

局所クラスタリング組織化法を用いた大規模問題の解法

北見工業大学 ○林佑紀, 渡辺美知子, 鈴木育男, 岩館健司

要旨

本研究では, ジョブショップスケジューリング問題(Job-shop Scheduling Problem, JSP)の大規模問題を取り扱い, 最適化手法である局所クラスタリング組織化法(Local Clustering Organization, LCO)を適用し, 高速に最適解あるいは最良解が求まることを提案する.提案手法の有効性を数値実験により検証する.

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, そのような問題の一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(JSP)は, 仕事と工作機械が与えられたときに順序付け組み合わせ問題である. この組み合わせ数が増加すると計算時間も膨大となり, 解を得るのが困難な問題となる. このようなスケジュール作成には, 1) 熟練者が多大な時間を要しているのが現状であり, 2) トラブル等の急を要する場合の再スケジュールに対応しきれない可能性などが挙げられる. これらを解決するには, 簡単に早く, 効率のよいスケジュールを作成する手法が求められている.

本研究では, 組み合わ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(JSP)に古川ら¹⁾が開発した局所クラスタリング組織化法(Local Clustering Organization, LCO)を適用し, 高速に最適解あるいは最良解が求まることを提案する. 提案手法の有効性を数値実験により検証する.

2 ジョブショップスケジューリング問題(JSP)

ジョブショップスケジューリング問題(JSP)²⁾は, 複数の仕事と工作機械が与えられたとき, 以下のような性質をもつ順序付け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

最大滞留時間の最小化とは, 複数の工作機械で複数の仕事を処理し, すべての仕事に要する時間を最小にするような問題である.

2.2 制約条件

ジョブショップスケジューリング問題(JSP)の制約条件は, 以下のように設定する

- 一 機械は同時に複数の仕事を処理することはできない
- 一 各機械は必ず全ての仕事を中断せずに処理する
- 一 仕事順序は指定された順序から行う

表1は, 各種類の仕事を処理順の例を示している. 例えば, 仕事[3]の場合, まず機械M1を時間T1で仕事を処理した後, 機械M2を時間T5で仕事を処理し, 機械M3を時間T6で仕事を処理する. また, 仕事[1]と仕事[2]も同様の処理を行う.

表1 JSPの処理順序

	処理[1]	処理[2]	処理[3]
仕事[1]	(M2,T1)	(M3,T1)	(M1,T2)
仕事[2]	(M1,T4)	(M3,T1)	(M2,T3)
仕事[3]	(M1,T1)	(M2,T5)	(M3,T6)

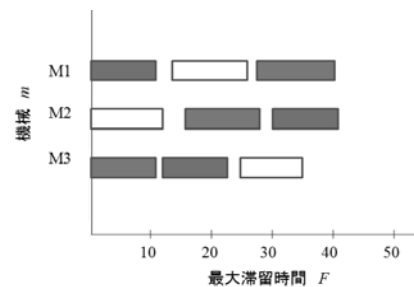


図1 表1のJSPのガントチャート

2.3 定式化

JSPの定式化は, 以下に定義する.

- 仕事数 : n
- 機械数 : m
- 仕事集合 : $J = \{J_i : i = 1, 2, \dots, n\}$
- 機械集合 : $M = \{M_j : j = 1, 2, \dots, m\}$
- 工程時間 : T
- 待ち時間 : $W = \{W_j : j = 1, 2, \dots, m\}$
- 総仕事時間 : F

ここで, 総作業時間 F は, 以下の式(1)で定義する.

$$F = \sum_{i=1}^n T + \sum_{j=1}^m W_j \quad (1)$$

従って, 総作業時間の最小値を求める問題となる.

3 局所クラスタリング組織化法(LCO)

局所クラスタリング組織化法(LCO)³⁾は, 任意に選択した範囲の領域内でクラスタリング操作を行い, 高速に解を探索する手法である. この手法はTSPの解法として有効であることが知られている. クラスタリング操作は,

- ・単純交換法 (Simple Exchange Method, SEM)
- ・逆位交換法 (Inverse Exchange Method, IEM)
- ・平滑法 (Smoothing Method, SM)

の3種類のクラスタリング操作があり, それらを混合してジョブショップスケジューリング問題に適用する.

3.1 単純交換法(SEM)

単純交換法のアルゴリズムは, 交換の中心 c と交換の範

図 r をランダムに決定し、交換する片方を c と固定する。もう片方は c に近い順に交換していく。但し、交換する毎に交換前と交換後で評価が改善されていれば交換を成立させる。そうでない場合は、交換をもとに戻し、交換が r に達するまで繰り返し、局所的な範囲の評価値の向上を図る。

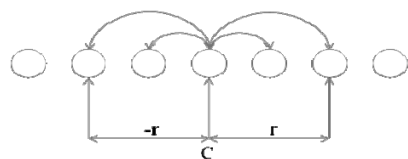


図 2. 単純交換法 (SEM)

3.2 逆位交換法(IEM)

逆位交換法のアルゴリズムは、単純交換法と同様に交換の中心 c と交換の範囲 r をランダムに決定する。その後の手順は c を中心に $c-1$ と $c+1$, $c-2$ と $c+2$ を交換する手法であり、 c に近いものから順番に交換し、局所的な範囲の評価値の向上を図る。

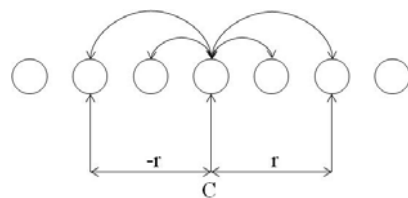


図 3. 逆位交換法 (IEM)

3.3 平滑法(SM)

平滑法のアルゴリズムは、単純交換法と逆位交換法と同様に、交換の中心 c と交換の範囲 r をランダムに決定する。平滑法は、 $c-r$ から $c+r$ までを総当りで交換し、局所的な範囲の評価値の向上を図る。

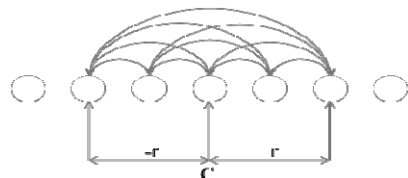


図 4. 平滑法 (SM)

4 数値実験

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 m : 5, 仕事数 n : 4, ステップ数 I : 100

加工順序 : 制約条件に基づきランダムに設定

LCO の単純交換法、逆位交換法、平滑法の比率は、2 : 2 : 1 と設定し、実験結果は 10 回実行した時の平均値を求めている。

4.2 実験結果

図 5 は、縦軸に滞留時間と横軸にステップ数を示し、4.1 の実験条件で行った時の最大滞留時間の収束状況である。図 5 からは、実験開始直後から最大滞留時間が減少されていることが分かる。また、この収束状況全体で大きな減少はないが、時々小さく減少しているところが多数見られた。100 ステップ付近でほぼ安定しているのが最適解であると判断する。また、最大滞留時間は、初期解より約 20 時間短縮されていることが分かる。

図 6 は、縦軸に機械、横軸に時間とした時の最適解のガントチャートである

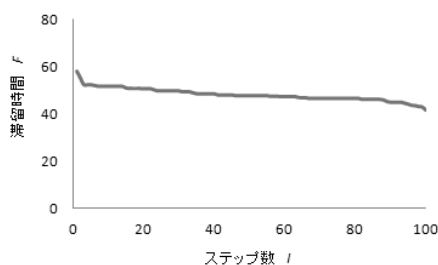


図 5 最大滞留時間の収束状況

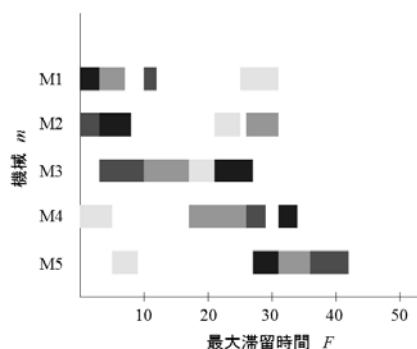


図 6 最適解のガントチャート

5 おわりに

本研究は、組み合わ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局所クラスタリング組織化法を採用し、数値実験を行い以下の結果が得られた。

- (1) 初期解はランダムに発生して最大滞留時間を計算した結果と局所クラスタリング組織化法(LCO)を適用した結果では、初期解の 1/3 に短縮に短縮することができ LCO が有効であることが確認された。
- (2) 今回 5 機械と 4 仕事のジョブショップスケジューリング問題(JSP)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が確認された。

今回は、最大滞留時間の最小化のみの単目的関数を用いて数値実験を行なった。今後の課題としては、総作業時間の均等化、機械の遊休時間時間の最小化、納期なども設定し多目的関数による最適化を行い、実際の企業の納期スケジュールの実データを用いて有効性を検証し、局所クラスタリング法の比率の改善などを取り扱う予定である。また、局所クラスタリング法以外の最適化手法と比較し、局所クラスタリング法の有効性を示す予定である。

参考文献

- 1) 古川正志,松本有祐,渡辺美知子,局所クラスタリング組織化法のジョブショップスケジューリング問題への適用,日本機械学会論文集 71 巻 711 号 C 編, pp3189-3195,2005
- 2) 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 年度精密工学会秋季大会学術講演会講演論文集, 2001
- 3) 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ラルコンピューティング, コロナ社, 2012