

ファジィシステムのための遺伝的アルゴリズムと、 遺伝的アルゴリズムためのファジィシステム

高木, 英行
松下電器産業株式会社中央研究所

<https://hdl.handle.net/2324/4481573>

出版情報 : pp. 1-, 1994-07-15
バージョン :
権利関係 :



ファジィシステムのための遺伝的アルゴリズムと遺伝的アルゴリズムのためのファジィシステム

高木英行 (HTakagi@crl.mei.co.jp)

TAKAGI, Hideyuki

松下電器産業株式会社 中央研究所

Abstract

ファジィシステムと遺伝的アルゴリズムが協力し合う融合化技術を紹介する。1つは遺伝的アルゴリズムを用いてファジィシステムの前件部メンバーシップ関数、後件部、ルール数を自動設計する手法である。先見的知識導入の効果も述べる。第2は性能に影響を与える遺伝的アルゴリズムのパラメータをファジィ知識ベースで動的に制御する方法である。

はじめに

ファジィ研究とニューラルネット (NN) 研究の盛り上がりをはほぼ同じ1980年代後半に迎え、お互いに補い合う形で両技術の融合化が図られてきた。NNを用いてファジィシステムのメンバーシップ関数を自動設計する[1]、ファジィ推論の構造を導入してNNを構造化する[2]などである。

同様にファジィ研究と遺伝的アルゴリズム (GA) 研究もお互いに補い合う形で融合化が図られてきた。本論は後者の具体的展開を紹介する。

GAを用いたファジィシステムの自動設計

この方向の研究はKarrらによって始められた[3]。最近ではメンバーシップ関数の設計だけでなく、ルール数、後件部 (THEN部) の出力もGAで同時に自動設計[4]でき、この手法はほぼ確立したと考えてよい。その評価も倒立振り子のファジィ制御のような単純なものだけでなく、自立走行車の制御[5]や駆動モータ1つで2重ロボットアームを振り上げ倒立させる複雑なシステムの制御器[6]も自動設計できるようになった。

GAで自動設計する場合、はじめにファジィシステムをパラメータ化する。前件部 (IF部) のメンバーシップ関数は形状を規定するパラメータを最適化することで自動設計できる。例えば、三角形のメンバーシップ関数であれば左端、中央、右端の3つ、ガウス分布形であれば中央と偏差、台形であれば左右の下端と上端の4つ、などが決定すべきパラメータである。

後件部出力は定数値、入力関数値、メンバーシップ関数で規定されるファジィ数などである。これもパラメータ化する。例えばよく使われているTSKモデルの後件部は、 $y = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n$ のような入力 x_i の線形結合で出力値を求める。この係数 a_i が求めるパラメータである。出力が定数の簡略型ファジィ推論ではこのパラメータ数が1つであり、出力がファジィ数であれば、その数を定義するメンバーシップ関数を前件部のメンバーシップ関数と同様に決定する。

ルール数は、入力変数のレンジを越えたメンバーシップ関数を淘汰することで最適化する。例えば、倒立振子の振り角度と角速度を入力して振子を倒立させるファジィ制御器の場合、入力角度は $-90^\circ \sim 90^\circ$ に限定される。角度変数のためのメンバーシップ関数でこの範囲以外の領域をファジィ分割するメンバーシップ関数が生成されたら捨てる。このため、メンバーシップ関数の数が限定される。ファジィルール数とは前件部のメンバーシップ関数でファジィ分割された入力空間の分割空間数である。従って入力変数のレンジを限定することで調整されるメンバーシップ関数の数がルール数の自動決定する。具体的には、前件部メンバーシップ関数の代表的な位置 (例えば三角形の頂点) の絶対値をGAで決定する代わりに、隣接メンバーシップ関数との間隔をGAで決定するようコーディングすることで容易に数を調整できる[4]。

GAでファジィシステムを設計する場合、対象問題に対する先見的知識があればできる限りGAコーディングに反映することが設計時間の短縮、精度の向上につながる[7]。例えば、倒立振子や車の左右の制御のように左右対象な制御が適当であれば、ファジィルールも左右対象なメンバーシップ関数を持ち、後件部の出力も左右対象になるよう制約を導入すべきである。

ファジィ知識ベースによるGAパラメータの動的決定

NNと同様、GAの性能を決定するパラメータは多い。この最適値は各世代毎に異なるだろうことは容易に想像がつく。しかし、パラメータの決定方法は確立していない。GAの性能値 (fitness 値) とGAのパラメータの関係は単純ではないが、我々は定性的知識を持っている。定性的な知識として例えば、性能値が低い個体が多ければ全個体数を減らした方が計算コストが少ない、逆に性能値高い個体数が大勢を占める場合全個体数をさらに増やせばさらに良い個体が見つかるかも知れない、変化の少ない世代が続けば突然変異率を増やす、などが考えられる。

これらの知識をファジィルールで記述し、ファジィ推論で最適パラメータ値を決定する方法が、動的パラメトリックGA [8] である。性能値のどの面に着目してファジィ知識ベースを設計するかは、各設計者がどのような定性的知識を持つかに依存する。例えば文献 [8] では平均性能値/最高性能値、最低性能値/平均性能値、最高性能値を持つ1世代前の出力と今回のその出力との差、の3変数を入力して全個体数、交差率、突然変異率の3つを各世代毎に決定している。

このような定性的な知識を扱うファジィ知識ベースはどのように設計すればよいか。この答えの1つが前章のGAを用いたファジィシステムの自動設計手法である。こうして得られたルールとメンバーシップ関数の形状は文献 [8] に開示されており、このファジィシステムをコピーすれば新規に設計することなく動的パラメトリックGAが実現できる。このファジィシステムはGAのための知識であり、GAを適用するタスクの知識でないことに注意されたい。これは、GAの適用対象が代わっても知識ベースの対象であるGA自体は同じなので、動的パラメトリックGAは汎用的であるとの期待が持てる。

まとめと展望

ファジィシステムの自動設計・調整技術は、1979年の自己組織化制御器 [9] に始まり、メタレベルのルール・システム調整方法や80年代末のNN、GA導入などにより、本論で紹介したようにファジィシステムの設計項目の大部分に最適化手法が導入された。技術的完成度の観点から見れば、ファジィシステムの自動設計技術は実用レベルに達していると言える。残された自動化の項目としては入力変数の選択や前処理方法、および推論方法の選択などがある。これらについても、統計手法の導入、変数減少法、推論方法の動的選択など自動化の取り組みがなされている。

GAの性能向上のためにファジィシステムを導入する研究は、NNやファジィシステムの出力をGAの初期値とする直列接続に若干見られる以外は、本論で紹介したパラメータの動的決定が唯一のアプローチである。技術的にはまだ始まったばかりと言える。GAパラメータの最適化は、NNの場合のように非線形最適化手法を導入することが困難である。GA自体を用いて決定したり本論で紹介した知識ベースによる方法などが提案されているが、本命となる技術はまだ生まれていない。これはGAの性能とその要因との関係を明らかにする理論的解析が進んでいないことに起因している。鶏が先か卵が先かは分からないが、各種道具 (技術) 導入による知見の収集と理論の構築とが車の両輪になって研究を進めていく必要があるのが現状である。

References

- [1] Takagi, H. and Hayashi, I., "NN-driven Fuzzy Reasoning," Int'l J. of Approximate Reasoning (Special Issue of IIZUKA'88), Vol.5, No.3, pp.191-213 (1991)
- [2] Takagi, H., Suzuki, N., Kouda, T., and Kojima Y., "Neural-networks designed on Approximate Reasoning Architecture and Its Applications," IEEE Trans. Neural Networks, Vol.3, No.5, pp.752-760 (1992)
- [3] Karr, C., Freeman, L., Meredith, D., "Improved Fuzzy Process Control of Spacecraft Autonomous Rendezvous Using a Genetic Algorithm," SPIE Conf. on Intelligent Control and Adaptive Systems, pp.274-283 (Nov., 1989)
- [4] Lee, M.A. and Takagi, H., "Integrating Design Stage of Fuzzy System using Genetic Algorithms," IEEE 2nd Int'l Conf. on Fuzzy Systems (FUZZ-IEEE'93), Vol. 1, pp.612-617 San Francisco, CA USA (March 29 - April 1, 1993)
- [5] Hessburg, T., Lee, M.A., Takagi, H and Tomizuka, M., "Automatic design of fuzzy systems using genetic algorithms and its application to lateral vehicle guidance," SPIE Prof. of Technical Conf. on Applications of Fuzzy Logic Technology, SPIE's Int'l Symposium on Optical Tools for Manufacturing and Advanced Automation, Vol.2061, pp.452-463, Boston (Sept. 8-10, 1993)
- [6] Lee, M.A., "Automatic Design and Adaptation of Fuzzy Systems and Genetic Algorithms using Soft Computing Techniques," Ph.D Thesis of Dept. of Computer Science, University of California at Davis (1994)
- [7] Lee, M.A. and Takagi, H., "Embedding Apriori Knowledge into an Integrated Fuzzy System Design Method Based on Genetic Algorithms," 5th IFSA Congress, Vol.II, pp.1293-1296, Seoul, Korea (July 4-9, 1993)
- [8] Lee, M.A. and Takagi, H., "Dynamic Control of Genetic Algorithms using Fuzzy Logic Techniques", 5th Int'l Conf. on Genetic Algorithms (ICGA'93), pp.76-83 (July, 1993)
- [9] Procyk, T.J. and Mamdani, E.H., "A Linguistic Self-Organizing Process Controller," Automatica, Vol. 15, pp.15-30 (1979)