

五十子 幸樹、大野 晋、榎田 竜太、郭 佳

## はじめに

人的・物的被害軽減ユニットでは、地震観測網の活用による地震動評価、構造物の地震時応答及び性能評価、長期的構造ヘルスマニタリング、早期地震警報システム、振動実験手法の開発・研究を行っています。これらの技術と免震構造・制振構造等の構造制御技術との高度な融合により地震時における人的な被害や物的な被害の軽減につながる技術の開発と社会実装を目指しています。

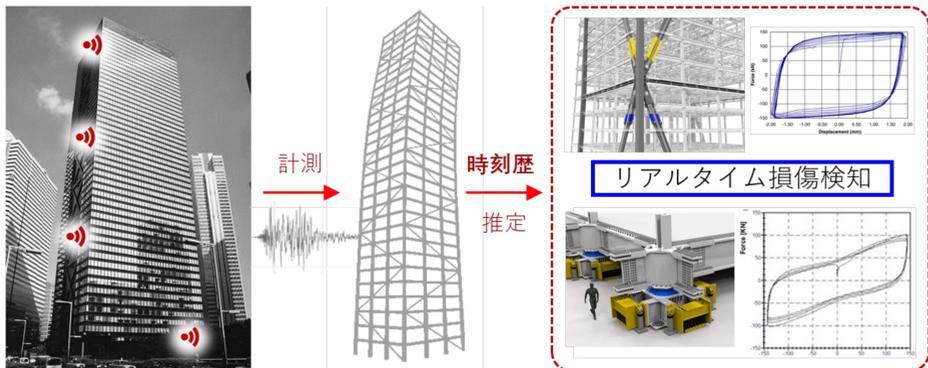
## 長周期構造物の過大变形抑制技術

### ■速度非依存型減衰の理論と地震時過大变位抑制効果

構造物の減衰モデルの一つとして知られている複素減衰を長周期構造物の振動制御則に用いると、地震時過大变形の要因となる地震動の長周期成分を選択的に低減することで効果的に地震時変形を低減できることを明らかにしました。複素減衰の非因果性があることがその実現における最大の課題です。これまでに、Maxwell-Wiechertモデルが有効であることが知られていましたが、Maxwell要素のバネ剛性により系全体の貯蔵剛性が増大してしまい、地震時応答性能を劣化させてしまうという問題がありました。この問題を解決すべく、inertorと呼ばれる負剛性効果を有するデバイスをMaxwell-Wiechertモデルに加えた新しい減衰要素を提案しました。

### ■振動実験と強震観測に基づく建物の振動特性の把握

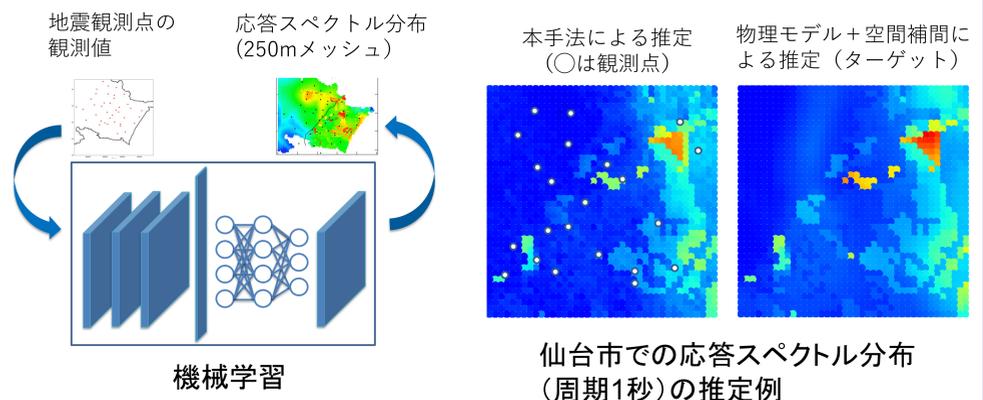
モニタリングシステムの観測データから構造物の振動特性の把握、地震時損傷検知手法の高度化を目標として、スマートセンシング、構造工学、情報工学、統計学、機械学習、可視化などを融合した新しいアプローチでの研究と技術開発に取り組んでいます。



### ■Data-drivenモデリングを用いた減衰要素構成則一般化

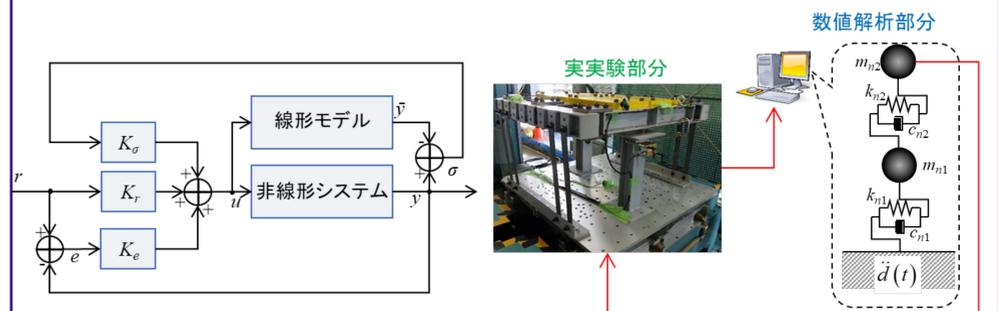
制振・免震用に広く使用されているダンパーは粘性減衰系から履歴減衰系まで様々であり、これらを統一的に扱える物理モデルは存在しないため、単一の物理モデルを用いて制御装置の振動特性を正確に同定することは不可能です。これに対して、機械学習等によるデータ駆動型モデリングは、計算モデルを研究対象の入力/出力データに自動的に適合させることで、対象が粘性減衰系か履歴減衰系か、あるいはその混合であるかに関わらず高精度かつ高計算効率でモデルを予測し、挙動を再現することができます。

## 機械学習による地震動分布推定



地震直後の構造物の被害分布推定には、震度分布よりも周期情報を持つ応答スペクトルの分布推定が有効であることが知られています。これまでも物理モデルによる地盤増幅補正と空間補間を組み合わせる方法を提案してきましたが、空間的に詳細に評価すると時間がかかるのが課題でした。機械学習をこの問題に適用することで、精度を保持したまま時間を短縮して応答スペクトル分布を推定する手法の開発に取り組んでいます。

## 非線形制御を用いた振動実験の高度化



非線形制御であるNonlinear Signal-Based Controlを応用した手法によって、非線形構造物を対象とした動的サブストラクチャ振動実験手法を構築しました。この手法が、実験手法として、高い安定性を保持していることも明らかにしました。大きな非線形構造物の耐震性能を検証する場合に、この手法を用いることで、その一部分だけを対象とした振動台実験を実施し、他の部分を数値解析によって計算するのみとなります。これによって、非線形構造物全体の地震時のゆれを簡便に実現することが可能となりました。

## 将来の災害対策に貢献できること

- ✓都市とそこに建設される超高層・免震構造物を巨大地震により誘発される大振幅地震動や長周期地震動から守る技術を開発しています。提案技術については企業との共同研究により社会実装し、モニタリング技術により検証して改善を進めます。これにより都市・建築を将来の災害から防御することに貢献します。
- ✓地震動スペクトル分布推定に機械学習を導入することで、精度を保ったまま短時間での推定が可能となり、地震直後の被害推定の高精度化に貢献します。
- ✓非線形制御を用いた振動実験の高度化によって、今後開発される新たな制振装置等をより現実味の高い実験によって検証でき、開発から社会実装までの時間を短縮できます。これによって、重要度の高い構造物の耐震性能向上に貢献できます。