

資源制約付きスケジューリング理論による造船工程 計画の自動生成に関する研究

山田, 拓史

<https://hdl.handle.net/2324/4495976>

出版情報 : Kyushu University, 2021, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名 : 山田 拓史

論 文 名 : 資源制約付きスケジューリング理論による造船工程計画の自動生成に関する研究

区 分 : 甲

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、造船工場特有の特徴および制約条件を有する造船工程計画を作成するための手法を提案し、その有用性を定量的に評価したものである。造船所では、仕様が大きく異なる船舶の建造ブロックが同じ製造ラインを流れるため、製造コストに影響する工程計画の作成は重要であり、工程平準化や無駄の削減は製造コスト削減に大きく貢献する。しかし造船工程計画作成は、問題が極めて大規模である上に、作業順序・時間・機材や場所など多様な制約を守る必要が有るため、多大な時間と労力を要するだけでなく、実務担当者の知識や経験頼りであるのが現状である。また、工程計画の作成後、天候の影響による作業の遅延や追加などにより工程計画の変更が度々発生するが、手作業では十分な工程計画の修正作業に時間を割く事ができず、結局は現場の場当たり的な判断に任せる事が多くなり無駄な待ちや残業が発生しているのが現状である。

本論文では、無駄のない工程計画の作成および変更への対応には、計算機を利用した工程計画作業の自動化が最も有効であると考え、筆者の社内の工程計画実務へ適用可能な方法について提案・評価を行っている。工程計画作成の先行研究としてはジョブショップスケジューリング研究として様々なアルゴリズムが提案されており、商用のソルバーも存在する。しかし、本論文が対象とする工程計画問題では、1) ジョブ(建造ブロック)に工程作業を施すためにリソース(作業場所や機器)を要するが、その工程の合間の待ちにおいても有限な「置場」リソースを要する制約がある、2) ジョブの作業開始はほぼ一定時間間隔だが、ジョブの作業終了は特定の時間に集中するという造船工場特有の特徴がある、3) 天候などの影響で度々実際の作業が遅延するため、再度工程計画を立て直しても大きな影響を受けにくいように配慮する、等の特徴があり、既存手法をそのままでは適用できなかった。また、既存のソルバーのほとんどは問題ごとにカスタマイズされ、最大性能を引き出すにはソルバーの多数のパラメータを微妙に調整するような職人芸を要求される問題があった。そこで本論文では、造船所の特殊な工程計画問題を資源制約付きスケジューリング問題(RCPSP: Resource Constrained Project Scheduling Problem)で表現し、組合せ最適化の汎用ソルバーを利用する方法をとることにより、職人芸的なソルバーの調整を廃して工程計画の自動生成システムの長期的なメンテナンス性を確保した上で、大規模問題において実行可能解を得るための方法論について検討を行う。解探索における選択肢となるリソースをグループ化して組合せ数を削減する工夫の提案や、実務に則した制約条件の緩和による実行可能解の求解方法($\alpha\beta$ 法)の提案、スタック構造を有するリソースの割り当てを決定する方法の検討を行っている。著者は、提案手法を実際の造船所の大規模工程計画問題へ適用し、実務担当者が手動で立案した工程計画の実績と比較することにより、提案手法の妥当性と有効性を確認している。

本論文は以下の9章より構成される。第1章では、近年の造船業を取り巻く状況、研究の背景と

目的、研究の位置づけと本論文の構成について示している。第2章では、造船所の工程計画、特にストックヤードの工程計画の困難さを示し、従来手法であるJSPの問題点の洗い出しとRCPSPの適用理由や解法の概要について述べている。また、本研究で使用するRCPSPを実装した汎用の商用ソルバーの紹介とアルゴリズムの説明し、そして本研究で構築した解法の基本的な説明を述べている。第3章では、問題対象となるストックヤードでの作業や置場の詳細と汎用の商用ソルバーへ入力するデータの説明を行っている。また、初期の工夫無しの解法による予備実験の結果を示し、選択肢が多過ぎることによる組合せ爆発の問題点を挙げている。第4章では、ブロック置場候補のグループ化による選択候補の組合せを少なくする2種類の工夫を説明している。1種類目はブロック置場の解析結果から構想を得た面積管理によるグループ化による方法であり、多様な大きさのブロックと置場所を単純な面積によって扱える利点を持っている。2種類目の方法では、当初の前提であるブロック置場1箇所あたりブロックが1個入るという単純な制約に戻り、全作業に対してブロック換算個数でブロック置場の重複項目をまとめてグループ化することで、選択肢を減らす工夫の提案を行い、ブロック置場の決定まで行う一連のフローと解法を説明している。更にスタック構造を有する置場での無駄な置き換え回数を減らすブロック置場決定法の導入結果を検証し、実績との比較について示している。第5章では、シミュレーション計算の計算条件の総括と計算結果の検証を行い、本手法の妥当性と有効性を確認している。また、計算結果から工場内のボトルネックとなっている作業について考察を述べている。第6章では、計算をする前に入力データの検証を行うことの必要性とその方法について述べている。第7章では、残業を少なくする工程の作成時に有効と考えられる、作業時数などの資源制約を満たすようにストックヤードの各作業と組立作業の開始日を調整する手法($\alpha\beta$ 法)を述べる。第8章では各章に分れて記載している計算結果の総括と、解法が有効である理由と本研究の新規性と実用性について考察を行っている。第9章では本研究の内容と本研究の目的に対する達成項目を総括するとともに、今後の展望について論じている。