

(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3月24日(24.03.2022)



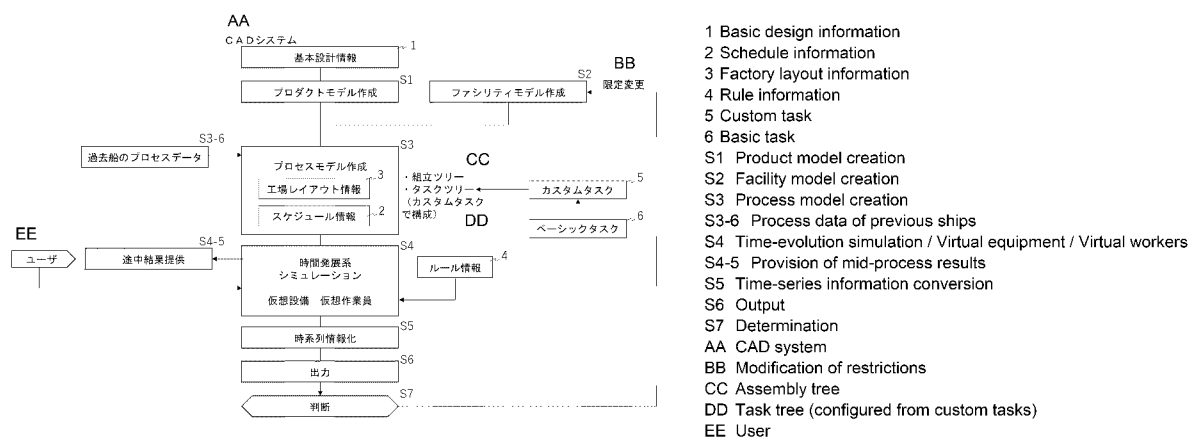
(10) 国際公開番号
WO 2022/059786 A1

- (51) 国際特許分類:
G05B 19/418 (2006.01) G06F 30/15 (2020.01)
G06Q 50/04 (2012.01) G06F 30/20 (2020.01)
B63B 73/00 (2020.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/034408
- (22) 国際出願日: 2021年9月17日(17.09.2021)
- (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 2020-157944 2020年9月18日(18.09.2020) JP
特願 2020-177515 2020年10月22日(22.10.2020) 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: 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). 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). 平方 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).

- (54) Title: SHIPBUILDING SIMULATION METHOD, SIMULATION PROGRAM, AND SIMULATION SYSTEM
- (54) 発明の名称: 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



(57) Abstract: The present invention simulates shipbuilding at a detailed work level by executing: a product model creation step S1 for acquiring basic design information 1 that clarifies a finished component of a ship and the connectivity relationships between the constituent components thereof, and creating a product model therewith; a facility model creation step S2 for acquiring factory equipment information 21 and worker information 22 and creating a facility model; a process model creation step S3 for, on the basis of the product model and the facility model, clarifying the assembly procedure and tasks for building the finished part and creating a process model; a simulation step S4 for performing a time-evolution simulation on the basis of the process model; and a time-series information conversion step S5 for converting the results of the time-evolution simulation into time-series data to serve as building time-series information 42.



WO 2022/059786 A1

(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
2 K T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:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第19条(1))

(57) 要約: 船舶の完成部品と構成部品の結合関係が明確化された基本設計情報 1 を取得してプロダクトモデルを作成するプロダクトモデル作成ステップ S 1 と、工場の設備情報 2 1 と作業員情報 2 2 を取得しファシリティモデルを作成するファシリティモデル作成ステップ S 2 と、プロダクトモデルとファシリティモデルに基づいて完成部品を建造するための組み立て手順とタスクを明確化し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 4 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 4 2 とする時系列情報化ステップ S 5 とを実行することで、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。

明 細 書

発明の名称：

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

技術分野

[0001] 本発明は、設計された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。

[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ル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ルリングモデル

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、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

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，p291-298

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記載に対応した船舶の建造シミュレーション方法においては、設計された船舶の建造をシミュレーションする方法であって、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明確化された基本設計情報を取得してプロダクトモデルを作成するプロダクトモデル作成ステップと、完成部品を建造する工場の設備情報と、作業員情報を取得し完成部品の建造に関わる設備と作業員に関するファシリティモデルを作成するファシリティモデル作成ステップと、プロダクトモデルとファシリティモデルに基づいて、構成部品を組み立てて完成部品を建造するための組み立て手順とタスクを明確化し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、プロセスモデルは、構成部品を組み立てて完成部品とする依存関係を表す組立ツリーと、組み立てに当たって必要なタスクと、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 2 に記載の本発明によれば、組み立て手順と、それに関わるタスクを明確にし、プロセスモデルを精度よく作成することができる。

[0009] 請求項 3 に記載の本発明は、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 3 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、シミュレーションの精度を向上させることができる。

[0010] 請求項 4 に記載の本発明は、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 4 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、シミュレーションを行うことができる。

[0011] 請求項5記載の本発明は、プロセスモデル作成ステップにおいて、構成部品の中間部品を含む組み立て手順を組立ツリーとして定義し、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し、ファシリティモデルに基づいてタスクが能力値範囲か否かを判断し、タスクが能力値範囲である場合、スケジュール情報を作成することを特徴とする。

請求項5に記載の本発明によれば、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スケジュール情報を作成することを防止できる。

[0012] 請求項6記載の本発明は、タスクが能力値範囲を超える場合に、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ことを特徴とする。

請求項6に記載の本発明によれば、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。

[0013] 請求項7記載の本発明は、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を参照し、流用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、基本設計情報に基づきプロダクトモデルやファシリティモデル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。

[0014] 請求項8記載の本発明は、シミュレーションステップにおける時間発展系シミュレーションは、時間ごと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ものであることを特徴とする。

請求項8に記載の本発明によれば、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。

[0015] 請求項9記載の本発明は、シミュレーションステップにおいて、予め取得したルール情報とタスクを利用し、作業員が自律的に仮想的な作業を進める

に当たり、ルール情報として、作業員に付与される判断ルールであるブレインを利用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、ルール情報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作業員が的確に仮想的な作業を進めやすくなる。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。

[0016] 請求項 10 に記載の本発明は、建造時系列情報の結果が、所定の時間の範囲を超えているかを判断する判断ステップをさらに有し、対応可能な範囲でファシリティモデルを変更し、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を繰り返し実行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、船舶の建造が所定の時間内に収まるシミュレーション結果を得ることができる。

[0017] 請求項 11 に記載に対応した船舶の建造シミュレーションプログラムにおいては、設計された船舶の建造を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、船舶の建造シミュレーション方法における作成されたプロダクトモデルを取得するプロダクトモデル取得ステップと、作成されたファシリティモデルを取得するファシリティモデル取得ステップと、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を実行させ、さらに、建造時系列情報を出力する出力ステップを実行させることを特徴とする。

請求項 11 に記載の本発明によれば、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可能となり、ユーザは出力された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 12 に記載の本発明は、コンピュータに、船舶の建造シミュレーショ

ン方法における判断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、船舶の建造が所定の時間内に収まるシミュレーション結果を得ることができる。

[0019] 請求項 1 3 記載の本発明は、コンピュータに、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、出力ステップにおける計算結果及び途中経過の少なくとも一方を画像表示させることを特徴とする。

請求項 1 3 に記載の本発明によれば、ユーザはシミュレーションの結果がどのような過程を経て行われたのか、またシミュレーションの途中経過を視覚的に確認して理解しやすくなる。

[0020] 請求項 1 4 記載に対応した船舶の建造船舶の建造シミュレーションシステムにおいては、船舶の建造シミュレーション方法を実行するシステムであって、プロダクトモデルを取得するプロダクトモデル取得手段と、船舶の建造に関わる設備と作業員に関するファシリティモデルを取得するファシリティモデル取得手段と、船舶を建造するための組み立て手順とタスクを明確化しプロセスモデルを作成するプロセスモデル作成手段と、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建造シミュレーション手段と、時間発展系シミュレーションの結果を建造時系列情報として提供する情報提供手段とを備えることを特徴とする

請求項 1 4 に記載の本発明によれば、ユーザ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。

[0021] 請求項 1 5 記載の本発明は、建造時系列情報の結果が、所期目標の範囲を超えているかを判断し、超えている場合は、対応可能な範囲でファシリティモデル、及びプロセスモデルの少なくとも一方を変更する指示を行うモデル変更指示手段をさらに備えることを特徴とする。

請求項 1 5 に記載の本発明によれば、船舶の建造が所期目標の範囲内に収

まるシミュレーション結果を得ることができる。

[0022] 請求項 16 記載の本発明は、ファシリティモデル取得手段が、複数の工場の設備情報と、作業員情報を取得し、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い、工場ごとの時間発展系シミュレーションの結果を、比較可能な状態で情報提供手段から提供することを特徴とする。

請求項 16 に記載の本発明によれば、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シミュレーションが行われるため、例えば、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ができ、建造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、ユーザは迅速かつ的確に、各工場での製造コストや工期などを比較することができる。

[0023] 請求項 17 記載の本発明は、ファシリティモデル取得手段が、工場の改善情報としての設備情報と作業員情報の少なくとも一方を取得し、建造シミュレーション手段が、工場の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、情報提供手段が改善情報に基づいた建造時系列情報を提供することを特徴とする。

請求項 17 に記載の本発明によれば、工場の改善情報を取得して用いることで、工場の設備や作業員を変更し改善した場合のシミュレーションを行うことができる。

[0024] 請求項 18 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システムと連携する生産計画システム連携手段の少なくともいずれか一つをさらに備えることを特徴とする。

請求項 18 に記載の本発明によれば、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、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、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。

発明の効果

- [0025] 本発明の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。
- [0026] また、プロセスモデルは、構成部品を組み立てて完成部品とする依存関係を表す組立ツリーと、組み立てに当たって必要なタスクと、タスク間の依存関係を表すタスクツリーを含む場合は、組み立て手順と、それに関わるタスクを明確にし、プロセスモデルを精度よく作成することができる。
- [0027] 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、シミュレーションの精度を向上させることができる。
- [0028] 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、シミュレーションを行うことができる。
- [0029] また、プロセスモデル作成ステップにおいて、構成部品の中間部品を含む組み立て手順を組立ツリーとして定義し、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し、ファシリティモデルに基づいてタスクが能力値範囲か否かを判

断し、タスクが能力値範囲である場合、スケジュール情報を作成する場合は、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スケジュール情報を作成することを防止できる。

[0030] また、タスクが能力値範囲を超える場合に、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場合は、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。

[0031] また、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を参照し、流用する場合は、基本設計情報に基づきプロダクトモデルやファシリティモデル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。

[0032] また、シミュレーションステップにおける時間発展系シミュレーションは、時間ごと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ものである場合は、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。

[0033] また、シミュレーションステップにおいて、予め取得したルール情報とタスクを利用し、作業員が自律的に仮想的な作業を進めるに当たり、ルール情報として、作業員に付与される判断ルールであるブレインを利用する場合は、ルール情報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作業員が的確に仮想的な作業を進めやすくなる。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。

[0034] また、建造時系列情報の結果が、所定の時間の範囲を超えているかを判断する判断ステップをさらに有し、対応可能な範囲でファシリティモデルを変更し、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を繰り返し実行する場合は、船舶の建造が所定の時間内に収まるシミュレーション結果を得ることができる。

- [0035] 本発明の船舶の建造シミュレーションプログラムによれば、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可能となり、ユーザは出力された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。
- [0036] また、コンピュータに、船舶の建造シミュレーション方法における判断ステップをさらに実行させる場合は、船舶の建造が所定の時間内に収まるシミュレーション結果を得ることができる。
- [0037] また、コンピュータに、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、出力ステップにおける計算結果及び途中経過の少なくとも一方を画像表示させる場合は、ユーザはシミュレーションの結果がどのような過程を経て行われたのか、またシミュレーションの途中経過を視覚的に確認して理解しやすくなる。
- [0038] また、本発明の船舶の建造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。
- [0039] また、建造時系列情報の結果が、所期目標の範囲を超えているかを判断し、超えている場合は、対応可能な範囲でファシリティモデル、及びプロセスモデルの少なくとも一方を変更する指示を行うモデル変更指示手段をさらに備える場合は、船舶の建造が所期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。
- [0040] また、ファシリティモデル取得手段が、複数の工場の設備情報と、作業員情報を取得し、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い、工場ごとの時間発展系シミュレーショ

ンの結果を、比較可能な状態で情報提供手段から提供するシミュレーションを行い、工場ごとの時間発展系シミュレーションの結果を、比較可能な状態で情報提供手段から提供する場合は、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シミュレーションが行われるため、例えば、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ができ、建造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、ユーザは迅速かつ的確に、各工場での製造コストや工期などを比較することができる。

[0041] また、ファシリティモデル取得手段が、工場の改善情報としての設備情報と作業員情報の少なくとも一方を取得し、建造シミュレーション手段が、工場の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、情報提供手段が改善情報に基づいた建造時系列情報を提供する場合は、工場の改善情報を取得して用いることで、工場の設備や作業員を変更し改善した場合のシミュレーションを行うことができる。

[0042] 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システムと関係する生産計画システム連携手段の少なくともいずれか一つをさらに備える場合は、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、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、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。

図面の簡単な説明

[0043] [図1]本発明の実施形態による船舶の建造シミュレーション方法のフロー

[図2]同全体概要図

[図3]同プロダクトモデルの例を示す図

[図4]同5枚板モデルの結合関係を示す図

[図5]同第一の板P1の3次元モデルを示す図

- [図6]同3枚板モデルのプロダクトモデルの例を示す図
- [図7]同ファシリティの3次元モデルの例を示す図
- [図8]同ファシリティモデルの例を示す図
- [図9]同プロセスモデルの概念図
- [図10]同プロセスモデル作成ステップの詳細フロー
- [図11]同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 (weld) 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 (Crane Move) 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]他の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

[図39]更に他の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

[図40]更に他の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

[図41]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の計算結果のガントチャート

[図42]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43]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

[0044] 本発明の実施形態による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船舶の建造シミュレーション方法のフロー、図2は全体概要図である。

船舶の建造シミュレーション方法においては、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（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）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2と工場レイアウト情報3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により導かれる仮想的な作業の体系であるともいえる。

[0045] 図1に示すプロダクトモデル作成ステップS1においては、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明確化された基本設計情報1を取得してプロダクトモデルを作成する。

基本設計情報1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。

本実施形態では、船舶の基本設計情報1を、CADシステムから取得する。これにより、CADシステムで作成された基本設計情報1をプロダクトモデルの作成等に有効利用できる。なお、CADシステムからの船舶の基本設計情報1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。基本設計情報1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たものを得てもよいし、基本設計情報1を取得後に変換して得てもよい。なお、CADシステムから取得する基本設計情

報1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、プロダクトモデル作成ステップS1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。

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。

[0046] 図3はプロダクトモデルの例を示す図、図4は5枚板モデルの結合関係を示す図である。なお、図4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3(a)に示すような二重底ブロックを、図3(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4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。

[0047] 図5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5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。

[0048] 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。

[0049] 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5) 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。

[0050] 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1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、プロダクトモデル作成ステップS1において、基本設計情報1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

[0051] また、図6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6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。

[0052] 図1に戻り、ファシリティモデル作成ステップS2においては、完成部品を建造する工場の設備情報と、作業員情報を取得し、完成部品の建造に関わる設備（仮想設備）と作業員（仮想作業員）に関するファシリティモデルを作成する。なお、設備情報には道具の情報も含まれる。

ファシリティモデルでは、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7はファシリティの3次元モデルの例を示す図であり、図7（a）は作業員、図7（b）は溶接機、図7（c）はクレーン、図7（d）は床、図7（e）は定盤である。

[0053] ファシリティモデル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

[0054] また、図8はファシリティモデルの例を示す図である。

図8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。

[0055] 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。

[0056] 図1に戻り、プロセスモデル作成ステップS3では、プロダクトモデルとファシリティモデルに基づいて、構成部品を組み立てて完成部品を建造するための組み立て手順とタスクを明確化し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が作成され、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9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、構成部品を組み立てて完成部品とする依存関係を表す組立ツリーと、組み立てに当たって必要なタスクと、タスク間の依存関係を表すタスクツリーとを含んで構成される。これにより、組み立て手順と、それに関わるタスクを明確にし、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5を含む一単位の作業を指す。

[0057] 図10はプロセスモデル作成ステップの詳細フロー、図11は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。ここでは、船舶の建造シミュレーションシステムを用いたプロセスモデルの作成を説明する。

船舶の建造シミュレーションシステムは、船舶の建造シミュレーション方法を実行するものであり、プロダクトモデル取得手段10と、ファシリティモデル取得手段20と、プロセスモデル作成手段30と、建造シミュレーション手段40と、情報提供手段50と、モデル変更指示手段60と、過去船データベース70を備える。過去船データベース70には、過去に建造した過去船のプロセスデータが蓄積されている。

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30

は、まず、プロダクトモデル作成ステップS 1で作成されたプロダクトモデルをプロダクトモデル取得手段10で取得し、ファシリティモデル作成ステップS 2で作成されたファシリティモデルをファシリティモデル取得手段20で取得し、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を過去船データベース70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を参照せずに、構成部品の中間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、過去データベース70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を参照して流用する。過去船のプロセスデータを流用することで、基本設計情報1に基づきプロダクトモデルやファシリティモデル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。

[0058] 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。

[0059] 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

[0060] 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。

[0061] 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

[0062] 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。

[0063] 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

[0064] また、図15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16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16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15に示すように、3枚板モデルに対して、P1～P3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。

[0065] また、図10に示すように、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30は、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2を作成する（スケジュール情報作成ステップS3-8）。図10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。

作成したスケジュール情報2はモニタ等へ出力される。スケジュール情報2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2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2は、情報提供手段50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2を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2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。

[0066] 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を定義したが、スケジュール情報2ではタスクツリーで定義したそれぞれのタスクに対して、担当作業員の割り振りと、タスクの具体的な実行順番を定義する。

スケジュール情報2の作成例を下表7に示す。この例では、作業員1は鉄工職の作業員を想定しており、配材タスクと仮溶接タスクを割り当てている。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は溶接職の作業員を想定しており、本溶接タスクを順番に割り当てている。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

[0067] 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。

[0068] また、図10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2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2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スケジュール情報2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50が備えるモニタ等へ出力することで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のうちの対応可能な少なくとも一つを再定義する。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。

[0069] 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、実際に時間発展系シミュレーションで使用する設備と作業員の配置に関する工場レイアウト情報3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3に基づき、シミュレーションを行うことができる。

作成した工場レイアウト情報3は、情報提供手段50が備えるモニタやプリンタ等へ出力して表示することができる。これにより、ユーザは作成された工場レイアウト情報3を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3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。

[0070] 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3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、 ϕ, θ, ψ)

[0071] 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。

[0072] プロセスモデル作成ステップS3の後は、図1に示すように、シミュレーションステップS4となる。シミュレーションステップS4では、建造シミュレーション手段40が、作成され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S4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5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5とタスクツリーとの関係は、カスタムタスク5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5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、プロセスモデル作成ステップS3で定義したスケジュールに記載のカスタムタスク5の順に、タスクに関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。

[0073] 図20はシミュレーションステップの詳細フローである。

図11に示す建造シミュレーション手段40は、時間発展系シミュレーションを行う以前に、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4をルール情報データベース等から取得する。そして、プロダクトモデル取得手段10が取得したプロダクトモデル作成ステップS1で作成したプロダクトモデルと、ファシリティモデル取得手段20が取得したファシリティモデル作成ステップS2で作成したファシリティモデルと、プロセスモデル作成ステップS3でプロセスモデル作成手段30が作成したプロセスモデル、スケジュール情報2、及び工場レイアウト情報3を取得して読み込み、工場レイアウト情報3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S4-1）。

ここで、ルール情報4とは、建造シミュレーション手段40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5）では、使える溶接機の種類だけをルール情報4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4となる。ルール情報4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なる。ルール情報4は、あらかじめカタログのようにシミュレーションステップS4よりも前に作成しておく。なお、ルール情報4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4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40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4を生成する手法を用いる。ルール情報4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、シミュレーションステップS4よりも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。

[0074] ルール情報4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2が自動構築される。本実施形態では、ルール情報4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5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4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5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5の中から一つのカスタムタスク5を選択する。
3. 複数の種類のカスタムタスク5から一つの種類を選択する。
4. カスタムタスク5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。

[0075] 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

...

[0076] 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。

[0077] 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「AtBrain」は配材Atのブレイン、「FtBrain」は仮付Atのブレイン、「WtBrain」は本溶接Wtのブレイン、「DtBrain」は裏焼きDt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)：利用ファシリティ名 (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)：利用ファシリティ名 (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)：利用ファシリティ名 (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)：利用ファシリティ名 (バーナー、ガス口)

カスタムタスク5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>利用ファシリティ</u> 、 <u>先行タスク</u> 、 <u>主体名</u> 、 <u>要求ファシリティ種別・個数</u>
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(θ,φ,ψ)</u>
仮付Ft	Ft	(固有)：—
本溶接Wt	Wt	(固有)：—
裏焼きDt	Dt	(固有)：—

[0078] 図21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21(a)は配材タスク、図21(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。

[0079] 図20におけるシミュレーション実行情報読込ステップS4-1の後、ス

スケジュール情報2に記載のカスタムタスク5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S4-2)。カスタムタスク5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5を状況に応じてルール情報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、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。

[0080] 次に、カスタムタスク5が終了したか否かを判定する(タスク終了判定ステップS4-3)。

タスク終了判定ステップS4-3において、カスタムタスク5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S4-2に戻り、カスタムタスク5を実行する。

一方、タスク終了判定ステップS4-3において、カスタムタスク5が終了したと判定した場合は、終了したカスタムタスク5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5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S4-4)。

シミュレーション終了判定ステップS4-4において、割り当てられたカスタムタスク5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S4-2に戻り、カスタムタスク5を実行する。

一方、シミュレーション終了判定ステップS4-4において、割り当てられたカスタムタスク5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5がなくなるまで繰り返し実行する。

[0081] また、図1に示すように、シミュレーションステップS4においては、ユーザが判断をするための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50から提供する(途中結果提供ステップS4-5)。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S 4 - 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5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S 4 - 5における情報提供手段5 0からの途中結果の提供は、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5、実施中のカスタムタスク5、及び未実施の予定されているカスタムタスク5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5の順番を変更したり、そのカスタムタスク5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S 4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4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4と、タスクとしてのベーシックタスク6を組み合わせて構成したカスタムタスク5を利用して仮想的な作業を進める。

ルール情報4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4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。

本実施形態では、途中結果提供ステップS 4 - 5の情報提供手段5 0から途中結果を提供した後で、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ステップの疑似コードを示す図である。

[0082] カスタムタスク5を構成するベーシックタスク6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6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6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6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6の組合せとしてカスタムタスク5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6を組み合わせて構築されるカスタムタスク5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5により、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6の具体例を下表11に示す。なおベーシックタスク6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

[0083] 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。

[0084] 図24は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。

[0085] 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（C r a n e M o v e）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6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。

[0086] ここで、タスク実行ステップS4-2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5について詳細に説明する。カスタムタスク5は以下のように定義される。

- ・ カスタムタスク5は、ベーシックタスク6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5として表現する。例えば、カスタムタスク5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5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6を構築していき、最終的にベーシックタスク6のリストを構築する。

・カスタムタスク5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5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5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。

[0087] 人に割り当てられるカスタムタスク5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5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(θ,φ,ψ)
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)：－

[0088] 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 A t」、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6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6はフックを下降させ、上記4のベーシックタスク6は玉掛時間分待機させ、上記5のベーシックタスク6はフックを上昇させるものである。

[0089] 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 A t」、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 (θ , ϕ , ψ)」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6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6は物を取り外す時間分待機させるものである。

[0090] 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5の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5をさらに細かなメソッドであるベーシックタスク6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6 (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6 (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6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S4-2の前) に構築する。

このように、カスタムタスク5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5は、シミュレーションステップS4の前にカタログのように作っておく。カスタムタスク5の一例は以下の通りである。

仮溶接 (カスタムタスク5) : 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4（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4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4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。

[0091] また、ベーシックタスク6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、コンピュータ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130付近はメッシュが存在しないため、壁130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6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。

[0092] 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

[0093] 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。

[0094] 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。

[0095] 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。

[0096] 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。

[0097] 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。

[0098] 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「Component Name」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「Product Pose」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。

[0099] 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「Task Name」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「Task Type」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「Function Name」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「Required Facility List」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「Task Object」であり、対象物が記載されている。列Eはタイトルが「Task Facility」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「Task Conditions」であり、先行タスクが記載されている。列Gはタイトルが「Task Parameter」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。

[0100] 図1に戻り、シミュレーションステップS4の後、建造シミュレーション手段40は、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42とする（時系列情報化ステップS5）。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。このように、プロダクトモデル作成ステップS1と、ファシリティモデル作成ステップ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S4と、時系列情報化ステップS5を実行することで、ユーザ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42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、建造時系列情報42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、作業員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。

[0101] 時系列情報化ステップS5の後、建造時系列情報42を出力する（出力ステップS6）。情報提供手段50は、時間発展系シミュレーションの結果を建造時系列情報42としてユーザに提供する。ユーザは、取得した建造時系列情報42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42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、プロセスモデル、スケジ

ルール情報 2、ルール情報 4、及び建造時系列情報 4 2 を読み込む（出力情報読み込みステップ S 6 - 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 4 2 を表示する（表示ステップ S 6 - 2）。建造時系列情報 4 2 は、ガントチャート、作業分解構成図、作業手順書、工数、及び動線の少なくとも一つを含むことが好ましい。このような可視化を行うことにより、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 4 2 を見て、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 4 2 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 4 2 は、パート（PERT）図として表現することもできる。なお、作業分解構成図、作業手順書、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。

[0102] また、モデル変更指示手段 6 0 は、図 1 に示すように、出力ステップ S 6 で出力された建造時系列情報 4 2 の結果が所定の時間の範囲など所期目標の範囲を超えているかを判断し（判断ステップ S 7）、超えている場合は、対応可能な範囲でファシリティモデル及びプロセスモデルの少なくとも一方を変更する指示を行う。建造シミュレーション手段 4 0 は、変更されたファシリティモデル又はプロセスモデルを用いて、プロセスモデル作成ステップ S 3 と、シミュレーションステップ S 4 と時系列情報化ステップ S 5 を繰り返し実行する。

これにより、船舶の建造が所定の時間内に収まるシミュレーション結果を得ることができる。なお、対応可能な範囲とは、工場に既にあるファシリティ又は数日以内に調達可能なファシリティの範囲内であることをいう。日数のかかる設備の導入や作業員の採用等は含まない。また、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（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。

[0103] なお、上述した各ステップは、設計された船舶の建造をシミュレーションする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、プロダクトモデル作成ステップS 1で作成されたプロダクトモデルと、ファシリティモデル作成ステップS 2で作成されたファシリティモデルの入力を受け付け、作成されたプロダクトモデルを取得するプロダクトモデル取得ステップと、ファシリティモデルを取得するファシリティモデル取得ステップと、プロセスモデル作成ステップS 3と、シミュレーションステップS 4と、時系列情報化ステップS 5を実行させ、さらに、出力ステップS 6を実行させる。これにより、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可能となり、ユーザは出力された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4 2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、判断ステップS 7をさらに実行させることで、船舶の建造が所定の時間内に収まるシミュレーション結果を得ることができる。

また、コンピュータに、プロセスモデル作成ステップS 3と、シミュレーションステップS 4と、出力ステップS 6における計算結果及び中経過の少なくとも一方を画像表示させることで、ユーザはシミュレーションの結果がどのような過程を経て行われたのか、またシミュレーションの途中経過を視覚的に確認して理解しやすくなる。

また、コンピュータに、途中経過提供ステップS 4-5をさらに実行させ、シミュレーションステップS 4において、ユーザによる入力を受け付けさせることで、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。

[0104] 次に、他の実施形態による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38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。

本実施形態の船舶の建造シミュレーションシステムは、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80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。

プロダクトモデル取得手段10は、船舶の基本設計情報1に基づいて作成されたプロダクトモデルを取得する。具体的には、A工場、B工場、C工場、及びD社のいずれかで設計された基本設計情報1を情報通信回線80を介して取得し、基本設計情報1として完成部品と完成部品を構成する構成部品の結合関係が明確な場合は、建造の役割や分担等を人が決め各工場のプロダクトモデルを作成する。構成部品の結合関係が明確になっていない場合は、基本設計情報1に基づいて建造シミュレーションシステム自体、又は結合関係明確化手段を用いて結合関係を明確にし、建造の役割や分担等を決め各工場のプロダクトモデルとして作成する。プロダクトモデル取得手段10はこうして作成されたプロダクトモデルを取得する。

ファシリティモデル取得手段20は、A工場、B工場、及びC工場それぞれの設備情報21と作業員情報22に基づいて作成された工場ごとのファシリティモデルを取得する。具体的には、A工場、B工場、及びC工場それぞれから情報通信回線80を介して取得した設備情報21と作業員情報22に基づいて、人が支援手段を用いて抽象化し、シミュレーションで扱える体系化されたデータ群としてファシリティモデルを作成する。ファシリティモデル取得手段20は、こうして作成されたファシリティモデルを取得する。

また、プロセスモデル作成手段30は、取得したプロダクトモデルとファシリティモデルに基づいて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40は、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。

これにより、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、建造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工場であってもよい。また、船舶の建造シミュレーションシステムに、複数の工場を遠隔からモニターして管理する機能を持たせることも可能である。

[0105] また、建造シミュレーション手段40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、比較可能な状態で情報提供手段50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、各工場での製造コストや工期などを比較することができる。

[0106] また、プロダクトモデル取得手段10は、船舶の基本設計情報1を情報通信回線80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、情報提供手段50は、建造時系列情報42を情報通信回線80を介して各工場やD社に提供する。なお、情報提供手段50は、建造時系列情報42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 1 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 1 の取得や建造時系列情報 4 2 の提供を、情報通信回線 8 0 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 1 は、C A D システムから取得するので、C A D システムで作成された船舶の基本設計情報 1 をプロダクトモデルの作成等に容易、かつ有効に利用できる。なお、C A D 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 C A D システムを配置してもよい。

[0107] また、ファシリティモデル取得手段 2 0 は、工場の改善情報としての設備情報 2 1 と作業員情報 2 2 の少なくとも一方を取得することができる。これにより、建造シミュレーション手段 4 0 が工場の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、情報提供手段 5 0 が改善情報に基づいた建造時系列情報 4 2 を提供することができる。

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、又は作業者の増員等である。工場の改善情報を取得して用いることで、工場の設備や作業員を変更し改善した場合のシミュレーションを行うことができる。

[0108] 次に更に他の実施形態による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 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。

本実施形態の船舶の建造シミュレーションシステムは、船舶の建造に関わる共通データベース 9 0 をさらに備えている。共通データベース 9 0 は、基本設計情報データベース、設備情報データベース、作業員情報データベース、ルール情報データベース、及び時系列情報データベースを有する。

プロダクトモデル取得手段10は、基本設計情報1を共通データベース90から取得する。また、ファシリティモデル取得手段20は、設備情報21と作業員情報22に基づいて作成された船舶の建造に関わる設備と作業員に関するファシリティモデルを共通データベース90から取得する。また、プロセスモデル作成手段30は、プロセスモデルに関連したプロセスモデル関連情報を共通データベース90から取得する。また、建造シミュレーション手段40は、とルール情報4を共通データベース90から取得する。このように共通データベース90から各種情報を取得することで、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。

[0109] また、情報提供手段50は、時系列情報を共通データベース90に提供する。これにより新たな時系列情報を共通データベース90に蓄積し、例えば、後のシミュレーション時の過去船情報として利用することやルール情報4の機械学習に活用すること等ができる。

[0110] また、共通データベース90は、過去船データベース70も有している。プロセスモデル関連情報として過去船のプロセスデータを提供する過去船データベース70も共通データベース90に含めることで、類型船舶のプロセスモデル関連情報の取得が可能となり、シミュレーションの省略や容易化等が図れる。

なお、共通データベース90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。また、データベース化する上での基本要件として、蓄積されるデータは、例えば、共通的な呼称や番号付等を有する標準化されたデータ構造に基づくことが好ましい。

[0111] 次に更に他の実施形態による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、コスト計算手段100と、部品調達計画手段110と、生産計画システム連携手段120をさらに備えている。

コスト計算手段100は、建造時系列情報42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42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42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。

[0112] 部品調達計画手段110は、建造時系列情報42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42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。

[0113] 生産計画システム連携手段120は、建造時系列情報42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と連携している。これにより、建造時系列情報42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携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。

実施例

[0114] 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

[0115] 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。

[0116] (ケース1)

図41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。

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41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。

[0117] (ケース2)

図42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43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

[0118] 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4 2から、各板P 1～P 5の配材にかかる時間が約4 0 0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U 1と完成部品S U B 1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U 1と完成部品S U B 1の本溶接時間の短縮による1 5 0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4 3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。

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事は言うまでもない。

産業上の利用可能性

[0119] 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、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

- [0120] 1 基本設計情報
- 2 スケジュール情報
- 3 工場レイアウト情報
- 4 ルール情報
- 5 カスタムタスク
- 6 ベーシックタスク
- 10 プロダクトモデル取得手段
- 20 ファシリティモデル取得手段
- 21 設備情報
- 22 作業員情報
- 30 プロセスモデル作成手段
- 40 建造シミュレーション手段
- 42 建造時系列情報
- 50 情報提供手段
- 60 モデル変更指示手段
- S1 プロダクトモデル作成ステップ
- S2 ファシリティモデル作成ステップ
- S3 プロセスモデル作成ステップ
- S4 シミュレーションステップ
- S4-5 途中結果提供ステップ
- S5 時系列情報化ステップ
- S6 出力ステップ
- S7 判断ステップ

請求の範囲

- [請求項1] 設計された船舶の建造をシミュレーションする方法であって、前記船舶の完成部品と前記完成部品を構成する構成部品の結合関係が明確化された基本設計情報を取得してプロダクトモデルを作成するプロダクトモデル作成ステップと、前記完成部品を建造する工場の設備情報と、作業員情報を取得し前記完成部品の建造に関わる設備と作業員に関するファシリティモデルを作成するファシリティモデル作成ステップと、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、前記構成部品を組み立てて前記完成部品を建造するための組み立て手順とタスクを明確化し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を実行することを特徴とする船舶の建造シミュレーション方法。
- [請求項2] 前記プロセスモデルは、前記構成部品を組み立てて前記完成部品とする依存関係を表す組立ツリーと、組み立てに当たって必要な前記タスクと、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に記載の船舶の建造シミュレーション方法。
- [請求項3] 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又は請求項2に記載の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3のいずれか1項に記載の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作成ステップにおいて、前記構成部品の中間部品を含む前記組み立て手順を前記組立ツリーとして定義し、前記組み立て手順の各段階における適切な前記タスクを定義し、前記タスクの前記依存関係としての前後関係を前記タスクツリーとして定義し、前記ファシリティモデルに基づいて前記タスクが能力値範囲か否かを判断し、前記タスクが能力値範囲である場合、前記スケジュール情報を作成することを特徴とする請求項2を引用する請求項4に記載の船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項6] 前記タスクが能力値範囲を超える場合に、前記中間部品の定義、前記組立ツリーの定義、前記タスクの定義、及び前記タスクツリーの定義を再定義することを特徴とする請求項5に記載の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を参照し、流用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項に記載の船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項8] 前記シミュレーションステップにおける前記時間発展系シミュレーションは、時間ごとの前記完成部品又は前記構成部品の位置、前記設備及び前記作業員の位置と占有状況、前記組み立て手順と前記タスクの進行状況を逐次計算するものであ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項に記載の船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項9] 前記シミュレーションステップにおいて、予め取得したルール情報と前記タスクを利用し、前記作業員が自律的に仮想的な作業を進めるに当たり、前記ルール情報として、前記作業員に付与される判断ルールであるブレインを利用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項に記載の船舶の建造シミュレーション方法。

- [請求項10] 前記建造時系列情報の結果が、所定の時間の範囲を超えているかを判断する判断ステップをさらに有し、対応可能な範囲で前記ファシリティモデルを変更し、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を繰り返し実行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項に記載の船舶の建造シミュレーション方法。
- [請求項11] 設計された船舶の建造を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9のいずれか1項に記載の船舶の建造シミュレーション方法における作成された前記プロダクトモデルを取得するプロダクトモデル取得ステップと、
作成された前記ファシリティモデルを取得するファシリティモデル取得ステップと、
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を実行させ、
さらに、前記建造時系列情報を出力する出力ステップを実行させることを特徴とする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、請求項10に記載の船舶の建造シミュレーション方法における前記判断ステップをさらに実行させることを特徴とする請求項11に記載の船舶の建造シミュレーションプログラム。
- [請求項13] 前記コンピュータに、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、前記出力ステップにおける計算結果及び途中経過の少なくとも一方を画像表示させることを特徴とする請求項11又は請求項12に記載の船舶の建造シミュレーションプログラム。
- [請求項14] 請求項1から請求項10のいずれか1項に記載の船舶の建造シミュ

レーション方法を実行するシステムであって、
前記プロダクトモデルを取得するプロダクトモデル取得手段と、前記船舶の建造に関わる前記設備と前記作業員に関する前記ファシリティモデルを取得するファシリティモデル取得手段と、前記船舶を建造するための前記組み立て手順と前記タスクを明確化した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建造シミュレーション手段と、前記時間発展系シミュレーションの結果を前記建造時系列情報として提供する情報提供手段とを備えることを特徴とする船舶の建造シミュレーションシステム。

[請求項15] 前記建造時系列情報の結果が、所期目標の範囲を超えているかを判断し、超えている場合は、対応可能な範囲で前記ファシリティモデル、及びプロセスモデルの少なくとも一方を変更する指示を行うモデル変更指示手段をさらに備えることを特徴とする請求項1から請求項14に記載の船舶の建造シミュレーションシステム。

[請求項16] 前記ファシリティモデル取得手段が、複数の前記工場の前記設備情報と、前記作業員情報を取得し、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い、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、比較可能な状態で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14又は請求項15に記載の船舶の建造シミュレーションシステム。

[請求項17] 前記ファシリティモデル取得手段が、前記工場の改善情報としての前記設備情報と前記作業員情報の少なくとも一方を取得し、前記建造シミュレーション手段が、前記工場の前記改善情報に基づいた前記時間発展系シミュレーションを行い、前記情報提供手段が前記改善情報に基づいた前記建造時系列情報を提供することを特徴とする請求項1

4 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] 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システムと関係する生産計画システム連携手段の少なくともいずれか一つをさらに備えることを特徴とする請求項 1 から請求項 19 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。

補正された請求の範囲
[2022年1月27日(27.01.2022) 国際事務局受理]

- [請求項1] 設計された船舶の建造をシミュレーションする方法であって、前記船舶の完成部品と前記完成部品を構成する構成部品の結合関係が明確化された基本設計情報を取得してプロダクトモデルを作成するプロダクトモデル作成ステップと、前記完成部品を建造する工場の設備情報と、作業員情報を取得し前記完成部品の建造に関わる設備と作業員に関するファシリティモデルを作成するファシリティモデル作成ステップと、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、前記構成部品を組み立てて前記完成部品を建造するための組み立て手順とタスクを明確化し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を実行することを特徴とする船舶の建造シミュレーション方法。
- [請求項2] 前記プロセスモデルは、前記構成部品を組み立てて前記完成部品とする依存関係を表す組立ツリーと、組み立てに当たって必要な前記タスクと、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に記載の船舶の建造シミュレーション方法。
- [請求項3] 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又は請求項2に記載の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 3 のいずれか 1 項に記載の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作成ステップにおいて、前記構成部品の中間部品を含む前記組み立て手順を前記組立ツリーとして定義し、前記組み立て手順の各段階における適切な前記タスクを定義し、前記タスクの前記依存関係としての前後関係を前記タスクツリーとして定義し、前記ファシリティモデルに基づいて前記タスクが能力値範囲か否かを判断し、前記タスクが能力値範囲である場合、前記スケジュール情報を作成することを特徴とする請求項 2 を引用する請求項 4 に記載の船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項6] 前記タスクが能力値範囲を超える場合に、前記中間部品の定義、前記組立ツリーの定義、前記タスクの定義、及び前記タスクツリーの定義を再定義することを特徴とする請求項 5 に記載の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を参照し、流用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 項に記載の船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項8] 前記シミュレーションステップにおける前記時間発展系シミュレーションは、時間ごとの前記完成部品又は前記構成部品の位置、前記設備及び前記作業員の位置と占有状況、前記組み立て手順と前記タスクの進行状況を逐次計算するものであ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 項に記載の船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項9] 前記シミュレーションステップにおいて、予め取得したルール情報と前記タスクを利用し、前記作業員が自律的に仮想的な作業を進めるに当たり、前記ルール情報として、前記作業員に付与される判断ルールであるブレインを利用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 項に記載の船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項10] 前記建造時系列情報の結果が、所定の時間の範囲を超えているかを判断する判断ステップをさらに有し、対応可能な範囲で前記ファシリティモデルを変更し、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を繰り返し実行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項に記載の船舶の建造シミュレーション方法。

[請求項11] 設計された船舶の建造を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9のいずれか1項に記載の船舶の建造シミュレーション方法における作成された前記プロダクトモデルを取得するプロダクトモデル取得ステップと、
作成された前記ファシリティモデルを取得するファシリティモデル取得ステップと、
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を実行させ、
さらに、前記建造時系列情報を出力する出力ステップを実行させることを特徴とする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、請求項10に記載の船舶の建造シミュレーション方法における前記判断ステップをさらに実行させることを特徴とする請求項11に記載の船舶の建造シミュレーションプログラム。

[請求項13] 前記コンピュータに、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、前記出力ステップにおける計算結果及び途中経過の少なくとも一方を画像表示させることを特徴とする請求項11又は請求項12に記載の船舶の建造シミュレーションプログラム。

[請求項14] (補正後) 請求項1から請求項10のいずれか1項に記載の船舶の

建造シミュレーション方法を実行するシステムであって、
前記プロダクトモデルを取得するプロダクトモデル取得手段と、前記船舶の建造に関わる前記設備と前記作業員に関する前記ファシリティモデルを取得するファシリティモデル取得手段と、前記船舶を建造するための前記組み立て手順と前記タスクを明確化した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、前記プロセスモデルに基づいて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、前記時間発展系シミュレーションの結果を前記建造時系列情報として提供する情報提供手段とを備えることを特徴とする船舶の建造シミュレーションシステム。

[請求項15] (補正後) 前記建造時系列情報の結果が、所期目標の範囲を超えているかを判断し、超えている場合は、対応可能な範囲で前記ファシリティモデル、及び前記プロセスモデルの少なくとも一方を変更する指示を行うモデル変更指示手段をさらに備えることを特徴とする請求項14に記載の船舶の建造シミュレーションシステム。

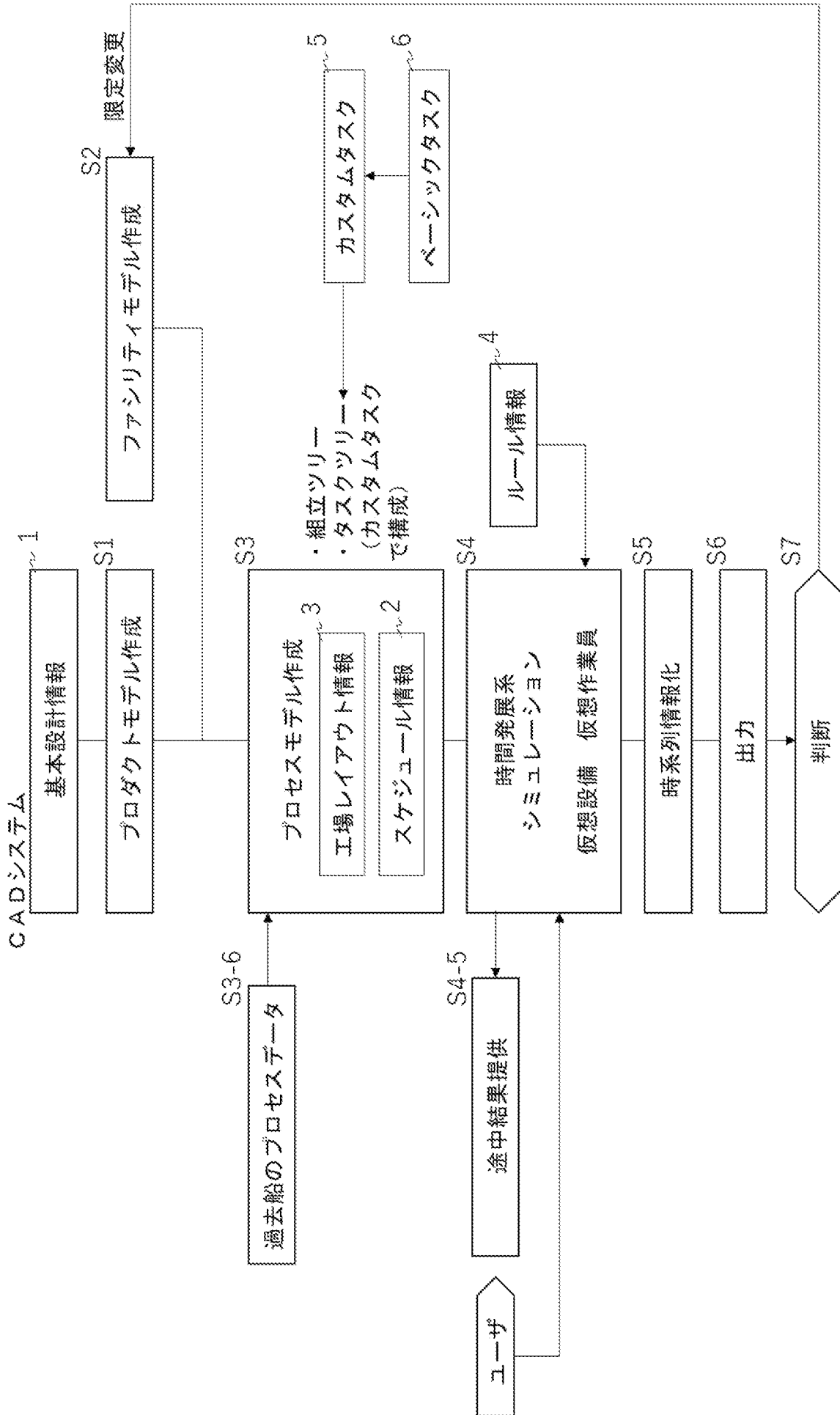
[請求項16] 前記ファシリティモデル取得手段が、複数の前記工場の前記設備情報と、前記作業員情報を取得し、前記プロセスモデル作成手段が、前記工場ごとの前記プロセスモデルを作成し、前記建造シミュレーション手段が、前記プロダクトモデルに対して前記工場ごとの前記時間発展系シミュレーションを行い、前記工場ごとの前記時間発展系シミュレーションの結果を、比較可能な状態で前記情報提供手段から提供することを特徴とする請求項14又は請求項15に記載の船舶の建造シミュレーションシステム。

[請求項17] 前記ファシリティモデル取得手段が、前記工場の改善情報としての前記設備情報と前記作業員情報の少なくとも一方を取得し、前記建造シミュレーション手段が、前記工場の前記改善情報に基づいた前記時間発展系シミュレーションを行い、前記情報提供手段が前記改善情報に基づいた前記建造時系列情報を提供することを特徴とする請求項1

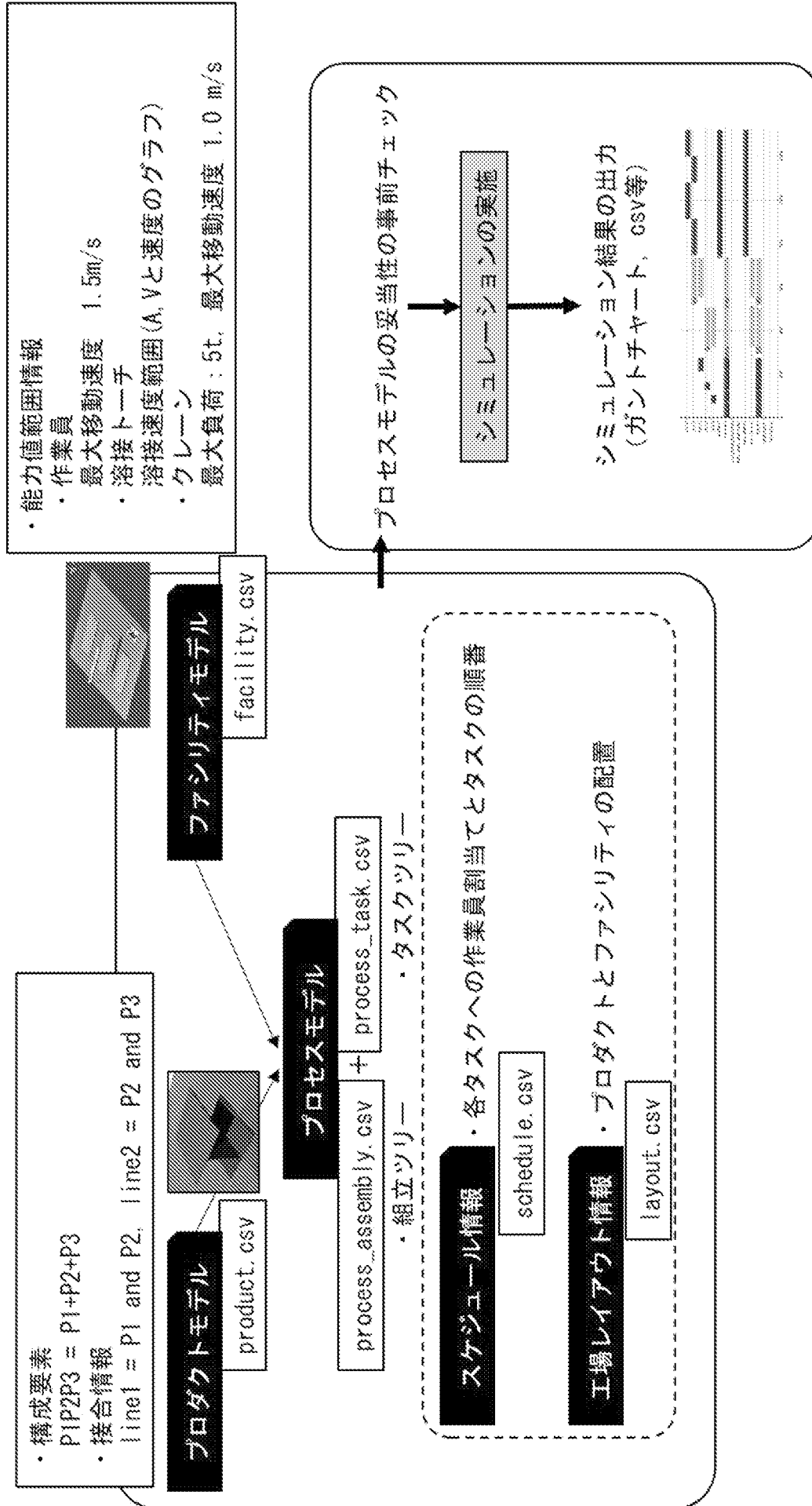
4 から請求項 16 のいずれか 1 項に記載の船舶の建造シミュレーションシステム。

[請求項18] (補正後) 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システムと連携する生産計画システム連携手段の少なくともいずれか一つをさらに備えることを特徴とする請求項 14 から請求項 17 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。

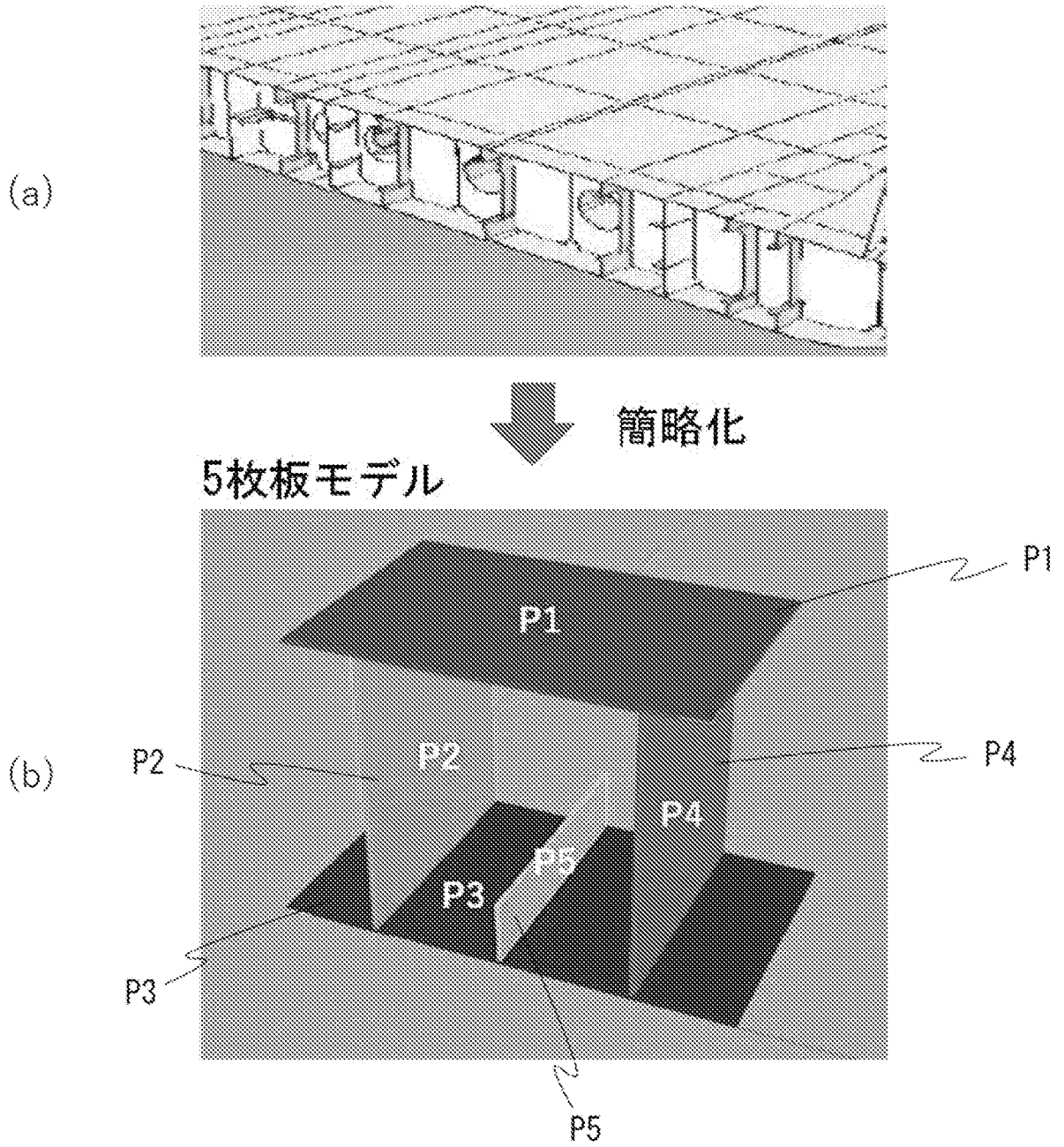
[図1]



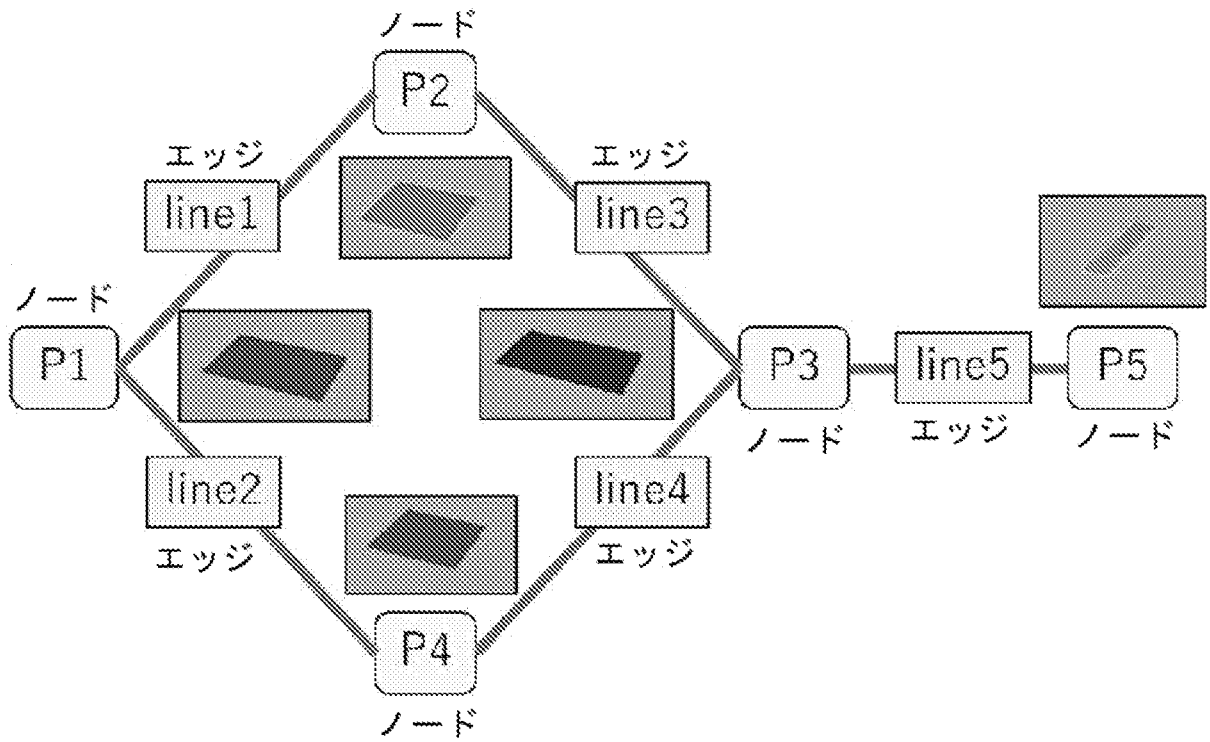
[図2]



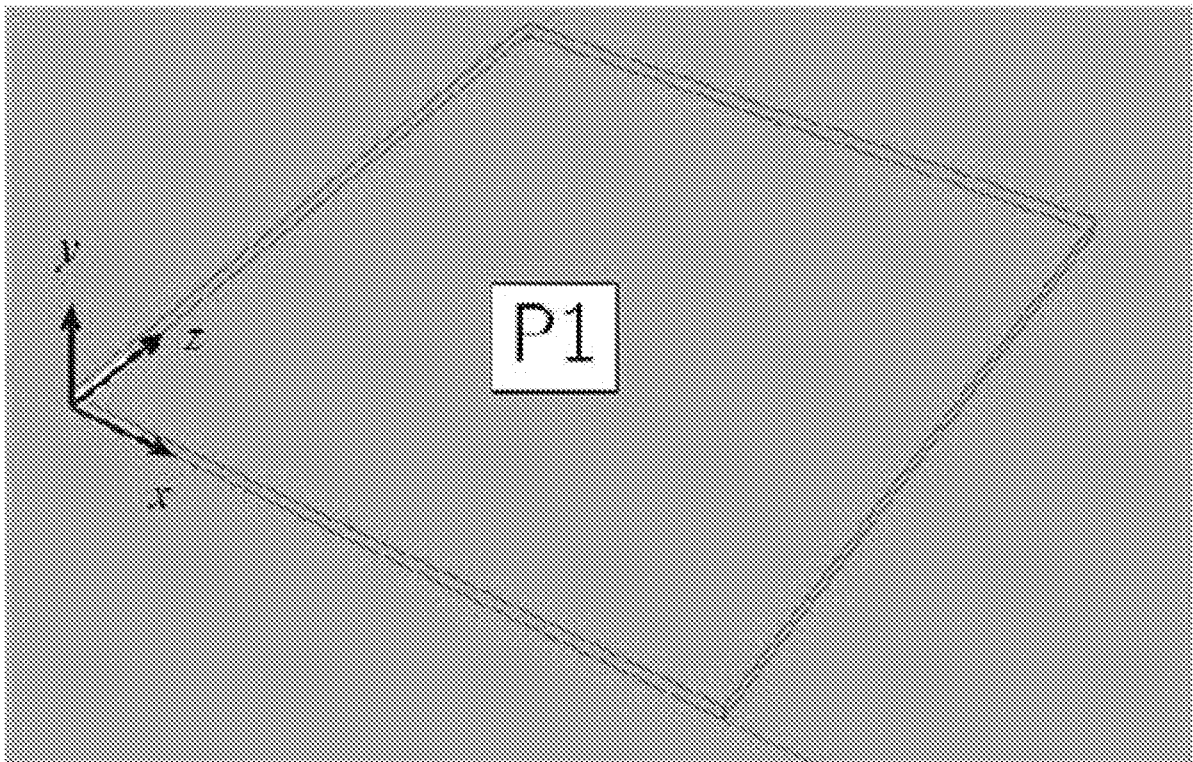
[図3]



[図4]



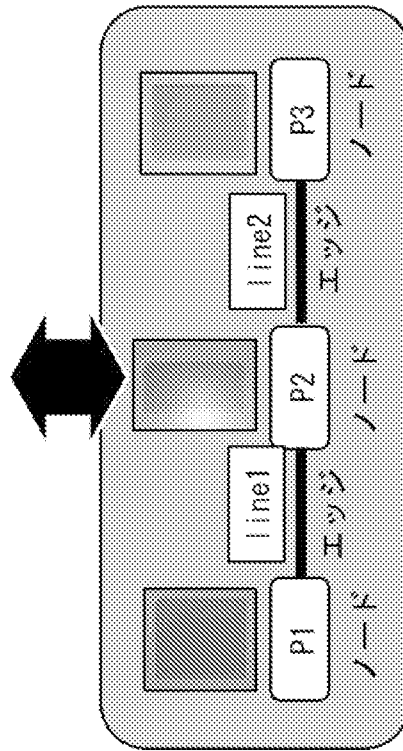
[図5]



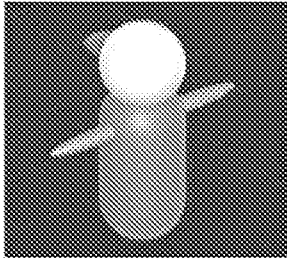
[図6]

product.csv

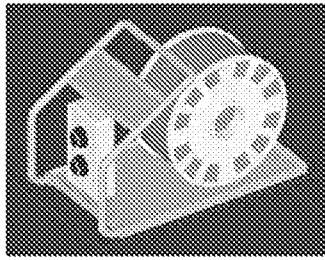
ID	name	parent	type	Node1	Node2	data
p1	P1	P1P2P3	Node	-	-	resources/P1.obj: 完成形状における座標変換情報 (3点データ, vo, vx, vz), 重量, ...
p2	P2	P1P2P3	Node	-	-	resources/P2.obj: 完成形状における座標変換情報 (3点データ, vo, vx, vz), 重量, ...
p3	P3	P1P2P3	Node	-	-	resources/P3.obj: 完成形状における座標変換情報 (3点データ, vo, vx, vz), 重量, ...
l1	line1	P1P2P3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



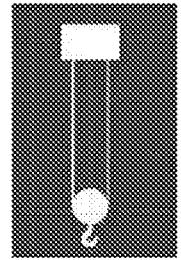
[図7]



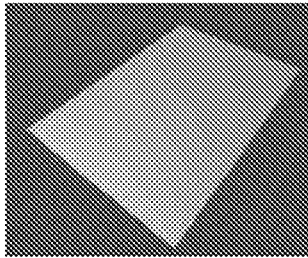
(a)



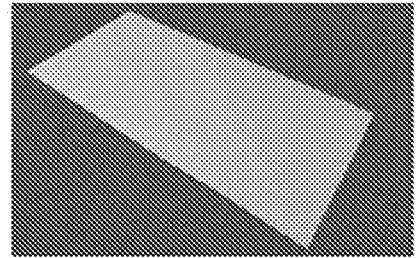
(b)



(c)



(d)



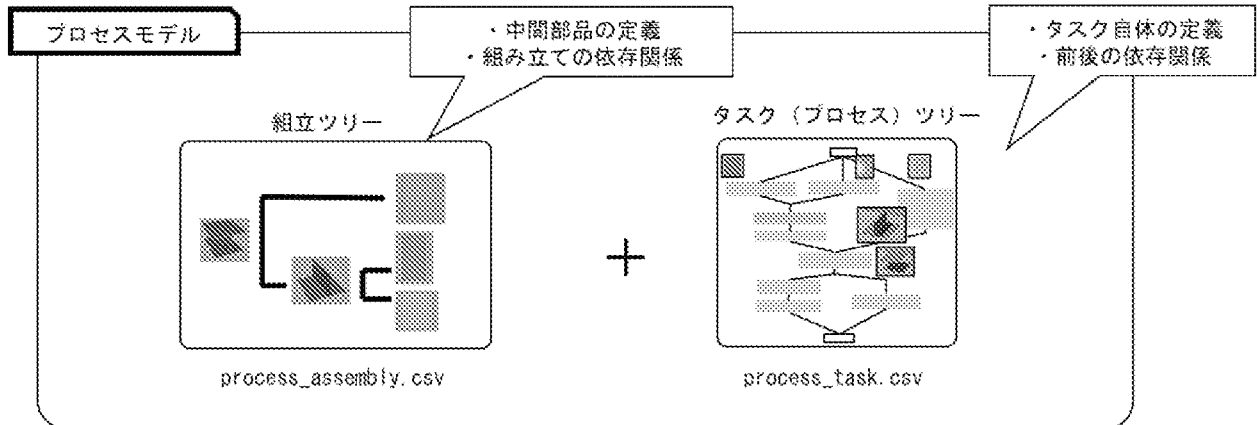
(e)

[図8]

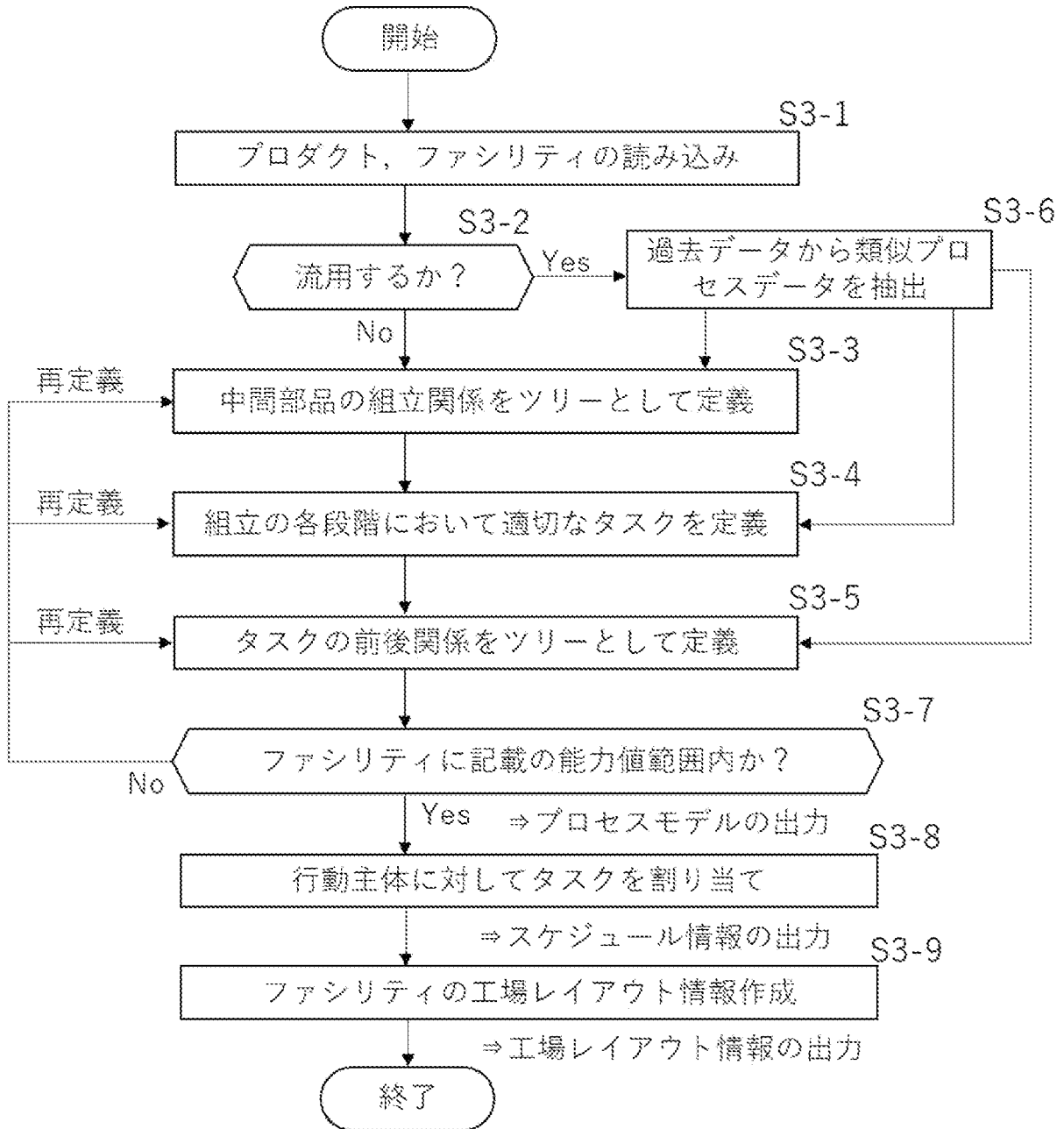
facility.csv

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	

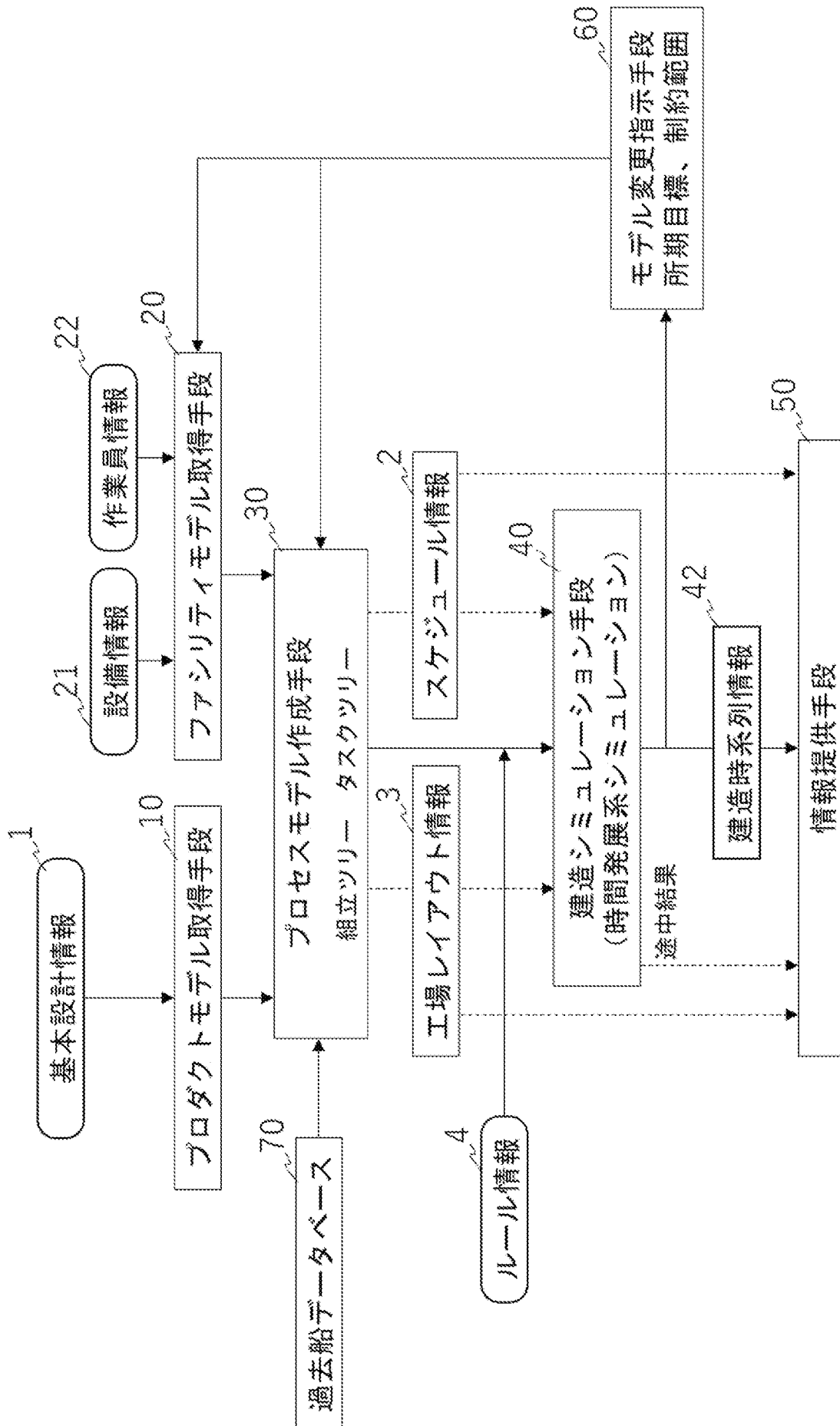
【図9】



【図10】

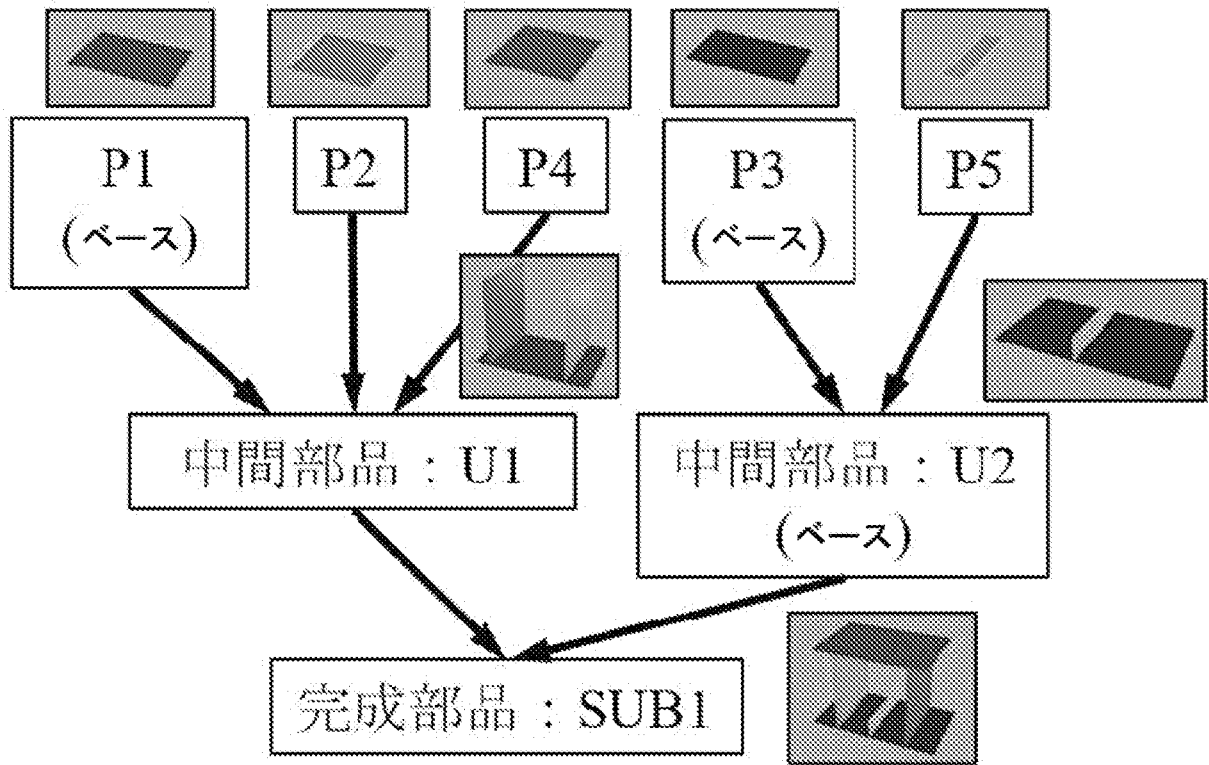


[図11]



ガントチャート、作業分解構成図、作業手順書、工数、動線

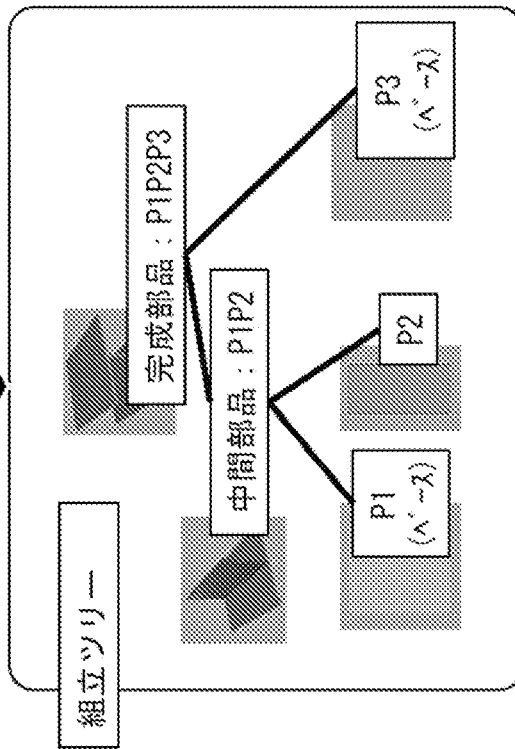
[図12]



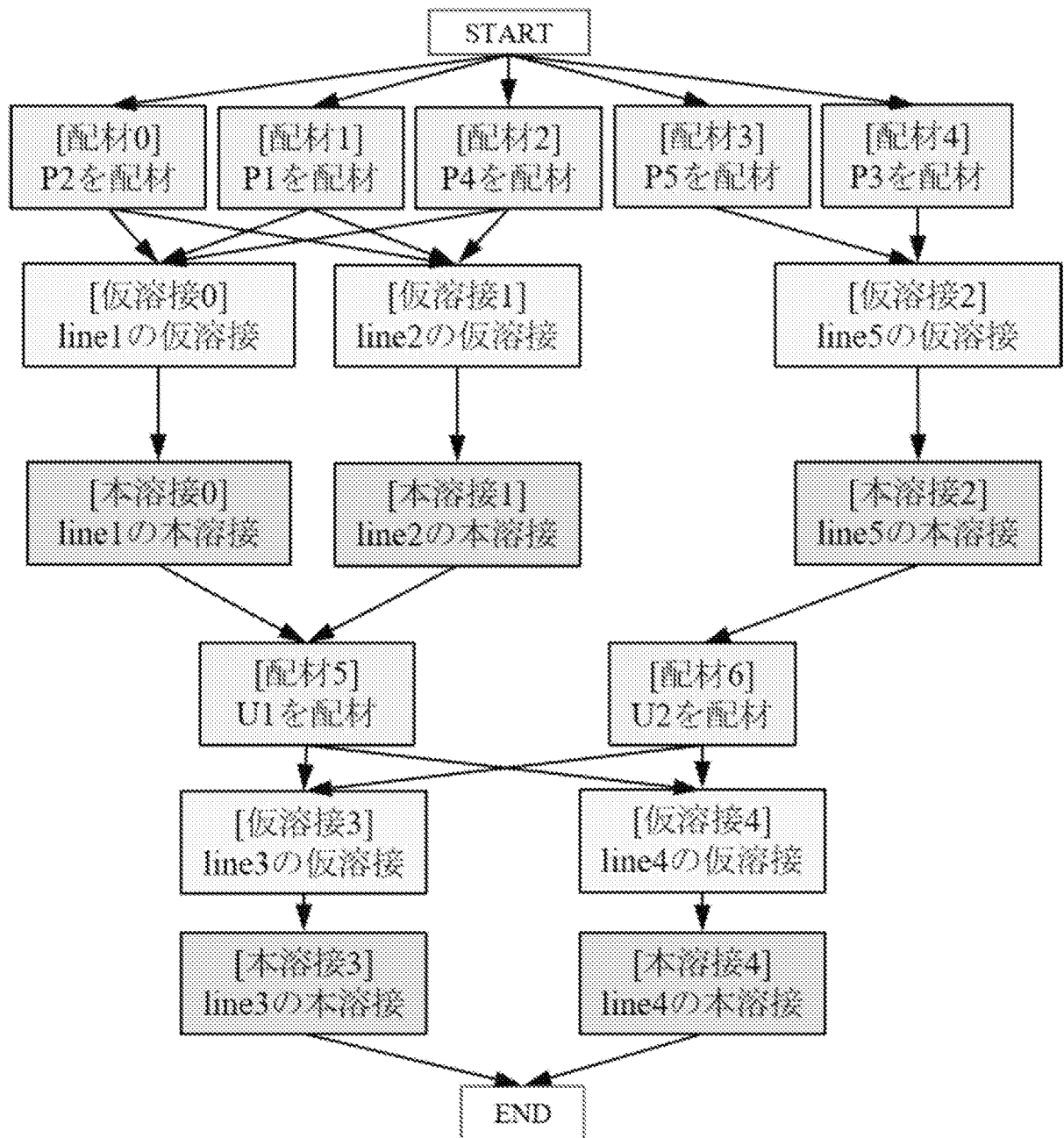
[図13]

process...assembly.csv

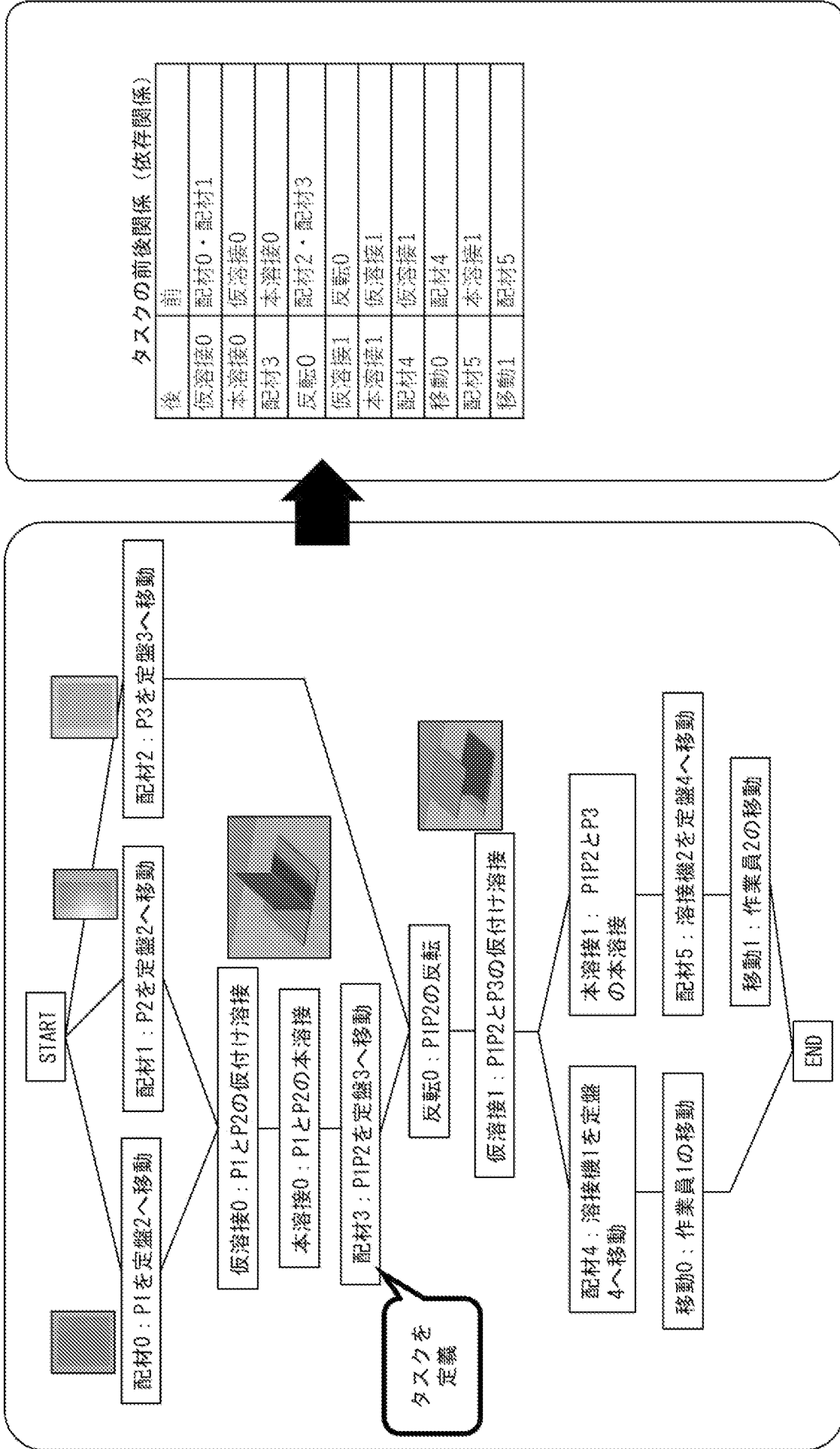
ID	name	product1(base) ID	product2 ID	中間部品における構成部品の座標変換情報
a0	P1P2	P1	P2	P1の3点情報(v'a, v'x, v'z), (P2の3点情報(v'a, v'x, v'z))
a1	P1P2P3	P3	P1P2	P3の3点情報(v'a, v'x, v'z), (P1P2の3点情報(v'a, v'x, v'z))



[図14]



[図15]



[図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	P1P2P3	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

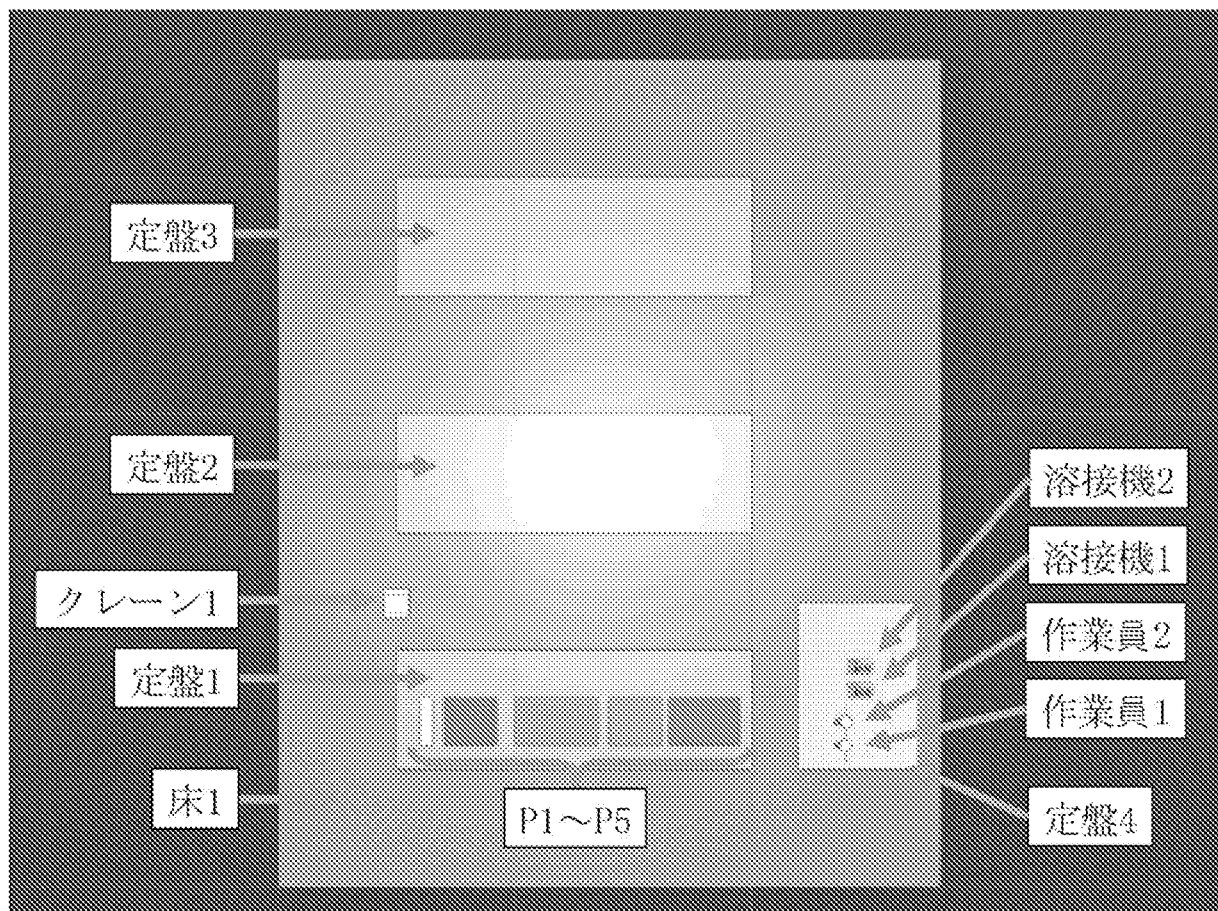
(b)

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)

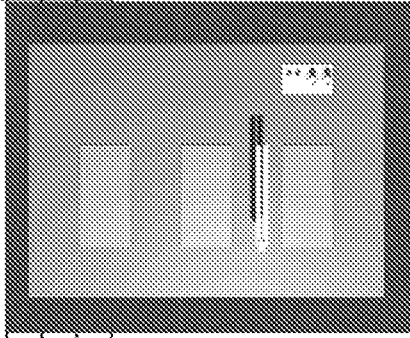
[図18]



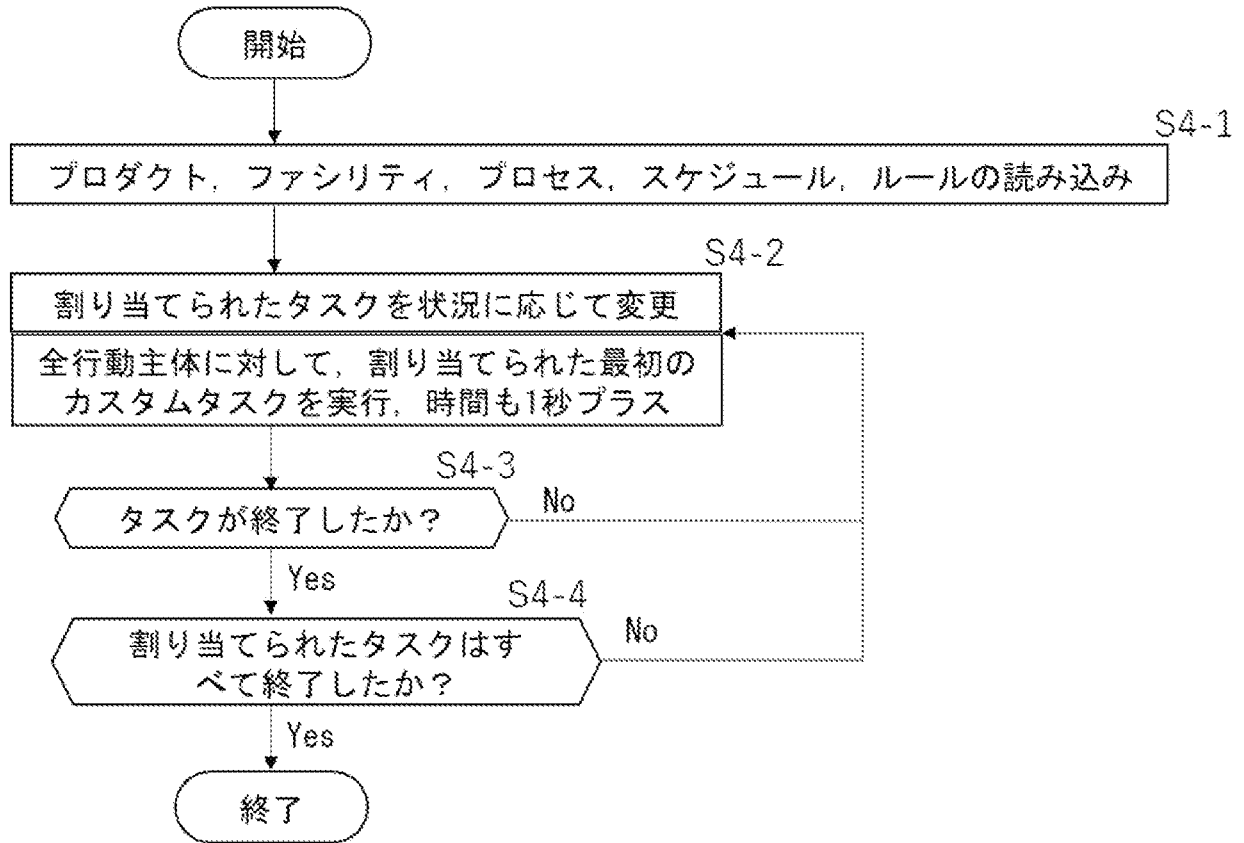
[図19]

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	3	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	

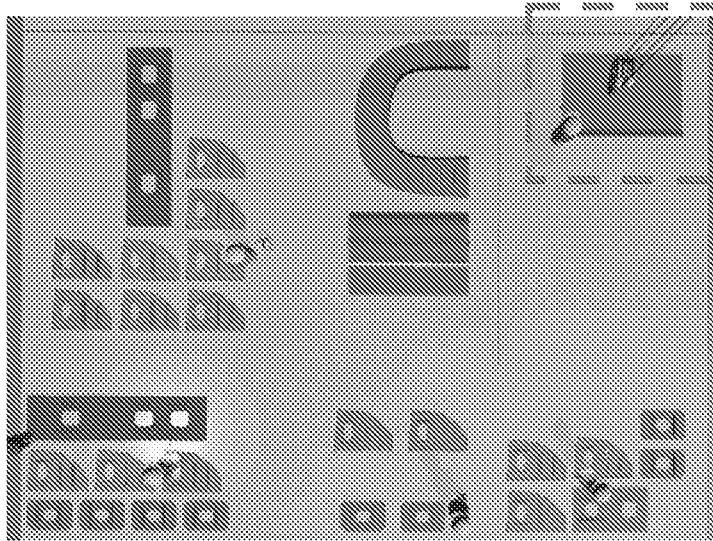


[図20]

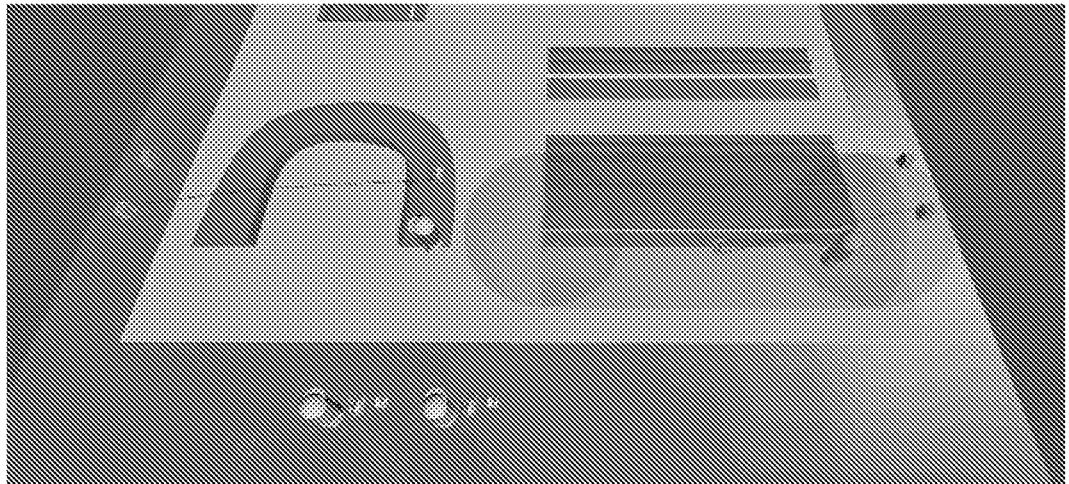


[図21]

(a)



(b)



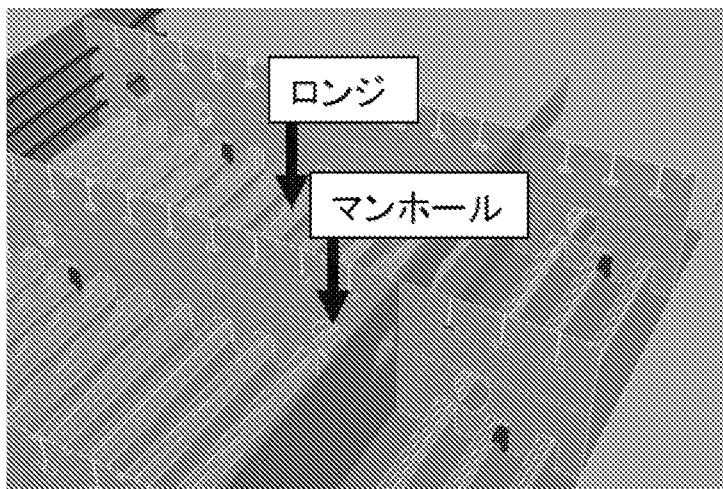
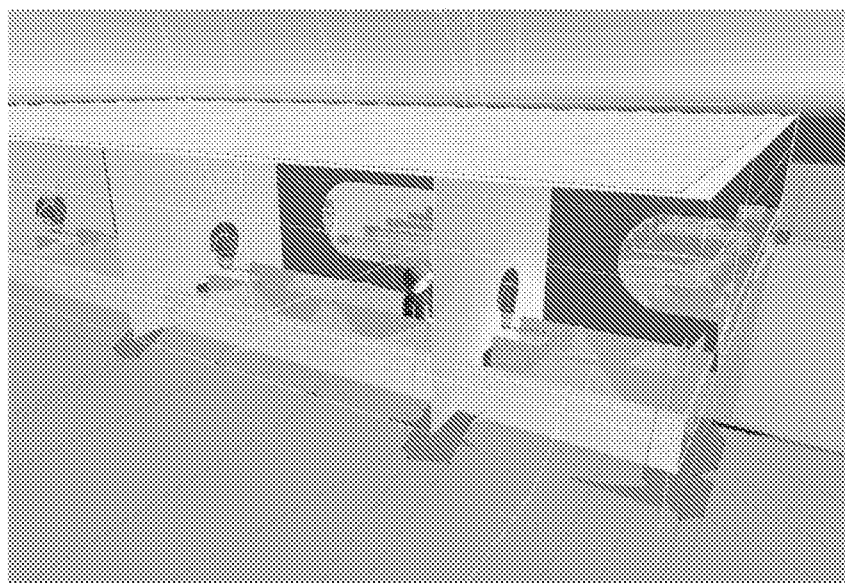
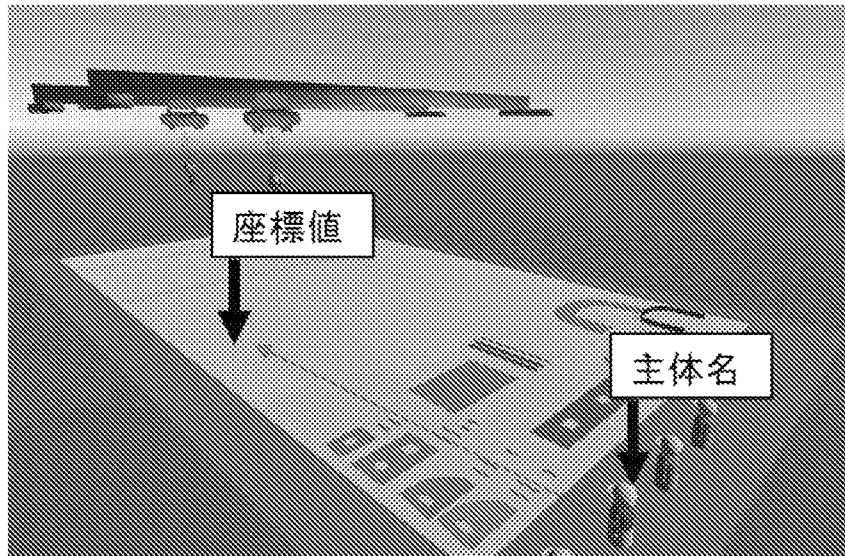
[図22]

```

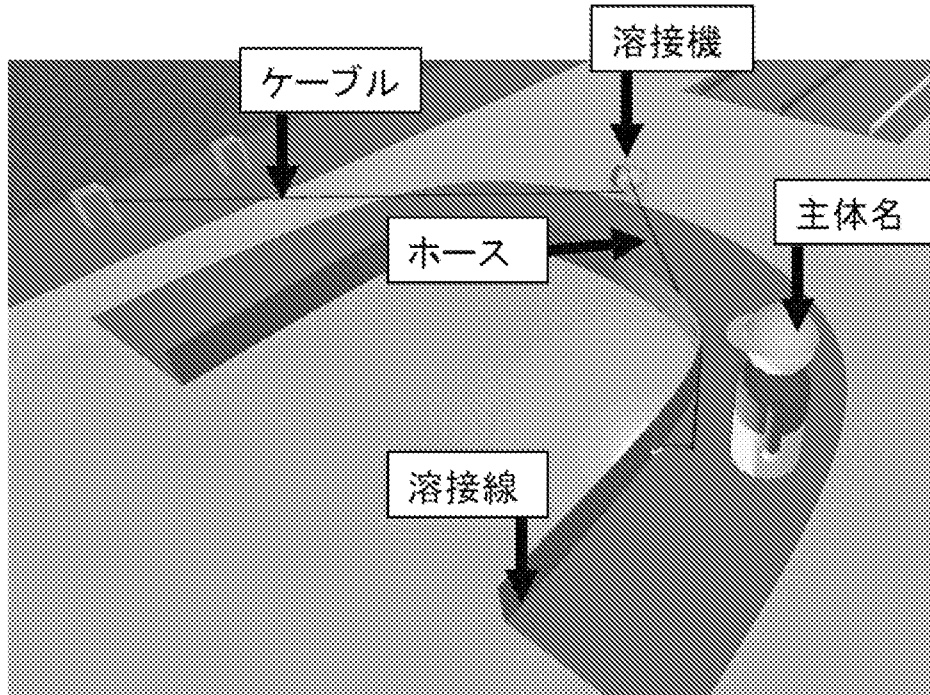
global_time = 0
While stop==false:
  For worker in workers:
    if Tasks[worker].Length>0
      isEnd = Tasks[worker][0].Run
      if isEnd=true:
        Tasks[worker][0].Remove
  global_time ++
  if all Tasks.Length==0: stop=true

```

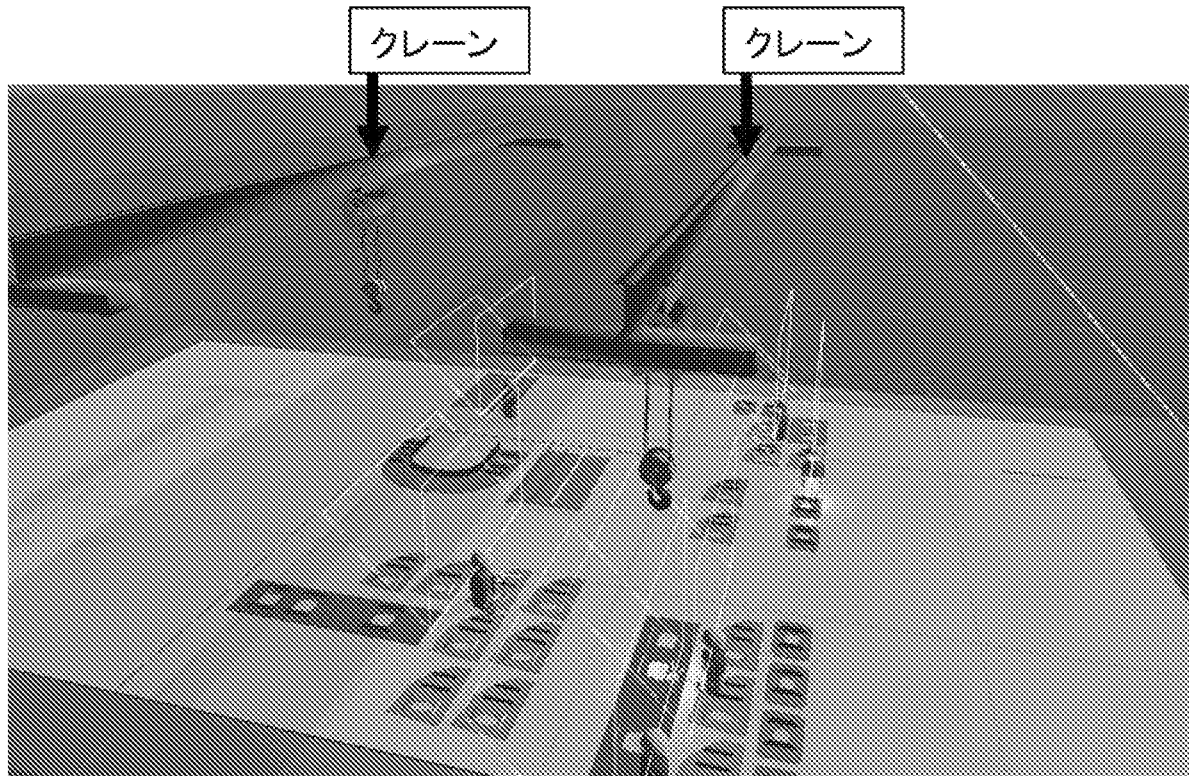
[図23]



[図24]

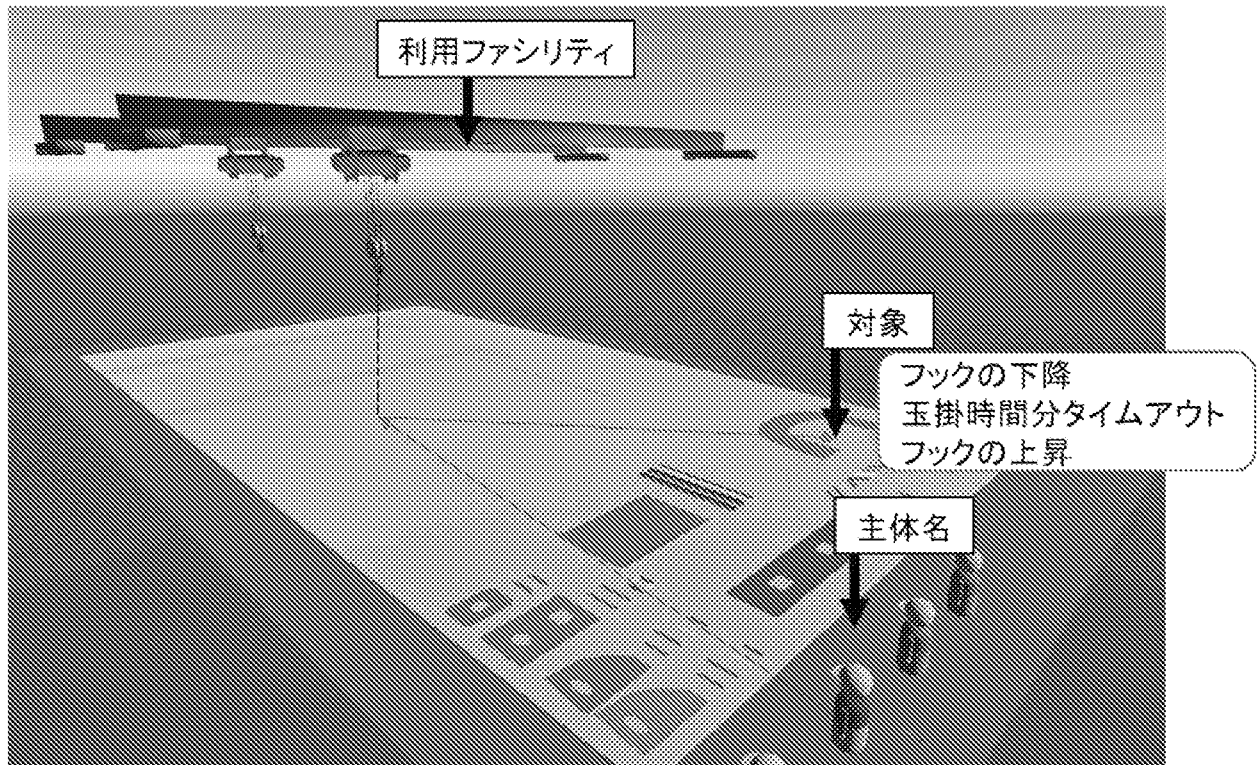


[図25]



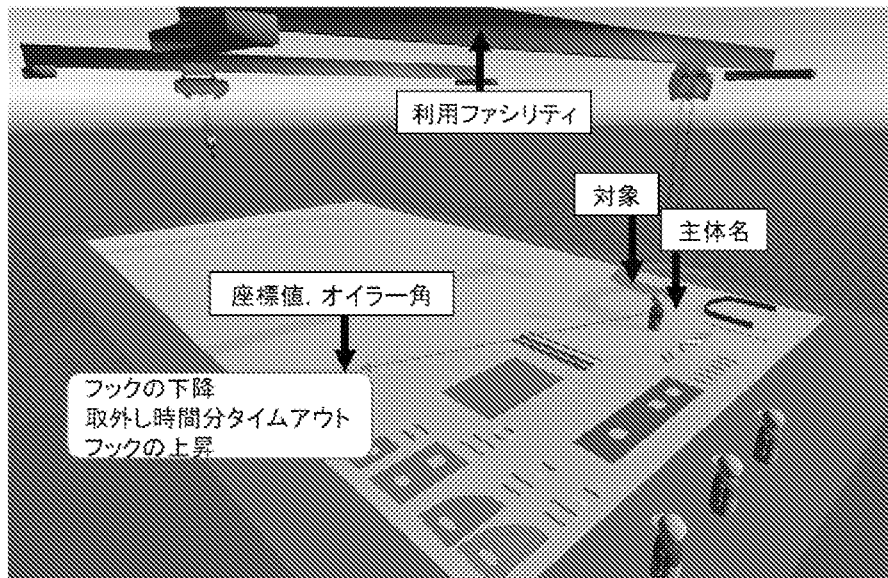
[図26]

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
----------	--------	---	---------

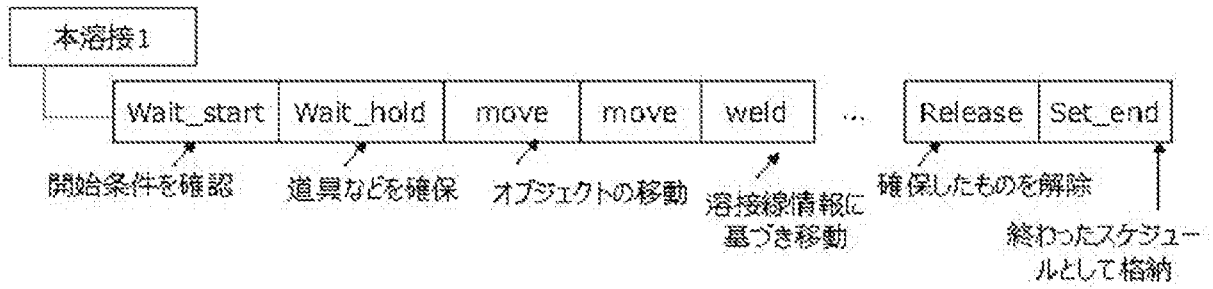


[図27]

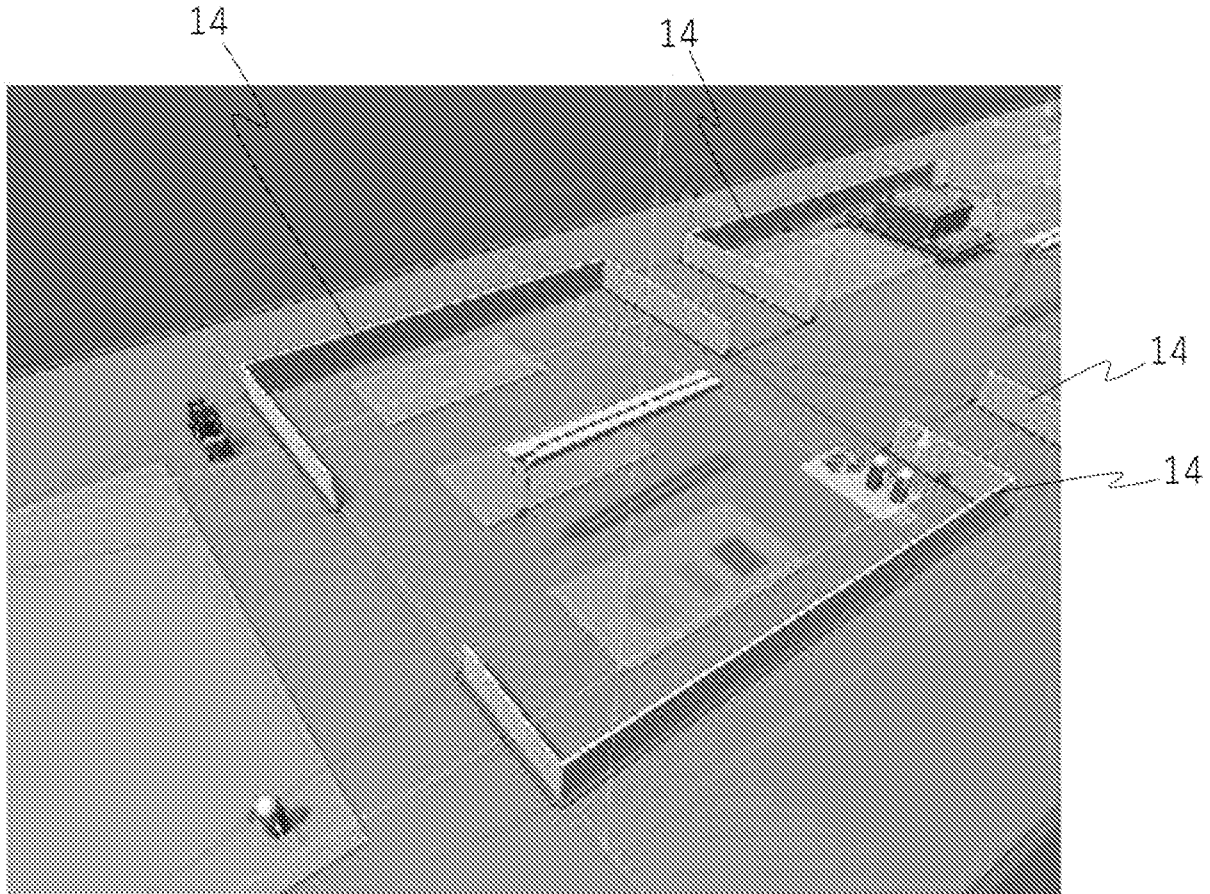
配材 At	AtPlace	(共通):タスク名, タスクタイプ, 関数名, 対象, 利用ファシリティ, 先行タスク, 主体名, 要求ファシリティ種別・個数	(固有):(固有):配材先の基準オブジェクト, 座標値(x,y,z), オイラー角(θ, ϕ, ψ)
----------	---------	---	---



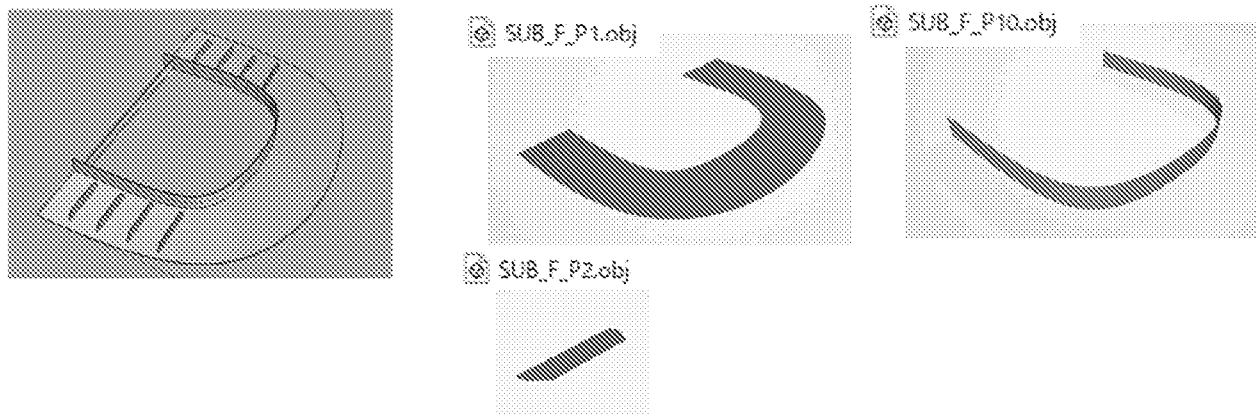
[図28]



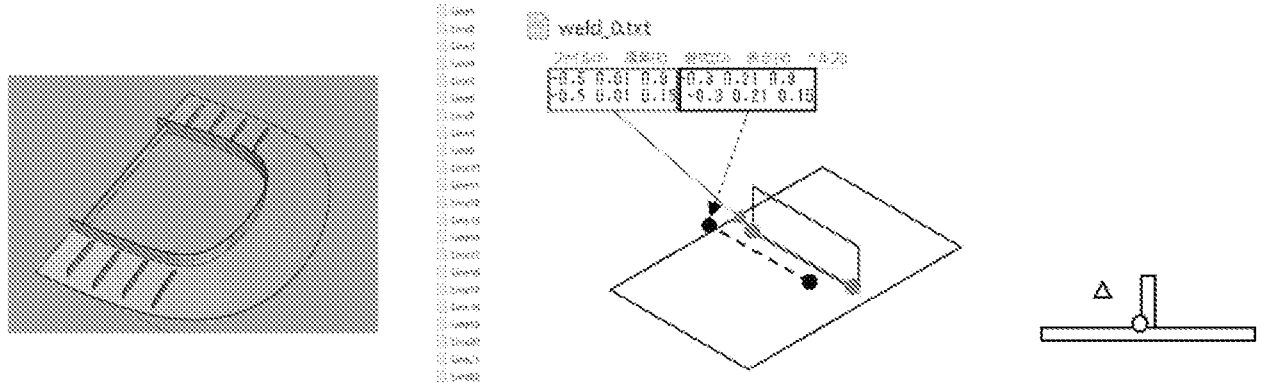
[図29]



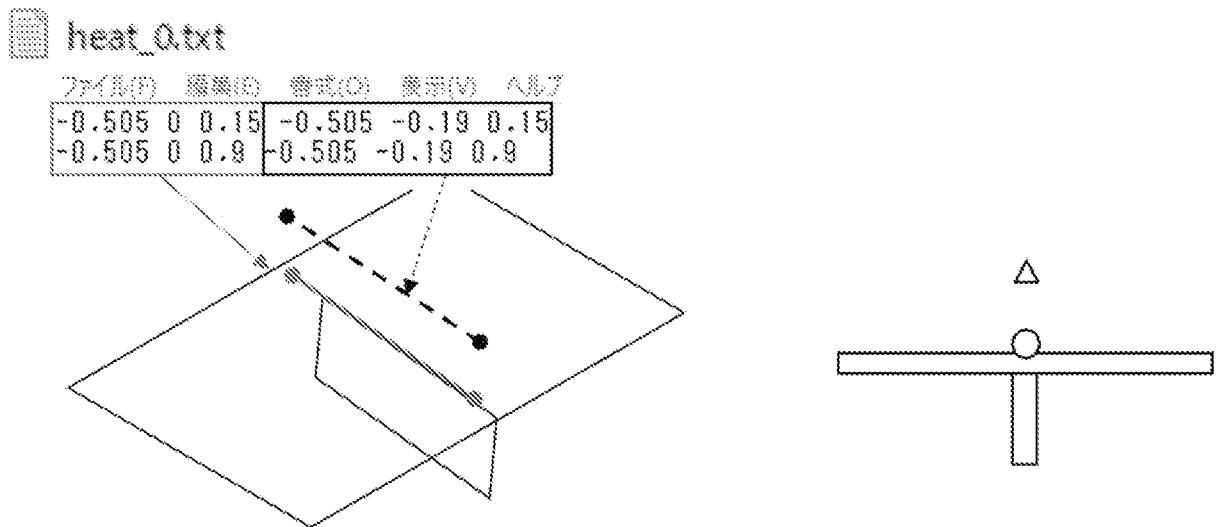
[図30]



[図31]



[図32]



[図33]

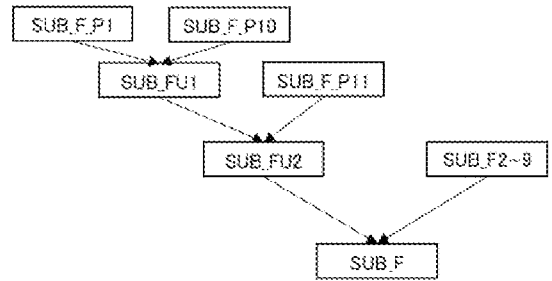
A	B	C	D	E	F	G	H
1	1	1	1	1	1	1	1
2	SUB_F_P1	none	none	none	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P1	0 0 5.39933745292086 0 0 4.20893745292086 1 0 5.39933745292086	000.2919705
3	SUB_F_P2	none	none	none	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P2	0.5186000000000001 0.0450000000000005 0.835 0.5186000000000007 -0.8802	0.332885
4	SUB_F_P3	none	none	none	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P3	1.01 0.0450000000000005 0.935 1.0100000000000001 -0.880200791388549 0.3	0.332885
5	SUB_F_P4	none	none	none	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P4	1.51 0.0450000000000007 0.889 1.5100000000000001 -0.880200791388549 0.3	0.332885
6	SUB_F_P5	none	none	none	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P5	2.01 0.0450000000000007 1.035 2.0100000000000001 -0.880200791388549 0.3	0.332885
7	SUB_F_P6	none	none	none	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P6	0.5099999999999999 0.453 4.53453745292087 0.5100000000000003 -0.293204	0.332885
8	SUB_F_P7	none	none	none	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P7	1.01 0.453 4.53453745292087 1.01 -0.293204781188549 5.34164423410741	0.332885
9	SUB_F_P8	none	none	none	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P8	1.51 0.453 4.53453745292087 1.51 -0.293204781188549 5.29164423410741	0.332885
10	SUB_F_P9	none	none	none	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P9	2.01 0.453 4.53453745292087 2.01 -0.293204781188549 5.24164423410741	0.332885
11	SUB_F_P10	none	none	none	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P10	-0.000001133488121 -0.15 1.00003488810243 0.999793888144781 -0.15 0.5	173.0961327
12	SUB_F_P11	none	none	none	Product/Model/SUB_F/SUB_F_P11	0.3 0.1 2.98154195697982 0.2 0.1 2.98154195697982 0.2 -0.9 3.98154195697982	48.83900735
13	SUB_F_Line1	none	SUB_F_P1	SUB_F_P2	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line1/ Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line1/		
14	SUB_F_Line2	none	SUB_F_P1	SUB_F_P2	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line2/ Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line2/		
15	SUB_F_Line3	none	SUB_F_P1	SUB_F_P3	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line3/ Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line3/		
16	SUB_F_Line4	none	SUB_F_P1	SUB_F_P3	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line4/ Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line4/		
17	SUB_F_Line5	none	SUB_F_P1	SUB_F_P4	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line5/ Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line5/		
18	SUB_F_Line6	none	SUB_F_P1	SUB_F_P4	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line6/ Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line6/		
19	SUB_F_Line7	none	SUB_F_P1	SUB_F_P5	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line7/ Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line7/		
20	SUB_F_Line8	none	SUB_F_P1	SUB_F_P5	Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line8/ Product/Model/SUB_F/WeldingLine/Line8/		
21	SUB_F_Line9	none	SUB_F_P1	SUB_F_P6	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]

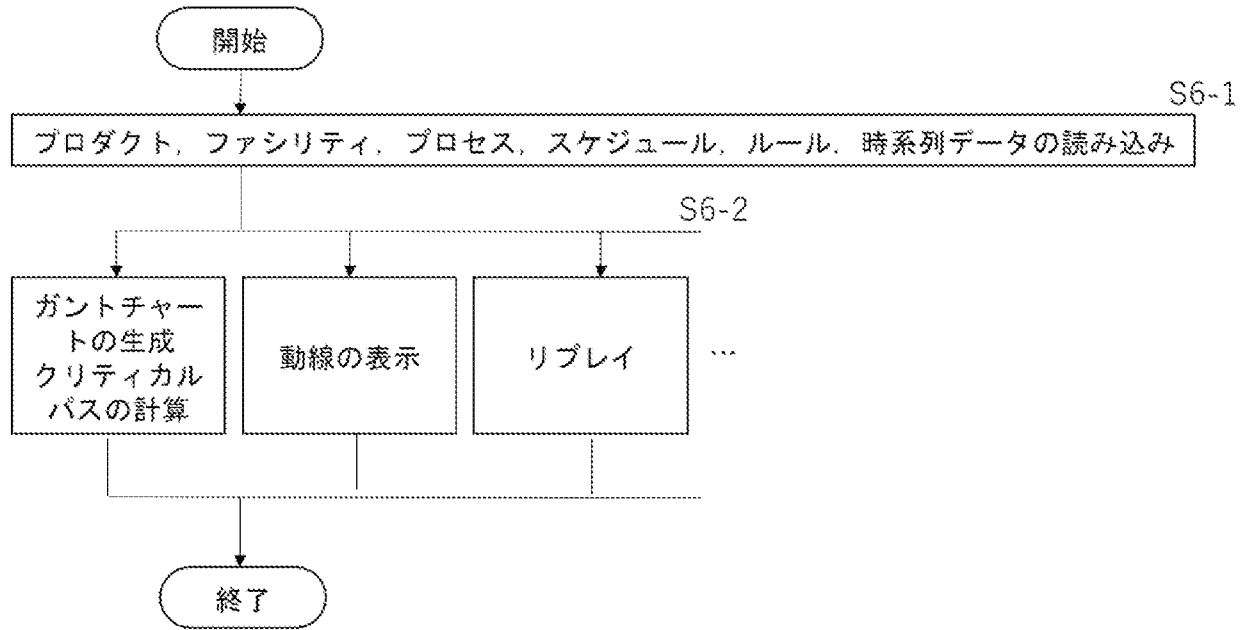
#	A	B	C	D
1	# Name	ComponentName	isBaseProduct	ProductPosn
2	SUB_FU1	SUB_F_P1	base	5.310.2104.310.2105.310.211
3	SUB_FU1	SUB_F_P10	-	-
4	SUB_FU2	SUB_FU1	base	000100001
5	SUB_FU2	SUB_F_P11	-	-
6	SUB_F	SUB_FU2	base	5.310.30004.310.3005.310.311
7	SUB_F	SUB_F_P2	-	-
8	SUB_F	SUB_F_P3	-	-
9	SUB_F	SUB_F_P4	-	-
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	-	-



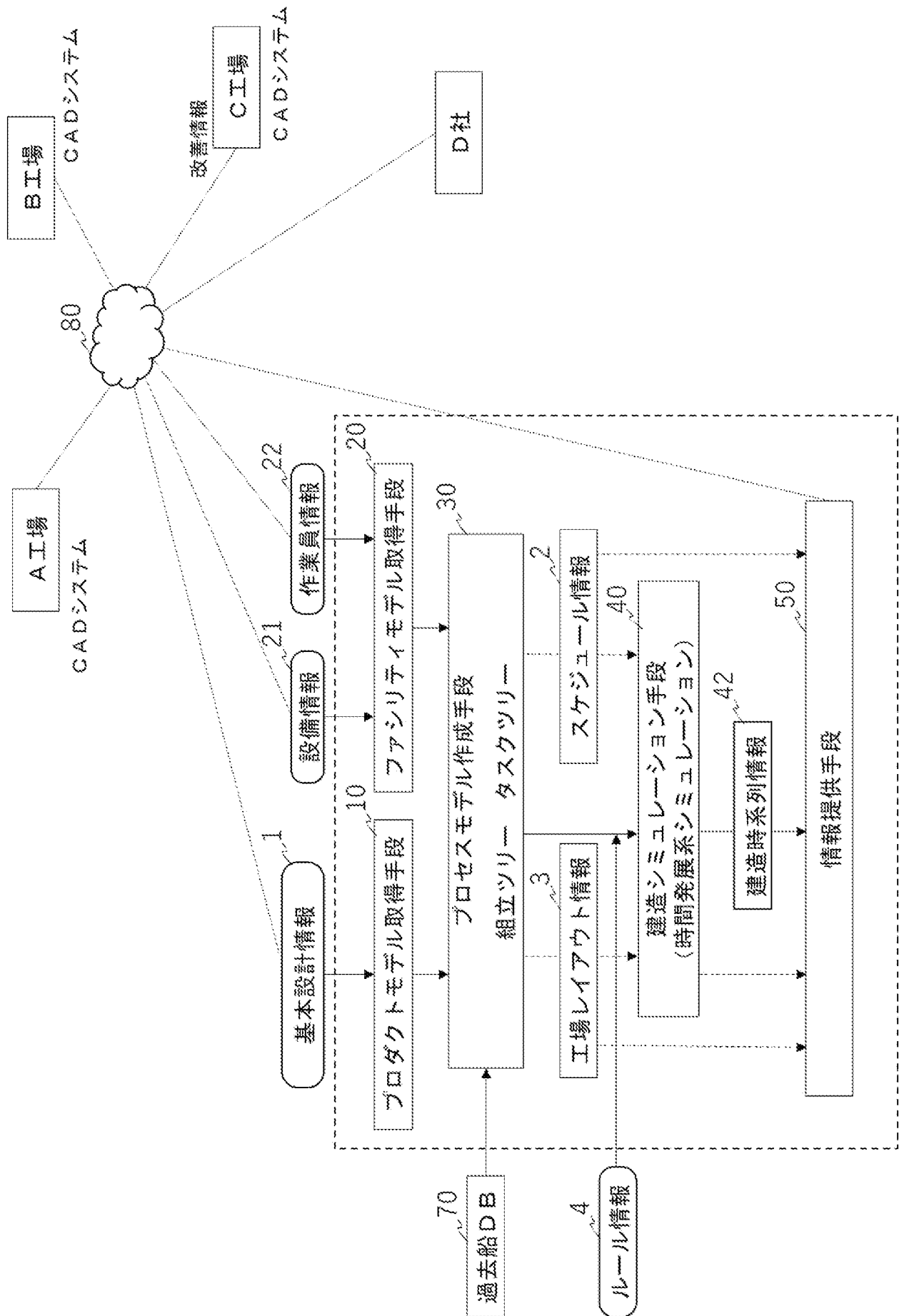
[図36]

#	A	B	C	D	E	F	G	H
#	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	Wt.SUB_F_Line17	.	.
3	All_SUB_F_Pick_P3	All	AllPick	SUB_F_P3	null	Wt.SUB_F_Line17	.	.
4	All_SUB_F_Pick_P4	All	AllPick	SUB_F_P4	null	Wt.SUB_F_Line17	.	.
5	All_SUB_F_Pick_P5	All	AllPick	SUB_F_P5	null	Wt.SUB_F_Line17	.	.
6	All_SUB_F_Pick_P6	All	AllPick	SUB_F_P6	null	Wt.SUB_F_Line17	.	.
7	All_SUB_F_Pick_P7	All	AllPick	SUB_F_P7	null	Wt.SUB_F_Line17	.	.
8	All_SUB_F_Pick_P8	All	AllPick	SUB_F_P8	null	Wt.SUB_F_Line17	.	.
9	All_SUB_F_Pick_P9	All	AllPick	SUB_F_P9	null	Wt.SUB_F_Line17	.	.
10	All_SUB_F_Pick_P10	All	AllPick	SUB_F_P10	null	Wt.SUB_F_Line17	.	.
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_Place_P1	All	AllPlace	SUB_F_P1	null	All.SUB_F_Pick_P1	SurfacePlate2 null null	Crane 1
14	All_SUB_F_Place_P2	All	AllPlace	SUB_F_P2	null	All.SUB_F_Pick_P2	SurfacePlate2 null null	.
15	All_SUB_F_Place_P3	All	AllPlace	SUB_F_P3	null	All.SUB_F_Pick_P3	SurfacePlate2 null null	.

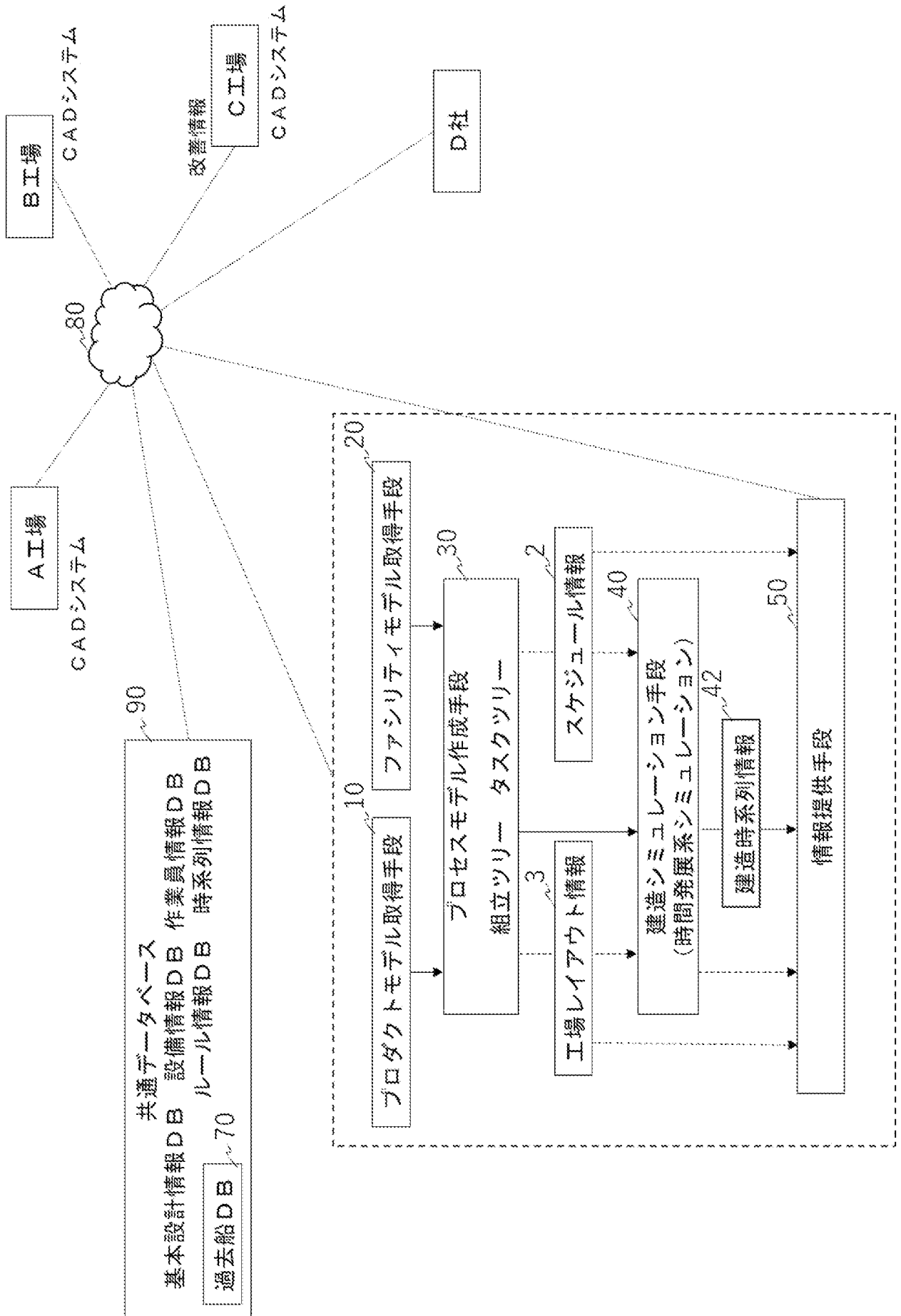
[図37]



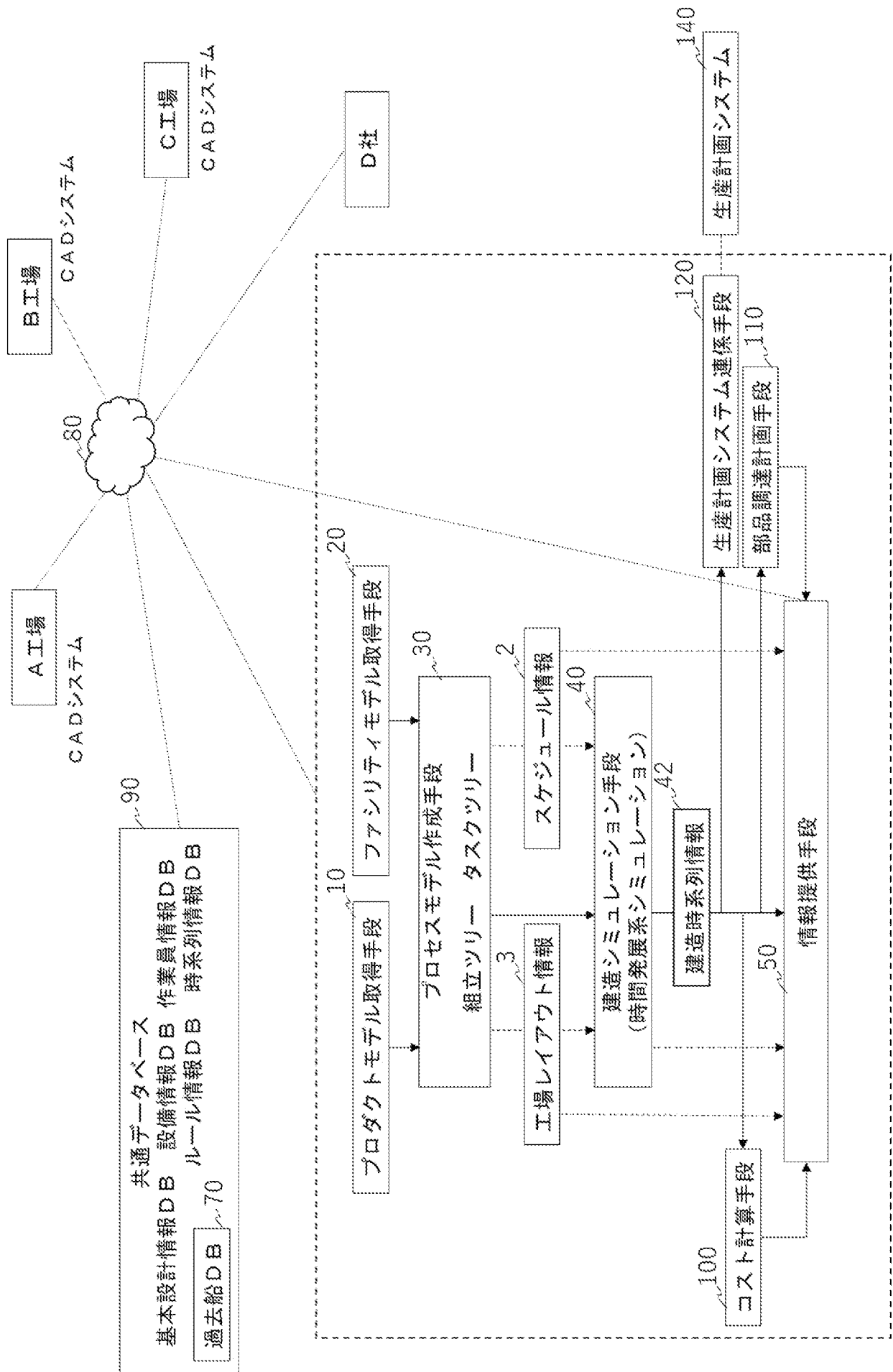
[図38]



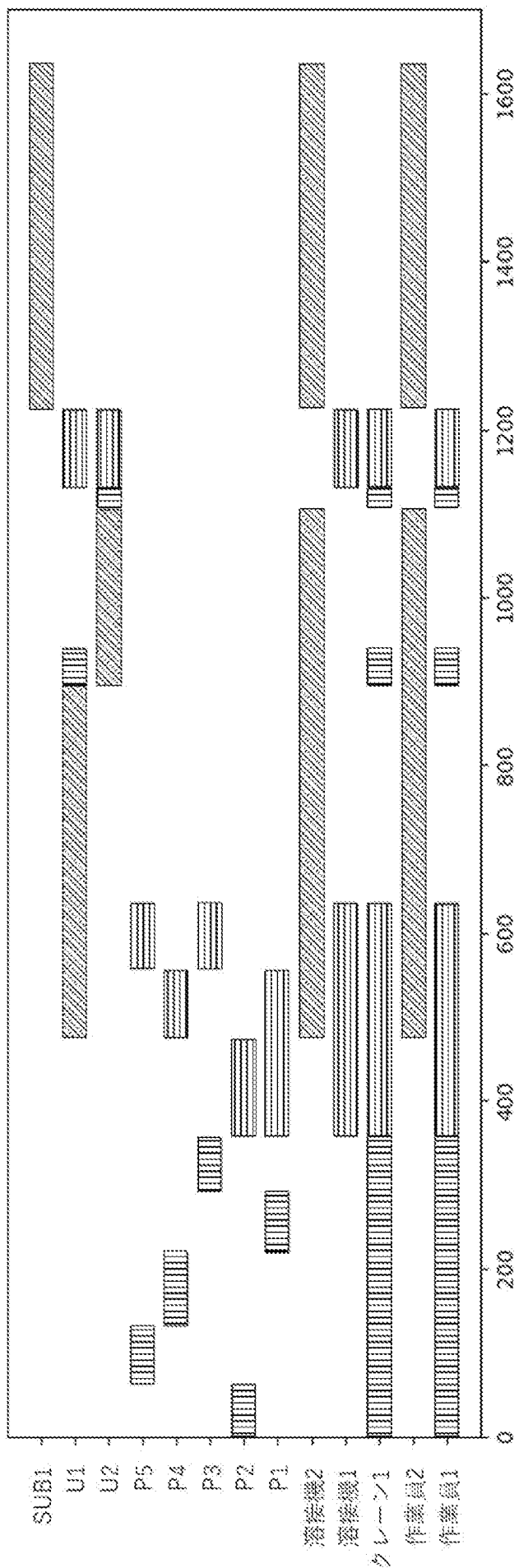
[図39]



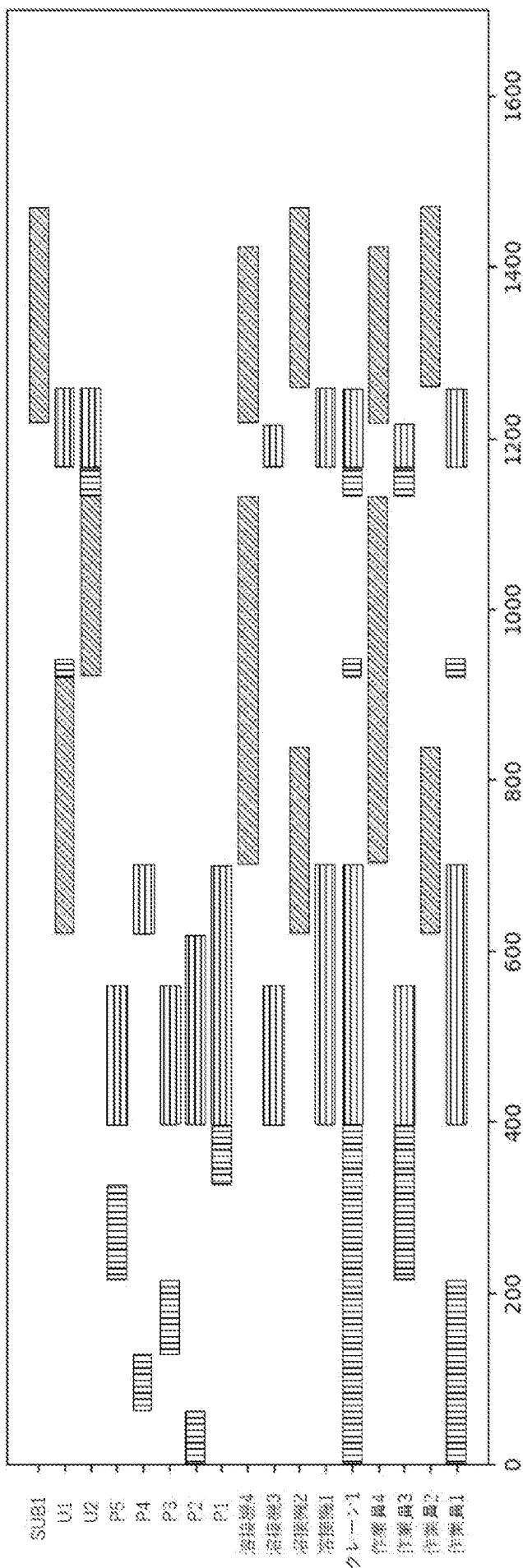
[図40]



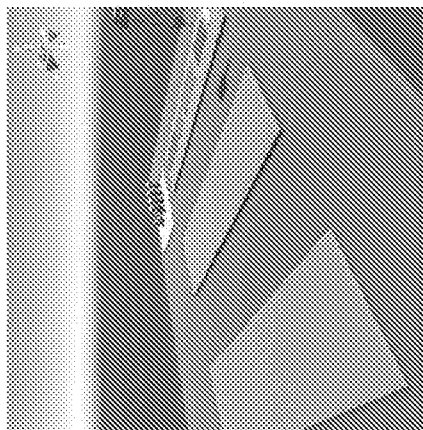
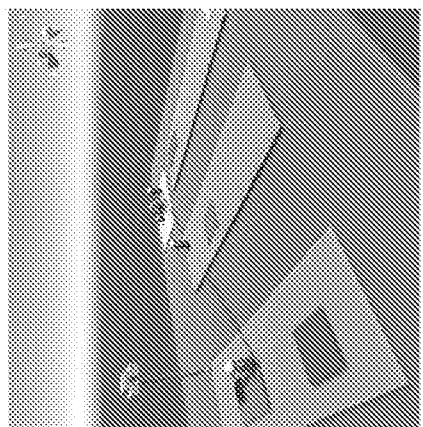
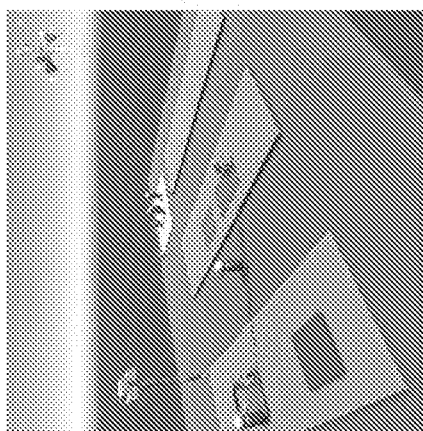
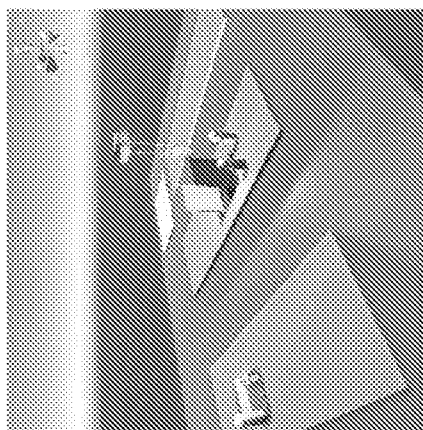
[図41]



[図42]



[図43]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/034408

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>G05B 19/418</i> (2006.01)i; <i>G06Q 50/04</i> (2012.01)i; <i>B63B 73/00</i> (2020.01)i; <i>G06F 30/15</i> (2020.01)i; <i>G06F 30/20</i> (2020.01)i FI: B63B73/00; G06Q50/04; G05B19/418 Z; G06F30/15; G06F30/20		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G05B19/418; G06Q50/04; B63B73/00; G06F30/15; G06F30/20		
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 1971-2021 Registered utility model specifications of Japan 1996-2021 Published registered utility model applications of Japan 1994-2021		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	平方勝, 松尾宏平, 谷口智之, 竹澤正仁, 次世代造船システムの構想, 令和2年(第20回)海上技術安全研究所研究発表会, 海上技術安全研究所, July 2020, pp.1-18 pp. 5-15, (HIRAKATA, Masaru. MATSUO, Kohei. TANIGUCHI, Tomoyuki. TAKEZAWA, Masahito. Concept for Future Shipbuilding system. National Maritime Research Institute.), non-official translation (The 20th Research Presentation Meeting of National Maritime Research Institute 2020)	1-8, 10-18
Y	武市祥司, 青山和浩, 小林真, 牧原一昭, ペトリネットを利用した工場シミュレータの構築 —第3巻: 定盤モデルを導入した工場シミュレータ—, 日本造船学会論文集, December 2001, no. 190, pp. 449-458, DOI: 10.2534/jjasnaoe1968.2001.190_449, ISSN 1884-2070(online), 0514-8499(print) pp. 450-457, (TAKECHI, Shoji. AOYAMA, Kazuhiro. KOBAYASHI, Makoto. MAKIHARA, Kazuaki. Development of Shipyard Simulation System based on Petri Nets : 3rd Report : Factory Simulator introduced the concept of the Job-Shop Floor. Journal of the Society of Naval Architects of Japan.)	1-8, 10-18
Y	JP 5401270 B2 (HITACHI LTD) 29 January 2014 (2014-01-29) paragraphs [0094]-[0099], fig. 10-13, 20	7-8, 10-18
<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 12 November 2021		Date of mailing of the international search report 30 November 2021
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		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 110705882 A (JIANGSU UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 17 January 2020 (2020-01-17) entire text, all drawings	1-18
A	LEE, Yong-Gil. JU, Su-Heon. WOO, Jong-Hun. Simulation-based planning system for shipbuilding. International Journal of Computer Integrated Manufacturing., 16 June 2020, vol. 33, no. 6, pp. 626-641, DOI: 10.1080/0951192X.2020.1775304 entire text, entire chart	1-18
A	満行泰河, 稗方和夫, 松原洗也, 大和裕幸, MOSER, Bryan, 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, December 2016, no. 24, pp. 291-298, DOI: 10.2534/jjasnaoe.23.291, ISSN 1881-1760(online),1880-3717(print) entire text, entire chart, (MITSUYUKI, Taiga. HIEKATA, Kazuo. MATSUBARA, Hiroya. YAMATO, Hiroyuki. Study on Installation of Production Facilities Using Shipbuilding Process Simulation. Journal of the Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers.)	1-18
A	LEE, Dong-Kun. SHIN, Jong-Gye. KIM, Young-Min. JEONG, Yong-Kuk. Simulation-Based Work Plan Verification in Shipyards. Journal of Ship Production and Design., May 2014, vol. 30, issue 2, pp. 49-57, DOI: 10.5957/JSPD.30.2.130032, ISSN 2158-2874(online), 2158-2866(print) entire text, entire chart	1-18

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/034408

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 5401270 B2	29 January 2014	WO 2011/058894 A1	
CN 110705882 A	17 January 2020	(Family: none)	

<p>A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G05B 19/418(2006.01)i; G06Q 50/04(2012.01)i; B63B 73/00(2020.01)i; G06F 30/15(2020.01)i; G06F 30/20(2020.01)i FI: B63B73/00; G06Q50/04; G05B19/418 Z; G06F30/15; G06F30/20</p>																	
<p>B. 調査を行った分野</p> <p>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G05B19/418; G06Q50/04; B63B73/00; G06F30/15; G06F30/20</p> <p>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</p> <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2021年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2021年</td> </tr> </table> <p>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）</p>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年							
日本国実用新案公報	1922 - 1996年																
日本国公開実用新案公報	1971 - 2021年																
日本国実用新案登録公報	1996 - 2021年																
日本国登録実用新案公報	1994 - 2021年																
<p>C. 関連すると認められる文献</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>平方勝, 松尾宏平, 谷口智之, 竹澤正仁, 次世代造船システムの構想, 令和2年(第20回)海上技術安全研究所研究発表会, 海上技術安全研究所, 2020.07, pp.1-18 pp.5-15</td> <td>1-8及び10-18</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>武市祥司, 青山和浩, 小林真, 牧原一昭, ペトリネットを利用した工場シミュレータの構築 ー第3報: 定盤モデルを導入した工場シミュレーター, 日本造船学会論文集, 2001.12, 第190号, pp.449-458, DOI: 10.2534/jjasnaoe1968.2001.190_449, ISSN 1884-2070(online), 0514-8499(print) pp.450-457</td> <td>1-8及び10-18</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>JP 5401270 B2 (株式会社日立製作所) 29.01.2014 (2014-01-29) 段落【0094】 - 【0099】並びに図10-13及び20</td> <td>7-8及び10-18</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110705882 A (JIANGSU UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 17.01.2020 (2020-01-17) 全文, 全図</td> <td>1-18</td> </tr> </tbody> </table>			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	Y	平方勝, 松尾宏平, 谷口智之, 竹澤正仁, 次世代造船システムの構想, 令和2年(第20回)海上技術安全研究所研究発表会, 海上技術安全研究所, 2020.07, pp.1-18 pp.5-15	1-8及び10-18	Y	武市祥司, 青山和浩, 小林真, 牧原一昭, ペトリネットを利用した工場シミュレータの構築 ー第3報: 定盤モデルを導入した工場シミュレーター, 日本造船学会論文集, 2001.12, 第190号, pp.449-458, DOI: 10.2534/jjasnaoe1968.2001.190_449, ISSN 1884-2070(online), 0514-8499(print) pp.450-457	1-8及び10-18	Y	JP 5401270 B2 (株式会社日立製作所) 29.01.2014 (2014-01-29) 段落【0094】 - 【0099】並びに図10-13及び20	7-8及び10-18	A	CN 110705882 A (JIANGSU UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 17.01.2020 (2020-01-17) 全文, 全図	1-18
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															
Y	平方勝, 松尾宏平, 谷口智之, 竹澤正仁, 次世代造船システムの構想, 令和2年(第20回)海上技術安全研究所研究発表会, 海上技術安全研究所, 2020.07, pp.1-18 pp.5-15	1-8及び10-18															
Y	武市祥司, 青山和浩, 小林真, 牧原一昭, ペトリネットを利用した工場シミュレータの構築 ー第3報: 定盤モデルを導入した工場シミュレーター, 日本造船学会論文集, 2001.12, 第190号, pp.449-458, DOI: 10.2534/jjasnaoe1968.2001.190_449, ISSN 1884-2070(online), 0514-8499(print) pp.450-457	1-8及び10-18															
Y	JP 5401270 B2 (株式会社日立製作所) 29.01.2014 (2014-01-29) 段落【0094】 - 【0099】並びに図10-13及び20	7-8及び10-18															
A	CN 110705882 A (JIANGSU UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 17.01.2020 (2020-01-17) 全文, 全図	1-18															
<p><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。</p>																	
<table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td></td> </tr> </table>			* 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	“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	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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				
* 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																
“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	“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																
“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	“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																
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献																
“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																	
<p>国際調査を完了した日</p> <p>12.11.2021</p>	<p>国際調査報告の発送日</p> <p>30.11.2021</p>																
<p>名称及びあて先</p> <p>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</p>	<p>権限のある職員（特許庁審査官）</p> <p>結城 健太郎 3D 3024</p> <p>電話番号 03-3581-1101 内線 3341</p>																

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	LEE, Yong Gil, JU, SuHeon, WOO, Jong Hun, Simulation-based planning system for shipbuilding, International Journal of Computer Integrated Manufacturing, 2020.06.16, Vol.33, No.6, pp.626-641, DOI: 10.1080/0951192X.2020.1775304 全文, 全図表	1-18
A	満行泰河, 稗方和夫, 松原亮也, 大和裕幸, MOSER, Bryan, 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, 2016.12, 第24号, pp.291-298, DOI: 10.2534/jjasnaoe.23.291, ISSN 1881-1760(online), 1880-3717(print) 全文, 全図表	1-18
A	LEE, Dong Kun, SHIN, Jong Gye, KIM, Youngmin, JEONG, Yong Kuk, Simulation-Based Work Plan Verification in Shipyards, Journal of Ship Production and Design, 2014.05, Volume 30, Issue 2, pp.49-57, DOI: 10.5957/JSPD.30.2.130032, ISSN 2158-2874(online), 2158-2866(print) 全文, 全図表	1-18

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/034408

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 5401270 B2	29.01.2014	WO 2011/058894 A1	
CN 110705882 A	17.01.2020	(ファミリーなし)	