

ニューラルネットワークを用いた非線形振動系の同定

目的

ニューラルネットワークによる振動系の同定手法の多くは、入出力特性を学習して応答を予測するもので、制御分野に活用する場面では有効である。しかし、ニューラルネットワークがブラックボックスとして扱われ、振動系のパラメータを陽な形で知ることはできず、異常診断に活用することは難しい。

本研究では、振動系のパラメータを陽な形で同定する手法を検討する。

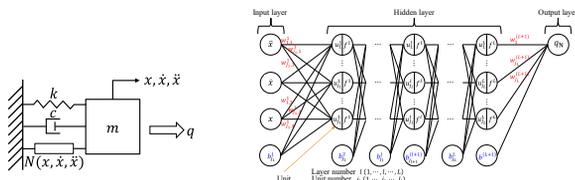
方法(ポイントとなる点)

実際の振動系を同定する場合には、非線形特性が定性的にも未知である場合が多いので、非線形特性を特定の関数の形として与えないノンパラメトリックな同定手法を提案する。具体的には、加速度、速度、変位、外力を計測し、それをニューラルネットワークに学習させ、その学習から質量、粘性減衰係数、ばね定数、非線形力を同定する手法を提案する。

現状・今後

Duffingの方程式、Van der Polの方程式で支配される振動系、復元力がSin関数で表現される1自由度系を対象に、数値シミュレーションを実施した。良好にパラメータを同定できることを確認できた。

今後は提案手法を多自由度系へ展開し、実験検証により実用可能性の検証を進めていく。



1自由度非線形振動系の数学モデルとニューラルネットワークの一部

ニューラルネットワークを用いた粘弾性振動系の同定

目的

一般的なマス・バネ・ダンパの数学モデルに基づき、対象系の振動特性の同定・評価が行われているが、粘弾性体のように減衰要素自体が剛性を持つと思われる対象系に対しては、その同定・評価が最適かは不明である。

本研究では、粘弾性振動系を対象にした新たな数学モデルを構築し、そのパラメータをニューラルネットワークにより同定する手法を提案する。

方法(ポイントとなる点)

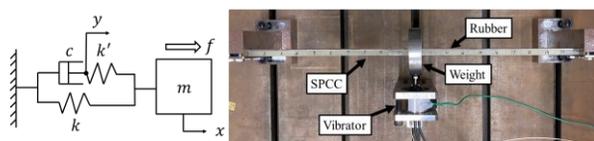
材料工学で最も基本的にいられる3要素モデルに質量を導入した数学モデルを構築する。このとき運動方程式が3階微分方程式となる。数値シミュレーションにより応答を計算し、その応答からパラメータを同定する手法を検討する。

現状・今後

数値シミュレーションで計算した応答から最小二乗法に基づきパラメータを同定する手法を構築することができた。

今後は、実験による妥当性検証を行うとともに、ニューラルネットワークによる同定手法を検討していく。

また、構築した数学モデルが、一般的に使用される数学モデルに非線形特性を付与したモデルと考え、その場合にどのような非線形特性を有するかを把握し、その非線形特性をモデル化するところまで検討していく。



粘弾性振動系の数学モデルと実験装置

ニューラルネットワークによる非線形振動系の準線形化

目的

機械や構造物の特性パラメータは、線形の数学モデルを用いて周波数応答から同定されることが多いが、実際の機械や構造物は非線形特性を有するため、計算した現象と実際の現象には乖離がある。また、非線形特性を含む周波数領域の運動方程式を導くことは難しく、特性パラメータを同定することも難しい。

本研究では、非線形特性を準線形化することにより運動方程式を近似し、特性パラメータを同定する手法を提案する。

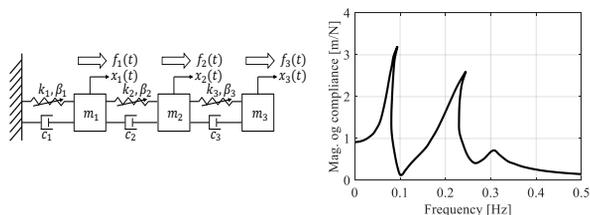
方法(ポイントとなる点)

非線形性が弱い周波数帯域から、あらかじめ線形の特性パラメータを同定し、その後に残りの非線形成分をニューラルネットワークにより同定する。その非線形成分をフーリエ級数展開に基づき準線形化し、それを運動方程式に導入することで順解析も容易にする。

現状・今後

Duffingの方程式で支配される1自由度系と多自由度系については、非線形特性を準線形化することで、ある程度良好にパラメータ同定と順解析を行えることを確認した。

今後はその他の非線形特性にも対応できるようにし、さらに実験により適用可能性を検証していく。



3自由度Duffing系の数学モデルと周波数応答

階層構造物の特性パラメータの同定

目的

構造物の健全性評価は、数学モデルに基づいて診断を行うものが多く、診断結果はモデルの精度に依存する。周波数応答から特性パラメータを同定する研究は以前から行われているが、従来手法では、質量やばねが直列結合される階層構造物を対象にしても、特性マトリクスで明らかに零となる要素に値が同定され、実構造物と数学モデルの整合がとれない。

本研究では、階層構造物の健全性評価のために、対象物の特性マトリクスの形を予め仮定して、その要素の大きさを同定する手法を提案する。

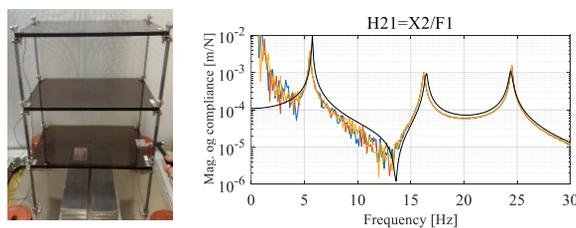
方法(ポイントとなる点)

減衰によって数学的には複素数になる応答を、実部と虚部に分けて定式化することで、運動方程式を構成するすべてのパラメータを実数で扱える方法を構築する。

現状・今後

数値シミュレーションでは、提案手法により特性パラメータを高精度に同定できることを確認した。

実験では、周波数応答に含まれる計測ノイズの影響で、低い周波数帯域では同定値の変動が大きいという課題が見つかった。これの課題を解決するために、振動工学の知見に基づいて平滑化する方法を検討していく。



三層構造物の実験装置と計測した周波数応答