

# 遺伝的アルゴリズムによる ジョブショップスケジューリング問題の最適化

北見工業大学 ○島倉渉, 渡辺美知子, 鈴木 育男, 岩館 健司

## 要旨

ジョブショップスケジューリング問題 (Job-shop scheduling problem, JSP) とは, 仕事と機械が与えられたときの順序付け組み合わせ問題であり, 組み合わせ数が増加すると計算時間も膨大になり困難な問題となる. また, 熟練者によるスケジュール作成にも多大な時間を要しているのが現状である. 本研究では, このJSPに生物の進化を模倣した遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm, GA)を適用して最適化を行い, 数値実験により有効性を検証する.

## 1 はじめに

最適化問題とは, 定義された目的関数において, 制約条件を満たす範囲内で最大値 (最小値) をとるような設計変数を決定する問題のことである. しかし, 最適化の対象となる問題を表す目的関数が複雑である場合, その厳密な最適解を求めることは非常に困難になる. そのような問題の1つにジョブショップスケジューリング問題 (Job-shop Scheduling Problem, JSP) がある.

ジョブショップスケジューリング問題は, 仕事と工作機械が与えられたときの順序付け組み合わせ問題であり, 組み合わせ数が増加すると計算時間も膨大となり困難な問題となる. このようなスケジュール作成には, 熟練者が多大な時間を要しているのが現状である.

本研究は, 組合せ最適化問題の中でも最適解を得ることが困難とされているジョブショップスケジューリング問題に生物の進化を模倣した遺伝的アルゴリズムを適用する. この遺伝的アルゴリズムで用いる解表現は, 渡辺ら<sup>1)</sup>が開発した多重遺伝子を用いる. 最後に実験で有効性を検証する.

## 2 ジョブショップスケジューリング問題

ジョブショップスケジューリング問題は複数の仕事と機械が与えられたとき, 以下のような性質をもつスケジューリング問題である.

### 2.1 最大滞留時間の最小化

複数の機械で複数の仕事を処理するとき, 各機械上での最良の作業順序を求めることであり, すべての仕事に要する時間を最小にするようなスケジュール問題である.

### 2.2 制約条件

- 仕事の処理順序は指定された作業からなる(技術的順序)
- 機械は同時に複数の作業を処理することはできない
- 各機械は必ず全ての仕事を中断せずに処理する

表1は, 各種類の仕事技術を技術的順序により機械で処理する例を示している. 例えば仕事[2]の場合, まず $M_2$ で3時間仕事を処理した後,  $M_1$ で6時間仕事を処理し,  $M_3$ で4時間仕事を処理する.

### 2.3 定式化

仕事数を $n$ , 機械数を $m$ とした時に, 仕事集合は  $J = (J_i: i = 1, 2, \dots, n)$  となり, 機械集合の場合は  $M = (M_j: j = 1, 2, \dots, m)$  となる. 工程による機械 $M_j$ で加工され

る時の工程時間 $T$ は,  $T = (T_j: i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, q)$ , 機械 $M_j$ の前工程から次工程への待ち時間 $W$ は,  $W = (W_j: i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, q)$  となる. この時の評価関数は, 式(1)の総作業時間  $F$  を取り扱い, 最小値を求める問題となる.

$$F = \max \left( \sum_{j=1}^{q_1} T_j + \sum_{j=1}^{q_1} W_j \right) \quad (1)$$

表1 JSPの技術的順序

処理順 仕事	1番目に処理	2番目に処理	3番目に処理
仕事[1]	( $M_1, 4$ )	( $M_2, 5$ )	( $M_3, 3$ )
仕事[2]	( $M_2, 3$ )	( $M_1, 6$ )	( $M_3, 4$ )
仕事[3]	( $M_2, 2$ )	( $M_3, 4$ )	( $M_1, 2$ )

図1は, 表1を基に縦軸に複数の機械, 横軸に時間をとし, 各機械で各仕事が行われる処理開始時間から処理終了時間までのガントチャートである.

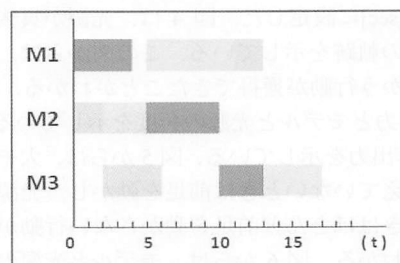


図1 仕事3と機械3のガントチャート

## 3 遺伝的アルゴリズム

遺伝的アルゴリズムは, 自然界の生物の進化を模倣した最適化アルゴリズムである. 具体的には, 集団の個体間で淘汰(selection), 交叉(crossover) や突然変異(mutation), 逆位(inverse) などの遺伝オペレータによって次世代の集団個体が形成される. このように世代の更新が繰り返されることによって, 最良解や最適解が求められる.

### 3.1 多重遺伝子の設計

最初に, 各仕事の遺伝子を機械数と同じだけ作成し, 加工順序の情報を持つ遺伝子を初期遺伝子とする. 次に初期

遺伝子長間で乱数を発生させ、順序表現による遺伝子を作成する。この順序表現による遺伝子と初期遺伝子を基にジョブ遺伝子を作成する。これらの手順を図2に示す。

具体的な多重遺伝子の手順は、初期遺伝子のビット数である $1 \sim n$ までの乱数 $r$ を発生し、その $r$ 番目の遺伝子を取り除き、初期遺伝子を左へ詰める。更に、順序表現遺伝子の左端に乱数 $r$ を入れる。この手順を繰り返す。ジョブ遺伝子は、初期遺伝子と順序表現遺伝子から作成される。

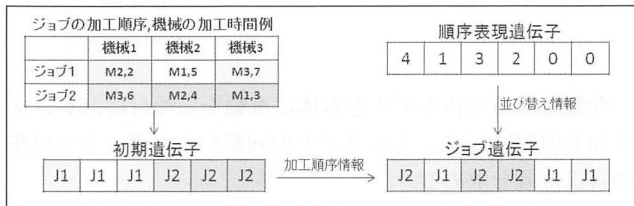


図2 多重遺伝子の表現

## 4 数値計算実験

### 4.1 実験条件

実験の機械数, 仕事数, 加工順序は, 以下のように設定した。

機械数: 6, 仕事数: 6,

加工順序: 制約条件に基づきランダムに設定

また, 遺伝的アルゴリズムに関する条件は, 以下のように設定した。

個体数: 10, 世代数: 100, エリート保存

[遺伝オペレータ]

交叉率: 0.6, 突然変異率: 0.2, 逆位率: 0.4

実験結果は, 10回実行した時の平均値を求める。また, 評価は総作業時間の最小化である。

### 4.2 実験結果

図3は縦軸に時間と横軸に世代数を示し, 4.1の実験条件で行ったときの評価値の収束状況である。世代数が少ない時は, 遺伝的アルゴリズムの特徴である階段状に収束している。また, 70世代目ぐらいからは緩やかに収束し, 100世代目ではほぼ安定しているので最良解が得られていると考える。

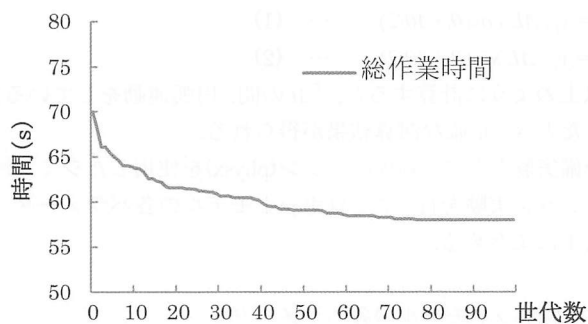


図3 評価値の収束状況

図4は縦軸に機械, 横軸に時間を示し, ランダムにジョブを発生したときのガントチャートである。また, 図5は, 多

重遺伝子を用いた遺伝的アルゴリズムで求めたガントチャートである。両図からは, 遺伝的アルゴリズムで求めたスケジューリングが20時間短縮されて良好な結果が得られた。

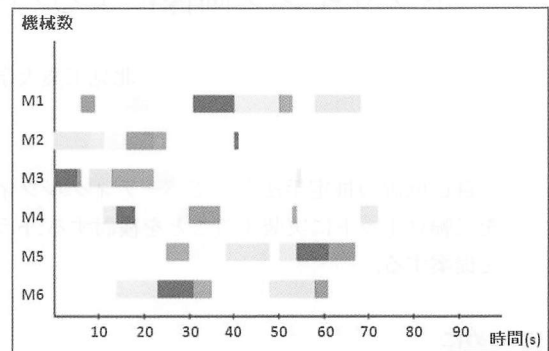


図4 ランダムに解を発生したガントチャート

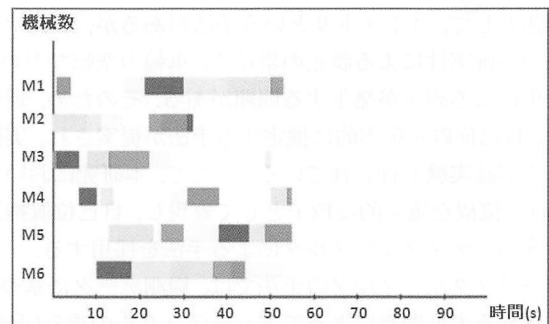


図5 遺伝的アルゴリズムを用いたガントチャート

## 5 おわりに

本研究は, 組合せ最適化問題の中でも最適解が得ることが困難とされているジョブショップスケジューリング問題に多重遺伝子による遺伝的アルゴリズムを採用し, 数値実験を行った。その結果, 以下の事が得られた。

- 1) 多重遺伝子を用いた遺伝的アルゴリズムは, ランダムに発生したスケジューリングよりも処理時間が1/3時間短縮できた。
- 2) 今回は6機械と6仕事のジョブショップスケジューリング問題で小規模であったが, 大規模なスケジューリング問題にも適用できることを確認した。

今回は, 総作業時間の最小化のみの単目的関数を用いたが, 総作業時間の均等化, 機械遊休時間の最小化, 納期遅れの最小化, 納期余裕の最初化などを用いて多目的関数のスケジューリング問題を取り扱う予定である。

### 参考文献

- (1) 渡辺美知子, 古川正志, 嘉数侑昇, GAによるジョブショップスケジューリングの多目的最適化に関する研究, 2001年度精密工学会秋期大会学術講演会講演論文集, 2001
- (2) 古川正志, 川上敬, 渡辺美知子, 木下正博, 山本雅人, 鈴木育男, メタヒューリスティクスとナチュラルコンピューティング, コロナ社, 2012
- (3) 三宮信夫, 喜多一, 玉置久, 岩本貴司, 遺伝的アルゴリズムと最適化, 朝倉書店, 1998