

NavPod 電離層觀測網建置與 嘉義夏季觀測資料分析

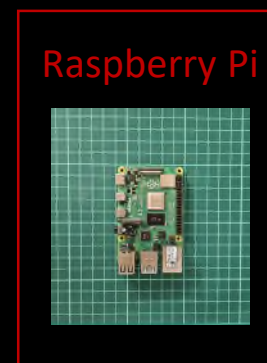
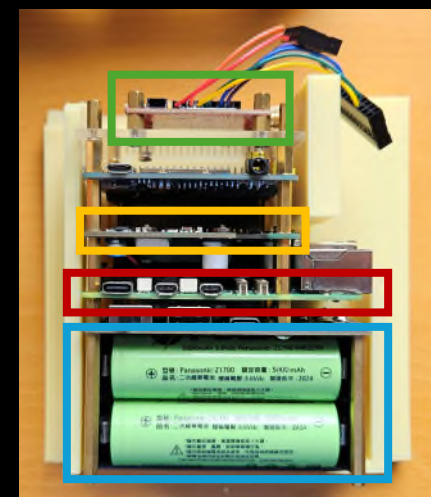
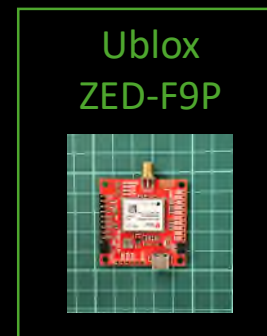
國立中央大學

演講者：陳玟君

指導者：陳奕廷、施重宇、林映岑

NavPod

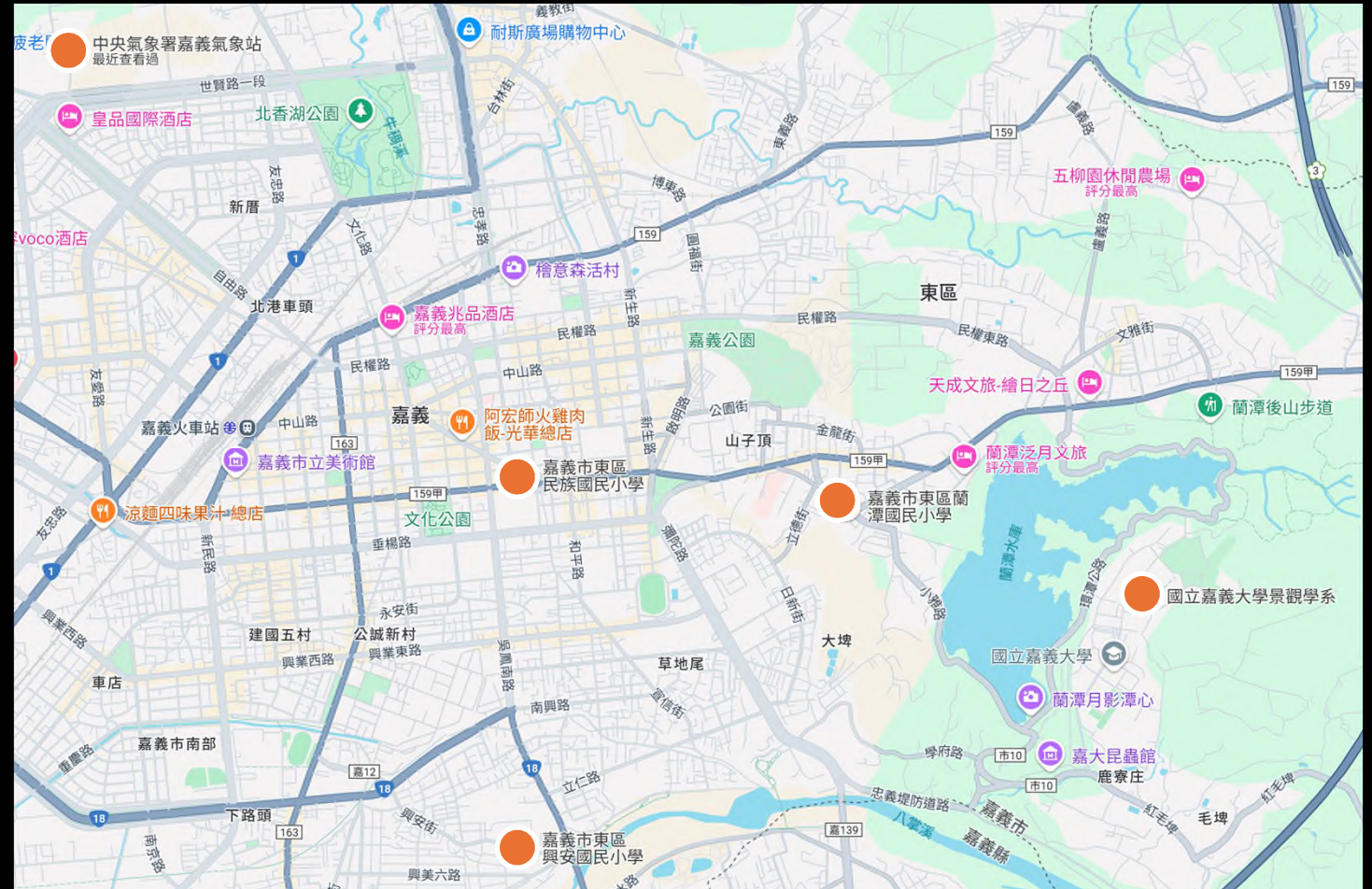
1. 由我們實驗室自行整合的一個 GNSS 接收機系統
2. 此系統容易組裝及攜帶，防水
3. 穩定提供 10 Hz 的資料
4. POE 供電，上電即可運作



架站地點

架設五座 NavPod，以不同的接收機分布觀測電離層不規則體的移動

1. 嘉義氣象站
2. 民族國小
3. 蘭潭國小
4. 興安國小
5. 嘉大景觀學系





Syncthing 資料同步

Syncthing 是一個開源的資料同步軟體，資料每一分鐘會擷取成一個檔案，即時的上傳。

1. 嘉義氣象站 (Nav1)
2. 民族國小 (Nav3)
3. 蘭潭國小 (Nav5)
4. 興安國小 (Nav4)
5. 嘉大景觀學系 (Nav2)

The screenshot displays the Syncthing web interface for a user named 'DESKTOP-GEMTGOR'. The interface is in Chinese (Traditional Han script). It shows a list of folders under '資料夾 (8)' and a list of remote devices under '遠端裝置 (7)'. The '本機' (Local Machine) section shows system statistics like download and upload rates, and the '遠端裝置' section shows the status of various NavPod devices.

資料夾 (8)	狀態
NavPod Server	本機添加
NavPod1	最新
NavPod2	正在掃描
NavPod3	最新
NavPod4	最新
NavPod5	正在同步 (92%, 4.17 GiB)
NavPod6	最新
NavPod7	正在同步 (44%, 13.8 GiB)

遠端裝置 (7)	狀態
NavPod1	斷線 (不活躍)
NavPod2	最新
NavPod3	斷線 (不活躍)
NavPod4	最新
NavPod5	最新
NavPod6	最新
NavPod7	最新

電離層擾動

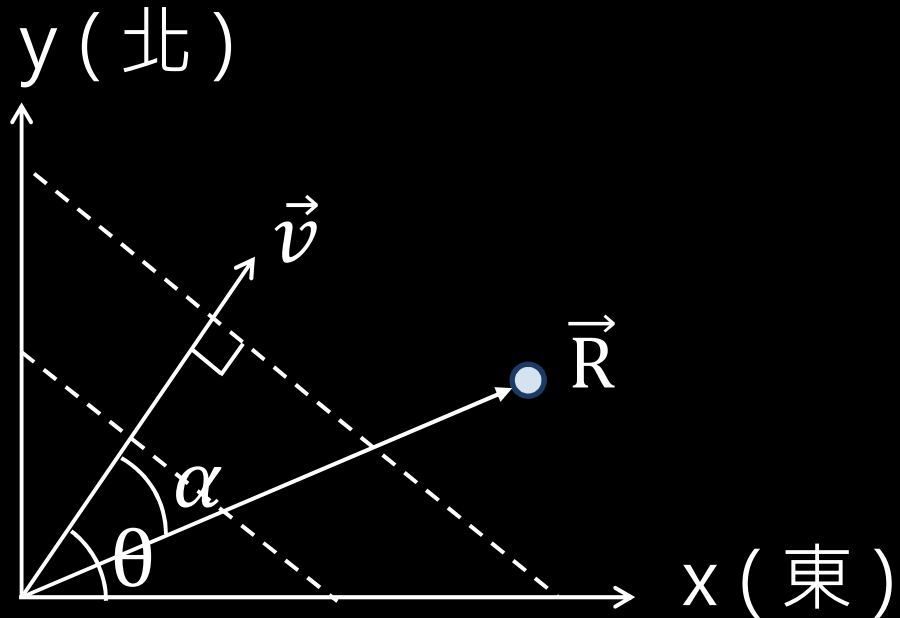
GNSS 訊號穿過大氣層易受到電離層擾動影響

- 訊號延遲、定位精度下降、甚至訊號脫鎖
- 電離層閃爍，訊號強度急遽變化，即 s_4 急遽上升， s_4 公式如下：

$$s_4 = \sqrt{\frac{\langle I^2 \rangle - \langle I \rangle^2}{\langle I \rangle^2}}$$

$\langle I \rangle^2$ ：訊號強度平均的平方
 $\langle I^2 \rangle$ ：訊號強度平方的平均

訊號延遲時間



$$v' = \frac{|\vec{v}|}{\cos(\alpha)}$$

$$\tau_0 = \frac{\vec{v} \cdot \vec{R}}{|\vec{v}|^2}$$

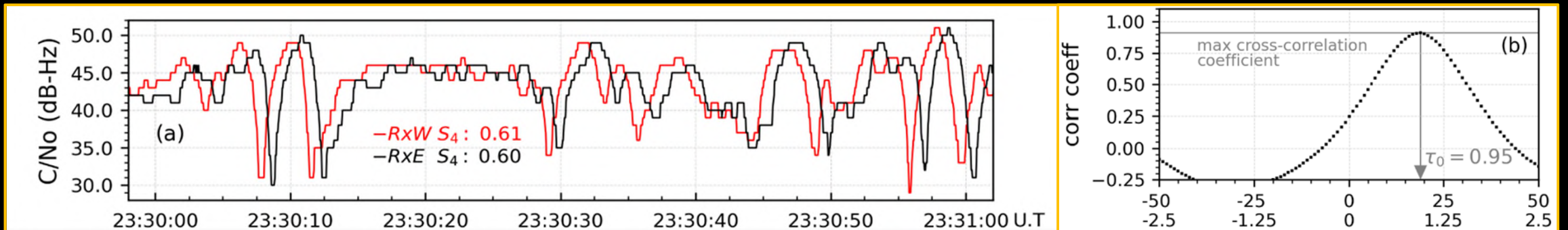
τ_0 : 延遲時間

\vec{v} : 擾動飄移向量

\vec{R} : 接收機位置向量

θ : \vec{v} 與 x 軸夾角

α : \vec{v} 與 \vec{R} 間夾角

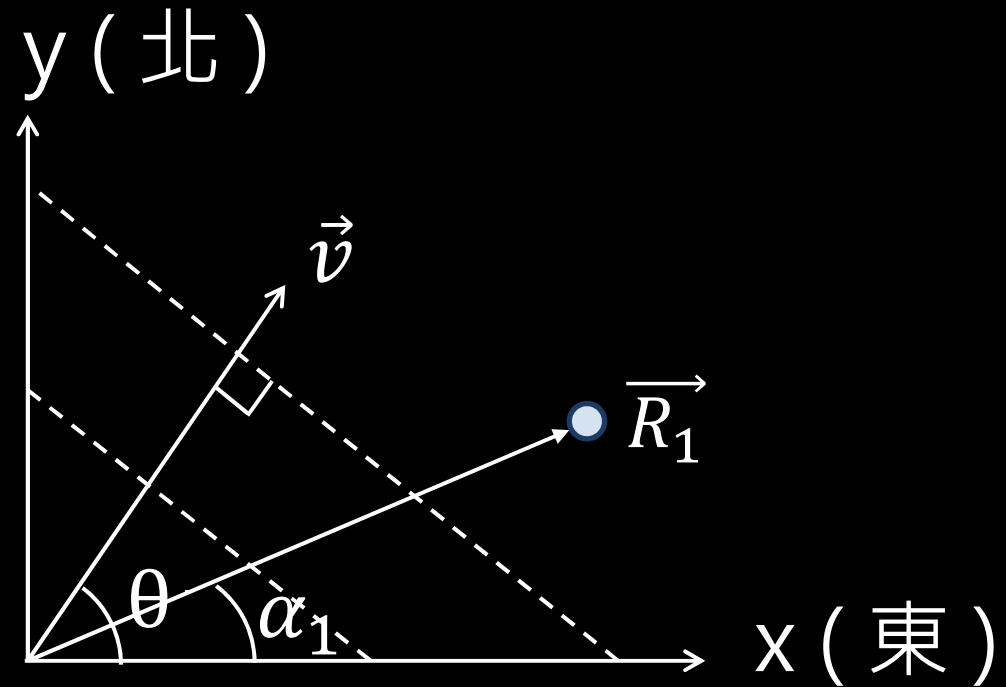


圖片來源 : <https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-2262>

反演飄移速度

$$\alpha_1 = \tan^{-1}(R_1^x / R_1^y)$$

$$\tau_1 = \frac{|\vec{R}_1| \cos(\alpha_1 - \theta)}{v}$$



未知數為 θ 以及 v ，可透過聯立解出。

因此 3 個測站出現閃爍可計算出飄移速度。

資料處理流程

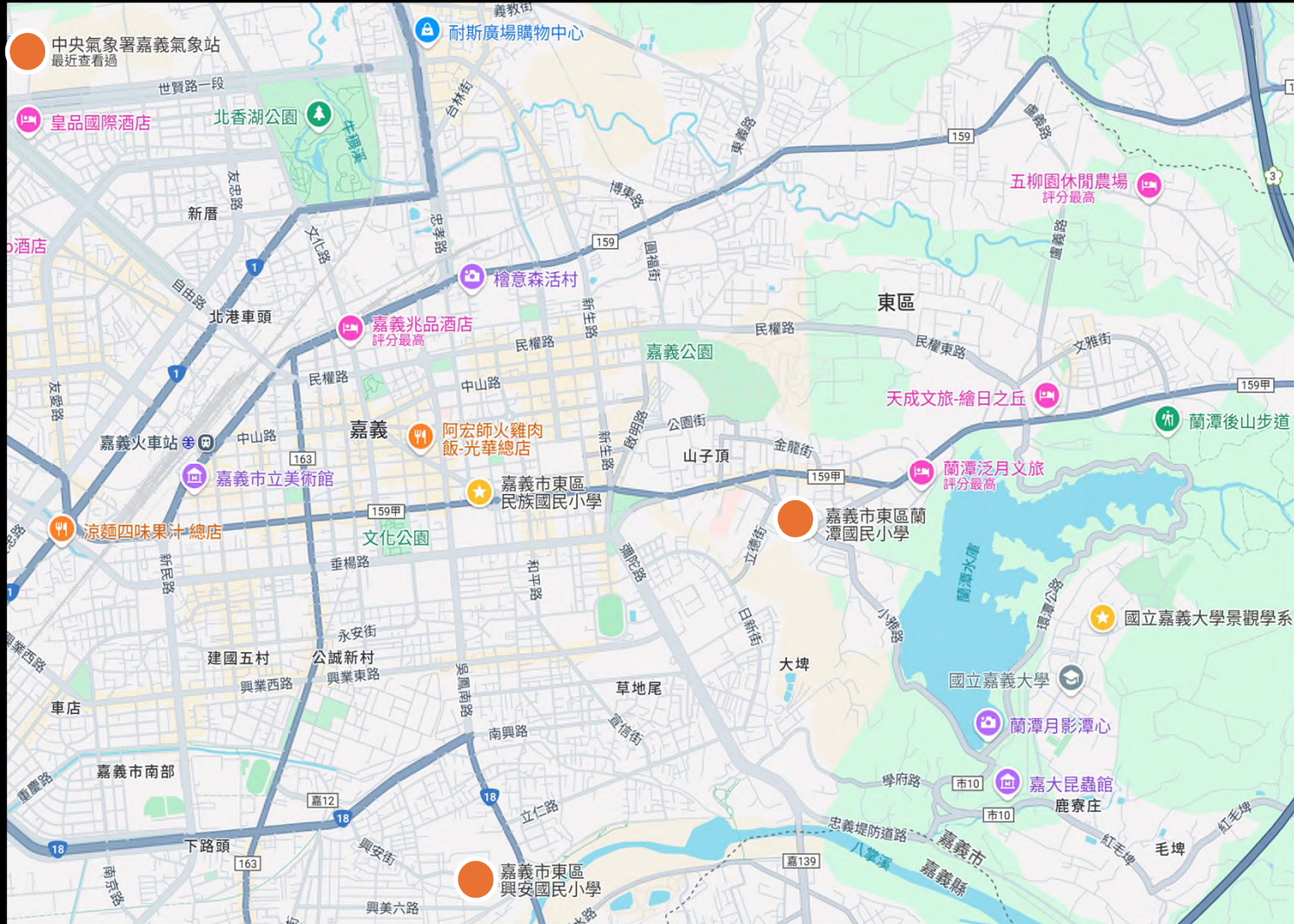
同一擾動造成的
閃爍事件

擷取閃爍時
波型特徵

計算
延遲時間

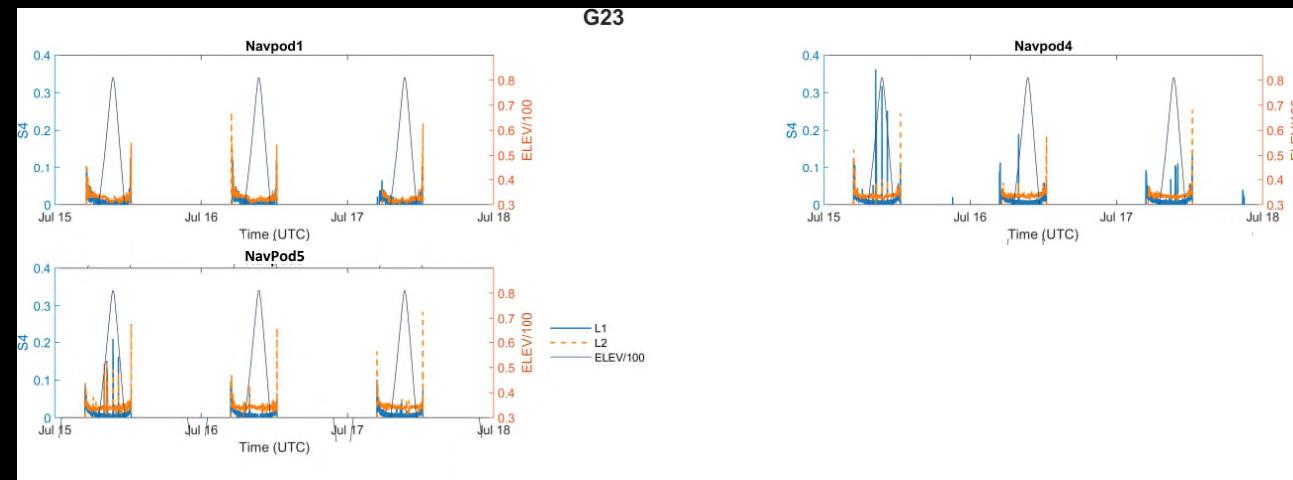
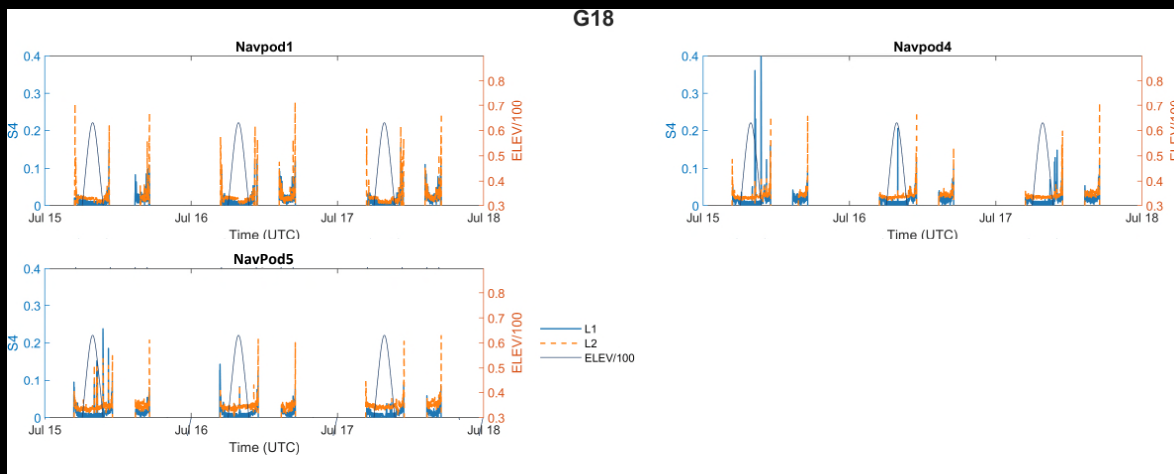
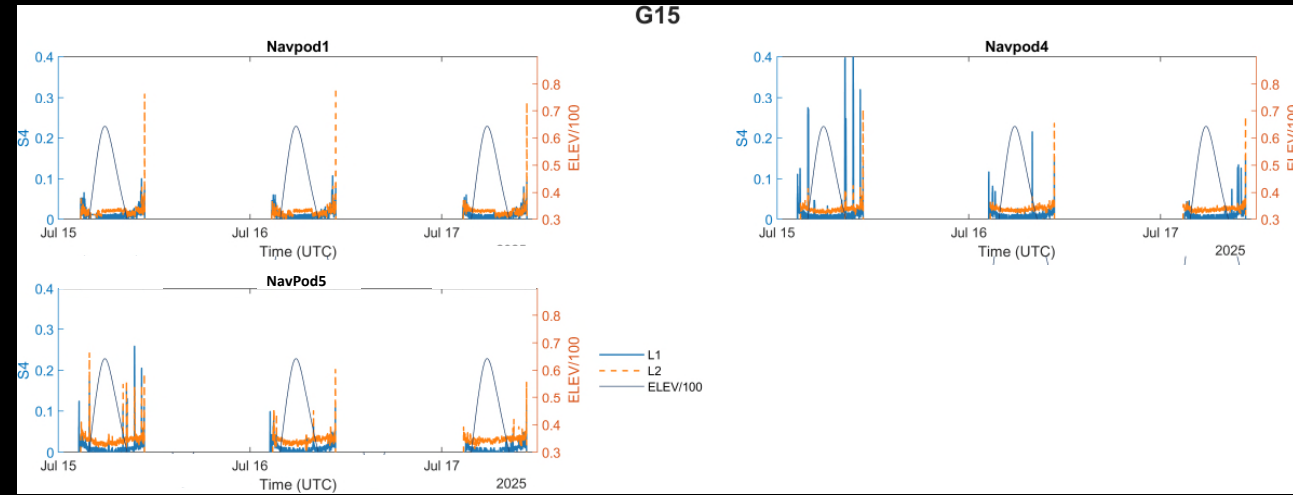
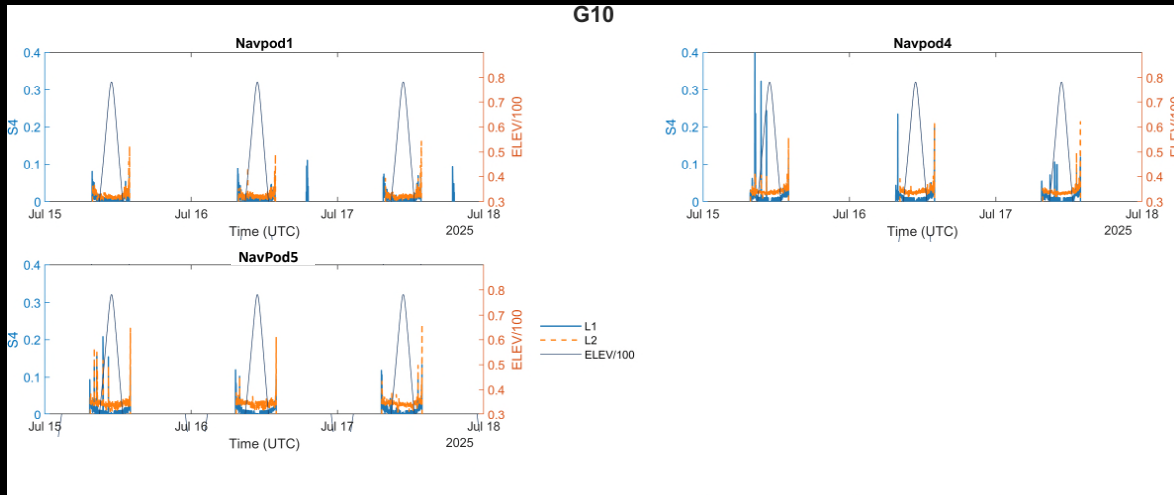
反演飄移速度
及方向

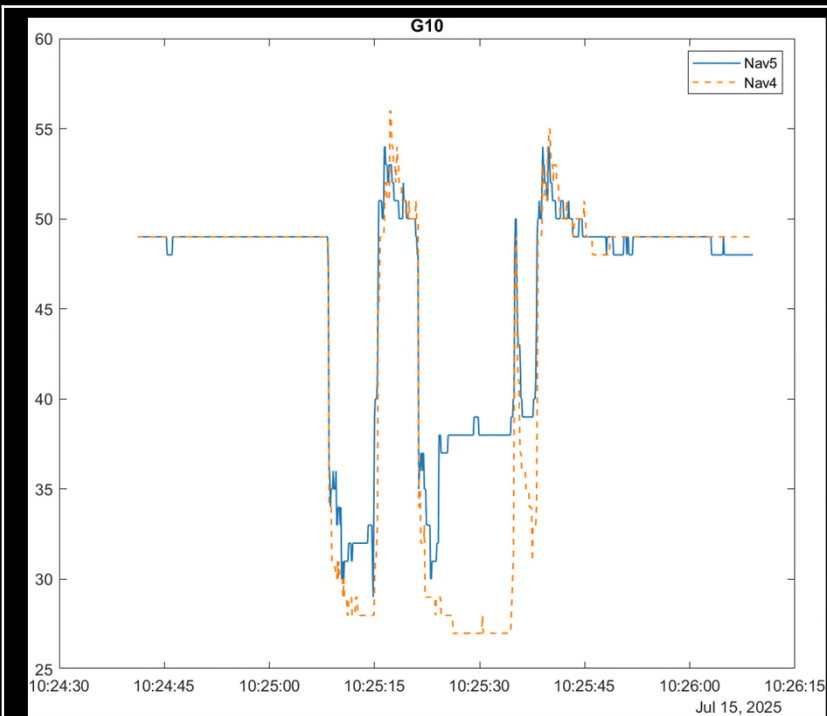
觀測站點



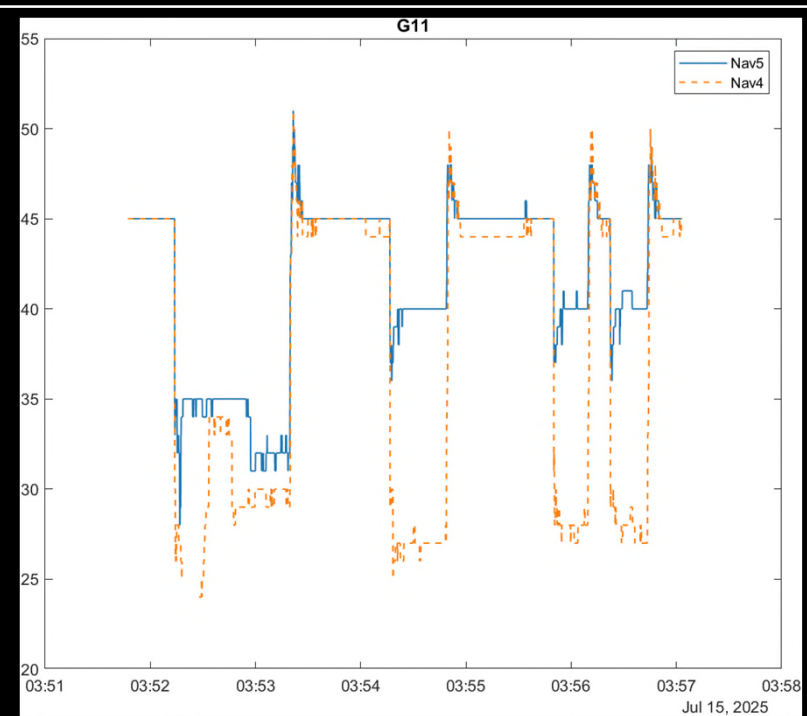
嘉義氣象站 (Nav1)
興安國小 (Nav4)
蘭潭國小 (Nav5)

閃爍 (時間 : 7/15 ~ 7/22)



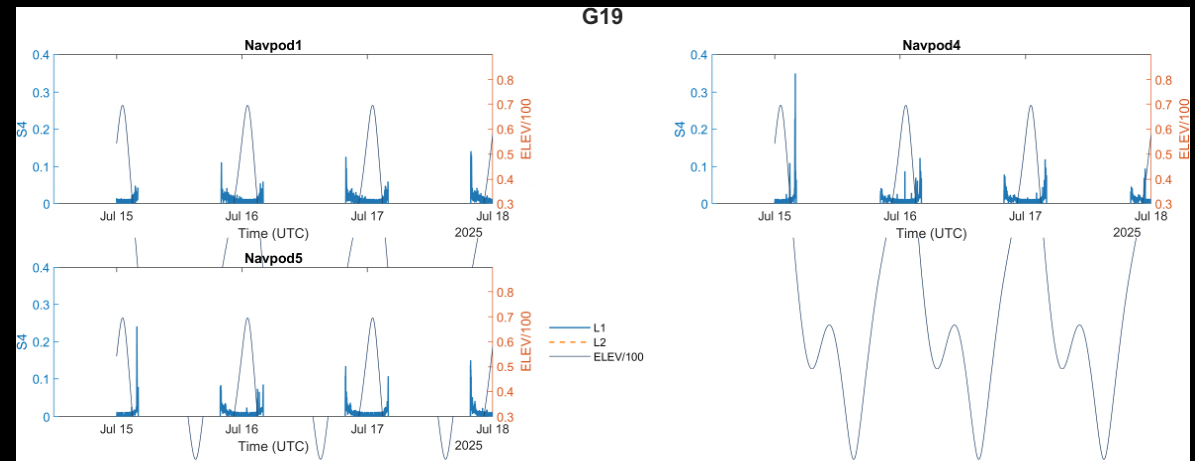
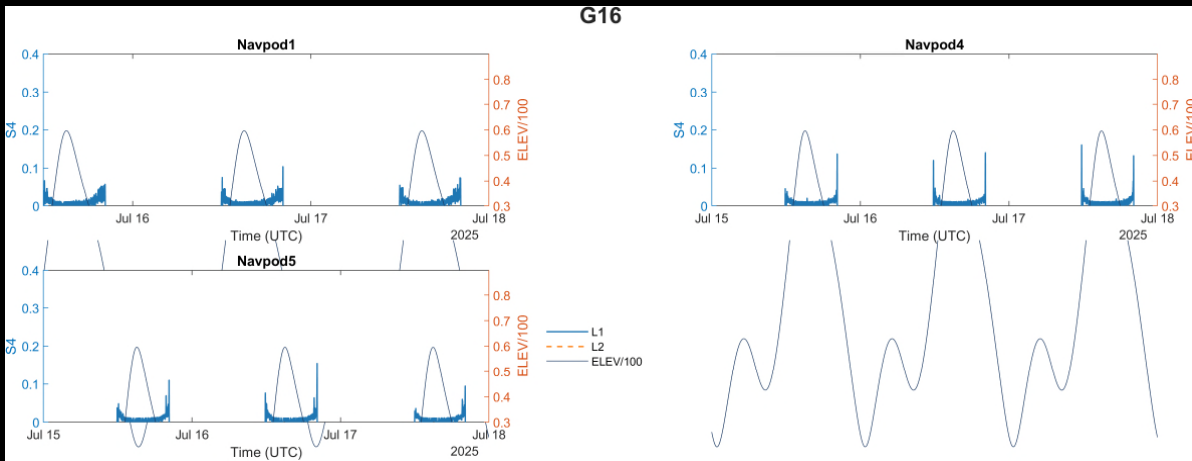
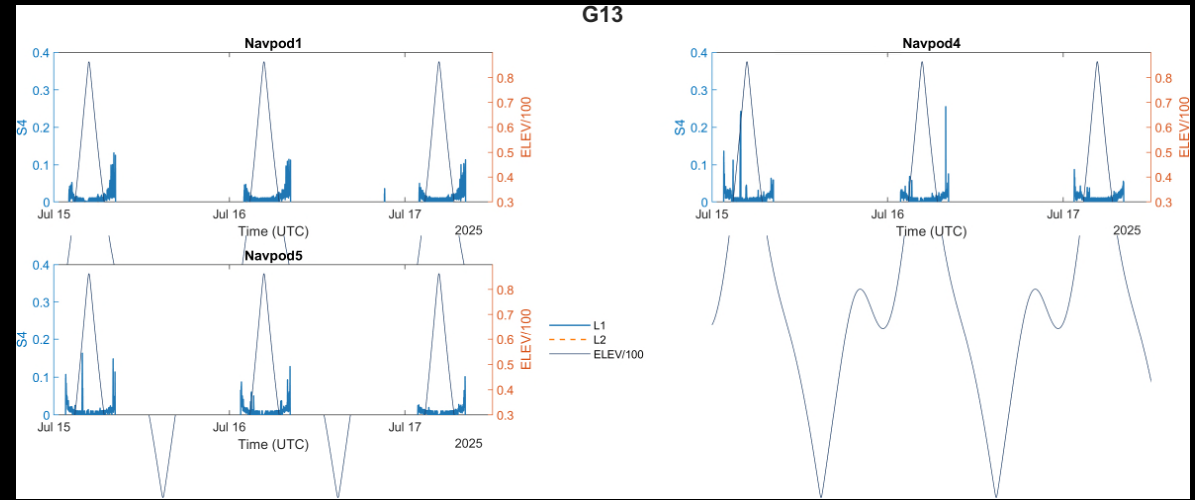
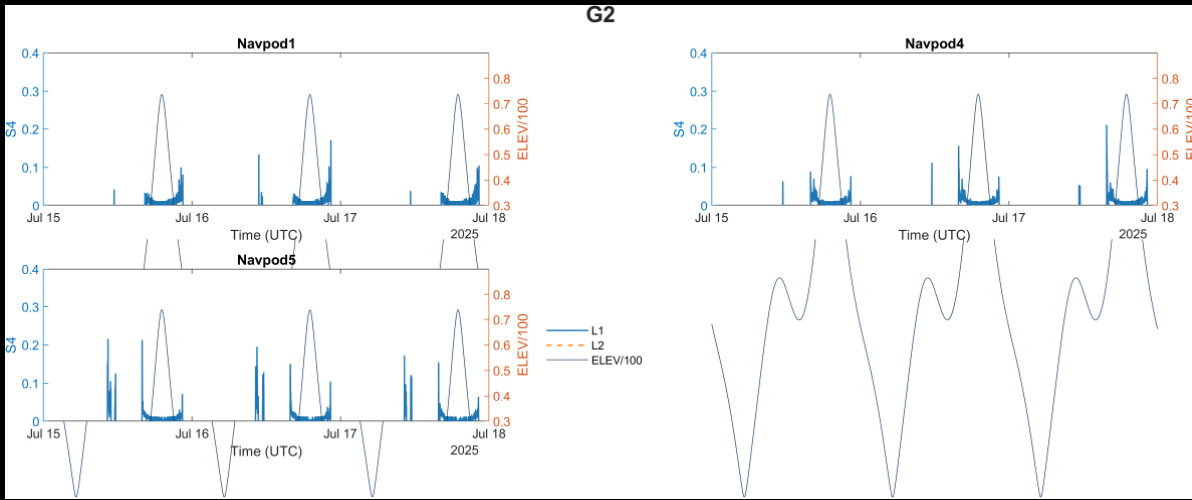


2min



5min

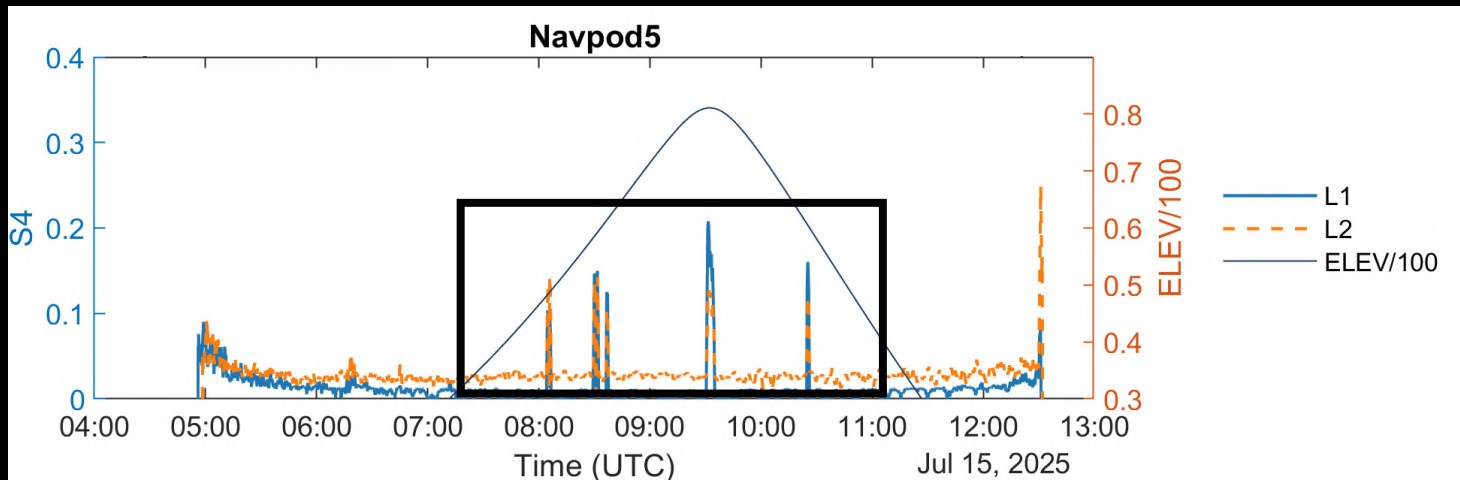
- 7/15 閃爍較頻繁
- 持續時間 約2 ~ 5分鐘
- 發生於 UTC 3:00 ~ 10:30 = 台灣時間 11:00 ~ 18:30



- G2、G13、G16、G19 皆只有收到 L1 的訊號

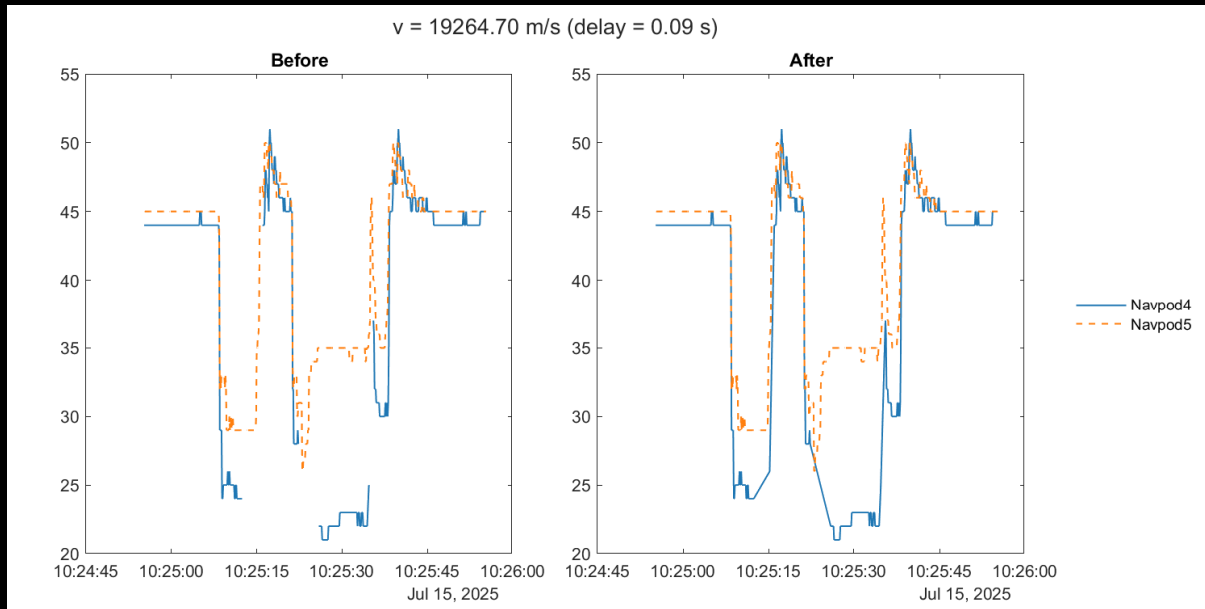
同一擾動造成的閃爍事件

- 仰角 $> 30^\circ$
- S1C、S2X 的 $s_4 > 0.05$
- 閃爍的間隔不能過長 (根據每個站的距離不同調整)

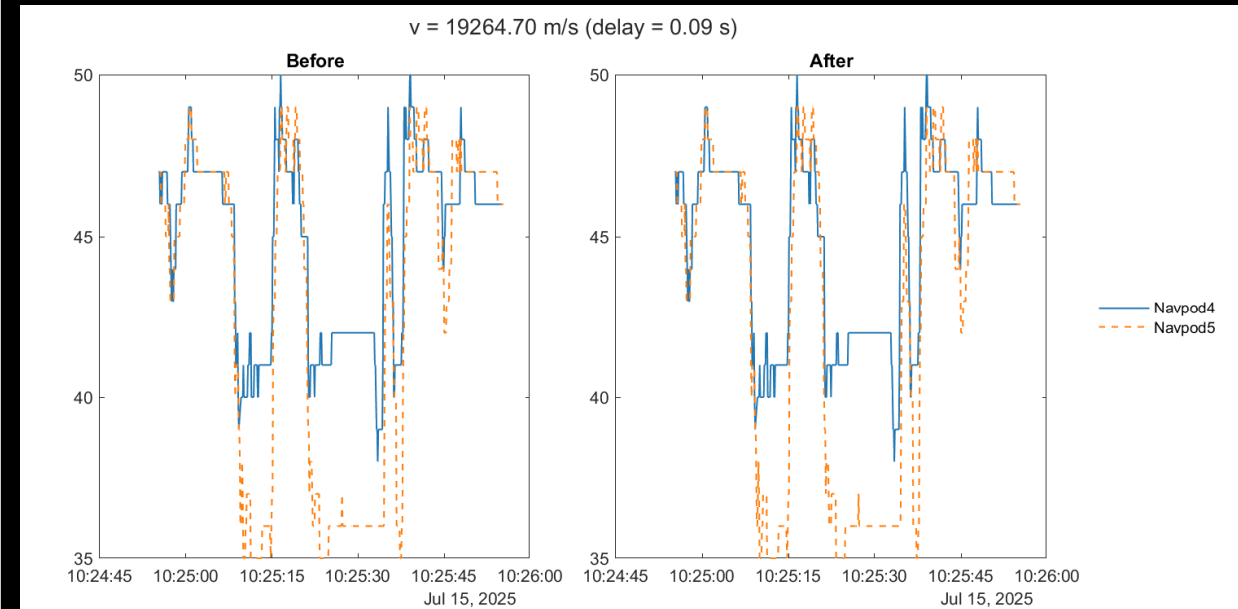


反演飄移速度

L1



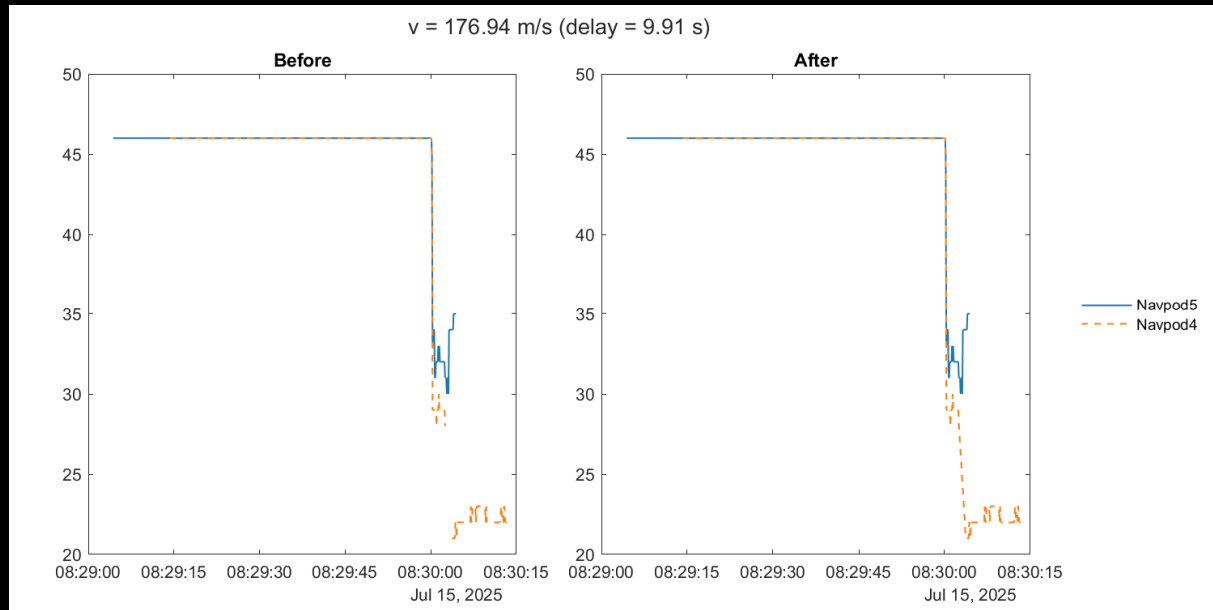
L2



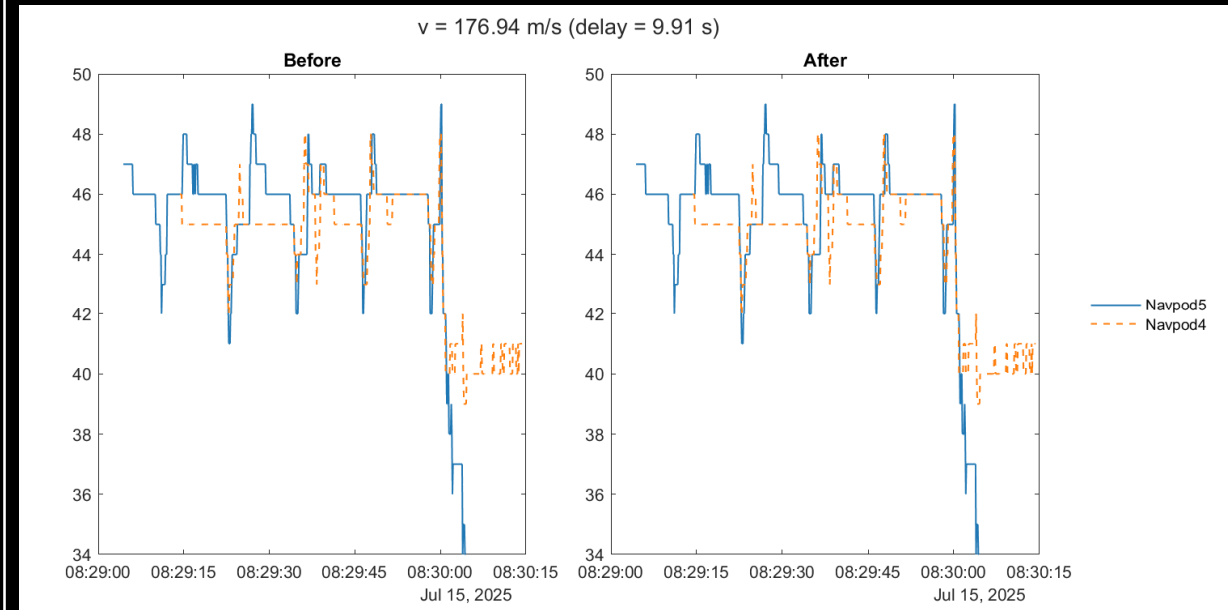
擷取時間為紀錄到閃爍的前後 30s ，避免波有週期性，反演過程出現錯誤

反演飄移速度

L1



L2



擷取時間為紀錄到閃爍的前後 30s ，避免波有週期性，反演過程出現錯誤

結論

- 建立可觀測飄移方向跟速率的模型
- 在嘉義建置觀測網可蒐集資料資料並進行驗證
- 成功觀測閃爍，並測得兩站間的飄移速率，且 L1 和 L2 結果大致相同