

1) - 3 地震ノイズを予測する：地震観測と地盤構造調査の効率化に向けて【安全・安心】

Predicting seismic noise toward efficient earthquake observation and microtremor surveys

(研究開発期間 令和5～7年度)

国際地震工学センター 林田 拓己
International Institute of Seismology and Earthquake Engineering HAYASHIDA Takumi

This study aims to clarify the human activities that control the temporal and spatial variations of seismic ambient noise (microtremors) in urban areas and to examine the feasibility of predicting noise levels at arbitrary locations and times. Long-term dense seismic observations in the Tokyo metropolitan area will be integrated with diverse big data on human mobility, traffic, land use, and installation environments. Using machine learning, predictive models will be developed to quantify the contribution of individual factors. The outcomes will support optimized seismic station siting and efficient microtremor survey site investigations.

【研究開発の目的】

地震ノイズは地震観測の品質に影響を及ぼす主要な要因の1つである。一方、地震工学的には「常時微動」として、地下の地盤構造を調査するための有用なシグナルとして長年用いられている。近年の地震観測の多点化・連続観測化に伴い、地震ノイズの時空間特性に関して多くの観測事例が報告されている。一方で、地震ノイズを構成する主要な要因および特定方法については、発生源が多岐に及ぶことから物理的な詳細は不明なままである。

本研究の目的は、都市域における地震ノイズの振幅および周波数特性の時空間変化を決定づける主要な人間活動を明らかにし、任意地点・任意時間帯における地震ノイズレベルの予測可能性を検証することである。首都圏に整備された稠密な地震観測網の長期連続記録と、観測点周辺の人流や交通量、観測点設置環境などの多様なビッグデータを統合的に解析することで、地震ノイズの成因を定量的に解明することを目指す。人間活動の情報から観測地点周辺のノイズ環境を事前に評価する枠組みを構築し、地震観測業務における観測点設置計画の効率化や、地盤構造探査における測定地点の微動レベルの事前把握・解析結果の解釈支援に資する基礎的知見を提供することを狙いとする。

【研究開発の内容】

本研究では、都市域における地震ノイズの発生要因とその周波数特性を体系的に解明するため、地震観測記録、人間活動データ、地理空間情報を統合した解析を以下の通り段階的に実施した。

① 地震ノイズデータの収集および処理

まず、防災科学技術研究所の稠密地震観測網 162 地点（図1）で得られた半年間にわたる地震ノイズ記録を収集し、各観測点における1時間毎のパワースペクトル密度を算出した後、周波数帯域別の振動レベル（振動レベル10段階、周波数9帯域で分類：図2）の時系列変化を整理する。

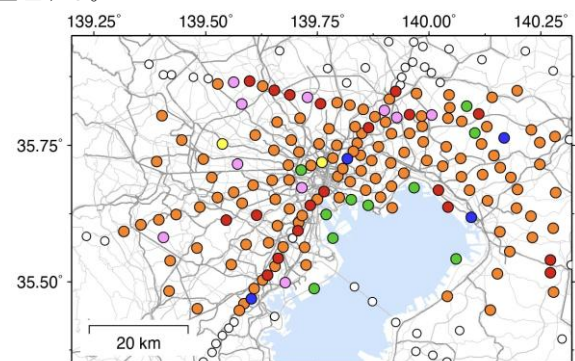


図1 対象とする地震観測点

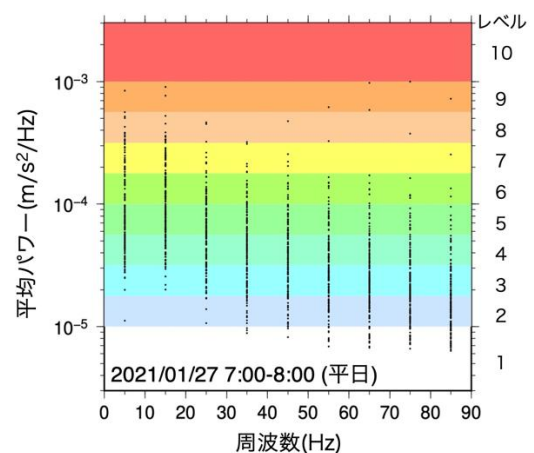


図2 全観測点の地震ノイズのパワー（例）

② 人間活動データベースの整備

同時に、観測点周辺の人流データ、道路交通量、鉄道運行本数、道路・線路からの距離、建物・工場・森林・水域の分布、地盤特性などを収集し、地図情報として可視化することで、「地震ノイズ・人間活動・周辺環境」に関するデータベースを整備する（図3）。

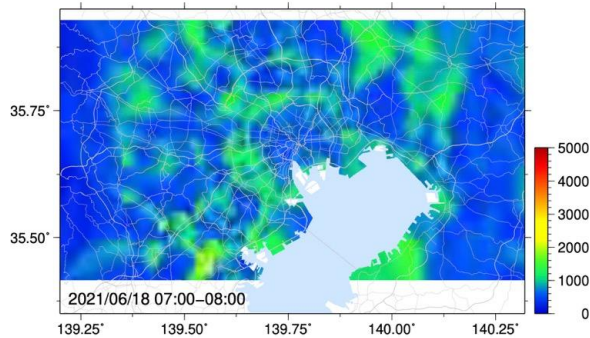


図3 交通量データの例

③ 地震ノイズ予測モデルの構築

次に、整備したデータを基に教師あり機械学習モデルを構築し、人間活動および周辺環境の情報から周波数帯別の地震ノイズレベルを予測する手法を開発する。モデルの解釈性を確保しつつ各要因の寄与度を定量化することで、「どの人間活動がどの周波数帯域に影響し、どの程度の空間範囲に作用するのか」を明らかにする。

【研究開発の結果】

構築した地震ノイズおよび人間活動のデータベースを用い、人間活動に関する各種指標を特徴量、地震ノイズレベルを目的変数とする機械学習モデルを作成した。教師あり機械学習手法であるランダムフォレストを適用し、地震ノイズの予測精度の検証とともに、各特徴量の寄与度を評価した。その結果、①単一の人間活動指標のみから地震ノイズレベルを高精度に予測することは困難であること、②地震ノイズに寄与する要因は周波数帯域によって異なることが明らかとなった。例えば、30Hz以下の帯域では表層地盤条件の寄与が大きく（図4）、車両交通は比較的低周波数帯域、鉄道はより高周波数帯域のノイズ変動に強く関与する傾向（図5）が確認された。

今回作成した予測モデルの精度を検証した結果、訓練データに対しては周波数帯域によらず高い予測性能（ $R^2 > 0.9$ ）を有することを確認した。一方、テストデータに対する説明精度は、高周波数帯域および休日データにおいて低下する傾向が認められた。これは、データベースでは十分に考慮することが困難な観測点周辺の局所的な地震ノイズ環境の複雑性や、学習に利用可能なデータ数の制約などに起因するものと考えられる。

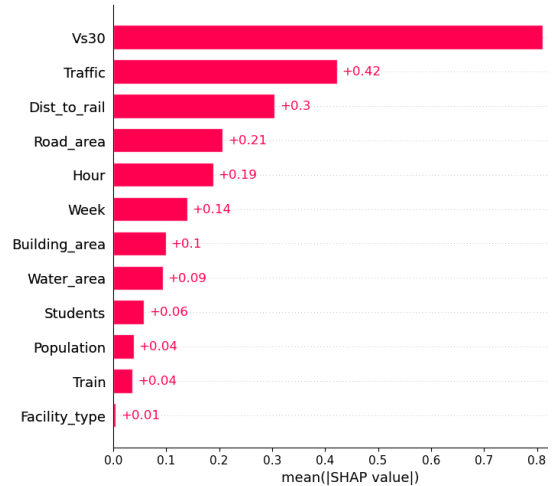


図4 地震ノイズへの寄与要因（1-10 Hz）

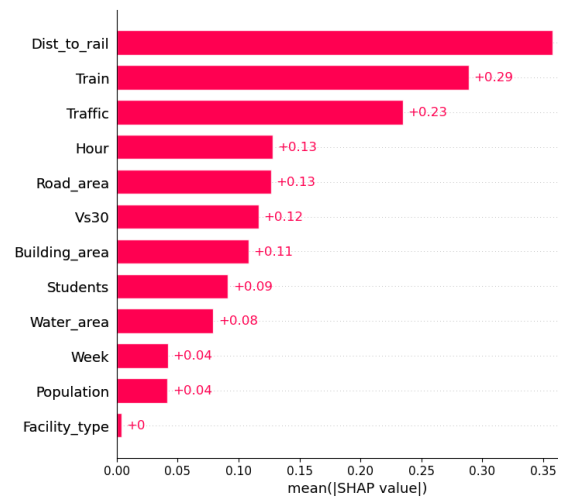


図5 地震ノイズへの寄与要因（70-80 Hz）

【まとめ・研究開発の成果好評】

本研究で構築した地震ノイズ予測モデルは、対象観測網において一定の精度で地震ノイズレベルを概略的に把握できることから、簡易的な地震ノイズ予測ツールとして有用であると評価できる。研究成果は国内外の学会において発表し、現在は学術論文として国際誌に投稿を予定している。

【参考文献】

- 1) 林田拓己：都市域における地震ノイズと人間活動の関係性の理解：機械学習を用いたノイズ予測モデルの構築，日本地震学会 2025 年度秋季大会梗概集，P22-17，2025
- 2) Takumi Hayashida：Predicting Seismic Ambient Noise from Urban Environmental Data: A Machine Learning Approach Using Dense Observations in Tokyo, Abstract of AGU25 Annual Meeting, S31B-06, 2025