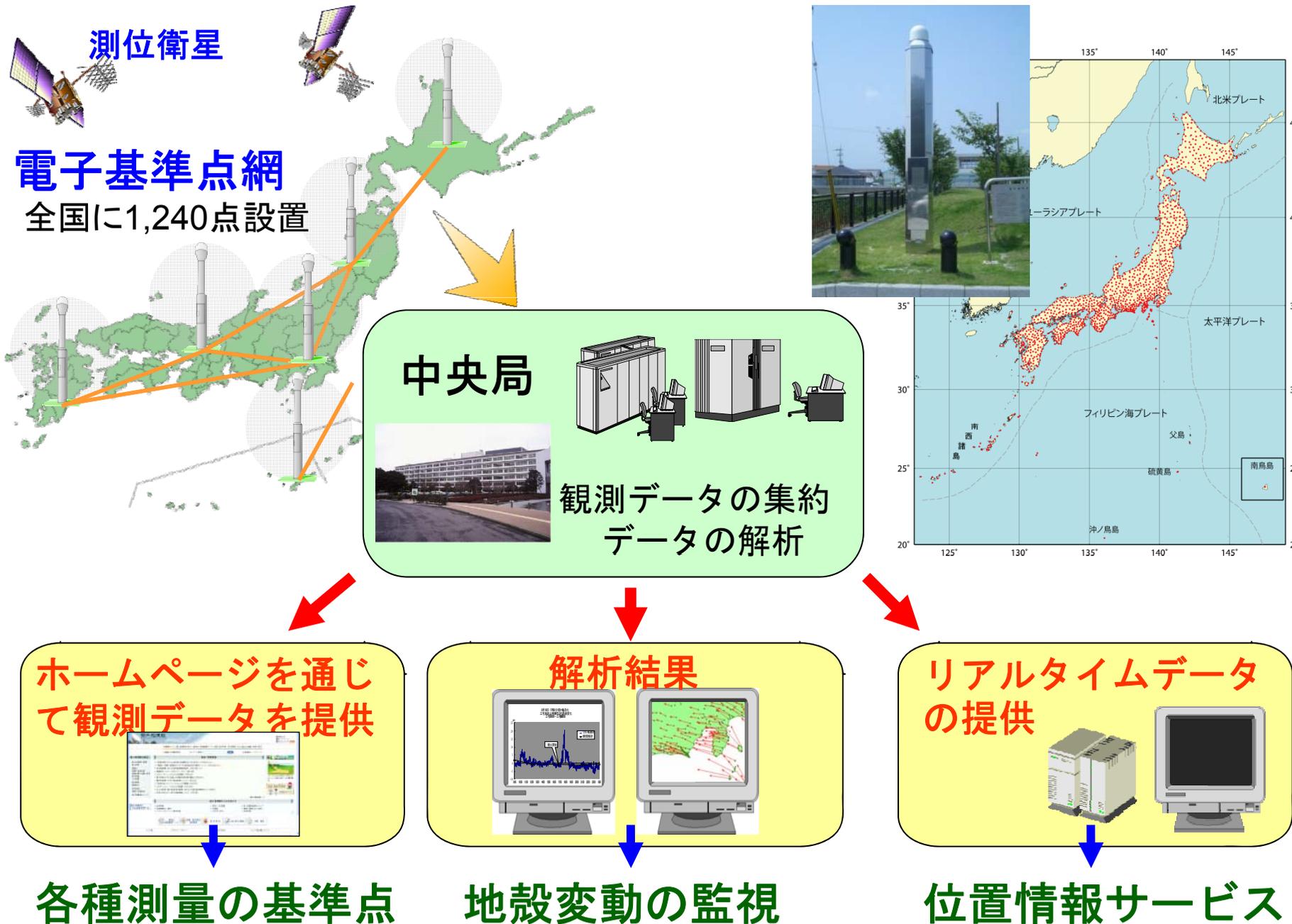


GEONETによる津波予測支援の ための情報提供システムの開発

国土地理院測地観測センター
平成24年6月12日

GEONET(GNSS連続観測システム)の概要



地殻変動 解析手法の高度化

従前

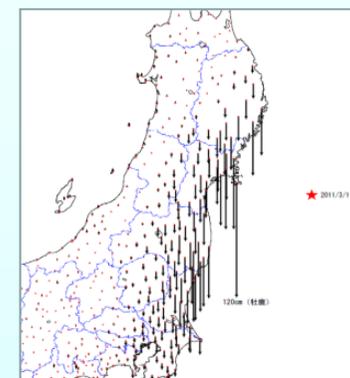
正確な情報を時間をかけて提供(1cm精度の変動量 5時間後)

目標

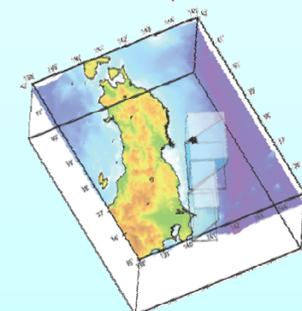
概略の情報を即時に推定(10cm精度の変動量)

アウトプット

地震時の変動
を即時把握



断層モデルの
即時推定

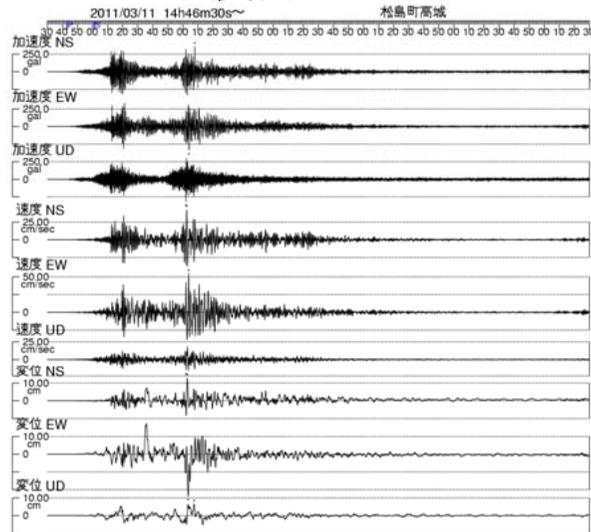


情報

防災関係機関に提供

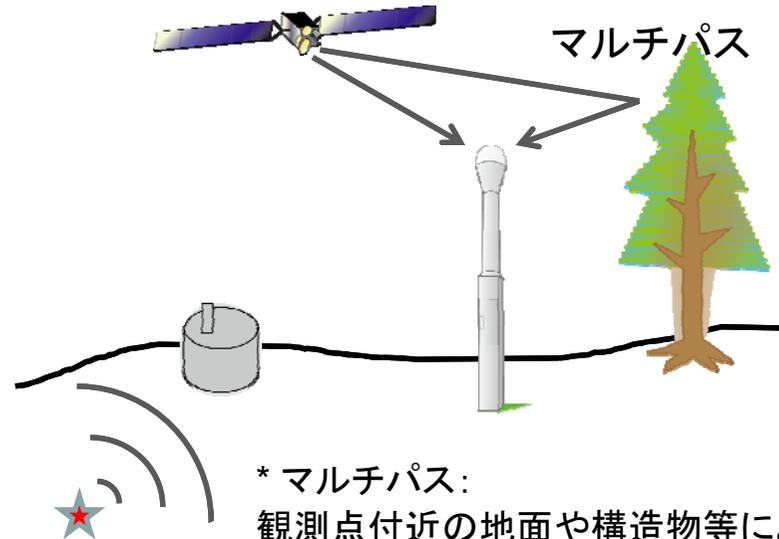
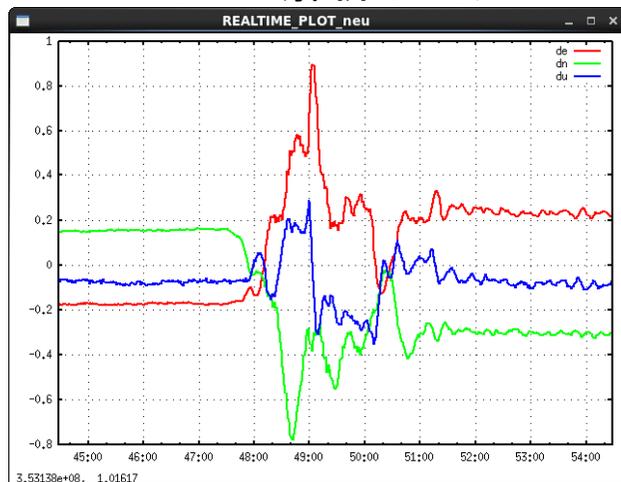
開発にあたっては東北大学と連携

地震計データ



気象庁HPより
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/kyoshin/jishin/110311_tohokuchiho-taiheiyououki/index.html

GNSS解析データ



* マルチパス:
観測点付近の地面や構造物等によって反射された電波が衛星から直接届く電波に混入する現象

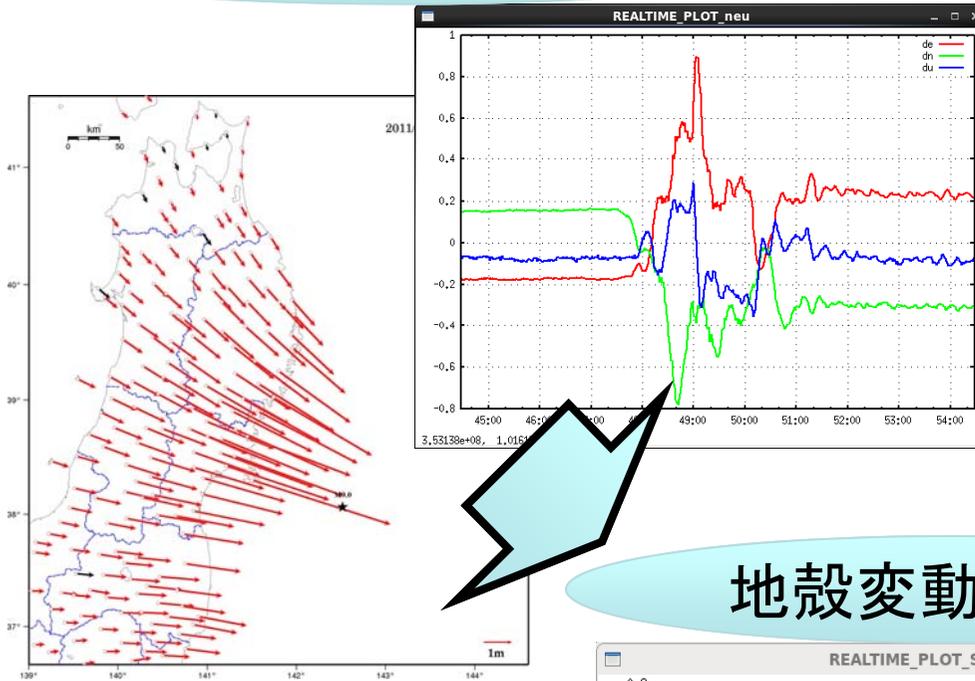
○地震計

- ・直接の地面の揺れから、
相対的な変動(加速度)を観測
- ・短周期の波も高精度に観測

○GNSS

- ・衛星からの電波を取得し、
絶対的な変動(永久変位)を観測
- ・マルチパスなど、周辺環境が影響

地殻変動を即時推計



GEONET1秒値リアルタイムデータ(GPS)からRTKLIB2.4.1 (Takasu, 2011)を使用して即時基線解析

検出情報の通知

変動ID: 2012XXXXXXXXXX
平成24年 〇月〇日〇時〇分〇秒
発表

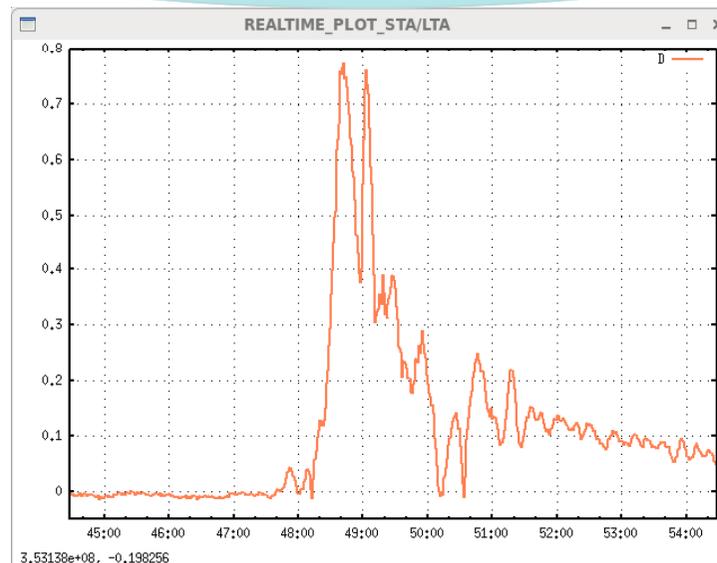
日時 : 〇日〇時〇分〇秒
エリア: XXXX01

<緊急地震速報>
無し。

<判定方式>
変動電子基準点局数: X
固定点数: X

<変位検知点>
XXXX 0.0556

地殻変動の検出



地殻変動の検出情報を電子メールで通知

RAPiDアルゴリズム (Ohta et al., 2012) を使用して地殻変動を検出

地殻変動即時検知(RAPiDアルゴリズム)

リアルタイム基線解析結果から、水平変位の

- ・短時間の重み付き平均(STA)
- ・長時間の重み付き平均(LTA)

を求める。

$$STA(t) = \frac{\sum_{i=t-\alpha+1}^t p_i x_i}{\sum_{i=t-\alpha+1}^t p_i} \quad (\alpha=60\text{秒}) \quad LTA(t) = \frac{\sum_{i=t-\beta+1}^t p_i x_i}{\sum_{i=t-\beta+1}^t p_i} \quad (\beta=600\text{秒})$$

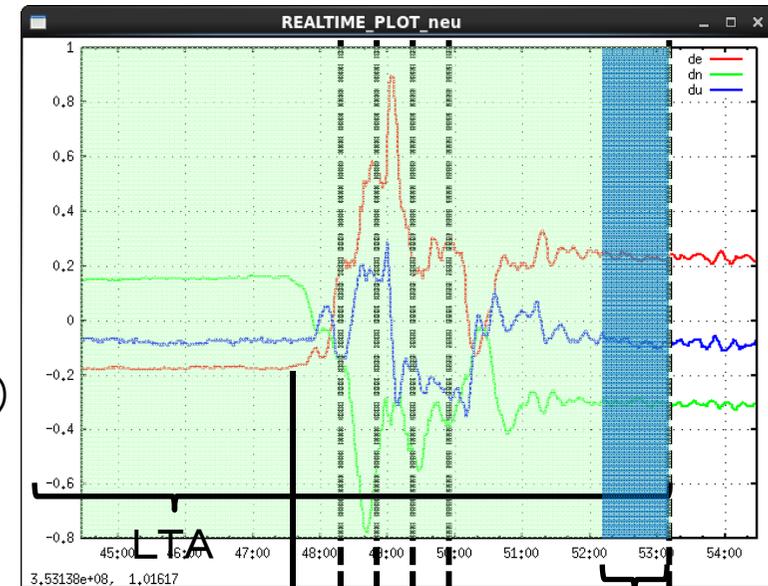
$$p_i = \frac{R_i}{\sigma_i^2} \quad (P: \text{重み})$$

R:ratio factor, σ : 水平成分の標準偏差

変動検知に用いる指標”D”は上記STA, LTAから次のように求める。

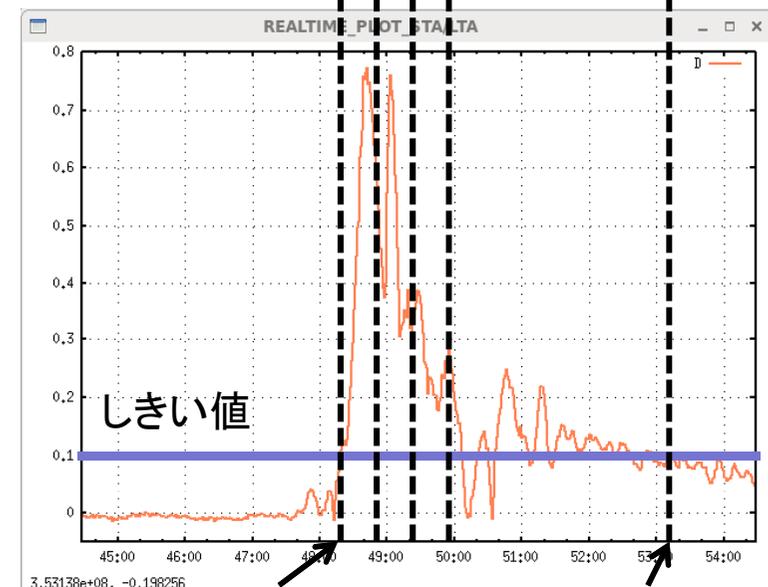
$$D = |STA(t) - LTA(t)| - SD(LTA(t)) \quad *SDは標準偏差$$

指標”D”が、設定したしきい値を超えた時点で地殻変動を検知(第0報)と判断。その後、一定時間しきい値を下回った時点で最終的な地殻変動(最終報)と判断。



S波到達

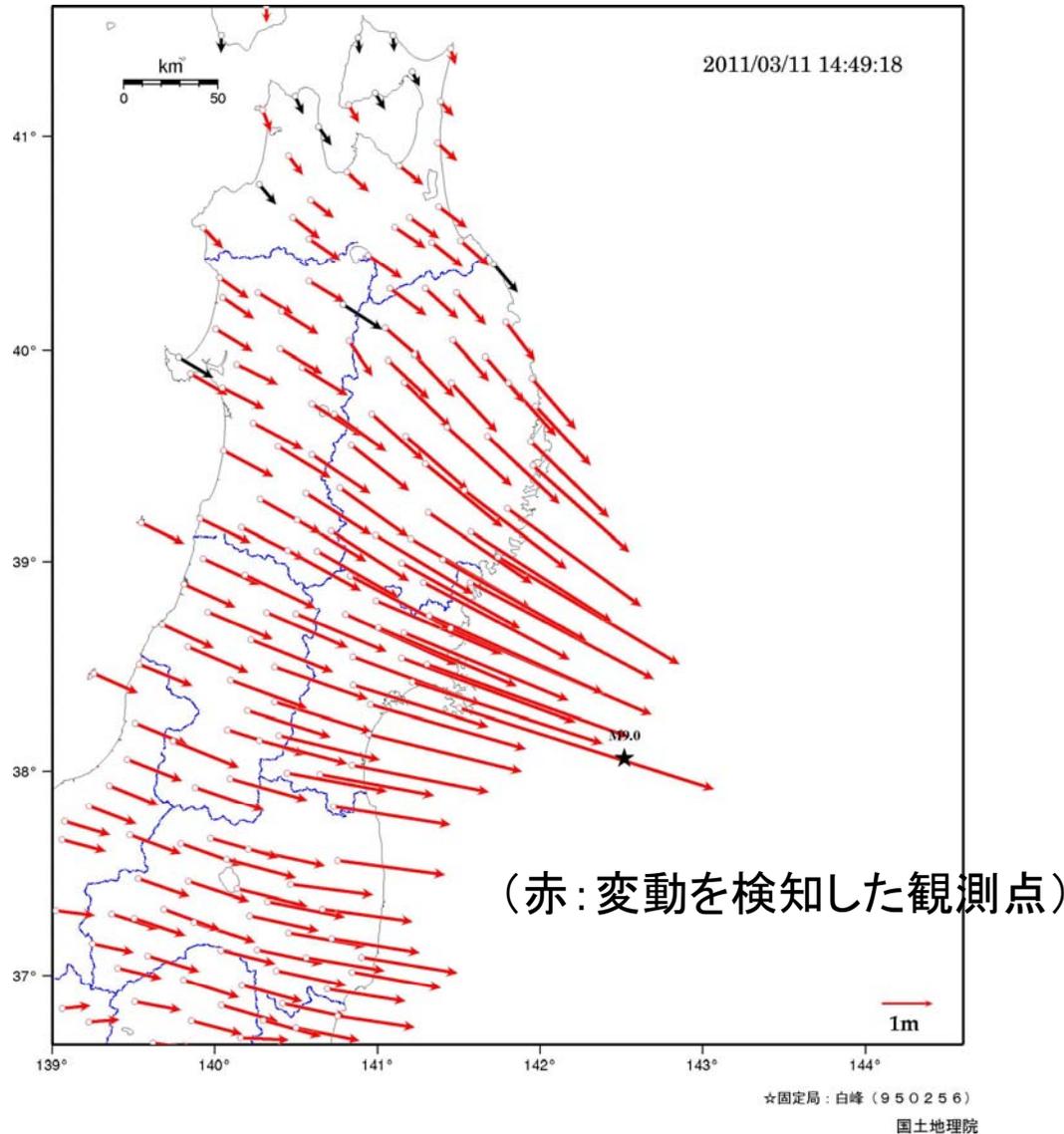
STA



第0報

最終報

ORAPiDアルゴリズムを用いて試験的に解析した結果
(東北地方太平洋沖地震発生3分後)



○地震後3分でも、ほとんどの観測点で問題無く変動を検知

○東北地方太平洋沖地震では地震発生5分後程度まで地殻変動が継続しているが、このデータを用いてもおおまかな断層パラメータ推定は可能



鳥羽(固定点)

解析ソフトウェア	RTKLIB2.4.1 (Takasu, 2011)
解析方法	1点固定の放射状基線解析 (GNSSはGPSのみ使用)
固定点	鳥羽
解析点数	約150点(東日本)
変動しきい値	0.10m
衛星軌道暦	IGS 超速報暦(予測部分)
推定パラメータ	座標値(時計誤差含む) 電離層遅延 対流圏遅延
仰角マスク (観測データ) (ambiguity整数化) (ambiguity固定)	チューニング中 7~10° 7~30° 7~35°

(5月9日～14日:初期設定)

日付	誤検知	精度(水平/上下)
5月9日	13回	6.2cm / 13.6cm
5月10日	12回	4.9cm / 11.5cm
5月11日	9回	4.6cm / 10.1cm
5月12日	20回	4.5cm / 11.0cm
5月13日	18回	4.7cm / 12.5cm
5月14日	17回	4.1cm / 9.2cm
平均	14.8回	4.8cm / 11.3cm

(5月25日～30日:チューニング1回目実施後)

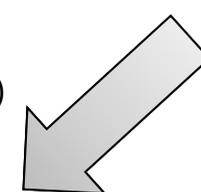
日付	誤検知	精度(水平/上下)
5月25日	7回	1.6cm / 6.1cm
5月26日	2回	1.6cm / 6.2cm
5月27日	4回	2.2cm / 7.5cm
5月28日	21回	6.1cm / 15.0cm
5月29日	11回	6.1cm / 14.0cm
5月30日	13回	4.0cm / 9.3cm
平均	9.6回	3.6cm / 9.7cm



*精度:各観測点の日毎の標準偏差の平均値

(6月2日～5日:チューニング2回目実施後)

日付	誤検知	精度(水平/上下)
6月2日	0回	1.4cm / 4.8cm
6月3日	0回	1.3cm / 4.7cm
6月4日	1回	1.4cm / 5.2cm
6月5日	1回	2.4cm / 6.8cm
平均	0.5回	1.6cm / 5.4cm



チューニング実施毎に

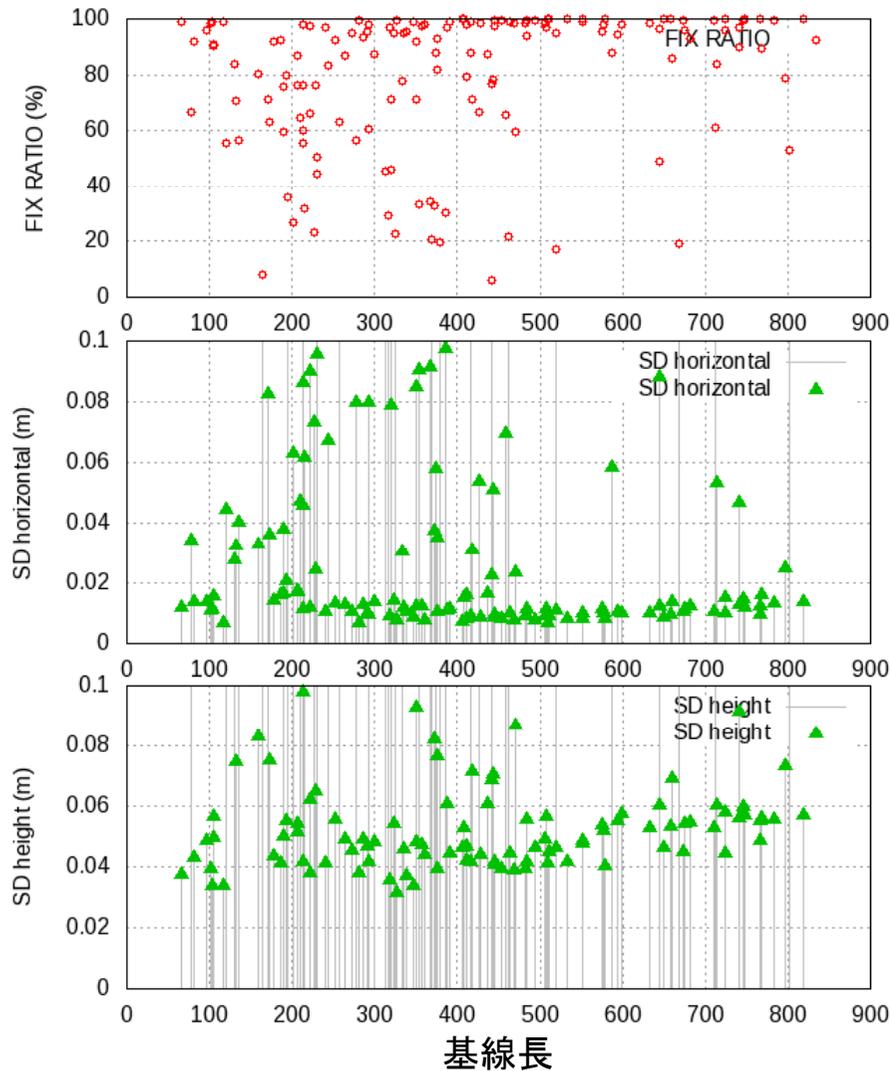
- ・誤検知数低下
- ・測位精度向上

各観測点のFIX率及び座標の精度

*FIX率: 解析結果の信頼度を表す値

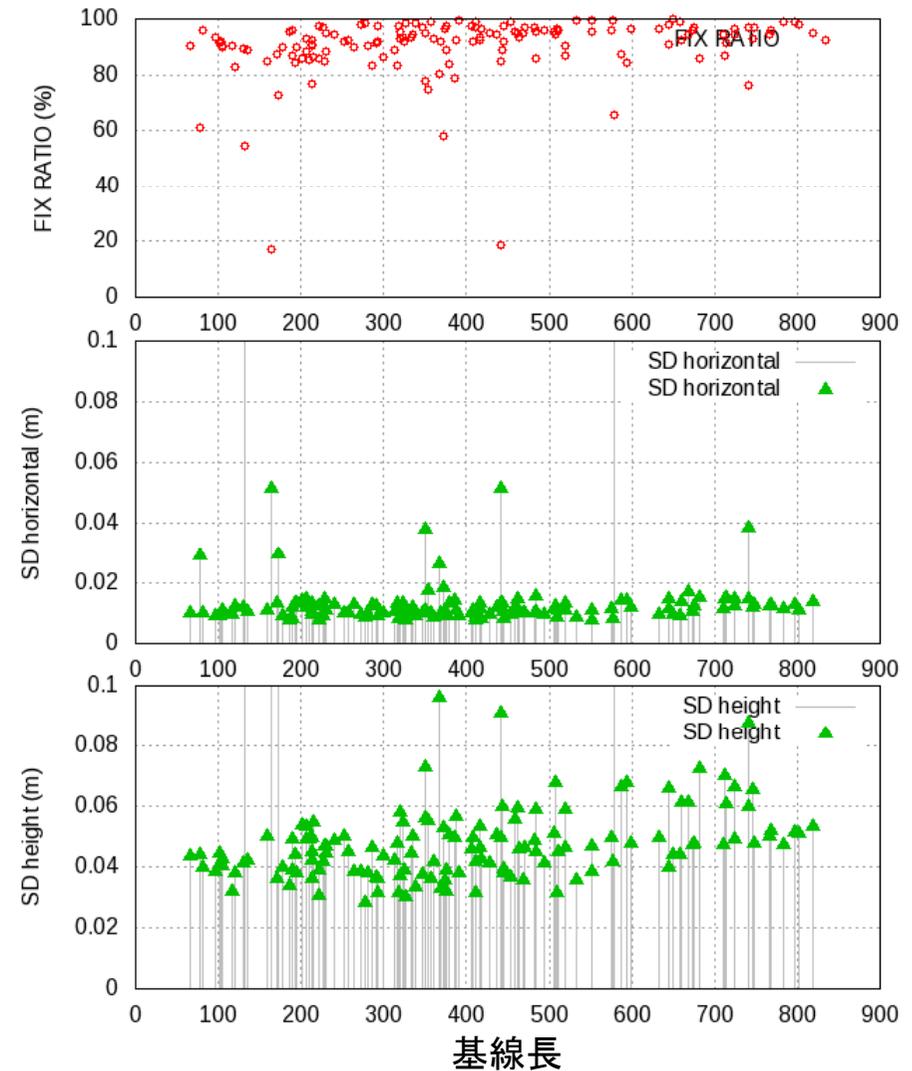
(5月12日: チューニング前)

FIX RATIO & standard deviations

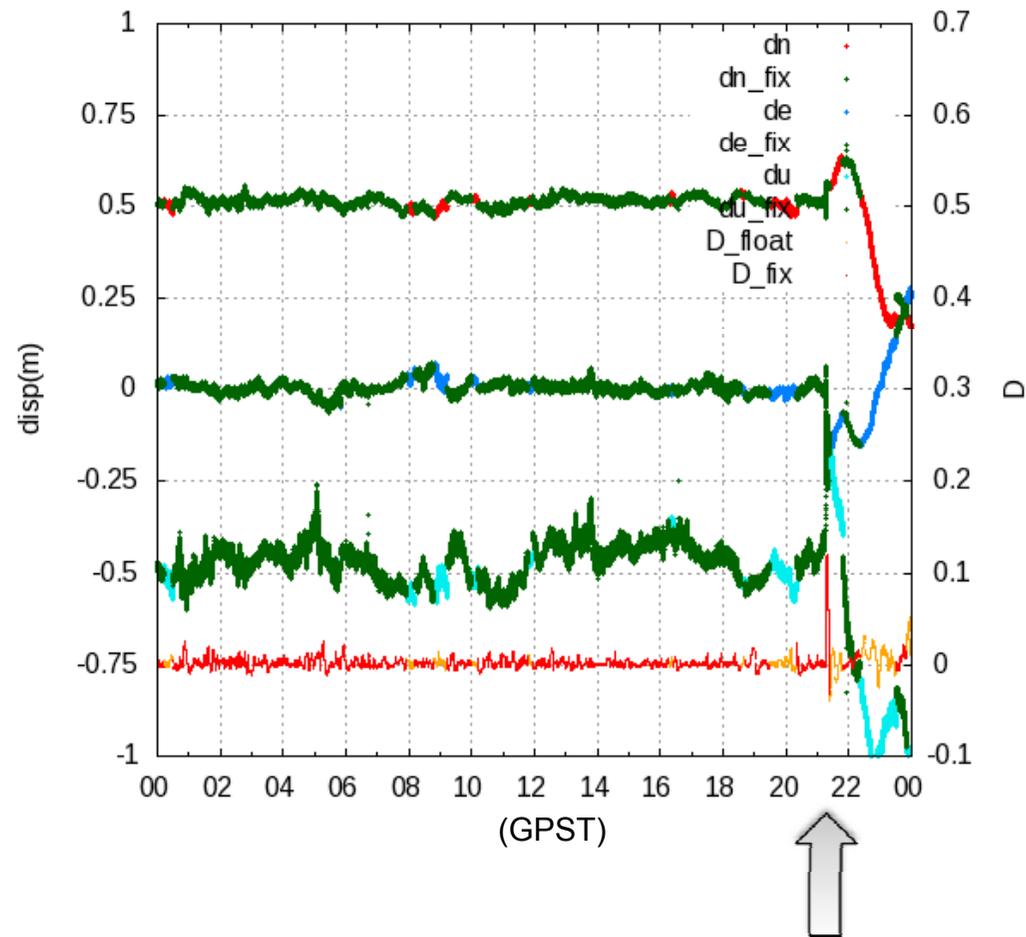
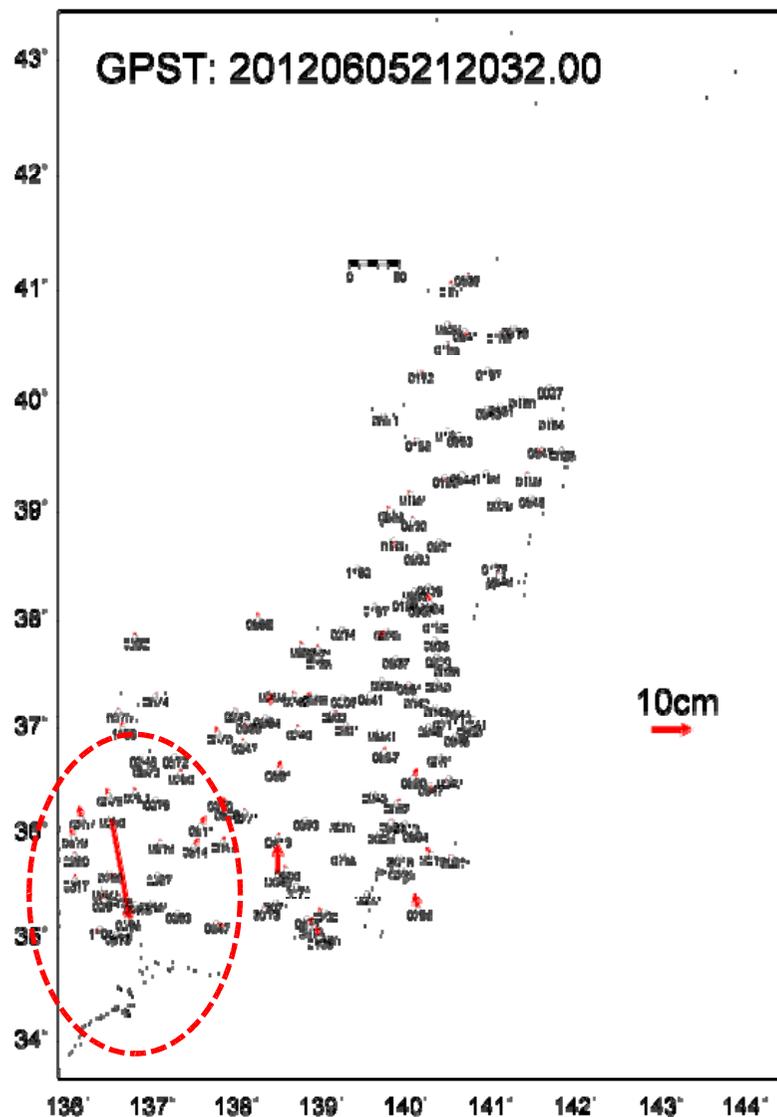


(6月4日: チューニング後)

FIX RATIO & standard deviations



誤検知例 (6月6日6時20分)



- ・観測点のマルチパス(反射した電波を受信したこと)による解の不安定化が原因
- ・今後このような解析結果を考慮し、的確に取り扱う必要あり

試験運用中の状況(まとめ)

4月6日よりシステムの試験運用を開始

○誤検知数

- ・初期状態では非常に多い誤検知
- 即時基線解析ソフトのパラメータをチューニングにて改善
(課題)マルチパス等により基線解析が不安定となる

○基線解析の精度

- ・全観測点平均で、水平2cm程度、上下10cm程度の精度を確認

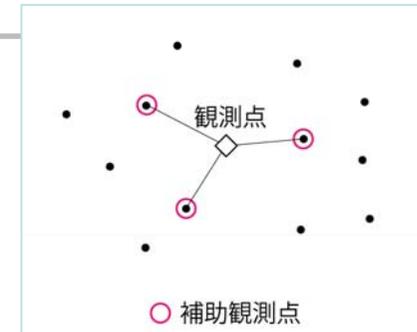
○システムの連続稼働

- ・システムダウン回数 0回
- ・連続稼働期間 最長17日間
(ただしチューニングのため一時停止したことによる)

今年度

(信頼性の向上)

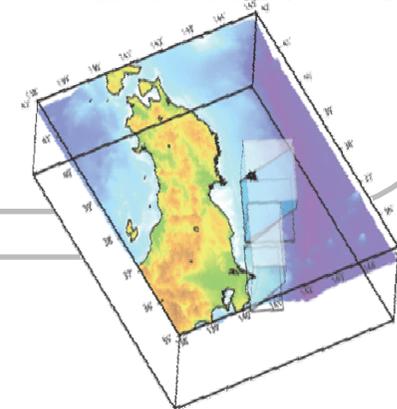
- 誤検知を軽減するためのアルゴリズムを追加
→周囲の観測点を補助的に用い、異常な変動を検知



- 地震時のトリガーとして緊急地震速報を基本として、さらに地殻変動のみでも稼働可能な信頼度の高いシステムを構築予定

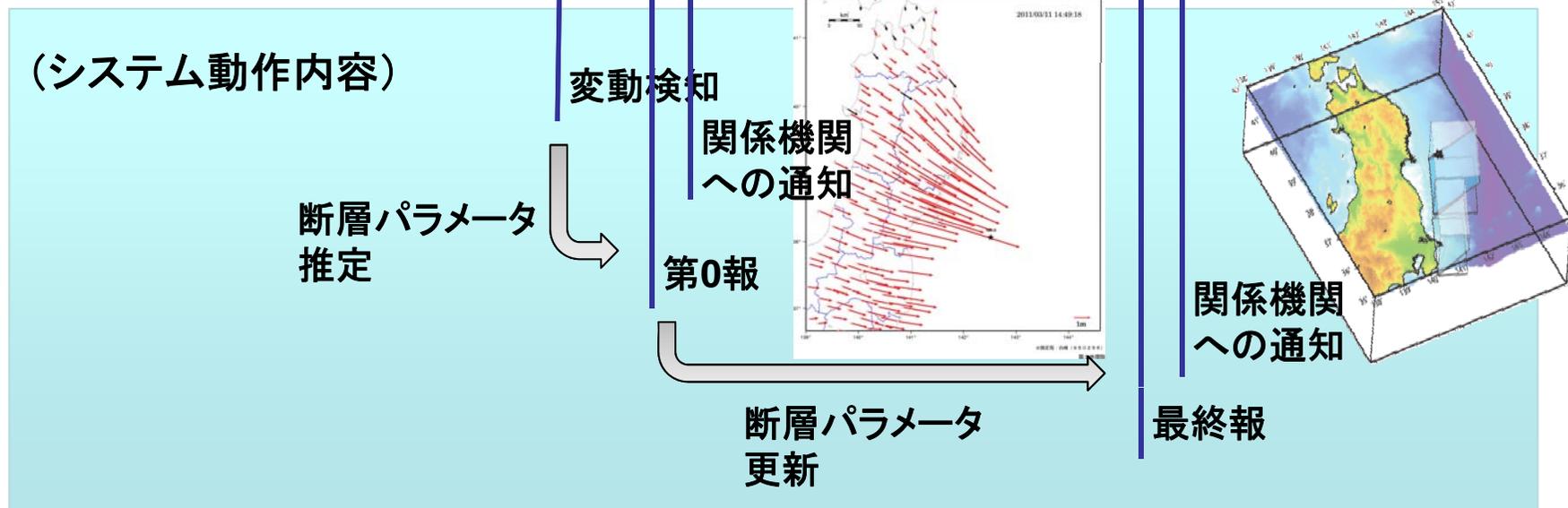
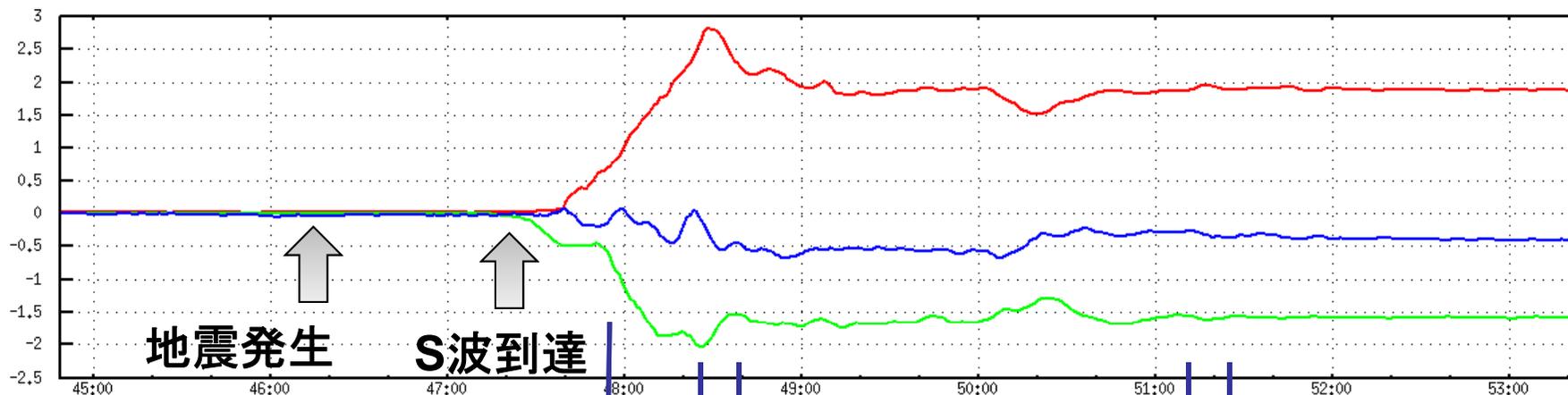
(機能の拡充)

- 防災関係機関、院内担当者等、多様な受け手への情報提供を想定したメール配信システムの拡充
- 即時解析によって得られた地殻変動情報から震源断層パラメータを即時推計する機能を拡充
→緊急地震速報を初期値としてインバージョンを実施
- 過去データを用いたシミュレーション機能の追加



来年度以降

- 計算機を追加し、対象を全国へ拡大
- システムの二重化



特に発信する情報の内容やタイミングについては関係機関からのニーズを十分に反映予定