

地理空間情報社会への GEONET の貢献

キーワード：電子基準点
GEONET
リアルタイム測位
位置情報
GNSS

測地観測センター長

齊 藤 隆

地理空間情報社会への GEONET の貢献

1. はじめに

国土地理院は、測量・地図に関する国の機関として、それらに関する各種の基準の整備・管理等を行っている。位置についても、測量法に基づきその基準を定め、利用者が実際にその基準に沿って位置情報を得ることができるように、各種制度やシステムの整備・管理を行っている。かつて、主たる利用者は測量・地図作製を行う事業者であったが、カーナビゲーションに代表されるような新しい位置測量システムの普及により、一般の人々が位置情報を利用できる社会となってきている。

カーナビゲーションに利用されている GPS は、人工衛星を用いた位置測定システムであるが、国土地理院は、1990 年代のはじめからこれを活用して日本全国の位置の基準を与えるとともに国土の変化を把握するために、電子基準点の観測ネットワークシステムの整備を進めてきた。GEONET と称するこのシステムは、我が国において、いつでも、どこでも、位置の基準に基づく正しい位置を提供するための骨格となるシステムであり、今後も地理空間情報社会の中核としてその機能を果たしていくことが期待されている。

GEONET は、当初の目的である地殻変動の監視や、測量の基準点としての役割だけでなく、GIS データ整備や、航法等の各種分野での参照点としての利用も現実のものとなっている。また、最近では、測量において日本とその周辺のプレート運動に伴う地殻変動による局所的な歪みを考慮する「セミダイナミック補正」の導入でもその中心的な役割を担うと共に、本格的な衛星測位時代の到来に向けた世界的潮流への対応として、精密な測位・測時（時刻同期、時刻認証）の国家基盤としての戦略に積極的に活用することが期待される。

このように、新しい展開が予想される衛星測位システムの世界的な動向を注視しながら、既に全国に 1,200 点余りが整備されている GEONET を軸として、地殻変動の把握、測量の基準点としての役割はもちろん、すべての「モノ」に位置を与える「識別のための共通基盤」への貢献も併せて考察する。

2. GEONET (GPS 連続観測システム) について

GEONET は、全国に設置された 1,233 点 (2007 年 3 月末現在) の電子基準点 (GPS 連続観測局) と茨城県つくば市に設置された GPS 中央局とからなる、測量と地殻変動監視を本来目的とする、国土地理院による GPS 連続観測システムである (図-1)。



図-1 GEONET

電子基準点は、米国が運用している GPS 衛星からの電波を受信し、その観測データを記録するとともに、中央局に送信している。現在、ほとんどの電子基準点が、IP-VPN によって中央局と結ばれ、1 秒毎のデータをリアルタイムで送信している。

中央局は、全国から送られる電子基準点のデータをデータベースに格納・登録するとともに、種々の利用者のニーズに応じた形で提供しており、GPS を用いた各種測量等に広く利用されている。また、定期的に解析を行い、すべての電子基準点の位置やその変化量を求めて公開しており、国土地理院や他の防災関係機関、学術機関等によって地殻変動の監視等に活用されている。

2.1 電子基準点

電子基準点は、GPS 衛星の電波を常時受信している連続観測局である。三角点や水準点等と同様に、測量法で定められている永久標識の一種であり、GPS アンテナ取り付け部の中心位置の座標値が、測量法に基づく測量成果として公開されている。電子基準点を既知点として GPS 測量を行う場合、電子基準点のデータを用いることにより、新点で GPS 観測を行うだけでよいため、従来よりも迅速かつ効率的に測量を行うことが可能となる。

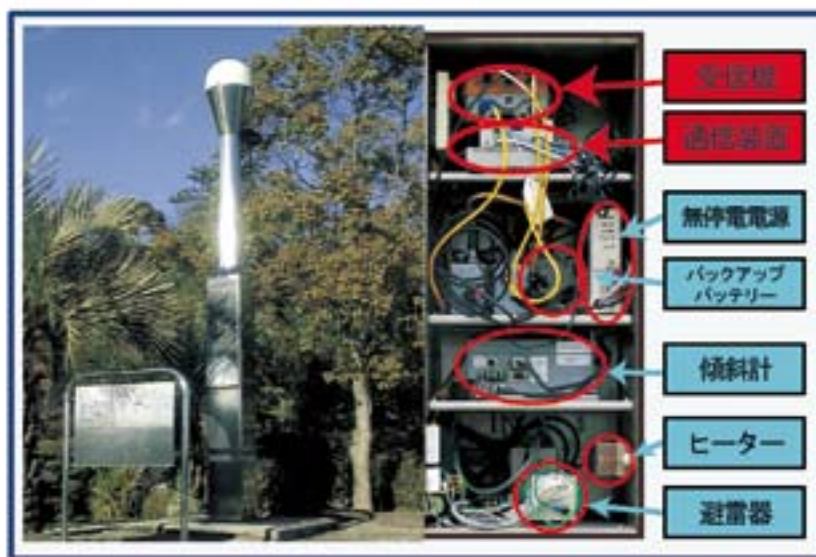


図-2 電子基準点の外観と内部に設置されている機器

一般的な電子基準点の外観は高さ約 5 m のステンレス製の柱で、その頂部に GPS 衛星からの電波を受信するアンテナが設置され、柱の内部に GPS 受信機、通信用機器等が格納されている（図-2）。また、一部の電子基準点では、災害による停電時にもその機能を維持するための大容量のバックアップ電源や、地震等による電子基準点自体の傾斜を迅速に把握するための傾斜計を設置している。

電子基準点を受信したデータは、1 秒毎のデータがリアルタイムで茨城県つくば市の国土地理院測地観測センターが管理する中央局に送られるとともに、30 秒毎のデータが受信機内部に記録され、通信障害等でリアルタイムデータが送信できなかった場合も、最低限のデータは失われないようになっている。

これらのデータを用いて、すべての電子基準点の位置が定常的に求められており、その情報は地殻変動解析に利用されるとともに、基準点利用者へのデータ配信等にも用いられている。

なお、基礎に埋設されている金属標中心の座標値も測量成果として公開されており、GPS を用いた測量以外でも利用できるようになっている。また、一部の電子基準点では、金属標の標高を水準測量によって定めており、二等水準点としての機能も併せ持つようにしている。

2.2 電子基準点の形状

国土地理院は、1990 年代初頭から電子基準点を逐次増設してきており、それまでの使用実績をふまえて、常に改良を加えてきている。

その一例として、太陽輻射による柱の変形への対応が挙げられる。わが国の電子基準点は、周辺の

樹木や建物等による上空視界の制約を低減するために、約5mの柱の頂部にアンテナを設置している。その柱の変形が測定誤差となるが、太陽輻射による不均質な熱膨張による変形が当初から懸念されており、それを少しでも抑えるために熱伝導性が高いステンレスを用いていた。その結果、太陽の動きによって生じる日周変化は最小限に抑えられ、24時間平均値で提供される位置データはcm精度での測定ではほとんど問題とならなかった。

しかし、観測精度が高くなり、また災害対応のため短時間でのデータによる迅速な地殻変動の提供が必要となってくると、そのわずかな変形も無視できなくなってきたため、最近設置している電子基準点は外板を二重化して太陽輻射の影響をさらに抑えるようにしている（図-3）。



図-3 電子基準点の形状の推移



図-4 特殊な電子基準点

また、設置場所の特殊条件から、通常とは異なる形状としているものもある（図-4）。例えば、南鳥島など、商用電源の供給や通常の通信回線への接続が困難な場所では、太陽電池による電源設備や衛星携帯電話を用いた通信装置を備えている。

また、沖ノ鳥島では激しい風や波に耐えるため、背の低い形状とするとともにチタン合金製の施設を用いて機器を保護している。富士山頂では、強風に耐えるため特に堅牢な構造としている。

2.3 中央局の役割

茨城県つくば市にある国土地理院宇宙測地館に、GEONETの頭脳となるGPS中央局が設置されている（図-5）。



図-5 宇宙測地館とGEONET中央局

GPS中央局では、常に全国の電子基準点の状況を監視するとともに、リアルタイムデータの処理、

地殻変動の解析，GPS データやそれを解析して得られる地殻変動データの提供等の多様な業務を行っている。さらに，地震や火山活動等の発生時には，必要な職員が緊急参集し地殻変動情報を地震調査委員会等の関係機関に提供する体制をとっている。

このような重要な役割を担う GPS 中央局は，仮に GPS 中央局自体がなんらかの障害を受けた場合でも，常にその機能を発揮できる状態になければならないことから，遠隔地におけるバックアップデータの保管，システムの二重化などセキュリティの向上を図ってきている。

3. GEONET の役割

GEONET は，わが国の国土全域において，常に正確な位置を測定し，記録し，提供している。その主な役割は，①位置基準の管理と提供，②地殻変動の監視とその情報の提供，③位置情報サービス等へのリアルタイムデータの提供である。

3.1 位置基準の管理と提供

現在，我が国で用いられている測量の基準は測量法で定められる世界測地系に基づいているが，その構築においては，電子基準点のデータが骨格として用いられている。現在，国土地理院が管理し，提供している測量成果は，1997年1月1日零時（世界時）における電子基準点の位置座標を基に，すべての三角点の座標値を求めたものであり，その当時，利用可能な最新の観測データを用いて算定した最も精度の高いものといっている。

しかしながら，我が国は世界的に見ても地殻変動が極めて活発な地域にあり，年間の変動量が数cmに達する地域も多い。地震や火山活動があれば，数10cmから1mを超えるような位置変化を生じることもある。位置の基準となる測地基準点も国土とともに常に変動しているため，その成果は時間とともに実際の位置とあわなくなってくる。

この定常的な変動量を補正することができれば常に精度の高い位置基準を提供していくことが可能と思われるが，これまでは技術的に極めて困難であった。

現在では，電子基準点が全国の位置変化を常に捉えている。そこで，それを用いて国土の変形をモデル化すれば，電子基準点以外の基準点についても定常的な変動量を補正し，高精度の位置基準として使うことが可能となると考えられる（図-6）。国土地理院では，電子基準点やその他の測地基準点の変動データを用いて，そのような高精度な位置情報を常に提供できるようにするための位置情報基盤の実現を目指して検討を進めているところであり，電子基準点はその最も重要な骨格となるものである。

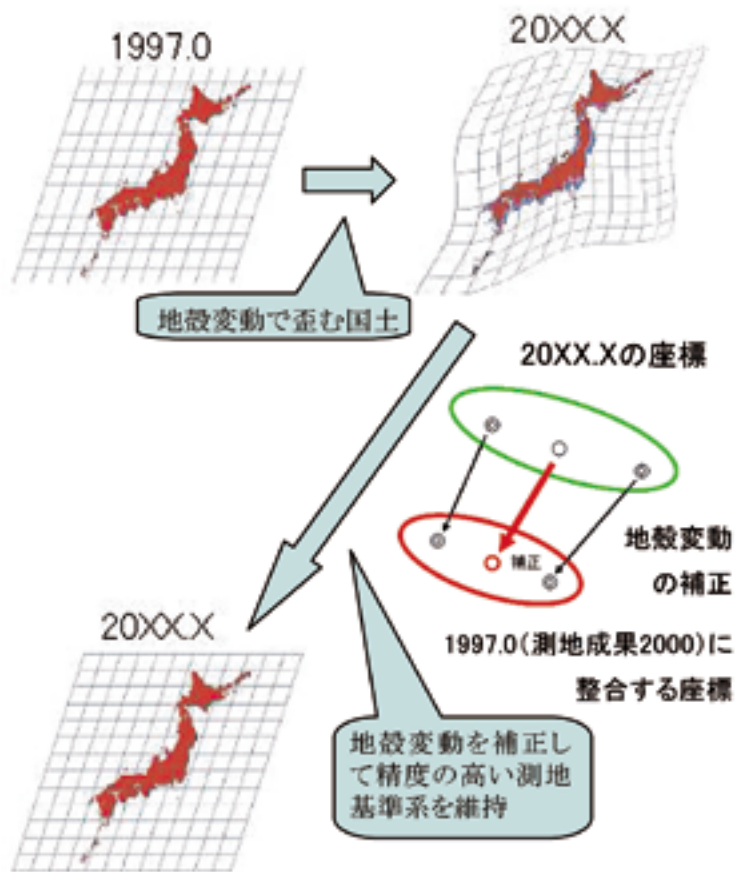


図-6 地殻変動による位置情報の劣化と補正

地震や火山活動などの地殻変動による座標値のずれが、このような補正で対応できないほど大きく複雑になったときには、その都度、電子基準点を基準として他の測地基準点の再測量を行う等の方法により、必要な地域の基準点成果を改定することになる。このような場合でも、電子基準点を用いることにより、成果を速やかに改定することができる。例えば、今年3月の能登半島地震では基準点も移動したため、地殻変動が大きかった地域の電子基準点5点、三角点369点の測量成果の公表を停止した。現在三角点については、成果の改定に向けた再測量を実施中であるが、連続観測を行っている電子基準点については、地震後のデータにもとづいて成果を更新し、4月23日から公開している。そのため、電子基準点を用いたGPS測量は既に可能となっている。加えて、電子基準点を既知点としてGPS測量を行う場合、新点でGPS観測を行うだけで十分であるため、従来よりも迅速かつ効率的に測量を行うことが可能であり、災害復旧に必要な基準点の復旧測量も迅速に行うことができる。

3.2 地殻変動の監視とその情報の提供

国土地理院は、GEONETで取得されたデータをもとに、地震や火山活動等に関わる地殻変動を把握し、そのメカニズムを明らかにしている。しかしながら、GPSによる地殻変動観測の結果は、電離層、大気、周辺の環境など電波を攪乱する要因の変動によってバラツキが生じるため、精度の高いデータを提供するには、長時間の観測を平均処理することによって変動の影響を抑えることが必要である。一方、災害対応などでは迅速に結果を得ることが極めて重要である。このため、国土地理院は、緊急解析、迅速解析、速報解析、最終解析等、複数の解析手法を用いて、即時性と高精度の両立を図っている（図-7）。

緊急解析とは、地震等による地殻変動が生じたと推定できる場合、発生後2時間程度の観測データを用いて、地殻変動が想定される地域における概略の変動を把握するものである。観測データが少ないため精度は多少劣るものの、当該地域において大きな地殻変動が発生している場合は、その状況を把握するには十分な精度を有するものである。迅速解析は、3時間毎に最新の6時間データを用いて解析するもので、全国の電子基準点を対象として定期的に行っており、火山活動に伴う地殻変動など、比較的短時間で変化する地殻変動の監視等に用いられる。速報解析は、24時間の観測データを用いて毎日の位置変化を求めるもので、全国の定常的な地殻変動の把握等に用いられる。1日のデータを平均化するため、気象状況の変化等による誤差を軽減できるため、安定した結果を得ることができる。最終解析は、IGS（International GNSS Service）が全世界のGPS観測データを用いて2～3週間後に算定する高精度なGPS衛星軌道情報を用いて再度位置の計算を行うもので、現時点で最も精度の高い位置情報である。高い精度を必要とする精密な測量や地殻変動の研究等に利用されている。

GEONETが捉えた地震や火山活動に伴う地殻変動の例を紹介する。



図-7 解析手法と即時性及び精度との関係

[例1] 平成15年(2003年)十勝沖地震に伴う地殻変動

平成15(2003)年9月26日4時50分頃、平成15年(2003年)十勝沖地震(マグニチュード8.0)が発生した。国土地理院は、GEONETのデータを解析し、電子基準点「えりも2」が南東へ約1m水平移動するなど、北海道南東部を中心に広範囲で大規模な地殻変動を確認した(図-8)。

この地殻変動から、震源断層の形状を長方形としてモデルを推定したところ、断層面の向きがほぼ北西-南東方向、長さ約86km、幅約83kmで、南東から北西に傾き下がる低角の逆断層(傾斜角22度)であることがわかった。上端部の深さは約20kmで、断層の北端は音別町の南約20kmに位置し、断層運動は、北西側が南東側にのり上げる逆断層、すべり量は約5mであった。

GEONETによる地殻変動観測結果は、政府の地震調査研究推進本部の地震調査委員会に報告され、気象庁や他の研究機関による調査観測等結果と併せて検討のうえ、この地震が、この地域で想定されていたM8クラスのプレート境界地震であるとの評価結果に反映された。これを受けて、同年11月、今後30年以内に60%程度と評価されていたM8クラスの地震の発生確率が0.03~0.2%と改訂された。

また、この地殻変動により北海道の南東部の測地基準点が大きく動いたため、国土地理院はこの地域の主な測地基準点(電子基準点、三角点、水準点)の再測量を行い、平成17年11月までに電子基準点72点を含む約7900点の基本測量成果を改定した(図-9)。

[例2] 平成12年(2000年)有珠山噴火に伴う地殻変動

平成12(2000)年3月31日13時8分頃、有珠山の西山山麓から噴火が始まった。火口周辺に岩塊を含む碎屑物を放出、噴煙は高度3500mまで達し、風下の北東側に降灰、75km離れた千歳でも微量の

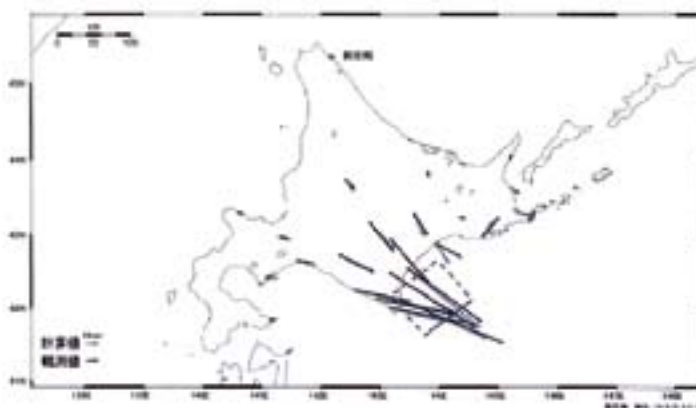


図-8 平成15年(2003年)十勝沖地震に伴う地殻変動(四角形は断層モデルの位置を示す)

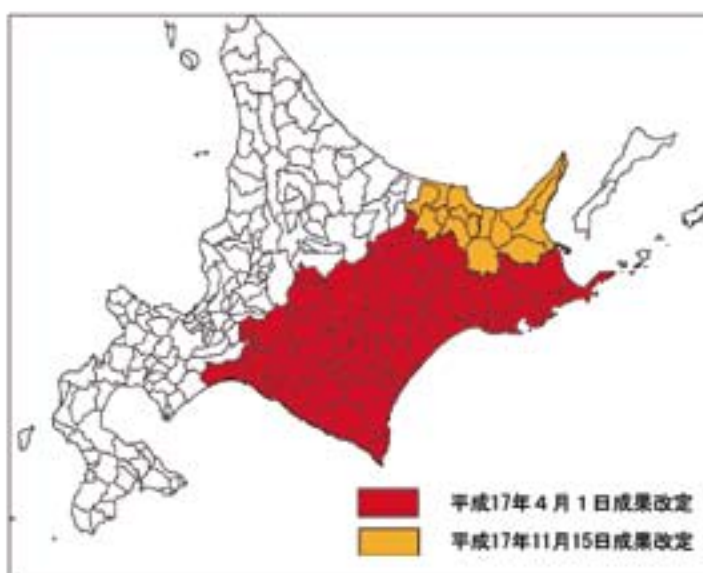


図-9 平成15年(2003年)十勝沖地震後に基準点成果を改定した地域

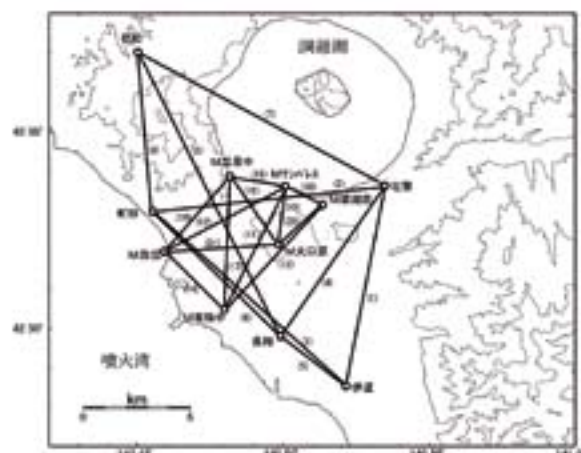


図-10 有珠山周辺のGPS観測

降灰があった。この日の噴火による噴出物量は24万トンと見積もられている。

有珠山では、噴火に先立つ同年3月27日から地震が徐々に増加、翌28日から有感地震が発生し始めた。国土地理院は、有珠山周辺の電子基準点等（図-10）を用いて、3時間毎に最新の6時間の観測データによる解析を行い、30日までに電子基準点「伊達」、「壮瞥」、「虻田」間の距離が約1cm伸びていることを把握した。この情報は気象庁に報告され、気象庁や大学等による地震観測データ等と併せて検討した結果、「噴火の可能性が高い」旨の緊急火山情報が29日から30日にかけて2回発せられることとなった。その後、上記の電子基準点間の距離について、30日から急速な縮みが観測され始め、31日の噴火に至った（図-11）。GEONETは地殻変動が沈静化する様子も明確に捉えており、適切な時期に避難解除を行うための情報ともなった。

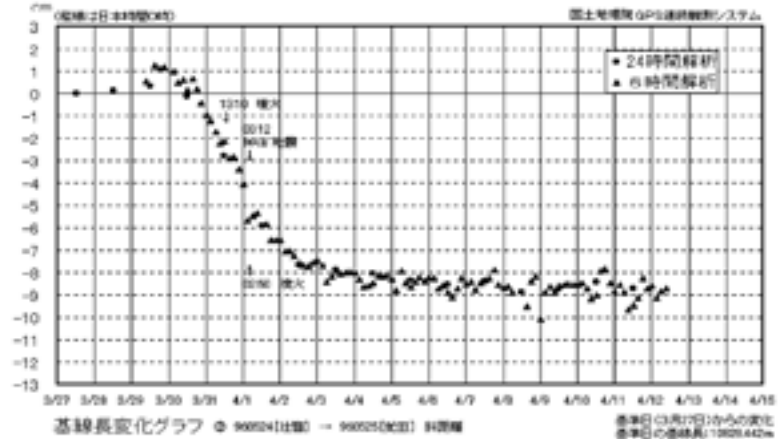


図-11 電子基準点が捉えた地殻変動

【例3】平成19年（2007年）能登半島地震に伴う地殻変動

最近の例として、平成19年（2007年）3月25日9時42分頃に発生した平成19年（2007年）能登半島地震（マグニチュード6.9）による地殻変動を示す。GEONETは、この地震で電子基準点「富来」が西南西へ約21cm移動する等の変動を検出した（図-12）。

国土地理院は、そのデータを用いて震源断層のモデルを算定し公開した。震源断層の形状を長方形として推定したモデルによると、断層面の向きがほぼ北東-南西方向、長さ約21km、幅約14kmで、北西から南東に傾き下がる逆断層（傾斜角63度）であることがわかった。上端部の深さは約1.2kmで、断層運動は、南東側が北西側にのり上げる逆断層であるが、右横ずれ成分を含んでいる。すべり量は約1.7mであった。これらのデータは、その後得られた他の観測データも含めて更新されているが、大きな変化は無く、初期段階で得られる情報として十分な精度を有しているものといえる。

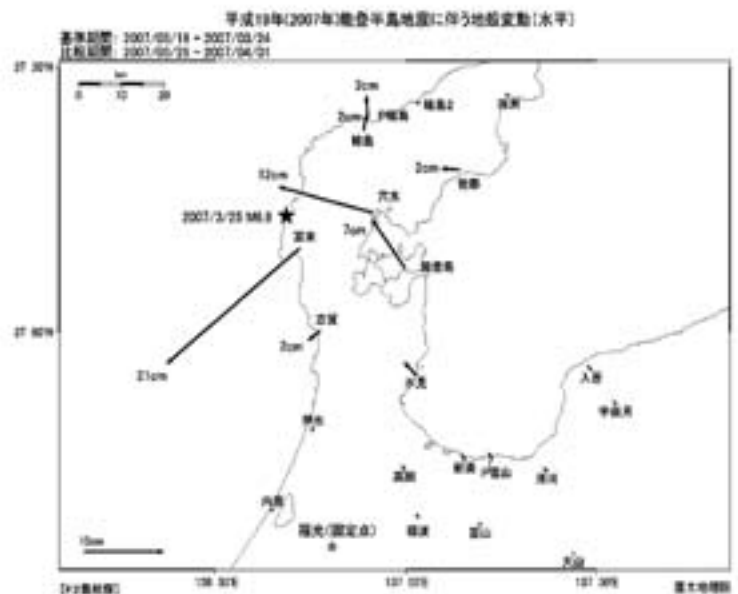


図-12 電子基準点が捉えた平成19年（2007年）能登半島地震に伴う地殻変動

3.3 位置情報サービス等へのリアルタイムデータの提供

上記の30秒毎のデータを使用して行う解析の他に、GEONETは、迅速な地殻変動の把握を目的として1秒毎のリアルタイム観測データを取得しているが、そのデータは民間の配信事業者を通じて

多くのユーザーに提供されており、電子基準点を既知点とするGPS測量がリアルタイムで行える環境が整っている。電子基準点が取得した1秒毎のリアルタイムデータはIP-VPN網を通じて国土地理院のGPS中央局に送られているが、そのデータはデータ提供を行っている日本測量協会に分配され、民間の配信業者へ提供されている。日本測量協会はリアルタイムデータのチェックや、配信業者への情報提供等の業務を行っている。配信業者は、測量協会から提供されるリアルタイムデータを用いて、それぞれの事業者が必要な処理を行い、付加価値をつけてユーザーに提供している（図-13）。

電子基準点のリアルタイムデータは、測量ばかりでなく、各種の位置決めやナビゲーション等、既に多くの分野での利用が行われている。

具体的には、災害時における迅速な現状の把握、その後のライフライン等の復旧作業にお



図-13 電子基準点リアルタイムデータの流れ



図-14 振動ローラーに取り付けたネットワーク型RTK装置



図-15 車椅子に取り付けたネットワーク型RTK装置

る迅速な測量作業でも活用されている。土木・建築分野では、作業効率向上に加えて、土木作業機械の無人運行支援（図－14）に用いることで、作業時の安全コストの向上に役立っている。また、海上の砂杭打設や海底掘削、豪雪地域の除雪作業など目印がわかりにくい作業のときに活用されている。

福祉分野では、高齢者・障害者の移動支援を目的として、GPSのリアルタイムデータとICタグ、赤外線・FM通信と組み合わせた実証実験などが各所で行われている（図－15）。また、子供の安全対策にも導入が開始されはじめている。

現時点では測量以外の分野での利用は1割程度であるが、より広範な分野で、その利用が期待されている。今後、位置情報基盤としての電子基準点の役割も一層大きくなると考えられる。

4. GEONETを巡る新たな展開

4.1 地理空間情報活用推進基本法案とGPS測位技術

平成18年度に、地理空間情報活用推進基本法案が議員立法により国会に提出され、現在審議中である。この法案において、空間上の特定の位置を示す情報とこれに関連づけられた情報を「地理空間情報」と定義し（第2条第1項）、その活用の推進に関する施策を総合的かつ計画的に推進することを目的としている（第1条）。この法案の背景には、GPSに代表される測位技術や、地理情報システム（GIS）や携帯端末の技術の発達により、いつでも・どこでも・だれでも位置情報を取得でき、それを活用できるようになったことがある。

実際、単に位置を知るだけでなく、それをキーとして相互に参照される多種多様な情報を、個人レベルで随時双方向で通信し操作し得るといふ社会の実現に必要な要素技術は既に出そろっている。広く普及している携帯電話を用いた位置情報サービスや地図配信、ナビゲーション等の技術も広く利用されるようになってきており、携帯電話に付属しているカメラで撮影した画像に位置情報をつけて、ネットワークを通じて通信することも容易にできるようになっている。GPS付の携帯端末を用いて、歩行者の位置を自動車に伝えて危険を回避するシステムの研究も進められている。

このように、自由にかつ容易に誰でもが位置情報を取り扱えるようになると、その位置情報を相互に矛盾無く利用するための共通基盤となる地図情報が不可欠となる。地理空間情報活用推進基本法案においても、電子地図上で地理空間情報の位置を定めるための基準として基盤地図情報という概念を導入し、国や地方公共団体にその整備・更新などに必要な施策を講ずることを求めている。すべての位置情報が共通の基準に基づいて整備されれば、広範な分野で情報の共有や相互の利用が一層容易になり、新たな情報サービス等の産業の発展も期待される。

世界測地系の導入により、現在、我が国で作成される測量成果は、GPSによる座標値と整合的になっている。したがって、GPSを用いた測位・測量によって整備された地理情報は、共通基盤となる地図情報や、他の地理情報と誤差の範囲内で整合することになる。そのため、今後、地理情報へのニーズが高まるにつれて、GPSの利用がますます増加していくと思われる。

4.2 より迅速・簡便な位置情報の取得に向けた検討

位置情報を組み合わせて利用していく上でこれまで以上に重要になってくるものに、情報の鮮度がある。特に変化の激しい社会においては、共通に使われることの多い地理情報については、常に現実とあった情報を維持していくことが求められるであろう。

現在、多くの地理情報は地図のデジタル化により作成されているが、地図を作成するには多くの時間と多額の費用を要することが一般的であり、これが地理情報の迅速な更新を困難にしている。これらの問題を解決するためには、共通の基盤に準拠した位置情報を、なるべく簡便にかつ効率的に得るための

技術が必要となる。例えば、GPSの単独測位なみの簡便な技術でcm精度の測位が可能となれば、地理情報の位置精度の検証やその修正が、より迅速・容易に行えるようになるであろう。当然ながら、まったく新たに地理情報を作成する場合でも、位置座標を簡便に得ることによるメリットは計り知れない。

今後、需要が大きくなると思われる大縮尺の地図の位置情報管理や、それを用いた高精度な位置情報サービスのためには、数cm～数10cmの精度が必要となろう。GPSによる単独測位の精度は数10m、D-GPS技術では1m程度と見積もられている。これらの技術はリアルタイムで位置が決定できるが、精度は大きく不足している。一方、GPS測量で用いられるスタティック法ではcmレベルの高精度が得られるものの、観測に時間がかかる。

一つの可能性はRTK-GPS測量技術であろう。現状では、条件がよければ数cm程度の精度が得られるものの、電離層の状態や周囲からの反射波の影響を強く受けるため、観測の条件によってはしばしば測定値の飛びがみられるなど、まだ改良の余地はある。地理情報の取得やその維持に有効な技術としてGPSを用いるためには、何らかの補正技術によって、精度向上を図る必要がある。

それを実現するためGEONETが大きな貢献をすることが可能と考えている。先に述べたように、GEONETのリアルタイムデータは既に配信機関を通じて、3社の配信業者へ提供されている。配信事業者では、これらのリアルタイムデータを利用して補正情報を生成し、利用者へ提供することで従来のRTK-GPSより安定したネットワーク型RTK-GPS測量が行えるようになっている。ネットワーク型RTK-GPSでは、利用者は携帯電話等を通じて配信事業者と通信を行い、観測位置における補正情報を取得することでより信頼性の高い結果を安定して得ることができる。また、例えば電離層の状態に関する補正情報等をGEONETの観測データに基づいて作成し、観測データと同時にリアルタイムで一般に提供することが可能となれば、cm精度でのリアルタイムな位置決定を、容易に利用できるようになるであろう。国土地理院では、今後、そのような高精度な補正情報をリアルタイムに生成し、配信するための技術的な可能性について検討していくことにしている。

4.3 いつでも・どこでも・だれでもの実現のために

国土地理院の第6次基本測量長期計画（平成16年～平成25年）では、位置情報基盤の整備と利活用の推進、及び電子国土基幹情報の整備と利活用において、「いつでもどこでもだれでも…」を掲げ、位置情報、地理情報を簡便に扱えるようにすることを謳っている。この実現に向けて、位置情報が簡易に得られるツールとして、GEONETの役目を改めて考えてみたい。

現在、GEONETによるGPS観測データは、国土地理院からのWebサーバー等による30秒サンプリングデータの提供、民間の配信業者による1秒サンプリングリアルタイムデータの配信等が行われている。電子基準点の測量成果としての位置（1997年1月1日現在の位置座標）は測量法に基づく測量成果の公開の一環として行われているが、その変化の情報は地殻変動情報として公開されており、災害対応や研究、基準点管理等のために利用されている。

より多くの人々が、GEONETを利用して容易に高精度な位置情報を利用できるようにするためには、最新の位置情報や観測データをより簡単に得られるようにしなければならない。そのためには、外出先からも簡単にアクセスできるような携帯端末に対応した情報提供も考えていくべきであろう。このようなデータ利用のシステムを国が直接運営するか否かは十分な議論が必要と考えられるが、より精度よく、低コストで情報を作成、提供できるような技術的な検討を進めていかなければならないだろう。

4.4 識別のための共通基盤（精密な測位・正確な時刻管理）への貢献

上記の課題が克服され、容易に高精度な位置情報や正確な時刻スタンプが得られることを前提に、

新たな空間情報社会の構築も提唱され始めた。すべてのモノに位置を与えることによる新たな流通機構等への貢献や、測位衛星搭載の原子時計を利用した電子文書等への時刻認証のための研究開発が、それぞれ先端技術として大学や政府関連機関で進んでいる。

国土地理院としても、測量・測位分野の進展を見据え、社会インフラとして整備すべき方向を多方面から検討していく必要がある。

5. 新たな衛星測位システムへの対応

アメリカ合衆国が開発し運用する GPS は、以前より広く使われてきた衛星測位（GNSS）システムである。これに対して、EU は独自の GNSS である Galileo 計画を進めており、平成 19 年 3 月現在 1 基の試験衛星が打ち上げられている。Galileo 計画にはヨーロッパ以外の諸国も参加を表明している。また、ロシアは、旧ソ連時代から運用してきた ГЛОНАСС（Glonass）を再建、拡充しつつあり、中国も独自の測位衛星「北斗」の配置を進めている。

日本でも、準天頂衛星システム（QZSS：Quasi-Zenith Satellites System）を用いた衛星測位システムの計画が進められている。このシステムは、傾斜した軌道面を持つ地球同期衛星を用いて日本の天頂付近に衛星を常に配置しようとするものである。基本的に GPS と同じ電波を発信することで GPS を補完するもので、QZSS と GPS を併せて利用することにより、位置測定の際の増大や精度の向上を図るものである。常に日本の天頂付近に衛星を配置するためには最低 3 基の衛星が必要とされているが、当面 1 基の衛星を用いて技術実証・利用実証を行う計画が進められている。

さらに、GPS も民生利用をさらに強化し、測位精度の向上を目的として、新たな測位信号を送信する次世代 GPS 衛星の打ち上げが開始されており、平成 19 年 3 月現在、3 機の次世代 GPS 衛星が稼働している。

これらの GPS、Galileo、Glonass といった複数の衛星測位システムを複合して受信、解析処理することで、測位可能範囲の拡大、位置決定時間の短縮、測位解の精度向上を目指すハードウェア、ソフトウェアの開発が進められている。今後は、これらの複数の GNSS を活用することにより、今までより容易に、高精度の位置測定が可能になっていくと考えられる。国土地理院は、これら新しい GNSS の動向を見据えつつ、我が国の位置情報の基盤として最適な GEONET の姿を常に求め続けていく。

参 考 文 献

- 測地観測センター（2004）：電子基準点 1200 点の全国整備について、国土地理院時報，103，1-51
柴崎亮介（2007）：空間情報社会の展望，THE JOURNAL OF SURVEY 測量，2007.3，14-18