

測繪科技發展 現況及展望

陳鶴欽

內政部國土測繪中心 技正

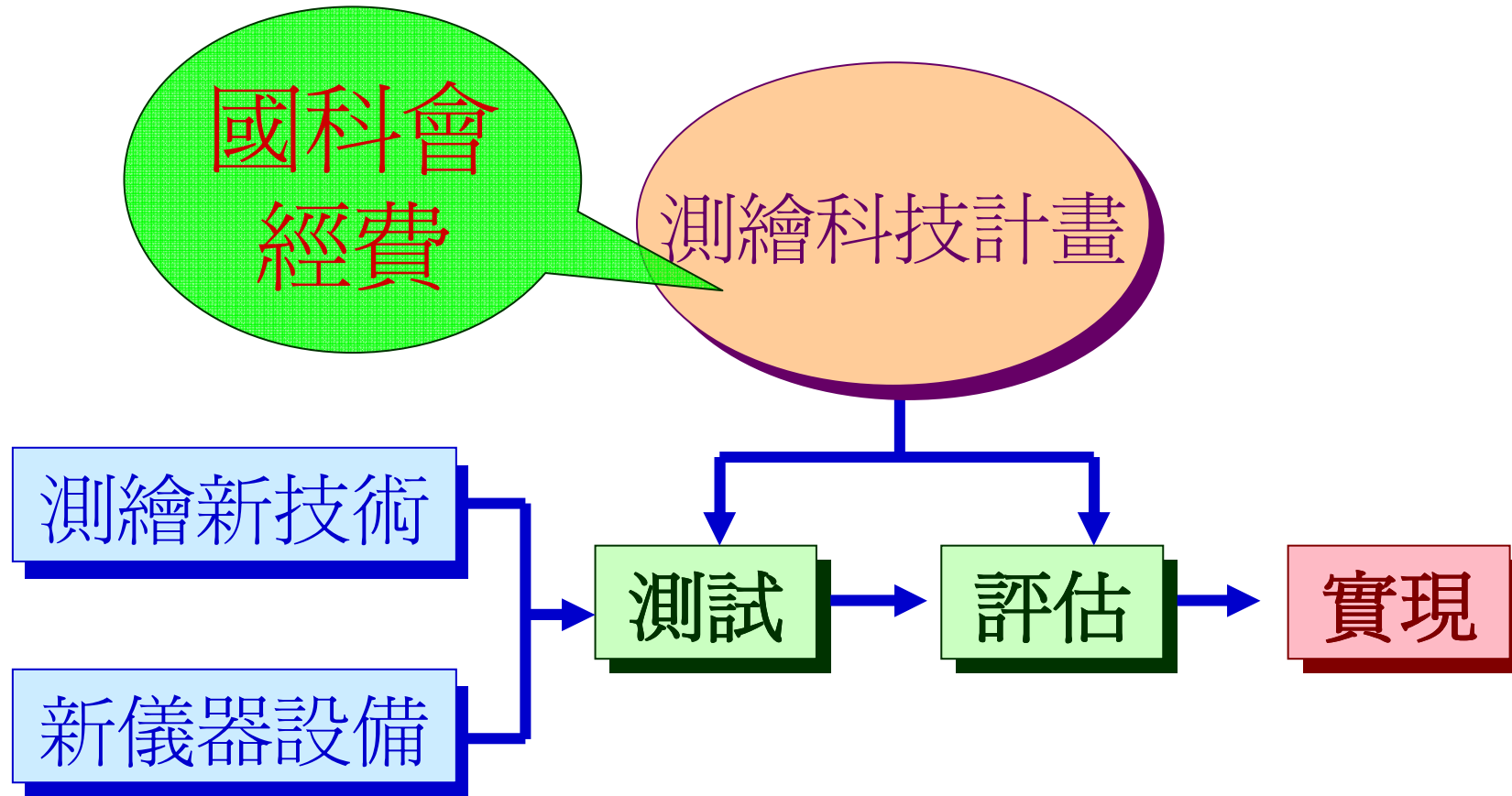
101年10月04日

簡報內容大綱

- 前言
- 測繪科技業務執行現況
- 未來發展
- 結語

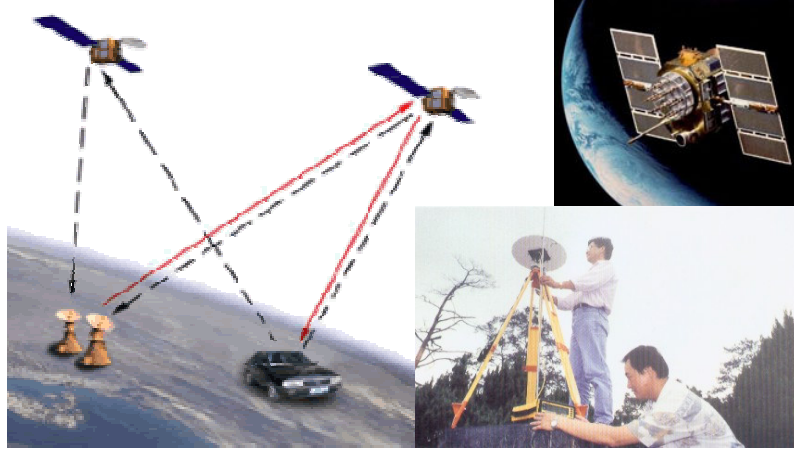


前言

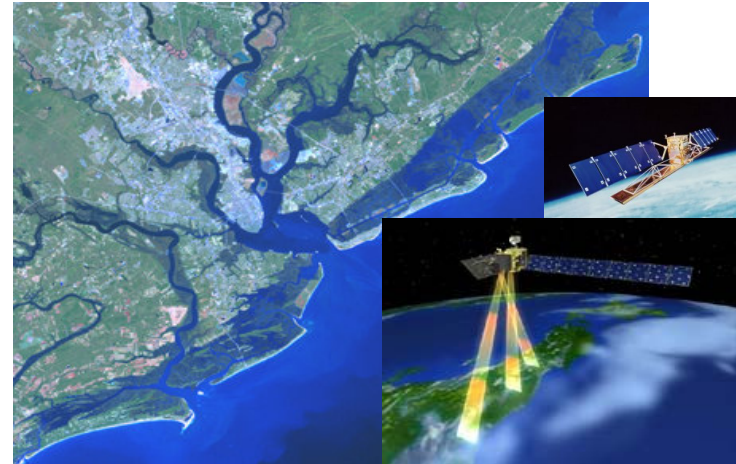


21世紀測繪新科技

GPS



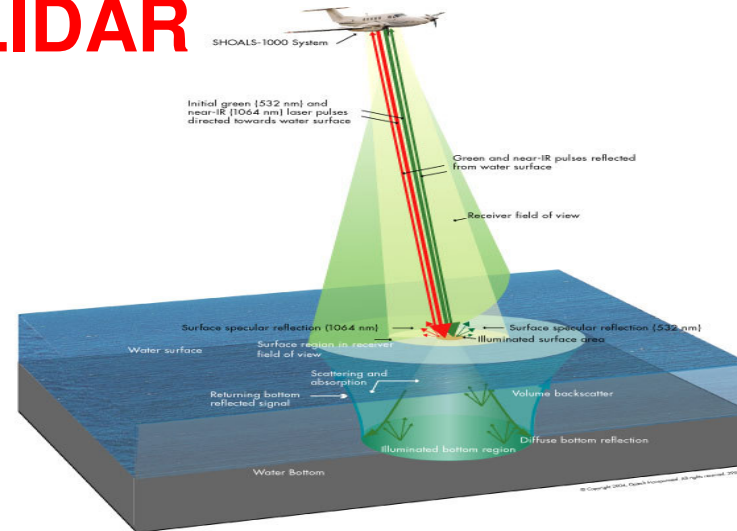
RS



GIS



LIDAR

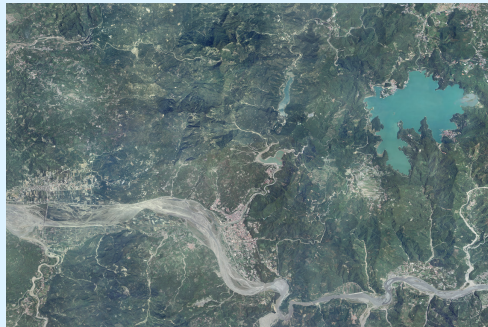
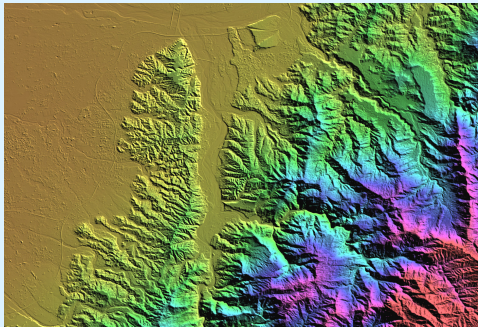


國內主要相關測繪科技計畫

- 應用先進航遙測技術發展空間資訊計畫
 - 內政部，100-104
- 機載合成孔徑雷達系統建置計畫
 - 農委會林務局農林航空測量所，99-102
- 莫拉克災區LIDAR高解析度數值地形製作計畫
 - 經濟部中央地質調查所，99-101
- 測繪科技發展後續計畫
 - 內政部國土測繪中心，100-103

測繪科技業務執行現況

- 測繪科技發展計畫(95-99)
- 測繪科技發展後續計畫(100-103)



測繪科技發展計畫工作項目

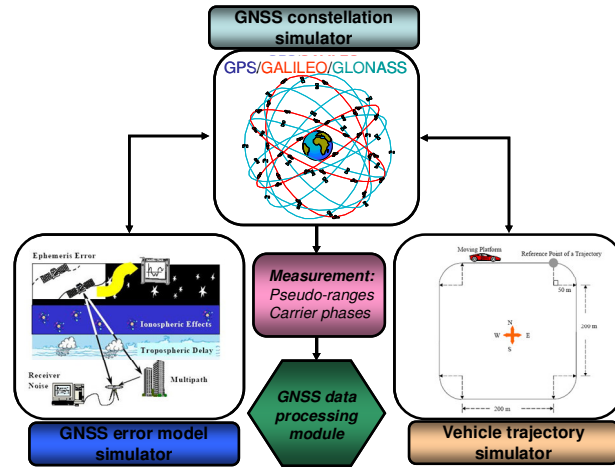
- 全球導航衛星系統資料聯合處理技術發展
- 臺灣本島與離島地區高程系統連測技術發展
- 潮間帶基本地形技術發展
- 臺灣地區平均海水面監測先期研究
- 發展廣域差分定位系統
- 水深技術發展
- 建置TAF實驗室營運作業

每年編列經費約1,700~2,100萬

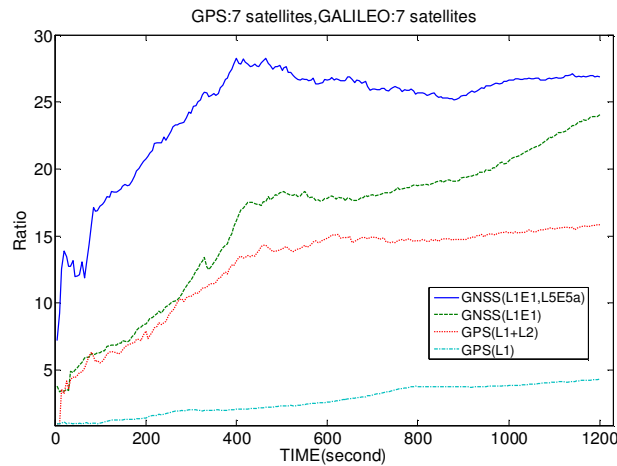
95-99年成果

- 開發GNSS基線解算軟體(Matlab)、精密單點定位(PPP)軟體、臺灣區域性對流層修正模式
- 完成台灣本島與小琉球、蘭嶼、綠島、澎湖TWVD2001高程系統聯測作業
- 建置NLSC測量儀器校正實驗室並通過TAF認證
- 建立599幅比例尺1/2500之潮間帶地形圖資成果，面積共667平方公里
- 完成廣域差分定位系統作業及建置苗栗後龍海事無線電標桿電臺
- 其他...

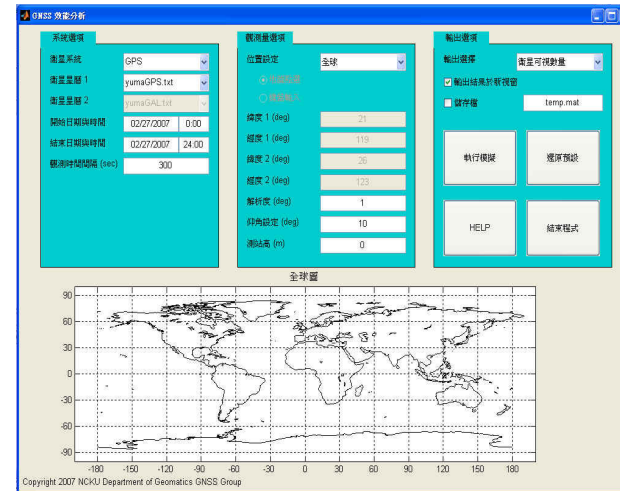
成果實例



模擬器系統架構圖

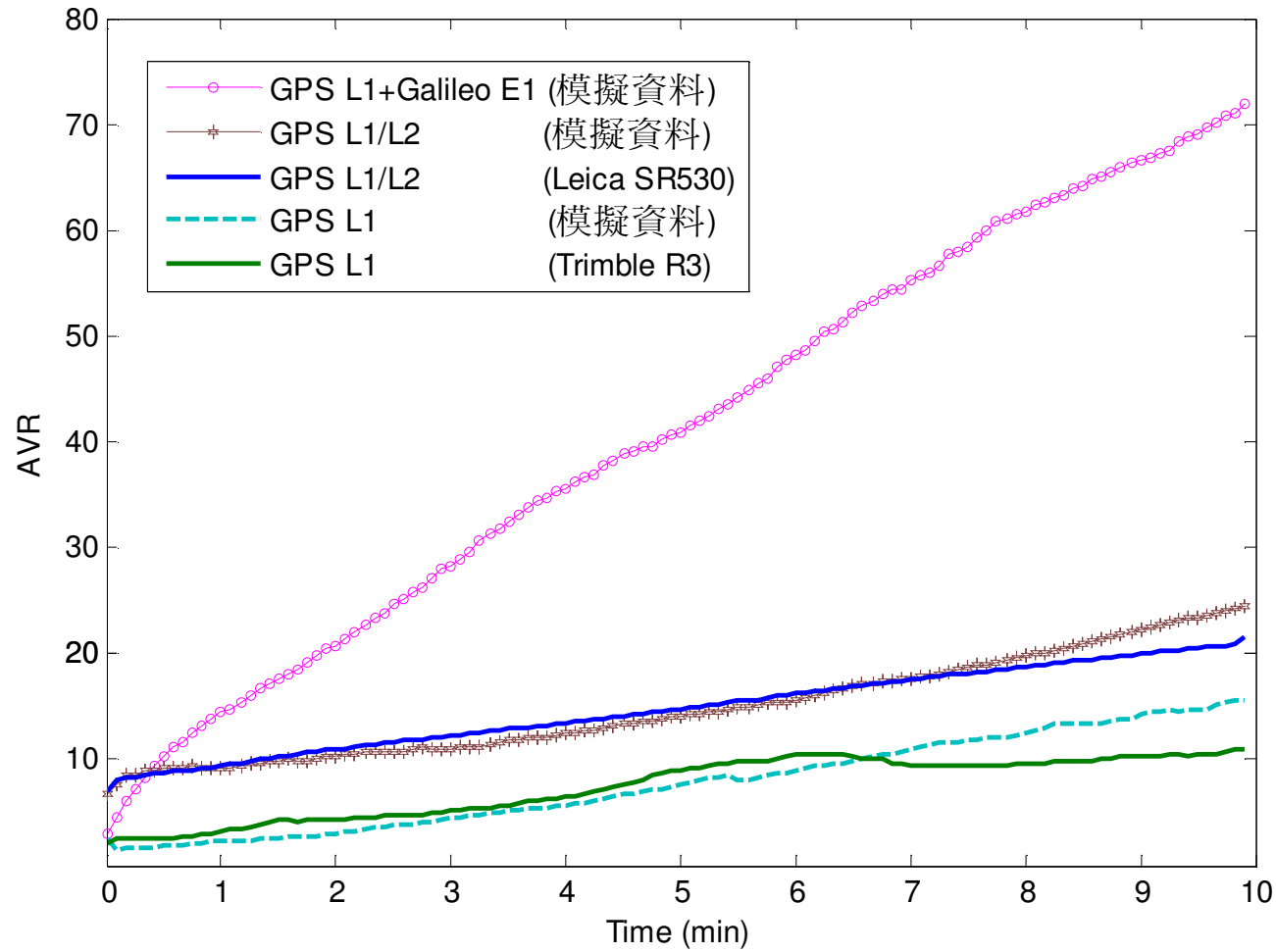


雙系統模擬資料解算效益分析



GPS實測資料與雙系統模擬資料成果

成果實例



$$Ratio = \frac{\Delta \hat{\sigma}_{\text{second best}}^2}{\Delta \hat{\sigma}_{\text{best}}^2}$$

工作項目(一)

測繪科技發展後續計畫

高程現代化技術發展作業

山區加密重力測量、近岸重力測量、精化大地起伏模式、發展高精度幾何高與正高之轉換模式(混合法)、發展現代化高程測量技術與規範...

無人飛行載具技術發展作業

引進無人飛行載具航拍(UAS)新技術及軟硬體更新、整合無人飛行載具系統航拍影像處理軟體、發展影像快速拼接技術、研擬UAS航拍作業規範...

TWD97動態基準現代化技術發展作業

建立高精度TWD97國家坐標系統變位模式、開發高精度TWD97國家坐標系統之相關計算軟體、更新現有e-GPS系統使用之軟體(GPSNet)更新為VRS³Net....

工作項目(二)

測繪科技發展計畫

建立航遙測感應器系統校正作業

蒐集歐、美、日等國校正場建置資訊、建置航測攝影機及空載光達校正場建置方案，發展航遙測感應器系統校正標準作業程序...

提升測量儀器校正實驗室效能作業

正式對外提供校正服務、發展原子鐘輔助GPS校正系統作業能量、辦理分度盤經緯儀校正作業、重新評估電子測距儀、經緯儀及衛星定位儀校正與量測能力(CMC)、延展認證、推廣儀器校正...

計畫目標

- 發展空間定位技術，提升國內測繪水準，利用空間資訊，了解環境變遷，達防災減災目的。
- 建立**高解析度高精度大地起伏模式**，提供後續各項工程、製圖及防災減災使用。
- 擴充測量儀器校正實驗室**營運能量**，**提供儀器校正服務**。建置國家之航遙測設備檢校場，建立**國家航測相機及光達檢校標準作業程序及標準**，健全航遙測設備校正制度。
- 結合**GNSS**衛星測量技術與大地起伏模式，發展高精度衛星高程測量技術作業規範，提升國內各界測繪效能並節省經費。
- 發展無人飛行載具（**UAS**）航拍技術及作業系統，輔助衛星遙測與航空攝影資料獲取，以提升航拍作業機動性、安全性及降低作業成本，提供各類圖資更新及防救災應用。

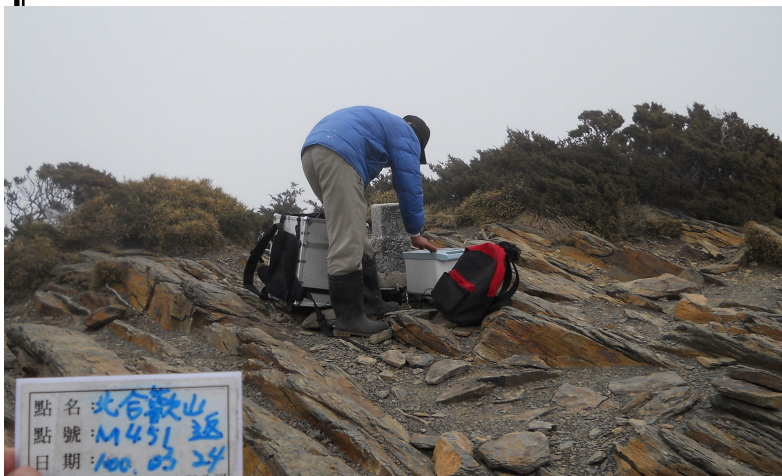
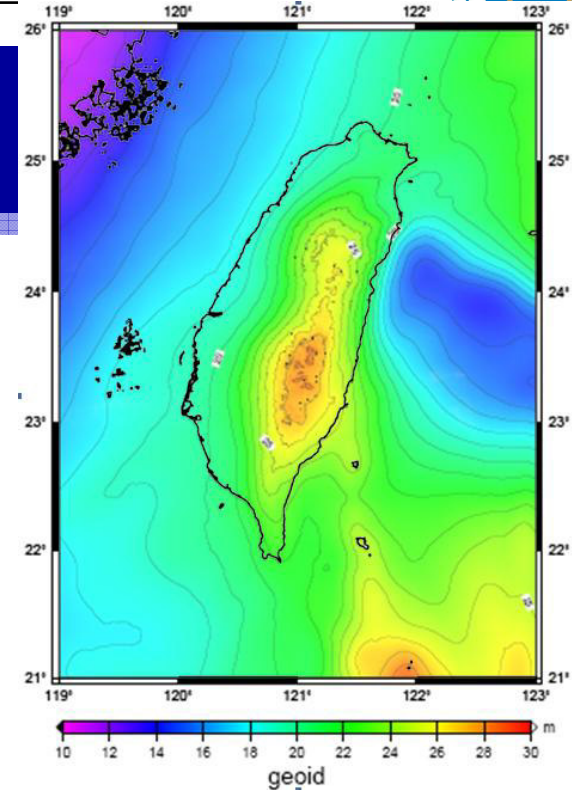
經費人力

項 目	經常支出	資本支出	小計(萬元)
100年度	18,480	1,400	19,880
101年度	19,116	3,000	22,116
102年度	17,220	6,000	23,220
103年度	21,000	9,000	30,000
合計	75,816	19,400	95,216

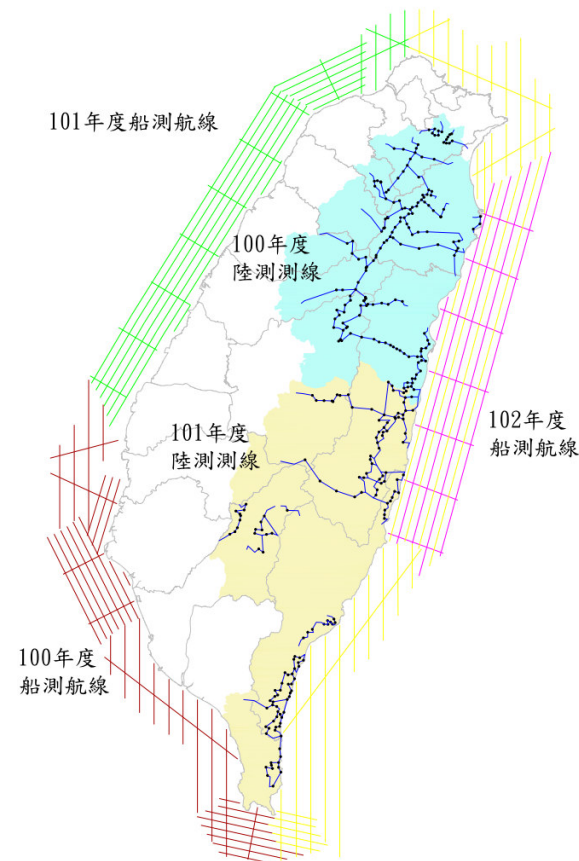
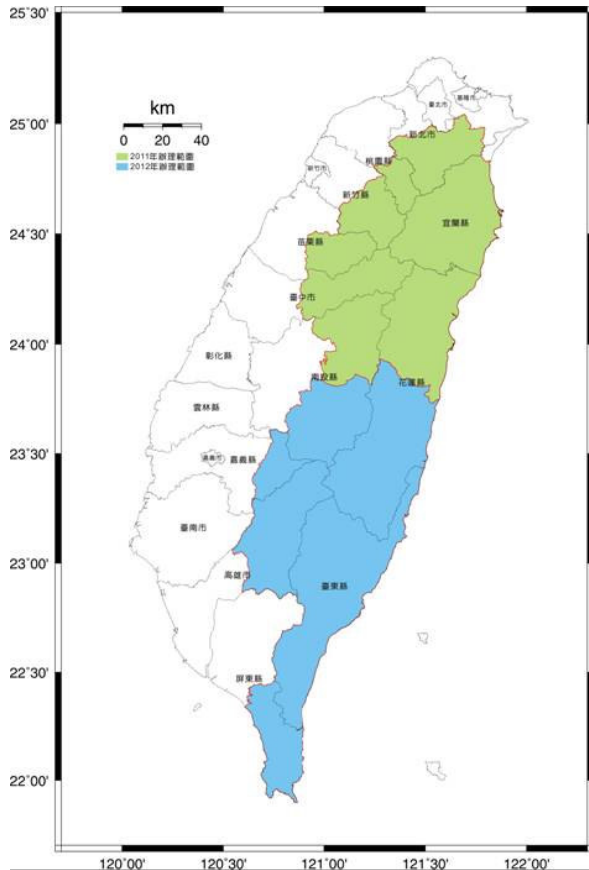
由國土測繪中心辦理辦理計畫工作之規劃、發包、管理、查核與成果驗收等事宜。各子計畫新興技術引入優先考量委由學術機關代為辦理或由學術機關及民間單位共同製作辦理，減少政府人力，並提升民間廠商測繪技術。

高程現代化技術發展作業

- 期程：100~103年
- 辦理近岸海域及山區重力測量
- 建立高精度幾何高與正高之轉換模式
 - $N = h - H$
 - 提供測繪製圖應用



陸域及近岸重力測量工作範圍



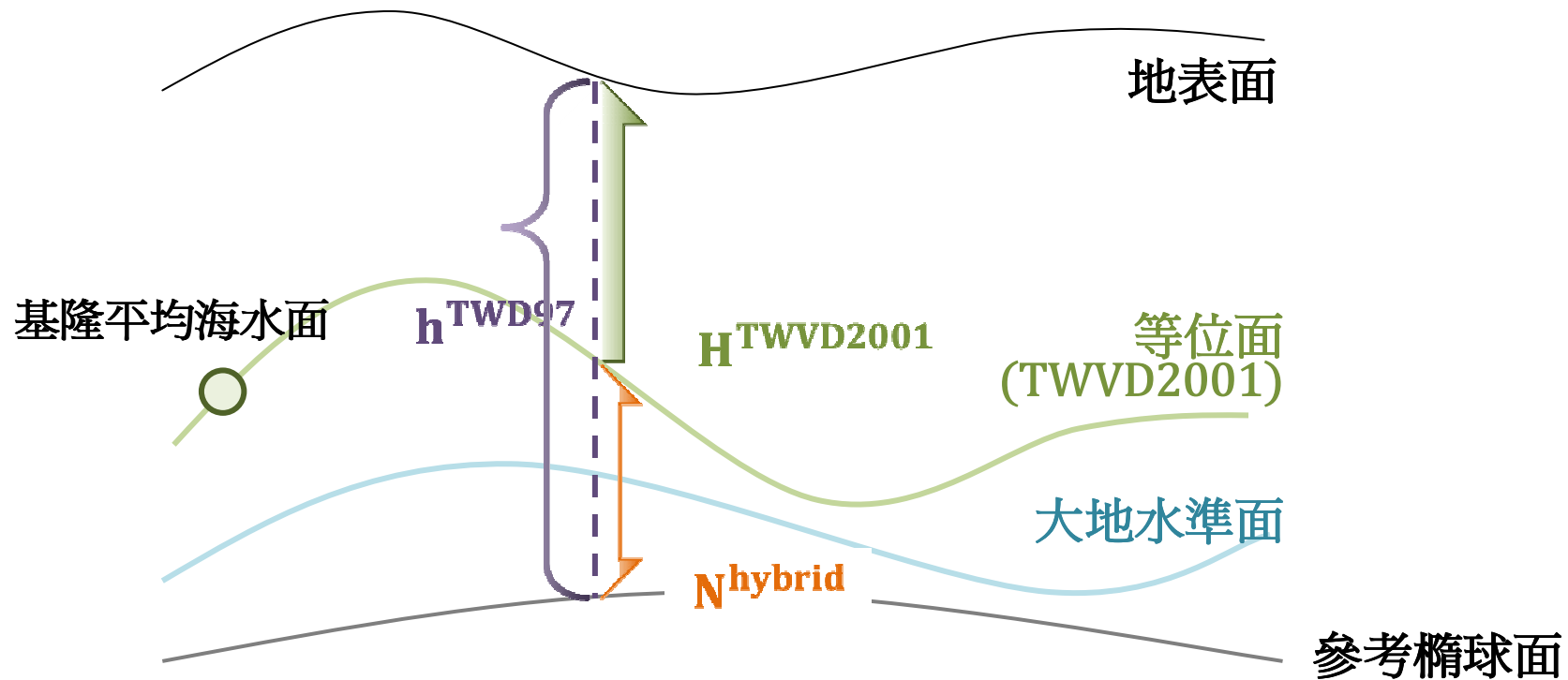
100年成果

- 辦理臺灣本島西南海域船載重力測線里程約**1479km**，船測重力成果精度可達**1.33mgal**。
- 以20個沿岸陸上24小時GPS測量點檢核大地起伏模型，顯示加入船測重力後，該區精度提升**2.4cm**。
- 100年度花東及山區重力測量已辦理完竣，共完成**272**個陸上重力點測量，包函絕對重力點、一二等重力點及臨時點等，主要辦理區域位於台灣本島東北部地區，包含中央山脈等深山區域。
- 發展**混合法大地起伏模式(Hybrid Geoid)**

GPS 正高測量

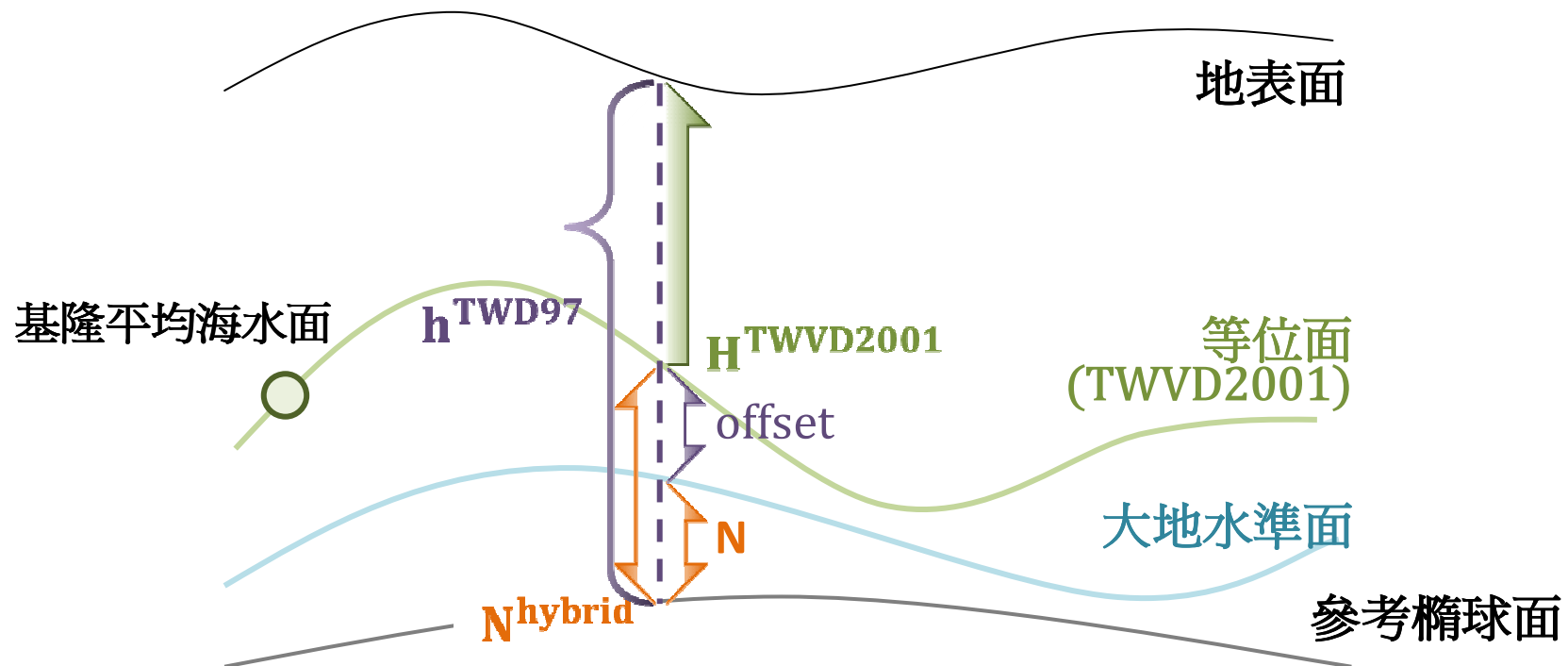
$$\diamond H^{\text{TWVD2001}} = h^{\text{TWD97}} - N^{\text{hybrid}}$$

$$\diamond \sigma_H^2{}^{\text{TWVD2001}} = \sigma_h^2{}^{\text{TWD97}} + \sigma_{N^{\text{hybrid}}}^2$$



臺灣區域性大地起伏模型

$$\diamond N^{\text{hybrid}} = N + \text{offset}$$



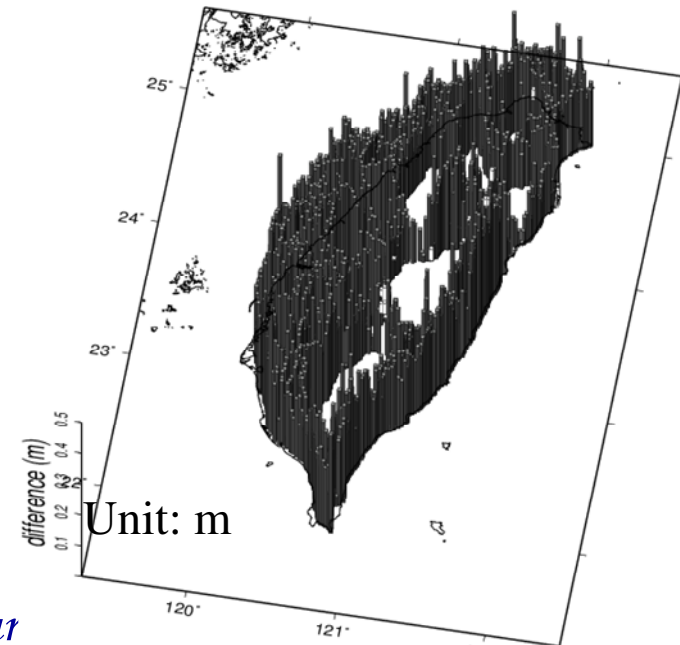
臺灣混合法(hybrid)大地起伏模型

觀測法大地起伏

- ◆ 八條檢核線
- ◆ 一等級、一等二級水準點上之GPS資料，共兩千多點
- ◆ 為了將重力法大地起伏模型擬合至台灣區域正高基準，採用最小二乘配置法計算重力法大地起伏模型與GPS/leveling資料的差異網格並擬合之，公式如下：

$$\varepsilon = N_{gravimetric} - N_{GPS/Leveling}$$

$$N_{draped} = N_{gravimetric} - \varepsilon_{LSC-derived}^{grid}$$



混合法大地起伏模型與八條檢核線的差異統計

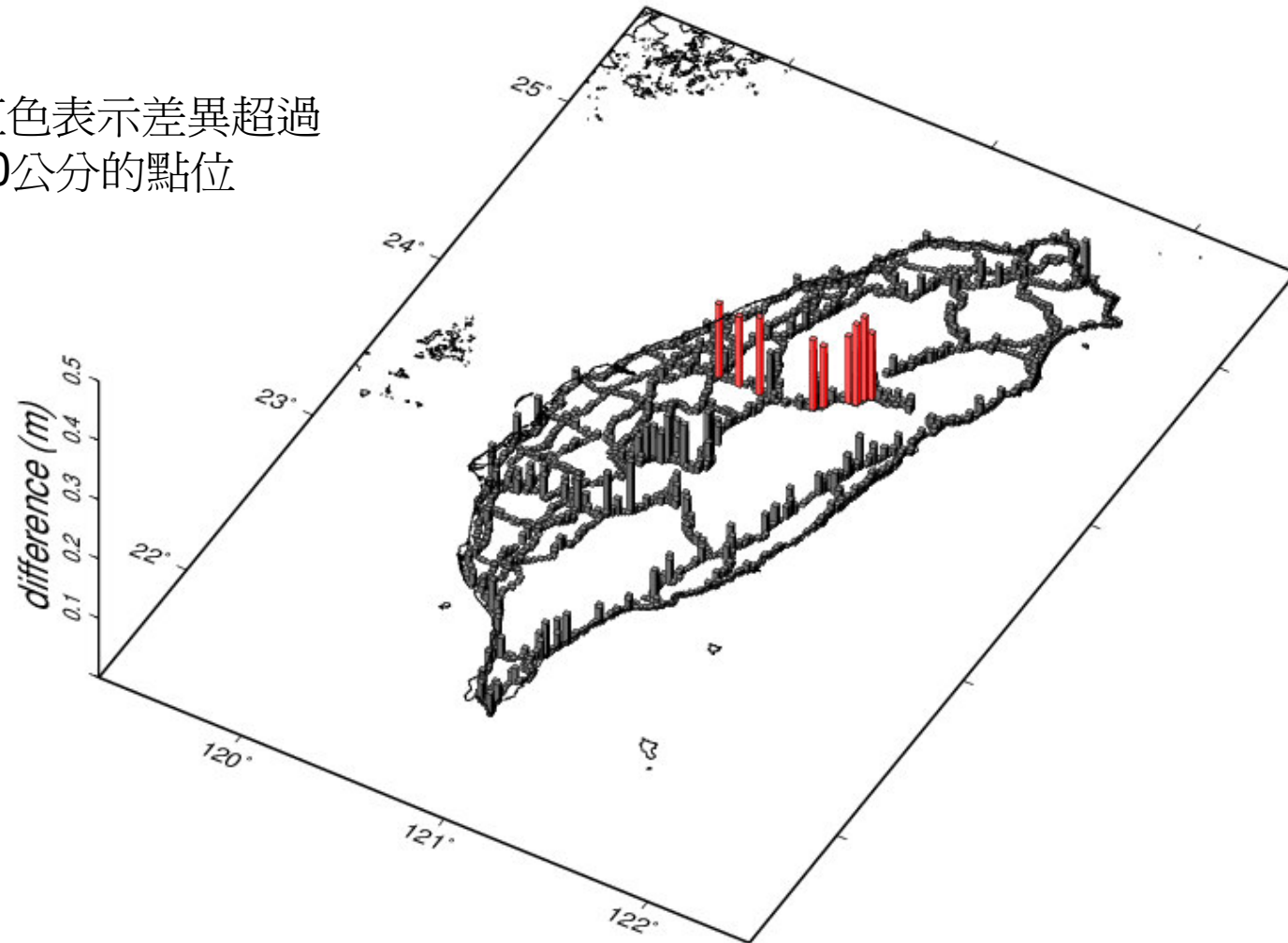
	MEAN	STD	MAX	MIN
northern	0.008	0.005	0.019	0.004
Eastern	0.034	0.009	0.054	0.025
Central	0.118	0.017	0.140	0.084
southern	-0.058	0.018	-0.039	-0.097
northern-western	-0.021	0.011	-0.006	-0.044
southern-eastern	-0.001	0.033	0.050	-0.058
new central	0.058	0.027	0.093	0.010
southern-western	0.003	0.030	0.055	-0.037
all	0.014	0.050	0.140	-0.097

重力法、混合法大地起伏模型與所有GPS/Leveling的差異統計

	MEAN	STD	MAX	MIN
重力法大地起伏模型	-0.211	0.076	0.045	-0.487
混合型大地起伏模型	0.000	0.018	0.140	-0.123

混合法大地起伏模型與現有 GPS/Leveling差異量位分布圖

紅色表示差異超過
10公分的點位



混合法 (hybrid) 大地起伏模型

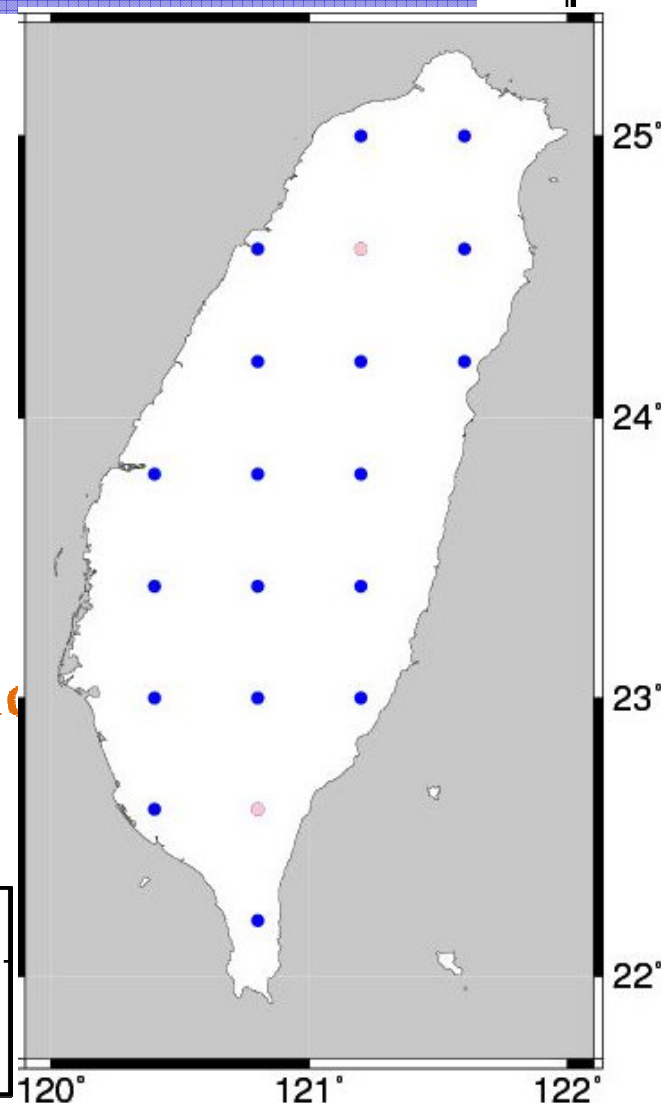
- 為了因應臺灣地區地形特殊的地理環境，臺灣有各種不同類型的重力資料；藉由採用漸進式整合法整合不同來源重力資料，其結果顯示空載重力資料可以有效改善山區的大地起伏精度。而在不同高程基準差異方面，可參考紐西蘭解決各島間不同高程基準差異的方法。
- 各國發展重力法大地水準面模式的計算方法不盡相同，所使用的理論皆趨成熟階段，然而鑽研不同的計算方法對於模式精度的改善非常有限，最有效的解決辦法即是改善資料的精度及解析度，例如山區陸測重力資料及長時間GPS觀測之GPS/Leveling資料的蒐集。
- 混合型大地水準面模式的精度為決定高程現代化應用範圍的關鍵項目之一，目前台灣之GPS/Leveling資料不足且皆為線狀分布，對於提升台灣混合型大地水準面模式精度的貢獻仍嫌不足。

e-GPS與TWD97之平面坐標差異量

- ❖ 因全台灣e-GPS坐標與TWD97平面坐標差異量不超過1公尺
- ❖ 平面坐標差異量以1公尺測試其影響 N^{hybrid} 之程度
- ❖ e-GPS坐標與TWD97平面坐標的差異量，幾乎不影響 N^{hybrid} 值，最大為0.001公尺

(楊名，2012)

Natio





實驗資料

恆春半島水準環線

4個 e-GPS 基準站

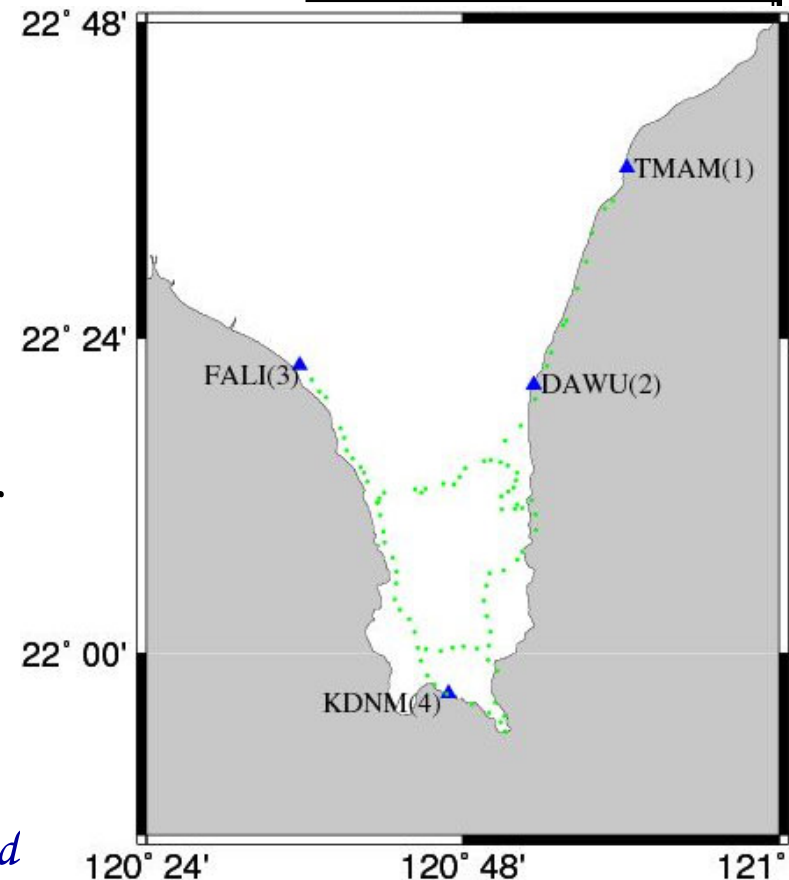
- e-GPS基準站已知坐標
- **TWVD2001正高**

86個檢核點

- e-GPS三維坐標
- TWD97三維坐標(經由3-hr靜態測量而得)
- TWVD2001正高

混合型大地起伏模型

- : 檢核點
- ▲ : e-GPS 基準站



實驗比較

● e-GPS正高測量策略之比較

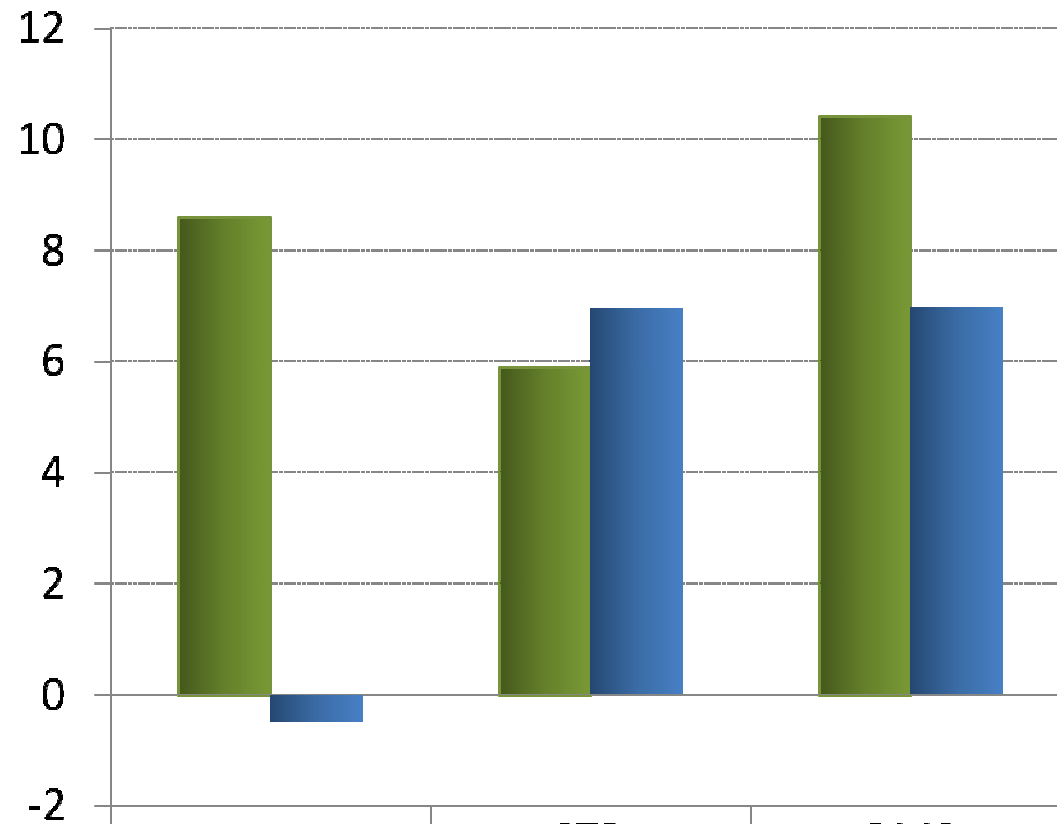
● 實驗一：

將e-GPS坐標轉換為TWD97坐標之後，再行GPS正高測量，獲得正高。

● 實驗二：

不經坐標轉換，而是透過e-GPS基準站之已知橢球高差異量(**dh**)內差計算，再行GPS正高測量，獲得正高。

實驗成果



	mean	STD	RMS
■ 實驗一	8.59	5.89	10.41
■ 實驗二	-0.47	6.95	6.97

單位: 公分

測量儀器校正技術發展作業

● 依據

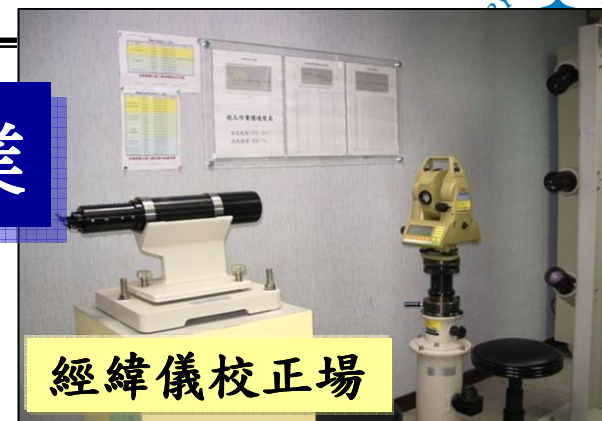
- 基本測量實施規則及應用測量實施規則規定，辦理測量業務之儀器均應定期校正。

● 建置及認證

- 97年成立測量儀器校正實驗室
- 98年向全國認證基金會申請認證
- 99年3月22日授證

● 營運及維護

- 100年辦理本中心自有儀器校正，並提供相關地政機關部分儀器免費校正。
- 本中心收費標準已於101年3月28日修正，正式對外營運收費。

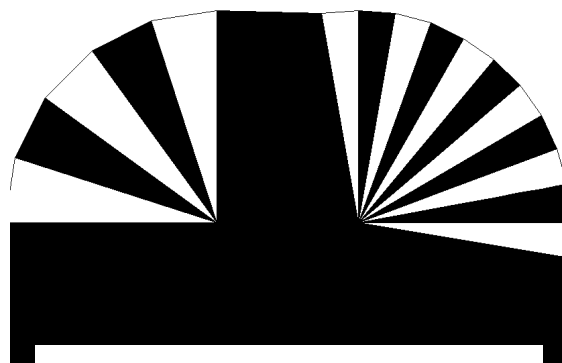
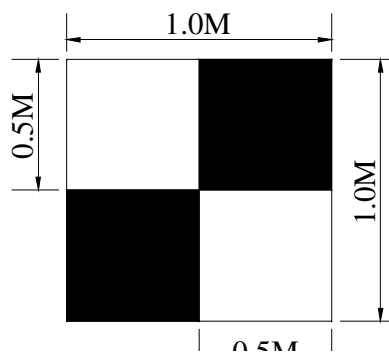


100-101年度執行情形

- 100年度辦理電子測距儀131部、經緯儀120部及衛星定位儀98部（包括提供政府機關免費校正服務）。
- 100年11月15日TAF派員至本實驗室進行監督評鑑，無不符合事項，同意持續認證。
- 完成「以精密分度盤校正經緯儀測角精度之初步研究」及「原子鐘輔助GPS校正系統作業能量之研究」。
- 101年重新辦理校正與量測能力，朝延展認證推進。
- 配合本中心規費收費標準修正公布，正式對外提供校正服務。
- 持續辦理推廣研習會，落實儀器校正制度。

建立航遙測感應器系統校正作業

- 100年辦理校正場規劃及建置方案研擬
 - 蒐集歐、美、日等國校正場建置資訊
 - 航測攝影機及空載光達校正場建置方案
 - 選定南投南岡工業區作為校正場址
 - 校正標點位數量及標型製作
 - 研訂航遙測感應器系統校正標準作業程序
- 101年辦理航測攝影機系統校正場建置



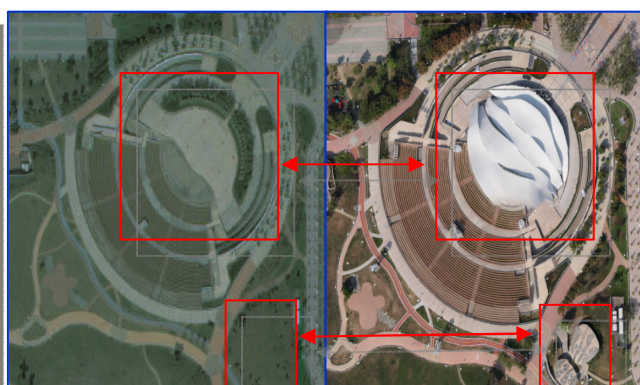
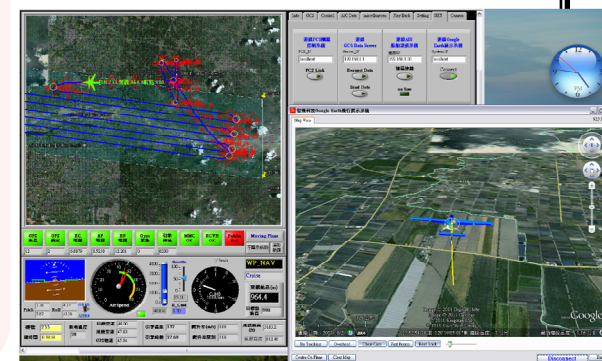
幾何校正標標形

空間解析力校正標標形 *ayi*

空載光達校正標標形

發展無人飛行載具航拍作業系統 定翼型UAS

- 發展無人飛行載具航拍技術
 - 應用於防救災、國土監測、局部區域測繪製圖。
- 建置無人飛行載具系統
- 建立UAS航拍影像處理整合系統



特3號道路航拍與影像處理

測繪圖資局部修測更新：特3號道路(98年10月完工)

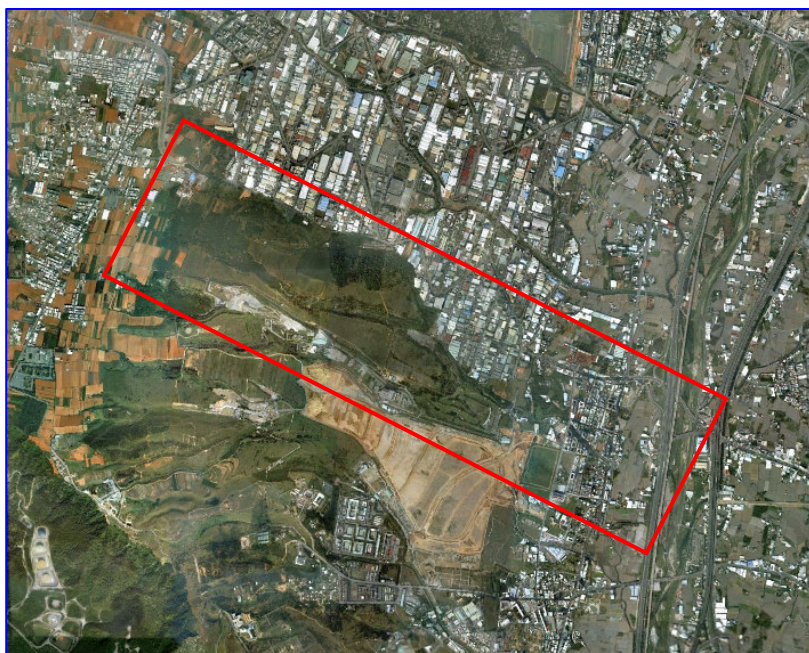


★該地區通用版電子地圖完成時間
為98年使用97年農航所拍攝影像



特3號道路航拍與影像處理

● 測繪圖資局部修測正射影像更新：



★特3號道路前期影像



★特3號道路完工後影像

向量圖更新? National Land Surveying and Mapping Center

現代化TWD97坐標系統技術發展作業

● 目的：維護與全球參考系統接軌並建構半動態高精度之國家大地基準(公告TWD97[2010])

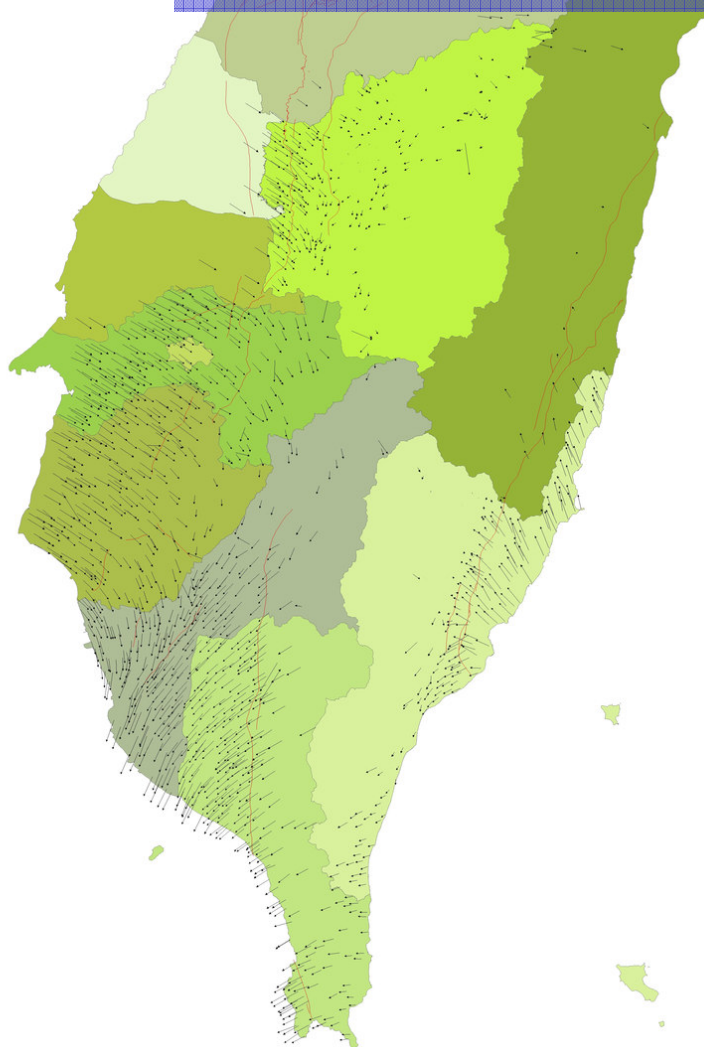
● 效益：

● 作為全國實施國土測繪之基本準據，以因應地殼變動之變位影響

● 開發高精度現代化坐標系統之相關計算軟體，提供相關測繪人員使用，提昇工程效率，增加經濟效益，節省社會成本

● e-GPS即時動態定位系統更新為e-GNSS即時動態定位系統，以提昇系統服務地區及解算成功率。

莫拉克風災檢測成果(TWD97@2010.0)與原公告TWD97差異比較



縣市	坐標差異	點號	dN(公分)	dE(公分)	dH(公分)
南投縣	最大值	MW26	-79.3	11.0	-43.7
	最小值	M303	-3.7	3.3	2.3
	平均值		-12.3	8.8	6.0
嘉義縣	最大值	Q217	-27.6	42.2	-64.1
	最小值	SY78	-10.2	1.0	6.5
	平均值		-22.6	30.4	-11.2
嘉義市	最大值	Q111	-24.8	31.7	8.1
	最小值	Q082	-24.9	28.1	-5.0
	平均值		-24.3	30.8	0.7
臺南市	最大值	R169	-72.6	45.7	-11.4
	最小值	S807	-17.9	-1.6	-0.4
	平均值		-24.7	27.7	-7.3
高雄市	最大值	S442	-42.1	-52.3	20.1
	最小值	SY79	-16.8	-7.1	5.6
	平均值		-33.0	-14.7	-2.2
屏東縣	最大值	S715	81.6	52.3	27.7
	最小值	T279	-1.9	-17.4	-1.4
	平均值		-22.7	-29.7	-7.2
臺東縣	最大值	V123	51.6	-52.7	23.1
	最小值	E355	0.8	-0.4	1.0
	平均值		12.6	-18.9	4.9

現有大地基準站之TWD97@2010.0與原公告TWD97坐標差異比較

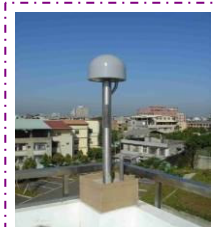
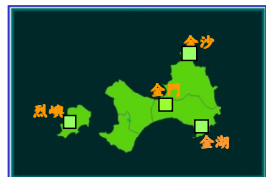
點位名稱	點號	TWD97@2010-現行TWD97 坐標差值		
		縱坐標 (公分)	橫坐標 (公分)	高程 (公分)
鳳林	FLNM	1.8	4.6	-12.0
墾丁	KDNM	-10.3	-24.1	0.5
金門	KMNM	-23.6	43.5	-2.4
馬祖	MZUM	-22.0	43.1	-2.0
北港	PKG M	-21.8	41.5	-37.8
太麻里	TMAM	-13.0	-3.9	-5.1
東沙	TNSM	-23.5	41.1	1.3
陽明山	YMSM	-23.5	46.5	-3.4



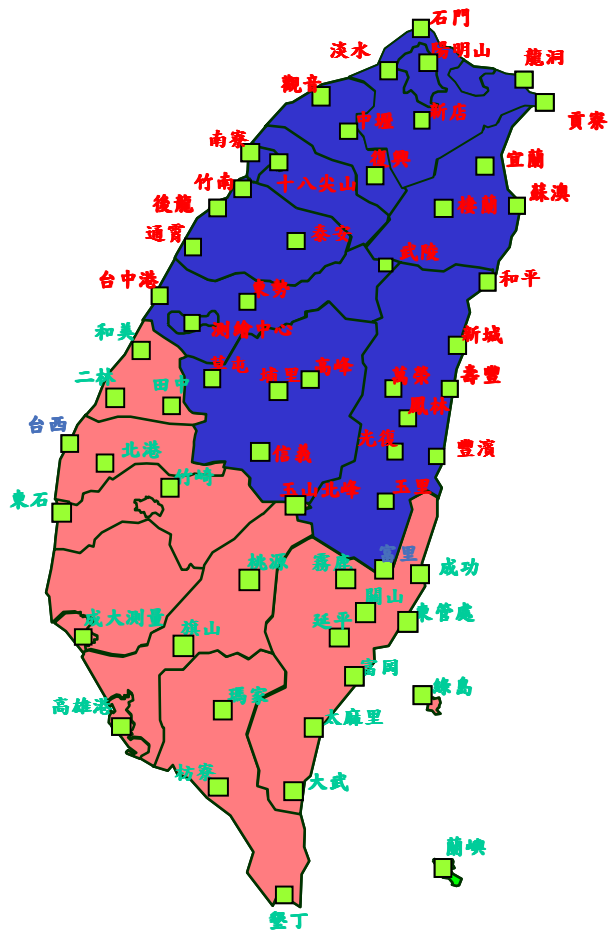
TWD97[2010]重點摘要

- 採用 ITRF94 國際參考框架，坐標時間點為 2010.0 時刻。(ITRF05@2010=>ITRF94@1994)
 - 選用 18 個大地基準站。
 - 選用 219 個連續追蹤站為一等衛星控制點。
 - 一等衛星控制點 105 點、二等衛星控制點 569 點、三等衛星控制點 2102 點，合計 3013 點。
- => 建立衛星追縱站資料供應平台

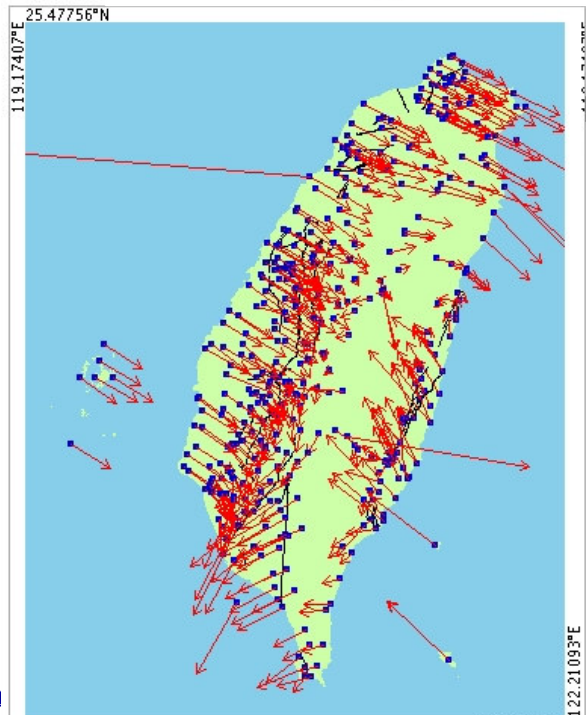
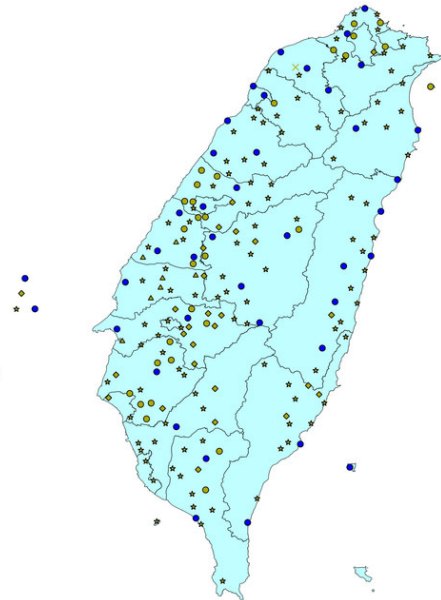
TWD97@2010 + e-GPS



e-GPS基準站

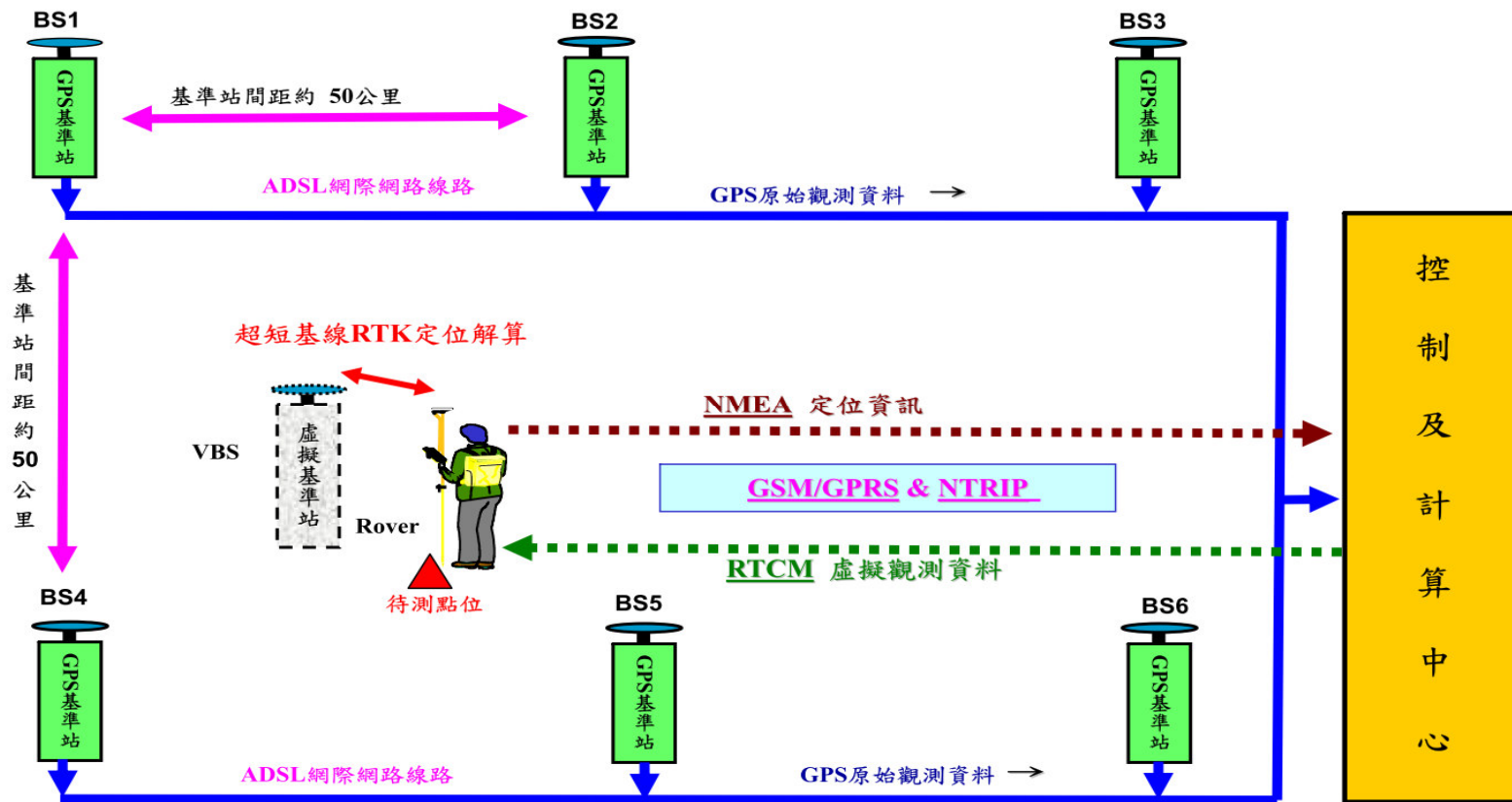


- 圖例
- 建議納為一等衛星控制點(e-GPS)
 - 建議納為一等衛星控制點(非e-GPS)
 - 中研院地球所
 - 中華電信研究所
 - 交通部氣象局
 - 經濟部地調所
 - 經濟部水利署



40mm/yr Data: 1994.01.01~2011.09.24
© IESAS-2006 <http://gps.earth.sinica.edu.tw> Updated:2011-10-13

虛擬基準站即時動態定位技術示意圖



e-GPS 定位系統規劃與建置歷程

92年：系統規劃設計及測試分析

93-95年：1. 建置全國性衛星定位基準網

2. 建置e-GPS控制及計算中心

3. 即時動態定位精度與可靠度測試評估

96-97年：1. 入口網站管理系統

2. 96.8.1召開「全國性e-GPS即時動態定位系統營運機制所涉國安議題」會議

3. 使用者線上監控及管制系統

4. 試辦作業與營運機制

e-GPS 定位系統規劃與建置歷程

98年：1. 98.1.1 正式營運

2. 電子收費平臺

99年：1. 客戶服務平台及基準站報修
管理系統

2. 自動化異地備援系統

3. 簡化申辦程序

e-GPS 定位系統服務

- 衛星即時動態定位服務：
 - 公分級精度
 - 次公尺級精度
- 衛星基準站觀測資料電子檔供應服務：
 - 實體基準站
 - 虛擬基準站
- 衛星觀測資料後處理計算服務：

*** 會員核准後方能申請以上各類服務**

規劃辦理項目

- 增加接收衛星種類及數量(GPS + Glonass)，提高即時定位成效，並藉以分析坐標變位模式。
- 工作內容
 - 建立高精度TWD97國家坐標系統變位模式。
 - 開發高精度TWD97國家坐標系統之相關計算軟體。
 - 將國土測繪中心現有e-GPS系統使用之軟體(GPSNet)更新為VRS³Net。

未來展望(1)

- e-GPS站正高測量作業，加強GPS/leveling資料蒐集，精化大地起伏模式，持續精進混合法大地起伏模式
- 運用大地起伏技術發展地層下陷時變對監測
- 發展低成本GNSS L1結合e-GPS(VRS)定位技術
- 提升測量儀器校正實驗室服務效能
- 持續發展UAS快速蒐集空間資訊，支援防救災使用及小區域局部製圖

未來展望(2)

- 建置政府網際通用地理資訊平台
- 發展行動三維測繪技術，建置高精度三維空間城市
- 發展海洋大地測量，完備國家基礎資訊
- 發展建立及維護臺灣區域性大氣誤差模式
- 建置國家級絕對坐標向量資訊 並持續辦理臺灣地區各GNSS追蹤站監測作業

計畫整體效益

- 建置國家航遙測感應器校正場及各項校正標準作業程序，健全航遙測感應器校正制度
- 發展UAV航拍技術及建置UAVS，輔助衛星遙測與航空攝影資料獲取，以提升航拍作業機動性並降低作業成本，快速提供各類圖資更新及防救災應用
- 建立高解析度高精度大地起伏模式，提供後續各項工程、製圖及防災減災辦理正高及橢球高轉換使用
- 蒐集各國參考系統及測量基準之訂定情形及變動資訊，評估修訂我國大地基準及參考坐標系統內容，建構半動態高精度之國家大地基準，以因應地殼變動之變位影響
- 擴充測量儀器校正實驗室營運能量，提供校正服務，確保儀器測量成果

致 謝

感謝台灣大學、政治大學、交通大學、成功大學、中興測量公司及智飛公司等單位協助與付出，在有限經費下仍有豐富的成果



報告完畢



敬請指正

