

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2022年5月19日(19.05.2022)

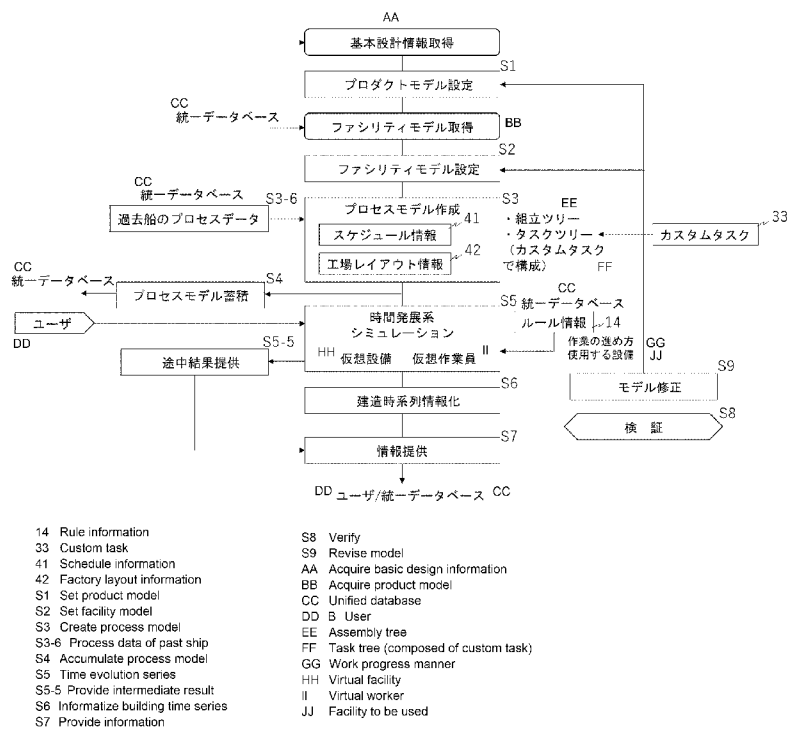


(10) 国際公開番号  
**WO 2022/102758 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*B63B 49/00* (2006.01)    *G16Y 20/10* (2020.01)  
*G05B 19/418* (2006.01)    *G16Y 20/20* (2020.01)  
*G06Q 50/04* (2012.01)    *G16Y 40/20* (2020.01)  
*G16Y 10/25* (2020.01)    *G06Q 10/00* (2012.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/041795
- (22) 国際出願日: 2021年11月12日(12.11.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2020-188598 2020年11月12日(12.11.2020) JP  
特願 2020-188599 2020年11月12日(12.11.2020) JP  
特願 2020-217945 2020年12月25日(25.12.2020) JP
- (71) 出願人: 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所(NATIONAL INSTITUTE OF MARITIME, PORT AND AVIATION TECHNOLOGY) [JP/JP]; 〒1810004 東京都三鷹市新川6丁目38番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 松尾 宏平(MATSUO Kohei); 〒1810004 東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内 Tokyo (JP). 谷口 智之(TANIGUCHI Tomoyuki); 〒1810004 東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内 Tokyo (JP). 竹澤 正仁(TAKEZAWA Masahito); 〒1810004 東京都三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所内 Tokyo (JP). 平

(54) Title: UNIFIED DATABASE-BASED SHIP-BUILDING SIMULATION METHOD, SHIP-BUILDING SIMULATION PROGRAM, AND SHIP-BUILDING SIMULATION SYSTEM OF SHIP, AND SHIP QUALITY DATA-BASE BUILDING METHOD

(54) 発明の名称: 統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法、建造シミュレーションプログラム、及び建造シミュレーションシステム、並びに船舶の品質データベースの構築方法



(57) Abstract: [Problem] To provide a unified database-based construction simulation method and construction simulation program of a ship through which ship construction can be simulated at a careful operation level. [Solution] The present invention comprises: a step S1 for acquiring basic design information about a ship from a unified database 10 and setting

方 勝(HIRAKATA Masaru); 〒1810004 東京都  
三鷹市新川6丁目38番1号 国立研究開発法人  
海上・港湾・航空技術研究所内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 阿部 伸一, 外 (ABE Shinichi et al.);  
〒1710033 東京都豊島区高田3-1-1  
2KTビル3階 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保  
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ,  
BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,  
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,  
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, KE, KG, KH,  
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,  
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ,  
NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,  
QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,  
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,  
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保  
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS,  
MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM,  
ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ,  
TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,  
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,  
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,  
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,  
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

the acquired information as a product model that is represented with a standardized data structure; a step S2 for acquiring information about a factory facility and workers from the unified database 10 and setting the acquired information as a facility model 12 that is represented with a standardized data structure; a step S3 for creating, on the basis of the product model and the facility model 12, a process model that is represented with a standardized data structure; a step S5 for performing time evolution system simulation on the basis of the process model; a step S6 for making the simulation result into time series data to be building time series information 51; and a step S7 for providing the building time series information 51.

(57) 要約: 【課題】船舶の建造を細かな作業レベルでシミュレーションすることができる統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法、及び建造シミュレーションプログラムを提供すること。【解決手段】船舶の基本設計情報を統一データベース10から取得して標準化したデータ構造で表現したプロダクトモデルとして設定するステップS1と、工場の設備と作業員に関する情報を統一データベース10から取得して標準化したデータ構造で表現したファシリティモデル12として設定するステップS2と、プロダクトモデルとファシリティモデル12に基づいて、標準化したデータ構造で表現したプロセスモデルを作成するステップS3と、プロセスモデルに基づいて時間発展系シミュレーションを行うステップS5と、シミュレーションの結果を時系列データ化し建造時系列情報51とするステップS6と、建造時系列情報51を提供するステップS7を実行する。

## 明 細 書

発明の名称：

統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法、建造シミュレーションプログラム、及び建造シミュレーションシステム、並びに船舶の品質データベースの構築方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、統一データベースに基づく船舶の建造をシミュレーションする方法、プログラム及びシステム、並びに船舶の品質データベースの構築方法に関する。

### 背景技術

[0002] 造船の生産（建造）計画や日程計画の設定根拠となる各作業の作業量、つまり工数は、一般に「工数＝管理物量あたりの標準時間×管理物量」の考え方に基づき求められている。

しかし、本質的には、管理物量に比例するのは主作業（それによって製品が完成に向かって進む作業）のみであり、付随作業（それをしないと主作業を進められないが、それ自体では製品が完成に向かって進まない作業）や無付加価値行為（製品の完成に対して何の価値もない行為）は管理物量と違う次元で決まるにもかかわらず、現状、これらをすべて管理物量に比例するものとして簡便に扱っている。造船における主作業率は、職種にもよるが一般に30～40%との報告があり、工数を管理物量から比例的に推定することには精度上の課題がある。

一方で、製造工程のシミュレーションを実施するラインシミュレータが存在するが、すべての細かな作業の一つ一つを手入力する必要がある。また、ラインシミュレータは、大量生産品のライン生産のように物の流れと作業者の動きが決まっており同様の作業を繰り返すシミュレーションには向いているものの、受注生産である造船のように様々な作業を状況に応じて変更するようなシミュレーションには向いていない。

また、船舶の建造時には様々な品質検査が行われているが、品質の記録が取れていないか、取れていたとしても管理できる状態でデータ化されていないことも多く、品質を担保する仕組みが整っているとは言い難いのが現状である。

[0003] ここで、特許文献1には、各造船所の各々異なる環境と関係なく共通的に適用される船舶及び海洋プラント生産シミュレーションフレームワークと、この船舶及び海洋プラント生産シミュレーションフレームワークに基づき、各造船所の異なる環境に合わせて差別的に適用される造船海洋工程の相互検証シミュレーションシステム、ブロックのクレーンリフティング及び搭載シミュレーションシステム、GIS情報基盤設備シミュレーションシステム、及びブロック及び物流管制シミュレーションシステムを分離可能に結合することによって、各造船所の状況に合わせて効果的に適用される拡張性とリサイクル性を備えた船舶及び海洋プラント生産シミュレーション統合ソリューションシステムが開示されている。

また、特許文献2には、プロジェクト計画を生成する方法であって、タスク間の順位関係を記述する情報、タスクの所要時間を示す情報、及びタスクの所要時間の変動性を示す情報を含むプロジェクト明細情報をプロセッサユニットによって受信し、プロジェクト明細情報を使用してプロセッサユニットによって、プロジェクトのシミュレーションモデルを生成し、シミュレーションモデルを複数回実行して、クリティカルパスを形成しているタスクのサブセットを識別して、シミュレーション結果データを生成し、シミュレーション結果データから、クリティカルパスを形成しているタスクの識別されたサブセットを含むプロジェクトネットワークプレゼンテーションを生成することを含み、プロジェクト明細情報は、テキストファイル、電子スプレッドシートファイル、及び拡張マークアップ言語ファイルからなる情報形式のグループから選択された情報形式でプロセッサユニットによって受信される方法が開示されている。

また、特許文献3には、複数の工程からなる生産対象物の生産スケジュール



リングを行うスケジューリング装置であって、工程の接続順序関係を設定するための工程接続情報と、工程に含まれる各ブロックの移動経路を設定するブロックフロー情報と、各ブロックの各工程での工期を設定する作業工期情報と、各工程の制約条件とが蓄積された蓄積手段と、蓄積手段に蓄積された情報から工程を下流から上流に遡る順序に並べ替える解釈手段と、解釈手段により得られる並べ替え後の工程データに基づいてスケジューリングモデルを作成するモデル作成手段と、モデル作成手段により得られるスケジューリングモデル毎にスケジュールを最適化する日程計画作成手段と、日程計画作成手段により得られるスケジューリング結果を出力する出力手段とを有するスケジューリング装置が開示されている。

また、特許文献4には、工程計画と、工程計画に基づく設備配置計画と、工程計画および設備配置計画に基づく配員計画と、工程計画、設備配置計画および配員計画に基づく生産計画とを用い、各計画において作成された生産ラインモデルにより、生産活動をシミュレーションして各計画の評価規範値を作成し、規範値により各計画の良否を判定し、それに基づき計画の修正を行う生産システム計画方法が開示されている。また、この生産システム計画方法が適用される生産システム計画装置は、計画作成のために用いられる各種データ及びその処理結果である計画内容を格納するデータベース部を備えている。

また、特許文献5には、生産物流設備の操業実績情報及び作業計画情報を格納する実績・計画情報データベースと、ここに格納されている操業実績情報及び作業計画情報を用いて、指定された時間帯における生産物流設備の操業状況の統計値を算出する統計情報計算部と、算出された生産物流設備の操業状況の統計値を用いて、指定された時間帯における生産物流設備に含まれる設備の操業状況を示す設備稼働状況画面を表示すると共に、設備稼働状況画面に表示されている設備が選択操作されるのに応じて、選択操作された設備において行われる作業のリストを作業情報リストとして設備稼働状況画面上に重畳表示する設備稼働状況表示部と、製品が選択操作されるのに応じて

、生産物流設備に含まれる設備のガントチャート又は選択操作された製品に関係する作業が識別表示されたガントチャート画面を表示すると共に、ガントチャート画面内の作業が選択操作されるのに応じて、選択操作された作業と先行後続関係にある作業を識別表示するガントチャート表示部とを備えた生産物流設備の操業支援システムが開示されている。

また、特許文献6には、品質管理システムにおいて、サプライヤ端末から入力された品質データとしての出荷検査データをサーバのデータベースに蓄積し、サーバで統計処理を行って管理図を自動生成すること、管理図及び品質データは、購入者端末やサプライヤ端末から即時にモニタリング可能とされること、管理図における異常値の出現は自動検出され、サーバから異常発生通知メールを関係者に送信すること、品質データ、管理図、異常値出現時の対応履歴がBBS及びメールに蓄積され、データベースが形成されることが開示されている。

また、特許文献7には、機械要素商品のICタグ・データベース併用品質管理方法として、管理対象とする機械要素商品は、複数種類の要素品を組み立てたものであること、それら複数種類の要素品は、材料購入から、鍛造工程、熱処理工程、および研削工程を経て製造されるものであること、各工程の情報を、その工程のロット番号と共に、ICタグに記録すること、要素品を機械要素商品に組み立てた後は、各要素品に対するICタグの記録情報を、管理コンピュータシステムに、製造番号または製造ロット番号に対応して記録しておくこと、機械要素商品には別のICタグを取付け、製造番号またはロット番号を記録すること、また、このICタグには、鍛造、熱処理、研削の各工程の加工条件情報を記録することが開示されている。

また、非特許文献1には、造船CIMを構築するための工程管理に対応する具体的なはたらきとしてProcess PlanningとSchedulingが挙げられ、Process Planningでは、製品情報について製造現場に関する概念的な知識に基づき製造のための方法・手順を決定すること、Schedulingでは、実際の製造現場における具体的な状況に関する知識に基づいてProcess Planningの結果を時

間・現場機材の活用の観点から展開し、納期その他の条件を満たす日程計画を作成することが記載されていると共に、オブジェクト指向に基づく工程管理のための造船工場モデルが開示されている。

また、非特許文献2には、船舶建造プロセスにおける生産設備の導入効果を評価するため、生産プロセスで対象とする製品の製造誤差に基づく手直し作業を考慮した生産プロセスシミュレーションを利用して、新規生産設備導入によるプロセス全体の期間と費用への影響を評価する手法が開示されており、当該生産プロセスシミュレーションにおいては、造船所の作業場所の制約と作業員のスキルを考慮することが記載されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

- [0004] 特許文献1：実用新案登録第3211204号公報  
特許文献2：特開2013-117959号公報  
特許文献3：特開2007-183817号公報  
特許文献4：特開2003-162313号公報  
特許文献5：特開2015-138321号公報  
特許文献6：特開2006-79354号公報  
特許文献7：特開2004-334891号公報

### 非特許文献

- [0005] 非特許文献1：小山健夫，外1名，“造船CIM構築のための工程管理システムに関する基礎的研究”，日本造船学会論文集，日本造船学会，平成元年11月，第166号，p.415-423  
非特許文献2：満行泰河，外3名，“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，日本船舶海洋工学会，2016年12月，第24号，p.291-298

## 発明の概要

### 発明が解決しようとする課題

[0006] 特許文献1-4、及び非特許文献1-2は、建造のシミュレーションにおいて作業員の生産行為を主作業や付随作業まで含めて精密に再現しようとするものではなく、船舶の建造に関連した品質データをデータベースに蓄積するものでもない。なお、非特許文献2は、製品の品質に影響を与える生産設備の導入効果を評価するため、生産プロセスシミュレーションを利用してはいるが、品質データを管理できる状態でデータベースに蓄積するものではない。

また、特許文献5は、シミュレーションのための工場の設備と作業員に関する情報を、データベースに蓄積しているものではなく、船舶の建造に関連した品質データをデータベースに蓄積するものでもない。

また、特許文献6-7は、データベースに蓄積する出荷検査データや製造情報が、その製品の構成や形状を表現したプロダクトモデルと関連付けられているものではない。

そこで本発明は、船舶の建造を細かな作業レベルでシミュレーションすることができる統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法、建造シミュレーションプログラム、及び建造シミュレーションシステムを提供すること、並びに船舶の建造に関連した品質データを管理できる状態で蓄積して有効に利用できる船舶の品質データベースの構築方法を提供することを目的とする。

### 課題を解決するための手段

[0007] 請求項1記載に対応した統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法においては、船舶の建造を統一データベースに蓄積された標準化したデータ構造で表現された情報に基づいてシミュレーションする方法であって、船舶の基本設計情報を統一データベースから取得して標準化したデータ構造で表現したプロダクトモデルとして設定するプロダクトモデル設定ステップと、船舶を建造する工場の設備と作業員に関する情報を統一データベースから取得して標準化したデータ構造で表現したファシリティモデルとして設定するファシリティモデル設定ステップと、プロダクトモデルとファシ

リティモデルに基づいて、船舶を構成部品から建造するための組み立て手順とタスクを明確化し、標準化したデータ構造で表現したプロセスモデルを作成するプロセスモデル作成ステップと、プロセスモデルに基づいて時間ごとの建造の進行状況を逐次計算する時間発展系シミュレーションを行うシミュレーションステップと、時間発展系シミュレーションの結果を時系列データ化し建造時系列情報とする時系列情報化ステップと、建造時系列情報を提供する情報提供ステップとを実行することを特徴とする。

請求項 1 に記載の本発明によれば、ユーザは船舶の建造を標準化したデータ構造で表現された情報に基づいて、時間ごとに細かな作業レベルでシミュレーションすることが可能となり、その精度の高いシミュレーション結果としての建造時系列情報に基づいて工場の改善、生産設計の改善、受注時のコスト予測、及び設備投資などを検討することができるため、建造コストの低減や工期の短縮につながる。

[0008] 請求項 2 に記載の本発明は、ファシリティモデルは、設備と作業員に関する情報に基づいて予め作成され、標準化したデータ構造で表現して統一データベースに蓄積されたものであることを特徴とする。

請求項 2 に記載の本発明によれば、ファシリティモデルが統一データベースに標準化したデータ構造として蓄積されているため、標準化したデータ構造のファシリティモデルの取得や、共同利用、設定、新たな情報の蓄積等を簡便に行うことができる。

[0009] 請求項 3 に記載の本発明は、プロダクトモデルは、船舶の基本設計情報に基づいて予め作成され、標準化したデータ構造で表現して統一データベースに蓄積されたものであることを特徴とする。

請求項 3 に記載の本発明によれば、プロダクトモデルの取得を、例えば、設計システムにアクセスすることなく簡便に行うことができる。また、プロダクトモデルが、例えば、情報の種類や属性、また複数の情報間の関係性を標準化したデータ構造であるため、プロダクトモデルの取得やプロセスモデルの作成をより簡便に行うことや蓄積を容易に行うことができる。

[0010] 請求項4記載の本発明は、プロセスモデル作成ステップで作成された標準化したデータ構造で表現したプロセスモデルを統一データベースに蓄積するプロセスモデル蓄積ステップをさらに実行することを特徴とする。

請求項4に記載の本発明によれば、例えば、次のシミュレーションの機会、又は類似した船舶のシミュレーションにおける過去船プロセスデータとして、蓄積したプロセスモデルを用いて時間発展系シミュレーションを行うことができる。また、例えば、プロセスモデルのデータ構造が、情報の種類や属性、また複数の情報間の関係性を標準化したものであるため、プロセスモデルの蓄積や利用が容易となる。

[0011] 請求項5記載の本発明は、プロセスモデルは、組み立て手順として組み立ての依存関係を表す組立ツリーと、組立ツリーに基づいたタスク間の依存関係を表すタスクツリーを含むことを特徴とする。

請求項5に記載の本発明によれば、組み立ての手順と、それに関わるタスクの依存関係を明確にし、プロセスモデルを精度よく作成することができる。

[0012] 請求項6記載の本発明は、タスクは、時間発展系シミュレーションで実行可能な関数であるベーシックタスクを組み合わせて構築されるカスタムタスクを含むことを特徴とする。

請求項6に記載の本発明によれば、作業の種類別に小さな作業を組み合わせたカスタムタスクにより、時間発展系シミュレーションの精度を向上させることができる。

[0013] 請求項7記載の本発明は、プロセスモデル作成ステップにおいて、組み立て手順とタスクに基づいて作業員のスケジュール情報及び工場内の設備と作業員の配置に関する工場レイアウト情報の少なくとも一方を作成することを特徴とする。

請求項7に記載の本発明によれば、スケジュール情報に基づき、主作業や付随作業まで含めた作業員のすべての生産行為を精密に再現して時間発展系シミュレーションを行うことができる。また、設備と作業員の配置が反映さ

れた工場レイアウト情報に基づき、時間発展系シミュレーションを行うことができる。

- [0014] 請求項 8 記載の本発明は、作業員が仮想的な作業を進めるため、又は作業員が仮想的な作業で使用する設備を決めるための作業員に付与される判断ルールであるブレインを含むルール情報を利用することを特徴とする。

請求項 8 に記載の本発明によれば、ルール情報を利用することにより、時間発展系シミュレーションにおける作業員が的確に仮想的な作業を進めることや設備を決めることが容易になる。また、繰り返し作業ではなく現場で判断することが非常に多い作業を作業員がブレインを利用して判断し、仮想的な作業を円滑に進めることができる。

- [0015] 請求項 9 記載の本発明は、プロダクトモデル、ファシリティモデル、及びプロセスモデルの標準化したデータ構造は、少なくとも複数のデータの種類のごとに分けたクラスと、クラス間の関係、及びクラス間の親子関係を含むデータ構造を有することを特徴とする。

請求項 9 に記載の本発明によれば、プロダクトモデル、ファシリティモデル、及びプロセスモデルの取得や蓄積、利用等が、クラスやクラス間の関係を軸としたデータ構造により容易となる。

- [0016] 請求項 10 記載の本発明は、情報提供ステップにおいて、少なくとも建造時系列情報を標準化したデータ構造として、統一データベースに提供することを特徴とする。

請求項 10 に記載の本発明によれば、建造時系列情報として提供する情報の種類や属性、またフォーマット等を、プロダクトモデル等との関係性を考慮して建造時系列情報としての標準化したデータ構造で、統一データベースに容易に蓄積ができる。また、標準化したデータ構造として蓄積した建造時系列情報を、例えば、統一データベースから取得して、実際の船舶の建造時に参照したり、後のシミュレーション時の情報として利用したり、ルール情報の機械学習に活用したりすること等ができる。

- [0017] 請求項 11 記載に対応した統一データベースに基づく船舶の建造シミュレ

ーションプログラムにおいては、船舶の建造を統一データベースに蓄積された標準化したデータ構造で表現された情報に基づいてシミュレーションするプログラムであって、コンピュータに、統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法におけるプロダクトモデル設定ステップと、ファシリティモデル設定ステップと、プロセスモデル作成ステップと、シミュレーションステップと、時系列情報化ステップと、情報提供ステップとを実行させることを特徴とする。

請求項 1 1 に記載の本発明によれば、ユーザは船舶の建造を標準化したデータ構造で表現された情報に基づいて、時間ごとに細かな作業レベルでシミュレーションすることが可能となり、その精度の高いシミュレーション結果としての建造時系列情報に基づいて工場の改善、生産設計の改善、受注時のコスト予測、及び設備投資などを検討することができるため、建造コストの低減や工期の短縮につながる。

[0018] 請求項 1 2 記載の本発明は、コンピュータに、プロセスモデル蓄積ステップをさらに実行させることを特徴とする。

請求項 1 2 に記載の本発明によれば、例えば、次のシミュレーションの機会、又は類似した船舶のシミュレーションにおける過去船プロセスデータとして、蓄積したプロセスモデルを用いて時間発展系シミュレーションを行うことができる。また、例えば、プロセスモデルのデータ構造が、情報の種類や属性、また複数の情報間の関係性を標準化したものであるため、プロセスモデルの蓄積や利用が容易となる。

[0019] 請求項 1 3 記載に対応した統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションシステムにおいては、統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法を実行するためのシステムであって、船舶の建造に関わる情報を標準化したデータ構造で蓄積する統一データベースと、プロダクトモデルを設定するプロダクトモデル設定手段と、ファシリティモデルを設定するファシリティモデル設定手段と、プロセスモデルを作成するプロセスモデル作成手段と、時間発展系シミュレーションを行う建造シミュレーション手段



と、建造時系列情報を作成する時系列情報化手段と、建造時系列情報を提供する情報提供手段とを備えたことを特徴とする。

請求項 1 3 に記載の本発明によれば、ユーザは船舶の建造を標準化したデータ構造で表現した情報に基づいて、時間ごとに細かな作業レベルでシミュレーションすることが可能となり、その精度の高いシミュレーション結果としての建造時系列情報に基づいて工場の改善、生産設計の改善、受注時のコスト予測、及び設備投資などを検討することができるため、建造コストの低減や工期の短縮につながる。

[0020] 請求項 1 4 記載の本発明は、プロセスモデルを統一データベースに蓄積するプロセスモデル蓄積手段をさらに備えたことを特徴とする。

請求項 1 4 に記載の本発明によれば、蓄積したプロセスモデルを統一データベースから取得して、時間発展系シミュレーションを行うことが可能となる。また、例えば、情報の種類や属性、また複数の情報間の関係性を標準化したデータ構造で作成したプロセスモデルを蓄積することで、プロセスモデルの作成や蓄積、また利用が容易となる。

[0021] 請求項 1 5 記載の本発明は、ファシリティモデルが、複数の工場の設備の情報と、作業員の情報から作成されたファシリティモデルであり、プロセスモデル作成手段が工場ごとのプロセスモデルを作成し、建造シミュレーション手段がプロダクトモデルに対して工場ごとの時間発展系シミュレーションを行うことを特徴とする。

請求項 1 5 に記載の本発明によれば、例えば、複数の工場のファシリティモデルに対して、一つのプロダクトモデルから工場ごとのプロセスモデルが作成され、工場ごとのファシリティモデルを用いた時間発展系シミュレーションが行われるため、各工場での製造コストや工期を比較することができ、実際に建造する工場の選択を容易化でき、コストのさらなる低減や工期のさらなる短縮につながる。

[0022] 請求項 1 6 記載の本発明は、建造シミュレーション手段における工場ごとの時間発展系シミュレーションの結果を、比較可能な建造時系列情報として

情報提供手段から提供することを特徴とする。

請求項 1 6 に記載の本発明によれば、ユーザは迅速かつ的確に、各工場での工数予測結果、ファシリティの課題、ボトルネック等を比較でき、製造コストや工期などを比較することが可能となる。

[0023] 請求項 1 7 記載の本発明は、建造時系列情報に基づいて、船舶の建造に関わるコストを計算するコスト計算手段、船舶の建造に必要な購入部品の購入計画を作成する部品調達計画手段、及び船舶の建造に関わる生産計画を立案する生産計画手段のうちの少なくとも一つを備えたことを特徴とする。

請求項 1 7 に記載の本発明によれば、コスト計算手段を備えることで、建造時系列情報に基づいて計算された船舶の建造に関わるコストを簡便に得ることができる。また、部品調達計画手段を備えることで、建造時系列情報に基づいて作成された購入部品の購入計画を簡便に得ることができる。また、生産計画手段を備えることで、建造時系列情報を船舶の建造全体の生産計画の立案へとスムーズに繋げることができる。

[0024] 請求項 1 8 記載に対応した船舶の品質データベースの構築方法においては、統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法におけるプロセスモデル又は建造時系列情報に基づいて、建造プロセスを実行し、建造プロセスに関わる品質データを取得し、品質データをプロダクトモデル、ファシリティモデル、及びプロセスモデルのうちの少なくとも一つと関連付けし、標準化した品質データ構造で表現してプロダクトモデルの品質管理データとして品質データベースに蓄積することを特徴とする。

請求項 1 8 に記載の本発明によれば、プロセスモデルに従って建造（製造）された船舶（製品）の品質データをプロダクトモデルと関連付けしてプロダクトモデルの品質管理データとして蓄積することにより、船舶のプロダクトモデルと実際の製品の品質データを一元管理することができる。これにより、実際の製品と品質データの照合ができ、品質に関する分析や解析も可能となり、ひいては品質管理の高度化、品質の改善、及びサービスの高度化等を図ることができる。また、プロセスモデルに従って製造された製品の品質

データをプロセスモデルと関連付けして品質管理データとして蓄積することにより、プロセスモデルと実際の工程情報（施工情報）及び品質データを一元管理することができる。これにより、製造に関する作業と品質データの照合ができ、品質に関する分析や解析、また工程品質の改善等も可能となる。さらに、品質データを時系列で管理できる。また、プロセスモデルに従って製造された製品の品質データをファシリティモデルと関連付けして品質管理データとして蓄積することにより、ファシリティモデルと実際の製品の品質データを一元管理することができる。これにより、工程における設備や作業員と品質データの照合ができ、品質に関する分析や解析、また工程の改善等も可能となる。

[0025] 請求項 19 記載の本発明は、船舶の就航後の就航後品質情報を取得し、プロダクトモデル、ファシリティモデル、及びプロセスモデルのうちの少なくとも一つと関連付けして船舶の就航後の品質管理データとして品質データベースに蓄積したことを特徴とする。

請求項 19 に記載の本発明によれば、試運転時、運航中、又は入渠時等、就航後における就航後品質情報を船舶の就航後の品質管理データとして品質データベースに蓄積することで、就航後の損傷や改良工事等の情報を反映した品質に関する分析や解析、また製造品質の改善等のみならず、設計品質、企画品質、使用品質等の改善を行うことができる。

[0026] 請求項 20 記載の本発明は、標準化した品質データ構造は、プロダクトモデル、ファシリティモデル、及びプロセスモデルのうちの少なくとも一つの標準化したデータ構造と関連付けし標準化したものであることを特徴とする。

請求項 20 に記載の本発明によれば、標準化したデータ構造との関連付けにより、品質管理データをより取り扱い易いものとすることができる。

### 発明の効果

[0027] 本発明の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法によれば、ユーザは船舶の建造を標準化したデータ構造で表現された情報に基づ

いて、時間ごとに細かな作業レベルでシミュレーションすることが可能となり、その精度の高いシミュレーション結果としての建造時系列情報に基づいて工場の改善、生産設計の改善、受注時のコスト予測、及び設備投資などを検討することができるため、建造コストの低減や工期の短縮につながる。

[0028] また、ファシリティモデルは、設備と作業員に関する情報に基づいて予め作成され、標準化したデータ構造で表現して統一データベースに蓄積されたものである場合には、ファシリティモデルが統一データベースに標準化したデータ構造として蓄積されているため、標準化したデータ構造のファシリティモデルの取得や、共同利用、設定、新たな情報の蓄積等を簡便に行うことができる。

[0029] また、プロダクトモデルは、船舶の基本設計情報に基づいて予め作成され、標準化したデータ構造で表現して統一データベースに蓄積されたものである場合には、プロダクトモデルの取得を、例えば、設計システムにアクセスすることなく簡便に行うことができる。また、プロダクトモデルが、例えば、情報の種類や属性、また複数の情報間の関係性を標準化したデータ構造であるため、プロダクトモデルの取得やプロセスモデルの作成をより簡便に行うことや蓄積を容易に行うことができる。

[0030] また、プロセスモデル作成ステップで作成された標準化したデータ構造で表現したプロセスモデルを統一データベースに蓄積するプロセスモデル蓄積ステップをさらに実行する場合には、例えば、次のシミュレーションの機会、又は類似した船舶のシミュレーションにおける過去船プロセスデータとして、蓄積したプロセスモデルを用いて時間発展系シミュレーションを行うことができる。また、例えば、プロセスモデルのデータ構造が、情報の種類や属性、また複数の情報間の関係性を標準化したものであるため、プロセスモデルの蓄積や利用が容易となる。

[0031] また、プロセスモデルは、組み立て手順として組み立ての依存関係を表す組立ツリーと、組立ツリーに基づいたタスク間の依存関係を表すタスクツリーを含む場合には、組み立ての手順と、それに関わるタスクの依存関係を明

確にし、プロセスモデルを精度よく作成することができる。

[0032] また、タスクは、時間発展系シミュレーションで実行可能な関数であるベーシックタスクを組み合わせて構築されるカスタムタスクを含む場合には、作業の種類別に小さな作業を組み合わせたカスタムタスクにより、時間発展系シミュレーションの精度を向上させることができる。

[0033] また、プロセスモデル作成ステップにおいて、組み立て手順とタスクに基づいて作業員のスケジュール情報及び工場内の設備と作業員の配置に関する工場レイアウト情報の少なくとも一方を作成する場合には、スケジュール情報に基づき、主作業や付随作業まで含めた作業員のすべての生産行為を精密に再現して時間発展系シミュレーションを行うことができる。また、設備と作業員の配置が反映された工場レイアウト情報に基づき、時間発展系シミュレーションを行うことができる。

[0034] また、作業員が仮想的な作業を進めるため、又は作業員が仮想的な作業で使用する設備を決めるための作業員に付与される判断ルールであるブレインを含むルール情報を利用する場合には、ルール情報を利用することにより、時間発展系シミュレーションにおける作業員が的確に仮想的な作業を進めることや設備を決めることが容易になる。また、繰り返し作業ではなく現場で判断することが非常に多い作業を作業員がブレインを利用して判断し、仮想的な作業を円滑に進めることができる。

[0035] また、プロダクトモデル、ファシリティモデル、及びプロセスモデルの標準化したデータ構造は、少なくとも複数のデータの種類ごとに分けたクラスと、クラス間の関係、及びクラス間の親子関係を含むデータ構造を有する場合には、プロダクトモデル、ファシリティモデル、及びプロセスモデルの取得や蓄積、利用等が、クラスやクラス間の関係を軸としたデータ構造により容易となる。

[0036] また、情報提供ステップにおいて、少なくとも建造時系列情報を標準化したデータ構造として、統一データベースに提供する場合には、建造時系列情報として提供する情報の種類や属性、またフォーマット等を、プロダクトモ

デル等との関係性を考慮して建造時系列情報としての標準化したデータ構造で、統一データベースに容易に蓄積ができる。また、標準化したデータ構造として蓄積した建造時系列情報を、例えば、統一データベースから取得して、実際の船舶の建造時に参照したり、後のシミュレーション時の情報として利用したり、ルール情報の機械学習に活用したりすること等ができる。

[0037] また、本発明の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションプログラムによれば、ユーザは船舶の建造を標準化したデータ構造で表現された情報に基づいて、時間ごとに細かな作業レベルでシミュレーションすることが可能となり、その精度の高いシミュレーション結果としての建造時系列情報に基づいて工場の改善、生産設計の改善、受注時のコスト予測、及び設備投資などを検討することができるため、建造コストの低減や工期の短縮につながる。

[0038] また、コンピュータに、プロセスモデル蓄積ステップをさらに実行させる場合には、例えば、次のシミュレーションの機会、又は類似した船舶のシミュレーションにおける過去船プロセスデータとして、蓄積したプロセスモデルを用いて時間発展系シミュレーションを行うことができる。また、例えば、プロセスモデルのデータ構造が、情報の種類や属性、また複数の情報間の関係性を標準化したものであるため、プロセスモデルの蓄積や利用が容易となる。

[0039] また、本発明の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションシステムによれば、ユーザは船舶の建造を標準化したデータ構造で表現された情報に基づいて、時間ごとに細かな作業レベルでシミュレーションすることが可能となり、その精度の高いシミュレーション結果としての建造時系列情報に基づいて工場の改善、生産設計の改善、受注時のコスト予測、及び設備投資などを検討することができるため、建造コストの低減や工期の短縮につながる。

[0040] また、プロセスモデルを統一データベースに蓄積するプロセスモデル蓄積手段をさらに備えた場合には、蓄積したプロセスモデルを統一データベース

から取得して、時間発展系シミュレーションを行うことが可能となる。また、例えば、情報の種類や属性、また複数の情報間の関係性を標準化したデータ構造で作成したプロセスモデルを蓄積することで、プロセスモデルの作成や蓄積、また利用が容易となる。

[0041] また、ファシリティモデルが、複数の工場の設備の情報と、作業員の情報から作成されたファシリティモデルであり、プロセスモデル作成手段が工場ごとのプロセスモデルを作成し、建造シミュレーション手段がプロダクトモデルに対して工場ごとの時間発展系シミュレーションを行う場合には、例えば、複数の工場のファシリティモデルに対して、一つのプロダクトモデルから工場ごとのプロセスモデルが作成され、工場ごとのファシリティモデルを用いた時間発展系シミュレーションが行われるため、各工場での製造コストや工期を比較することができ、実際に建造する工場の選択を容易化でき、コストのさらなる低減や工期のさらなる短縮につながる。

[0042] また、建造シミュレーション手段における工場ごとの時間発展系シミュレーションの結果を、比較可能な建造時系列情報として情報提供手段から提供する場合には、ユーザは迅速かつ的確に、各工場での工数予測結果、ファシリティの課題、ボトルネック等を比較でき、製造コストや工期などを比較することが可能となる。

[0043] また、建造時系列情報に基づいて、船舶の建造に関わるコストを計算するコスト計算手段、船舶の建造に必要な購入部品の購入計画を作成する部品調達計画手段、及び船舶の建造に関わる生産計画を立案する生産計画手段のうちの少なくとも一つを備えた場合には、コスト計算手段を備えることで、建造時系列情報に基づいて計算された船舶の建造に関わるコストを簡便に得ることができる。また、部品調達計画手段を備えることで、建造時系列情報に基づいて作成された購入部品の購入計画を簡便に得ることができる。また、生産計画手段を備えることで、建造時系列情報を船舶の建造全体の生産計画の立案へとスムーズに繋げることができる。

[0044] 本発明の船舶の品質データベースの構築方法によれば、プロセスモデルに

従って建造（製造）された船舶（製品）の品質データをプロダクトモデルと関連付けしてプロダクトモデルの品質管理データとして蓄積することにより、船舶のプロダクトモデルと実際の製品の品質データを一元管理することができる。これにより、実際の製品と品質データの照合ができ、品質に関する分析や解析も可能となり、ひいては品質管理の高度化、品質の改善、及びサービスの高度化等を図ることができる。また、プロセスモデルに従って製造された製品の品質データをプロセスモデルと関連付けして品質管理データとして蓄積することにより、プロセスモデルと実際の工程情報（施工情報）及び品質データを一元管理することができる。これにより、製造に関する作業と品質データの照合ができ、品質に関する分析や解析、また工程品質の改善等も可能となる。さらに、品質データを時系列で管理できる。また、プロセスモデルに従って製造された製品の品質データをファシリティモデルと関連付けして品質管理データとして蓄積することにより、ファシリティモデルと実際の製品の品質データを一元管理することができる。これにより、工程における設備や作業員と品質データの照合ができ、品質に関する分析や解析、また工程の改善等も可能となる。

[0045] また、船舶の就航後の就航後品質情報を取得し、プロダクトモデル、ファシリティモデル、及びプロセスモデルのうちの少なくとも一つと関連付けして船舶の就航後の品質管理データとして品質データベースに蓄積した場合には、試運転時、運航中、又は入渠時等、就航後における就航後品質情報を船舶の就航後の品質管理データとして品質データベースに蓄積することで、就航後の損傷や改良工事等の情報を反映した品質に関する分析や解析、また製造品質の改善等のみならず、設計品質、企画品質、使用品質等の改善を行うことができる。

[0046] また、標準化した品質データ構造は、プロダクトモデル、ファシリティモデル、及びプロセスモデルのうちの少なくとも一つの標準化したデータ構造と関連付けし標準化したものである場合には、標準化したデータ構造との関連付けにより、品質管理データをより取り扱い易いものとすることができる。



。

## 図面の簡単な説明

- [0047] [図1]本発明の第一の実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法のフロー
- [図2]同建造シミュレーション方法に用いる船舶の建造シミュレーションシステムを機能実現手段で表したブロック図
- [図3]同全体概要図
- [図4]同プロダクトモデルの例を示す図
- [図5]同5枚板モデルの結合関係を示す図
- [図6]同第一の板P1の3次元モデルを示す図
- [図7]同3枚板モデルのプロダクトモデルの例を示す図
- [図8]同ファシリティの3次元モデルの例を示す図
- [図9]同ファシリティモデルの例を示す図
- [図10]同プロセスモデルの概念図
- [図11]同プロセスモデル作成ステップの詳細フロー
- [図12]同5枚板モデルの組立ツリーの例を示す図
- [図13]同3枚板モデルの組立ツリーの例を示す図
- [図14]同全タスクの関係をツリーとして表現した例を示す図
- [図15]同3枚板モデルのタスクツリーの例を示す図
- [図16]同3枚板モデルのタスクツリーのデータの例を示す図
- [図17]同3枚板モデルにおける作業員へのタスクの割り振りとタスクの順番の例を示す図
- [図18]同実際にシミュレーション空間に配置した例を示す図
- [図19]同3枚板モデルにおける工場レイアウト情報の例を示す図
- [図20]同シミュレーションステップの詳細フロー
- [図21]同ブレインを利用したシミュレーションの様子を示す図
- [図22]同シミュレーションステップの疑似コードを示す図
- [図23]同ベーシックタスクの例として移動タスク (move) を示す図

- [図24]同ベーシックタスクの例として溶接タスク (w e l d) を示す図
- [図25]同ベーシックタスクの例としてクレーン移動タスク (C r a n e M o v e) を示す図
- [図26]同配材タスク「取りに行く」の例を示す図
- [図27]同配材タスク「配置する」の例を示す図
- [図28]同本溶接タスクをベーシックタスクの組合せで表現した例を示す図
- [図29]同2つの入り口がある壁で囲まれた領域のうち、移動可能なメッシュを構成した例を示す図
- [図30]同形状データの例を示す図
- [図31]同溶接線データの例を示す図
- [図32]同裏焼き線データの例を示す図
- [図33]同プロダクトモデルデータの例を示す図
- [図34]同ポリラインデータの例を示す図
- [図35]同組立ツリーデータの例を示す図
- [図36]同タスクツリーデータの例を示す図
- [図37]同出力処理の詳細フロー
- [図38]本発明の第二の実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法のフロー
- [図39]同統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションシステムを機能実現手段で表したブロック図
- [図40]本発明の第三の実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションシステムを機能実現手段で表したブロック図
- [図41]本発明の第四の実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションシステムを機能実現手段で表したブロック図
- [図42]本発明の第五の実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションシステムを機能実現手段で表したブロック図
- [図43]本発明の第六の本実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションシステムを機能実現手段で表したブロック図

[図44]本発明の実施形態によるプロダクトモデルの標準化したデータ構造の例を示す図

[図45]同ファシリティモデルの標準化したデータ構造の例を示す図

[図46-1]同プロダクトモデル、ファシリティモデル、及びプロセスモデルの標準化したデータ構造の例のうち、プロダクトモデルを示す図

[図46-2]同プロダクトモデル、ファシリティモデル、及びプロセスモデルの標準化したデータ構造の例のうち、ファシリティモデルを示す図

[図46-3]同プロダクトモデル、ファシリティモデル、及びプロセスモデルの標準化したデータ構造の例のうち、プロセスモデルを示す図

[図47]本発明の第七の実施形態による船舶の品質データベースの構築方法に用いるシステムのブロック図

[図48]同船舶の品質データベースの構築方法のフロー図

[図49]同品質管理データのデータ構造の概念図

[図50]同品質管理項目と品質管理データの例を示す図

[図51]同統一データベースの構成を示す図

[図52]同プロダクトモデルと品質データのクラス図

[図53]同第八の実施形態による船舶の品質データベースの構築方法に用いるシステムのブロック図

[図54]同船舶の品質データベースの構築方法のフロー図

[図55]同船舶の品質データベースの構築方法における統一データベースの利用方法の説明図

[図56]同船舶の品質データベースの構築方法における統一データベースの他の利用方法の説明図

[図57]同船舶の品質データベースの構築方法における統一データベースと各アプリケーションの全体構成を示す図

[図58]同溶接品質管理アプリによる品質管理データの利用を示す図

[図59]同塗装品質管理アプリによる品質管理データの利用を示す図

[図60]本発明の実施例によるケース1の組立シナリオにおけるシミュレーション

ヨンの計算結果のガントチャート

[図61]同ケース2の組立シナリオにおけるシミュレーションの計算結果のガントチャート

[図62]同ケース2におけるシミュレーションの3次元的な外観図

### 発明を実施するための形態

[0048] 本発明の第一の実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法、建造シミュレーションプログラム、及び建造シミュレーションシステムについて説明する。

図1は本実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法のフロー、図2は建造シミュレーション方法に用いる船舶の建造シミュレーションシステムを機能実現手段で表したブロック図、図3は全体概要図である。

統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法は、船舶の建造を、統一データベース10に蓄積された標準化したデータ構造で表現された情報に基づいてシミュレーションするものである。この方法においては、作業員の詳細な動き、すなわち要素作業の動きまでを建造シミュレーション内で表現することを目的に、仮想的な造船工場を構築するために必要な情報を整理する。造船工場は、プロダクト（船舶を含む製品）モデル、ファシリティ（道具を含む設備・作業員）モデル、及びプロセス（作業・工程）モデルという、3つのモデルから構築される。この3つのモデルが、造船工場をモデル化するために必要な核となるデータである。また、シミュレーションを実施するにあたり、これらの情報を補完する2つの付随情報として、スケジュール情報41と工場レイアウト情報42を併せて定義する。

なお、プロダクトモデルは実際の製品を、ファシリティモデル12は実際の設備や作業員を抽象化しシミュレーションで扱えるようにした体系化されたデータ群であり、仮想的な製品、設備や作業員であるともいえる。また、プロセスモデルは、プロダクトモデルとファシリティモデル12により導かれる仮想的な作業の体系であるともいえる。

[0049] 建造シミュレーション方法に用いる建造シミュレーションシステムは、船舶の建造に関わる情報を標準化したデータ構造で蓄積する統一データベース10と、プロダクトモデル設定手段20と、ファシリティモデル設定手段30と、プロセスモデル作成手段40A及び建造シミュレーション手段40Bを有する建造シミュレータ40と、時系列情報化手段50と、情報提供手段60と、プロセスモデル蓄積手段70と、検証手段80と、モデル修正手段90を備える。

統一データベース10には、基本設計情報11と、設備情報12A及び作業員情報12Bを有するファシリティモデル12と、過去船のプロセスデータ13と、ルール情報14と、品質データ17が蓄積されている。このように統一データベース10に各種情報を蓄積することで、情報の種類ごとに別々のデータベースが設けられている場合と比べて情報の蓄積や取得が容易となり、情報の共同利用が可能となり、またデータベースの管理を一元化することができる。なお、統一データベース10は、物理的にまとまったデータベースであってもよいし、通信回線を介して連係する分散型のデータベースであってもよい。

まとまったデータベースであっても、分散型のデータベースであっても、基本的に蓄積された各種情報がそれぞれの標準化したデータ構造を有していること、又は標準化したデータ構造を有するように変換し得ることが重要であり、各種情報がそれぞれの標準化したデータ構造を有すること、又は標準化したデータ構造に変換し得ることをさして「統一」ともいう。

ファシリティモデル12は、工場の設備と作業員に関する情報（設備情報12A及び作業員情報12B）に基づいて予め作成し、標準化したデータ構造で表現して統一データベース10に蓄積されたものである。ファシリティモデル12の「標準化したデータ構造」とは、設備と作業員に関する情報の種類や属性をクラスとして定義しておくことであり、クラス同士の親子関係等といった関係性を情報のツリーとして定義する。なお、工場の設備には道具も含まれる。

[0050] 図1に示すプロダクトモデル設定ステップS1においては、プロダクトモデル設定手段20を用い、船舶の基本設計情報11を統一データベース10から取得して標準化したデータ構造で表現したプロダクトモデルとして設定する。

基本設計情報11には、船舶の完成部品と完成部品を構成する構成部品の結合関係が含まれている。例えば、プロダクト（製品）が船殻である場合、完成部品は船殻を構成するブロック（区画）であり、構成部品はブロックを構成する板材である。結合関係は、ノード（Node、部品の実体情報）とエッジ（Edge、部品の結合情報）で表現される。なお、船舶の完成部品として船舶全体を設定し、構成部品を船体、船殻、バラストタンク、燃料タンク、主機、補機、配管、配線等の船舶を構成する部品に位置付けることもできる。

基本設計情報11は、統一データベース10に蓄積されている。これにより、基本設計情報11の取得を、例えば、設計システムにアクセスすることなく簡便に行うことができる。

また、基本設計情報11は、CADシステムから取得することもできる。CADシステムから基本設計情報11を取得することにより、CADシステムで作成された基本設計情報11をプロダクトモデルの設定等に有効利用できる。なお、基本設計情報11には、例えば、船殻の設計CADデータを変換したノードとエッジで表現される結合関係を含む情報も含めることができる。この結合関係を含む情報は、CADシステムで予め変換して得てもよいし、基本設計情報11を取得後にプロダクトモデル設定手段20で変換して得てもよい。また、CADシステムから取得する基本設計情報11が、各CADシステムにおける独自のデータ構造で保持されている場合は、プロダクトモデル設定手段20において、CADデータをシミュレーションで利用できるデータ構造に変換する。また、CADシステムからの基本設計情報11の取得は、通信回線を介した取得の他、近距離無線通信や記憶手段を用いた取得等、様々な手段を利用して行うことができる。

プロダクトモデルでは、組立対象のプロダクトに関わる情報として、プロ

ダクトを構成する部品自身の属性情報ならびに部品間の結合情報を定義する。プロダクトモデルには、プロダクトの組立に関わる作業（組み立て手順、プロセス）の情報は含まれない。

プロダクトは構成部品である実体をもつ部品同士が個々に結合されていると考える。そこでプロダクトモデルは、グラフ理論に基づきノードとエッジで表現されるグラフ構造を用いて定義する。ノード同士の結合であるエッジには方向性は無いとし、無向グラフとする。

[0051] 図4はプロダクトモデルの例を示す図、図5は5枚板モデルの結合関係を示す図である。なお、図5の5枚板モデルは、説明の便宜上、簡略化したプロダクトモデルを示しているが、プロダクトモデルの対象としては、複雑な船殻のブロックや、船体構造、また船舶全体まで含めることが可能である。

ここでは、図4(a)に示すような二重底ブロックを、図4(b)に示すように簡略化した5枚板モデルを対象としている。厳密には異なるが、第一の板P1がインナーボトム、第三の板P3がボトムシェル、第二の板P2と第四の板P4がガーダー、第五の板P5をロンジと見立てて簡略化している。カラープレートやフロアがなく、ロンジも本数が少ないなど、実際の完成部品とは異なるものの、十分かつ本質的な要素を抽出している。

この完成部品は、図5に示される結合関係で定義される。各板P1～P5が構成部品実体のノードに該当し、それらの結合関係であるline1～line5がエッジに該当する。ここでは簡単のために5枚板モデルを用いているが、数多くの構成部品で構成される実際の完成部品においても、構成部品実体とそれらの結合関係で完成部品全体を定義することができるため、同様なグラフ表現を用いてプロダクトモデルを定義することが可能である。

[0052] 図6は第一の板P1の3次元モデルを示す図である。

プロダクトの構成部品の形状は、3DCADモデルを入力することで定義できる。図6に示すように、3次元モデルの座標系は、その部材全体を囲む四角形(Bounding-box)を定義し、その四角形の8頂点のうち、x, y, z座標値が最小となる頂点が原点位置になるように3次元モデルを配置した。

またシミュレーションの実行中は、3次元モデルに定義した基準点の位置（ローカル座標系、又はグローバル座標系における座標）、姿勢情報（初期姿勢を基準としたオイラー角・クォータニオン）を随時参照できるものとする。

[0053] 構成部品同士の接合情報を示すエッジには、当該構成部品同士の接合情報を示す必要がある。本実施形態では、簡単のために、完成部品の完成状態の座標系における、それぞれの構成部品の位置・姿勢の情報を与える。具体的には、各構成部品に対して基準点とする3点を任意に与え、その3点が完成状態の座標系において、どこに位置するか、という座標データで情報を保持する。その情報を用いることで、任意の構成部品間の位置関係を算出することが可能である。

[0054] 溶接線情報は、3次元的な情報で保持される。例えば、1本の溶接線は、溶接線経路（ポリライン）と、溶接トーチの方向ベクトル（法線ベクトル）で構成されるとする。これらの情報は、完成部品の完成状態の座標系において定義されるデータとし、実際にシミュレーションにて溶接タスク（カスタムタスク33）が実施される際に、そのタイミングにおける構成部品の位置・姿勢に基づき、溶接線データに対して座標変換を行う。溶接線経路に加えて、トーチの方向も定義することで、溶接中の作業員の位置を定義することができる。さらに溶接中のトーチの向きを認識することができるため、溶接姿勢を判定することが可能となる。

[0055] このように、プロダクトモデルには、構成部品同士の連結関係、連結部における接合データ、及び完成部品における構成部品の位置と角度などの情報が含まれる。なお、CADシステムの性能によっては、CADシステムから取得する基本設計情報11にプロダクトモデルの作成に必要なデータが一部含まれない場合がある。例えば、裏焼き線データを取り扱えるCADシステムは少数である。そのような場合は、プロダクトモデル設定ステップS1において、基本設計情報11に含まれなかったプロダクトモデルの作成に必要なデータの作成を行う。



以上説明したデータについてまとめると、プロダクトモデルは、下表1及び下表2に示すようなノードとエッジの情報として整理される。

[表1]

属性名	説明
ノード名	自身のノードの名前（構成部品名）
完成部品名	完成部品の名前
座標変換情報	完成状態における自身の位置・姿勢を定義する3点情報
構成部品の属性情報	重量など構成部品の属性情報
エッジ	自身に接続しているエッジ
3次元オブジェクト	シミュレーション空間に配置される3次元オブジェクト

[表2]

属性名	説明
エッジ名	自身のエッジの名前
ノード1	自身に接続するノード1
ノード2	自身に接続するノード2
エッジ属性情報	溶接線データなどの属性情報

[0056] また、図7は3枚板モデルのプロダクトモデルの例を示す図である。

図7では、構成部品（第一の板P1、第二の板P2、第三の板P3）間の接合関係が登録されたデータベースであるプロダクトモデルを示している。

「name」は名前、「parent」は親プロダクト、「type」は種別である。なお、各板P1～P3の基準座標3点（ $v_0(0,0,0)$ 、 $v_x(1,0,0)$ 、 $v_z(0,0,1)$ ）は省略している。また、データには本来は対象IDを記載するが、説明用に「name」で記載している。

上述のように、プロダクトモデルには、組立に関わる作業（プロセス）の情報は含まれない。

[0057] 図1に戻り、ファシリティモデル設定ステップS2においては、ファシリティモデル設定手段30を用い、標準化したデータ構造で表現したファシリティモデル12を設定する。

ファシリティモデル設定ステップS2においては、船舶を建造する工場の

設備と作業員に関する情報を統一データベース10から取得して標準化したデータ構造で表現したファシリティモデル12として設定することもできるが、本実施形態では、上述のように予め作成されたファシリティモデル12が統一データベース10に蓄積されているため、標準化したデータ構造で表現されたファシリティモデル12を統一データベース10から直接取得して設定する。ファシリティモデル12が統一データベース10に標準化したデータ構造として蓄積されていることにより、標準化したデータ構造のファシリティモデル12の取得や、共同利用、設定、新たな情報の蓄積等を簡便に行うことができる。

ファシリティモデル12では、工場のファシリティに関する情報として、ファシリティの個別の名前（例えば、溶接機No. 1）、種別（例えば、溶接機）に加えて、個々のファシリティが有する能力値を定義する。能力値には、そのファシリティが有する機能の最大値（範囲）を定義する。例えば、クレーンが有する能力値の一つとしては、吊り上げ荷重値や速度などが挙げられ、その能力値範囲は、最大吊り上げ荷重値や最大速度となる。

また、プロダクトだけでなく、ファシリティも作業員の移動経路上の障害物になり得るため、3次元モデルを用いて形状を定義する。それにより、シミュレータ内では、オブジェクト同士の3次元的な干渉を判断することも可能となる。ここで図8はファシリティの3次元モデルの例を示す図であり、図8（a）は作業員、図8（b）は溶接機、図8（c）はクレーン、図8（d）は床、図8（e）は定盤である。

[0058] ファシリティモデル12が保持する具体的な属性情報を下表3に示す。

[表3]

属性名	説明
名前	ファシリティの名前
種別	ファシリティの種別
固有の能力値	ファシリティ固有の能力値範囲
3次元オブジェクト	シミュレーション空間に配置される3次元オブジェクト

[0059] また、図9はファシリティモデルの例を示す図である。

図9では、工場のファシリティが登録されたデータベースであるファシリティモデルを示している。「name」は名前、「type」は種別、「model\_\_file\_\_path」は形状（3次元モデルデータ）、「ability」は能力（ファシリティの能力値範囲を定義）である。

[0060] このように、プロダクトモデルにおける完成部品と構成部品、及びファシリティモデル12における工場の設備を3次元モデルで表現する。3次元モデルを利用することで、シミュレーションの精度を向上させることができる。

[0061] 図1に戻り、プロセスモデル作成ステップS3では、プロセスモデル作成手段40Aを用い、プロダクトモデルとファシリティモデル12に基づいて、船舶を構成部品から建造するための組み立て手順とタスクを明確化し標準化したデータ構造で表現したプロセスモデルを作成する。ここで、先にプロダクトモデルとファシリティモデル12が設定され、後からプロセスモデルを作成する点が重要である。この順番に進めることで、的確に、後戻りすることなくプロセスモデルが作成でき、後の処理が滞りなくできる。

図10はプロセスモデルの概念図である。

プロセスモデルは、一連の組立工程に関わる作業情報が定義されたデータである。プロセスモデルは、船舶を構成部品から建造するための組み立て手順として組み立ての依存関係を表す組立ツリーと、組立ツリーに基づいたタスク間の依存関係を表すタスクツリーを含む。これにより、組み立ての手順と、それに関わるタスクの関係を明確にし、プロセスモデルを精度よく作成することができる。ここでタスクとは、カスタムタスク33を含む一単位の作業を指す。

[0062] 図11はプロセスモデル作成ステップの詳細フローである。

まず、プロダクトモデル設定ステップS1で設定したプロダクトモデルと、ファシリティモデル設定ステップS2で作成したファシリティモデル12を、建造シミュレーション手段40Bに読み込む（プロセスモデル作成情報

読込ステップS 3-1)。

次に、プロセスモデルの作成に当たって、過去に建造した過去船のプロセスデータ13を統一データベース10から参照し、流用するか否かを選択する(流用判断ステップS 3-2)。

流用判断ステップS 3-2において、流用しないことを選択した場合は、過去船のプロセスデータ13を参照せずに、構成部品の間接部品を含む組み立て手順を組立ツリーとして定義し(組立ツリー定義ステップS 3-3)、組み立て手順の各段階における適切なタスクを定義し(タスク定義ステップS 3-4)、タスクの依存関係としての前後関係をタスクツリーとして定義する(タスクツリー定義ステップS 3-5)。

一方、流用判断ステップS 3-2において、流用することを選択した場合は、統一データベース10から類似のプロセスデータを抽出し(過去船プロセスデータ抽出ステップS 3-6)、組立ツリー定義ステップS 3-3、タスク定義ステップS 3-4、及びタスクツリー定義ステップS 3-5において、抽出した過去船のプロセスデータ13を参照して流用する。過去船のプロセスデータ13を流用することで、基本設計情報11に基づきプロダクトモデルやファシリティモデル12が変更された場合に、一からプロセスモデルを作成するよりも少ない労力で、早く精度よくプロセスモデルを作成することができる。なお、プロセスデータ13には、プロセスモデルを含み、プロセスデータ13も標準化したデータ構造で表現して統一データベース10に蓄積することができる。

[0063] ここで、図12は5枚板モデルの組立ツリーの例を示す図である。

組立ツリー定義ステップS 3-3において、組立ツリーには、中間部品の情報(名前、部品の姿勢)及び組み立ての前後関係の情報を定義する。部品の組立順番には前後関係が存在するため、組立ツリーは有向グラフで表現される。

中間部品とは、幾つかの部材が結合した状態の構成部品であり、中間部品と部材、又は中間部品同士を組み立てることで完成部品となる。図12では

、第一の板 P 1 と第二の板 P 2 と第四の板 P 4 が組み合わされて第一の中間部品 U 1 を成し、第三の板 P 3 と第五の板 P 5 が組み合わされて第二の中間部品 U 2 を成し、第一の中間部品 U 1 と第二の中間部品 U 2 を組み合わせて完成部品 S U B 1 を成す状態を示している。なお、第一の中間部品 U 1 を組み立てるにあたっては第一の板 P 1 をベースとし、第二の中間部品 U 2 を組み立てるにあたっては第三の板 P 3 をベースとし、完成部品 S U B 1 を組み立てるにあたっては第二の中間部品 U 2 をベースとしている。

[0064] 組立ツリーの定義に必要な属性情報を下表 4 に示す。これらの情報をすべての中間部品及び完成部品において定義する。

[表4]

属性名	説明
部品名	自身の部品の名前
座標変換情報	自身の完成状態における位置・姿勢を定義する情報
ベース部品の名前	自身の子製品群のうち、ベースとなる部品の名前
親部品	自身の親となる部品
子部品群	自身の子となる部品群
子部品群の位置・姿勢データ	自身の座標系における子部品の位置・姿勢を定義する情報

[0065] また、図 1 3 は 3 枚板モデルの組立ツリーの例を示す図である。「name」は名前、「product 1 (base)」は接合する対象部品のうちベースとする部品、「product 2」は接合する対象部品、「中間部品における構成部品の座標変換情報」は中間部品の定義である。なお、中間部品や完成部品の基準座標 3 点 (vo(0, 0, 0), vx(1, 0, 0), vz(0, 0, 1)) は省略している。また、データには本来は対象 ID を記載するが、説明用に「name」で記載している。

図 1 3 の 3 枚板モデルでは、第一の板 P 1 と第二の板 P 2 が組み合わされて中間部品を成し、その中間部品に第三の板 P 3 が組み合わされて完成部品を成す。なお、中間部品を組み立てるにあたっては第一の板 P 1 をベースとし、完成部品を組み立てるにあたっては第三の板 P 3 をベースとしている。

[0066] タスクツリー定義ステップS 3 – 5において、タスクツリーには、タスクに必要な情報とタスク同士の前後関係の情報を定義する。例えば、タスク定義ステップS 3 – 4において、下表5に示す3種類のタスクを定義する。

[表5]

タスク名	説明
配材	対象の部品を、指定するファシリティを用いて、指定場所に運搬する
仮溶接	対象の部品同士を、指定するファシリティ（溶接機・クレーン）を用いて、指定された溶接線情報に従って溶接する
本溶接	指定の部品同士を、指定するファシリティ（溶接機）を用いて、指定された溶接線情報に従って溶接する

[0067] ここで、図14は全タスクの関係をツリーとして表現した例を示す図である。

図14は、5枚板モデルに対して、P 1～P 5の各板（鋼板）を所定の位置に配材して、仮溶接及び本溶接を行うことで、完成部品を組み立てるシナリオを想定したものである。

タスクには前後関係があるため、タスクツリー定義ステップS 3 – 5において、タスクのツリーは有向グラフで表現される。例えばタスク[仮溶接0]は、[配材0]、[配材1]、[配材2]のすべてのタスクを完了してからでないと開始することが出来ないことを意味している。

[0068] また、タスクツリーが有する具体的な属性情報を下表6に示す。例えば、タスク[配材0]では、オブジェクト[第二の板P 2]をファシリティ[クレーン1]を用いて、オブジェクト[定盤2]上の位置(8 m, 0 m, 2 m)に、オイラー角(0, 0, 0)の姿勢で配置されるように運搬する、という情報が定義される。配材タスクでは始点の座標を定義しておらず、シミュレーション実施時に当該タスクの実行時点における座標から開始される。他にも同様にタスク[本溶接0]は、エッジ[line 1]（第一の板P 1と第二の板P 2との結合部）を対象にファシリティ[溶接機2]を用いて、0

、2 m/s の速度で本溶接する、という情報が定義される。ただし、このタスクはタスクの前後関係から、タスク [仮溶接 0] が完了してからでなければ開始することは出来ない。溶接経路の情報はプロダクトモデルの当該エッジに関連付けられた情報を参照する。

[表6]

属性名	説明
名前	タスクの名称
種別	タスクの種類
オブジェクト群	タスクで対象とするオブジェクト群
ファシリティ群	タスクで利用するファシリティ群
先行タスク群	タスクの開始までに終了しておく必要があるタスク群
タスク情報	タスクの実行に必要な固有の情報

[0069] また、図 1 5 は 3 枚板モデルのタスクツリーの例を示す図であり、右側の表は左側のグラフ図を表現している。また、図 1 6 は 3 枚板モデルのタスクツリーのデータの例を示す図である。図 1 6 の「name」は名前、「task type」は種別、「product」は関連する部品、「facility」は関連するファシリティ、「conditions」はタスクツリー情報、「task data」はタスク情報（そのタスクに必要な固有のデータ）である。なお、データには本来は対象 ID を記載するが、説明用に「name」で記載している。

この例では、図 1 5 に示すように、3 枚板モデルに対して、P 1 ~ P 3 の各板（鋼板）を所定の位置に配材して、仮溶接及び本溶接を行うことで、完成部品を組み立てるシナリオを想定している。

[0070] また、図 1 1 に示すように、プロセスモデル作成ステップ S 3 においては、プロセスモデル作成手段 4 0 A を用い、組み立て手順とタスクに基づいて作業員のスケジュール情報 4 1 を作成する（スケジュール情報作成ステップ S 3 - 8）。図 1 1 に示されるように、組み立て手順を先に決めて、タスクを決めることが重要であり、これにより、的確に、後戻りすることなくプロセスモデルが作成でき、後の処理が滞りなくできる。すなわち、組立ツリー

を先に作成し、後からタスクツリーを作成する。

スケジュール情報41は、各行動主体となる作業員に対してタスクを順番も含めて割り当てたものである。これにより、スケジュール情報41に基づき、主作業や付随作業まで含めた作業員のすべての生産行為を精密に再現してシミュレーションを行うことができる。また、スケジュール情報41は、情報提供手段60が備えるモニタやプリンタ等からユーザに提供される。これにより、ユーザは作成されたスケジュール情報41を、直接又は間接的に必要に応じて確認することができる。なお、スケジュール情報41は、ユーザの要望があったときのみ提供することも可能である。

[0071] プロセスモデルでは組立ツリーとタスクツリーに関わる情報が定義されたが、スケジュール情報41ではタスクツリーで定義されたそれぞれのタスクに対して、担当作業者の割り振りと、タスクの具体的な実行順番が定義される。

スケジュール情報41の作成例を下表7に示す。この例では、作業員1は鉄工職の作業者を想定しており、配材タスクと仮溶接タスクが割り当てられている。作業員1は、タスク[配材0]から開始し、タスク[仮溶接4]まで順次実施する。一方、作業員2は溶接職の作業者を想定しており、本溶接タスクが順番に割り当てられている。作業員2は、タスク[本溶接0]から開始し、タスク[本溶接3]まで順次実施する。

[表7]

担当者	担当タスクと実行順番
作業員1	配材0, 配材3, 配材2, 配材1, 配材4, 仮溶接1, 仮溶接2, 配材5, 配材6, 仮溶接3, 仮溶接4
作業員2	本溶接0, 本溶接1, 本溶接2, 本溶接4, 本溶接3

[0072] また、図17は図15、16で示した3枚板モデルにおける作業員へのタスクの割り振りとタスクの順番の例を示す図であり、図17(a)は作業員1へのタスクの割当てとタスク順番を示し、図17(b)は作業員2へのタスクの割当てとタスク順番を示し、図17(c)はデータ形式のスケジュー



ル情報である。なお、データには本来は対象IDを記載するが、説明用に「name」で記載している。

[0073] また、図11に示すように、本実施形態では、スケジュール情報作成ステップS3-8の前に、ファシリティモデル12に基づいて、タスクがファシリティの能力値範囲を超えるか否かを判断する（能力値範囲判断ステップS3-7）。

能力値範囲判断ステップS3-7において、タスクがファシリティの能力値範囲を超えないと判断した場合は、スケジュール情報作成ステップS3-8に進んでスケジュール情報41を作成する。このように、タスクがファシリティの能力値範囲を超えないと判断した場合にスケジュール情報41を作成することで、ファシリティやタスクの能力値を超えたシミュレーションが行われるスケジュール情報41を作成することを防止できる。また、作成したプロセスモデルは情報提供手段60からユーザに提供される。

一方、能力値範囲判断ステップS3-7において、タスクがファシリティの能力値範囲を超えると判断した場合は、組立ツリー定義ステップS3-3、タスク定義ステップS3-4、及びタスクツリー定義ステップS3-5に戻り、中間部品の定義、組立ツリーの定義、タスクの定義、及びタスクツリーの定義を再定義する。各定義を再定義することにより、より精度の高いプロセスモデルを作成することができる。

[0074] スケジュール情報作成ステップS3-8の後、組み立て手順とタスクに基づいて、実際に使用する工場内の設備と作業員の配置に関する工場レイアウト情報42を作成する（工場レイアウト情報作成ステップS3-9）。これにより、設備と作業員の配置が反映された工場レイアウト情報42に基づき、シミュレーションを行うことができる。また、工場レイアウト情報42は、情報提供手段60が備えるモニタやプリンタ等からユーザに提供される。これにより、ユーザは作成された工場レイアウト情報42を、直接又は間接的に必要に応じて確認することができる。なお、工場レイアウト情報42は、ユーザの要望があったときのみ提供することも可能である。

[0075] これまで定義したプロダクトモデル及びファシリティモデル12には、工場での配置情報を定義していない。そこで工場レイアウト情報42では、各オブジェクトの初期配置を定義する。必要な属性情報を下表8に示す。また、図18は実際にシミュレーション空間に配置した例を示す図である。

[表8]

属性名	説明
オブジェクト名	シミュレーション空間に配置するプロダクト名、又はファシリティ名
基準オブジェクト名	配置の基準とするオブジェクト
座標情報	基準オブジェクトに対して配置する位置 (x,y,z)
姿勢情報	基準オブジェクトに対して配置する姿勢 (オイラー角、 $\phi, \theta, \psi$ )

[0076] また、図19は3枚板モデルにおける工場レイアウト情報の例を示す図である。なお、データには本来は対象IDを記載するが、説明用に「名前」で記載している。

プロダクトモデル、ファシリティモデル12のデータベースから、実際にシミュレーションに利用する部品、ファシリティの配置情報をlayout.csvで定義している。

[0077] 図1に戻り、プロセスモデル作成ステップS3の後は、プロセスモデル蓄積手段70を用い、作成された標準化したデータ構造で表現したプロセスモデルを統一データベース10に蓄積する（プロセスモデル蓄積ステップS4）。プロセスモデル蓄積ステップS4を実行することで、例えば、次のシミュレーションの機会や類似した船舶のシミュレーションにおける過去船のプロセスデータ13として、蓄積したプロセスモデルを用いて時間発展系シミュレーションを行うことが可能となる。

また、例えば、プロセスモデルのデータ構造が、情報の種類や属性、また複数の情報間の関係性を標準化したものであるため、プロセスモデルの作成や蓄積、また利用が容易となる。プロセスモデルの「標準化したデータ構造」とは、プロセスに関する情報、例えば、要素作業としてのタスク（属性情

報に開始時間や終了時間等を持たせたもの)等の情報の種類や属性をクラスとして定義しておくことであり、クラス同士の親子関係等といった関係性を情報のツリーとして定義する。

なお、統一データベース10に蓄積された標準化したデータ構造の品質データ17を、プロセスモデルの作成に利用することもできる。例えば、組立ツリーやタスクツリーの定義や作成、またスケジュール情報41や工場レイアウト情報42の作成に当たって、品質データ17としての品質基準や、過去の品質状況を考慮して作成することができる。さらに、過去船の設計条件や製造条件と検査結果、就航試験や就航後の品質として蓄積された品質状況を考慮して、プロセスモデル等を作成することができる。例えば、溶接時の作業標準、組み立て部品と溶接欠陥の起こりやすさとの関係、補修を要した過去の事例、非破壊検査時の不具合と事前対策方法、また就航後の劣化や不具合の発生と対策方法等を考慮して、プロセスモデルやスケジュール情報41、また、工場レイアウト情報42を作成できる。

[0078] また、プロセスモデル作成ステップS3の後は、建造シミュレーション手段40Bを用い、作成したプロセスモデルに基づいて時間ごとの建造の進行状況を逐次計算する時間発展系シミュレーション(3次元空間上の時間発展)を行う(シミュレーションステップS5)。

時間発展系シミュレーションにおいては、プロセスモデルを基に、3次元プラットフォーム上での各ファシリティとプロダクトの位置と占有状況、カスタムタスク33の進捗状況を変化させることで、造船における建造をシミュレーションする。なお、乱数を与えて中間部品の精度をあえて悪くし、その影響を下流の工程に至るまでシミュレーションすることもできる。また、カスタムタスク33とタスクツリーとの関係は、カスタムタスク33をツリー構造で前後関係を表し、繋ぎ合わせたものがタスクツリーとなる。

本実施形態では、3次元プラットフォームをゲームエンジンであるUnity(登録商標)を活用して構築している。

時刻tにおける各ファシリティとプロダクトの位置、角度および占有を表

す変数  $x_f$ 、 $x_p$  と、プロセスモデルにおけるカスタムタスク 33 の未完又は完了を表す状態の  $s_t$  の 3 つを引数とすると、建造シミュレーション手段 40 B が定義したスケジュールに記載のカスタムタスク 33 の順に、タスクに係する各引数を事前に設定したルールに従って変化させることで、次の時刻  $t + 1$  への  $x_f$ 、 $x_p$ 、 $s_t$  の変化を表すことができる。これにより各引数の時刻歴が出力される。

[0079] 図 20 は時間発展系シミュレーションの詳細フローである。

まず、プロダクトモデル設定ステップ S1 で設定したプロダクトモデルと、ファシリティモデル設定ステップ S2 で設定したファシリティモデル 12 と、プロセスモデル作成ステップ S3 で作成したプロセスモデル、スケジュール情報 41、及び工場レイアウト情報 42 と、統一データベース 10 から取得した作業員が自律的に仮想的な作業を進めるためのルール情報 14 に基づいて、3次元プラットフォーム上にオブジェクトを配置する（シミュレーション実行情報読込ステップ S5-1）。なお、ルール情報 14 には、作業員が仮想的な作業で使用する設備を決めるための情報も含むことができる。

ここで、ルール情報 14 とは、建造シミュレーション手段 40 B による自律判断に必要な制約や選択肢である。例えば、溶接タスク（カスタムタスク 33）では、使える溶接機の種類だけをルール情報 14 として指定しておき、どの溶接機を使用するかはシミュレーションの途中で建造シミュレーション手段 40 B が自律的に判断する。

すなわち、仮想的な作業員がシミュレーション内でどのように判断するかを記述したものがルール情報 14 となる。ルール情報 14 を利用することにより、シミュレーションにおける作業員が的確に仮想的な作業を進めやすく、また、設備を選択しやすくなる。また、ルール情報 14 は統一データベース 10 とは別のデータベースに蓄積しておくこともできるが、本実施形態のようにルール情報 14 を統一データベース 10 に蓄積することで、他のシミュレーションでも共通的に利用が可能となる。ルール情報 14 は、あらかじめカタログのように作成して統一データベース 10 に蓄積しておく。なお

、ルール情報14は、強化学習やマルチエージェント等により自律的に学習させて作成して取得することも可能である。強化学習等により自律的にルール情報14を作成する方法としては、エージェントが建造シミュレーション手段40B内を自由に動き回り効率的なルールを学習してルール情報14を生成する手法を用いる。ルール情報14の一例は以下の通りである。

ルール1A：空いている近い道具を取得する。

ルール1B：後工程でも空いている近い道具を取得する。

ルール2：クレーンを使用する場合、クレーン同士の干渉によって他の工程が妨げられないようなクレーンを選択する。

ルール3：使用后、マグネット式の釣り具は台車の上に置く。

ルール4：作業場所が同じ後の工程について、道具をまとめて取ってくる。

これらのルールは、時間発展系シミュレーションを行う以前に作業員に割り当てておくものであり、例えば以下のようなようになる。

作業員1：ルール1A

作業員2：ルール1B、ルール2、ルール3、ルール4

作業員1は新人を想定し、作業員2は熟練者を想定したものである。新人の作業員1は自分のことだけを考えて動くため、他工程の邪魔になったりもする。

[0080] ルール情報14により、時間発展系シミュレーションの実施中に、未入力だったタスク情報やスケジュール情報41が自動構築される。本実施形態では、ルール情報14として、作業員に付与される判断ルールであるブレインを含む。

ブレインは、カスタムタスク33に1対1で対応させ、時間発展系シミュレーションを実行する前に構築しておく。時間発展系シミュレーション上では、ブレインを逐次動作させることで、時間発展の中で状況に応じて作業員が判断する様子を再現する。そのため、特に造船工程のような、繰り返し作業ではなく現場で判断することが非常に多い作業を作業員がブレインを利用

して判断し、仮想的な作業を円滑に進めることができる。

ルール情報14の一つであるブレインで判断される内容は、大別すると以下の四つである。

1. ある一つのカスタムタスク33に対して、必要な引数を決定する。
2. ある一つの種類（タスクタイプ）に属する複数のカスタムタスク33の中から一つのカスタムタスク33を選択する。
3. 複数の種類のカスタムタスク33から一つの種類を選択する。
4. カスタムタスク33を実施中に競合が発生した場合の対応をルールに基づいて選択する。

[0081] ブレインによる判断方法においては、まず引数の組合せとして候補群を作成し、その候補群それぞれに対して評価パラメータを抽出し、所定の評価値ルールに基づく評価値の計算を実施し、最終的に最も評価値が高いものを選択する。

評価パラメータの抽出、所定のルール、評価値に基づく選択は、配材タスクを例にすると、それぞれ例えば以下ようになる。

[評価パラメータの抽出]

判断に関わる評価パラメータ群を、時間発展系シミュレーション中に順次取得する。

- ・ p 1 : 作業員の現在地からプロダクトまでの距離
- ・ p 2 : プロダクトからクレーンまでの距離
- ・ p 3 : プロダクトから目的地までの距離（目的地は自動計算）
- ・ p 4 : ベース板か否か（0 or 1）
- ・ p 5 : 干渉無く行動可能か（0 or 1）

[評価値ルール]

$$v = (p 4 - 0. 2 * (p 1 + p 2 + p 3)) * p 5$$

[選択]

0より大きい評価値の中で最大の評価値を得たタスクを選択する。

タスク1 : v 1

タスク 2 : v 2

タスク 3 : v 3

...

[0082] ブレインの評価値ルールは、手動又は機械学習によって構築する。

手動で構築する場合は、ビデオ分析の結果や作業員に対するヒアリング等を通じてルールを推定し構築する。

機械学習によって構築する場合は、二つの構築方法がある。一つ目の構築方法は、造船工場での作業員、道具、及びプロダクトの動きに関するデータをカメラや位置センサ等を用いたモニタリングにより取得し、取得した大量のデータから、作業員とプロダクトとの距離や作業員と道具との距離などのパラメータ X と、作業員のタスク選択結果（判断履歴） Y を整理し、整理したデータを教師データとし、パラメータ X からタスク選択結果 Y を予測するニューラルネット等の機械学習モデルとして構築するものである。また、二つ目の構築方法は、例えば時間が短いほど良い等の目標を設定し、その目標を報酬とした強化学習を適用し、最適な戦略を自動構築するものである。

[0083] タスクタイプごとのブレインの例を下表 9 に示す。表中の「A t B r a i n」は配材 A t のブレイン、「F t B r a i n」は仮付 A t のブレイン、「W t B r a i n」は本溶接 W t のブレイン、「D t B r a i n」は裏焼き D t のブレインである。

[表9]

ブレイン	自動決定事項 ※引数は全共通で、着手可能な全タスクのリスト
AtBrain	(タスクの選択) : AtPickとAtPlaceのリスト (対象を決定するのと同義) (引数の決定) : 利用ファンリテイ名 (クレーン), 配材先の基準オブジェクト, 座標値, オイラー角
FtBrain	(タスクの選択) : ある一つのFt (対象を決定するのと同義) (引数の決定) : 利用ファンリテイ名 (溶接機, 電源)
WtBrain	(タスクの選択) : ある一つのWt (対象を決定するのと同義) (引数の決定) : 利用ファンリテイ名 (溶接機, 電源)
DtBrain	(タスクの選択) : ある一つのDt (対象を決定するのと同義) (引数の決定) : 利用ファンリテイ名 (バーナー, ガス口)

カスタムタスク 33 について、シミュレーション中に自動決定される引数

と、事前にタスクツリーで構築しておく引数を下表 10 に示す。下線が引かれた引数が自動決定される引数、下線が引かれていない引数が事前に構築しておく引数である。

[表10]

タスクタイプ	関数名	引数
		(共通) : タスク名, タスクタイプ, 関数名, 対象, <u>利用</u> <u>ファンリテイ</u> , 先行タスク, <u>主体名</u> , <u>要求ファンリテイ</u> 種別・個数
配材At	AtPick	(固有) : —
	AtPlace	(固有) : <u>配材先の基準オブジェクト</u> , <u>座標値 (x,y,z)</u> , <u>オイラー角(<math>\theta, \phi, \psi</math>)</u>
仮付Ft	Ft	(固有) : —
本溶接Wt	Wt	(固有) : —
裏焼きDt	Dt	(固有) : —

[0084] 図 2 1 はブレインを利用したシミュレーションの様子を示す図であり、図 2 1 ( a ) は配材タスク、図 2 1 ( b ) は溶接タスクである。

配材タスクにおいては、配材場所の制約と配置位置が自動決定される。

溶接タスクにおいては、溶接線の位置などの評価パラメータが取得され、評価値計算が実施される。なお評価値計算では、溶接作業者の近くで別の作業を実施しないなど、溶接領域が考慮される。

[0085] 図 2 0 に示すように、シミュレーション実行情報読込ステップ S 5 - 1 の後、スケジュール情報 4 1 に記載のカスタムタスク 3 3 のうち、全行動主体に対して先頭に存在するタスクを実行し、時間を 1 秒プラスする。(タスク実行ステップ S 5 - 2)。カスタムタスク 3 3 は事前にメソッドとして定義しておき、割り当てられたカスタムタスク 3 3 を状況に応じてルール情報 1 4 等に基づき変更する。

時間発展系シミュレーションでは、時間ごとの船舶の完成部品又は構成部品の位置、設備及び作業員の位置と占有状況、組み立て手順とタスクの進行状況を逐次計算する。これにより、船舶の建造に関わる時間発展系シミュレーションを精度よく行うことができる。



[0086] 次に、カスタムタスク33が終了したか否かを判定する（タスク終了判定ステップS5-3）。

タスク終了判定ステップS5-3において、カスタムタスク33が終了していないと判定した場合は、タスク実行ステップS5-2に戻り、カスタムタスク33を実行する。

一方、タスク終了判定ステップS5-3において、カスタムタスク33が終了したと判定した場合は、終了したカスタムタスク33をスケジュールの先頭から削除し、割り当てられたカスタムタスク33がすべて終了したか否かを判定する（シミュレーション終了判定ステップS5-4）。

シミュレーション終了判定ステップS5-4において、割り当てられたカスタムタスク33がすべて終了していないと判定された場合は、タスク実行ステップS5-2に戻り、カスタムタスク33を実行する。

一方、シミュレーション終了判定ステップS5-4において、割り当てられたカスタムタスク33がすべて終了したと判定された場合は、シミュレーションを終了する。このようにシミュレーションは、すべての予定されたカスタムタスク33がなくなるまで繰り返し実行する。

[0087] また、図1に示すように、シミュレーションステップS5においては、時間発展系シミュレーションの途中結果を、情報提供手段60から提供する（途中結果提供ステップS5-5）。シミュレーションの途中結果は、例えばタスク実行ステップS5-2が終了するたびにユーザに提供される。ユーザは、提供された途中結果を基に、そのままシミュレーションを続行するか、又はカスタムタスク33等を変更して次のシミュレーションを行うかなどを判断する。これにより、ユーザが途中結果に基づいて判断し、ユーザの意図に沿ったシミュレーションを行いやすくなる。

途中結果提供ステップS5-5における途中結果の提供は、ユーザが例えばシミュレータの実行ボタンを押す際に任意にオン／オフを選択可能であり、オフが選択されている場合は実行されない。一方、オンが選択されている場合は、例えばモニタが閲覧モードとなり、シミュレーションの状況がアニ

メーション的に流れていく様子が提供され、ユーザは一時停止ボタンを押したり、また再生ボタンを押したりして、逐次確認することができる。ユーザは、一時停止ボタンを押したとき、既に終了しているカスタムタスク33、実施中のカスタムタスク33、及び未実施の予定されているカスタムタスク33を見ることができ、例えば予定されているカスタムタスク33の順番を変更したり、そのカスタムタスク33で使う道具を変更及び指定したりできる。変更後、再生ボタンを押すと、シミュレーションが再開し、変更したシナリオで進行する。

また、シミュレーションステップS5の時間発展系シミュレーションにおいては、予め取得したルール情報14とタスクを利用し、仮想の作業員が自律的に仮想的な作業を進める。具体的には、ルール情報14と、タスクとしてのベーシックタスクを組み合わせ構成したカスタムタスク33を利用して仮想的な作業を進める。

ルール情報14とは、上述のように例えば、使える溶接機の種類などである。ルール情報14とタスクを利用することにより、シミュレーションにおける仮想の作業員が的確に仮想的な作業を進めやすくなる。

なお、途中結果提供ステップS5-5の後に、ユーザから変更を加えた変更条件を受け付け、変更条件に基づいて時間発展系シミュレーションを実行することも可能である。これにより、ユーザの意向が反映された変更条件を基に精度よくシミュレーションを行うことができる。

図22はシミュレーションの疑似コードを示す図である。

[0088] カスタムタスク33を構成するベーシックタスクは、汎用的に使われうる小さな作業を表す。

ベーシックタスクは、時間発展系シミュレーション上で実行可能な関数であり、時間発展系シミュレーションを実行する前に、関数として構築しておく。ベーシックタスクは、引数が与えられ、その引数に関連したシミュレーションのオブジェクトを移動させたり占有したりといった、シミュレーションに必要な基本的な関数である。また、ベーシックタスクは、3次元的な制

約を考慮した関数となる。

ベーシックタスクの組合せとしてカスタムタスク33を構築する。タスクが時間発展系シミュレーションで実行可能な関数であるベーシックタスクを組み合わせて構築されるカスタムタスク33を含むことで、作業の種類別に小さな作業を組み合わせたカスタムタスク33により、時間発展系シミュレーションの精度を向上させることができる。

ベーシックタスクの具体例を下表11に示す。なおベーシックタスクは、表11に挙げたもの以外にも多数存在する。

[表11]

ベーシックタスク名	引数	内容
move	主体名、移動先	主体者を移動先へ移動させる関数 自動経路算出
weld	主体名、溶接線、溶接機	主体者を溶接機とともに溶接線の先端に移動し、溶接スピードで移動させ、プロダクトを更新する関数
CraneMove	主体名、移動先	主体者（クレーンなどの機器）を移動先へ移動させる関数 自動経路算出、他クレーンとの干渉を考慮

[0089] 図23はベーシックタスクの例として移動タスク（move）を示す図である。移動タスクの定義は以下の通りである。

- ・動く主体名と目的地の座標値を引数として持つ。
- ・シミュレーション上では、特定のスピードで主体者を移動させる関数となる。
- ・3次元的な地形を考慮して最短経路を自動算出する。
- ・経路の途中にマンホールやロンジなどの障害物が存在し、当該障害物をくぐったり跨いだりして越える必要がある場合、それに応じて速度を減速させる。

[0090] 図24はベーシックタスクの例として溶接タスク（weld）を示す図である。溶接タスクの定義は以下の通りである。

- ・主体名、対象溶接線名、及び利用する溶接機名を引数とする。
- ・シミュレーション上では、特定の溶接スピードで溶接線近くを移動させる関数となる。
- ・溶接機には電源ケーブル、トーチ、及びホースを再現し、ケーブルとホー

スは他のオブジェクトと干渉する。

- ・溶接線が上向きにある場合と下向きにある場合で溶接速度が変更される。

[0091] 図25はベーシックタスクの例としてクレーン移動タスク (Crane Move) を示す図である。クレーン移動タスクの定義は以下の通りである。

- ・主体名と目的地の座標値を引数とする。
- ・シミュレーション上では、特定の移動スピードで目的地まで移動する関数となる。
- ・本ベーシックタスクは、主体者が機器 (クレーン) となる。機器については、外部からタスクを命じられて実行するという形態をとる。
- ・他のクレーンとの干渉判定を行い、移動可能な領域を制約として考慮する。

[0092] ここで、タスク実行ステップS5-2の前に事前にメソッドとして定義しておくカスタムタスク33について詳細に説明する。カスタムタスク33は以下のように定義される。

- ・カスタムタスク33は、ベーシックタスクの組合せとして構築するものであり、パターン化又は慣習化された途切れない一連の作業の集合を一つのカスタムタスク33として表現する。例えば、カスタムタスク33が配材タスクの場合は、「物へ移動→物をつかむ→物と移動→物を置く」となる。
- ・カスタムタスク33に引数が渡され、その引数に基づいて、事前に決められた順番のベーシックタスクを構築していき、最終的にベーシックタスクのリストを構築する。
- ・カスタムタスク33は、配材タスク、仮付タスク、溶接タスクなど、再現したいタスク毎に構築する。
- ・カスタムタスク33は、インプットとして共通の引数とタスク毎に固有の引数を持つ。
- ・カスタムタスク33には、人が主体となるものと、機器が主体となるものがある。例えば、配材タスクの主体は人 (作業員)、自動溶接タスクの主体は機器 (自動溶接機) となる。

[0093] 人に割り当てられるカスタムタスク33のタスクタイプ、関数名、及び引数の例を下表12に示し、機器に割り当てられるカスタムタスク33の関数名、及び引数の例を下表13に示す。

[表12]

タスクタイプ	関数名	引数
		(共通): タスク名, タスクタイプ, 関数名, 対象, 利用ファシリティ, 先行タスク, 主体名, 要求ファシリティ種別・個数
配材At	AtPick	(固有): -
	AtPlace	(固有): 配材先の基準オブジェクト, 座標値 (x,y,z), オイラー角( $\theta, \phi, \psi$ )
仮付ft	ft	(固有): -
本溶接Wt	Wt	(固有): -
裏焼きDt	Dt	(固有): -

[表13]

関数名	引数
	(共通): タスク名, タスクタイプ, 関数名, 対象, 利用ファシリティ, 先行タスク, 主体名, 要求ファシリティ種別・個数
CraneRun	(固有): -
CraneHoist	(固有): -
AutoWeldRun	(固有): -

[0094] 図26はカスタムタスクとしての配材タスク「取りに行く」の例を示す図である。なお、ホイストクレーンを使用する。

この配材タスクのタスクタイプは「配材At」、関数名は「AtPick」、共通の引数は「タスク名、タスクタイプ、関数名、対象、利用ファシリティ、先行タスク、主体名、要求ファシリティ種別・個数」、固有の引数はなしとなる。

配材タスク「取りに行く」を構成するベーシックタスクのリストの例を以下に示す。

1. move (主体者, ファシリティの場所)
2. move (主体者とファシリティ, 対象の場所)

3. CraneHoist (下げる)

4. Timeout (指定秒数)

5. CraneHoist (上げる)

なお、上記3のベーシックタスクはフックを下降させ、上記4のベーシックタスクは玉掛時間分待機させ、上記5のベーシックタスクはフックを上昇させるものである。

[0095] 図27はカスタムタスクとしての配材タスク「配置する」の例を示す図である。

この配材タスクのタスクタイプは「配材At」、関数名は「AtPlace」、共通の引数は「タスク名、タスクタイプ、関数名、対象、利用ファシリティ、先行タスク、主体名、要求ファシリティ種別・個数」、固有の引数は「配材先の基準オブジェクト、座標値(x, y, z)、オイラー角( $\theta$ ,  $\phi$ ,  $\psi$ )」となる。

配材タスク「配置する」を構成するベーシックタスクのリストの例を以下に示す。

1. move (主体者、ファシリティと対象、指定された座標値へ)

2. CraneHoist (下げる)

3. Timeout (指定秒数)

4. CraneHoist (上げる)

なお、上記3のベーシックタスクは物を取り外す時間分待機させるものである。

[0096] 図28はカスタムタスクの一つである本溶接タスクをベーシックタスクの組合せで表現した例を示す図である。

メソッドとしてのタスクを実行することにより、変数 $x_f$ 、 $x_p$ 、 $s_t$ を変化させる。そのために、各カスタムタスクそれぞれに対してメソッドを定義するが、そのカスタムタスクをさらに細かなメソッドであるベーシックタスクの組合せで表現する。

まず、開始条件を確認するベーシックタスク (Wait\_start) は、条件が

満たされるまでは待つといったメソッドとなる。

道具を確保するベーシックタスク (Wait\_hold) は、使用する道具がすべて空いていなければ待ち、空いていれば、本タスクのために占有する状態に変化させるといった基本的なメソッドとなる。

また、クレーンによって構成部品を移動させるなどの表現は、移動タスク (move) として表し、指定した速度で位置や角度を変更する。

溶接タスク (weld) は、プロダクトモデルに定義された溶接線情報を基に、溶接開始点までの移動と溶接姿勢に基づく速度で溶接トーチおよび作業者を移動させ、構成部品を次の中間部品へと変化させるといったメソッドとしている。このようなベーシックタスクの組合せで様々なタスクを表現し、メソッドとして事前 (タスク実行ステップ S 5 - 2 の前) に構築する。

このように、カスタムタスク 33 はあらかじめ決められた標準的な手順を記載するものである。カスタムタスク 33 は、時間発展系シミュレーションの前にカタログのように作っておく。カスタムタスク 33 の一例は以下の通りである。

仮溶接 (カスタムタスク 33) : 溶接機を取りに行く + クレーンを取りに行く + 部品を吊る + 位置をあわせる + 仮止めする

このとき、どの道具 (溶接機 1 又は溶接機 2 など) を選択するかはルール情報 14 (ルール 1 A、ルール 1 B、ルール 2 など) に基づいて決められる。また、ルール情報 14 のうちのルール 3 に関し、マグネット式のクレーンを使っていた場合は、道具を使用後に台車の上に置くという新たなタスクが発生する。もちろん、ルール情報 14 に基づかずに、使用する道具をユーザが指定することもできる。

[0097] また、ベーシックタスクの中でも移動については、すべてのタスク内の移動経路を手入力することが困難なことが多いと想定されるため、建造シミュレーション手段 40 B が経路探索を行い自動判断するように設定することが好ましい。この場合、具体的には、まず移動可能な領域をメッシュで動的に生成し、そのメッシュの頂点と線分を経路と見立て、A\*アルゴリズムに

より経路を自動算出する。

図29は2つの入り口がある壁で囲まれた領域のうち、移動可能なメッシュを構成した例を示す図である。壁90付近はメッシュが存在しないため、壁90を回り込んで移動するような経路が生成されることとなる。実装には、例えばUnity（登録商標）のNavmeshAgentクラスを活用する。これによりベーシックタスクでは到達先の地点又は到達先のオブジェクトを指定することで、途中の経路は自動算出され入力の手間を大幅に削減することが可能となる。

[0098] ここで、シミュレーションにおいて入力するインプットデータの具体例を下表14に示す。なお、ファシリティに関するデータは除いている。

[表14]

No	データ名	簡易説明	サンプル場所 (input_sample)
1	形状データ	部品一つ一つの形状データ。サンプルではobj形式。	SUB_F/OriginalData/*.obj
2	溶接線データ	溶接線のポリラインとトーチ方向でのラインを表すデータで、サンプルではtxt形式。	SUB_F/WeldingLine/Line*/weld_0.txt
3	裏焼き線データ	溶接線と同様に、裏焼きが必要なラインのデータで、サンプルではtxt形式。	SUB_F/HeatingLine/Line*/heat_0.txt
4	プロダクトモデルデータ	部品間の関係性と、接続関係を表すデータ。	Product.csv
5	ポリラインデータ	裏焼き線と製品との関係性を表すデータ。	Polyline.csv
6	組立ツリーデータ	部品の組立階層と、その階層におけるベース板の局所座標系における位置と向きのデータ。	Assemblytree.csv
7	タスクツリーデータ	製品を組み立てるまでに必要なタスクの一覧とパラメータ、その前後関係を表すデータ。一部、空欄にしたものはシミュレーション内で自動決定される。	Tasktree.csv

[0099] 図30は形状データの例を示す図である。

図30に示すサンプルは、SUB\_Fという名前の小組を想定している。すべての部品について、部品ごとのローカル座標系で、かつ安定な姿勢で定義して



いる。なおソリッドモデルとしているが、他のデータ形式とすることもできる。

[0100] 図31は溶接線データの例を示す図である。

溶接線データは、溶接線1本ごとに定義し、溶接線のポリラインは、完成状態の座標系におけるものである。中央の図において実線は溶接線、点線は溶接線をトーチを当てる逆方向に引いた線である。また、右側の図は側方から見た図であり、「○」は溶接線の位置、「△」は溶接線をトーチを当てる逆方向に引いた線の位置を示している。

なお、上述のように、本実施形態では溶接線が上向きにある場合と下向きにある場合で溶接速度が変更されるように定義しているが、実際の溶接速度に関するデータを予め取得して、それに基づいて溶接速度を変更することもできる。

[0101] 図32は裏焼き線データの例を示す図である。

ここでは、ひずみをとる目的で、小組段階で骨の裏側にガスバーナーで火をいれることを想定している。裏焼き線のポリラインは、完成状態の座標系におけるものである。左側の図において実線は裏焼き線、点線は裏焼き線をガスバーナーを向ける逆方向に引いた線である。また、右側の図は側方から見た図であり、「○」は裏焼き線の位置、「△」は溶接線をガスバーナーを向ける逆方向に引いた線の位置を示している。

[0102] 図33はプロダクトモデルデータの例を示す図である。

列Aはタイトルが「名前」であり、部品と溶接線の名前が記載されている。列Bはタイトルが「グループ名」であり、属するグループ名が記載されている。列Cはタイトルが「種別」であり、部品であれば「node」、線であれば「edge」が記載されている。列D、Eはタイトルが「node」であり、どの部品と部品をつなげる線かの情報が記載されている。列Fはタイトルが「Path」であり、形状データと溶接線データの保存場所を示すパスが記載されている。列Gはタイトルが「姿勢情報」であり、完成状態における部品の相対位置と角度が記載されている。列Hはタイトルが「重量」

であり、部品の重量が記載されている。

[0103] 図34はポリラインデータの例を示す図である。

列Aはタイトルが「LineName」であり、裏焼き線の名前が記載されている。列Bはタイトルが「LineType」であり、線のタイプが記載されている。列Cはタイトルが「ParentProductName」であり、どの製品（親プロダクト）を基準にするかの情報が記載されている。列Dはタイトルが「Path」であり、裏焼き線データの保存場所を示すパスが記載されている。

[0104] 図35は組立ツリーデータの例を示す図である。

左側の図において、列Aはタイトルが「Name」であり、中間部品の名前が記載されている。列Bはタイトルが「ComponentName」であり、中間部品を構成する部材の名前が記載されている。列Cはタイトルが「IsBasedProduct」であり、ベース板であれば「base」が記載されている。列Dはタイトルが「ProductPose」であり、ベース板の場合は、中間部品の局所座標系におけるベース板の位置と角度が記載されている。

また、右側の図は、板モデルの組立ツリーの例を示している。

[0105] 図36はタスクツリーデータの例を示す図である。

列Aはタイトルが「TaskName」であり、タスクの名前が記載されている。列Bはタイトルが「TaskType」であり、タスクの種類が記載されている。列Cはタイトルが「FunctionName」であり、シミュレータ内の名前が記載されている。列D～Gにはタスクごとに必要な引数が記載されている。列Hはタイトルが「RequiredFacilityList」であり、必要ファシリティが記載されている。

列Bに記載されるタスクの種類としては、At1（配材）、Ft（仮付）、Wt（本溶接）、Tt（反転）、Dt（裏焼き）、At2又はAt3（製品の移動）などがある。

タスクごとに必要な引数が記載される列D～Gにおいて、列Dはタイトル

が「TaskObject」であり、対象物が記載されている。列Eはタイトルが「TaskFacility」であり、利用するファシリティ名が記載されている。列Fはタイトルが「TaskConditions」であり、先行タスクが記載されている。列Gはタイトルが「TaskParameter」であり、タスクに固有なパラメータが記載されている。なお、列Fのタスクコンディション欄には「null」と記載されているが、これはシミュレーション内で自動決定される。

列Hの記載は、どの種別の道具が何個無いとできない作業なのかを示すものであり、例えば図中の「Crane 1」は、クレーンが1台無いとできない作業であることを示している。

[0106] 図1に戻り、シミュレーションステップS5の後、時系列情報化手段50を用い、時間発展系シミュレーションの結果を時系列データ化し建造時系列情報51とする（時系列情報化ステップS6）。時系列データは、行動主体である作業員を含む各ファシリティの位置、角度、及び占有状況等の時刻歴データである。

[0107] 時系列情報化ステップS6の後、情報提供手段60を用いて、時間発展系シミュレーションの結果として建造時系列情報51をユーザに提供する（情報提供ステップS7）。ユーザは、取得した建造時系列情報51を、クラウドサーバ等を利用して、作業員、設計者、管理者など関係各所で横断的に共有すること等ができる。なお、ユーザは、取得した建造時系列情報51を見てシミュレーションの条件を修正する必要性を感じた場合、若干の変更であれば現場からクラウドサーバを通じて船舶の建造シミュレーションシステムに対する操作を行うことができる。

ここで、図37は情報提供手続による出力処理の詳細フローである。

まず、プロダクトモデル、ファシリティモデル12、プロセスモデル、スケジュール情報41、ルール情報14、及び建造時系列情報51を読み込む（出力情報読み込みステップS7-1）。

次に、表示に必要な計算や生成等を行い、建造時系列情報51を表示する

(表示ステップS 7-2)。建造時系列情報5 1は、ガントチャート、作業手順書、作業分解構成図、工数、又は動線の少なくとも一つを含むことが好ましい。このような建造時系列情報5 1を具体化した情報を提供することにより、ユーザはシミュレーションの結果としての建造時系列情報5 1を知って、構成部品又はファシリティの変更や、ボトルネックの分析・解明、工数予測など、建造に有益な知見を得ることができる。なお、作業分解構成図は、時系列情報から各タスクの開始時間や終了時間を記載できるため、直接的ではないが、建造時系列情報5 1として扱うことができる。また、工数とは、例えば、各作業にかかる日数を「〇〇人日」のように表したものである。また、建造時系列情報5 1は、パート(PERT)図として表現することもできる。また、作業手順書は、作業員が次にどの作業にかかって、その時どの設備(クレーンなど)を使用し、どの道具をどこから取得すべきか等を表したものである。なお、作業手順書、作業分解構成図、工数、及び動線は、時系列化された情報として表現することも可能である。

[0108] このように、船舶の基本設計情報1 1を統一データベース1 0から取得して標準化したデータ構造で表現したプロダクトモデルとして設定するプロダクトモデル設定ステップS 1と、船舶を建造する工場の設備と作業員に関する情報を統一データベース1 0から取得して標準化したデータ構造で表現したファシリティモデル1 2として設定するファシリティモデル設定ステップS 2と、プロダクトモデルと1に基づいて、船舶を構成部品から建造するための組み立て手順とタスクを明確化し、標準化したデータ構造で表現したプロセスモデルを作成するプロセスモデル作成ステップS 3と、プロセスモデルに基づいて時間ごとの建造の進行状況を逐次計算する時間発展系シミュレーションを行うシミュレーションステップS 5と、時間発展系シミュレーションの結果を時系列データ化し建造時系列情報5 1とする時系列情報化ステップS 6と、建造時系列情報5 1を提供する情報提供ステップS 7を実行することで、ユーザは、標準化したデータ構造で表現された情報に基づいて、船舶の建造を時間ごとに細かな作業レベルでシミュレーションすることが可

能となり、その精度の高いシミュレーション結果としての建造時系列情報51に基づいて工場の改善、生産設計の改善、受注時のコスト予測、及び設備投資などを検討することができるため、建造コストの低減や工期の短縮につながる。また、ファシリティモデル12は、設備と作業員に関する情報に基づいて予め作成され、標準化したデータ構造で表現して統一データベース10に蓄積されたものであるため、標準化したデータ構造のファシリティモデル12の取得や共同利用、また新たな情報の蓄積等を簡便に行うことができる。

また、建造時系列情報51は、非常に細かい作業レベルまで存在するので、タブレット等の携帯端末、AR (Augmented Reality) 技術、MR (Mixed Reality) 技術、又はホログラムディスプレイを活用した視覚的な確認や、VR (Virtual Reality) を用いた仮想空間における実寸大での確認ができるように、作業者に対して情報伝達することで、作業効率を向上させることができる。AIチャットボットなどで音声的に作業案内することも可能である。

[0109] また、情報提供ステップS7においては、情報提供手段60を用い、少なくとも建造時系列情報51を標準化したデータ構造として、統一データベース10に提供する。これにより、建造時系列情報51として提供する情報の種類や属性、またフォーマット等を、プロダクトモデル等との関係性を考慮して建造時系列情報51としての標準化したデータ構造で、統一データベース10に容易に蓄積できる。また、標準化したデータ構造として蓄積した建造時系列情報51を、例えば、統一データベース10から取得して、実際の船舶の建造時に参照したり、後のシミュレーション時の情報として利用したり、ルール情報14の機械学習に活用したりすること等ができる。

建造時系列情報51の「標準化したデータ構造」とは、建造時系列情報51としての情報の種類や属性、フォーマット等を定義しておくことであり、情報同士の親子関係や情報ごとのフォーマット、また、フォーマットに当てはめるデータ等の関係性を定義する。

また、設定されたプロダクトモデル、ファシリティモデル12、プロセス

モデル、スケジュール情報41、及び工場レイアウト情報42等を統一データベース10に提供することも可能である。

[0110] また、検証手段80を用いて、時系列情報化ステップS6で時系列データ化された建造時系列情報51を検証する（検証ステップS8）。そして、モデル修正手段90を用いて、検証ステップS8における検証の結果に基づいてプロダクトモデル及びファシリティモデル12の少なくとも一方を修正する（モデル修正ステップS9）。例えば、検証ステップS8において建造時系列情報51の結果が所期目標の範囲を超えているか否かを判断し、超えている場合は、モデル修正ステップS9においてプロダクトモデル及びファシリティモデル12の少なくとも一方を修正する。これにより、プロダクトモデルやファシリティモデル12を修正すべきか否かを、建造時系列情報51を所期目標に基づいて検証することによって判別し、プロダクトモデルやファシリティモデル12を適切に修正することができる。なお、検証ステップS8において建造時系列情報51の結果が所期目標の範囲を超えていないと判断された場合は、モデル修正ステップS9に進むことなく処理を終了する。なお、所期目標としては、例えば所定の時間等が設定されるが、それだけでなく、作業の平準化の度合（作業負荷を分散できているか）や、作業場の安全確保の度合、危険性の有無等を含めることができる。

また、モデル修正ステップS9でプロダクトモデル及びファシリティモデル12の少なくとも一方を修正した場合は、修正されたプロダクトモデル及びファシリティモデル12の少なくとも一方に基づいて、プロセスモデル作成ステップS3と、シミュレーションステップS5と、時系列情報化ステップS6と、検証ステップS8を繰り返す。なお、この際、モデル修正ステップS9で修正しなかったプロダクトモデル又はファシリティモデル12については修正前のものを用いる。このように各ステップを繰り返すことで、プロダクトモデルやファシリティモデル12を修正した、船舶の建造が目標の範囲内に収まるシミュレーション結果を得ることができる。目標としては、例えば所定の時間等が設定されるが、それだけでなく、作業の平準化（作業

負荷を分散できているか) や、作業場の安全確保、危険性の有無等を含めることができる。

なお、検証手段80を、時系列情報化手段50を介さずに、プロセスモデル作成手段40Aで作成したプロセスモデル、建造シミュレーション手段40Bでのシミュレーションの途中結果、また、スケジュール情報41や工場レイアウト情報42を検証するように機能させ、検証結果に基づいてモデル修正手段90によりプロダクトモデル及びファシリティモデル12の少なくとも一方を修正することも可能である。

[0111] なお、上述した各ステップは、建造プログラムによりコンピュータに実行させることができる。

この場合、プログラムは、コンピュータに、プロダクトモデル設定ステップS1と、ファシリティモデル設定ステップS2と、プロセスモデル作成ステップS3と、シミュレーションステップS5と、時系列情報化ステップS6と、情報提供ステップS7とを少なくとも実行させる。これにより、ユーザは、標準化したデータ構造で表現された情報に基づいて、船舶の建造を時間ごとに細かな作業レベルでシミュレーションすることが可能となり、その精度の高いシミュレーション結果としての建造時系列情報51に基づいて工場の改善、生産設計の改善、受注時のコスト予測、及び設備投資などを検討することができるため、建造コストの低減や工期の短縮につながる。

また、コンピュータに、プロセスモデル蓄積ステップS4をさらに実行させることで、例えば、次のシミュレーションの機会や類似した船舶のシミュレーションにおける過去船のプロセスデータ13として、蓄積したプロセスモデルを用いて時間発展系シミュレーションを行うことができる。また、例えば、プロセスモデルのデータ構造が、情報の種類や属性、また複数の情報間の関係性を標準化したものであるため、プロセスモデルの蓄積や利用が容易となる。

また、コンピュータに、検証ステップS8と、モデル修正ステップS9をさらに実行させることで、プロダクトモデルやファシリティモデル12を修

正すべきか否かを、建造時系列情報 5 1 を所期目標に基づいて検証することによって判別し、プロダクトモデルやファシリティモデル 1 2 を適切に修正することができる。

[0112] 次に本発明の第二の実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法、建造シミュレーションプログラム、及び建造シミュレーションシステムについて説明する。なお、上記した実施形態と同一機能部材については同一符号を付して説明を省略する。

図 3 8 は本実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法のフロー、図 3 9 は本実施形態による船舶の建造シミュレーションシステムを機能実現手段で表したブロック図である。

本実施形態では、プロダクトモデル 1 5 は、船舶の基本設計情報 1 1 に基づいて予め作成され、標準化したデータ構造で表現して統一データベース 1 0 に蓄積されたものである。これにより、プロダクトモデル 1 5 の取得を、例えば、設計システムにアクセスすることなく簡便に行うことができる。

また、プロダクトモデル 1 5 が、例えば、情報の種類や属性、また複数の情報間の関係性を標準化したデータ構造であるため、プロダクトモデル 1 5 の取得やプロセスモデル 1 6 の作成をより簡便に行うことや蓄積を容易に行うことができる。プロダクトモデル 1 5 の標準化したデータは、例えば、ブロック割りでツリー構造化された各ブロックの情報であり、具体的には、ブロック名、ブロックの構成部材、部材名、各部材の形状、部材の接続情報、及び溶接線の情報である。プロダクトモデル 1 5 の「標準化したデータ構造」とは、これらの情報の種類や属性をクラスとして定義しておくことであり、クラス同士の親子関係等といった関係性を情報のツリーとして定義する。

また、統一データベース 1 0 には、情報提供手段 6 0 から提供された建造時系列情報 5 1 が蓄積されている。

[0113] また、建造シミュレーション手段 4 0 は、プロセスモデル作成手段 4 0 A を有する建造シミュレーション部 I と、建造シミュレーション手段 4 0 B を有する建造シミュレーション部 II の二つに分けられ、建造シミュレーション部 I



でプロセスモデル16の作成を行い、建造シミュレーション部IIで時間発展系シミュレーションを実行するように構成されている。

本実施形態では、シミュレーション前に予めプロセスモデル蓄積ステップS4を実行することにより、作成したプロセスモデル16を統一データベース10に蓄積しておく。このプロセスモデル16は、標準化したデータ構造で表現したものである。そして、シミュレーションステップS5で統一データベース10からプロセスモデル16を取得してシミュレーションステップS5、時系列情報化ステップS6、及び情報提供ステップS7を実行する。これにより、いざ時間発展系シミュレーションを行おうとする際にプロセスモデル16を作成する時間を省くことができる。また、他のコンピュータや他の場所に設置したコンピュータで、統一データベース10からプロセスモデル16を取得し、時間発展系シミュレーションを行うことができる。

[0114] 次に本発明の第三の実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法、建造シミュレーションプログラム、及び船舶の建造シミュレーションシステムについて説明する。なお、上記した実施形態と同一機能部材については同一符号を付して説明を省略する。

図40は本実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションシステムを機能実現手段で表したブロック図である。

本実施形態の船舶の建造シミュレーションシステムは、プロダクトモデル設定手段20と、ファシリティモデル設定手段30と、プロセスモデル作成手段40Aと、建造シミュレーション手段40Bと、時系列情報化手段50と、情報提供手段60を建造シミュレータ400として構成し、統一データベース10と建造シミュレータ400は情報通信回線110を介して関係している。これにより、統一データベース10と建造シミュレータ400とを別々の場所に設置することや複数の建造シミュレータ400でのシミュレーションを可能とするなど、設置の自由度や利便性を高めることができる。

また、統一データベース10と建造シミュレータ400は、その設置場所とは異なる場所に位置するA工場、B工場、C工場、及びD社と、情報通信

回線 110 で接続されている。なお、D社は工場ではないが、例えば、工場を統括する本社、共同で船舶を建造するための取りまとめをする会社、船舶の基本設計を専門的に行う会社、また生産行為を認証する会社等である。

[0115] プロダクトモデル設定ステップ S1 において、プロダクトモデル設定手段 20 は、船舶の基本設計情報 11 を統一データベース 10 から取得して標準化したデータ構造で表現したプロダクトモデル 15 を設定する。

統一データベース 10 には、A工場、B工場、及びC工場それぞれの設備の情報（設備情報 12A）と作業員の情報（作業員情報 12B）から作成された工場ごとのファシリティモデル 12 が蓄積されている。プロセスモデル作成ステップ S3 においてプロセスモデル作成手段 40A は工場ごとのプロセスモデル 16 を作成し、シミュレーションステップ S5 において建造シミュレーション手段 40B はプロダクトモデル 15 に対して工場ごとの時間発展系シミュレーションを行う。

これにより、例えば、統一データベース 10 に蓄積された複数の工場のファシリティモデル 12 に対して、一つのプロダクトモデル 15 から工場ごとのプロセスモデル 16 が作成され、工場ごとのファシリティモデル 12 を用いたシミュレーションが行われるため、各工場での製造コストや工期を比較することができ、実際に建造する工場の選択を容易化でき、コストのさらなる低減や工期のさらなる短縮につながる。また、例えば、共同で単数隻又は複数隻の船舶の建造を受注した場合、複数の工場が共同で船舶を建造する際の受注時のコスト予測や、設備投資などを検討することも可能となる。例えば、各工場で仕事を分担することで年間何隻の受注が可能かなどといった受注機会の検討や、どのブロックをどの程度各工場に割り振るのが最も効率的かつ有益なのかの検討に、シミュレーション結果を用いることができる。また、或る会社が或るブロックを外注しようとする場合に、外注候補先の会社のファシリティモデル 12 を用いてシミュレーションを行い、その結果を基にコストや工期等を検討することも可能である。

なお、複数の工場は、同じ会社がすべて所有するものであっても、異なる

会社が其々所有する単数、又は複数の工場であってもよい。

[0116] また、シミュレーションステップS5の建造シミュレーション手段40Bにおける工場ごとの時間発展系シミュレーションの結果は、情報提供ステップS7において、比較可能な建造時系列情報51として情報提供手段60からユーザに提供される。

これにより、ユーザは迅速かつ的確に、各工場での工数予測結果、ファシリティの課題、ボトルネック等を比較でき、製造コストや工期などを比較することが可能となる。

[0117] また、プロダクトモデル設定ステップS1において、プロダクトモデル設定手段20は、船舶の基本設計情報11を情報通信回線110を介して各工場のCADシステムのいずれか、又は複数のCADシステムから取得する。また、船舶の建造シミュレーションシステムは、建造時系列情報51を情報通信回線110を介して各工場やD社に提供する。なお、情報提供手段60は、建造時系列情報51だけでなく、時間発展系シミュレーションに用いた基本設計情報11やファシリティ情報等、あらゆる情報を一緒に提供することもできる。

これにより、船舶の建造シミュレーションシステムが遠隔地にあったとしても、基本設計情報11の取得や建造時系列情報51の提供を、情報通信回線110を介して迅速に行うことができる。

また、船舶の基本設計情報11は、CADシステムから取得するので、CADシステムで作成された船舶の設計情報や変換情報を基本設計情報11として取得し、プロダクトモデル15の設定等に容易、かつ有効に利用できる。なお、CADシステムは、A工場、B工場、及びC工場に設置されているが、一つの工場で代表して設計することも、複数の工場で分担して設計することができる。また、代表した工場にのみCADシステムを配置してもよい。

[0118] また、建造シミュレータ400は、コスト計算手段120と、部品調達計画手段130を備えている。

コスト計算手段120は、建造時系列情報51に基づいて、船舶の建造に

関わるコストを計算する。これにより、建造時系列情報51に基づいて計算された船舶の建造に関わるコストを簡便に得ることができる。また、建造時系列情報51に基づいて算出することで、治具の材料費、電気代、溶接ワイヤーの消費量など、従来よりも細かくコストを算出しやすくなる。

部品調達計画手段130は、建造時系列情報51に基づいて、船舶の建造に必要な購入部品の購入計画を作成する。これにより、建造時系列情報51に基づいて作成された購入部品の購入計画を簡便に得ることができる。

[0119] 次に本発明の第四の実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法、建造シミュレーションプログラム、及び船舶の建造シミュレーションシステムについて説明する。なお、上記した実施形態と同一機能部材については同一符号を付して説明を省略する。

図41は本実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションシステムを機能実現手段で表したブロック図である。

本実施形態の船舶の建造シミュレーションシステムは、建造シミュレータ400の建造時系列情報51に基づいて、船舶の建造に関わる生産計画を立案する生産計画システム140と情報通信回線110を介して連係している。これにより、建造時系列情報51を船舶の建造全体の生産計画の立案へとスムーズに繋げることができる。なお、生産計画システム140は、既存の生産計画システムを利用することも、本建造シミュレーションシステムと連係するように開発された生産計画システムとすることもできる。

[0120] また、A工場、B工場、C工場、及びEユーザにはユーザ端末150が備えられている。ユーザ端末150は、例えばノートパソコンやタブレットパソコン等である。建造シミュレータ400とユーザ端末150とは情報通信回線110を介して連係されており、情報提供手段60から提供された建造時系列情報51をユーザ端末150で確認することができる。これにより建造時系列情報51を情報通信回線110を介して、各工場（現場）や設計者、本社勤務者など、関係各所で共有することができる。なお、関係者には、造船所だけでなく主機メーカーや機器メーカー等のサプライヤーを含めることが

できる。

ユーザは、ユーザ端末150から建造シミュレータ400を操作可能である。これによりユーザは例えば、建造シミュレータ400の始動や停止、建造シミュレータ400によるシミュレーションの途中結果の取得指示、取得した建造時系列情報51を見てシミュレーションの条件を修正するなど、現場から情報通信回線110を通じて建造シミュレータ400に対する操作を行うことができる。

[0121] 次に本発明の第五の実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法、建造シミュレーションプログラム、及び船舶の建造シミュレーションシステムについて説明する。なお、上記した実施形態と同一機能部材については同一符号を付して説明を省略する。

図42は本実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションシステムを機能実現手段で表したブロック図である。

本実施形態では、A工場、B工場、C工場、及びEユーザの他、Fユーザにもユーザ端末150が備えられている。

また、本実施形態の船舶の建造シミュレーションシステムは、モニター手段160と対比手段170を備えている。モニター手段160は、船舶を建造する各工場に設置され、船舶の実際の建造状況をモニターする。対比手段170は、建造シミュレータ400に設置され、建造シミュレータ400から提供される建造時系列情報51と建造状況のモニター結果を対比する。これにより、建造時系列情報51とモニター結果を比較して、計画の進捗を遠隔からモニターして管理することができる。また、複数の工場をモニターして管理することやシミュレーションの課題の把握等に役立てることもできる。なお、例えば監督や検査官が遠隔で作業管理を行うことも可能である。対比手段170における建造時系列情報51と建造状況のモニター結果との対比は、例えば建造時系列情報51に含まれる所定時刻における作業員の位置と、モニター結果における所定時刻における作業員の位置との一致度を判定すること等により行われる。

また、モニター手段160は、工場の実際の建造状況をIoT (Internet of Things) 技術、又はモニタリング技術を利用してモニターすることが好ましい。これにより、工場の実際の建造状況をセンサやモニター等を利用して、精度よくリアルタイムに監視することができる。なお、モニタリング技術とは、計測する技術、計測データを収集・伝送する技術、及び収集したデータを分析する技術を適切に組み合わせるものである。

[0122] また、建造シミュレータ400は評価手段171を備えている。対比手段170は、対比の結果を評価手段171へ送信する。評価手段171は、受信した対比の結果に基づいて、ボトルネックとなっている工程の評価、又は作業員の技量の評価を行う。これによりユーザは、ボトルネックとなっている工程や、作業員の技量を適切に把握して、工程の見直しや作業員の配置替え等の改善活動、また客観的な評価に活かすことができる。

[0123] また、本実施形態の船舶の建造シミュレーションシステムは、作業情報提供手段180を備えている。

作業情報提供手段180は、船舶を建造する各工場に配置され、実際の作業員に対して建造時系列情報51を提供することで作業員の教育に資するものである。工場の作業員は、建造時系列情報51から効率的な動きや作業手順等を学ぶことで、技量向上を図ることができる。

[0124] また、本実施形態の船舶の建造シミュレーションシステムは、制御手段200を備えている。制御手段200は、建造時系列情報51に基づいて、船舶を建造するA工場が有する自動化された設備（自動化設備190）を制御する。これにより、自動化された設備を建造時系列情報51に基づいて制御することで、工場の効率的な運営ができる。自動化された設備とは、例えば自動溶接ロボットや自動走行クレーン等である。

なお、自動化設備190が全自動化される場合は、作業員を相当するロボットや自動製造機に置き替えて、ファシリティモデル12を設定することができる。

[0125] 次に本発明の第六の実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造

シミュレーション方法、建造シミュレーションプログラム、及び船舶の建造シミュレーションシステムについて説明する。なお、上記した実施形態と同一機能部材については同一符号を付して説明を省略する。

図43は本実施形態による統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションシステムを機能実現手段で表したブロック図である。

本実施形態の船舶の建造シミュレーションシステムは、建造シミュレータ400が、ファシリティモデル設定ステップS2において、船舶を建造する工場の設備と作業員の少なくとも一方の改善情報を日本社から取得してファシリティモデル12を設定し、シミュレーションステップS5において改善情報に基づいた時間発展系シミュレーションを行い、情報提供ステップS7において建造時系列情報51を提供する。これにより、ユーザは工場の設備や作業員を変更し改善した場合の建造時系列情報51を得ることができ、設備や作業員の変更に対する意思決定を支援できる。工場の改善情報とは、例えばクレーンの更新や能力アップ、又は作業員の増員等である。

また、建造シミュレータ400は、ファシリティモデル設定ステップS2において、船舶を建造する工場の設備と作業員の組み合わせを変えた組み合わせ情報を取得してファシリティモデル12を設定し、シミュレーションステップS5において組み合わせ情報に基づいた時間発展系シミュレーションを行い、情報提供ステップS7において建造時系列情報51を提供する。これにより、工場の設備と作業員の組み合わせを変えた場合の建造時系列情報51を得て、現状の工場の設備と作業員を活用した最適な運用状態を導出することができる。なお、組み合わせ情報の組み合わせは、建造シミュレータ400が自動的に変更することも、ユーザが任意に変更することもできる。

また、改善情報、組み合わせ情報、及びそれらに基づくファシリティモデル12は、統一データベース10に蓄積される。

[0126] なお、第二から第六の実施形態においても、上述した各ステップを建造プログラムによりコンピュータに実行させることができる。

[0127] 図44はプロダクトモデルの標準化したデータ構造の例を示す図である。

プロダクトモデル15の標準化したデータ構造は、製品情報をBOM (Bill of Materials) で表現したものであり、クラス間の階層構造と、各クラスの属性情報を示している。

図44においては、標準化したデータ構造の構成要素であるクラスを四角で示し、その種類（名称）を四角内に記載すると共に、クラス間の関係及びクラス間の親子関係をツリー構造で示している。また、各クラスの属性情報を四角の右隣に記載している。具体的には、最上位のクラスは1番船や2番船など建造対象の船舶を示す「番船」であり、その一つ下のクラスは船殻を構成する「ブロック」であり、さらに一つ下のクラスはブロックを構成する「部材」、「接続線」、又は「材料」であり、さらに一つ下のクラスは接続線を構成する「溶接線」、部品を構成する「管」及び「艀装品」、材料を構成する「溶材」、「塗料」、「吊りピース」及び「取付治具」である。また、クラス「溶接線」の属性情報は「脚長」及び「開先形状」であり、クラス「管」の属性情報は「管系統」及び「管材質」であり、クラス「艀装品」の属性情報は「艀装品種類」であり、クラス「溶材」の属性情報は「種類（材料）」及び「ワイヤー径」であり、クラス「塗料」の属性情報は「種類（材料）」であり、クラス「吊りピース」の属性情報は「吊りピース種類」であり、クラス「取付治具」の属性情報は「取付金具種類」である。

なお、図示はしていないが、艀装品毎に更にサブクラスを設置することもできる。サブクラスの例としては、「梯子」や「管サポート」等が挙げられる。

[0128] 図45はファシリティモデルの標準化したデータ構造の例を示す図である。

ファシリティモデル12の標準化したデータ構造は、ファシリティ情報をBOE (Bill of Equipment) で表現したものであり、クラス間の階層構造と、各クラスの属性情報を示している。

図45においては、標準化したデータ構造の構成要素であるクラスを記載すると共に、クラス間の関係及びクラス間の親子関係をツリー構造で示して



いる。最上層のクラスは「工場A/B」など造船工場の種別（名前）であり、その一つ下のクラスは「棟A/B/C」など各工場における棟の種別（名前）であり、さらに一つ下のクラスは「定盤A/B/C/D」など各棟における定盤の種別（名前）であり、さらに一つ下のクラスは「溶接機A/B/C」、「送給機A/B/C」、「簡易自動台車A/B」、「グラインダーA/B」、「盤木A」、「ガストーチA/B」、「クレーンA/B」、「取付班A」、「溶接班A」、及び「配材班A」など各定盤で用いる設備（又は道具）、作業員の種別（名前）である。

また、図示はしていないが、能力値や形状といった属性情報が、溶接機や取付班といったクラスごとに設定されている。なお、形状は、クラス「溶接機」や「クレーン」等と関連のあるクラスとして整理することもできる。

[0129] 図46-1～3はプロダクトモデル、ファシリティモデル、及びプロセスモデルの標準化したデータ構造の例を示す図であり、図46-1に示すプロダクトモデルのデータ構造をBOM、図46-2に示すファシリティモデルのデータ構造をBOE、図46-3に示すプロセスモデルのデータ構造をBOP (Bill of Process) で表現している。なお、図46-1に示すプロダクトモデル15の標準化したデータ構造は、クラス「ブロック」のインスタンスの中で「大組」、「中組」、「小組」の親子関係に分かれている点等において、図44に示すプロダクトモデル15の標準化したデータ構造と異なっている。また、図46-2に示すファシリティモデル12の標準化したデータ構造は、最下層のクラスを上位概念的な表現としている点等において、図45に示すファシリティモデル12の標準化したデータ構造と異なっている。

図46-1～3に示すように、シミュレータで再現するプロセスモデル16の情報を、当該プロセスモデル16の対象となるプロダクトモデル15の情報と、当該プロセスモデル16に必要となるファシリティモデル12の情報を組み合わせて、ツリー構造で表現し、各モデルの関係を整理する。これにより、プロセスモデル16に各プロセスの対象となるプロダクトとファシ

リティを関連付けて管理できる。また、シミュレータの運用に必要なプロセスの表現（プロセスの粒度）を整理する。これにより、造船設計や生産計画において取り扱うデータを統一データベース10上で統一的に管理できるため、造船設計と生産計画業務において単一の情報に基づいて業務を運用することができ、建造のリードタイム短縮や設計及び生産計画の最適化に寄与する。

[0130] 図46-3に示すプロセスモデル16の標準化したデータ構造のうち、タスク「プロセスA-1~3」の具体例は「配材A~C」、タスク「プロセスB-1~4」の具体例は「取付A~D」、タスク「プロセスC-1~2」の具体例は「溶接A~B」、タスク「プロセスD-1」の具体例は「反転A」、タスク「プロセスE-1~2」の具体例は「配管A~B」、タスク「プロセスF-1~2」の具体例は「歪み取りA~B」、タスク「プロセスG-1~2」の具体例は「錆止塗装A~B」、タスク「プロセスH-1~2」の具体例は「清掃A~B」である。

配材、取付、溶接等といった各プロセスについて、そのプロセスをシミュレータで適切に表現するためのプロダクトモデル15の情報とファシリティモデル12の情報を対応付けて整理している。すなわち、プロダクトモデル15のどの情報とファシリティモデル12のどの情報をセットにして表現すればシミュレータは各プロセスを再現できるかを整理し、BOPの設計に反映させている。特に、溶接作業等に付帯する清掃作業、錆止塗装作業等の表現を工夫しており、例えば「清掃」タスクについては、溶接作業後に溶接線に沿った箒掛けが行われているという実態に着目し、プロダクトモデル15の情報として「溶接線」を対応付けている。

また、プロセスモデル16においては、各プロセスの実行順序を規定している。実行順序は、例えば図46-3の右側に示すように、「プロセスA-1（配材A）」→「プロセスB-1（取付A）」→「プロセスB-2（取付B）」→「プロセスC-1（溶接A）」→「プロセスE-1（配管A）」→「プロセスF-1（歪み取りA）」→「プロセスH-1（清掃A）」→「プ

プロセスG-1（錆止塗装A）」→「プロセスD-1（反転A）」→「プロセスA-2（配材B）」→「プロセスB-3（取付C）」→「プロセスA-3（配材C）」→「プロセスB-4（取付D）」→「プロセスC-2（溶接B）」→「プロセスE-2（配管B）」→「プロセスF-2（歪み取りB）」→「プロセスH-2（清掃B）」→「プロセスG-2（錆止塗装B）」とする。

このように、プロダクトモデル15、ファシリティモデル12、及びプロセスモデル16の標準化したデータ構造は、少なくとも、データの種類ごとに分けた複数のクラスと、クラス間の関係及びクラス間の親子関係とを含む。これにより、プロダクトモデル15、ファシリティモデル12、及びプロセスモデル16の取得や蓄積、利用等が、クラスやクラス間の関係を軸としたデータ構造により容易となる。

[0131] 次に、本発明の実施形態による船舶の品質データベースの構築方法、品質データベースの構築プログラム、統一データベース（統一データプラットフォーム）、及び統一データベースの利用方法について説明する。なお、上記した実施形態と同一機能部材については同一符号を付して説明を省略する。

[0132] 図47は第七の実施形態による船舶の品質データベースの構築方法に用いるシステムのブロック図、図48は第七の実施形態による船舶の品質データベースの構築方法のフロー図である。

システムは、統一データベース10と、プロダクトモデル設定手段20と、ファシリティモデル設定手段30と、プロセスモデル設定手段260と、コンピュータ250を備え、CADシステムと連携している。プロセス実行手段270は、例えば、造船工場においてプロダクトの製造に従事する作業員や製造設備等である。

統一データベース10は、プロダクトモデル15を蓄積したプロダクトデータベース210と、ファシリティモデル12を蓄積したファシリティデータベース220と、プロセスモデル16を蓄積したプロセスデータベース230と、船舶の建造に関連した品質データ17を蓄積する品質データベース

240を備え、船舶の建造に関連した情報を扱う。

コンピュータ250は、品質データ取得部251と、関連付け部252と、データ構造化部253と、品質データベース蓄積部254を備える。

[0133] 品質データベースの構築方法においては、統一データベースに基づく船舶の構造シミュレーション方法におけるプロセスモデル16又は建造時系列情報に基づいて建造プロセスを実行する。

まず、プロダクトモデル設定手段20が、プロダクトデータベース210から船舶の設計に関わるプロダクトモデル15を取得する（プロダクトモデル設定ステップS1）。プロダクトモデル15は、船舶の基本設計情報11に基づいて設定される。プロダクトモデル設定手段20は、取得したプロダクトモデル15を、プロセスモデル設定手段260とコンピュータ250へ送信する。

本実施形態では統一データベース10がプロダクトデータベース210を備えているため、プロダクトデータベース210が統一データベース10以外に設けられている場合と比べてプロダクトモデル15の蓄積や取得が容易になると共に、プロダクトモデル15の共同利用が可能となる。また、プロダクトモデル15を標準化（統一化）したデータ構造でプロダクトデータベース210に蓄積することで、データベースの管理を一元化することができる。

[0134] 次に、ファシリティモデル設定手段30がファシリティモデル12を取得する（ファシリティモデル設定ステップS2）。ファシリティモデル12は、船舶を建造する工場の設備情報12Aと作業員情報12Bを有する。ファシリティモデル設定手段30は、取得したファシリティモデル12を、プロセスモデル設定手段260とコンピュータ250へ送信する。なお、ファシリティモデル設定ステップS2をプロダクトモデル設定ステップS1よりも前に行っても構わない。

本実施形態では統一データベース10がファシリティデータベース220を備えているため、ファシリティデータベース220が統一データベース1

0以外に設けられている場合と比べてファシリティモデル12の蓄積や取得が容易になると共に、ファシリティモデル12の共同利用が可能となる。また、ファシリティモデル12を標準化（統一化）したデータ構造でファシリティデータベース220に蓄積することで、データベースの管理を一元化することができる。

[0135] 次に、プロセスモデル設定手段260は、プロダクトモデル15とファシリティモデル12とに基づいてプロセスモデル16を設定する（プロセスモデル設定ステップS10）。設定されたプロセスモデル16は、コンピュータ250とプロセスデータベース230へ送信される。

また、本実施形態では、作業の進め方の標準として定められるプロセスモデル16をプロセスデータベース230に蓄積する。これにより、後日同様のプロダクトを製造する場合や、プロダクトを他の工場と共同製造する場合等に、蓄積したプロセスモデル16を有効利用することができる。また、プロセスモデル16を標準化（統一化）したデータ構造でプロセスデータベース230に蓄積することで、データベースの管理を一元化することができる。

なお、プロセスモデル設定手段260におけるプロセスモデル16の設定は、取得したプロダクトモデル15とファシリティモデル12に基づいて、人が行うことも可能である。

[0136] 次に、プロセス実行手段270は、プロセスモデル16に従って建造プロセスを実行する（建造プロセス実行ステップS11）。建造プロセス実行ステップS11は、例えば工場においてプロダクトの製造に従事する作業員や使用する設備により、材料や部品等を用いて実行される製造や検査等に関わる工程である。建造プロセスを実行するにあたっては建造時系列情報も利用することが好ましい。

[0137] 次に、プロセスモデル16に従って実行される建造プロセスに関わる品質データ17を計測する（品質データ計測ステップS12）。

品質は、例えば以下の1)～3)のように定義される。

1) 製品の仕様書や設計図面との整合性（仕様書や図面通りに製品はできているか）。

2) 船級等、検査機関による検査項目の満足性。

3) 製品としての優良性。仕様書や設計図面、船級検査上では表れない製品の品質。製造工程上の品質の担保。

また、品質データ17は、製品の実際の材質、寸法、板厚、溶接ビードの状態、膜厚、腐食具合、管形状、及び据え付け状態等である。船舶建造時に取得する品質データ17は、例えば以下の1)～6)である。

1) 実際の溶接の施工条件（溶接順序、電流、電圧等）を溶接線ごとに記録管理。

2) 実際の溶接の施工結果（外観、内部欠陥、レントゲン）を溶接線ごとに記録管理。

3) ブロックの寸法精度（目違い量等）をブロックごとに記録管理。

4) 外板や船側の歪みの量を記録管理。

5) 塗装の塗装条件や膜厚を塗装面ごとに記録管理。

6) 船級、監督による検査結果（溶接、塗装等）の記録管理。

品質データ17の計測装置又は計測方法としては、例えば、3Dスキャナ、膜厚計、デジタル溶接機、ビード形状計測器、カメラ（画像データ）、各種センサ、及び目視等があり、自動計測と手動計測が混在してもよい。

品質データ17はプロセス実行手段270による各建造プロセスにおいて計測される。品質データ17は、建造プロセスの途中で取得された計測値、及び工程情報の少なくとも一方を含むことが好ましい。工程情報には、例えば、目視検査結果の記録、画像解析結果、又は運転試験結果等、数値以外の情報も含まれる。建造プロセスの途中における品質データ17も品質管理データとして品質データベース240に蓄積することで、時系列的な品質管理データに基づき、品質に関する分析や解析、また品質の改善等をより精度よく行うことができる。

また、品質データ17は、建造プロセスの途中で使用される調達品の品質

情報である調達品品質情報を含むことが好ましい。調達品は、他社によって製造・納入された部品や材料等である。調達品の品質データ17も品質管理データとして品質データベース240に蓄積することで、部品や材料を含む品質に関する分析や解析、また改善等をより精度よく行うことができる。

また、品質データ17には、建造プロセスの途中で得られた建造に関する修繕情報を含めることができる。修繕情報も品質管理データとして品質データベース240に蓄積することで、製造途中での手直しや設計や部品等の不具合の変更等の情報を反映した品質に関する分析や解析等を行うことができる。

なお、改善とは、建造プロセス途上や建造プロセス後での手直しや変更、ドック入り時の手入れ等の船舶の建造に関連した修繕情報を積み上げ、製品や設備、作業員配置、メンテナンス方法等を変革することをいう。

また、改善には、品質管理データ、調達品品質情報、就航後品質情報等に基づいて、時には利用品質情報も活用し、製造品質のみならず設計品質、企画品質、使用品質等を直接的、又は間接的に改革することも含む。

[0138] 次に、品質データ取得部251は、計測された品質データ17を取得する（品質データ取得ステップS13）。品質データ17の取得は、コンピュータ250への自動的な取り込み、又は手動でのコンピュータ250へのインプットにより行われる。

[0139] 次に、関連付け部252は、品質データ17と、プロダクトモデル設定手段20が取得したプロダクトモデル15とを関連付ける（関連付けステップS14）。プロダクトモデル15は製品の構成や形状を表現するものであるため、品質データ17がプロダクトモデル15に紐づくことで、製品のどこかの品質に関するデータであるかを示すことができる。

また、関連付け部252は、品質データ17と、プロセスモデル設定手段260が設定したプロセスモデル16とを関連付ける。これにより、品質データ17はプロセスモデル16とも紐づけられる。プロセスデータは製品の作り方を表現するものであるため、品質データ17がプロセスモデル16に

紐づくことで、どの工程、どの作業で発生した品質データ 17 であるかを示すことができる。

また、関連付け部 252 は、品質データ 17 と、ファシリティモデル設定手段 30 が取得したファシリティモデル 12 とを関連付ける。これにより、品質データ 17 は設備や作業員等のファシリティモデル 12 とも紐づけられる。

[0140] 次に、データ構造化部 253 は、プロダクトモデル 15、プロセスモデル 16、及びファシリティモデル 12 と関連付けた品質データ 17 を、標準化したデータ構造で表現して品質管理データとする（データ構造化ステップ S15）。

「品質データを標準化したデータ構造で表現」とは、プロダクトの寸法や塗装膜厚等といった品質に関する情報をクラスとして定義し、体形化することである。

ここで、図 49 は品質管理データのデータ構造の概念図、図 50 は品質管理項目と品質管理データの例を示す図である。

プロダクトモデル 15 は、部品単位で情報を管理している。すなわち、部品単位のデータ構造である。また、品質管理データは、部品内部の各位置における品質データ 17 を管理する。品質データ 17 によっては時系列で管理することもある。このため、品質データ 17 の管理用にデータ構造を整備する。

そこで、図 49 に示すように、部品を品質管理用に領域区分する新たなクラスを定義する。プロダクトモデル 15 のデータのクラス、及びプロセスモデル 16 のデータのクラスと、品質管理データのクラスは関係する。領域区分の仕方は、品質の項目ごとに異なる。例えば腐食データや膜厚データなど、項目によっては品質データ 17 を時系列で扱う必要がある。また、品質管理データのうち例えば「実際の板厚」について、プロダクトモデル 15 における設計上の板厚はある部材に対して代表値のみで表現されるが、品質管理の場合は、代表値 1 点での管理は適切でなく部材上のすべての点での計測値



を入力する必要がある。よって、既存のデータ構造に対して、部材上のすべての位置でのデータを入力できるようにデータ構造を拡張する必要があるため、品質管理に特化したデータ構造を定義する。

[0141] 図50に船舶建造時における対象工程と管理すべき品質管理データの想定例を示しているが、このように、品質データ17の項目ごと、想定利用ごとに、データ構造で表現（クラス設計）を行う。

標準化したデータ構造は、データの種類と属性及びデータ間の関係性を標準化したものであることが好ましい。データの種類と属性及びデータ間の関係性の標準化により、品質管理データをより取り扱い易いものとすることができる。

また、品質データ17とプロダクトモデル15との関連付けは、プロダクトモデル15のデータの種類と属性をもって定義されるクラスに、品質データ17のクラスを一致させたものであることが好ましい。これにより、品質データ17とプロダクトモデル15との関連付けをクラスに基づいて的確に行うことができる。

[0142] 次に、データ構造化部253は、品質管理データを品質データベース蓄積部254へ送信する（品質管理データ送信ステップS16）。品質データベース蓄積部254は、品質管理データを品質データベース240に蓄積する（品質管理データ蓄積ステップS17）。

このように、プロセスモデル16に従って建造（製造）された船舶（製品）の品質データ17をプロダクトモデル15と関連付けしてプロダクトモデル15の品質管理データとして蓄積することにより、船舶のプロダクトモデル15と実際の製品の品質データ17を一元管理することができる。これにより、実際の製品と品質データ17の照合ができ、品質に関する分析や解析も可能となり、ひいては品質管理の高度化、品質の改善、及びサービスの高度化等を図ることができる。また、品質管理が定量化されれば、人による主観的な判断や恣意的な判断を排除することができる。

また、プロセスモデル16に従って製造された製品の品質データ17をプ

プロセスモデル16と関連付けして品質管理データとして蓄積することにより、プロセスモデル16と実際の工程情報及び品質データ17を一元管理することができる。これにより、製造に関する作業と品質データ17の照合ができ、品質に関する分析や解析、また工程品質の改善等も可能となる。また、品質データ17を時系列で管理できる。

また、プロセスモデル16に従って製造された製品の品質データ17をファシリティモデル12と関連付けして品質管理データとして蓄積することにより、ファシリティモデル12と実際の製品の品質データ17を一元管理することができる。これにより、工程における設備や作業員と品質データ17の照合ができ、品質に関する分析や解析、また工程の改善等も可能となる。

[0143] 図51は統一データベースの構成を示す図である。

プロセスデータベース230に蓄積されているプロセスモデル16は、製品の作り方を表すものであり、作り方はファシリティデータベース220に蓄積されているファシリティモデル12と連動している。

3Dスキャナ、膜厚計、デジタル溶接機、ビード形状計測器、目視、及び各種センサ等による計測により取得された品質データ17は、プロダクトモデル15及びプロセスモデル16と関連付ける。品質データベース240には、実際の材質、実際の寸法、実際の板厚、実際の溶接ビードの状態、実際の膜厚、腐食具合、実際の管形状、実際の据え付け状態等といった品質管理データが蓄積される。

このように品質モデルが核となって、プロダクトモデル15、ファシリティモデル12、プロセスモデル16と関連付けられることにより、統一データベース10に品質データベース240に加え、プロダクトデータベース210、ファシリティデータベース220、プロセスデータベース230を、標準化したデータ構造で表現（体系化）して置く意義が深まる。

[0144] 図52はプロダクトモデルと品質データのクラス図である。

品質データは、BOMとして表現されるプロダクトモデルに紐づける。換言すると、BOMのツリー構造に品質データを関連付けて管理する。

図5 2はプロダクトモデルのクラス構造に品質データを関連付けた例であり、部材、溶接線、管、艀装品の各クラスに品質データが関連付けられている。また、クラス「部材」に関連付けられた品質データの属性情報は、材質、寸法精度、塗膜等であり、クラス「溶接線」に関連付けられた品質データの属性情報は、脚長、ビード形状、内部欠陥等であり、クラス「管」に関連付けられた品質データの属性情報は、材質、取付誤差、エアテスト結果等であり、クラス「艀装品」に関連付けられた品質データの属性情報は、材質、取付誤差、各種試験結果等である。

[0145] また、船舶の就航後においては、品質データ取得部251が試運転時、運航中、又は入渠時等における就航後品質情報を取得し、関連付け部252がプロダクトモデル15と関連付けし、プロダクトモデル15と関連付けた品質データ17をデータ構造化部253が標準化したデータ構造で表現（体系化）して品質管理データとし、品質データベース蓄積部254が品質管理データを品質データベース240に蓄積する。就航後に取得する品質データ17は、例えば以下の1）、2）である。

- 1) 損傷や改良工事の情報（損傷箇所、損傷内容）。
- 2) 定期検査時（1年ごと）の船殻の摩耗状態（錆び、塗装の劣化等）の記録管理。

試運転時、運航中、又は入渠時など、就航後における就航後品質情報を船舶の就航後の品質管理データとして品質データベース240に蓄積することで、就航後の損傷や改良工事等の情報を反映した品質に関する分析や解析、また製造品質の改善等のみならず、設計品質、企画品質、使用品質等の改善を行うことができる。なお、運航中の就航後品質情報は、IoT（Internet of Things）技術を利用して収集することもできる。

就航後品質情報には、建造プロセスの後で得られた建造に関する修繕情報を含めることができる。建造プロセスの後で得られる建造に関する修繕情報としては、入渠時等における製品の修繕や改造等が挙げられる。これにより、製造の途中での手直しや変更、また入渠時の修繕等の情報を反映した品質

に関する分析や解析、また品質の改善等を行うことができる。

品質データベース240に蓄積された品質管理データは、蓄積されることによって品質モデルとして活用することができる。品質管理データを品質モデルとして活用することで、品質管理の高度化及びサービスの高度化、品質の改善等を図ることができる。また、品質モデルを利用して設計品質や企画品質、また使用品質等の改善を図ることができる。

[0146] なお、船舶の品質データベースの構築方法は、船舶の品質データベースの構築プログラムを用いて実行することができる。

この場合、船舶の品質データベースの構築プログラムが、コンピュータ250に、プロダクトモデル設定手段20が取得したプロダクトモデル15と、プロセスモデル設定手段260が設定したプロセスモデル16の取得を行わせ、品質データ17が計測された場合には、品質データ取得部251により品質データ17の取得を行なわせ、ステップS13～ステップS17の処理を実行させる。品質データ17をプロダクトモデル15と関連付けした品質管理データの蓄積をプログラムが実行することで、省力化を図ることができる。

また、コンピュータ250に、さらにファシリティモデル設定手段30が取得したファシリティモデル12の取得を行わせることで、ファシリティモデル12の取得により、品質データ17とファシリティモデル12とを関連付けて行う品質管理データの作成をプログラムに実行させることができる。

[0147] 図53は第八の実施形態による船舶の品質データベースの構築方法に用いるシステムのブロック図、図54は第八の実施形態による船舶の品質データベースの構築方法のフロー図である。なお、上記した実施形態と同一機能部材については同一符号を付して説明を省略する。

システムは、統一データベース10と、第一のコンピュータ250Aと、第二のコンピュータ250Bを備え、CADシステムと連携している。

統一データベース10は、第一の実施形態による船舶の品質データベースの構築方法と同様に、プロダクトデータベース210と、ファシリティデー

データベース220と、プロセスデータベース230と、品質データベース240を備え、船舶の建造に関連した情報を扱う。

第一のコンピュータ250Aは、プロダクトモデル設定手段20と、ファシリティモデル設定手段30と、プロセスモデル作成手段40Aと、建造シミュレーション手段40Bと、プロセスモデル設定手段260を備える。

第二のコンピュータ250Bは、品質データ取得部251と、関連付け部252と、データ構造化部253と、品質データベース蓄積部254を備える。

第一のコンピュータ250A及び第二のコンピュータ250Bには、船舶の品質データベースの構築プログラムがインストールされている。

[0148] 第一のコンピュータ250Aは、プロダクトモデル設定手段20を介しプロダクトデータベース210から船舶の設計に関わるプロダクトモデル15を取得する（プロダクトモデル設定ステップS1）。

また、第一のコンピュータ250Aは、ファシリティモデル設定手段30を介しファシリティデータベース220から工場の設備と作業員に関わるファシリティモデル12を取得する（ファシリティモデル設定ステップS2）。

[0149] 次に、第一のコンピュータ250Aは、プロセスモデル作成手段40Aにおいてプロダクトモデル15とファシリティモデル12に基づいて、船舶を構成部品から建造するための組み立て手順とタスクを明確化し標準化したデータ構造で表現したプロセスモデル16を作成する（プロセスモデル作成ステップS3）。

次に、第一のコンピュータ250Aは、作成したプロセスモデル16に基づき、建造シミュレーション手段40Bにおいて船舶の建造をシミュレーションする（シミュレーションステップS5）。

建造シミュレーション手段40Bは、プロセスモデル作成手段40Aによって作成されたプロセスモデル16に基づいて時間ごとの建造の進行状況を逐次計算する時間発展系シミュレーション（3次元空間上の時間発展）を行

う。

時間発展系シミュレーションにおいては、プロセスモデル16を基に、3次元プラットフォーム上での各ファシリティとプロダクトの位置と占有状況、タスクの進捗状況を変化させることで、造船における建造をシミュレーションする。シミュレーションにおいては、作業員の詳細な動き、すなわち要素作業の動きまで表現される。

[0150] 次に、第一のコンピュータ250Aは、プロセスモデル設定手段260において、シミュレーションに用いたプロセスモデル16をプロセス実行手段270が用いるべきプロセスモデル16として設定する（プロセスモデル設定ステップS10）。

プロセスモデル設定手段260は、プロセスモデル16を設定するにあたり、シミュレーションの結果が所期目標の範囲を超えているか否かを判断する。初期目標の範囲を超えていない場合は、シミュレーションに用いたプロセスモデル16を設定する。一方、初期目標の範囲を超えている場合は、プロセスモデル16を設定することなくプロダクトモデル15及びファシリティモデル12の少なくとも一方を修正してプロセスモデル作成ステップS3に戻る。そして、修正後のプロダクトモデル15及びファシリティモデル12に基づいてプロセスモデル16が作成され（プロセスモデル作成ステップS3）、そのプロセスモデル16に基づく建造シミュレーションが再び実施される（シミュレーションステップS5）。

このように、プロダクトモデル15とファシリティモデル12とに基づいて、シミュレーションによりプロセスモデル16を作成させる。シミュレーションによりプロセスモデル16を自動的に作成させることで、最適なプロセスモデル16の選択が容易になる。また、建造シミュレーションの結果を反映することで、プロセスモデル16の設定のための選択や精度等を向上させることができる。

[0151] 以降の処理は第七の実施形態による船舶の品質データベースの構築方法と同様であり、次のように進行する。

プロセス実行手段270がプロセスモデル16に従って建造プロセスを実行する（建造プロセス実行ステップS11）。

次に、プロセスモデル16に従って実行される建造プロセスに関わる品質データ17を計測装置や目視等によって計測する（品質データ計測ステップS12）。

次に、第二のコンピュータ250Bは、計測された品質データ17を品質データ取得部251を介して取得する（品質データ取得ステップS13）。

次に、第二のコンピュータ250Bは、関連付け部252において、品質データ17とプロダクトモデル15、品質データ17とプロセスモデル16、及び品質データ17とファシリティモデルを関連付ける（関連付けステップS14）。

次に、第二のコンピュータ250Bは、データ構造化部253において、プロダクトモデル15、プロセスモデル16、及びファシリティモデル12と関連付けた品質データ17を、標準化したデータ構造で表現（体系化）して品質管理データとする（データ構造化ステップS15）。

次に、第二のコンピュータ250Bは、品質管理データを品質データベース蓄積部254へ送り（品質管理データ送信ステップS16）、品質管理データを品質データベース蓄積部254から品質データベース240に送信する（品質管理データ蓄積ステップS17）。これにより、品質データベース240に品質管理データが蓄積される。

[0152] また、船舶の就航後においては、第二のコンピュータ250Bが、品質データ取得部251を介して、試運転時、運行中、又は入渠時等における就航後品質情報を取得し、関連付け部252においてプロダクトモデル15と関連付けし、データ構造化部253においてプロダクトモデル15と関連付けた品質データ17を標準化したデータ構造で表現（体系化）して品質管理データとし、品質管理データを品質データベース蓄積部254から品質データベース240へ送信する。

なお、第一のコンピュータ250Aと第二のコンピュータ250Bは一台

のコンピュータで兼ねることも可能であり、第一のコンピュータ 250A で使用するプログラムと第二のコンピュータ 250B で使用するプログラムを一連のものとする 것도可能である。

[0153] 図 55 は船舶の品質データベースの構築方法における統一データベースの利用方法の説明図である。なお、上記した実施形態と同一機能部材については同一符号を付して説明を省略する。

システムは、統一データベース 10 と、第一のコンピュータ 250A と、第二のコンピュータ 250B を備え、その設置場所とは異なる場所に位置する A 工場、B 工場、C 工場、及び D 社と情報通信回線（情報通信網）110 で接続されている。なお、D 社は工場ではないが、例えば、工場を統括する本社、共同で船舶を建造するための取りまとめをする会社、船舶の基本設計を専門的に行う会社、また生産行為を認証する会社等である。また、A 工場、B 工場、C 工場は、船舶の建造をする別々の造船会社の工場であっても、一つの造船会社の複数地における工場であってもよい。

統一データベース 10 は、プロダクトデータベース 210 と、ファシリティデータベース 220 と、プロセスデータベース 230 と、品質データベース 240 を有する。なお、図 55 では品質データベース 240 を代表して図示している。

第一のコンピュータ 250A は、プロダクトモデル設定手段 20、ファシリティモデル設定手段 30、プロセスモデル作成手段 40A、建造シミュレーション手段 40B、及びプロセスモデル設定手段 260 を有する。

第二のコンピュータ 250B は、プロダクトモデル設定手段 20、ファシリティモデル設定手段 30、設定されたプロセスモデル 16 を取得するプロセスモデル取得部 255、品質データ取得部 251、関連付け部 252、データ構造化部 253、及び品質データベース蓄積部 254 を有する。

各工場は、プロセス実行手段 270 と品質データ取得部 251 を有すると共に、CAD システムが配置されている。

[0154] 基本設計情報 11 は各工場の CAD システムから船舶の情報通信回線 11



0を介して統一データベース10に送信され、設定されたプロダクトモデル15がプロダクトデータベース210に蓄積される。なお、CADシステムは、各工場に設置されているが、一つの工場で代表して設計することも、複数の工場で分担して設計することができる。

また、統一データベース10のファシリティデータベース220には、設備情報12Aと作業員情報12Bから作成された工場ごとのファシリティモデル12が蓄積されている。

[0155] 第一のコンピュータ250Aは、プロセスモデル作成手段40Aにおいて工場ごとのプロセスモデル16を作成し、建造シミュレーション手段40Bでプロダクトモデル15に対して工場ごとの時間発展系の建造シミュレーションを実行する。

建造シミュレーション手段40Bにおける工場ごとの時間発展系の建造シミュレーションの結果は、建造時系列情報として各工場やD社等に提供される。これにより、建造シミュレーションの結果に基づいて、各工場やD社等は工数や製造コスト等の予測結果を得ることができる。

また、D社は、統一データベース10の品質データベース240に蓄積されている情報から、就航後の就航後品質情報、及び修繕情報を取得する。これにより、就航後の就航後品質情報、及び修繕情報を考慮して運航計画やメンテナンス計画等を立案することができる。

このように、統一データベース10を、複数の工場で情報通信回線110を介して利用することで、各工場における製造コストを低減し工期も短縮することができる。また、統一された品質管理や品質改善、設備や作業員の管理や改善、工程の管理や改善、また設計管理や改善等に役立てることができる。

図55において、統一データベース10、第一のコンピュータ250A、及び第2のコンピュータ250Bは、別々に設置された形態をとっているが、同一の場所に設置すること、一台のコンピュータで機能を兼ねること等は任意に実施が可能である。また、統一データベース10、第一のコンピュー

タ 250 A、及び第 2 のコンピュータ 250 B の管理は、別々の組織や機関の管理であっても代表工場の管理であってもよく、管理能力に応じて自由に設定が可能である。また、統一データベース 10、第一のコンピュータ 250 A、及び第 2 のコンピュータ 250 B の運営は、サービス業として行うことも可能である。

[0156] 図 56 は船舶の品質データベースの構築方法における統一データベースの他の利用方法の説明図である。なお、上記した実施形態と同一機能部材については同一符号を付して説明を省略する。

システムは、統一データベース 10 と、第一のコンピュータ 250 A と、第二のコンピュータ 250 B を備え、その設置場所とは異なる場所に位置する A 工場、B 工場、C 工場、D 社、及び X 社と情報通信回線 110 で接続されている。

統一データベース 10 は、プロダクトデータベース 210 と、ファシリティデータベース 220 と、プロセスデータベース 230 と、品質データベース 240 を有する。なお、図 56 では品質データベース 240 を代表して図示している。

第一のコンピュータ 250 A は、プロダクトモデル設定手段 20、ファシリティモデル設定手段 30、プロセスモデル作成手段 40 A、建造シミュレーション手段 40 B、及びプロセスモデル設定手段 260 を有する。

第二のコンピュータ 250 B は、プロダクトモデル設定手段 20、ファシリティモデル設定手段 30、プロセスモデル取得部 255、品質データ取得部 251、関連付け部 252、データ構造化部 253、及び品質データベース蓄積部 254 を有する。

各工場のうち A 工場は、プロセス実行手段 270 と品質データ取得部 251 を有すると共に、CAD システムが配置されている。

[0157] 品質データベース 240 には、A 工場、B 工場、C 工場、及び D 社の品質管理データが蓄積されている。工場ごとの品質データベース 240 はバリア 280 によってアクセスが制限されており、各工場等のデータベースに蓄積

されている品質管理データをその工場等の所属者以外の他者が閲覧するためには、その工場の許可のもと、ID及びパスワードといった所定の条件の入力が必要である。このように、複数の工場ごとの品質データベース240を、所定の条件の入力により他者が閲覧可能とすることで、船舶の建造を協業する場合や設計会社に設計委託する場合等に他者による品質管理データの閲覧を適切に管理することができる。また、同じ工場であっても、品質管理データの機密度により、許可された所属者のみが閲覧できるようにすることも可能である。

なお、統一データベース10は、特別にサーバを設けなくても、A工場、B工場、C工場、及びD社のコンピュータを連係させて、機能として統一データベース10を構築してもよい。

[0158] X社は、船舶の建造に関連するアプリケーションプログラムの開発や情報提供サービスを行っている。X社は、統一データベース10の品質データベース240に蓄積されている品質管理データを用いて、船舶の建造に関連した利用品質情報を作成して造船会社や船主等に提供する。これにより、船舶の建造に関わる工場や設計部門、管理部門、また船主等は、利用品質情報により建造に関連した品質の確認等を行うことができる。

利用品質情報としては、検査レポート、技能測定結果、品質インデックス、及び溶接品質管理情報の少なくともいずれか1つを作成することが好ましい。これにより、船舶の建造に関わる工場や設計部門、管理部門、また船主等は、品質をより詳細に確認することができる。また、工場の責任者や管理部門等は、作業員のスキルや技能レベル、得手／不得手等を客観的に把握することができる。

また、利用品質情報として、船舶の建造に関連した品質を改善する品質改善情報を作成することが好ましい。これにより、品質改善情報の被提供者は、作成された品質改善情報に基づいて、製品、設備、人員配置、又はメンテナンスの改革を行うなど、製造品質の改善のみならず設計品質、企画品質、使用品質等の的確な品質改善を行うことができる。

また、利用品質情報として、船舶の建造から就航後を含む長期間にわたる長期品質情報を作成することが好ましい。これにより、長期品質情報の被提供者は、作成された長期品質情報を基にメンテナンスの時期や内容、また製造品質、設計品質、企画品質、使用品質等の改善を適切に計画することができる。

また、X社の開発したアプリケーションプログラムや作成した利用品質情報は、情報通信網70を介してA工場、B工場、C工場、及びD社を含む注文主や依頼主等に提供することが可能である。

[0159] 図57は船舶の品質データベースの構築方法における統一データベースと各アプリケーションの全体構成を示す図である。

統一データベース10には、検査レポートを作成する検査レポート作成アプリ、品質インデックスを計算して表示する品質インデックス計算・表示アプリ、作業員の技能を測定して技能測定結果を表示する技能測定アプリ、品質改善情報を作成する品質改善提案アプリ、最適なメンテナンスの周期や内容等を作成する最適メンテナンス提案アプリ、溶接品質管理情報を作成する溶接品質管理アプリ、塗装品質管理情報を作成する塗装品質管理アプリ、及び建造シミュレーションを行う建造シミュレーションアプリが接続して運用されている。

品質管理に関係するこれらの各アプリケーションプログラムは、統一データベース10から必要なデータを参照し、又は入出力する。

統一データベース10に取り込むのは、品質基準（品質の閾値）ではなく、例えば板厚、材質、ブロックの寸法、溶接の脚長、欠陥の有無、塗装の膜厚等、品質判定に用いるためのプロダクトの状態に関するデータのみである。これらのデータに対して、各社の品質基準を満足しているか否かを判定し、各社が設定している品質基準に対して警報を発するのは、溶接品質管理アプリや塗装品質管理アプリ等といった統一データベース10に接続するアプリケーション側である。

[0160] 統一データベース10と各アプリケーションは例えば以下のように利用で

きる。

品質管理データにより、プロダクト、プロセス及び品質という三点セットでデータが管理されるので、クラスタリング等の統計処理手法、又は機械学習を用いた類似検索AI等によって、特に品質上の問題が発生しやすい造船プロセスについてその発生パターンを分析し、次番船の建造や新設計船の開発に対する警告、又は品質上の危険予知を行うというように、品質不良の原因となる施工を抽出して施工や工法の改善につなげる工法改善体制を構築することができる。

また、個別の製品の品質（例えば、ブロック等の寸法誤差）に応じて、その製品個体ごとに最適化した作業手順を出力する作業手順の出力システムを構築することができる。例えば、前工程のブロックの寸法誤差を定量化し、それに応じて後工程におけるそのブロック（個体）に固有の生産指図をリアルタイムに出力することで、品質の記録と共に、その個体に応じた最適な生産指図により品質を向上させることができる。

また、作業員と作業内容と品質との関連付け（紐づけ）ができるので、品質から作業員のスキルや特性（得手不得手など）を判定する作業員のスキル判定システムを構築することができる。

また、就航後における船舶の品質の状態をセンサ等により常時モニタリングし、品質上の問題が発生したときに警告を発したり、品質上の閾値を下回る時期を予測してメンテナンスの最適な時期及び内容を提示したりするなど、最適メンテナンスサービスを構築することができる。なお、現状では、就航後の船舶は、規則で定められた期間と検査項目に従って定期検査を受けることになっている。船舶の運航者のメンテナンス次第で定期検査における検査期間は長くも短くもなるため、最適メンテナンスサービスを活用することにより、船舶の状態を良好に維持しようとするインセンティブが働くことが予想される。また、メンテナンスの最適な時期及び内容を予測する予測技術は高度な技術力が必要となるため、その製品（船舶）の設計者にしか実施できない。そのため、造船所が船舶を運航し航海ごとに船舶を貸し出したり、

あるいは造船所自らが運送事業者となるなど、造船所の新たな事業につなげることができる。

また、船舶の運航状態データを取得し、取得した運航状態データをプロダクトモデル15及び品質データ17と関連付けし、統一データベース10に設けたデータベースに蓄積する場合は、統一データベース10上で、プロダクトモデル15と運航状態データと品質データ17が紐づいているため、特に品質の不具合が発生しやすい箇所について、その不具合が発生するパターンを分析し、類似の箇所や状況について運航者に警告を行うことができる。また、これを発展させ、造船所側では個船ごとの合理的な設計体制を構築することができる。例えば、現在の船舶設計においては相当な安全率が含まれているが、運航条件まで含めた品質データ17の管理を行うことで、個船ごとに最適な安全率を設定したり、あるいは安全率の設定を不要としたりすることも可能となる。

[0161] 図58は溶接品質管理アプリによる品質管理データの利用を示す図である。

統一データベース10のデータ構造では、新規に定義された品質管理用溶接線クラスが、プロダクトモデル15の溶接線クラス、及びプロセスモデル16の溶接作業クラスと関連付けられている。

図58の右側には、実際の製品の溶接箇所を計測する計測部の例として、デジタル溶接機、カメラ、目視、レントゲン検査、超音波検査等を挙げている。溶接品質管理アプリは、溶接機、画像データ、各種検査（レントゲン検査、超音波検査）、目視確認等による品質データ17を処理して、品質管理データとして溶接品質管理情報を作成し、統一データベース10に登録する。

また、溶接品質管理アプリは、予め定められた検査レポートの項目に従って、検査レポートを取りまとめる。

溶接品質管理アプリが作成した検査レポートは、監督（船の発注者）や船級検査員がオンライン上でチェックし、承認する。

なお、ここでは計測された品質データ 17 の解析と検査レポートの作成の両方を溶接品質管理アプリが行う例を示したが、品質データ 17 の解析と検査レポートの作成を別々のアプリで行わせるなど、様々なアプリの在り方があり得る。

[0162] 図 59 は塗装品質管理アプリによる品質管理データの利用を示す図である。

統一データベース 10 のデータ構造では、新規に定義された品質管理用塗装面クラスが、プロダクトモデル 15 の部品クラス、及びプロセスモデル 16 の塗装作業クラスと関連付けられている。

図 59 の右側には、実際の製品の塗装箇所を計測する計測部の例として、センサ、塗装ガン、カメラ、膜厚計、手入力を挙げている。塗装品質管理アプリは、塗装ガン、各種センサ、膜厚計、及び画像データ等から塗装作業に関する品質データ 17 を取得し、これらの品質データ 17 を処理して、品質管理データとして塗装品質管理情報を作成し、統一データベース 10 に登録する。

また、塗装品質管理アプリは、予め定められた検査レポートの項目に従って、検査レポートを取りまとめる。

塗装品質管理アプリが作成した検査レポートは、監督（船の発注者）や船級検査員がオンライン上でチェックし、承認する。

なお、ここでは計測された品質データ 17 の解析と検査レポートの作成の両方を塗装品質管理アプリが行う例を示したが、品質データ 17 の解析と検査レポートの作成を別々のアプリで行わせるなど、様々なアプリの在り方があり得る。

[0163] 溶接品質管理アプリや塗装品質管理アプリ等は、造船プロセスにおける溶接工程や塗装工程等において品質に異常を検知したときに、異常を検知した旨をすぐに現場の管理者や作業員等に通知するものであることが好ましい。これにより、当該工程において品質不良を解消する（品質不良のまま後工程に移行しない）体制を構築することができる。

## 実施例

[0164] 造船工場モデルを入力データとした実施例について説明する。シミュレーションにあたって設定した作業員の移動速度、クレーンの移動速度、及び溶接作業の単位長さ当たりの速度の設定値を下表15に示す。なお、ここではこれらの値を一律に設定しているが、タスクごとに（例えば、溶接姿勢に応じて）定義することも可能である。

[表15]

属性名	設定値
作業員の移動速度	1.0m/s（クレーン利用時は、クレーン速度に合わせる）
クレーンの移動速度	0.5m/s
仮溶接作業の単位長さ当たりの速度	0.2m/s
本溶接作業の単位長さ当たりの速度	0.02m/s

[0165] 仮溶接は、本来であればタック溶接のように断続的な溶接線で表現されるべきであるが、本実施例では簡単のために、本溶接に利用する溶接線経路（ポリライン）を併用し、単位長さ当たりの溶接速度を変えることによって、作業の差を表現している。また、本実施例で設定した組立シナリオにおける溶接作業は、水平すみ肉溶接のみであり、上向き溶接は発生しない。

3DCADモデルのファイルは、Unity（登録商標）にインポート可能な汎用的な中間ファイル形式であるOBJ形式（Wavefront Technologies社）を採用した。

[0166]（ケース1）

図60はケース1の組立シナリオにおけるシミュレーションの計算結果のガントチャートである。縦軸の名称は各ファシリティとプロダクト（完成部品、中間部品、構成部品）を表し、横軸は時間（s）を示している。縦線の横棒は配材タスク、横線の横棒は仮溶接タスク、斜線の横棒は本溶接タスクで占有した時間を示している。このガントチャートは、プロセスモデルに基づいて時間発展系シミュレーションを行った時系列情報を、プロダクトモデ



ルやファシリティモデルの情報とも関連付けて表現したものであるともいえる。

ケース1のシナリオでは、5枚板モデルに対して、鉄工職1名と溶接職1名の計2名の作業員で組み立て作業を行う。定めた各作業員のスケジュールは表7の通りである。表7の2行目の作業員1が鉄工職であり、2行目の作業員2が溶接職である。各作業員は表7に記載した順にタスクを実施していく。

このシナリオに基づき船舶の建造シミュレーションシステムによって計算されたガントチャートである図60から、縦線の横棒で示される各板P1～P5の配材にかかる時間が約370秒であることがわかる。この時間は全体の約4分の1弱に相当している。この配材にかかる時間は、従来の溶接長から算出する方法では直接的に計算できないものであり、付随作業に相当する。また、作業員2は、配材と仮溶接タスクが終わらない限り作業を開始できないため、480秒近く待つことになる。その後、作業員2が中間部品U2を完成させるまで作業員1はタスクを待つ必要があり、1100秒付近から仮溶接タスクを実行して終了となる。

このように、船舶の建造シミュレーションシステムによって、従来の算出法だけでは計算できないような各タスクの必要な時間が計算され、タスクの進行度合いによって待ち時間が発生する様子が再現されている。

#### [0167] (ケース2)

図61はケース2の組立シナリオにおけるシミュレーションの計算結果のガントチャートである。縦軸の名称は各ファシリティとプロダクト（完成部品、中間部品、構成部品）を表し、横軸は時間（s）を示している。縦線の横棒は配材タスク、横線の横棒は仮溶接タスク、斜線の横棒は本溶接タスクで占有した時間を示している。また、図62はケース2におけるシミュレーションの3次元的な外観図である。

ケース2では、ケース1と同様に5枚板モデルを対象として、鉄工職2名（作業員1、3）と溶接職2名（作業員2、4）の計4名の作業員に増やし

たシナリオを設定した。それに合わせて、溶接機を2台追加している。各作業員のスケジュールは下表16の通りである。

[表16]

担当者	担当タスクと実行順番
作業員1	配材0, 配材2, 配材4, 仮溶接0, 仮溶接1, 配材5, 仮溶接3
作業員2	本溶接0, 本溶接3
作業員3	配材3, 配材1, 仮溶接2, 配材6, 仮溶接4
作業員4	本溶接1, 本溶接2, 本溶接4

[0168] このシナリオに基づきシミュレータによって計算されたガントチャートである図61から、各板P1～P5の配材にかかる時間が約400秒となっており、ケース1よりも長くなっていることがわかる。これは、作業員1と作業員3が1台のクレーンを共有して使うため、余計な歩行時間を要していることが要因にある。仮溶接の時間についても同様に1台のクレーンを共有して使うため、ケース1よりも長くなっている。中間部品U1と完成部品SUB1の本溶接は、それぞれ2本の溶接線を2名で並行して実施しているため、ケース1よりも時間が短縮されている。一方で、開始から終了までの総工期については、人数をケース1の2倍にしたが半分とはならず、結果的にその差は中間部品U1と完成部品SUB1の本溶接時間の短縮による150秒程度のみである。

このように、従来の能率という考えでは検討できない内容まで検討することが可能となり、定量的差とその根拠が明確となる。

また、図62に示すように、各モデルの3次元オブジェクトの位置が変更している様子を直接的に確認することも可能である。

### 産業上の利用可能性

[0169] 本発明は、製造時における物の流れと作業員の動きが定型的なものではなく状況に応じて細かな作業の判断を要する船舶の建造を精度よくシミュレーションし、その結果を、コスト予測、生産設計、建造計画の立案及び改善、設備投資、生産現場の分析やボトルネックの解明など、建造に関わる多岐の

用途で利用することができる。

また、本発明は、船舶の建造に係るトレーサビリティに利用できる。また、船舶の品質インデックスに利用することで船舶の品質を定量化することができる。さらに船舶の品質の改善に役立てることができる。高品質の船舶は新造であっても中古であっても高値で販売できるため、品質格付けサービスにも展開が可能である。

例えば、寸法精度の場合、J S Q S (Japanese Shipbuilding Quality Standard) では「このブロックは精度誤差何ミリ以内で造るべし」との基準が設けられており、造船所はその基準に従って工作する。しかし、基準範囲内であれば、精度誤差 0 mm で造ろうが精度誤差 5 mm で造ろうが、品質としては表面化されない。そこで、例えば、全ブロックの全取り合い部の寸法精度を計測しデータ化して、その船舶 1 隻分の寸法精度の状態を数値化するインデックスを作成することで、精度誤差 0 mm で製造された船舶と精度誤差 5 mm で製造された船舶を差別化できる。この場合、その寸法精度インデックスとしては、平均寸法誤差と寸法誤差の標準偏差（バラツキ）にあたるような指標を用いる。溶接や塗装等についても同様に、現状では検査箇所抜き取り式である定量検査を全量検査として、その検査結果に基づく状態を定量化して指標で数値化する。また、現在は品質の記録が取れていないか、取れていたとしても管理できる状態でデータ化されていないため、船主から派遣された監督者等が造船現場を監督せざるを得ないが、本発明により、品質管理データに基づく検査、監督者に依存しない造船品質管理体制を構築することができる。これにより、監督者等は現場に出向かずとも品質を確認できるため、COVID-19 等の感染症が流行し外出の自粛が求められる状況となった場合にも在宅勤務等に対応できる。また、品質管理が定量化されることにより、監督者等による主観的又は恣意的な判断を回避できる。また、監督者の役割を AI に担わせることも可能となる。

以上、本発明の望ましい実施の形態、及び実施例について説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、請求の範囲、発明の詳細な説明及

び添付図面の範囲内でさまざまに変形して実施することが可能であり、それらも本発明の範囲に属するということは言うまでもない。

また、本発明は、船舶と同様のアナロジーが成り立つような浮体、洋上風力発電施設、水中航走体や海洋構造物などの他製品、また建築業界など他産業への展開も可能である。これらに適用する場合は、請求項における船舶を他製品や他産業で対象とする言葉に置き替えて解釈することができる。

## 符号の説明

- [0170] 10 統一データベース
- 11 基本設計情報
- 12 ファシリティモデル
- 13 過去船のプロセスデータ
- 14 ルール情報
- 15 プロダクトモデル
- 16 プロセスモデル
- 17 品質データ
- 20 プロダクトモデル設定手段
- 30 ファシリティモデル設定手段
- 40A プロセスモデル作成手段
- 40B 建造シミュレーション手段
- 41 スケジュール情報
- 42 工場レイアウト情報
- 50 時系列情報化手段
- 51 建造時系列情報
- 60 情報提供手段
- 70 プロセスモデル蓄積手段
- 240 品質データベース
- S1 プロダクトモデル設定ステップ
- S2 ファシリティモデル設定ステップ

- S 3 プロセスモデル作成ステップ
- S 4 プロセスモデル蓄積ステップ
- S 5 シミュレーションステップ
- S 6 時系列情報化ステップ
- S 7 情報提供ステップ
- S 8 検証ステップ
- S 9 モデル修正ステップ

## 請求の範囲

[請求項1] 船舶の建造を統一データベースに蓄積された標準化したデータ構造で表現された情報に基づいてシミュレーションする方法であって、前記船舶の基本設計情報を前記統一データベースから取得して前記標準化したデータ構造で表現したプロダクトモデルとして設定するプロダクトモデル設定ステップと、前記船舶を建造する工場の設備と作業員に関する情報を前記統一データベースから取得して前記標準化したデータ構造で表現したファシリティモデルとして設定するファシリティモデル設定ステップと、前記プロダクトモデルと前記ファシリティモデルに基づいて、前記船舶を構成部品から建造するための組み立て手順とタスクを明確化し、前記標準化したデータ構造で表現したプロセスモデルを作成するプロセスモデル作成ステップと、前記プロセスモデルに基づいて時間ごとの建造の進行状況を逐次計算する時間発展系シミュレーションを行うシミュレーションステップと、前記時間発展系シミュレーションの結果を時系列データ化し建造時系列情報とする時系列情報化ステップと、前記建造時系列情報を提供する情報提供ステップとを実行することを特徴とする統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項2] 前記ファシリティモデルは、前記設備と前記作業員に関する情報に基づいて予め作成され、前記標準化したデータ構造で表現して前記統一データベースに蓄積されたものであることを特徴とする請求項1に記載の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項3] 前記プロダクトモデルは、前記船舶の前記基本設計情報に基づいて予め作成され、前記標準化したデータ構造で表現して前記統一データベースに蓄積されたものであることを特徴とする請求項1又は請求項

2に記載の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項4] 前記プロセスモデル作成ステップで作成された前記標準化したデータ構造で表現した前記プロセスモデルを前記統一データベースに蓄積するプロセスモデル蓄積ステップをさらに実行することを特徴とする請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項5] 前記プロセスモデルは、前記組み立て手順として組み立ての依存関係を表す組立ツリーと、前記組立ツリーに基づいた前記タスク間の依存関係を表すタスクツリーを含むことを特徴とする請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項6] 前記タスクは、前記時間発展系シミュレーションで実行可能な関数であるベーシックタスクを組み合わせて構築されるカスタムタスクを含むことを特徴とする請求項1から請求項5のいずれか1項に記載の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項7] 前記プロセスモデル作成ステップにおいて、前記組み立て手順と前記タスクに基づいて前記作業員のスケジュール情報及び前記工場内の前記設備と前記作業員の配置に関する工場レイアウト情報の少なくとも一方を作成することを特徴とする請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項8] 前記作業員が仮想的な作業を進めるため、又は前記作業員が前記仮想的な作業で使用する前記設備を決めるための前記作業員に付与される判断ルールであるブレインを含むルール情報を利用することを特徴とする請求項1から請求項7のいずれか1項に記載の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項9] 前記プロダクトモデル、前記ファシリティモデル、及び前記プロセ

モデルの前記標準化したデータ構造は、少なくとも複数のデータの種類ごとに分けたクラスと、前記クラス間の関係、及び前記クラス間の親子関係を含むデータ構造を有することを特徴とする請求項1から請求項8のいずれか1項に記載の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項10] 前記情報提供ステップにおいて、少なくとも前記建造時系列情報を前記標準化したデータ構造として、前記統一データベースに提供することを特徴とする請求項1から請求項9のいずれか1項に記載の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項11] 船舶の建造を統一データベースに蓄積された標準化したデータ構造で表現された情報に基づいてシミュレーションするプログラムであって、  
コンピュータに、  
請求項1から請求項10のいずれか1項に記載の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法における  
前記プロダクトモデル設定ステップと、  
前記ファシリティモデル設定ステップと、  
前記プロセスモデル作成ステップと、  
前記シミュレーションステップと、  
前記時系列情報化ステップと、  
前記情報提供ステップとを実行させることを特徴とする統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションプログラム。

[請求項12] 前記コンピュータに、前記プロセスモデル蓄積ステップをさらに実行させることを特徴とする請求項4を引用する請求項11に記載の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションプログラム。

[請求項13] 請求項1から請求項10のいずれか1項に記載の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法を実行するためのシステムであって、



前記船舶の建造に関わる情報を標準化したデータ構造で蓄積する統一データベースと、  
前記プロダクトモデルを設定するプロダクトモデル設定手段と、  
前記ファシリティモデルを設定するファシリティモデル設定手段と、  
前記プロセスモデルを作成するプロセスモデル作成手段と、  
前記時間発展系シミュレーションを行う建造シミュレーション手段と、  
、  
前記建造時系列情報を作成する時系列情報化手段と、  
前記建造時系列情報を提供する情報提供手段とを備えたことを特徴とする統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションシステム。

[請求項14] 前記プロセスモデルを前記統一データベースに蓄積するプロセスモデル蓄積手段をさらに備えたことを特徴とする請求項4を引用する請求項13に記載の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションシステム。

[請求項15] 前記ファシリティモデルが、複数の前記工場の前記設備の情報と、前記作業員の情報から作成されたファシリティモデルであり、前記プロセスモデル作成手段が前記工場ごとの前記プロセスモデルを作成し、前記建造シミュレーション手段が前記プロダクトモデルに対して前記工場ごとの前記時間発展系シミュレーションを行うことを特徴とする請求項13又は請求項14に記載の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションシステム。

[請求項16] 前記建造シミュレーション手段における前記工場ごとの前記時間発展系シミュレーションの結果を、比較可能な前記建造時系列情報として前記情報提供手段から提供することを特徴とする請求項15に記載の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーションシステム。

[請求項17] 前記建造時系列情報に基づいて、前記船舶の建造に関わるコストを計算するコスト計算手段、前記船舶の建造に必要な購入部品の購入計

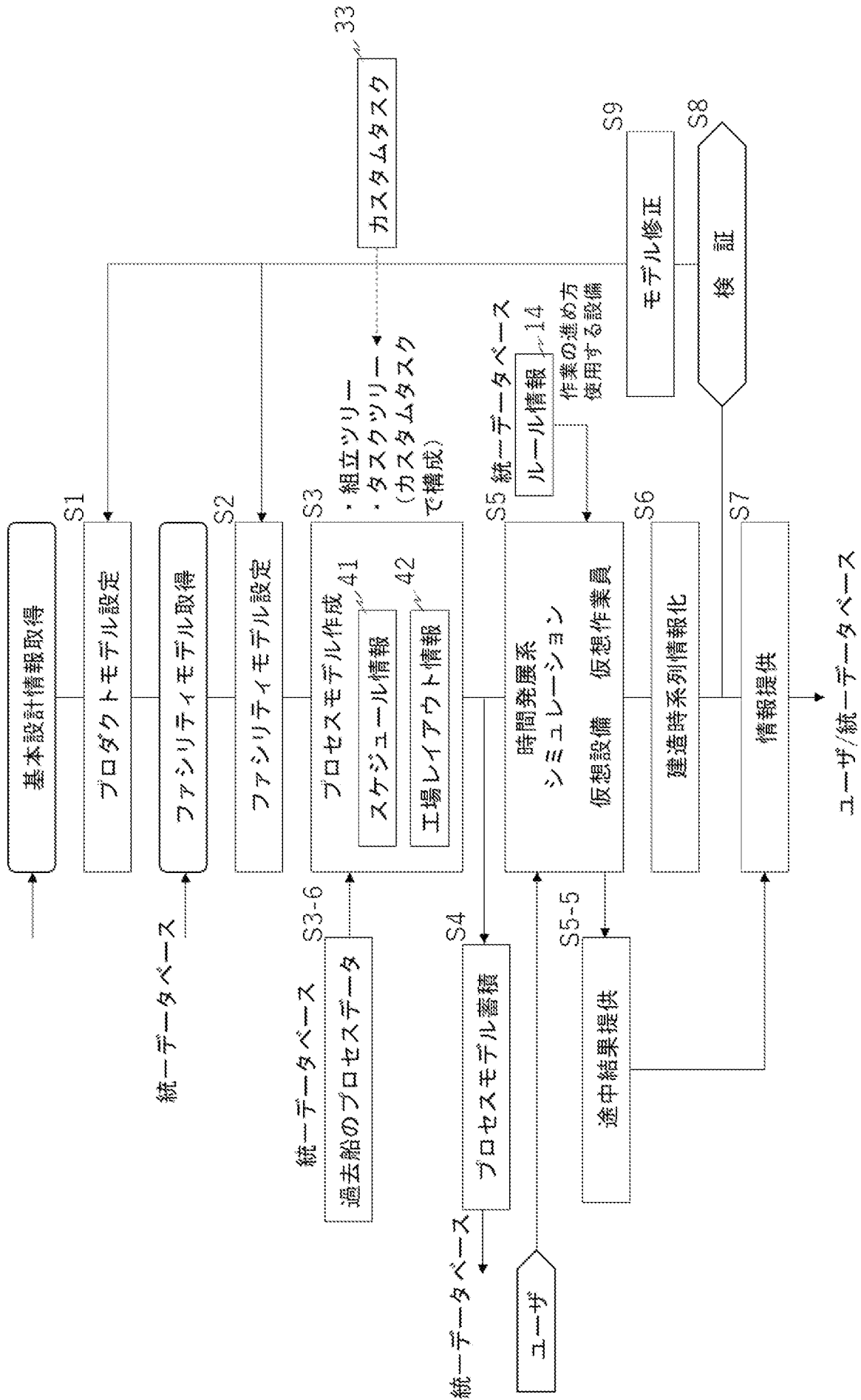
画を作成する部品調達計画手段、及び前記船舶の建造に関わる生産計画を立案する生産計画手段のうちの少なくとも一つを備えたことを特徴とする請求項13から請求項16のいずれか1項に記載の船舶の建造シミュレーションシステム。

[請求項18] 請求項1から請求項15のいずれか1項に記載の統一データベースに基づく船舶の建造シミュレーション方法における前記プロセスモデル又は前記建造時系列情報に基づいて、建造プロセスを実行し、前記建造プロセスに関わる品質データを取得し、前記品質データを前記プロダクトモデル、前記ファシリティモデル、及び前記プロセスモデルのうちの少なくとも一つと関連付けし、標準化した品質データ構造で表現して前記プロダクトモデルの品質管理データとして前記品質データベースに蓄積することを特徴とする船舶の品質データベースの構築方法。

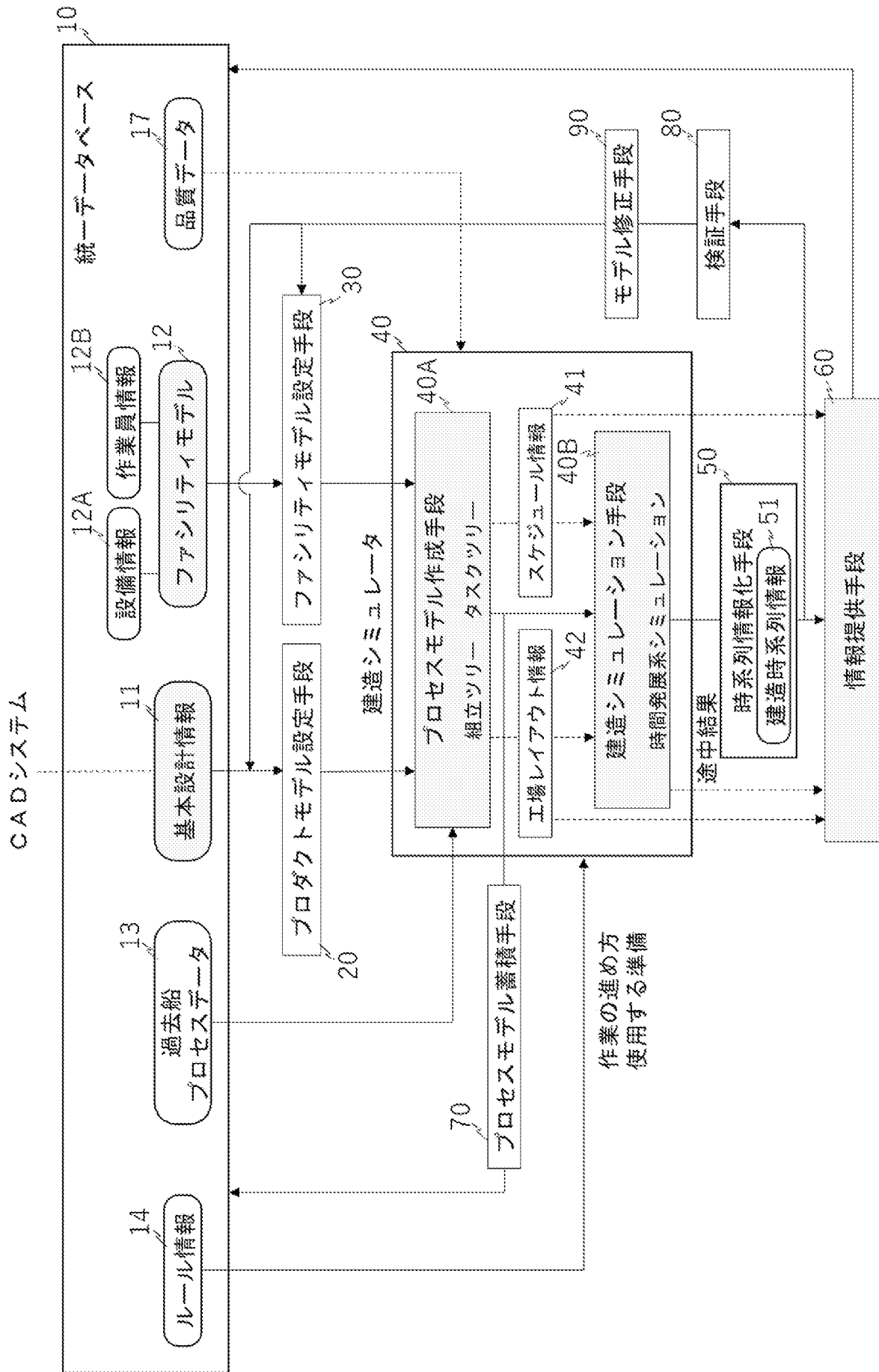
[請求項19] 前記船舶の就航後の就航後品質情報を取得し、前記プロダクトモデル、前記ファシリティモデル、及び前記プロセスモデルのうちの少なくとも一つと関連付けして前記船舶の就航後の前記品質管理データとして前記品質データベースに蓄積したことを特徴とする請求項18に記載の船舶の品質データベースの構築方法。

[請求項20] 前記標準化した品質データ構造は、前記プロダクトモデル、前記ファシリティモデル、及び前記プロセスモデルのうちの少なくとも一つの前記標準化したデータ構造と関連付けし標準化したものであることを特徴とする請求項18又は請求項19に記載の船舶の品質データベースの構築方法。

[図1]

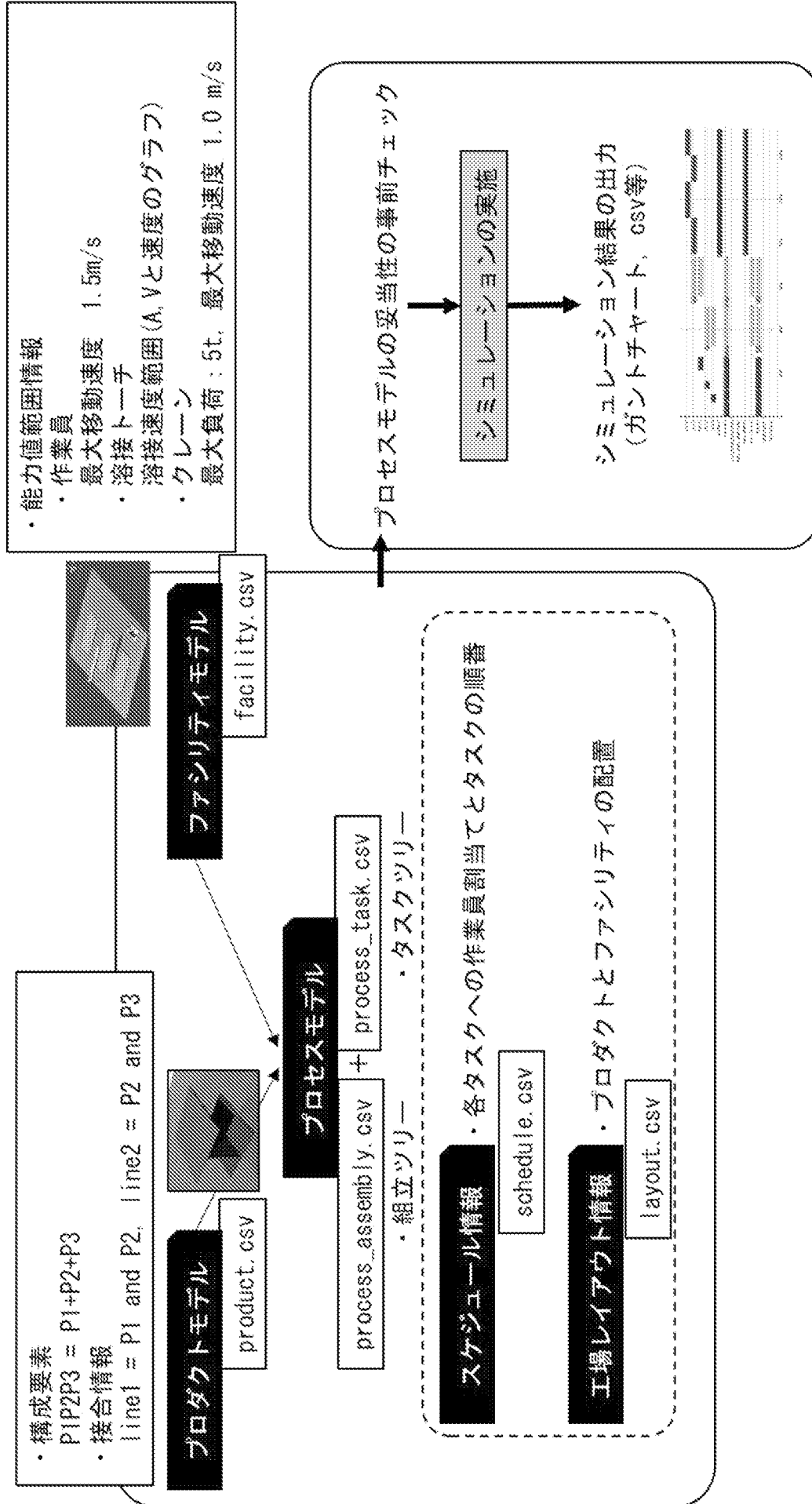


[図2]

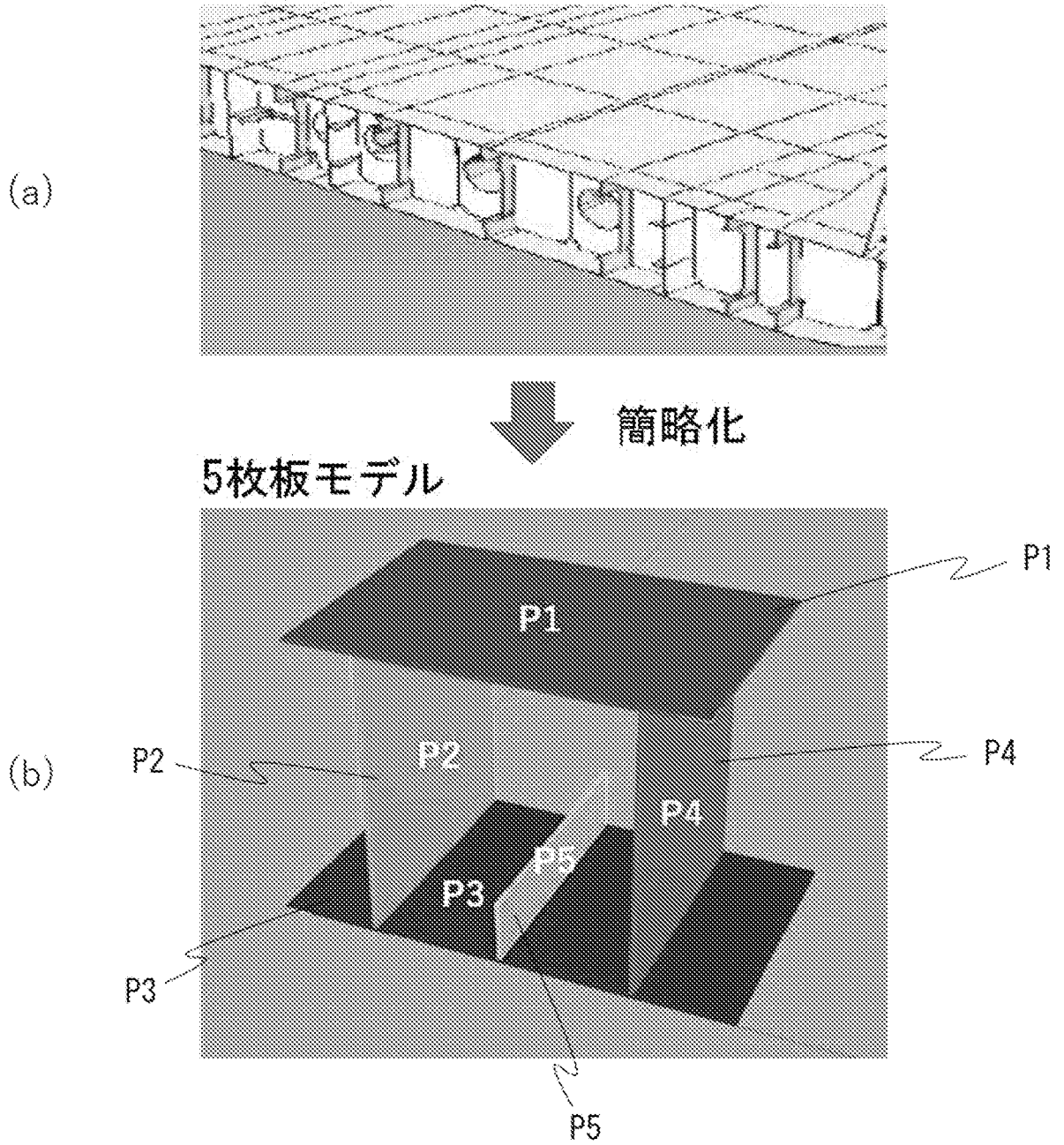


ガントチャート、作業分解構成図、作業手順書、工数、動線

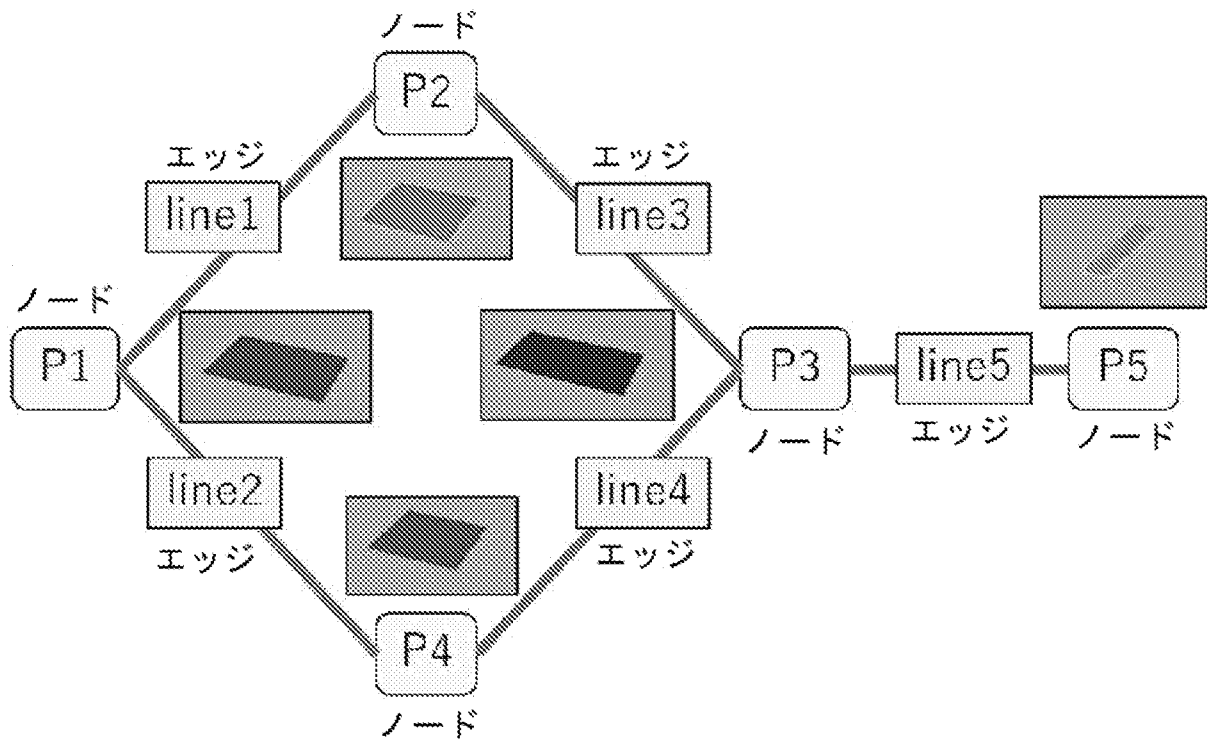
[図3]



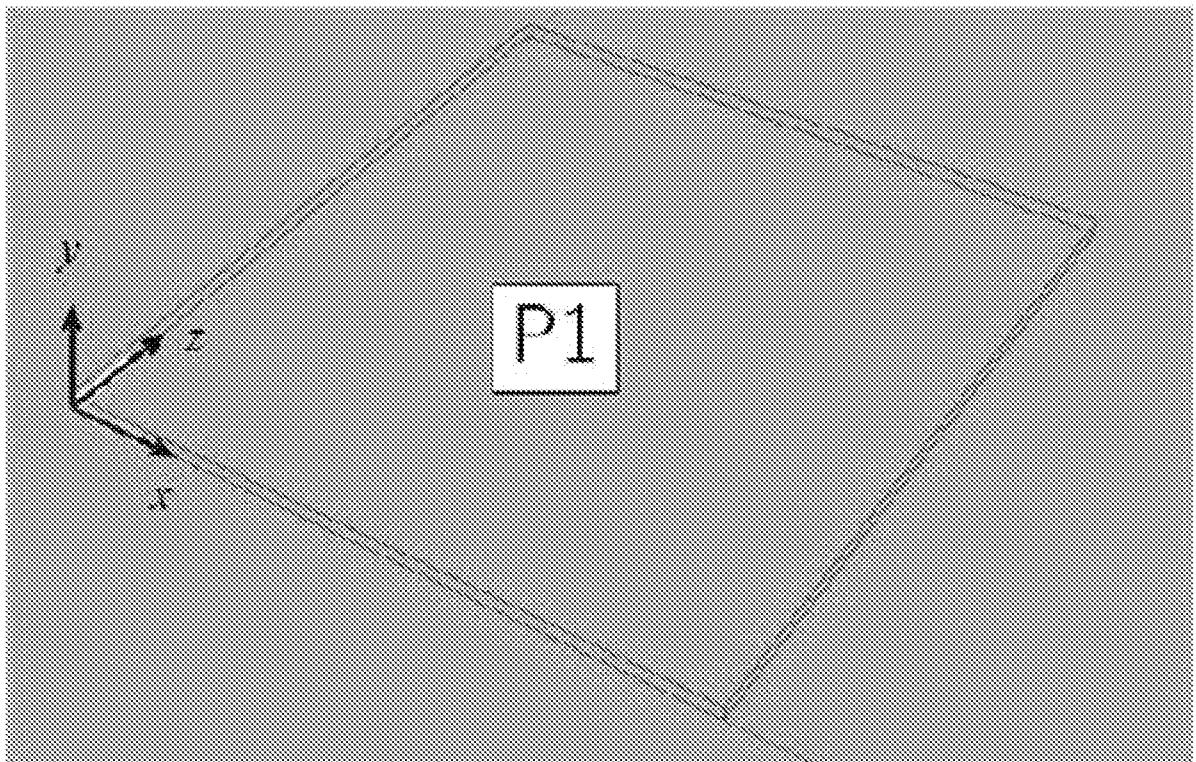
[図4]



[図5]



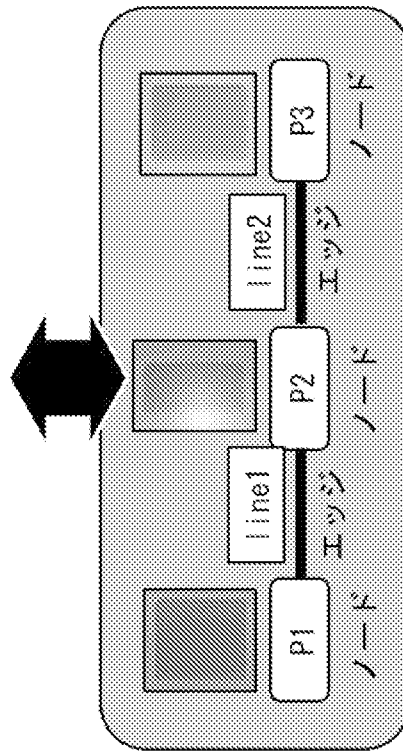
[図6]



[図7]

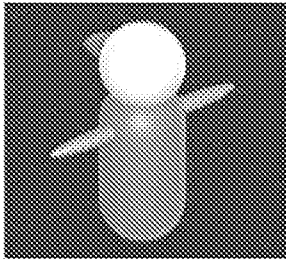
product.csv

ID	name	parent	type	Node1	Node2	data
p1	P1	P1P2P3	Node	-	-	resources/P1.obj: 完成形状における座標変換情報 (3点データ, vo, vx, vz), 重量, ...
p2	P2	P1P2P3	Node	-	-	resources/P2.obj: 完成形状における座標変換情報 (3点データ, vo, vx, vz), 重量, ...
p3	P3	P1P2P3	Node	-	-	resources/P3.obj: 完成形状における座標変換情報 (3点データ, vo, vx, vz), 重量, ...
l1	line1	P1P2P3	Edge	P1	P2	resources/line1.txt (接合線データ)
l2	line2	P1P2P3	Edge	P2	P3	resources/line2.txt (接合線データ)

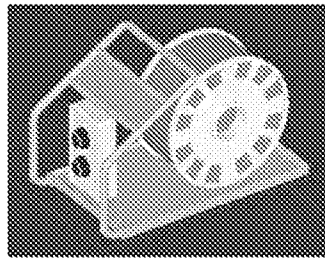




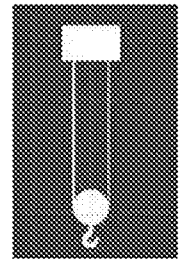
[図8]



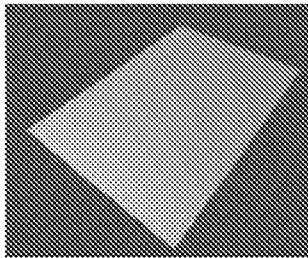
(a)



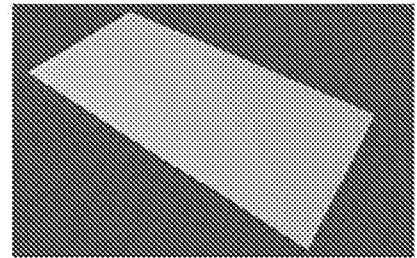
(b)



(c)



(d)



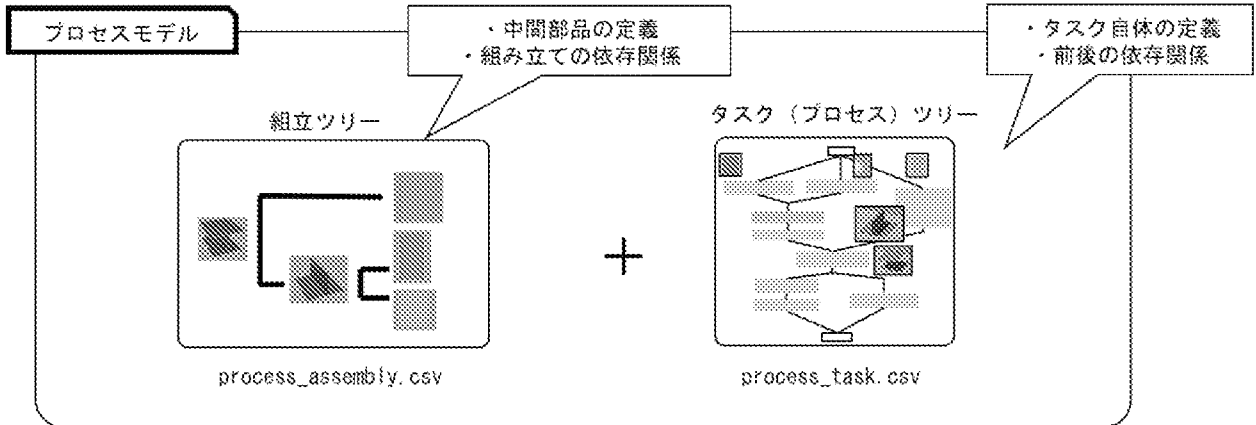
(e)

[図9]

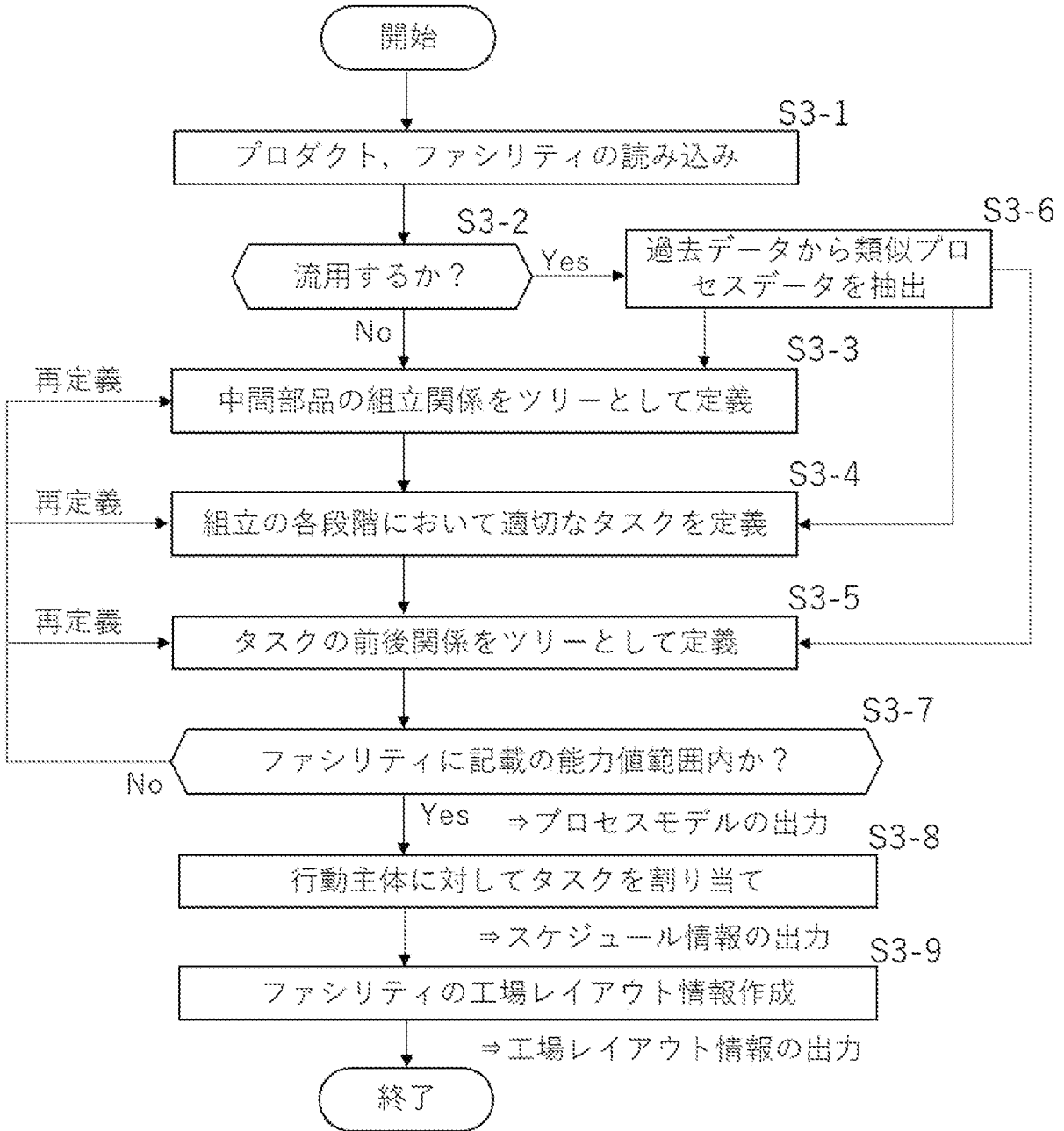
facility.csv

ID	name	type	model_file_path	ability
f1	作業員1 (鉄工)	作業員	Resources/worker.obj	1.5m/s (最大歩行速度) (手で持ち上げられる最大荷重, ...)
f2	作業員2 (溶接)	作業員	Resources/worker.obj	1.5m/s (最大歩行速度) (手で持ち上げられる最大荷重, ...)
f3	クレーン1	クレーン	Resources/crane_v2.obj	0.5m/s (最大移動速度) (, 定格荷重, 定格速度 (横行・走行・巻上・旋回), スパン, 揚程, ...)
f4	溶接機1	溶接機	Resources/welding_machine.obj	(最大移動速度, 溶接速度範囲(A, Vと速度のグラフ), ...)
f5	溶接機2	溶接機	Resources/welding_machine.obj	(最大移動速度, 溶接速度範囲(A, Vと速度のグラフ), ...)
f6	床	床	Resources/Floor.obj	
f7	定盤1	定盤	Resources/Surface_plate1.obj	
f8	定盤2	定盤	Resources/Surface_plate2.obj	
f9	定盤3	定盤	Resources/Surface_plate3.obj	
f10	定盤4	定盤	Resources/Surface_plate4.obj	

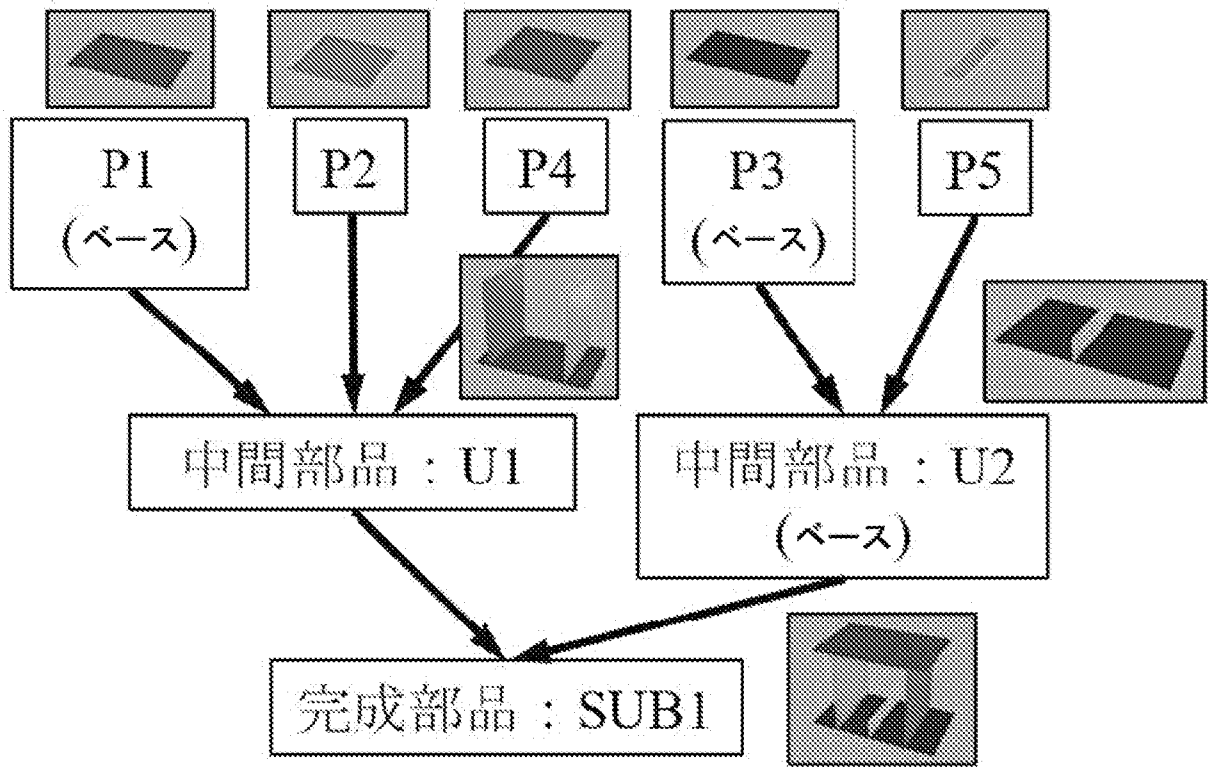
【図10】



【図11】



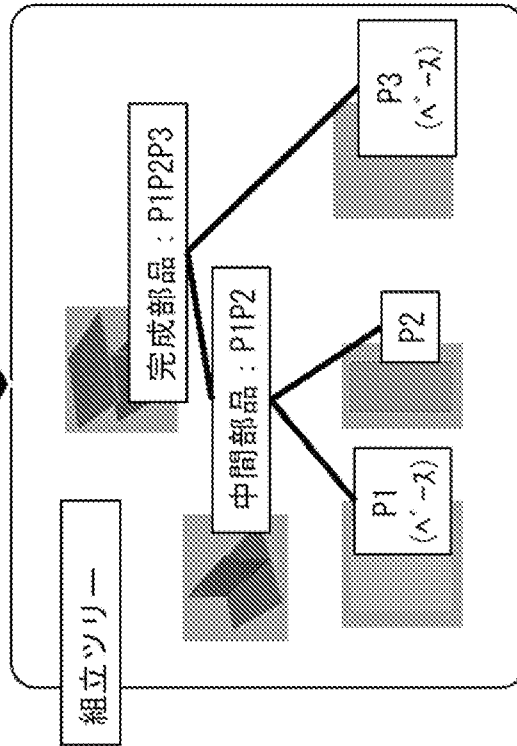
[図12]



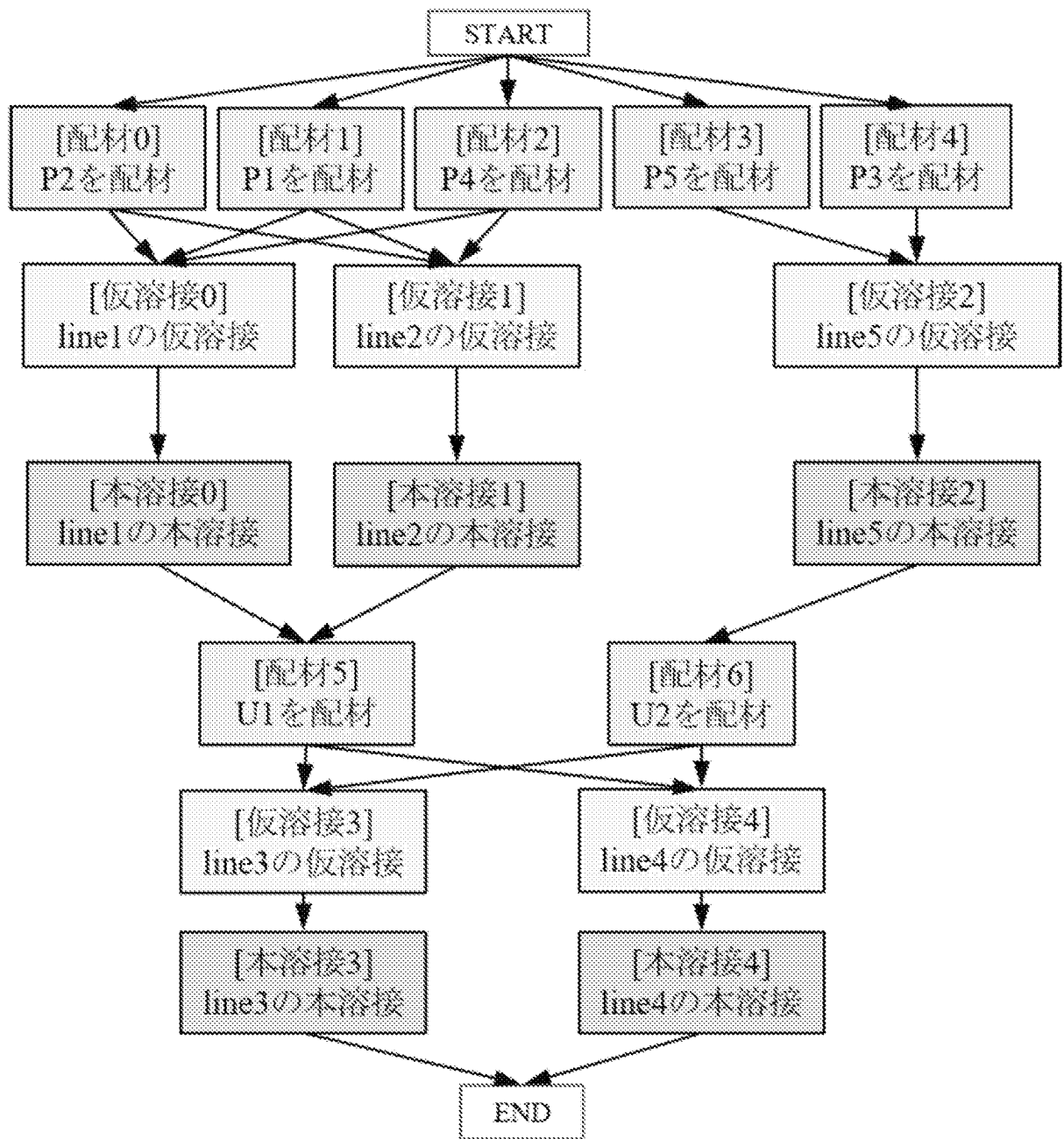
[図13]

process...assembly.csv

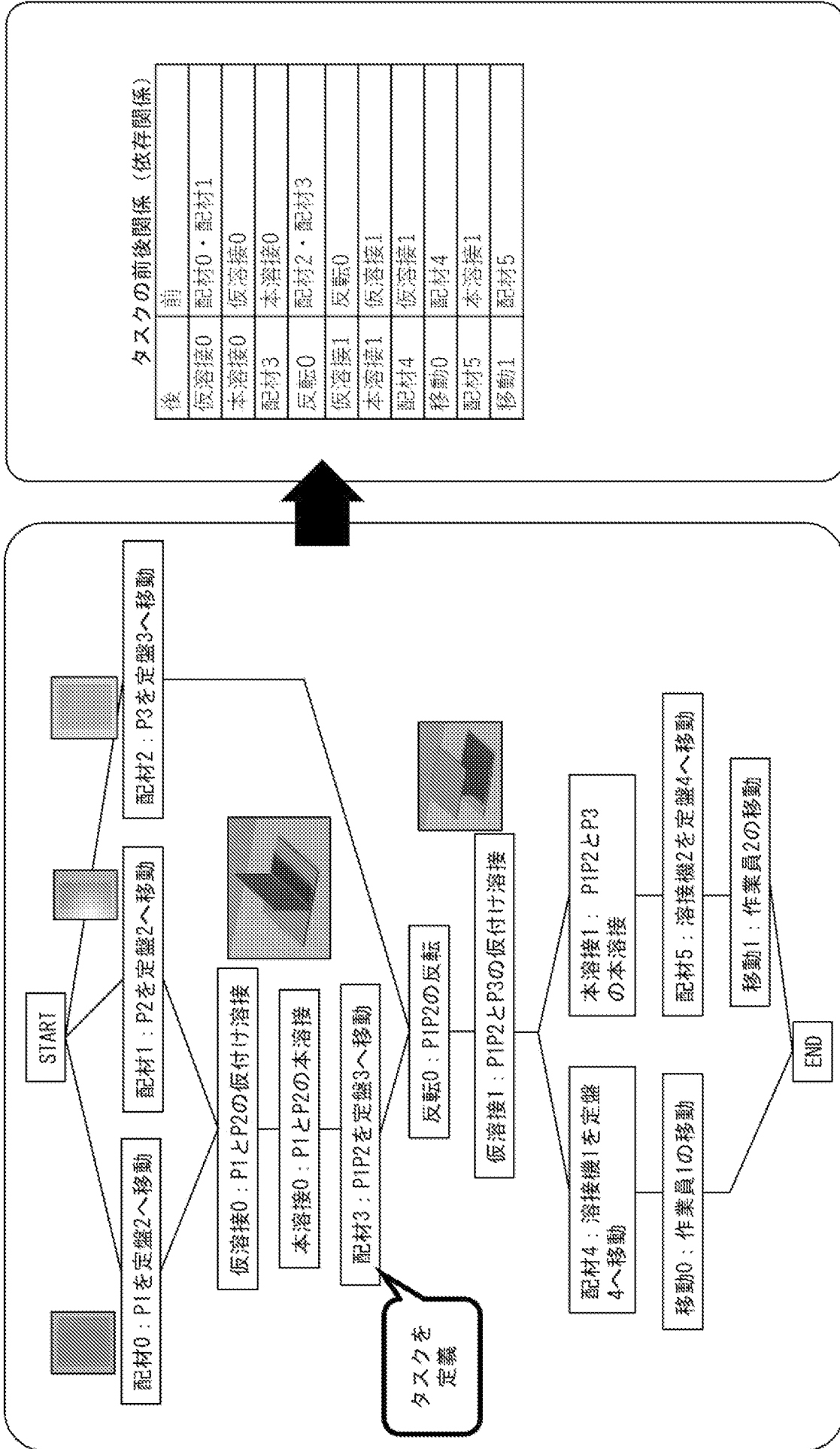
ID	name	product1(base) ID	product2 ID	中間部品における構成部品の座標変換情報
a0	P1P2	P1	P2	P1の3点情報(v'a, v'x, v'z), (P2の3点情報(v'a, v'x, v'z))
a1	P1P2P3	P3	P1P2	P3の3点情報(v'a, v'x, v'z), (P1P2の3点情報(v'a, v'x, v'z))



[図14]



[図15]



[ 16 ]

Process\_task.csv

ID	name	task type	product ID	facility ID	conditions ID	task data
t1	配材0	配材	P1	クレーン1		定盤2, (8, 0, 4), (0, 0, 0) (配材先基準オブジェクト、位置、回転)
t2	配材1	配材	P2	クレーン1		定盤2, (4, 0, 4), (0, 0, 0) (配材先基準オブジェクト、位置、回転)
t3	配材2	配材	P3	クレーン1		定盤3, (2, 0, 4), (0, 0, 0) (配材先基準オブジェクト、位置、回転)
t4	配材3	配材	P1P2	クレーン1	本溶接0	定盤3, (8, 0, 4), (0, 0, 0) (配材先基準オブジェクト、位置、回転)
t5	配材4	配材	-	溶接機1	板溶接1	定盤4, (8, 0, 4), (0, 0, 0) (配材先基準オブジェクト、位置、回転)
t6	配材5	配材	-	溶接機2	本溶接1	定盤4, (8, 0, 4), (0, 0, 0) (配材先基準オブジェクト、位置、回転)
t7	板溶接0	板溶接	P1P2	溶接機1:クレーン1	配材0:配材1	0.2m/s (溶接速度), Resources/welding_line/fft0/ (溶接情報)
t8	板溶接1	板溶接	F1P2P3	溶接機1:クレーン1	反転0	0.2m/s (溶接速度), Resources/welding_line/fft1/ (溶接情報)
t9	本溶接0	本溶接	P1P2	溶接機2	板溶接0	0.02m/s (溶接速度), Resources/welding_line/hwt0/ (溶接情報)
t10	本溶接1	本溶接	P1P2P3	溶接機2	板溶接1	0.02m/s (溶接速度), Resources/welding_line/hwt1/ (溶接情報)
t11	反転0	反転	P1P2	クレーン1	配材2:配材3	速度変換情報 (基準点3点データ)
t12	移動0	移動	-	作業員1	配材4	定盤4, (2, 0, 1), (0, 0, 0) (移動基準先、位置、回転)
t13	移動1	移動	-	作業員2		定盤4, (2, 0, 2), (0, 0, 0) (移動基準先、位置、回転)



[図17]

配材0：P1を定盤2へ移動
配材1：P2を定盤2へ移動
仮溶接0：P1とP2の仮付け溶接
配材2：P3を定盤3へ移動
配材3：P1P2を定盤3へ移動
仮溶接1：P1P2とP3の仮付け溶接
反転0：P1P2の反転
配材4：溶接機1の移動
移動0：作業員1の移動

(a)

本溶接0：P1とP2の本溶接
本溶接1：P1P2とP3の本溶接
配材5：溶接機2の移動
移動1：作業員2の移動

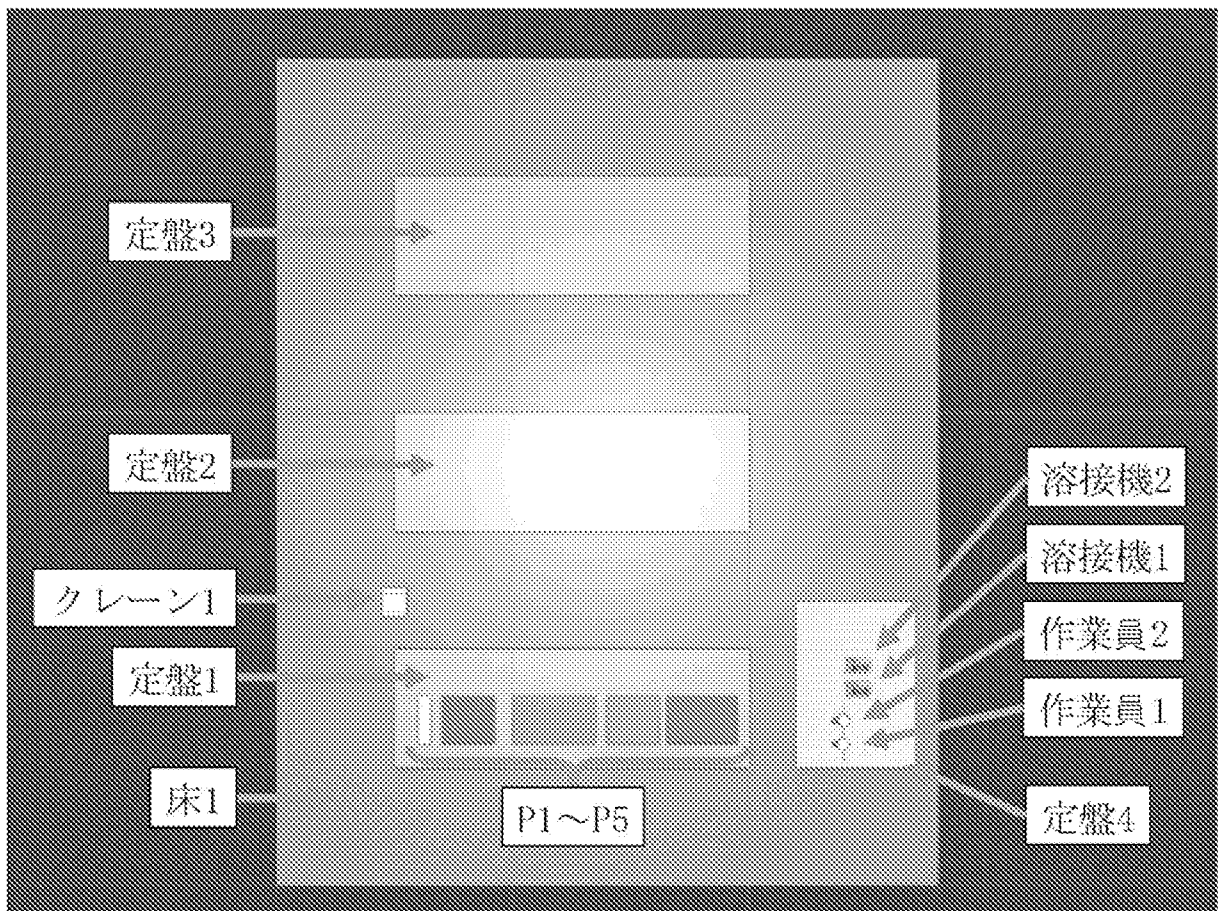
(b)

schedule.csv

name	task	schedule ID								
作業員1	配材0		配材1	仮溶接0	配材2	配材3	反転0	仮溶接1	配材4	移動0
作業員2	本溶接0		本溶接1	配材5	移動1					

(c)

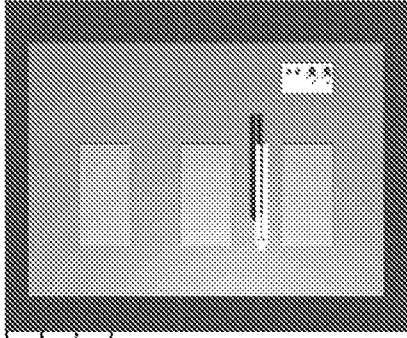
[図18]



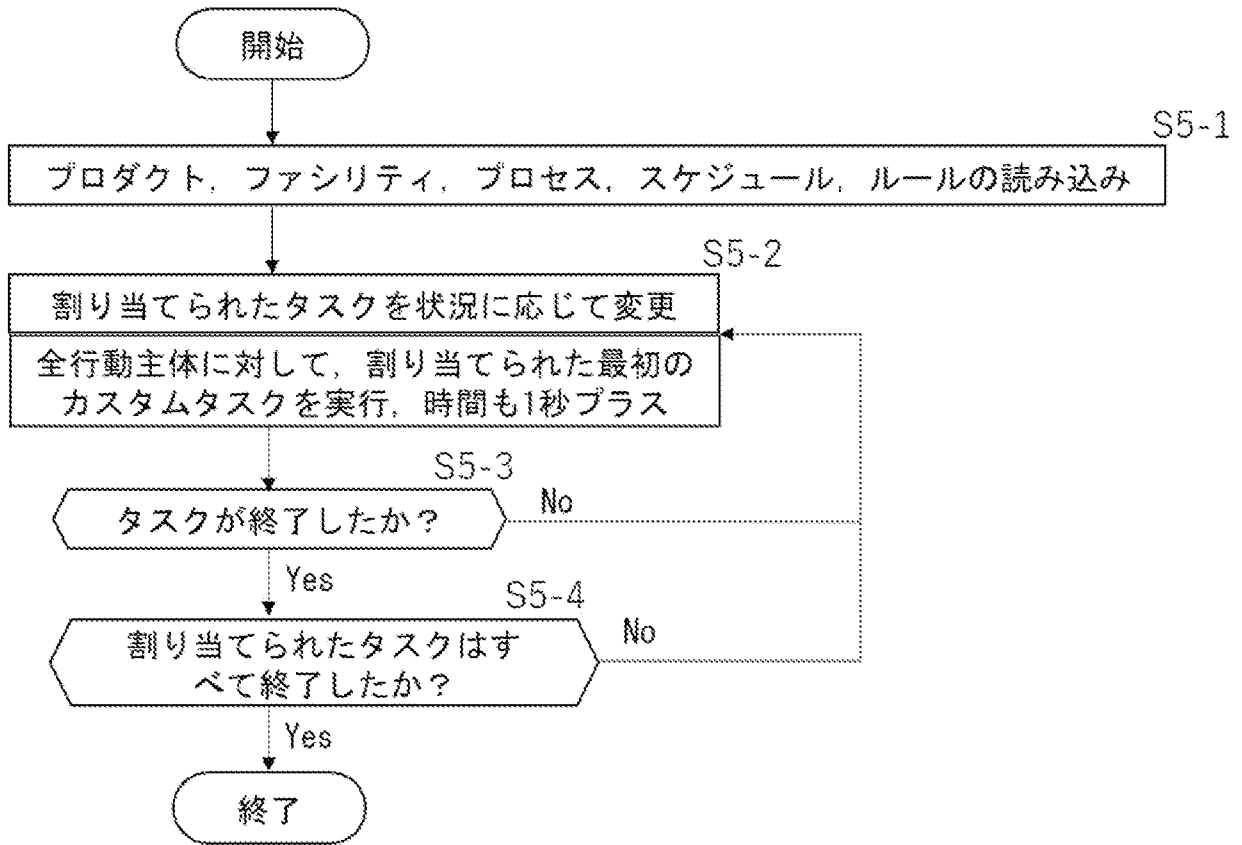
[図19]

layout.csv

ID	位置・姿勢の 基準オブジェクト ID	位置X	位置Y	位置Z	回転X	回転Y	回転Z	スケールX	スケールY	スケールZ	その他
床		0	0	0	0	0	0	1	1	1	
定盤1	床	5	0.2	5	0	0	0	1	1	1	
定盤2	床	5	0.2	15	0	0	0	1	1	1	
定盤3	床	5	0.2	25	0	0	0	1	1	1	
定盤4	床	20	0.1	5	0	0	0	1	1	1	
クレーン1	床	5	6	12	0	0	0	1	1	1	クレーン本体の端からの距離：0, クレーン桁長さ：10
作業員1	定盤4	2	0	1	0	-90	0	1	1	1	
作業員2	定盤4	2	0	2	0	-90	0	1	1	1	
溶接機1	定盤4	2	0	3	0	0	0	1	1	1	
溶接機2	定盤4	2	0	4	0	0	0	1	1	1	
P1	定盤4	8	0	3	0	0	0	1	1	1	
P2	定盤4	6	0	3	0	0	0	1	1	1	
P3	定盤4	4	0	3	0	0	0	1	1	1	

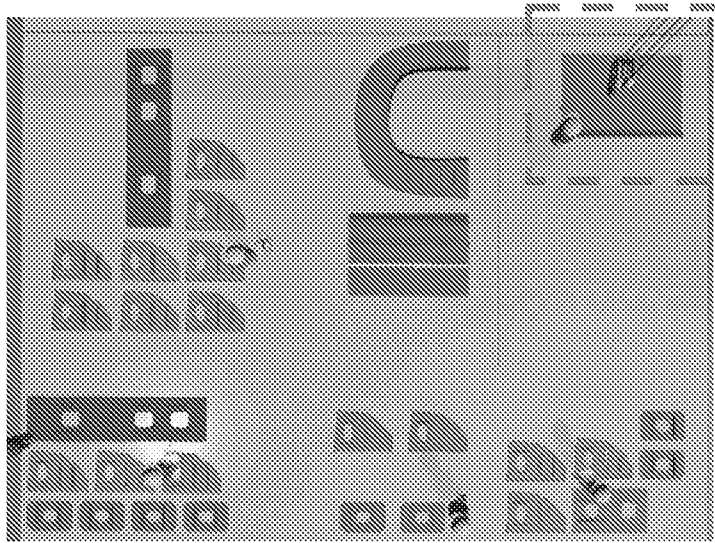


[図20]

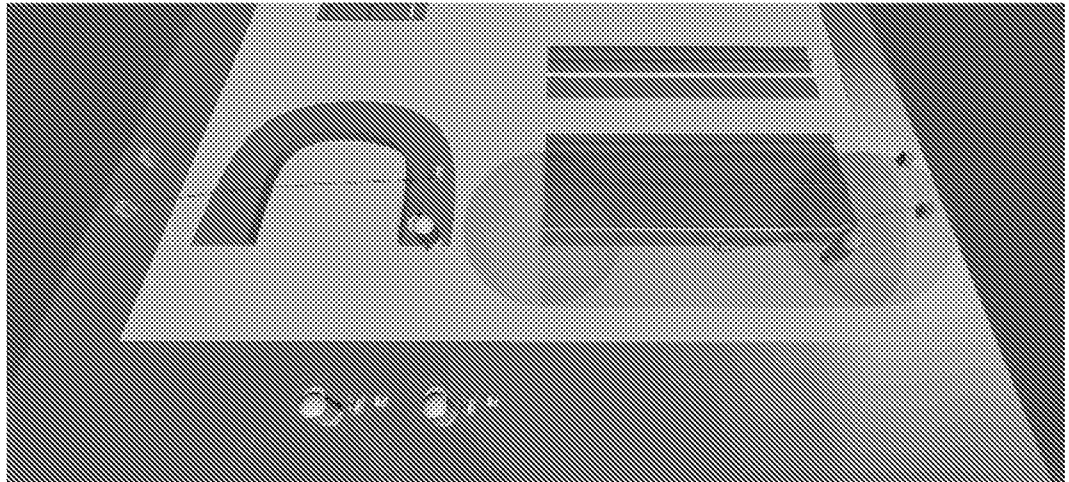


[図21]

(a)



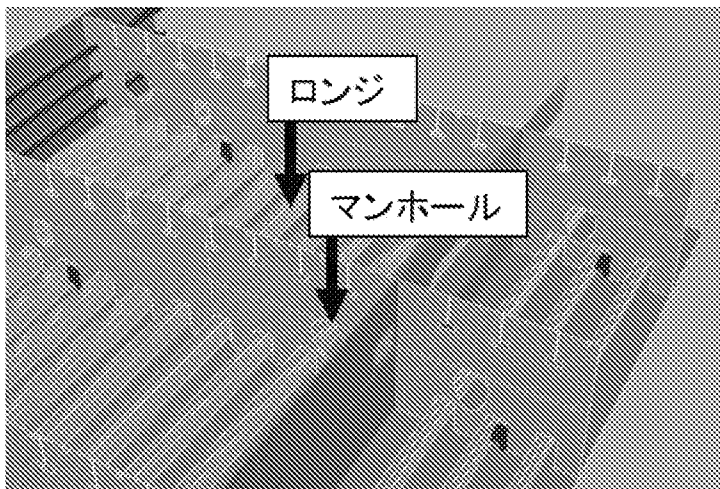
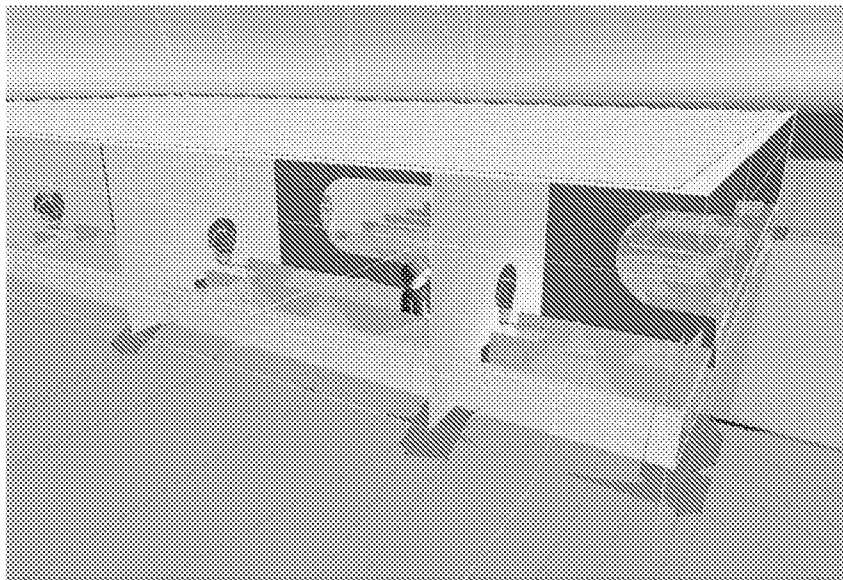
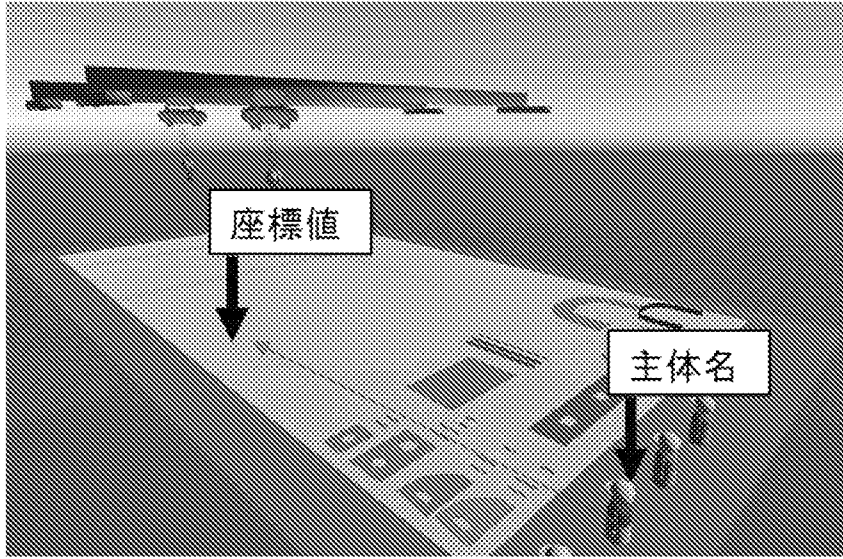
(b)



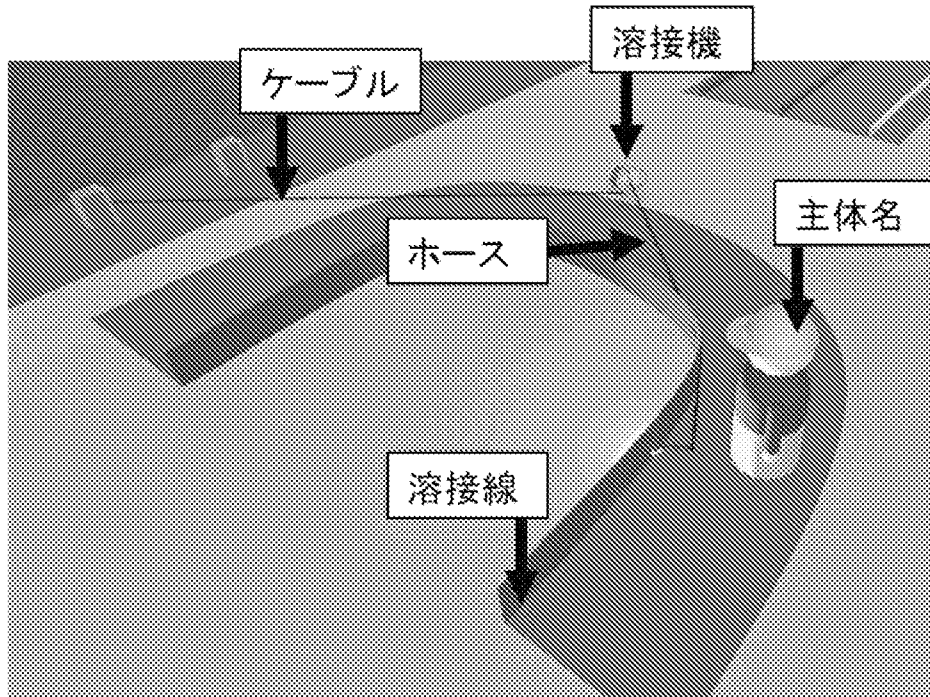
[図22]

```
global_time = 0
While stop==false:
  For worker in workers:
    if Tasks[worker].Length>0
      isEnd = Tasks[worker][0].Run
      if isEnd=true:
        Tasks[worker][0].Remove
  global_time ++
  if all Tasks.Length==0: stop=true
```

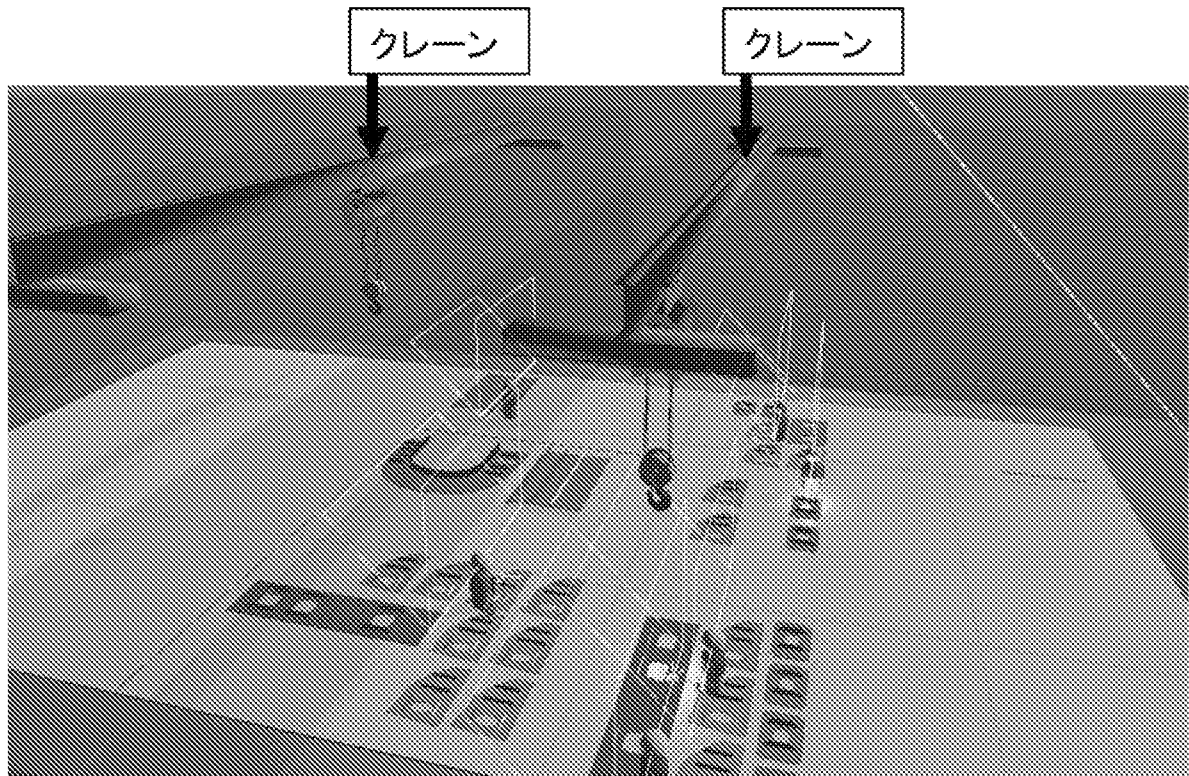
[図23]



[図24]



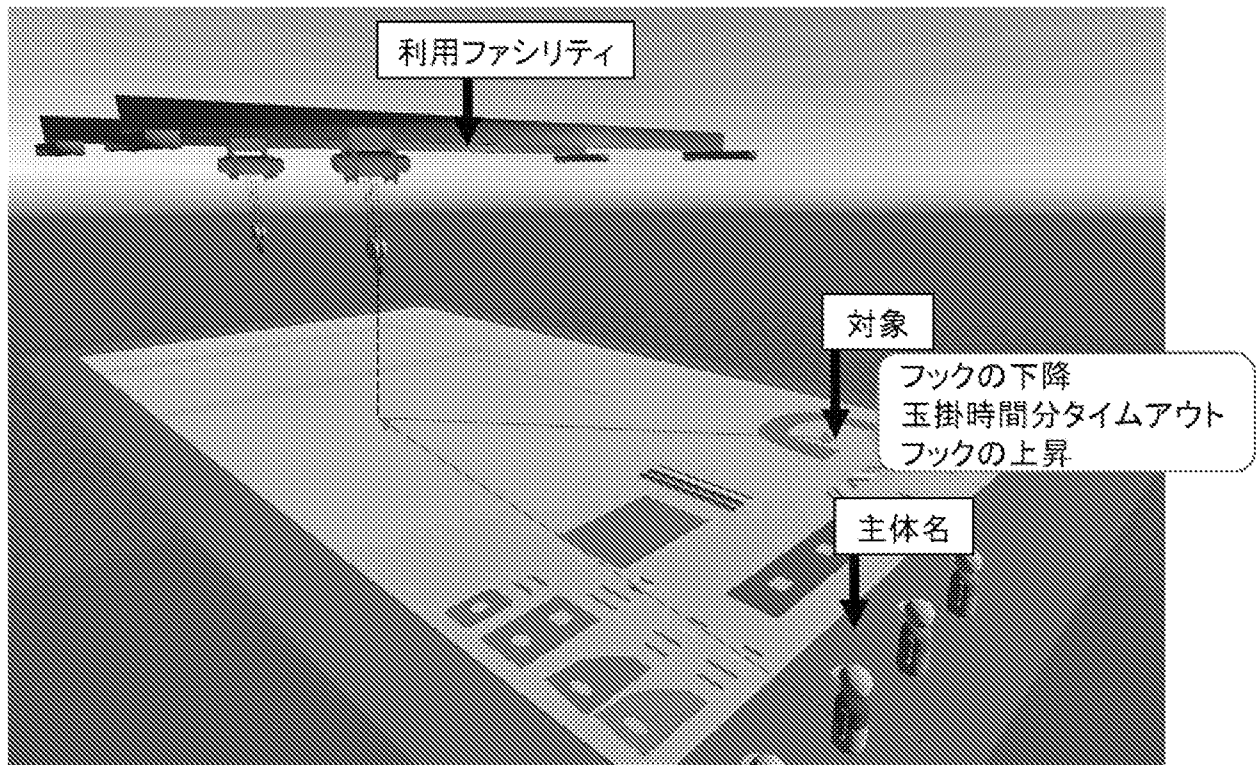
[図25]





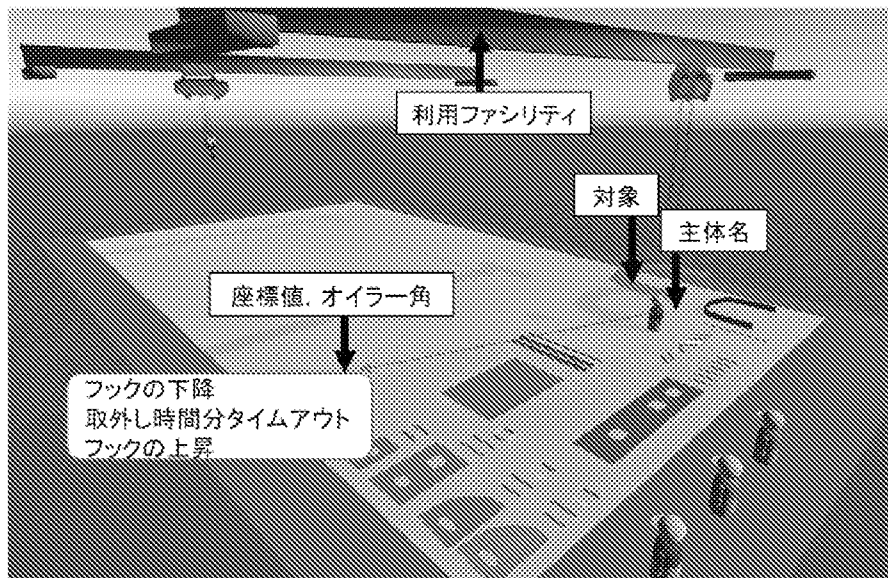
[図26]

配材 At	AtPick	(共通):タスク名, タスクタイプ, 関数名, 対象, 利用ファシリティ, 先行タスク, 主体名, 要求ファシリティ種別・個数	(固有):なし
----------	--------	---	---------

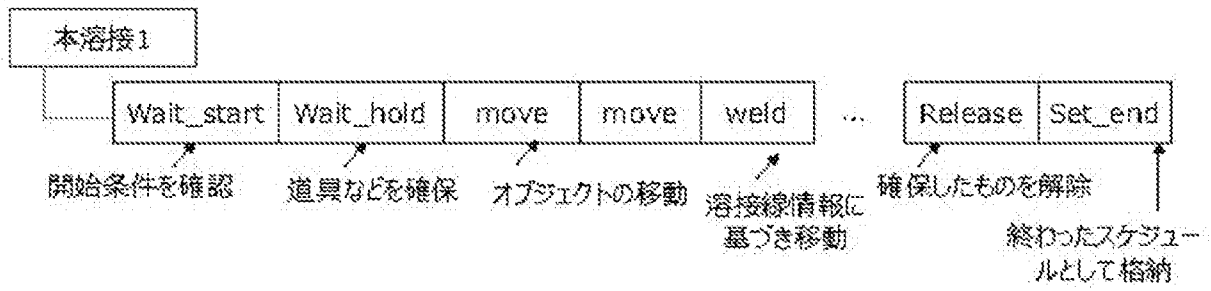


[図27]

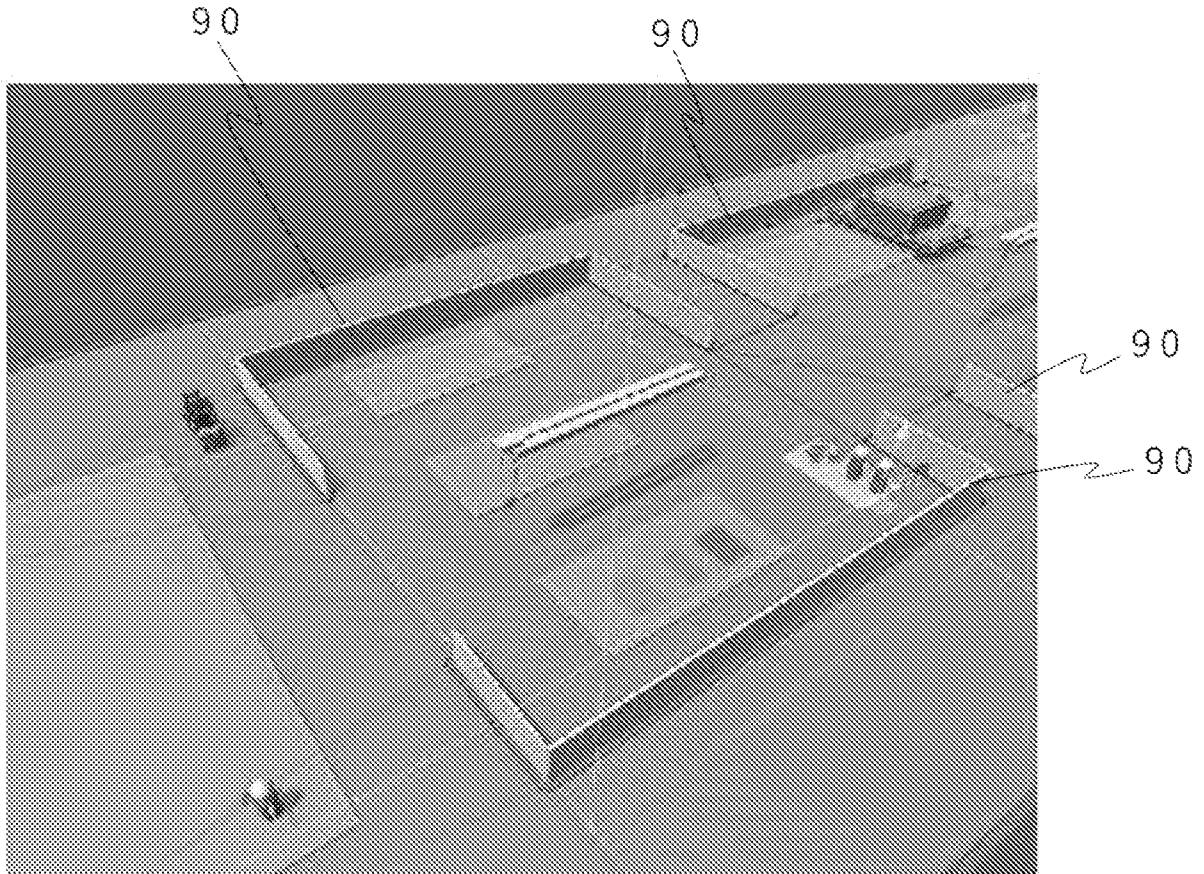
配材 At	AtPlace	(共通):タスク名, タスクタイプ, 関数名, 対象, 利用ファシリティ, 先行タスク, 主体名, 要求ファシリティ種別・個数	(固有):(固有):配材先の基準オブジェクト, 座標値(x,y,z), オイラー角( $\theta, \phi, \psi$ )
----------	---------	---	---



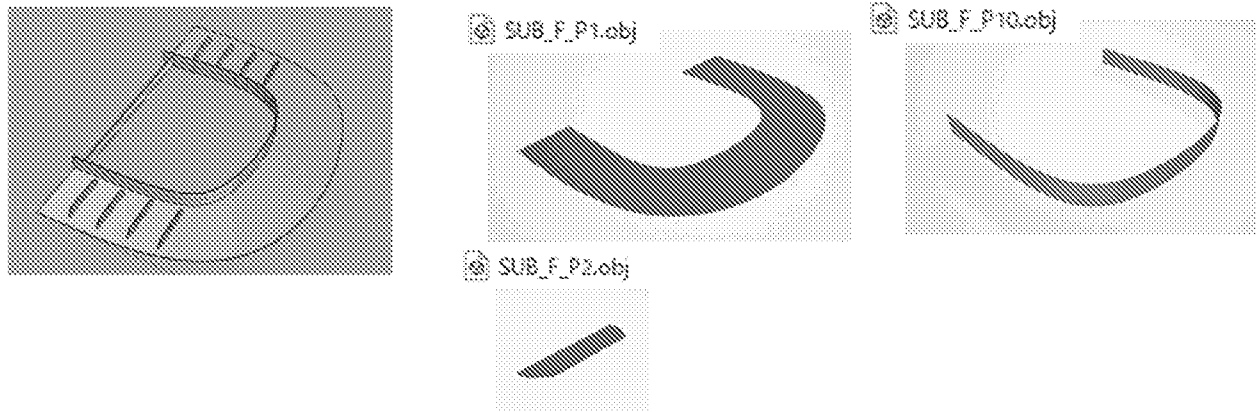
[図28]



[図29]

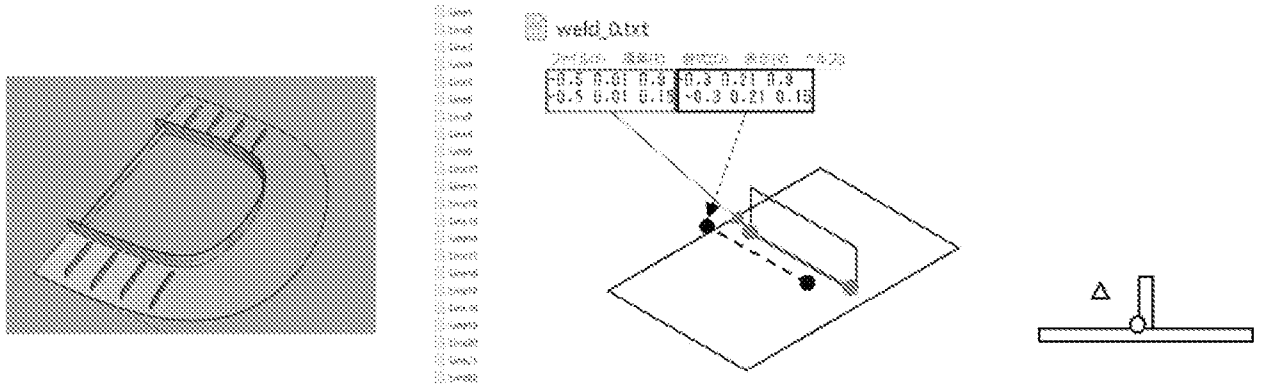


[図30]

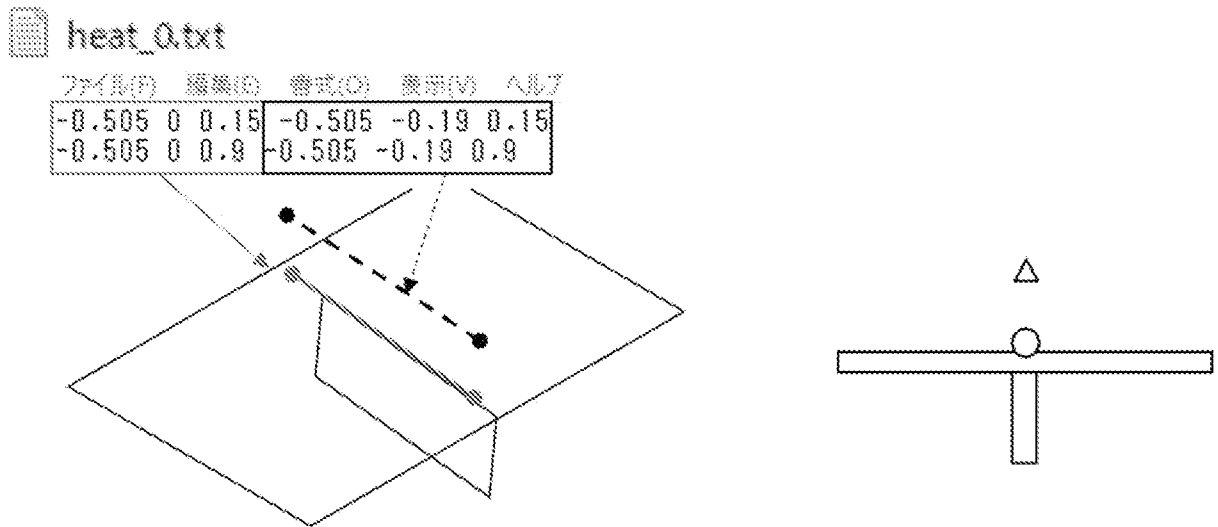




[図31]



[図32]



[図33]

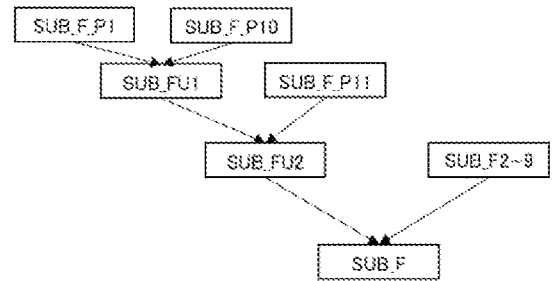
A	B	C	D	E	F	G	H
1	名称	グループ名	種別	種別	種別	種別	種別
2	SUB_F_P1	SUB_F	none	none	Part	成形機	888.2949766
3	SUB_F_P2	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P1	0 0 5.39933745292096 0 0 4.20983745292096 1 0 5.39933745292096	8 32985
4	SUB_F_P3	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P2	0 5180000000000001 0 00000000000000 0 000 0 000 0 000000000000007 -0.8802	8 32985
5	SUB_F_P4	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P3	1.01 0.0000000000000000 0 000 1.0100000000000001 -0.8802007911000049 0.2	8 32985
6	SUB_F_P5	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P4	1.51 0.00000000000000007 0 000 1.5100000000000001 -0.8802007911000049 0.2	8 32985
7	SUB_F_P6	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P5	2.01 0.00000000000000007 1.000 2.0100000000000001 -0.8802007911000049 0.2	8 32985
8	SUB_F_P7	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P6	0.9000000000000000 0 400 4.63453745292097 1.00 -0.2000000000000000 0.34164423430741	8 32985
9	SUB_F_P8	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P7	1.01 0.400 4.63453745292097 1.00 -0.2000000000000000 0.34164423430741	8 32985
10	SUB_F_P9	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P8	1.51 0.400 4.9000000000000000 1.51 -0.2000000000000000 0.34164423430741	8 32985
11	SUB_F_P10	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P9	2.01 0.400 4.63453745292097 1.51 -0.2000000000000000 0.34164423430741	8 32985
12	SUB_F_P11	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P10	-0.0000000000000000 -0.10 1.0000000000000000 0.2 0.1 2.98154192667992 0.2 -0.8 3.98154192667992	175.0961327
13	SUB_F_Line1	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line1	0.2 0.1 2.98154192667992 0.2 0.1 2.98154192667992 0.2 -0.8 3.98154192667992	46.81900736
14	SUB_F_Line2	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line2	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line2/	
15	SUB_F_Line3	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line3	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line3/	
16	SUB_F_Line4	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line4	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line4/	
17	SUB_F_Line5	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line5	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line5/	
18	SUB_F_Line6	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line6	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line6/	
19	SUB_F_Line7	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line7	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line7/	
20	SUB_F_Line8	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line8	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line8/	
21	SUB_F_Line9	SUB_F	none	x	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line9	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line9/	

[図34]

#	A	B	C	D	E	F
1	# LineName	LineType	ParentProductName	Path		
2	SUB_F_DR_Line1	DistortionRemoval	SUB_F_P1	Product/AModel/SUB_F/HeatingLine/Line1/		
3	SUB_F_DR_Line2	DistortionRemoval	SUB_F_P1	Product/AModel/SUB_F/HeatingLine/Line2/		
4	SUB_F_DR_Line3	DistortionRemoval	SUB_F_P1	Product/AModel/SUB_F/HeatingLine/Line3/		
5	SUB_F_DR_Line4	DistortionRemoval	SUB_F_P1	Product/AModel/SUB_F/HeatingLine/Line4/		
6	SUB_F_DR_Line5	DistortionRemoval	SUB_F_P1	Product/AModel/SUB_F/HeatingLine/Line5/		
7	SUB_F_DR_Line6	DistortionRemoval	SUB_F_P1	Product/AModel/SUB_F/HeatingLine/Line6/		
8	SUB_F_DR_Line7	DistortionRemoval	SUB_F_P1	Product/AModel/SUB_F/HeatingLine/Line7/		
9	SUB_F_DR_Line8	DistortionRemoval	SUB_F_P1	Product/AModel/SUB_F/HeatingLine/Line8/		
10						

[図35]

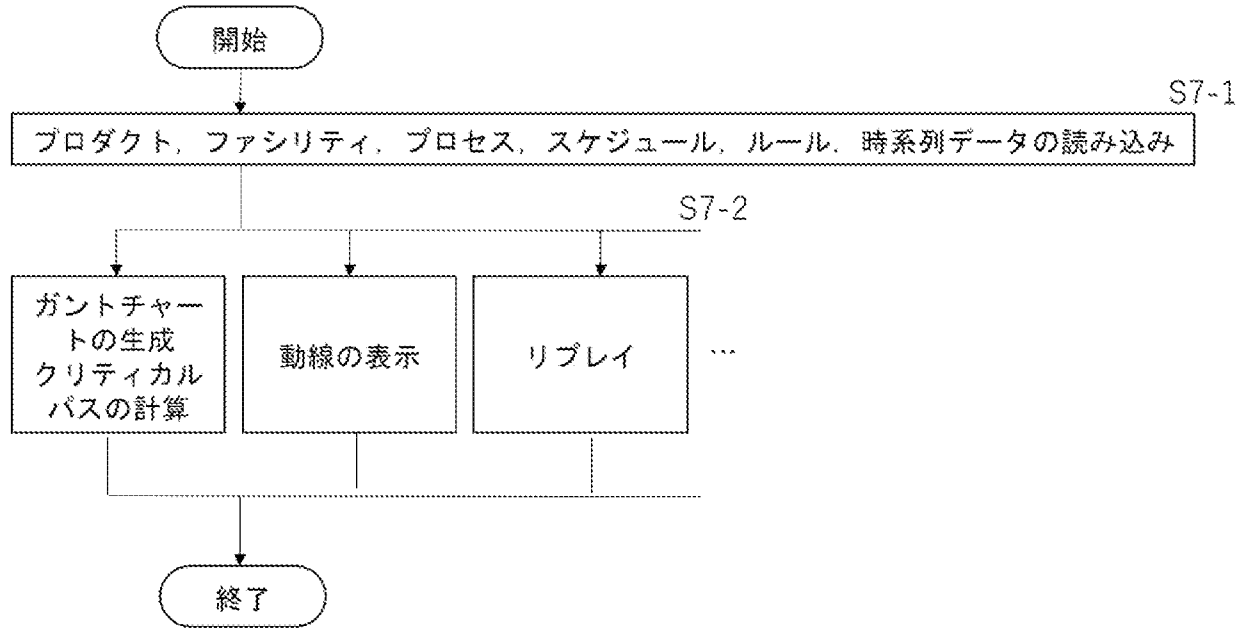
#	A	B	C	D
1	# Name	ComponentName	isBaseProduct	ProductPos4
2	SUB_FU1	SUB_F_P1	base	5.310.2104.310.2105.310.211
3	SUB_FU1	SUB_F_P10	-	-
4	SUB_FU2	SUB_FU1	base	000100001
5	SUB_FU2	SUB_F_P11	-	-
6	SUB_F	SUB_FU2	base	5.310.30004.3130305.310.311
7	SUB_F	SUB_F_P2	-	-
8	SUB_F	SUB_F_P3	-	-
9	SUB_F	SUB_F_P4	-	-
10	SUB_F	SUB_F_P5	-	-
11	SUB_F	SUB_F_P6	-	-
12	SUB_F	SUB_F_P7	-	-
13	SUB_F	SUB_F_P8	-	-
14	SUB_F	SUB_F_P9	-	-



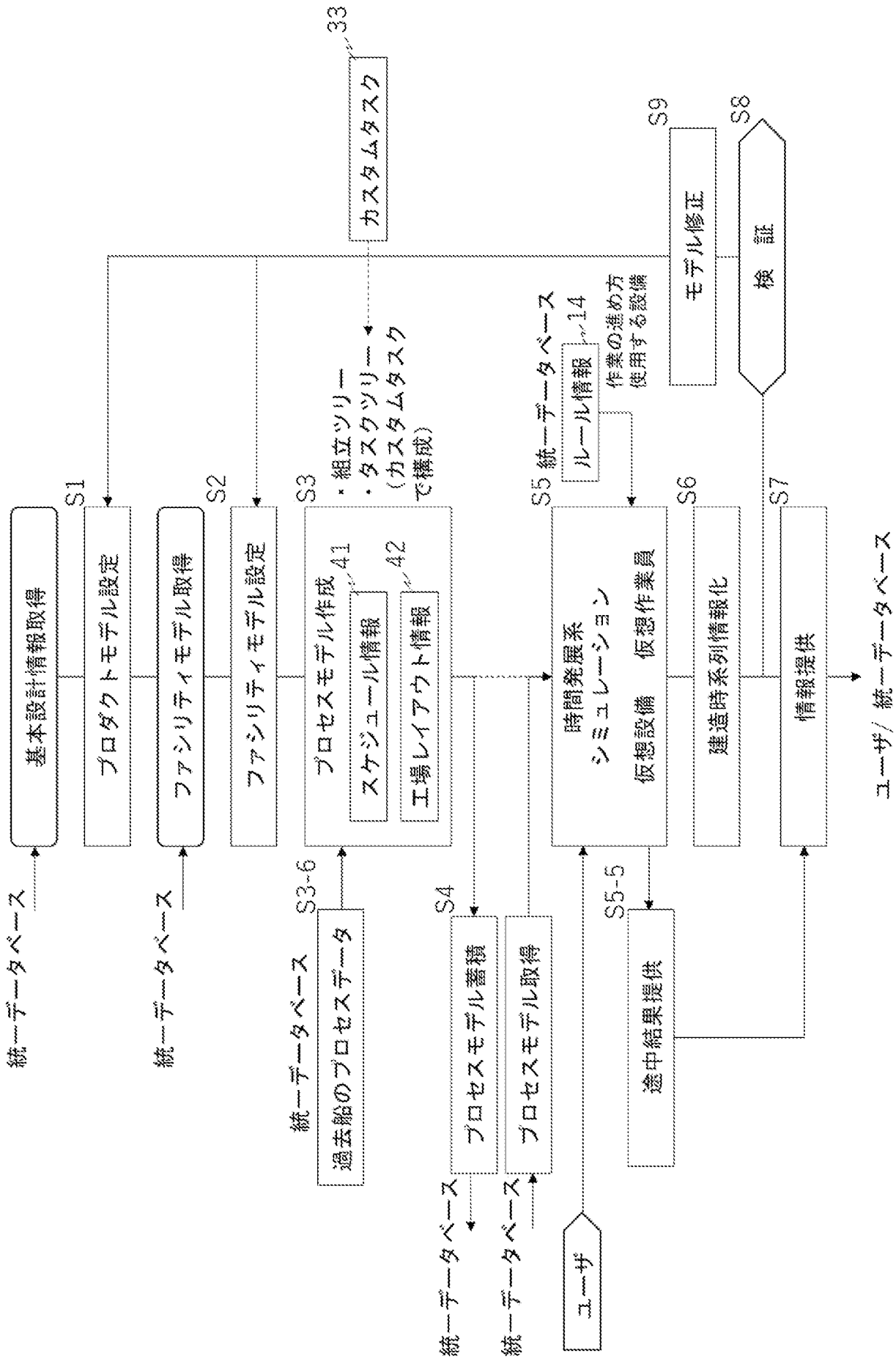
[36]

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	TaskName	TaskType	Function	TaskObject	TaskFacility	TaskConditions	TaskParameter	RequiredFacilityList		
1	All_SUB_F_Pick_P1	All	AllPick	SUB_F_P1	null	.	.	Crane 1		
2	All_SUB_F_Pick_P2	All	AllPick	SUB_F_P2	null	WL_SUB_F_Line17	.	.		
3	All_SUB_F_Pick_P3	All	AllPick	SUB_F_P3	null	WL_SUB_F_Line17	.	.		
4	All_SUB_F_Pick_P4	All	AllPick	SUB_F_P4	null	WL_SUB_F_Line17	.	.		
5	All_SUB_F_Pick_P5	All	AllPick	SUB_F_P5	null	WL_SUB_F_Line17	.	.		
6	All_SUB_F_Pick_P6	All	AllPick	SUB_F_P6	null	WL_SUB_F_Line17	.	.		
7	All_SUB_F_Pick_P7	All	AllPick	SUB_F_P7	null	WL_SUB_F_Line17	.	.		
8	All_SUB_F_Pick_P8	All	AllPick	SUB_F_P8	null	WL_SUB_F_Line17	.	.		
9	All_SUB_F_Pick_P9	All	AllPick	SUB_F_P9	null	WL_SUB_F_Line17	.	.		
10	All_SUB_F_Pick_P10	All	AllPick	SUB_F_P10	null	WL_SUB_F_Line17	.	.	Crane 1	
11	All_SUB_F_Pick_P11	All	AllPick	SUB_F_P11	null	.	.	Crane 1		
12	All_SUB_F_Pick_P11	All	AllPick	SUB_F_P11	null	FL_SUB_F_Line18	.	Crane 1		
13	All_SUB_F_Piece_P1	All	AllPlace	SUB_F_P1	null	All_SUB_F_Pick_P1	SurfacePlate2 null null	Crane 1		
14	All_SUB_F_Piece_P2	All	AllPlace	SUB_F_P2	null	All_SUB_F_Pick_P2	SurfacePlate2 null null	.		
15	All_SUB_F_Piece_P3	All	AllPlace	SUB_F_P3	null	All_SUB_F_Pick_P3	SurfacePlate2 null null	.		

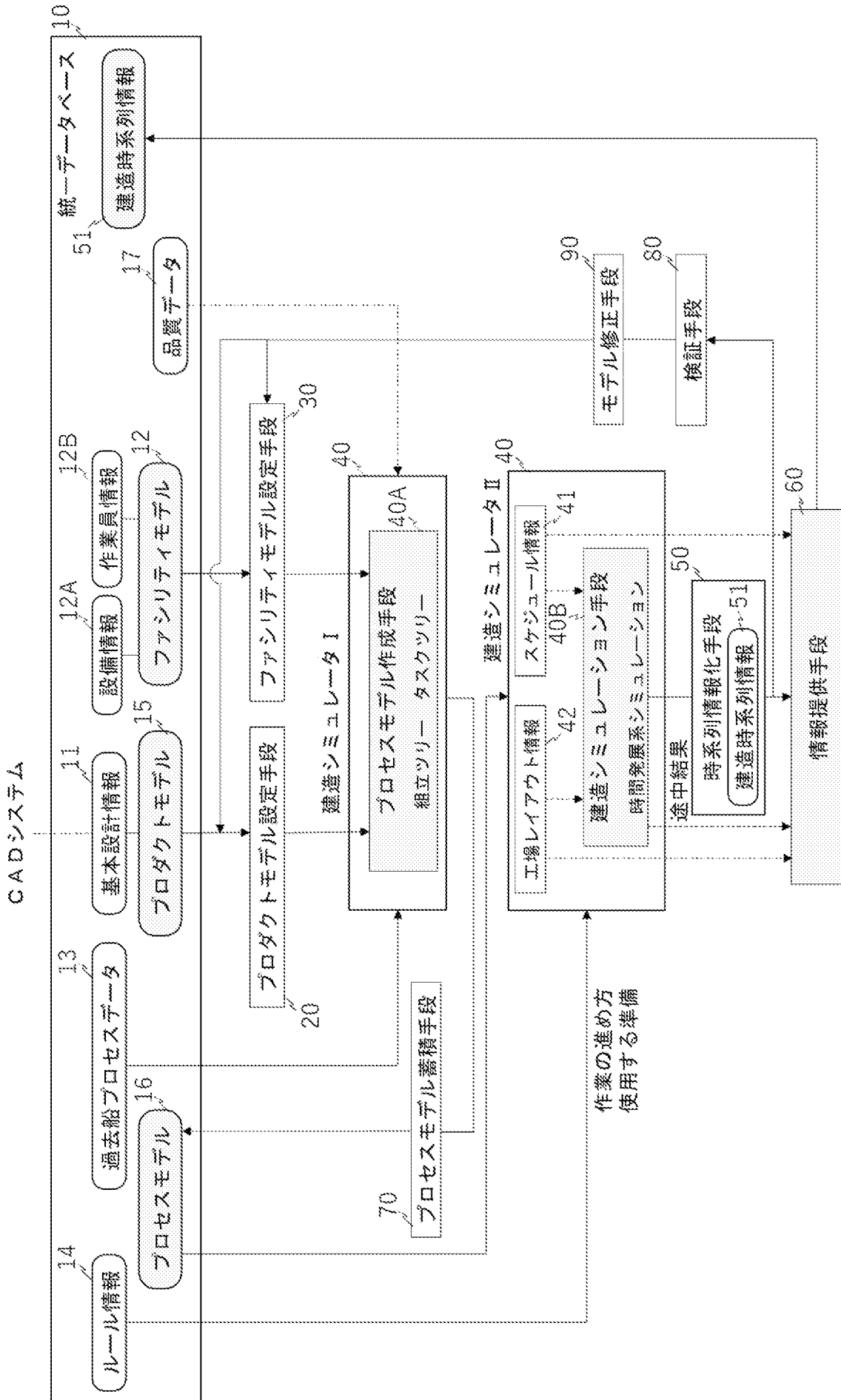
[図37]



[図38]

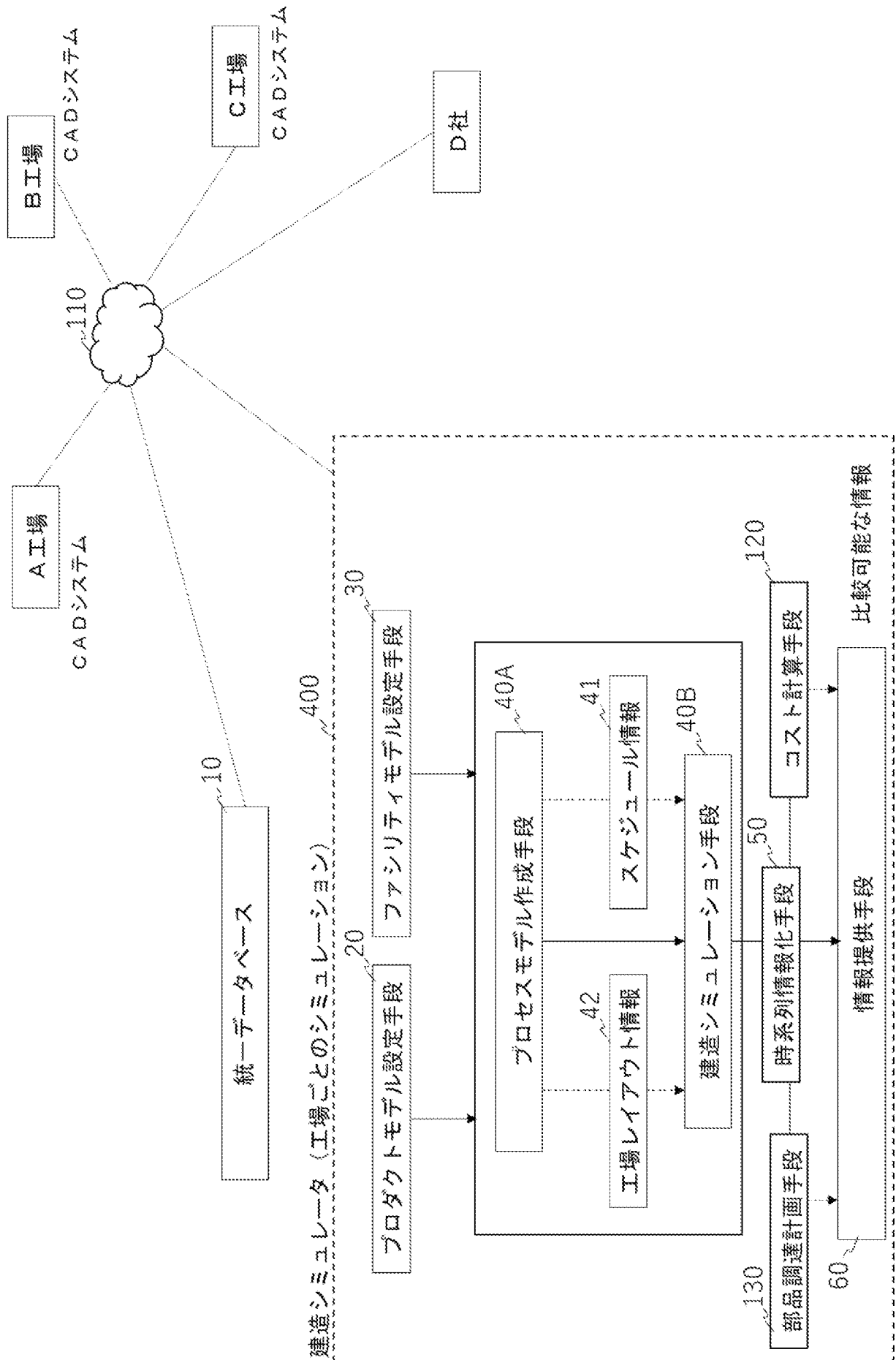


[図39]



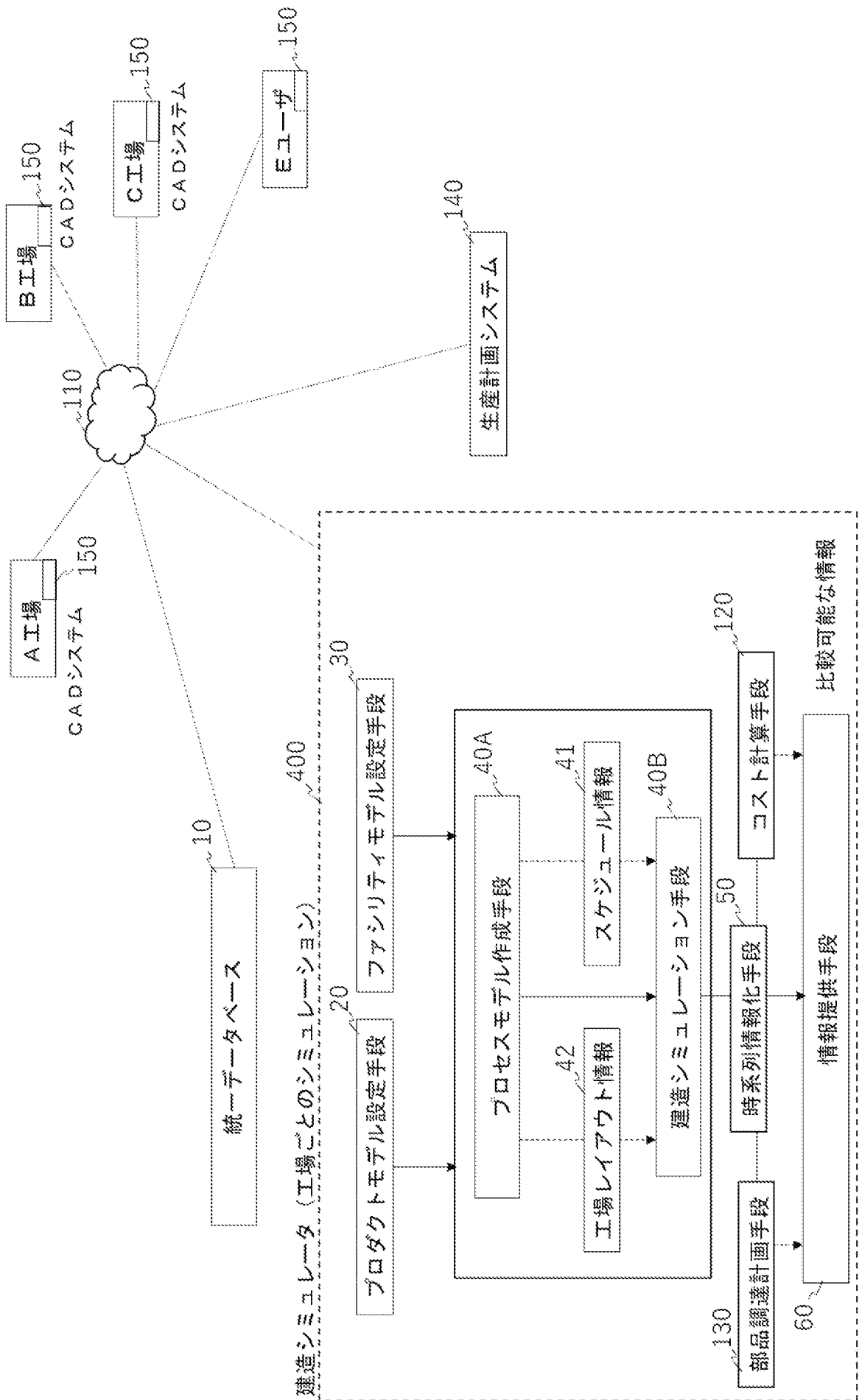
ガントチャート、作業分解構成図、作業手順書、工数、動線

[図40]

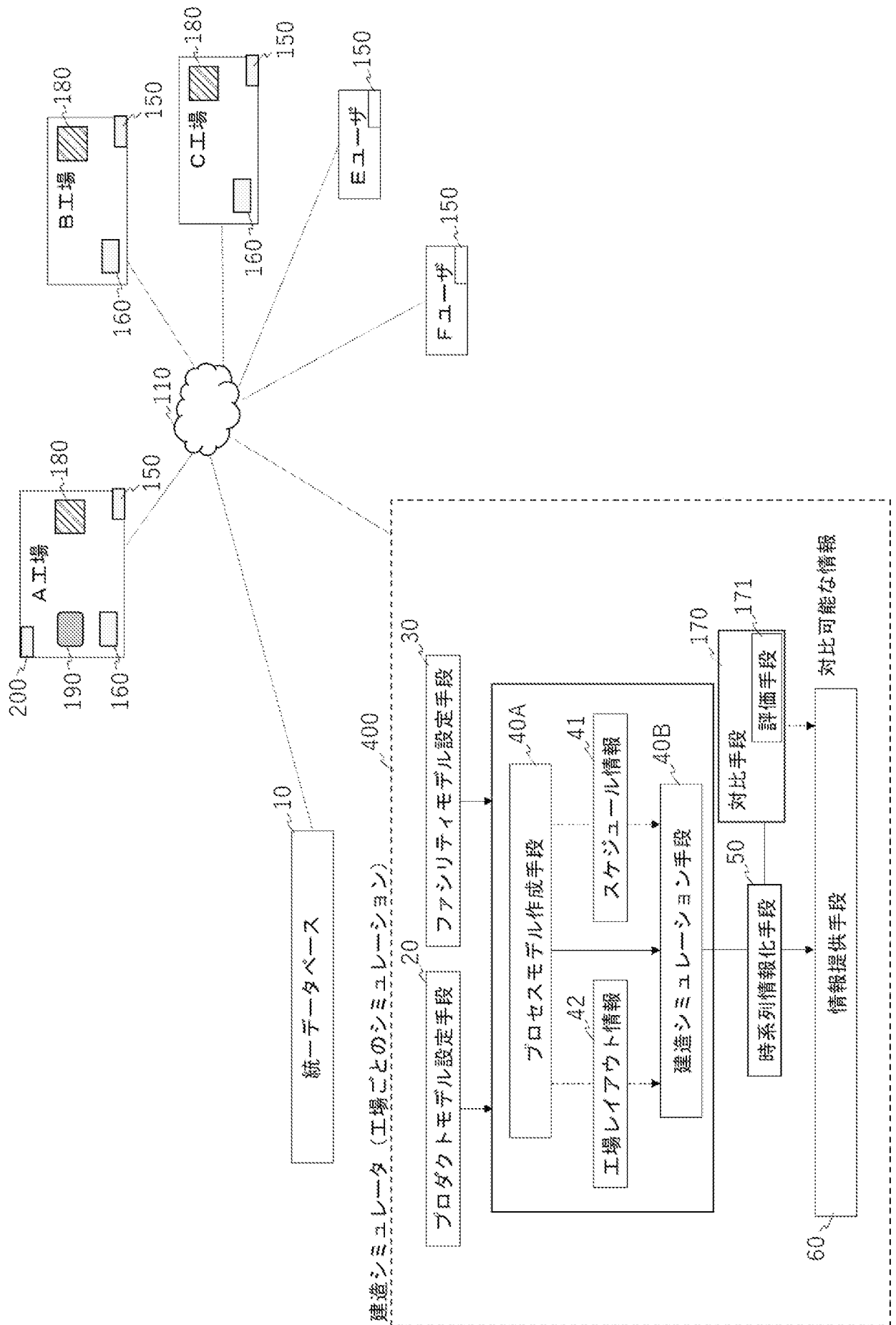




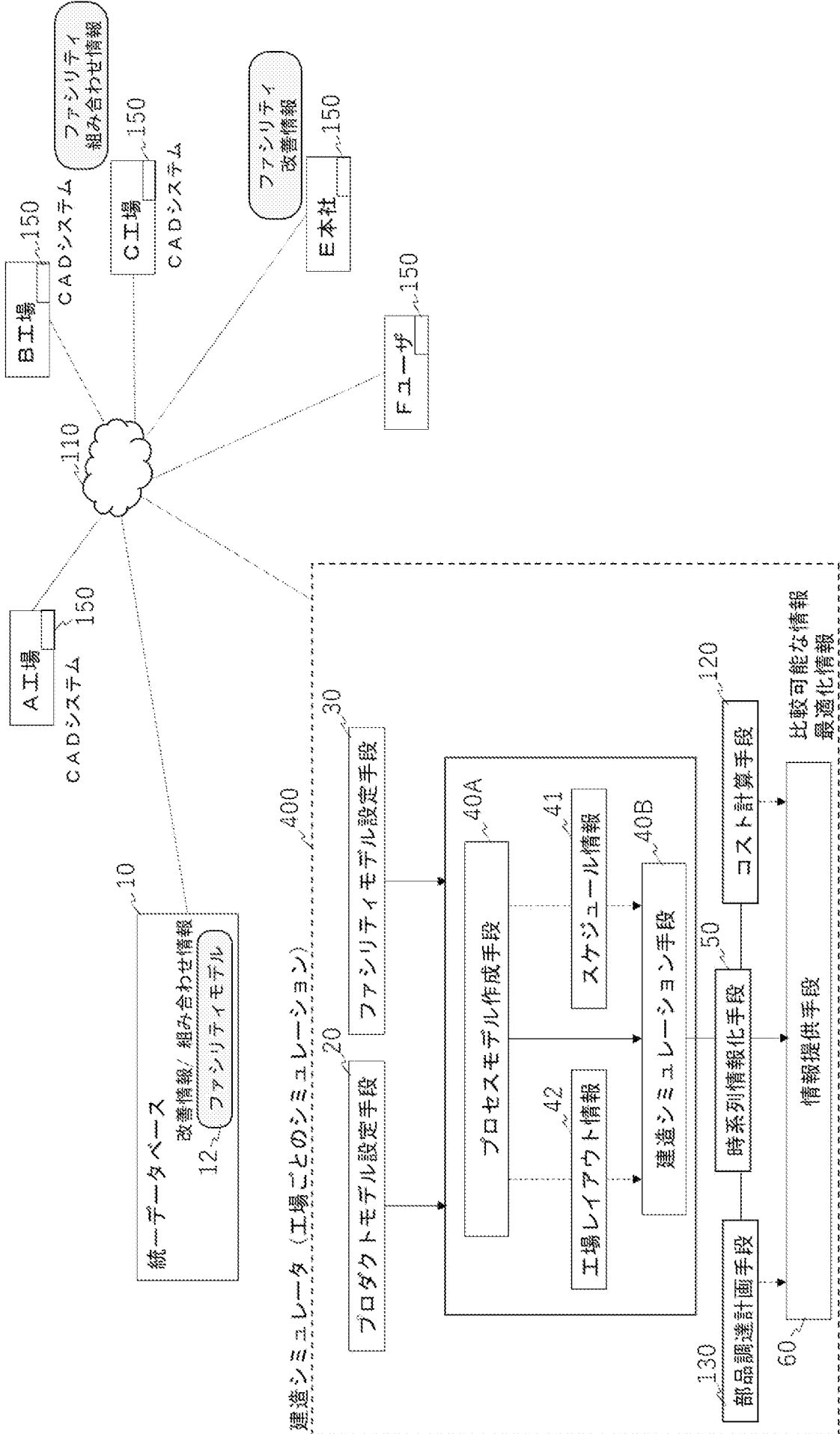
[図41]



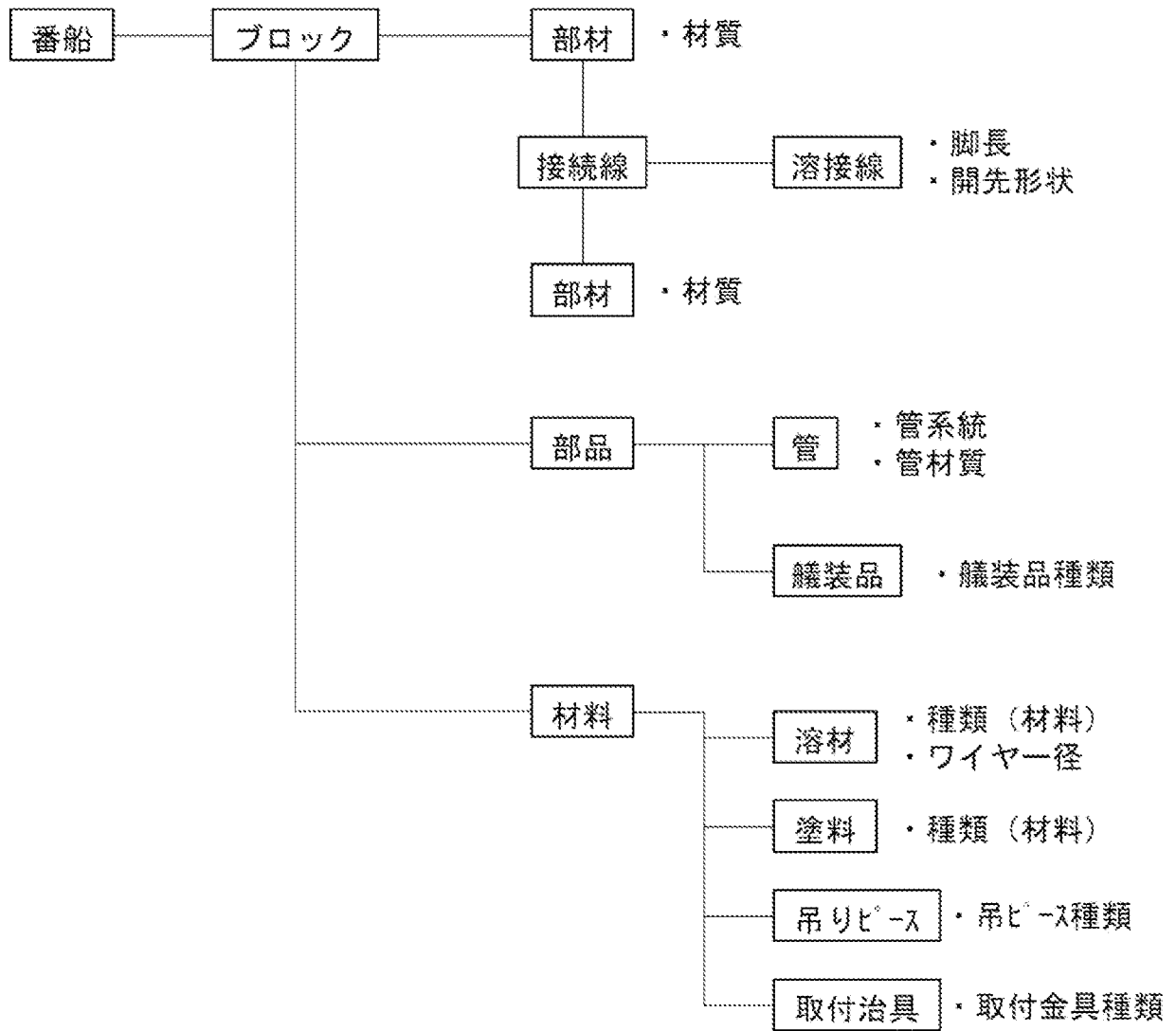
[図42]



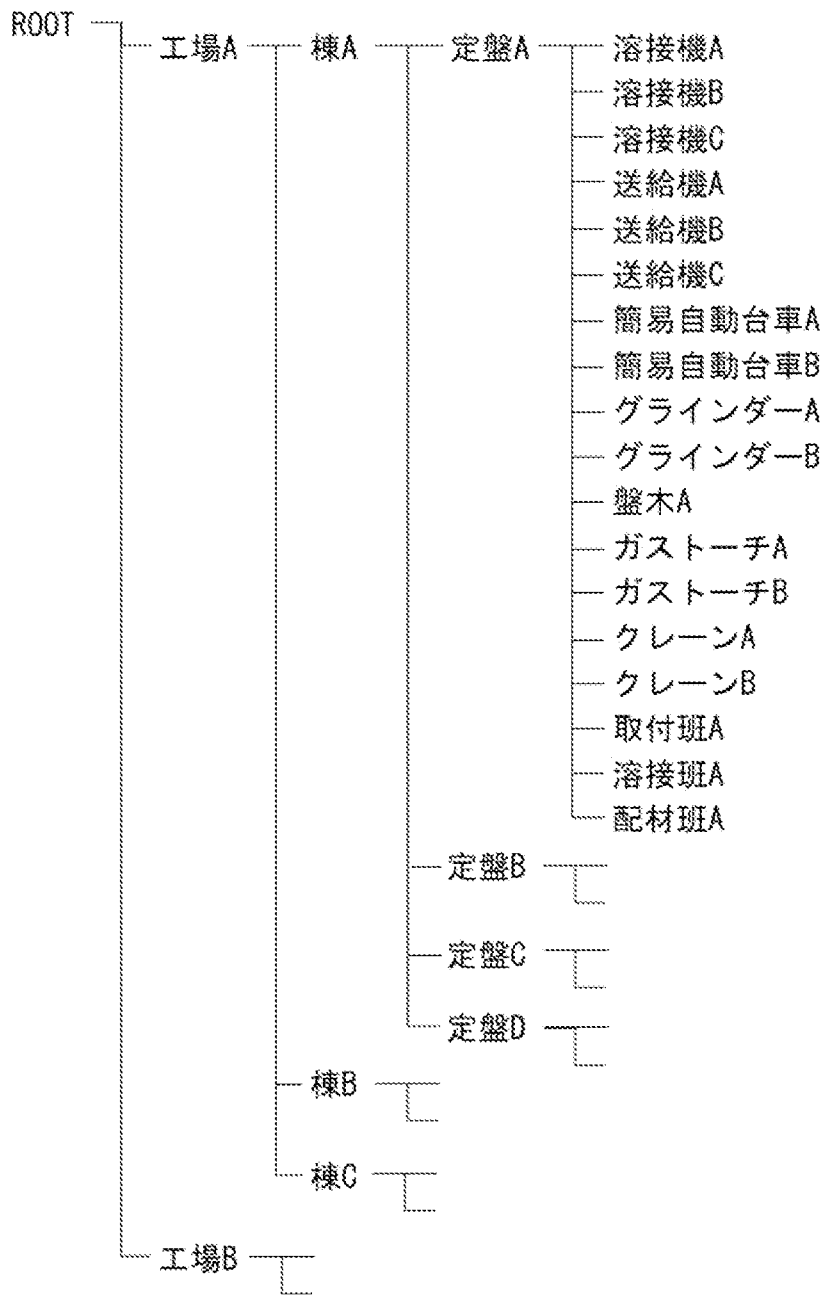
[図43]



[図44]

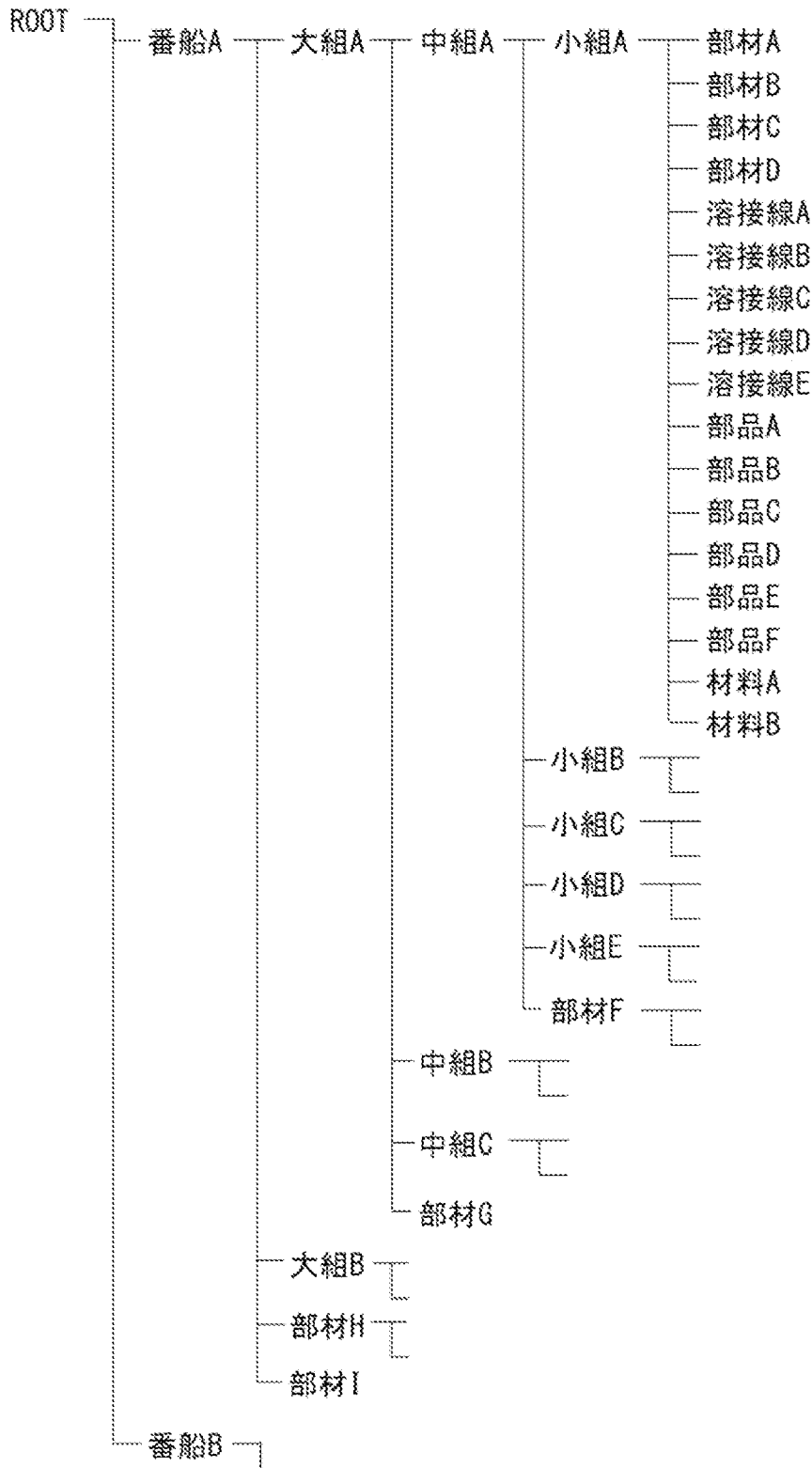


[図45]



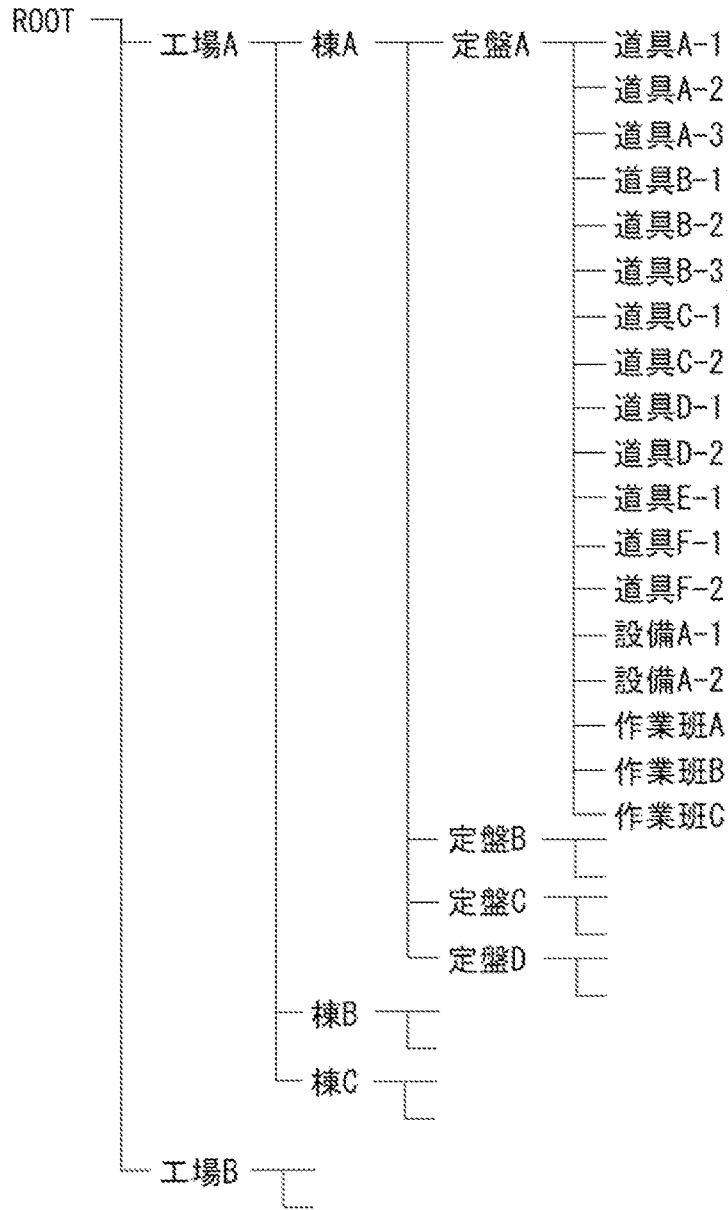
[図46-1]

### プロダクトモデル

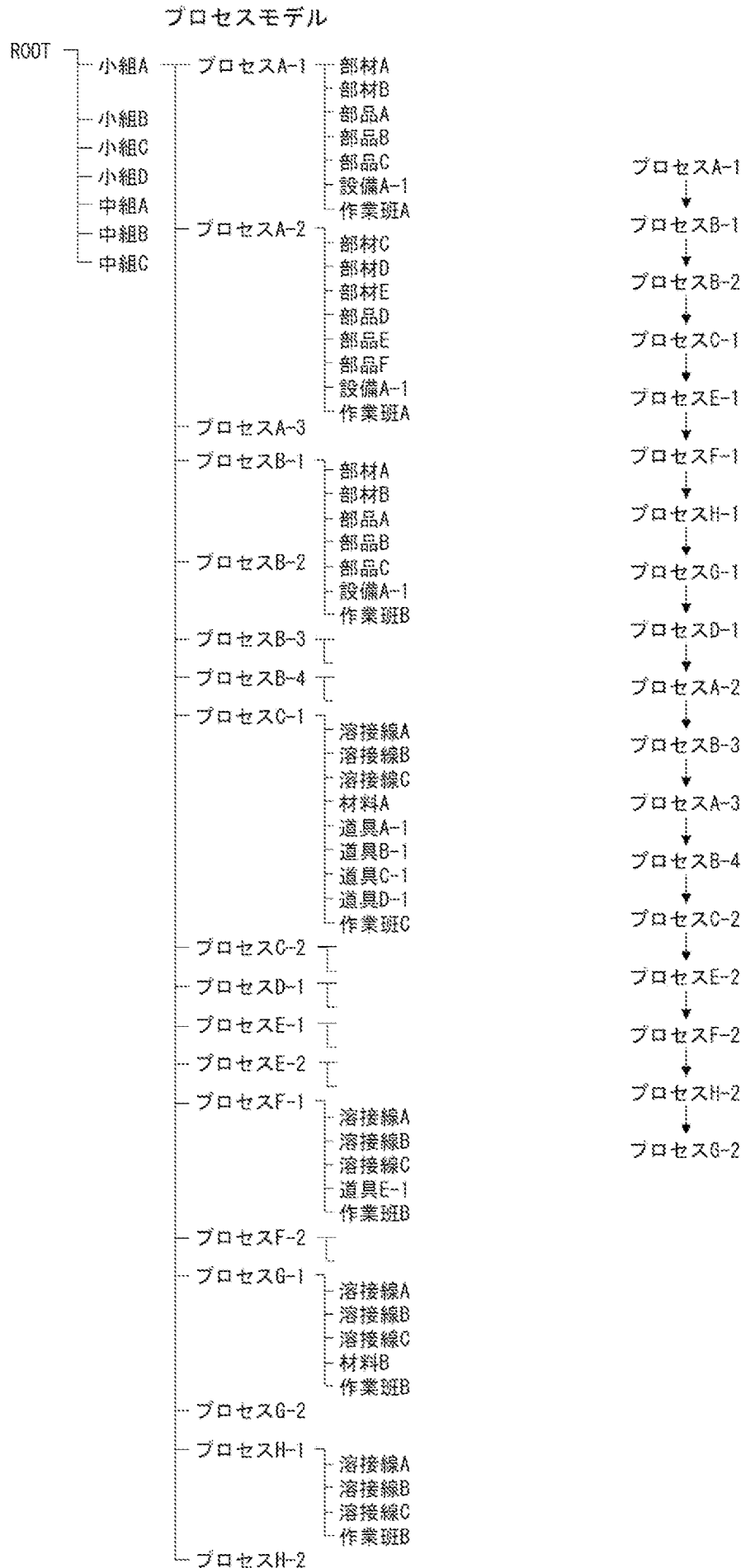


[図46-2]

### ファシリティモデル

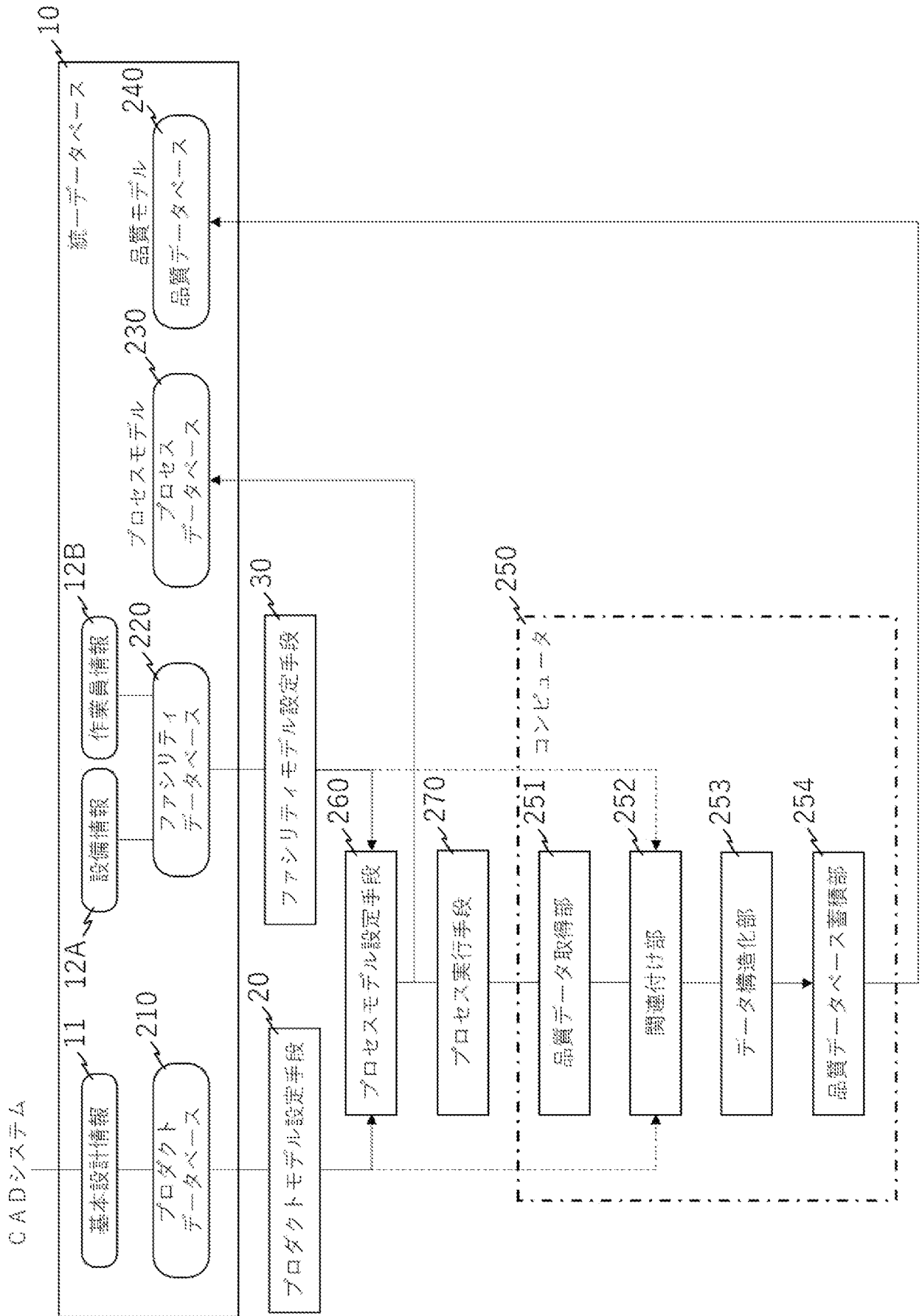


[図46-3]

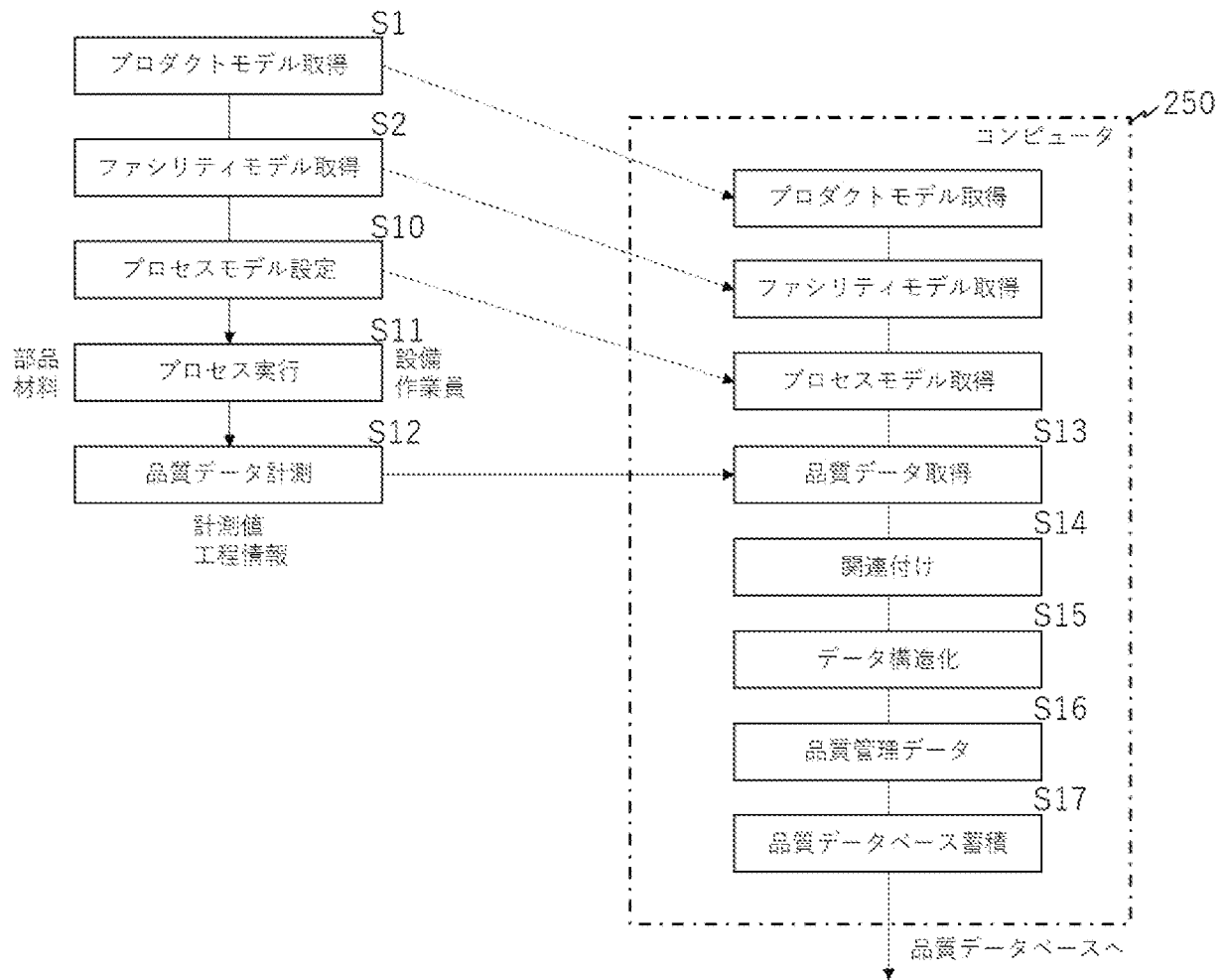




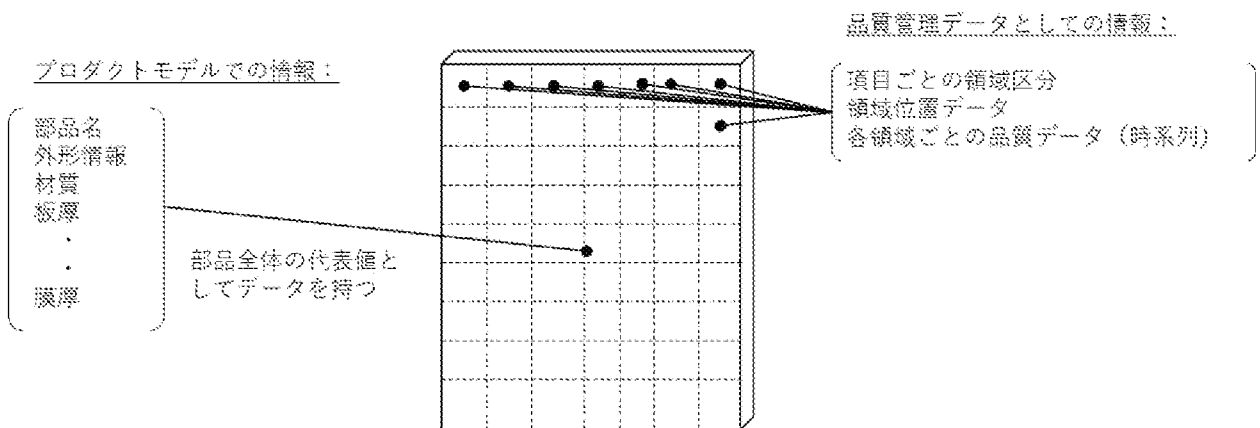
[図47]



[図48]



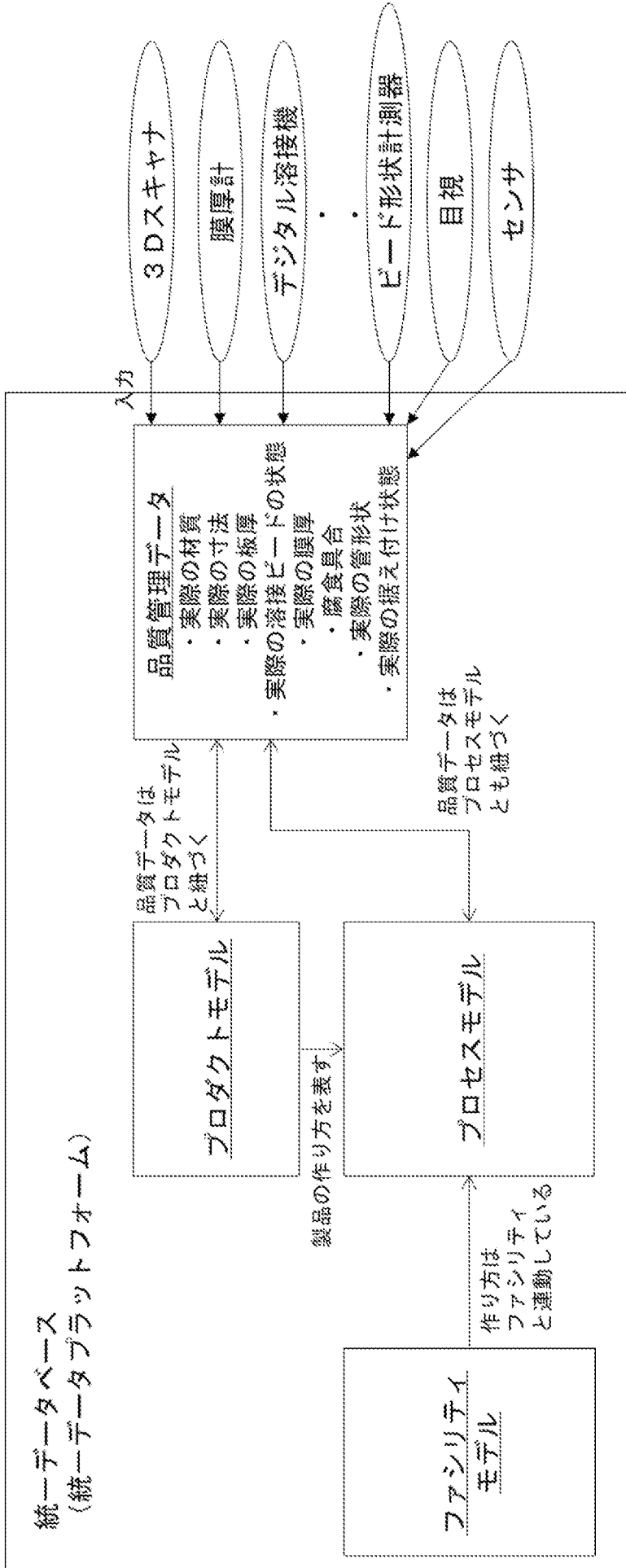
[図49]



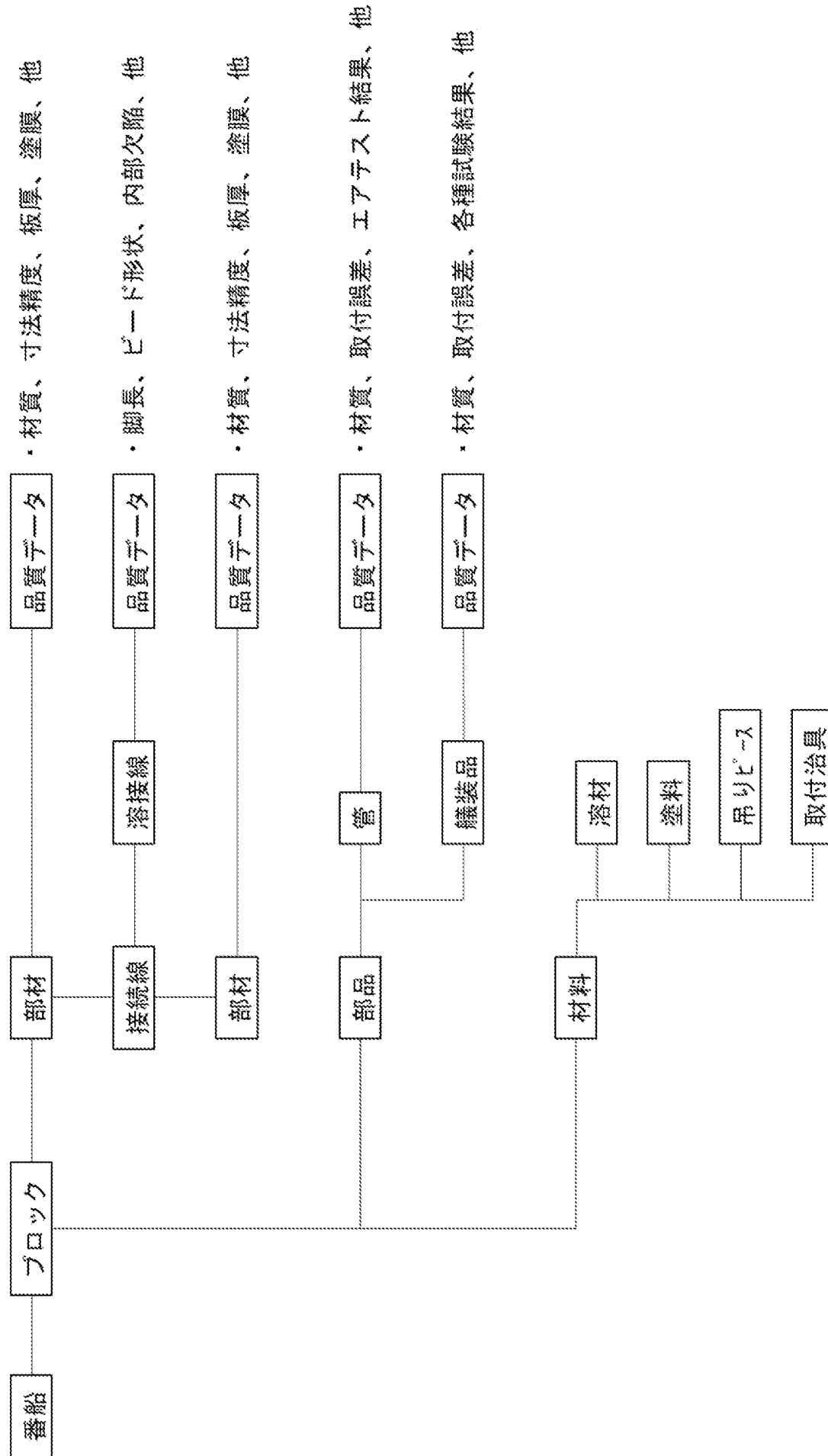
[図50]

工程		品質管理項目	品質管理データ項目	計測方法	
加工	切断	形状寸法	4周の長さ	メジャー、スキャナー	
			対角の長さ	メジャー、スキャナー	
	曲げ	形状寸法	4周の長さ	メジャー、スキャナー	
			曲面形状	曲げ型、スキャナー	
組立	組立	ブロック形状	取合い部の座標	トータルステーション、スキャナー	
			ベース部の水平度	トータルステーション、スキャナー、レベル計	
溶接	溶接	溶接形状	開先形状	開先寸法	
			ビード形状	縦長 余高	メジャー、レーザー計測器 ゲージ、スキャナー ゲージ、スキャナー
		表面欠陥	表面欠陥	ピット	目視、施工データ解析、画像解析
				アンダーカット	目視、施工データ解析、画像解析
				オーバーラップ	目視、施工データ解析、画像解析
				割れ	目視、施工データ解析、画像解析
		内部欠陥	内部欠陥	アークストライク	目視、施工データ解析、画像解析
				ブローホール	レントゲン、超音波、施工データ解析
				スラグ巻き込み	レントゲン、超音波、施工データ解析
				内部割れ	レントゲン、超音波、施工データ解析
搭載	搭載	船体形状	主寸法	トータルステーション、スキャナー	
塗装	塗装	表面粗度	表面粗度	目視、画像解析	
			膜厚	膜厚量 膜厚分布	膜厚計、画像解析 膜厚計、画像解析
配管	管加工	管寸法	両端の座標	メジャー、計測治具、スキャナー	
			曲り角度	メジャー、計測治具、スキャナー	
			直線長さ	メジャー、計測治具、スキャナー	
	管取付	管取付	取付寸法	取付位置座標	スキャナー
漏えい				漏えい 耐圧検査、超音波	
機器据え付け	機器据え付け	据え付け精度	寸法	メジャー	
			運転	運転 運転	メジャー、レーザー 運転試験

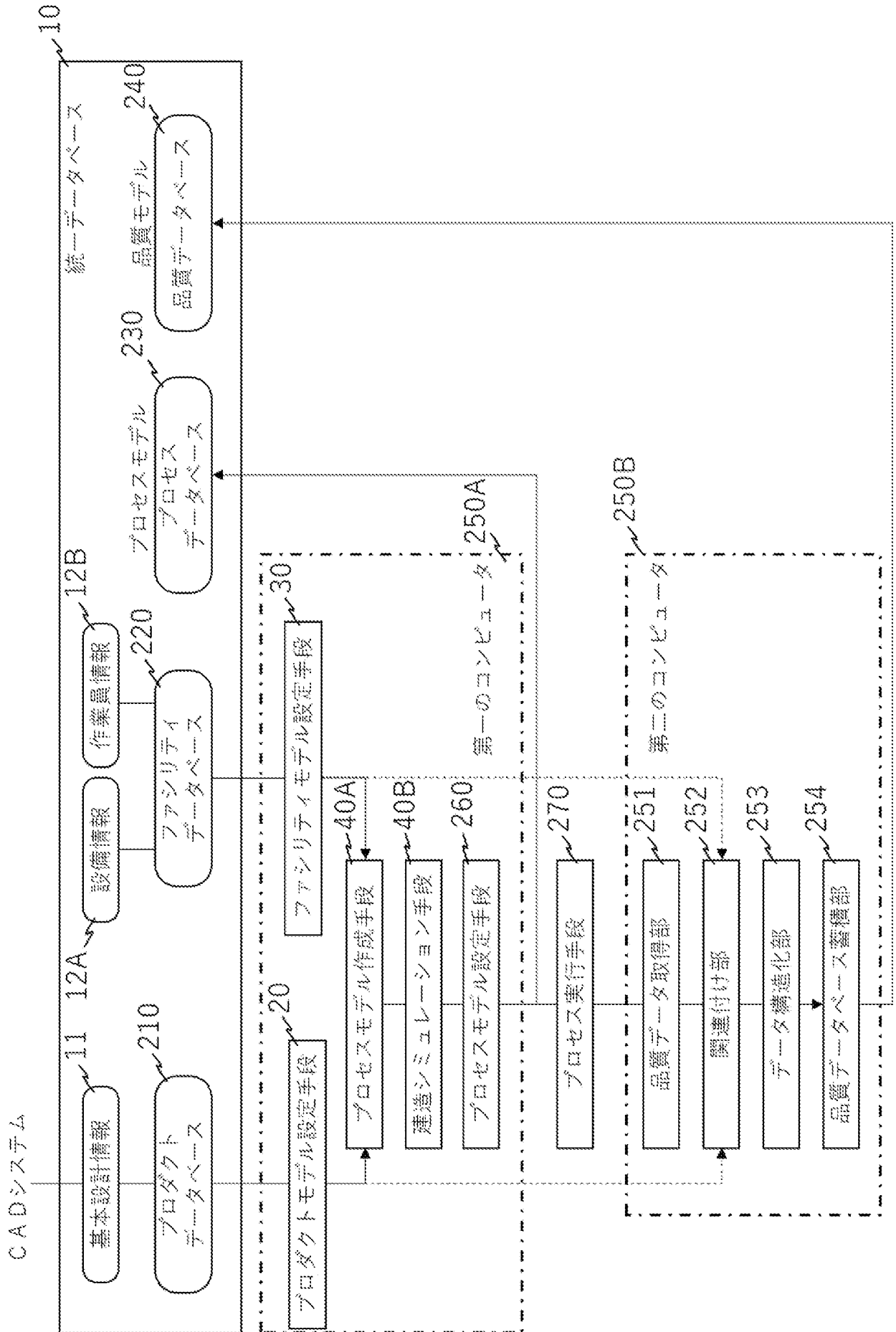
[図51]



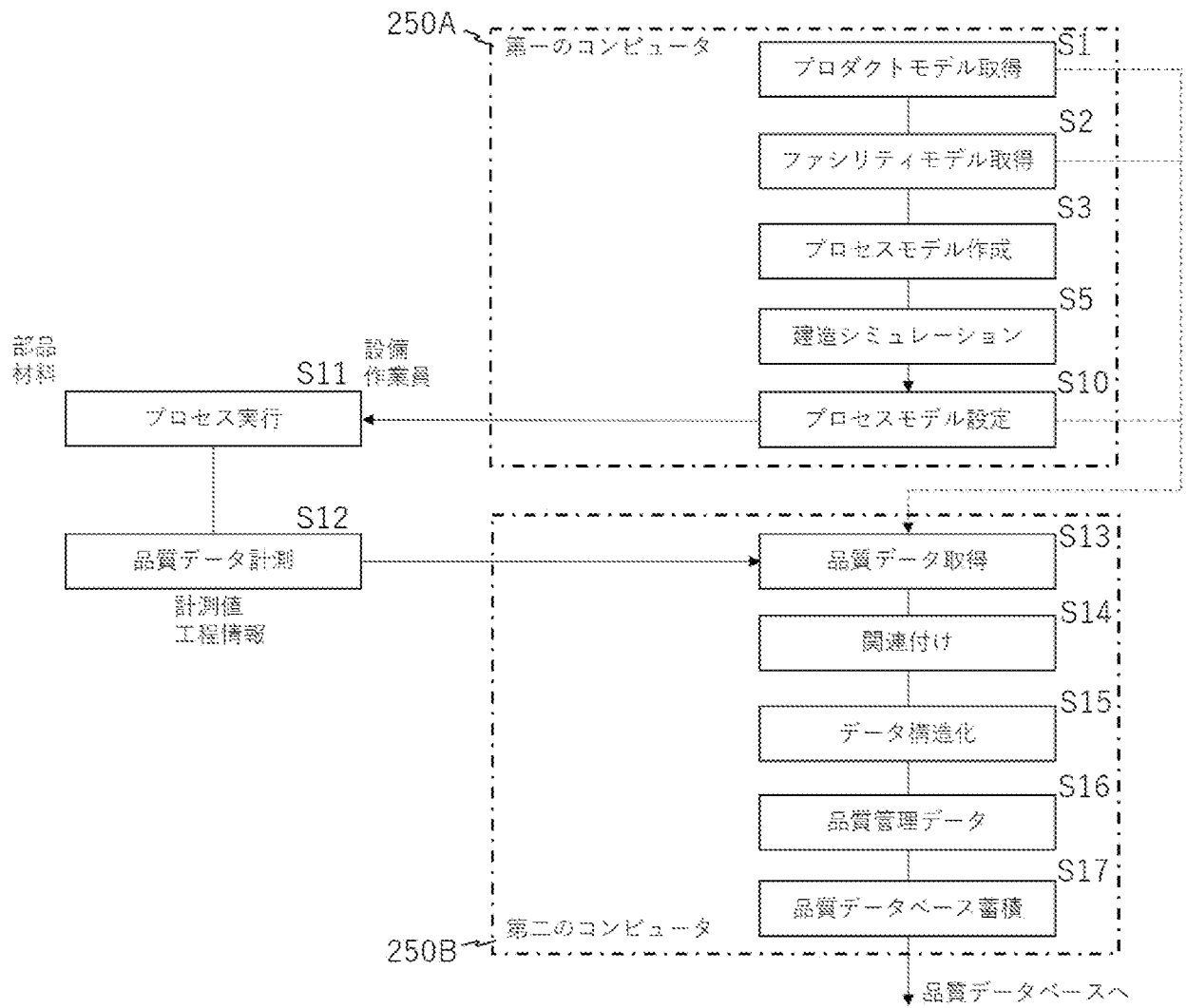
[図52]



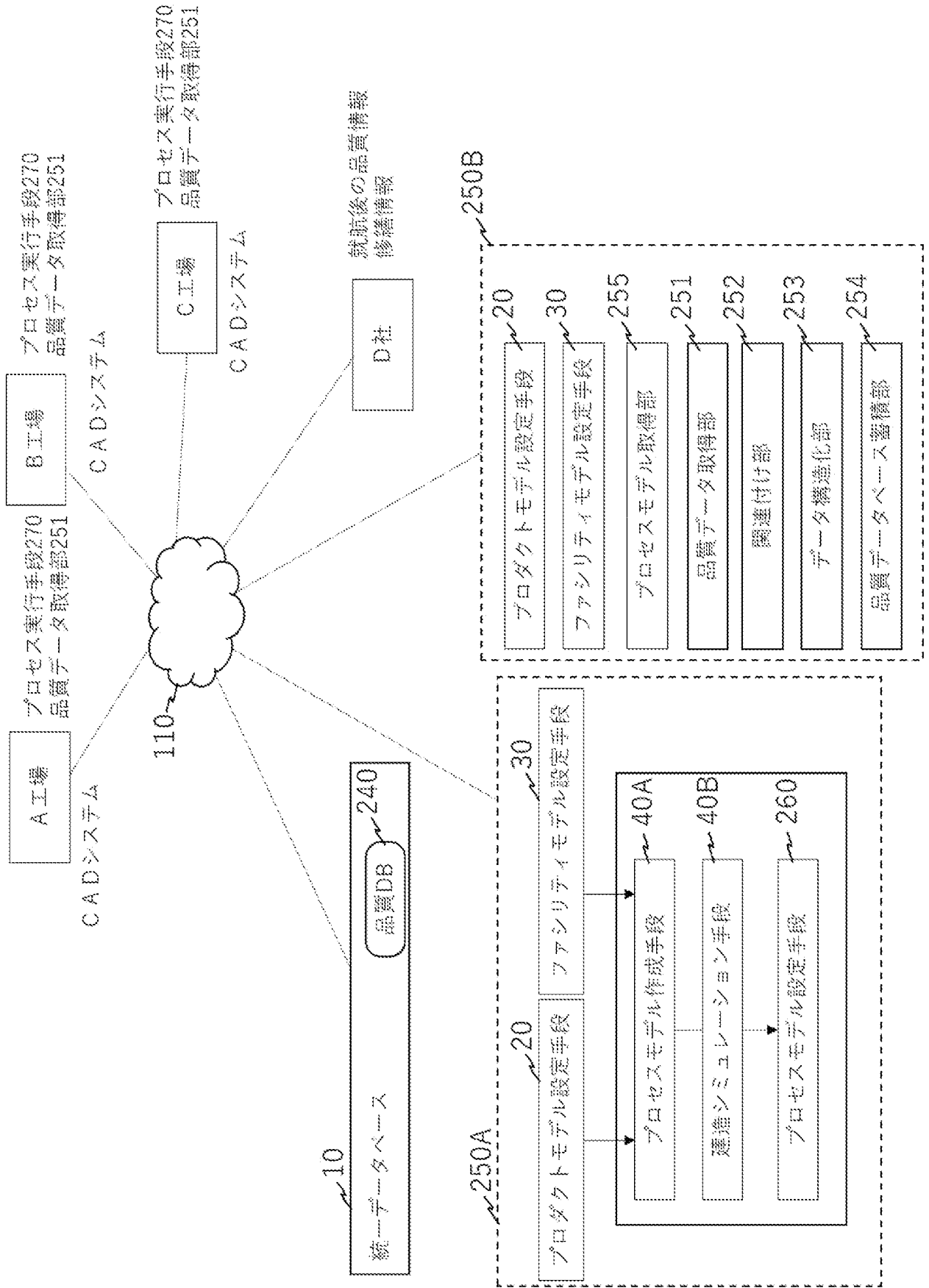
[図53]



[図54]

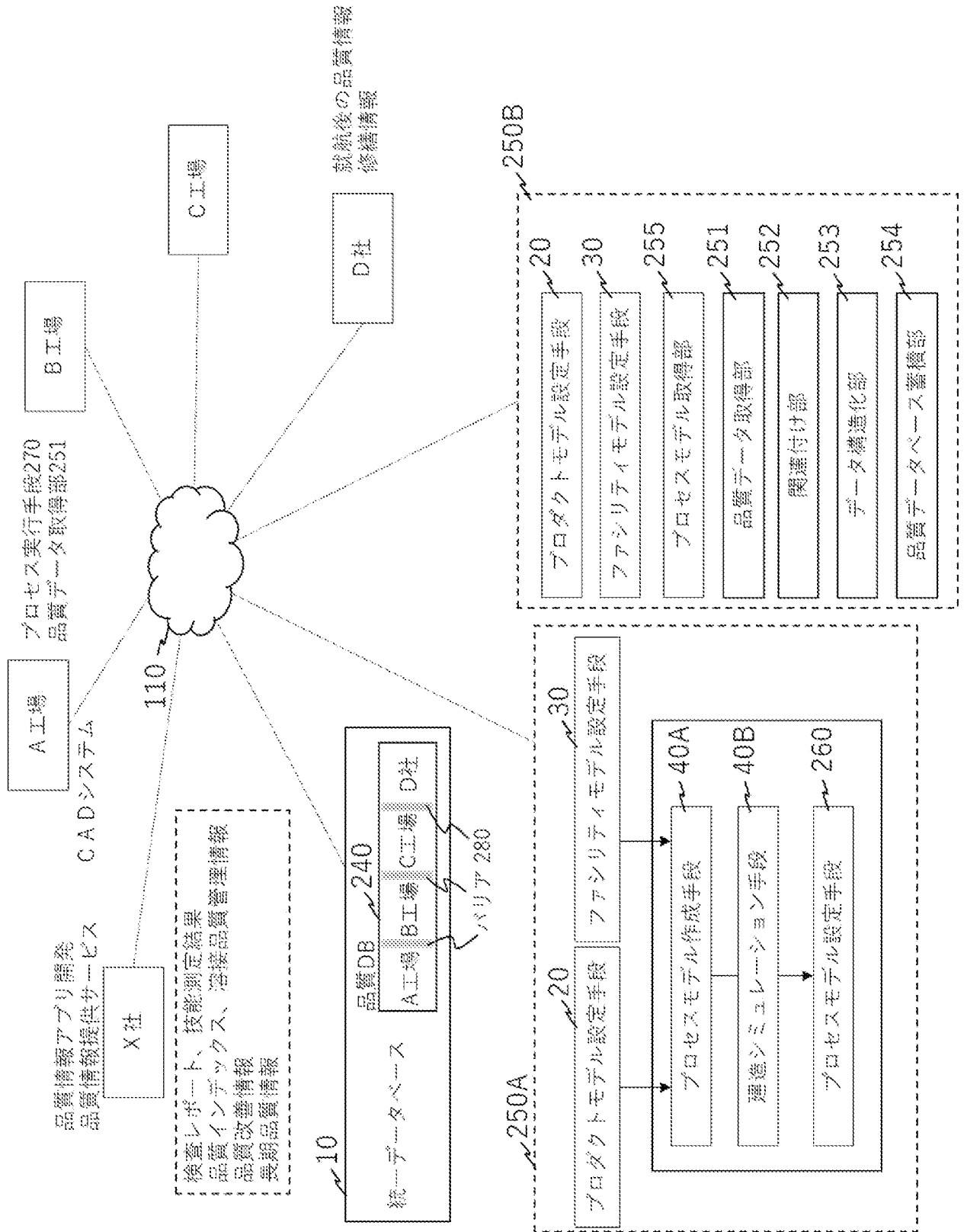


[図55]

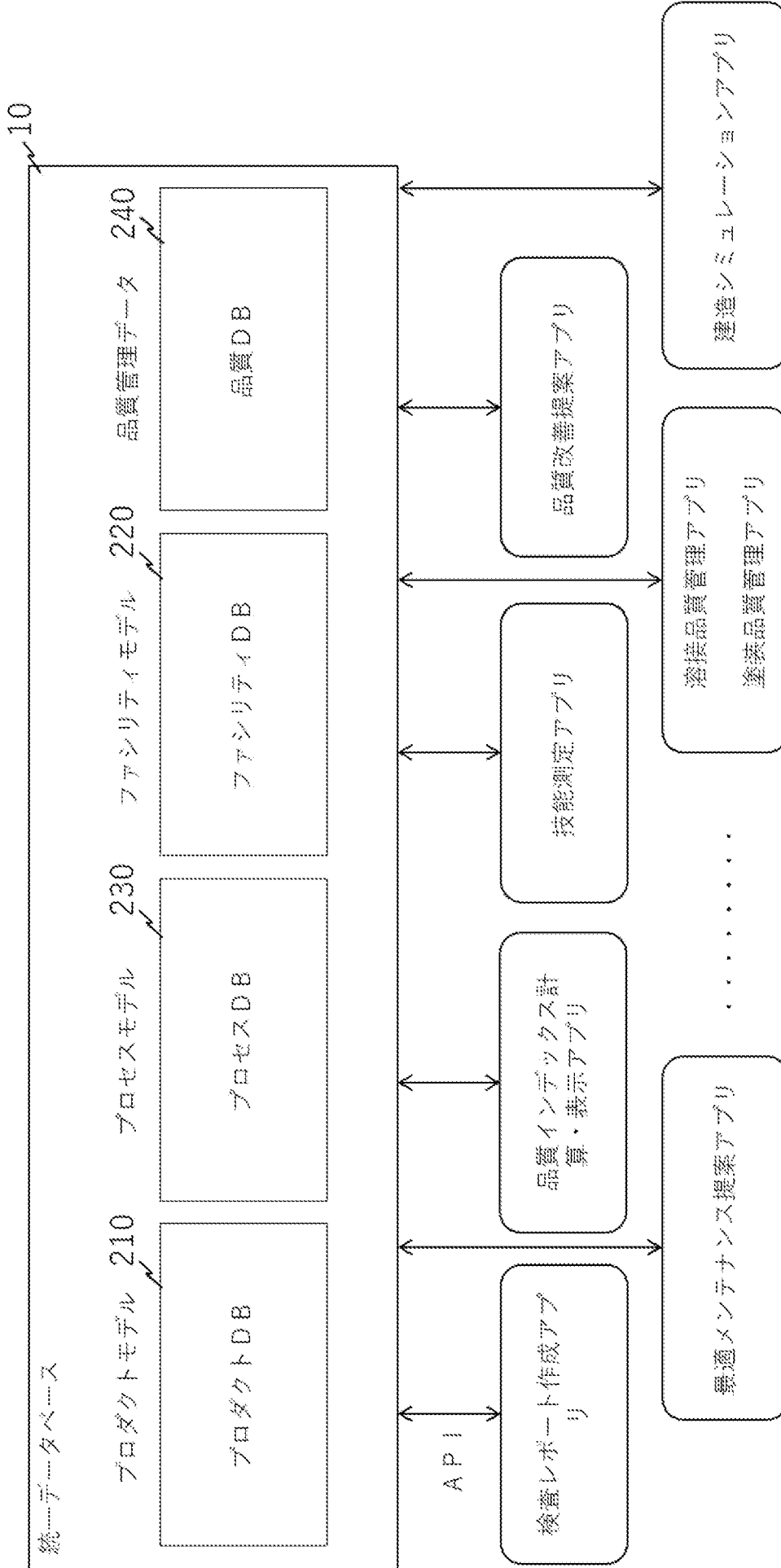




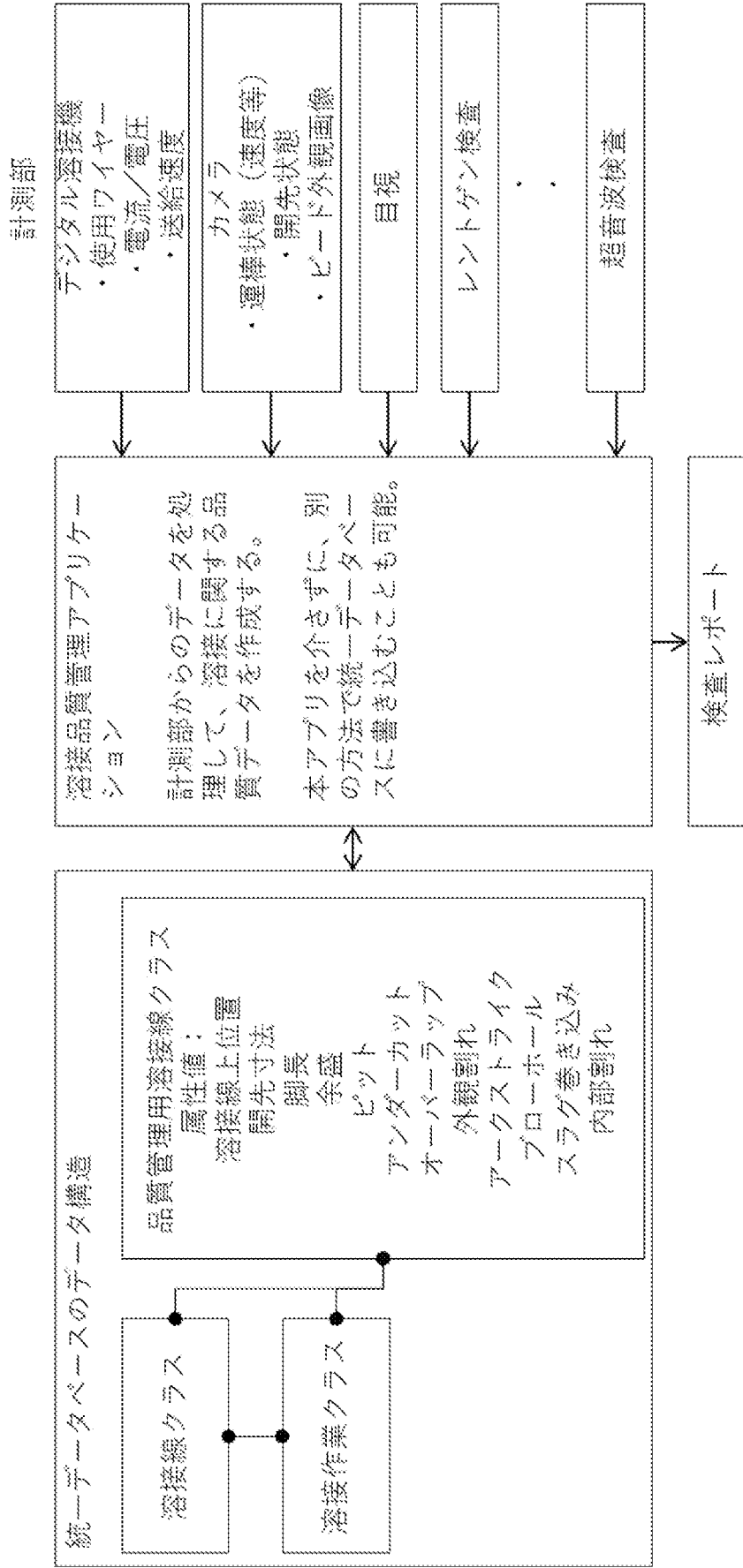
[図56]



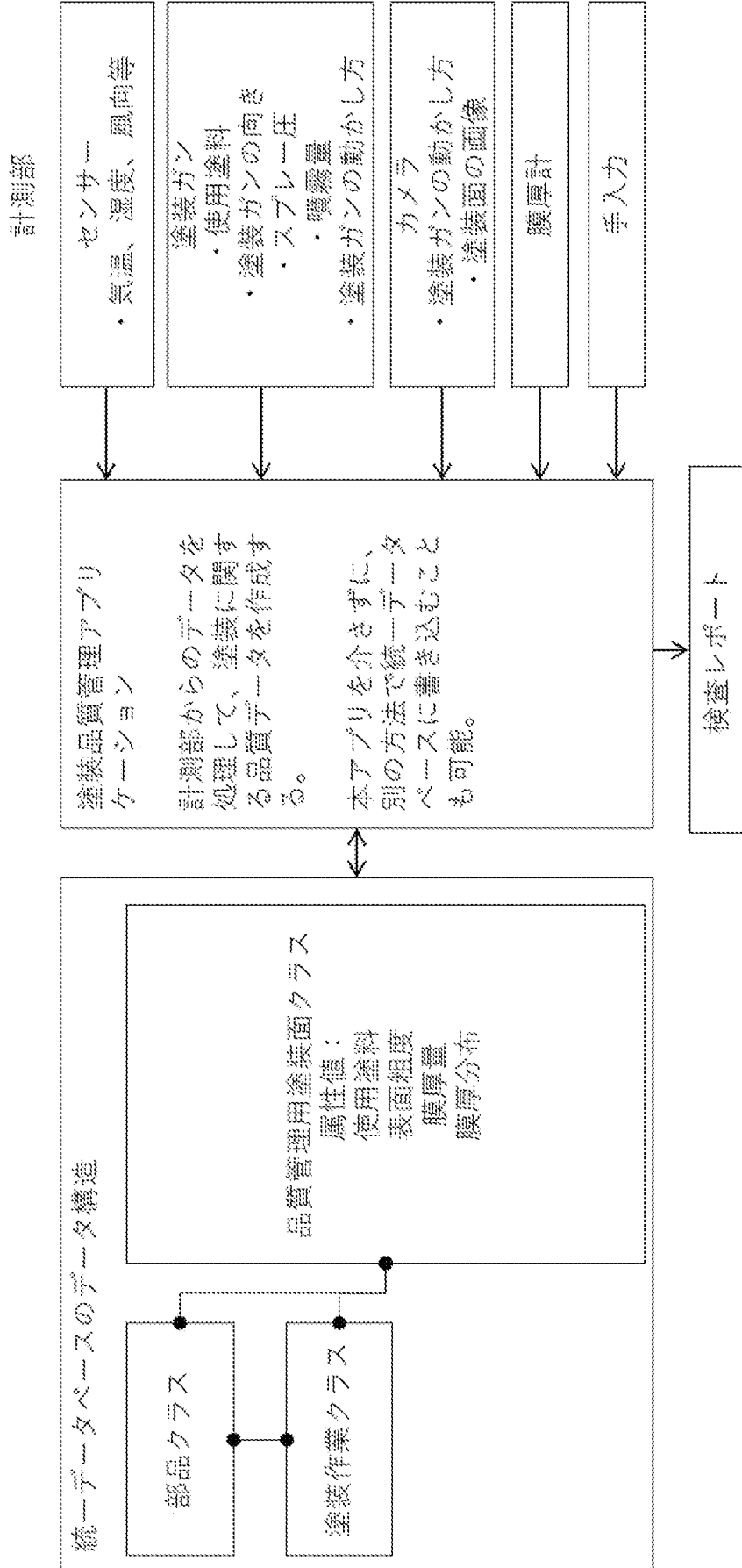
[図57]



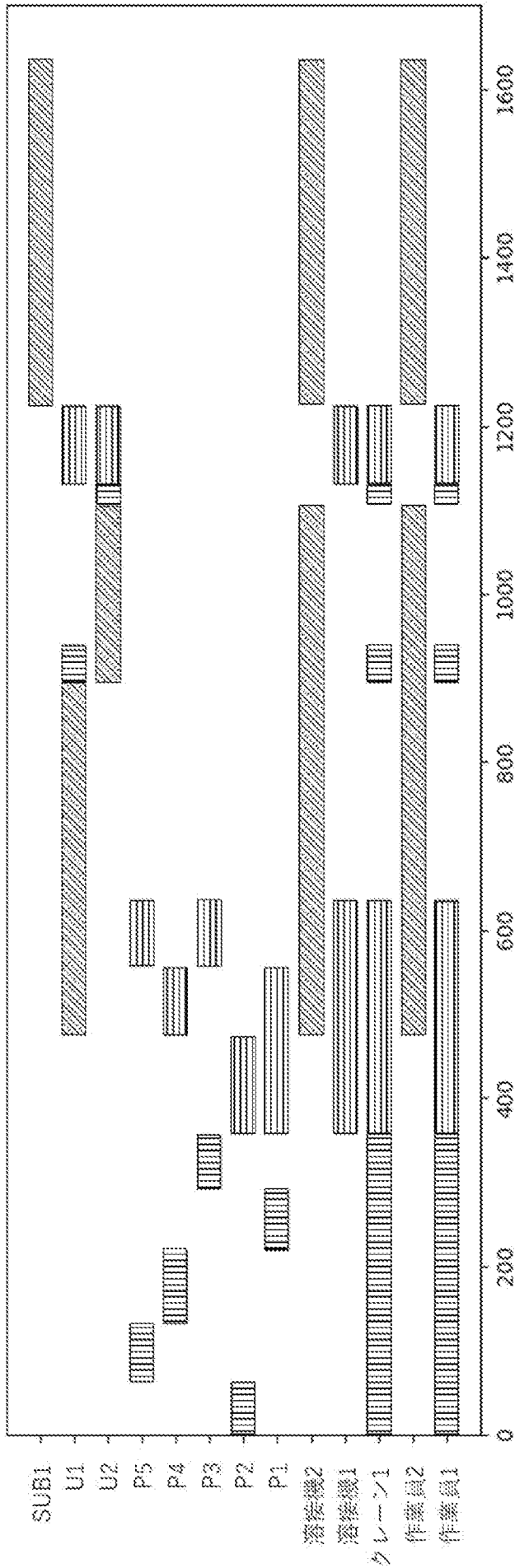
[図58]



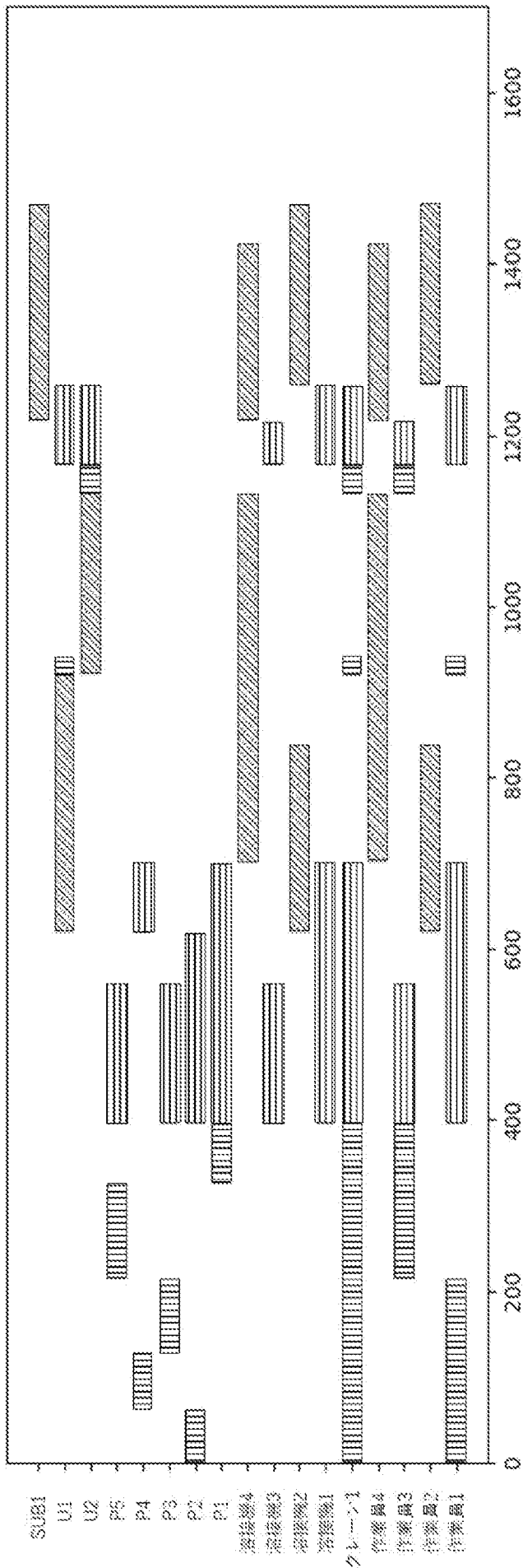
[図59]



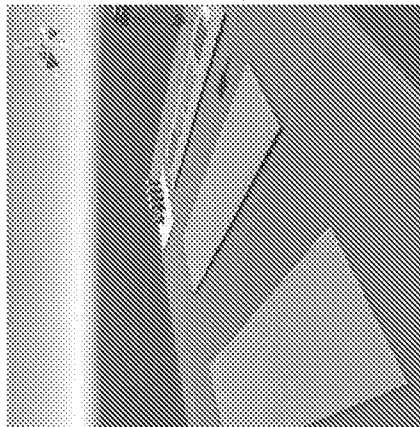
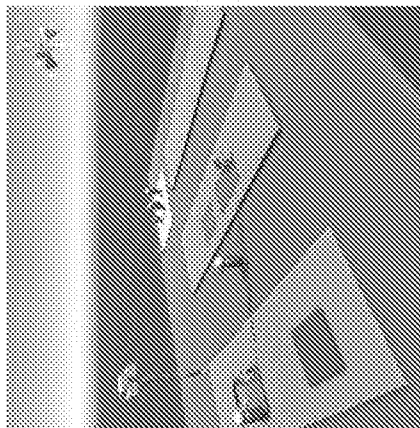
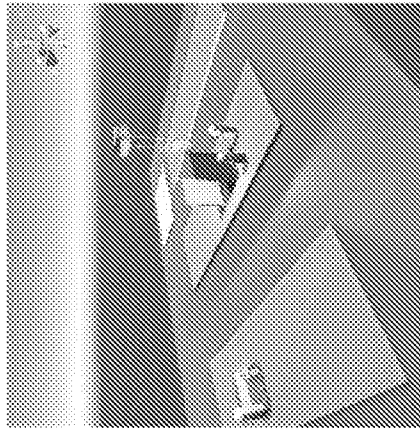
[図60]



[図61]



[図62]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/041795

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>B63B 49/00</i> (2006.01)i; <i>G05B 19/418</i> (2006.01)i; <i>G06Q 50/04</i> (2012.01)i; <i>G16Y 10/25</i> (2020.01)i; <i>G16Y 20/10</i> (2020.01)i; <i>G16Y 20/20</i> (2020.01)i; <i>G16Y 40/20</i> (2020.01)i; <i>G06Q 10/00</i> (2012.01)i FI: G06Q50/04; G05B19/418 Z; B63B49/00 Z; G06Q10/00; G16Y10/25; G16Y20/10; G16Y20/20; G16Y40/20		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) B63B49/00; G06Q10/00; G05B19/418; G06Q50/04; G16Y10/25; G16Y20/10; G16Y20/20; G16Y40/20		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	松原 洸也, 船舶建造プロセスシミュレーションを用いた人員と設備の設計に関する研究, 修士論文 [オンライン], 24 March 2016, [retrieval date: 07 January 2022], Internet:<URL: <a href="http://hdl.handle.net/2261/00074230">http://hdl.handle.net/2261/00074230</a> > pp. 1-97, (Master's thesis [online]), non-official translation (MATSUBARA, Hiroya. Research on personnel and facility design using simulation of shipbuilding process.)	1-17
A		18-20
A	JP 3211204 U (KOREA INSTITUTE OF OCEAN SCIENCE & TECHNOLOGY) 29 June 2017 (2017-06-29) abstract	1-20
A	JP 11-328276 A (MITSUBISHI HEAVY IND LTD) 30 November 1999 (1999-11-30) abstract	1-20
A	US 2018/0253085 A1 (KOREA INSTITUTE OF OCEAN SCIENCE & TECHNOLOGY) 06 September 2018 (2018-09-06) abstract	1-20
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>07 January 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>18 January 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.



C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 103049620 A (JIANGNAN SHIPYARD (GROUP) CO., LTD.) 17 April 2013 (2013-04-17) abstract	1-20
A	CN 101976288 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) 16 February 2011 (2011-02-16) abstract	1-20
A	KR 10-2014-0059719 A (DAEWOO SHIPBUILDING & MARINE ENGINEERING CO., LTD.) 16 May 2014 (2014-05-16) abstract	1-20
A	CN 103440384 A (SHANGHAI ORIENTAL INFO. TECH DEVELOPMENT CO., LTD.) 11 December 2013 (2013-12-11) abstract	1-20
A	BASAN, Natalia P. et al. A heuristic simulation-based framework to improve the scheduling of blocks assembly and the production process in shipbuilding. In 2017 Winter Simulation Conference (WSC). 2017, pp. 3218-3229 abstract	1-20
A	LEE, Y. G. JU, S. WOO, J. H. Simulation-based planning system for shipbuilding. International Journal of Computer Integrated Manufacturing [online]. 33.6, pp. 626-641, [retrieved on 07 January 2022], Retrieved from the Internet: <URL: <a href="https://doi.org/10.1080/0951192X.2020.1775304">https://doi.org/10.1080/0951192X.2020.1775304</a> > abstract	1-20

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2021/041795**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 3211204 U	29 June 2017	(Family: none)	
JP 11-328276 A	30 November 1999	(Family: none)	
US 2018/0253085 A1	06 September 2018	(Family: none)	
CN 103049620 A	17 April 2013	(Family: none)	
CN 101976288 A	16 February 2011	(Family: none)	
KR 10-2014-0059719 A	16 May 2014	(Family: none)	
CN 103440384 A	11 December 2013	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B63B 49/00(2006.01)i; G05B 19/418(2006.01)i; G06Q 50/04(2012.01)i; G16Y 10/25(2020.01)i; G16Y 20/10(2020.01)i; G16Y 20/20(2020.01)i; G16Y 40/20(2020.01)i; G06Q 10/00(2012.01)i FI: G06Q50/04; G05B19/418 Z; B63B49/00 Z; G06Q10/00; G16Y10/25; G16Y20/10; G16Y20/20; G16Y40/20		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） B63B49/00; G06Q10/00; G05B19/418; G06Q50/04; G16Y10/25; G16Y20/10; G16Y20/20; G16Y40/20 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2022年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2022年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2022年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	松原 洸也, 船舶建造プロセスシミュレーションを用いた人員と設備の設計に関する研究, 修士論文 [オンライン], 2016.03.24, [検索日: 2022年1月7日], インターネット: <URL: http://hdl.handle.net/2261/00074230> pp. 1-97	1-17
A		18-20
A	JP 3211204 U (コリア インスティテュート オブ オーシャン サイエンス アンド テクノロジー) 29.06.2017 (2017 - 06 - 29) 要約	1-20
A	JP 11-328276 A (三菱重工業株式会社) 30.11.1999 (1999 - 11 - 30) 要約	1-20
A	US 2018/0253085 A1 (Korea Institute of Ocean Science & Technology) 06.09.2018 (2018 - 09 - 06) 要約	1-20
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの		
“E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの		
“L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）		
“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献		
“P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
07.01.2022	18.01.2022	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  速水 雄太 5R 3365  電話番号 03-3581-1101 内線 3502	

C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	CN 103049620 A (JIANGNAN SHIPYARD (GROUP) CO., LTD.) 17.04.2013 (2013 - 04 - 17) 要約	1-20
A	CN 101976288 A (SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY) 16.02.2011 (2011 - 02 - 16) 要約	1-20
A	KR 10-2014-0059719 A (DAEWOO SHIPBUILDING & MARINE ENGINEERING CO., LTD.) 16.05.2014 (2014 - 05 - 16) 要約	1-20
A	CN 103440384 A (SHANGHAI ORIENTAL INFO.TECH DEVELOPMENT CO., LTD.) 11.12.2013 (2013 - 12 - 11) 要約	1-20
A	BASAN, Natalia P., et al., A heuristic simulation-based framework to improve the scheduling of blocks assembly and the production process in shipbuilding, In 2017 Winter Simulation Conference (WSC), 2017, pp. 3218-3229 abstract	1-20
A	LEE, Y. G., JU, S., & WOO, J. H., Simulation-based planning system for shipbuilding, International Journal of Computer Integrated Manufacturing [online], 33,6, pp. 626-641, [retrieved on 2022.01.07], Retrieved from the Internet: <URL: <a href="https://doi.org/10.1080/0951192X.2020.1775304">https://doi.org/10.1080/0951192X.2020.1775304</a> > abstract	1-20

国際調査報告  
特許ファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/041795

引用文献	公表日	特許ファミリー文献	公表日
JP 3211204 U	29.06.2017	(ファミリーなし)	
JP 11-328276 A	30.11.1999	(ファミリーなし)	
US 2018/0253085 A1	06.09.2018	(ファミリーなし)	
CN 103049620 A	17.04.2013	(ファミリーなし)	
CN 101976288 A	16.02.2011	(ファミリーなし)	
KR 10-2014-0059719 A	16.05.2014	(ファミリーなし)	
CN 103440384 A	11.12.2013	(ファミリーなし)	