オープンGEONET！
– 電子基準点や関連成果を社会に広げよう –

2015年6月4日
第44回国土地理院報告会

国土地理院測地観測センター
古屋　智秋

報告内容

1. はじめに

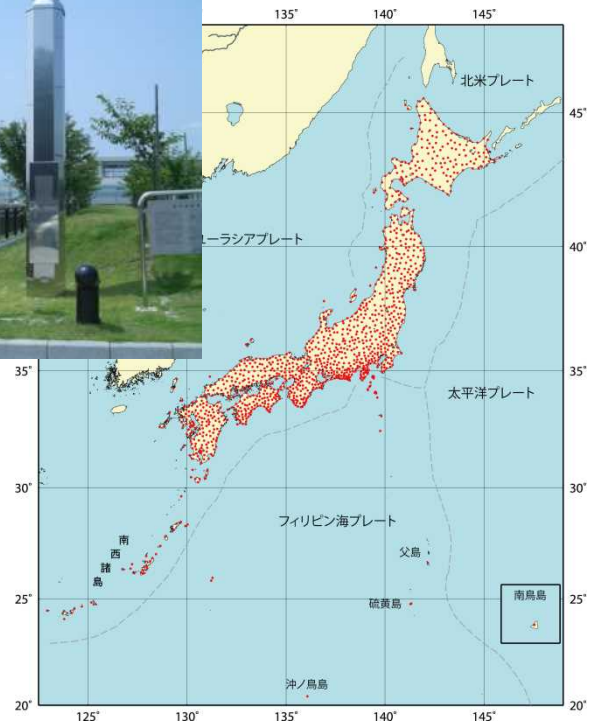
2. GEONETの取り組み
   a. 情報の提供
   b. マルチGNSS総プロ
   c. 津波予測支援
   d. 国外への貢献

GEONETの概要

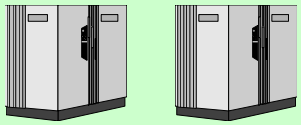
国土地理院

測位衛星

電子基準点網



中央局

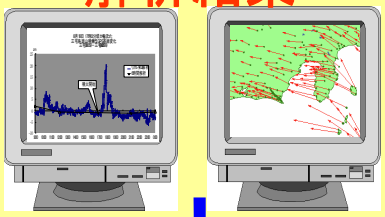


観測データの集約
データの解析

ホームページを通じて
観測データを提供

各種測量の基準点

解析結果



地殻変動の監視

リアルタイムデータの
提供

位置情報サービス

研究開発

GEONETの歴史

国土地理院

1994年　COSMOS-G2（南関東・東海地域、110点）、GRAPES（南関東・東海地方を除く全国、100点）の運用開始。400点増設（合計610点）
1995年　電子基準点277点増設（累計887点）
1996年　COSMOS-G2とGRAPESを統合したGPS連続観測システム（GEONET）の運用開始。測量法の基準点と位置づけ
1999年　30秒RINEXデータ提供開始
2002年　世界測地系へ移行。「電子基準点日々の座標値（F1）」提供開始
都市部200点でリアルタイムデータ提供開始
2003年　電子基準点1，200点整備完了
リアルタイムデータ提供931点に拡大
2004年　新解析（F2）による新GEONETの運用開始
2008年　解析システムの二重化等の改造を実施
2009年　新解析（F3）による定常解析の運用開始
GNSS受信機への交換開始
2010年　離島や山頂などを除く1，221点でリアルタイムデータを提供
2011年　GNSS対応アンテナ・受信機への更新を開始
2012年　GEONETのGがGPSからGNSSに
2013年　全国の電子基準点で、準天頂衛星及びGLONASSの観測データを提供
2014年　全国網の運用開始から20年

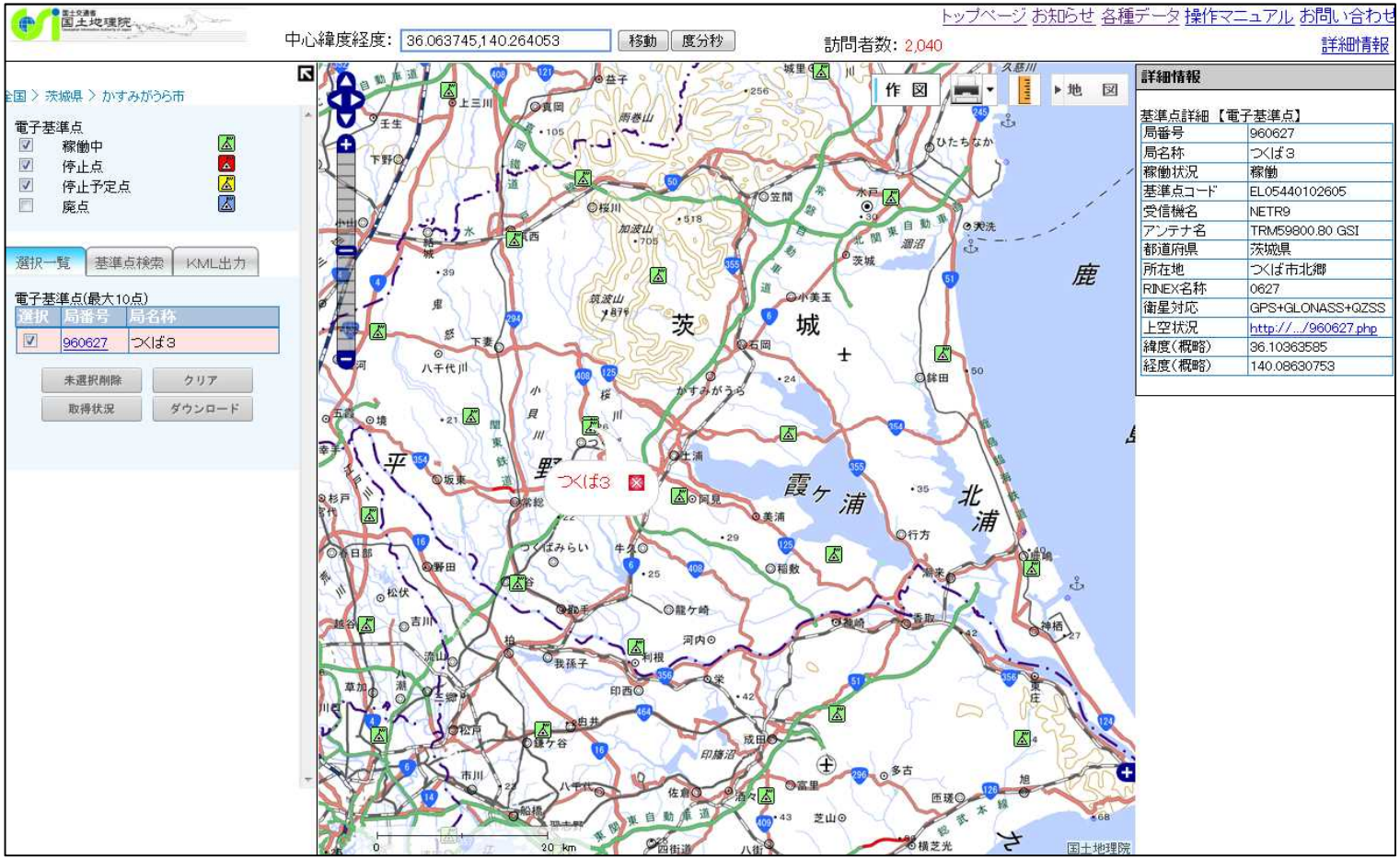
報告内容

1. はじめに

2. GEONETの取り組み
   a. 情報の提供
   b. マルチGNSS総プロ
   c. 津波予測支援
   d. 国外への貢献

GEONETから提供される情報

国土地理院

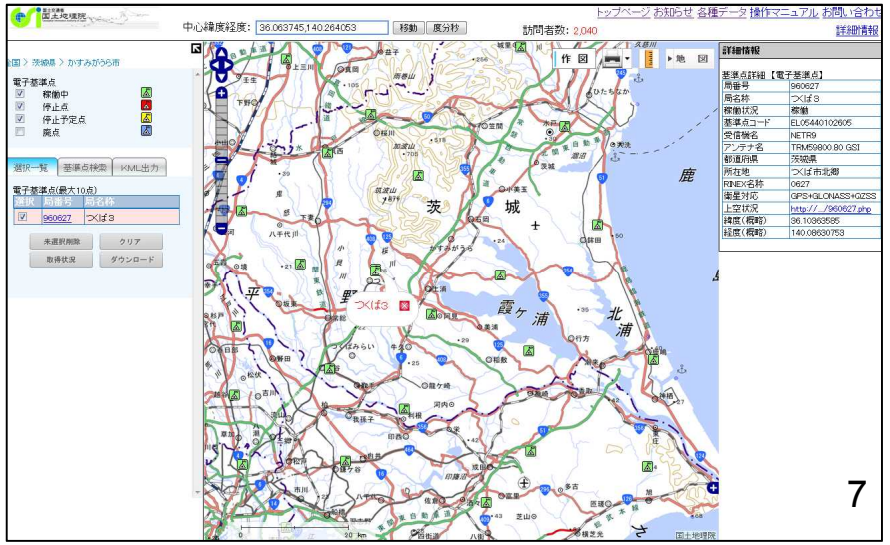


電子基準点データ提供サービス(http://terras.gsi.go.jp)より

- 電子基準点データ
- 日々の座標値(F3/R3)、対流圏遅延量推定値
- 電子基準点諸元情報(基準点コード、観測機器、上空状況) など

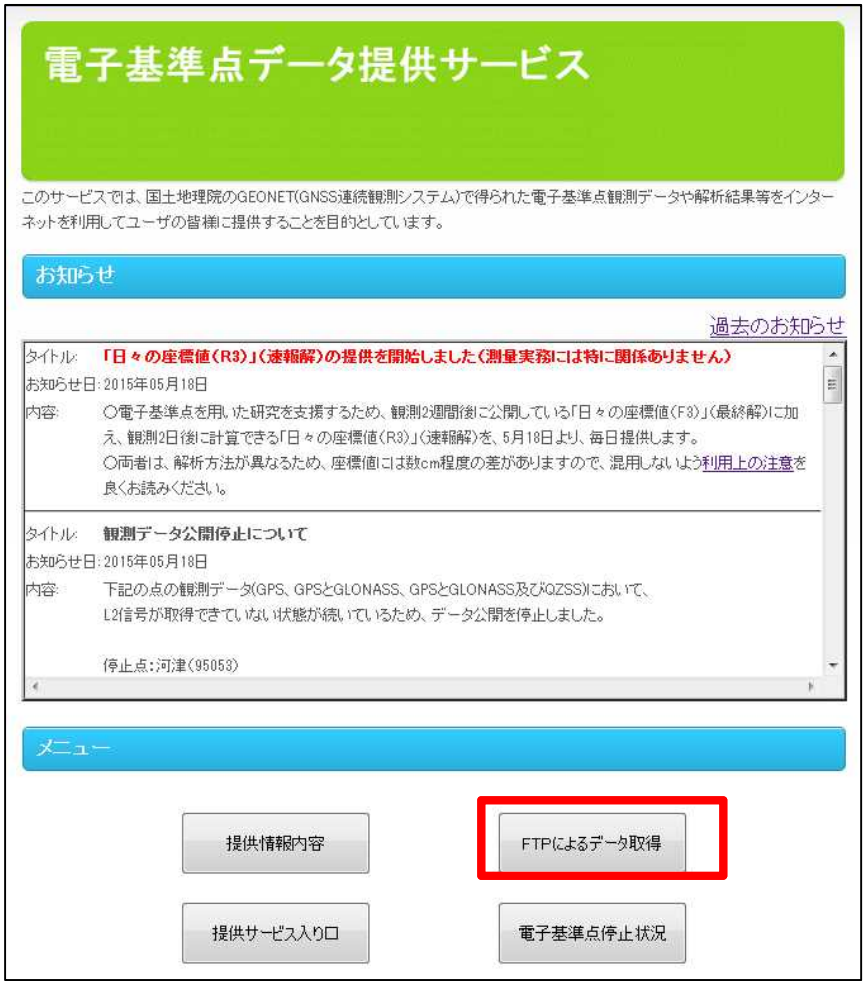
オープンGEONET！－提供情報の拡充－

1. 「日々の座標値（R3）」（速報解）の提供
2. リアルタイム提供点の増加
3. Galileoの観測データを提供



1.「日々の座標値(R3)」(速報解)の提供

観測2週間後に公開している「日々の座標値(F3)」(最終解)に加え、観測2日後に計算できる「日々の座標値(R3)」(速報解)を、平成27年5月18日より提供開始



電子基準点データ提供HP(http://terras.gsi.go.jp)

電子基準点データ提供サービスの「FTPによるデータ取得」からFTPで誰でも取得が可能
ftp://terras.gsi.go.jp/data/coordinates_R3/

GEONETの利用促進や電子基準点を用いた研究を支援

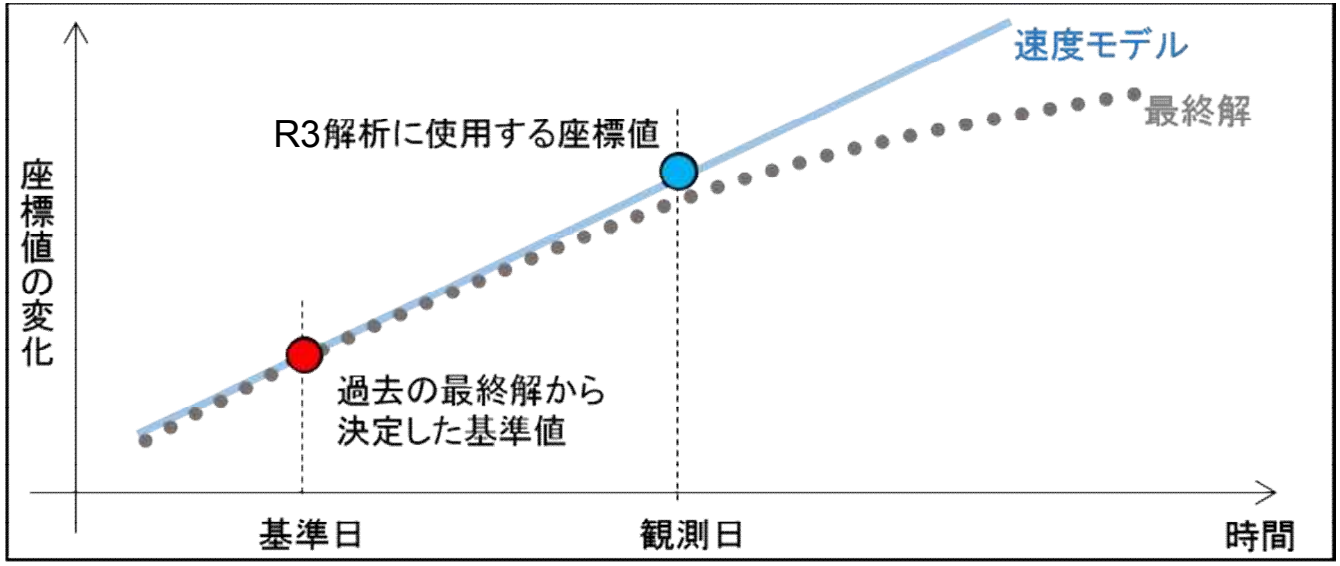
「日々の座標値(R3)」の利用上の注意点

- R3(速報解)とF3(最終解)は解析方法が異なるため、同じ電子基準点でも系統的に座標値が異なる。
- R3(速報解)とF3(最終解)を比較する場合は、電子基準点間の相対的な位置関係(基線ベクトルや基線長)で比較する必要がある。

R3(速報解)とF3(最終解)の座標差_南北

「日々の座標値（F3）」との主な相違点

- 衛星の軌道情報（暦）の違い
- 解析固定点の違い
  - R3（速報解）の解析固定点の座標値：過去のF3（最終解）から求めたある日の座標値及び速度より算出した観測日の座標値
  - F3（最終解）の解析固定点の座標値：その日の海外のIGS観測点を基準とする解析で算出した座標値



解析固定点の座標値のイメージ

2. リアルタイムデータ提供点の増加

国土地理院

平成27年4月1日より新たに電子基準点（計26点）で配信事業者に対してリアルタイムデータの提供を開始

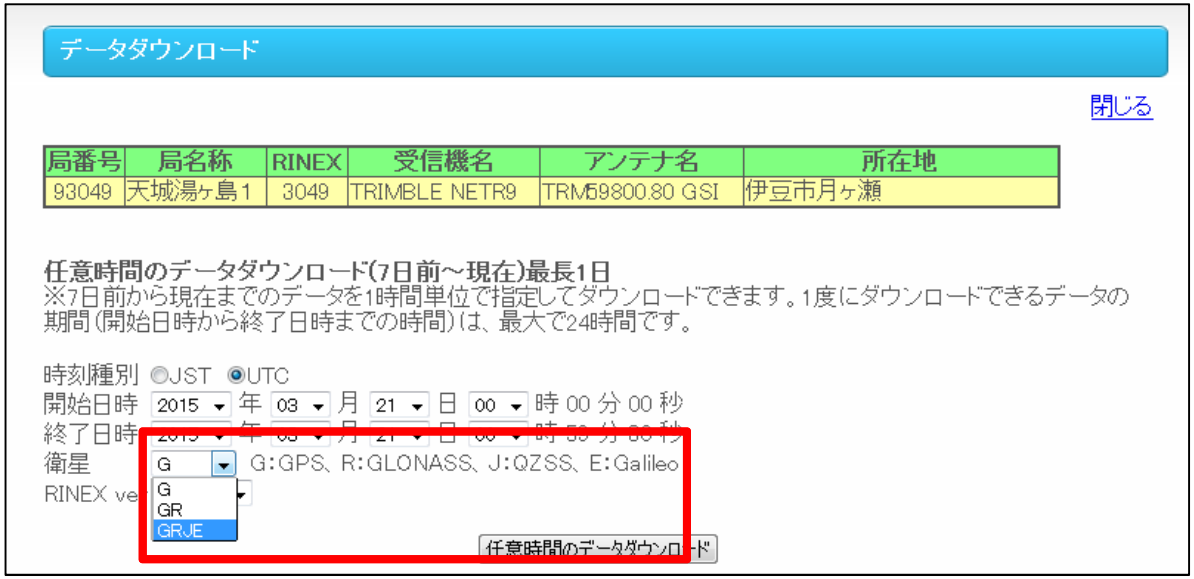
情報化施工の推進に欠かせない位置情報サービスの拡大など、地方経済の活性化に貢献

No	都道府県	基準点名	局番号
1	北海道	S屈斜路	05S049
2	北海道	S根室	05S050
3	北海道	S浜中	05S051
4	北海道	S庶路	05S052
5	北海道	S豊頃	05S053
6	青森県	S三沢	07S062
7	岩手県	S洋野	07S063
8	岩手県	S普代	07S064
9	岩手県	S大船渡	07S065
10	岩手県	S陸前高田	07S066
11	宮城県	S石巻	05S054
12	宮城県	S本吉	06S055
13	宮城県	S石巻北上	06S056
14	宮城県	S石巻雄勝	06S057
15	宮城県	S石巻牧浜	06S058
16	宮城県	S七ヶ浜	06S059
17	福島県	S南相馬A	11S070
18	茨城県	S高萩	07S069
19	静岡県	S富士宮1	96S006
20	静岡県	S富士宮2	96S007
21	静岡県	S掛川	02S043
22	静岡県	S天竜	03S045
23	静岡県	S浜松	04S048
24	長野県	R麻績	99R006
25	長野県	R生坂2	99R004
26	長野県	R松本	00R019

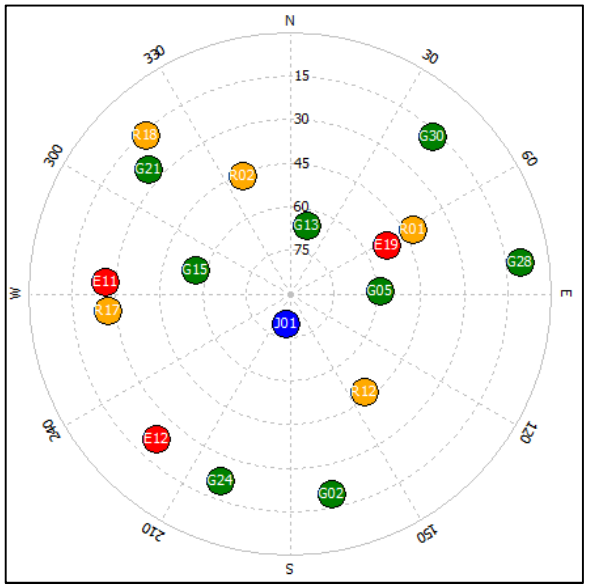
3. Galileoの観測データを提供

国土地理院

GPS、準天頂衛星、GLONASSに加えて、Galileoの観測データを
平成27年度に一部の電子基準点で提供開始



提供ホームページのイメージ
取得できる衛星に「GRJE：GPS+GLONASS+QZSS+Galileo」が加わる



93049天城湯ヶ島1のスカイプロット
緑：GPS，青：準天頂衛星
黄：GLONASS，赤：Galileo

都市部や山間部で測量できる場所が拡大
リアルタイム測位の安定性が向上し、建設機械の制御を行う情報化施工等で活用

報告内容

1. はじめに

2. GEONETの取り組み
   a. 情報の提供
   b. マルチGNSS総プロ
   c. 津波予測支援
   d. 国外への貢献

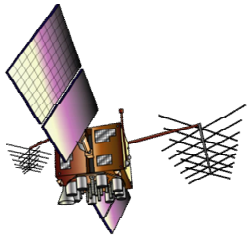
国土交通省総合技術開発プロジェクト（総プロ）
「高度な国土管理のための複数の衛星測位システム（マルチGNSS）による高精度測位技術の開発」
（平成23～26年度）

マルチGNSSによる高精度測位技術の開発・標準化により
衛星測位システムの利用を拡大する環境を構築し
高度な国土管理を実現

- GPS以外の衛星も用いてビル街等での測量可能エリアを拡大
- GPS測量に比べ現地での観測時間を短縮して測量が可能
- 地殻変動量の提供時間を約半分に短縮
- マルチGNSS解析・利用技術のアジア地域等への国際展開

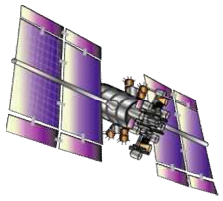
オープンGEONET！－総プロ成果の公開－

1. 技術開発成果の公開
2. マルチGNSS解析ソフトウェアGSILIBの公開
3. マルチGNSS測量マニュアル案の公開

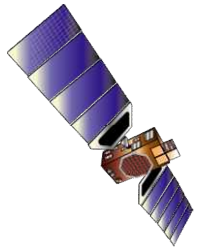


GPS（米国）

準天頂衛星（日本）



GLONASS（ロシア）



Galileo（EU）

1. 技術開発成果の公開

国土地理院

プロジェクト ホームページで公開

（http://www.gsi.go.jp/eiseisokuchi/gnss_main.html）

- 有識者委員会資料
- 平成23～26年度　成果品
  - 衛星系／複数周波数信号の組合せ　報告書
  - マルチGNSS解析ソフトウェアの基本／詳細設計書

2. マルチGNSS解析ソフトウェアGSILIBの公開

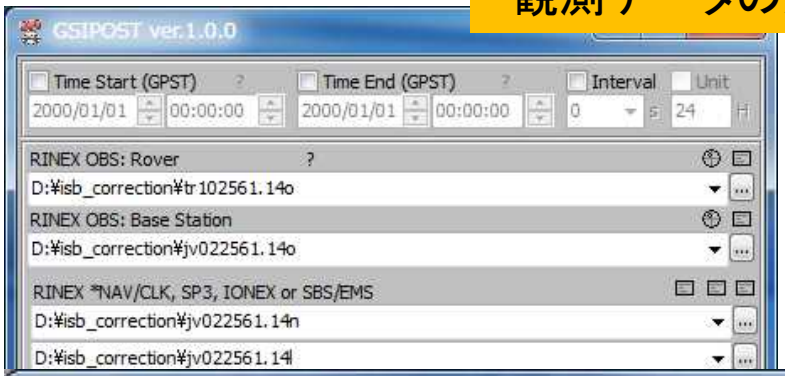
国土地理院

GSILIB（GNSS Survey Implementation Library）

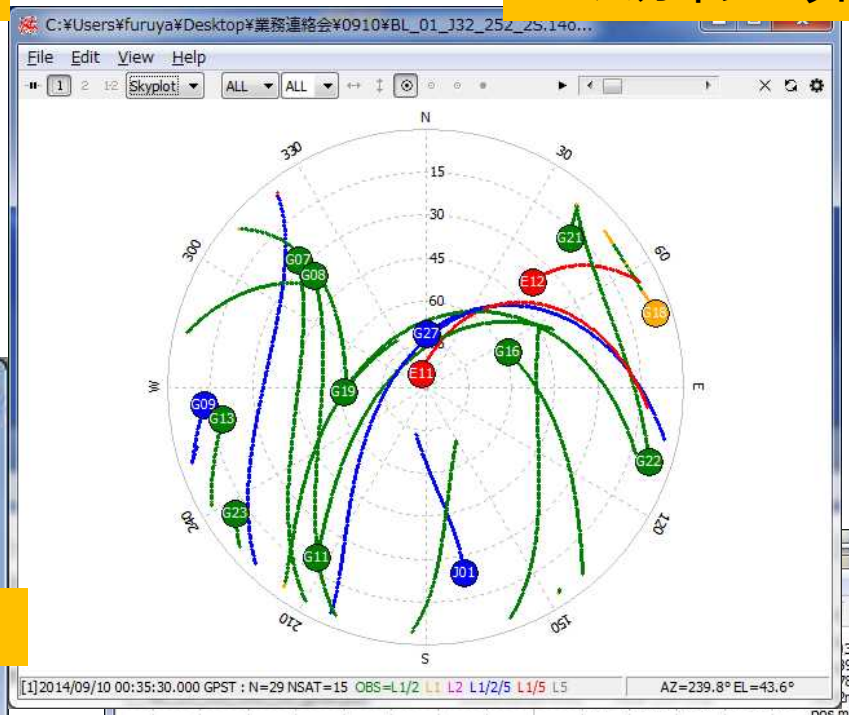
- 総プロにおいて、マニュアル案作成検討に必要なツールとして、近代化GPS、準天頂衛星、GLONASS、GalileoのL1、L2、L5信号の解析が可能なソフトウェア「GSILIB」を作成
- RTKLIB v2.4.2（Takasu, 2013）をベースに、国土地理院が、電子基準点を用いる測量やGEONETの解析等に必要な機能（異機種受信機間の解析機能、複数基線解析等）を付与
- 平成27年1月8日にホームページで無償公開
（http://datahouse1.gsi.go.jp/gsilib/gsilib.html）
- オープンソースソフトウェアとして、ユーザは利用・改造が可能

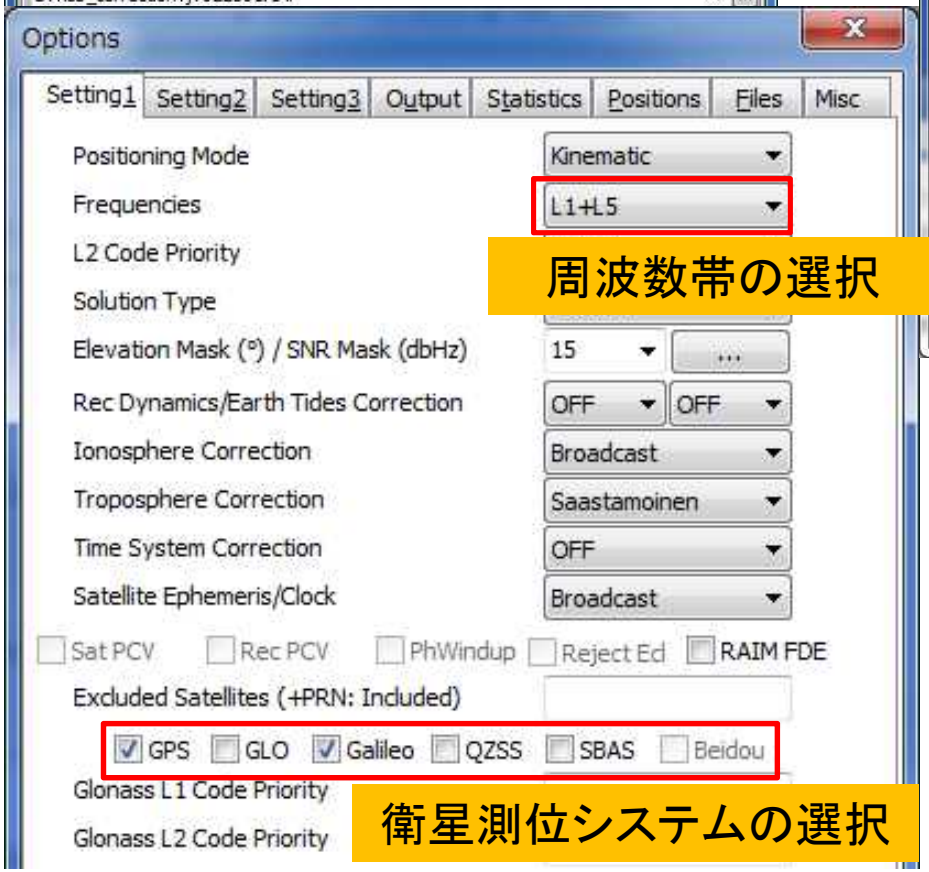
測量分野や測地学で活用され、
マルチGNSSの利用拡大に貢献

観測データの選択



スカイプロット

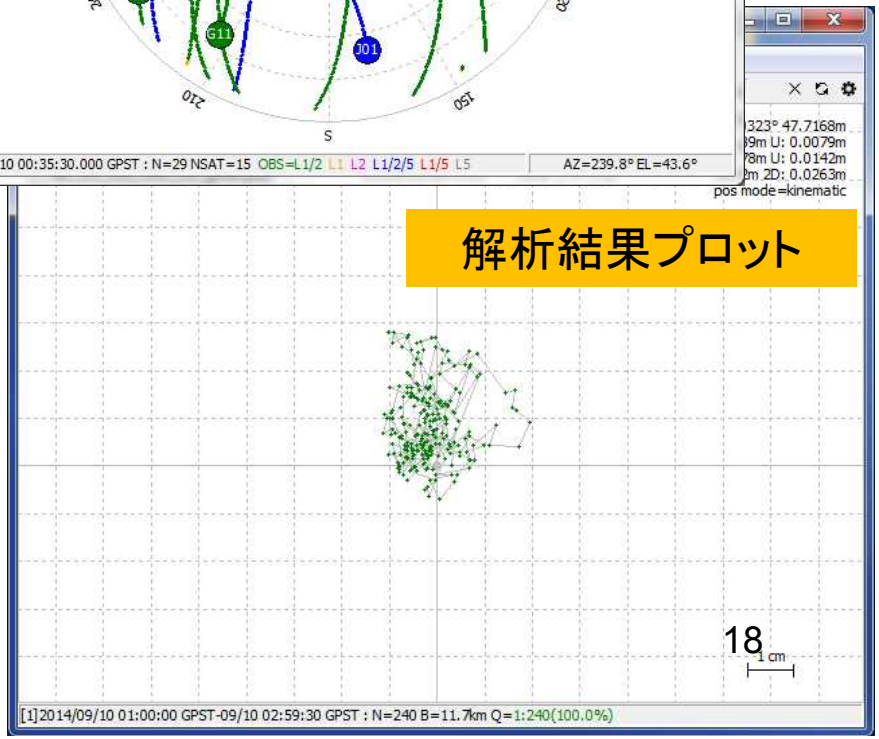




周波数帯の選択

衛星測位システムの選択

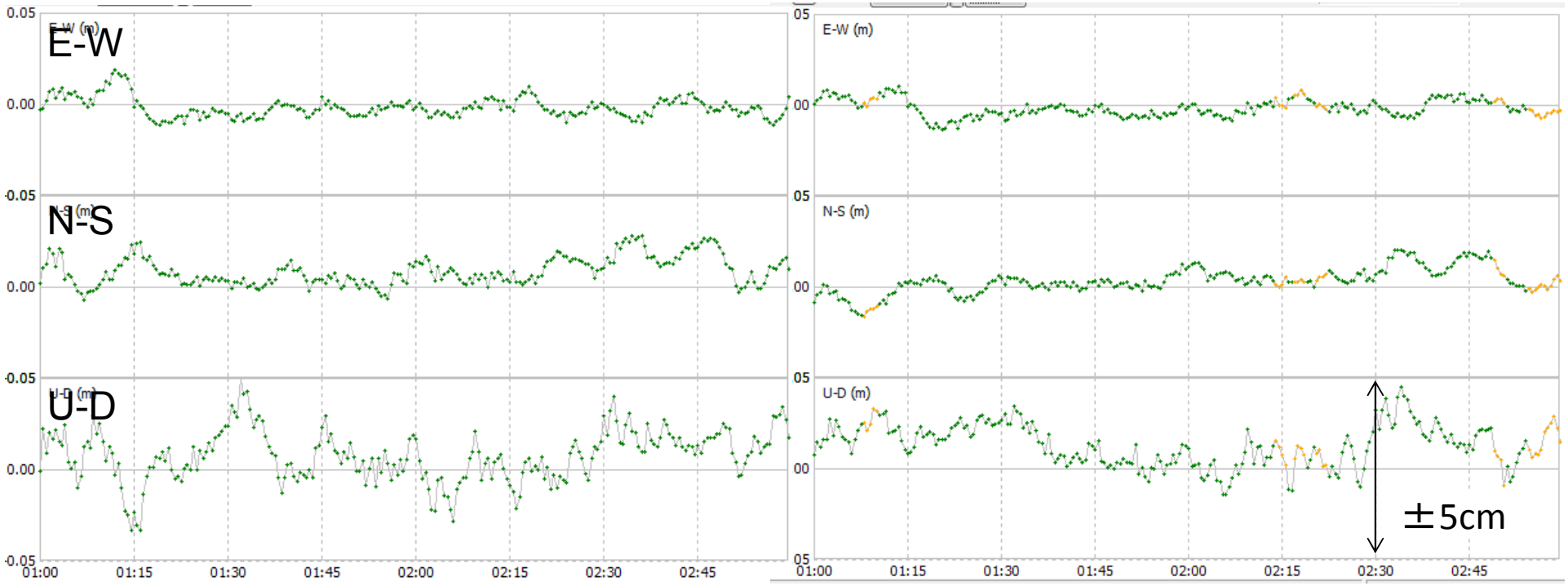
解析結果プロット



GSILIBの解析例

GPS
（標準偏差[mm] EW5.5,NS7.8,UD14.2）

GPS+準天頂衛星+GLONASS+Galileo
（標準偏差[mm] EW4.8,NS7.0,UD11.7）



Fix率　100.0%

●Fix解　●Float解

Fix率　86.7%

日付：2014年9月10日　測位方式：キネマティック
基線長：11.7km（国土地理院比較基線場）　衛星数：左6～12機、右14～19機

マルチGNSSの利用により、キネマティック測位の安定性が向上

3. マルチGNSS測量マニュアル案の公開

国土地理院

マルチGNSS測量マニュアル案
ー近代化GPS及びGalileo等の活用ー

- マルチGNSSへの期待
  - 上空視界に制約がありGPSだけでは測量が難しい地域でも、測量できる場所や時間の拡大
  - 新しいL5信号を利用して3周波測位を行うことで、従来と同じ精度をより短い観測時間で達成

- マルチGNSSへの期待に応えるべく、国土地理院が行った技術開発や実証実験に基づき、現在配備中のGNSSやL5信号の今後の利用の進展を想定し、作成

平成27年5月29日に公表
http://psgsv2.gsi.go.jp/koukyou/download/download.html

マルチGNSS測量マニュアル案の特徴

- Galileoを測位衛星の一つとして利用
  - Galileoを利用することで、利用可能な衛星が増え、測量できる場所、時間が拡大
- L5の利用
  - 2周波による観測として、L1+L2、L1+L5の選択が可能
  - L1+L2+L5の3周波を利用することで、観測距離が10km以上のスタティック法の観測時間が従来の「120分以上」から「90分以上」に短縮が可能
- GPS-Galileo間で位相差をとる解析（統合処理）
  - 統合処理を行うことで、合計4衛星あれば各GNSS衛星が最低1衛星でも利用が可能

マルチGNSSを利用した、より効率的な測量が可能に

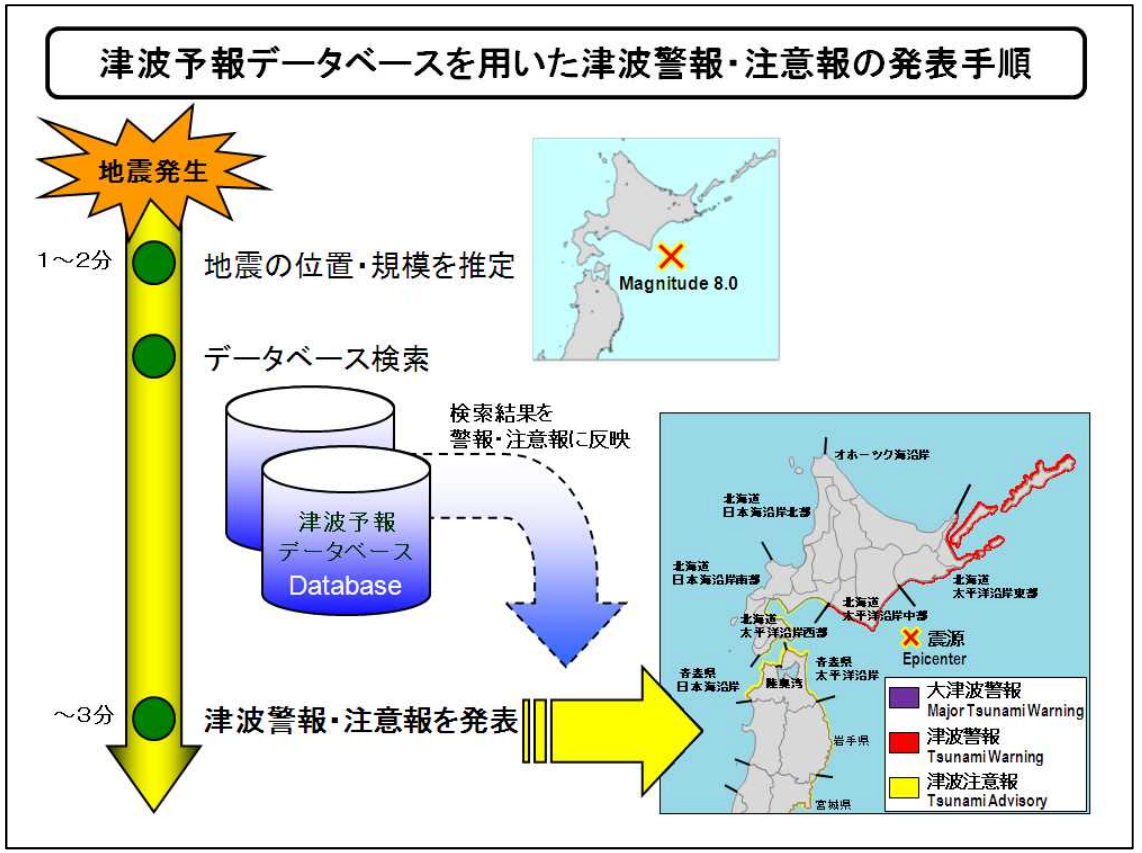
報告内容

1. はじめに

2. GEONETの取り組み
   a. 情報の提供
   b. マルチGNSS総プロ
   c. 津波予測支援
   d. 国外への貢献

津波予測支援とは？

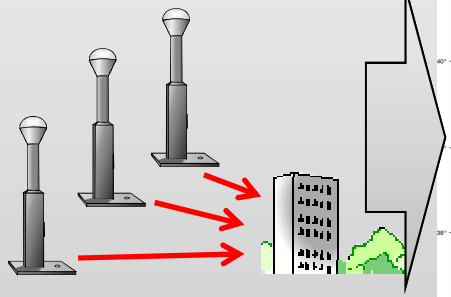
- 気象庁の津波警報・注意報（第1報）は地震の位置と規模から津波の大きさを推定している。
- 地震の規模がより正確に即時に分かれば、推定される津波の大きさもより正確になる。

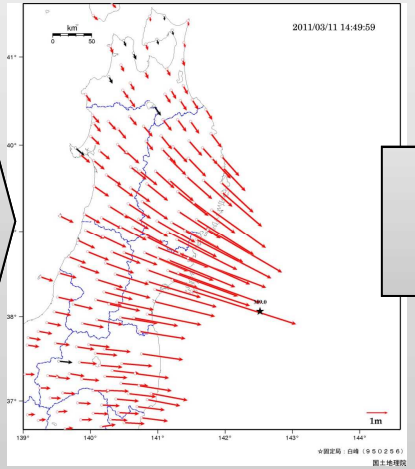


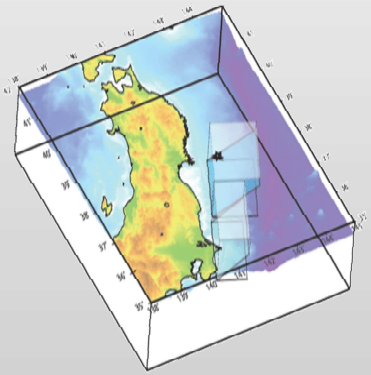
気象庁HPより

国土地理院の津波予測支援＝地震規模（マグニチュード）の即時推定

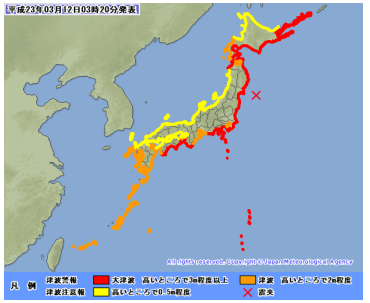
REGARD (Real-time GEONET Analysis system for Rapid Deformation Monitoring)

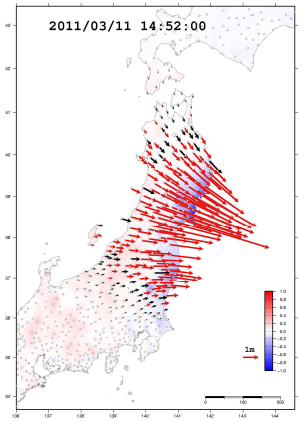






情報提供





GEONETデータの収集・解析

地震時地殻変動の検出・変動量計算

地震規模Mw・断層モデルの推定

これらの処理を即時（目標：3分以内）に自動で実施

地震の規模や地盤沈下の情報を関係機関等へ提供

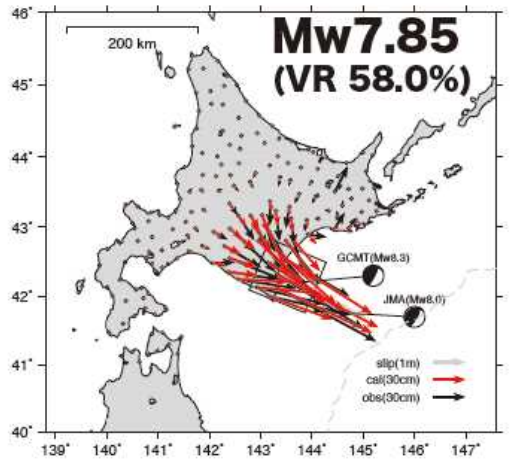
REGARDの構築状況

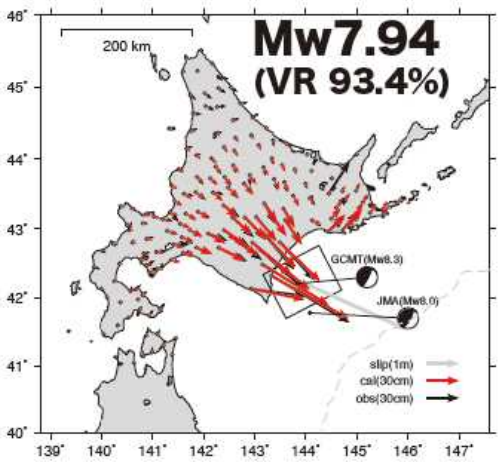
H23	• REGARD（プロトタイプ）の開発 • 地殻変動検知及び変動量の算出 • 東北地方を対象
H24	• 解析結果のメール通知機能 • 変動検知アルゴリズムの高度化 • 断層モデルパラメータ推定機能
H25	• 全国を対象としたリアルタイム解析 • システムの冗長化 • 解析結果閲覧ツールの開発
H26	• マルチGNSS（準天頂衛星、GLONASS）対応 • 2種類の断層モデル推定機能 • システムの処理能力強化

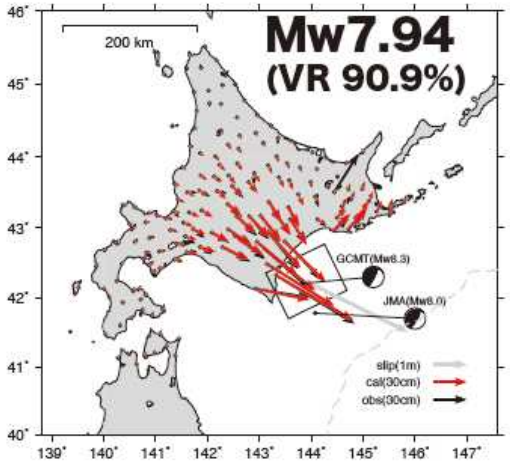
精度評価：平成15年十勝沖地震（Mw8.0）

地震発生からの時間　60 秒　120 秒　180 秒

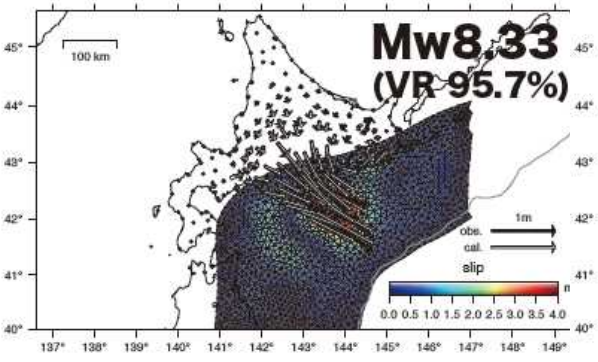
矩形断層

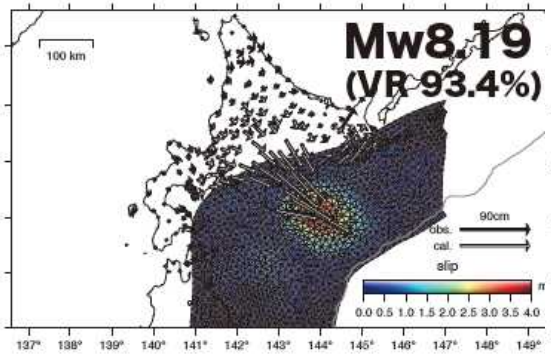


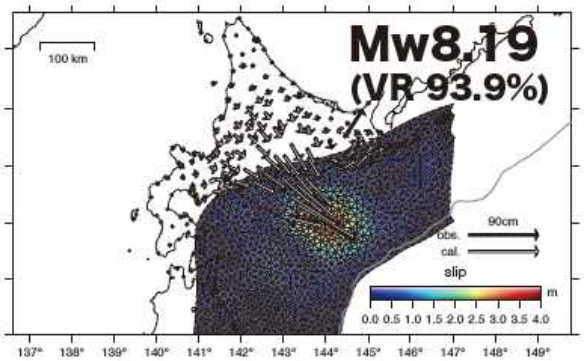




すべり分布



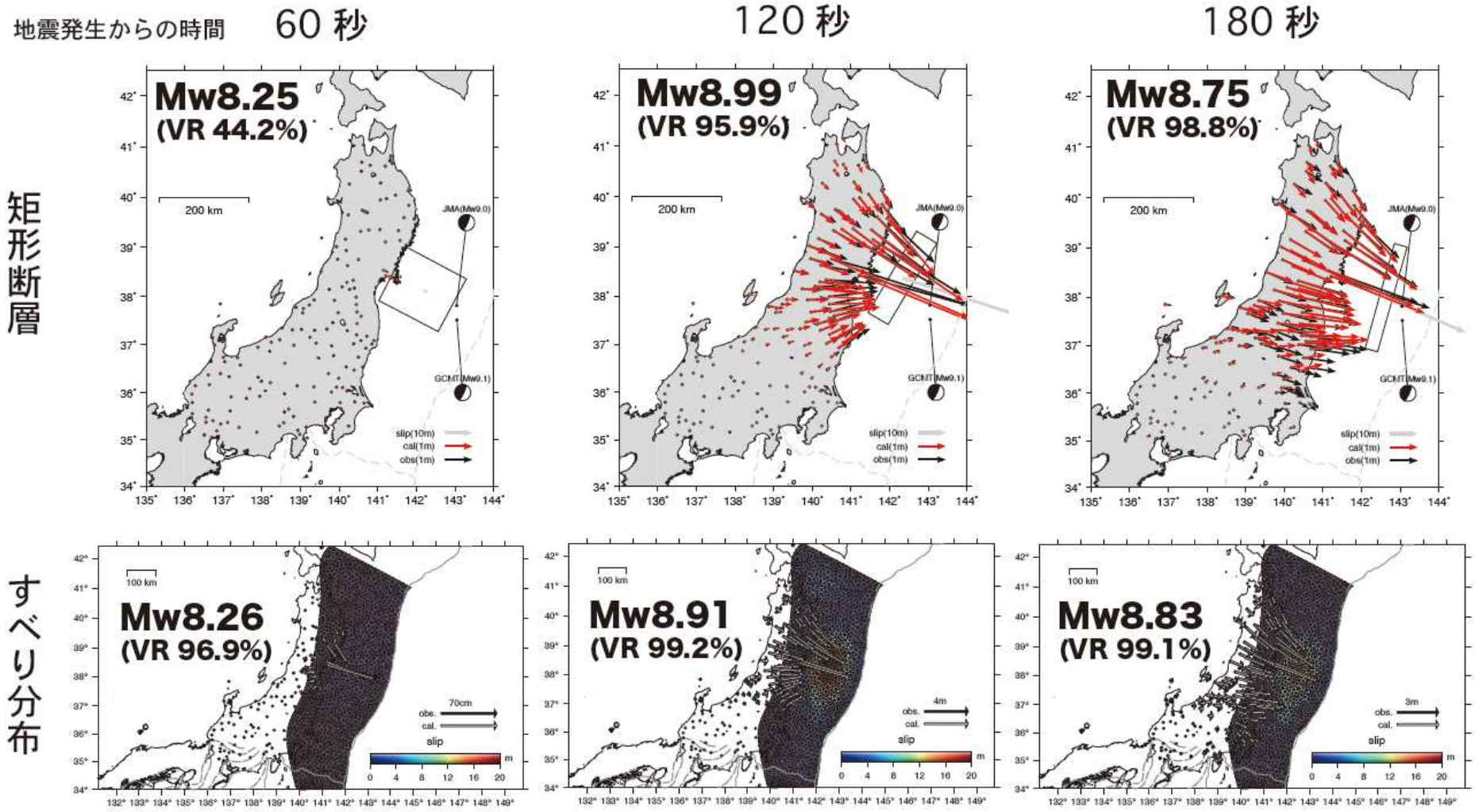




約120秒で地震規模推定が安定

Mw（moment magnitude）：地震の規模（エネルギー）
VR（variance reduction）：観測値と推定値の適合度

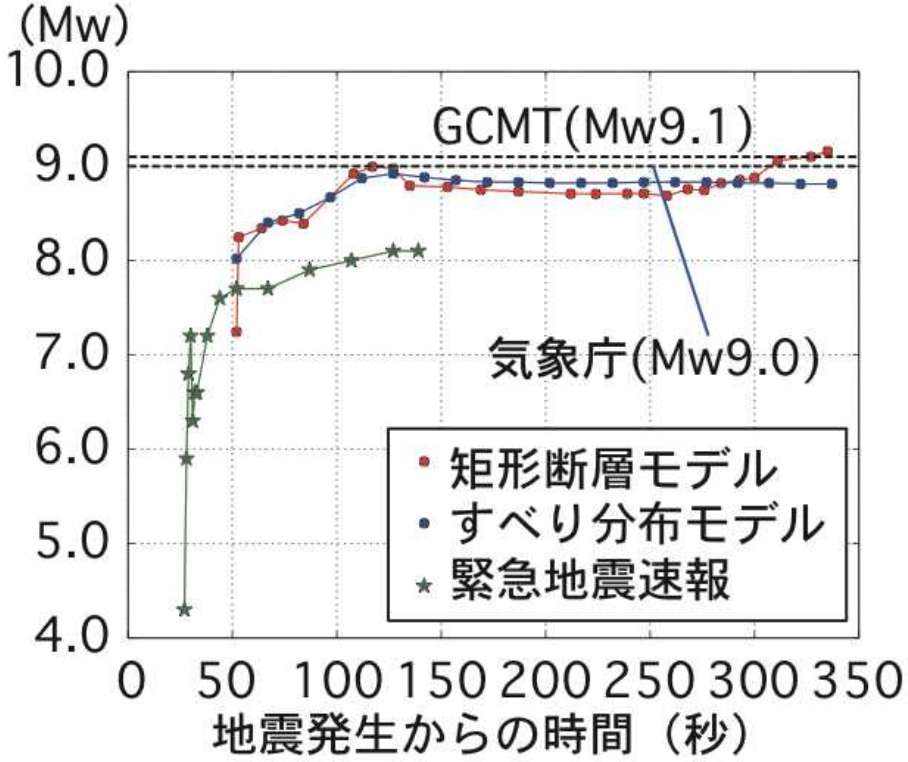
精度評価：平成23年東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）



Mw（moment magnitude）：地震の規模（エネルギー）

VR（variance reduction）：観測値と推定値の適合度

精度評価：平成23年東北地方太平洋沖地震（Mw9.0）



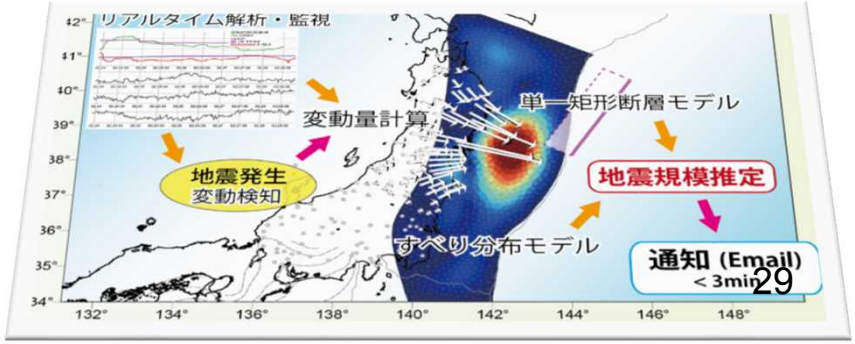
約150秒で地震規模推定が安定
気象庁CMT解（Mw9.0）、GCMT解（Mw9.1）よりわずかに下回るものの、地震規模を飽和することなく決定

CMT解：ある地震の発生機構・規模を求めたもの
GCMT解：世界的に広く標準として用いられているCMT解

オープンGEONET！ －津波予測支援－

GEONETによる津波予測支援のための情報提供システム（REGARD）の運用開始

平成27年度、津波予測や災害対応を支援するため、関係機関への情報提供体制を構築



報告内容

1. はじめに

2. GEONETの取り組み
   a. 情報の提供
   b. マルチGNSS総プロ
   c. 津波予測支援
   d. 国外への貢献

オープンGEONET！－国外への貢献－

GEONETの知見や長年の運用経験は、国外でも貢献

1. 平成27年3月11日、ベトナム国測量・地図作成局との間で、電子基準点網の構築を含む測量分野等の技術協力を進める覚書を締結
2. 平成27年度からJICA集団研修「国家基準点管理の効率化と利活用」コースを開催

おわりに

GEONETは、全国網の運用開始から20年

今後も必要なGEONETの改良を進めるとともに、「オープンGEONET！」を合言葉に電子基準点や関連成果を広め、測量・測位・防災・位置情報サービスに不可欠なインフラとして国内外の社会に貢献します。

平成27年度の「オープンGEONET！」

- 提供情報の拡充（R3、リアルタイム、Galileoデータ）
- 総プロの成果の公開（GSILIB、マニュアル案）
- 津波予測支援の運用開始
- 国外への貢献