

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) の研究成果

巨大地震災害研究領域
巨大地震災害研究領域

地震津波複合災害研究部門
地震津波発生基礎研究部門

久保久彦・澤崎郁・上田拓
汐見勝彦

概要

文部科学省が進める「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)」に防災科研・科学大・東大地震研のグループも参加しており、『地震データの不完全性に対応した地震活動およびそれともなう揺れの準リアルタイム時空間予測』に関する研究開発を行っています。このポスターではその研究成果の概要についてご紹介します。なお本研究課題は「地震津波の即時的逐次的評価に関する技術開発プロジェクト」と連携して進めています。

情報科学を活用した地震調査研究プロジェクト

研究課題④ (防災科研・科学大・東大地震研)
地震データの不完全性に対応した地震活動およびそれともなう揺れの準リアルタイム時空間予測に関する研究開発

生きる、を支える科学技術
防災科研
Institute of SCIENCE TOKYO

■ 地震学を中心とする理学 × 地震工学を中心とする工学 × 統計学などの情報科学
■ 最新の情報科学的知見を取り込む
■ データの不完全性に対応した予測の実現
■ 防災科研をはじめとする地震観測データをフル活用

地震動連続データ × 地震カタログ
統計的手法に基づく地震活動の推移予測
地震動データそのものを用いた将来に発生しうる揺れの強さの予測
地震動の空間補間
個別の地震動予測による地震動生成

大地震直後の地震活動および揺れの見直し情報の高度化

例：今後1日以内にマグニチュード以上の地震がどこで発生する可能性がある。それは震源の深さや規模、その際の揺れはどのくらいか、地方で最大震度(震害)が想定される。

参画メンバー

久保久彦 主任研究員 防災科研 研究代表者
汐見勝彦 研究部門長 (上席研究員) 防災科研
澤崎郁 主任専門研究員 防災科研
上田拓 契約研究員 防災科研
山谷里奈 助教授 東大地震研
宮本崇 准教授 東京科学大

情報科学面において尾形良彦教授(統数研)、近江崇宏博士、山口佳樹教授(筑波大)、八合大高准教授(和歌山大学)よりサポートいただいた

STAR-Eプロジェクトで開発してきた2つの予測スキーム

● 地震カタログに基づく予測: Kubo & Shiomi (2025, SRL)
Hi-net連続波形記録 → 自動震源決定 → Hi-net自動震源カタログ → カタログの不完全性に対応した余震活動予測 (Omi et al. 2013, 2016) & 緊急地震速報の地震動予測 & 確率的余震ハザード予測 → 空間的な余震ハザード情報

● 地震動データに基づく予測: Sawazaki (2025, GJI)
Hi-net連続波形記録 → 地点ごとの最大振幅 → 極値統計 & ベイズ推論 → 地点ごとの余震ハザード情報

空間的な予測が可能
余震活動位置に関する仮定が強く影響

地震動データを直接活用
地点ごとの予測しかできない

まとめ・今後の課題

▶ 大地震直後の余震地震動ハザード情報作成に向け、地震カタログに基づくアプローチと地震動データに基づくアプローチの2つを並行開発し、予測スキームの確立と実記録による検証を行った。さらに両手法の統合を試行した。これらにより、「短期的余震ハザード評価」の研究分野を大きく進展させた。

▶ 関連する研究成果:
・ 沖合地震の高精度CMT解カタログの作成
・ 極値統計解析手法の高度化 (ベイズ推定の導入・揺れの飽和の補正など)
・ ガウス過程回帰を用いた地震動の空間補間手法の開発
・ 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...

▶ 今後の課題:
・ 大地震直後の自動震源決定・即時震源域推定の高度化
・ 海溝型巨大地震への展開
・ 社会の社会実装に向けた取り組みの強化

カタログデータに基づく余震地震動ハザード早期評価

大地震直後の地震カタログの不完全性を考慮した地震活動予測手法と緊急地震速報で用いられている地震動予測手法、確率的余震ハザード評価手法を統合し、防災科研Hi-net自動震源カタログに適用することで、余震地震動ハザードを面的に早期評価するスキームを開発した (Kubo & Shiomi, 2025, SRL)。

2016年熊本大地震の最大前震M6.5 (LFS) と本震M7.1 (MS) における予測超過期待値 (上) と観測超過期待値 (下) の空間分布

震度4以上の揺れに関する予測と観測の比較

地震規模Mが0.6小さい最大前震の方が高いハザード確率が予測 - 観測と整合

(a) Forecasting in 2016 Kumamoto LFS
(b) Observations in 2016 Kumamoto LFS
(c) Forecasting in 2016 Kumamoto MS
(d) Observations in 2016 Kumamoto MS

● 観測の不足箇所は0.25-1.25倍の予測および観測下で観測より早期に発生した余震活動
● 灰色領域は地震発生位置のワザードシミュレーションの最良値の場合の予測結果

カタログデータに基づく余震地震動ハザード早期評価

カーネル密度推定を用いた余震域・余震の発生密度を安定的に推定する手法を開発し、それを用いて余震の空間的広がり・余震活動の空間的な発生頻度の違いを考慮する形に改良した。

2016年熊本大地震本震への適用例
・ 南緯地方や大分地方における過小評価が改善
・ 地震震度の空間的な発生頻度の考慮も重要 (特に熊本地方)

カーネル密度推定を用いた余震域の推定結果
本震発生から25日以内の余震発生分布から、余震域(青)と余震発生頻度(青薄線)を推定

従来の手法
改良手法
改良手法 / 従来の手法
改良手法

震度4以上の揺れに関する予測超過期待値の比較

● 改良手法は従来の手法よりも観測に近い結果を示す。

地震動データに基づく余震地震動ハザード早期評価

連続地震記録の一定時間ごとの最大値 (区間最大振幅) を使用
極値統計解析とベイズ推定を用い、区間最大振幅が従う非常Fréchet分布から最大振幅の超過確率を予測

区間最大振幅 (時間幅T=60秒)
最大振幅の超過確率曲線

極値統計解析 & ベイズ推定

区間最大振幅 (時間幅T=60秒)
O IMA every 1 min.

区間最大振幅 (時間幅T=60秒)
最大振幅の超過確率曲線

区間最大振幅 (時間幅T=60秒)
最大振幅の超過確率曲線

地震動データに基づく余震地震動ハザード早期評価

Hi-net記録を加速度に変換し、区間最大振幅にオフセットを掛け合わせ、地表PGA相当値を計算

■ 各観測点でKik-netの地表/地中PGA比の対数平均 (オフセット) を計算
■ 極値統計解析により、地表震度の超過確率曲線を計算
■ PGA→震度換算には大井他 (2002) を使用

左: 本震後1時間後時点での、1日後までの最大震度の予測中央値
右: 1日後までの地表換算最大震度

