

動的環境下における構造物のアクティブ振動制御に関する基礎的研究

関西大学 学生会員 ○服部 洋
 関西大学 正会員 古田 均
 関西大学大学院 学生会員 野村泰稔

1. はじめに

わが国においては、建築技術の向上に伴い構造物の高層化が進んでおり、今後もこういった傾向が続くと考えられる。しかし、一般に高層構造物では可撓性が増大するため、居住性・安全性の確保のために振動制御は必要不可欠である。特に、わが国では振動の原因となる自然災害が多く、振動制御は重要な課題である。

こういった背景から、従来多くの振動制御の研究がなされてきたが、対象構造物の状態が変化しない環境を想定しているものが多く、環境が変化した場合には制御性能が低下することが考えられる。しかし、実際の構造物は建設中や構造物の劣化などにより、制御中に環境が変化することが考えられる。したがって定常時の制御能力を保ちながら、構造物の状態変化への迅速な適応能力を持つシステムの開発が必要である。

以上のことから、本研究では制御中に対象構造物の状態が変化する動的環境下においても有効な制御システムの構築を試み、模型実験により構築システムの有効性を確認する。提案システムは定常時に制御を行うロバスト制御器と環境変化を追従する適応制御器から構成され、環境に応じて使い分けを行う。

2. システム構成

本システムは、定常時に制御を行うロバスト制御器、環境変化に追従し制御を行う適応制御器および制御効果を測定し、切り替えを行う判定器からなる。

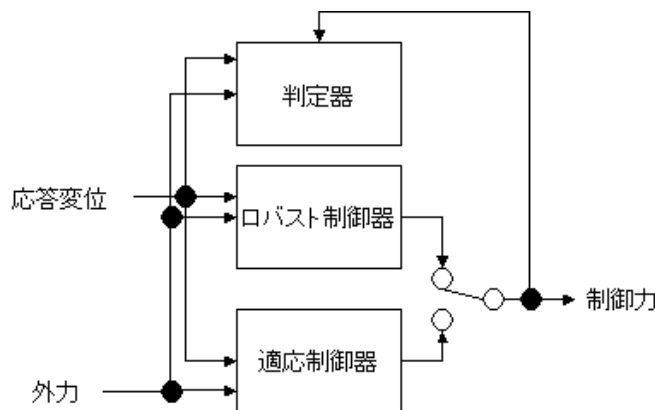


図 1 システム構成

2.1 ロバスト制御器

ロバスト制御器では、ファジィ的ニューロにより制御力を決定する。ファジィ推論の構造を持つためにロバスト性を有する。また、ファジィ的ニューロ対象構造物における最適制御理論を用いた制御結果をあらかじめ学習させているため、最適制御と同等の制御効果が期待できる。また、ロバスト制御器は制御中の学習は一切行わない。これは、過学習と一時的な環境変化への過敏な反応を防ぐためである。

ファジィ的ニューロとは、ネットワーク内の結合にファジィ推論の構造を持たせた階層型ニューラルネットワークである。すなわち、中間層においてメンバシップ関数とファジィルールを表現したネットワークである。ファジィ的ニューロは、最急降下法を用いる教師有り学習の一種であり、ファジィルールおよびメンバシップ関数のチューニングが可能である。

キーワード 振動制御，動的環境，ロバスト制御，適応制御

連絡先 〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1 関西大学 Tel 0726-90-2153

2.2 適応制御器

適応制御器における制御力はニューロ的ファジィにより決定する．一般的に，シグモイド関数を用いるファジィ的ニューロに比べ学習が早く，適応学習に適している．また，ファジィ推論の長所を持ち合わせている点も有利である．制御に利用しない場合においても常に学習を行うものとする．このことにより，環境が変化し，ロバスト制御器から制御を切り替えた直後からの良好な制御が可能となると考えられる．

ニューロ的ファジィとは，ファジィ推論におけるメンバシップ関数，ルール後件部を最急降下法によりチューニングする手法である．ニューロ的ファジィでは，後件部が実数値である簡略化ファジィ推論を用いる．

3. 振動制御問題への適用結果

各制御器の制御性能の検証を行うため模型実験を行った．模型実験には 1 自由度モデルの構造物を用い，制御中に振動特性の変化は与えていない．また，外力は地震波形を想定し，ロジスティックマップを基に作成したランダム波形を用いた．

ファジィ的ニューロの実験結果を図 2 に示す．実験では未学習波形を外力として与えたが，最適制御と同等の制御効果が得られている．すなわち，事前学習によりファジィ的ニューロが最適制御と同等の性能をもつ制御ルールを獲得したと言える．

図 3 にニューロ的ファジィの実験結果を示す．ニューロ的ファジィには事前知識を与えていないが，制御中の逐次学習により制御性能が向上し，最終的には最適制御と同等の性能を得ている．ファジィ的ニューロと同様に，最適制御と同等の性能をもつ制御ルールを獲得したと言える．

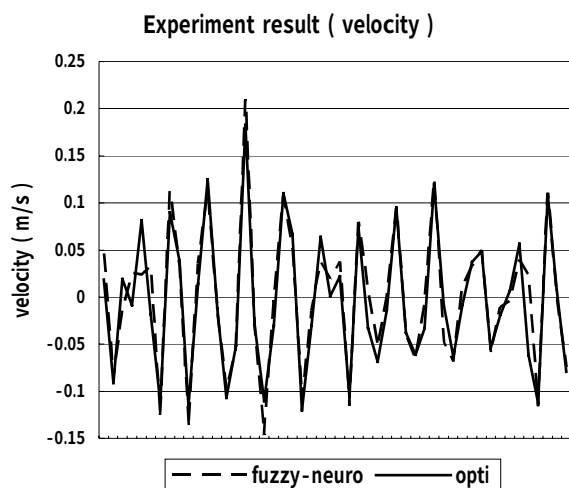


図 2 ファジィ的ニューロによる実験結果

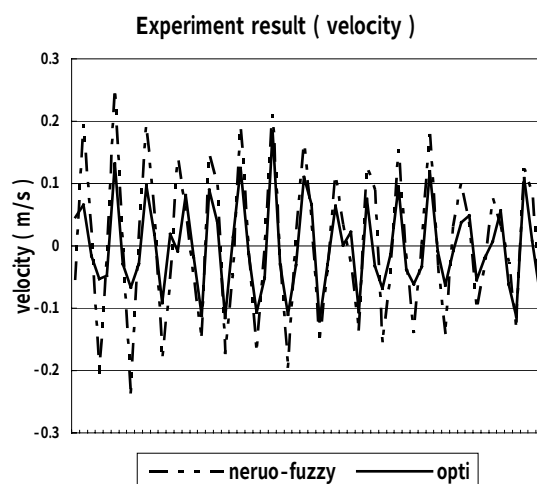


図 3 ニューロ的ファジィによる実験結果

4. おわりに

本研究では，模型実験によりファジィ的ニューロ及びニューロ的ファジィが学習により，最適制御と同等の制御ルールを獲得できることを示した．

ファジィ的ニューロは事前学習を必要とするが，そのロバスト性により動的環境下における性能低下の軽減が期待できる．また，ニューロ的ファジィが事前知識を用いずに良好な結果を得られた意義は大きく，逐次学習による環境への追従が動的環境下においても期待できる．

以上のことから，これらの制御器を組み合わせ，的確に使い分けることにより，環境の変化に関わらず常に安定した制御が可能であると考えられる．すなわち，事前知識を必要とするため，動的環境下においては事実上適用が困難である最適制御と同等の制御効果を獲得する可能性を示したといえる．

今後の課題としては，模型実験において，制御中に振動特性が変わるモデルを実現し，提案システムの制御性能を確認する必要がある．