令和６年度～令和１０年度観測研究計画

課題番号：ERI_15

（1）実施機関名：

東京大学地震研究所

（2）研究課題（または観測項目）名：

（和文）データ同化・深層学習に基づく長周期地震動の即時予測

（英文）Early forecast of long-period ground motions based on data assimilation and deep learning

（3）関連の深い建議の項目：

３ 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(2) 地震の災害誘因の即時予測手法の高度化（重点研究）

ア. 地震動の即時予測手法

（4）その他関連する建議の項目：

３ 地震・火山噴火の災害誘因予測のための研究

(1) 地震の災害誘因の事前評価手法の高度化

ア. 強震動の事前評価手法

５ 分野横断で取り組む地震・火山噴火に関する総合的研究

(1) 南海トラフ沿いの巨大地震

(5) 大規模火山噴火

（5）令和５年度までの関連する研究成果（または観測実績）の概要：

深層学習による長周期地震動・津波の即時予測に関する研究

震源域近傍での強震観測データに基づいて、遠地の平野での長周期地震動の波形を予測する深層学習（CNN）モデルを開発し、2011年東北地方太平洋沖地震における関東平野と大阪平野での長周期地震動の予測性能を確認した。S-netによる沖合津波観測データから東北沿岸の津波浸水を予測するCNNモデルを開発し、東北地方太平洋沖地震のSynthetic Dataを用いて実用性能を確認した。

データ同化による長周期地震動の即時予測研究

リアルタイム強震観測データと地震波伝播シミュレーション結果を同化し、遠地の平野での長周期地震動の発生を予測する手法を開発した。予測を高速（瞬時）に行うために、予め求めた観測点から予測地点の伝達関数（グリーン関数）を活用する手法改良を行った。JDXnetで配信される観測データをスパコンにリアルタイムに取り込んで、波動伝播シミュレーション結果とのデータ同化による関東平野の長周期地震動予測を行うプロトタイプシステムを。東大情報基盤センターと富士通と共同開発した。

大地震・深発地震による長周期地震動の生成過程に関する研究

大地震による長周期地震動の生成過程の解明と広帯域強震動予測モデルの構築に向けて、南西諸島海溝のスラブ内地震における、太平洋プレート上面でのS反射 の評価、太平洋プレート内の短波長不均質構造と速度異方性を取り入れた異常震域生成シミュレーション、西南日本で卓越する周期６～８秒の長周期Love波（G波）の成因、深発地震による大振幅のsP変換波とs-PL波による長周期地震動の生成過程を、地震波解析とシミュレーションにより検証した。

（6）本課題の５か年の到達目標：

大地震による強い揺れの事前予測と災害軽減に向け、海・陸リアルタイム強震観測データと地震波伝播シミュレーションとのデータ同化、及び観測・計算結果の深層学習に基づいて、震源域近傍での強震観測データから遠地の平野での長周期地震動を即時に予測する手法を開発する。現行の緊急地震速報が対象とする震度の予測に対し、本研究では地面の揺れ（地震波形）と個々の建物の揺れの時刻歴を予測することで、建物や地盤被害そして避難等の対応に必要なきめ細やかな防災情報の提供が可能になる。５年間の計画では、陸域（K-NET, KiK-net, F-net, MeSO-net）及び海域（S-net、DONET）の地震観測データセットを活用した即時手法開発を進めるとともに、テストサイトにおける建物強震観測を実施して、手法の有効性を検証し、防災現業機関や行政、関連企業等との連携により社会展開を図る。

（7）本課題の５か年計画の概要：

１．データ同化に基づく長周期地震動の即時予測

(1)最適内挿法に基づく長周期地震動のデータ同化・即時予測手法（Furumura et al. 2019）を改良し、アンサンブルカルマンフィルタに基づくデータ同化により、予測の幅を定量化した実用的な即時予測モデルを構築する(R6～8年度)。(2)震源近傍の強震観測点から予測地点の地震波伝播の伝達関数（グリーン関数）を利用した瞬時の予測手法（Oba et al. 2021）を発展させ、自然地震や常時微動から求めたグリーン関数を用いて大地震の長周期地震動を瞬時予測するシステムを開発する(R6～8年度)。(3)全国地震観測データ流通ネットワーク（JDXnet）により配信される連続観測データを東大情報基盤センターのWisteria/BDEC01スパコンでリアルタイム処理し長周期地震動を即時予測するシステム開発（中島, 2021）を継続し、防災現業機関と企業との協働により実用化に繋げる(R6～10年度)。

２．深層学習に基づく地面と建物の長周期地震動の即時予測

(1)震源近傍での強震観測データから遠地の平野の長周期地震動を予測する深層学習(TCN）モデル（Furumura＆Oishi, 2023；１地点入力―１地点波形予測)を拡張（多地点入力―１地点波形予測）し、南海トラフ・日本海溝沿いの海溝型地震及び内陸地震を対象とする関東平野、濃尾平野、大阪平野の即時予測システムを開発する(R6～7年度)。(2)波動方程式などの物理法則を拘束条件とする物理情報深層学習（PINN）モデルを開発し、多様な地震の予測に対応できる、汎化性能の高い即時予測モデルを開発する(R6～9年度)。(3)地面の揺れの予測結果から、個々の建物（階層）毎の揺れを予測する、２段階TCNモデルを開発し、地震工学・建築学の研究者と協働により実用的な建物の即時被害予測を進める(R6～10年度)。

３．深発地震による長周期地震動の予測

(1) 2008年オホーツク海深発地震（Mw7.7, 680 km）や2015年小笠原諸島西方沖地震（Mw7.9, 680 km）で観測されたように、sP変換波（地表へのS波臨界角入射による大振幅のP変換波）とs-PL波（地殻を広角多重反射により伝播する周期５～30秒の地震動）を含めた多様な長周期地震動の予測の実現に向けて、上記１，２を拡張した深発地震の長周期地震動即時予測モデルを整備する(R6～8年度)。加えて、(2) 千島海溝～日本海溝～伊豆小笠原海溝の深発地震の観測データを用いて、長周期地震動及の距離減衰式を作成する(R8～10年度)。なお、本距離減衰式は、最大速度値の予測に加え、速度応答スペクトルの強度と揺れの継続時間の予測を対象とする。

（8）実施機関の参加者氏名または部署等名：

古村孝志（災害科学系研究部門）,武村俊介（日本列島モニタリング研究センター）

他機関との共同研究の有無：有

前田拓人（弘前大学大学院理工学研究科）,大石裕介（九州大学データ駆動イノベーション推進本部）,中島研吾（東京大学情報基盤センタースーパーコンピューティング研究部門）

（9）公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：東京大学地震研究所
電話：
e-mail：

URL：

（10）この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：古村孝志
所属：東京大学地震研究所