

氏 名	むら 上 佳 広
学位(専攻分野)	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	論 工 博 第 3385 号
学位授与の日付	平 成 10 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	Development of a Scheduling System for Large Chemical Plants (大規模化学プラントに対するスケジューリングシステムの開発)

(主査)
論文調査委員 教授 橋本伊織 教授 茨木俊秀 教授 荒木光彦

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、大規模な化学プラントを対象としたスケジューリング問題に対して、汎用的なスケジューリングシステムを開発することを目的に開発したアルゴリズムの詳細と計算機シミュレーションから得られた結果を取りまとめたもので、5章からなっている。

第1章は序論であり、スケジューリング問題とその解法について過去の研究を概観し、スケジューリング問題における本研究の位置づけを明確にしている。

第2章では、バッチプラントを対象に、操作の開始時刻の計算に汎用的に利用できるシミュレーションシステムを提案している。提案する手法では、まずバッチプラントの操作を、流入、処理、流出、洗浄という一連の基本操作で表現する。この基本操作という考えを用いることにより、バッチプラントのシミュレーション問題は、各装置での各ジョブの処理順が与えられた条件下で、これらの基本操作の開始時刻を決定する問題に帰着できる。続いて、シミュレーションに際し考慮すべき制約条件をその特徴からいくつかのタイプに分類し、各タイプの制約に対して、その制約を満たす各操作の最早、最遅開始時刻を求める計算プログラム(モジュール)を開発している。その際、有限中間貯留制約が、基本操作の先行関係制約に変換できることを明らかにした。提案する手法では、対象が与えられたとき、準備したモジュールを組み合わせることにより、その対象が満たすべき全ての制約を考慮した各製品の操作開始時刻を計算する。

第3章では、シミュレーテッドアニーリング法(SA法)を用いたスケジューリングを多数回繰り返し、その中で最適なものを選ぶという多重SA法に基づくスケジューリングアルゴリズムを提案している。SA法を用いたスケジューリングアルゴリズムは、計算時間を無限にとれるという前提のもとでは、最適解が得られる。一方、現実のスケジューリング問題では、計算に費やすことのできる時間が制限されており、また解空間も広いため、局所解にトラップされる可能性が高い。このような状況下では、現実的な範囲で探索回数を増やしても、最終的に得られる解の評価のばらつきにほとんど変化がなくなる場合がある。

この点を考慮して、1回のスケジューリングに許容された計算時間の中で、SA法を用いたスケジューリングを複数回行い、その中で最良のスケジュールを採用するという、悪い評価の解に陥る可能性の少ない多重SA法に基づくスケジューリングアルゴリズムを提案した。3章では、この多重SA法によって得られる解の分布を、統計的に求め、提案手法の有効性を議論している。

第4章では、大規模なスケジューリング問題にSA法を適用する場合の問題点とその対処法について検討した。SA法を使った解法を採用する場合、処理順変更を繰り返し、そのおのおのの処理順に対して開始時刻計算を行う必要がある。2章で述べたように開始時刻計算に費やされる計算時間が、スケジューリングに要する時間のかなりの部分を占めている。大規模な問題にSA法を適用する際、全体で必要な計算時間が膨大になるので、SA法の適用が難しくなる。4章での目的は、SA法を用いたスケジューリングアルゴリズムを大規模な問題にも適用可能なように3つの点について改良することである。

第1点は、処理順の変更段階で、実行可能な処理順のみを生成する方法を提案した。処理順変更の段階で実行不可能な処理順が多く発生すれば、その処理順に対しても開始時刻計算を行わなければならない。その開始時刻計算に費やされる時間を省くことによって、計算時間を削減することを目的にした。第2点は、開始時刻計算の途中でスケジュールの評価を計算して、受け入れる可能性がないスケジュールの開始時刻計算を途中で打ち切る方法を提案した。この方法を採用することで、開始時刻計算のために無駄に費やされていた時間を削減することができることを示した。第3点は、スケジュールの中で一部の情報を用いて、受け入れる可能性の高い処理順を発生するようにした。この方法を採用することで、非常に評価の良いスケジュールが少ない探索回数で得られることを示した。

そして、上記3種類の改良を加えることにより、かなり大規模なスケジューリング問題に対しても、SA法を用いたアルゴリズムが適用可能であることを、例題を用いて示している。

第5章は、結論であり、本研究全体を通して、得られた成果をまとめ、今後の課題を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、化学バッチプロセスのスケジューリング問題を対象として、大規模な問題に適用できるスケジューリングシステムの開発を目標に研究した成果についてまとめたものであり、得られた主な成果は次の通りである。

1. 種々の制約を考慮したスケジュールの導出という観点から、バッチプラントでの操作を、流入、処理、流出、洗浄といった基本操作の並びで素現した。さらに、バッチプラントの運転に課せられる種々の制約を、いくつかのタイプに分類し、それぞれのタイプの制約に関して、前詰めでスケジュールを作成する開始時刻計算モジュールと、後ろ詰めでスケジュールを作成する開始時刻計算モジュールを開発した。そして、それらの計算モジュールを組み合わせることで、種々の制約や評価指標に柔軟に対応できるシミュレーションプログラムを作成できることを示した。

2. シミュレーティッド・アニーリング法（SA法）によるスケジューリングを複数回行い、その中で最良のスケジュールを採用する多重SA法を提案した。多重SA法によって得られる解の分布を、SA法によって得られた解の分布から統計的に求める方法を示した。また、多重SA法と通常のSA法によって得られた解の分布を比べることにより、多重SA法が解のばらつきをおさえるのに非常に有効であることを示した。

3. 大規模な問題にSA法を適用する場合、開始時刻計算に膨大な時間を要するという問題点がある。無駄な計算時間を省くという観点から、次の3つの改良を施したアルゴリズムを提案した。(1) 実行可能な処理順のみを生成する、(2) 受け入れる可能性がないとわかった処理順に対しては、開始時刻計算を途中で打ち切る、(3) SA法で受け入れられる可能性が高い処理順をローカルな情報を基に生成する。これらの手法を組み込むことで、スケジューリングに要する時間を大幅に短縮できることを現実規模の例題を用いて示した。

以上のように本論文は、汎用的な開始時刻計算アルゴリズムを提案するとともに、スケジューリングにSA法を用いた場合の改良アルゴリズムを提案するもので、学術上、實際上寄与するところが少なくない、よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成10年9月22日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。