

3C-10

ニューラルネットワークによるファジィ制御
—ニューロ・ファジィ融合システムの検討—渡部 信雄 川村 旭 益岡 竜介 大和田 有理 浅川 和雄
(株)富士通研究所

1. 序

ニューラルネットワークの応用のひとつとして、ファジィ制御システムの改良に用いることを考える。

ファジィ制御は、if-then形式ルールの変数をファジィ変数にしたもので、ファジィ理論の中では最も多く実用化されているものである¹。ファジィ制御は、少ないルール数で実現できるので、初期開発期間を短縮できるが、精度を上げるために、メンバシップ関数やルールを変更することが困難であるという問題がある。

我々は、ニューラルネットワークの学習機能を用いて、この問題点を解決するために、ファジィ制御とニューラルネットワークの長所を合わせた、ニューロ・ファジィ融合システムを提案する。

2. ファジィ制御とニューラルネットワークの特徴

1入力1出力の簡単なプラントを例にして説明する。図1に目標とする操作量を示す。ここでは、

$$y=0.6x^4-1.2x^2+0.8$$

という式を用いたが、実際には、理想操作量はこのグラフのようにはっきり示せるものではなく、現場の熟練者が頭に描いているものである。ファジィ制御モデルは、熟練者の持つノウハウを簡単なルールおよびメンバシップ関数で表現したものである。図2にファジィモデルによる表現を示す。これは、「Xが大きい時はYを小さく」というノウハウと「Xが小さい時はYを大きく」というノウハウに相当する。また、XとYそれぞれが「大きい」、「小さい」とはどういう意味かということも、ノウハウであり、メンバシップ関数として表現される。このファジィモデルによる操作量を図1に示す。このように、入力と出力の関係を少数のルールとメンバシップ関数で表現できるため、精度を問わなければシステムを簡単に構築できることがファジィ制御モデルの長所である。しかし、図1から、さらに精度を上げよう

とした場合、ルールをどのように変更したらよいか、また、メンバシップ関数をどのように変更したらよいかの方法論がまだ確立していないので、ここから先は試行錯誤にたよらざるを得ない。

一方、ニューラルネットワークを使う場合は、もし図1のグラフが具体的に数値で与えられていればそれを教師信号としてそのまま、例えばバックプロパゲーション法²を用いて学習させればよく、この場合はファジィ制御よりも精度も開発効率もよい。また、システムを運用中に新しいデータを学習することで環境の変化に適應することもできる。しかし、教師信号が手に入るまでは何もできない。

3. ニューロ・ファジィ融合システムの構想

このような、ファジィ制御モデルとニューラルネットワークモデルの長所を合わせ持ったニューロ・ファジィ融合システムを提案する。このシステムは、ファジィモデル、純ニューロモデル(通常ニューラルネットワークモデル)、ルール部プリワイヤドニューロモデル、ルール部全結合ニューロモデルを持ち、開発・運用・改良の各フェーズに於いて都合のよいモデルを使い、モデル間を自動交換するものである。図3に概念図を示す。

ファジィモデル、純ニューロモデルは、上で説明したものである。ルール部プリワイヤドニューロモデルとは、入出力変数のメンバシップ関数及びルールに1対1に対応するニューロンを持つネットワークモデルである。(図4)ルール部全結合ニューロモデルとは、入出力変数のメンバシップ関数に対応したニューロンはあるが、ルールは単独のニューロンでは表現せず、結線や中間層で表現するものである。(図5)

4. ニューロ・ファジィ融合システムのメリット

本システムには、以下に示すメリットがある。

- ・実データが入手できない時でも、ファジィルールによりモデル構築が可能。
- ・ファジィルールによるモデルを構造型ニューロモデル(ルール部プリワイヤドニューロモデル及びル

- ・ 一ル部全結合ニューロモデル)へマッピング可能.
- ・ ファジールールによるモデルから純ニューロモデルへ学習による変換が可能.
- ・ ニューロモデルによる運用中に実データで学習させることにより,性能向上が可能.
- ・ 純ニューロモデルから構造型ニューロモデルへ変換することにより,ネットワークの内部表現の理解が可能.
- ・ 構造型ニューロモデルからファジールールへ変換することにより,人間への説明が可能.

このように,ファジモデルとニューロモデルを有機的に結合することにより,ファジモデルの分かり易さでニューロモデルの精度や学習能力を利用することができる.

5. 課題

本システムは,現在検討段階であり,少数の例で人手によりモデル間の変換を行って評価をしている.全体を自動化することにより現在ファジ制御を用いている分野での性能向上や,精度の点でファジ制御を使えないでいる分野への適用が可能であると考える.

6. 謝辞

日頃から御指導頂く情報処理研究部門榎橋純一部門長ならびにシステム研究部石井光雄部長に感謝します.

References

1. 菅野道夫, ファジ制御, 日刊工業新聞社, 1988.
2. J. L. McClelland and D. E. Rumelhart, *Parallel Distributed Processing, Vol I and II*, MIT Press, 1986. The PDP Research Group, MIT

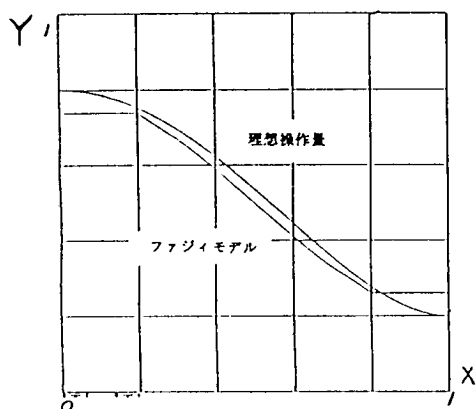


図1. 理想操作量とファジモデルによる操作量

- L1: if x is big1 then y is small2
- L2: if x is small1 then y is big2

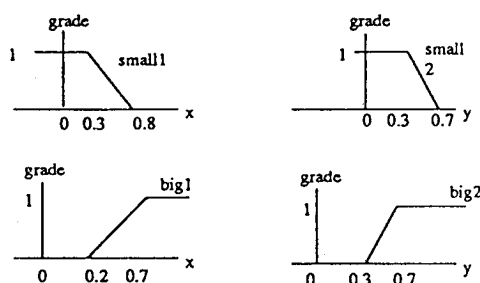


図2. ファジモデル

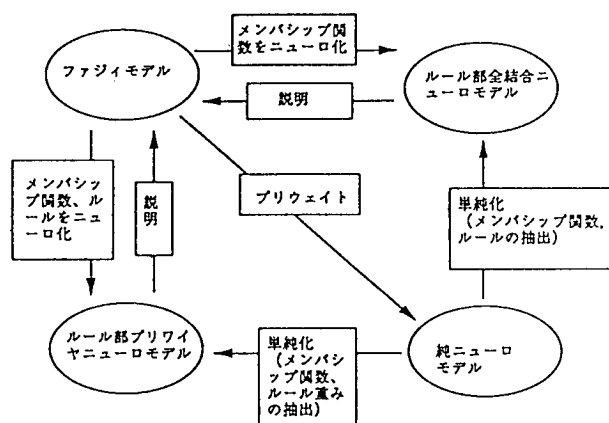


図3. ニューロ・ファジ融合システムの概念図

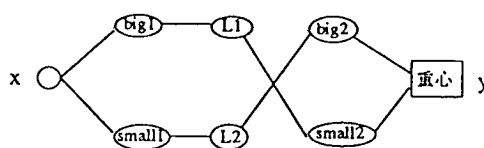


図4. ルール部プライマリーニューロモデル

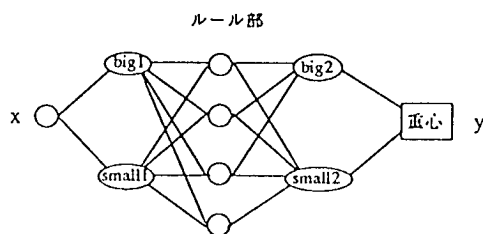


図5. ルール部全結合ニューロモデル