

階層型生産システムにおける分散スケジュールの基礎研究

旭川高専 ○平田 幸一 渡辺 美知子 古川 正志

要旨

階層を持つ生産システムの生産計画では、各階層ごとにスケジュールが作成されるが実際に作業する最下位層でスケジュールされない限り、上位層でスケジュールは決定できない。そこで、本研究では遊休時間が生じた場合での作業の割り当てや作業の割りこみなどにより、上位層での作業の割り当てと下位階層での作業の割り当てに相違が生じる場合に、最下位層と最上位層からの協調ジョブショップスケジューリングを行う方法を提案し、その有効性を数値計算実験で示し、その有効性を検証した。

1 はじめに

ジョブショップスケジューリング問題^{1),2)}は、NP完全問題に属する順序最適化問題であり、その実用的な解法が望まれている古くて新しい問題である。GAはこうした問題に対するアプローチとして強力な道具と認知されつつあり、著者らもGAによるジョブショップスケジューリング問題の解法³⁾を提案している。これまでの研究ではシステムの構成要素である機械のみを対象とし、有効な研究成果が報告されているが、Fig.1 で表されるような複数のサブシステムから構成される階層型のジョブショップスケジューリングでは、あまり検討が行われていない。本研究では、そのような大規模で複雑な階層型生産システムを持つ生産システムを問題の対象として、これまで提案してきたGAによる解法を基に最上位層からのジョブショップスケジューリング法並びに、最下位層からのジョブショップスケジューリング法を提案し、数値計算実験に基づいてその有効性を検証する。

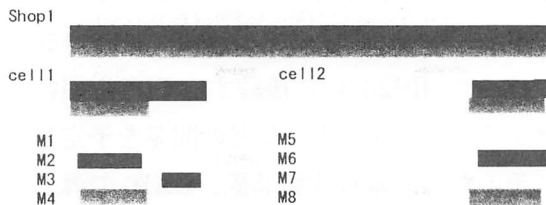


Fig.1 階層を持つ生産システムのスケジュール例

2. 問題の記述

以下に本スケジューリング問題で取り扱う記号を定義する。

E_i : i 番目の要素またはシステム($i=1,2, \dots, n$)

E_{i-} : i 番目の要素 E_i に含まれるシステム($i=1,2, \dots, n$)

E_{i+} : i 番目の要素 E_i に含まれる要素($i=1,2, \dots, n$)

J_{jp} : j 番目の仕事 p 番目の作業 ($j=1,2, \dots, j_n; p=1,2, \dots, p_j$)

Jw_{jp} : j 番目の仕事 p 番目での作業時間

($j=1,2, \dots, j_n; p=1,2, \dots, p_j$)

Jf_{jp} : j 番目の仕事 p 番目での作業終了時間

($j=1,2, \dots, j_n; p=1,2, \dots, p_j$)

$M_{i,p}$: 最下位層に存在する実際に作業を行う機械 i 番目に割り当てられた p 番目の作業($j=1,2, \dots, j_n; p=1,2, \dots, p_j$)

$Mf_{i,p}$: 最下位層に存在する実際に作業を行う機械 i 番目に割

り当てられた p 番目の作業終了時間($j=1,2, \dots, j_n; p=1,2, \dots, p_j$)

2.1 システムを構成する要素との関係

サブシステム間での構成要素の関係は次式で表される。

$$E_i = \{E_{i-} : 1 \leq i \leq n_i\} \quad (1)$$

$$\text{Subject to } E_i \in E_{i+}$$

2.2 各機械の遊休時間への作業の割り当て

各機械に作業を割り当てる段階では、各仕事での一つ前の作業が完了している場合でも、各機械における一つ前の作業が完了しない限り、次の作業を割り当てることができない。それにより、機械に割り当てられる作業には遊休時間が生じることがある。そこで本研究では、機械に作業を割り当てる場合にその機械の遊休時間に割りこむことのできる作業をその仕事の前作業完了時間を超えない範囲で遊休時間に割り当てられるものとする。割りこみの生じる場合での作業終了時間は次式で与えられる。

$$Jf_{i,p} = \max(Jf_{i,p-1}, (Mf_{i,p} - Mf_{i,p-1})) + Jw_{i,p} \quad (2)$$

$$\text{Subject to } p \neq 0$$

3 最下位層からのジョブショップスケジューリング法

3.1 遺伝子の設計

順序表現を基に、多重遺伝子からジョブの機械への割り当てに変換する。多重遺伝子のスキーマ長 s は以下のように決定する。

$$S = \sum_{i=0}^i \sum_{p=0}^p J_{i,p} \quad (3)$$

さらに、式(3)で決定したスキーマ長の遺伝子から Fig.2 のようにジョブの機械への変換が行われる。

順序表現

15	3	9	18	13	...	S-n
----	---	---	----	----	-----	-----

多重遺伝子

$J_{1,1}$...	$J_{1,p}$...	$J_{n,1}$...	$J_{n,p}$
-----------	-----	-----------	-----	-----------	-----	-----------

Fig.2 順序表現と多重遺伝子による作業の割り当て法

Fig.2 の順序遺伝子により、多重遺伝子から各仕事の工程が抽出され、その作業が割り当てる機械のスケジュールに割り

当てられていくものとする。これにより、各仕事の工程順序を守りながら各機械に作業を割り当て可能となる。

3.2 数値計算実験

ショップ数 2, それぞれの各ショップにセルが 3 つ配置され、その各セルにはマシニングセンタを 6 台ずつ配置した大規模な工場をモデルとした。そのモデルに仕事数 50, 最大作業数 20, 作業時間をランダムで与えてスケジュールを作成した。個体数 10, 遺伝オペレータとして淘汰率 30%, 交叉率 20%, 突然変異率 10% で 200 世代実行した。スケジュールの評価として各仕事にランダム設定した納期での最大納期時間並びに、平均納期時間での収束状況を Fig.3, Fig.4 に示す。

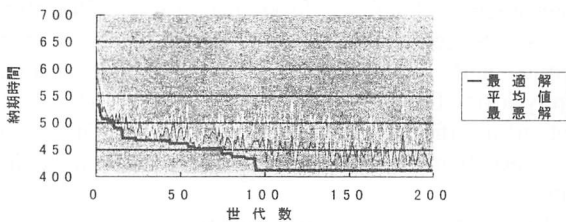


Fig.3 最大納期収束グラフ

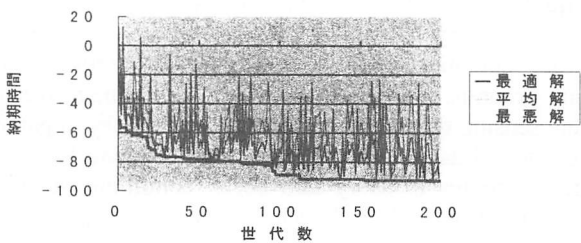


Fig.4 平均納期収束グラフ

3.3 考察

Fig.3, Fig.4 のグラフから比較的良好な収束結果が得られていることがわかる。Fig.4 では初期段階で納期の与え方に若干の余裕があったものと思われます。

4 最上位層からのジョブショップスケジューリング法

4.1 遺伝子の設計

順序表現を基に、多重遺伝子から工場内で優先的に割り当てる仕事に変換する。多重遺伝子のスキーマ長 S は以下のように決定する。

$$S = \sum_{i=0}^i J_i \quad (4)$$

さらに、式(4)で決定したスキーマ長 S の遺伝子から Fig.5 のように優先されるジョブの投入順序への変換が行われる。

順序表現

15	3	9	18	13	...	S-n
----	---	---	----	----	-----	-----

多重遺伝子

J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	...	J_n
-------	-------	-------	-------	-------	-----	-------

Fig.5 順序表現と多重遺伝子による作業の割り当て法

Fig.5 の順序遺伝子により、多重遺伝子から各階層にわりあ

てられる仕事が抽出され、その作業を割り当てるシステム要素のスケジュールに割り当てられる。これにより、各仕事の工程順序が守られながら各機械に作業が割り当てられる。

4.2 数値計算実験

3.2 の数値計算実験条件で述べた同じモデルを対象とし、問題の複雑化を避けるため、各仕事の作業はそれぞれのショップ、セル、マシニングセンタを必ず一巡するようにデータを与えた。仕事数 20 として、各仕事の作業時間はランダムにデータを作成。個体数 10, 遺伝オペレータは、淘汰率 30%, 交叉率 20%, 突然変異率 10% で 200 世代実行した。スケジュールの評価として各仕事の開始時間と終了時間の最下位層と最上位層での作業時間の収束状況を Fig.6 に示す。

4.3 考察

最上位層からのスケジュールは Fig.6 での結果から最適なスケジュールを行っているものと思われるが、あまり良い収束状況が見られず、原因として各階層では各仕事が階層のように構成され、それらのスケジュールを順序表現と多重遺伝子を用いたジョブの投入優先順序を決定する解法をさらに検討する必要があると考えられる。

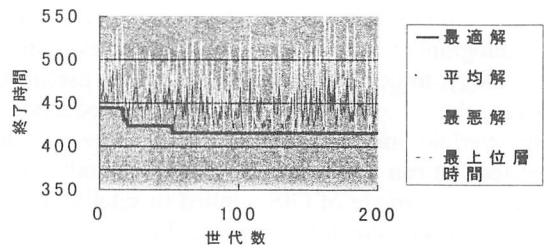


Fig.6 最上位層からのスケジュール時間収束グラフ

5. おわりに

本研究では、階層分散型生産システムの最下位層からのスケジュール法と最上位層からのスケジュール法を、順序表現を用いた GA での方法を提案した。本方法により、上層部からの特急ジョブの割りこみや最下層部からの機械のメンテナンス時間を考慮することができる。さらに稼働率、納期時間などの複数の評価を考慮しながらスケジュールが可能となるため、今後はさらに階層間の協調解を導きだせるような解法を提案し、その実用化を図ることを検討する。

参考文献

- 1) 関根智明：スケジューリングの理論，日刊工業新聞社(1971)
- 2) 平田幸一，渡辺美知子，古川正志：順序制約のあるジョブショップスケジューリング問題の GA による解法，1998 年度北海道支部学術講演会講演論文集。(1998)32
- 3) 樋野励，泉原弘一，森脇俊道：再帰伝播法による分散型ジョブショップスケジューリング(第 2 報：階層構造を有するシステムのスケジューリング)