

## PS-19 流用設計における M-BOM 生成に関する検討

構造・産業システム系 \* 森下 瑞生、松尾 宏平

### 1. はじめに

国内造船業が今後直面する問題として、人口減少、外国人労働者の受け入れなどによる造船所内の熟練者割合の減少がある。これらにより従来の現場力に頼る建造方法の見直しが急務である。さらに近年では製品の高度化、複雑化、顧客への柔軟なカスタム対応、短納期対応の要求など造船所の設計部門への負荷が高まっている。

海上技術安全研究所（以下、当所）では「デジタルシipyヤード（以下、DSY）」構想を掲げ研究開発に取り組んでいる。「DSY」構想では、「すべてが数値表現され、すべてが数値計画され、すべてが計画通りに完結する造船所」を目指し、造船作業の様々な場面に発生するあいまいさを排除（デジタル化）する。当所では「DSY」を実現する取り組みとして、造船の設計－製造－運航に渡るデータ連携を実現する統一データプラットフォームの研究開発<sup>1)</sup>を行っている。ならびに、造船作業における作業者の臨機応変なふるまいを対象に、作業者の付随作業まで精密に再現する建造シミュレータ<sup>2)</sup>の研究開発を行っている。建造シミュレータの実行には、製品情報とその製品の工程情報が必要である。建造シミュレータは、緻密な現場の動きを再現するため、工程内の細かな作業レベルで工程情報を作る必要がある。

造船所が日々の設計業務に加えて、詳細な作業レベルの工程情報を人の手で作成することは現実的ではない。従って、工程情報を自動生成する重要性が増してくる。

本稿では、過去の設計資産の有効活用という観点から流用設計におけるデータ生成手法の検討をした。特に M-BOM の自動生成機能の開発を目指し、典型的な設計変更事例に対して今回開発したプロトタイプシステムの検証をした。

### 2. DSY におけるデータ連携

「DSY」構想では、統一データプラットフォームで一元管理された設計－製造データをマスターとして建造シミュレータに引き渡し実行する。統一データプラットフォームの実装先としては汎用の PLM (Product Lifecycle Management) システムを用いる。PLM システムでは製品情報と工程情報を BOM/BOP の形でデータ管理する。本章では、PLM システムと建造シミュレータの連携の全体像を説明する。また、PLM システム上で管理する BOM/BOP の概要を説明する。

#### 2.1 DSY におけるデータ連携の全体概要

PLM システムを基盤とする設計－製造のデータフローは以下ようになる。まず、CAD システムで設計された製品情報を PLM システムに登録する。PLM システム上で製品の製造手順を考慮し、工程情報を作成する。具体的には、製品の組立

ツリー、作業計画などである。これらのデータを基本として建造シミュレータ用のインプットデータとし、建造シミュレータを実行する。建造シミュレータの実行結果を活用することで最適な日程計画やより詳細な作業計画を立案できる。

その他にも PLM システムを活用して造船所のデータ連携を進めることにより、今後以下のような開発体制の構築も期待される。

- PLM システム上で RFLP (R:要求・F:機能・L:ロジック・P:物理) と呼ばれる要素を連携し、製品の高度化、複雑化への対応をする。
- PLM システムのバージョン管理機能やワークフロー機能を活用し、カスタム要求や設計変更への対応力を強化する。
- PLM システム上に管理される過去の設計資産をフル活用した流用設計体制の整備をして短納期船に対応する。
- 熟練技術者の設計知識・ノウハウを PLM システムに蓄積し、若手技術者に継承する。

#### 2.2 BOM/BOP のデータ

造船所で取り扱う製品－製造データは、PLM システム上では BOM/BOP の形で管理される。本節では BOM/BOP のデータ構造の説明をする。BOM/BOP のデータ構造はそれらのデータをどのように利用するか、という目的によって変わる。本稿で扱うデータ構造は主に建造シミュレータとの接続を想定している。

##### (1) M-BOM (Manufacturing bill of Material)

M-BOM は製品情報を表現するためのデータ構造である。M-BOM は最終製品（船一隻）を頂点とした、部品群からなるツリー構造となっている。船殻ブロックを例に挙げると、ツリー構造の各階層は、大組、中組、小組などの各工程と対応しており、ツリーの各階層にブロックを構成する部品を登録する。M-BOM に登録した部品は、CAD で作成された部品一品に相当するデータである。製品情報と工程情報はセット登録されるため、M-BOM は後述の BOP と紐づけられる。本稿では部品単位で作業指示する BOP を作成しており、M-BOM と BOP の製品の管理粒度を合わせるために M-BOM でも部品単位で登録している。溶接線についても同様に、溶接線 1 本単位で作業指示する BOP を作成しているため、M-BOM でもそのように登録している。

##### (2) BOE (Bill of Equipment)

BOE は工場の設備情報を表現するためのデータ構造である。BOE には、工場、建屋、工程に紐づく設備情報を登録する。登録する設備項目には、現場の作業員も含めて、クレーンや溶接機等がある。

##### (3) BOP (Bill of Process)

BOP は造船所の各工程内の作業情報を表現するためのデータ構造である。BOP では、作業単位でデータ項目を登録する。例えばBOP で表現する作業として、部品の配材、取付、溶接などがある。工程情報は BOP と M-BOM, BOE を紐づけることで表現する。

### 3. BOM, BOP の自動生成

PLM システムを用いて効率よく設計するには、BOM/BOP のデータを早期に生成する必要がある。例えば、パソコンのようにモジュール型の製品であれば、マス・カスタマイゼーションへの対応として、需要予測に基づき、予めあらゆる製品バリエーションを網羅した BOM を用意している。これは 150%BOM<sup>3)</sup>と呼ばれる概念で PLM システムに実装されている。一方でインテグラル型の製品である船舶では受注段階で製品の形が決まっておらず、受注後に 3次元モデルや M-BOM を設計し、BOP との紐づけをする必要がある。そのためモジュラー型の製品と比較し、設計リードタイムは長くなる。設計リードタイム短縮のためには、M-BOM のツリー構造の生成、BOP の生成を自動化する機能が求められる。

#### 3. 1 BOM/BOP の自動生成の意義

船舶を構成する部品は数万点～数十万点に上る。溶接線までも個別に管理するとなれば取り扱うデータ数はさらに増大する。これらの部品を 2章で示すように PLM システムに登録し、BOM/BOP を適切に紐づけするには膨大な作業量が発生する。従ってこれらのデータを手動で登録することは現実的ではない。この問題に対する手法として、PLM システムには、BOM/BOP レシピ機能という部品の命名規則を用いた自動生成機能が実装されているが、予め規則に則った部品名を設計者が入力する必要がありこれには手間がかかる。そのため部品名の入力情報を必要とせず、部品間の接続関係や部品の幾何情報のみで M-BOM データの自動生成をする機能の開発を目指し、より汎用的で精度の良いデータ自動生成手法の開発に取り組む。

#### 3. 2 BOM/BOP の自動生成の要点

建造シミュレータを実行するためには BOM/BOP データが必要である。この BOM/BOP データ作成を如何に自動化するかが設計リードタイム短縮のカギである。本稿では BOM/BOP の自動生成の内、M-BOM の自動生成を対象にしている。具体的には、CAD で設計された一品単位の部品を工程ごとの階層を持つツリー構造へと自動で変換するシステムの開発を目指している。また、本開発機能には、工程ごとに溶接線を自動的に振り分ける機能も含まれる。

### 4. M-BOM 自動生成システム

日本の造船業のビジネスモデルは同型船の連続建造が主体といえる。しかし、同型船建造とはいえ、船主要求や基準改定に伴う仕様変更、設計変更があり、その際、設計や建造における過去番船の設計資産の活用は不十分と言える。この

ため、本稿では、設計資産の有効活用法に関して、過去番船からの流用設計におけるデータ生成手法について検討する。流用設計におけるデータ生成の内、前述の通り M-BOM の自動生成について検討する。

#### 4. 1 M-BOM 自動生成機能を実装したプロトタイプシステムの開発

開発中の M-BOM 自動生成システムについて説明する。今回流用設計における M-BOM 自動生成機能を実装したプロトタイプシステム<sup>4)</sup>を開発した。図-1 に開発したプロトタイプシステムの概要を示す。プロトタイプシステムの開発に当たって流用設計における M-BOM の自動生成は、過去番船の M-BOM のコピーで対応できると仮定した。つまり、図-1 の“ステップ 1”では元のブロックから変更がない部分は M-BOM のツリー構造をそのままコピーすることで M-BOM を生成する。“ステップ 2”では、元のブロックに対して変更が生じた部品のみ対象として、接続関係や部品の形状などから M-BOM のどの階層に定義するかを判定し M-BOM の生成をした。

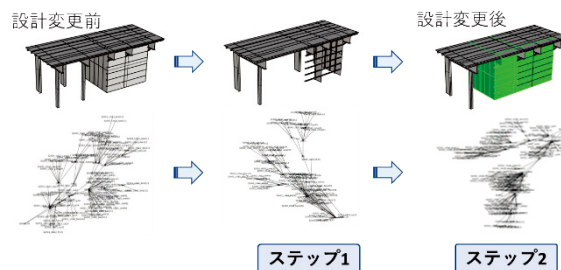


図-1 M-BOM 生成のステップ

### 5. 結言

本稿では、「デジタルシップヤード」を実現するためのデータ連携について概説した。その中でデータの自動生成の重要性について述べ、現在開発中の M-BOM 自動生成システムについて説明した。

今回開発したプロトタイプシステムは、簡略化した船殻ブロックモデルを用いて検証しており、M-BOM 自動生成時の判定アルゴリズムも簡易的なものを設定しているため、システムの汎用性に課題がある。今後より汎用性のあるシステムの開発を目指し、機械学習の活用などを検討している。

#### 参考文献

- 1) 松尾宏平, 他: 造船用 PLM システムに関する基礎的検討, 日本船舶海洋工学会講演論文集, 第 34 号, 2022.
- 2) 谷口智之, 他: マルチエージェントシステムに基づく造船用高精度シミュレータの開発, 日本船舶海洋工学会論文集, 36 巻, p. 89-100, 2022.
- 3) 佐藤知一, 他: BOM/部品表入門, 日本能率協会マネジメントセンター.
- 4) 森下瑞生, 他: 流用設計における M-BOM 設計に関する検討, 日本船舶海洋工学会講演論文集.