

探索範囲を適応的に調整する Cuckoo Search による 多目的 Permutation Flow Shop Scheduling 問題の解法

有江 勇人† 安達 雅春†

† 東京電機大学大学院工学研究科電気電子工学専攻

1. はじめに

近年、大規模なスケジューリング問題や割り当て問題などにおいて最適化が必要とされる。しかし、多くの問題は NP 困難であり、最適な解を得ることは困難である。そこで本研究では、高速に良好な解を得ることが可能であるメタヒューリスティクス解法の 1 つの Cuckoo Search に着目する。文献[1]では、探索状態を定量的に評価する指標及び適応型 Cuckoo Search を提案している。本研究では、この適応型 Cuckoo Search を多目的組合せ最適化問題の 1 つである多目的 Permutation Flow Shop Scheduling 問題に適用にする。

2. Permutation Flow Shop Scheduling 問題

Permutation Flow Shop Scheduling 問題は、 N 個のジョブを M 個のマシンに割り当てる問題である。ここで、各マシンにおけるジョブの順序はすべて等しいとする。このとき、連続変数 $\mathbf{x} = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ を値の大きい順にジョブを割り当てたものを $\boldsymbol{\pi} = \{\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_N\}$ とする。また、マシン m におけるジョブ π_n の終了時刻を $C(\pi_n, m)$ とする。これらの条件下で、Make span 及び Total flow time を目的関数とする。Make span は以下の式で表される。

$$C_{max}(\boldsymbol{\pi}) = C(\pi_N, M)$$

Total flow time は以下の式で表される。

$$TFT(\boldsymbol{\pi}) = \sum_{n=1}^N C(\pi_n, M)$$

よって、この問題は $C_{max}(\boldsymbol{\pi})$ 及び $TFT(\boldsymbol{\pi})$ の 2 つの目的関数を最小化する $\boldsymbol{\pi}$ を求める問題である。

3. Cuckoo Search

Cuckoo Search はカッコウの托卵行動に示唆を得たアルゴリズムである。Cuckoo Search では、レヴィ分布に従う乱数 $\mathcal{L}(\beta)$ に基づき新たな探索点を生成する (レヴィフライト)。以下に、レヴィフライトの式を示す。

$$\mathbf{x}_{new} = \mathbf{x}_i + \alpha \mathcal{L}(\beta), \quad (i = 1, 2, \dots, P)$$

次に、参照点 \mathbf{x}_i と \mathbf{x}_{new} を比較し、目的関数値の小さい探索点を残す。この操作を指定の回数だけ繰り返す。

4. 探索状態の定量的評価に基づく制御

文献[1]に基づき、摂動の評価指標と探索点分布の評価指標から算出した指標 I を用いる。理想的なメタヒューリスティクス解法における探索では探索序盤は多様化、終盤にかけて集中化すると考えられる。このような探索を制御するための I の 1 つとして I_d を I_{max} から 0 まで線形減少させる。この所望 I_d を用いて以下の式より β を調整し、適応化する。

$$\beta = \begin{cases} \min(\beta + \Delta\beta, \beta_{max}), & (I \geq I_d) \\ \max(\beta - \Delta\beta, \beta_{min}), & (I \leq I_d) \end{cases}$$

5. シミュレーション実験結果

問題は文献[2]における ta051 を用いた。 $N = 50$, $M = 20$ である。Cuckoo Search パラメータは、 $P = 30$, $\alpha = 0.01$, $\Delta\beta = 0.02$ とした。また、反復回数は 20000 回、試行回数は 50 回とした。図 1 に、実験結果を示す。

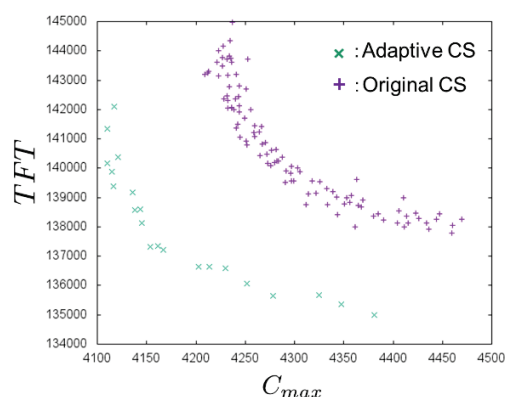


図 1 従来法と提案法の解探索結果の 1 例

図 1 より、適応型 Cuckoo Search は通常の Cuckoo Search より良好な結果であることがわかる。

6. まとめ

本研究では、適応型 Cuckoo Search を多目的 Permutation Flow Shop Scheduling 問題に適用した。シミュレーション実験の結果より、通常の Cuckoo Search より良好な結果であることを示した。

参考文献

- [1]熊谷 渉, 田村 健一, 土屋 淳一, 安田 恵一郎, “探索状態の評価と制御に基づく適応型 Cuckoo Search”, 電学論 C, IEEJ Trans., Vol. 136, No. 11, pp.1596-1609, 2016.
[2]E. Taillard, “Benchmarks for basic scheduling problem”, Eur. J. Oper. Res., Vol. 64, No. 2, pp. 278-285, 1993.