

分散遺伝的アルゴリズムを用いた組合せ最適化問題の解法

Distributed Genetic Algorithms Applied to Discrete Optimization Problem

水田 伯典*¹

Takanori MIZUTA

三木 光範*²

Mitsunori MIKI

廣安 知之*²

Tomoyuki HIROYASU

*¹同志社大学大学院工学研究科

Graduate School of Engineering, Doshisha Univ.

*²同志社大学工学部

Dept. of Knowledge Engineering, Doshisha Univ.

This paper proposes a new method of genetic algorithms (GAs) for discrete optimization problems. For continuous problems, it has been reported that distributed genetic algorithms (DGAs) show higher performance than conventional GAs. But, for discrete optimization problems, the performance of DGAs has not been clearly shown. We examine the performance of conventional GAs, DGAs, and the proposed method for a typical optimization problem, the Traveling Salesman Problem (TSP). The features of the proposed method are based on multiple crossover operations applied to the entire population (Centralized Multiple Crossover: CMX) and the isolated DGA. The experiments showed that the proposed method has a better performance than the conventional DGAs.

1. はじめに

連続最適化問題において、分散遺伝的アルゴリズム (Distributed Genetic Algorithms: DGA) は単一母集団 GA (Single Population GA: SPGA) と比較して高品質の解が得られると報告されている [1]。しかしながら、組合せ最適化問題においては、その性能は明らかになっていない。本研究では、代表的な組合せ最適化問題である巡回セールスマン問題 (Traveling Salesman Problem: TSP) を対象として DGA の性能を検証し、組み合わせ最適化問題に対して有効な新しい手法を提案する。

2. TSP における分散 GA の性能

まず、DGA と SPGA の性能を比較する。ここでは、51 都市問題 (eil51) [2] に対して実験を行った。交叉法には EXX を用いた [3]。各パラメータは、全母集団サイズ 400、交叉率 0.8、突然変異率 $1/L$ (染色体長)、移住率 0.5、移住間隔は 10 世代とした。DGA におけるサブ母集団数は 4, 8, 16 とした。結果は 30 試行の平均値を示している。実験結果を図 1 に示す。

SPGA では探索の初期段階における解の成長が DGA と比較して早い。しかしながら、SPGA では初期収束を起こしやすく、探索の後半、300 世代以降では解の改善がみられなくなっている。一方、DGA においては母集団を分割したことで SPGA より母集団全体の多様性が高くなり解の性能が高くなっているものの、最適解を得るまでには至っていない。

これは、探索の後半、400 世代以降になると移住によって各サブ母集団に個体が増えていくため、母集団全体としての多様性が失われることによる。連続最適化問題においては、突然変異による局所解からの脱出が期待できるが、TSP のような離散的最適化問題においては、最適解の遺伝子と局所解の遺伝子との間に大きな相違があるため、突然変異を用いても局所解からの脱出は期待できない。なぜなら、突然変異がうまく機能して、一部の枝が最適解と同じものになったとしても、他の枝によって巡回路長が長くなってしまえば、選択操作中で淘汰されてしまうため、その個体は次世代に残らないためである。

以上のことから、通常 SPGA, DGA を用いても TSP において良好な解を得ることは困難であるといえる。

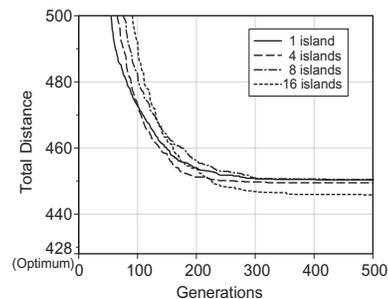


図 1: EXX 適用時のサブ母集団数ごとの性能比較

3. 集中多段交叉 (CMX)

SPGA, DGA における問題点は、探索の後半、局所解から脱出するために突然変異を用いても、適合度が低くなってしまふと選択によって淘汰されることが多いために、局所解から脱出しにくいことにある。そこで本論文で提案する集中多段交叉 (Centralized Multiple Crossover: CMX) では、一定回数交叉のみを連続して行う。その間、選択を行わないことで、CMX 中は個体が淘汰されることはない。このため、CMX の適用から局所解の中に存在している部分解をうまく取り出し、最適解を構成することができると考えられる。提案手法の操作の流れを図 2 に示し、具体的な操作を以下で説明する。

まず、CMX に適用するための局所解を生成する必要がある。ここでは、局所解の生成には TSP におけるヒューリスティックな解法である 2-opt 法を用いて初期個体を生成した。その上で、各サブ母集団のエリート個体のみを集め、母集団のサイズになるまで交叉を用いて子を生成する。その後、その中で交叉だけを集中的に行う。この連続した交叉を集中多段交叉 (CMX) と呼ぶ。その後、各個体を新たにサブ母集団に分割する。このプロセスを複数回行う場合には、CMX を行った後移住を行わない DGA, iDGA (isolated DGA) を行い、最後の処理が終了した時点で移住を行う通常の分散 GA に移る。

CMX を行うことで、各サブ母集団のエリート個体を持っている部分解をうまくつなぎ合わせて最適解を得ることが期待できる。すべての部分解が存在していない場合でも、CMX によって各エリート個体の部分解が交叉によって生成される子に与えられるため、良い解が生成される可能性が高くなる。

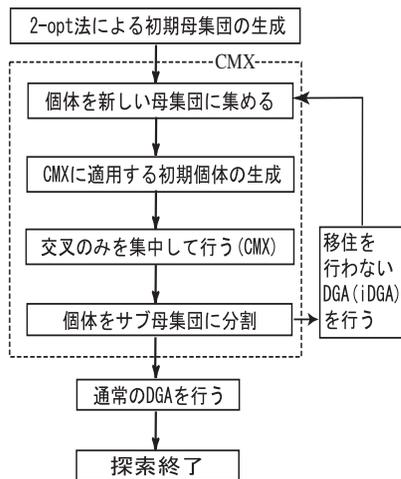


図 2: 提案手法の操作の流れ図

4. 提案手法の性能評価

提案手法の性能を検証するため、51 都市問題 (eil51), 100 都市問題 (kroA100), 150 都市問題 (ch150)[2] を用いて分散 GA と CMX の性能比較を行い、CMX の性能の評価を行った。すべての問題において、個体数を 400, サブ母集団数は 16 とした。CMX の適用は 0 世代目に開始し、その後 10 世代ごとに行っている。その他のパラメータについては、2 節と同様のものを用いた。51 都市問題に対する実験結果を図 3 に示す。

実験結果から、CMX はいずれの場合も DGA より性能が高く、CMX の適用回数の増加にともなって解の性能が良くなることから、CMX の適用回数は 1 回より、2 および 5 回とした方が性能が良く、CMX の適用回数は多い方が解の精度が向上すると考えられる。

次に、より複雑な問題に対して CMX を適用する。ここでは、100 都市問題に対して CMX 適用を適用し、DGA との性能を比較する。結果を図 4 に示す。

100 都市問題に適用した場合には、CMX の適用回数が 1 回の場合、分散 GA よりも性能が悪くなっている。また、CMX の適用回数を 5 回とするより 2 回とした場合の方が高い性能を示している。このことから、適用回数を多くしても良好な性能を得られるとは限らないことが分かる。

図 5 は、CMX の適用回数を 10 回とした場合にサブ母集団数ごとでどのように性能が変化するかを 150 都市問題を対象として実験を行った結果である。ここでのパラメータについては先ほどまでと同様のものを用いている。

この図から、150 都市問題の場合にはサブ母集団数によらず DGA よりも CMX のほうが性能が優れていることがわかる。また、CMX 適用時には解の性能はサブ母集団数が増えるに従ってよくなり、サブ母集団数を 100 とした場合に最もよくなっている。サブ母集団数を増やし、かつ移住をなくすことによって、母集団全体の多様性が高まるために CMX の適用後も探索の後半まで解の改善が続き、良好な結果につながったといえる。ただし、サブ母集団数を 200 とした場合には、各サブ母集団における個体数が少なすぎるために、DGA における解の改善が見られず、結果が悪くなっている。これらのことから、サブ母集団数は一般に多い方が CMX の性能が向上すると言える。

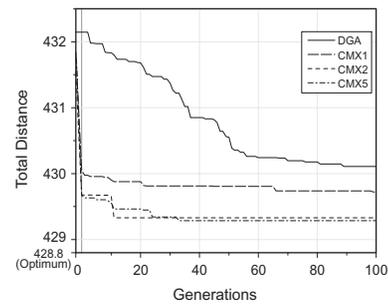


図 3: CMX 適用回数ごとの性能の比較 (eil51)

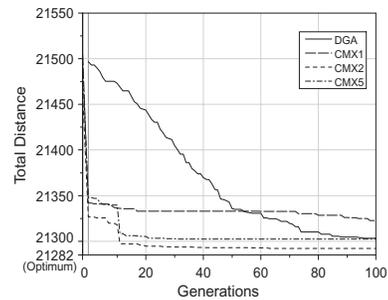


図 4: CMX 適用回数ごとの性能の比較 (kroA100)

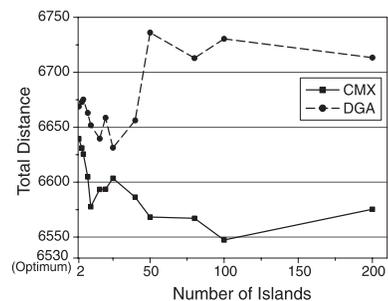


図 5: サブ母集団数ごとの性能比較 (ch150)

5. 結論

本論文では、DGA を組合せ最適化問題に適用するための新しい手法を提案した。TSP を用いて実験を行った結果、提案手法 (CMX) は通常の DGA よりも良好な性能を示した。より複雑な問題への適用、他の組み合わせ最適化問題への適用が今後の課題となる。

参考文献

- [1] 三木, 畠中. 並列分散 GA による計算時間の短縮と解の高品質化. 日本機械学会第 3 回最適化シンポジウム講演論文集, pp. 59-64, 1998.
- [2] TSPLIB 95. <http://softlib.rice.edu/softlib/tsplib/>, 1995.
- [3] H.Tamaki H.Kita K.Maekawa, N.Mori and H.Nishikawa. A genetic solution for the traveling salesman problem by means of a thermodynamical selection rule. *Proc. 1996 IEEE Int. Conf. on Evolutionary Computation*, pp. 529-534, 1996.