次世代 GEONET の構築（第 3 年次）

実施期間	平成 26 年度～平成 28 年度	
測地観測センター電子基準点課	阿部　聡	高松　直史
	石川　典彦	山口　和典
測地観測センター衛星測地課	鎌苅　裕紀	畑中　雄樹
測地観測センター	川元　智司	

1. はじめに

測地観測センターでは，地殻活動の監視のために電子基準点の日々の座標値を算出しており，現行の解析システムは平成 21 年から運用の始まった解析戦略（第 4 版）である（中川ほか，2009）．日々の座標値は世界測地系に準拠した値を算出しているが，開発当時から 2 回の座標値の更新があり，現行の ITRF2014 からはやや乖離した値を算出している．この差を解消するため，電子基準点課では新解析戦略の開発を行ってきた．近年，GPS だけでなく GLONASS や Galileo，QZSS といった複数の測位衛星が登場しており，それに対応するべく電子基準点のマルチ GNSS 化が進んでいる．平成 25 年までにはほぼ全ての電子基準点で GPS に加えて GLONASS も受信可能となった．この背景を踏まえ，新解析戦略においては GLONASS を含めたマルチ GNSS での解析を行う予定である．

解析は戦略ごとに分類されており，現行の解析戦略はそれぞれ，迅速解（Q3 解），速報解（R3 解），最終解（F3 解）と呼ばれる．これらは，解析に使用するデータの期間，衛星の暦の精度が異なったものとなっている．今回の開発では，まず最終解を最新の解析戦略（第 5 版）のもの（以下「F4」という.）に更新し，それ以外の解析戦略を順次更新していく予定である．F4 解析の大きな変更点は，①基準座標系を ITRF2014 に更新し，②GPS に加え GLONASS 単独及び GPS と GLONASS の統合解析を実施するほか,③大気遅延量モデルを実際の気象条件を考慮したモデルに更新する点である.今回は，今年度実施した取り組みについて報告する．

2. 研究内容

GEONET の日々の座標値の解析では，特に最終解（F3 解）の算出において，以下の手順を踏む．①日本周辺の IGS 観測局から，電子基準点「つくば 1」の座標値を計算（以下「固定点解析」という.）し，②「つくば 1」を解析固定点として全国の GEONET 点の座標を計算（以下「定常解析」という.）する．今年度開発している F4 解析においても上記の手順を踏襲するが，より安定した解を得るために，それぞれの解析について以下のような検証を行った．

2.1 固定点解析

固定点解析では，解析ソフトウェアとして GAMIT ver10.32/GLOBK ver5.12 を使用し，アジア・太平洋地域の IGS 観測局を与点として拘束を強くする地域解析を行うことで,「つくば 1」の座標値を日本周辺において地域的に整合させる手法を採っている．IGS 観測局の座標値は，ITRF2005 座標系の初期座標と速度から計算されており，そのため「つくば 1」の座標は ITRF2005 に整合したものとなる．しかし，現在までに国際地球基準座標系が ITRF2008，ITRF2014 と 2 回更新されている一方で，F3 解析においては，以前の座標系を未だに使い続けているため，そのズレが目立ってきている．更に，拘束点の数が少ないことから，各拘束点が解析固定点に及ぼす影響が大きく，例えば 1 点の IGS 観測局が欠測であった場合に,「つくば 1」の座標値に跳びが生じることがある．この問題を解決するため，F4

解析では，IGS 観測局の拘束を緩くする一方で，解析に使用する局数を全球的に増やす解析（以下「グローバル解析」という.）の導入を検討している．今回は，グローバル解析に使用する解析局数を変更し，解析の安定性を評価する．

2.2 定常解析

GEONET 全点の解析では，解析ソフトウェアとして Bernese ver5.2 を使用し，「つくば 1」を固定して，全国の GEONET 点の座標を求める．F4 解析では，F3 解析から解析ソフトウェアのバージョンが上がり，最新の大気遅延量モデルが使用可能となっている．電子基準点では，平成 25 年までにほぼ全ての点でマルチ GNSS 対応が完了し，GLONASS データの取得を開始している．F4 解析では，GPS に加えて GLONASS の解析も実施する．測位衛星システムによって観測履歴やノイズの特性が異なるため，GPS と GLONASS を独立に解くことにする．また，独立に解くことで衛星系間のクロスチェックが可能になるといった利点もある．解析においては，観測方程式を立てて正規方程式を導き，最小二乗法により解く方法を採用する．GPS 及び GLONASS のそれぞれで得られた正規方程式を結合することで，ISB を考慮しなくてもよい結合解を得ることができる．F4 解析においては，GPS 単独解，GLONASS 単独解，GPS+GLONASS 結合解，の 3 種類の座標値を算出する．

以上の種類の解析を行うが，GLONASS 単独解析結果はノイズが大きく，とりわけ「つくば 1」を固定したとき遠方に行くほどに 8 日周期で振動するノイズが卓越する（図-1）．

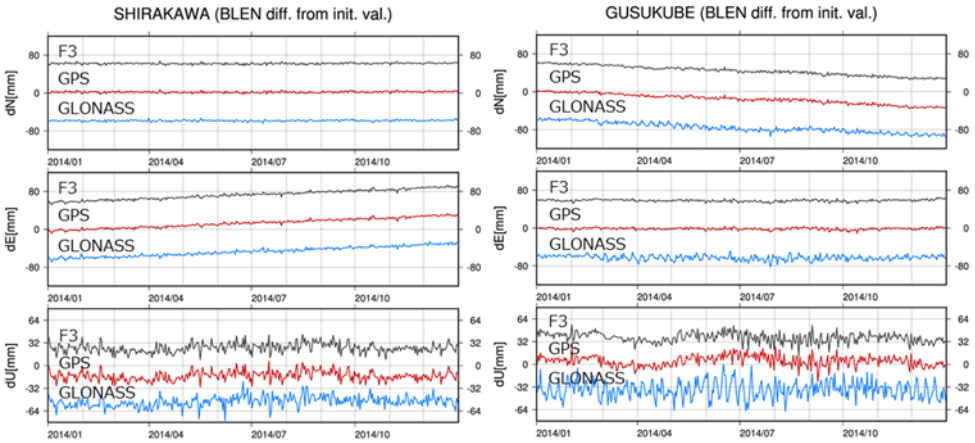

図-1　つくば 1 からの基線長の変化（左：白河（福島県），右：城辺（沖縄県））

畑中（2015）によると，これらの座標値の振動は，GPS 解に対し，GLONASS 解の観測点配置の幾何学的な変換（特に回転成分）によって吸収できる性質のものであるため，GLONASS の系の単純な幾何学的変換，Helmert 変換パラメータを介することで吸収できるはずである．そこで，正規方程式レベルでの結合を行う際，GLONASS の正規方程式にのみ Helmert 変換パラメータを追加して結合することを検討した．

3. 得られた成果

3.1 固定点解析の安定化の検討

グローバル解析の安定性を見るため，①全球的に分布した 296 点の IGS 観測局のデータを使用した場合と，②観測点を大幅に間引いて 76 点の IGS 観測局のデータを使用した場合で固定点解析を実施し，現行の固定点解析（地域解析）と比較した．解析に使用したソフトウェアは GAMIT ver10.6/GLOBK ver5.29 で，基準座標系を ITRF2008 として計算している．今回は「つくば 1」ではなく，国土地理院

の運用している IGS 観測局の一つである「TSKB」の座標を算出した．解析期間は平成 25 年（2013 年）から平成 26 年（2014 年）の各週の日曜日とした．解析結果は局所座標系の東西方向（E），南北方向（N），上下方向（U）の時系列で得られるが，座標値は地殻活動に伴い定常的に変化するため，各成分について線形近似を行い，近似式からの差について RMS を計算することで評価を行った．その結果を表-1 に示す．

表-1　グローバル解析の安定性評価

	E 方向 [mm]	N 方向 [mm]	U 方向 [mm]
グローバル解析（296 点使用）	2.0	2.0	5.7
グローバル解析（76 点使用）	3.1	2.3	5.8
地域解析（現行：20 点使用）	3.1	2.6	7.8

表-1 から，現行の地域解析よりもグローバル解析の方が，特に U 方向において RMS の値が小さいことがわかる．これは，跳びが少なくなったこと，安定して解析が行えていることを意味しており，グローバル解析が安定性の面で有効であることを示唆している．以上のことから，F4 解析においては固定点座標の算出にはグローバル解析を導入する．

3.2 GPS と GLONASS の結合における GLONASS の 8 日周期ノイズの低減についての検討

Bernese の正規方程式を解くプログラムでは，複数の正規方程式を結合したり，Helmert 変換パラメータを追加したりすることが可能である．そこで，GPS と GLONASS をそのまま結合する場合と，GLONASS にのみ Helmert 変換パラメータを追加して結合する 2 通りの解析を実施したが，結果としては 8 日周期の影響が吸収されていないように見える．図-2 に，つくば 1－城辺（沖縄）基線における，GPS 単独解と GLONASS 単独解の図（左）及び GPS と GLONASS の結合解と Helmert 変換パラメータを追加した結合解，両者の残差の図（右）を示す．描画期間は平成 26 年（2014 年）の 1 年間で，局所座標系に変換した上で，見易さのためにそれぞれの解析結果にオフセットを加えて描画している．結合解の結果は，GPS 単独と比較しても遜色なく，特に上下成分においては，夏季に改善が見られて

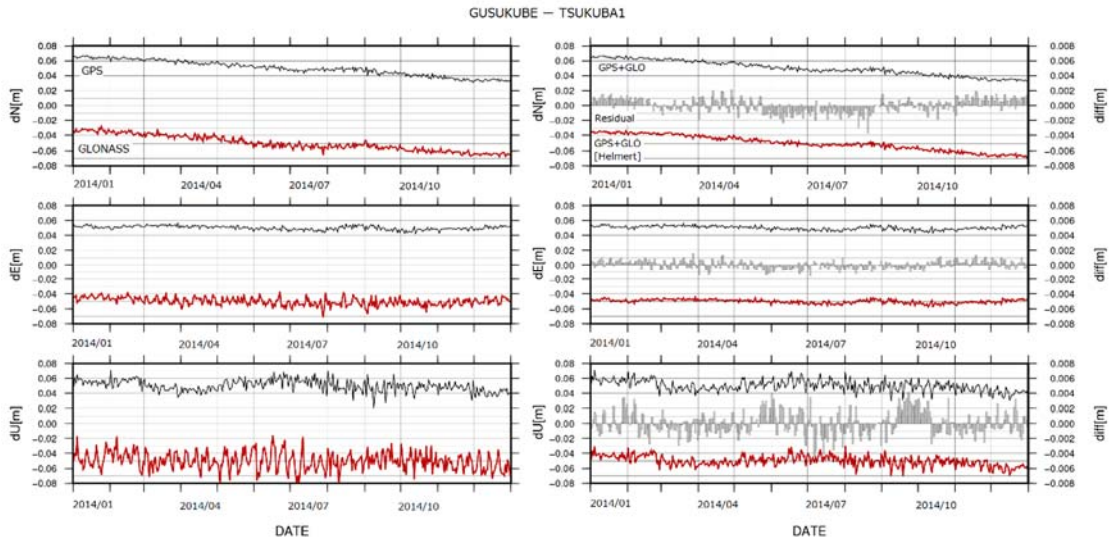

図-2　つくば 1－城辺基線における，GPS 単独解と GLONASS 単独解（左）及び GPS+GLONASS 結合解と GPS+GLONASS（Helmert 変換）結合解と両者の残差（右）

いる．また，結合解の結果は，Helmert 変換パラメータを推定しなくとも 8 日周期の影響は大幅に抑えられている．Helmert 変換の効果を見るため，単純な結合解と Helmert 変換パラメータを追加した結合解の差を取ったところ，上下成分で最大 4mm 程度の差が得られた（図-2 右の棒グラフ）．この差の情報は，特に上下成分においては周期が 8 日で差の符号が切り替わる特徴があり，小さいながらも 8 日周期のノイズの低減が行なわれていることがわかる．ただし，Helmert 変換パラメータを追加して求めた結合解においても，未だ 8 日周期が残っているように見えることから，今後も更なる検討が必要であると考える．今後は，推定された Helmert 変換パラメータの妥当性や，期待される推定値との比較といった検証を行いたい．また，正規方程式の結合時に，GLONASS の重みを下げる方法も検討したい．

4. 結論

F4 解析の開発に向けて，①固定点解析の安定化に向けた検討，②GPS と GLONASS の結合における GLONASS の 8 日周期ノイズの低減についての検討を行った．固定点解析については，グローバル解析を行うことで解析結果が安定する結果が得られたため，F4 解析に組み込む予定である．GLONASS の 8 日周期ノイズについては，GPS との結合解に及ぼす影響を低減するため，正規方程式レベルで変数を追加する方法を検討したが，完全に除去できたとはいえない結果となった．原因を追究しつつ，よりよい方策を検討したい．

参考文献

Brockman Elmer（1996）: Combination of Solutions for Geodetic and Geodynamic Applications of the Global Positioning System (GPS), Bern University, Ph.D. thesis.

畑中雄樹（2015）: GEONET の解析への GLONASS データ追加の試み，日本測地学会第 124 回講演会．

鎌苅裕紀（2016）: 次世代 GEONET 解析固定点座標算出手法の評価，国土地理院高等科報告書．

中川弘之，豊福隆史，小谷京湖，宮原伐折羅，岩下知真子，川元智司，畑中雄樹，宗包浩志，石本正芳，湯通堂亨，石倉信広，菅原安宏（2009）: GPS 連続観測システム（GEONET）の新しい解析戦略（第 4 版）によるルーチン解析システムの構築について，国土地理院時報，118，1-8.

津波予測支援のためのGNSSリアルタイム解析に関する研究（第6年次）

実施期間　平成23年度～平成28年度
測地観測センター電子基準点課　阿部　聡　高松　直史
測地観測センター　川元　智司　檜山　洋平

1. はじめに

国土地理院では，全国約1,300か所に設置されたGNSS連続観測点（以下「電子基準点」という.）で観測されたデータを収集・解析・配信する役割を担うGEOENTを運用しており，わが国の位置の基準を定める測量，地殻活動の監視，位置情報サービス等の分野でそのデータが広く利用されている．特に地殻活動監視においては，地震や噴火に伴う地殻変動の検出により，そのメカニズムの解明等に大きく貢献してきた．これまでGEONETでは，災害に伴う地殻変動の検出には少なくとも1日程度の時間を要していた．しかし，平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震後に，短周期地震計等により推定された地震発生直後の地震規模が過小評価であったことを踏まえ，より信頼度の高い津波予測への利用を視野に，専門家からはGEONETのリアルタイムデータを用いて解析される電子基準点の変位量を使用した地震規模の即時推定技術に大きな期待が寄せられることとなった．このような背景を踏まえ，国土地理院では平成23年から東北大学大学院理学研究科との共同研究の下，GEONETリアルタイム解析システム（以下「REGARD」という.）の開発を行っている．

2. 研究内容

REGARD（REal-time GEONET Analysis system for Rapid Deformation monitoring）は，電子基準点からのリアルタイムデータを用いて各観測点の1秒毎の変位を常時計算し，おおよそ10cm以上の永久変位またはM7を超える規模の地震が発生した際に，自動で断層モデルの推定を行うシステムである．REGARDは，平成27年度から試験運用を開始しており，今回は今年度発生した地震時の動作結果について報告する．

3. 得られた成果

① 平成28年（2016年）熊本地震（Mj7.3）

平成28年4月16日1時25分（JST）に発生した熊本地震（Mj7.3）は，国土地理院のGEONET定常解析結果において，電子基準点「長陽」で南西方向に約98cmの変位が確認された，非常に大きな地殻変動を伴う地震であった．このとき，緊急地震速報を検知情報としてREGARDの断層モデル推定が自動で開始された．リアルタイムで観測された変動ベクトルは，国土地理院が3時間毎に行っている迅速スタティック解析（以下「Q3解析」という.）とおおむね一致し，「長陽」で約100cm，「熊本」で約80cmであった．断層モデルは，地震発生後58秒で気象庁のCMT解と概ね一致する結果が得られ，更に6分以内に長さ26km，幅10kmの布田川断層沿いに右横ずれ断層が求まった（図-1左）．これは，実運用において，リアルタイムで断層推定が成功した世界初の成果である．推定された地震規模はMw=6.96であった．推定された断層は，GNSS及びInSARデータを用いたインヴァージョン結果ともほぼ整合的であったが，一部電子基準点「城南」においてややフィッティングが悪く，走行が布田川断層より約7°南寄りになった．これは日奈久断層に沿ったすべりの影響と考えられ，矩形断層一枚での近似としては妥当な結果と思われる．

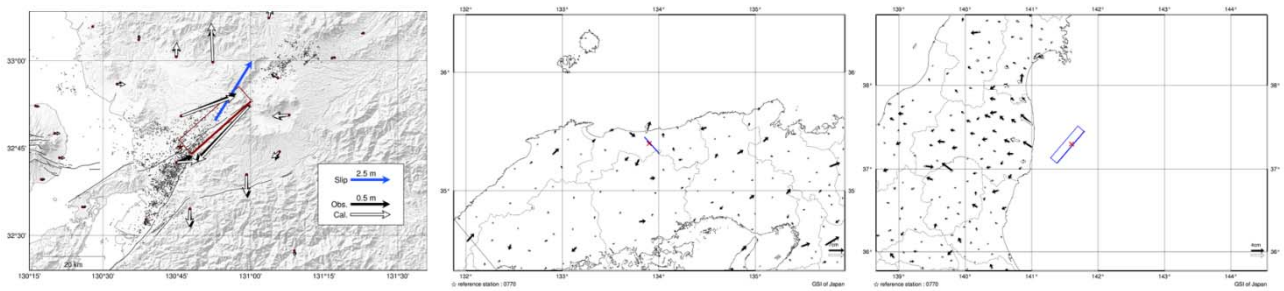

図-1　（左）REGARD によって推定された熊本地震（Mj7.3）における断層モデル
（中）鳥取県中部の地震における断層モデル
（右）福島県沖の地震における断層モデル

② 鳥取県中部の地震（Mj6.6）

平成 28 年 10 月 21 日に発生した鳥取県中部の地震は，REGARD の対象とする変位や地震規模を下回るものであるが，概ね Q3 解と一致した変位が得られ，推定された断層モデルも気象庁の CMT 解と概ね一致する結果が得られた（図-1 中）.

③ 福島県沖の地震（Mj7.4）

平成 28 年 11 月 21 日に発生した福島県沖の地震は，海域で発生した地震であり，REGARD は緊急地震速報を検知して自動で起動した．リアルタイムで観測された変動ベクトルは概ね Q3 解と一致したが，断層推定では共役な断層が求まった（図-1 右）．これは，震央近傍の一部の観測点でデータが得られていないことが一因であると考えられ，今後もシステムの改良が必要である.

4. 結論

測地観測センターでは，津波予測支援のための GNSS リアルタイム解析システムの試験運用を平成 27 年度から開始し，本年，複数の地震に対し動作することを確認できた．平成 28 年熊本地震（Mj7.3）では，変位をかなり精度よく求めることに成功しており，地震発生後およそ 5 分で精度のよい断層推定が行われた．鳥取県中部の地震では，規模や変動量は小さいものの，比較的良好な結果が得られている．ただし，福島県沖の地震では，地震規模は比較的大きかったが，海域で発生したため，陸域の変動量は最大でも 7cm 程度であった．また，一部の観測点のデータが使用されず，断層の推定に課題が残る事例となった．しかし，今年の動作結果を元に，断層推定に対していくつかの改良を加えることで，今後の推定はより精度が向上することが期待される．今後も試験運用を継続しつつ，REGARD の改良に努めたい.

参考文献

Satoshi Kawamoto, Yohei Hiyama, Yusaku Ohta, Takuya Nishimura（2016）: First result from the GEONET real-time analysis system (REGARD): the case of the 2016 Kumamoto earthquakes, Earth Planets and Space, 68, 190.

Satoshi Kawamoto, Yusaku Ohta, Yohei Hiyama, Masaru Todoriki, Takuya Nishimura, Tomoaki Furuya, Yudai Sato, Toshihiro Yahagi, Kohei Miyagawa (2017) : REGARD: A new GNSS-based real-time finite fault modeling system for GEONET, Journal of Geophysical Research Solid Earth, (submission).

REGMOS の高度化に関する研究（第 10 年次）

実施期間　平成 19 年度～平成 28 年度
測地観測センター電子基準点課　上野　智史　森下　一
白井　宏樹　山口　和典

1. はじめに

測地観測センター電子基準点課では，測地部旧機動観測課から引継ぎ，火山地域における地殻変動監視のため，GNSS 火山変動リモート観測装置（以下「REGMOS」という.）の開発・改良・運用を行っている. 平成 26 年度までに太陽電池モジュールや充放電制御装置の改善, 総合制御装置（以下「RCL」という.）の開発・改良を実施し，現在，REGMOS は通信や観測が途絶えることなく概ね安定的に稼動している.

これまで観測環境の厳しい積雪寒冷地には，太陽電池モジュールを全面に備え重量のある REGMOS-H を，温暖な地域や緊急的に設置作業を実施する地域には，容易に分解・組立が可能な REGMOS-mini（写真-1）を設置し運用してきた．前者の REGMOS-H を設置する際，高額な運搬及び設置等のコストがかかるため，平成 27 年度に後者の REGMOS-mini の利点を生かしつつ，太陽電池モジュールの発電量と収納ボックスの保温性を高める改良を行い，積雪寒冷地においても稼動可能な REGMOS-mini（以下「冬季仕様型 REGMOS-mini」という.）の作成を行った（写真-2).

今年度，冬季仕様型 REGMOS-mini を浅間山に設置し，実地での稼動実験を実施したので，その結果について報告する.

2. 平成 27 年度実施した冬季仕様型 REGMOS-mini の改良点

従来の REGMOS-mini に対し，冬季仕様型 REGMOS-mini の架台フレームは，積雪により太陽電池モジュールの発電量が減衰するのを防ぐために，既存の筐体を 100cm 嵩上げし，地面へより強固に固定するためベースフレームの地面への固定にステンレス製プレートと鉄製アンカーボルトを採用し，さらに，凍上現象等による筐体の傾斜を監視できるよう，嵩上げ下部に傾斜計を設置した．また，収納ボックスには，RCL 等の内部機器類が，正常稼動するように収納ボックス上段の内部側面に厚さ 10cm，内部上面に厚さ 5cm の発泡ポリスチレン断熱材を組み入れ，内部温度を−10℃以上に保つよう改良を行っている.

3. 実地稼動実験のための設置場所について

設置場所は，一定の降雪量が見込まれる M 浅間鎌原 2（REGMOS-H）の近隣に設置し，観測データ等を比較することとした．冬季仕様型 REGMOS-mini の設置は平成 28 年 11 月 10 日に行い，国土地理院職員 4 名で約 3 時間の作業で完了した（写真-3).

4. 稼動実験の結果及び検証

4.1 取得した GNSS 観測データの検証

改良の効果と性能を検証するため，電子基準点つくば 1 を固定し，M 浅間鎌原 2，冬季仕様型 REGMOS-mini 及び S 浅間山 1 を放射状に基線解析を実施した．解析条件等を表-1 に示す．導かれた解析結果から，S 浅間山 1 と M 浅間鎌原 2 及び冬季仕様型 REGMOS-mini の変動量 NEU を算出した.

観測データは，平成 29 年 1 月 1 日～1 月 31 日のデータを用い，24 時間のデータで 1 個の解を得る解析を実施した．解析の結果，M 浅間鎌原 2 及び冬季仕様型 REGMOS-mini の NEU に顕著な差はなく，両者は概ね同じ傾向を示し，GNSS 観測データの品質低下は見られなかった（図-1）．

表-1　解析条件

解析ソフトウェア	GAMIT 10.4
解析データ	衛星測位システム：GPS 暦：放送暦 間隔：30 秒 仰角マスク：15 度 周波数帯：L1,L2
解析方法	Static

4.2 発電電力について

冬季仕様型 REGMOS-mini の平成 29 年 1 月 1 日～2 月 28 日のバッテリーの電圧量を確認したところ，12V を下回る日は無かった（図-2）．なお，平成 29 年 2 月 28 日の現地確認では積雪高はベースフレームから最大約 40cm であり，太陽電池モジュールに達しておらず，嵩上げによって発電量の減衰の要因を回避した．

4.3 収納ボックスの内部温度について

平成 29 年 1 月 1 日～2 月 28 日の冬季仕様型 REGMOS-mini の各温度計のデータを確認したところ，外部温度計の温度が−10℃を下回っていた時間も，収納ボックスの内部温度計は−10℃以上を保持しており，発泡ポリスチレン断熱材の効果を十分確認でき保温性能について検証できた（図-3）．

5. 凍上現象について

2 月上旬から M 浅間鎌原 2 の傾斜計の値に凍上現象と見られる特異な変動がみられたため，平成 29 年 2 月 28 日に現地確認を行ったところ，ベースフレームの下部に土砂の混入が見られた．11 月上旬の設置時に M 浅間鎌原 2 及び冬季仕様型 REGMOS-mini ともに，凍上対策を行っていたものの，これが変動の原因と考えられる．

ベースフレームの傾斜測定を行い，それぞれ昨年 11 月下旬の測定結果と比べた．M 浅間鎌原 2 の南西側の固定点で最大 2.7cm,冬季仕様型 REGMOS-mini の同じく南西側の固定点で最大 0.9cm の上昇があった．今後，土砂流入の懸念を除外するため，土留めの板をさらに広範囲に設置するなど，対策を講じる必要がある．なお，顕著な凍上の原因として，架台周囲は火山灰土であり保水性が高い土壌であること，かつベースフレーム下部は切土面のため元来の表土が剥ぎ取られており，より保水性の高い下層土が露出していることも一因と考察される．これに対し冬季仕様型 REGMOS-mini は，表土面上に設置を行っている．

この間，冬季仕様型 REGMOS-mini の傾斜計には，目立った変動が見られないため，浅間山の火山活動監視に GNSS 観測データを活用している．

6. 今後の課題

今年度，冬季仕様型 REGMOS-mini を実際に現地に設置し，実地稼動試験を行った．各観測結果から架台フレームの嵩上げによる GNSS 観測データの顕著な品質低下は無く，保温性能や架台フレームの嵩上げによる発電量確保についても効果が見られた．次年度は，さらに積雪量の多い厳しい環境下での稼動試験を行い，実用可能であるかの判断を行う．

その他，今回の実地での実験で凍上現象に対して設置場所の選定の重要性が明確になり，次年度以降，M 浅間鎌原 2 は，さらなる凍上対策及び移設等についての検討が必要である．

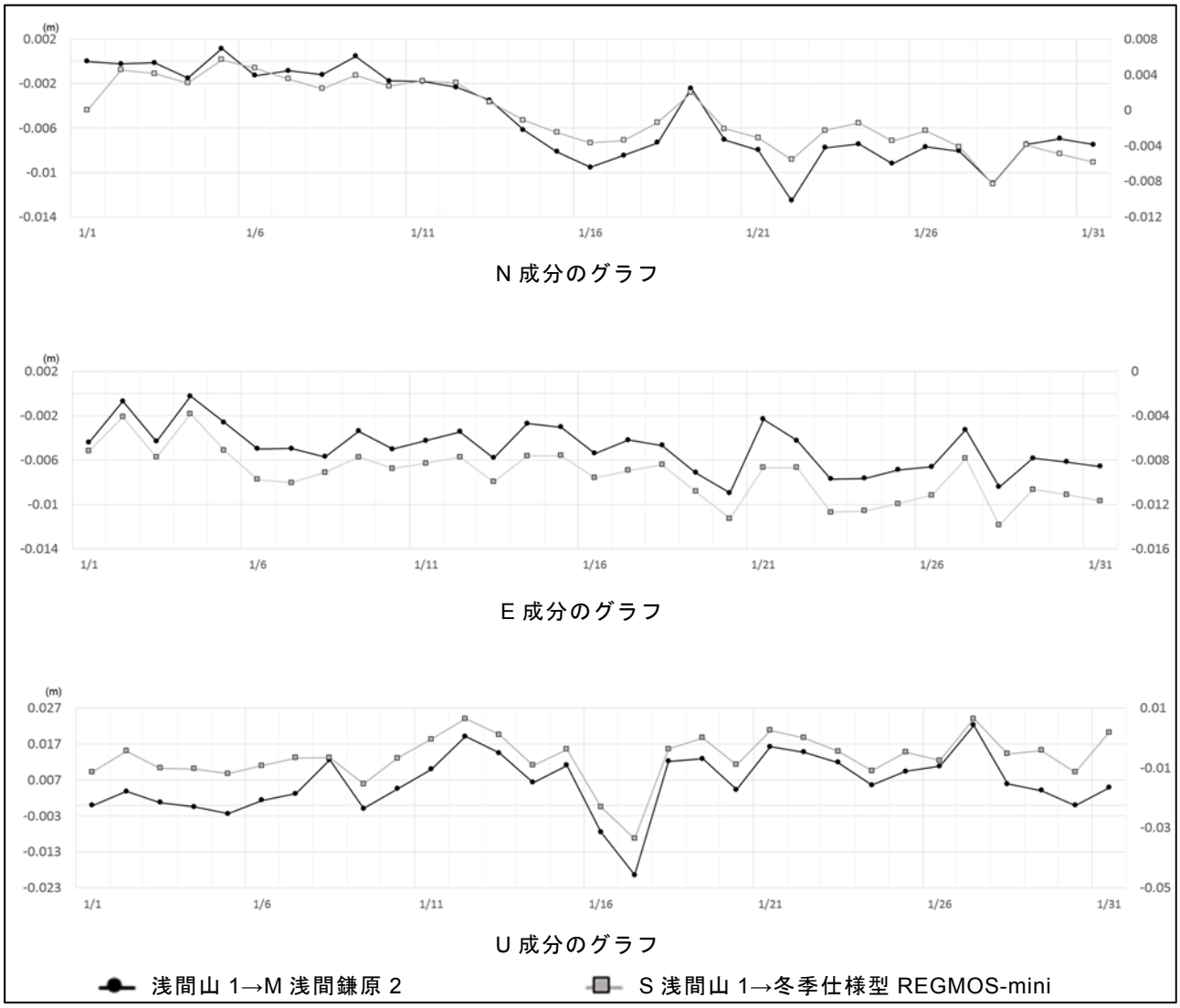

図-1　日ごとの NEU 成分のグラフ（平成 29 年 1 月 1 日～1 月 31 日）

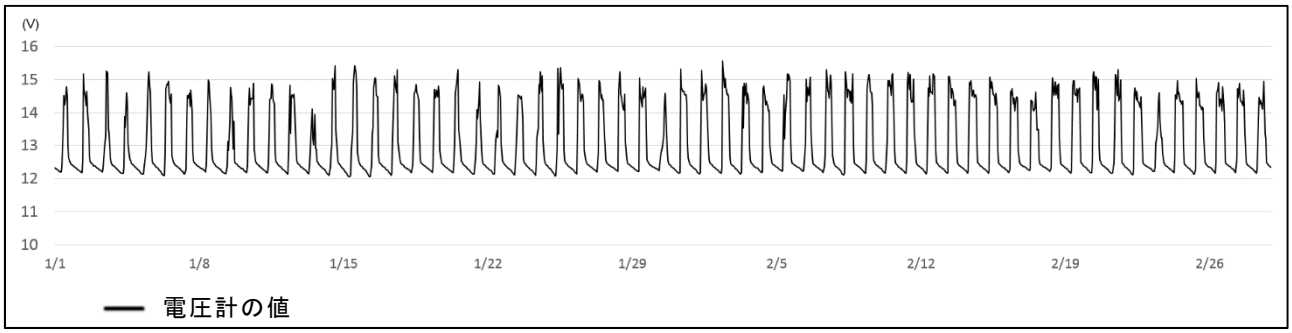

図-2　電圧量のグラフ（平成 29 年 1 月 1 日～2 月 28 日）

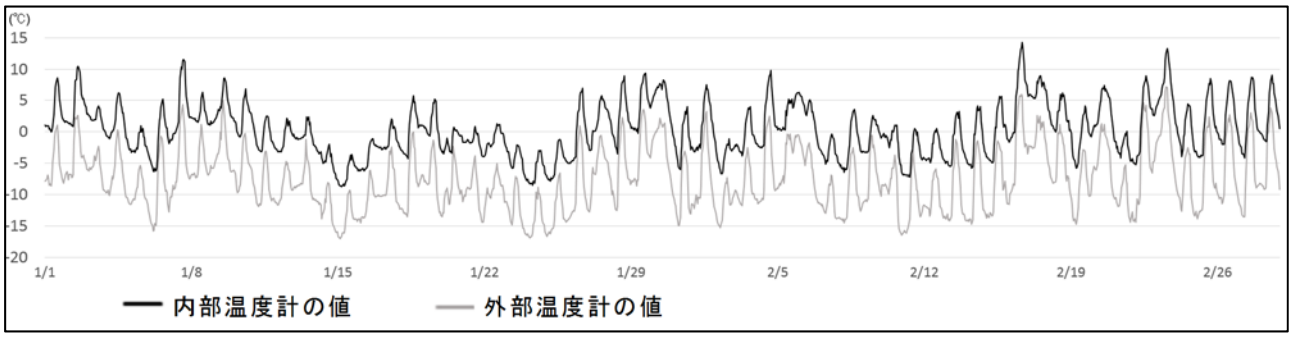

図-3　収納ボックスの内部温度及び外部温度のグラフ（平成 29 年 1 月 1 日～2 月 28 日）

写真-1　従来型の REGMOS-mini

写真-2　冬季仕様型 REGMOS-mini

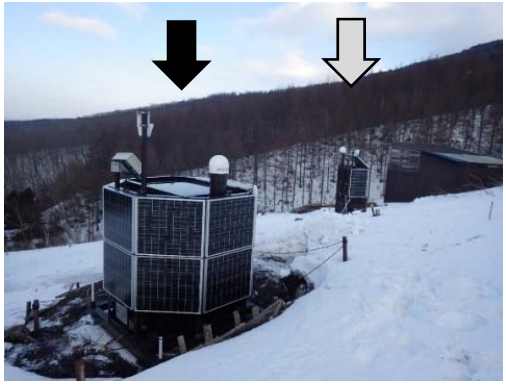

写真-3　手前が M 浅間鎌原 2（黒色矢印）奥が冬季仕様型 REGMOS-mini（灰色矢印）

写真-4　南西側のベースフレーム周辺

電波式験潮儀の導入に向けた試験観測

実施期間　平成 28 年度
測地観測センター地殻監視課　七海　仁美　古屋　有希子
菅原　準

1. はじめに

国土地理院では，全国 25 箇所の験潮場で潮位の連続観測を実施し，そのデータをホームページで提供している．さらにそのデータは国土交通省防災情報提供センターに集約され，津波や高潮などの防災情報として提供・利用されているため，安定して連続観測を行う必要がある．しかしながら，これまで国土地理院が行ってきたフロート式の潮位観測は，構成器材（フロート，ワイヤー，錘，滑車，角度検出器）が多く，どれかに不具合が発生すると即座に観測値に影響が出るという問題があった．

現在，地殻監視課では潮位観測とシステム全体の見直しを進めており，その一環として現在のフロート式験潮儀（以下「フロート式」という.）を，壊れにくくメンテナンスが容易である電波式験潮儀（以下「電波式」という.）へ交換することを検討している．本稿では，電波式とフロート式の比較を目的として勝浦験潮場（千葉県勝浦市）で実施した試験観測の結果について報告する．

2. 研究内容

フロート式の隣に電波式（東京計器社製 LRG-10）を設置して並行観測を実施し（写真-1），両者の結果を比較した．並行観測場所は太平洋側に位置し，潮位変化の大きい勝浦験潮場とした．

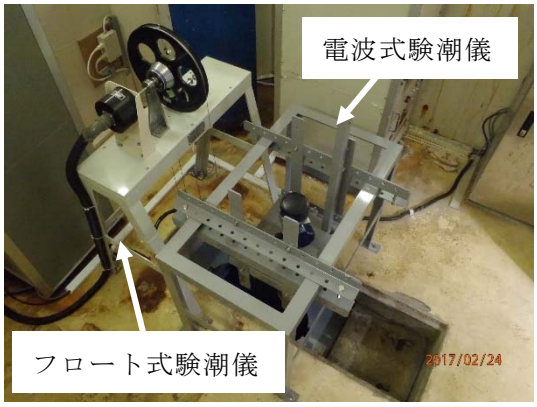

写真-1　並行観測の様子

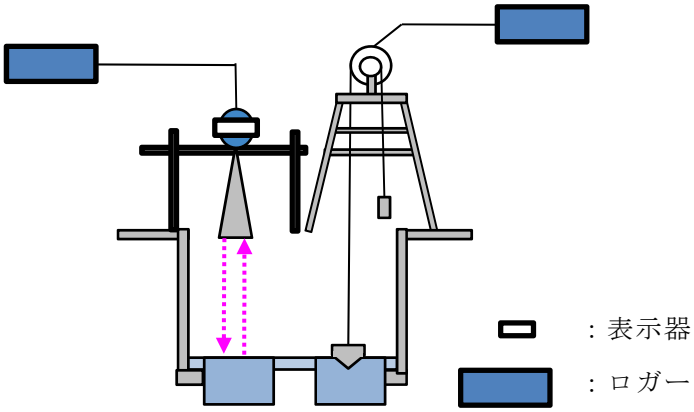

図-1　原子測定（左：電波式，右：フロート式）

3. 結果

3.1 電波式の基準合わせ

今回の並行観測開始時，電波式の精度確認のため，電波式とレーザー距離計（Leica 社製 DISTO™ D210）とで同じ井戸水面を測定したところ，潮位は 2mm 以内で一致した．また従来の基準合わせ同様に原子測定作業を実施し，電波式の表示器が示す潮位がほぼ基準値（5000mm）であることを確認していた（図-1）．しかし観測開始から約 1 ヶ月後，ロガーに記録される値には，表示器に表示される値に対し平均−4mm 程度のずれがあったため，表示器とロガー間の調整を再度行った上で観測を再開した．

3.2 電波式とフロート式の潮位差の特徴

勝浦験潮場における 46 日間の並行観測の結果を図-2 に示す．電波式とフロート式の潮位差（30 秒値）は，同じ井戸で同じ水面を観測しているので 0 になるのが理想だが，−10～+5mm の間で変動しており，潮位差の標準偏差は調整前で 2.2mm，調整後で 2.8mm となった（表-1）．また図-2 のグラフからは，特定の潮位（2300～2500mm）を測る時の潮位差にピークが現れ，電波式の方が潮位を高く捉えていることが読み取れた（図-3）．この原因として，水面以外の反射波の影響が考えられ，今後これを除去するための調整が必要である．

3.3 平均計算結果の比較

電波式とフロート式の観測結果を用いて，それぞれ平均計算（毎時潮位・日平均潮位）を行った．その結果，毎時潮位・日平均潮位の差（電波式－フロート式）は調整前がともに平均−3.9mm，調整後がそれぞれ平均−0.8mm，平均−1.0mm であった（表-1）．

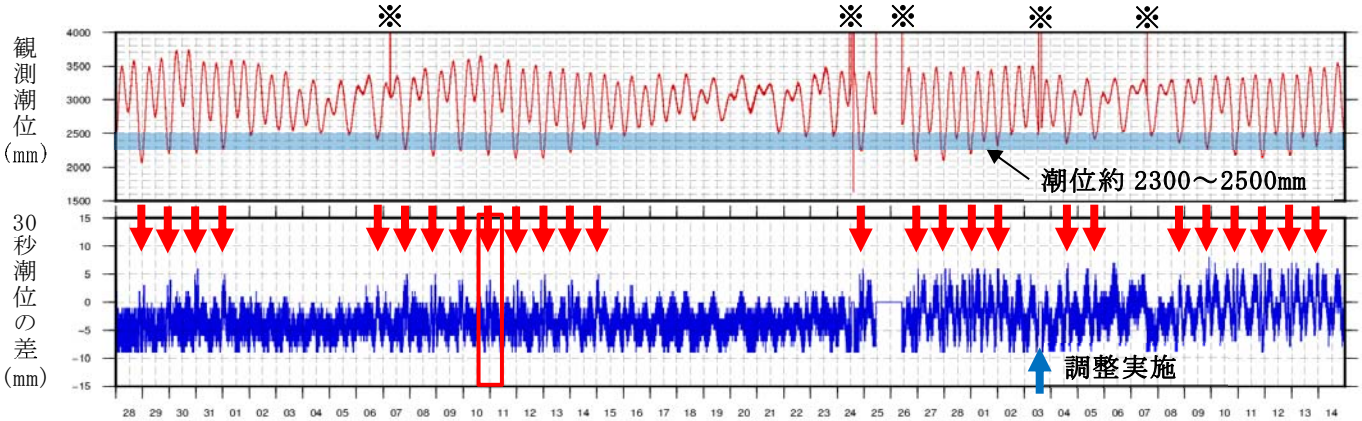

図-2　フロート式で観測した潮位（上）と両者の差（電波－フロート）（下）

（期間：平成 29 年 1 月 28 日～3 月 14 日，※印はメンテナンス実施時）

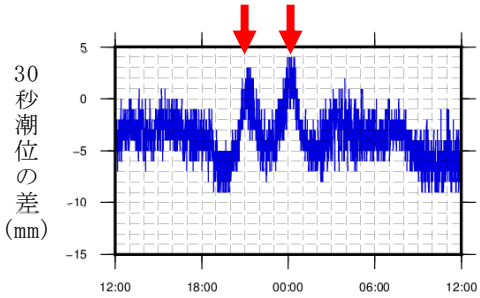

図-3　差のピーク拡大図

（期間：平成 29 年 2 月 10 日 12:00～2 月 11 日 12:00）

表-1　潮位差の標準偏差及び平均計算結果の比較

	1 月 28 日～2 月 24 日（調整前）	3 月 3 日～3 月 14 日（調整後）
潮位差の標準偏差（30 秒値）	2.2 mm	2.8 mm
毎時潮位　差の平均	−3.9 mm	−0.8 mm
日平均潮位　差の平均	−3.9 mm	−1.0 mm

※計算にはメンテナンス実施前後のデータは含めていない．

4. まとめ

電波式とフロート式の比較を目的として，同じ験潮井戸で並行観測を実施した．その結果，電波式とフロート式で求めた毎時潮位・日平均潮位の差はそれぞれ平均−0.8mm，平均−1.0mm となった．その他，特定の潮位の時に電波式の方が潮位を高くとらえる傾向があり，水面以外の反射波の影響が考えられることも判明した．今後はその傾向を除去できるような設置調整方法の検討及び，表示器とロガー間の点検調整が定期的に必要かの確認のため，引き続き勝浦験潮場での並行観測を実施する予定である．