



第22回 海上技術安全研究所研究発表会



造船業におけるデータ標準化と PLMシステムの開発に向けて

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

海上技術安全研究所

構造・産業システム系

松尾宏平, 森下瑞生, 谷口智之, 竹澤正仁

デジタルシップヤード構想

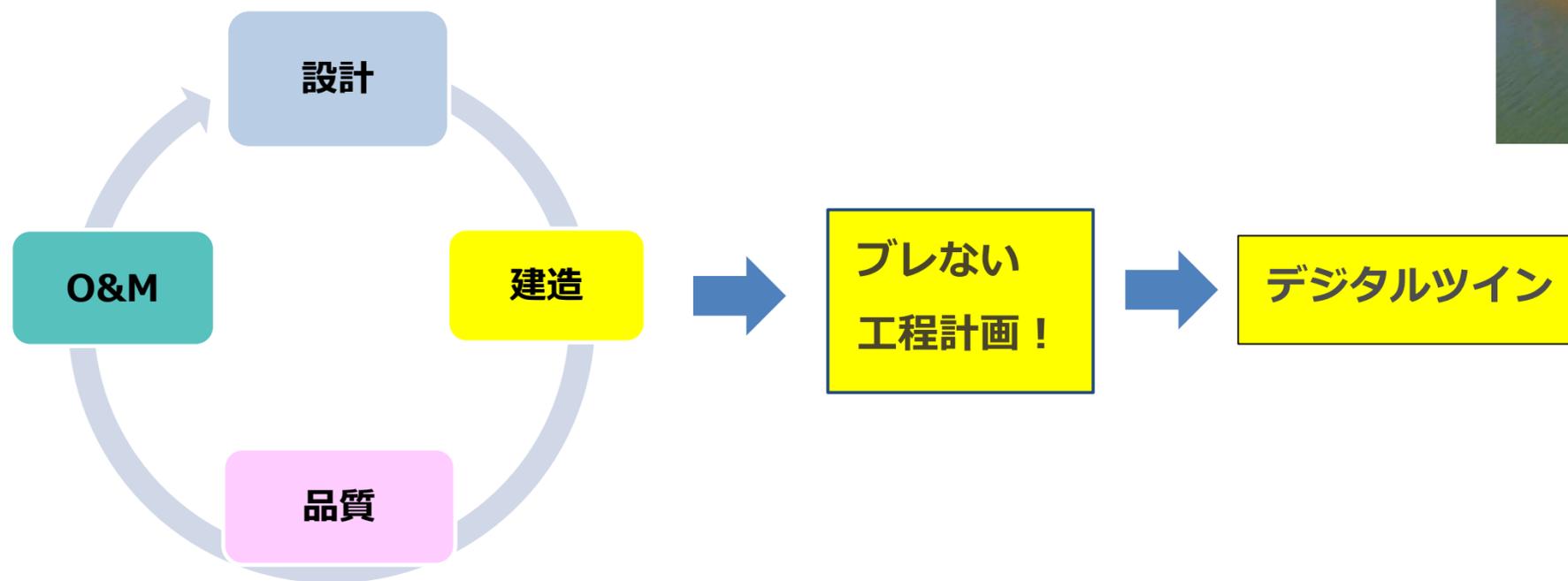


高度な船舶の提供、顧客カスタム対応、短納期対応、新サービス展開 etc.

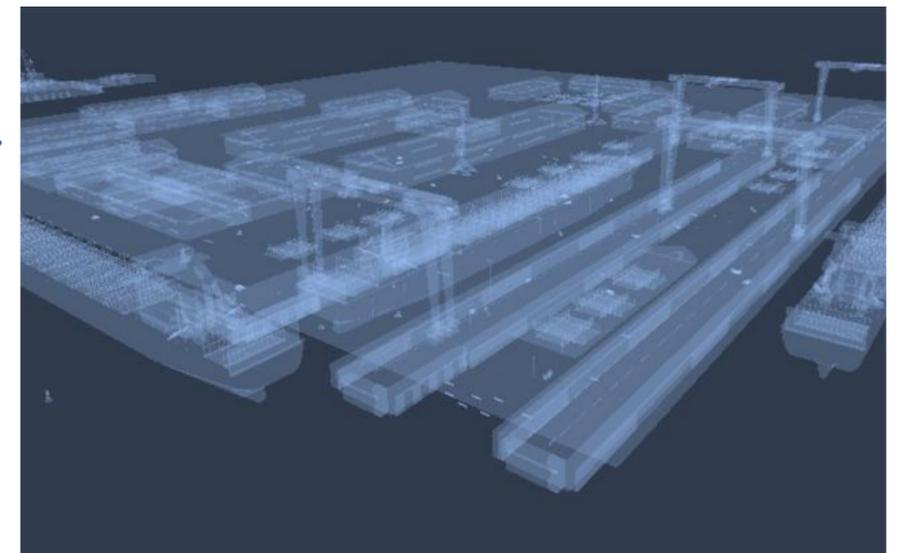
- ・ 設計—建造—品質—就航後O&M 一貫したデータ管理
- ・ 建造工程の精緻な再現によるブレない工程計画の実現
- ・ 品質目標のデジタル化と確実な達成



モニタリング
によるFB



高精度の
工程計画

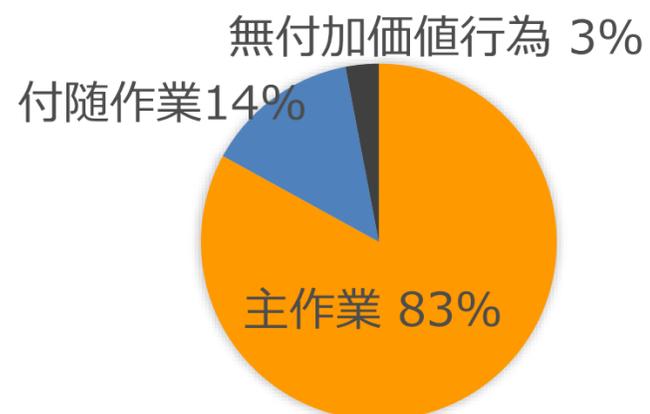


最終目標： デジタルツイン技術によって **納期/品質/コスト** を計画通り達成できる！

建造工程の精緻な再現によるブレない工程計画の実現

- 造船作業の大部分は付随作業と無付加価値行為。作業者任せ。
- 造船作業の曖昧さ（アナログ）を排除（デジタル）。
- 「すべてが数値表現され、すべてが数値計画され、すべてが計画通りに完結する造船所」。

一般的なライン生産工場



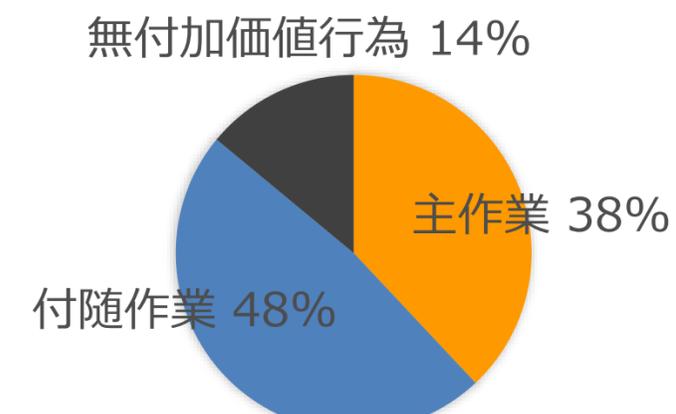
https://ikidizunigazo.blogspot.com/2020/12/hd_84.html

経営管理 第10回：改善活動とIE 藤本隆宏
実践トヨタカンバン方式、関根憲一

造船工場



浅川造船株式会社 ご提供



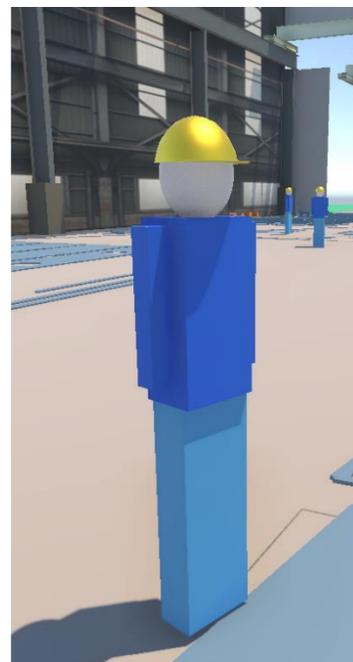
日本中小型造船工業会 平成28年度日本財団助成事業「中小造船業への新しい生産管理手法の導入による人材活用」

	一般工場	造船工場
製品の移動	ライン上を移動	クレーン・台車などにより移動・回転。
作業者の移動	ほぼ固定	製品の移動に追従、製品内を立体的に移動（ 空間的な制約 ）
作業の標準化（デジタル化）	やり易い（主作業率8割）	困難（主作業率4割）、 作業者の判断 への依存高い
精緻なシミュレーション	導入済	困難 （既存のシミュレータでは扱いにくい）

「すべてが数値表現され、すべてが数値計画され、すべてが計画通りに完結する造船所」

- 造船作業を精密に再現する「建造シミュレータ」の開発
- 自律オブジェクトの開発
- 造船作業を予め精密に解析し、それによってぶれない生産計画や生産管理

作業者（エージェント）



工場内の状況を把握

知覚



判断

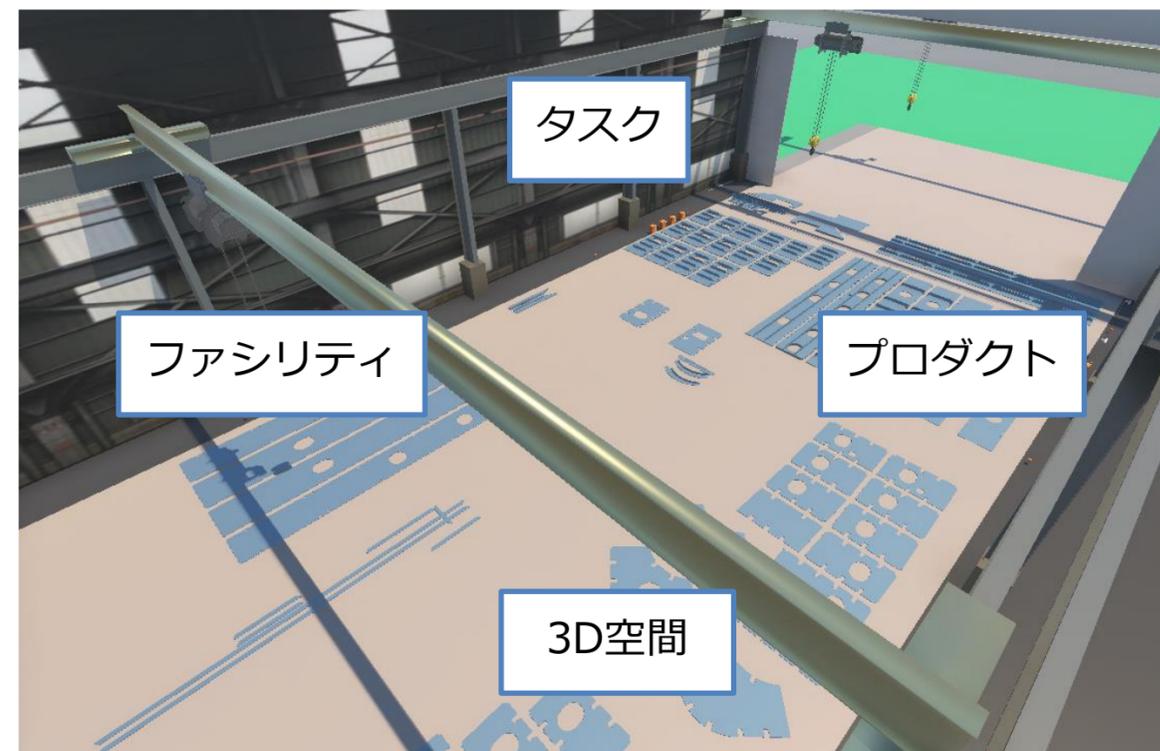


行動



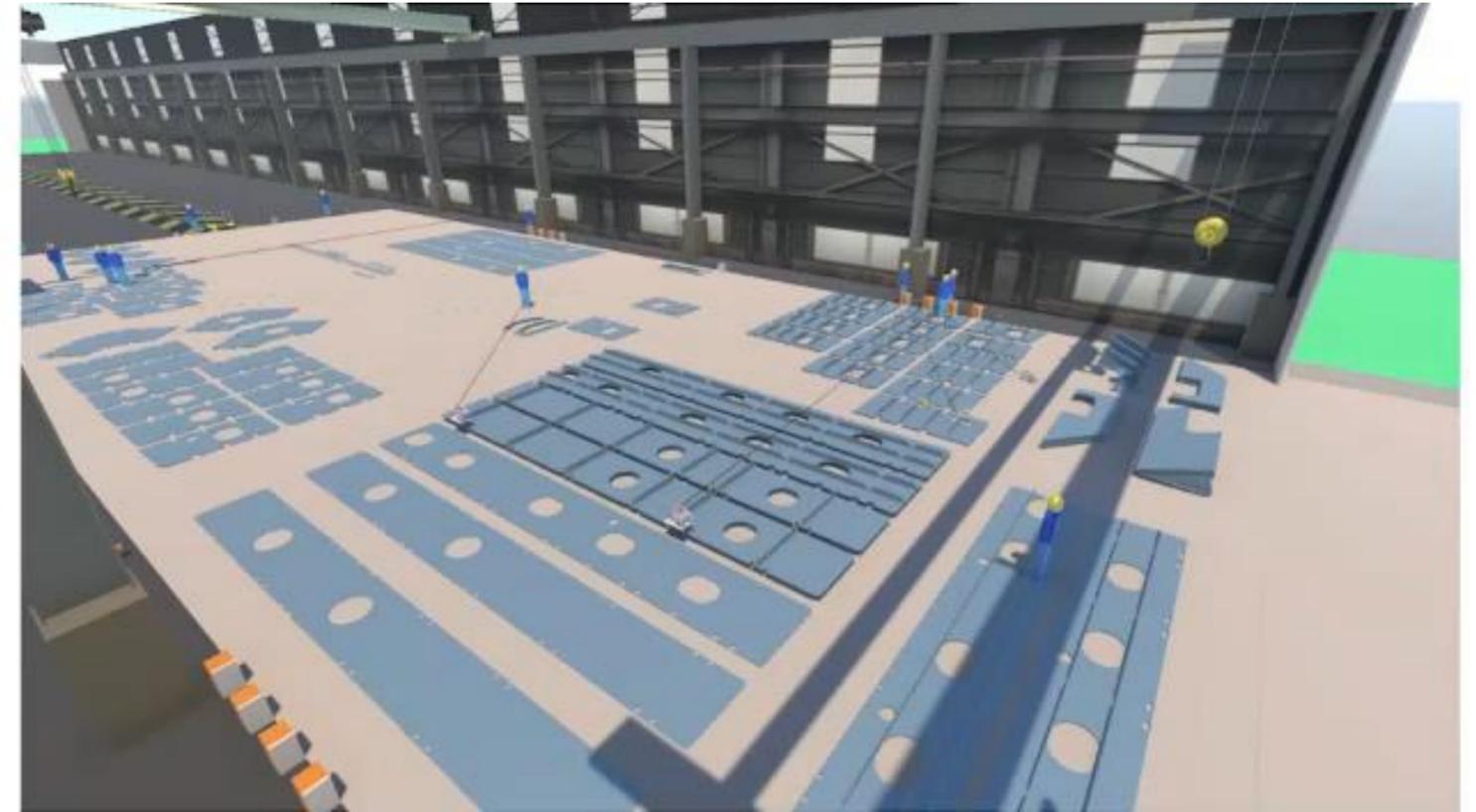
付随作業まで緻密に再現

バーチャル工場（環境）



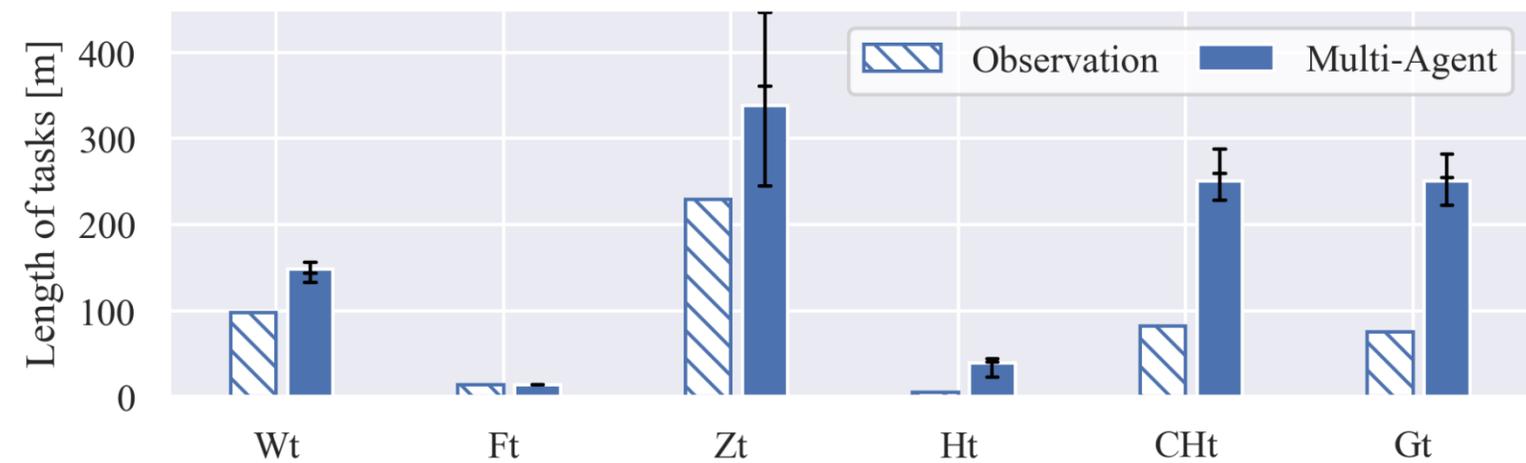
- 複数のエージェントが自律的に行動し、製造プロセスを再現。
- 3次元空間の中で、本作業、付随作業を実行し、所要時間を演算。

デジタルシップヤード構想



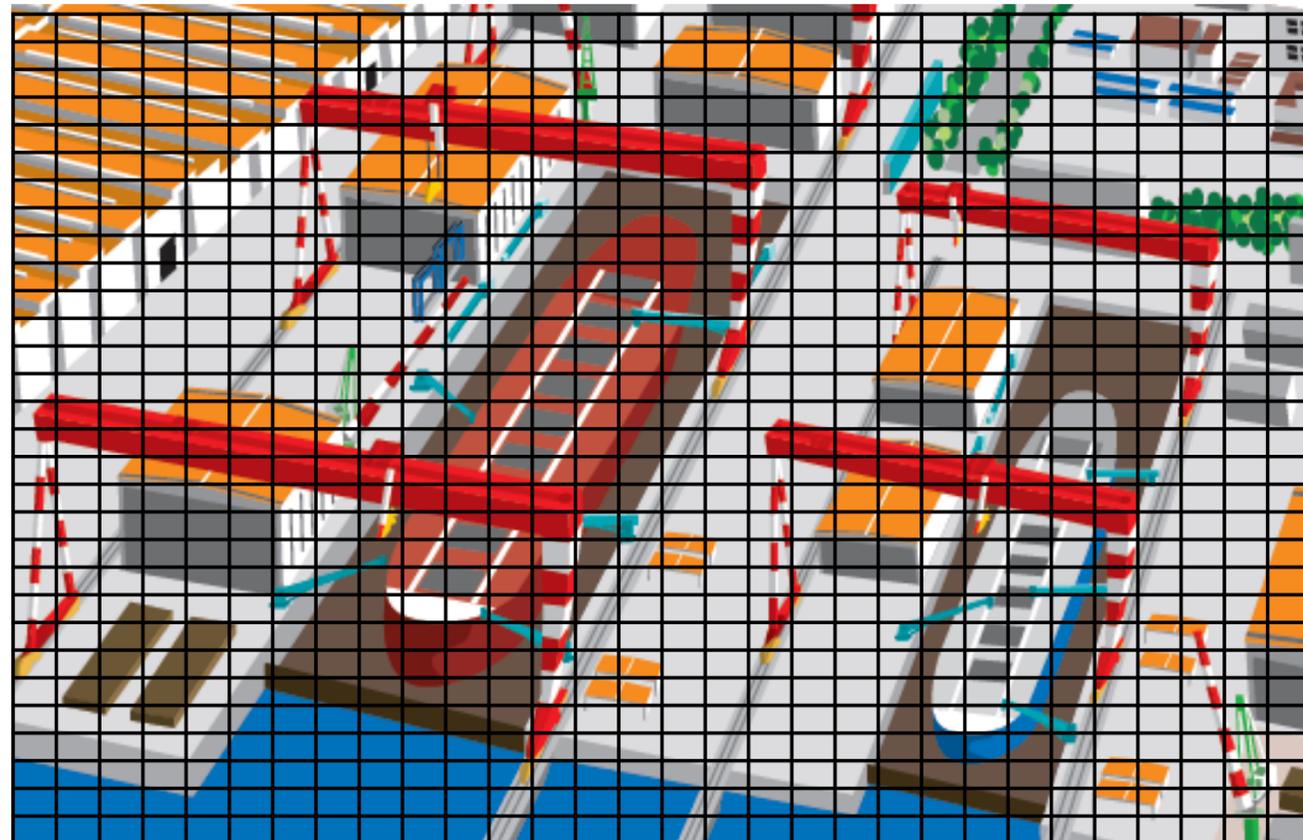
2時間で実施できたタスクの比較

⇒ 小グループで、1.5倍の能率向上。

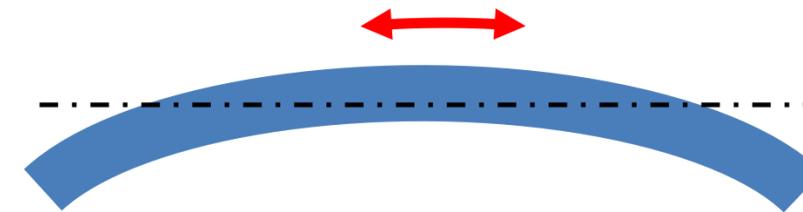


造船所をFEMで解く！

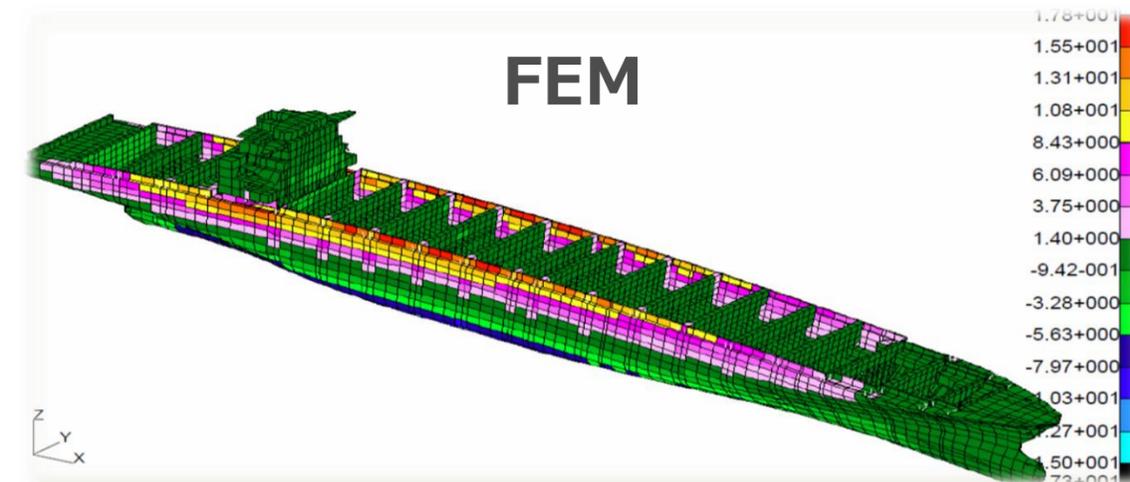
- 建造シミュレータの開発 = FEMのソルバーの開発。
- ソルバーへの入力データ作成の環境整備 = MESH Generator の開発。
- MESH を切って工場のどのような問題を解くか。



BEAM Theory



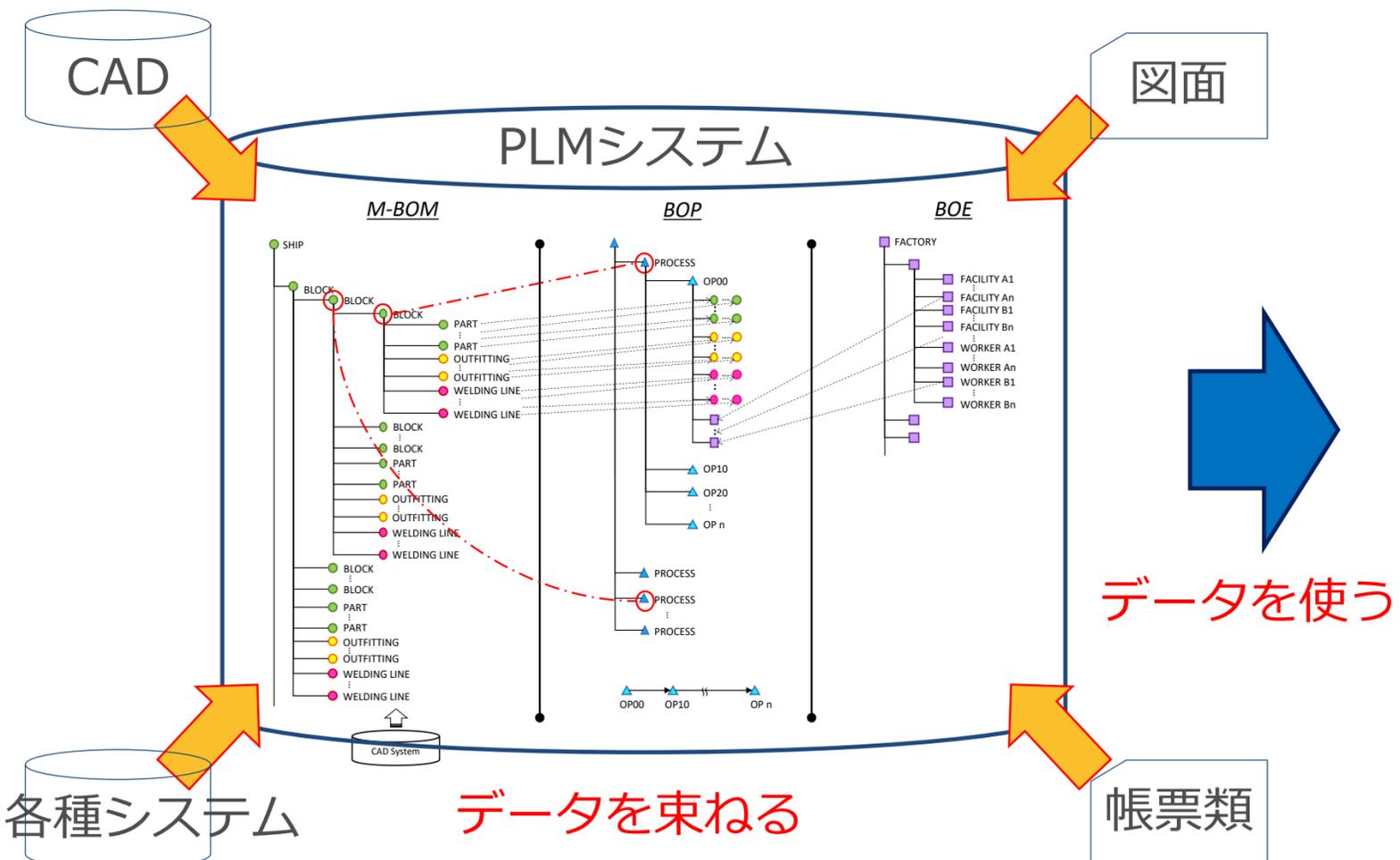
構造解析の有限要素解析によって、
構造設計のパラダイムシフトが起こったように。



デジタルシップヤード構想

本研究の内容

- 建造シミュレータ等に入力するデータの整備
 - データ項目の整理（データ構造のひな型策定）
 - PLMシステムによるデータの管理（設計－製造データのデータ連携）
- PLMシステムのデータの利活用法の検討（設計データの製造現場での有効活用）



本研究のねらい

予めデータ構造を設計すること。ひな型モデルとして用意すること。

システム内で製品情報，工程情報，設備情報を関連付けて一元管理すること。



- 速やかに造船所内のデータ整備ができ，建造シミュレーションを運用できる。
- データ構造が異なっても，データ構造のインタフェースを揃えることで汎用的に使える。
- データ一元管理により，必要なデータを自動収集できる。設計データを自動生成，自動修正できる。
- データベースをマスターとして，造船所内の生産計画及び生産管理の様々な用途に活用できる。

データ構造とデータ標準化

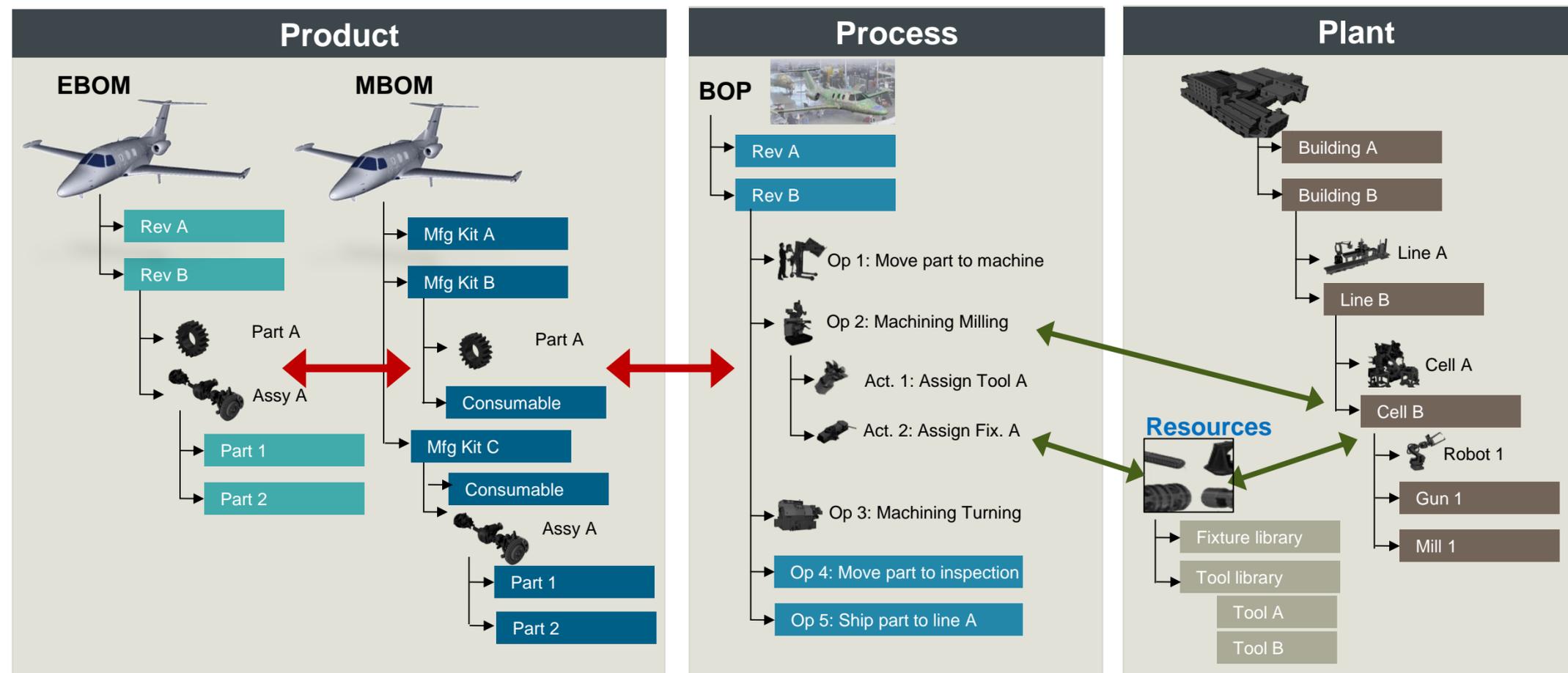
データ：製品、工程、設備に関するデータ

データをBOM, BOP の体系で管理。

BOM (Bill of Material, 部品表)：製品の部品構成を階層構造で表現。

BOP (Bill of Process)：工程、作業の構成を表現。

BOM, BOP を情報のマスターとして，設計，製造，調達業務等を実施。



Accountability Check
Consummed

シーメンス社より

造船におけるBOM, BOPの整備 ～現状と課題～

現状：

- 組立産業という観点で適用可能。
- PLMシステムの導入は少ない。
 - ⇒造船はCADがメイン。
 - ⇒工程設計等は独立。別のシステムで管理。

課題：

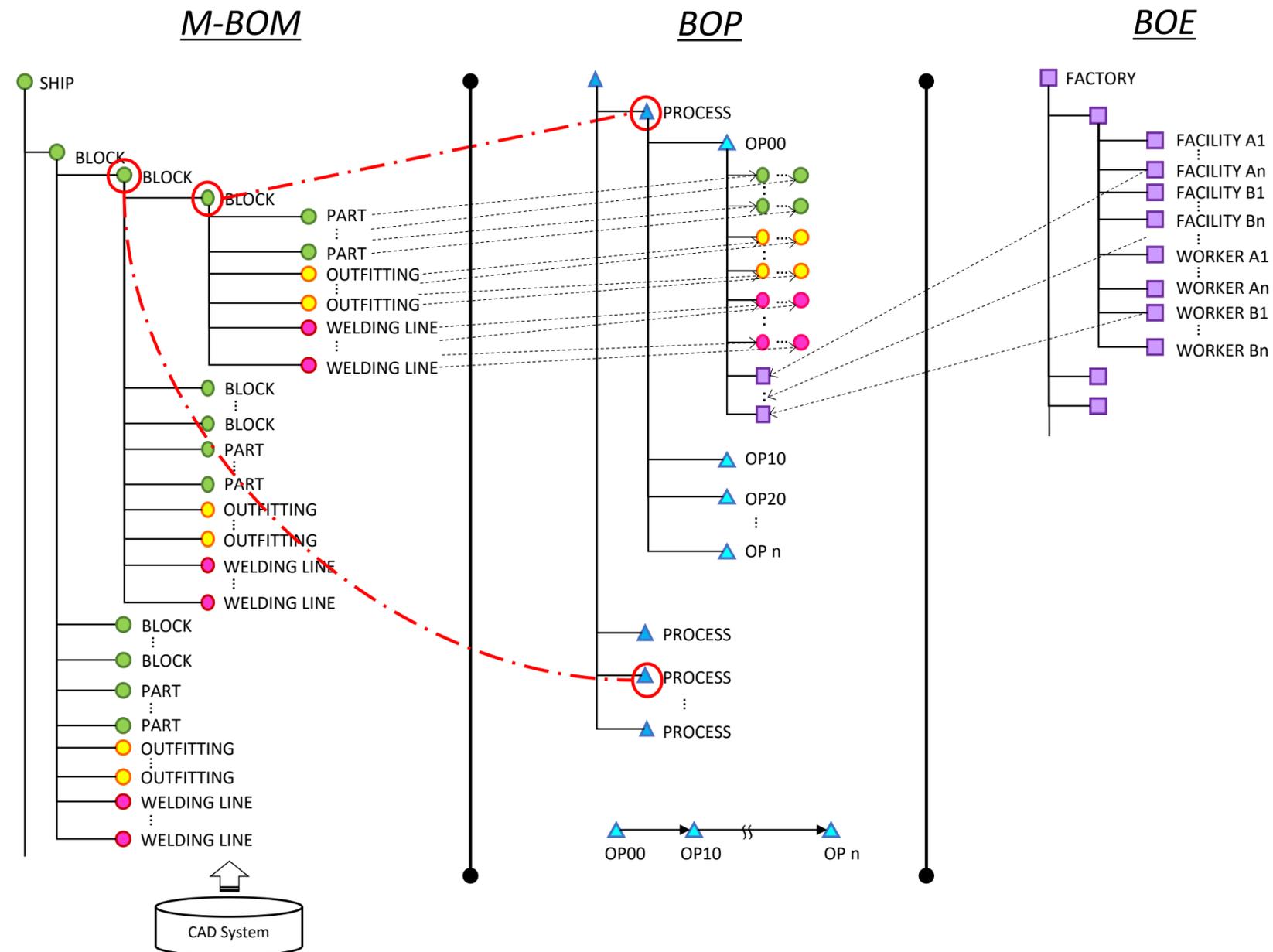
造船 = 船殻と艀装、人間系の作業が主体、溶接主体、一品生産（データ利用が1回切り）・・・

- BOM として製品をどう表現するか。
- BOM で扱う情報は？
- BOM (E-BOM, M-BOM) の使い分け。
- BOP として工程をどう表現するか。

データ構造とデータ標準化

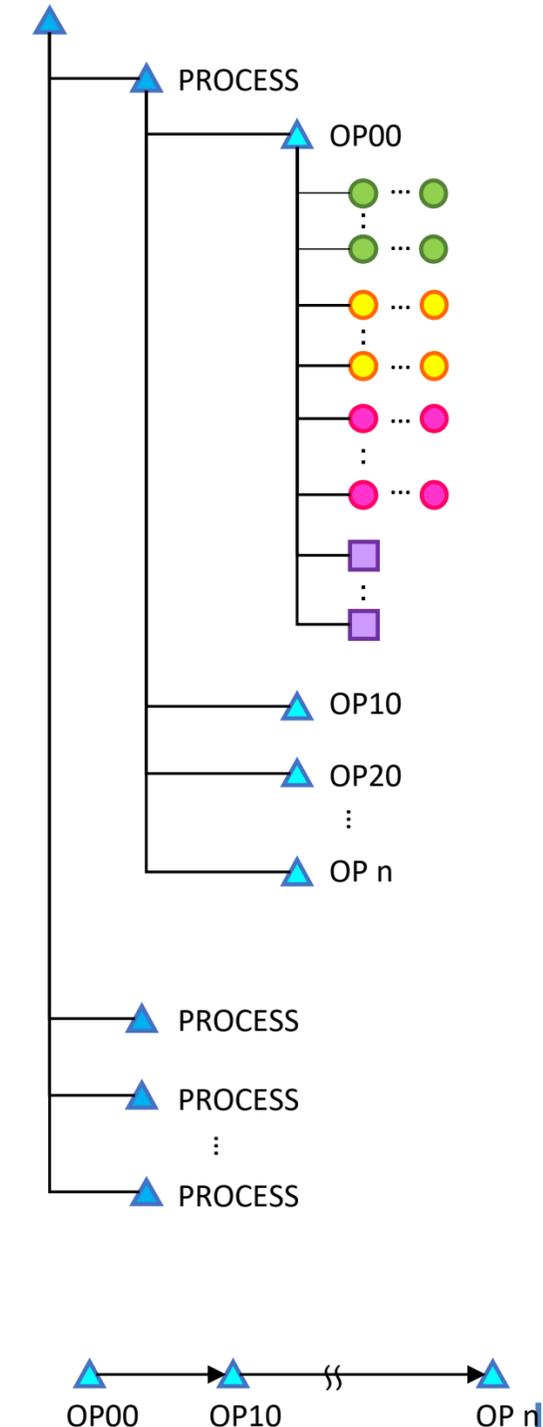


製造現場を細かい粒度で計画，管理することを目的とする造船のデータ構造。
製品情報をM-BOM、工程情報をBOP、設備情報をBOE で表現。



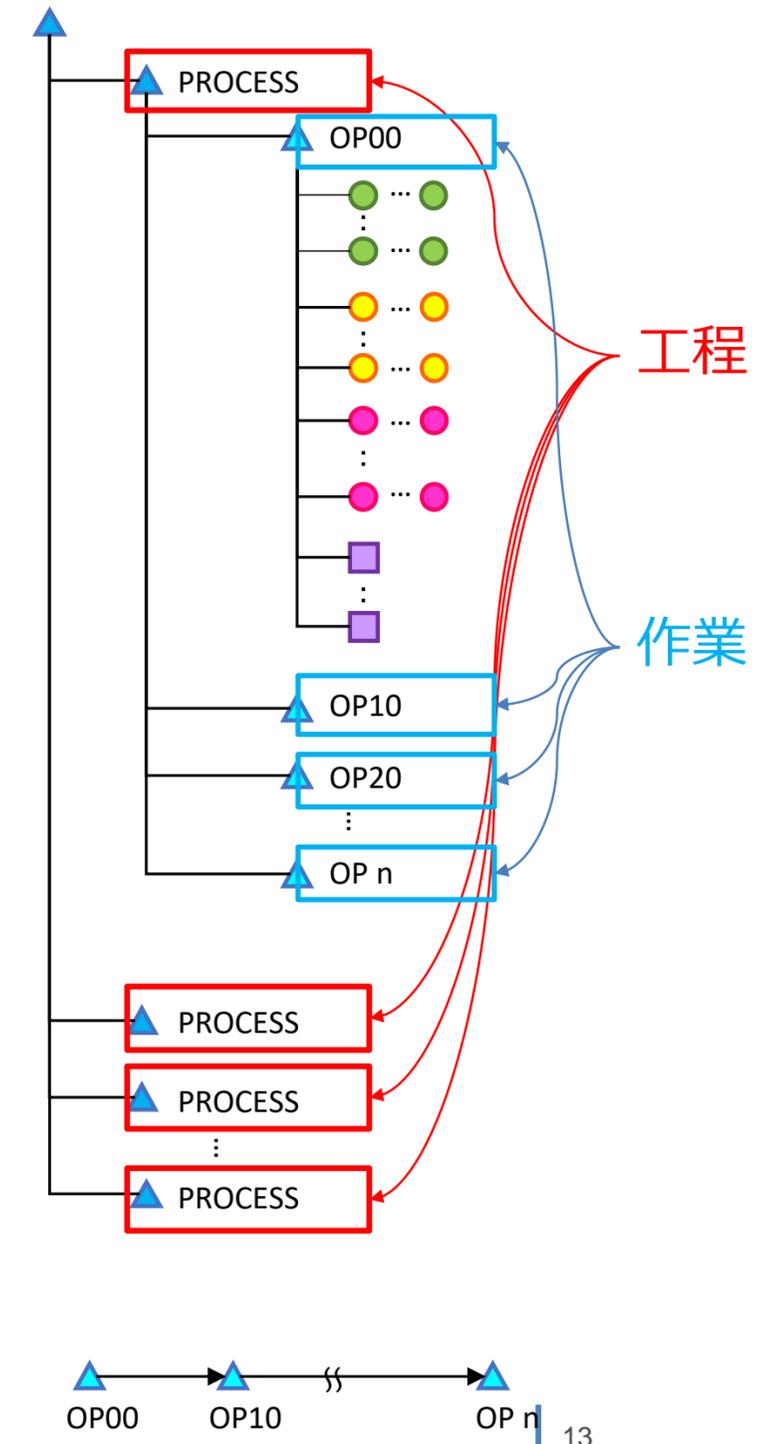
BOP (Bill of Process)

- 工程データの管理。
- 「工程」と「作業」で表現。「工程」の中にそれを構成する「作業」を定義。
- 「工程」は管理対象の粒度で定義。
⇒例：大組工程、中組工程、小組工程等
- 「作業」は作業の着完管理の対象となる粒度で定義。前後関係の付与可。
⇒例：配材、取付、溶接、歪取等
- 「作業」に、その作業に必要な部品と利用可能な設備を定義。
- 各工程の取付説明書のようなもの。
⇒「いつ」、「何個」の情報は扱わない。
⇒これらはMES（製造実行システム）やERPシステムで。



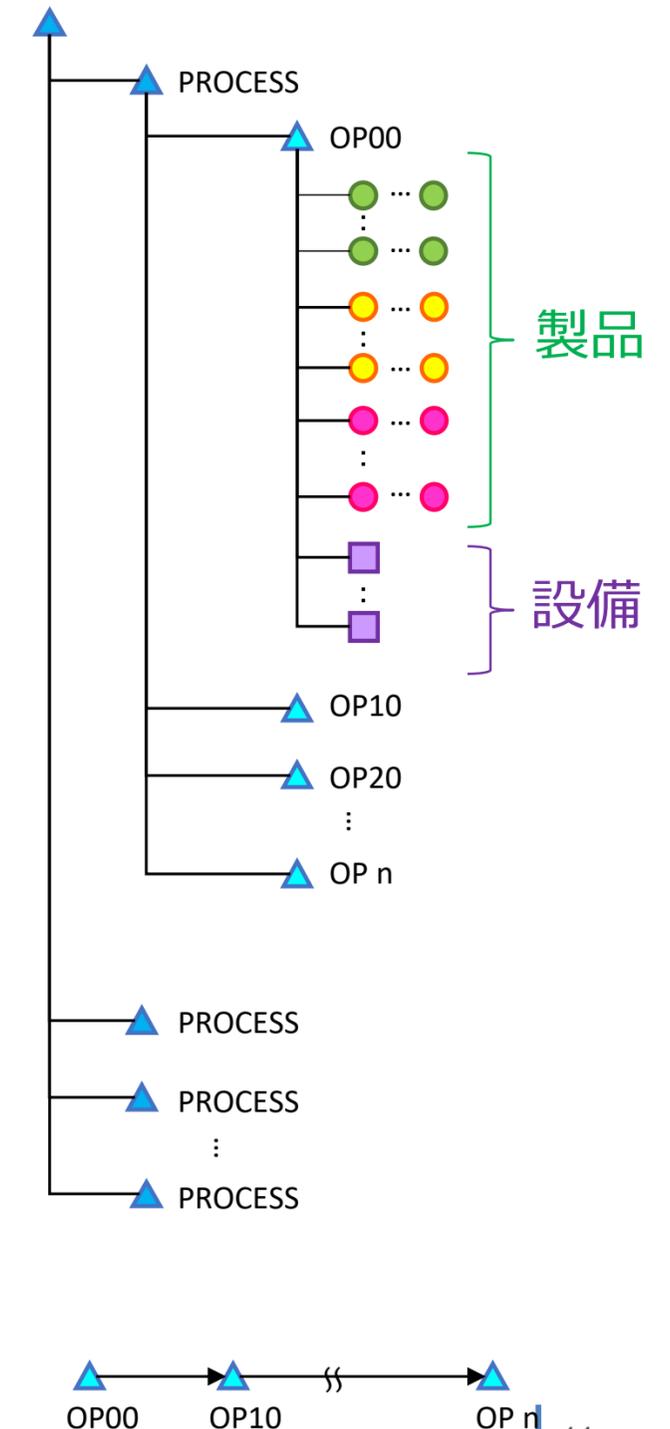
BOP (Bill of Process)

- 工程データの管理。
- 「工程」と「作業」で表現。「工程」の中にそれを構成する「作業」を定義。
- 「工程」は管理対象の粒度で定義。
⇒例：大組工程、中組工程、小組工程等
- 「作業」は作業の着完管理の対象となる粒度で定義。前後関係の付与可。
⇒例：配材、取付、溶接、歪取等
- 「作業」に、その作業に必要な部品と利用可能な設備を定義。
- 各工程の取付説明書のようなもの。
⇒「いつ」、「何個」の情報は扱わない。
⇒これらはMES（製造実行システム）やERPシステムで。



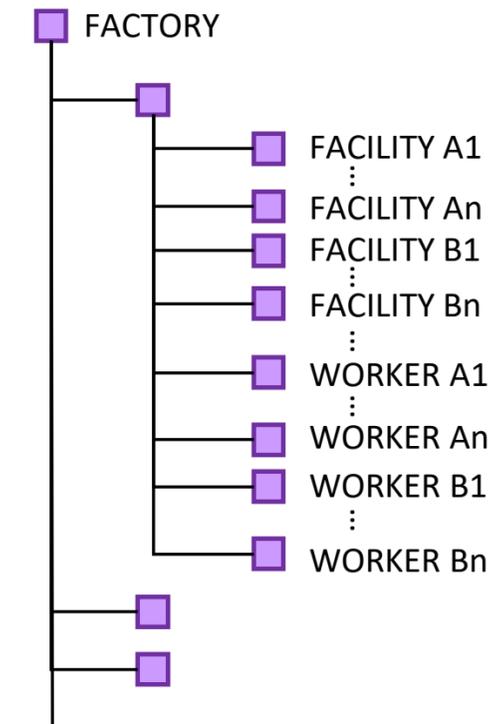
BOP (Bill of Process)

- 工程データの管理。
- 「工程」と「作業」で表現。「工程」の中にそれを構成する「作業」を定義。
- 「工程」は管理対象の粒度で定義。
⇒例：大組工程、中組工程、小組工程等
- 「作業」は作業の着完管理の対象となる粒度で定義。前後関係の付与可。
⇒例：配材、取付、溶接、歪取等
- 「作業」に、その作業に必要な部品と利用可能な設備を定義。
- 各工程の取付説明書のようなもの。
⇒「いつ」、「何個」の情報は扱わない。
⇒これらはMES（製造実行システム）やERPシステムで。



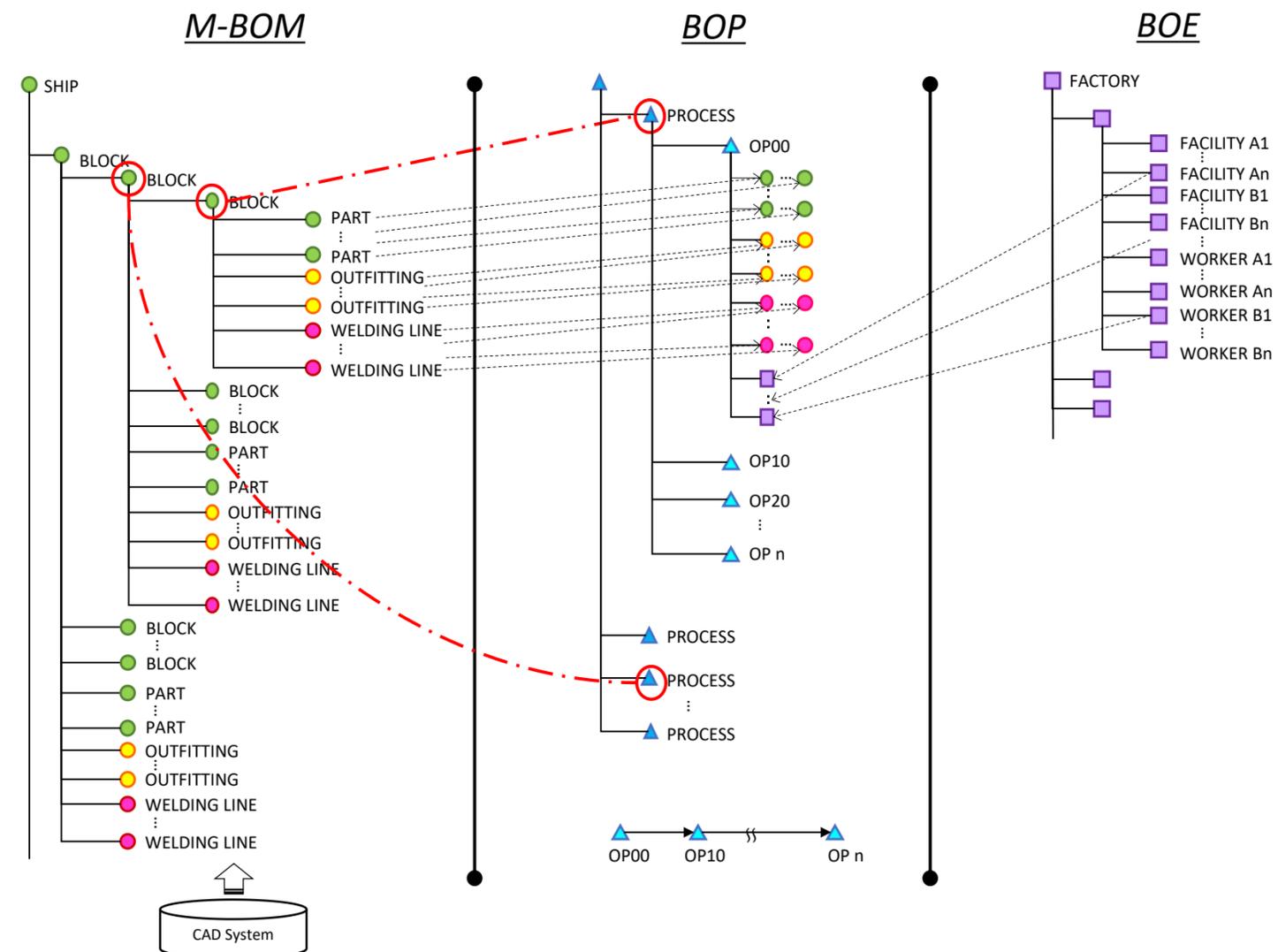
BOE (Bill Of Equipment)

- 設備データの管理。
- 工場、建屋、ステージで利用可能な設備を定義。
- 作業者も設備として登録。
- 今回：使用上の干渉影響を無視できない主要設備を定義。
⇒クレーン, 溶接機, 簡易自動台車など。
- 工場レイアウト情報、設備の3次元形状の情報は有さない。



M-BOM/BOP/BOE

- PLMシステム内にて各データ間の参照関係（リンク）をつけて管理。
⇒データが更新されると、参照先のデータも自動更新。
- ツリー構造のテンプレートを用意することで、BOM, BOPの自動生成等が可能。



データ構造のPLMシステムへの実装



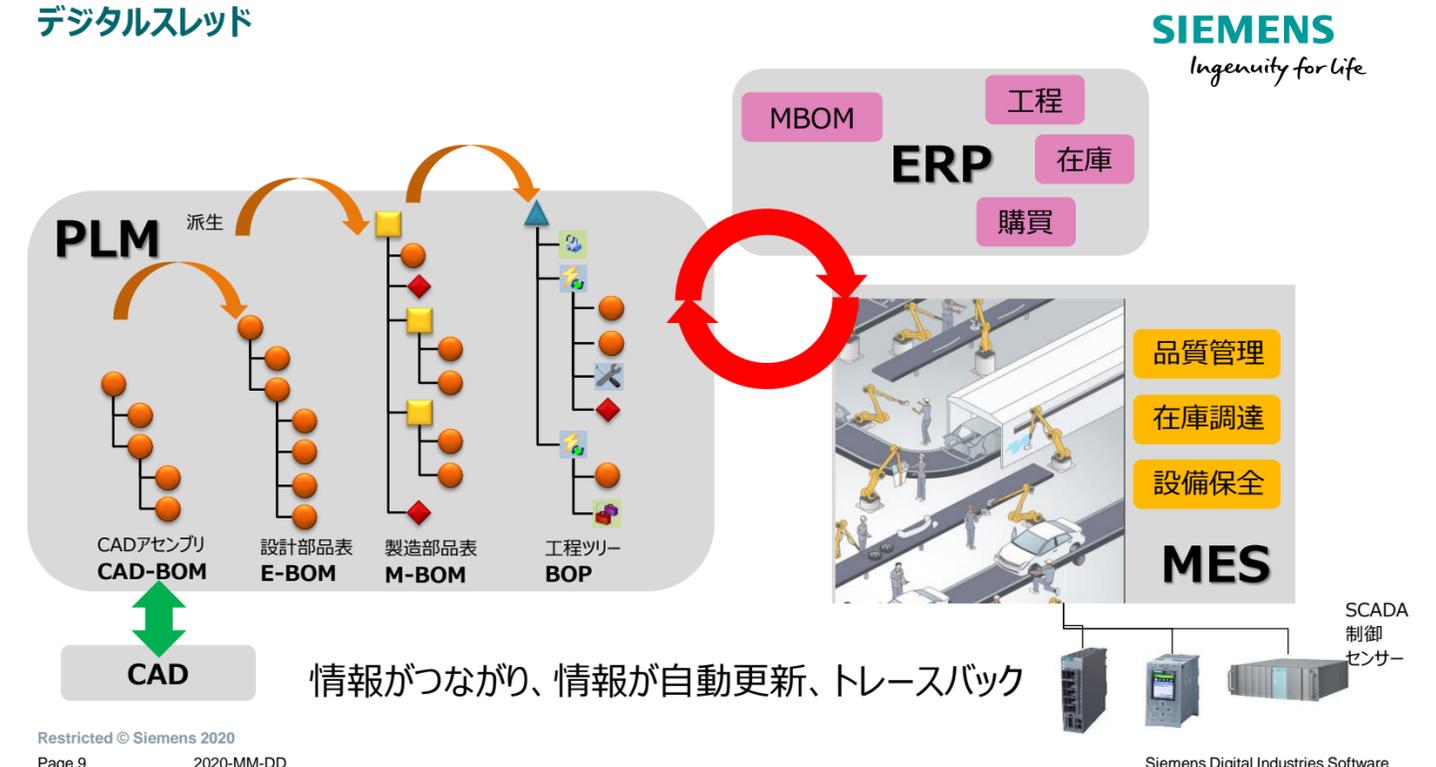
BOM, BOP のPLMシステムへの実装の検証。

- ✓ データをどのようなデータベースシステムで管理するか。
- ✓ データベース内のデータをどのように利用するか。
- ✓ データベース内のデータをどのように生成するか。業務プロセス含め。
- ✓ CADシステムや図面類のデータとどうつなげるか。

PLM (Product Lifecycle Management)システム :

- 製品のライフサイクルに係るデータを管理するシステム。データベースシステム。
- 設計データと工程データを管理。何を作るのか、どう作るのかの情報を管理。
- 市販のPLMシステム : BOM, BOPデータを管理するパッケージ製品。

デジタルスレッド



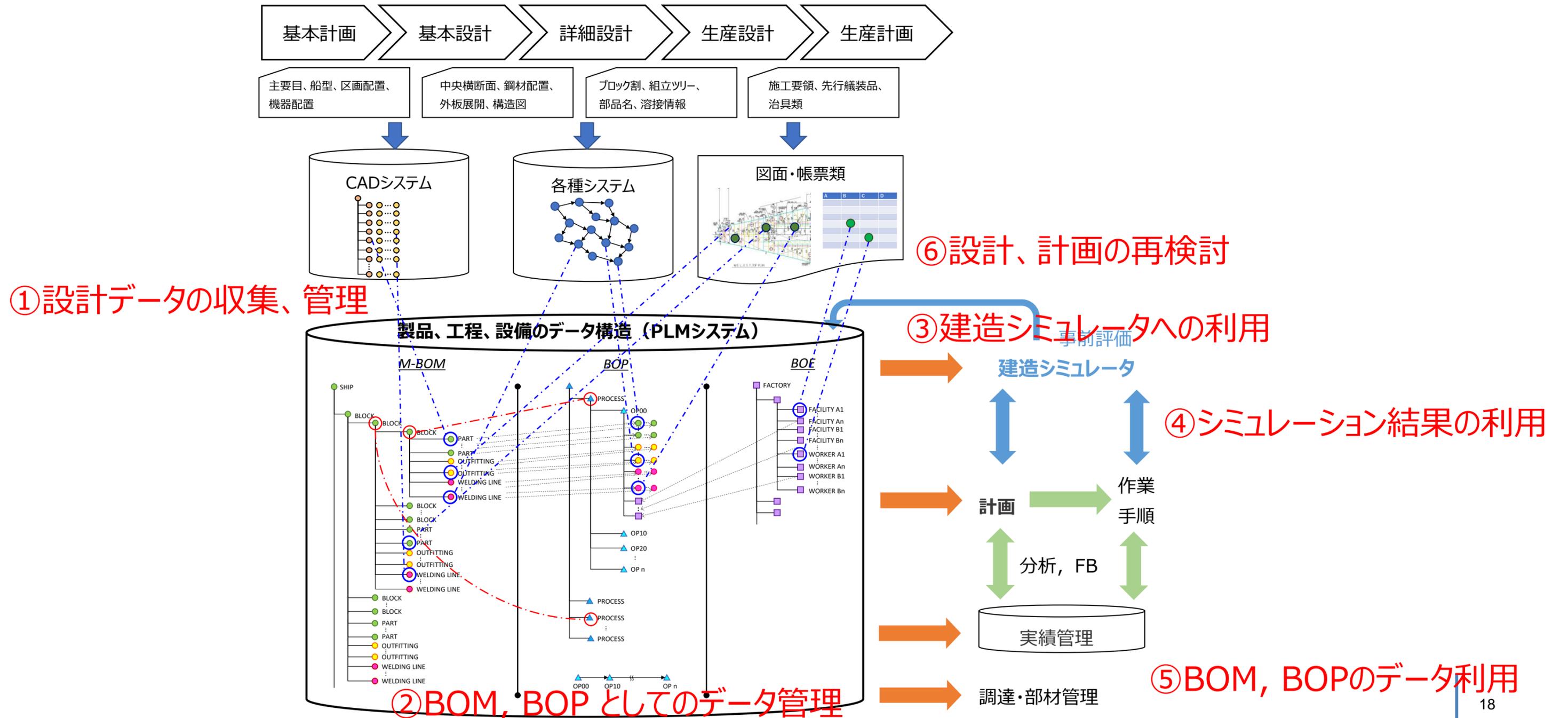
Restricted © Siemens 2020
Page 9 2020-MM-DD

Siemens Digital Industries Software

データ構造のPLMシステムへの実装



全体のシステム構成とシステム運用



BOM, BOP のモデリング

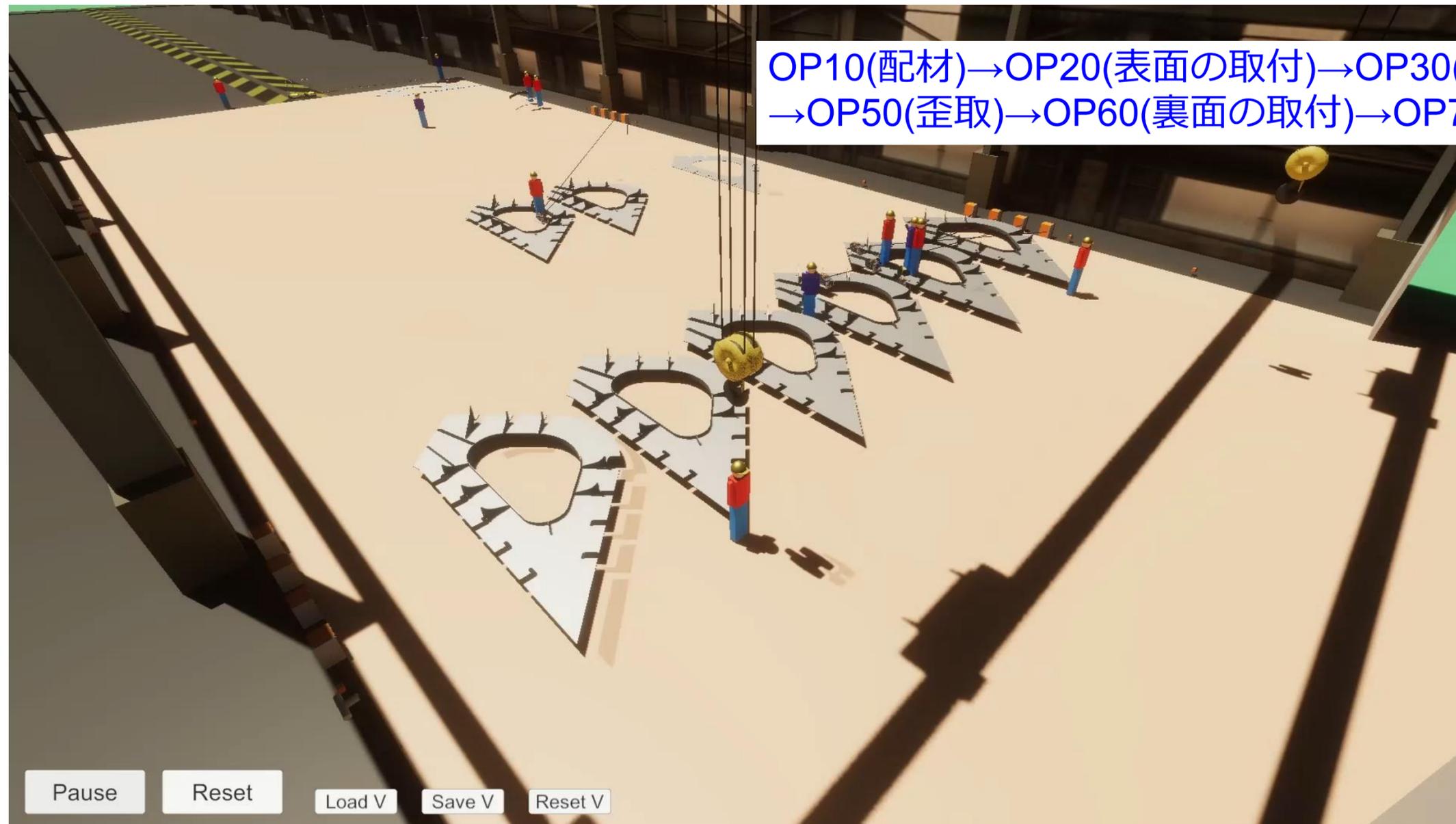
- 実際の建造船を対象にモデリング。
 - ⇒CADで1船分（船体中央部）をモデリング。
- 造船所が一般的に生成している情報を対象にBOM, BOP をモデリング。
 - ⇒設計図（GA, キープラン, 構造図等）, 工作図, 部品表, 作業要領図等の情報を束ねる。
- PLMシステム：Siemens 社製Teamcenter、 CAD：Siemens 社製 NX Ship

船体のモデリング：

- 船体全体としてモデル化。
- ブロック分割線を入力し、船殻ブロックを定義。
- 一品の部品単位まで生成。

建造シミュレーションへの接続

- 小組工程の建造シミュレーション
- 造船所の情報をBOM, BOPに束ねて生産計画に利用（シミュレーション実行）



本研究の趣旨：

- 製造現場を細かい粒度で計画，管理するためのデータ構造を整理。
⇒BOM, BOP の形式で製品情報、工程情報、設備情報のデータ構造を提案。
- データ構造のシステムの的な実装を検証。
⇒PLMシステム上に実際の建造船のモデルを作成。
- 建造シミュレーションへの接続を検証。
⇒建造シミュレータまでの一連のデータフローを整理。

今後の課題：

- 様々なCADシステムを想定した運用
- データ標準化、レファレンスモデルの策定
- 上流設計への展開。設計－製造全体のデータ連携。
- 建造シミュレータ運用の整備



国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所
海上技術安全研究所
National Maritime Research Institute

