HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Studies on Advanced Metaheuristics employing Local Clustering for Job-shop Scheduling Problem [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	田村, 康将
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11743号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58656
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Yasumasa_Tamura_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学　位　論　文　内　容　の　要　旨

博士の専攻分野の名称　　博士（情報科学）　　氏名　田村 康将

学　位　論　文　題　名

Studies on Advanced Metaheuristics employing Local Clustering for Job-shop Scheduling Problem
（ジョブショップスケジューリング問題に対する局所クラスタリングに基づくメタ解法）

本論文は, 組合せ最適化問題に対するメタ解法の提案および検証を研究目的とし, 特に代表的スケジューリング問題のひとつであるジョブショップスケジューリング問題 (JSP) を題材としたメタ解法の研究を行っている. また本論文では, これまで有効性の示されてきた解法とは異なる近傍構造を持ちながら, いくつかの問題において従来手法と競合的なパフォーマンスを持つ局所クラスタリング組織化法 (local clustering organization; LCO) に着目し, 新たなメタ解法の研究を行っている.

JSP は, 実社会における様々なスケジューリング問題を抽象化した組合せ最適化問題であり, 古くより数多くの研究が行われている. 計算複雑性理論において NP 困難な問題に分類される JSP に対し, その解法研究の多くは近似解法を扱うものが多い. とりわけ, 遺伝的アルゴリズムに代表されるメタ戦略を用いた解法は数多く提案されており, 特に擬似焼き鈍し法 (simulated annealing; SA) やタブー探索 (tabu search; TS) など, 局所探索を基礎とする解法の高い有効性が示されている. 一方で,SA や TS を用いた局所探索法によって高い解精度を得るためには近傍の定義や解の遷移規則, タブーリストの設計を工夫する必要があり, アルゴリズム自体は単純であるものの, その実装は複雑化する傾向にある.LCO もまた局所探索を基礎とするメタ戦略のひとつであり, 特に計算速度の点で有効性が示されている手法である. また LCO では,SA や TS で用いられるものと比較してより広い近傍範囲を探索することで, 近傍解の生成ならびに解の遷移規則が単純であるにもかかわらず, 比較的良好な解を得られることが示されている.

本論文では,LCO に着目して行った以下の 2 点の研究について, その成果をまとめる.1)LCO はアルゴリズムならびに近傍解への遷移規則が非常に単純であり実装が容易である反面, 局所解から脱出するための機構を持たないため, しばしば近似解の精度が低くなる問題が指摘されている. この課題に対し本論文では, 局所解への収束を回避するための機構あるいは局所解から脱出するための機構を取り入れた,LCO を基礎とするメタ解法の提案を行い, その有効性を検証する. またこのとき, 特に問題の持つ多峰性の強さに応じて有効な方法が異なることが予想されるため, これを考慮した解法の提案を行い, 多峰性の強さと有効な解法の関係について明らかにする.2)LCO は特に計算時間の点で非常に高い有効性を示す. したがって, 計算時間が限定されるような動的スケジューリング問題であっても, 十分な有効性を示すことが予想される. 本論文では, 特に生産活動を停止せずにスケジュールの修正を行う動的スケジューリングの方法として LCO の応用例を示し, その有効性を明らかにしている.

本論文は全 5 章で構成される. 第 1 章では序論として研究背景および目的を述べている. また, 対象とする JSP の数理モデルを記述した上で, 探索空間, 探索アルゴリズムを適用する上でのスケジュールの表現方法をまとめ, 既存解法としてクリティカルパス近傍を用いた局所探索法および LCO を概観している.

第 2 章では, 特に多峰性の強い問題を対象とした解法研究の成果をまとめる. こうした問題では

局所解同士の距離が近くなることが予想されるため, 解のわずかな変更によって局所解からの脱出を実現し得る. したがって本章では,LCO と SA のハイブリッド解法の提案を通し,1) 局所解への収束を回避する方法として生成される近傍解のバリエーションにランダム性を入れる方法, ならびに 2) 局所解から脱出する方法として解の遷移規則にランダム性を入れる方法を議論している. 具体的には,1) の方法として SA における近傍解の生成手法として用いられるモンテカルロサンプリングに基づく近傍解の生成を提案し, その有効性を検証した. また 2) の方法として,LCO に対しメトロポリス法に従った近傍解への遷移規則を導入し, その効果を数値計算実験によって明らかにした.

第 3 章では, 特に多峰性が比較的弱い問題を対象とした解法研究の成果をまとめる. こうした問題では近傍解の取り方によって既存の LCO であっても多くの局所解への収束を回避可能である. したがって本章では, 特に LCO による探索が停滞した場合に暫定解に対して摂動を与えることで局所解からの脱出を図り, より解精度を高める方法を示す. また, 多峰性の比較的弱い問題では局所解同士の距離が遠くなる傾向が予想されることから, 摂動として比較的大幅なスケジュール変更を可能とする方法を提案し, その有効性を検証している. 以上に加え, より有効な摂動の与え方を議論するため, スケジューリング問題向けの古典的なヒューリスティクスである割付け規則に基づく摂動の実現方法を提案するとともに, 使用する割付け規則を適応的に変更する方法を示す. これらの有効性を数値計算実験によって検証し, 割付け規則の探索手法への応用の可能性について明らかにする.

第 4 章では,LCO の高速性に着目し, これを動的スケジューリングへ応用する方法が示されている. 具体的には, 初期スケジュールに変動が生じた際に, 生産活動を停止することなくスケジュールの修正を行うリアクティブスケジューリングの方法を提案し, その有効性を数値計算実験によって示している. 結果として, 遺伝的アルゴリズムを用いた従来方法と比較して, より良好なスケジュールへの修正が, 高速に実現されることを明らかにした.

最後に第 5 章において本論文の結論を述べ, 今後の展望をまとめている.