

ソフトコンピューティング手法を用いた構造物の振動制御法に関する基礎的研究

関西大学大学院 学生会員 野村泰稔
 関西大学 総合情報学部 正会員 古田 均
 関西大学 総合情報学部 非会員 下野宏章

1. はじめに

我が国では地震や台風の発生が極めて多いため、構造物の耐風・耐震設計が非常に重要視されている。近年その対策として、振動制御技術が注目されている。このような状況の中、動的で不安定な振動に対する制御方法として、これまでの構造物の剛性を強めるなど、受動的な方法から、より積極的に構造物の振動を制御するアクティブ制御を取り入れようとする傾向にある。本研究で扱うアクティブ制御法として、ファジィアクティブ制御法を利用する。そこで本研究では、階層型ニューラルネットワーク、カオス理論などソフトコンピューティング手法を用いることによりファジィアクティブ制御法の精度向上を試みる。そして本手法の有効性を確認するためにルンゲ・クッタ法により振動方程式を解析し、さらに検討を加える。

2. ソフトコンピューティング手法を用いた構造物の振動制御法

構造物の振動要因を風荷重とし、無制御時の構造物の振動状態を応答観測し、ファジィルールをチューニングする。次にチューニングされたファジィルールを用いて対象の構造物に対してファジィアクティブ制御を試みる。そしてその制御結果を学習データとして、階層型ニューラルネットワークを用いて構造物の振動特性を同定する。次にカオス理論を用いて次ステップの外力である風荷重を予測し、階層型ニューラルネットワークで同定された関数系に予測された風荷重、1ステップ前の振動状態を入力し、最適制御力をファジィルールにより算出する。そして観測された風荷重に対して、最適制御力を構造物に発生させ、構造物の振動を軽減させることを考える。

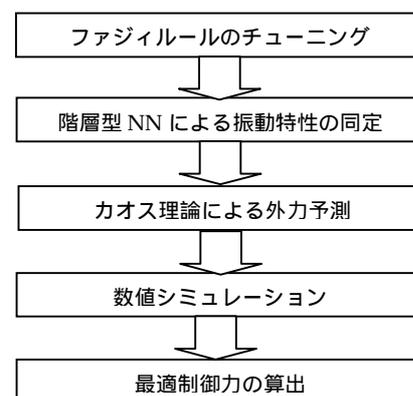


図1 システムの構成

3. 階層型ニューラルネットワークを用いた構造物の振動特性の同定

構造物の無制御時の振動状態を応答観測し、ファジィルールを作成する。本研究でのファジィルールは相対応答変位、速度を考慮した3角形型の7×7のルールである。そして外力である風荷重に対してチューニングされたファジィルールによりアクティブ制御を試みる。そしてその制御結果を蓄積し、階層型ニューラルネットワークの学習データとする。学習データは入力層に風荷重、相対応答速度、相対応答変位、制御力の4つのユニット、出力層は次ステップの相対応答速度、相対応答変位の2つのユニットとする。また学習データの総数は5000件で、学習回数は15000回である。ファジィアクティブ制御をされた構造物の振動特性を同定することにより、予測される次ステップの風荷重を、同定された関数系に入力し、次ステップの構造物の振動状態を推定することが可能となる。そして最適制御力をファジィルールにより決定し、通常ファジィアクティブ制御より、1ステップ早く制御力を発生させることが可能となり、より柔軟な制御を行なうことができると考えられる。

表1 学習時のパラメータ

入力層	4
中間層	5
出力層	2
学習係数	0.8
慣性係数	0.7
シグモイド関数の傾き	1.0

Keyword: ソフトコンピューティング, 振動制御, 階層型ニューラルネットワーク, カオス理論, 風荷重

〒569-1095 高槻市霊仙寺町 2-1-1 Tel 0726-90-2438 Fax 0726-90-2493

4. カオス理論を用いた外力予測

本研究では、階層型ニューラルネットワークで同定された関数系に、予測された風荷重を入力することにより次ステップの構造物の振動状態を推定する。ここでファジィアクティブ制御の精度向上を試みている。ここで、風荷重がカオス的挙動を有すれば、その挙動は何らかの決定論に従っていると考えられる。そこで、相関次元解析とリアプノフ指数解析を行ない風荷重の時系列のカオス性を判定する。本研究では、風荷重を予測する手法として近傍差分を用いた決定論非線形予測手法を利用する。

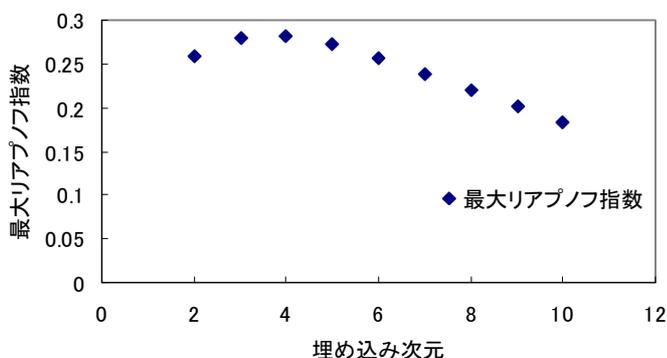


図2 リアプノフ指数解析

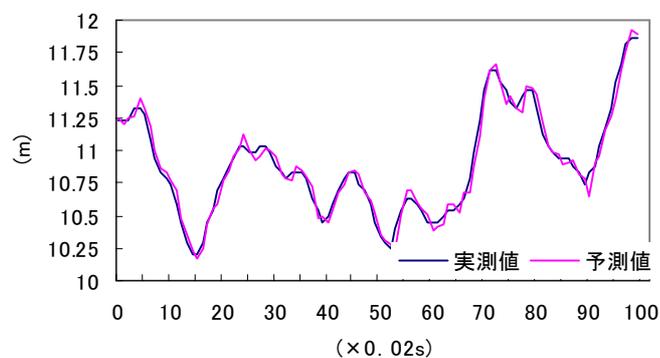


図3 風荷重の予測結果

5. 数値計算結果

本研究で提案した手法と従来のファジィアクティブ制御との振動制御結果を下図の図4、図5に示す。実際に数値計算した構造物モデルは1自由度の振動方程式である。従来のファジィアクティブ制御は相対応答速度、相対応答変位の2つのファジィルールを採用している。そして後件部の制御力を算出する非ファジィ化はmin-max高さ法である。

表2 振動の定式化

質量	3.06tf
剛性	483.2tf/m
減衰係数	0.678tf・sec/m

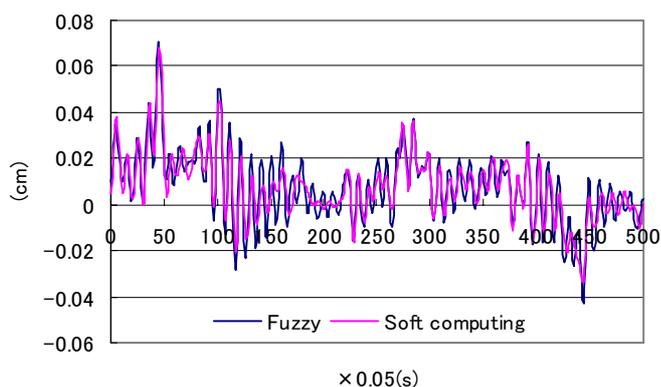


図4 制御結果（相対応答変位）

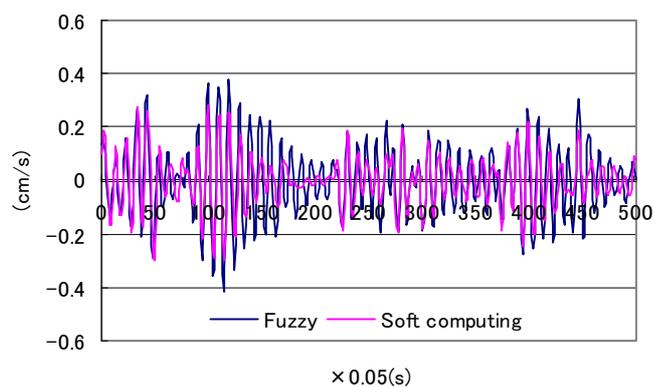


図5 制御結果（相対応答速度）

6. 考察と今後の課題

本研究では種々のソフトコンピューティング手法を用いて構造物のファジィアクティブ制御法の精度向上を試みた。若干であるが、1ステップ早く制御力を作用させるソフトコンピューティング手法の方が相対応答変位、速度とも軽減されている。しかしながら、今回の階層型ニューラルネットワークで学習した振動特性は最も単純な1自由度モデルであるので、今後の課題として、複雑で非線形な応答を出力する構造モデルの振動特性を同定することが可能であるかどうかなど、さらに検証の必要がある。