

# トラス橋モデルの損傷推定シミュレーションに対する機械学習モデル構築

- 1万件の有限要素解析結果(橋梁の損傷-変位関係)を学習させた機械学習モデルを構築
- 有限要素解析および機械学習は橋梁デジタルツインの構築・運用を支える重要技術
- 有限要素解析と機械学習の組合せは、多用途に応用可能な汎用技術

## 研究のねらい

橋梁において損傷が生じている領域を迅速に把握することは、維持・管理や長寿命化の観点から重要である。精緻な損傷推定には、橋梁の形態、支持様式、外力、材料特性、部材の応力・ひずみなどを統合的に考慮する必要がある。本研究で用いる有限要素解析はこれらを全て考慮可能で有効な手法であるが、計算資源や時間を要するため、現場での即時推定には不向きである。近年では多数の有限要素解析結果を事前に学習させた機械学習モデルを用いた計算時間短縮がなされている。本研究でも、多数の有限要素解析結果(損傷-変位関係)を学習させた機械学習モデルを損傷推定に応用することで、精度を維持しつつ計算時間の短縮を図った。構築した機械学習モデルは高性能な計算機資源を必要とせず、高速に動作するため、現場での損傷推定が効率的に実施できる。この結果、解析作業の簡略化や現場担当者の負担軽減が図られ、省力化・省人化に寄与するものとする。

## 研究内容

順問題と逆問題(回帰問題、分類問題の2種)を設定し、機械学習モデルを用いた損傷推定を実施した。順問題では、有限要素解析を用いて輪荷重位置と損傷部材(1部材)を乱数で変化させた1万ケースを解析し、教師データ(輪荷重位置、鉛直変位、剛性低下率)を作成した(図1)。逆問題では、回帰問題として26部材の剛性低下率を推定し、多くの部材で決定係数0.7-0.9の高精度を達成したが、垂直材では精度が低い場合(0.5以下)も確認された。分類問題では、高い精度で損傷部材番号を推定可能であった(2000件中誤りは6件のみ)。別途実施した有限要素逆解析と比較して計算時間を大幅に短縮(有限要素解析:約25分、機械学習:1秒以下)した上で、より正確であるケースも確認できた(図2)。

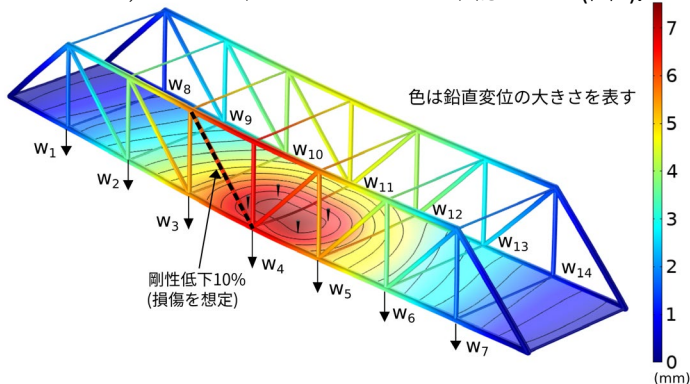


図1: 教師データ作成のための有限要素解析の一例 (様々なケースを1万件実施)

## 連携可能な技術・知財

- 各種有限要素解析 (企業との共同研究・技術コンサル, 2016fy, 2018fy-2019fy, 2022fy, 2024fy)
- 橋梁の損傷推定のための機械学習モデル構築 (竿本・宮本: 土木学会論文集, 2022)
- 機械学習を用いたシミュレーションの高速化
- トポロジー最適化による部材レベルでの損傷推定 (竿本ほか: 土木学会論文集, 2015; Saito, Suigai, Wang, Saomoto: JSV, 2022; Sugai, Saito, Saomoto, Arch. Appl. Mech, 2023)

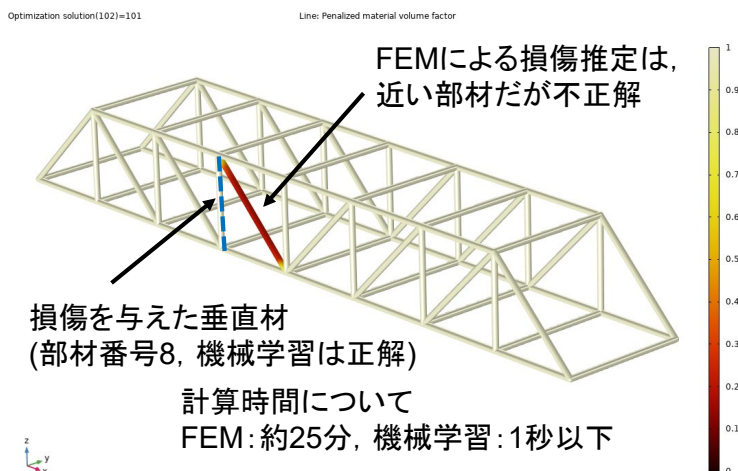


図2: 機械学習と有限要素逆解析の比較 (FEMは不正解であったが、機械学習は正解した例)

- キーワード: 橋梁、有限要素解析、地震応答解析、損傷、デジタルツイン
- 連携先業種: 建設業、運輸業、製造業

竿本 英貴

インフラ長寿命化技術研究チーム

研究拠点: つくば

連絡先: サステナブルインフラ研究ラボ事務局: M-sirl-ml@aist.go.jp

