



GNSS應用於地球環境觀測

國立臺北大學
不動產與城鄉環境學系
葉大綱

臺灣省測量技師公會
2025年8月23日

自我介紹

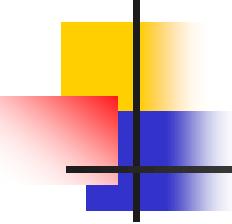
■ 現職

- 國立臺北大學 不動產與城鄉環境學系 特聘教授
- 中國測量工程學會 理事長

■ 專長

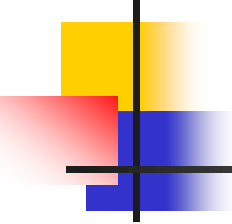
- **GPS / GNSS**
- GNSS氣象學
- GNSS地震學
- 地層下陷監測





學經歷

- 1993/9 – 1997/6
 - 國立交通大學
土木工程學系 學士
- 1997/9 – 1999/6
 - 國立交通大學
土木工程學系 碩士
- 1999/9 – 2005/1
 - 國立交通大學
土木工程學系 博士
- 2001/1 – 2005/5
 - 工業技術研究院
副工程師
- 2005/6 – 2011/7
 - 清雲科技大學
助理教授 / 副教授
- 2011/8 – now
 - 國立臺北大學
副教授 / 教授 / 特聘教授



報告內容

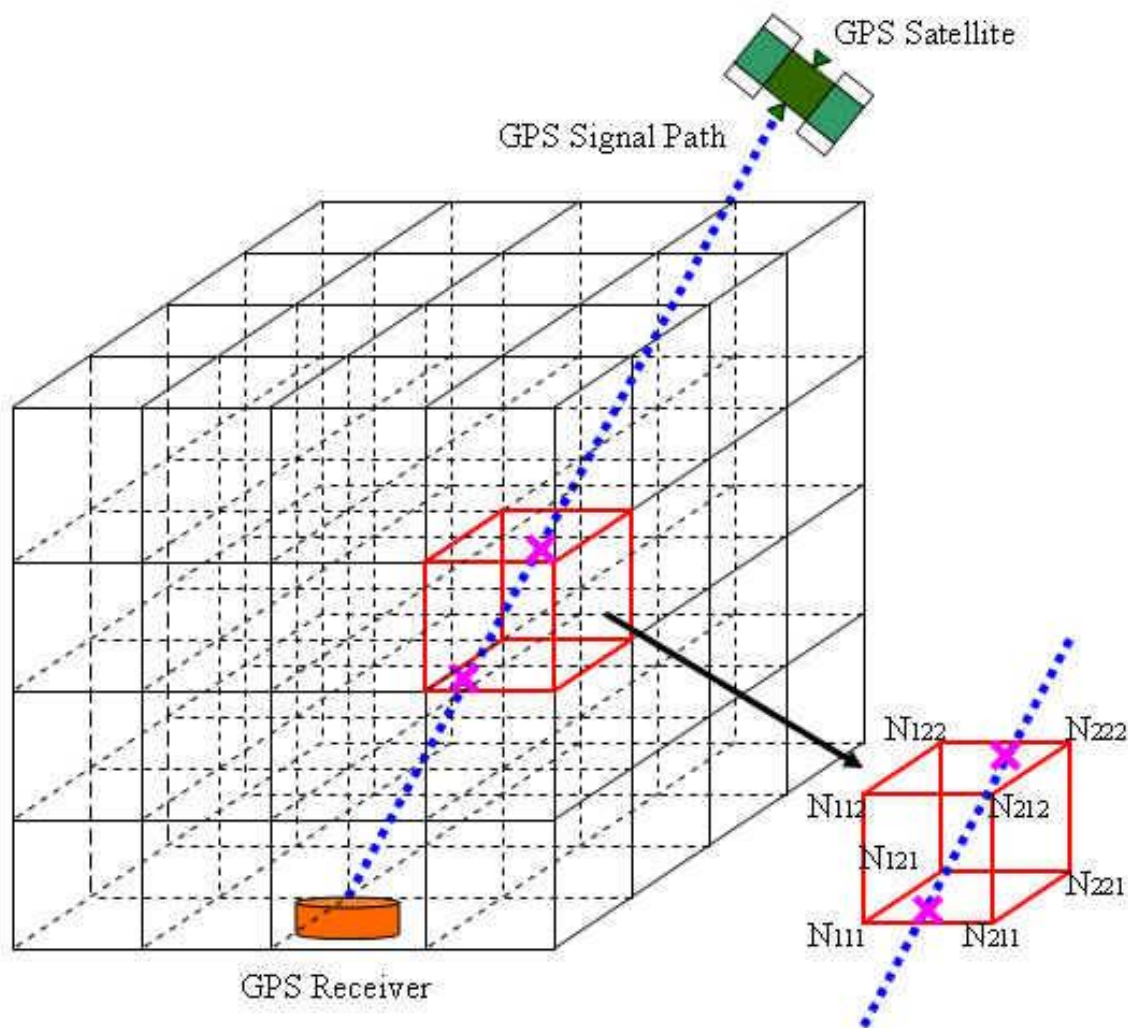
- 主題

- 臺灣地區GNSS水氣資料共享平台之建立

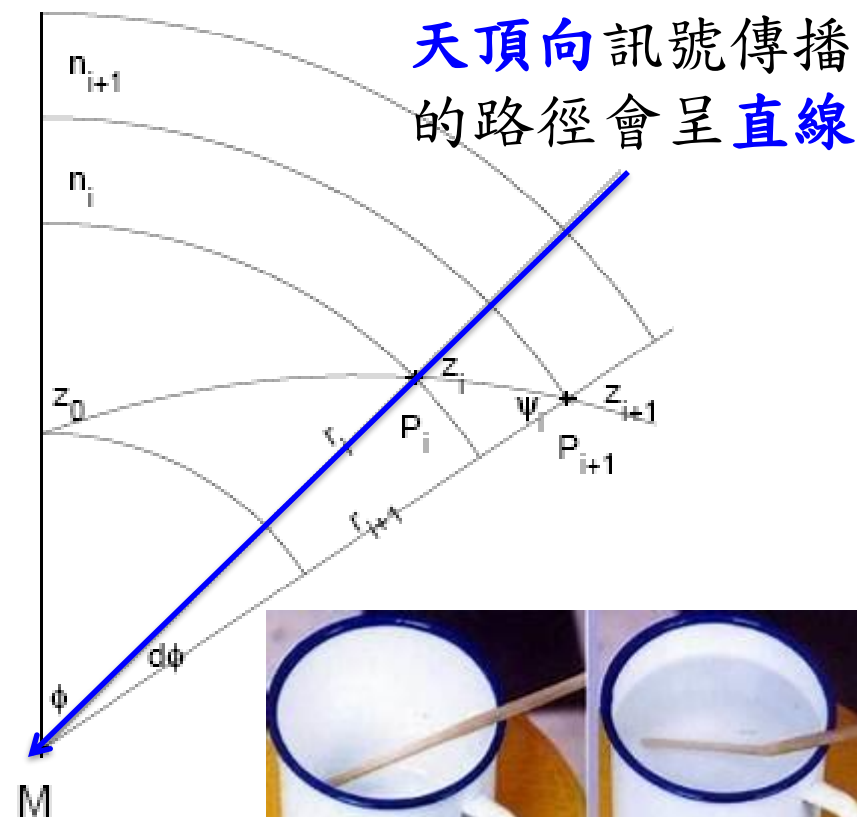
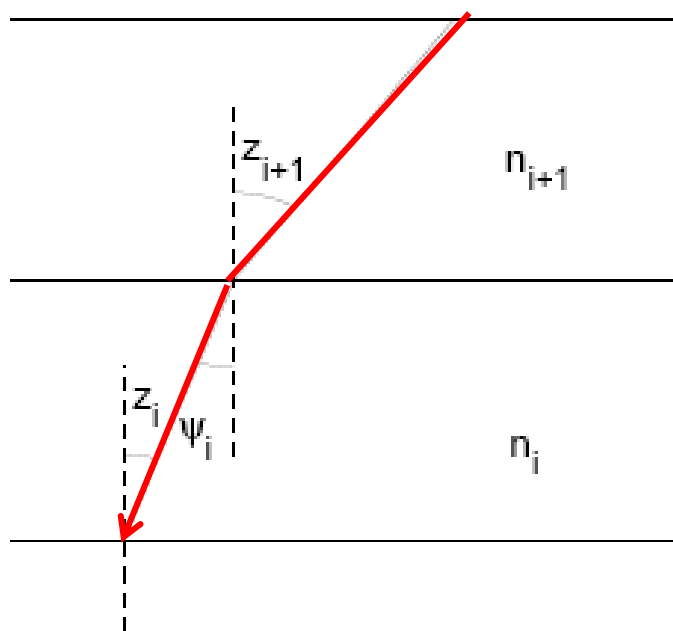
- 子題

- 開發GNSS連續觀測站遠距頻率校正技術
 - 研擬e-GNSS地籍界址測量之作業程序
 - 建置GNSS線上精密單點定位服務
 - 結合多重觀測資料應用於地層下陷監測

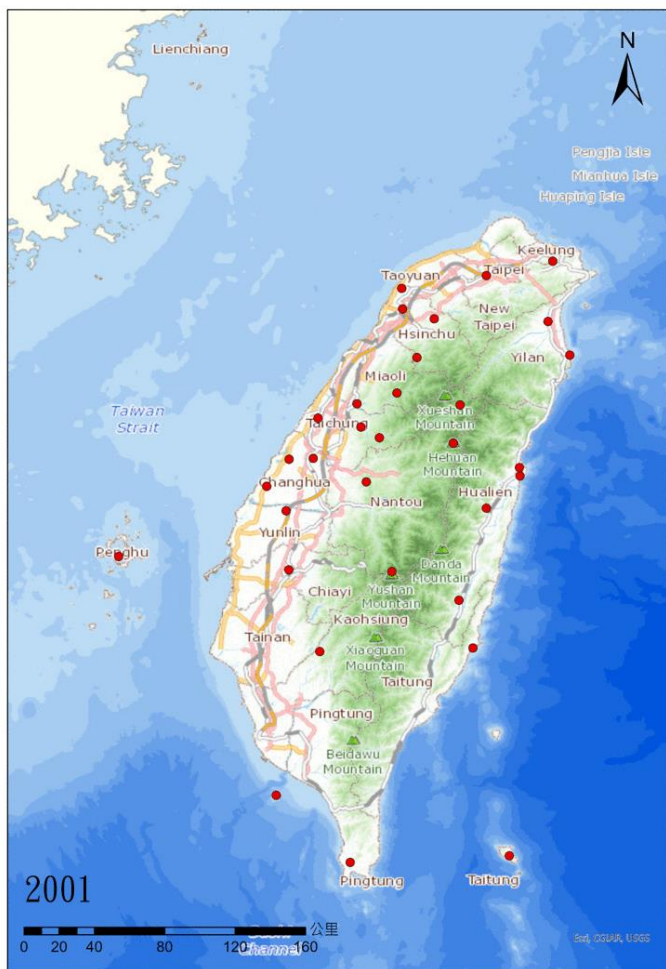
GNSS水氣反演技術



GNSS 訊號延遲現象



中央氣象署GNSS觀測站數量



臺灣地區GNSS水氣資料 共享平台之建立

■ <http://gpsmet.no-ip.org/>

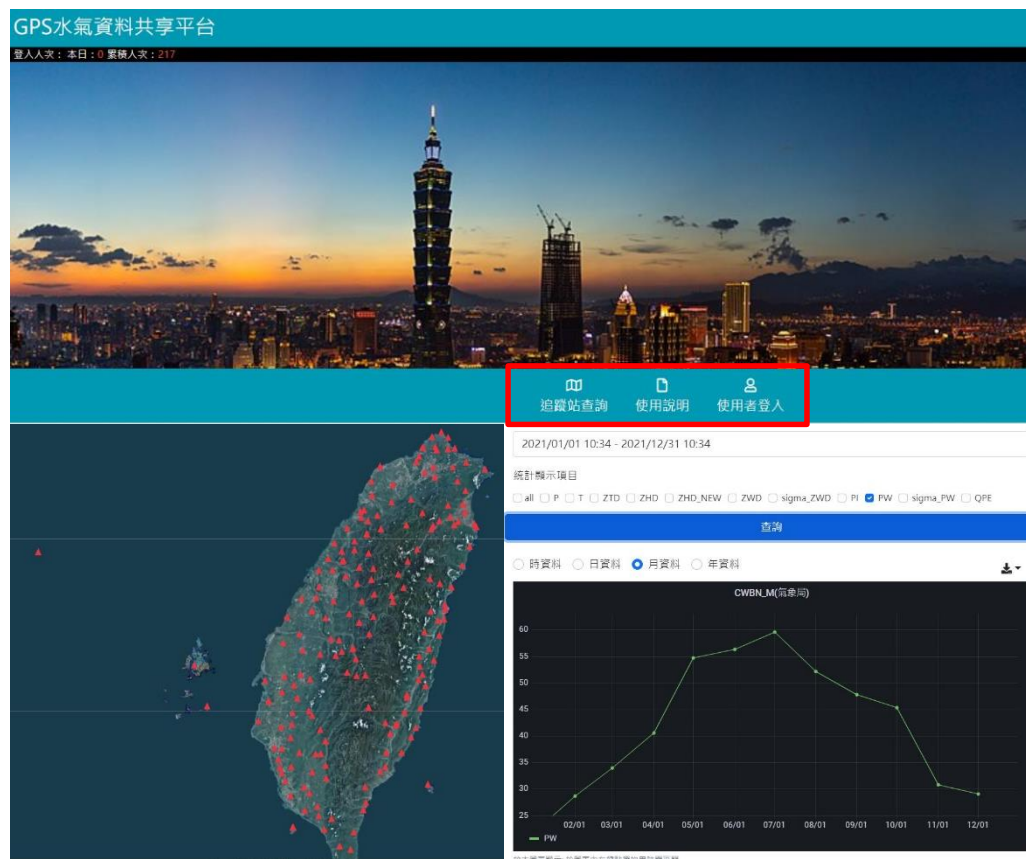
■ <https://www.gpsmet.ntpu.edu.tw>



**GPS精密求定
大氣可降水及服務網**

應用地面GPS資料來進行大氣中可降水的研究，即是利用遙測方式來反演氣候資訊的一種方式。就目前的技術看來，其計算精度已相當接近利用探空氣球或水汽微波輻射儀的直接測量精度，但其範圍遠不及空中福爾三號的全球量測資料；但是就長期上來看，卻是一種較為經濟（地面GPS接收站多為現有且多功能，福爾三號所費不貲且有其壽命限制）、近即時（觀測資料皆可近即時獲得）且全面性（台灣本島及離島皆已覆蓋高密度的GPS連續接收站）的觀測方式。本研究即是以地面GPS接收站來計算對流層天頂向的濕延遲量，藉以觀察天頂向濕延遲量與地面可降雨量之間的關係。

資料計算使用Bernese 5.0軟體來處理GPS觀測資料，並利用水汽微波輻射儀所觀測到的濕延遲量來驗證本研究計算之成果。研究成果顯示，水汽微波輻射儀及GPS觀測值呈現一致的趨勢，以台北港站為例，兩者的相關係數達0.96，平均誤差為0.83 mm；而墾丁站的相關係數達0.91，平均誤差為4.84 mm。配合地面上雨量數據呈現出，在延遲量較高的形況下通常即有降雨的跡象，藉由數據上的統計分析了解天氣的狀態，希望對氣象的預報上提供參考的數據。未來將進一步建構台灣地區近即時性的對流層延遲及水汽含量服務網，以提供給相關領域的研究者使用，未來亦可應用於環境監控及天氣預報上，提供民生及科學研究等各領域之應用服務。



註冊帳號

GPS
水氣資料共享平台

使用者信箱

User email

使用者密碼

Password

驗證碼

5422

登入

[忘記密碼](#) [使用者註冊](#) [首頁](#)

GPS
水氣資料共享平台

使用者名稱

User name

Email

Email

使用者密碼

Password

再次輸入密碼

中文姓名

服務單位

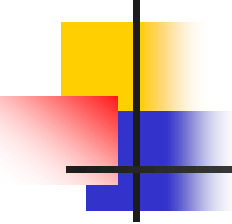
EX:台北大學

職稱

EX:教授

註冊

[登入](#) [首頁](#)



註冊使用單位

■ 臺灣

- 國立臺北大學
- 國立中央大學
- 國立成功大學
- 國立臺北科技大學

■ 海外

- 香港大學
- 香港理工大學
- 蘇黎世聯邦理工大學
- 倫敦布魯內爾大學

■ 大陸

- 中國科學院
- 國家海洋信息中心
- 武漢大學
- 華僑大學
- 中國礦業大學
- 東華理工大學
- 中山大學
- 成都理工大學
- 長安大學
- 西南交通大學

- <https://www.gpsmet.ntpu.edu.tw>

資料供應情況

2023-12-12

本站蒐集2001~2022年中央氣象局所有GPS測站的原始觀測資料，地基GPS觀測站空間分布主要環台灣四周，以西半部居多，東半部平地次之，唯山區測站因交通不易，僅能沿電力與網路可及的省道建置。

地基GPS觀測站的數量從2001年的32站急速增加至2006年的143站，設置的主因源自1999年921大地震，中央氣象局地震測報中心基於板塊觀測、斷層監測及地震預報的需求，快速的建立臺灣完整的地基GPS觀測站，之後的十餘年，測站數量基本上僅有小幅度的增減。

2024-07-10

本站蒐集2001~2023年中央氣象局所有GPS測站的原始觀測資料，地基GPS觀測站空間分布主要環台灣四周，以西半部居多，東半部平地次之，唯山區測站因交通不易，僅能沿電力與網路可及的省道建置。

地基GPS觀測站的數量從2001年的32站急速增加至2006年的143站，設置的主因源自1999年921大地震，中央氣象局地震測報中心基於板塊觀測、斷層監測及地震預報的需求，快速的建立臺灣完整的地基GPS觀測站，之後的十餘年，測站數量基本上僅有小幅度的增減。

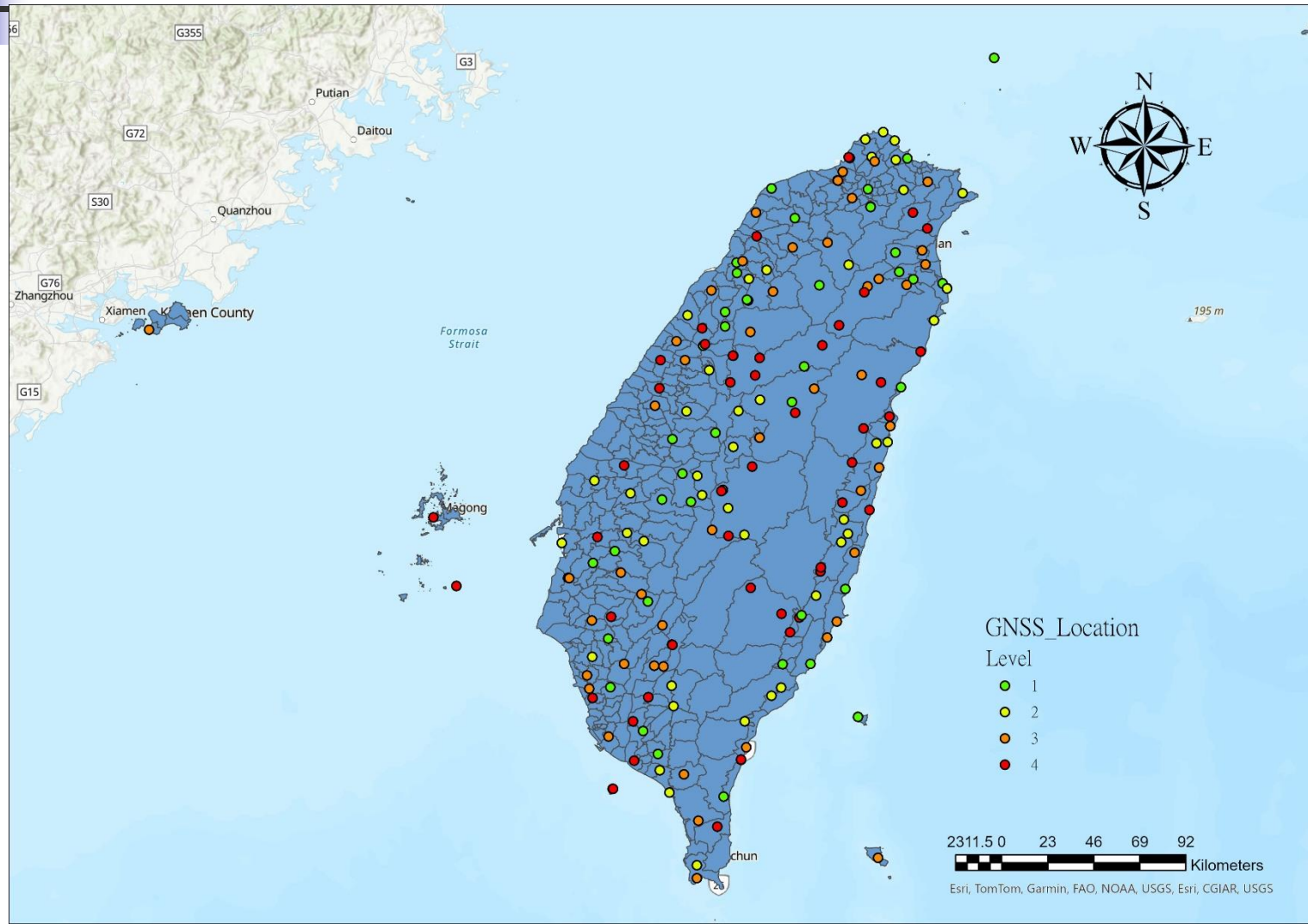
【關於本站】

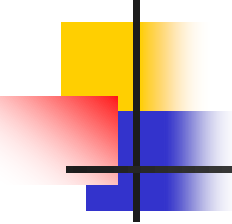
傳統上為了獲得高精度的大氣可降水量（簡稱水氣，Precipitable Water, PW）反演成果，多採用靜態相對定位的相對法來進行誤差之消除，獲得的水氣基本上是相對於大尺度網型的相對水氣量；實務上雖採用解算大於2,000 km的超長基線來獲得絕對水氣量，但卻受限於國際站的資料供應，使得解算的穩定度大打折扣。

本站採用精密單點定位（Precise Point Positioning, PPP）計算方式，導入各國際研究機關所開發的誤差改正產品，配合模式及自行開發的演算法針對各項誤差逐一進行改正；除了可大幅減少運算所需的時間之外，亦可獲得『真正』的絕對水氣量。

此外，本站亦蒐集2001年迄今中央氣象署所有GPS/GNSS測站的原始觀測資料，完成各測站每30分鐘1筆的天頂向濕延遲量（Zenith Wet Delay, ZWD），並將透過地面壓力及溫度的內插資料，將溼延遲量轉換成大氣可降水量，並建立網頁服務供使用者下載使用，進而推廣此一數據的科學應用層面。

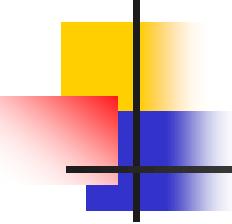
測站分級





資料說明

- **STA**：測站代碼，選擇「追蹤站查詢」，點選測站代碼，即可出現測站名稱以及經緯度資料。
- **TIME**：時間，格式為年、月、日、時、分。須注意這邊時間為世界協調時（UTC+0），而台灣時間為UTC+8。
- **P(mbar)**：大氣壓力，由中央氣象局地面測站內插而得的數據。
- **T(°C)**：溫度，由中央氣象局地面測站內插而得的數據。
- **ZTD(mm)**：天頂向總延遲量（Zenith Total Delay），使用中央氣象局所設立之GNSS連續觀測站，利用Bernese 5.2軟體配合精密單點定位（Precise Point Positioning）資料處理程序，解算該測站之GNSS訊號延遲量。
- **ZHD(mm)**：天頂向流體靜力延遲（Zenith Hydrostatic Delay），又稱為乾延遲量，由GMF模式（Boehm et al., 2006）根據測站經緯度與時間，並帶入標準大氣壓力（1013.25 mbar）計算而得。
- **ZHD_P(mm)**：根據第3項氣壓資料，帶入GMF模式計算而得的實際乾延遲量。



資料說明

- **ZWD(mm)**：天頂向濕延遲量（Zenith Wet Delay），將總延遲量（ZTD）減去乾延遲量（ZHD 或 ZHD_P）可得到濕延遲量（ZWD）。若該站該時有氣壓資料，則使用 ZHD_P 計算；若無氣壓資料，方使用模式之 ZHD 計算
- SIGMA_ZWD(mm)：天頂向濕延遲量（ZWD）的誤差
- PI：將濕延遲量（ZWD）計算為可降水量的轉換因子，此因子利用 Bevis（1994）的經驗公式，配合第4項的溫度計算。若無地面溫度資料，則以標準溫度（18°C）計算轉換因子 PI
- **PW(mm)**：可降水量（Precipitable Water），將濕延遲量（ZWD）乘上轉換因子（PI）即可得出可降水量 PW
- SIGMA_PW(mm)：可降水量（PW）的誤差，以 SIGMA_ZWD*PI 而得。
- **QPE(mm)**：由中央氣象署 QPE（Quantitative Precipitation Estimation）系統（Chang et al., 2021）發布的雨量資料

追蹤站點選

新北市

ANK2(檢校中心2)

ANK2(檢校中心2)

ANKN(檢校中心)

BANC(板橋)

FIVE(五分山)

FLON(福隆)

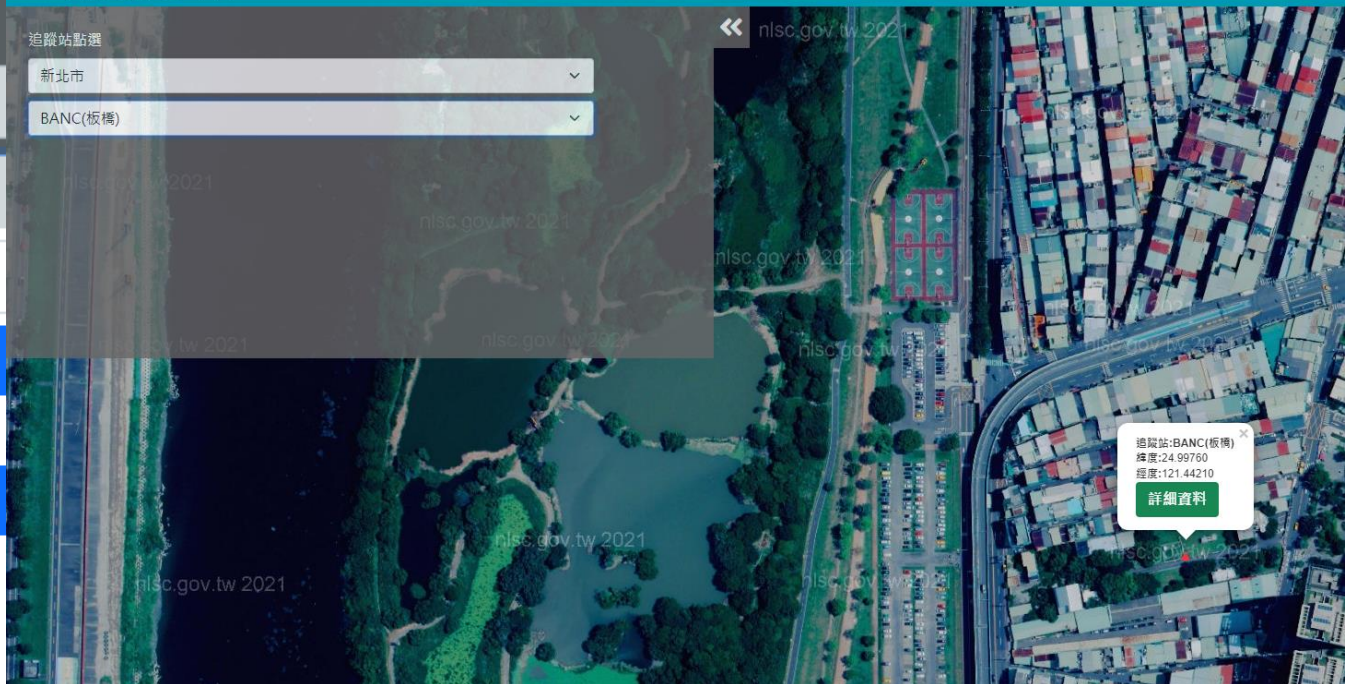
GPS水氣資料共享平台

資料供應年度查詢 關於本站 追蹤站查詢 資料下載 資料說明 研究成果 與我聯絡

追蹤站點選

新北市

BANC(板橋)



依縣市進行測站查詢

顯示於地圖並提供測站坐標

提供不同種類之底圖



正射影像



開放街圖



一般地圖

追蹤站資料查詢

統計圖表

統計圖表

×

起始時間

結束時間

2001/01/01 08:00:00

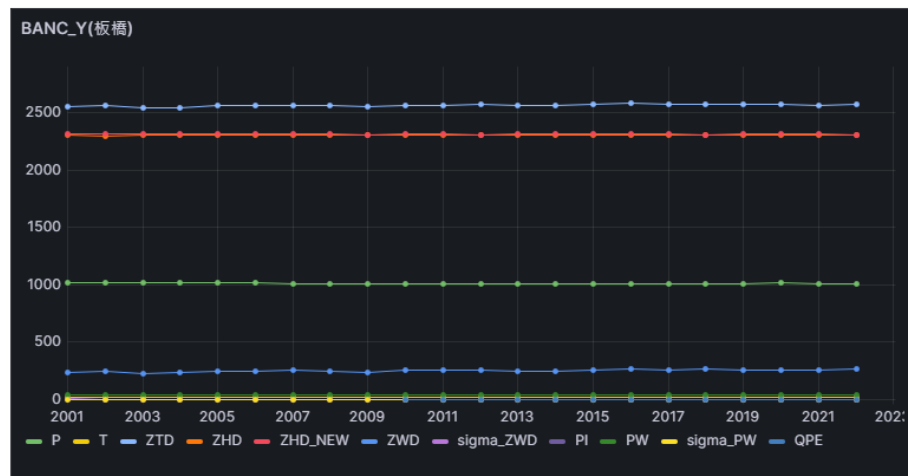
2023/01/19 23:59

統計顯示項目

☒ all ☒ P ☒ T ☒ ZTD ☒ ZHD ☒ ZHD_NEW ☒ ZWD ☒ sigma_ZWD ☒ PI ☒ PW ☒ sigma_PW ☒ QPE

查詢

☐ 時資料 ☐ 日資料 ☐ 月資料 ☒ 年資料



放大圖表顯示: 於圖表內左側點選拖曳時間區間

縮小圖表顯示: ctrl+Z

時區為 UTC+0

若使用chrome瀏覽器，請關閉AdBlock功能方能順利查看資料

起始時間

結束時間

2001/01/01 08:00:00

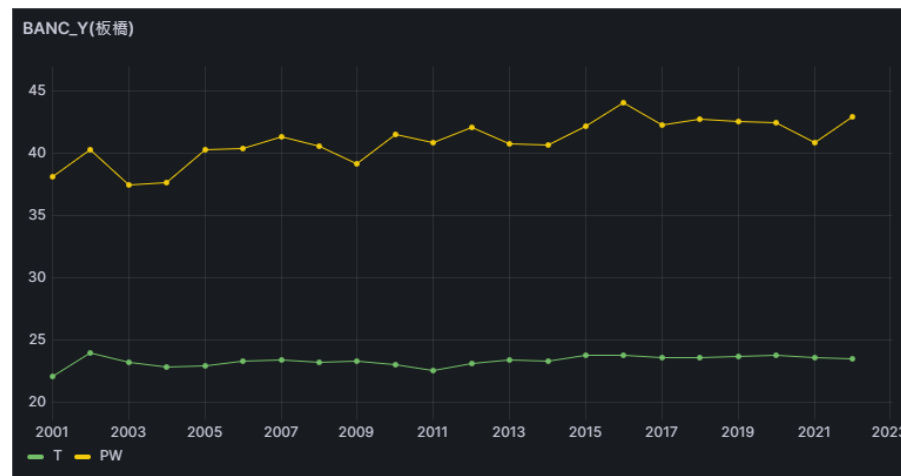
2023/01/19 23:59

統計顯示項目

☐ all ☐ P ☒ T ☐ ZTD ☐ ZHD ☐ ZHD_NEW ☐ ZWD ☐ sigma_ZWD ☐ PI ☒ PW ☐ sigma_PW ☐ QPE

查詢

☐ 時資料 ☐ 日資料 ☐ 月資料 ☒ 年資料



放大圖表顯示: 於圖表內左側點選拖曳時間區間

縮小圖表顯示: ctrl+Z

時區為 UTC+0

若使用chrome瀏覽器，請關閉AdBlock功能方能順利查看資料

可自由選擇顯示項目與資料期間進行呈現

追蹤站資料查詢

統計圖表

×

統計圖表

×

起始時間

結束時間

2001/01/01 08:00:00

2023/01/01 23:59

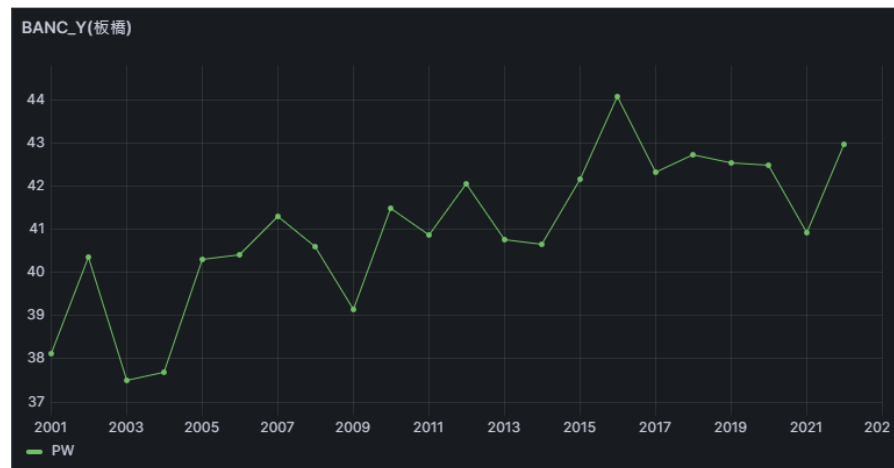
統計顯示項目

☐ all ☐ P ☐ T ☐ ZTD ☐ ZHD ☐ ZHD_NEW ☐ ZWD ☐ sigma_ZWD ☐ PI ☒ PW ☐ sigma_PW ☐ QPE

查詢

☐ 時資料 ☐ 日資料 ☐ 月資料 ☒ 年資料

↓



放大圖表顯示: 於圖表內在綠點選擇時間區間

縮小圖表顯示: ctrl+Z

時區為 UTC+0

若使用chrome瀏覽器, 請關閉AdBlock功能方能順利查看資料

起始時間

結束時間

2001/01/01 08:00:00

2023/01/01 23:59

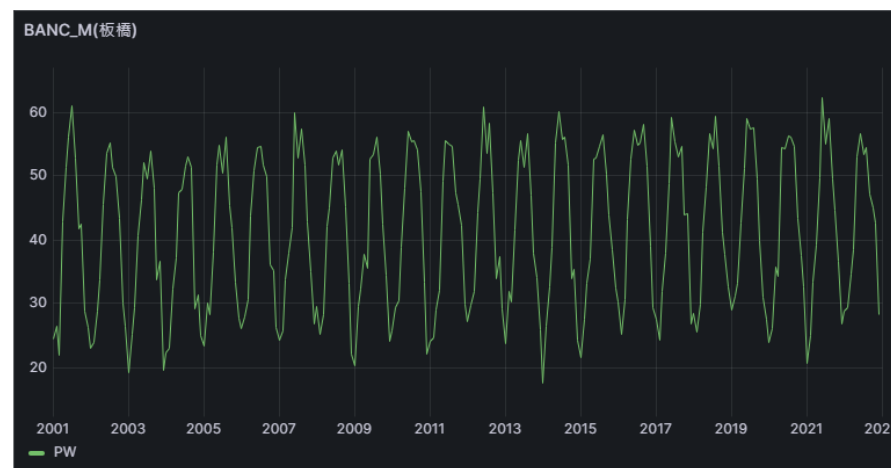
統計顯示項目

☐ all ☐ P ☐ T ☐ ZTD ☐ ZHD ☐ ZHD_NEW ☐ ZWD ☐ sigma_ZWD ☐ PI ☒ PW ☐ sigma_PW ☐ QPE

查詢

☐ 時資料 ☐ 日資料 ☒ 月資料 ☐ 年資料

↓



放大圖表顯示: 於圖表內在綠點選擇時間區間

縮小圖表顯示: ctrl+Z

時區為 UTC+0

若使用chrome瀏覽器, 請關閉AdBlock功能方能順利查看資料

可呈現年平均或月平均資料

追蹤站下載資料

Step1 請選擇欲下載資料的測站

× ANK2(檢校中心2) × TSHI(金山)

☐ 測站全選

Step2 請選擇欲下載資料的時間區間

起始時間

2001/01/01

結束時間

2008/01/01

下載

提供測站之時間區間資料下載功能

* 名稱

寄件人名稱

* Email

email

* 問題內容

請輸入驗證碼

4811

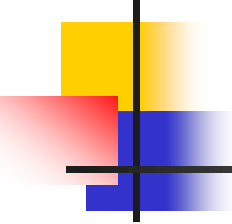


送出

聯絡人	職稱	電話與分機
李祖鈺	專任助理	02-8674-1111 #67520
葉大綱	教授	02-8674-1111 #67430

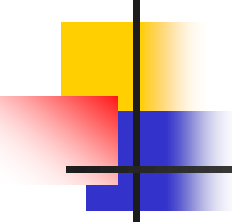
諮詢服務時間：08:30至17:30

歡迎引用



應用A：氣象預報

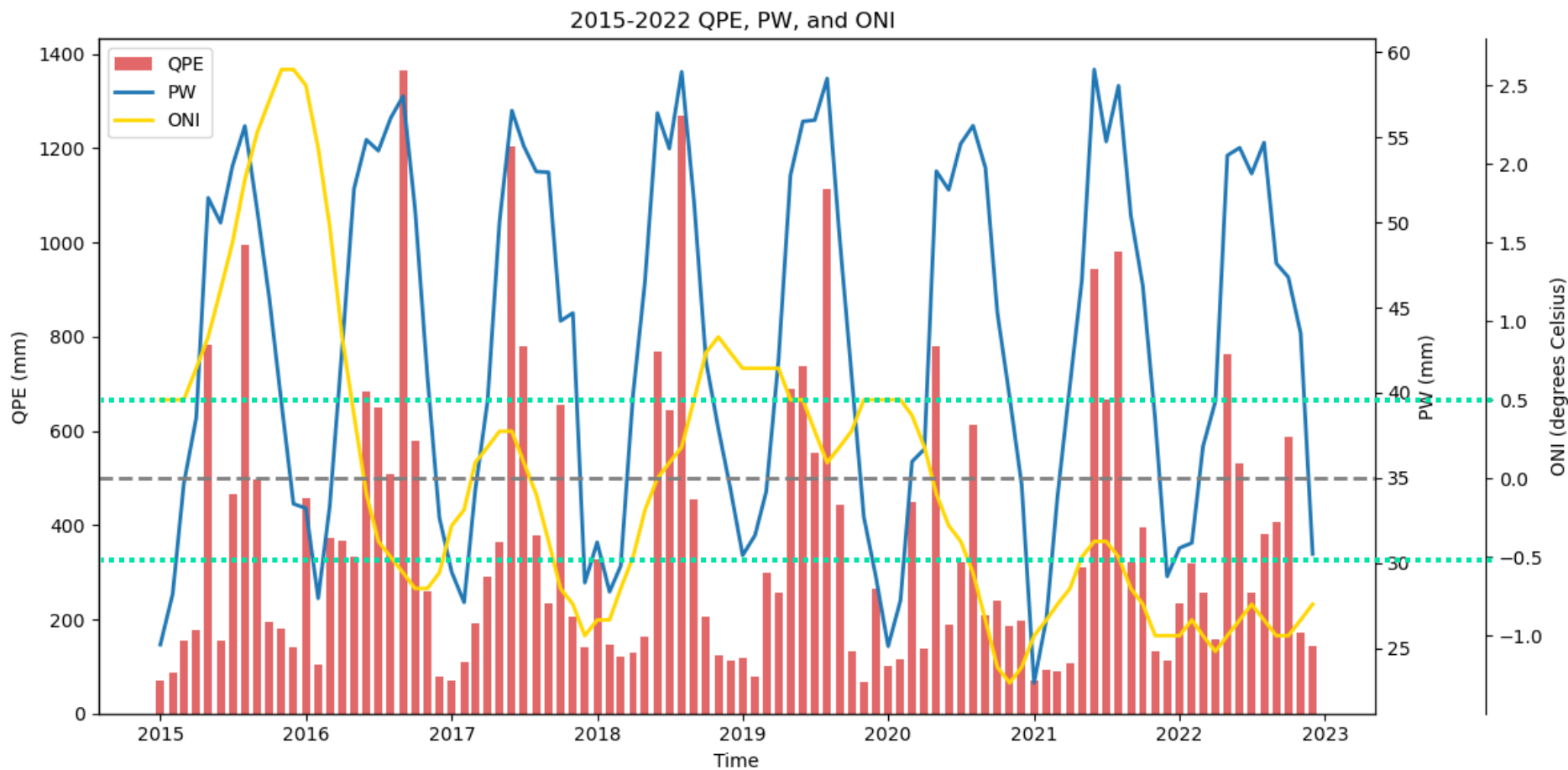
- 中央氣象署舊系統：相對定位
- **POST解** (POST processing)
 - 每天8:00跑前14天24小時的資料→兩週後計算
- **DP解** (Daily Processing)
 - 每天7:30跑前1天24小時的資料→兩天後計算
- **NRT解** (Near Real Time processing)
 - 1:15、3:15、5:15每兩小時執行一次，跑前1小時至前3小時的資料→兩小時後計算



應用A：氣象預報

- **中央氣象署新系統：精密單點定位**
- **PPP-POST解** (PPP-POST processing)
 - 每天8:00跑前14天24小時的資料→**兩週後計算**
- **PPP-DP解** (PPP-Daily Processing)
 - 每天7:30跑前1天24小時的資料→**兩天後計算**
- **PPP-NRT解** (PPP-Near Real Time processing)
 - 0:40、1:40、2:40每小時執行一次，跑24小時的資料→**半小時後計算**

應用B：氣候研究



應用C：午後強降雨

■ 範圍

- 四大高QPE區域(Lin et al., 2011)

■ 時間

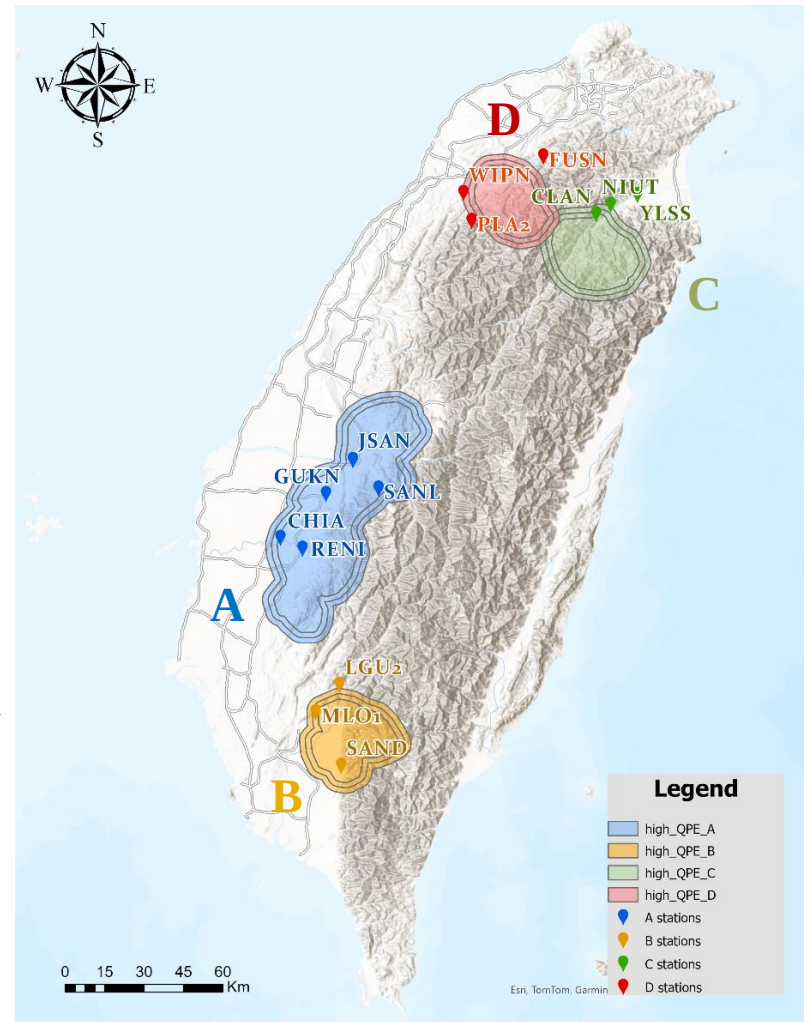
- 2015-2023年暖季(5-10月)

■ 時雨量

- 20 mm ↑

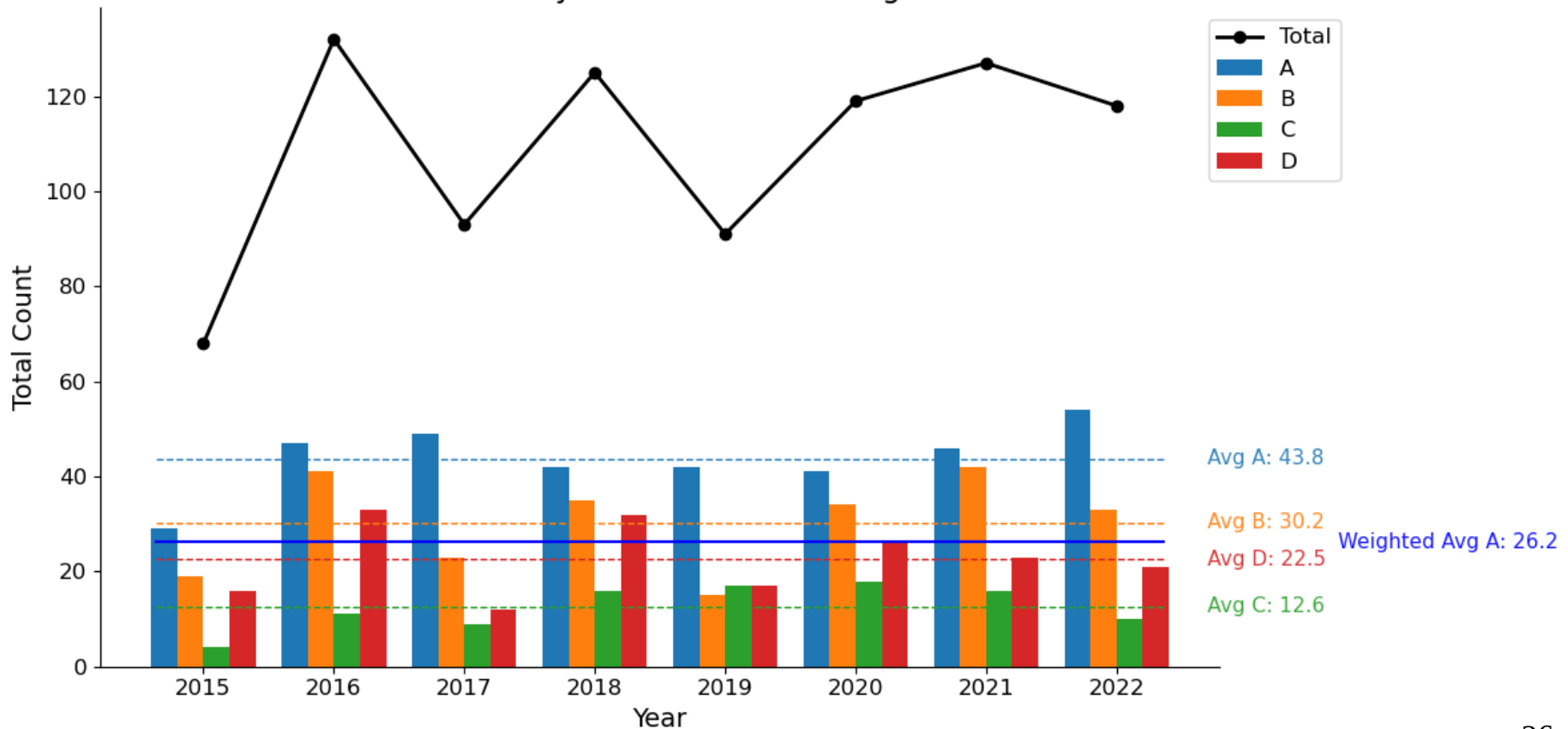
■ 案件區間:午後雷陣雨易發生時段

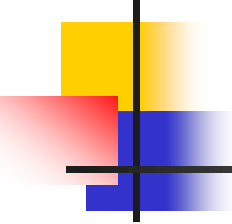
- 台灣時間12:00~18:00
- 11:00>0 、20:00>0 ，剔除



應用C：午後強降雨（次數）

Total Count by Year for Different Regions



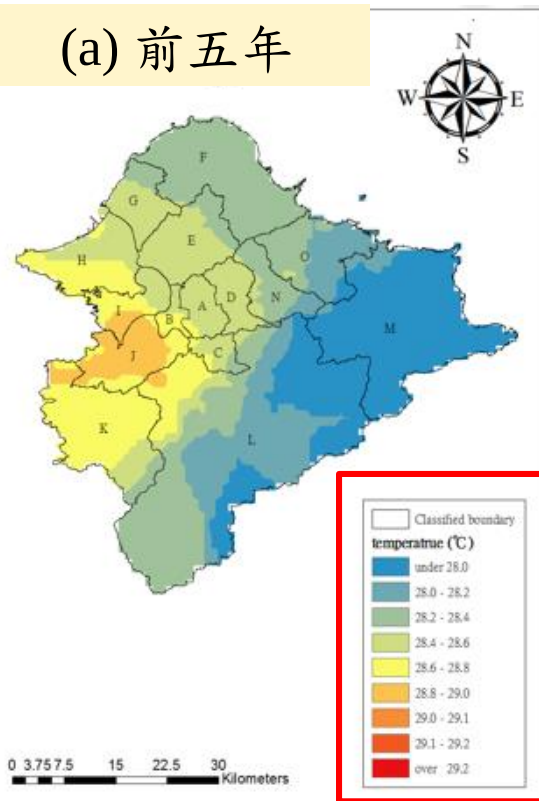


應用D：都市熱島

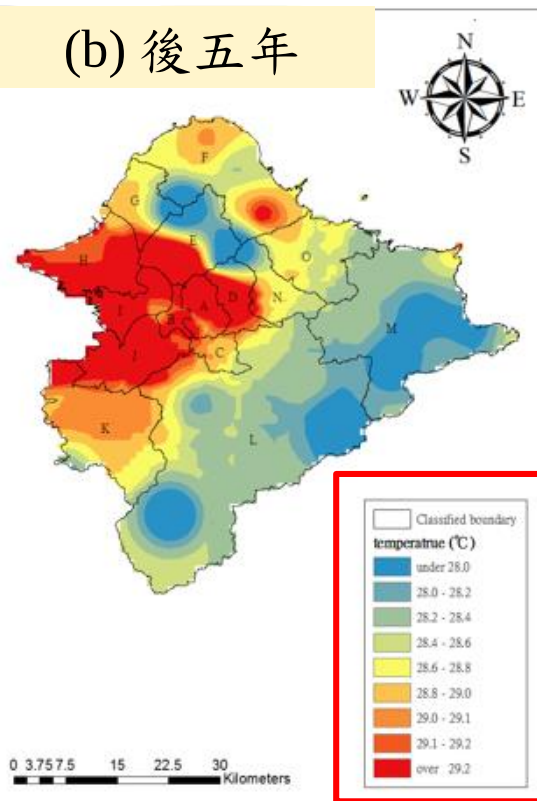
分區	氣溫(°C)		可降水量(mm)		雨量(mm)	
	夏季	冬季	夏季	冬季	夏季	冬季
都市	29.3	17.2	54.6	32.3	272.0	137.5
	+1.2	-0.3	+9.0	+9.4	+27.0	+55.8
郊區	28.0	16.4	52.8	31.2	297.7	281.2
	+0.4	-0.6	+7.9	+8.7	+74.6	+46.3

應用D：都市熱島（溫度）

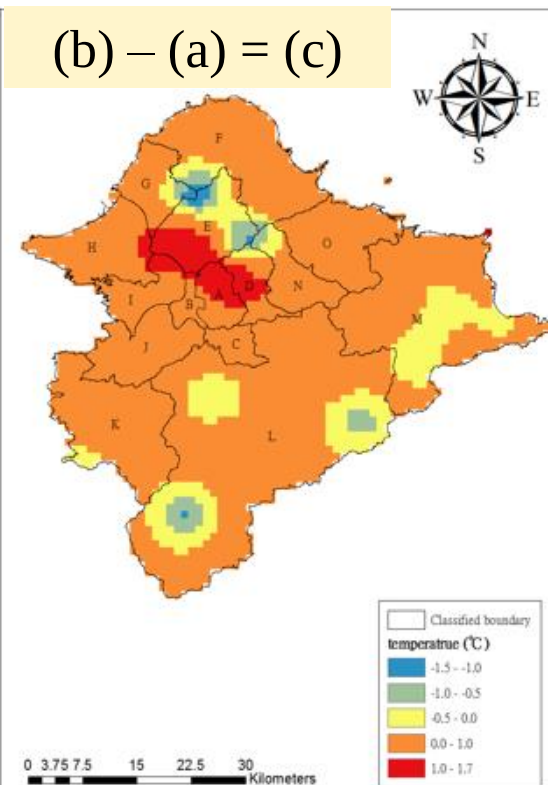
(a) 前五年



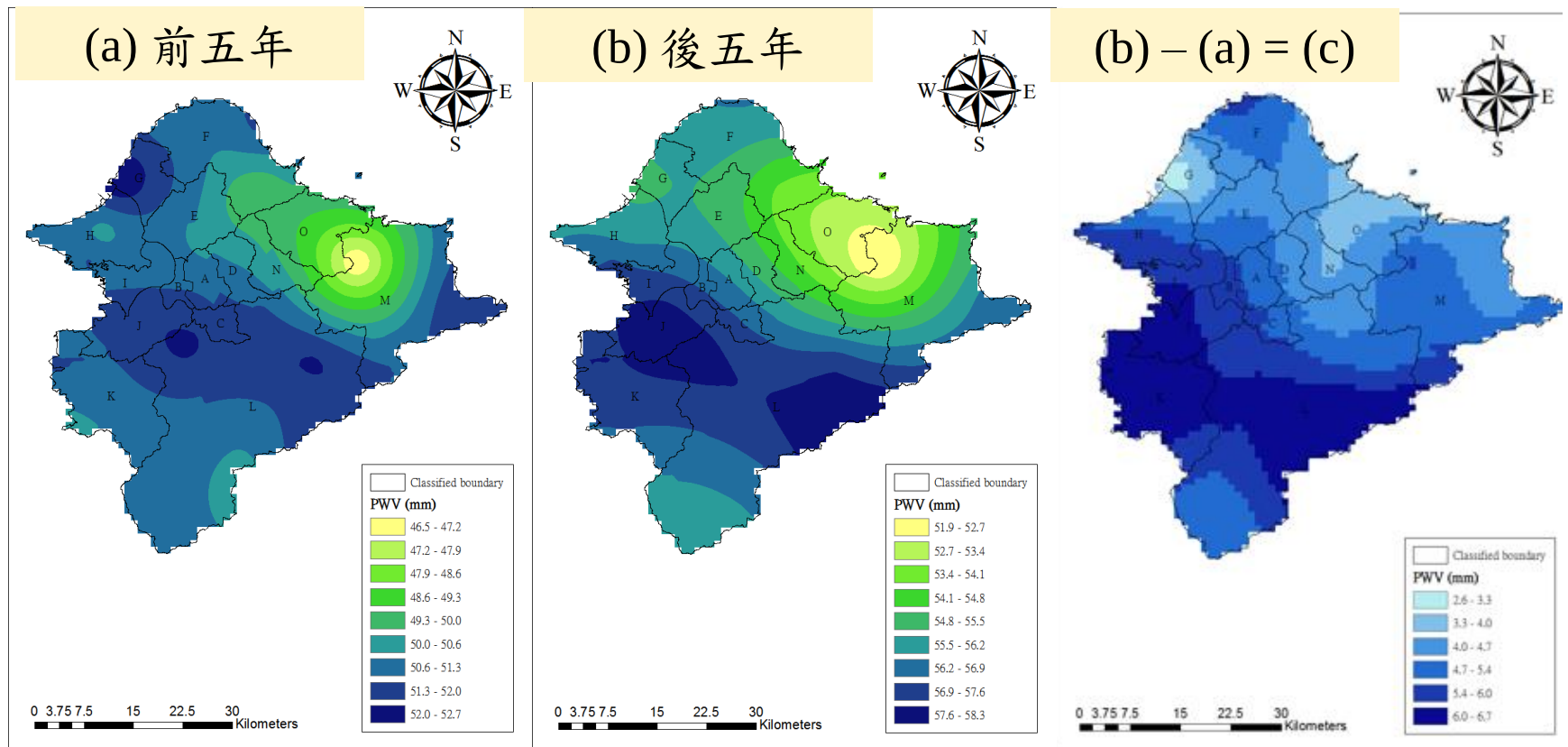
(b) 後五年



(b) - (a) = (c)

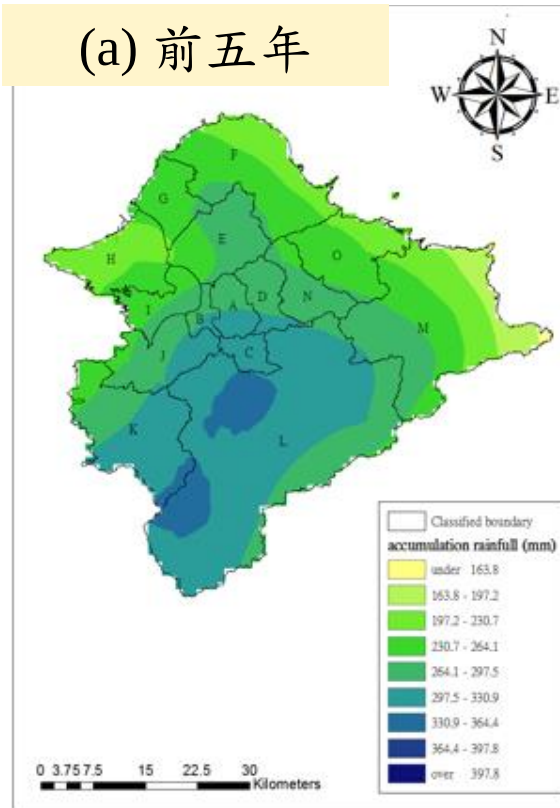


應用D：都市熱島（水氣）

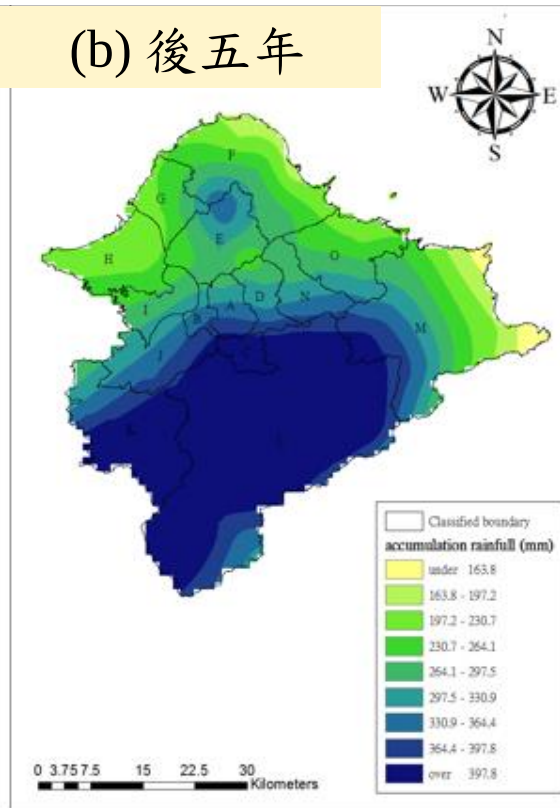


應用D：都市熱島（雨量）

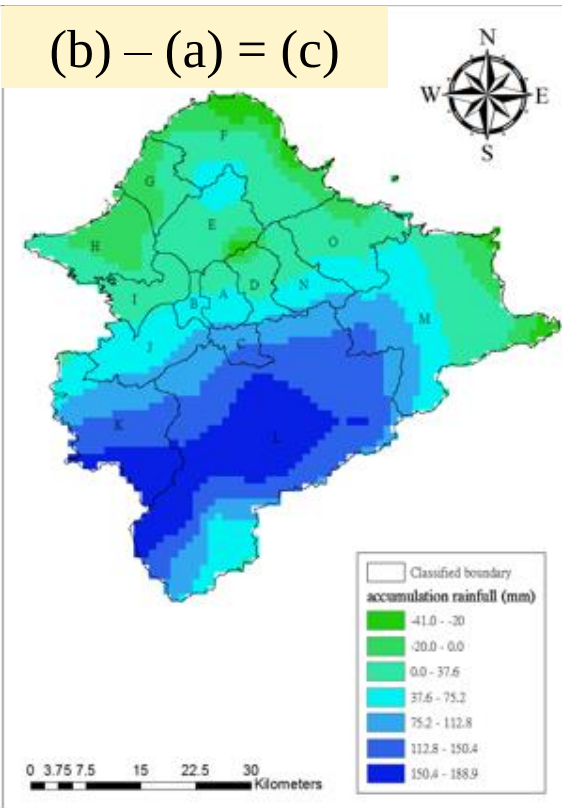
(a) 前五年



(b) 後五年

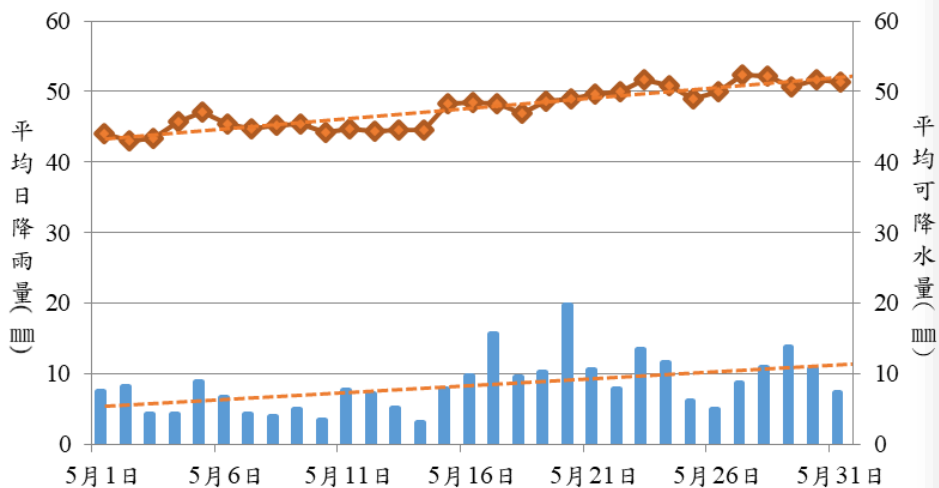


(b) - (a) = (c)

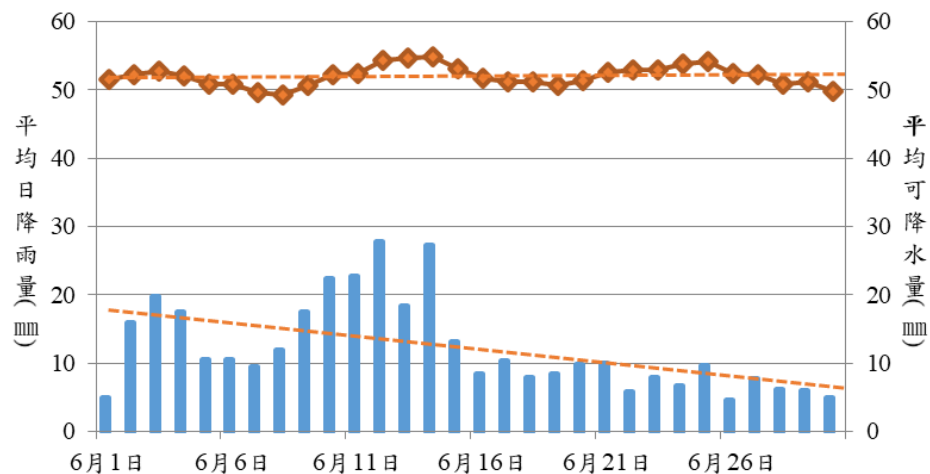


應用E：梅雨季節

May

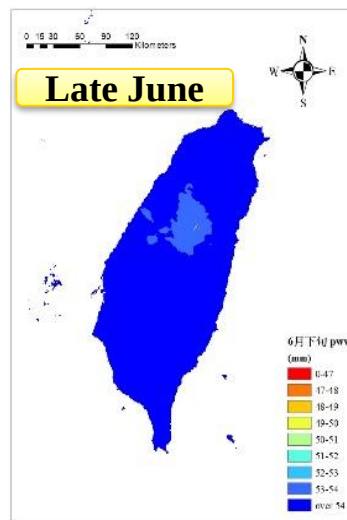
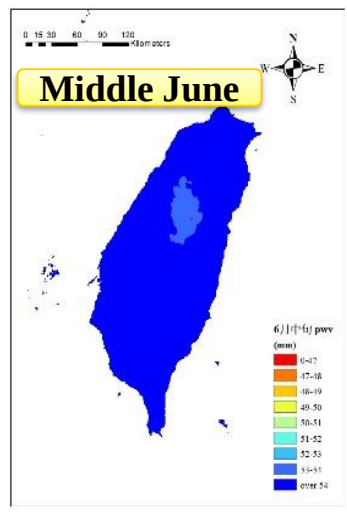
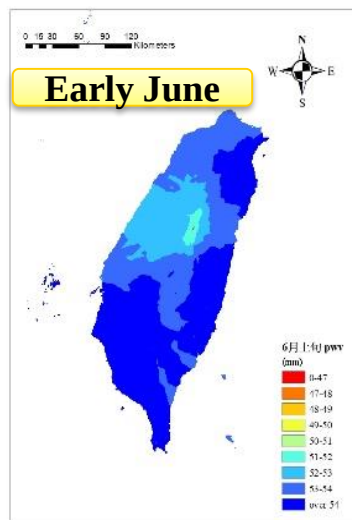
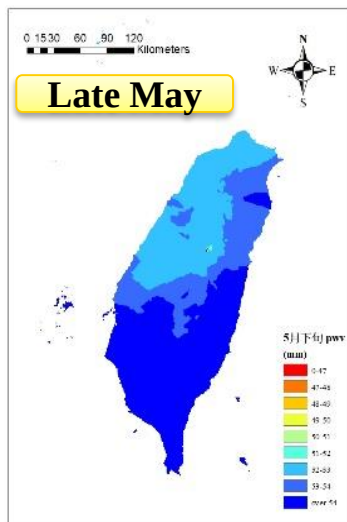
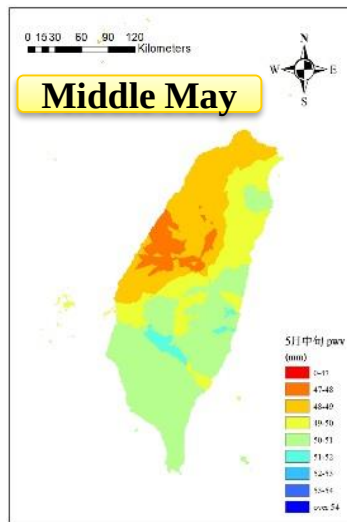
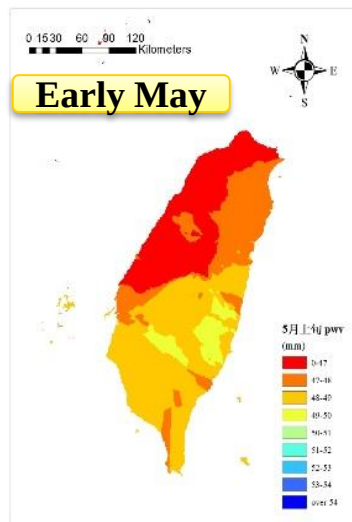


June

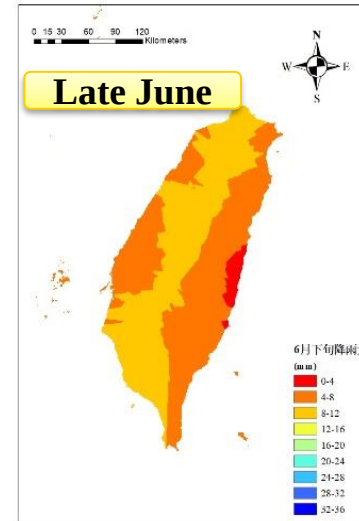
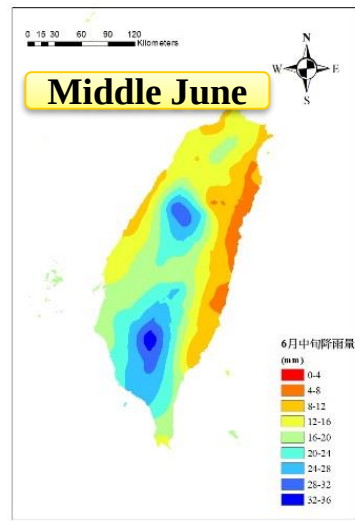
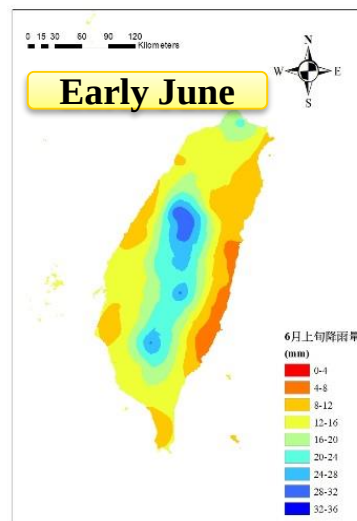
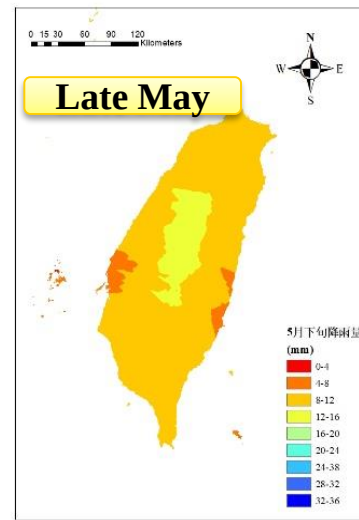
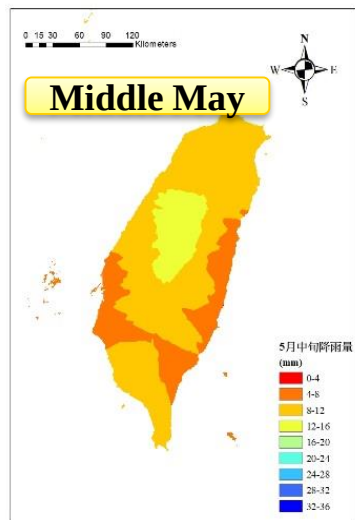
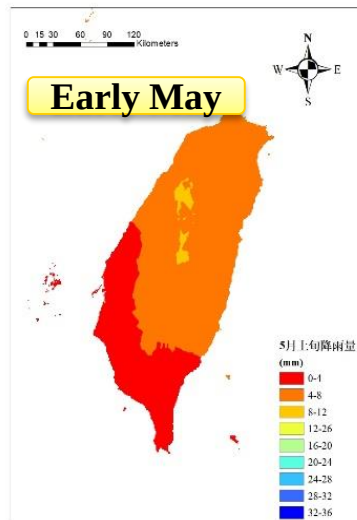


- May: PWV ↑ , Rainfall ↑
- June: PWV → , Rainfall ↓

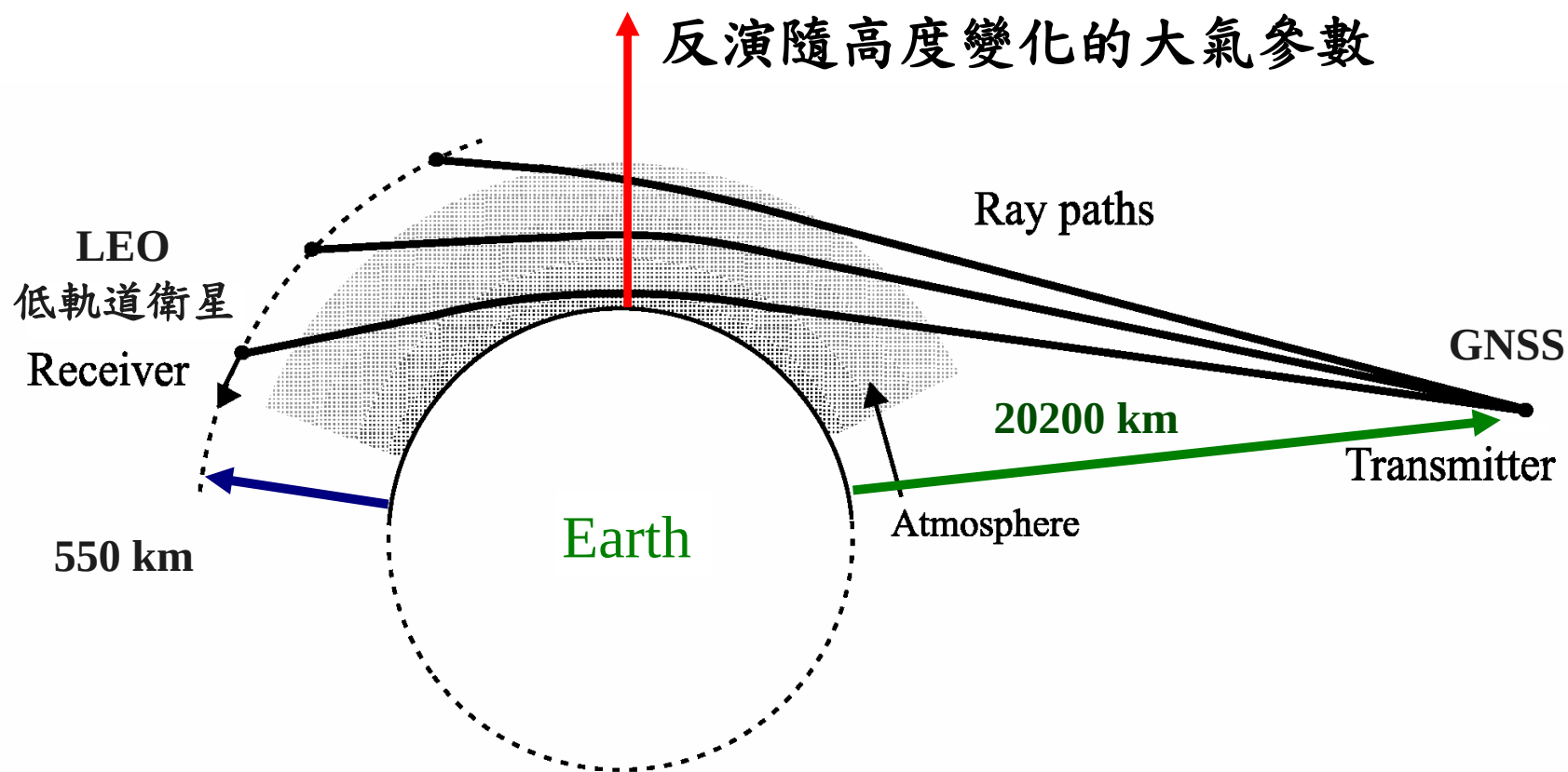
應用E：梅雨季節（水氣）



應用E：梅雨季節（雨量）

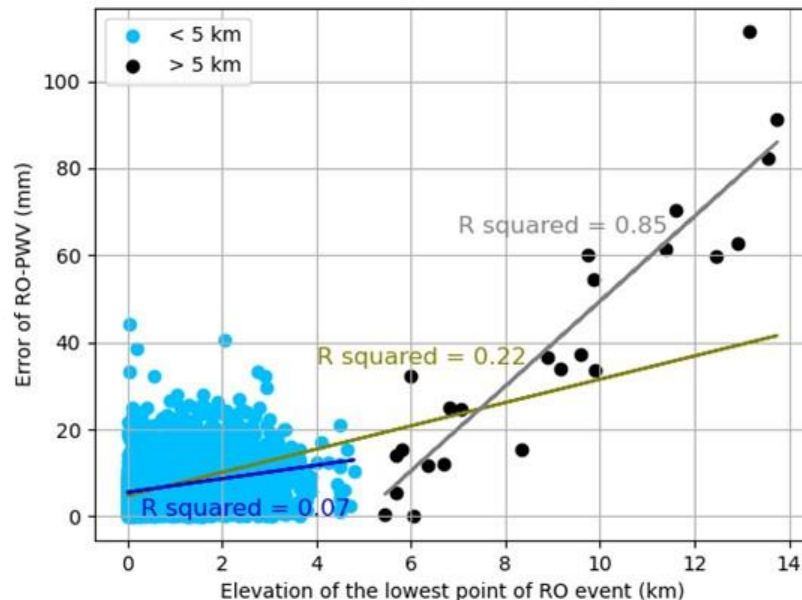


衛載GNSS水氣反演



Error analysis of RO-PWV

Elevation of the lowest point of RO events (ELP-RO)



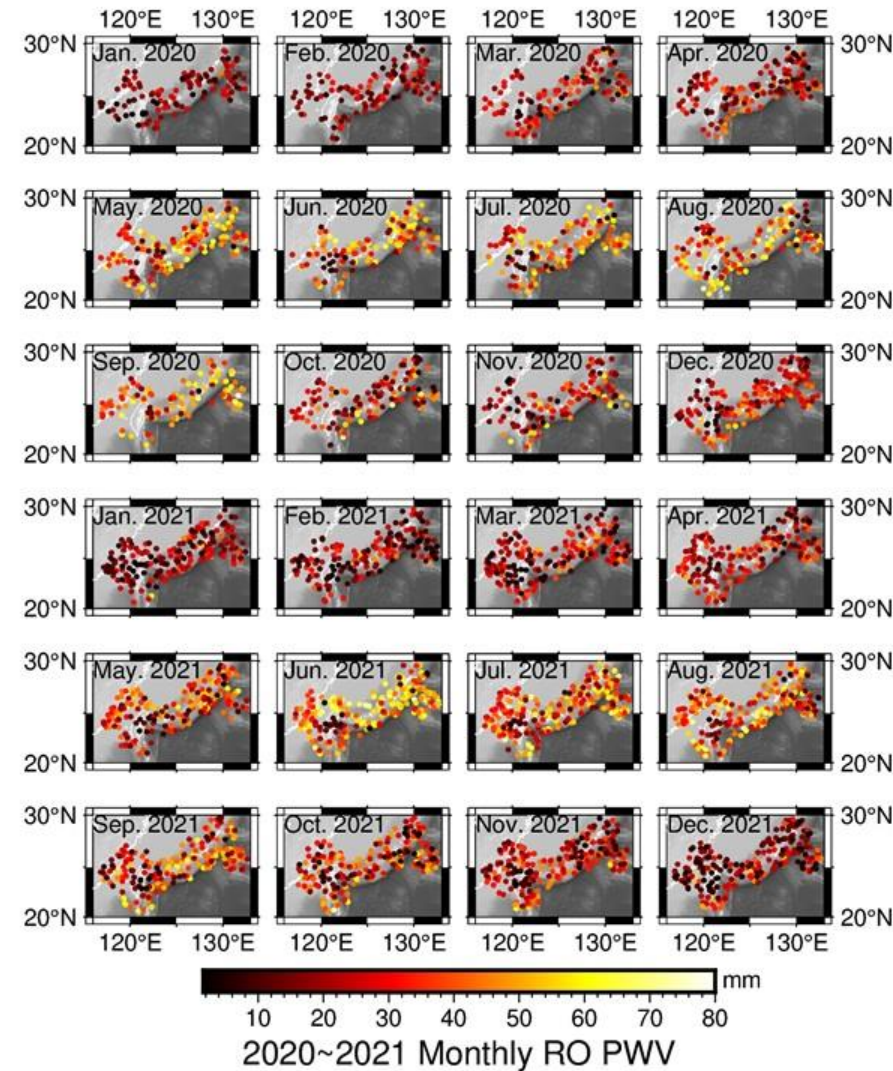
ELP-RO (km)	0	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	>5
RO-event number	259	2534	991	273	117	15	24
Percentage (%)	6.2	60.2	23.5	6.5	2.8	0.4	0.6

Removing RO events with an ELP-RO **above 5 km** to reduce the errors

- When removing ELP-RO above 5 km, their relationship becomes even less correlated, with an R-squared value of 0.07
- When considering only ELP-RO above 5 km, a **positive correlation** with RO error is observed, with an R-squared value of **0.85**

Temporal and spatial variations of RO-PWV

- The annual trends of RO-PWV in 2020 and 2021 are consistent
- The annual trend of temperature is consistent with RO-PWV
- Both RO-PWV and temperature **have higher values in 2020** than that in 2021



船載GNSS水氣反演



年份	船隻名稱	作業區域	作業期間	觀測天數
2015	海研二號	東沙東北部海域 臺灣東部海域	3/15~9/18	64
2016	海研二號	北方三島海域	4/22~6/7	47
	達觀艦	東沙東北部海域 臺灣東部海域	4/27~6/25	60
2017	海研一號	臺灣海峽	2/24~3/28	33
	海研二號		4/6~7/17	103
			8/14~9/20	38
	達觀艦		4/28~7/20	69
2018	海研二號	臺灣海峽北部海域	3/27~7/30	130
	達觀艦		3/23~7/28	76
2019	海研一號	臺灣海峽北部海域	3/12~4/15	35
	勵進研究船		5/7~6/8	33
	達觀艦		4/8~5/16	38
				7/1~7/31
2020	勵進研究船	臺灣東南部海域	4/6~6/1	57
	達觀艦		3/27~8/27	109
2021	勵進研究船	臺灣海峽 巴士海峽	4/11~4/17 8/1~8/4 10/27~11/3	29
2022	勵進研究船	東沙島周圍海域	5/8~5/22	25
2023	勵進研究船	太平島周圍海域	5/14~6/8	26

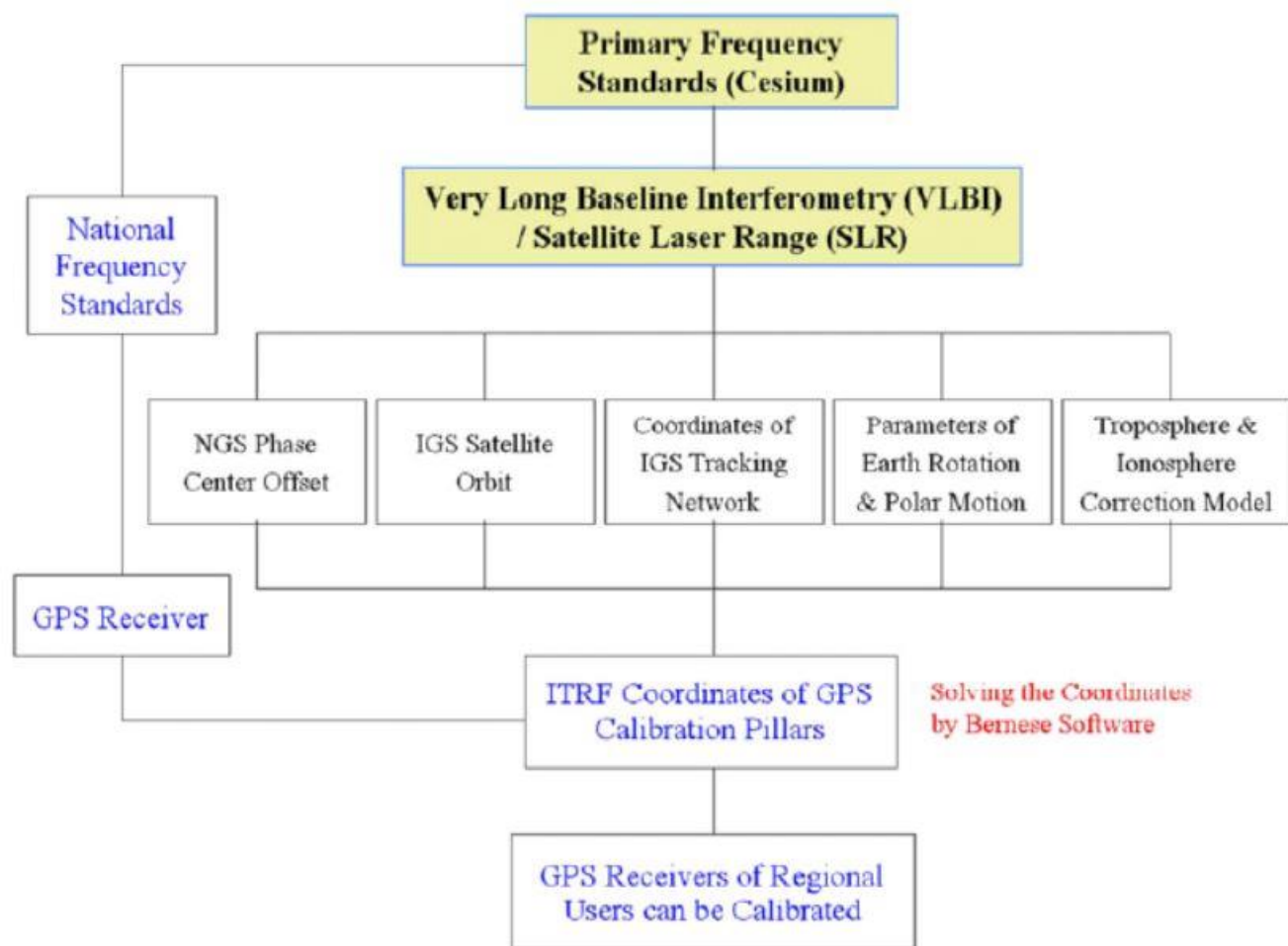
子題一

開發GNSS連續觀測站遠距頻率校正技術

臺灣GNSS連續觀測站

單位名稱	測站數量	主要廠牌	應用領域
中央研究院 地球科學研究所	60	Trimble	板塊運動
經濟部 水利署、地質調查及礦業管理中心	120	Trimble Leica	地層下陷 斷層調查
交通部 中央氣象署	160	Trimble Topcon	地震觀測 水氣求定
內政部 地政司、國土測繪中心	90	Trimble Topcon	國土測繪 e-GNSS

國際追朔鏈



□ 國內超過400座GNSS連續觀測站

□ 追朔：透過**頻率**追朔至SI單位

□ 校正：透過**坐標比對**，但GNSS連續觀測站不適合將儀器拆卸送實驗室校正，若採游校需耗費大量時間

□ 開發GNSS遠距頻率校正技術

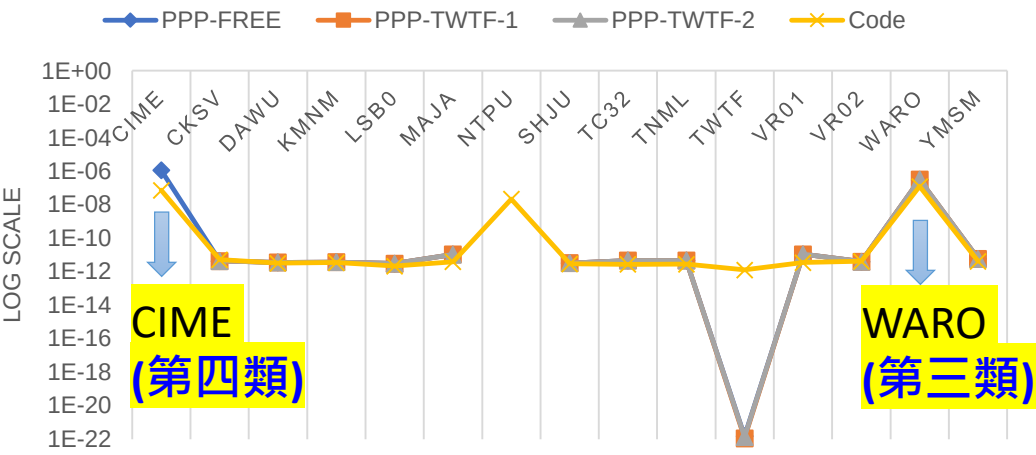
□ 探討頻率誤差對**定位精度**之影響

□ 短、中、長距離靜態相對定位

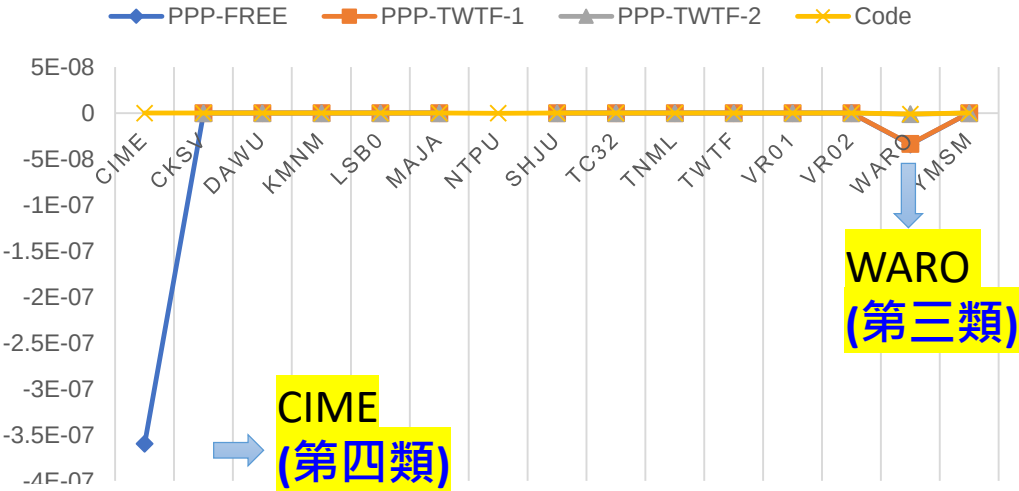
□ 精密單點定位

依儀器時鐘表現分四類

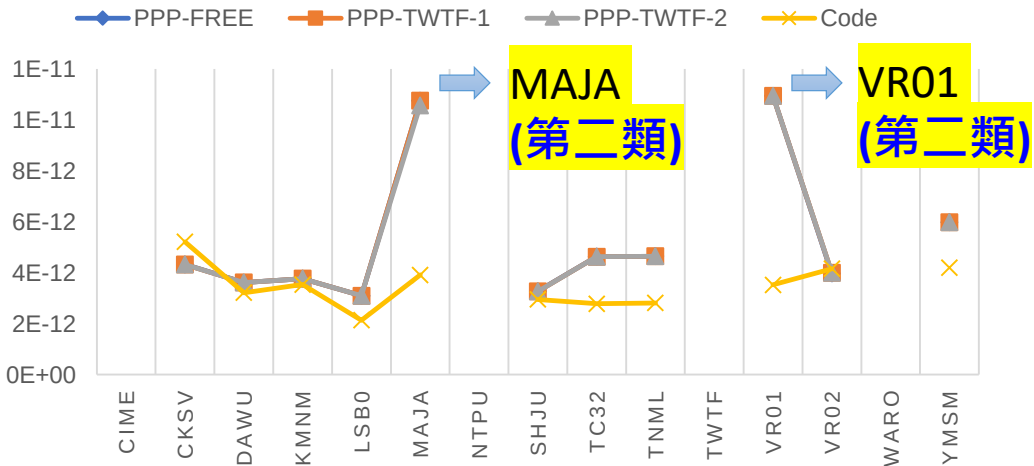
FREQUENCY STABILITY



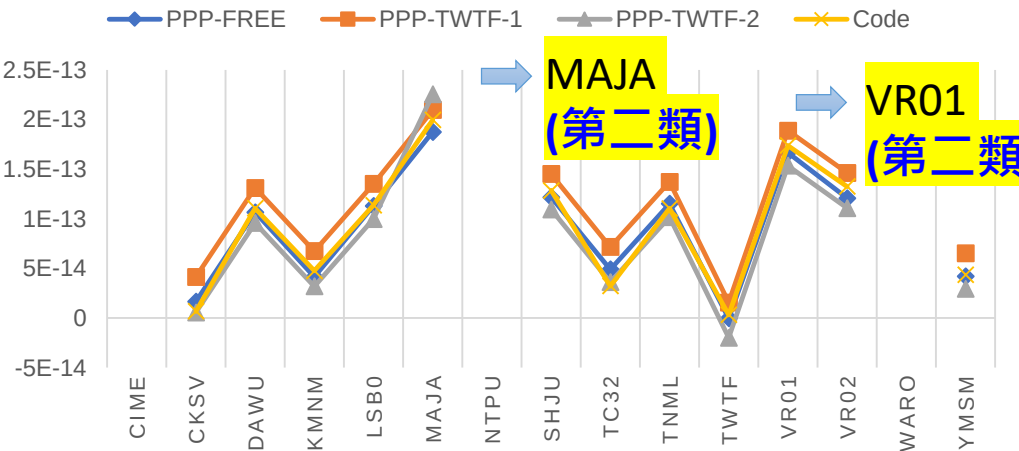
FREQUENCY OFFSET



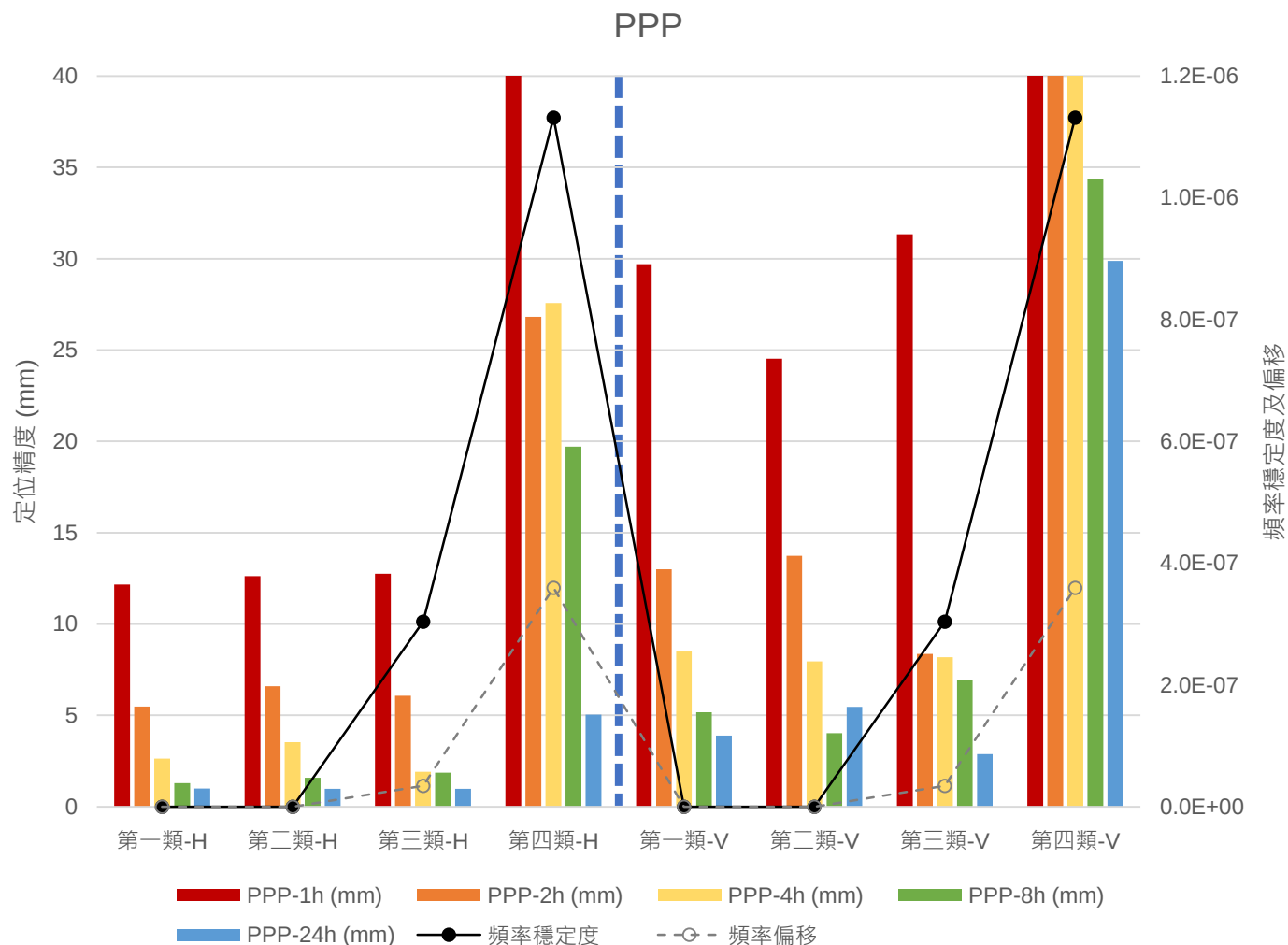
FREQUENCY STABILITY



FREQUENCY OFFSET



精密單點定位(PPP)定位精度



■ 頻率偏移為取絕對值後呈現

■ 第一類與第二類的頻率偏移在標準範圍 (10^{-9}) 內

■ 第三類與第四類超出標準範圍

■ 第四類定位精度最差

■ 第三類雖然不在標準範圍

■ 24小時定位精度仍屬正常

■ 1小時高程向定位誤差稍大

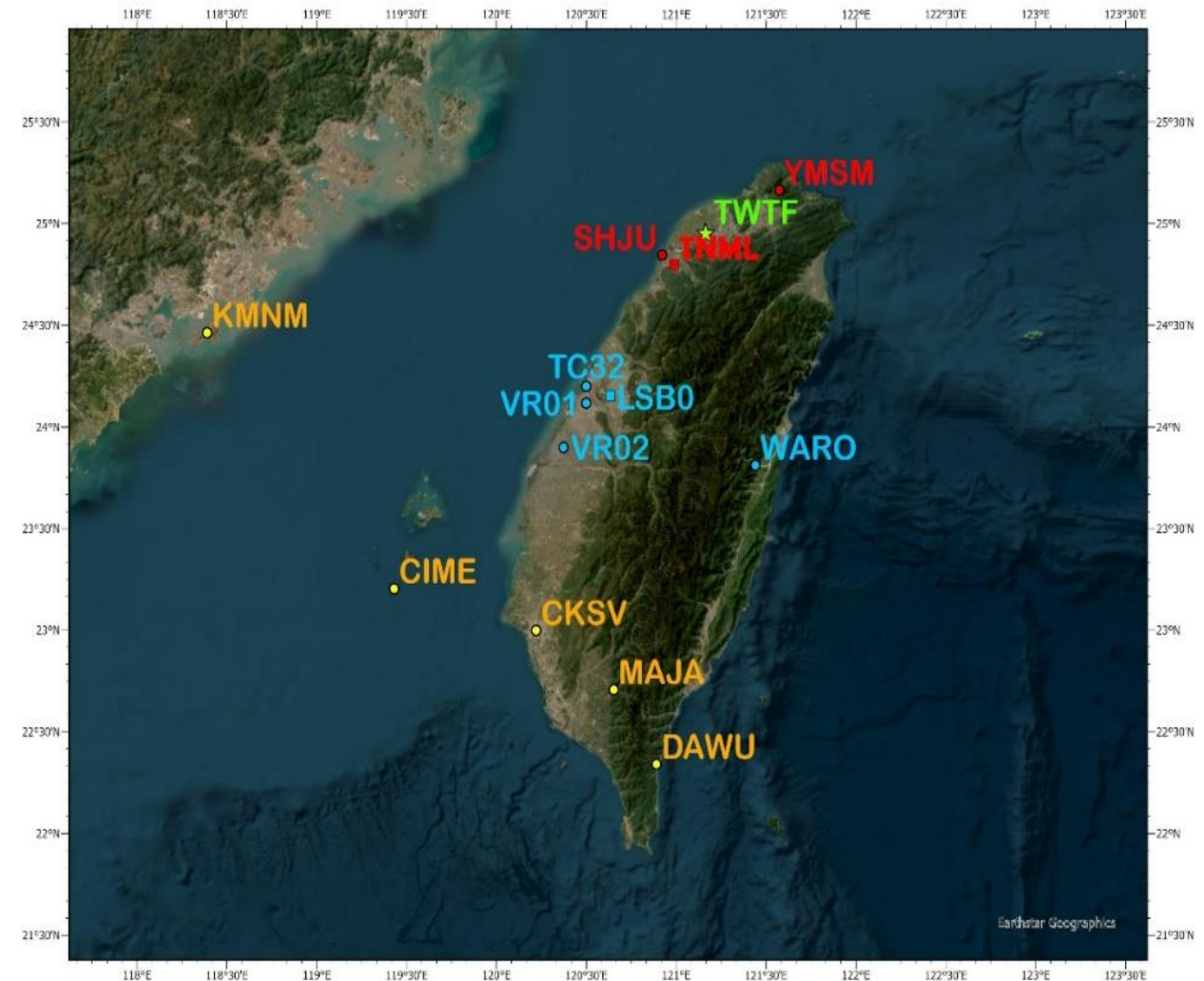
■ 資料時間越長定位精度越高

■ 24小時平面精度1.0 mm (扣除第四類)

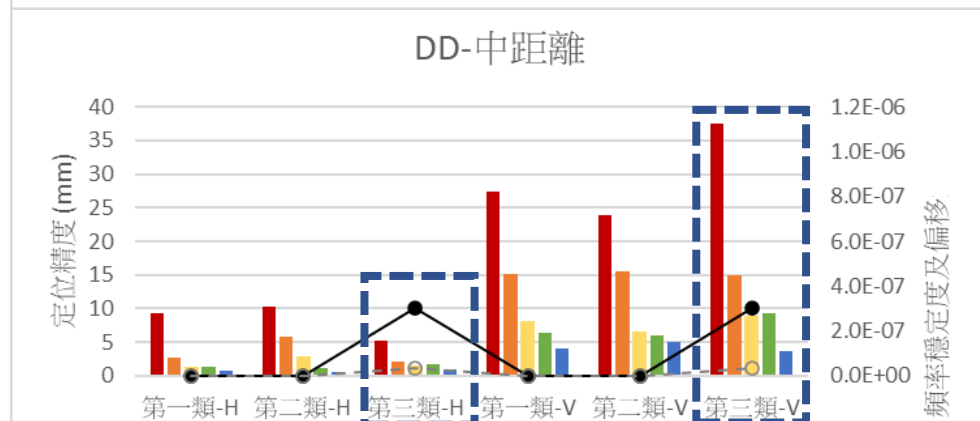
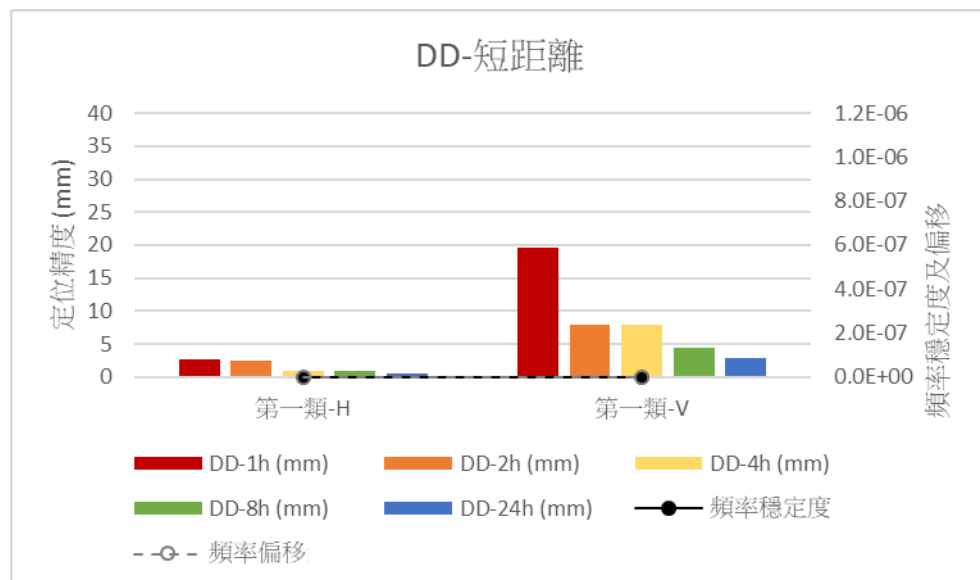
■ 24小時高程精度4.1 mm (扣除第四類)

靜態相對定位(DD)定位精度

基線長度	類別	GNSS站
短距離	第一類	YMSM, TNML, SHJU
中距離	第一類	TC32, LSB0, VR02
	第二類	VR01
	第三類	WARO
長距離	第一類	CKSV, KMNM, DAWU
	第二類	MAJA
	第四類	CIME



靜態相對定位定位精度



■ 採用DD進行基線解算，接收儀時錶誤差在差分的過程中亦被消除，故並未明顯影響相對定位的精度

■ 資料時間越長定位精度越高

■ 短距離24小時平面精度0.6 mm

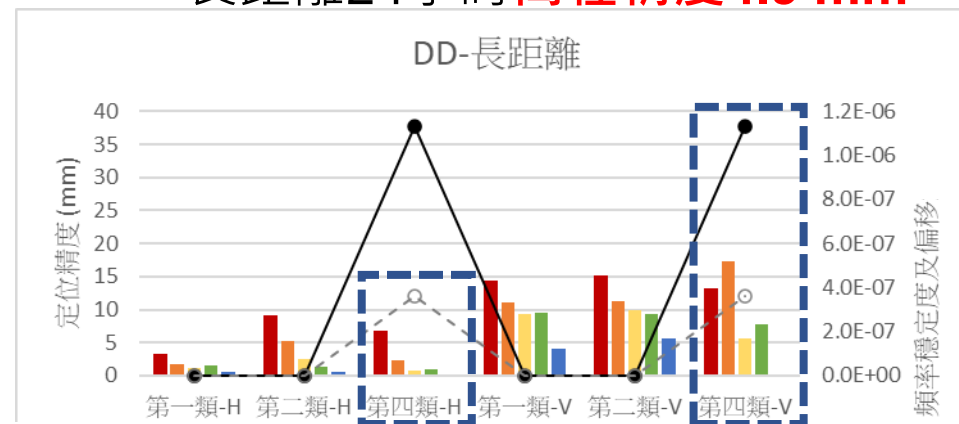
■ 短距離24小時高程精度2.8 mm

■ 中距離24小時平面精度0.7 mm

■ 中距離24小時高程精度4.3 mm

■ 長距離24小時平面精度0.6 mm

■ 長距離24小時高程精度4.9 mm



子題二

研擬e-GNSS地籍界址測量之作業程序

文獻回顧

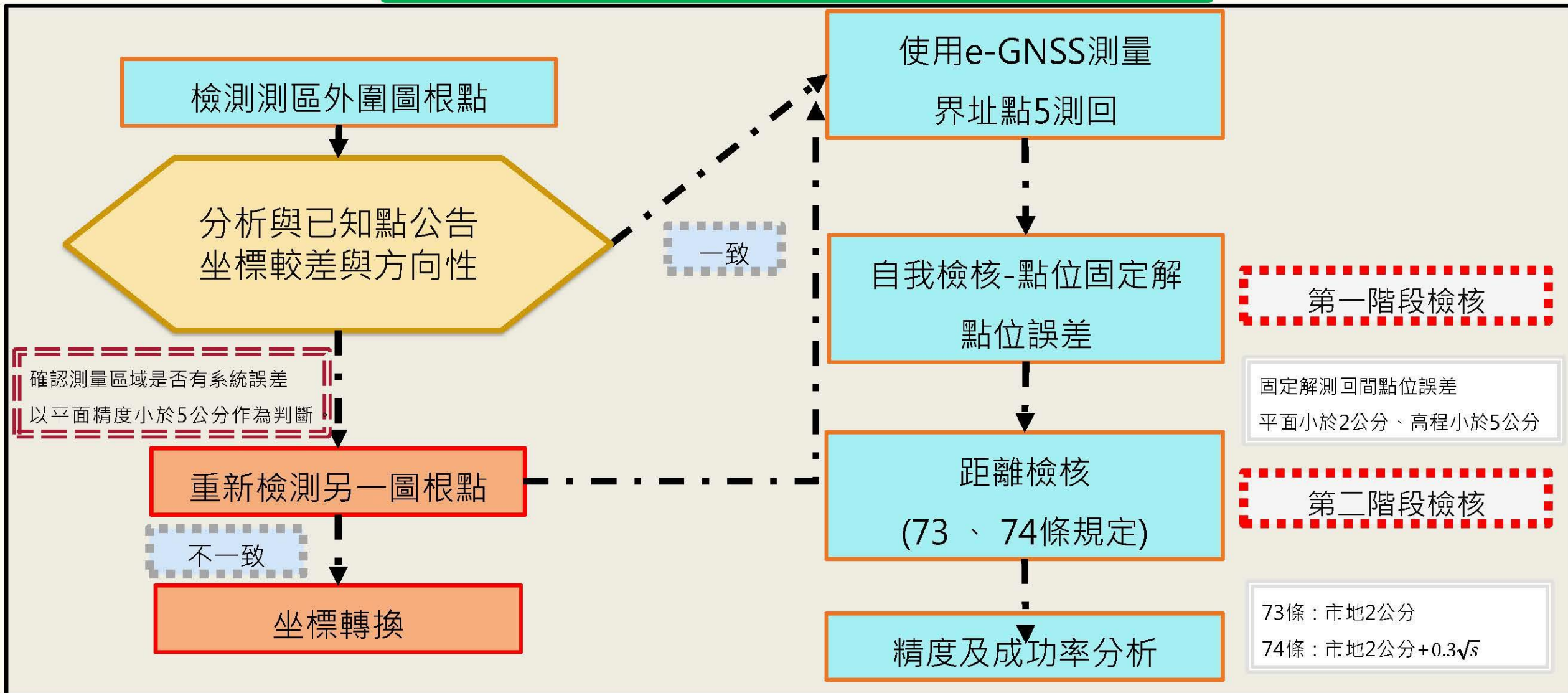


界址測量規定

地籍測量實施規則第73、74 條規定

圖根點至界址點之位置誤差不得超過右列限制	市地	標準誤差2 公分，最大誤差6 公分	73條
	農地	標準誤差7 公分，最大誤差20 公分	
	山地	標準誤差15 公分，最大誤差45 公分	
界址點間坐標計算邊長與實測邊長之差不得超過右列限制	市地	2 公分+0.3 公分 $\sqrt{S}$ 。 (S係邊長，以公尺為單位)	74條
	農地	4 公分+1 公分 $\sqrt{S}$ 。 (S係邊長，以公尺為單位)	
	山地	8 公分+2 公分 $\sqrt{S}$ 。 (S係邊長，以公尺為單位)	

測量程序及檢核方法



第一階段檢核程序：自我檢核-點位固定解點位誤差

合格

檢 測 範 例

點 類型	觀測 點名	點名	觀測坐標			2測回較差(公分)				觀測平均坐標		
			N	E	H	ΔN	ΔE	ΔH	平面 較差	N	E	H
界址點	10000	10000.1	2756673.979	287085.792	66.54	-2.1	-0.6	4.2	2.2	平均		
		10000.2	2756674	287085.798	66.498	0.5	0	-6	0.5			
		10000.3	2756673.995	287085.798	66.558	0.8	-0.3	-1.6	0.9	2756673.991	287085.800	66.566
		10000.4	2756673.987	287085.801	66.574							
		10000.5	2756673.994	287085.794	66.519							

第一測回

相減

第五測回

符合「平面小於2公分及高程小於5公分較差」規範

第二階段檢核程序：界址點位之邊長檢核

地籍測量實施規則第74條：界址點間距離，以市地標準 $2+0.3\sqrt{S}$ 公分(S部分為反算邊長)

以「該圖根點所放樣界址點」做為檢測原則

檢 測 範 例



區域	項次	界址點 A	界址 點B	反算邊 長	檢測邊 長	較差	公差	公差 標準
A2	7	736	733	4.660	4.640	0.019	0.026	符合
	8	736	693	11.566	11.550	0.016	0.030	符合
	9	736	689	19.560	19.522	0.037	0.033	X
	10	736	690	20.595	20.604	0.009	0.034	符合

單位：公尺

不同時間段界址點觀測之精度分析

上午時間段檢測通過率

檢測階段	檢測程序	界址點數	檢測通過率
	總檢核界址點	32	
	無法FIX		
		30	93.8%
第一階段	自我檢核-點位固定解點位誤差	27	84.4%
第二階段	距離檢核		
檢測通過點	檢測通過界址點數	18	56.3%

下午時間段檢測通過率

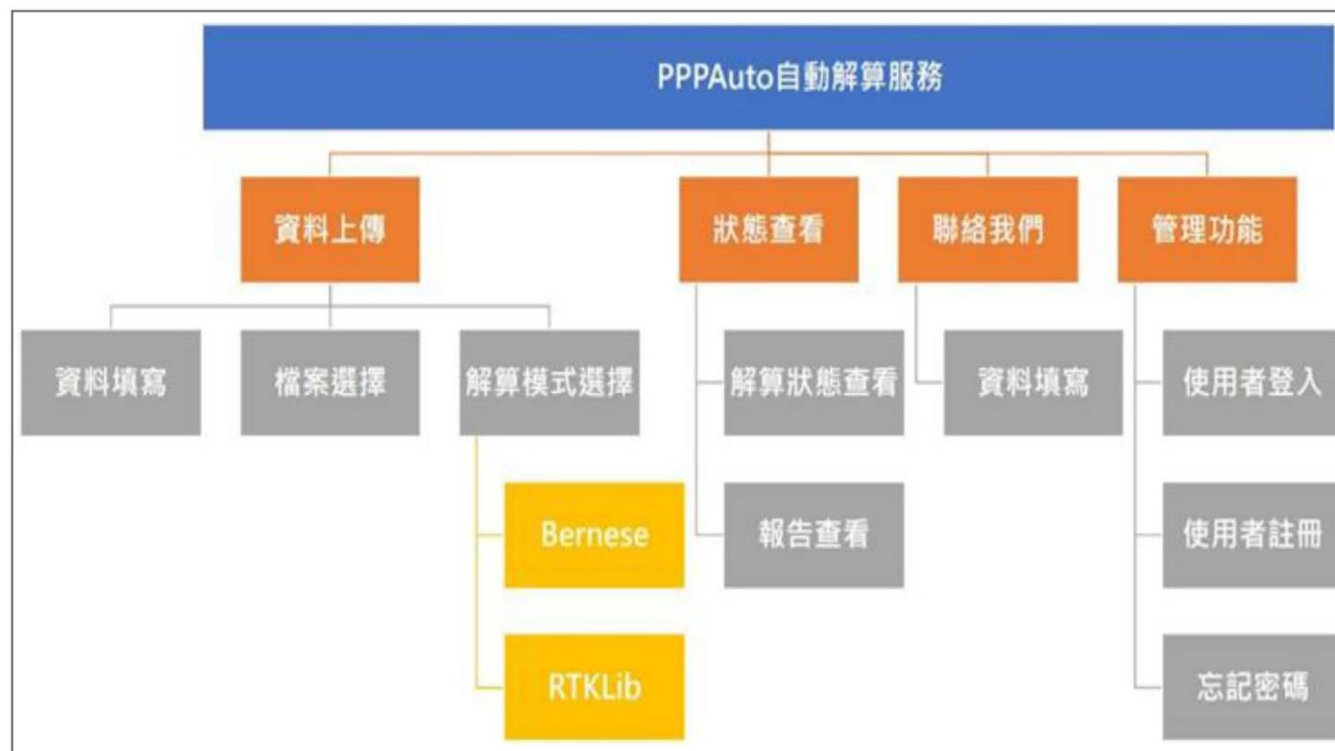
檢測階段	檢測程序	界址點數	檢測通過率
	總檢核界址點	22	
	無法FIX		
		21	95.5%
第一階段	自我檢核-點位固定解點位誤差	16	72.7%
第二階段	距離檢核		
檢測通過點	檢測通過界址點數	11	50.0%

子題三

建置GNSS線上精密單點定位服務

PPPAuto自動解算服務-軟體開發環境和功能架構

- ✓ 本系統以node.js語言進行開發，搭配資料庫系統MySQL，建構軟體開發環境。
- ✓ 本系統目前先以「PPPAuto自動解算服務」為測試用名稱，系統之功能架構如下圖所示，網址為 <https://ppponline.ntpu.edu.tw/>



本案開發的線上衛星定位解算系統之功能架構圖

PPPAuto自動解算服務-Calculate 和Report頁

- ✓ 在此頁面選擇解算核心和解算模式後，即可上傳衛星觀測資料檔(RINEX 2.xx和3.xx格式)進行線上解算。最後，解算狀態與成果報告可於Report頁面上查看，系統亦會自動發出信件，將解算成果連結寄至衛星觀測資料檔上傳時填入的Email信箱。

使用者Email
flex0902@mail.ntpu.edu.tw

GPS觀測檔
選擇檔案 未選擇任何檔案

解算工具
核心一(Kernel 1) 核心二(Kernel 2)

定位模式選項(Positioning Mode)
☒ 靜態(Static) ☐ 動態(Kinematic) ☐ 靜態 K(Static_K)

星系選項(Constellations: G,GPS; R,Glonass; E,Galileo; C,Beidou)
☒ GR ☐ GEC ☐ GREC

上傳

Calculate頁面

檔案名稱	解算模式	成果報告	上傳時間
ANES0140.21O	核心二/靜態/GREC	報告連結	2023-05-11 13:56:17
ANES0140.21O	核心二/動態/GREC	報告連結	2023-05-11 13:54:54
USVO1810_r3_chk.22o	核心二/動態/GREC	報告連結	2023-05-09 23:40:42
USVO1730_r3_chk.22o	核心二/動態/GREC	報告連結	2023-05-09 23:33:33
USVO1810_r3_chk.22o	核心二/動態/GREC	報告連結	2023-05-09 23:26:54
20230509071544.obs	核心二/動態/GREC	報告連結	2023-05-09 17:08:37
ANES0140.21O	核心二/動態/GEC	報告連結	2023-05-09 13:19:18
20230509131054.21O	核心二/靜態 K/GEC	報告連結	2023-05-09 13:11:01
20230509090142.22o	核心二/動態/GREC	報告連結	2023-05-09 09:01:59
20230509083704.21O	核心二/靜態 K/GREC	報告連結	2023-05-09 08:37:04
20230509080436.21o	核心二/動態/GEC	報告連結	2023-05-09 08:04:36
20230509080051.21O	核心二/動態/GR	報告連結	2023-05-09 08:00:51
20230509075429.21o	核心二/靜態 K/GREC	報告連結	2023-05-09 07:54:29
20230509074024.21O	核心二/動態/GREC	報告連結	2023-05-09 07:40:24

頁碼: 1 2 3 ... 下一頁 最後一頁 1 / 5

Report頁面

靜態測站模擬動態定位(II)

✓ 靜態測站模擬動態定位 - 定位精度及穩定度由高至低，依序為
CSRS-PPP > GipsyX-2.0 ≈ Bernese ≈ TOPS > RTKLIB ≫ PPPH

單位：cm	CSRS-PPP	TOPS	Bernese	GipsyX-2.0	RTKLIB	PPPH
3D平均差異	1.7	1.9	1.7	1.9	5.6	>50
3D RMS	2.3	4.3	4.2	3.4	3.5	>50

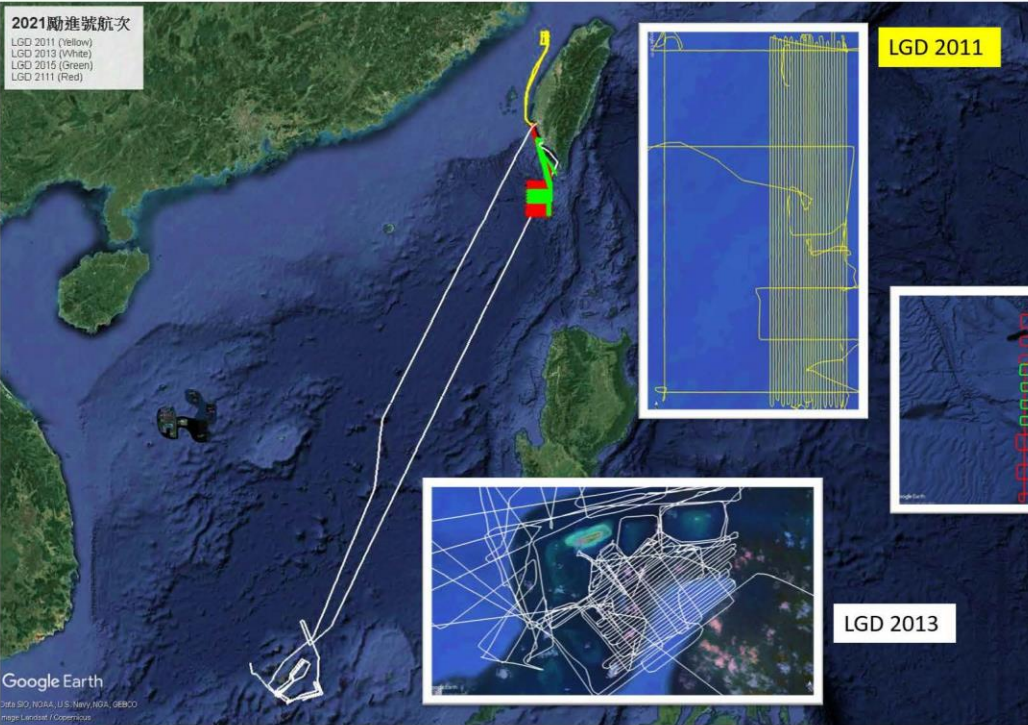


2D平均差異	1.4	H平均差異	4.9
2D RMS	1.7	H RMS	3.9

原因為某些站的H
方向存在offset值

航次軌跡,短基線比較成果

- ✓ 勵進號航次LGD2011、LGD2013、LGD2015
 - ✓ 利用CSRS-PPP定位成果計算各天線位置的
- ➡ 差值平均小於2公分和標準偏差小於5



✓ PPP定位成果與CSRS-PPP定位成果的差異量

4月13日 - 測線1至3的RTKLIB-PPP和Bernese-PPP自動化解算成果與CSRS-PPP定位成果在E,N,U方向的差異量之均方根值 (單位:公分)

自動化解算程序	廠牌 - 接收儀型號	測線	E方向差異量之均方根值	N方向差異量之均方根值	U方向差異量之均方根值	平面和高程方向差異量之均方根值
RTKLIB-PPP	Trimble - 5700	1	7.2	1.6	14.5	2D : 7.4 3D : 16.3
		2	1.5	1.3	9.9	2D : 2.0 3D : 10.1
		3	2.5	3.2	11.2	2D : 4.1 3D : 11.9
	Topcon NET-G3A	1	3.1	0.6	4.4	2D : 3.2 3D : 5.4
		2	2.1	1.2	4.7	2D : 2.4 3D : 5.3
		3	1.0	0.8	5.7	2D : 1.3 3D : 5.8
Bernese-PPP	Trimble - 5700	1	50.9	69.1	254.5	2D : 85.8 3D : 268.6
		2	16.5	88.2	198.7	2D : 89.7 3D : 218.0
		3	13.2	2.4	23.6	2D : 13.4 3D : 27.1
	Topcon NET-G3A	1	1.7	0.9	5.6	2D : 1.9 3D : 5.9
		2	1.0	1.3	3.9	2D : 1.6 3D : 4.2
		3	0.7	0.8	2.0	2D : 1.1 3D : 2.3

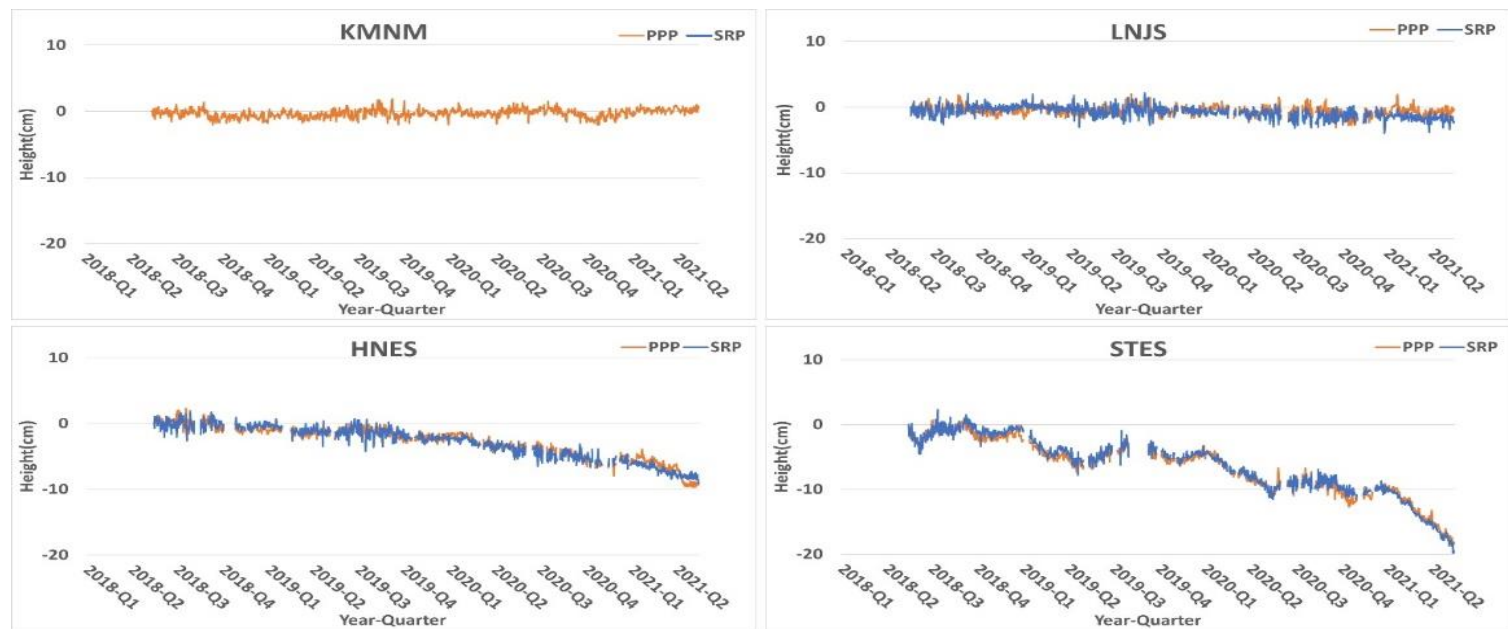
More stable

Best

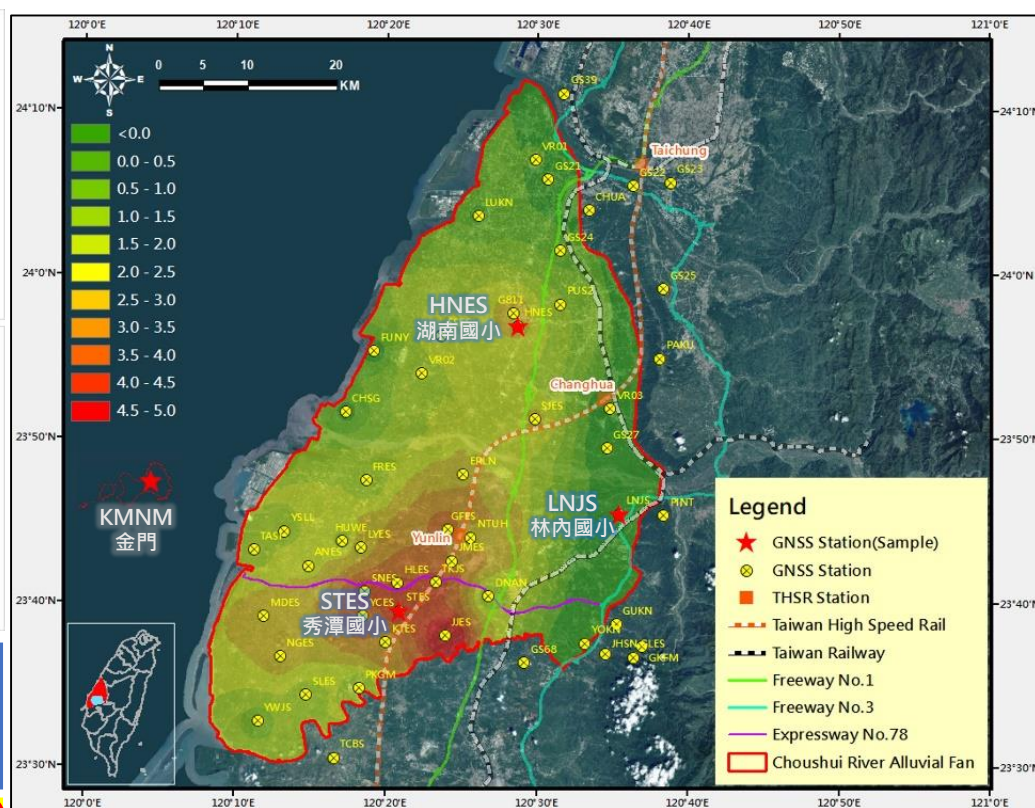
子題四

結合多重觀測資料應用於地層下陷監測

GNSS_絕對法(PPP)與相對法(SRP)差異分析_高程方向

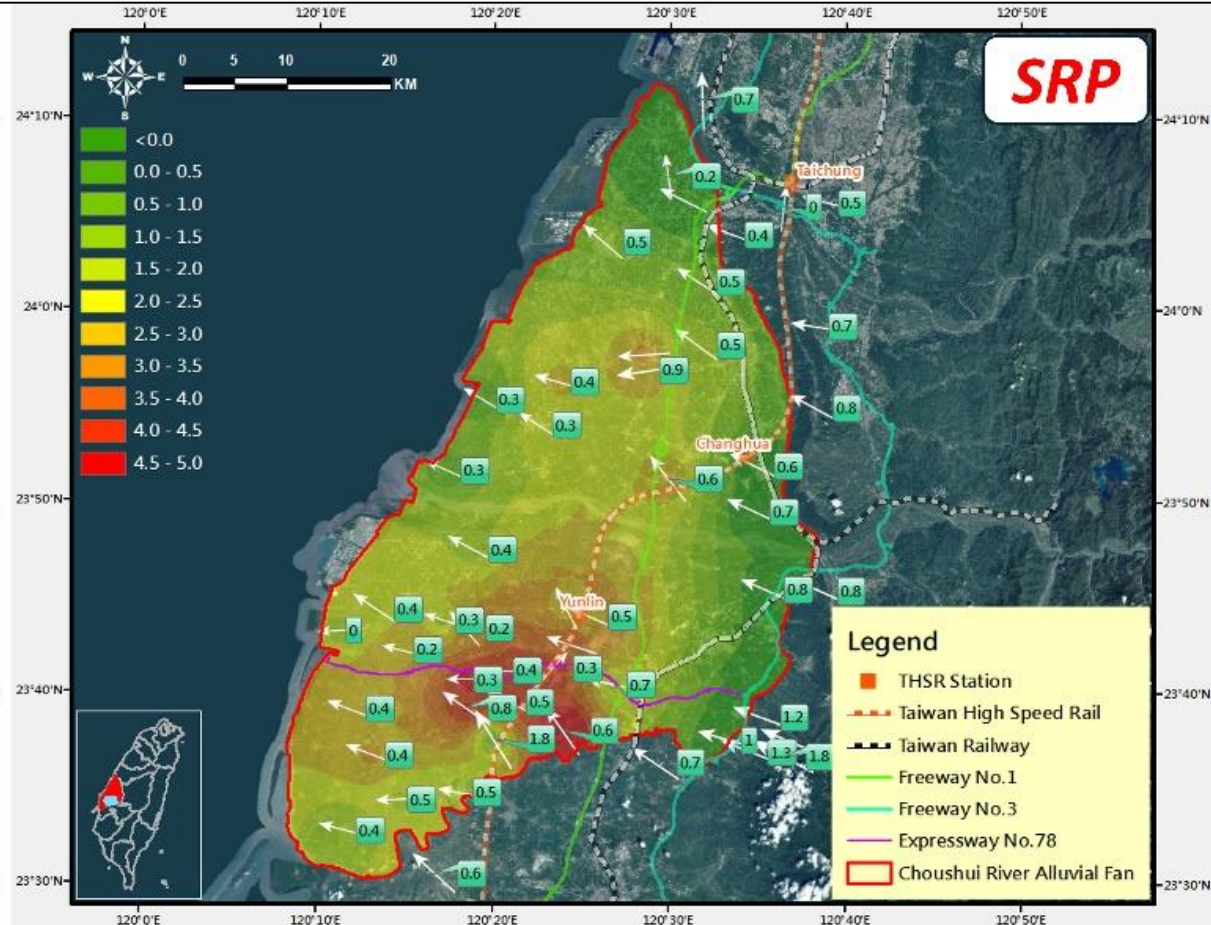
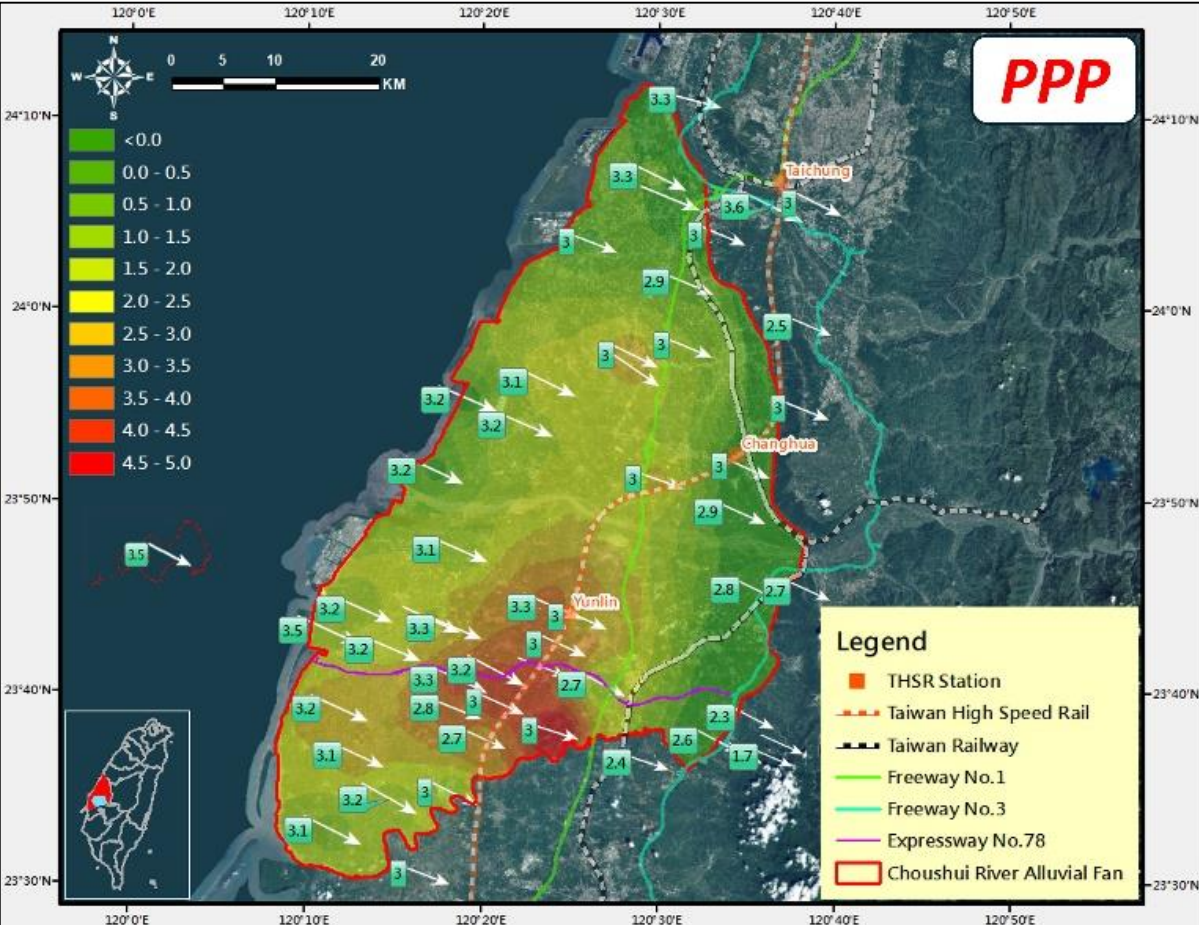


站名	解算法	2018~2019 年下陷速率 (cm/yr)	2019~2020 下陷速率 (cm/yr)	2020~2021 下陷速率 (cm/yr)	2018~2021 下陷速率 (cm/yr)
KMMN 金門	PPP	0.5	0.0	-0.2	0.1
	SRP	-	-	-	-
LNJS 林內國小	PPP	0.5	0.3	0.1	0.3
	SRP	-0.4	0.5	0.4	0.2
HNES 湖南國小	PPP	2.2	2.7	4.8	3.2
	SRP	1.3	2.8	4.1	2.7
STES 秀潭國小	PPP	5.3	4.6	7.8	5.9
	SRP	4.4	4.8	8.6	5.9



GNSS_絕對法(PPP)與相對法(SRP)差異分析_水平方向

解算法	N方向(cm/yr)	E方向(cm/yr)	移動方向
PPP	-1.0	2.8	東南
SRP	0.2	-0.5	西北



觀測技術綜合分析

	優點	缺點
GNSS	1. 連續觀測資料 2. 精度達公厘等級	1. 需有透空度良好及穩定供電地點 2. 初期需投入相當預算建置觀測站點
InSAR	1. 擁有最高空間解析度資料 2. 雷達影像資料免付費下載	1. 每月僅有兩幅雷達影像 2. 高解析雷達影像價格高昂
水準測量	1. 精度最高，可達公厘等級 2. 可依據關注地點，增加水準路網	1. 耗費最多人力與時間進行測量 2. 一年僅進行2次測量作業

觀測技術	時間解析度	空間解析度	精度	處理時間	自主性
GNSS	每日 🍌	52 站	公厘	1天 🍌	自設測站 🍌
InSAR	2 張/月	200 多萬點 🍌	公分	1週 🍌	國外衛星
水準	1~2 次/年	831 點	公厘 🍌	2~3個月	國內廠商 🍌

資料融合_作業流程

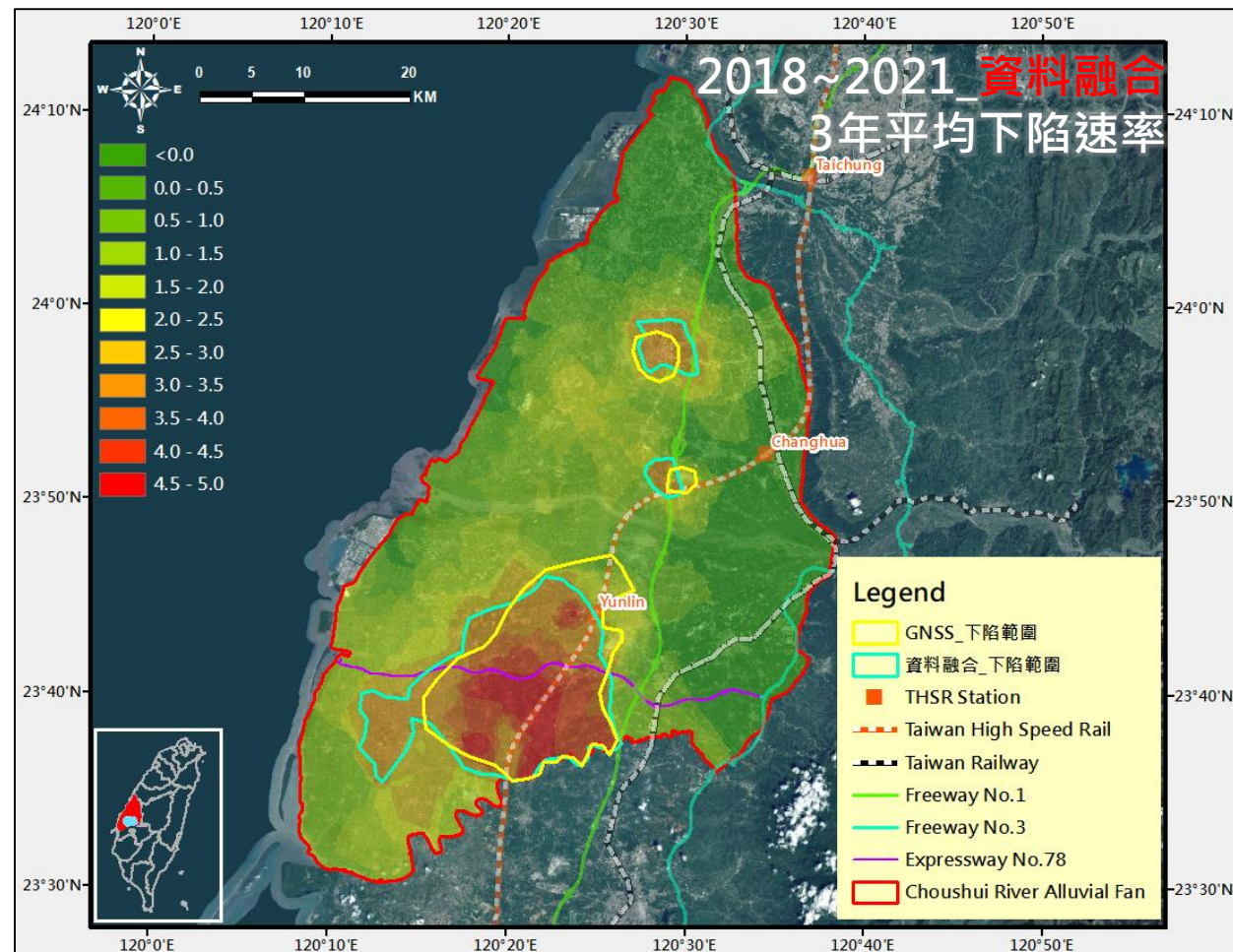
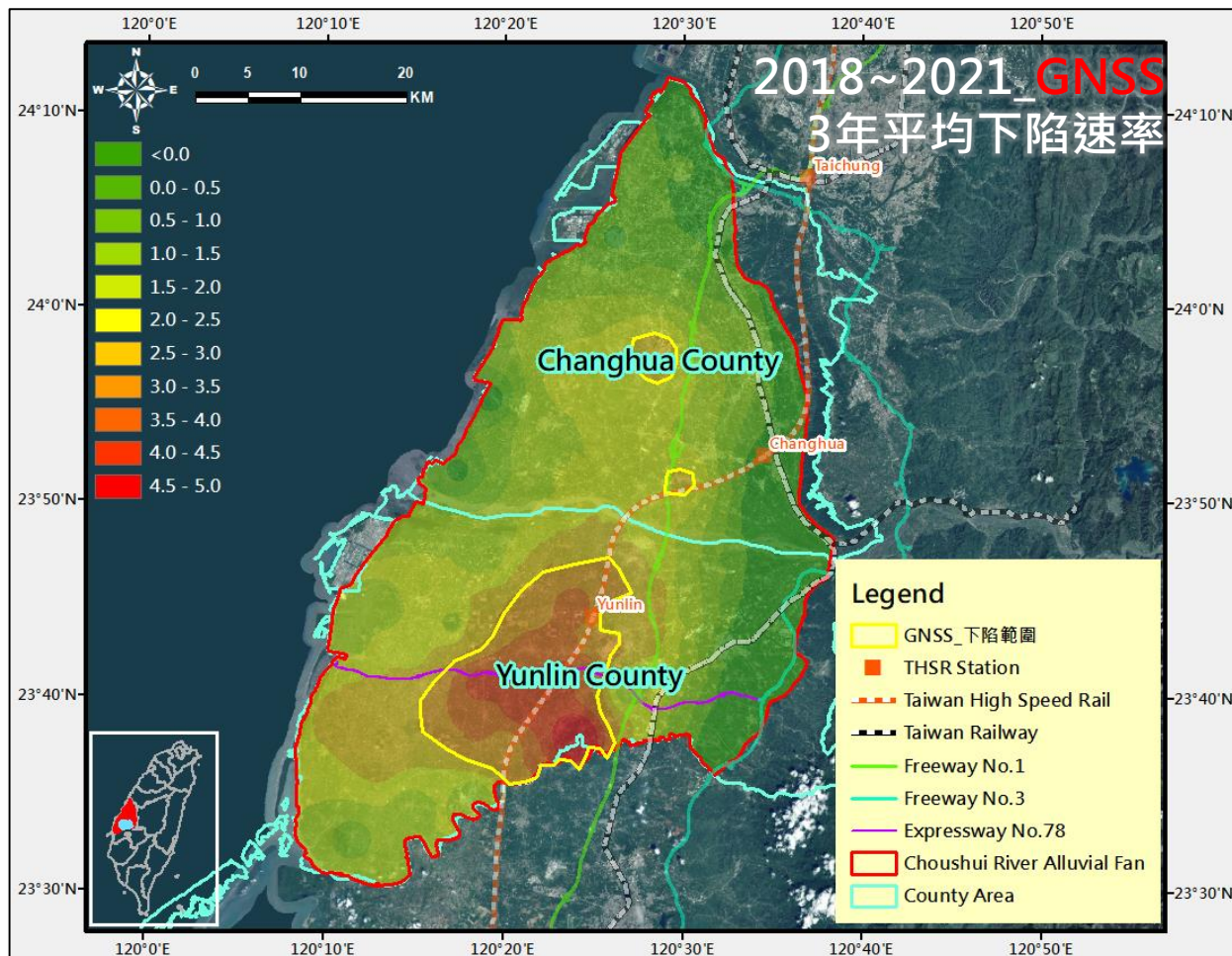


資料融合_濁水溪沖積扇

■ 年下陷速率 > 3 cm 範圍

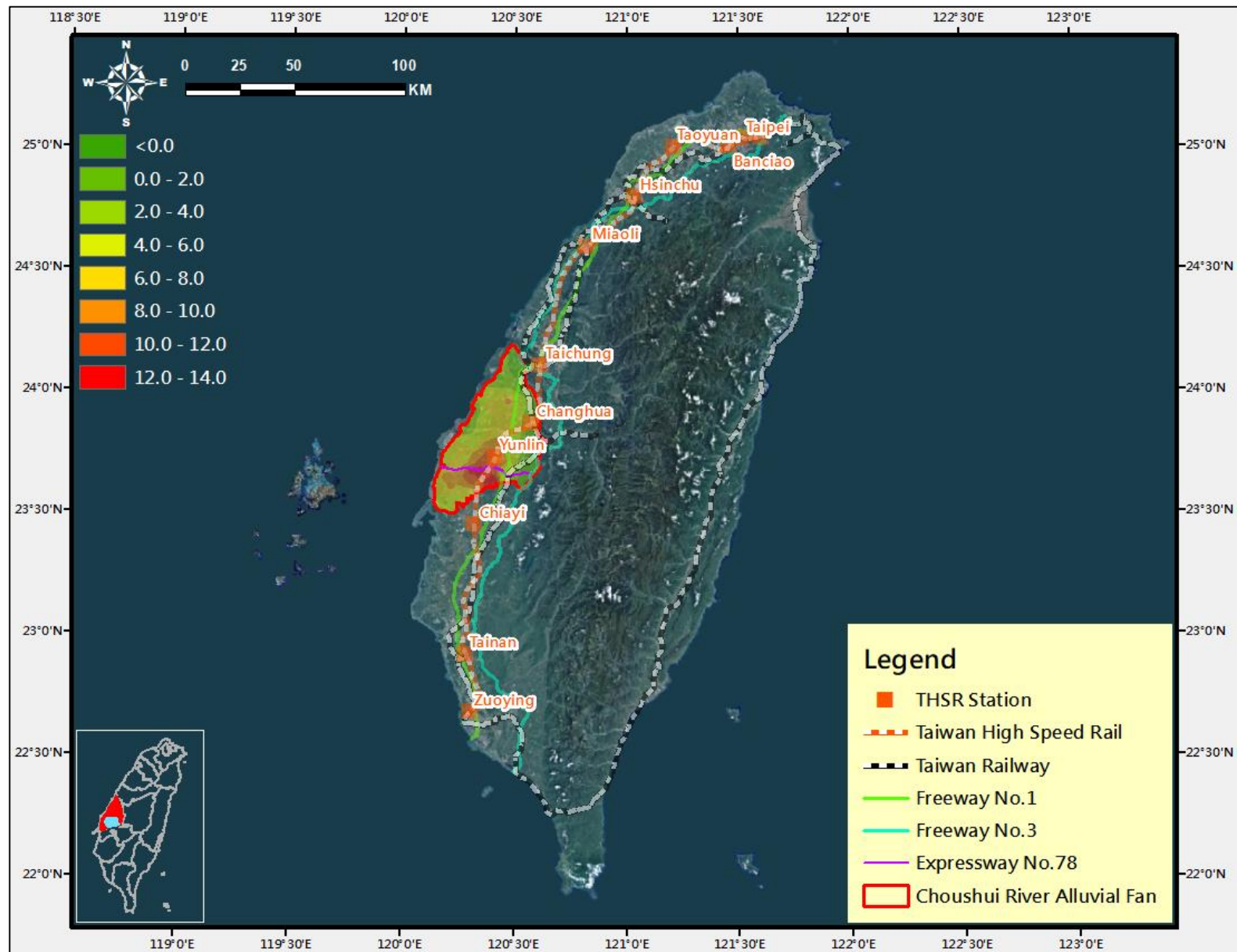
■ 雲林地區：GNSS約255 km²；資料融合約282 km²

■ 彰化地區：GNSS約20 km²；資料融合約31 km²

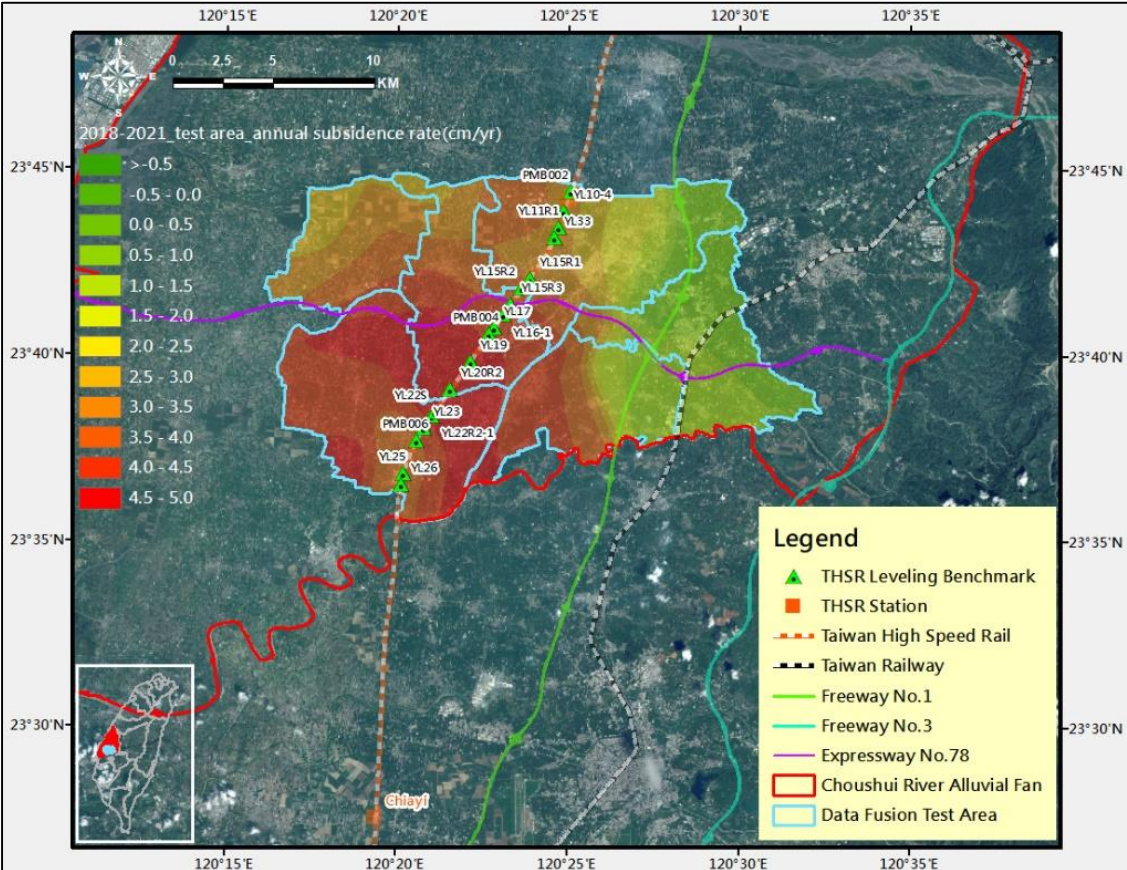


資料融合_臺灣高鐵沿線

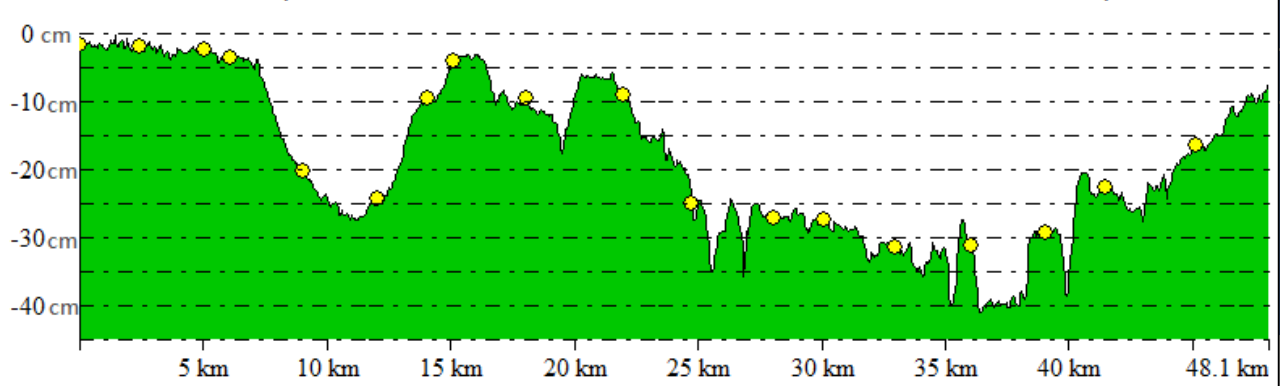
- 全長：350 km
- 行駛時速：300 km/hr
- 南北行駛時間：
 - 汽車：4 hr
 - 高鐵：1.5 hr
- 軌道採用**高架**與**橋樑**的型式高達**255 km**，佔了整體路線的**73%**



資料融合_臺灣高鐵沿線



From Pos: 120.5831486490, 23.8789899059 To Pos: 120.3296944947, 23.5542978131



Point number	THSR Leveling point (cm/yr)	Data Fusion point (cm/yr)	Differences (cm/yr)
PMB004	4.5	4.5	0.0
PMB006	4.3	3.3	0.9
YL10-4	3.8	3.4	0.4
YL11R1	3.8	3.3	0.5
YL15R1	3.8	3.3	0.5
YL15R2	3.8	3.9	-0.1
YL15R3	4.0	3.4	0.6
YL16-1	4.6	4.3	0.3
YL17	4.6	4.3	0.3
YL19	5.8	4.9	0.8
YL20R2	5.4	5.4	0.0
YL22R2-1	5.5	4.7	0.8
YL22S	5.9	4.8	1.1
YL23	5.6	4.5	1.2
YL25	4.0	3.2	0.8
YL26	4.3	3.1	1.2
YL33	3.4	3.3	0.2
		Min. difference	-0.1
		Max. difference	1.2
		Average difference	0.6