THE UNIVERSITY OF TOKYO

資料2-1

（一財）日本船舶技術研究協会
船舶産業デジタルトランスフォーメーション・サプライチェーン最適化検討委員会 成果報告セミナー
2023年3月7日 (火) 13:30～16:30 AP 虎ノ門 + オンライン（Zoom）

製造業DXに向けた視点

- 造船業のモジュラー化によるDX -

東京大学 大学院工学系研究科
人工物工学研究センター 実践知能部門
（教育担当：システム創成学専攻／技術経営戦略学専攻）
教授 青山 和浩
aoyama@race.t.u-tokyo.ac.jp

RACE
RESEARCH INTO ARTIFACTS, CENTER FOR ENGINEERING

THE UNIVERSITY OF TOKYO

自己紹介：青山和浩

58歳（1963年生）出身：愛知県豊田市
1989年　東京大学大学院 工学系研究科 修士課程修了（船舶海洋工学専攻）
　　三菱重工（株）入社（横浜製作所）LNG地下タンク設計
1990年　東京大学 助手
1996年　博士号取得（工学）東京大学より
　　専任講師：東京大学大学院 工学系研究科（船舶海洋工学専攻）
1997年　助教授：東京大学大学院 工学系研究科（環境海洋工学専攻）
2007年　教授：東京大学大学院 工学系研究科（環境海洋工学専攻）
現在　東京大学大学院 工学系研究科 人工物工学研究センター 教授
　　大学院担当：工学系研究科 システム創成学専攻／技術経営戦略学専攻
　　学部担当：工学部システム創成学科 知能社会システムコース

専門分野：システム工学，設計工学，生産工学，溶接工学など
　　東京大学運動会 ラグビー部 部長（2000年より） and 監督（2018年より）
主な学協会活動（話題に関係する主なもの）
　　システムイノベーションセンター 理事，学術協議会　主査（システム）
　　日本機械学会 設計工学・システム部門　元部門長（設計・システム）
　　日本溶接協会 船舶・鉄構海洋構造物部会 溶接施工委員会 委員長（溶接）
　　日本船舶海洋工学会 情報技術研究会，建造革新研究会 会長など（造船）
　　日本学術振興会 システムデザイン・インテグレーション 第177委員会 委員長（システム）
　　日本デザイン振興会 グッドデザイン賞審査員（2015,16,17）（デザイン）

RACE
RESEARCH INTO ARTIFACTS, CENTER FOR ENGINEERING

SYSTEMSINNOVATION

SYSTEMS INNOVATION
東京大学工学部 システム創成学科

自己紹介：人工物工学研究センター

THE UNIVERSITY OF TOKYO

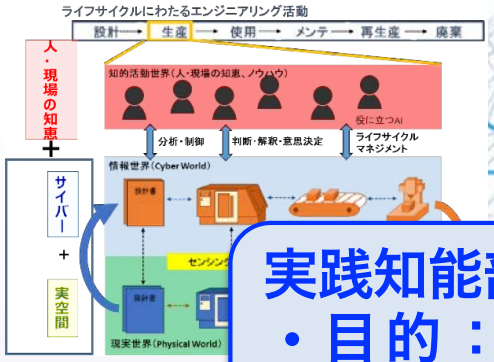
RACE: 人工物工学研究センター（2019.4 - ）

教育
人材育成

社会実装
産学官協創

RESEARCH INTO ARTIFACTS, CENTER FOR ENGINEERING
東京大学大学院工学系研究科
人工物工学研究センター

実践知能
人工知能をはじめとする
知能化技術の
理論と実践の融合

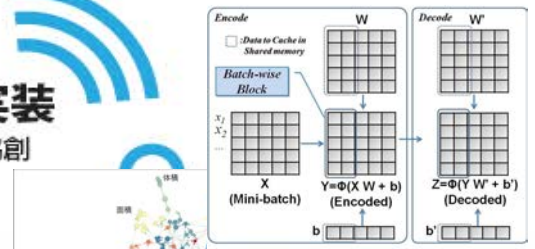


デジタルト
おける新し

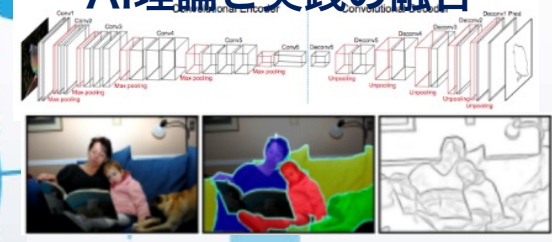
梅田靖(P)，
沖田泰

-デジタル
-モノサー
エコシステム設計

実践知能部門（HPより）
- 目的：生産システム設計や技能抽出・教育システム設計等を遂行する，出口を指向したAI（実践知能）を用いた新しい社会実装技術の確立
- 方法論：情報システムの循環設計を中心に据えた研究開発



AI理論と実践の融合



青山和浩(P)，松尾豊(P)，
白藤翔平(A)

-出口指向AI
-情報システムの循環設計

太田順(P)，今水寛(P兼)，
大竹豊(AP)

基礎研究
新 AI、ロボティクス、シス

-人の人工物認知過程
-人に資する人工物つくり

人の認知機構測定と
人工物設計支援

キャビンアテンダントの
スキル学習支援

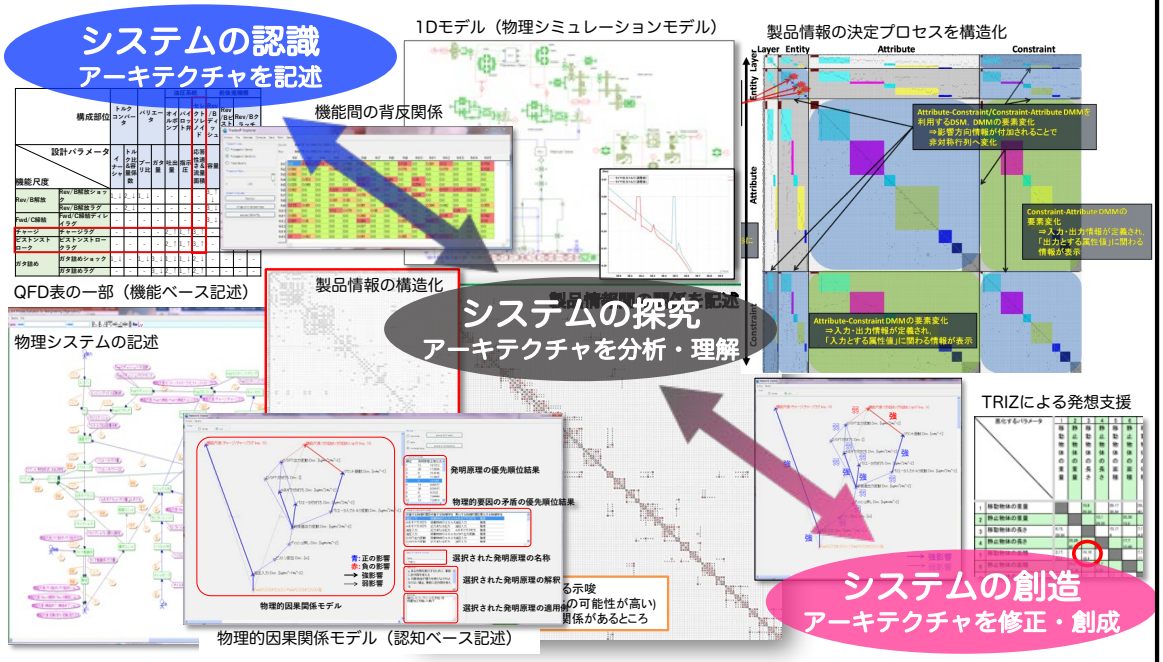
自己紹介：研究の基本方針

THE UNIVERSITY OF TOKYO

System Architecture の記述と分析による問題の理解と解決

研究室で実践する問題解決のアプローチ

- System Architecture を記述する：システムの認識
  - システムの構成要素と要素間の関係性を抽出，モデル記述，QFD，DSM，MDM，テキストマイニング，データマイニング
- System Architecture を理解する：システムの探求
  - 構造分析，システムの構造を分析し，問題点を抽出，背反構造，因果構造 の抽出
- System Architecture を創成する：システムの創造
  - Mass Customization, Module Design, Platform Design, Architecture Design, Process Design, Project Management, Resource Management



研究テーマの例：社会連携講座を中心としたプロジェクト

- サスティナブルなヒューマンセントリック次世代ものづくり：トヨタ自動車 社会連携講座（2020.5-2023.4）
  人の知・技術・技能を高度にデジタル化した新たな産業基盤となる情報システム基盤を構築し，持続可能な人中心型次世代ものづくりのコアとなる技術を創出
- システムアーキテクチャを用いた経年優化する都市の構造化：三井不動産 社会連携講座（2020.5-2023.4）
  システムアーキテクチャを用いて経験優化する都市や地域を構造化．経年優化する都市や地域の構成要素の抽出．システムアーキテクチャを用いた構成要素間の対応関係の整理
- 次世代ものづくりアーキテクチャ（2021.7- ）ダイキン工業株式会社 社会連携講座（2021.7-2025.6）
  エンジニアリングチェーン,サプライチェーンを包含する,次世代新規設置の場合のものづくりアーキテクチャの在り方の提案、および、実現方法論、技術の研究
- 海事デジタルエンジニアリング 社会連携講座（2022.10-2027.9）
  次世代のサステナブルな海上物流を構築するためのシミュレーション共通基盤（モデルベース開発：MBDとモデルベース・システムズエンジニアリング：MBSE の実行環境）の開発，構築
- 物流センシングによる社会システムの創成（2020.8- ）
  社会システムの多様な「流れ： モノ，カネ，情報 」を詳細かつ正確に把握することによって，持続可能な社会システムを構築するために必要なデッドロックを解消．新しいGlobal Supply Chain Management：G-SCMの創成

TOYOTA　三井不動産 MITSUI FUDOSAN　DAIKIN　MODE

System Architecture の記述と分析

THE UNIVERSITY OF TOKYO

システムの認識
アーキテクチャを記述

QFD表の一部（機能ベース記述）

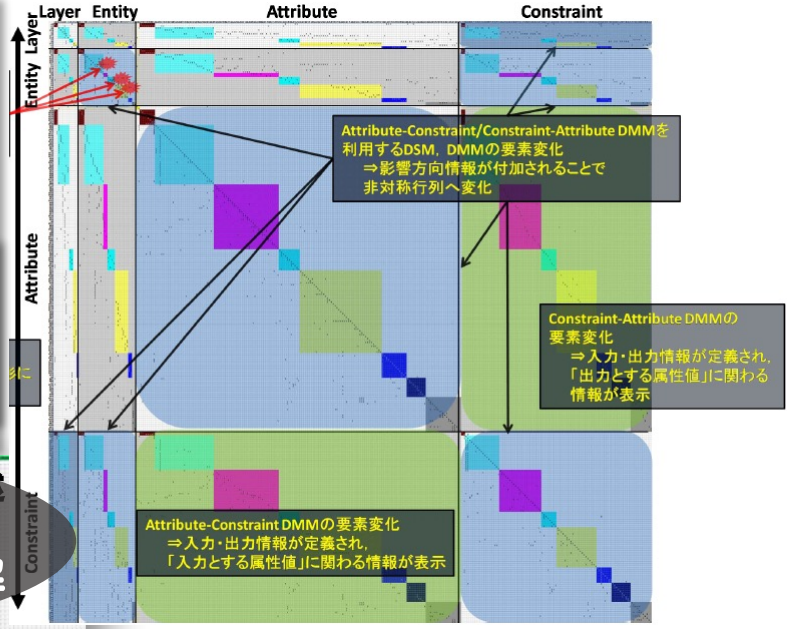
構成部位		トルクコンバータ		バリエータ		油圧系統				前後進機構		
設計パラメータ / 機能尺度		インナーシャ	トルク比&容量係数	プーリ比	ガタ量	オイルポンプ吐出量	パイロット弁指示圧	ソレノイドバルブ応答性さ&流量面積	Rev/Bディッシュ容量	Rev/Bピストン	Rev/Bクラッチ
Rev/B解放	Rev/B解放ショック	1_↓	2_↓	1_↓	-	-	-	-	3_↑		
	Rev/B解放ラグ	-	2_↓	-	-	-	-	-	3_↓		
Fwd/C締結	Fwd/C締結ディレイラグ	-	-	-	-	-	-	-	3_↓		
チャージ	チャージラグ	-	-	-	-	2_↑	1_↑	3_↑	-		
ビストンストローク	ビストンストロークラグ	-	-	-	-	2_↑	1_↑	3_↑	-		
ガタ詰め	ガタ詰めショック	1_↓	-	1_↓	3_↓	1_↓	1_↓	2_↓	-	-	-	-
	ガタ詰めラグ	-	-	-	3_↓	2_↑	1_↑	2_↑	-	-	-	-

機能間の背反関係

1Dモデル（物理シミュレーションモデル）

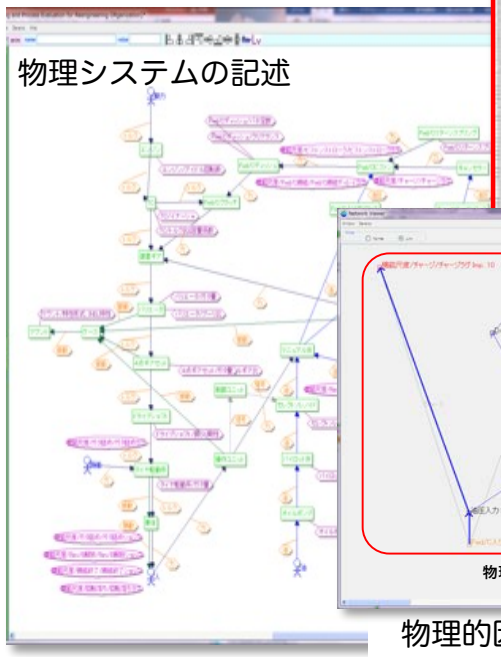
製品情報の構造化

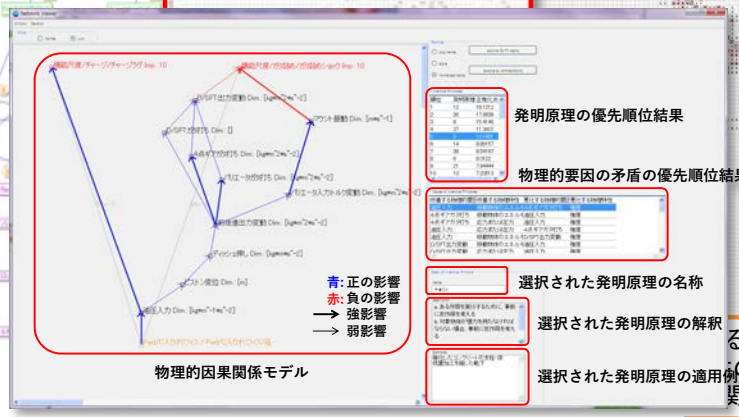
製品情報の決定プロセスを構造化



システムの探究
アーキテクチャを分析・理解

物理システムの記述





物理的因果関係モデル（認知ベース記述）

TRIZによる発想支援

システムの創造
アーキテクチャを修正・創成

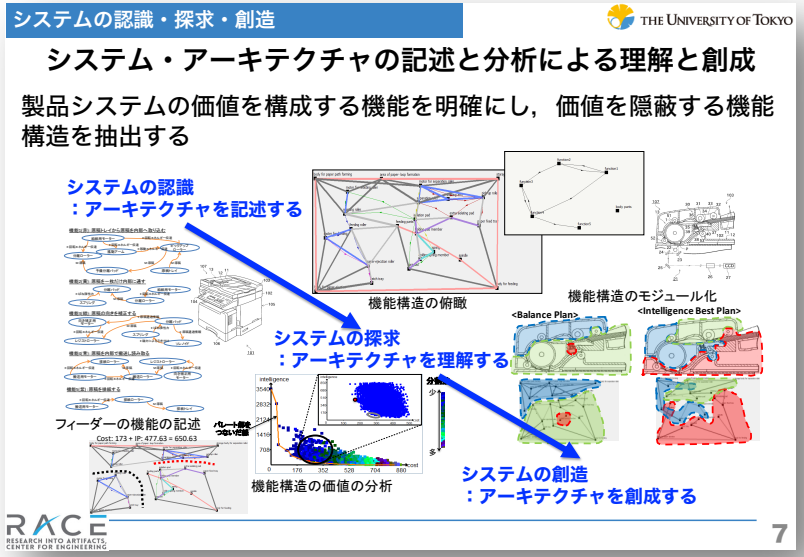
本日の話題

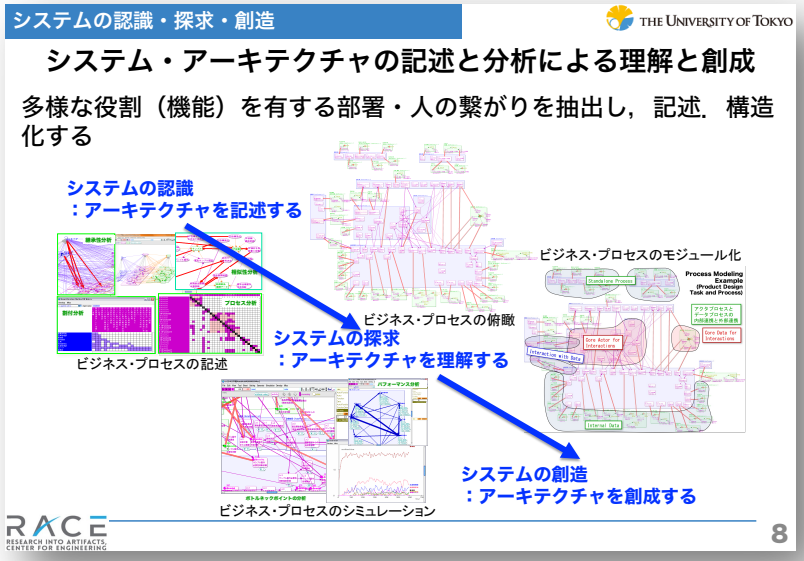
- 造船業のDX：
  - 造船CIMSが狙ったDX基盤
  - 3D-Modelを基盤とする造船業
  - 次世代造船システム構想（海技研）

- 設計上流の特徴とシステムズエンジニアリング
  - 設計の上流と下流の特徴
  - MBD/MBSEが期待される理由

- システムの多様化，複雑化とモジュラー化
  - 造船を対象としたモジュラー化に関する研究
  - 建造システムのCPSの意味

- 造船業のプラットフォーム
  - モジュラー化とプラットフォーム
  - 造船業のDXに向けての期待と課題





THE UNIVERSITY OF TOKYO

結論：造船業DX（Digital Transformation）の目的

結論：Digitization と Digitalization によってモジュラー化が進み，プラットフォームによって造船業DX: Digital Transformation が進む方向が考えられる（期待する）．

- Digitization：
  - アナログをデジタルに変換．アナログ作業の一部をデジタルに置き換えること．
- Digitalization：
  - プロセス全体の完全デジタル化．既存サービスの付加価値向上，業務の効率化．
- Digital Transformation：
  - デジタル技術による変革．経営の仕組みやビジネスプロセスを作り変えること．

モジュラー化とネットワーク化

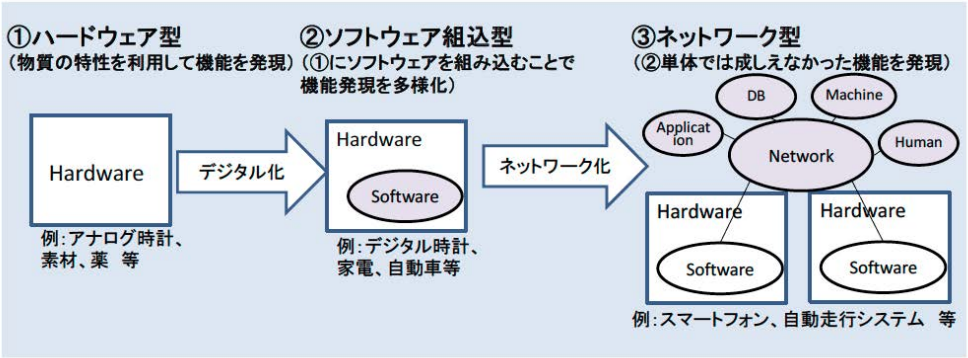


図 2-1 「もの」の変容

出典：CRDS「次世代ものづくり～基盤技術とプラットフォームの統合化戦略～」中間とりまとめ

プラットフォームとネットワーク化

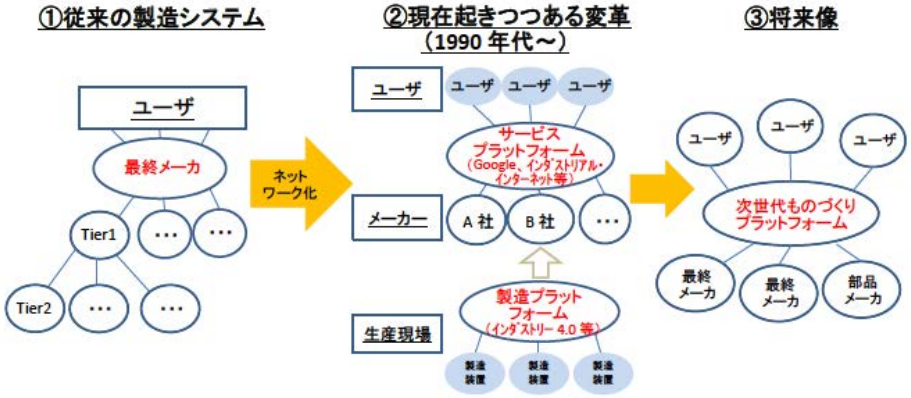


図 1-1 製造業におけるパラダイムシフト

https://www.jst.go.jp/crds/pdf/2015/SP/CRDS-FY2015-SP-01.pdf

DXと言えば，その昔 造船CIMSが．．．

THE UNIVERSITY OF TOKYO

AO 造船CIMSとDXは関係ありますか？

ChatGPTに質問しました！

はい、造船CIMSとDX（デジタルトランスフォーメーション）には密接な関係があります。

DXは、企業がデジタル技術を活用してビジネスプロセスやサービスを変革することを指します。一方、造船CIMSは、船舶建造プロセスの一元管理を実現するためにデジタル技術を活用するシステムです。つまり、造船CIMSは、DXの一環として捉えることができます。

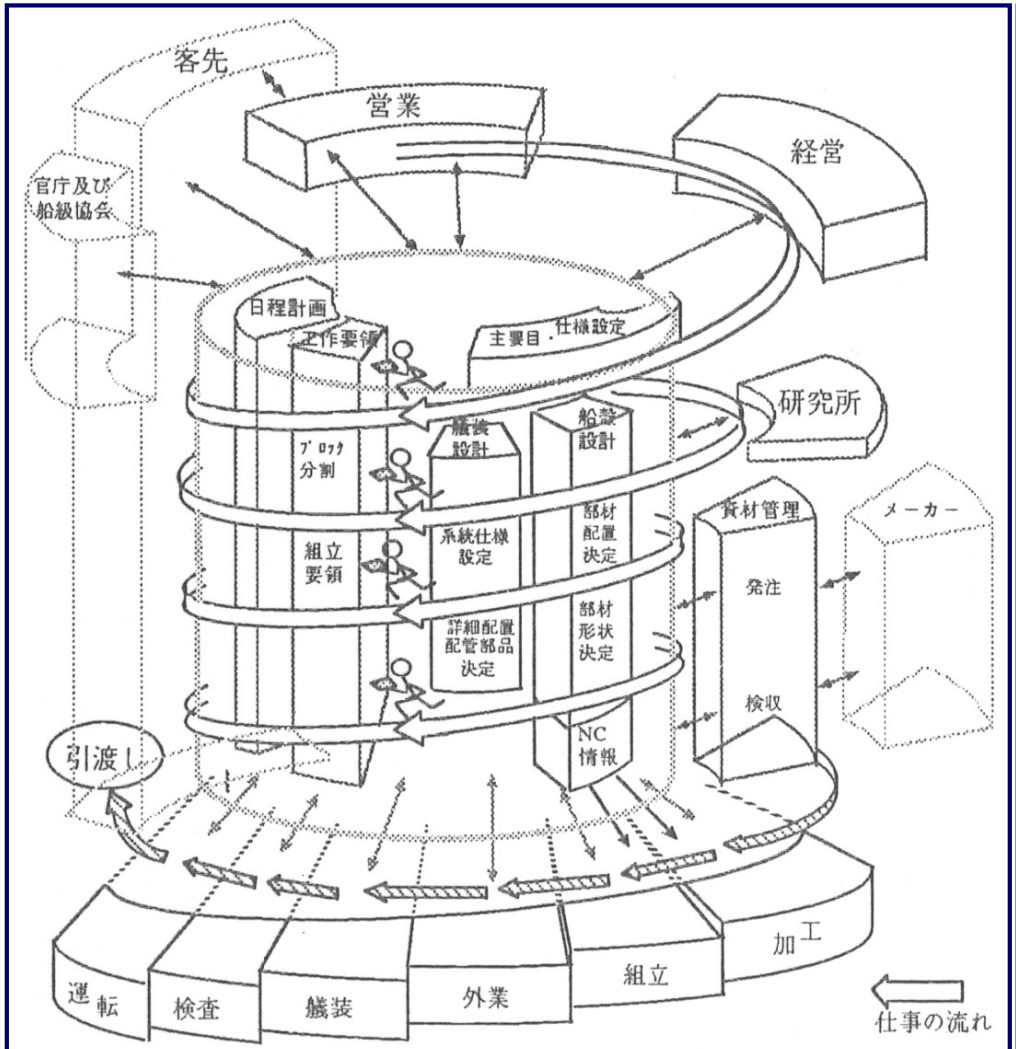
具体的には、造船CIMSによって、製造プロセスの透明性が高まり、製品の品質向上や納期の短縮など、ビジネスプロセスの効率化や改善が可能となります。また、CIMSは、ERPやPDM、MESなど、多様なシステムを統合することで、データの一元管理や可視化を実現するため、DXの観点からも重要な役割を果たします。

さらに、造船CIMSは、AIやIoTといった最新技術との連携にも対応しています。これによって、データ分析や予測保全などの高度な技術を活用し、より効率的なビジネスプロセスを実現することができます。

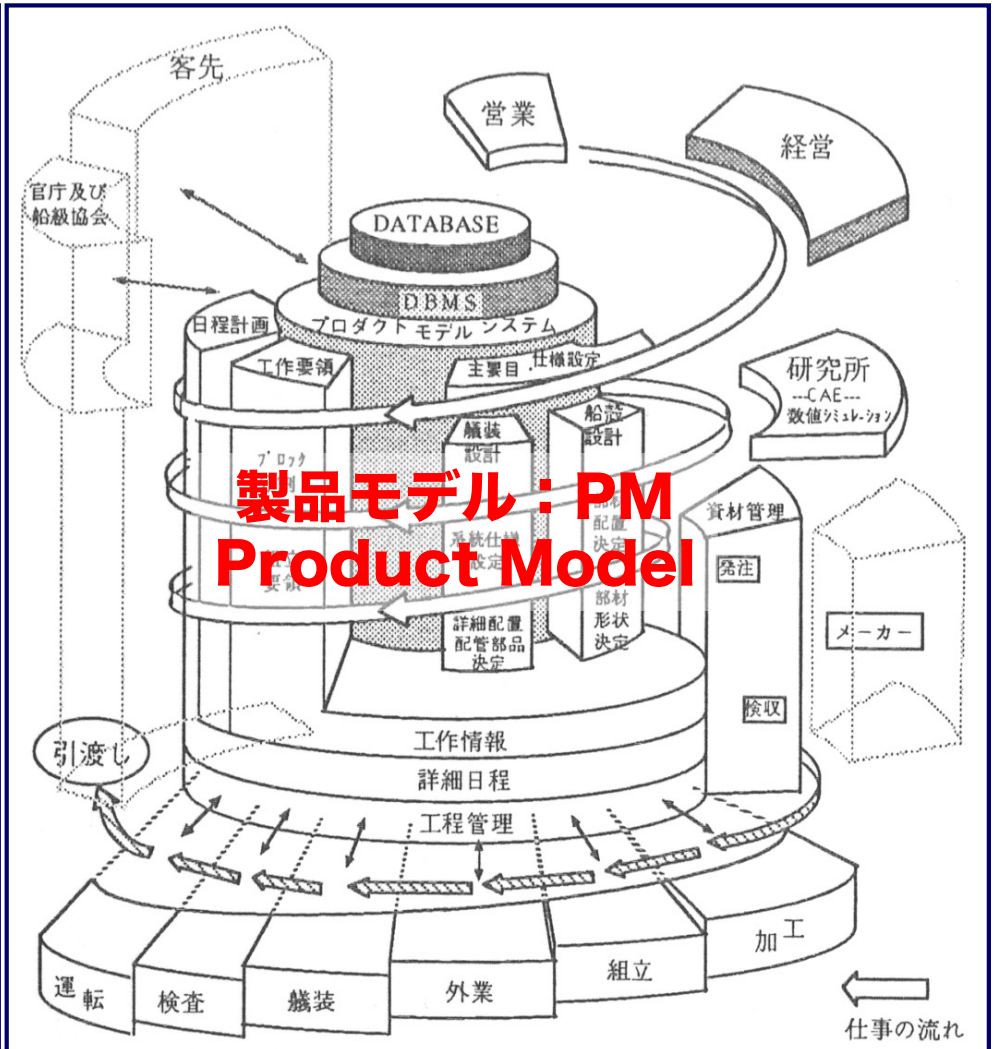
したがって、造船CIMSは、DXの観点からも非常に重要なシステムであり、デジタル技術の進化に伴って、より高度な機能や連携性を持つシステムとして進化していくことが期待されています。

THE UNIVERSITY OF TOKYO

DB/PM を中核とした情報処理の流れ



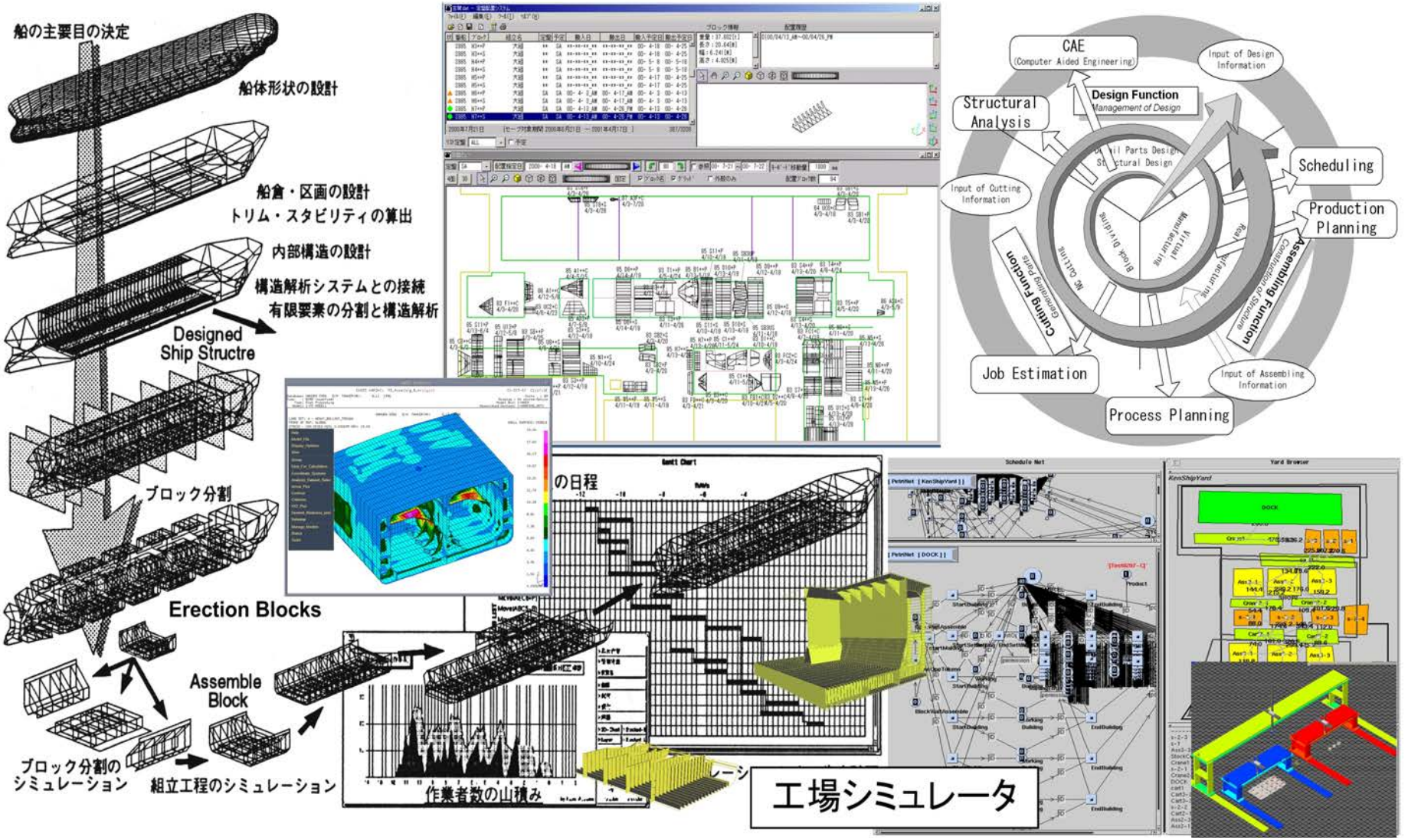
造船の業務における情報伝達



DB/PMを中核としたの情報処理の流れ

THE UNIVERSITY OF TOKYO

設計・生産活動の統合支援システム（造船システム）



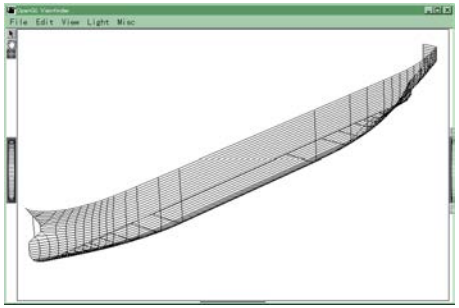
SoDAS(*S*ystem *o*f *D*esign and *A*ssembling for *S*hipbulding)

注：1993–2002　造船会社との共同研究．システムは現役，継続．

THE UNIVERSITY OF TOKYO

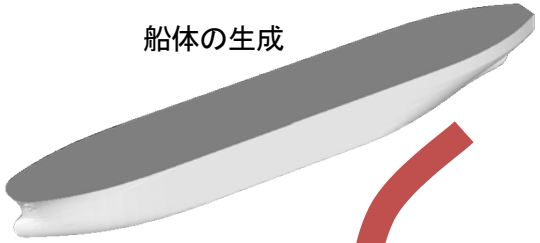
設計支援システム（VISION）の概観

2006年1月

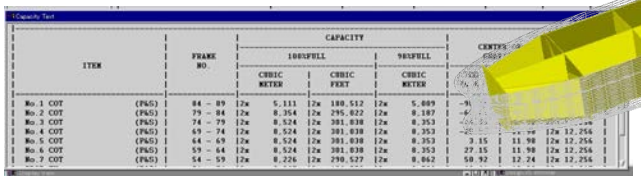


Hull Line（IGES）データの取込
タンク容積・重心の算出

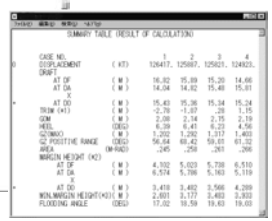
船体の生成



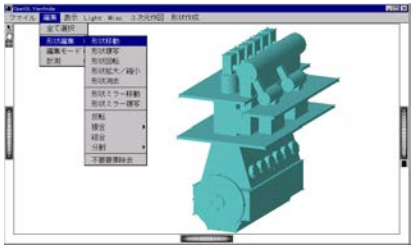
区画の設計



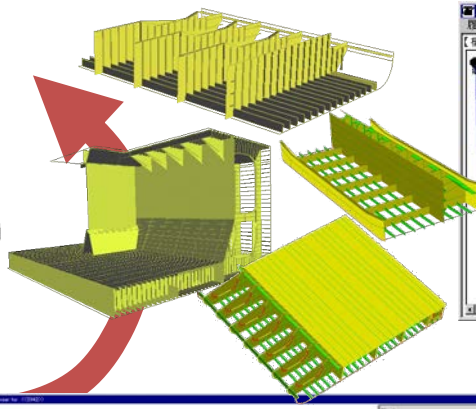
ダメージ，トリムスタビリティー
計算へのデータ提供



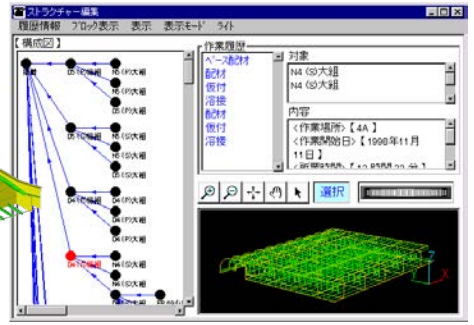
機器の配置検討

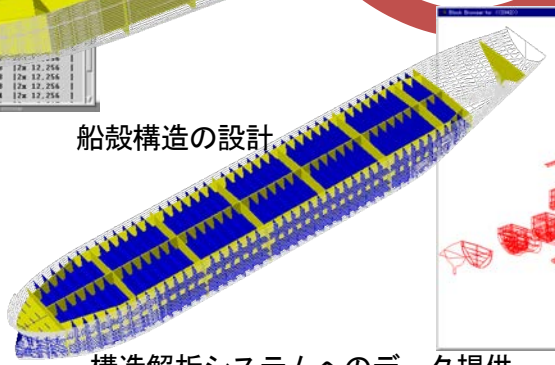


船体の組立



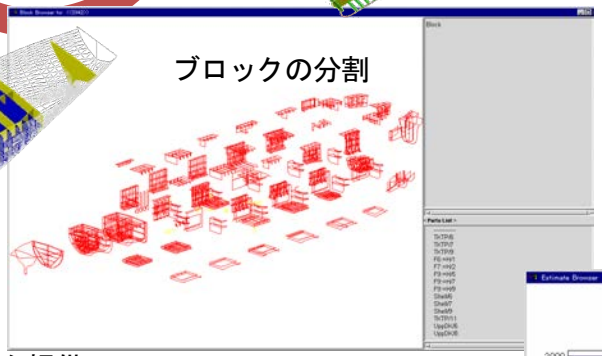
組立工程の計画



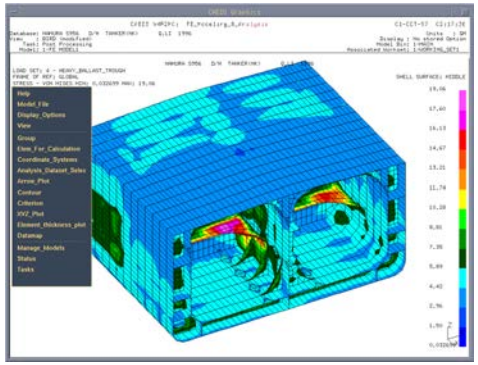


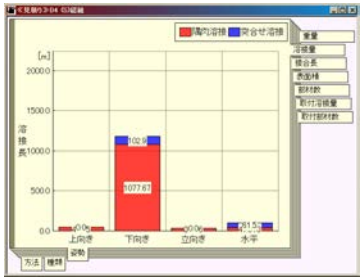
船殻構造の設計

ブロックの分割

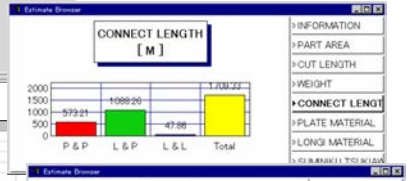


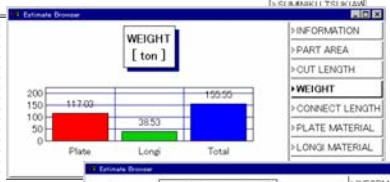
構造解析システムへのデータ提供

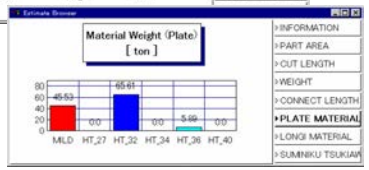




ブロック物量の算出



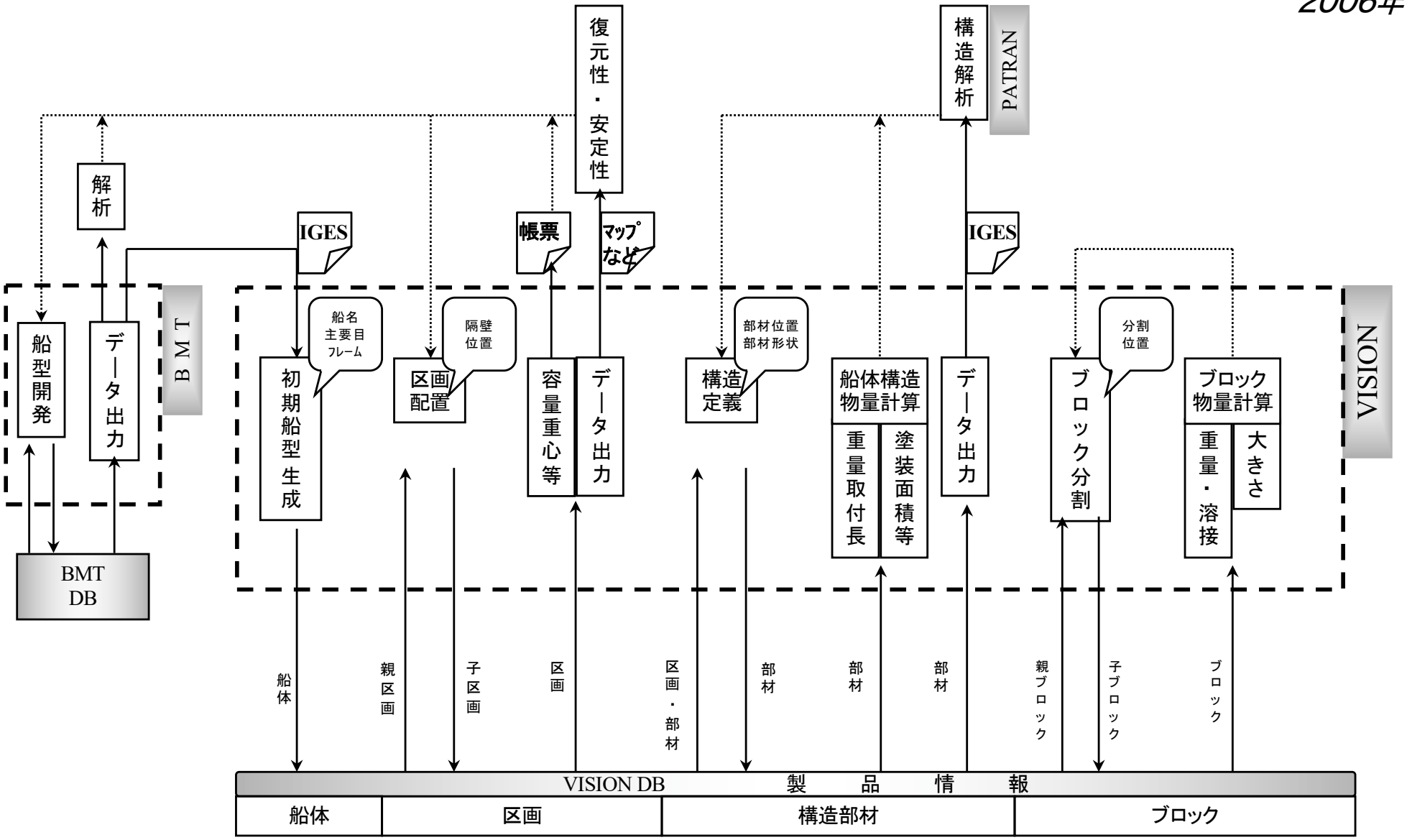




THE UNIVERSITY OF TOKYO

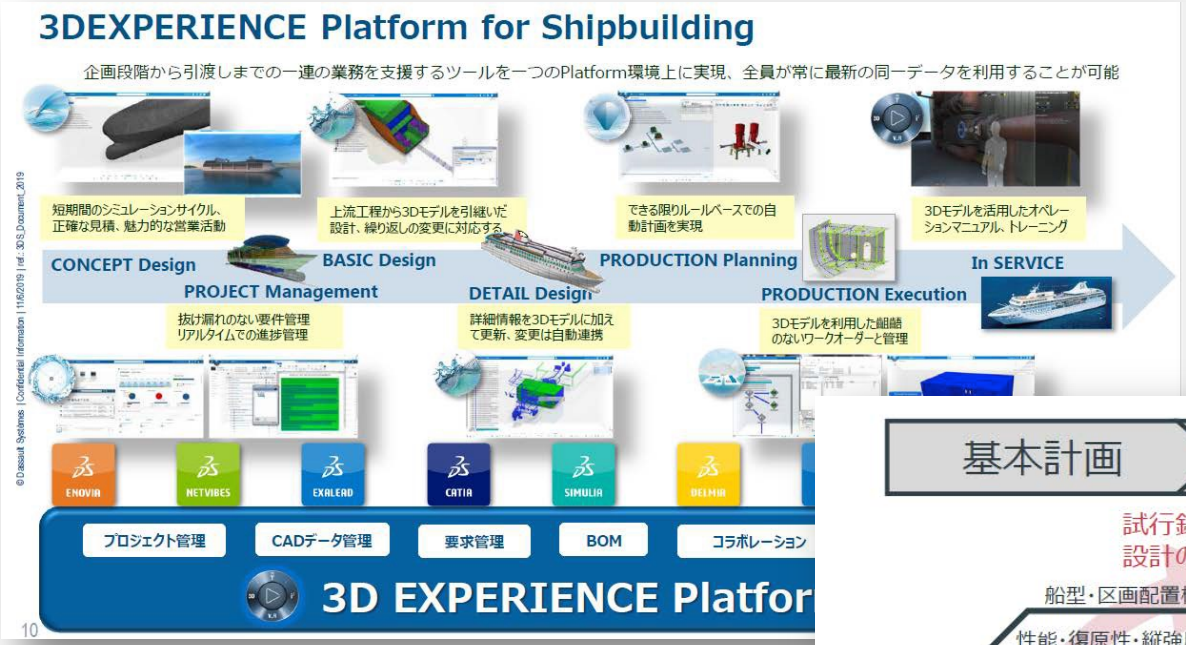
VISIONでの製品情報の定義プロセス

2006年1月

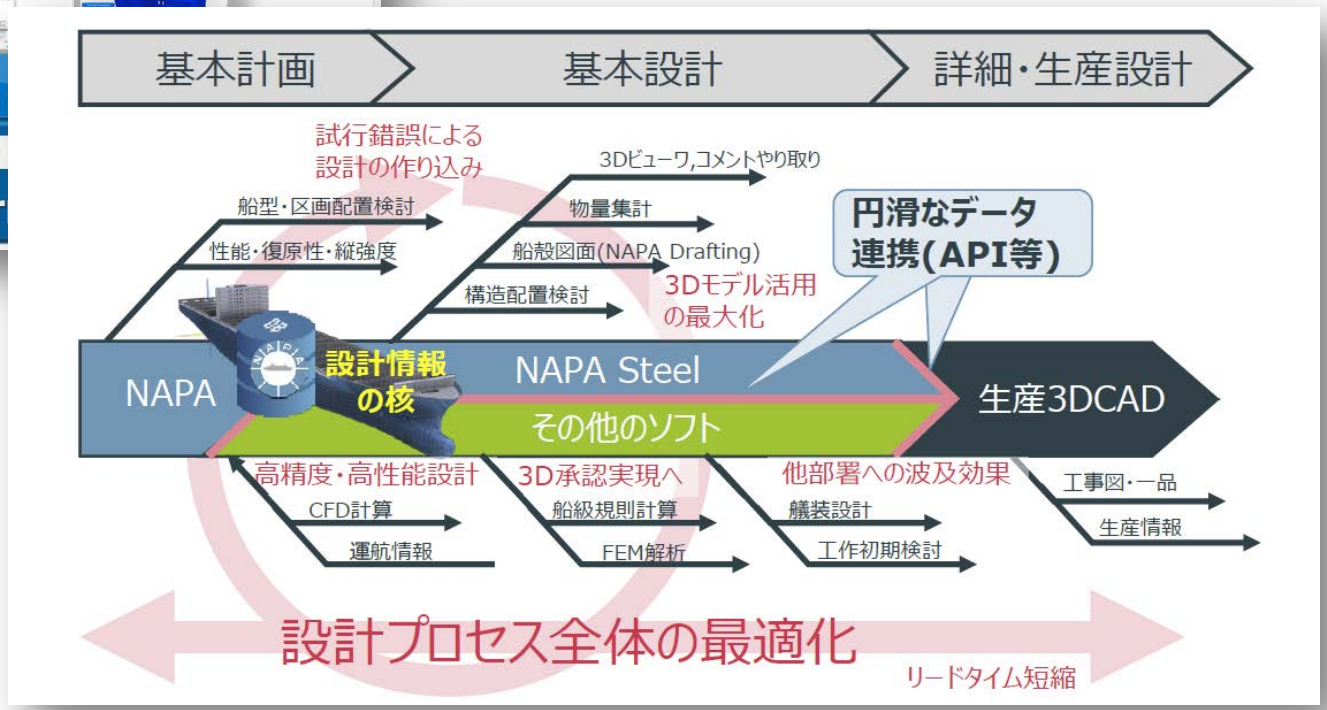


THE UNIVERSITY OF TOKYO

造船業を取り巻く現状：デジタル化を踏まえた技術革新の流れ



参考　鈴木浩道，造船プロセスを変革するDigital Continuity，第3回研究会資料

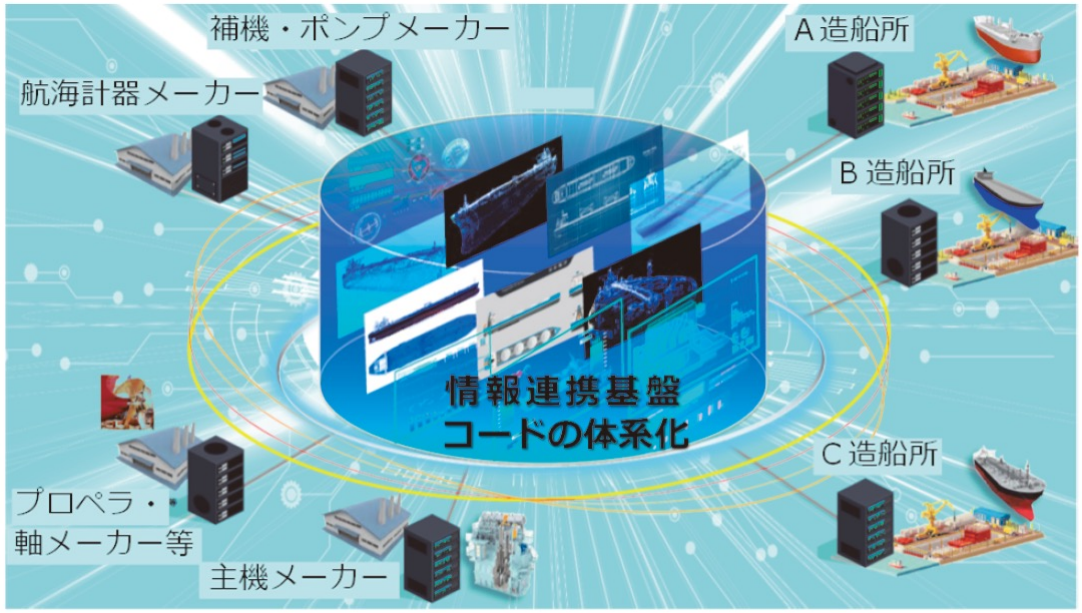


参考　益井崇好，統合化がもたらす造船設計の新たな可能性と課題，第3回研究会資料

THE UNIVERSITY OF TOKYO

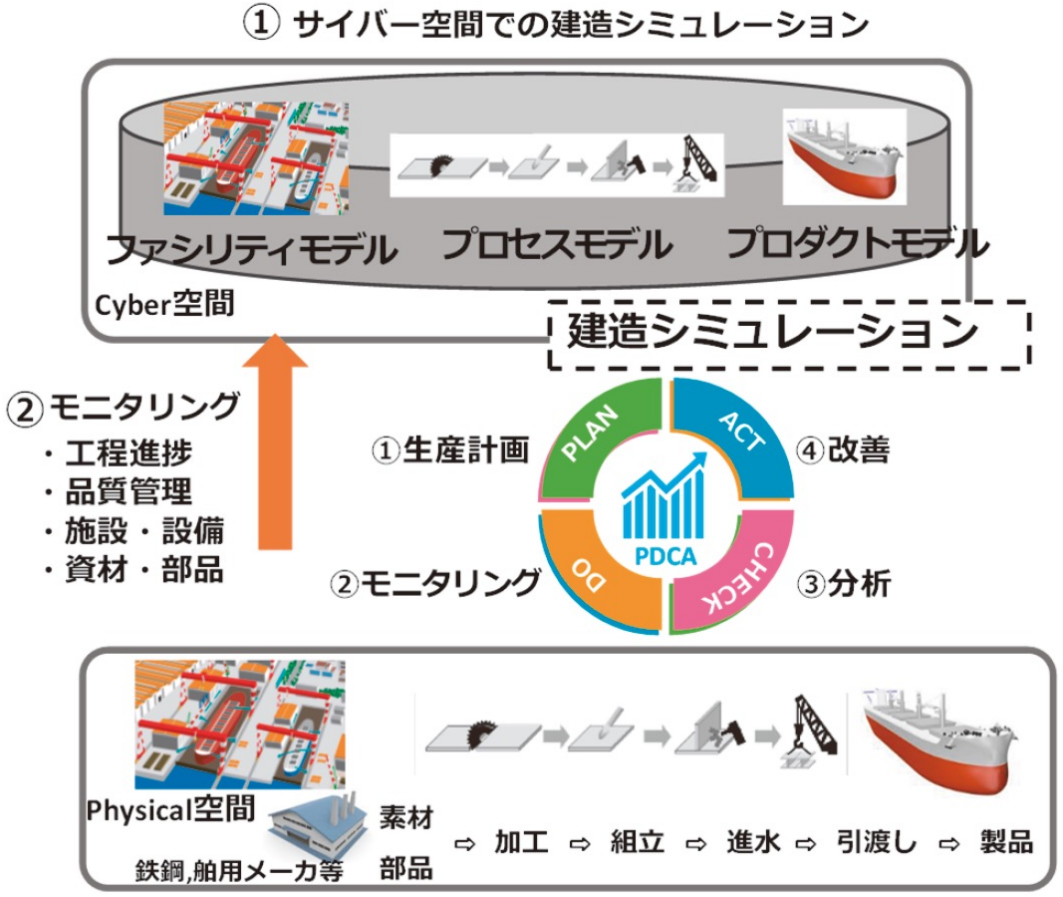
次世代造船システム構想（R02）

コスト競争力強化アライアンス体制



◆プロジェクト毎のアドホック
◆ファシリテーターを設置
◆建造計画シミュレーションによりアライアンス間での最適生産計画立案

コスト競争力強化，生産性向上工場デジタルツイン
短納期建造による国際競争力の強化

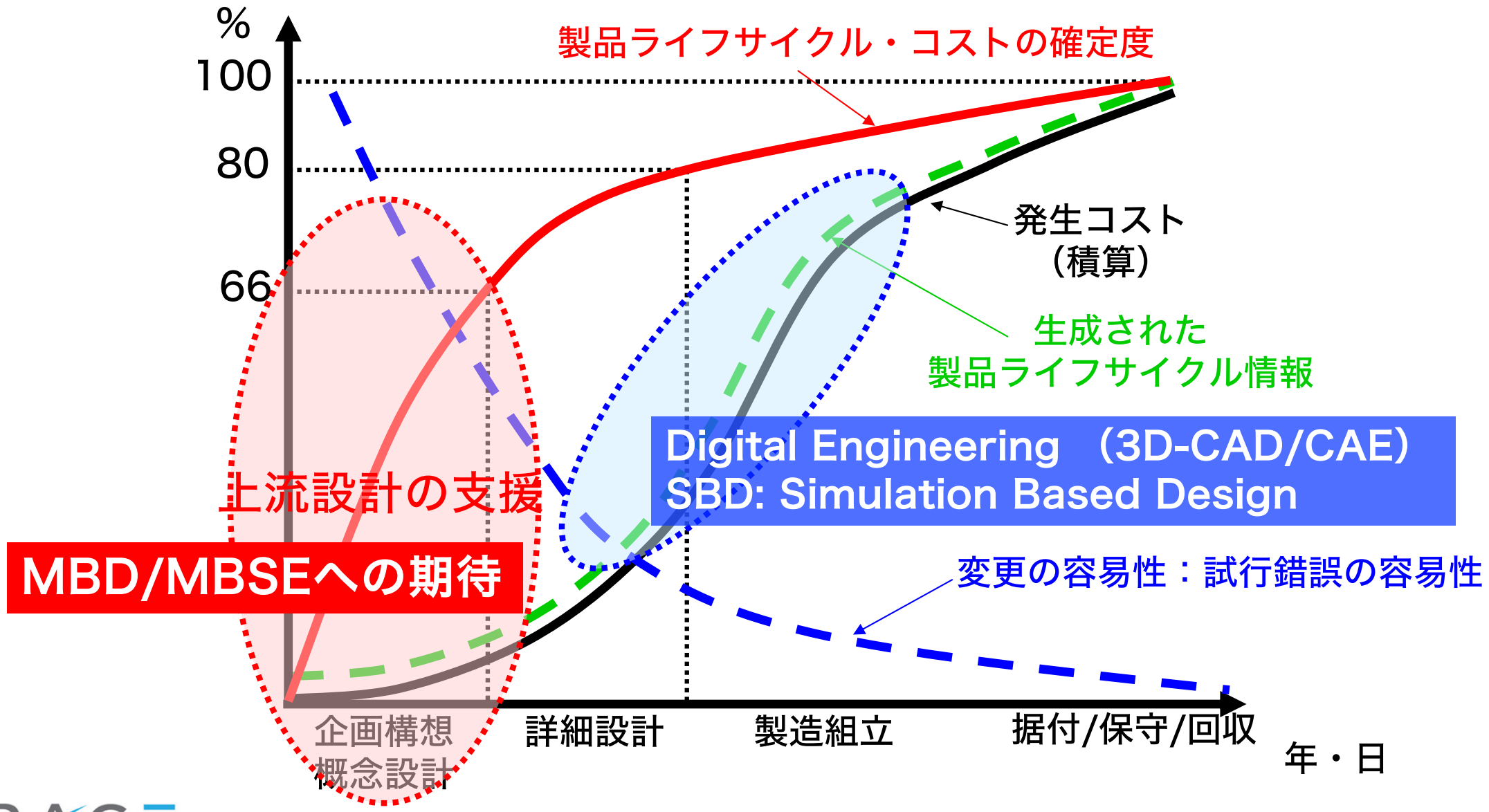


①建造シミュレーションによる計画
・初期段階における精緻，最適な生産計画コスト算出
②モニタリングによる管理
・工程進捗、品質（精度）管理
※工程遅れの早期発見による工程混乱の最小化、リスケジューリング機能による迅速なリカバリー

出典：平方，松尾，谷口，竹澤，次世代造船システムの構想，海上技術安全研究所報告　第20巻　別冊（令和2年度）　第20回研究発表会　講演集

THE UNIVERSITY OF TOKYO

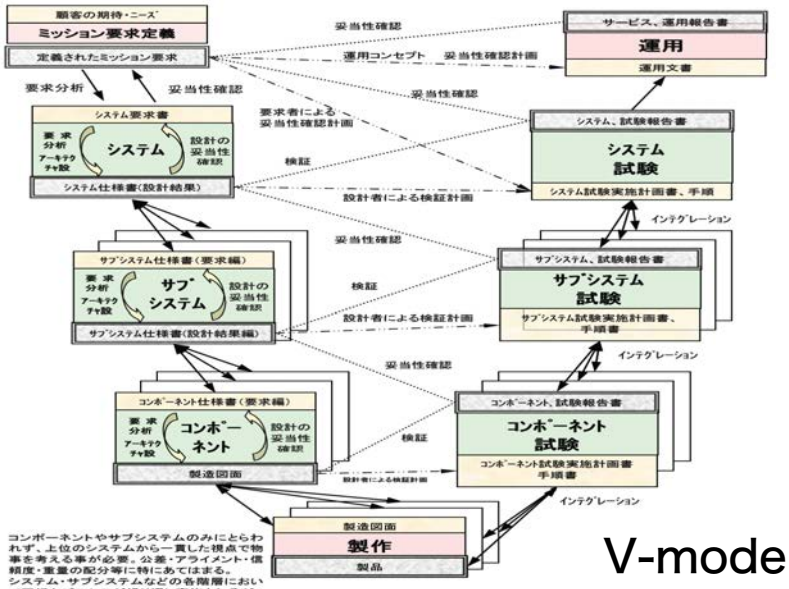
製品開発における上流設計の重要性



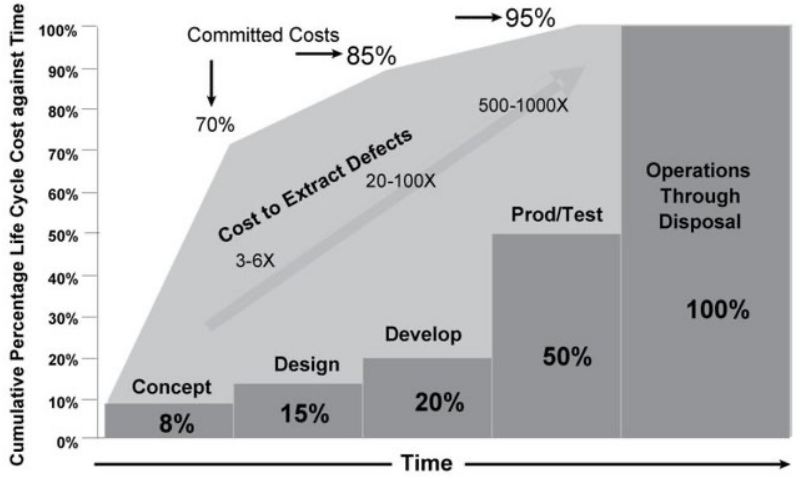
出典：大富浩一，製品開発における上流設計の重要性とその方法，東芝レビュー01 2005 VOL.60 No1

THE UNIVERSITY OF TOKYO

SE&PM：Systems Engineering と Project Management



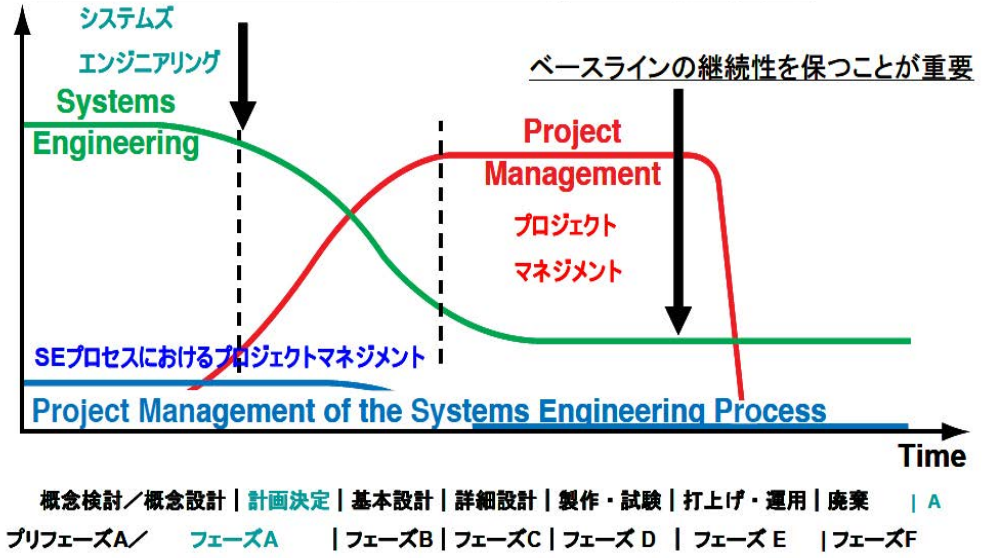
V-model



Committed Life-cycle Cost against Time

Haskins, C., ed. 2011. “Systems Engineering Handbook: A Guide for System Life Cycle Processes and Activities” Version 3.2.2 Revised by M. Krueger, D. Walden, and R. D. Hamelin. San Diego, CA (US): INCOSE.

- システムとは、ある目的を達成するために組織化された機能要素の集合であり、組織化により単なる要素和以上の特性を発揮するもの
- システムズエンジニアリングは、このようなシステムの目的（ミッション要求）を実現するための工学的方法論（及び、その一連の活動）である



出典：Advisory Commission for Mission Success, November 10, 2004

プロジェクトにおけるライフサイクルと作業量の関係

THE UNIVERSITY OF TOKYO

設計で期待する問題解決能力

設計（上流）

解くべき問題を定義する能力

設計（上流）での問題を定義する能力の高度

- 製品全ライフサイクルに亘る情報共有，製品設計開発段階において、ライフサイクル全体に亘る諸要因
  - 製品情報モデルには，製品全ライフサイクル（設計上流から詳細，製造，保守）に亘って，製品に関係する様々な情報を可能な限り記述，管理できること．
- クリティカルポイントの的確な予測，把握
  - 記述された情報には，関係する情報間に意味的な関係（依存関係，影響関係なども）が記述され，情報間の影響関係が把握できること．
  - 意味的な関係は，設計思想を表現する情報，情報の決定順序を示す情報，優先順序を示す情報なども含む

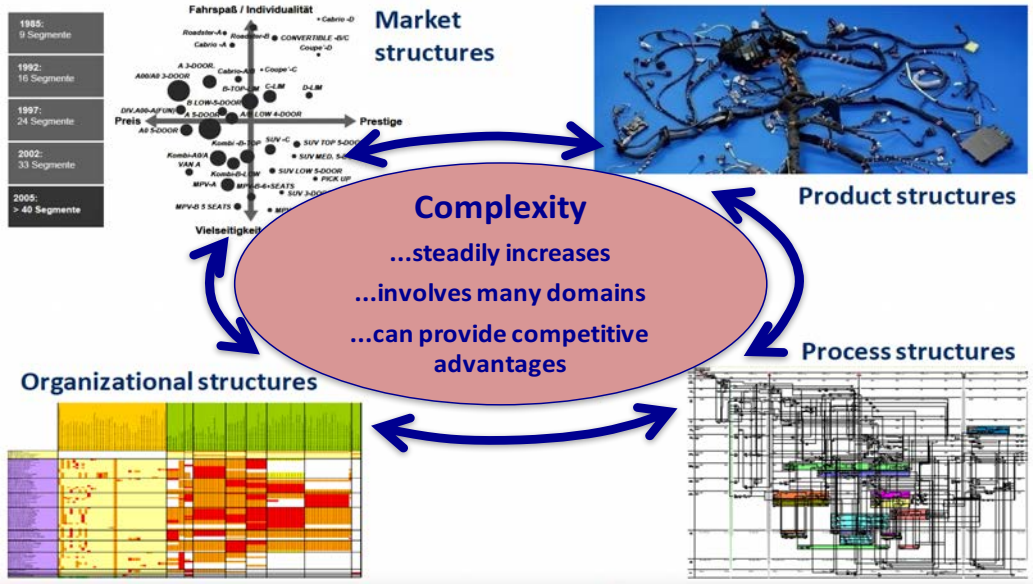
設計の組織化とマネジメント

- Systems Engineering と Project Management
- 設計の組織化：Systems Engineering
  - 組織：システム，アーキテクチャ
  - 組織化：アーキテクティング（アーキテクチャの設計）
  - モジュール化，プラットフォーム化
- 設計の構成要素：設計で考慮する要素
  - 製品（要求，性能，機能，実体，属性）
  - 市場（顧客要求），設計組織（人，部署），工場（リソース），環境（SDGs）
- マネジメント：Project Management
  - プロセス，手戻り：優先順序，意思決定の順序
  - 割当て：タスクの割当て
  - 配分：WBS(Work Breakdown Structure)

THE UNIVERSITY OF TOKYO

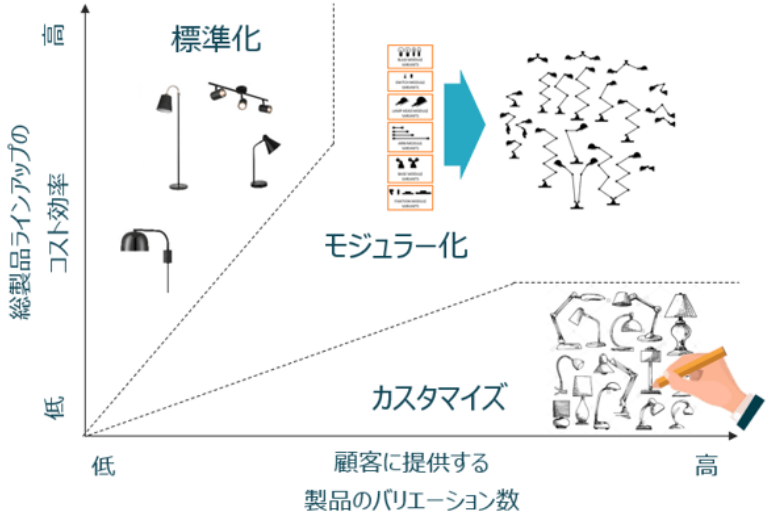
製造システムの多様化，複雑化への対応：モジュラー化

市場―製品―プロセス―組織の多様化，複雑化

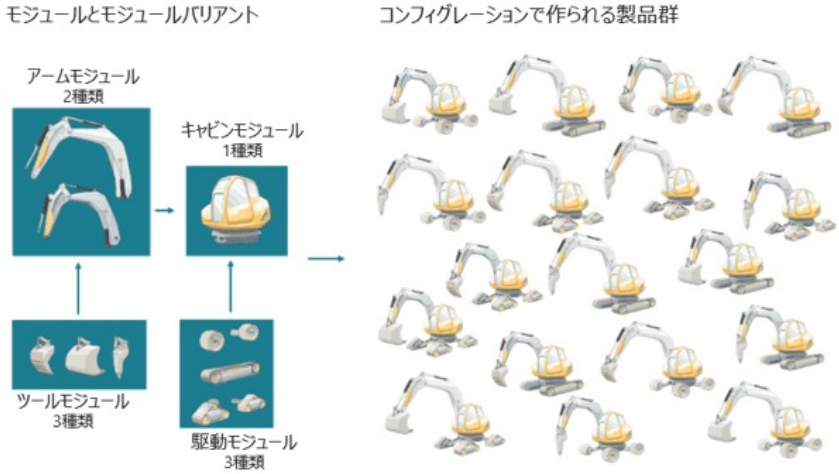


Increasing of Complexity in product development

多様化，複雑化への対応策



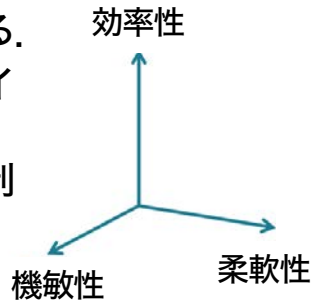
モジュールによる多様化，複雑化への対応



https://www.modularmanagement.com/ja/

製造システムに対する要件：価値指標

- 効率性：安定性とスケールメリットを両立させる.
- 柔軟性：顧客のニーズに合わせたマスカスタマイゼーションを可能にする.
- 機敏性：新しい要件や技術に対して迅速かつ統制のとれた変更を可能にする.



THE UNIVERSITY OF TOKYO

モジュラー化の概要

製品プラットフォームの要件

顧客ニーズの多様化に対応した機能を実現する部品属性のバリエーションを持ち、共通化・共有化したモジュールから構成された製品アーキテクチャーであり、これを製品戦略に従って設計、管理運用できる

モジュラー化

製品を構成する一部の部分を他の部分からは独立させて定義することにより，その部分についての設計や生産などのプロセスを他からは分離して進めることができるようにすること.

部品単位からモジュール単位へ

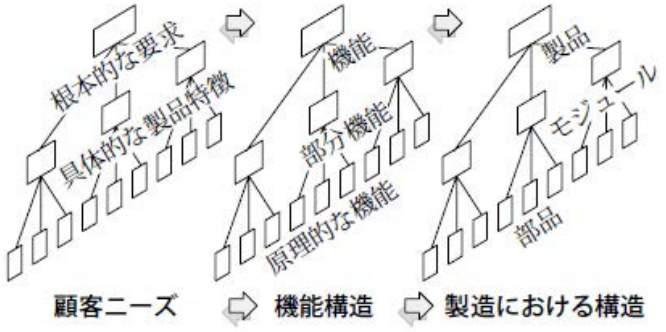
共通化・共有化

モジュラー化のもとで独立性が高くなった部分を異る製品種の間で共通的に使用すること.

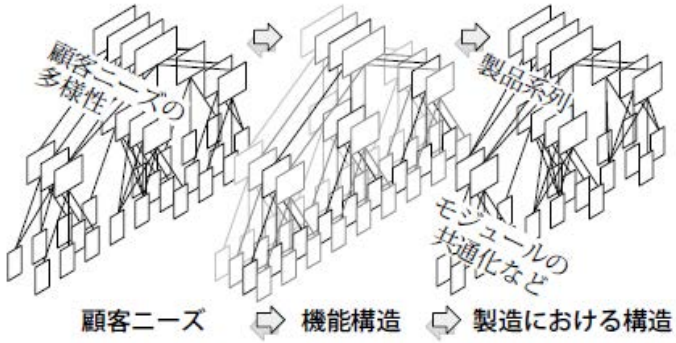
期待効果は、DfXのXに相当

- 各種のコスト削減
- 開発期間短縮
- 環境対応
- 保守性・・・・・・

重要：モジュラー化の効用を把握

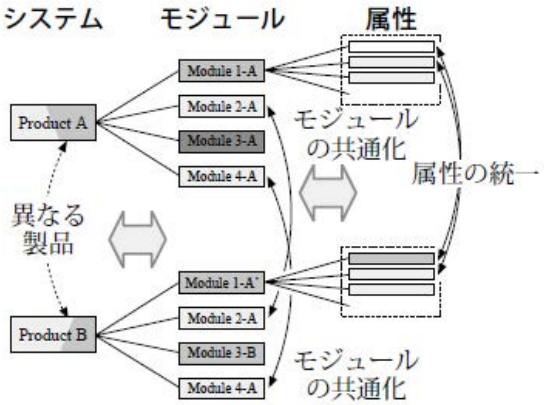


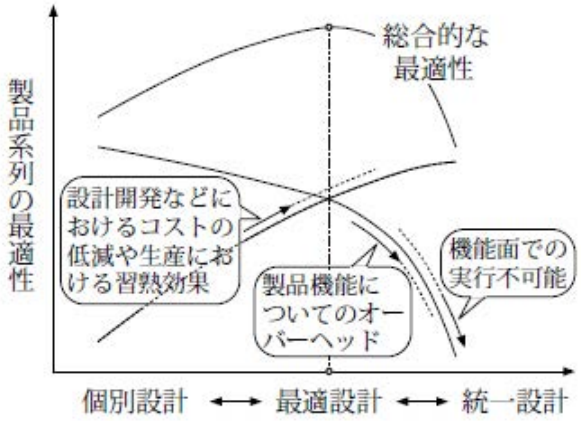
(a) 単一の製品の設計



(b) 複数の製品の設計

製品アーキテクチャーの概念

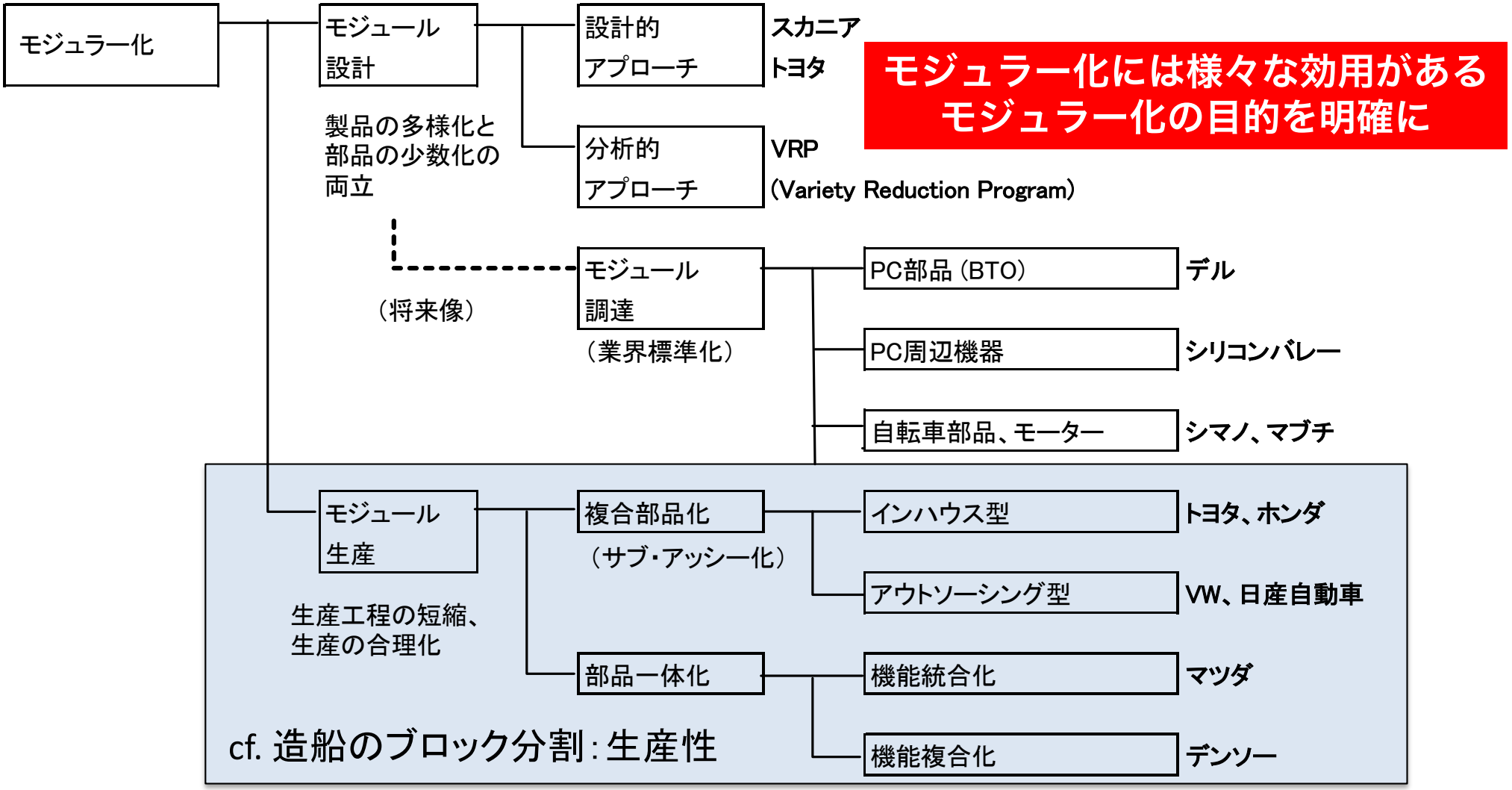




藤田喜久雄「プロダクトアーキテクチャデザイン」に加筆

THE UNIVERSITY OF TOKYO

モジュラー化の分類



モジュラー化には様々な効用がある
モジュラー化の目的を明確に

(出所) 日野三十四

THE UNIVERSITY OF TOKYO

機関室のモジュール設計の流れ（20年前の研究）

機関室の設計・モデル化

機関室の
統合モデル提案

モジュールへ切り分け

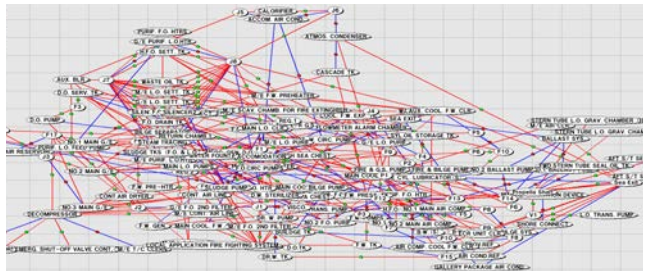
繰り
返し

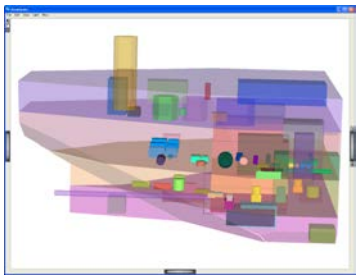
機関室モデルを分割し，
モジュール化案を生成

モジュールの評価

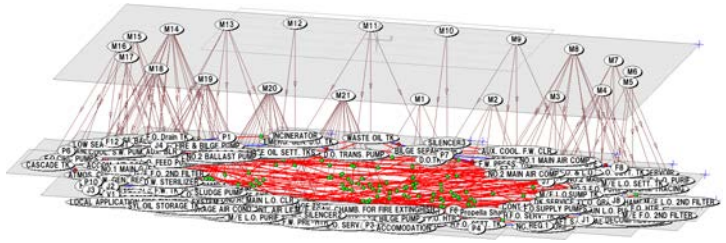
設計品質，製造品質，使用品質
の観点から切り分け案を評価

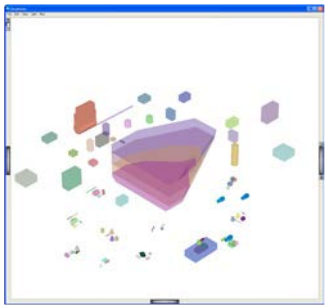
機関室モデル（ネットワーク）



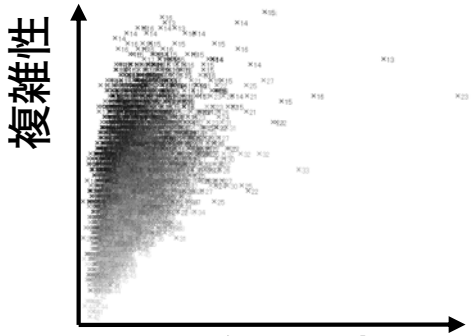


機関室を切断，モジュール化

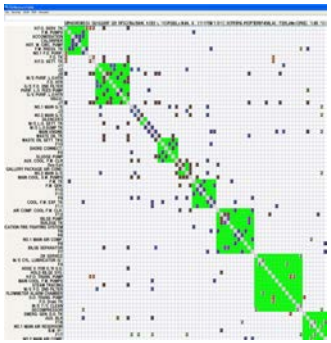




チャート分析



マトリクス分析



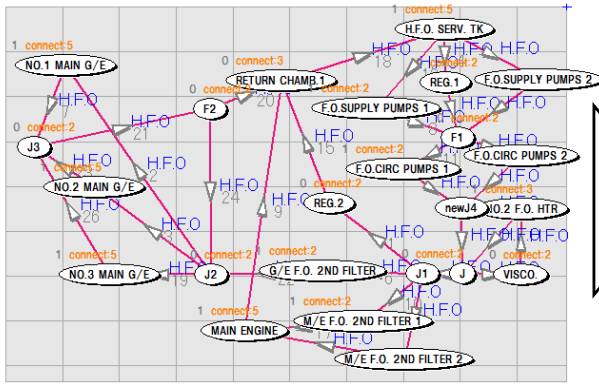
THE UNIVERSITY OF TOKYO

得られた知見：システムのモデル化の重要性

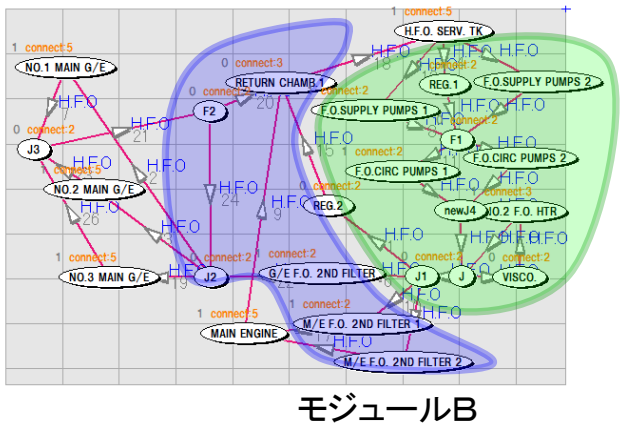
- 機関室の設計を支援するシステムを構築
  - 系統図，大まかな配置，相性の設計が可能
- モジュール分割の支援システムを構築
  - モジュールの分割と評価，依存関係の可視化が可能
  - 機能が完結しており，検査が容易なモジュールが得られた

3Dモデルは重要であるが，機関システムのネットワークとマトリクスによるモデルが重要

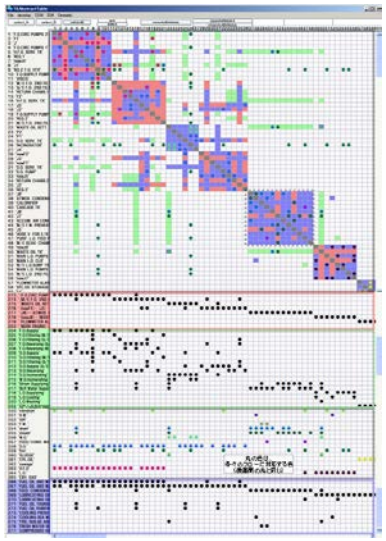
1.初期設計情報の入力
（系統図など）



2.モジュール分割案
の入力 or 探索



3.依存関係の可視化



→機能・コストの観点から評価

改良案の検討のための
情報獲得支援

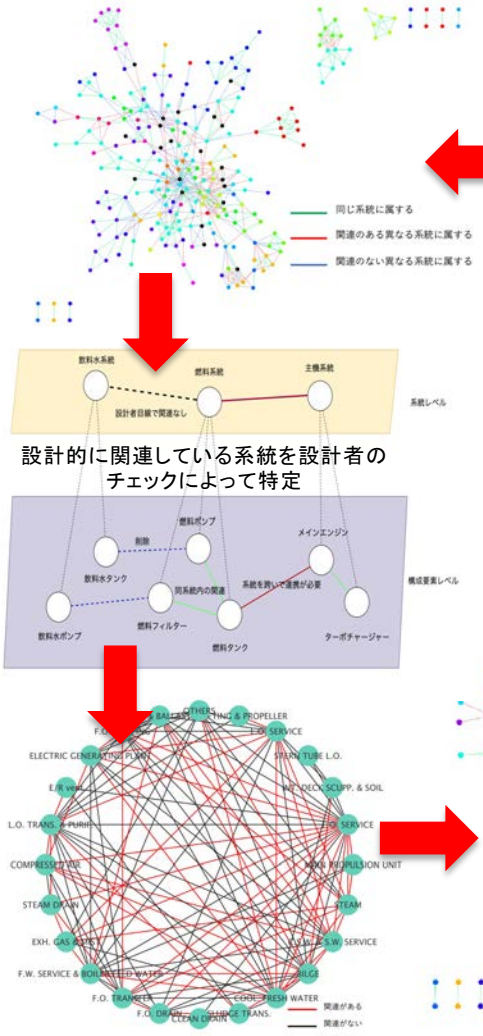
船舶機関室のシステム情報の獲得

THE UNIVERSITY OF TOKYO

設計仕様の関連性分析による設計情報の構造化と仕様変更の支援

63, 000Mt BULK CARRIERシリーズの仕様書
構成要素の諸元単位で記述．機装部分 114隻分 770項目
機装/電装/船装混合部分の一部 30隻分 367項目

構成要素	属性A	SK148	SK151	sk156	SK160	SK211	SZ518
Main Generator Engine	メーカー	DAIHATSU	DAIHATSU	DAIHATSU	DAIHATSU	DAIHATSU	DAIHATSU
Main Engine	型式	6S50ME-C9.6-HPSCR	6S50ME-C9.6	6S50ME-C9.6	6S50ME-C9.6-HPSCR	6S50ME-B9.3	6S50ME-B9.3
Main Generator	出力	700	700	600	700	750	750
Main Generator	モーター出力	560	560	480	560	600	600
Particulars of generator	Rated output	700kVA(560KW)	700kVA(560KW)	600kVA(480kW)	700kVA(560KW)	750kVA(600KW)	750kVA(600KW)
Auxiliary Condenser	Local Name	Auxiliary Condenser	Auxiliary Condenser	Auxiliary Condenser	Auxiliary Condenser	Auxiliary Drain Condenser	Auxiliary Drain Condenser
Control Air Dryer	No. of Set	1	1	1	1	2	2
D/G F.O. 2nd Filter	Local Name	D/G F.O. 2nd Filter	D/G F.O. 2nd Filter	D/G F.O. 2nd Filter	D/G F.O. 2nd Filter	D/G F.O. 3rd Filter	D/G F.O. 3rd Filter
D/G F.O. 2nd Filter	Capacity	1.6	1.6	1.6	1.6	2	2
D/G F.O. 2nd Filter	型式	KBFE2VAZS-W10	KBFE2VAZS-W10	KBFE2VAZS-W10	KBFE2VAZS-W10	NHFS-25MB-2	NHFS-25MB-2
Diesel Gene. Fuel Oil Heater	Outlet Temp.	140	140	140	140	145	145
Ejector Pump	Capacity	18	18	18	18	26	26
Emergency Generator	出力	90	90	90	90	120	120
Emergency Generator	モーター出力	72	72	72	72	96	96

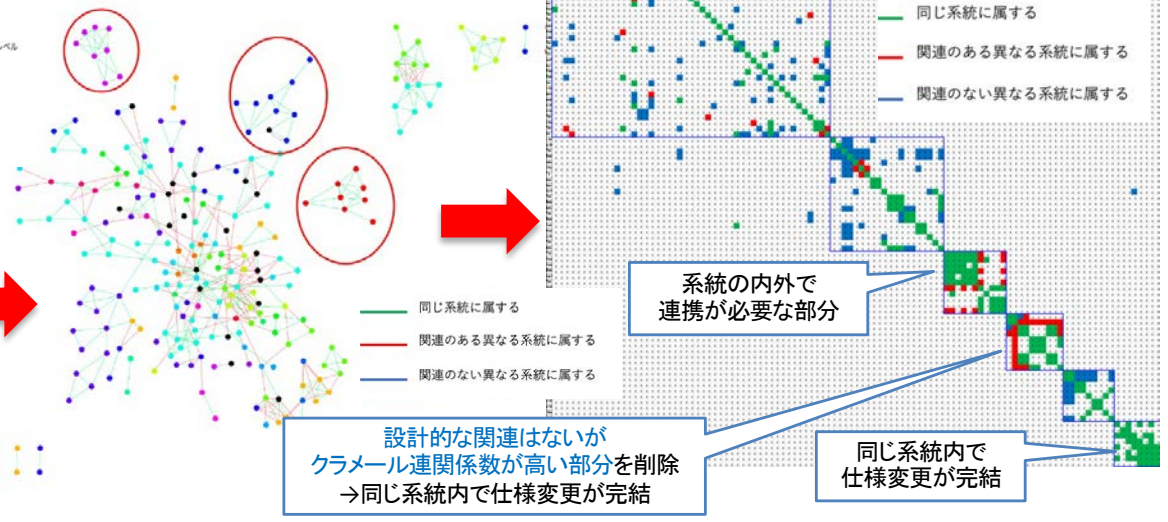


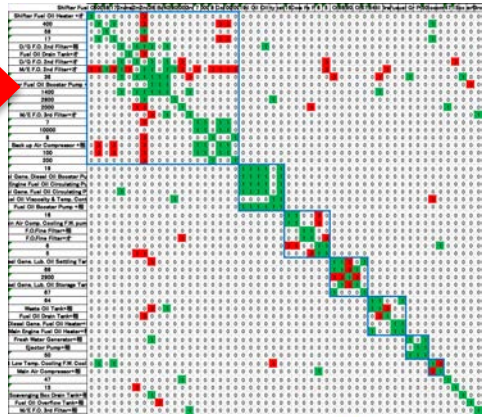
クラメール連関係数の高い部分に注目して，同時に変更されている仕様項目を特定することができる

D/G F.O. 2nd FilterのLocal NameやCapacity，型式はDiesel Gene. Fuel Oil HeaterのOutput tempと船舶による記載内容の違いのパターンが一致 → こうした仕様項目は設計的な調整関係にあって，同時に変更されやすいのでは？

クラメール連関係数 $v = \sqrt{\frac{\chi^2}{n(k-1)}}$ によって記載内容に相関がある仕様項目を特定

(n: サンプル数, k: 二項目の種類数の少ない方)





モデルベース・モジュール設計

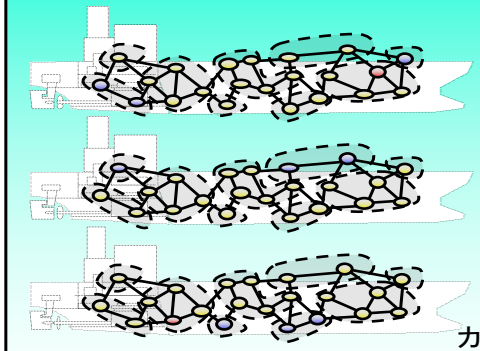
THE UNIVERSITY OF TOKYO

ライフサイクルを考えた機関室のモジュール化設計支援

シリーズ船ファミリ化最適化ツール

製品ファミリ・ラインナップ

基本パッケージ、プラットフォーム



オプションパッケージ

設計変更容易
インタフェイス
仕様決定

設計工数短縮
・標準化

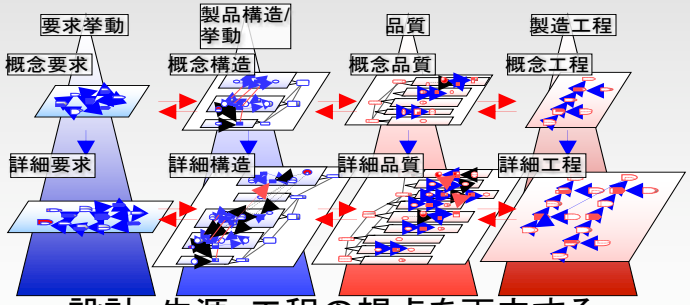
カスタマイズ要求に
柔軟に対応可
アーキテクチャ決定

「パッケージ」・・・機能のカプセル化

モジュール工場内試験シミュレータ

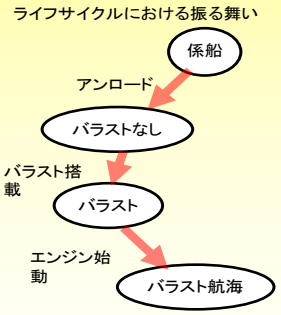
ユニット一括搭載　品質保障
製造工数短縮・標準化
効果的な試験配置　性能保障
テスト・モジュール化
テスト工程の前倒し 工場テスト化
「ユニット」・・・建造プロセスのカプセル化
プラグ＆プレイ　論理的に信頼性を確保
アウトプット・インプット品質コントロール
実船テスト削減　製造プロセス設計
「品質保証」・・・試験・信頼性のカプセル化

機関室統合モデル



設計・生涯・工程の視点を両立する
統合モジュール
（高い柔軟性・カスタマイズ性と、つくりやすさ・信頼性・品質が両立したモジュール）

生涯価値最大化ツール



環境変化に対応　モジュールとしての正常・異常状態モニタリング

寿命設計

製品の振る舞い情報

制御容易

技術変化に対応

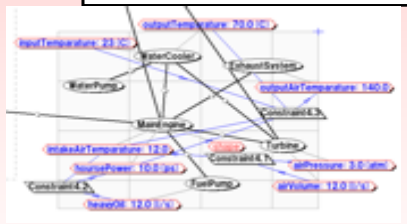
操作容易

アップグレード容易　メインテナンス容易

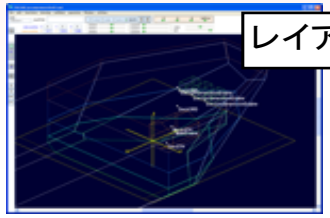
「メインテナンスパック」・・・生涯のカプセル化

機関室最適化ツール

機関効率計算プログラム



効率最適化



レイアウト最適化

THE UNIVERSITY OF TOKYO

マーケティング・ベースの機装・艤装のモジュール化

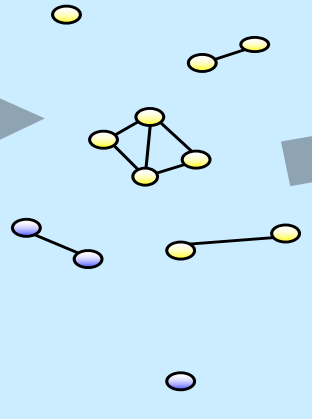
マーケティング市場モデル

シッパー	キャリア	コンサイニー
モザンビーク 1100万トン/year LBD制限 ケープ以下	輸送距離1200km クレーン不要 バラスト容量大	インド 800万トン/year LBD制限 パナマ以下

製品ファミリ設計ツール

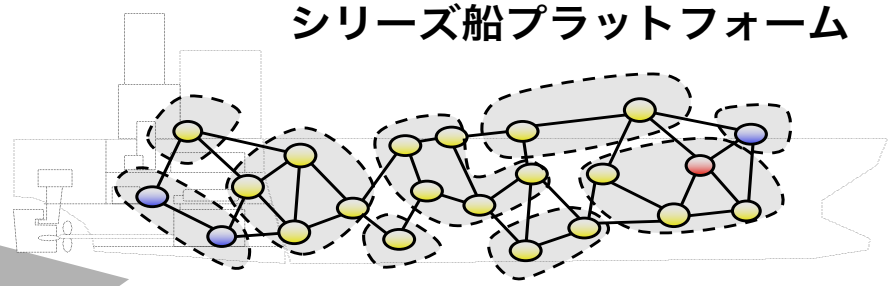
要求仕様
- バラストポンプ○○以上
- ペラ径○○以下
- ○トンクレーン○機
- 速力○○以上

重要なオプションの決定



製品設計ツール

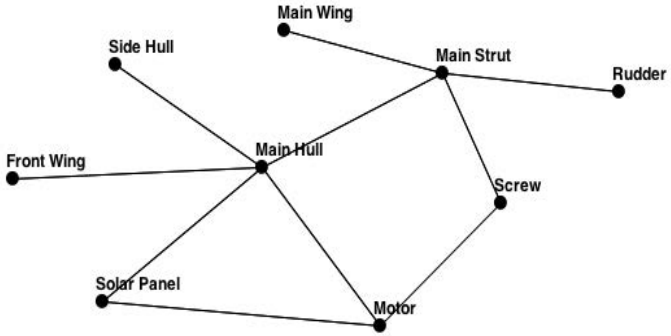
シリーズ船プラットフォーム



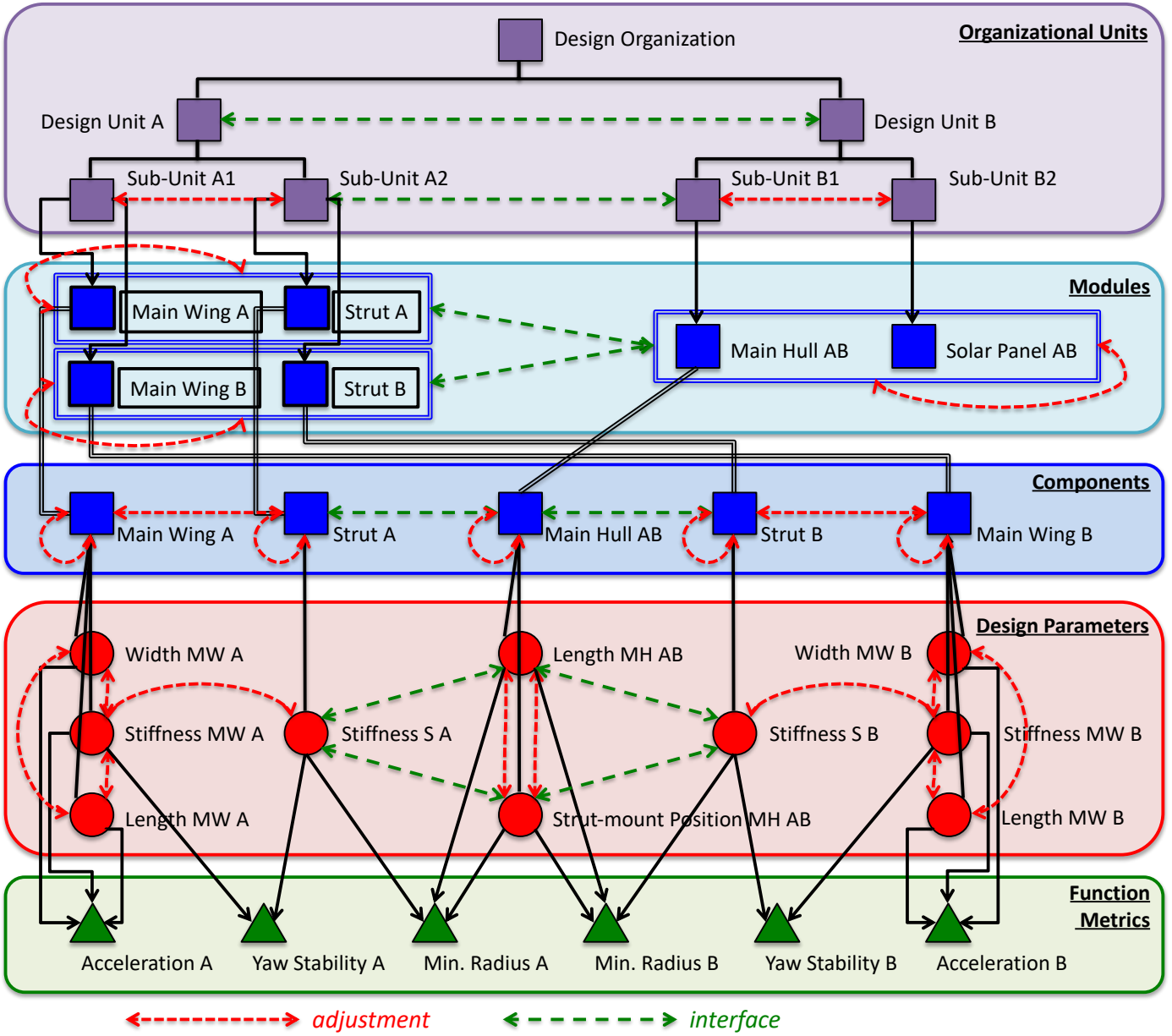
- オプションで仕様要求に柔軟に応える
- プラットフォームで高い品質を保証する
- ファミリとしてコストダウン
  →魅力的なプライス
- 重要な部位はパッケージとして最適化
- 将来の環境変化に柔軟に適合する

THE UNIVERSITY OF TOKYO

モジュール構造と開発組織との関係：モデル化



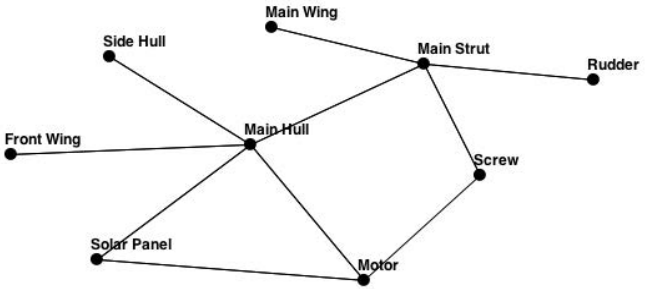
Function Metrics: 6
Product Elements/Components : 9
Design Parameters : 25
Number of Modules: 5
Total Numbers of Elements: 27⇒15



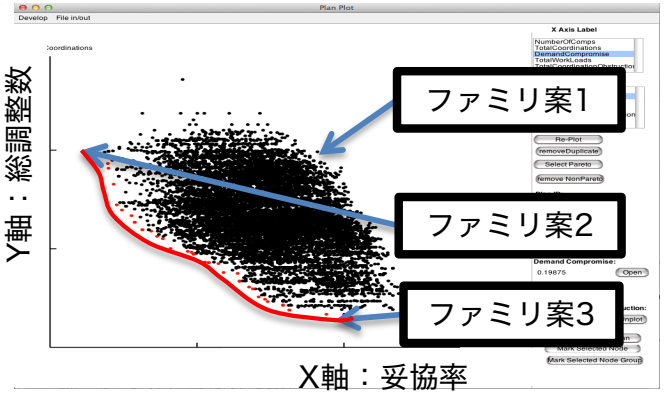
設計の組織化：設計タスク，組織の組織化

THE UNIVERSITY OF TOKYO

- ソーラーボートを製品ファミリ化することを想定
- ３種類の異なる性能を持つソーラーボート



製品要求	Product A	Product B	Product C
Maximum Speed	5	3	1
Acceleration	5	3	3
Role Stability	3	5	3
Yaw Stability	3	3	5
Minimum Radius low speed	3	1	1
Minimum Radius high speed	3	3	5



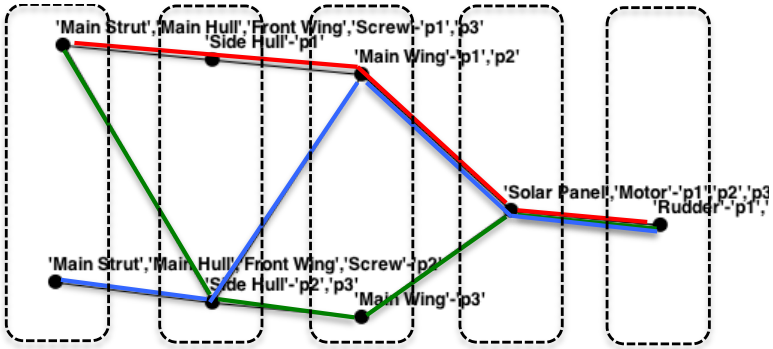
影響関係 DMM

	Main Strut/Length	Main Strut/Width	Main Strut/Stiffness	Main Hull/Length	Main Hull/Width	Main Hull/Stiffness	Main Hull/Wings Coordinate	Side Hull/Length	Side Hull/Width	Side Hull/Stiffness	Main Wing/Length	Main Wing/Width	Main Wing/Stiffness	Front Wing/Length	Front Wing/Width	Front Wing/Stiffness
Maximum Speed	1	3		1	3	1					1	1	1	1	1	
Acceleration	1	3		1	1	1					3	3	1	1	1	
Role Stability			1		1	1		1	1		1	3	1			
Yaw Stability			1	3	1	1						1	1			
Minimum Radius low speed	1	1		3				3			1	1	1			
Minimum Radius high speed	1	1		3							1	1	1			

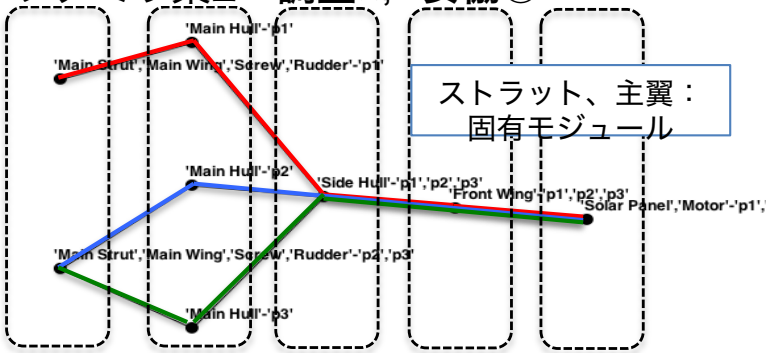
機能尺度:6項目
製品要素:9種類
設計変数:25項目

モジュール分割:5
製品要素数:27⇒15

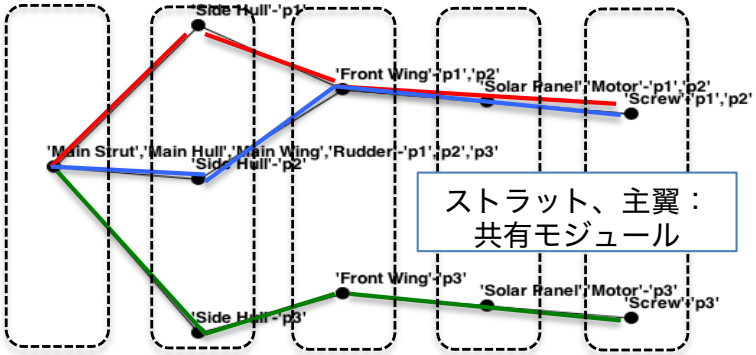
ファミリ案1：調整×，妥協×



ファミリ案2：調整×，妥協○



ファミリ案3：調整○，妥協×

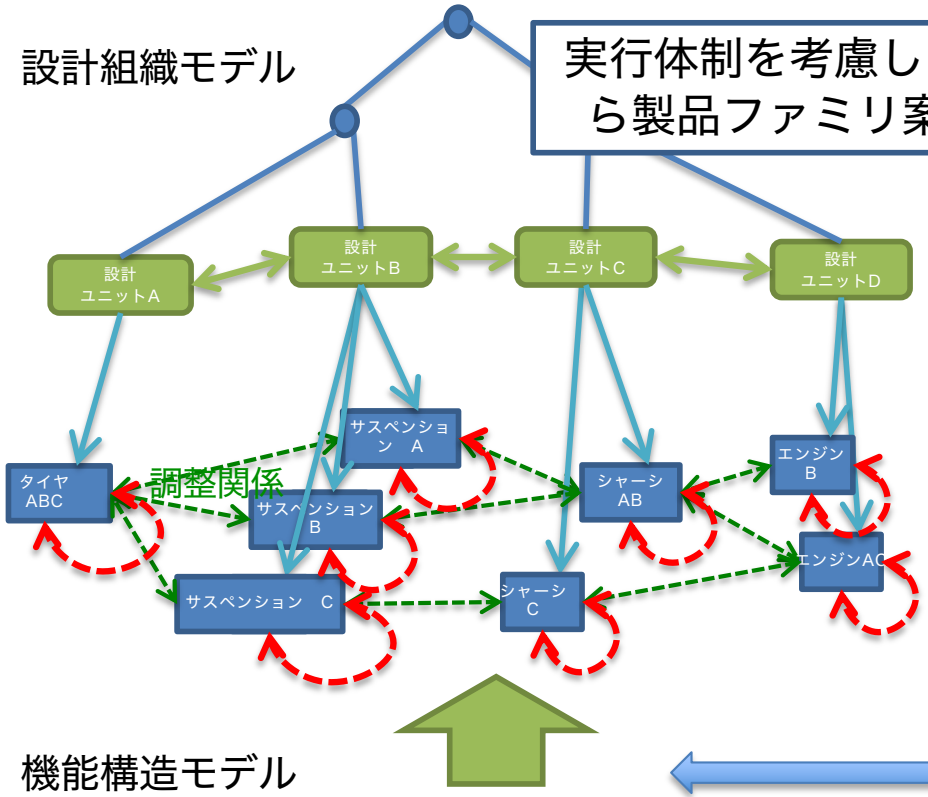


THE UNIVERSITY OF TOKYO

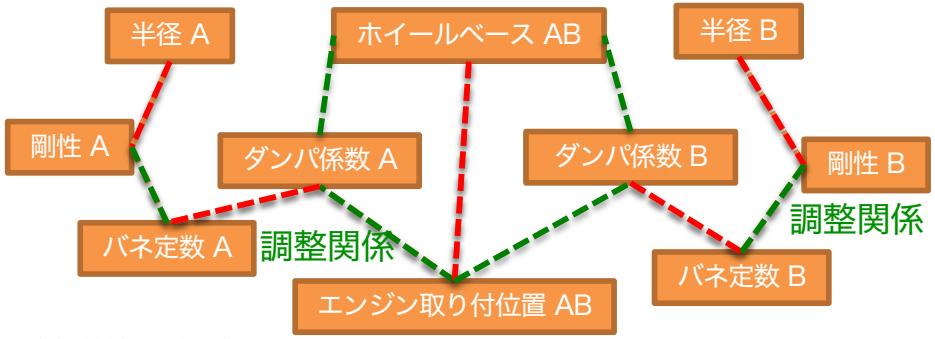
調整関係の活用

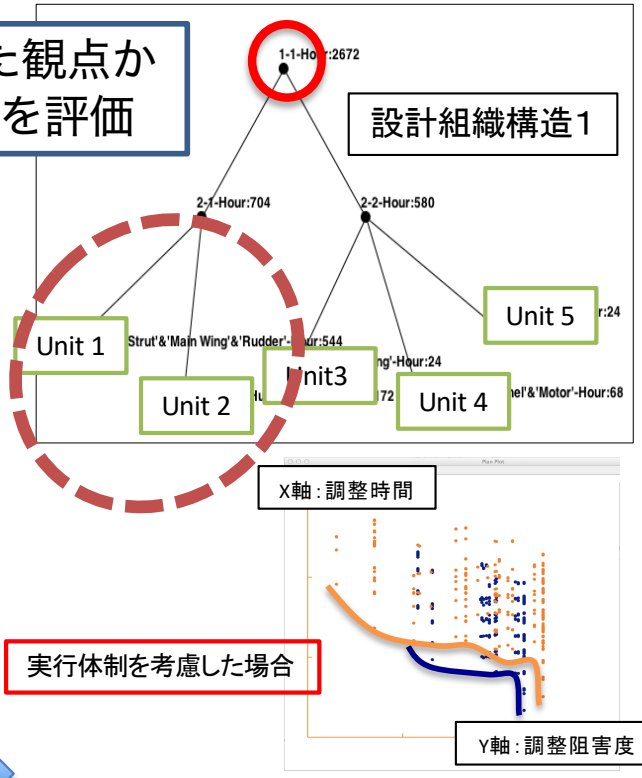
設計組織モデル

実行体制を考慮した観点から製品ファミリ案を評価



機能構造モデル



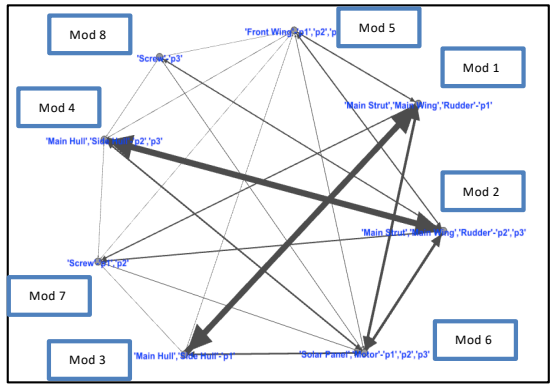


実行体制を考慮した場合

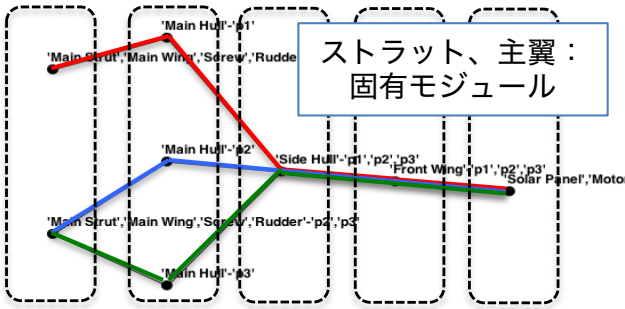
③QCDの観点から評価

- 総調整数
- 妥協率
- 調整時間
- 調整阻害度

モジュール間調整ネットワーク



ファミリ案2：調整×，妥協○

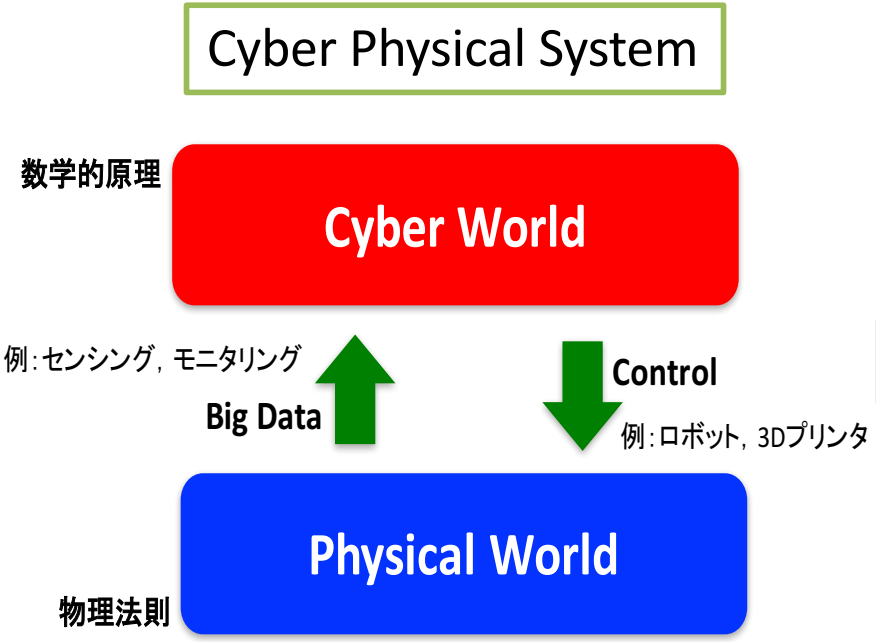


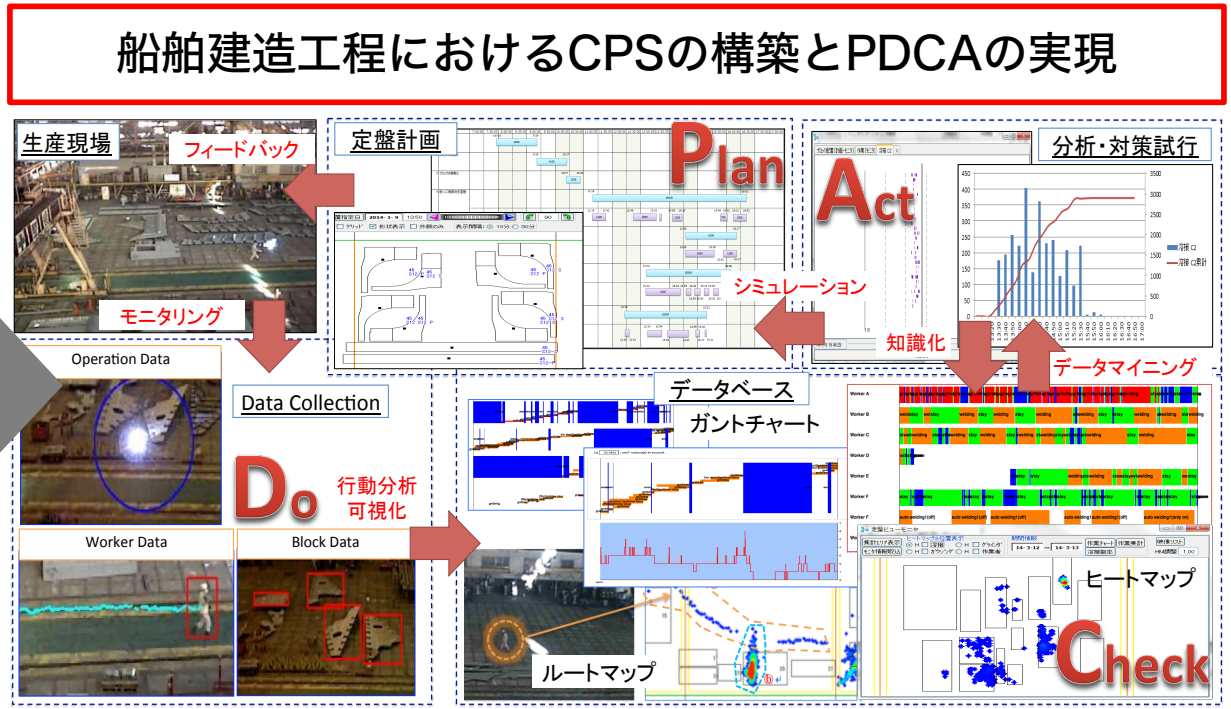
		Unit 1		Unit 2		Unit 3	Unit 4	Unit 5	
		Mod 1	Mod 2	Mod 3	Mod 4	Mod 5	Mod 6	Mod 7	Mod 8
Unit1	1: Main Strut&Main Wing&Rudder-TYPE A	544	0	352	0	98	178	96	0
	2: Main Strut&Main Wing&Rudder-TYPE BC	0	544	0	352	98	178	96	96
Unit2	3: Main Hull&Side Hull-TYPE A	352	0	172	0	54	116	52	0
	4: Main Hull&Side Hull-TYPE BC	0	352	0	172	54	116	52	52
Unit3	5: Front Wing-TYPE ABC	98	98	54	54	24	66	48	48
Unit4	6: Solar Panel&Motor-TYPE ABC	178	178	116	116	66	68	64	64
Unit5	7: Screw-TYPE AB	96	96	52	52	48	64	24	0
	8: Screw-TYPE C	0	96	0	52	48	64	0	24

THE UNIVERSITY OF TOKYO

製造業の動向：Industrie4.0

- Industrie4.0：製造に関わるあらゆるものを情報化することで製造を高度化.
- モノの情報のインターネット化（IoT）により，設備と人が協調して動くサイバーフィジカルシステム（CPS）の構築により工程を最適化することが期待.
  - Smart Factory とは，Industrie4.0の概念によって構築される次世代の工場
  - Smart Shipbuilding/Smart Shipyard への期待
  - 海事産業の生産性革命（i-Shipping）
  - Industrie4.0 から Industrie5.0 へ（労働者の配慮）





THE UNIVERSITY OF TOKYO

Industrie4.0 / CPSの実現課題

デジタルの世界：欠落したデータの補完

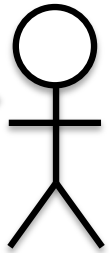
Decentralized Decision-making

生産／工場シミュレーション，スケジューリング

数学的原理

Cyber World

意思決定



計画者の意思決定
管理者の意思決定
経営者の意思決定

Information Transparency

例：センシング，モニタリング

Big Data

Control

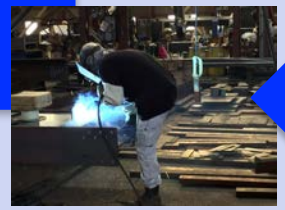
例：ロボット，3Dプリンタ

Technical Assistance

Physical World

物理法則

鋼板　溶接機　切断機　クレーン



判断

作業者の判断
作業者の行動

アナログの世界：多種多様なデータ，易デジタル化／難デジタル化のデータ

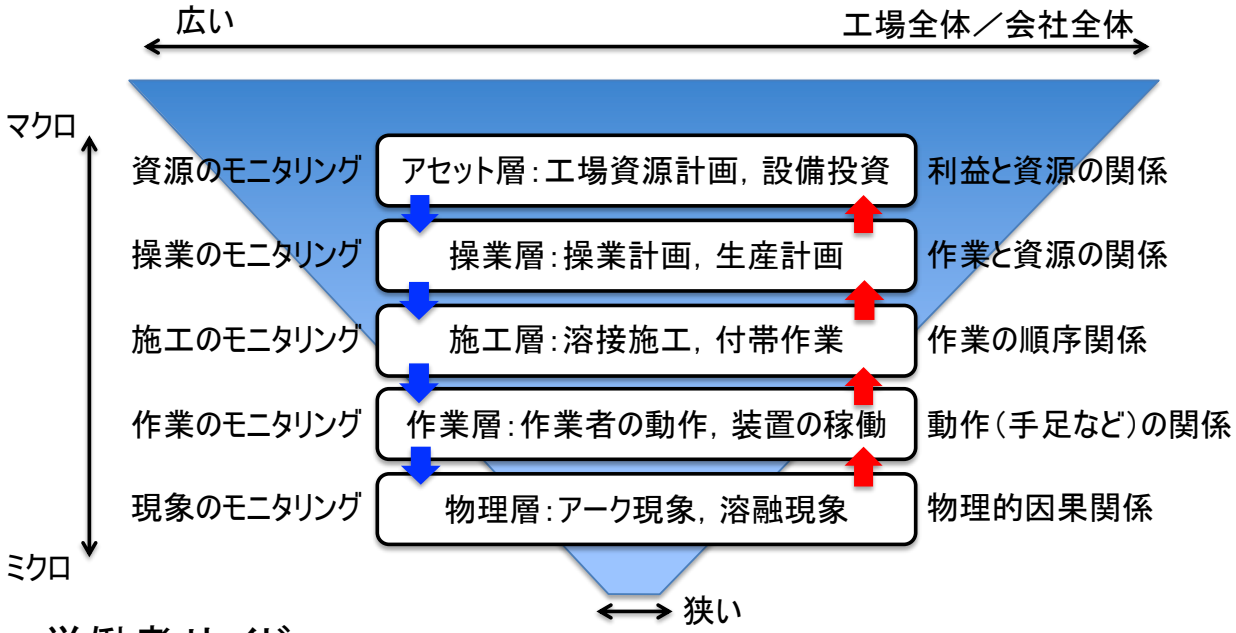
Interoperability

THE UNIVERSITY OF TOKYO

建造デジタルツインを実現する連携と結合：人ー道具ーモノ

企業・経営サイド

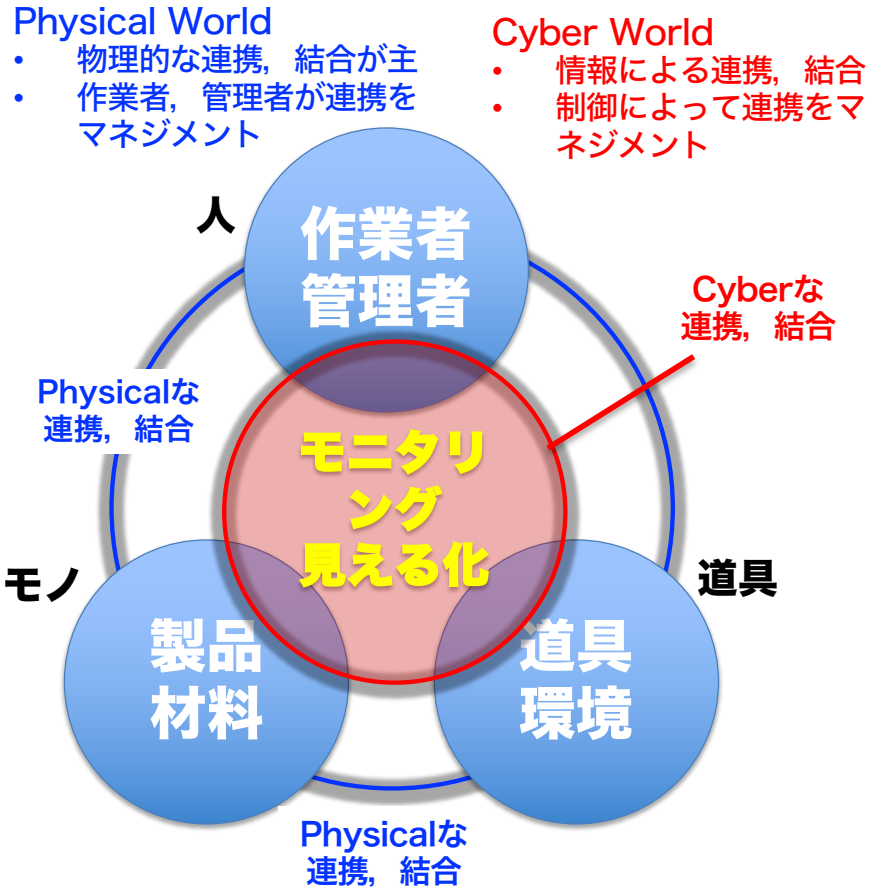
- 船舶（製品）の品質保証データの獲得
- トレーサビリティの確立
- オペレーション，メンテナンスデータも追加し，ライフサイクルデータとして管理．活用



労働者サイド

- 作業者/労働者に優しい工場へ
- 能力，体調に合わせた無理が無い優しい工場
- 作業指示システムの構築と連携，ムリ･ムダ･ムラの排除

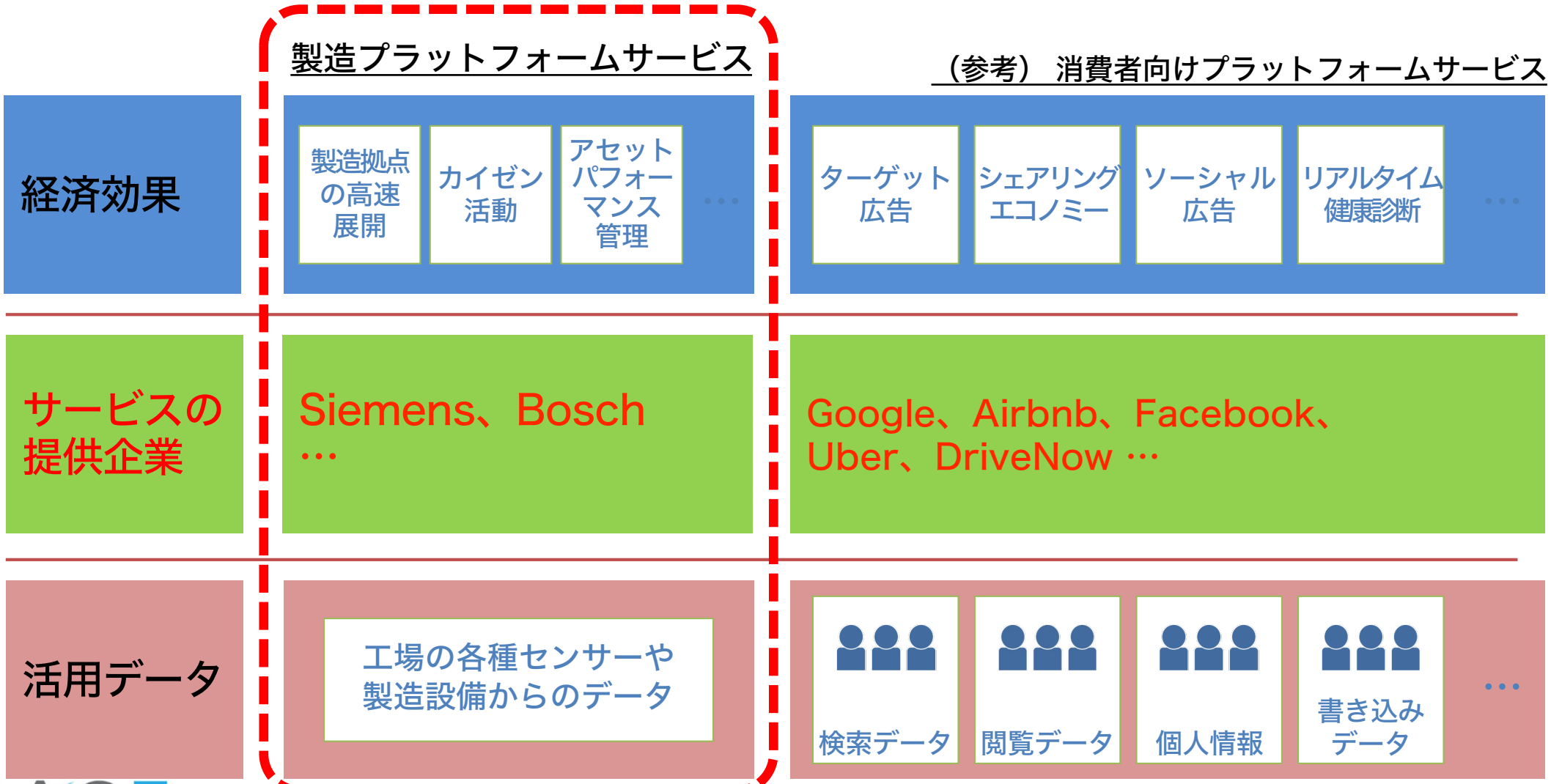
課題：
Physical な連携をCyberな連携にする
- 連携のリストアップ
- 連携のモデル化



人は，道具を使って，モノの状態を変化させる

製造プラットフォームサービス

- Industrie4.0 の本質と先進事例
- 新たなビジネスモデル「製造プラットフォームサービス」が出現



出所）藤野，加藤，インダストリー4.0とわが国製造業への示唆，特集 IoTと日本企業の戦略，知的資産創造

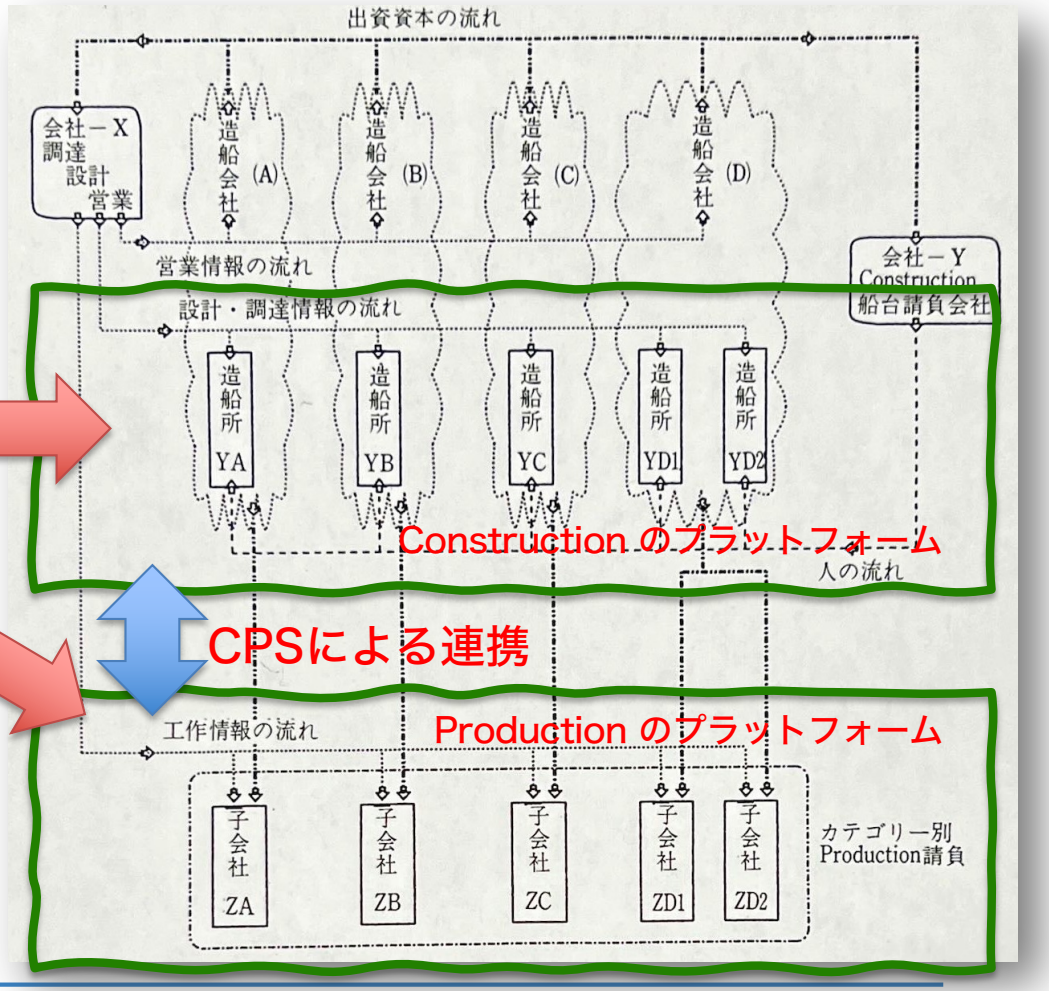
建造プラットフォームの実現

- 造船工場を機能分割し，垂直統合型から水平展開型へ
- モノとモノの情報を一体化し，競争力ある建造システムへ

建造プラットフォームサービス

経済効果	建造拠点の高速展開 建造物量の平準化 アセットパフォーマンス管理 …
サービスの提供企業	Construction Service 会社 船台請負会社：ドック，クレーン Production Service 会社 工作請負会社：切断機器，溶接装置，ロボット
活用データ	溶接品質のデータ 製品品質のデータ 工場の各種センサーや製造設備からのデータ

Construction-Production の分業化



出所） 藤野，加藤，インダストリー4.0とわが国製造業への示唆，特集　IoTと日本企業の戦略，知的資産創造

南崎邦夫：船舶建造システムの歩み―次代へのメッセージ，成山堂書店 (1996/4)

まとめ：モジュラー化と造船業DX

- 製品のモジュラー化への期待
  - 自動運転，脱炭素など船舶への要求が多様化，複雑化，高度化する中で，船舶システムは複雑化する.
  - 複雑化を解消する手段としてモジュラー化の推進が期待される．モジュラー化によるモジュールの最適コンフィグレーションの実現.
- 建造のモジュラー化への期待
  - ブロック建造法はモジュラー化の具体例である．蓄積がある.
  - CPSは，ブロック建造法を高度化するために必要な工程，組織のモジュラー化に期待される.
- Digitization - Digitalization はモジュラー化のための基盤技術である.
  - モジュラー化を実現するためには Digitalizationされた製品，建造の分析，再構成が必要.
  - 複雑なシステムを理解し，マネジメントするためには必須の技術課題である.
- Digital Transformation はモジュラー化された製品，組織，プロセスにより実現される.