

# 納期前倒しによる保管コストと最大需要電力を考慮した フローショップスケジューリング問題の解法

坂井 藍都<sup>†</sup>      三井 則英<sup>†</sup>      アギレ エルナン<sup>†</sup>      田中 清<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 信州大学工学部

## 1 はじめに

生産工場における製品の製造順序は、消費電力や保管コストなどにより決定され、省エネルギー、省コスト化に大きく関わっている。そこで、本研究では、一度の解探索でパレート最適解集合 (POS) を求めることができる遺伝的アルゴリズムの1つである NSGA-II[1] を用いて最大需要電力、遅延の和、生産時間、保管コストの4つの目的関数を同時に最小化し、各目的関数間の関係や最大需要電力、保管コストの削減について検討する。

## 2 評価関数

各目的関数における評価式を式 (1)~(8) に示す。

$$f_1 = \max(P_{peak.1}, P_{peak.2}, \dots, P_{peak.c}) \quad (1)$$

$$Peak.c = \sum_{m=1}^M \left\{ \sum_{j=1}^N T_{a,m,j}^c \times P_{a,m} + \left( T^* - \sum_{j=1}^N T_{a,m,j}^c \right) \times P_{w,m} \right\} \quad (2)$$

$$f_2 = \sum_{k=1}^N t_{jk}, \quad t_{jk} = \begin{cases} T(J_k, M) - d_k & \text{if } T(J_k, M) - d_k > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

$$f_2 = \sum_{k=1}^N [T(J_k, M) - d_k] \quad (4)$$

( $k = 1, l = 1$ ) のとき

$$f_3 = T(J_1, 1) = t(J_1, 1) \quad (5)$$

( $k = 2 \dots N, l = 2 \dots M$ ) のとき

$$f_3 = T(J_k, l) = \begin{cases} T(J_{k-1}, l) + t(J_k, l), & \text{if } T(J_{k-1}, l) \geq T(J_k, l-1) \\ T(J_k, l-1) + t(J_k, l), & \text{if } T(J_{k-1}, l) < T(J_k, l-1) \end{cases} \quad (6)$$

$$IC_i = c_i(d - F_i) \quad (7)$$

$$f_4 = AC = \sum_{i=0}^n IC_i = \sum_{i=0}^n c_i(d - F_i) \quad (8)$$

$N$ : ジョブの数,  $M$ : 機械の数,  $P_{w,m}$ : 機械  $m$  の待機時の消費電力 [kW],  $P_{a,m}$ : 機械  $m$  の稼働時の消費電力 [kW],  $T_{a,m,j}^c$ : 機械  $m$  ジョブ  $j$  の範囲  $c$  での稼働時間 [分],  $c$ : 最大完了時間  $\div 30$ ,  $T^*$ :  $30 \times c$ ,  $d_k$ : ジョブの納期,  $T(J_k, M)$ : ジョブの終了時間,  $T(J_k, l)$ : ジョブ  $k$  の機械  $l$  の作業が終わる時間,  $t(J_k, l)$ : ジョブ  $k$  の機械  $l$  での作業時間,  $F_i$ : 各ジョブの生産完了時間 [分],  $d$ : 各ジョブの納期 [分],  $c_i$ : 単位時間当たりの保管コスト [円/分],  $IC_i$ : ジョブ  $i$  の保管コスト [円],  $AC$ : 各ジョブの保管コストの総和 [円]

$f_1 \sim f_4$  はそれぞれ最大需要電力、遅延の和、生産時間、保管コストを示している。本研究では、遅延の和の評価方法において、納期を越えた時間のみを遅延とする従来法と、納期を越えた時間と納期より早く終えた時間を遅延に加える提案法について、比較、検討する。

## 3 実験設定

ジョブ数 10, 機械数 10 に設定したテスト問題を用いて実験を行う。解探索には NSGA-II [1] を用い、集団サイズ 300, 世代数 300 として得られた POS に関する結果を示す。

## 4 結果と考察

図 1 に各方法における保管コストと最大需要電力を重視したある1つの解の目的関数の各値と製造順序を示す。提案法では、従来法よりも保管コストが約 28% 削減されたことが確認できる。これは、提案法において前倒し時間の和が、従来法に比べて短くなったためであると考えられる。また、提案法では従来法に比べて、最大需要電力を約 2% 削減することができた。これは、30分区間において、消費電力が大きい機械の重複使用を避けることができたためであると考えられる。

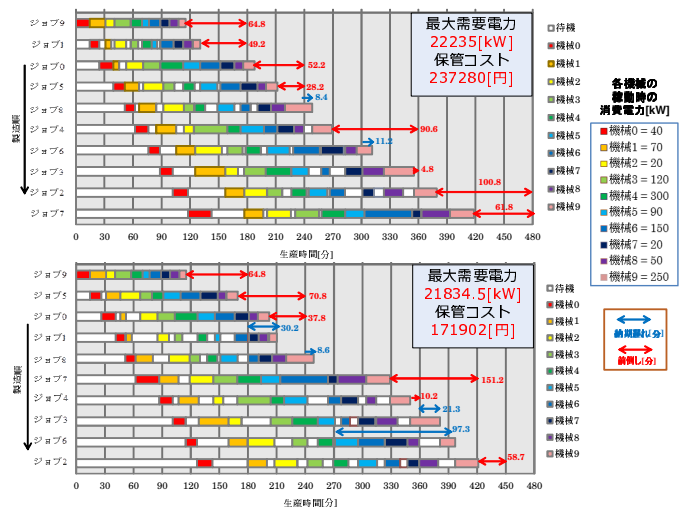


図 1. 保管コストと最大需要電力を考慮した解の製造順序 (上: 従来法, 下: 提案法)

## 5 まとめ

最大需要電力、遅延の和、生産時間、保管コストの4目的フローショップスケジューリング問題に対して、NSGA-II [1] による解探索を行った。その結果、保管コストは、前倒し時間の和を小さくすることで削減可能であり、最大需要電力は、生産時間を長くし、機械の処理を重複させないことで削減可能であることが分かった。今後は、段取り時間の導入などが課題である。

## 参考文献

[1] Kalyanmoy Deb, Samir Agrawal, Amrit Pratab, and T. Meyarivan, "A Fast Elitist Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm for Multi-Objective Optimization : NSGA-II", KanGAL report 200001, Indian Institute of Technology, 2001.