

(1) 実施機関名：

気象庁

(2) 研究課題（または観測項目）名：

地震活動・地殻変動監視の高度化に関する研究

(3) 関連の深い建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(2) 地殻活動モニタリングに基づく地震発生予測

ア. プレート境界滑りの時空間変化の把握に基づく予測

(4) その他関連する建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(2) 地殻活動モニタリングに基づく地震発生予測

イ. 地震活動評価に基づく地震発生予測・検証実験

5 計画を推進するための体制の整備

(2) 総合的研究

ア. 南海トラフ沿いの巨大地震

ウ. 千島海溝沿いの巨大地震

(5) 総合的研究との関連：

南海トラフ沿いの巨大地震

千島海溝沿いの巨大地震

(6) 本課題の5か年の到達目標：

プレート境界の固着状態変化を検出するための手法、地殻活動状態の変化を監視する手法を高度化する。また、地震発生シミュレーションにより地震活動履歴の再現と、発生した状態変化の物理的背景の理解を進める。

(7) 本課題の5か年計画の概要：

南海トラフ沿いで発生しているスロースリップについて、すべりの時空間分布を推定するための手法の改良を行う。地殻活動状態の変化を表す地震活動の様々な指標の特徴を調査し、それらを組み合わせた統合的指標を構築する。地震発生シミュレーションにより、千島海溝域について地震活動履歴の再現を行う。また、プレート境界の固着状態変化、地殻活動状況変化の物理的背景について考察する。

(8) 令和3年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

・すべり遅れモデルを用いて、プレート境界大地震の発生シナリオをエネルギーの観点から構築した。新たな指標「残差エネルギー」は、断層すべりにより解放される歪みエネルギーと断層すべりにより散逸するエネルギーの差分として定義され、正の残差エネルギーが地震発生のための必要条件となる。

・S-netを含む日本全国の観測網を用いて自動震源カタログを作成した。自動震源にはノイズ等の誤検知が5%程度含まれるため、機械学習の一種であるアンサンブル学習（ランダムフォレストとAdaBoost）による地震ノイズ識別手法を開発した。その結果、自動震源中のノイズの頻度を約1/5

(全体の1%に相当)に低減できた。ノイズ除去後の2020年1月~8月の自動震源から、日本海溝沿いの微小地震はプレート等深線の深さ20~50 kmに集中しており、等深線10~20 kmのスロー地震とは相補的な分布をしていることを確認した。

・日本の様々なテクトニック環境下の地震活動に対して、前震活動を効率よく識別する「前田法」を適用した場合の予測効率と捉えられた前震活動の特徴を調査した。定常時空間ETASモデルによる予測と比較した結果、前田法の予測効率の方が概ね高く、いずれの地域もターゲット地震前にかけて地震数が加速的に増加する様子を確認した。定常時空間ETASモデルでも(見かけの)前震活動をある程度再現できるが、それだけでは説明ができない何らかの物理現象一例えば、前駆的すべりのような震源核形成過程一を反映した前震活動の特徴を前田法では個数ベースで簡単に抽出することにより、予測効率を高めているといえる。

・背景地震活動の地球潮汐関連情報に基づいた地震予測モデルの有効性について、トンガ・ケルマディック海溝沿いのプレート境界型地震(1977~2020年、Mw 5.5以上、深さ70 km以浅、729個)を対象にMolchanダイアグラムを用いて検証した。その結果、ターゲット規模によっては無作為な予測よりも成績が良くなるケースはあったものの、最大でも確率利得は1.7であり、この地域について潮汐関連情報に基づいた予測モデル単独での実用性は乏しいといえる。言い換えると、ターゲット地震前に必ずしも広域の背景地震活動の潮汐相関が高くなるとはいえないことを示唆する。

・日向灘沿いについて、GNSSを用いた長期的スロースリップの客観検知処理を開発した。

・すべり分布推定に、ひずみ計データと傾斜データによるジョイントインバージョンを使えるよう改良した。

・DONETを用いた最大振幅とエンベロープ相関のハイブリッド法による浅部低周波微動検出プログラムを開発した。

・マグニチュード頻度分布に関するb値等のパラメータや、潮汐と地震発生の相関を表すパラメータを指標として、地震活動の異常度を定量的に評価する手法について検討を行った。

・東海大学と共同で駿河湾において海底地震観測を行った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況

(9) 令和3年度の成果に関連の深いもので、令和3年度に公表された主な成果物(論文・報告書等) :

・論文・報告書等

Noda, A., T. Saito, E. Fukuyama, and Y. Urata, 2021, Energy-based scenarios for great thrust-type earthquakes in the Nankai trough subduction zone, southwest Japan, using an interseismic slip-deficit model, *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 126, e2020JB020417

Tamaribuchi, K., F. Hirose, A. Noda, Y. Iwasaki, K. Iwakiri, and H. Ueno, 2021, Noise classification for the unified earthquake catalog using ensemble learning: the enhanced image of seismic activity along the Japan Trench by the S-net seafloor network, *Earth Planets Space*, 73, 91

気象研究所, 2021, 全国GNSS観測点のプレート沈み込み方向の位置変化, *地震予知連絡会会報*, 105, 37-41

気象研究所, 2021, 南海トラフ沿いの長期的スロースリップの客観検知, *地震予知連絡会会報*, 105, 373-377

気象研究所, 2021, 内陸部の地震空白域における地殻変動連続観測, *地震予知連絡会会報*, 105, 378-381

Hirose, F., K. Tamaribuchi, and K. Maeda, 2021, Characteristics of Foreshocks Revealed by an Earthquake Forecasting Method Based on Precursory Swarm Activity, *J. Geophys. Res.: Solid Earth*, 126, e2021JB021673, 10.1029/2021JB021673

Hirose, F., K. Maeda, and O. Kamigaichi, 2022, Efficiency of earthquake forecast models based on earth tidal correlation with background seismicity along the Tonga-Kermadec trench, *Earth Planets Space*, 74, 10, 10.1186/s40623-021-01564-4

・学会・シンポジウム等での発表

Noda, A., and T. Saito, 2021, Energy-based method to generate rupture scenarios for megathrust earthquakes in the Nankai trough subduction zone, southwest Japan: A necessary condition for earthquake generation, *AGU Fall Meeting 2021*

Noda, A., and T. Saito, 2021, Energy-based scenarios for megathrust earthquakes in the Nankai

trough subduction zone, southwest Japan, International Joint Workshop on Slow Earthquakes 2021

Tamaribuchi, K. and M. Ogiso, 2021, Shallow low frequency earthquake monitoring system based on envelope cross-correlation and amplitude, International Joint Workshop on Slow Earthquakes 2021

Tanaka, M., 2021, Relationship Between the Moderate Repeating Earthquakes and the Larger-scale Earthquakes on the Trench Side, AOGS2021 VIRTUAL 18th Annual Meeting

溜瀧功史, 小木曾仁, 野田朱美, 2022, 浅部低周波地震モニタリングシステムの構築, 東京大学地震研究所共同利用研究集会「固体地球科学的諸現象のリアルタイム監視予測システムと利活用」

小木曾仁, 溜瀧功史, 2021, 地震波振幅の空間分布から推定した紀伊半島南東沖で発生する浅部低周波微動の時空間分布: 2020年12月から2021年1月, 日本地震学会2021年度秋季大会

松原誠, 汐見勝彦, 馬場久紀, 佐藤比呂志, 西宮隆仁, 2021, 駿河トラフから東海地域に沈み込むフィリピン海プレート形状, 日本地震学会2021年度秋季大会

溜瀧功史, 小木曾仁, 2021, エンベロープ相関と振幅に基づく浅部低周波地震モニタリングシステム, 日本地震学会2021年度秋季大会

野田朱美, 齊藤竜彦, 2021, 測地データと地震データを併用した非弾性変形の解析: 新潟神戸変形集中帯への適用, 日本地震学会2021年度秋季大会

弘瀬冬樹, 前田憲二, 2021, 背景地震活動の地球潮汐相関情報に基づく地震予測モデルの効率: トンガ・ケルマディック海溝沿いのプレート境界型大地震に対して, 日本地震学会2021年度秋季大会

永田広平, 溜瀧功史, 弘瀬冬樹, 野田朱美, 2021, 日本海溝沿いの地震活動の規模別頻度分布に関する指標値の地域特性とプレート間のすべり現象との比較, 日本地震学会2021年度秋季大会

田中昌之, 2021, 中規模繰り返し相似地震と周辺の規模の大きな地震との態様について, 日本地球惑星科学連合2021年大会

露木貴裕, 2021, 天竜船明レーザーひずみ計による地殻変動観測, 日本地球惑星科学連合2021年大会

永田広平, 溜瀧功史, 弘瀬冬樹, 野田朱美, 2021, 統合的な地殻活動指標の構築に向けて — “ふつう”の地震活動の特徴抽出—, 日本地球惑星科学連合2021年大会

永田広平, 野田朱美, 溜瀧功史, 弘瀬冬樹, 2021, せん断ひずみエネルギー変化はb値を変化させるか—熊本地震及び西南日本のプレート間固着を例に—, 日本地球惑星科学連合2021年大会

#### (10) 令和3年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報:

項目: 地震: 地殻変動: ひずみ計観測

概要: 石井式三成分ひずみ計の常時観測を行った。

既存データベースとの関係:

調査・観測地域: 福井県敦賀市山泉 35.6178 136.0700

調査・観測期間: 昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況: 公開中 (データベース・データリポジトリ・Web)

<https://crust-db.sci.hokudai.ac.jp/db/login.php>

項目: 地震: 地殻変動: ひずみ計観測

概要: 石井式三成分ひずみ計の常時観測を行った。

既存データベースとの関係:

調査・観測地域: 滋賀県高島市今津 35.4217 136.0144

調査・観測期間: 昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況: 公開中 (データベース・データリポジトリ・Web)

<https://crust-db.sci.hokudai.ac.jp/db/login.php>

項目: 地震: 地震: 海底地震観測

概要: 駿河湾において自己浮上式海底地震観測を行った。

既存データベースとの関係:

調査・観測地域: 静岡県 34.6923 138.5584

調査・観測期間: 昨年度より継続-次年度も継続予定

公開状況: 公開留保中 (協議のうえ共同研究として提供可)

(11) 令和4年度実施計画の概要：

- ・海底地震観測網を活用した浅部低周波微動の検出手法の改良を行う。
- ・大地震発生後の余効変動の逐次推定・除去処理を開発する。
- ・地震発生シミュレーションについてメッシュ細分化、計算速度高速化を行う。
- ・東海大学と共同で海域の地震観測を行う。
- ・地震活動に関する指標を重ね合わせ、統合的な指標として地殻活動を評価する手法を構築する。

(12) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

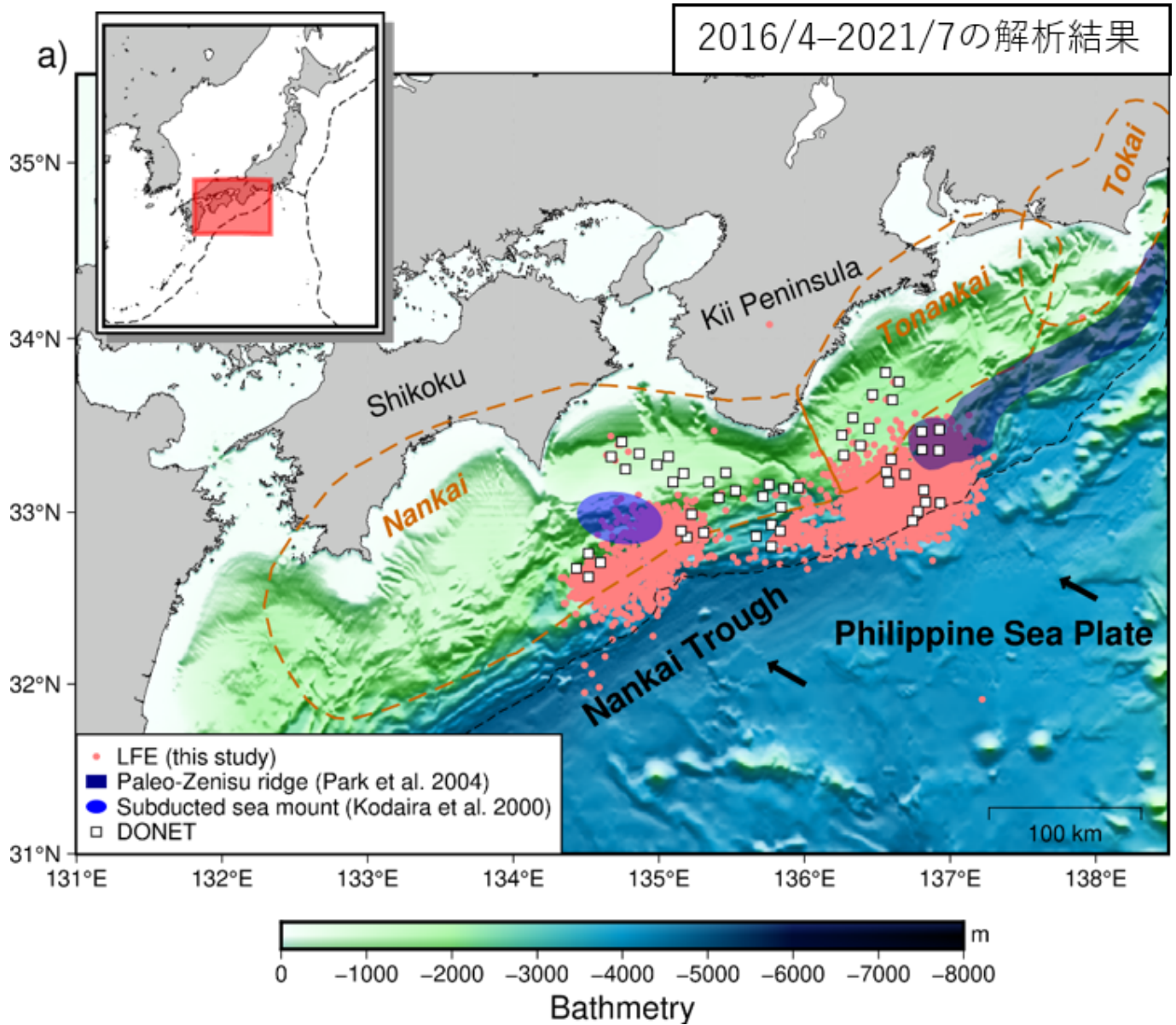
気象庁気象研究所地震津波研究部  
他機関との共同研究の有無：有  
東京大学,富山大学,東海大学

(13) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：気象研究所企画室  
電話：029-853-8535  
e-mail：ngmn11ts@mri-jma.go.jp  
URL：http://www.mri-jma.go.jp/

(14) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：小林昭夫  
所属：気象研究所地震津波研究部



浅部低周波地震分布（2016年4月から2021年7月）

赤点は本手法による浅部低周波地震。

薄い青色はそれぞれ沈み込んだ海山や海嶺。

四角はDONETの観測点配置。