

矩形ブロックレイアウト問題の多目的化とその適用

Multi-Objective Layout Problems with Rectangular Block and Its Applications

渡邊 真也

Shinya WATANABE

Abstract: In this paper, we discuss the parallel genetic algorithm models for multi objective optimization problems. The parallel models are dealt with Distributed GA and Divided Range Multi-Objective GA (DRMOGA), Master Slave Local Cultivation (MSLC). To clarify the characteristics and effectiveness of these models, these models are applied to a knapsack problem. Through the numerical examples, it becomes cleared that DRMOGA and MSLC are suited to parallel computers and can keep the diversity of the solutions.

1 はじめに

Schaffer らの VEGA¹⁾ によって始まった進化的多目的最適化に関する研究は、近年ますます盛んに行われるようになり大きな進歩を見せている。

特に、NSGA-II¹⁾、SPEA2²⁾ といった多目的 GA におけるアルゴリズムの研究は、非常に盛んに行われており、優れた結果が報告されている。

一方、多目的 GA の実問題への応用について見ると、その数は少なくない^{1, 3)}。本研究では、より実問題へ近い対象として複数の矩形ブロックを最小面積で配置するレイアウト最適化問題を対象問題として用いた。

本研究では、多目的レイアウト最適化問題に対して提案手法、局所的培養型 GA (Neighborhood Cultivation Genetic Algorithm : NCGA)⁴⁾ の適用を試み、SPEA2, NSGA-II との比較を通じて本手法の有効性の検証を行った。

2 局所的培養型 GA

これまでに提案されてきた複数の代表的な手法における重要なスキームに近傍交叉を組み合わせた新たな多目的 GA アルゴリズム、近傍培養型 GA (Neighborhood Cultivation GA : NCGA) を提案した⁴⁾。

以下に、提案モデルの流れを示す。

Step1

初期個体を生成する。世代 $t = 1$ とする。各個体の評価を行い、これらの初期個体群をアーカイブ個体群 (A_t) とする。

Step2

アーカイブ個体群 (A_t) を探索個体群 (P_t) にコピーし、 P_t を 1 つの目的関数値を基準にソートし並び替える。この際、着目する目的関数は毎世代ごとに変更する。

Step3

探索個体群 (P_t) を順に非復元抽出し 2 個体のペア個体群を選択する。

Step4

選択された 2 個体を用いて交叉、突然変異、評価を行い、新たに得られた 2 個体を選択した 2 個体のペアと入れ替える。全ての個体が入れ替わるまで Step3, Step4 を繰り返す (P_{t+1})。

Step5

探索個体群 (P_{t+1}) とアーカイブ個体群 (A_t) との比較を行い、アーカイブ個体群を更新する (A_{t+1})。この際、アーカイブ更新の方法として SPEA2 の手法を用いた。

Step6

終了判定を行う。終了しない場合には、世代 $t = t+1$ を行い、Step2 へ戻る。

このように提案する NCGA は、個体ペアの選択前に探索個体群を任意の目的関数軸を基準にソートし並び替えることにより、近傍交叉を実現している。

3 多目的矩形ブロックレイアウト問題

本研究では、より実問題へ近い対象として複数の矩形ブロックを最小面積で配置するブロックレイアウト問題を対象問題として用いた。このブロックレイアウト問題は、超大規模集積におけるチップ面積最小化を目的とするフロアプランニング^{5, 6)}、金属部品の圧造加工におけるカッティングしたシート金属のレイアウト⁷⁾、プラントなど設備や職場の配置など幅広い分野に応用されている⁸⁾。

具体的には、複数の矩形のブロックを配置する際に、各ブロック間の近接性の要求をできるだけ満たすように、配置空間内に各ブロックを重なりなく配置し、ブロックの占める面積最小化を目的とする。本研究では、このレイアウト問題を単純に面積最小とするのではなく、最終的に得られた配置図形の縦と横の長さをそれぞれ目的に

とり，多目的最適化問題として扱った．これは，実際に各ブロックを配置する図形のアスペクト比を解選考者が選択できるようにするためである．

以下に本研究で扱った，目的を示す．

- ・ ブロック配置後の全領域における横幅の最小化
- ・ ブロック配置後の全領域における高さの最小化

上記 2 つの目的には明示的なトレードオフの関係があるものの，両目的に対する最適化が行われることにより，結果としてブロックの占める面積の最小化も実現されるものと考えられる．

4 数値実験

本実験では，提案する NCGA，通常の交叉を行う Non-NCGA，SPEA2，NSGA-II の 4 つのモデルに対して，ブロック数の異なる 3 種類の問題を適用し，各手法の比較を行った．

4.1 データ構造表現

ブロックレイアウト問題において最も重要なことは解の表現方法，すなわちデータの構造表現である．

本研究では，LSI のフロアプランニングの分野において開発されたシーケンスペア (Sequence-Pair) ⁵⁾ を用いた．

シーケンスペア (方形系列対) は配置の対象となるモジュール名から構成される系列 (Γ_-, Γ_+) による方形配置を表現する方法である．各モジュール名は (Γ_-, Γ_+) の順列に基づいて任意の 2 つの方形の相対的な位置関係が指定される．以下にシーケンスペアの概念図を示す．

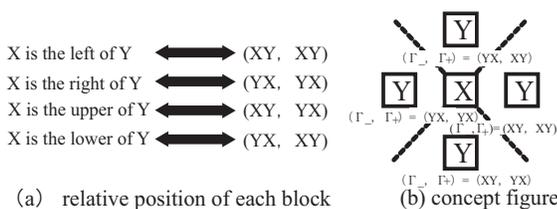


Fig. 1 Concept of sequence-pair

Fig. 1, (a) は，任意の 2 つのモジュール X,Y が与えられたときの上下左右の相対位置とシーケンスペアとの関係を表しており，図 (b) は図 (a) を視覚的に示している．すべてのモジュールに対して Fig. 1 のような相対位置を決定すれば，垂直，水平方向で互いに干渉せずにパッキングを行うことができる．

シーケンスペアでは，任意の系列対 (Γ_-, Γ_+) に対してこれらの位置関係を満たす方形パッキングは必ず存在し，しかも，その逆に，任意の方形パッキングに対して系列対 (Γ_-, Γ_+) が存在する．

モジュール数 6 の場合でのシーケンスペアの例を Fig. 2 に示す．Fig. 2(a) のような配置は，Fig. 2(b) のよう

な相対位置により表される．

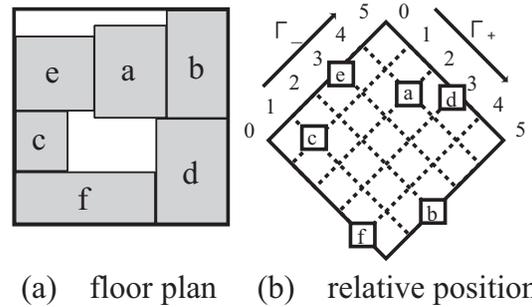


Fig. 2 Block placement

4.2 解の評価方法

本研究では，得られた解の評価方法としてパレート比較割合 (The ratio of Comparative Pareto) を用いた．

比較パレート含有割合は，解の精度に関する評価指標の一つである．これは，比較対象とする 2 つの手法で得られたパレート解を元に，足し合わせ選び出したパレート解の中に各手法で得られたパレート解がどの割合で存在するかを示したものである．この割合が高いほどより真の解に近い解が得られているものと判断することができる．

4.3 遺伝的操作とパラメータ

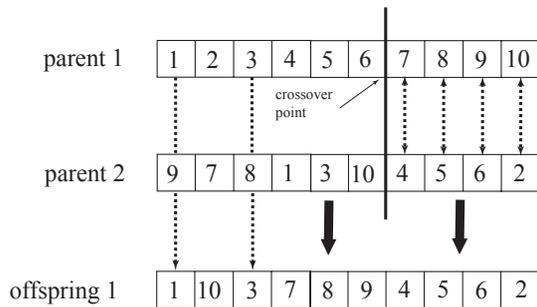


Fig. 3 PMX method

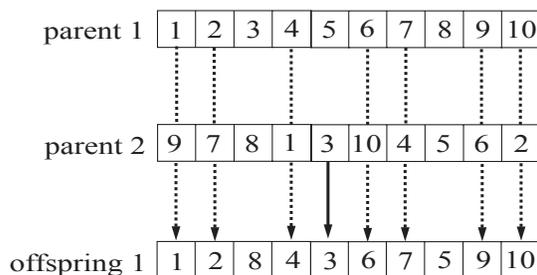


Fig. 4 CX method

4.3.1 遺伝的操作

本研究では，レイアウト問題における代表的と思われる交叉方法，3 手法の場合について実験を行った．具体的

には、部分一致交叉 (partially matched crossover:PMX) 法, 周期交叉 (cycle crossover:CX) 法, 順序交叉 (order crossover:OX) 法の 3 手法である。各交叉方法の概念図を, Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5 に示す。

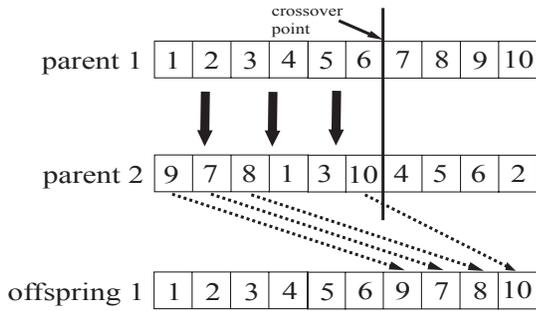


Fig. 5 OX method

また, 本実験における突然変異としては任意 2 個体を交換するという方法を用いた。

4.3.2 使用したパラメータ

本実験では, 用いる個体数, 終了条件に関して Table 1 のような場合分けを行った。

Case	個体数	終了世代
Case 1	100	200
Case 2	100	400
Case 3	200	200
Case 4	200	400

また, 個体数, 終了世代以外の本実験で用いたパラメータを Table 2 に示す。

個体数	512
交叉率	1.0
突然変異率	0.01
終了条件	1000 世代
移住率	0.1
移住間隔	10 世代
島数	4 or 8 or 32

4.4 結果・考察

本実験では, 提案する NCGA, 通常の交叉を行う Non-NCGA, SPEA2, NSGA-II の 4 つのモデルについて数値実験を行った。また, 使用した 3 種類の問題における, ブロック数はそれぞれ 13, 33, 50 である。

得られた結果の内, ブロック数 33 の問題における全ての場合の優越度比較割合を Fig. 6 に, Case1 の場合における各手法のパレートフロントを Fig. 7 に示す。

扱うブロック数が 33 程度のこの問題では, 個体数が 100 程度の場合には, 100 世代あたりまでは non-NCGA が良好な結果を示しているが, 200 世代付近になると各手法の差があまりでないといえる。個体数が 200 になると, 終了世代が 100 程度では NCGA はあまり良好な結果を示していないが, 200 世代と終了世代がのびた場合には, 比較的良好的結果を示している。ここで示した 33 ブロックの場合においては, NSGA-II が相対的には優れた結果を示していた。

5 結論

本研究では, 提案する NCGA を多目的ブロックレイアウト問題に対し適用し, 提案手法の有効性の検証を行った。

その結果, これまでのテスト関数の場合と異なり, とくに NCGA が優れているという結果では無かった。優越度比較による結果だけでは十分な考察が行えないため, 交叉方法, 突然変異方法, さらに終了世代などをさらに検討する必要がある。

参考文献

- 1) K. Deb. *Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms*. Chichester, UK : Wiley, 2001.
- 2) E. Zitzler, M. Laumanns, and L. Thiele. SPEA2: Improving the Performance of the Strength Pareto Evolutionary Algorithm. In *Technical Report 103, Computer Engineering and Communication Networks Lab (TIK), Swiss Federal Institute of Technology (ETH) Zurich*, 2001.
- 3) M. Erickson, A. Mayer, and J. Horn. The Niche Pareto Genetic Algorithm 2 Applied to the Design of Groundwater Remediation Systems. In *In Eckart Zitzler, Kalyanmoy Deb, Lothar Thiele, Carlos A. Coello Coello and David Corne, editors, First International Conference on Evolutionary Multi-Criterion Optimization, Springer-Verlag. Lecture Notes in Computer Science No. 1993*, pp. 681–695, 2000.
- 4) 渡邊 真也, 廣安 知之, 三木 光範. 近傍培養型遺伝的アルゴリズムによる多目的最適化. 情報処理学会論文誌「数理モデル化とその応用」へ投稿中.
- 5) 野島隆志, 坂主圭史, 高橋篤司, 梶谷洋司. 配線可能性を保証する sequence-pair を用いた配置手法. 電子情報通信学会技術研究報告, 第 101 巻, pp. 59–65, 2001.
- 6) K. Kozminski. Benchmarks for layout synthesis-evolution and current status. In *Proc. of the 28th Design Automation Conference*, 1991.
- 7) Y.X.Su, C.H.Zheng, and B.Y.Duan. An optimal layout methodology for cold forming rectangular parts using genetic algorithms. In *Robotics and Computer Integrated Manufacturing 17*, pp. 429–433, 2001.
- 8) 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.

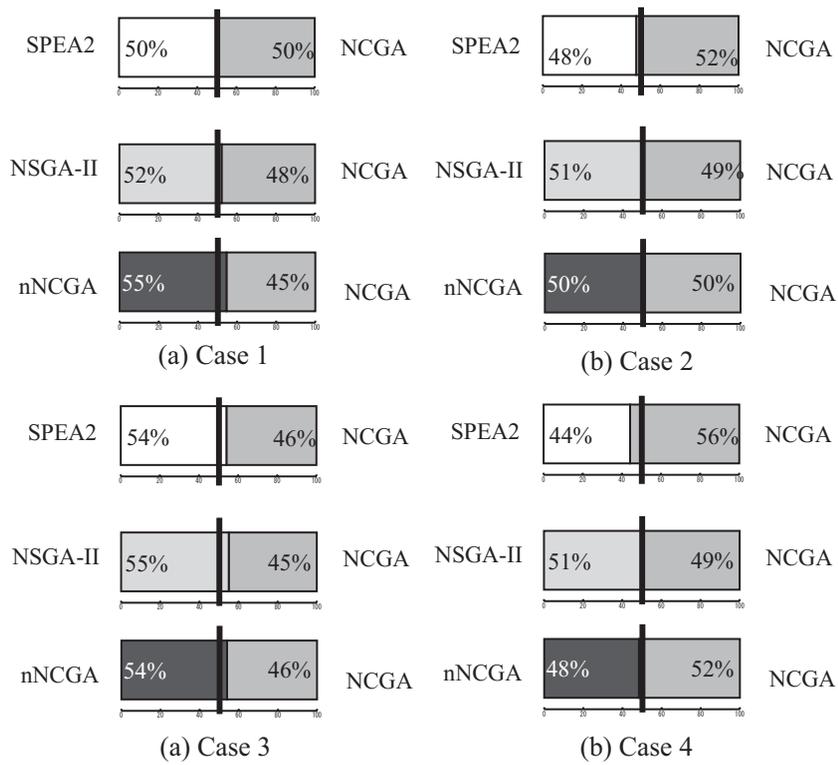


Fig. 6 RNI of Case1

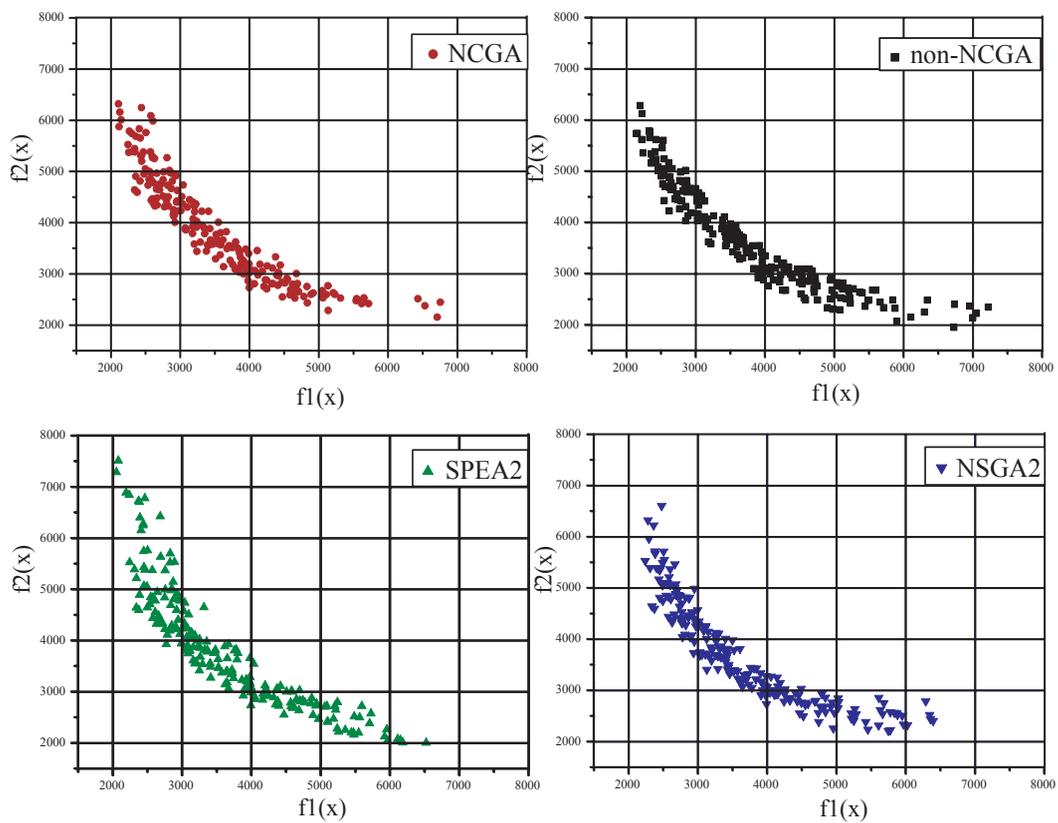


Fig. 7 Pareto optimum individuals