

A2-6 ファジィ適応型探索手法に基づく改良型並列遺伝的プログラミング

福井大学 工学部 知能システム工学科 進化ロボット研究室
加藤 達郎 (指導教員：前田 陽一郎、高橋 泰岳)

1. 緒言

近年、GA や GP を始めとした進化的計算の改良手法に関する研究が数多く行われている。高木ら [1] は、ファジィ理論を用いて GA を高速化させる手法についての研究を行っている。また、伊庭ら [2] によって、GP の探索効率を高める手法の研究が行われている。

本研究室では、GA の改良手法であるファジィ適応型探索並列 GA (Fuzzy Adaptive Search Method for Parallel Genetic Algorithms: FASPGA) がすでに提案されている [3]。FASPGA は、初期集団を複数のサブ集団に分け、各集団ごとに設定されたファジィルールに従い、交叉率と突然変異率と移住率をチューニングすることで、進化の高速化と解の高質化が可能であることが検証されている。

本研究では FASPGA のアルゴリズムを、構造的表現の学習が可能な GP [4] に応用したファジィ適応型探索並列 GP (FASPGP) を提案する。その有効性を人工蟻の探索シミュレーションにより検証したので、その結果について報告する。

2. FASPGP アルゴリズム

ここでは本研究で提案する FASPGP のファジィチューニングおよびアルゴリズムについて説明する。

2.1 遺伝的パラメータのファジィチューニング

本手法の FASPGP のファジィルールの前件部入力には、部分集団 $i [i=1, 2, \dots, n]$ の平均適応度 f_{a_i} および最大適応度と平均適応度との差 ($f_{m_i} - f_{a_i}$) を用いる。後件部には遺伝的パラメータの交叉率、突然変異率、移住率を用いる。図 1 に、FASPGP のファジィルール及びメンバーシップ関数、後件部シングルトンを示す。

平均適応度が低く、最大と平均との差が大きい場合には、探索初期と判断し、個体の多様性を高めるために、突然変異率と移住率を高く、交叉率を低く設定する。これとは逆に、平均が高く、最大と平均との差が小さい場合には、収束期であると判断して、収束を早めるために交叉率を高く、突然変異率、移住率を低くする。

2.2 FASPGP のアルゴリズムフロー

本研究で提案した FASPGP の処理手順を図 2 に示す。点線で示した部分は、交叉率、突然変異率、個体の移住率にファジィチューニングが実行される部分である。

3. シミュレーション

今回提案した手法の有効性を検証するために、Santa Fe Trail と呼ばれる人工蟻探索問題のシミュレーションを用いて GP、PGP、FASPGP の比較を行った。

f_a	AS	AM	AL
$f_m - f_a$	DS	DM	DL
	CLS MVL EVL	CLL ML EL	CVL MM EM
	CS ML EL	CM MLL ELL	CL MS ES
	CVS MLL ELL	CLS MLS ELS	CLL MVS EVS

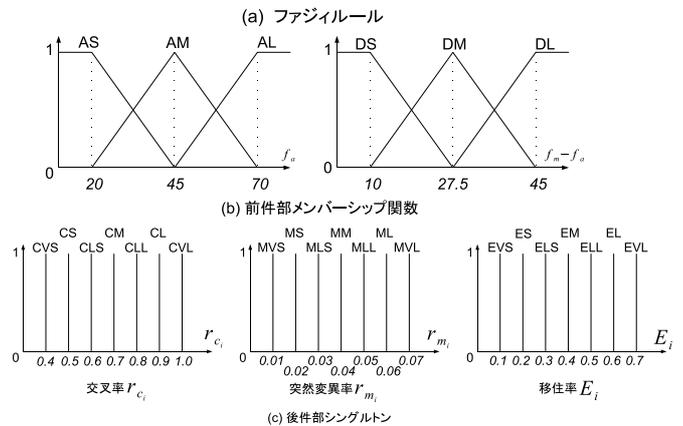


図 1:FASPGP のファジィルール

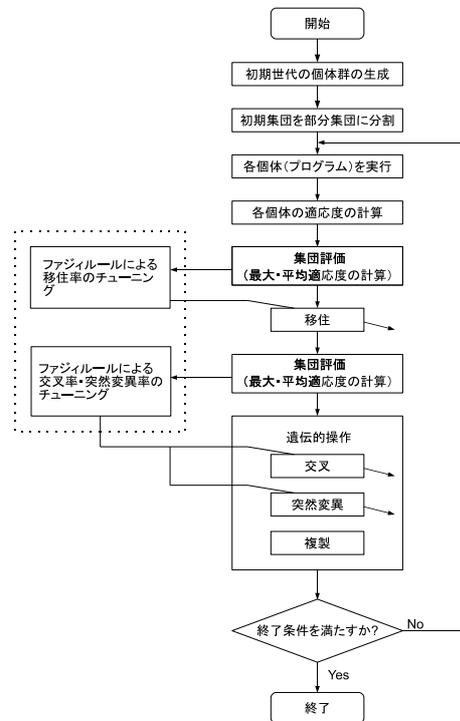


図 2:FASPGP のアルゴリズムフロー

3.1 実験方法

ここでの人工蟻探索問題は、図 3 に示したように、89 個の餌が配置された 32×32 マスのグリッドのシミュレーション空間である。この問題で進化の対象となるのは、蟻の行動プログラムであり、設定する非終端ノードは、IF-FOOD-AHEAD(前方 1 マスに餌がある場合は第 1 引数、そうでない場合は第 2 引数を実行)、PROG2(2 つの引数を実行)、PROG3(3 つの引数を実行) の 3 種類で、終端ノードは、MOVE(1 マス前方に進む)、LEFT(左に 90 度向きを変える)、RIGHT(右に 90 度向きを変える) の 3 種類である。人工蟻にはエネルギーが設定されており、終端ノードが評価された場合にはエネルギーを 1 消費し、エネルギーが 0 になった場合には、それ以上行動できなくなる。エネルギーの初期値は、400 に設定する。これらの条件で、蟻はスタート地点から出発し、より多くの餌を見つけ、ゴールに到着した個体が高い評価値を得る。適応度の値は、発見した餌の数とする。

このシミュレーションでは、個体数 1000、探索は 100 世代までとし、GP の遺伝的パラメータは、交叉率 0.6、突然変異率 0.04 とし、PGP の遺伝的パラメータは、交叉率 0.6、突然変異率 0.04、移住率 0.4 とした。結果を図 4 に示す。

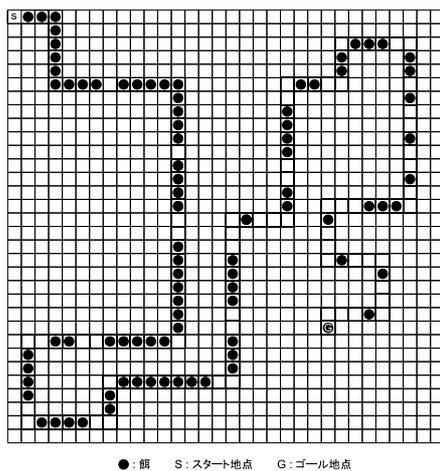


図 3:シミュレーション空間

3.2 実験結果と考察

今回のシミュレーションでは、PGP、FASPGP の方が、従来の GP に比べて良好な結果を示した。特に、FASPGP は、探索初期から適応度の立ち上がりが早く、中盤以降でも上がり続けた。一方 PGP は、探索初期では適応度が大きく上昇したが、その後は進化が停滞し、適応度がほとんど変化しなかった。GP は、FASPGP、PGP のように探索初期で適応度が大きく上がらず、それ以後も改良手法の 2 つに比べ低いままであった。

探索全体での適応度を比較すると、FASPGP は GP に比べ約 28 %、PGP と比べて約 10 % 高くなった。これは、GP、PGP では各パラメータが一定であったために、探索期によっては、必ずしも適切な探索が行われなかったのに対し、FASPGP では、各パラメータが適切にチューニングされた結果、探索期に応じた適切

な探索が行われたからであると思われる。

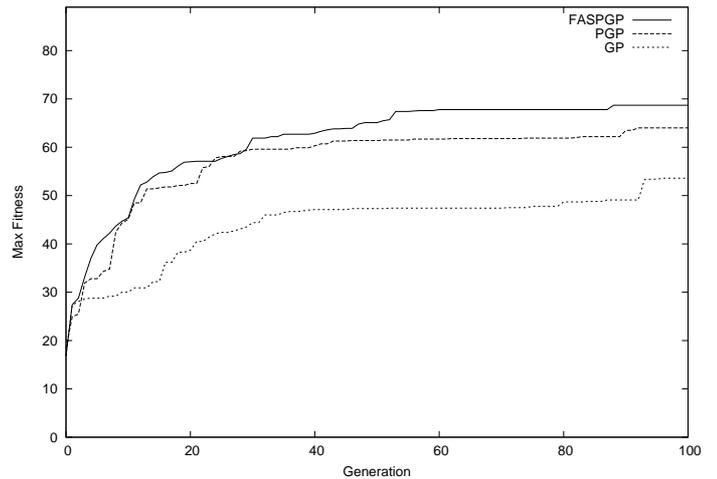


図 4:シミュレーション結果

4. 結言

今回提案した FASPGP は、FASPGA と同じく、従来の手法に比べ、探索全体を通して適応度が高くなることが分かった。しかし、ファジィルール自体は、人間が経験的に設定するものであるため、ルールの設定によっては、GP と比較してもほとんど差が見られない場合もあった。今回の FASPGP の更なる改良手法としては、FASPGP のファジィルールを、強化学習やニューラルネットワークを用いて学習し、より適切な探索が行えるようにする方法などが考えられる。

参考文献

- [1] M.A. Lee and H. Takagi, "Dynamic Control of Genetic Algorithms using Fuzzy Logic Techniques," *Proc. of the 5th International Conference on Genetic Algorithms (ICGA93)*, pp.76-83(1993)
- [2] 岩下誠, 伊庭斉志, "移民世代数と深さ依存型交叉を用いた並列分散 GP," *情報処理学会論文誌.数理モデル化と応用*, Vol.43, No.SIG10 (2002)
- [3] 李強, "ファジィ適応型探索並列遺伝的アルゴリズムおよびその改良手法に関する研究," 福井大学博士論文, (2008)
- [4] J.Koza, *Genetic Programming*, MIT Press (1992)