

# 評估 GPS 衛星測量接收儀定位準確度方法之研究

## A study on the evaluating method of the GPS receivers' positioning accuracy

計畫編號：NSC 89-2211-E-009-083

執行期限：89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

主持人：陳春盛 國立交通大學土木工程學系

### 一、中文摘要

全球定位系統 ( Global Position System ) 定位技術快速方便且精度不斷提昇, 近十年來已廣泛地應用於各種不同的領域中, 然而接收儀準確度是否符合原規格標準, 以及隨著使用時間和頻率增加, 其準確度是否仍在要求的觀測精度範圍之內, 這些問題則需要有一個有效且高精度之 GPS 衛星測量接收儀精度檢校方法。在國外目前只有 Allen Osborne Associates Inc.(簡稱 AOA)曾於西元 1999 進行過此項研究, 他們是以中距離基線檢定場施測 GPS 測量來進行研究分析, 並訂定出一套完整的檢校制度; 在國內目前則尚未進行過此項研究。本研究擬應用一個超短距離和一個中距離基線檢定場來進行 GPS 衛星測量接收儀之觀測分析, 以比較各常用廠牌接收儀之定位精度, 以及評估本研究所使用方法之適用性。

關鍵詞：全球定位系統

### Abstract

In the recent ten years, GPS surveying is applied intensively in many fields for its high precision and convenience. However, the accuracy of the GPS receiver is as good as announced by the instrument manual, and the accuracy of the observation data is satisfied with the specifications after the receivers are applied for years are deserved to investigate and required. A evaluating method is

executed by Allen Osborne Associates Inc. (AOA) in 1999. In the method, GPS surveying is executed in a middle baseline field, and the GPS data is analysis. At last, a checking system is set up. In this project, GPS surveying is executed respectively in a super short baseline field and a middle baseline field. The precision of the different trademark receivers are estimated.

**Keywords:** Global Position System

### 二、緣由與目的

全球定位系統 ( Global Positioning System, GPS ) 在近十年來於世界各地廣泛地使用著, 由於 GPS 的作業快速、方便且高精度。因此, GPS 已普遍應用在地體動力學、板塊運動、極運動、地殼變形、斷層等方面之偵測, 且更普遍地使用在大地測量與平面測量上, 如國家級三角點之建立, 控制點之測設、地區控制點之監測等; 同時其應用已涵蓋測量與製圖、陸海空之導航、科學研究、太空作業、軍事途、休閒娛樂或其他特殊用途如精確定時、探勘等。

然而 GPS 衛星測量接收儀其準確度是否符合原規格規範標準以及隨著使用時間和頻率增加, 其準確度是否依舊符合要求的精度範圍之內, 此項問題有待於一 GPS 衛星測量接收儀精度功能檢校制度之建立。本研究目的即在研究一套有效且高精度的 GPS 衛星測量接收儀定位精度檢校方法, 其相關研究項目如下: 1. 評估各常用

廠牌接收儀之定位精度。2. 檢驗在超短基線以及中距離基線觀測時(超過 100km 以上),各接收儀是否符合原規格規範標準。3.分析 GPS 衛星測量接收儀觀測時間長短對於超短基線與中距離基線檢校評估方法之適用性。4.分析與較學術性之研究軟體 Bernese4.2 版與商用性之套裝軟體 GPSurvey2.35 版,兩者間對於本研究之差異性與對於本研究檢測方法之適用性。

### 三、理論基礎與實驗方法

本研究主要使用的測量儀器主要有兩種,其一為 GPS 衛星測量接收儀,其二為 EDM 電子測距系統。因此所運用到的理論基礎有 GPS 相對定位理論、EDM 測距理論以及閉合差理論。

為了要探討各種不同 GPS 接收儀器之準確度與觀測時段對檢測方法之適用性,吾人在國立交通大學工程二館樓頂之超短基線場進行試驗,總共測試了 LEICA RS53Q TRIMBLE 4000SSE 以及 NOVATEL 502 三種廠牌儀器,所採用的儀器皆為雙頻機種,以利於進行本研究後續所需之內業資料處理。實驗外業部分於 2001 年 4 月 27 日至 5 月 16 日間試驗完成,總共進行了 3 次測試,每次進行 24 小時的同步 GPS 靜態測量,然而受限於儀器本身記憶容量與外接電源供給問題,所觀測得資料量吾人將其分割成 4 小時與 8 小時的時段來做解算分析;而在內業資料處理方面,使用了 Bernese 4.2 版學術性研究軟體以及 GPSurvey 2.35 版商用軟體進行解算。

此外,本研究所採用的精度分析指標有別於以往大多採用的基線重現性(Repeatability)或標準偏差來評估 GPS 靜態測量之內部精度;本文以 TOPCON GTS-512 精密測距系統所測得之斜距當作參考值,用以評估超短基線 GPS 資料解算成果的外部精度,以及使用閉合差理論來檢測中距離基線網 GPS 資料解算成果之外部精度。

本研究超短基線測試的標準件為 TOPCON GTS-512 精密測距儀,其本身測距技術規範為 $\pm(2\text{mm}+2\text{ppm})$ ,此精度優於 GPS 衛星測量接收儀(內政部一等衛星測量規範為 $5\text{mm}+5\text{ppm}$ );因此,可將 TOPCON GTS-512 所測得的基線視為參考值,用以評估 GPS 衛星測量接收儀的外部精度;同時超短距離基線場可以用來檢測 GPS 衛星測量接收儀準確度之固定誤差。此外,為儘可能的降低定心誤差以及量測天線高的人為誤差,本研究的試驗採用工業技術研究院量測技術發展中心所設計之強制定心樁設置於新竹國立交通大學工程二館樓頂的超短距離基線場;此試驗場採用固定式鋼架樁,並裝置強制定心基座,以減少每次觀測的定心誤差,並增加儀器的穩定度。

### 四、實驗結果

超短基線場兩基點間之距離為 TOPCON GTS-512 全測站電子測距儀測距所求得之平均值-此儀器之加常數【國家度量衡標準實驗室,2001】= $1.4354-0.0009=1.4345(\text{m})$ ,吾人以 TOPCON GTS-512 所測得之參考值來評斷 GPS 資料的解算成果,亦即採用所謂的器差(TOPCON GTS-512 所測得之斜距減去 GPS 靜態測量之斜距)來作為本研究的精度分析指標。

在超短距離基線測試方面,吾人選定三種不同接收儀;每種型式各兩台。接著分別進行 GPS 靜態測量,在測量後吾人採用 TOPCON GTS-512 精密測距儀來測得此基線斜距,將其視為標準件。然後將三種儀器所收下的觀測資料分別分割成 8 小時與 4 小時的時段,接著利用 Bernese4.2 軟體來求解兩基點(WEST&EAST)間的基線長。將各種儀器所解算得的成果與標準件比對,可求得各儀器測試的器差,此即代表各種接收儀在本研究環境狀態及評估方法下準確度之固定誤差大小。進而利用此結果可以比較該種儀器原廠規格準確度的固定誤差部份;觀查儀器是否在要求的範

圖內。同樣地，將接收儀所分割的相同時段資料，利用商用 GPSurvey2.35 軟體來進行資料解算，仿照上述 Bernese 軟體一樣解算出成果。在資料處理所得的結果方面，可以發現在觀測資料 8 小時與 4 小時對於超短距離基線所求得的成果差異不大。同時在資料處理的軟體方面，所呈現的差異亦不大。此外，在成果中可以發現所檢測的 GPS 接收儀器之器差皆小於 5mm；即代表各接收儀器準確度之固定誤差皆符合原廠規格規範所定的標準。

在中距離基線網檢測方面，由於受限於精密電子測距儀只能測到十幾公里的距離，因此無法求得上百公里之基線標準值。因此，吾人採用其中全新的 LEICA RS530(土地測量局於西元 2001 年剛購置)接收儀當作標準件；其準確度  $3\text{mm}+0.5\text{ppm}$  優於其他兩款接收儀的  $5\text{mm}+1\text{ppm}$  準確度。同時在觀測時間方面乃採用國外 Allen Osborne Associates Inc.(簡稱 AOA)在作檢校測試所用的時間(24 小時)為標準。本研究之中距離基線是採用內政部衛星追蹤站的點位(馬祖 mzum)當作固定站，固定其座標(X、Y、Z 座標均約制在 0.0001m 內)，來解算至新竹交通大學超短基線場之 WEST 點位與之間的基線距離。

為了確保本研究所假定標準件的準確性與可靠度，吾人先利用內政部衛星追蹤站三個的點位(馬祖 mzum、陽明山 ymsm、北港 pkgm)資料來進行三角基線網的解算；方法為先固定馬祖座標來解算北港的座標與基線；接著固定馬祖座標來解算陽明山的座標與基線；最後固定陽明山的座標來解算北港的座標與基線。進而將所解算得的座標值利用閉合差理論來計算；原則上三個站之各兩站 X 座標差的總合應為 0；Y 座標差的總合應為 0 以及 Z 座標差的總合也應為 0；即  $X=0$ 、 $Y=0$ 、 $Z=0$ 。然而運用在實際的 GPS 定位測量上並非如此，其中 X、Y、Z 不一定都為 0，此時將其平方相加再開根號即可得一閉合差值。當閉合差值越大表示接收儀定位的準確度越差。而此試驗所解算出的成果其閉合差為

$0.0168\text{m}=16.8\text{mm}$ ；根據此結果證明利用此方法套用在本研究之中距離基線網可行。

因此，吾人將內政部衛星追蹤站三角網中的北港站置換成新竹交通大學超短基線場中的 WEST 點位進行 LEICA RS530 接收儀 24 小時資料的解算(視為檢測一)；同樣地依次進行 8 小時(視為檢測二)與 4 小時(視為檢測三)的資料解算處理。在成果中可發現到 8 小時資料與 24 小時資料的閉合差值為 21mm，顯示以 8 小時的觀測資料來進行中距離基線網的解算是可行的，然而以 4 小時的觀測資料顯示；其與 24 小時觀測資料閉合差值為 373mm，很顯然已超過檢測接收儀準確度的比例誤差，故 4 小時的觀測資料在本研究檢校方法上是不足以用來做為評估時段的。

在中距離基線場的分析中可知，在進行評估 GPS 衛星測量接收儀定位準確度方法之研究時，在作接收儀器準確度之比例誤差檢測時所需基本的觀測時段至少應有 8 小時，原則上是建議採用 24 小時連續觀測的資料。同時在進行資料處理的軟體上，必需使用學術性的研究軟體。

## 五、結論與建議

- (1) 本研究所採用的超短距離基線場可以用來檢測 GPS 衛星測量接收儀準確度之固定誤差。
- (2) 而使用中距離基線網可以用來檢測 GPS 衛星測量接收儀準確度之比例誤差。
- (3) 在檢測各種儀器準確度固定誤差方面，所須觀測時間的長短對於檢測的成果並無影響；原則上建議使用 4 小時以上的觀測資料來進行解算。
- (4) 然而在檢測各種儀器準確度比例誤差方面，所須觀測時間的長短對於檢測的

成果即有決定性的變化，本研究經測試結果發現所須的觀測時間至少要在 8 小時以上；原則上建議使用 24 小時的觀測資料來進行解算，這也是國外 Allen Osborne Associates Inc.(簡稱 AOA)測試所採用的時段。

- (5) 同時利用閉合差理論來檢測整個中距離基線網的觀測成果，更能確保所解算結果品質的準確性與可靠度。
- (6) 本研究的數據顯示，以研究軟體 Bernese4.2 解算之成果較商用軟體 GPSurvey2.35 為佳；其差異反映在中距離基線的影響量上，一般來說，在進行評估 GPS 衛星測量定位準確度的方法上，必須採用學術性的研究軟體來進行資料處理。
- (7) 研究軟體求解的穩定度甚高，是一般商用軟體所不能及的。在本研究的測試中，GPSurvey 軟體在處理中距離基線網方面，對於本研究之檢測方法已不能適用；而 Bernese 軟體就顯得對各種廠牌儀器之觀測量有相當穩定之表現。
- (8) 整體而言，本研究之評估方法對於進行 GPS 衛星測量接收儀定位準確度分析是可行且實用的。
- (9) 因為受限於儀器借用的緣故，本研究之中距離基線場的標準件是採用 LEICA RS530 (原廠準確度為 3mm+0.5ppm) 連續觀測 24 小時資料所解算的成果；將來可以改用較精密的 GPS 衛星測量接收儀 (如固定站常用的 TurboRogue 機型(原廠準確度為 2mm+0.002ppm)，並配合 Choke Ring 天線盤) 當作標準件。但這些當作標準件的 GPS 接收儀仍必需定期送往國外相關之研究單位 (如 NASA、FGCC) 進行『追溯』的動作，以確保其作為『標準』之依據。

(10) 若將來改用較精密的衛星測量接收儀當作標準件，則可進一步以三維坐標分別評估 GPS 解算成果水平及垂直方向之外部精度。

(11) 此外，在接收儀定位準確度檢校方法方面；零基線 (即一天線盤之接收訊號同時分給不同台接收儀器) 的檢測項目也可以進一步去研究與探討。

## 六、參考文獻

- [1] 國家度量衡標準實驗室, 2001. 全測站電子測距儀校正報告, 編號: B900522.
- [2] 葉大綱, 1999. 以中距離基線場做 GPS 定位精度之研究, 國立交通大學土木工程研究所碩士論文.
- [3] 李瓊武、陳清標、彭國勝, 1995. “建立電子測距校正系統之研究”, 第 14 屆測量學術及應用研討會論文集, 667-676.
- [4] 李瓊武, 1995. 國家標準基線之建立及應用, 地籍測量, 第十四卷, 第二期, 第 21-29 頁.
- [5] Angus-Leppan, P. V., F. K. Brunner, 1980. Atmospheric temperature models for short range EDM, The Canadian Surveyor, 34(2), pp.153-165.
- [6] Rothacher, M., T. A. Springer, S. Schaer, G. Beutler, 1997. Processing Strategies for Regional GPS Network, Paper presented at the IAG General Assembly, Rio Brazil, Sep. 3-9.
- [7] Leick, A., 1995. GPS Satellite Surveying, 2<sup>nd</sup> Edition, John Wiley & Sons Inc.
- [8] Rothacher, M., L. Mervart, G. Beutler, E. Brockmann, S. Fankhauser, W. Gurtner, J. Johnson, S. Schaer, T. Springer, R. Weber, 1996. The Bernese GPS Software Version 4.0, Astronomical Institute, University of Berne.
- [9] Rocken, C., J. Johnson, J. Braun, C. Martens, and S. Perry, UNAVCO Facility GPS Receiver Tests, at <http://www.unavco.ucar.edu>, 1994.
- [10] Saastamoinen J., 1973. Contribution to the Theory of Atmospheric Refraction, Bulletin Geodesique, 107, pp.13-34.