

「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 （第2次）」の実施状況等のレビュー報告書 付属資料（案）



図の説明

基本的な考え方（図1, 2, 3）

現行計画で強化・開始した研究（図4, 5）

重要な地震・火山現象（図6, 7, 8）

主たる成果

地震・火山現象の解明のための研究（図9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21）

地震・火山現象の予測のための研究（図22, 23, 24, 25, 26, 27）

災害誘因予測の研究（図28, 29, 30, 31, 32）

防災リテラシー向上のための研究（図33, 34, 35）

重点的研究（図22, 23, 24, 26, 27）

総合的研究（図8, 11, 12, 13, 20, 22, 25, 27, 33, 34）

体制の整備（図12, 36）

災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第2次）

東北地方太平洋沖地震が与えた影響

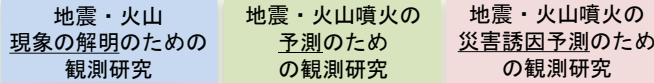
東日本大震災を踏まえた
今後の科学技術・学術政策の在り方
について(H25.1建議)

【社会のための、社会の中の科学技術】
→人文・社会科学も含めた研究体制の構築など
総合的かつ学際的な推進

第1次計画

災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画
(H26~30) (H25.11建議)

長期的視点に立ち災害科学の一部として推進



研究を推進するための体制の整備

前計画への評価「方向性の継続とさらなる発展」

- 評価された事項 **外部評価報告書(H29.7)**
- 世界の地震学・火山学をリードする研究成果を生み出している
 - 災害科学としての一歩を踏み出した
- 指摘された事項
- 災害の軽減に貢献するための研究の一層の推進
 - 理学、工学、人文・社会科学の研究者間のより一層の連携強化
 - 研究目標と目標に対する達成度の明確化
 - 社会や他分野の研究者のニーズ把握とそれに合致した研究の推進
 - 火山の観測研究を安定して実施する体制の整備

災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画(第2次)H31-35

地震・火山噴火及びこれらによって引き起こされる災害の科学的解明等を通じて災害軽減に貢献

ポイント

- 地震・火山現象を解明し、予測の高度化を推進するとともに、その成果を活用して地震や火山噴火による災害の軽減につながる研究を推進
- 「重点的な研究」として、地震発生の新たな長期予測、地殻活動モニタリングに基づく地震発生予測、火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測の研究を推進
- 南海トラフ沿いの巨大地震、桜島大規模火山噴火等をターゲットとして、地震学・火山学・災害科学上の重要性に鑑み分野横断で取り組む「総合的な研究」を実施
- 地震学・火山学を中核として、理学、工学、人文・社会科学の防災関連研究者が連携。防災リテラシー向上のための研究にも新たに取り組む

①地震・火山現象の解明のための研究

地震や火山噴火の過去の発生事例、物理・化学過程等の研究を進め、地震・火山現象の根本的理解を深化。
史料、考古・地質データに基づき低頻度大規模の地震・火山現象の特徴・多様性を把握。

- 地震・火山現象に関する史料・考古データ、地質データ等の収集と解析
- 低頻度大規模地震・火山噴火現象の解明
- 地震発生過程の解明とモデル化
- 火山現象の解明とモデル化
- 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

②地震・火山噴火の予測のための研究

地震や火山現象の科学的理解を踏まえ、地震発生や火山噴火の長期から短期にわたる予測のための研究を推進。

観測とシミュレーションによるプレート境界地震の予測手法を開発。
噴火事象系統樹に物理・化学過程の理解を導入した火山噴火予測手法を開発。

- 地震発生の新たな長期予測
- 地殻活動モニタリングに基づく地震発生予測
- 先行現象に基づく地震発生の確率予測
- 中長期的な火山活動の評価
- 火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測

重点的な研究

(下線の項目)

③地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

災害誘因の事前予測手法及び大地震による災害リスク評価手法の高度化。

地震動、津波、火山噴出物の即時的予測手法の高度化。
災害誘因情報の受け取り側に配慮した効果的な発信方法に関する研究の推進。

- 地震・火山噴火の災害誘因の事前評価手法の高度化
- 地震・火山噴火の災害誘因の即時予測手法の高度化
- 地震・火山噴火の災害誘因予測を災害情報につなげる研究

分野横断

研究成果

社会的要請の高い地震・火山噴火による災害リスクに対する研究の実施・成果の発信

総合的な研究

- 南海トラフ沿いの巨大地震
- 首都直下地震
- 千島海溝沿いの巨大地震
- 桜島大規模火山噴火
- 高リスク小規模火山噴火

分野横断

④地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究

地震・火山災害事例に関して災害発生機構や要因を解明。社会における防災リテラシーの実態調査等に基づき、災害軽減に対して効果的な知識体系要素を探索。

- 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
- 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

社会的要請の高い災害に関する共通理解の醸成・人材育成のための研究の実施・取組の強化

⑤研究を推進するための体制の整備

研究推進体制の整備

研究基盤の開発・整備

国内外の関連分野との連携

研究成果への理解醸成と人材育成

推進体制の整備

分野横断で取り組む総合的研究の推進体制

研究基盤の開発・整備

関連研究分野との連携強化

国際共同研究・国際協力

社会との共通理解醸成と災害教育

次世代を担う人材の育成

地震・火山研究に関する建議一覽

建議年月日	件名		実施期間	審議会
	地震	火山		
1964(S39).07.18	地震予知研究計画の実施について	—	1965～ 1968年度	測地学 審議会
1966(S41).07.09	地震予知研究計画について			
1968(S43).07.16	地震予知の推進に関する計画の実施について	—	1969～ 1973年度	
1973(S48).06.29	地震予知の推進に関する第3次計画の実施について	火山噴火予知計画の推進について	1974～ 1978年度	
1975(S50).07.25	第3次地震予知計画の一部見直しについて	火山噴火予知計画の一部見直しについて		
1976(S51).12.17	第3次地震予知計画の再度一部見直しについて			
1978(S53).07.12	地震予知の推進に関する第4次計画の実施について	第2次火山噴火予知計画の推進について	1979～ 1983年度	
1983(S58).05.31	第5次地震予知計画の推進について	第3次火山噴火予知計画の推進について	1984～ 1988年度	
1988(S63).07.28	第6次地震予知計画の推進について	第4次火山噴火予知計画の推進について	1989～ 1993年度	
1993(H05).07.30	第7次地震予知計画の推進について	第5次火山噴火予知計画の推進について	1994～ 1998年度	
1995(H07).04.20	第7次地震予知計画の見直しについて			
1998(H10).08.05	地震予知のための新たな観測研究計画の推進について	第6次火山噴火予知計画の推進について	1999～ 2003年度	
2003(H15).07.24	地震予知のための新たな観測研究計画（第2次）の推進について	第7次火山噴火予知計画の推進について	2004～ 2008年度	
2008(H20).07.17	地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について		2009～ 2013年度	
2012(H24).11.28	地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の見直しについて		2014～ 2018年度	
2013(H25).11.08	災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の推進について		2019～ 2023年度	
2019(H31).01.30	災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画（第2次）の推進について			

現行計画で強化，あるいはあるいは新たに開始した研究

地震・火山噴火に対する防災リテラシー向上のための研究の開始

地震・火山災害事例に関して災害発生機構や要因を解明し，社会における防災リテラシーの実態調査等に基づき，災害軽減に対して効果的な知識体系要素を探求することを目指す

- 地震・火山噴火の災害事例による災害発生機構の解明
- 地震・火山噴火災害に関する社会の共通理解醸成のための研究

分野横断型研究連携を総合研究とし，項目を拡充

地震学的・火山学的及び災害科学的に重要な研究を5つ選定し複数の分野にまたがる総合的研究として実施

- 南海トラフ沿いの巨大地震
- 首都直下地震
- 千島海溝沿いの巨大地震
- 桜島大規模火山噴火
- 高リスク小規模火山噴火

重点的研究として3つの研究を実施

将来の社会実装に近い研究から3つを選定し，優先的予算措置も行う。地震の長期予測については，基本施策との関係が深いことから，地震本部と連携を取りながら実施

- 地震発生の新たな長期予測
- 地殻活動モニタリングに基づく地震発生予測
- 火山活動推移モデルの構築による火山噴火予測

防災リテラシー

地震・火山噴火災害に対して適切な防災対策や避難行動をとることができるよう、地震・火山に関する基本的な知識、住む地域の災害リスクの知識、災害情報の知識、防災対策や避難方法に関する知識とそれらを活用する能力を身につけること



得られた知見を効果的に社会に伝達する手法、受け手に合わせた情報発信、情報の内容、教育・研修プログラム

防災リテラシー向上のための研究の実施内容

(1) 地震・火山噴火災害事例による災害発生機構の解明

- 過去の地震・火山災害事例をもとに災害が発生した仕組みや要因を解明
- ステークホルダーとの連携の下、防災リテラシー向上につながる制度の整備や教育プログラムの開発・実装

(2) 地震・火山噴火災害に対する社会の共通理解の醸成

- 防災リテラシーの実態やニーズの調査
- 防災リテラシー向上のための研修プログラム開発
- 避難可視化プログラムの開発



地震・火山噴火現象そのものに関する知見

地震・火山現象解明
のための研究



地震・火山噴火の発生や推移に関する
予測情報

地震・火山噴火の予測
のための研究

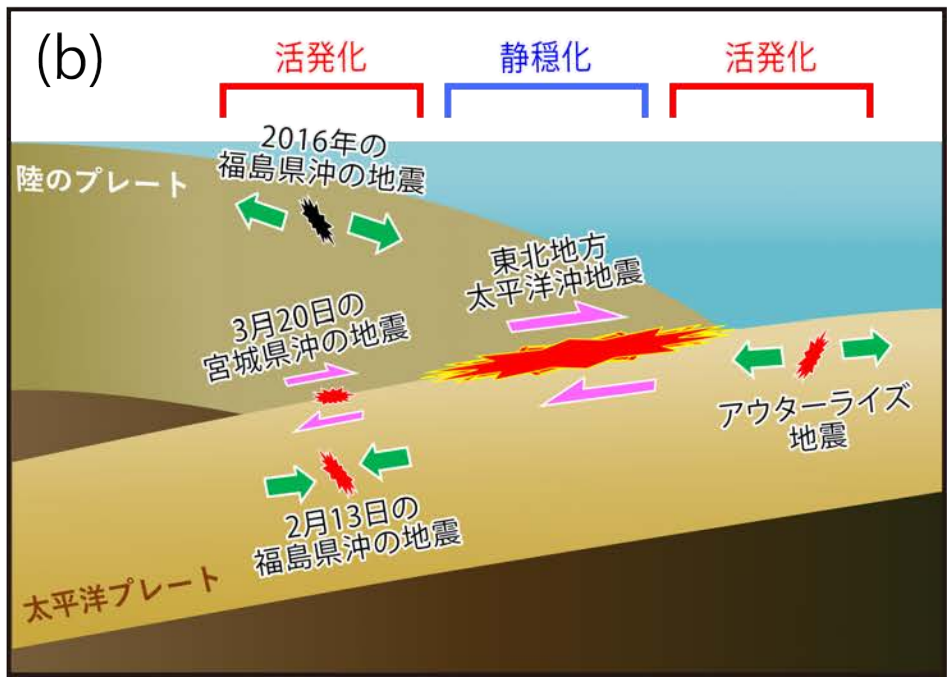
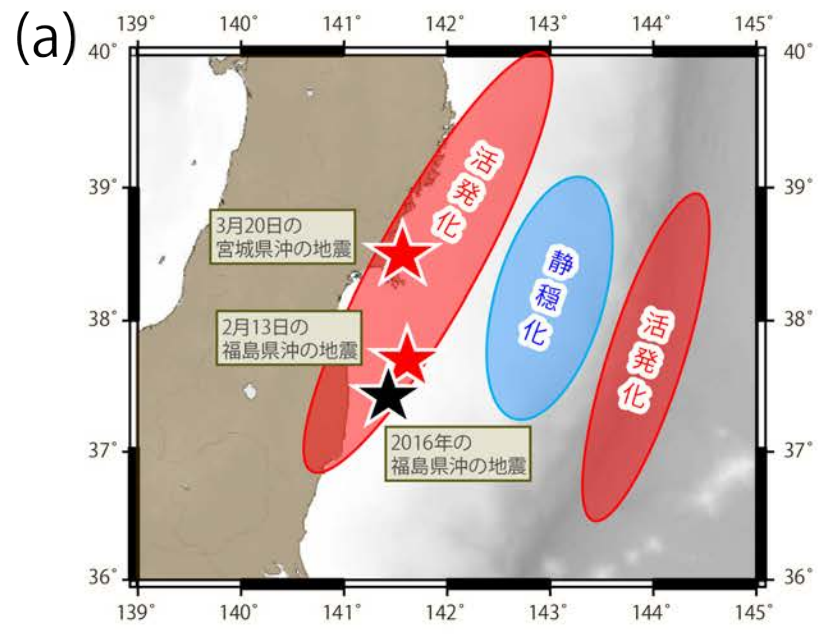


地震動、津波、噴石、降灰など
災害誘因に関する予測情報

地震・火山噴火
の災害誘因予測
のための研究

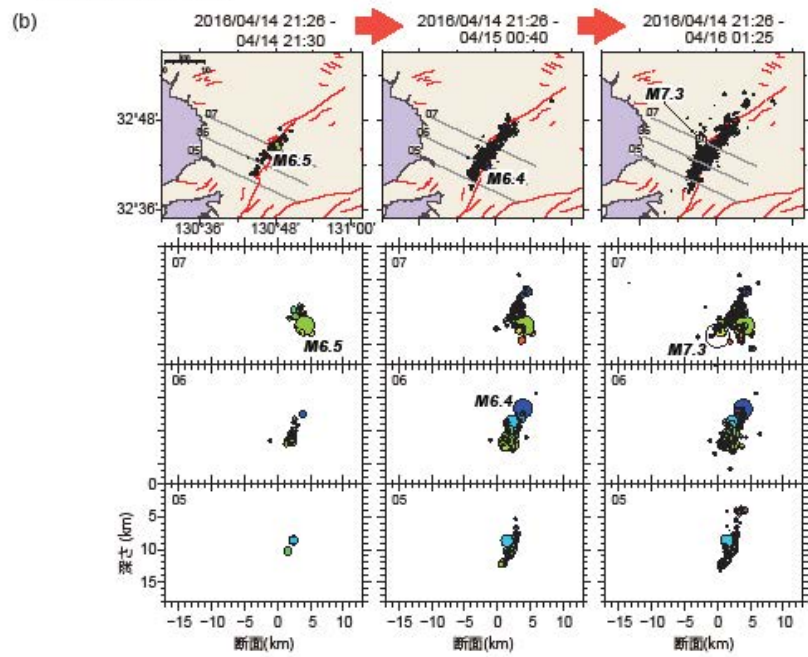
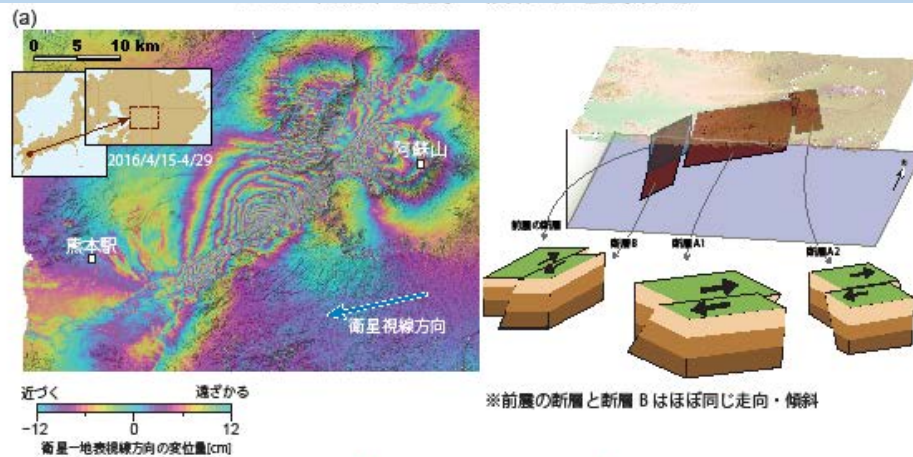
図6

東北地方太平洋沖地震の震源域周辺の地震活動



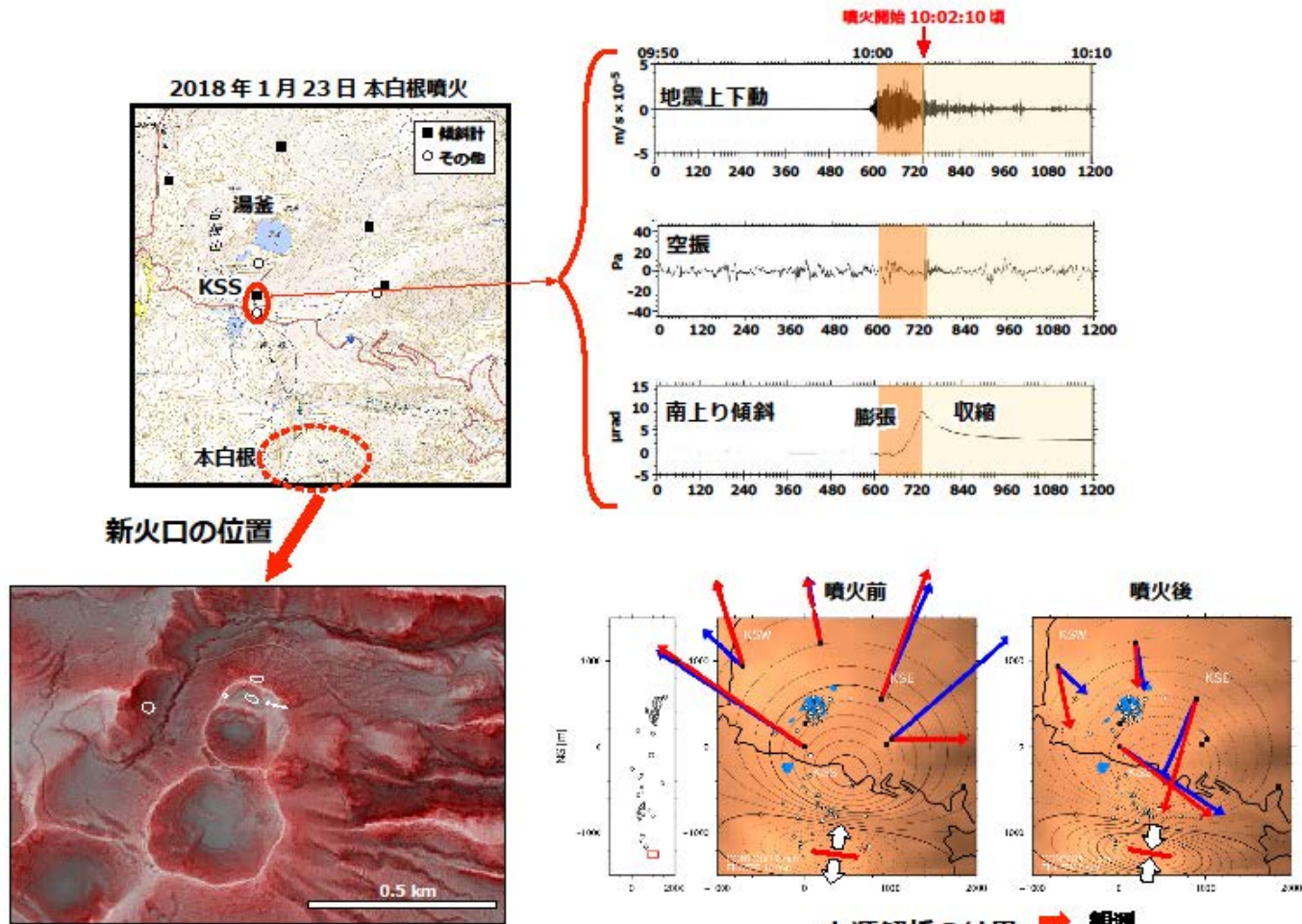
◆ 2011年東北地方太平洋沖地震により、周囲には東西圧縮応力が増加し地震活動が活発化した地域がある。

2016年熊本地震に伴う複雑な断層運動



- ◆ 地殻変動の干渉SAR解析により、広い範囲にわたって複数の断層面が動いた様子が捉えられた。
- ◆ 前進から本震に至る地震活動域の拡大の様子が明らかにされた。

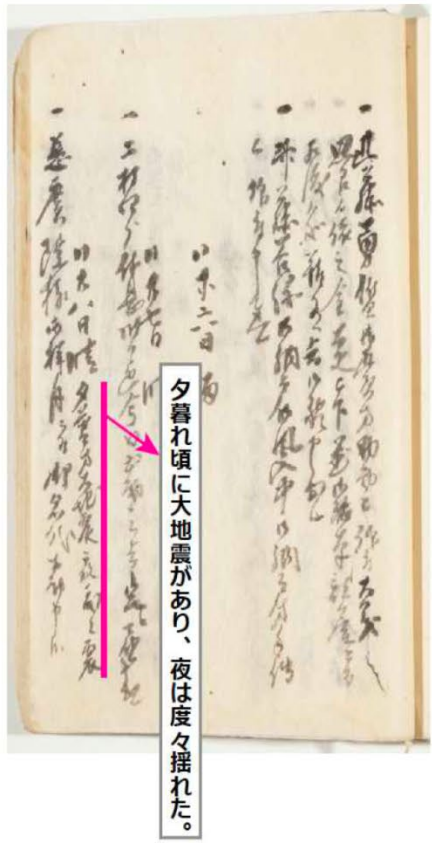
草津白根山（本白根山）の噴火前後の傾斜変動



- ◆ 噴火の2分ほど前から湯釜南方が隆起する傾斜変動が観測され、噴火時刻に収縮に転じた。
- ◆ 観測された傾斜から、新火口列直下の深さ1000mにおける鉛直クラックの膨張と収縮が推定された。

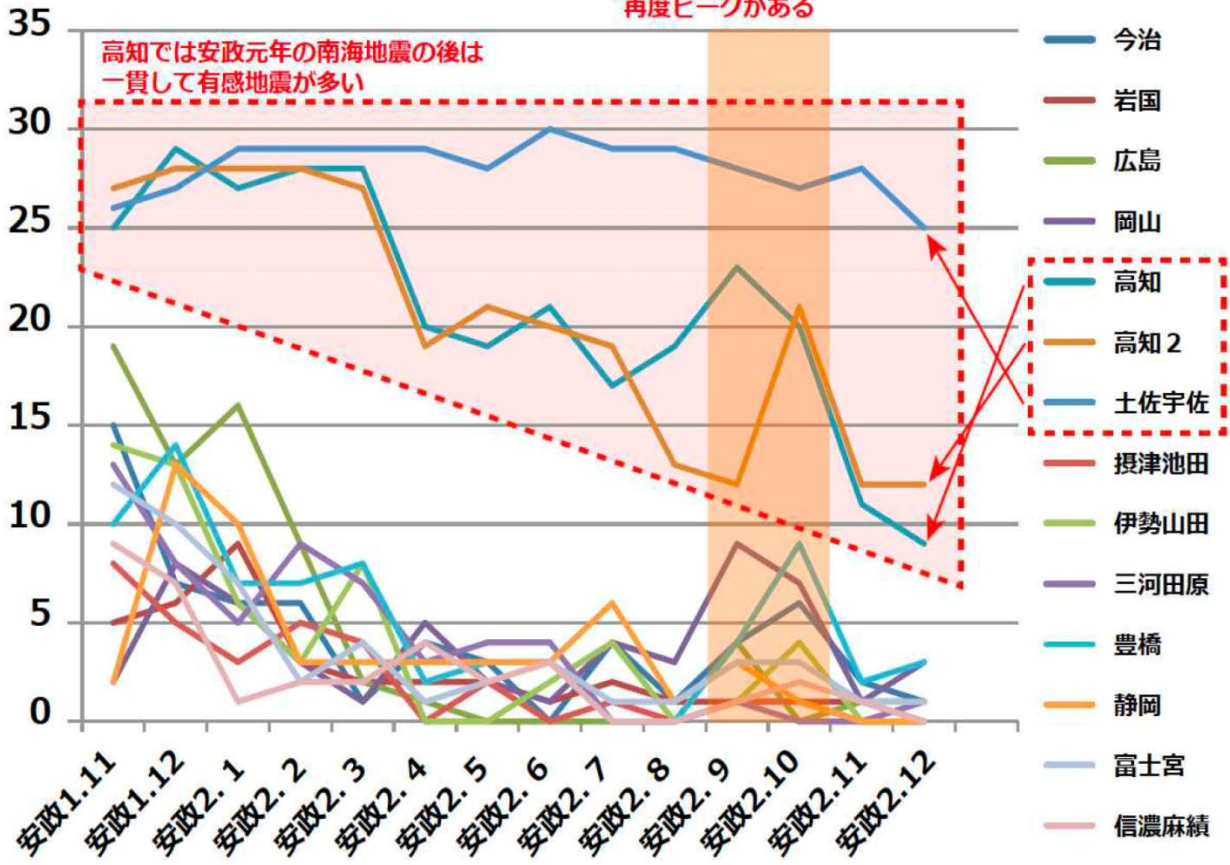
安政東海・南海地震後の有感地震の発生状況

「田原藩日記」(三河田原)の
安政2年9月28日の記事



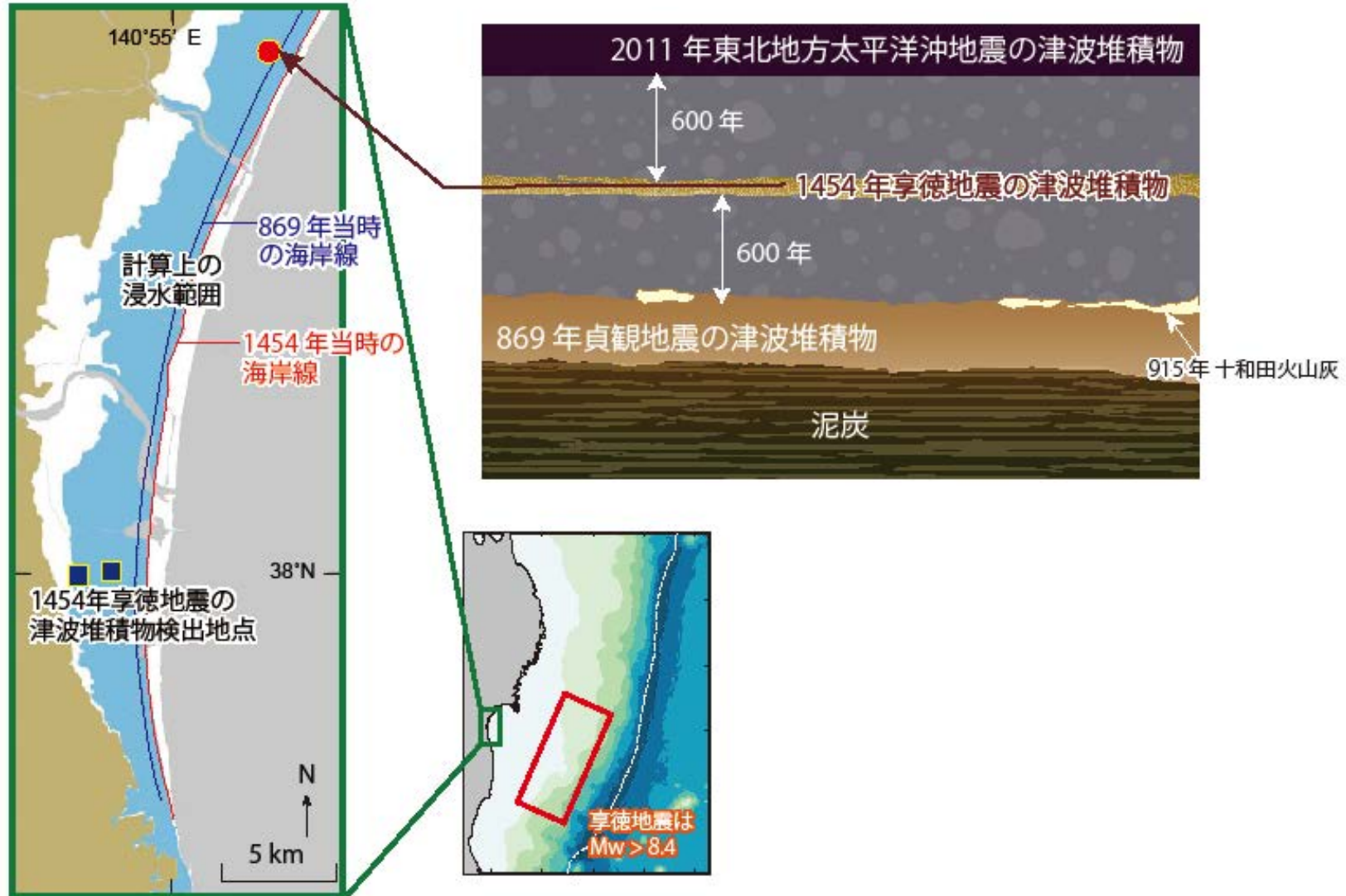
日記史料に基づく有感地震の記録日数

安政2年9月末から10月初めに
再度ピークがある



- ◆ 日記史料には大地震の被害だけでなく、日々の有感地震についても詳細に記録されている。
- ◆ 各地の日記史料から、1854年安政南海地震後の有感地震を記録した日数の推移がわかる。

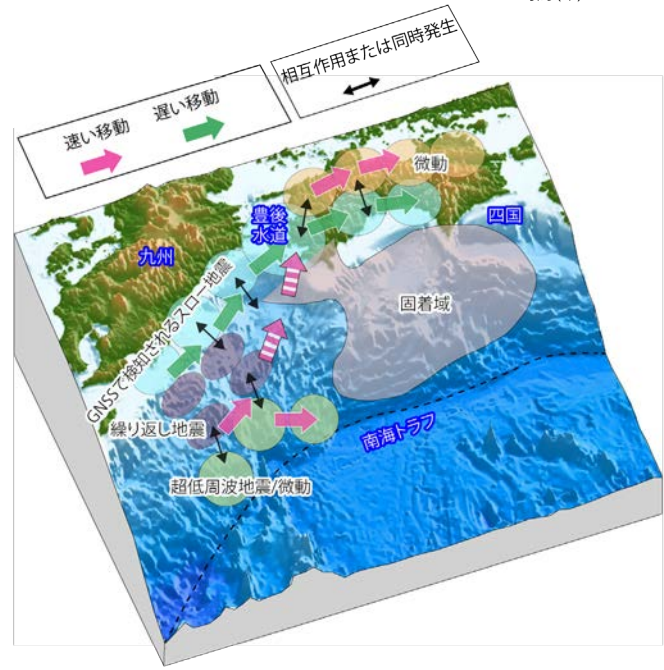
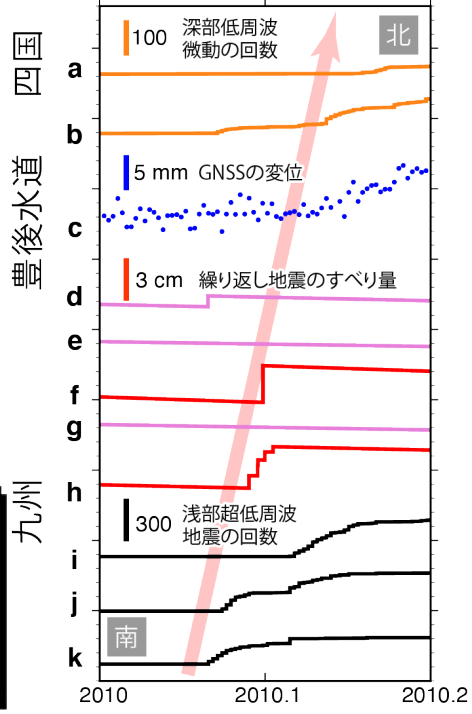
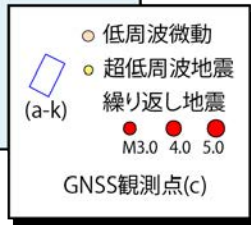
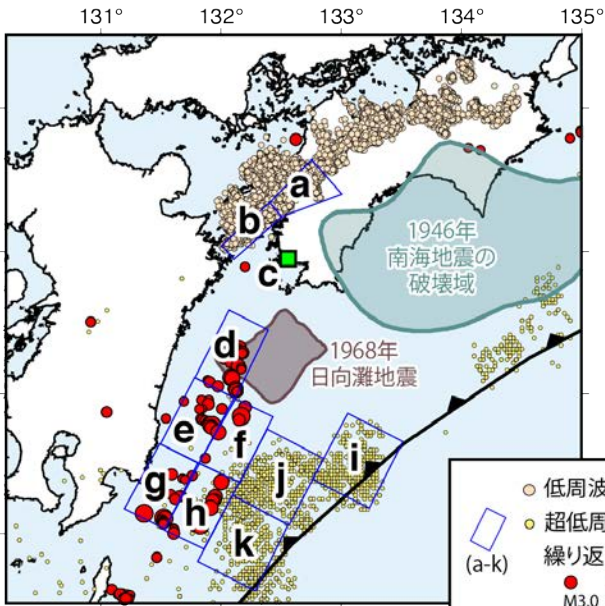
図10 1454年享徳地震の復元



◆ 津波堆積物分布と浸水シミュレーションより、1454年享徳地震はモーメントマグニチュード8.4以上であったと推定

図11

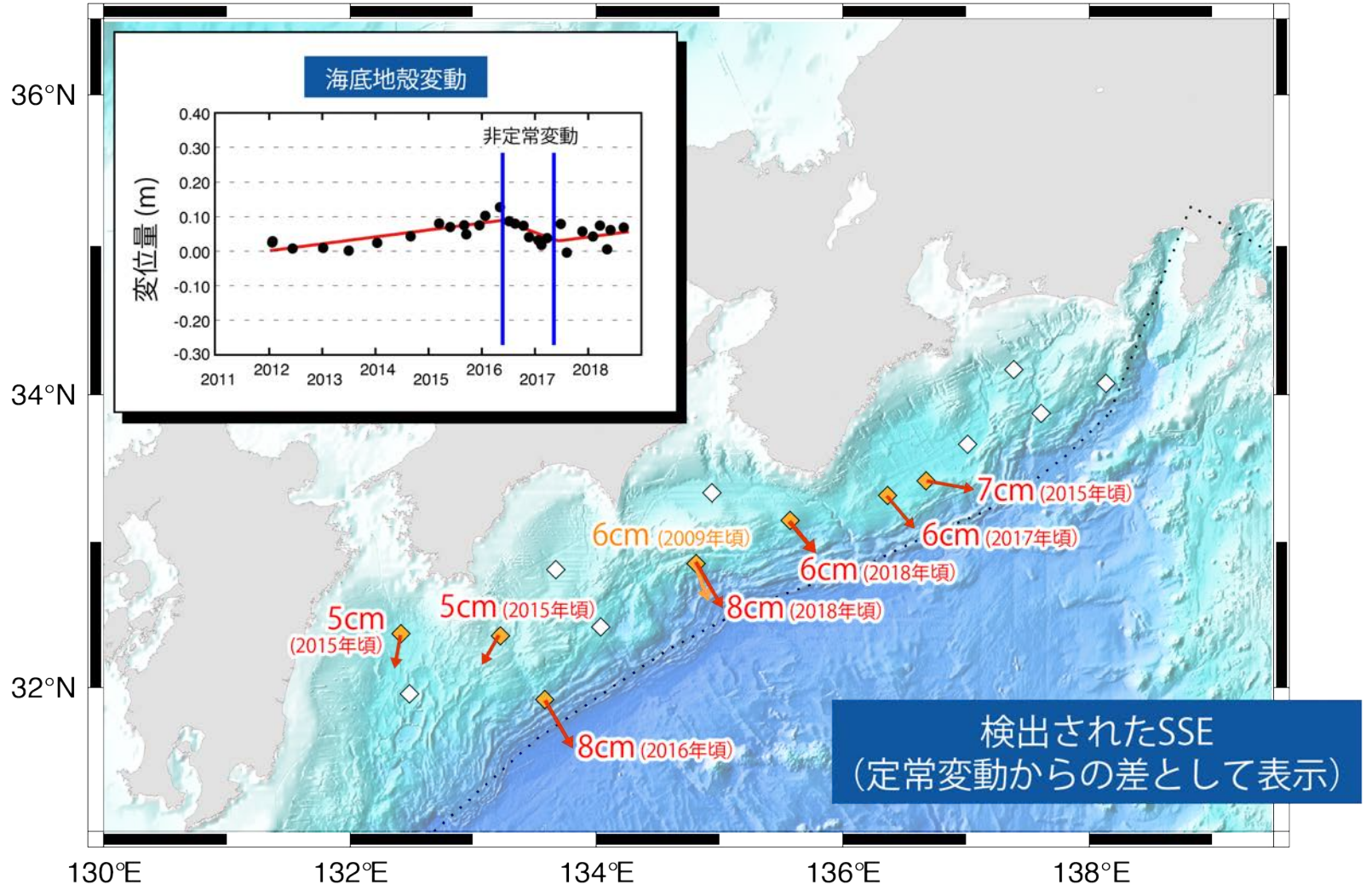
南海地震の固着域周辺のスロースリップ活動



- ◆ 固着域周辺における様々なスロー地震の連鎖的発生の様子を解明
- ◆ プレート境界の固着の一時的な緩みと固着域への非定常な応力载荷が示唆される

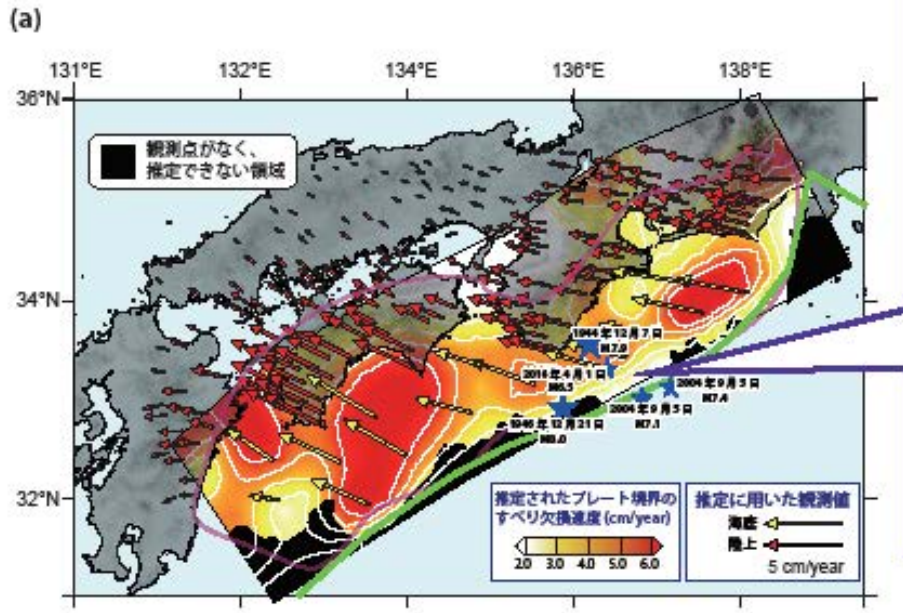
図12

南海トラフ沿いで検出された浅部SSE

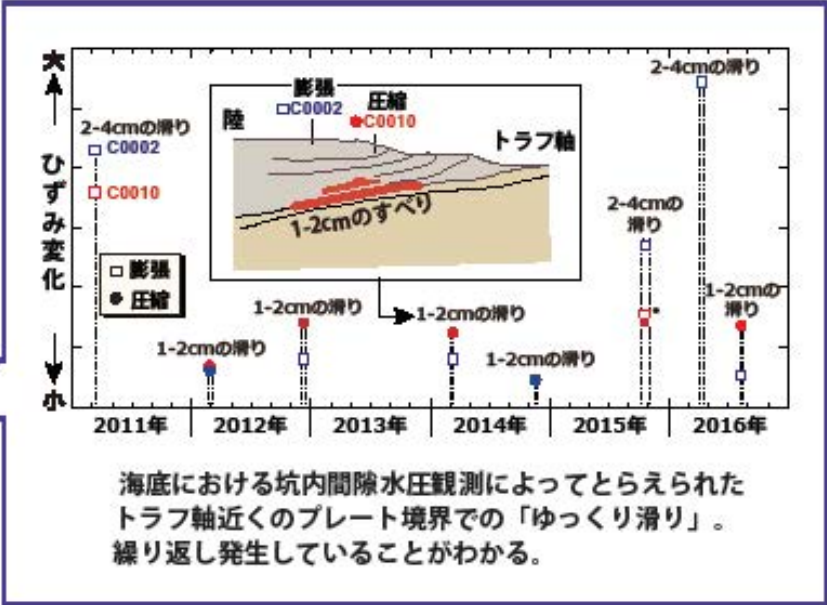


- ◆ 南海トラフ沿いのGPS-音響結合方式による海底地殻変動観測データを統計的に解析
- ◆ SSE由来と考えられる非定常な変動を複数の観測点で検出

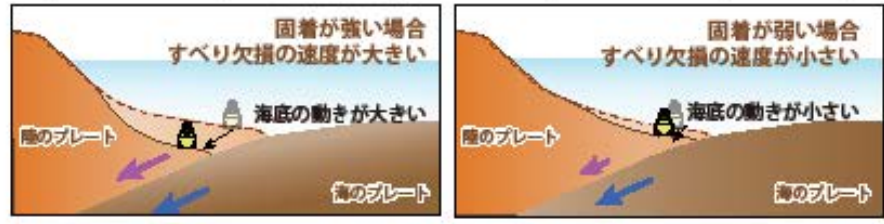
南海トラフ沿いプレート境界の滑りと固着



(b)



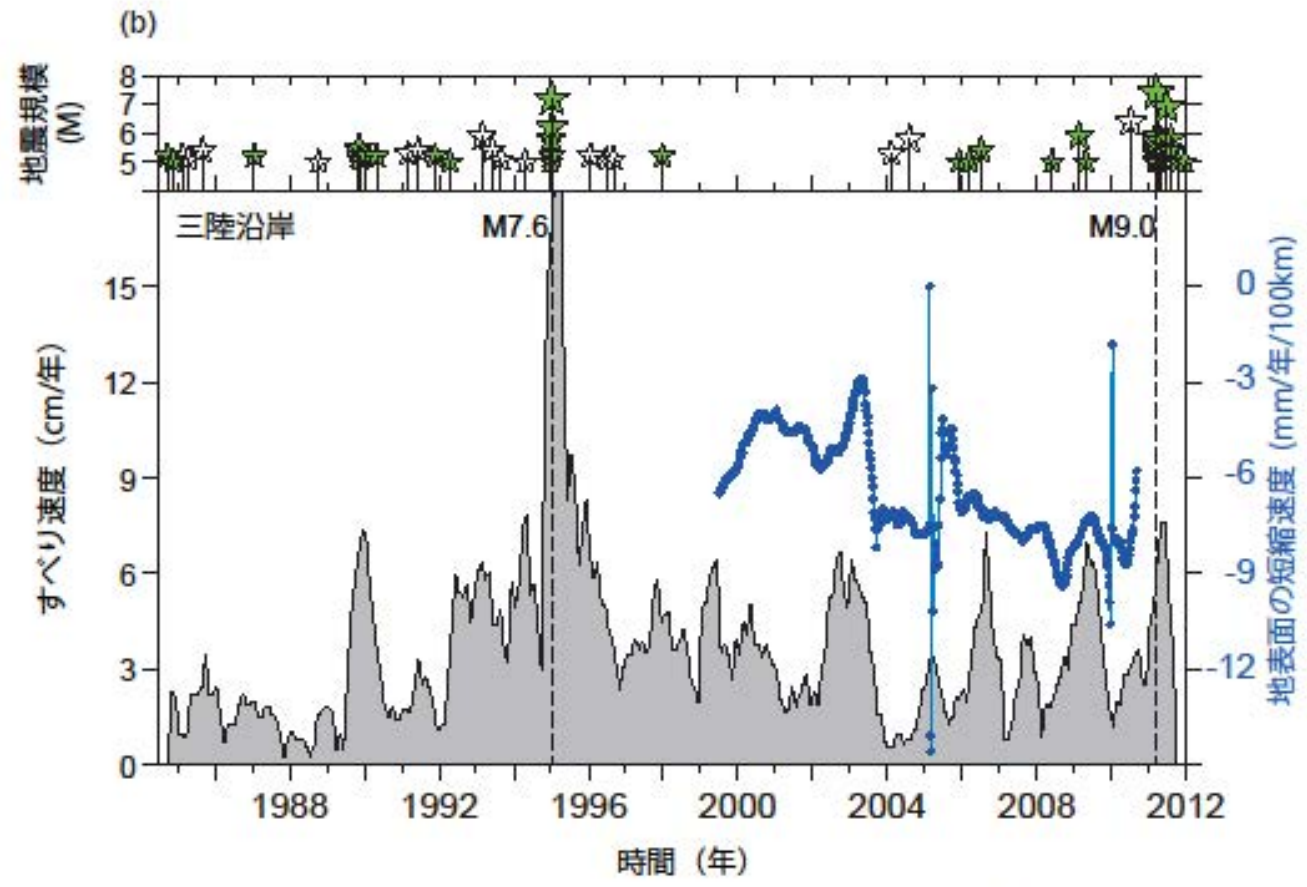
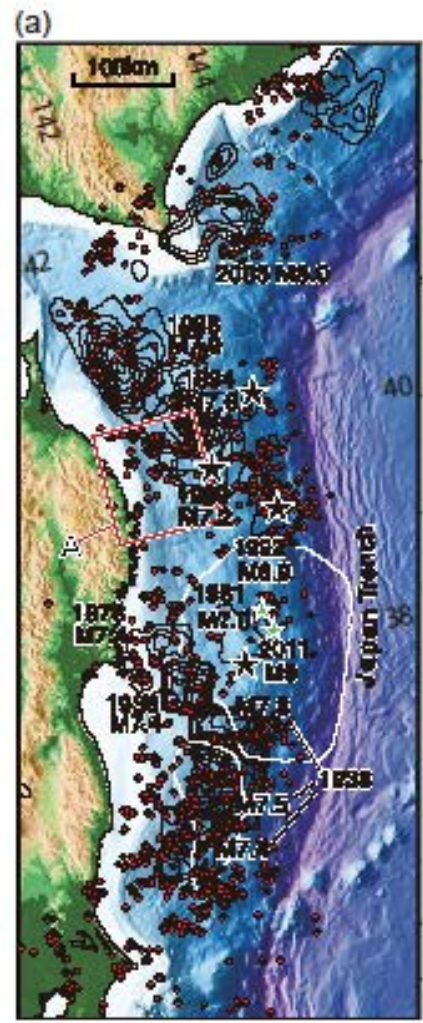
海底における坑内間隙水圧観測によってとらえられた
 トラフ軸近くのプレート境界での「ゆっくり滑り」。
 繰り返し発生していることがわかる。



海底地殻変動観測から推定されたプレート間の固着状況。
 赤い部分は固着が強いと考えられる。

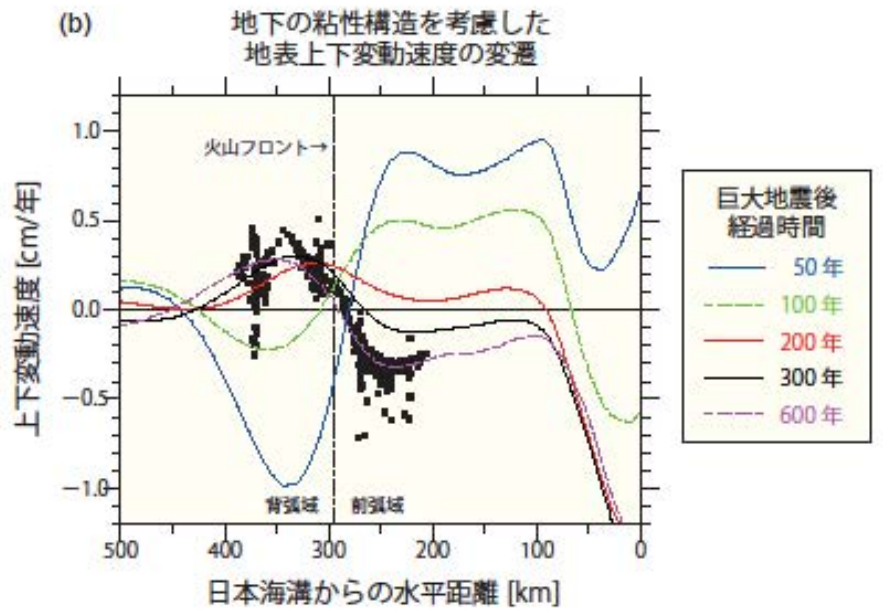
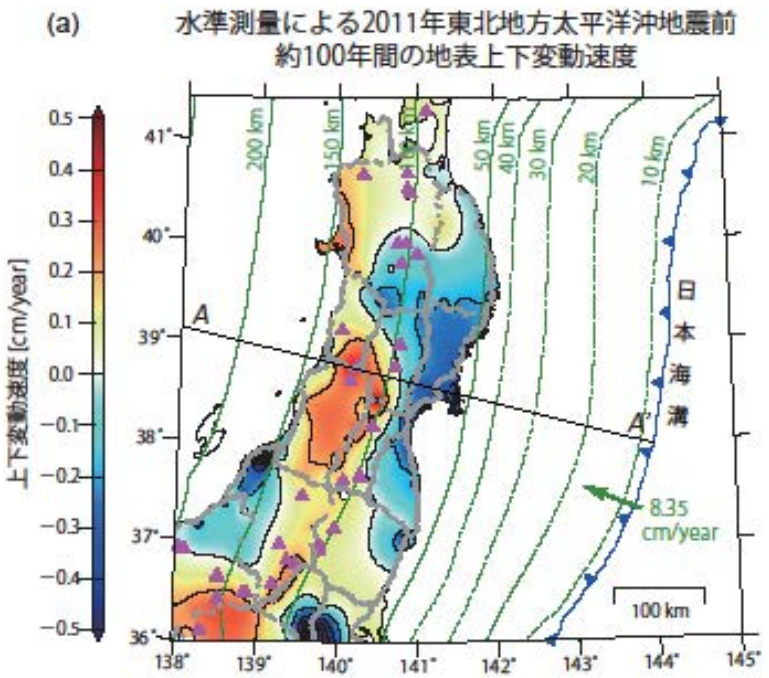
- ◆ 陸上及び海底の地殻変動観測によって得られた変動速度から、南海トラフ沿いプレート境界の不均質な滑り欠損速度分布を推定
- ◆ 海底における坑内間隙水圧観測によって得られたひずみ変化から、熊野灘のトラフ軸近傍のプレート境界浅部でくり返し起こるスロースリップを推定

図14 プレート境界の滑り速度変化と地震発生との比較

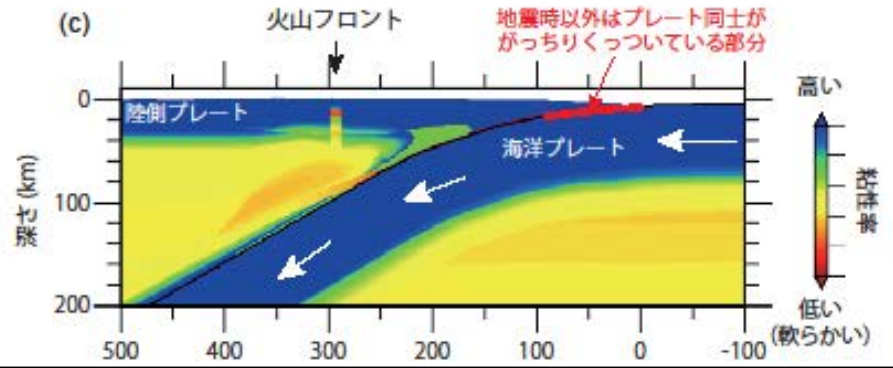


- ◆ 北海道～関東地方の沖合のプレート境界断層の広い範囲で、プレート境界の滑り速度が概ね周期的に変化していることを小繰り返し地震及び地殻変動データから発見
- ◆ 滑り速度の増加(固着の緩み)とマグニチュード5.0以上の地震発生率の増加が概ね対応

東北地方太平洋沿岸域の沈降メカニズム



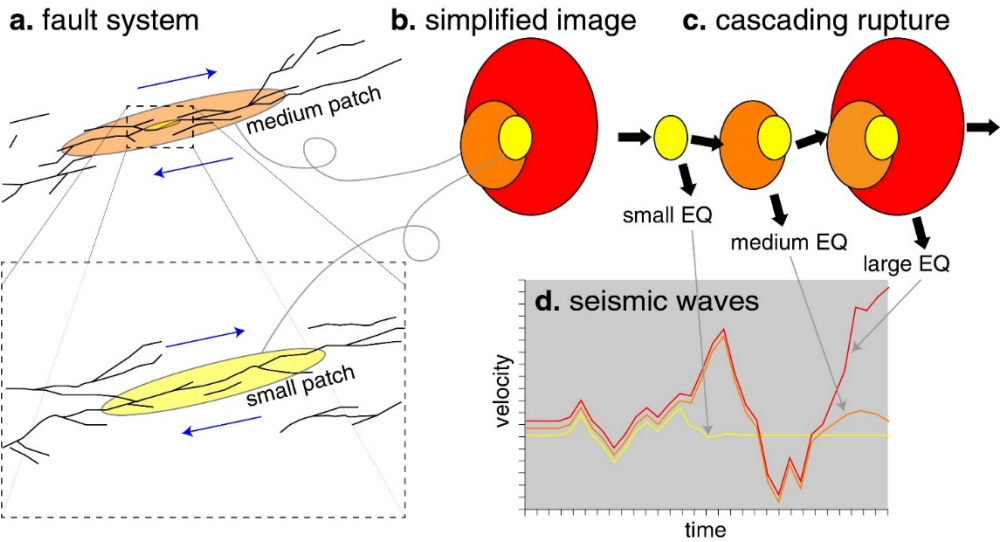
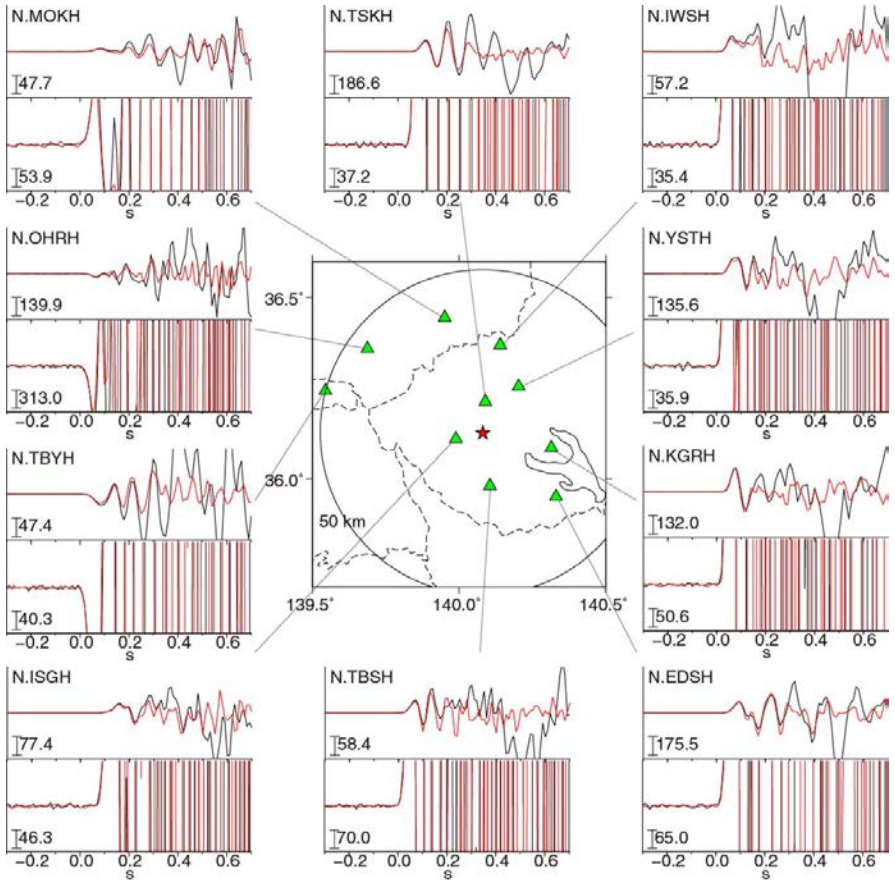
巨大地震が発生してから約 200 年間に、前弧域では隆起が進行するが、数百年経過すると、マントル高温部の粘性により陸側プレートは深部まで引きずり込まれ易くなり、前弧域は沈降に転ずる。北海道東部の沈降も東北と同様のメカニズムで生じている可能性が高く、北海道東方沖の超巨大地震発生に対する備えの必要性を意味する。



- ◆ 海洋プレートの沈み込みが数百年に及ぶと、マントル高温部の粘性により陸側プレートは引きずり込まれ易くなり、太平洋沿岸域の沈降速度が上昇すると考えられる
- ◆ 北海道東部の沈降も東北と同様のメカニズムで生じている可能性が高いと考えられる

「階層的地震破壊」の実例検討

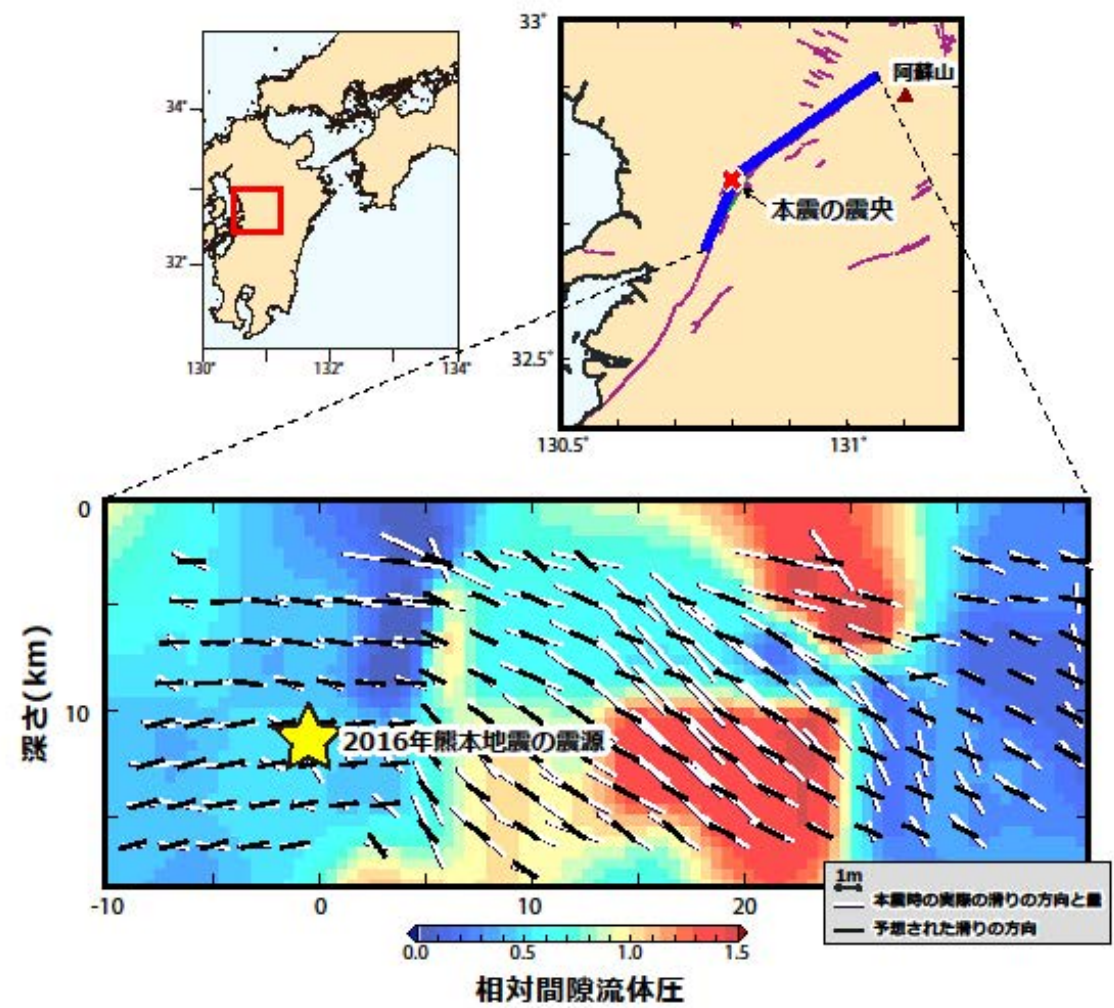
沈み込み帯低角逆断層の場合
例) 茨城県南西部
M4.6とM3.9の地震波形の比較



推測される破壊成長のイメージ

- ◆ 多くの大地震の立ち上がりが小地震と同じことを発見
- ◆ 低角逆断層の沈み込みタイプの地震899イベントのうち170イベントが該当
- ◆ 他のタイプの地震では、この割合が激減

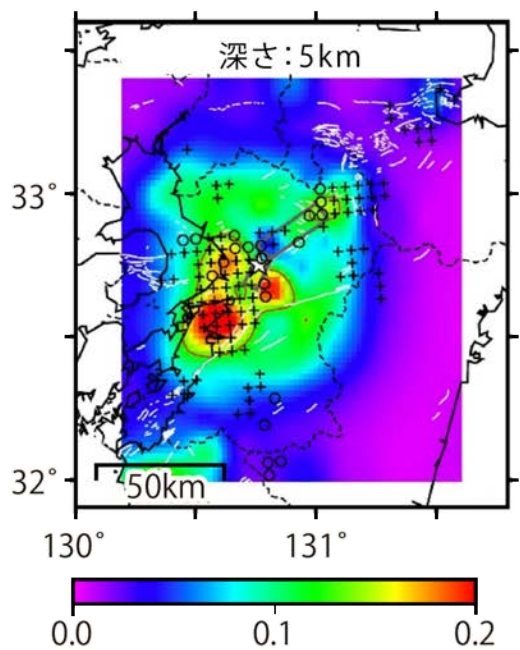
図17 応力場と大地震の滑り



◆ 2016年熊本地震発生以前の応力場から、熊本地震断層面で期待される滑り方向を予測したところ、実際の滑りの方向とよく一致

地震活動度の変化と応力・間隙流体圧

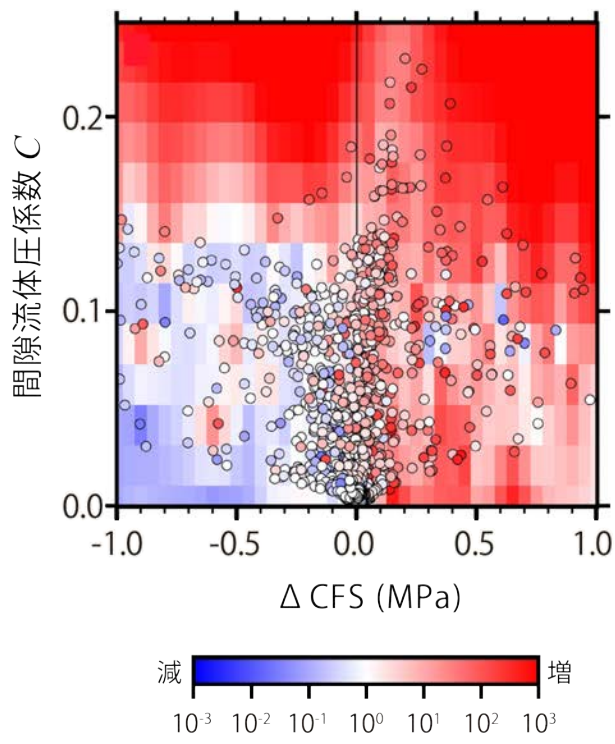
地震前の間隙流体圧力場と地震活動度の変化



間隙流体圧係数 C
(赤: 間隙流体圧が大きい)

+: ΔCFS が正 & 地震活動が10倍
○: ΔCFS が負 & 地震活動が10倍

地震活動度の変化と ΔCFS 及び地震前の間隙流体圧の関係

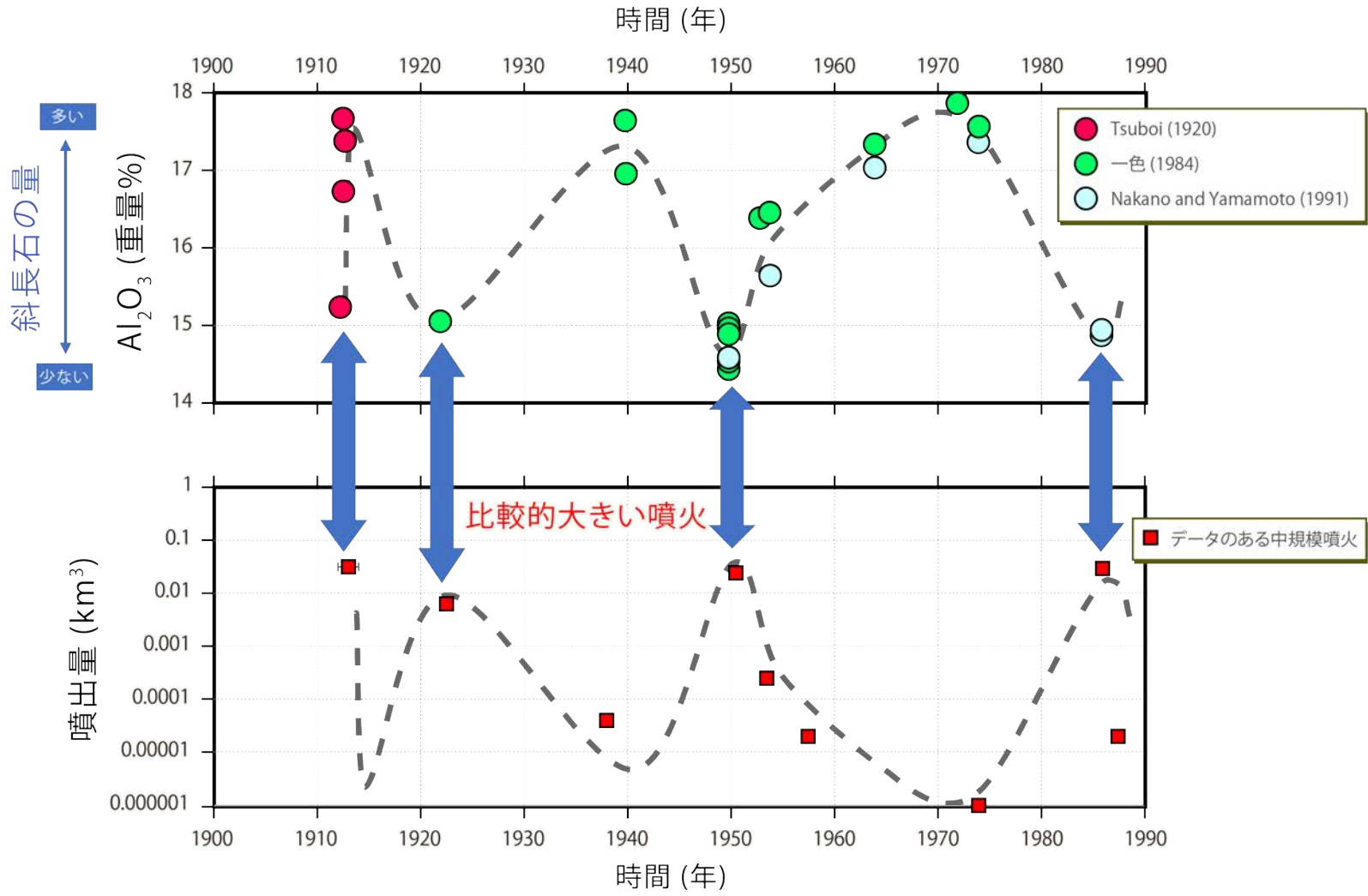


地震前後の地震活動度の変化
(赤: 地震後に地震活動が増加)

- ◆ 2016年熊本地震前の地下の間隙流体圧力場, 熊本地震による応力場の変化から求めた各地の ΔCFS と熊本地震前後の地震活動度の変化を比較
- ◆ ΔCFS が正の地域では, 地震活動度が上昇
- ◆ ΔCFS が負の地域でも, 間隙流体圧のレベルが地震前から高かった地域では地震活動度が上昇

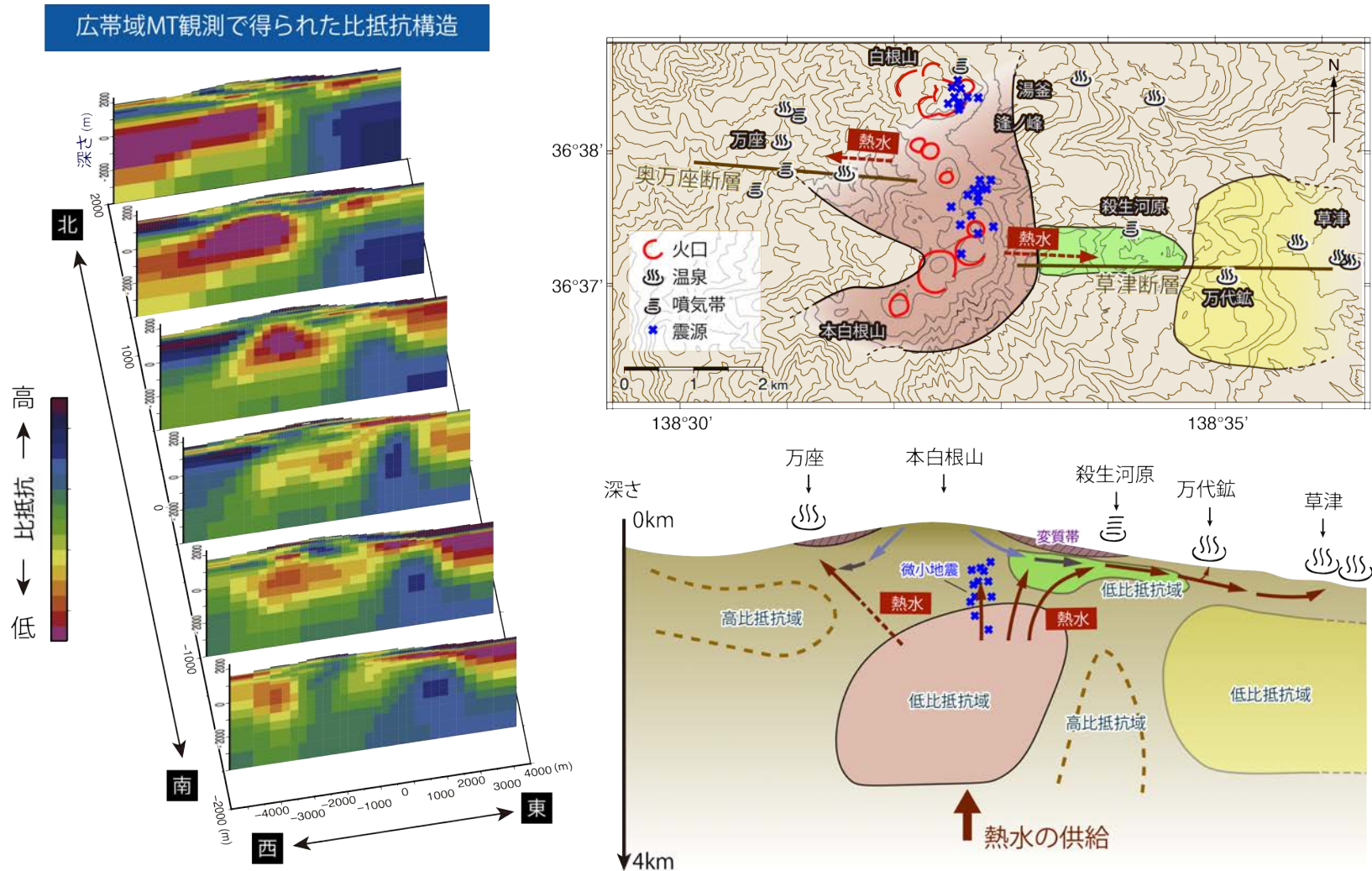
図19

マグマの組成と噴火規模の関係を説明

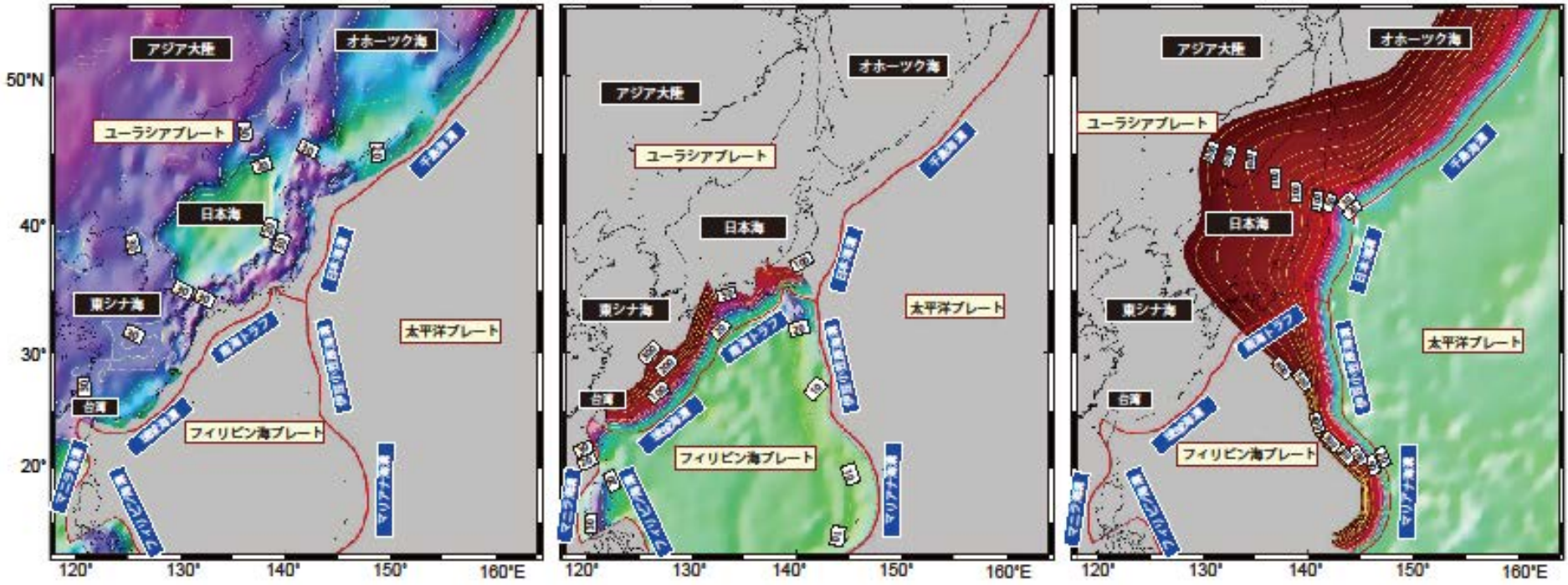


- ◆ 伊豆大島の過去の噴火について噴出マグマの組成を示す斜長石量と噴出量を比較
- ◆ 斜長石量と噴出量に逆相関があり，斜長石量から噴出量を予測できる可能性がある

草津白根山の熱水系の解明



- ◆ 2018年に噴火した草津本白根山を含む広域3D比抵抗構造を初めて決定
- ◆ 南北に広がる低比抵抗域：湯釜や東西方向に熱水を供給する熱水溜り
- ◆ 活発に活動する湯釜と過去に噴火した火口にまたがる巨大な熱水系が発達



◆ 様々なデータを統合して構築した日本列島周辺域の基本構造モデルを公開

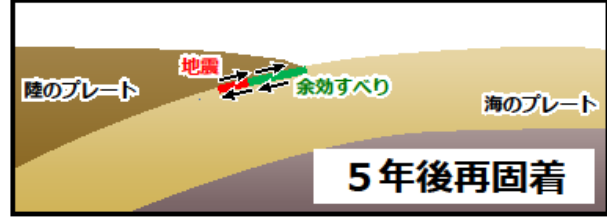
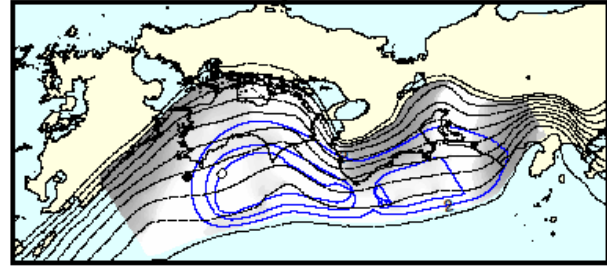
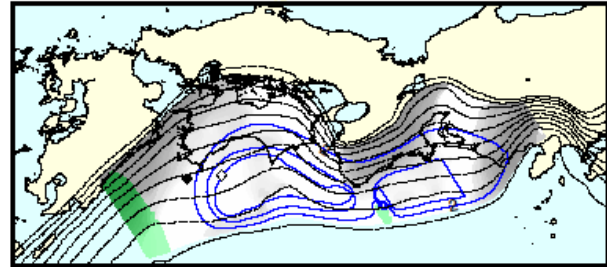
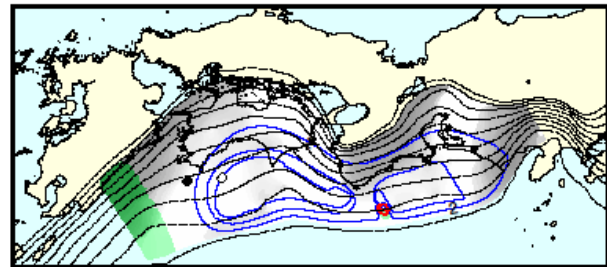
南海トラフ沿いの地震の発生予測研究

ケース1
Mw5.8の地震

発生後2週間

発生後1年
余効すべり
浅部のみ

発生後5年
再固着

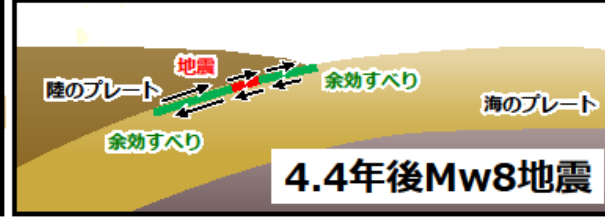
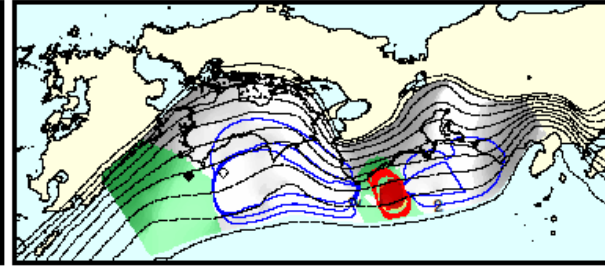
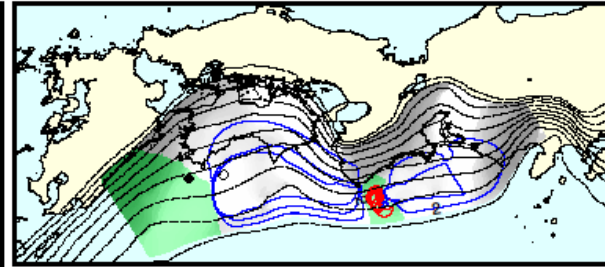
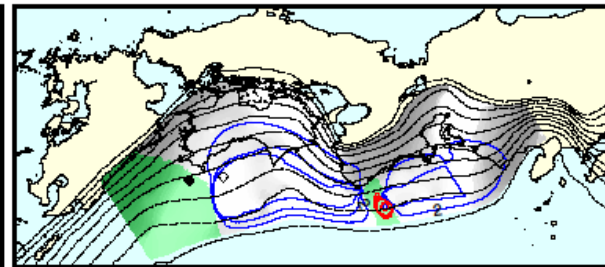


ケース2
Mw6.1の地震

発生後2週間

発生後1年
余効すべり
浅部・深部

発生後4.4年
Mw8巨大地震
発生

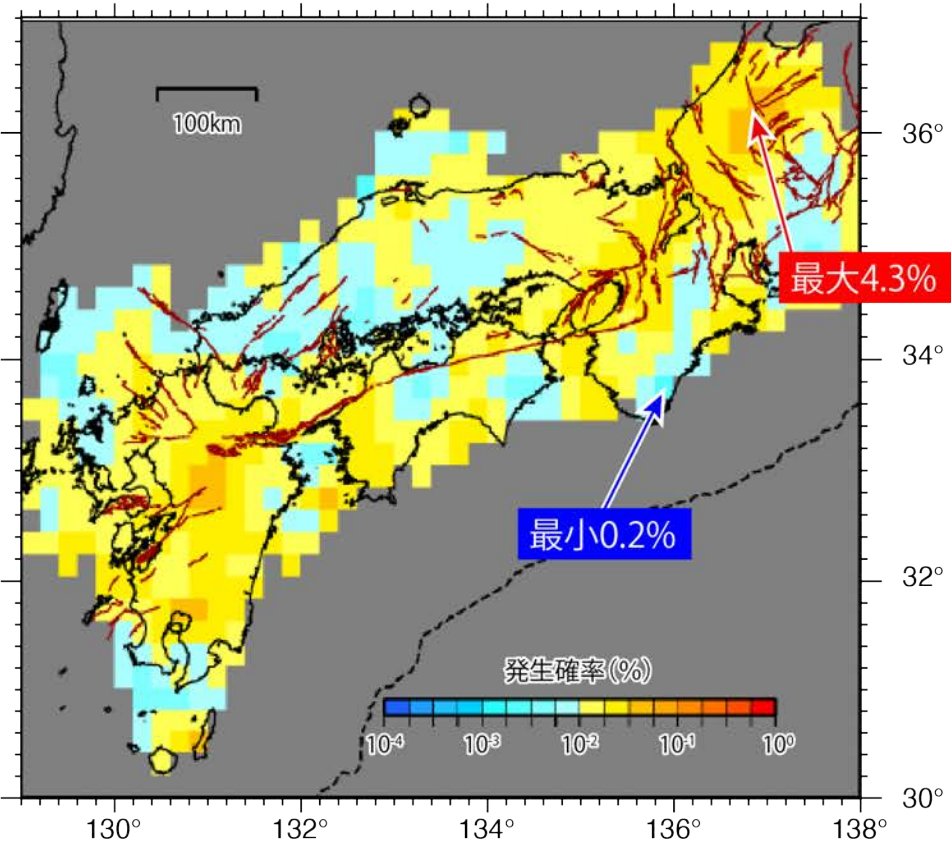
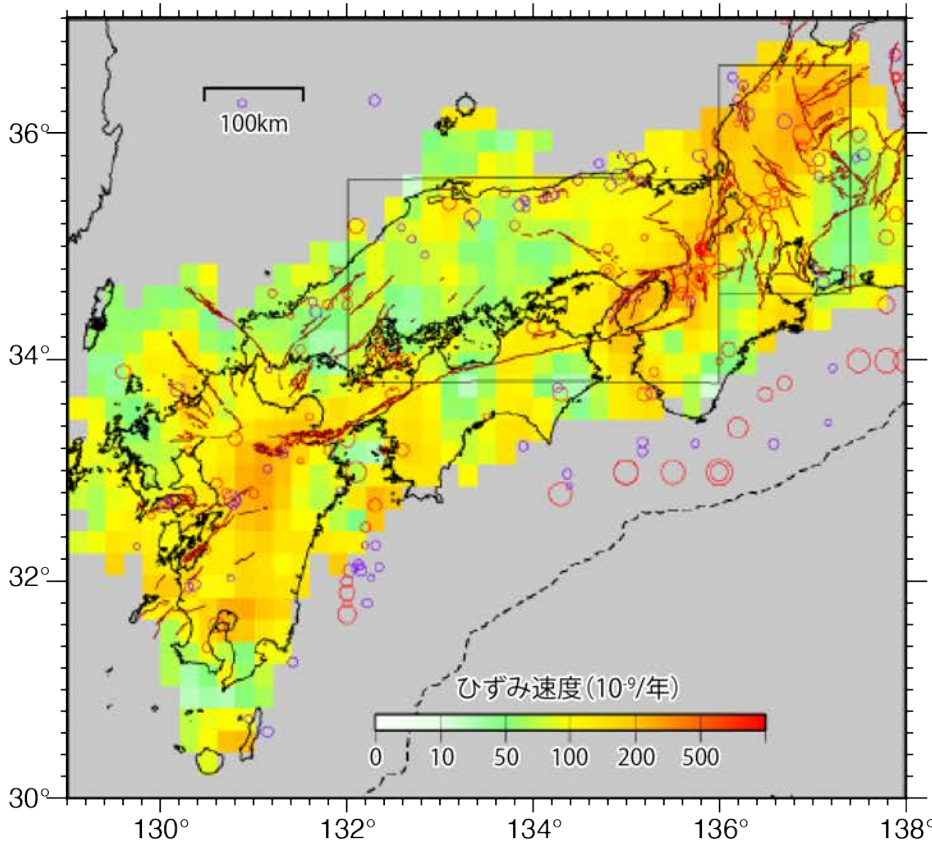


- ◆ 2016年三重県南東沖の地震による南海トラフ巨大地震への影響を、地震発生シミュレーションにより検討
- ◆ 余効滑りは浅部のみに伝播し収束する(ケース1)と推定

図23 測地観測データに基づく内陸地震長期評価手法の開発

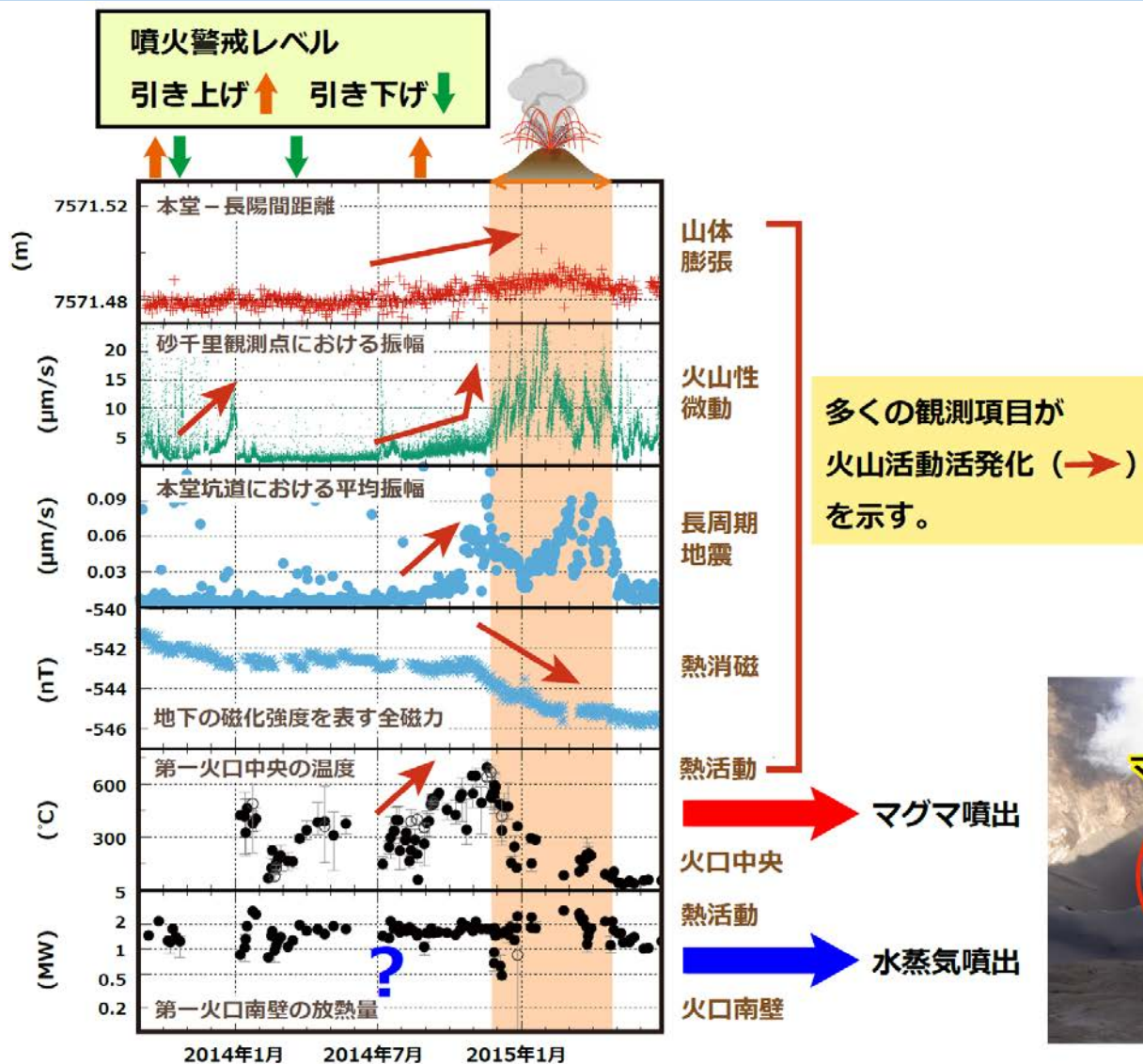
南海トラフの固着による弾性変形を
取り除いたひずみ速度
(2005年4月～2009年12月)

GNSSデータから計算した
M6以上の内陸地震の30年発生確率



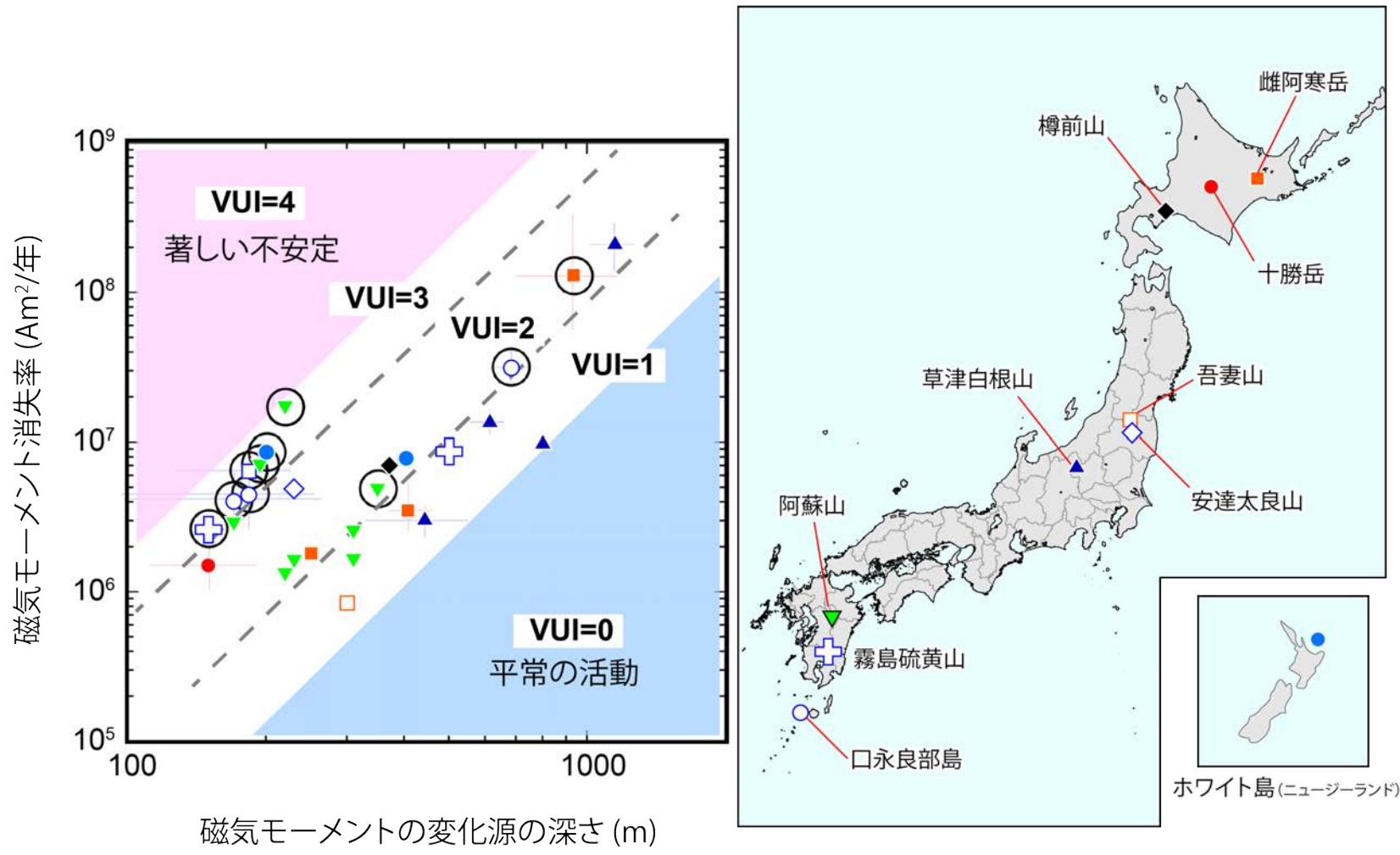
- ◆ 内陸域に蓄積されるひずみ速度の14%が地震で解放されると仮定し、M6以上の内陸地震の30年発生確率を計算
- ◆ M6以上の内陸地震の30年発生確率は、中部地方で最大4.3%

多項目観測による火山噴火予測



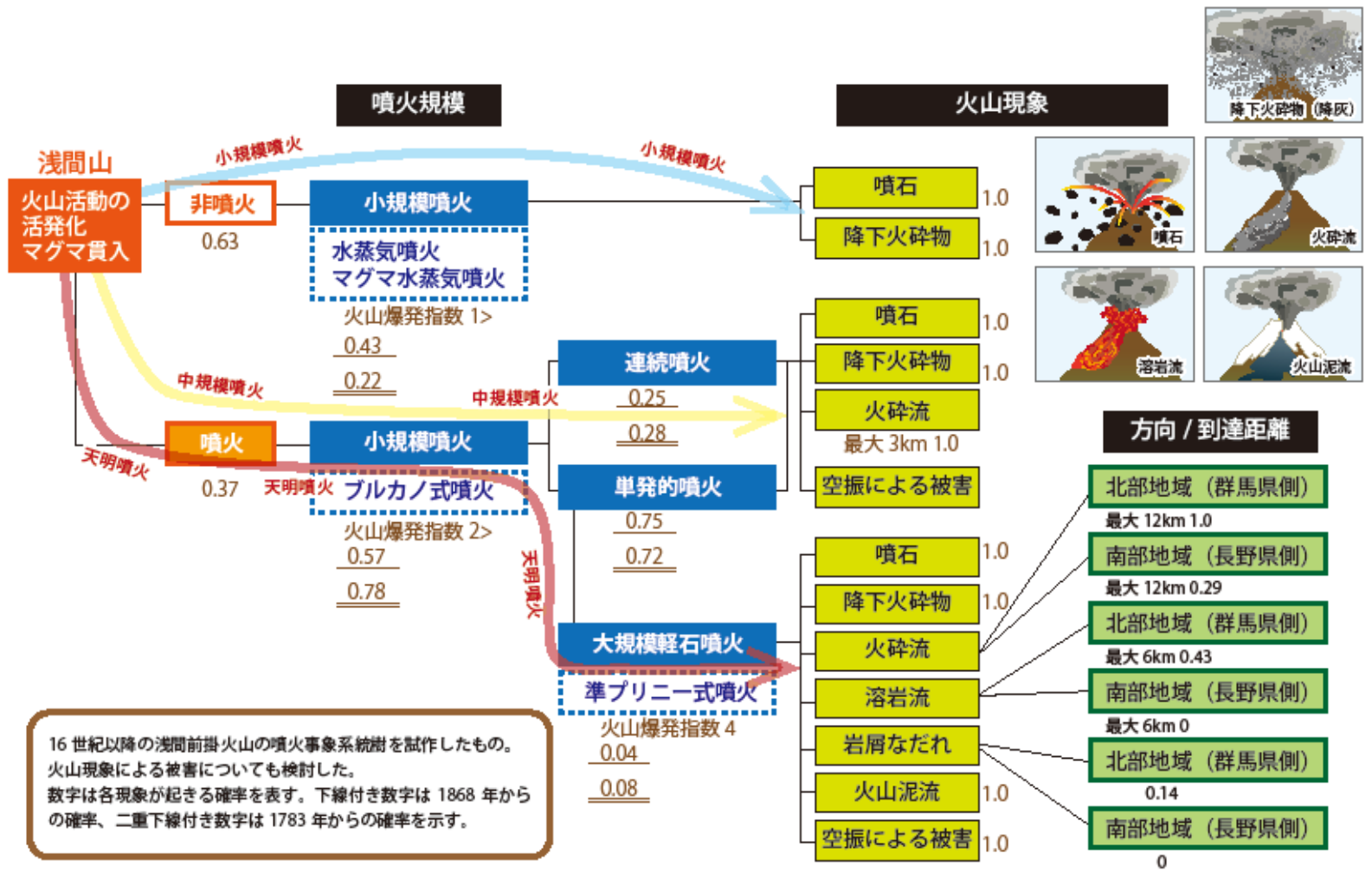
- ◆ 阿蘇山において、地震・地殻変動・熱などの多項目観測量の変化と火山活動を比較
- ◆ 多くの観測項目が火山活動の活発化に応じて変化することを確認

火山活発化指数 (VUI) と観測量の対応付け



- ◆ 非噴火時の火山活動評価のため、火山活発化指数(VUI)と観測量の対応付けを試行
- ◆ 電磁氣的観測量である磁気モーメントの量・深さと日本各地の火山の活動度を比較し、活動度に応じたVUIの値を定義

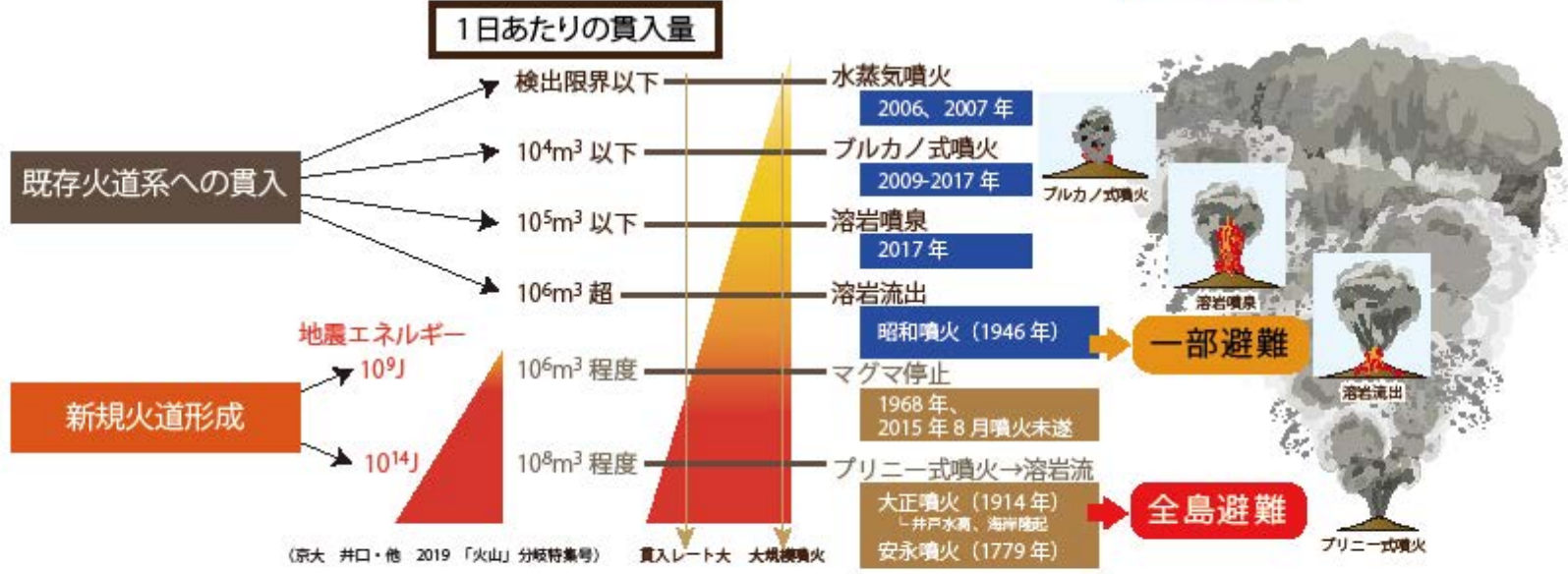
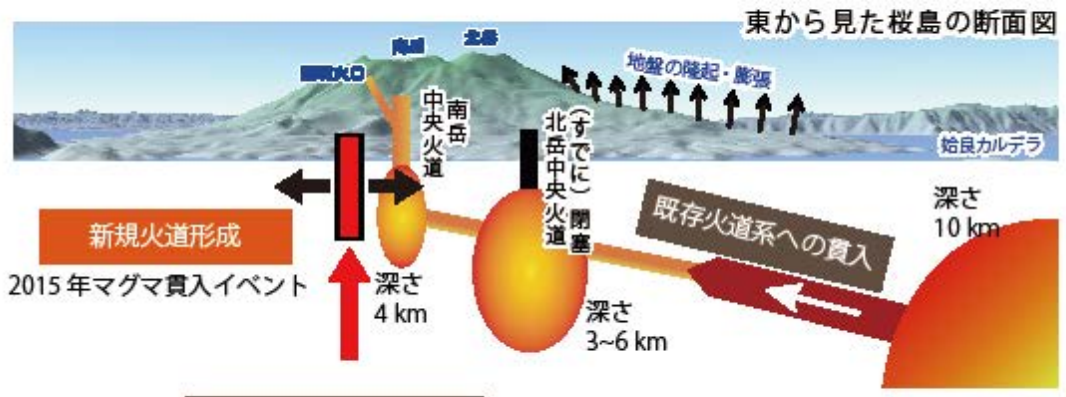
活動的火山における噴火事象系統樹の試作



16世紀以降の浅間前掛火山の噴火事象系統樹を試作したもの。火山現象による被害についても検討した。数字は各現象が起きる確率を表す。下線付き数字は1868年からの確率、二重下線付き数字は1783年からの確率を示す。

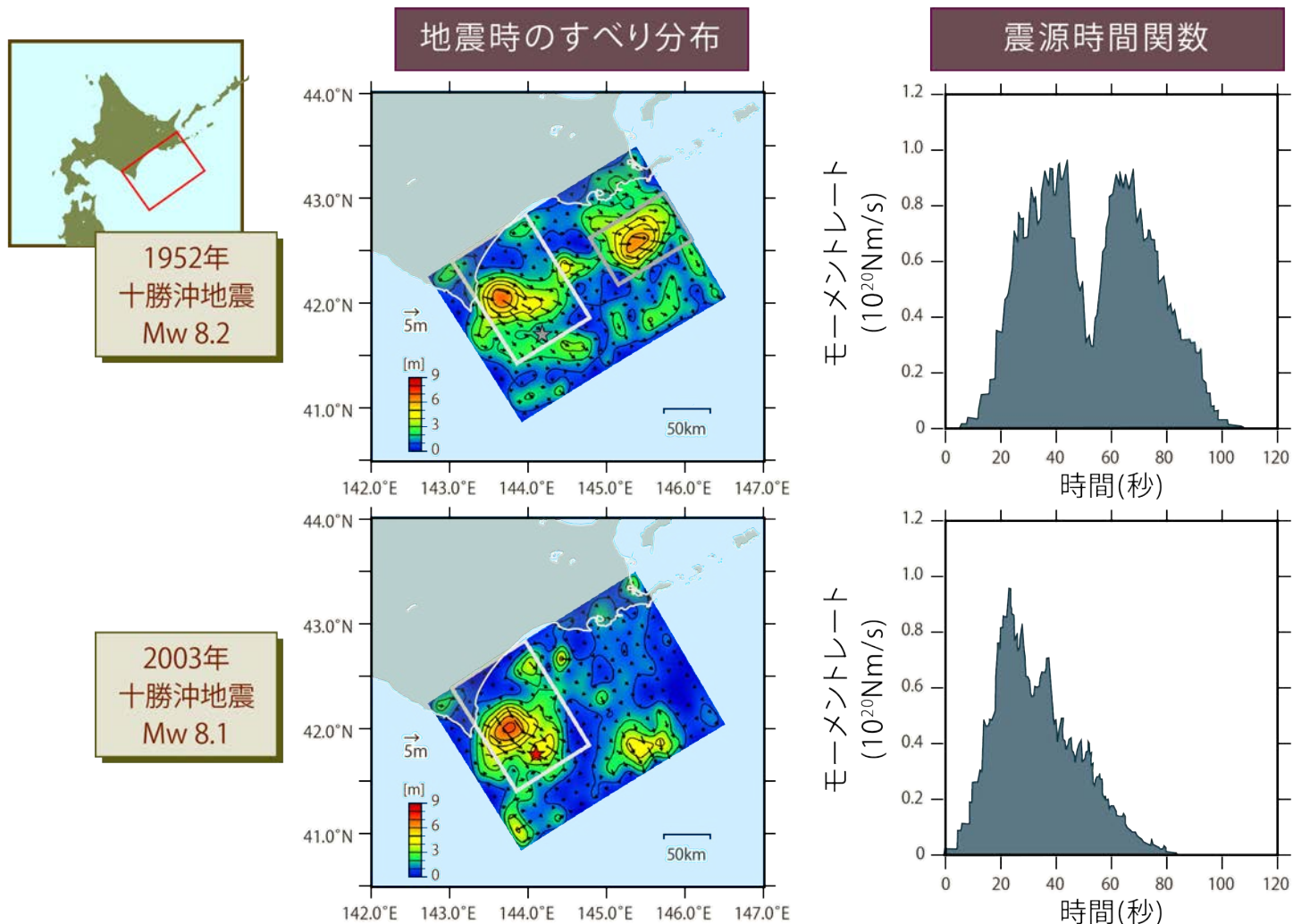
- ◆ 火山現象を網羅的に時系列に沿って示す「噴火事象系統樹」の高度化のため、作成手法を統一・一般化し、さらに過去の噴火事例に基づいて分岐の確率を示した
- ◆ 浅間山においては中小規模の噴火が一般的であり、天明噴火クラスの大噴火は稀

桜島のマグマ供給系解明と噴火分岐条件の定量化



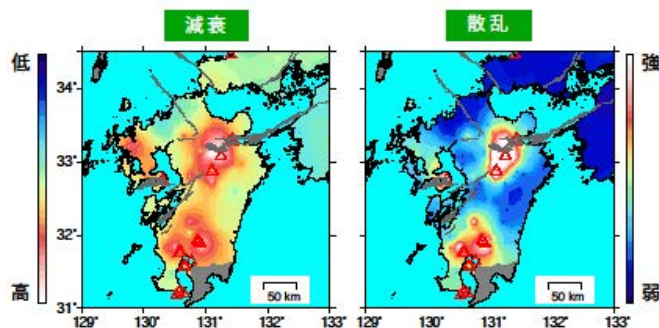
- ◆ 桜島における1日あたりのマグマ貫入量に基づく噴火事象の分岐条件
- ◆ 火道が既にある場合は貫入量に応じて噴火様式が変化
- ◆ 新たに火道を作る場合は1億m³/日を超えると全島避難を要する大噴火となる

2003年と1952年の十勝沖地震の震源過程の違い

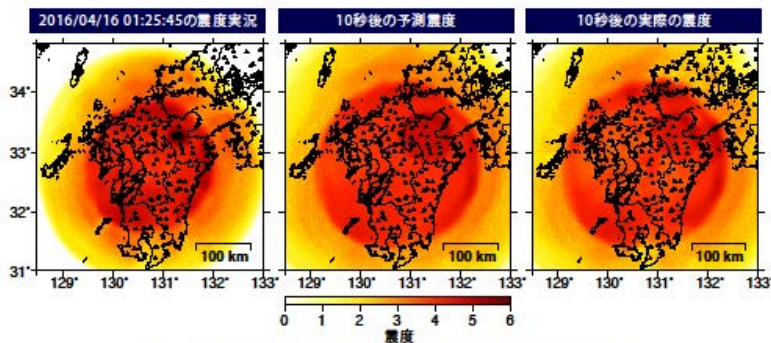


- ◆ 2003年と1952年の十勝沖地震について、古い地震波形記録を集めて再解析
- ◆ 1952年の地震では、2003年の地震と同様の滑り域(図中の白い口)に加え、厚岸沖(図中の灰色の口)でも滑りが生じていたことが明らかになった

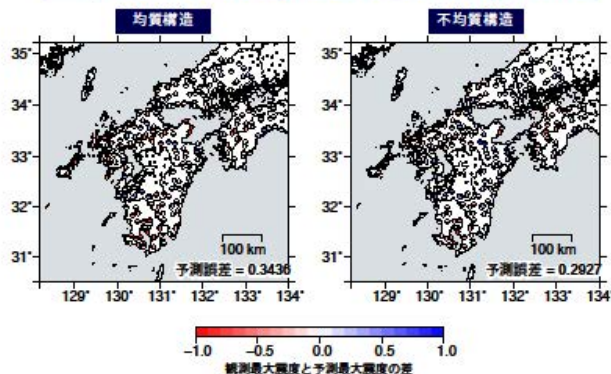
地震動即時予測の精度向上



地震動即時予測手法を平成28年熊本地震 (M7.3)の記録に適用した例

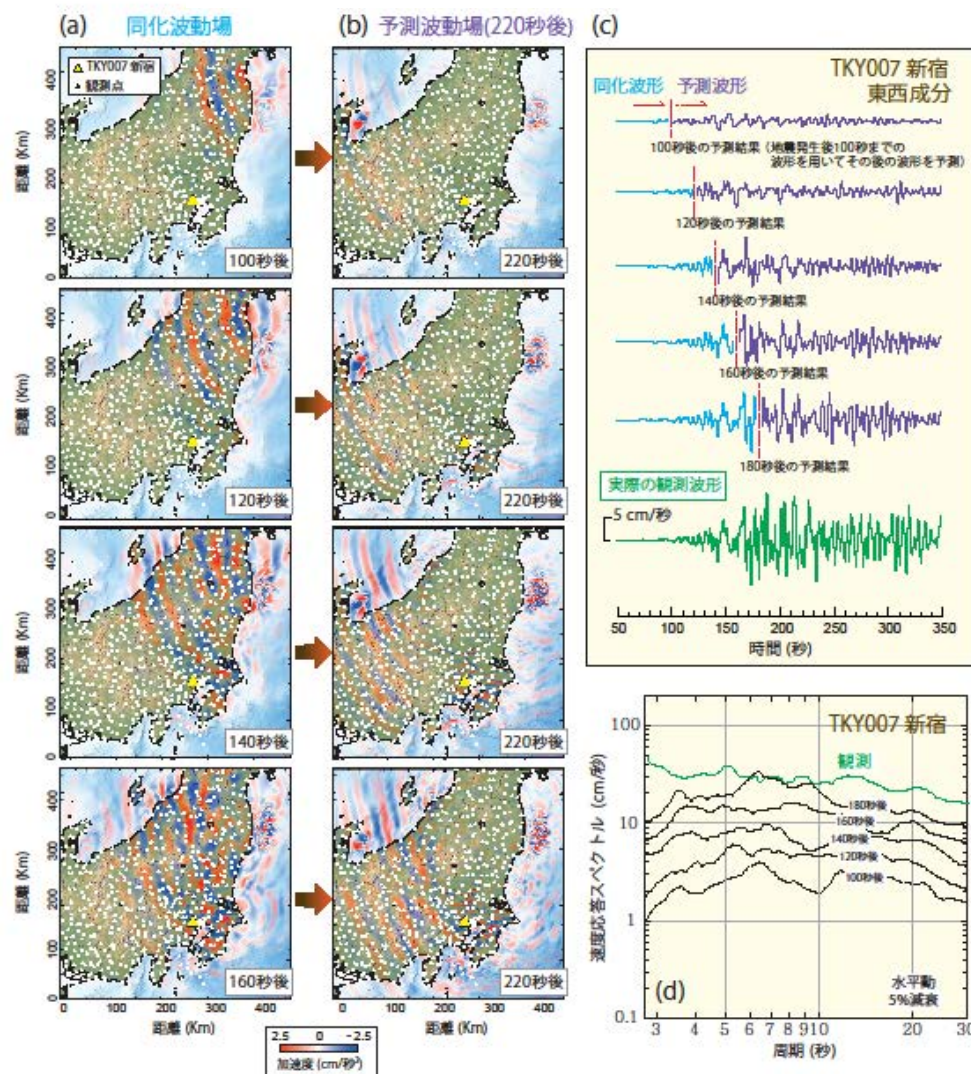


不均質減衰構造モデルの導入による地震動即時予測の精度向上



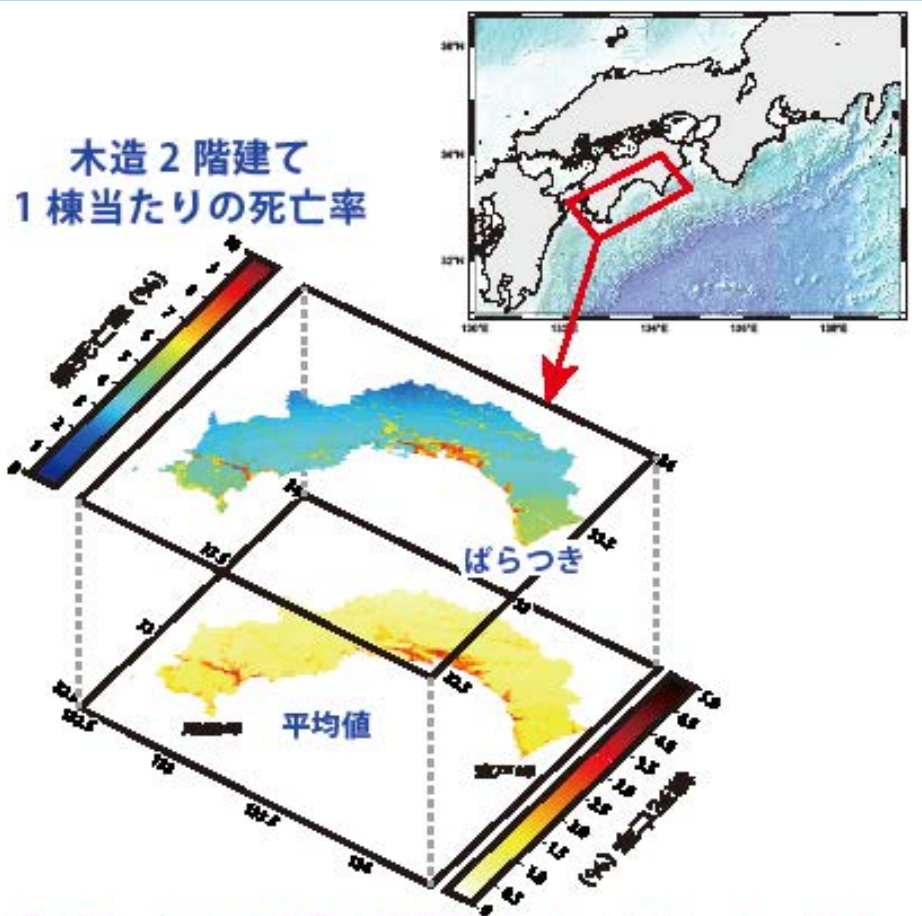
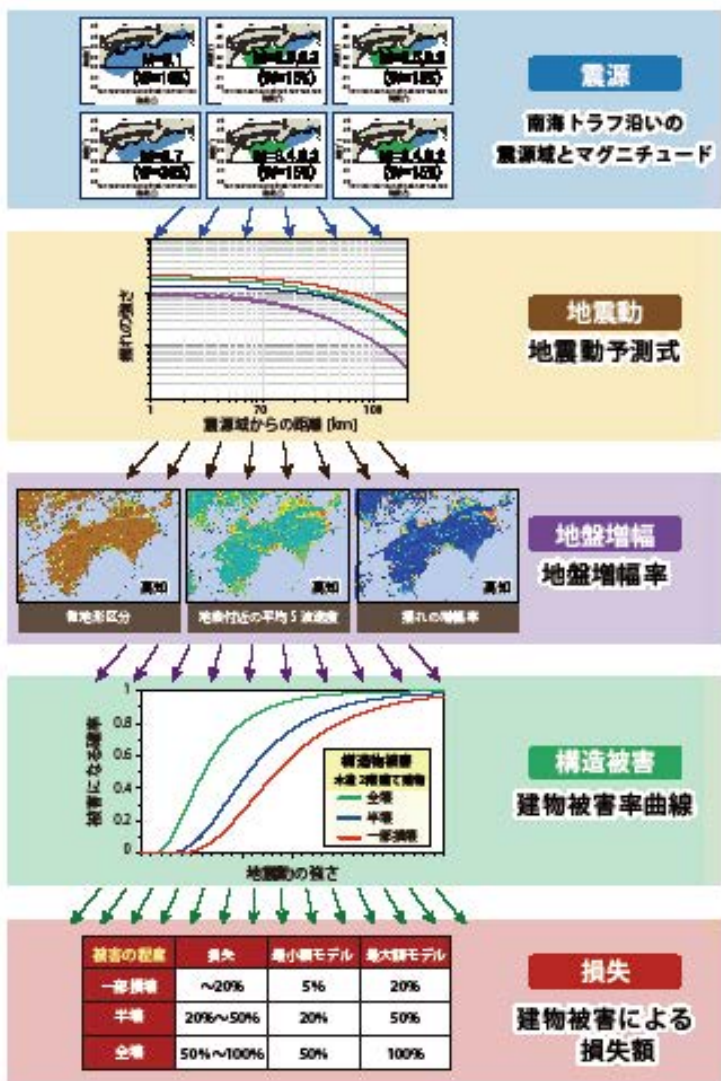
- ◆ 地震波の減衰・散乱構造を推定し、PLUM法による震度即時予測システムに導入
- ◆ 予測残差が10%程度減少

長周期地震動の即時予測実験



◆ 3次元地震波伝播シミュレーションに伝播途中の地震波の観測値を同化(入力)し、実際の地震波が到達するよりも速く、その後の地震波の伝播を計算

研究分野横断型のリスク評価



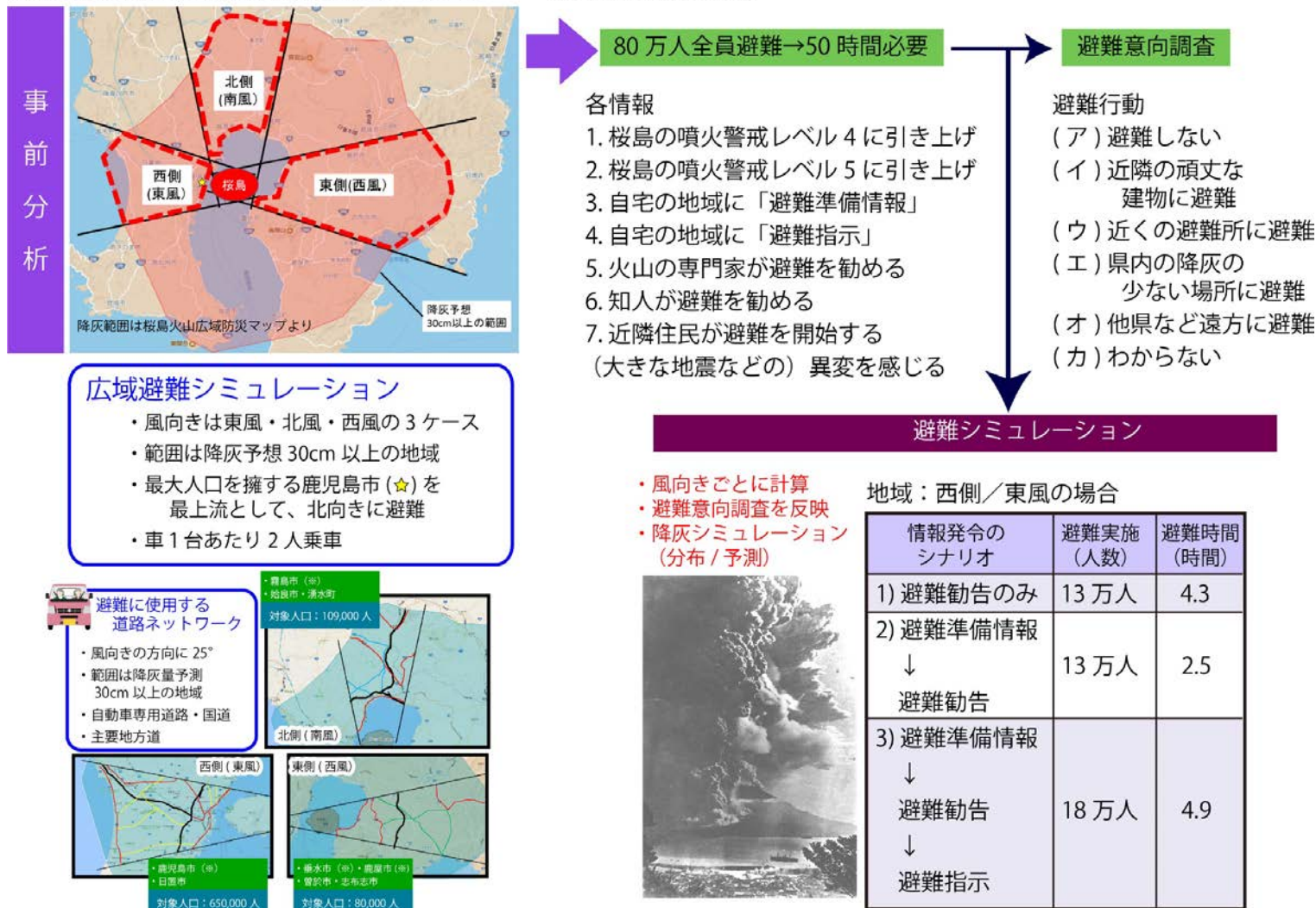
高知県における推定人的被害とそのばらつきの分布

南海トラフ地震が発生した際の高知県における人的被害を、研究分野横断型のリスク評価手法を用いて試算。高知平野および室戸岬と足摺岬で木造2階建て1棟当たりの死亡率が高くなると推定。

◆ 南海トラフ地震が発生した際の人的被害について、震源断層，地震動予測式，地盤増幅率，建物被害率曲線，建物被害による損失額及び人的被害の各モデルの不確実性を考慮して試算

桜島における避難シミュレーション

避難意向調査を踏まえた避難シミュレーション - 大量降灰地域の設定



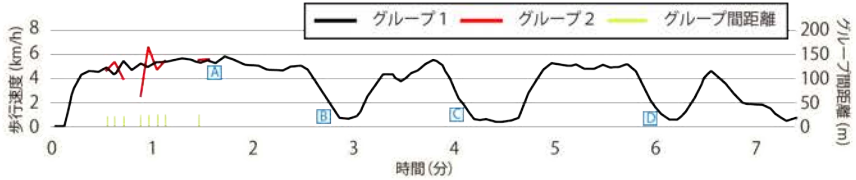
- ◆ 桜島大規模噴火時の広域避難シミュレーションを様々な条件下で実施
- ◆ 事前に住民の避難意向調査しシミュレーションに反映したところ、現実的な時間で避難可能であることがわかった

複合災害を想定した避難行動実験

(1) 津波のみの場合

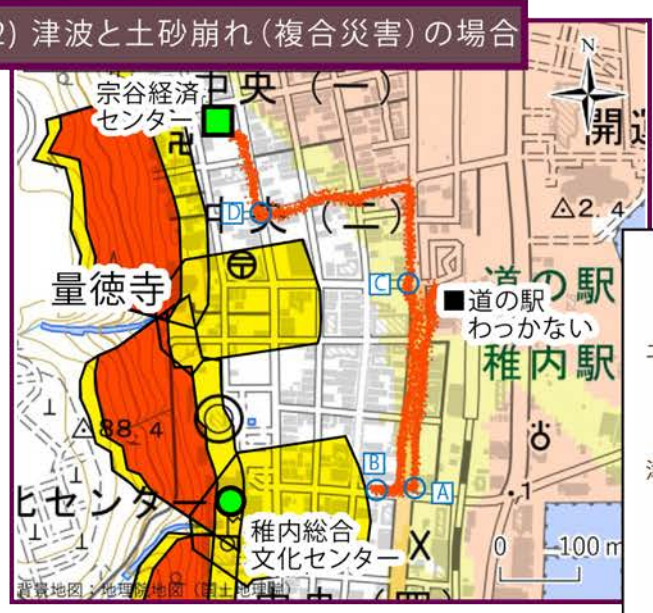


避難経路と分断発生箇所



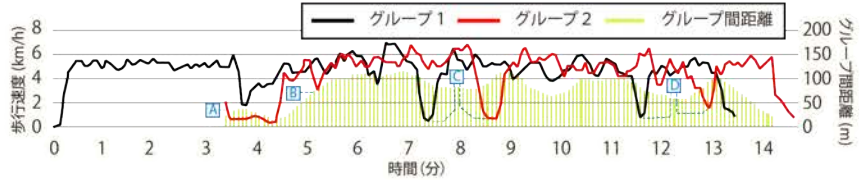
平均歩行速度および分断発生時のグループ間距離

(2) 津波と土砂崩れ(複合災害)の場合



- 指定緊急避難場所
- 指定避難所
- 土砂災害(特別)警戒区域
- 土砂災害特別警戒区域
- 土砂災害警戒区域
- 津波浸水想定区域
- ~0.5m
- 0.5m~3.0m
- 3.0m~5.0m
- 5.0m~10.0m

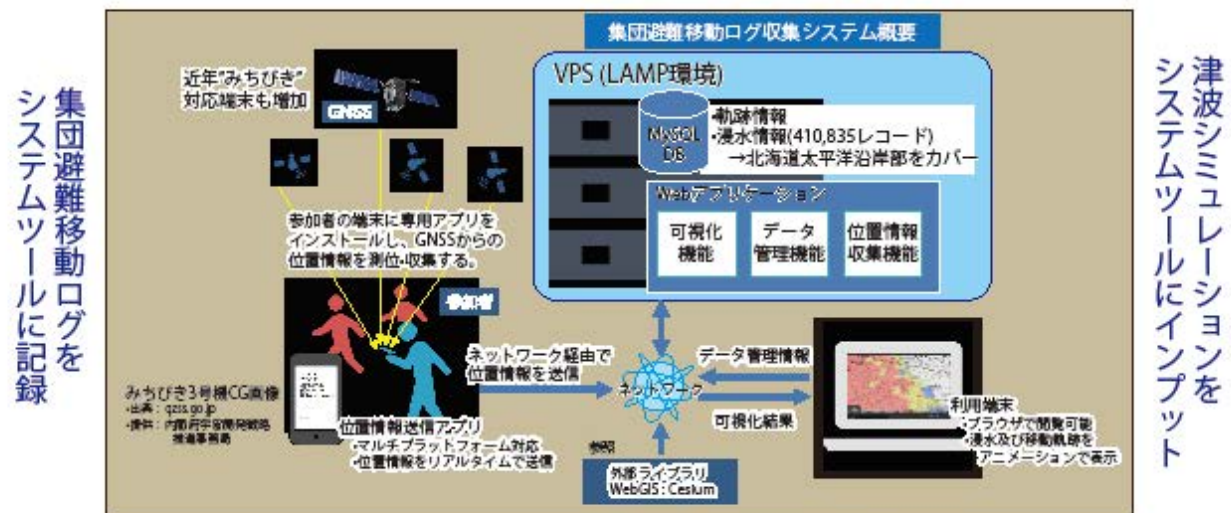
避難経路と分断発生箇所



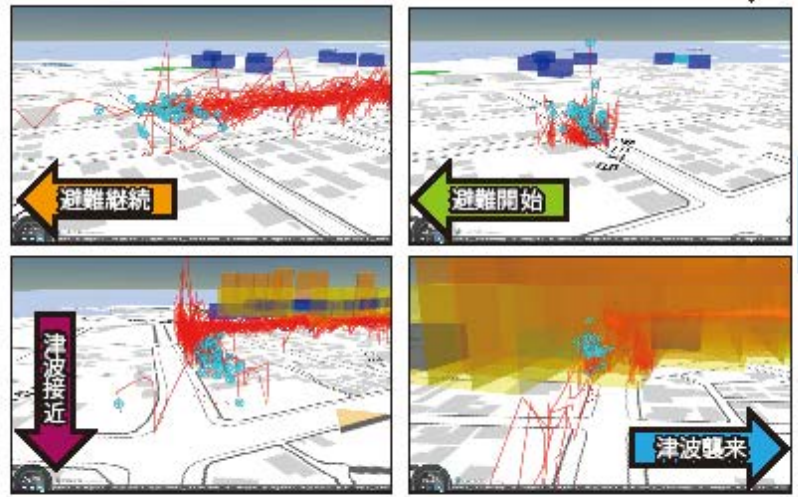
平均歩行速度および分断発生時のグループ間距離

- ◆ 地震による津波と土砂災害との複合災害を想定した集団避難行動実験を実施
- ◆ 津波のみの場合に比べ、複合災害の場合には時間的な猶予がほとんどなく、より迅速に避難を開始する必要性が明らかになった

災害に対する社会的脆弱性克服のための研究



地震・火山研究によるシナリオ



学習効果
行動変容

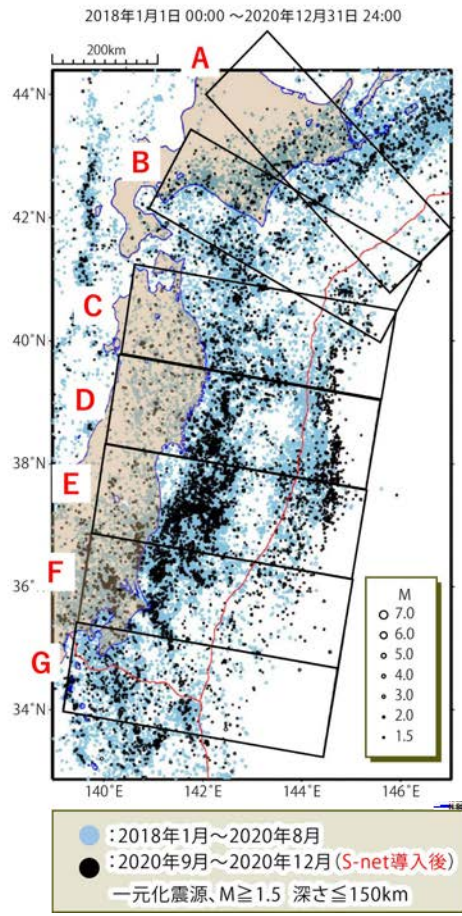
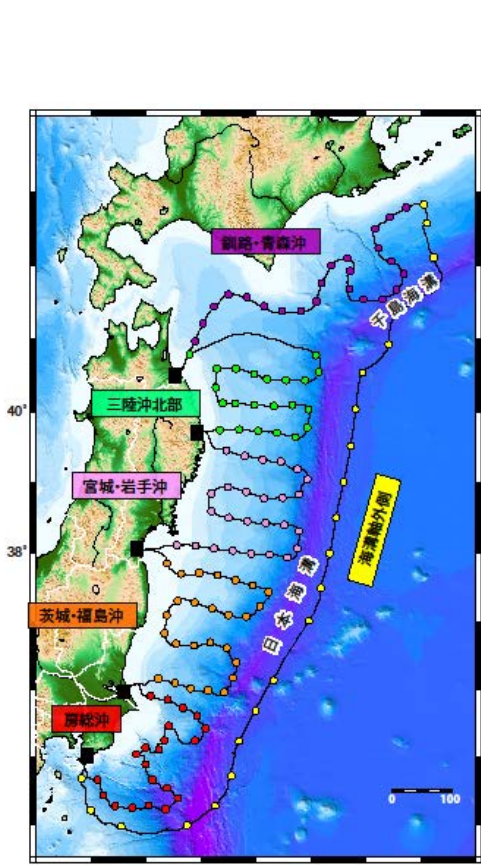


実験後に津波防災教育及び、避難訓練結果フィードバック学習。学習前後でアンケート調査を実施。

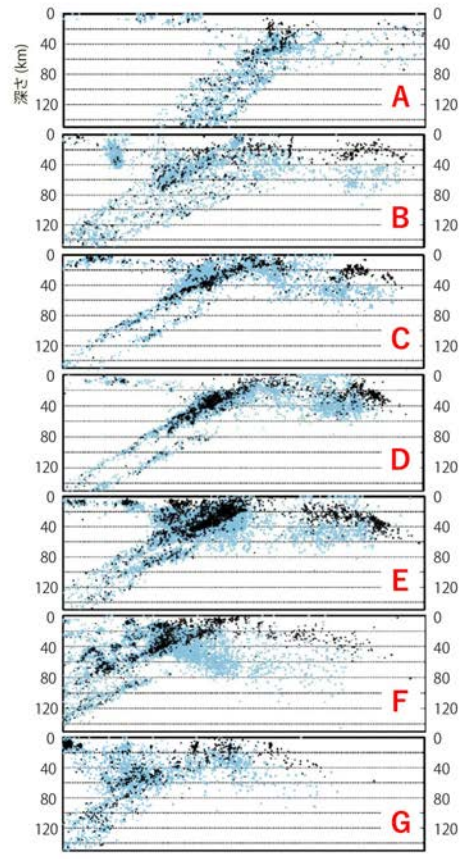
地震・火山研究成果を基盤情報とし、GPS情報の取得により集団避難移動過程を記録できるシステムツールを開発した。このツールにより避難行動をふりかえることで、学習効果と行動変容が期待できる。

- ◆ 地震・火山研究によるシナリオを用いた集団避難移動過程を記録できるシステムツールを開発
- ◆ 避難行動をふりかえることで、学習効果と行動変容が期待できる

日本海溝海底地震津波観測網 (S-net) の整備



各矩形領域の断面図 (長辺投影)



◆ S-net 導入により震源位置の推定精度が向上