



Title	ゼロサプレス型BDDを用いた動的生産プランニングの統合的計画法に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	高橋, 啓太
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11768号
Issue Date	2015-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/58942
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Keita_Takahashi_abstract.pdf, 論文内容の要旨



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 高橋 啓太

学 位 論 文 題 名

ゼロサプレス型 BDD を用いた動的生産プランニングの統合的計画法に関する研究
(Comprehensive approach for dynamic production planning by using Zero-Suppressed Binary
Decision Diagrams)

世界の市場はよりグローバルに、動的に、予測不可能に、そして顧客第一という状況へと変化している。これは新規製品導入頻度の増加（製品ライフサイクルの短命化）を導いている。つまり、製造企業は競争市場で生き残るために市場の変化に迅速に、素早く反応する必要がある。企業間競争の優位性は大部分がプロダクトミックスの動的な変化と需要パターンに対応するための素早い反応力に依存する。加えて、急な発注や機械故障といった生産現場における予期しない状況もまた、一連の反応を向上させるために同様に効率的に対処される必要がある。これらは、生産システムを制御するための手法に深く関わる。

本論文では、生産システムの計画段階である生産プランニングにおける重要な決定要素を生産プランニングの選択性と呼ぶ。生産プランニング問題は、様々な選択性が相互に関連した問題構造をもち、選択性内の選択肢の組合せにより計画が決定する。そのため、従来ではその複雑性から生産プランニング問題を経験的に部分問題に分割し、項目間の優先度を設定して決定することが多く行われてきた。このような順次段階的アプローチは解空間を過剰に抑制し、よりよい解選択を妨げる。また、部分問題の解が全体として制約を満たさず、再び部分問題を解くといった問題が発生する。

市場の変化や動的変化に柔軟に対応するためには、計画のスパンをより短くし、動的に生産プランニングを最適化する必要がある。生産プランニング全体の選択肢を、同時に考慮し全体を一括して最適化しようとするれば、考慮すべき選択肢の組合せ数が増大し、全体を最適化することは困難であるとされている。しかしながら、選択肢の組合せにおいては、制約を満たさない組合せが解空間内に存在する。最適化を行う前に、それら制約を満たさない組合せを排除し、制約を充足した組合せのみで構成された空間を表すことができれば、解探索領域を限定することができると考えられる。

二分決定グラフ (Binary Decision Diagram: BDD) は、VLSI CAD の分野で大規模論理関数データの表現法として広く用いられている。BDD のなかでも、ゼロサプレス型 BDD (Zero-Suppressed Binary Decision Diagrams: ZDD) と呼ばれるデータ構造は、大規模な組合せ集合データを非明示的に列挙し、効率よく演算処理することができるとされる。また、ZDD では全ての解を過不足無く求められたか否かの論証や、求めた解集合に別の制約を加えた条件下での解の列挙、などといったことが効率行えるという利点がある。

本論文では、生産プランニング問題は、制約条件を充足する組合せ集合から最適な組合せを求める問題であると考え、生産プランニングのフレームワークを分析・定式化し、動的変化に適応するために変更する選択性の抽出及び解法の選定を支援する手法の確立を目的とする。はじめに、生産プランニングにおける選択性と選択性間の関係性について分析を行い、生産プランニングの解空間を統合的に扱うことの重要性について提案する。また、統合的な解空間内には、制約を満たさない解が含まれており、それらを排除し、制約充足した解を表現するために ZDD を用い、制約充足した組合せ集合

を単一の ZDD にて表現するための解法を提案する. 本論文では, 機械故障などの動的変化や生産の実績を動的事象として捉える. 一度制約充足解空間が作成されれば, それら動的事象が解空間に与える変化を新たな制約とみなし ZDD 上で制約充足解空間を常に整合して保持する方法を提案する. そして, 遺伝的アルゴリズム (Genetic algorithm: GA) を用いた制約充足解空間内のみを対象とした解探索手法を提案する. また, 異なる制約充足解空間表現方法として, 各選択性の選択肢の組合せ集合を表す ZDD と各選択性間の制約条件を ZDD で管理しそれらを連結したネットワーク表現を提案する. 提案する各手法を例題に適用し提案手法の有効性を示す. 以下では本論文の構成について述べる.

第 1 章では, 昨今の製造業が置かれる現状について述べ, 従来の生産プランニング問題へのアプローチにおける課題を明らかにし, それに対する解決策を提案する.

第 2 章では, 生産プランニングの選択性及び選択性間の関係を分析する. また, 生産プランニングに関する研究を調査し, 従来手法における問題点を挙げ, 生産プランニングの解空間を統合的に扱うことの重要性について述べ, 本論文の生産プランニングの分野での位置づけについて明らかにする.

第 3 章では, 本論文で用いる BDD 及び ZDD について述べる. ZDD の例題として N クイーン問題を挙げ, 制約充足問題への考え方及び, 生産プランニング問題への適用の可能性について述べる.

第 4 章では, はじめに本論文で扱う動的生産プランニング問題について述べる. そしてその問題に対して, 生産プランニングにおける制約充足解空間を単一の ZDD にて表現するための解法, 及び制約充足解空間から解探索を行うために GA を提案する. また, 生産実施中に発生する動的事象を ZDD に対する制約と扱い, 制約充足解空間を常に整合して保持する方法を提案する. これら提案手法は, 第 6 章の評価実験にてその有効性を検証する.

第 5 章では, より大規模な生産プランニング問題の制約充足解空間を表現するために, 複数の ZDD の連結によるネットワーク表現を用いて制約充足解空間を表現する解法を提案する. ここでは, ZDD は選択性内および間にある制約をそれぞれ表し, それらの連結により選択性相互の制約を満たす解空間を構成する. 第 6 章にて単一の ZDD との比較を行い, その有効性を示す.

第 6 章では, 例題に対して各提案する手法を適用し, その有効性を示す. はじめに, 第 4 章で提案した単一の ZDD における制約充足解空間表現についての検証を行い, 生産プランニング問題に対する ZDD の有効性を示す. 次にその限定された空間に対して提案する GA と全探索による結果を比較し, ZDD を対象とした GA 探索の有効性を示す. また, ZDD の組合せ数による解探索方法の選定について検証を行い, 問題規模に応じた解法の選定について述べる. 次に, 生産実施中に発生する生産の実績と動的変化として機械故障を対象に, 制約充足解空間を常に整合して保持する手法への検討を行い, その有効性を示す. また, 単一の ZDD と ZDD のネットワーク表現を例題に適用し, 結果の比較を行い, 各制約充足解空間表現の有効性について述べる.

第 7 章では, 本論文の結論と今後の課題について述べる.

最後に要約すると, 本論文は選択性という概念を生産プランニング問題に対して導入し, ZDD を用いて生産プランニングにおける制約充足解空間を表現可能であり, 動的事象が発生しても常に制約充足解空間を整合し保持する. そして, その制約充足解空間に対して解探索を行うことにより, 生産プランニングを統合的に解くことが可能であることを示す.