

並列分散遺伝的アルゴリズムにおける最適な遺伝オペレータ

Optimal Genetic Operators for Parallel Distributed Genetic Algorithms

吉田 純一, 大向 一輝

Jun-ichi YOSHIDA, Ikki OHMUKAI

Abstract: This paper proposes new schemes for parallel distributed genetic algorithms (PDGA). Distributed GAs with multiple subpopulations provide better solutions than conventional GAs with a single population, and the proposed schemes, "Hybridization crossover" and "Best Combinatorial crossover" are developed to enhance the mechanism of PDGAs. The experimental results showed that the proposed schemes are very effective.

1 はじめに

GA では, 選択によって望ましい解を重点的に探索すると同時に, 交叉と突然変異によって, 探索範囲を変化させる. したがって, これら遺伝的オペレータを制御するパラメータの設定が GA の解探索性能に大きな影響を与える. これまでにも, 最適なパラメータ設定については多くの研究がなされてきたが¹⁾, その大半は単一母集団の GA に関するものである. そこで本研究では, 並列分散 GA の性能におよぼす遺伝的オペレータのパラメータ設定について検討する. また, それをもとに並列分散 GA の性能を高めることのできる交叉スキームを提案し, その性能を検証する.

2 遺伝的オペレータの影響

交叉に関するオペレータとして, 交叉法・交叉率が並列分散 GA の性能におよぼす影響を調べる. 対象問題としては, F1~F3¹⁾を用いた.

2.1 交叉法²⁾

交叉法として, 1 点交叉 (1X), 2 点交叉 (2X), 一様交叉 (UX) を用いたところ, 全ての関数において 1X および 2X が良い性能を示した. これは 1X・2X が親個体のスキームを保存するのに対して, UX は親個体のスキームを破壊する. このため, 1X・2X と比べて UX では前の世代の情報が有効に利用できず, 探索の効率が悪い. 特に, 並列分散 GA においては他のサブ母集団で成長し, 移住してきた良好なスキームを破壊してしまうため移住の効果が得られないと考えられる.

2.2 交叉率³⁾

SGA において一般的に用いられる交叉率は, 0.45 から 0.95 である¹⁾. これは交叉率を過度に高めると, 早熟により局所解に収束するおそれがあるためである. 本研究では交叉率を 0.3, 0.6, 1.0 として実験を行ったと

ころ, SGA における最適な交叉率は対象問題や母集団サイズによって異なった. 並列分散 GA においては, 対象問題・個体数に関わらず交叉率が高い方が良い結果となった. 並列分散 GA における解探索は, 移住とその後の交叉によるところが大きく, 交叉率を 1.0 とするのがその機能を生かせる設定であることがわかる.

2.3 並列分散 GA における交叉の役割

交叉法と交叉率がおよぼす影響から, 並列分散 GA における交叉の役割は次のようなものであると考えられる. すなわち, (1) 移住の前には各サブ母集団内で良好なスキームを成長させ, (2) 移住後には他のサブ母集団で成長したスキームを組み合わせるというものである. 次節では, これを考慮して, 並列分散 GA の性能をさらに高めるための交叉スキームを提案する.

3 最良組み合わせ交叉 (BCX)

並列分散 GA の性能を高めるためには各サブ母集団において, 良好なスキームを成長させることが重要である. そこで, 効率よく良好なスキームを生成する交叉法として最良組み合わせ交叉 (Best Combinatorial Crossover: BCX) を提案する.

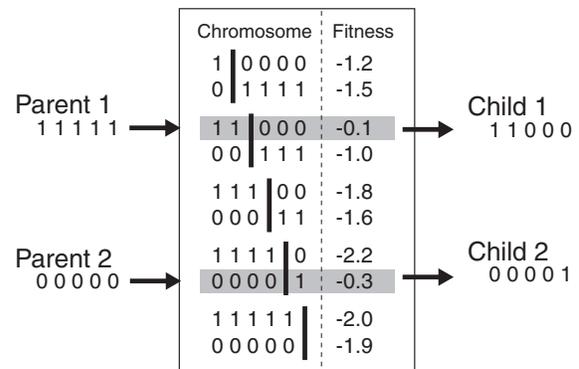


Fig. 1 最良組み合わせ交叉 (BCX)

¹⁾別紙「並列分散遺伝的アルゴリズム概説」を参照のこと

BCXでは、親個体から1Xによって生成される全ての子個体を評価し、親個体とそれらの子個体の中から、もっとも適合度の高い2個体を子として採用する (Fig. 1)。従って、確率的な要因に左右されることなく適合度の高い個体を生成することが可能であり、両親の持つスキーマのうち最も有効なものを選択することができる。また、生成しうる子进行评估する際には、子個体に重複が起らないように考慮している。

BCXを並列分散GAに適用し、F1~F4の関数について、解探索能力を1Xと比較したところ、良好な結果を示した。2000世代における適合度（#は最適解発見世代）と評価計算回数をTable 1に示す。最適解を発見するまでの世代数に注目すると、BCXは非常に少ない世代数で最適解を発見している。また、1Xでは最適解を得ることができなかったF2~F4についても最適解を発見することができた。

Table 1 最大世代での適合度（カッコ内は評価回数）

	1X		BCX	
F1	# 366	(147,040)	# 37	(248,286)
F2	-0.126	(800,000)	# 28	(236,272)
F3	-0.127	(800,000)	# 137	(794,261)
F4	-0.467	(800,000)	# 138	(764,499)

4 ハイブリッド生成交叉（HX）

前述のように、並列分散GAにおいては各サブ母集団で成長したスキーマを交叉によって組み合わせることが重要である。そこで、この働きをさらに高めるためのハイブリッド生成交叉（Hybridization Crossover：HX）を提案する。HXでは移住してきた個体は、半分に分割したサブ母集団の一方に集中して配置される。交叉においては、親となる個体は半分に分割したサブ母集団のそれぞれから1個体ずつ選ぶ。これにより、ハイブリッド個体をより多く生み出すことを可能にする。

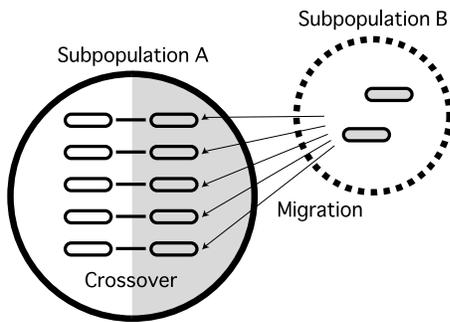


Fig. 2 ハイブリッド生成交叉のメカニズム

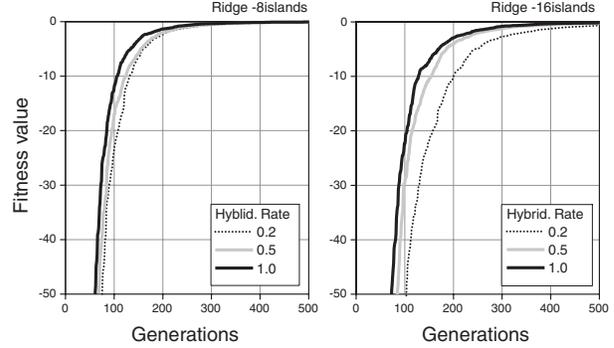


Fig. 3 適合度の推移（F4 / HX）

HXを並列分散GAに適用し、F1~F4の関数について、解探索能力を検証した。F4における適合度の推移をFig. 3に示す。この図よりハイブリッド生成率 H がGAの解探索におよぼす影響が明らかになった。探索の前半では H が高いほど適合度の上昇は速い。これは移住および交叉による解探索が H を高めることによって有効に機能していることがわかる。この傾向は、特に母集団サイズが小さい場合に顕著である。一方で最適解付近での適合度の上昇は H が高いほど遅くなる。このことから、探索の終盤では、移住および交叉による解の成長はあまり期待できないと考えられる。

5 結論

並列分散GAにおける解の成長メカニズムが単一母集団のGAとは異なることに注目し、並列分散GAの性能を高める交叉法および交叉率を検討した。その結果、並列分散GAにおいてはスキーマを保存する交叉法を実装し、交叉率は1.0が適当であることがわかった。また、これを元に並列分散GAの性能をさらに高める2種類の交叉スキーマを提案した。(1) 確実に良好なスキーマを生成するための最良組合せ交叉（BCX）と、(2) 移住およびその後の交叉による解探索機能をさらに高めるためのハイブリッド生成交叉（HX）である。提案手法を4つの代表的なテスト関数に適用した結果、良好な結果を示した。また、BCXにHXを適用した結果、BCXよりもよい性能を示した。

参考文献

- 1) Zbigniew Michalewics, Ágoston Endre Eiben, Robert Hinterding. Parameter control in evolutionary algorithms. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation*, Vol. 3, No. 2, JULY 1999.
- 2) 三木, 廣安, 吉田, 金子. 分散遺伝的アルゴリズムの性能におよぼす交叉法の影響. 第59回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol. 2, p. 139, 1999.
- 3) 三木, 廣安, 大向, 金子. 分散遺伝的アルゴリズムにおける最適な交叉率および突然変異率. 第59回情報処理学会全国大会講演論文集, Vol. 2, p. 141, 1999.