

ダイナミックな測地基準点体系の実現に向けて

- 変動する国土と人々を結ぶ位置情報の基盤 -

GRID-Japan

Geo-Referencing Infrastructure for Dynamic Japan

基準点体系分科会（ ）報告書

2003年（平成15年）5月

国土地理院技術協議会

基準点体系分科会（ ）

要約

2002年(平成14年)4月1日、「いつでも欲しいときに、どこでも簡単に、必要とする精度で、必要とする種類の位置情報がサービスできる」という理想に向けて、国家基準点体系が再構築され、世界測地系に準拠した新しい位置基準である測地成果2000が公表された。

しかし、世界的にも地殻変動が著しい我が国において、高度情報通信社会の実現が進む中、基準点体系を「国土の総合的かつ体系的な利用、開発及び保全」に役立つインフラとして機能させ、位置情報の多目的利用に対応していくには、さらなる取り組みが必要である。

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、国全体として最適化された「位置情報基盤」を、海外・地方・民間と連携しつつ整備する方策について検討を行い、今後10年間に取り組むべき政策課題と施策を次の通り提案する。

政策課題

変動する国土と人々を結ぶ位置情報基盤の提供

アウトカム目標

地殻変動の激しい我が国において、
いつでも、どこでも、誰でも、必要な精度で位置情報が得られる社会の実現

アウトカム指標

- (1) 災害危険度の高い地域において、国土地理院が、準リアルタイムで、サブ cm レベルの3次元地殻変動を監視する
- (2) 国土の陸域において、測量関係者が、測量後遅滞なく、cm レベルで測地成果2000と整合した座標値(水平、高さ)を得る
- (3) 国土の陸域及び沿岸域において、屋内・地下空間を含めシームレスに、国民が簡便に、リアルタイムで、サブ m レベルの世界測地系の座標値を得る

主要施策のイメージ

- (1) 電子基準点と標石基準点によるダイナミックな測地成果の提供
- (2) 位置情報基盤による国土の変動の準リアルタイム監視
- (3) 電子基準点に基づく位置情報サービスの高度化
- (4) 国・地方・民間の連携による多様な位置情報の共有促進
- (5) グローバルな位置情報基盤を支える日本主導の国際協力
- (6) 位置情報社会の未来を切り拓く研究・技術開発

目次

要約	1
目次	2
1. はじめに	
1.1 基準点体系分科会()の背景と目的	3
1.2 検討の経緯	4
2. 基準点体系の現状	
2.1 再構築された国家基準点体系	5
2.2 地殻変動の影響	7
2.3 社会と技術の動向	10
2.4 利用者の声	13
3. 基準点体系のあり方	
3.1 基準点体系の基本機能(測量基準と変動監視)	15
3.2 位置情報基盤への進化(測位支援)	17
3.3 複数のシステムが支えあう基準点体系	18
3.4 地殻変動への対応	21
3.5 国、地方、民間の連携	24
4. 基準点に関する測量行政の方向	
4.1 国土地理院の政策課題	27
4.2 今後10年間の施策イメージ	31
4.3 施策の実施に必要な事項	32
5. まとめ	33
文献	35
付録	
1. 分科会、事務局会議、測地WGの構成	36
2. 分科会、事務局会議、測地WGの開催状況	37
3. インターネットによる利用頻度の高い三角点と水準点	39
4. ニュージーランドのセミ・ダイナミック測地系	42
5. 基準点体系利用者側の実態及び要望調査結果	46

1. はじめに

GPS（汎地球測位システム）を利用した電子基準点の普及、測量法改正による世界測地系の採用等により、我が国の測量に基準を与え、地殻変動監視の基盤となる測地基準点体系は一新された。しかし、技術や社会の変容はとどまるところを知らず、新しい測地基準点体系も、終着点ではなく、高度情報通信社会における位置情報基盤の出発点として捉えるべきと考える。国土地理院技術協議会の下に設けられた基準点体系分科会（ ）では、基準点体系が備えるべき本来的な機能及び内外の社会・経済・技術動向を踏まえ、国土地理院が次の10年間で取り組むべき基準点に関する政策課題について総合的な検討を行った。

1.1 基準点体系分科会（ ）の背景と目的

我が国の測地基準点は、これまで、地図作成、地籍調査、各種の公共事業等、土地に関するあらゆる活動に対し、地球上の正確な水平位置や高さの基準を与えることにより、我が国の発展に大きく貢献してきた。また、地震や火山活動と関連する地殻変動を検出するための基準として、災害軽減や地球科学の推進にも重要な役割を果たしている。

2002年（平成14年）4月には、改正測量法が施行され、経緯度の基準が世界測地系に移行するとともに、国家基準点の測量成果（経緯度、高さ）が最新の測量に基づく高精度なものとなり、電子基準点が各種の測量に利用できるようになった。特に電子基準点については、GPS連続観測を行っていることから、リアルタイムデータの提供による新たな利活用が期待されている。

一方、基準点の測量成果は、地理情報システム（GIS）の土台となる最も基礎的なデータである。すなわち、位置情報を持たない地理情報はありえない。国土地理院では、国土の過去と現在を記述した様々なデジタル地理情報の仮想的な集合体を「電子国土」と名付け、21世紀の社会を支える情報インフラとして整備することを目指している（国土地理院、2000、2002）。その際、基準点体系は、電子国土に統一した位置基準を与えるための基盤、いわば電子国土のグリッド（格子）としての役割を果たすことが求められる。

今までの基準点体系が果たしてきた役割に加え、このような新しい時代の要請に对应していくためには、公共基準点を含む我が国の基準点体系全体のあり方、電子基準点と標石基準点（三角点、水準点）の役割分担、基準点に関するGISデータベースのあり方等について検討を行う必要がある。

このため、21世紀の日本を支える位置情報基盤となる、我が国の基準点体系のあるべき姿について、基本方針及び施策に関する総合的な検討を行い、2004年度から始まる第6次基本測量長期計画に施策を反映させることを目的として、2002年6月、国土地理院技術協議会の下に基準点体系分科会（ ）が設置された。

1.2 検討の経緯

本分科会は、測地部長を分科会長とし、各部・センターの筆頭課長及び長期計画担当官等からなる委員より構成された。分科会の下には、測地技術調整官を長とする分科会事務局及び測地系補佐級職員から構成される分科会測地WGが設けられ、資料作成等にあたった（付録1）。

基準点体系については、過去に二つの分科会が設置され、網羅的な議論が行われており、今回の検討も過去の分科会報告書から出発した。

1989～1993年度に設置された基準点体系分科会（ ）は、「いつでも欲しいときに、どこでも簡単に、必要とする精度で、必要とする種類の位置情報がサービスできる」ことを理想の基準点体系のビジョンとして示した（国土地理院、1993）。

1997～1998年度の基準点体系分科会（ ）は、このビジョン実現に向け、世界測地系に基づく測地成果2000構築の方針と計画を提示した（国土地理院、1997、1998）。この計画に基づき、2001年6月に測量法が改正され、2002年4月から経緯度の基準が世界測地系に切り替わる等、測地基準点体系の再構築が行われた。

今回の基準点体系分科会（ ）では、まず、再構築された基準点体系の現状、最近の技術や社会の変化、今までの積み残し課題を整理するとともに、利用者から聞き取り調査を行い、基準点体系分科会（ ）で設定した基準点体系のあり方を再吟味した。次に、これらを踏まえ、測量だけでなく位置情報サービス等の測位に関する分野の利用者も想定し、国全体として最適化された位置情報のインフラを、海外・地方・民間と連携しつつ、いかに整備・維持すべきか総合的な検討を行った（付録2）。

本書は、本分科会、事務局、測地WGや電子メールにおける議論、分科会（ ）（ ）の報告書、利用者の意見、各種文献等を踏まえ、理想の基準点体系に向け、今後10年間に国土地理院が取り組むべき政策課題と施策の方向性を、国土地理院技術協議会に対する分科会の報告として、とりまとめたものである（図1）。

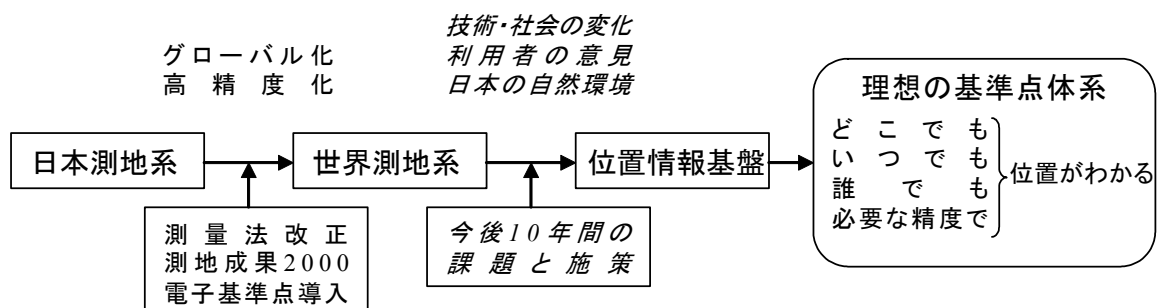


図1 検討の位置付け

2 . 基準点体系の現状

過去10年間にわたり、GPSやVLBI（超長基線電波干渉計）等の宇宙測地技術の積極的な導入、測量法改正による世界測地系の採用、最新測量データの網平均計算に基づく測地成果2000の公開等、基準点に関する一連の施策を進めた結果、我が国の基準点体系は世界に誇る高い水準に達している。

しかし、成功に驕る無策が失敗の原因となることは歴史の教えるところであり、基準点体系を今後も適切に機能させるためには、我が国の置かれた環境や状況の変化に応じて更なる改革を進めることが必要である。

2 . 1 再構築された国家基準点体系

2002年3月の時点で、国土地理院が成果を公表していた国家基準点の総数は、130,454点に及ぶ。その内訳を表1に示す。それぞれ設置の目的や背景は異なるが、我が国の測量に基準を与え、地殻変動を監視する測地基準系を実現するハードウェアとして重要な機能を果たしている。

このうち10万点に及ぶ三角点は、水平位置（経緯度、直角座標）を与える基準であり、設置目的から二つに大別できる。一つは、明治政府が莫大な予算を費やして設置した約4万点の一、二、三等三角点で、我が国の正確な地形図を作成するための基準点として用いられた。もう一つは、国土調査法に基づく地籍調査等のための基準として設置された約6万点の四等三角点で、現在も毎年約1,000点ずつ増えている。

三角点や水準点の大半は御影石でできていることから、標石基準点と総称されるが、中には金属標の点もある。

表1 . 国家基準点の数（2002年3月現在）

種類	点数	内訳		平均距離
VLBI観測局*	4	つくば、新十津川、始良、父島		1,000km
電子基準点 (GPS連続観測点)	1,054	電子基準点 947		25 km
		GPS固定点 107		
三角点	102,558	一等三角点 973	累計 973	25 km
		二等三角点 5,056	6,029	8 km
		三等三角点 32,723	38,752	4 km
		四等三角点 63,806	102,558	2 km
水準点	20,653	基準水準点 80	累計 80	150km
		一等水準点 15,543	15,623	2 km
		二等水準点 4,543	20,166	2 km
		三等水準点 487	20,653	2 km
重力点	129			
磁気点	921			
その他	5,135	図根点、多角点等		
合計	130,454			

* 測量法施行規則上は、超長基線電波干渉計観測点金属標が永久標識となる。

表2は、1998年当時の国家基準点体系に存在した問題点が、2002年現在どのような状態にあるかを示したものである。前述の施策により、明治時代に構築され精度低下がみられたローカルな測地基準系が、高精度のグローバルな測地基準系に再構築されたことが分かる。

表2．国家基準点体系の状況

	1998年の問題点(国土地理院、1998)	2002年の状況 (国土地理院、2003a)
1	準拠する地球の大きさ・形状等が世界測地系と大きく乖離 a) 地球の大きさ・形状， b) 原点の位置， c) ジオイドと準拠楕円体が不一致 d) 標高算出に実際の重力値を使わず標準重力を利用 (正規正標高)	・世界測地系を経緯度の基準とするため測量法の所要の改正を実施 (2001年6月改正、2002年4月施行) ・日本のジオイド2000を公開 (2002年4月) ・実際の重力値で算出した水準点2000年度平均成果 (正標高) を公開 (2002年4月)
2	基準点体系の精度を超える高精度測量が可能になり、必要性も増大	・最新データで調整した世界測地系による測地成果2000を公開 (2002年4月)
3	大量の基準点の管理が困難	・標石調査を逐次実施中

世界測地系に基づく測地成果2000は、2002年4月から公開されたが、関係機関及び関係団体に対する事前の広報活動が功を奏し、これまで、特に混乱を招くこともなく、各種測量における位置の基準として利用されている。

GPS連続観測を行う電子基準点は、2002年度末に全国1,200点に配備が増強されるとともに、リアルタイムでデータ収集を行う機能が追加され、今後新しい国家基準点体系の根幹を担っていくことになる。電子基準点リアルタイムデータは、民間の位置情報サービス事業者を通して一般に提供され、現在でも精度10cmレベルのリアルタイム測位が現実のものとなっている。

基準点に関する情報提供についても改善が著しい。インターネットによる基準点成果等の閲覧は2000年度から始まり、2000年及び2001年における「点の記」の利用件数は年間110万件を超えている。付録3に、2002年4月から半年の間にインターネットで測量成果が閲覧された基準点の地理的分布を示す。電子基準点データのインターネット提供も2001年から開始され、アクセス数は年間100万件を超えている。

しかし、莫大な数の標石基準点の適切な公物管理は、今後も大きな課題である。毎年、国土地理院が測量を行う年間5,000点程度の三角点・水準点については、測量後に「点の記」を更新し、それ以外の点についても逐次、標石調査を行っているが、13万点に及ぶ基準点の現状を完全に把握するには至っていない。このため、今後、地方公共団体等の協力も得ながら、標石調査をさらに充実させるとともに、測量履歴等の関連情報を含む基準点GISを整備し、基準点の計画的な維持管理を行う必要がある。

2.2 地殻変動の影響

我が国は世界でも有数の地殻変動帯にある。測量法改正前の旧実用成果と測地成果2000とを比較すると、原点の移動以外に、地域によって異なる数mに及ぶ変動ベクトルが存在する。これは、測量誤差や成果計算上の問題に加え、約100年間に及ぶ地殻変動が蓄積した影響である。

測地成果2000によって高精度となった新しい日本の測地基準点体系も、今後、地殻変動の進行とともに精度が低下していく。また、三角点の標高については、その大部分が新しい測量による再計算を行っていないため、測量誤差や成果計算上の問題に加え、過去の地殻変動の累積による影響が残ったままである。これらは基準点体系の維持に関する重要な課題である。

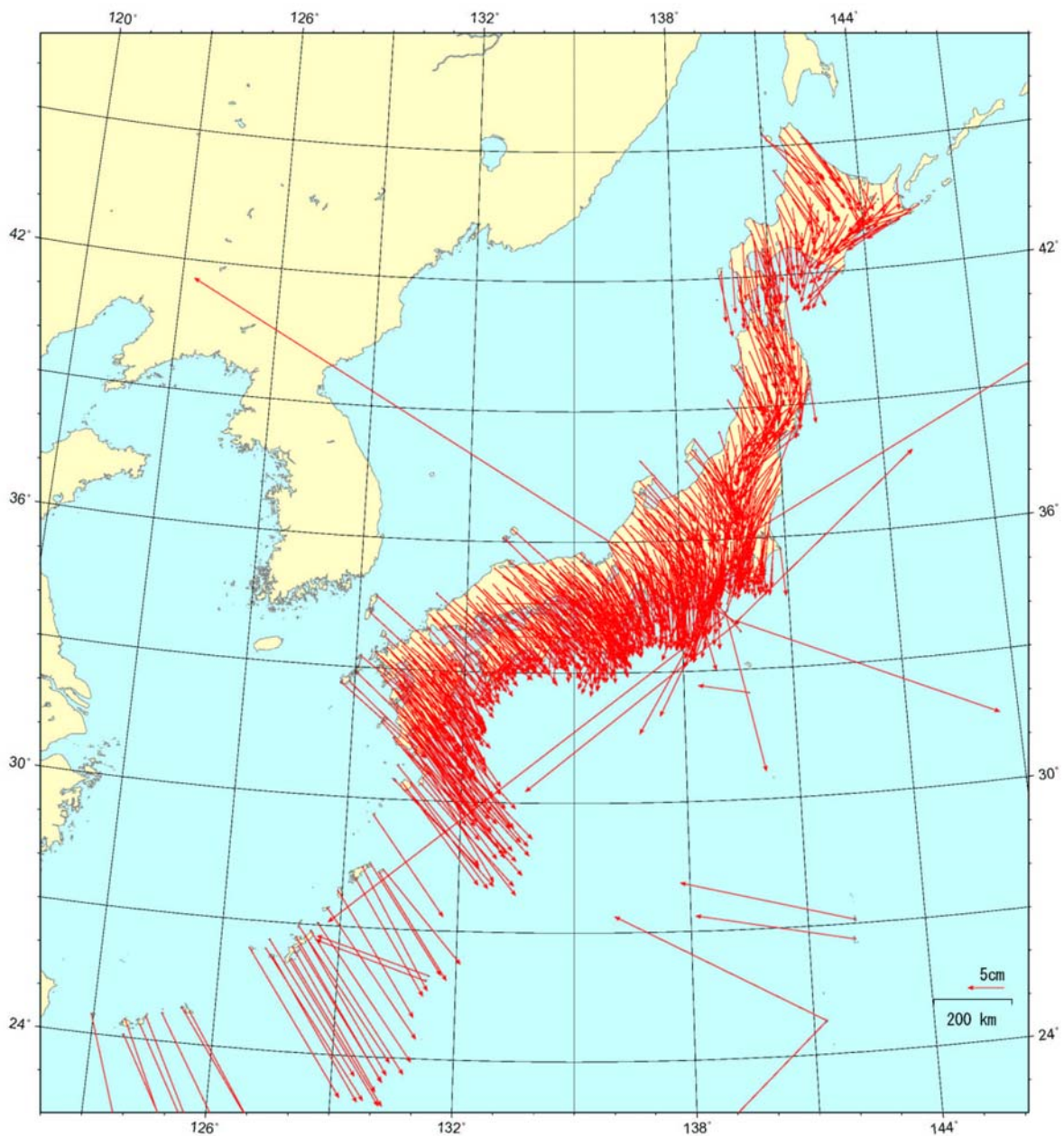


図2. 1997年1月から2001年7月までの電子基準点の累積変位量

(1) 地殻変動による世界測地系からの乖離 (絶対位置の精度低下)

基準点の測地成果2000は、1997年1月1日時点における国際的な測地基準系 (世界測地系) の座標値に基づいて算出されたが、時間変化率 (速度) は与えず、座標値を定数として扱っている。地震・火山活動等で基準点の位置が大きく変化しない限り、座標値は改定されない。これは、その成果に基づいて莫大な数の測量が実施されるため、測量の基準として必要な条件であり、国際的に見ても時間とともに座標値が変化する測地基準系を国家標準として採用している国は皆無である。

しかし、日本のようにプレート境界に位置する地域では、定常的あるいは地震・火山活動等に伴う非定常的な地殻変動 (ゆっくり地震を含む) の進行により、基準点の実際の位置は、時間の経過とともに測地成果2000の示す位置から離れていく。

図2は、電子基準点の、2001年7月1日時点の世界測地系における座標値 (経緯度) と、測地成果2000とを比較したものである。一部に地震や火山活動に伴う変動も含まれているが、基本的には1997年1月から2001年7月までの定常的な地殻変動による位置の変化を表しており、その速度は世界測地系で見て2~5 cm / 年程度であること、この4.5年間に南西諸島では20cm以上も位置が変化したことが分かる。現在の速度が今後も続くと仮定すれば、20年間で測地成果2000と世界測地系との間に1m以上の乖離が生じる地域も生じる。1mの乖離は、現在のGPS単独測位にはそれほど影響はないが、さらに時間が経過し、乖離の量がGPS単独測位の精度を上回るようになると、測地成果2000の全面改定も視野に入れる必要が出てくる。

(2) 地殻変動による測地網の歪み (相対位置の精度低下)

地殻変動により、基準点の測量成果は徐々に世界測地系からずれていくとともに、基準点間の相対的な位置も徐々に変化し、測地網としての歪みが蓄積していく。

測量では、通常、既知点と新点間の座標値の差 (基線ベクトル) を求めるため、既知点と新点の距離が十分近ければ、測地網の歪みがあっても実用上の問題は生じない。例えば、トータルステーションによる公共測量では、普通1km以内にある基準点を既知点として用いるが、この場合0.2ppm / 年の歪みが5年蓄積したとしても、新点位置に与える誤差は1mm程度であり、あからさまに地殻変動の影響を考える必要はない。

しかし電子基準点の普及により、10km以上離れた電子基準点を既知点として測量を行なう機会が増えており、累積する地殻変動を何らかの形で補正しないと、将来的には実用上の問題が生じるおそれがある。

図3は、電子基準点でのGPS連続観測から得た日本列島の水平歪み速度である。歪み速度が0.1ppm/年を超える地域は、北海道南東部、東北日本の中央、中部日本の北部、本州南岸、四国全域、南九州に存在している。これは、平均距離25kmの電子基準点網で得た速度を平滑化・連続化して表示しているため、実際の歪み速度はもっと大きいと思われる。実際、三角点における100年間の地殻変動を分析して得た結果は、

南関東地方、四国地方、福井周辺を除いて0.1～0.3ppm/年となり、南関東地方、四国地方及び福井では最大0.6ppm/年に達している（石川・橋本、1999）。

これらの研究結果を総合すると、日本列島では平均して0.2ppm/年の歪みが蓄積していく。前述の通り、測地成果2000は、元期1997.0年に固定された測地基準系の座標値であることから、毎年0.2ppmずつ測地網の相対精度は低下していくことになる。

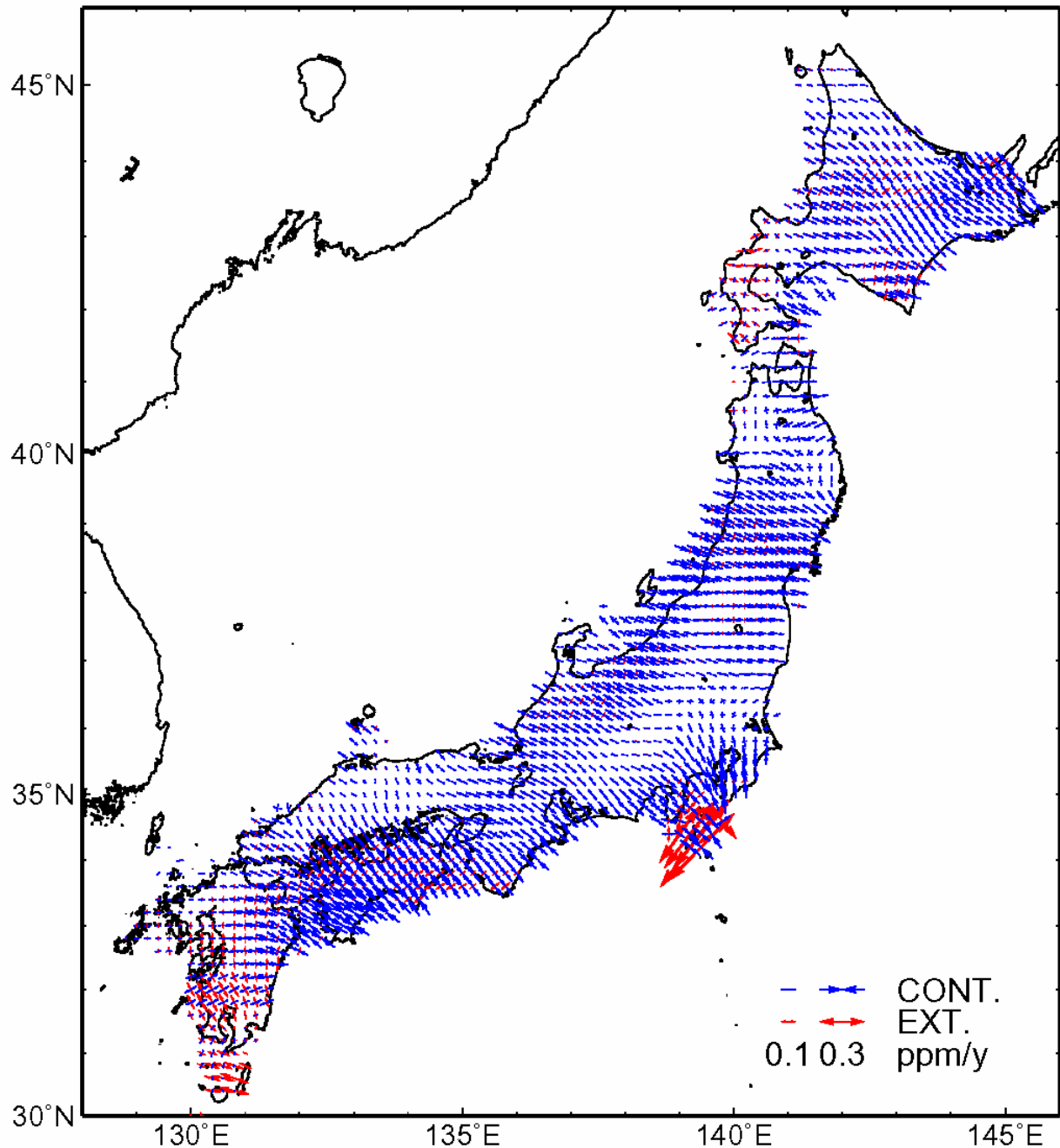


図3 . 電子基準点の速度を平滑化・連続化して求めた日本列島の水平主歪み速度（方法：Sagiya et al., 2000、データ：1996年6月～2000年5月、表示グリッド間隔：0.2度）。CONTは圧縮軸、EXTは伸張軸を示す。

最近では、GPS の普及により、一般の測量で達成可能な精度は大きく向上している。例えば、二周波型 GPS 測量機のパンフレットには、スタティック測位の精度として、水平 $\pm (5\text{mm} + 0.5\text{ppm} \times \text{基線長})$ 、鉛直 $\pm (5\text{mm} + 2\text{ppm} \times \text{基線長})$ のような数値が記載されているのが普通である。この精度は、観測及び解析の諸条件が整ったときに達成可能な再現性（例えば標準偏差 1）と考えられ、いつでもどこでも、これだけの正確さが担保される訳ではないが、それでも、10 km の距離を 1 cm の再現性で測定することは、一般の利用者にも十分可能となっている。ちなみに、地殻変動監視を目的に固定点で連続観測を行っている電子基準点網（GEONET）では、座標の再現性は、150 km 以下の基線で、水平 $\pm (1\text{mm} + 0.01\text{ppm} \times \text{基線長})$ 、鉛直 $\pm (6\text{mm} + 0.02\text{ppm} \times \text{基線長})$ に達している（Hatanaka, 2002）。

したがって、0.2ppm / 年という測地網の精度低下は、比較的短い期間に一般の利用者にも影響を与えるレベルに達することが懸念される。もちろん、GEONET によって日本の広域地殻変動は監視されており、その定量的なデータも入手できるが、各種測量においては、社会的な約束として元期 1997.0 年に固定された測地成果 2000 に従わざるを得ないため、日々の地殻変動により、測量の基準としての基準点体系が徐々に歪んでいくことになる。

このことは、地殻変動の大きな日本で基準点体系の精度をどう維持するか、という本質的な問題である。外国でもこのような状況はごく一部でしか見られず、日本独自の対応が問われる。

2.3 社会と技術の動向

基準点体系のあり方を考えるには、体系を取り巻く社会や技術の動向を把握することが重要である。

表 3 は、我が国の国土、社会、技術、行政について、状況やその変化を表すキーワードを抽出したものである。検討にあたっては、これらを十分に意識する必要がある。

表 3. 日本の社会や技術の動向を表すキーワード

項目	キーワード
国土の環境	脆弱な国土、自然災害の多発（地震、火山噴火、水害）、高い人口密度、地球温暖化
社会の動向	高度情報化、国際化、グローバル化、経済大国、デフレ、少子高齢化、安全保障
技術の動向	高精度化、高度化、高速化（リアルタイム化）、自動化、大衆化、業際化
行政の動向	行政改革（効率化、官民連携、地方分権、情報公開、規制緩和、説明責任）、防災・環境の重視

以下、基準点体系と関連する技術や社会、海外の動向等について、概観する。

米国のGPS政策の動向

1996年3月に発表された米国大統領府文書によれば、GPSの第一の目的は軍用であり、米国の国益確保が重要であるが、同時にグローバルな情報インフラとして測量・地図作成、航空管制、環境問題等の民生、商用、科学分野での利用も推奨している（White House, 1996）。米国政府は、このような方針が平時・有事の際にも有効であることを2003年3月にも表明している（U.S. Coast Guard, 2003）。

一方、米国運輸省は2001年に「GPSの脆弱性」に関する報告をまとめている（John A. Volpe National Transportation Systems Center, 2001）。GPSは今や運輸分野の基盤的インフラとなったが、GPSには意図的な妨害以外にも、大気の影響、建物の遮蔽、通信機器の干渉等により予期せぬ障害が発生しうるので、安全性が問われる重要な応用分野ではバックアップシステムを用意すべきこと等が勧告された。

1998年に米国副大統領が表明したGPSの近代化については、その後様々な議論を経て、L2帯（1,227.6MHz）に新しい民生用信号を載せること、従来のL1（1,575.42MHz）及びL2帯に加えてL5帯（1,176.45GHz）でも信号を出すこと等が計画されている（Fontana, et al., 2001）。これらの変更が行われれば、GPSの信頼性は向上するが、現行のGPS測量機の更新が必要となる。L2帯の近代化は2011年頃に、L5帯の付加は2015年頃に完了すると予測されていたが、2002年夏に米国のGPS衛星開発予算が削減を受けたため、計画の遅れが懸念されている（Divis, 2002）。

GPSの脆弱性の例

「ジャマーと呼ばれるパワー1W以下の妨害電波発信機（インターネット上でだれでも購入することができる）は、妨害電波で半径10キロメートルのエリア中に位置するあらゆるGPS受信機の機能を無効にすることができます。悪意のある人たちがいれば、ひとたまりもありません。彼らはGPS信号を取り込み、一定の時間ずらした上で、それをあたかも正しいGPS信号であるかのように見せかけて再送信したりします。現在このような電波の外乱に対しての対策は独立したバックアップシステムしかありません。」（Lemmens, 2002）

グローバルなDGPSサービス

米国ジェット推進研究所（JPL）が開発したReal-time GIPSYというソフトウェアを用いて、米国の民間企業がグローバルなDGPSサービス（StarFire）を開始している。国際GPS事業（IGS）の観測点で得た補正情報を、インマルサット衛星で配信し、いつでもどこでも10cm精度で世界測地系の位置が分かると説明している（<http://www.navcomtech.com/home.cfm>）。

準天頂衛星

「カーナビゲーションなどに使う全地球測位システム（GPS）を米国に依存している現状から抜け出そうと、自民党に次世代衛星システム推進議員連盟ができた。会長になった額賀福志郎・元防衛庁長官によると、来年度の文部科学省予算に日本独自のシステム整備を前提にした研究費が計上されるという。

4日の設立総会には衆参両院議員計32人が出席。案内状では『我が国の測位情報は米国のGPSに完全に依存しており、米国から無料で提供されているのが実態だ』としたうえで、『情報安全保障を充実していくため、米国システムのバックアップ（補完）機能を有する新たな次世代衛星システムを確立する必要がある』と指摘した。

念頭にあるのは、3、4基の衛星を組み合わせ、常に1基が日本の天頂付近にあるように軌道を設定する『準天頂衛星システム』。自動車や列車から高速インターネットが使える移動体通信にも活用できる。文科省によると、米国のシステムを完全に代替するには計7基が必要だという。

GPSの米国依存脱却の動きとしては今年3月、欧州連合（EU）が独自システム『ガリレオ』の開発を決めた例がある。このとき米政府は、軍事転用の危険性や、機能の重複を理由に不快感や警戒感を示した。』（朝日新聞、2002年7月7日）

位置情報サービスの発達

携帯電話やPDA（Personal Digital Assistant）等のモバイル端末の普及や、GPS等の測位技術の発達に伴い、位置に関する情報サービスが本格的に始まりつつある（高山他、2002）。このような位置情報サービス（LBS: Location Based Service）は今後の大きなマーケットとして期待されている。例えば、KDDIはGPS付き携帯電話を発売し、測位サービスと組み合わせた地理情報コンテンツを提供し、人気を得ている（付録5の衛星測位システム協議会及びKDDIの項参照）。

高精度測位社会基盤研究フォーラム

我が国のインターネットの創始者の一人、村井純教授が会長を務める標記研究会では、高精度測位社会基盤を、いつでも正確な位置を必要に応じて知ることができる環境と捉え、衛星系測位と地上系測位の融合によるシームレスな測位や、スードライト（地上に固定したアンテナからGPSと同様な信号を発する擬似衛星）を利用する方法の検証について提言をまとめている（高精度測位社会基盤研究フォーラム、2002）。

ニュージーランドのセミ・ダイナミック測地系

ニュージーランド土地情報局（LINZ: Land Information New Zealand）では、オンライン土地情報データベースの提供を開始した。基準点（約8万点）については、測量成果、履歴、観測データ、点の記等の各種情報が格納されており、LINZ内の利

用者は簡単なマウス操作で網平均計算も実行できる。同国は地殻変動が激しいため、速度場モデルを内部に組み込んだ測地基準系（セミ・ダイナミック測地系）を採用している（付録4）。

豪州のオンラインGPS測位計算サービス

豪州の国家測量機関である豪州地球科学研究機構（GeoScience Australia）が、インターネット上でGPS測位計算サービスを運用している。利用者がRINEXデータ（二周波、6時間以上）をメールで送ると、IGS観測点を使って計算したITRF値がメールで返送される。精度は全世界どこでも10cmより良いとされる。豪州内の観測点の場合、プレート運動モデル（約6cm/年）を用いて、豪州の公的な座標系であるGDA94に引き戻した座標値も返す。解析ソフトウェアには、Microcosm（NASAの衛星軌道解析パッケージの商用版）を利用している（<http://www.ga.gov.au/>）。

以上のように、GPSを基盤とした位置情報サービスの急速な進展がある一方で、GPSのみに依存することの危険性が指摘されている。また、基準点成果の提供について、付加的な情報やサービスの提供がなされつつある。こうした社会や技術の動向も踏まえ、第3章において、基準点体系のあり方を検討する。

2.4 利用者の声

今回の分科会では、測量に関係する12の公共団体や民間企業等に対し、基準点体系に関する面談調査を行い、利用者側の実態及び要望を得た（付録5）。主なものは、次の通りである。

- ・ 災害把握のため、電子基準点リアルタイム成果を利用したい。
- ・ 技術的に可能であれば標石基準点はいらないが、区画整理事業は都市部が多く、細部の測量でGPSは万能ではない。
- ・ 用地測量等の細部測量ではトータルステーション（TS）による測量が主流。また、過去に実施した公共測量との整合性からも標石基準点は重要。
- ・ 2級基準点測量はGPS、その他はTSが主流であり、ともに標石基準点を既知点として使用。用地測量では相対位置に重点をおくため標石基準点が必要。現在の配点密度の標石基準点は将来も必要。
- ・ 古い三角点は傾斜等の故障があることからできるだけ使いたくない。故障点の情報を早く出して欲しい。
- ・ GISではリアルタイム更新が重要なので、電子基準点を有効に使いたい。
- ・ 公共基準点の管理を国土地理院に移管できないか。
- ・ GISを進めるために基準点の整備は重要。国家基準点の（地方公共団体への）移管には応じたい。

- ・ 業者のすべてがGPSを持っているわけではないので、標石基準点は必要。
- ・ 相対精度が用地、工事測量とも重要なので、標石基準点は必要。

また、平成13年度公共測量実態調査では、基準点や世界測地系について次のような利用者の要望がある（国土地理院、2003b）。

- ・ 都市部だけでなく、山岳部でも基準点の密度を増やして欲しい。
- ・ 山中等にある三角点で、上空視界や視通の確保できないものを移転して欲しい。
- ・ 現在の水準点は、位置が把握しにくいいため、市町村役場への設置を要望する。
- ・ 県内の基本水準点の路線数が少なく、また長年改測（再測量）されていない路線が多いため、水準点の亡失・変状が多く誤差が大きい。このため公共水準測量の与点選定や路線検討に苦慮している。基本水準測量の路線数及び観測頻度を多くして欲しい。
- ・ 管内に電子基準点を設置して欲しい。
- ・ 利用箇所の身近に公共測量基準点があれば利用しやすい。公共測量の基準点については成果を公表し自由にいつでも利用できるようにして欲しい。
- ・ 公共基準点を世界測地系の座標に変換する作業に、国からの補助金が欲しい。
- ・ 公共基準点の改測を実施するため、これらの地域の国家基準点の改測を早急に実施して欲しい。

これらは、公共測量のため実際に国家基準点体系を利用する実務者より寄せられた貴重な意見である。中には全く正反対の方向の要望もあるが、今後の基準点体系のあり方を検討する際に配慮する必要がある。

3 . 基準点体系のあり方

3 . 1 基準点体系の基本機能（測量基準と変動監視）

歴史的には、基準点体系は、我が国で実施される様々な測量（地図作成を含む。）に位置の基準を与えるため整備されてきた。測量法では、測量を、すべての測量の基礎となり、国土地理院が実施する基本測量、公的な資金を用いて行われる公共測量、基本測量及び公共測量以外の測量、局地的測量又は高度の精度を必要としない測量（建物に関する測量、小縮尺図、横断面測量等）等に分類している。最近の基本測量の国費は毎年 50 億円程度である。我が国全体の測量業務量は、1996 年度頃に約 8,000 億円に達したと推定されるが（21 世紀の測量業ビジョン研究会、1993）、以後は建設投資額の減少に対応するように業務量が減少している（全測連、2001）。

基本測量は、すべての測量の基礎となるもので、地籍調査を含む公共測量等の基準を与える。すなわち、国家基準点の座標値に基づいて、公共基準点や筆界点等の座標値が決定されていく階層構造を持つ。このため、通常、国家基準点の周辺には、その座標値に基づいて決定された多数の公共基準点や筆界点等が、さらにそれらの点に基づいて作成された大縮尺地図や公図等が存在する。基準点体系の第一の機能は、このような各種測量に基準を与える、測量基準になることである。なお、公共測量の対象となる筆界点等の位置の再現には近傍の公共基準点や国家基準点の間の整合性が必要であり、国家基準点体系はこれらの局所的な網を全国に連続的につなげていく役割を持つと言える。

基準点体系の第二の機能は、地殻変動の監視である。大地に固定された基準点の位置を繰り返し測量で求めることにより、その変動を知ることができる。明治時代に我が国の 5 万分の 1 地形図作成のために設置された一、二、三等三角点は、光波測距儀や GPS 等による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いる。測量基準と変動監視は表裏一体の関係にあり、基準点はその両方の役割を担っている。

さて、基準点体系は、基準点を測量するための技術と密接な関係がある。明治時代には、トランシット（経緯儀）による角度観測が測量の主たる方法だったので、三角測量によって全国に三角点が設置された。その後、1970年代には、光波を用いる測距儀が主流となり、全国の三辺測量が繰り返し行われた。1990年代には米国の人工衛星を用いるGPS測量が普及し、現在、基準点測量の主要技術となっている。地震や火山活動のため地殻変動が著しい我が国では、GPS連続観測を行う高密度な電子基準点網が世界に先駆けて整備され、2002年度末には全国で1,200点に達した。また、測量法の改正により、世界測地系が日本の経緯度の基準となり、測地成果2000の提供とともに公共測量に電子基準点が利用できるようになった。

最新の公共測量実態調査報告書（国土地理院、2003）によれば、調査に回答した 3,178 機関が平成 13 年度に行った基準点測量は合計 1,043 件（61,079 点）あるが、GPS 測量機よりもトータルステーション（距離と角度を測る測量機器。以下、「TS」

という。)を用いた件数の方が多い(図4左)。しかし、汎用性が高いと判断される測量(1、2級基準点測量で永久標識を設置したもの)については、GPSの比率が高くなる(図4右)。すなわち、公共測量の1、2級基準点測量ではGPS測量機が、3~4級基準点測量ではTSが主として利用されていることが分かる。なお、衛星の電波が届きにくい市街地等で高密度な基準点を測量する際には、TSが良く使われる。

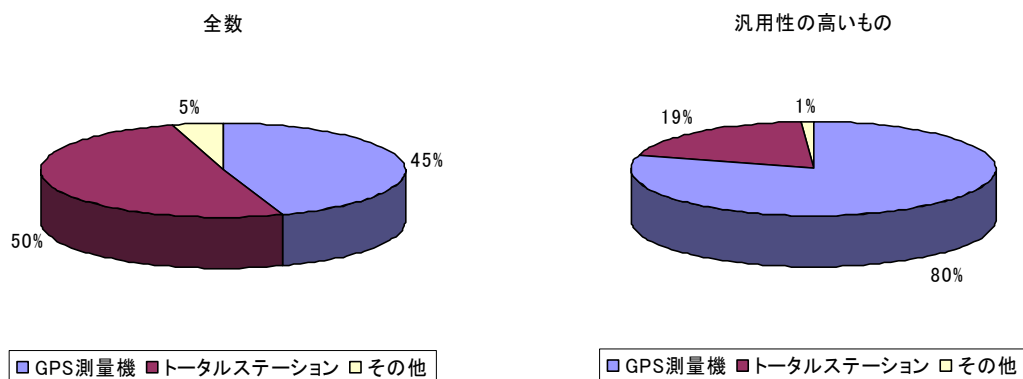


図4. 公共測量におけるGPS測量機及びトータルステーションの利用比率

図5は、測量機器の検定におけるGPS測量機とTSの比率を示したものであるが、ここでも、GPS測量機及びTSがともに用いられていることが見られる。

今後、GPS測量機の低価格化、電子基準点を利用したGPS測量の普及*等により、GPSの利用がさらに進むと予想されるが、TS測量も一定の割合で今後とも用いられていくと考えられる。こうした点からも、基準点体系は、GPS測量だけでなく、TS測量にも利用できるものであることが必要である。

* 例えば、電子基準点からGPSで近くに1級基準点を置き、そこからRTK-GPS測量を行う方式が普及する可能性がある。北海道岩見沢市では、1級基準点としてRTK用のGPS固定点を設置し、公共測量に利用した全国でもはじめての事例が報告されている(本山、2003)。ただし、後述するように、遠くの電子基準点を既知点とする場合、地殻変動による誤差も考慮する必要がある。

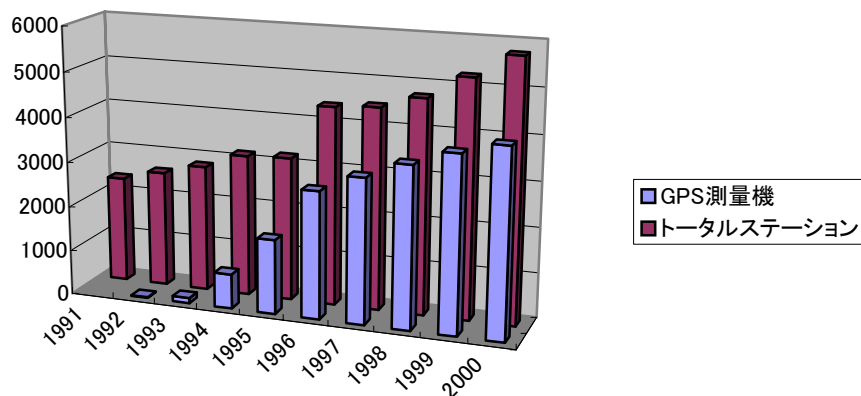


図5. GPS測量機とトータルステーションの機器検定件数(日本測量協会、2002)

3.2 位置情報基盤への進化（測位支援）

GPS の普及に端を発し、最近では仮想基準点方式によるリアルタイム測位の精度が向上したこと等から、利用者の目からは、測量（Surveying）と航法（Navigation）の境界が融合しつつあるように見える。

しかし、測量と航法は、密接に関係するものの、本質的に異なる点がある。測量ではリアルタイム性よりも正確さを追求し、航法では正確さよりもリアルタイム性を追求するのである。それは、位置決定に要する時間と、決定された位置の正確さとがトレードオフ関係を持つことに由来する。正確さを確保しようとする、そのための確認作業を追加することが必要となり、どうしても所要時間が長くなる。測量では、複数の独立な観測を行いそれらを平均したり、複数の基準点を含む網平均計算を行うこと等により、正確さを確保している。一方、航法では、リアルタイム性が重要なので、やや不確かでも結果がすぐに出る方が重要である。また、自動車等のナビゲーションでは、自らの位置がすぐ変わるので、少々の誤差は許されるという事情もある。

この結果、測量の技術開発では正確さを確保しつつ所要時間を短くする方法を、航法の技術開発ではリアルタイム性を確保しつつ正確さを上げる方法をそれぞれ模索する。このような両者が出会うのが、測位（Positioning）の分野と考えられる（図6）。

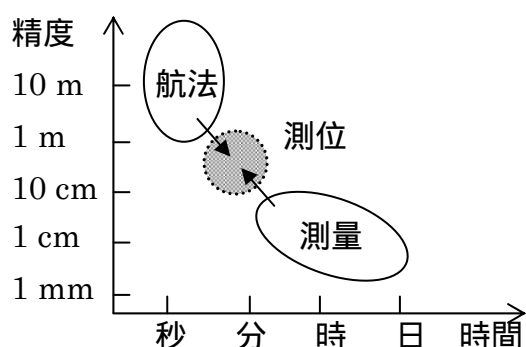


図6. 測量、航法、測位の関係（イメージ）

測位で矛盾のない位置を与えるためには、正確さに重点を置く測量側が位置の基準を提供することが合理的であり、測位の結果を利用する位置情報サービスや航法においても、測量で用いる正確な位置の基準を用いることが望ましい。なぜなら、一般に位置情報はそれだけでは余り意味がなく既存の地理情報と結びつくことにより価値が生じるものであるが、通常、それらの地理情報は測量によって作成され、その位置は測量の基準に基づいているからである。例えば、スードライトや携帯電話基地局等の地上系測位施設を設ける場合、それらの座標値を測量の基準と整合したものにすれば、既存の地理情報との整合性が高まり、利用者サービスの向上につながるであろう。

この意味で、測量の基準である測地基準点体系は、位置情報に関するあらゆる分野において位置の基準となりうるものであり、今後、測地基準点体系は、「位置情報基盤」として機能することが求められていると言えよう。表4は、測地基準点体系に求められている機能をまとめたものである。

表4．測地基準点体系に求められる機能

分野	属性	利用者の必要精度	役割	上位目標
測量基準	局所整合性	1～10 cm	公共測量（地籍調査含む）の正確さ確保	国民の財産を守る
変動監視	連続性	1～10 mm	地震・火山活動予測、海面変動監視	安全・環境を守る
位置表示	唯一性	数 m（対地球中心）	領土明示、各種法令の基準	国を守る、行政の基礎
測位支援	即時性	10 cm～1 m（対大縮尺図） 数 m（対中縮尺図）	位置情報サービス、航法	経済・社会活動を活性化
位置参照	同定可能性*	同上	GIS	

* 航空写真、衛星画像等において基準点の位置が同定できること。

3.3 複数のシステムが支えあう基準点体系

基準点体系に求められる測量基準、変動監視等の機能を長期的に安定して提供するためには、複数の測量技術やシステム、施設等を組み合わせ、それらの長所が相乗的に発揮されるようなハイブリッドな体系を構築する必要がある。

3.3.1 VLBI と GPS

世界測地系の構築及び維持に、地球規模の測量を高精度で行うことができる VLBI や GPS 等の宇宙測地技術が不可欠であることは、言うまでもない。我が国が測量の基準として採用している世界測地系は、国際地球回転・基準系事業（IERS*）による国際地球基準座標系（ITRF**）であるが、ITRF の計算には、国際 VLBI 事業（IVS）、国際 GPS 事業（IGS）等の国際共同プロジェクトで得られた VLBI、GPS、SLR（衛星レーザー測距）等の各種観測データが用いられる。

* 2003年4月に International Earth rotation and Reference systems Service へ名称変更された。

** International Terrestrial Reference Frame は、厳密には、その座標系に基づく座標値を指す。

ITRF の計算に複数の宇宙測地技術が用いられるのは、各手法の精度（ばらつきの程度）は測定値の再現性から評価できるが、得られた結果の正確さ（真の値との一致の度合い）は複数の手法による結果を比較して評価するしか方法がないからである。なお、その際、各技術による観測局（点）間の位置関係を精密に求める結合測量（コロケーション）も重要である。

宇宙測地技術のうち、VLBI は銀河系外の電波星を基準に測量を行うため、地球の自転運動のゆらぎ（UT1）も決定できる。このため、IGS における GPS 精密暦の計算においては、VLBI によって決定された UT1 データが、解析の与件又は初期条件として利用されている。また、VLBI は、天界に存在する電波源を信号に用いるので、人工衛星による測位システムと比べてシステム運用の影響を受けず、長期的に安定した測地基準系を構築できるという長所を持つ。

以上のことから、我が国は今後も IGS、IVS、IERS 等の測地基準系に関する国際共同事業に主体的に関与し、世界測地系が適切に維持されるよう貢献すべきである。

また、地殻変動の激しい我が国で、電子基準点網の正確さを点検し、網を規正するため、最も基本的な測量として、国内 4 箇所の VLBI 観測局（つくば、新十津川、始良、父島）における超長基線測量を継続する必要がある。

3.3.2 電子基準点と標石基準点

電子基準点が全国に 1,200 点整備され、標石基準点（特に三角点）の役割は変化している。しかし、我が国の各種測量の基準となる高精度な位置情報を持続的に提供するには、次の理由から、基準点網の骨格として相補的な役割を果たす電子基準点及び標石基準点（三角点）を引き続き維持する必要がある。なお、2.4 節で述べたように、地方公共団体等からも標石基準点の維持を図るよう要望がある。

（1）測量成果の復元性の確保

公共測量では、国家基準点（電子基準点、三角点）を既知点として国土調査の基準点を含む 1 級から 4 級基準点を設置しており、国家基準点との測量成果の整合や、必要な測量精度の確保が図られている。また、既に近接の標石基準点と整合した莫大な公共測量成果が存在する。

地籍調査等では測量成果の復元性を確保することが極めて重要であるが、そのためには隣接する基準点間の相対位置関係（局所整合性）を必要な精度で保つ必要がある。複雑で大きな地殻変動が存在する我が国で、局所整合性を保つには、地殻変動による歪みの影響が小さくなるよう、点間距離の短い高密度な基準点網を構築することが必要である。平均点間距離が 20～25 km の電子基準点網では、定常的な地殻変動による水平歪みは 10 年間で 5cm 程度に達するが、点間距離が 2km の四等三角点網では、10 年間でも 4mm 程度の歪みしか生じない。近傍に高密度な標石基準点があれば、複雑な地殻変動が蓄積しても、測量精度内で測量成果の復元性を保証できるのである。

（2）長期安定性の確保

GPS は米国大統領府文書（1996）等により無償民間利用を継続する米国政策が示されているが、本来、米国国防省が軍事を目的として運用しているシステムであり、

今後の長期的な使用可能性は保証されていない。有事における GPS サービスの劣化または中止あるいは今後の測量方式の変更を伴うシステム改変等の可能性がある。また、米国運輸省では、GPS の脆弱性を認め、重要な利用分野ではバックアップシステムの整備を推奨している（2.3 節）。このため、GPS が使用できなくなった場合でも、我が国の測量の実施に影響を与えないよう、標石基準点の維持管理は必要である。

（3）測量の技術的制約への対応

GPS 測量方式は観測点において GPS 衛星からの電波を受信するため上空視界（全方位、仰角 15 度以上）の確保が必要であり、特に市街地（高層ビル街）や山間部（谷間、林間）においては実施が困難である。また、電波障害等がある場合も GPS が使えない。これらの障害がある場合は、トータルステーションによる測量方式が効率的である。実際、公共基準点測量（3～4 級）では、GPS よりトータルステーションの利用率が高い（3.1 節）。したがって、測量の既知点として従来測量方式に適している標石基準点は必要である。

（4）長期的な地殻変動の検出

現在、地震調査等のため地殻変動を高精度に検出するための基準点は、電子基準点及び一、二等三角点で構成される高度基準点を合わせて 2,000 点で構成されている。電子基準点は最近数年間の連続的な地殻変動を詳細に捉え、5 年周期で改測を実施している高度基準点測量は明治時代からの 100 年以上にわたる長期的な地殻変動を検出している。それぞれの観測結果は、相補的な特長を持ち、地震予知連絡会等に提出され、科学的な知見を得るための貴重なデータとなっている。

上記の議論は、標石基準点のうち三角点に関するものであるが、水準点については、測量法に定める平均海面からの高さ（標高）の基準を与えるものであり、今後とも高さの基準としての水準網の維持管理が必要である。なお、標高は、GPS 測量による楕円体高とジオイド・モデルを用いることによっても求められるが、その精度は 10 cm 程度と考えられ、mm レベルの精度を持つ水準測量に代わることはできない。

また、最近では、公共基準点も含めて標石基準点には GIS 参照点としての役割が求められており、このために基準点情報のデータベース化が一層進められている（付録 5 掛川市の事例参照）。こうした点からも標石基準点の維持は必要である。

さらに、今後、地殻変動の特徴を面的に把握するのに優れている干渉 SAR（合成開口レーダー）による地殻変動観測技術が発達すると考えられるが、この場合にも、地上の基準点が校正用に必要となるであろう。

最後に、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であることを説明しよう。将来、仮に、いつでも、かつ、どこでも、か

つ、リアルタイム、かつ、1 cmの精度で3次元位置を与える衛星系測位システム（“ウルトラGPS”）が登場したとする。その場合でも、次の理由から地上の基準点は必要である。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。“ウルトラGPS”で瞬時のグローバルな経緯度が分かっても、その周囲の地物との相対的な位置関係が分からなければ（既存の地物に関する莫大な位置情報と照合できなければ）、余り利用価値がない。それは、GPSで経緯度が分かっても、地図がなければ、どこにも行けない状況と良く似ている。

3.4 地殻変動への対応

地殻変動を良く知るには、基準点体系を管理し、繰返しあるいは連続的に測量する必要がある。一方、日本において正確な位置情報を提供するには、地殻変動を良く知る必要がある。すなわち、正確な測量基準の提供と地殻変動の監視は表裏一体である。

（1）電子基準点による地殻変動監視

全国を平均間隔 20～25km で覆う電子基準点（1,200点）の構築は、地震調査のための広域地殻変動の常時モニタリングを可能にするとともに、各種のGPS測量における基準点として測量の高度化に役立つものと期待されている。

世界的にもこれほどの規模と密度のGPS連続観測網はなく、維持コスト及び費用対効果の観点から、全国をカバーする広域地殻変動観測網としては現状の1,200点が当面の到達点と考えられる。今後の電子基準点の重点課題は、解析の時間分解能を上げ、よりリアルタイムに近い形で正確な地殻変動を捉えることにある。

ただし、特に災害の危険度が高い、またはテクトニクスの観点から準リアルタイムでの監視が必要と考えられる地域では、費用対効果に留意しながら、今後もGPS連続観測網の拡充を検討する。そのような地域としては、火山地域（ランクA、B）、太平洋岸（東海、東南海、南海地方等）、高山（中央アルプス、日高山脈等）、主要活断層帯で危険度の高いもの（中央構造線等）、電子基準点が未設置の離島（日本海東縁、北海道北部、瀬戸内海等）等がある。

（2）電子基準点を用いた測量の地殻変動補正の必要性

測量の基準として電子基準点を用いる場合、日本の特殊事情である地殻変動が大きいことを考慮する必要がある。すなわち、遠くの（10km以上離れた）電子基準点を使うには、定常的な地殻変動の補正が必須である。もし補正しないと、遠くの電子基準点による測量成果が、近くの三角点による測量成果及びそれに基づいて決定された莫大な各種測量成果と整合しなくなる。この問題は、測地成果2000の元期（1997.0年）から時間が経過すればするほど、また電子基準点までの距離が大きくなればなる

ほど、深刻となる。

電子基準点では、地震調査の一環として GPS 連続観測を行っており、地殻変動量は毎日算出されている。しかし、測量は相対的な位置関係を求める行為なので、地殻変動補正においては、電子基準点の変動だけでなく、測量を行う地点の変動も考慮する必要がある。このためには、次項で述べる三角点の維持が重要となる。

(3) 三角点の改測の必要性

これまでの測地測量の結果、プレート境界周辺に位置する日本の地殻変動は大変複雑であることが分かってきており、平均間隔が 20～25km の電子基準点における変動量だけでは、地震調査のために不十分である。このことは、地殻変動モデルを作るのにも、電子基準点の間にある地点の変動量を、測量に必要な精度(10km で 1cm 程度)で補間計算することは難しいことを意味する。

このため、電子基準点の間にある一、二、三等三角点の中から、地域の地殻変動の複雑さに応じて三角点を選び出し、定期的な改測を行う。これからは、1,200 点の電子基準点により連続的に広域地殻変動が把握されるので、三角点改測の目的は、空間的に詳細な地殻変動を、長期的な視点で明らかにすることにおく。

そこで、従来の高度基準点(電子基準点とあわせて 2,000 点。三角点の改測周期は 5 年)に換え、電子基準点の空隙を埋める全国で 2,400 点の三角点を選び出し、10 年程度の周期で改測を行うことにする。ここで、2,400 点の根拠は、次の通りである。

日本列島の平均的な歪み速度は、0.2 ppm/年。

電子基準点を補完する三角点の目標精度は ± 1 cm。つまり許容誤差は 2 cm。

10 年間に 1 回の改測で、誤差を 2 cm に抑えることができる距離は、10km。

国内を 10 km 網で覆った時の点数は、二等以上の三角点が平均距離 8km で約 6,000 点あることから、 $6,000 \times (8 \times 8 / 10 / 10)$ により、約 3,600 点となる。

全国ほぼ均等に配置する電子基準点 1,200 点を引くと、2,400 点となる。

従来の体系では、全国を平均間隔が 4km の三角網(一、二、三等三角点、約 3 万 8000 点)で覆い、水平位置の基準を与えてきた。以上の考え方は、電子基準点及び骨格的な三角点からなる約 3,600 点の格子点を用いて基準点体系を管理しようということである。その他の三角点の成果維持は測地成果 2000 構築のためのデータを用いることになる。

電子基準点を合計 3,600 点に増やせば、国内を 10km 網で覆うことができるが、その設置及び維持には現在の基本測量の国費を超える経費が必要となり、費用対効果についても十分に説明できるものではない。また、電子基準点と三角点との直接的な結合が失われることになり、将来、電子基準点が利用できなくなった場合には、基準点体系の維持に支障をきたす。このため、既に設置され、維持コストも安い三角点を活

用して、電子基準点の機能を補完していくことが合理的である。ただし、地殻変動監視の観点から今後増設される GPS 連続観測点も、位置の基準として適当なものは、格子点として取り入れることになる。

(4) 地殻変動の補正方法

非定常地殻変動

地震や火山噴火等に伴う非定常的な地殻変動により、基準点の絶対位置及び相対位置の誤差が、所定の許容範囲を超えた場合、該当地域について測量成果を更新する。地震断層付近等では複雑な地殻変動パターンが生じるため、電子基準点の変動が確認された地域に存在する三角点や水準点における改測が必要である。

誤差の許容範囲については、GPSの普及を考慮し、絶対位置はGPS単独測位の精度に、相対位置はGPS相対測位の精度に設定するのが合理的である。

定常地殻変動

前述の通り、日本列島のITRFに対する平均速度は2～5cm/年程度、歪み速度は0.2ppm/年程度である。(近未来の)GPS単独測位の精度を5m、GPS相対測位の精度を1ppmとすれば、利用者が絶対位置のずれを検出するまで100年かかるが、相対位置のずれは5年で分かってしまう。

このため、学術的には測地成果をITRFと同じように時間の関数として取り扱うことが合理的だが(ダイナミック測地系)、既存の測地成果に基づく莫大な数の座標値が地籍調査や土地登記等に用いられており、これらの座標値も時間の関数として扱うことは、時期尚早である。今後10年間で取りうる方法は、次の二つと考えられる。

測地成果の改定

相対位置の誤差が、許容範囲を超えたら、測地成果の元期を改め、新しい測地成果を算出する。すべての基準点での再測量は困難なので、電子基準点及び骨格的な三角点における変動量から、その他の基準点の変動量を与えるモデルを作成し、成果更新を行う。公共基準点の成果更新にも、このモデルが利用できる。しかしながら、全面的な測地成果の改定は社会的なコストが大きいため、なるべく控えることが望ましい。

セミ・ダイナミック測地系の導入

座標値は引き続き測地成果2000(元期1997.0年)で与える。利用者が新たな測量を行った場合、得られた基線ベクトルに元期からの地殻変動量を補正し、元期において得られたであろう基線ベクトルに化成する。遠い基準点を用いて測量する際に、地殻変動による測地網の歪みの影響を軽減できる。この方式は、日本と同様に地殻変動が著しいニュージーランドで最近採用された方法である(付録4)。

前述した通り、我が国の地殻変動は複雑なので、点間距離20～25kmの電子基準点のデータだけでは十分な精度を持つ地殻変動モデルが得られない。そこで、骨格的な

三角点（点間距離10km程度）における改測から求めた変動量も加味し、任意の場所における地殻変動量を与えるモデルを作る。元期に十分近ければ、一定速度を仮定した速度場モデルで十分である。

時刻 t に測量した点A、B間の基線ベクトルは、速度場モデルから補間計算した点A、Bの平均速度 V_A 、 V_B を用いて、次の計算により、元期 t_0 における値に化成できる。

$$\text{元期における基線ベクトル} = \text{観測した基線ベクトル} - (V_B - V_A)(t - t_0)$$

このようにして元期に化成された基線ベクトルと測地成果 2000 を用いて網平均計算を行えば、新点の座標値を測地成果 2000 に整合した形で求めることができる。実際には、元期への化成計算も網平均ソフトウェアに組み込んでしまえばよいだろう。ただし、速度場モデルのバージョン管理に留意が必要である。なお、地震や火山活動に伴う非定常的な地殻変動は、単純なモデルで補正はできないので、この場合はソフトウェア的な化成ではなく、改測により座標値を改定することになる。

セミ・ダイナミック測地系の実装にあたっては、利用者に混乱を生じさせないように技術的、行政的に十分な検討を行うことが必要である。計算手順が今までよりも複雑になるので、情報通信技術を活用した利用者への支援サービスも検討すべきだろう。また、公共測量作業規程の改定も必要である。ただし、セミ・ダイナミック補正は、電子基準点を含む格子点を利用した高精度な測量が主たる対象であり、基準点の近傍で行われる一般の測量では補正量は0となるであろう。測量法や同施行令の改正は、測量成果を現在と同様に静的なものとして扱うので、不要である。

定常地殻変動への対応について、次のようなシナリオが考えられる。まず、地殻変動モデルの作成・評価を行うとともに、セミ・ダイナミック測地系導入に向けた行政的な準備を進める。測地成果 2000 の誤差がある程度蓄積した段階で、利用者の目には直接見えない形で、速度モデルに基づく測量結果の元期への化成を行う計算手法を利用者に提供する。さらに時間が経過し、絶対位置の誤差が一定の範囲を超えた時には、測地成果の全面改定を行う。

3.5 国、地方、民間の連携

技術の普及と低コスト化により、国だけが独占的に整備できる位置情報基盤は、それほど多くない。たとえば、携帯電話 GPS の利用者が高精度測位サービスを望めば、将来、電話会社が国土地理院を凌ぐ電子基準点のプロバイダーとなる可能性もある。また一部の民間は、地方公共団体に対し公共電子基準点を設置する構想を提案している（東京都測量設計業協会、2002）。今後、国だけではなく、様々なパートナーが整備した基準点を用いて、我が国の測量を効果的に行うための方策を考えるべきである。

このためには、一定の技術基準や、情報を一元的に管理するデータベースが必要となる。これらの実現に向けた調整やメタ情報の収集・提供に、今後、国土地理院は取り組んでいくべきである。情報の一元管理には地籍調査、土地登記等を行う関係機関との協力が必要となるが、情報通信技術の活用により、ヴァーチャルなデータベースに一本化することも可能であろう。また、先進的な位置情報サービスを民間と共同で実施するということも考えられる。

基準点改革の第二部には、国土地理院だけでなく、民間や地方公共団体の参加が不可欠であるが、モデルケースとして、まずは基本測量の更なる改革を進めなければならない。現在、国土地理院が進めている電子基準点に関する一連の施策(国土地理院・電子基準点を利用したリアルタイム測位推進協議会、2002)が鍵であり、これらは今後も積極的に展開すべきである。

一方、公共測量については、手法の自動化や効率化、公共基準点の階層構造の簡略化等が課題となる。また、公共電子基準点の整備ガイドラインについて前向きに検討を進める。

最後に、基準点体系の主要機能である、測量基準、変動監視、測位支援のそれぞれについて、国土地理院、公共団体等、民間の役割分担をまとめると、次のようになる。

(1) 測量基準

測量の主体	役 割
国土地理院	基本測量による骨格網の維持 ・ VLBI観測局 ・ 電子基準点 ・ 標石基準点 三角点(一等～三等)、水準点、験潮場 重力点、磁気点 国際網との結合(VLBI、電子基準点、絶対重力等) 基本測量成果の提供 ・ 基準点 ・ ジオイド・モデル 国土調査事業十ヵ年計画に基づく四等三角測量の実施 公共測量成果の収集と提供 公共測量、民間測量の指針作成 新技術の研究開発
公共団体等	公共測量による局所網の形成 ・ 公共電子基準点 ・ 基準点(1級～4級)、水準点
民間	個別目的の測量実施

(2) 変動監視

国土地理院	地震・火山防災のための地殻変動情報提供 (全国的観測) ・電子基準点による監視 ・標石基準点による繰り返し測量 三角点、水準点 重力点、磁気点 (局所的観測)強化地域、火山等 ・地殻変動連続観測 ・標石基準点等の繰り返し観測 ・機動観測 新技術の研究開発
公共団体等	局所的観測
民間	なし

(3) 測位支援

国土地理院	電子基準点観測情報の提供 新技術の研究開発
公共団体等	公共電子基準点情報の提供
民間	位置情報サービス事業の展開

4 . 基準点に関する測量行政の方向

4 . 1 国土地理院の政策課題

基準点体系を取り巻く社会や技術等の変化に的確に対応し、「国土の総合的かつ体系的な利用、開発及び保全」(国土交通省設置法第 3 条)に役立つ情報インフラとして、基準点体系を活用するため、国土地理院は、変動する国土と人々を結ぶ「位置情報基盤」の提供を図る。

(1) 政策目標

国家基準点体系の目的は、測量や測位等のために位置情報を用いる国民、企業、行政・研究機関に対して、位置情報に統一した基礎を与える位置情報基盤というサービスを提供し、彼らがいつでも・どこでも・必要な精度で位置情報を知ることを支援することである。

いつでも・どこでも・必要な精度で位置情報が利用できる高度情報通信社会を官民連携により実現させるため、これからの基準点体系を、そのために必要な測量事業を含めて、測量、地殻変動監視、地理情報システム、測位、防災、地球科学等の幅広い社会的需要に対応した位置情報基盤(GRID-Japan: Geo-Referencing Infrastructure for Dynamic Japan)として位置付ける。

ここで、位置情報とは、特定の地点についての位置及び測量に関連する情報(重力、地磁気、地殻変動速度、測量の履歴等を含む。)とし、位置情報基盤は、これらの位置情報を総合化し、利用プログラムによるサービス提供機能も持つものとする。また、基準点体系のために行われる測量は、法令に基づくとともに、他の計量基準とも結びつけられた(トレーサビリティを持つ)ものとする。なお、こうした位置情報基盤の構築・維持は、測量法や国土交通省設置法による国土地理院所掌事務で基本的に対応できると考えられるが、将来、必要に応じて法令整備の検討も行うべきである。

位置情報基盤の構成(図 7)

特定の地点を示すための、地球と位置が関係付けられた基準点標識
基準点の成果、測量履歴、管理状況、地殻変動速度等の位置情報データベース
基準点の整備・維持・利用に関する基準及びガイドライン並びに利用プログラム
、 、 からなる基準点体系を支える測量事業
各種位置情報の流通システム

ここで、基準点データベースと利用プログラム(網平均計算等) からなるシステムを基準点 GIS とする。また、準天頂衛星、成層圏プラットフォーム等の我が国が主体となって整備する測位システムは、当面、技術開発の対象として取り扱う。

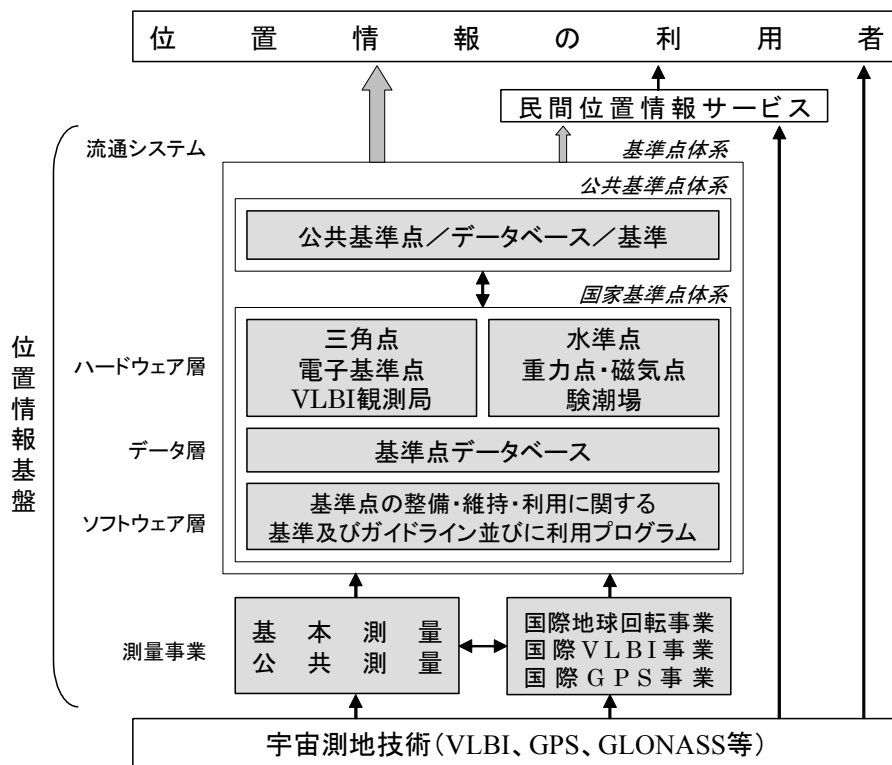


図7. 位置情報基盤のイメージ

国土地理院が位置情報基盤を所掌する根拠

測量法以外に、陸域の位置の基準に関する法律がないことから、陸域の位置の基準について測量法が準用されており、今回の測量法改正でも経緯度の表示を含む法令の改正が同時に行われた。

また、測量とは、「地表上の各点相互の位置を求め、ある部分の位置・形状・面積を測定し、かつこれらを図示する技術」(広辞苑)であり、測位を過程や結果として含む等、測位と密接な関係を有している。このため、「国が行う土地の測量、地図の調製及びこれらに関連する業務に関すること(国土交通省設置法第44条第9号)」並びに「土地の測量及び地図の調製に関すること(同第10号)」を所掌する国土地理院が、測位のための位置情報基盤に関与することは自然である。

さらに、国土地理院は、災害対策基本法第2条第3号の規定により内閣総理大臣が指定する指定行政機関であり、防災のために位置情報基盤を提供し、かつ、自らそれを用いて防災のために国土監視を行うことは当然である。

なお、測量、地理情報システムのための位置情報基盤の整備は、「すべての測量の基礎となる測量で、国土地理院の行う」基本測量(測量法第4条)である。また、地殻変動監視は、測量が正確に行われることを担保するために行うものであり、すべての測量の基礎となることから、基本測量と考えられる。

地方・民間との連携

ハードウェア層では、国家基準点と公共基準点が区別されるが、データ及びソフトウェア層では、利用者の視点からワンストップサービスとなるよう相互運用性を確保する。民間の行う位置情報サービスは、GRID-Japan 上のアプリケーションと位置づけられるが、一定の条件を満たすもの(正確さや長期運用性が担保されているもの等)は公共測量にも利用できる道を検討する。

(2) アウトカム目標

地殻変動の激しい我が国において、いつでも、どこでも、誰でも、必要な精度で、位置情報が得られる位置情報社会の実現

今後の基準点体系のあり方を考えるにあたり、分科会()が提案した「いつでも欲しいときに、どこでも簡単に、必要とする精度で、必要とする種類の位置情報がサービスできる」というビジョンは、利用者本位の行政サービスという観点から現在でも有効であるばかりでなく、ユビキタスという術語(ubiquitous:「遍在」という意味の英語。原語はラテン語)が情報通信のキーワードとして流行する現在、本ビジョンの重要性は一層大きくなっている。このため、アウトカム目標(達成すべき成果目標)としては、引き続きこれを用いることとする。

表5は、このような理想の基準点体系を実現させるためには、体系がどのような条件を満たすべきか検討したものである。

表5. いつでも、どこでも、誰でも、必要な精度で位置を知ることの意味

区分	利用者の欲求(どのように位置を知りたいか)	体系が満たすべき要件
いつでも	<ul style="list-style-type: none"> ・今までより早く ・欲しい時にすぐ ・将来に渡って安定的に ・平時だけでなく緊急時にも 	<ul style="list-style-type: none"> ・高速化 ・リアルタイム性 ・長期安定性(バックアップ体制) ・多様性
どこでも	<ul style="list-style-type: none"> ・自分がどこにいても ・対象がどこにいても ・つなぎ目なく(シームレス) ・地殻変動地帯でも使える 	<ul style="list-style-type: none"> ・ユビキタス性 ・オンライン化 ・サービスの相互運用性 ・ダイナミック性(地殻変動補正)
誰でも	<ul style="list-style-type: none"> ・簡単な操作で ・安い装置で ・老若男女誰でも ・国・地方・民間誰でも ・自由に、不要な規制なく 	<ul style="list-style-type: none"> ・自動化 ・低コスト化 ・簡便性 ・開放性 ・多様な製品
必要な精度で	<ul style="list-style-type: none"> ・安心して使える ・間違いのない ・世界標準の ・必要十分な精度をリーズナブルなコストで ・時間がたっても使える ・測定の再測が発生しない 	<ul style="list-style-type: none"> ・正確(系統誤差がない) ・再現性、トレーサビリティ ・グローバル性 ・標準化 ・地殻変動補正 ・精度表示

測量や位置情報サービス等の利用者に、位置情報基盤（測地基準点体系）に望むことを聞けば、おそらく次のような答が返ってくるはずである。（時間軸に関しては）より早く、（空間軸に関しては）より正確に、（経済面に関しては）より安く、（技術面に関しては）より簡単に、（社会面に関しては）より安定した、（内容に関しては）より役立つ、より面白いサービスを…といった具合に、おそらく限度がない。国民（顧客）のニーズに応えるという観点からすれば、リアルタイム化、高精度化、効率化、低コスト化、自動化、バックアップ確保等、各項目についての改良に取り組むことが必要である。しかし、国としての役割と資源の限度という観点からは、これらの条件をすべて同時に満たす政策は非現実的である。つまり、アウトカム目標として、すべての条件が同時に満たされるものはない。したがって、今後 10 年間で達成すべき目標を、表 6 の通り設定することを提案する。

なお、測量基準に関する精度については、測量に用いる基準点間の相対位置精度を示すが、用いる基準点の測量履歴によって精度に差異があるので、公共測量の技術的助言にあたっては、今後この点に注意する必要がある。

表 6 . 位置情報基盤に関するアウトカム目標の具体化（アウトカム指標）

領域	変動監視	測量基準	測位支援
いつでも	準リアルタイム	測量後遅滞なく	リアルタイム
どこでも	地震・火山噴火等の災害危険度が高い地域	国土の陸域（離島を含む）	国土の陸域及び沿岸域（屋内、地下空間を含む）
誰でも	国土地理院	各種測量の実施者（行政機関、企業等）	位置情報サービスの利用者（行政機関、企業、国民）
必要な精度	1～10 mm	1～10 cm	10 cm～1 m
位置情報の種類	3次元座標値の変化	測地成果 2000 と整合した座標値（水平、高さ）	瞬時の世界測地系の 3次元座標値*
上位目標	安全・環境を守る	国民の財産を守る	経済・社会活動を活性化
事例	電子基準点による地殻変動準リアルタイム監視	基本測量、公共測量（地籍調査等）	地形図リアルタイム修正、基準点の調査、GIS 作成、工事管理、災害調査、高度道路交通システム(ITS)、車両運行管理、障害者・高齢者の活動支援

*高精度なアプリケーションでは、測地成果 2000 とのマッチング（地殻変動補正）が必要。

4.2 今後10年間の施策イメージ

電子国土を織りなす位置情報基盤の整備推進のため、国土地理院が今後10年間に展開する主な新規施策のイメージを検討した。

表7. 主な新規施策のイメージ

	項目	主な施策の例示
1	電子基準点と標石基準点によるダイナミックな測地成果の提供	電子基準点網を補完する三角点網の維持 地殻変動を補正したセミ・ダイナミック測地系の構築及び公共測量への導入方法の検討 三角点の標高改算 高精度ジオイド・モデルの提供 GPS 測量支援のための大気モデル提供
2	位置情報基盤による国土の変動の準リアルタイム監視	災害危険度の高い地域への電子基準点増設 電子基準点、VLBI、干渉 SAR、地磁気連続観測等による国土の準リアルタイム監視体制の強化 学術成果としてのダイナミック測地系の構築 日本の標準地殻変動モデルの整備 国内における海面変動監視体制の整備
3	電子基準点に基づく位置情報サービスの高度化	電子基準点を利用した民間位置情報サービスの振興（DGPS、仮想基準点方式 RTK 等） GPS の近代化等に対応した電子基準点設備の更新
4	国・地方・民間の連携による多様な位置情報の共有促進	基準点 GIS と位置情報クリアリングハウスの整備 基準点標識の計画的な調査による公物管理 位置情報基盤整備ガイドライン策定 公共電子基準点の整備と利用のガイドライン策定 公共測量成果の基本測量への利用 民間測量成果取り込み方法の検討
5	グローバルな位置情報基盤を支える日本主導の国際協力	国際 VLBI 事業、国際 GPS 事業を通じた国際地球基準座標系や地球回転パラメータの提供 アジア太平洋地域における海面変動監視体制の整備 VLBI、GPS、絶対重力観測等を組み合わせた海外測地観測拠点の設置
6	位置情報社会の未来を切り拓く研究・技術開発	地形図リアルタイム修正等のための電子基準点を利用した簡易なリアルタイム測位装置の開発 衛星系システム（準天頂衛星等）の測位利用に関する技術開発 地上系測位システムに関する技術開発 干渉 SAR による地殻変動及び地盤沈下調査に関する技術開発 VLBI の超小型化及びオンライン・リアルタイム化に関する技術開発

4.3 施策の実施に必要な事項

(1) 具体的な検討

次の事項について、今後さらに具体的な検討を進める必要がある。

- ・ 高さの基準（水準点、ジオイド、電子基準点・三角点の高さ）のあり方
- ・ 標高改算の方法
- ・ 標石基準点の調査、管理方法
- ・ 基準点GIS（基準点データベース及び利用プログラム等）の内容
- ・ 各施策の費用便益計算
- ・ 位置情報に関する利用者側の動向調査 等

(2) 関係機関との調整

国土地理院としての施策を立案後、関係機関との調整・連携を進める必要がある。

(3) 長期計画、予算要求とのすり合わせ

本分科会では、今後の方向性についての議論を行った。細部は、次期基本測量長期計画策定、予算要求の中で、より定量的に定める必要がある。

(4) 組織体制のあり方

測地部、測地観測センター、地理地殻活動研究センターを核として院内各部及び地方測量部等の連携が不可欠であり、測地成果の総合的な管理、新技術への対応強化等のため現行の組織形態を見直すことも検討する。

(5) 政策誘導

位置情報基盤の総合的な整備に取り組むべき時代が来ている。そのような時代の位置情報サービスにおける位置の基準が、従来の測量基準の自然な延長として提供できるよう、国土地理院は必要な政策誘導を行うべきである。

5 . まとめ

今後の基準点体系についての提言は以上の通りであるが、最後に伝えたいメッセージを再度分かりやすい言葉で標語風に述べてみたい。

何をしたいのか

地殻変動の激しい我が国において、いつでも、どこでも、誰でも必要な位置情報が得られる位置情報社会を実現させるため、基準点体系を、測量、位置情報サービス等の位置情報に統一した基礎を与える位置情報基盤（GRID-Japan）として整備する。

何が変わるか

G グローバルに

施策：世界標準に基づく世界測地系を維持

効果：世界、特にアジア太平洋地域への貢献

R リアルタイムに

施策：宇宙測地技術による国土のリアルタイム監視と位置情報サービスの高度化

効果：必要なときすぐに / 待たずに位置が分かる。防災、環境保全

I インテリジェントに

施策：オン・デマンドで必要な処理を行う基準点GISの整備

位置情報基盤ガイドライン策定

効果：多様な位置情報の共有促進

D ダイナミックに

施策：変動する国土に追隨するセミ・ダイナミック測地系の採用

効果：国土の変動があっても、確かな位置情報を提供

主な新規施策のイメージ

電子基準点網の高度化を更に進め、世界最高の位置情報基盤を日本に実現しよう

- ・ 狭い国土に1億人以上が生活し、なおかつ、自然災害の多発する経済大国ならではの情報基盤！
- ・ 地震・火山活動予測等の防災、海面上昇監視等の環境保全において、国民の期待にきちんと応えよう。これは国の責務
- ・ 電子基準点をインフラとして利用する、リアルタイムでサブメートル精度を達成できる低コストの測位手法を実現し、日本経済再生に役立たせよう

地殻変動による基準点の変位はきちんと補正しよう

- ・ セミ・ダイナミック測地系の検討
- ・ 地殻変動補正の必要性に関する啓発普及活動

測地分野でも高度情報化社会にふさわしい形での情報サービスを行おう

- ・ 位置情報基盤は、電子国土の基盤（グリッド）
- ・ 国・地方・民間の垣根を越えた位置情報のワンストップサービスの実現
- ・ 利用者中心主義の徹底

基準点に関する情報公開

- ・ 基準点の利用者が選別を可能とするような関連情報の表示（測量履歴等）
- ・ それらの情報も含む、内部外部ともに利用しやすい基準点GISの整備

GPSだけにすべてを賭けないようにしよう

- ・ 非GPS利用者を支え、有事の際のバックアップともなる標石基準点の維持
- ・ GPSの正確さをチェックする国際・国内VLBI観測の継続
- ・ 自立できる測位技術を育てよう
- ・ 国際協力によりGPS利用のリスクを軽減しよう

国の機関として、総合的・長期的な視点に立ち、日本の基準点体系を100年先に伝えていこう

- ・ 幅広い機能の認識
- ・ 次世代技術への目配り

国際活動

- ・ 測量はグローバルな営み。国際協力は必然
- ・ アジア太平洋地域の主要国にふさわしい測地分野での活動を行おう

謝辞

基準点体系の利用に関する面談調査に快く応じて頂いた関係機関の方々のご協力に深く感謝します。

文献

- 石川典彦、橋本学 (1999): 測地測量により求めた日本の地震間の平均的な地殻水平ひずみ速度 () 地震第2輯、52、299-315.
- 高精度測位社会基盤研究フォーラム (2002): 高精度測位社会基盤研究フォーラム報告書 .
- 国土地理院 (1993): 新しい基準点体系を求めて、基準点体系分科会最終報告、平成5年3月 .
- 国土地理院 (1997): 測地成果 2000~21世紀に向けた国家基準点の再構築 ~、
基準点体系分科会 (II) 中間報告の概要、平成9年10月8日 .
- 国土地理院 (1998): 新しい日本の位置基準 測地成果 2000~21世紀に向けた国家基準点体系の再構築 ~、基準点体系分科会 (II) 報告、平成10年3月 .
- 国土地理院 (2000): 21世紀の基本測量 ~ 電子国土の実現に向けて ~、国土地理院政策懇談会報告、平成12年12月 .
- 国土地理院 (2002): 平成15年度国土地理院重点施策 .
- 国土地理院・電子基準点を利用したリアルタイム測位推進協議会 (2002): 電子基準点シンポジウム - 近未来の位置情報社会に向けて -、平成14年12月11日、東京 .
- 国土地理院 (2003a): 測地成果 2000 構築概要、国土地理院技術資料、B-5、No.20.
- 国土地理院 (2003b): 平成13年度公共測量実態調査報告書、国土地理院技術資料A1、No.269.
- 全国測量設計業協会連合会 (2001): 40年のあゆみ .
- 高山訓治、前田芳晴、内藤宏久 (2002): XML の位置情報サービスへの適用、FUJITSU.53, 3, 245-249.
- 東京都測量設計業協会 (2002): 災害に強い首都東京を目指して - 東測協からの提言 -、平成14年9月 .
- 21世紀の測量業ビジョン研究会 (1993): 21世紀の測量業ビジョン、大成出版社 .
- 日本測量協会 (2002): 日本測量協会50年史.
- 本山博司 (2003): 岩見沢市 RTK 補正データ配信システム、測量2003年3月号、21-24.
- Divis, D.A. (2002): GPS III, Modernization Face Budget Cuts, GPS World, June 2002.
- Fontana, R.D., W. Cheung, and T. Stansell (2001): The Modernized L2 Civil Signal, GPS World, September 2001.
- Hatanaka, Y. (2002): Study on Optimal Analysis Strategy of Dense GPS Networks, Ph.D dissertation, submitted to Graduate School of Science, Hokkaido University.
- John A. Volpe National Transportation Systems Center (2001): Vulnerability Assessment of the Transportation Infrastructure Relying on the Global Positioning System, Final Report, Office of the Assistant Secretary for Transportation Policy, U.S. Department of Transportation.
- Lemmens, M. (2002): Product Survey on Geodetic GPS Receivers, GIM International, July 2002, 47-53 (和訳: 重松文治、測量、2003年3月号、48-53).
- Sagiya, T., S. Miyazaki, and T. Tada (2000): Continuous GPS Array and Present-day Crustal Deformation of Japan, Pure appl. geophys, 157, 2303-2322.
- U.S. Coast Guard (2003): U.S. Policy Statement Regarding GPS Availability, March 21, 2003, <http://www.navcen.uscg.gov/gps/default.htm>.
- White House (1996): U.S. Global Positioning System Policy, Fact Sheet, March 29, 1996, Office of Science and Technology Policy, National Security Council.

付録1 分科会、事務局会議、測地WGの構成

(1) 国土地理院技術協議会 基準点体系分科会 ()

分科会長	小 牧 和 雄	測地部長
委 員	石 田 安 房	総務部 調整官
	桐 内 勉	政策調整室長
	村 上 真 幸	企画部 研究企画官
	* 鎌 田 高 造	測量指導課長 (* 印は事務局を兼務)
	奥 山 祥 司	地理情報システム推進室長
	* 佐々木 與四夫	測地部 測地技術調整官
	井 上 康 司	計画課長
	篠 原 茂 明	測図部 管理課長
	津 澤 正 晴	地理調査部 企画課長
	鈴 木 美 奈 男	地理情報部 業務課長
	松 村 正 一	測地観測センター 衛星測地課長
	熊 木 洋 太	地理地殻活動研究センター 研究管理課長
	村 上 亮	地理地殻活動総括研究官
事務局	中 堀 義 郎	関東地方測量部長
	松 本 治 夫	総務部 建設専門官
	杉 田 要	測地部 専門調査官
	辻 宏 道	測地第二課長
	瀧 田 好	測図部 管理課長補佐

(2) 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	佐々木 與四夫	測地部 測地技術調整官
	松 本 治 夫	総務部 建設専門官
	筋 野 晃 司	企画部 企画調整課長補佐
	鎌 田 高 造	測量指導課長
	杉 田 要	測地部 専門調査官
	川 口 保	計画課長補佐
	辻 宏 道	測地第二課長
	瀧 田 好	測図部 管理課長補佐
	山 本 国 雄	地理調査部 企画課長補佐
	林 聖 人	地理情報部 業務課長補佐
	雨 宮 秀 雄	測地観測センター 衛星測地課長補佐
	山 田 明	地理地殻活動研究センター 研究管理課長補佐
	白 井 康 友	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 () 測地 WG

グループ長	佐々木 與四夫	測地部 測地技術調整官
	中 野 博 美	企画部 専門調査官
	新 田 浩	測量指導課長補佐
	杉 田 要	測地部 専門調査官
	川 口 保	計画課長補佐
	志 茂 久 男	測地第一課長
	中 川 弘 之	測地第一課長補佐
	辻 宏 道	測地第二課長
	川 原 敏 雄	測地第二課長補佐
	田 辺 正	測地第二課長補佐
	箱 岩 英 一	測地第三課長
	林 保	測地第三課長補佐
	鈴 木 平 三	機動観測課長
	海老名 頼 利	機動観測課長補佐
	雨 宮 秀 雄	測地観測センター 衛星測地課長補佐

付録2 分科会、事務局会議、測地WGの開催状況

(1) 分科会

- ・第1回 平成14年7月8日(月) 15:20~16:50 第4会議室
議題 基準点体系分科会()の設置について
検討課題と検討スケジュールについて
WGの設置について
- ・第2回 平成14年8月1日(木) 13:15~16:10 第4会議室
議題 我が国の基準点体系のあり方について
(基準点体系の進化、位置精度、地殻変動への対応)
面談による実態調査について
- ・第3回 平成14年9月5日(木) 13:15~15:20 第4会議室
議題 基礎資料の分析
実態調査報告
我が国の基準点体系のあり方について(2)
(国/地方/民間の連携、制度、技術)
- ・第4回 平成14年10月3日(木) 13:15~15:10 第4会議室
議題 基礎資料報告
(公共測量実態調査集計表、実態調査集計表等)
国が整備すべき位置情報基盤
(位置情報基盤の整備と維持/流通・利用促進、位置情報基盤により
国の責任で行うべきアプリケーション、位置情報サービスに関する
基盤的・先進的な技術開発等の推進)
- ・第5回 平成14年11月7日(木) 13:15~15:00 第4会議室
議題 水準測量と水準点について
国が整備すべき位置情報基盤(2)
- ・第6回 平成15年1月23日(木) 13:15~15:00 第4会議室
議題 基準点体系分科会()報告書(案)について
- ・第7回 平成15年3月27日(木) 13:15~17:00 第4会議室
議題 基準点体系分科会()報告書(案)について

(2) 事務局会議

- ・第1回 平成14年6月28日(金) 13:15~14:30 第4会議室
議題 基準点体系分科会()の設置について
検討課題と検討スケジュールについて
第1回分科会の議題について
WGの設置について

- ・第2回 平成14年7月29日(月) 15:15～17:00 第4会議室
議題 第2回分科会の議題について
- ・第3回 平成14年9月4日(木) 9:00～10:15 第4会議室
議題 第3回分科会の議題について
実態調査の中間報告
- ・第4回 平成14年10月1日(火) 13:15～15:15 第4会議室
議題 電子基準点時代の標石基準点の意義や維持管理のあり方
基準点の利用状況
第4回分科会の議題について
検討に必要な基礎資料
- ・第5回 平成14年11月6日(水) 13:15～15:00 第4会議室
議題 水準測量と水準点について
基準点体系分科会の議論の整理
検討に必要な基礎資料

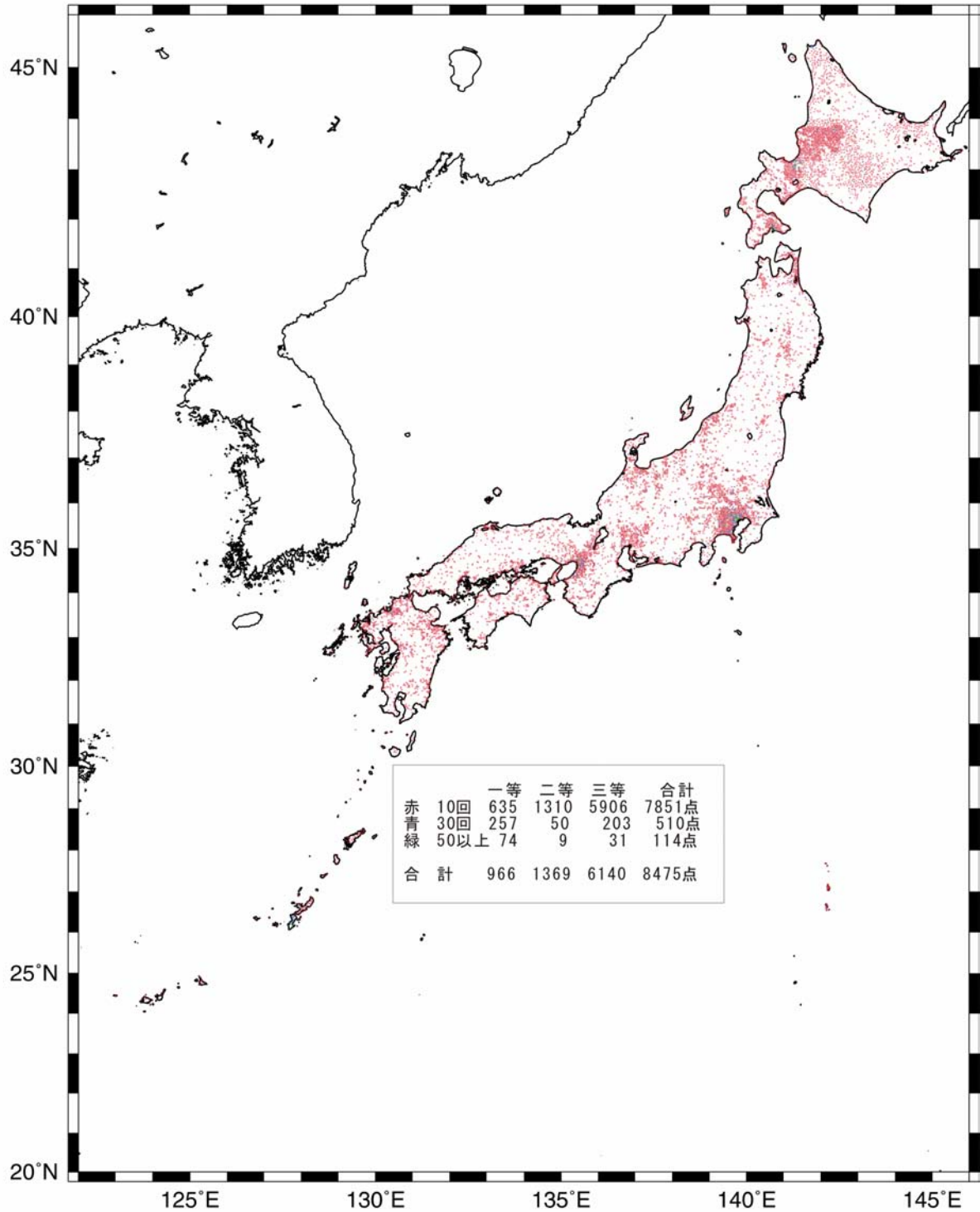
(3) WG 会議

- ・第1回 平成14年7月4日(木) 13:15～15:10 第4会議室
議題 基準点体系分科会()で検討すべき事項について
ユーザ意見の取り入れ方法について
- ・第2回 平成14年7月15日(月) 10:00～12:05 第4会議室
議題 基準点体系分科会の進め方
(論点整理の項目、測地WGで作成する基礎資料と作成分担)
面談による調査
- ・第3回 平成14年8月2日(金) 10:00～11:30 第4会議室
議題 面談による実態調査について
(調査対象機関及び担当者の確認)
- ・第4回 平成14年8月22日(木) 13:15～14:50 第4会議室
議題 面談による実態調査について
(調査済み機関の調査結果について報告、調査日程・報告内容の確認)
- ・第5回 平成14年9月25日(水) 9:00～12:15 第4会議室
議題 国が整備すべき位置情報基盤
- ・第6回 平成14年10月25日(金) 13:15～15:00 第4会議室
議題 水準測量について
三角点の標高について
国が整備すべき位置情報基盤(2)

付録3 インターネットによる利用頻度の高い三角点と水準点

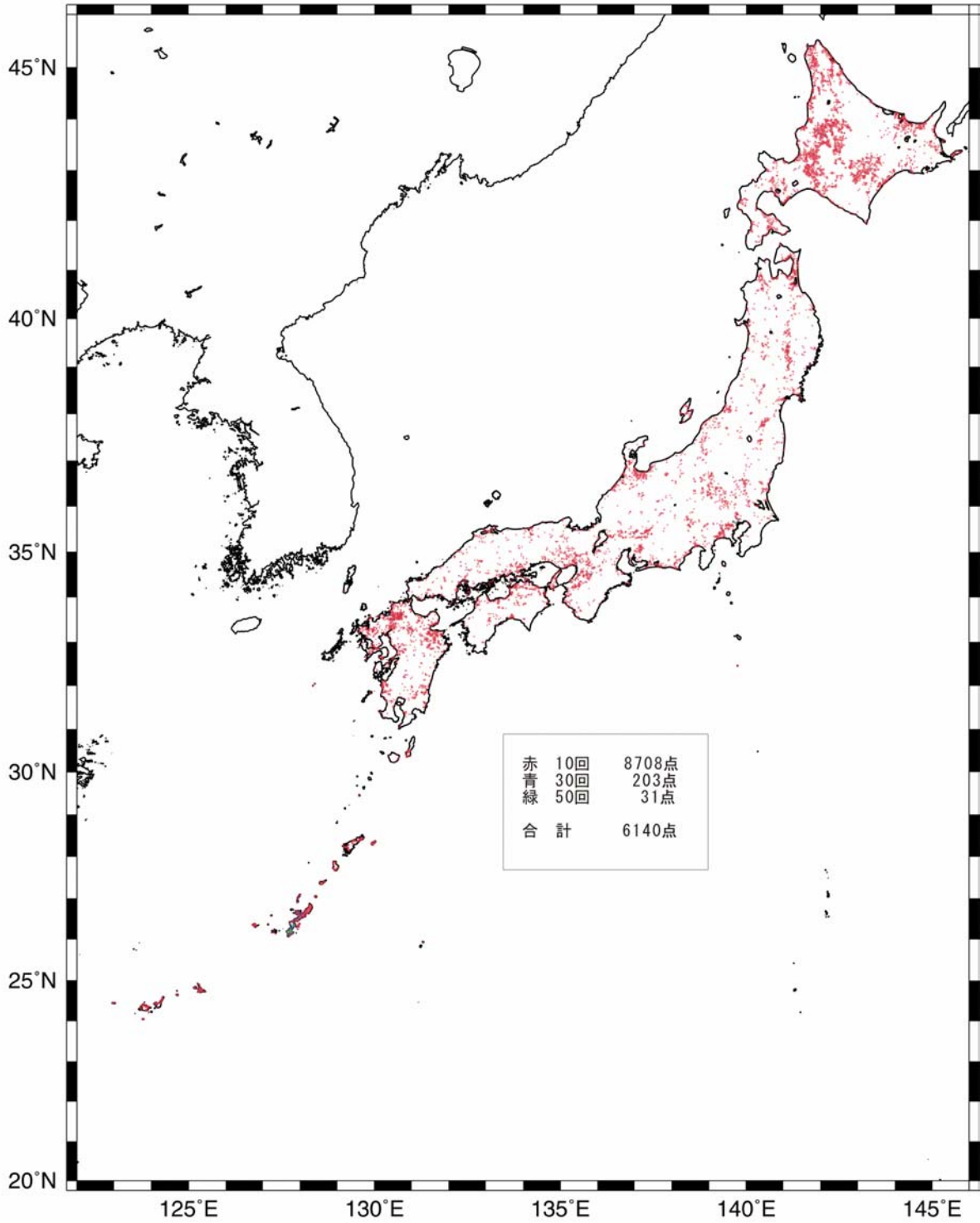
期間： 2002/4 ~ 2002/9 (1.2.3)

インターネットによる利用頻度の高い三角点
(一・二・三等三角点)



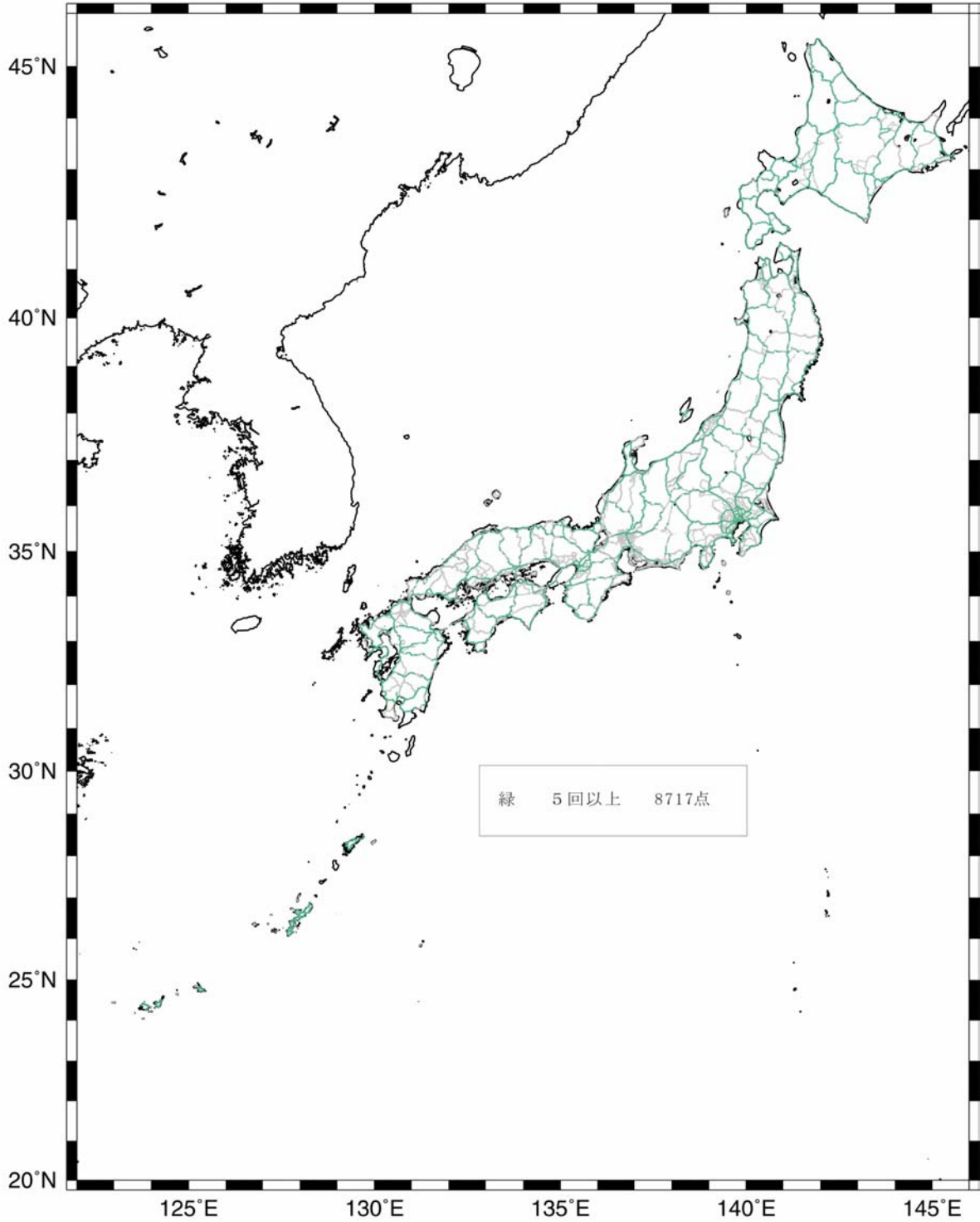
期間：2002/4～2002/9(4)

インターネットによる利用頻度の高い三角点
(四等三角点)



期間： 2002/4 ~ 2002/9 (5 ≦ 1tou suijun)

インターネットによる利用頻度の高い水準点
(基準・準基準・一等水準点、交点)



付録 4 ニュージーランドのセミ・ダイナミック測地系

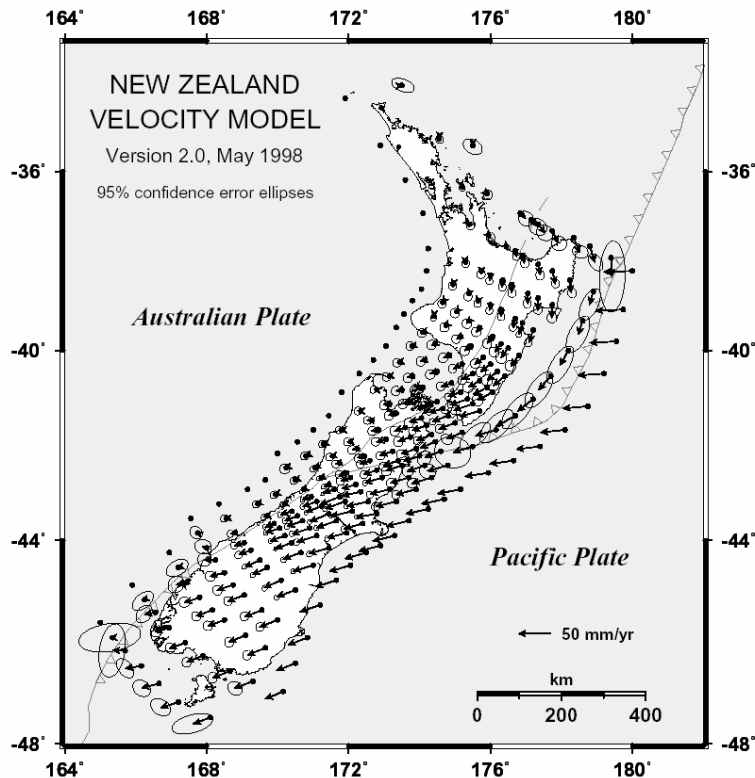
1. 文献による概要調査

ニュージーランド土地情報局 (LINZ) は、21 世紀の土地情報システムの高度化を目指し、ニュージーランド測地系 2000 (NZGD2000) と呼ばれる新しい測地基準系を構築 (Land Information New Zealand, 1998)。

LINZ は、ニュージーランド土地情報担当大臣の下で、測量・地籍・地形図・海図に関する情報を総合的に管理する国家機関。

(<http://www.linz.govt.nz/rcs/linz/pub/web/root/home/index.jsp>)

ニュージーランドは、太平洋プレートとオーストラリアプレートの境界に位置し、日本同様、年間数 cm の地殻変動が存在する (下図)。このため、測量成果を元期の値で管理するセミ・ダイナミック測地系 (Semi-Dynamic Datum) の考え方を採用している (Grant and Blick, 1998)。



NZGD2000 の特徴は次の通り。

- ・ 地心座標系 (従来の NGZD49 の原点は、地心から 200m ずれていた)
- ・ ITRF96 と GRS80 楕円体を採用
- ・ 元期 2000 年 1 月 1 日
- ・ ITRF に対する速度場モデルを与え、測量成果を元期の値に戻したり、特別な利用者に対し元期以外の座標値を提供する予定

LINZ は、LandOnline と呼ばれるオンライン土地台帳をニュージーランド全土に展開。その際、ESRI 社が開発した Informix 上の Spatial DataBlade システムにより、セミ・ダイナミック測地系を実装している (Corbley, 2001)。

2. メールによる照会結果

分科会事務局より、LINZ へて、セミ・ダイナミック測地系について 2002 年 7 月 18 日に電子メールで質問したところ、LINZ 局長室測地測量顧問の Graeme Blick 氏より 7 月 23 日付で以下のような回答があった。

No	LINZ への照会	LINZ からの回答
0	貴ホームページを訪問し、セミ・ダイナミック測地系についての文献に感銘しました。日本でも、今年4月に地心座標系へ移行しましたが、これは元期1997.0の静的な座標系で、蓄積する地殻変動への対応が将来必要になります。ご多忙の折、恐縮ですが、以下の質問にご回答いただけると幸いです。	セミ・ダイナミック測地系は、ユーザの目に見えない形で実現されています。すなわち、新しい観測データを入力すると、速度場モデルに基づき、基準座標系の元期である2000年1月1日の値に変換され、2000年1月1日時点の座標系が実現されるのです。現在のところ、利用者が元期以外の座標を計算するためのツールは提供していませんが、将来何らかの対応が必要と考えています。
1	速度場モデルについて、Beavan (1998)等の論文があれば、送ってください。	モデルに関する論文はJohn Beavan氏のものだけです (JGR, 106, B1, 741-770, 2001)。
2	モデルのファイルサイズはどのくらいでしょうか？	モデルの大きさは、1メガバイト以下です。
3	モデルには、基準点における速度が与えられているのでしょうか？それとも、グリッド点での値でしょうか？	IGNS研究所のJohn Beavan氏が計算した速度場モデルを、約20kmグリッドのモデルに変換し、それらを元に他の点の速度を計算します。
4	モデルを適用するときは、補間するのでしょうか？その場合、補間ソフトも提供していますか？	グリッド点以外の速度の計算には、bi-linear 補間法を用いています。
5	モデルは、利用者にどのように提供していますか？オンラインまたはCD-ROM？	現在、速度場モデルは利用者に提供しておらず、検討段階です。しかし、NGZD49とNGZD2000との間の歪みモデルを提供しています。インターネットから、グリッドデータとC言語で書かれたプログラムが入手可能です。速度場モデルについても将来的には同様に提供したいと考えます。
6	時間がたつと、モデルはだんだん大きくなりませんか？	確かに、モデルは、時間の経過とともに、大きく複雑になります。改定したり、地震時変動を埋め込んだりすると、さらに複雑で管理が難しくなるでしょう。その時点で、完全なダイナミック測地系への移行が必要かも知れません。
7	地震時の変動はどう扱われていますか？無限大の速度のようなものを与えるのでしょうか？	地震時の変動をモデル化する方法については、いくつか選択肢があり、結論を出していません。一つの方法は、当該地域の座標を変更してしまうことです。もう一つの方法は、あなたが示唆した(無限大の速度を入れる)方法です。現在、これらの選択肢を評価しています。

8	<p>セミ・ダイナミック測地系になって、地籍関係者からのクレームのような問題は発生しませんでしたか？</p>	<p>動的な測量成果の管理は、実は利用者の目からは見えないようになっており、今まで特に問題が生じたことはありません。しかしながら、元期からだんだん外れるに連れて、地殻変動の効果はだんだん蓄積してきます。現在、国内にGPS連続観測局を設置中であり、すぐにでも利用者から最新の座標値を使いたいとの要望が出るでしょう。このため、元期以外の座標値を提供する手法を検討中です。利用者が混乱せずに、これらの座標値を使えるよう、十分な教育活動が必要でしょう。我々は今後数年かけて、これらの問題を検討し、完全にダイナミック測地系に移行すべきか、決定する予定です。</p>
9	<p>将来、完全なダイナミック測地系に移行されるおつもりですか？</p>	<p>将来、完全なダイナミック測地系に移行することはありうると思いますが、時期尚早です。そうしない場合は、いずれ新しい測地系を作らないといけないでしょう。</p> <p>セミ・ダイナミック測地系の利用により、測量データから2000年1月1日時点での正確な座標値を求めることができます。次のステップとしては、利用者がこれらの座標値を取り込み、他の時点における座標値を計算する方法を提供することだと思います。</p>
10	<p>その他</p>	<p>地殻変動の影響を測地系にどう反映させるか、日本での議論の結論が出ましたら、お知らせください。</p>

3 . 聞き取り調査

ニュージーランドで採用されているセミ・ダイナミック測地系の実装方法について、2002年11月27日に、測地第二課長がLINZ 測地担当プログラマーのChris Crook氏を訪問し、情報収集を行った。以下はその概要である。

1996年より5年の歳月をかけ、土地情報のオンラインによる一元管理を実現。利用者ライセンスの取得（有料）により、土地権利書発行、情報検索等のサービスをオンラインで受けることができる。

近年の組織改革で、LINZが測量・地図作成、地籍測量、登記を一貫して所掌していることが成功の鍵であろう。

地籍測量の利用者は、測量結果をLandOnlineに提出することで、その測量結果が正しいものか、そうでないかの認証を得る。その際に速度場モデルを用いるが、利用者には承認 / 非承認のみを通知するので、速度場モデルを用いたことは利用者の目には見えない。

データベース部分は、Informix SEというソフトウェアをカスタマイズしたもの。網平均部分は、Crook氏が以前に開発したSNAPのアルゴリズムを利用（LINZのホームページで公開）。

座標の目標精度は、5cm。

セミ・ダイナミック測地系では、新しい測量で得られた基線ベクトルを、速度場モデルを用いて、元期において得られたであろう基線ベクトルに化成する方法。基準点からの距離が大きいときに、地殻変動によって蓄積した測地系の誤差を解消するのに効果を発揮する。

4 . 数学モデル

まず、元期 t_0 における点A、B間の基線ベクトルの観測値 \mathbf{O} 及び既知点Aの座標値から、新点Bの座標値を求める網平均計算を考える。各点の座標ベクトルを \mathbf{A} 、 \mathbf{B} と書けば、観測方程式は、

$$\mathbf{O} = \mathbf{B} - \mathbf{A}$$

である。

次に、元期 t_0 から十分近い観測日 t における網平均計算を考える。各点の速度は平均速度 \mathbf{V}_A 、 \mathbf{V}_B でモデル化できるので、観測方程式は

$$\mathbf{O} = \{ \mathbf{B} + \mathbf{V}_B (t - t_0) \} - \{ \mathbf{A} + \mathbf{V}_A (t - t_0) \}$$

となる。移項すると、

$$\mathbf{O} - (\mathbf{V}_B - \mathbf{V}_A) (t - t_0) = \mathbf{B} - \mathbf{A}$$

となる。すなわち、観測した基線ベクトルを2点の速度モデルの差で化成すれば、元期において観測されたであろう基線ベクトルが得られる。

既知点Aでは過去の測量データから平均速度を求めることができるが、新点Bは任意の場所となるので、周辺の既知点における速度からBにおける速度を補間計算することが必要となる。

文献

- Beavan, J., and J. Haines (2001): Contemporary horizontal velocity and strain rate fields of the Pacific-Australian plate boundary zone through New Zealand, *J. Geophys. Res.*, 106, 741-770.
- Corbley, K.P. (2001): Upping the Ante, New Zealand takes online property data management to the national level, *GEO WORLD*, May 2001.
- Grant, D. and G. Blick (1998): A new geocentric datum for New Zealand, *New Zealand Surveyor*, No.288.
- Land Information New Zealand (1998): A proposal for geodetic datum development, *OSG TR2.1*.

付録5 基準点体系利用者側の実態及び要望調査結果（事務局取りまとめ）

調査機関	公共基準点の実態			国家基準点への要望			
	基準点設置状況	基準点維持管理	その他	標石基準点の密度	地殻変動への対応	情報提供	その他
東京都 土木技術研究所	1、2級基準点 約1,200点	正式な維持管理規程はないが、内部規定で実施。	都の基準点については、道路公団・基盤整備公団・各区等の公共機関に成果を提供。	都の基準点が整備されていれば、標石基準点は必要ない。しかし、都の基準点は、道路台帳目的で設置されたもので、必ずしも均等配置となっておらず、標石基準点が必要な場所もある。	財産台帳等では1cmでも良い精度が必要なので、地殻変動の詳細なデータが欲しい。 基準点の位置誤差が細部の民境界同士との位置に与える影響を検討して更新周期を決めると良い。 成果は定期的に更新し、ユーザが目的とする事業の精度に応じて、どの時点の成果を採用するか選択する方式も考えられる。	災害把握のため電子基準点リアルタイム成果を利用したい。	地盤沈下調査測量の不動点標高の扱いを協議する予定。
都市基盤整備公団技術監理部	1～4級基準点 区画整理事業用に全国に多数設置。 1、2級水準点 水管、道路、水道等を設計・施工・管理するため全国に多数設置。	区画整理事業の完了時に、利用できるものは自治体と協議して引継ぎ。その後の管理は自治体。	基準点の位置精度は、基本的には相対的に関係付けられれば良い。設計時に道路や構造物はmm単位で設計し、mm単位で施工。	技術的に可能であれば国家基準点の標石はいらない。しかし、区画整理事業を行う地域は都市部が多く、細部の測量でGPSは万能ではない。	事業が開始されると相当数の基準点や境界杭が配置・利用されるため、途中での座標変更は難しい。今回の世界測地系への改定では、自治体の動きと合わせるよう指導している。	インターネット閲覧については、測地成果2000の説明で知った。	
札幌市 建設局管理部	基準点(519点) 1級(26)、2級(493) 水準点 環境局では経年変化調査(地盤沈下)で水準点約130点設置、その他下水道関係で設置。	維持規程は整備。 2～3年サイクルでの調査を検討。 519点全て世界測地系へ変換完了。	測量成果は、使用目的が私的(民間)であった場合は有償。1点あたり3,300円で、年間100万円程度の利用。	用地測量等の細部測量ではTSによる測量が主流。過去に実施した公共測量との整合性からも標石基準点は重要。地籍図根三角点は、四等三角点等から設置しており、標石基準点が無くなると困る。	用地測量では位置の変化に住民が敏感であり、位置が変化した場合はその都度成果更新を希望する。	新しい位置情報の提供については防災分野等への利活用を検討したい。	公共基準点のうち、国家基準点の網密度に合うものを国土地理院へ移管できないか。
北海道 札幌土木現業所	基準点(18,723点) 1級(0)、2級(164)、3級(1,513)、4級(17,046) 水準点 環境生活部では地盤沈下調査のために水準点を設置。	維持規程なし。 調査・管理なし。 世界測地系への変換は、必要な部分から実施。		2級はGPS、その他はTSが主流であり、ともに標石基準点を既知点として使用。 用地測量では、相対位置に重点をおくため標石基準点が必要。現在の配点密度の標石基準点は将来においても必要。	成果不良で困った経験があり、成果更新を希望する。また、炭鉱等による位置変化の場合も成果更新を希望する。		電子納品に関する説明会の開催を希望する。
岐阜県 地域県民部	公共基準点は、各市町村が設置し、かなりの点数。 県単の土地改良事業や集落排水事業、市町村の下水道事業等では、水準点を設置。管理が大変。	維持規程は未整備の機関が多い。 市町村が設置する場合、土地所有者との契約は行っていないのが普通。 事業完了後、基準点は未管理となることが多い。	GPSは平地部で多く使われてきている。 山間地等では、TSの利用が多い。	電子基準点は良いシステムだが、集落内や山間地等の測量では四等三角点が便利。 古い三角点は傾斜等の故障があることから、できるだけ使いたくない。新設点がたくさん欲しい。 下水道事業等では、最終的に絶対標高が必要となるので、水準点を多く設置してほしい。	GISでは、リアルタイム更新が重要であり、電子基準点を有効に使いたい。三角点の成果も今回のような更新を一定期間で行えば、良い成果が維持できる。特にGISでは、高い精度よりも広域を同精度で維持してもらいたい。	故障点等の情報を早く出してほしい。 電子基準点データをもっと早く入手したい。	独自に電子基準点を設置したいと漠然と考えている市町村がある。

調査機関	公共基準点の実態			国家基準点への要望			
	基準点設置状況	基準点維持管理	その他	標石基準点の密度	地殻変動への対応	情報提供	その他
東日本旅客鉄道株式会社仙台支社設備部	仙台支社600kmのうち、2kmに1点の密度で用地基準点（2級基準点）、200mに1点の割合で3級相当基準点を設置、その他に境界標（4級相当）を埋設。	維持規程なし。基準点の維持管理（改測等）もない。	成果は、部外秘。	平成4年度以前に行われた作業について、必要ならば再測量を実施していることから、付近の三角点が無くなると困る。 2級基準点はGPS（6～7割）とTSで実施している。3級基準点はTSで実施している。	成果が現実に即していない基準点の値は、ある程度の許容範囲を超えた時点で更新されればよい。		JR版電子基準点の設置計画はない。
掛川市総務部	1級基準点（164点） 2級基準点（34点） 3級基準点（474点）	世界測地系への移行作業を実施する際に現地調査を実施。 1～3級基準点については、データベースへ登録して管理。亡失や改測等に対応して、その都度GISへ再登録。	成果は、無料で積極的に公開。	GISを進めていくためには基準点の整備が重要である。国家基準点の所管換えと言う話があれば是非移管を受けたい。			電子基準点の利用については、地元業者のGPS測量機の整備状況を勘案して検討していく。
国土交通省関東地方整備局企画部	基準点は、各事務所で実施。局では未把握。 局関係では、2級基準点の約半分がGPS方式と認識。 用地関係は、4級基準点の設置が主。TSが主流。	維持規程なし。必要に応じ各部局が作成。 羽田空港等の特殊な地域（沈下等）については管理する（見回る）が、移転はなし。 世界測地系への変換は、事務所単位で必要な箇所から全て外注で実施している。	地方整備局の公共基準点の成果は、他機関等では未使用。工事や用地測量のための基準点であり、他での利用は意識していない。河川管理の水準点等も同様。	電子基準点が増加しても、業者が全てGPS測量機を持っているわけではないことから、標石基準点は必要である。 用地測量等では、2kmに1点はほしい。一等三角点等の高い山にある三角点より、平地等にある四等三角点が使いやすい。 相対精度が、用地、工事とも大事であることから、標石基準点は必要である。	地殻変動等による国家基準点成果の扱いについては、ある地域で完結している用地では、相対的位置関係が崩れなければ、地殻変動は余り問題がない。	国家基準点の成果は、謄抄本交付。 積算資料とするため、電子基準点の位置をインターネット等を利用して確認。 新しい位置情報サービスについては、防災分野、施工管理部門で使われていく可能性がある。	
（財）日本測量調査技術協会	電子基準点の密度の粗い自治体では、独自に電子基準点を設置するという発想が出てきている。 GPSとTSが混在している現状では、三角点と電子基準点成果の整合が重要。 地上測量の今後において、TSがなくなることはないだろう。 2級以下の公共基準点を、電子基準点から直接取り付けられないか。 3級基準点をVRSで作ってもいいのでは。RTK-VRSの実証実験より、三角点から持ってきたものと同等の精度があると思われる。			電子基準点は、一波の受信機でも使えるくらいの密度がほしい。 GPS測量の浸透により三角点の意義が薄れてきている。 三角点の配点密度は、現在のままで十分。自治体の基準点の密度も十分。むしろ、足りないのは水準点。特に二等水準点が少ない。 都市基準点の改測において、三角点と電子基準点成果の不整合の問題が出てきている。三角点の改測をお願いしたい。	日本は地殻変動が激しい。将来的に、基準点は動くという立場は取れないものか。 誤差の範囲内の変化なら、成果更新すべき（1～2年ごとくらいか）。大きくなってから変えるのでは遅い。 三角点ごとの変動量を公表することは可能か。選点のときに考慮できる。 VRSで、電子基準点の成果に時間のパラメータを持たすことはできないか。	明治時代の悪い成果は、出さないでほしい。 ホームページの成果表を（謄本として）使えるようにしてほしい。 電子基準点に不具合があるときは、理由いつからデータが出せるかのアナウンスをホームページに出してほしい。	

調査機関	GPSによる位置情報サービス等の実態		国土地理院への要望
(社)日本測量協会	<p>(1) 測量機器の使用状況 平成13年度基準点測量成果品検定集計一覧表(日本測量協会資料)によると、GPS測量の占める数量の割合は、1級99.6%、2級94.2%、3級50.8%、4級0.5%であり、使用機器は、1、2級は、ほぼGPS、3級が半々、4級はTSを使用している。</p>	<p>(2) 位置情報のリアルタイムの提供 電子基準点リアルタイムデータは、配信機関である日本測量協会のデータ配信装置を経由して、民間の位置情報サービス事業者(株)ジェノバ、(株)日本GPSデータサービスに配信している。 データ提供点数が200点なので利用者は少ない。全国の電子基準点データがリアルタイム提供されれば、利用者は増えると考えられる。</p>	<p>全国の生データが欲しい。加工するとデータが遅れる。 仮想基準点方式(VRS)は電子基準点を3点使用する。電子基準点の変動が問題になってきている。既に10数cmの違いが出ていると聞いている。VRSはまだ公共測量には使えない。マニュアルを早急に作って欲しい。</p>
衛星測位システム協議会	<p>(1) 欧米の衛星測位GPS、ガリレオ等の政策 米国のGPS公開政策はガリレオ対抗策ではない。米国はGPSを国家に必要不可欠のインフラと位置づけ、多くの民生ユーザを有する。今後も米国が存在する限り、GPSは維持されるだろう。 米国はガリレオに全面反対して独自路線を歩ませるよりも、協力しながら相互運用性を確保する方が国益にかなうと判断したようだ。現在、欧米で行っている議論は、技術レベルの調整だ。 米国がSAを解除したのは、有事の際に地域的に精度を低下させる技術があるため。ガリレオの信号をGPSの軍用Mコードにオーバーレイさせると、米国のコントロールが効かなくなるため、米国は反対している。 日本の準天頂衛星はGPSの存在が前提となっているので、米政府や工業界は基本的に歓迎の方向。 米国運輸省は、大統領令に基づき、GPSによる国家運輸インフラの評価を行い、GPSの脆弱性に関する報告をまとめた。GPSは電波干渉や妨害に対し脆弱なので、重要な利用分野では独立したバックアップシステムを用意すべきであるとのこと。このため、Loran Cは生き残る。</p>	<p>(2) 位置情報サービスの動向 日本ではカーナビが、米国ではマンナビが中心となっている。 KDDI/AUは、「GPS携帯」を昨年12月に発売し、140万台も販売した(携帯電話全体の普及台数は約7000万)。 松下電工のGPS携帯基板は高感度で、建物の中でもある程度の受信が可能。 DoCoMoのポケット通信「DoPa」は、輸送分野におけるGPS普及に貢献。 「ココセコム」(セコムの位置情報提供・急行サービス)の発想は昔からあったが、警備会社の参入が不可欠なため、実現しなかった。日本ではセキュリティが一般には普及していないため、利用者は限定されてしまう。 「ヘルプネット」(緊急通報サービス)がそれほど普及しないのも、同じ理由。セキュリティが重視されれば、マンナビの普及にもプラスとなる。 「StarFire」は、インマルサットを使ったDGPS。</p>	<p>日本の位置を決めるのは国が行うべき重要な仕事。 電子基準点網は気象予報のインフラにもなる。 国土地理院に期待するのは、位置情報サービスの概念の普及促進。ただし、実際の業務は民間に任せて欲しい。 位置を知るのは、国民の権利であるとの意見もある。 準天頂衛星の最大の利用者は国土交通省。国土保全に役立つ、宇宙技術の向上、宇宙産業の振興を考えれば、2~3,000億円は安い。 国民の生命、安全、財産に関わるシステムには、バックアップが必要なので、従来の国家基準点(三角点)は重要。</p>
KDDI国際ネットワーク部	<p>(1) GPS携帯の普及状況 昨年12月からCDMA2000 1X(通信速度:144Kbps)対応機種を200万台以上販売した。そのうちGPS搭載機種は140万台以上と思われる。 携帯端末にはカルコム社のGPSチップを内蔵。端末側で受信したGPS信号により、サーバ側で端末の位置を計算する方式。 総務省の衛星測位実験システムに参加し、高精度測位のための補正データを伝送する方法について研究開発を行った。 (2) GPS携帯の今後の動向 カメラは標準装備となったが、GPSについては今後市場のニーズを掘り起こす必要がある。個人利用では、ドコモのiモードのような、面白い使い方が提供できるかが普及のポイント。 ビジネス利用では、既にバスロケーション(バス運行管理)支援システムに使用されている。また、GPS携帯とインターネットとで車両運行情報を提供するASP(アプリケーション・サービス・プロバイダー)型情報提供サービスも始まっている。GPS携帯を乗せたプローブカーで交通量の把握がより簡単になる。</p>	<p>(3) GPS携帯の測位精度 位置精度を上げるには、携帯端末の性能向上だけでは限界。プラットフォーム(基地局)との組み合わせで考える必要あり。 GPS携帯の測位精度は、基地局の状況により異なるので、保証はしていない。良いところでは1m程度が可能。 一般向けで位置精度向上だけで5~10万円高くして売れるか疑問。 基地局は、都市部では1km程度の間隔で配置している。 プラットフォームの周波数はL1のみ。費用対効果から二周波受信機にするのは難しい。必要な精度は、現時点では家を測る程度。 地図の縮尺にあった測位精度が必要。 auの携帯端末の地図画像は、9枚分を10秒で転送。JAVAを使用し、DoCoMoのiアプリと同様の機能をもっている。データがラスタからベクターになるとさらに効率化される。</p>	<p>官公庁には、防災関連で期待したい。 精度cmの高精度測位には、高価な受信機が必要なので、ビジネスとしてペイするかどうか。官側にはビジネスとして成り立つまでのインフラ整備を期待する。 VRS市場拡大には官側の役割が大きい。 三角点の位置が携帯からオンラインで利用できるようにならないか。 準天頂衛星については、サイクルスリップ、マルチパスの影響を軽減できるので期待する。スードライトだけだと費用対効果に疑問。準天頂衛星のようなものこそ、国が整備すべきインフラだ。 電子基準点のリアルタイムデータについては、データ間隔を1秒よりも短くすれば、用途が広がるのではないか。</p>