

二次元最適配置への遺伝的アルゴリズムの応用

1 E-3

渡辺玄 小野俊彦
福岡工業大学

1 はじめに

本研究は二次元最適配置問題、すなわちシート材から各種形状の部品を複数個切り出す際のシート材の必要面積を最小とする部品配置を決定する問題に対し遺伝的アルゴリズム (GA: Genetic Algorithms) を適用したものである。従来、この種の問題の解法として動的計画法やツリーサーチプログラムによる研究されている [1] が部品が自由形状の場合は組み合わせの自由度が大きく多大の計算を必要とする。この問題に GA を適用する際に遺伝子を各部品の位置と表現した場合、二次元の組み合わせ問題となり探索空間が広大になり解を求めることが困難である。その解決策として本研究では配置決定アルゴリズム (LDA: Layout Determining Algorithms) を GA に導入することにより順序問題として解く方法を採用し、シミュレーションの結果、良好な性能を得ることができた。

2 問題設定

本研究で扱う二次元最適配置問題は図 1 に示す一定幅のシート材より斜線部分で表す各種多角形の部品を切断する際につぎの 2 点を満足する各部品の配置組合せを決定することである。

- 部品を重なりなく配置する
- シート材の必要長を最小とする

この問題は洋裁における型紙の配置やガラス、鉄板、木材板の切断などで常に起こりうる問題である。

3 GA への適用方法

GA においては遺伝子の表現方法によってその性能は大きく変わるため解の候補を表す遺伝子をどのように表現するかを充分検討する必要がある。二次元最適配置問題に対し、遺伝子の構成を各切断部品のシート材上の位置を 2 進数に変換し順に並べたものとした場合、シート材が大きくなるに従いその探索空間は広くなってしまふ。切断部品の数を N 個、シート材の幅を

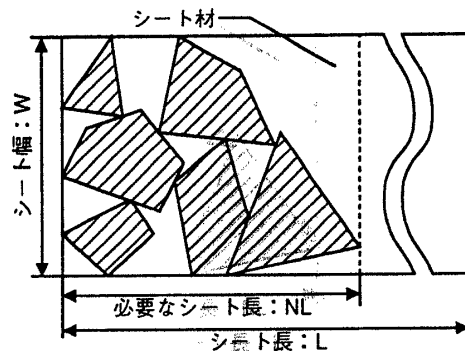


図 1: シート材の切断例

W , 長さを L とするとその遺伝子長は $N \log_2(W+L)$ となり探索空間では $2^{N \log_2(W+L)}$ 個もの配置組み合わせより最適解を探索しなければならない。従って本研究では二次元配置問題を一次元問題である順序問題として解くために各部品を配置順序に従い隙間なくシート材上に並べるアルゴリズムである LDA を GA に導入することによりシート材に大きさに関わらず遺伝子長は N となり探索空間を $2^{N \log_2(W+L)}$ から $N!$ に縮小することができる。

4 システムの構成

図 2 は LDA と組み合わせた GA の系統図である。選択、交叉、突然変異を終了、新たに生成された遺伝子の表わす配置順序のデータを LDA に送ることにより部品は隙間なく配置され、シート材の必要長を目的関数値として得ることができ適合値が求まる。次に遺伝子の構成、交叉方法、突然変異について説明する。

遺伝子の構成 各切断部品の配置順序はパス表現法を用いた。例えば配置順序 2-3-5-1-4 を遺伝子では 23514 と表す方法である。

交叉方法 部分写像交叉 (PMX: Partially-Mapped crossover), 順序交叉 (OX: Order crossover), 循環交叉 (CX: Cyclic crossover) の三種についてシミュレーションを行なったが、本問題では大きな差は見られなかった。

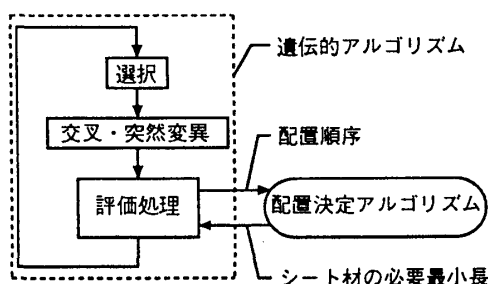


図 2: 系統図

突然変異 遺伝子のランダムに選んだ2つの要素を交換する方式を採用している。例えば遺伝子 12345 においてランダムに 2, 4 番目の要素が選ばれたとき、この遺伝子は 14325 となる。

なお本研究ではワークベンチとして Genitor[2] を使用し、これに LDA など必要なプログラムを付加してシステムとして完成させた。

5 配置決定アルゴリズム (LDA)

全体のフローチャートを図 3(a) に示す。説明の都合上シート材の座標を左下を原点、縦方向を y 軸、横方向を x 軸とする。図 3(b) のように配置すべき切断部品を GA より渡される配置順序に従い一つずつシート材の原点より配置していく。まずシート材の幅を超えて配置されていないかのチェックを行う。これに成功すると、すでに配置済みの部品と重ならない位置を頂点チェック、境界チェックによって検出する。重なりがあった場合には所定の計算方法で移動量を計算し切断部品を y 軸方向に移動させる。 y 軸方向の末端(実際は部品幅分だけマイナス)に達したら $y = 0$ に戻り x 軸方向に一つ進める。すべてのチェックを終えたとその部品の配置は決定する。これを繰り返すことにより全部品を配列順に従って隙間や重なりなく配置でき、シート材の必要最小長が求まる。それを GA に渡し GA はそれをもとに各個体を評価する。このように段階的にチェックするとともに移動量の計算方法を工夫することにより計算時間を短縮することができた。

頂点チェック 配置中の部品がすでに配置済みの部品と重ならないためには少なくとも配置中の部品の頂点がすでに配置済みの部品の内部にないことが条件となる。したがってすべての頂点をチェック行いこれを満足しない場合は重なりがあると判断し移動量を計算し移動する。複数個の頂点に重なりがある場合には、各頂点の移動量の最大値を用いる。

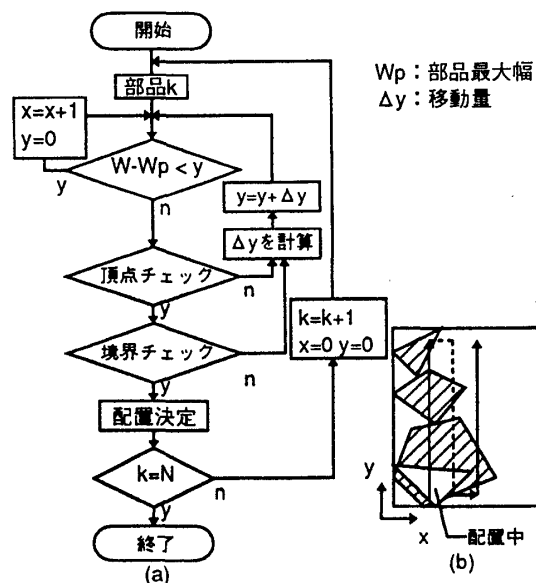


図 3: フローチャートと探索方法

境界チェック 頂点チェックのみでは重なりチェックに対し不十分なので、頂点チェックを終えたものに対し境界線上の点すべてに対し、頂点チェックと同様な方法で行う。

移動量の計算 配置中の切断部品の頂点、境界上の点のいずれかが重なっている場合にはその点より y 軸正方向に配置済みの部品の外部に出るまで垂直に走査することにより部品の移動量を計算する。

6 あとがき

GA に対し配置決定アルゴリズム (LDA) を導入することにより二次元配置問題を順序問題として扱え探索空間を縮小することができ、シミュレーションにより、良好な性能を確認した。また LDA においても部品の重なりチェックを頂点、境界線と分けることより、高速なチェックが可能となった。本研究では部品として多角形を取り扱ったが、曲線図形に関しても本手法を用いることができる。

参考文献

- [1] N.Christofides and C.Whitlock: An Algorithm for Two-Dimentional Cutting Problems, Operation Research, Vol.35, No.1, pp. 30/44, 1977
- [2] L.Davis (Ed): Handbook of Genetic Algorithms, Van Nostrand Reinhold, 1991