

氏 名	趙 勇
学位(専攻分野)	博 士 (学 術)
学 位 記 番 号	博甲第 276 号
学位授与の日付	平成 14 年 3 月 25 日
学位授与の用件	学位規程第 3 条第 3 項該当
研究科・専 攻	工芸科学研究科 情報・生産科学専攻
学 位 論 文 題 目	Genetic Algorithms for Scheduling Problems : Modeling, Knowledge and Multi-objective
審 査 委 員	(主査) 教 授 三宮 信夫 教 授 木瀬 洋 教 授 森 武宏

論文内容の要旨

本論文は、遺伝アルゴリズム (GA) を用いて大規模で複雑な生産工程の最適スケジュール問題を解いて、GAがそのような問題に対して柔軟なスケジュール作成法としての実用に寄与するように、アルゴリズムの細部の機能の設計法を提案し、その有効性を計算機実験により検証したものである。

GAを最適化手法としてとらえた多くの研究では、これまで典型的な組合せ最適化問題、例えば巡回セールスマントルーピング問題、ジョブショップ型、ジョブシフト型スケジュール問題などを対象として、他の解法と比較して、またGAにおいても提案者によって異なる構成法の相違点に注目して、その精度と計算効率を議論してきた。しかし本論文では、生産スケジュール問題が大規模で制約条件が複雑であるとともに、条件設定の変更が多いことが特徴であるので、このような生産現場の要求に対応できる実用的なアルゴリズムの設計法を目指している。

本論文は、9章で構成されている。第1章は序論であり、本研究の背景、目的および意義が述べられている。第2章では、本論文で扱う生産スケジュール問題の数学的モデルを記述している。第3章では、解法として本論文で取り上げるGAの基本的枠組と従来提案されている方法(標準型GAと呼ぶ)について説明している。

第4章および第5章は、フローショップ工程を扱っている。第4章では、大規模なフローショップ問題の解を早急に求めるために、探索空間の縮小機能を備えたGAを提案した。探索空間は、ヒューリスティックルールによって生成された先行制約を順次加えることにより縮小される。縮小された空間のサイズと、良い解を逃す確率の間の調和を図るために、連続的に包含される探索空間縮小法を提案した。実験結果によって、提案されたGAは標準型GAよりも著しく性能が改善されたことが示された。

第5章では、多目的フローショップ問題を解くために、選択則に部分列挙選択方法を用いたGAを提案した。この選択方法に基づいた多目的GAは、個体間距離を計算せずに、選択圧力の調節により個体の多様性を調整することができ、その結果解の多様性を維持することができる。実験結果によれば、他の方法に比べて、より滑らかなパレート解集合を得ることができた。

第6章および第7章は、ジョブショップ工程を扱っている。第6章では、通常のジョブショップ問題に2つの厳しい制約条件が付加された場合のGAによる解法として、新しいデコーディング法を提案した。厳しい条件の一つは、生産工程の物理的条件から要求されるもので、ジョブの機械による処理に待時間を認めない(即時処理)ことである。他の条件は、機械間にジョブを収容するバッファが無い場合に生ずるブロッキング条件である。本研究において、このような厳しい制約条件が付加された場合でもGAで解くことができることが示された。

第7章では、機械間にバッファをもたないジョブショップ工程において、デッドロック状態が生じないスケジュールを作成する問題を扱い、この問題に対するデコーディング法を提案した。

第8章は、一般的な機械スケジュール問題を扱っている。特に、複雑なジョブ間の先行制約、時間制約および複雑な製造環境を扱うために、制約条件誘導型GAを提案した。条件から推論するエンジンと呼ばれる新しいデコーディング法は、物理的な制約、知識ベースのルールおよび染色体によって

与えられた情報をすべて解釈することができる。具体例として、金型組立加工工程を取上げ、その数値実験により、提案した GA が、実現が容易で、かつ非常によい解を得ることを実証した。

第 9 章は、全体のまとめと今後の検討課題が述べられている。

論文審査の結果の要旨

遺伝アルゴリズムは、生物の進化過程を模擬するための計算方法であるが、1989 年 Goldberg が発表した成書により、これを最適化手法として利用できることが示された。GA の最適化手法としての特徴は、次の 3 点にあると考えられる。その第 1 は、解くべき問題のモデリングの柔軟性にある。従来の最適化手法は、問題を数式やグラフで表現することが前提となっており、複雑な制約条件をモデル化することは困難であった。これに対して、GA は問題のモデルの形式は全く任意であり、目的関数値が算定できるというだけの条件で良い。第 2 の特徴は、GA は部分的に獲得された知識を利用して解法を構成することができるという柔軟性にある。さらに第 3 の特徴は、複数の解候補を並列に処理して最適解を見出すという計算方法にある。この特徴は、多目的最適化問題のパレート解を求める場合に有效地に利用することができる。

申請者は、GA のこの 3 つの特徴を的確にとらえて、大規模複雑な生産スケジュール問題を GA で解く方法としていくつかの提案をした。すなわち、上に述べた問題のモデル化および解法の構成における柔軟性を利用して、ジョブ間の先行関係、時間制約およびバッファ制約に対応する個体表現法およびデコーディング法を新たに提案し、GA で複雑な生産スケジュール問題を解くことができる手段を与えた。また、部分的に獲得された知識を利用して、大規模なスケジュール問題を効率的に解く探索空間縮小法を提案した。さらに、多目的スケジュール問題には、部分列挙選択方法を選択則に用いた GA の構成法を提案した。これらの提案の有効性はいずれも計算機実験で確認されている。標準のベンチマーク問題では、すでに発表されている方法との比較を行い、提案した方法が同程度かまたは優越する結果を得たことを示している。また、実問題では制約条件誘導型 GA により、容易に良好な解を得ることができることを示した。

以上のように、本論文は大規模複雑生産システムの最適スケジューリング問題を GA で解く場合に生ずる多くの難点を解決する新しい方法を提示し、ベンチマーク問題や生産現場の実データに基づく数値実験でその有効性を検証しており、生産システムのスケジューリングのための計算機援用技術として高く評価できる。

なお、本論文の内容は、以下の 6 編の学術論文として公表されており、申請者がそのうち 5 編の筆頭著者である。

- (1) Y. Zhao and N. Sannomiya, "A decoding procedure with embedded heuristic rules in genetic algorithms and its application to scheduling of a metal mold assembly process", Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers, Vol. 37, No. 1, pp. 97-99, 2001.
- (2) Y. Zhao and N. Sannomiya, "An improvement of genetic algorithms by search space reductions in solving large-scale flowshop problems", Transactions of IEE of Japan, Vol. 121-C, No. 6, pp. 1010-1015, 2001.
- (3) Y. Zhao and N. Sannomiya, "A genetic algorithm to obtain dead-lock free schedules for no-buffer jobshop scheduling problems", Transactions of the Society of Instrument and Control Engineers, Vol. 37, No. 10, pp. 999-1001, 2001.
- (4) Y. Zhao and N. Sannomiya, "A method for solving large-scale flowshop problems by reducing search space of genetic algorithm", Proceedings of 2000 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp. 1176-1181, 2000.
- (5) Y. Zhao and C. Brizuela and N. Sannomiya, "Application of the partial enumeration selection method in genetic algorithm to solving multi-objective flowshop problems", Proceedings of 2001 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp. 2365-2370, 2001.
- (6) C. Brizuela, Y. Zhao and N. Sannomiya, "No wait and blocking jobshop: a genetic algorithm approach", Proceedings of 2001 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, pp. 2349-2354, 2001.