

進化的計算によるファジィルールの獲得

橋山, 智訓

高木, 英行
九州芸術工科大学

<https://hdl.handle.net/2324/4491491>

出版情報 : 2000-09. 共立出版
バージョン :
権利関係 :

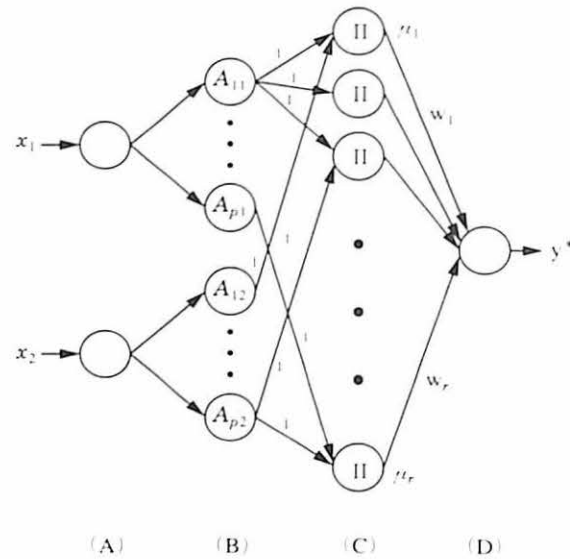


Figure 24.3 An Example of Fuzzy+NN.

角型関数を選択した場合に相当する。

このシステムでは、ファジィシステムの推論値と教師データの誤差を最小にするように、ネットワークのパラメータをチューニングする。最急降下法を用いて、パラメータチューニングをすることが多いが、これに限定されるものではない。Fig.24.3においては、(B)層における前件部メンバシップ関数の形状を規定するパラメータと後件部定数である w_k を同時にチューニングすることが可能である。

特に、前件部に三角型メンバシップ関数を用いる手法は、演算が簡単なため1991年以降、多数の家電機器に応用されてきた。

24.1.3 ニューラルネットワークによるファジィシステム設計の応用例

ファジィ制御の家電機器応用を大きく促進させた一因に、設計したファジイルールを Look-up Table の形でメモリに記憶させておき、4 bit マイコンによって実行したことがあげられる。この方式は低コストでかつ高速な信号処理が可能である。1991年に松下電器産業が全自動ファジィ洗濯機のためのファジィシステム構築ツール (fuzzy system design support tool) として、三角型メンバシップ関数を用いる手法を応用し製品化した。そこでは、布量・水濁量・水濁量の時間変化の3変数を入力とし、水位・水流・洗い時間・すすぎ時間・脱水時間を出力とするファジィシステムを構築した。その後、この技術および派生技術を用いて掃除機、オープンレンジ、炊飯器、コピー機、エアコン等が次々と商品化[12]され、家電機器におけるファジィ・ニューロブームを巻き起こした。

産業機器においては、1991年から日立の圧延機の制御において実稼働[13]したのが最初の応用例である。

24.1.4 まとめ

ファジィシステムの扱い易さにニューラルネットワークの学習能力を用いることで補完する、ファジィ+ニューラルネットワークシステムについて解説した。ファジィ+ニューラルネットワークシステムのフレームワークは1993年までにほぼ確立され、現在では基礎技術として深く浸透している。

ファジィ+ニューラルネットワークシステムは様々なバリエーションがあり、ここではすべてを網羅できていない。文献[14]では、ファジィシステムとニューラルネットワークの融合度の観点から、11種類に分類している。本節では、その歴史的起源に焦点をあてて解説した。ファジィ+ニューラルネットワークシステムの深い知識を得たい読者は、詳しい書籍[15, 16]などを参照されたい。

最後に、ファジィ+ニューラルネットワークシステムに関する知的所有権についてふれる。少なくとも前件部または後件部がニューラルネットワーク構造をしているファジィシステム[17]、および、ニューラルネットワークで部分的にも設計されたファジィシステム[18]は、登録特許でクレームされており、大多数のファジィ+ニューラルネットワークシステムがこれらの特許にかかわる。これらの特許の欧米での状況は、2000年現在、登録、登録待ち、審査中である。

24.2 進化的計算によるファジイルールの獲得

[橋山 智訓, 高木 英行]

24.2.1 はじめに

ファジィシステムは人間の知識をファジイルールとして容易に取り込むことができるヒューマンフレンドリーなシステムである。本節では、ファジィシステムの自動設計を進化的計算により行う方法について解説を行う。

進化的計算手法は、生物の遺伝や進化過程を工学的に模擬した最適値探索を行う計算モデルの総称である。進化的計算手法には、遺伝的アルゴリズム (genetic Algorithm: GA)[19, 20]、進化的戦略 (evolution strategies: ES) [21]、進化的プログラミング (evolutionary programming: EP) [22]、遺伝的プログラミング (genetic programming: GP) がある。進化的計算は、対象とする問題を染色体と呼ばれるコードに変換し、染色体に対して交叉、突然変異、選択・淘汰の遺伝的演算の操作を加えることで最適値探索を行う。

進化的計算手法によるファジィシステムの設計は、1989年のKarr [23]によるGAを用いたメンバシップ関数のチューニングに始まる。その後、様々なバリエーショ

ンが発表されているが、進化的計算によるファジィシステムの自動設計の基本的な枠組みは、前節で紹介したニューラルネットワークによるファジィルールの獲得と同じである。すなわち、ファジィシステムを決定するパラメータ、例えばメンバシップ関数の形状等を染色体にコード化し探索を行う。進化的計算を用いることの利点は、解の性質を評価する適応度関数（評価関数）の設定の自由度が高いことである。ファジィルール全体の進化ばかりでなく、個々のファジィルールを進化させるファジィクラシファイアシステム (fuzzy classifier system) [24, 25] 等も提案されており、知識獲得手法として応用されている。

24.2.2 進化的計算によるファジィシステムの設計

ファジィシステムの自動設計手法に関する研究は、1988年のニューラルネットワークによるファジィシステムの設計[1]から盛んに研究されるようになった。ファジィ+ニューラルネットワークシステムは家電品などに多数利用され、現在では基礎技術として広く浸透している。一方、進化的計算を用いたファジィシステムの自動設計は、1989年のKarrの研究が最初である。当初、メンバシップ関数の形状設計に應用されたが、現在では後件部やルール数の設計も含めて同時に設計が自動化されている[26]。以下、進化的計算手法を用いたファジィシステムの自動設計について述べる。

ファジィシステムにおいて設計すべき項目は以下の通りである。

- I. 入出力変数
- II. ファジィ推論の方法
- III. ファジィルール数
- IV. 前件部メンバシップ関数
- V. 後件部パラメータ

これらの設計項目を、染色体と呼ばれるコードに変換し、進化的計算手法により探索を行うことで、ファジィシステムの自動設計を実現する事ができる。進化的計算の基本フローは以下の通りである。Fig.24.4 にフロー図を示す。

1. 問題の定式化 (problem formulation)
 2. 設計項目の染色体へのコード化 (encoding)
 3. 初期集団の生成 (initialization)
 4. 個体の評価 (evaluation)
 5. 遺伝的演算 (genetic operation)
- 4.と5.を繰り返すことにより解、すなわち目的とするファジィシステムおよびファジィルールを獲得することを目的とする。

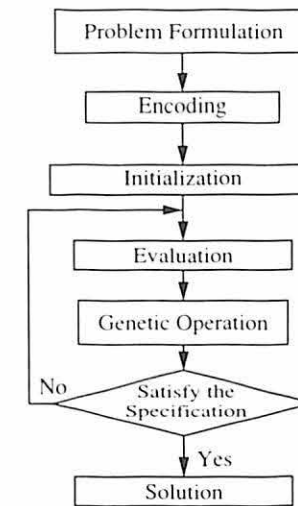


Figure 24.4 Flow of Evolutionary Algorithm.

文献[26]を例にコーディング方法の説明を行う。Fig.24.5に、入力変数 x_j に対する前件部メンバシップ関数の例を示す。入力変数 x_j の設計範囲を $[a, b]$ とする。メンバシップ関数 A_j^i を規定するために、隣り合うメンバシップ関数 A_j^{i-1} と A_j^i の中央の差 d_j^i と、 A_j^i の中央 c_j^i から左端および右端までの距離 l_j^i , r_j^i の3点をコーディングする。図中点線で示されるような b を越えるメンバシップ関数を無視すれば、メンバシップ関数の数が決まり、 x_j の分割数が決定される。これを全入力変数に関して行えば、入力空間の分割数すなわちファジィルール数が決定する。さらに、後件部パラメータもコーディングすることで、ファジィシステムの設計項目のうち、ファジィルール数、前件部メンバシップ関数、後件部パラメータが同時に設計可能となる。

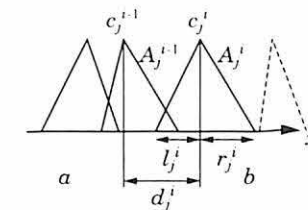


Figure 24.5 Encoding Fuzzy System Parameter.

他のコーディング法として、ファジィルールを基本とする例をFig.24.6に示す[27]。この例では、図中○で囲まれた部分は式(24.4)のファジィルールを表す。前件部変数の組合せと、前件部メンバシップ関数の形状を規定する中心と幅がコーディングされている。各ルールの前件部入力変数の組合せおよびそれぞれのメンバシップ関数の形状は、突然変異演算により決定される。また、このコーディングでは、染色

体の長さがファジイルール数を表すことになり、ファジイルール数は染色体同士の交叉演算により変更される。後件部パラメータもコーディングすることで、ファジイルール数、前件部メンバシップ関数、後件部パラメータを同時に設計可能である。

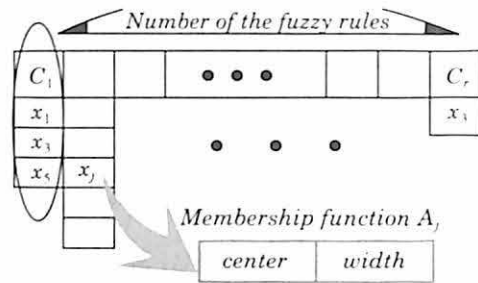


Figure 24.6 Encoding Fuzzy Rules.

$$R^1 : \text{if } x_1 \text{ is } A_1 \text{ and } x_3 \text{ is } A_3 \text{ and } x_5 \text{ is } A_5 \text{ then } y_1 = C_1 \quad (24.4)$$

24.2.3 進化的計算によるファジィシステム設計の応用例

ファジィ+ニューラルネットワークシステムの家電品への応用は、1991年から日本において応用されている。ファジィ+進化的計算の融合化技術を応用した家電品は、韓国において1994年から発売されている。

三星社は、冷蔵庫と洗濯機にファジィシステム+GA技術を応用している[28]。冷蔵庫の庫内温度、ドアの開閉時間、外気温を入力とし、TSK[29]ファジィモデルにより、ファンとコンプレッサを制御し、食品の保存期間の長期化と省電力化を試みている。このシステムでは2種類のTSKモデルが使用されているが、それらはともにGAを用いてその前件部パラメータを調整している。1995年発売の洗濯機においては、ウールや女性の下着洗いモードでのモータ制御に、GAにより設計されたファジィシステムを利用している。

また、LG電子も食器洗い機、炊飯器、電子レンジ、冷蔵庫、洗濯機、掃除機の制御に、GAにより設計されたファジィ+ニューラルネットワークシステムや、GAにより設計されたファジィシステムを利用している[30]。

24.2.4 まとめ

進化的計算によるファジィシステムの自動設計について、GAによる設計を例に解説した。ファジィシステムの自動設計手法としての枠組みは、前節のニューラルネットワークによるファジイルールの獲得と基本的に同じであり、基本的なフレームワークは確立されている。ニューラルネットワークと比較して、進化的計算ではその評価関数の設計の自由度が高いことが利点として考えられる。すなわち、評価関数は計算可能であれば、微分可能性や連続性を持たなくても構わない。しかしな

がら、評価関数の設定法は、染色体へのコーディング法とともに、進化的計算法における解探索性能を大きく左右するため、その設定に注意を必要とする。

近年では、ファジィシステムの設計において、人間自身が評価を行うインタラクティブ進化的計算論[31]が盛んに研究され、興味深い成果を挙げている。

ファジィシステムと進化的計算論について、さらに知識を得たい読者は、日本ファジィ学会誌の特集[32, 33]や、ホームページなど[34]からも論文リストなどを収集することができる。