

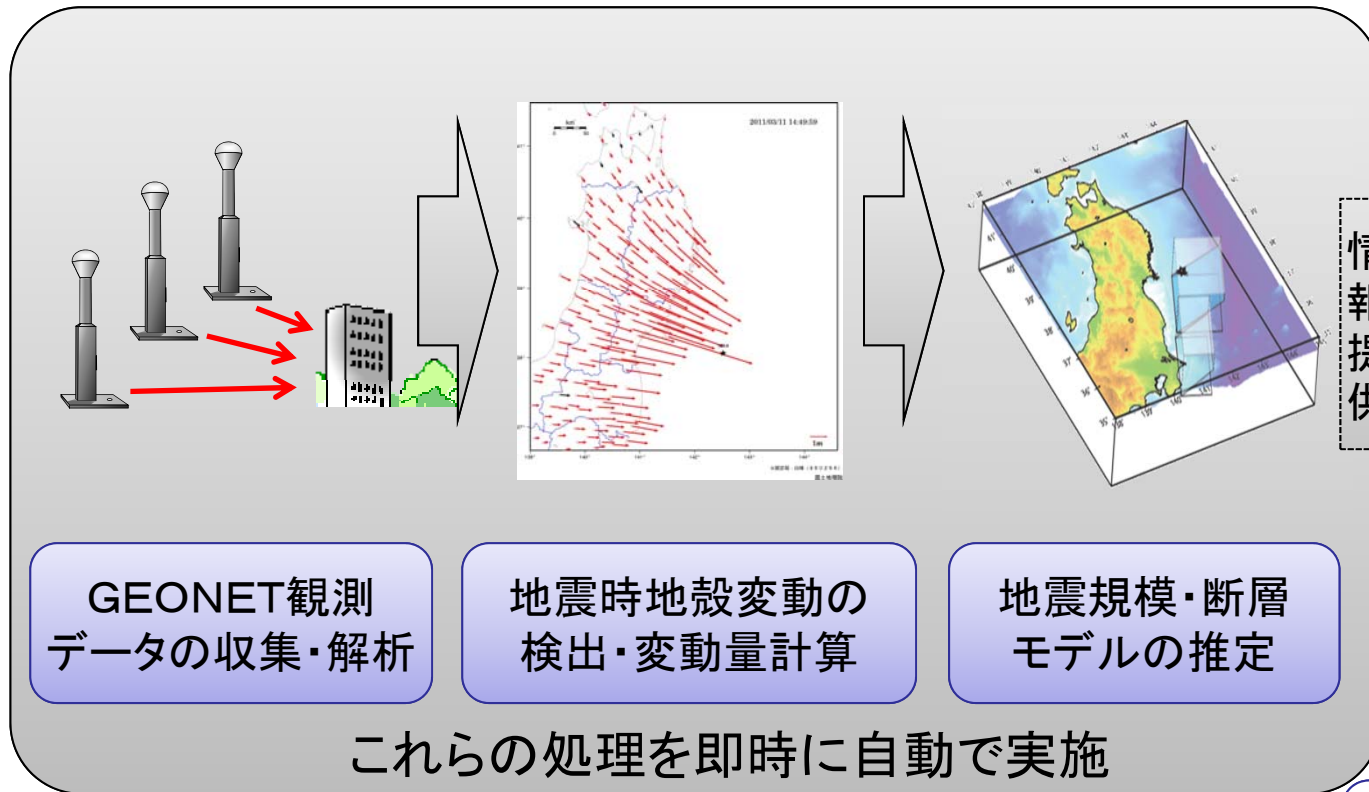
GEONETによる津波予測支援のための 情報提供システム (REGARD) の開発と 精度評価

国土地理院

平成27年1月

1. システムの概要
2. システムの構築状況
3. システムの精度評価
4. まとめ

1. システムの概要



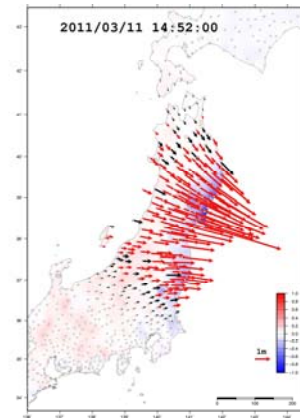
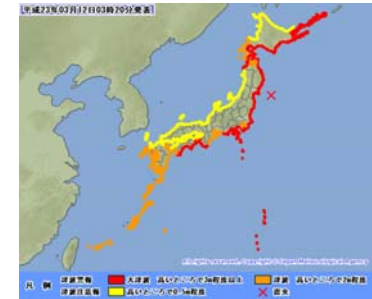
GEONET観測データの収集・解析

地震時地殻変動の検出・変動量計算

地震規模・断層モデルの推定

これらの処理を即時に自動で実施

情報提供



地震の規模や地盤沈下の情報を関係機関等へ提供

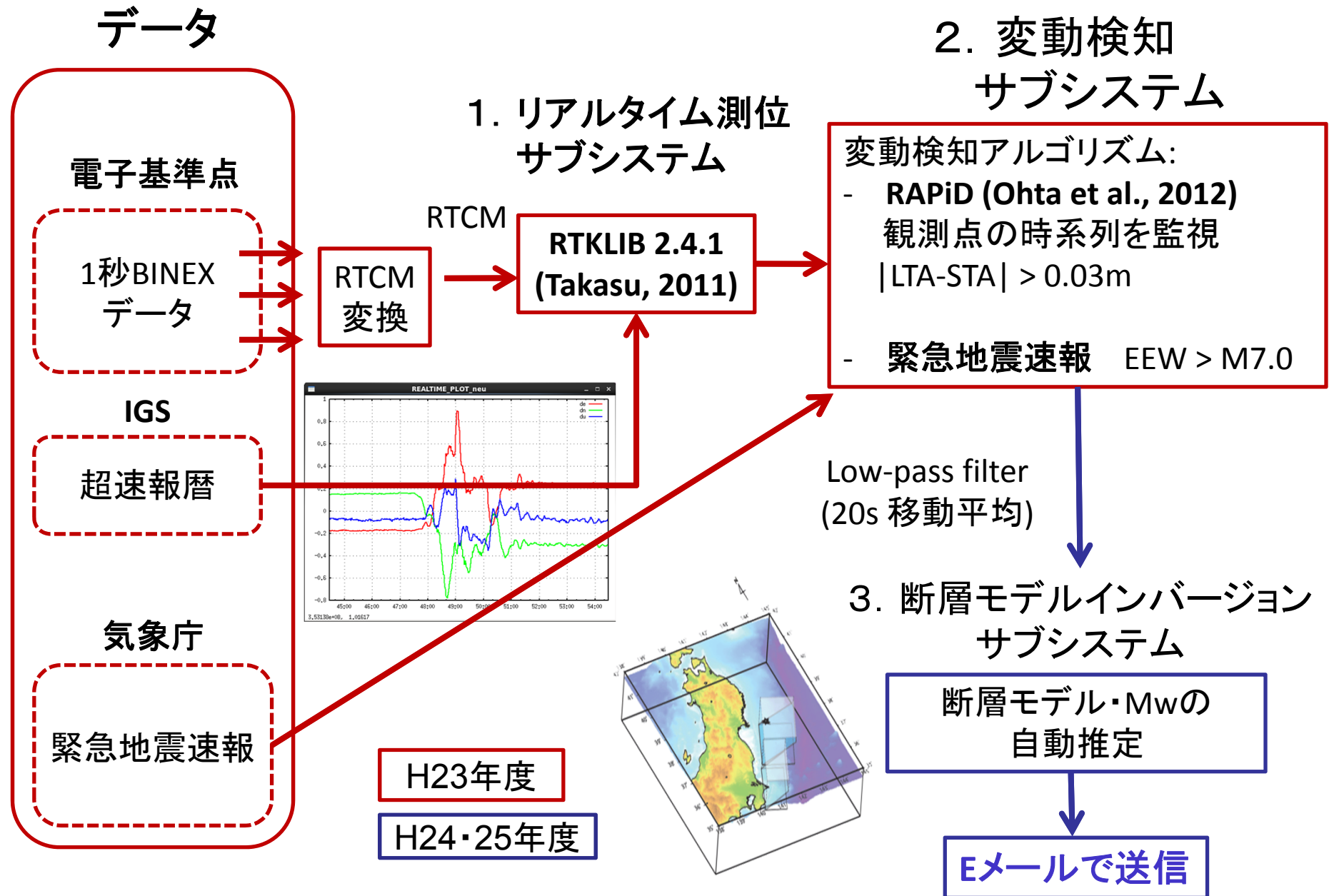
経過

平成23年度: システムの開発に着手

平成26年度: 実用化に向けたシステムを構築中

GEONETによる津波予測支援のための情報提供システムを、**REGARD** (Real-time GEONET Analysis system for Rapid Deformation Monitoring) と命名

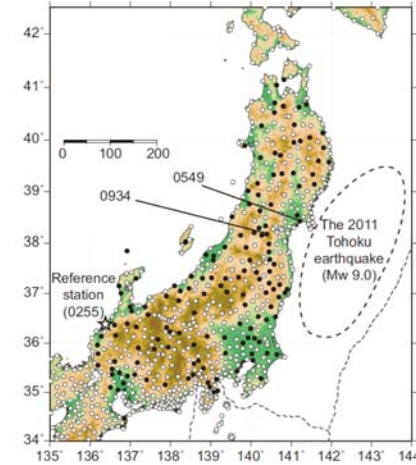
1. システムの概要



2. システムの構築状況

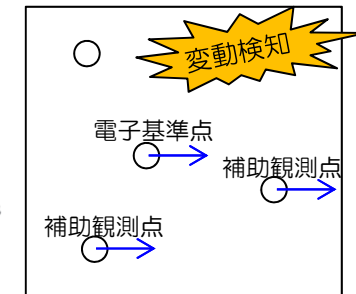
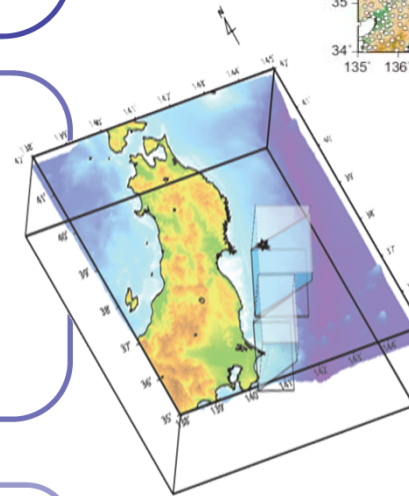
H23

- REGARD(プロトタイプ)の開発
- GEONETリアルタイム解析
- 地殻変動検知及び変動量の算出
- 東北地方を対象



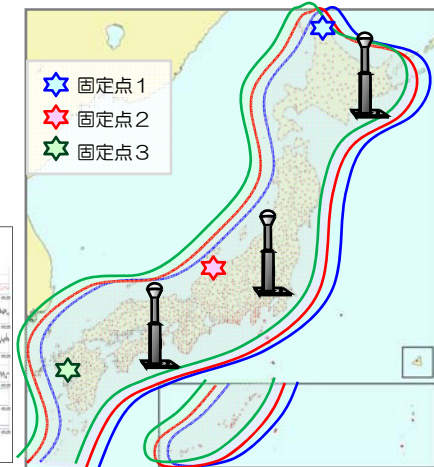
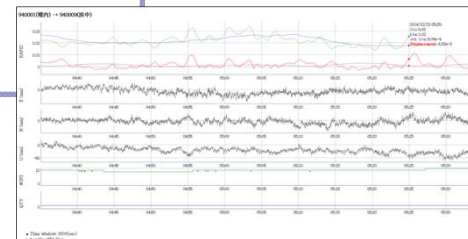
H24

- 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



2. システムの構築状況

今年度の改造

目的: 実運用へ向けた機能拡張及び安定性・信頼性の向上

① マルチGNSS対応 (GLONASS、QZSSの利用)

✓ データ増加による解析初期化時間の短縮、解の安定性の向上

② 精密単独測位 (PPP) を用いた変動監視ツールの開発

✓ 固定点の影響を受けない地殻変動監視技術の導入・検証

③ 実運用に向けた結果出力・閲覧ツールの改造

✓ 解析結果を関係機関が利用しやすい形で提供

④ システムの安定性及び信頼性の向上

✓ システム構成の最適化、システム処理能力強化、解析冗長化等

2. システムの現状

	H23	H24-H25	H26 (予定含む)
解析点数	146 (東北地方)	~600 (全国)	~1300 (全国)
解析ソフト	rtklib2.4.1	rtklib2.4.1	rtklib2.4.2
対応測位衛星	GPS	GPS	GPS QZS GLONASS
地震検知	RAPiD	RAPiD + EEW	RAPiD + EEW
断層モデル推定 機能		矩形断層モデル	矩形断層モデル + すべり分布
冗長化		HW冗長化	HW冗長化 + 基線解 析冗長化
その他			

3. システムの精度評価

ポイント1:

- 地震発生後どのくらいの時間で地震規模等が求まるか
 - 断層モデルは適切に求まるか
- 過去のデータ、シミュレーションデータにより検証

ポイント2:

また、地震規模の推計精度を評価するためのポイントとして、

- 特に、M8クラス以上の地震について、地震規模が適切に求まるか
 - 地震規模の推計値に地域的な偏りがあるか
 - 断層モデルが複雑な場合でも適切に求まるか
- 事例を増やすため、断層モデルパラメーターハンドブック、津波浸水想定モデルにより検証

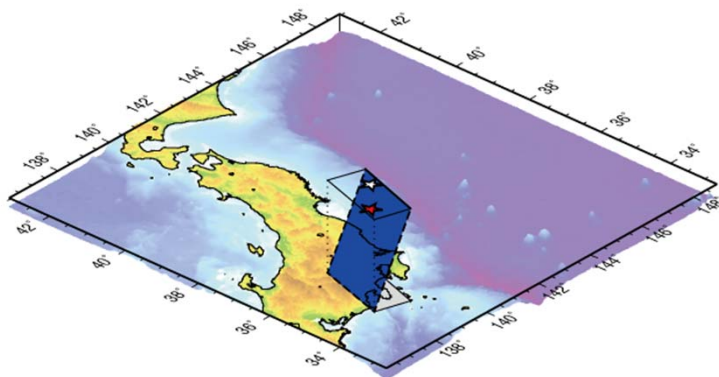
- 2種類の静的断層モデル推定機能を実装

地震発生を検知

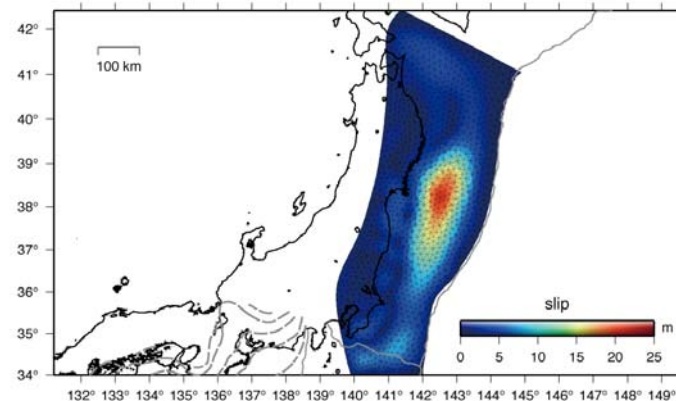
モデル評価基準

$$VR(\%) = 100 \left\{ 1 - \frac{(\mathbf{f}(\mathbf{m}) - \mathbf{d})^T \mathbf{C}_d^{-1} (\mathbf{f}(\mathbf{m}) - \mathbf{d})}{\mathbf{d}^T \mathbf{C}_d^{-1} \mathbf{d}} \right\}$$

矩形断層モデル

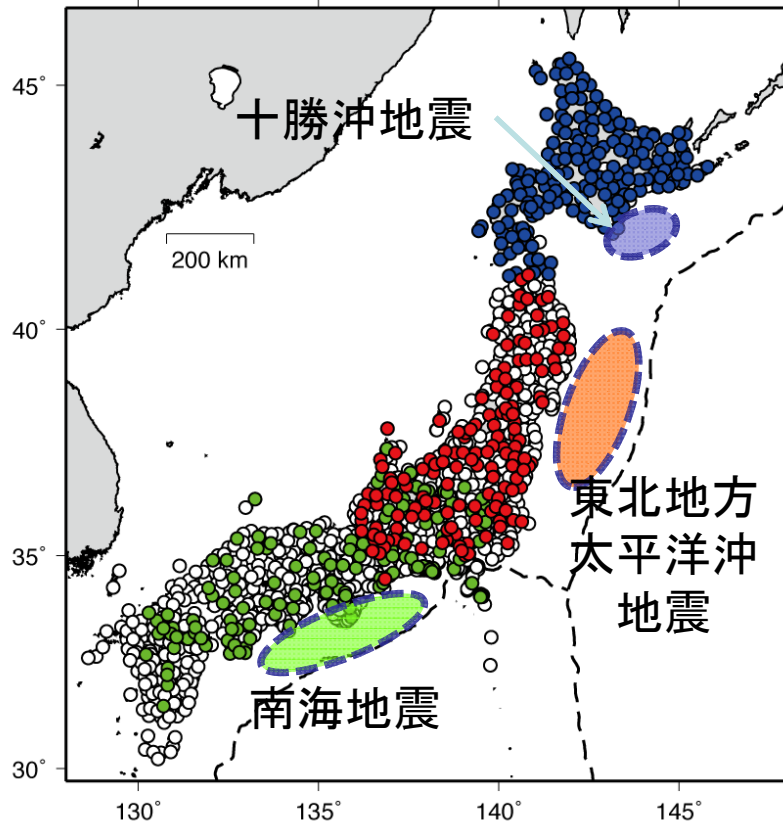


すべり分布モデル



	矩形断層モデル	すべり分布モデル
モデル推定	単一矩形断層 (非線形インヴァージョン)	三角要素で近似したすべり分布 (線形インヴァージョン)
断層形状	自由	プレート境界面に固定
グリーン関数	矩形断層 (Okada, 1992)	三角要素 (Meade, 2007)
計算時間	2~30秒	約12秒

検証に使用した観測点



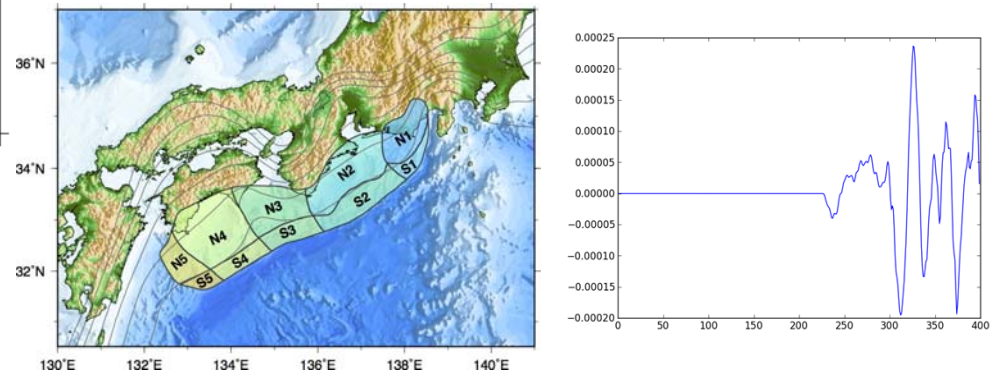
実際のシステム動作と同様の条件を模し、1秒毎にデータをシステムに送信して検証

電子基準点 1Hz生データ:

- 平成15年十勝沖地震 (Mw8.0)
- 平成23年東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0)

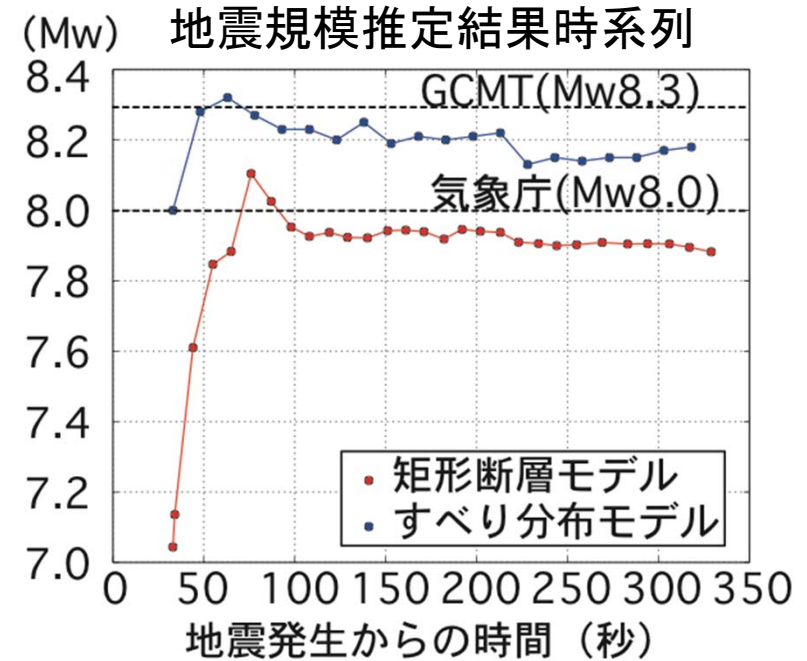
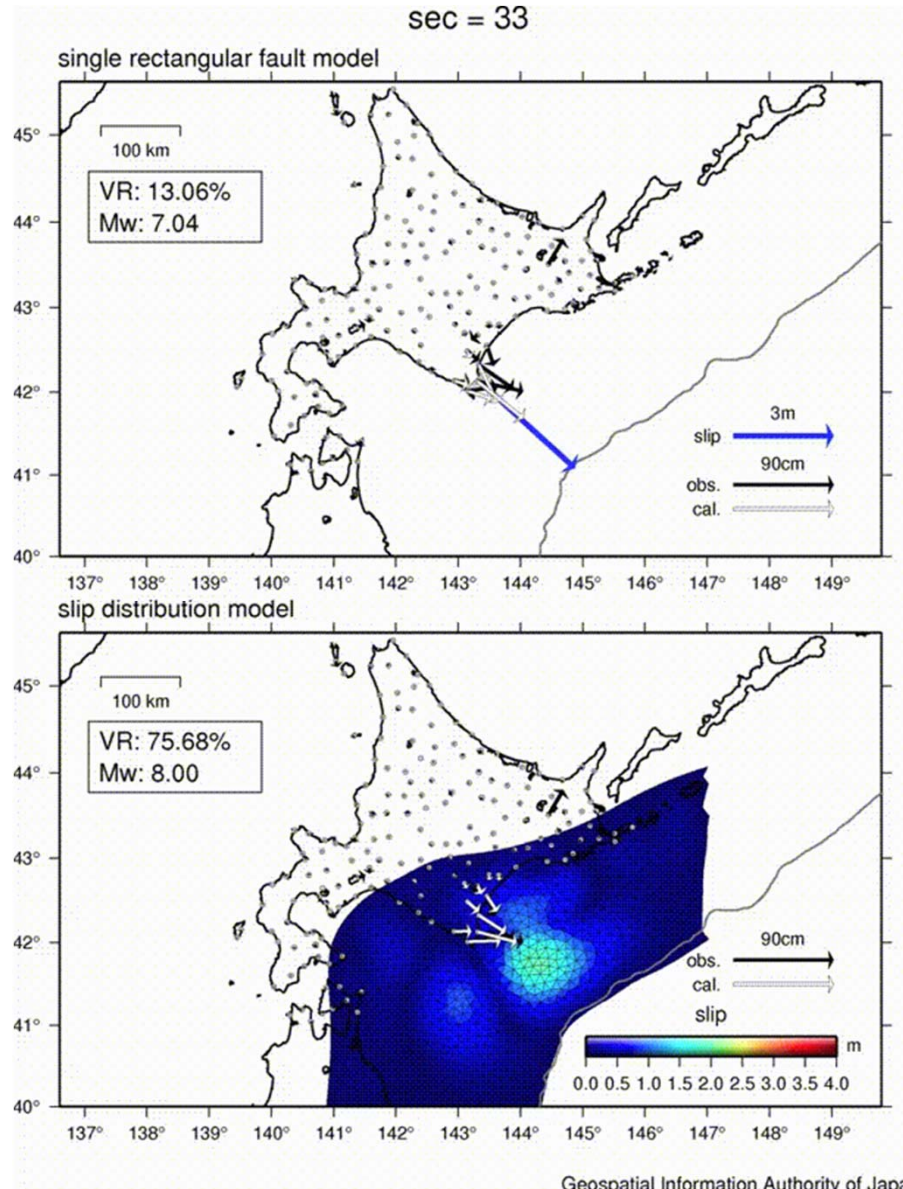
シミュレーションデータ (Todoriki et al., 2013):

- 南海地震 (Mw8.7)
→ 1707年宝永型を仮定したもの



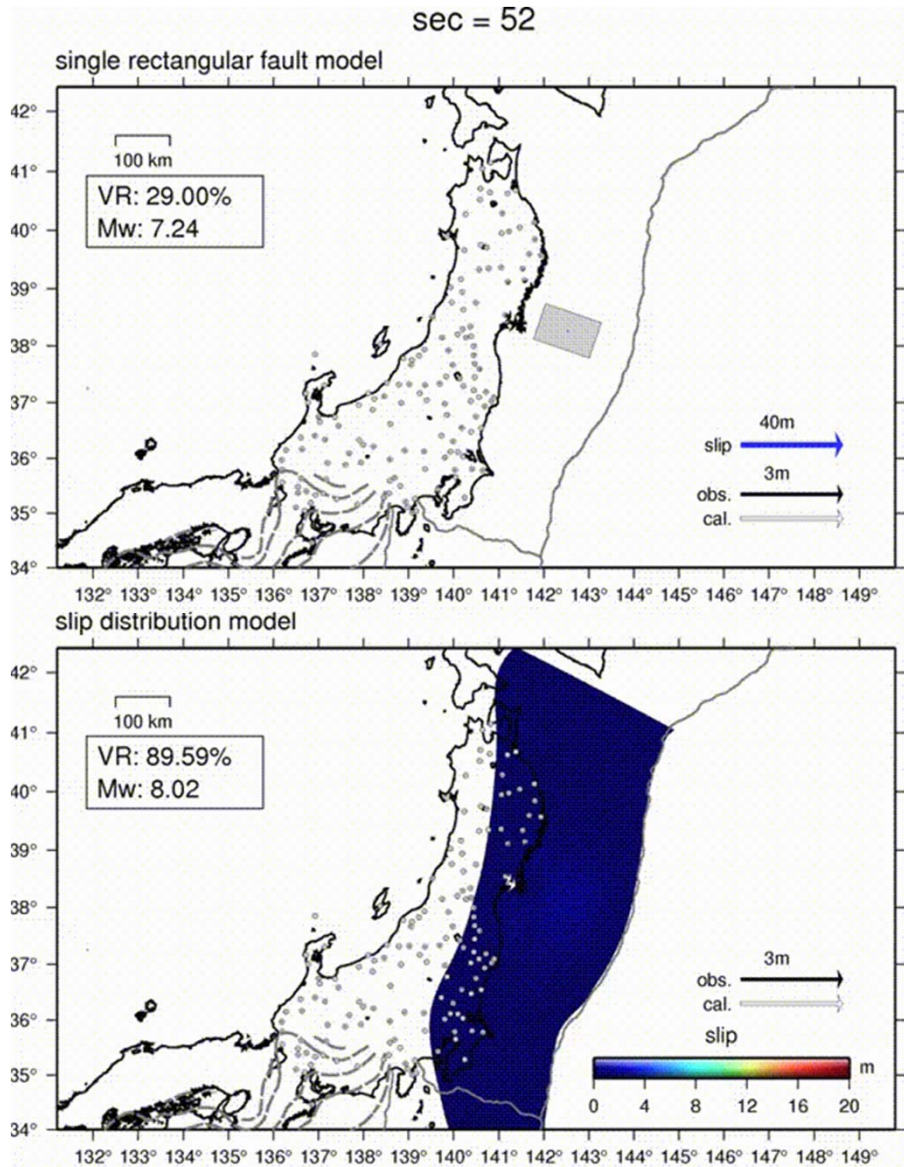
南海地震シミュレーションのすべり領域

平成15年十勝沖地震(Mw8.0)

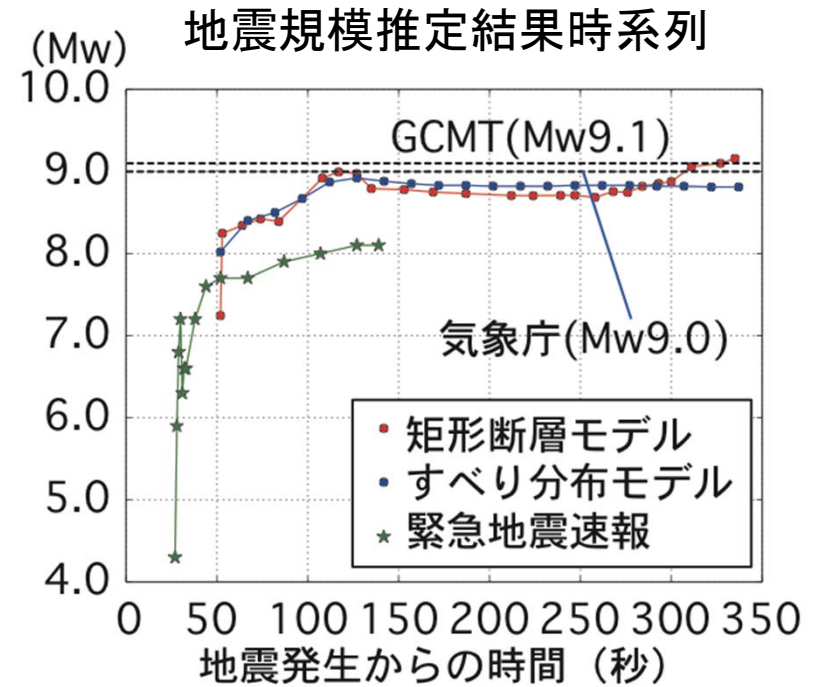


- 矩形断層モデル、すべり分布モデル共に良く求まる
- ただし223秒からは観測点の欠測により品質劣化

平成23年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)

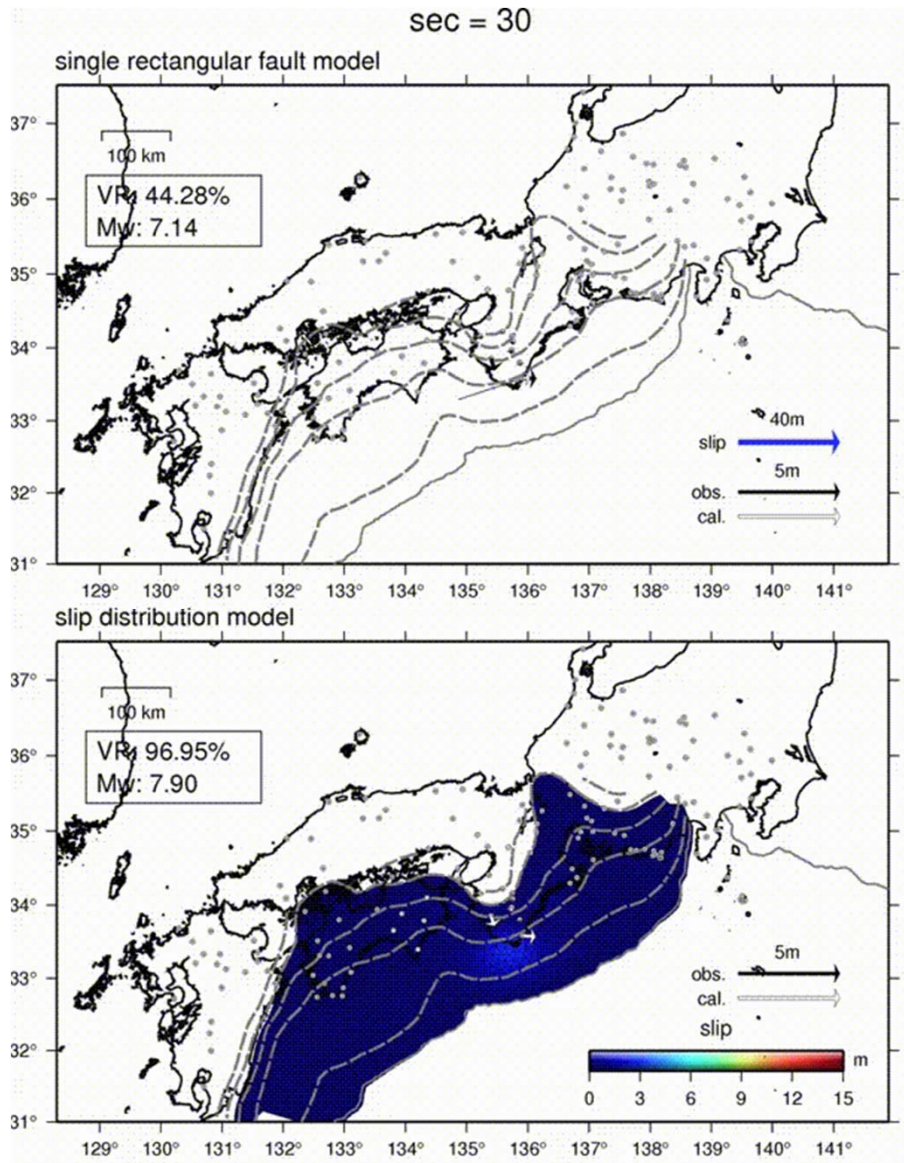


Geospatial Information Authority of Japan

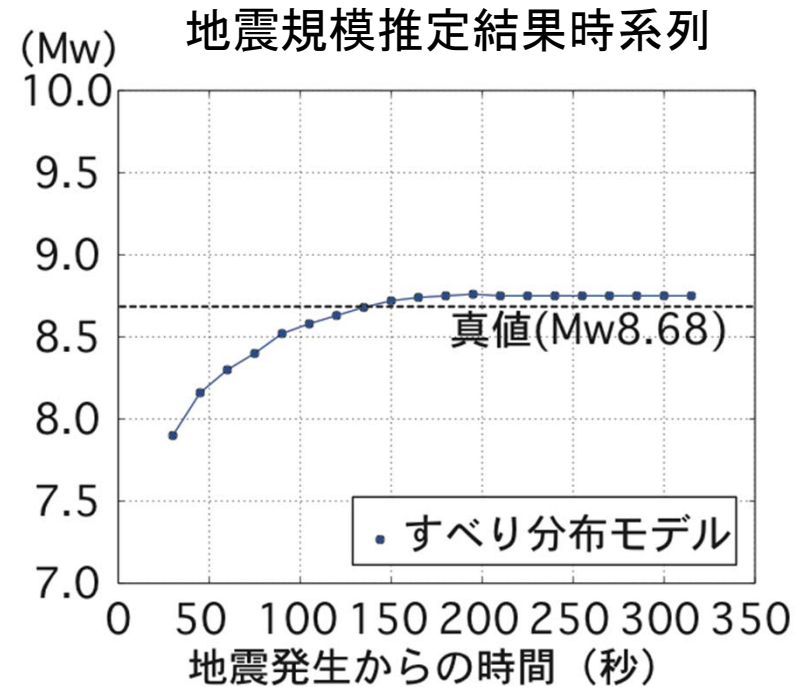


- 矩形断層モデル、すべり分布モデル共に良く求まる
- 120秒時点で、
 - 矩形断層 Mw8.92
 - すべり分布 Mw8.87

南海トラフ地震(Mw8.7; 1707宝永型)



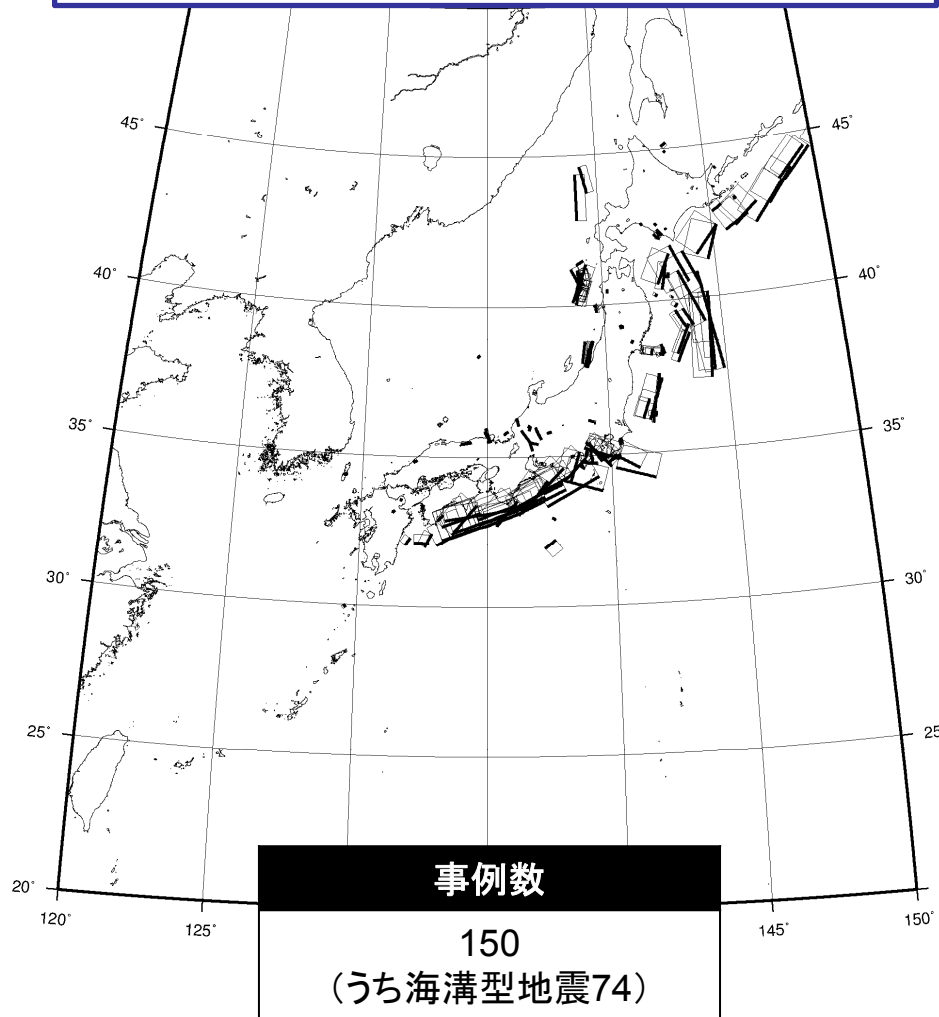
Geospatial Information Authority of Japan



- 矩形断層モデルでは正しい解が得られず
- すべり分布モデルで得られたMwは真値とよく一致

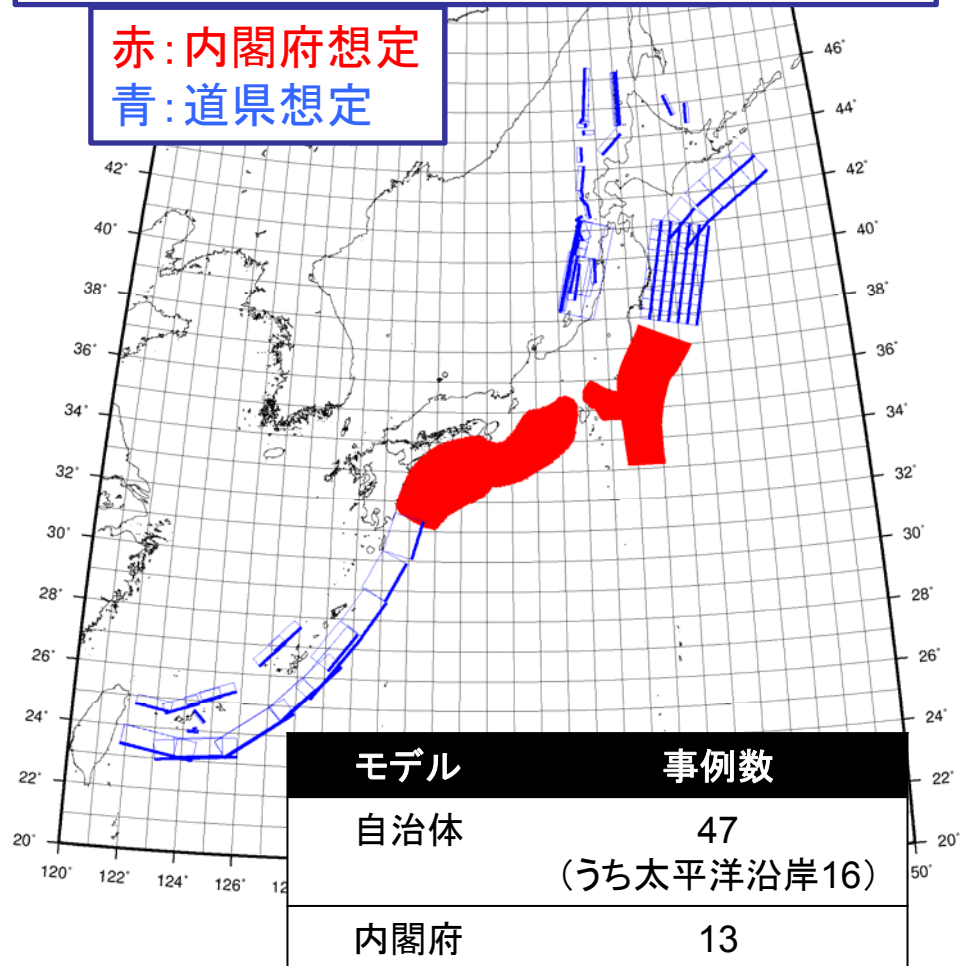
検証2: 想定モデル

断層パラメータハンドブック
過去に発生した地震の現実に近いモデル



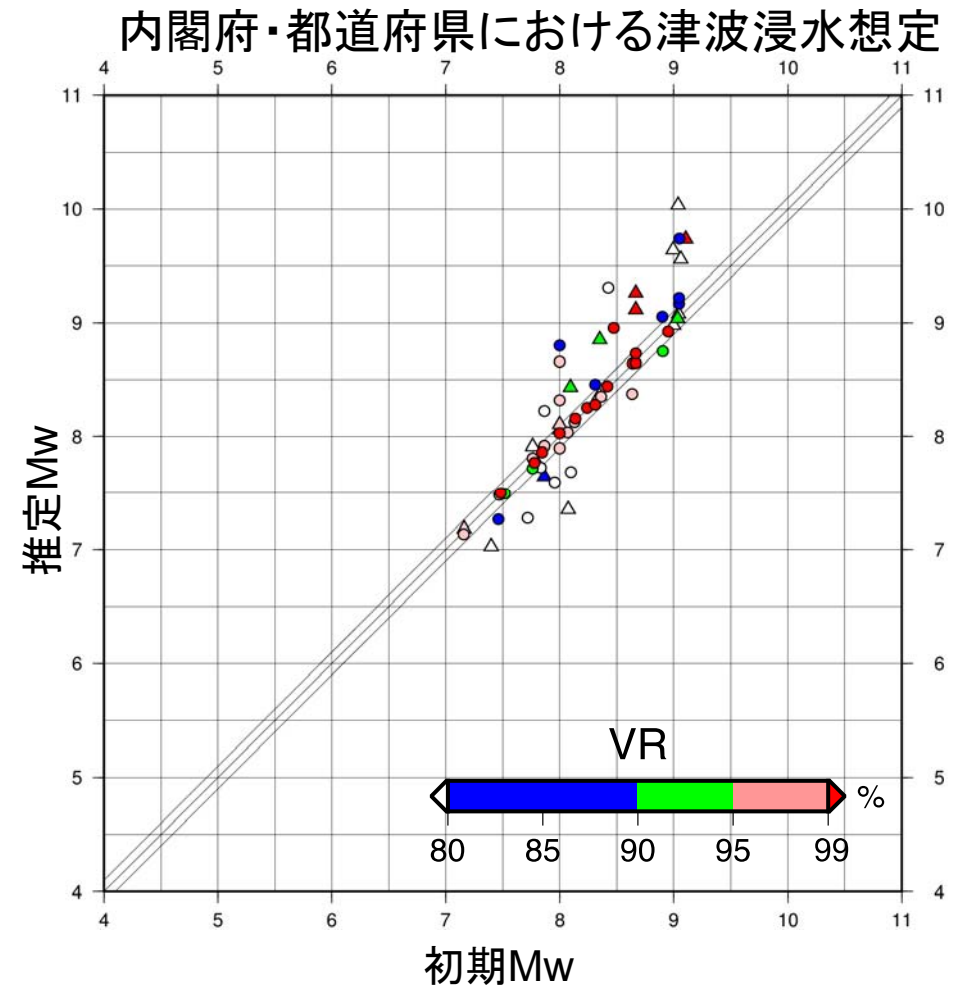
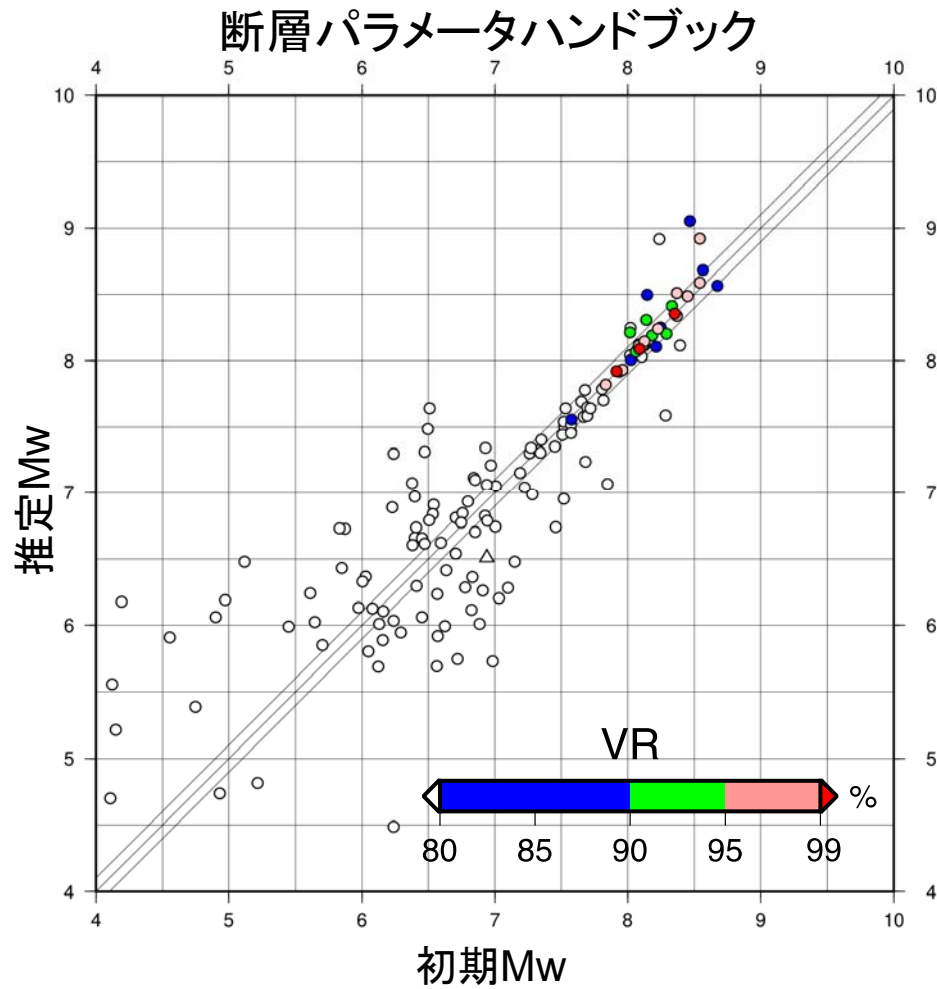
内閣府・都道府県における津波浸水想定
最大規模の地震を想定、やや複雑なモデルを含む

赤: 内閣府想定
青: 道県想定



- 地殻変動の計算値に水平各3cm、鉛直10cmのホワイトノイズを付与したものを観測値と見なしてインバージョン

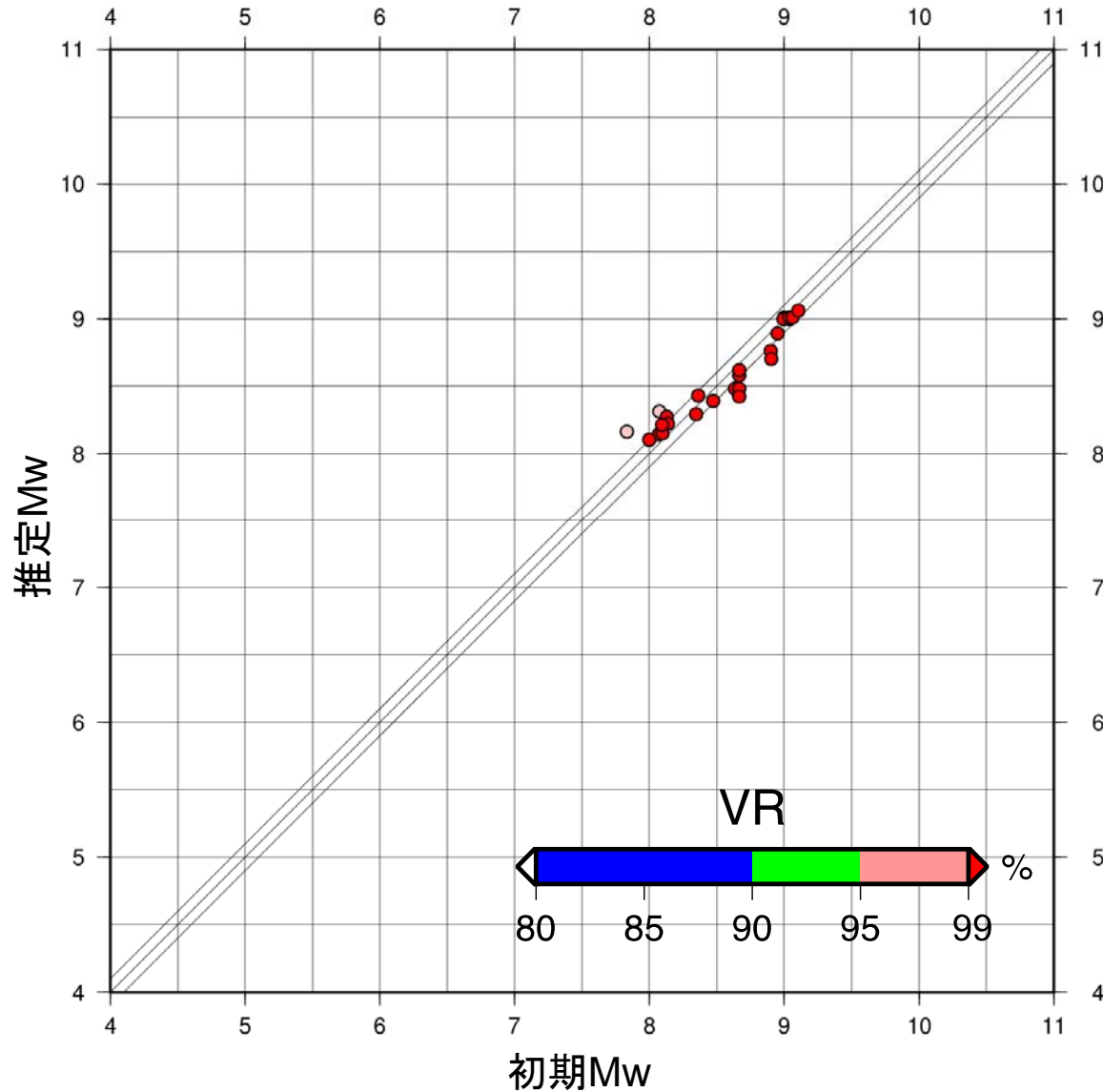
Mwの推定結果(EEW、矩形断層推定)



Mwが7後半から推定結果が得られている。
Mw8以上についてはやや過大なものがあるものの、おおむね適切な推定結果が得られている。

Mwの推定結果(すべり分布推定)

内閣府・都道府県想定のうちプレート境界地震についてすべり分布を推定

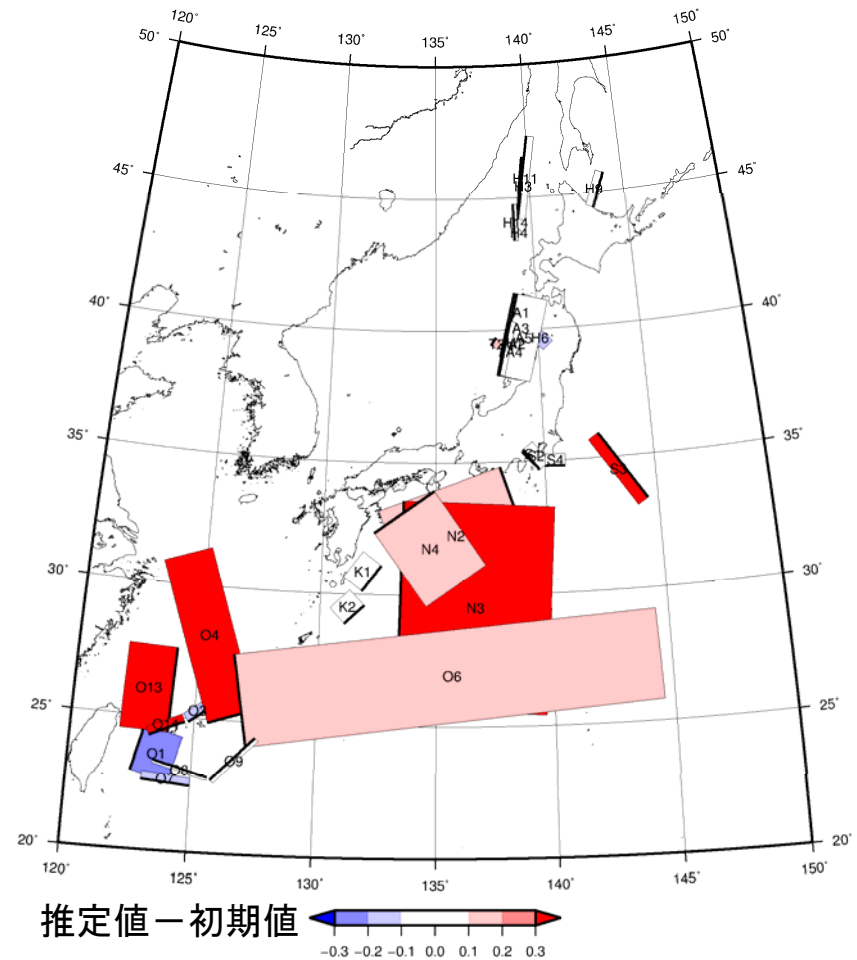
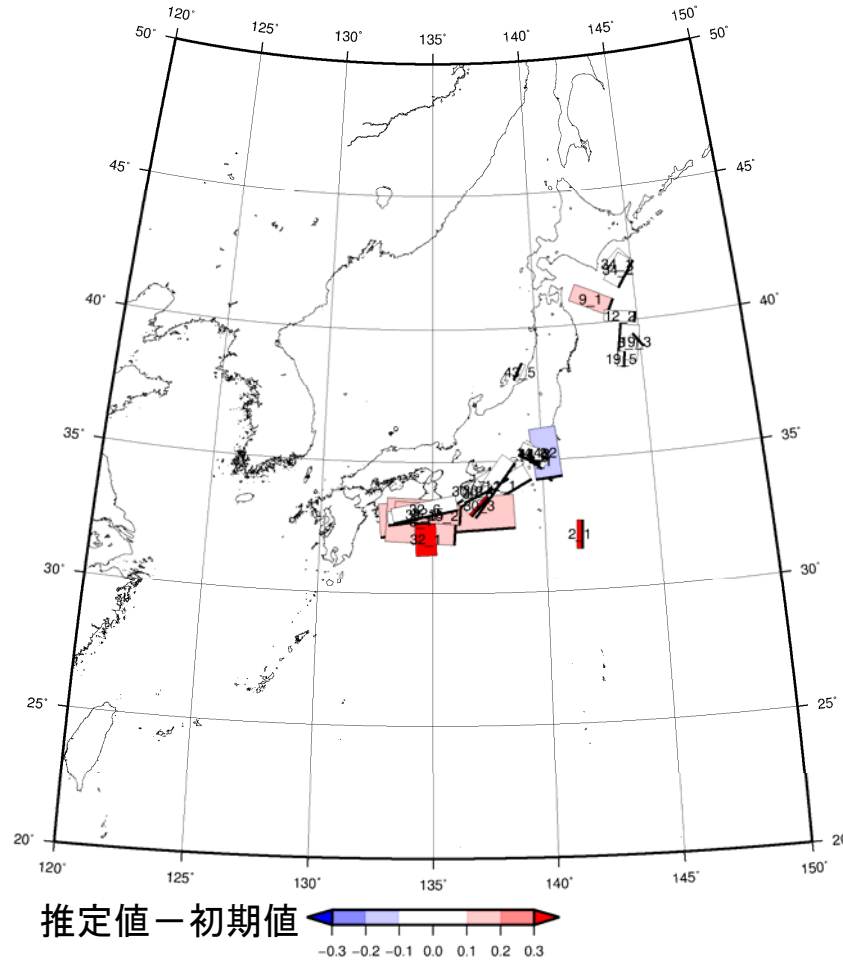


いずれの場合も、Mwが±0.2程度で求まっている。

矩形断層モデル推定結果の地域的な偏り

Mwの推定値と初期値の差を推定された矩形断層モデルで表示
断層パラメータハンドブック

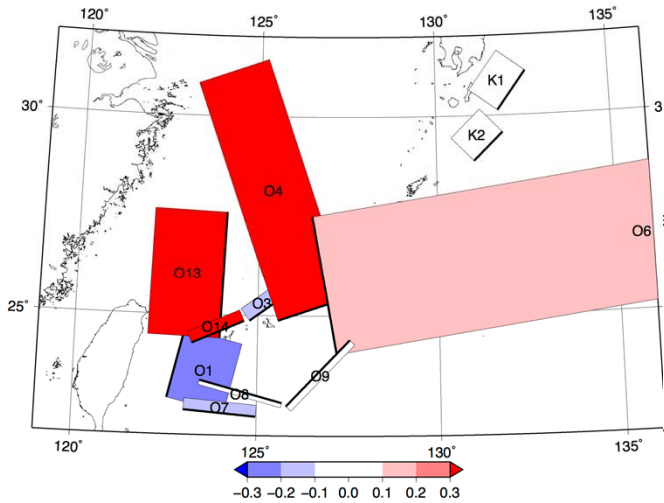
内閣府・都道府県における津波浸水想定



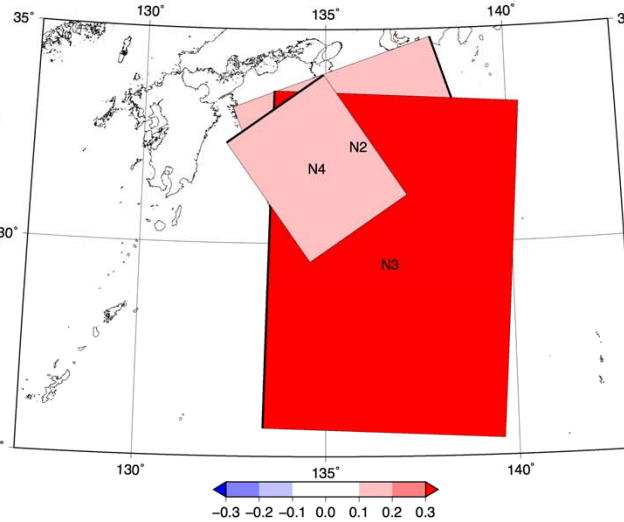
- 断層パラメータハンドブックの事例では、概ね正しいモデルと一致
→ただし、過大に推定する傾向
- 津波浸水想定事例では、モデル推定精度が低いものが見られる

矩形断層モデル推定精度の地域性

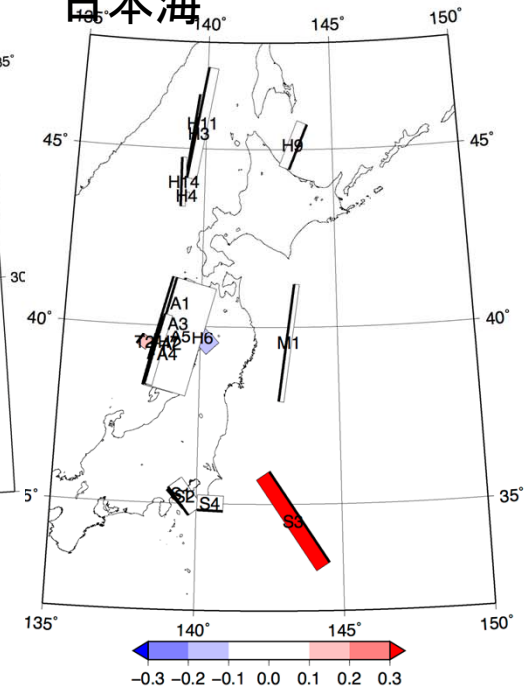
琉球トラフ・沖縄トラフ



南海トラフ



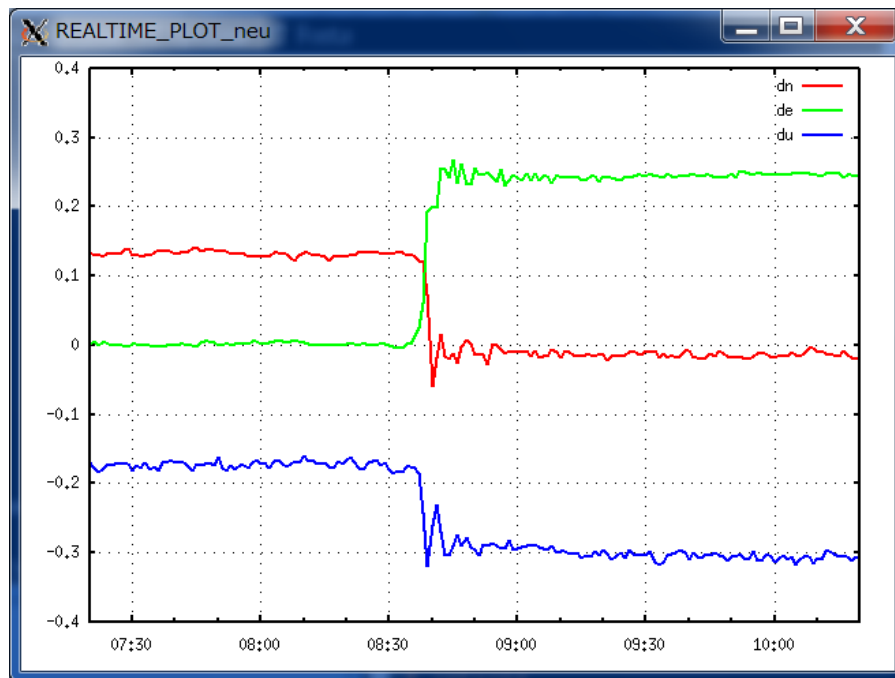
太平洋プレート境界・日本海



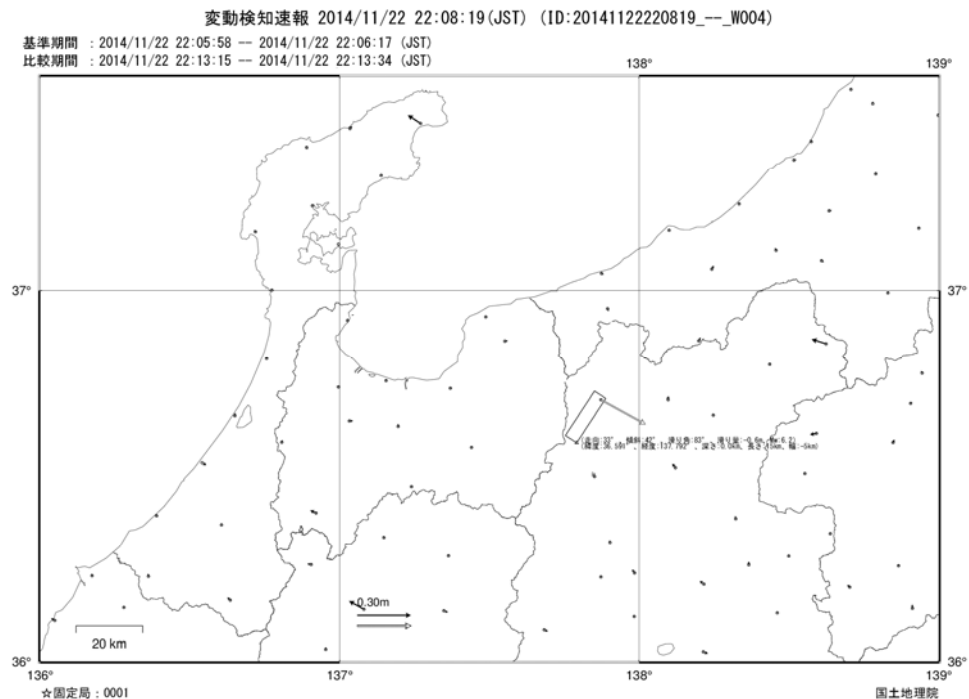
- 太平洋プレート境界、日本海では良好な推定結果
- 南海トラフでは正しいモデルが得られず
→プレート境界形状、断層破壊が複雑なため
- 琉球トラフ、沖縄トラフでは約半数の事例で正しいモデルが得られず
→観測点が疎、初期値の精度が低い

(補足)長野県北部の地震では

2014年11月22日に発生した長野県北部の地震では、試験運用中のシステムで地殻変動を確認。電子基準点「白馬」で求められた地殻変動量は、精密解析の結果とも調和的。得られた地殻変動から断層モデルを後処理で推計した結果、Mwはおおむね妥当な結果が得られたが、断層モデルは課題が残るものであった。



電子基準点「白馬」に地殻変動時系列
水平28cm(東25cm、南14cm)、上下14cm(沈降)



断層モデルの推計結果
Mwは6.2とおおむね妥当
メカニズムは正断層で深さが負に求まるなど、課題

4. まとめ

- GEONETリアルタイム解析システム(REGARD)を開発
- 現在、全国を対象に約1,300点で解析

(検証結果1)

- 過去のリアルタイムデータ・シミュレーションデータを用いた検証では、**3分以内でおおむね適切な地震規模を算出**

(検証結果2)

- 想定震源を用いた検証では、**やや過大なものがあるものの、おおむね適切な地震規模を算出**。特に、すべり分布モデルでは全ての事例について $M_w \pm 0.2$ の範囲で推定。
- 矩形断層モデルでは、背弧側等の地震でもモデリング可能だが、やや不安定な場合がある
 - 断層形状、破壊が複雑な場合
 - 観測点が疎な場合(南西諸島、小笠原)
 - 初期値の精度が低い場合