

阪大OCEANS開設記念シンポジウム

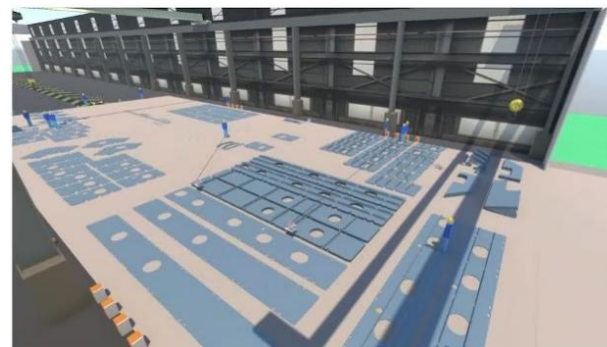
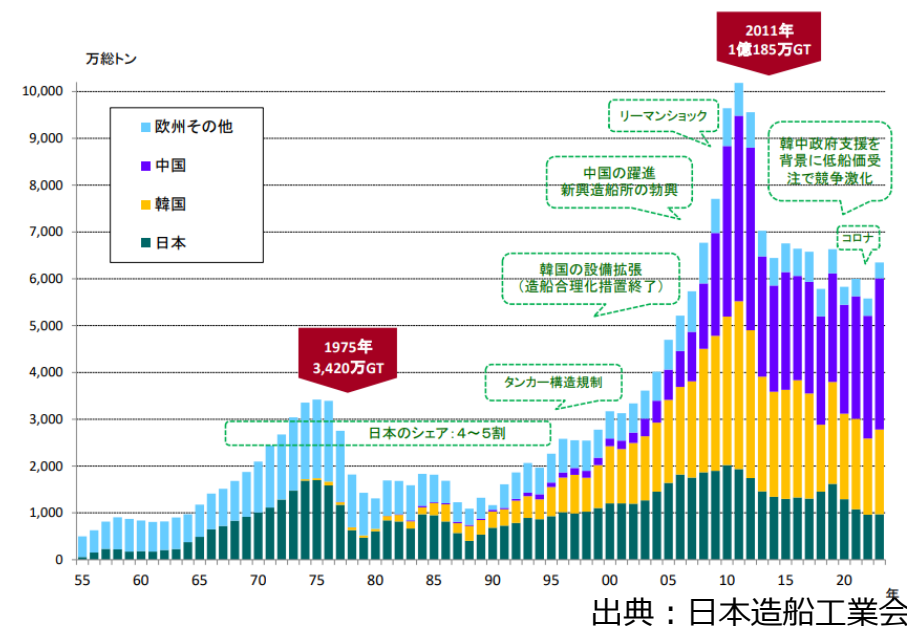
溶接力学シミュレーションに基づく 船体建造デジタルツインを目指して

大阪大学 大学院 工学研究科 地球総合工学専攻 船舶海洋工学部門
辰巳 晃



造船を取り巻く環境

- 中国，韓国在台頭
- GHG削減の要求による代替燃料船の設計・建造への対応
- 経済安全保障の観点での自国建造の重要性
- 人口減少，人手不足
- 徹底的なフロントローディングとAutomationの必要性



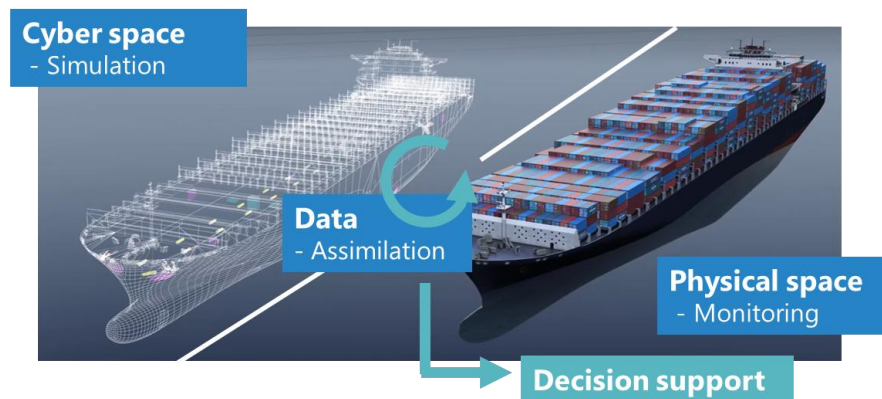
出典：海上技術安全研究所HP



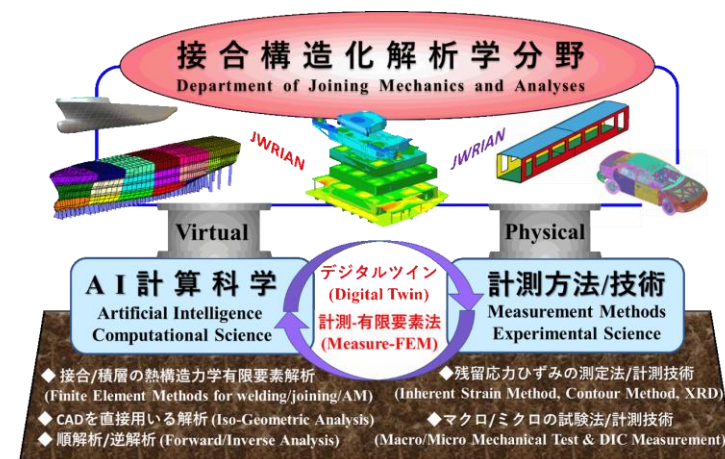
出典：次世代環境船舶開発センターHP

大阪大学船舶海洋工学部門の強み

- 船舶海洋工学の基本である流体工学，構造工学，制御工学を専門とする研究室が存在
- 船体構造**デジタルツイン**に関連した知見・ノウハウの蓄積
(2018~2021)



- 接合科学研究所との連携
 - **溶接力学解析ソフトウェア JWRIANの開発**

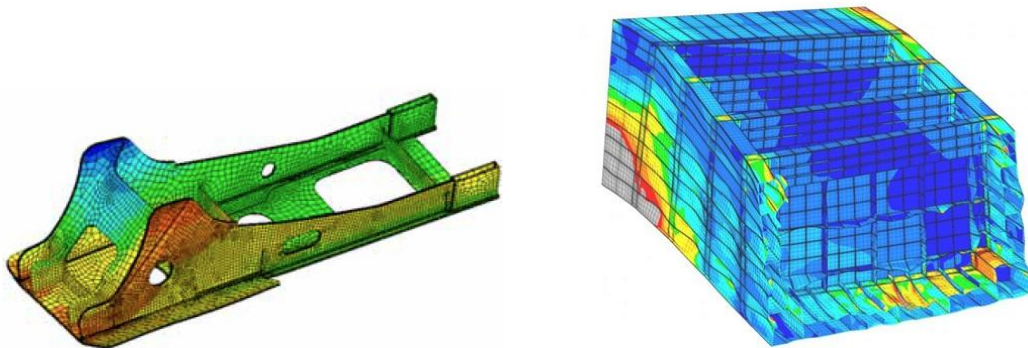


出典：接合科学研究所HP

溶接力学シミュレーション

• 熱弾塑性FEM

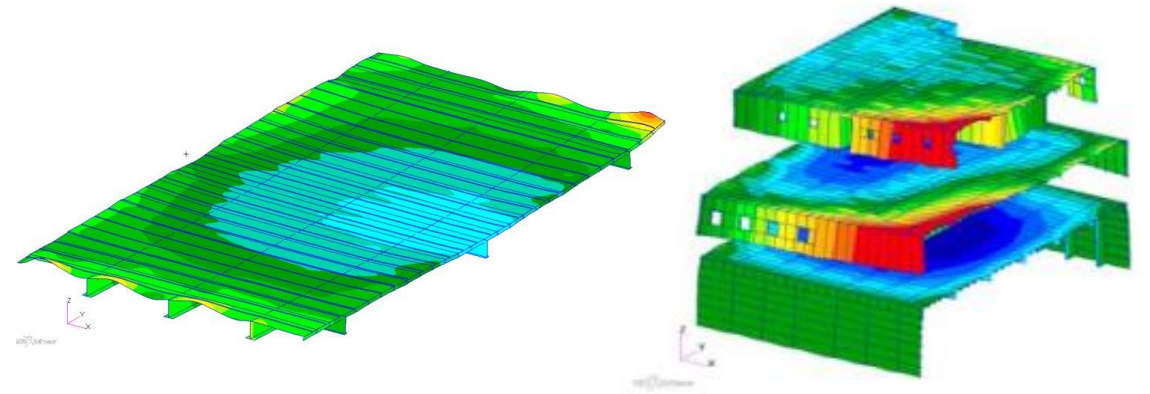
- 詳細な溶接力学解析
- 解析アルゴリズムおよびGPUの発展により大規模モデルの解析も可能
 - 反復サブストラクチャ法
 - 理想化陽解法 など



出典：大阪公立大学柴原研究室HP

• 固有ひずみ法・変形法

- 固有ひずみ・変形のデータベースを活用した実用的解析
- 弾性FEM解析
- 船体のブロックレベルで溶接工程の最適化の検討が可能。



出典：佐野仁則 博士論文（2015）

固有変形法JWRIAN



School of Engineering
The University of Osaka

固有ひずみ≡塑性ひずみ

$$\{\varepsilon\} - \{\varepsilon_e\} = \{\varepsilon^*\}$$

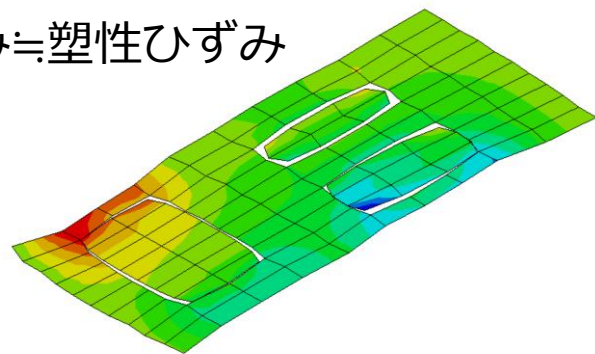
積分

$$\{u^*\} \xrightarrow{\text{要素剛性}} \{f^*\}$$

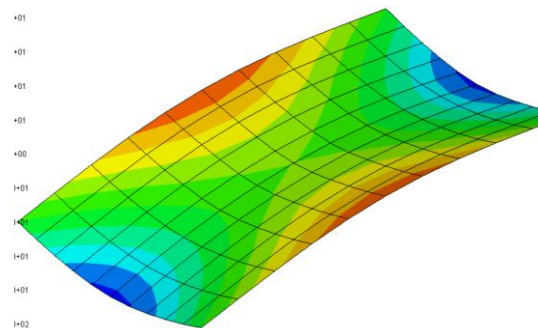
固有変位 等価節点力

$$\{u\} = [K]^{-1}\{f\}$$

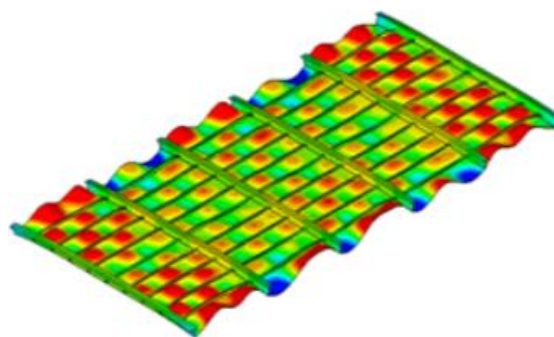
有限要素剛性方程式
(弾性解析)



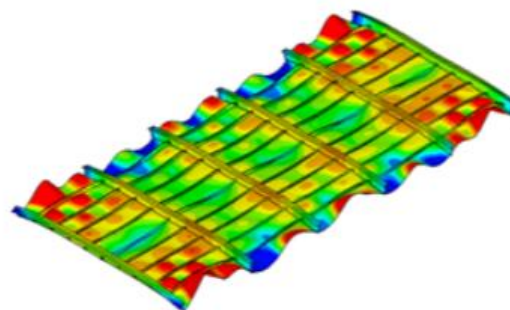
切断



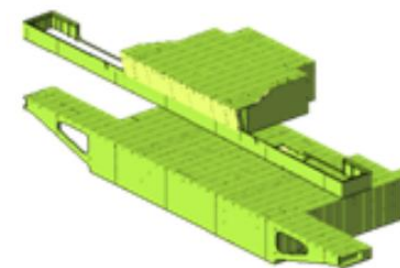
板曲げ (撓鉄)



溶接



歪取り



組み立て

社会実装：
JSOL / JWELD
TechnoStar / MuxWeld I
など

切断, 撓鉄, 溶接, 歪取り, 組み立ての全プロセスの計算が可能！！

OCEANS

Supply chains for marine transportation

長期
目標

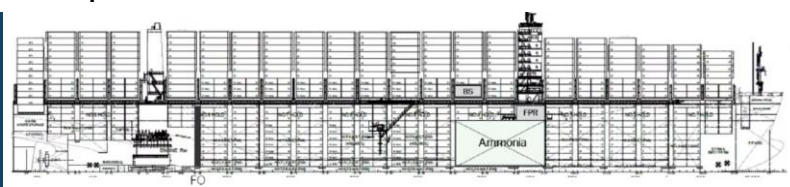
工数削減に繋がる
船舶建造デジタルツインの開発

Design

Construction

O & M

Ammonia-powered container vessel

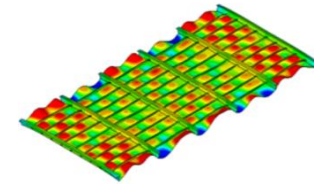


Certification

製品面からのアプローチ

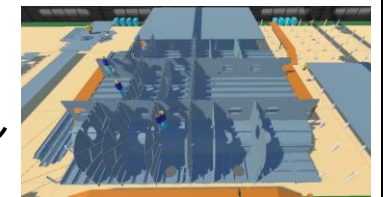
- 溶接変形シミュレーション
 - 固有変形法JWRIAN
- 溶接の品質管理

OCEANS



工程面からのアプローチ

- 造船工程シミュレーション
- K-Proで実施



 K Program
経済安全保障重要技術育成プログラム

研究課題①（短期目標）

固有変形法JWRIANの入力データの効率的な生成方法の開発

目的

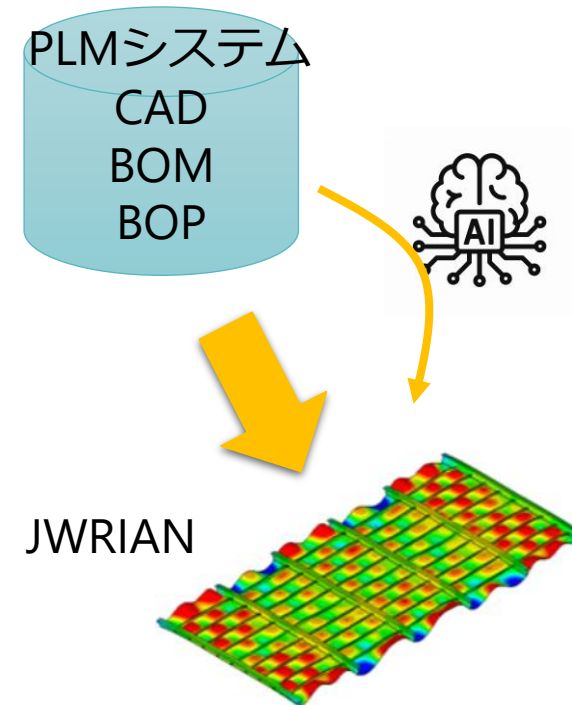
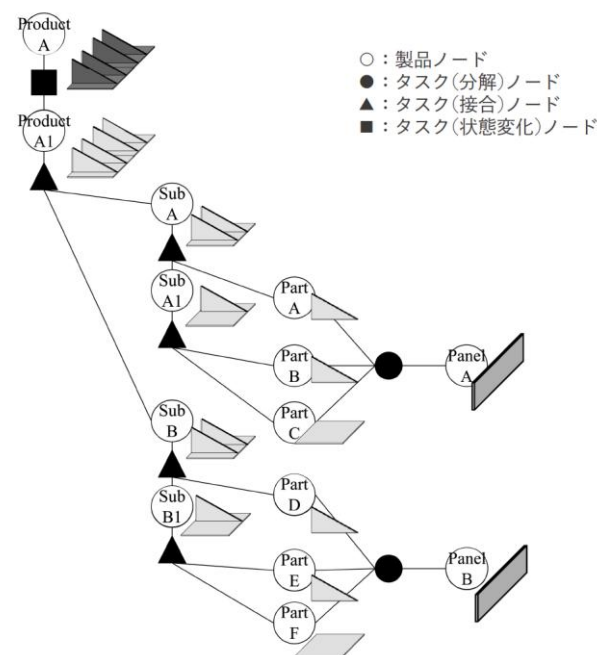
- 工作現場への適用のボトルネックの解消

• BOM/BOPとの連携

- 解体，接合などのプロセス情報を含めたBOM/BOPを活用した，JWRIAN入力データの自動作成.

• 生成AIの活用

- 設計システムのBOM/BOPデータが入力データの作成に十分でない場合に，生成AI用いて補完.



出典：大久保友結 博士論文（2025）

研究課題② (短期目標)

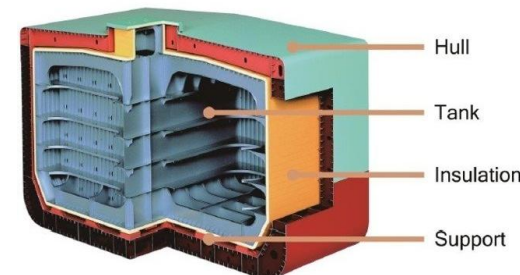
固有変形法JWRIANを用いた建造シミュレータの開発と強度評価への活用

目的

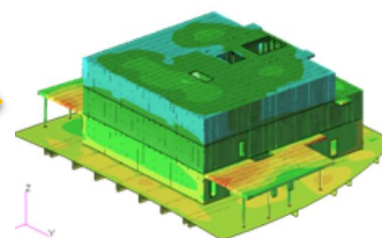
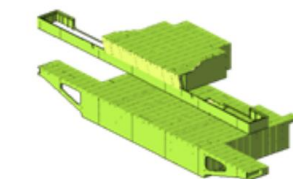
- ・ フロントローディングによる工作の手戻り発生の防止
- ・ 構造設計・規則へのフィードバック

・ 代替燃料コンテナ船の燃料タンクに適用

- 独立方形タンクを想定
- 溶接工程の最適化, 品質管理
- 溶接初期不整の構造強度への影響調査
- 構造信頼性に基づく許容初期変形量の導出



出典：JMU HP



出典：次世代環境船舶開発センターHP

研究課題③ (短～中期目標)

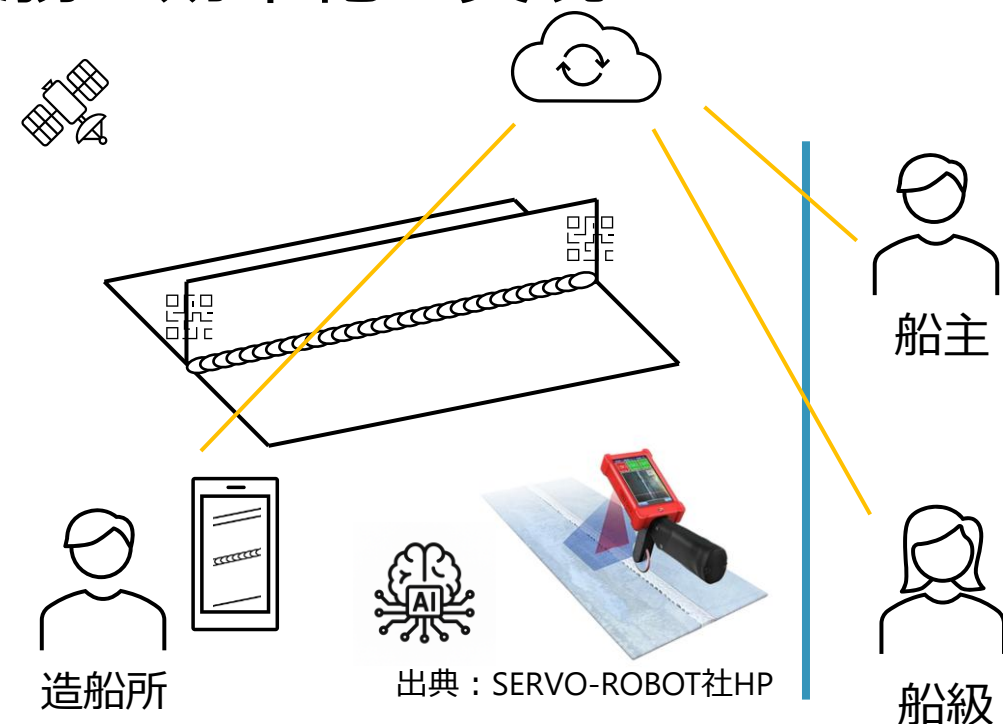
船殻の品質管理のデジタルトランスフォーメーション

目的

- 建造データのトレーサビリティの向上
- 立ち合いレス検査など検査業務の効率化の実現

• 溶接ビード外観検査の自動化

- 溶接欠陥画像認識AIの開発（内検用）
- ポータブル形状計測スキャナ・検査システムの活用（船級・監督検査用）
- NFC, QRコード, GPSなどを活用した検査位置の自動判定と工作図面との連携
- 計測・検査結果のクラウド管理

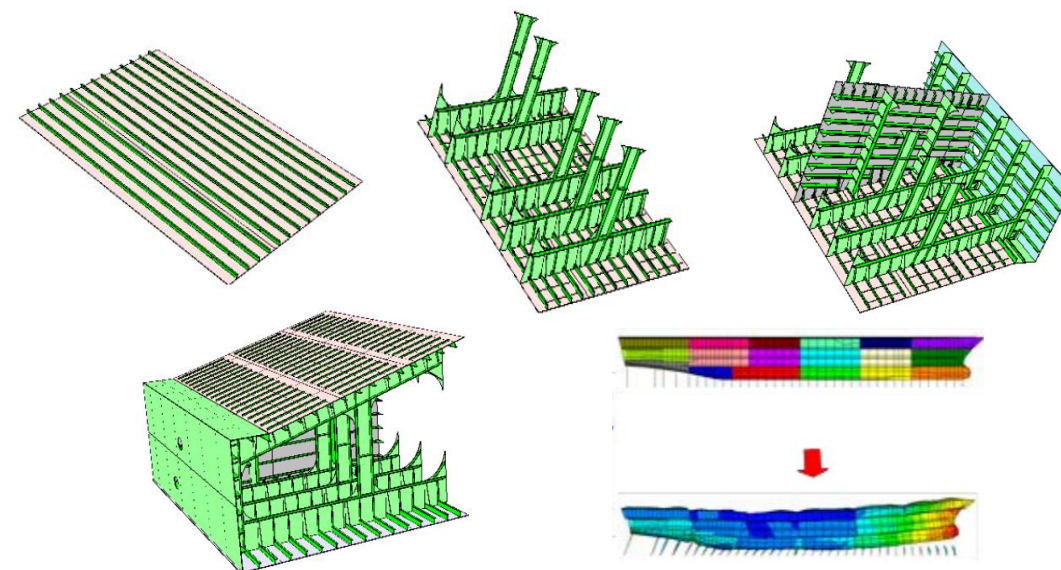


研究課題④（長期目標）

船体建造デジタルツインの開発と 建造プロセスにおける変形・応力状態の解明

目的

- 船体の建造後の初期状態の解明
- 運航への活用，設計・規則へのフィードバック
- 建造プロセスにおけるひずみモニタリング
 - 高耐久性独立型ひずみセンサの検討
- 計測データを活用した建造プロセス全体のシミュレーション
 - 計測データと固有変形法と同化手法の開発
 - 溶接初期不整の予測と検証



出典：佐野仁則 博士論文（2015）

研究シーズとニーズのすり合わせ

- 紹介した研究課題は研究シーズを出発点にいずれも設定.
- 固有変形法JWRIANによるフロントローディングにより, 薄板の船舶 (PCC, フェリーなど) の建造の効率化を行い, 大きな工数削減を実現した造船所あり.
- 一方, 厚板の船舶 (バルクキャリア, コンテナ船) の建造に対して活用のニーズがあるか?
- 造船所の現場の方への研究シーズの紹介, ニーズのヒアリングを継続的に行い, 研究課題の新設・更新が重要 (建造WGの成功の鍵) .
- 建造WGとしては, 船殻だけでなく艤装に関連する研究も展開していくべき.

まとめ



School of Engineering
The University of Osaka

- 固有変形法JWRIANをベースに，**船舶建造デジタルツイン**を開発することが長期目標.
 - 建造シミュレータの開発と強度評価への活用（研究課題①）
 - BOM/BOP，生成AIを活用したJWRIANの入力データ作成の効率化（研究課題②）
 - 遠隔検査の実現に向けた溶接ビード外観検査の自動化（研究課題③）
 - 建造デジタルツインの開発と建造プロセスの変形・応力状態の解明（研究課題④）
- 参画企業のニーズ調査を継続.

