

## 次世代 GEONET の構築（第 2 年次）

実施期間 平成 26 年度～平成 27 年度  
測地観測センター地殻監視課 鈴木 啓 古屋 智秋

### 1. はじめに

測地観測センターでは、次世代 GEONET の構築の一環として、電子基準点（約 1,300 点）の GNSS 対応を計画的に進めている。平成 25 年度には、GPS 衛星に加え GLONASS 衛星や準天頂衛星の観測データの提供を全国的に開始した。また、Galileo 衛星や新たな周波数帯（L5）への対応については、平成 26 年度までに約 800 点の電子基準点で受信機更新が完了し、平成 27 年度は引き続き未対応の電子基準点において受信機更新を行うとともに、観測データを提供するための環境等を整備した。GPS 衛星に加え GLONASS 衛星、準天頂衛星、Galileo 衛星を利用することで、都市部のビル街や山間部等の、GPS のみでは測位が困難な地域でも測位が可能になると期待され、さらには、新たな周波数帯のデータが追加されることから、より短時間で高精度測位が可能になると期待されている。

### 2. 研究内容

Galileo 衛星の効果を検証するため、Galileo 衛星を取得している電子基準点 2 点を利用した基線解析を実施した。ここでは、Galileo 衛星の効果を明確にするため、GLONASS 衛星と準天頂衛星は利用しないこととし、両衛星系で共通に取得できる周波数帯（L1）のみを利用したキネマティック解析を行った。解析ソフトウェアは、GSILIB（国土地理院，2014）を使用し、暦については、IGS（International GNSS Service）のプロジェクトの一つである IGS MGEX（Multi GNSS Experiment）から公開されている brdm 暦を使用した。

### 3. 得られた成果

電子基準点間（守谷－桜川（約 15km））において、平成 28 年 1 月 18 日～1 月 27 日（10 日間）キネマティック解析を実施した。GPS 衛星と Galileo 衛星を併用した場合、GPS 衛星のみを利用した場合と比較し、標準偏差や Fix 率は、ほぼ同等であった（表-1）。

表-1 電子基準点間（守谷－桜川，距離 15km）のキネマティック解析（10 日間）で求めた各成分の標準偏差と Fix 率の平均

	東西	南北	上下	Fix 率
GPS	0.7mm	0.9mm	16.7mm	99.5%
GPS+Galileo	0.7mm	0.8mm	15.9mm	99.8%

キネマティック解析を実施した 10 日間の平均では、Galileo 衛星の併用効果がわずかであったため、Galileo 衛星が捕捉される時間帯に注目して分析を行った。解析した 10 日間の内、平成 28 年 1 月 23 日の Galileo 衛星の捕捉状況（図-1）から、Galileo 衛星は 24 時間中、複数の衛星が飛来している時間帯が数時間程度であることがわかる。そこで、Galileo 衛星が複数捕捉できる 22:00～24:00（UT）にお

ける各基線成分の解析結果（図-2）を確認した結果，Galileo 衛星を併用することにより GPS 衛星のみを利用した場合より，各成分において数 mm，Fix 率についても数%改善していることがわかった。

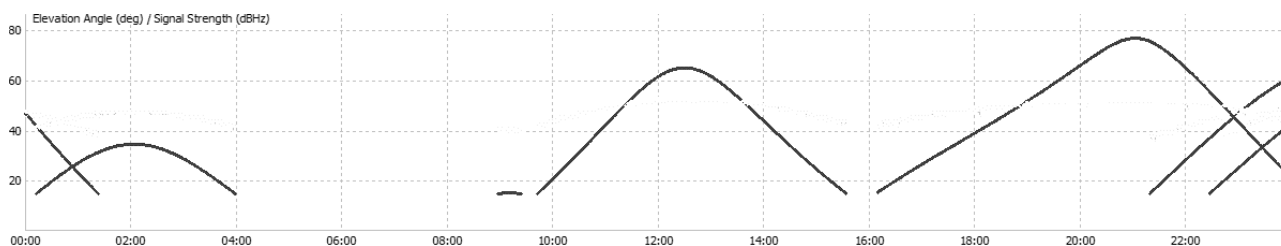


図-1 平成 28 年 1 月 23 日の Galileo 衛星の捕捉状況（縦軸は仰角）

GPS  
 (標準偏差 EW6.8mm NS6.8mm UD20.1mm  
 Fix 率 97.5%)

GPS+Galileo  
 (標準偏差 EW4.9mm NS5.3mm UD17.5mm  
 Fix 率 100%)

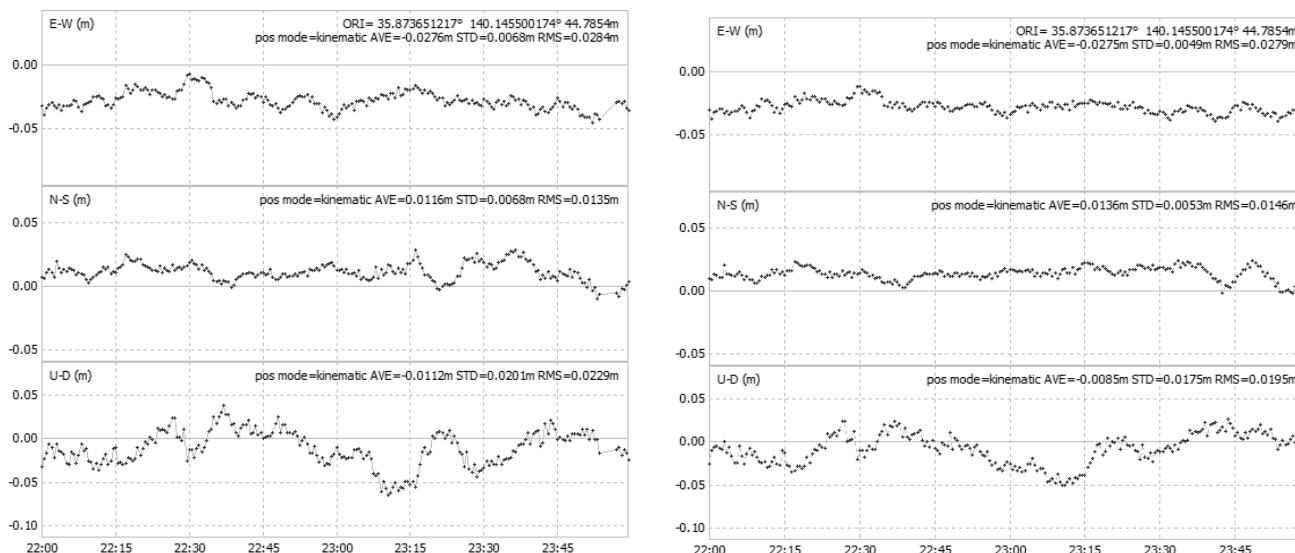


図-2 平成 28 年 1 月 23 日（22:00～24:00 UT）における電子基準点間（守谷－桜川，距離 15km）のキネマティック解析結果（上から東西，南北，上下）

#### 4. 結論

測地観測センターでは，次世代 GEONET の構築を目指し，電子基準点（約 1,300 点）を Galileo 衛星や新たな周波数帯（L5）への対応を計画的に行っている。平成 27 年度は，Galileo 衛星等対応のため，受信機更新や観測データを提供するための環境等を整備し，電子基準点で取得した Galileo 衛星を利用した併用効果について調査を行った。その結果，複数の Galileo 衛星が捕捉できる時間帯において，Galileo 衛星を併用した効果は，GPS 衛星のみを利用した場合に比べて，各成分において数 mm，Fix 率についても数%改善した。

Galileo 衛星は，2020 年までに 30 機の配備が計画されており，今後は日本上空で Galileo 衛星を捕捉できる時間帯が増えることが想定される。そのため，Galileo 衛星を併用した効果はさらに向上することが期待される。

参考文献

国土地理院（2014）：高度な国土管理のための複数の衛星測位システム（マルチ GNSS）による高精度測位技術の開発，[http://www.gsi.go.jp/eiseisokuchi/gnss\\_main.html](http://www.gsi.go.jp/eiseisokuchi/gnss_main.html)（accessed 15 Mar. 2016）.



# 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 5 年次）

実施期間	平成 23 年度～平成 27 年度
測地観測センター地殻監視課	古屋 智秋 鈴木 啓 高松 直史
測地観測センター	檜山 洋平
測地観測センター衛星測地課	佐藤 雄大
地理地殻活動研究センター	
宇宙測地研究室	川元 智司

## 1. はじめに

GEONET は、全国約 1,300 箇所に設置された 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 GEONET 中央局及びこれらをつなぐ専用回線から構成される GNSS 連続観測網であり、我が国の位置の基準を定める測量、地殻変動の監視、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。特に地殻変動の監視では、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、このような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その変動量を計算、提供してきたが、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だったことを踏まえ、より信頼度の高い津波予測への利用を視野に 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ついて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 年度から東北大学大学院理学研究科との共同研究の下、新たな GEONET の GNSS リアルタイム解析システム（以下「REGARD」という。）の開発を進めている。

## 2. 研究内容

REGARD (REal-time GEONET Analysis system for Rapid Deformation monitoring) は、主として解析部、変動検知部並びに断層モデル推定部の 3 つのサブシステムより構成される。解析部では RTKLIB ver2.4.2 (Takasu, 2013) 又は GSILIB (国土地理院, 2014) をベースとした 2 種類の解析エンジンによりリアルタイム (1 秒毎) に各電子基準点の測位を行い、変動検知部において地震に伴う変動を検知・計算し、その変動量を入力値として断層モデル推定部により矩形断層モデル及びすべり分布モデルを用いた震源断層の位置と規模 ( $M_w$ ; モーメントマグニチュード) を自動で計算・出力する。REGARD は、平成 26 年度までにリアルタイム解析の全国対応やマルチ GNSS 対応、緊急地震速報を検知情報とした動作、システムの冗長化等を行い、平成 27 年度から試験運用を開始している。ここでは、試験運用中に発生した地震時の動作結果と REGARD を用いた過去の地震の解析結果の一例について報告する。

## 3. 得られた成果

### ① 平成 28 年 1 月 14 日の浦河沖の地震 ( $M6.7$ )

平成 28 年 1 月 14 日 12 時 25 分頃に浦河沖で発生した地震は、国土地理院の GEONET 定常解析で電子基準点「えりも 1」で水平 1.2cm、上下 1.4cm の変動を観測した地震であり、REGARD は、

緊急地震速報を検知情報として自動で動作し、震源断層の位置と規模を推定した。図-1 は、REGARD の解析部において推定された電子基準点「えりも 1」のリアルタイム解析結果であり、地震発生前後に東西方向でステップが生じていることがわかる。なお、自動で推定された震源断層の位置と規模は、観測された地殻変動と比較しリアルタイム解析結果において定常的に発生しているノイズが相対的に大きかったため、適切な推定はできなかった。

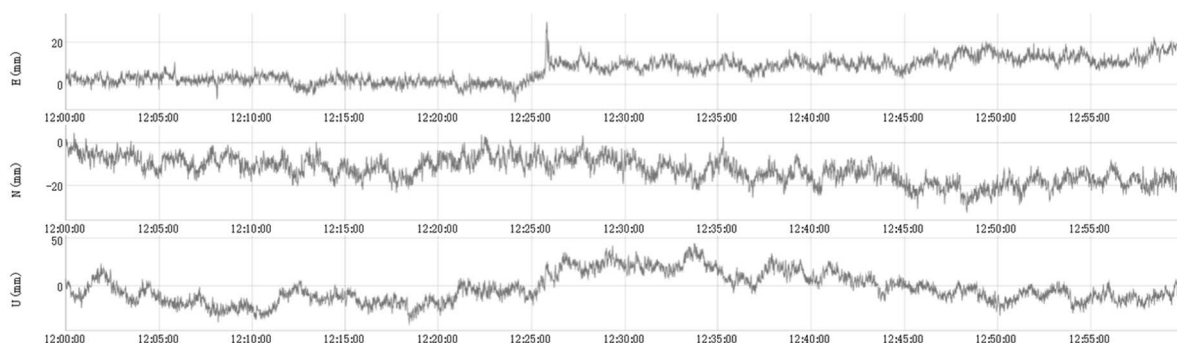


図-1 電子基準点「稚内」を固定点とした電子基準点「えりも 1」のリアルタイム解析結果（上から東西、南北、上下）

## ② 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）

GEONET に保存されている地震前後の観測データ及び当時の緊急地震速報を用いて、REGARD を動作させたところ、地震発生の 2 分 48 秒後に表-1 のような結果が得られ、すべり分布モデルにおいて適切な震源断層の位置と規模を推定することができた。

表-1 地震発生から 2 分 48 秒後に電子基準点「稚内」を固定点とした全点のリアルタイム解析結果から推定された震源断層の規模

	Mw	VR
矩形断層モデル	8.67	95.64
すべり分布モデル	8.91	97.06

## 4. 結論

測地観測センター及び地理地殻活動研究センターでは、津波予測支援のための GNSS リアルタイム解析システムの開発を平成 23 年度から行ってきた。平成 27 年度は、REGARD の試験運用を開始し、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の事例をはじめとした多くの地震について、REGARD の動作結果等を検証した。その結果、リアルタイム解析結果の精度や地震規模が大きい地震における震源断層の位置と規模の自動推定が適切に行えることを確認した。今後は、より信頼度の高い結果を得るために、変動検知の設定や電子基準点毎の解析設定等の調整を行う予定である。

### 参考文献

- 国土地理院（2014）：高度な国土管理のための複数の衛星測位システム（マルチ GNSS）による高精度測位技術の開発，[http://www.gsi.go.jp/eiseisokuchi/gnss\\_main.html](http://www.gsi.go.jp/eiseisokuchi/gnss_main.html)（accessed 15 Mar. 2016）。
- Takasu, T.（2013）：RTKLIB: An Open Source Program Package for GNSS Positioning, <http://www.rtklib.com>（accessed 15 Mar. 2016）。