

## 並列多目的最適化進化アルゴリズムのブロックレイアウト問題への適用

渡邊 真也<sup>\*</sup>, 廣安 知之<sup>\*\*</sup>, 三木 光範<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> 同志社大学大学院    <sup>\*\*</sup> 同志社大学工学部

本研究では、並列多目的最適化進化アルゴリズムとして領域分割型多目的遺伝的アルゴリズム (DRMOGA) と分散型遺伝的アルゴリズム (DGA) をブロック配置問題に対し適用しその比較を行う。対象としたブロック配置問題は NP 困難問題が指摘されており、その配置手法も複数存在する。それ故、一般にブロック配置問題は進化多目的最適化アルゴリズムに適していると言われている。DRMOGA は、DGA モデルの 1 つである。このモデルでは、連続最適化問題において良好なパレート解が得られることが既に分かっている。しかしながら、このモデルはこれまで離散的な問題に対して適用された例は無い。数値例の内、13 個のブロックを持つブロックレイアウト問題に対して DGA, DRMOGA そして SGA を適用しパレート解を得た。その結果、どのモデルにおいても一つの目的における解すら検出することが困難であった。また、DGA と DRMOGA の両方が良い並列効率を得ていることが分かった。DGA と DRMOGA により得られたパレート解の結果はほとんど同じであった。しかし、DRMOGA における探索領域は DGA におけるそれよりもより広範囲を探索している。

## Paralell Evolutionary Multi-Criterion Optimization for Block Layout Problems

Shinya WATANABE<sup>\*</sup>, Tomoyuki HIROYASU<sup>\*\*</sup>, and Mitsunori MIKI<sup>\*\*</sup>

<sup>\*</sup> Graduate School of Doshisha University    <sup>\*\*</sup> Doshisha University

In this paper, a parallel evolutionary multi-criteria optimization algorithm: DGA and DRMOGA are applied to block layout problems. The results are compared to the results of SGA and discussed. It is said that block layout problems are NP hard problems and there are several types of objectives. Therefore, it can be said that the block layout problems are suitable to evolutionary multi-criterion optimization algorithms. DRMOGA is one of the DGA models. This model can derive good Pareto solutions in continuous optimization problems. However it has not applied to discrete problems. In the numerical example, the Pareto solutions of the block layout problem who has 13 blocks are derived by DGA, DRMOGA and SGA. Then it is confirmed that it is difficult to derive the solutions with any model, even in one objective. It is also found that good parallel efficiency can be derived from both DGA and DRMOGA. The results of Pareto solutions of DGA and DRMOGA are almost same. However, DRMOGA searched wider area than that of DGA.

### 1 はじめに

近年、遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm, 以下 GA) の持つ「集団による探索 (多点探索)」を行うという特徴に注目し、直接的に解集合を求めることを目的とした多目的 GA に関する研究が報告されその有効性が検証されている [1, 3, 5].

これらの研究により、GA は多目的最適化問題においてパレート解を求めるために有効であることが判明する一方、複数の目的関数および制約条件の値を繰り返し評価する必要があり、膨大な計算時間が必要とことが指摘されている。このため、並列処理により計算時間を短縮することは重要な

課題となる。多目的最適化 GA の並列化に関する研究はいくつか見られるが、その数は多くない。また、そこで使用されている計算モデルは単一目的における GA の並列化とほぼ同様の手法を用いている。そこで我々は、多目的最適化 GA に特化した並列アルゴリズムとして、領域分割型多目的遺伝的アルゴリズム (Divided Range Multi-Objective Genetic Alogrithm:DRMOGA) を提案し、複数の連続関数のテスト問題に対しその有効性の検証を行った [5].

一方、従来の多目的 GA の研究における対象問題では、その多くが連続的なテスト関数に限られており TSP や配置問題といったような離散問題を

取り上げる例はあまりない。

そこで、本研究ではDRMOGAを離散的な二次元ブロックレイアウト問題に対して適用し、その有効性の検証を試みた。二次元ブロックレイアウト問題は、プラント等の設備や職場をサイズの異なる矩形ブロックとみなし、各ブロック間の近接度や物流量の要求をできるだけ満たし、かつ各ブロックを重なりなくレイアウトするものである。この種の組み合わせ最適化問題は、NP困難性が指摘されている。尚、本研究では従来までのこの種の問題における評価基準であったブロック間のフローを用いた重み付き距離の総和 [4] に加えブロックにより形成されるレイアウト面積も考慮する2目的の問題として対象を定式化した。

## 2 領域分散型多目的遺伝的アルゴリズム

### 2.1 DRMOGA

廣安らにより提案されたDRMOGA [5] は、従来までの島モデルと呼ばれる並列モデルとは個体の分配方法が異なる。本手法では、得られたパレート解集合を任意の目的関数を基にその関数における最大値順にソートし、分割数に従って各分割領域における個体数が平等になるように個体をソート順に各プロセッサに振り分けていく。分割数3の場合について図1に示す。

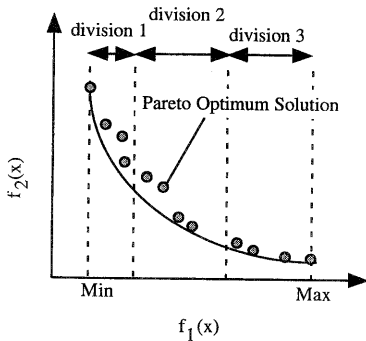


図 1: DRMOGA

図1に示すように、本手法では分割された領域がそれぞれ異なるパレート解空間を探索するため分割領域毎に探索領域が重なることがない。従来までのGAにおける分散型手法の代表的な手法である島モデル [3] では、各個体を基本的にランダムに各島へ分配する。そのため、各母集団ごとに探索領域の重なりが生じ探索効率が悪化することが考えられる。また、単純に母集団内の個体数が減少するため、広い探索領域十分に探索することが

できず、パレート解の探索能力が減少する危険性がある。対して本手法では、それぞれの分割領域が任意の担当領域のみを探索するためそのような探索の無駄や探索能力の減少が生じにくいものと考えられる。その意味で、本手法は多目的に特化した分散並列アルゴリズムの一つであると言える。

## 3 枠制約付きレイアウト問題の定式化

### 3.1 問題の定式化

ブロックレイアウト問題へのアプローチ方法について説明する。対象とする部品は全て任意の矩形のものを想定し、以下の2つの目的関数を考える。

$$f_1 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} d_{ij} \quad (1)$$

$$f_2 = \text{Total Area } S \quad (2)$$

ここで、

$n$ : ブロック数

$c_{ij}$ : ブロック  $i$  から  $j$  へのフロー

$d_{ij}$ : ブロック  $i$  から  $j$  までの重心間距離

である。

レイアウト配置決定変数は各ブロックの中心座標値及び向きである。式 (1) は重み付き距離の総和であり、各部品間の関連度合いを重みで表している。

本研究ではパッキング方法として、枠の3辺に強い制約を加え、第4辺の制約を幾分弱めるアプローチ手法を採用した。具体的には、解の表現のパッキング順序に従って、枠の辺または既レイアウトブロックに衝突するまで上から左方向の順に詰め込むというものである。すなわち、唯一比較弱い制約の第4辺をできるだけ面積が最小になるようにブロックを中に押し込もうとするものである。概念図を図2に示す。

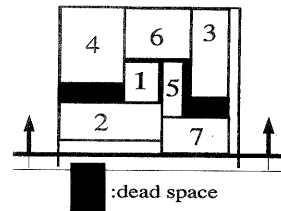


図 2: Packing Method

### 3.2 個体の表現方法

本研究では、個体表現として図3のようにパッキング順序のブロック番号とブロックの向きを直接記述した個体表現を採用する。ただしブロックの向き指定は、

0:水平方向

1:垂直方向

のいずれかにブロックを配置することを意味する。

Packing sequence	1	2	3	4	5	...	10
No. of block	6	4	8	3	7	...	10
Direction of block	1	0	1	1	0	...	0

gene ←                      → chromosome

図3: Coding of block layout problems

### 3.3 GA 解法

一般にGAでは、選択、交叉、突然変異という3つの遺伝的操作を用いて解探索を進めていく。特に、本研究では、対象問題が多目的のブロックレイアウト問題であるため、各遺伝的操作もSGAと呼ばれるものとは若干異なっている。以下では、本研究で用いた各手法について簡単に述べる。

#### 3.3.1 選択

選択には、Fonsecaらによって提案されたランキング法を用いている [1]。この手法は、個体の適合度を個体の優越度より求め、その適合度を元にルーレット選択を行うというものである。

#### 3.3.2 交叉

交叉方法には、部分一致交叉 (partially matched crossover:PMX) 法を用いた [2]。この交叉手法は、TSP問題などの離散的な問題を対象にする際、広く用いられている手法である。

#### 3.3.3 突然変異

本研究では、突然変異として1個体中における2つの遺伝子を交換するという方法を用いた。

## 4 数値実験

本研究では、ブロック数を13個持つ枠制約つきブロック配置問題 [2] に対して、SGA, DGA, DRMOGAの3手法による適用を行い、その比較を行った。並列計算において用いた計算マシンは4台のAT互換機PCにより構成されるPCクラスタである。各クラスタに使用したマシンのスペックは、CPU PentiumII 400MHz, 搭載メモリ 128MBである。

また、用いた個体数は各手法とも総計1600個体である。ただし、DGA, DRMOGAではサブ母集団として4プロセスに分割しているため、各サブ母集団ごとの個体数は400個体となる。終了条件としては各手法とも探索世代が300世代を越えた段階において終了するように設定した。さらに、DGAにおける移住間隔及びDRMOGAにおける再ソート間隔は、10世代毎に行うものとした。

SGA, DGA, DRMOGAにより得られたパレート解を、それぞれ図4,5,6に示す。尚、これらの結果は総個体1600個体の内、よりランクの高い個体から上位100個体を選び出したものである。

図4,5及び6よりどの手法においても、明示的なトレードオフの関係が得られていないことが分かる。どの手法においても、図中の縦軸である $f_2$  13000付近に弱パレート解が得られているのみである。これは、目的関数の内、ブロックの総面積を評価とする $f_2$ において比較的容易に最適解が探索されていること、最適解の組み合わせが比較的多数存在するためである。

しかし、各手法により得られたパレート解分布よりDRMOGAにおける探索領域が他の手法、特にDGAと比較してより広範囲に及んでいる様子が分かる。この傾向は対象が連続変数の場合にも同様のことが言えるため、DRMOGAは離散的問題においても同じ並列手法であるDGAと比較してより効果的な解探索を行うことができると言える。

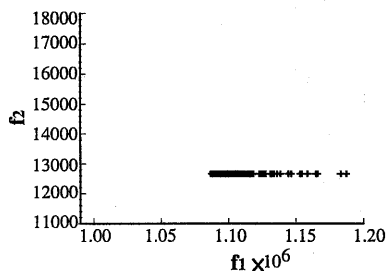


図4: Results of SGA

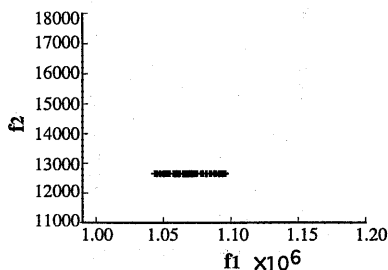


図5: Results of DGA

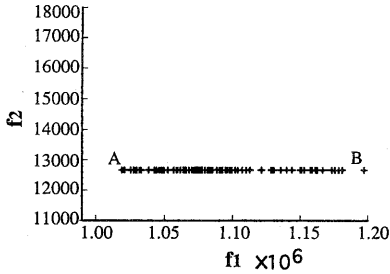


図 6: Results of DRMOGA

一方, DRMOGA により得られたパレート解, 図 6 における両端の解 (A, B) のパッキングを示した図 7,8 を比較した場合, ブロックのパッキング順序が全く異なっていることが分かる. すなわち, 目的関数空間においてより広範囲を探索する DRMOGA では, より多様なブロックパッキング順序が得られるものと考えられる.

尚, DGA における移住間隔及び DRMOGA における再ソート間隔が同じ 20 世代であった場合, 各手法における計算時間は, DGA において 183.7 秒, DRMOGA において 185.6 秒, さらに SGA においては 726.3 秒であった. このことより DGA, DRMOGA における並列化効率としてほぼ 100% を達成していることが分かる. これは, GA における遺伝的操作の内, 選択において個体数の数が大きく影響するためである. また, DGA と DRMOGA を比較した場合, 両手法における通信量には大きな隔りがある. これは, DGA における移住時に生じる通信量と比べ DRMOGA における再ソート時に生じる通信量が膨大であることに起因する. しかし, 今回の通信時間を比較する限り, 大きな差は認められなかった.

両手法における計算時間の差に対する得られたパレート解の差を考えた場合, DRMOGA は対象としたブロックレイアウト問題においても DGA より有用な手法であると言える.

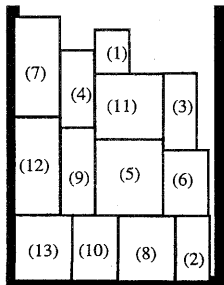


図 7: Derived Layout (A)

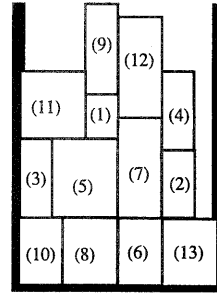


図 8: Derived Layout (B)

## 5 結論

本研究では, 我々の提案するより多目的 GA に特化した DRMOGA を離散なブロックレイアウト問題に適用しその有効性の検証を行った. その結果, 連続変数問題だけでなくブロックレイアウト問題においても良好な結果を得ることができた. すなわち今回の結果より, DRMOGA はどのような対象問題においても多目的 GA における並列手法として有効であると思われる.

## 参考文献

- [1] C. M. Fonseca and P. J. Fleming. Genetic algorithms for multiobjective optimization: Formulation, discussion and generalization. In *Proceedings of the 5th international conference on genetic algorithms*, pp. 416-423, 1993.
- [2] R. L. Francis. Facility layout and location: An analytical approach. In *Prentice Hall*, p. 179, 1992.
- [3] 比屋根. 並列遺伝的アルゴリズムによる多目的最適化問題のパレート最適解集合の生成法と定量的評価法. 第 9 回自律分散システムシンポジウム, pp. 295-300, 1997.
- [4] Y. Shirai and N. Matsumoto. Performance evaluation of es type genetic algorithms for solving block layout problems with floor constraints. In *PTransaction of JSME (C)65-634*, pp. 296-304, 1999.
- [5] M. Miki T. Hiroyasu and S. Watanabe. Divided range genetic algorithms in multiobjective optimization problems. In *Proceedings of Economics and Mathematical Systems*, pp. 57-66, 1999.