

生産計画の自動更新を実現する造船工程データ構造 とシミュレーションシステムの提案

大久保, 友結
横浜国立大学大学院理工学府

満行, 泰河
横浜国立大学大学院工学研究院

<https://hdl.handle.net/2324/7397150>

出版情報 : Conference Proceedings The Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers.
38, pp.371-377, 2024-05-27. The Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers
バージョン :
権利関係 : © The Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers



生産計画の自動更新を実現する 造船工程データ構造とシミュレーションシステムの提案

学生会員 大久保 友結*

正 会 員 満行 泰河**

Proposal for a Shipbuilding Process Data Structure and Simulation System
for Automatic Updating of Production Plans

by Yui Okubo, *Student Member*Taiga Mitsuyuki, *Member*

Key Words: Process Simulation, Production Plan, BOM, BOP

1. 緒 言

船舶の設計データや造船所の情報を活用した工程シミュレーションは、高効率な生産計画や合理的な生産管理の実現に有効的であると考えられている。例えば国内では、満行らが離散事象シミュレーションを利用して造船所の新設備導入効果を定量的に評価したり¹⁾、青山らは、ペトリネットを用いて造船所内の様々な制約を考慮した工場シミュレータを構築し、生産計画や平準化の検討を行った²⁾。谷口らは、マルチエージェントシステムに基づく建造工程の緻密なシミュレーション技術を提案した³⁾。海外では Jeong らが、PPR-S (Product, Process, Resource, and Schedule)に基づいて定義された情報モデルに対して、造船所の KPI (Key Performance Index) を考慮したプロセス中心のシミュレーションを行うフレームワークを構築し、マスタープランの検証を行っている⁴⁾。Akan らは、不確実な環境下における造船生産プロセスの最適化における遺伝的アルゴリズム(GA)の適用を検討した⁵⁾。Pernas らは、造船業における複雑な大規模スケジューリング問題の解決に制約プログラミングモデルが有効であることを実証している⁶⁾。

以上の既存研究では、船舶の設計データは静的な情報である前提でシミュレーションを実施している。しかしながら、設計開始から引き渡しにおいて、基本設計から詳細設計、生産設計に至るまで船舶の設計データは頻繁に更新され、それによって生産計画を更新していく必要がある。造船所では、製品の種別ごとに異なる複数の生産部署が独立した生産管理を行うため、設計データが更新される度に、それぞれの部署の生産計画を統合/連携することは非常に困難である。

本論文では、船舶の設計データの更新と建造プロセスの複雑さを考慮し、工程シミュレーションに適した標準的な造船工程データ構造を提案する。提案したデータ構造と工程シミュレーションを利用して、設計データの更新に応じた生産計画の自動更新システムの構築を目指す。

2. 提 案 手 法

造船工程に関わるデータは、製品情報である BOM(Bill

of Material)、製品の工程情報である BOP(Bill of Process)、作業者情報、設備情報に大別できる。これら 4 種類の情報は、工程シミュレーションを実行するために必要な情報となる。提案手法では、設計データをもとに生産管理の業務が発生するという業務順序を考慮して、設計側で作成された BOM データを起点に、4 種類の情報を連携させていくデータ構造を採用する。

2.1 BOM データ

提案手法の説明のために、Fig.1 に示す簡易的な製品モデルを採用する。通常、CAD (Computer Aided Design)のような設計ツールから得られる BOM データは、完成製品 Product A を一品まで展開したデータが一般的である。このようなリスト形式で示された製品情報には、製品の作り方が考慮されていない。本論文では、購入品や鋼材から完成製品までの製品の成長過程を考慮し、実際の建造現場において管理したい製品状態を中間製品として一つずつ定義する。提案する BOM データは Fig. 1 に示すように、中間製品とそれを構成する子製品を関連づけたネットワーク構造で表現する。例えば、Part A、Part B、Part C のうち Part B と Part C の先付けを管理する場合、Sub A の前に中間製品 Sub A1 を設定することで表現されている。

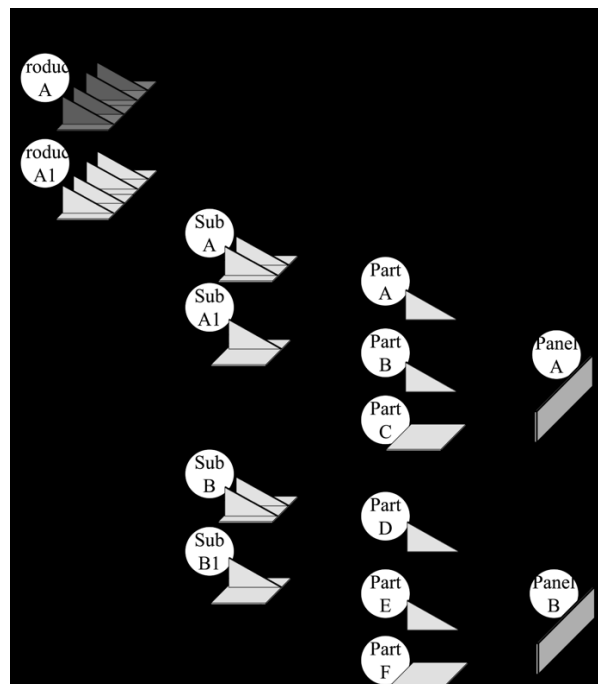


Fig. 1 Proposed BOM Data.

* 横浜国立大学大学院 理工学府

** 横浜国立大学大学院 工学研究院

原稿受付 令和 6 年 3 月 1 日

公開日 令和 6 年 5 月 20 日

春季講演会において講演 令和 6 年 5 月 27, 28 日

©日本船舶海洋工学会

2.2 BOM/BOP データ

2.1 節で示した BOM データの前段階の製品と次段階の製品の間には「分解、接合、状態変化」のいずれかの作業が発生するとした。「分解」は、ある製品から複数の製品を切り出して製品数を増やす作業、「接合」は、複数の製品を組み合わせて製品数を減らす作業、「状態変化」は塗装や曲げ加工など製品そのものを変化させる作業を表す。Fig.2 では、白色ノードが製品ノード、黒色ノードがタスクノードを示している。例えば、Panel A と Part A, Part B, Part C の間には分解タスク、Part B, Part C と Sub A1 の間には接合タスク、Product A1 と Product A の間には状態変化タスクが挿入されている。このように、製品ノード間に必ずタスクノードを挿入することで、製品の建造に必要な基本的な工程情報である BOM/BOP データを自動生成する。

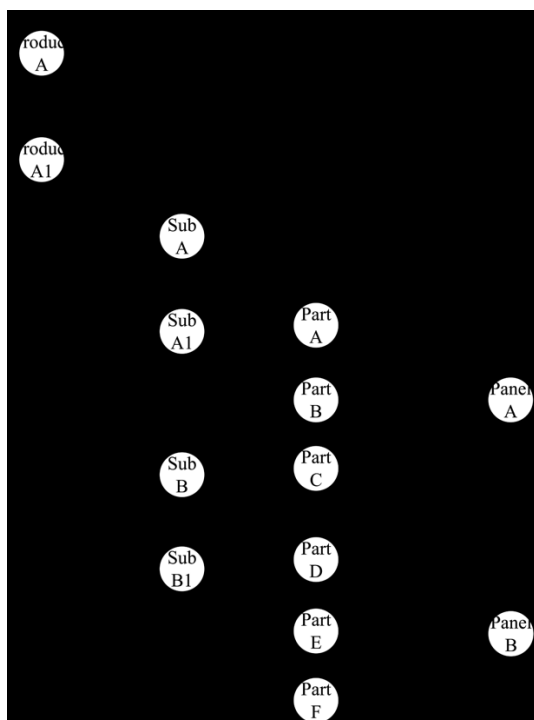


Fig. 2 Proposed BOM/BOP Data.

2.3 部署担当割 BOM/BOP データ

先に述べたように、造船所は製品の種別ごとに生産部署が複数存在する。2.2 節で生成された BOM/BOP データについて、それぞれの生産部署で管理する担当を分ける。Fig.3 に示すように、部署ごとに管理スコープを点線枠で定義する。小組部署を例にすると、部材からサブまでの製品状態を管理することを意味している。

更に、Fig.2 に示す BOM/BOP データのタスクノードのみを抽出し、前のタスクから後のタスクに向かって矢印を順に結ぶことで、タスク間の前後関係を表現する。例えば、Panel A から Part A, Part B, Part C へ分解する作業の後に、分解された Part B と Part C を接合する作業を行って Sub A1 を建造する。そして、Sub A1 と分解された Part A を接合して Sub A が建造されると読み取る。

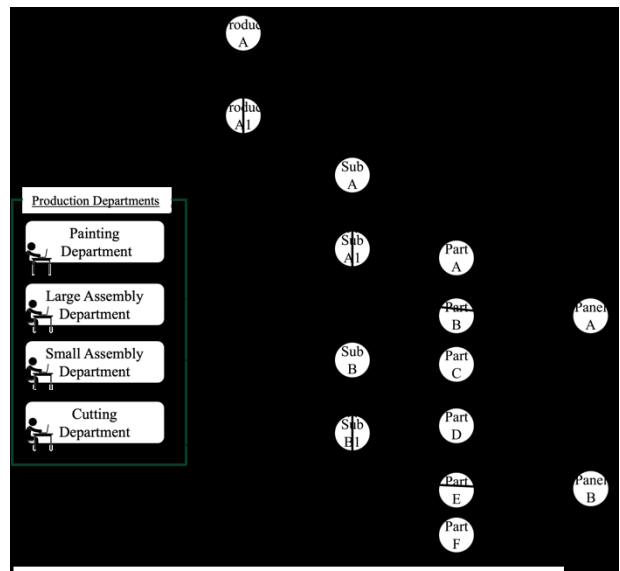


Fig. 3 Data Management for Multiple Departments.

次に Fig.3 について、タスク間の前後関係を表す矢印の向きを保持したまま、部署ごとの管理スコープを切り離す。BOM/BOP データにおけるタスク間の矢印のうち、管轄部署が切り替わる矢印を、部署間の前後関係性を示す矢印(赤色)として定義し直すことで、Fig.4 に示す「部署担当割 BOM/BOP データ」を生成する。このデータは、どの部署がどの製品状態やタスクを担当するかを表しており、更に部署同士の管理スコープの関係性を連携させている。例えば、切断部署が切り出した Part A, Part B, Part C は小組立部署へ搬送され、小組立部署で中間製品 Sub A1 や Sub A を建造する。その後、完成した Sub A は Product A1 を建造する大組立部署に送られることが示されている。

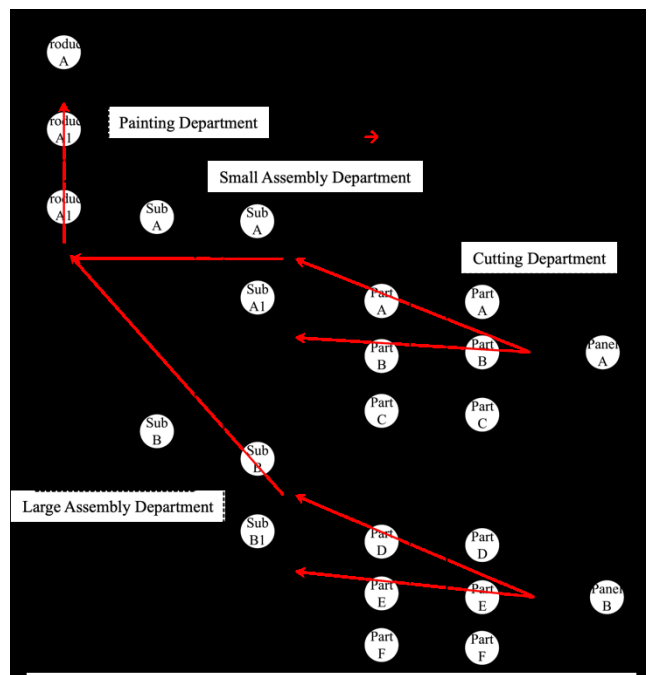


Fig. 4 Department Assignment BOM/BOP Data.

2.4 シミュレーションモデルデータ

2.3 節で示した部署担当割 BOM/BOP データにおける、

それぞれの管理スコープを **Project** として定義する。生産管理者は作業情報と設備情報を加えることで、自身の担当 **Project** を詳細にモデリングする。**Project** は、著者による先行研究⁷⁾のモデリング手法をベースに、製品を表す **Product** モデル、工程を表す **Workflow** モデル、作業場と設備を表す **Workplace** モデル、組織と作業者を表す **Team** モデルの 4 モデルで構成される。各モデルの詳細や具体的なモデリング方法は先行研究⁷⁾を参照されたい。

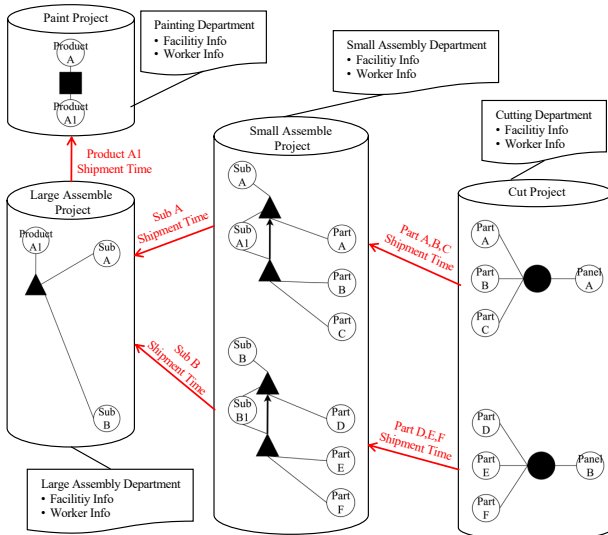


Fig. 5 Simulation Model Data.

Project 間の連結情報は Fig.5 の赤矢印で示される。前側の **Project** は、各製品の出荷時刻を後ろ側の **Project** に受け渡す。後ろ側の **Project** では、受け渡された時刻に関連する製品の作業開始可能時刻とすることで連結する。以上のようにして生成された Fig.5 に示すデータが、生産計画を出力する工程シミュレーションを実行するために必要な入力値となる。これをシミュレーションモデルデータと定義した。

3. ケーススタディ

本章では、ばら積み貨物船の中央断面部の船体ブロックと、一般的な造船所を参考にした仮想的な工場を対象に提案手法を適用する。提案手法で得られるシミュレーションモデルデータは、著者らが開発した離散事象システムを基盤とする工程シミュレーション **pDESy**⁸⁾の入力情報として使用する。本シミュレーションを実行すると生産計画案となるガントチャートが出力される。船体ブロックの構造が抽象的にしか決定されていない基本設計の段階から、徐々に設計を詰めていった際に、提案するデータ構造とシミュレーションシステムを使用すれば、生産計画も適切に反映されるかを検証する。

3. 1 問題設定

Fig.6 には検証対象である総組ブロック(Midship Section Block)と、基本設計における BOM データを示す。総組ブロックは、二重底ブロック(Double Bottom (DB)), 下側船側外板ブロック(Lower Side Shell (LSS)), 第二甲板ブロック(Second Deck (SD)), 上側船側外板ブロック(Upper Side Shell (USS)), トップサイドタンクブロック(Top Side Tank (TST))のブロックに分割される。下側から順にこれらのブロックを搭載することを想定し、搭載される度に、その

製品状態を中間製品(aMSB, bMSB, cMSB, dMSB)として定義した。基本設計の段階では、各ブロックの詳細は未決定である。しかし、何らかの小組サブ(subs), 部材(parts), 鋼材(panels)から構成されるという前提のもと、Fig.6 に示す BOM データのように、それぞれのブロックに子製品を定義する。

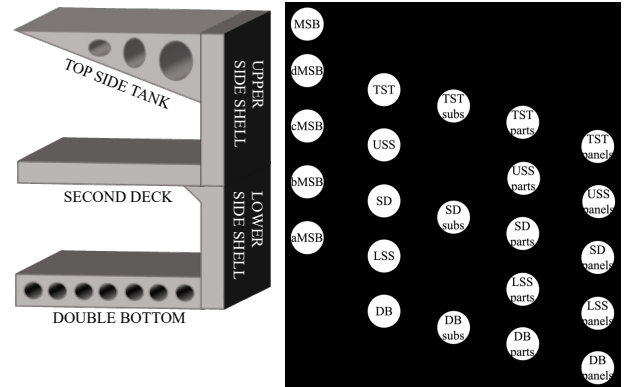


Fig.6 Midship Section Block & BOM Data for Basic Design Plan.

総組ブロックを建造する工場の生産部署は、切断加工、小組立、大組立、総組立、塗装に分かれるとした。各生産部署の管理下にある作業場所、作業場所に所属する設備や作業者を整理したレイアウト情報を Table 1 に示す。

Table 1 Factory Layout Info.

Department	Workplace	Worker/Facility
Cutting	Cut Place 1	Shaped Steel Cut Machine 1
	Cut Place 2	Shaped Steel Cut Machine 2
	Cut Place 3	plasma Cut machine 1
	Cut Place 4	plasma Cut machine 2
	Bend Place 1	Bend Worker 1
Small Assembly	Panel Line	Panel Worker 1
		Panel Worker 2
	Conveyor Line	Conveyor Worker 1
		Conveyor Worker 2
Large Assembly	Small Assemble Surface Plate	Surface Plate Worker 1
		Surface Plate Worker 2
	Large Assemble Line 1	Large Assemble Worker 1
		Large Assemble Worker 2
General Assembly	Large Assemble Line 2	Large Assemble Worker 3
		Large Assemble Worker 4
Painting	General Assemble Surface Plate	General Assemble Worker 1
		General Assemble Worker 2
	Paint House	Paint Worker 1
		Paint Worker 2

3. 2 基本設計における工程シミュレーションの実行

Fig.6 に示す BOM データから自動的に作成された BOM/BOP データを、各部署の生産管理者が分担する。分担された部署担当割 BOM/BOP データを Fig.7 に示す。

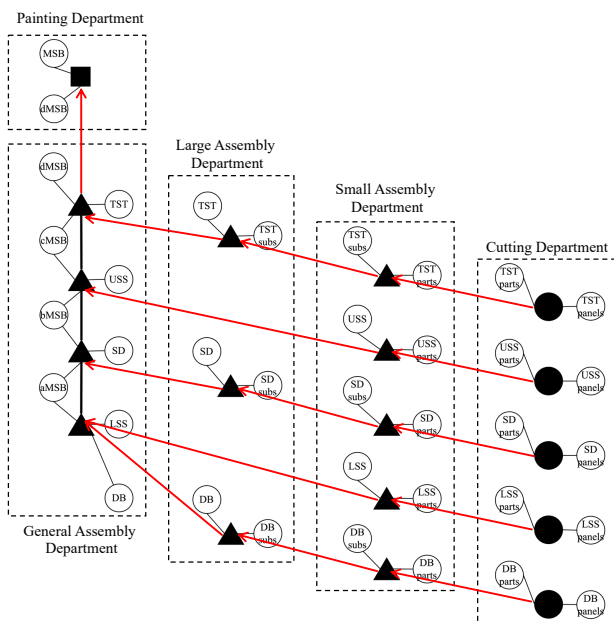


Fig. 7 Department Assignment BOM/BOP Data for Basic Design Plan.

それぞれの生産管理者は、BOM/BOP データから、自身の生産部署で担当する製品やタスクを把握し、Project としてモデリングを行う。ここで、BOM/BOP データで取得されたタスクノードは、生産管理者の管理したい作業レベルまで分解することは可能であるが、本ケースでは次のように一律で規則的に決定した。本ケースで登場する接合(▲)ノードは、取付タスクと溶接タスク(取付→溶接の順)、分解(●)ノードは切断タスク、切断加工部署の状態変化(■)ノードは曲げタスク、塗装部署の状態変化(■)ノードはブラストタスクと塗装タスク(ブラスト→塗装の順)として定義した。BOM データの全製品の全タスクは工数を与える必要があるが、本論文では工数の詳細データは省く。更に各生産管理者は、作業者の技能や設備制約を考慮して、製品やタスクをどの作業員やどの設備に対して割り当てることが出来るか検討する。整理した作業員情報と設備情報を Table 2 に示す。

作成した Project のモデルデータを工程シミュレーション pDESy に入力して、シミュレーションを実行することで生産計画案となるガントチャートを出力する。本ケースでは船体の右舷側と左舷側の総組ブロックは同一の BOM データ構造であるとして、2 つ分の総組ブロックを対象にシミュレーションを実行した。Fig.8 はシミュレーション実行結果を示しており、基本設計段階での生産計画案となるガントチャートである。切断加工部署から塗装部署までそれぞれの生産部署へ出力された計画を並べて表示している。ガントチャートの横軸は 2024 年 1 月 1 日 8:00 を開始時刻とした時間軸を、縦軸は生産部署を対象とする製品を示す。頭文字「1」が付く製品は右舷側の総組ブロックに関連する製品を、頭文字「2」が付く製品は左舷側の総組ブロックである。チャート上で赤色付けされた箇所は、製品が何らかの作業を実行中であることを表す。

Table 2 Facility & Worker Info for Basic Design Plan.

Department	Worker/Facility	Target Product	Target Task
Cutting	Shaped Steel Cut Machine 1	DB panels, LSS panels, SD panels, USS panels, TST panels	Cut (●)
	Shaped Steel Cut Machine 2	DB panels, LSS panels, SD panels, USS panels, TST panels	Cut (●)
	plasma Cut machine 1	DB panels, LSS panels, SD panels, USS panels, TST panels	Cut (●)
	plasma Cut machine 2	DB panels, LSS panels, SD panels, USS panels, TST panels	Cut (●)
	Bend Worker 1		Bend (■)
Small Assembly	Panel Worker 1	DB subs, LSS, SD subs, USS, TST subs	Fit(▲)
	Panel Worker 2	DB subs, LSS, SD subs, USS, TST subs	Weld (▲)
	Conveyor Worker 1	DB subs, LSS, SD subs, USS, TST subs	Fit(▲)
	Conveyor Worker 2	DB subs, LSS, SD subs, USS, TST subs	Weld (▲)
	Surface Plate Worker 1	DB subs, LSS, SD subs, USS, TST subs	Fit(▲)
	Surface Plate Worker 2	DB subs, LSS, SD subs, USS, TST subs	Weld (▲)
Large Assembly	Large Assemble Worker 1	TST, SD, DB	Fit(▲)
	Large Assemble Worker 2	TST, SD, DB	Weld (▲)
	Large Assemble Worker 3	TST, SD, DB	Fit(▲)
	Large Assemble Worker 4	TST, SD, DB	Weld (▲)
General Assembly	General Assemble Worker 1	aMSB, bMSB, cMSB, dMSB	Fit(▲)
	General Assemble Worker 2	aMSB, bMSB, cMSB, dMSB	Weld (▲)
Painting	Paint Worker 1	MSB	Blast (■)
	Paint Worker 2	MSB	Paint (■)

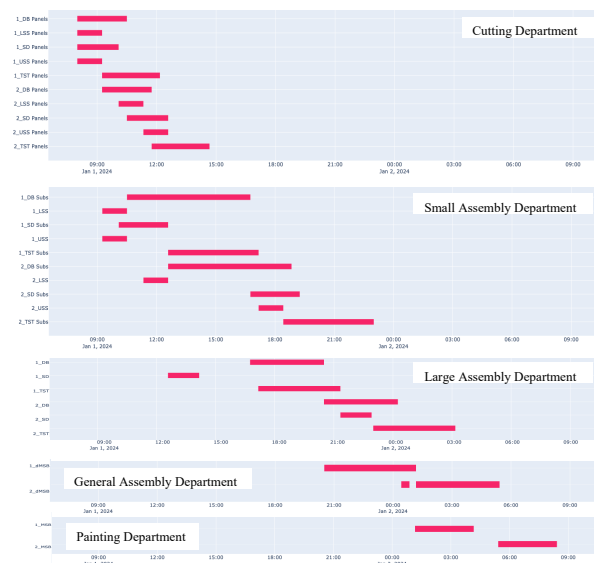


Fig.8 Gantt Chart for Basic Design Plan.

3.3 設計計画の変更

本ケーススタディでは、Fig.6 に示す BOM データを初期データとして、設計変更を行う。具体的には、二重底ブロックと下側船側外板ブロックに関する小組サブ、部材、鋼材を詳細に決定する。変更後の BOM データを Fig.9 に示す。変更前後のデータの差分は色付きで示している。

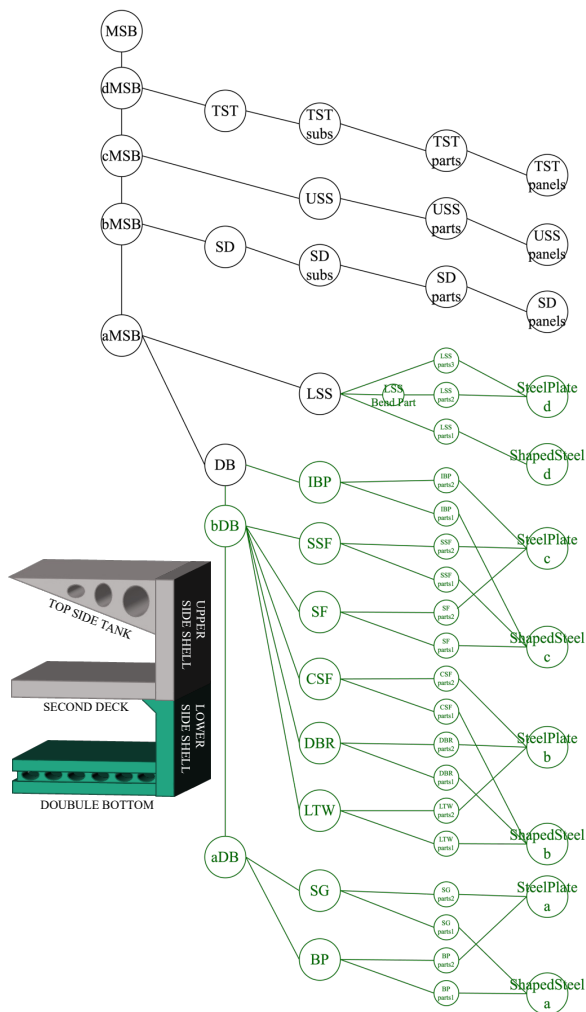


Fig.9 BOM Data for Changed Design Plan.

基本設計で仮決めていた二重底ブロック「DB」の子製品「DB subs」を例にすると、設計変更後は8種類の小組立サブ「BP, SG, LTW, DBR, CSF, SF, SSF, IBP」を決定した。更に、中間製品「aDB, bDB」を定義して8種類の小組サブから「DB」に組み立てる手順を決めた。個々の小組サブを構成する部材についても、どの鋼板(Steel Plate)や形鋼(Shaped Steel)から切り出されるかを指定した。

下側船側外板ブロック「LSS」を構成する部材の一部に、曲げ加工が必要な部材がある。曲げ加工された状態も「LSS Bend Part」という製品として BOM データ上で定義している。

3.4 設計変更後における工程シミュレーションの実行

船殻設計者によって変更が加えられた Fig.9 の BOM データは提案手法に従うと、Fig10 に示すように部署担当割 BOM/BOP データが Fig.7 から自動的に変更される。BOM/BOP データの変更を受けて、それぞれの生産管理者は担当する Project のモデリングを改めて行う。新たに定義された製品と作業者や設備の関係性について整理し直した情報を Table 3 に示す。Table 2 から変更を加えたデータを赤字で示す。鋼材が形鋼か鋼板かの違いで使用できる切断機を分ける、小組サブの形状や大きさで作業場所を使い分ける等を吟味している。

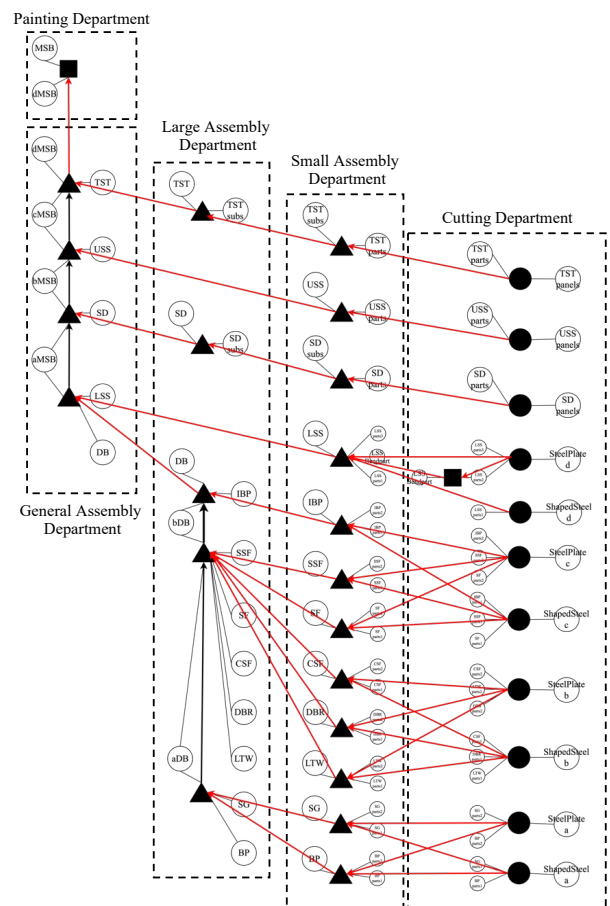


Fig.10 Department Assignment BOM/BOP Data for Changed Design Plan.

Table 3 Facility & Worker Info for Changed Design Plan.

Department	Worker/Facility	Target Product	Target Task
Cutting	Shaped Steel Cut Machine 1	SD panels, USS panels, TST panels, Shaped Steel a, Shaped Steel b, Shaped Steel c, Shaped Steel d	Cut (●)
	Shaped Steel Cut Machine 2	SD panels, USS panels, TST panels, Shaped Steel a, Shaped Steel b, Shaped Steel c, Shaped Steel d	Cut (●)
	plasma Cut machine 1	SD panels, USS panels, TST panels, Steel Plate a, Steel Plate b, Steel Plate c, Steel Plate d	Cut (●)
	plasma Cut machine 2	SD panels, USS panels, TST panels, Steel Plate a, Steel Plate b, Steel Plate c, Steel Plate d	Cut (●)
	Bend Worker 1	LSS Bend Part	Bend (■)
Small Assembly	Panel Worker 1	BP, IBP, LSS, SD subs, USS, TST subs	Fit(▲)
	Panel Worker 2	BP, IBP, LSS, SD subs, USS, TST subs	Weld (▲)
	Conveyor Worker 1	SG, LTW, DBR, CSF, SF, SSF, SD subs, USS, TST subs	Fit(▲)
	Conveyor Worker 2	SG, LTW, DBR, CSF, SF, SSF, SD subs, USS, TST subs	Weld (▲)
	Surface Plate Worker 1	SD subs, USS, TST subs	Fit(▲)
	Surface Plate Worker 2	SD subs, USS, TST subs	Weld (▲)
Large Assembly	Large Assemble Worker 1	TST, SD, DB	Fit(▲)
	Large Assemble Worker 2	TST, SD, DB	Weld (▲)
	Large Assemble Worker 3	TST, SD, DB	Fit(▲)
	Large Assemble Worker 4	TST, SD, DB	Weld (▲)
General Assembly	General Assemble Worker 1	aMSB, bMSB, cMSB, dMSB	Fit(▲)
	General Assemble Worker 2	aMSB, bMSB, cMSB, dMSB	Weld (▲)
Painting	Paint Worker 1	MSB	Blast (■)
	Paint Worker 2	MSB	Paint (■)

3.2 節と同様に、作成したモデルデータを工程シミュレーション pDESy に入力する。シミュレーションを実行して出力した結果を Fig.11 に示し、設計変更後の生産計画案となるガントチャートを表している。

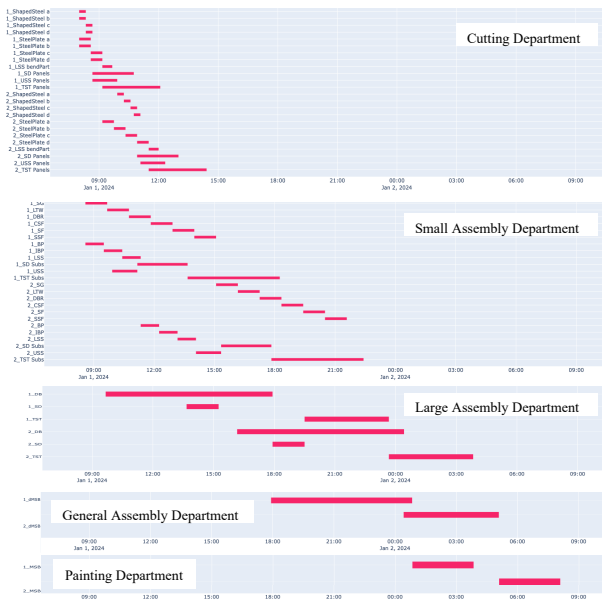


Fig.11 Gantt Chart for Changed Design Plan.

3.5 工程シミュレーション実行結果の分析

本節では、設計変更前後のシミュレーション実行結果を比較検証する。ガントチャート上では製品ごとの時刻情報が読み取れないため、Table 4 に右舷側の総組ブロックに関連する全ての製品の作業開始時刻と作業終了時刻を整理した。製品名は切断前の製品、接合された製品、状態変化された製品を載せる。

結果評価の例として、ブロック DB の時刻情報に着目する。まず基本設計における出力結果について、Table 4 より、切断加工部署にて DB panels の切断が、1 月 1 日 8:00 に開始され、10:30 に DB parts を切り出し終わる。その後、DB parts は小組立部署に引き取られ、10:30 から 16:45 の間で DB subs が建造される。DB subs は大組立部署に引き取られ、16:45 から 20:30 の間で DB が建造される。以上より出力結果は、鋼材 DB panels→部材 DB parts→小組サブ DB subs→ブロック DB という BOM データにおけるネットワークの関係性を保持する時系列データであることが確認できた。

続いて、設計変更後における出力結果について確認する。切断加工部署にて鋼板 Steel Plate a が 8:20 に、形鋼 Shaped Steel a が 8:35 に切断が終了すると、関連する小組サブ BP が 8:35 に、SG が 8:35 に小組立部署で建造が開始する。鋼板 Steel Plate b が 8:20 に形鋼 Shaped Steel b が 8:35 に切断が終了すると、関連する小組サブ LTW が 9:40 に、DBR が 10:45 に、CSF が 11:50 に小組立部署で建造が開始する。鋼板 Steel Plate c が 8:40、形鋼 Shaped Steel c が 9:10 に切断が終了すると、関連する小組サブ SF が 12:55 に SSF が 14:00 に、IBP が 9:30 に小組立部署で建造が開始する。次に、BP が 9:30 に、SG が 9:40 に建造終了すると、大組立部署に引き取られて、DB の中間製品 aDB の建造が 9:40 に開始する。次に、中間製品 bDB を建造するのに必要な小組サブ(LTW, DBR, CSF, SF, SSF)と aDB の建造が 15:05 に全て終了すると、bDB の建造が 15:05 に開

始する。最後に小組サブ IBP と中間製品 bDB の建造が 16:30 に終了するとブロック DB の建造が 16:30 に開始して 17:55 に終了する。設計変更後の出力結果についても、BOM データ構造の製品間や部署間の前後関係性を考慮して各製品のスケジュール情報が出力された。そして、基本設計での生産計画から時刻情報が更新されていることが確認できた。他のブロックについても同様の評価を行ったところ、BOM データのネットワーク構造に順ずる結果が得られた。以上より、提案した造船工程のデータ構造を用いたモデリングと工程シミュレーションを行うことで、設計計画に変更が生じた場合でも生産計画を自動的に更新できることが示せた。

Table 4 Time Series Data of Simulation Result.

Department	Product	Basic Design		Changed Design	
		Start Time	Finish Time	Start Time	Finish Time
Cutting	1_DB panels	1/1 8:00	1/1 10:30		
	1_LSS panels	1/1 8:00	1/1 9:15		
	1_ShapedSteel a			1/1 8:00	1/1 8:20
	1_ShapedSteel b			1/1 8:00	1/1 8:20
	1_ShapedSteel c			1/1 8:20	1/1 8:40
	1_ShapedSteel d			1/1 8:20	1/1 8:40
	1_SteelPlate a			1/1 8:00	1/1 8:35
	1_SteelPlate b			1/1 8:00	1/1 8:35
	1_SteelPlate c			1/1 8:35	1/1 9:10
	1_SteelPlate d			1/1 8:35	1/1 9:10
	1_LSS Bend Part			1/1 9:10	1/1 9:40
	1_SD panels	1/1 8:00	1/1 10:05	1/1 8:40	1/1 10:45
	1_USS panels	1/1 8:00	1/1 9:15	1/1 8:40	1/1 9:55
	1_TST panels	1/1 8:00	1/1 12:10	1/1 9:10	1/1 12:05
Small Assembly	1_DB subs	1/1 10:30	1/1 16:45		
	1_SG			1/1 8:35	1/1 9:40
	1_LTW			1/1 9:40	1/1 10:45
	1_DBR			1/1 10:45	1/1 11:50
	1_CSF			1/1 11:50	1/1 12:55
	1_SF			1/1 12:55	1/1 14:00
	1_SSF			1/1 14:00	1/1 15:05
	1_BP			1/1 8:35	1/1 9:30
	1_IBP			1/1 9:30	1/1 10:25
	1_LSS	1/1 9:15	1/1 10:30	1/1 10:25	1/1 11:20
	1_SD subs	1/1 10:05	1/1 12:35	1/1 11:10	1/1 13:40
	1_USS	1/1 9:15	1/1 10:30	1/1 9:55	1/1 11:10
Large Assembly	1_TST subs	1/1 12:35	1/1 17:10	1/1 13:40	1/1 18:15
	1_DB_a			1/1 9:40	1/1 11:05
	1_DB_b			1/1 15:05	1/1 16:30
	1_DB	1/1 16:45	1/1 20:30	1/1 16:30	1/1 17:55
	1_SD	1/1 12:35	1/1 14:10	1/1 13:40	1/1 15:15
General Assembly	1_TST	1/1 17:10	1/1 21:20	1/1 19:30	1/1 23:40
	1_aMSB	1/1 20:30	1/1 21:40	1/1 17:55	1/1 19:05
	1_bMSB	1/1 21:40	1/1 22:50	1/1 19:05	1/1 20:15
	1_cMSB	1/1 22:50	1/2 0:00	1/1 20:15	1/1 21:25
Painting	1_dMSB	1/2 0:00	1/2 1:10	1/1 23:40	1/2 0:50
	1_MS	1/2 1:10	1/2 4:10	1/2 0:50	1/2 3:50

4. 考 察

2.1 節で述べた「一般的な BOM データ」は、生産管理に必要な単位で製品定義がされていない。よって、一般的な BOM データを採用して 3 章のようなケーススタディを実施した場合、設計変更が起きる度に生産管理側が必要な BOM/BOP データを手動で修正する手間が生じてしまう。また、一般的な BOM データは、部署ごとの担当者が独自で作成した固有のデータであることが多い。設計変更含めて突発的な予定変更が生じた場合、生産計画の連携に関する議論や擦り合わせは現場間で行う必要がある。

しかしながら、提案するデータ構造では、設計と生産、さらに異なる生産部署間との関係性が常に担保されているため、何処かの部署で何かの変更が生じた場合でも、生産計画は互いの関係性が保持された状態で自動的に更新される。同一のデータ構造を介して部署間の連携を自動化できるため、それぞれの担当者は担当フェーズの改善に集中できるとも言える。

5. 結 言

本論文では、船舶の設計計画の変更や建造工程の複雑さを考慮し、工程シミュレーションに適した標準的なデータ構造を提案した。具体的に提案するデータ構造では、購入材料、部品、中間製品など管理に必要な製品状態を定義し、製品情報である BOM データをネットワーク構造で表現する。BOM データの製品ノード間に「分解, 接合, 状態変化」のいずれかに対応するタスクノードを挿入することで工程情報となる BOM/BOP データを生成する。BOM/BOP データを、各生産部署の担当者が自身の管理する範囲を指定する。これに設備や作業者の情報を追加することで、Project として詳細に生産工程をモデリングする。作成されたモデリングデータを入力として、工程シミュレーションを実行すると、各部署の生産計画を出力する。設計計画が更新されると、すべての生産計画も部署間関係を維持したまま自動的に更新される仕組みとなる。ケーススタディでは、一般的な船体の中央断面部の総組ブロックに対して提案手法を適用した。総組ブロックの一部に設計変更を加えた場合、BOM データ構造に従って各部署の生産計画が更新されたことを確認した。

謝 辞

本研究は、造船学術研究推進機構(REDAS)の助成を受けて実施したものである。この場を借りて深く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 満行泰河, 稗方和夫, 松原洸也, 大和和幸:船舶建造プロセスシミュレーションを用いた生産設備の導入に関する研究, 日本船舶海洋工学会論文集, 第 24 号, pp.291-298, 2016.
- 2) 青山和浩, 野本敏治, 渡辺健太郎:ペトリネットを利用した造船工場シミュレータ, 日本造船学会論文集, 第 182 号, pp.795-807, 1997.
- 3) 谷口智之, 竹澤正仁, 松尾宏平: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, 第 36 号, pp.89-100, 2022.
- 4) Jeong, Y.K. et.al: A shipyard simulation system using the process-centric simulation modeling methodology: case study of the simulation model for the shipyard master plan validation, Korean Journal of Computational Design and Engineering, vol.21, pp204-214, 2016.
- 5) Akan, E.; Alkan, G. Optimizing Shipbuilding Production Project Scheduling Under Resource Constraints Using Genetic Algorithms and Fuzzy Sets. Marine Science and Technology Bulletin, Vol.2, pp.380 – 401, 2023.
- 6) Pernas-Álvarez, J.; Crespo-Pereira, D. A Constrained Programming Model for the Optimization of Industrial-Scale Scheduling Problems in the Shipbuilding Industry, Journal of Marine Science and Engineering, vol.11, 2023.
- 7) Okubo, Y., Mitsuyuki, T.: Ship Production Planning Using Shipbuilding System Modeling and Discrete Time Process Simulation, Journal of Marine Science and Engineering, vol.10, 2022.
- 8) Taiga Mitsuyuki, Yui Okubo: pDESy: A Python package for discrete time-event simulation to engineering project, Software Impacts, vol.19, 2024.