

矩形パッキング問題における Soft Module 化への実数型 GA の適用に関する一考察

九州共立大学大学院 学生員 相 良 栄 作
九州共立大学大学院 正会員 三 原 徹 治
九州共立大学大学院 非会員 趙 華 安
第 一 復 建 株式会社 正会員 千々岩浩巳

1. はじめに

異なる大きさの長方形ブロックを重ねることなく敷詰め、それらすべてを包含する長方形（囲方形）の面積を最小にするという矩形パッキング問題は最適配置問題の最も基礎となるものであり、著者らもその一解法として遺伝的アルゴリズム GA による矩形パッキング問題の一解法として Q-S 法¹⁾と TETRA 法²⁾を提示した。そこでは与えられた長方形ブロックを形状が固定された Hard Module として取扱っているが、面積一定の条件下で辺長変更を許す Soft Module として扱うことによって囲方形面積をさらに小さくするという Soft Module 化も重要な問題である。

本研究では、最適化ツールとして別途開発中の実数型遺伝子を組込んだ scsGA (RscsGA)³⁾を用いて矩形パッキング問題の Soft Module 化に関する一手法を提示する。

2. 矩形パッキング問題の Soft Module 化の定式化

Q-Sequence による部屋割り、各部屋への長方形ブロックの割当ておよび長方形ブロックの向きを固定し、任意の長方形ブロックを Soft Module として扱うことによってその囲方形面積 S を最小化する最適化問題は式(1)のように定式化することができる。

ただし、 NB は長方形ブロック個数、 A_{0i}, B_{0i} は Hard Module i の辺長、 A, B は囲方形の辺長である。

さらに μ_i は Soft Module として扱う Module i の辺長変化率で、 A_i, B_i を Soft Module の辺長とすると長方形ブロックの面積一定の条件から式(2)の関係を満足する。

$$\text{Given: } A_{0i}, B_{0i} (S_{0i} = A_{0i} B_{0i}) \quad (i = 1: NB)$$

$$\text{Find: } A, B, \mu_i \quad (i = 1: NB)$$

$$\text{Object: Maximize} \left[R = \frac{\sum_{i=1}^{NB} S_{0i}}{S} = \frac{\sum_{i=1}^{NB} A_{0i} B_{0i}}{AB} \right] \quad (1)$$

$$A_i = (1 + \mu_i) A_{0i}, \quad B_i = S_{0i} / A_i = B_{0i} / (1 + \mu_i) \quad (2)$$

3. RscsGA の概要³⁾

(1) 遺伝子の構成：設計変数を実数型データの

まま扱う。1つの実変数値を2つの

Part (A part と B part) に分割する。

つまり、実変数 X_n の値を R_n 、 α を実

数遺伝子の分割比率とすると、A part

の値 = αR_n 、B part の値 = $(1 - \alpha) R_n$ 。実数型設計変数が N 個の場合には遺伝子サイズ = $2N$ (表-1 参照)。

(2) 交叉の方法：交叉対象2個体の遺伝子数列間で、B part の遺伝子 (X_{nB}) をすべて交換(表-2 参照)。

表-2 変数問題、 $\alpha = 0.65$ ：親 Parent を P1, P2、子 Offspring を O1, O2 とする交叉例

P1 : (2.00, 1.60) $\Rightarrow$ [1.30, 0.70 , 1.04, 0.56]	=交叉 $\Rightarrow$	O1 : [1.30, -0.35 , 1.04, 0.28] $\Rightarrow$ (0.95, 1.32)
P2 : (-1.00, 0.80) $\Rightarrow$ [-0.65, -0.35 , 0.52, 0.28]		O2 : [-0.65, 0.70 , 0.52, 0.56] $\Rightarrow$ (0.05, 1.08)

(3) 突然変異の方法：最適化ツールの枠組みに scsGA を用いる RscsGA では、被交配個体群の個体を対象として突然変異発生確率 P_m により各個体の突然変異発生を判定し、突然変異発生個体のあるひとつの実変数 X_n をランダムに選択し、その値 R_n に一様乱数 $[-1, 1] \beta W_n$ を加算する。ここに、 W_n は実変数 X_n の(定義された)値域幅、 β は値域幅変動係数である。

(4) 交叉および突然変異後の実変数 X_n の値 R_n がその上限値(下限値)より大きい(小さい)場合には、 R_n = 上限値(下限値)とする。

4. 数値実験

矩形パッキング問題のベンチマクテストとして有名な ami33 を対象として数値実験を行った. 最適化ツールとしての RscsGA の計算パラメータは, 値域幅変動係数 $\beta = 0.5$, 実数遺伝子の分割比率 $\alpha = 0.7, 0.75, 0.8$ (3 通り), 人口数 = 200, 交配個体数 $N_s = 20, 21, \dots, 40$ (21 通り), 突然変異発生確率 $P_m = 0.3, 0.4$ (2 通り), 計算世代数 = 100 を用いた. また, Soft Module 化にあたってはすべての長方形ブロックを Soft Module 化の対象とし, その辺長変化率 μ_i の範囲を $-0.2 \leq \mu_i \leq 0.2$ とした.

(1) Q-S 法をベースとする Soft Module 化

図-1 に Q-S 法によって得られた Hard Module 配置 ($R = 91.2\%$) を示す. なお, 図-1 および後述する図 2~5 において  は囲方形を示す. 図-1 に示す配置の部屋割りを示す Q-Sequence, 図-2 図-1 の配置の Soft Module 化各部屋への長方形ブロックの割当てと向きを固定して Soft Module 化すると, $\alpha = 0.75$, $P_m = 0.4$, $N_s = 26$ で図-2 に示す $R = 97.52\%$ の配置が得られた. この結果より, この種問題に対して RscsGA が最適化ツールとして十分に有用であることが確認できたとともに, Soft Module 化によって非常に高密度な配置が実現できることを実証することができた.

(2) TETRA 法をベースとする Soft Module 化

図-3 に TETRA 法による Hard Module 配置 ($R = 85.8\%$) を示す. この配置は図-1 に示す Q-S 法による Hard Module 配置に比較してかなり横長であり, このまま Soft Module 化

しても図-2 のような高密度な配置を得ることは困難と判断されるため, まず図-4 のように Hard Module のまま全体を正方形化した. 正方形化した場合, R 値は元の配置より当然減少することになる. しかし, 図-4 に示す正方形化した配置では $R = 85.2\%$ であり, R 値の減少幅は 0.6% と予想ほど大きなものではなかった.

図-4 の正方形化された配置の部屋割りを示す Q-Sequence を新たに求め, 各部屋への長方形ブロックの割当てと向きを固定して Soft Module 化すると, $\alpha = 0.8$, $P_m = 0.4$, $N_s = 26$

で図-5 に示す $R = 97.65\%$ の配置が得られた. この R 値は図-2 の $R = 97.52\%$ よりもわずかながら大きく, さらに高密度の配置が得られている. 正方形化という手続を必要とするが, 表現できる配置に制限がある TETRA 法でも Soft Module 化まで実行する場合には十分に有用であることを確認することができた.

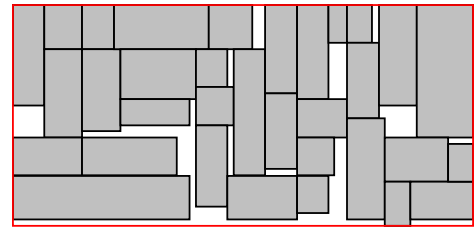


図-1 Q-S 法による Hard Module 配置

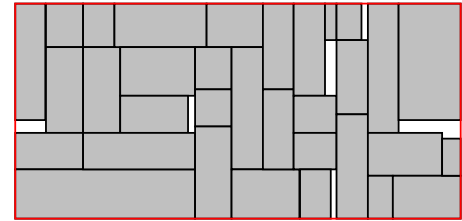


図-2 図-1 の配置の Soft Module 化

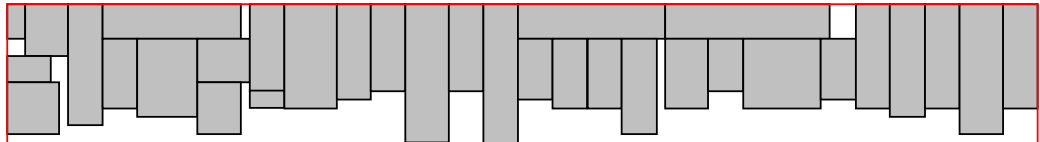


図-3 TETRA 法による Hard Module 配置

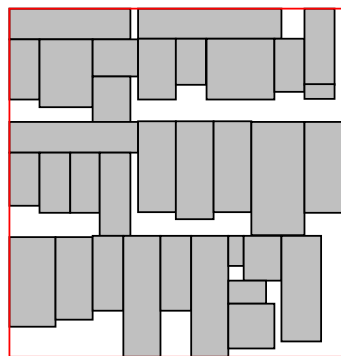


図-4 図-3 の配置の正方形化

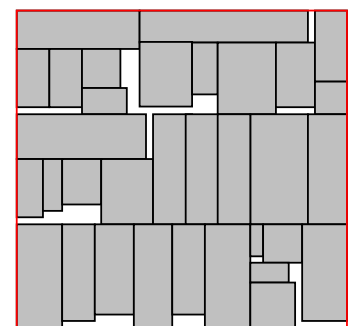


図-5 図-4 の配置の Soft Module 化

参考文献 1)H.A.Zhao,T.Mihara et.al.:VLSI Floorplanning with Boundary Conditions Using Genetic Algorithms, Proceedings of the 2nd International Conference on Natural Computation and 3rd International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 2006.9. 2)大澤育幸,三原徹治ほか:簡便な配置オペレーションによる矩形パッキング問題の一解法,平成 18 年度土木学会西部支部研究発表会,2007.3. 3)新垣俊,三原徹治ほか:実数型遺伝子を組込んだ交配個体選択 GA の解法特性に関する基礎的考察,平成 18 年度土木学会西部支部研究発表会,2007.3.