

海洋情報部オンライン研究成果発表会プログラム
日時：令和3年2月17日（水）13:30-15:55
主催：海上保安庁海洋情報部
開催方法：オンライン開催

自動運航船と情報の標準化

2021年2月17日

安藤英幸
株式会社MTI

発表の構成

1. **自動運航船の目的**
2. 自動運航船の取り組みと海外動向
3. 自律エージェントの視点と標準化
4. 開発プロセスと標準化
5. まとめ

自動運航船の目的

海難事故の削減

- 7~8割がヒューマンファクターに起因する。こうした事故の撲滅（その結果としての環境汚染の撲滅）⇒ こうした関心を持つ船主、オペレーターの参画が重要

船員の作業負荷の軽減、国内内航の人手不足対策

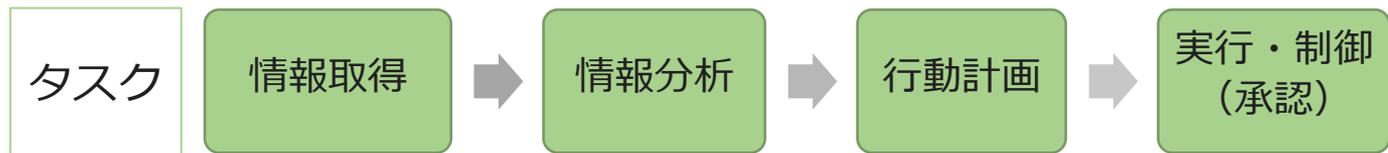
- 現行ルールの範囲内での支援 ⇒ 長期的なルール改正、国際議論を視野に

チーム船用工業の力の発揮

- 日本の船用メーカーは1社1社の守備範囲は小さいが、自動運航船に挑戦できる実力は持っており、船社や造船と連携して、この集合体で力を発揮（勝負）できることを証明する
⇒ 標準化・互換性、国際的な競争と協調を見据えたオープンアーキテクチャーで勝負

※尚、本日は時間に限りがあるため、航海系・操船系の話題にフォーカスします。機関系をはじめ他の機能の高度自動化も非常に重要なテーマで我々も取り組みを進めています。

自律操船における人と機械の機能分担



現状

乗組員
船上の機械

乗組員

乗組員



有人自律

船上の機械
乗組員

船上の機械
乗組員

船上の機械
乗組員

乗組員



完全自律

船上の機械

船上の機械

船上の機械

船上の機械



遠隔

船上の機械

船上の機械

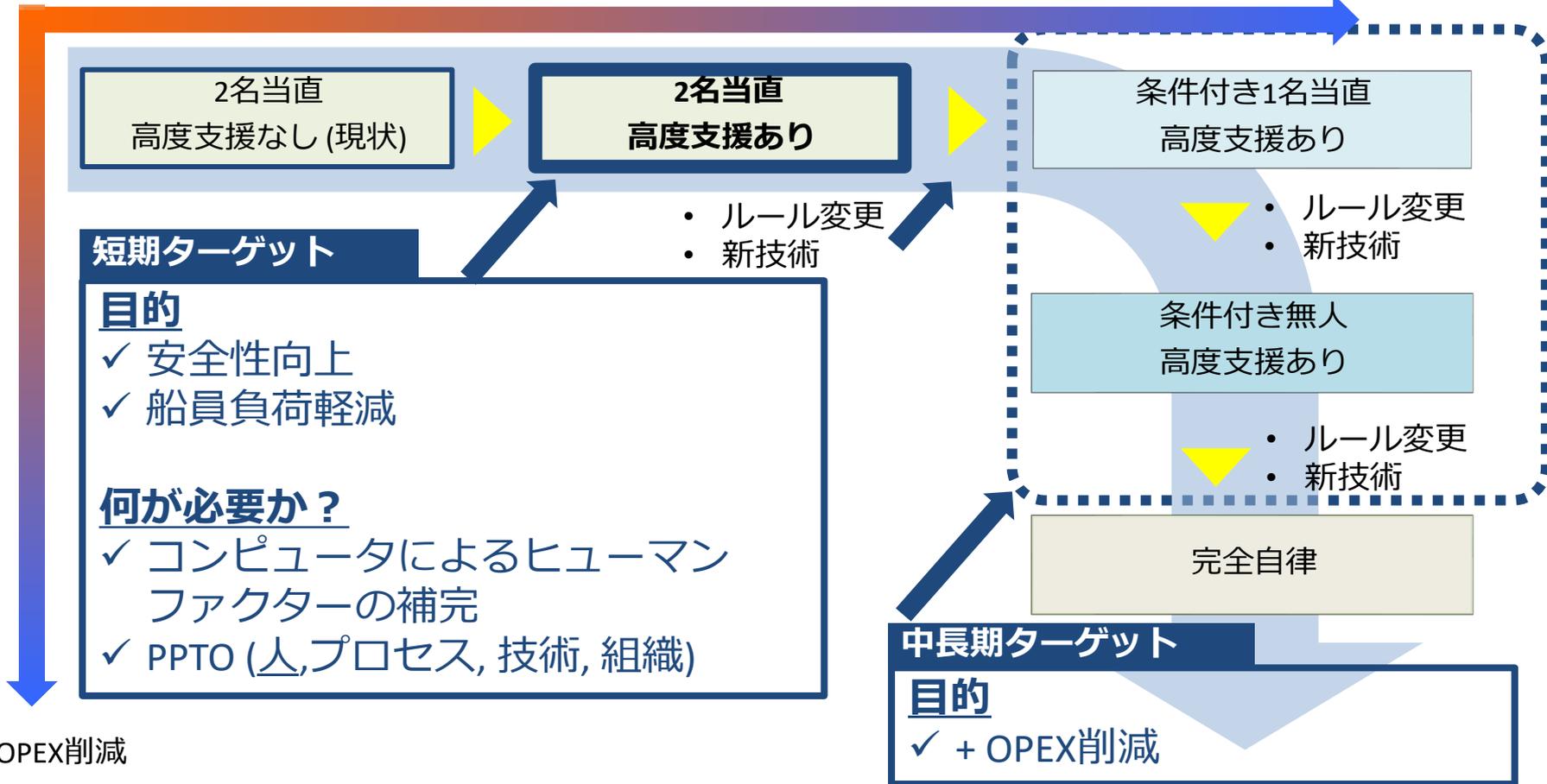
船上の機械

遠隔
オペレーター

- 高度な機械支援（状況分析・行動計画）により人間の情報処理能力を補完
- 行動判断は人間が担い、現場の海技者が運航（柔軟な判断が可能）

自動運航船(操船機能)の今後の進展

安全性向上
労働負荷軽減



短期ターゲットは有人自律であるが、一方で、設計の大きな手戻りが起こらないように、日本財団のMEGURI2040で求められるように長期の完全自律を見通してコンセプトを策定し、現時点の規則の制約等の中でプロジェクト毎に実現する範囲を決めて開発を進める

発表の構成

1. 自動運航船の目的
- 2. 自動運航船の取り組みと海外動向**
3. 自律エージェントの視点と標準化
4. 開発プロセスと標準化
5. まとめ

自動運航船の開発動向 (欧州)



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

日本における自動運航船の取り組み① (2016~2020) 国交省 i-Shipping (operation) 「先進船舶技術研究開発支援」



イメージ図

i 衝突リスク判断と自律操船

i LNGカーゴモニタリング

- ・ オープンコラボレーションによる新技術開発
- ・ データ共有のオープンプラットフォーム(ShipDC/IoS-OP)
- ・ 船舶IoTのISO国際標準化 (船技協+船用工・スマナビ研)

i 構造ヘルスマモニタリング

i 機関プラント事故防止



i 国交省「先進船舶技術研究開発支援事業」
i-shipping (operation) NYK/MTI採択案件

造船所、船用メーカー、船級、研究所、大学他との共同研究により実施

日本における自動運航船の取り組み②

国交省「操船支援機能と遠隔からの操船等を活用した船舶の実証事業」(2018-2022)

例) NYKグループを中心とした16社コンソーシアムでの共同実証

- 対象船 “吉野丸” (新日本海洋社)
- 期間：2018年4月～2021年3月 (予定)
- 共同実験参加メンバー
 1. MTI (コーディネーター/コンセプト設計)
 2. 日本海洋科学 (コーディネーター/操船シミュレーター)
 3. NYK (コーディネーター/外航船主)
 4. IKOUS (内航船主)
 5. 古野電気 (航海計器)
 6. 日本無線(航海計器)
 7. 東京計器(航海計器)
 8. BEMAC (DPS)
 9. 京浜ドック (建造造船所)
 10. 三菱造船 (エンジニアリング)
 11. Sky Perfect JSAT (衛星通信)
 12. NTT DoCoMo (4G/5G 通信)
 13. NTT (通信・システム)
 14. IHI原動機(推進器)
 15. ClassNK (船級)
 16. NMRI (リスクアセスメント)

目的：国交省i-Shipping (operation) 「衝突リスク判断と自律操船」で開発した技術の実証と国のガイドライン・規則策定に資する情報提供



	4月 2018	3月 2019	4月 2020	3月
第一回実験準備	←→			
第一回実験		⇄		
第二回実験準備			←→	
第二回実験			⇄	
国交省へのフィードバック	←→			

- 2020年1月22日に第一回実験実施
 - 兵庫(西宮)から東京湾のタグボートを遠隔操船
- 2020年12月3日に第二回実験実施

「コーディネーター + 餅は餅屋 + プロセスの共有」
自律操船にもオープンコラボで取り組めることを実証

https://www.nyk.com/news/2020/20200520_01.html (第一回実験)

自動運航船(フェーズ3)に向けた取り組み – 高度な自律機能の導入

DFFAS (Designing the Future of Full Autonomous Ship) Project 概要

プロジェクト目標

- 無人運航船に必要な機能を網羅した包括的なシステムの開発 & 世界初の輻輳海域における実証
- 各企業の技術底上げ & 技術の標準化による日本の競争力強化
- 社会実装を実現・継続できる多種多様な企業が参画するOpen Innovation体制の構築

実証イメージ



2022年2月初頭 実証予定



749GT型コンテナ専用船「すざく」に無人運航システムを搭載したコンテナを設置し無人化を実現

コンソーシアムメンバー

- ◆ 日本海洋科学(代表)
- ◆ イコーズ
- ◆ ウェザーニューズ
- ◆ EIZO
- ◆ NTT
- ◆ NTTドコモ
- ◆ NTTコミュニケーションズ
- ◆ MTI
- ◆ 近海郵船
- ◆ 三和ドック
- ◆ ジャパンハムワージ
- ◆ ジャパン マリンユニテッド
- ◆ スカパーJSAT
- ◆ 鈴与海運
- ◆ 東京海上日動火災保険
- ◆ 東京計器
- ◆ ナブテスコ
- ◆ 日本海運
- ◆ 日本郵船
- ◆ 日本無線
- ◆ BEMAC
- ◆ pluszero
- ◆ 古野電気
- ◆ 本田重工業
- ◆ 三浦工業株式会社
- ◆ 三菱総合研究所
- ◆ 横河電子機器

参画企業: 27社 (+ 締結手続き中 4社)
国内外協力企業・団体: 50社超

2021年1月21日現在

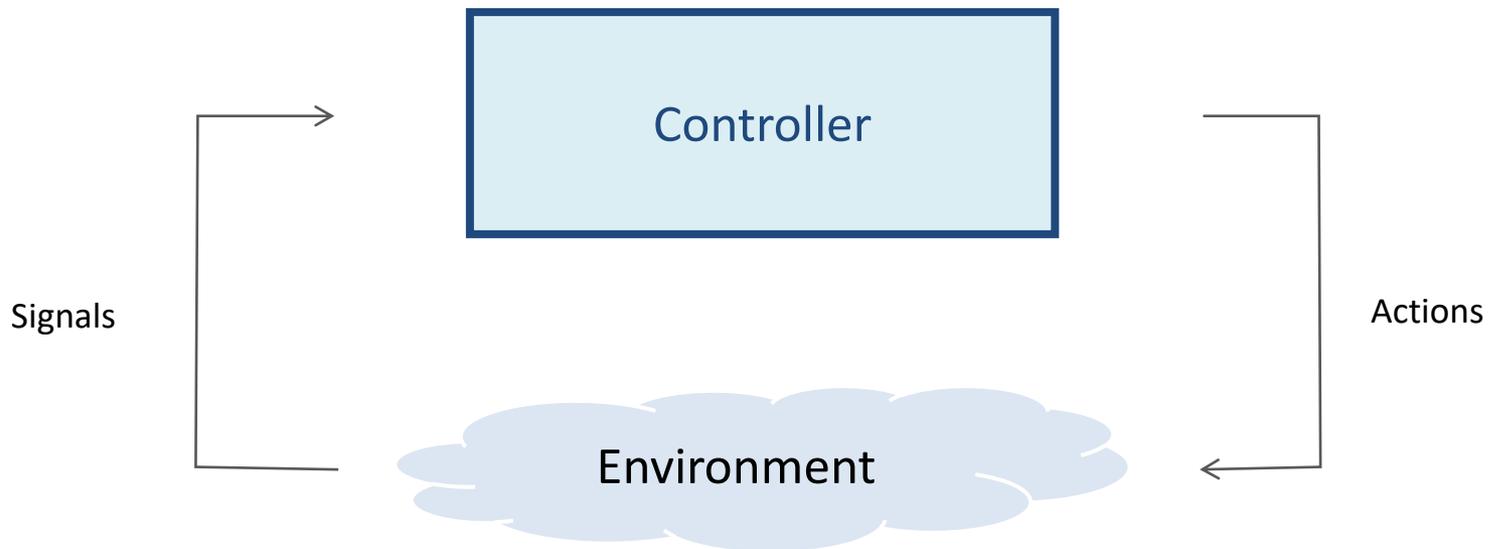
オペレーションコンセプト(ConOps)、リスクアセス、モデルベースアプローチ、シミュレーションを活用したV-プロセス、インターネット活用したプロジェクトマネジメントなど、自動運航船に必要なフレームワークとプロセスの構築、それによるシステム開発、実証を目指した総合的な取り組み

発表の構成

1. 自動運航船の目的
2. 自動運航船の取り組みと海外動向
- 3. 自律エージェントの視点と標準化**
4. 開発プロセスと標準化
5. まとめ

ダイナミックシステムへのアプローチ

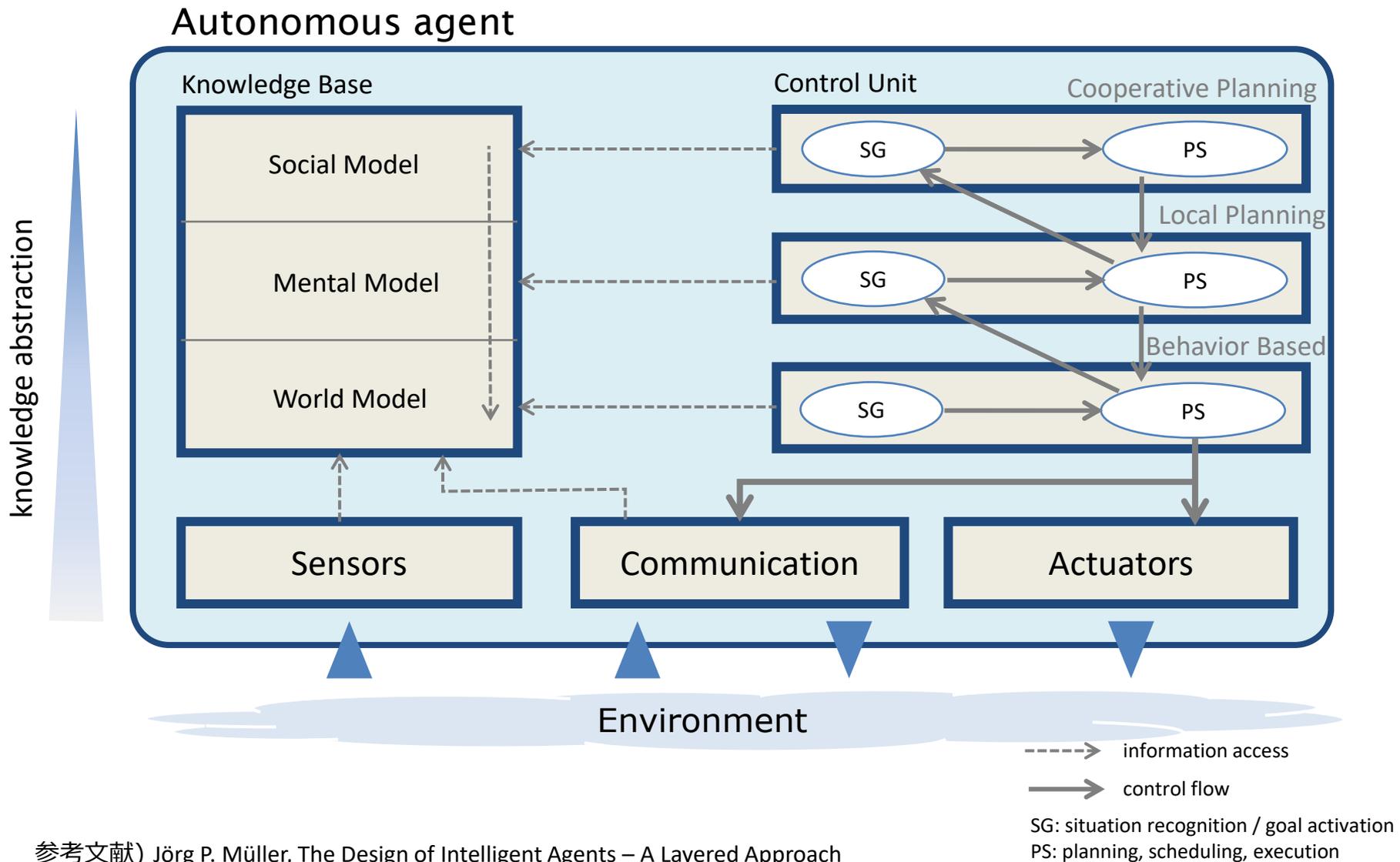
- 基本的には、自律エージェント(自律ロボット)として捉える



ダイナミックシステム (動的システム)

- 自動運航船では、環境・自船に関する様々な不確実性・不完全性を含む情報に基づいた状況認識、意思決定、行動をとることが必要なことから、それらを取り扱うことに適した自律エージェント(自律ロボット)の問題と捉える
- ただし、ミッションが非常に複雑な社会実装の課題なので、当然、自律エージェントだけで手に負えないので、自律エージェントと人間が協調して課題解決する問題と捉える

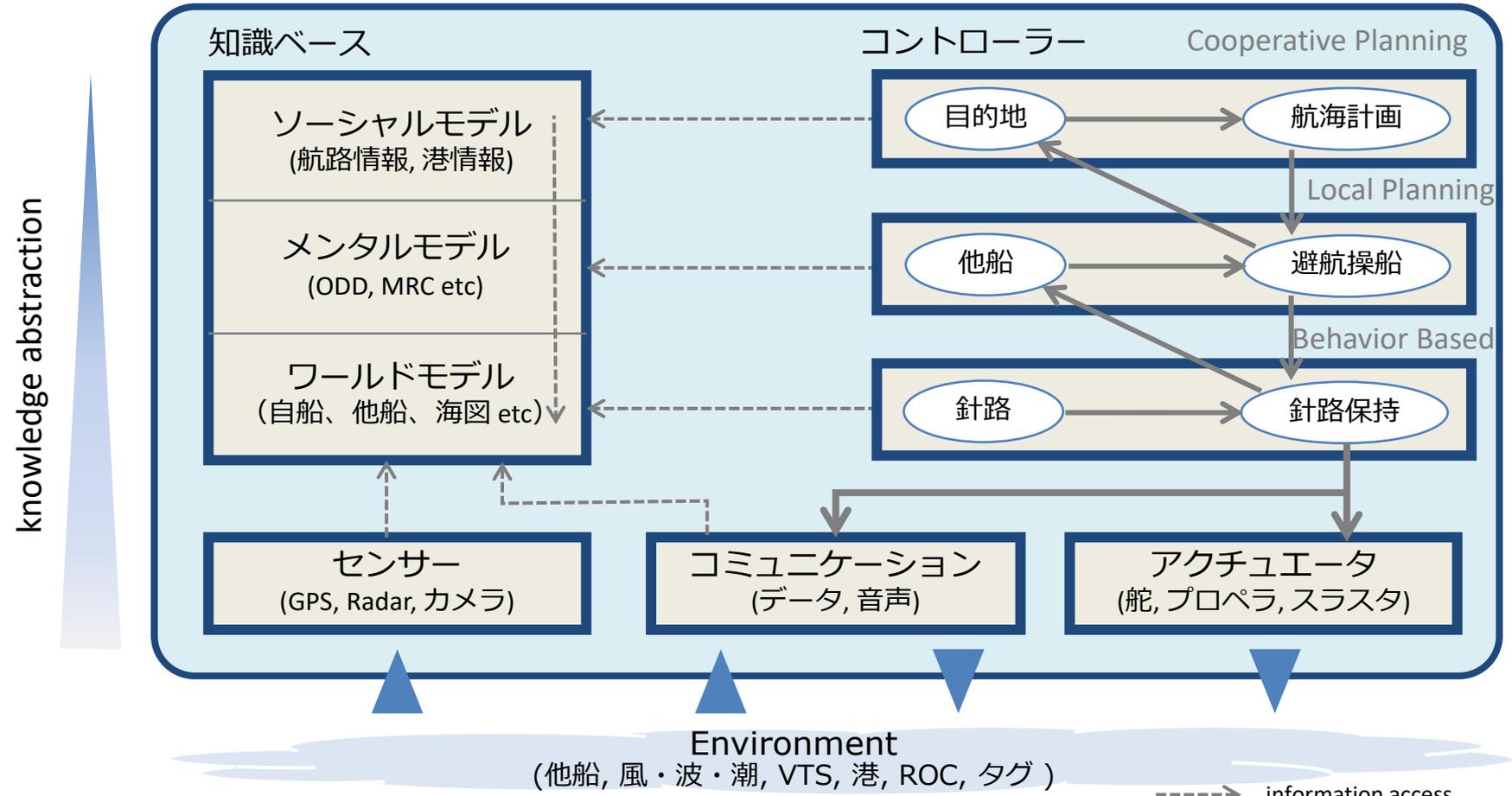
自律エージェントの汎用的なアーキテクチャーの例



参考文献) Jörg P. Müller, The Design of Intelligent Agents – A Layered Approach

自律エージェントアーキテクチャをベースとした 自律操船システムの記述イメージ

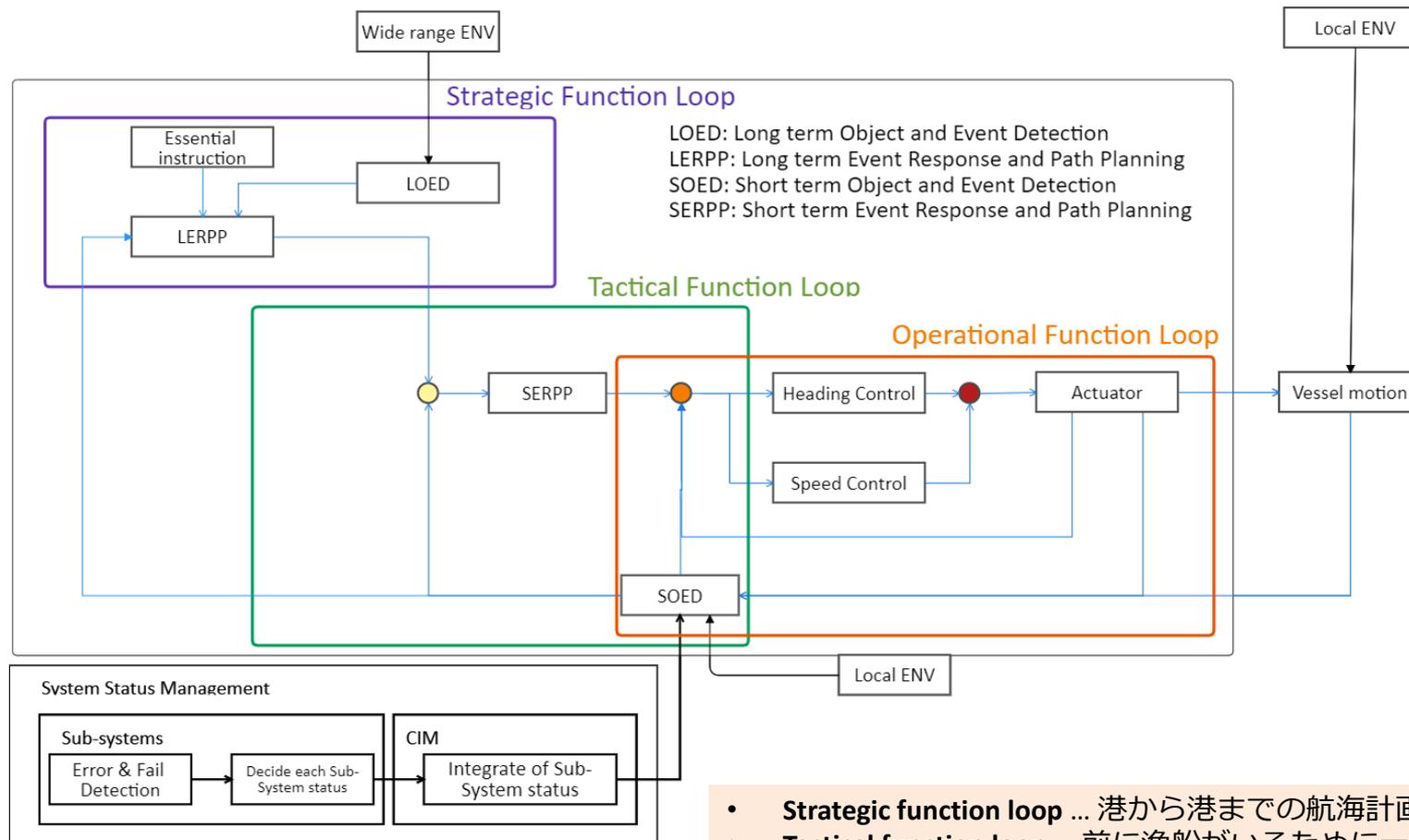
自律操船システム



上記は、自律操船システムが全ての機能を担うイメージ。実際には、人と機械の役割分担、本船と陸上の役割分担。更に、航海フェーズ、フォールバック時等で、これらの詳細を規定することで、具体的な仕様を定める。

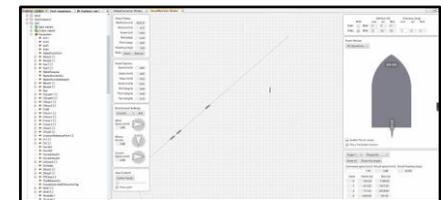
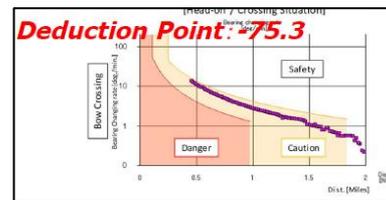
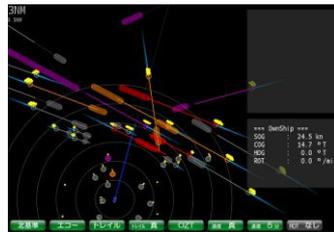
-----> information access
 ———> control flow
 SG: situation recognition / goal activation
 PS: planning, scheduling, execution

自律操船システムの構成

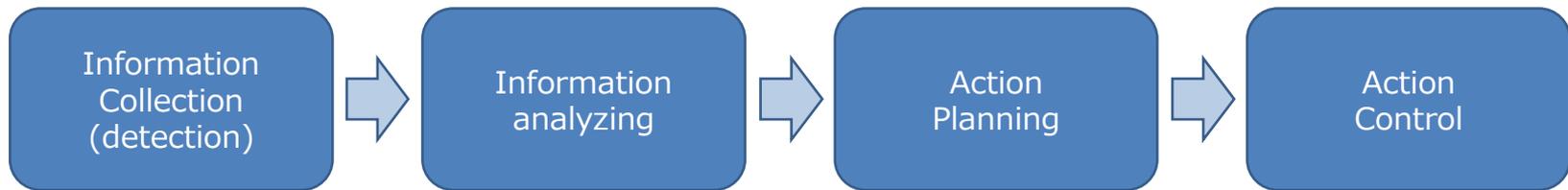


- **Strategic function loop** ... 港から港までの航海計画等の長期計画
- **Tactical function loop** ... 前に漁船がいるために一部航海計画変更と言った短期計画
- **Operational function loop** ... 針路を維持するための舵の微調整と言った頻りに繰り返される制御
- **System status management** ... 自システム、サブシステムを監視し、適切なシステムステータスに自動遷移するための機能

自動操船 - 機能の標準化イメージ



情報処理
フロー



参考規則

Radar performance standard (IEC62388)

None

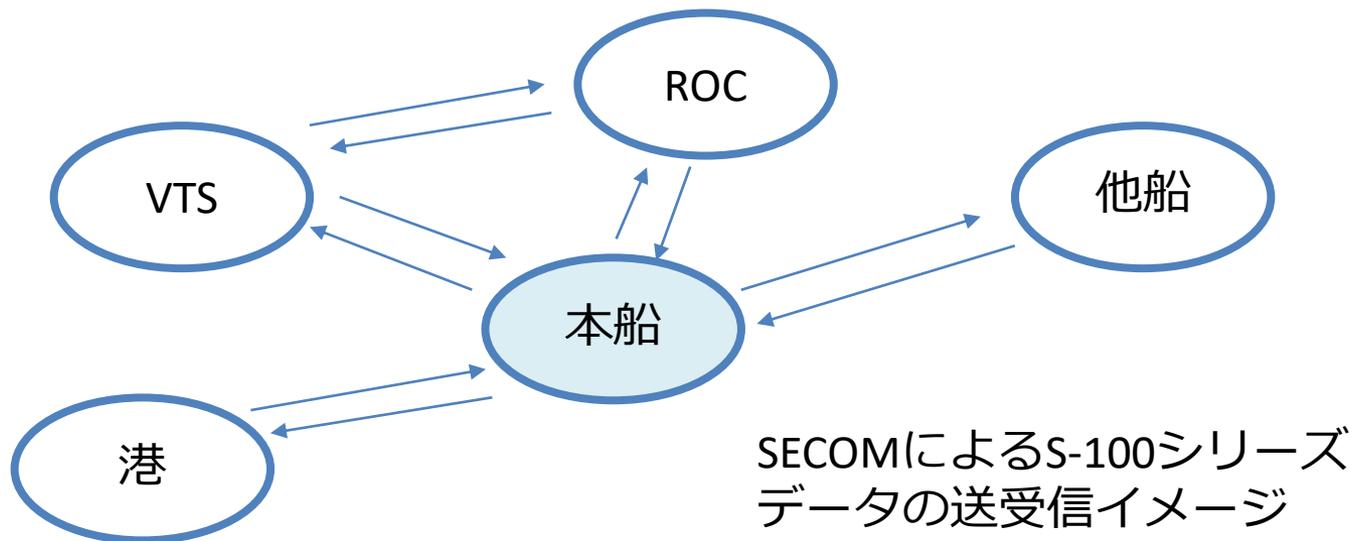
None

TCS standard (IEC62065)

- 自動操船を構成する機能を、“センサーによる情報収集”、“情報統合”、“情報分析”、“行動計画”、“行動制御”と言った機能ブロックに要素分解し、各機能ブロックについて、機能要件を定義、規格化するイメージ
- 航海計器に関する既存の関連規則・規格が存在するため、これらを参考ベースに業界で検討を進めていくことが必要

S-100シリーズ導入時のイメージ

- VTS、他船、港とのデータ交換
 - SECOM(Secure Exchange and COMmunication)を利用したデータ送受信の利用を想定
 - 本船側は、S-100シリーズ形式データをECDISで受けて、自律操船システムは、S-100対応ECDISとインターフェースを取って、必要なデータ入出力を行うイメージ
- G2B(Government to Business), B2GのIMO・国でregulateされたデータ及び情報の交換



発表の構成

1. 自動運航船の目的
2. 自動運航船の取り組みと海外動向
3. 自律エージェントの視点と標準化
- 4. 開発プロセスと標準化**
5. まとめ

Concept of Operations (ConOps)

利用者視点でのシステムへの要求仕様書

1. 船舶の主な仕様・搭載システム

サイズ・速力・推進力・航行システム・センサー・船体強度・通信システムなど

2. 外部支援システム(通常時)

港の自動化機能・測位システム・タグボートの利用可否など

3. 乗組員・支援要員

役割・教育訓練方法・安全対策など

4. 遠隔支援センター

設置場所・機能・人員配置・運営体制・冗長性・通信システムなど

5. 他船、航路管制との通信

責任の所在・通信方法など

6. 機能とオペレーション

ODD, 機能/フェーズ毎の人とシステムの責任と役割分割, 自動化/制御/自律性の程度, フォールバックなど

7. 緊急時対応システム

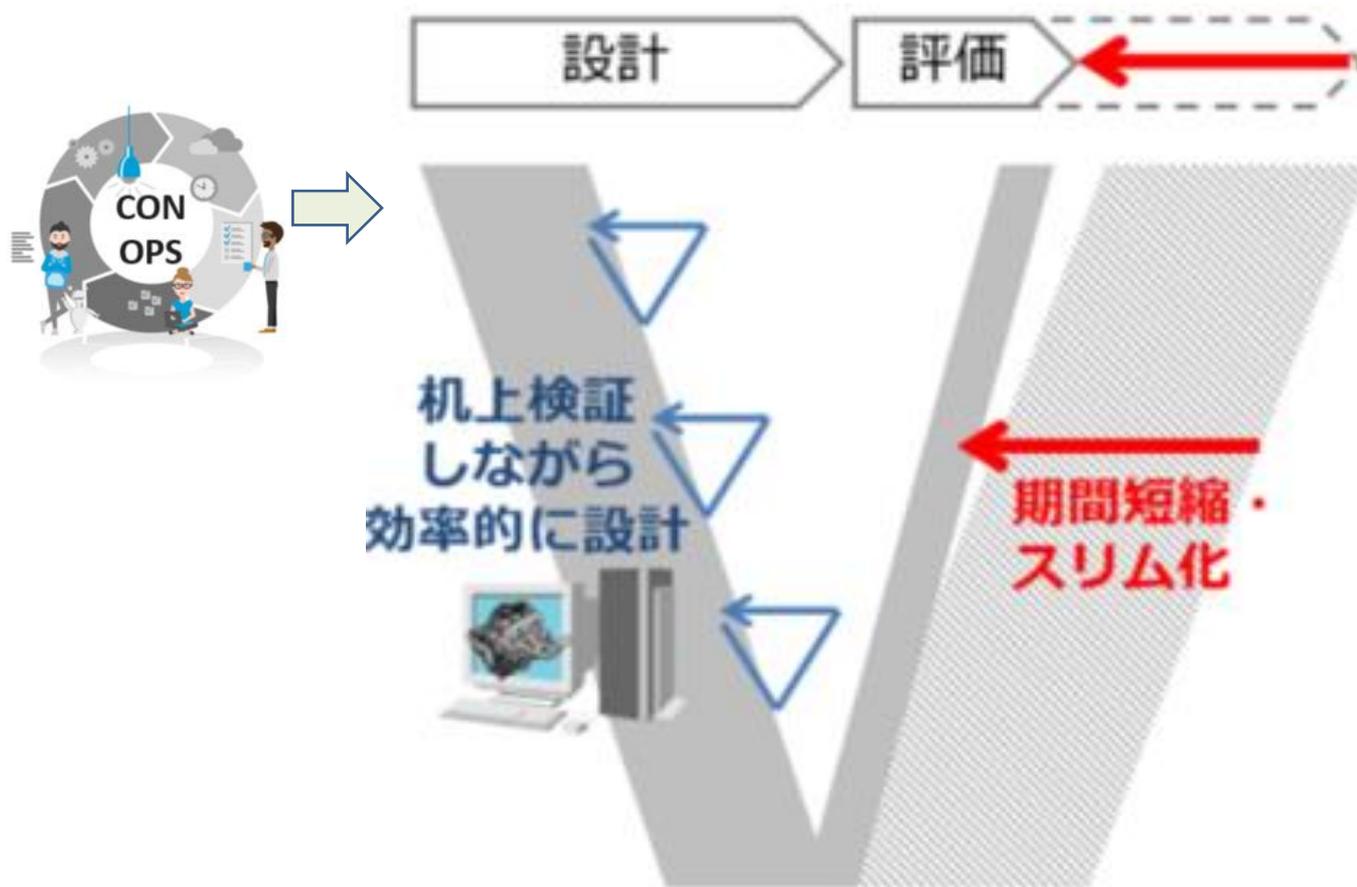
緊急時のシステム要件・対応計画・支援手段など

8. 安全管理システム

運航計画・運航責任・システムの健全性監視方法ならびに整備計画・サイバーセキュリティなど



システムが関わる新技術の開発プロセス - vプロセス ～海事業界で方法論、プロセス、ツールの共有を目指す

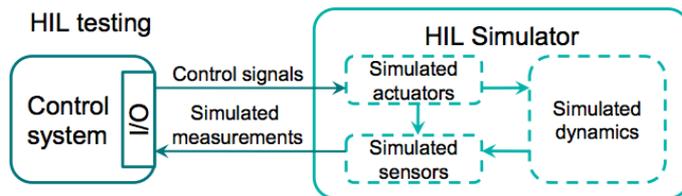


(出典：2018年4月18日 第1回自動車新時代戦略会議 資料より)

ユーザー(船社)、造船、舶用、船級が連携し、V-Processで新技術に取り組めるように全体のレベル上げる

ソフトウェアの信頼性試験 ～V-Processにおける評価短縮の鍵 → シミュレーションの活用

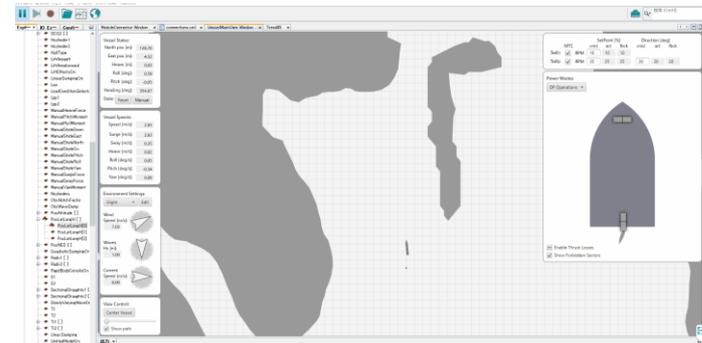
- シミュレーターを使った制御ソフトウェアの試験が、複雑なシステムの評価においては重要
 - Closed Loop test, MIL(Model-In-the-loop), SIL(Software-In-the-loop), HIL(Hardware-In-the-loop)などを適宜活用
- 工場試験、試運転等では作り出せない、実際のオペレーション状態、発生確率の低い様々な状況などをシミュレーター上に再現し、その際の制御ソフトウェアの振る舞いをテストする際に特に有効
- 結果的に、開発期間の短縮やスリム化に繋がる



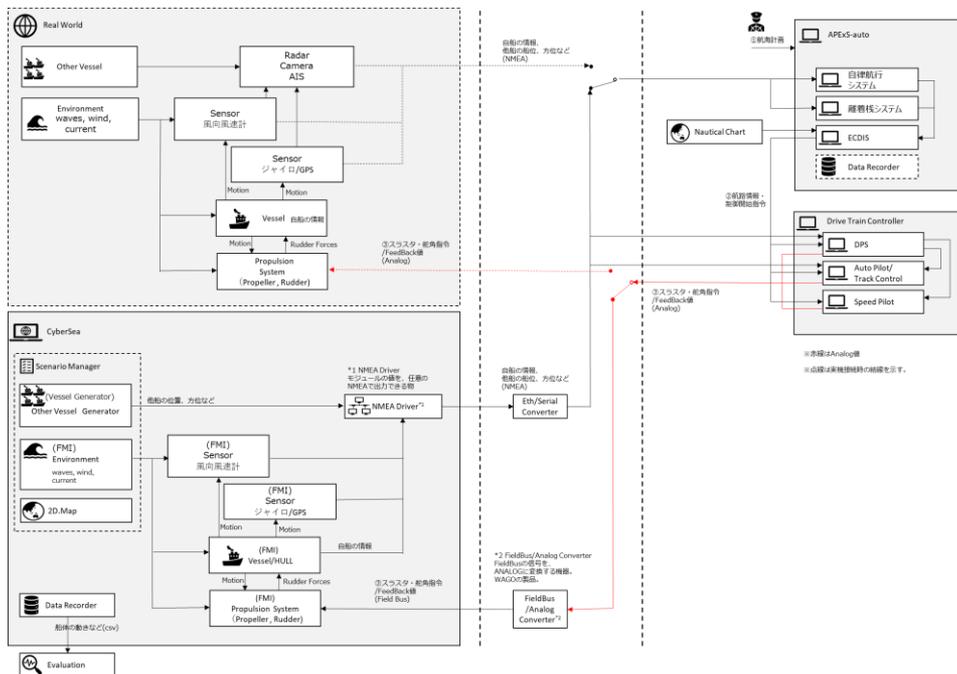
引用) DNV-GL Marine Cybernetics Advisory
<https://www.dnvgl.com/services/hil-testing-concept-explanation--83385>

自律操船システムの試験におけるシミュレータの活用

- 開発する自律操船システムを、シミュレータに接続し、避航操船、離着桟、操船の様々なフェーズにおける動作を試験
- 目的に合わせた適切な再現性(fidelity)の検討
 - 水槽試験結果のシミュレーションへの反映



Simulation Platform



DFFAS PJで実施するシミュレーションによる
制御システム試験の接続イメージ



水槽での模型試験 (船体運動、操縦性能)

発表の構成

1. 自動運航船の目的
2. 自動運航船の取り組みと海外動向
3. 自律エージェントの視点と標準化
4. 開発プロセスと標準化
- 5. まとめ**

欧州OEMの最近の動向

- Wartsila White Paper (2021.1.3)より -

- 当面は、有人自律船を段階的に進める現実路線を前面に打ち出している
 - ルール整備に時間かかる
 - 納得性の高いビジネスケースの欠如
- 安全性向上、省エネ・コスト削減、船員負荷低減、船型設計改良、とSmart Autonomyに対する現実的な期待効果
- シンガポールにおけるPSAとの自律タグ開発PJ
- パートナーとのCo-Creationによるソリューション構築
- シミュレーションを重視したシステムインテグレーションと顧客との対話

→ 日本の取り組み方と重なるところ多くなってきた

→ 競争しつつも、技術面で必要な連携・協調しマーケットを構築・広げていくことは、日本の海事クラスターにとっても重要で、そのためには標準化が主たる協調領域になる。



<https://www.wartsila.com/insights/whitepaper/the-future-of-smart-autonomy-is-here> (2021年1月3日 公開)

One Sea Partners

ABB
Cargotec
Ericsson
Finnpilot Pilotage
Inmarsat
MTI (NYK Group)
Kongsberg
Tieto
Wärtsilä



2019年6月
MTI 自律船エコシステムOne Sea(Finland)への参加
主な目的→自動運航船に関する技術標準議論に参加

まとめ

- 安全性向上、船員負荷軽減に関心を持つ船主と船用メーカーとの連携、国他の技術開発支援・ルール整備により長期の完全自律も見据えて進む。
- 自動運航船の開発では、システムインテグレーションが重要で、そこでは構成する機能、開発プロセスの両面で、生産性向上のため標準化が必要。
- 自律操船では、“センサーによる情報収集”、“情報統合”、“情報分析”、“行動計画”、“行動制御”と言った機能ブロックごとに、今後、機能要件を定め規格化・標準化していく方向性を考えている。
- 開発プロセスでは、ConOps, リスク評価、シミュレータによる試験など導入し、開発プロセスの短縮、スリム化を図る必要がある。
- 欧州側の取り組みとも重なるところも増えて来ており、競争しつつ必要な連携・協調を行っていく必要があり、標準化と言う切り口が主たる協調領域になる。

ご清聴どうもありがとうございました。