

# スマートでコンパクトな基準点体系に向けて

- 衛星測位システムを賢く使い、いつでも・どこでも・誰でも必要な位置情報が容易に得られる社会を実現 -

## 基準点体系分科会（ ）報告

平成 26 年 6 月

国土地理院技術協議会  
基準点体系分科会（ ）

## 要約

準天頂衛星システムをはじめとする複数の衛星測位システム(GNSS)の実現やスマートフォン等の普及により、今後GNSSの利用が一層進むことが予想される。電子基準点のGNSS対応の推進と高精度なジオイド・モデルの構築並びにセミ・ダイナミック補正の普及等により、GNSSの連続観測を行う電子基準点を核として「いつでも・どこでも・誰でも・必要な精度の位置を容易に知ることができる社会」の実現に向けて環境が整備されている。

また、位置情報サービスにも将来多様化が予想されるとともに、カーナビやパーソナルナビだけでなく、ITS(高度道路交通システム)、情報化施工等の移動体制御等にも位置情報のニーズが広がりつつある。今後、各々の利活用場面に応じた様々なニーズに応えられる位置情報基盤の整備が必要になると考えられる。

このため、国土地理院技術協議会基準点体系分科会( )は、測量や位置情報サービス等において位置情報を必要とする幅広い利用者に役立つスマートでコンパクトな基準点体系への移行について検討を行い、今後10年間で取り組むべき施策と将来における新たな測地技術の導入の可能性について提案する。

### 主要施策のイメージ

- (1) 電子基準点のGNSS対応の推進と、衛星測位を用いて測量を効率化するスマート・サーベイ・プロジェクト(以下「SSP」という。)方式の導入、セミ・ダイナミック補正の普及を踏まえ、さらに将来の高精度測位への需要に対応するため、今後、公共基準点は、利用者が必要な時に必要な場所へ、電子基準点から直接設置する形態へと移行する。これにより、公共基準点には測量の基準としての役割は残るが、従来の一等から四等までの三角点は、その果たしていた測地網の密度補完並びに公共基準点に対する近傍既知点としての役割が終わることから、少数の三角点を除き今後10年程度で測量の基準としての用途を廃止する。
- (2) 水準路線の無い地域でGNSS測量による標高の測量(以下「GNSS水準測量」という。)を推進し、より経済的で利便性の高い標高値の取得を図る。このために必要となる標高体系の基盤として、直接水準路線の役割を見直す。この結果、基本測量の水準点網は、直接水準測量による水準路線と、GNSS水準測量により設けた点群とで構成されることとなる。直接水準路線は、GNSS水準測量の既知点としての役割を勘案しつつ、全国の標高体系及びジオイド・モデルを維持するための必要最小限の路線のみに限定する。
- (3) 公共測量では、衛星測位を用いるSSP方式の導入により「衛星測位を活用して電子基準点から直接設置できる公共基準点の範囲の拡大」や「標高の測量への活用」を推進する。

## 目 次

### 要約 目次

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 1 . はじめに . . . . .                   | 3  |
| 2 . 基準点体系を取り巻く環境の変化 . . . . .        | 3  |
| 2 . 1 社会 . . . . .                   | 3  |
| 2 . 2 技術 . . . . .                   | 4  |
| 3 . 基準点利活用の現状と今後 . . . . .           | 7  |
| 3 . 1 基準点利活用の現状 . . . . .            | 7  |
| 3 . 2 位置の基準の今後の姿(SSP方式の導入) . . . . . | 8  |
| 3 . 3 地殻変動監視 . . . . .               | 8  |
| 3 . 4 地殻変動補正とジオイドデータの高度化 . . . . .   | 9  |
| 4 . SSP方式の導入によって変わる基準点体系 . . . . .   | 11 |
| 4 . 1 基準点体系の現状 . . . . .             | 11 |
| 4 . 2 高さの基準 . . . . .                | 12 |
| 4 . 3 水平位置の基準 . . . . .              | 14 |
| 4 . 4 スマートでコンパクトな基準点体系への移行 . . . . . | 16 |
| 5 . 新たな測地技術の導入と課題 . . . . .          | 16 |
| 5 . 1 精密単独測位 (PPP) と動的な測地系 . . . . . | 16 |
| 5 . 2 標高計測に関する新手法 . . . . .          | 18 |
| 5 . 3 屋内測位 . . . . .                 | 18 |
| 6 . 付録 . . . . .                     | 19 |
| 【その他の技術動向】                           |    |
| 【測量計画機関へのヒアリング結果】                    |    |
| 【日本測量機器工業会へのヒアリング結果】                 |    |
| 【国家基準点及び公共基準点の利用状況等に関する調査結果】         |    |
| 【験潮に関する有識者からの聞き取り調査結果】               |    |
| 【検討の経緯】                              |    |
| 【2013年度 分科会の構成】                      |    |
| 【2014年度 分科会の構成】                      |    |

## 1. はじめに

地理空間情報活用推進基本法（平成 19 年法律第 63 号）が謳うように、「国民が安心して豊かな生活を営むことができる経済社会を実現する上で地理空間情報を高度に活用すること」は極めて重要である。国土地理院が測量法（昭和 24 年法律第 188 号）に基づき整備してきた測地基準点（三角点、水準点等）の体系は、我が国の測量に共通の位置の基準を与え、測量に基づいて作成される地図等の地理空間情報が広く活用・共有されることを担保する縁の下の力持ちとして、我が国の経済社会を支えている。

測量を巡る技術や社会の変化を踏まえつつ、国土地理院では、平成元年（1989 年）以来、「いつでも・どこでも・誰でも・必要な精度の位置を容易に知ることのできる社会の実現」を理念に、基準点体系分科会（ ）～（ ）を順次開催し、基準点体系の在り方について検討してきた。

この結果、GPS を活用した電子基準点の導入、世界測地系に移行するための測地成果 2000 の構築、定常的な地殻変動によるひずみの影響に対応するセミ・ダイナミック補正の導入、位置情報点や場所情報コードによる位置情報基盤の構築といった新たな方向性と施策が提案され、時代の変化に応じた基準点体系が構築されてきた。

しかしながら近年、準天頂衛星システムをはじめとする複数の衛星測位システム（GNSS）の実現、スマートフォン等による測位技術の国民への浸透、東日本大震災に伴う未曾有の地殻変動の継続、そして行政機関における行財政改革の一層の進展等、技術・社会等に一段と大きな変化が生じている。このため、平成 25 年 9 月より課題を整理し施策を提案するため、基準点体系分科会（第 1 期）での検討を開始した。

本報告は、衛星測位技術を最大限に活用してスマートでコンパクトな基準点体系を目指すという、本分科会の検討内容をまとめたものである。第 2～3 章では基準点体系を取り巻く環境の変化と課題を整理し、第 4 章では今後 10 年程度で実現すべきスマートでコンパクトな基準点体系について提言する。第 5 章では今後活用すべき測地技術について展望する。

なお、本分科会では変わりつつある社会のニーズや技術への対応方針を中心に議論しており、法改正の必要性など個別の施策については今後さらに精査していく。

## 2. 基準点体系を取り巻く環境の変化

### 2.1 社会

我が国では、平均寿命の伸びや出生率の低下により少子高齢化が急速に進んでおり、総人口は平成 17 年をピークに減少を続け、平成 27 年には 4 人に 1 人が 65 歳以上となることが予想される等、我が国はかつてない少子高齢化社会へ突入しようとしている。

また、国の財政については、歳出が税収等を上回る財政赤字の状況が続いており、平成 25 年度末でその額は 750 兆円程度に上る見込みである。さらに、行政機関の定員について、政府は、平成 21 年度末で約 30 万人だった国家公務員

の定員を、平成 22～26 年度の 5 力年で約 3 万人削減する合理化計画を進めており、国土地理院においても業務の効率化が一層求められている。

加えて、平成 23 年の東日本大震災の発生を踏まえ、首都直下地震や南海トラフの巨大地震による甚大な被害が懸念されており、地震・津波等による自然災害への防災意識が地方公共団体や国民の間で急速に高まっている。

## 2.2 技術

### (1) 衛星測位技術の進展

近年、米国の GPS に加え、各国・地域は GNSS の整備を進めており、数年後には合計で 100 機以上、日本上空でも常時 30 機以上の衛星が観測可能なマルチ GNSS 環境が到来すると予想されている。利用できる衛星数や信号、周波数の増加により、従来の GPS だけでは衛星測位が難しかった都市部や山間部における測位率の向上、測位時間の短縮、測位精度の向上等が期待されており、これらの GNSS 環境の恩恵を十分に享受するためのハードウェア、ソフトウェアの技術開発や、公共測量の作業規程の準則（以下「準則」という。）の整備等が求められている。

我が国も GPS を補完・補強する準天頂衛星システム（以下「QZSS」という。）の整備を進めており、平成 22 年 9 月には初号機「みちびき」の打ち上げに成功し、現在まで順調に運用されている。また平成 23 年 9 月には、平成 30 年を目途に 4 機体制を整備し、将来的には持続測位が可能となる 7 機体制を目指す等の方針が「実用準天頂衛星システム事業の推進の基本的な考え方」として閣議決定された。QZSS は、日本上空で長時間高い衛星仰角が確保されるよう設計されており、大きな特徴として、GPS 衛星と同種の信号を提供する「GPS 補完機能」及び独自の測位補正情報を提供する「GPS 補強機能」を有する。前者では、特に都市部のビル街や山間部における衛星の可視性の向上が、後者では補正情報を利用した測位精度の向上が期待されている。

現在、QZSS の補強信号の一つである LEX 信号を利用した測位補強技術として、宇宙航空研究開発機構（JAXA）による精密単独測位（以下「PPP」という。）向けの補正情報や、一般財団法人衛星測位利用推進センター（SPAC）によるネットワーク型 RTK 技術をベースとした補正情報の開発が進められており、「みちびき」から実際に補正情報を送信して種々の実証実験が実施されている。いずれの技術においても水平成分で精度 10cm 程度の測位結果が報告されており、今後、実用準天頂衛星システム事業の推進によって将来的に一部の測量等での利用が進む可能性がある。

また、受信機メーカーの中には、精密農業等の利用者向けに、独自のグローバルな観測網のデータから生成した PPP 補正情報を通信衛星経由で利用者へ送り、リアルタイムでの測位サービスを提供している事例もある。

### (2) 高精度ジオイドの整備

スマート・サーベイ・プロジェクト（以下「SSP」という。）の一環として、GNSS 測量により得られた楕円体高から 3 級水準測量に相当する標高を算出するために必要な、高精度なジオイド・モデルの構築を進めている。平成 25 年 4

月に、西日本地域について高精度化した新たなジオイド・モデル「日本のジオイド 2011」を構築し、それを既公表の全国モデルに組み入れた「日本のジオイド 2011+2000」として公開した。新たなモデルは、最新の日本の重力ジオイド・モデル「JGEOID2008」(Kuroishi,2009)を最小自乗コロケーション法(LSC)を用いて、水準測量とGNSS測量により計測されたジオイド高に適合させることで作成した。得られたモデルは、観測ジオイド高と標準偏差2cmで整合している。

新たなモデルの適用範囲は、一部島しょ部を除く、中国・四国・九州地方の西日本地域であった。その他の地域については、既公表である「日本のジオイド 2000」(国土地理院,2003)に改変を加えていないため、全国のモデルの名称を「日本のジオイド 2011+2000」とした。その後、残りの地域についてのモデル構築を進め、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震に伴い改定した測地成果2011に整合する高精度なジオイド・モデルを全国整備し、「日本のジオイド 2011 Ver.1」として平成26年4月から公表している。

### (3) SSP 導入による測量方法の変革

(1)で述べた「GNSS 環境の恩恵を十分に享受するための技術開発や準則等の整備」に関連して、国土地理院では平成24年11月からGNSSを活用して測量業務の効率化を目指すSSPを展開している。SSPでは、基本理念として、

GNSS測量と高精度なジオイド・モデルとを組み合わせることにより、従来の水準測量を行わなくても、水準点を設置できるようにすること。

これまで1級基準点測量に限定されていた、電子基準点のみを既知点とする作業方法を、2級基準点測量にも適用すること。

を掲げ、外部有識者を含む「測量業務の効率化に関する検討委員会」において、準則の将来の改正につながる二つの作業マニュアル(「GNSS測量による標高の測量マニュアル(案)」及び「電子基準点のみを既知点とした基準点測量マニュアル(案)」)を策定し、平成25年4月から運用を開始した。その後、内容の一部変更について同検討委員会での審議を経て、それぞれのマニュアル(案)を改正してマニュアルとして平成26年4月より本格運用を開始している。

(図-1)(図-2)

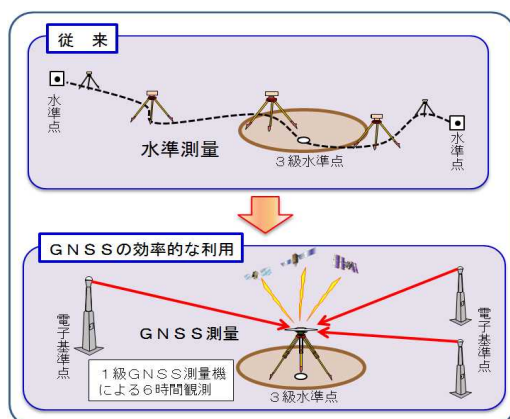


図-1 GNSS の効率的な利用  
(3級水準点の設置)

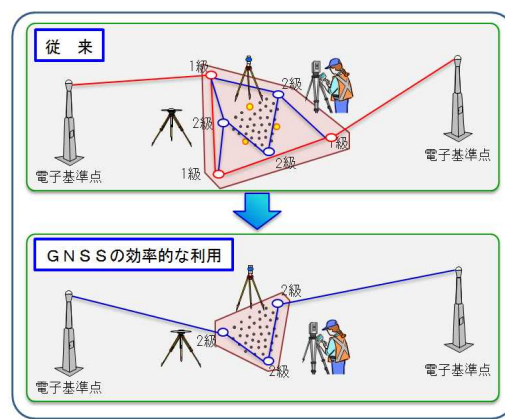


図-2 GNSS の効率的な利用  
(2級基準点の設置)

SSPにおいてマニュアル化した測量の方式（以下「SSP方式」という。）を可能とした技術的な背景は、以下のとおりである。

GPSに加え、我が国のQZSS、ロシアのGLONASSといった複数の衛星測位システムが運用されてきており、今後GNSSの利用が一層進むことが予想されること。

GNSS測量により得られる楕円体高から標高を算出するために必要な高精度なジオイド・モデルが構築されたこと。

測量成果への地殻変動の影響を軽減するセミ・ダイナミック補正が公共測量に定着してきたこと。

#### （４）地籍調査の動向

地籍整備事業では、国土交通省土地・建設産業局地籍整備課が第 6 次国土調査事業十箇年計画（平成 22 年度～平成 31 年度）の中間見直しを行っている。第 6 次国土調査事業十箇年計画の期間では、新技術の導入による測量作業の効率化により、地方公共団体が地籍調査を実施しやすい環境を整えることとし、これまでの四等三角点の設置から電子基準点を活用した SSP 方式による測量へ移行することが検討されている。平成 26 年度には「新技術を活用した地籍整備推進」に係る調査等を行い、SSP の趣旨を踏まえて地籍調査の作業に関する規程等が改定される予定である。

#### （５）スマートフォン等による測位技術の普及

近年の位置情報をめぐる業界の市場規模を見ると、測量市場においては公共事業の削減を受けて縮小傾向にあり、ピーク時の平成 8 年度に約 6,100 億円規模だったものが平成 21 年度には約 2,300 億円弱にまで減少し、その後横ばい状態となっている。（全国測量設計業協会連合会（2014））。

一方、位置情報サービス分野全体では、電子地図やスマートフォンの普及を背景に著しい成長を見せており、2012 年度時点で約 19 兆円の市場規模があり、今後の展開次第では 2020 年度までに 62 兆円まで拡大すると推計されている（G 空間×ICT 推進会議（2013））。さらに、市場の拡大とともに、位置情報サービスの種別も多様化が進んでおり、カーナビやパーソナルナビだけでなく、ITS、情報化施工等の移動体制御やチェックイン、AR（Augmented Reality）等のサービスをはじめ、デジタルサイネージや O2O（Online to Offline）ビジネスなどのマーケティングから位置情報ゲームなどのアミューズメント分野に至るまで、幅広いニーズがある。今後各々の利活用場面に応じた様々なニーズに応えられる位置情報基盤の整備が必要になると考えられる。

衛星測位技術に関しては、2.2.(1) で述べたとおり複数の GNSS が常時運用される環境が整いつつあるとともに、準天頂衛星を活用した高精度測位や PPP など、より高度な利活用に向けた研究開発が進んでいる。

一方、屋内測位に関しても Wi-Fi や Bluetooth の基地局を利用した測位をはじめ、IMES や RFID、赤外線・可視光を利用した位置情報の提供なども行われている。さらに、携帯端末に組み込まれたセンサを利用した PDR（Pedestrian

Dead Reckoning)にも注目が集まっている。既に基準点体系分科会( )において、こうした屋内外の測位システムを統合的に扱える新たな位置情報基盤として場所情報コードや位置情報点の概念を提唱しているが、現行の基準点体系についても、新たな技術を活かし効率化を図るとともに、複数測位技術の統合や屋内外測位のシームレス化に対応し、将来の高精度測位の需要に対応可能な位置情報基盤の骨格としての役割が求められると考えられる。

### 3. 基準点利活用の現状と今後

#### 3.1 基準点利活用の現状

測量作業機関(全国測量設計業協会連合会に加盟している全国2,495社中678社の回答)に実施したアンケート結果は、以下のとおりであった。(詳細は、6. 付録の【国家基準点及び公共基準点の利用状況等に関する調査結果】参照)

##### (1) 基準点の利用状況

- ・三角点：三角点のみを既知点として利用している測量作業機関は全体の10%であった。主な理由として選択されていたものは、「周辺の三角点や基準点(公共)との整合性を確保」と、「周囲に利用しやすい三角点がある」であった。
- ・電子基準点：回答を得た76%が電子基準点を利用している。主な理由として電子基準点を利用することが、三角点を利用するより効率的で経済的であるためと回答している。
- ・水準点：回答を得た56%が水準点を利用している。

##### (2) 今後の基準点体系について

- ・三角点及び電子基準点：回答を得た55%が、三角点から電子基準点への移行を希望している。
- ・水準点：水準点の増設を望む声が54%あり、引き続き維持38%も含め水準点に対するニーズは高かった。その他の意見で、一等から三等水準点のうち近年未改測路線について維持管理を望む声があった。

##### (3) 保有機器の調査(所有+リース+レンタルの合計)

###### GNSS 測量機

1台以上の保有率は1級GNSS測量機で73%、2級GNSS測量機で41%、1級又は2級GNSS測量機いずれかの保有は86%であった。また、1級GNSS測量機の平均保有台数は4.2台であった。

###### トータルステーション(TS)

1台以上の保有率は1級TSで21%、2級TSは95%、3級TSは25%、1級~3級TSいずれかの保有は100%であった。

###### レベル

1台以上の保有率は1級レベルで25%、2級レベルは63%、3級レベルは74%、1級~3級レベルいずれかの保有は99%であった。



### 3.2 位置の基準の今後の姿（SSP方式の導入）

#### （1）水準網

これまで水準点の成果を利用するためには、水準路線が近傍にあることが必須であり、山間部などの路線の整備がなされていない場合では、三角点からの標高又は任意の標高体系（比高）を利用しているのが現状であった。今後、SSP方式を導入すれば、水準点網からの距離に依存せずに、利用者がGNSS測量による標高の測量（以下「GNSS水準測量」という。）により必要な場所に3～5cmの精度で容易に3級水準点を設置することができる。これにより、ダム本体の設計に関する縦断測量、線状築造物建設のための調査、計画、実施設計等に用いられる路線測量、空中写真測量における標定点の設置、航空レーザ測量における固定局の設置等において効率化が推進される。

また、コスト面では3級水準測量を約6km実施する経費とGNSS水準測量により3級水準点を設置する経費はほぼ同額であるが、一般に水準測量の場合は路線長に伴い経費も増えるのに対し、GNSS水準測量の場合には基線長によらずほぼ同程度の経費であるため、水準測量の路線長が長くなるほど低コスト化の効果が大きくなる。さらに、二次災害防止や災害復旧等で道路網が寸断された地域において、緊急の工事測量等を実施する際に標高の基準を遠距離から容易かつ安全に与えることが可能になり、災害防止や復旧工事等に対して迅速に対応できるようになる。

ただし、公共測量における地盤沈下の監視を含む、地殻・地盤変動そのものの検出を目的とする調査研究・測量等の事業においては、引き続き、直接水準測量によるmm単位の高精度な観測が必要である。

#### （2）水平網

これまでは三角点を使用せず電子基準点から直接設置できる公共基準点が1級基準点に限定されていたが、SSP方式の導入により、2級基準点まで適用範囲が拡大された。これにより、従来は、既知点としていた三角点や1級基準点での観測が不要となり、直接2級基準点を設置できるようになった。さらに、SSP方式により設置した2級基準点を既知点とし、2級以上の性能を有するTS等を使用する場合は、路線の辺数及び路線長の制限の緩和により、2級基準点から4級基準点の設置がさらに容易になることから、作業期間の短縮が可能となり、コスト面では1割程度の作業経費の軽減が期待されている。

また、電子基準点から直接的に観測することから、三角点を利用する場合と比較して、より小さな既知点誤差（センチメートル級）による観測が可能となっている。

### 3.3 地殻変動監視

#### （1）GEONET

GEONETの定常解析は、段階的に解析戦略の改良を重ねており、平成21年4月から解析戦略第4版に移行している。また、平成25年度までに電子基準点のマルチGNSS対応が完了しており、今後はGPS以外のGNSSデータの活用や解析ソフトウェアのバージョンアップ等に対応した新たな解析戦略の検討が

必要である。

現在、東日本大震災の教訓を踏まえ、電子基準点データの常時リアルタイム解析を実施し、巨大地震発生時に観測された地殻変動情報から地震の規模を即時に自動で計算するシステムを開発しており、今後関係機関と調整しながら、得られた結果を遅滞無く提供し、津波警報等に活用するための仕組みを構築する必要がある。今後、マルチ GNSS の活用等によりリアルタイム地殻変動監視の精度が向上すれば、火山活動の監視等への適用も期待されるが、その場合には、リアルタイムでの監視手法についても検討が必要となる。

また、現行の RTK 解析に加え、PPP 等を利用した監視手法の検討を行い、これらの衛星測位技術のさらなる活用による地震・火山活動の迅速な把握及びその情報提供を行う。

## (2) SAR 干渉解析

国土地理院では、陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS)の合成開口レーダーのデータを利用した SAR 干渉解析手法の開発により、陸域における面的な地殻・地盤変動を検出している。

特に東北地方太平洋沖地震では、東日本の広範囲にわたる地殻変動の様子を面的に捉え、国内観測史上最大となる約 4m (衛星視線方向)の変動量を検出するなど、地震のメカニズムの解明に貢献した。また、東北地方太平洋沖地震後、茨城県北部の地震及び福島県浜通りの地震において、GEONET では捉えることができなかった断層付近の地殻変動を捉えることができ、基準点成果の改定地域を決めるために利用された。

平成 26 年 5 月に(独)宇宙航空研究開発機構(JAXA)は、ALOS の後継機となる ALOS-2 の打ち上げ、平成 26 年 4 月に欧州宇宙機関(ESA)は C バンドセンサを搭載した Sentinel-1 の打ち上げを実施した。C バンドと ALOS-2 等の L バンドの観測データをあわせて地殻変動を長期にわたり継続的に監視する技術、干渉 SAR 時系列解析による微小な地殻変動を抽出する技術、及び全国を広域的に監視する技術について研究開発を進めていく。この研究開発と併せ、干渉 SAR 時系列解析など最新の SAR 干渉解析手法を取り入れた全国的な地殻・地盤変動監視を確立する。

## 3.4 地殻変動補正とジオイドデータの高度化

### (1) セミ・ダイナミック補正の高度化

日本は複数のプレート境界に位置し複雑な地殻変動が起こっているため、大規模な地震などが起きなくても地殻変動によるひずみが蓄積している。測量に利用される基準点もこの地殻変動の影響を受けており、基準点の実際の位置と測量成果の示す座標値は時間とともにずれていく。これらの基準点や地図が示す位置情報(緯度、経度、標高)の精度を長期間維持するためには、複雑な地殻変動を補正する必要があり、国土地理院では平成 22 年 1 月からセミ・ダイナミック補正の適用を開始した。

セミ・ダイナミック補正で用いる地殻変動補正パラメータは、1 年に 1 回(通常 4 月 1 日)公表しており、これにより GNSS と整合した位置の基準の提供が

可能となっている。しかしながら、地域によっては1年間の地殻変動量が10cm以上に達する地域も存在しており、パラメータの公開時期から離れるほど、適用するパラメータの補正量が実際の変動量と一致しないことがある。特に東北地方太平洋沖地震のような巨大地震が発生した場合は、その後の余効変動が1年間で数十cmに達することもある。想定される南海トラフ巨大地震においても、東北地方太平洋沖地震同様、余効変動が長期間続く可能性が高く、パラメータの補正量が実際の変動量と一致しないことが起こりうる。

また、GNSSによるPPPがさらに高精度化し普及すれば、セミ・ダイナミック補正で解消できない1年間の地殻変動量が測位精度に影響を与える可能性がある。PPPが今後普及することを考えると、パラメータの補正精度を1cm前後とするためのセミ・ダイナミック補正の高度化が必要である。高度化に向けた対応策としては、以下のものが想定される。

セミ・ダイナミック補正で適用される地殻変動補正パラメータの作成を自動化し、更新頻度を年1回から月1回以上に見直す。

更新間隔の変更に伴い補正計算を行うAPI(アプリケーション・プログラミング・インターフェース)を提供するなど、パラメータ提供方法を変更する。PPPで得られるグローバルな座標系に基づく測位値を、適切に基準点体系に整合させるための補正パラメータ構築手法及び配信方法について検討する。

## (2) 地震後の座標及び標高補正パラメータの作成

地震や火山噴火などに伴い大きな地殻変動が発生すると、変動地域の基準点の位置も大きく変動するため、変動した基準点の測量成果(緯度・経度、標高)を改定する必要がある。通常、現地での再測量により新しい位置座標を求めることが望ましいが、変動地域に設置された多数の基準点を全て再測量することは困難であるため、電子基準点や一部三角点での再測量結果を元に座標及び標高の補正パラメータを作成し、パラメータを用いた成果の改算を実施している。

座標及び標高補正パラメータ作成に必要な変動量データは、これまで電子基準点と三角点上での測量データを用いていたが、多数の三角点上で測量を行なうには多大な人員と期間を要し、パラメータの公表時期を遅らせる要因となる。この遅れは、基準点改定成果の公表に直結し、震災後の復旧・復興の元となる測量作業の遅れにも繋がるため、パラメータを早期に作成するために以下のような方法も想定し、十分な検討を行なう必要がある。

補正パラメータの作成に必要な変動量データは、電子基準点の変動量を主とする。

電子基準点では地殻変動を把握しきれない場所(海溝型地震の場合は沿岸部、規模が小さい地震の場合は、電子基準点が設置されていない地域)については、パラメータが実変動に比べ過小にならないようにデータが不足している地域でのデータ取得方法やパラメータ作成における補間計算の手法について検討する。

電子基準点のデータを主とすることで現地での測量作業を軽減し、パラメータを早期に公開する。

### (3) 高精度ジオイドデータの提供

GNSS 観測による標高決定の精度を適切に維持するため、ジオイド・モデル「日本のジオイド 2011 Ver.1」の高精度化を行う。

ジオイド・モデルを高精度化するため、モデル計算に入力する観測ジオイド高データの疎な地域において、水準点から電子基準点付属金属標への標高取付け及び水準点上で GNSS 観測を行い、高密度にジオイド高データの整備を行う。

現行モデルより精度の高い日本の重力ジオイド・モデルが新たに公表された場合は、新しい重力ジオイド・モデルを反映して新しい日本のジオイドを構築するモデル計算を行う。

全地球統合測地観測システム (GGOS)、国連地球規模の地理空間情報管理に関するアジア太平洋地域委員会 (UN-GGIM-AP) 等の枠組みを通じて情報共有を行うことで、地球規模でのジオイド・モデルの構築に寄与する。全球の整合的なジオイド・モデルの構築を推進することにより、国内モデルのさらなる高精度化を進めるとともに、全球で整合する標高基準系 (WHS) の構築を推進する。

## 4. SSP 方式の導入によって変わる基準点体系

### 4.1 基準点体系の現状

基準点体系とは、

測量法で規定された測量の基準 (回転楕円体、世界測地系、平均海面)

日本経緯度原点、日本水準原点、VLBI観測点、電子基準点及び三角点並びに水準点等の国家基準点及び公共基準点

各基準点の精度、測量の作業方法等を規定した各測量作業規程

測地基準点の測量成果及びその提供体制

を合わせた概念である (基準点体系分科会 ( ))。

このうち国家基準点には大別すると二つの機能がある。一つは基本測量、公共測量、その他の地図作成等の各種測量に位置の基準を与えることである。もう一つは地殻変動の監視であり、電子基準点が普及する以前から三角点での繰り返し測量により地殻変動の検出に大きな効果を発揮してきた。

国土地理院では、明治時代から国家基準点として、一等～三等三角点、一等・二等水準点、その他の基準点を整備・運用してきた。また、昭和26年に国土調査法の制定を受け、地籍調査のための基準点として四等三角点の整備を開始した。

さらに、昭和59年に世界的な測地網と結合させるため、超長基線電波干渉計 (VLBI) を用いた超長基線測量を開始し、平成10年には国土地理院構内に直径32mの大型VLBI観測局 (つくば観測局) が完成した。

平成4年には、GPS測量に対応するため、GPS連続観測施設の設置を開始した。電子基準点は、平成5年3月の基準点体系分科会最終報告書に基づき、第5次基本測量長期計画 (平成6年～平成15年) にその整備が事業計画に組み込まれ本格的な整備が始まり、平成8年度にGPS測量方式のための基準点としての運用を開始した。平成9年8月に地震調査研究推進本部から公表された地震に関する基盤的

調査観測計画で「20～25km程度の間隔で全国に偏りなくGPS連続観測施設（電子基準点）を設置することが適当と考えられる。」との提言を受け、国土地理院は平成11年12月に基本測量に関する長期計画の見直しが行われ、全国20～25km間隔で電子基準点の整備を行ってきた。

また、特定地域の地殻変動監視のために設置した、電子基準点と同等の機能を有する「地殻変動観測点」の測量成果を平成25年度から公表し、公共測量の既知点として使えるようにした。平成26年3月現在、約1,300点（平均点間距離20km）の電子基準点網が構築されている。

VLBIと電子基準点の整備により、我が国独自の測地網が世界的な測地網と結合されることとなり、基準点体系分科会（ ）における議論を経て、測地基準系は平成13年の測量法改正により旧来の日本測地系から世界測地系に移行した。三角点の測量成果も、その際に世界測地系に基づく値に改定されている。

また、電子基準点整備され、公共測量の既知点として利用される環境が整ったことにより、電子基準点は水平系の主体となったが、高密度に整備が必要な公共基準点が三角点を既知点として整備されていた現状や、測位衛星システムが当時はGPSのみであったことなどから、基準点体系分科会（ ）において、三角点は電子基準点を補完する役割として引き続き必要と結論付けられ、骨格的な三角点2,400点を繰り返し測量により維持管理する方針が掲げられた。

## 4.2 高さの基準

### (1) 新たな標高体系

SSP方式の導入により、GNSS測量による標高の測量が可能となり、これまでのように路線で結合する必要なく容易に単独の水準点を設置することが可能となった。この結果、今後の水準点網は、直接水準測量による水準路線と、水準路線の無い地域でGNSS水準測量により設けた点群とで構成されることとなり、直接水準路線の位置付けも変化していくと考えられる。直接水準路線は、これまで同様標高体系の骨格を成すと同時に、今後はGNSS水準測量の既知点としての役割を果たすこととなる。

一方、従来水準測量における既知点としての役割は減少することから、成果の維持管理対象は全国の標高体系及びジオイド・モデルを維持するための最低限の路線のみで十分となる。広域的な上下変動はGEONETとSAR干渉解析手法を組み合わせることで監視し、一定の基準を超えた変動が確認された電子基準点では、近傍の水準点と水準測量又はGNSS水準測量を実施することにより、点固有の変動によるものか地域的な変動によるものかを確認する。点固有の変動が確認された電子基準点については、移設等の検討を行う。また、地域の変動が大きな路線については計画的に水準測量を実施することにより、全体としての整合性を確保する。さらに、直接水準測量の対象から外れた地域は、GNSS水準測量による標高の測量で設置された水準点により、これを補う。

表 1 標高体系の対比表

|          | 現在  | 将来（10年後目処）  |
|----------|---|---|
| 標高の体系    | 水準点を結合した水準路線  | 水準路線及び GNSS 水準測量による点群   |
| 維持管理の対象  | 全国の標高体系を維持するための全ての水準路線<br>地殻変動の監視に必要な水準路線   | 全国の標高体系を維持するための必要最小限の水準路線<br>地殻・地盤変動の監視に必要な水準路線   |
| 平常時の維持管理 | 全国整合性を重視<br>全国一斉同時網平均<br>変動地域とその周辺を直接測量によって改測する。<br><br>変動の見られない非改測域は過去の観測量を採用する。 | 地域整合性を重視<br>地域毎の路線・環単位での網平均<br>電子基準点（二等水準点）の活用<br>GEONET の楕円体高の変化を利用<br>変動域のみ直接水準測量により改測<br><br>地殻・地盤変動の監視路線は定期的に測量 |
| 地震後の維持管理 | 水準路線周辺の GEONET の変動を見て、路線の成果改定時期から、数～10cm を超える楕円体高の変化があった場合に、平常時の維持管理方針と同様に改測      | GEONET と SAR 干渉解析手法を組み合わせて変動域を把握し、必要に応じて改測  |

## （2）験潮場の役割

測量法に基づく測量の位置（高さ）は平均海面を基準とすることから、平均海面の位置を観測する験潮場は、高さの基準として原理上重要である。しかし、一旦、験潮データから日本水準原点の標高が決定されると、高さの基準としての験潮場の重要性はあまり認識されなくなる。その重要性が再認識されたのは、平成 23 年の東日本大震災において水準原点の標高改定が必要となった時であった。この際、東京湾平均海面の観測を引き継いでいる油壺験潮場から、東京都千代田区永田町にある日本水準原点まで直接水準測量を行い、その結果を用いた検証を踏まえて原点数値が改定された。今後とも水準原点と平均海面との関係性を把握するため油壺験潮場と水準原点との水準測量を定期的を実施することが重要である。

国土地理院の験潮場は、油壺も含め、全国に 25 か所設置されている。同一の海域に属する 2 点間の潮位データを比較すると、その時点における 2 点間の高さの差が得られるため、潮位連続観測は国内の上下地殻変動を監視するためのツールとして長年活用されてきた。現在では GEONET の普及により、上下変動を監視するツールとしての重要性は下がっているものの、異なる原理で測定する験潮を継続することは重要と地殻変動の研究者は指摘している（付録参照）。

また、験潮場の潮位データは全点リアルタイムで気象庁や国土交通本省の防災センターに送られ、津波観測や高潮警戒に利用されている。平成 25 年度に行った潮位データのニーズ調査の結果でも、気象庁、海上保安庁、自治体の関係者や海面変動の研究者から、国土地理院のデータに対する高い評価が得られた。

以上のとおり、験潮場のデータは国土地理院や関係者によって利用されているものの、毎年の施設の維持管理等に係る財政的負担は少なくなく、厳しい財

政事情の中、そのあり方が問われている。さらに、本分科会の方針として全国の水準路線の定期改測は行わない方向が打ち出されており、定期改測時に取り付けた験潮場と水準路線との関係を用いて将来予想される水準点の標高成果改定を行うというシナリオが成り立たなくなる。

以上の状況を踏まえ、験潮場の在り方については次の基本方針の下、合理化に向けた検討を深め、10年以内に具体的な対応を実施していく。

(基本方針)

験潮については、高さの原点数値を維持するための事業を継続するとともに、全国各地の平均海面の決定や津波・高潮への警戒等に必要な潮位情報を提供し、国土の管理及び国民の安全・安心に資する。

(検討を深めるべき事項)

潮位情報の利活用のさらなる推進 (GNSS との組合せによる海面変動情報の提供等)

コスト削減のための新技術の検討 (電波式験潮儀の導入等)

他機関の潮位観測施設との統合や移管の検討

潮位データを直接的に高さの基準として利用することに向けた研究 (人工衛星によるアルチメトリー観測の進展を想定)

### 4.3 水平位置の基準

#### (1) 新たな水平体系

電子基準点の GNSS 対応の推進と SSP 方式の導入、セミ・ダイナミック補正の普及により、今後、公共基準点は、利用者が必要な時に必要な場所に電子基準点から直接設置し利用する形態へと移行する。ただし、3級・4級基準点の設置に関しては、従来の TS 等による測量がコスト面で有利であるため、今後は TS 等の従来の手法と電子基準点のみを既知点とする方法の二極化が進むと考えられる。

これらを踏まえると、今後の水平方向の基準点体系は、点間距離に基づき階級により分類する従来の体系から、距離によらず成果を算出した測量手法を基に大きく2種類に分類する体系に徐々に移行していくと考えられる。(図-3)

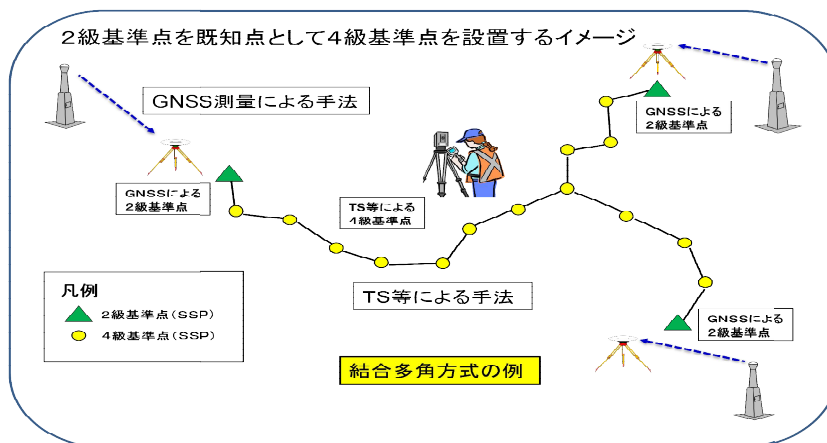


図-3 測量手法による分類

測量成果の維持管理についても、基準点体系分科会（ ）で指摘された懸念事項は準天頂衛星の運用開始等のマルチ GNSS の進展や SSP 方式の導入により既に概ね解消されており、セミ・ダイナミック補正の精度維持に必要な沿岸部の三角点等の例外を除き、これまで行ってきた定期的な繰り返し測量を行わなくても、測量とその成果の利用に支障のない環境が実現されるに至っている。三角点の測量成果へのニーズも、SSP 方式の普及に従い減少することが予測され、測量業者が現有している TS 等の測量機器の更新の時期を考慮すると、恐らく 10 年後には、公共基準点の測量標としての役割は依然残るものの、三角点がこれまで果たしてきた測量の既知点としての役割は終えるものと考えられる。それまでの期間については、GEONET の観測において地殻変動等による顕著な変動が確認された三角点について、必要に応じ改測・改算を行う等により成果の維持管理を効率的に行う方法が適当と考えられる。10 年後においては、電子基準点の設置されていない離島や 3 . 4 . ( 2 ) に示した補正パラメータの変動量データが不足する地域にある少数の三角点に限定して維持管理する。

なお、三角点標石については、森林管理・地籍調査の事業者からは、座標値が不要であっても標石の存続が望まれていること、各種法令等において三角点が土地の境界等として引用されているケースが存在すること等から、現地において特定の固定された地点を表す標識としての機能は引き続き残るものと思われる。

また、測量の既知点としての役割を終える三角点標識の撤去については、多大な経費が必要であることから、今後費用対効果等を検討する。

表 2 水平体系の対比表

|          | 現在                              | 将来 ( 10 年後目処 )  |
|----------|---------------------------------|---|
| 三角点の役割   | 基本測量及び公共測量の既知点                  | セミ・ダイナミック補正に必要な地殻変動補正パラメータを作成する際の変動量データ補完<br>離島における位置の明示  |
| 維持管理の対象  | 骨格的三角点 2400 点                   | 地殻変動補正パラメータを作成する際に変動量データを補間する地域の点 ( 電子基準点だけでは地殻変動を把握できない地域 )<br>離島に設置されている三角点<br>各種法令等で指定されている三角点 |
| 平常時の維持管理 | 繰り返し測量を行い、必要に応じ成果を改定する。         | 基本的に繰り返し測量及び成果改定は行わない。  |
| 地震後の維持管理 | 変動域を対象に改測及び改算を実施し、必要に応じ成果を改定する。 | 電子基準点の観測結果から算出した座標及び標高補正パラメータによる改算を実施。内陸型地震等、変動が複雑な場合は状況により改測を実施。必要に応じ成果を改定する。                    |



## (2) 位置情報基盤としての三角点の新たな役割

4.3.(1)で述べたとおり、水平方向の基準点体系に関しては、今後10年程度で測量の既知点としての役割は終わることから、少数の三角点を除き三角点の測量の基準としての用途を廃止する。一方で、高山等に設置している三角点標石については特定の地点を表す標識としてのニーズが残っているため、撤去の要請がない限り位置を表す標識として存続させるのが望ましい。さらに、実生活における位置情報サービスへの活用に関して、測量の範疇に囚われず、これまで測量の効率化のために利用していたICタグを付加した三角点(インテリジェント基準点)について、一般の人が立入り可能な地点にあるものを対象として、民間への開放により位置情報の共有や発信の場としての活用を推進することを検討する。

## (3) 位置情報基盤としての電子基準点の確実な運用

平成14年5月より電子基準点のリアルタイムデータを民間開放しており、そのデータを用いて位置情報サービス事業者がリアルタイムでセンチメートル級の位置情報を求めるための補正情報を提供するサービス(ネットワーク型RTK)が行われている。平成25年度からは、GPSに加えてGLONASSのリアルタイムデータの配信を開始し、これらのサービスは公共測量だけでなく、工事現場におけるICT(情報通信技術)を活用した施工(情報化施工)にも利用されるようになってきている。なお、準天頂衛星のリアルタイムデータも事業者には配信しており、今後の利用が期待される。また実用準天頂衛星システムの補正情報生成のための源泉データとしての利用も検討されている。

海外では、一つの国でも複数機関が独自のGNSS観測網を運用していることが多いが、日本では国土地理院により高密度で均質的な全国データが利用可能であるという強みを生かし、より高度なサービスが期待される。その期待に応えるために、今後も利用者ニーズを踏まえて必要なGNSSへの対応を図るとともに、観測データの欠測率や回線等によるリアルタイムデータ遅延時間を必要最小限に保ち、高機能で信頼性の高いシステムを構築していく。このためには、受信機の二重化やソーラーパネル設置による電源の冗長化等の対策等、止まらない電子基準点整備の検討を行う一方、通信経費や電気料の削減等、GEONET維持のコストダウン方策の検討も急務である。

## 4.4 スマートでコンパクトな基準点体系への移行

新しい基準点体系への移行について、今後約10年間で円滑に移行するため工程表を作成し、基本測量の作業規程及び公共測量における作業規程の準則等の見直しを順次実施するとともに、測量業者、測量機器メーカー等との意見交換を行う。また、講演会や説明会等による公共測量計画機関への周知のための広報活動を積極的に実施する。

## 5. 新たな測地技術の導入と課題

### 5.1 精密単独測位(PPP)と動的な測地系

近年、新たな解析技術としてPPPの開発が世界的に進められている。PPPは、

グローバルな観測網から生成された衛星時計及び軌道情報等を補正情報として利用することで、ローカルな基準点を使わずに国際地球基準座標系（ITRF）に基づく高精度な測位を実現する技術である。基線解析を行う必要がないため、基準点の観測データが不要で、測位計算が簡便になる等の利点がある。一方、解析に必要となる補正情報を外部に依存するといった制約もある。PPP の補正情報は、既に国際 GNSS 事業（IGS）やその参加機関等からリアルタイムで配信されており、対応するソフトウェアと補正情報を入手すれば、30 分程度の初期化時間が必要であるものの、リアルタイムで PPP を利用できる環境が整い始めている。また、PPP は 24 時間データを用いた静的な解析にも利用できる。

受信機メーカーには、独自のグローバルな観測網から PPP 用の補正情報を生成し、インターネットや通信衛星経由で配信することで、受信機を購入した利用者にリアルタイムで測位サービスを提供している事例もある。この場合も、30 分程度の初期化時間後に、10cm を切る精度（RMS）でのリアルタイム測位が可能となっている。

PPP の測量分野での活用については、安定性や精度、既存の基準点成果との整合性、初期化時間の短縮等の課題が残っているものの、今後、リアルタイム精密暦及び時計情報の精度向上や整数不確定性の処理技術（PPP-AR）の確立、ITRF 系に基づく測位結果を日本の測地成果へ変換する手法の開発等により、測量方法の主流となる可能性も秘めている。

将来、こうした PPP 等の開発・実用化が順調に進み、利用者が衛星信号等を受信するだけで、測量に必要な精度を有するグローバルな位置情報が得られるようになった場合、地上の基準点体系は不要になるのであろうか？これについては、既に基準点体系分科会（ ）報告書において、どんなに測位技術が進歩しても、地殻変動の著しい日本では、地上の基準点体系が必要となることを示している。すなわち、測量では地上に固定され地殻変動とともに動く土地や建物等の位置に関心があるため、リアルタイム PPP で瞬時のグローバルな経緯度が分かっても、周囲の地物との相対的な位置関係が分からなければ役に立たない。衛星測位で得られる動的な位置情報を、測量や地図等で用いられる静的な座標系に変換するためには、地上の地殻変動を加味した補正がどうしても必要となる。

仮に将来、情報通信技術のさらなる普及により、地図や地籍を含む様々な位置情報を衛星測位から得られる動的な座標系で表すこと、つまり土地や建物等の位置情報を時間とともに変わるものとして表すことに社会の合意が得られたとすれば、位置の基準点としての役割はなくなるであろう。しかし、この場合でも、地上の基準点には位置を表す標識として、また防災・減災のための地殻変動監視のための役割は残ると考えられる。

いずれにしても、PPP 等の将来の衛星測位の性能（精度、時間、コスト）を踏まえ、衛星測位で得られる動的な位置情報を静的な座標系に変換する仕組みを検討する必要がある。また、PPP 等による測量精度の管理や外部の補正情報に頼らない信頼性の高い測位環境を提供するため、国土地理院自ら、IGS の枠組みの中で PPP 補正情報生成の基礎となる超速報暦や時計情報の生成に関与することも重要となる。

## 5.2 標高計測に関する新手法

光格子時計を用いた時計歩度測定技術の高度化に伴い、光格子時計の精度は向上しており、すでに 10cm の標高差に相当する重力ポテンシャルの差を 2 地点で把握できる精度まで到達しようとしている。さらに、将来的には光格子時計の比較により、1 cm の標高差に対応する重力ポテンシャルの差を把握することも視野に入ってきている。一方、重力ポテンシャルから測地学的な標高を化成する理論については、まだ確立されていないため、重力ポテンシャルから標高を化成するためには、測地学的化成理論を開発することが必要となる。光格子時計を用いた重力ポテンシャルの把握に関して最新の研究の動向を把握し、測地学的化成理論の開発に関する技術調査を行うことによって、離れた 2 地点間で比高を測定する手法を実現する可能性について検討を進める。

## 5.3 屋内測位

屋内測位に関しては、Wi-Fi や Bluetooth の基地局を利用した測位をはじめ、IMES や RFID、赤外線・可視光を利用した新たな技術やサービスが急速に高度化している。今後、屋内測位の普及により、商業施設等に屋内測位用の送信機が設置され、屋内測位で利用するスマートフォンなどの携帯機器に主要な屋内測位方式に対応できるように、複数の受信機能が搭載されると、携帯端末等による測位技術の国民への普及がさらに促進される。民間企業等によりそれぞれの測位技術について技術開発が進んでおり、複数測位技術の統合や屋内外測位のシームレス化について検討する必要がある。

国土地理院としては、これらのシームレスに広がる各種の測位技術の進展を継続的に把握していくとともに、国民の利便性や経済性の確保のために、これら手法への位置の基準の与え方やデータの標準化といったような施策について検討していく必要がある。

## 参考文献

- Kuroishi Yuki (2009): Improved geoid model determination for Japan from GRACE and a regional gravity field model, Earth Planets Space, 61, 807-813 .
- 国土地理院(2003):測地成果 2000 構築概要 国土地理院技術資料 B5 No.20 , 127-163 .
- 全国測量設計業協会連合会(2014):数値データにみる測量設計業の現状,全測連,45巻,11-16 .
- G 空間×ICT 推進会議(2013):G 空間×ICT 推進会議報告書,41-42 .

## 6. 付 録

### 【その他の技術動向】

#### (1) 地球規模での統一した測地基準系 (GGRF) の構築

地球規模の統一された測地基準系 (GGRF) の構築については、国際測地学協会 (IAG) を中心として、各種の国際共同観測が進められ、その成果をとりまとめた国際地球基準座標系 (ITRF) として随時構築、更新されるほか、国際 VLBI 事業 (IVS)、国際 GNSS 事業 (IGS) などの国際的な事業が定常的に運用されている。さらに、IAG を中心として、地球規模の測地基準系は、地球の環境、気候などの観測、惑星探査などの学術調査をはじめ、地球規模の問題に関わる必須のインフラとして構築、維持する必要があることを社会的、政治的にも国際的な共通認識とすることの重要性が指摘されてきた。IAG では、そのための総括的な取組となる全球統合測地観測システム (GGOS) を旗艦プロジェクトとして推進しているほか、国連の場においても合意を得る取り組みを行っており、国連地球規模の地理空間情報管理に関する専門家委員会 (UN-GGIM) の下に GGRF の構築、維持の重要性に関する国連総会決議をとりまとめるための WG (作業グループ) 設置に関し、大きな役割を演じている。

#### (2) アジア太平洋地域標高系統一構想

標高基準系については、IAG では、従来から、国際的な統一の必要性が提唱され、欧州、北米など地域 (大陸) 毎に標高系統一を実行するプロジェクトが進められている。国際的な標高系統一の取り組みについても、GGOS における第一のテーマとして標高系が設定されるなど、一層の重点事項となっている。

我が国が位置するアジア・太平洋地域においても、標高系の統一に関する取り組みが行われている。国連アジア太平洋地域地図会議 (UNRCC-AP) の第 1 技術委員会「持続可能な開発のための測地参照系」に対応して設置された、国連地球規模の地理空間情報管理に関するアジア太平洋地域委員会 (UN-GGIM-AP) の WG (作業部会) 1 のプロジェクトの一つとして、「APRHSU (Asia-Pacific Regional Height System Unification)」が設定され、アジア太平洋地域の標高系統一に向けた取組が平成 25 年に開始された。

今後、当該地域においてプロジェクトを推進していく上においては、「データ共有の枠組み、プロセス」「統一によって各国が受けるメリット」等を明確にして進めていく必要がある。

#### (3) 衛星 SAR による地盤及び構造物の変状を検知する変位モニタリング手法

衛星 SAR (Synthetic Aperture Radar、合成開口レーダー) のデータは、地盤沈下・地すべりによる地盤変動や火山活動による地殻変動の検出に役立つほか、ダムなどの構造物の変状を検知するためのモニタリングへの利用が期待されている。

国土地理院における干渉 SAR 技術の研究開発では、多量のデータを統合的に解析することで変動検出精度を飛躍的に向上させる干渉 SAR 時系列解析と呼ばれる手法が開発されてきていることに加え、高精度化に向けた研究として、地

理地殻活動研究センターでは、衛星干渉 SAR による高度な地盤変動監視のための電離層補正技術に関する研究（平成 25 年度～27 年度）が進められているところであり、これまで検出が困難であった変動速度の小さな変動も検出可能になりつつある。

今後の研究計画としては、干渉 SAR 時系列解析による国土の地盤変動の時間的推移の面的検出に関する研究（平成 26 年度～30 年度予定）や、海外の C バンド SAR 衛星を用いた干渉 SAR による地盤変動監視技術を開発することにより、ALOS-2 等の L バンド衛星とあわせて、地盤変動をより長期的に、安定的に、切れ目無く監視できるようにするための研究開発が検討されている。

構造物の変位モニタリング手法の開発は、国土地理院が現在目指している地盤沈下、地滑り、火山災害対策とはやや異なる分野ではあるが、干渉 SAR の利用拡大が期待できるとともに、構造物の災害時の被害把握や効率的な維持管理・老朽化対策に貢献できる新たな分野の研究課題である。

#### （４）石岡 VGOS 観測局の整備

VLBI 観測は、基準座標系の決定、プレート運動の監視、時系の管理及び人工衛星や宇宙探査機の軌道決定等に必要な観測で、世界 21 か国との国際協働事業として実施されている。IVS は、位置精度 1mm、速度精度 0.1mm/年、連続観測、迅速な解の算出を目標にした VLBI 将来計画「VLBI2010」を提唱し、世界各国では、新しい VLBI システム（VLBI Global Observing System: VGOS）の整備が進められている。

一方で、IVS の母体である IAG は、GGRF の構築、海面変動やプレート運動などの地球規模の諸現象の解明、さらには人工衛星や探査機、飛翔体に関わるポジショニング、ナビゲーションの高精度化に貢献することを目的に、GGOS を推進している。

国土地理院では、平成 25 年度に茨城県石岡市の県畜産センター敷地内に「VLBI2010」に対応した新しい VGOS 観測施設を建設した。VLBI アンテナの仕様は、開口口径：13.2m、受信周波数：2～14GHz、駆動回転性能：水平 12 度 / 秒、鉛直 6 度 / 秒と小さいながらも非常に速い駆動と広帯域の受信により「VLBI2010」の目標を達成できる性能を有している。石岡 VGOS 観測施設での VLBI 観測により、GGRF の構築に向けた GGOS 推進での先導的な貢献が期待される。

## 【測量計画機関へのヒアリング結果】

平成 24 年度に基準点維持管理のあり方 PT は、各種公共事業において、基本三角点、基本水準点が具体的にどのように利用されているかについて、国、地方公共団体、民間、団体（地籍整備・土地家屋調査）からヒアリング調査を実施し、以下の結果を得た。

- ・ 三角点：公共測量等での積極的なニーズはほとんど無い。
- ・ 水準点：依然として維持管理・拡充の要望がある。
- ・ 地殻変動補正パラメータは直接利用のほか、地域内の変動情報としても活用される。  
災害対応としての、沿岸域での迅速な上下変動量の提供はニーズとして大きい。

## 【日本測量機器工業会へのヒアリング結果】

基準点（水平方向）将来の方向性について平成 25 年 9 月 5 日に日本測量機器工業会からヒアリング調査を実施し、以下の結果を得た。

- ( 1 ) 三角点が利用されなくなる場合の施策の変更について
  - ・施策の変更は、ある時期に一度に変更することは、ユーザーも測量機器メーカーも混乱してしまうので、徐々に移行していけば問題がないと思う。
  - ・変更後も、メーカーは特に影響は無いと思う。ユーザー側の混乱が起きないよう整理できると良い。
  - ・GNSS 測量機は万能な機械ではないので、それ以外の測量機器を残しておくべきと考える。
  
- ( 2 ) GNSS、TS 測量機器の製造・販売への影響
  - ・現状でも 1 級 TS の販売は少ないので、影響はほとんどないと考える。
  - ・GNSS 測量機にも大きな影響はないと考える。
  - ・測量方法の変更についても、メーカーとして大きな混乱はないと考える。
  
- ( 3 ) 測量機器の検定への影響
  - ・検定に出てくる機器を見ていると、最近、新品の TS が増えている。
  - ・特に機器検定の台数が大きく変動することはないと思う。
  
- ( 4 ) 品質管理について
  - ・電子基準点を既知点とする長距離の解析を実施するため、精度管理の面で難しくなっているのではないか
  - ・公共測量の作業規程の準則で基線長 10km 以下では 2 級 GNSS 測量機を標準としているが、解析技術の進歩により 2 周波でも精度は劣化しないため、1 級 GNSS 測量機でよい（準則を改正すべきとの趣旨）。

## 【国家基準点及び公共基準点の利用状況等に関する調査結果】

実施時期：平成 25 年 12 月 6 日～平成 26 年 1 月 15 日

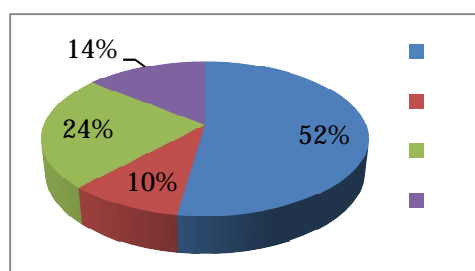
対象会社数：2495 社

回答数：678 社（27%）

### 1. 国家基準点及び公共基準点の利用状況について

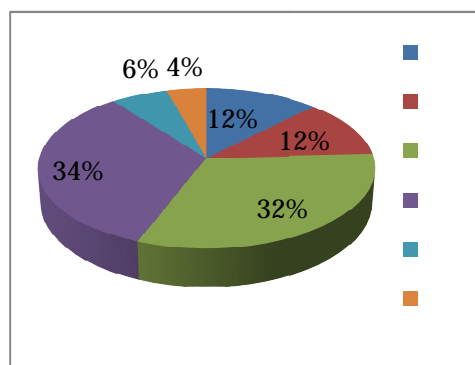
Q 1 平成 24 年度及び平成 25 年度に実施した公共測量において、三角点及び電子基準点を利用しましたか。

|                     |
|---------------------|
| 三角点及び電子基準点を利用した     |
| 三角点のみ利用した           |
| 電子基準点のみ利用した         |
| 利用していない（基準点（公共）を利用） |



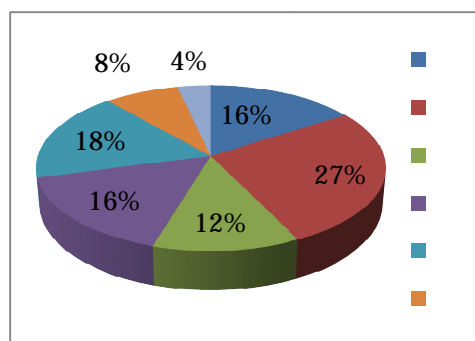
Q 2 Q 1 で（三角点のみ利用した）と回答された方のみ記入してください。三角点を利用した主な理由に該当するものを選択してください。（複数回答可）

|                            |
|----------------------------|
| 周囲に使える電子基準点がなかったため         |
| 作業規程等で電子基準点の使用が認められていないため  |
| 周辺の三角点や基準点（公共）との整合性を確保するため |
| 周辺に利用しやすい三角点があったため         |
| 三角点を利用した方が経済的なため           |
| その他（ ）                     |



Q 3 Q 1 で（電子基準点のみを利用した）と回答された方のみ記入してください。三角点を利用しなかった主な理由に該当するものを選択してください。（複数回答可）

|                           |
|---------------------------|
| 電子基準点の方が精度が良いため           |
| 電子基準点を利用した方が経済的なため        |
| 周辺に利用できる三角点がなかったため        |
| 三角点の周辺は伐木等が多いため           |
| 三角点が山間地にあり不便なため           |
| 利用されていない三角点なので精度に不安があったため |
| その他（ ）                    |

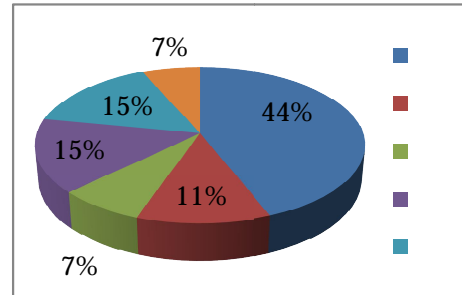




## 2. 今後の基準点体系について

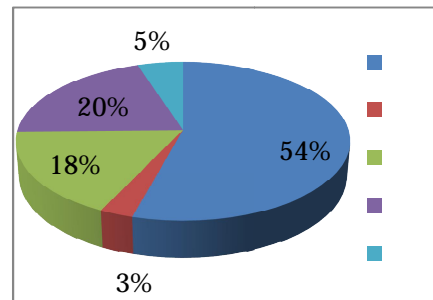
Q 4 今後の三角点、電子基準点について、どのような体系が好ましいと思いますか。該当するものがありましたら選択してください。その他の御意見がありましたら記載をお願いいたします。

|                          |   |
|--------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> | 早い時期に、電子基準点を主とした基準点体系に移行してほしい           |
| <input type="checkbox"/> | 移行期間（10年程度）を経て三角点から電子基準点の利用へと徐々に移行してほしい |
| <input type="checkbox"/> | 三角点は必要ないが、公共基準点維持のため地殻変動の補正量等は提供してほしい   |
| <input type="checkbox"/> | 一定数の三角点は、引き続き維持してほしい                    |
| <input type="checkbox"/> | 三角点は、現状のとおり維持してほしい                      |
| <input type="checkbox"/> | その他（ ）                                  |



Q 5 今後の水準点についてどのような体系が好ましいと思いますか。該当するものがありましたら選択してください。その他の御意見等がありましたら記載をお願いいたします。

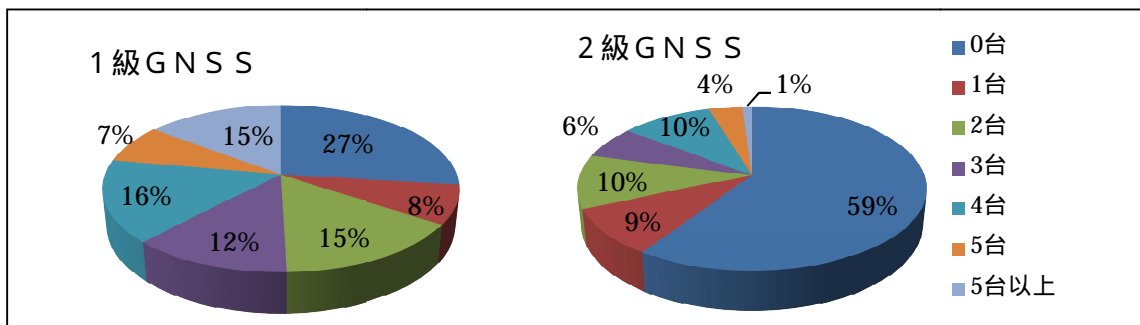
|                          |                       |
|--------------------------|-----------------------|
| <input type="checkbox"/> | 水準点を増やしてほしい           |
| <input type="checkbox"/> | 水準点は不要である（点数を減らしてもよい） |
| <input type="checkbox"/> | 一定数の水準点は、引き続き維持してほしい  |
| <input type="checkbox"/> | 水準点は、現状のとおり維持してほしい    |
| <input type="checkbox"/> | その他（ ）                |



Q 6 測量業務で利用しているGNSS測量機（GPS測量機）の数量を、所有、リース及びレンタルの別に記入してください。

|           | 所有 | リース | レンタル |
|-----------|----|-----|------|
| 1級GNSS測量機 |    |     |      |
| 2級GNSS測量機 |    |     |      |

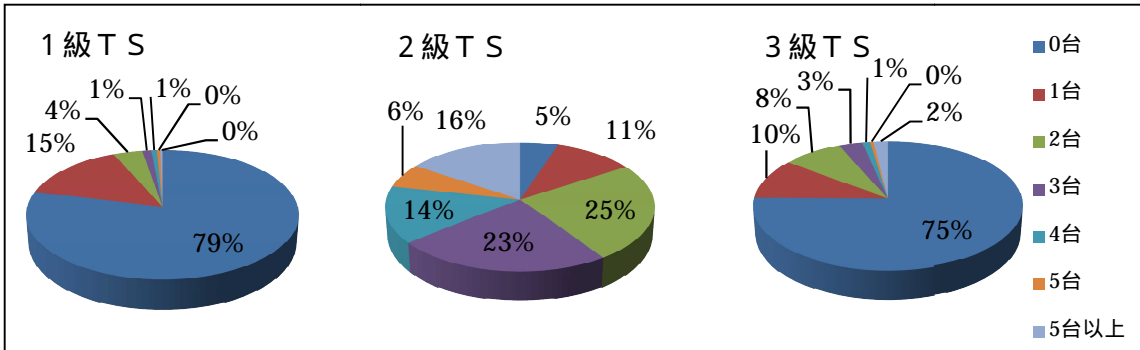
所有+リース+レンタルの合計数で比較



Q 7 測量業務で利用しているトータルステーション(T S)の数量を、所有、リース及びレンタルの別に記入してください。

|  |         | 所有 | リース | レンタル |
|--|---------|----|-----|------|
|  | 1 級 T S |    |     |      |
|  | 2 級 T S |    |     |      |
|  | 3 級 T S |    |     |      |

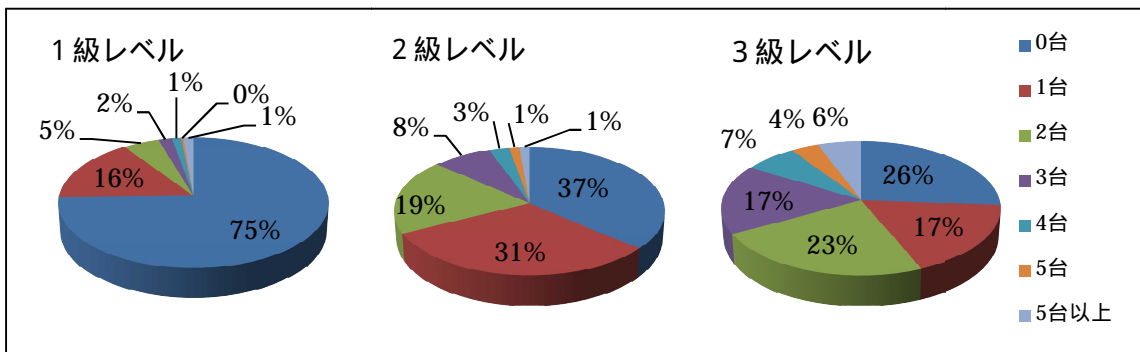
所有+リース+レンタルの合計数で比較



Q 8 測量業務で利用しているレベルの数量を、所有、リース及びレンタルの別に記入してください。

|  |         | 所有 | リース | レンタル |
|--|---------|----|-----|------|
|  | 1 級 レベル |    |     |      |
|  | 2 級 レベル |    |     |      |
|  | 3 級 レベル |    |     |      |

所有+リース+レンタルの合計数で比較



## 【験潮に関する有識者からの聞き取り調査結果】

海岸昇降検知センターの委員をされている 2 名の学識経験者に対して、聞き取り調査を行った。その結果から験潮場の維持に関する部分を以下に要約する。

日時 平成 25 年 8 月 8 日（木） 13:05 ~ 13:25  
場所 国土地理院 関東地方測量部 地震予知連絡会大会議室  
出席者 A 委員、地殻監視課長、海岸昇降監視係長  
内容

地理 研究者の視点による験潮データの利活用や有効性について伺いたい。  
A 委員 これからは地球温暖化による海面変動の監視への利用が大きいだろう。加藤&津村の解析法は相対的だが、現在では GPS から変動を除去して、絶対的な海面変動を出せるようになった。今後は、GPS との並行観測により比較検討していく必要があるが、20 年くらいは並行観測を続け、見極みをつける必要があると思う。

地理 25 か所の必要性はあるのかという意見もある。

A 委員 加藤&津村の解析法は 1 海域に最低 5 か所は験潮場が必要。海上保安庁が 10 か所の験潮所を廃止したため、計算上厳しい海域もある。これ以上間引いたらあの解析法は使えない。しっかりとした基準で管理されている験潮場があるのは心強い。ぜひ 25 か所続けてほしい。人命にかかわる防災情報をしっかりと発するのは国の責務だと思うが、合理化のために様々な統計がなくなっている。今の観測を問われる時代が必ず来ると思う。

地理 6 年前に験潮を持つ機関を対象に財務省の調査が入った。

A 委員 非常に近いものは 1 つにしても良いと思う。ただ、地理院が県等の験潮場もきちんと管理し、精度確保ができるようにしてほしい。

日時 平成 25 年 8 月 8 日（木） 15:40 ~ 15:55  
場所 国土地理院 関東地方測量部 地震予知連絡会大会議室  
出席者 B 委員、地殻監視課長、海岸昇降監視係長  
内容

地理 総会で真鶴・初島は GNSS で代用可という理由で廃止したことを報告したが、地震調査の世界では験潮は目立たないものとなっている。研究者の視点による験潮データの利活用や有効性について伺いたい。

B 委員 長期的な地殻変動を知りたい場合に験潮データは有効。GPS などが出てくる以前の動きは、GPS 以外を使うしかない。3.11 を解明する上でも、以前の動きを知ることは非常に重要。また今後南海トラフでも利用できる。過去の地殻変動を知る材料として、験潮データは必要である。どこかのタイミングで GPS と結合という話は出てくると思うが、今は無くなっては困る。

地理 25 か所の必要性はあるのかという意見も出ている。

B 委員 地理院の験潮場は水準測量の高さの基準となっている。験潮場をな

くすと水準測量もなくなる。そういう意味でも存在意義は高い。確かに、「地殻変動の監視には GPS がある」というロジックには勝てないと思うが、験潮データはその面だけではない。先ほども述べたが、過去を知るという面でも験潮データは貴重。ただ、明治から大正にかけての過去の験潮記録がきちんとした形で残っていない。それらを発掘して、記録として残したい。事業をやめてしまうと分かる人がいなくなる。市町村にも過去の貴重な記録がある。それらを発掘する際にも、きちんと管理された記録があれば比較検討することができる。

B 委員 地殻監視以外の面で言えば、私は専門ではないが、地球温暖化による海面変動への利用が挙げられる。これは最近注目されているし、私もぜひやるべきだと思う。海面変動では、験潮データはグローバル的にも重要。地理院の験潮データも TIGA に登録していると思う。

国際 GNSS 事業による Tide Gauge Benchmark Monitoring Project

## 【検討の経緯】

- ・平成25年 9月24日 院議において基準点体系分科会（ ）の開始が認められる。
- ・平成25年10月 9日 第1回事務局会議
- ・平成25年10月10日 第1回委員会・幹事会合同会議
- ・平成25年11月 5日 第2回事務局会議
- ・平成25年11月28日 第2回委員会・幹事会合同会議
- ・平成25年12月19日 第42回経営戦略を考える会
- ・平成26年 1月23日 第3回事務局会議
- ・平成26年 2月21日 第3回委員会・幹事会合同会議
- ・平成26年 3月26日 第52回経営戦略を考える会
- ・平成26年 6月19日 第4回委員会・幹事会合同会議

## 【2013年度 分科会の構成】

( 1 ) 国土地理院技術協議会 基準点体系分科会 ( ) ( 印は事務局を兼務 )

|       |        |                     |
|-------|--------|---------------------|
| 分科会長  | 村上 真幸  | 測地部長                |
| 副分科会長 | 今給黎 哲郎 | 測地観測センター長           |
| 委員    | 岩田 邦雄  | 総務部 総務課長            |
| 委員    | 中島 秀敏  | 企画部 研究企画官           |
| 委員    | 田崎 昭男  | 企画部 技術管理課           |
| 委員    | 長谷川 裕之 | 企画部 測量指導課長          |
| 委員    | 出口 智恵  | 企画部 地理空間情報企画室長      |
| 委員    | 林 保    | 測地部 計画課長            |
| 委員    | 土井 弘充  | 測地部 測地技術調整官         |
| 委員    | 大木 章一  | 地理空間情報部 企画調査課長      |
| 委員    | 下山 泰志  | 基本図情報部 管理課長         |
| 委員    | 河瀬 和重  | 応用地理部 企画課長          |
| 委員    | 辻 宏道   | 測地観測センター 衛星測地課長     |
| 委員    | 藤原 智   | 地理地殻活動研究センター 研究管理課長 |
| 委員    | 佐藤 潤   | 関東地方測量部長            |

( 2 ) 国土地理院技術協議会 基準点体系分科会 ( ) 幹事会  
( 印は事務局を兼務 )

|     |        |                  |
|-----|--------|------------------|
| 会 長 | 林 保    | 測地部 計画課長         |
| 副会長 | 辻 宏道   | 測地観測センター 衛星測地課長  |
| 幹 事 | 真下 好隆  | 総務部 建設専門官        |
|     | 門脇 利広  | 企画部 企画調整課長補佐     |
|     | 井上 武久  | 企画部 技術管理課長補佐     |
|     | 諏訪部 順  | 企画部 測量指導課長補佐     |
|     | 小野 康   | 企画部 地理空間情報企画室長補佐 |
|     | 土井 弘充  | 測地部 測地技術調整官      |
|     | 越智 久巳一 | 測地部 計画課長補佐       |
|     | 岡庭 直久  | 地理空間情報部 企画調査課長補佐 |

|         |                          |
|---------|--------------------------|
| 中島 最郎   | 基本図情報部 管理課長補佐            |
| 清水 雅行   | 応用地理部 企画課長補佐             |
| 田中 和之   | 測地観測センター 衛星測地課長補佐        |
| 大滝 修    | 地理地殻活動研究センター<br>研究管理課長補佐 |
| 小井土 今朝巳 | 関東地方測量部 測量課長             |

(3) 国土地理院技術協議会 基準点体系分科会 ( ) 事務局

|      |        |                          |
|------|--------|--------------------------|
| 事務局長 | 土井 弘充  | 測地部 測地技術調整官              |
|      | 板橋 昭房  | 測地部 専門調査官                |
|      | 後藤 清   | 測地部 専門調査官                |
|      | 越智 久巳一 | 測地部 計画課長補佐               |
|      | 岩田 和美  | 測地部 計画課 専門職              |
|      | 山際 敦史  | 測地部 測地基準課長               |
|      | 村上 克明  | 測地部 測地基準課長補佐             |
|      | 小門 研亮  | 測地部 測地基準課長補佐             |
|      | 宮原 伐折羅 | 測地部 物理測地課長               |
|      | 河和 宏   | 測地部 物理測地課長補佐             |
|      | 吉川 忠男  | 測地部 宇宙測地課長補佐             |
|      | 丸山 一司  | 測地観測センター 専門調査官           |
|      | 山口 和典  | 測地観測センター 専門調査官           |
|      | 矢萩 智裕  | 測地観測センター 地殻監視課長補佐        |
|      | 大滝 修   | 地理地殻活動研究センター<br>研究管理課長補佐 |
|      | 井上 武久  | 企画部 技術管理課長補佐             |
|      | 伊井 義人  | 企画部 測量指導課長補佐             |
|      | 野神 憩   | 企画部 測量指導課 技術専門員          |

### 【2014 年度 分科会の構成】

(1) 国土地理院技術協議会 基準点体系分科会 ( ) (印は事務局を兼務)

|       |        |                         |
|-------|--------|-------------------------|
| 分科会長  | 村上 真幸  | 測地部長(2014.5.31 まで)      |
|       | 齊藤 隆   | 測地部長(2014.6.1 から)       |
| 副分科会長 | 今給黎 哲郎 | 測地観測センター長(2014.5.31 まで) |
|       | 小白井 亮一 | 測地観測センター長(2014.6.1 から)  |
| 委員    | 山口 桂司  | 総務部 総務課長                |
| 委員    | 永山 透   | 企画部 研究企画官               |
| 委員    | 廣田 三成  | 企画部 技術管理課               |
| 委員    | 長谷川 裕之 | 企画部 測量指導課長              |
| 委員    | 橘 悠希子  | 企画部 地理空間情報企画室長          |
| 委員    | 藤原 智   | 測地部 計画課長                |
| 委員    | 土井 弘充  | 測地部 測地技術調整官             |
| 委員    | 大木 章一  | 地理空間情報部 企画調査課長          |
| 委員    | 下山 泰志  | 基本図情報部 管理課長             |
| 委員    | 田崎 昭男  | 応用地理部 企画課長              |
| 委員    | 辻 宏道   | 測地観測センター 衛星測地課長         |

|    |       |                     |
|----|-------|---------------------|
| 委員 | 河瀬 和重 | 地理地殻活動研究センター 研究管理課長 |
| 委員 | 佐藤 潤  | 関東地方測量部長            |

(2) 国土地理院技術協議会 基準点体系分科会 ( ) 幹事会  
( 印は事務局を兼務 )

|     |        |                          |
|-----|--------|--------------------------|
| 会長  | 藤原 智   | 測地部 計画課長                 |
| 副会長 | 辻 宏道   | 測地観測センター 衛星測地課長          |
| 幹事  | 真下 好隆  | 総務部 建設専門官                |
|     | 門脇 利広  | 企画部 企画調整課長補佐             |
|     | 井上 武久  | 企画部 技術管理課長補佐             |
|     | 齋藤 秀勝  | 企画部 測量指導課長補佐             |
|     | 小野 康   | 企画部 地理空間情報企画室長補佐         |
|     | 土井 弘充  | 測地部 測地技術調整官              |
|     | 越智 久巳一 | 測地部 計画課長補佐               |
|     | 福島 忍   | 地理空間情報部 企画調査課長補佐         |
|     | 甲斐 納   | 基本図情報部 管理課長補佐            |
|     | 清水 雅行  | 応用地理部 企画課長補佐             |
|     | 岩田 昭雄  | 測地観測センター 衛星測地課長補佐        |
|     | 後藤 勝広  | 地理地殻活動研究センター<br>研究管理課長補佐 |
|     | 中島 最郎  | 関東地方測量部 測量課長             |

(3) 国土地理院技術協議会 基準点体系分科会 ( ) 事務局

|      |        |                          |
|------|--------|--------------------------|
| 事務局長 | 土井 弘充  | 測地部 測地技術調整官              |
|      | 後藤 清   | 測地部 専門調査官                |
|      | 越智 久巳一 | 測地部 計画課長補佐               |
|      | 三和 功喜  | 測地部 計画課 専門職              |
|      | 田中 博幸  | 測地部 測地基準課長               |
|      | 村上 克明  | 測地部 測地基準課長補佐             |
|      | 小門 研亮  | 測地部 測地基準課長補佐             |
|      | 宮原 伐折羅 | 測地部 物理測地課長               |
|      | 伊藤 純一  | 測地部 物理測地課長補佐             |
|      | 吉川 忠男  | 測地部 宇宙測地課長補佐             |
|      | 愛場 政広  | 測地観測センター 専門調査官           |
|      | 田中 和之  | 測地観測センター 専門調査官           |
|      | 佐藤 雄大  | 測地観測センター 地殻監視課長補佐        |
|      | 後藤 勝広  | 地理地殻活動研究センター<br>研究管理課長補佐 |
|      | 井上 武久  | 企画部 技術管理課長補佐             |
|      | 伊井 義人  | 企画部 測量指導課長補佐             |
|      | 野神 憩   | 企画部 測量指導課 技術専門員          |