

東海大學

資訊工程研究所

碩士論文

指導教授: 林祝興博士

行動裝置位置服務模式準確度之評估

Accuracy Evaluation of Location Service Modes on Mobile  
Devices

研究生: 林志原

中華民國一零六年七月

東海大學碩士學位論文考試審定書

東海大學資訊工程學系 研究所

研究生 林 志 原 所提之論文

行動裝置位置服務模式準確度之評估

經本委員會審查，符合碩士學位論文標準。

學位考試委員會  
召集人  
委員

蔡美德 簽章  
劉榮春  
江意坤  
蔡美德

指導教授

林智浩 簽章

中華民國 106 年 7 月 14 日

# 摘要

以前行車人在尋找目標和規畫行車路線非常不容易，現在可以利用 Google 公司所推出的 Google Map 導航服務 [8]，再配合行動裝置上的定位功能，即可簡單方便完成導航工作。行動裝置提供了三種不同定位模式，高精確度模式、節省電池電力模式、與僅裝置模式，一般的人很懶得開啟別種其他的模式，都直接用預設的高精確度模式來進行導航。本論文主要的目的是要探討行動裝置上提供的三種定位模式服務在何種環境狀況下較為準確，此研究完成的工作包含三個部分：1. 開發測試軟體；2. 進行一序列的測試實驗；3. 利用 R 語言 [4] 的視覺化散布圖工具評估比較實驗數據。本論文以行動裝置處在靜態與動態的情況為測試環境，靜態實驗中分為室內環境與室外環境，分別對三種不同模式進行一序列的測試。透過長時間的資料蒐集，由實驗結果分析顯示：在室內環境使用節省電池電力（模式二）較為準確；而在室外環境則使用僅裝置（模式三）與高精確度（模式一）有近似相同之準確度。動態實驗中在行進中在高精確度（模式一）模式下進行較為精準。

關鍵字：行動裝置、位置服務、定位設定、R 語言、全球定位系統、基準點、測試點。

# Abstract

To facilitate destination searching and navigation tasks, drivers can use navigation services such as the Google map together with location services, which uses information from cellular, Wi-Fi, Bluetooth, and GPS networks to determine approximate locations. Mobile devices offer three kinds of location service modes: high accuracy, battery saving, and device only. The defaulted high accuracy mode is most used and battery-consuming. In this study, we investigated accuracies of the three location modes in various environments, and used scatterplots in R to visually display and evaluate experimental data. The experimental results show that in indoor environments, the battery saving mode is most accurate; while, in outdoor environments, the device only mode is most accurate, the high accuracy mode is second and better than the battery saving mode. In the dynamic experiment, it is more accurate in the high precision (mode one) mode.

Key words: location services, location mode, R language, and GPS ◦

# 目錄

摘要	I
<b>Abstract</b>	<b>II</b>
目錄	<b>III</b>
圖目錄.....	IV
表目錄.....	V
第一章 簡介.....	1
第二章 背景與相關文獻.....	3
2.1 GPS.....	3
2.2 Google WiFi.....	3
2.3 R 語言.....	4
2.4 大圓距離計算.....	4
第三章 實驗設計.....	6
第四章 資料分析.....	9
4.1 室內與室外實驗.....	9
4.2 高精確度 (模式一) 與僅裝置 (模式三) 比較.....	13
4.3 動態測試.....	15
第五章 成果與結論.....	19
參考文獻.....	21
附錄.....	23

## 圖目錄

圖 2.1	公式 2.1.....	4
圖 2.2	公式 2.2 .....	4
圖 2.3	兩點之間距離示意圖 .....	5
圖 3.1	流程圖 .....	7
圖 3.2	位置模式 .....	7
圖 4.1	室內模式一 .....	10
圖 4.2	室內模式二 .....	11
圖 4.3	室外模式一 .....	11
圖 4.4	室外模式二 .....	12
圖 4.5	室外模式三 .....	12
圖 4.6	高精確度 (模式一) 馬上抓取.....	13
圖 4.7	高精確度 (模式一) 等候 30 秒.....	14
圖 4.8	僅裝置 (模式三).....	14
圖 4.9	高精確度 (模式一) 的行動測試點分佈.....	16
圖 4.10	節省電池電力 (模式二) 行動測試點分佈.....	17
圖 4.11	僅裝置 (模式三) 行動測試點分佈.....	18

## 表目錄

表 3.1	手機規格 .....	8
表 6.1	室內資料比較表 .....	24
表 6.2	室外資料比較表 .....	26
表 6.4	模式一與模式三比較表 .....	27

# 第一章 簡介

Google 公司推出的 Google Map，可以協助人們簡易、快速地定位與導航以方便找到目的地，Google 公司提供網頁版與行動裝置 APP 版的 Map 讓使用者選擇使用。在行動裝置上它內建了三種 GPS 發送訊號模式，即是 GPS 定位模式 (location modes)：高精確度模式、節省電池電力模式、與僅裝置模式。然而，通常使用者都會直接選用預設的”高精確度模式”來進行定位與導航。本論文的目的是要探討這三種定位模式的差異，並且分析與比較三種定位模式的精確度，我們開發應用程式並做了一序列的實驗以便了解它們三者的不同。圖 3.1 表示此系統的流程圖，它說明了應用程式執行的過程：1. 執行 Google Map；2. 選定基準點 (Datum Point)；3. 選取模式（高精確度模式、節省電池電力模式、或僅裝置模式）；4. 執行經緯度抓取軟體；5. 抓取測試點 (Test Point)；6. 計算基準點與測試點之誤差。

本論文完成的工作包含三個部分：1. 開發測試軟體；2. 進行一序列的測試實驗；3. 利用 R 語言 [6] 的視覺化散布圖工具評估比較實驗數據。在計算基準點 (Datum Point) 與測試點 (Test Point) 的誤差值，我們現階段採用公式 4.1 計算其誤差距離。表 3.1 呈現我們實驗使用的行動裝置規格，目前以此一款行動裝置進行測試，日後亦可再使用其它不同型號的行動裝置進行測試比較。我們將不同定位模式下進行的序列實驗所蒐集得來的測試點 (Test Point) 整理成表格放在附錄裡面。最後，我們將實驗獲得的資料，利用 R 語言裡面的 ggplot2 套件的 ggplot 功能來繪製視覺化散布圖，這樣一眼就可以看出各種模式在相同位置地點的精準度比較。



論文中完成了 3 個實驗，1. 靜態實驗；2. 靜態中模式一與模式三比較；3. 動態實驗。在這三個實驗中分別得到了一些資料，讓我們知道在哪中情況下使用哪種模式較為精準，在靜態實驗中，實驗分別為室內與室外，在室內實驗中，分析出使用高精確度（模式一）的誤差值為 0.2152(km)，節省電力模式（模式二）的誤差值為 0.0943(km) 如表 6.1 室內資料比較表，在室內實驗中節省電力模式（模式二）較為精準，分析出使用高精確度（模式一）的誤差值為 0.0223(km)，節省電力模式（模式二）的誤差值為 0.0600(km)，僅裝置（模式三）的誤差值為 0.0145(km) 如表 6.2 室外資料比較表，在室外實驗中僅裝置（模式三）較為精準。

在靜態中模式一與模式三比較，發現一個爭議點：直覺上，模式一應該會比模式三更為精準才對！關於這個疑慮，我們所想到的問題是，可能在進行模式一抓取座標點時沒有等到行動裝置穩定就馬上抓取資料。因此，在本節我們針對模式一額外再作一些實驗，讓裝置等候約 30 秒左右再進行抓取資料。而僅裝置（模式三）因為會把經常去的座標點存在快取記憶體，所以以靜態實驗來說會比較精準。

在動態實驗中，使用交通工具為摩托車，在同個模式進行 3 次實驗，在高精確度（模式一）中 Test1 的誤差值為 0.0091km、Test2 的誤差值為 0.0068km、Test3 的誤差值為 0.0054km，3 個測試的總誤差為 0.0071km。節省電力模式（模式二）中 Test1 的誤差為 0.0624km、Test2 的誤差值為 0.0608km、Test3 的誤差值為 0.0558km，3 個測試的總誤差為 0.0596km。僅裝置（模式三）在 Test1 的誤差值為 0.0213km、Test2 的誤差值為 0.0094km、Test3 的誤差值為 0.0158km，總誤差為 0.0155km。動態實驗分析出使用高精確度（模式一）最為精準。

本論文一共分為五章：本章為簡介，說明研究動機與目標，第二章中討論背景知識與現有的文獻探討；第三章主要是介紹實驗環境，測試資料集；第四章為資料分析；第五章為結論以及未來展望最後為參考文獻與附錄。

## 第二章 背景與相關文獻

### 2.1 GPS

全球定位系統 (Global Positioning System, 通常簡稱 GPS) 為美國空軍 GNSS 裡面的技術。GNSS 為全球導航衛星系統, 訊號覆蓋全球, 提供終端用戶正確的時間、速度、位置。GPS 的開放讓一般人民都可以使用, 但目前 GPS 還是有完整性、保密性、可用性與安全目標等的問題 [7]。GPS 定位已經相當的普遍, 但訊號非常容易受到干擾, 訊號為-170 dB 在實驗結果和分析裡因建築物或重疊地區的干擾讓誤差值提升, Google 以 GPS 作為基礎, 加上 Wifi 技術來提升定位和導航之用。

### 2.2 Google WiFi

Google WiFi 網路是以 802.11b[1] 為基礎開發出來的技術之一, 在建置的過程中需要討論到硬體與軟體如何建置與佈置, 硬體方面需要對 802.11b link[1] 距離的評估和研究, 在軟體方面, 包含有開發 MAC 協定 [2]、網路架構 [3]、網路規劃與網路分配 [4]、路由協定規劃 [5]。Google 用 Google 街景車來進行初步的蒐集無線網路基地台的經緯度與 Mac Address, 建立起基礎的資料庫。當資料庫要更新時, 需透過使用者的行動裝置裡面的 Google 定位程式, 當開啟定位模式時, 就會抓取到附近的無線網路基地台的經緯度與 Mac Address 得資料會導入資料庫進行更新。

## 2.3 R 語言

R 語言是一套應用於統計與資料視覺化的軟體套件，R 語言是一個簡單的編譯程式，包含資料處理、矩陣計算、巨量的資料分析與圖形視覺化 [6]。R 語言被許多官方統計機構用來作統計工具外，還有許多其他單位用來作為工具，例如金融業、製造、科學、學術研究等，這樣方便的工具，讓 R 語言成為在統計學與學術研究方面愛用的工具之一 [6]。本論文在實驗結果和分析上，所有的散佈圖都是利用 R 語言的計算能力與圖形視覺化來進行操作的。

## 2.4 大圓距離計算

公式 2.1 與公式 2.2. 為大圓距離計算公式，利用以上兩個公式算出測試點與基準點的誤差值， $r$  為地球半徑，6378.137km。在公式 2.1 中，基準點假設為  $(\phi_1, \lambda_1)$ 、測試點為  $(\phi_2, \lambda_2)$ ， $\Delta\phi = \phi_2 - \phi_1$ 、 $\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1$ ，算完  $\Delta\phi$  與  $\Delta\lambda$  雙方要再除以 2，再套入  $\sin^2$  裡面， $\sin^2(\Delta\lambda/2) + \cos \phi_1 * \cos \phi_2 * \sin^2(\Delta\lambda/2)$  再進行平方，再套入  $\sin^{-1}$  裡在 \*2，就可得之  $\Delta\hat{\sigma}$  的值再套入公式 2.2。

下面以程式實作範例說明如何使用這兩個公式進行誤差值之計算，其概念可參考 Figure 2.3. 兩點之間距離示意圖：

$$\Delta\hat{\sigma} = 2 \sin^{-1} \sqrt{\sin^2\left(\frac{\Delta\phi}{2}\right) + \cos \phi_s \cos \phi_f \sin^2\left(\frac{\Delta\lambda}{2}\right)} \quad \text{公式 2.1}$$

$$d = r\Delta\hat{\sigma} \quad \text{公式 2.2}$$

假設  $(x, y)$  為基準點， $(x_1, y_1)$  為測試點，在計算誤差值時先要把經緯度轉換成角度：

```
x = 24.355040 * Math.PI / 180.0;
```

```
y = 120.609435 * Math.PI / 180.0;
```

```
x1 = 24.355160* Math.PI / 180.0;  
y1 = 120.609451* Math.PI / 180.0;
```

令  $a$  為  $x$  與  $x_1$  的絕對差， $b$  為  $y$  與  $y_1$  的絕對差，則

```
a=Math.abs(x-x1);  
b=Math.abs(y-y1);
```

最後令  $s$  為大圓距離計算公式，則  $s$  乘上  $r$  值， $r$  為地球半徑，就可得到誤差值：

```
s = 2*Math.asin(Math.sqrt(Math.pow(Math.sin(a/2),2)  
+Math.cos(x)*Math.cos(x1)*Math.pow(Math.sin(b/2),2))); s=s*r=s*6378.137;
```

在 Figure 2.3 中， $S$  為我們的基準點  $(x,y)$ 、 $F$  為測試點  $(x_1,y_1)$ ，利用公式 2.1、公式 2.2 計算出  $S$  與  $F$  之間的距離為我們的誤差值。

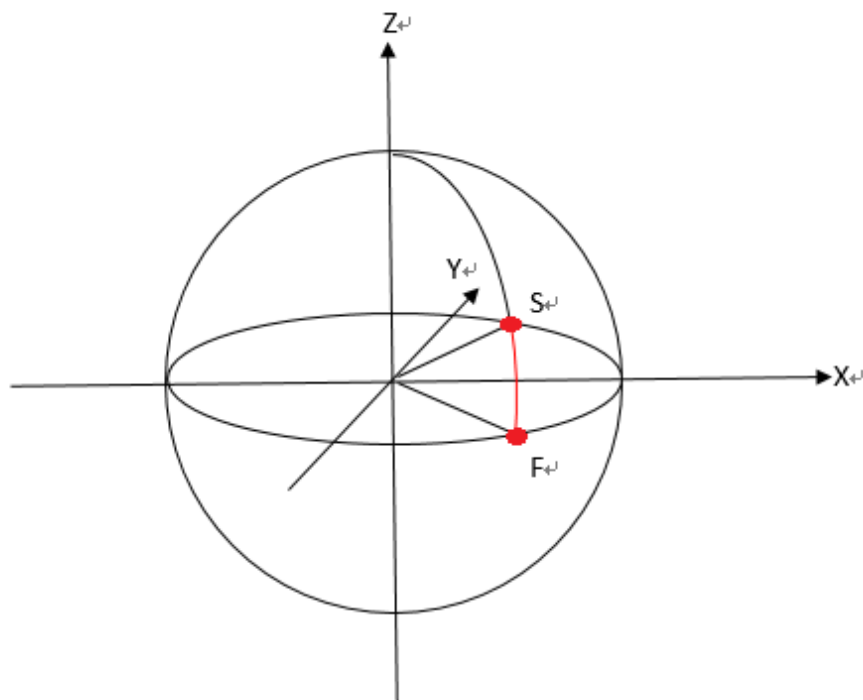


Figure 2.3: 兩點之間距離示意圖

## 第三章 實驗設計

在實驗中我們利用免費軟體 Eclipse 來撰寫經緯度抓取軟體 APP，經緯度抓取軟體需要配合行動裝置上的定位模式，以便搭配抓取測試點 (Test Point)。

Figure 3.2 顯示行動裝置上的定位模式有三種設定 (location settings)：高精確度模式是利用 GPS、行動網路 (3G/4G)、WiFi 偵測來判斷位置；節省電池電力模式是利用行動網路 (3G/4G)、WiFi 偵測來判斷位置；僅裝置模式只是利用 GPS 來定位。我們要如何行動裝置上找到這三種模式呢？只要依照以下選項：“設定”=>“位置”=>“位置來源”，就可以設定成所需要的定位模式。

整個實驗軟體開發的流程，如 Figure 3.1 流程圖，我們利用了 Google 公司提供的 Google Map 來選取室外、室內的基準點 (Datum Point) 作為基準，利用這個基準點與實驗所得一序列的測試點 (Test Point) 來進行誤差計算。實驗中，我們分別利用行動裝置上提供的三種定位模式：高精確度、節省電池電力、僅裝置，分為室內環境與室外環境，依序選取不同模式並配合經緯度抓取軟體來抓取測試點 (Test Point)。當抓取測試點達到一定的數量時，利用公式 2.1 與公式 2.2 的距離計算公式，將基準點和測試點進行誤差值計算。

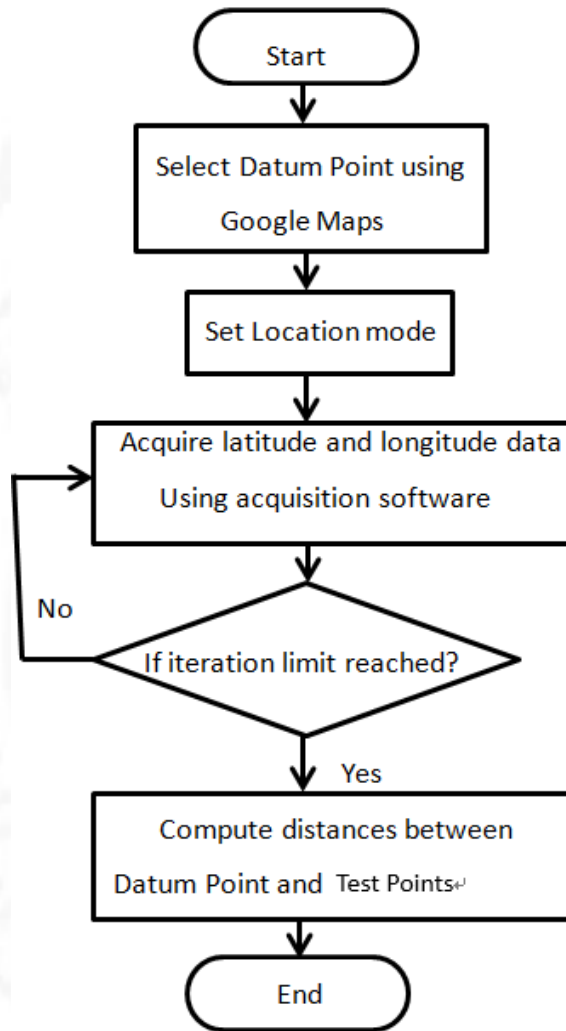


Figure 3.1: 流程圖



Figure 3.2: 位置模式

Table 3.1 是實驗中用以抓取測試點時所使用的行動裝置規格。因為不同品牌的行動裝置上定位服務的精準度有所不同，日後可以使用不同型號規格的行動裝置進行測試比較。

Table 3.1: 手機規格

手機	HTC one m7
使用年分	4
行動網路	3G
CPU	高通 Snapdragon 600 1.7 GHz、四核心
GPU	Adreno 320
RAM	2 GB DDR2
ROM	32GB

## 第四章 資料分析

在抓取測試點時，為了確保抓取資料環境的公平性，在使用每一種模式與每一次抓取，都需要關掉經緯度抓取軟體 APP 程式與重新啟動行動裝置。保證每一次抓取測試點都在一樣的條件下進行。

### 4.1 室內與室外實驗

完成前面的實驗環境與軟體設計後，利用 Google Map[8] 來選定基準點，實驗測試的場所分別為室內環境、以及室外環境，並分別找一個基準點來進行測試。使用為實驗開發的經緯度抓取軟體來搜尋所需的測試點，把所有抓取到的測試點資料整在附錄裡面的表格中。在附錄的室內、室外環境資料比較表中模式一為高精度度、模式二為節省電池電力、模式三為僅裝置。室內(家裡)環境的基準點座標為： $(24.355040, 120.609435)$ ，並選取 15 個測試點。室外(東海大學大智慧科技大樓旁邊籃球場)環境的基準點座標為： $(24.181526, 120.596618)$ ，且選用 50 個測試點。

在附錄的室內環境資料比較表 6.1 中，模式三中沒資料，推斷可能模式三僅使用 GPS 訊號，室內可能由於建築物阻礙訊號，導致資料蒐集不易。室外測試花費非常多的時間進行資料抓取，1 天為 2 次進行抓取。透過 Figure 2.1 公式 1 把室內、室外的模式一、模式二、模式三的資料分別與基準點來進行誤差計算，分別算出測試點與基準點的誤差值，再進行總和，計算出總誤差值。室內資料比較表中模式一總誤差值為  $0.2152993(\text{km})$ 、模式二總誤差值為  $0.09434(\text{km})$ 、模式三因沒資料，所以不進行計算。室外資料比較表中模式一總誤差值為  $0.0223(\text{km})$ 、模式二總誤差值為  $0.060026(\text{km})$ 、模式三總誤差值為



0.014578(km)。以數據來看在室內模式二總誤差值最小，室外為模式三總誤差值最小。

只有數據不能一眼看出哪個總誤差值大，所以我們利用 R 語言 [4] 的 ggplot2 套件 [5] 來製作視覺化散布圖，這樣可以一眼就分別出哪個總誤差大哪個小。下列散佈圖中 X 為緯度、Y 為經度，在圖中 D 為基準點，T 為測試點，分別以紅色橢圓形跟藍色三角形作為區分。Figure 4.1 跟 Figure 4.2 為室內模式一和模式二的散佈圖，取小數點後 3 位數做比較。Figure 4.3、Figure 4.4、Figure 4.5 為室外模式一、模式二和模式三的散佈圖，在室外因為經緯度波動較小，所以去掉小數點前面的數字，針對小數點後 6 位數的數字進行比較。Figure 4.5 中，測試點有非常多重複的點，因而在散佈圖中才會呈現出只有 8 個測試點，基準點與多個測試點也有重疊，導致圖中無法清楚的看見基準點，基準點在圖中的位置為 (181528,596618)。

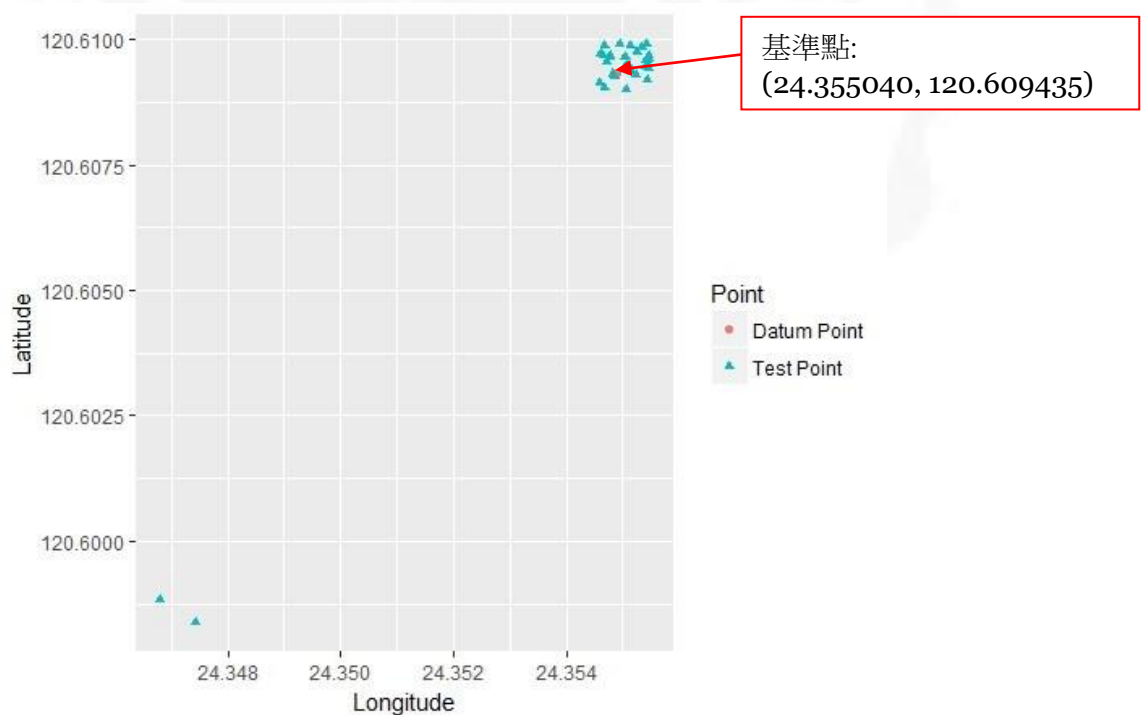


Figure 4.1: 室內模式一

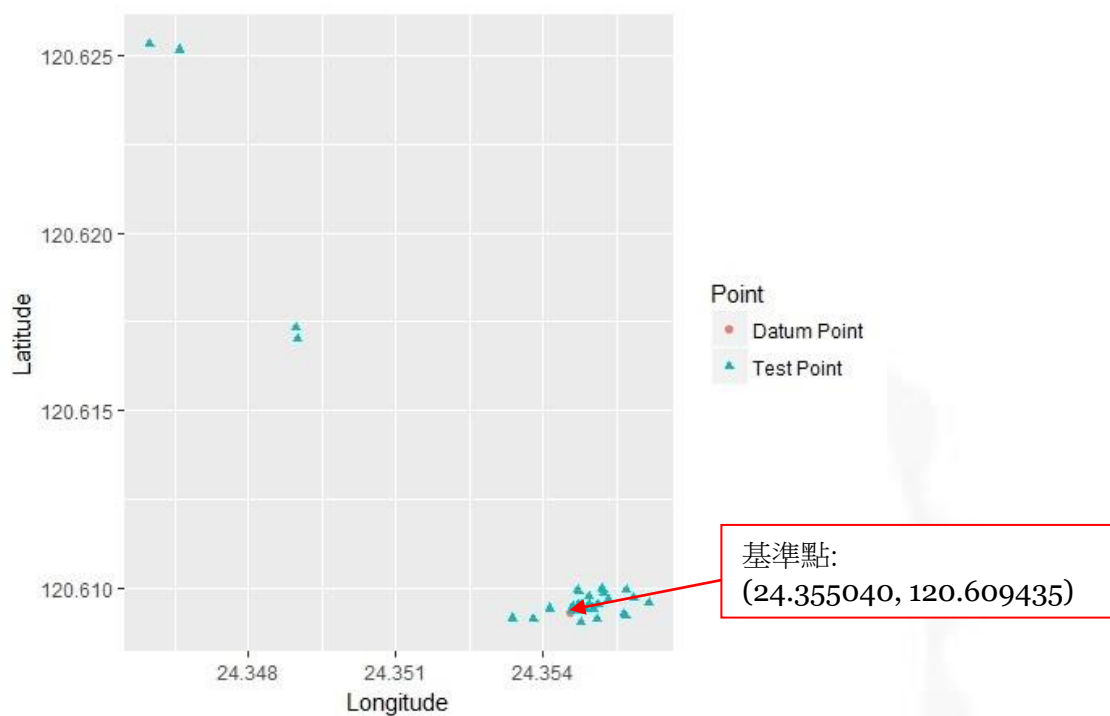


Figure 4.2: 室內模式二

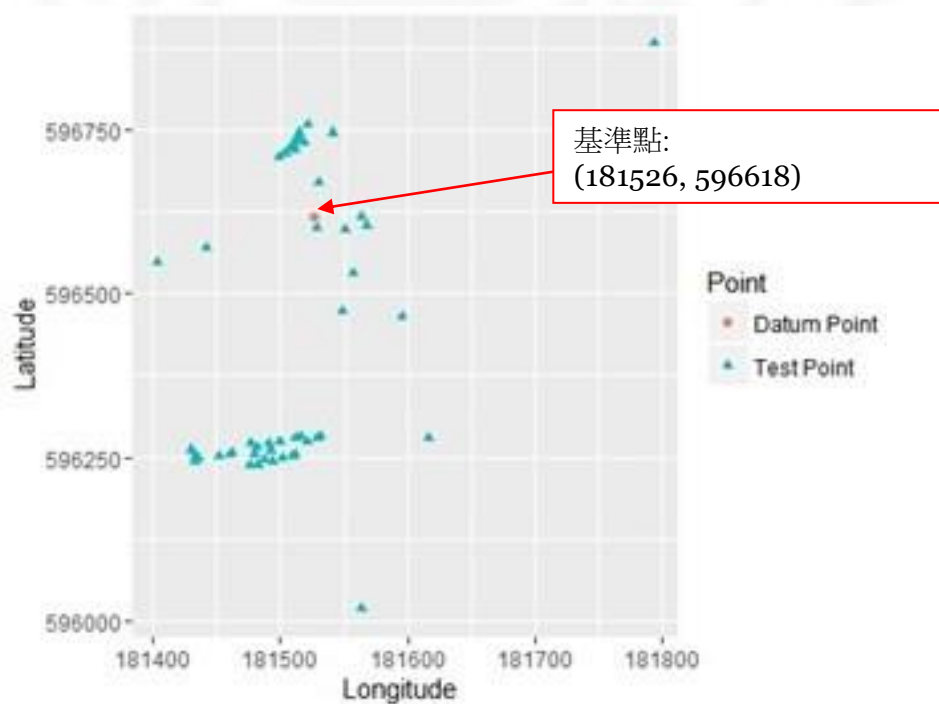


Figure 4.3: 室外模式一

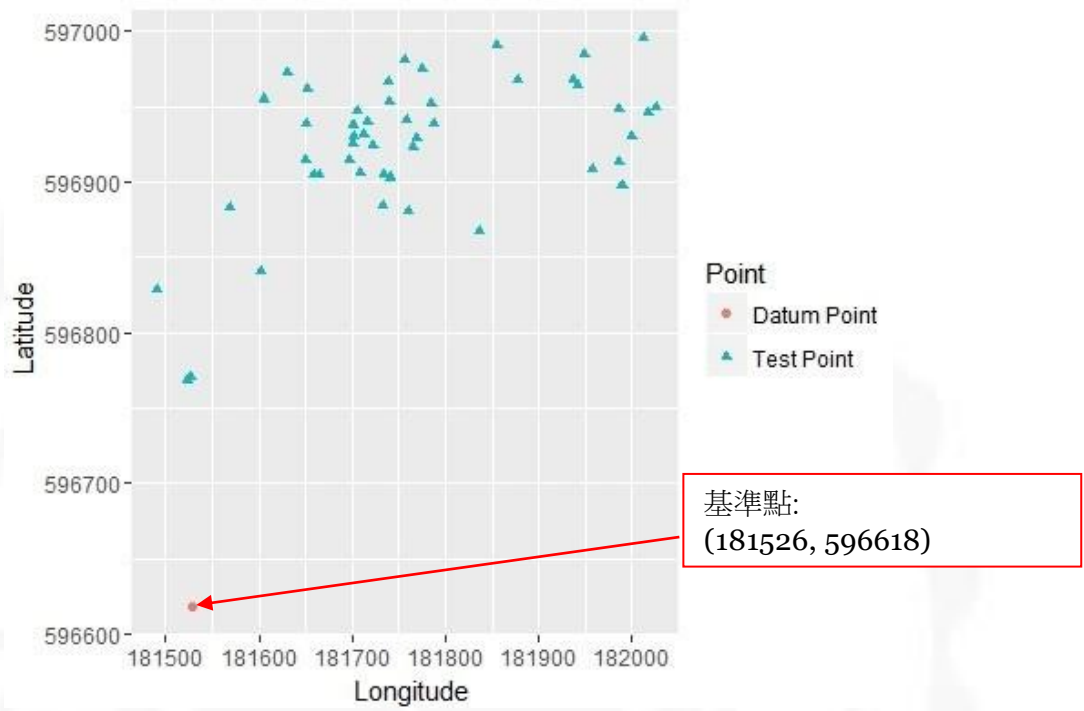


Figure 4.4: 室外模式二

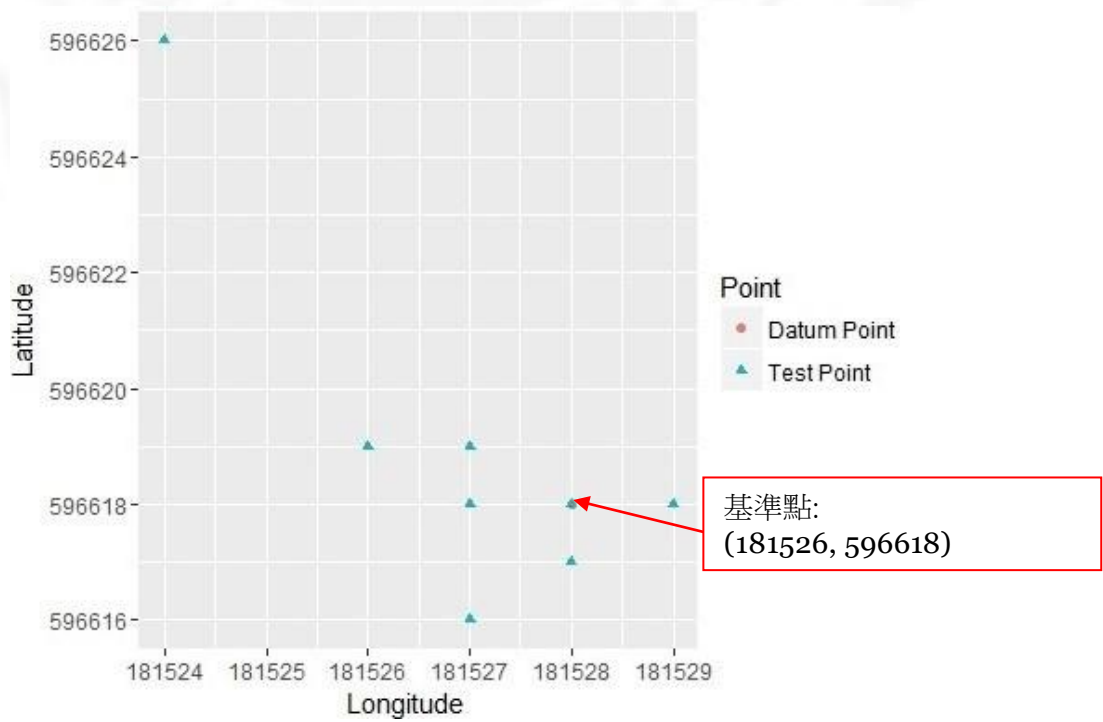


Figure 4.5: 室外模式三

## 4.2 高精確度 (模式一) 與僅裝置 (模式三) 比較

在第 4.1 節的室外測驗中，我們發現一個爭議點：直覺上，高精確度 (模式一) 應該會比僅裝置 (模式三) 更為精準才對！關於這個疑慮，我們所想到的問題是，可能在進行高精確度 (模式一) 抓取座標點時沒有等到行動裝置穩定就馬上抓取資料。因此，在本節我們針對高精確度 (模式一) 額外再作一些實驗，讓裝置等候約 30 秒左右再進行抓取資料。而僅裝置 (模式三) 因為會把經常去的座標點存在快取記憶體，所以以靜態實驗來說會比較精準。

這次測試的地點為家中附近的體育場 (24.181526,120.596618)，測試方式在 高精確度 (模式一) 分別為馬上抓取、等候 30 秒左右抓取，把蒐集到的座標點，紀錄到表 6.3 高精確度 (模式一) 與僅裝置 (模式三) 比較表中。由此紀錄表中，我們發現高精確度 (模式一) 在馬上抓取與等候 30 秒，兩者之間有明顯的差異，誤差值下降了很多 (平均誤差值，從 0.03574 下降到 0.0004)。但是若與僅裝置 (模式三) 相比，還是較高些微，不過誤差值相差的比率是肉眼看不出來的，實驗數據相當接近；平均誤差值比率，高精確度 (模式一) 等候 30 秒：僅裝置 (模式三) 0.0004:0.0002。Figure 4.6 表示高精確度 (模式一)(馬上抓取) 的資料分布圖。Figure 4.7 是高精確度 (模式一)(等候 30 秒) 的資料分布圖。Figure 4.8 是僅裝置 (模式三) 的資料分布圖。

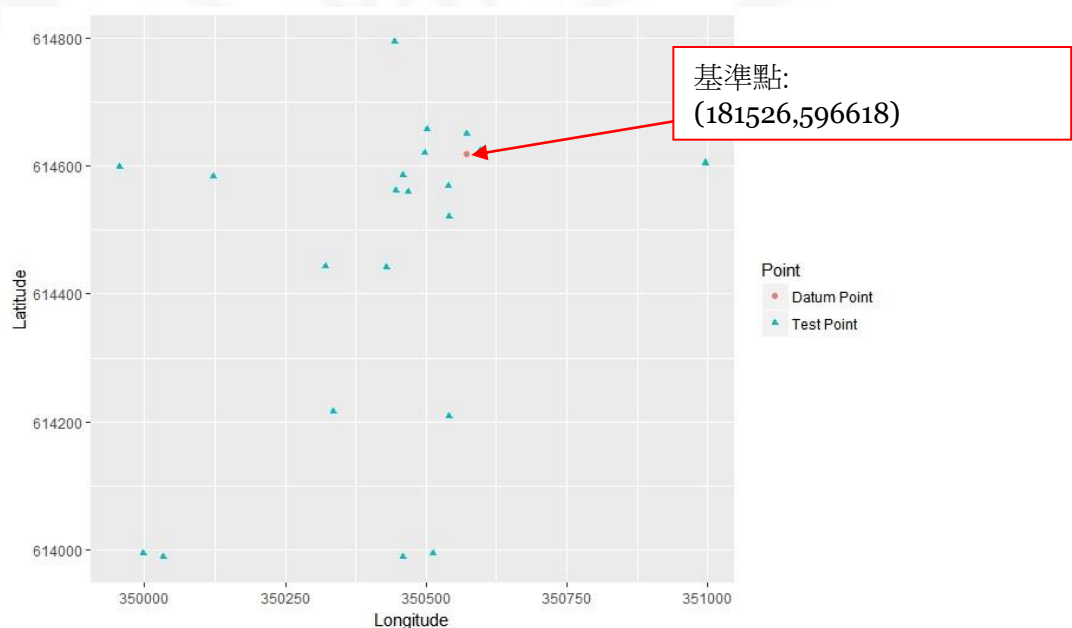


Figure 4.6: 高精確度 (模式一) 馬上抓取

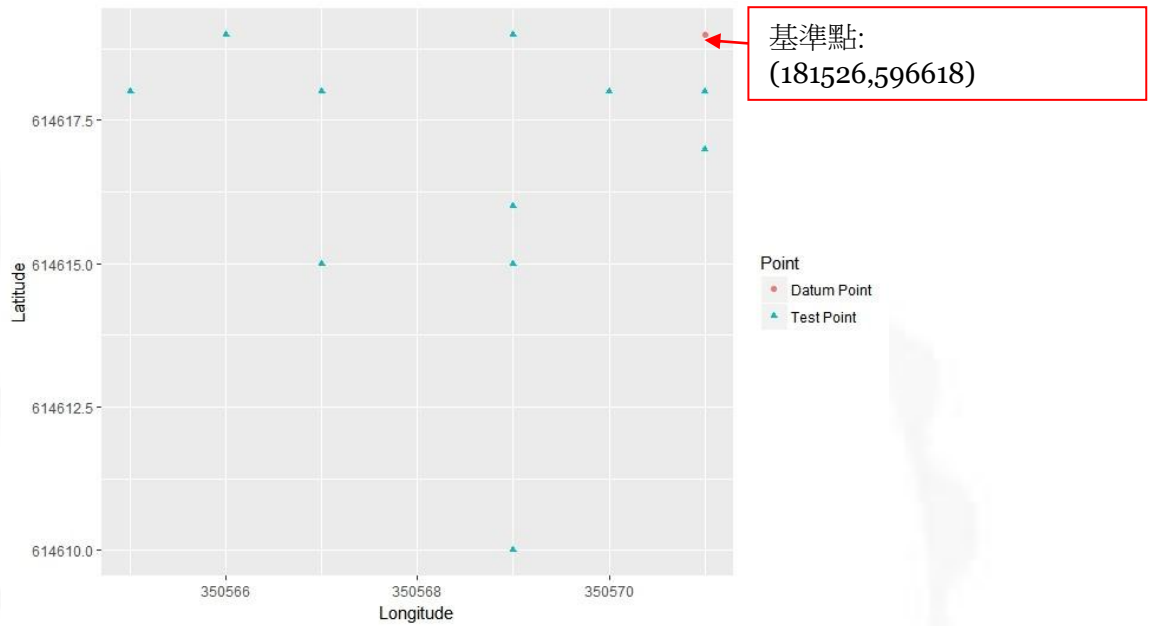


Figure 4.7: 高精確度 (模式一) 等候 30 秒

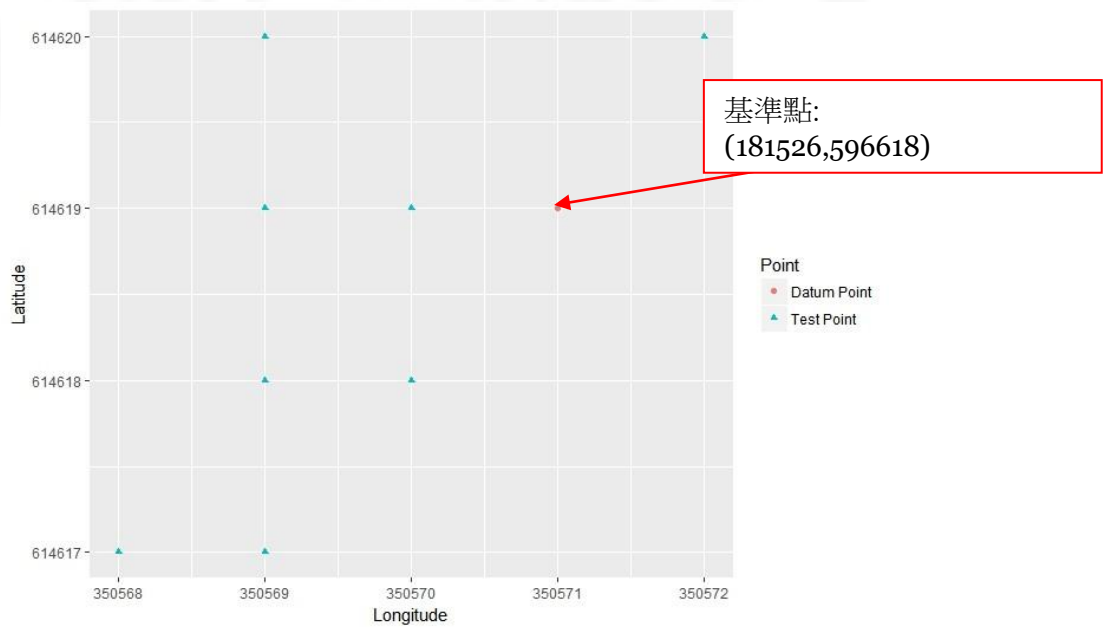


Figure 4.8: 僅裝置 (模式三)

### 4.3 動態測試

在第 4.1 節靜態實驗中，進行了靜態單一點的位置比較。在第 4.3 節要針對行動中的位置模式的變化與精確度。利用第三章所製作的座標抓取軟體與交通工具，來進行抓取，在座標抓取軟體中加入自動抓取來輔助抓取座標。自動抓取設定為每 10 秒擷取一張圖。Datum Point 為動態基準點的產生是把所有抓取的點進行分析，抓取出 30 個點為基準點。測試點把每種模式分別為進行 3 次，在與基準點進行誤差值運算。

Figure 4.9、Figure 4.10、Figure 4.11 分別為高精確度（模式一）、節省電池電力（模式二）、僅裝置（模式三）的行動測試點散佈圖。Datum Point 為動態基準點，在實驗中總共做了 3 測試分別為 Test1、Test2、Test3，把實驗數據使用 R 語言做成散佈圖，讓人一眼就可以分析出在種模式下較為精準。

在動態實驗測試結果中，分析出在行進間，高精確度（模式一）的總誤差值為 0.0071km、節省電池電力（模式二）的總誤差值為 0.0596km、僅裝置（模式三）的總誤差值為 0.0155km，結果得出在動態實驗中使用高精確度（模式一）最為精準。

Figure 4.9 圖中為高精確度 (模式一) 模式，紅色圓點為 Datum Point、Test1 為綠色三角形、Test2 為藍色正方形、Test3 為紫色加號。在散步圖中發現使用高精確度模式下 Test1、Test2、Test3 與 Datum Point 的誤差非常小，幾乎是重疊在一起。Test1、Test2、Test3 與 Datum Point 的實際誤差為 0.0091km、0.0068km、0.0054km，總誤差為 0.0071km。

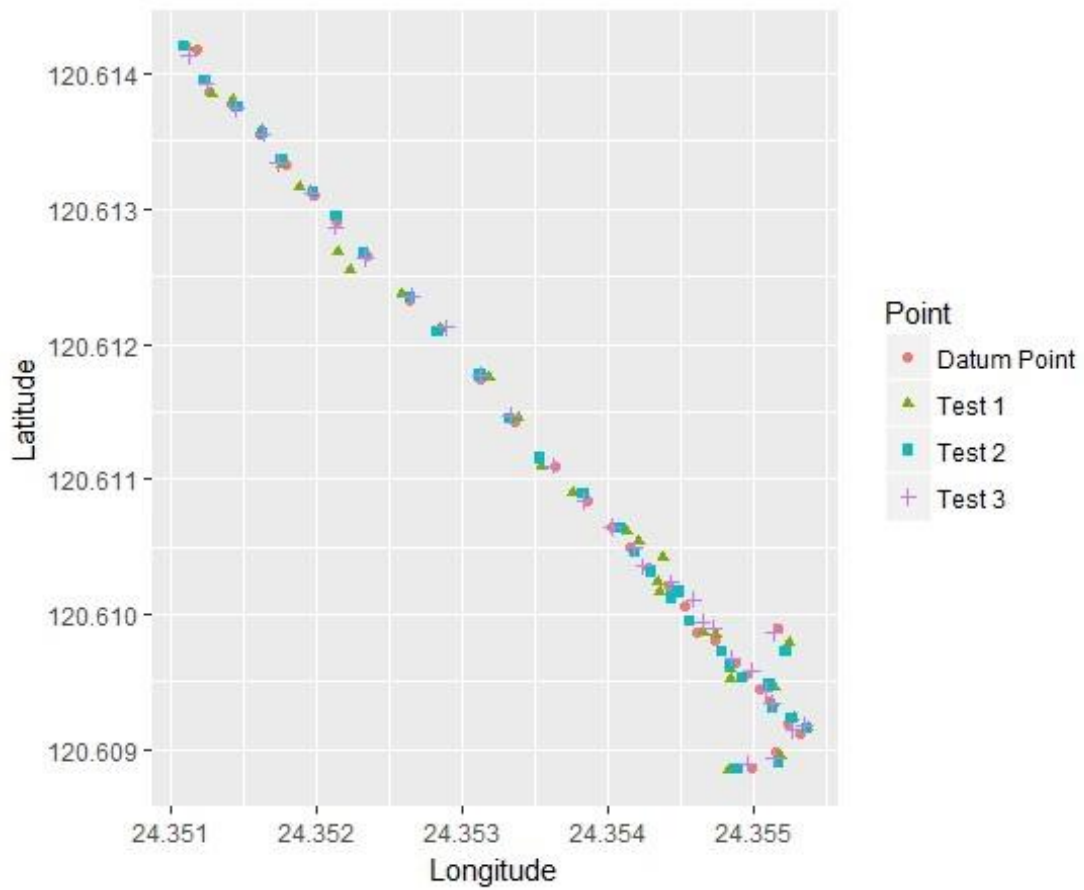


Figure 4.9: 高精確度 (模式一) 的行動測試點分佈

Figure 4.10 圖中為節省電池電力 (模式二) 模式，紅色圓點為 Datum Point、Test1 為綠色三角形、Test2 為藍色正方形、Test3 為紫色加號。在散步圖中發現使用高精確度模式下 Test1、Test2、Test3 與 Datum Point 的誤差非常小，幾乎是重疊在一起。Test1、Test2、Test3 與 Datum Point 的實際誤差為 0.0624km、0.0608km、0.0558km，總誤差為 0.0596km。

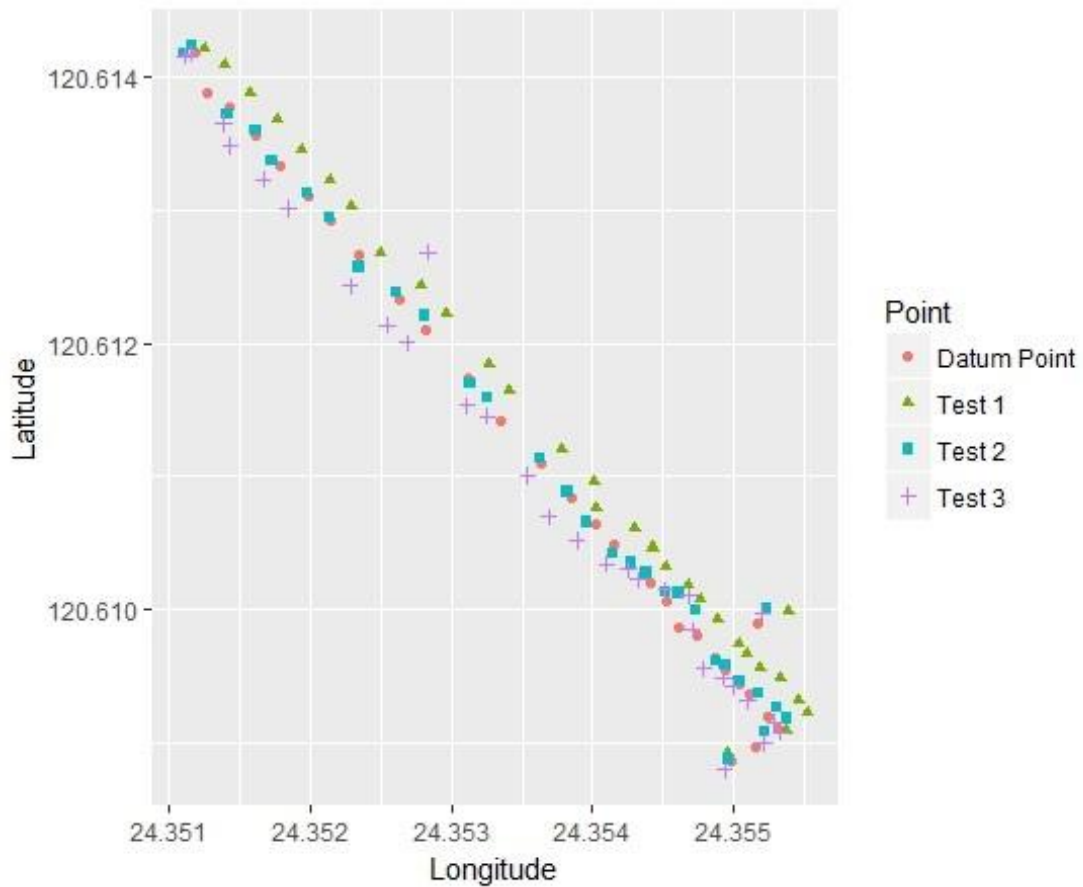


Figure 4.10: 節省電池電力 (模式二) 行動測試點分佈



Figure 4.11 圖中為僅裝置 (模式三) 模式，紅色圓點為 Datum Point、Test1 為綠色三角形、Test2 為藍色正方形、Test3 為紫色加號。在散步圖中發現使用高精確度模式下 Test1、Test2、Test3 與 Datum Point 的誤差非常小，幾乎是重疊在一起。Test1、Test2、Test3 與 Datum Point 的實際誤差為 0.0213km、0.0094km、0.0158km，總誤差為 0.0155km。

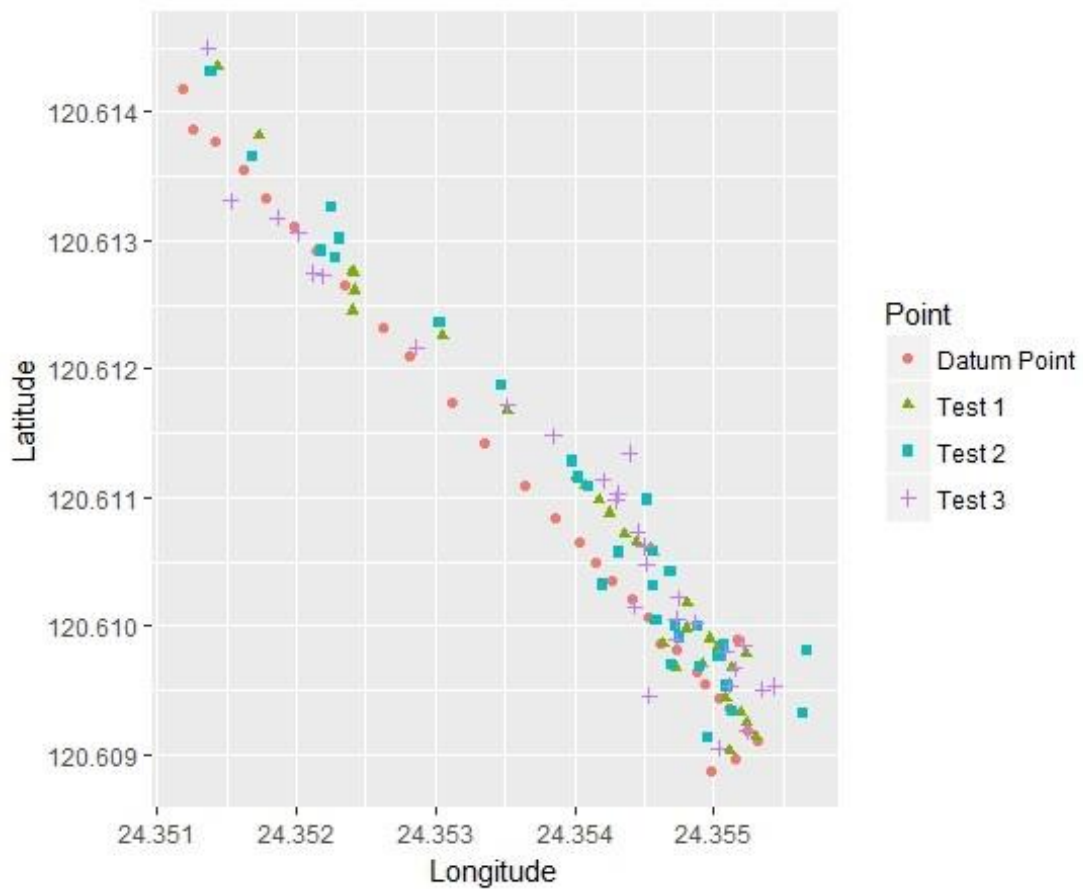


Figure 4.11: 僅裝置 (模式三) 行動測試點分佈

## 第五章 成果與結論

本論文主要的目的是要探討行動裝置上提供的三種定位模式服務在何種環境狀況下較為準確。一般而言，大部分人都會使用預設的高精確度來進行定位，也認為高精確度可能較為準確。在論文中嘗試了 3 種實驗，1. 靜態實驗、2. 靜態實驗中高精確度（模式一）與僅裝置（模式三）的比較、3. 動態實驗。然而，經過本研究之實驗測試，在有建築物或障礙物的室內環境，運行高精確度或僅裝置模式時會產生偵測不易之現象，因為這 2 種模式中都使用 GPS 來定位，GPS 訊號會因建築物或障礙物阻礙訊號傳輸，導致抓取不到資料之情況。在室外測試中比較沒有 GPS 的問題，可以順利的抓取資料。另外，不同的行動裝置也可能會影響 GPS 的偵測。

在靜態實驗中，透過長時間的資料蒐集，分析出在室內使用節省電池電力（模式二）較為準確、在室外則使用僅裝置（模式三）較為準確。

在靜態實驗中，在室外環境下竟然是僅裝置（模式三）較為準確，我們對這個實驗結果有所疑問，這次實驗中選擇不同的的基準點進行測試，發現在高精確度（模式一）下需要等一段時間會較為穩定，誤差值與僅裝置（模式三）相差無幾，在僅裝置（模式三）這模式單純只使用 GPS 定位，會把常去的地點預先定存在快取記憶體哩，所以在靜態定點下會較精準。

在動態實驗中透過長時間與來回騎車的資料蒐集，分析出在行進間使用高精確度（模式一）模式下進行較為精準，節省電池電力（模式二）誤差值最大，在僅裝置（模式三）模式下在相同路徑下，會有越來越精準的情況。

在未來我們會考慮加入其他行動裝置，如加入 Apple 手機與 Android 手機的定位比較、各廠牌 Android 手機的比較、各世代手機的比較和加入其他環境

因素下進行測試，如在室內到大型商場或百貨公司進行實驗，而在動態實驗會加入彎道與巷弄實驗會不單只是做直線測試。



## 參考文獻

- [1] L. Altay, S. Eryigit, F. Alagöz, “GPS-SEC,” *13th Workshop on Positioning, Navigation and Communications*, 2016.
- [2] K. Chebrolu, B. Raman, S. Sen, “Long-distance 802.11b links: performance measurements and experience,” *Proceedings of the 12th annual international conference on Mobile computing and networking*, 2006.
- [3] B. Raman and K. Chebrolu, “Design and evaluation of a new MAC protocol for long-distance 802.11 mesh networks,” *Proceedings of the 11th annual international conference on Mobile computing and networking*, 2005.
- [4] J. Bicket, D. Aguayo, S. Biswas, R. Morris, “Architecture and evaluation of an unplanned 802.11b mesh network,” *Proceedings of the 11th annual international conference on Mobile computing and networking*, 2005.
- [5] S. Sen and B. Raman, “Long distance wireless mesh network planning: problem formulation and solution,” *Proceedings of the 16th international conference on World Wide Web*, 2007.
- [6] S. Biswas and R. Morris, “Opportunistic routing in multi-hop wireless networks,” *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, Vol. 34, Issue 1, January 2004, pp.69-74.
- [7] R Core Team (2016). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>.
- [8] Roger W. Sinnott, Virtues of the Haversine, *Sky and Telescope Magazine*, Vol. 68, No. 2, August 1984, pp. 159-159.
- [9] Yaa Yaal, Mingming Laul, Pengwei Yul, Lei Zhangl,” Integration of indoor and outdoor positioning in a three-dimension scene based on LIDAR and GPS signal” 2016 2nd IEEE International Conference on Computer and Communications
- [10] Li Deren, Gong Jianya, Shao Zhenfeng, From digital earth to smart emth, *Geomatics and Infonnation Science of Wuhan University*, 2010; 35(2): 127-132.

- [11] Ding Rui, Qian Zhi-hong, Wang Xue. UWB positioning system based on joint TOA and DOA estimation, *Journal of Electronics & Information Technology*, 2010; 32(2):313-317.
- [12] Gezici S, A survey on wireless position estimation, *Springer Wireless Personal Communications*, 2008, 44(3):263-282.
- [13] Dongwei Qiu. The study on GPS coordinate transformation models. 2005.
- [14] Jianzhang Li, Peitian Li, Xuechao Yang. Application of BURSA model in monitoring control of bridge jack-up. *Science of Surveying and Mapping*, 2013; 38(2):132-134.
- [15] US Department of Defense, 2010 federal Navigation plan, report US DoD, 2010.
- [16] A. Grant, P. Williams, N. Ward, S. Basker, GPS jamming and the impact on maritime navigation, *The Journal of Navigation* 62(2), 173-187, 2009.
- [17] M.S. Braasch, A.J. Van Dierendonck, GPS receiver architectures and measurements, *Proceedings of the IEEE*, vol: 87, no. 1, January 1999
- [18] H. Kuusniemi, E. Airos, Mohammad Zahidul, H. Bhuiyan, Tuomo Krger, "GNSS Jammers: how vulnerable are Consumer grade Satellite Navigation Receivers?" *European Journal of Navigation*, vol: 10(2), pp: 14-21. 08/2012

# 附錄



Table 6.1: 室內資料比較表

Datum point Mode	24.355040,120.609435 模式一	模式二	模式三
Test Points(T1)	24.354981,120.609332 Distance=0.0123(km)	24.3550663,120.6094225 Distance=0.0032(km)	
Test Points(T2)	24.355160,120.609451 Distance=0.0135(km)	24.3550693,120.6094306 Distance=0.0033(km)	
Test Points(T3)	24.355023,120.609538 Distance=0.0106(km)	24.3550636,120.6094168 Distance=0.0032(km)	
Test Points(T4)	24.346081,120.624849 Distance=1.8543(km)	24.3550753,120.6094276 Distance=0.004(km)	
Test Points(T5)	24.354837,120.609858 Distance=0.0485(km)	24.3550835,120.6094459 Distance=0.005(km)	
Test Points(T6)	24.354971,120.609567 Distance=0.0154(km)	24.355068,120.609435 Distance=0.0031(km)	
Test Points(T7)	24.349191,120.617281 Distance=1.0281(km)	24.355065,120.609423 Distance=0.003(km)	
Test Points(T8)	24.355090,120.609468 Distance=0.0065(km)	24.355069,120.609441 Distance=0.0033(km)	
Test Points(T9)	24.355081,120.609433 Distance=0.0046(km)	24.3550792,120.6094196 Distance=0.0046(km)	
Test Points(T10)	24.354981,120.609332 Distance=0.0123(km)	24.3550677,120.6094223 Distance=0.0033(km)	
Test Points(T11)	24.355160,120.609451 Distance=0.0135(km)	24.3550726,120.6094256 Distance=0.0038(km)	
Test Points(T12)	24.354983,120.609601 Distance=0.018(km)	24.3550578,120.6094161 Distance=0.0028(km)	
Test Points(T13)	24.355150,120.609509 Distance=0.0144(km)	24.3550772,120.6094216 Distance=0.0044(km)	
Test Points(T14)	24.3537343,120.6091325 Distance=0.1486 (km)	24.3472928,120.5989537 Distance=1.3688(km)	
Test Points(T15)	24.3551501,120.609699 Distance=0.0294km)	24.355069,120.6094355 Distance=0.0032(km)	
平均誤差	0.2152993(km)	0.09434(km)	
排名	2	1	

Table 6.2: 室外資料比較表

DP	24.181526, 120.596618		
Mode	模式一	模式二	模式三
T1	24.181616,120.596279 Distance =0.0239 (km)	24.181527,120.596771 Distance =0.0299 (km)	24.181524,120.596626 Distance =0.0154 (km)
T2	24.181488,120.596246 Distance =0.0236 (km)	24.181523,120.596768 Distance =0.0296 (km)	24.181527,120.596620 Distance =0.0147 (km)
T3	24.181480,120.596253 Distance =0.023 (km)	24.182018,120.597046 Distance =0.0815 (km)	24.181527,120.596619 Distance =0.0147 (km)
T4	24.181493,120.596260 Distance =0.0222 (km)	24.181765,120.597023 Distance =0.0627 (km)	24.181526,120.596619 Distance =0.0146 (km)
T5	24.181529,120.596279 Distance =0.0204 (km)	24.181659,120.597005 Distance =0.0563 (km)	24.181527,120.596619 Distance =0.0146 (km)
T6	24.181532,120.596281 Distance =0.0203 (km)	24.181650,120.596914 Distance =0.0473 (km)	24.181527,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T7	24.181521,120.596274 Distance =0.0208 (km)	24.181733,120.596884 Distance =0.0487 (km)	24.181529,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T8	24.181477,120.596271 Distance =0.0212 (km)	24.181761,120.596881 Distance =0.0501 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T9	24.181430,120.596261 Distance =0.0234 (km)	24.181569,120.596883 Distance =0.0418 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T10	24.181434,120.596252 Distance =0.0241 (km)	24.181717,120.59694 Distance =0.0527 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T11	24.181436,120.596248 Distance =0.0245 (km)	24.181665,120.596905 Distance =0.047 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T12	24.181433,120.596244 Distance =0.0249 (km)	24.181701,120.596925 Distance =0.0506 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T13	24.181452,120.596252 Distance =0.0236 (km)	24.181740,120.596953 Distance =0.0551 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T14	24.181461,120.596255 Distance =0.0231 (km)	24.181713,120.596931 Distance =0.0517 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T15	24.181462,120.596256 Distance =0.023 (km)	24.181702,120.596930 Distance =0.0511 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T16	24.181482,120.596265 Distance =0.0217 (km)	24.181785,120.597052 Distance =0.0663 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T17	24.181491,120.596270 Distance =0.0212 (km)	24.181990,120.596897 Distance =0.0691 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T18	24.1815,120.596274 Distance =0.0207 (km)	24.181989,120.596897 Distance =0.069 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T19	24.181512,120.596280 Distance =0.0201 (km)	24.181709,120.596906 Distance =0.0492 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T20	24.181516,120.596282 Distance =0.02 (km)	24.181837,120.596867 Distance =0.0544 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T21	24.181516,120.596282 Distance =0.02 (km)	24.181949,120.597685 Distance =0.1323 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T22	24.181476,120.596237 Distance =0.0245 (km)	24.181491,120.596829 Distance =0.0357 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T23	24.181483,120.596238 Distance =0.0245 (km)	24.181651,120.596939 Distance =0.0497 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)



T24	24.181483,120.596238 Distance =0.0245 (km)	24.181734,120.597005 Distance =0.0595 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T25	24.181494,120.596243 Distance =0.0239 (km)	24.181701,120.596937 Distance =0.0517 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T26	24.181502,120.596248 Distance =0.0234 (km)	24.181702,120.596937 Distance =0.0517 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T27	24.181510,120.596252 Distance =0.023 (km)	24.181602,120.596841 Distance =0.0385 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T28	24.181512,120.596253 Distance =0.0229 (km)	24.181697,120.596914 Distance =0.0494 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T29	24.181564,120.596018 Distance =0.0472 (km)	24.181605,120.596955 Distance =0.0498 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T30	24.181793,120.596882 Distance =0.0523 (km)	24.181788,120.596939 Distance =0.0567 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T31	24.181404,120.596548 Distance =0.0129 (km)	24.181757,120.596981 Distance =0.0585 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T32	24.181442,120.596571 Distance =0.0115 (km)	24.181775,120.596975 Distance =0.059 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T33	24.181529,120.596600 Distance =0.0128 (km)	24.181986,120.597048 Distance =0.0792 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T34	24.181564,120.596617 Distance =0.0158 (km)	24.181986,120.597013 Distance =0.0766 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T35	24.181568,120.596604 Distance =0.0148 (km)	24.182013,120.596995 Distance =0.0775 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T36	24.181549,120.596474 Distance =0.0054 (km)	24.181958,120.597008 Distance =0.0741 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T37	24.181596,120.596465 Distance =0.0107 (km)	24.181855,120.596991 Distance =0.0653 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0146 (km)
T38	24.181557,120.596532 Distance =0.0083 (km)	24.181706,120.596947 Distance =0.0528 (km)	24.181528,120.596618 Distance =0.0145 (km)
T39	24.181551,120.596598 Distance =0.0134 (km)	24.181942,120.596964 Distance =0.0696 (km)	24.181528,120.596617 Distance =0.0145 (km)
T40	24.181530,120.596670 Distance =0.0198 (km)	24.181937,120.596968 Distance =0.0695 (km)	24.181528,120.596617 Distance =0.0145 (km)
T41	24.181541,120.596746 Distance =0.0276 (km)	24.181739,120.596966 Distance =0.0562 (km)	24.181528,120.596617 Distance =0.0145 (km)
T42	24.181519,120.596730 Distance =0.0257 (km)	24.181878,120.597068 Distance =0.0732 (km)	24.181528,120.596617 Distance =0.0145 (km)
T43	24.181512,120.596720 Distance =0.0246 (km)	24.182000,120.597030 Distance =0.0789 (km)	24.181528,120.596617 Distance =0.0145 (km)
T44	24.181511,120.596732 Distance =0.0258 (km)	24.182026,120.597049 Distance =0.0823 (km)	24.181528,120.596617 Distance =0.0145 (km)
T45	24.181508,120.596723 Distance=0.0249 (km)	24.181769,120.597029 Distance=0.0634 (km)	24.181528,120.596617 Distance=0.0144 (km)

T46	24.181515,120.596735 Distance=0.0261 (km)	24.181759,120.597041 Distance=0.064 (km)	24.181528,120.596617 Distance=0.0144 (km)
T47	24.181499,120.596708 Distance=0.0234 (km)	24.181741,120.597303 Distance=0.0879 (km)	24.181527,120.596616 Distance=0.0144 (km)
T48	24.181504,120.596714 Distance=0.024 (km)	24.181631,120.596972 Distance=0.0522 (km)	24.181527,120.596616 Distance=0.0144 (km)
T49	24.181522,120.596758 Distance=0.0285(km)	24.181652,120.596962 Distance=0.0519(km)	24.181527,120.596616 Distance=0.0143(km)
T50	24.181515,120.596746 Distance=0.0273(km)	24.181722,120.597124 Distance=0.0701(km)	24.181527,120.596616 Distance=0.0143(km)
平均誤差	0.0223(km)	0.060026(km)	0.014578(km)
排名	2	3	1

Table 6.4: 模式一與模式三比較表

DP	24.181526, 120.596618		
Mode	模式一	模式一 30 秒	模式三
T1	24.350430, 120.614442 Distance =0.0238 (km)	24.350569, 120.614615 Distance =0.0005 (km)	24.350569, 120.614617 Distance =0.0003 (km)
T2	24.350459, 120.614585 Distance =0.0129 (km)	24.350567, 120.614615 Distance =0.0006 (km)	24.350569, 120.614618 Distance =0.0002 (km)
T3	24.350033, 120.613988 Distance =0.0876 (km)	24.350570, 120.614618 Distance =0.0002 (km)	24.350570, 120.614618 Distance =0.0002 (km)
T4	24.350322, 120.614443 Distance =0.033 (km)	24.350570, 120.614618 Distance =0.0002 (km)	24.350570, 120.614618 Distance =0.0002 (km)
T5	24.350459, 120.613988 Distance =0.0652 (km)	24.350565, 120.614618 Distance =0.0007 (km)	24.350570, 120.614618 Distance =0.0002 (km)
T6	24.350444, 120.614795 Distance =0.0228 (km)	24.350569, 120.614616 Distance =0.0004 (km)	24.350570, 120.614618 Distance =0.0002 (km)
T7	24.350596, 120.614625 Distance =0.0028 (km)	24.350569, 120.614610 Distance =0.0009 (km)	24.350570, 120.614619 Distance =0.0001 (km)
T8	24.349956, 120.614598 Distance =0.0685 (km)	24.350567, 120.614618 Distance =0.0005 (km)	24.350570, 120.614619 Distance =0.0001 (km)
T9	24.350468, 120.614559 Distance =0.013 (km)	24.350566, 120.614619 Distance =0.0006 (km)	24.350570, 120.614619 Distance =0.0001 (km)
T10	24.350572, 120.614650 Distance =0.0031 (km)	24.350569, 120.614619 Distance =0.0002 (km)	24.350570, 120.614619 Distance =0.0001 (km)
T11	24.350502, 120.614658 Distance =0.0086 (km)	24.350571, 120.614618 Distance =0.0001 (km)	24.350570, 120.614619 Distance =0.0001 (km)
T12	24.349998, 120.613995 Distance =0.0899 (km)	24.350571, 120.614617 Distance =0.0002 (km)	24.350570, 120.614619 Distance =0.0001 (km)
T13	24.350540, 120.614569 Distance =0.0061 (km)	24.350569, 120.614610 Distance =0.0009 (km)	24.350570, 120.614619 Distance =0.0001 (km)
T14	24.350335, 120.614216 Distance =0.0486 (km)	24.350569, 120.614619 Distance =0.0002 (km)	24.350570, 120.614619 Distance =0.0001 (km)
T15	24.350122, 120.614584 Distance =0.0501 (km)	24.350571, 120.614618 Distance =0.0001 (km)	24.350570, 120.614619 Distance =0.0001 (km)
T16	24.350996, 120.614605 Distance =0.0473 (km)	24.350569, 120.614619 Distance =0.0002 (km)	24.350570, 120.614619 Distance =0.0001 (km)
T17	24.350541, 120.614208 Distance =0.0418 (km)	24.350567, 120.614618 Distance =0.0005 (km)	24.350570, 120.614619 Distance =0.0001 (km)
T18	24.350498, 120.614621 Distance =0.0081 (km)	24.350571, 120.614617 Distance =0.0002 (km)	24.350569, 120.614620 Distance =0.0002 (km)
T19	24.350541, 120.614521 Distance =0.0105 (km)	24.350565, 120.614618 Distance =0.0007(km)	24.350572, 120.614620 Distance =0.0002(km)
T20	24.350512, 120.613994 Distance =0.0637 (km)	24.350571, 120.614617 Distance =0.0002 (km)	24.350572, 120.614620 Distance =0.0002 (km)
T21	24.350446, 120.614562 Distance =0.0151(km)	24.350565, 120.614618 Distance =0.0007 (km)	24.350572, 120.614620 Distance =0.0002 (km)
T22	24.349956, 120.614598 Distance =0.0685 (km)	24.350571, 120.614617 Distance =0.0002 (km)	24.350572, 120.614620 Distance =0.0002 (km)
T23	24.350572, 120.614650 Distance =0.0031 (km)	24.350571, 120.614617 Distance =0.0002 (km)	24.350572, 120.614620 Distance =0.0002 (km)

T24	24.350596, 120.614625 Distance =0.0028 (km)	24.350565, 120.614618 Distance =0.0007 (km)	24.350569, 120.614620 Distance =0.0002 (km)
T25	24.350459, 120.613988 Distance =0.0652 (km)	24.350566, 120.614619 Distance =0.0006 (km)	24.350572, 120.614620 Distance =0.0002 (km)
T26	24.350996, 120.614605 Distance =0.0473 (km)	24.350571, 120.614618 Distance =0.0001 (km)	24.350569, 120.614619 Distance =0.0002 (km)
T27	24.350430, 120.614442 Distance =0.0238 (km)	24.350565, 120.614618 Distance =0.0007 (km)	24.350569, 120.614617 Distance =0.0003 (km)
T28	24.350033, 120.613988 Distance =0.0876 (km)	24.350569, 120.614610 Distance =0.0009 (km)	24.350569, 120.614617 Distance =0.0003 (km)
T29	24.350596, 120.614625 Distance =0.0028 (km)	24.350565, 120.614618 Distance =0.0007 (km)	24.350568, 120.614617 Distance =0.0004 (km)
T30	24.350335, 120.614216 Distance =0.0486 (km)	24.350571, 120.614617 Distance =0.0002 (km)	24.350568, 120.614617 Distance =0.0004 (km)
平均誤差	0.03574	0.0004	0.0002
排名	3	2	1