

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

## 應用零基線原理檢驗 GPS 接收儀之內部雜訊

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2211-E-009-055-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學土木工程學系

計畫主持人：陳春盛

計畫參與人員：劉美利、支秉榮

報告類型：精簡報告

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 8 月 15 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫  成果報告  期中進度報告

中進度  
報告

### 應用零基線原理檢驗 GPS 接收儀之內部雜訊

計畫類別： 個別型計畫  整合型計畫

計畫編號：NSC 91-2211-E-009-055-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

計畫主持人：陳春盛

共同主持人：

計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告  完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年  二年後可公開

查詢

執行單位：國立交通大學土木工程學系

中 華 民 國 92 年 08 月 15 日

#### 摘 要

在本研究中，依照 TEQC 所檢測的品質成果而言，建議檢測時間應取 4 小時以上，取樣間隔設定為 5 秒者最佳，而以 Bernese 4.2 版軟體所解算基線成果驗證，發現可達到基線長 1mm 以內的極優成果。而就學術用研究軟體 Bernese 4.2 版軟體與 GPSurvey 2.35 版商用軟體之比較結果來看，Bernese 4.2 版學術用研究軟體呈現了與資料品質檢測相同的成果，由此可知 Bernese 4.2 版學術用研究軟體的解算精度較高。而針對一般使用者檢驗接收儀的做法，使用商用軟體解算，接收時間 30 分鐘的成果已可接受。

關鍵詞：零基線、周波脫落值偵測

#### Abstract

In this research, the results' quality is checked with TEQC. The suggestion test time is more than 4 houses, and the sampling time interval is 5 second. The test precision of a baseline is within 1mm using Bernese 4.2 version software to calculate. Comparison with GPSurvey 2.35 version software, Bernese 4.2 version is more stable and more accurate. In general, 30 minutes are the enough time to receive data using GPSurvey 2.35 version software to execute the data processing.

Keywords: Zero-Baseline, o/slps

#### 一、前言

在 GPS 衛星測量接收儀定位精度檢驗中，零基線測試是 GPS 衛星測量檢定中相當重要的一環，也是用以檢定接收儀內部雜訊的主要方法之一。UNAVCO 在 1995 年的報告中指出，經由零基線測試發現混合 Trimble 4000SST 和 Trimble 4000SSE 的觀測，由於儀器內部分析處理訊號的差異，造成高程誤差值達 4 公分【Braun, J. et al, 1995】。在 1996 年的年度報告中指出，連續接收 5 天的資料，每天接收 20 小時，運用 Bernese 軟體解算，其載波相位解優於 1mm，虛擬距離解優於 190mm【Rocken, C. et al, 1996.】。中國大陸亦將零基線測試納入「全球定位系統 GPS 測量型接收儀檢定規程」：用零基線測試比對時，對於 1.5 小時觀測值、基線長度應在 1mm 以內【國家測繪局，1995】。

本研究擬以零基線來檢驗接收儀內部雜訊主要原因乃是因為：在台灣方面，檢定接收儀內部雜訊還是以超短基線方法為主【陳春盛，2002】，這種方法所用的設備比較簡單，但其方法不夠嚴密【過靜君等，1993】。另外，就使用者本身而言，除了將儀器送至檢驗機關檢定之外，並無法隨時掌握儀器的狀態，因此，

若因為儀器內部精度不良而導致觀測品質不佳的可能性是存在的。假使能在外業測量前，或是使用者本身能對儀器定期執行檢測，相信對於觀測品質的提昇將有莫大的幫助。

## 二、理論基礎

### 2.1 零基線理論

GPS 接收儀整體性能反映在接收儀內部雜訊上。由於接收儀時鐘之石英切片的差異會產生不同的寄生震盪，各級電路中大量帶電微粒不規則運動也產生雜訊，特別是通過窄帶方式提取訊號的相位鎖相迴路 (phase lock loop, PLL) 及用於同步跟蹤的電碼延遲鎖相迴路 (code delay lock loop, DLL)，參數微小的不同，將產生不同的時間延遲，引起的測距和測相誤差的綜合反應。在本研究中將採用零基線測試 (Zero Baseline Tests) 來檢驗 GPS 接收儀整體性能。

零基線測試為使用兩台接收儀，通過多路分流器 (Splitter，如圖 2-2 所示) 接收來自同一天線的衛星訊號 (如圖 2-3 所示)，因此這兩台接收儀所接收的衛星訊號具有相同的環境條件 (如衛星狀況與分佈、多路徑效應、電離層及對流層遲滯等)，由於多路徑效應、低雜訊放大器所導致的雜訊、傳播時所導致的誤差等所有共通性的影響，都將於差分過程中相消【Rocken, C. et al, 1996.】，所以由這些訊號所構成的基線理論上趨近為零【Jackson, M. et al, 2000.】。因此，吾人可運用零基線試驗來檢定儀器標準精度中的固有誤差影響【蔡宏翔；蘭蔚，1994】。



圖 2-2 1 對 4 之功率分流器 (是用微帶電路設計而成，其設計具有二路訊號對稱性，即功率相同、相位相同)

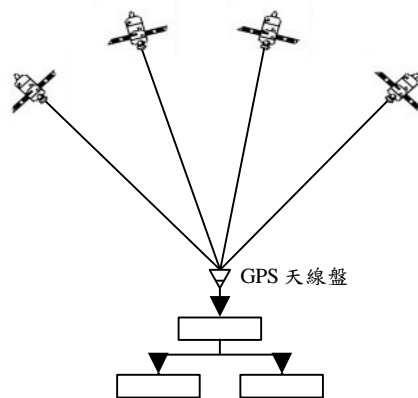


圖 2-3 零基線測試示意圖

## 2.2 觀測資料訊號品質指標

由於在短基線的求解中，其誤差主要為多路徑效應與接收儀雜訊所造成。因此，本研究利用 GPS 觀測資料訊號品質的三項指標【葉大綱等，2001】之偵測值：MP1、MP2 以及 o/slps 來做訊號品質及儀器性能分析與評估。精度分析指標分述於下：

1. MP1：L1載波的多路徑效應，亦可視為L1載波觀測量的雜訊大小，此雜訊量在本文中以公尺為單位。MP1計算公式【James Johnson et al., 1995】如下：

$$MP1 = p_1 - \left(1 + \frac{2}{r-1}\right)\Phi_1 + \left(\frac{2}{r-1}\right)\Phi_2$$

2. MP2：L2載波的多路徑效應，亦可視為L2載波觀測量的雜訊大小，此雜訊量在本文中以公尺為單位。MP2計算公式如下：

$$MP2 = p_2 - \left(\frac{2r}{r-1}\right)\Phi_1 + \left(\frac{2r}{r-1} - 1\right)\Phi_2$$

其中  $p_1$  和  $p_2$  分別為以觀測頻率  $L_1$  及  $L_2$  為準的虛擬距離觀測量，單位為公尺。 $\Phi_1$  和  $\Phi_2$  則為載波相位觀測量， $r = (f_1/f_2)$ 。 $f_1 = L_1$  之頻率 = 1575.42MHz； $f_2 = L_2$  之頻率 = 1227.60MHz。

3. o/slps：此項指標為『觀測資料的筆數』除以『週波脫落的數目』，亦即每  $n$  個觀測量會產生一個週波脫落，無單位。

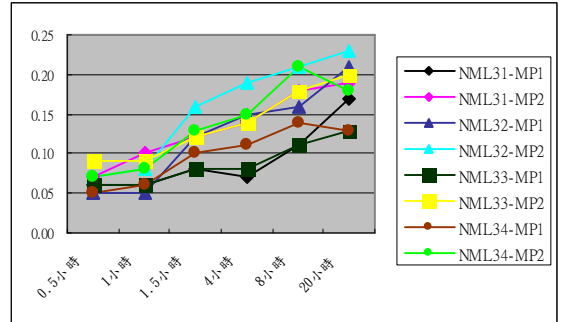
此三項指標是以 UNAVCO 所研發的 TEQC 軟體解算而得。上述三項主要影響精度值資料，在零基線的同一天線且相同環境條件之衛星訊號基礎下被偵測出來，得以有效分析與評估訊號品質及儀器性能。

### 三、研究方法

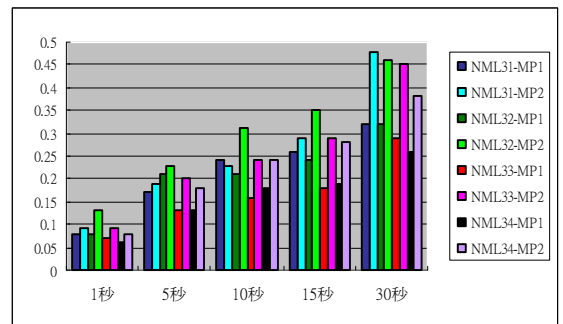
在本研究中，為了探討零基線檢測 GPS 衛星接收儀在不同情況下的適用性，特於工業技術研究院量測中心頂樓之 GPS 超短距離基線校正場進行試驗，試驗儀器包含 Leica SR 9500、AOA BANCHMARK、Ashtech Z-12 及 Ashtech Z-Surveyor 等三個廠牌之四種不同型號儀器。所採用之 GPS 衛星接收儀皆為雙頻機種，以利於進行本研究後續所需之內業資料處理。

針對本研究利用零基線檢驗 GPS 衛星接收儀的可行性分析，所設計的實驗於 2003 年 1 月 10 日至 3 月 20 日試驗完成，總共進行 12 次的資料接收，每次進行 20 小時的同步 GPS 靜態測量，而在內業資料處理方面，MP1、MP2 及 o/slps 的檢測採用 UNAVCO 所提供的 TEQC 軟體，而基線解算部分則採用瑞士伯恩大學所研發的 Bernese 4.2 版學術用研究軟體。最後，試驗的可行性，選定 Trimble Navigation 公司所開發 GPSurvey 2.35 版商用軟體解算部份的基線，並與學術用研究軟體作比較。

本研究主要分為四個部分，現分述如下：

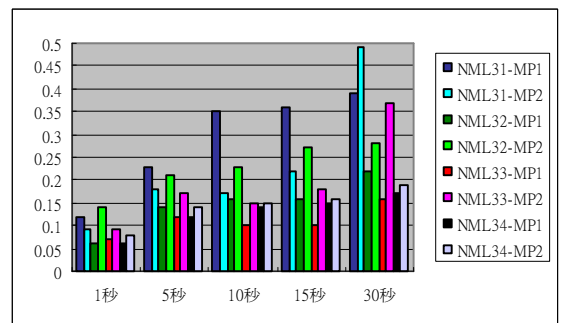


第一部分：將 Leica SR 9500 於 2003 年 1 月 10 日所接收之資料依時間取樣為 20 小時、8 小時、4 小時、1.5 小時、1 小時與 0.5 小時，依取樣間隔取樣為 1 秒、5 秒、10 秒、15 秒及 30 秒，以學術用研究軟體 Bernese 4.2 版軟體進行基線解算，連同 TEQC 所解算之資料品質指標共同分析，獲取最適宜零基線測試方式之成果。



第二部分：同廠牌不同型號之 GPS 衛星接收儀同時進行檢測的可行性分析，以 Ashtech Z-12 和 Ashtech Z-Surveyor 各分別接收一天的資料成果，與混合兩種型號同時接收的成果作比較，評估不同型號同時觀測的可行性。

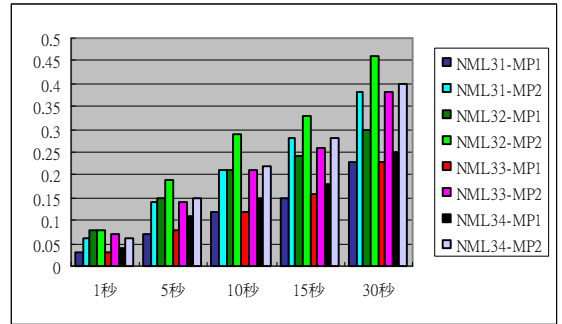
第三部分：檢測天線盤對零基線測試的影響。在 AOA 儀器方面，變換六個同型號的天線盤來接收六天的資料，針對其解算成果進行分析。而在 Leica 及 Ashtech 這兩種儀器部分，則採用大地測量型天線及抗波環型天線進行比較。用



以評估使用不同的天線盤是否會影響到儀器的檢測。

第四部份：主要為探討學術用研究軟體：Bernese 4.2 版軟體與商用軟體：GPSurvey 2.35 版軟體，兩者對本研究的差異性及對於本研究檢測方法之適用性。

#### 四、研究成果及分析



#### 4.1 TEQC 解算資料訊號品質成果

##### 4.1.1 多路徑效應偵測值

在本研究中，乃採用 2003 年 1 月 10 日之觀測資料，利用本研究之品質檢核軟體 TEQC 進行檢測，偵測取樣間隔設定為 5 秒時，各測站於不同長短之接收時間內多路徑偏離值 MP1(載波 L1 頻率之平均多路徑偏離值)、MP2(載波 L2 頻率之平均多路徑偏離值)，如圖 4-1 所示。其次將探討當接收時間相同時，其取樣間隔的大小對觀測資料受多路徑偏離值的影響，分別取 20 小時(圖 4-2)、8 小時(圖 4-3)、4 小時(圖 4-4)、1.5 小時(圖 4-5)、1 小時(圖 4-6)及 0.5 小時(圖 4-7)各一例繪圖呈現。

圖 4-1 取樣時間長短之多路徑偏離值比較

圖 4-2 接收 20 小時設定不同取樣間隔之多路徑偏離值比較

圖 4-3 接收時間 8 小時設定不同取樣間隔之多路徑偏離值比較

圖 4-4 接收時間 4 小時設定不同取樣間隔之多路徑偏離值比較

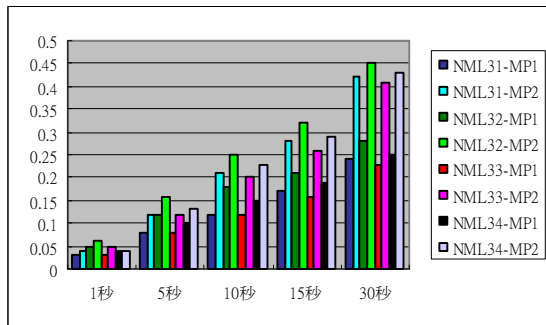
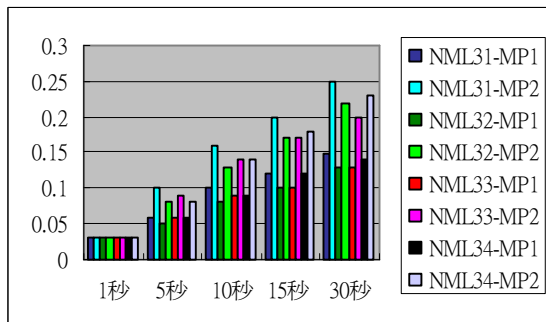


圖 4-5 接收時間 1.5 小時設定不同取樣間隔之多路徑偏離值比較

圖 4-6 接收時間 1 小時設定不同取樣間隔之多路徑偏離值比較



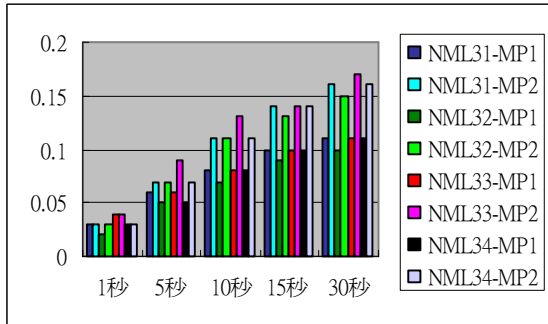
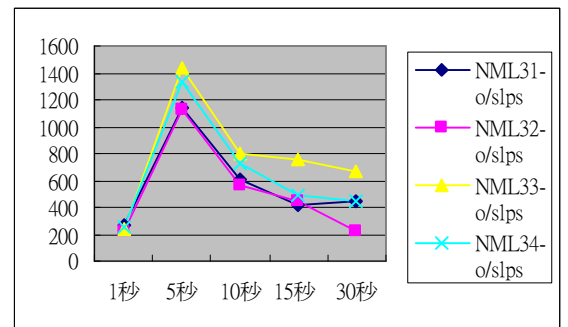
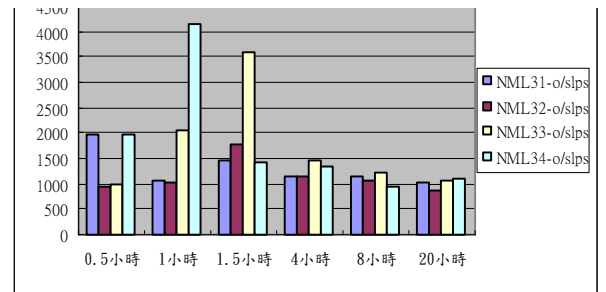


圖 4-7 接收時間 0.5 小時設定不同取樣間隔之多路徑偏離值比較

由以上結果可看出，當取樣間隔固定時，隨著接收時間愈長，受到多路徑效應的影響也就愈大；而當接收時間固定時，其取樣間隔愈大所受到的多路徑影響



也就愈大，可見接收時間與取樣間隔都會影響多路徑效應。

#### 4.1.2 週波脫落偵測值

經由 TEQC 進行檢測，偵測取樣間隔設定為 5 秒時，各測站於不同長短之接收時間內週波脫落偵測值 o/slps，如圖 4-8 所示。其次將探討當接收時間相同時，其取樣間隔的大小對觀測資料之週波脫落偵測值影響，分別取 20 小時(圖 4-9)、8 小時(圖 4-10)、4 小時(圖 4-11)、1.5 小時(圖 4-12)、1 小時(圖 4-13)及 0.5 小時(圖 4-14)各一例繪圖呈現。

圖 4-8 接收時間長短之 o/slps 值比較

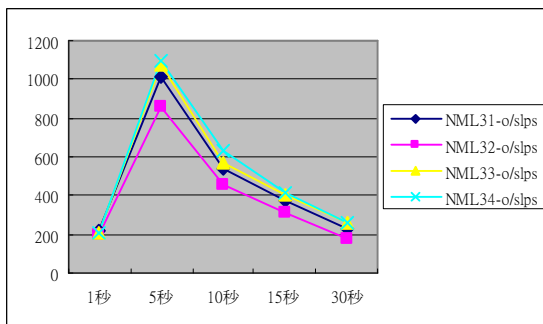


圖 4-9 接收時間 20 小時設定不同取樣間隔之 o/slps 值比較

圖 4-10 接收時間 8 小時設定不同取樣間隔之 o/slps 值比較

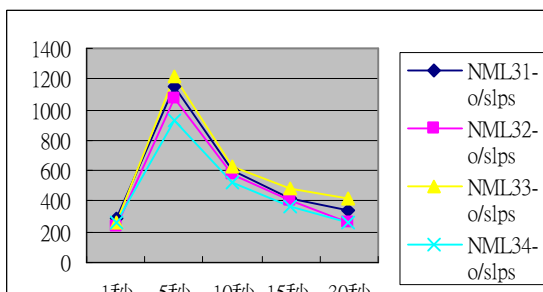




圖 4-11 接收時間 4 小時設定不同取樣間隔之 o/slps 值比較

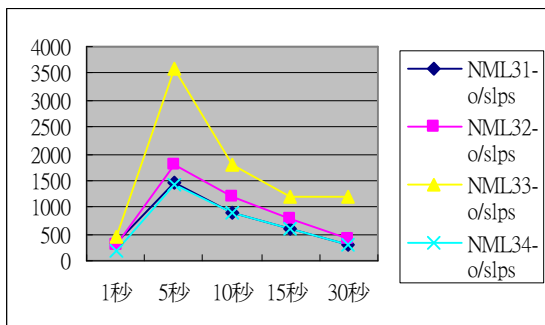


圖 4-12 接收時間 1.5 小時設定不同取樣間隔之 o/slps 值比較

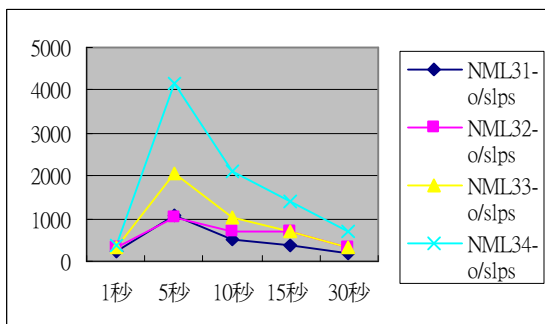


圖 4-13 接收時間 1 小時設定不同取樣間隔之 o/slps 值比較

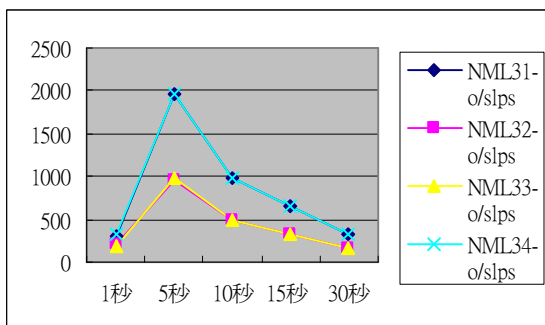


圖 4-14 接收時間 0.5 小時設定不同取樣間隔之 o/slps 值比較

由上列各圖的比較中，可明顯的看出，在固定時間的情況下，取樣間隔設定為 5 秒時，o/slps 均較其他取樣間隔為高，因此推論取樣間隔為 5 秒時將比其他取樣間隔具有較佳的成果。

#### 4-2 以 Bernese 4.2 版軟體解算基線之成果

上述觀測資料，利用 Bernese 4.2 版學術用軟體進行基線解算，由於資料眾多，僅列出取樣間隔為 30 秒時之計算成果。

表 4-1 Bernese 4.2 版軟體解算接收時間不同之基線解算成果

取樣時間		1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
20 小時	基線長	0.0001	0.0002	0.0005	0.0003	0.0006	0.0002
	RMS	0.0004	0.0004	0.0004	0.0005	0.0005	0.0004
8 小時	基線長	0.0002	0.0004	0.0008	0.0003	0.0006	0.0004
	RMS	0.0003	0.0008	0.0007	0.0013	0.0011	0.0007
4 小時	基線長	0.0006	0.0001	0.0008	0.0006	0.0009	0.0007
	RMS	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
1.5 小時	基線長	0.0008	0.0006	0.0005	0.0003	0.0011	0.0010
	RMS	0.0013	0.0013	0.0011	0.0007	0.0014	0.0013
1 小時	基線長	0.0061	0.0143	0.0190	0.0083	0.0129	0.0047
	RMS	0.0069	0.0085	0.0065	0.0077	0.0071	0.0082
0.5 小時	基線長	0.0025	0.0021	0.0072	0.0045	0.0049	0.0092
	RMS	0.0159	0.0212	0.0193	0.0218	0.0194	0.0225

由上表可發現，當接收時間在 1.5 小時以上時，其基線長均小於該儀器的固有誤差，而 1 小時以下則不建議使用。

#### 4-3 以 GPSurvey 2.35 版軟體解算基線之成果

為比較學術用軟體及商用軟體對於基線向量的處理能力，因此，將 4-2 中 Bernese 4.2 版計算時所用的資料，再利用 GPSurvey 2.35 版商用軟體來進行解算，所求得之成果分別列於表 4-2：

表 4-2 GPSurvey 2.35 版軟體解算接收時間不同之基線計算成果

取樣時間		1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
20 小時	基線長	0.0002	0.0001	0.0001	0.0005	0.0002	0.0002
	Ratio	11.4	12.5	12.9	12.9	11.1	12.2
8 小時	基線長	0.0005	0.0005	0.0005	0.0003	0.0003	0.0001
	Ratio	19.7	20.0	21.6	17.8	20.2	22.2
4 小時	基線長	0.0003	0.0004	0.0002	0.0004	0.0002	0.0001
	Ratio	3.9	63.8	4.3	57.9	4.9	54.9
1.5 小時	基線長	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001
	Ratio	98.2	104.8	98.9	105.3	77.7	84.0
1 小時	基線長	0.0008	0.0005	0.0006	0.0001	0.0002	0.0001
	Ratio	105.3	120.0	128.1	121.1	109.8	90.5
0.5 小時	基線長	0.0006	0.0003	0.0008	0.0003	0.0001	0.0005
	Ratio	51.4	51.9	61.7	68.3	61.5	42.6

由上表可發現，當使用 GPSurvey2.35 版商用軟體解算時，其接收時間即使只有 0.5 小時，都可符合接收儀的固有誤差。

## 第五章 結論與建議

本研究採用零基線原理檢測 GPS 衛星測量接收儀，並評估其最適宜的檢測模式，根據前面的資料處理及結果分析，在此提出以下幾項結論及建議：

1. 就 TEQC 所檢測的資料品質成果而言，建議檢測時間應取 4 小時以上，取樣間隔為 5 秒者最佳。而針對此建議以學術用軟體 Bernese 4.2 版軟體解算成果驗證，發現此選擇可達到基線長 1mm 以內的極優成果。
2. 同廠牌不同型號之 GPS 衛星測量接收儀同時進行檢測的可行性分析中，可看出同型號儀器所組成之基線長為 0~0.3mm 間，而不同型號儀器所組成的基線長為 0.6~1.7mm 間，其所組成的基線長仍未超過儀器的固有誤差，表示可混合同廠牌不同型號的接收儀進行檢測，但並不建議使用。
3. 無論是同型號的天線盤之間的比較，或大地測量型天線盤與抗波環型天線的比較，都顯示出對基線解算並無太大的差異，因此，只要是可搭配的天線盤都可適用於零基線的檢驗，但就顧及檢驗結果的一致性方面，建議檢驗時都使用同一天線盤。
4. 就學術用研究軟體 Bernese 4.2 版軟體與 GPSurvey 2.35 版商用軟體之比較結果可看出，GPSurvey 2.35 版商用軟體所解算的成果較接近於真值 0，

然而從 TEQC 所解算而得的成果可發現，Bernese 4.2 版學術用研究軟體呈現了與資料品質檢測相同的成果，由此可知 Bernese 4.2 版學術用研究軟體的解算精度是較高的，另外，GPSurvey 2.35 版商用軟體對於接收時間 30 分鐘所解算的成果已可讓使用者接受，並可使用於一般的檢測。

5. 在本次研究中，軟體的比較方面主要為使用學術用軟體 Bernese 4.2 版與商用軟體 GPSurvey 2.35 版，就其所獲得的資訊而言，對軟體的使用做下列兩項建議：

- (1) 當使用學術用軟體 Bernese 4.2 版時，建議採用接收時間 4 小時，取樣時間設定為 5 秒，進行零基線的測試。
- (2) 當使用商用軟體 GPSurvey 2.35 版時，建議採用接收時間 0.5 小時，取樣時間 30 秒即可，為避免誤差的產生，可於 0.5 小時後交換接口，再行接收一次，進行零基線的測試。

## 六、參考文獻

- 中華人民共和國國家測繪局，1995。“全球定位系統(GPS)測量型接收機檢定規程”，中華人民共和國測繪行業標準。
- 陳春盛，2002。“制定國家級 GPS 接收儀檢定標準作業規範暨示範作業”，內政部土地測量局委託報告。
- 過靜君；李如進；商瑞斌；張遠智，1993。“GPS 天線相位中心偏移影響及接收機零基線的測定”，測繪通報 1993 第 1 期，p19-20。
- 葉大綱；王傳盛；李瓊武，2001。“GPS 觀測資料品質影響基線解算成果之研究”，第二十屆測量學術及應用研討會論文集。
- 蔡宏翔、蘭蔚，1994。“Trimble 4000 SST 雙頻 GPS 定位儀的零基線檢驗”，陝西天文台台刊，p143-149。
- Braun, J., Rocken C., 1995. “Vertical Height Errors When Mixing Trimble 4000SST and Trimble 4000SSE Observations”, UNAVCO
- Jackson, M. et al, 2000. “GPS Receiver and Antenna Testing Report for SuomiNet” University NAVSTAR Consortium, Boulder CO .
- James Johnson et al, 1995. “The Role of Multipath in Antenna Height Test at Table Mountain”, UNAVCO.
- Rocken, C. et al, 1996. “UNAVCO Academic Research Infrastructure (ARI) Receiver and Antenna Test Report” .