9	0.6	-11.3	1.6
VR03	-13.9	0.7	-7.9	0.7	-9.2	1.7
WUST	-6.7	2.3	-14.1	2	20.3	6.7
SINY	-2.7	0.6	-34.1	0.7	-7.3	1.8
TAYN	11.6	2.2	-48.6	2.5	27.9	7

空間距離相對位移量(mm/yr)												
DOSH	CAOT	TACH2	VR02	PKGM	CHYI	JHCI	VR01	VR03	WUST	SINY	TAYN	
21.0	4.7	13.2	78.5	16.0	14.6	19.5	8.0	8.9	35.7	24.6	60.3	DOSH
	22.6	14.6	77.5	14.0	11.5	21.5	5.2	7.1	37.0	27.7	63.4	CAOT
		12.9	91.6	28.4	21.7	12.2	11.5	9.6	22.9	25.0	52.5	TACH2
			95.5	63.7	74.6	95.7	82.1	84.2	114.1	90.1	130.0	VR02
				34.0	13.5	34.6	18.4	20.5	51.0	36.4	75.2	PKGM
					24.4	31.6	12.2	13.8	43.4	39.0	73.5	CHYI
						23.2	19.8	18.3	20.4	16.1	42.6	JHCI
							19.9	2.2	33.1	29.0	62.2	VR01
								18.4	31.0	28.6	60.7	VR03
									25.6	34.3	39.8	WUST
										35.0	40.7	SINY



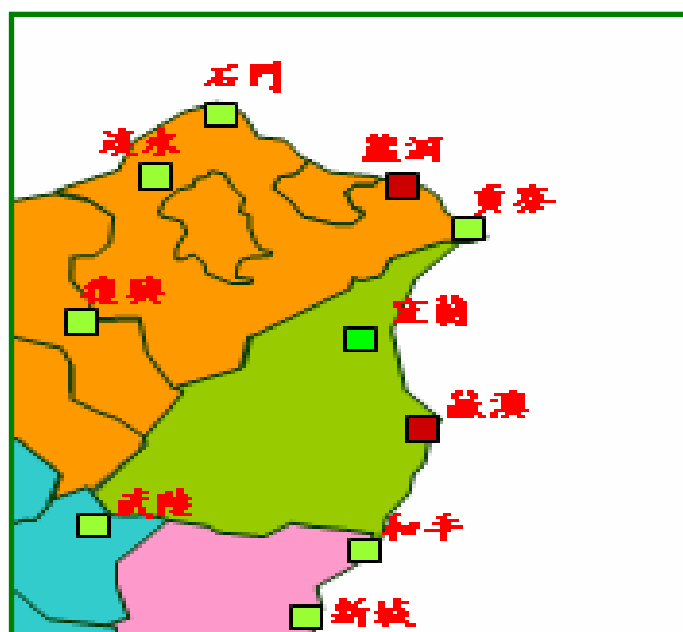
南區服務網	速度場					
	$V_n(\text{mm/yr})$	σ_{Vn}	$V_e(\text{mm/yr})$	σ_{Ve}	$V_h(\text{mm/yr})$	σ_{Vh}
CISH	-15.7	1.7	-45	1.9	4.9	4.3
KASH	-32.9	2	-60.5	2.2	-3.1	6
MAJA	-3.8	1.9	-56.8	2.8	1.2	6.9
FALI	2.4	1.6	-56.7	2.2	-11.4	5.1
KDNM	12.8	4.7	-74.4	8.4	13.7	17.4
CHYI	-14.3	1.2	1	1.3	-19.7	2.8
JHCI	-8.2	1.5	-21.7	1.8	1.4	4.9
DAWU	-0.6	1.6	-64	2	8.6	5
WULU	6.8	2.3	-25.2	3.2	24.6	8.2
WUST	-6.7	2.3	-14.1	2	20.3	6.7
SINY	-2.7	0.6	-34.1	0.7	-7.3	1.8
TAYN	11.6	2.2	-48.6	2.5	27.9	7

空間距離相對位移量(mm/yr)												
CISH	KASH	MAJA	FALI	KDNM	CHYI	JHCI	DAWU	WULU	WUST	SINY	TAYN	
47.9	24.5	17.2	27.0	41.9	52.2	24.7	24.5	35.9	35.7	20.9	35.9	CISH
	68.9	29.6	36.5	50.6	66.4	46.2	34.5	59.9	58.2	40.3	55.5	KASH
		56.9	14.0	27.2	62.4	35.4	10.8	40.7	46.9	24.3	31.9	MAJA
			57.9	32.4	60.6	38.7	21.5	48.0	53.9	23.5	41.2	FALI
				76.7	86.8	58.0	17.7	50.7	63.7	48.0	29.5	KDNM
					24.4	31.6	72.2	55.6	43.4	39.0	73.5	CHYI
						23.2	43.6	27.8	20.4	16.1	42.6	JHCI
							64.6	42.6	51.6	33.9	27.5	DAWU
								35.9	18.0	34.5	24.1	WULU
									25.6	34.3	39.8	WUST
										35.0	40.7	SINY
											57.2	TAYN



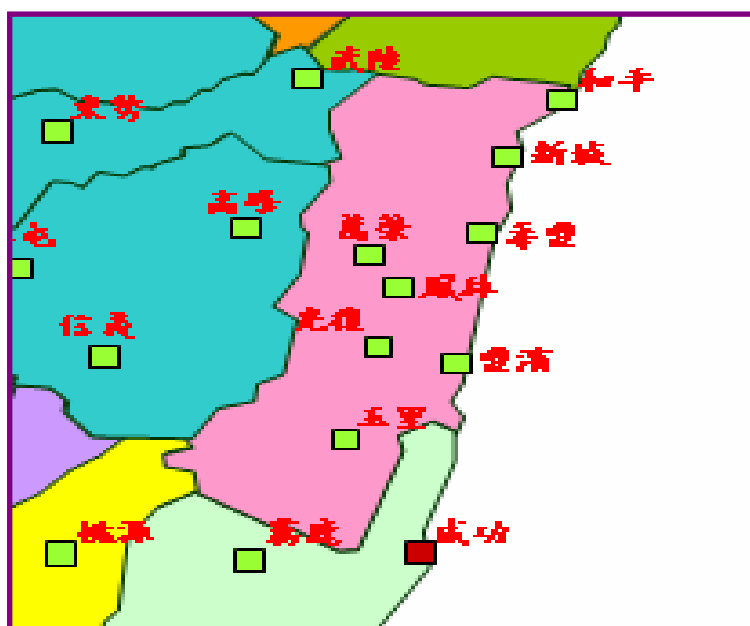
宜蘭服務網	速度場					
	$V_n(\text{mm/yr})$	σ_{V_n}	$V_e(\text{mm/yr})$	σ_{V_e}	$V_h(\text{mm/yr})$	σ_{V_h}
SHMN	-12.6	0.8	-2.8	0.9	-13.9	1.8
HUAP	-24.4	1.4	4	1.8	1.1	4.9
GS10	-14.5	3.1	7.1	2.5	-14.7	8
YILN	-1.3	8.5	-5.3	7.8	-22.4	35.3
GOLI	-15.3	0.8	2.1	0.8	-11.6	1.9
WULI	-4.4	0.9	-8	0.8	7	2.1
FUSN	-6.6	0.7	-25.4	0.9	-32.7	1.4

空間距離相對位移量(mm/yr) I							
SHMN	HUAP	GS10	YILN	GOLI	WULI	FUSN	
19.0	20.3	10.1	14.4	6.0	23.0	30.0	SHMN
	24.8	18.9	34.2	15.7	24.1	48.2	HUAP
		21.8	19.7	5.9	28.3	38.0	GS10
			23.1	19.2	29.7	23.2	YILN
				19.3	23.8	35.7	GOLI
					11.5	43.4	WULI
						41.9	FUSN



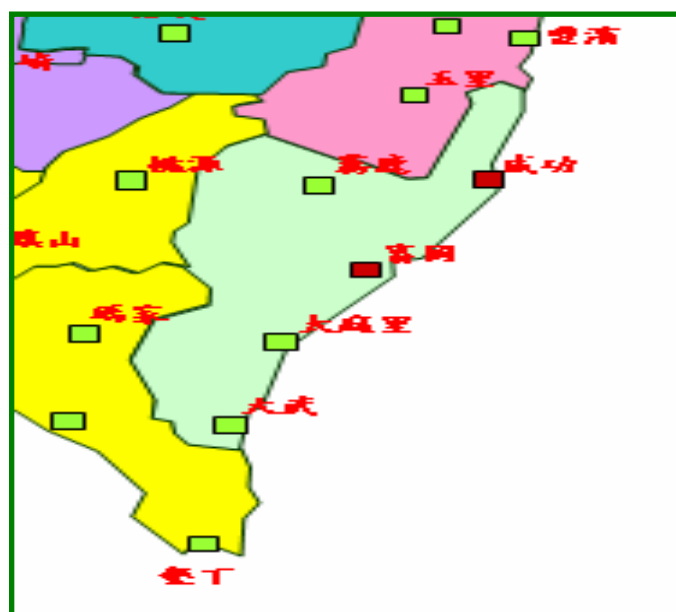
花蓮服務網	速度場					
	$V_n(\text{mm/yr})$	σV_n	$V_e(\text{mm/yr})$	σV_e	$V_h(\text{mm/yr})$	σV_h
WULI	-4.4	0.9	-8	0.8	7	2.1
KAFN	-1.4	0.7	-43.9	0.5	-1	1.6
HUAP	-24.4	1.4	4	1.8	1.1	4.9
FLNM	5.3	0.8	-32.1	0.8	-18.7	2.1
FONB	35.7	0.8	-54.6	0.9	-25.5	2.1
JULI	8	0.6	-33	0.8	-30.1	2.1
SINY	-2.7	0.6	-34.1	0.7	-7.3	1.8
TAYN	11.6	2.2	-48.6	2.5	27.9	7
WULU	6.8	2.3	-25.2	3.2	24.6	8.2

空間距離相對位移量(mm/yr)									
WULI	KAFN	HUAP	FLNM	FONB	JULI	SINY	TAYN	WULU	
11.5	36.9	24.1	36.5	69.5	46.4	29.8	48.4	27.0	WULI
	43.9	53.2	22.3	45.7	32.5	11.7	32.0	32.7	KAFN
		24.8	50.8	88.1	58.2	44.6	69.1	48.8	HUAP
			37.5	38.4	11.7	14.1	49.8	43.9	FLNM
				70.0	35.4	47.2	58.9	64.9	FONB
					45.4	25.2	60.2	55.3	JULI
						35.0	40.7	34.5	SINY
							57.2	24.1	TAYN
								35.9	WULU



台東服務網	速度場					
	$V_n(\text{mm/yr})$	σ_{Vn}	$V_e(\text{mm/yr})$	σ_{Ve}	$V_h(\text{mm/yr})$	σ_{Vh}
JULI	8	0.6	-33	0.8	-30.1	2.1
TMAM	11.4	4.1	-34.7	5.2	15.6	14.6
MAJA	-3.8	1.9	-56.8	2.8	1.2	6.9
FALI	2.4	1.6	-56.7	2.2	-11.4	5.1
KDNM	12.8	4.7	-74.4	8.4	13.7	17.4
SINY	-2.7	0.6	-34.1	0.7	-7.3	1.8
TAYN	11.6	2.2	-48.6	2.5	27.9	7
DAWU	-0.6	1.6	-64	2	8.6	5
WULU	6.8	2.3	-25.2	3.2	24.6	8.2

空間距離相對位移量(mm/yr)									
JULI	TMAM	MAJA	FALI	KDNM	SINY	TAYN	DAWU	WULU	
45.4	45.9	41.1	30.7	60.5	25.2	60.2	50.3	55.3	JULI
	39.7	30.4	36.0	39.8	26.9	18.6	32.4	13.9	TMAM
		56.9	14.0	27.2	24.3	31.9	10.8	40.7	MAJA
			57.9	32.4	23.5	41.2	21.5	48.0	FALI
				76.7	48.0	29.5	17.7	50.7	KDNM
					35.0	40.7	33.9	34.5	SINY
						57.2	27.5	24.1	TAYN
							64.6	42.6	DAWU
								35.9	WULU



四、測試作業之規劃與準備

有關 VBS-RTK 定位精度及可靠度測試成果分析，本次測試作業係規劃以靜態模擬方式每天 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 (Fix Solution) 做為統計分析之基礎資料。另因 VBS-RTK 定位成果精度受到電離層、對流層、衛星軌道等系統誤差及衛星觀測資料與數據通訊傳輸品質等偶然誤差影響，為精確探討 VBS-RTK 定位精度及可靠度，本計畫亦配合點位精密坐標、天候狀況、電離層指標、衛星幾何精度因子、基準站分布及數量等數據，期以交叉比對方式，評估分析 VBS-RTK 定位成果之解算成功率、精密度、精確度及與外在作業環境之相關性。

本次測試作業在靜態模擬測試部分所使用之固定測站為設置於本局頂樓之 GPS 連續觀測站 (點號：LSBA，如圖 5-3)，測試項目包括靜態內插測試及靜態外插測試，茲將所規劃之使用之儀器設備及測試方法詳述如下：

(一) 使用儀器設備：

1. 移動站接收儀使用 Trimble 5700 衛星定位接收儀 + Zypher Geodetic 天線盤。
2. 資料傳輸設備採用本局現有網際網路設備。
3. 計算及控制中心採用 GPSNet 2.3 版 RTKNet 定位模組。
4. 移動站控制端採用 TerrySync 2.41 版軟體。

(二) LSBA 參考坐標求解：

LSBA 測站參考坐標與各基準站觀測資料一併採用 Bernese 4.2 版計算軟體，並以最小約制內政部陽明山衛星追蹤站坐標聯合解算獲得，可排除因區域性坐標系統差量衍生統計基準之不一致性。另為評估 LSBA 測站站坐標之穩定度，本測試亦利用中區服務網 11 處衛星定位基準站之衛星觀測資料並採坐標套合約制方式，對該測站進行一時間序列之坐標監控，圖 5-4 為自 2005 年 Day 121 至 Day 271 期間 LSBA

測站每日坐標變化情形，其變化量大多為公厘等級，在 N 方向最大之變化量為 0.97 公分（發生於 Day 132），在 E 方向最大之變化量為-1.19 公分（發生於 Day 249），在 h 方向最大之變化量為 1.55 公分（發生於 Day 258），顯示 LSBA 測站坐標之穩定性應足以做為各項測試作業之參考基準。

（三）主要統計分析項目包括：

- 1.VBS-RTK 定位成果解算成功率統計分析。
- 2.VBS-RTK 定位成果精密度統計分析。
- 3.VBS-RTK 定位成果準確度統計分析。
- 4.VBS-RTK 定位成果內可靠度統計分析。
- 5.VBS-RTK 定位成果與衛星幾何精度因子相關性分析。
- 6.VBS-RTK 定位成果與每日時間區段相關性分析。
- 7.VBS-RTK VBS-RTK 定位成果與天候狀況相關性分析。
- 8.VBS-RTK 定位成果與電離層誤差修正相關性分析。
- 9.VBS-RTK 定位成果與基準站分布數量相關性分析。



圖 5-3 本局樓頂 LSBA GPS 連續觀測站天線位置實景

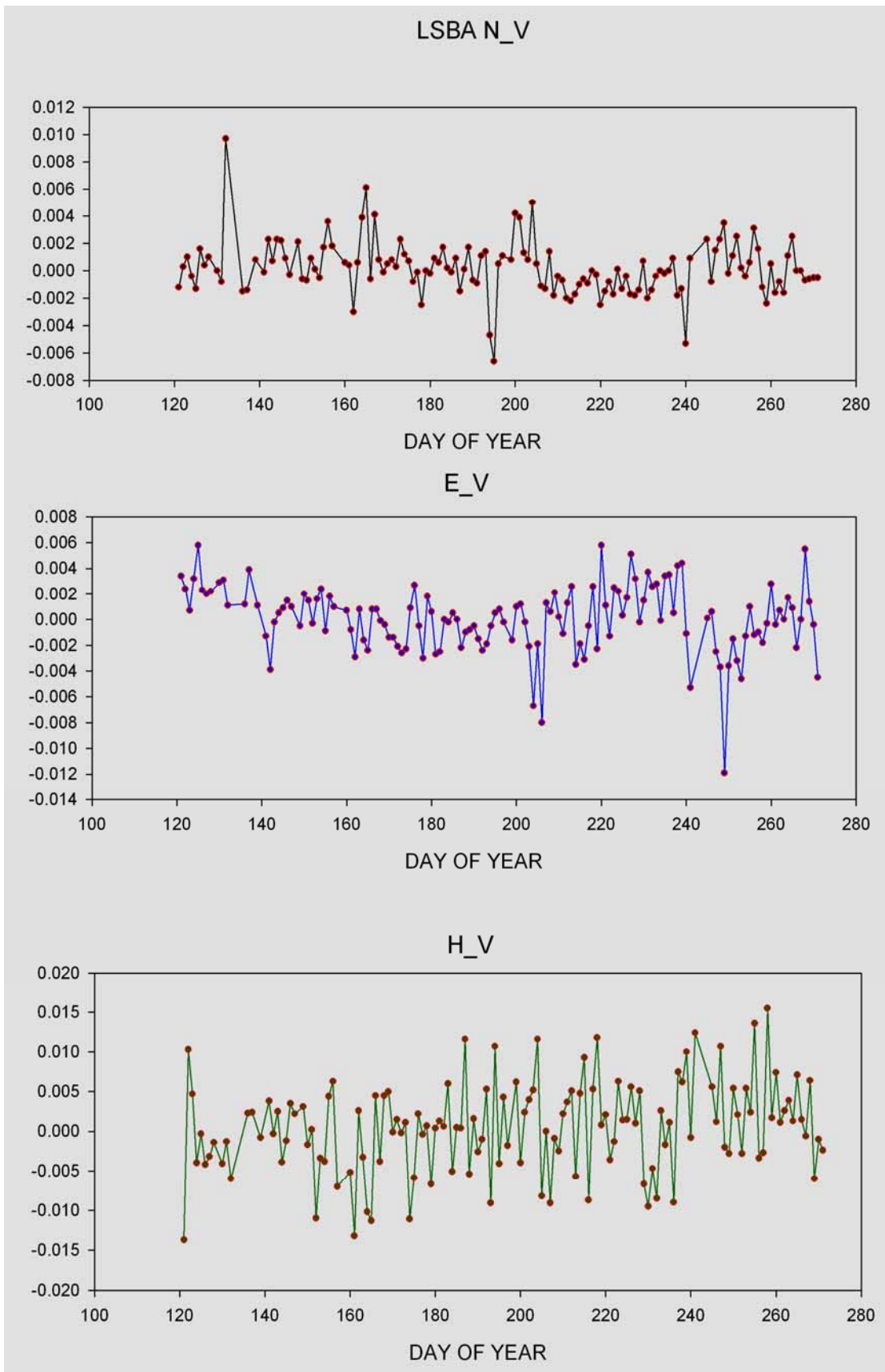


圖 5-4 LSBA 測站每日坐標變化情形示意圖
(2005 年 Day 121 - 271)

五、VBS-RTK 定位精度及可靠度測試成果分析

(一) 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本局全國性 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統之中區服務網 (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，有關各項測試結果之統計分析數據如下：

1.VBS-RTK 定位成果解算成功率統計分析：

VBS-RTK 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 (Fix 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%，發生日期分別為 5 月 7、8、28 日、6 月 5 日、9 月 11、27、10 月 9、10、20、21 及 12 月 16 日等 11 天，最低者則發生於 94 年 8 月 23 日，其解算成功率僅為 57.26%，其次為 94 年 7 月 20 日，其解算成功率僅為 78.7%；另以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。表 5-4 及圖 5-5 分別顯示作業期間於 LSBA 測站進行 VBS-RTK 定位所獲之每月及每日解算成功率統計值。

另據統計結果分析 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；至是否受到電離層、對流層或衛星軌道幾何等系統定位誤差影響，目前因 GPSNet 系統軟體僅提供相關簡略參考指標資訊，故其實質影響層面，尚待進一步探討與評估。

表 5-4 LSBA 測站各月份 VBS-RTK 定位解算成功率統計表

年/月	94/05	94/06	97/07	94/08	94/09	94/10	94/11	94/12
取樣日數(天)	26	23	16	12	21	23	15	21
解算成功率平均值(%)	99.21	99.31	96.64	94.32	99.65	99.63	97.94	97.61

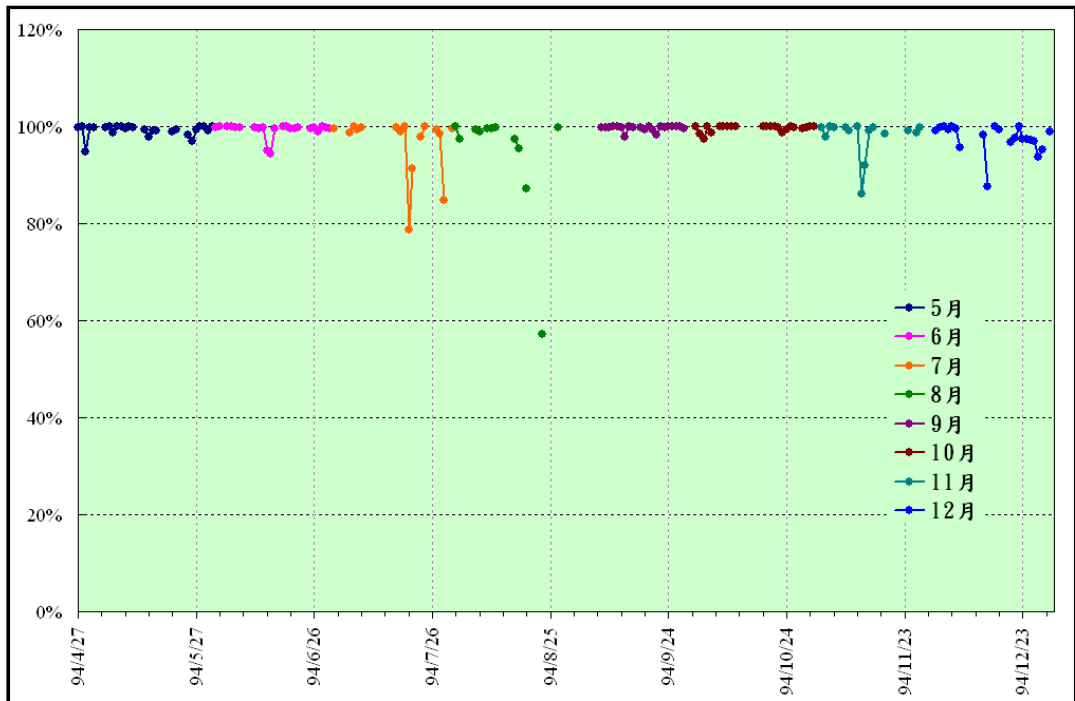


圖 5-5 LSBA 測站每日 VBS-RTK 定位解算成功率統計圖

2.VBS-RTK 定位成果精密度統計分析：

VBS-RTK 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均方根值 (Root Mean Square, RMS)，做為統計分析之基礎資料，其本質著重於 VBS-RTK 定位成果之內在精度。本測試作業所蒐集之 157 整天 VBS-RTK 定位成果精度在 N 方向 RMS 平均值為 1.44 公分，

在 E 方向 RMS 平均值為 1.48 公分，在高程方向 RMS 平均值為 3.87 公分。表 5-5 顯示 LSBA 測站在每個月份所進行之 VBS-RTK 定位成果精度平均值，圖 5-6 則為 LSBA 測站每日定位精度之變化情形。

在定位成果精度之最大極值統計部分，N 方向之最大值發生於 94 年 7 月 8 日，其 RMS 平均值為 9.09 公分，E 方向之最大值亦發生於 94 年 7 月 8 日，其 RMS 平均值為 11.82 公分，在高程方向之最大值發生於 94 年 8 月 19 日，其 RMS 平均值為 20.26 公分；另在各月份定位精度統計部分，除 7 月份及 8 月份在平面方向 RMS 平均值大於 2 公分，高程方向大於 5 公分外，其餘各月份在平面方向 RMS 平均值均小於 2 公分，高程方向則大約在 3-4 公分之間。其原因經詳細檢視每日平均定位精度結果，發現此段期間除 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外，其餘各日平面方向及高程方向之定位精度，尚大致分別符合原預期優於 2 公分及 4 公分，且經與前項定位解算成功率進行交叉比對後，其發生日期及時間並無絕對關聯性。

表 5-5 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

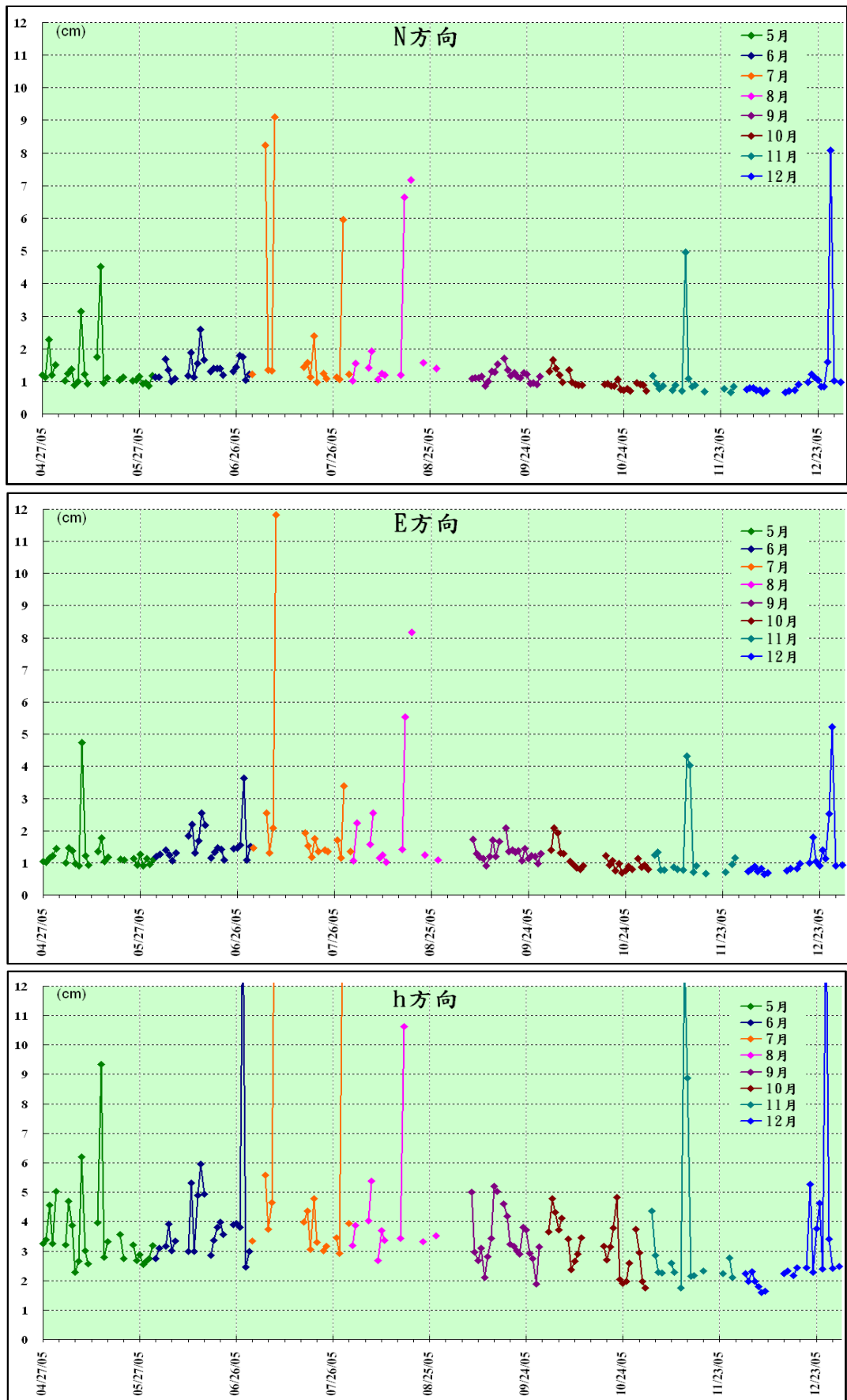


圖 5-6 LSBA 測站 VBS-RTK 每日定位精度變化示意圖

3.VBS-RTK 定位成果準確度統計分析：

VBS-RTK 定位成果之準確度分析係假設以 LSBA 測站聯合其他衛星定位基準站衛星觀測資料，採用 Bernese 計算軟體進行嚴密網形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中誤差 (Mean Square Error)，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。本測試作業所蒐集之 157 整天 VBS-RTK 定位成果，其 N 方向之平均中誤差為 1.70 公分，E 方向之平均中誤差為 1.80 公分，高程方向之平均中誤差為 4.42 公分。表 5-6 顯示 LSBA 測站在每個月份所進行之 VBS-RTK 定位成果中誤差之平均值，圖 5-7 則為 LSBA 測站每日定位中誤差之變化情形。

在定位成果中誤差之最大極值統計部分，N 方向之最大值發生於 94 年 7 月 8 日，其定位中誤差為 9.30 公分，E 方向之最大值亦發生於 94 年 7 月 8 日，其定位中誤差為 12.08 公分，在高程方向之最大值發生於 94 年 8 月 19 日，其定位中誤差為 20.30 公分；另在各月份平均中誤差統計部分，除 7 月份及 8 月份在平面方向之定位中誤差大於 2 公分，高程方向大於 5 公分外，其餘各月份在平面方向均小於 2 公分，高程方向則大約在 4-5 公分之間；又經比較上開每月平均中誤差統計數據與其每月定位精度之 RMS 平均值結果，不論在平面或高程之較差量，除 94 年 10 月份高程方向較大為 1.21 公分外，其餘均小於 1 公分；至其單日較差極值統計部分，在 N 方向以 94 年 6 月 22 日較差 0.69 公分，在 94 年 E 方向以 94 年 10 月 5 日較差 1.07 公分，在高程方向以 94 年 9 月 17 日較差 3.22 公分為最大值。顯示採用 VBS-RTK 定位之準確度與其定位精度高度相關，在實務作業時，應就其平面及高程之定位精度予以規範，俾提升定位成果之準確度及可靠度。

表 5-6 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
平均中誤差 與 RMS 平 均值較差 (公分)	N	0.37	0.34	0.30	0.27	0.18	0.24	0.28	0.12
	E	0.08	0.15	0.11	0.21	0.55	0.55	0.51	0.35
	h	0.69	0.03	0.14	0.56	0.43	1.21	0.69	0.22

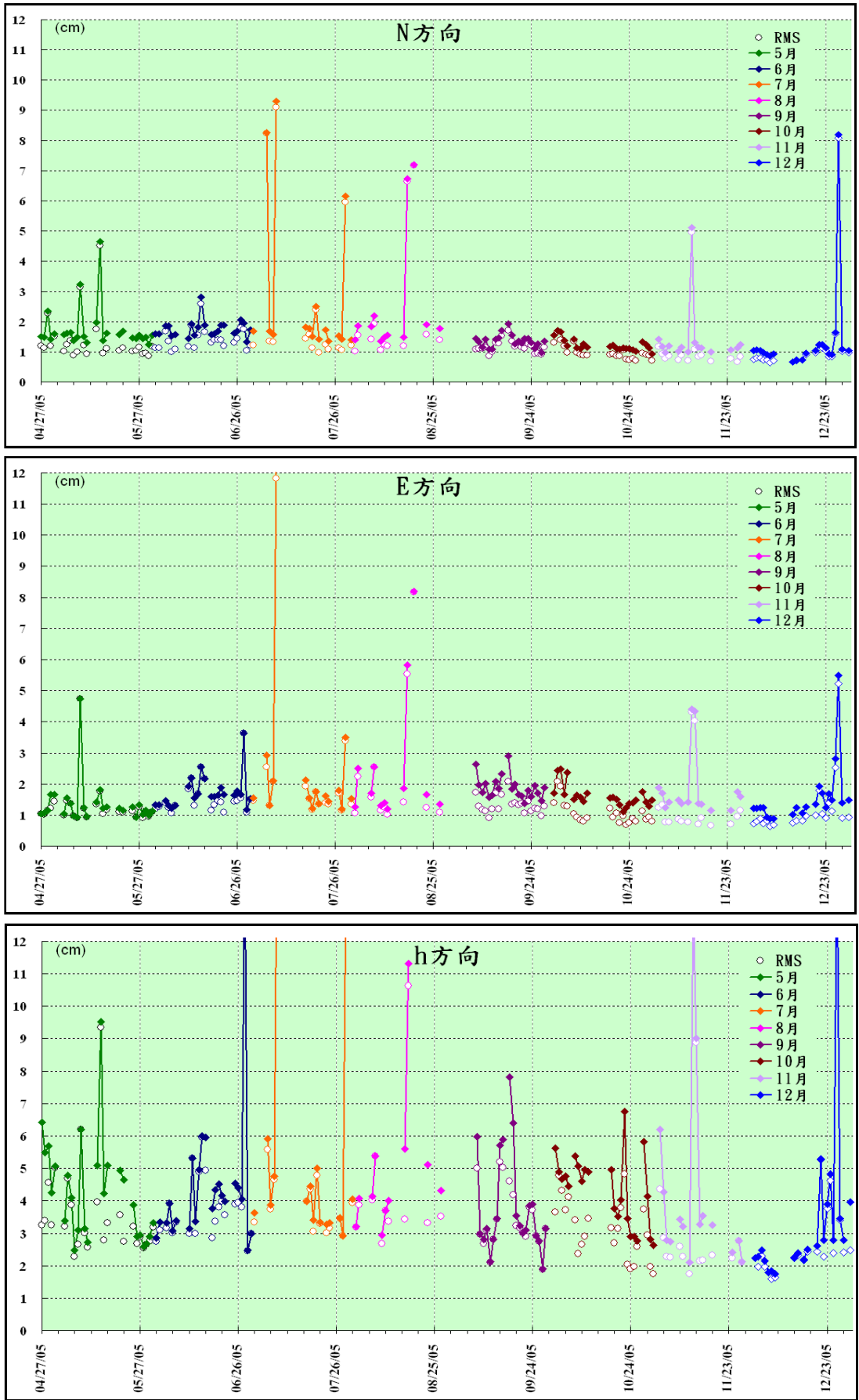


圖 5-7 LSBA 測站 VBS-RTK 每日定位中誤差變化示意圖

4.VBS-RTK 定位成果內可靠度統計分析：

VBS-RTK 定位成果之內可靠度分析係以 LSBA 測站每日 VBS-RTK 定位坐標成果之均方根值 (RMS) 為參考基礎，並統計每筆定位成果與平均中值之較差是否符合常態分布，其本質著重於統計分析 VBS-RTK 定位成果發生大誤差或錯誤之機率。就理論而言，一組數據如符合常態分布，即具有以下 3 項特性：

- (1) 正負誤差發生的機率及頻率相等。
- (2) 小誤差發生的機率比大誤差發生機率高。
- (3) 大誤差幾乎不會發生，就算發生時也會限制於某一個程度。

本項測試經統計 157 整天定位成果之坐標較差，在 N 方向計有 75.00% 低於 1 倍均方根值、95.33% 低於 2 倍均方根值、99.00% 低於 3 倍均方根值；在 E 方向計有 73.98% 低於 1 倍均方根值、95.14% 低於 2 倍均方根值、99.11% 低於 3 倍均方根值；在 h 方向則有 73.68% 低於 1 倍均方根值、95.39% 低於 2 倍均方根值、99.07% 低於 3 倍均方根值，上開誤差分布機率尚符合常態分布之理論機率【理論值分別為 68.27%、95.45% 及 99.73%】。表 5-7 列出 LSBA 測站每月 VBS-RTK 定位成果之較差機率統計情形，圖 5-8 顯示 LSBA 測站 VBS-RTK 定位成果之每日較差機率分布情形。

至單日內可靠度分析部分，本次測試挑選定位成果精度較高的 9 月 27 日及定位精度較差的 7 月 8 日，分別統計繪製當日每筆 VBS-RTK 定位坐標較差 (取樣間距為 1mm) 與其出現機率兩者間之相關性詳如圖 5-9。由圖 5-9 可看出 VBS-RTK 定位成果精度較高的 9 月 27 日 (RMS 值：N 方向為 0.91 公分、E 方向為 0.97 公分、h 方向為 1.89 公分)，在平面方向之較差機率均甚符合常態分布曲線，且曲線頂點亦在較差中值線上，但在高程方向則略有向外離散情形；至定位

精度較差的 7 月 8 日 (RMS 值：N 方向為 9.09 公分、E 方向為 11.82 公分、h 方向為 17.55 公分)，在平面方向不僅較差機率分布較為離散，其曲線頂點亦已偏離較差中值線，在高程方向則已趨為非常態分布。

表 5-7 LSBA 測站每月 VBS-RTK 定位成果之較差機率平均統計表

	年/月 RMS	94/05	94/06	94/07	94/08	94/09	94/10	94/11	94/12
		N	小於 1 σ	75.86%	75.63%	78.43%	73.20%	73.80%	72.34%
小於 2 σ	95.38%		95.35%	96.02%	95.25%	95.10%	95.08%	95.47%	95.16%
小於 3 σ	98.89%		98.97%	98.96%	98.97%	99.01%	99.12%	99.03%	99.05%
E	小於 1 σ	73.20%	74.07%	76.47%	72.00%	72.52%	71.87%	76.42%	75.76%
	小於 2 σ	95.28%	94.96%	95.35%	94.91%	94.73%	94.92%	95.36%	95.59%
	小於 3 σ	99.22%	99.15%	99.07%	99.16%	99.06%	99.14%	98.92%	99.13%
h	小於 1 σ	73.91%	73.61%	75.85%	71.43%	70.31%	73.34%	74.45%	76.09%
	小於 2 σ	95.41%	95.53%	95.45%	94.18%	95.60%	94.95%	95.47%	95.91%
	小於 3 σ	99.15%	99.21%	98.80%	98.34%	99.26%	99.01%	99.37%	99.02%

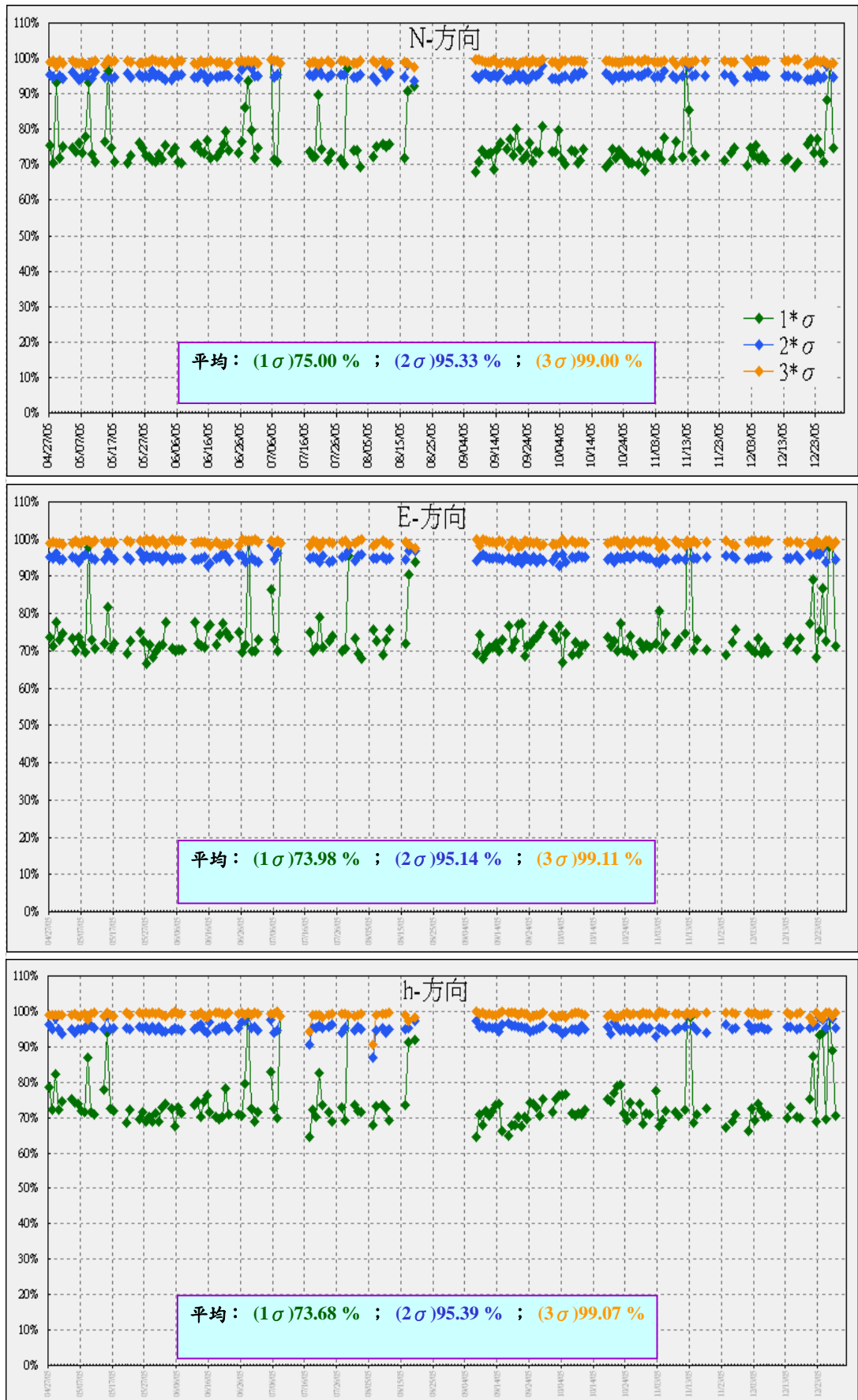


圖 5-8 LSBA 測站 VBS-RTK 定位成果每日較差機率分布示意圖

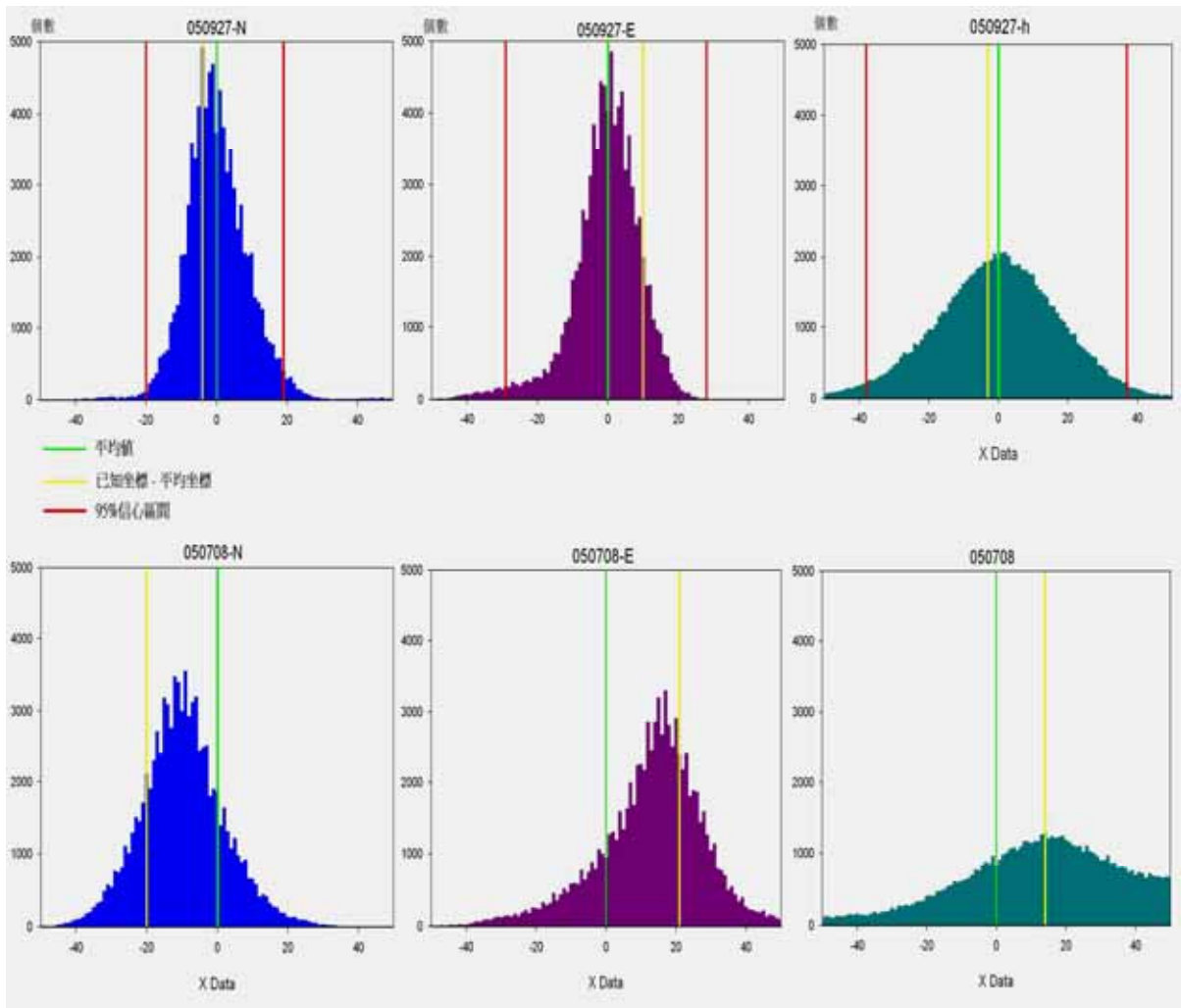


圖 5-9 VBS-RTK 定位成果與平均中值之較差關係圖
(94 年 9 月 27 日及 94 年 7 月 8 日)

5.VBS-RTK 定位成果與衛星幾何精度因子相關性分析：

在 GPS 單點定位理論中，決定定位精度之二項重要因素，除了衛星觀測量的精度外，另一項即為觀測衛星在空間的幾何分布(Satellite Geometry)或稱為衛星幾何圖形(Satellite Configuration)，一般而言，GPS 單點定位誤差通常與衛星幾何精度因子(Dilution Of Precision, DOP)的大小成正比，VBS-RTK 定位雖屬於相對定位，為進一步瞭解測站觀測衛星在空間的幾何分布狀況與 VBS-RTK 定位精度是否存在著某種程度之相關性，因此，在本測試作業計畫中規劃分析 VBS-RTK 定位精度與 PDOP 值之相關性。主要之測試方法為紀錄 LSBA 測站每日每秒 VBS-RTK 定位解算成功之定位成果及該時刻 PDOP 值，以後處理方式，將每一時刻對應之 PDOP 值劃分為 0-3、3-4、4-5、5-6、6-7、7-8、．．．等區段後，再以交叉比對方式，分析統計每一區段 PDOP 值與 VBS-RTK 定位成果精度(RMS 值)之相關性。表 5-7 中列出 94 年 5 月至 94 年 12 月期間於 LSBA 測站進行 VBS-RTK 定位成果精度與 PDOP 區段值之比對與統計結果；圖 5-10 則顯示 LSBA 測站每日 VBS-RTK 定位成果精度與 PDOP 區段比對情形。

由表 5-8 分析比對及統計數據顯示，當代表觀測衛星幾何精度的 PDOP 值較大時，所獲得之 VBS-RTK 定位精度(RMS 值)並不一定較差，反之亦然，意即之進行 VBS-RTK 定位之坐標成果精度與衛星幾何精度因子 PDOP 值並沒有絕對的相關性，但因本次 LSBA 測站在這一系列記錄獲得之 PDOP 最大值僅發生於 94 年 4 月 27 日，計有 598 筆超 10 (最大值為 11.5)，但其在 N、E、h 方向之定位精度僅為 1.3 公分、1.2 公分及 7.8 公分，至 PDOP 值如高於上述最大值時，其相關性尚待進一步觀察。

表 5-8 各月份 VBS-RTK 定位精度與 PDOP 區段相關性一覽表

(單位：公分)

	年/月 PDOP	94/05	94/06	94/07	94/08	94/09	94/10	94/11	94/12
		N	0-3	1.4	1.4	2.1	2.6	1.2	1.0
3-4	1.2		1.3	1.5	1.1	1.0	0.9	1.1	0.9
4-5	1.2		1.5	4.7	1.7	1.1	1.0	0.3	0.5
5-6	1.5		2.1	1.3	0.5	0.6	0.5	--	0.4
6-7	0.6		1.1	0.7	0.6	--	--	0.3	--
7-8	1.7		0.9	1.2	0.2	9.2	--	--	--
8-9	0.9		0.9	1.2	--	--	--	--	--
9-10	0.6		--	--	1.7	--	--	--	--
10 以上	1.3		--	--	--	--	--	--	--
E	0-3	1.3	1.6	2.3	2.6	1.3	1.1	1.3	1.2
	3-4	1.1	1.3	1.2	1.3	1.0	0.7	0.7	0.7
	4-5	1.0	1.0	1.7	2.9	0.9	0.6	0.3	0.7
	5-6	0.7	0.9	0.9	0.5	0.5	0.3	--	0.8
	6-7	1.0	0.7	0.8	0.8	--	--	0.5	--
	7-8	1.7	0.8	0.9	0.5	4.1	--	--	--
	8-9	0.7	0.8	0.8	--	--	--	--	--
	9-10	0.8	--	--	0.7	--	--	--	--
	10 以上	1.2	--	--	--	--	--	--	--
h	0-3	3.2	4.1	5.3	6.3	3.4	3.1	3.6	3.2
	3-4	3.8	3.9	4.2	4.3	3.1	3.0	2.6	2.4
	4-5	3.5	4.0	5.2	5.8	3.1	2.2	1.0	1.6
	5-6	3.5	4.6	2.5	2.1	2.2	1.4	--	1.8
	6-7	3.2	3.8	2.9	3.5	--	--	1.7	--
	7-8	10.4	3.2	3.8	2.5	17.7	--	--	--
	8-9	4.2	3.0	4.4	--	--	--	--	--
	9-10	6.6	--	--	--	3.9	--	--	--
	10 以上	7.8	--	--	--	--	--	--	--

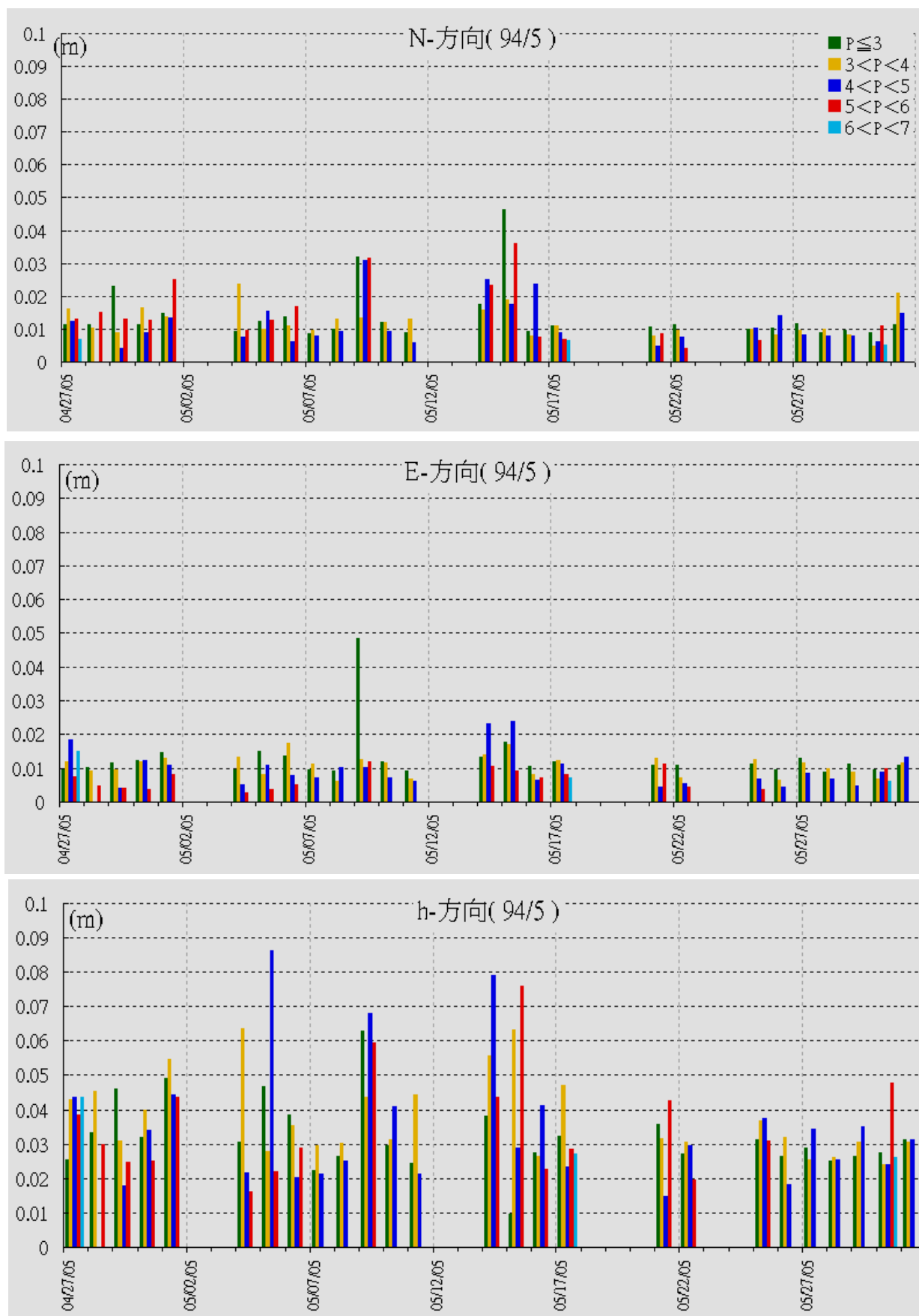


圖 5-10 LSBA 測站每日定位精度與 PDOP 區段比對圖

6.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)，其本質著重於分析在每天 24 小時 VBS-RTK 定位精度之變化情形，俾提供實務作業參考。表 5-9 顯示 94 年 5 月至 12 月期間於 LSBA 測站每月份行 VBS-RTK 定位精度與每日時間區段之比對情形；圖 5-11 顯示 LSBA 測站每日 VBS-RTK 定位精度與各時間區段之比對情形。其中表 5-8 顯示在 94 年 5 月份及 6 月份期間，各時間區段之平面定位精度均大致維持在 1 公分至 1.5 公分之間，高程精度則約在 3 公分至 4 公分之間，94 年 7 月份及 8 月份各時間區段中，以 13hr-16hr 區段定位精度最低，95 年 9 月份至 12 月份各時間區段中，則明顯以 17hr-20hr 區段定位精度最低。

由上開各時間區段之定位精度統計數據，我們雖然可以概略觀察出在短期間內，其每日 VBS-RTK 定位精度較低者，似乎均發生於相同時間區段，惟並未顯示其規律性與循環性，且定位精度除 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。

表 5-9 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	0.9
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

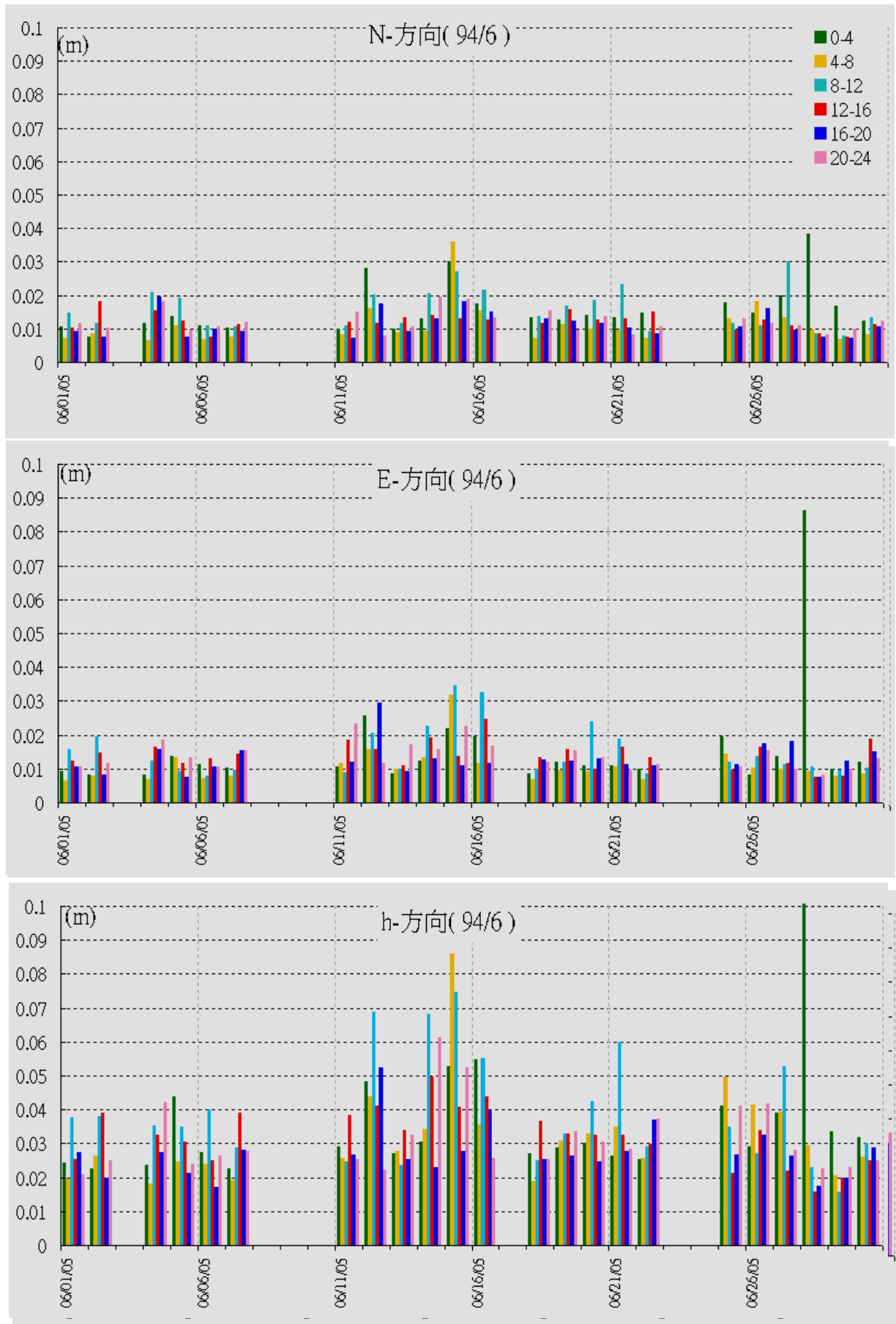


圖 5-11 LSBA 測站每日定位精度與時間區段之比對圖

7.VBS-RTK 定位成果與天候狀況相關性分析：

VBS-RTK 定位成果與天候狀況之相關性分析，係以交通部中央氣象局發布每月之平均氣溫、氣壓、降水量及降水日數等地面天候狀況統計數據與 VBS-RTK 定位成果精度(RMS 值)之相關性比對為基礎，其目的在於瞭解各類型天候型態與變化，是否影響 VBS-RTK 定位精度。表 5-10 顯示本測試作業計畫自 94 年 5 月起至 94 年 12 月止於本局頂樓 LSBA 固定測站 VBS-RTK 平均定位精度與台中公園氣象站每月平均氣象數據之比對情形，其中在月平均氣溫差部分，雖最高與最低溫差超過 10 度，且平均氣及夏季與冬季之降水量與降水天數亦有明顯變化，惟 LSBA 測站之 VBS-RTK 平均定位精度，除 94 年 7 月及 8 月因各有 2 天定位成果異常(為 7 月 8 日、29 日及 8 月 17 日 19 日等 4 天，詳如第 2 節 VBS-RTK 定位成果精密度統計分析)，影響整體月平均定位精度外，其餘各月份之平均定位平均精度在平面方向均優於 2 公分，在高程方向均優於 4.5 公分，初步可以評斷 VBS-RTK 定位成果精度不致受天候狀況及變化影響。

為進一步瞭解天候狀況與 VBS-RTK 定位成果精度 (RMS 值) 之相關性，我們單獨就上開 7 月及 8 月期間定位成果異常之 4 天及定位成果正常之 7 月 19 日、8 月 11 日，予以進行比對，由表 5-11 可以明顯看出其對應之氣象數據並無明顯之差異性，顯示 VBS-RTK 定位成果精度與天候狀況及變化並沒有特別且直接之關聯性。至 94 年 7 月 16-20 日、8 月 3-6 日及 9 月 30 日-10 月 3 日期間、臺灣地區適逢海棠、瑪莎及龍王等 3 波颱風來襲，惟檢視颱風襲臺期間 LSBA 測站之 VBS-RTK 定位成果合計 9 天(中央氣象局發布颱風警報期間)之定位精度數據，其平面定位精度 (RMS 值) 大致在 2 公分以內，高程定位精度亦均低於 5 公分，並未發現定位精度有特殊或異常情形者。

表 5-10 LSBA 測站各月份 VBS-RTK 定位精度與天候狀況比對表

年/月	取樣日數(天)	定位精度平均值(公分)	平均氣溫(°C)	氣壓(百帕)	降水量(毫米)	降水日數(天)	備註
94/05	26	N : 1.37	26.9	998.9	620.1	12	
		E : 1.28					
		h : 3.60					
94/06	23	N : 1.42	27.5	996.6	566.1	21	
		E : 1.58					
		h : 4.17					
94/07	16	N : 2.52	28.8	996.9	378.1	11	
		E : 2.33					
		h : 5.45					
94/08	12	N : 2.29	27.9	996.1	351.1	21	
		E : 2.36					
		h : 5.62					
94/09	21	N : 1.17	28.2	999.1	161.3	9	
		E : 1.33					
		h : 3.41					
94/10	23	N : 0.98	25.7	1003.3	28.8	4	
		E : 1.06					
		h : 3.13					
94/11	15	N : 1.12	23.3	1005.4	5.9	4	
		E : 1.33					
		h : 3.60					
94/12	21	N : 1.23	16.8	1009.7	15.3	4	
		E : 1.21					
		h : 3.16					
平均值	19.6	N : 1.44	22.3	1001.4	265.8	10.8	
		E : 1.48					
		h : 3.87					

表 5-11 LSBA 測站單日 VBS-RTK 定位精度與天候狀況比對表

年/月/日	定位精度平均值 (公分)	氣溫 (°C)	氣壓 (百帕)	降水量 (毫米)	相對濕度 (%)	備註
94/07/08	N : 9.09	30.15	1000.08	0	65.58	定位異常
	E : 11.82					
	h : 17.55					
94/07/19	N : 1.12	24.40	987.77	9.25	93.87	定位正常
	E : 1.17					
	h : 3.05					
94/07/29	N : 5.96	29.29	996.64	0	76.20	定位異常
	E : 3.78					
	h : 16.32					
94/08/11	N : 1.20	29.55	994.17	0	78.70	定位正常
	E : 1.02					
	h : 3.36					
94/08/17	N : 6.65	26.77	999.81	0	80.37	定位異常
	E : 5.57					
	h : 10.62					
94/08/19	N : 7.18	26.27	1000.67	0.26	82.29	定位異常
	E : 8.16					
	h : 20.26					

8.VBS-RTK 定位成果與電離層誤差修正相關性分析：

有關 VBS-RTK 定位成果與與電離層誤差修正相關性分析，因 GPSNet 定位系統軟體並未公開使用之電離層修正模式及其誤差修正量等成果數據，故在電離層誤差修正影響 VBS-RTK 定位精度之分析層面上，尚無法引用直接且明確之

參考數據進行分析。本節僅可就該軟體提供「電離層修正指標 (I95)」之指標值與 LSBA 固定測站對應時刻之定位精度對行比對。圖 5-12 列舉數種於測試期間較常發生之電離層修正指標圖形，其中圖 A 為電離層修正之最佳狀況，圖 B 為中午及午後期間電離層指標快速攀升情形，本類圖形為最典型及最多數之電離層修正指標圖形，這與我們對於在午後期間電離層活動較為活絡的理論認知相當契合；另圖中綠色線（指標值=2）以下為電離層低度活動期，黃色線以下（指標值=4）為電離層中度活動期，紅色線以下（指標值=8）為電離層高度活動期，意即於修正指標超過紅色線以上之時段進行定位時，受到電離層延遲效應影響程度亦會相對增加。

圖 A (94 年 7 月 19 日)

圖 B (94 年 10 月 26 日)

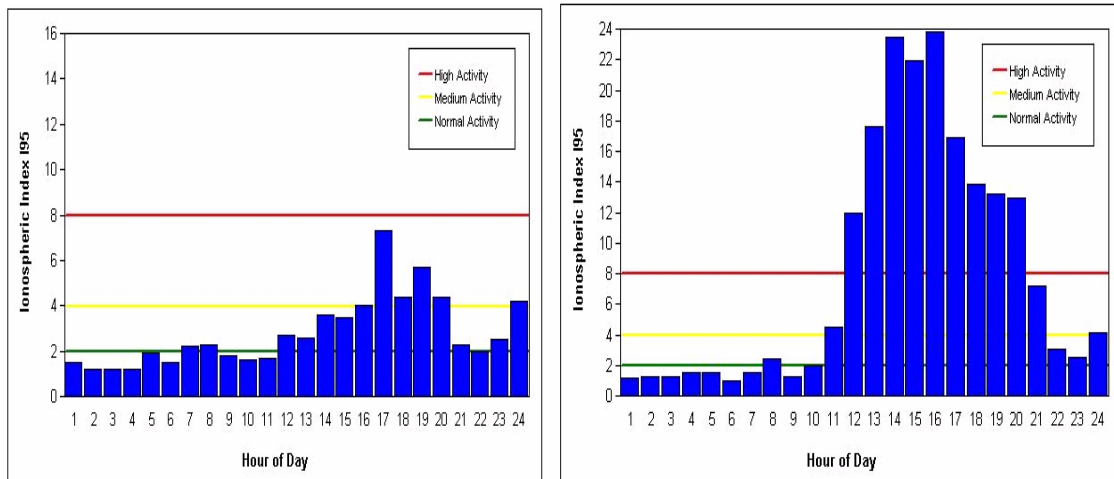


圖 5-12 GPSNet 系統軟體產製之各類典型電離層修正指標圖

臺灣地區位於中低緯度地區，在電離層延遲的複雜度遠高其他高緯度國家，所以目前在實際野外測試工作上，偶爾會發生 VBS-RTK 定位無法完成初始化 (Initial) 情形，一般相信絕大部分的影響因素即為 GPSNet 定位系統軟體對於電離層延遲之修正能力所造成的結果。另本測試計畫亦針對每日電離層修正之最大指標與 LSBA 測站當日定位成果精度進

行比對，圖 5-13 為 94 年 5 月份每日電離層修正之最大指標與 LSBA 測站當日定位成果精度之比對情形，由 94 年 5 月 9 日及 8 月 17 日數據可以看出如果當日電離層修正最大指標值超過 35 以上時，對應的定位精度會相對降低。又經檢視單日 VBS-RTK 定位精度較差之 94 年 5 月 9 日、5 月 15 日、7 月 5 日、7 月 8 日、7 月 29 日、8 月 17 日、8 月 19 日、11 月 12 日、11 月 13 日及 12 月 27 日計 10 個單日之電離層修正指標（如圖 5-14 各圖），似約略呈現在晚間或夜間如電離層修正仍維持在較高指標值狀態或相鄰 2 個小時電離層指標值差大於 10 時，較容易發生較低定位精度情形。然而對於影響 GPSNet 定位系統軟體計算獲得之定位資料，實際上不只電離層修正誤差乙項，其與對流層誤差、幾何誤差、基準站衛星資料觀測品質及數據傳輸訊品質，均具有絕對相關性，對於目前僅單純參考電離層修正指標實難以正確評估定位精度之優劣，其基本解決方法應再以各基準站長期衛星觀測資料，予以推求適合臺灣地區之電離層修正模式，方能根本解決電離層誤差修正課題。

單位：公分

電離層指標

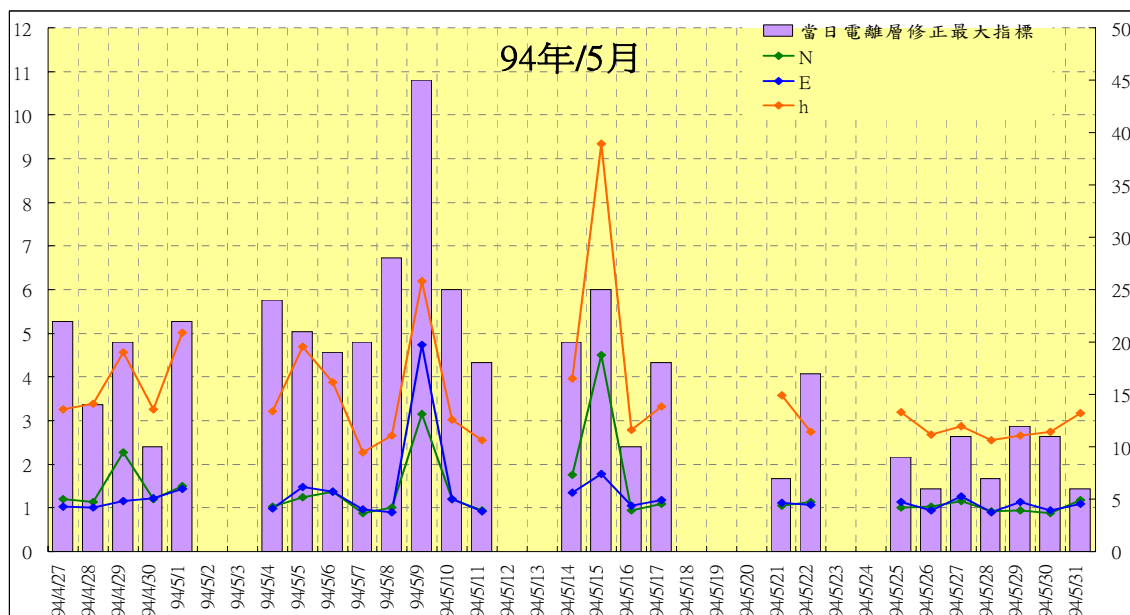


圖 5-13 每日電離層修正最大指標與 LSBA 測站定位成果精度比對情形

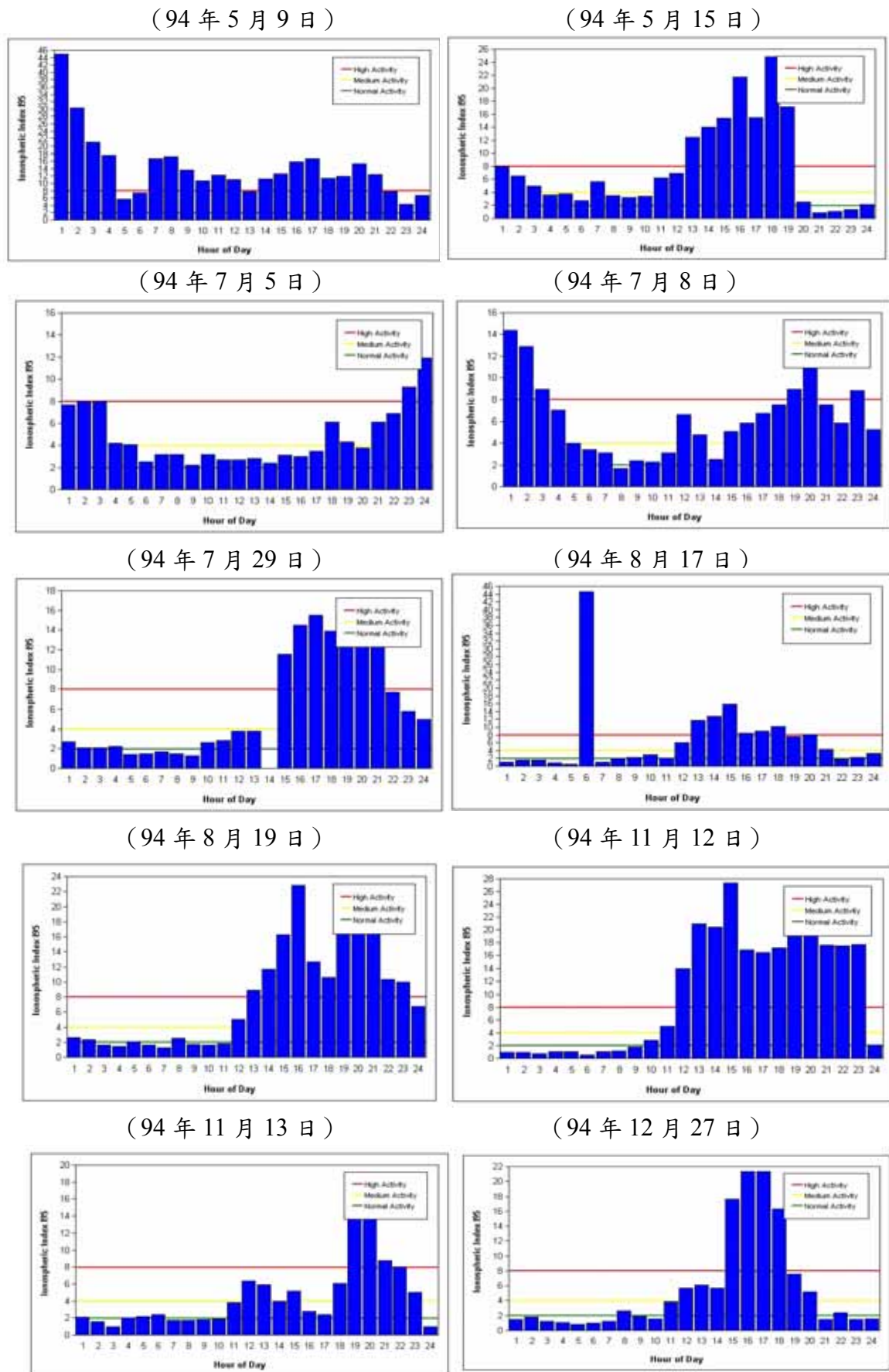


圖 5-14 LSBA 測站定位精度較差單日所對應之電離層修正指標圖

9.VBS-RTK 定位成果與基準站分布及數量相關性分析：

VBS-RTK 定位成果與基準站分布及數量之相關性分析係以 LSBA 測站在 10 處衛星基準站組成的中區服務網(Middle) 及 38 處衛星基準站組成的全區服務網 (Full) 進行 VBS-RTK 定位成果較差比對做為分析基準，其目的在於比較同樣在網形內插的條件下，用來進行 VBS-RTK 即時動態定位之基準站數量及其分布狀況，是否影響 VBS-RTK 定位之成果精度。

本項分析自 95 年 2 月 8 日至 26 日及 4 月 12 日至 24 日分 2 階段合計 25 天，採用衛星訊號分流設備（即同一天線盤同時分流 2 部衛星接收儀），同步進行中區服務網及全區服務網 VBS-RTK 定位測試。由圖 5-15 可以看出在大部分單日 VBS-RTK 定位成果，在平面與高程之定位精度並無顯著不同，但 95 年 2 月 9、10、11、14 日及 4 月 19、20、21 日等 7 個單日之定位成果則具有明顯差異性，另檢視其定位精度量級不僅偏高且優劣互現，惟上述定位精度較差之真正原因，經檢視現有可掌握之相關定位資訊如電離層修正指標等，仍無法予以明確認定。故有關 VBS-RTK 定位成果與基準站分布及數量之相關性分析，目前僅可得知在正常之定位狀態下，其基準站分布狀況與數量當不致影響 VBS-RTK 之定位成果精度，至其差異性仍待進一步獲得相關資訊予以評估。

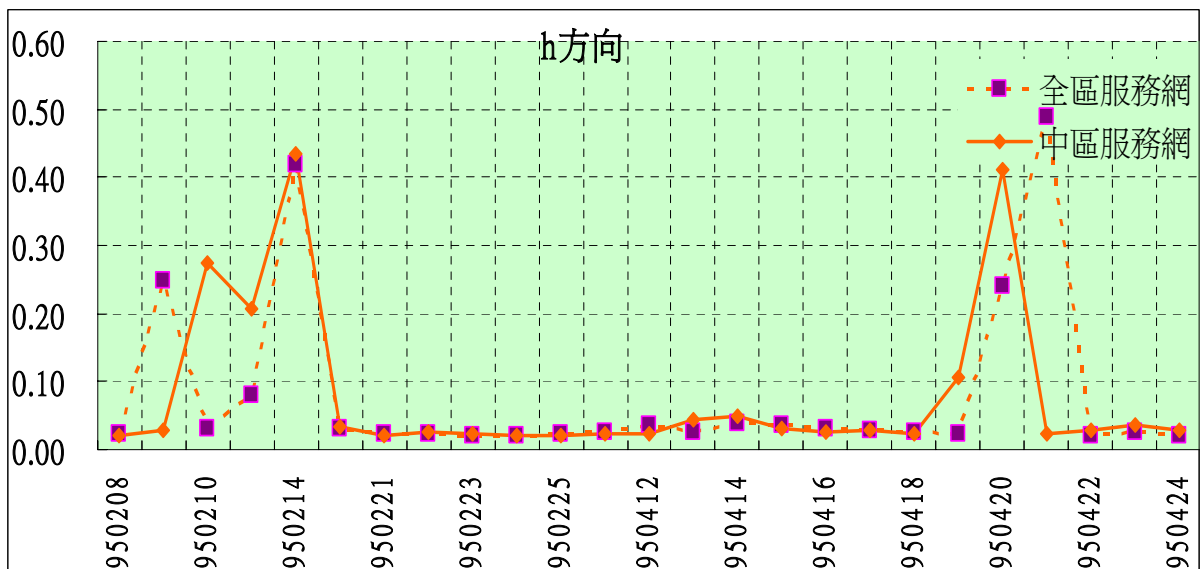
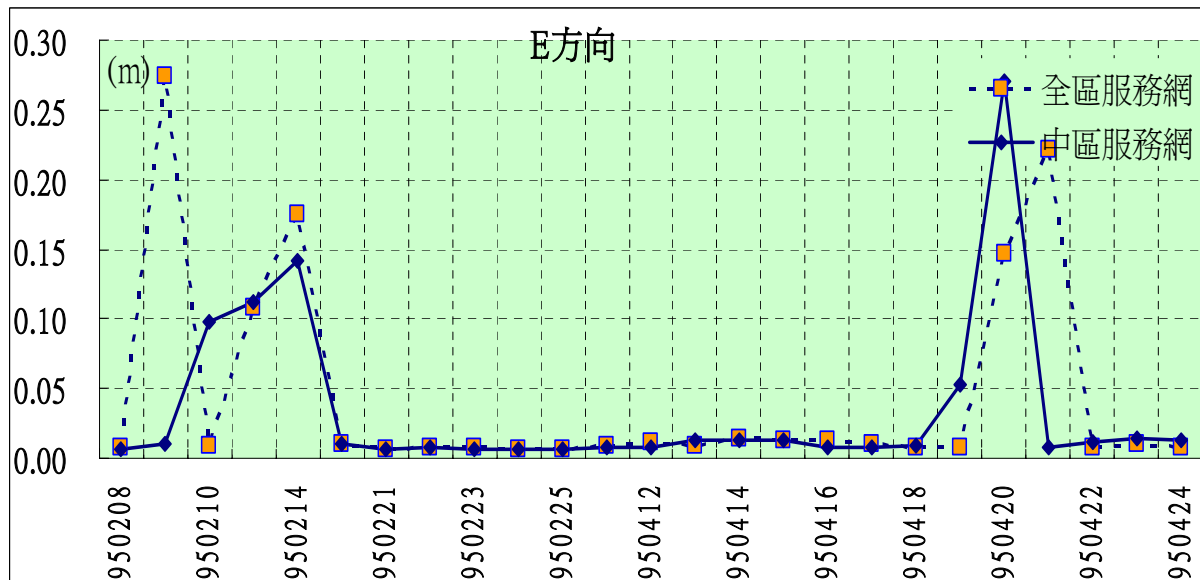
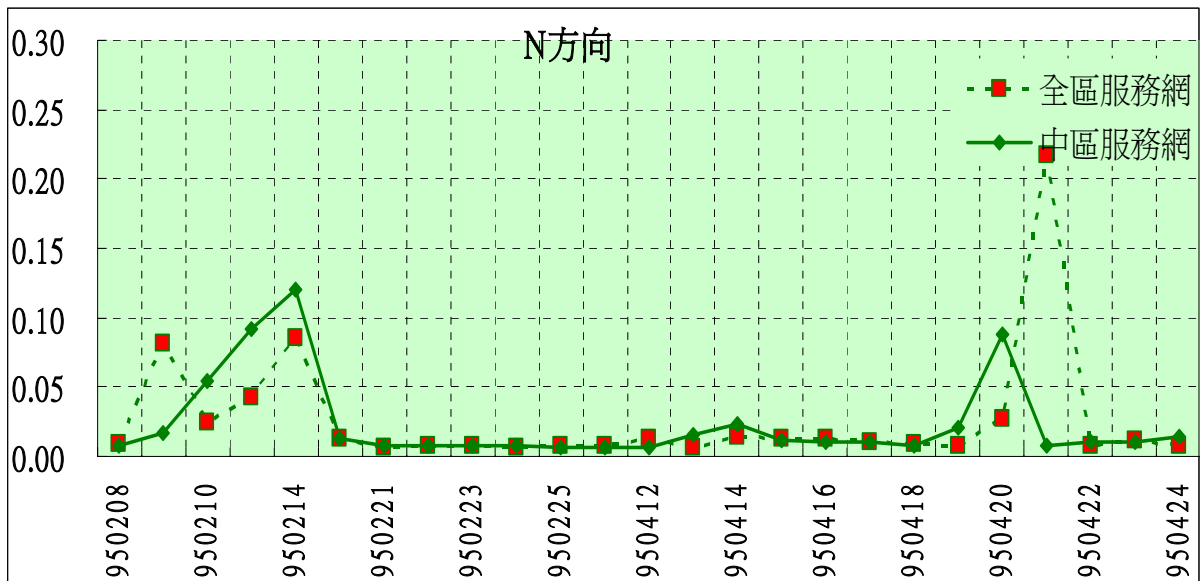


圖 5-15 LSBA 測站在不同定位服務網之 VBS-RTK 定位精度比較圖

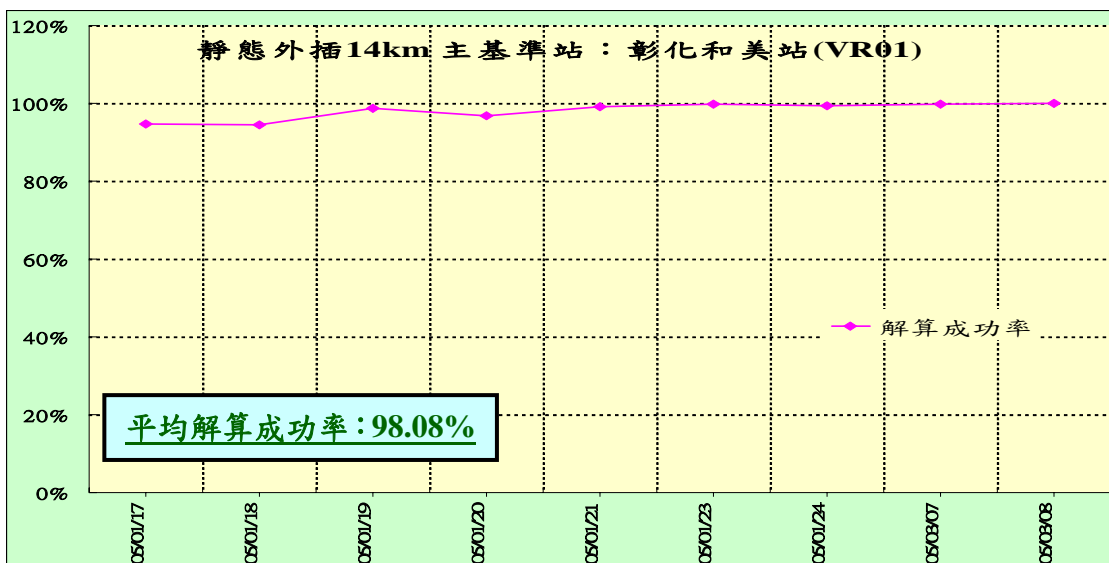
(二) VBS-RTK 靜態外插定位測試成果統計分析：

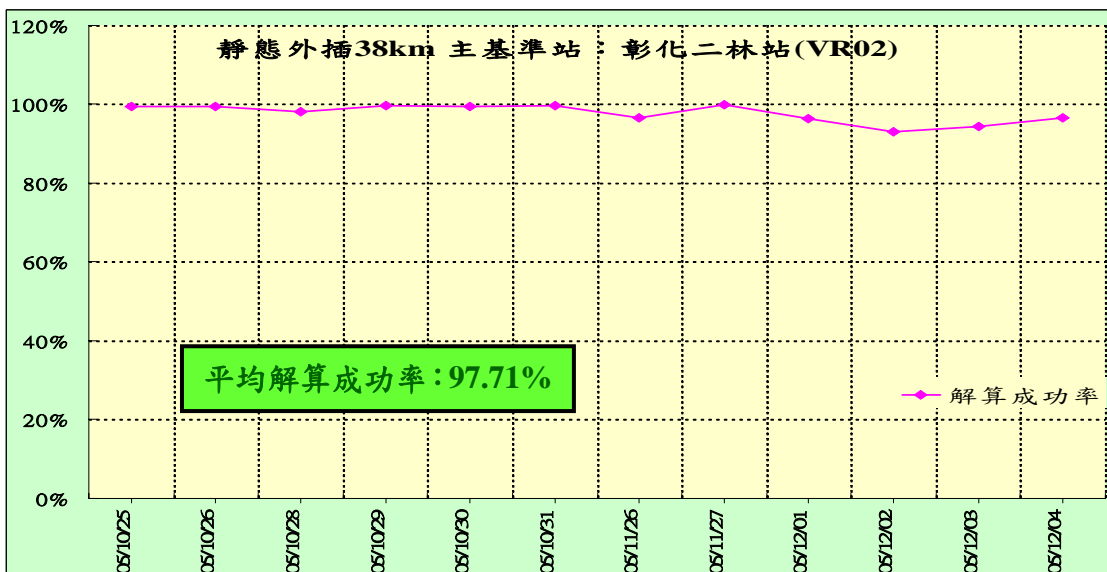
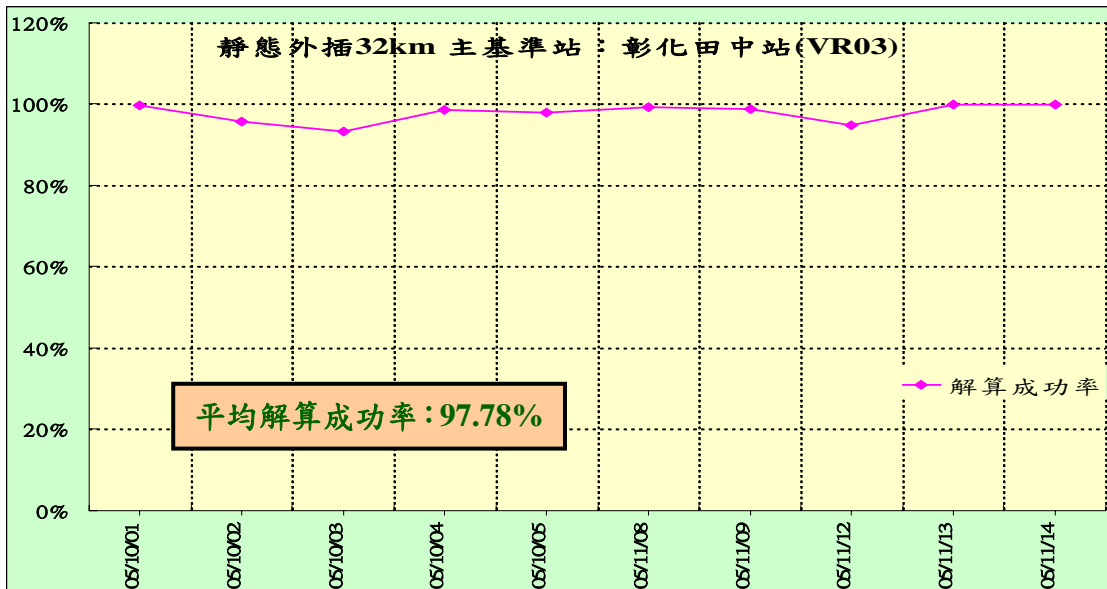
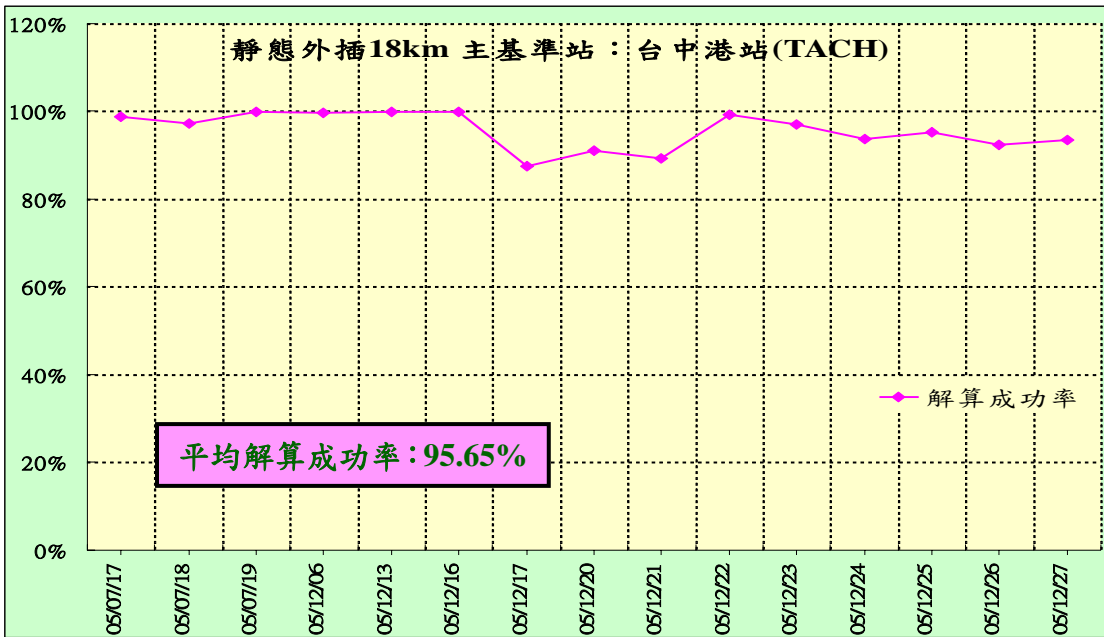
VBS-RTK 定位靜態外插測試亦採用本局 LSBA 固定測站，於 e-GPS 即時動態定位系統之外插測試網 (Marine_Test) 中進行 VBS-RTK 動態定位解算，作為定位精度分析之基礎，至實際測試方式係以 LSBA 測站於外插狀態下，依據 LSBA 測站與各鄰近基準站之距離，機動調整外插測試網之衛星基準站組合，其各設計距離分別為 14 公里 (主基準站：彰化和美站 VR01)、18 公里 (主基準站：台中港站 TACH)、32 公里 (主基準站：彰化田中站 VR03)、38 公里 (主基準站：彰化二林站 VR02)、52 公里 (主基準站：南投高峰站 KAFN) 及 64 公里 (主基準站：苗栗竹南站 JUNA)。

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：

1. VBS-RTK 靜態外插定位成果解算成功率統計分析：

由圖 5-16 諸圖顯示 VBS-RTK 靜態外插定位在測站距離主基準站 38 公里時，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。





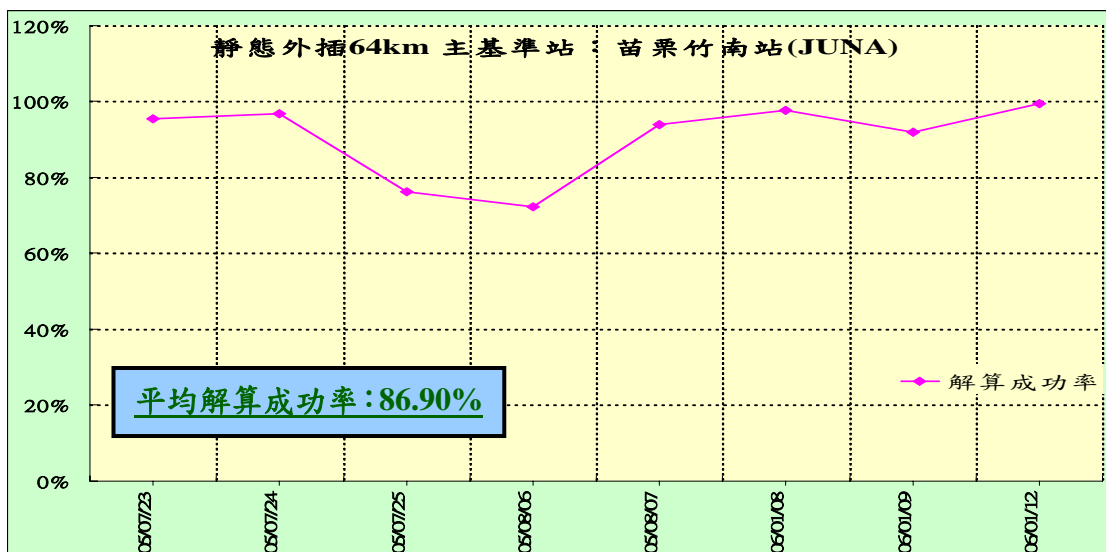
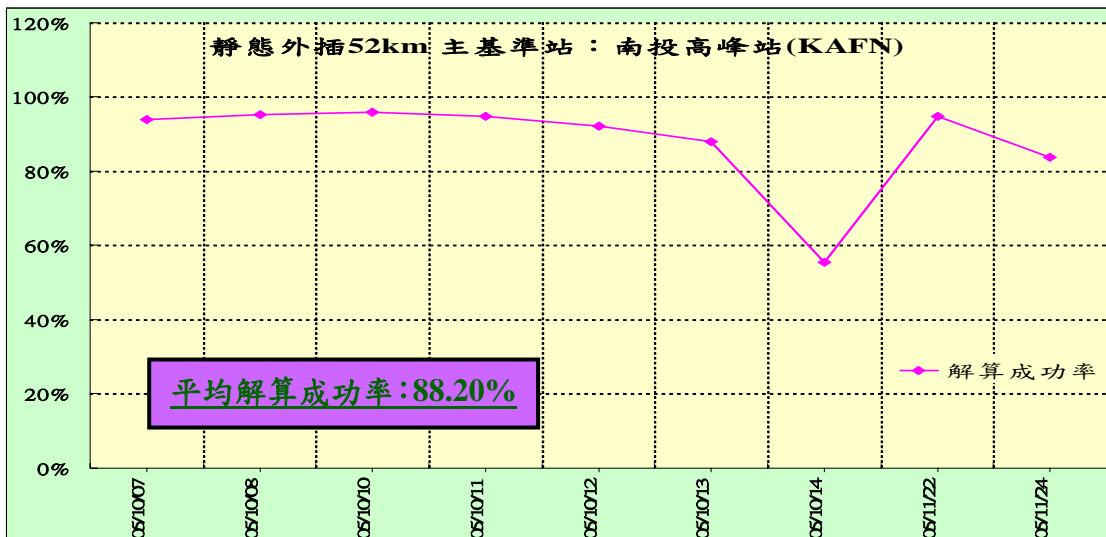
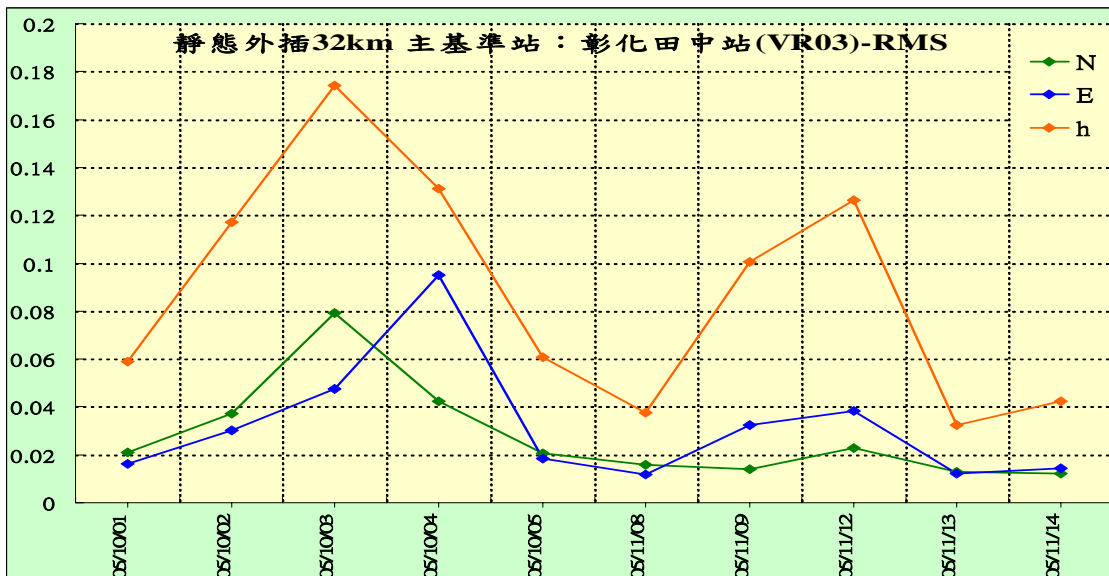
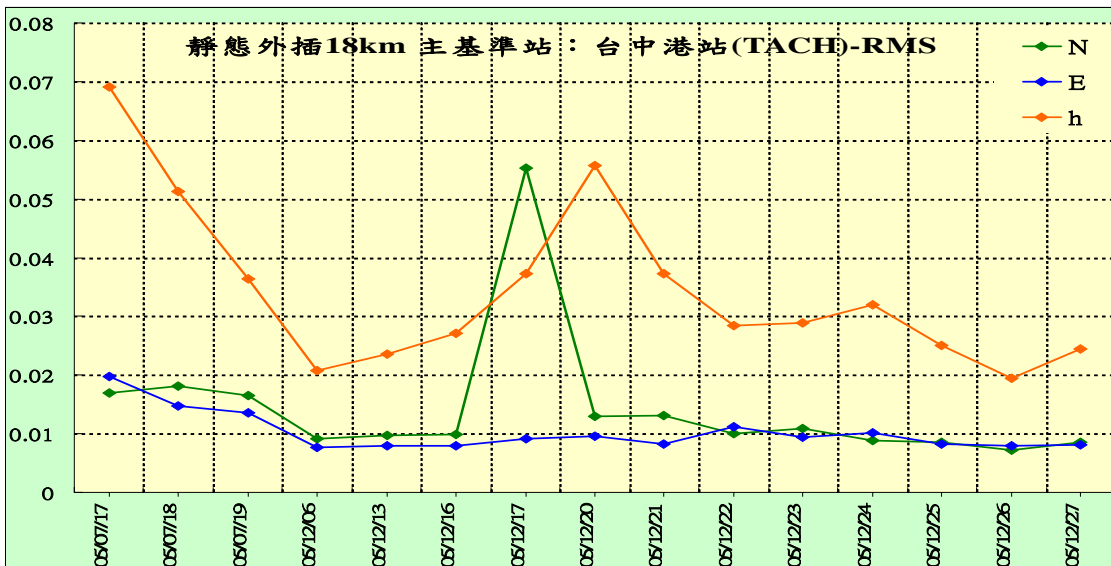
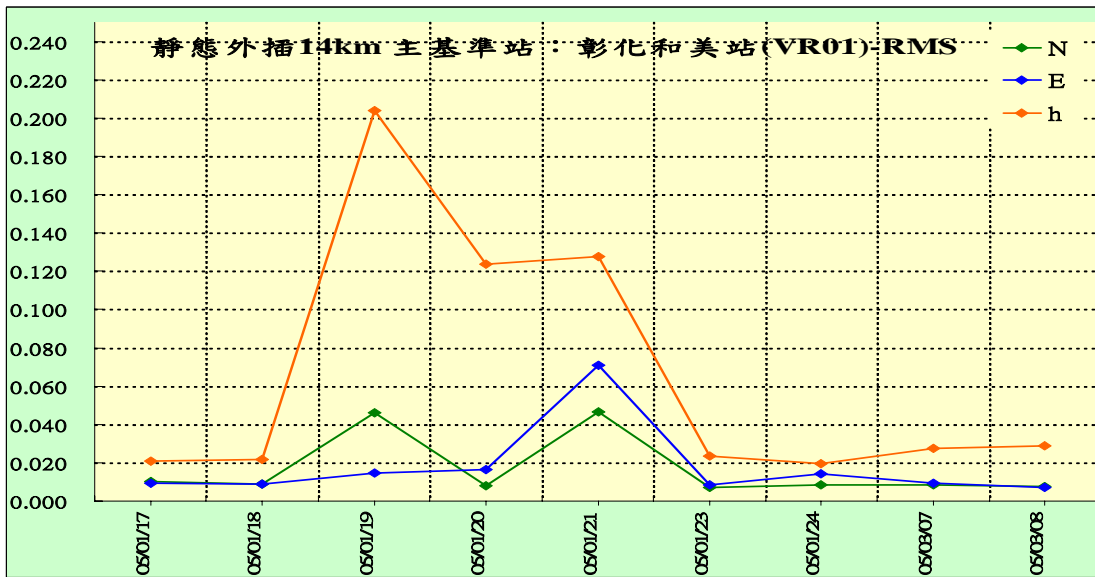


圖 5-16 VBS-RTK 靜態外插定位成果解算成功率統計圖

2. VBS-RTK 靜態外插定位成果精密度統計分析：

由圖 5-17 諸圖顯示 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，例如在外插 64 公里時，平均平面精度超過 18 公分，平均高程精度超過 44 公分，最大誤差甚已超過 70 公分。

單位：公尺



單位：公尺

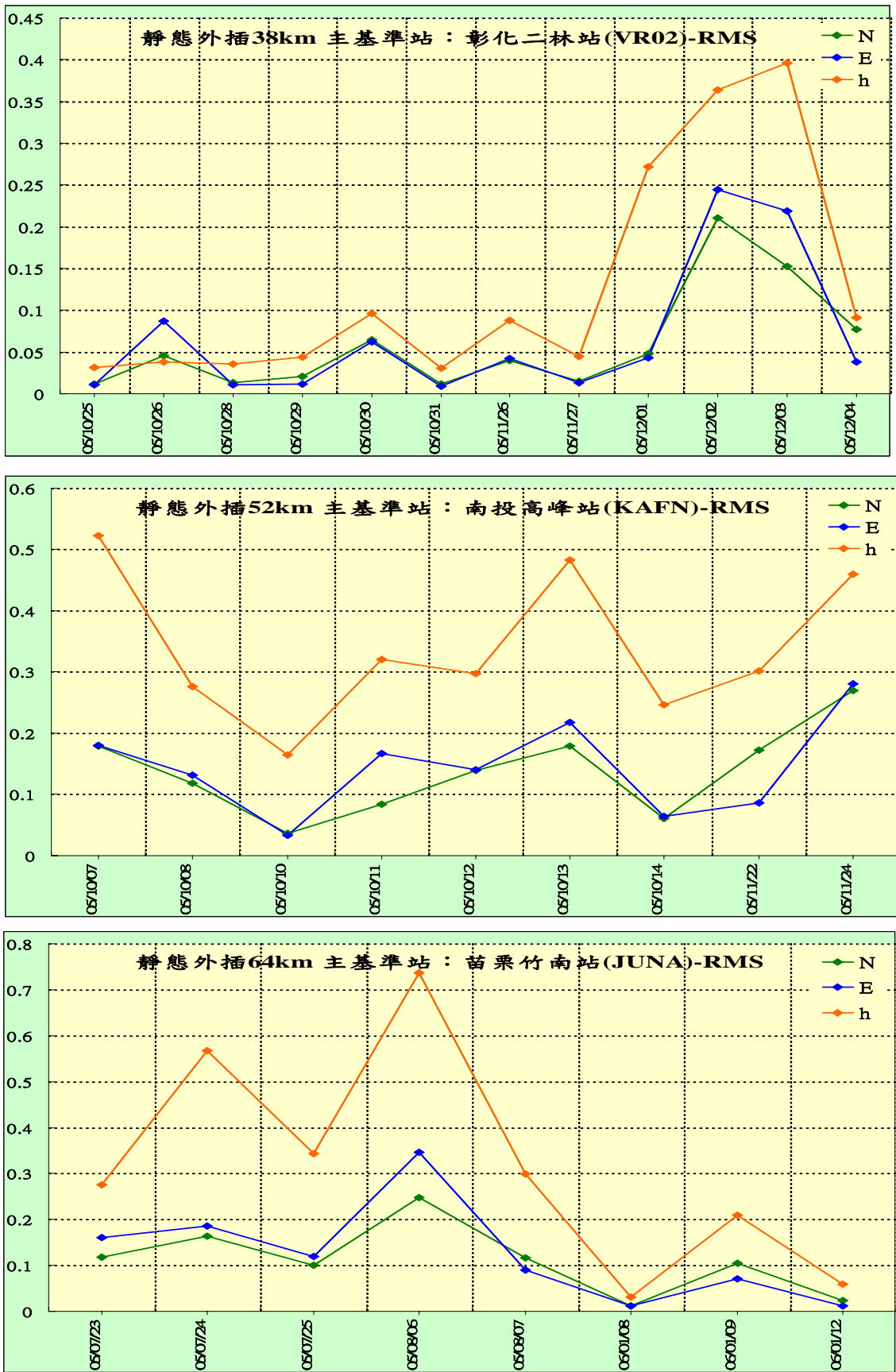
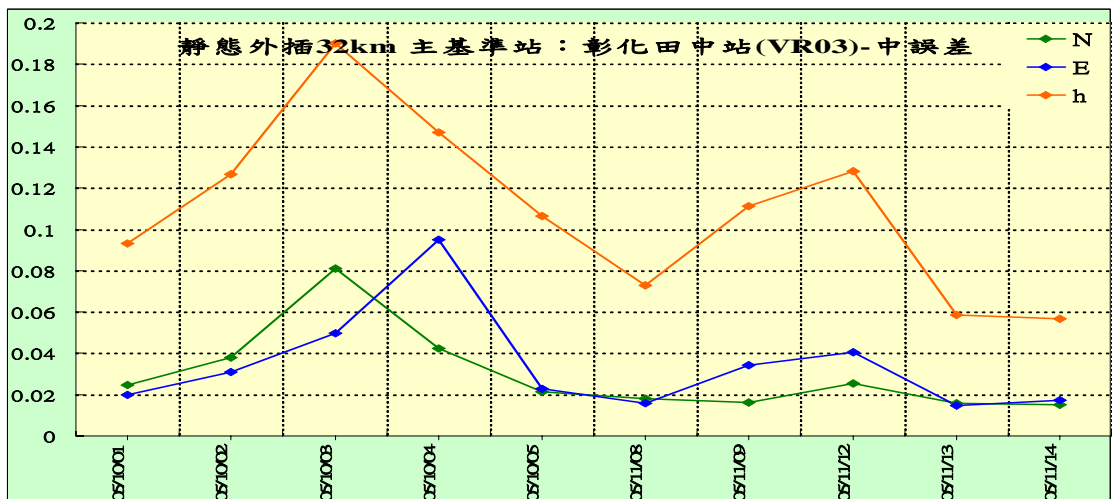
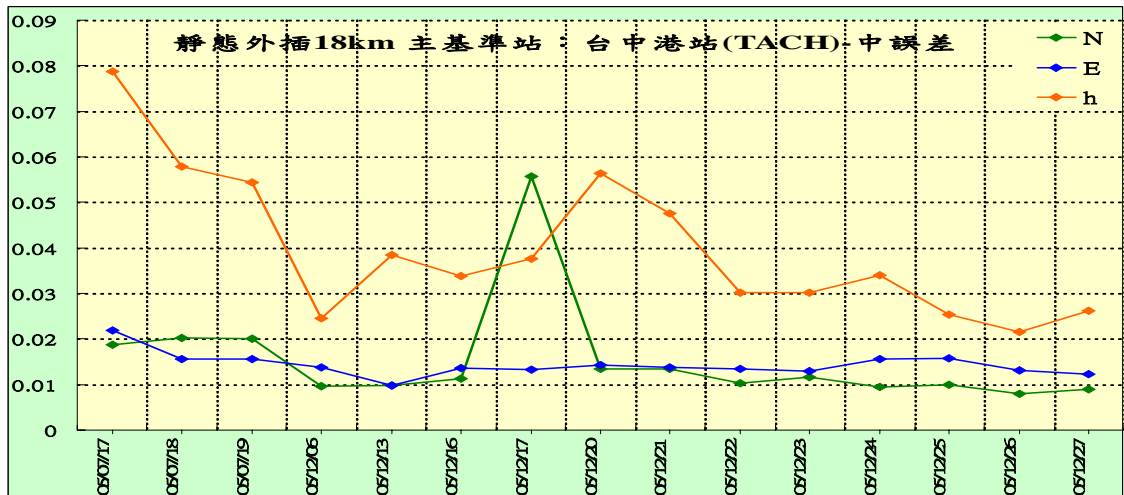
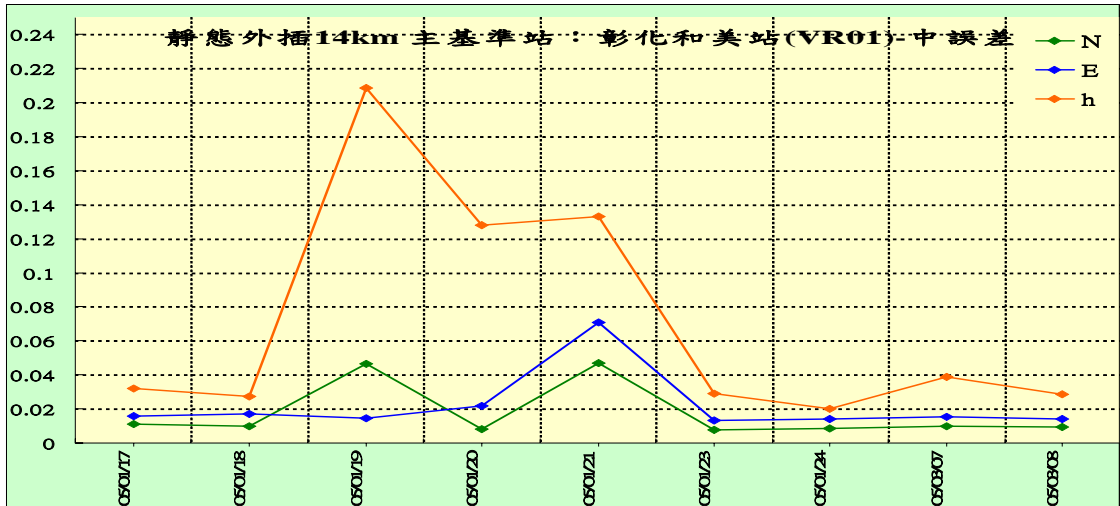


圖 5-17 VBS-RTK 靜態外插定位成果精密度分析統計圖

3.VBS-RTK 靜態外插定位成果準確度統計分析：

由圖 5-18 各圖顯示 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。



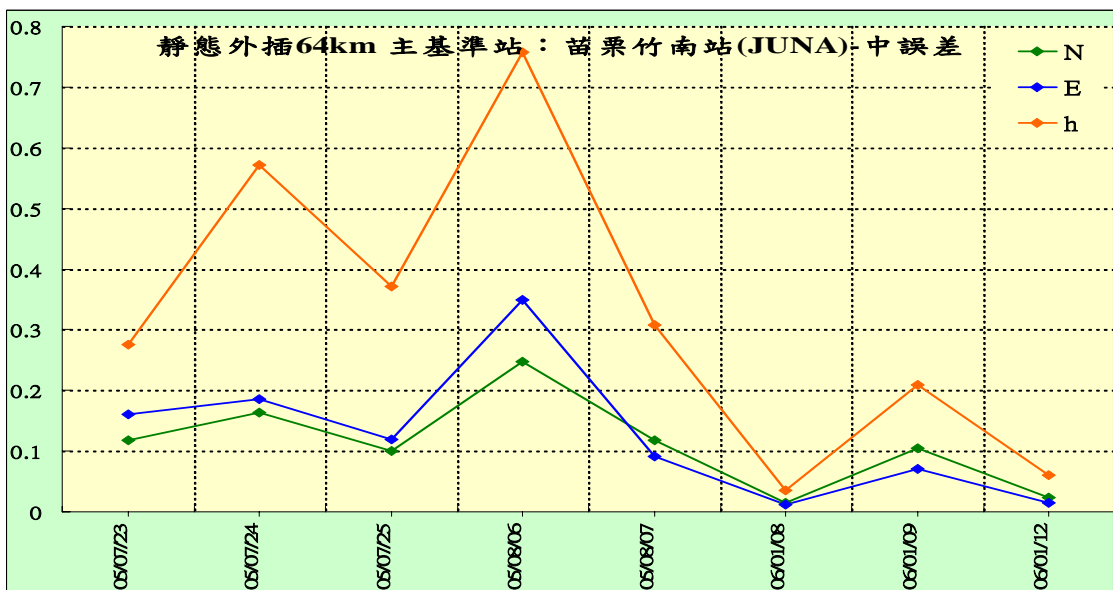
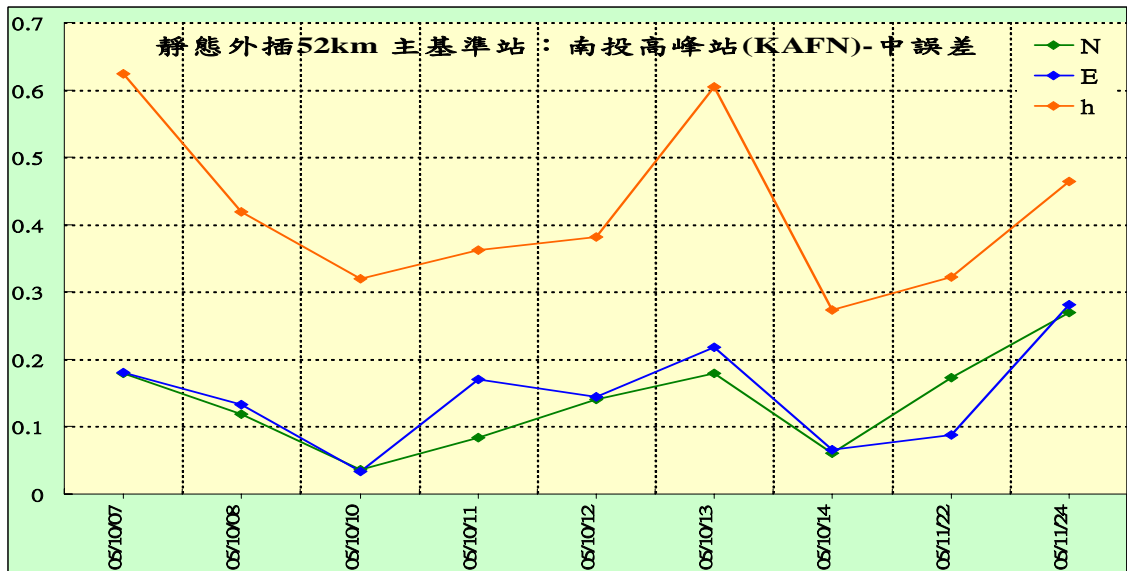
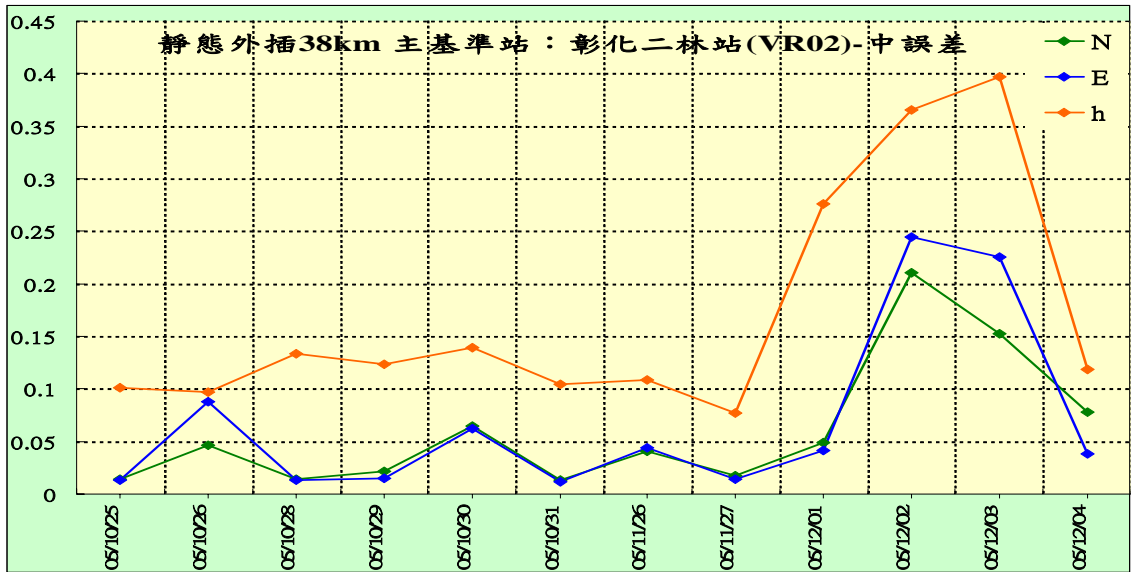


圖 5-18 VBS-RTK 靜態外插定位成果準確度分析統計圖

(三) 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。圖 5-19 顯示本次 VBS-RTK 定位測試實際進行作業時，相關儀器整置及操作情形。



圖 5-19 VBS-RTK 定位測試相關儀器整置情形

本項野外動態測試工作所使用之儀器設備、測試地區、測試方法、成果統計分析包括 VBS-RTK 動態定位成果與各級點位坐標較差分析、初始化時間統計、與 PDOP 值相關性及其他相關注意事項與資料處理等事項詳述如下：

1.使用之儀器設備：

- (1) 測量儀器設備部分使用 Trimble 5800 衛星接收儀 (內建天線盤)、Trimble 5700 衛星接收儀 + Zypher 天線盤及 Topcon GB1000/Hyper Plus + PA-G1 天線盤等具有廣域 RTK 定位

解算功能模組之移動站接收儀及天線盤。

(2) 移動站數據通訊傳輸採用行動電話內建之 GSM/GPRS 無線數據傳輸技術。

(3) 計算及控制中心採用 GPSNet2.3 版 RTK 定位模組。

(4) 移動站控制端採用 Survey Controller 10.72 版及 TopSURV 等儀器廠商自行研發具備 NTRIP 網路數據傳輸通訊協定之操作介面軟體。

(5) 每點取樣數(RTK Fix 解)自 5 筆至 180 筆不等。

2.測試地區：臺灣中、北部地區包括基隆市、台北縣、桃園縣、新竹縣市、宜蘭縣、花蓮縣、苗栗縣、台中縣市及南投縣等地區，合計檢測各級基本控制點計 411 點，其分布情形如圖 5-20。

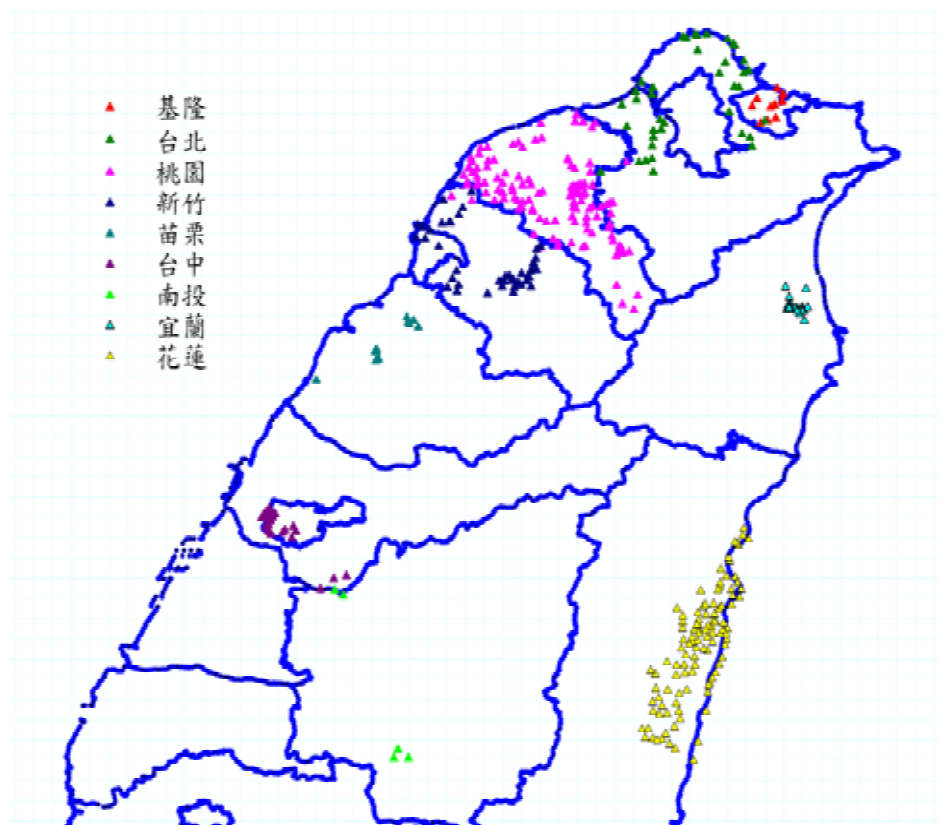


圖 5-20 VBS-RTK 動態定位測試點位分布圖

3.定位成果統計及分析：

(1) VBS-RTK 動態定位成果與各級點位坐標較差分析：

在第五-三-(一)描述有關本局全國性 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統因受限於 GPSNet 定位系統軟體對於各基準站之相對精度須在 1 公分以內，因此本系統各基準站所賦予之精密坐標除須定期修正外，其與內政部公布之 TWD97 國家坐標系統，亦會產生區域性之偏移量。故 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。

由表 5-12 在臺灣中、北部地區以縣市統計分析結果，我們可以清楚看出在北部地區的基隆市、台北縣、桃園縣、新竹縣市等地區，其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。

表 5-12 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			

(2) VBS-RTK 動態定位成果之轉換與套合分析：

上述基本控制點檢測產生區域性坐標偏移量之現象，使我們聯想到：「VBS-RTK 定位成果是否可以直接引用於地籍測量成果嗎？」，答案當然是否定的，因為其中除涉及各基準站坐標之法制化層面外，另就技術面觀點，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 5-21 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。目前本局業已規劃配合本系統入口網站管理系統委外研發線上式即時坐標轉換及套合模組，預估於 96 年度可上線提供使用，屆時使用者即可於野外直接進行坐標轉換及套合，即時獲得地籍測量成果。

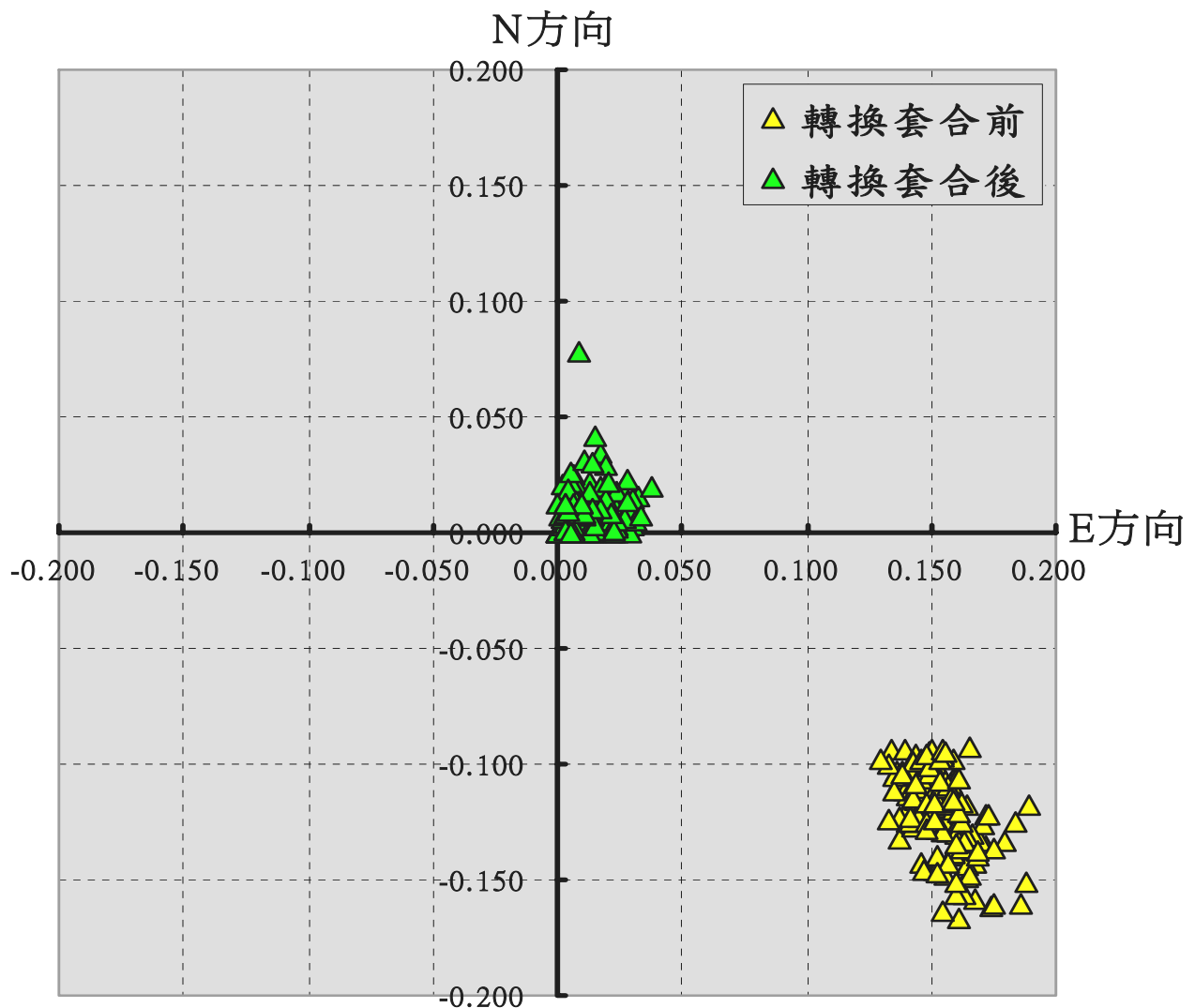


圖 5-21 95 年度宜蘭冬山重測區 e-GPS 坐標與公告坐標較差圖

(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。圖 5-22 顯示可在 1 分鐘內完成初始化之比率為 64%，在 2 分鐘內完成初使化者已高達 92%。

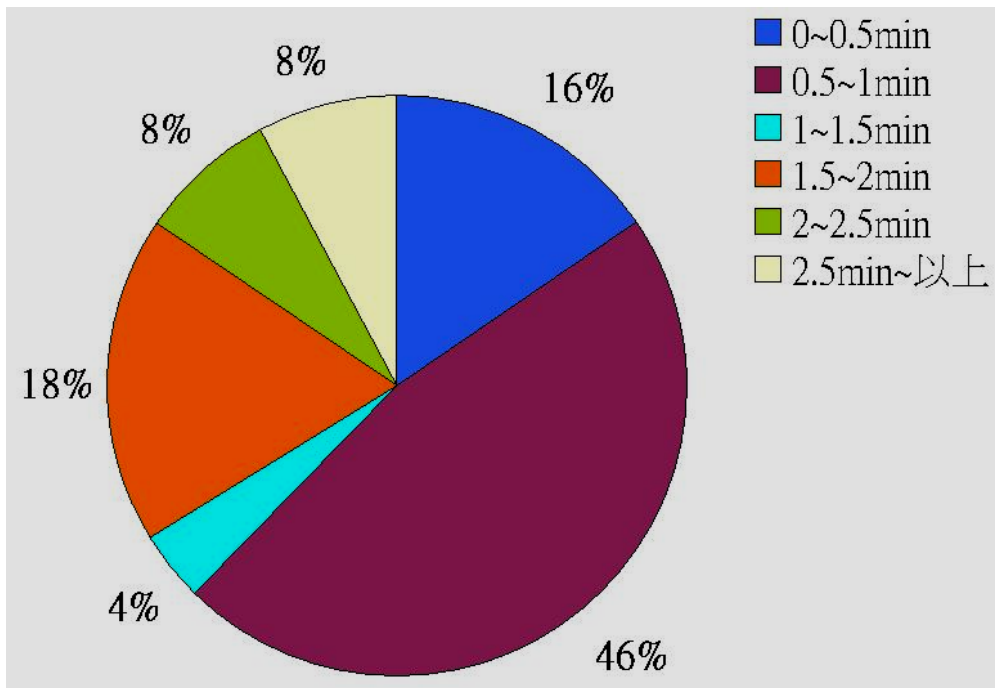


圖 5-22 北區定位服務網初始化所需時間之比率統計圖

(4) VBS-RTK 動態定位成果精度與 PDOP 值相關性：

由本章第五-(一)-5 節中對於採用 VBS-RTK 靜態模擬定位精度與 DOP 值所進行的比對分析，我們發現 VBS-RTK 定位成果精度與 PDOP 值並無絕對相關性，茲為進一步瞭解在動態定位與 PDOP 值之相關性，在本次野外測試中，我們另就部分基本控制點進行比對分析。

圖 5-23 顯示平面 N 方向及 E 方向上位精度與 PDOP 值之相關性呈現相同之趨勢走向，且由相關性分布狀況看來，雖其 PDOP 值升高，但其定位精度仍大多可維持在 1 公分以內，並不會因 PDOP 值升高而有明顯劣化情形；至在高程部分，雖其定位精度不如平面方向，但在相同 PDOP 值的狀態下，其高程精度的分布範圍還是由 0.5 公分到 4 公分不等，顯示 DOP 值並不是影響 VBS-RTK 動態定位成果精度之主要原因。

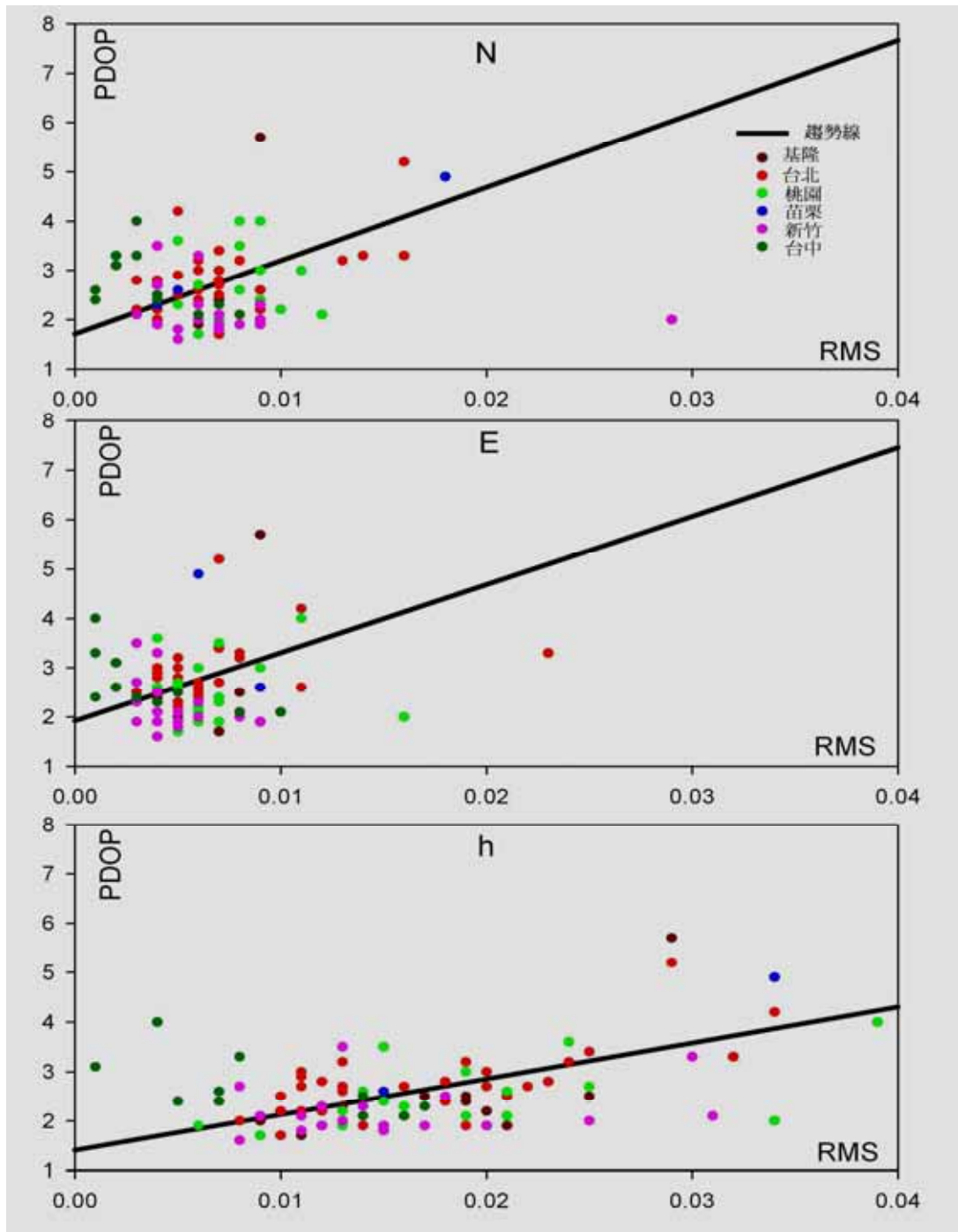


圖 5-23 VBS-RTK 動態定位成果精度與 PDOP 值相關性分析圖

陸、差分 DGPS 動態定位成果統計分析

傳統上，以 GPS 電碼觀測量進行差分 GPS (Differential GPS, DGPS) 一般經常使用於公尺級精度導航，在 GPSNet 定位系統軟體之 DGPSNet 功能模組提供網路化 DGPS 定位解算功能，其定位原理係利用各衛星定位基準站即時衛星觀測資料全時聯合解算覆蓋範圍內之電碼定位誤差修正模組，移動站使用者透過 GSM/GPRS 數據通訊模組登入系統後，即可以其單點定位坐標內插獲得其對應之電碼定位誤差正量，再回傳至移動站衛星定位接收儀進行 DGPS 差分定位解算。此種網路化 DGPS 差分定位解算，理論上，其定位精度及可靠度均可優於採單主站廣播差分修正量之傳統 DGPS 定位模式。

本次測試自 95 年 1 月 29 日起至 95 年 4 月 7 日止，於本局頂樓 LSBA 測站合計進行 36 個整天之網路化 DGPS 差分定位解算，其各項測試成果統計分析如下：

一、DGPS 定位解算成功率統計分析：

DGPS 定位解算成功率統計除 95 年 1 月 31 日因當天早上 10 時至下午 2 時期間進行 GPSNet 系統調整，其定位解算成功率僅為 83.50% 外，其餘各單日均高達 97.5% 以上，平均解算成功率為 99.32%，各單日解算成功率統計如圖 6-1。

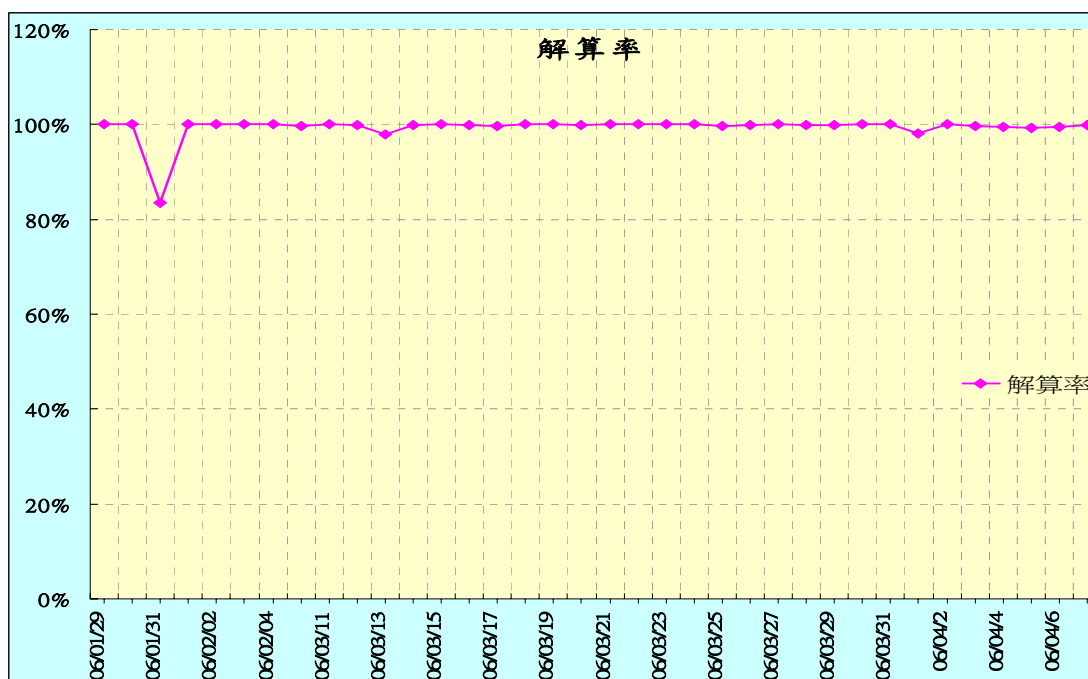


圖 6-1 LSBA 測站 DGPS 差分定位解算成功率統計圖

二、DGPS 定位精密度統計分析：

以 LSBA 測站每日 1Hz 連續定位成果平均值所統計之均方根值 (RMS) 為基礎，其平均定位精度在 N 方向為 11.54 公分，在 E 方向為 10.49 公分，高程方向為 27.18 公分，有關各單日 DGPS 定位精度變化情形詳如圖 6-2。

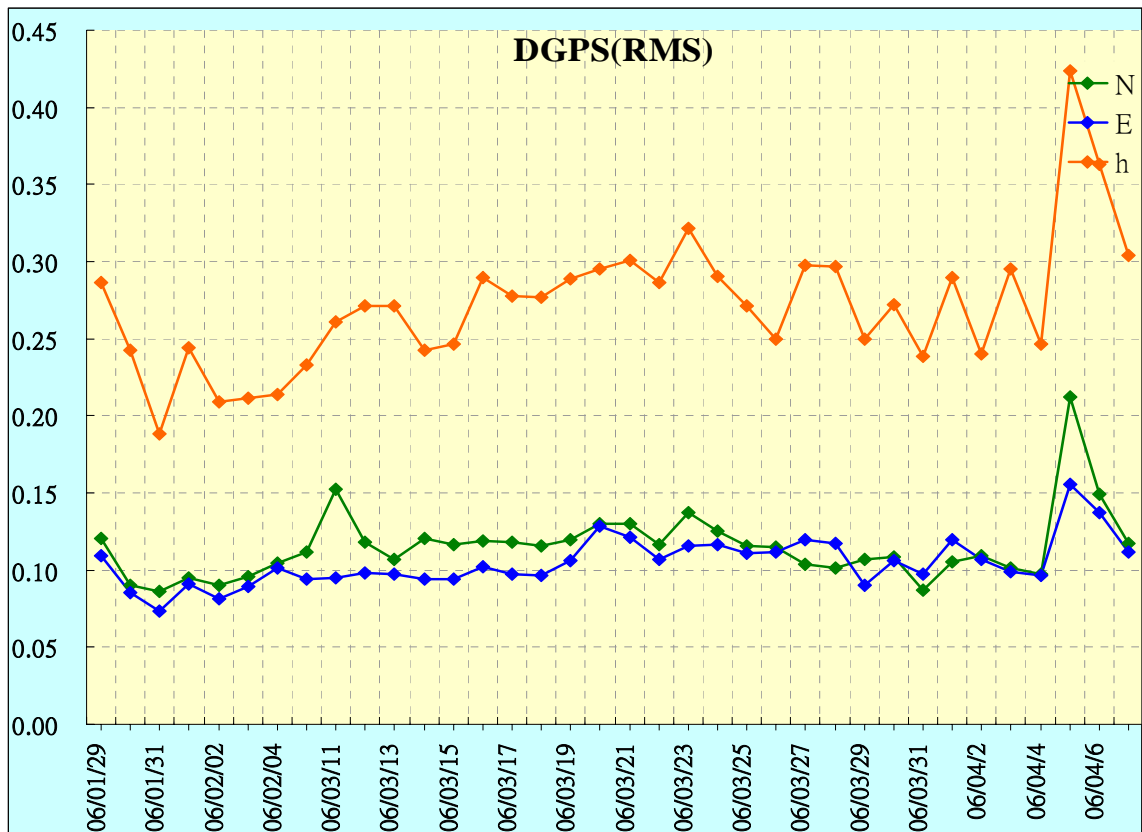
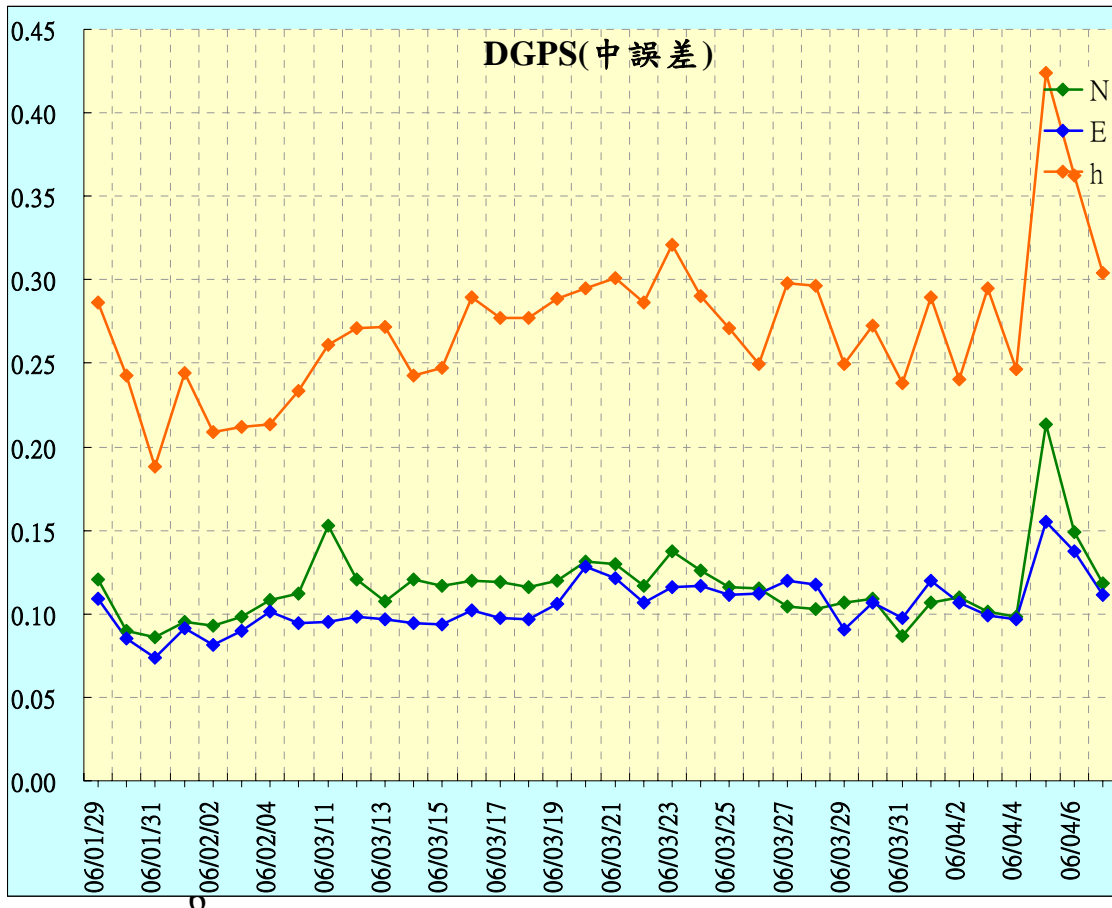


圖 6-2 LSBA 測站 DGPS 差分定位精度統計分析圖

三、DGPS 定位準確度統計分析：

DGPS 定位成果之準確度分析如同前述 VBS-RTK 定位之統計分析方法，係假設以 LSBA 測站之精密坐標為真值，與每日 1Hz 連續定位成果所統計獲得之中誤差為基礎，其平均 N 方向平均中誤差為 11.59 公分，E 方向為 10.76 公分，高程方向為 30.74 公分，其與對應之定位精度值與 VBS-RTK 定位相同，亦為高度相關。圖 6-3 為 LSBA 測站每日 DGPS 定位中誤差之變化情形。



-3 LSBA 測站 DGPS 差分定位中誤差統計分析圖

柒、e-GPS 定位成果之加值應用測試

一、陸域汽車導航定位應用：

本項加值應用相關測試工作，係利用裝載於汽車上之測量型衛星定位接收儀直接進行網路化 DGPS 差分定位計算，茲因目前該軟體在即時定位資訊之輸入格式與 GPSNet 定位系統軟體所輸出之格式不同，故本項測試係以後處理方式，將每秒定位成果直接套繪於商用導航軟體上。圖 7-1 為測試當時相關儀器設備整置情形，圖 7-2 為 DGPS 定位成果套繪於商用導航軟體之定位軌跡，由該圖可以發現 DGPS 定位成果與導航軟體之套合情形尚可符合實應用之需求，至其中部分路段因 GSM/GPRS 數據訊模組無法連通或位於都會區因透空遮蔽無法接收 5 顆以上衛星訊號，導致無相應之定位成果。另本計畫原規劃另採用 VBS-RTK 定位技術進行導航定位相關測試工作，惟經實際測試後發現即使在透空度良好的高速公路上，仍受限於地形地物如收費站、陸橋或大型旁車造成衛星訊號中斷，須再重新進行初始化求解週波未定值，造成大部分路段均無法定位情形，故 VBS-RTK 定位並不適合進行陸域汽車導航定位應用。



圖 7-1 陸域汽車導航定位測試儀器設備整置情形

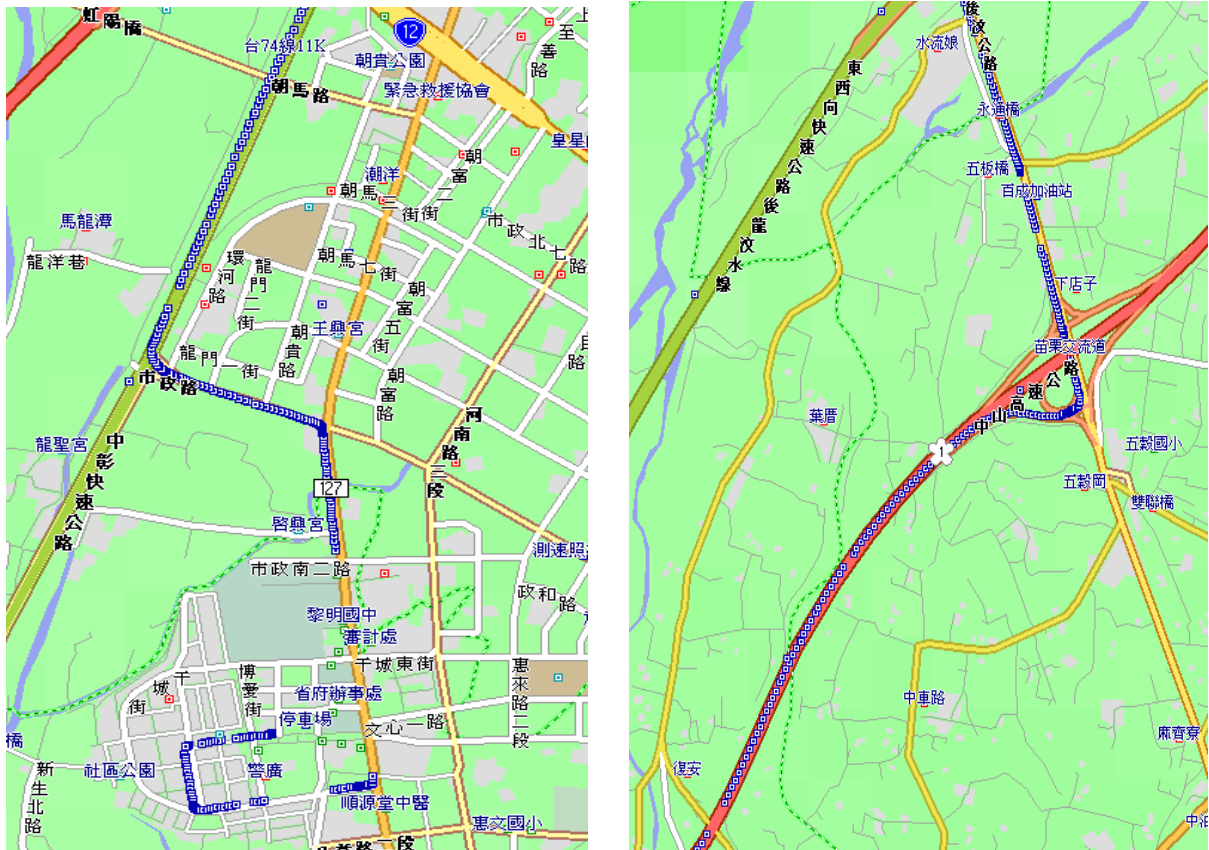


圖 7-2 DGPS 定位成果套繪於商用導航軟體之定位軌跡

二、海域船舶導航及海洋測量應用：

在海域船舶導航及海洋測量應用方面，因海域上為完全透空環境，故在 DGPS 差分定位及 VBS-RTK 定位上，並無衛星訊號接收問題，惟在數據通訊部分，因行動電話基地台所能涵蓋之有效範圍，至多僅至離岸數公里，此將造成無法利用 e-GPS 即時動態定位系統進行高精度定位情形。為克服上述數據傳輸問題，故在本次海域船舶導航及海洋測量應用測試中，除規劃 1 部衛星接收儀採用 GSM/GPRS 通訊模組外，另 1 組則採用無線電中繼模式，於國道 3 號清水休息區架設 Trimble 公司所產製的 TM-3 型無線電數據收發機，做為數據訊通訊之中繼使用，該無線電數據收發機具有最高 25 瓦及 20 公里以上之無線數據傳輸能力。圖 7-3 為 94 年 5 月 30 日在台中梧棲港-苗栗通霄外海進行 VBS-RTK 定位測試儀器整置情形，圖 7-4 為採用上開 2 項通訊模組進行 VBS-RTK 定位情形，其中黑

色軌跡為使用 GSM/GPRS 通訊模組之 VBS-RTK 定位成果，紅色軌跡為採用無線電中繼之 VBS-RTK 定位成果，一般而言，其應維持全時定位功能特性，惟就圖 7-4 顯示，其自台中梧棲港出海後，代表無線電中繼之紅色軌跡卻在出發後至距岸 20 公里之間，發生無法成功定位情形，在原路返程時，亦發生相同情形，推斷可能是無線電受干擾所致。至在海測應用部分，目前蒐集獲得之定位資料，已送國立中山大學海洋環境學系進行潮位修正及水深測量領域之研究應用。

本項測試採用無線電繼方式輔助 VBS-RTK 定位之數據傳輸技術，後續擬規劃配合行政院農業委員會林務局及國立海洋大學無線電系統在山林及海域地區進行測試，如驗證可行，將可大幅解決目前在部分地區無法使用 GSM/GPRS 通訊模組進行 VBS-RTK 及 DGPS 定位問題。

簡易無線電中繼站



船載移動站



圖 7-3 海域船舶導航及海洋測量應用測試儀器整置情形

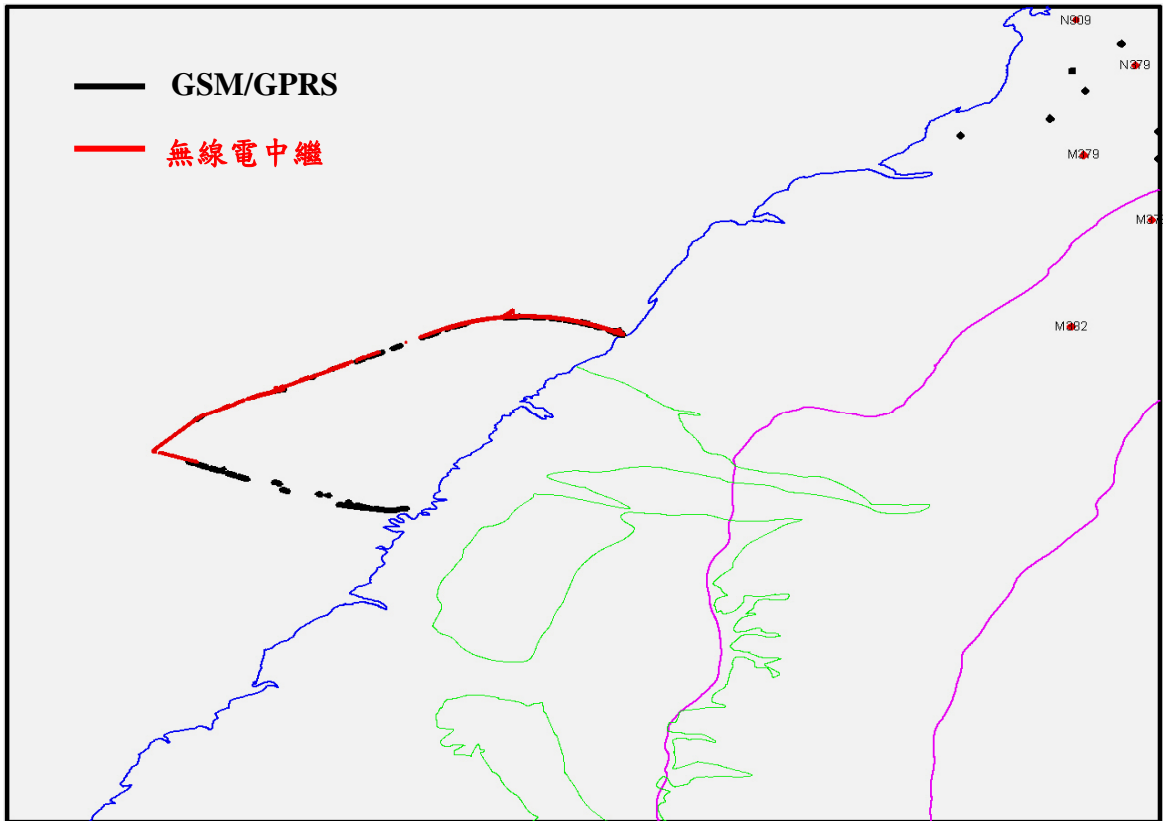


圖 7-4 台中梧棲港-苗栗通霄外海進行 VBS-RTK 定位軌跡圖

三、管理者即時監控及輔助決策應用：

GPSNet 定位系統軟體之 NMEA 配置轉接器 (NMEA Distributor) 因具有蒐集特定群組使用者回傳之 NMEA 格式定位資訊，傳送給其他系統服務或定位資訊需求者等功能。在本次測試利用其具備行動化且即時性定位資訊之特性，配合實施使用者帳號及密碼管制措施，已將本局原有之控制點資料查詢系統予以擴增即時定位資訊顯圖及列表功能 (如圖 7-5)，目前上開系統可套繪之圖籍資料，包括全國縣市鄉鎮行區界圖、1/5,000 像片基本圖及 1/25,000 基本地形圖等，後續應如再配合其他各種不同的主題圖資，即可進行不同領域之即時監控、車輛派遣、資源調查、民生旅遊及輔助決策等多功能使用。

另為使管理者進一步充份掌握即時監控及輔助決策所需之行動化資訊，更已完成個人數位助理 (PDA) 版之管理者即時監控及輔助決策應用系統 (如圖 7-6)，惟目前因受限於 PDA 效能，目前可使用之圖資仍須進一步研究處理。

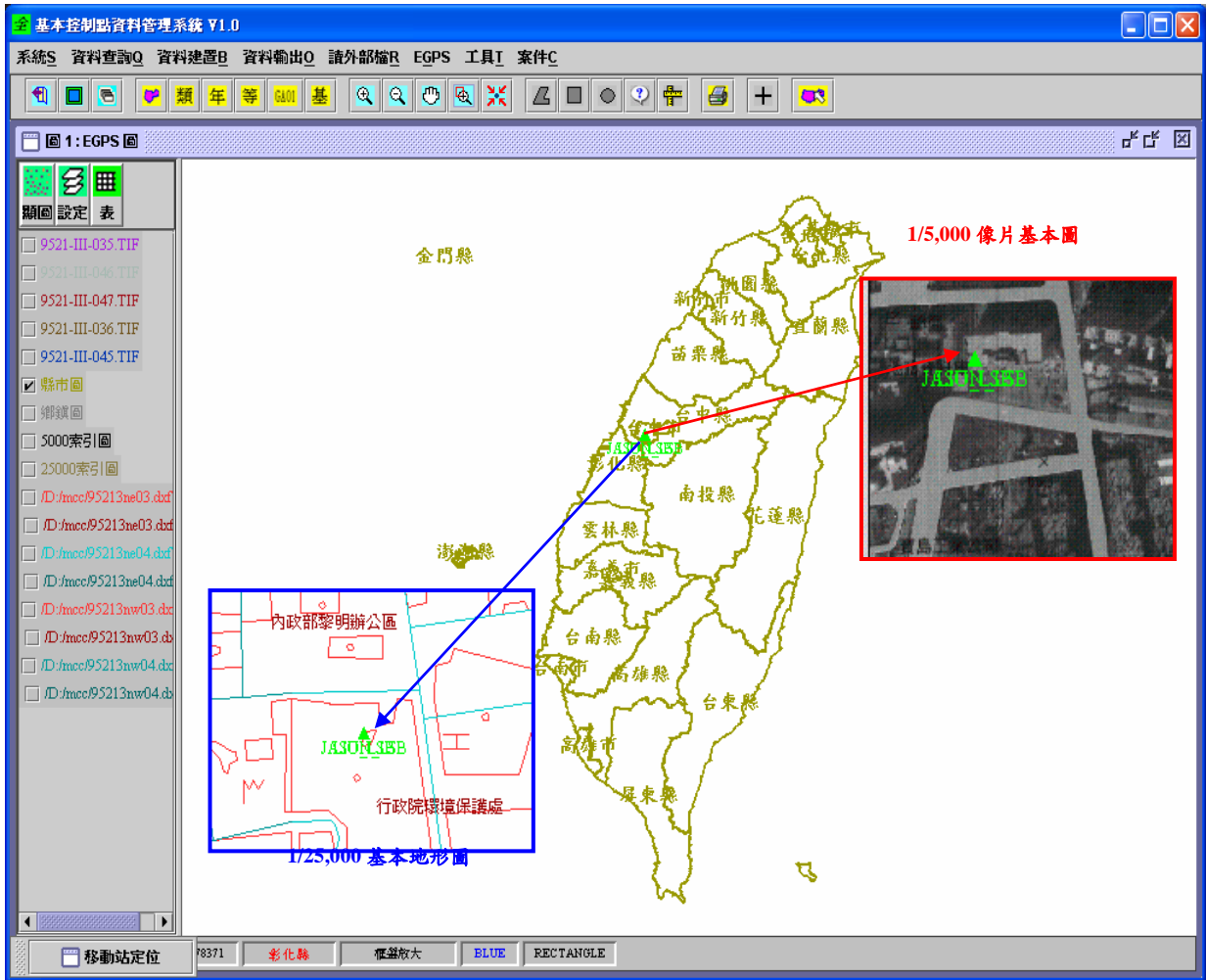


圖 7-5 本局自行開發之 PC 版使用者即時監控系統（開發者：邱明全）

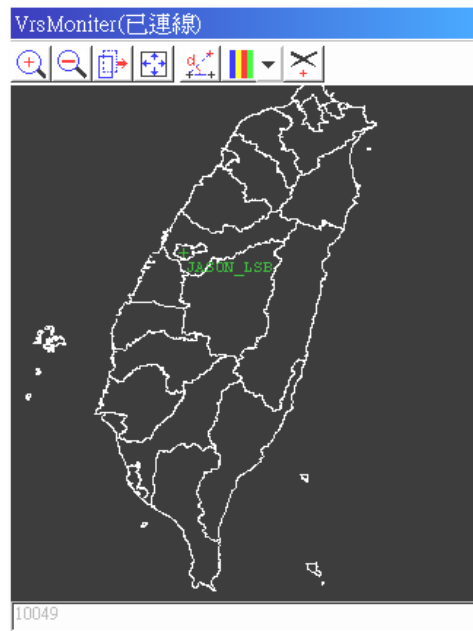


圖 7-6 本局自行開發之 PDA 版使用者即時監控系統（開發者：袁克中）

捌、VBS-RTK 野外作業遭遇問題及解決方案

一、無法連線至計算及控制中心時，應如何處理？

- (一) 檢查各項儀器設備電源供應是否正常。
- (二) 確認天線電纜線與接收儀線路及接頭是否穩固連結。
- (三) 檢查 GPS 衛星定位接收儀與數據傳訊設備之通訊協定(特別是 Baud-Rate)及 NMEA 位置資訊是否正常且持續輸出。
- (四) 檢查 PDA 或行動電話等通訊設備是否正常運作，如發現異常狀況，應再進一步確認通訊設備功能及該地區 GPRS 訊號強度是否正常。
- (五) 以上如各項均確認正常仍無法連線時，應與計算及控制中心機房連繫。此時可能是機房之網際網路斷線或定位系統軟硬體運作失常導致。

二、作業期間 VBS-RTK 一直無法解算至固定解 (Fix) 時，應如何處理？

- (一) 檢查衛星觀測資料是否正常接收(包括 L1 及 L2 載波相位觀測資料)，且接收衛星顆數是否在 5 顆以上。
- (二) 檢視點位四週環境是否有干擾 GPS 衛星訊號接收之事物，例如軍事及海岸巡防營區雷達站、行動電話基地台或其他大型無線電設施等。
- (三) 檢查 PDA 或行動電話 GPRS 訊號強度是否正常。
- (四) 以上如各項均確認正常仍無法連線時，應與計算及控制中心機房連繫。此時可能為計算及控制中心正在重置系統或是系統軟體對定位誤差之修正功能不足導致。

三、如果相同點位在不同時段所解算獲得的坐標成果相差很多時，應如何處理？

- (一) 最好最快的解決方法就是”再做一次”。
- (二) RTK 定位之核心技術係以 OTF (On-The-Fly)方法解算整數週波未定值，所以要獲得正確的定位成果，在理論上不僅整數週波

未定值要能快速且正確的求解，又因 RTK 自我檢核能力較為薄弱，錯誤不易檢核，故為確保定位成果精度品質，在實務作業上，建議進行圖根點等級以上實務測量工作，應採用固定式三腳架施測，且每個測點應在不同時段施測 2 次以上，俾利進行檢核，核提升定位成果之可靠度。

- (三) 野外觀測應詳實地記錄作業時的起始與結束時間、DOP 值、初始化時間、天線高、紀錄筆數、點位透空情形及有無異常狀況等，將有助於檢視定位成果之品質。

玖、綜合結論與建議

一、綜合結論：

- (一) 本局全國性 e-GPS 衛星定位基準站即時動態定位系統，採用 VBS-RTK 定位技術，使用者僅須單人攜帶移動站衛星定位接收儀及輕便的無線數據訊傳輸裝置如可無線上網 PDA 或 GSM/GPRS 手機，並在任何時刻、任何地點，只要可以同時接收 5 顆以上之 GPS 衛星訊號，透過 GSM/GPRS 無線數據傳輸技術，即獲得公分級精度即時動態定位成果，提供多目標定位服務及加值應用。
- (二) 截至 94 年度止，本局已完成臺灣本島地區 e-GPS 衛星定位基準網建置工作，並以縣市為單位，將臺灣全省劃分為 7 個區域性定位服務網。本作業計畫係在 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 定位技術及網路化 DGPS 差分定位技術進行 4 項測試工作，其相關定位成果之統計分析數據及獲得之初步結論如下：

1.VBS-RTK 靜態定位內插測試部分：

- (1) 所須初始化時間小於 1 分鐘。
- (2) 平均解算成功率可高達 98.38 %。
- (3) 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。
- (4) 內可靠度分析：
- 1 倍 σ 以下： (N)75.00 % ； (E)73.98 % ； (h)73.68 %
- 2 倍 σ 以下： (N)95.33 % ； (E)95.14 % ； (h)95.39 %
- 3 倍 σ 以下： (N)99.00 % ； (E)99.11 % ； (h)99.07 %
- (5) 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，俾提高定位成果之可靠度。
- (6) 各分區定位服務網系中基準站的增加或減少，會造成區域改正參數在短期間內發生變化，特別是距離移動站最近之

主基準站資料發生異常狀況時，將會造成 VBS-RTK 在該時間段內無法獲得固定解。

- (7) 依據所得之測試數據發現衛星幾何分布（以 DOP 值表示）、每日時間區段及天候氣象狀況與 VBS-RTK 定位精度並無絕對關性，至電離層及對流層修正指數對於 VBS-RTK 定位精度之影響層面，因目前可供研判資訊不足，尚待進一步獲得可靠數據後，加以評估。

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；但距離主基準站 64 公里時，其平面平均精度已劣化為 18 公分，高程平均精度則已超過 44 公分。

3.VBS-RTK 野外動態定位測試部分：

- (1) 依據本次測試作業於臺灣中、北部及東部地區檢測 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，其各平面坐標分向之偏差量均已高達 10 公分以上。
- (2) 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。

4.網路化 DGPS 差分定位測試部分：

針對本次測試作業進行 36 個整天之網路化 DGPS 差分定

位解算之統計分析結果，其平均定位精度在 N 方向為 11.54 公分，在 E 方向為 10.49 公分，高程方向為 27.18 公分，已證明其定位精度及可靠度，優於採單主站廣播差分修正量之傳統 DGPS 定位模式，應可有效擴大其應用領域。

(三)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。

(四)e-GPS 即時動態定位系統因具有高精度之即時動態定位特性，配合定位資訊即時轉置功能，可輔助不同應用領域如即時監控、車輛派遣、資源調查、民生旅遊及輔助決策等多目標加值使用。

二、綜合建議：

(一)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。

(二)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。

(三)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 e-GPS 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。

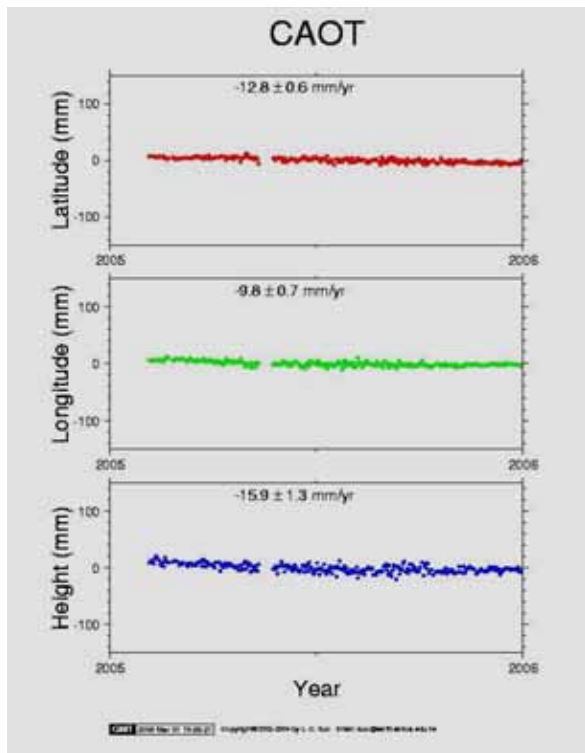
- (四) 臺灣因位處歐亞大陸板塊及菲律賓海板塊之劇烈碰撞地帶，其引發之地殼活動將造成本系統各分區定位服務網之各基準站精確坐標，必須定期修正及維護，建議將本定位系統建置之基準站一併納入國家坐標系統予以妥善管理維護，並依據其長期且連續蒐集衛星觀測資料之特性，據以訂定國家測繪基準及建立精確速度場資訊，以達到維持 e-GPS 即時動態定位系統正常營運及定位成果法制化等目標。

拾、參考文獻

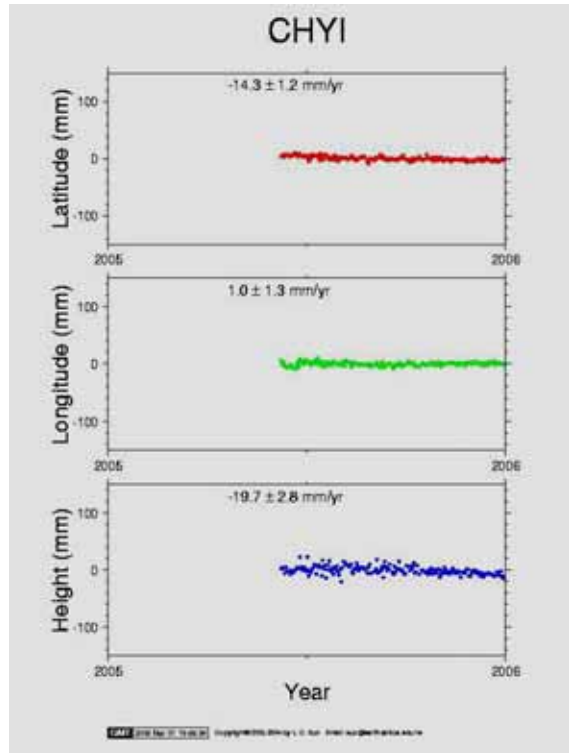
- 一、成都加訊科技網頁。
- 二、曾清涼，2002，虛擬衛星即時動態擴增系統 e-GPS 研究，國立成功大學 90 年度休假研究報告。
- 三、內政部土地測量局，2003.12，台灣 e-GPSS 電子基準站規劃設計及測試分析期中報告，台中；執行單位：財團法人成大研究發展基金會，計畫主持人：曾清涼教授。
- 四、內政部土地測量局，2004.4，台灣 e-GPS 電子基準站規劃設計及測試分析期末報告，台中；執行單位：財團法人成大研究發展基金會，計畫主持人：曾清涼教授。

附 錄

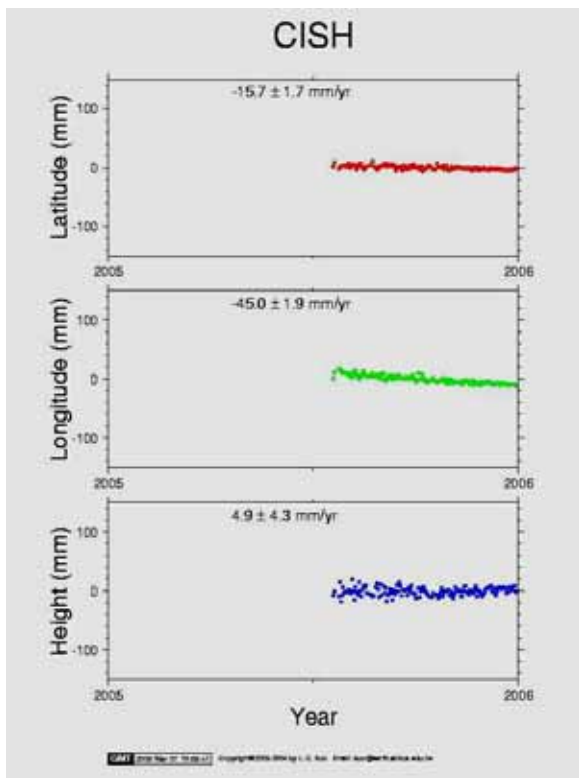
南投草屯站



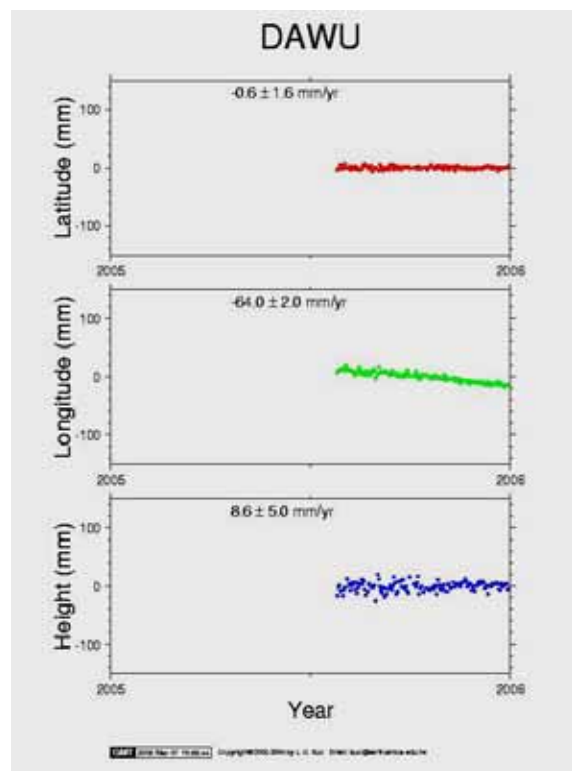
嘉義東石站



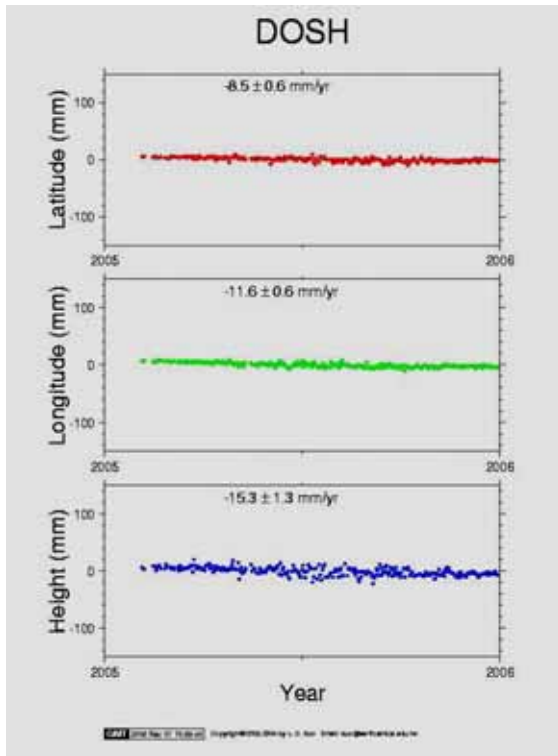
高雄旗山站



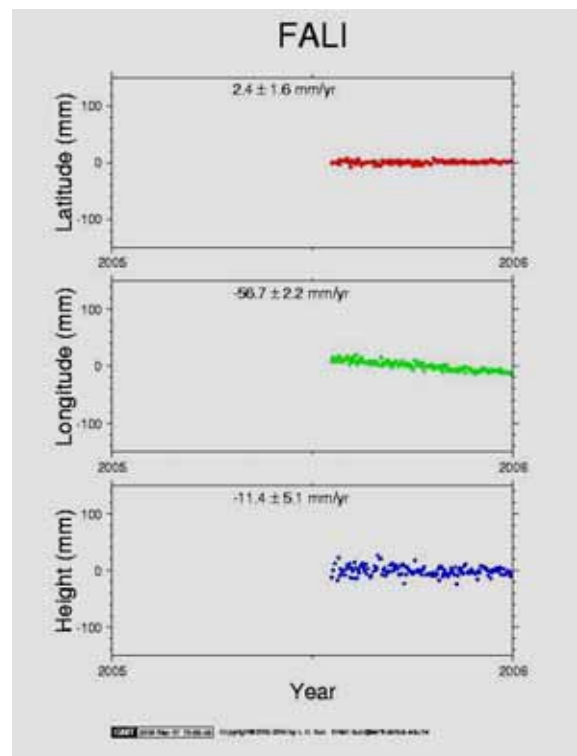
台東大武站



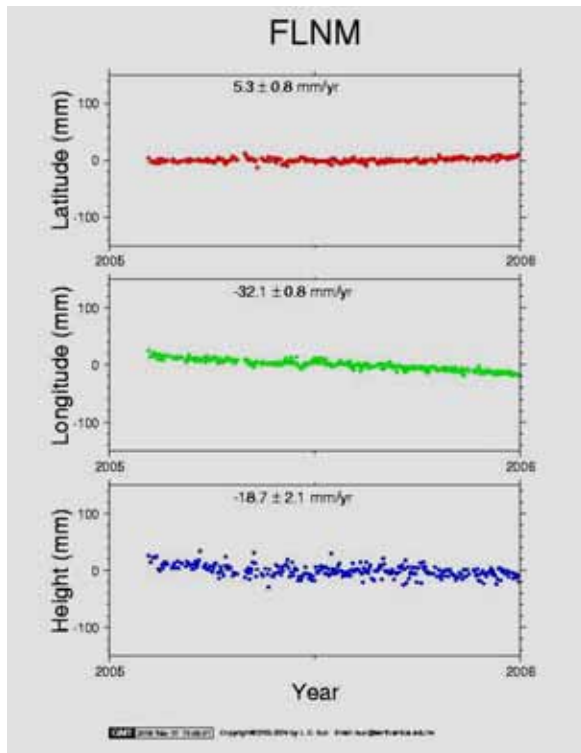
台中東勢站



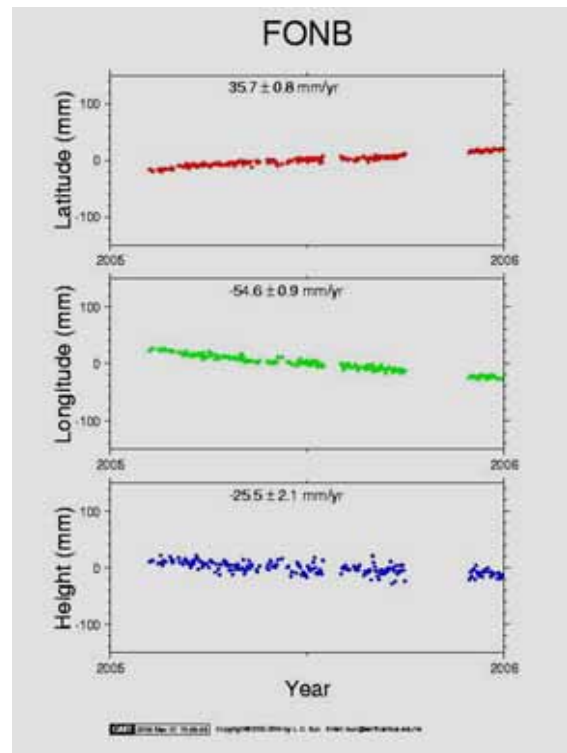
屏東枋寮站



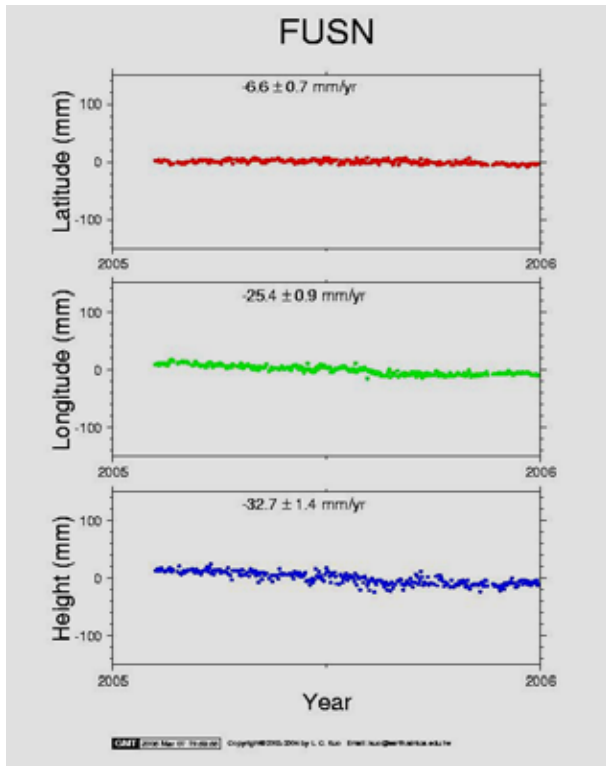
花蓮鳳林站



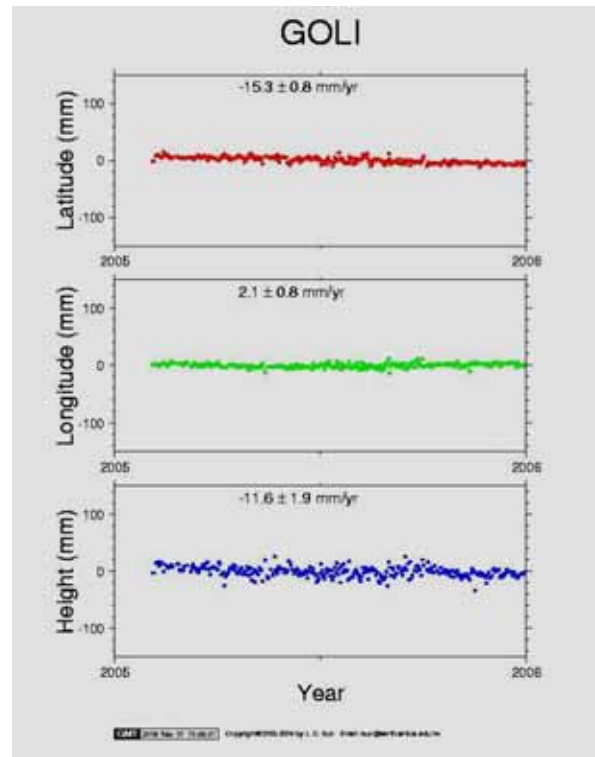
花蓮豐濱站



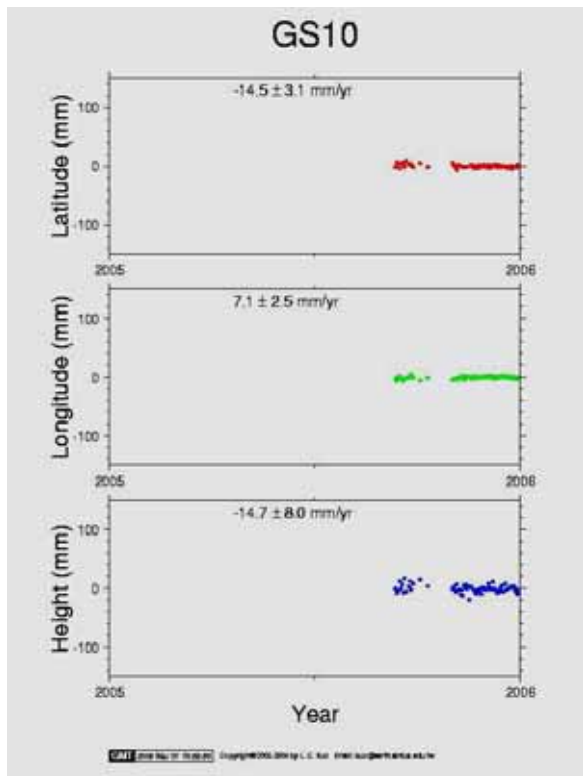
桃園復興站



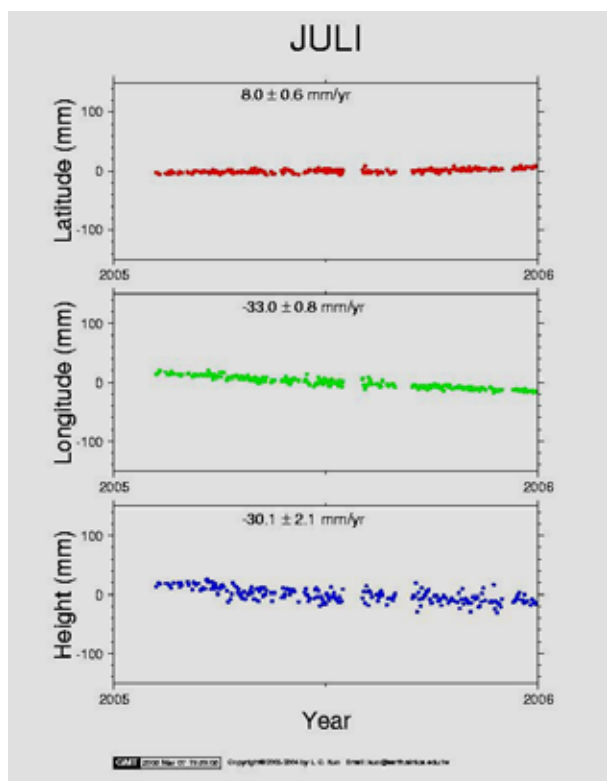
台北貢寮站



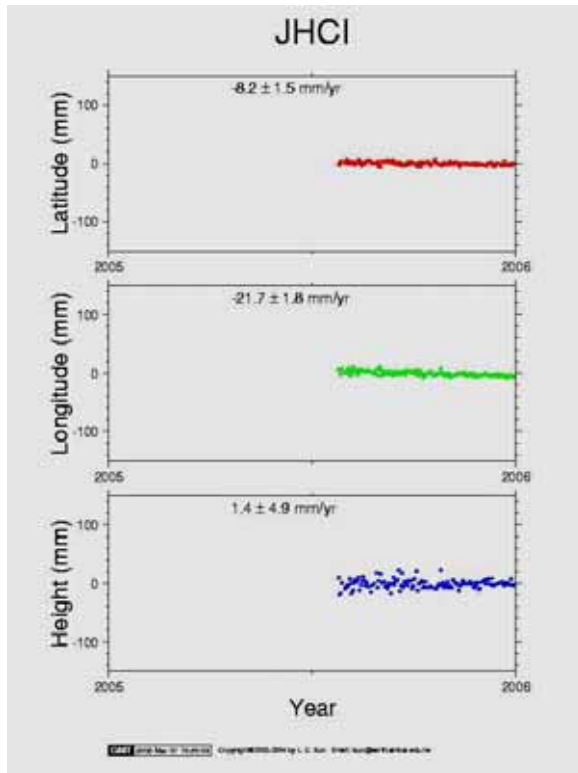
台北淡水站



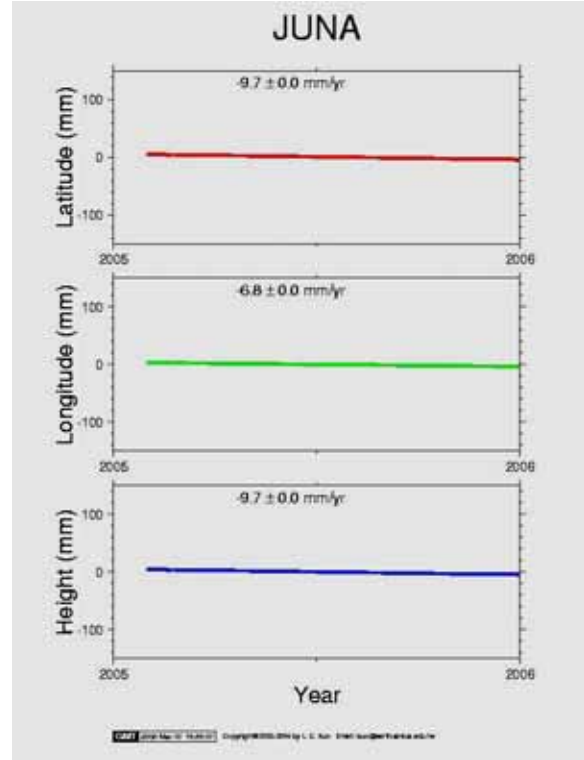
花蓮玉里站



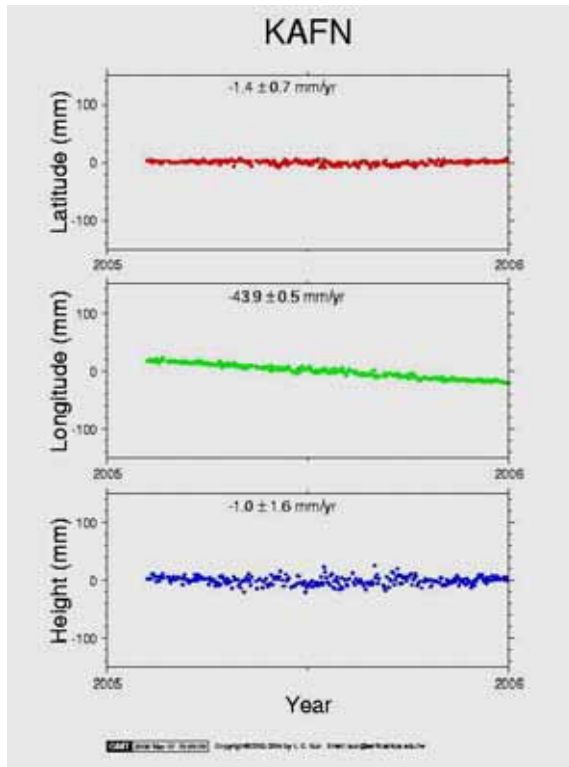
嘉義竹崎站



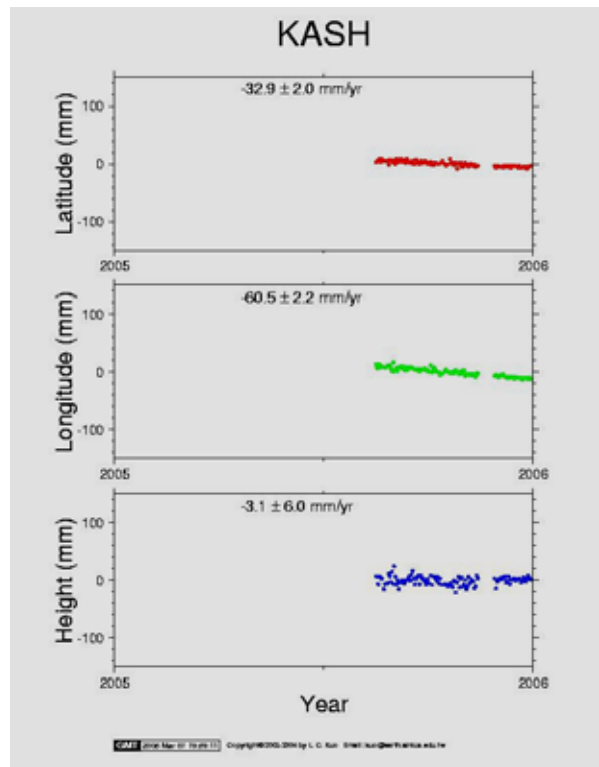
苗栗竹南站



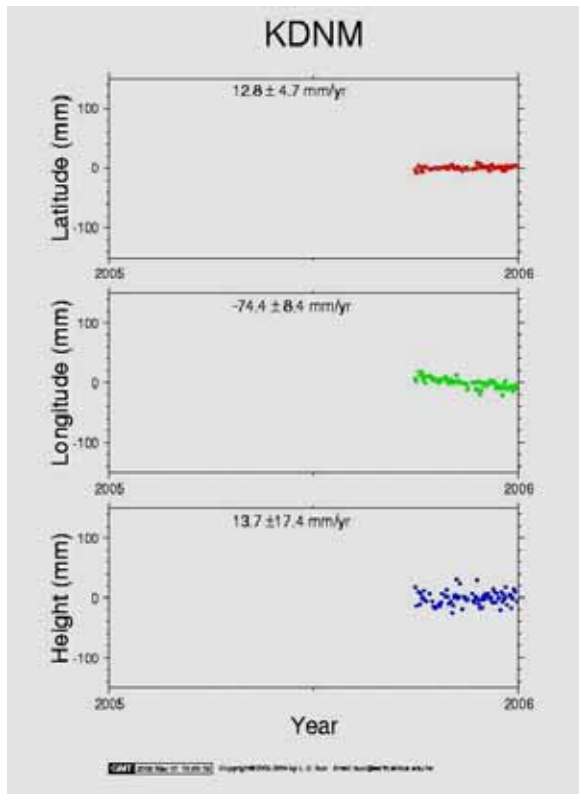
南投高峰站



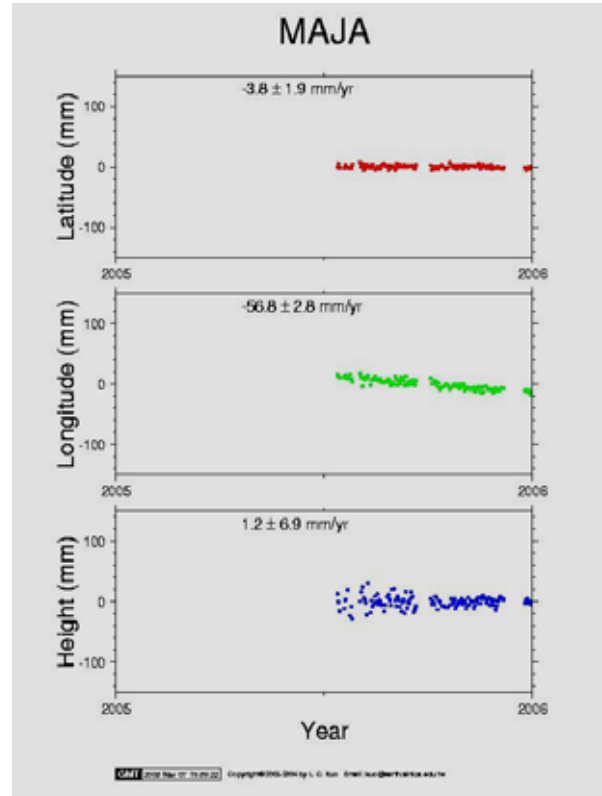
高雄港站



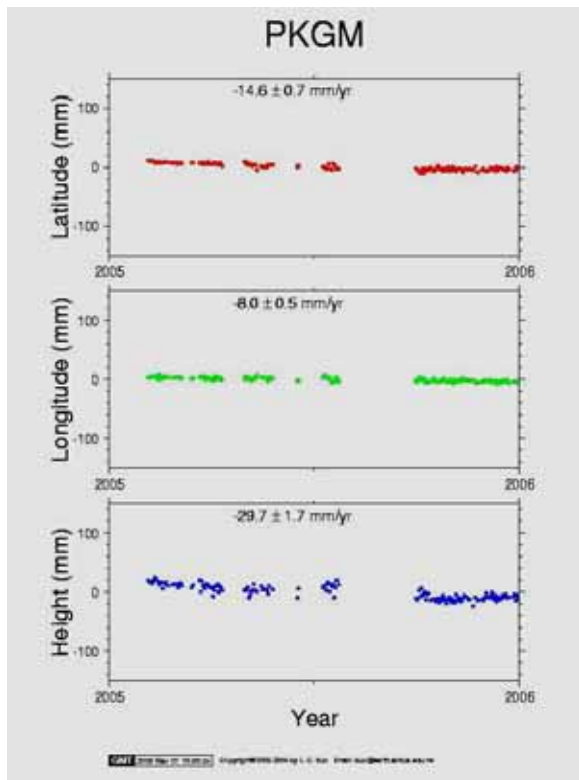
屏東墾丁站



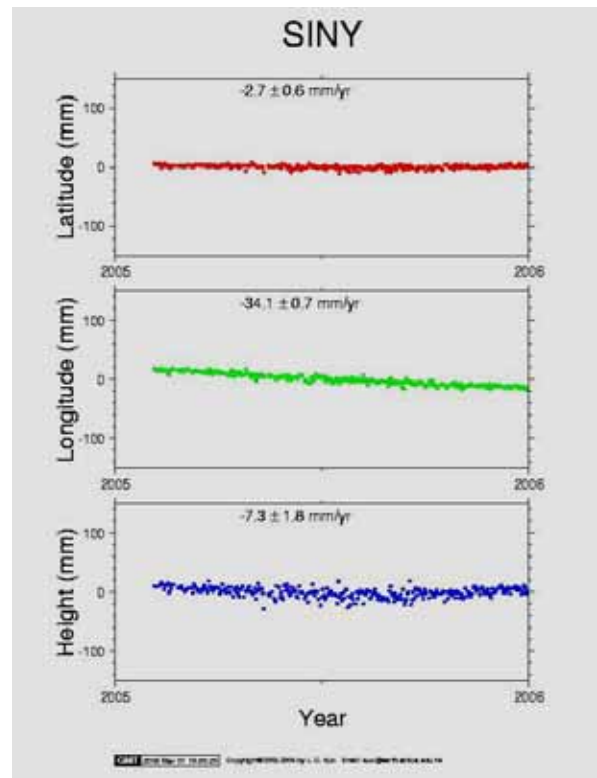
屏東瑪家站



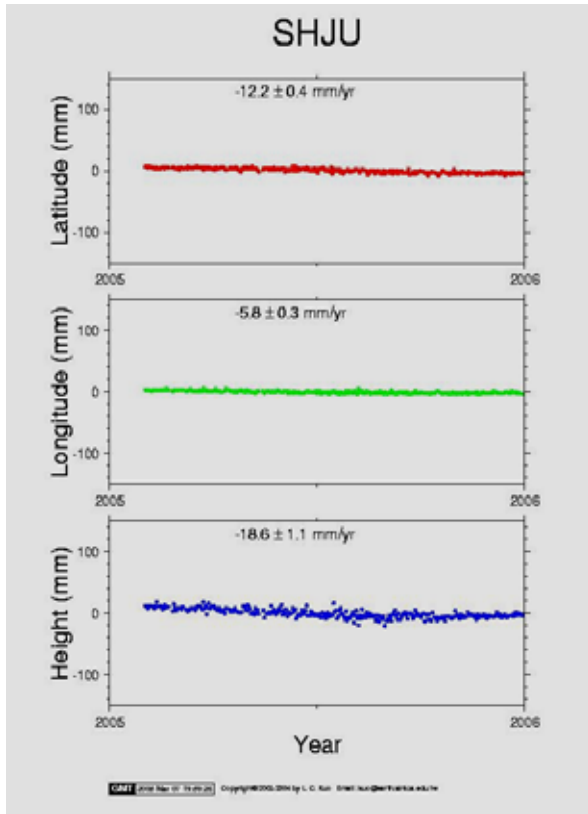
雲林北港站



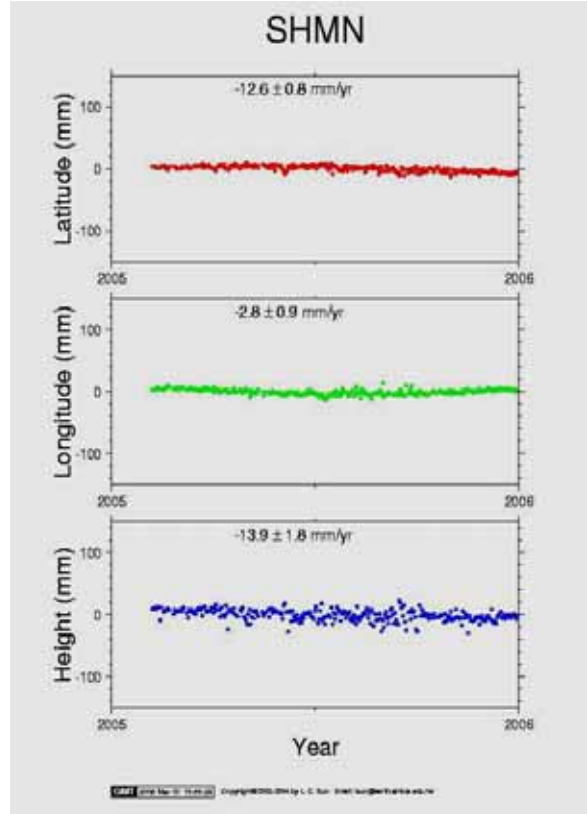
南投信義站



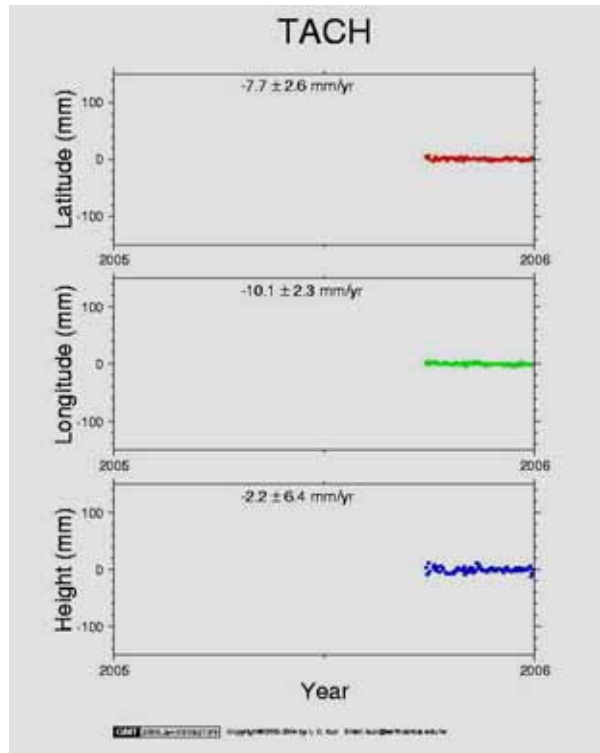
新竹南寮站



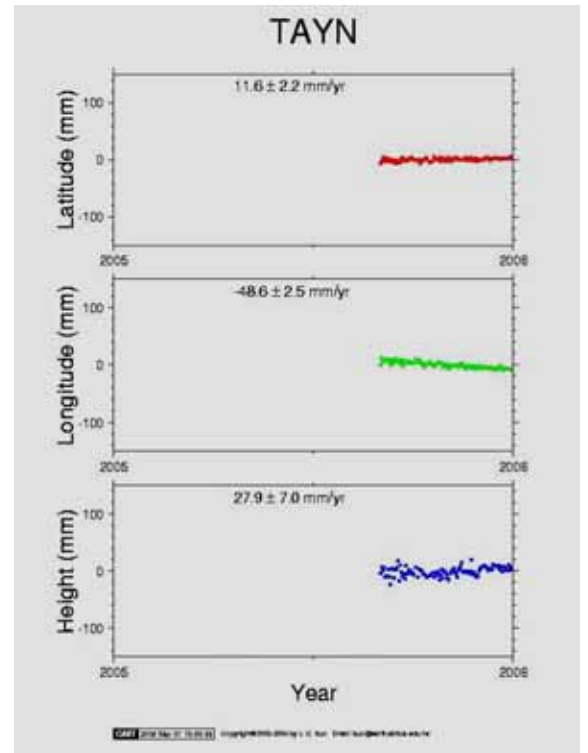
台北石門站



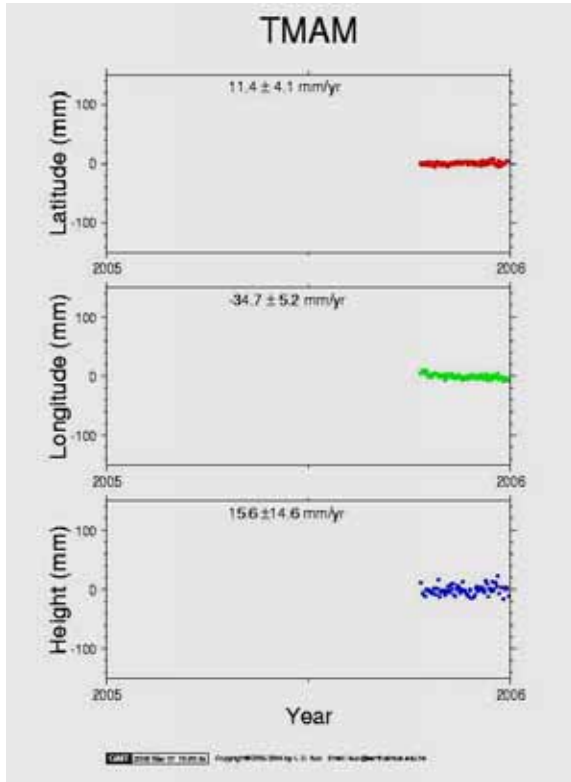
台中港站 (94年9月30日遷站)



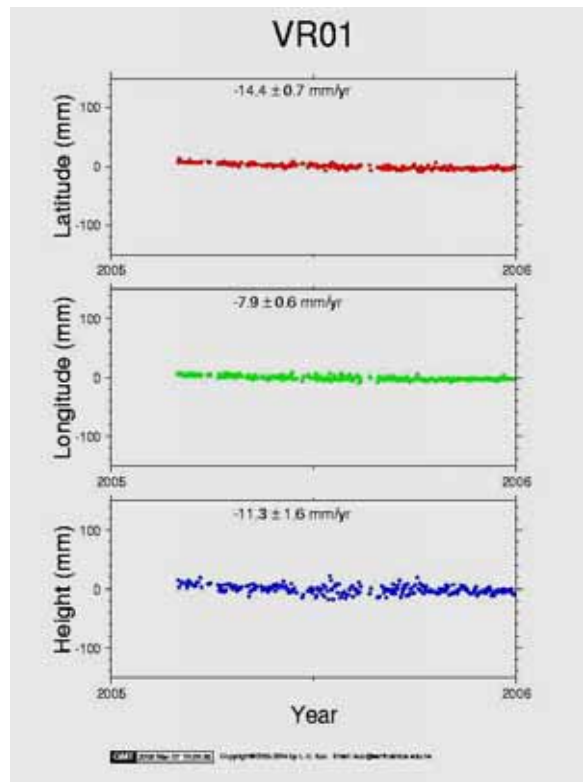
高雄桃源站



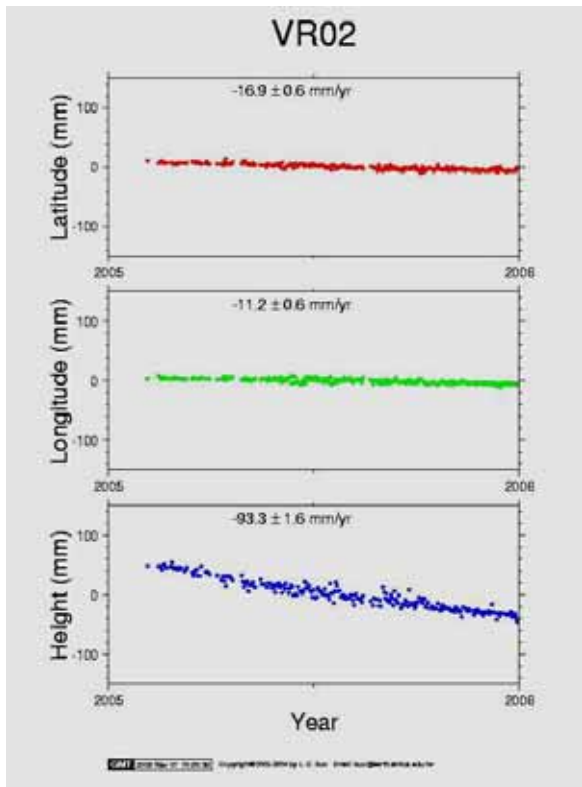
台東太麻里站



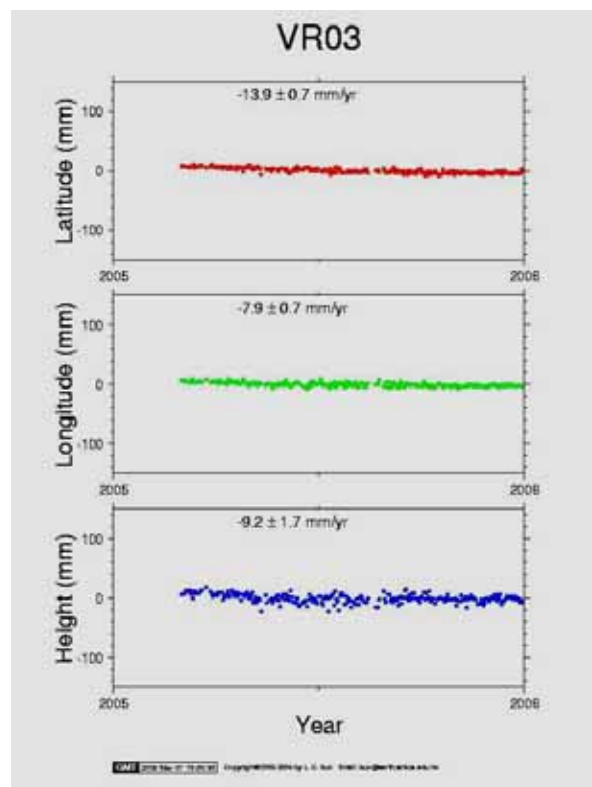
彰化和美站



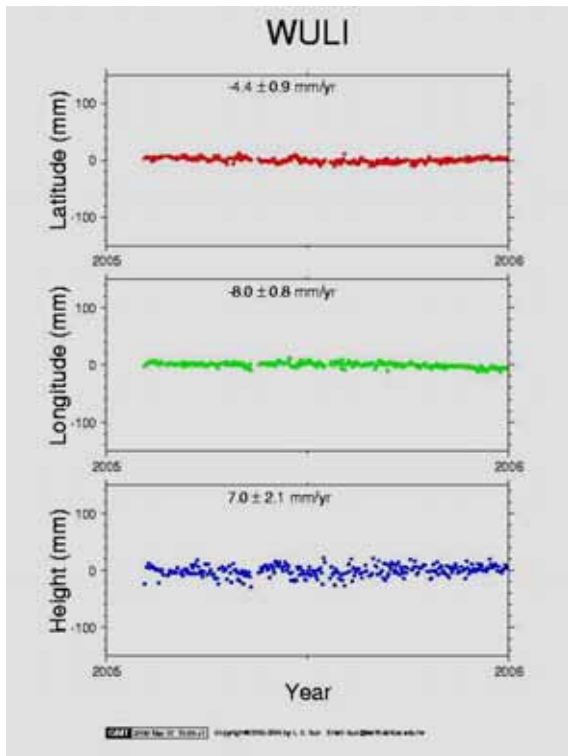
彰化二林站



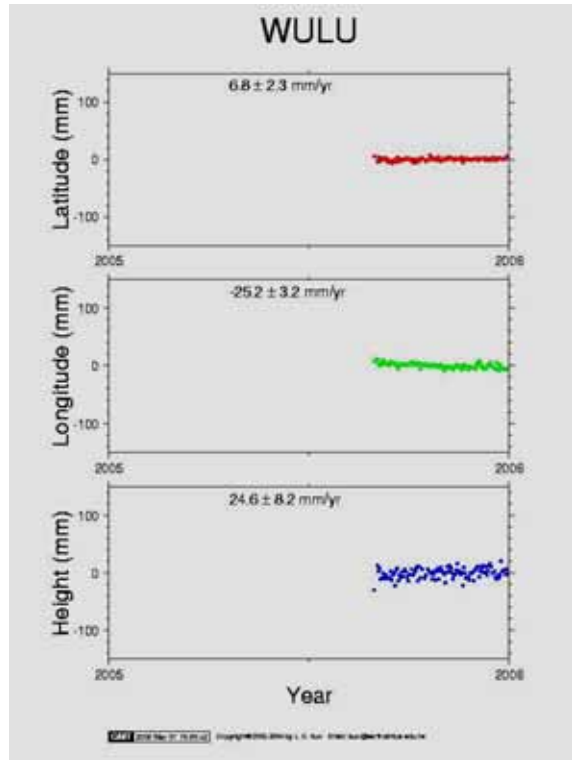
彰化田中站



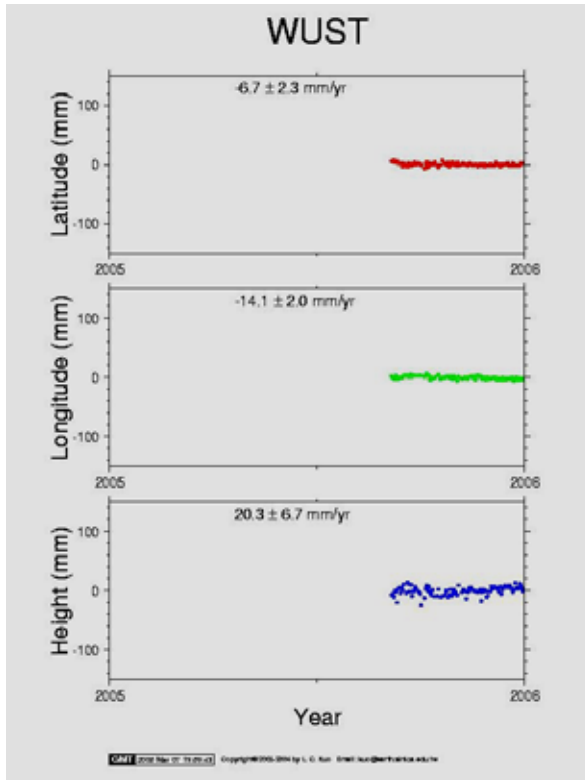
台中武陵站



台東霧鹿站



台南烏山頭站



宜蘭市站

