

出國報告（出國類別：開會）

**2025 日本地球科學聯合會議
出國報告
(JpGU 2025)**

服務機關：內政部地政司

姓名職稱：康科員家桂

出國地區：日本千葉縣

出國期間：114年5月24日至5月31日

報告日期：114年8月11日

摘要

本次參與2025年日本地球科學聯合會年會（JpGU），透過多場次的學術發表與現場交流，掌握全球大地測量整合技術與重力觀測應用的最新發展趨勢。因業務需求特別關注重力測量技術於火山監測、地下水管理及地層下陷防治等領域的技術發展與應用成果，同時涉獵全球大地測量觀測系統（GGOS）等相關議題，以拓展與本部業務整合的可能性。

首先，在全球高度標準議題方面，國際大地測量協會（IAG）以生動漫畫形式說明因不同國家高程基準定義差異所導致的測量爭議，如聖母峰高度之爭。此案例凸顯國際間建立統一高程參考架構的必要性，以確保跨國高度資料能準確轉換與比對。此一議題提醒我們，大地測量不僅是精密的測距技術，更是國際地理合作、氣候變遷監測與國土治理的基礎科學。

透過GGOS 官方網站與 GGOS Japan 實務經驗，現行全球地球觀測的技術整合平台，不僅涵蓋 GNSS、VLBI、SLR、DORIS 與重力觀測等多種感測技術，更提供長期穩定、國際標準化的觀測資料，作為支援聯合國永續發展目標（SDGs）及氣候行動的重要依據。GGOS Japan 在制度設計、跨部會整合與資料治理等方面具有高度整合性，對我國未來發展「GGOS Taiwan」提供了寶貴的參考模式。目前我國GNSS基準站網雖已具規模，並建有重力控制網與大地水準面模型，但在整體整合度與高端觀測技術（如VLBI、SLR等）方面仍有進步空間，亟需中央統籌推動與資源整合。

在技術應用面向，重力觀測逐漸展現其在災害預警與資源監測領域的關鍵價值。以日本淺間山研究為例，透過混合式重力觀測與岩漿庫模型比對，能精準推估火山活動潛勢。我國自2012年於陽明山部署超導重力儀，已成功捕捉北臺地震重力波動訊號，並與GNSS與地震儀觀測結果進行比對，建立跨技術整合之監測機制。本部刻正執行「地下水保育管理暨地層下陷防治計畫」，導入高精度重力儀並擴充相對重力觀測網，強化地下水補注監測與水資源變化評估能力，提升非侵入式觀測技術於國土治理中的應用效益。

此外，會議中觀察到我國多項觀測研究成果獲得國際學界高度關注，展示臺灣在地球物理觀測領域具備深厚的研究實力與技術影響力，為進一步提升這些成果的應用價值，建議我國應積極推動技術轉譯與商品化發展，促使觀測技術能實際導入政策執行與工程應用，同時拓展國際技術合作與輸出機會，亦建議建立制度化之人才培育機制，持續規劃與推動GNSS、InSAR、重力觀測等高階觀測技術之專業課程與實作訓練，強化測地領域人員的技術能力與跨域整合素養，提升觀測成果之應用深度與國際接軌能量，為我國在全球地球觀測體系中持續發揮關鍵作用奠定堅實基礎。

本次 JpGU 年會顯示，全球地球觀測發展已快速邁向**多技術整合與政策應用導向**，臺灣在地測觀測領域已具堅實基礎，未來應進一步強化觀測系統整合能力、深化資料應用場景，積極參與國際合作，持續發揮在全球地球觀測體系中的關鍵角色。

目錄

壹、目的	1
一、會議背景.....	1
二、與會目的.....	2
貳、過程	2
一、出國期間.....	2
二、參訪行程.....	2
三、會議舉辦地點.....	3
參、會議重要內容	4
一、會議議程.....	4
二、會議紀要.....	5
肆、心得	16
一、從一座山，看見大地測量與國際合作的關鍵價值.....	16
二、從 GGOS 架構觀察我國測地觀測體系之整合與接軌潛力.....	17
三、強化重力觀測應用，拓展災防與水資源管理潛能.....	19
四、臺灣觀測成果嶄露國際，推動成果轉譯與技術輸出.....	21
伍、建議事項	22
一、提升跨域觀測機制，接軌國際測地合作.....	22
二、強化重力觀測應用，建構地下水整合監測.....	22
三、建立人才培育制度，提升資料解析能力.....	23

壹、目的

一、會議背景

在地球科學國際交流中，日本地球科學聯合會（Japan Geoscience Union, JpGU）為亞洲地區規模最大的綜合性地球與行星科學學術組織，由超過 50 個專業學會與逾 1 萬名個人會員組成，涵蓋領域廣泛，包括地質、地球物理、水文、水資源與氣候變遷、大氣、海洋、災害科學、太空與行星科學及空間測繪等。每年舉辦的 JpGU 年會吸引來自全球超過 7,000 名來自學術界、政府與產業界的研究人員參與，不僅是亞太地區地球科學界的重要盛會，更設有多元英語場次與國際交流專區，積極推動跨領域研究合作與全球知識交流。

本次 JpGU 2025 年會訂於 114 年（2025 年）5 月 25 日至 30 日，於日本千葉縣幕張展覽館舉行，會議主題聚焦於多學科整合與地球系統科學發展，內容涵蓋大氣與地下水水文學、大地測量學、地球物理科學、遙測技術，以及地理空間資訊，在城市治理與災害應變中的應用。值得一提的是，JpGU 已與美國地球物理聯盟（AGU）規劃於 2026 年 5 月 24 日至 29 日，同一地點共同舉辦第 3 屆 AGU-JpGU 聯合年會，主題為「Transformative Science for Life & Earth（改變生命與地球的科學）」，規劃實體與線上混合方式進行，並以英文為主要語言，同時接受日語發表，預期將匯聚全球地球與太空科學領域的研究者，共同探討當代最關鍵的地球系統議題，展現地球科學研究走向跨領域、跨國界整合的新趨勢。

JpGU 年會不僅是科技展示與成果發表的平台，更扮演全球測繪與地球觀測系統交流的重要樞紐。我國學者在測地學、重力觀測、全球衛星導航系統(Global Navigation Satellite System, 簡稱 GNSS) 應用、水文地質與地圖資訊技術等多項議題均有與會發表與觀摩，透過實地參與與國際對話，有助於深化技術理解、掌握全球趨勢。



FOLLOWING MEETING JpGU-AGU Joint Meeting 2026

Expanding your scientific horizon.

AGU will join JpGU in co-hosting the annual Meeting 2026 in Chiba.

Your active participation in planning JpGU Meeting 2025 will lead to a rewarding Meeting 2026.



二、與會目的

為推動我國「國家底圖空間資料基礎建設計畫」，本部致力於提升全國空間資料的數位化管理與跨域應用，以支援國土規劃、災害防救、智慧城市與氣候韌性等政策需求。其中，精確定位與空間資料整合應用需倚賴地球物理科學所提供之地形、地層與大氣環境等基礎資訊。鑑此，參與日本地球科學聯合會（JpGU）年會，對推動我國空間資料基礎建設工作具有重要意義。

又本部地政司目前與經濟部水利署共同推動「地下水保育管理暨地層下陷防治第 4 期計畫（114-117 年）」，由本部主責重力測量作業，以評估地下水補注成效並建立監測機制，結合精密重力儀觀測地表重力變化，分析其與地下水位變化、地層沉陷之間之關聯。此項工作仰賴大地測量、水文地球物理、遙測與空間資訊整合等跨域技術之協作與提升。

JpGU 年會涵蓋大地測量、水文學、地球物理、遙測監測與環境模擬等領域，與本部地政司推動相關計畫所需技術相關，透過實地參與此會議，可掌握全球在重力測量與地下水監測方面的最新技術發展與研究趨勢，參考國際應用經驗，提升本部重力觀測作業整體效能與資料解釋能力，並有助於拓展與國際地球科學研究機構專家之合作機會，進一步強化本部在空間資訊基礎建設及水資源永續治理相關政策推動上的專業支援與技術應用能力。

綜上所述，參與 JpGU 年會不僅有助於精進本部重力技術於地下水資源管理與地層下陷防治工作之應用，確保行政院核定計畫順利推動及達成預期效益，亦有助於汲取地球物理、遙測與空間資料應用等領域之最新研究成果，作為強化我國「國家底圖空間資料基礎建設計畫」推動的重要依據，提升跨域整合技術能力，落實我國地理資訊與地球科學的融合發展，強化基礎資料支援國土治理與環境永續之目標。

貳、過程

一、出國期間

自 2025 年 5 月 24 日至 2025 年 5 月 31 日止，共計 8 日。

二、參訪行程

日期	預 訂 行 程	任 務
114/5/24 (六)	臺北松山 ↓ 日本羽田	1.臺北松山機場(TSA)搭乘中華航空 CI220 班機出發 2.當地時間 14:10 抵達日本羽田機場(HND)，轉車至千葉縣慕張展覽館
114/5/25 (日)	日本千葉縣	參與會議

114/5/26 (一)	日本千葉縣	參與會議	
114/5/27 (二)	日本千葉縣	參與會議	
114/5/28 (三)	日本千葉縣	參與會議	
114/5/29 (四)	日本千葉縣	參與會議	
114/5/30 (五)	日本千葉縣	參與會議	
114/5/31 (六)	日本羽田 ↓ 臺北松山	乘車至日本羽田機場搭乘中華航空返臺	

三、會議舉辦地點

日本地球科學聯合會（JpGU）年會長年選擇於日本千葉縣幕張新都心（Makuhari New City）核心區-幕張展覽館（Makuhari Messe）舉行，該展館為日本代表性的大型國際會議與展覽場地之一。展館位於東京近郊，交通便捷，距離 JR 京葉線「海濱幕張站」（Kaihin-Makuhari）步行僅約 5 分鐘，並鄰近成田與羽田兩大國際機場，具備良好的國際可達性。

幕張新都心建自 1970 年代後期，為東京灣畔的大型都心開發區，跨越千葉市與習志野市，規劃面積逾 522 公頃，並以幕張展覽館為發展核心；區內設有商務大樓、飯店、購物中心、公園（如 Messe Mall、海濱綠地）等，形成一個集會展、商務、娛樂、住宿等於一體的多功能都市圈。幕張展覽館為日本第二大型會展中心（僅次於東京國際展覽中心），總場地約 72,000–75,000 m²，整體占地達 210,000 m²。

幕張展覽館擁有完善的國際會議設施與充足空間，可同時容納數千名參與者，廣泛用於舉辦各類學術研討、專業展覽與大型活動，周邊商業與住宿機能齊全。

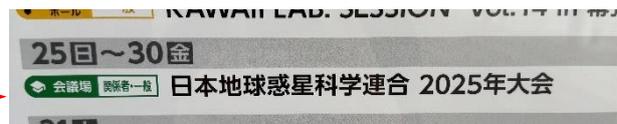


圖 1 日本幕張展覽館與周邊商業設施及旅館區透過天橋相連，動線流暢便利，並於各出入口設有清楚告示牌，公布 2025 年 5 月期間各項活動日程

參、會議重要內容

一、會議議程

日本地球科學聯合會會議（Japan Geoscience Union Meeting, JpGU）為亞太地區地球科學領域最具代表性的國際學術盛會之一，具有高度的專業性與國際參與廣度。會議主題橫跨從基礎理論研究到應用技術，從自然科學延伸至社會影響，展現地球科學的多元面向與實務價值。

本年會採主題分類式議程設計，依據研究領域與應用主題，細分為十個主要分類，涵蓋大氣科學、水文學、固體地球、太空與行星科學、生物地球科學等核心學科，並特別強調跨領域整合，鼓勵不同專業間對話與合作，促進學術創新與應用落實。

投稿形式具彈性，提供口頭報告與海報展示兩種形式，並開放中英文投稿與展示場次，方

便全球學者參與與交流。除正式學術議程外，大會亦設有教學工作坊、青年學者論壇、教育推廣活動與學生獎助制度，展現對次世代人才培育的高度重視，有助於推動地球科學知識的傳承、深化與普及。

本屆年會議程分類如下：

1. Union (U)：聯合議程
2. Public (O)：公開活動
3. Section Leading (L)：領域引導議程
4. Space and Planetary Sciences (P)：太空與行星科學
5. Atmospheric and Hydrospheric Sciences (A)：大氣與水圈科學
6. Human Geosciences (H)：人文地球科學
7. Solid Earth Sciences (S)：固體地球科學
8. Biogeosciences (B)：生物地球科學
9. General (Education and Outreach) (G)：綜合議程（教育與推廣）
10. Multidisciplinary and Interdisciplinary (M)：跨領域與多領域整合

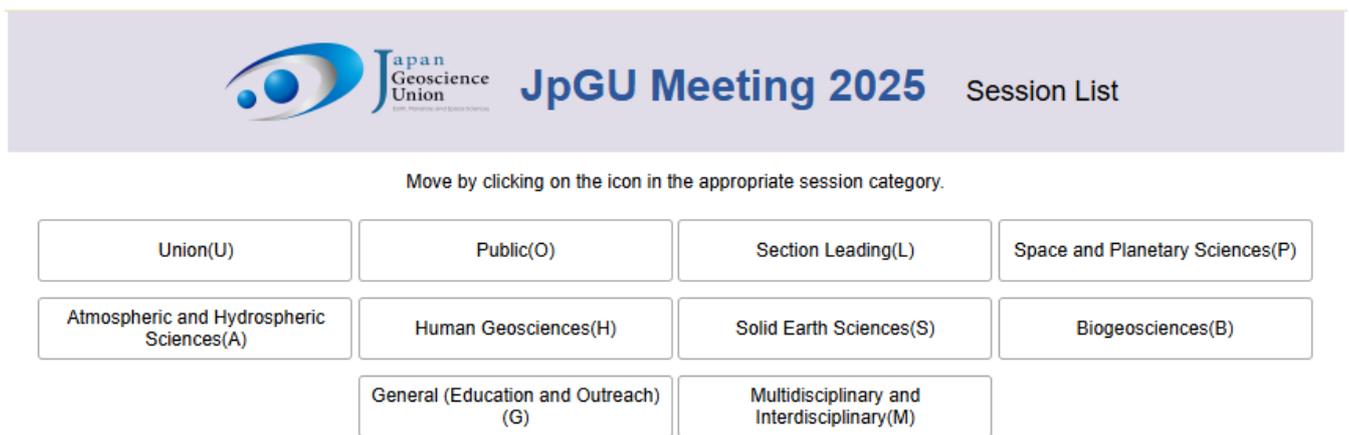


圖 2 JpGU 議程分類

二、會議紀要

本次參與 JpGU 2025 年會，與來自世界各地產官學研界交流經驗和見解，進一步擴展學術視野並獲取大地測量領域的最新知識。會議議題繁多，本次關注於大地測量技術及其在地球系統觀測中的多元應用，分述如下：

(一)GGOS Japan 的最新活動與跨機構合作

GGOS Japan 是全球地球觀測系統（Global Geodetic Observing System, 簡稱 GGOS）設立的第一個附屬組織，自 2013 年成立以來，便積極整合日本國內在大地測量領域的多方資源，並透過強化跨機構合作，以提升其在全球測地社群中的影響力。GGOS Japan 集結日本 6 個主要的大地測量機構，包括國土地理院（Geospatial Information Authority of Japan,

GSI)、東京大學、日本海上保安廳、宇宙航空研究開發機構 (Japan Aerospace Exploration Agency, JAXA)、國立極地研究所，以及一橋大學，攜手推動測地科技之發展與應用。

GNSS 地球觀測網路系統 (GNSS Earth Observation Network System, 簡稱 GEONET) 是日本國土地理院建置的高密度 GNSS 連續觀測網，擁有超過 1,300 座觀測站，全天候提供高精度定位與地殼變動資料，資料成果廣泛應用於地震與火山監測、地殼變形分析、測量工程、地圖製作與基礎科學研究等領域。觀測資料如 RINEX 原始數據、每日精密座標、精密單點定位(Precise Point Positioning, 簡稱 PPP)結果與變位量，能呈現地表細微變化，特別在重大地震發生後，成為研判斷層活動與災害評估的重要依據；資料亦支援民間測量作業與 GIS 應用，提升定位精度與作業效率。國土地理院採取開放授權原則，允許公開使用，惟需註明出處並遵守相關使用規範。GEONET 的資料不僅服務日本國內，亦在國際研究中發揮關鍵作用，例如臺灣與日本的板塊活動研究常結合 GEONET 資料進行跨國分析，成為地球科學與防災合作的重要資源。

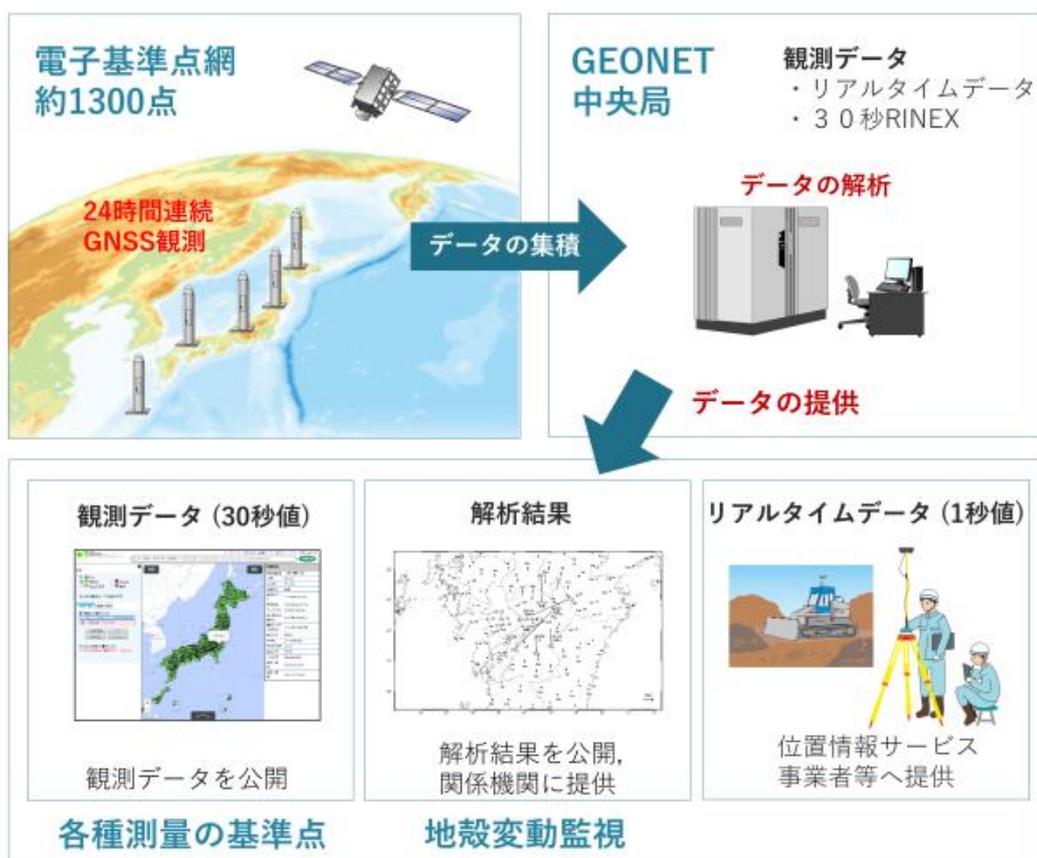


圖 3 GEONET (GNSS 地球觀測網路系統) 示意圖

在資料管理方面，GGOS Japan 成立「資料 DOI 工作小組」，專責為 GEONET 測量資料指定數位物件識別碼(Digital Object Identifier, 簡稱 DOI)，此舉顯著強化了資料的可追溯性與國際引用性；為此，GGOS Japan 亦於 2025 年 2 月舉辦了專題會議，深入研議 GSI GEONET 資料之 DOI 發布最佳實務。此外，GGOS Japan 也積極參與國際會議與技術交流，其重要行動包括協辦 2024 年國際 VLBI 服務 (IVS) 大會，並規劃參與歐洲太空總署 (Agence spatiale européenne, 簡稱 ESA) 的 GENESIS 衛星任務，以深化其在國際大地測量社群中的貢獻。除了專業領域的交流，GGOS Japan 也透過製作日語旁白的 GGOS 教學影片，積極向大眾推廣大地測量科學教育，致力於加深社會各界對大地測量科學價值及其對社會基礎建設重要性的理解。

針對海洋測量議題，GGOS Japan 成立「海洋大地測量小組」，並於 2024 年 12 月聯合日本海上保安廳參與在印尼舉行的聯合國全球地理空間資訊管理專家委員會(United Nations Committee of Experts on Global Geospatial Information Management, 簡稱 UN-GGIM)海陸整合國際會議，在國際大地測量協會 (IAG) 框架下積極推動海陸數據的融合，對於深化全球地球系統的整合觀測奠定了堅實的基礎。



圖 4 GGOS 教學影片

(二) 使用空間高通濾波偵測 GEONET 基站的局部位移

日本 GEONET 衛星定位觀測網可持續觀測地表的位移變化，提供精確且長期的地殼變形資料。這些變形可能來自地震引起的大範圍地殼運動（例如整個地區整體向東移動），也可能來自小範圍的局部變動，如滑坡、地層下陷、火山活動，甚至是儀器所處環境（如植被遮蔽或地形效應）導致的異常位移。

然而，若僅觀察原始的 GNSS 位移資料，這些小規模、具區域特徵的異常變形往往會被大尺度的變形背景所掩蓋，難以辨識其存在或分布特性。為了解決此問題，研究者導入空間高通濾波 (spatial high-pass filtering) 技術，透過數學方法從空間資料中去除大範圍、緩慢變化的訊號（例如整塊地板的傾斜），並保留局部突變或異常區塊（如某一處突然下陷），以濾出那些容易被忽略的微小變形。

一篇研究即運用此技術，針對 GEONET 基站觀測到的位移資料進行處理，成功剝除大尺度的地殼變形背景，萃取出許多具有局部特徵的異常訊號，這些訊號可能來自實際的地表現象（如滑動、地陷、火山隆起），也可能反映測站所在位置環境所造成的干擾或誤差。研究特別指出，若採用更大的濾波尺度（如 100 公里），不僅能發現單一測站的異

常，也能揭露整個區域內具一致方向與空間分布模式的局部變形結構。以 2011 年東北地方太平洋近海地震（東日本大震災）為例，透過長期觀測資料與高通濾波處理，清楚顯示震後多年仍存在具規模性的區域性變形，可能與地震後的地殼應力重分配或深部流體活動有關。

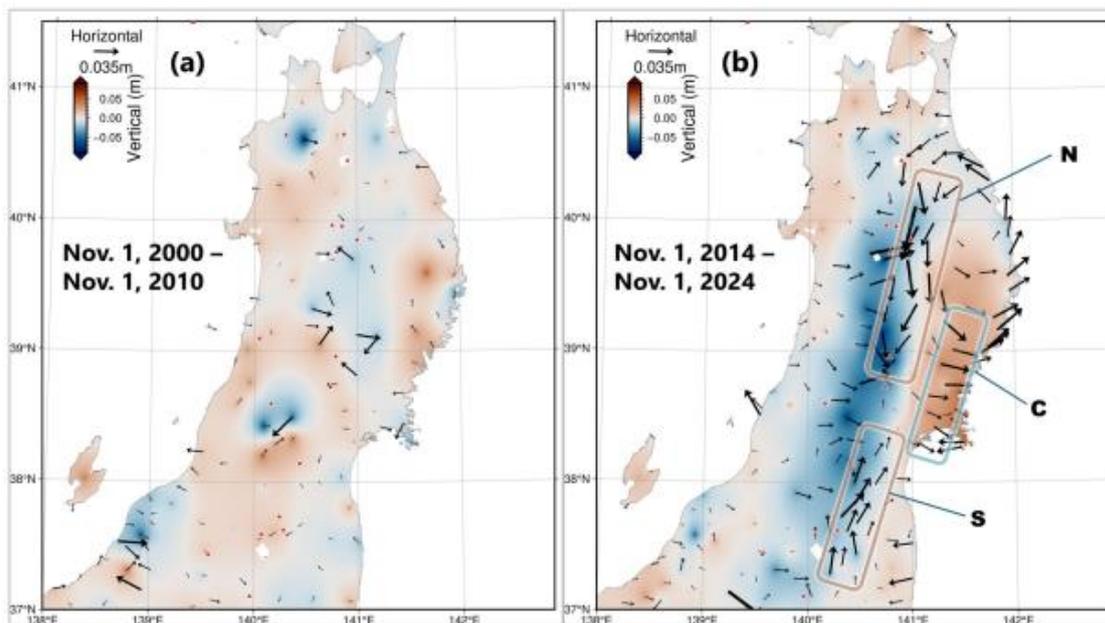


圖 3 電子基準点的累積變位に空間サイズ100kmのハイパス・フィルタを適用したもの（2003年宮城県北部地震等のコサイスマック変位は除去済み）

Fig. 3 Accumulative displacement of the GEONET stations after applying a high-pass filter with a spatial size of 100 km (coseismic displacement of the 2003 Northern Miyagi earthquake, etc. have been removed)

圖 4 顯示東北地區在不同時間區段的地表位移分布圖，使用空間高通濾波技術（濾波半徑為 100 公里）進行處理，觀察是否有系統性局部變形特徵的出現

圖 (a)：2010 年 11 月前的 10 年間位移分布，顯示的位移模式較為分散，主要反映局部現象，如地層下陷或滑動，並未呈現明顯的區域性趨勢或系統性移動。圖 (b)：2014 年 11 月以後的位移分布（震後變形）出現了跨越整個東北地區的系統性變形趨勢，沿著火山鏈可辨識出三個主要方向的局部變形。

(三)地震引起之重力變化與衛星重力任務模擬

東京大學研究團隊針對 GRACE / GRACE-FO 衛星在地震事件觀測上的應用進行模擬分析，指出目前系統的偵測門檻約為芮氏規模 8.0 級。透過模擬新一代 MAGIC 雙星星座任務，顯示未來衛星具備將地震重力變化的偵測門檻有效降低至 7.4 級的潛力，顯著提升觀測靈敏度，並擴展應用範疇。

研究模型整合多項地震參數，包括震源深度、斷層機制與黏滯分布，並透過光譜有限元素法（VEGA）進行三維模擬。模擬結果展現震後變形造成的重力訊號特徵，有助於評估未來衛星重力任務對單一與累積地震事件之探測潛能。

(四)全球參考框架（ITRF/JTRF）動態更新技術與日本新版大地水準面模型 JPGeo2024

全球參考框架為現代定位與測量系統的基礎。由國際 ITRF 透過全球地面站（SLR、VLBI、GNSS、DORIS）維持。近年隨海平面上升監測需求提升，現行 TRF 精度與穩定性面臨挑戰。JPL 提出動態更新策略，應用序列估計法建立 JTRF，並規劃以年度頻率進行更新。JTRF 模式可隨新觀測資料更新，降低依賴多年度預測所產生之誤差，提升定位準確性。

國土地理院發布之 JPGeo2024 大地水準面模型，為繼 GSIGEO2011 後重大升級，其涵蓋區域由原本北緯 20°–50° 擴展至 15°–50°，並首度完整納入海域格網資料，建構無縫海陸模型。精度方面，JPGeo2024 經 GNSS/水準測量法驗證，其大地水準面高準確度可達 3 公分。

JPGeo2024 採無潮汐系統建模，但為符合《測量法》之高程定義，須另行應用偏移修正及永久潮汐改正。離島地區因未納入海域水準測量基準，GSI 預計另行提供參考面修正參數，以供離島 GNSS 高程計算參考。此參數將與 JPGeo2024 同步於 2025 年 4 月 1 日正式發布。與現行 GSIGEO2011 相較，JPGeo2024 在涵蓋範圍、海域數據完整性及精度上均有顯著提升，對未來精密工程、大地監測、災害管理與智慧城市建設具高度應用潛力。

日本大地水準面 2011 (Ver.2.2)

大地水準面 2024 日本及週邊地區

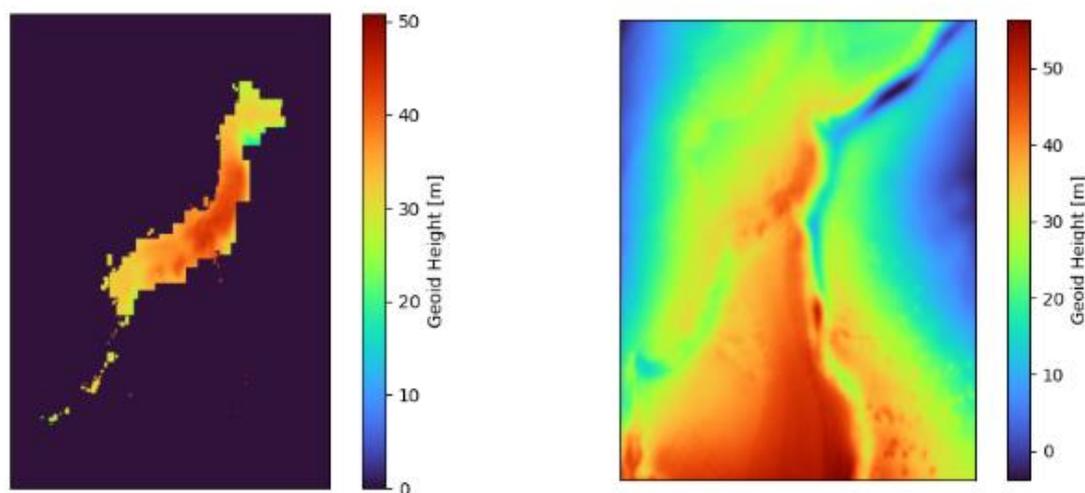


圖 5 GSIGEO2011 和 JPGeo2024 比較圖

(五) JGD2024 高程系統更新與三角點重算

在日本國土地理院推動下，JGD2024 是繼 JGD2011 之後的最新地理基準系統，以「全面重算高程值」，回應更高精度的地形變化監測與地籍測量需求。此次更新主要背景是隨著地球動力學影響（如東日本大震災後的地殼變動）、高解析度地球重力場模型的發

展，以及 GNSS 高程測量技術的普及，現行的高程資料已無法滿足長期使用的準確性需求。

JGD2024 雖然在水平坐標系統（緯度、經度、平面坐標）上不作變動，但對高程值進行了全面的修正與統一。此次高程修正基於最新的地球重力模型與大地水準面模型 Geoid2024，並利用密集 GNSS 定位與重力觀測資料反演出全國性的高程修正格網，針對每一個三角點給出其應修正的高程差異。這些修正值的範圍依區域不同差異甚大，最小為數公分，最大可達約 ± 60 公分。這也反映了過去基準高程在大地形變與水準面誤差下的潛在偏差。

實務上，重新計算三角點的高程（即從 JGD2011 轉為 JGD2024），操作方式相對簡明。第一步是取得官方公布的「高程修正網格資料」，該資料提供全國網格狀的高程修正量（ ΔH ）。第二步則是將每個既有三角點在 JGD2011 下的高程，加上該網格對應點的修正值，即可得到新的 JGD2024 高程。換言之， $\text{JGD2024 高程} = \text{JGD2011 高程} + \text{修正量}$ ，此修正程序可透過國土地理院提供的轉換工具或自動化軟體執行。然而，需注意由於修正值是來自空間內插值所得，若遇到高精度需求區域（如工程基地、精密水準測量線）或是修正值變化劇烈的邊界地帶，則建議重新進行現地高程觀測，特別是結合 GNSS 測量與新版大地水準面模型 Geoid2024 使用，以提高精度與可靠性。

此外，隨著 JGD2024 推行，各類測量與製圖設備也需同步更新。例如，RTK-GNSS 接收儀、控制器、CAD 圖面軟體等應導入 Geoid2024 模型，否則容易出現高程計算誤差或坐標混淆。在過渡期間，若工作中仍需使用舊版（JGD2011）資料，必須明確標示高程基準系統，並注意雙版本資料合併時的差異。

總結，JGD2024 高程系統的建立與三角點高程重算，是日本國家測量制度現代化的重要里程碑，其核心精神在於結合現代地球重力技術與實測資料，提高高程基準的準確性與統一性，對於國土保全、災害預測、地籍調查及工程設計等應用層面，皆具高度價值與必要性。未來其他國家如臺灣若推動類似的大地基準更新，也可借鏡 JGD2024 的規劃與技術流程，作為參考。



圖 6 日本國土地理院網頁介紹三角測量點是日本國家基準點，用來標示日本地理位置（經度和緯度）

(六) RINGO 與 RNXCMP 軟體更新

日本國土地理院 (GSI) 近期發布了 GNSS 數據前處理與壓縮軟體——RINGO (v0.9.3) 與 RNXCMP (v4.2.0) 的最新版本，正式支援全新的 RINEX 4.02 標準格式，並同步擴展 Compact RINEX 壓縮格式。此一更新標誌著 GNSS 數據處理進入高精度與高時間解析度的新階段，對於精密定軌、時間同步、以及地球科學研究具有重要意義。

RINEX (Receiver Independent Exchange Format) 作為全球通用的 GNSS 數據交換格式，隨著 GNSS 系統與信號的不斷進化，也同步更新至 RINEX 4.02。此次格式更新的重點包括新增觀測與導航數據定義、引入導航訊息子類型、觀測時間標記支援皮秒

(picosecond) 級解析度，以及對 Compact RINEX 格式的延伸調整，確保能涵蓋更多系統與應用需求，提升時間與數據精度。RINGO 軟體的新版本除了全面支援 RINEX 4.02 格式外，還導入了 IGRF14 地磁場模型以優化電離層校正、增強文件轉換功能 (如 bingo 與 rctmgo)、以及新增 Galileo 導航訊號類型的檢查功能，並修正多項已知錯誤，顯著提升處理精度與軟體穩定性。

RNXCMP 作為 RINEX 資料壓縮工具，其 v4.2.0 版本進一步推出 Compact RINEX v3.1 格式，支援儲存新引入的皮秒 (picosecond) 級時間資訊。儘管舊版 RNXCMP 仍可處理這些資料，但會忽略皮秒資訊，因此強烈建議使用者更新至最新版本，以確保數據完整性與時間精度的同步提升。

綜上所述，GSI 推出的 RINGO 與 RNXCMP 軟體更新，不僅反映出對 RINEX 4.02 技術標準的快速響應，也為 GNSS 用戶提供了強大且穩定的工具平台，推動高精度 GNSS 數據在測地學、時間基準、導航及其他地球科學應用上的進一步發展。GSI 亦鼓勵用戶積極提供使用回饋，以持續優化軟體功能與應用彈性。

(七) 淺層重力監測應用：以淺間山超導重力儀為例

重力測量是火山監測中不可或缺的地球物理技術，能夠敏銳地捕捉地下質量重新分佈所引起的微小變化。在火山活動過程中，淺層重力異常常與地下岩漿的充填與排空、熱液與地下水的流動、以及地殼的隆起或沉降密切相關，揭開火山內部的動態演化。相較於其他監測手段 (如 GNSS、地震儀或氣體觀測)，重力變化能直接反映地下質量變動。

以日本活躍火山—淺間山為例，該火山在 2004 年爆發前的觀測資料顯示，地表出現顯著的重力變化。研究人員於淺間山周邊布設多個重力測站，運用相對重力測量與 1 處絕對重力基準點，進行週期性相對重力測量，掌握局部重力變化。根據觀測結果，在火山爆發前半年內 (特別是 2003 年 10 月至 2004 年 6 月)，火山南麓地區出現局部重力上升現象，未伴隨地表形變，推測可能與岩漿囊上方流體密度變化或岩漿進入造成的密度增減有關。

此外，研究指出，若僅依賴地形變化觀測，可能無法偵測到無地表變形但具顯著質量變化的潛在活動。因此，將重力測量結果與 GNSS、地震與火山氣體觀測資料結合分析，有助於建立更完善的火山活動模型與預警機制。淺間山案例顯示，局部重力變化可能為火山活動前兆之一，具備提早預警潛力。總結而言，淺層重力觀測，尤其透過高精度的相對

重力測量，可有效捕捉火山活動早期徵兆，為理解岩漿與流體的時空變化提供實證依據，並在整合多源監測資料後，強化整體火山災害監控與應變能力。

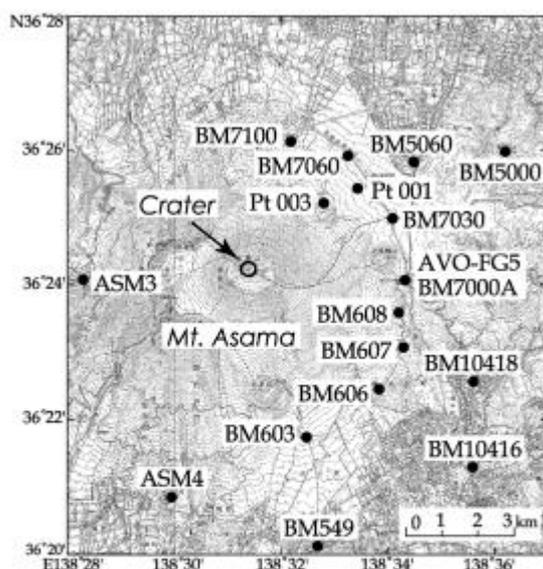


Fig. 1. Map showing the distribution of gravity stations on and around Asama volcano, central Japan. Solid circles denote the gravity stations.

圖 7 日本中部淺間火山 (Asama Volcano) 及其周邊地區的重力測站分佈圖

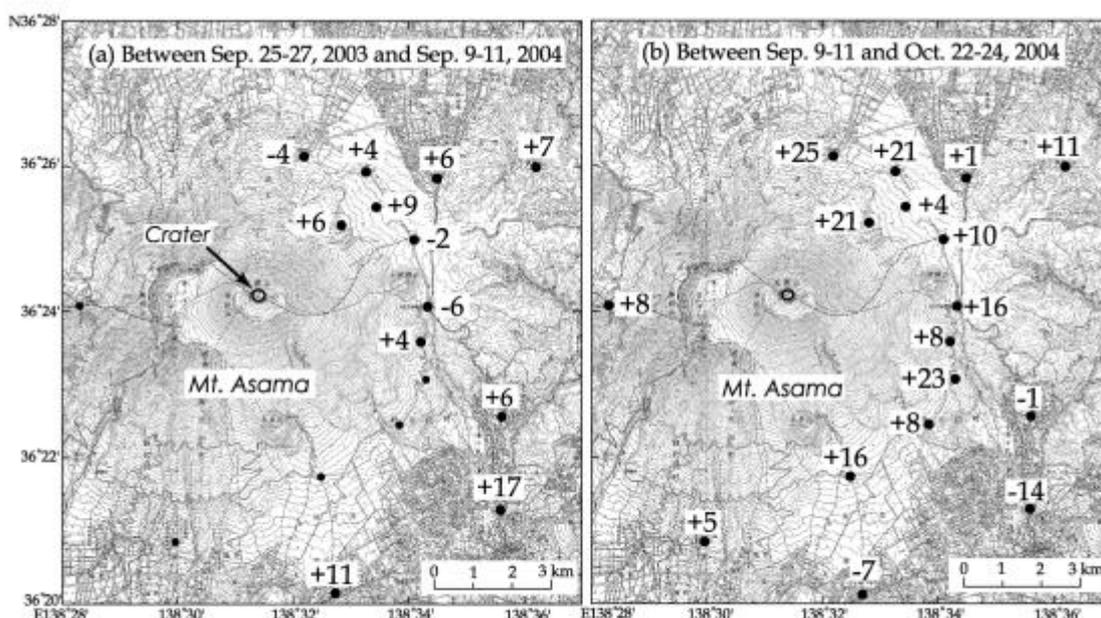


Fig. 2. Distribution of gravity changes (a) obtained from the observations on 25–27 September 2003 and 09–11 September 2004, and (b) those on 09–11 September and 22–24 October 2004. Unit is microgal ($=10^{-8} \text{ m/s}^2$).

圖 8 日本中部淺間火山重力觀測點的重力變化

(八)地震引起之重力變化與衛星重力任務模擬：前瞻地震偵測能力

研究聚焦於提升衛星重力任務對地震事件所造成重力變化的偵測能力，尤其針對過去難以偵測的中大型地震，透過高解析度模擬與先進技術，展現了極具前瞻性的應用潛力。

研究團隊指出現行 GRACE / GRACE-FO 任務雖具備監測地球質量變化的能力，但對於規模 8.0 以下地震的靈敏度有限。透過模擬下一代 MAGIC 雙星任務，顯示未來技術有望將可偵測地震的規模下修至 7.4，這對地震災害預警與風險評估具有重大意義。

此外，該研究也展示了結合震源深度、斷層機制與地幔黏滯分佈等參數的地震模擬模型，能夠更準確地預測地震引起的瞬時與長期重力場變化，並進一步分析震後變形的時間序列與空間分佈。這類模型對於理解地震物理過程及震後恢復具有關鍵價值。

值得一提的是，研究中提出的快速同震重力變化偵測方法，能即時分析 GRACE Level-2 資料，對於未來建構地震快速反應系統極具實用性。這也凸顯了重力觀測在災後應變中的潛在角色。

整體而言，該研究不僅對未來衛星重力任務的設計提供實質建議，也強化了重力技術在地震監測、地球動力學研究與災害防減等領域的整合應用，為地震科學與空間觀測的發展開啟新的方向。這些成果將有助於回饋國內重力觀測與地層變形監測工作的推進，並拓展國際合作的可能性。

(九)地球動量與地球潮汐模型在精密時計應用中的關鍵角色

有關地球動量（Earth Angular Momentum, EAM）與地球潮汐模型在精密時計領域，特別是光學原子鐘應用中的最新研究與實務挑戰。透過與多位來自地球物理、時間頻率標準與重力觀測領域的研究人員交流，進一步理解這些地球物理變數對次世代時間計量技術的潛在影響。

首先，在地球自轉與極移變化方面，與會報告指出錢德勒擺動（Chandler Wobble, CW）的變化是一項關鍵觀察對象。近年來，該擺動振幅呈現顯著衰退，2015 年以後更接近消失狀態。此現象可能與大氣角動量（AAM）減弱有關，然而海洋角動量（OAM）的估計仍具模式間差異，顯示目前模型對於極運動激發機制仍有不確定性。為提升模型精度，日本研究團隊正運用 OFES2 高解析海洋模式重新計算 OAM，包括質量項與運動項，進一步釐清海洋在極運動中的角色。這些努力對提升地球參數預測準確度，以及支持時間標準與高精度 GNSS 定位有顯著貢獻。

在地球潮汐模型與光學原子鐘耦合應用方面，報告突顯了固體地球潮汐造成的微小重力變化對超高精度時計的重要性。光學原子鐘現已具備超越 10^{-18} 級別的頻率穩定度，使其成為觀測數公分級高程變化的有力工具。然而，若地球潮汐模型預測不準，可能導致數微伽（ μGal ）等級的重力誤差，轉換為時鐘頻率偏移後會顯著影響垂直位移解算準確度。會中由日本情報通信研究機構（NICT）報告指出，其以 gPhoneX 超高靈敏度重力儀在小金井與水澤 VLBI 進行實測，發現現行理論模型對潮汐效應有高估現象，與實測平均有 $0.6 \mu\text{Gal}$ 、標準差 $1.6 \mu\text{Gal}$ 的偏差，折合高度誤差約 5 毫米。

這些研究顯示，在實現光學原子鐘於大地測量與時空參考系統應用（例如精密高程變化監測、地震前兆偵測）時，需高度依賴更新、地區化的地球潮汐模型與動量資料。透過結合高解析重力觀測與地球物理建模，可望降低系統性偏誤，發展出更可靠的頻率漂移修正機制。

(十)臺灣鄰近區域地殼動態與環境變遷之大地測量進展

本場次 5 篇報告，聚焦於臺灣及其周邊地區，於地殼變形與環境變遷領域中所採用的最新大地測量技術與應用成果。研究涵蓋地震破裂機制、慢滑事件、地層下陷與地下水位變化、海平面觀測與測深精度等議題，展現 GNSS、InSAR、GNSS-IR 及 GNSS/IMU 整合應用的最新發展，對防災減災與環境監測治理具有高度參考價值。

1.南琉球隱沒帶慢滑事件分析 (Tang et al.)

研究利用長達 25 年的 GNSS 資料，揭示 2009–2011 年期間於深度 14–32 公里的隱沒界面發生淺層慢滑事件，其規模相當於 Mw 6.8 地震。此事件與 1771 年大海嘯震源區呈空間互補，為理解南琉球地震風險提供重要依據。

2.2024 年花蓮地震破裂模型與斷層系統研究 (Cheloni et al.)

透過 InSAR 與 GNSS 觀測資料反演地表變形場，建構此次地震破裂涉及多條斷層（如中央山脈斷層、米崙斷層），並揭示其破裂行為複雜，對區域斷層互動與震源機制研究有高度價值。

3.濁水溪沖積扇地層下陷與地下水關聯分析 (Hung et al.)

利用多時期 GNSS 與 InSAR 資料，指出此區域因歷史過度抽取地下水導致年沉陷率最高可達 5.2 公分。結果顯示地下水位波動與地表沉陷變形有明顯空間對應關係，顯示監測資料可作為水資源管理與沉陷風險評估的重要依據。

4.GNSS-IR 技術建立潮汐基準 (Lee et al.)

研究以高雄港實測驗證 GNSS-IR 可用於擷取反射信號以估計海平面變化，顯示其有潛力作為傳統潮位計的補充技術，尤其適用於資料缺乏或儀器佈設受限地區。

5.GNSS/IMU 測深技術精度驗證 (Chou et al.)

使用無人測量船進行港區實測，搭載 GNSS 與 IMU 的後處理測深系統，達成 ± 3 公分水深精度，符合 IHO（國際海道測量組織）S-44 現代化海圖規範，展現該系統於港灣與內水測量的實務潛力。

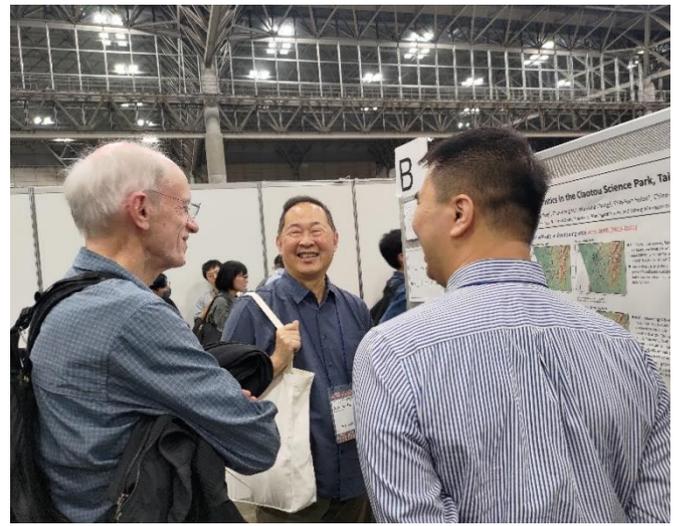
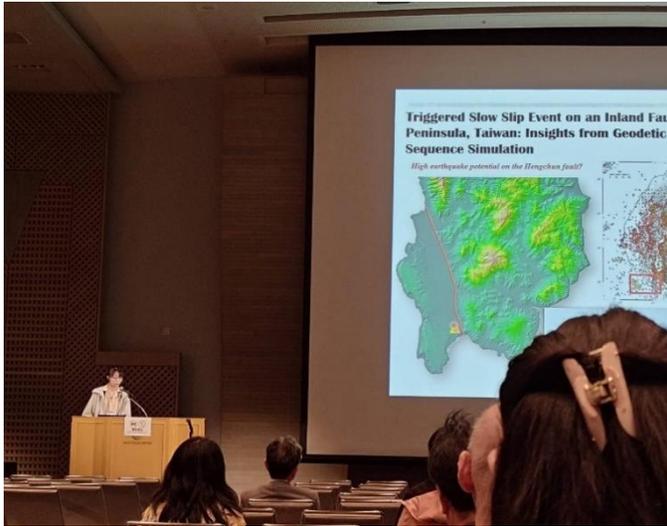


圖 9 成功大學博士生簡報及老師與學者交流

肆、心得

參與 JpGU 2025 會議期間，透過多場次的學術發表與現場交流，初步掌握全球在大地測量整合技術與重力應用方面的最新發展。由於本人目前負責國家重力基準站維運工作，故特別關注重力測量技術於火山監測、地下水管理及地層下陷防治等領域之應用成效與發展趨勢，同時亦深入探討全球大地測量觀測系統 GGOS 等相關議題。為進一步汲取資料並強化與業務內容之整合，除會議期間實地觀摩與交流外，返國後亦持續查閱相關網路資源並蒐集專業文章研讀，綜整如下：

一、從一座山，看見大地測量與國際合作的關鍵價值

首先分享國際大地測量學會（International Association of Geodesy，簡稱 IAG）全新大地測量漫畫系列的第一部作品「聖母峰的新高度」。這張圖以生動有趣的方式，呈現了中國與尼泊爾之間長期爭論聖母峰（Mt. Everest / Qomolangma）官方高度的議題，由於兩國採用的國家高程基準系統不同，所測得的高度略有差異。

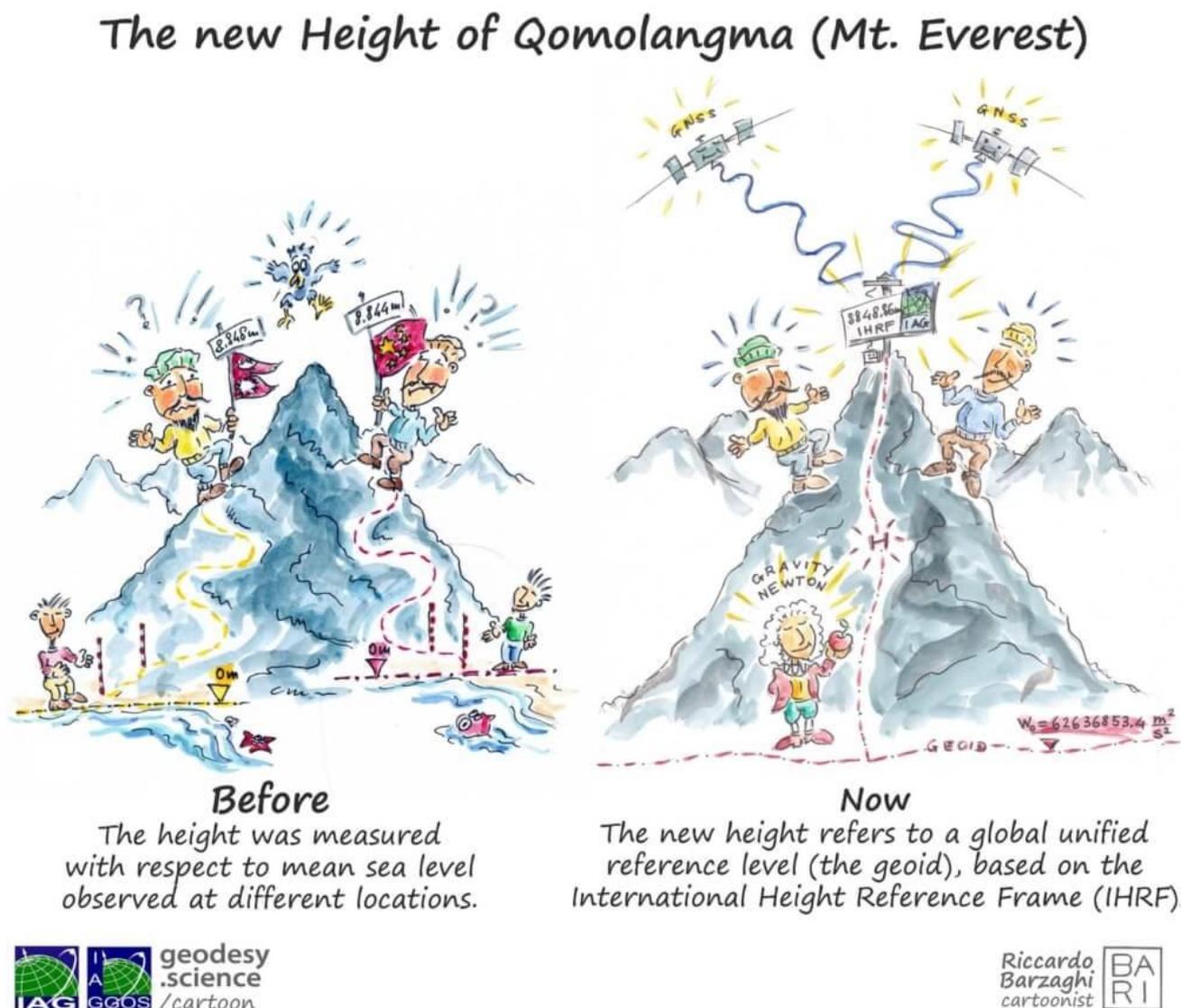


圖 10 IAG 大地測量漫畫系列的第一部作品「聖母峰的新高度」

高程基準由各國自行定義，各自起算於不同的平均海平面或大地水準面，即便採用 GNSS 與重力修正等精密技術，只要高程基準不同，最終的測量數值仍無法對齊。因此，為解決跨國高度比較的困難，IAG 主導建立「國際高程參考架構（IHRF）」，整合衛星測量、重力觀測與地球動態模型，提供全球一致的高程起算標準，使各國資料能有效轉換與比對，消弭因制度差異產生的高度爭議。

這張漫畫不僅揭示技術問題，更傳達大地測量在當代社會的深層價值。它不只是「量距離、量高度」的科學，更關聯國土規劃、災害管理與工程建設的精確基礎，也為氣候變遷、海平面上升、地殼變動等全球性議題提供可比較與可追蹤的空間資料基準。要實現這類標準化成果，必須透過國際協調與資料共享，並建立共同接受的測繪語言與基準體系。最終，《聖母峰的新高度》提醒我們，大地測量技術與標準是連結全球社群的共同橋樑，唯有在「同一張地圖」上建立一致的參考框架，各國才能準確理解彼此的位置與高度，攜手面對不斷變動的地球挑戰。

二、從 GGOS 架構觀察我國測地觀測體系之整合與接軌潛力

經查閱國際大地測量協會（International Association of Geodesy, IAG）所設立之全球大地測量觀測系統（GGOS）官方網站（<https://geodesy.science/ggos/>），藉此瞭解其歷史沿革、組織運作模式與核心技術架構，進一步深化對全球測地整合觀測體系之理解與認識。

GGOS 由 IAG 於 2003 年正式發起與推動，旨在回應地球系統科學（Earth System Science）快速發展所帶來的觀測需求。GGOS 扮演的是一個科學與技術整合框架的角色，致力於統籌與整合來自全球不同來源的測地觀測資料與技術，長期關注地球形狀（包括地殼變形與地表變化）、地球重力場（質量再分佈）、地球自轉與極運動（角動量交換與地球內部動態）等 3 大核心地球參數的變化，這些參數對於理解氣候變遷、海平面上升、冰蓋消融、地殼變形與自然災害監測等全球性議題至關重要，而其偵測與定量分析仰賴一系列高精度的現代大地測量技術，包括：GNSS（全球衛星導航系統）、VLBI（超長基線干涉測量）、SLR（衛星雷射測距）、DORIS（多普勒定位系統）及重力觀測（地面、空載與衛星任務，如 GRACE / GRACE-FO）。

然而，目前各類測地觀測網絡多由不同國家或機構分散管理，面臨整合性不足、資料格式不一致、更新頻率不一與缺乏共享機制等問題，導致資料難以充分應用於跨領域地球系統研究與政策支援。GGOS 即在此背景下提出解方，致力於建構一個「**協調一致、長期穩定、具備國際標準的全球測地觀測平台**」，以實現下列目標：

- 整合全球測地技術與資源，建立統一之資料與技術標準；
- 支援地球系統動態的整體監測與模型校正；
- 促進跨領域科學研究與政策決定之連結；
- 強化資料可取得性、互通性與重複使用性（FAIR 原則）；
- 作為聯合國永續發展目標（SDGs）與氣候變遷因應的測量基礎設施。

全球大地測量觀測系統（GGOS）不僅是測地技術整合的成果，更是支撐全球地球觀測、氣候變遷研究、災害監測與永續發展目標的關鍵基礎設施。大地測量的工具包含分布於地球（陸地與海洋）、空中及太空中的各種感測器與儀器（如圖 11、圖 12），這些元件共同

組成一個龐大而完整的「大地測量儀器」，能夠在不同空間與時間尺度下，長期穩定監測地球系統的變化與動態。

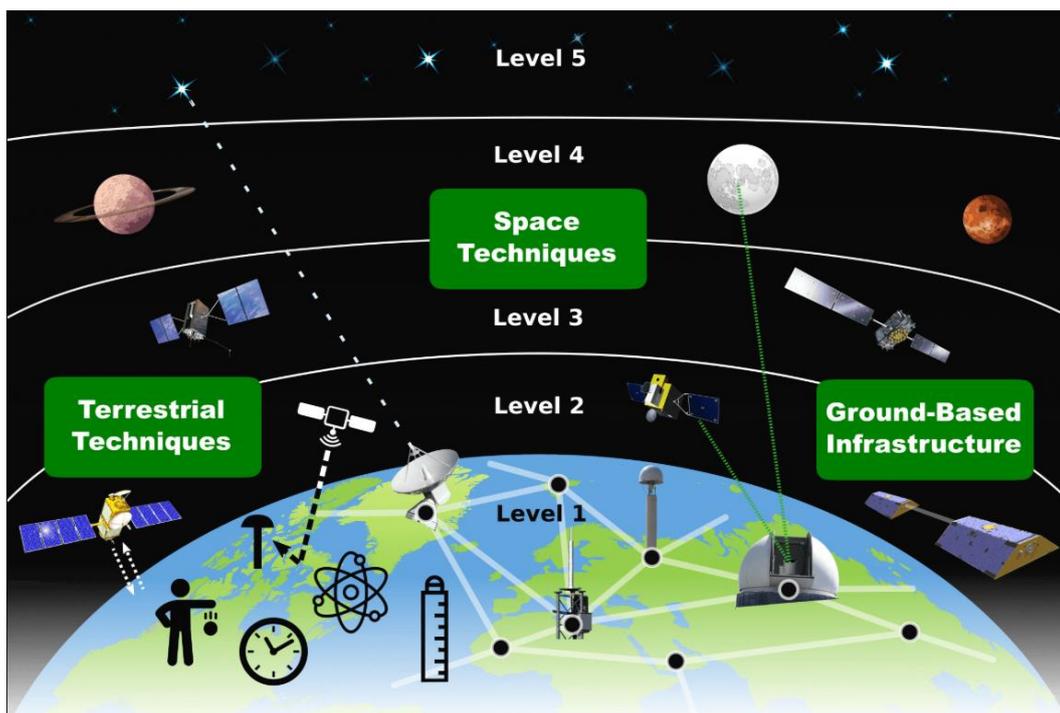


圖 11 地球（陸地與海洋）、空中及太空中的大地測量儀器

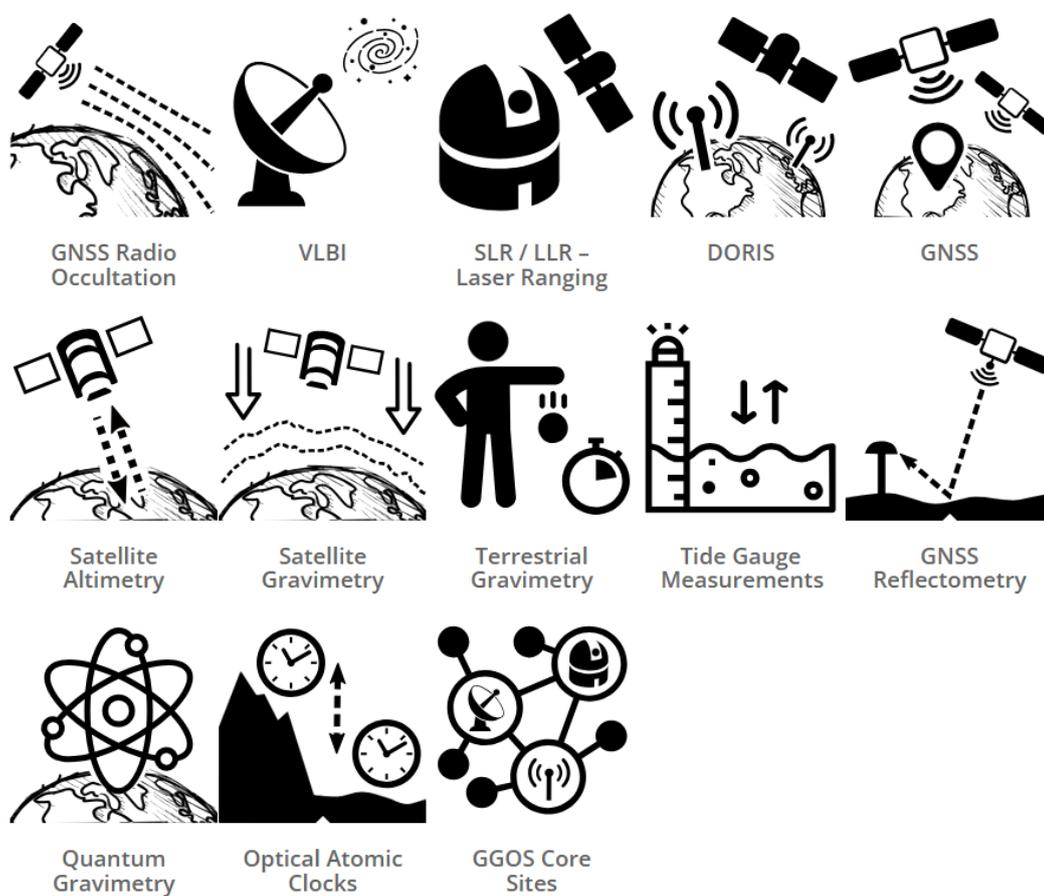


圖 12 GGOS 透過多源大地測量觀測及新興觀測技術實現全球與區域監測

日本政府主導推動 GGOS Japan 國家級整合型測地觀測系統，回應全球對多技術整合與資料標準化的趨勢，並強調地球觀測在災害預警、國土治理與永續發展中的關鍵角色。由文部科學省（MEXT）與國土地理院（GSI）統籌，GGOS Japan 結合國立天文台、防災研究所、地震研究所等單位，透過跨機構合作與長期預算支持，整合 GNSS、VLBI、SLR、DORIS、重力儀（絕對與超導）、InSAR 等多項觀測技術，建立具時間與空間連續性的地球動態觀測網。GGOS Japan 不僅進行高精度資料蒐集，亦強化資料治理、格式統一與國際共享，支援 ITRF 建構與全球測地參考架構維護。設置中央資料中心，提供開放查詢與視覺化服務，廣泛應用於地震、火山、海嘯、都市沉陷與氣候風險評估等領域。

我國自 2004 年起，本部國土測繪中心推動全國性衛星定位基準站建置作業，初期以提供測量作業所需之高精度定位為主，隨後逐步擴展為涵蓋全臺的 CORS（連續觀測參考站）網路，並發展具即時動態定位功能的「e-GNSS 即時動態定位系統」。該系統廣泛應用於測繪、工程監測、災害預警與智慧交通等領域，成為我國空間基礎設施的重要支柱。在重力觀測方面，已完成國家重力控制網之建置，設置超導重力站，並完成全臺大地水準面模型（Geoid），有效支接地層下陷監測、地下水變化評估及高程基準統一等任務，逐步形塑具規模之地球物理觀測能力。

此外，我國在地球觀測與地殼變動監測領域，已有多個機關與學術單位投入相關技術研究與應用，包括中央研究院、交通部中央氣象署、農業部農村發展及水土保持署、經濟部地質調查及礦業管理中心、國家實驗研究院太空中心、國家災害防救科技中心等，依據業務推動與研究需求，廣泛應用 GNSS、InSAR、以及部分 VLBI、SLR、DORIS 等現代測地觀測技術，進行地殼形變、地層下陷、活動斷層與災害監測等工作。然而，整體觀測系統目前仍存在重要技術與基礎設施缺口，特別是地面型 VLBI 與 DORIS 觀測站尚未建置，亦未設置可參與國際衛星雷射測距服務（ILRS）的固定站點，整體觀測系統在技術整合與國際接軌方面，仍有進一步強化與發展之空間。

然而，面對日益加劇的環境變遷、氣候風險、地震活動與地表形變等挑戰，傳統定位與測繪服務已難以滿足跨域整合與前瞻性預警的需求，亟需依賴科學研究提供更多數據，以支持決策者做出準確判斷。整體而言，我國雖具備衛星定位、重力測量與地球觀測的基礎能力，但各項觀測技術與系統仍須提升跨機關整合與長期穩定運作機制，並逐步與 GGOS 所倡導的全球協同、標準一致及資料共享核心精神接軌。

三、強化重力觀測應用，拓展災防與水資源管理潛能

重力測量能夠直接反映地下岩漿、熱液或地下水質量再分配所引發的重力異動，並補強傳統形變與地震觀測資料的不足。在日本淺間山的研究中，學者們採用了「混合量測」模式（hybrid measurement），將多點相對重力觀測與一座絕對重力基準站結合，建立起既連續又精準的重力時間序列。透過將觀測到的微弱重力變化（ ± 0.03 mGal 以內）與不同岩

漿庫模型（如 Mogi 模型與裂隙體模型）所預測的重力場響應相互對照，研究團隊不僅驗證了模型的合理性，還對噴發前 1 年內可能累積的岩漿體積（小於 10^6 m^3 ）給出了嚴格的上限估算。這種「觀測+模型」的雙管齊下，為火山噴發預警提供了重要的質量變化指標，也進一步鞏固了重力監測在火山動力學研究中的地位。

在臺灣，本部地政司 2012 年於陽明山衛星追蹤站增置奈米級超導式重力儀，以連續式重力觀測，量測環境質量重新分布而引起的重力微小變化，就如一部超級精密「地心聽診器」，可以感受到極微小的重力變化。超導重力儀(SG)靈敏度達到微伽 (μGal) 等級—換算下來，能偵測到千萬分之一重力加速度的變動。2014 年 2 月發生在北臺灣規模 4.0 地震，儀器就偵測到地震帶來的短暫重力波動，把此重力數據和同一時間的 GNSS 衛星定位形變，以及地震儀記錄地震波時間做比對後，發現它們都指向同一個地底變動。套用牛頓萬有引力定律：如果岩漿或熱水上升到儀器所在高度以下，儀器感受到的重力會微微增加；一旦上升到儀器頂端以上，重力就會稍微下降，透過觀察這種「先增後減」的重力變化，就能動態掌握火山下方岩漿庫的活動情況。高靈敏單站重力觀測、衛星定位，及地震監測的整合方式，已經在臺北陽明山持續研究。

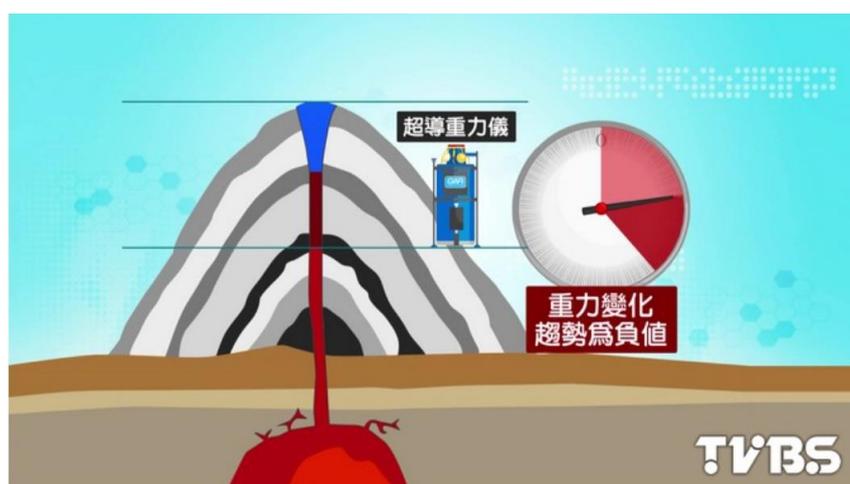


圖 13 科學不一樣「超導重力儀」 監控大屯火山活動 (TVBS 新聞網 2014/09/05)

行政院於 113 年 8 月 30 日核定推動「地下水保育管理暨地層下陷防治第 4 期計畫」，計畫涵蓋減抽地下水、地下水補注、調查監測、強化管理及跨域合作等 5 大策略，由本部依計畫編列預算，導入重力法觀測與分析技術，於不易設井地區執行地下水補注監測作業，並持續精進地下水補注效益評估模式。自 114 年起，本部陸續引進高精度重力儀，建立密集相對重力觀測網，實施地表微小重力變化之精密量測，以掌握地下水入滲所形成之水丘變化，並建立分析評估方法，作為補注成效之驗證依據，預期有助於提升地下水人工補注效益評估之準確性，強化對地下水資源變化的掌握，並深化本部在重力觀測技術領域之應用能力，為未來自主技術發展與國際接軌奠定基礎。

整體而言，藉由重力觀測技術的導入與強化，不僅可更精細地捕捉地下水與岩漿質量的微小變動，更可為災害預警、地下水資源管理及地層下陷監測提供科學且可靠的決策支撐，進一步展現臺灣於全球測地技術發展上的獨特貢獻。

四、臺灣觀測成果嶄露國際，推動成果轉譯與技術輸出

本次會議觀察臺灣地區觀測研究成果獲得國際高度關注與肯定。包括南琉球慢滑事件對區域地震風險評估的重要性、濁水溪平原地層下陷與地下水變化的高度相關性、GNSS-IR 在潮汐基準建置中的應用價值、以及 GNSS/IMU 無人船測深成果達 ± 3 公分精度等案例，皆被多位日本與歐洲學者作為研究素材引用與討論。這不僅反映出臺灣在地殼變動與地球物理觀測領域的研究深度，也強化我們作為全球地殼動態觀測「天然實驗室」的重要地位。未來應將這些學術成果進一步轉為政策工具或商業技術，促進與國際接軌的同時，亦可回饋國內測繪科技、防災策略與空間治理體系。

整體而言，本次 JpGU 會議不僅提供了國際地球科學的最新動向，也強化了我對 GNSS、重力測量、空間基準與大地資料整合的整體認識。

伍、建議事項

本次參加 2025 年日本地球科學聯合會年會（JpGU），針對大地測量、重力觀測、空間基準更新與地球系統觀測整合等議題，進行多場次的學術觀摩與技術交流，對於我國未來測繪業務推動、跨域整合政策及技術升級策略提供諸多啟發。以下彙整相關會議觀察，提出 3 項建議，供本部未來推動相關業務之參考。

一、提升跨域觀測機制，接軌國際測地合作

因應國際參考框架（ITRF/JTRF）的動態更新趨勢及國內地殼變動監測需求，大地測量不應僅被視為繪製地圖與提供定位服務的技術，它更是支撐災害預警、氣候變遷監測與國際科研合作的重要基礎。參照全球大地測量觀測系統（GGOS）的倡議，只有整合來自地表與地心的多種觀測技術，才能全面掌握地球系統的變化。

臺灣已有多個機關與學術單位，包括中央研究院、交通部中央氣象署、農業部農村發展及水土保持署、經濟部地質調查及礦業管理中心、國家實驗研究院太空中心、以及國家災害防救科技中心等，投入相關技術研究與應用，運用全球導航衛星系統（GNSS）、合成孔徑雷達差分干涉測量技術（InSAR）、以及部分超長基線干涉測量（VLBI）、衛星雷射測距（SLR）、雙頻衛星雷達（DORIS）等現代測地觀測技術，進行地殼形變、地層下陷、活動斷層與災害監測等工作。然而，整體觀測系統目前仍存在重要技術與基礎設施缺口，特別是地面型 VLBI 與 DORIS 觀測站尚未建置，亦未設置可參與國際衛星雷射測距服務（ILRS）的固定站點。這使得台灣在整體觀測系統的技術整合與國際接軌方面，仍有進一步強化與發展的空間。

雖然我國已具備 GNSS 基準站網、重力測量能力與 InSAR 影像資料，但這些觀測資料分散於不同機關，管理制度不一，資料格式與更新頻率也未統一，整合應用效果有限。建議應以國際接軌為目標，建立跨機關協調機制，統籌整合各類測地觀測資料，提升資料品質與應用效能。同時，應建立一個模組化的全國測地觀測資料平台，依照技術類型（如 GNSS、重力、InSAR、VLBI 等）分設子系統，並導入國際通用的資料格式（如 RINEX、SINEX、GRD），確保資料的一致性與相容性。該平台應具備圖形化資料展示介面，資料版本控管機制，API 串接功能以便於跨機關整合與與外部系統連接。透過這樣的平台與合作架構，將有助於我國在智慧國土治理與國際地球觀測合作接軌。

二、強化重力觀測應用，建構地下水整合監測

臺灣在重力測量技術的應用，已展現出與國際同步的實力。例如，在火山監測領域，陽明山衛星追蹤站已部署超導重力儀，並與 GNSS、地震儀整合，進行長期的火山活動監測，顯示我國已有能力利用重力異常作為火山前兆的指標。未來可逐步擴大應用場域與分析系統的建置，以提升火山災害的預警能力。

在地下水管理方面，重力測量因其非侵入式的特性，能夠有效推估區域性的地下水體質量變化，彌補傳統觀測井空間分佈不足的限制。目前本部地政司與經濟部水利署已合作推動重力技術應用於地下水補注效益評估，初步證實其在監測地下水補注成效上的可行性與潛力。為進一步深化重力測量技術在地下水管理領域的應用，建議整合多源觀測數據與水文模擬模型。透過結合 GNSS 地表形變監測資料與重力異常數據進行同步分析，可更全面地理解地下水儲量的變化及其對地表穩定性的影響，進而提升對地下水開發與補注引起地層變化的解析能力；同時，將重力測量數據與傳統的地下水位觀測資料及地下水流動模擬模型相融合，能建立一個在空間與時間變化上一致的監測架構，有助於更精準地評估水資源的動態，為地下水永續管理提供更具科學依據的治理方案。

三、建立人才培育制度，提升資料解析能力

除技術觀摩外，會議亦顯示臺灣在國際觀測社群中已具技術成果與能見度。例如：GNSS-IR 技術成功應用於偏遠島嶼之潮位監測，並被多國引用，以及無人測深系統已達 ± 3 公分精度，可支援近岸測繪與工程應用。建議未來持續推動此類技術商品化，並發展標準化操作模組，使其能納入工程實務或公共政策推動流程，同時探索輸出東南亞或太平洋島國之合作機會，提升我國區域影響力。

面對地球系統觀測技術的快速變遷，亦應強化專業人力的持續訓練與跨域整合能力。建議建立制度化的進修機制，定期辦理重力、GNSS、InSAR 等高階技術課程，並與學研機構合作開設實作型工作坊，引進國際師資授課，提升地政體系人員的技術敏感度與前瞻視野。

綜上所述，JpGU 2025 年會所呈現之國際趨勢與研究實例，充分顯示大地測量與地球觀測已從傳統學術領域，逐步轉型為支撐國家治理與社會需求的應用型基礎設施。建議本部未來可從政策整合、技術應用、資料治理、人才培育四面向著手，推動接軌 GGOS 倡議、強化重力應用網絡、推進資料標準化與自動化處理平台建構，並加速觀測成果之政策轉譯與產業化進程，充分發揮我國在全球測地觀測體系中的角色與影響力。