

課題1：南海トラフ地震の評価手法高度化と他地域への展開研究

1a：陸海観測データを用いた 地震活動モニタリング

汐見 勝彦（防災科学技術研究所）

実施機関：



防災科研



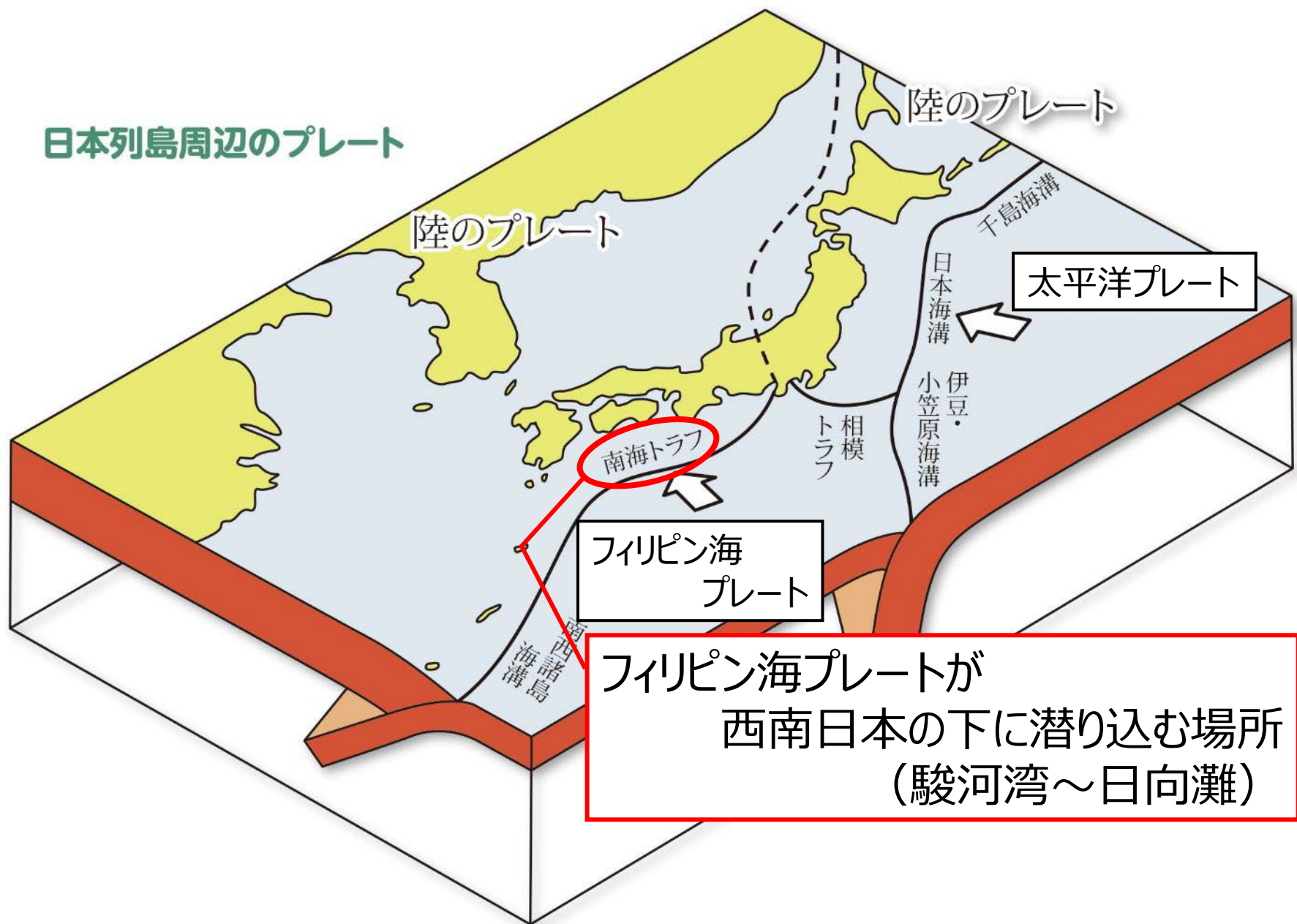
JAMSTEC 国立研究開発法人
海洋研究開発機構
JAPAN AGENCY FOR MARINE-EARTH SCIENCE AND TECHNOLOGY

協力機関：



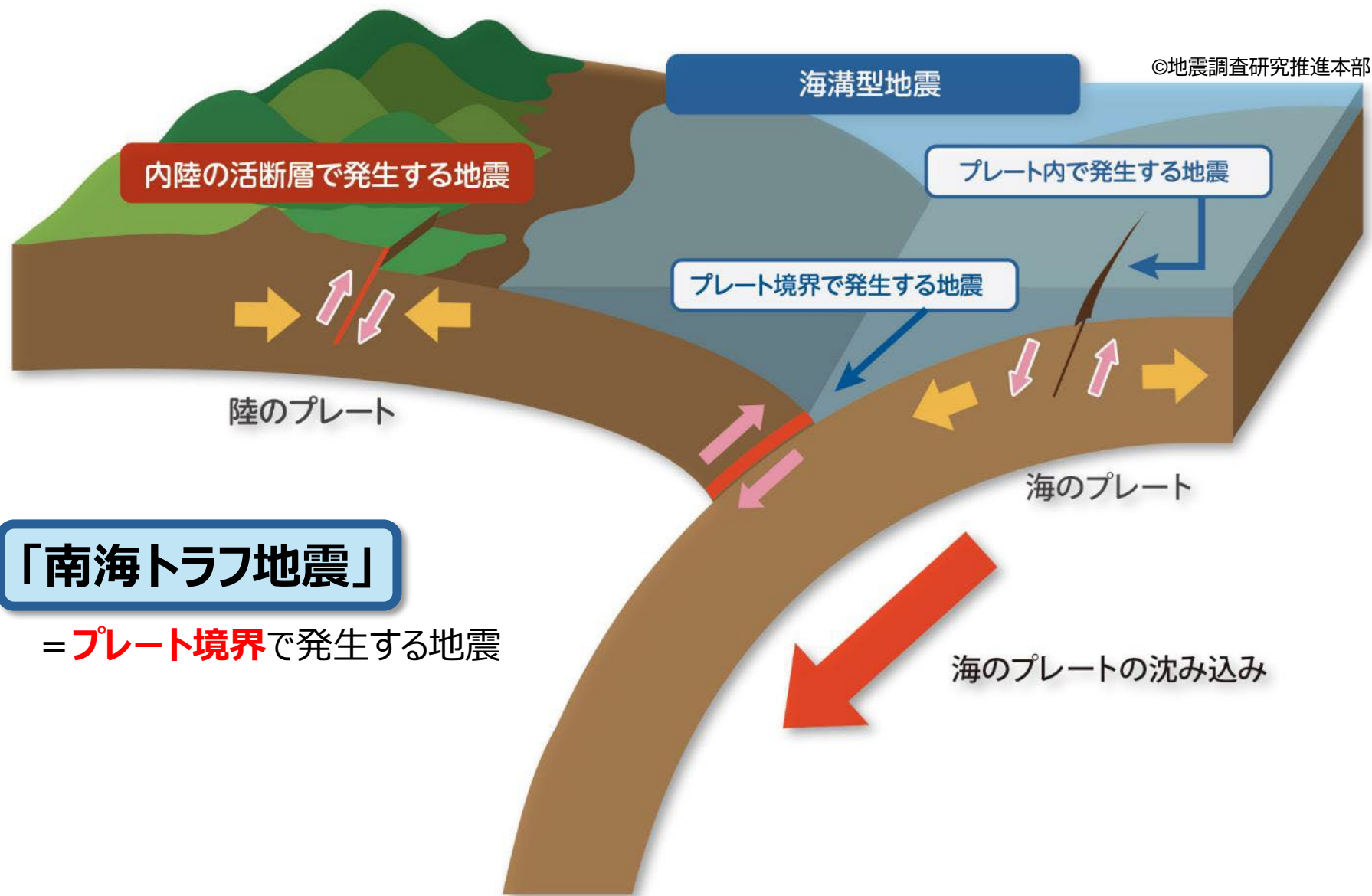
東京大学地震研究所

南海トラフ周辺の地震活動



南海トラフ周辺の地震活動

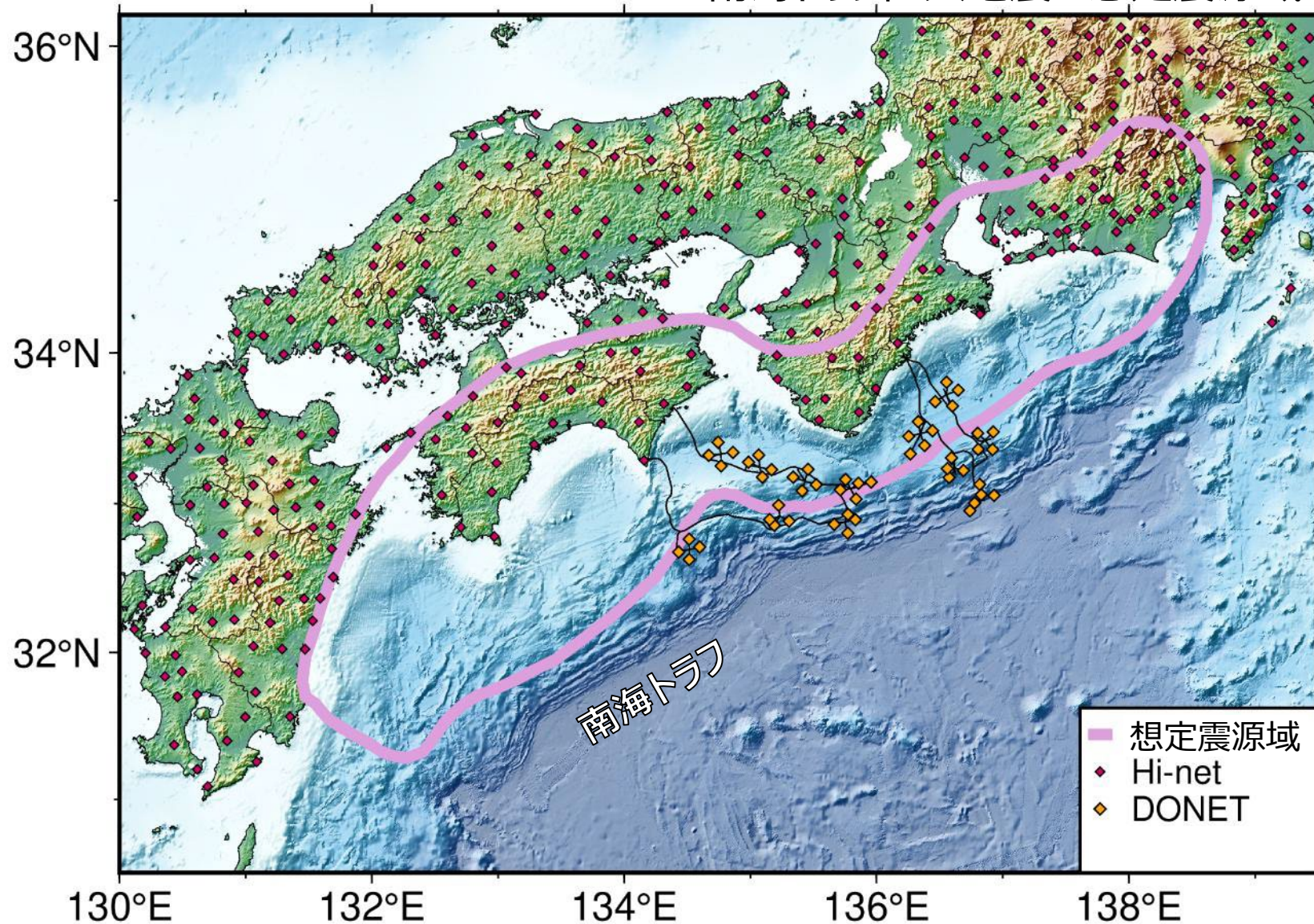
日本列島周辺で発生する地震のタイプ



南海トラフ周辺の「陸海観測データ」

2024年1月時点の防災科研定常観測網と

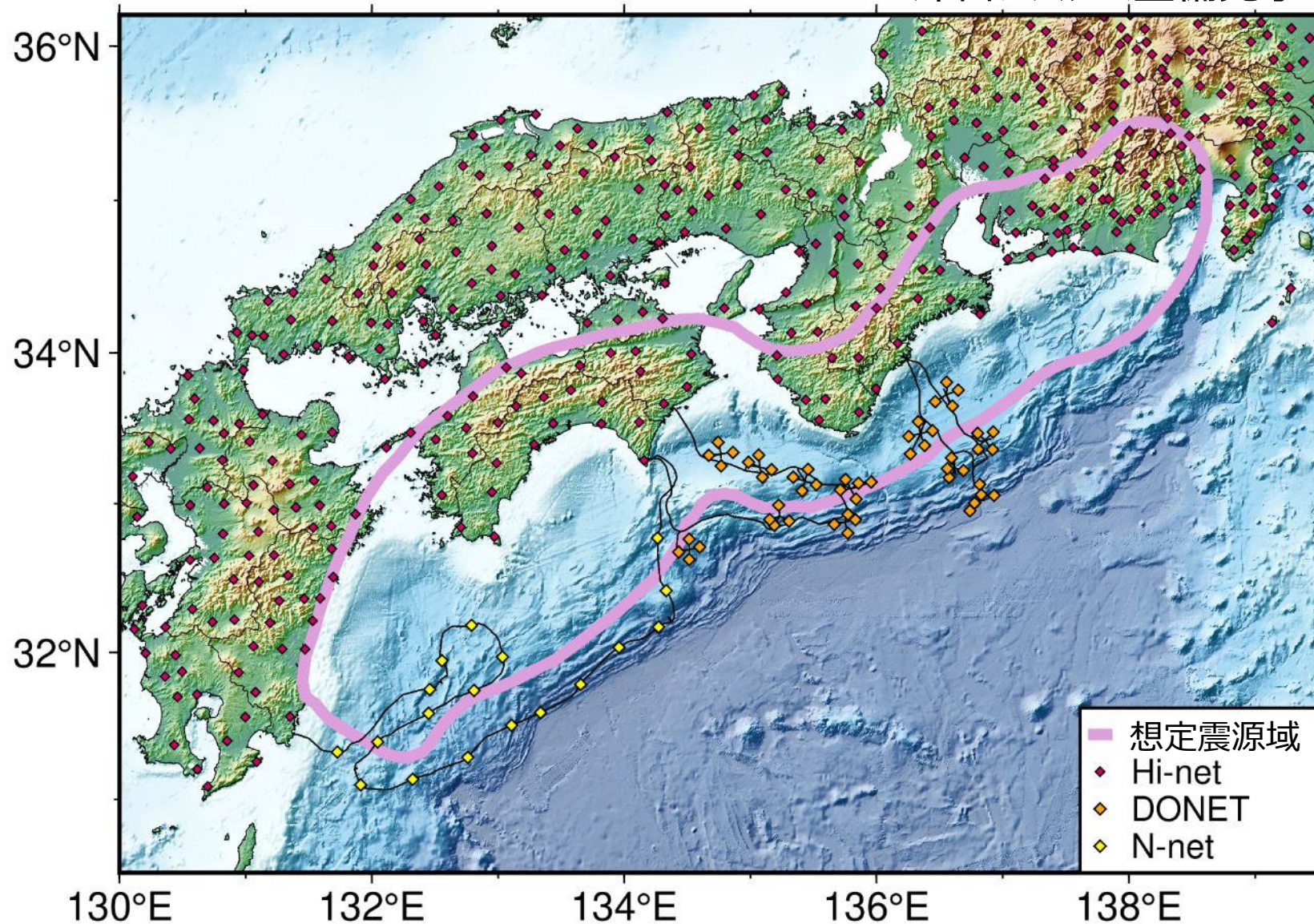
南海トラフ巨大地震の想定震源域



南海トラフ周辺の「陸海観測データ」

2024年7月：南海トラフ海底地震津波観測網（N-net）

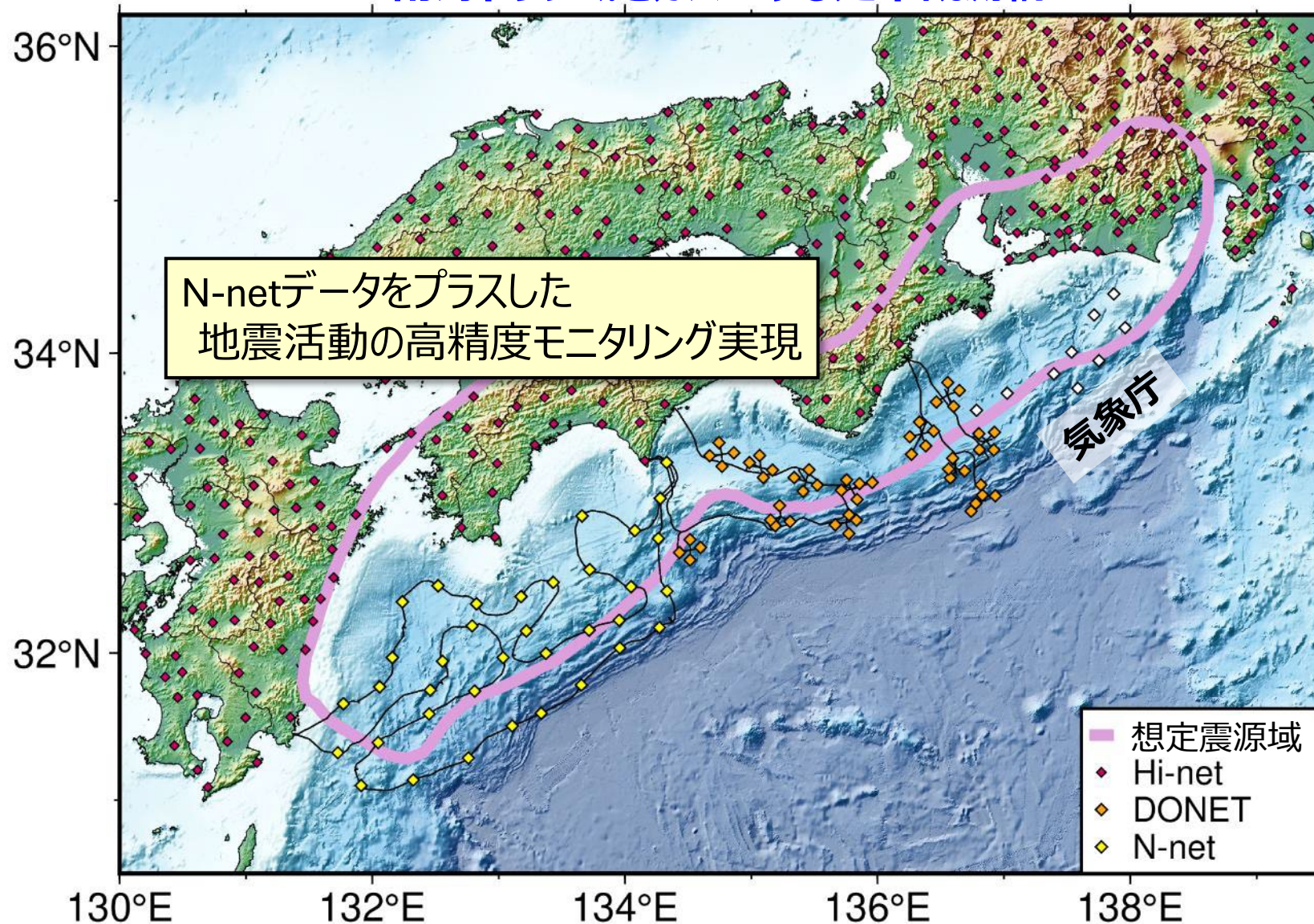
沖合システム整備完了



南海トラフ周辺の「陸海観測データ」

2025年6月：N-net 沿岸システム整備完了

◀ 南海トラフ域をカバーする定常観測網 ▶



「南海トラフ地震臨時情報」

2024年8月8日 日向灘の地震

南海トラフ地震臨時情報（巨大地震注意）を発表

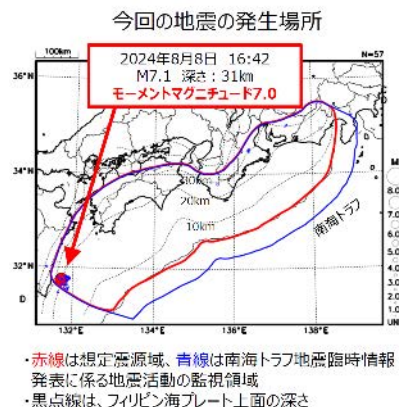
南海トラフ地震の想定震源域では、**新たな大規模地震の発生可能性が平常時と比べて相対的に高まっている**と考えられます

今後、もし大規模地震が発生すると、**強い揺れや高い津波を生じると**考えられます

※新たな大規模地震が発生する可能性は平常時と比べて高まっていますが、特定の期間中に大規模地震が**必ず発生することをお知らせするものではありません**

政府や自治体などからの呼びかけ等に応じた防災対応をとってください

※モーメントマグニチュードは、震源断層のずれの規模を精査して得られるもので、地震発生直後に地震波の最大振幅から計算し津波警報等や地震情報の発表に用いるマグニチュードとは異なります。



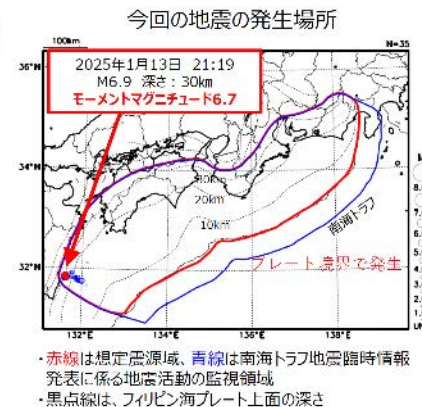
2025年1月13日 日向灘の地震

南海トラフ地震臨時情報（調査終了）を発表

南海トラフ地震の発生可能性が平常時と比べて相対的に高まったと考えられる現象ではありませんでした。

ただし、いつ地震が発生してもおかしくないことに留意し、日頃からの地震への備えを確実に実施しておくことが重要です。

※モーメントマグニチュードは、震源断層のずれの規模を精査して得られるもので、地震発生直後に地震波の最大振幅から計算し津波警報等や地震情報の発表に用いるマグニチュードとは異なります。



2024年8月8日 16:42
M7.1 深さ：31km
モーメントマグニチュード7.0

2025年1月13日 21:19
M6.9 深さ：30km
モーメントマグニチュード6.7

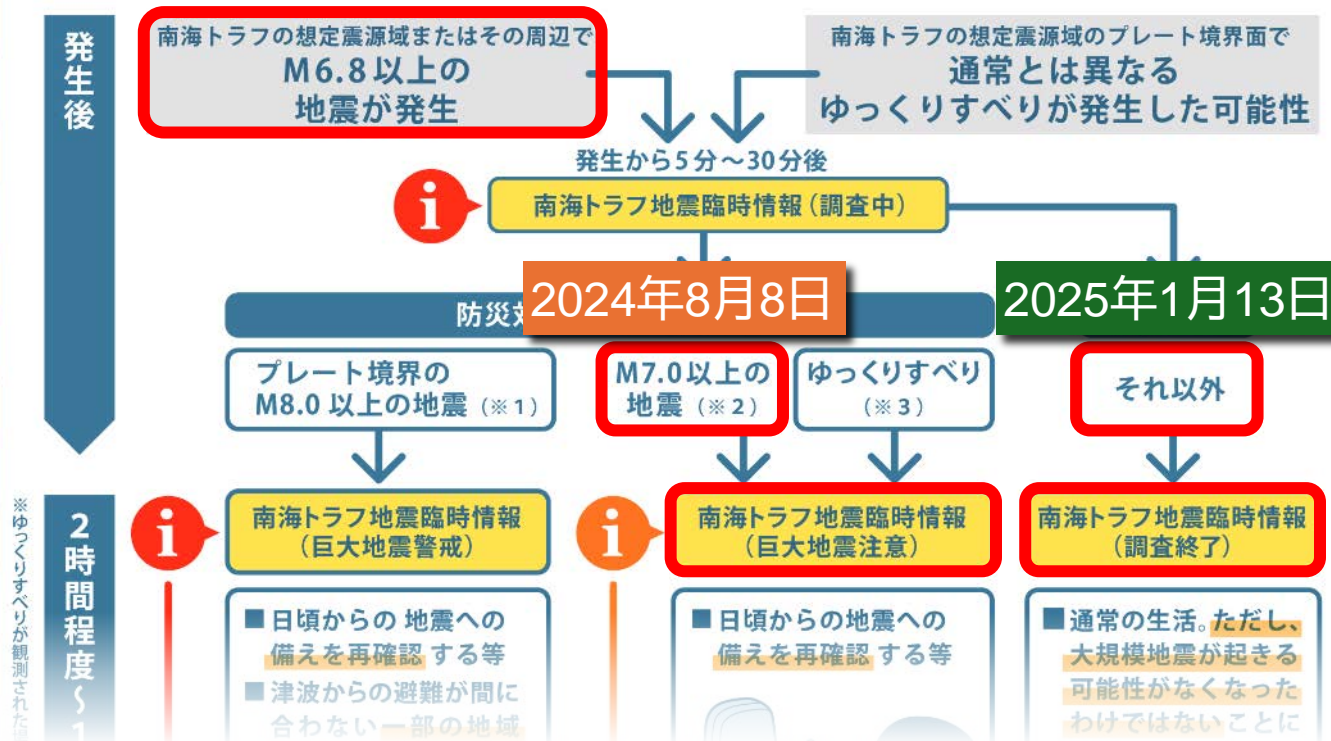
「南海トラフ地震臨時情報」



時間差で発生する巨大地震に備えましょう ～南海トラフ地震臨時情報～

- ・南海トラフ地震の発生可能性が通常と比べて相対的に高まったと評価された場合に気象庁から「南海トラフ地震臨時情報」が発表されます。
- ・政府や地方公共団体などからの呼びかけ等に応じた防災対応をとりましょう。

地震発生後の防災対応の流れ



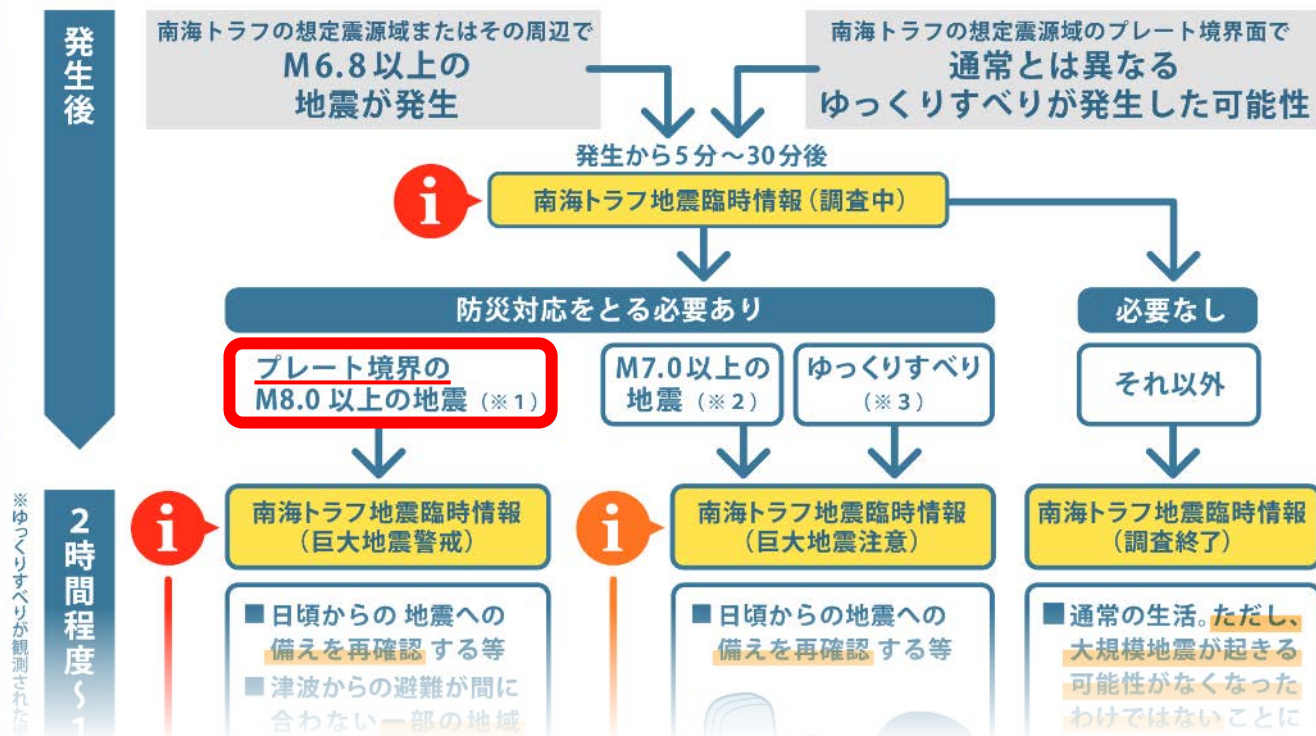
「南海トラフ地震臨時情報」



時間差で発生する巨大地震に備えましょう ～南海トラフ地震臨時情報～

- ・南海トラフ地震の発生可能性が通常と比べて相対的に高まったと評価された場合に気象庁から「南海トラフ地震臨時情報」が発表されます。
- ・政府や地方公共団体などからの呼びかけ等に応じた防災対応をとりましょう。

地震発生後の防災対応の流れ

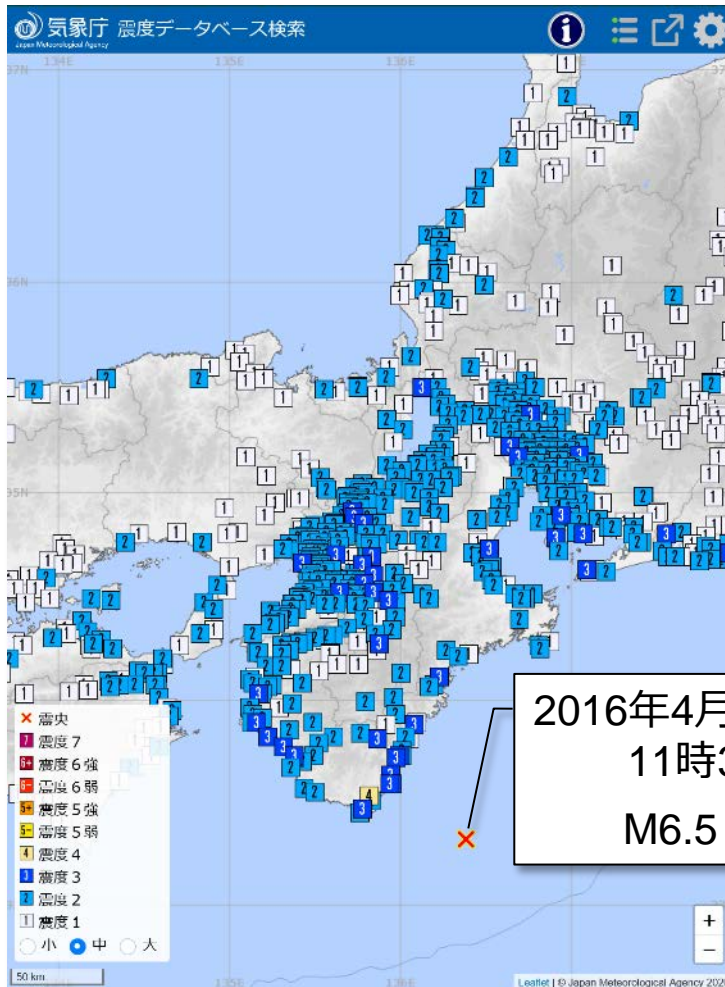


「プレート境界で発生する地震」を評価するために

地震調査研究推進本部地震調査委員会

「2016年3月の地震活動の評価」

(2016年4月11日)

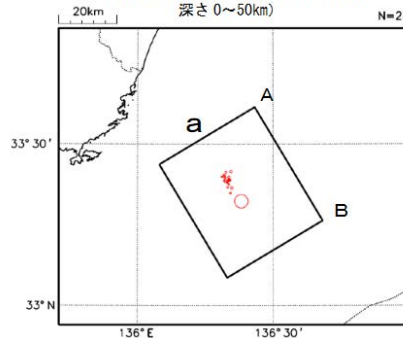


暫定震源(通常処理)

観測点限定 & P相のみ

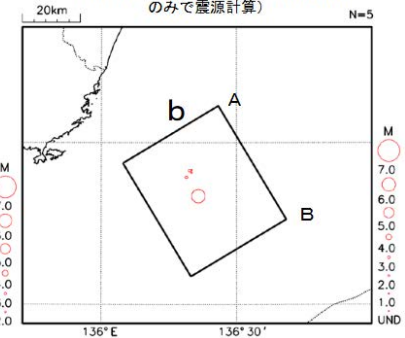
観測点限定前の震央分布図 (暫定震源を表示)

(2016年4月1日~4月2日, $M \geq 2.0$,
深さ 0~50km)

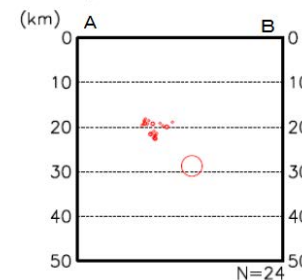


観測点限定後の震央分布図

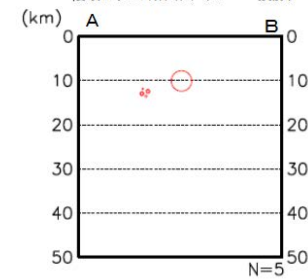
(本震と一部の余震を対象にP相検測値
のみで震源計算)



領域 a 内の断面図 (A-B 投影)



領域 b 内の断面図 (A-B 投影)



気象庁資料

<https://www.static.jishin.go.jp/resource>

海域の地下
構造が複雑

震央直上にDONET観測点があるのに、

正しい震源の深さが (すぐには) 分からなかった

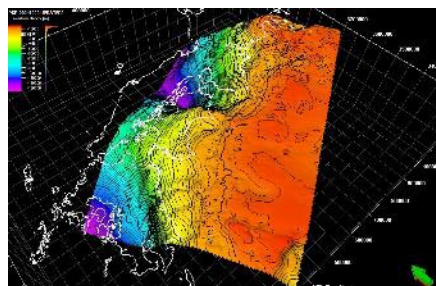
3D地下構造モデルを用いた自動地震活動モニタリング

3D地下構造モデルの構築

これまで

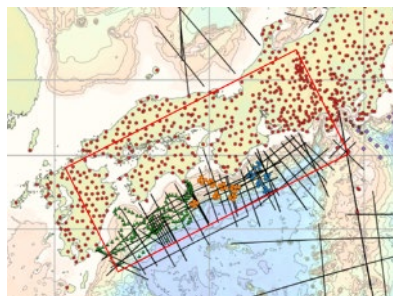
さまざまな実観測データや研究成果を統合

- 三次元（3D）プレート形状モデル
- 地震波速度構造・密度構造モデルを構築



本プロジェクト

- + N-netにより取得されたデータを追加
- + これまでに取り込めていない構造探査データを調査・収集・整理し、追加
- 「南海トラフ3D地下構造モデル」の改良

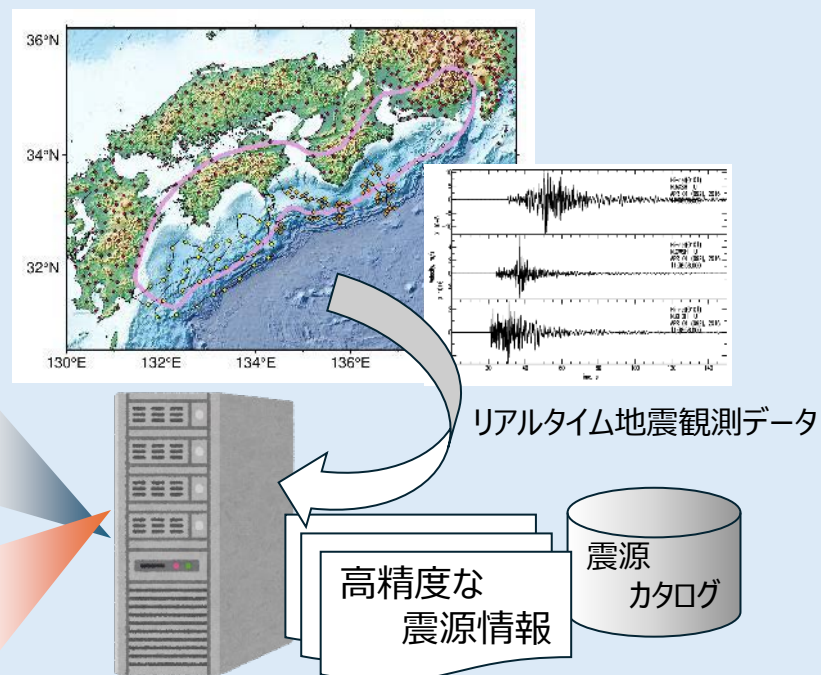


※地震活動推移予測や強震動・津波評価への活用も念頭
※今後の継続的なモデル更新を意識

地震活動自動モニタリングの実施

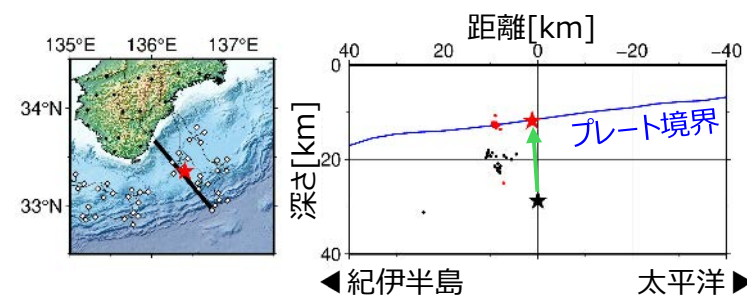
活用

更新



これまで

2016年4月1日紀伊半島南東沖の地震 震源再計算結果（★）



※3D地震波速度構造モデルを使用して、2016年4月1ヵ月の地震の震源位置を再計算

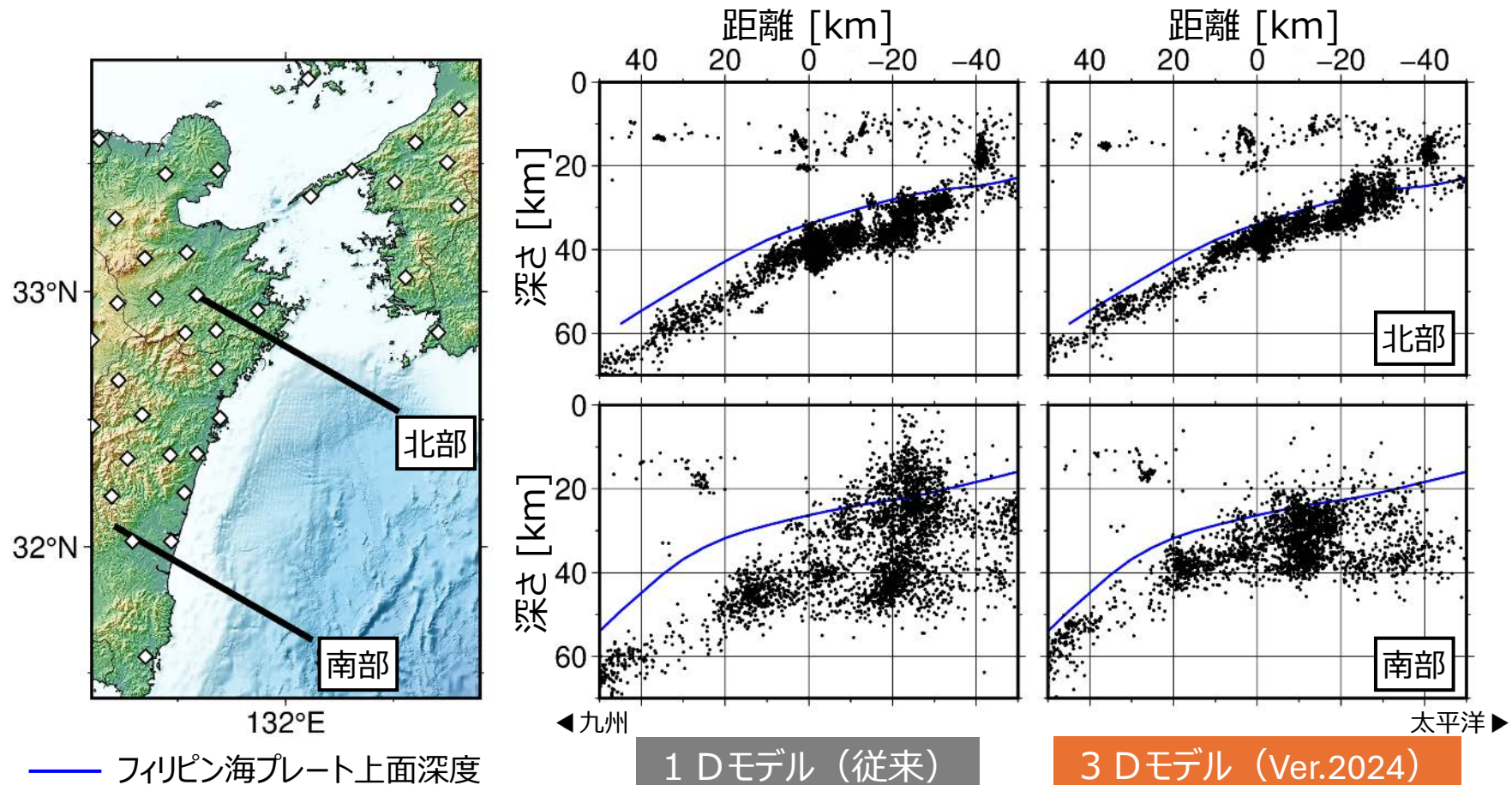
震源位置推定へのN-netの効果 (速報)

地震活動自動モニタリングの実施

本プロジェクト

- 従来の陸域観測データ+DONETデータに、**N-netデータ**を追加
 - 「南海トラフ3D地下構造モデル」を使用
- より高精度な震源情報の推定へ

N-net (沖合システム) 整備前 : 2003/01/01 ~ 2024/03/22 $M \geq 1.5$



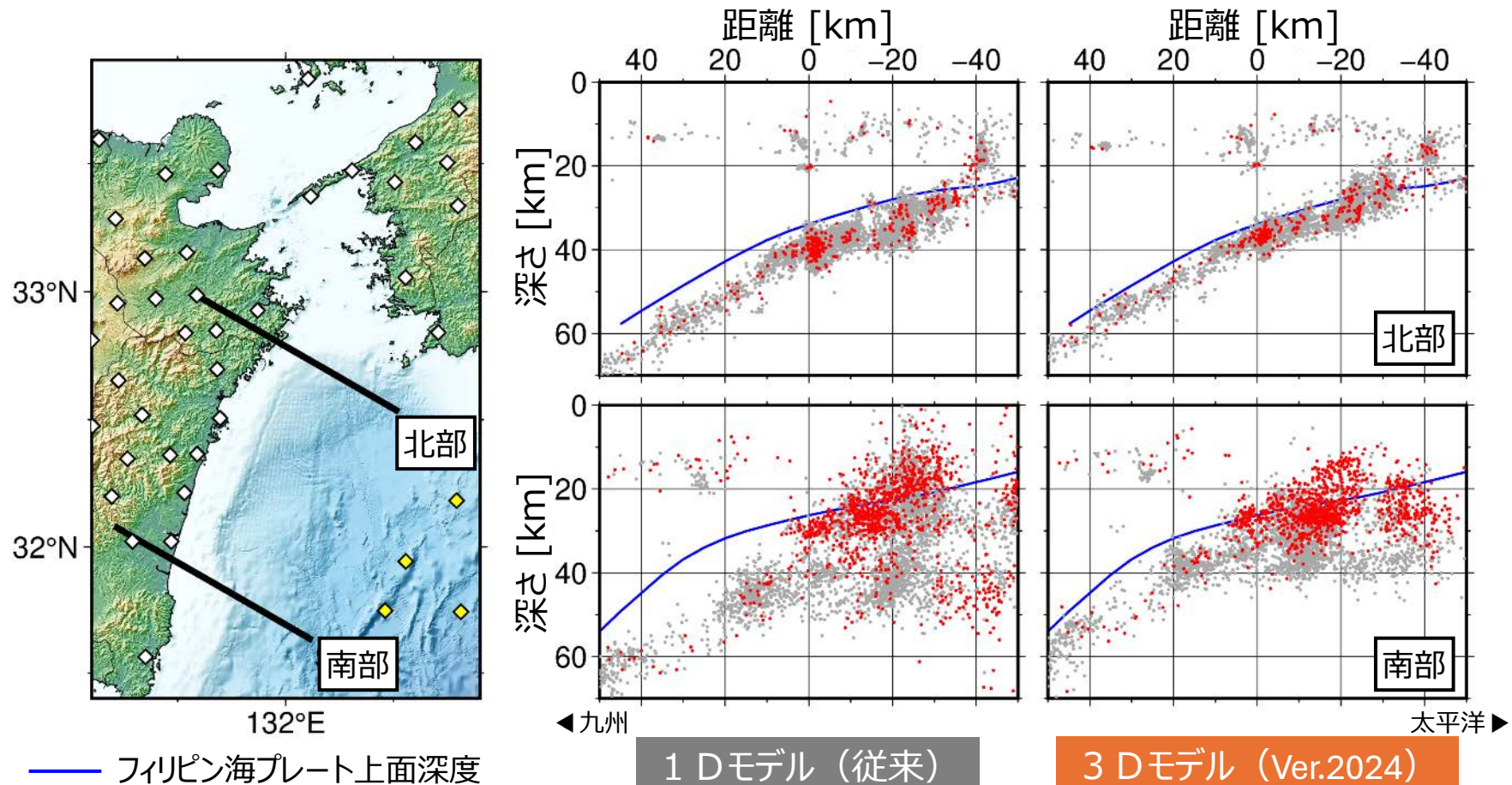
震源位置推定へのN-netの効果 (速報)

地震活動自動モニタリングの実施

本プロジェクト

- 従来の陸域観測データ+DONETデータに、**N-netデータ**を追加
 - 「南海トラフ3D地下構造モデル」を使用
- より高精度な震源情報の推定へ

N-net (沖合システム) 整備後 : 2024/07/01~2025/12/31 M \geq 1.5



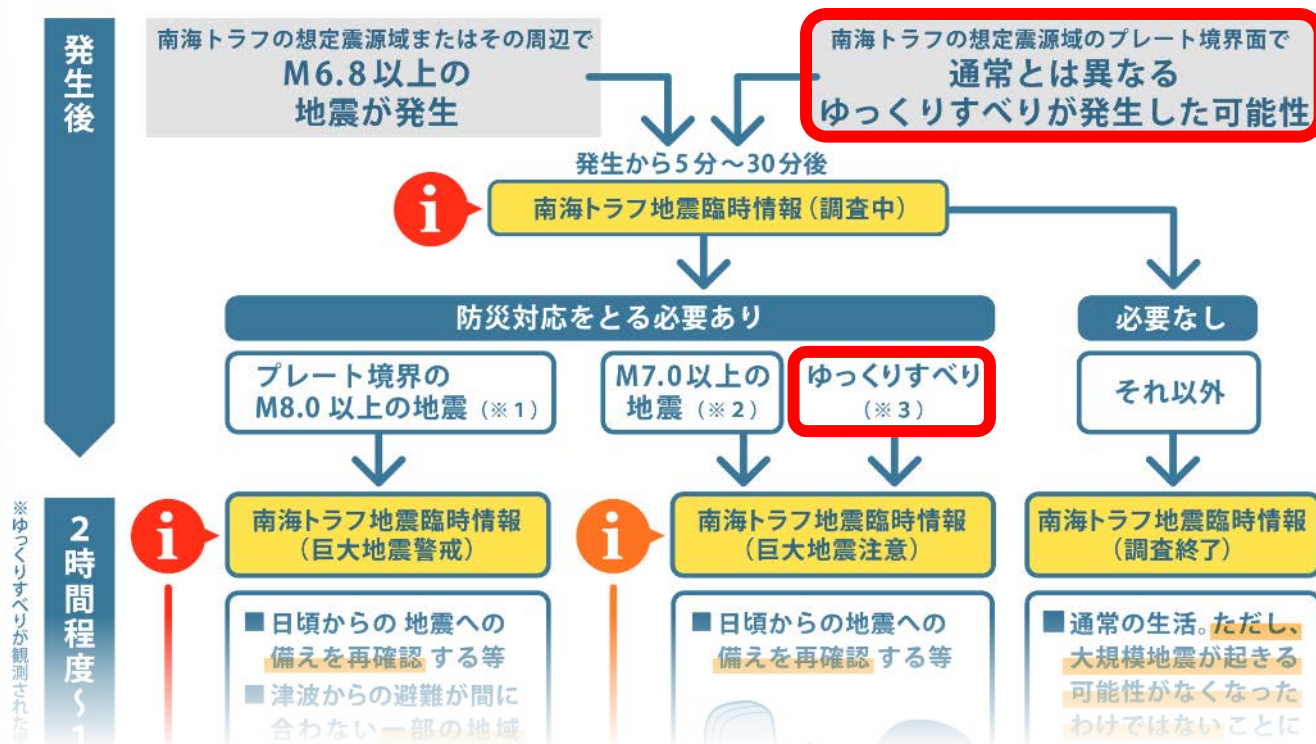
「南海トラフ地震臨時情報」



時間差で発生する巨大地震に備えましょう ～南海トラフ地震臨時情報～

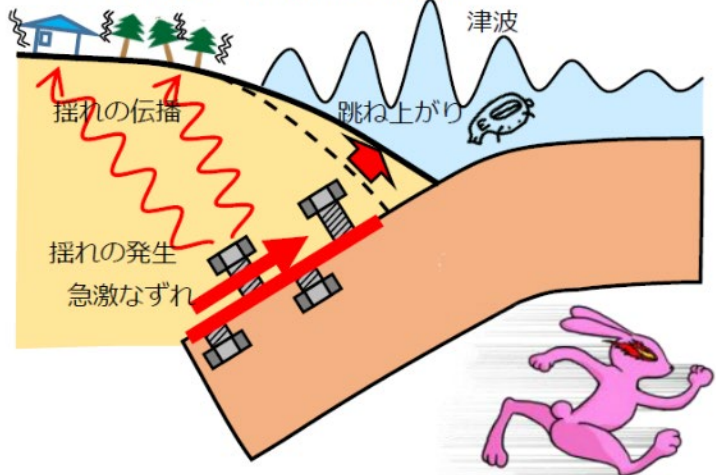
- ・南海トラフ地震の発生可能性が通常と比べて相対的に高まったと評価された場合に気象庁から「南海トラフ地震臨時情報」が発表されます。
- ・政府や地方公共団体などからの呼びかけ等に応じた防災対応をとりましょう。

地震発生後の防災対応の流れ

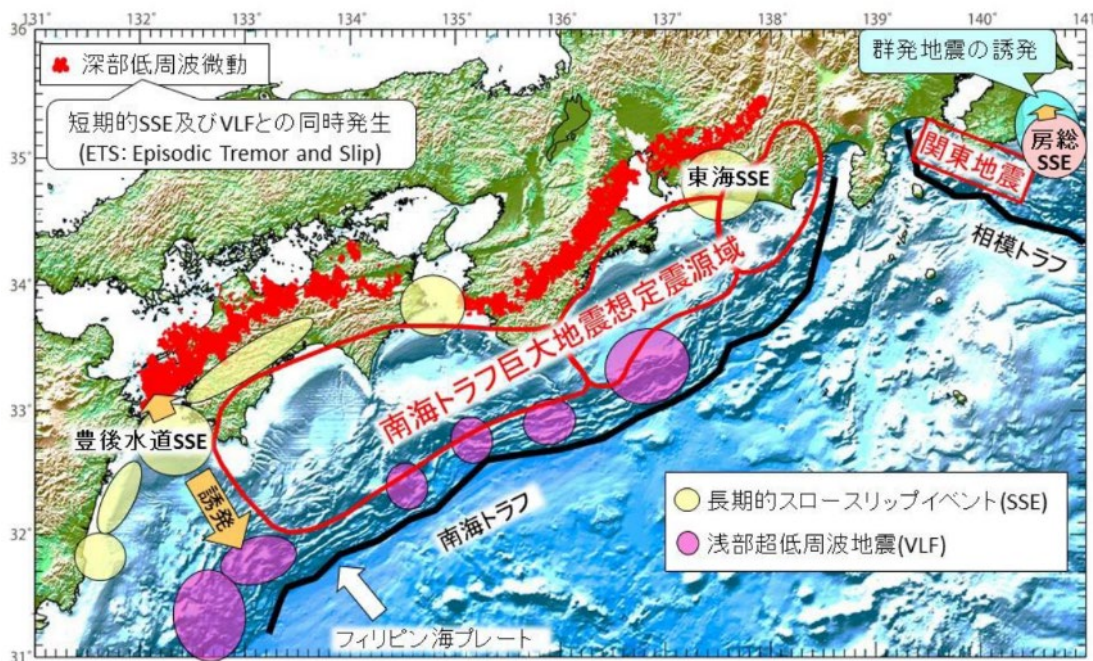
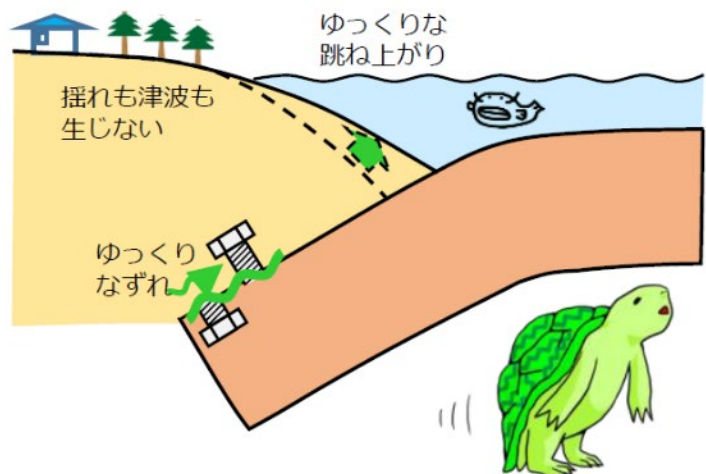


「ゆっくりすべり（スロー地震）」と南海トラフ

②大地震（普通の地震）



③スロー地震



- 南海トラフ巨大地震想定震源域を取り囲むように、様々な種類のスロー地震（ゆっくりすべり）が発生
- 過去の海溝型巨大地震発生前、震源近くでゆっくりすべりが発生

スロー地震活動が、隣接する巨大地震想定震源域に影響を与える可能性

スロー地震（微動）モニタリング

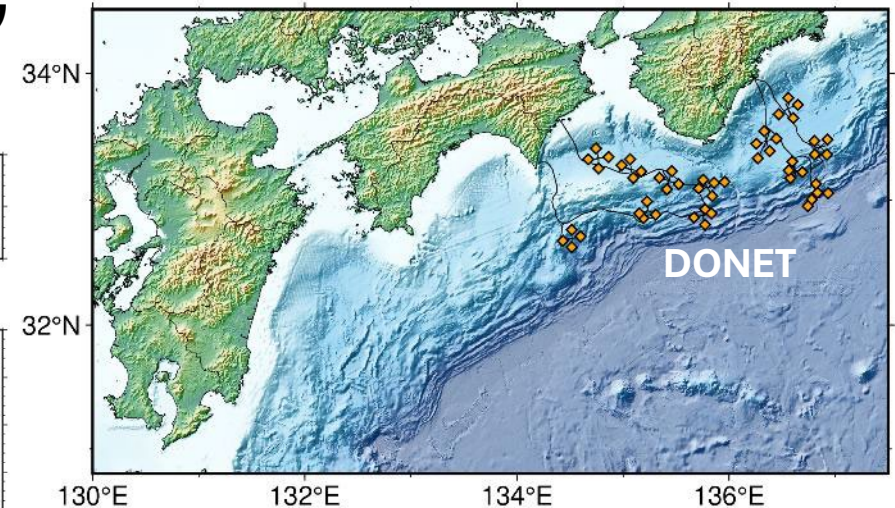
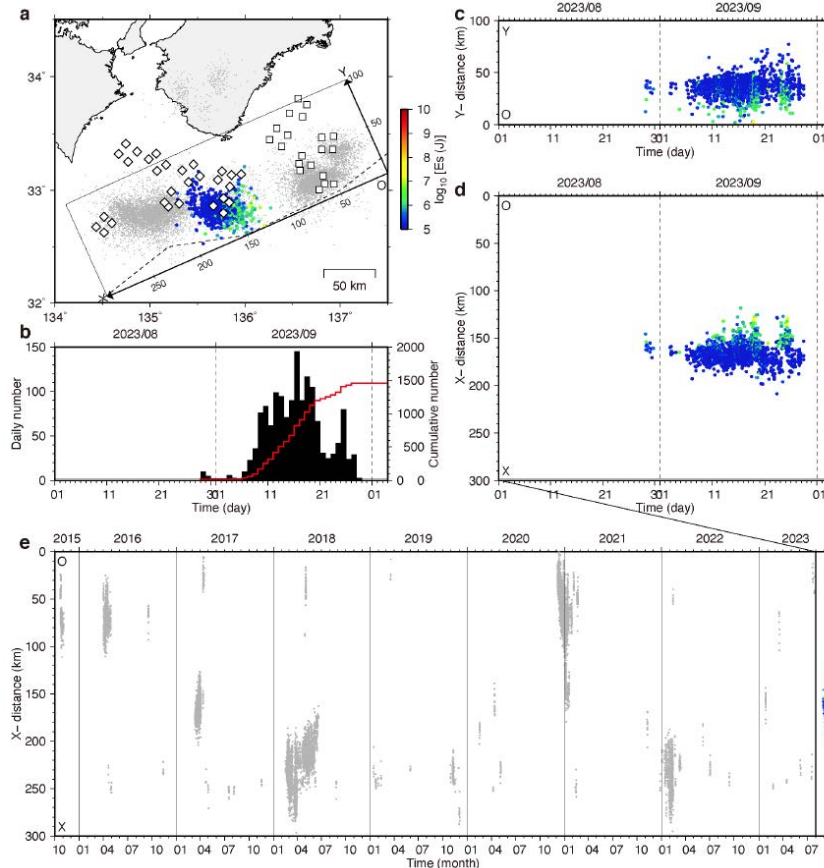
浅部スロー地震活動モニタリングシステムの構築

「通常とは異なるゆっくりすべりが発生した可能性」を検出する

➡まずは、「通常」状態を知る

これまで

■ 海域定常観測（DONET）による微動モニタリングシステムを開発・運用



2015年10月以降に紀伊水道～紀伊半島南東沖のトラフ軸付近で発生した微動活動をカタログ化

➤ 過去の活動状況との対比が可能
(活動範囲, 活動度, 期間, 間隔など)

スロー地震（微動）モニタリング

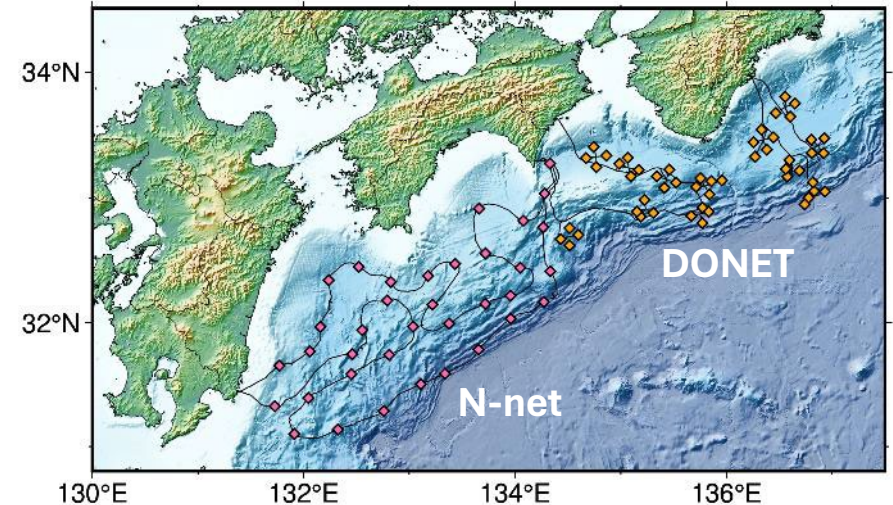
浅部スロー地震活動モニタリングシステムの構築

「通常とは異なるゆっくりすべりが発生した可能性」を検出する

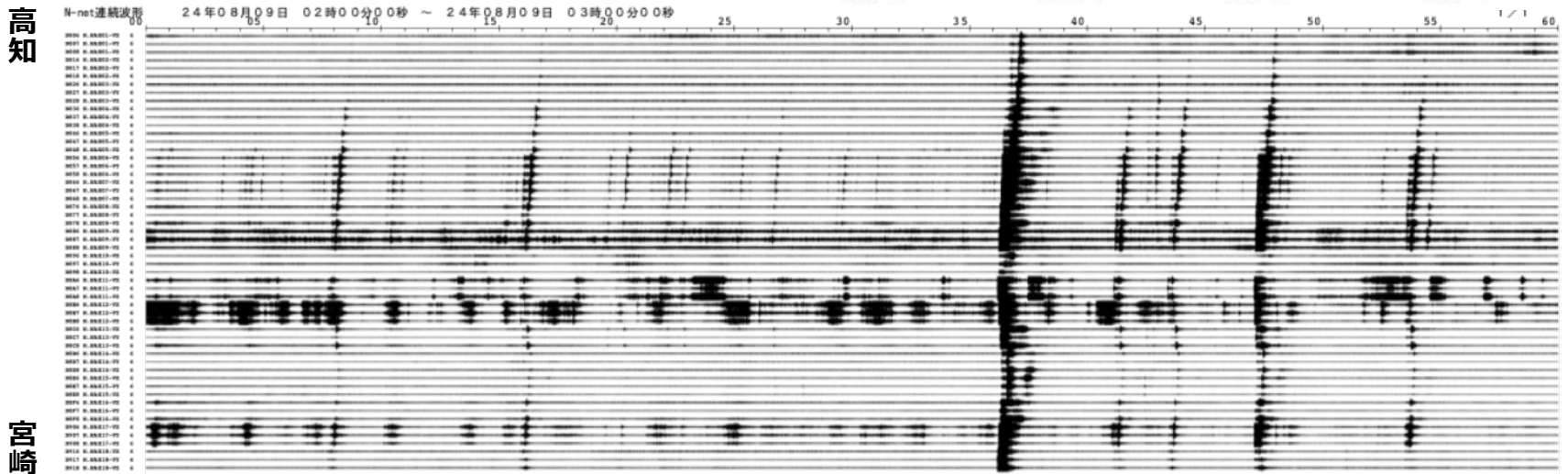
➡まずは、「通常」状態を知る

本プロジェクト

- 海域定常観測（DONET+N-net）による南海トラフ全域での微動モニタリングシステムに拡張、評価
- スロー地震活動＋南海トラフ3D地下構造モデルに基づき、プレート境界の状態把握を行うための研究開発を実施



N-net沖合システム観測波形例
(2024年8月9日午前2時～3時；3成分速度波形)



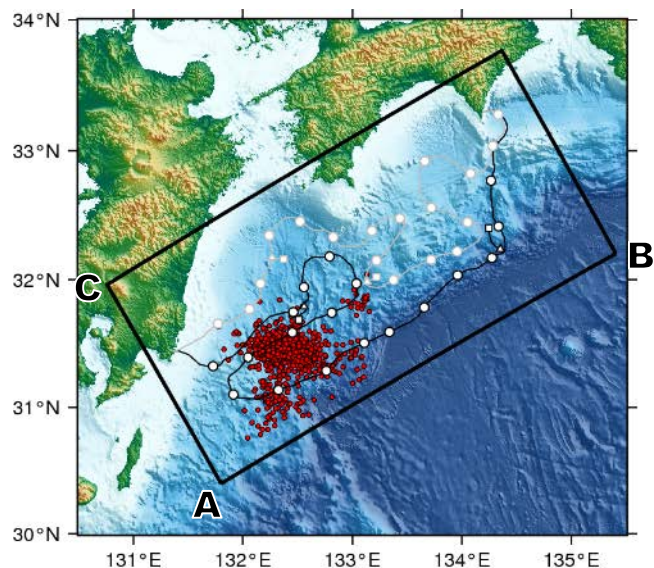
N-netを用いたスロー地震（微動）モニタリング（速報）

浅部スロー地震活動モニタリングシステムの構築

「通常とは異なるゆっくりすべりが発生した可能性」を検出する

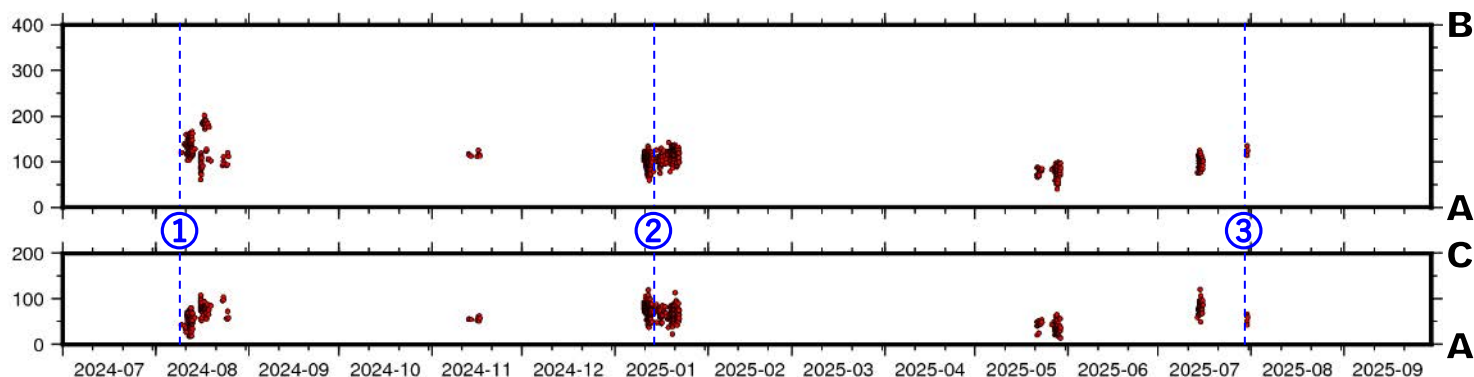
本プロジェクト

- N-net（沖合システム）による微動モニタリングシステムを開発し、試験稼働
- 日向灘で複数回の微動活動を検出



【主な活動時期】

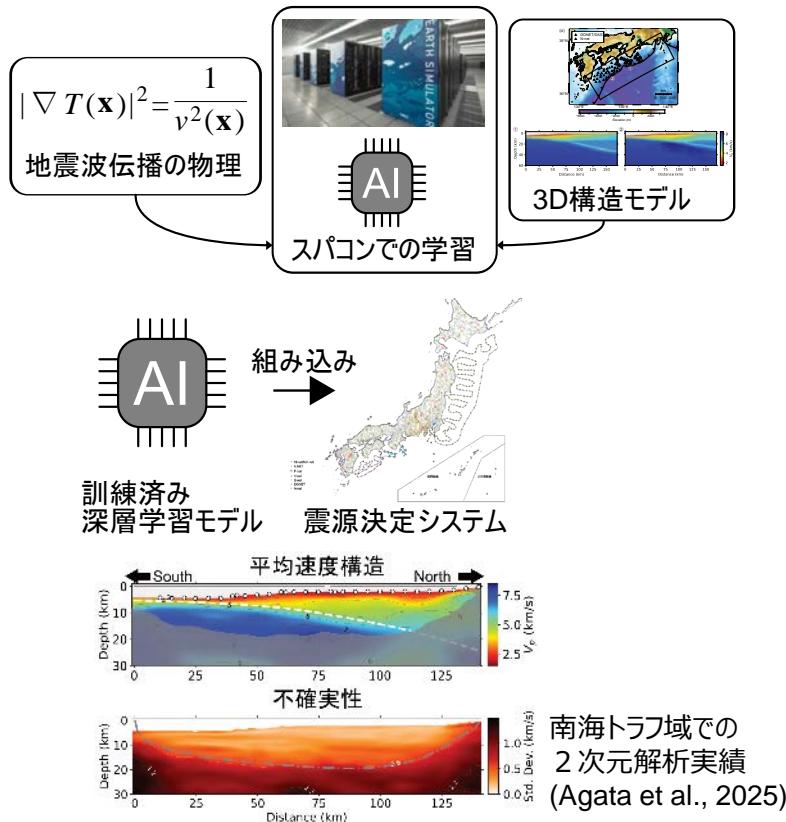
- ・2024年8月8日の日向灘の地震 ① 発生後
- ・2025年1月13日の日向灘の地震 ② 発生前後
- ・2025年5月
- ・2025年7月中旬
- ・2025年カムチャツカ半島地震 (Mw8.8) ③ 後



新たな技術の開発と試験

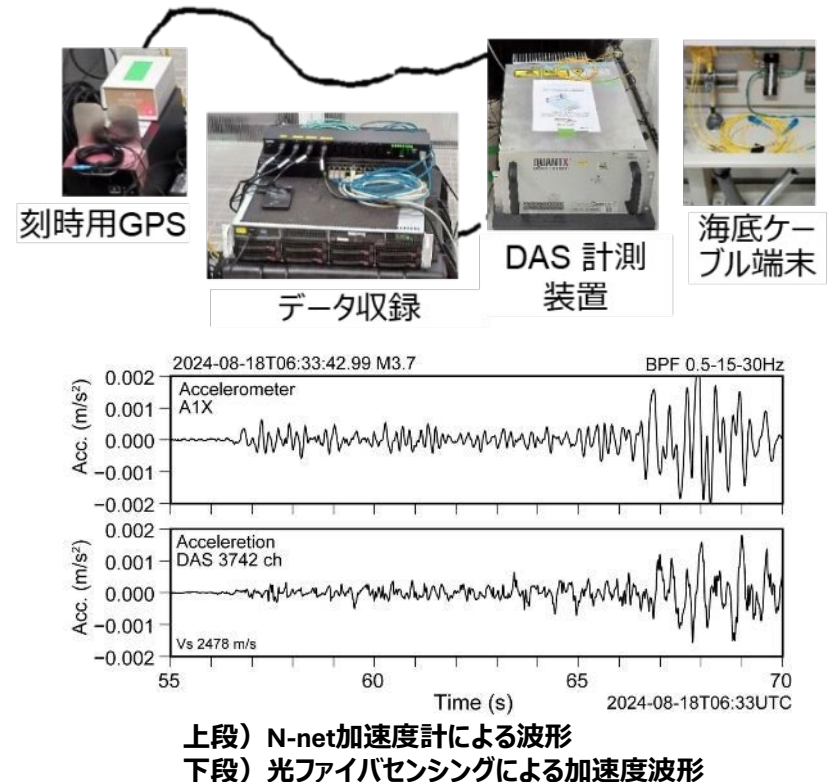
AI学習手法の導入・評価

- 地震波の走時計算を高速に行うためのAI学習手法の開発・高度化
 - ▶ 震源決定システムへの組み込み方法の検討
 - ▶ トモグラフィ解析に拡張。**不確実性の情報を付与した「3D地下構造モデル」**を提案



光ファイバセンシングの導入・評価

- 光ファイバセンシングにより、N-net海域で時空間的に高密度なデータを取得
- N-netの観測データと比較し、光ファイバセンシング手法によるデータを評価
 - ▶ 地震活動の検知力や震源決定精度向上に繋がるシステム構築に向けた技術開発



まとめと期待される成果

南海トラフ域

南海トラフ海底地震津波観測網N-netデータを活用し、スロー地震を含む地震活動情報を高精度に把握

- **3D地下構造モデル**の高度化と公開
 - ▶ 推移予測研究など、他の課題やPJでの活用
- 最新の構造モデルを用いた自動震源決定の実施と評価
- 南海トラフ海域で発生するスロー地震（微動）活動モニタリングの試行
- 長期間にわたる**地震活動カタログ**の構築
 - ▶ 最新の活動を理解するための基礎データ

2025年12月8日 23:15頃
青森県東方沖 Mw7.4

北海道・三陸沖
後発地震注意情報

S-net

日本海溝・千島海溝域

- 南海トラフで開発した技術や得られた知見の展開
- 日本海溝海底地震津波観測網S-netデータの活用
 - 構造探査データの収集・整理と実データに基づく**3D構造モデル**の新規構築
 - 自動震源決定システムや微動モニタリングシステムの拡張と**地震活動カタログ**の構築

N-net

- ◆ 地震本部や気象庁・評価検討会等での現況評価をはじめとする各種評価への活用
- ◆ 地震活動モデル構築やプレート境界面の状態把握研究の促進

1 a 陸海観測データを用いた地震活動モニタリング

【目的】陸域及び海域の定常観測による連続データと三次元地下構造モデルを用い、南海トラフ域及び日本海溝・千島海溝域において、従来よりも高精度な通常の地震及びスロー地震活動の自動モニタリングを実現する

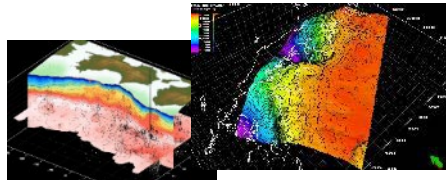
概要

- 最新の構造探査等の結果を活用した三次元（3D）地下構造モデルの構築及び高精度化・最適化
- 通常の地震及びスロー地震活動検出の高度化・高精度化につながるためのシステム整備と結果の評価
南海トラフ域：最適化されたモデルとN-netデータの導入 日本海溝・千島海溝域：新規整備
- 同システムによる長期間の震源カタログを整備

地震活動の現況把握や推移予測に必要な基本データの整備・提供

3D地下構造モデルの構築

- ▶ 南海トラフ域
N-net等、新たなデータ追加による既存モデルの改良
- ▶ 日本海溝・千島海溝域
探査データ等を収集し、新たな3D構造モデルを構築



Arnulf et al. (2022)

試行

新技術開発

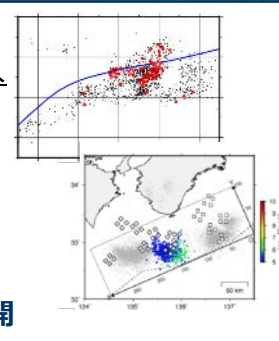
- ▶ 深層学習技術を用いた走時計算手法開発
- ▶ 新たな海域観測データの解析方法の確立

反映

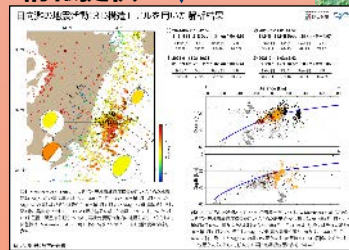
地震活動モニタリング

- 通常地震
最新の3D構造モデル + N-netの導入による震源決定精度向上
- スロー地震
N-net & DONETを用いたスロー地震モニタリングシステム開発による検出力と震源決定精度向上

※ 開発技術を日本海溝・千島海溝域へ展開



情報提供



防災科学技術研究所 (2025)

日本海溝・千島海溝域

展開

南海トラフ域

期待される成果（アウトプット）

- 様々な解析の基盤となる3D地下構造モデル
- 3D地下構造モデルに基づく高精度な震源カタログ
- 地震活動把握や地下構造モデル構築に関する新たな技術

アウトカム

- ◆ 地震本部や気象庁・評価検討会等での現況評価をはじめとする各種評価への活用
- ◆ 地震活動モデル構築やプレート境界面の状態把握研究の促進