

災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究

① 地震・火山現象の解明のための研究

- 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

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

③ 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

- 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



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・火山噴火に関する社会の共通理解醸成のための研究

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

- 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

- ▶ 南海トラフ ▶ 首都直下
- ▶ 千島海溝 ▶ 桜島大規模噴火
- ▶ 高リスク小規模噴火

研究基盤の開発

- 研究基盤の開発・整備

国内外の関連分野との連携

- 関連研究分野との連携強化
- 国際共同研究・国際協力

研究成果への理解醸成と人材育成

- 社会との共通理解の醸成と災害教育
- 次世代を担う人材の育成

※ 計画の実施機関

総務省・文部科学省・経済産業省・
国土交通省及びこれらが所管する国
立研究開発法人、国立大学法人等

令和2（2020）年度の主な成果

伊豆大島山頂噴火時のマグマの
斜長石量と噴出量の関係 (P11, 図3)

沿岸巨礫の分布を用いた
古津波の評価 (P12, 図4)

複合災害を想定した避難
行動実験 (P34, 図10)

地震シナリオの不確実性
を考慮した津波波高の確
率論的評価 (P27, 図9)

光ファイバーケーブルとDASによる
火山性地震の震源決定 (P15, 図6)

S-net導入前後の震源
分布の比較 (P40, 図11)

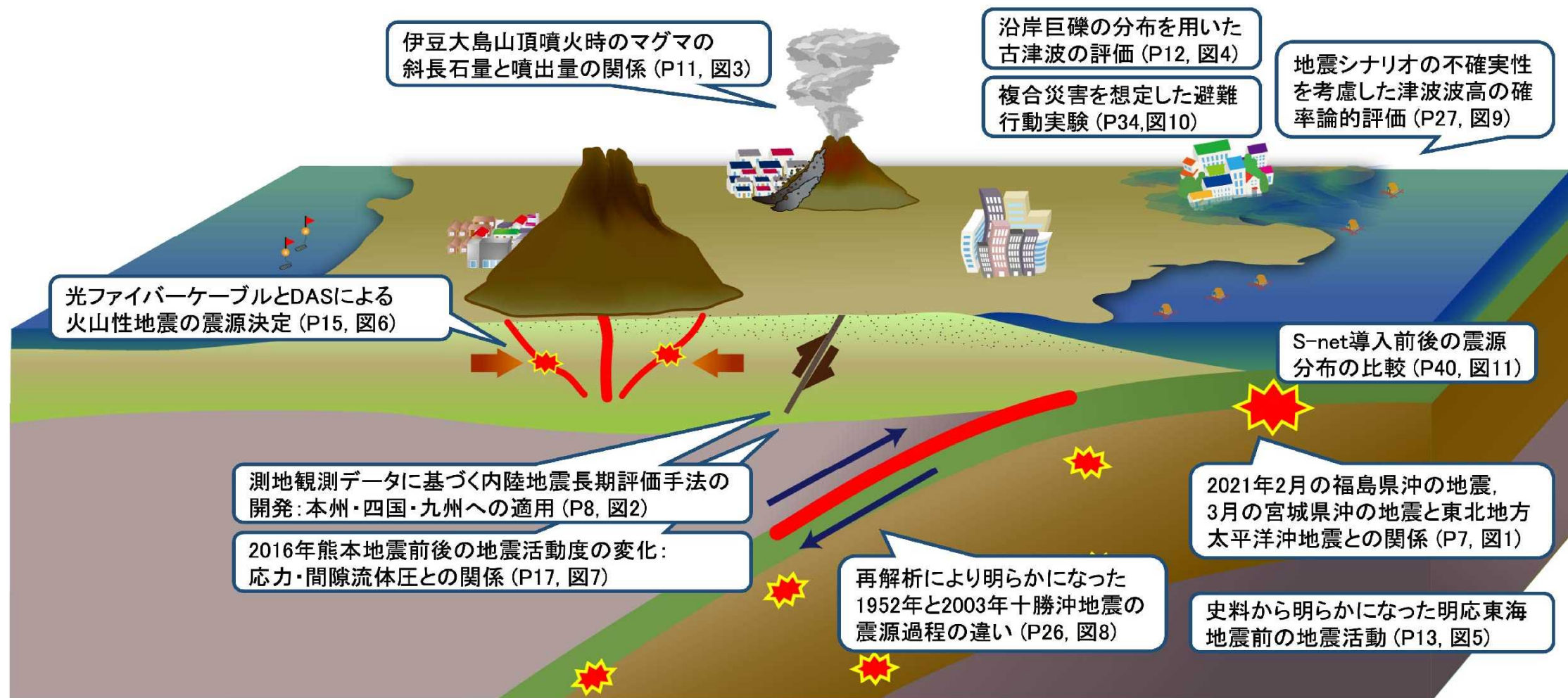
測地観測データに基づく内陸地震長期評価手法の
開発: 本州・四国・九州への適用 (P8, 図2)

2016年熊本地震前後の地震活動度の変化:
応力・間隙流体圧との関係 (P17, 図7)

再解析により明らかになった
1952年と2003年十勝沖地震の
震源過程の違い (P26, 図8)

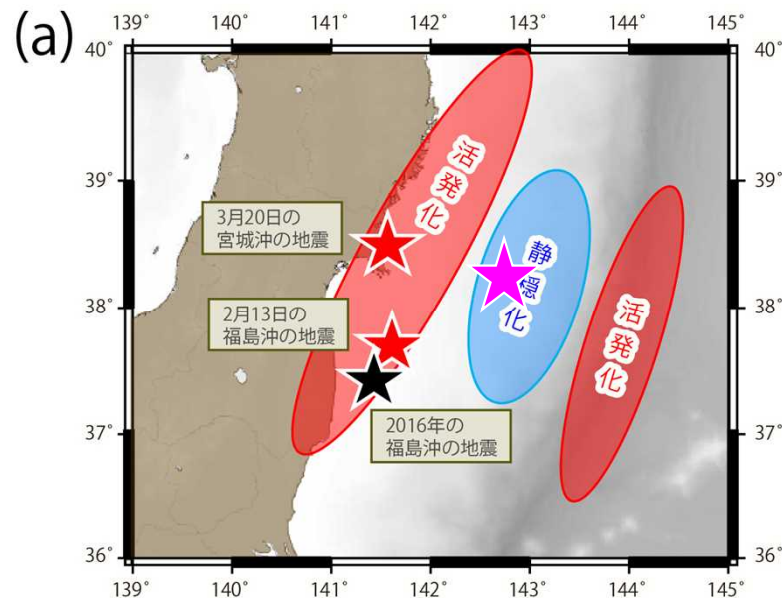
2021年2月の福島県沖の地震,
3月の宮城県沖の地震と東北地方
太平洋沖地震との関係 (P7, 図1)

史料から明らかになった明応東海
地震前の地震活動 (P13, 図5)



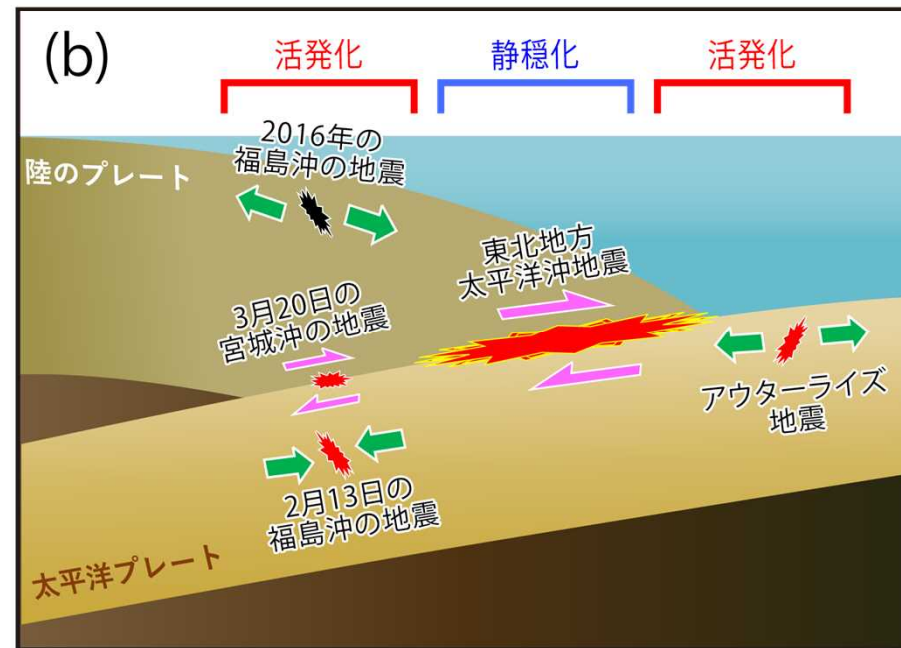
2021年2月の福島県沖の地震、3月の宮城県沖の地震と 東北地方太平洋沖地震との関係

東北日本弧の沈み込み帯では、2011年東北地方太平洋沖地震の引き起こした
応力変化を反映した地震活動が継続している。



★ 2011年東北地方太平洋沖地震

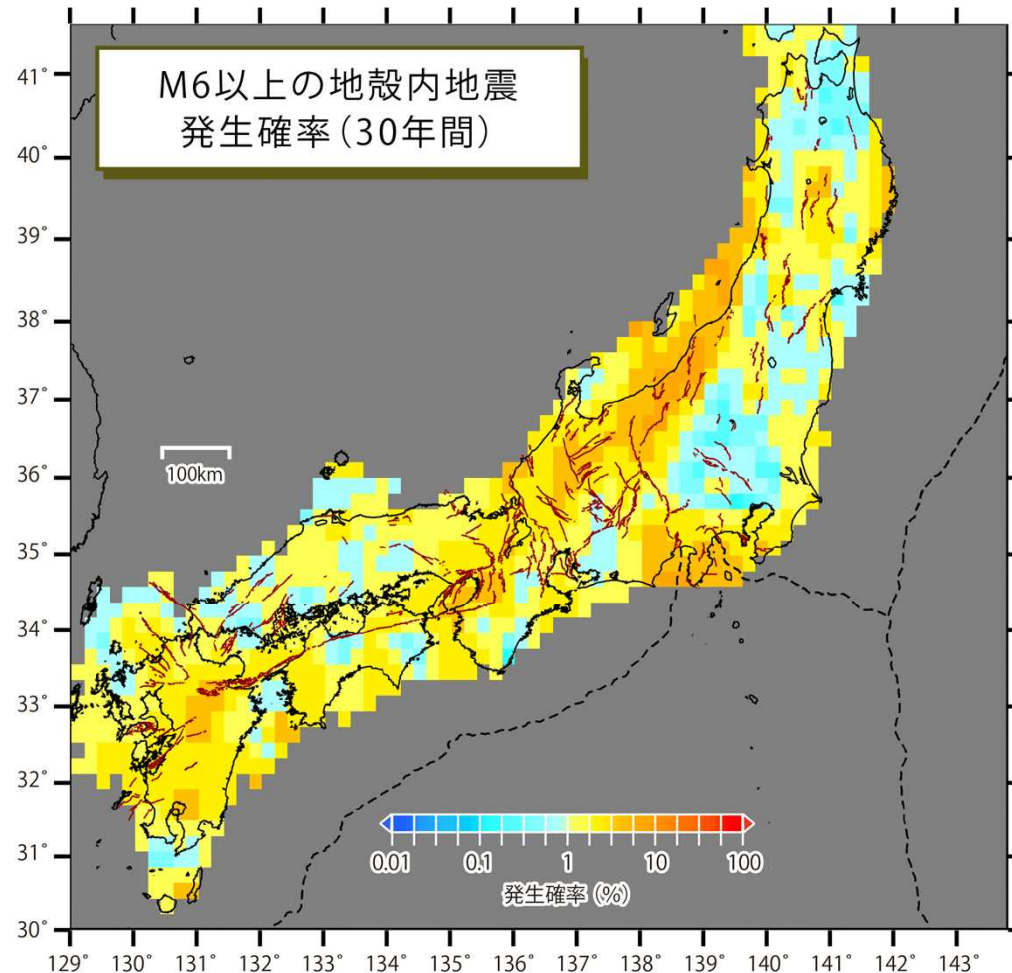
低頻度大規模地震現象の解明に貢献



- 東西圧縮・逆断層型応力の解放(東西伸長・正断層型応力の蓄積)
- すべり域先端付近での東西圧縮の逆断層型応力の集中

令和2年度に発生した重要な地震と本研究計画の活動

測地観測データに基づく 内陸地震長期評価手法の開発：本州・四国・九州への適用



地表でのひずみ速度(/年)



内陸地殻に蓄積されるモーメント率(Nm/年)



歴史地震に基づく経験則

地震で解放されるモーメント率(Nm/年)



M6以上の地震発生率(個/年)



ポアソン過程

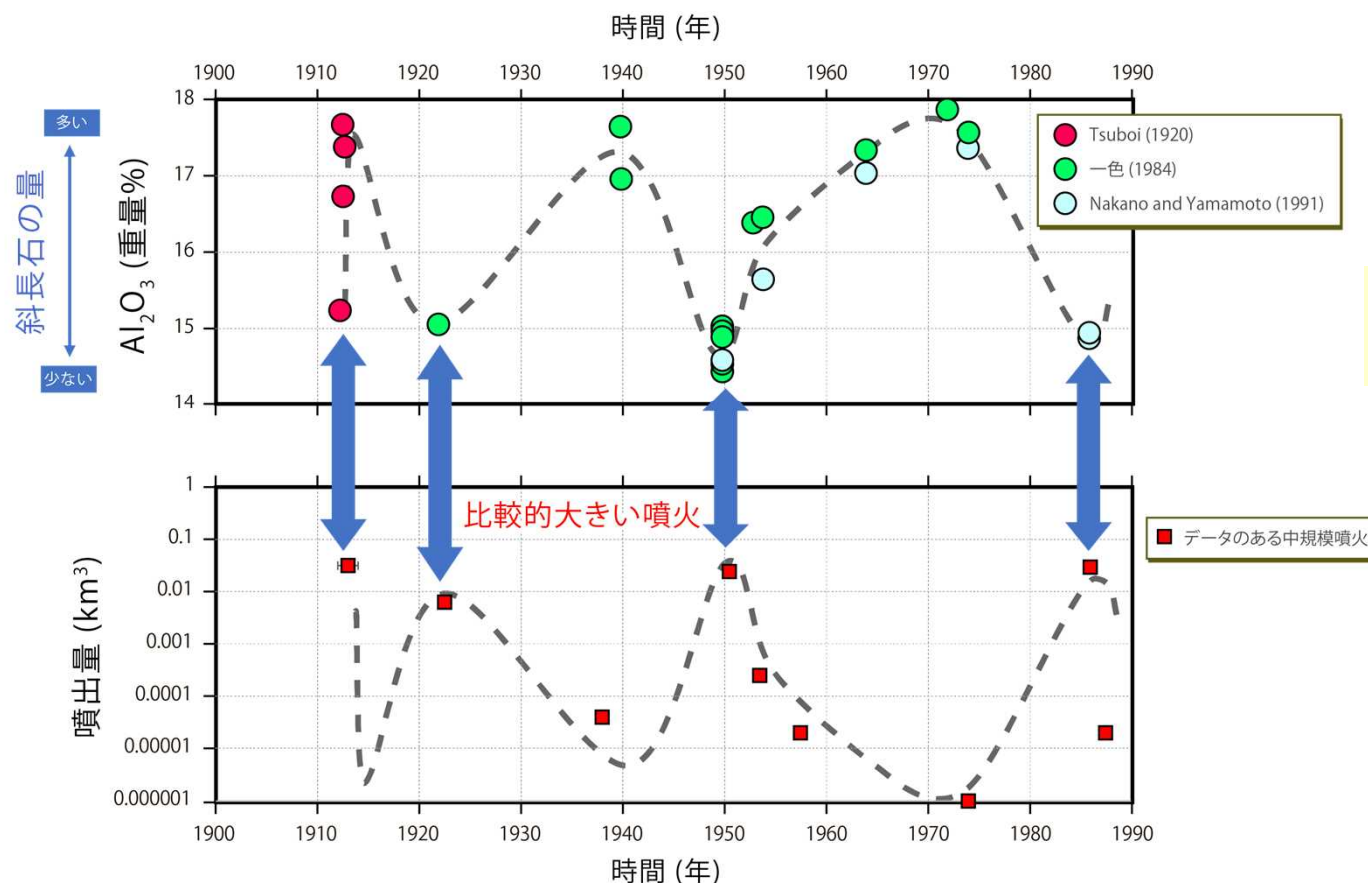
30年間のM6以上の地震発生確率(%)

測地・地震学的観測データに基づく地震発生予測法の開発が進んだ。

地震発生の新たな長期予測に貢献

3-1 地震・火山現象の解明のための研究(史料・考古・地質データ)

伊豆大島山頂噴火時のマグマの斜長石量と噴出量の関係



伊豆大島の20世紀の山頂噴火の文献データの再整理により、マグマ中の斜長石量と噴出量の時間変遷を調査

・数ヶ月から数10年の時間スケールでは、噴出物の斜長石量と噴出量は逆相関

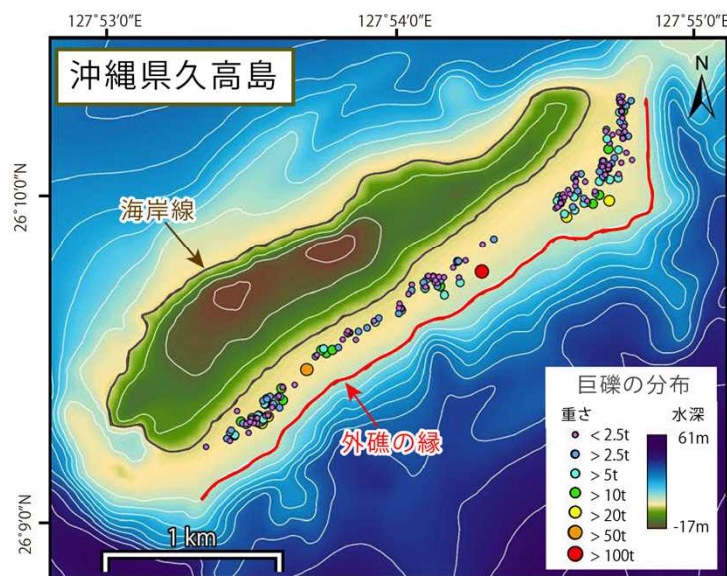
- ・大規模噴火の発生機構解明への糸口
- ・活動初期の斜長石量から噴出量を予測できる可能性
- ・噴火推移の予測にも有用

複数のパラメタの比較から大規模噴火の駆動機構の解明へと繋がる研究成果

3-1 地震・火山現象の解明のための研究(低頻度大規模地震・火山噴火)

沿岸巨礫の分布を用いた古津波の評価

現在の巨礫分布を制約条件として、津波数値計算により津波および地震の最大規模推定(沖縄県久高島)



台風などの高潮による巨礫の移動

○ 現在の分布を説明可能

台風などの嵐

大きな津波による巨礫の移動

× 現在の分布を説明できない

大津波

実際の巨礫の分布とは合わない

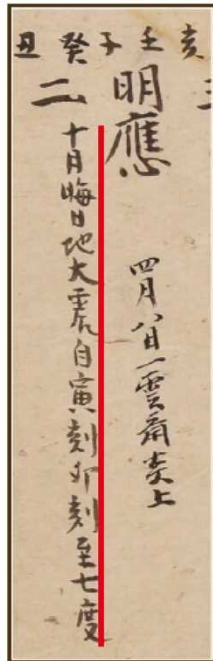
- ・現状の巨礫群の分布は台風の高波によって説明可能
- ・巨礫のサイズ・空間分布を維持できる規模の津波を繰り返し計算により推定
- ・3500年前(岩礁が形成された時代)以降、Mw8.3およびすべり量1.9m以上の地震による津波は発生していない

南西諸島・琉球海溝における大地震の長期予測, 連動性評価に資する成果

3-1 地震・火山現象の解明のための研究(低頻度大規模地震・火山噴火)

史料から明らかになった明応東海地震前の地震活動

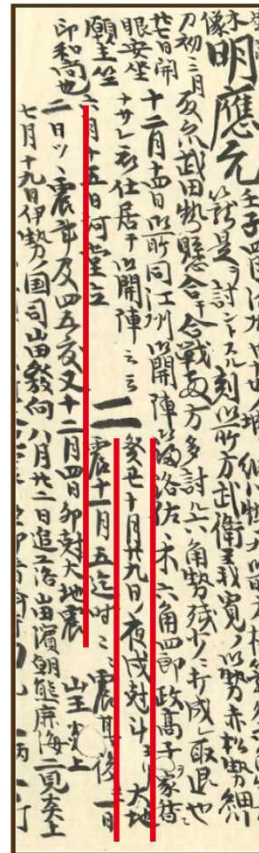
〔明応二年〕十月三十日（ユリウス暦…1493年12月8日）、大地震、寅刻（午前3～5時頃）から卯刻（午前5～7時頃）まで7回（揺れた）」



（愛知学院大学図書館情報センター所蔵）
明応2年条

大唐日本王代年代記

〔明応〕二（年）癸丑、十月廿九日（ユリウス暦…1493年12月7日）の夜戌刻（午後7～9時頃）ごろから大地震があった。十一月五（日）まで時々地震があった。その後も一日か二日ごとに四、五回の割合で地震があった。また、十二月四日の卯刻（午前5～7時頃）にも大地震があった。」



（大倉精神文化研究所附属図書館所蔵）
明応元年・2年条

常光寺王代記并年代記

同時代の京都および京都の日記史料、東海地方の年代記を比較検討

・1498年明応東海地震の5年前に京都・奈良から静岡県浜松地域にかけて大きな地震が頻発していたことが判明

- ・史料収集と解析による過去の地震活動についての調査が進展
- ・東海地震の前の地震活動を理解する上でも重要な情報

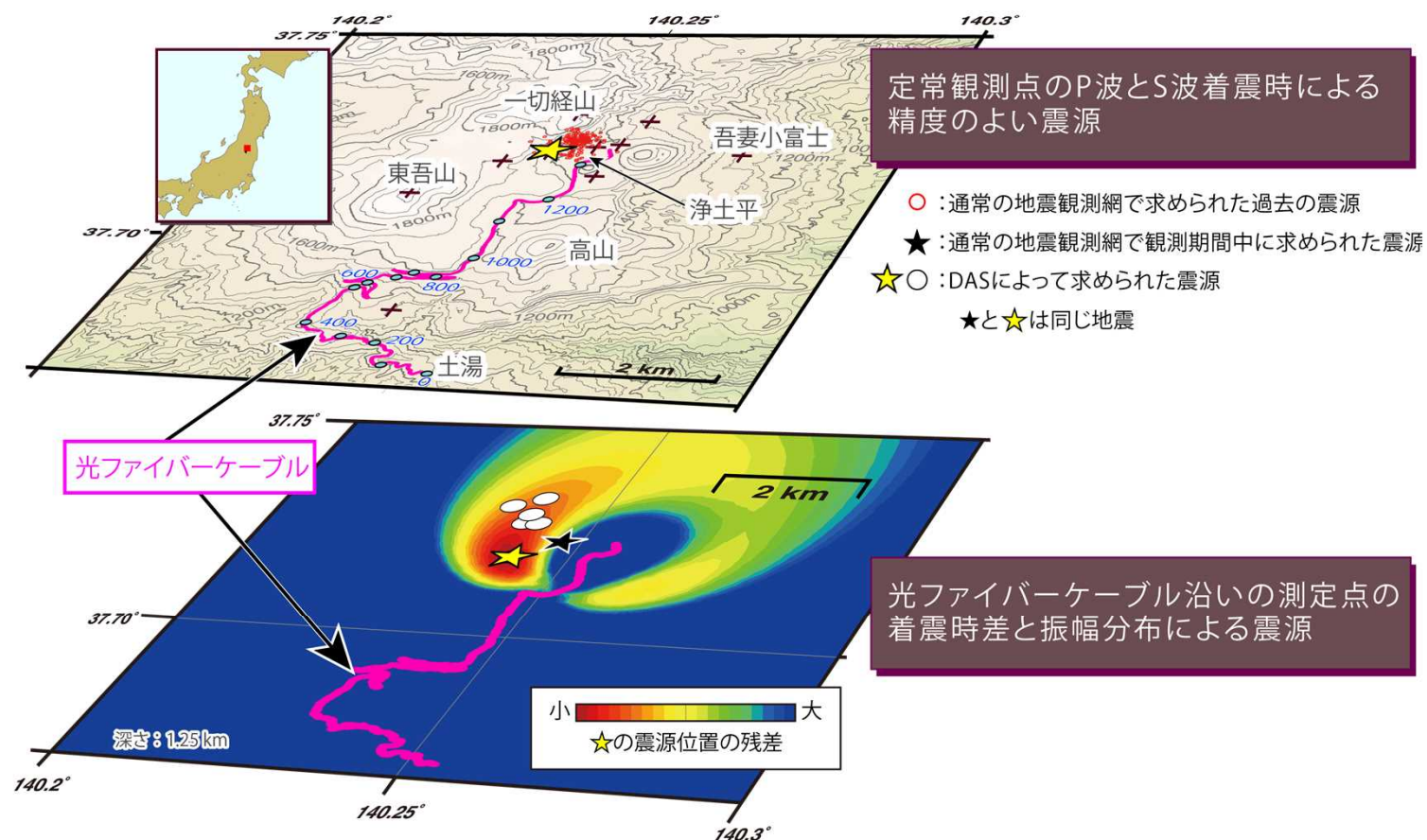


1498年明応東海地震の5年前に京都・奈良～浜松の範囲で大きな揺れを感じるような地震が発生していた。

同時代史料の比較検討による地震活動調査の進展

3-1 地震・火山現象の解明のための研究(火山現象の解明とモデル化)

光ファイバーケーブルとDASによる火山性地震の震源決定



吾妻山に通信用として敷設された光ファイバーケーブルを振動センサーとして利用する新手法の火山観測への応用

- 埋設されたケーブルを利用するので噴火時でも火山灰や火山弾による損傷のリスクが小さい
- 遠隔操作が可能であるため、活動推移をモニタリングするためにも有効な手段

新手法で火山性地震の震源を推定し、従来手法の結果と比較

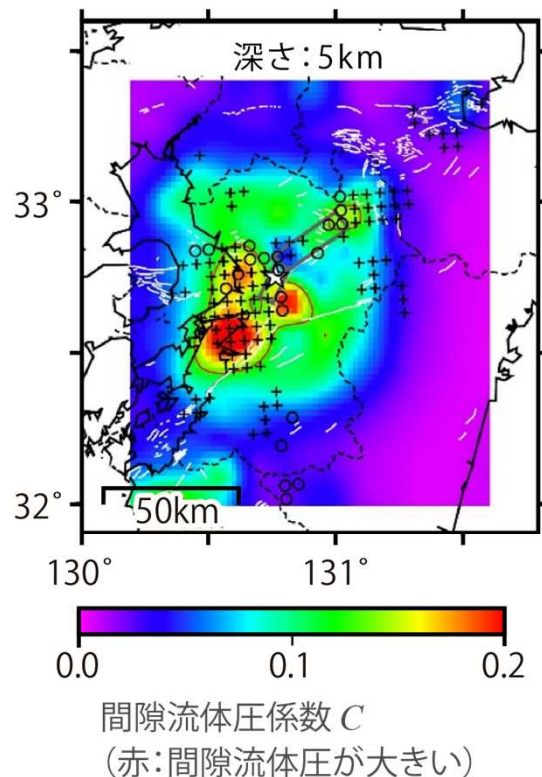
→有効性を確認

新たな観測手法の火山活動モニタリングへの応用が進展

3-1 地震・火山現象の解明のための研究(地震発生を支配する場)

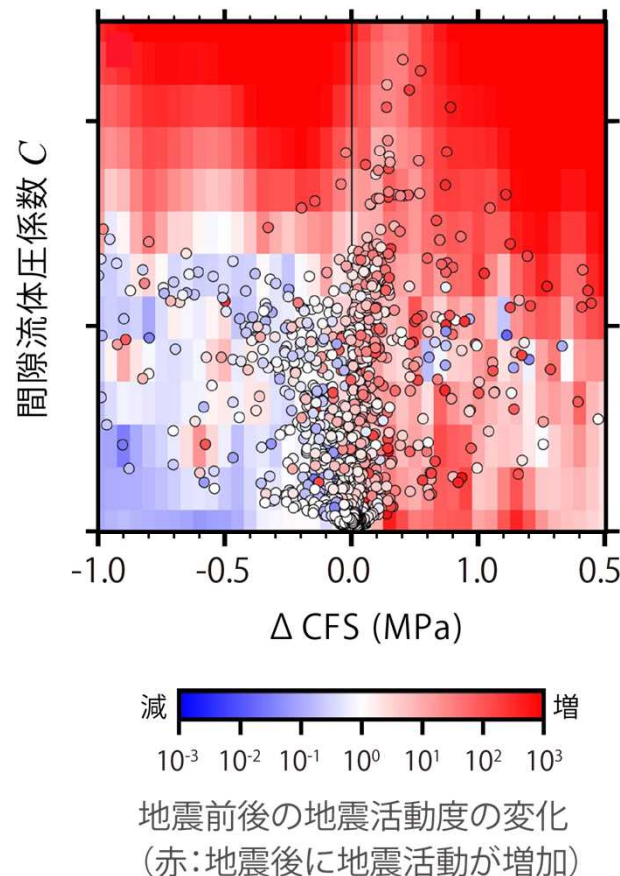
2016年熊本地震前後の地震活動度の変化：応力・間隙流体圧との関係

地震前の間隙流体圧力場と地震活動度の変化



+: 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



地震活動を活発化させる要因

- 断層面の剪断応力の増加
- 断層面の強度の低下
 - 法線応力の低下
 - 間隙流体圧の上昇

- ① 地震時応力変化からクーロン応力の変化(ΔCFS)を計算
- ② 地震メカニズム解から熊本地震前(後)の間隙流体圧を推定

ΔCFS の上昇だけでなく、大地震後の間隙流体圧の上昇により、地震活動が活発化する。

地震発生過程の解明に貢献

再解析により明らかになった
1952年と2003年十勝沖地震の震源過程の違い

震源過程の逆解析

- 共通の構造モデル
 - ・ プレート形状
 - ・ 地下構造モデル
- 共通の観測点
- 波形データ
 - ・ 近地＋遠地

1952年のイベント

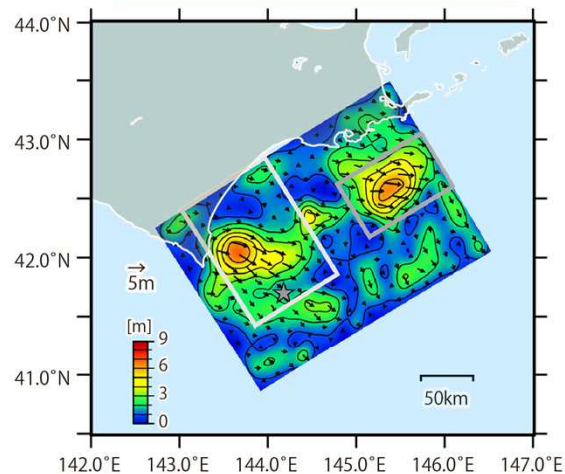
- ・ 十勝沖でのdown-dip方向への破壊
- ・ 厚岸沖への破壊進展

2003年のイベント

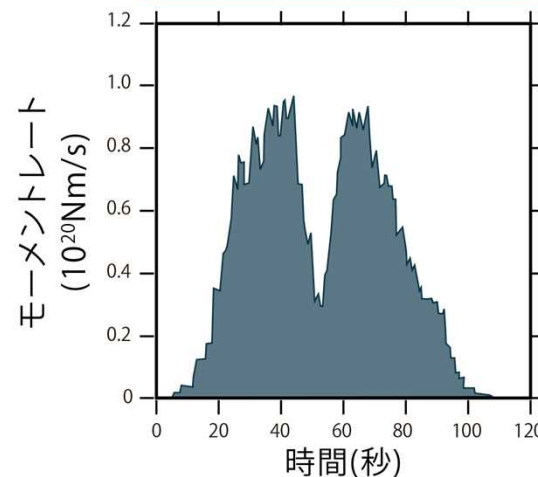
- ・ 十勝沖でのdown-dip方向への破壊のみ

震源モデルの高精度化に貢献

地震時のすべり分布

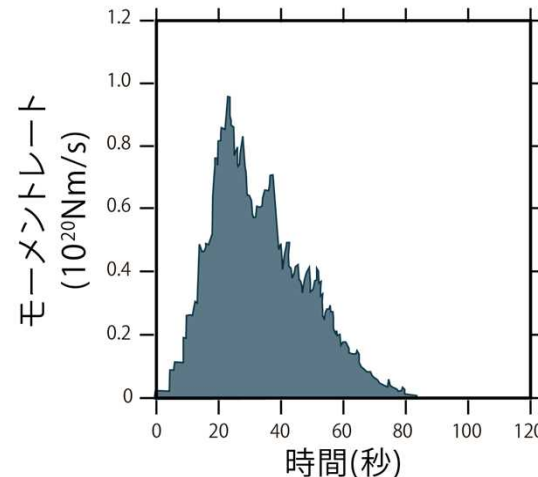
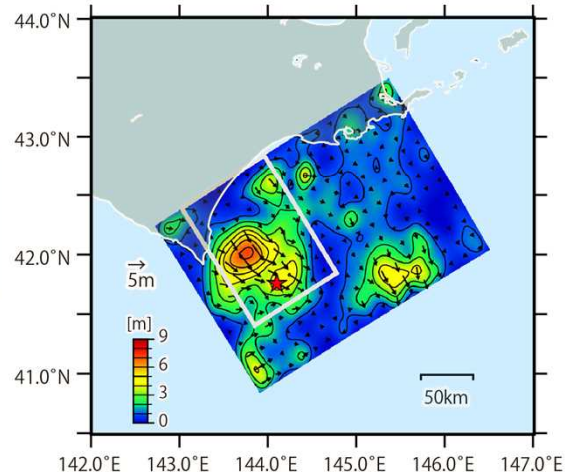


震源時間関数



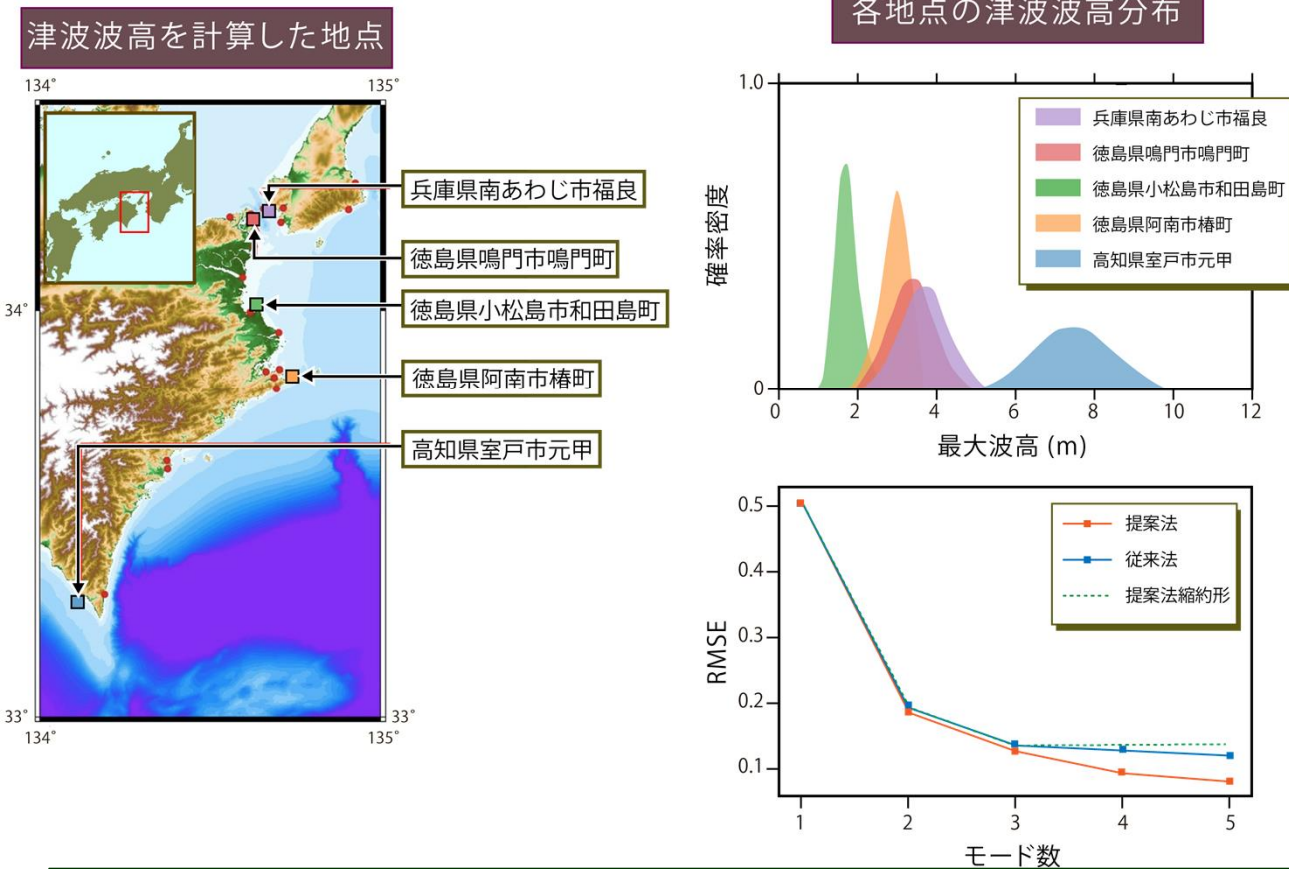
1952年
十勝沖地震
Mw 8.2

2003年
十勝沖地震
Mw 8.1



3-3 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

地震シナリオの不確実性を考慮した津波波高の確率論的評価



- 高性能津波計算コード(JAGURS)による結果
- 数値解析結果を精度よく近似し、代理表現するサロゲートモデル

→両者を組み合わせ、断層パラメータにばらつきがある場合に、津波波高分布を高効率で計算する手法を開発

- すべり角とすべり量に $\pm 25\%$ 以内のばらつきを与えた25例でJAGURSにより波高計算
- 上の計算結果を元に、カーネルリッジ回帰を導入してサロゲートモデル（すべり角とすべり量を変数とする波高の応答曲面）を構築

- すべり角、すべり量を正規分布とした場合の四国および淡路島の5ヶ所における津波波高分布を計算

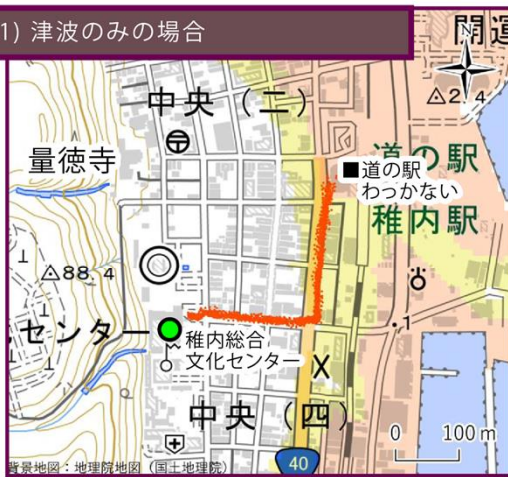
高性能計算とデータ科学（スパースモデリング・サロゲートモデルなど）を融合した津波リスク評価

3-4 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

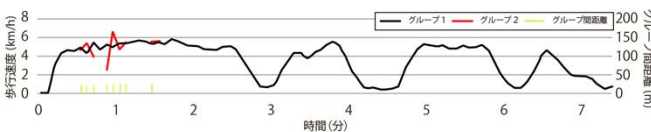
複合災害を想定した避難行動実験

稚内市において、津波発生の場合、津波と土砂災害が発生した場合それぞれの避難行動実験を実施

(1) 津波のみの場合

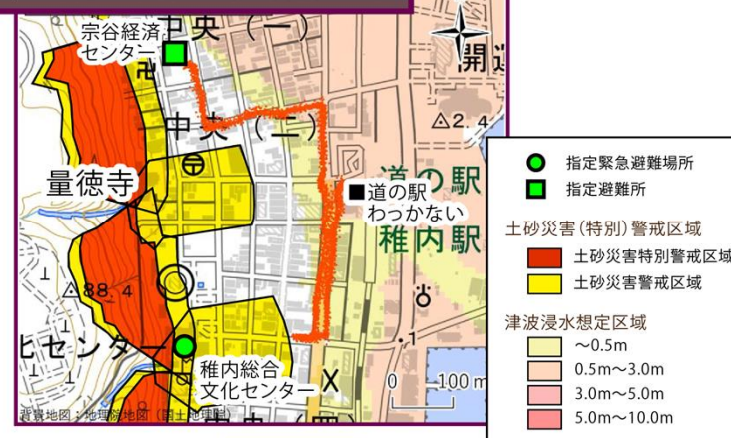


避難経路

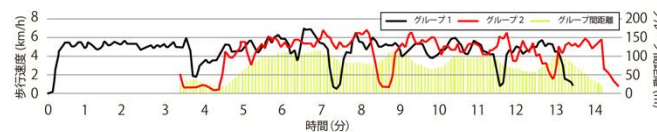


平均歩行速度および分断発生時のグループ間距離

(2) 津波と土砂崩れ(複合災害)の場合



避難経路



平均歩行速度および分断発生時のグループ間距離

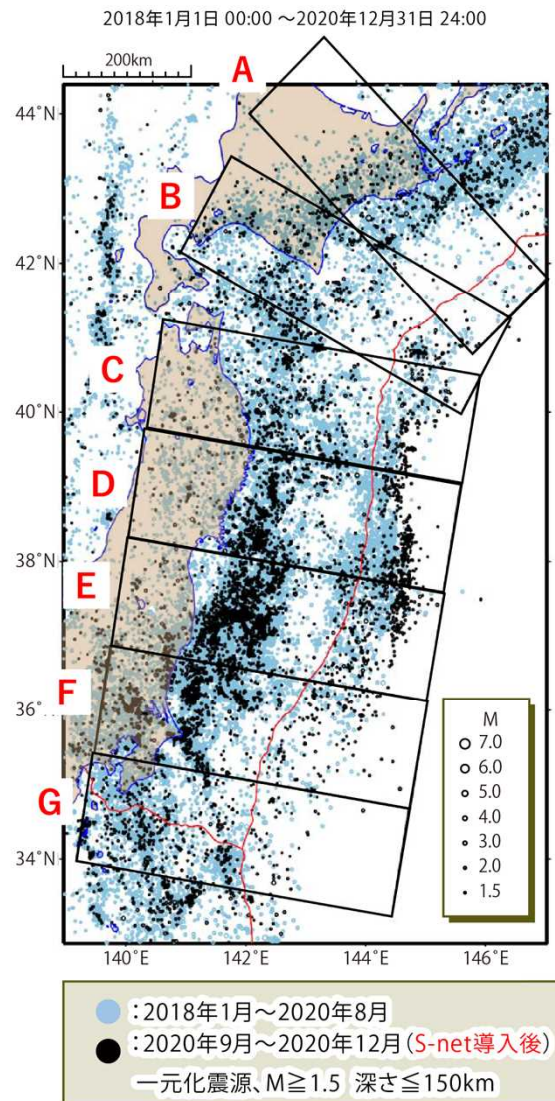
- 複合災害の場合、迅速な避難行動開始が必須
- 事後の防災学習で参加者の意識が変化

- 複合災害を考慮することで新たな課題を確認
- 実験結果を可視化することで参加者への効果的な意識付けが可能

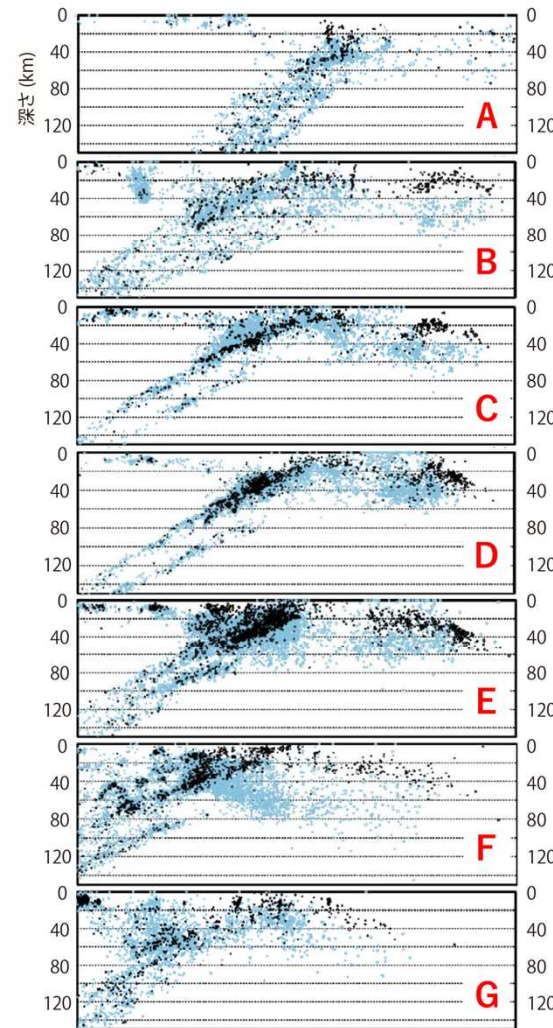
GISを活用した避難行動実験により明らかになった複合災害対応への課題

S-net導入前後の震源分布の比較

3-5 研究を推進するための体制の整備



各矩形領域の断面図 (長辺投影)



- 気象庁は、2020年9月より、**S-net**の地震観測データを取り入れた **震源決定処理**を開始した。
- S-netのデータを用いた場合、震源の深さが**浅くなる傾向**がある(海域で顕著)。

海域の観測点数が増えたことで、
従来よりも**精度よく震源決定**ができるようになった。

海域の地震観測網の整備
による効果

まとめ (1)

1. **2011年東北沖地震の影響**: この地震による応力変化の影響で、震源周辺域においてM7クラスの地震を含めた活発な地震活動が継続中である。長期間の地殻の応答を観測し、その仕組みを理解することが重要である。
2. **重点課題**: 過去の地震の発生履歴のみに依存せず、地震・地殻変動データを取り入れた新しい地震発生予測モデルの開発が進んだ。また、噴火事象の分岐点遷移を表すパラメータ間の相互関係が徐々に明らかになってきた。
3. **文理融合・分野横断の総合研究**: 近代的な観測・実験・数値計算と史料・考古・地質データを組み合わせ、低頻度大規模地震・火山噴火の現象理解や発生履歴の解明が進んだ。

まとめ (2)

4. **海域の地震・地殻変動観測網の整備**: 沈み込み帯で発生する多様な地震現象や構造の解明, 地震・津波発生モデルの構築に大きく貢献し, これらの研究成果は災害軽減へとつながりつつある.
5. **内陸や火山での多項目観測**: 地震の発生において間隙流体が重要な役割を果たすという研究成果が多く得られた. また, 火山における多項目観測データの解析結果や物質科学的データの分析結果の整理が進展した.
6. **防災リテラシー**: 近年の災害を事例にした, 災害復興, 防災対策, 防災教育などの社会対応に関する分析が行なわれた. また, 実務者や有志市民を対象とした教材や研修プログラムの開発および市民が地震・火山・津波災害に関する研究に参加・参画する, オープンサイエンスの手法なども活用した取組も進展している。