

11－9 データの不完全性に対応した大地震後の地震活動および地震動ハザードの準リアルタイム時空間予測に関する研究開発

Research and Development of Quasi-Real-Time Spatiotemporal Forecasting of Seismic Activity and Ground-Motion Hazard Following Large Earthquakes under Data Incompleteness

防災科学技術研究所

National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

大地震発生後の初動段階は避難・救助・復旧などの防災行動が取られる重要なフェーズであり、防災行動策定に資する地震活動推移やその地震動ハザードに関する信頼性の高い情報を作成・提供することが求められる。しかし、大地震発生直後は利用可能な観測データが限られるため、情報の迅速性と信頼性の両立が課題となっている。

情報科学を活用した地震調査研究プロジェクト（STAR-E プロジェクト）の研究課題「地震データの不完全性に対応した地震活動およびそれに伴う揺れの準リアルタイム時空間予測に関する研究開発」では、大地震直後の余震地震動ハザード情報作成に向けて、地震カタログに基づくアプローチ^{1),2),3)}と地震動データに基づくアプローチ^{4),5)}の両面で研究開発を進めた（第1図・第2図）。その結果、それぞれのハザード評価スキームを確立するとともに、内陸地震の実記録を用いて有効性を確認した。さらに、両アプローチの統合に向けた基礎的な検討⁶⁾を行い、試験的に情報統合を実施した。これらの成果により、「短期的余震ハザード予測」の研究分野を大きく進展させることができた。

このほか、3次元グリーン関数を用いた沖合地震の高精度 CMT 解カタログの作成^{7),8)}、ベイズ推定の導入・揺れの飽和の補正などの極値統計解析手法の高度化⁴⁾、ガウス過程回帰を用いた地震動指標・地震動波形の空間補間手法の開発⁹⁾、およびハイブリッドアプローチに基づく Site specific な地震動予測モデルの開発^{10),11)}など、多数の研究成果^{12),13),14),15)}を挙げた。今後は、大地震直後の自動震源決定・即時震源域推定・予測スキームなどについてさらなる高度化を図るとともに、海溝型巨大地震への展開・研究成果の社会実装への取り組みを進めていく必要がある。

(久保 久彦)

KUBO Hisahiko

謝辞

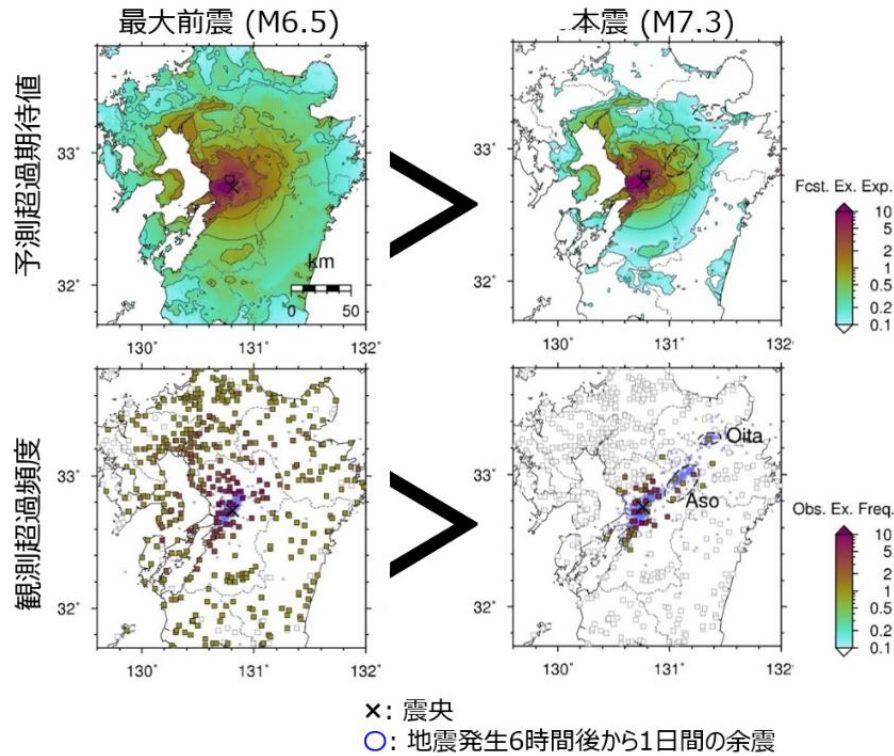
本研究は、文部科学省の情報科学を活用した地震調査研究プロジェクト（STAR-E プロジェクト）JPJ010217 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 汐見・他 (2022), *JpGU* 2022. リアルタイム余震活動予測システム：最近 5 年間の予測実績と検証.
- 2) Kubo and Shiomi (2025), *Seismological Research Letters*, **97**, 283-294. Short-Term Forecasting of Aftershock Ground-Motion Hazards Within a Few Hours After a Large Earthquake in Japan.
- 3) Ueda et al. (2025), *AGU25*, S13C-0207. Comparison of b-value estimation methods for real-time

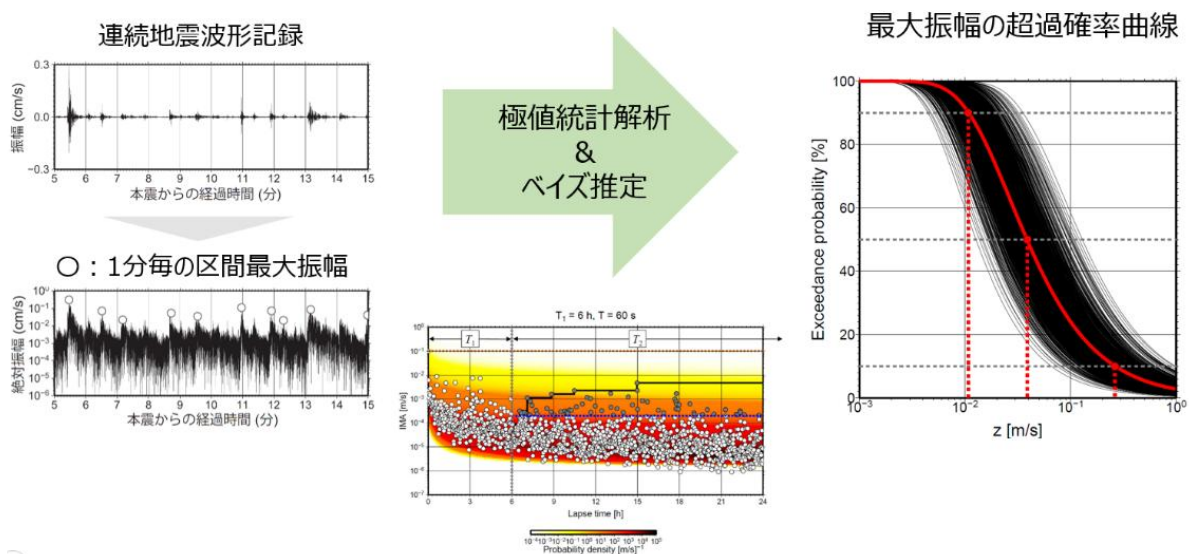
aftershock forecasting in Japan.

- 4) Sawazaki (2025), *Geophysical Journal International*, **241**, 1519–1535. Integration of extreme value statistics and Bayesian estimation for early forecasting of aftershock shaking: application to main shock–aftershock sequences in inland Japan.
- 5) 澤崎・久保 (2025), 日本地震学会 2025 年度秋季大会, S22-05. Hi-net 連続地震動記録から推定した余震による地表最大震度の予測.
- 6) 久保・他 (2025), 日本地震学会 2025 年度秋季大会, S22-06. 地震カタログおよび地震動データを用いた余震地震動ハザード予測手法の比較.
- 7) Yamaya et al. (2025), *Earth Planets Space*, **77**, 67. Aftershock characteristics of the 2024 Noto Peninsula earthquake (Mw7.5) through centroid moment tensor analysis using a 3-D seismic velocity structure model.
- 8) Yamaya et al. (2024). *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, **129**, e2024JB029944. Impact of the offshore seismograph network and 3-D seismic velocity structure model on centroid moment tensor analysis for offshore earthquakes: Application to the Japan Trench subduction zone.
- 9) 宮本・久保 (2024), 2024 年度 人工知能学会全国大会, 3L1-OS-3a-03. ウェーブレット係数のガウス過程回帰に基づく地震動波形の空間内挿.
- 10) 久保・岩城 (2023), 第 16 回日本地震工学シンポジウム, Day2-C2-PB22. サイト固有型地震動予測における GMPE と機械学習のハイブリッド.
- 11) 久保・宮本 (2024), 2024 年度 人工知能学会全国大会, 3L5-OS-3b-01. グラフベース非線形次元圧縮とランダムフォレスト回帰を用いたリアルタイム震度時系列の予測の試み.
- 12) Kubo et al. (2023), *Pure and Applied Geophysics*, **180**, 2689-2703. Exploratory Data Analysis of Earthquake Moment Tensor Catalog in Japan using Non-linear Graph-based Dimensionality Reduction.
- 13) Kubo et al. (2024), *Earth Planets Space*, **76**, 36. Recent Advances in Earthquake Seismology using Machine Learning.
- 14) 久保・汐見 (2024), 地震 第 2 輯, **77**, 53-66. データ DOI の引用情報に基づく防災科研 MOWLAS データの利活用状況把握の試み.
- 15) 久保・他 (2025), 2025 年度 人工知能学会全国大会, 2K1-OS-6-0. 地震研究における大規模言語モデルハッカソン.



第 1 図 地震カタログデータを用いた余震地震動ハザード予測の例。地震発生 6 時間後から 1 日間の震度 4 以上の揺れに関する予測超過期待値（上段）と観測超過頻度（下段）を、2016 年熊本地震最大前震（左列）および本震（右列）で比較。Kubo and Shiomi²⁾ の図を改変。

Fig. 1 Example of aftershock ground-motion hazard forecasting using earthquake catalog data. Forecasted exceedance expectations for JMA seismic intensity 4 or greater during the one-day period starting 6 hours after the earthquake occurrence (top row) and observed exceedance frequencies (bottom row) are compared for the largest foreshock (left column) and the mainshock (right column) of the 2016 Kumamoto earthquake sequence. Modified from Kubo and Shiomi²⁾.



第 2 図 地震動データを用いた余震地震動ハザード予測⁴⁾の概要図。

Fig. 2 Overview of the forecasting method for aftershock ground-motion hazard using ground-motion data⁴⁾.