

適応型パラメータ選択確率をもつGAによるファジィ推論の最適化

5 T-10

大木 誠 ○長谷川 盛彦 岸本 成人 大北 正昭 (鳥取大学工学部)

1. はじめに

遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm: GA) は、解空間を大域的に探索する能力に優れているが、その反面、良好な解の周辺を探索する局所的な探索能力が弱い。この問題を解決する為に、GAにおける突然変異オペレータのビット選択確率 (Bit-Selection Probability: BSP) を世代数に応じて可変とした可変型 BSP (VBSP) を提案した [1, 2]。これにより局所的な探索機能が実現できた。しかしパラメータ選択確率 (Parameter-Selection Probability: PSP) の値によっては最適化が良好に行えない場合もあった。そこで本論文では、PSP を最適化の状況に適応的に変化させた適応型 PSP を提案し、その有効性を検討する。

2. GAによるファジィ推論の最適化

ここでは、後件部が実数値で与えられた簡略化ファジィ推論を用いる。入力変数を x_j ($j = 1, 2, \dots, m$)、推論出力を y とおくと、 i 番目の推論ルールは次式で表される。

$$\text{Rule } i: \text{if } x_1 \text{ is } A_{i1} \text{ and } \dots, \\ \text{and } x_m \text{ is } A_{im} \text{ then } y \text{ is } w_i. \quad (1)$$

ここで、 $A_{i1}, \dots, A_{im}$ は前件部のメンバーシップ関数 (Membership Function: MSF) であり、 w_i は i 番目の後件部クリスプ値である。制御量 y は、各ルールの前件部適合度 μ_i を代数積で算出し、後件部クリスプ値 w_i による重み付き平均 (重心演算) によって求める。

GA は、各ルールを構成する MSF のパラメータを遺伝子として 2 進数コード化しておき、ある評価基準に基づいて選択した親個体に対し、交叉、突然変異などの遺伝的操作を行いながら探索を行う手法である。

GA は局所的に探索する機能が弱いという問題点がある。これを解決するために我々は突然変異の操作において、BSP を可変とした可変型 BSP を提案した。しかし、PSP の値によっては最適化が良好に行えない場合もあった。これは従来の手法では、図 1 に示すように、PSP の値が最適化を通じて固定的に与えられているためと考えられる。

Optimization of Fuzzy Reasoning by Genetic Algorithm Using Adaptive Parameter-Selection Probability
Makoto Ohki, Shigehiko Hasegawa, Naruhito Kishimoto, and Masaaki Ohkita
Faculty of Engineering, Tottori University, 4-101 Koyama-Minami, Tottori, Tottori 680-8552, Japan

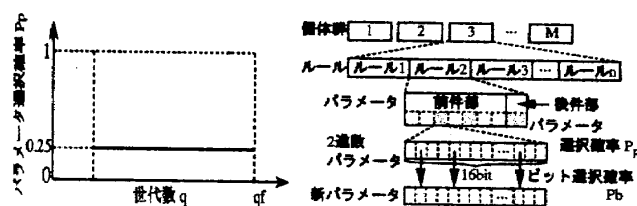


図 1 固定型 PSP

図 2 個体群の構成

そこで我々は、PSP を最適化の状況に応じて可変とさせることで、解の探索に局所性と安定性を持たせた適応型 PSP を提案する。

本論文では、MSF に三角型を用い、図 2 のように個体群を構成する。1 個の個体は 1 個のルール集合すなわちファジィ推論を表現している。また被最適化パラメータは 16 ビット長の 2 進数として表現した。

3. 適応型パラメータ選択確率

各世代における GA 操作を図 3 に示すようにして行う。親個体群は、部分的な評価指標についての優良個体 (セミ・エリート) 複数個と、総合評価についての優良個体 (エリート) から成る。

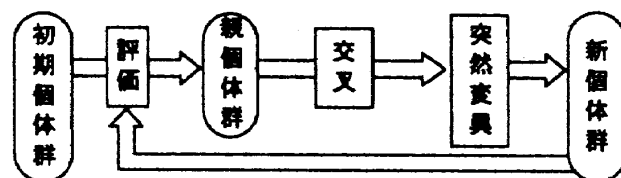


図 3 GA 操作

各世代での評価値の変化に応じて、以下に示すような手順で PSP を段階的に変更する適応型 PSP (Adaptive PSP: APSP) を提案する。

- (1) P_p を P_p の初期値 P_{pini} に設定する。
- (2) 第 1 周期 (32 世代) の間の評価値の変化量を α_1 とする。
- (3) 同様に、第 i 周期経過後、当該周期の評価値の変化量を α_i とする。
- (4) β を P_p の管理係数とし、 $\beta\alpha_{i-1}$ を P_p が更新するかどうかを決定するしきい値とする。 $\alpha_i < \beta\alpha_{i-1}$ であれば、減少係数 θ ($0 < \theta < 1$) により、 P_p を θP_p に変更する。そうでなければ P_p は変更しない。
- (5) P_p が P_p の最小値 P_{pmin} 未満になれば、 $P_p = 0.25$ に設定する。
- (6) 最適化終了世代数まで手順 (3), (4), (5) を繰り返す。

4. 例題による有効性の検討

以下に示すような2変数関数を，ファジィ推論により近似する問題を考える．

$$y = \gamma_1(x_1) + \gamma_2(x_2) \quad (2)$$

$$\gamma_1(x_1) = \begin{cases} -4x_1 + 1 & (0 \leq x_1 < 0.5), \\ 0 & (0.5 \leq x_1 < 0.75), \\ -4(x_1 - 0.75) + 1 & (0.75 \leq x_1 < 1), \end{cases} \quad (3)$$

$$\gamma_2(x_2) = \begin{cases} -1 & (0 \leq x_2 < 0.5), \\ 1 & (0.5 \leq x_2 < 0.75), \\ -8(x_2 - 0.75) + 1 & (0.75 \leq x_2 < 1). \end{cases} \quad (4)$$

式(2)について，従来手法と提案手法（ $\beta = 0.8$ ， $\theta = 0.8$ ， $P_{pmin} = 0.005$ ， $P_{pini} = 0.25$ ）の，各世代におけるエリート個体の適応度の平均を図4に示す．ここでは，適応度が低いほど良好であることを示す．従来手法によるGAおよびVBSPを用いたGAより，提案手法を用いた場合の方が，早い世代で良好な解を発見していることが分かる．

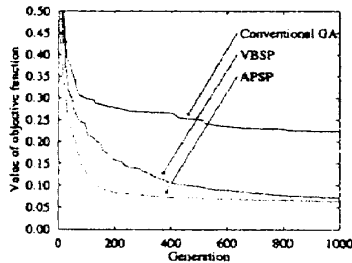


図4 従来手法と提案手法の最適化の過程

$\theta = 0.8$ ， $P_{pmin} = 0.005$ ， $P_{pini} = 0.25$ とした場合の，種々の管理係数 β の値に対する各世代の適応度を図5に示す． β に関しては，値が大きいくほど良好な結果を得た．このことから， P_p は緩やかに変更すれば良いと考えられる．

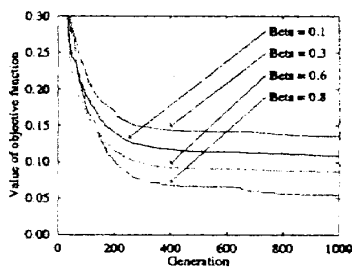


図5 β の値に対する最適化の過程

$\beta = 0.8$ ， $P_{pmin} = 0.005$ ， $P_{pini} = 0.25$ とした場合の，種々の減少係数 θ の値に対する各世代の適応度を図6に示す． θ に関しては多少の違いはあるが，概ね，同様の結果を得た．このことから， β の値にもよると考えられるが， θ の値による最適化の影響は小さいと考えられる．

$\beta = 0.8$ ， $\theta = 0.8$ ， $P_{pini} = 0.25$ とした場合の，種々の最小値 P_{pmin} の値に対する各世代の適応度を図7に示す． P_{pmin} においては，概ね，同様の結果を得ているが，値が極端に小さいと解空間の大域的探索が弱まり，

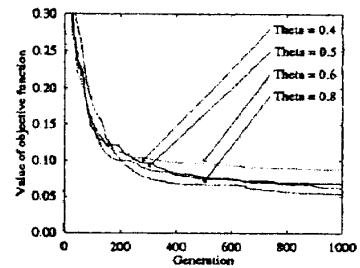


図6 θ の値に対する最適化の過程

良い結果が得られないと考えられる．

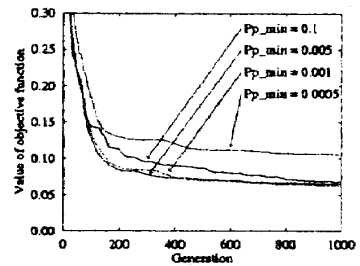


図7 P_{pmin} の値に対する最適化の過程

$\beta = 0.8$ ， $\theta = 0.8$ ， $P_{pmin} = 0.005$ とした場合の，種々の初期値 P_{pini} の値に対する各世代の適応度を図8に示す． P_{pini} においては，値が小さいと，早い世代で良好な解が得られていないが，最終的に良好な結果が得られている．これは，本手法を用いることによって，局所最適解からの脱出ができたと考えられる．

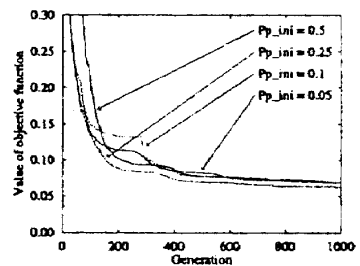


図8 P_{pini} の値に対する最適化の過程

5. おわりに

GAを用いたファジィ推論の最適化において，PSPを最適化の状況に応じて可変とした，適応型PSPを提案した．提案手法を導入することで，従来の手法に比べ，より良好な解を早急に発見できることを確認した．また，PSPを構成するパラメータに関して，種々の値を設定して試行した結果，これらの設定値に幅があることを確認した．したがって，これらの値は，予備実験や経験情報に依存せずに決定できると考えられる．

参考文献

- [1] 大木，寺岡，四方，糸井，大北：“可変型ビット選択確率を用いた遺伝的アルゴリズムによるファジィ推論の最適化，”平成9年電気学会全国大会講演論文集，3-96，1997．
- [2] 大木，森山，大北：“可変型ビット選択確率を用いた遺伝的アルゴリズムによるファジィ推論の最適化，”信学論D-II，vol.J81-D-II，1998．