

[Invited]Elucidation of Earthquake Rupture Process and Advancement of Ground Motion Model via Data-driven Approach

*Hisahiko KUBO¹

1. NIED

本発表では、発表者がこれまでに取り組んできた、①大地震の震源過程の解明に関する研究、②強震動の成因と予測に関するデータ駆動型研究に関して紹介する。それぞれの研究とも観測データを出発点としており、発表においては観測データに触れることの楽しさに関しても言及したい。

① 大地震の震源過程の解明に関する研究

地震の際に取得される地震波形や地殻変動などの観測データから、現実的な地下速度構造モデルに基づくGreen関数とベイズ統計学に基づく逆解析手法によって、地震時の静的もしくは動的な断層すべり分布を推定する震源過程解析は、大地震の性質を理解する上で基礎的かつ重要な情報を提供してきた。発表者はこれまでに2011年東北地方太平洋沖地震や2011年茨城県沖地震、2016年熊本地震等など数多くの大地震に関して地震波形記録等に基づく解析を行い、それらの断層破壊過程と地震波放射の詳細を明らかにしてきた（例えばKubo & Kakehi 2013; Kubo & Nishikawa 2020; Kubo et al. 2013, 2016b, 2016c, 2017, 2020a, 2020c）。さらには震源過程解析で得られた断層破壊モデルを用いて、沈み込む海山や隣り合う他のプレートが断層破壊に与える影響を論じた研究（Kubo et al. 2013; Kubo & Nishikawa 2020）や、岩手県沖・茨城県沖のプレート境界大地震における本震時の断層破壊領域および前震・余震の発生域とスロー地震活動域との空間的な関係を調べた研究（Kubo & Nishikawa 2020）、プレート境界大地震である2011年茨城県沖地震において放射された地震波の周期特性と断層深さの依存関係の詳細を調べた研究（Kubo et al. 2020c）など、プレート境界の震源物理に関する重要な知見を得てきた。加えて情報学的な知見に基づく新たな解析手法の開発にも挑戦しており、Kubo et al. (2016a)では地震波形を用いた震源過程解析へのフルベジアンアプローチの導入を図っている。またKubo et al. (2022)では、未知パラメータとその最適な次元を同時に推定するトランスディメンショナルインバージョンが断層すべり分布推定において有用であることを示すとともに、得られる震源像およびその不確定性に関する情報が解析手法に依存して大きく異なりえることを示した。

② 強震動の成因と予測に関するデータ駆動型研究

地震による揺れ（地震動）は、地震時の断層破壊運動による影響を表す震源特性・断層から放射された地震波が地下を伝播していくことによる影響を表す地震波伝播特性・地表付近の浅い地盤構造が入射した地震動を増幅・複雑化させる影響を表すサイト特性の組み合わせによって表現できる。そのため観測された地震動を理解するにはこれら三つの特性をそれぞれ調べる必要がある。また得られた知見に基づいて三つの特性を適切に仮定することで、地震動の予測につなげることができる。①の震源過程解析は一つ目の震源特性の理解に向けた試みの一つと言える。加えて、未解明なことが多い海域地震観測網の地震動増幅特性や強震時の非線形地盤応答の詳細（Kubo et al. 2018, 2019）や、小笠原諸島周辺の深発地震による地震動分布を緻密に調べた上で、日本列島全体に適用可能な地震動予測式の提案（久保ほか2017）、リアルタイム震度時系列の簡易的な予測手法の提案（久保・功刀2022）などの研究を発表者は行ってきた。

さらには近年発展著しい機械学習を地震ピックデータと組み合わせ、地震研究および強震動研究のパラダイムシフトに向けたデータ駆動型研究も進めている。Kubo et al. (2020b)では地震動指標の予測問題に取り組み、強い揺れの記録が少ないという地震動データセットに対して機械学習を行うと、防災上重要な強震動が過小評価される予測バイアスが生じることを明らかにした。この問題への解決策として、物理モデルに基づく従来の予測式による予測と観測の残差を学習した機械学習モデルを作成し、それと従来の予測式を組み合わせたハイブリッド予測アプローチを提案して、単一の手法に比べて優れた予測性能が得られることを示した。また更なる応用としてのSite specificな地震動モデルの構築や、教師なし機械学習の適用によるモーメントテンソル解カタログのデータ構造の可視化、地震学分野のブラックボックス最適化問題へのベイズ最適化の適用など

を現在進行形で行っている。

謝辞：気象庁や国土地理院、防災科学技術研究所をはじめとする国内外の研究機関による観測データを用いました。観測網の構築・維持・管理に関わる皆様に記して感謝致します。