

FIG第5分科会と日本の活動

第五分科会委員長
宮原伐折羅

平成30年度 日本測量者連盟講演会
平成30年8月22日

- 国際測量者連盟（International Federation of Surveyors）
- 測量に関する情報共有、連携を行う国連公認のNGO
- 正会員（測量者団体）： 91か国105団体
- 準会員（政府組織等）： 43か国45団体
- 学術会員（大学・研究機関）： 52か国86団体
- 会費及び企業会員の支援で運営
- 10の分科会を設け、専門分野・測量技術に関する連携を実施
 - 第1分科会：専門職の標準と実務
 - 第2分科会：専門教育
 - 第3分科会：空間情報管理
 - 第4分科会：水路測量
 - 第5分科会：測位と計測 ←測地観測（GNSS等）・測地基準座標系
 - 第6分科会：応用測量
 - 第7分科会：地籍と土地管理
 - 第8分科会：空間計画・開発
 - 第9分科会：不動産の評価と管理
 - 第10分科会：建設の経済と管理
 - 第11分科会：青年測量者ネットワーク（Young Surveyors Network）
- 測地分野を行う第5分科会「測位と計測」に参加、情報収集、連携を強化



分科会の目的

- 技術とその発展を目的に、最適な手法と技術を選ぶよう、ガイドライン等を通じて、測量者・技術者・専門家を支援
- FIGの他の分科会・他の国際機関との連携、適切な会合への参加、適切な出版物の準備を通じて技術開発を促進
- FIG会合・FIG地域会議・他の関係会合において分科会と作業部会の活動に参加・促進



分科会長
(2015～2018年)
Volker Schwieger
ドイツ
シュツットガルト大学



分科会長
(2019～2022年)
Daniel Roman
米国
NGS

第5分科会の作業部会

作業部会5.1 「標準・品質確保・キャリブレーション」

ISO TC211・TC172等と連携

作業部会5.2 「基準座標系」

測量者のための三次元座標系（地球規模・地域・国家）

IAGの第1分科会「基準系」、ISO TC211と連携

作業部会5.3 「高さ基準系」

高さ基準系への需要の高まりを受けて2015年に新設

高さ基準系に関する教育を行う

作業部会5.4 「GNSS」

解析プログラムなどGNSS測位技術

ICG・IAG-WG4.5.4と連携

作業部会5.5 「複数センサー」

GNSS測位ができない環境下での測位（UAVも扱う）

作業部会5.6 「費用対効果の良い測位」

目的に応じた費用対効果の良い測位について、教育、普及、開発、意思決定者の支援を行う

- ・実務者のための技術セミナー

測地基準座標系に関する能力開発

第5分科会・IAG・UN-GGIM-APが共催

2012年 イタリア

2013年 フィリピン

2015年 シンガポール

2016年 ニュージーランド・マレーシア

2017年 神戸・熊本

報告者は第2回以降、講演



2015年シンガポール（高さ基準系）



2016年ニュージーランド（動的測地系）



2013年フィリピン（三次元基準系）



2016年マレーシア（地理空間情報とGNSS CORS）

※UN-GGIM-AP:国連地理空間情報管理に関するアジア太平洋地域委員会

• 実務者のための技術セミナー（2017年神戸）

2017年7月29～30日 神戸開催

日本測量者連盟、国土地理院が

IAG/FIG/UN-GGIM-AP/ICGと

共同で実施

テーマは測地基準座標系と地殻変動



The screenshot shows the FIG website with the following content:

- FIG** International Federation of Surveyors
- Navigation menu: Home, News, Organisation, Members, Resources, Partners, Foundation, Events, About FIG
- Breadcrumbs: Home > Resources > Conference Proceedings > 2017
- Conference and Seminar Proceedings**
- Reference Frame in Practice Seminar**
- 29-30 July 2017, Kobe, Japan**
- The list of presentations delivered over the 2 days were –
 - Prof. Geoffrey Blewitt: Geodetic Reference Frame Theory**
Overview – Provision of fundamental theory with respect to global velocity field determination; the importance of sourcing and sharing GNSS geodetic data with an emphasis on the potential benefits to participating countries from a scientific, economic and social perspective.
[handouts]
 - Dr. John Dawson: Global to Regional to National: A practical approach to improving access to the ITRF**
Overview – Approaches for accessing the International Terrestrial Reference Frame (ITRF); key elements of the Asia Pacific Reference Frame (APREF) initiative were discussed; and illustrated Australia's approach to APREF to update and modernize its national datum.
[handouts]
 - Dr. A.B. Wijanarto: Semi-Dynamic Datum of Indonesia**
Overview – Highlighted the realization and implementation of the new Indonesian semi-dynamic datum and the vertical datum (geoid); included information on the status, problems and constraints in establishing this new datum in a relatively vast maritime archipelago of Indonesia, with relatively dynamic geodynamic and tectonic setting.
[handouts]
 - Dr. Matt Amos: Development of Geoid Based Vertical Datums, A New Zealand Perspective**
Overview – The development of New Zealand's vertical datum as a case study to show how geoid based datums can be practically developed and implemented in an incremental and cost-effective way that meets the needs of the end users.
[handouts]
 - Mr. Kevin Kelly: Vertical Reference Frame and GIS**
Overview – Demonstrated in a GIS environment the management of vertical reference frame data, vertical datums and transformations between them; and vertical transformation of surveying and

On the right side, there is a sidebar with a search bar and a list of years for FIG Proceedings from 2018 down to 1878-1998.

・実務者のための技術セミナー（2017年熊本）

2017年10月16日 熊本開催

UN-GGIM-AP第6回総会に合わせ

FIGと共同で実施

テーマは測地データの共有

データ共有に向けた現状の把握と

課題の分析、解決に向けた討論



GSI / FIG / UN-GGIM-AP

Meeting Report

“Regional Challenges, Benefits and Opportunities of Exchanging Geodetic Data” - Kumamoto, Japan

As a result of workshop discussions at the reference frame in practice seminar held in Kuala Lumpur, Malaysia - October 2016 a matrix of the regional geodetic (and geospatial) challenges, and strategies to mitigate problems was developed by the participating member states of Asia and the Pacific region. From this several specific issues in relation to geodetic data sharing were identified, in particular the absence of government policies to support such activity, a lack of understanding of data licencing and agreements, potential legal or national security impediments, and poor recognition of the benefits and opportunities of sharing geodetic data.

Consequently, to further enhance the capability of senior surveyors and decision makers on this topic the Geospatial Information Authority of Japan (GSI), UN Global Geospatial Information Management for Asia and the Pacific (UN GGIM-AP) Work Group (WG) 1 Geodetic Reference Frames, and the FIG Asia Pacific Capacity Development Network convened a meeting for Asia Pacific member states on “Regional Challenges, Benefits and Opportunities of Exchanging Geodetic Data”. This forum was held prior to the UN-GGIM-AP Plenary Meeting on the 16 October 2017 at the Kumamoto City International Centre, Kumamoto Prefecture, Japan. All member states of Asia and the Pacific were invited to participate, and in response there were 44 delegates from 14 countries.

Prior to the meeting delegates were asked to complete a questionnaire on accessing and sharing geodetic data. Delegates were also provided briefing papers to outline the purpose of the meeting which was to discover pathways to build geodetic and geospatial data sharing and infrastructure capability, not only from a physical perspective but also administrative. To start the meeting proceedings the delegates were welcomed by Dr. Hiroshi Murakami (President UN GGIM-AP), Dr. John Dawson (Chair UN-GGIM-AP WG1), and

https://www.fig.net/resources/proceedings/2017/10_Regional_Challenges_Benefits_and_Opportunities_of_Exchanging_Geodetic_Data/FIG_AP_CDN_Kumamoto_Meeting_Report.pdf

FIG会合2018 (Congress)

- 毎年1回の年次会合（Working Week）を開催
- 2018年は、4年1回の会合（Congress）を開催
- 会合（Congress）では、4年間を総括、今後4年間の体制を選挙
- 2019-2022年の新会長はドイツのRudolf Staiger 新副会長に、英国のDiane Dumashie 中国のJixian Zhangが選出
（副会長4名のうち、スウェーデンのMikael Lilje、トルコのOrhan Ercanは留任）
- 第5分科会長は、米国国家測地局（NGS）のRan Roman
- 2022年のCongressは、南アフリカ・ケープタウン開催と決定



新旧の会長・副会長



Rudolf Staiger新会長（中央）



Dan Roman第5分科会長（NGS）

報告者の発表2件

- マルチパス軽減手法による都市部での測位精度の改善
- 衛星測位を可能とする基盤としての日本の測地基準座標系

技術セッション

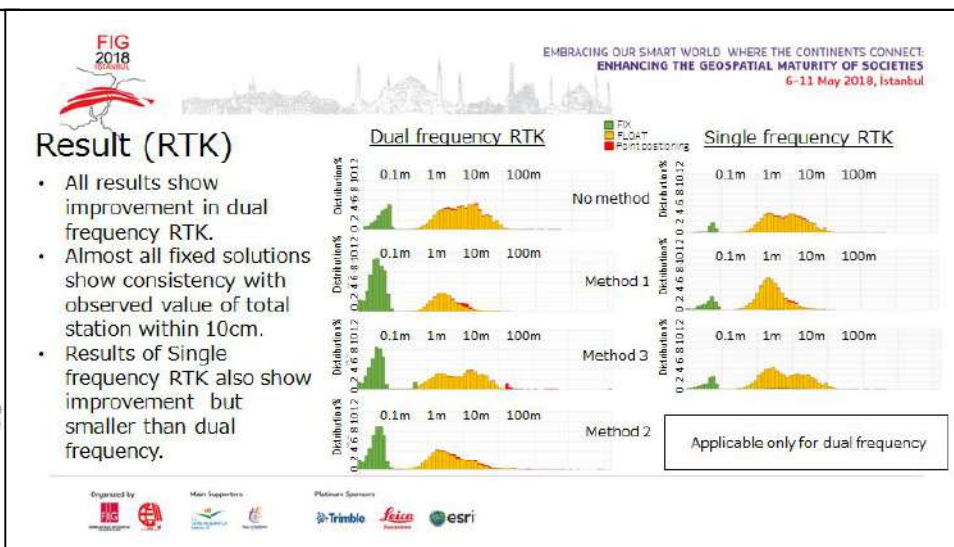
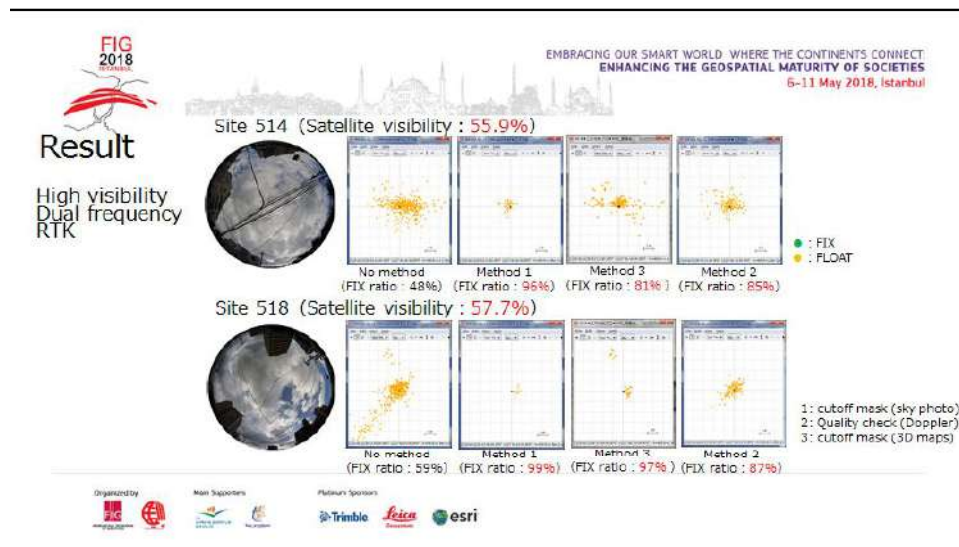
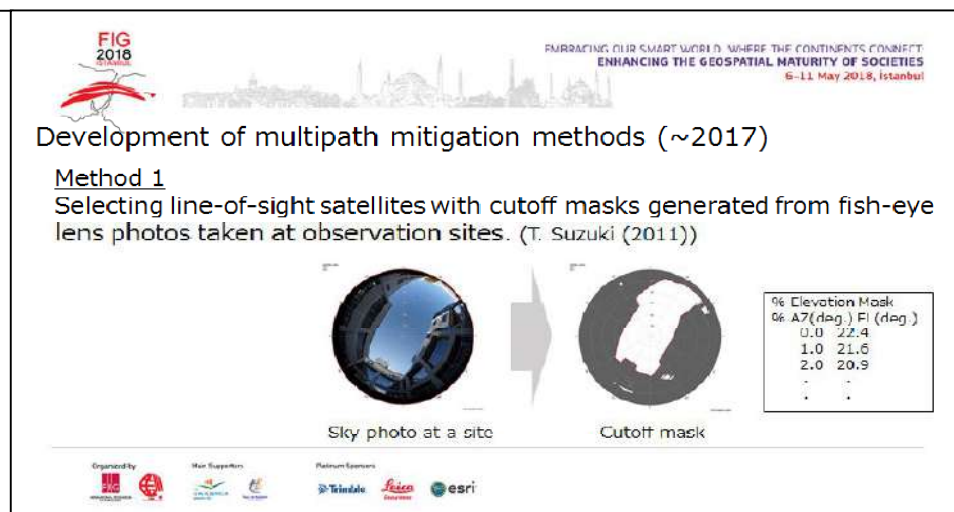
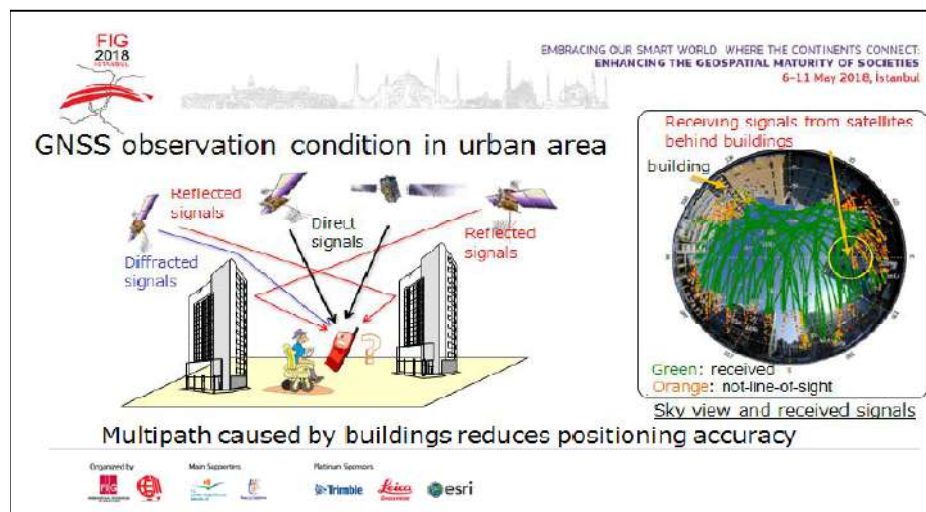
- マルチGNSS
- 特別セッション「測位の未来」
 - 測地と自動運転、屋内測位、GNSS測位、低価格受信機、
基準座標系と地理空間情報
- 重力・ジオイド
- 測地基準座標系

関連会合

- UN-GGIM測地準委員会 教育・訓練・能力開発グループ
- FIGアジア太平洋能力開発ネットワーク

マルチパス軽減手法による都市部での測位精度の改善

• GNSSのマルチパス軽減手法の効果について報告



• 日本の測地基準座標系の展望

FIG 2018
EMBRACING OUR SMART WORLD WHERE THE CONTINENTS CONNECT:
ENHANCING THE GEOSPATIAL MATURITY OF SOCIETIES
6-11 May 2018, Istanbul

Advance of GNSS positioning services and growing users

- Geospatial Information Authority of Japan (GSI) operates nationwide GNSS CORS network (GEONET). GEONET enables us to provide real-time precise GNSS positioning services.
- Users of Precise GNSS positioning is growing in many emerging fields, such as smart construction, autonomous vehicle operation, smart agriculture, UAV operation and etc.
- In order to establish geodetic reference frame as basic infrastructure enabling us precise GNSS positioning, we are planning to improve geodetic reference frame of Japan.

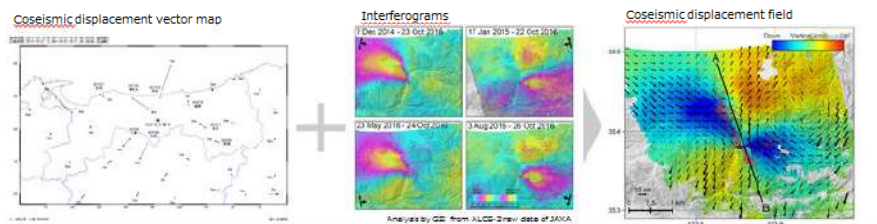


Organized by:  Main Supporters:  Platinum Sponsors:   

FIG 2018
EMBRACING OUR SMART WORLD WHERE THE CONTINENTS CONNECT:
ENHANCING THE GEOSPATIAL MATURITY OF SOCIETIES
6-11 May 2018, Istanbul

Model development of coseismic crustal deformation

- Coseismic crustal deformation field can be created from coseismic displacement detected at GEONET stations and coseismic displacement distribution detected by 3D InSAR.

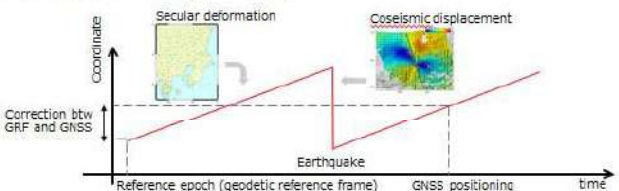


Organized by:  Main Supporters:  Platinum Sponsors:   

FIG 2018
EMBRACING OUR SMART WORLD WHERE THE CONTINENTS CONNECT:
ENHANCING THE GEOSPATIAL MATURITY OF SOCIETIES
6-11 May 2018, Istanbul

Time dependent (4D) crustal deformation model

- By combining models of secular crustal deformation and coseismic displacement, we can generate 4D crustal deformation model which provides positions of anywhere at any time.
- The 4D model can be base of next generation correction system which connects geodetic reference frame and GNSS positioning.

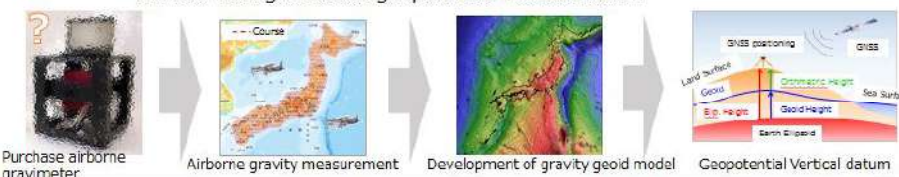


Organized by:  Main Supporters:  Platinum Sponsors:   

FIG 2018
EMBRACING OUR SMART WORLD WHERE THE CONTINENTS CONNECT:
ENHANCING THE GEOSPATIAL MATURITY OF SOCIETIES
6-11 May 2018, Istanbul

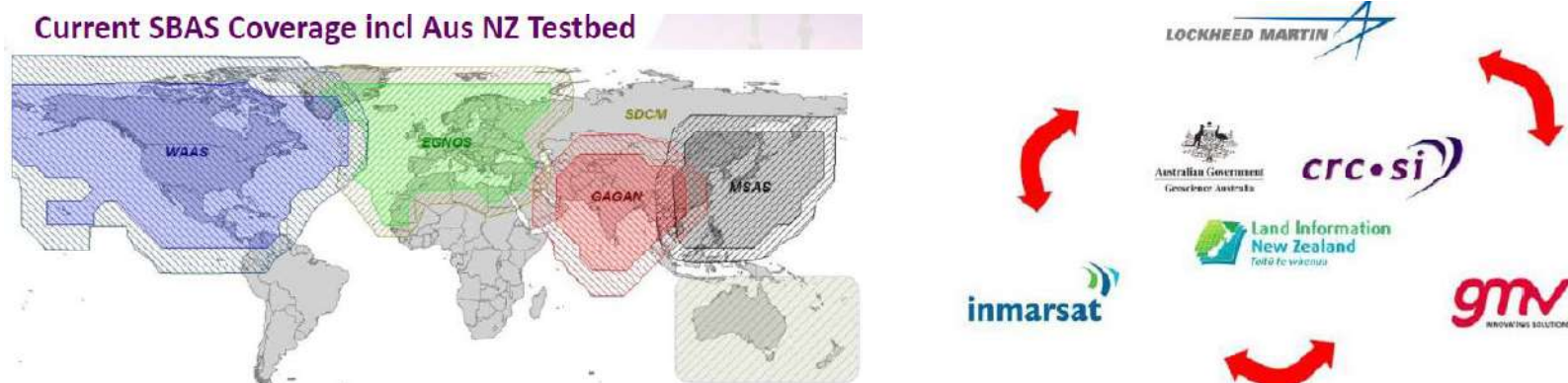
Future Plan of Development

2018: Purchase of reliable airborne gravimeter
2019-2022: Airborne gravity measurements & development of beta version of geoid models
2023: Development of national gravity geoid model
2024: Evaluation and Publication of the new geoid model
Shift to next generation geopotential vertical datum



Organized by:  Main Supporters:  Platinum Sponsors:   

- オーストラリアとニュージーランドのSBASのテストベッドについて報告
- SBASの主目的は航空だが、GNSSの精度向上による社会裨益の評価も目的
- テストベッドは、Geoscience Australia・LINZを含む6団体で実施
- インマルサット4F1の通信、Lockheed Martinの地上局、GMVのPPPシステム
- テストベッドは、2017年10月にGPS/GallileoのL1/L5の2周波PPPで検証を完了
- 2周波多衛星系対応の商用受信機がないため、GMVが新規で受信機を開発
- 2周波多衛星系システムのメリットは、2周波による電離層遅延誤差の軽減、衛星増加による精度向上、地上インフラ不要、運用では、低価格受信機と合わせて、コスト削減を期待
- 現在、航空・海事・道路・農業など10の主要分野で裨益の実証実験



特別セッション 「測位の未来」-1

- 測地と自動運転、屋内測位、GNSS測位、低価格GNSS受信機、基準座標系と地理空間情報について発表
- GNSS測位は、衛星、受信機、測位サービスともに急速に進歩、一方、地理空間情報との整合性、新分野での適切な利活用方法については、課題が多い

【GNSS測位】 第5分科会作業部会5.4部会長 オーストラリア Suelynn Choy

- GNSS市場は、2020年に80億ドルと想定、衛星数は100を超え今後も増加
- Galileo & EGNOSで衛星配信（E6b）の無料測位サービスの提供を予定
- BeiDouも静止衛星を用いたcm級測位サービスを提供する計画（第12回ICG）
- 受信機は小型・高性能・低価格化、Broadcomは今年、2周波チップを発売予定
- 民間では、u-bloxは、GmH等との合併で、PPPの測位サービス会社を設立、HitachiとDensoの合併によるQZSSの測位サービス会社GPASも設立
- 衛星、受信機、測位サービスともに目覚ましく発展
- 2018年10月23-25日にメルボルンで第10回のMGA会合

Broadcom
Dual-frequency Chip



特別セッション 「測位の未来」-2

【低価格受信機】 第5分科会副会長 ドイツ Li Zhang

- u-blox（数千円）とLeicaの受信機（数百万円）を比較
- 受信機よりもアンテナが精度に影響、シールドが重要
- 中国の短基線での観測では、GPSのみのLeicaより、GPS + BeiDouのu-bloxの方が、再現性が高かった



EVK-M8
www.u-blox.com



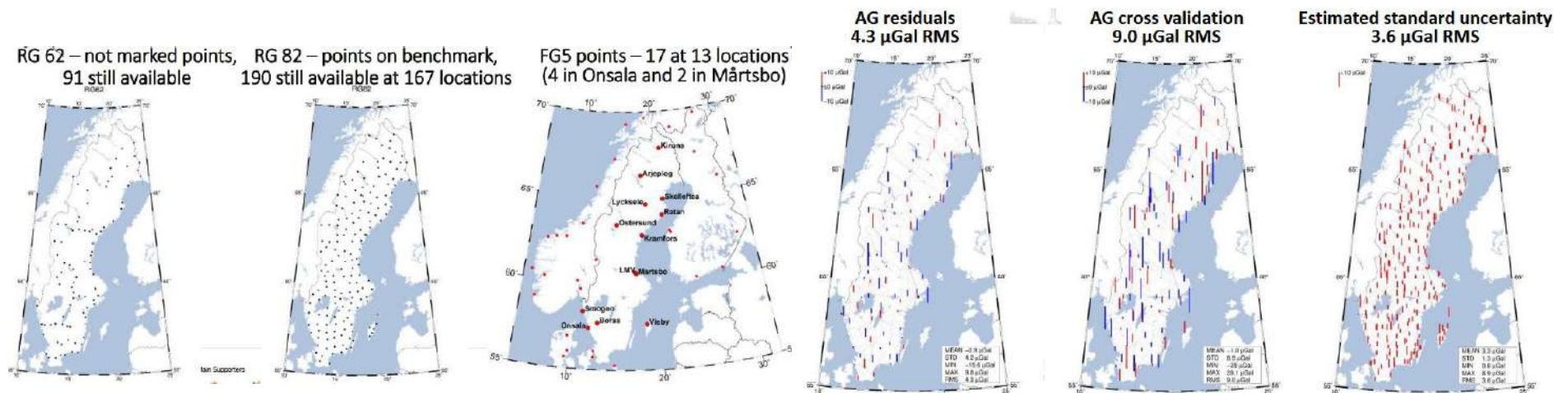
Leica GS25
www.leica-geosystems.com

【変動する世界での基準座標系の役割】 スウェーデン測量局 Martin Lidberg

- 測位精度が向上する中、測位と地理空間データの位置の不整合は、容易に可視化されるため、両者は、同じ測地基準座標系に準拠する必要がある
- 位置は時間変化するため、測位と地理空間データの双方にタイムタグが不可欠
- 地殻変動に対する十分な知識も不可欠
- 自動運転では、ナビゲーションユニットは、測位と地理空間データが準拠する基準座標系の確認、データは自身の準拠する基準座標系に関する情報の保持が必要
- 対応は、アプリケーションと必要で異なるが、高精度が必要な場合は、測位データと地理空間データの基準座標系の整合が必須

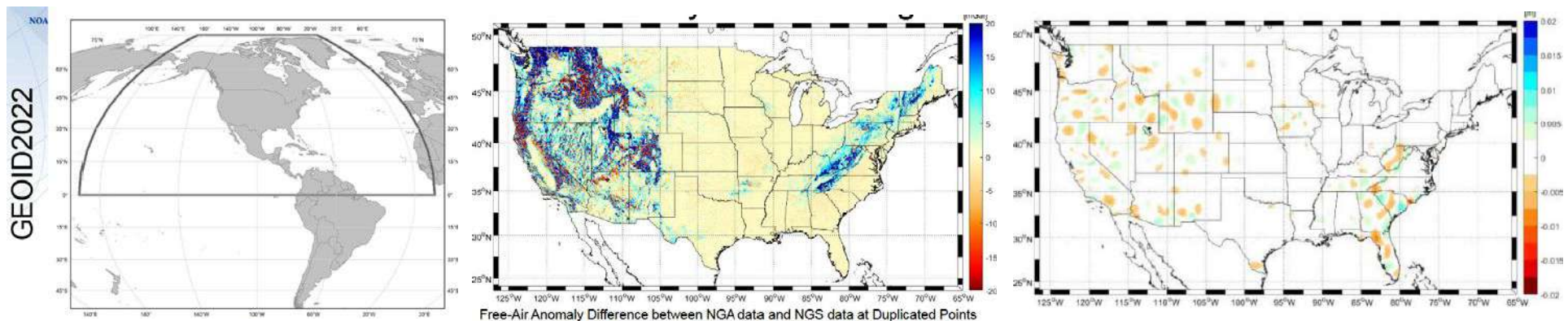
スウェーデン測量局 (Martin Lidberg)

- 従来の重力基準網RG82を高度化、重力基準網RG2000を構築
- RG2000は、FG5絶対重力計13点の測定、A10絶対重力計95点の測定、ラコスト重力計、シントレックスCG5の3,900点の測定から実現
- 基準エポックは、2000年（3次元、高さ基準系とエポックを揃えるため）
- バルト海のPGRモデルで高さ変化による重力変化を補正、過去の重力データを活用
- FG5は国際比較に参加、国際標準との整合を担保
- 重力網の絶対重力値との残差は、 $4.3\mu\text{Gal}$ 、交差検定で $9\mu\text{Gal}$ を達成



米国国家測地局（NGS） Kevin Ahlgren

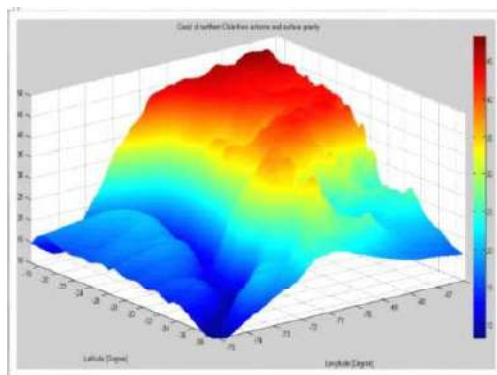
- 米国の重力ジオイド・モデル構築のプロジェクトGRAV-Dでの重力データ共有
- 地上重力データの測定機関（米国NGA・カナダCGS・メキシコINEGI・オランダDTU）と連携、NGAは全球モデルEGM作成のため、モデルでも連携が必要
- NGSとNGAは、地上重力データを共有、一部は重複、特に山岳域で乖離
- GRAV-Dの航空重力データをNGAへ共有、EGM構築に活用
- EGMの先行モデルPGM17とGRAV-Dの試作ベータモデルNGSREF17Bは整合
- 各機関のモデルが乖離しないよう、共通の入力データセット（地上重力・航空重力・DEM（SRTMf4.1）・衛星重力）を設けてデータ作成
- 地上重力・DEMには、依然として空白域が存在、今後の連携が必要。



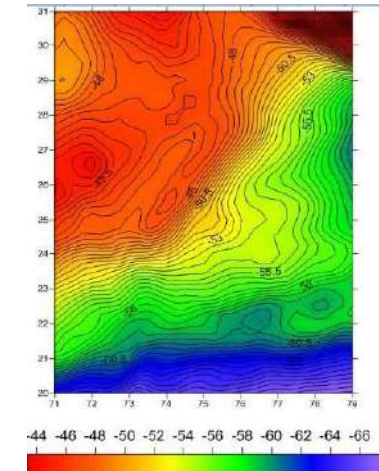
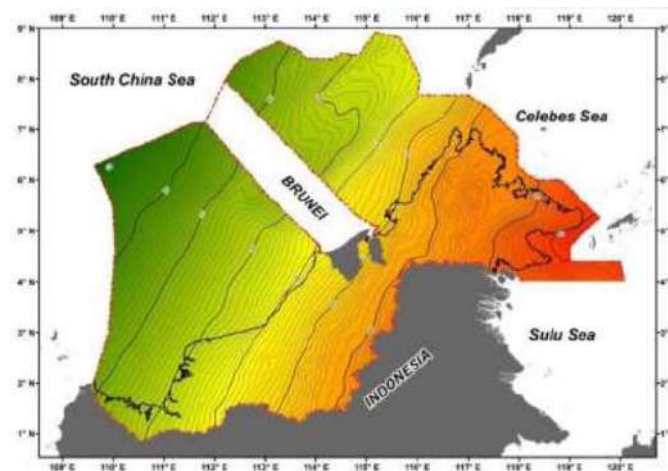
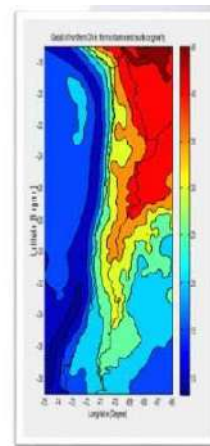
https://fig.net/resources/proceedings/fig2018/ppt/ts06e/TS06E_ahlgren_wang_et_al_9619_ppt.pdf

重力・ジオイド-3

- デンマーク工科大学（DTU）・NGAの協力で、チリ北部の航空重力測定を実施、重力ジオイド・モデルを構築、地上・航空重力に加え、DTU10・SRTM30・EGM08・GOCE-RL4を使用
- DTU・NGAの協力で、2014・2016年に海域を含む航空重力測定を実施、海域を含むマレーシア東部（ボルネオ島）のジオイド・モデルを構築、海岸線の5つの験潮場を用いてモデルを調整、混合ジオイド・モデルMy Geoid 2017を作成
- グローバルモデルGGM05Cと地上重力データからインド西部の重力ジオイド・モデルを作成、GPS/水準のジオイド高データを同化してRMS7.2cmの混合ジオイド・モデルを作成、ベータ版として公開、近いうちに国土全体のジオイド・モデルを公開予定
- ジオイド・モデルの構築は、世界の趨勢、ただし、一部を除いて、国土の基準座標系の維持に活用できるモデルを構築できている国はない模様



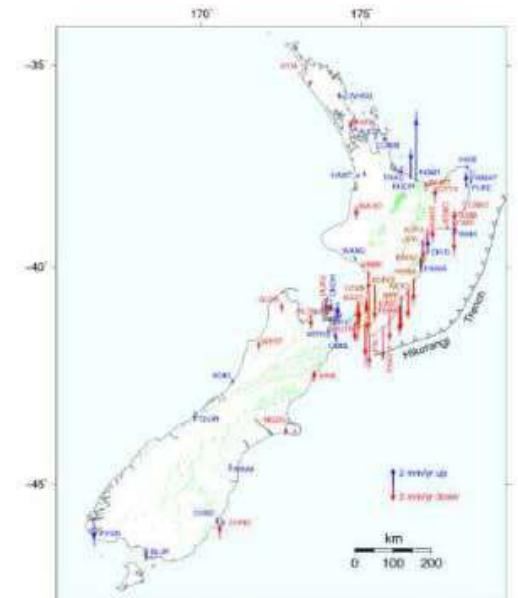
A Geoid model of northern Chile from airborne and surface gravity



測地基準座標系-1

ニュージーランド土地情報局 (LINZ) Graeme Blick

- ニュージーランドの海陸に共通の高さの基準を定め、海域の既存の様々な高さを陸域と共通の高さに変換するツールを構築するJLASプロジェクトを開始
- 海域で用途・分野毎に異なる高さの基準面を評価するため、1990年からの験潮データ、1996-2000年の潮汐モデルを評価、評価に基づき新モデルの構築を行う
- モデルを用いて、海域で必要な様々な高さを陸域の高さに変換するツールを開発
- 海陸で共通の高さは、海面上昇・洪水・津波の正確な把握に裨益、海陸での断層変位の正確な接合にも貢献

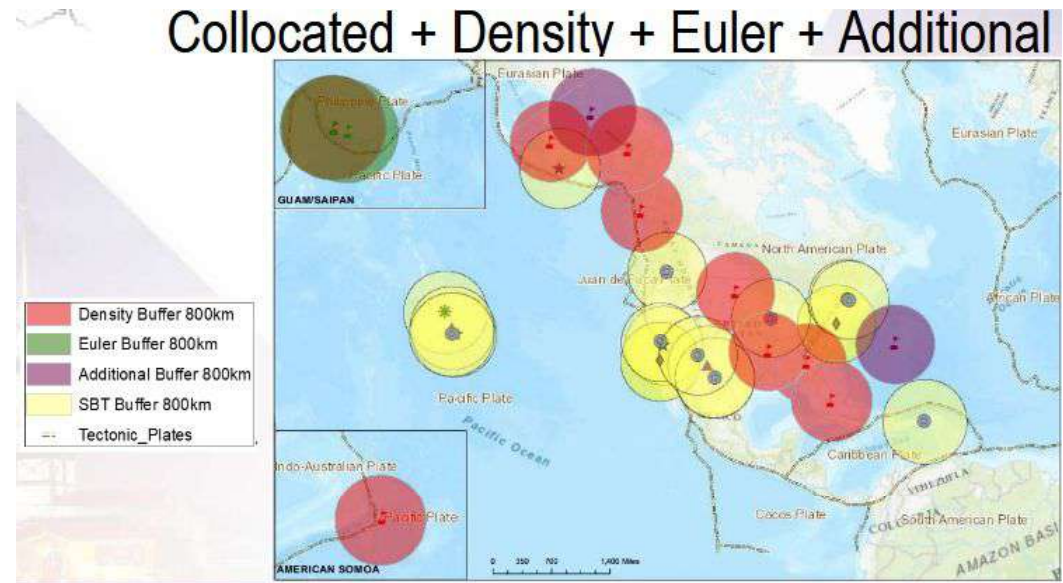
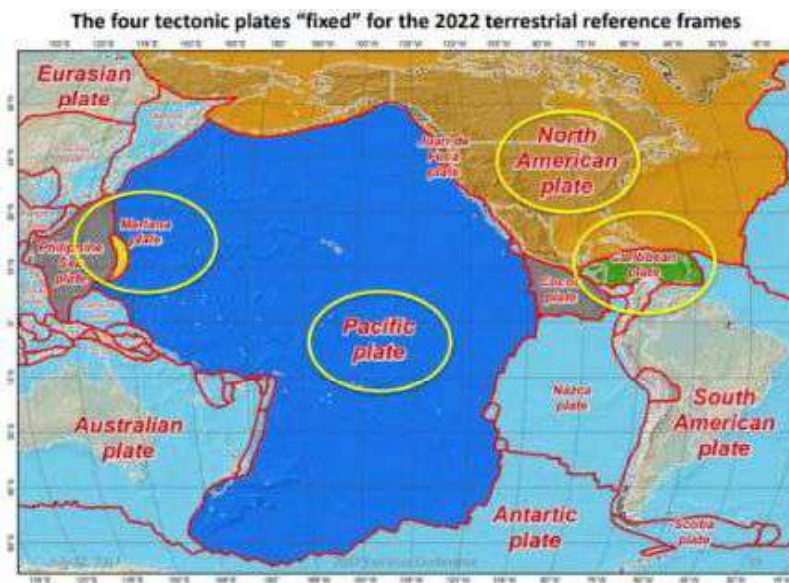


Vertical rates estimated at near-coast GNSS sites. (GEONET/LINZ)

測地基準座標系-2

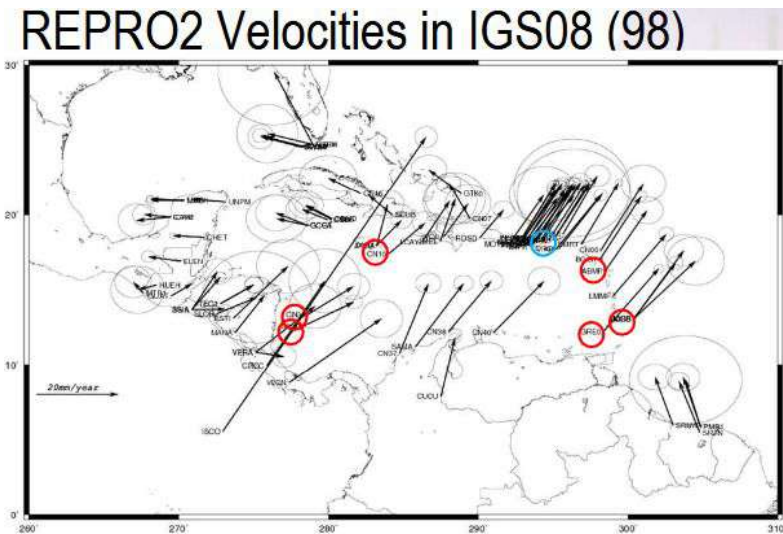
米国国家測地局（NGS） Ran Roman

- 米国の次期測地基準系NSRS2022は、北米、太平洋、カリブ海、マリアナの4つのプレートにそれぞれ基準座標系（NATRF・PATRF・CATRF・MATRF）を実現
- 主にIGS点から各プレートのオイラー極と回転速度を推定して動的測地系を実現
- 推定では、プレート運動のみを捉えた長期安定した点を適切な空間配置・密度で用いることが必須、他の宇宙測地技術とのコロケーションも重要
- プレート運動をモデル化、残った変動を別途、プレート内部変形としてモデル化



測地基準座標系-3

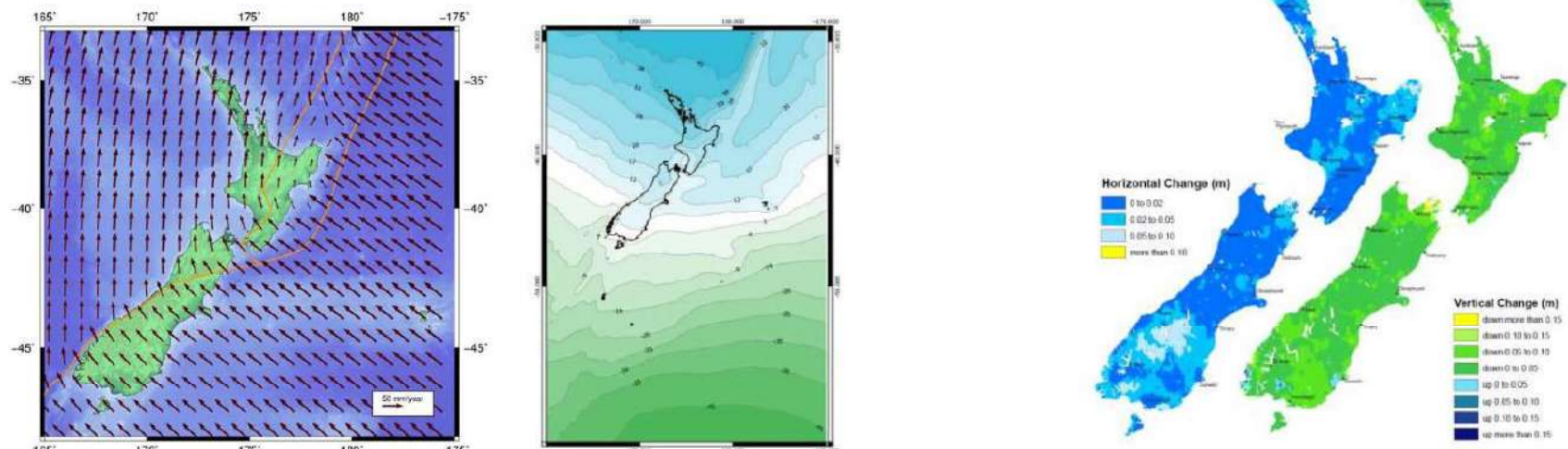
- 推定には、米国外の点が必須、すなわち関係機関との連携が必須
(北米：IAG1.3c カリブ海：SIRGAS 太平洋・マリアナ：APREF)
- 北米プレートでは、カナダのGlacial Isostatic Adjustment (GIA) が課題、GIA中心域では、隆起が卓越し水平変動は無視できると想定し、GIA中心域の点を使用
- 太平洋プレートでは、観測点は島嶼部のみでプレート縁辺の適切な点配置が課題
- カリブ海プレートは内部変形が非常に複雑で、プレート運動のみを検出している観測点の選点が最も困難、IGS REPRO2の速度場から選点、さらに2点が必要
- グアムと米国領サモアは、別途、地域の基準座標系を構築



測地基準座標系-4

ニュージーランド土地情報局 (LINZ) Nic Donnelly

- 地籍などでのユーザアクセスの観点から、標石基準点は依然として重要
- 100万の観測データに一括で網平均計算を実施、10万点の基準点に国家の測地基準座標系に整合した座標値を与えた
- 地殻変動はモデルを用いて、SNAPソフトウェアで補正
- 疑似ジオイドを用いて、水準点の座標を同時に網平均計算して水準測量の結果を3次元座標の網平均計算に統合
- CORSとの比較では、95%の信頼区間で、水平で2cm、上下で3cmを達成
- 現在、全国の地籍の網平均計算を実施中



https://fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2018/ppt/ts07e/TS07E_donnelly_broadbent_9410_ppt.pdf

UN-GGIM測地準委員会 教育・訓練・能力開発グループ 公開会合

- 国連GGRF決議の実施に向けて、GGRFロードマップ実施計画の作成
- 加盟国に質問書を発出して各国の測地能力を把握し、誰がどのような能力開発を必要としているか、必要な能力開発を誰が提供しうるかを分析
- 2018年8月の第8回UN-GGIM会合に向けた報告を取りまとめ

FIGアジア太平洋能力開発ネットワーク（AP-CDN） 特別フォーラム

- 能力開発の連携（ネットワーキング）を目的としたFIGネットワークのひとつ
- 同地域の能力開発の強化に向け、課題、取組を共有し、今後の連携を議論
- 10名から課題と取り組みが紹介され、日本から基準座標系について発表
- 11月中国の第1回世界地理空間情報会議でワークショップ開催に合意



Mikael Liljeグループリーダー



AP-CDN特別フォーラム集合写真

FIG会合2018の所感など

- 測地基準座標系に関する課題は、多くの国で共通
(地殻変動・時間管理 (動的測地系)、ジオイド・モデル)
- 課題解決の取り組みは、類似した考え方で行われている
- 地殻変動の把握 (CORS、干渉SAR等)、重力測定的重要性は認識されている
- 衛星測位の精度向上の中で、基準座標系をどのように管理するかも課題
- 衛星測位は、衛星、測位デバイス、測位技術、測位サービスともに急速に発展
- 測位衛星のプロバイダは、各々差別化した戦略を展開
- 豪州のSBASなど、衛星プロバイダ以外も戦略的にアプローチ
- 干渉SARの活用も進みだしている (Sentinel活用の事例が複数あり)



- 日本測量者連盟の一員としてFIG第5分科会の活動に参加
- FIG第5分科会は、測位と計測をテーマとし、測地基準座標系、GNSS測位などについて技術の普及、能力の開発を実施
- 2012年から実務者のための技術セミナーを開催、報告者は講師として参加
- 2017年には、神戸・熊本において測地技術のセミナー・ワークショップを共催
- FIGの年次会合（Congress、Working Week）にも参加し、技術セッションにおいて日本の取組・技術を紹介
- 2019年のFIG会合は、ベトナム・ハノイで4月22日～26日に開催
- 今後も第5分科会を通じて日本からの情報発信、最新の情報収集、関係国との連携強化を実施していく予定

<http://www.fig.net/fig2019/>

