＜年次報告書＞
第 1 年度（2025 年度）
日 ASEAN 科学技術・イノベーション協働連携事業（NEXUS）
日本－シンガポール「AI」研究領域

研究課題名（和文）	地震に対する安全性と持続可能性のための AI 活用：AI 駆動の地震データ解析技術･地下状態可視化技術･地震ハザード監視技術の深化
研究課題名（英文）	Harnessing AI for Seismic Safety and Sustainability: Advancing AI-driven Technologies in Seismic Data Analysis, Subsurface Imaging, and Hazard Monitoring
研究期間	2025 年 4 月 1 日～2028 年 3 月 31 日

氏名	所属 部署　役職
長尾 大道	東京大学 地震研究所　准教授

1. 研究進捗状況と成果

当該年度は、広い範囲を伝わってきた地震波を用いて地下構造を調べるために、地震波が観測点に到達した時刻を自動で読み取る深層学習モデルの開発を進めた。地下の構造を推定するためには、地震が発生してから各観測点に地震波が届くまでの時間を正確に求めることが重要である。特に、地下深部の構造を調べるためには、最初に到達する地震波だけでなく、地下の境界で反射・変換した後続の波も利用する必要がある。そのため、基準となる最初の到達時刻を高精度に決定する技術が求められる。

本研究では、遠地地震波形に対応した新しい深層学習モデル「SegFarPhase」を開発した。このモデルは、4 分間の 3 成分地震波形を入力として、各時刻が P 波、S 波、またはノイズのどれに対応するかを確率として出力する。これにより、長い時間にわたる波形全体の特徴を考慮しながら、地震波の到達時刻を自動的に推定できる。

モデルの学習には、広域地震波形を多数含む大規模データセットを用いた。学習後の評価では、テストデータに対して P 波および S 波の到達時刻を安定して推定できることを確認した。また、モデルが波形中のどの部分に注目して判断しているかを調べた結果、P 波や S 波の立ち上がりだけでなく、ノイズや後続の波形情報も利用していることが分かった。この結果は、開発したモデルが単純な振幅変化だけでなく、波形全体の特徴を学習していることを示している。

さらに、開発したモデルをシンガポール側チームから提供された実際の臨時地震観測網で記録された地震波形に適用した。対象とした地震波形では、ノイズの影響により人の目では到達時刻を判断しにくい場合があったが、モデルの出力は理論的に予想される到達時刻付近に集中する傾向を示した。特に、適切な周波数帯のフィルタを適用することで、地震波形がより明瞭になり、妥当な到達時刻読み取りが可能であることを確認した。

以上の成果により、局所的な地震活動が少ない地域でも、周辺地域で発生した地震の波を利用して、地下構造推定に必要な到達時刻情報を抽出できる可能性が示された。今後は、得られた到達時刻情報をもとに、地下深部の構造推定に利用できる高品質なデータ整備を進める。

2. 代表的な成果事例

1. Katoh, S., Y. Iio, H. Nagao, H. Katao, M. Sawada, K. Tomisaka, SegPhase: Development of arrival time picking models for Japan’s seismic network using the hierarchical vision transformer, Earth, Planets and Space, 77, Article number: 118 (2025).
   概要：地震連続波形データから地震波走時の自動読み取りを行う Transformer ベースの深層学習モデルの開発。モデルが注目した波形の位置を可視化する attention map 機能を搭載した。
2. Katoh, S., H. Nagao, and Y. Iio, PoViT-UQ: P-wave Polarity and Arrival Time Determination using Vision Transformer with Uncertainty Quantification, Geophysical Journal International, 243(1), ggaf324 (2025).
   概要：不確実性定量化機能を備えたビジョントランスフォーマーを用いた P 波極性および到達時間判定モデル「PoViT-UQ」の提案。