

次の20年 ～変化の認識とイノベーション～

2024年11月18日

株式会社MTI 取締役
安藤英幸

発表の構成

1. これまでの20年を振り返って
2. 今後の20年に向けて
3. まとめ

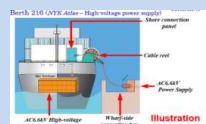
発表の構成

1. これまでの20年を振り返って
2. 今後の20年に向けて
3. まとめ

NYK、MTIの研究開発(2004~2024)

(Hardware)

Ship



Alternative Marine Power



Wind Power Generator
Andromeda Leader



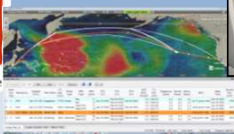
Electronic Controlled Engine



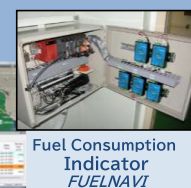
Improved Governor Controller



NYK's own safety and Environment standard
NAV9000



Prediction of Current



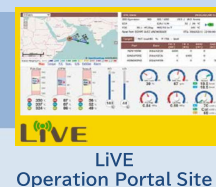
Fuel Consumption Indicator
FUELNAVI



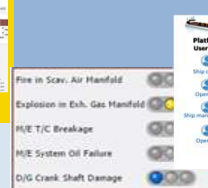
Integrated Operation Management System
NYK e-missions'



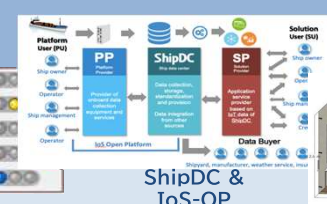
IBIS Project
Onboard Broadband
NYK SATCOM Project



LIVE
Operation Portal Site



Detection of Mach. Trouble
with monitoring data



ShipDC &
IoS-OP



RDC Remote
Diagnostics Center

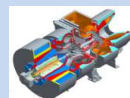


Alternative Fuel
Supply Plant
Simulation

Wind Resistance Reduced
MT-COWL



Super Eco Ship2030



Hybrid T/C
Shin Koho



30% Energy Saving PCTC



Innovative
Air Lubrication System
SOYO



Air Lubrication System
YAMATO, YAMATAI



Hybrid Electric Power Supply
Auriga Leader



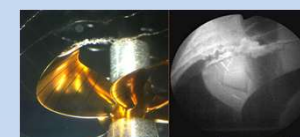
LNG-Fueled Tugboat
Sakigake



LNG-Fueled PCTC
Delivery in 2016



LNG Bunkering Vessel
Delivery in 2016



Measurement around propeller



High-efficiency
propeller



Super Eco Ship 2050
carbon free concept ship



MEGURI
2040



Establishment of MODE
MBSE/MBD



THE NIPPON
FOUNDATION

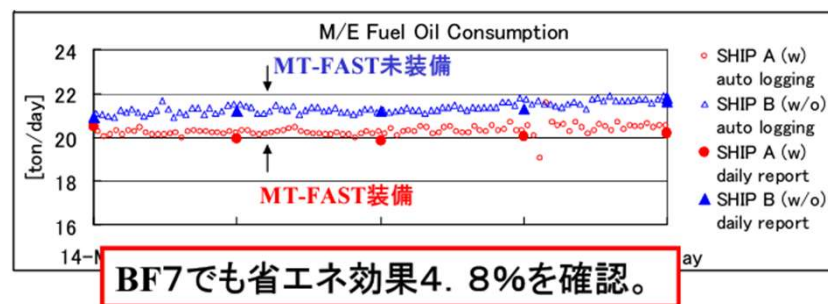
2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020 2021 2022 2023 2024

FUELNAVI, 実船計測

- 乗組員向けの燃費計FUELNAVIを開発し4隻の船に搭載しトライアル実施、同時に実海域性能データ計測に着手した。更に、海務・定航からの提案で、電子アブログ・データと紐づけて、陸に送信し、航海単位でのデータ集計を行う装置SIMSを開発し、同一航路に就航するコンテナ船6隻に搭載、陸での実海域性能データのモニタリングを開始した。(2008～2009)
- ハード面では、空気潤滑、船体付加物、省エネガバナーを開発。これら省エネ装置の効果を、SIMSの計測データを使って検証するというアプローチを取り、従来は確認が難しかった省エネ装置の実船効果検証の方法となった。



燃費計FUELNAVI ¹⁾



姉妹船の並走試験による省エネ付加物の検証 ²⁾

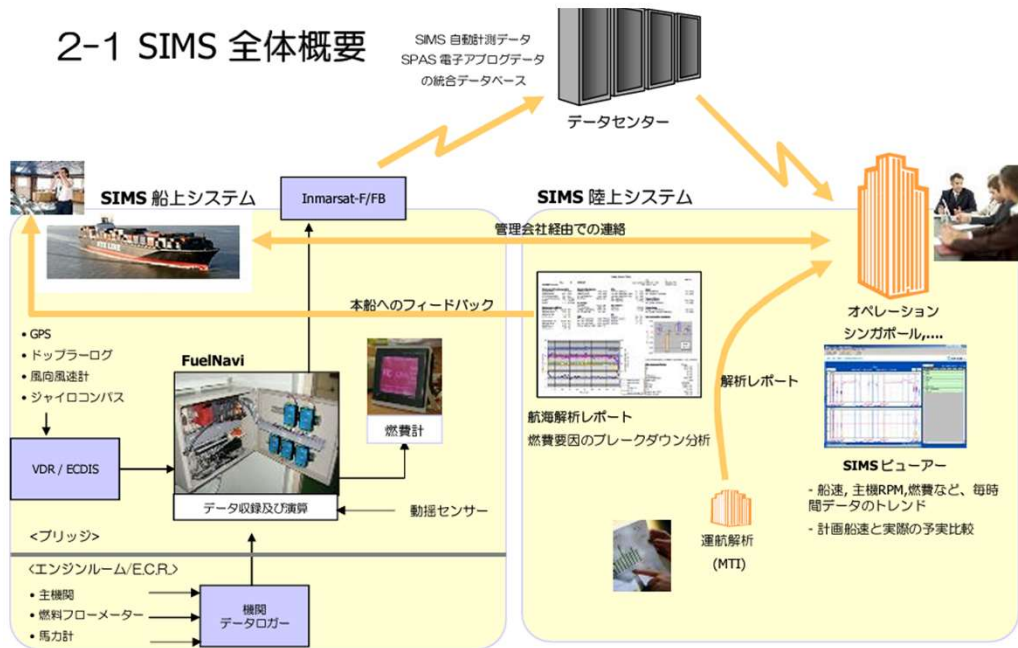
引用)

1. 安藤, 「本船モニタリングと省エネ運航」, MTF2009

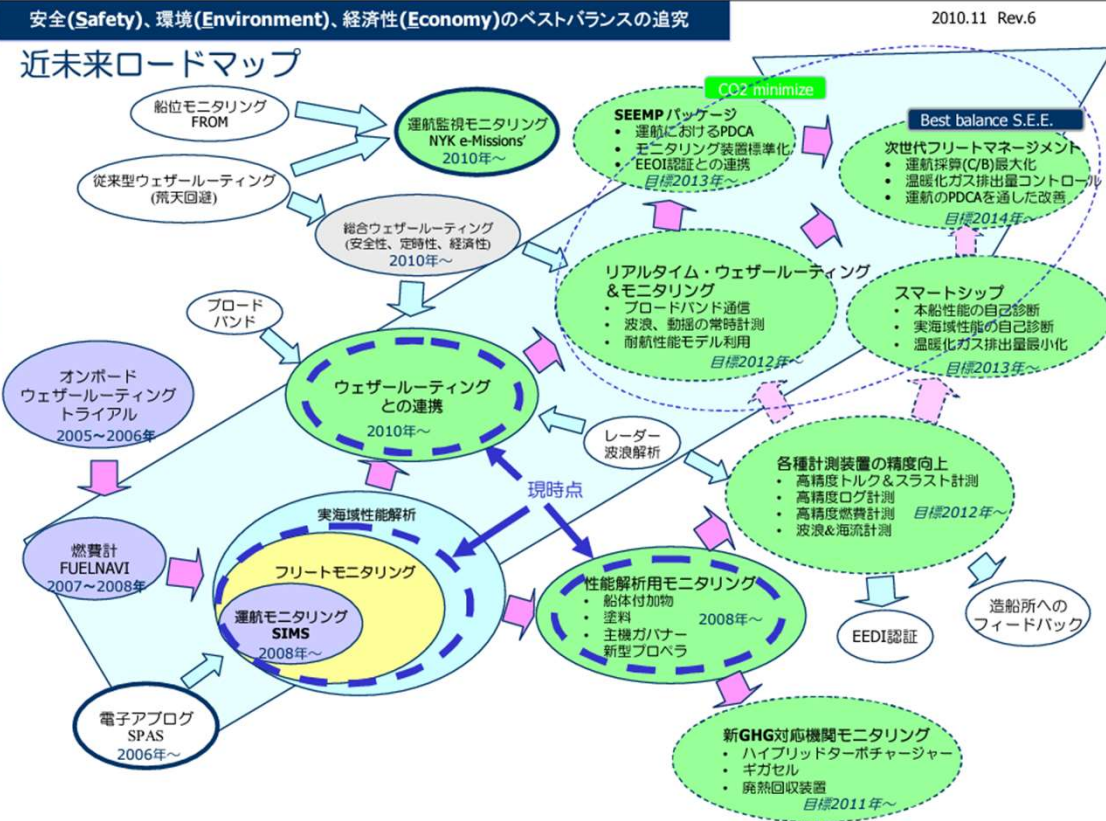
2. 角田, 「新性能計測・解析手法の提案 - アブログデータから自動計測データへ」, MTF2010

SIMS, ロードマップ

2-1 SIMS 全体概要



運航モニタリングシステム, SIMS ¹⁾



近未来ロードマップ ¹⁾

引用)

1. 安藤, 運航モニタリングシステム (SIMS) の現状と近未来ロードマップ, MTF2011

実海域性能計測と実海域性能モデル

実海域での性能変化の様子

6500TEU コンテナ船

波高5.5m、風速20m/sの向かい波・向かい風に遭遇



プロペラ回転数55rpm

<平穏時の性能>

船速：14 knot

燃費：45 ton/day



<計測値>

船速：8 knot

燃費：60 ton/day

<性能が変化する要因>

①海象(波・風)、②個船毎の特性(船型・プロペラ・主機等)、③船の状態(トリム・排水量、経年劣化等)

コンテナ船の実海域での性能低下¹⁾

2-2 実海域性能 ～風・波による影響～

<対象船>

6500TEU積みコンテナ船

喫水12m

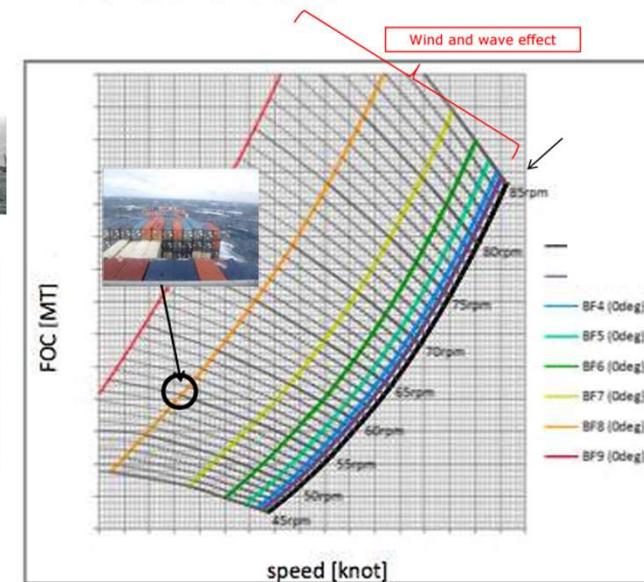


天候

ビューフォート・スケール

	wind speed (m/s)	wave height (m)	wave period (sec)
BF0	0.0	0.0	0.0
BF3	4.5	0.6	3.0
BF4	6.8	1.0	3.9
BF5	9.4	2.0	5.5
BF6	12.4	3.0	6.7
BF7	15.6	4.0	7.7
BF8	19.0	5.5	9.1
BF9	22.7	7.0	10.2

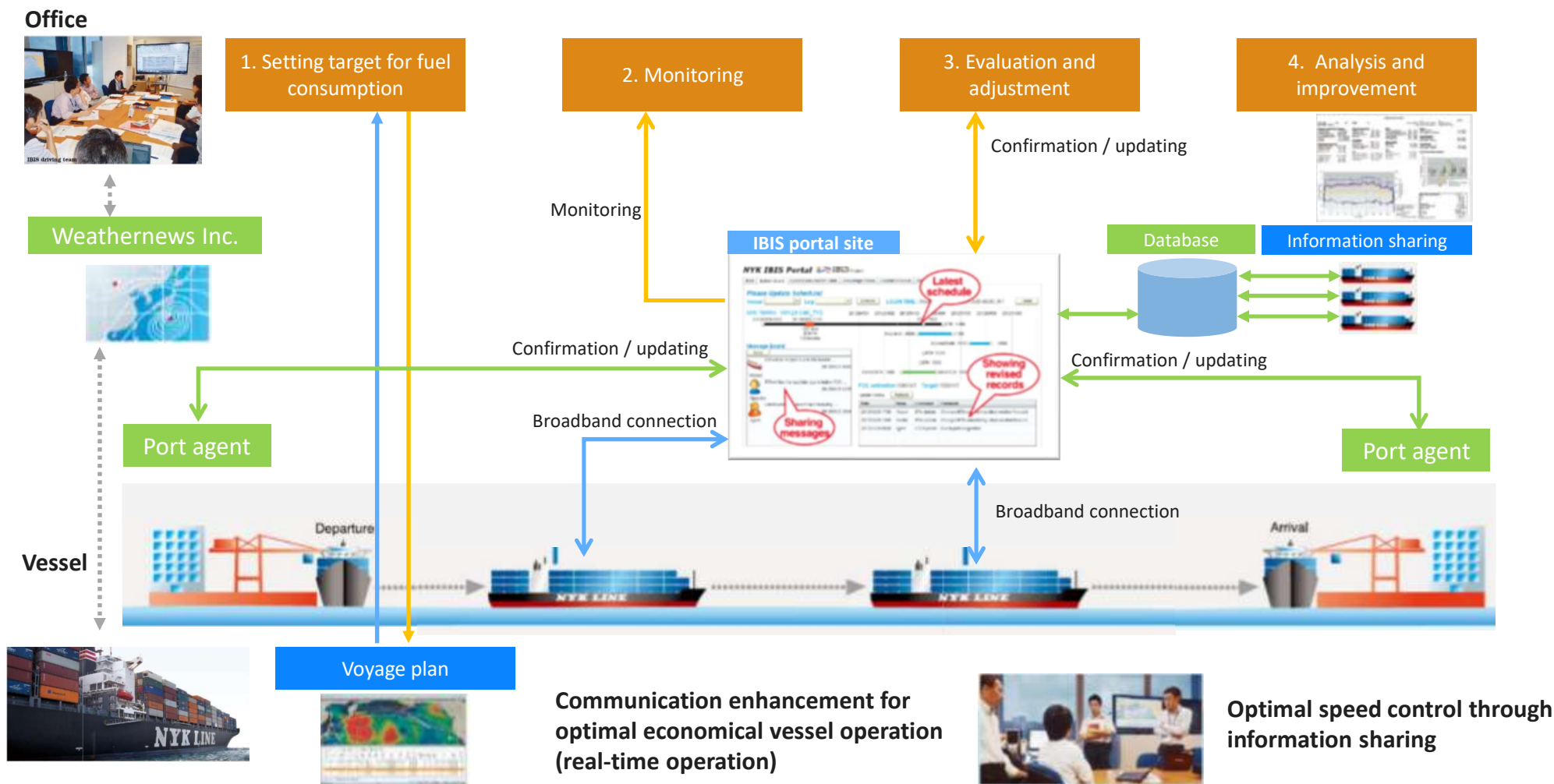
0度(風、波) - 向い波・向い風



コンテナ船の実海域性能モデル²⁾

引用)

1. 安藤, 船舶版ビッグデータの時代へ ～船舶情報グループの活動紹介～, MTF2013
2. 安藤, ビッグデータへの取り組み - 現状と課題 -, MTF2015





ゼロエミッション コンセプト船 NYK Super Eco Ship 2050

- ▶ NYK Super Eco Ship 2030, 2009
- ▶ NYK Super Eco Ship 2050, 2018
- ▶ Ammonia Ready LNG fuel ship, 2021
with Elomatic (Finland)

船舶IoTを活用した安全運航支援 (2016～2021)



自動運航船への取り組み

② 有人自律

- 現実的なコストで高度な機械支援（分析、計画策定）を実施。
- 承認（判断）は人間に一任されており、現場の当直航海士が運航を行う。（機械はあくまで支援）

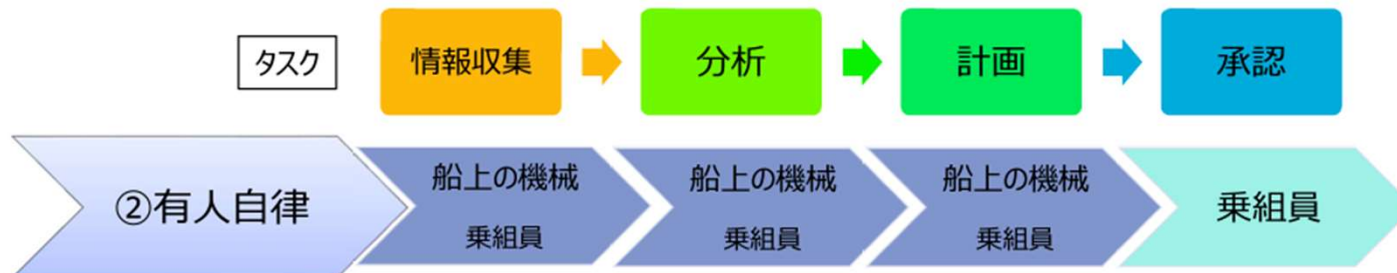


画像提供：日本無線株式会社



AL3

- Cyber access for autonomous/remote monitoring and control
- onboard permission required
- onboard override possible



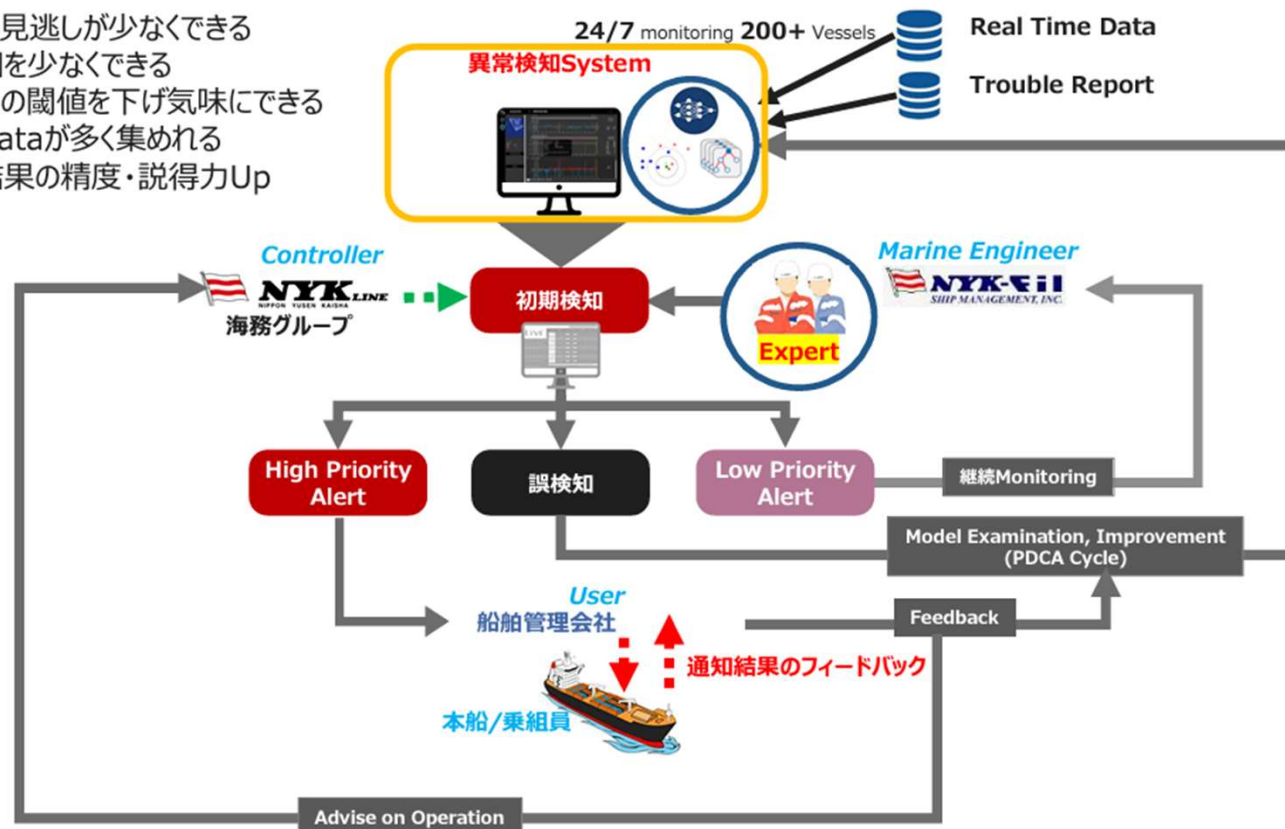
引用：Edward Fort, Global Head of Engineering, Lloyds Register, "Autonomous ships – LR approach" January 2018 より引用

引用) 匿名, 「自動運航船への取り組み」, MTF 2018

ドメイン専門家(Expert)とAIの融合～Expert-in-the-Loop

Expert-in-the-Loopのmeritは

- 検知の見逃しが少なくできる
- 誤検知を少なくできる
- Alarmの閾値を下げ気味にできる
- 教師Dataが多く集めれる
- 検知結果の精度・説得力Up



引用) 山田(NYK),「機関Plantの異常検知Logicの開発とRemote Diagnostic Centerの設立について」, MTF2020



ISO TC8/WG10 – smart shipping ship-shore communication expert panel (22 Nov 2019) @ Trondheim, Norway

ISO国際技術規格への取り組み

船用エスマナビ研/船技協と共に組んだISO規格

- ISO 19847/19848 ... 船舶IoTデータ収集装置とデータモデル
- ISO 16425 ... 船内機器間ネットワークガイドライン
- ISO 23807 ... 船陸間非同期データ通信

ISO/TC8/WG10 (smart shipping)への参加

海洋・オフショア分野におけるMBDとSEの進展(2005頃～)

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, パフォーマンス管理システム(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

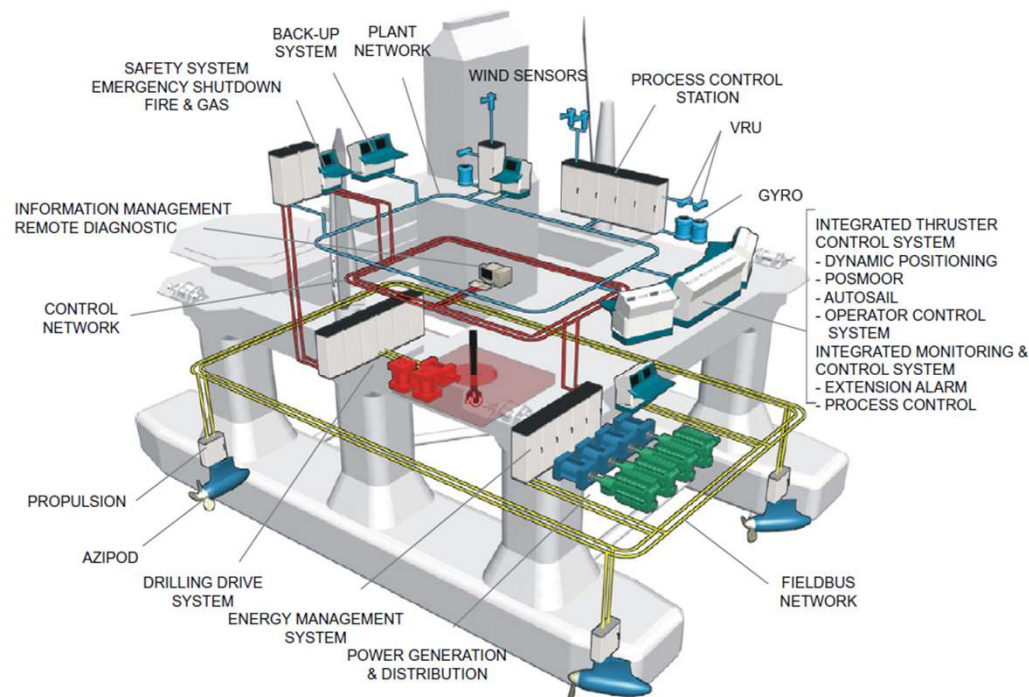


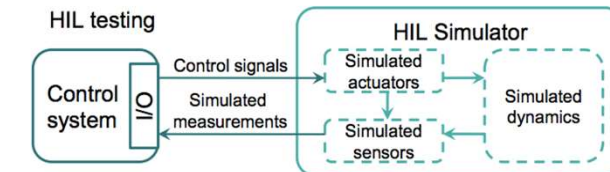
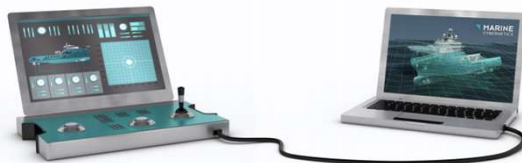
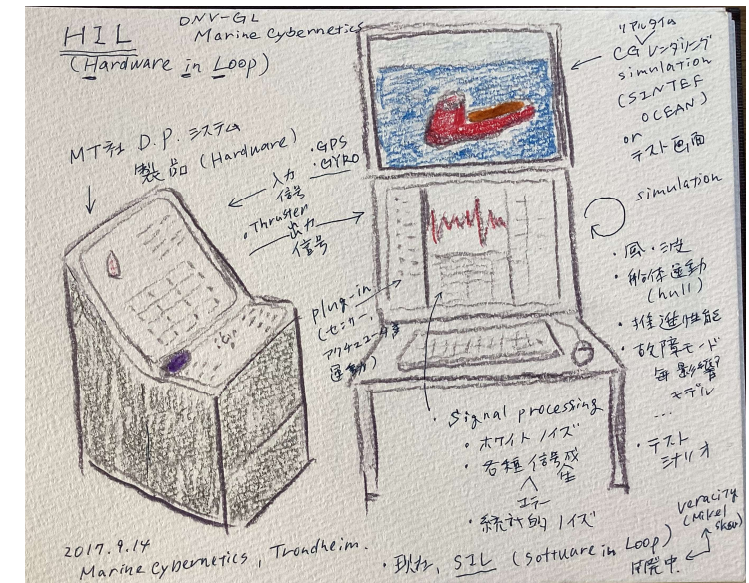
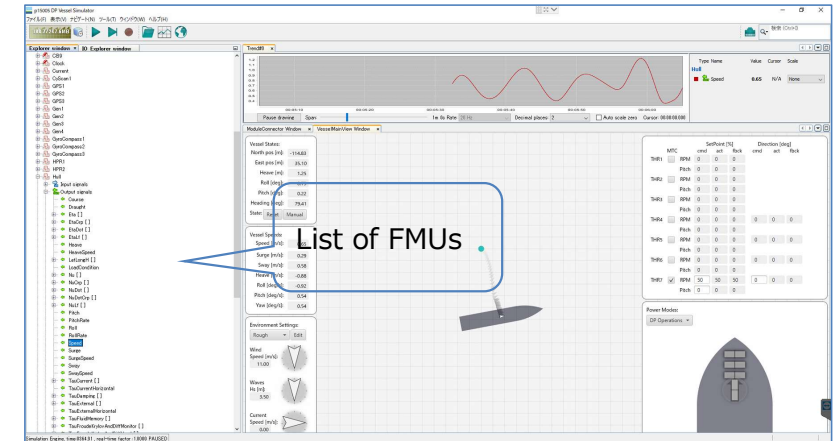
Fig. 2. Illustration of different systems on a DP rig (printed with kind permission from ABB Marine).²⁾

→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)

モデルベース開発(MBD)による制御システムのテスト

- シミュレータを使った制御ソフトウェアの認証
 - MIL (Model-in-the-loop)
 - SIL (Software-in-the-loop)
 - HIL (Hardware-in-the-loop)
- 従来の工場試験、試運転等では作り出せない、実際のオペレーション状態、発生確率の低い状況をシミュレーター上に再現し、その際の制御ソフトウェアの振る舞いを試験する。
- 以下は、定点保持システムDPS(Dynamic Positioning System)のHIL試験イメージ。風・波の中でPID制御システムが要求される性能を発揮するか試験を行う。シミュレーターには、十分な再現性(fidelity)が求められる。



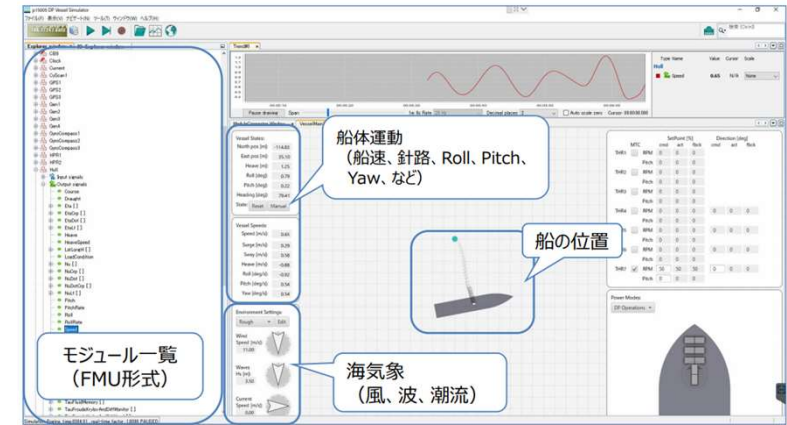
引用) DNV-GL Marine Cybernetics Advisory

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

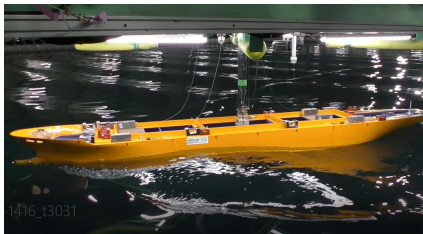
2017年9月のスケッチ@DNV, Trondheim

自律航行システム開発におけるシミュレーションテストの活用

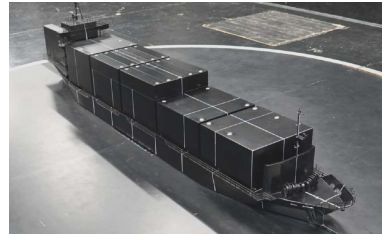
- DFFAS PJの自律航行システムの開発にあたってMBD手法(シミュレーションテスト)としてMIL、SIL、HILを活用。
- 船体の運動モデルはFMU(Functional Mockup Unit)で構築。運動モデルのパラメータは模型試験(水槽、風洞)に基づき設定。
- DFFASの統合テスト(HIL)では30の課題を検出。洋上調整前に修正し、後工程の作業負荷の軽減、PJ全体の生産性向上に繋げた。
- 本船搭載後の洋上調整で収集した実船データに基づき、運動モデルのパラメータを更に更新し、制御システムの調整に利用。



シミュレーションプラットフォーム
CyberSea (ノルウェー・DNV)



模型(水槽試験)



模型(風洞試験)



実船

模型試験、3D CAE (CFD)、実船計測からデータを収集し、1D CAE モデルを作成。設計、開発、テストの各フェーズで必要な再現性(fidelity)を得ることが重要。



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)

海事産業の解決すべき課題とシステムズエンジニアリングの必要性



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

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)など、システムズエンジニアリング手法の導入と人材育成

※ 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

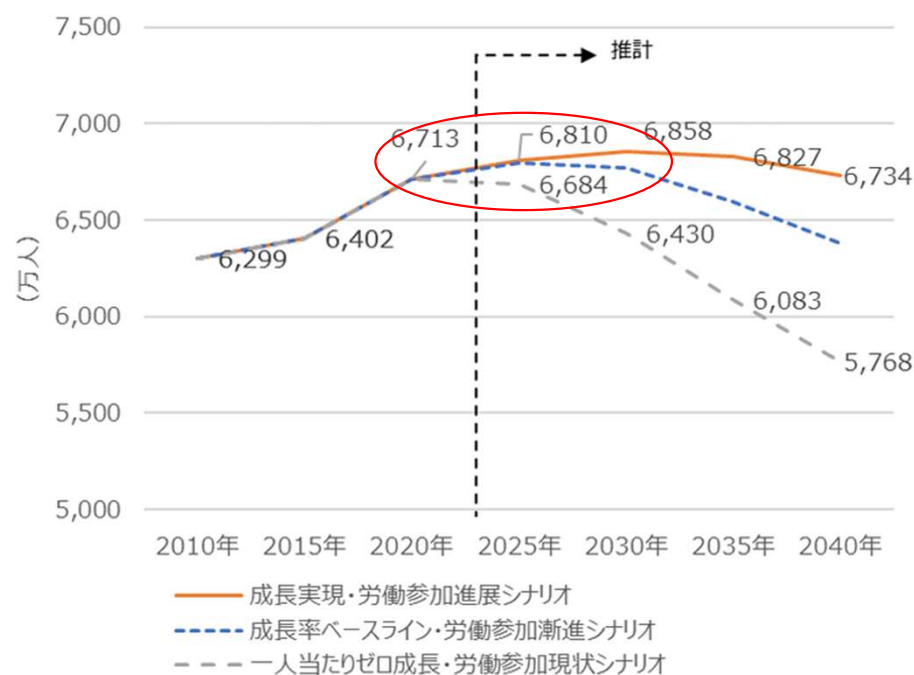
*3 DNV, HIL(Hardware-in-the-Loop) Simulation test

発表の構成

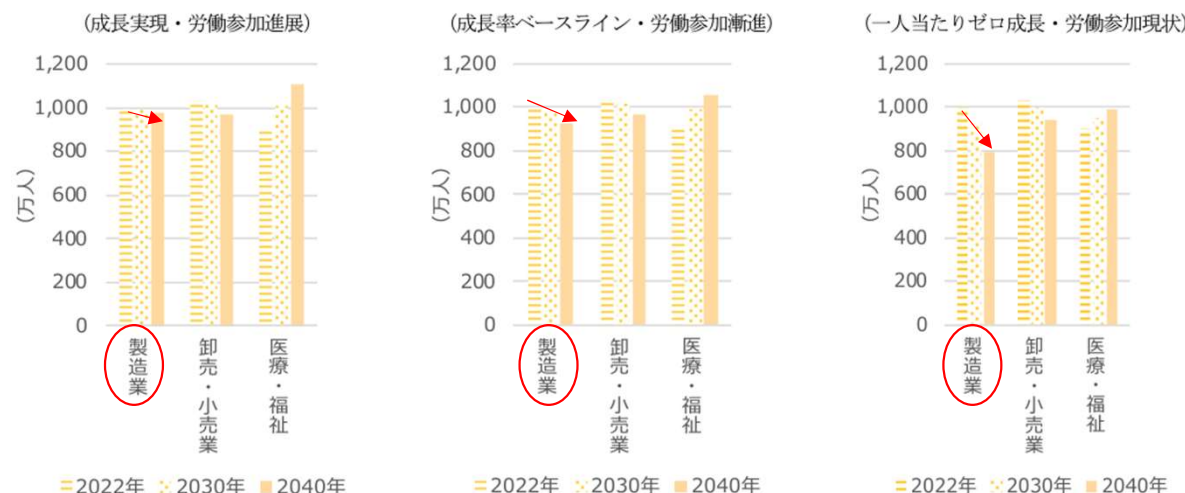
1. これまでの20年を振り返って
- 2. 今後の20年に向けて**
3. まとめ

就業者数の見通し (独)労働政策研究・研修機構の推計値

図表 2-1 就業者数の見通し



図表 3-1 産業別就業者数の見通し

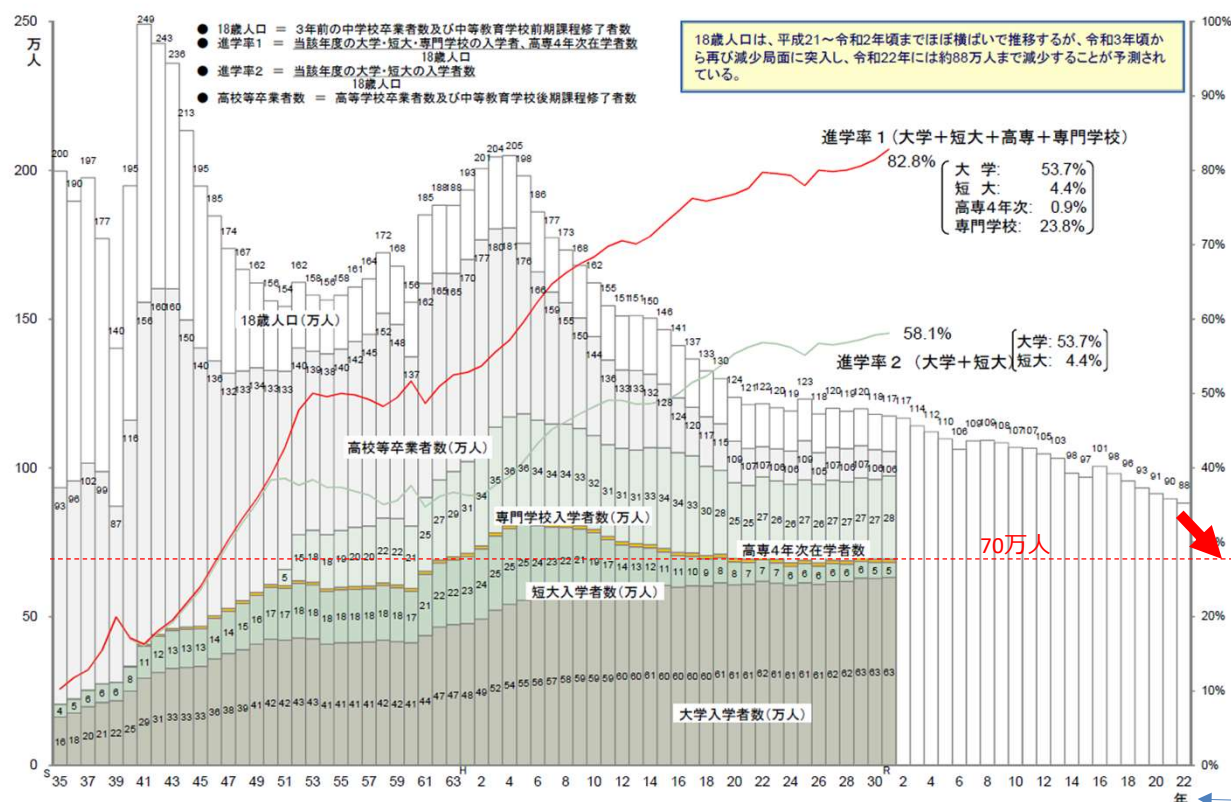


引用) 独立行政法人 労働政策研究・研修機構. 2023年度版 労働力需給の推計(速報), 2024年3月

- 労働力人口は、2022年の6,902万人から、経済・雇用対策を講じ、経済成長と女性及び高齢者等の労働市場への参加が一定程度進む場合(「成長率ベースライン・労働参加漸進」シナリオでは、2030年まで横ばい)。
- 医療・福祉、情報通信業などの産業で就業者の増加が見込まれる一方、製造業全体ではいずれのシナリオにおいても減少が見込まれる。⇒ 製造業の魅力、若い人に選ばれるキャリアパス、見劣りしない収入を提示する必要がある。

縮小する18歳人口と大学進学

18歳人口と高等教育機関への進学率等の推移



引用) 文科省高等教育局, 「国立大学運営費交付金を取り巻く現状について」, 2020年10月

- 18歳人口は減少する一方で、大学の入学者数は微増が続いている。
 - 国からの運営費交付金は、1兆2415億円(2004年度)から、1兆784億円(2024年度)へと1631億円(13%)削減。(※来年度予算では3%増加の概算要求が行われている。)
 - 今後、少子化が加速する中でも大学進学率は高止まりする。
- ⇒
- 全体的な労働力不足の大幅な減少、更に労働時間管理の厳格化など働き方改革も強化され、実労働人口は一層、縮小する。高齢者の雇用、外国人との共生、自動化・ロボット化・AI導入などはあらゆる産業で進む。
 - 産業界と大学、特に、国立大学(47総合大学、10工業大学)との連携は、イノベーション、人材獲得、リカレント教育、地域拠点として、ますます重要になる。

R22年, 2041年(2023年生が18歳に)

最近の出生数推移(日本人のみ)

2022年 77.7万人 (初の80万人割れ)

2023年 72.7万人

2024年 70万人を割り込む公算

(R24年, 2043年の18歳人口 70万人割れ?)

変わる高等教育の役割りと産業界との連携のあり方

2040年に必要とされる人材と高等教育の目指すべき姿(要旨抜粋)

これからの人材に必要とされる資質や能力 ⇒ キー・コンピテンシー

- ・ 「コンピテンシー(能力)」単なる知識や知能だけではなく、技能や態度を含む様々な心理的・社会的なリソースを活用して、特定の文脈の中で複雑な要求(課題)に対応することができる力。
- ・ そのうちキー・コンピテンシーとは、日常生活のあらゆる場面で必要なコンピテンシーをすべて列挙するのではなく、コンピテンシーの中で、特に、①人生の成功や社会にとって有益、②様々な文脈の中でも重要な要求(課題)に対応するために必要、③特定の専門家ではなく全ての個人にとって重要、といった性質を持つとして選択されたもの。
- ・ 一人一人の「エージェンシー(自ら考え、主体的に行動して、責任を持って社会変革を実現していく力)」を中核として、新たな価値を創造する力、対立やジレンマを克服する力、関になる行動をとる力が「変革を起こすコンピテンシー」として低減されている。(OECD)

⇒ 「21世紀型市民」

一言で言えば、AIには果たせない真に人が果たすべき役割を十分に考え、実行できる人材が必要となる。

高等教育は、「21世紀型市民」を育成するための、一般教養の教育機関としての役割が中心になる

※2040年は、2018年に生まれた子供たちが、大学の学部段階を卒業するタイミング。

大学院の役割り(要旨抜粋)

大学院の有する4つの人材養成機能

- ・ 創造性豊かな優れた研究・開発能力を持つ研究者等の養成
- ・ 高度な専門的知識・能力を持つ高度専門職業人の養成
- ・ 確かな教育能力と研究能力を兼ね備えた大学教員の養成
- ・ 知識基盤社会を多様に支える高度で知的な素養のある人材の養成

2040年に向けて各大学院が4つの人材養成機能を踏まえつつ、人材養成目的を明確に意識し、研究・教育プログラムの見直しを図ることが必要。大学院におけるリカレント教育についても向き合う必要がある。今後、我が国全体の大学院改革、大学院システム全体の見直し、教育改革の加速化に繋げていくことが必要

大学院が高度専門職業人の養成機関となり、各大学院で研究教育システムの見直しが進む

地域における高等教育(要旨抜粋)

高等教育機関の将来像を国が示すだけではなく、それぞれの地域において高等教育機関が産業界や地方公共団体を巻き込んで、それぞれの将来像となる地域の高等教育のグランドデザインが議論されるべき時代を迎えている。

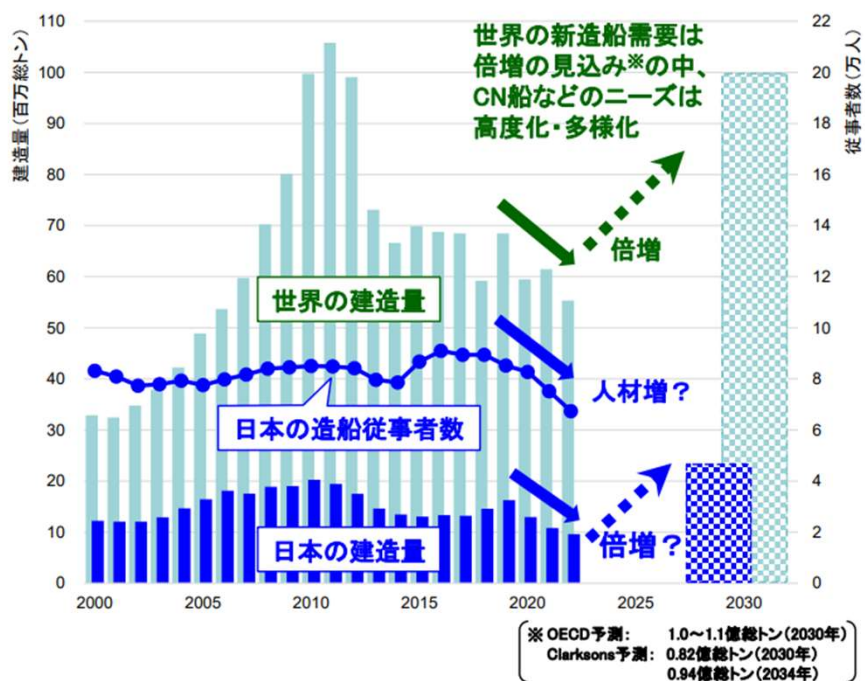
このために、地域の高等教育機関が高等教育という役割を越えて、地域社会の核となり、産業界や地方公共団体とともに将来像の議論や具体的な連携・交流等の方策について議論する「地域連携プラットフォーム(仮称)」をこうちくし、18歳の人材育成ニーズのみならず、リカレント教育、共同研究の在り方、まちづくりのシンクタンクとしての機能など幅広い観点を議論する必要がある、経営戦略・トップの力量と覚悟が求められる。

地域の高等教育が、地域社会と共に地域の人材育成、リカレント教育、シンクタンクなど拠点となる

引用) 文科省 中央教育審議会, 2040年に向けた高等教育のグランドデザイン (答申), 2018年11月

造船市場の動向と今後の課題 (国交省「船舶産業の変革実現のための検討会」資料より)

- 世界的に新造船需要低迷が長期化する中、中韓との熾烈な価格競争で**人材を含めた技術・生産基盤は脆弱化**
- 今後、新造船需要の回復局面で**2030年代の需要は倍増**すると見込まれる一方、人材確保は困難な状況
- CN・自動運航などの**新技術への対応力を強化**しつつ、経済安保を支える**船舶の供給基盤の強化**が喫緊の課題



検討の柱

将来のニーズの変化

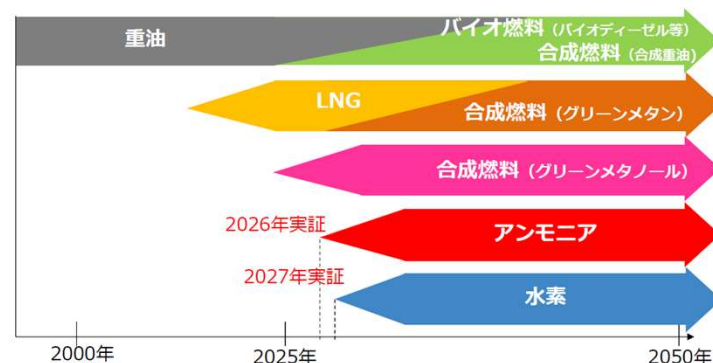
供給体制の確保

人材の確保

検討の切り口

デジタル技術の活用

連携のあり方



国交省, 船舶産業の変革実現のための検討会(令和5年5月30日)
資料4 「将来の新造船ニーズの分析」

検討会の論点

- ① 将来の船舶ニーズと建造需要量の変化?(その中での日本の建造量とシェア?)
- ② 多様化・複雑化する次世代船舶のニーズに対して求められる対応は?
- ③ ニーズに対応した船舶の供給体制は?
- ④ 他産業との人材獲得競争の中で、働き手に定着してもらうには?

国交省, 船舶産業の変革実現のための検討会(令和5年5月30日)
資料6 「議論のポイント」

代替燃料・自動運航など新技術への対応力を強化し、高い生産性で、今後の世界的な船舶需要増大の中で優位な建造量・シェアを獲得する、魅力ある産業への転換

2030年 船舶産業が目指す目標 (国交省「船舶産業の変革実現のための検討会」報告書概要より)

2024年

2029年

2030年～

船舶産業の変革ロードマップ

◆技術開発・標準化・設備増強により競争力ある次世代船舶を供給する産業に変革

- ・ **次世代船舶に係るコア技術及び周辺船用機器の開発**
- ・ **ゼロエミッション船等の建造に必要な設備投資**
- ・ **船舶関連機器のサプライチェーン強靱化**
- ・ 次世代燃料対応**機器の標準化** ・ **事業の集約化・再構築**

◆デジタル技術を駆使し、ニーズに対応できる抜本的に生産性が高い産業に変革

- ・ 上流から下流までシステムインテグレートする**バーチャルエンジニアリング等**を導入し、多様化する顧客ニーズに対応した**高性能な船舶の開発・設計・建造期間の短縮**



<商談・設計・建造に、**AI、VR、AR、人協調型・自律走行搬送ロボット**等を取り入れた**造船業の未来像**>

◆待遇改善・魅力向上により十分な人材を確保できる産業に変革

- ・ 他産業に劣後しない**処遇確保、環境改善**
- ・ 魅力ある動画等の作成、SNS等を活用したPR
- ・ 地域内、あるいはメカとユーザが連携した専門研修
- ・ 外国人向けテキスト作成、海外での研修活動 等



(今治工業高校
作成CMより)

◆国・船級協会による環境整備により他国と同等の競争環境を実現

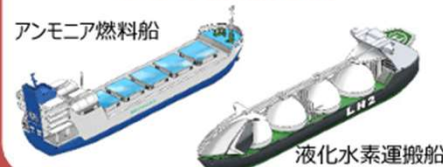
- ・ 戦略的な国際基準の策定、公正な国際競争環境の整備

船舶産業が目指す目標

2030年に

我が国海事産業が次世代船舶の
受注量における**トップシェアを確保**

次世代船舶の例



船舶産業が目指す姿

新燃料船等の**次世代船舶で世界をリード**
することで、世界市場で**存在感を確保**

コア技術・部品への**先行投資**や
船のライフサイクル全体への関与を通じて
価値を生む産業に変革

日本の**経済・国民生活・安全**を支える

船舶産業のロード マップ(～2030)

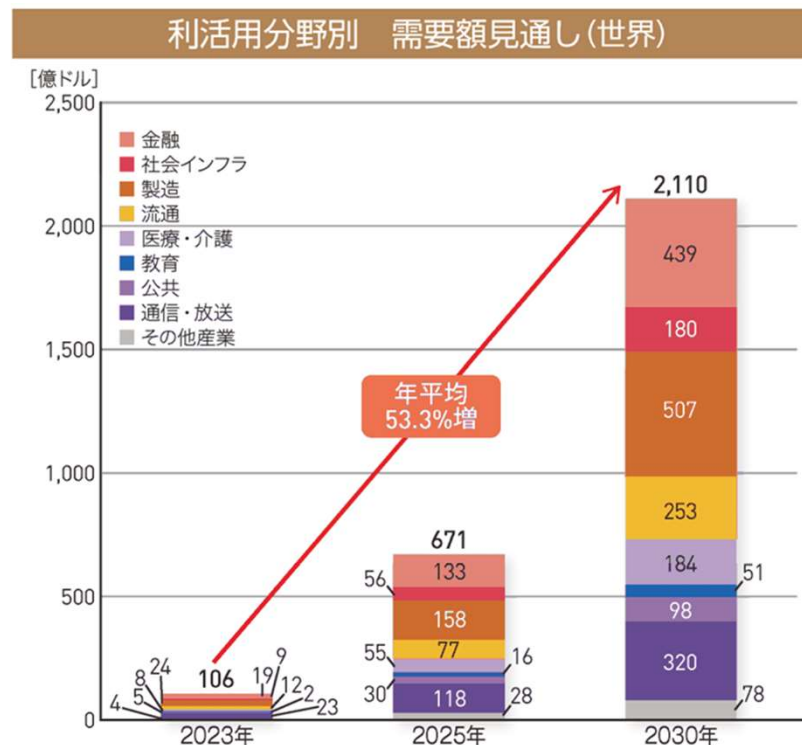
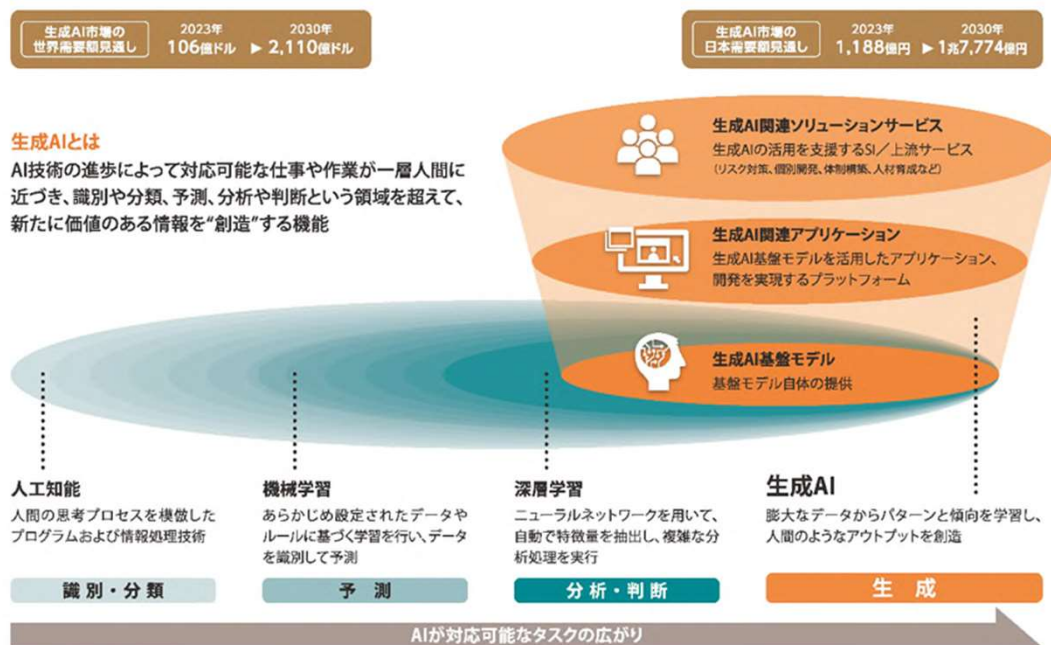
- (1)デジタル技術を活用した設計・建造の変革と事業者間の連携
- (2)次世代船舶等の供給体制の確立
- (3)人材の確保・育成
- (4)船舶産業の競争力強化のために必要な環境整備

引用)

1. 国交省, 船舶産業の変革実現のための検討会 結果概要, 2024年6月

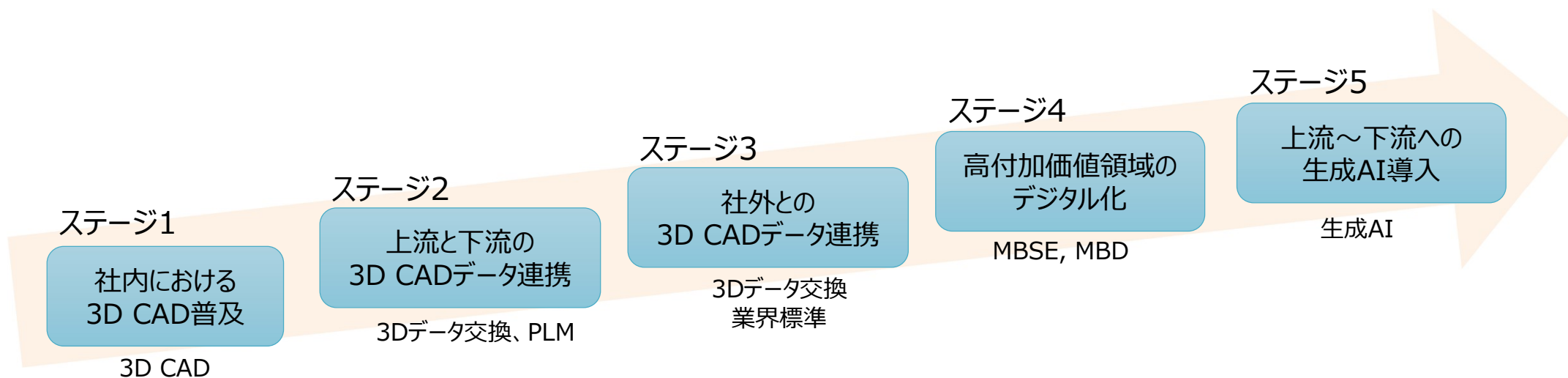
AI, 生成AIの今後の進展

- 生成AI市場の需要は2023年の106億ドルから、2030年には2,110億ドル、約20倍に急速に成長する。日本市場も現在の15倍となる1兆7,774億円に成長する見通し。



引用)電子情報技術産業協会(JEITA), 生成AI市場の世界需要額見通し, 2023年12月

製造業における生成AIの利用



製造業DXの進展ロードマップ

- 船舶産業の多くはステージ1。中韓も同じような状況。日本は、企業間連携を行い、ステージ2,3,4を一機に進める造船DXを企画。その先にステージ5が加わると、加速度的にスピードが向上する。
- 中国・韓国の造船、また、自動車業界、航空業界、電機業界をベンチマークにしつつ、日本の船舶産業に適した形でDX、生成AI導入を進めることが必要。

解決すべき社会課題、求められるソリューション、戦略的な基盤整備

解決すべき社会課題

1. 海上輸送・サプライチェーンのCN化
2. 洋上風力発電による再エネの主力電源化
3. 日本の安定的なエネルギー・物資の海上輸送の確保
4. 労働人口減少への対応
- ...

カーボン
ニュートラル(CN)

日本海事産業が
次世代船舶の受注量における
トップシェア獲得

求められるソリューション

1. 高性能次世代船舶(代替燃料、省エネ、自動運航)の供給と運用
2. 洋上風力関連の作業船及び海洋構造物の供給と運用
3. 社会変化・顧客要望への迅速な対応、開発/設計/建造における競争力

海事業界として共有
できる分析レポート
が必要か？

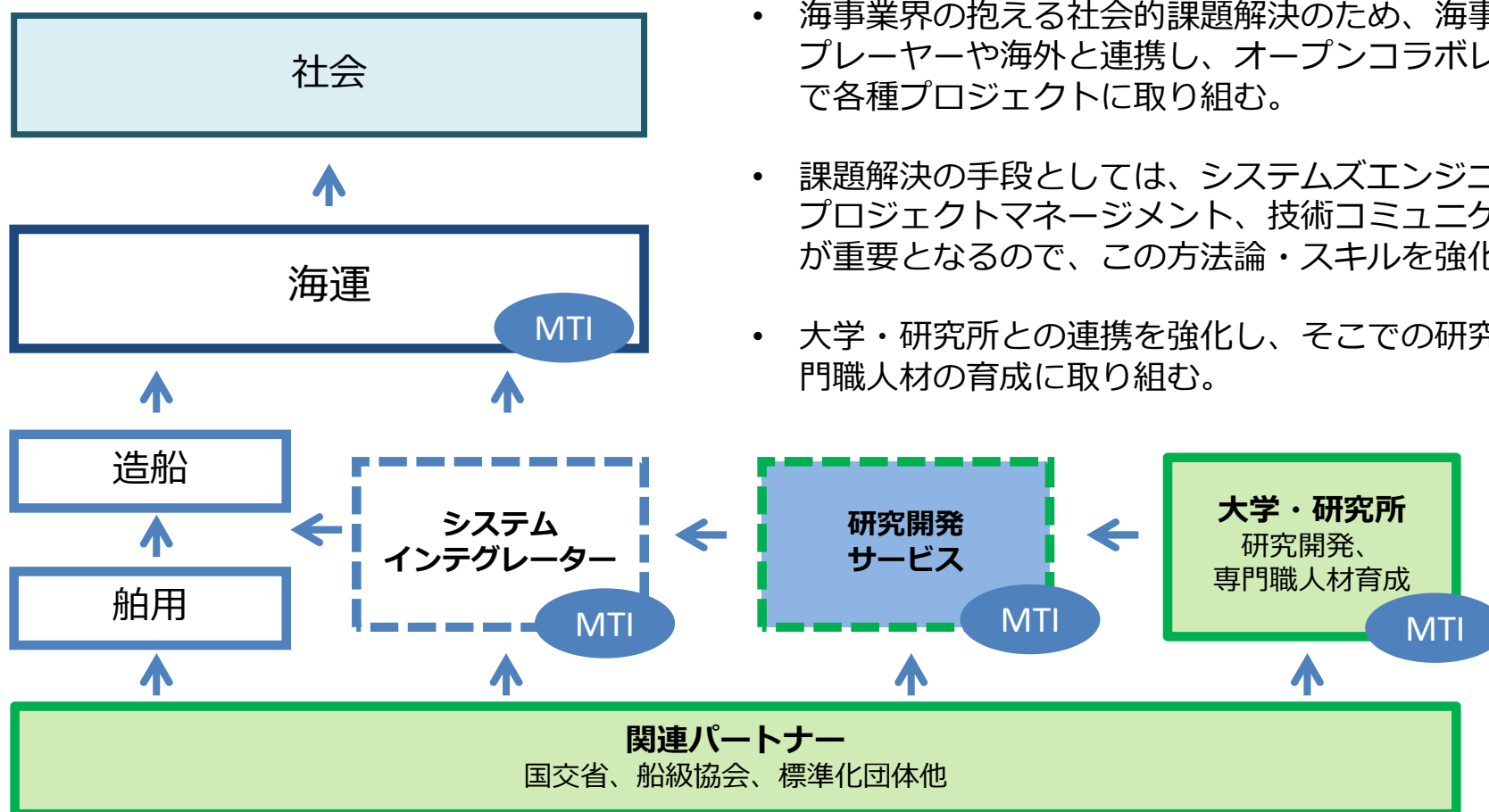
海事業界全体としての戦略的な基盤整備

技術、コスト競争力、専門人材、設備・サプライチェーン × 生成AI

発表の構成

1. これまでの20年を振り返って
2. 今後の20年に向けて
- 3. まとめ**

MTIの担う役割り～2040年に向けて



- 海事業界の抱える社会的課題解決のため、海事業界の各プレイヤーや海外と連携し、オープンコラボレーションで各種プロジェクトに取り組む。
- 課題解決の手段としては、システムズエンジニアリング、プロジェクトマネジメント、技術コミュニケーションが重要となるので、この方法論・スキルを強化する。
- 大学・研究所との連携を強化し、そこでの研究開発、専門職人材の育成に取り組む。

まとめ

- これまでの20年間のMTIの研究開発では、NYKフリートにおける省エネ、安全に関する取り組みを進め、海事業界のパートナーの皆さまの協力を得て、多くのプロジェクトを進め、また、オープンコラボレーションでの課題解決のノウハウを蓄積してきた。
- 国、船級、造船、舶用、船会社営業、オペレーター、船舶管理会社、海技者、大学、研究所、様々なステークホルダーと連携し、特に、それぞれの分野を代表する知見を有する専門家との連携によって、課題を解決してきた。
- 今後の20年を考えると、脱炭素社会の実現、人口減少社会、経済安全保障が求められる中での日本の船舶産業の持続性確保と言った社会課題があり、解決すべき課題のスコープや規模、関係者の数は海外も含めて大きく増加する。
- ただし、工学のアプローチはそこでも引き続き有効と思われるので、システムズエンジニアリングなど新たな方法も取り入れながら、体制を強化しながら、引き続き、パートナーの皆さまと良く連携し、取り組みを進める。

ご清聴ありがとうございました。