

# ビッグデータの活用による 海溝型巨大地震の即時把握

ーリアルタイム地殻変動データの解析技術による大津波予測への貢献ー

国土地理院  
宮川 康平  
平成26年9月

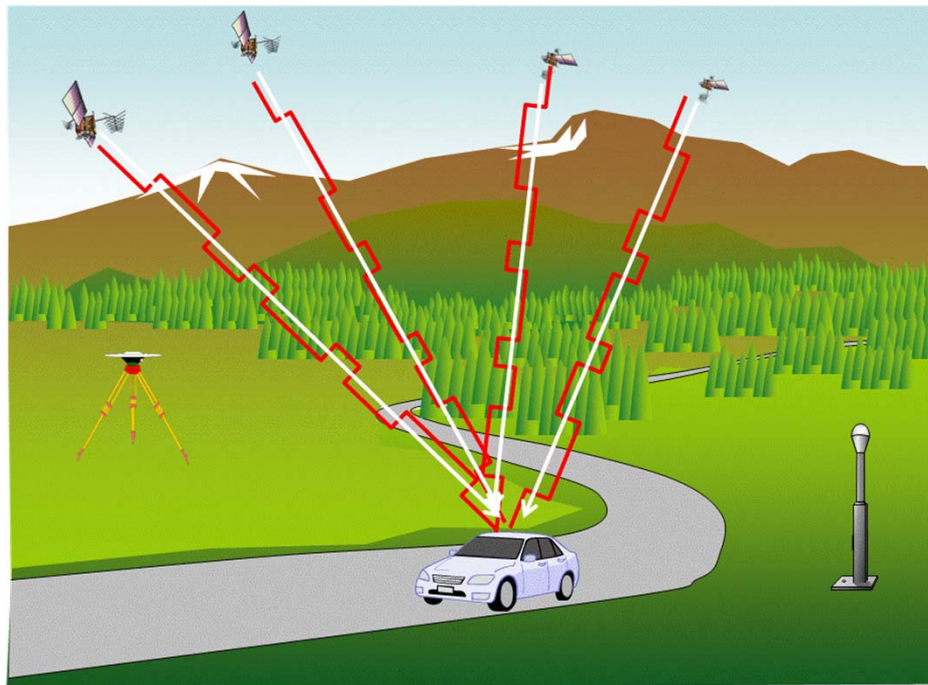
- 衛星測位技術について
- GEONETの概要
- ビッグデータを用いた海溝型巨大地震  
の即時把握－大津波予測への貢献－
- まとめ

## Global Navigation Satellite System(s) 全球測位衛星システム

ここでは、  
米国のGPS、日本の準天頂衛星、ロシアのグロナス、EUのガリレオ等、測位衛星システムの総称とします

目盛りの細かい／粗い電波の物差しで位置を計測

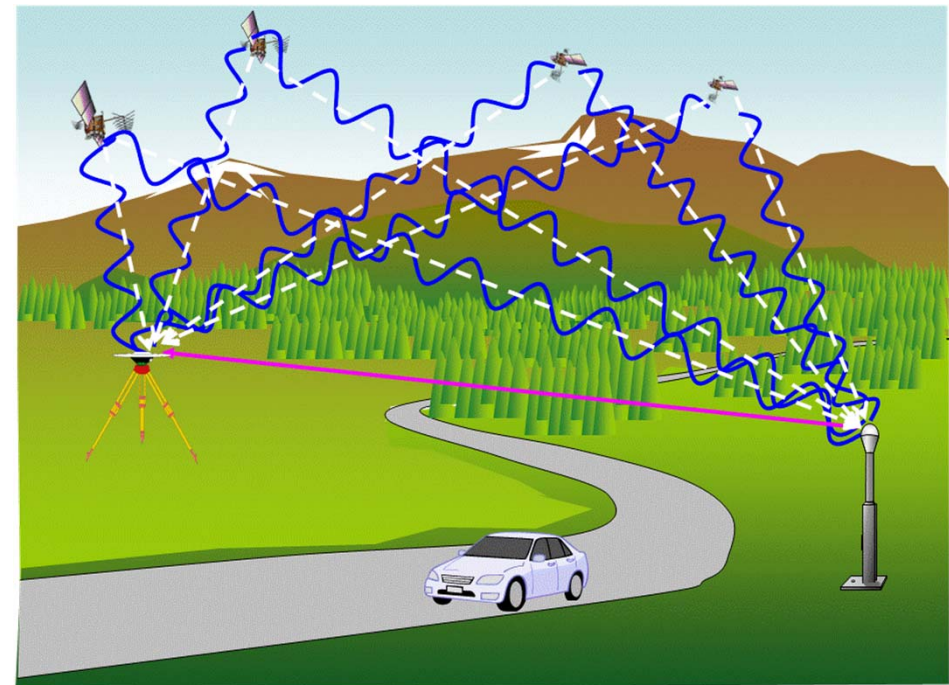
カーナビ方式 <単独測位>



- ・絶対位置(経緯度、高さ)
- ・精度：～10 m

→カーナビ等では十分な精度

測量方式 <相対測位>

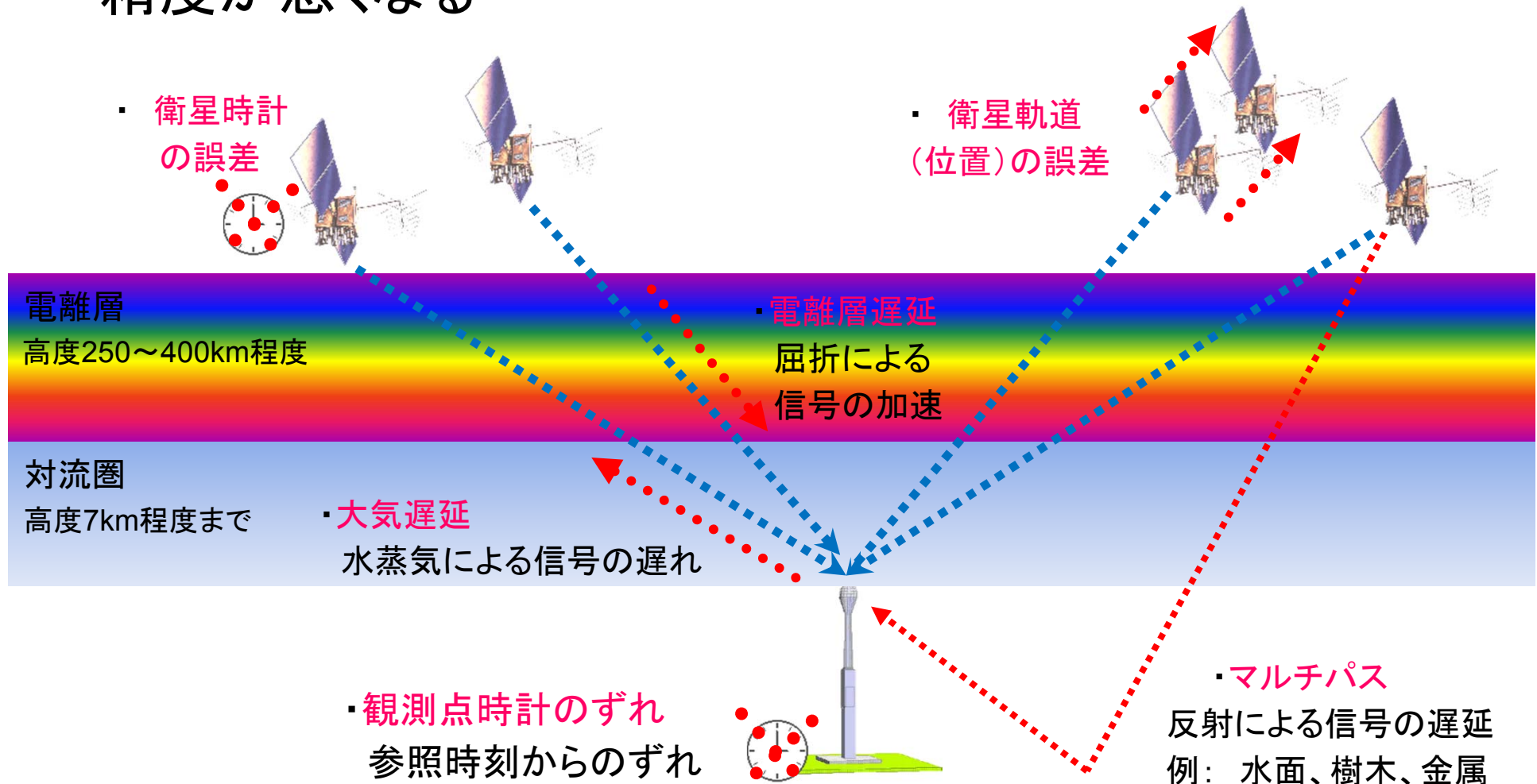


- ・基準点からの相対位置(距離と方向)
- ・精度：cm級

→測量ではこの精度が必要

# 測位の様々な誤差要因

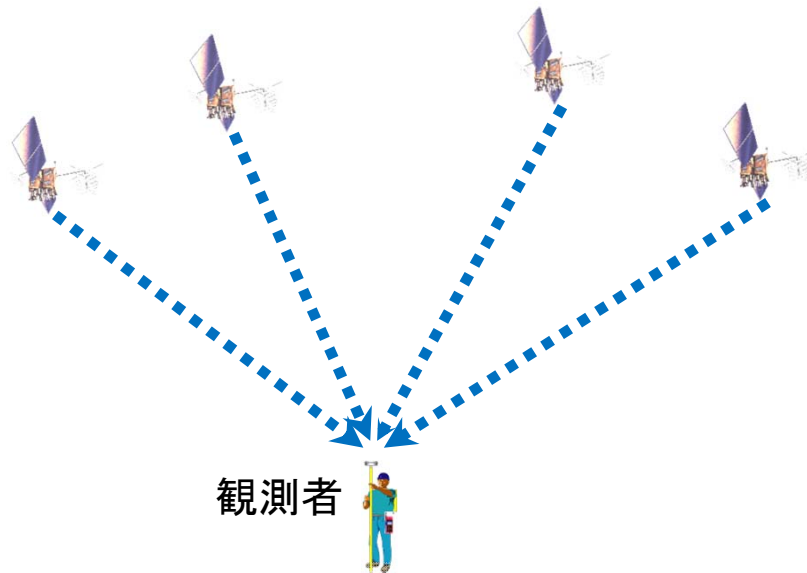
- 信号が観測点に到達するまでに生じる遅延、衛星／観測点の時刻のずれなど様々な誤差要因によって位置の精度が悪くなる



# 測位の方式と誤差

- 単独測位と相対測位

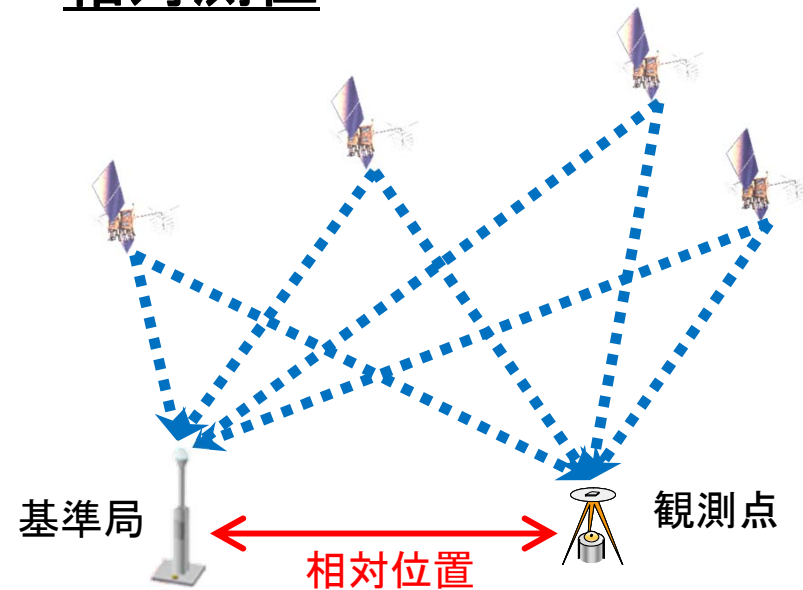
## 単独測位



衛星から信号を受信して観測者が**自己の位置**を計算する

※すべての測位誤差要因の影響をうけるため、測位精度は数10m程度

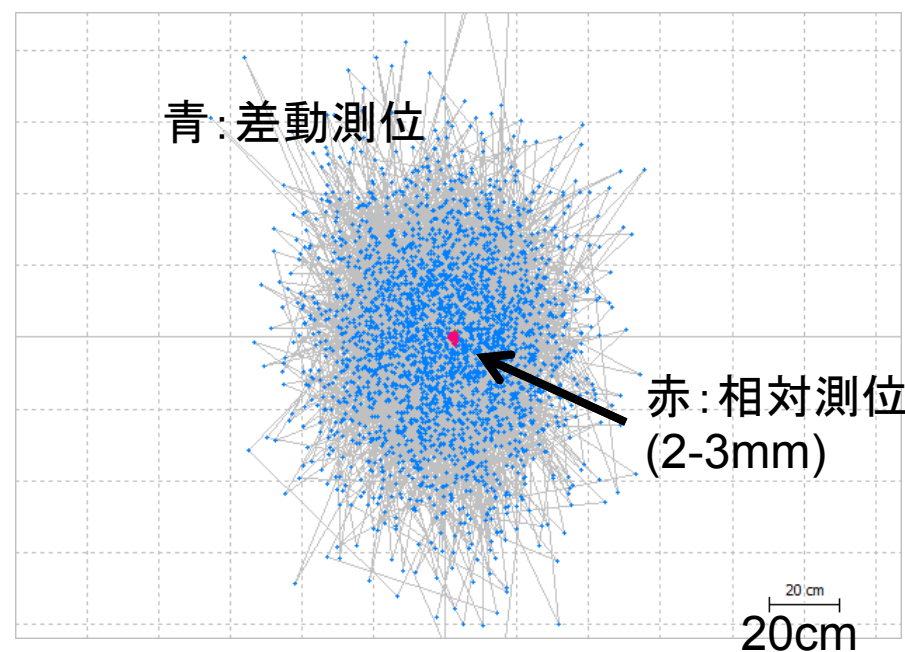
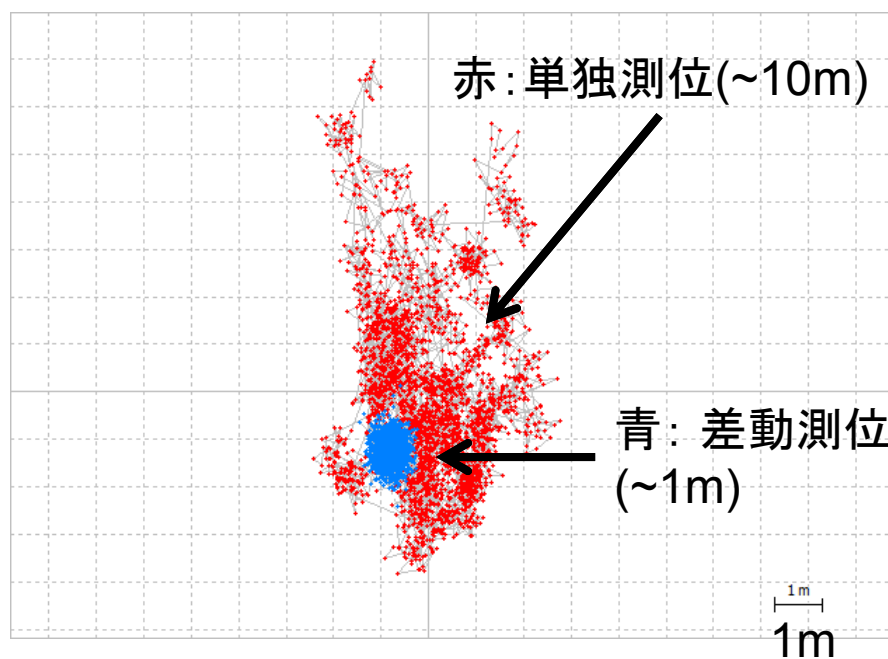
## 相対測位



基準局と観測点それぞれが信号を受信して、**基準局からの相対位置**を計算する

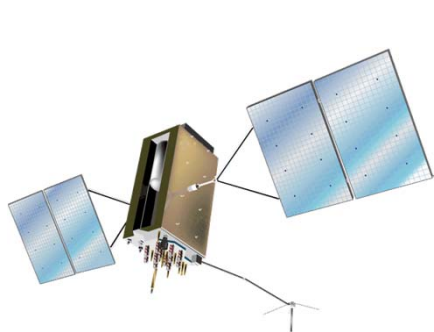
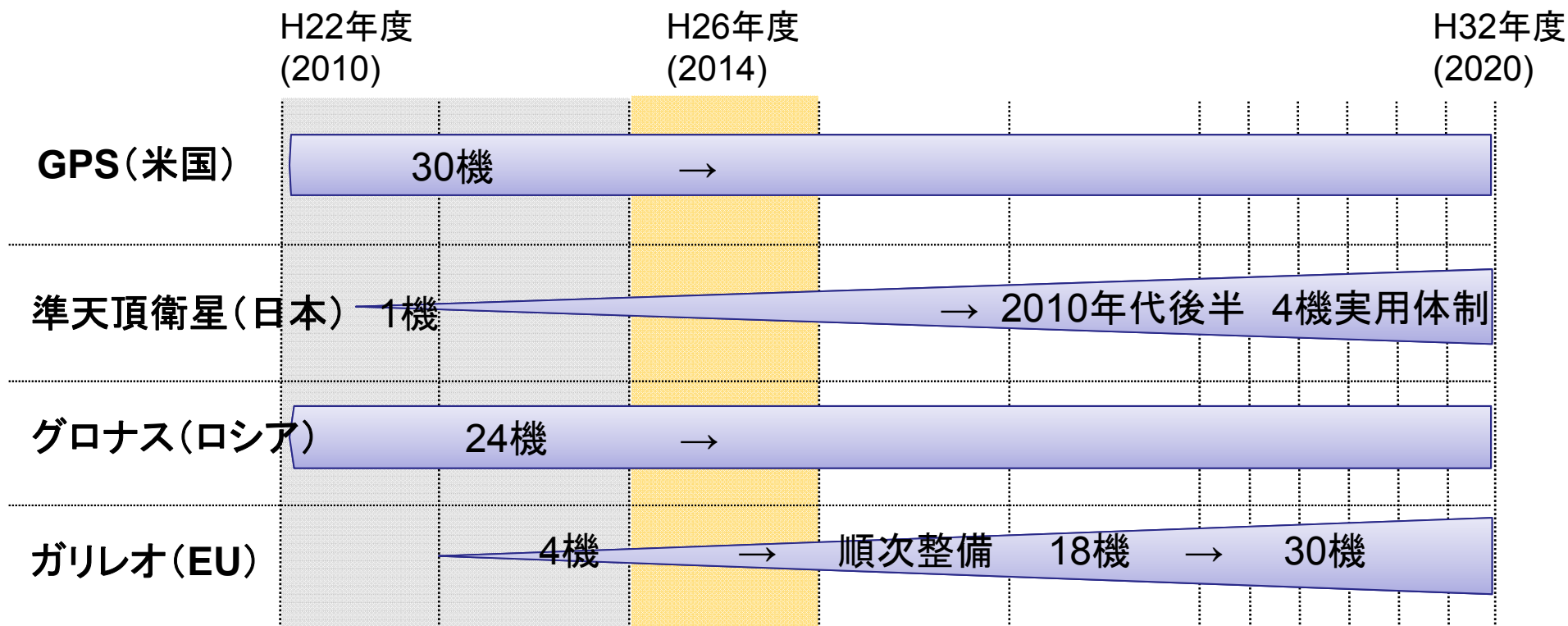
※誤差要因を消去できるためより高精度な測位結果が得られる。

# 単独測位、ディファレンシャル(差動)測位、 相対測位の位置精度比較



- 単独測位と相対測位の精度の差は歴然

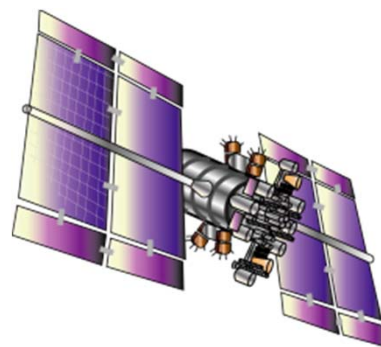
# 世界の衛星測位の動向



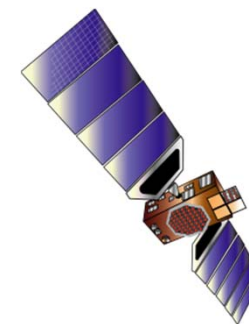
GPS(アメリカ)



準天頂衛星(日本)



グロナス(ロシア)



ガリレオ(EU)

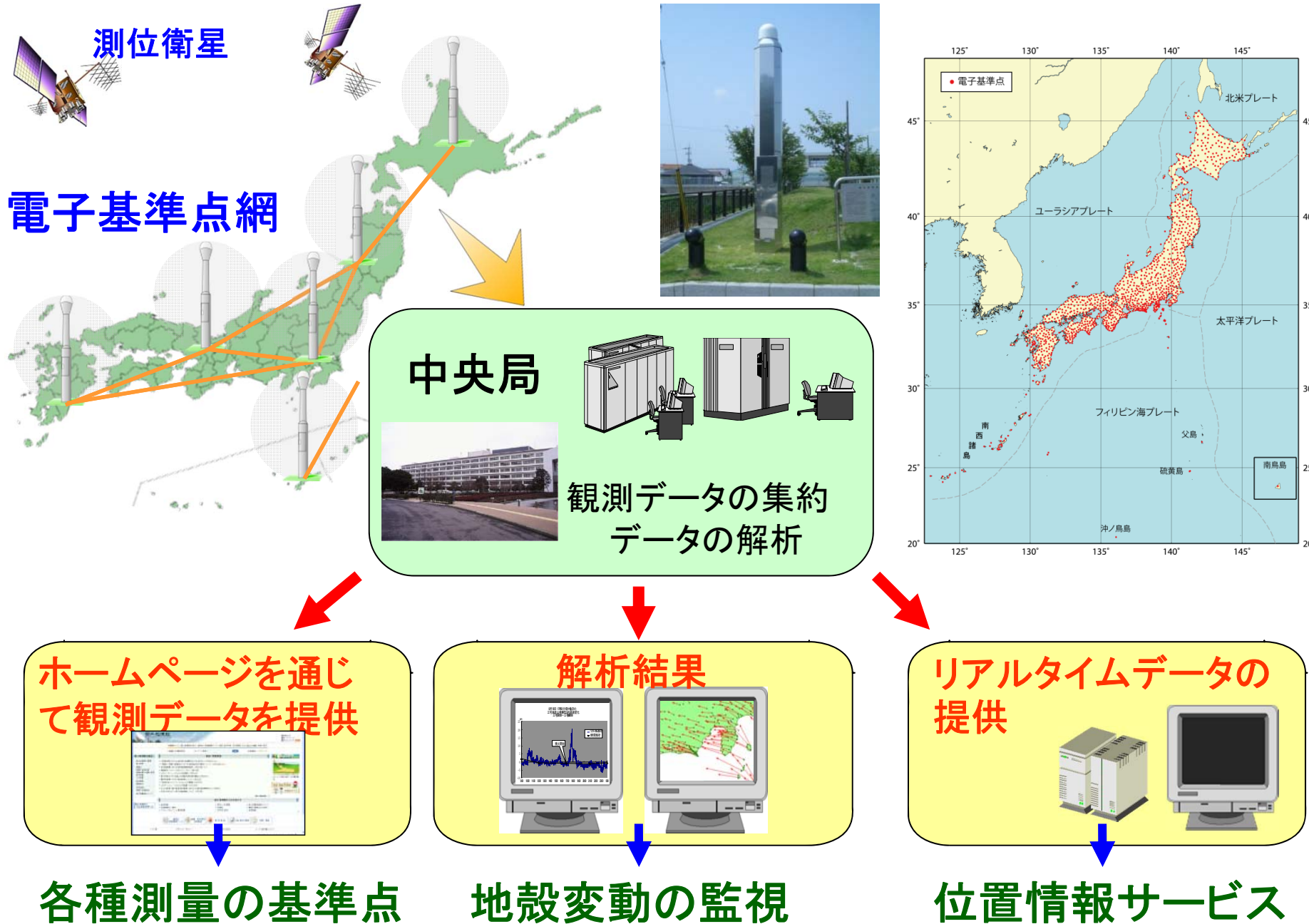


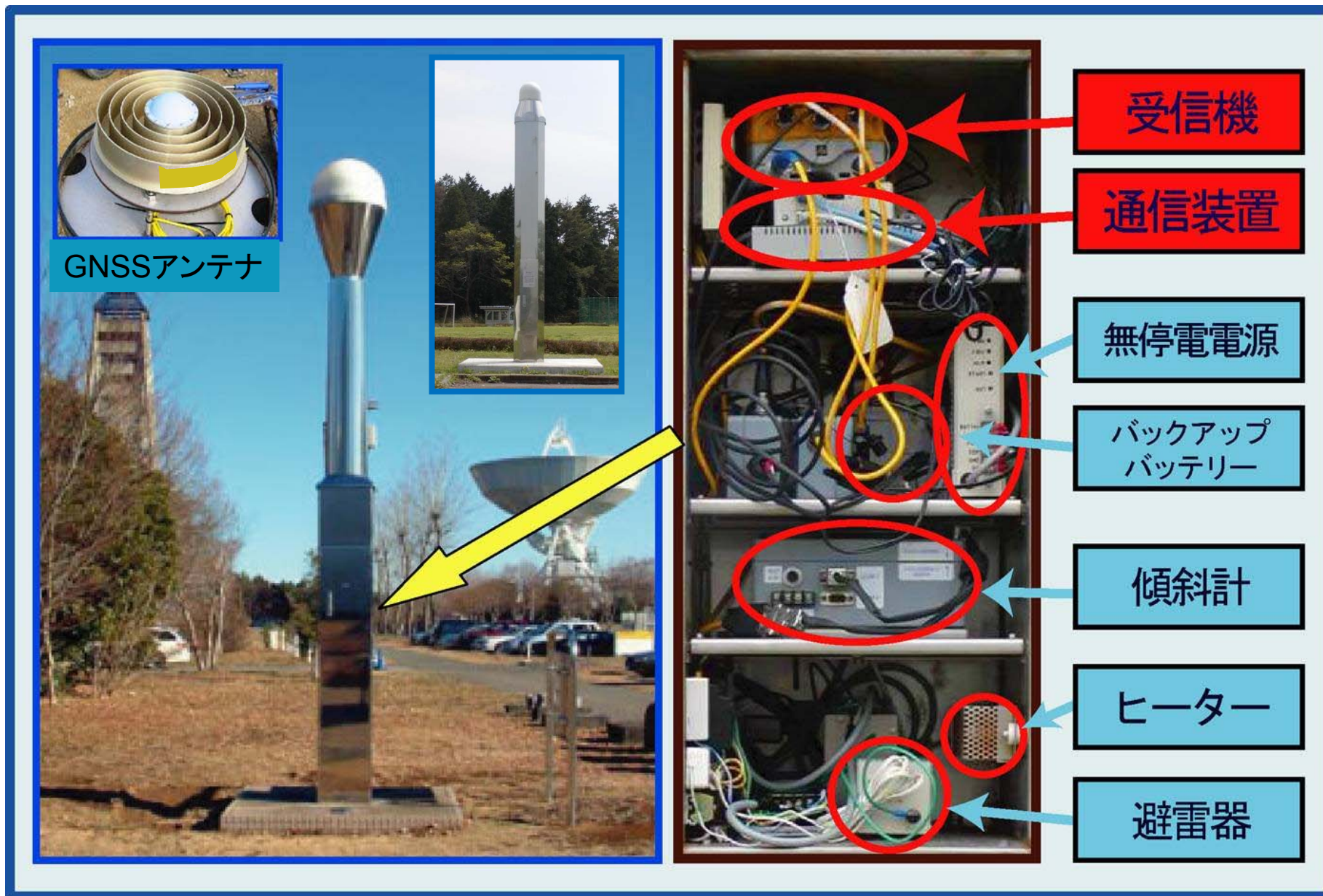
## GEONET (GNSS Earth Observation Network System)

は、全国約1,300ヶ所に設置された電子基準点と中央局（茨城県つくば市）からなるGNSS連続観測システムで、高密度かつ高精度な測量網の構築と広域の地殻変動の監視を目的としている

電子基準点では、測位衛星からの信号を1秒ごとに収集することで、時々刻々の位置に関するビッグデータを蓄積。

# GEONETの概要

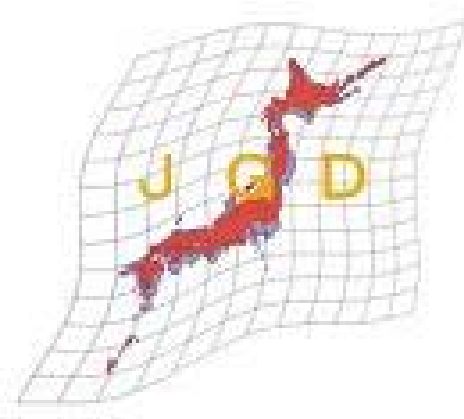
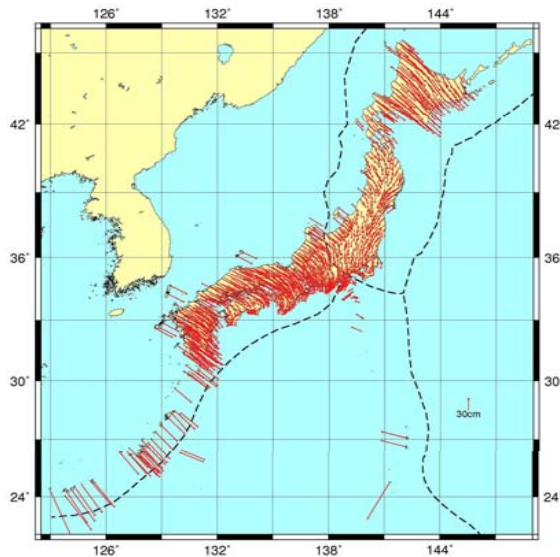




- 1994年 COSMOS-G2(南関東・東海地域、110点)、GRAPES(南関東・東海地方を除く全国、100点)の運用開始
- 1996年 COSMOS-G2と GRAPESを統合したGPS連続観測システム(GEONET)の運用開始。測量法の基準点と位置づけ**  
電子基準点400点増設(累計610点)
- 1997年 20~25km間隔のGPS連続観測網整備を計画、電子基準点277点増設(累計887点)
- 1998年 電子基準点60点増設(累計947点)
- 1999年 30秒RINEXデータ提供開始
- 2001年 新解析(F1)導入
- 2002年 改正測量法施行、世界測地系へ移行。電子基準点データが公共測量で使用可能に。「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の提供を開始
- 2003年 電子基準点1,200点設置、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 電子基準点1,240点設置、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
- 2010年 離島や山頂などを除く1,221点の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
- 2013年 アンテナ・受信機のGNSS対応が完了

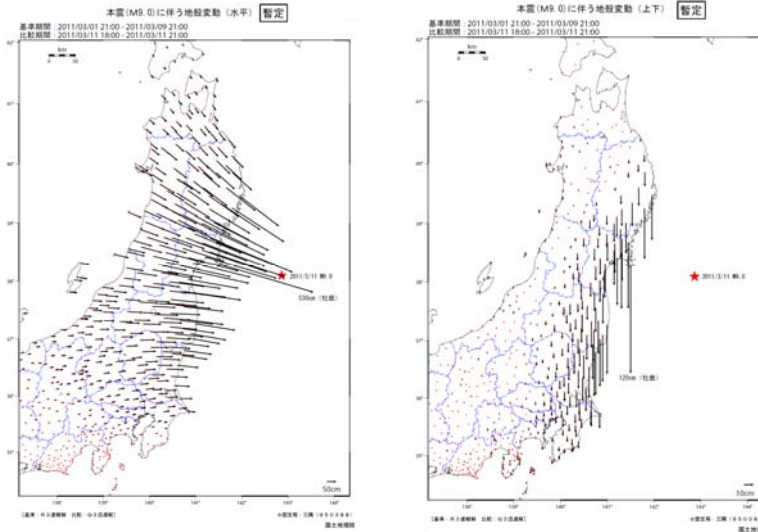
## 高精度な測量の基準の提供

測量網の監視  
セミダイナミック測地系の維持・管理

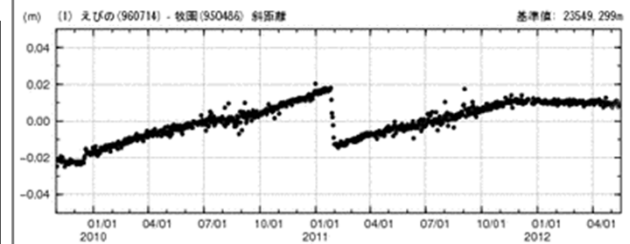
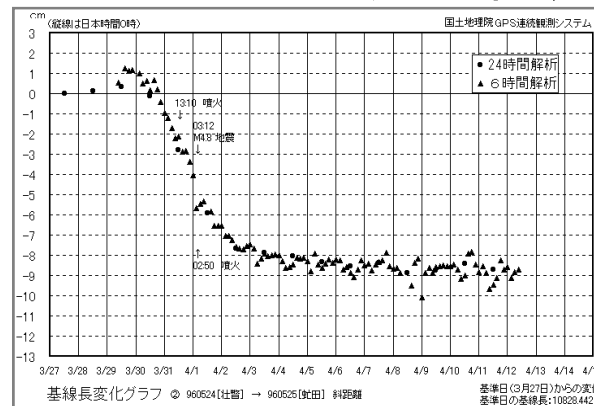


## 地殻変動の監視

地震に伴う地殻変動の把握



火山活動に伴う地殻変動の把握



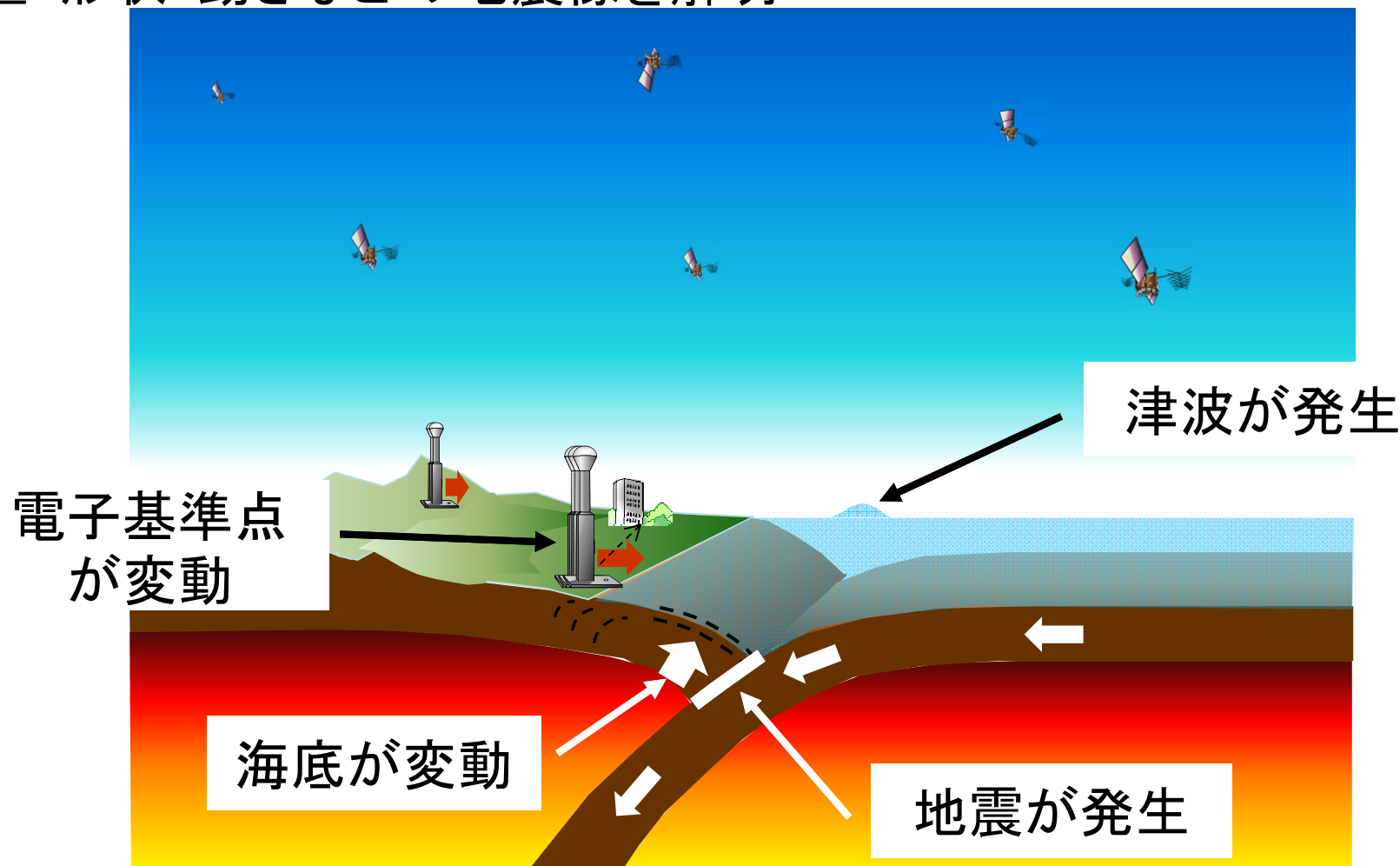
## その他

広域的な地盤沈下の把握

リアルタイムデータの提供

# 海溝型巨大地震像の把握(模式図)

電子基準点で捉えられた地殻変動を基に、地震の規模、断層の位置・形状・動きなどの地震像を解明



- ① 各地の地殻変動の量 → 逆計算 → 地震が発生させた断層の位置・規模等を推定
- ② 推定された地震に伴う断層の動き → 津波のおおよその波源を推定
- ③ 推定された津波の波源 → 各地に到達する津波の規模が推定できる

# 地殻変動から巨大地震を即時に把握

地殻変動解析に関するこれまでの発想を転換

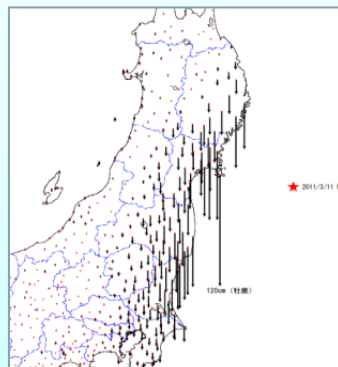
これまで

正確な地殻変動を時間をかけて  
推定(1cm精度、所要5時間程度)

1日程度かけて断層モデルを推定

得られる情報

地殻変動



高精度な情報を提供

今回

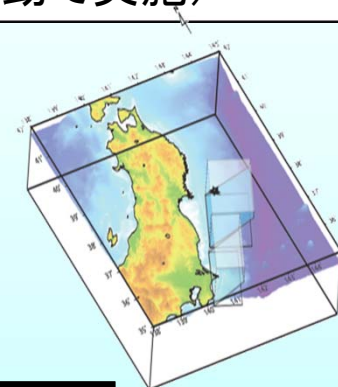
ターゲットは巨大地震

概略の地殻変動を即時に  
推定・把握(10cm精度)

即時に断層モデルまで推定

(これらを自動で実施)

断層モデル



即時  
情報

防災関係機関等に提供することで津波予測など災害軽減への活用も期待される

# システムの開発経緯

2011/03

・2011年東北地方太平洋沖地震

2011/09

- ・システム開発準備開始
- ・東北大学大学院理学研究科との連携

2012/01

- ・システム設計
- ・システム開発開始

2012/04

- ・東北地方143点で試験運用開始  
(プロトタイプ版)

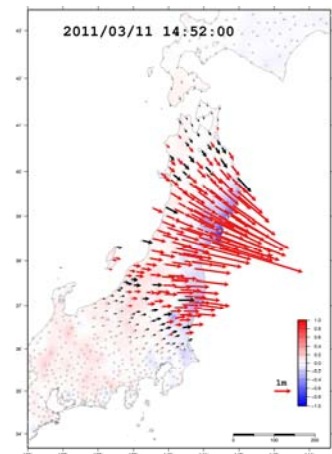
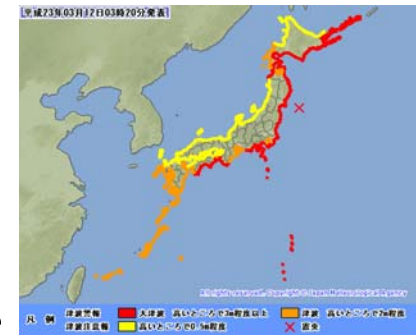
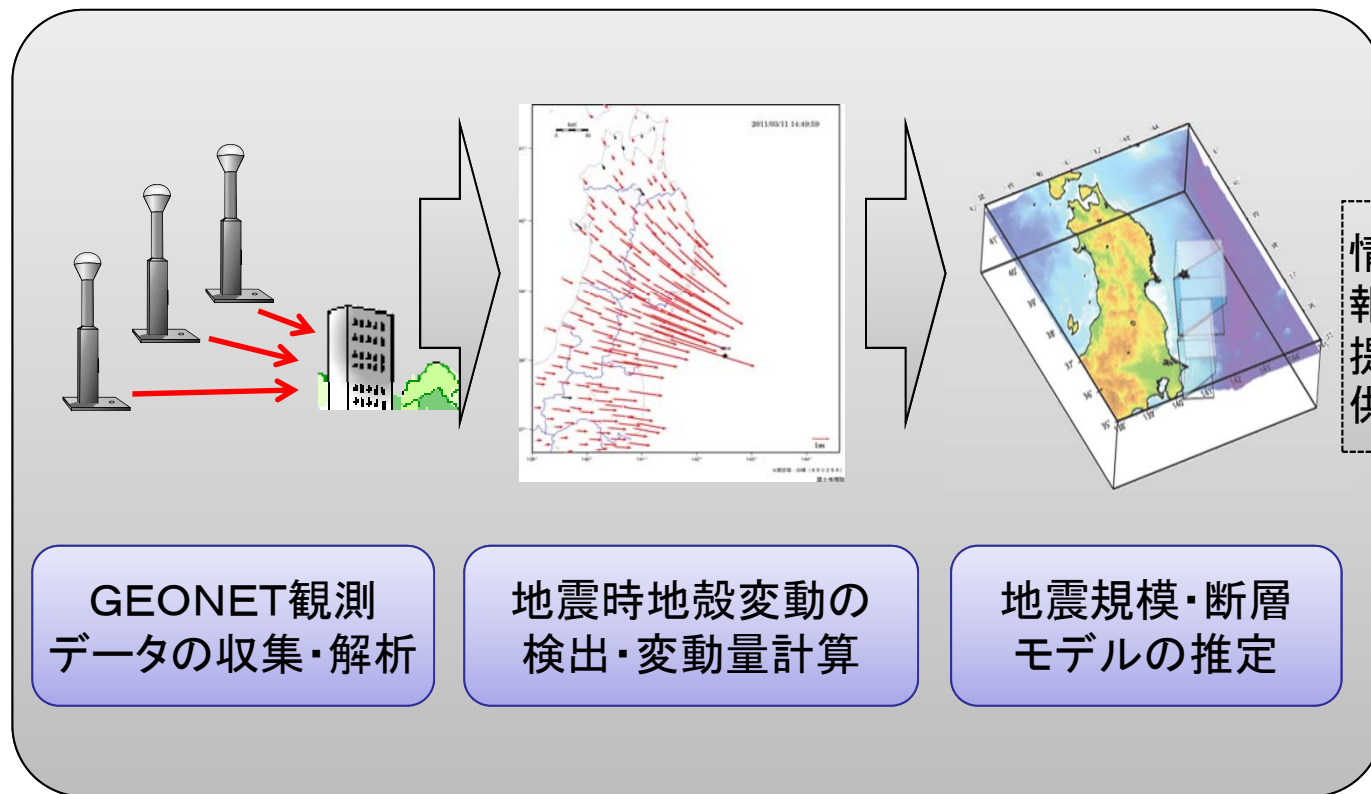
2012/09

- ・東北大学大学院理学研究科と共同研究協定締結
- ・自動断層モデル推定機能追加

2014/03

- ・全国対応システムの開発
- ・システムの冗長化





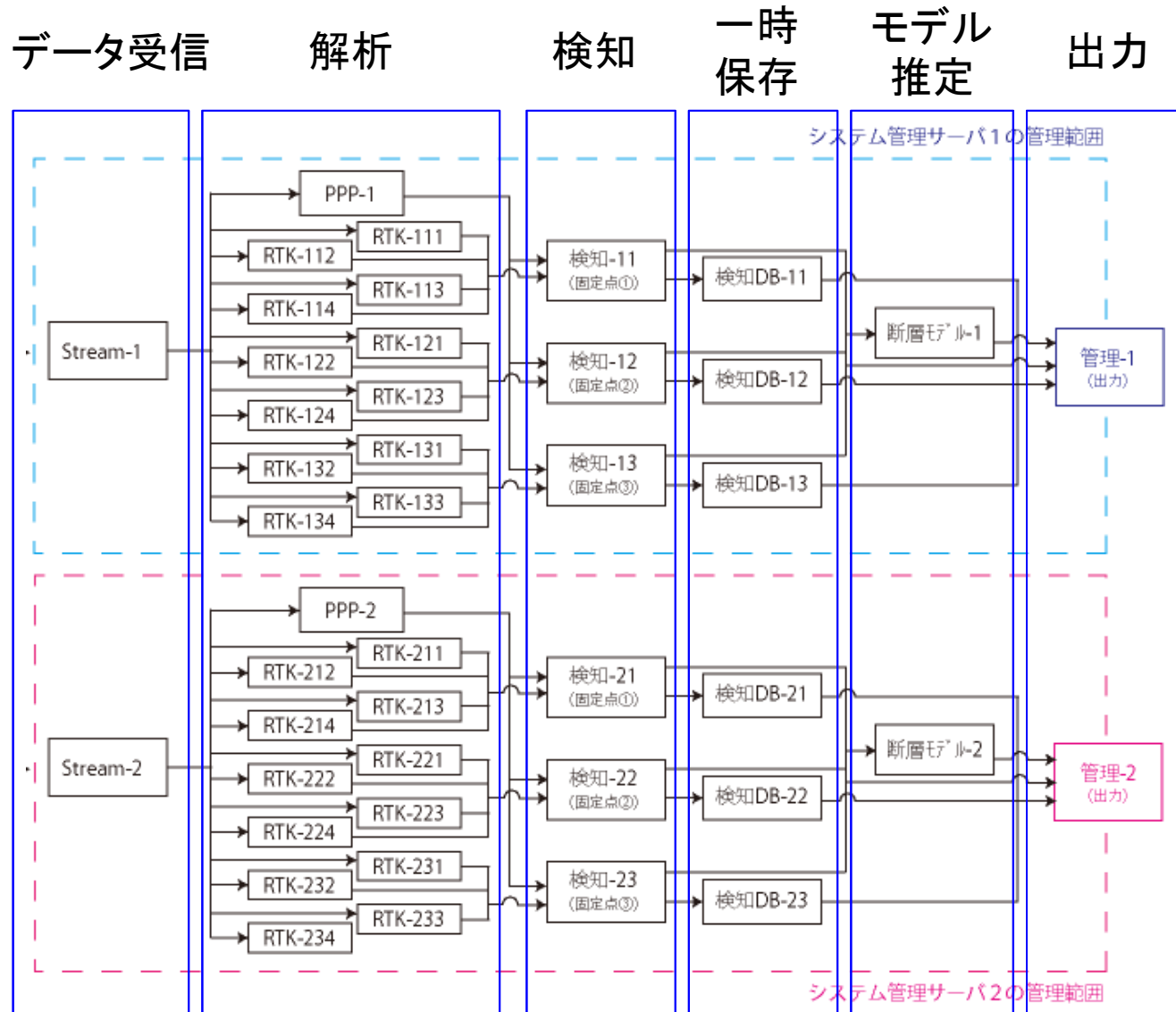
これらの処理を即時に自動で実施

関係機関等へ  
情報提供

なお、開発中のシステムを、  
REGARD (Real-time GEONET Analysis system for Rapid Deformation Monitoring)  
と命名

# システムの構成

- システムの設置場所を遠隔地に分散させるのは難しいが、つくばGEONET中央局内で二重化することで冗長性を強化

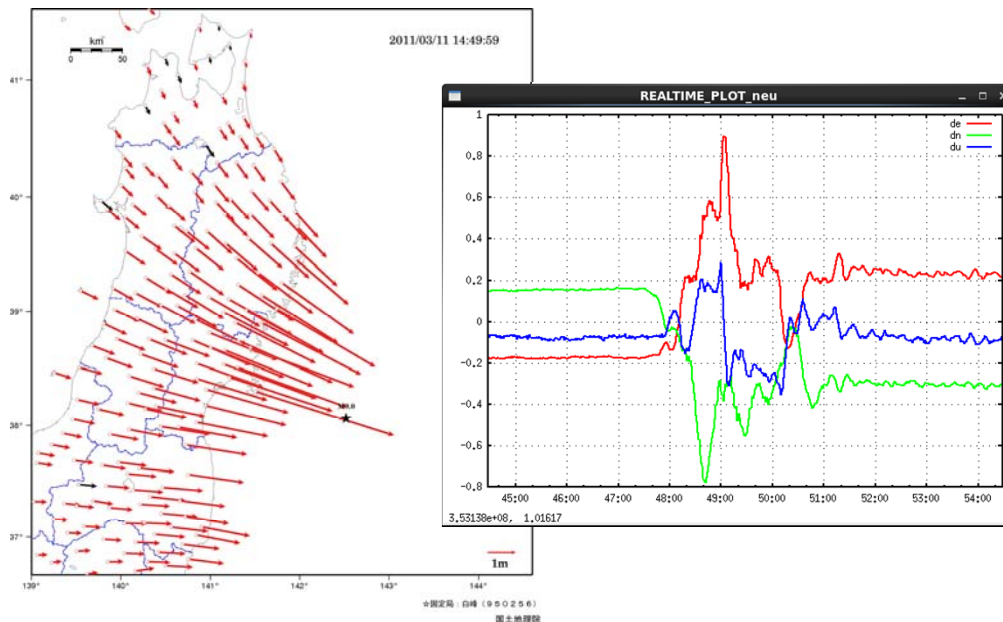


# プロセスその1(観測データから地殻変動を把握)

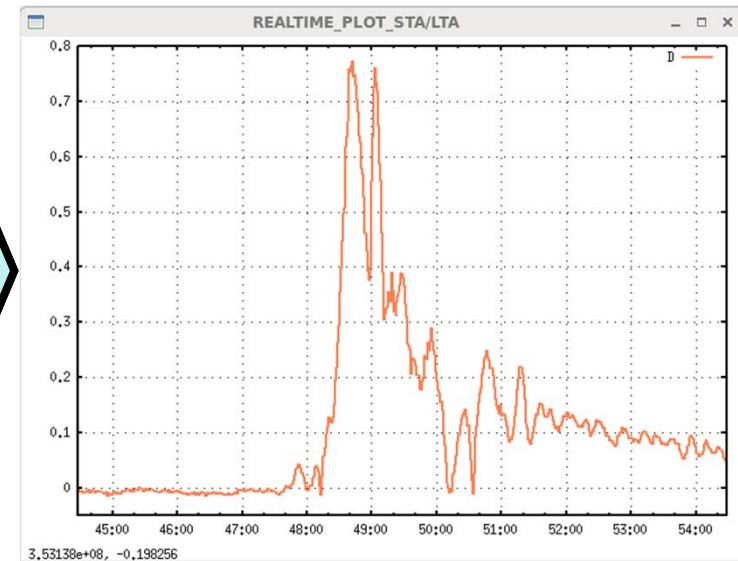
電子基準点で毎秒得られるビッグデータ(GNSSデータ、1日に100GB)を即時に処理することによりリアルタイムで地殻変動を把握  
地殻変動の有無は自動で即時に判定

地殻変動を即時推計

地殻変動の  
自動検知



電子基準点で観測した1秒値リアルタイムデータからRTKLIB2.4.1 (Takasu, 2011)を使用して地殻変動を即時推計

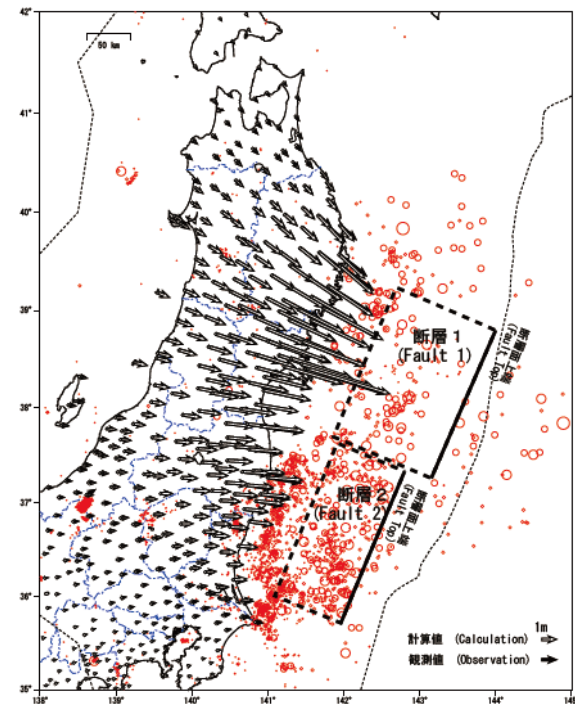
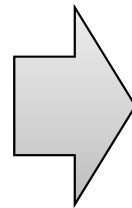
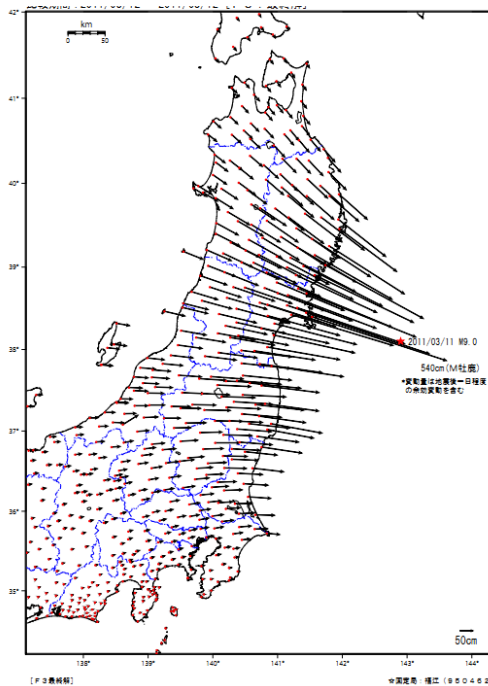


RAPiDアルゴリズム  
(Ohta et al., 2012)  
を使用して地殻変動の  
有無を判定

# プロセスその2(海溝型巨大地震の把握)

発生した海溝型巨大地震の地震像を、地震の規模、断層の位置や形状、広がり、断層面のすべり量などを通じて把握

《これまで》ルーチン解析の結果得られた地殻変動から手動で断層モデルを推定(所要半日から1日程度)



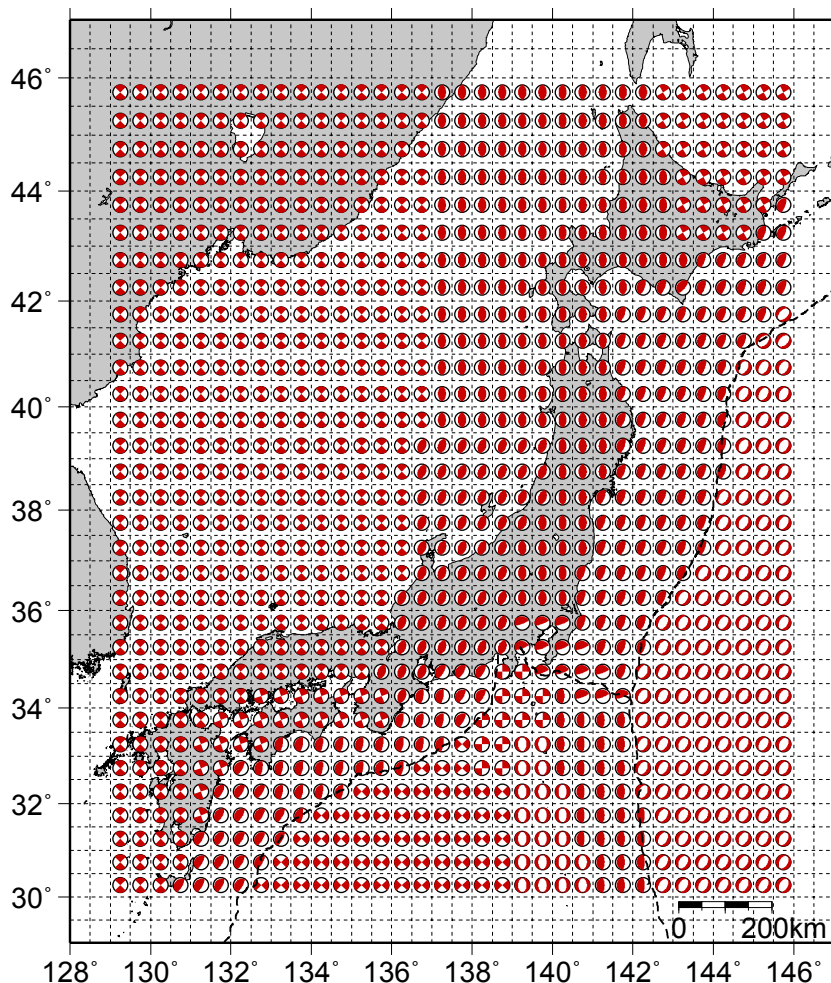
- ・震源断層の推定・マグニチュード算出
- ・より実際に近い推定結果 (Mw8.9)



この処理も自動でできないか？

# 断層を求める仕組み(その1)

地震を1枚の矩形断層で表現し、断層の位置、向き、すべりの向き、量を推定



断層の初期メカニズム

1. 地震や地殻変動を検知し断層モデル推定プロセスを起動

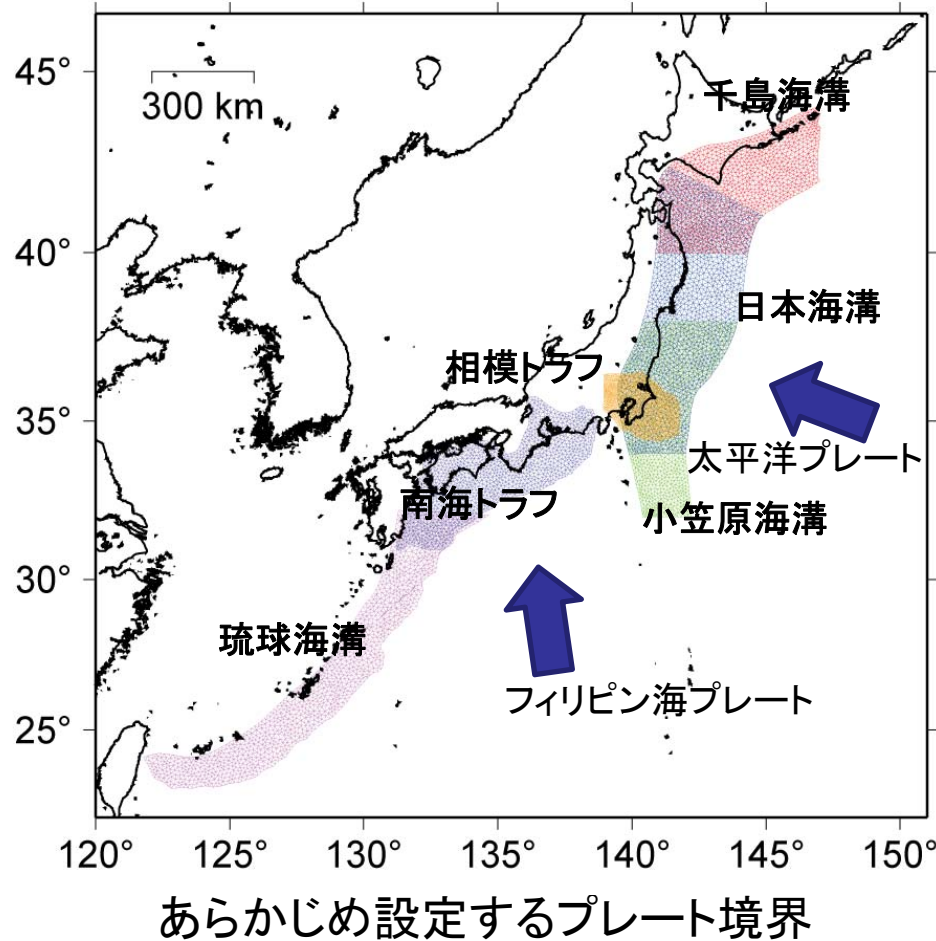
RAPiD(地殻変動)  
緊急地震速報(地震)

2. 地殻変動から逆計算により断層モデル(一様すべり、矩形1枚)を推定

3. 地殻変動をよりよく説明する断層モデルを選択

# 断層を求める仕組み(その2)

プレート境界の地震とあらかじめ決めうちした上で、どこが大きく滑ったかを推定



0. プレート境界モデルを事前準備

1. 地震や地殻変動を検知し断層モデル推定プロセスを起動

RAPiD(地殻変動)  
緊急地震速報(地震)

2. 地殻変動から逆計算によりプレート境界面上のすべり分布を推定

3. 地殻変動をよりよく説明するすべり分布モデルを選択

国土地理院では、リアルタイムで得られる地殻変動に関するビッグデータから海溝型巨大地震の地震像を即時に把握するシステムの構築を進めている。

その効果として

- 巨大地震の規模を適切に把握することで、津波の過小予測を回避し、大津波の適確な予測への貢献が期待される
- 特に南海トラフの巨大地震について、特に時間差発生の場合、未破壊の震源域を適切に把握することで、二次災害の防止、被害拡大の防止への貢献が期待される