

(1) 実施機関名：

東京大学地震研究所

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）最先端の情報科学に基づく固体地球観測データ解析技術・モデリング技術の開発研究
（英文）Development of data analysis and modeling techniques for solid Earth science based on state-of-the-art information science

(3) 関連の深い建議の項目：

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(1) 観測研究基盤の開発・整備

イ. 観測・解析技術の開発

(4) その他関連する建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(2) 低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明

地震

火山

(3) 地震発生過程の解明とモデル化

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

ア. プレート境界地震と海洋プレート内部の地震

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(2) 地震発生確率の時間更新予測

ア. 地震発生の物理モデルに基づく予測と検証

(5) 本課題の5か年の到達目標：

本課題の目的は、固体地球科学と情報科学の専門家の緊密な連携に基づき、最先端の情報科学技術の固体地球科学分野への浸透を加速させることにより、超大容量データ・超大規模モデル時代に即したデータ解析技術およびモデリング技術を開発することである。地震火山観測研究計画（第3次）の5か年で、本課題では情報科学技術に基づき、地震波形データからの地震・低周波微動（以下、微動）検出をはじめとする観測データ解析技術を刷新し、地震・微動活動推定や地球内部構造推定をはじめとするモデリング技術の深化をねらう。具体的には、(A)深層学習に基づく地震波形連続データからの地震・微動検出技術、(B)深層学習による画像認識技術に基づく地震波形画像データからの地震・微動検出技術、(C)機械学習に基づく地震・微動の時空間分布推定技術、(D)転移学習とデータ同化に基づく地球内部構造モデリング技術を実施する。研究項目(A)では、稠密な地震観測がもつ豊かな空間相関情報を活かしたイベント検出技術や、SN比が極めて小さな観測データからのイベント検出技術を深化させる。研究項目(B)では、現代の地震波形データだけでなく、昔の地震計によって地震波形が紙に直接記録された古記録も対象とし、解析可能な時間軸を大幅に拡大することにより、地震・微動カタログの充実を図る。研究項目(C)では、研究項目(A)(B)で自動検出された地震・微動からそれらの時空間分布を推定する手法を開発し、地震発生確率の長期評価に新たな情報をもたらすことを目指す。研究項目(D)では、地震波形や地球内部構造の巨視的類似性を活かし、転移学習に基づく他地域で構築された地下構造モデルからのモデル構築技術や、そのモデルと対象地域で得られた観測データから高精度かつ高速に地下構造を推定するデータ同化技術の確立を目指す。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

本課題における5か年計画は、以下の通りである。令和6年度は、各研究項目(A)~(D)を実現するためのアルゴリズムの検討およびそれを具体的に実装するための準備研究を実施する。令和7年度は、研究項目(A)(B)においては地震・微動を検出するための深層学習モデルの開発を、研究項目(C)においては地震・微動の時空間モデリング手法の開発を、研究項目(D)においてはデータ同化手法の開発を、それぞれ実施する。令和8年度は、各研究項目において開発した手法を実データへ試験適用し、その性能評価に基づいて手法の改良を行う。令和9年度は、各研究項目において開発した手法の実データへの本格的な適用を実施し、手法を完成させる。令和10年度は、各研究項目における論文出版を行うとともに、開発した手法の公開および既存システムへの実装に向けた検討を実施する。

(7) 令和7年度の成果の概要：

・今年度の成果の概要

令和7年度は、地震連続波形データからの地震関連現象の検出に資する数多くの情報科学技術を開発した。具体的には、(1)地震波検測深層学習モデルSegPhase、(2)不確実性評価付き初動極性判定深層学習モデルPoViT-UQ、(3)低周波微動テンプレート自動生成アルゴリズムYOSO、(4)訓練データとは異なる地域の少数データに基づく転移学習アルゴリズムが挙げられる。(1)~(4)に関しては、国際誌にて発表したほか、開発したコードをGitHub上にて公開した。また、(5)昔の地震計によって得られた歴史地震記象から地震関連現象を検出するための深層学習モデル構築と学習データ生成に着手した。5か年の到達目標に照らし合わせ、その達成に向けて順調に研究計画を進めている。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

上記(1)~(4)は、地震連続波形データから地球内部起源の振動現象を抽出し、地震・火山噴火現象を解明するための基礎データセットを構築する極めて重要な基盤技術である。また上記(5)は、解析対象の時間軸を過去に大きく延長することにより、長期データを必要とする低頻度かつ大規模な地震・火山噴火現象の解明に大きく貢献する。

(8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7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

Tokuda, T. and H. Nagao, 2025, Two-stage approach for earthquake detection using multiple clustering-based classification, *Geophys. J. Int.*, 243(3), doi:10.1093/gji/ggaf400, 査読有, 謝辞有

Mendo-Pérez, G., H. Nagao, and Y. Terada, 2025, RMS and hierarchical agglomerative clustering to build template event catalogs of tectonic tremors, *Seismol. Res. Lett.*, doi:10.1785/0220240392, 査読有, 謝辞有

Katoh, S., H. Nagao, and Y. Iio, 2025, PoViT-UQ: P-wave polarity and arrival time determination using vision transformer with uncertainty quantification, *Geophys. J. Int.*, 243(1), ggaf324, doi:10.1093/gji/ggaf324, 2025, 査読有, 謝辞有

Katoh, S., Y. Iio, H. Nagao, H. Katao, M. Sawada, and K. Tomisaka, 2025, SegPhase: Development of arrival time picking models for Japan's seismic network using the hierarchical vision transformer, *Earth Planets Space*, 77, 118, doi:10.1186/s40623-025-02249-y, 査読有, 謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

Nagao, H., S. Ito, T. Tokuda, G. Mendo Pérez, S. Katoh, and T. Kusui, 2025, Towards Integration of Data Assimilation and State-of-the-Art Information Science Techniques for Seismology, IAGA/IASPEI Joint Scientific Meeting 2025, AS25-1423

Katoh, S., Y. Iio, H. Nagao, H. Katao, M. Sawada, and K. Tomisaka, 2025, Development of Arrival Time Picking Models for Japan's Seismic Network Using the Hierarchical Vision Transformer, Annual Meeting of Asia Oceania Geosciences Society 2025, SE18-A011

(9) 令和7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：

(10) 令和8年度実施計画の概要：

令和8年度は、前年度に開発した手法の実データへの試験適用を実施する。具体的には、上記(1)~(4)を訓練データには用いられていない海域の地震波形データに適用し、性能評価を行った上でモデル改良を行う。また、上記(5)を煤書き記録に適用して地震や低周波微動の検出を試み、性能評価を行った上でモデル改良を行う。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

長尾 大道（東京大学地震研究所），小原 一成（東京大学地震研究所），加藤 愛太郎（東京大学地震研究所），鶴岡 弘（東京大学地震研究所），中川 茂樹（東京大学地震研究所），伊藤 伸一（東京大学地震研究所），福島 孝治（東京大学大学院総合文化研究科），今泉 允聡（東京大学大学院総合文化研究科）
他機関との共同研究の有無：有
寺田 吉壺（大阪大学大学院基礎工学研究科），森川 耕輔（大阪大学大学院基礎工学研究科），内田 雅之（大阪大学大学院基礎工学研究科），矢野 恵佑（統計数理研究所），加納 将行（東北大学大学院理学研究科），廣瀬 慧（九州大学マス・フォア・インダストリ研究所），松井 秀俊（滋賀大学データサイエンス学部）

(12) 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：東京大学地震研究所
電話：
e-mail：
URL：<https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/people/nagaoh/>

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：長尾 大道
所属：東京大学地震研究所