

1. 緒言

生産行程の最初のアプローチである部品の板取り問題がある。この板取り問題とはCADシステムなどのよって出力された部品群を組み合わせで最適な部品配置を決定することである。ここでの最適とは配置を行う原板に対して部品の配置されない空間（以後余材と呼ぶ）が最小となることを指す。

本報告では、この自動配置問題の解探索のための評価関数を評価項目の線形結合の形式で表現し、結合の重み付け係数を対象にして自動的にチューニングを行い、問題に応じて評価関数を変更するメカニズムを用いる。この組合せ最適化のメカニズムの実現にジェネティックアルゴリズムを適用する。

2. ジェネティックアルゴリズム

ジェネティックアルゴリズムは自然界の進化の過程を模倣した近最適解を探索する手法である。対象問題の解は個体と呼ばれるストリングに数字、アルファベット等を用いて記述され、そこから集団と呼ばれるストリング群が構成される。各ストリングはそれを用いて行われた探索の結果の評価値から淘汰される。この過程は再生と呼ばれる、良い評価値のものは生存し、悪い評価値のものは消滅する。さらに生存したストリング群から進化のために乗り換え、突然変異を発生せ、さらにより性質を作り出すことを試みる。これらを繰り返すことで、集団は淘汰され、その世代が移り変わり、集団は均一化され近最適解を得ることが出来る。

3. 前提条件

本研究で必要とする前提条件を以下に示す。

- ①対象となる部品は矩形部品群とする。
- ②部品の配置方向は予め定まっているものとする。
- ③原板寸法は配置結果から算出する。

4. 問題の記述

ここでの問題とは式(1)で示すn枚ある矩形部品群Pnを任意の寸法の原板面積W×Lに対する余材面積Mが最小となるよう配置を決定することである。

$$\min M = (W \times L) - \sum_{i=1}^n (w_i \cdot l_i) \quad (1)$$

ただし、nは部品総数、各々の寸法を幅w_i長さl_iとする。また、この余材面積率Rは式(2)で表わされる。

$$R = \frac{(W \cdot L) - \{\sum_{i=1}^n w_i \cdot l_i\}}{(W \cdot L)} \quad (2)$$

釧路高専 荒井 誠 北大工学部 嘉数 侑昇
札幌学院大 皆川 雅章 道女子短大 川上 敬

本報告ではこの余材率Rを目的関数として適応値を算出し、ジェネティックオペレーション群を適用する。

5. 配置決定のための方法

配置決定は2次元平面上での領域分割として以下の方法のように設定する。

- (1)配置位置は評価関数を用いて定量化し、その評価値によって決定する。
- (2)配置する部品は未配置の部品群から評価関数により選択される。

以上の2つのプロセスを評価関数の線形結合として表わし、その重み付けを決定するためにジェネティックアルゴリズムを適用する。

5.1 配置位置決定の評価関数

部品配置がより密となる配置位置を配置位置候補の集合の中から決定するために以下の評価関数を用いる。

$$P_i = e_1 \cdot X_i^2 + e_2 \cdot Y_i^2 \quad (3)$$

ここで、e₁、e₂は重み付け係数、X_i、Y_iは配置候補iの座標である。これによって得られる評価値に対して最小のPとなる配置位置を選択する。

5.2 部品選択の評価関数

選択された配置に対して未配置部品群の中から以下の評価関数の値を最大にする配置対象部品を選定する。

$$B = \sum_{i=0}^{nb} a_i \cdot b_i \quad (4)$$

ここでa_iは重み付け係数、b_iは部品寸法の評価項目、nbは評価項目数である。本報告では以下を用いる。

- (1) b₁: 部品寸法比

$$b_1 = (w_i/w_{max})^2 + (l_i/l_{max}) \quad (5)$$
- (2) b₂: 部品の縦横比

$$b_2 = (w_i - l_i)^2 / (w_i \cdot l_i) \quad (6)$$
- (3) b₃: 部品面積比

$$b_3 = (w_i \cdot l_i) / (w_{max} \cdot l_{max}) \quad (7)$$

w_{max}は最大部品幅、l_{max}は最大部品長さである。

5.3 配置位置候補の追加と削除

次の配置決定のために状態空間を変化させる。つまり、部品が配置されるにしたがい配置位置候補を増加させる必要がある。これを以下の手続きで行なう。

- (1)配置結果に基づき、その位置と部品寸法から以下の2点を算出し、位置候補集合に追加する。

$$NEW_Position = \{(x + w_i, y), (x, y + l_i)\} \quad (8)$$
- (2)全ての配置位置候補に対して未配置部品群が配置

可能か判断し、不可能な配置位置候補を削除する。

5.4 原板寸法の決定

以上までの配置手法を部品が無くなるまで繰り返し、得られた部品配置位置から、最大の幅、長さの値を求め、これを原板寸法とする。これによって、前述の目的関数から R_i が算出できる。

6. ジェネティックアルゴリズムの適用

上記までの配置決定を制御する2本の評価関数の重み付け係数をジェネティックアルゴリズムを用いて自動チューニングする。本報告では各々の係数に対してそれぞれの4ビットを割当て、長さ20(4ビット×5項目)のストリングで表現する。各係数は

$$e_j, a_k = \text{bit}_1 \text{ bit}_2 \text{ bit}_3 \text{ bit}_4 \quad (9)$$

$$(j=1,2 \quad k=1,2,3 \quad , \text{bit}=1/0)$$

評価項目をまとめたストリングは式(10)となる。

$$S = e_1 \ e_2 \ a_1 \ a_2 \ a_3 \quad (10)$$

このストリングの集団を用いて、世代を追う事に進化を繰り返し、世代 T における集団 $A(T)$ が作られる。

$$A(T) = \{ S_i \} \quad (11)$$

$$T=0,1,2,\dots \quad i=1,2,\dots, \text{PSIZE}$$

ここでPSIZEは集団が持つストリング数である。

本報告で用いているジェネティックオペレータは再生、乗り換え、突然変異の3つである。

6.1 再生

各ストリングを用いて行なわれた配置決定の結果は目的関数である余材率 R を基に評価する。求められた評価値の割合から各ストリングの再生確率が計算される。世代 t における各ストリングの余材率 R_i から、その余材面積割合の2乗の重み付けで評価している。

$$E_i = (R_{\text{WORST}} - R_i)^2 \quad (12)$$

$$R_{\text{WORST}} = \frac{\text{PSIZE}}{\sum_{i=1}^{\text{PSIZE}} E_i} \times \{ R_i \} \quad (13)$$

この E_i に従い、各ストリングの再生確率が求められる。

$$P_i = E_i / \left(\sum_{j=1}^{\text{PSIZE}} E_j \right) \quad (14)$$

ここで次世代におけるストリング S_i の再生数は、

$$\text{NSUR}_i = \text{PSIZE} \times P_i \quad (15)$$

6.2 乗り換え

乗り換えオペレーションは再生ストリングの対をランダムに選択し、両者の中でランダムな位置での部分ストリングの交換を行なう事で各世代において乗り換えが行なわれる。

6.3 突然変異

突然変異においても再生ストリング群に対して行なわれる。これはランダムに選択されたストリングのランダムな位置の値の変化(0、1値を反転)として作用する。

7. 実験

以上までの問題設定、方法論に基づいて計算機実験を行なった。集団中のストリングPSIZEは30で、1世代の間で乗り換えが行なわれるのは80%、突然変異は1世代あたり0.02%である。

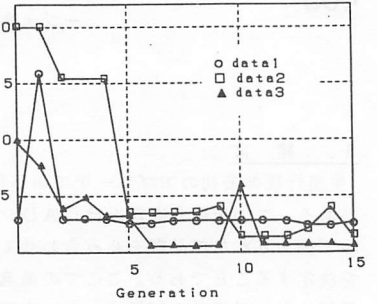


図1. 最良ストリングの成長

実験に必要な部品数及び最良の結果の場合の原板寸法、余材率を表1に示す。初期ストリング群は乱数発生によって与えた。部品データは3種類与え、実験を行なった。その結果最良ストリングによる余材率の変化を図1に、データ1における最良値、最悪値、平均値を図2に示す。いずれの場合にも、世代をかさねる毎に余材率が低減されることが分かる。このことからジェネティックアルゴリズムが配置問題に対して近最適解の算出能力を持つことが分かる。

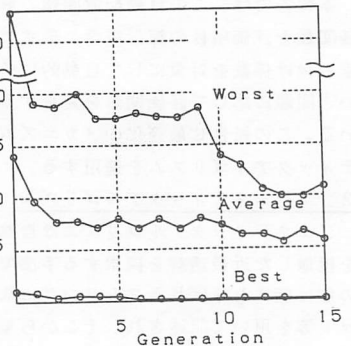


図2. 集団の挙動

初期ストリング群は乱数発生によって与えた。部品データは3種類与え、実験を行なった。その結果最良ストリングによる余材率の変化を図1に、データ1における最良値、最悪値、平均値を図2に示す。いずれの場合にも、世代をかさねる毎に余材率が低減されることが分かる。このことからジェネティックアルゴリズムが配置問題に対して近最適解の算出能力を持つことが分かる。

	部品数	余材率%	原板面積 (m)
data1	18	0.25	11.4 × 12.7
data2	53	0.13	4.24 × 14.0
data3	70	0.04	27.5 × 23.6

表1. 実験結果

8. 結言

- (1) 2次元自動配置問題を対象として、ジェネティックアルゴリズムを適用する方法論を提案した。
- (2) 配置決定を評価関数の線形結合として表わし、その重み付け係数の進化のためにジェネティックアルゴリズムを適用した。
- (2) 提案した方法論より計算機実験を行い、その有用性を示した。