

## Heap法に基づくブロック組立計画自動化に関する研究

岩下, 寛弥

<https://doi.org/10.15017/1785386>

---

出版情報：九州大学, 2016, 博士（工学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : 岩下 寛弥

論 文 名 : Heap 法に基づくブロック組立計画自動化に関する研究

区 分 : 甲

## 論 文 内 容 の 要 旨

造船工程の更なる生産性向上のために、物流管理をどう行うかは今なお重要な課題である。物流管理における理想形はジャストインタイム・スケジューリングであるが、ブロック建造方式をとる造船工程においては、まずブロック搭載日程にジャストインするブロック組立日程計画が必要となる。一般に、この計画において勘案すべき4つの要件が考えられる。第1番目は、組立定盤数やストックヤードの蔵置区画数などの設備制約の遵守である。第2番目は、複数の工程ライン間で作業開始や作業完了のタイミングを図るための同期制約の遵守である。第3番目は、何も作業をしていないアイドル時間の削減、リードタイムの短縮、作業工数のかかるブロックの製作時期を分散し人員平準化に効果のある製作順序の選択である。第4番目は、どの組立定盤を使うか、どの蔵置区画を使うかなどの作業定盤を選択である。このような複数の要件が絡み合う工程計画は、建造期間や建造効率、人件費等のコストに直結するが、現状では熟練作業者が過去の経験に照らして、これらの要件を満たす計画を手作業で作成している。これは煩雑な操作と長期間を必要とするため、扱いやすく単純な計算処理で計画作業が行える体系だった計画手法が必要とされる。しかしながら、PERTに代表される従来法では、上の第1要件と第2要件を同時に満たすことができず適用が難しいのが現状である。

そこで本研究では、ジャストインタイムを考慮した新しい計画手法として、ヒープ (Heap) モデルに基づく計画手法を提案する。これにより設備制約と同期制約を同時に満足し、単純な計算処理でジャストインタイム・スケジューリングを実現することができるため、作業者は製作順序と定盤選択に注力すれば良い。さらに、ヒープ法による工程計画問題が、製作順序選択と定盤選択に依存した組合せ最適化問題として定式化できることから、最適化手法である焼きなまし法を用いることで計画立案作業の支援を行うことが考えられる。

本論文の構成と貢献は以下のとおりである。

第1章では、本研究の背景と問題設定を述べた。まず研究の対象とする造船所 A と造船所 B の生産計画の現状について説明した。その後、これらの工程計画の共通の問題点を明らかにし、スケジューリング問題としての定式化を行った。定式化された問題に対して、従来法の適用限界について指摘したのち、新しい計画手法の必要性を指摘した。

第2章では、本研究にて提案するヒープ法について述べた。まずヒープ法の計算の基礎となる Max-Plus 代数について、次にヒープ法について説明した。ヒープ法は、横軸に機械や作業区画をリソースとして設定し、縦軸にリソースを使用する時間を設定し、これにより定義されるピースを積み上げ計画を行う手法である。このピースを用いることで設備制約を確実に遵守し、積み上げる順番を調整して同期制約を遵守できることを示した。また本研究ではジャストインタイムを実現するため、ピースを納期へ引き上げて計画を行った。さらに同一機能のリソースから1つを選択して

ピースを定義する場合に、リソースを省略し、計画計算時間の短縮を図るために、リソースの畳み込みという手法を提案した。また、造船所の問題を模した生産計画に関するベンチマーク問題を作成し、ヒープ法を有効に適用できることを確認した。

第3章では、造船所Aの実際の組立工程データを用いて、ヒープ法の適用結果について述べた。この造船所は組立工程にコンベアラインを用いている。コンベアの特徴は定盤が移動する点であるが、リソースとして定盤を並べるだけではコンベアを表現できない。そこで定盤移動と定盤占有を区別し、各々をリソースとすることでコンベア作業のピースを定義することを提案した。コンベア作業の後、ブロックはストックヤードへ蔵置されるが、このとき区画の選択により無駄時間が削減される可能性がある。そこで選択規則を提案し、その規則に従って蔵置区画を選択することで、現行計画より区画を節約しつつリードタイムを短縮できることを示した。さらに人員山積み表と稼働率を定義して人員平準化を考慮できるように改良を加えた上で、ブロックをコンベアへ投入する順序を最適化手法で探索し、無駄時間の削減と稼働率の向上が可能となることを示した。

第4章では、造船所Bの実際の組立工程データを用いて、ヒープ法の適用結果について述べた。造船所Bでは造船所全体をリソースとして計画を行った。そのためブロックの物流全体を各々ピースとして表現した。また一部建屋内工程では、設備の高さ制約が存在したため、計画手法に改良を加えた。その後、定盤計画の自動化のために最適化手法を用いてブロックの定盤割振りを探索し、その結果現行計画に比べ無駄時間を半減させリードタイムを短縮させることができることを示した。

第5章では、工程計画用WEBアプリケーションの開発について述べた。造船所では主に表計算ソフトを使用しているが、本研究ではプログラムを用いて計画を作成している。そのギャップを埋めるためヒープ法によるWEBアプリケーションツールを作成し、計画の変更・修正を簡単な操作で行えることを示した。

第6章では結論として、本研究で提案したヒープ法が、造船所Aと造船所Bのブロック組立工程におけるジャストインタイム・スケジューリングのため有用であることを述べた。