

1D CAE・MBDシンポジウム2022

2022年12月7日～9日 於: 川崎産業振興会館&オンライン

一般公演(4)「海事デジタルエンジニアリング」



東大・海事デジタルエンジニアリング社会連携講座 (MODE)設置とロードマップ

2022年12月8日

安藤英幸 (MTI)
村山英晶 (東京大学)
青山和浩(東京大学)
山中遼(日本郵船)



ゼロエミッション船の設計・建造*1



自動運航船の社会実装*2



設計・製造における生産力確保*3

- ✓ 2050年国際海運からのGHG排出ゼロ実現のための**2030年時点のゼロエミッション船の建造**
- ✓ 海運サービスの安全性向上と働き方改革のための**自動運航船の社会実装**
- ✓ 設計・製造プロセスにおける**圧倒的な生産力確保**

解決策として、自動車産業他で導入が進むモデルベース開発(Model-Based Development: MBD)、モデルベースシステムズエンジニアリング(Model Based Systems Engineering: MBSE)を活用した技術開発と人材育成が必要

※ 2021年度の総合海洋政策本部参与会議「海洋産業の国際競争力強化に向けた共通基盤と人材育成検討」プロジェクトチームにおいて協議が進められ、「シミュレーション共通基盤」の構築の必要性、そのための拠点の大学への設置の提言が、2022年7月の「総合海洋政策本部参与会議意見書」に盛り込まれた。

引用)

*1 NYK, NYK Super Eco Ship 2050

*2 日本財団, MEGURI 2040

*3 DNV, HIL(Hardware-in-the-Loop) Simulation test

モデルベース開発(MBD)

- 2005年頃よりオフショアリグ, 作業船のDynamic Positioning System(DPS)の認証に, シミュレーションテストの試験的な活用開始¹⁾
- 2009年頃までに, DPS, パワーマネジメントシステム(PMS)の認証にシミュレーションテスト利用が広がる³⁾

→高度・複雑化するコンピュータ制御システムの第三者認証での活用

システムズエンジニアリング(SE)

- 2012年頃にミッションクリティカルな機能にコンピューター制御システム利用する際の信頼性担保のための船級ガイドライン整備が進む。 ^{4, 5)}
- コンセプト・設計・開発・建造・コミッション・保守運用における関係者の役割・責任を明確にし, 早期運用開始・稼働率向上に貢献

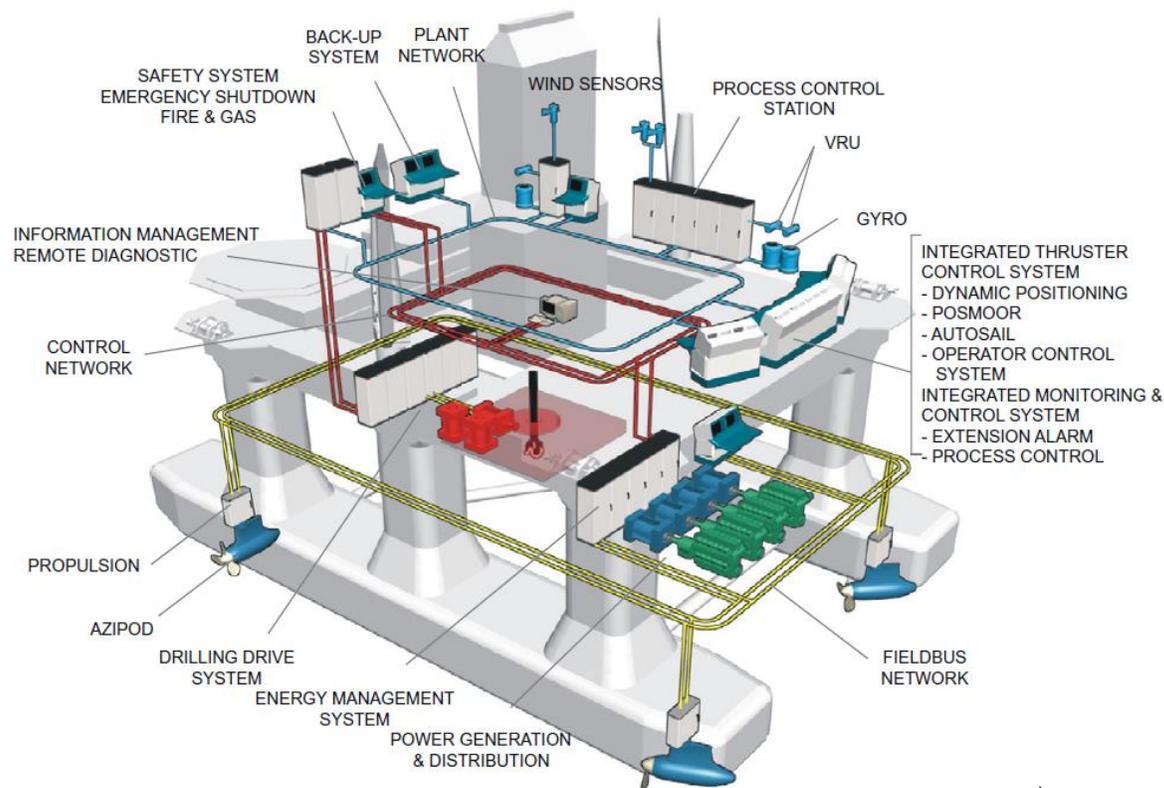


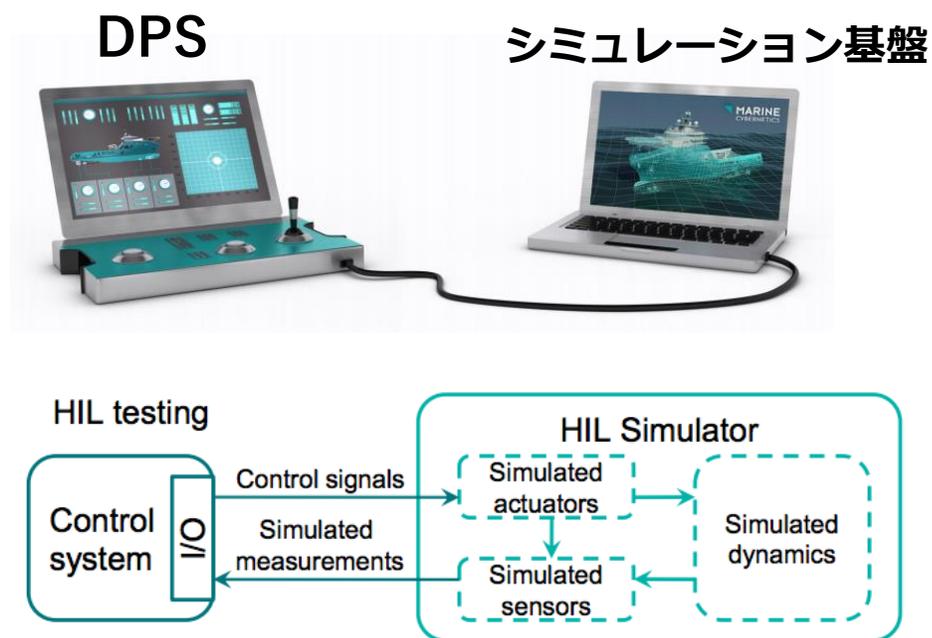
Fig. 2. Illustration of different systems on a DP rig (printed with kind permission from ABB Marine).

→オフショア分野のMBD, SEなど新たなエンジニアリング手法が, 一般商船分野にも2010年代に流入。

- (1) Tor A. Johansen, et.al., Hardware-in-the-loop Testing of DP systems, DYNAMIC POSITIONING CONFERENCE, Nov. 2005
- (2) Asgeir J. Sorensen, A survey of dynamic positioning control systems, Annual Reviews in Control 35(2011), p123-126
- (3) Tor A. Johansen and Asgeir J Sorensen, Experiences with HIL Simulator Testing of Power Management Systems, DYNAMIC POSITIONING CONFERENCE, Oct 2009
- (4) DNVGL, Integrated software dependent systems, DNVGL-RP-D201, July 2017
- (5) ABS, INTEGRATED SOFTWARE QUALITY MANAGEMENT(ISQM), SEP 2012 (Updated Feb 2016)

海事業界におけるモデルベース開発技術の活用 ～DPS (Dynamic Positioning System)の開発・認証での利用

- 再現性の高い船体運動シミュレーションを用いて、様々な外乱(風・波・潮)下で求められる精度でコントロールが行えるか、シミュレーション基盤上で接続してシミュレーションベーステストを実施。



引用) DNV-GL Marine Cybernetics Advisory

<https://www.dnvgl.com/services/hil-testing-concept-explanation--83385>

- Function Mockup Interface (FMI) に準拠したモジュールで構成されるシミュレーター。
- 他のシミュレーションソフトで作ったモジュールをFMIを介して接続可能。
- 評価用のテストシナリオをスクリプトとして記述。自動テストにより効率的に試験対象の制御システムを評価できる。

* FMI <https://fmi-standard.org/>

シミュレーション基盤ではシナリオマネージャーと標準インターフェースFMIを介したCo-Simulation機能が重要な役割担う

NTNU AMOS Center for Autonomous Marine Operations and Systems – Center of Excellence(CoE), Norway (2013-2022)



The screenshot shows the NTNU AMOS website. The header includes the NTNU AMOS logo (Centre for Autonomous Marine Operations and Systems) and the Norwegian Center of Excellence logo. A search bar is visible. The main content area features a 'Centre of Excellence' section with the text 'NTNU AMOS - Centre for Autonomous Marine Operations and Systems' and a grid of four images illustrating research areas: mapping and monitoring, intelligent ships, intelligent marine structures, and robotic platforms. A 'Contact' section lists personnel, phone, email, and addresses. A 'Vacant positions' section shows 'No positions to show.' and a link for 'Previous job announcements at NTNU AMOS'.

- PhD graduates ... 112
- Master graduates ... 400 +
- Budget (10 years) ... 800+ MNOK

NTNU AMOS research areas (from the left): Mapping and monitoring, intelligent ships and operations, intelligent marine structures and operations and robotic platforms.

欧州で相次いだ自動運航船プロジェクト(2012-2016)



YARA Project ¹⁾



ASKO Project ²⁾

- 1) YARA Project,
<https://www.yara.com/knowledge-grows/game-changer-for-the-environment/>
- 2) ASKO Project,
<https://www.kongsberg.com/maritime/support/themes/autonomous-ship-project-key-facts-about-yara-birkeland/>
- 3) EU AUTOSHIP Project,
<https://trimis.ec.europa.eu/project/autonomous-shipping-initiative-european-waters>

- 2012年-2015年に実施されたEU Project “MUNIN”をきっかけとして、Kongsberg, Wartsila, ABBと言った欧州の大手船用メーカー(OEM)が2016年頃から相次いで、自律船の取り組みを表明。

例)

- YARA Project, 2021年の無人自律運航 (2016-2021)
- ASKO Project, 2022年の無人遠隔操船 (2018-2022)
- AUTOSHIP EU Project (2019-2022)

- 欧州の自動運航船への取り組みの特徴

- 大手メーカー(OEM)主導。
- 荷主と大手メーカー(OEM)の連携。船会社は不在。
- 政府による大型補助金。域内産業（特に船用メーカー）の保護。
- 大手メーカー、船級による複雑なシステム（≒アジア勢との差別化）の導入。

大手システムインテグ
レーター主導の開発



日本のシステムインテ
グレーター不在議論に

シミュレーションを活用した産学共同のモデルケース ～ノルウェー・オーレスン

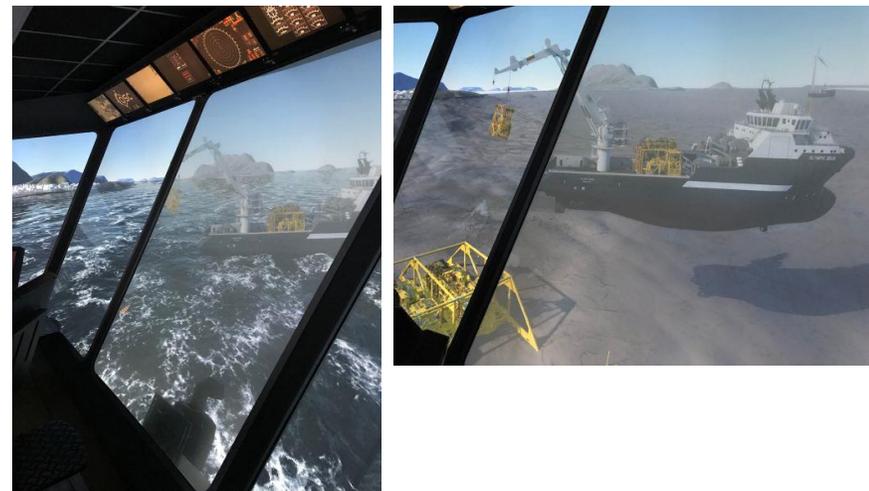
- ノルウェー, オーレスン, Norwegian Maritime Competence Center
- 産業がリードする, 産学官の結節点. 最新機器の研究開発, 人材トレーニングに, シミュレーション技術を活用.
- 造船, 船用, オフショアの歴史あるオーレスン地区の産学連携によるイノベーションのハブ機能を担う.
- 連携母体
 - 大学 NTNU Alesund校
 - 企業 Kongsberg (以前のRolls-Royce Marine社のHQ)
 - シミュレーションサービス Offshore Simulation Center



Norway, Alesund, Norwegian Maritime Competence Center (Kongsberg他)



Kongsberg(当時Rolls-Royce Marine社) シミュレーション施設

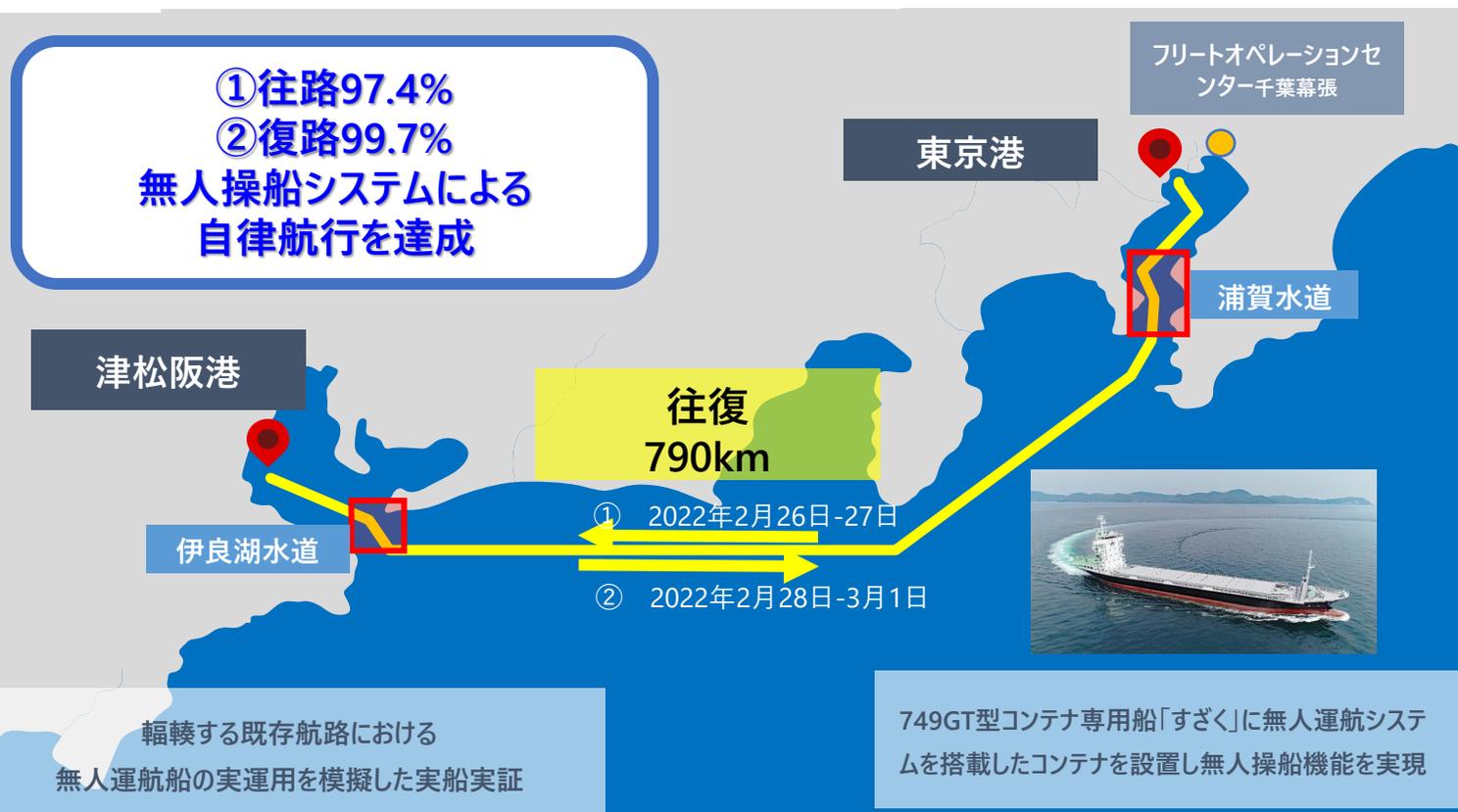


Offshore Simulation Center (OSC)

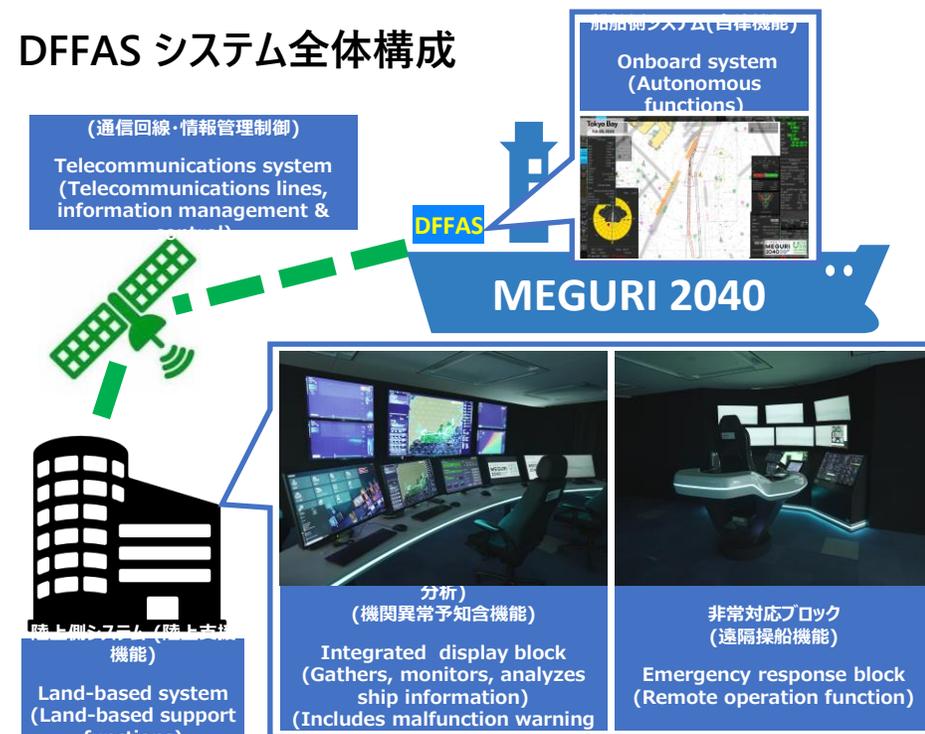
国内海事分野でのMBD・MBSEの導入(2020-2022)

DFFASプロジェクトにおける無人操船システムの開発と実証(2020.2～2022.5)

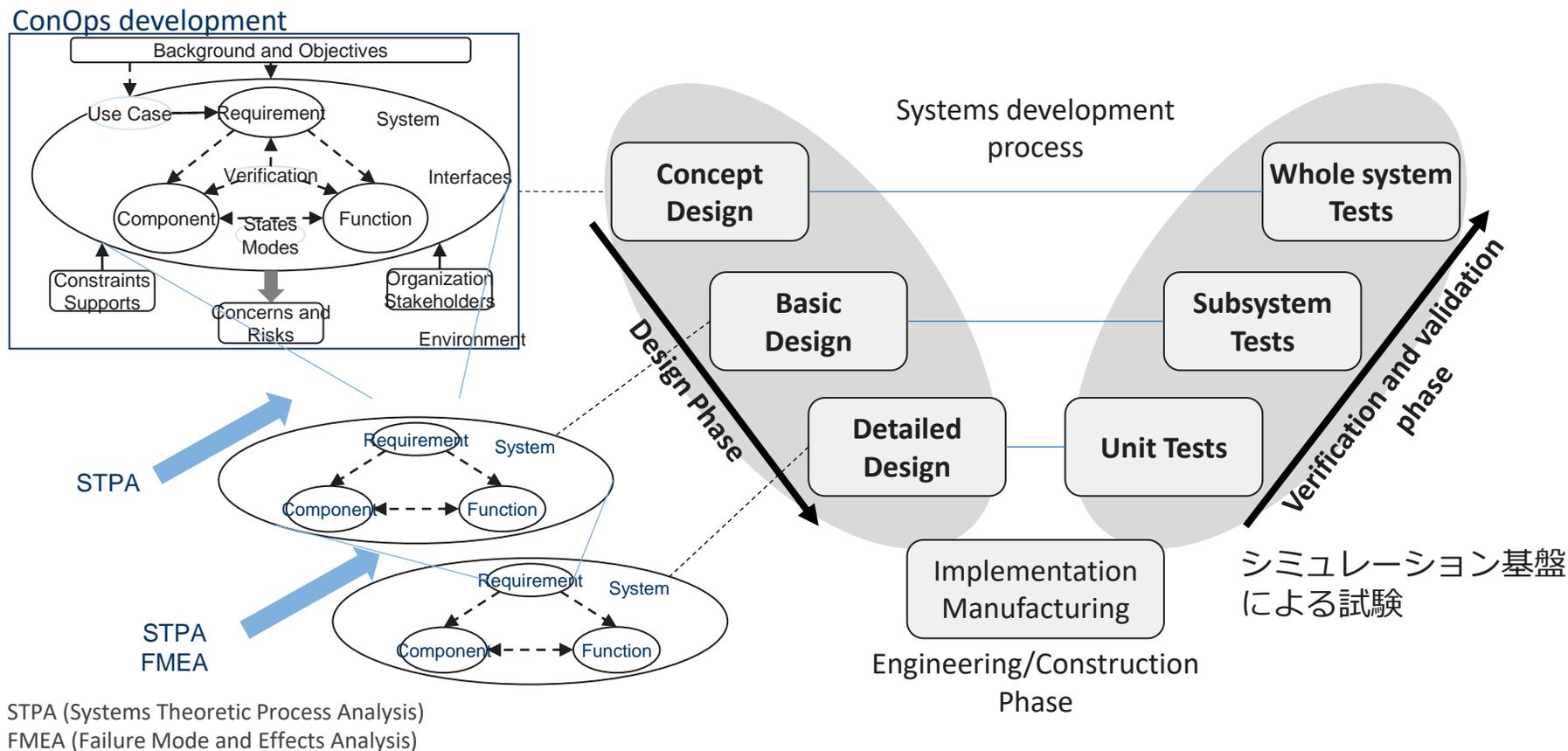
①往路 2022年2月26日～27日, ②復路 2022年2月28日～3月1日



DFFAS システム全体構成



日本財団 無人運航船プロジェクト MEGURI2040の一環として、国内30社のコンソーシアム、海外パートナーも含めた60社によるDFFAS (Designing the Future of Full Autonomous Ship) Projectとして実施。日本郵船グループの日本海洋科学とMTIが全体取りまとめ。DFFASプロジェクトにおいて、自動操船システムのコンセプト設計にMBSE(Model-Based Systems Engineering)採用、システムの検証にシミュレーションテストを採用したMBDにより開発を効率化。

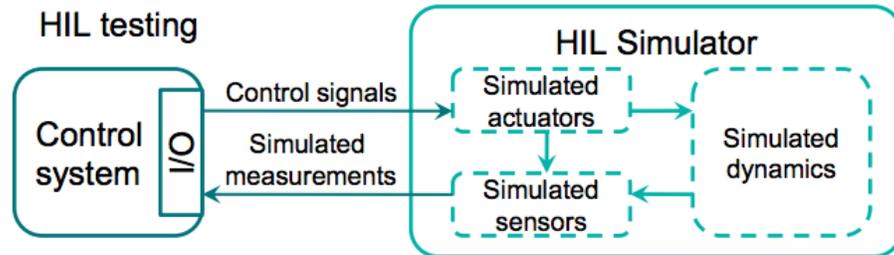


Ref) Nakashima et.al, "Model-Based Design and Safety Assessment for Crewless Autonomous Vessel", MTEC-ICMASS2022, 2022

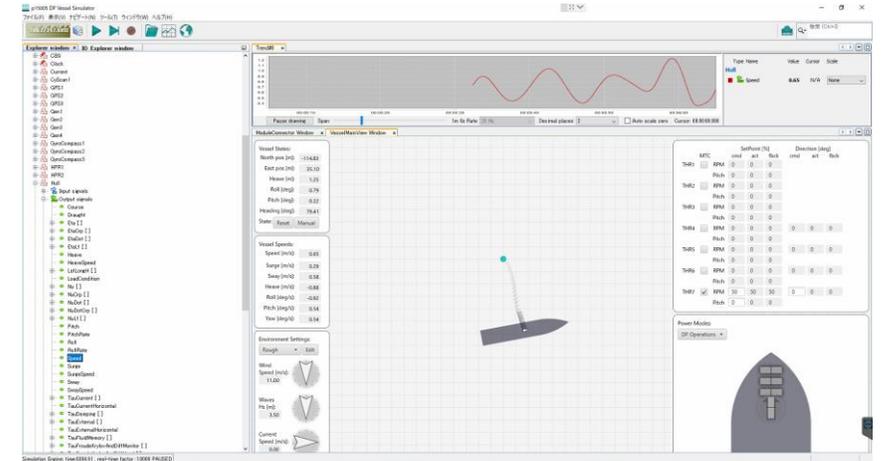
ConOps, リスクアセス, シミュレーションによる検証がモデルベース開発の主要な要素. プロジェクトに必要なVプロセスを定め, メンバーと共有し, プロジェクト管理を行う.

DFFASシステム開発におけるシミュレーションベーステストの活用

- DFFAS自動操船システムの開発にあたってMBD手法であるシミュレーションテストを活用
 - MIL (Model in the Loop)
 - HIL (Hardware in the Loop)
- 複雑な統合システムの動作，風・波など様々な条件下でのシステムの振る舞いを，陸上で事前検証し，PJ全体の生産性を大幅に向上。



引用) DNV, <https://www.dnv.com/services/hil-testing-concept-explanation--83385>



シミュレーションテスト基盤
CyberSea (ノルウェー・DNV)

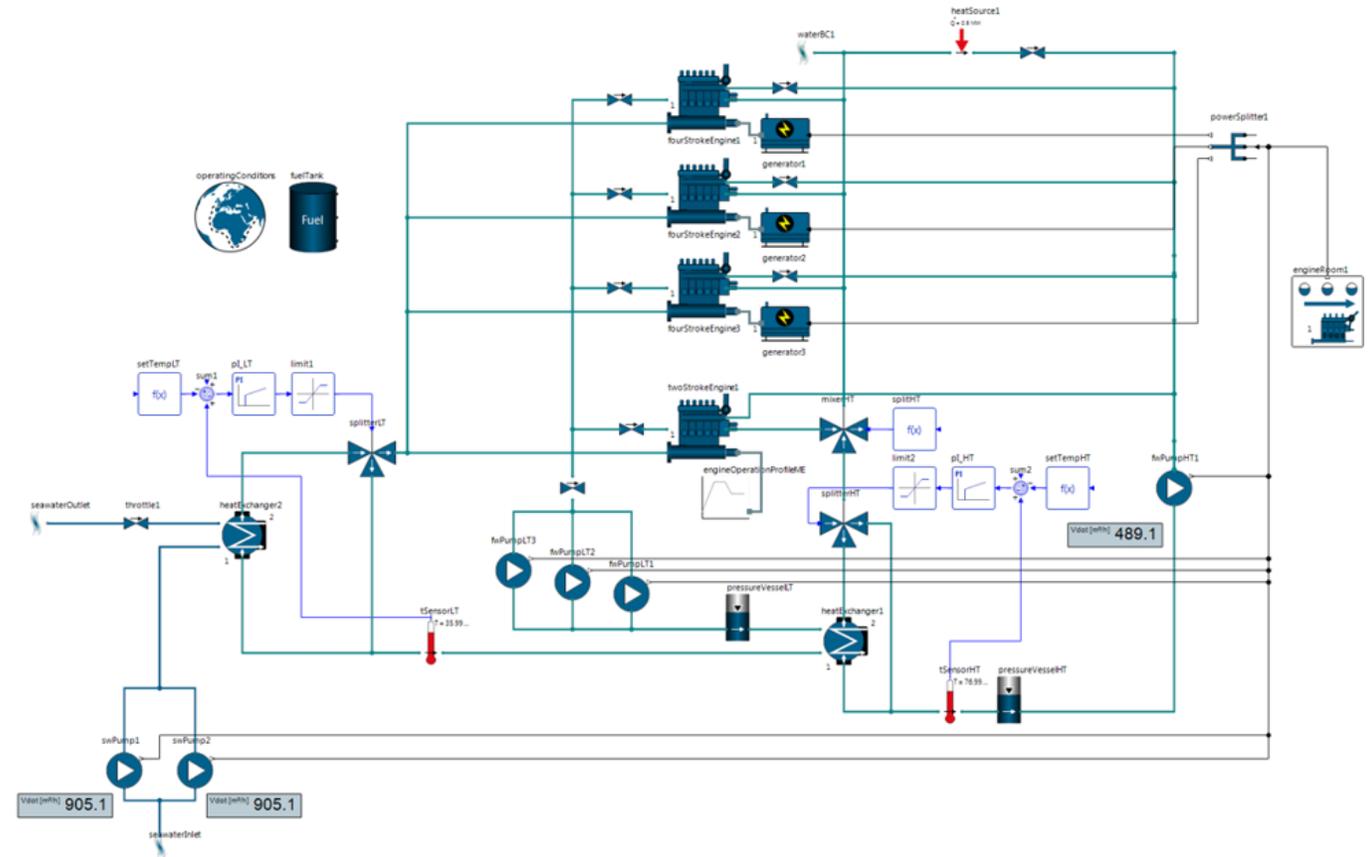


千葉・幕張に設置したFOCにおける
統合テスト(2021年6月～8月)

低炭素・脱炭素実現において 船舶推進機関の高度化・複雑化は必須

低炭素・脱炭素船における推進機関の構成要素

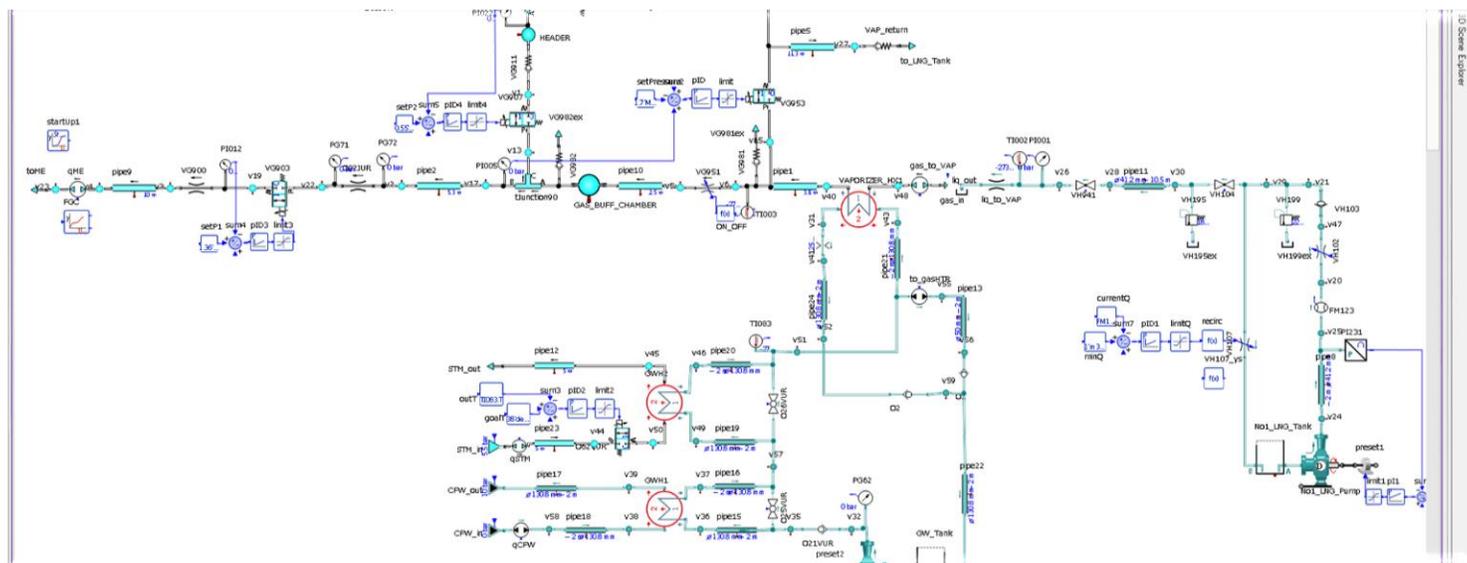
- 代替燃料（LNG，アンモニア，メタノール，水素）
- 発電機，燃料電池，バッテリー
- PTI/PTO
- 電源系統
- パワーマネージメントシステム
- 推進器（エンジン，モーター）
- プロペラ（CPP, FPP）
- 廃熱回収
- エネルギーマネージメントシステム



引用) Simulation X, Ship Energy System
<https://doc.simulationx.com/4.2/1033/Content/Modules/Module291.htm>

船舶の抵抗，推進性能，エンジン，機関プラント，廃熱回収，燃料供給システム，電力マネージメントと言った，複数の物理シミュレーションを統合して，最適設計や統合制御システムの開発を行うことが一層必要になる。

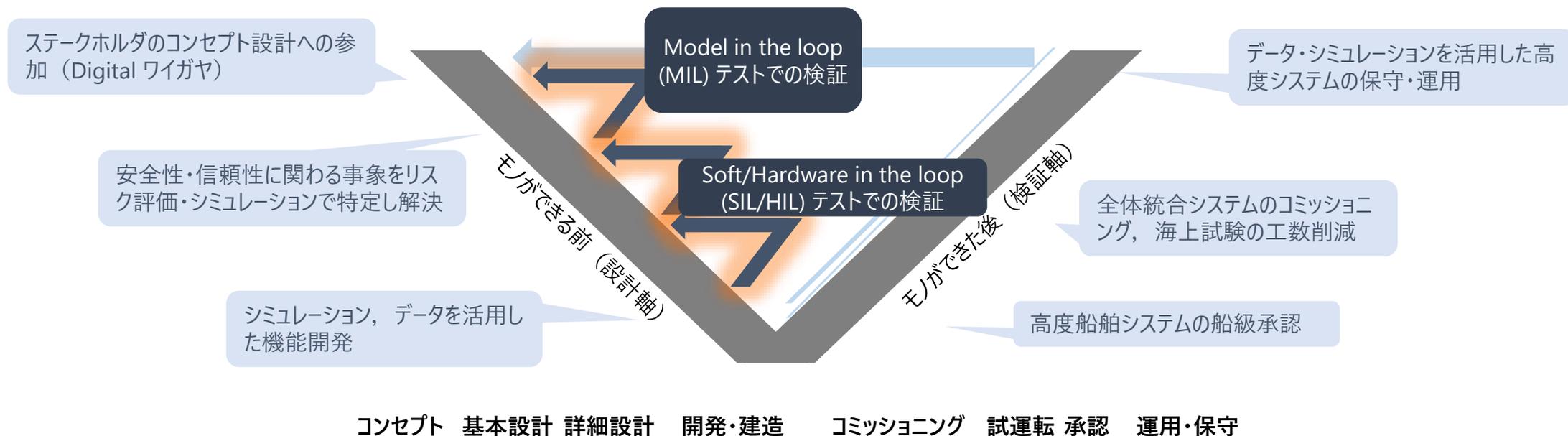
- LNG燃料船の燃料供給システム(fuel supply system)のシミュレーションモデル
- 実運航データによるシミュレーションモデルの再現性向上
- 船員トレーニング，設計，制御システムの開発・コミショニング，運用時の異常検知などへの応用が期待される。



LNG燃料ガス供給システムのシミュレーションモデル

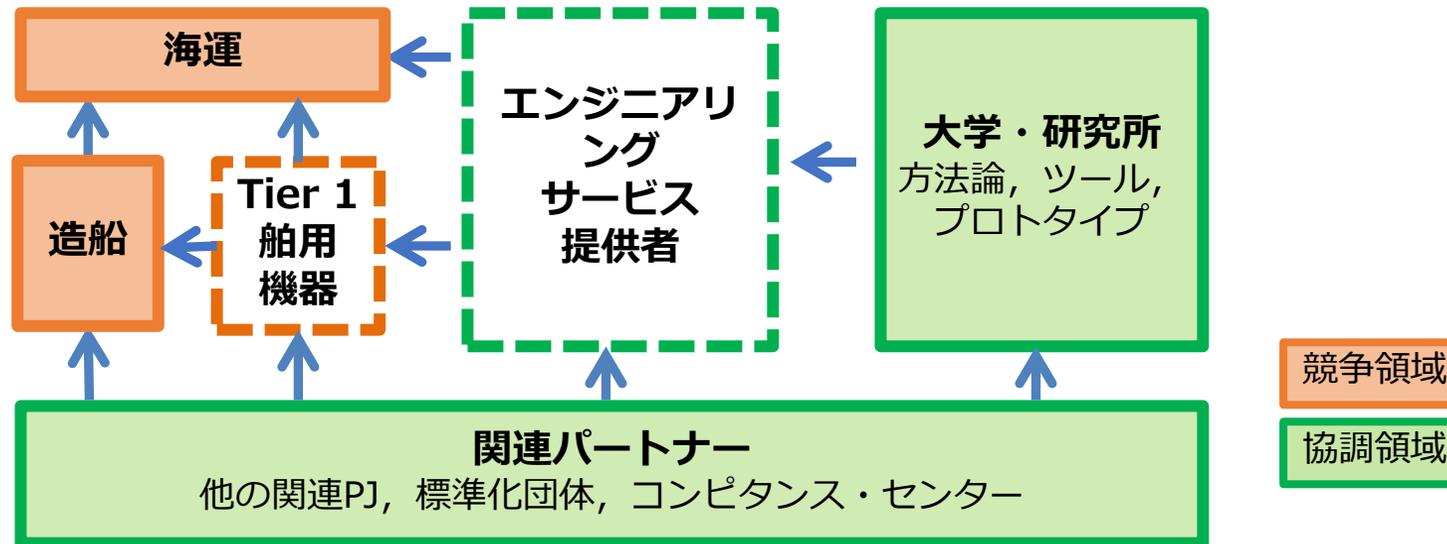
燃料供給システムのプロセスシミュレーションにより，現場を熟知するユーザーの知見と運航データを設計フェーズで活用
→シミュレーションモデルと運用データの活用で，設計，開発，保守・運用の競争力を向上する

- 脱炭素や自動運航など、新しいコンセプトを採用する船舶の設計へのモデルベース開発(MBD), モデルベースシステムズエンジニアリング(MBSE)の活用により、一番船からユーザーや建造工程の意見を十分に取り入れた設計、最適化が可能になる。
 - ミッションクリティカルな制御システムの機能開発・検証に、シミュレーション共通基盤を活用したテスト(MIL/SIL/HIL)を活用することで、システム信頼性向上, コミッショニングなど建造工程の工数削減に繋がる。
- 海事産業におけるモデルベース開発(MBD), モデルベースシステムズエンジニアリング(MBSE)の研究を行い、日本の海事産業として共有すべきVプロセスを構築し、MBD・MBSEを活用した技術開発と人材育成に取り組む。



我が国海事産業において 高度なシステムインテグレーションを進める産業政策上の課題

- 日本の海事産業が、脱炭素、自動運航船と言った高度なシステムに取り組む上で、システムインテグレーションが不可欠な一方で、システムインテグレーションは、シミュレーション基盤の活用が不可欠。
- 一方で、各社がシミュレーション基盤を単独で構築することは難しく、システムインテグレーションに関わる民間各社が共同し、大学と連携してシミュレーション基盤を整備し、技術開発、人材育成に取り組む必要がある。



1. 名称：「海事デジタルエンジニアリング講座」(英語名称：Maritime and Ocean Digital Engineering Laboratory (MODE))
2. 設置機関・講座種別：東京大学大学院新領域創成科学研究科社会連携講座
3. 設置期間：2022年10月1日～2027年9月30日まで(5年間)
4. 代表教員：村山英晶(東京大学大学院新領域創成科学研究科海洋技術環境学専攻教授)
5. 活動内容：海事産業におけるモデルベース開発手法およびシミュレーション共通基盤，脱炭素・自動運航船に関する技術及び国際ルールについての研究，国際連携，人材育成
6. 研究内容：
 1. 海事産業におけるモデルベース設計手法の研究
 2. 海事産業におけるモデルベース開発手法の研究
 3. 脱炭素船や自動運航船に関する具体的な技術課題の実施
 4. シミュレーションプラットフォームの研究
 5. V&Vプロセスの研究
 6. 国際ルール(制度，法律，基準)の研究
 7. 海事産業として共有すべきV&Vプロセスの研究
 8. モデルベース設計・開発に関する人材育成
7. 参加企業：株式会社MTI(日本郵船グループ)，ジャパン マリンユナイテッド株式会社，三菱造船株式会社(三菱重工グループ)，古野電気株式会社，日本無線株式会社，BEMAC株式会社，一般財団法人日本海事協会(および子会社 NAPA Ltd)の7者

海事デジタルエンジニアリング設置記念シンポジウム(2022年10月4日開催)

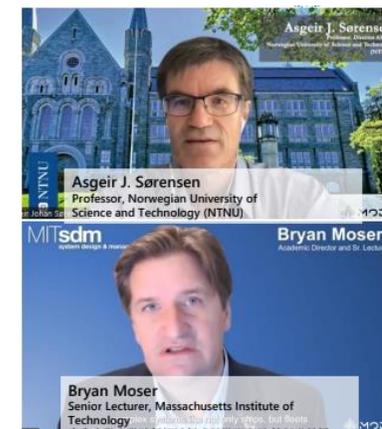
- 日時：2022年10月4日 13:00～17:00
- 場所：東京大学 本郷キャンパス 伊藤謝恩ホール
- 参加者：約500名
- <https://mode.k.u-tokyo.ac.jp/event/>



出典：海運経済新聞社



出典：NAPAホームページ



基盤研究

1

MBD/MBSE手法・シミュレーション共通基盤の開発

2

脱炭素船/自動運航船の開発, 社会実装

個別研究

3

設計・建造プロセスの生産性向上

4

海洋利活用や物流効率化の促進

教育・活動

5

デジタルエンジニアリング人材育成 & ネットワーキング

2022.10

2023

2024

2025

2026

【基盤研究】MBD/MBSE手法・シミュレーション共通基盤の開発

- MBD・MBSEの手法論の研究：モデルベース設計，検証
- フラッグシップ開発を通じたMBD・MBSEの実践
- シミュレーション共通基盤開発；モデルライブラリの拡充，プラットフォームの活用・錬成，最適なツールの模索

脱炭素船・自動運航船用ライブラリ群の構築
船舶のMBD/MBSEに関する規格策定

【個別研究】脱炭素船・自動運航船の開発 & 社会実装

- 脱炭素船の設計；風力推進，ハイブリッド制御など
- 自動運航船の設計；センサ，自律操船制御，陸上支援システムなど
- 脱炭素船・自律船のシミュレーションベース承認，制度・産業のデザイン

脱炭素船・高度自動運航船の開発実現
船・機器のシミュレーションベース認証の拡張

【個別研究】設計・建造プロセスの生産性向上

- 造船フロントローディングの推進
- シミュレーション活用によるコミッション業務の合理化 ・工場シミュレーター構築

シミュレーションによる建造工程最適化
(生産計画改善の実証)

【個別研究】海洋利活用や物流効率化の促進

- 海洋構造物の設計・評価・認証シミュレーターの構築
- サプライチェーン管理・街づくりへの応用

海洋分野におけるシミュレーター開発の実現
シミュレーションによる物流の最適化

デジタルエンジニアリング人材育成 & ネットワーキング

- デジタルエンジニアリング教育（MBD/MBSE講義・モノづくりプロジェクト）
- 海外連携（海外大学との交流・交換留学，海外研究機関等との協働）
- 産学連携（勉強会，現場見学，Job型インターンシップ，リカレント教育）
- 産業間連携（自動車，航空宇宙，情報通信産業等との協業）
- 情報共有（シンポジウム・セミナーの主催，国内外イベントへの出展）

教員5名・研究員20名の体制
博士（社会人含む）5～10名/年輩出
海事DE教育プログラムの確立・展開
価値創出メカニズム実現（ベンチャー輩出）



- 海事業界におけるMBD, Systems Engineeringの活用は, 海外のオフショア分野で2005年以降進展した.
- 日本国内への本格的な導入は, 2020年から約2年間に実施された自動運航船DFFASプロジェクトが最初の事例となった.
- 複雑なコンピュータ制御システムの開発におけるMBDやMBSEの重要性を学び, 今後の脱炭素, 自動運航船の社会実装に不可欠な手法と認識し, 更なる技術の習得, それに基づく技術開発, 人材育成を進めるため, 東京大学に「海事デジタルエンジニアリング」社会連携講座を, 海事業界7者と東京大学の共同で, 本年10月1日に設置した.
- 設置シンポジウムで対外発表したロードマップに沿って今後の活動を進めていく.