

1.6 高精度測位時代の国家座標と位置情報基盤

宮原伐折羅 (国土地理院)

miyahara-b96ip@mlit.go.jp

1.6.1 はじめに

誰もがいつでもどこでも衛星測位を用いて円滑に位置を測り、活用することできる高精度測位社会の実現には、測位衛星システムを整備し、測位技術を開発するのみでは十分ではなく、測位衛星の正確な位置を与える基準となる地球の形状とその変化、さらには、その地球上での正確な日本の位置とその変化、位置にアクセスするための電子基準点網の整備と管理、高度化が欠かせない。すなわち、地球レベルで日本の位置を特定すること、さらには、国レベルで測位による位置の特定のためのプラットフォーム（共通基盤）を管理・高度化することが重要である。そのためには、地球レベルでは、地球の形と変化（国際地球基準座標系（ITRF））の管理、日本列島の正確な動きの監視が必要となり、国レベルでは、測量の基準である電子基準点の管理、電子基準点による地殻変動の監視、位置情報サービスの支援が必要となる。このように、高精度測位時代では、国際的に整合した位置を測って管理し、国内で適切にユーザに届ける取組の重要性が増している。本稿では、高精度測位時代の国家座標と位置情報基盤について、その意義とともに、高度化に向けた課題と取組を紹介する。

1.6.2 電子基準点網とその役割

国土地理院が日本全国で運用する電子基準点は、測位衛星の信号を受信して観測点の位置をミリ単位で計測する施設で、兵庫県南部地震（1995年1月17日）を期に増設され、約20km間隔で1,318点が設置されている（2019年3月末現在）。電子基準点網は、①測量の基準、②地殻変動の監視、③位置情報サービスの支援を担う重要な社会基盤インフラであり、衛星測位の基盤としてすでに広く活用されている。電子基準点のみを既知点とした測量は、2002年度には開始されており、電子基準点のリアルタイムデータを用いたリアルタイム測位サービスも複数の事業者から提供されている。また、電子基準点は、地震に伴う地

殻変動の把握に不可欠で、東北地方太平洋沖地震では、震源に近い牡鹿半島で水平約5.3m、上下約1.2mの最大変化とともに、地震後の余効変動を捉えており、地震活動の把握に欠かせない基盤インフラとして活躍している。

1.6.3 高まる国家座標の重要性

従来、位置の座標を数cmの精度で求めるには、近傍にある基準点を使う必要があったが、近年、高精度測位の拡大によって、簡便に数cmの精度で位置特定ができる社会が訪れようとしている。日本ではこれまで、日本経緯度原点等の位置は、測量法第11条（測量の基準）で不変と定め、これに基づいてあらゆる地理空間情報を構築・維持・利活用してきた。これは、これまでの全ての高精度な位置決定方法が基準点に基づく相対的な測量（相対測位）に依るもので、これが唯一かつ最適な方法であったことによる。しかし、近年ではCLASやPPPなど単独測位の精度が向上し、基準点、すなわち各国の原点に依らない「現在（今期）の絶対座標値」を得ることが可能となりつつある。これにより、1つの場所に対して、「基準日（元期）の座標」と「現在（今期）の座標」など複数の座標を持つことになる。基準日（元期）の座標は変化しないため管理しやすく、異なる時期に測位した結果でも重ね合わせが可能であるが、今時点の現実の位置とは異なる。一方、現在（今期）の座標は今時点の位置を表すが、時刻に対応して無数に座標が存在して管理が困難であり、また異なる時期に測位した結果では座標が互いに異なることから重ね合わせが困難である。いずれを用いる場合でも、測位を行い、位置情報を活用する際には、どのような座標を使っているのか、すなわち「位置の基準」は何かを理解しておく必要がある。高精度衛星測位社会においては、このように位置の基準が異なる状況が生じる可能性があるため、測位結果を正しく利活用するためには、国家の位置の基準である「国家座標」を正しく理解しておくことが重要となる。なお、衛

星測位時代に高まる「国家座標」の重要性に関しては、月刊「測量」/1/ に2019年11月号から6回の予定で連載を開始するため、そちらも参照願いたい。

1.6.3. 国家座標

国家座標とは、「国家の位置の基準」であり、測地基準座標系及びそれに整合した座標値を指す。英語では、National Geodetic Datum または National Datum となる。国家座標は、国家基準点の測量成果またはそれらと整合した緯度、経度、標高、平面直角座標などの座標値をさす普通名詞である。ここで、「整合」とは、座標が測量の誤差の範囲内で一致していることを、また、「国家基準点」とは、三角点、水準点、電子基準点等と言う。我が国においては、測量法第11条で定められた測量の基準に準拠した座標が、測量に限らず、さまざまな法令や民間の地図や図面などで位置を表現する際の基準として用いられ、国家座標となっている。現在の日本の国家座標は、世界測地系の一つである「日本測地系 2011」に準拠した「測地成果 2011」である。国家座標に関する詳細は、/2/ を参照されたい。

1.6.3.1 国家座標の利点

国家座標は、日本の位置の基準を定めた測量法に基づく位置の基準で、国内では、唯一の公的な座標である。国際的な基準である ITRF と整合しており、海外の座標ともずれることなく用いることができる。

また、日本の国家座標は、日本の中では地点の正確な位置を示すため、2つの地点の座標が共に国家座標であれば、正確な距離、方位角、高低差が求まる。同様に、すべての位置情報が国家座標であれば、土地の面積の計算やナビゲーションなども正確に行われ、不正確な位置による事故、混乱が回避される。

国家座標に準拠することで、既存の地理空間情報との正確に重ね合わせ、比較・分析も可能となる。これにより、既存の地理空間情報資産の有効な活用が可能となる。

さらに、国家座標に準拠することで、後述する地殻変動補正の対象となり、複雑な地殻変動が生じている日本においても、頻繁な更新や変換を行うことなく、位置情報の賞味期限が長くなる。

このように、国家座標を用いることで、公的で正確な位置を長期間にわたって有効に活用する

ことが可能となり、既存の地理空間情報資産を活用した様々なサービスの展開に貢献する。

1.6.3.5 国家座標と国際地球基準座標系

日本の国家座標は、世界で共通に用いられる位置の基準である ITRF と整合した座標である。ITRF と整合した座標を与えるために、国土地理院は、石岡測地観測局における超長基線電波干渉法 (VLBI) による国際共同観測に参加し、地球上での日本の正確な位置を定めている。電子基準点網の位置は、この VLBI による座標と整合しており、これにより、電子基準点を用いて測位を行うことで、国家座標に整合した座標を得ることができる。

1.6.4 高精度測位社会に向けた課題と取組

リアルタイムな位置の特定を高度に実現する「高精度測位社会」の実現に向け、1) 電子基準点網の充実、2) 迅速に標高が決まる環境整備、3) 地殻変動の補正、が課題となっている。

1.6.4.1 電子基準点網の拡充

現在、国土地理院が全国に展開する約 1,300 点の電子基準点は測量の基準や地殻変動の監視に対しては、十分な密度を持っており、十分に役割を果たしている。一方、今後もさらに精度向上の要請が想定されるリアルタイム高精度測位には、観測局の空間密度の向上が必要となる。特に、電子基準点の低密度地域では、GNSS 観測局の追加によって、リアルタイム高精度測位の性能向上が見込まれるため、民間等が設置した GNSS 連続観測局を活用する取組の検討が進められている。民間等が運用する GNSS 連続観測局は、今後も増加が想定されるが、今のところ、その規格や準拠座標は統一されておらず、規格や座標が混在してしまうと、電子基準点を拡充するために活用した際に、十分な性能を発揮できない可能性がある。そこで、規格・基準を設置者によらず整合的なものとするために、国土地理院が GNSS 連続観測局の性能基準の策定を進めている。この性能基準では、国家座標に準拠した観測局であることを前提として、観測局を大きく以下の 2 つに分類している。

A 級：国土地理院の電子基準点相当
(地殻変動監視にも活用可能)

B 級：位置情報サービスに活用できるもの

策定に先立ち、2019年5月31日～7月5日にパブリックコメントを実施して広く意見を募っており、これらを踏まえて今後も策定に向けた調整を進めていく。

1.6.4.2 迅速に標高が決まる環境整備

標高の基準となる水準点の測量では、水準原点を基準として全国の約1.7万点の水準点を測量しているが、水準測量には多くの時間を費やすため、現状では、10年以上かけて測量することで正確な標高を決定できる基盤の維持を行っている。そこで、楕円体高とジオイド高の差から標高が求められるという関係を用いて、GNSSによる測位と重力測量に基づくジオイド・モデルを用いて、容易かつ効率的に標高決定を可能とする仕組みの構築を進めている。標高決定の精度は、楕円体高とジオイド高の決定精度によって決まるため、精密なジオイド・モデルの構築が実現の鍵となる。モデル構築には、良質で高密度な重力データが必須であることから、日本全国を網羅する重力データを取得するための航空重力測量を2019年度に開始した。2020年度には、航空重力測量が終了する予定の関東地域のジオイド高の提供を計画しており、その後も順次、各地域のジオイド高を提供し、2024年度までに標高決定の仕組みを再構築することを目指している。

1.6.4.3 地殻変動の補正

地図等の地理空間情報は、過去の決められた時点（基準日）で作成されるため、位置は変化しないが、地殻変動のはげしい日本では、実際の位置は、時間ともに変化を続けており、地殻変動の累積とともに、現実の位置と地図の位置のズレが大きくなっていく。測位で得られるのは、「現在（今期）の絶対座標値」であるため、地殻変動が蓄積すると、測位結果と地図のズレが大きくなる。このズレは、大きな場所では年間10cm程度まで達している。測位の精度が数mであったころには、ズレよりも測位の誤差の方が大きいことから顕在化することはなかったが、高精度測位社会において、測位精度が向上すると、地図上の位置と現在の位置との地殻変動によるズレが顕在化してしまう。そこで、こうした地殻変動による地図と測位のずれを補正し、例えば、自動運転等の地図に測位を整合させ、高精度測位の活用環境の実現に貢献することを目的に、地殻変動を補正する仕組みの構築を進めている。地殻変動の補正方法に

は、以下の仕組みを用いている。まず、電子基準点におけるGNSS連続観測から各電子基準点での地殻変動量を把握する。次に、これらの地殻変動量を空間補間することで、任意の場所の地殻変動量を計算する。最後に、この地殻変動量を用いて測位の結果を補正する。2018年度には、測位用の地殻変動補正の試行版を公開し、2019年9月30日までに意見を募集した。これまでの意見を踏まえてシステムの構築を進めており、2019年度中には、地殻変動補正システムの提供を開始する予定である。

1.6.5 おわりに

電子基準点は、位置の基準、地殻変動監視、高精度測位のための重要インフラであり、高精度測位社会においても、さらなる高度化の基盤として役割を担っていく。高精度衛星測位社会の実現に向けた課題としては、電子基準点網の充実、迅速に標高が決まる環境整備、地殻変動の補正、が挙げられる。さらなる高度化に向け、民間等が設置したGNSS連続観測局の活用による電子基準点網の拡充を検討するとともに、精密重力ジオイドを構築して標高が迅速に決まる環境を整備し、地殻変動補正システムを構築して地殻変動補正により地理空間情報の時間管理を可能とする基盤の実現に取り組んでいく。高精度衛星測位社会において、測位結果を正しく利活用するためには、国家の位置の基準である「国家座標」の正しい理解と活用が重要であるため、引き続き国家座標の管理を行い、理解の促進を進めていく。

参考文献

- 1/ 飛田 幹男、国家座標とは何か～高精度測位時代に「位置の基準」を再確認、月刊「測量」、2019年11月号（掲載予定）
- 2/ 国土地理院、日本の測地系・国家座標、<https://www.gsi.go.jp/sokuchikijun/datum-main.html#p9>