

# Lagrange 緩和法を用いた最適化スケジューリングにおける heuristics のアプローチ

\* 京屋 祐二, Ling Gou†, Peter B.Luh†, Yuanhui Zhang†, 加納 敏行, 長谷川 哲夫, 米田 清

東芝, 研究開発センター

†Department of Electrical & System Engineering, University of Connecticut

## 1 はじめに

ジョブショップスケジューリングにおいて、Lagrange 緩和法 [1] は、実用的な時間で準最適解を得る。この手法では、ソフトウェアの数学的最適化部分 (以下、数学部) で得られた最適解がすべての制約を満たすとは限らないため、数学部の出力を heuristics を用いて実行可能解に修正する必要がある。[4] では、有限バッファと段取りのある装置が存在する場合に、forward scheduling を用いた heuristics によって実行可能解を生成する手法を提案した。

Forward scheduling には色々な戦略が有り得る。[4] では、数学部の出力を優先し、制約条件を守る限り変更しない手法を用いた。本発表では他の 2 つの手法を定義し、それぞれの特色を比較する。

## 2 Forward scheduling

本節ではアプローチの異なる forward scheduling の 3 つの手法を定義する。まず、次の手順は全てに共通する。

1. 数学部の出力結果から全作業のリストを生成し、開始時刻  $b$  の早い順にソートする
2. リストの先頭の作業を取り出す
- 3a. 作業が制約を満たすなら  $b$  にスケジューリングする
- 3b. さもなくば  $b$  に 1 を加え、リストを再ソート
4. リストが空でなければ 2. に戻る

### (A) 数学部の出力優先

上記の手順をそのまま用いる手法。数学部の出力をなるべく守り、制約を満たさない作業のみ延期する。

数学部で得られた最適解が、実行可能解でもあまり崩れない。長所: 納期合せのスケジューリングにも対応し

やすい。欠点: 装置が空いていても数学の出力より早い時間にはスケジューリングしないので、ラインの負荷が高い場合には、納期を違反する場合が多くなる。

### (B) 前倒しを許可

上記の手順 3a を次の手順 3a' と置き換える。

3a'. 制約を満たす最も早い時刻  $b'$  を求め、 $b' \leq b$  ならば  $b'$  にスケジューリングする。

数学部の出力よりも早い時刻に実行可能な作業はできるだけ早めに実行する。

長所: 装置の空きがあれば早めに作業を割り当てるので、納期を違反する作業の数を最低限に抑えられる。また装置の故障など、予期せぬ事故に対応しやすい。欠点: ラインの負荷が低い場合は早い時期に全ての作業をスケジューリングしてしまうため、数学で納期合せの出力を行ってもその効果があらわれにくい。

### (C) 第 1 作業を除き前倒しを許可

各製品の第 1 作業のみ手順 3a、第 2 作業以降は 3a' を用いる。(A) と (B) の中間的な特徴を持つ。

## 3 考察

図 1, 2 は数学部の出力結果にそれぞれの手法を適用して実行可能解を構成する手順を示す。ここで用いる入力データは、製品数 2、製品 1 と 2 は同じ工程で製造され、それぞれ作業数は 2 とする。作業 1 と 2 の間にバッファは存在しないとす。

図 1 では forward scheduling を適用した結果、製品 1 の開始時刻は、(A) では  $t_1$  のままであり、(B) では時刻 0 まで前倒しされている。手法 (C) による結果はこの場合、(A) と同じになるので省略する。

図2は数学部の出力結果の前後する作業の割り当て時刻に隙間がある。(A)では、製品1が時刻 $t_3$ で作業1を終了した後、作業2を開始する $t_4$ まで作業1の資源を占有したままになっている。そのため製品2の作業開始が遅れ、納期遅れが発生している。一方、(C)では製品1の作業2が前倒しされることで、(A)より効率的に資源を利用している。(B)は利用可能ならば早めに作業を実行することで、最も早い時刻に資源が空き、最も納期を違反しにくい。反面、納期合せのスケジュールは得られない。

#### 4 おわりに

本稿では準最適解から実行可能解を得る heuristics で forward scheduling を行うときの3つの異なる手法について述べた。最も納期合わせに近くなるスケジュールを出力するのは、(A)の手法である。逆に、最も納期を違反しにくいのは(B)である。(C)はその中間である。製造ラインの負荷が低いときは(A)、負荷が高いときは資源の利用効率を上げるために(B)がより望ましいと言える。発表では実際のデータを用いて各手法の性能を比較評価する。

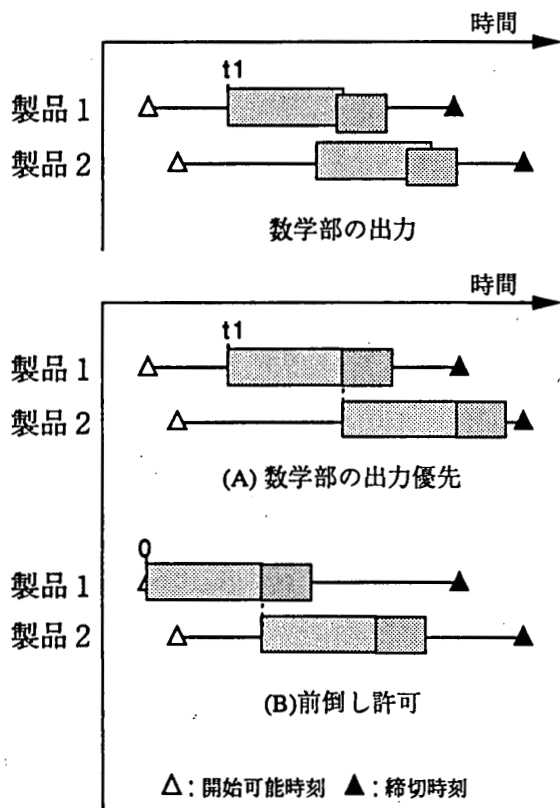


図1：手続きの異なる heuristics の結果(1)

#### 参考文献

- [1] D. J. Hootomt, et al. "A Practical Approach to Job Shop Scheduling Problems," IEEE Transactions on Robotics and Automation, pp.1-13, 1993.
- [2] Luh, P., et al. Job shop scheduling with feature-dependent setups, finite buffers, and long time horizon. Proceedings of the 34th Conference on Decision and Control, New Orleans, LA. December 1995.
- [3] 加納 敏行, 他. Lagrange 緩和法によるスケジューリングの実用化：(1) 問題の抽象化と解の具体化. 日本 OR 学会秋季研究発表会, 1995.
- [4] 京屋 祐二, 他. Lagrange 緩和法によるスケジューリングの実用化：(2) 実行可能解の構成. 日本 OR 学会秋季研究発表会, 1995.

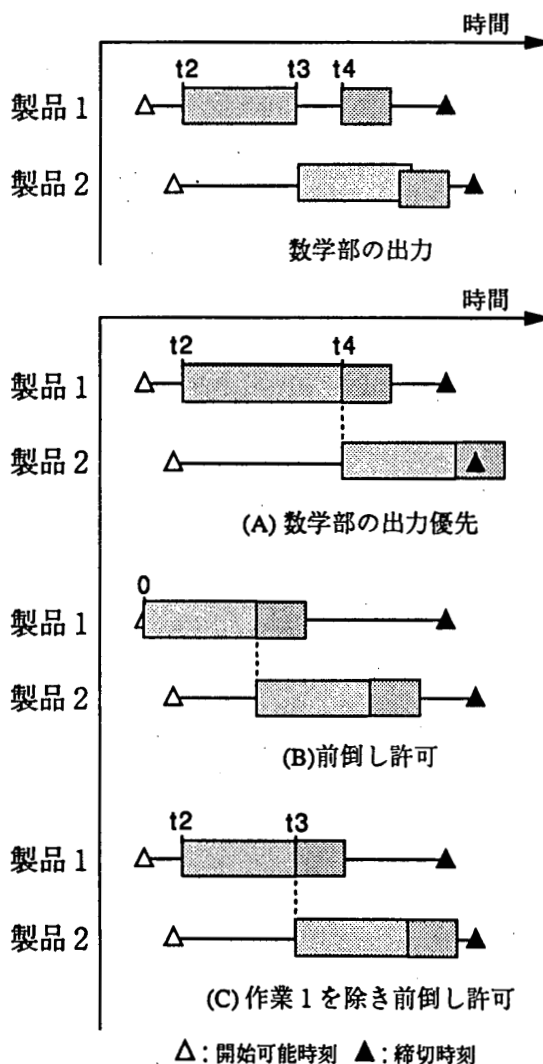


図2：手続きの異なる heuristics の結果(2)