測地成果2000

Geodetic Coordinates 2000

村上 真 幸*

Masaki Murakami

1. はじめに

国土地理院は我が国における緯度・経度を定める基準を日本固有の基準から世界共通の基準へと移行するための準備を進めている。実は緯度・経度の定め方は世界共通ではなく、たとえば国境を越える地点では緯度・経度の値が不連続に変わることがある。これは緯度・経度を定めるための測量・地図の基準である「測地系」が、歴史的にそれぞれの国、地域により独自に定められてきたせいである。一方、近年になって、人工衛星等から得られるデータに基づいて、世界共通に適用できる「世界測地系」が構築されてきた。GPSを用いた衛星測位から得られる座標は世界測地系に準拠しており、精度の高い測位を行おうとすると我が国独自の測地系である「日本測地系」に基づく座標との間に不整合が生じる。本稿ではこのような不整合を解消するために国土地理院が構築を進めている「測地成果2000」について紹介する。

2. 測 地 系

明治政府は近代的地形図（5万分の1地形図）の作成を目的に、測量の基準点である一等～三等三角点を全国に整備した。天文観測により東京都麻布台にある日本経緯度原点の緯度・経度を決定し、ここを出発点として全国の測量を行い、全国の三角点の緯度・経度

を順次定めていった。このようにして構築された我が国の位置計測の基準を「日本測地系」と呼ぶ。我が国では今もこの測地系を使用している。

これに対して、近年、人工衛星による地球全体の観測に基づき、世界共通に適用できる測地系が構築されてきた。GPSで採用されている測地系は米国が構築し、維持管理するWGS 84であるが、これも世界測地系の一つである。WGS 84よりもさらに精度のよい世界測地系としてITRF(国際地球基準座標系)がある¹⁾。ITRFは、1987年に国際協力により設置された「国際地球回転観測事業」という機関によって構築・維持されており、観測データの西暦年をつけてITRF_{yy} (yy=89, 90, …)のように表記される。このように主なものだけでも二つの世界測地系が存在するが、いずれも地球重心に原点を置く三次元直交座標系である。また、WGS 84は何度かの改訂の後ITRFに接近してきており、最新の改訂版であるWGS 84(G873)はITRF94と5 cm程度の違いしかなく²⁾、実用上同一と見て差し支えない。地上測量の分野では今後はITRFに準拠しようというのが世界的な動向である。

3. 日本測地系と世界測地系の違い

この世界測地系と日本測地系を比べるとずれがある。このずれの大きさは全国一律ではなく、緯度の場合、およそ+8～+14秒、経度の場合、およそ-14～-7秒の範囲にある(図1)。また、等緯度、等経度の目盛線に着目すると、世界測地系の目盛線は日本測地系の目盛線に対して南東方向へ約450メートル動くことになり、このずれの量も地域によって異なる(図2)。しばしば「地球儀の上で日本が北西に動く」と表現さ

*国土地理院 Geographical Survey Institute
〒305-0811 つくば市北郷1番
「写真測量とリモートセンシング」VOL. 38, NO. 3, 1999

図1 日本測地系と世界測地系の差— 1 —

れるが、より正確には「日本にかぶさっている経線、緯線の位置が南東方向に約450メートル移動する」と表現すべきである。このようなずれは今までの測量が間違っていたからということではなく、かつての測量の基準の決め方と現代の決め方が異なること、現代の測量の精度が飛躍的に向上したため、この差異が見えるようになったということであり、我が国だけでなく、世界中のあらゆる国が経験している出来事である。

4. 電子基準点網の構築

一方、国土地理院では新たなタイプの基準点として、GPS 連続観測を行う固定観測局である電子基準点を構築している³⁾。電子基準点は1994年に220点で運用を開始したが、その後増設を続け、現在では約1000点の全国網となっている。これらのデータを毎日つくばにある国土地理院に集めて解析を行っている。得られたデータからは、既に数多くの地球科学的に重要な現象

が捉えられている。たとえば、従来、何か月もかかって測量と解析を行って初めて捉えることができた地震後の地殻変動が、この電子基準点網により地震の半日後に、しかも従前よりもっと高い精度で捉えられるようになった。また、日本列島がプレート運動により年間数センチメートルの割合で動いている様子も見事に捉えられている。

5. 世界測地系を採用する必要性

日本測地系は明治時代に整備されたものであり、現代の精度の高い測位技術への対応が困難になってきている。このため、現代の要求に対応した新しい測地系の構築が必要である。一方、近年急速に普及してきたGPSは世界測地系に準拠しているが、日本測地系を含めた各国の測地系はこの世界測地系と大なり小なり差異があり、特に国境を越えて移動する航空機、船舶などの移動体の位置を地図上で同定する際、複数の測地

図2 日本測地系と世界測地系の差－2－

系の混用を続けると混乱を生じるおそれが大きくなる。このため、国連アジア太平洋地域地図会議、国際民間航空機構、国際水路機関といった国際機関が測位の基準として世界測地系の採用を勧告している。

わが国においても「規制緩和推進3か年計画」（平成10年3月31日閣議決定）において「測量を世界的測地系等に準拠したものとするよう、所要の措置の検討を行う」とこととされている。さらに日本学術会議測地学研究連絡委員会は、我が国の測地系を「可及的速やかに、より高精度で、科学的合理性及び国際的整合性を有する世界測地系に改訂することが望ましい」とし、世界測地系の採用を提言した（平成10年10月28日）。日本測地学会評議会も同様の提言を行っている（平成10

年10月29日）。

一方で、GIS（地理情報システム）の普及により、位置座標をデータベースとして蓄積し、共有化する動きが進んでいる。GIS関係省庁連絡会議中間とりまとめ（平成8年6月）においては、平成11～13年（1999～2001年）度頃を普及期と位置付け、21世紀当初までにGISの全国的普及を進めることとしている。現在の日本測地系に基づいて整備されるGISデータは将来の高精度な位置計測の需要やGPS測位結果との整合性に答えられないため、普及期の期間内のできるだけ早いうちに、位置計測の基準として世界測地系を採用し、これに基づくデータの整備を推進する必要がある。

6. 測地成果2000の構築

そこで国土地理院では、これらの課題を解決し、21世紀に対応できる新しい測地系の構築を進めている。世界測地系に準拠し、電子基準点網を我が国の新たな測地系の骨格として、明治以来維持管理してきた日本測地系の再構築を行っている。我が国のこの新たな測地系を「日本測地系2000」と呼び、この新しい測地系に準拠して国土地理院が管理している一等から四等三角点の座標値をすべて改訂していく。この新しい基準点成果を「測地成果2000」と呼んで西暦2000年の公表を目標に準備を進めている。測地成果2000は世界測地系と完全に整合した精度の高いものとなる。国土地理院ではこれら新しい座標値の計算とその検証を今年度中に完了する予定である。水準点の標高に関しては、現在のところ世界共通の基準がないため東京湾平均海面からの高さという現行の基準そのものは変わらないが、最新の水準測量と重力測量の成果を用いて標高値をすべて改訂する。測地成果2000はこの新しい水準点成果も含んでいる。

7. 測地系の変更が測量・地図に及ぼす影響と対応

7.1 地方自治体等が設置した基準点の位置座標

測地成果2000が適用されると、国や地方自治体が新

規に測量を行う場合はこの新しい測量の基準に準拠して行うことになる。その際、自治体等が設置した既存の基準点については位置座標を測地成果2000に整合するものに座標変換する必要がある。座標変換に必要なソフトウェアは国土地理院が開発し、配布する予定である。

7.2 地図（紙媒体）

新規に地図を作成する際には測地成果2000に準拠した基準点の座標を用いることになる。過去に作成した地図で、新規に作成した地図と接合や照合を行うものは、座標値を測地成果2000に対応するものに変換する必要がある。地図の中の図形が変わるほどの変化は生じないので、地図の内容まで変える必要はない。通常は図郭線上に記された座標値を修正することで対応が可能である。修正のための座標値は国土地理院が提供する予定である。もし図郭線の座標値を端数のつかない切れのよい数値で表示したければ、現在の地図とは図郭線の位置を変えることになる（図3）が、切り替えが真に必要なかどうかについてよく検討すべきである。

7.3 地図（ラスターデータ）

基本的には紙地図と同様の影響があり、それに対して座標変換プログラムにより対応が可能である。デジタルデータであるためある程度の自動化が可能である。通常は画像の四隅の新しい座標値を座標変換プロ

日本測地系

日本測地系2000

図3 新しい測地系での図郭線の切り直し

グラムと与えて、内部の座標はその内挿によって求めることで対応可能と考えられる。ただし、図郭線の座標値を端数のつかない切れのよい数値で表示するためにその位置を切り替えようとする隣接図葉の接合を行うことになるが、図郭線付近の注記等の処理は自動化が困難であり、マニュアルで修正する必要があることが予想される。

7.4 地図（ベクトルデータ）⁴⁾

基本的には、ベクトル形式の地図データベースでは地形・地物が座標値で管理されているため、適切な座標変換プログラムを用いて新座標系へ変換処理を行うことにより測地成果2000への対応が可能であり、本質的な問題は発生しないはずである。しかしながら、現在のGISでは地図データの多くが紙地図の図郭単位でファイル管理されているため、図郭線の座標値を端数のつかない切れのよい数値で表示するために図郭線の切り直しを行おうとすると、図郭接合付近で図形要素の再構成や属性の再付与を行うなどの手間が発生する。図郭線の切り直しが真に必要なでなければ、ファイル単位は変更せずに地図データの座標値のみ変換すればよい。座標値の変換以外にはデータの構造を変えるような負担は生じない。また、座標への要求精度が高くなく、1ファイル区画の範囲では全体が平行移動すると近似できる場合には、全面的にデータを変換するのではなく当該ファイルの平行移動量をファイルのヘッダーに記述し、各図形要素の位置座標はそのままとすることが簡易な方法として考えられる。例えば、ある種のベクトル形式データでは図郭の左下隅に相当する点の座標値をヘッダー情報として与え、図形各点の座標はこの左下隅を原点(0, 0)とする正規化座標として与えている。このような場合には、ヘッダーに記述する左下隅の座標値に変更を加えるだけで対処することも選択肢の一つである。変換は厳密には平行移動でないため、変換後の座標の正確さは多少犠牲に

なるが（ただし、通常の出力図面では判別不能な量）、ファイル内の個々の図形要素をいじらないので変換の手間は大幅に少なくなる。

8. おわりに

現行成果から測地成果2000へ移行するには上述のように座標値の変換などの負担が生じるが、これは一時的なものであり、一度変換すれば以降必要ないものである。測地成果2000が適用される日が来ると我が国の座標値が国際的に共通なものとなり、測量・地図作成に携わる人に限らず、GPSを用いて位置計測を行うあらゆる人々が座標変換という煩わしさや変換の間違いから生じ得る危険性から解放されることになる。また、位置の計測は非常に高精度で効率的に行えるようになることが期待できる。測地系の変更には測量法の改正が必要となるので、国土地理院では測量法改正案を国会に提出すべく準備を進めている。21世紀には、測地成果2000とその骨格たる電子基準点は、世界標準に基づく位置決定を行うためのインフラストラクチャとしての機能を果たしていくことになる。

参考文献

- 1) 横山紘一(1994)：地球回転変動監視のための国際観測事業，「現代測地学」，543-555，日本測地学会。
- 2) Slater, J. A. and S. Malys (1998)：WGS84 - Past, Present and Future, "Advances in Positioning and Reference Frames", IAG Symposia 118, 1-7, Springer.
- 3) 日下正明, 宮崎真一, 後藤勝広, 畑中雄樹(1998)：GPS連続観測システムとその応用, 写真測量とリモートセンシング, vol. 37, no. 2, pp.45-50.
- 4) 村上真幸 (1998)：測地基準系の変更とGIS利用への影響, 地理情報システム学会講演論文集, vol. 7, 183-186.