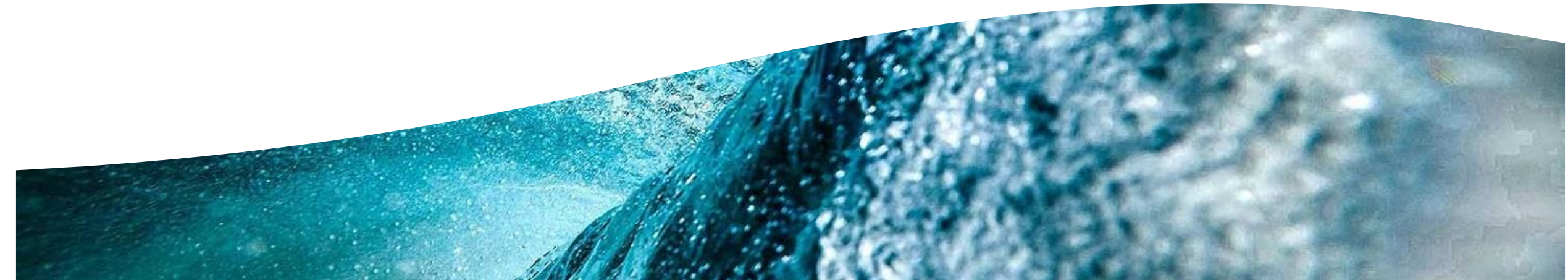


# 船体構造デジタルツインが 海事産業に価値を生み出すために

広島大学 大学院先進理工系研究科 輸送・環境システムプログラム 濱田 邦裕



# SA（システム分析）WG設置の経緯

## デジタルツイン

- 正確な定義は存在しない。
- 人によって捉え方が異なる
- 研究者が個々の技術を開発することはできるが、社会実装までいかないことも多い



## 海事産業の特徴

- 多様なステークホルダー
- 極めて複雑なシステム



## 海事産業のデジタルツインの実現のために

- 導入時のビジネスモデル（技術＋実装＋お金）
  - 個人や企業単独では困難
  - 企業の垣根を越えた業界全体での協働
- 開発ターゲットの明確化と技術のマッピング
  - 必要な技術は何か？
  - 個々の技術の必要要件は？

海事産業は複雑で  
検討が難しい. . .

システムズアプローチを用いて船体構造DTの社会実装の形を検討

# SA-WGのメンバー構成（Phase1およびPhase2）

- 主査：濱田（ 広大 ）
- 副査：満行（ 横国 ）
- 幹事：和中（ 海技研 ）
- SA-WG委員（ 実行部隊 ）
  - 白石・ 佐藤（ 海技研 ）
  - 安藤， 杉本（ NK ）
  - 段野・ 大宮・ 大西（ MOL ）
  - 波多（ 大島 ）， 小早川・ 松岡（ JMU ）， 渡部（ 三菱 ）
- アドバイザリ委員
  - 藤久保（ 阪大 ）， 加藤（ 横国 ）
  - 有馬（ NK ）
  - 池田（ K-Line ）， 山田・ 杉本（ MOL ）， 山本（ NYK ）
  - 太田垣（ JMU ， ShipDC ）， 寺田（ 三菱 ）



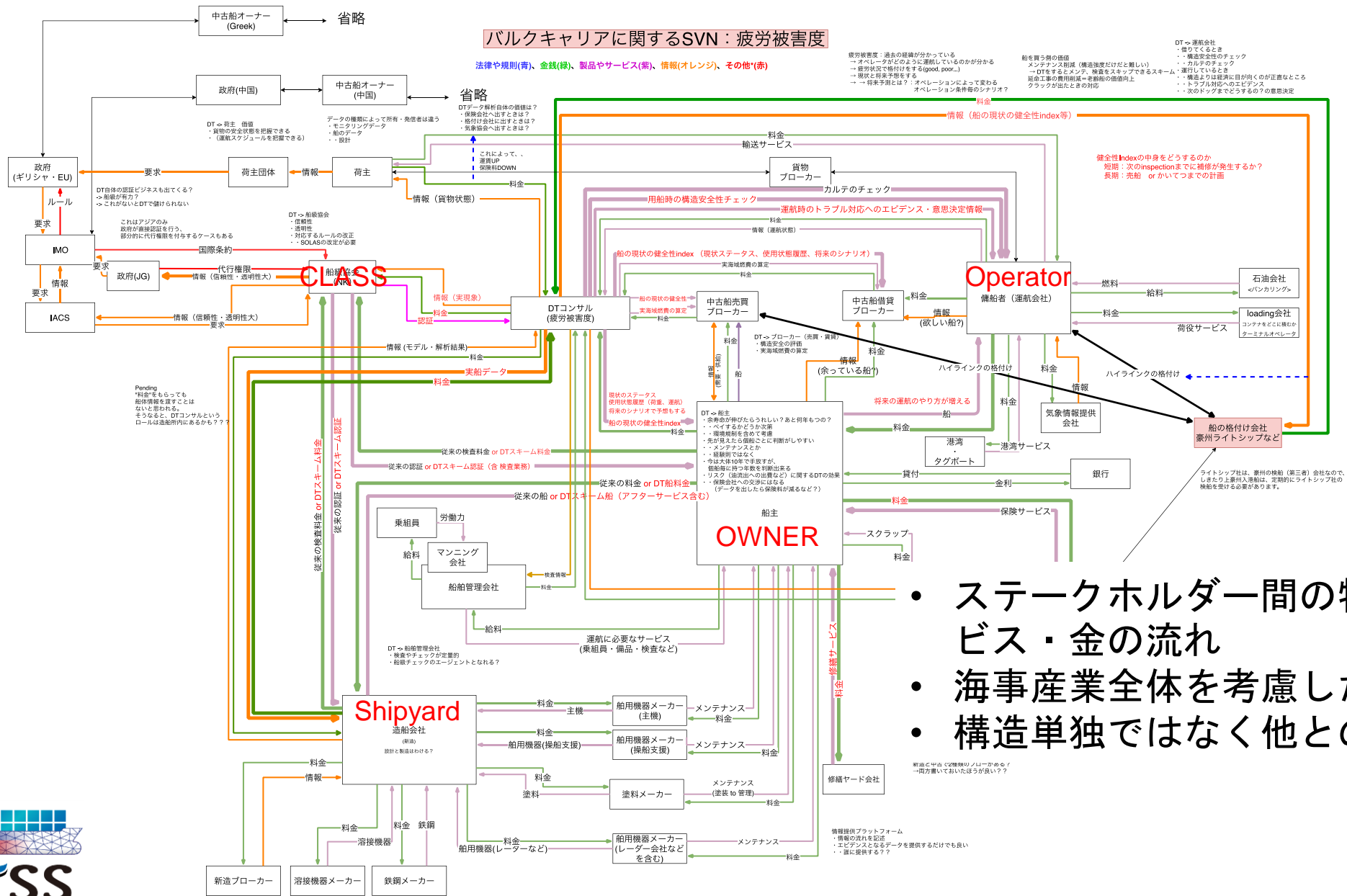
広島大学



日本郵船



# Phase 1の成果 (Stakeholder Value Network)



- ステークホルダー間の物・データ・サービス・金の流れ
- 海事産業全体を考慮した価値の創成
- 構造単独ではなく他との連携

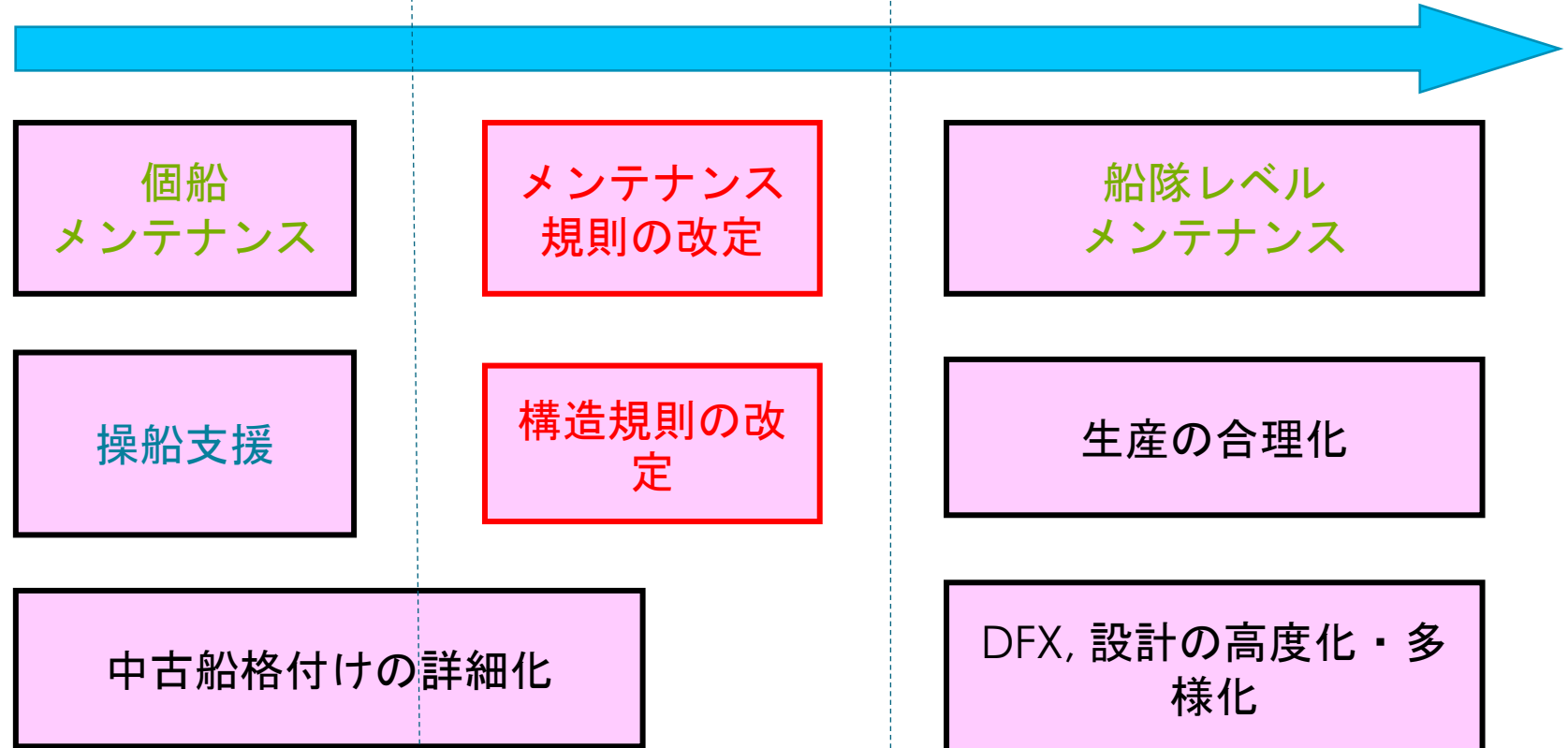


# Phase 1 の成果（DT活用シナリオ）

デジタルツインが海事産業に発生させることのできる価値の流れ

## DT活用シナリオの大分類

- 操船支援
- メンテナンス
- 構造規則
- 製品価値向上



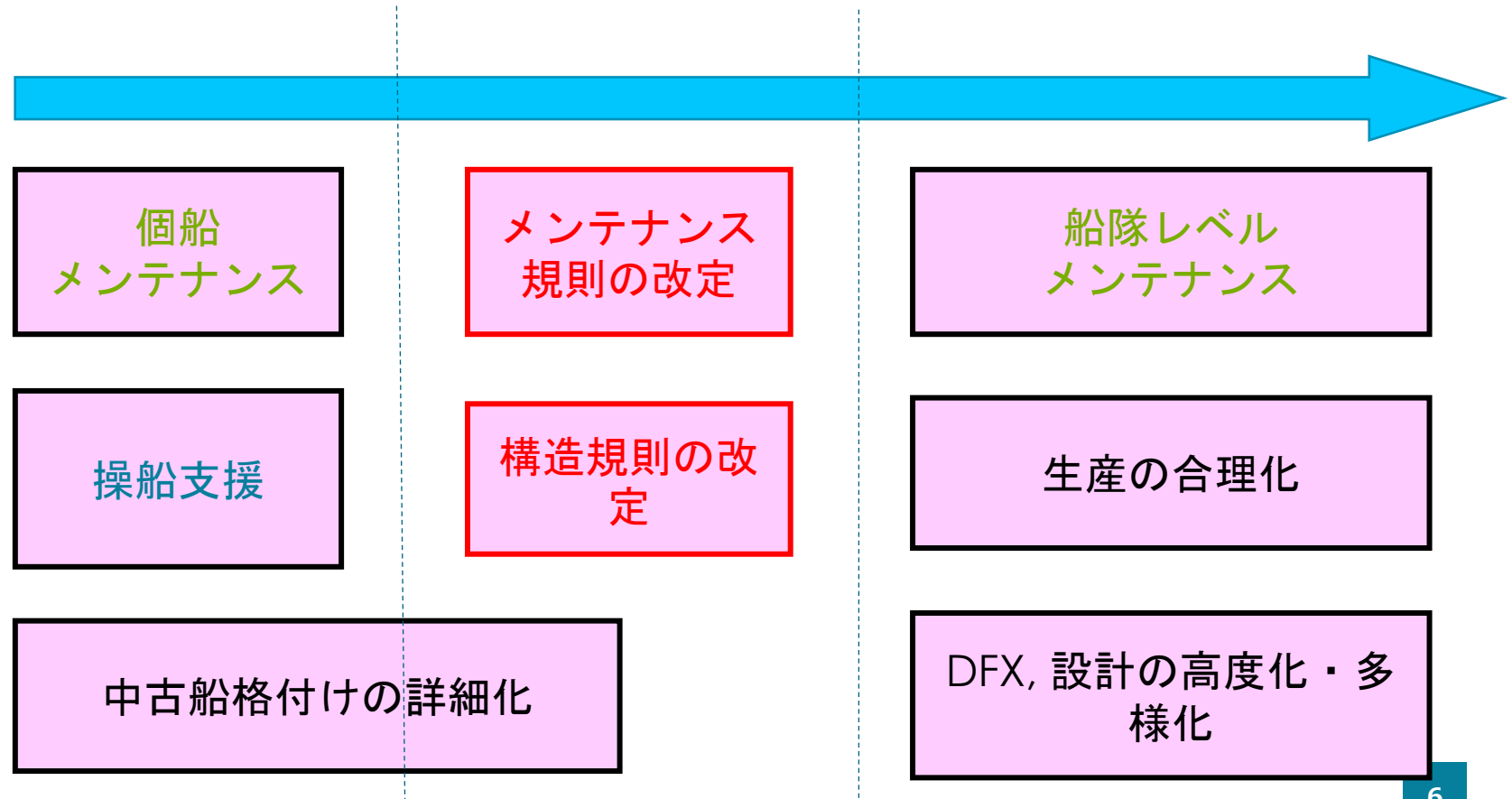
Phase1 では定性的な検討に留まり、  
価値の具体化や実現方法に関する考察が不十分

# Phase 2の目標

- ①DT活用シナリオの具体化とその実現のための技術課題の明確化
- ②DT活用シナリオの価値の定量化のための仕組みの検討

## DT活用シナリオの大分類

- 操船支援
- メンテナンス
- 構造規則
- 製品価値向上



# 検討の基本方針

船体構造デジタルツイン  
||  
安全性の見える化技術

造船視点：最終強度，疲労被害度

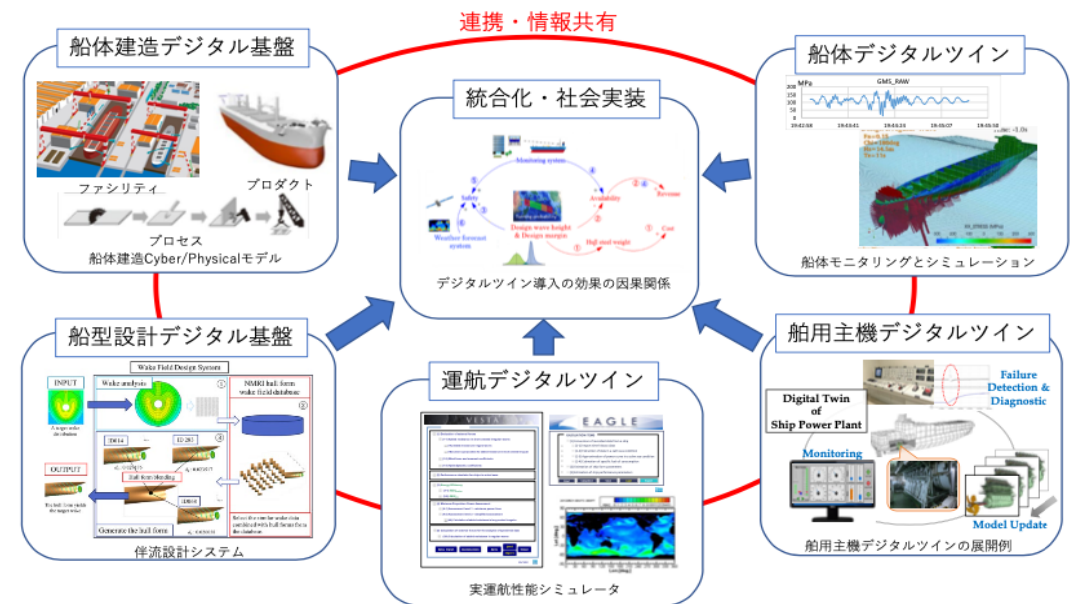
船社・荷主にとっての価値：船や貨物が安全か？

検討の方向性：

設計・建造・運航の安全性の見える化に何が必要か？  
安全性が見える化されると何ができるか？  
安全性の向上のために何を行うべきか？

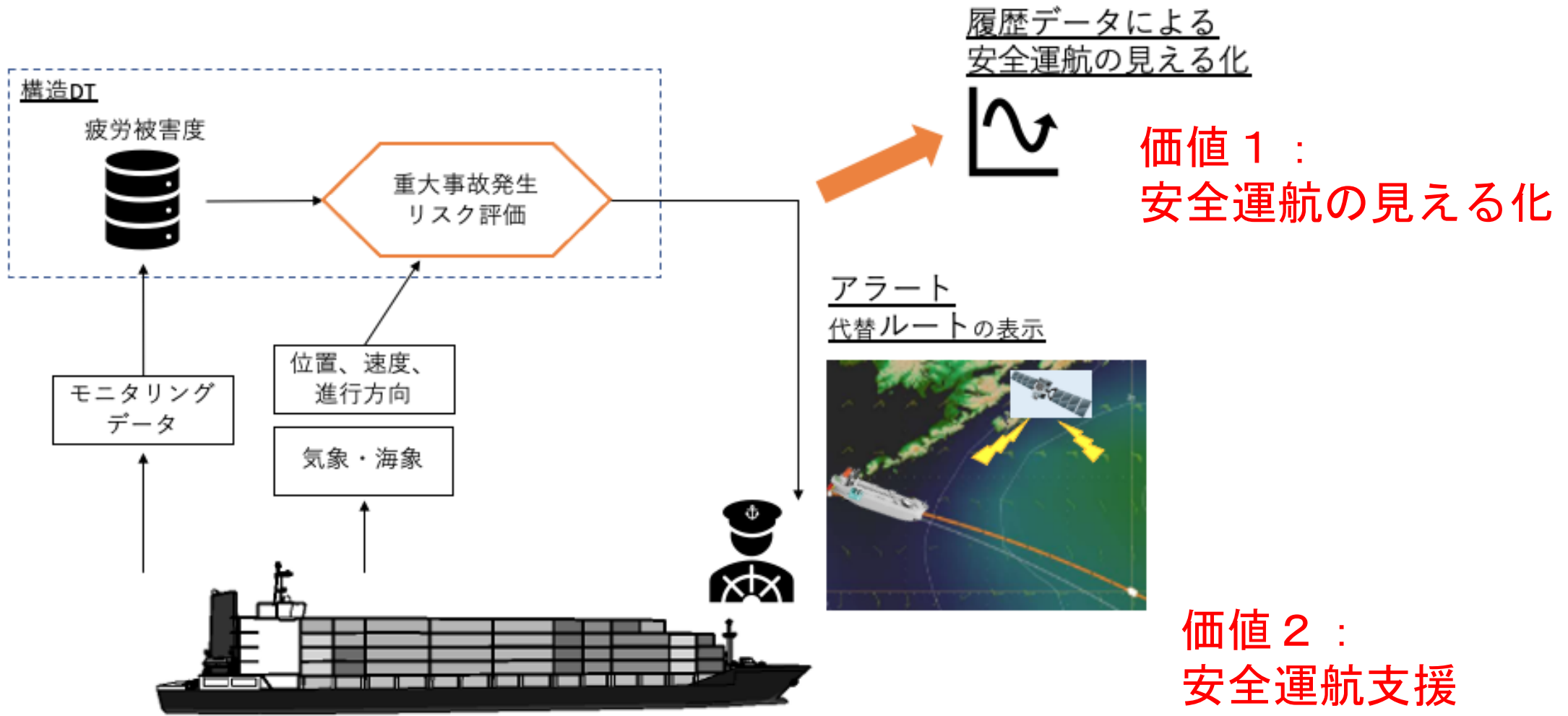
## 海事産業のデジタル化

他のDX・DTとの連携による  
価値創成



1) 海事関連技術のデジタル変革に向けて、  
海上技術安全研究所研究発表会2021

# 操船支援シナリオの概要ー構造DTによる安全航行支援ー

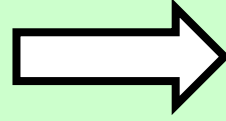




# 操船支援シナリオの実現のために

## 安全運航の見える化

現状：海上事故の発生件数  
運航停止時間など  
→事故が発生した場合の程度  
事故が発生しない場合??



構造DT：通常運航時のリスク・安全性  
自社船の運航リスクの把握  
荷主への安全運航の証明の根拠

### 実現のための課題 1

- 船体へのダメージ（疲労被害度）を懸念するケースはまれ
- **貨物へのダメージを評価する仕組み**

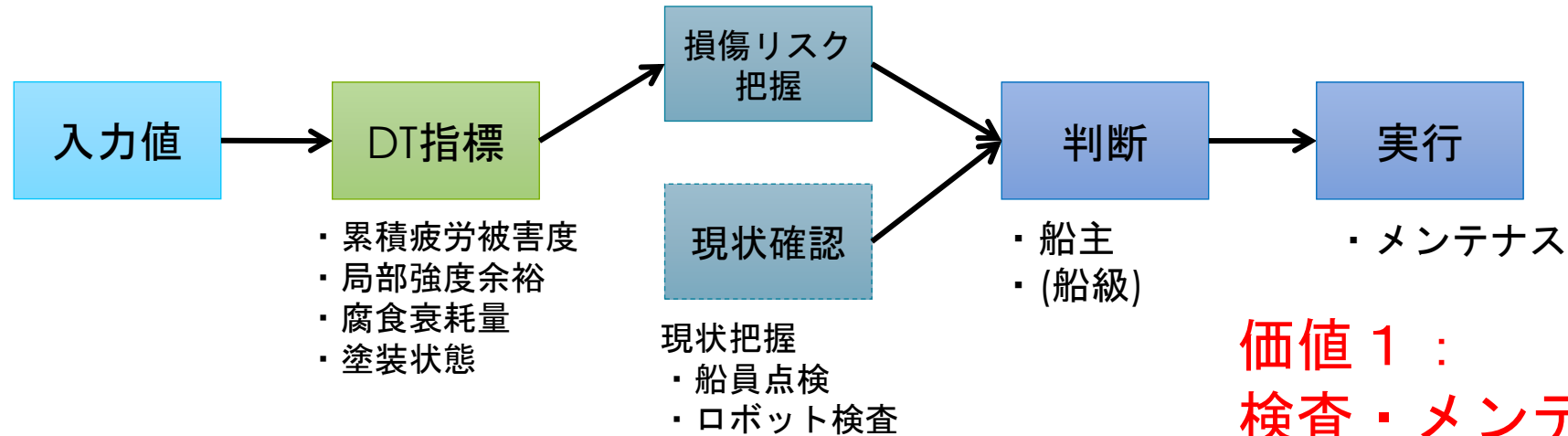
### 実現のための課題 2

- 船が荒海象域を航行するケース
- **リスクに応じた操船判断支援**
- 運航DTとの連携による少し先の予測
- 船長の**意思決定支援**

### 船体構造設計のゲームチェンジ

- 従来：要求値を満足すれば軽い方が良い
- 新：安全性能そのものが評価対象
- 構造設計者の設計力を評価する新しいスキームの誕生へ

# メンテナンスシナリオの概要



価値 1 :  
検査・メンテナンスの最適化  
によるリスクの低減

## 価値

- ・ 船体状態の確実な把握によって、適切なタイミングでメンテナンスが可能となり、安全性が向上。
- ・ 損傷及び不具合が生じた場合の補修費用・損害を未然に低減でき、間接的にライフサイクルコストが低減できる可能性。
- ・ 定期的検査からリスクベース検査への移行により、直接的に検査・メンテナンス費用の削減が可能。（規則面の整備が条件）

価値 2 :  
検査・メンテナンス費用の削減

# メンテナンスシナリオの実現のために

GOAL (価値)

リスク減少  
メンテナンスコスト削減  
稼働日増加

船体構造設計のゲームチェンジ

- ・ 検査・メンテナンスしやすい船が価値を持つ

最適検査計画システム  
(リスクベース)

課題 1

- ・ 複数のDTの結果を踏まえた意思決定支援の必要性

構造リスクレベル

- ・ 累積疲労被害度
- ・ 局部強度余裕
- ・ 腐食衰耗量
- ・ タンク内塗装状態

機関リスクレベル

- ・ 主機状態モニタリングデータ
- ・ 主機状態予測結果
- ・ その他機器状態予測

構造DT

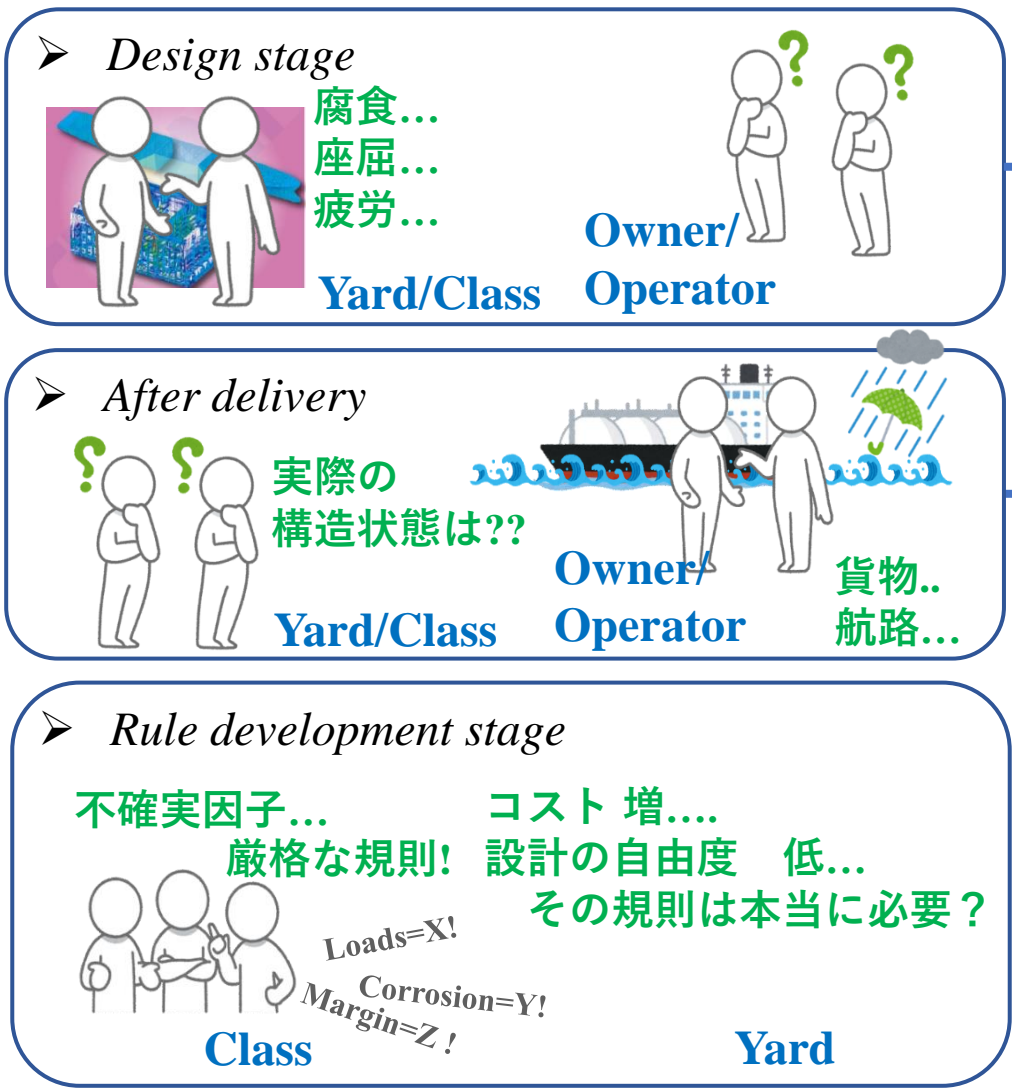
運航DT

機関DT

統合DT (共通項)

- ・ 波浪データ
- ・ 運航履歴

# 構造規則シナリオの概要



DT



*Everyone knows everything!*

Yard/Class

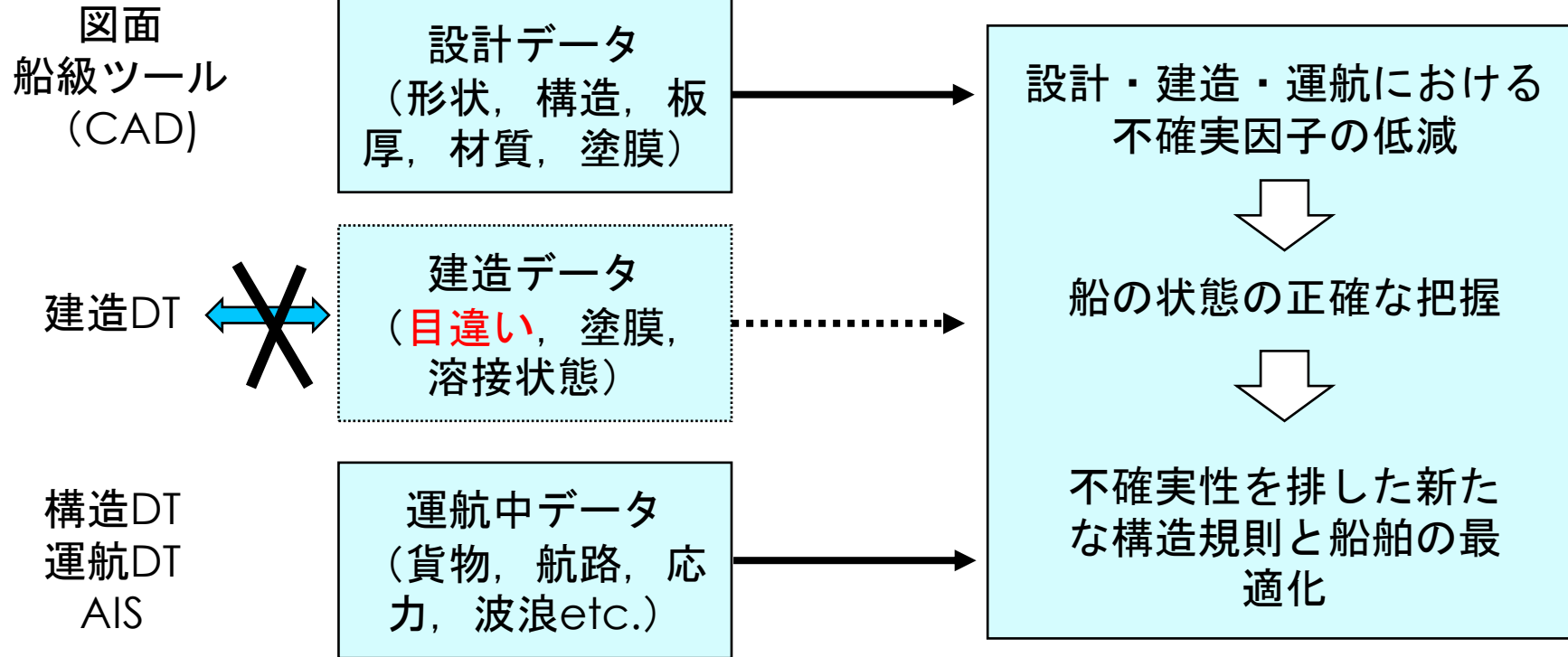
明確な設計パラメータ  
 最適且つ多様な設計!

Owner/Operator

安心・安全!  
 船のステータスを正確に把握  
 費用対効果の最適化へ!

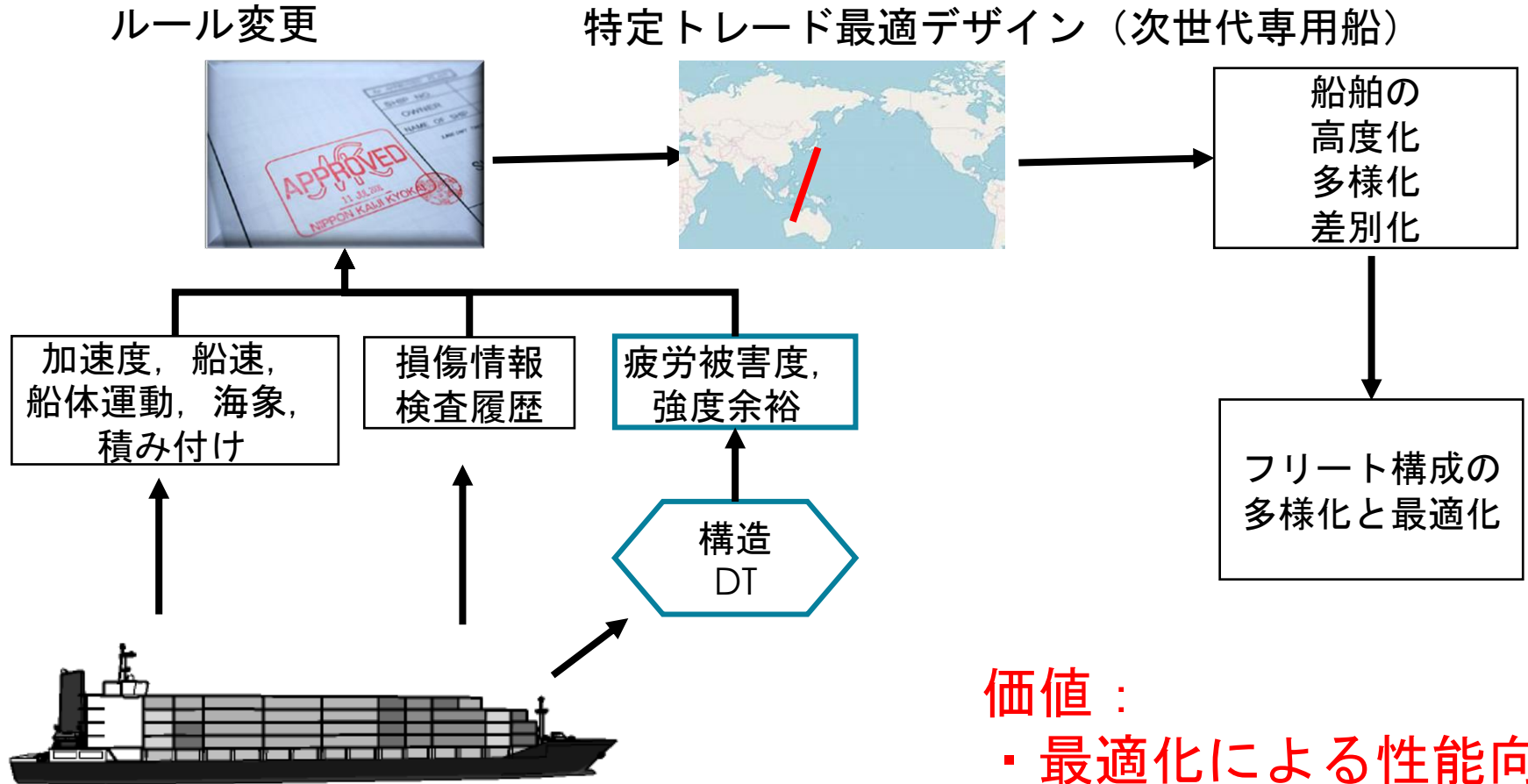
- 価値:
- ・ 不確実因子の排除
  - ・ 実データに基づく多様な設計に対応できる規則

# 構造規則シナリオの実現のために



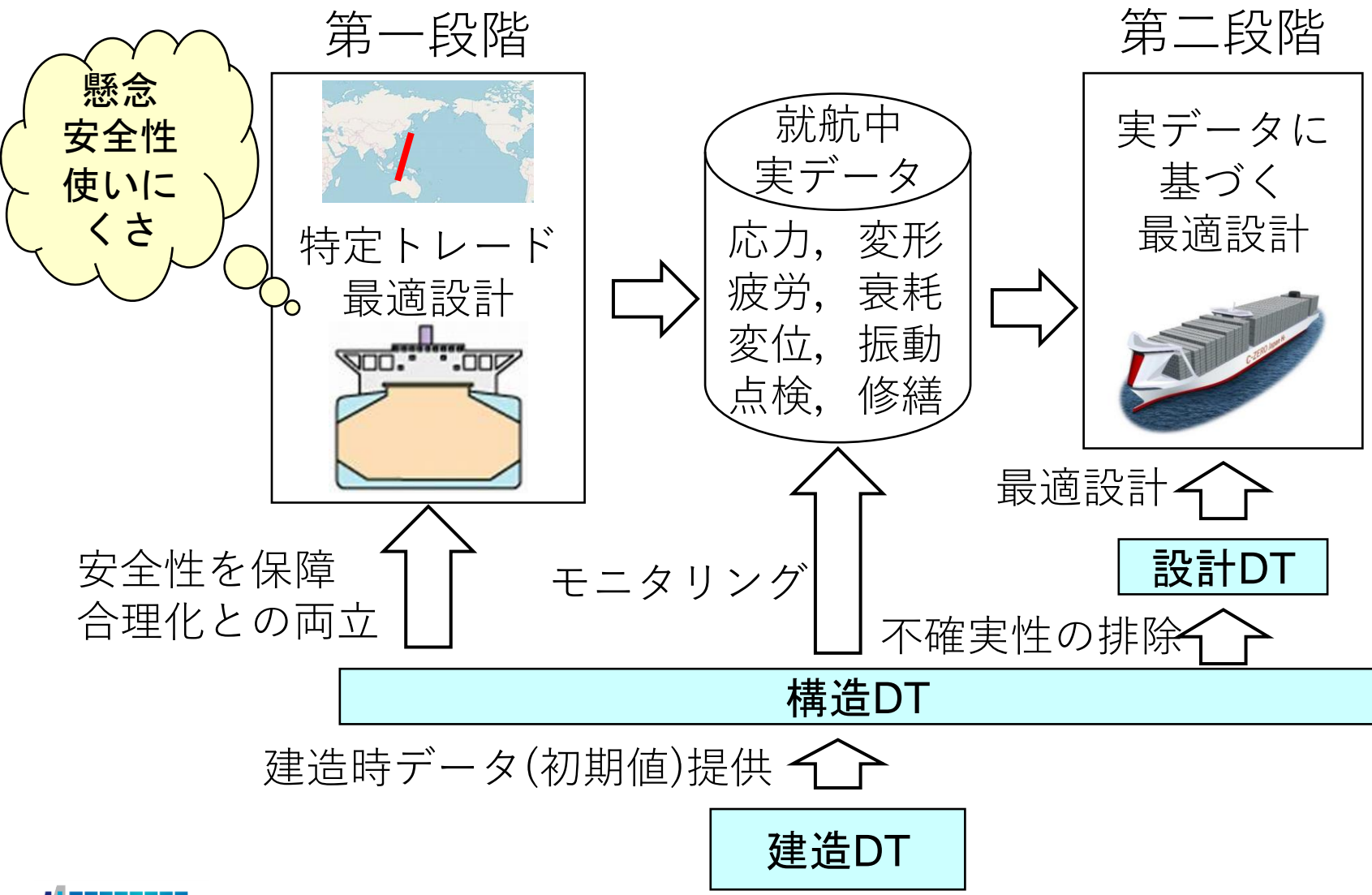
- 設計データは従来からダイレクトに考慮されている。
- 運航データは近年見える化が急速に進展。構造DTもその一つ。
- 建造データ
  - そもそも開示する性格のものではない。
  - 内部で内部で欲しい情報（工数） と 外部で欲しい情報（実形状, 目違い）の乖離
  - 取りやすい情報（溶接電圧） と 欲しい情報（脚長）の乖離
- 建造DTで外部が欲しい情報を取得するための動機付けとその優先付けが必要

# 製品価値向上シナリオの概要（設計の高度化・多様化）



- 価値：
- ・最適化による性能向上
  - ・コモディティ化からの脱却

# 製品価値向上シナリオの実現のために



**次世代船**  
(LNG, アンモニア, 水素)

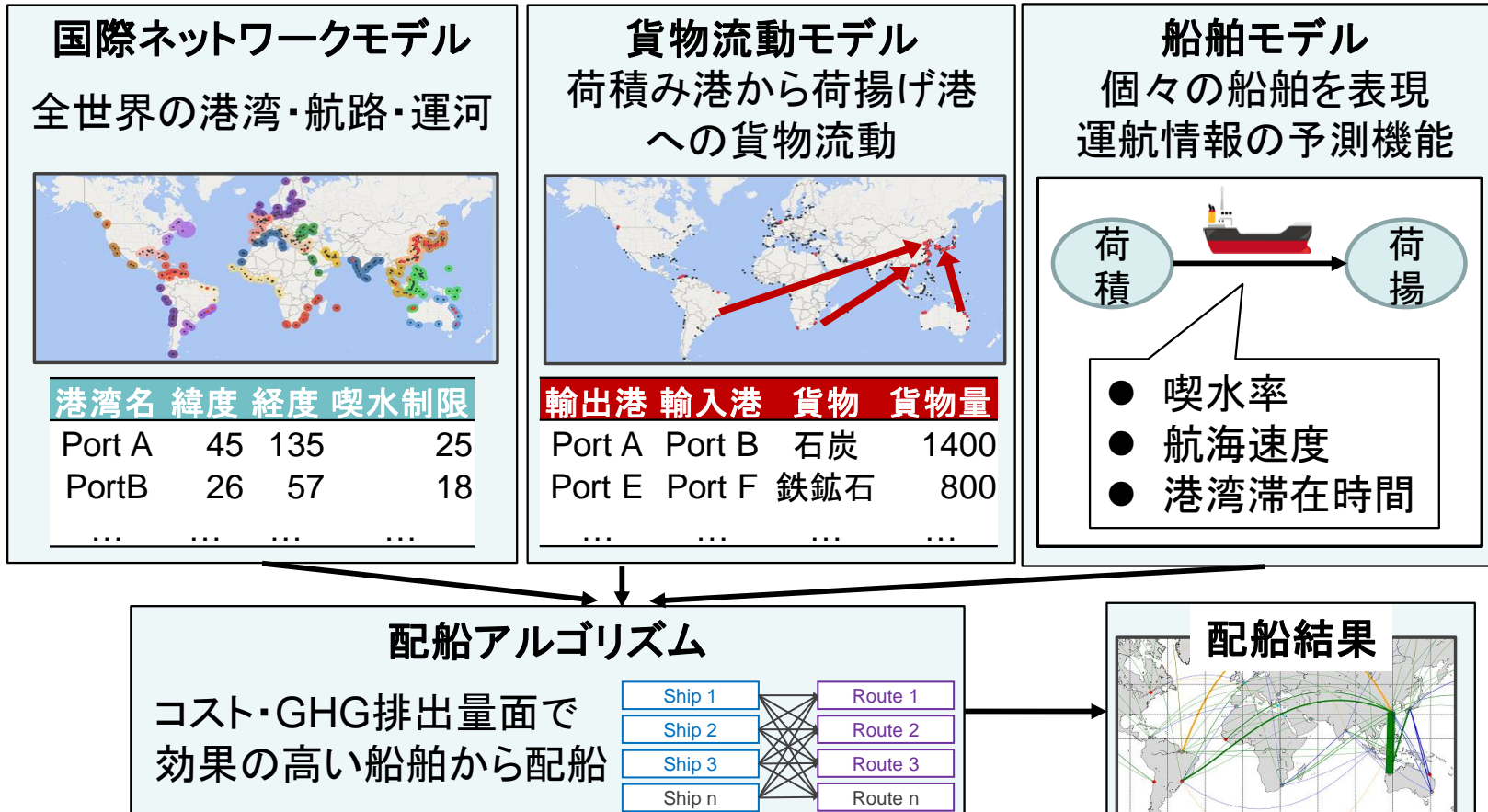
- ・ 燃料供給の問題 (限定航路)
- ・ 搭載燃料の増加 (合理化効果大)

製品価値向上シナリオと  
相性良

次世代船での競争優位  
を実現するための  
データドリブンな設計  
の第一歩

# 経済性シミュレータの開発

- DT活用シナリオやDT対応船の価値の定量化のための仕組み
- 海上物流ビッグデータを利用した配船シミュレーションにより，DT対応船のGHG排出量やコスト面の価値を定量評価
- 具体的な船舶の仕様の検討は競争領域となるため，Phase2では協調領域となる経済性シミュレータのプロトタイプを開発





# 経済性シミュレータを利用した検討事例(1)

## INPUT

### DT対応船舶

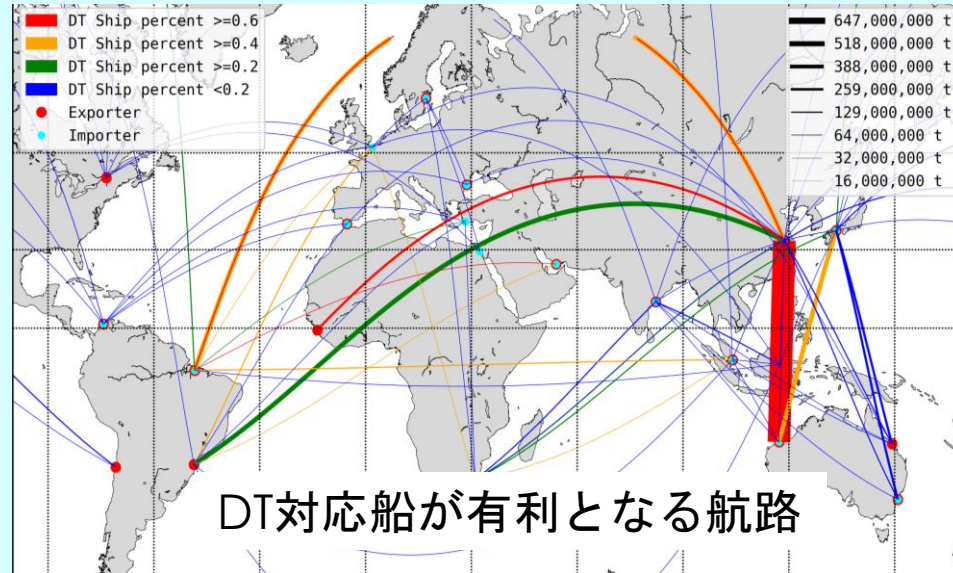
- 主要目
- エンジン性能
- Etc.

### 計算条件

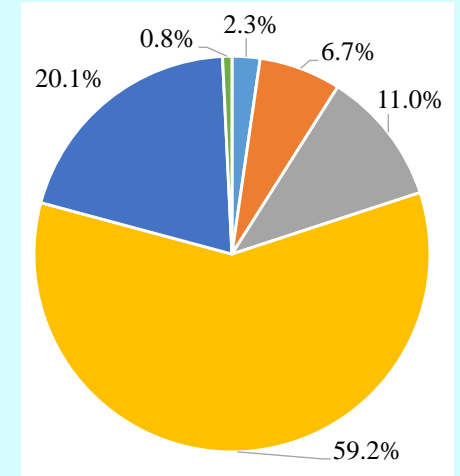
- 世界経済
- 貿易量
- 原油価格

配船  
シミュレーション

## OUTPUT



### 予想される船舶の構成

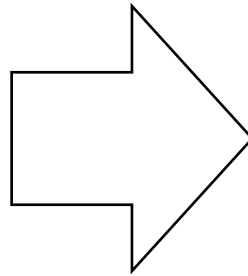
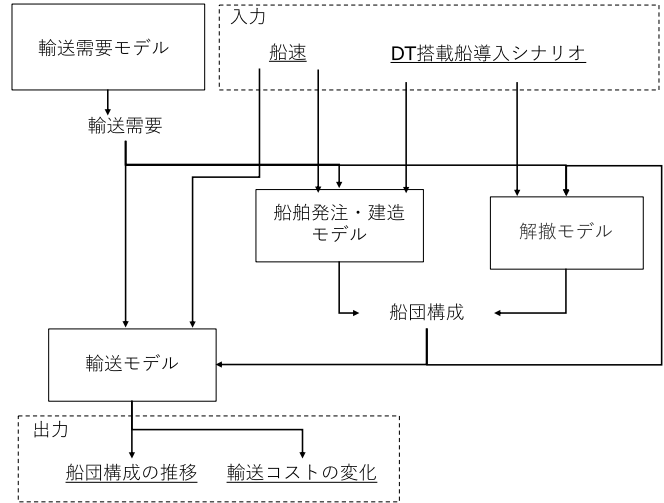


	運航	新規船舶	重視対象	GHG排出量 [million ton]	COST [million \$]	新規船舶 運航割合
Case0	現状	なし		34.9	10,847.8	
Case1	現状	あり	コスト	33.0	10,468.9	58.8%
			GHG	31.5	10,883.4	87.5%
Case2	最適化	なし	コスト	32.6	10,062.6	
			GHG	29.8	10,248.5	
Case3	最適化	あり	コスト	30.3	9,826.5	40.9%
			GHG	27.0	11,345.2	48.2%

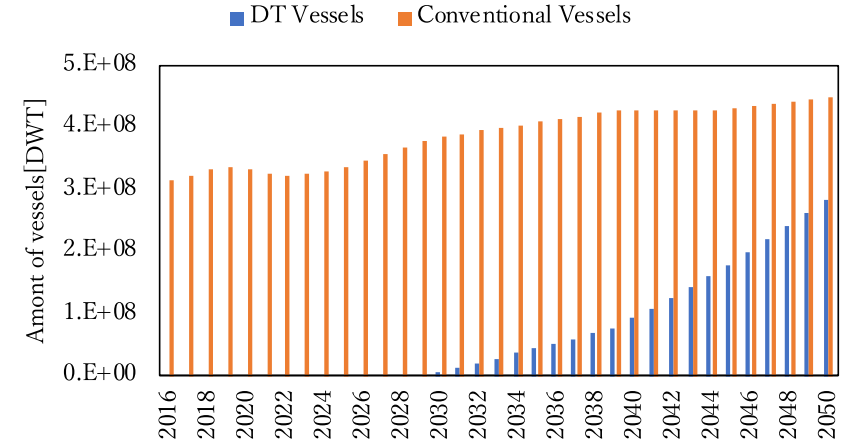
コストやGHG排出量  
への効果

# 経済性シミュレータを利用した検討事例(2)

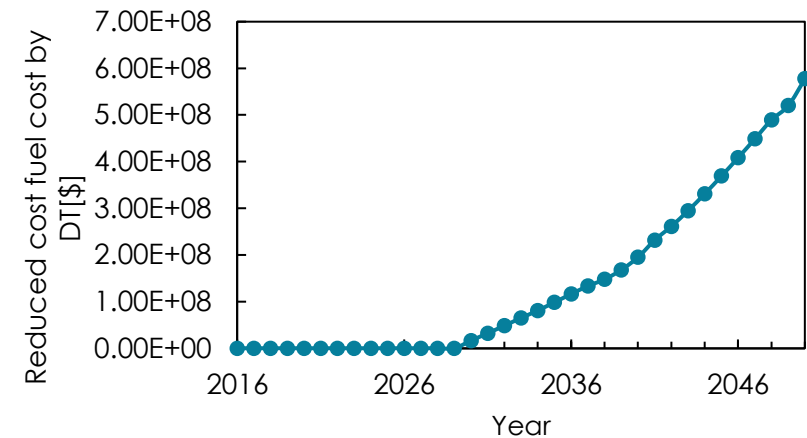
## 海運・造船市場と運航の統合モデル



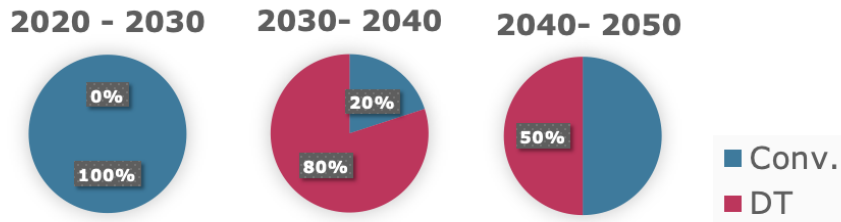
## DT搭載船の導入量(DWT)



## DT搭載船の導入効果(運航コストの削減量)



## DT搭載船の導入シナリオ(設定)



入力情報については慎重な検討が必要であるが、  
技術の価値を見える化するための経済性シミュレータの骨格を示した

# まとめ

船体構造DTを「安全性の見える化技術」と考え、DT活用シナリオの具体化と、シナリオ実現のための技術課題について検討した。

- 構造DTが直接的・間接的に生み出す価値：安全運航の見える化，安全運航支援，メンテナンスコストの削減，リスク低減，構造規則の不確実性の削減，設計の高度化・多様化，構造設計のゲームチェンジetc.
- 上記は構造DT単独では効果を得られず，他のDTとの連携が必須．DT間の連携による前後のステークホルダーの価値向上を目指した取り組みと，価値を生み出す意思決定支援機能の定義が今後の課題．
- 現行船への適用を考えるのみではなく，次世代船において競争優位を実現するための戦略技術と捉え，モニタリングデータの運用も含めたデータ戦略をリードすることが肝要．