

出國報告（出國類別：開會）

第 28 屆國際大地測量與地球物理聯合會(IUGG)大會

服務機關：內政部地政司

姓名職稱：唐技正家宏

出國地區：德國(柏林)

出國期間：112 年 7 月 12 日至 7 月 24 日

報告日期：112 年 10 月 17 日

摘要

第 28 屆國際大地測量與地球物理聯合會 (IUGG) 大會在德國柏林舉辦，是疫情後最重要的地球物理研討會之一，大會議題囊括地球形狀、重力場、磁場、地球動力學、全球參考框架與區域坐標系統、地球的內部結構與組成、地震和彈性波傳播、火山活動機制、水文循環、海洋與大氣環境、大氣層(包括對流層、電離層結構和分布)等，受到世界各國地球物理相關領域研究學者的重視，透過為期 10 天的工作會議、論文發表、專題演講與座談討論，促進各專家及研究學者對談與交流，提升對地球物理研究的品質與效益，強化對地球環境的認知。

此次大會論文發表會場次約 617 場，論文發表逾 2,000 篇，海報展示 160 餘篇，內容相當豐富多元，其中涉及地球重力場、衛星定位技術、地球坐標框架與坐標系統等主題與本部業務息息相關，期藉由參與此次大會，汲取各國研究成果與經驗，謹以此報告分享此行之心得。

目錄

壹、前言.....	1
一、會議背景	1
二、與會目的	2
貳、出國行程.....	3
一、出國期間	3
二、與會行程	3
三、出席人員	4
四、會議舉辦地點	4
五、會議舉辦單位	4
參、會議重要內容.....	5
一、會議議程	5
二、會議紀要	10
三、海報展示	25
肆、心得.....	27
一、基礎建設與科研的重要性	27
二、應用新科技技術精進政府施政效能	27
三、突破框架創新思考	28
伍、建議.....	29
一、逐步更新相關儀器設備.....	29
二、積極參與國際合作事務.....	29
三、參與國際研討會議.....	29
陸、附錄.....	30
一、GGOS 宣傳資料	30
二、第 29 屆 IUGG 宣傳資料.....	32

壹、前言

一、會議背景

國際大地測量和地球物理學聯合會 (International Union of Geodesy and Geophysics, IUGG) 成立於 1919 年，目前由 8 個協會所組成，包括國際冰凍圈科學協會 (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF CRYOSPHERIC SCIENCES, IACS)、國際大地測量學協會 (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF GEODESY, IAG)、國際地磁學和高層大氣物理協會 (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF GEOMAGNETISM AND AERONOMY, IAGA)、國際水文科學協會 (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF HYDROLOGICAL SCIENCES, IAHS)、國際氣象和大氣科學協會 (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF METEOROLOGY AND ATMOSPHERIC SCIENCES, IAMAS)、國際海洋物理科學協會 (INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR THE PHYSICAL SCIENCES OF THE OCEANS, IAPSO)、國際地震學和地球內部物理學協會 (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF SEISMOLOGY AND PHYSICS OF THE EARTH' S INTERIOR, IASPEI) 及國際火山學和地球內部化學協會 (INTERNATIONAL ASSOCIATION OF VOLCANOLOGY AND CHEMISTRY OF THE EARTH' S INTERIOR, IAVCEI)，是一個非政府科學組織，為國際科學理事會 (International Science Council, ISC) 中 230 個科學聯盟和協會之一。

IUGG 致力於國際推廣與協調地球科學相關研究 (物理、化學和數學)，例如地球的形狀、重力場和磁場、地球整體及其組成部分的動力學、地球的內部結構與組成、地震和彈性波傳播、岩漿的產生、火山活動和岩石形成、雪和冰的水文循環、海洋、大氣、電離層、電磁層等各個方面，還包括日地關係，及與月球和其他行星間的相互關係。IUGG 鼓勵將這些研究成果回饋於社會，例如預防自然災害和環境保護等。

IUGG 每四年舉行一次大會，每個協會在大會期間辦理會務會議和專題研討會，IUGG 期許各國之間秉持自由交換資料和知識的原則，並促進各國研究人員積極參與科學活動。



圖 1 大會場館入場處

二、與會目的

本部地政司掌理全國地籍管理與土地測繪等相關業務，亦積極發展測繪技術，期望藉由高科技技術輔助辦理測繪業務，以提升測繪效能。其中坐標系統、重力系統、衛星定位技術是非常重要且關鍵的測繪業務，我國於 96 年制定「國土測繪法」，並訂有「基本測量實施規則」等相關子法，其中明文測量基準與參考系統之訂定為本部權責，且依測量基準作為基本控制測量參考所訂定之系統，包括坐標系統、高程系統、重力系統及深度系統，此 4 種基準與系統均與地球物理性質、變化及各式大地觀測技術有著密切關聯，本部雖已依規定陸續訂有 TWD97 坐標系統、TWVD2001 高程系統、GS2009 重力系統及 TWCD2021 深度系統，然大地觀測技術不斷進步、觀測資料處理技術持續精進，因此，遴派辦理相關業務同仁前往參與此國際研討會，透過實地參與交流，汲取各國在相關領域研究成果與經驗。



圖 1-2 大會報到櫃台與主視覺看板



圖 1-3 大會領取會議資料處與簽名留影處

貳、出國行程

一、出國期間

自 2023 年 7 月 12 日至 2023 年 7 月 24 日止，共計 13 天。

二、與會及參訪行程

天	日期	預 訂 行 程	任 務
1	7/12 (三)	臺北桃園－	搭乘臺灣時間 11/12 22:35 中華航空班機，於當地時間 11/13 6:50 抵達德國法蘭克福
2	7/13 (四)	德國法蘭克福－ 德國柏林	1. 搭乘當地時間 7/13 10:15 漢莎航空班機，於當地時間 11/13 11:25 抵達德國柏林 2. 參與會議
3	7/14 (五)	德國柏林	參與會議
4	7/15 (六)	德國柏林	參與會議
5	7/16 (日)	德國柏林	參與會議
6	7/17 (一)	德國柏林	參與會議
7	7/18 (二)	德國柏林	參與會議
8	7/19(三)- 22(六)	德國	自費自假行程
9	7/23 (日)	德國柏林－	搭乘當地時間 7/23 7:55 漢莎航空班機，於當地時間 7/23 9:10 抵達德國法蘭克福
10	7/24 (一)	德國法蘭克福－ 臺北桃園	搭乘當地時間 7/23 11:20 中華航空班機，於臺灣時間 7/24 6:30 抵達臺北桃園



圖 2-1 大會廠商設攤參展情形

三、出席人員

此次我國參與本屆 IUGG 國際會議人員至少包括本部地政司及學術單位(國立陽明交通大學、國立成功大學、國立政治大學、國立臺北大學)等專家學者，涉及的研究領域涵蓋衛星定位、衛星定軌、電離層分布、衛星測高、地球重力場、時變重力等，透過此次大會與國際相關領域研究人員交換意見，溝通交流，期對我國未來大地基礎科學與應用有實質的助益。

四、會議舉辦地點

德國柏林城市會展中心(CityCube Berlin)



圖 2-2 德國柏林城市立方會展中心

五、會議舉辦單位

(一)主辦單位：德國地理研究中心-波茲坦亥姆霍茲中心(GFZ Helmholtz-Zentrum Potsdam)

(二)協辦單位：HELMHOLTZ、GeoX、BGR、Federal Agency for Cartography and Geodesy、GEOMAR

(三)贊助單位：AIRBUS、ESA、QuantumFrontiers、EPOS、GEO8、HEXAGON、IUGS、nanometrics、NCM UAEREP、AGU



圖 2-3 會議贊助商看板

參、會議重要內容

一、會議議程

2023 年第 28 屆國際大地測量與地球物理聯合會 (IUGG) 大會於德國柏林舉辦，會議舉辦期程自 7 月 11 日至 20 日，為期 10 天，其中 11 日與 20 日為聯合會與各協會的工作會議，實際論文發表期程為 12 日至 19 日，除了論文發表，還邀請各領域專家發表專題演講，及邀請相關領域學者就關鍵議題進行主題座談，並和現場參與者相互交流意見。

大會會議每天會分成 5 個時段，分別為早上的 AM1 與 AM2 時段，中午時段則進行主題座談，下午為 PM1 與 PM2 時段，按照 8 個協會專業領域，分別訂定不同研究子議題，在約 36 個場館同時進行論文發表。各專業領域中與所執行的業務最為相關的是國際大地測量協會 (IAG) 研究領域，因此表 3-1 列出與會期間 IAG 各研究子議題發表時程。

	TUESDAY 11 July	WEDNESDAY 12 July	THURSDAY 13 July	FRIDAY 14 July	SATURDAY 15 July	SUNDAY 16 July	MONDAY 17 July	TUESDAY 18 July	WEDNESDAY 19 July	THURSDAY 20 July			
08:30-09:00	Business Meetings (by invitation only)	AM1 Sessions								Business Meetings (by invitation only)	08:30-09:00		
09:00-09:30		AM1 Sessions									09:00-09:30		
09:30-10:00		AM1 Sessions									09:30-10:00		
10:00-10:30		Break									10:00-10:30		
10:30-11:00		AM2 Sessions		Union Lectures		AM2 Sessions		Union Lectures			AM2 Sessions		10:30-11:00
11:00-11:30		AM2 Sessions		Union Lectures		AM2 Sessions		Union Lectures			AM2 Sessions		11:00-11:30
11:30-12:00		AM2 Sessions		Union Lectures		AM2 Sessions		Union Lectures			AM2 Sessions		11:30-12:00
12:00-12:15		Break									12:00-12:15		
12:15-12:30		Break		Big Themes				Break			12:15-12:30		
12:30-13:15		Break		Big Themes				Break			12:30-13:15		
13:15-13:30		Break		Big Themes				Break			13:15-13:30		
13:30-14:00		Break		Big Themes				Break			13:30-14:00		
14:00-14:30		Break		Big Themes				Break			14:00-14:30		
14:30-15:00		Break		Big Themes				Break			14:30-15:00		
15:00-15:30		Break		Big Themes				Break			15:00-15:30		
15:30-16:00		Break		Big Themes				Break			15:30-16:00		
16:00-16:30		Break		Big Themes				Break			16:00-16:30		
16:30-17:00		Break		Big Themes				Break			16:30-17:00		
17:00-17:30		Break		Big Themes				Break			17:00-17:30		
17:30-18:00		Break		Big Themes				Break			17:30-18:00		
18:00-18:30	Break		Big Themes				Break		18:00-18:30				
18:30-19:00	Break		Big Themes				Break		18:30-19:00				
19:00-19:30	Break		Big Themes				Break		19:00-19:30				
19:30-20:00	Break		Big Themes				Break		19:30-20:00				
20:00-20:30	Break		Big Themes				Break		20:00-20:30				
07:30-18:00	Registration								07:30-18:00				
10:00	Exhibition		Exhibition		Exhibition		Exhibition		Exhibition		10:00		
18:30	Exhibition		Exhibition		Exhibition		Exhibition		Exhibition		18:00		
20:30	Exhibition		Exhibition		Exhibition		Exhibition		Exhibition		20:30		

圖 3-1 大會議程

ASSOCIATION	WEDNESDAY 12 July	THURSDAY 13 July	FRIDAY 14 July	SATURDAY 15 July	SUNDAY 16 July	MONDAY 17 July	TUESDAY 18 July	WEDNESDAY 19 July
Union	Lectures				Union Lectures AM3		Union Lectures AM2	
	Symposia	U01 AM1+2 & PM1+2	U02 AM1 & AM2		U03 PM1 & PM2	U04 AM1 & AM2		
IACS								
IAG								
IAGA								
IAHS								
IAMAS								
IAPSO								
IASPEI								
IAVCEI								

圖 3-2 各協會辦理論文發表日程表

表 3-1 與會期間 IAG 各研究子議題發表時程

時段	7/13	7/14	7/15	7/16	7/17	7/18
AM1	G05e	G05i	-	G02c	G03a/G02d/G06c	G06g/G01c/G03e
AM2	G05f	-	-	-	G03b/G02e/G06d	-
PM1	G05g	G05j	G02a	G06a	G03c/G02f/G06e/G01a	G06h/G01d/ G03f/G04a
PM2	G05h	G05k	G02b	G06b	G03d/G02g/G06f/G01b	G06i/G01e/G04b

圖 3-3 電視牆顯示當天會議場次時間、論文題目與發表場館

IAG 領域主要分為 6 個子研究議題，各子研究議題的內容概略說明如下：

(一)G01 參考系統與框架(Reference Systems and Frames)

參考系統和框架對於衛星導航、地理空間應用相當重要，精確和準確的參考系統讓我們對地球系統及其時間變化更加了解，包括地球的自轉和重力場、海平面變化及其對全球環境的影響、板塊運動、冰川均衡調整、地心運動、地震週期造成的形變、陸地蓄水、冰蓋融化、海洋和大氣負載以及火山運動等。另外對 GNSS、SLR、DORIS 及任何帶有地球環境監測（例如用於海洋和冰蓋測高、InSAR、重力測量和 LiDAR 的感測器）的觀測衛星或飛機的定位也很重要。此外，需要陸地坐標系、天體坐標系和地球自轉的一致性，以實現 VLBI 觀測所提供的方向和尺度的內在穩定性。

這個子題有許多關於參考系統的理論和區域陸地參考系的實現及其上述及其他各種應用的論文，大地測量技術透過對系統誤差進行新的改進以及利用地球低軌衛星精進全球框架，也是本子題非常有趣的議題

(二)G02 靜態重力場與高程系統(Static Gravity Field and Height Systems)

高精度和高空間解析度的全球和區域靜態重力場模型提供了許多的重要資訊，其對於統一現有高程系統和建立國際高程參考系統（IHRF）、慣性導航、平均動態海洋地形和地轉洋流（與衛星測高相結合）的推導以及約束岩石圈結構的地球物理模型有相當的助益。這些模型的輸入數據，主要是 CHAMP、GRACE、GOCE、其他低地球軌道衛星、衛星測高、地面、空中和船載觀測數據。先進的地面和衛星感測器發展、量子重力儀和光學時鐘等新測量技術，將被導入並完善絕對重力儀、超導重力儀和其他相對重力儀的重力觀測。這個子議題有許多全球和區域高解析度重力模型開發和分析評估，及對地球物理和海洋學應用，以及未來重力場的任務。另一個焦點是現代高程系統的確定，特別是精確大地水準面模型的建立、國際高程參考系（IHRF）的建立以及垂直基準統一的理論和方法。



圖 3-4 會議部分場館

(三)G03 時變重力場(Time-variable Gravity Field)

隨時間變化的地球重力場與地球系統（包括大氣、海洋、水文和冰凍圈）內的質量傳輸和物理過程有關，例如冰蓋和冰川的融化、海洋環流和海平面變化、水文循環、冰後反彈和地震引起的重力變化。衛星重力測量任務特別是「重力恢復和氣候實驗(Gravity Recovery and Climate Experiment, GRACE)」和接續衛星計畫「GRACE Follow-on(GRACE-FO)」，以前所未有的精度和解析度提供了新的數據，結合來自其他太空任務的觀測數據，例如 Jason-1/2、ICESat、Cryosat-2、GNSS 和 InSAR 等，已廣泛用於研究海洋-陸地水循環和地球內質量變化以及對氣候變遷的反應。

(四)G04 地球自轉與地球動力學(Earth Rotation and Geodynamics)

這個子題討論利用大地測量技術研究地球自轉和地球動力學的最新進展，相關地球物理現象包括與地球形狀、重力場和地球自轉變化的等。為了瞭解這些物理現象，必須對地球自轉和定向進行廣泛觀測、分析和理論研究，具體而言包括極移、世界時或日長、歲差、章動、以及毫米等級的地球與天體參考框架之間的轉換參數。另外，透過太空中和地面上的地球感測器，測量地球靜態和時變重力場，並進行重力模型的比較。而就固體地球形變而言，相關研究還需考慮潮汐過程（固體地球和海洋潮汐）、地球自由振盪、板塊運動引起的地殼和地幔形變以及均衡調整等。

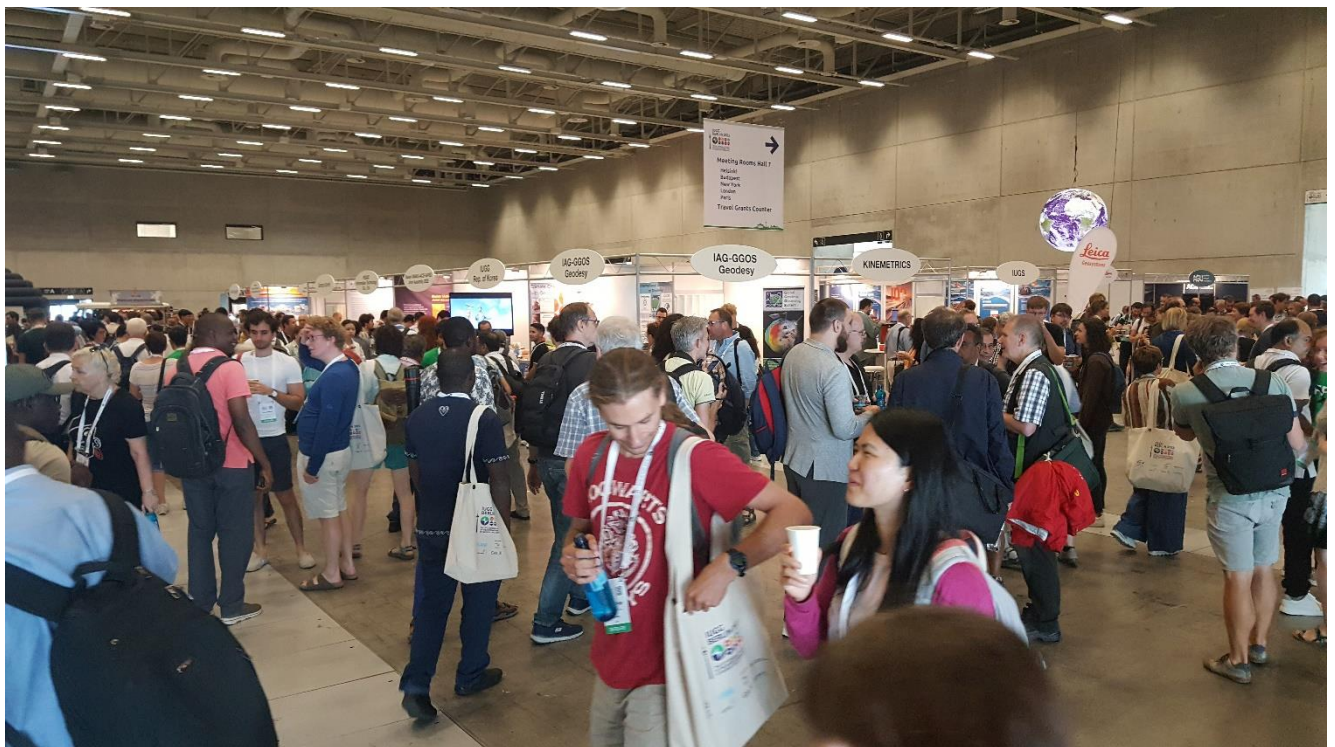


圖 3-5 會議辦理情形(一)

(五)G05 多訊號定位、遙感探測與應用(Multi-signal positioning, Remote Sensing and Applications)

現今，定位應用既廣泛又多元，可以僅使用來自單個系統的單個訊號來完成，但更常見的是，透過合併來自不同系統的多個訊號來完成。這些應用包括以地面、空載或太空載具以訊號傳遞方式對地球表面下方、附近或上方(包括大氣層)等環境進行遙測。這個子議題重點在於討論多訊號定位、遙感探測的相關應用和理論以及創新應用。其他相關子議題包括自動駕駛車輛的導航、計時和導引系統、智慧交通系統、個人移動等應用，也將稍有討論。另外，在幾乎無 GNSS 環境的室內進行定位，其解決方案及替代的定位技術，包括運作模式與架構；或使用低成本感測器(例如手機)進行地理空間測繪、工程施工、建物監測、土石流或地層下陷；或使用多星系訊號源的技術整合與應用等課題，也都具有相當的挑戰性，這個子議題將有充分討論。

(六)G06 大地觀測量監測與理解動態地球(Monitoring and Understanding the Dynamic Earth with Geodetic Observations)

地球形狀、自轉和重力的大地測量顯示，這些地球特性在大時間尺度上發生變化，反映了它們受到從外部潮汐力對地表的影響過程(包含大氣、海洋和水循環)，及對地球內部(地核-地幔邊界)作用過程。因此，對地球形狀、自轉和重力的測量可更清楚地了解整個地球系統內的質量傳輸，從追蹤水在大氣、海洋和陸地中循環時的各個階段型態變化，到相關的地殼形變，包括板塊運動和冰川均衡調整和慣性振盪。大地測量為地球科學的未來發展奠定了關鍵且重要的基礎。透過將地球系統視為一個整體(包括地圈、水圈、冰凍圈、大氣層和生物圈)，以大地測量技術監測地球系統組成部分及其相互作用，並從大地測量的角度進行研究，大地測量為全球地球科學界提供了一個強大的工具，主要包括標準和參考框架，以及理論和觀察創新。地球觀測不僅用於科學研究，還用於社會應用，如防災減災、管理能源、水和糧食等資源、減輕氣候變化的影響以及保護生物圈、環境和人類健康等。大地測量為地球觀測提供了計量基礎，並提供了確定地球系統中質量傳輸的過程。因此，大地測量是科學研究和社會應用所需的地球觀測系統的基石。這個子議題將強調大地測量對於監測和理解動態地球系統的重要性，以造福於科學和其他領域。



圖 3-6 會議辦理情形(二)

二、會議紀要

(一) 20230713 G05h

這個場次報告主題環繞在利用全球衛星定位系統干涉反射(GNSS-R)測量技術的應用，該項技術是透過分析接收儀接收到的原始訊號(或是直接訊號)與反射訊號間的相位差異，以獲取接收儀周圍環境的特性，近期知名的研究任務為我國 2023 年 10 月 9 日順利發射升空之首枚自製氣象衛星「獵風者」(Triton)。研究採用直接訊號與反射訊號間的信噪比(Signal-to-Noise Ratio, SNR)，進行遠距離邊坡監測，經過長時間監測與運用信噪比的震盪模式，顯示這樣的作法具有數據量小、計算負擔小、監測範圍長等優點。另外亦有採用這類的觀測數據，融合遙感探測觀測影像，可無須在現場即可估算土壤濕度，不僅提升準確度也不易受氣象條件影響。

再者有利用這類觀測數據搭配機器學習機制，發展出海面有害藻類快速檢測方法，結果顯示分類準確率高達 95%以上。另外本部委託國立成功大學以無人船(USV)進行水文測量研究，USV 具有重量輕、吃水淺且機動性高的特性，使其非常適合在有人駕駛船隻無法進入的淺水水域和停泊區域航行。這項研究結合全球導航衛星系統(Global Navigation Satellite System, GNSS)和慣性導航系統(Inertial Navigation System, INS)，以提高 USV 姿態和定位精度，特別是在垂直方向上。改進後的姿態數據可用於船舶姿態修正，透過結合定位結果、GNSS 天線和多波束迴聲測深儀之間的垂直偏移以及不同處理方式的水文測量結果，並獲得海底的橢球高度，以評估水文測量高度現代化的有效性。

(二)20230714 G05i

這個場次報告主題環繞在動態定位的分析應用，包括利用 BDS/GPS/GLONASS/Galileo 的高採樣率觀測資料對 2021 年 Madoi 發生地震矩規模 7.4 的強震進行分析，簡單而言，利用多頻率和多星系衛星觀測數據可獲得動態物體的速度，將速度積分可獲得其同震位移。研究顯示北斗星系(BDS)和 GPS 星系間時鐘偏差對速度和位移估計的影響很小，在第三頻率(L3)的輔助下，成果精度並沒有顯著的提升，此外，利用北斗三號反演地震波形之精度較北斗二號星系提升近 50%，這是因為北斗三號擁有較佳的觀測量品質與衛星幾何強度，透過與多星系的融合計算，更可以凸顯其優勢，提升地震研究成果精度。

另外，利用 GNSS 監測工程結構的位移、傾斜等，已是普遍使用的技術，然而使用具備大地測量精度的雙頻接收儀進行監測，仍有成本高昂的考量，若利用多星系多元觀測量並以緊密排列雙接收儀的方式，對其觀測量進行必要的誤差分析，結果顯示低成本 GNSS 接收儀可以達到雙頻大地測量接收儀相同的監測精度。除了工程上的應用，以低成本接收儀在精確單點定

位模式下，具有天氣監測的發展潛力，後續仍須進一步的分析研究。

Summary

- Since GNSS observations provide a high spatiotemporal resolution, they are an effective data source for ionospheric research.
- Smartphone GNSS sensors are much cheaper than classical geodetic receivers and can also be used for detecting ionospheric parameters.
- The availability of these low-cost receivers would enhance the density of GNSS data, and thus enrich GNSS-related applications.
- Using GNSS geodetic data, we can examine the effects of ionospheric irregularities on smartphone observations.
- The purpose of this research was to detect ionospheric irregularities using smartphone GNSS data.

14

5 Conclusion

Combining GNSS/LEO to produce Global/Regional Ionospheric products

Data Source	GPS-only	Multi-GNSS	GNSS+LEO
STEC Product	CCL STEC	UD-PPP STEC	PPP-Fixed STEC
GIM Product	Post GIM	Real-time GIM	GNSS DCB LEO DCB
Applications	Space Weather	SF-PPP	PPP-RTK

25

GIX, SIDX, and ROTI indices

Jakowski, N., & Hocke, M. M. (2019). Estimation of spatial gradients and temporal variations of the total electron content using ground-based GNSS measurements. Space Weather, 17, 339–356. https://doi.org/10.1029/2018SW002179

Gradient Ionospheric Index (GIX)

Zonal gradients
 $\nabla TEC_x = \nabla TEC_{ij} \cdot \sin \delta$

$$GIX = \langle \nabla TEC \rangle = \sqrt{\langle \nabla TEC_x \rangle^2 + \langle \nabla TEC_y \rangle^2}$$

<> indicates averaging over a defined area

Sudden Ionospheric Disturbance Index (SIDX)

Meridional gradients
 $\nabla TEC_y = \nabla TEC_{ij} \cdot \cos \delta$

$SIDX = \left\langle \frac{\partial TEC}{\partial t} \right\rangle \approx \frac{1}{N} \sum_{l=1}^N ROT^l$

<> indicates averaging over a defined area

Rate of TEC Index (ROTI)

Rate of TEC (ROT)
 $ROT = \frac{TEC_k - TEC_{k-1}}{t_k - t_{k-1}}$

$ROTI = \sqrt{\langle ROT^2 \rangle - \langle ROT \rangle^2}$

<> indicates averaging over a defined time window

Session 0206 - Multi-signal positioning, Remote Sensing and Applications, 14 July 2023
2023 IUGG General Assembly, Berlin, Germany, 11-20 July 2023

IUGG BERLIN 2023

圖 3-5 論文發表情形(一)

(三)20230714 G05j

這個場次報告主題環繞在對流層參數估算，近幾年來，極端氣候的顯現越來越頻繁，GNSS 也已經被認為是探測大氣中水氣成分的重要技術之一，而水氣參數對研究極端氣候扮演著舉足輕重的角色。隨著全球地面接收站快速的建置，利用 GNSS 研究水氣成分也經歷了前所未有的快速發展，同時，人工智慧研究又再次獲得人們的重視，兩個技術的結合，賦予科學家對大地數據蒐集和分析的能力，可了解極端氣候的大氣動力形成、演化和消退的過程，進而提升預測極端氣候的準確度，特別是強降水涵蓋範圍、規模、時間段和機率，以防止大型災害的發生。

另外無線電探空儀觀測從地球表面到高空不同高度的壓力、溫度、濕度和風速風向等，這些觀測數據對於了解天氣和氣候的動態變化過程非常有用。著名的無線電探空儀檔案包括“懷俄明大學大氣科學無線電探空儀檔案”和“綜合全球無線電探空儀檔案”，一般使用者可以公開取得歷史數據，但使用過程中，發現部分觀測站的第一層無線電探空數據的高度並不準確（誤差可達 1000 公尺），其會影響高程研究和應用。研究提出了一種檢測和恢復第一層高度的方法，使用第一層和第二層的壓力、溫度和相對濕度以及第二層的高度來估計第一層高度。實驗顯示，估計高度的精度為 2 至 3 公尺，可以滿足大多數常規應用的要求，並利用恢復的數據生成了 GNSS 氣象的水氣加權平均溫度模型，比原始數據生成的模型更準確。由於此方法的不需要外部數據，因此易於使用。

(四)20230714 G05k

這個場次報告主題環繞在電離層參數估算應用，利用 GNSS 觀測量可計算獲得電離層分布資訊，或是可以利用模型估算或是實際資料預估的電離層資料，回饋給定位需求者，加速並提高定位精度。IGS 即利用全球 GNSS 觀測站，提供全球電離層資訊，該項成果廣泛應用於定位、導航、授時和監測等，然這項服務受限 STEC(Slant Total Electron Content)傳統計算方法的限制，當映射到 VTEC(Vertical Total Electron Content)時，其精度將降低，未能滿足目前快速發展的 RT-PPP。有學者提出利用非差分組合的 PPP 計算 STEC，並以零基線或短基線方法評估不同方法的 STEC 精度，研究顯示當採用週波未定值固定的 PPP(Precision Point Positioning)代替 CCL(carrier-to-code leveling)方法，STEC 精度可大幅提升，有利於進行電離層活動監測。

另外，智慧型手機已經是現代人生活不可或缺的一項民生用品，也幾乎都內建 GNSS 模組，因此有學者提出利用智慧型手機接收 GNSS 原始數據加密大地測量接收儀所佈建的網絡

的概念，由於智慧手機的普及性高，可提供更多的觀測數據，從而加強 GNSS 相關應用能力，其資料獲取成本將低於使用大地測量接收儀，凸顯其具有低成本效益的優勢。研究從 Google Pixel4 XL 獲取 GPS 和 Galileo 雙頻觀測量，並進一步分析電離層不規則變化對智慧型手機的 GNSS 觀測量的影響，以評估其後續應用的可能性。

(五)20230715 G02a

這個場次報告主題環繞在提供重力場相關模型服務，已有近 20 年歷史的國際全球地球模型中心(International Centre for Global Earth Models, ICGEM)是國際大地測量協會 (IAG) 國際重力場服務 (International Gravity Field Service, IGFS) 的五個服務之一，為科學界提供了靜態的、具時間性和地形起伏的全球重力場模型 (Global Gravity field Models, GGM)。此外，ICGEM 還提供重力可視化服務以及理論教程。然而，當前的服務無法因應地球重力場模型領域的快速進步，以及其在地球科學中的廣泛應用，因此迫切需要對現有服務的資料庫、研究數據和詮釋資料進行擴充、現代化和升級。報告中預告即將推出一項新的的計畫，該計畫將通過提供額外的數據和依循 FAIR 原則(Findable, Accessible, Interoperable and Reusable) 的基礎建設來改進、實現和擴展 ICGEM。額外的數據包括具有跨學科重要性的新重力場相關數據 (例如測高網格、DEM 等)、新計算的重力場函數 (例如均衡重力異常) 和易於計算的重力函數網格，也將完善評估工具，建立數據和詮釋資料標準。新的入口網站將與其他國家和國際研究計劃 (例如 GGOS、NFDI4Earth) 相互鏈接並改進公共宣傳策略，這需要與世界各國地球重力場研究單位密切聯繫和溝通。

另外全球大地水準面在世界高程系統中扮演關鍵角色，有學者基於淺層法建立 5' x5' 全球大地水準面模型 (GGM2022)，其選擇低於 EGM2008 全球大地水準面 15 公尺的內表面 E，E 與地球地理表面所圍成的層稱為淺層，在密度模型 CRUST2.0/ CRUST1.0 的基礎上，考慮冰蓋和陸地-海洋交叉區域的影響，使用細化的 5' x5' 地殼密度模型 CRUST_re 推算了 3D 淺層模型。根據大地水準面上的位能常數定義，確定了 E 以外整個區域的擴展重力場模型 EGM2008e，進而建立 5'x5' 全球大地水準面模型 GGM2022，經計算顯示，在美國、歐洲和中國西部地區，GGM2022 比 EGM2008 全球大地水準面更吻合現有的 GPS/水準測量數據。

(六)20230715 G002b

這個場次報告主題環繞在區域性的大地水準面模型或高程基準，印尼地理空間資訊局 (Badan Informasi Geospasial) 於 2020 年發布了 INAGEOID2020 作為垂直參考框架，其自 2008 年以來結合空載重力和地面重力觀測數據計算所建立，並使用殘餘地形模型 (Residual

Terrain Model, RTM) 來解決地形造成的影響，大地水準面計算則採用移除-恢復(Remove-Compute-Restore, RCR)法。透過 GNSS/水準觀測進行評估 INAGEOID2020 的準確性，結果顯示在印尼的幾個大島嶼上獲得了 5 至 28 公分的標準偏差。為了達到在整個印尼地區均為 5 公分的精度，需要對空載重力數據進行加密。2021 年和 2022 年，使用 GT-2A 重力儀以 2Hz 的間隔採樣在加里曼丹島進行了額外的空載重力調查。

主線的線距設置為 10 海浬，交叉線的線距大約 100 海浬。飛行航線位於之前調查（2009 年和 2010 年）的航線之間。2021 年主線和交叉線交叉評估的重力值平均值為 2.03 mGal，標準偏差為 1.50 mGal。2022 年測量結果顯示平均值為 1.25 mGal，標準偏差為 0.74 mGal。再使用新的重力觀測數據對大地水準面重新模式化，並重新分析大地水準面模型的精度。結果顯示西加里曼丹和東加里曼丹的大地水準面模型與 GNSS/水準觀測之間的平均差異分別為 3.11 和 5.05 公分，更新後的大地水準面模型較當前模型有顯著的改進。

另外，歐洲陸地參考系統 1989(Europen Terrestrial Reference System 1989, ETRS89)是歐洲大陸靜態的陸地參考系統，為歐盟所認可，相較之下，各國高程網仍然是根據不同的潮汐測量和標準（高度類型、潮汐系統）進行水準測量，不同的高程定義，導致邊界上的高程差異高達數十公分。基於 GNSS 的高程測量已獲得廣泛的應用，也增加了對大地水準面模型作為跨境高程參考的需求。對於歐洲大陸的大部分地區，歐洲聯合水準網根據歐洲高程參考系統(Europen Vertical Reference System, EVRS)提供統一高程，但 EUREF 尚未正式採用相應的高度參考面。EUREF 的歐洲統一參考高程工作小組於 2021 年決議成立，旨在增強歐洲高程在土木工程、數值高程模型等實際應用中的可使用性，主要目標是建立歐洲高程參考高度參考面(EHRS)，其係由 GNSS 水準控制點(EHRS_CP)觀測數據並架構在最新的 ETRS89 和 EVRS。此外，有關國家空間參考系統的資訊，包括高程和大地水準面模型，應透過歐洲坐標參考系統之資訊和服務系統（CRS-EU）提供。

(七)20230716 G02c

這個場次報告主題環繞在提供重力演算與分析，研究借助立方稜柱產生的重力場表達式，建立了海底深度與海洋表面重力數據之間的分析關係，以解析方式，對重力數據反演海底地形的的方法進行了詳細研究。該研究驗證了可以分別從大地水準面高度、重力異常和垂直重力梯度來解析反演海底地形。此外，為了消除遠區域地形對求解海底地形的影響，研究中提出了“移除-恢復”方法。研究結果顯示，使用該方法後，遠區域地形對海底深度影響僅有 2%，特別是此研究方法可以直接處理來自衛星測高的大地水準面高度。

另外，有研究推導利用重力梯度全張量推導測深公式，再利用衛星測高資料推導研究區的重力梯度全張量；最後，透過數值實驗對所提出的算法進行驗證。結果顯示，各張量分量均可以用於測深反演，但在反演中的表現有所不同，研究將持續對可能的原因進行分析。



圖 3-6 論文發表情形(二)

(八)20230716 G06a

這個場次報告主題環繞在介紹全球地球觀測相關組織和服務介紹，全球大地觀測系統 (Global Geodetic Observing System, GGOS) 運用全球大地測量技術對地球系統觀測和監測做出貢獻。大地測量學是確定地球形狀、重力場及隨時間變化自轉的科學研究，實現這一目標的關鍵是穩定且一致的大地測量參考框架。GGOS 致力於促進和實現監測、繪製和了解地球形狀、自轉和質量分佈變化所需的地球觀測數據的獲取和共享，並提倡將全球大地測量參考框架作為測量、解釋全球變化過程及基本的地理空間設施的重要骨幹，以確保全球同質與持續的發展。此外，GGOS 透過加強外部和跨學科合作關係，以及對更多社群提出貢獻來支持 IAG，包括地球觀測組織(Group on Earth Observation, GEO)和相關聯合國團體，特別是 UN-GGIM 大地測量小組委員會和新的聯合國全球大地測量卓越中心。

另外自 1993 年以來，衛星測高已發展成為一種獨特的、可操作的大地測量遙感測量系統，提供了前所未有的觀測數據，促進了地球科學跨學科領域的開創性研究，包括氣候監測、氣象和海洋環流預報、垂直基準實現、海事安全、海洋污染追蹤服務、洪水和水資源管理、能源等領域的大地測量和氣候研究。衛星測高衛星群能提供絕佳的時空解析度和精度數十年、連續且一致的大地測量和氣候數據記錄。創新儀器已從脈衝限制發展到延遲多普勒 (或是 SAR)、KaRIn、ATLAS 和星載雷射雷達測高儀，以及最近在雙基地雷達測高中利用新的微波遙測技術 (Signals-of-opportunity, SoOp) 衛星源，包括 L-頻段 GNSS 反射計啟用測高儀、P 頻段和其他雷達頻段 SoOP 信號感測器/測高儀。衛星測高的進步為所有科學研究和應用提供了重大機遇和挑戰，這比以往任何時候都更需要在國際大地測量協會 (IAG) 下建立國際高度測量服務 (International Altimetry Service, IAS)，因為 IAS 的目標是建立協調委員會、分析和數據中心，及召集並建立與現有高度測量數據產品服務的科學家和關鍵技術管理者的交流。

(九)20230716 G06b

這個場次報告主題環繞在各國投入大地測量的情形，其中芬蘭國家土地測量局的梅察霍維大地測量研究站 (MGRS) 位於北緯 60° 的芬蘭南部，在過去 45 年不斷為大地測量和地球動力學研究提供高品質的大地測量數據。這些觀測始於 1978 年的衛星雷射測距 (Satellite Laser Ranging, SLR)，後來擴展到包括所有主要的大地測量技術，包括全球導航衛星系統 (GNSS)、甚長基線干涉測量 (Very Long Baseline Interferometry, VLBI)、多普勒軌道測量整合衛星無線電定位 (Doppler Orbitography by Radiopositioning Intergrated on

Satellite, DORIS) 以及超導和絕對重力測量，全部位於 MGRS。在過去的十年中，MGRS 經歷了儀器和基礎設施升級，以滿足全球大地觀測系統 (GGOS) 和 1 毫米全球參考框架的高精度數據要求。MGRS 也是芬蘭對聯合國大會 2015 年第 69/266 號決議“促進永續發展的全球大地測量參考框架”所做貢獻的重要基地。GGOS 大地觀測核心站 (例如 MGRS) 為維護國際地球參考框架 (International Terrestrial Reference Frame, ITRF)、監測地球在太空中的方向、全球板塊運動以及計算衛星 (包括定位衛星) 精確軌道提供觀測數據的重要設施。

另外，多達 6 家日本國家研究所一直在日本和南極洲營運設有 VLBI 和/或 SLR 的大型大地測量儀器，且它們皆獨立地參與每項大地測量服務。2013 年日本發起了“GGOS 工作組”，以加強日本機構和全球大地測量學者之間的交流，並鼓勵各項技術合作。日本 GGOS 基本上設有一名主席、一名秘書、一名外展代表、工作組，及每種大地測量技術 (VLBI、SLR/LLR、GNSS、DORIS 和重力測量) 代表，並支持國內和國際會議的科學會議。在這 10 年的歷史中，它於 2017 年被定位為 GGOS Affiliate，並於 2019 年更名為“GGOS Japan”，經常舉辦各類主題性的活動。目前正為未來日本 GGOS 核心站尋找最佳的地點，期望與國際社群合作，特別是與其他 GGOS 附屬機構。

再者，全球大地觀測系統 (GGOS) 是國際大地測量協會 (IAG) 的旗下組織之一，是科學界連結大眾社會的窗口。它與其他 IAG 組織一起進行監測地球系統和全球變化研究。GGOS 提供了一個討論多元技術進行大地測量與地球觀測的論壇，致力於提高觀測技術的品質，並鼓勵各區域性機構彼此之間互相合作。基於上述 GGOS 的理念，德國、奧地利和瑞士 (D-A-CH 地區) 的 GGOS 區域性組織為了發揮更好的 GGOS 的傳統和潛力，三個國家大地測量委員會共同成立了 GGOS D-A-CH，並於 2021 年被核准為 GGOS 分支機構。目前的活動主要致力於整合 GGOS 各研究提案，特別是涉及大地測量學的三大主題 (幾何、重力場、地球自轉)，與觀測模型、大地測量模型、和地球系統模型。



圖 3-7 論文發表情形(三)

(十)20230717 G02d

這個場次報告主題環繞在重力場模型建立與誤差分析，為了提高重力位能場模型達到公分等級大地水準面的目標精度，必須改進山區區域重力場模型。從「科羅拉多州 1 公分大地水準面實驗」顯示，模型差異與地形有強烈的相關性。這意味著目前模擬地形重力效應的方法在地形梯度較強的地區是不夠的。因此，為了在山區獲得更好的成果，有必要進一步研究高頻地形效應以及對重力場建模的影響。此外，需要進行實際的誤差評估，以判別和減少區域重力場建模中的主要誤差來源。研究中計算了幾個區域模型來評估歐洲阿爾卑斯山示範區域的不同地形重力場模型，將所得的區域重力場模型相互比較，並根據來自地球重力觀測、GNSS 水準測量和垂直偏差的獨立數據進行測試。透過結合這些驗證數據，可以評估重力場模型的不同面向，從而評估不同波長下的模型精度。不同驗證技術和資料類型的組合還可以幫助區分驗證資料的模型錯誤和系統錯誤。研究目的在為不同模型得出現實環境的不確定性估計，並判別區域重力場建模中可能存在的誤差，並著重於地形重力效應。

此外，學者憑藉最新的空載重力測量技術和適當的飛行測量設計，空載重力測量向量是可實現 1.5-2 公里的高解析度和亞毫伽的精度。除了垂直分量之外，還可存取重力測量的水平分量。學者研究了最具挑戰性的地區之一「科羅拉多州 1 公分大地水準面實驗」中水平分量在大地水準面計算中的貢獻。計算 Helmert 空間中使用合成資料的一階積分，其是 inverse Poisson 積分和 Hotine 積分轉換的組合，因此將橢球體處的干擾勢與該表面處或上方的重力干擾相關聯。結果顯示，與常規做法相比，使用分散的水平分量可將大地水準面的精度提高 20%，且使用水平分量有助於降低所需的測量飛行線密度，提高大地水準面高度的準確性，並消除對分散觀測值進行網格化的不必要步驟。

(十一)20230717 G02e

這個場次報告主題環繞在高程的未來展望，國際高程參考系統(International Height Reference System, IHRS)由國際大地測量協會(IAG)於 2015 年所提出，為提供全球性的標準以精確測定物理高程。IHRS 是基於兩個元素的組合，1 個是由國際地球參考框架(ITRF)所定義出的大地幾何坐標，另 1 個是該坐標的物理位能值。國際高度參考框架(International Height Reference Frame, IHRF)則是 IHRS 的具體實現，其透過兩種方式實現 IHRS：數學上，透過一組全球分佈的參考站；物理上，透過精確確定參考站的位能值。在 IAG 主辦的國際合作下，IHRF 參考網的選站工作已經完成。目前的工作集中在確定全球 IHRF 參考站的位能值，且在評估不同的方法後，已經制定了一個標準程序，用於從現有區域和全球重力場模

型推斷位能值，並將應用於發布 IHRF 初步解決方案。

另外，區域高程參考框架通常透過大地水準網維繫，但水準觀測工作量大、成本高、效率低，這使得高程參考框架的維護相當困難，特別是在地面沉降地區。研究提出一種基於 GNSS 參考站資料動態維護區域高程參考框架的方法，旨在減少工作量和成本，並增加時效性。此方法選取 GNSS 參考站作為區域高程參考框架的核心節點，利用 GNSS 觀測資料和地表質量負載資料（包括陸地水儲量、海平面高度和大氣壓力等）來確定正常高的變化，再進行更新這些核心站的正常高。研究利用 5 個 GNSS 參考站 8 年的觀測資料、和沉降區的地表質量負載資料進行計算，並和大地水準測量資料進行了驗證分析。結果顯示：GNSS 數據與表面質量負載數據相結合所決定的法向高度變化精度優於 11 毫米、1 個月正常高變化最大外推誤差為 13 毫米、藉由應用由表面質量負載使用移除回復技術和質量負載格林函數(Green function)積分法計算所得高程異常變化的改正，正常高變化精度可獲得顯著的提升。

再者，正如已經發生並將繼續發生的情況一樣，大多數高程坐標將透過衛星觀測(GNSS)技術而不是水準測量獲得，因為操作簡單、成本較低且精度足夠，水準測量將用於受限區域和適當的應用。大地測量的衛星觀測獲得的高程是參考橢球高，本質上是幾何高，但其並無法實際應用，因為橢球高參考面，即參考橢球體，與現實世界沒有實際關連。為了得以實際應用，高程必須參考大地水準面，即垂直於大地參考面。大地測量高度必須透過減去大地水準面高度轉換為實際高度。有趣的是，使用這種方法的使用者不需要觀察重力。如果需要正高以外的其他定義的高度，例如動力高和正常高，則尺度必須修正，且需要重力的資訊。學者於論文中詳細說明有關的理論推展，並著眼於未來，水準測量僅需考慮近似大地水準面，即可明確定義相對於大地水準面的所有實際高度。

(十二)20230717 G02f

這個場次報告主題環繞在重力儀比對與國際地球重力參考框架的實現，過去幾年 IAG 已經定義了現代化的國際地球重力參考系統(International Terrestrial Gravity Reference System, ITRGS)，其是基於自由落體的瞬時加速度，並以國際單位制 (SI) 表示。而國際地球重力參考系 (International Terrestrial Gravity Reference Frame, ITRGF) 以精度為數微伽 ($1 \mu\text{Gal} = 10^{-8} \text{ m/s}^2$) 的絕對重力測量觀測數據具體實現 ITRGS。傳統模型對於觀測量中與時間相關的修正已經被提出，其和前版的標準相容。目前情形顯示具有充足的儀器設備後，足以取代現今採用的 IGSN71。必需別強調的是，建議將時變重力修正的分量作為系統定義的一部分，以及不同級別儀器比對的重要性，以確保共同的參考基準。監測絕對重力儀穩

定性的參考站將在 ITGRF 中發揮關鍵作用，與空間大地測量技術的協同定位將提供與國際地球參考框架 (ITRF) 和 GGOS 的連結。建立相容的一階重力網並分享絕對重力觀測資訊並提供使用者存取權限，需要與世界各地國家當局的支援和合作。

此外，2022 年北歐絕對重力儀比對在瑞典查爾姆斯大學昂薩拉太空天文台舉行，由北歐大地測量委員會號召，在三個地點進行比對，並由翁薩拉的 SG054 超導重力儀同步監測，參與比對的儀器包括 FG5X 重力儀 6 台，FG5 重力儀 4 台，A10 重力儀 2 台，AQG 原子重力儀 1 台。透過比對，參與者（尤其是北歐國家的參與者）能確保它們的重力觀測成果相容（一致的）。這對於使用這些儀器進行的芬諾斯坎迪亞冰期後反彈研究非常重要。

另外也有學者為 FG5/FG5X 重力儀開發了一種新的測量系統，該系統也可以與重力儀原有的測量系統並行運作。此外，還開發了一種使用位置偵測器來分析自由落體物體橫向運動的新方法。這些改進使我們能夠確定原始系統因干涉訊號失真、阻抗失配、電色散、垂直度失準和科氏效應而隱藏的誤差。除技術改進外，FG5/FG5X 重力儀的測量模型也得到了改進，透過更精確地描述干涉訊號的解調，以及透過與新發現的重力下降機制引起的空間寄生波相關的兩個參數來擴展模型。所有改進都對絕對 g 值的精確度、穩定性和準確度產生影響。

再者，法國航空航天實驗室 (ONERA) 於 2019 年在法國的三個不同地點進行了一次空載重力測量，以測試其量子絕對重力儀 GIRAFE。這項工作是在法國國家氣象實驗室 (LCM-CNAM)、法國水道測量和海洋學辦公室 (SHOM)、法國地球科學環境實驗室 (GET) 和丹麥技術大學國家太空研究所 (DTU Space) 的支持下完成的。飛機上還配備了 DTU Space 提供的重力儀，作為 GIRAFE 觀測的參考。結果顯示，自 2017 年在冰島進行首次空載測試以來，GIRAFE 的估計值精度已顯著提高，可達 0.6 至 1.3 mGal，顯然 GIRAFE 儀器的長期穩定性已優於傳統設備。

(十三) 20230717 G02g

這個場次報告主題環繞在不同環境下船載重力儀和空載重力儀測試分析，海上重力測定對於定義海上和鄰近沿海地區的物理高程系統至關重要。自 2017 年以來，使用包含石英彈簧感測器的 Chekan-AM 陀螺穩定平台式重力儀和用作固定式重力儀的 iMAR 慣性測量單元進行了四次船載重力測量。兩種重力儀類型的比較顯示了兩種感測器的互補特性。透過適當的維護，陀螺儀穩定式重力儀顯示出非常穩定的線性漂移，但其記錄會受到轉向操作和惡劣海象的影響。相比之下，固定式重力儀記錄在整個巡航過程中通常是可靠的。但由於觀測長達

80 小時，長時間巡航對於固定式系統來說極具挑戰性。在這些條件下，由於非線性感測器漂移，儘管漂移的主要部分可以透過熱校準或穩定性來消除，但固定式重力儀記錄的精度仍略有下降。在波羅的海平靜的海況下，巡航時間小於 35 小時，兩個重力儀結果的精度均為 0.4 至 0.5mGal。兩種重力儀類型的組合使用互補的高通和低通濾波，可以減少漂移並可以在整個巡航期間確定測點重力。在最新的觀測過程中，除了陀螺穩定平台重力儀之外，還安裝了兩個固定式重力儀，以便對所有重力儀的漂移情形進行詳細分析。

此外，羅蒙諾索夫密西根州立大學與航空地球物理學家共同開發了使用小型飛機和無人機上的固定式重力儀進行空載重力測量的方法。固定式重力儀在惡劣的動態條件下幾乎沒有使用限制，允許載體在任何複雜地形上以懸垂模式飛行。該方法在 2020 年至 2022 年使用現代固定式重力儀（來自 iMAR 和一家美國公司）進行的多次測試。這些測試的特徵是極端垂直飛行，加速度高達 2.5G，這似乎是空載重力測量的首例。結果顯示，使用所開發的方法和提出的演算法可以獲得高精度的高空間解析度的重力觀測資料。



圖 3-8 論文發表情形(四)

(十四)20230718 G01c

這個場次報告主題環繞在多元觀測量整合方式，對於基於微波的空間大地測量技術，距離幾百公尺內的儀器被認為受到相同的對流層影響，因此可以依此方式修正對流層影響量，以改進整合多元觀測技術。應用對流層連結的概念，假設每種觀測技術的對流層參數代表真實的對流層狀態，即不應存在與技術相關的系統偏差與特定觀測技術影響大氣延遲的殘值應盡量減少。然而，現實情況通常並非如此，因為空間大地測量技術分析中的建模和參數估計自然包含系統和隨機的不確定性。例如，多路徑效應和天線相位中心變化誤差可能會在全球導航衛星系統（GNSS）對流層參數中造成系統偏差，而甚長基線干涉測量（VLBI）中觀測幾何的限制可能會導致水平方向梯度偏差。因此，發現並妥善處理系統性與隨機誤差，顯得非常重要。這個研究中，發現對流層參數偏差(天頂總延遲 ZTD)可能高達 5 毫米。若忽略系統誤差，將會扭曲地面網形，尤其是 VLBI 網路。例如，ZTD 的偏差會改變觀測網路尺度，水平梯度偏差會旋轉觀測網並影響地球方向參數(EOP)。但如果正確且合理的處理對流層後，可以改進 GNSS 和 VLBI 觀測網整合問題。

此外，國際地球參考框架 ITRF2020 於 2022 年 4 月發布，對於四種空間大地測量技術，提供任何一種觀測量的觀測站，IRTF 提供了給定時刻的觀測站位置和線性速度，以及遭受大地震影響的觀測站的變形參數模型。引入不連續性是為了考慮觀測站儀器更換或觀測站運動的變化。例如在 ITRF2020 評估過程中，挪威斯瓦爾巴群島的尼奧勒松研究機關的兩個觀測站之間的位置時間序列存在差異。迄今為止，這些差異可能對 ITRF2020 產生的影響尚未得到充分研究。研究中，我們假設這種差異是由於忽略了該地區冰蓋融化引起的非線性垂直運動的結果，即經歷冰川均衡調整的地點的垂直運動可以透過線性抬升率很好地解釋。然而，GNSS 和 GRACE 時間序列顯示，由於氣候變化，極地地區仍被冰蓋包圍的幾個地點的冰融化速度反而是加速的。為了與經歷地震的地點提供非線性震後變形模型的想法保持一致，我們建議由於冰蓋融化而經歷非線性運動的地點也應該提供調整後的隆起模型，並評估這種方法對地球參考框架的影響，特別是對於 VLBI 和 GNSS。

(十五)20230718 G01d

這個場次報告主題環繞在 VLBI 的應用，這個研究引入了一種新的觀測類型，即架構於新一代全球導航衛星系統（GNSS）上的甚長基線干涉測量（VLBI）。為了確定新觀測量型態，我們在模擬環境中將對類星體和一顆中地球軌道(MEO)衛星的 VLBI 觀測與對 24 顆 MEO 衛星（類伽利略）的 GNSS 觀測量結合起來。在此，兩種技術之間通常接收到同一顆衛星訊號，而這顆衛星是太空中的共址站點（稱為太空連結）。除了 VLBI 發射機之外，新一代

GNSS 的特性還包括光學星間連結(Inter-Satellite Link, ISL)。ISL 使所有 MEO 衛星能夠在一個軌道平面內連結起來。先前有研究顯示此將改善對地心坐標、地球自轉參數等參數。研究對 40 個 GNSS 觀測站附以無旋轉約束形式的基準條件，且 VLBI 觀測網是無約制的。假設沒有系統性影響的情形下，分析最初十天的結果發現，基準可以從 GNSS 網轉換到 VLBI 網，且精度在毫米等級。並得以利用太空連結從下一代 GNSS 和 VLBI 的組合中確定 UT1-UTC 值。

此外，通訊衛星數量的不斷增加，特別是近地軌道衛星，導致星載射頻干擾(Radio Frequency Interference, RFI)也不斷增加，進而對天文觀測產生負面影響，其中包括 VLBI 觀測結果。由於與類星體和脈衝星等太空訊號源相比，衛星距離地球更近，因此衛星的下行鏈訊號通常更強，從而覆蓋了其他太空訊號源。因此，研究提出了開發動態遮罩的概念，該遮罩將掃描天際並避免(如有必要)在特定時間觀測太空訊號受 RFI 影響。研究工作包括建立一個資料庫，其中包含所有威脅 VLBI 觀測的衛星最新軌道參數目錄，並繪製衛星軌道路徑圖，以提供遮罩技術運用。

(十六)20230718 G01e

這個場次報告主題環繞在衛星觀測網優化，太空技術的發展對於準確描述和理解地球表面發生的過程相當重要，同時也滿足全球大地觀測系統(GGOS)的要求。太空大地測量技術之一衛星雷射測距(SLR)對國際地球參考框架(ITRF)的實現以及全球大地測量參數(包括地球重力場的低次諧波)有重大的貢獻。ITRF 的實現使用許多 LAGEOS 和 Etalon 衛星的觀測數據。現在，正在考慮擴充 ITRF 內容，將納入 LARES 衛星的觀測數據。其他 SLR 衛星(例如 Starelette、Stella、Ajisai 和 Larets)的觀測量也將用於確定低階地球重力係數。由於要取代來自於 GRACE 後續衛星任務給出的 C20 和 C30 地球重力場係數，因此透過 SLR 衛星觀測確定重力位是非常重要的。為更精確地計算地球自轉參數、地心和低階地球重力場等參數，研究調查了哪些軌道參數(例如傾角、高度和偏心率)最適合未來的大地測量衛星。對不同傾角、不同高度、不同軌道偏心率進行衛星軌道模擬。以有效發射適合的大地觀測衛星，達成觀測任務。

另外，配備全球導航衛星系統(GNSS)接收器的低地球軌道(LEO)衛星數量正迅速增加。太空中的 GNSS 觀測不再侷限於少數地球觀測衛星，大型奈米衛星星座能夠在地球周圍形成綿密的 GNSS 觀測網絡。這種衛星酬載 GNSS 網絡在大地測量地球觀測方面具有巨大潛力。首先，它允許在太空中進行 GNSS 雙差分處理，其中 GNSS 訊號不受對流層折射的影響，並且不需要地面觀測。其次，空間中密集且均勻的 GNSS 網絡可以提供比少數低軌衛星或地面網路更好的觀測幾何結構，從而提高對某些大地測量參數的敏感度。研究中，研究了星載 GNSS 網絡估計 LEO 和 GNSS 衛星軌道參數以及地球重力場低階係數的可行性。研究處理三個不同的資料集：

模擬潛在 LEO 星座的 GNSS 觀測量、模擬現有地球觀測任務衛星的 GNSS 觀測量，包括 GRACE、OSTM/Jason-2 和 Sentinel 衛星及奈米衛星群的 GNSS 觀測量。並進一步分析載波相位週波未定值的解決效益，及受到衛星分布的影響為何。這些模擬實驗有助於了解未來衛星群如何強化地球觀測衛星任務。



圖 3-9 論文發表情形(五)

三、海報展示

Using GNSS PPP to image surface displacement: application to the 2023 Turkey earthquake sequence

Helmholtz Centre Potsdam GFZ
IUGG BERLIN 2023

Mario A. Acosta, Andre Brack, Benjamin Hänel

Introduction

Precise point positioning (PPP) can rapidly produce accurate displacement time series at GNSS stations. Relatively dense permanent GNSS networks combined with precise orbits and satellite clock offsets from routine network solutions allow us to characterise the spatio-temporal displacement field associated with large earthquakes shortly after the event, including sub-minute temporal variations that can show evidence of pre- or post-seismic fault creep.

Here we assess the ability of internal products and tools from GFZ Section 1.1 to characterise the displacement associated with the 2023 M_w 7.8-7.7 Turkey earthquakes.

Methods

- 60 stations from the TUSAGA-Aktif GNSS network.
- GPS, GLONASS, Galileo (6 stations only).
- 1 s observation sampling rate, downsampled to 30 s.
- 7" elevation cutoff.
- Final orbits and satellite clock corrections from GFZ IGS network processing line.
- Coordinates aligned to ITRF20 (IGS20) axis used for orbits/clocks and PPP.
- Ionosphere-free linear combinations of phase and code observations used.
- Tropospheric zenith delay estimated with 2-hour temporal frequency.
- No ambiguity resolution (AR).

Results

Displacement time series (estimated ITRF coordinate and uncertainty) during the first 30 min. overlaid along the three principal components (eastward, northward, upward) for two selected stations close to selected aftershocks (indicated on map above). Station #K21 shows transient E-W and up-down motion primarily associated with a small (3.0-3.2) aftershock on map above.

Displacement time series (estimated ITRF coordinate and uncertainty) during the first 30 min. overlaid along the three principal components (eastward, northward, upward) for two selected stations close to selected aftershocks (indicated on map above). Station #K21 shows transient E-W and up-down motion primarily associated with a small (3.0-3.2) aftershock on map above.

Investigating Dynamic Range of Distributed Acoustic Sensing and Identifying the Saturation Effects

Chen-Ray Lin^{1,2,3}, Sebastian von Specht^{1,4}, Fabrice Cottot^{1,5}, Matthias Ohrberger¹, and Kuo-Fong Ma^{1,4}

Introduction

Distributed Acoustic Sensing (DAS) is a technology used in seismology to measure and localise seismic signals along fibre optic cables. Clipped records from the full range of amplitudes are often observed in DAS records, which can be caused by various factors. In this study, we investigate the dynamic range of DAS systems and identify the saturation effects. We use a series of controlled experiments to measure the dynamic range of DAS systems and identify the saturation effects. We use a series of controlled experiments to measure the dynamic range of DAS systems and identify the saturation effects.

Analysis on Clipped DAS Records

Identify the Sections of DAS Data Affected by Clipping

Sliding window

Contributing Factors to DAS Clipping

Conclusions

The dynamic range of DAS systems is limited by various factors, including the dynamic range of the DAS system, the dynamic range of the seismic signals, and the dynamic range of the recording system. We have identified the sections of DAS data affected by clipping and investigated the contributing factors to DAS clipping. We have also investigated the contributing factors to DAS clipping.

Forecasting Earth's Magnetosheath Parameters from Solar Wind Conditions with Neural Network

Yu-Wei Chen¹, Jih-Hong Shue¹ and Simon Wing²
¹National Central University, Taoyuan, Taiwan, ²The Johns Hopkins University, Laurel, USA

Abstract

The predictions of the magnetosheath physical quantities using global simulation are often limited by computing resources, space-time resolution, model accuracy and so on.

Introduction

In this work, we trained different neural network models, Feedforward Neural Network (FNN) and Generalized Regression Neural Network (GRNN) to forecast the physical quantities of the magnetosheath just outside the magnetopause from particular solar wind condition.

Method

We utilized FNN and GRNN to predict magnetosheath physical quantities ($B_x, B_y, B_z, N_{sw}, T_{sw}$) under given solar wind (B_{sw}, V_{sw}, N_{sw} and T_{sw}). Additionally, we compared the impact of specifying the location (R) on the predictions.

Results

Correlation coefficients were 0.81 and 0.84 for the particle density and temperature predictions, respectively, and the model has moderate accuracy for the prediction of the magnetic fields.

Conclusions and Future Works

This study demonstrates that using neural networks to predict magnetosheath conditions is a feasible and cost-effective solution.

Due to the complex TRF environment downstream of the shock wave, the prediction of magnetic field and plasma velocity is lower accuracy than particle density and temperature.

Forecasters made with time series data and more complex deep learning models may improve the result.

Database

THEMIS satellite
The magnetosheath data just outside the magnetopause determined from the THEMIS measurements were used, which included the positions, magnetic fields, particle velocity (V), density (N) and temperature (T). There were 1320 events in total between 2007/6 and 2008/8 (Summer).

OVN database
The OVN database was used for obtaining the corresponding solar wind conditions for the crossings of the THEMIS satellites.

Correlation Coefficients Between Solar Wind and Magnetosheath Parameters

	Bx	By	Bz	V	N	T
Bx	0.89	0.62	0.65	0.18	0.09	0.17
By	0.15	0.84	0.81	0.08	0.15	0.08
Bz	0.11	0.13	0.18	0.12	0.09	0.09
V	0.08	0.07	0.09	0.47	0.34	0.41
N	0.13	0.15	0.14	0.32	0.66	0.32
T	0.09	0.04	0.22	0.27	0.13	0.67

GFZ VLBI Data Analysis Software: The Potsdam Open Source Radio Interferometry Tool (PORT)

Helmholtz Centre Potsdam GFZ
Poster G01P-193

V. Schuh^{1,2}, R. Heinkelmann³, C. Knaprocha^{1,2}, K. Balduvis³, G. Beyrele¹, S. Dhar^{1,2}, S. Glaser¹, H. Nammatadilayev^{1,2}, S. S. Raut^{1,2}, J. Wang^{1,2}, M. H. Xu^{1,2}

¹GFZ German Research Centre for Geosciences, Potsdam, Germany
²Technische Universität Berlin, Germany

Summary

The Potsdam Open Source Radio Interferometry Tool (PORT) is the VLBI analysis software developed and maintained at the GFZ German Research Centre for Geosciences. It is based on the data processing of VLBI sessions for the estimation of Earth orientation parameters and geodetic processing activities supporting the generation of celestial and terrestrial reference frames.

Introduction

The VLBI data analysis software PORT estimates Earth orientation parameters, radio telescope and radio source coordinates, as well as other, auxiliary parameters. A graphical interface supplies the user with tools to manually flag outlier data points and insert 'break' weighting of group delays and position coordinates can be applied to stations, radio sources and baselines on an individual basis. The estimation results are displayed on screen and, together with the corresponding normal equations, saved on disk.

PORT user interface

IRF2020 contribution

GFZ's VLBI contribution to the International Terrestrial Reference Frame (ITRF2020) has been processed, analyzed and quality controlled by PORT software tools. The implementation includes all modes recommended by the IVS for ITRF2020.

References

Beyerle et al. (2019), Vienna VLBI and Satellite Software (VVOSS) for Geodesy and Astronomy, Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 130(04):03. doi: 10.1117/1.523215-087

Nilsson et al. (2015), Application of Kalman Filtering to VLBI data analysis, Earth, Planets and Space, 67(10), doi: 10.1186/1880-4009-67-107

Schuh et al. (2021), The Potsdam Open Source Radio Interferometry Tool (PORT), Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 133(14):03. doi: 10.1117/1.523215-087

Yoshida et al. (2019), VLBI receiver concept based on FPGA system (VLBI receiver based on FPGA system), Earth, Planets and Space, 71(10), doi: 10.1186/1880-4009-71-107

圖 3-10 海報展示(一)

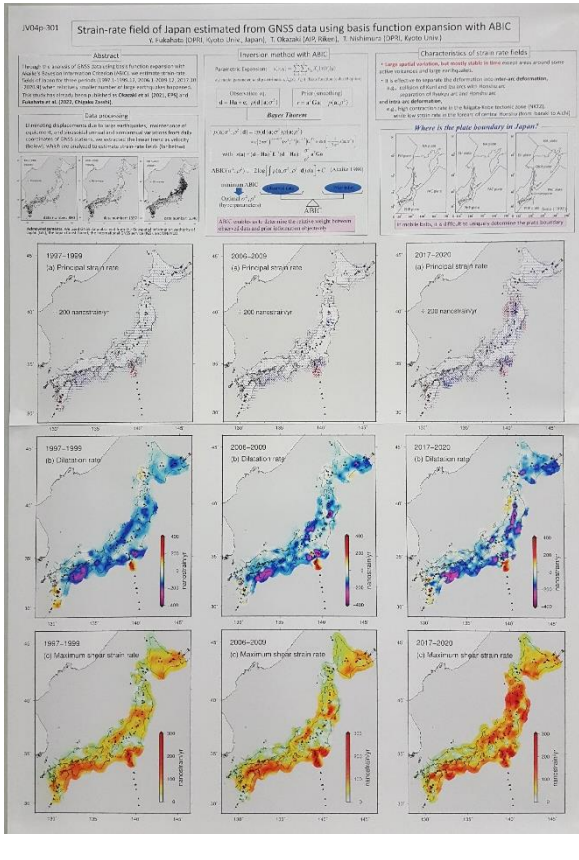
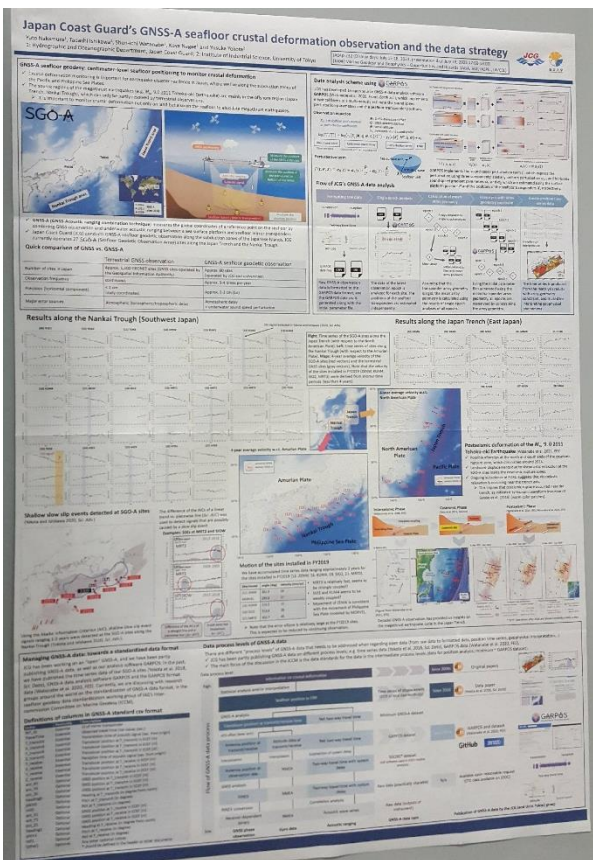
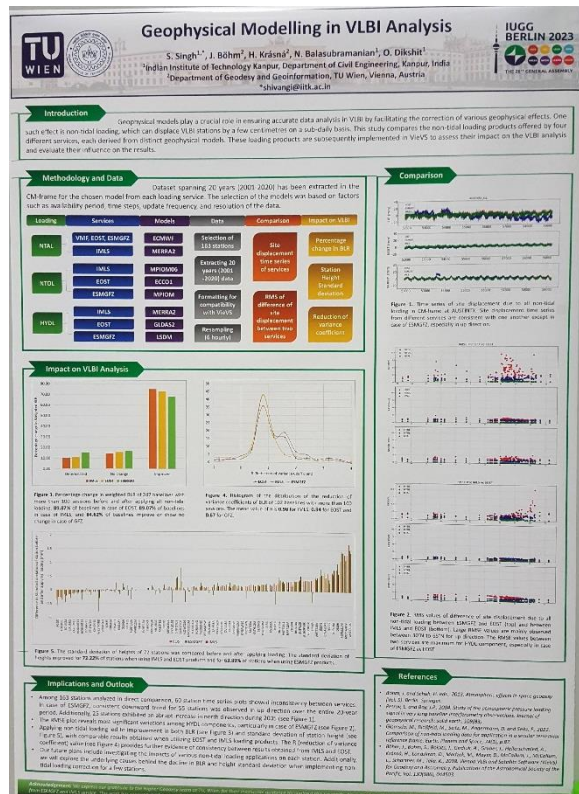
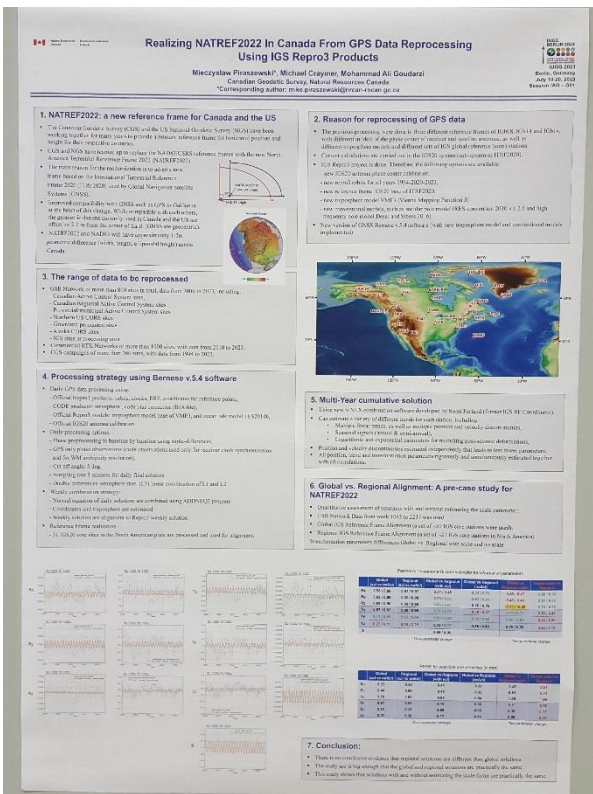


圖 3-11 海報展示(二)

肆、心得

一、基礎建設與科研的重要性

這次有幸參與第 28 屆國際大地測量與地球物理聯合會 (IUGG) 大會，聽取多位發表者對其專業領域提出的研究心得與成果，其中不乏基礎科學領域，例如重力觀測相關研究，除了觀測數據處理、演算法發展、模型建立、異質觀測量整合等學術性研究，還包含相關應用性的研究，然而這些基礎建設與研究應用常常因為理論艱澀、應用層面不夠親民、成果影響不即時而被忽視，但其實這些看似不起眼的或是艱澀的基礎建設與研究，其實是必要的且影響深遠的。

以上述的重力為例，雖然是一個摸不著、看不見的“力”，但是卻每天每時每刻都影響著我們，包括我們的日常生活、工程建設、國防軍事和民生經濟。重力是地球引力和地球自轉離心力的合力，透過絕對重力儀和相對重力儀可以測量獲得重力觀測值，在高程測量中導入重力改正數，可以獲得“正高”，也是我國目前所定義和採用的高程系統，凡是重大工程建設均需應用高程值，另外地下水監測、地下岩漿庫或地震測量也都可以利用重力觀測數據獲得不同的資訊，進而進行分析研究，作為施政決策參考。

因為重力研究的重要性，世界先進國家無不積極投入資源設立重力基準站、觀測站、利用陸地、空載或船載方式獲取重力觀測資料，本部也於 98 年公告了重力系統(GS2009)，並持續投入相關經費維護重力基準站(位於新竹市十八尖山)。此次參與研討會深刻地感受到先進國家對於重力觀測的重視，除了靜態重力的研究還包括時變重力的研究，我們應在既有的基礎上持續投入相關資源，方能與各界先進國家並駕齊驅。

二、應用新科技技術精進政府施政效能

「科技始終來自於人性」是一句大家耳熟能詳的廣告台詞，的確，新科技技術服務的誕生是為因應人性或使用習慣，然而如何讓新科技技術服務不僅僅是商業服務而已，也能讓它成為政府服務的一環，是公部門的責任與挑戰，新服務的提供除了技術層面還包括人力培訓、設備建置與維修成本、法令規範等面向。

隨著科技技術的發展，測量儀器、技術與演算方法也日新月異，從以往的平板、捲尺、經緯儀、電子測距儀、全測站經緯儀到全球定位系統(GPS)，測量人員不斷地學習與精進測量技術，然而衛星定位系統除了美國的 GPS 以外，陸續還有歐洲的伽利略系統 Galileo、俄羅斯的 Glonass、日本的準天頂衛星系統 QZSS、中國的北斗 BDS 和韓國的衛星導航增強系統 KASS，目前大部分的衛星接收儀為有效利用來自太空中的衛星訊號，都設計為可接收多星系

訊號，多星系訊號提升衛星觀測數量，改善儀器對空遮蔽的侷限，此外，衛星訊號解算也從靜態解算演化為動態解算，從單基線動態解算進展到網絡觀測量解算模式，為了因應這樣的科技推進，本部除了建置相關衛星觀測站，也將持續滾動修正相關規定與操作手冊，與時俱進，在新觀測技術與可靠的精度檢核規範下，提供優質的測量服務、正確且精確的測量成果，以提升政府施政效能。

三、突破框架創新思考

然而此次研討會最令人印象深刻的是部分報告的研究方法，研究人員所使用的觀測數據在以往的資料處理過程中是被視為雜訊，必須利用模式、經驗法則或是統計參數予以偵測後剔除，方能獲得我們所要的正確解答，然而透過演算法的精進與研究理論的建立，這些雜訊現今卻成了主要的觀測數據，透過與正常觀測訊號的對照，建立完整的訊號模式，反而可以解釋另一種環境參數的狀況，與以往單純利用觀測數據進行定位，截然不同。

這樣的研究方式其實並沒有利用新的觀測數據，而是利用與傳統觀測數據一樣的資料，不同之處在於研究人員突破思考框架，進一步分析被屏除的資料，研究其反映的內容為何，進而有效的利用類似觀測量，獲得全新的研究成果，這樣的研究方式經過交流，獲得許多研究人員的認同而投入相關實驗。

工作上常常講求創新，然而創新不一定是從無到有，創造全新的理論或架構，從這次參與研討會的經驗可以了解，有時「突破思考框架」，從既有的框架中找尋新的解決方式、應用層面或是組合模式，也是一種創新，當然這需要投入時間與成本，且歷經不斷地嘗試，才能找出適合的創新，期待未來在工作上不斷地學習與精進，亦能有突破框架、創新思考的可能性。

伍、建議

一、逐步更新相關儀器設備

科技發展日新月異，測量的科技技術也變化的非常快速，如上所述，定位測量從平板、經緯儀到全球定位系統，衛星定位系統亦從單一星系擴充到多星系，即便是單一星系，亦從以往雙頻觀測量增加到三頻觀測量，有效提升定位效率與精度；另外，我國自重力基準站建置以來先後購置絕對重力儀與相對重力儀，至今約 15 年，重力儀長期仰賴國內受委託廠商協助養護維修，或向國外購置零件更換或運送至國外原廠維修，由於儀器老舊，備品取得越來越不容易，且當儀器自行檢修或送廠維修期間，相關重力觀測即無法實施，長久以來也造成相關應用之不便，或是觀測資料分析的闕漏。

為因應多星系與三頻的衛星定位環境，及優化重力觀測儀器設備，建議編列預算逐步汰換衛星接收器與超過使用年限之重力儀，以提升定位測量觀測效率及重力觀測效能。

二、積極參與國際合作事務

我國自從建置重力基準站，建立重力系統以來，積極紮根培育不少重力測量相關人才，無論陸測、空載或是船載重力測量技術，以及多元觀測數據演算方法，經過多年發展，已累積多項研究成果，深受國際肯定，包括曾與法國合作「臺法合作監測臺灣造山運動」，協助法屬玻里尼西亞(大溪地)進行火山構造空載重力監測，並建立重力測量基準，以及協助韓國辦理絕對重力測量等工作，顯見我國重力測量具備國際級重力測量技術。


未來，應持續積極拓展國際測量合作或協助計畫，展現我國測繪科技軟實力，進行測繪科技人才交流與學習，善盡身為國際社會一份子的責任，回饋國際社會。

三、參與國際研討會議

測量基準與參考系統(包含坐標系統、高程系統、重力系統及深度系統)之訂定及管理、土地測量的實施與管理、航空攝影測量及遙感探測之管理等為本部之權責，涉及的面向廣泛並具有相當程度的專業性，為了與國際技術接軌亦避免相關精進技術閉門造車，建議應每年參與相關國際研討會議，相關研討會包括國際大地測量與地球物理聯合會(IUGG)大會、國際大地測量學會(IAG)會議、歐洲地球科學聯合會(EGU)大會、美國地球物理學會(AGU)會議、中日韓國際地籍測量學術研討會、國際測量師聯合會(FIG)工作週會議、國際航測及遙感探測學會(ISPRS)、亞洲遙感探測會議(ACRS)等國際會議，與相關研究人員或實務執行業務人員進行交流，汲取各國優點，進而提升國內相關技術。


陸、附錄

一、GGOS 宣傳資料





Discover GGOS and Geodesy


You are invited to watch this **exciting and immersive short film** that dives into the fascinating world of Geodesy and its applications. It is available in several languages.



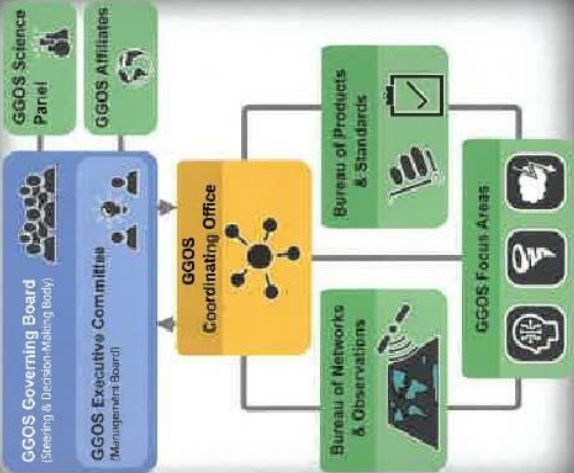
The Film
Discover GGOS and Geodesy

Scan to watch the GGOS Film
youtube.com/@iag-ggos



GGOS Structure




```

graph TD
    GB[GGOS Governing Board  
(Steering & Decision-Making Body)]
    EC[GGOS Executive Committee  
(Management Board)]
    CO[GGOS Coordinating Office]
    BN[Bureau of Networks & Observations]
    BPS[Bureau of Products & Standards]
    FA[GGOS Focus Areas]
    GP[GGOS Science Panel]
    GA[GGOS Affiliates]

    GB --> EC
    EC --> CO
    CO --> BN
    CO --> BPS
    CO --> FA
    GP --> CO
    GA --> CO
    
```


Follow us



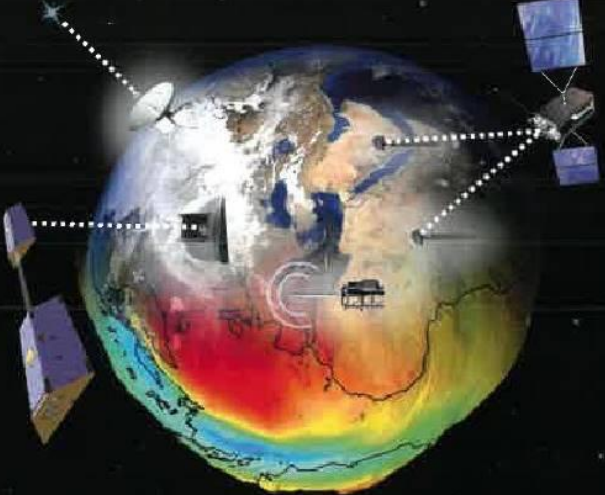
Website: www.ggos.org
Contact: co@ggos.org

GGOS Coordinating Office
Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV)
Schifflamispasse 1-3,
1020 Vienna, Austria

Federal Office of Metrology and Surveying



Global Geodetic Observing System
of the International Association of Geodesy



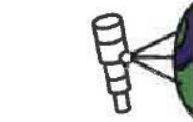
Advancing our understanding of the dynamic Earth System by **quantifying our planet's changes** in space and time.



Geodesy in Service to All

The GGOS website www.ggos.org serves as a **central information point about Geodesy**.

It provides engaging and accessible descriptions about how Geodesy works, what products it offers, the challenges it faces today, and the great community that makes it all possible.



Observations



www.ggos.org



Geodesic Products

Geodesy is the science of determining the **shape of the Earth**, its **gravity field** and its **rotation** as functions of time. Changes in these three properties of Earth are inherently related to the Earth's dynamics and mass and energy transport throughout the System Earth.

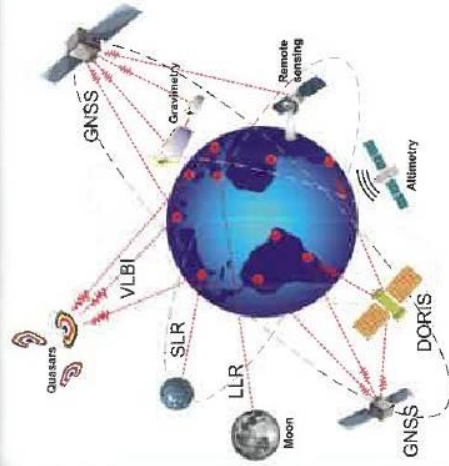
Geodesy measures these signals with different sensors, in different domains, and in different time and space resolutions providing **integrated products for monitoring and understanding the System Earth** as whole including its solid, fluid, and gaseous components.



Geodesic Observations

The toolbox of Geodesy comprises different sensors and instruments on the Earth, in the air, and in space, which together compose one large, comprehensive geodesic instrument

to observe and monitor the System Earth in a wide range of spatial and temporal scales.





AGU and the U.S. National Committee for IUGG welcome the opportunity to host IUGG 2027 in Honolulu, Hawai'i

Why Hawai'i?

Indigenous Heritage and Culture

Bringing IUGG to Hawai'i will create an unprecedented opportunity to celebrate indigenous science, link and uplift the traditions of both East and West, enhance the work of Earth and space discovery science and advance the promise of solutions for our world.

IUGG 2027 in Honolulu will provide opportunities to highlight how contemporary geophysics can improve outreach and collaboration with indigenous communities offering unique perspectives and knowledges regarding our natural world and humanity's place within it. This outreach grows ever more important, particularly as these island communities are among those facing the brunt of climate change, most notably sea-level rise and its associated impacts.

Scientists, community leaders, policy experts, government officials and students from Pacific Island nations are more likely to attend the IUGG General Assembly if it is hosted in Hawai'i due to lower travel costs compared with meetings held in other parts of the world.



Natural Resources and Sustainability

Hawai'i is steeped in diverse landscapes, from its lofty volcanic peaks, fertile plains and life-giving aquifers to its expansive coastline and dynamic marine environments. IUGG 2027 will be infused with the natural wonders and treasures of this unique location, fostering interactions among researchers working on increasingly complex international issues including ocean acidification, sustainability, geohealth, sea-level rise, threats to biodiversity and the gamut of natural hazards.

The Hawaiian Islands are a living laboratory for scientific exploration, with deep ocean waters, the world's most active volcanoes, diverse microclimates and clear night skies atop high mountain peaks. Hosting the IUGG General Assembly will allow Hawaiian scholars to share their research through both scientific presentations and amazing field trips in an unparalleled outdoor classroom.



Natural treasures are found everywhere in Hawai'i. And what's outside is echoed inside through every element of the Hawai'i Convention Center. Based at this one-of-a-kind, world-class venue, IUGG 2027 will be a showcase of science and sustainability.

Ease of Travel

Travel to Hawai'i from nearly anywhere in the world is made simple by nonstop service year-round from more than 40 gateway cities. Once there, getting around—whether moving about on one island or “island-hopping” across the archipelago, as the locals say—is also simple and stress-free.

Hawai'i's mid-Pacific location makes it a strategic destination for business. International organizations with delegates coming from both East and West can meet in the middle of the world, where Hawai'i's multicultural population and spirit of *lokomaka'i* (generosity and kindness) makes all feel welcome and at home.

Once visitors land in Honolulu, the Hawai'i Convention Center is a mere 12.8 kilometers away on Kalākaua Avenue, just a short walk from world-famous Waikīkī, a premier destination for dining and entertainment.



Why AGU:

For more than 100 years, AGU has convened the scientific community to foster the sharing of knowledge and create connections across the geosciences. Through broad and inclusive partnerships, AGU aims to advance discovery and solution science.

AGU convenes global events—online, on-site, and hybrid—that reach more than 30,000 global attendees every year. Meetings range from problem-solving specialty workshops to the annual meeting, which hosts 25,000 attendees.

By leveraging its logistics experience and design and marketing expertise, and by harnessing the power of its nearly half-million advocates in the Earth and space sciences, AGU is well positioned to deliver a successful and vibrant event for IUGG 2027.



AGU looks forward to this opportunity and appreciates your support for IUGG 2027 in Honolulu, Hawai'i.

