2024 年度

創発的研究支援事業　年次報告書【公開版】

研究担当者	長山智則
研究機関名	東京大学
所属部署名	大学院工学系研究科
役職名	教授
研究課題名	データとモデルの統合によるインフラの実耐震性の学習
研究実施期間	2024 年 4 月 1 日～2025 年 3 月 31 日

研究成果の概要

構造物の加速度応答データを用いて、地震発生時にはその変形量や構造特性を即座に推定することで、被災状況および残存耐震性を迅速に把握する手法の研究に取り組んでいる。本手法は、個別構造物ごとの詳細なモデル調整を必要とせず、将来的に広範な構造物群への展開が期待されるものであり、データ同化、最適化、および機械学習の各手法を統合して開発を進めている。

2023 年度までは、カルマンフィルタの最適化やマルコフ連鎖モンテカルロ法を用い、簡易な構造モデルとの組み合わせによって、加速度応答から残留変形を含む非線形変位を推定する手法を検討していた。しかしこの方法には、各種パラメータの最適化に長時間を要する点や、対象構造物ごとに適切なモデルの構築が必要でロバスト性に欠けるという問題があった。

そこで 2024 年度には、多様な構造モデルを用いて事前に学習を行った深層学習モデルを活用し、非線形変位応答を高速かつロバストに推定する新たな手法を提案した。具体的には、受容野の大きな Dilated CNN を採用し、履歴特性の異なる多数の 1 自由度系モデルに対して、地震動、応答加速度、および応答変位のデータを生成して学習を行った。その結果、学習データに含まれない履歴特性をもつ系に対しても変位応答を精度高く推定することが可能となり、汎用的なモデルの構築に成功した。さらに、このモデルを自由度の高い鋼製橋脚の非線形有限要素モデルに適用したところ、高い推定性能を示した。

加えて、自由度の大きな構造物における多点の変位応答を、限られた観測点の加速度応答から高速に推定する手法も開発した。これは、拡張カルマンフィルタを用い、橋梁モデル上の任意の点の変位応答を推定するものであり、ヤコビアン行列の計算頻度を適応的に低減することで、計算コストの大幅な削減に成功している。