

# 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

令和元年度 日本測量者連盟講演会  
令和元年8月29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）： 40か国42団体
- 学術会員（大学・研究機関）： 50か国83団体
- 企業会員（民間企業）： 26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べるよう、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（2019～2022年）

Daniel Roman

米国国家測地局

（National Geodetic Survey; NGS）

## 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 「3次元基準座標系」

測量者のための3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

## 作業部会5.1 「標準・品質確保・キャリブレーション」

David Martin (フランス)

## 作業部会5.2 「3次元基準座標系」

Nic Donnelly (ニュージーランド)

## 作業部会5.3 「高さ基準系」

David Avalos-Naranjo (メキシコ) ←Kevin Kelly (米国Esri)

## 作業部会5.4 「GNSS」

Suelynn Choy (オーストラリア)

Ryan Keenan (オーストラリア) 新規

## 作業部会5.5 「複数センサー」

Allison Kealy (オーストラリア) IAG Commission4 会長就任

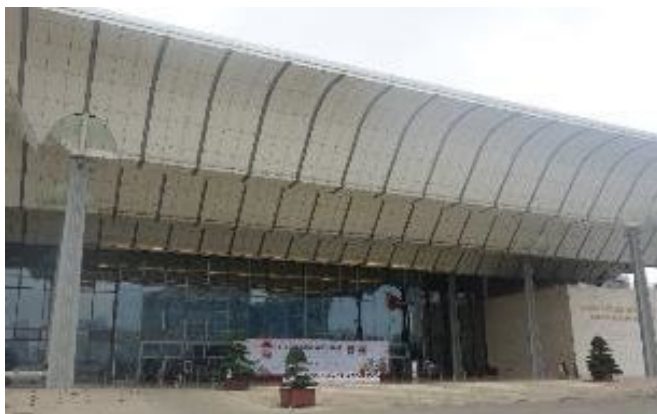
Guenther Retscher (オーストラリア)

## 作業部会5.6 「費用対効果の良い測位」

Leonid A. Lipatnikov (ロシア)

Li Zhang (ドイツ)

- 毎年1回の年次会合 (Working Week) を開催
- 測量以外の分野を視野に入れ、現在の10分科会を整理して統合する案が掲示。第5・7分科会など活発な分科会は継続、今後は他の分科会との統合を議論。
- 基調講演では、9件中3件が測地に関する講演。
  - ✓ 国連地球規模の測地基準座標系 (GGRF) Gary Johnston共同議長
  - ✓ 国際測地学協会 (IAG) Harald Schuh会長
  - ✓ Phan Duc Hieuベトナム測量局長
- 実務者のための技術セミナー、測地インフラの能力開発特別セッションを開催。
- 2023年の年次会合は、米国フロリダでの開催が決定。



会場 (National Conference Center)



FIG総会の模様 (会長以下執行部)

## 技術セッションでの報告者の発表2件

- PPP解析システムの開発とRGARDシステムとの比較による評価
- 日本の航空重力測定と新たな精密重力ジオイド

## 技術セッション

- 特別セッション「測地インフラの能力開発」
  - セッションの共同座長（国連/IGSのAllison Craddockと共同）
  - 発表：UN-GGIM-AP測地基準座標系作業部会の活動と計画
- 測地基準座標系（高さ基準座標系、重力含む）

## 関連会合

- 実務者のための基準座標系セミナー
  - 講演2件（UN-GGIM-APの活動、日本の測地基準座標系）
- FIGアジア太平洋能力開発ネットワーク（FIG AP-CDN）

## 国土地理院の開発したPPP-AR解析システムの精度評価について報告

**FIG WORKING WEEK 2019**  
22-26 April, Hanoi, Vietnam  
"Geospatial Information for a Smarter Life and Environmental Resilience"

### GEONET real-time positioning -REGARD-

- RTK
- RTKLIB 2.4.2
- Single baseline
- Operational

**DATA**  
 GEONET stations  
 Real-time 1Hz BINEX  
 CODE  
 Ultra-Rapid Orbit  
 JMA  
 Early Earthquake Warning (option)

**Real-time positioning subsystem**  
 RTCM convert  
 RTKLIB 2.4.2 (Takasu, 2013)

**Event detection subsystem**  
 - RAPID (Ohta et al., 2012)  
 Timeseries of station position (IJA - STA) > 0.10 m  
 - Early Earthquake Warning (EEW > M 7.0)

**Fault model inversion subsystem**  
 - Automatic estimation of finite fault models  
 - single rectangular fault  
 - slip distribution

20s moving average

**FIG WORKING WEEK 2019**  
22-26 April, Hanoi, Vietnam  
"Geospatial Information for a Smarter Life and Environmental Resilience"

### GEONET real-time positioning -PPP-AR-

- Enhance REGARD with PPP
- MADOCA 0.7.5 (Orbit & Clock)
- RTKLIB 2.4.3 (PPP positioning)
- Test operation since Aug. 2018

**Outline of RT PPP-AR analysis system**

Fiducial site positions from the postprocess system (Two-week average of the rapid solutions)

Realtime GNSS stream (IGS, MGM-Net, GS (+75 Stations))

Realtime Global GNSS analysis by MADOCA

PPP correction messages (satellite ephemeris/clocks, FCB)

Kinematic PPP analysis by RTKLIB 2.4.3

Kinematic positions of GEONET stations (1 sec interval)

RT data streams used

ORGANISED BY FIG

ORGANISED BY FIG

**FIG WORKING WEEK 2019**  
22-26 April, Hanoi, Vietnam  
"Geospatial Information for a Smarter Life and Environmental Resilience"

### Accuracy evaluation (1)

- Processing 1hz data of all stations at a day in summer and winter

REGARD    PPP    PPP-Differential

E-W (cm)    N-S (cm)    U-D (cm)

Distance from reference station (Komatsu) [km]

Summer (2018/08/27)  
Winter (2019/1/11)

**FIG WORKING WEEK 2019**  
22-26 April, Hanoi, Vietnam  
"Geospatial Information for a Smarter Life and Environmental Resilience"

### Accuracy evaluation (2)

- REGARD is stable over the period (3-5cm in H, 5-8cm in V).
- PPP-AR become unstable over time because of accumulation of errors in estimated ephemeris. (In such case, we reboot the system for orbit & clock generation.)
- PPP-differential is almost same accurate as REGARD in the stable period.

REGARD    PPP-AR    PPP-differential

ORGANISED BY FIG

ORGANISED BY FIG



## 日本の航空重力測定と今後の重カジオイド・モデル構築の展望

**FIG WORKING WEEK 2019**  
22-26 April, Hanoi, Vietnam  
"Geospatial Information for a Smarter Life and Environmental Resilience"

### Motivation – implementation of a Geoid/GNSS based height system

**Current Japanese height system (since 1883)**  
Leveling-based system  
- Large cost, time consuming, labor intensive, disaster management, user unfriendly...

**Future Japanese height system (planned from 2024)**  
Geoid/GNSS-based system  
- Cost effective, prompt, quick recovery, useful...  
- Leveling for local surveys

Japanese GNSS CORS network (G2ONE1) consist of ~1300 stations

ORGANISED BY

PLATINUM SPONSORS

**FIG WORKING WEEK 2019**  
22-26 April, Hanoi, Vietnam  
"Geospatial Information for a Smarter Life and Environmental Resilience"

### Evaluation of the gravimetric geoid model

Gravimetric geoid model	Mean dif. (cm)	S.D. (cm)
JGEOID2008	- 22.53 (w0 = IERS2003)	8.02
This study (Matsuo)	5.01 (w0 = JAG2015)	5.75

Improvement of 2.27 cm compared with JGEOID2008

ORGANISED BY

PLATINUM SPONSORS

**FIG WORKING WEEK 2019**  
22-26 April, Hanoi, Vietnam  
"Geospatial Information for a Smarter Life and Environmental Resilience"

### Characteristics of data used in this study

Land gravity data	Satellite gravity data	Marine gravity data	Digital Elevation Model (Residual Terrain Model)
 Mid-short wavelength gravity components on land (2~100km) ⊕ High precision ⊗ Unavailable in difficult-to-access areas	 Long wavelength gravity components (100~20,000km) ⊕ Globally available ⊗ Low spatial resolution	 Mid-short wavelength gravity components on ocean (2~100km) ⊕ Good precision over open sea areas ⊗ Poor precision near coastal areas	 Short wavelength gravity components on land (2~30km) ⊕ Globally available ⊗ Reliable only for short wavelength components

ORGANISED BY

PLATINUM SPONSORS

**FIG WORKING WEEK 2019**  
22-26 April, Hanoi, Vietnam  
"Geospatial Information for a Smarter Life and Environmental Resilience"

### Schedule for airborne gravity surveys

2018 → 2019 → 2020 → 2021 → 2022 → 2023 → 2024

**Conduct airborne gravity surveys over Japan**  
- Cover main land and coastal sea area in 4 years  
- Publish collected gravity data and a beta version of geoid model every year

**Survey design**  
Area : Main land and coastal area (~40km)  
Data lines : Spaced 10km apart  
Cross lines : Spaced 50km apart  
Altitude : 3,000m over normal area  
5,000m over Japan Alps  
Aircraft : Cessna 208b Caravan  
Speed : 250km/h  
Line length : ~90,000km

**Accuracy Target : 1mgal**

ORGANISED BY

PLATINUM SPONSORS

## 米国国家測地局 (NGS) Kevin Ahlgren

- 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
- 次期の高さ基準座標系 (NAPGD2022) は、航空重力・ジオイド構築プロジェクト (GRAV-D) の成果である重力ジオイドを用いて構築
- 氷河性地殻均衡、氷床融解、巨大地震、火山噴火などによる質量変化を考慮して、ジオイドの時間変化を監視するシステム (GeMS) を構築する予定
- NAPGD2022では、CORSによる楕円体高の時間変化とジオイド高の時間変化をあわせて、時間項Tを考慮した標高とすることを想定



### Definitional Relationship

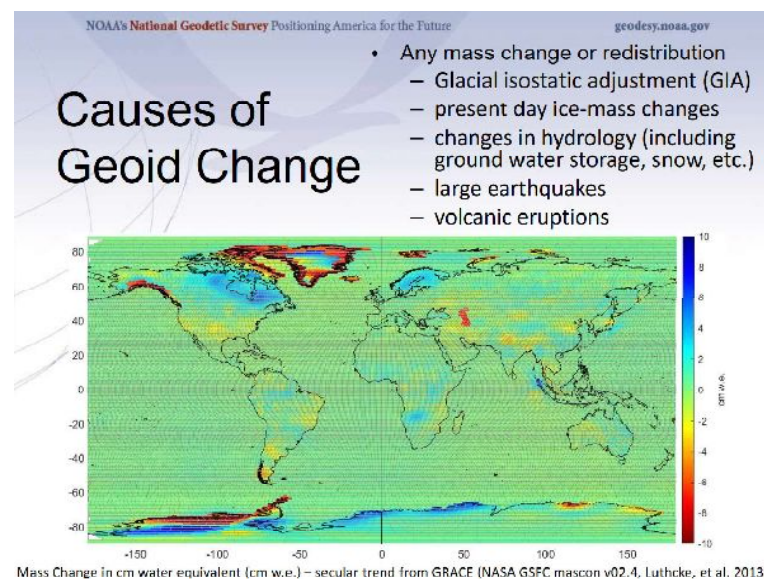
$$H_{NAPGD2022}(t) \equiv h_{TRF2022}(t) - N_{GEOID2022}(t)$$

Time-dependencies of ellipsoid heights come from OPUS, where time-dependent CORS coordinates serve as control for your time-dependent GNSS survey.

Time-dependencies of geoid undulations are captured in the dynamic component of (GEOID2022 ("D(GEOID2022)"), which will come from the geoid monitoring service, or GeMS.

Sponsors: 

Hanoi, Viet Nam, 20-21 April 2019/25



- UN-GGIM-AP、FIG、国連SCoGの共催で、測地の能力開発の現状と課題を共有し、連携のための関係構築を目的として開催
- 国連/IGSのAllison Craddockとともに座長を務める
- 測地能力の開発に関して、UN-GGIM-AP、FIG、国連SCoGの活動を報告
- UN-GGIM-AP測地基準座標系作業部会の部会長として、活動と計画を報告
- 参加各国から自国の測地インフラ、能力開発の現状と課題を報告（ベトナム、大洋州島嶼国、モンゴル、トンガ、フィジー、インド、インドネシア、マレーシア）



FIG AP-CDN議長の発表



トンガからの報告



国連SCoGからの報告

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

2018年 トルコ・フィジー

2019年 ハノイ (FIG2019に合わせて開催)

報告者は、日本・アジア太平洋について2件講演

- ✓ 日本の測地基準座標系の現状と展望
- ✓ アジア太平洋地域の基準座標系の構築の活動と展望



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 (三次元基準座標系)



2016年マレーシア (地理空間情報とGNSS CORS)

## FIGアジア太平洋能力開発ネットワーク（AP-CDN） 会合

- 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
- これまで測地、特にCORSの能力開発に焦点を絞ってセミナー等を実施
- 土地管理を含む地理空間情報に関する要請が高いためこれらも対象とする
- 6月フィジーのGNSSに関する能力開発のワークショップ（ICG主催）との連携
- 8月ダーウィンの東南アジア測量者会議（SEASC2019）でGNSSと測地基準座標系の近代化、土地管理をテーマとしてワークショップを開催
- 11月キャンベラのUN-GGIM-AP第8回総会で能力開発イベントの開催に合意



議論の様子



集合写真

## ITRS/ITRF (International Terrestrial Reference System/Frame)

ITRFは、地球の形状とその変化を表したもので、実質の国際的な標準となる測地基準座標系

- 国連では、地球規模の測地基準座標系（GGRF）としてきたが、これが実質は、ITRFと等しいことから、2019年8月にUN-GGIM第9回会合において、ITRFを科学、地理空間情報、測地アプリケーションの基準に用いることを支持
- 学術分野では、IUGG及びIAGが2019年7月の総会において、ITRFを測位・ナビゲーション・地球科学における基準、国家・地域の基準系として推奨することを決議
- 国際標準化機構（ISO）では、ISO標準、ISO TC211 19161-1において、ITRSを定める活動を実施しており、承認が目の前に来ている。
- 産官学において、位置の基準としてITRS/ITRFを用いることが推奨される流れ
- FIG第5分科会もその活動に参加、貢献

### 関連文書

- E/C.20/2020/7/Add.1: [http://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/9th-Session/documents/E\\_C.20\\_2020\\_7\\_GGRF.pdf](http://ggim.un.org/meetings/GGIM-committee/9th-Session/documents/E_C.20_2020_7_GGRF.pdf)  
IUGG resolution 2019: <http://www.iugg.org/resolutions/2019%20IUGG%20GA%20Resolutions.pdf>  
IAG resolution 2019: [https://iag.dgfi.tum.de/fileadmin/IAG-docs/IAG\\_Resolutions\\_2019.pdf](https://iag.dgfi.tum.de/fileadmin/IAG-docs/IAG_Resolutions_2019.pdf)  
ISO/DIS 19161-1: <https://www.iso.org/standard/70655.html>

- 測地基準座標系の時間変化、高さ基準座標系の近代化は、共通の課題
- 対応策の選択肢は非常に似ており、各々が最適な策を模索している状況。測地の能力開発は、計画の策定、基準座標系の構築・更新・維持に不可欠。測地の能力開発に関する途上国の要請は強い。
- 米国、NZなど、先進国では、4次元の基準座標系を含む時間変化の管理に議論、取組が進んでいる。途上国では、ジオイドを基盤の高さ基準座標系に対して意識が高く、混合ジオイドを用いた高さ基準座標系が進んでいる。
- FIG全体では、測量以外の分野を見据えたリフォーム、特に分科会の再構築について議論が進んでいる。
- 測地分野（第5分科会）は、最も活動が活発な分野の一つ。国連や学術との連携も進んでいる。



- 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基準座標系セミナーを開催、講師として参加
- FIGの年次会合（Congress、Working Week）に参加し、技術セッションにおいて日本の取組・技術を紹介
- 国連（UN-GGIM-AP・UN SCoG）、IAGの代表としてもFIGとの連携を促進
- 2020年のFIG会合は、オランダ・アムステルダムで5月10日～14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

