

南海トラフの巨大地震とその準備過程： 現状把握と推移予測に向けた取り組み

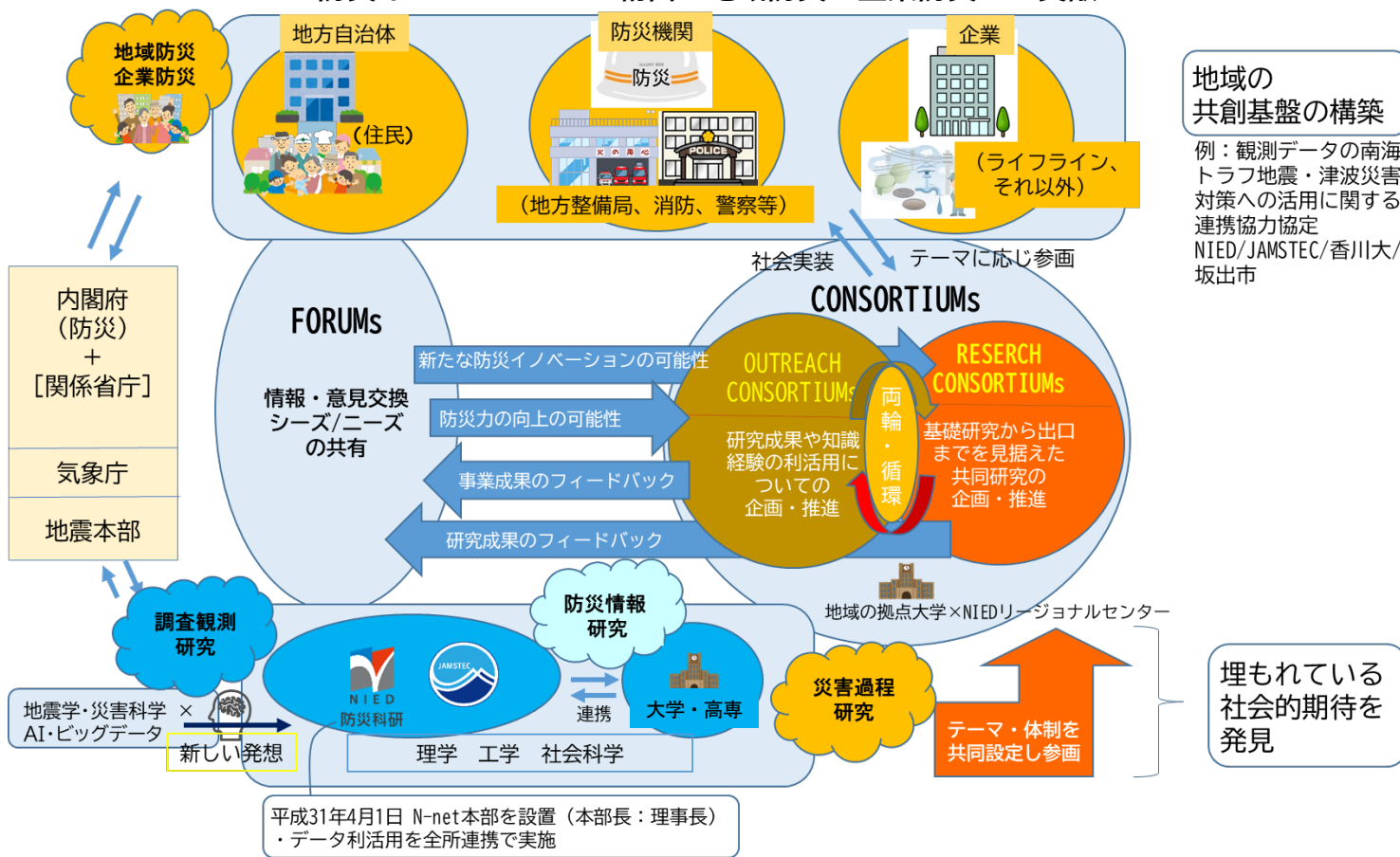
- 長期孔内観測システム (運用中)
- 孔内計測点広域展開 (案)
- 海底地殻変動観測点展開 (案)

海域地震火山部門

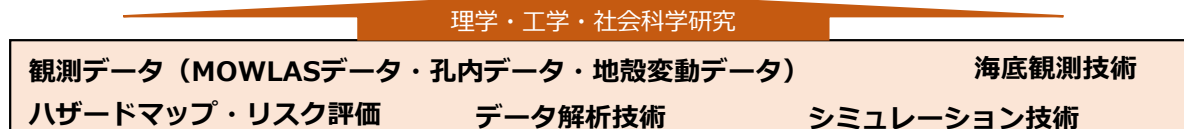
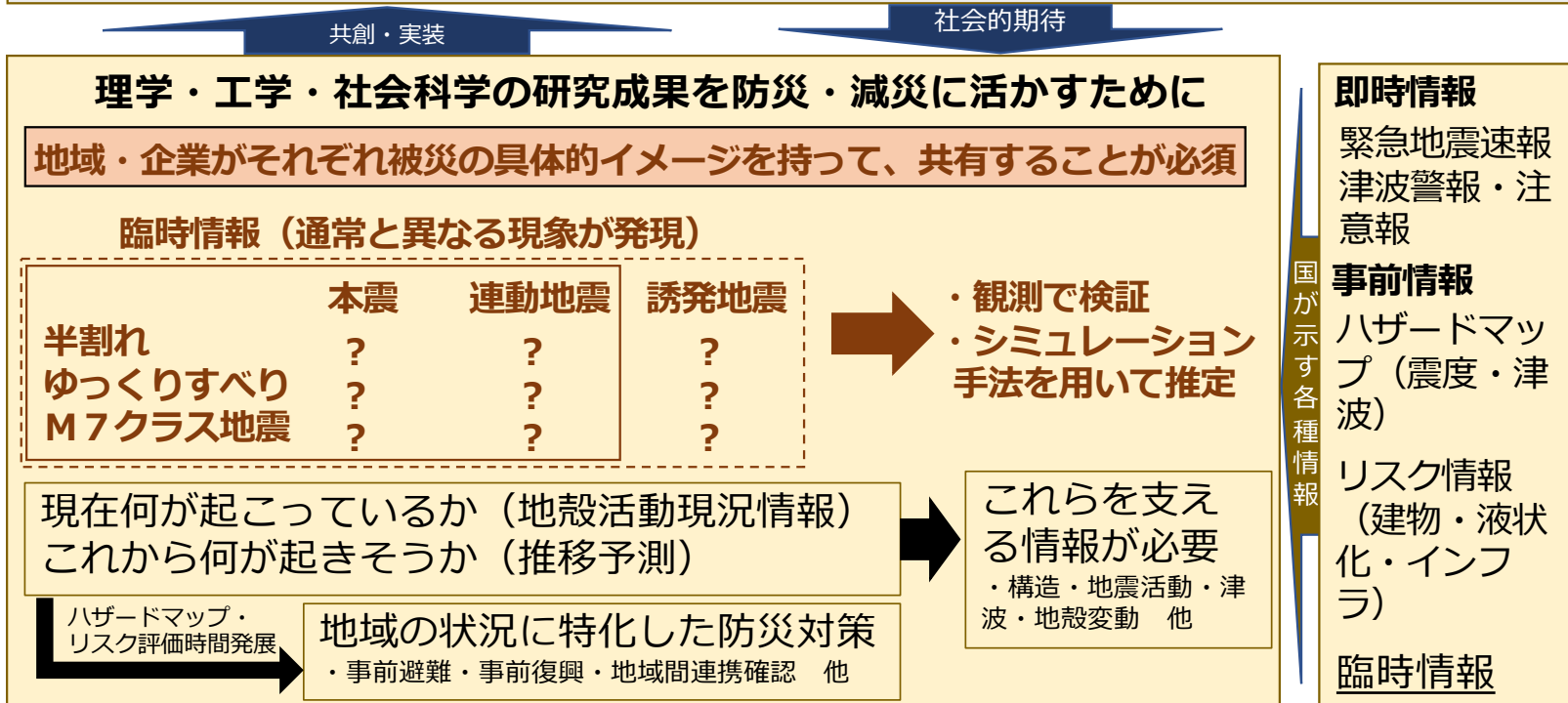
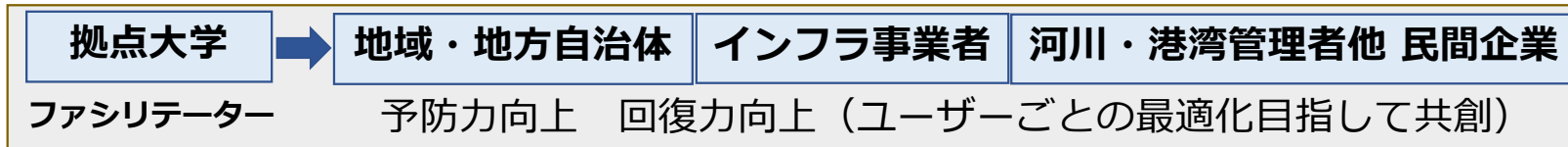
地震津波予測研究開発センター 堀 高峰

南海トラフ地震・津波をはじめとした災害に備えたレジリエントで持続可能な社会を構築するために

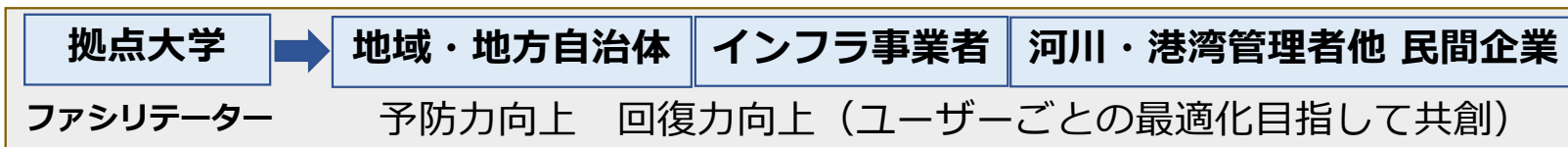
調査観測データ等の利活用による推移予測等の研究開発とその社会実装を通じた
防災イノベーションの創出と地域防災・企業防災への貢献



南海トラフ地震・津波レジリエンス強化 臨時情報対応



南海トラフ地震・津波レジリエンス強化 被災イメージ



共創・実装

社会的期待

理学・工学・社会科学の研究成果を防災・減災に活かすために

地域・企業がそれぞれ被災の具体的なイメージを持って、共有することが必須

被災の多様なイメージ

浅い浸水深

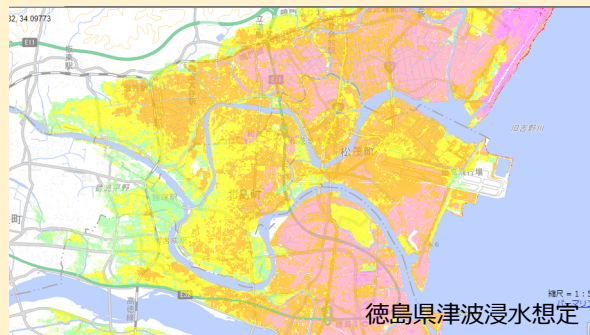
→ 瓦礫の集積や津波火災

浸水開始時刻と浸水期間

→ 避難・物資輸送の猶予時間

(L1, L2, 浸水なし)

→ 長期湛水では長期間排水不可



復興の速度に大きな
影響を及ぼす



- ・ 発災時に最適な選択ができるか
- ・ 最適な選択に何が必要か。

即時情報

緊急地震速報
津波警報・注
意報

事前情報

ハザードマッ
プ (震度・津
波)

リスク情報
(建物・液状
化・インフ
ラ)

臨時情報

国が示す各種情報

理学・工学・社会科学研究

観測データ (MOWLASデータ・孔内データ・地殻変動データ)

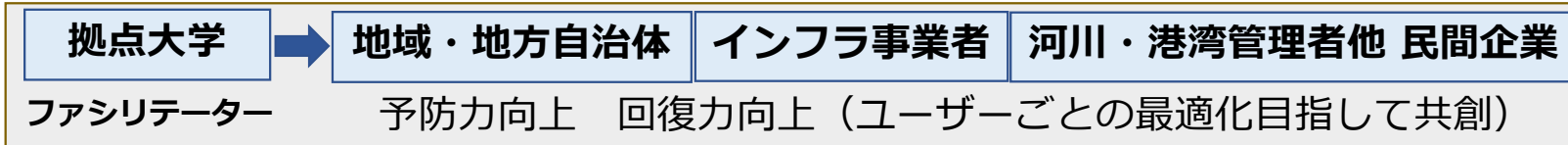
海底観測技術

ハザードマップ・リスク評価

データ解析技術

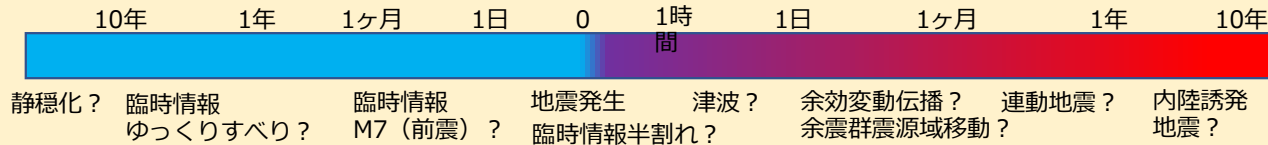
シミュレーション技術

南海トラフ地震・津波レジリエンス強化 臨時情報対応



理学・工学・社会科学の研究成果を防災・減災に活かすために

地域・企業がそれぞれ被災の具体的なイメージを持って、共有することが必須



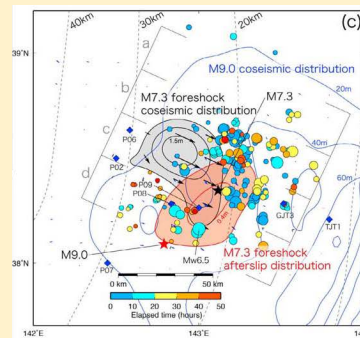
現在何が起きているか (地殻活動現況情報)
 これから何が起きそうか (推移予測)

地域の被災の特性ごと
 発生する事象ごと
 地域社会の状況ごと



対応可能な範囲
 最適化の方針

Ohta et al., (2012)



即時情報

緊急地震速報
 津波警報・注
 意報

事前情報

ハザードマッ
 プ (震度・津
 波)

リスク情報
 (建物・液状
 化・インフ
 ラ)

臨時情報

国が示す各種情報

理学・工学・社会科学研究

観測データ (MOWLASデータ・孔内データ・地殻変動データ)
 ハザードマップ・リスク評価

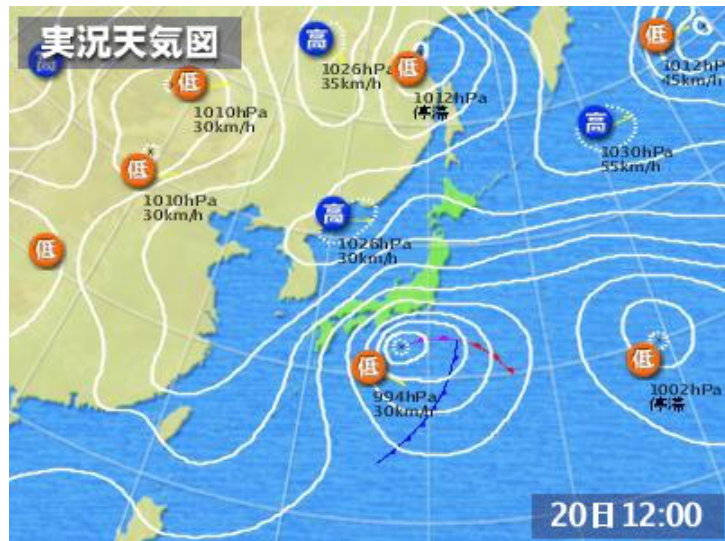
海底観測技術

データ解析技術

シミュレーション技術

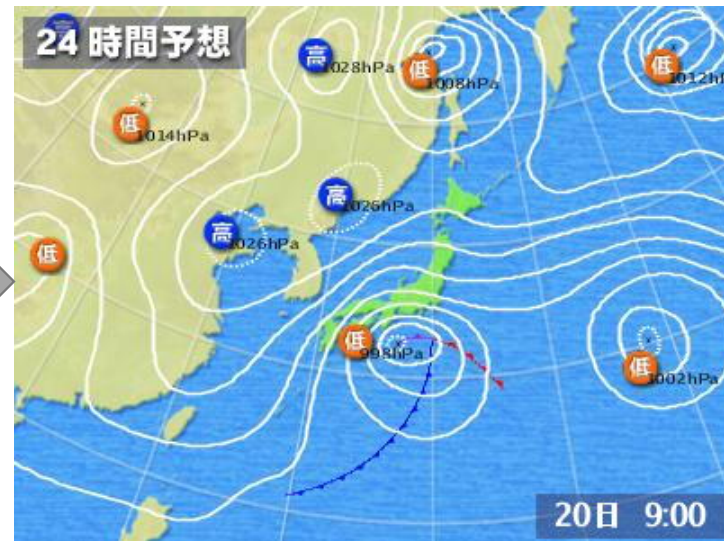
予測の考え方：天気予報のおさらい

実況天気図



雨の原因となる現象
のモニタリング

予想天気図



雨の原因となる現象
の推移予測

予測の考え方：天気予報のおさらい

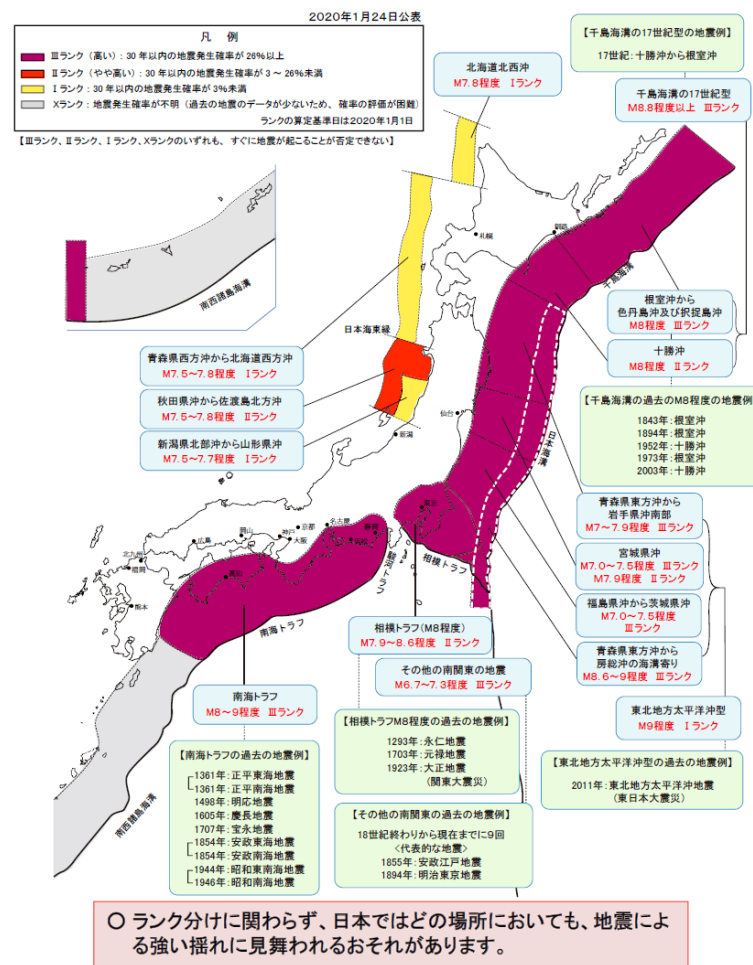
降水確率



地震だとどうなっている？

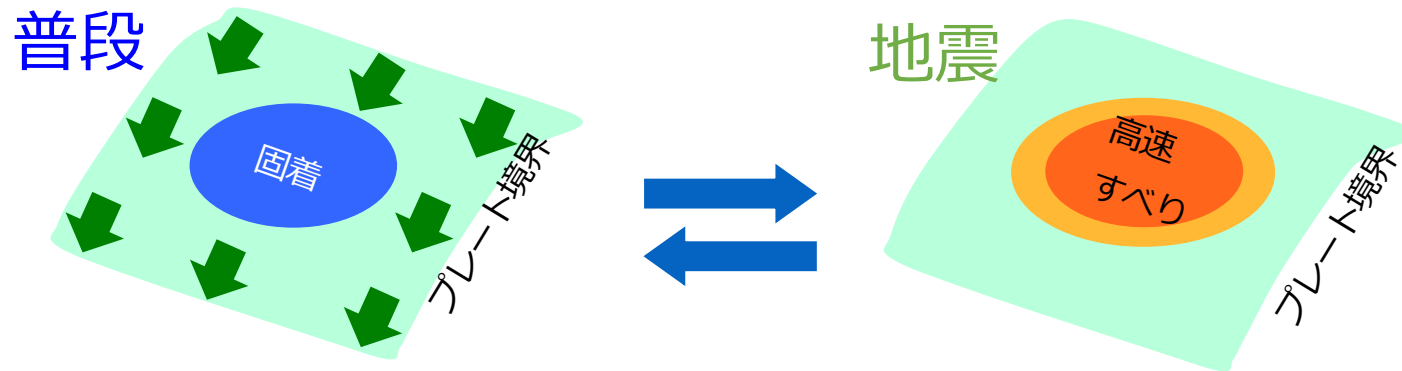
30年確率にもとづくランク分け

- 似た地震が繰り返すと仮定
- 過去の地震のカタログ = **起きた結果**をデータとして確率を出す
- 地震の原因をモニタリングして予測したものではない



地震の準備過程とは？

- 地震の繰り返し発生 = プレート境界面でのすべりの時空間変化



固着域ですべり遅れ
= 境界面にかかる応力増加
固着すると強度回復

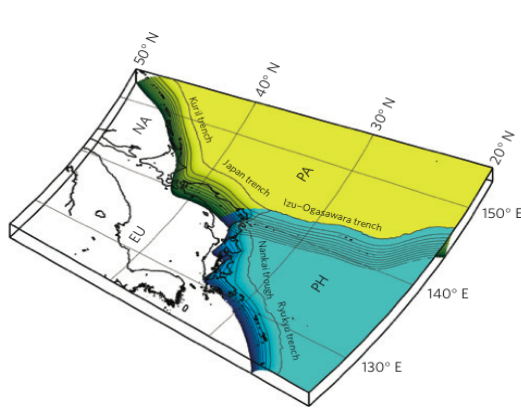
準備過程

すべり遅れの解消
= 応力の減少
すべりによる強度低下

発生過程

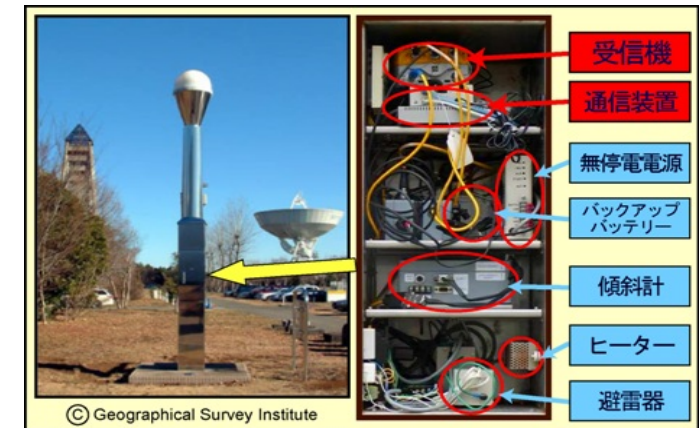
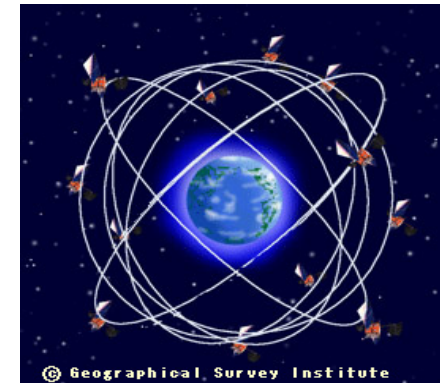
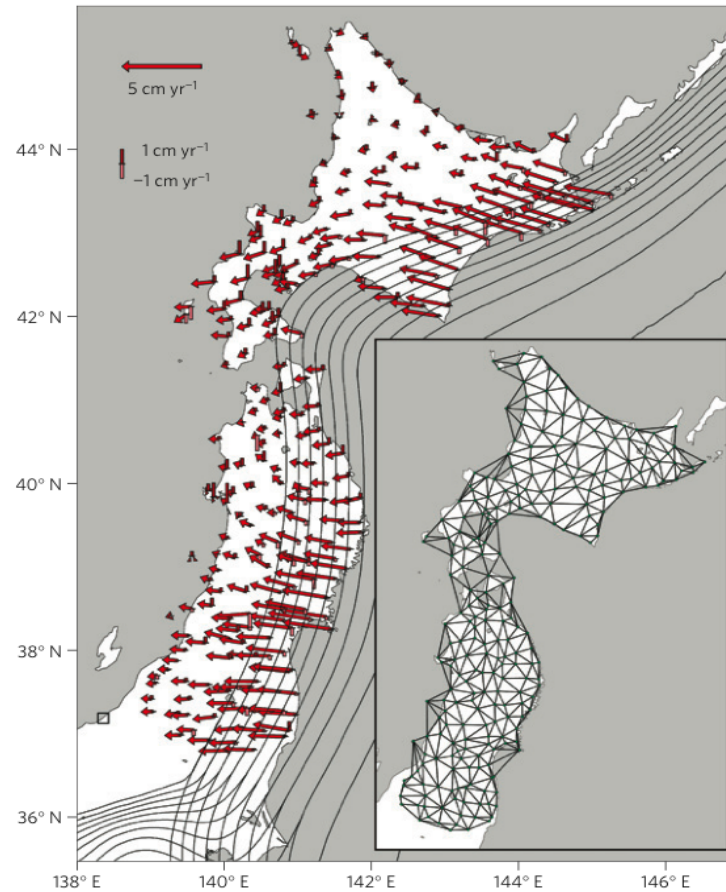
プレート境界は本当にそのような振る舞いをしているのか？

日本列島の変形からプレート境界でのすべりや固着の状態を推定



Hashimoto et al. (2009)

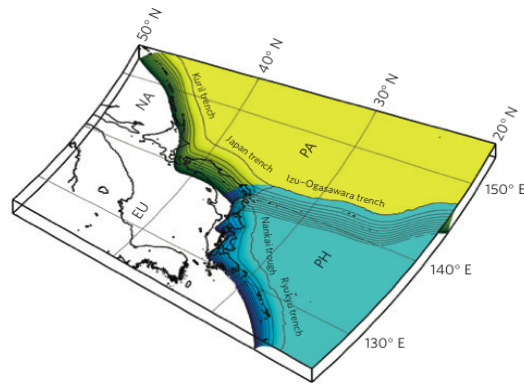
- ・プレート境界の形を仮定
- ・地表変形データと合うように境界面でのすべりや固着の状態を推定



1996年から2000年までの地表の動き

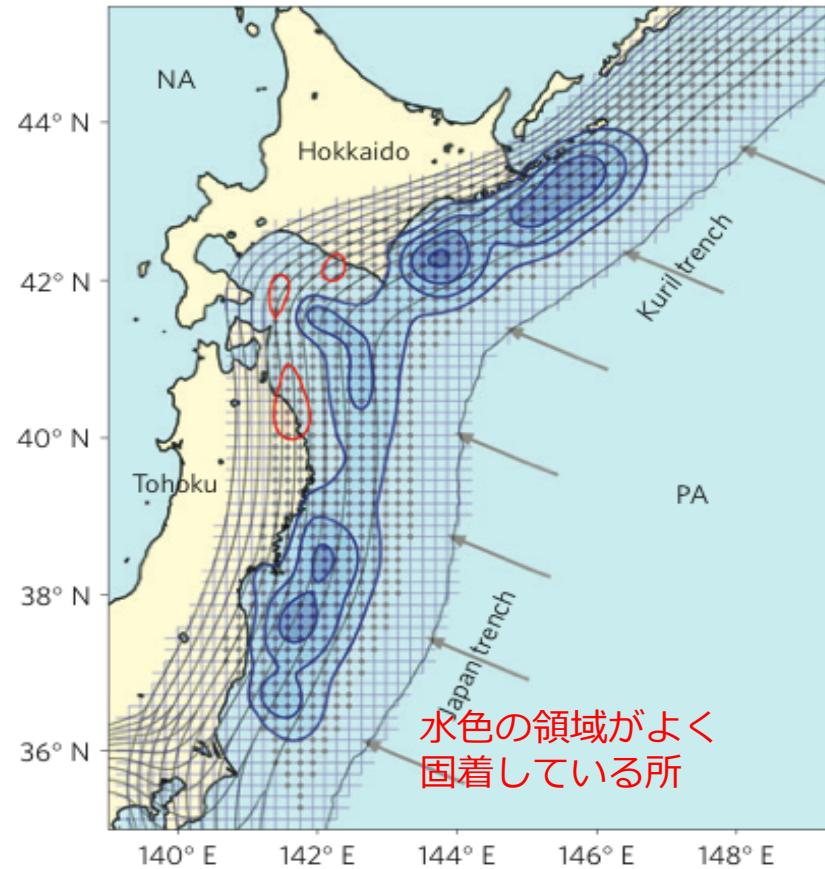
プレート境界は本当にそのような振る舞いをしているのか？

日本列島の変形からプレート境界でのすべりや固着の状態を推定



Hashimoto et al. (2009)

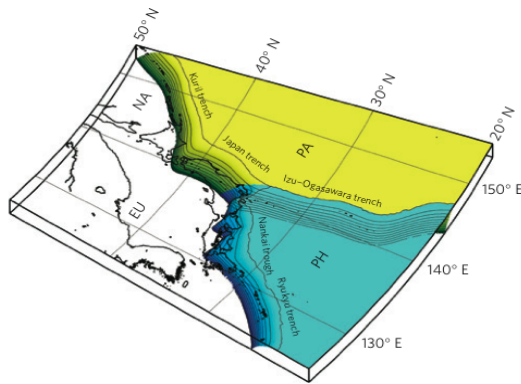
- プレート境界の形を仮定
- 地表変形データと合うように境界面でのすべりや固着の状態を推定



Hashimoto et al. (2009)

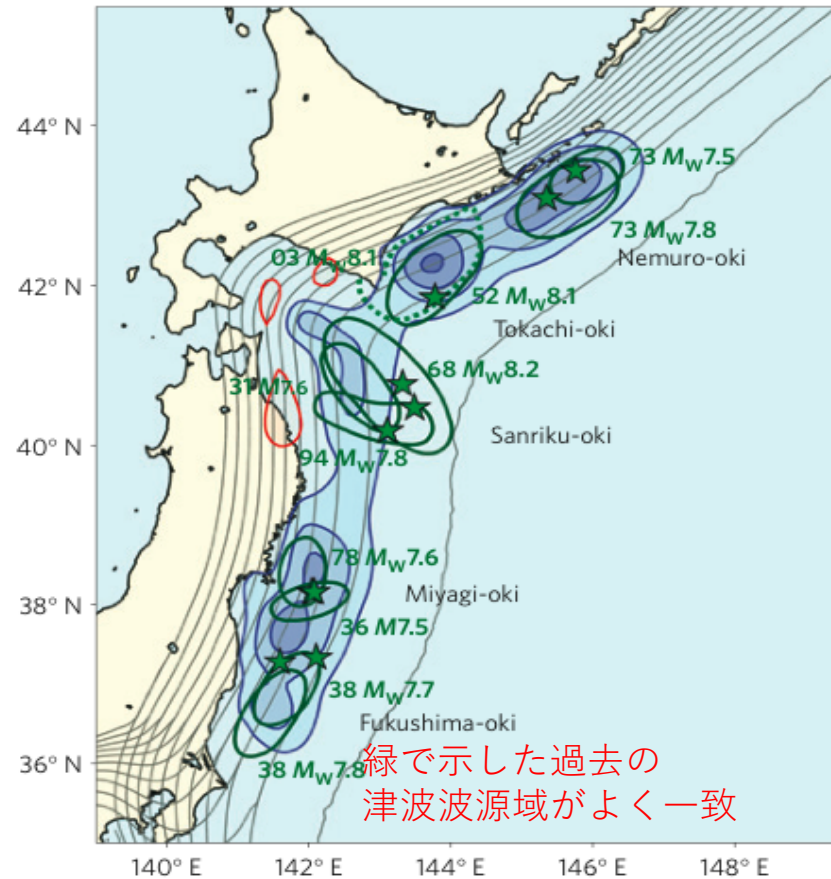
プレート境界は本当にそのような振る舞いをしているのか？

日本列島の変形からプレート境界でのすべりや固着の状態を推定



Hashimoto et al. (2009)

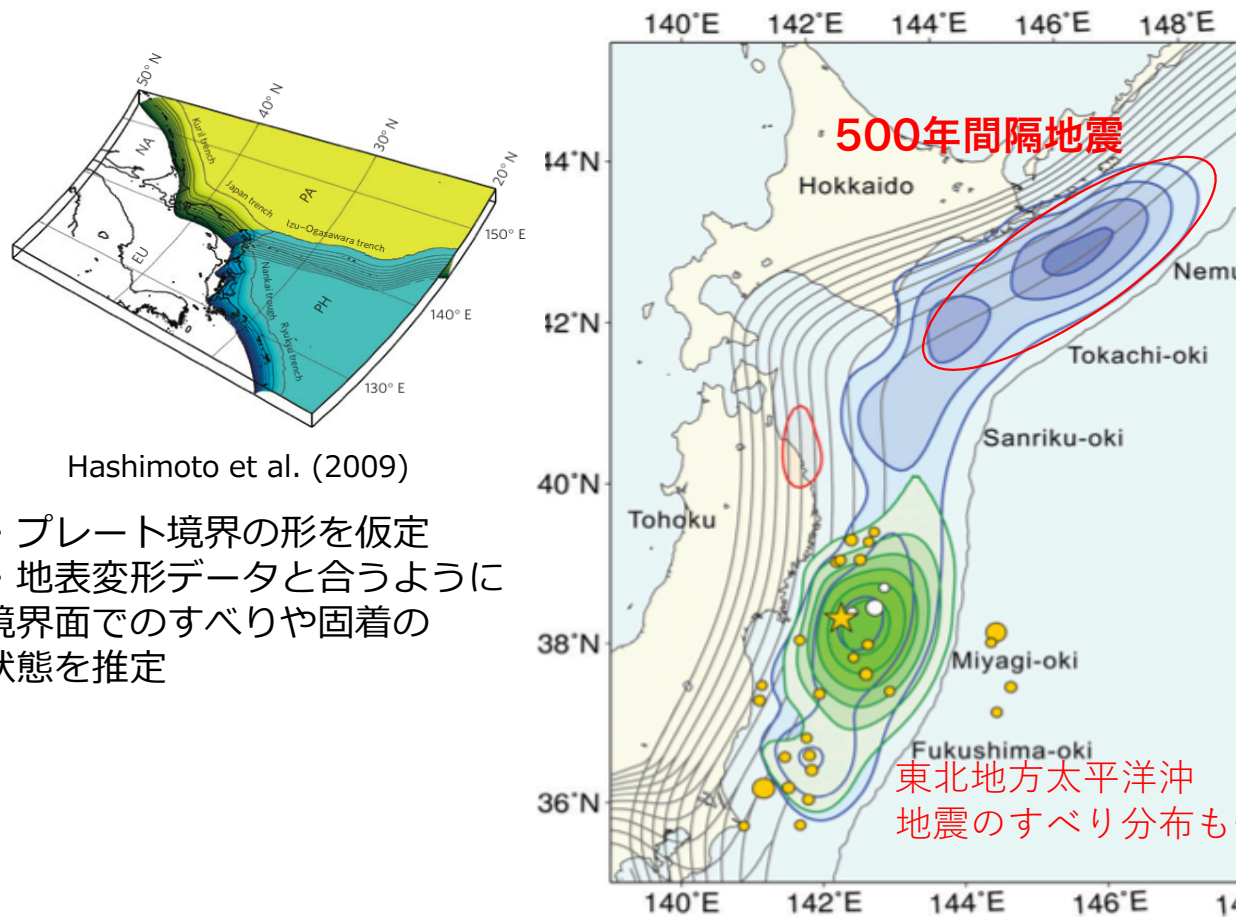
- プレート境界の形を仮定
- 地表変形データと合うように境界面でのすべりや固着の状態を推定



Hashimoto et al. (2009)

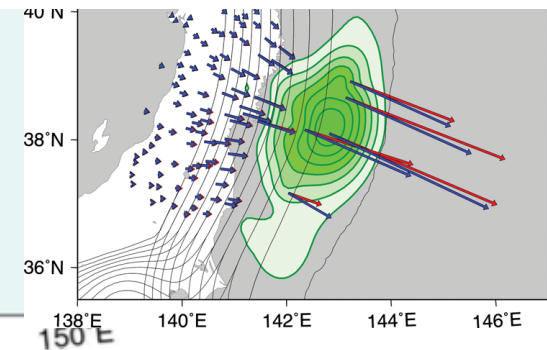
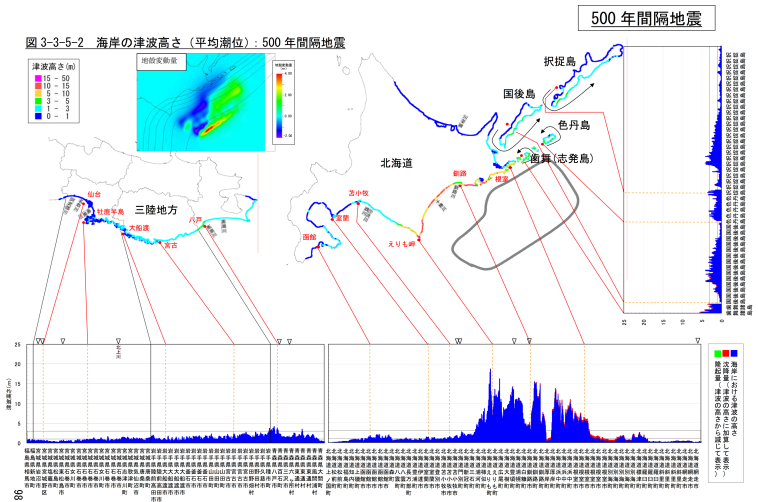
プレート境界は本当にそのような振る舞いをしているのか？

日本列島の変形からプレート境界でのすべりや固着の状態を推定



Hashimoto et al. (2009)

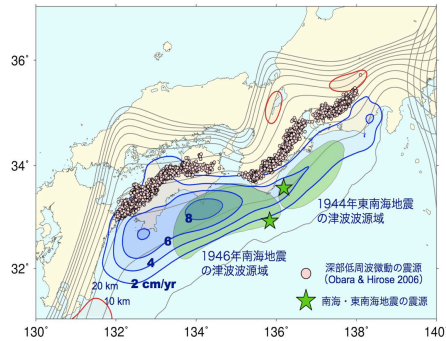
- ・プレート境界の形を仮定
- ・地表変形データと合うように境界面でのすべりや固着の状態を推定



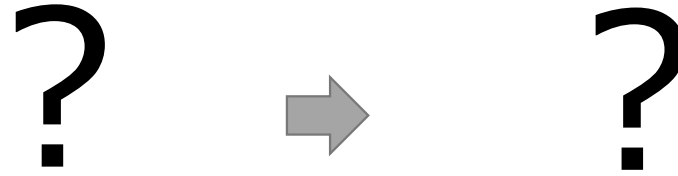
Hashimoto et al. (2012)

地震の原因にもとづいた予測

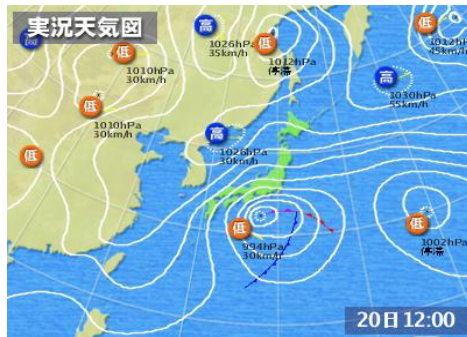
固着・すべり分布



地震の原因となる現象
の現状把握

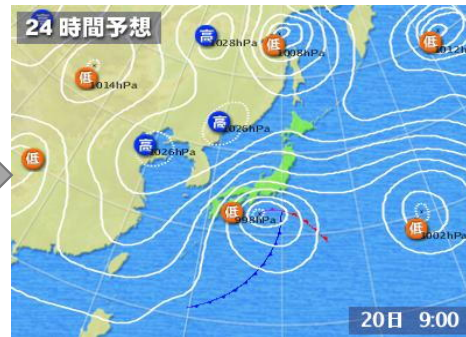


実況天気図



雨の原因となる現象
のモニタリング

予想天気図



雨の原因となる現象
の推移予測

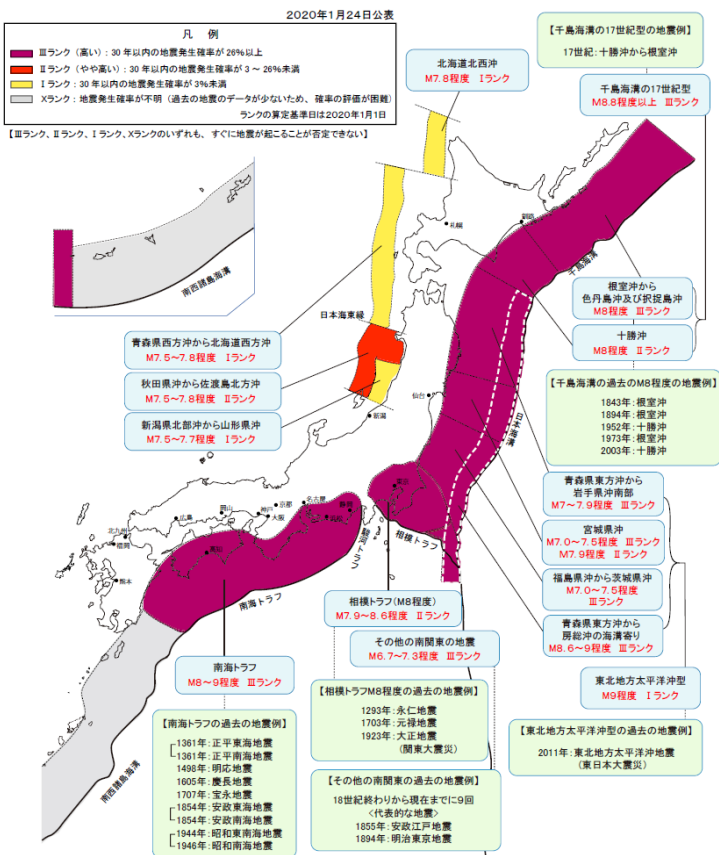
降水確率



過去の似た気象状況
に(多数)もとづく
雨の降る確率

結果の評価から原因（地震の準備過程）の評価へ

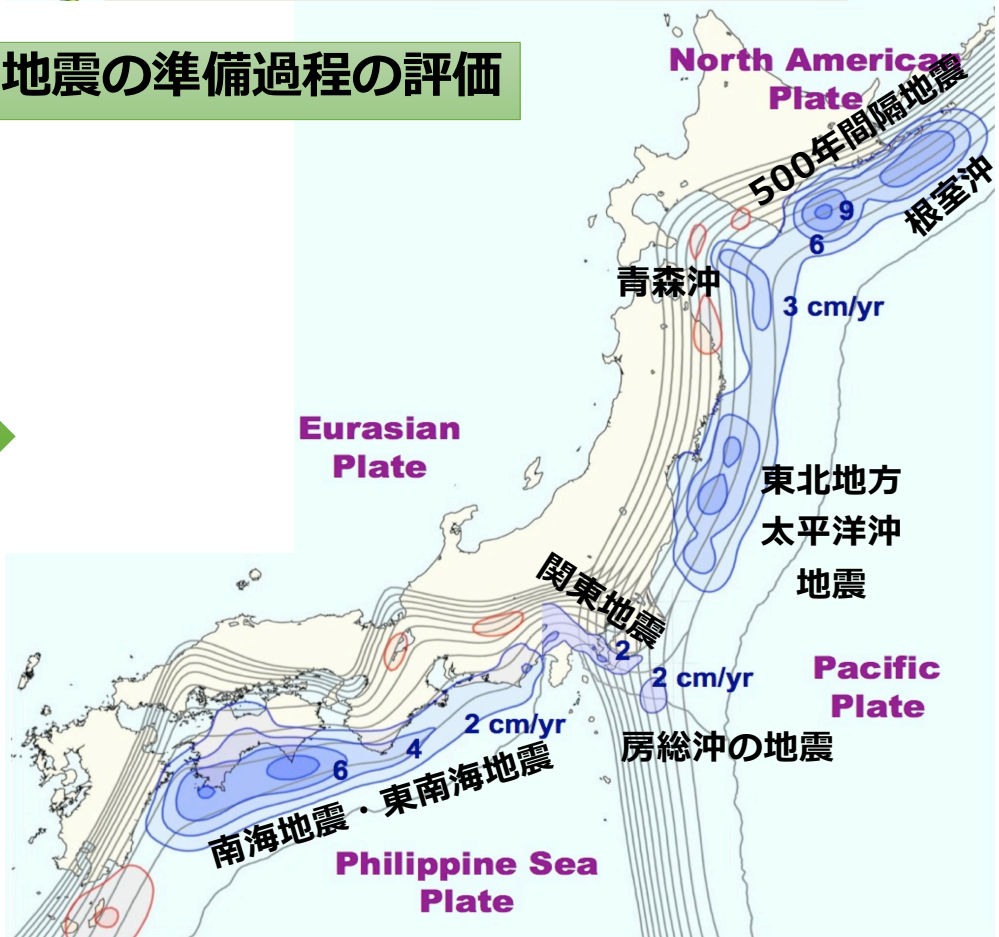
30年地震発生確率評価（ランク）



○ ランク分けに関わらず、日本ではどの場所においても、地震による強い揺れに見舞われるおそれがあります。

地震の準備過程（原因）にもとづく長期評価へ

地震の準備過程の評価

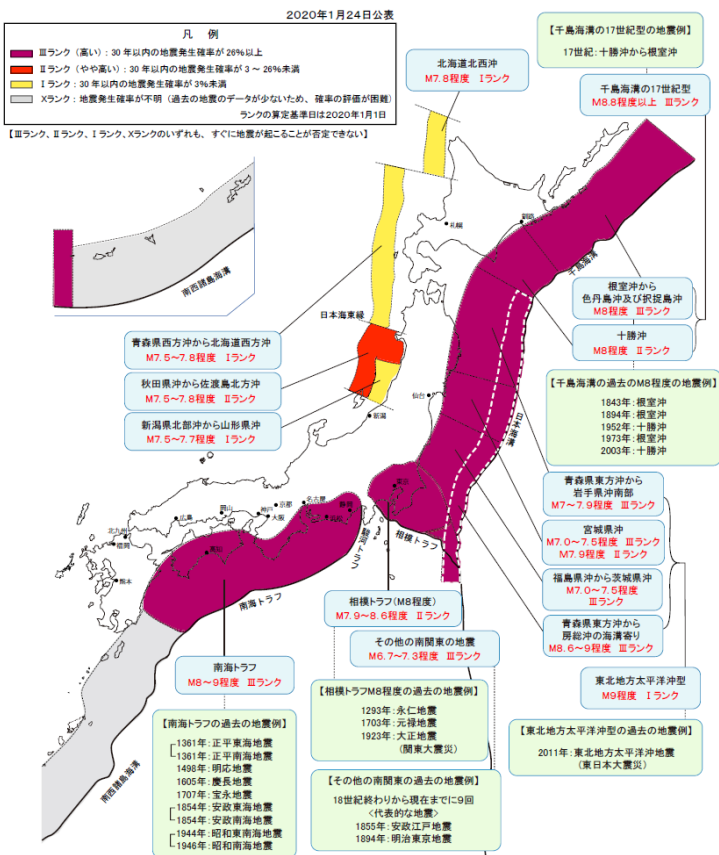


地殻変動データから推定された固着の分布（橋本, 2011）

地震の結果にもとづく予測

結果の評価から原因（地震の準備過程）の評価へ

30年地震発生確率評価（ランク）



○ ランク分けに関わらず、日本ではどの場所においても、地震による強い揺れに見舞われるおそれがあります。

地震の準備過程（原因）にもとづく長期評価へ

地震の準備過程の評価

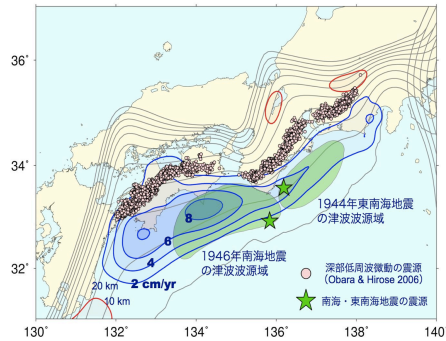


地殻変動データから推定された固着の分布（橋本, 2011）

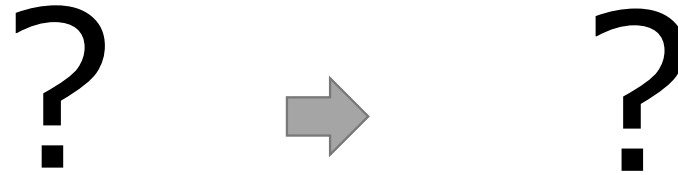
地震の結果にもとづく予測

地震の原因にもとづいた予測

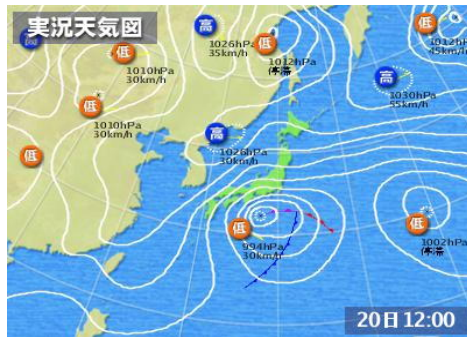
固着・すべり分布



地震の原因となる現象
の現状把握

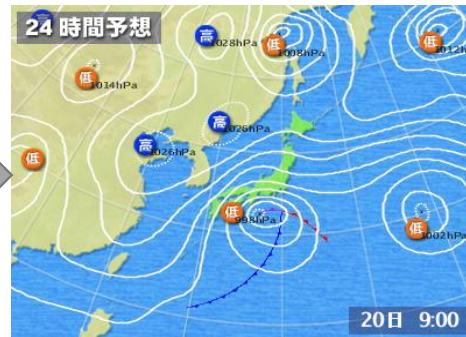


実況天気図



雨の原因となる現象
のモニタリング

予想天気図



雨の原因となる現象
の推移予測

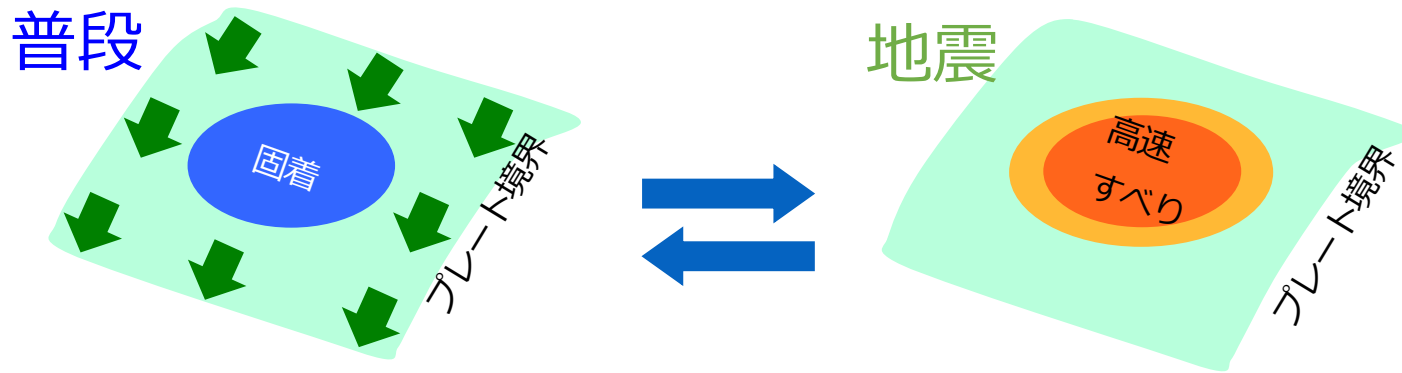
降水確率



過去の似た気象状況
に(多数)もとづく
雨の降る確率

地震の準備過程とは？

- 地震の繰り返し発生 = プレート境界面でのすべりの時空間変化



固着域ですべり遅れ
= 境界面にかかる応力増加

固着すると強度回復

準備過程

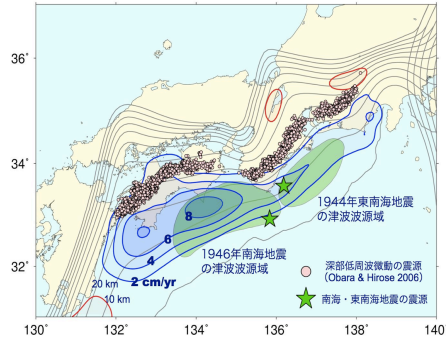
すべり遅れの解消
= 応力の減少

すべりによる強度低下

発生過程

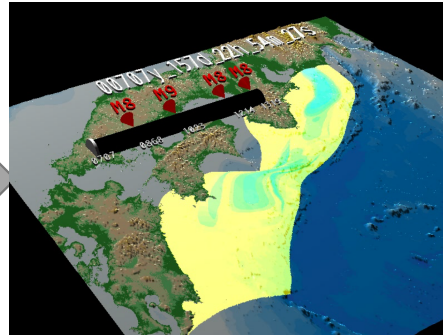
地震の原因にもとづいた予測

固着・すべり分布



地震の原因となる現象の現状把握

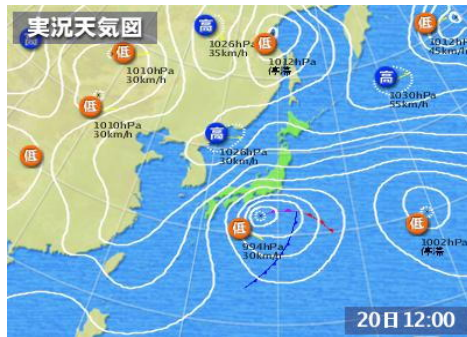
固着・すべり予測



地震の原因となる現象の推移予測

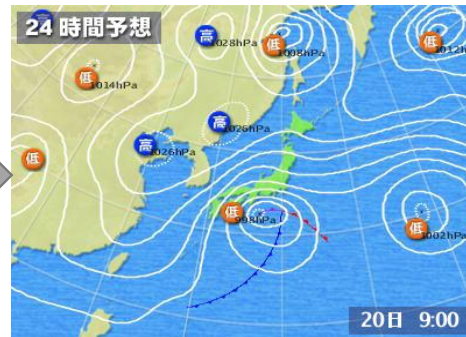


実況天気図



雨の原因となる現象のモニタリング

予想天気図



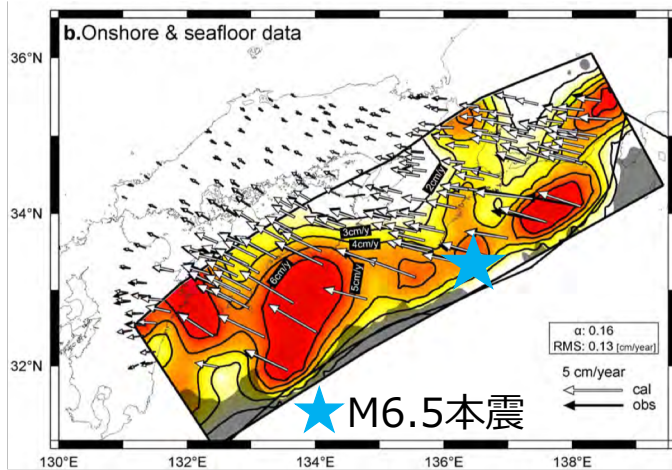
雨の原因となる現象の推移予測

降水確率

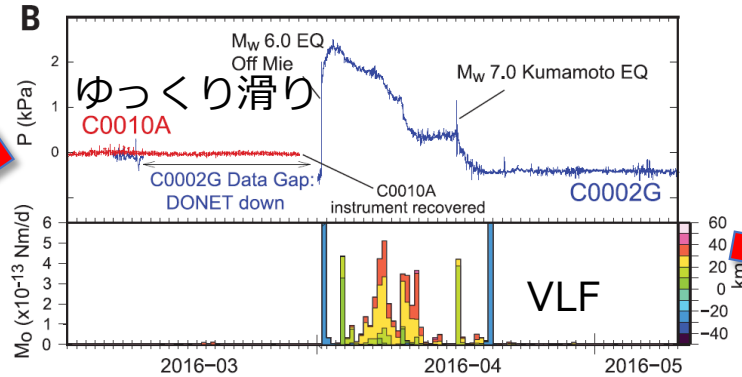


過去の似た気象状況に(多数)もとづく雨の降る確率

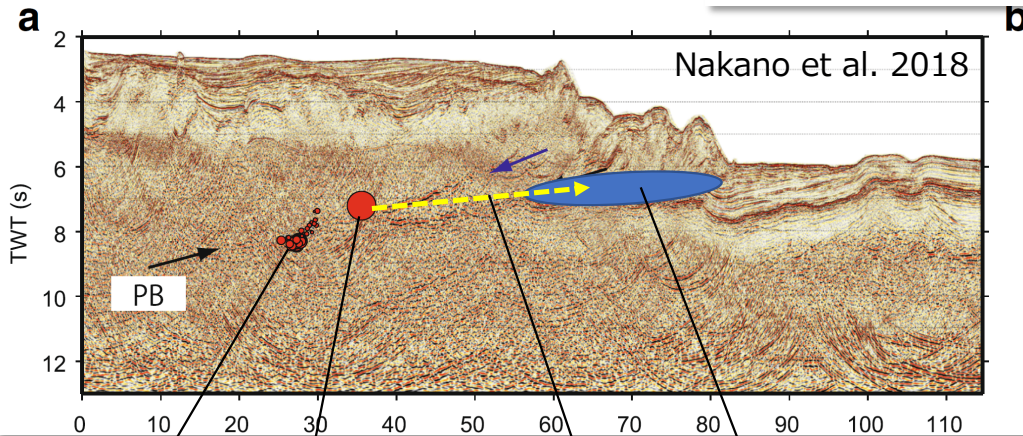
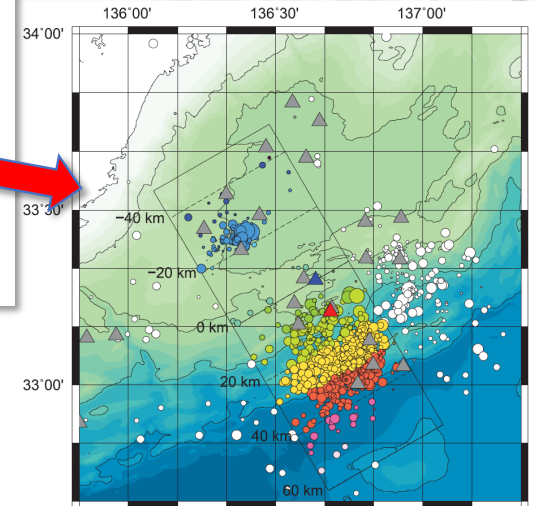
2016.4.1の地震と海底孔内地震・地殻変動データ



2週間継続した1-2cmのゆっくり滑り



超低周波地震 (VLF)



b

余震 M6.5本震 超低周波地震

2週間継続した1-2cmのゆっくり滑り

南海トラフ地震断層で発生したM6.5の地震とその後起きた、ゆっくり滑り・VLFといった通常とは異なる現象を記録していた。

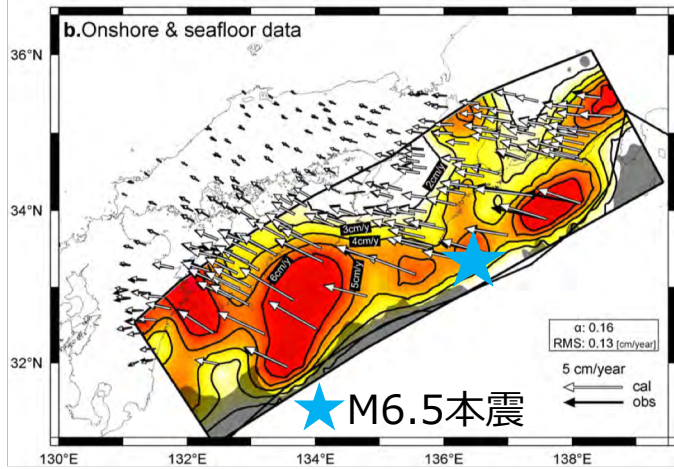
気象庁「南海トラフ地震について」より

「南海トラフ地震臨時情報」に付記するキーワードと各キーワードを付記する条件

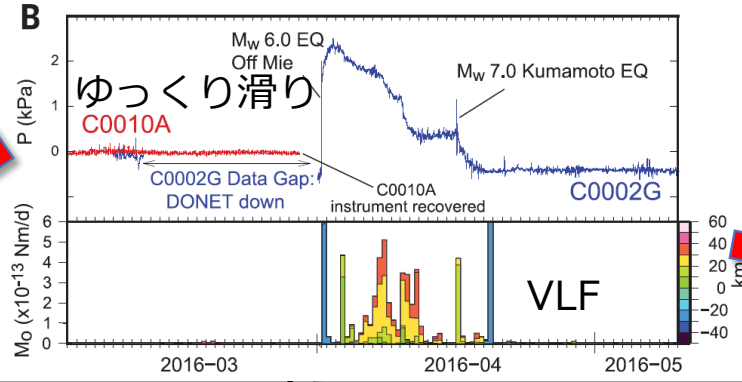
情報名の後にキーワードを付記して「南海トラフ地震臨時情報（調査中）」等の形で情報発表します。

キーワード	各キーワードを付記する条件
調査中	<p>下記のいずれかにより臨時に「南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会」を開催する場合</p> <ul style="list-style-type: none"> 監視領域内（下図黄枠部）でマグニチュード6.8以上^{※1}の地震^{※2}が発生 1カ所以上のひずみ計^{※3}での有意な変化^{※4}と共に、他の複数の観測点でもそれに関係すると思われる変化^{※4}が観測され、想定震源域内のプレート境界（下図赤枠部）で通常と異なるゆっくりすべり^{※5}が発生している可能性がある場合など、ひずみ計で南海トラフ地震との関連性の検討が必要と認められる変化を観測 その他、想定震源域内のプレート境界の固着状態の変化を示す可能性のある現象が観測される等、南海トラフ地震との関連性の検討が必要と認められる現象を観測
巨大地震警戒	想定震源域内のプレート境界において、モーメントマグニチュード ^{※6} 8.0以上の地震が発生したと評価した場合
巨大地震注意	<ul style="list-style-type: none"> 監視領域内において、モーメントマグニチュード7.0以上の地震^{※2}が発生したと評価した場合（巨大地震警戒に該当する場合は除く） 想定震源域内のプレート境界面において、通常と異なるゆっくりすべりが発生したと評価した場合
調査終了	（巨大地震警戒）、（巨大地震注意）のいずれにも当てはまらない現象と評価した場合

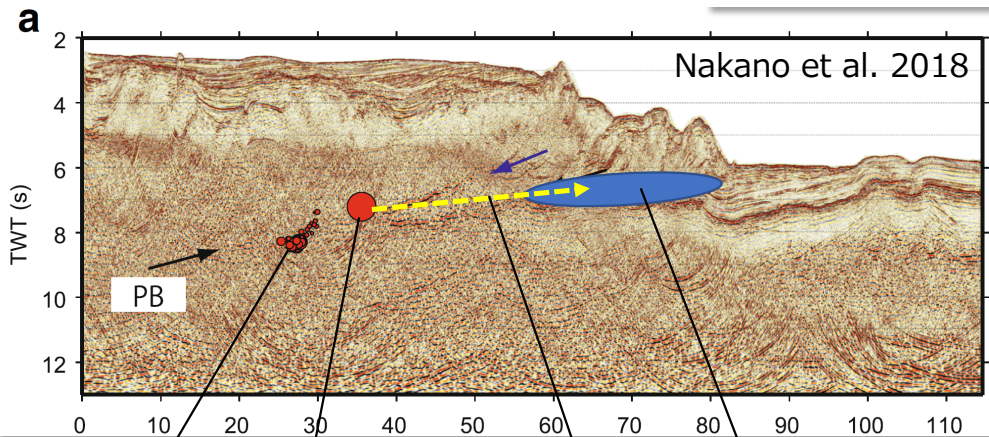
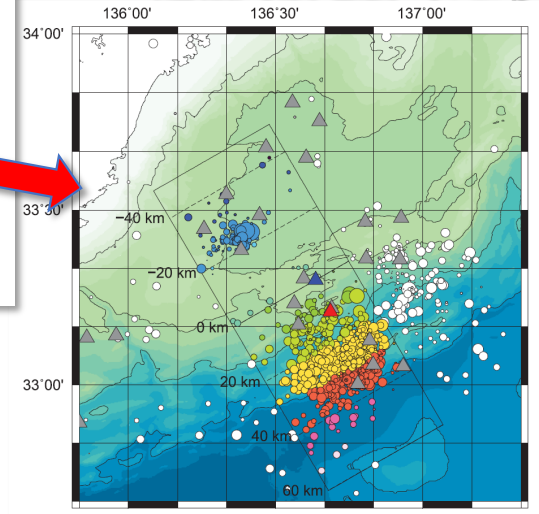
2016.4.1の地震と海底孔内地震・地殻変動データ



2週間継続した1-2cmのゆっくり滑り



超低周波地震 (VLF)



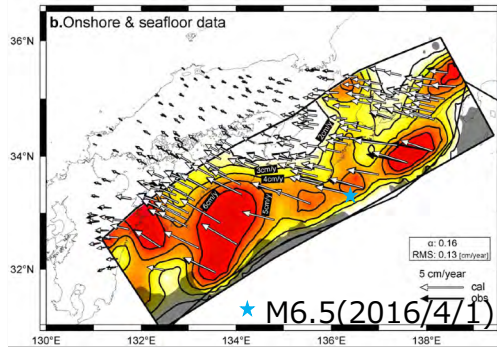
余震 M6.5本震 超低周波地震

2週間継続した1-2cmのゆっくり滑り

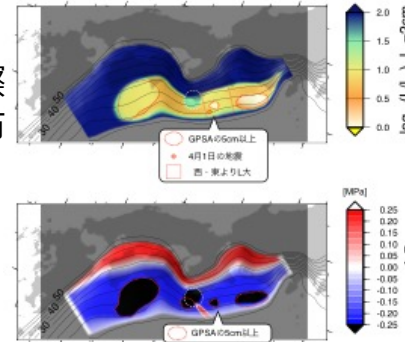
南海トラフ地震断層で発生したM6.5の地震とその後起きた、ゆっくり滑り・VLFといった通常とは異なる現象を記録していた。

海域のひずみ計も使用していたら「調査中」となっていた現象

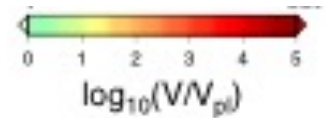
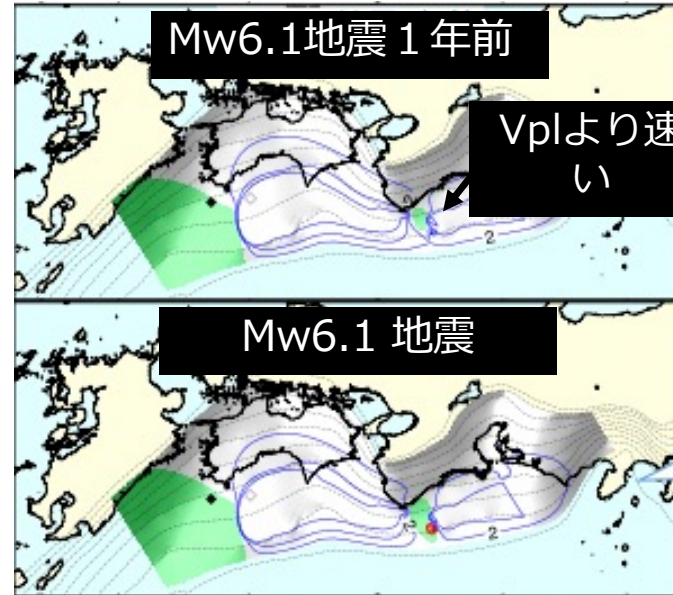
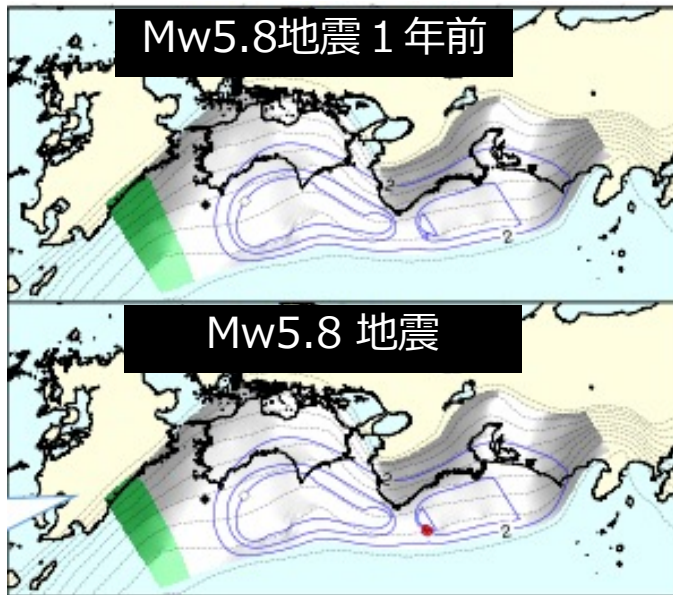
起こり得るシナリオの例（2つの比較）



左の結果を
考慮した摩擦
パラメタ分布

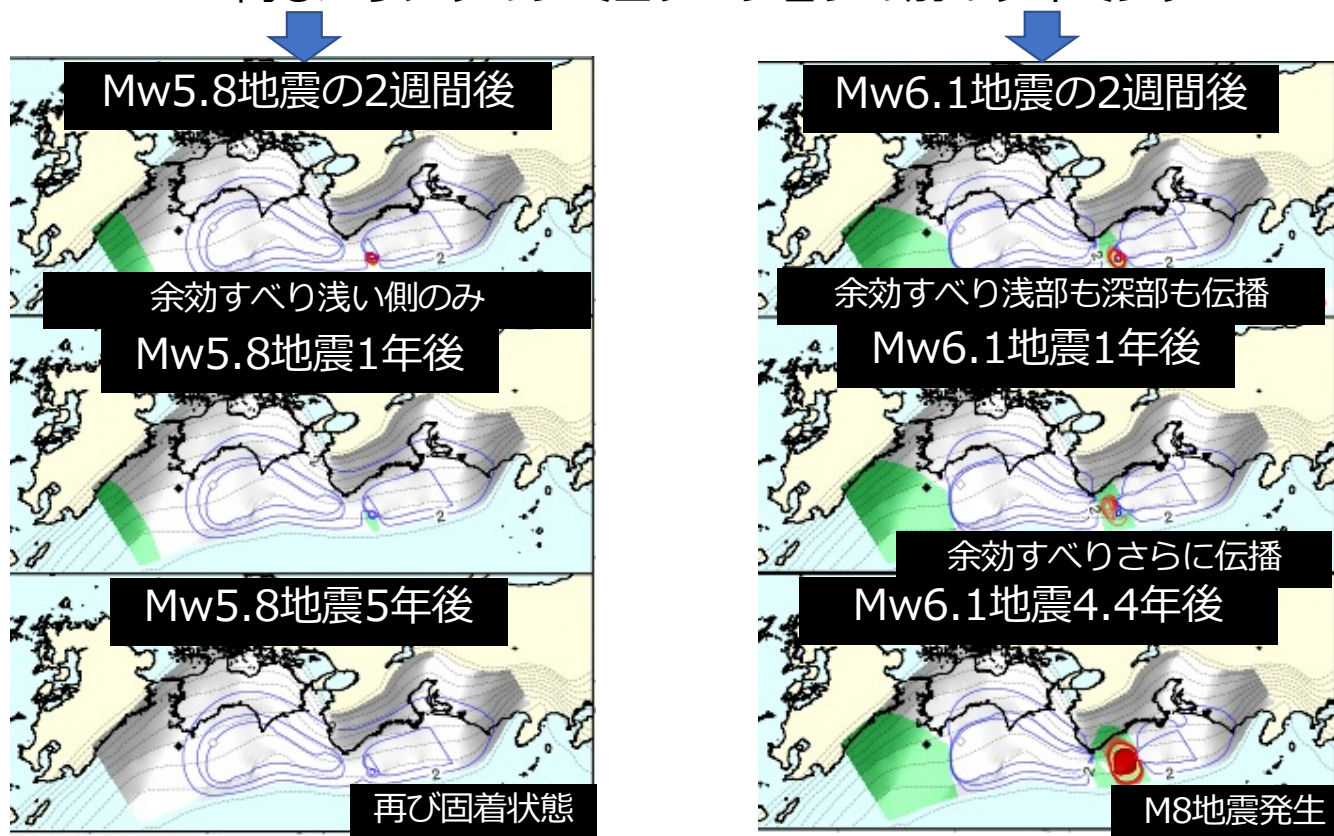


同じパラメタのシミュレーションの別のタイミング



起こり得るシナリオの例（2つの比較）

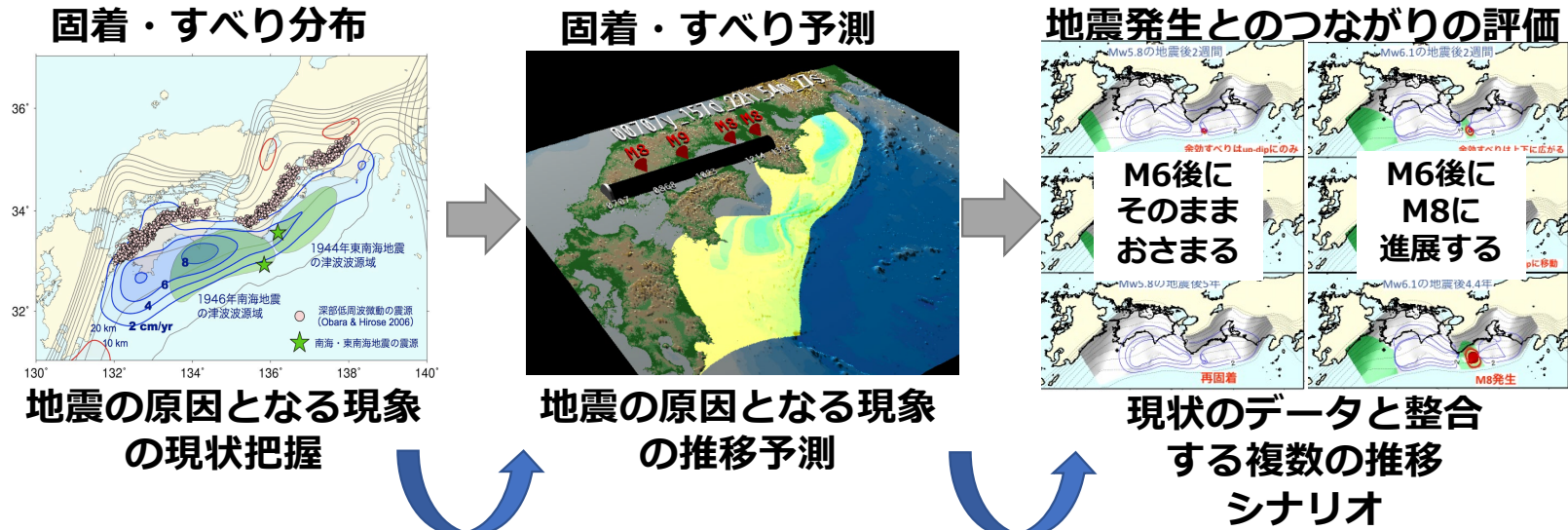
同じパラメタのシミュレーションの別のタイミング



2016.4.1
の際は左側
に近い現象

右側のようなシナリオ
もあり得る

地震の原因にもとづいた予測



観測データに合う
シミュレーション

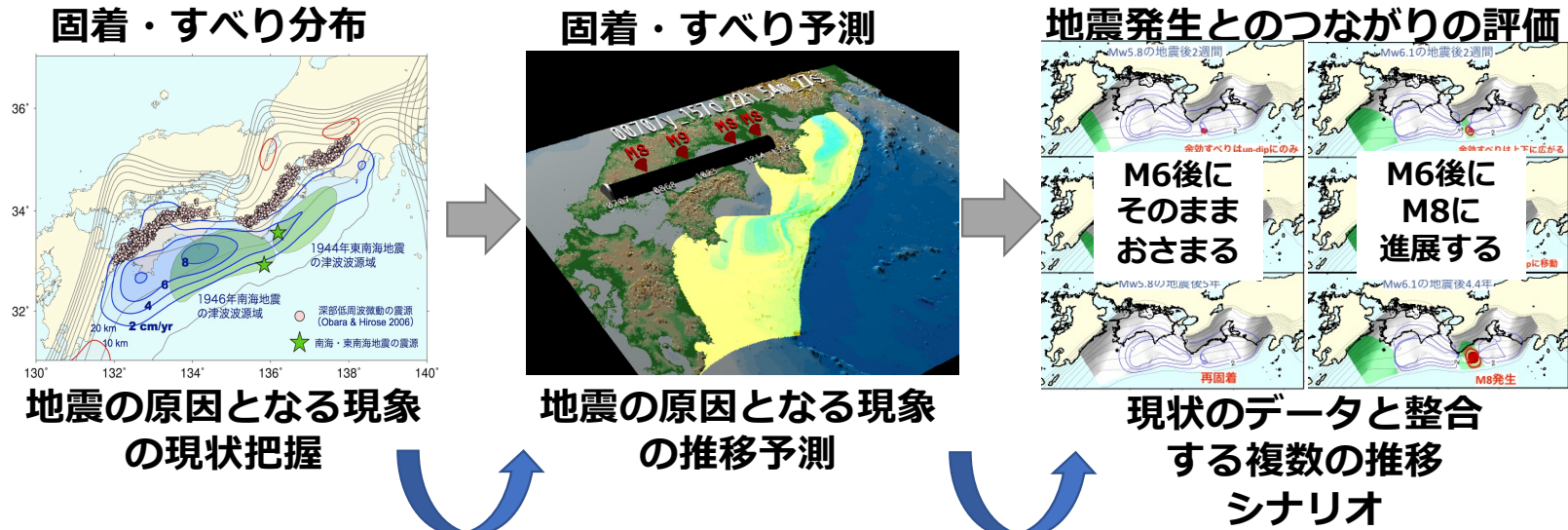
ここは
トライ&エラー

大地震と関連した
複数のシナリオ

多数シナリオ
の検討が必要

過去の経験
だけでは
圧倒的に
情報不足

地震の原因にもとづいた予測



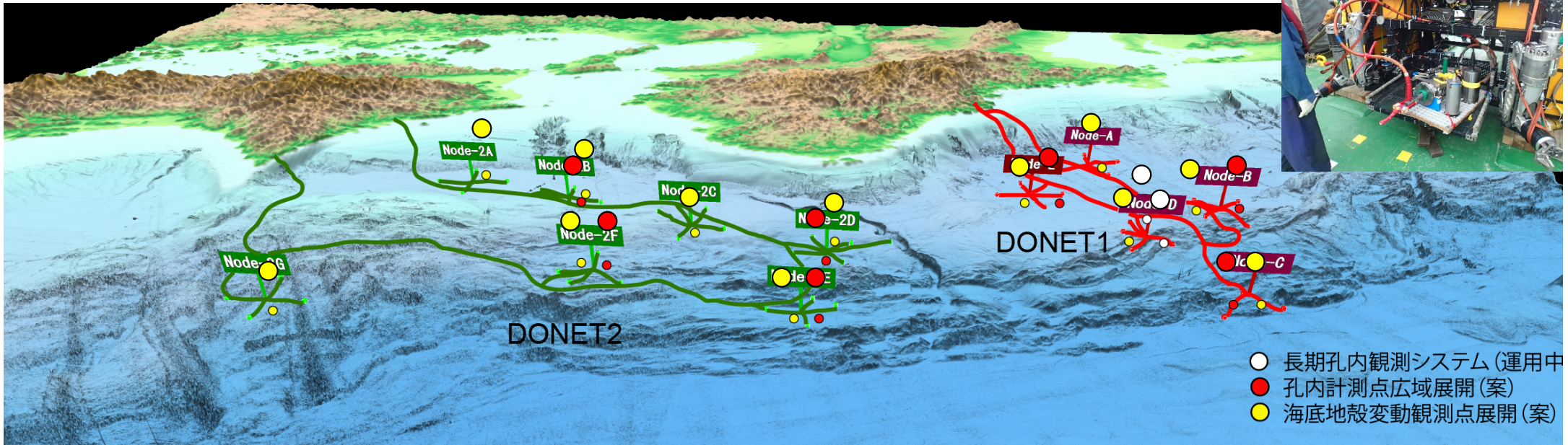
現状把握での
3D不均質構造導入
&
誤差の定量評価

観測データに合うシミュレーション
データ同化
(ゆっくりすべりと地震の両方)

大地震と関連した複数のシナリオ
曖昧さを考慮した
多数シナリオ

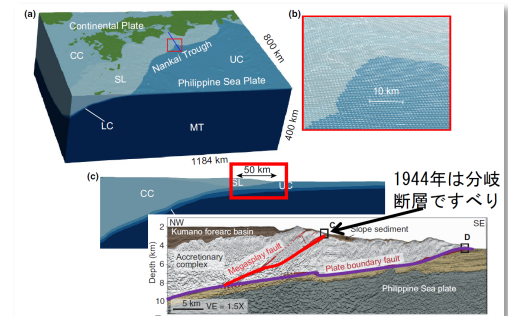
「富岳成果創出加速プログラム」での大規模計算技術開発 & 「防災対策に資する南海トラフ地震調査研究プロジェクト」での3D不均質構造を考慮した現状把握・推移予測手法開発 → 5年後以降に定常解析へ

南海トラフ地震： 発生直後に震源域の広がりを捉えるために

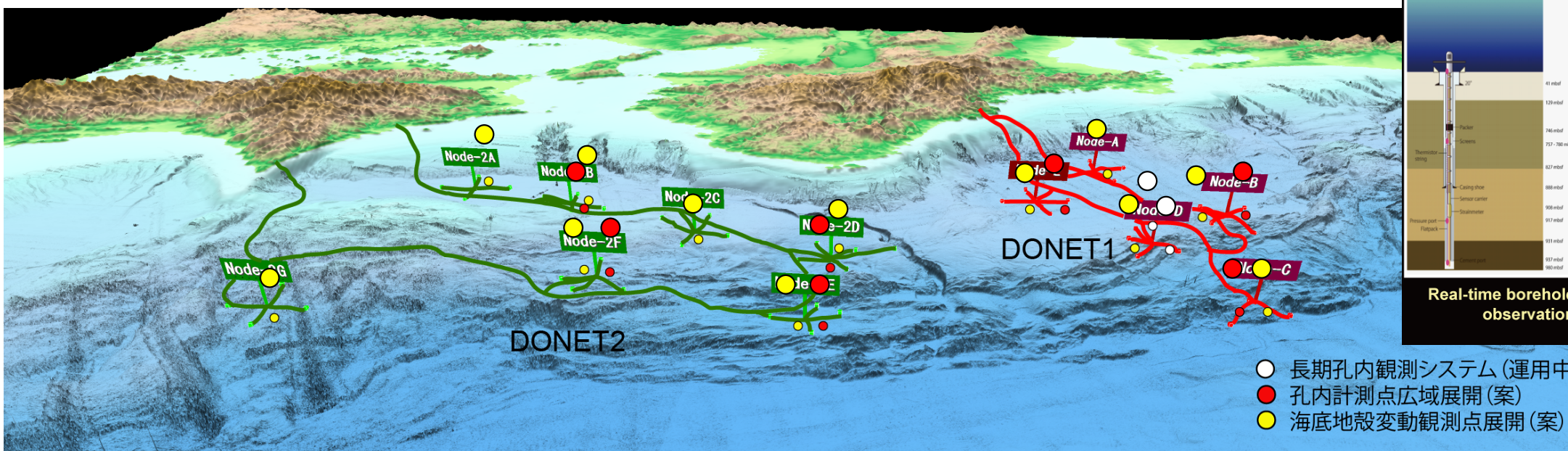


• DONET: 連続リアルタイム海底地震・津波観測網

- 強震計 & 水圧計により、発生直後(2時間以内)にプレート境界地震か？震源域の広がりは？に答えられるようにする: 今後5年以内 (海底地形 & 3次元地下構造の考慮)



南海トラフ地震： 「通常と異なる現象（ゆっくりすべり）」を捉えるために



・南海トラフに連続リアルタイム海底地殻変動観測網構築

- ・ 孔内観測装置展開（現在は熊野沖3点のみ）& DONET接続
- ・ 水圧計現場校正によりDONET津波計を地殻変動観測網に
- ・ GNSS/Aの連続リアルタイム化や光ファイバー等を活用した新規技術開発

今後10年以内に広域（四国～九州も）展開

