

現代衛星導航期末報告

#2 Carrier Smoothing
#4 Differential GPS
#5 Using GPS for Survey

指導老師：
詹紹勳老師

組員：
陳彥凱
李承叡
陸皓邦
白鎮瑜
黃宜芳

| | | |
|------|------------------------|----|
| 一、 | 題目選擇 | 0 |
| 二、 | 成果展現 | 0 |
| 1. | Differential GPS..... | 1 |
| 1.1. | 題目概述： | 1 |
| 1.2. | 前人研究： | 1 |
| 1.3. | 實驗設置： | 1 |
| 1.4. | 結果與討論：..... | 2 |
| 2. | Carrier Smoothing..... | 5 |
| 2.1. | 題目概述： | 5 |
| 2.2. | 前人研究： | 5 |
| 2.3. | 實驗設置： | 5 |
| 2.4. | 結果與討論： | 6 |
| 3. | Survey:..... | 8 |
| 3.1. | 題目概述： | 8 |
| 3.2. | 實驗設置： | 8 |
| 3.3. | 結果與討論：..... | 9 |
| 三、 | 結論 | 17 |

一、 題目選擇

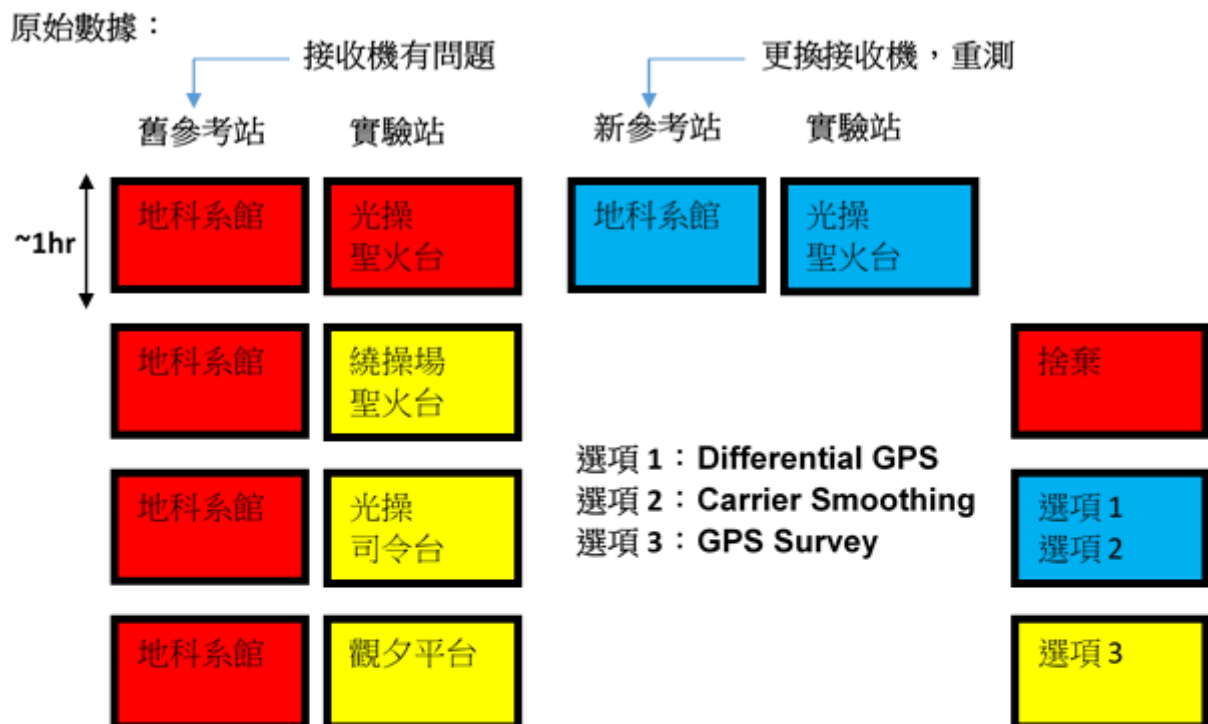
本組所選的題目為 1. Differential GPS (DGPS), 2. Carrier Smoothing, 3. Survey 。

二、 成果展現

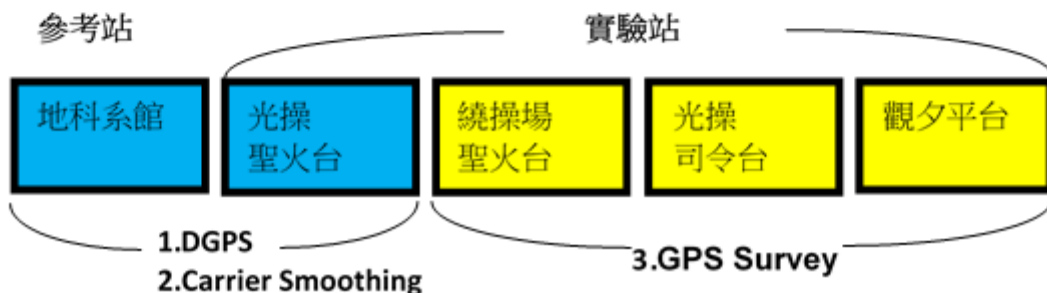
以下我們將分成各項題目 1. Differential GPS (DGPS), 2. Carrier Smoothing, 3. GPS Survey 來分別展示結果。

原本我們想以四個小時兩個接收機的資料作 Differential GPS 量測，但分析後發現參考站的接收機定位不準確，所以又再更換新的。我們不打算全部重做，改成前面一小時在光操聖火台定點重作 DGPS，其餘數歸類為 GPS Survey。然後再將有光操聖火台 DGPS 的數據做 Carrier Smoothing。

以下為示意圖：



剩餘數據：



1. Differential GPS

1.1. 題目概述：

GPS 訊號傳輸過程中會因電離層，大氣層，衛星及接受站時鐘誤差等影響造成偽距量測產生誤差量，雖然我們可以使用各種方法盡量減少各誤差量的大小(例如使用大氣誤差的 model 或是雙頻訊號盡量消除電離層誤差項)，但其終究效果有限。因此我們可以採用以一個已知位置的參考站來得出誤差量，並用此誤差量來修正觀測站的偽距，來減去各項誤差量。

1.2. 前人研究：

美國軍方基於國防安全的考量，避免敵對方使用衛星定位信號於武器用途，在廣大用戶所使用的標準定位服務(SPS)中人為地引入誤差，即在所有的 GPS 工作衛星上實施選擇可用性(SA)政策，使水平定位精度降低至 100 m(2dRMS)，垂直定位精度為 156 m(2a)，時間精度為 175 ns。儘管 SA 政策已於 2000 年 5 月 1 日停止使用，但是單點定位的精度也只有 20-40 m，這樣的精度難以滿足飛機導航、工程測量等方面的定位需求。差分全球定位系統技術解決了這種問題，提高了單點定位的精度。傳統的差分定位法(Differential GPS, DGPS)是在已知精確點上設立參考站，以收集 GPS 觀測量進行定位，並與精確位置做比較，藉此產生區域性的修正量給使用者[2 呂仕捷]。

1.3. 實驗設置：

a. 儀器

本次實驗所使用的兩台 GPS 接收機為出自 SkyTraQ 的產品，以及兩組接收天線，並將其連接兩部電腦運行 GNSS viewer 而後將 Binary 資料記錄下來。

b. 實驗方法

本組蒐集兩台 GPS 接收機各一小時的資料並選擇仰角 15° 以上的衛星資料來進行 DGPS，並計算出 PDOP、TDOP、GDOP、ENU 標準差。

c. DGPS 設置

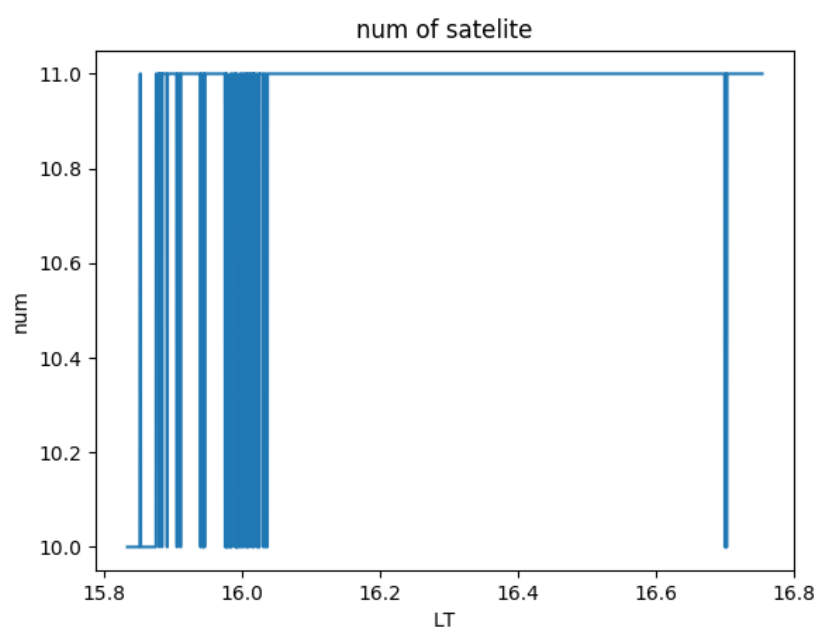
首先需要選定固定站(參考站)的位置，本組將之設置在成功大學地球科學系北側頂樓，另一個測試站則固定在成功大學光復校區操場的聖火台，所選的位置周遭都較開闊，並無遮蔽物，實驗時間為一小時。



| 事件編號 | 事件 | 時間(2018/1/14) |
|--------|---------|-------------------|
| Total | 固定站 | 15:50:02~16:45:15 |
| Case 1 | 光操聖火台定點 | 15:50:02~16:45:15 |

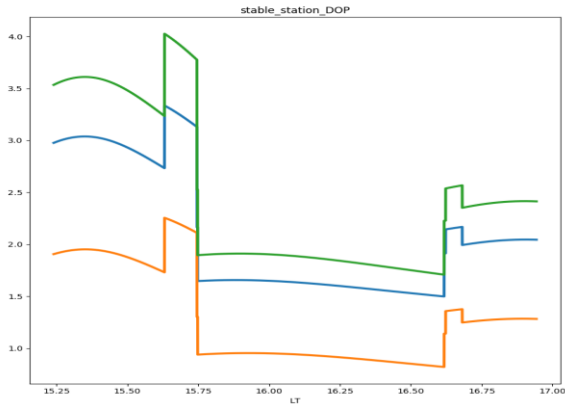
1.4. 結果與討論：

衛星數

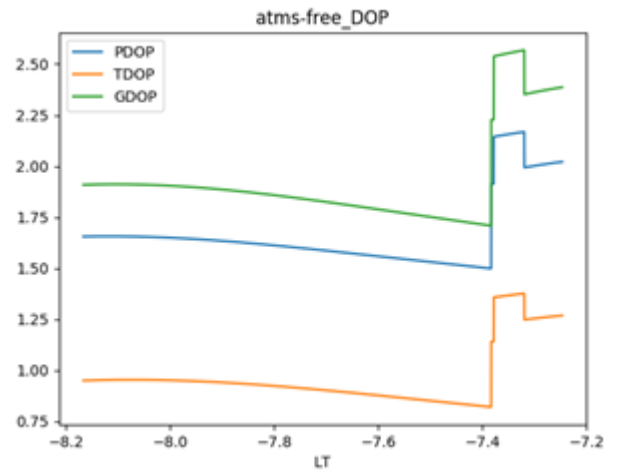


Non-DGPS

固定站



測試站



DGPS 後



DGPS 前



| Case 編號 | | 固定站 | Case 1 | |
|------------|--------------|----------|----------|---------|
| | | 地科頂樓 | 光操聖火台固定 | |
| | | Non-DPGS | Non-DPGS | DPGS |
| | 平均衛星數(顆) | 10.1258 | 8.9115 | 8.8177 |
| 平均 DOP | PDOP | 2.1081 | 1.6664 | 1.6664 |
| | TDOP | 1.2942 | 0.9658 | 0.9658 |
| | GDOP | 2.4747 | 1.9264 | 1.9264 |
| 平均定位點 | 緯度 | 22.9974 | 22.9978 | |
| | 經度 | 120.2188 | 120.2140 | |
| | 高度 (m) | 67.9565 | 47.6702 | |
| ENU | E-std(m) | 2.2566 | 1.1159 | 1.6179 |
| | N-std (m) | 2.2808 | 1.9416 | 2.2352 |
| | U-std (m) | 5.2594 | 3.5249 | 4.3417 |
| | E-mean | -1.3847 | -3.9924 | -2.6926 |
| | N-mean | -1.2762 | 0.5329 | 0.9237 |
| | U-mean | 6.6260 | 5.2220 | -0.3295 |

由結果我們可見, 在做了 DGPS 後, 參考站的 ENU 方向的 E 方向與 U 方向的平均定位結果皆有所提升 (尤其是 U 方向), 但 ENU 方向的標準差也相比沒做 DGPS 的數據成長了約 1.414, 這應是由於固定站的誤差量因 DGPS 的過程而傳遞至了觀測站上, 因此理論上標準差成長了根號二倍。

2. Carrier Smoothing

2.1. 題目概述：

參考講義公式：

$$\underline{\rho}(t_{i+1}) = \frac{1}{M}\rho(t_{i+1}) + \frac{M-1}{M}[\underline{\rho}(t_i) + [\phi(t_{i+1}) - \phi(t_i)]]$$

使用 $\underline{\rho}(t)$ 替代 $\rho(t)$ 作圖。

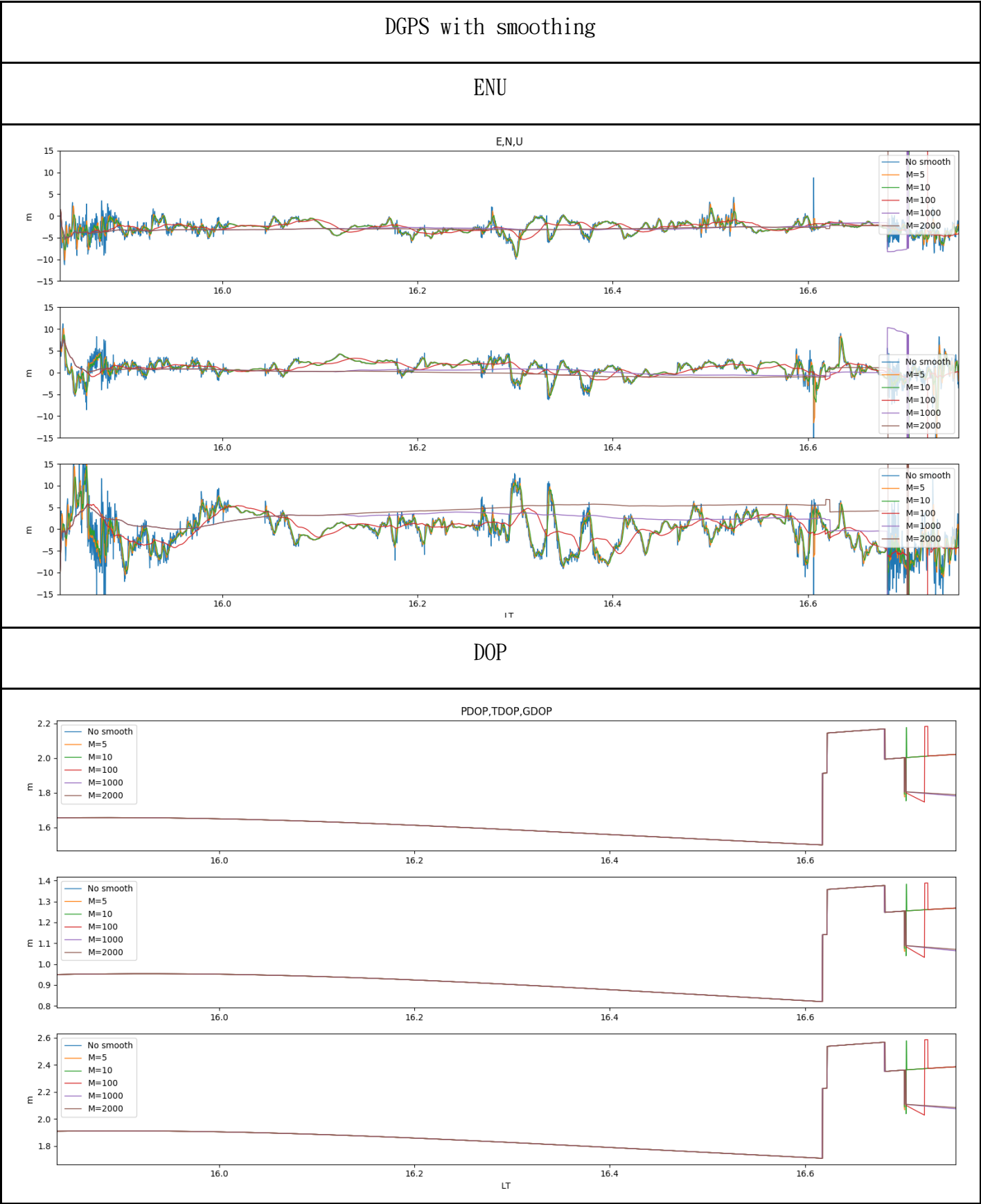
2.2. 前人研究：

接收 GPS 資料時，所得到的偽距(Pseudorange)會有較大的浮動，而載波相位(Carrier Phase)則較為平滑，使用載波相位平滑偽距將偽距浮動值與載波相位觀測量高精度的特點相結合進行單點定位，能夠有效提高偽距精度[1 隋叶叶]。進行載波平滑時需有一個平滑常數，其是影響載波相位平滑偽距精度的關鍵參數，一般處理數據時依據經驗設定平滑常數[2 劉廣軍]，而本實驗試著將平滑常數進行不同值的試驗，並分析何種平滑常數對本次實驗較為合適。

2.3. 實驗設置：

我們使用題目 "1. Differential GPS" 所做受固定站修正過後的觀測站的偽距來進行 carrier smooth。

2.4. 結果與討論：



| Case 編號 | | Case 1 | | | | | |
|------------|---------|----------------|---------|---------|---------|----------|----------|
| | | 光操聖火台固定 | | | | | |
| | | Non- Smooth | M=5 | M = 10 | M = 100 | M = 1000 | M = 2000 |
| | 平均 PDOP | 1.6664 | 1.6663 | 1.6663 | 1.6620 | 1.6541 | 1.6543 |
| | 平均 TDOP | 0.9658 | 0.9658 | 0.9658 | 0.9620 | 0.9554 | 0.9556 |
| | 平均 GDOP | 1.9264 | 1.9263 | 1.9263 | 1.9207 | 1.9105 | 1.9107 |
| ENU | E-std | 1.6179 | 1.4477 | 1.3690 | 0.9261 | 0.9410 | 3.5330 |
| | N-std | 2.2352 | 1.9238 | 1.8061 | 1.2114 | 1.6756 | 5.3202 |
| | U-std | 4.3417 | 3.9615 | 3.8315 | 2.7428 | 3.8127 | 11.0145 |
| | E-mean | -2.6926 | -2.6917 | -2.6895 | -2.6982 | -3.0241 | -2.8396 |
| | N-mean | 0.9237 | 0.9272 | 0.9260 | 0.9420 | 0.5481 | -0.1809 |
| | U-mean | -0.3295 | -0.3193 | -0.3105 | 0.0765 | 1.7873 | 4.3661 |

由結果可知, M 值越大不一定代表結果會比較好, 以此例子為例, M=100 為最佳, 而 M=2000 時反而結果較差, 可能為因電離層在長時間下變化較大, 若 M 取太大會受電離層項影響較劇烈。當 M 取 10 以下時可看見其曲線有 smooth, 但幅度並不大。

3. Survey:

3.1. 題目概述:

因 GPS 定位並非絕對準確, 且此次實驗中我們只使用了單頻的接收資料, 因此想探討依目前定位後的結果在地圖上的展現, 來觀察其與正確的路徑的差別。

3.2. 實驗設置:

本組將這部份分為三種情形, 分別為繞行成功大學光復校區操場最外圍及聖火台的移動測站、固定在光復操場司令台上的測站以及從學校出發騎車來回觀夕平台的移動測站, 實驗時間皆各進行一小時。

| 事件編號 | 事件 | 時間(2018/1/8) |
|--------|---------|-------------------|
| Case 2 | 繞行光操聖火台 | 11:01:52~11:30:01 |
| Case 2 | 繞行光操操場 | 11:30:01~12:06:13 |
| Case 3 | 光操司令台遮蔽 | 12:06:25~13:04:08 |
| Case 4 | 觀夕平台去程 | 13:17:43~13:51:02 |
| Case 4 | 觀夕平台回程 | 13:51:20~14:22:57 |

圖 1 為光復操場司令台上的固定測站的位置, 其上方有屋簷遮擋; 而圖 2 為從地科系館出發來回觀夕平台大致的路線, 車速大約為時速 30~40km/hr, 沿途依建築數量將之分為(1)高樓區、(2)矮房區、(3)空曠區。



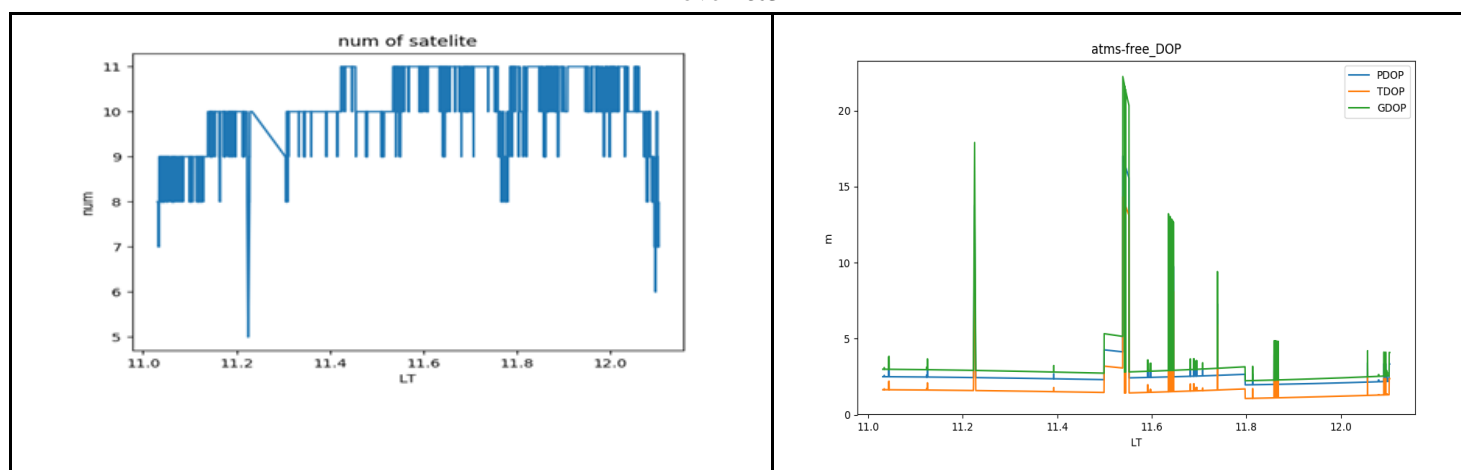
(圖 1)



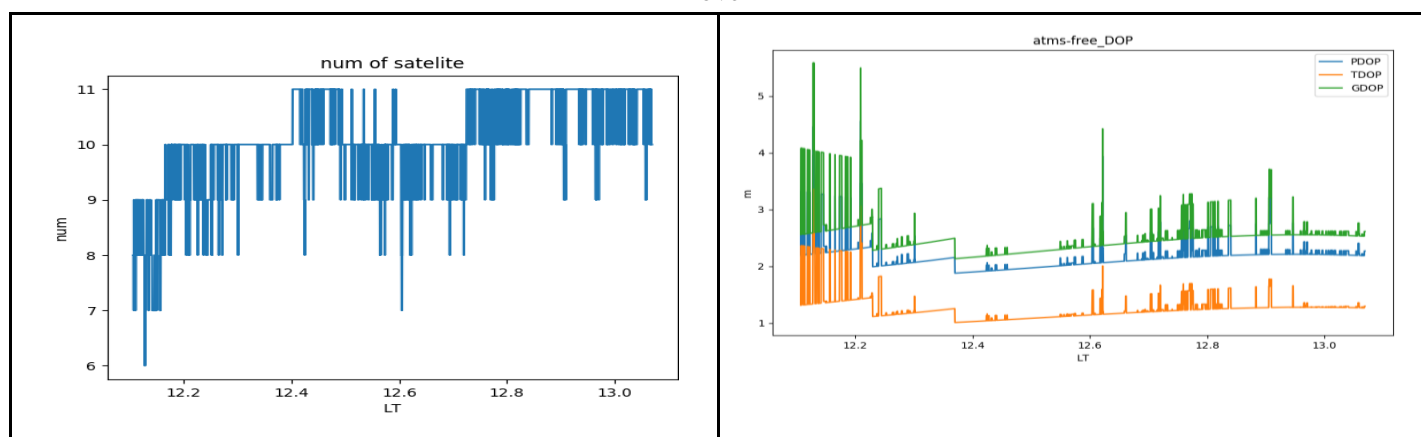
(圖 2)

3.3. 結果與討論：

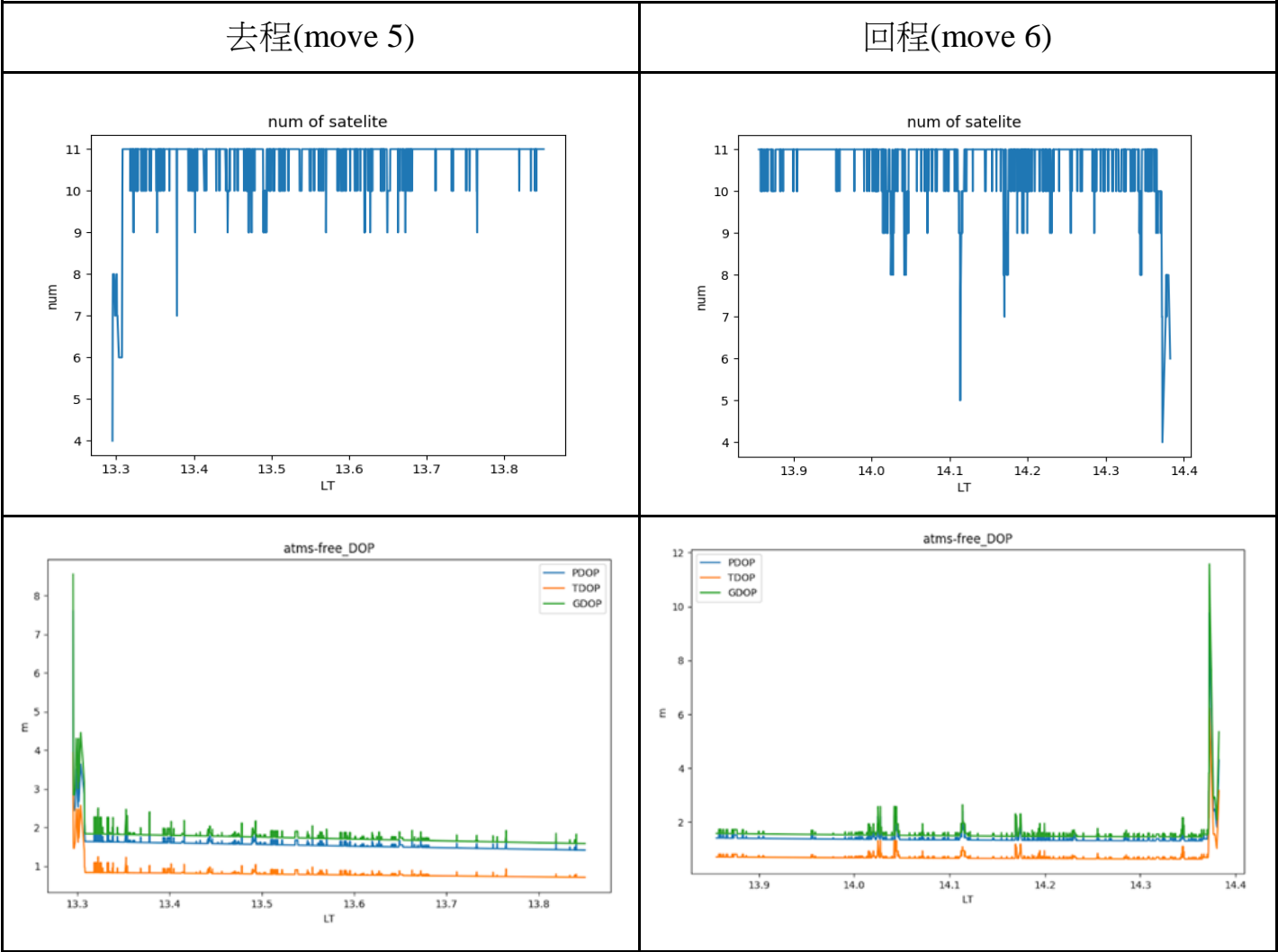
move 2&3



move 4



move 5&6



量測參數 (Non-DGPS):

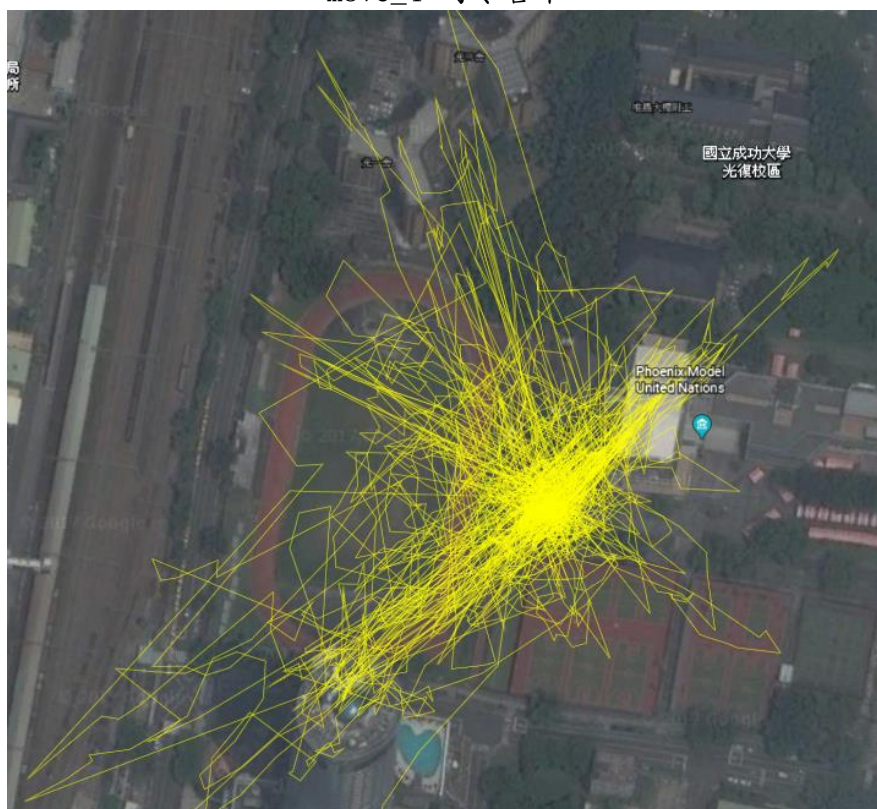
| Case 編號 | | Case 2 | Case 3 | Case 4 |
|------------|-----------|----------|-------------|----------|
| | | 繞光操 | 光操司令台 (有遮蔽) | 觀夕平台 |
| | | Non-DGPS | Non-DGPS | Non-DGPS |
| | 平均衛星數 | 10.164 | 10.054 | 10.7738 |
| | 平均 PDOP | 2.6208 | 2.1866 | 1.4728 |
| | 平均 TDOP | 1.6957 | 1.26422 | 0.7464 |
| | 平均 GDOP | 3.1258 | 2.5266 | 1.6514 |
| 平均定位點 | 緯度 | - | 22.9976 | - |
| | 經度 | - | 120.2151 | - |
| | 高度 (m) | - | 102.6673 | - |
| ENU | E-std | - | 38.065 | - |
| | N-std | - | 40.3656 | - |
| | U-std | - | 90.397 | - |

路徑圖：

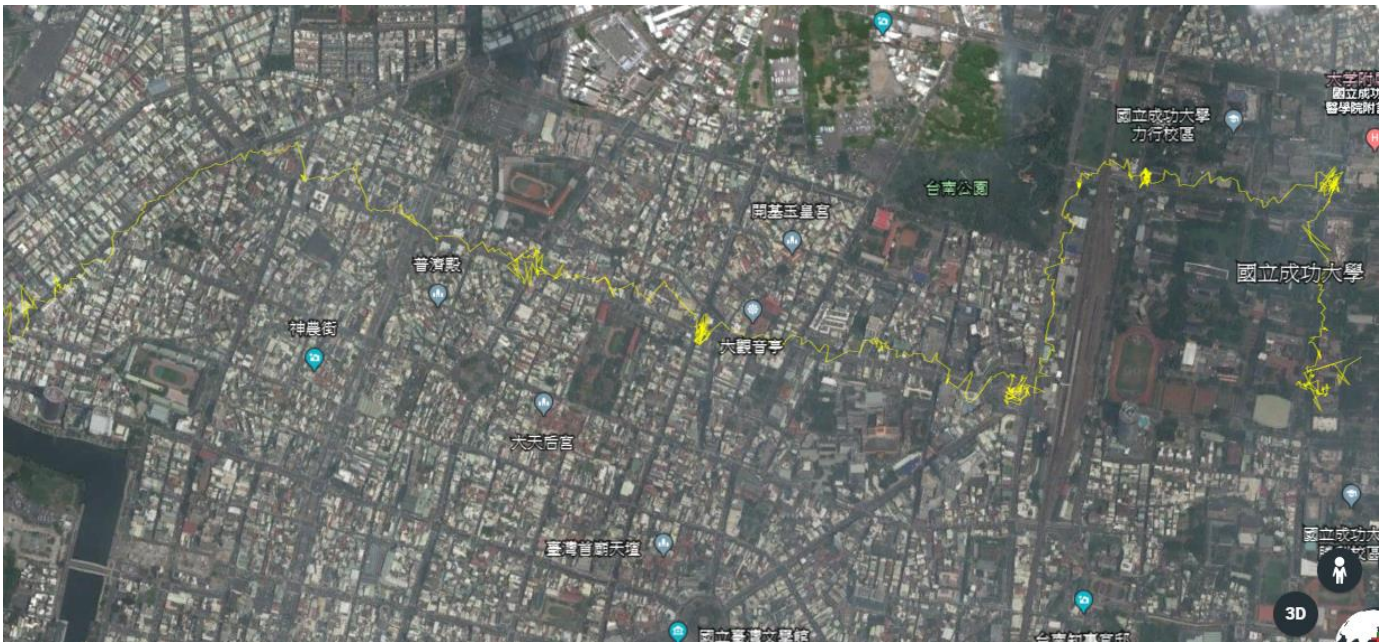
move_3 繞操場



move_4 司令台下



move_5 前往觀夕平台(高樓)



move_5 前往觀夕平台(低樓)



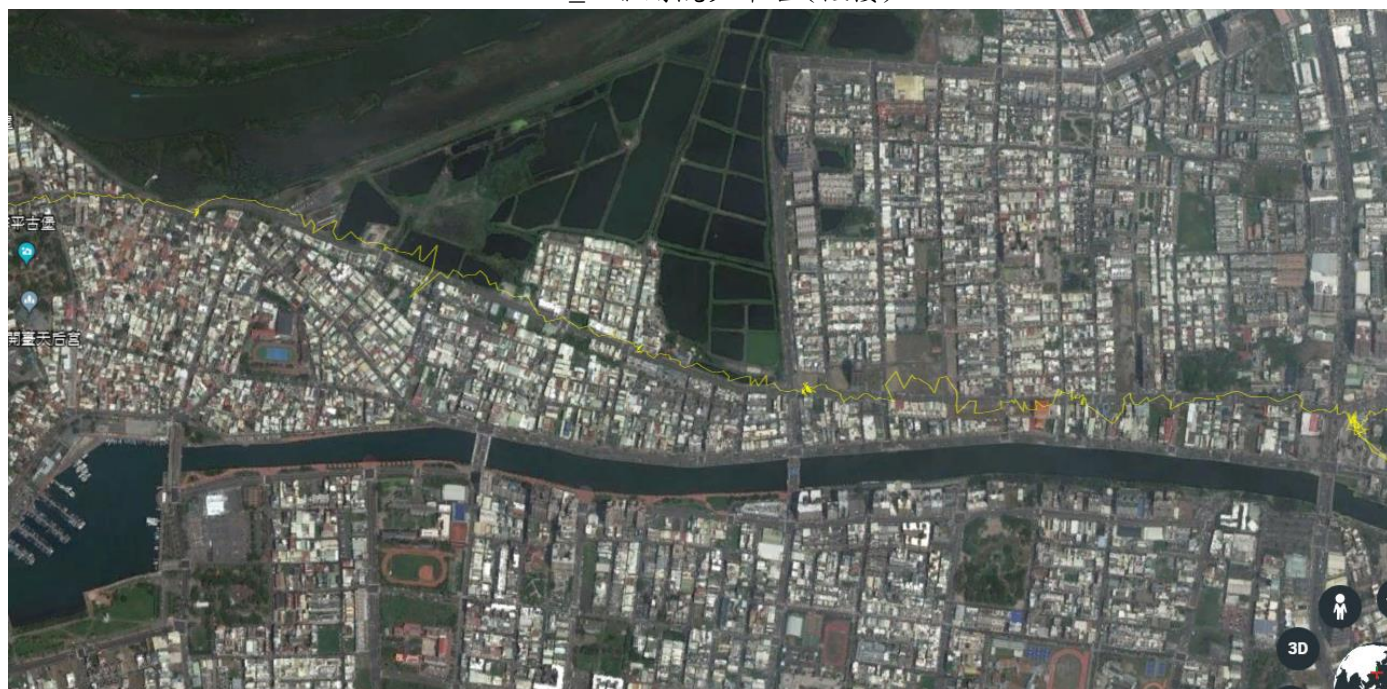
move_5 前往觀夕平台(空曠)



move_6 離開觀夕平台(高樓-2)



move_6 離開觀夕平台(低樓)



move_6 離開觀夕平台(空曠)



空曠區定位優於房子區。凡遇見半邊牆半邊空曠的區域，定位位置都會遠離牆約 3 公尺的位移，並且從有房子區進入空曠區的時候，會有較大的抖動。

先看向繞行操場的部分，可以發現定位大致上偏向東方一整個跑道的寬度，且在靠近大遠百處時定位會偏向遠離大遠百的方向，其可以顯示大遠百的遮蔽對於定位的影響程度。再看向司令台的數據，發現其定位散佈非常大，可見在頭頂處的遮蔽造成定位結果非常不穩定且不精準。

經房子區的時候抖動很大，整體偏移約 3 公尺左右，且定位散佈非常大。而從有房子區進入空曠區的時候，會有較大的抖動，因位於房屋轉角處，房子多出更多的面。

三、結論

Universal Questions:

1. Over the aggregate period of GPS observations, what were the average values of EDOP, NDOP, VDOP, TDOP, and GDOP? Over this period, what was the average number of satellites in view?

| | 固定站 | 聖火台固定 | | 繞光操&聖火台 | | 司令台固定 | | 觀夕平台 | |
|--------|---------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|
| | | Non-DGPS | DGPS | Non-DGPS | DGPS | Non-DGPS | DGPS | Non-DGPS | DGPS |
| 平均衛星數 | 10.1258 | 8.9115 | 8.8177 | 10.164 | 9.7835 | 10.054 | 9.8839 | 10.7738 | 10.730 |
| 平均PDOP | 2.2140 | 2.2736 | 2.2778 | 2.6208 | 2.8 | 2.1866 | 2.1998 | 1.4728 | 1.4776 |
| 平均TDOP | 1.3134 | 1.3190 | 1.3210 | 1.6957 | 1.8549 | 1.26422 | 1.2752 | 0.7464 | 0.7491 |
| 平均GDOP | 2.5756 | 2.6292 | 2.6338 | 3.1258 | 3.365 | 2.5266 | 2.5436 | 1.6514 | 1.6569 |

2. Over the aggregate period of GPS observations, what were the standard deviation of East position solutions, the standard deviation of North position solutions, and the standard deviation of Up position solutions? Do these numbers differ? If so, why?

| | Atms-free | DGPS | Atms-free | DGPS |
|-----------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| Location | 光操聖火台 | | 光操司令台內 | |
| ENU E-std | 11.979(2.9997) | 11.823(3.0662) | 68.423(38.065) | 65.125(38.434) |
| ENU N-std | 18.799(2.493) | 18.280(2.5075) | 60.001(40.3656) | 58.175(40.5879) |
| ENU U-std | 49.238(8.941) | 47.439(8.8929) | 177.654(90.397) | 174.770(92.877) |

明顯可見其兩種情況下位置解各項標準差不同，在有遮蔽物時定位標準差明顯大很多。

3. Describe in detail your experimental setup (e.g., did you put the receiver on the ground or up on a post?) and the location(s) in which you took data. Did these factors influence the quality of your GPS measurements?

| 類別 | 測試站動作 | 測量時間 (2018/1/8 09:22:02~14:25:14) |
|----|----------------|--|
| 1 | 開闊處固定不動(光操聖火台) | 09:47:56~11:01:33 |
| 2 | 半小時繞操場半小時繞聖火台 | 11:01:52~12:06:13 |
| 3 | 遮蔽處固定不動(光操司令台) | 12:03:25~13:04:08 |
| 4 | 來回觀夕平台 | 去程: 13:17:43~13:51:02 回程: 13:51:20~14:22:57 |

4. Did you see any jumps in your position solutions? What might have been the cause of those jumps?

在固定站有發現 cycle slip 的情況，導致定位點突然跳至地下 10 多公里深處，在司令台時也有此現象發生，那我們的做法就是去除有問題的衛星訊號。

5. Cite three relevant references and comment on their relationship to your work. It is very much acceptable to use your course note and text to find valid references.

(1)

C. Kee, B.W. Parkinson, "Wide area differential GPS (WADGPS): future navigation system", IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 1996.

(2)

C. Kee, B.W. Parkinson, "Wide area differential GPS as a future navigation system in the U.S", IEEE Position Location and Navigation Symposium, 1994.

(3)

C. Shuxin, W. Yongsheng, C. Fei, "A study of differential GPS positioning accuracy", ICMMT 3rd International Conference on Microwave and Millimeter Wave Technology Proceedings, 2002.