306

ＧＡによる部品の自動配置に関する研究
ー第２報　円板の円形内配置ー

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

組合せ最適化問題の一つに、ナップザック問題がある。本報告は、この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。

１．　緒　言

組合せ最適化問題の一つであるナップザック問題では同一寸法部品における解探索は比較的簡単であるが、異寸法部品の場合やその数が多くなると困難を極める。

本研究は、この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、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ジェネティックアルゴリズムを適用したメカニズムを提案するものである。

第１報では、異径の円板群の長方形内の配置決定を対象に報告した。本報告では、異径円板群の円形内配置の場合について、そのための評価関数と自動チューニングについて報告する。

３．　問題の記述

ここでの問題とは式(1)で示すｎ枚ある円板部品群Ｃｎを任意の半径の原板面積Ａb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。

$$\min M = Ab - \sum_{i=1}^{n} ACi \qquad (1)$$

ただし、ｎは円板総数、各々の円板面積をACiとする。また、この余材面積率Ｗは式(2)で表わされる。

$$W = \frac{Ab - \sum_{i=1}^{n} ACi}{Ab} \qquad (2)$$

本報告ではこのＷを目的関数として適応値を算出する。

４．　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)配置する円板は未配置の円板群から評価関数により選択される。

(2)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。

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。

４．１　円板選択の評価関数

未配置円板群の中から以下の評価関数の値を最大にする配置対象円板を選定する。

$$B = \sum_{i=0}^{nb} ai \cdot bi \qquad (4)$$

ここでａiは重み付け係数、ｂiは円板寸法の評価項目、ｎｂは評価項目数である。本報告では以下を用いる。

(1) ｂ1：円板面積比

$$b1 = di^2 / Dmax^2 \qquad (5)$$

(2) ｂ2：円板の面積差比

$$b2 = (di^2 - Dmax^2) / Dmax^2 \qquad (6)$$

(3) ｂ3：平均値差比

$$b3 = (di^2 - Dave^2) / Dave^2 \qquad (7)$$

Ｄmaxは最大円板径、Ｄaveは円板の平均径である。

４．２　配置位置決定の評価関数

円板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。

$$Pi = (e_1+64) \cdot Xi^2 + (e_2+64) \cdot Yi^2 \qquad (3)$$

ここで、e_1、e_2は重み付け係数、Ｘi、Ｙi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。

４．３　配置位置候補の生成

次の配置決定のために状態空間を変化させる。つまり、円板が配置されるに従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) 配置済み円板に接するよう配置する。

(2) 配置結果に基づき、その円板と接する円板から接点を算出し、位置候補集合に追加する。

４．４　原板寸法の決定

以上までの配置手法を円板が無くなるまで繰り返し、得られた円板配置位置から、原板半径を求める。これによって、前述の目的関数からＷが算出できる。

５．　ジェネリックアルゴリズムの適用

前項までの配置決定を制御する２つの評価関数の重み付け係数をジェネティ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３０（６ビット×５項目）のストリングで表現する。各係数は

$$ej,\ ak = bit_1\ bit_2\ bit_3\ bit_4\ bit_5\ bit_6 \quad (9)$$

(j=1,2 k=1,2,3 ,bit=1/0)

評価項目をまとめたストリグは

$$S = e1\ e2\ a1\ a2\ a3 \quad (10)$$

となる。

５．１ 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Ｒｉ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。

$$Ei = (R_{WORST} - Ri)^2 \quad (12)$$

$$R_{WORST} = \max_{i=1}^{PSIZE} \{ Ri \} \quad (13)$$

このＥｉに従い、各ストリングの再生確率が求められる

$$Pi = Ei \ / \ (\sum_{j=1}^{PSIZE} Ej) \quad (14)$$

ここで次世代におけるストリングＳｉの再生数は、

$$NSURi = PSIZE \times Pi \quad (15)$$

となる。ここでPSIZEは集団が持つストリング数である

５．２ 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、両者の間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。

５．３ 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（この場合０、１値を反転）として作用する。

５．４ エリートの保存

エリートの保存は、集団中で最も適応度の高いストリングをそのまま次世代に残す方法である。

Ｓbest（ｔ）を、世代ｔにおける最良のストリングとした場合、次世代で生成されたストリング群にＳbest（ｔ）が存在しないならば、これをｎ＋１番目に加える。これによって、その時点で最も良い解が再生、乗り換えによって破壊されない。

６． 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２%である。実験に必要となる円板数及び最良の結果の場合の原板半径、余材率を表１に示す。

表１　最良ストリングの変化

ﾃﾞｰﾀ	部品数	種類	原板半径	余材率(%)
(1)	５０	１５	３９．８６	２１．７９
(2)	７０	２０	５７．８４	２３．０４
(3)	１００	３０	１０２．２０	２１．９３

各部品データ、初期ストリング群は乱数発生によって与えた。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、最悪、平均の値の推移を図２、その出力結果を図３に示す。

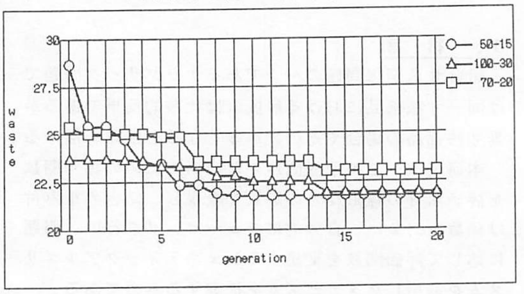

図１．最良ストリングの変化

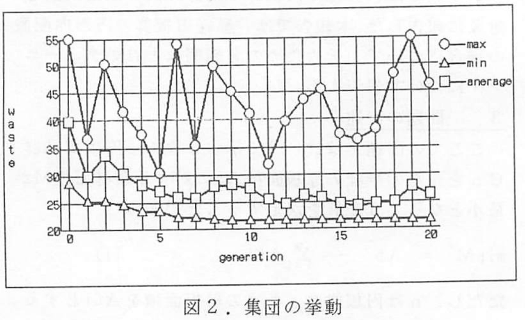

図２．集団の挙動

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。

７．結言

(1) 円板の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

(3) 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。

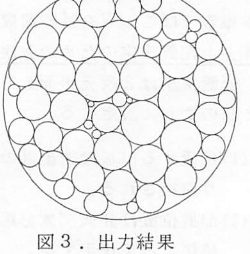

図３．出力結果