

氏名	ごん だ えい こう 権 田 英 功
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	甲第186号
学位授与年月日	平成18年 3月17日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
学位論文題目	メンバーシップ関数の形状に着目したファジィルールの自動調整に関する研究
学位論文審査委員	(主査) 大北正昭 (副査) 副井裕 大木誠

学位論文の内容の要旨

本論文は、「メンバーシップ関数の形状に着目したファジィルールの自動調整に関する研究」について、以下の6章にまとめたものである。

ファジィ理論の実用化の進展とともに、より複雑・大規模なシステムに対するファジィ知識を人手のみによって試行錯誤的に設計したりチューニングすることは益々困難になってきている。このような問題を解決するため、与えられた入出力データを近似するようにファジィ推論ルールを調整する方法として、ファジィ推論とニューラルネットワークを融合する手法、また遺伝的アルゴリズムといった最適化手法を用いてファジィ推論ルールの調整を行う方法など様々な手法が提案されている。

筆者らは、入出力データさえ用意すれば、比較的短時間でファジィ推論ルールの調整を行える、ニューラルネットワークの学習機能を用いる手法を取り入れている。しかし、この手法をそのまま適用した場合、制御対象によって、調整に時間がかかる、あるいは調整できないことがある。これには2つの問題点がある。1つは、制御対象の入出力データが急激に変化する分布を持つ場合、つまり、制御対象の関数形が微分不可能あるいは不連続の場合、MSFの調整が困難になり局所最適解を回避できないことがある。もう1つは、二等辺三角型を起源とする折れ線近似的なMSFでは、関数の汎化能力の面において、微分不可能あるいは不連続に対しては有効であるが、滑らかに変化する部分については劣ってしまう。この2つの問題点はメンバーシップ関数の形状に起因すると考え、以下の章に示すように改善、応用を図った。

第1章では、ファジィ推論ルールの調整に関する研究背景、問題点を述べ、メンバーシップ関数の形状に着目して学習データの分布に適応するメンバーシップ関数を提案、種類選択を行ない、より精密なモデリングを目指すという、本研究の目的を示した。

第2章では、ファジィ制御におけるファジィ推論ルールの自動調整にニューラルネットワークの

学習機能を利用する方法において、学習データが急激に変化する分布に対応するために、ファジィ推論ルールのメンバーシップ関数を二等辺三角型から2つの直角三角形からなるメンバーシップ関数に変更する手法を提案した。また、シミュレーテッドアニーリングの手法を取り入れメンバーシップ関数の頂点位置幅を温度パラメータにより可変とし、スムーズに局所最適解を回避し大域最適解に近づける方法を提案した。本方法によって、学習データが急激に変化する場合でも、メンバーシップ関数を適切に配置できることを示すことができた。

第3章では、第2章と同様にファジィ制御におけるファジィ推論ルールの自動調整にニューラルネットワークの学習機能を利用する方法において、遺伝的アルゴリズムの手法を付加しメンバーシップ関数の適否の判定、種類の選択及びその最適化の可能な遺伝子を個体に組み込んだ。これにより、モデルの形状に適合した1種類または複数種類のメンバーシップ関数を選択することができ、被制御モデルをあらかじめ準備したメンバーシップ関数に関して最小の個数で表現できることを示した。

第4章では、第3章の手法を多入出力学習データに適用した。これにより、多入出力学習データに対してもモデルの形状に適合した1種類または複数種類のメンバーシップ関数を選択することができ、被制御モデルをあらかじめ準備したメンバーシップ関数に関して最小の個数で表現できることを示した。また、学習後のモデル関数の観点において単一種類のメンバーシップ関数単独で使用した場合と比較し第3章の手法は優れており、さらに学習データによる最小平均自乗誤差から検査データによる最小平均自乗誤差の増加量についても単一種類のメンバーシップ関数単独で使用した場合と比較し最小であることを示した。第3章の手法は汎化能力についても有効であることが確認できた。

第5章では、応用について述べた。第2章と同様にファジィ制御におけるファジィ推論ルールの自動調整にニューラルネットワークの学習機能を利用する方法において、遺伝的アルゴリズムの手法によるメンバーシップ関数の種類選択を付加し、時系列加速度脈派データのモデリングを行ない、形状特徴量をベクトルとして取り出した。さらに、自己組織化マップ(SOM)により時系列加速度脈波データの分類を行なった。これにより、学習データの分布に適合したメンバーシップ関数が選択され、健常、インフルエンザ、中年女性更年期、動脈硬化の分類は可能であることを示した。また、加速度脈派アトラクタ形状のモデリングを行ない、自乗誤差をアトラクタの平行度、定常度の指標として用いることが可能であることを確認した。

第6章では、本研究における総括を行ない、今後検討すべき課題について述べた。

審 査 結 果 の 要 旨

ファジィ理論の実用化の進展とともに、複雑で大規模なシステムに対するファジィ知識を人手のみによって試行錯誤的に設計したり調整することは益々困難になってきている。このような問題を解決するため、与えられた系のファジィ制御を実現するファジィ推論ルールの調整手法として、ニューラルネットワークの学習機能を用いる手法が提案されているが、これにはメンバース

ップ関数 (MSF) の形状に起因すると考えられる2つの問題がある。その1つは、制御対象の特性が急激に変化する場合、MSFの調整が困難になり局所最適解を回避できないことがある。この問題を解決するために、学習データの急激な変化に対応できる新しいMSFを提案した。また、シミュレーティッドアニーリングの手法を取り入れMSFの頂点位置幅を温度パラメータにより可変とし、スムーズに局所最適解を回避し大域最適解に近づける手法を提案した。その結果、学習データが急激に変化する場合でも、MSFを適切に配置できることを示した。もう1つの問題は、従来の折れ線近似的なMSFでは、関数の汎化能力に関して、微分不可能あるいは不連続に対しては有効であるが、滑らかに変化する部分については劣る場合がある。この問題を改善するため、ファジィ推論ルールの自動調整に、遺伝的アルゴリズムの手法を活用し、MSFの適否の判定、種類の選択及びその最適化の可能な遺伝子を個体に組み込んだ。これにより、モデルの形状に適合した1種類または複数種類のMSFを選択でき、被制御モデルをあらかじめ準備したMSFに関して最小の個数で表現できることを示した。次に、これらの手法を多入出力学習データをもつ系に適用しその有効性を示した。さらに、上記の手法を、時系列加速度脈波データのモデリングに適用し、自己組織化マップとを組み合わせ、加速度脈波データの分類を行った。これより、学習データの分布に適合したMSFが選択され、健常、インフルエンザ、中年女性更年期、動脈硬化の分類及び診断が可能であることを示した。また、加速度脈波アトラクタ形状のモデリングを行ない、最小自乗誤差をアトラクタの平行度、定常度の指標として用いることが可能であることを示した。

これらの成果は、ファジィモデリングの研究に新たな知見を与えるものと評価できる。従って、本論文は、博士(工学)を授与するに値するものとみとめられる。