

ジョブショップスケジューリング問題への DGA の適用

Distributed Genetic Algorithm for
Job-shop Scheduling Problems

花田 良子

Yoshiko HANADA

Abstract: For continuous optimization problems, distributed genetic algorithms(DGAs) can provide us solutions with high quality as compared to a single population genetic algorithms(SPGAs); nevertheless the performance of DGAs has not been reported for some kinds of discrete problems. In this paper, we examine the efficiency of a DGA for job-shop scheduling problems which are one of the difficult combinatorial optimization problems.

1 はじめに

遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithms: GAs) は、生物の進化を模倣した、確率的な最適化アルゴリズムである。GA では、個体 (individual) の集まりを母集団 (population) とよび、ある世代を形成している個体群のうち環境への適合度 (fitness) の高い個体ほど高い確率で生き残るように選択 (selection) される。さらに、個体間の交叉 (crossover) や突然変異 (mutation) によって、次の世代が形成される。このような世代の更新が繰り返されることによって、よりよい個体が増え、やがて最適解に近づく。

分散遺伝的アルゴリズム (Distributed GA: DGA) は、母集団を複数のサブ母集団に分割し、各サブ母集団ごとに独立に遺伝的操作を行い、一定期間ごとに異なるサブ母集団 (Subpopulation) 間で移住 (migration) と呼ばれる個体の交換を行う。DGA と移住の概念を Fig. 1 に示す。

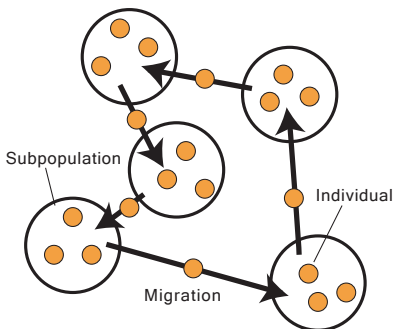


Fig. 1 DGA と移住の概念

連続最適化問題において、DGA は単一母集団の GA(Single Population GA: SPGA) と比較して高品質な解が得られると報告されている¹⁾。しかしながら、種々の離散的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、組合せ最適化問題の中でも最適解が得ることが困難とされているジョブショップスケジューリング問題 (Job-shop Scheduling Problem: JSP) を対象として DGA の性能を検証する。

2 ジョブショップスケジューリング問題

ジョブショップスケジューリング問題 (JSP) は以下のような性質をもつスケジューリング問題である。

複数の仕事を複数の機械で処理することを考える

- 目的
すべての仕事完了に要する時間 (makespan) を最小にするようなスケジュールを求める
- 制約条件
 - － 仕事は処理順序を指定された作業からなる (技術的順序)
 - － 機械は同時に複数の作業を処理することはできない
 - － 各機械は必ず全ての仕事を中断せずに処理する

JSP の例を Table 1 に示す。これは 3 仕事を 3 機械で処理する例である。Table 1 において、例えば J_2 の場合、まず M_1 で時間 2 だけ処理された後、 M_3 で時間 5

Table 1 JSP の例 (3 仕事 3 機械)

	1 番目に処理	2 番目に処理	3 番目に処理
J_1	($M_1, 3$)	($M_2, 3$)	($M_3, 2$)
J_2	($M_1, 2$)	($M_3, 5$)	($M_2, 3$)
J_3	($M_2, 2$)	($M_3, 6$)	($M_1, 1$)

処理され、 M_2 で時間 3 処理される．このような各仕事において使用される機械の順序を技術的順序とよぶ．

JSP は makespan が最小となるようなスケジュールを求める，すなわち各作業の各機械への投入順序および処理開始時刻を求める問題であり，その解は縦軸に機械，横軸に時間を取り，各仕事の各作業の処理開始時間から処理終了時間までの間を帯状に示したガントチャートと呼ばれるグラフで表現されることが多い．Table 1 の問題におけるガントチャートの例を Fig. 2 に示す．

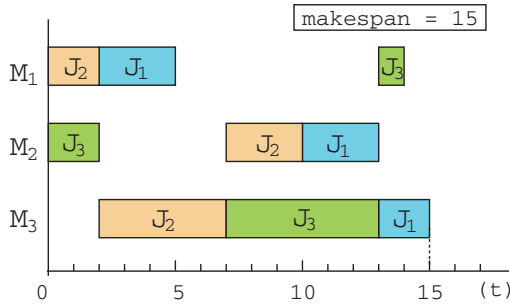


Fig. 2 ガントチャートの例

3 JSP における DGA の性能

3.1 GA の構成

JSP では，従来提案された様々な交叉法が適用可能であるが，ここでは，各機械上における作業の投入順序をなるべく保存しながら子を生成する inter-machine JOX²⁾ と呼ばれる交叉法を用い，機械間の依存関係を考慮した job-based shift change²⁾ と呼ばれる突然変異を適用した．また，選択にはルーレット選択を用い，それによって選ばれた親個体に対し交叉を適用し，親個体と子個体を完全に交替させた．また，エリート保存戦略を用い，エリート 1 個体のみ無条件に次の世代に残した．

3.2 対象問題

JSP には，アルゴリズムの性能を評価するための様々な問題が存在する³⁾．今回の実験では，この中から，Fisher & Thompson の 10 仕事 10 機械問題 (ft10)，20 仕事 5 機械 (ft20) を対象とした．最適解は，前者は 930，後者は 1165 である．いずれも 100 作業であるが，JSP を各機械での仕事の処理順序を決定する問題と考えると，ft10 の探索空間が $(10!)^{10} = 4.0 \times 10^{65}$ であるのに対し，ft20 の探索空間は $(20!)^5 = 8.5 \times 10^{91}$ であり，ft20 は ft10 に比べ，かなり難度の高い問題であるといえる．

3.3 実験

ft10 および ft20 問題において，DGA と SPGA の性能を比較する．パラメータの値はいずれの問題においても，全母集団サイズ 800，交叉率 1.0，突然変異率 0.1，移住

率 0.5，移住間隔を 5 世代とし，DGA におけるサブ母集団数は 4, 8, 20, 40, 100, および 200 とした．また，終了条件は，ft10 問題は 1000 世代，ft20 問題は 2000 世代とした．

Fig. 3 および 5 に，ft10 および ft20 問題において計算を打ち切った世代における解の 30 回試行中の最良，平均，メジアン値を示す．また，Fig. 4 および 6 に，SPGA，およびサブ母集団数 8, 20, および 200 において，DGA で得られる解の収束状況を示す．これらの結果は 30 回試行平均の推移である．

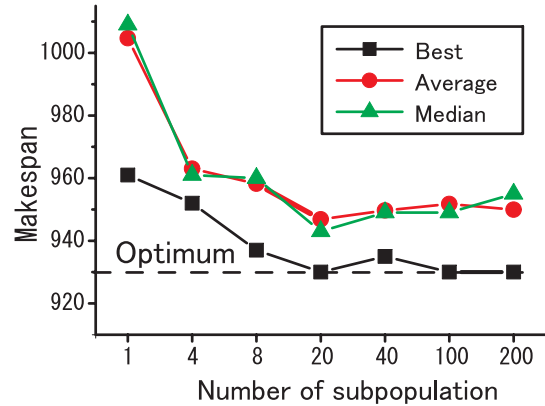


Fig. 3 ft10 問題でのサブ母集団数ごとの性能比較

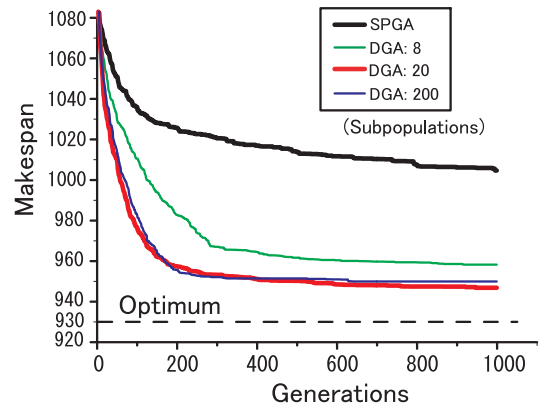


Fig. 4 ft10 問題でのサブ母集団数ごとの性能比較

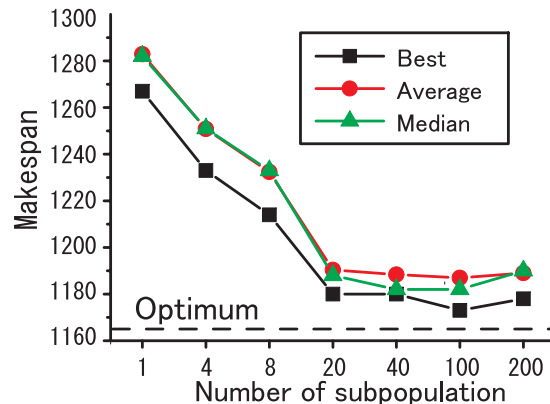


Fig. 5 ft20 問題でのサブ母集団数ごとの性能比較

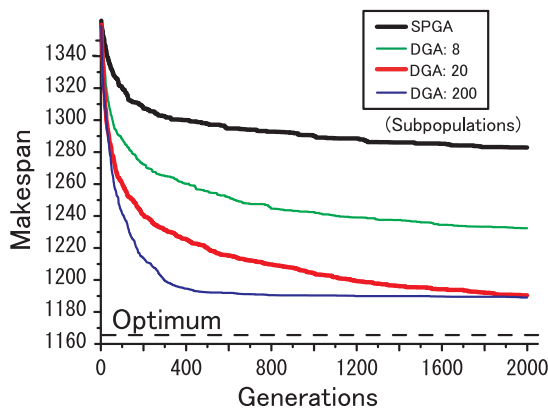


Fig. 6 ft20 問題でのサブ母集団数ごとの性能比較

ft10 および ft20 問題いずれも、SPGA に比べ DGA は収束が早く非常に良好な解が得られていることが分かる。また、DGA においてある程度まではサブ母集団の数が多いほど、解の精度が向上することが分かる。

Fig. 7 および 8 に、ft10 および ft20 問題において計算を打ち切った世代での 30 回試行すべての個体の分布を示す。

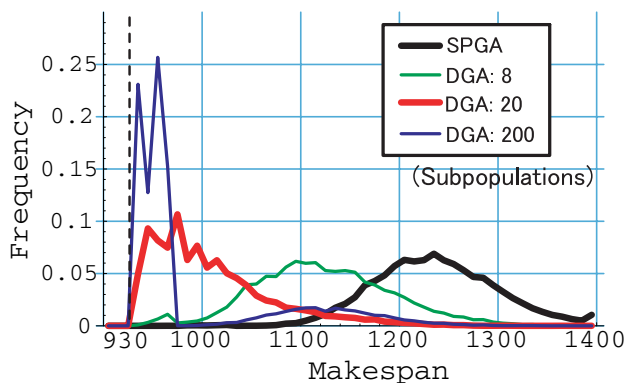


Fig. 7 1000 世代での個体の分布 (ft10 問題)

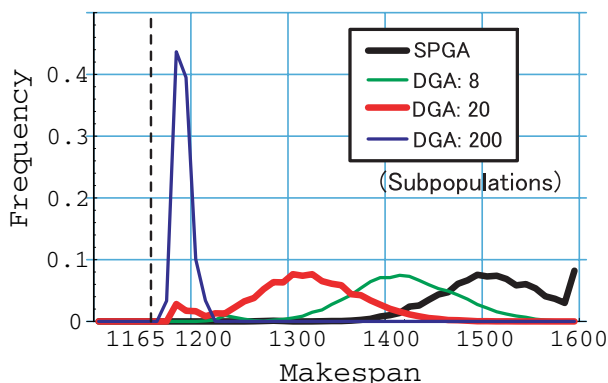


Fig. 8 2000 世代での個体の分布 (ft20 問題)

Fig. 7 および 8 をみると、サブ母集団が大きいくほど、個体全体の分布は最適解に偏っていることがわかる。

3.4 考察

ft10 および ft20 問題において、DGA はサブ母集団の数が多いほど、解の精度が向上し、しかも収束が早いことが分かった。どちらの問題においても最良解の平均は、最適解に比べよくないが、ft10 においては、30 試行中、サブ母集団数 20 で 3 回、100 で 3 回、200 で 1 回、最適解を得ることができた。一方、ft20 では一度も最適解が得られなかった。ft20 については、最適解が求められるようなパラメータ設定を調べる必要がある。DGA で、非常に良好な結果を得られた理由に、サブ母集団ごとに異なる部分解が成長しているということが考えられる。SPGA では、探索初期段階において、初期段階である程度良い解が母集団の多数を占め、その後の交叉により、大きな変化が得られなくなるのに対し、DGA では、サブ母集団に分けることにより、後々良くなっていく解が比較的残りやすく、母集団全体として、最良解自体に多様性が保持されると考えられる。

また、サブ母集団数と個体の分布について調べたが、サブ母集団数が多いほど、すなわち、サブ母集団における個体数が少ないほど、最適解近くに分布が偏っている。DGA の場合、比較的早い段階で収束するが、解は徐々に最適解に近づいている。このことから良好な個体に対して交叉を長く適用することにより、より良い解が成長していくと考えられる。

4 今後の課題

本発表は、JSP における SPGA と DGA の比較を行った。DGA を適用することによって、非常に良好な結果が得られた。DGA では、サブ母集団数が多いほど解の精度が向上し、収束が早いことが分かった。ここでは、解の精度の向上として、サブ母集団内での部分解の成長について述べたが、今後、様々な数値実験を行い、移住が与える影響など、様々な視点で考察することが課題である。

参考文献

- 1) 三木、畠中．並列 DGA 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.56-64，1998
- 2) 小野．形質遺伝を重視した遺伝的アルゴリズムによる最適化．博士論文
- 3) CS410/510SS Project Job Shop Scheduling
<http://www.cs.pdx.edu/~bart/cs510ss/project/jobshop/jobshop/>