

自動運航船 All About

海友フォーラム 2022年度 第一回懇談会で講演 (1/4)

並川俊一郎, NAVIKA Consulting 代表
15 September, 2022



自動運航船 All About

■ なぜ自動運航か？

■ 開発の歴史

- 日本が機関室無人化で先行、しかし3周遅れ状態に、日本財団資金投入で挽回へ
- ヨーロッパ
 - MUNIN 2015年終了、 AAWAへ
 - DNV REVOLT 2015年終了 成果はfreeでだれでも → YARA Birkeland
- 日本
 - 東京海洋大学 清水悦郎教授 らいちょう (関西支部新年会で講演 ??年)
 - 2018年 ロードマップ、政府補助開始
 - 2019年 日本財団 MEGURI 2040 100億円

■ 要素技術

- 認識 : Sensor, LIDAR, 赤外線カメラ、Radar, AIS, ECDIS
- 判断 (衝突回避) : OZT、AI/Deep Learning (阪大など)、モンテカルロ法
- 行動 : デジタル化、Ship Data Center (NK),

■ 採算性

- 無人 6 3 BCおよび無人3,000TEUコンテナ船試設計 (2016年 MIJAC、当時の価格ベース)
- AAWA, DNV REVOLT, EU MUNINも検討

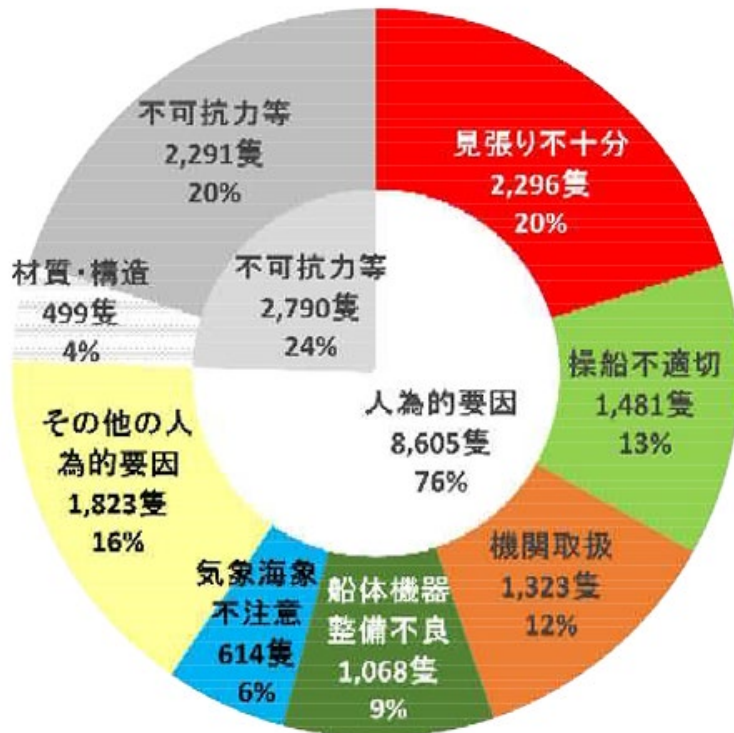


なぜ自動運航か？

事故原因の8割は人的要因

海上保安庁 2016年

【事故原因別の割合（過去5年間）】



内航海運

2021.4.5 内航海運概論 流通科学大学 森教授
などから編集

■ 船員不足

- 1974年ピークの71,269人から2019年の21,213人（フェリー含む）に減少

■ 船員高齢化

- 60歳以上の高齢船員が28.4%、50歳以上で見ると51.4%と半数以上を占めている（2019年）
- 30歳未満の若年層はわずか17.8%。75－80歳の船員も100人以上（0.7%）いる。80歳以上が36人（0.2%）

■ 船員労働負荷低減

■ 事故防止

■ 装置陳腐化

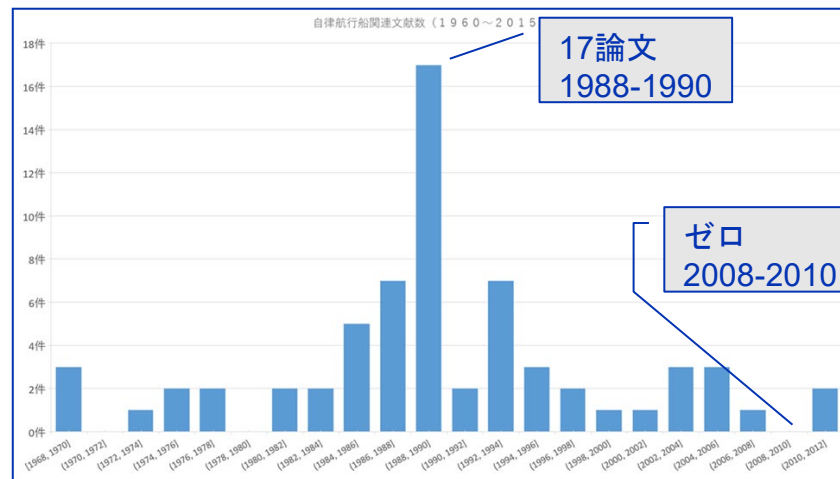


60年前、世界の最先端

日本造船業 過去の栄光



金華山丸（MOL） - 1961年竣工



自動化に関する論文発表数推移
（造船学会誌・論文集）

- **金華山丸**：世界初の主機ブリッジコントロールシステムと機関室集中監視および集中制御システムで世界をあっと言わせた。
その後、機関自動化が世界的に開発され普及。
- 引き続き、高信頼度知能化船、近代化船、エキスパートシステムなどが開発されたが、2000年頃を境に自動化船研究開発は下火に。



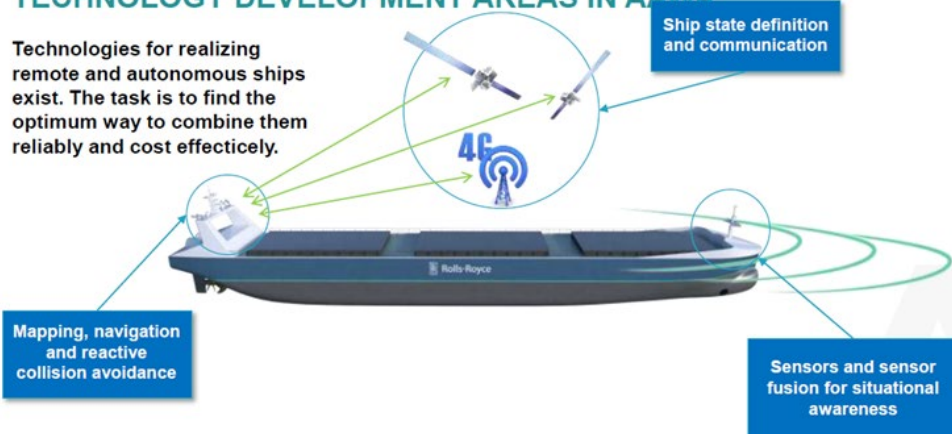
ヨーロッパにおける無人化船開発 — 着実に前進



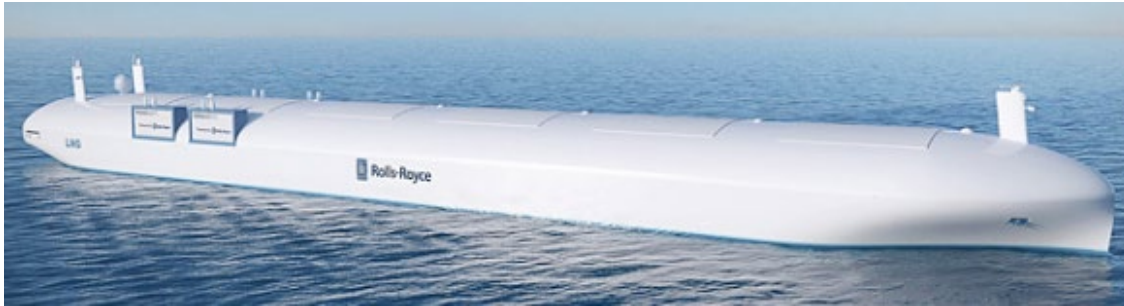
- **Rolls Royce:** 遠隔操作船
- **DNV GL REVOLT :** 2015年にコンセプト開発終了。3m模型船のOslo fjordでの実験。Green Coastal Shipping Phase IIIに引き継ぎ
- **EU MUNIN project :** 2015年に結論を出して終了、回避試験も。大宇とのJIP B0継続か？
- **AAWA :** フィンランド政府による2017年までの660万ユーロの予算
- **Norway:** トロンハイム沖に無人船試験のための特区設定
- フィンランド：無人船用情報配信
- Kongsberg: 無人PSVプロジェクト立ち上げ。トロンハイム沖も利用
- YARA project: Autonomous Zero Emission Feeder Container ship 2018 2H in operation

TECHNOLOGY DEVELOPMENT AREAS IN AAWA

Technologies for realizing remote and autonomous ships exist. The task is to find the optimum way to combine them reliably and cost effectively.



Rolls Royce – Remotely operated ship



- **コンセプト：**
自律航行は海事産業の未来／船の設計と運航に革命を与える
- **遠隔操作無人船（居住区なし）の長所：**
 - ・ 船体軽量化・貨物積載量増加・乗組員不要 → 運航コスト削減
 - ・ 先進航行支援システム・乗組員の人的ミスなし → 安全性向上
- 後述する**AAWAプロジェクト**（Rolls Royce主導）に遷移
- **自律航行へのロードマップ：**
 - 2020年：局所航行／遠隔操作無人船
 - 2025年：沿岸航行／遠隔操作無人船
 - 2030年：外洋航行／遠隔操作無人船
 - 2035年：外洋航行／自律航行無人船



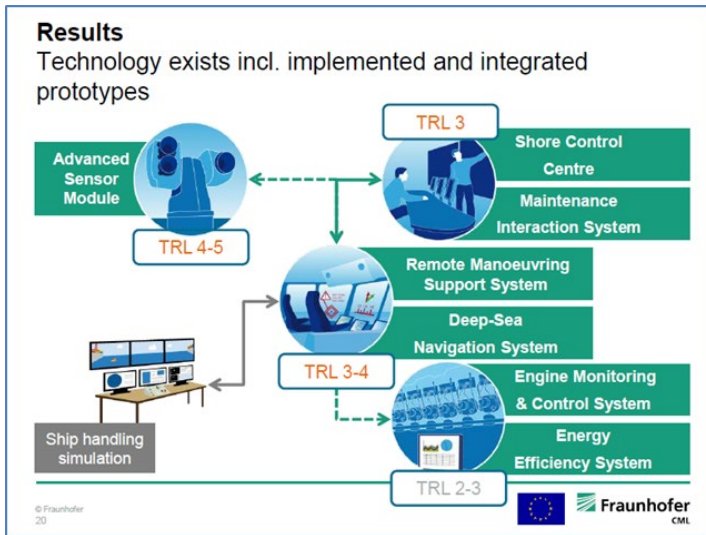
DNV GL - REVOLT



1/20 Scale model, at DNV GL Oslo
2016年2月撮影

- 無人、排ガスゼロ、ノンバラスト
- 安全、環境に優しく、経済的
- $L_{pp} \times B_m \times D-d = 57.23 \times 14.5 \times 12.18 - 4.84$
- 100 TEU, 1,250 dwt, 6 Kt, 100 nm
- Li-電池 5422 Kwh, 2 x Azi Pod + B/T
- 回転機器を船内に持たない
- 船型 ; CFD, 垂直船首、傾斜キール
- 燃料効率比較 (電池、水素燃料電池、LNG, マリンディーゼル)
- 自動係船 (Grip arm, Vacuum)
- 船側構造延長、艙内セルガイド、軽量H/C
- CAPEX : 9.5 MUSD
- OPEX: 517,600 USD/Year
- 1/20 modelで実証実験(Oslo Fjord)
- Green Coastal Shipping Programに引き継ぎ





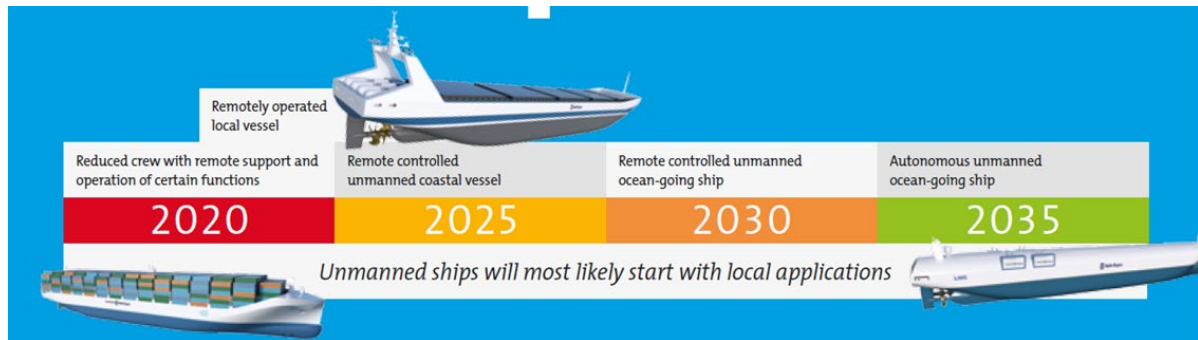
- 期間：2012年～2015年（3年）
- 予算：380万ユーロ
- 参加機関：計8機関
Fraunhofer CML (独), MARINTEK (ノルウェー), Chalmers Univ. (スウェーデン)等のEUの企業・大学
- 目的：無人商船のコンセプト開発とその実証
- 実船実証試験：
 - 先進的センサーを活用した見張り機能、障害物探知・衝突回避システム
 - 陸上コントロールセンター (1人)による6隻監視、遠隔操作
- 衝突・座礁リスクは10分の1に
- 近距離輸送で960万ドルのコスト減、外航バルカーで110万ドルのコスト減

Outlook

Continous research on B0-technologies together with DSME



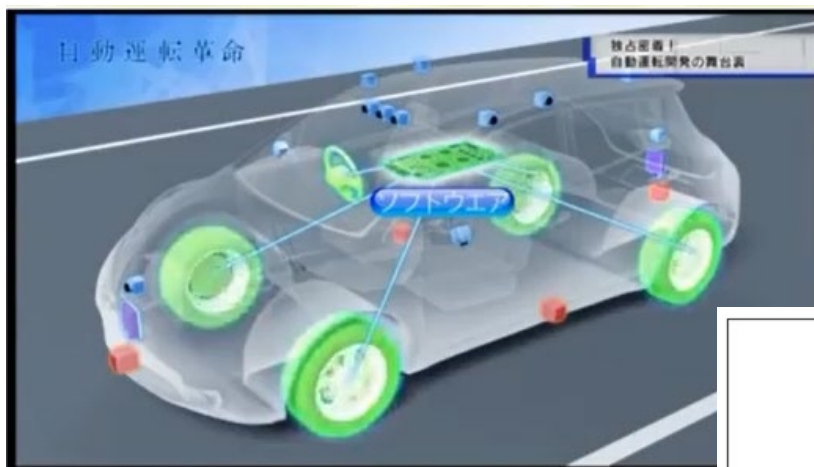
AAWA – Advanced Autonomous Waterborne Applications



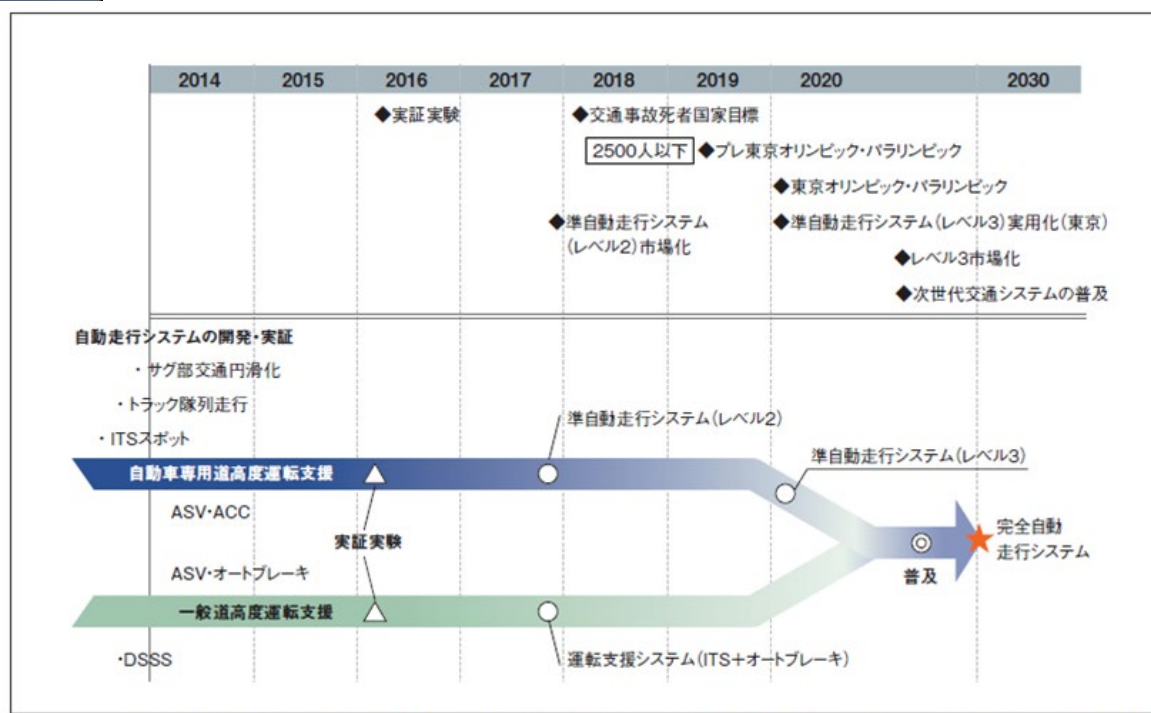
- 期間：2015年～2017年（3年）、予算 660万ユーロ
- 参加機関：計9機関
Rolls-Royce (英), Deltamarin (Fin), Immarsat (英), NAPA (Fin), DNV GL(Nor), Univ. of Turku(Fin), Aalto/VTT, Tampere Univ(Fin), Abo Akademi (Fin)
- 目的：無人商船の仕様・初期設計の提示
- 概要：技術、法規制、安全性、経済性等の観点から無人商船実用化のための課題と解決策を検討する。e.g. センサー融合、運航・衝突回避制御アルゴリズム、Communication, Connectivity
- 今後の展開：実船実証試験の計画／2035年：自律航行無人商船



自動車 – 世界中の自動車・機器メーカー、大学、IT産業が参画



日本のロードマップ 2030年までに無人化



(出所：内閣府政策統括官(科学技術・イノベーション担当)「SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)自動走行システム研究開発計画」2015年5月21日
「自動運転の未来 2016-2020」(日経BP社)

NHK スペシャル「自動運転革命」2016/09/17

要素技術

- 認知 (ミリ波レーダー、LIDAR、カメラ、車載センサー、3次元マップ)
- 判断 (ソフトウェア, 人工知能 (AI), 深層学習、Googleは地球70周分に相当するテスト走行を実施)
- 操作
- 通信 (GPS, 衛星通信, Car2Car, Road2Car)



日本での取り組み

▶ 先進安全船舶技術研究開発支援事業、

2016.06.27 「衝突リスク判断と自律操船」を含む7件に補助、総額7000万円、ただし無人化船に直結するのは3件のみ。

2017.04.03 7件継続、1件追加、平成29年度予算、総額？

NYK 2019年までに遠隔操作コンテナ船による太平洋横断と (Bloembergen)

	提案者	共同提案者	事業名称	事業概要
1	日本郵船株式会社	株式会社 MTI、株式会社日本海洋科学、古野電気株式会社、日本無線株式会社、東京計器株式会社	船舶の衝突リスク判断と自律操船に関する研究	他船との衝突リスク判断を容易にする機能の開発や、非常時における陸上からの遠隔操船、船橋の見張りを補助するための映像と航海計器情報を重ねた機器の開発により、事故の削減を図ると共に、船員の負担軽減等を図る。

- ▶ 東京海洋大学 「遠隔操船型自律航行船」実現プロジェクト
- ▶ OZT (Object Zone by Target) 東京海洋大 今津隼馬名誉教
- ▶ 2015 – 2017年 各種ワークショップやセミナーで海外での自律航行船や無人船開発の紹介はあるが、具体的なものは知る限り Big Data/IoT、らいちょうシリーズ、OZT以外に見当たらない



日本の造船、海運、舶用機器産業にとっての無人化船

無人化船の長所 – 安全, 環境、経済性 – VISION と目的, 使命

- 衝突・座礁の回避
- ヒューマンエラーの減少
- 現場海象に応じた最適航行（気象予報の海域は広すぎる）
- 造船・海運のコスト削減
- 省人、省エネ、環境保護

無人船開発の課題

- 無人化が適切だと思われる船種、貨物、航路、船速、推進機関の選択
- 多種多様なセンサー群とその融合
- ソフトウェア開発：操船Know How把握、自律航行アルゴリズムの確立、AI, 膨大な数の試験を繰り返すDeep Learningは有効か？ 高性能小型コンピューター、OZT
- 法的整備、保険制度、社会的認知
- 大量で高速の通信システム



無人化船計画方針

原則

- いきなりの無人化は非現実的
- まず操船運航支援、特に見張り機能支援に重点
- 乗組員に関わる設備、機器、システムを省略する
- 保守整備、点検、修繕を要するものは最小限に
- 故障・トラブル要因を排除
- メカニカルコンタクトを極小に
- 国際航海条約は遵守
- 状況認識（見張り、海象、海図）、判断、制御、通信はできる限りITで置換
- 冗長性、代替法の確保



無人化船仕様

省略可能

- 居住区 (Cabin, Office, Mess room, Hospital, Gymnasium, Bridge)、居住設備、内装など
- ホテルサービス (ギャレー, 洗濯装置、居室間電話設備)
- HVAC (暖房、換気、空調)
- 救命装置 (Life Boat, Life Raft, Buoy)
- 火災検知、消火装置 (ただし、貨物区画、機関区画の防火構造、消火設備は残す)
- Deck Crane



同等機能で置換可能

- 錨、錨鎖、ウィンドラス、モアリングウィンチ、, Mooring wire ropes and Hawsers, chocks, bits, deck stand rollers ... (DPS と Azimuth thrustersで置換)
- プロペラ、舵 (全上)
- 推進機関: Diesel Engineを 電気モーターに(電源は燃料電池、リチウムバッテリー)
- 補機類 : (全上)



残すべきもの

➤ 火災／煙感知器

➤ ハッチカバー

➤ COLREG要求

- A masthead light forward
- A second masthead light abaft of and higher than the forward one
- Sidelights (P & S)
- A sternlight
- Objects (who takes care of ?)
- Etc.



新たに設置・搭載する機器

- 静止障害物（暗礁、浅喫水、側壁）、動的対象を認知するシステムとそれを判断し予測するソフトウェア（人工知能）
- 自船の船体運動把握レーダー
- 雨天、濃霧でも作動
- 単眼カメラ、ステレオカメラ
- ミリ波レーダー
- LIDAR (360度レーザーレーダー)
- 水中ソナー



今後開発すべき技術, システム, カルチャー

- ソフトウェア (人工知能、深層学習によって賢くする)
- 3D ECDIS
- AISを装備していない300GT未満の船舶、漁船、プレジャーボートの識別方法
- 高速大容量通信設備 (アンテナ、受信機)
- 陸上サポートセンターおよびその地球規模のネットワーク
- 海難事故や海洋汚染事故の緊急対応チーム配備
- 法的整備 (LR: ルール化に向けて準備)
- 保険制度
- 社会認知



無人化船試設計： 63バルクと3000TEUコンテナ船



- コスト減
居住区不要、SOLAS救命不要、ホテルサービス不要
- CAPEX増
電気推進システム採用、センサーやレーダー追設、オートメーション、自動運航システム、遠隔監視・操船システム
- OPEX減
船員費不要
- 結論
初期費用はかかるが、1-2年でバランスする。



ありがとうございました



NAVIKA Consulting

代表 並川俊一郎

[E-mail: Shunichiro.namikawa@icloud.com](mailto:Shunichiro.namikawa@icloud.com)

Tel: +81 (0)90 8824 3631 (mobile)

