

4P-02

ジョブショップスケジューリング問題への
並列分散遺伝的アルゴリズムの適用

三木 光範[†] 廣安 知之[†] 花田 良子^{††}

[†]同志社大学工学部 ^{††}同志社大学工学部学生

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 GA: 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おり、また、その探索メカニズムも考察されている [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 1 つであるジョブショップスケジューリング問題 (Jobshop Scheduling Problem: JSP) を対象として DGA の性能を検証し、DGA の解探索メカニズムを考察する。

2 JSP における DGA の性能

SPGA と DGA の性能を比較する。ここでは、ft10 (10 仕事 10 機械問題) [2] に対して、探索対象をアクティブ・スケジュール (Active Schedule: AS) [3] とし、交叉には inter machine JOX, 突然変異には job-based shift change [4] を用いて実験を行っている。ここで、交叉および突然変異後において、実行不可能な解が生じた場合は、GT 法 [3] を用いて実行可能な解に修正する。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。用いたパラメータはいずれの実験においても、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 20, 50 および 100 世代とし、DGA におけるサブ母集団数 4, 8, 20, 40, 100 および 200 とした。また、終了条件は 2500 世代とした。実験結果を図 1, 2 および 3 に示す。これらの結果は、それぞれにおいて 50 回試行したときの最良値, 中央値, および最適解が得られた割合である。

SPGA に比べ、DGA は解の品質が向上しており、サブ母集団数が多いほど良い結果が得られるが、サブ母集団数が 20 を超えると逆に悪化している。解の品質は各サブ母集団内の個体数および移住のパラメータ

に依存しているが、特に各サブ母集団内の個体数に大きく影響していることが分かる。

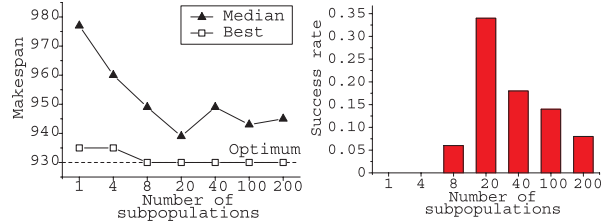


図 1: SPGA と DGA の性能比較 (移住間隔: 20)

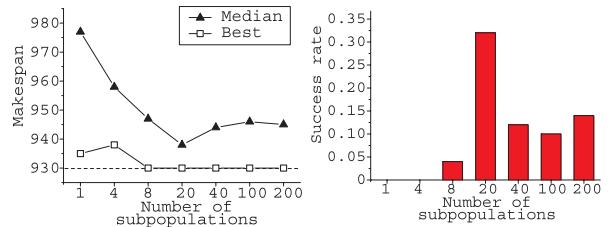


図 2: SPGA と DGA の性能比較 (移住間隔: 50)

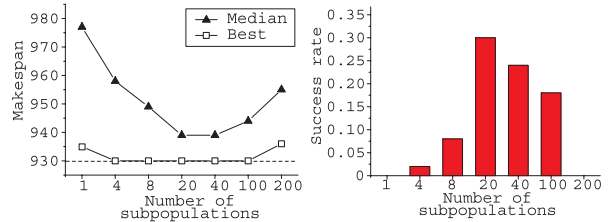


図 3: SPGA と DGA の性能比較 (移住間隔: 100)

3 分散と移住の効果

探索対象に AS を用いた場合、GT 法により修正するため、修正前と修正後では個体における仕事の投入順序が変わってしまう。このことが SPGA および DGA における解探索に及ぼす影響を検討した。

図 4 および 5 に、SPGA および DGA において、交叉の後に適用する GT 法により修正された個体数割合の推移、およびその修正箇所数の推移を示す。また、図 6 に、交叉する 2 個体間において仕事の投入位置が異なる箇所数を示す。なお、図中の DGA の後ろの括弧内の数字はサブ母集団数である。

SPGA においては、ほぼすべての個体に対し GT 法が修正を加えており、その修正箇所は 100 作業中 20 から 30 作業で、世代が進んでもその割合は変わることがない。これは図 6 から交叉する 2 個体の相異が大きいことによるものと考えられる。一方、DGA においては GT 法により修正された個体数およびその修正

Parallel Distributed Genetic Algorithm for Job-shop Scheduling Problems

[†] Mitsunori MIKI (mmiki@mail.doshisha.ac.jp)

[†] Tomoyuki HIROYASU (tomo@is.doshisha.ac.jp)

^{††} Yoshiko HANADA (hanada@mikilab.doshisha.ac.jp)

Department of Knowledge Engineering and Computer Science, Doshisha University ([†], ^{††})
Kyotanabe, Kyoto 610-0321, Japan

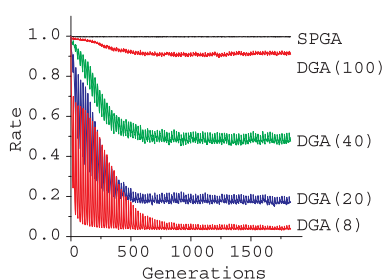


図 4: 修正される割合

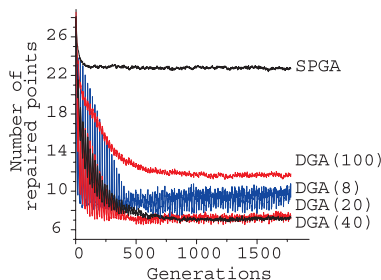


図 5: 修正箇所の個数

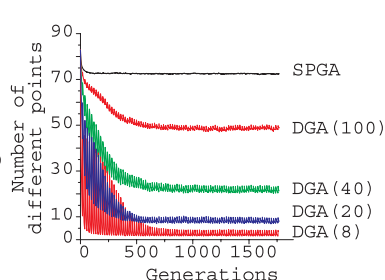


図 6: 交叉する 2 個体の相異の数

箇所数は探索が進むにつれ減少しており、サブ母集団内の個体数が少ないほどそれらは減少する傾向にある。ただし、修正箇所については、サブ母集団数が 20 を超えると、逆に増加している。

最適解が得られた試行について調べたところ、すべての試行において、最適解は交叉の後、あるいは交叉の後の GT 法の修正後に得られ、また、その修正箇所数は最適解を得やすいサブ母集団数ほど少ないことが予備実験で分かっている。DGA では母集団を分割することにより、各サブ母集団内で個体間の相異が少なくなる。そのため、GT 法による修正箇所が減少し、交叉において親のもつ特徴が子個体に受け継がれやすい。このことが SPGA に比べ、DGA が解の品質が向上する理由であると考えられる。

次に移住の効果を知るため、DGA と移住を行わない DGA の性能を比較する。実験結果を表 1 に示す。これはサブ母集団数を 20 としたときの結果である。DGA における移住率を 0.5、移住間隔を 20 世代とした。

表 1: DGA と移住なし DGA の性能比較

	最良値	中央値
DGA	930	939
移住なしDGA	930	945

移住なし DGA においても SPGA に比べ、良好な結果が得られている。これは母集団を分散した効果によるものである。ただし、通常の DGA に比べ、最適解が得られる回数は極端に少なく、50 回試行中多くて 1 回しか得られなかった。これより、移住により最適解が得やすくなるのが分かる。

JSP には、総所要量時間 (makespan) が最小となるようなスケジュール、すなわち最適解が複数あるが、それらには共通する部分が多い。25 個の異なる最適スケジュールを調べたところ、各機械において 10 仕事のうち 5~10 仕事の投入順序が共通している。図 7 に、サブ母集団数を 20 としたときの、DGA および移住なし DGA において、3 機械における最適解の共通部分を持つ個体が母集団の中で占める割合の推移を示す。この結果は 1 試行の例である。

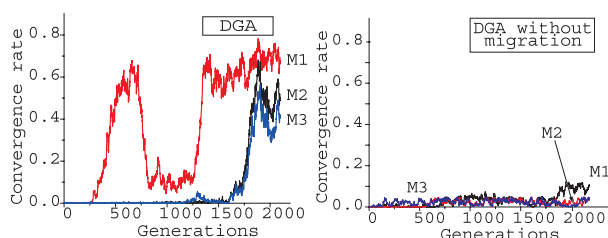


図 7: DGA および移住なし DGA における解探索過程

DGA および移住なし DGA いずれにおいても最適解の部分解が発見されている。移住なし DGA においてその割合を見ると少なくとも 1 つのサブ母集団で発見されていることが分かる。そして DGA における割合を見ると、それらが移住により広がっていることが分かる。JSP は機械間の依存関係が強い問題ではあるが、サブ母集団ごとに部分解となり得る仕事列が局所的に発見され、移住によって他の仕事列と結合しより大きな部分解となり得る仕事列へと成長していることが確認できる。このことが DGA が最適解を得やすい理由であると考えられる。

4 おわりに

JSP を対象として SPGA と DGA の性能を比較した結果、次のことが明らかになった

[1] 母集団の分割により、GT 法による修正個体および修正箇所が少なくなり、交叉において親のもつ特徴が子個体に受け継がれやすい。

[2] 各サブ母集団で局所的に発見された部分解が移住によって他の部分解と結合し、より大きな部分解へと成長することにより最適解を得やすくなる。

謝辞

本研究は文部科学省科学研究費および学術フロンティア事業に関わる研究として実施された。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- [1] 三木, 廣安, 金子 分散母集団 GA における解探索能力, 人工知能学会全国大会 (1999)
- [2] CS410/510SS Project Job Shop Scheduling <http://www.cs.pdx.edu/~bart/cs510ss/project>
- [3] 鍋島. スケジューリング理論. 森北出版, 1974
- [4] 小野, 小林. Inter-machine JOX に基づく JSP の進化的解法. 人工知能学会誌, Vol.13, No.5, pp.780-790 (1998)