

# 海外の自動運航船の技術開発 動向と今後の取り組み

国研) 海上・港湾・航空技術安全研究所  
海上技術安全研究所  
海洋リスク評価系 系長  
福戸 淳司

# 本日の講演内容

- 自動運航船とは
- 海外の自動運航船に関する研究動向
- 法的環境整備の動向
- まとめ



海上技術安全研究所での操船  
リスクシミュレータによる  
自動避航操船の実験シーン

# 自動運航船とは

# 自動運航船とは

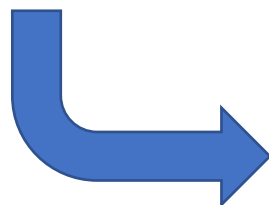
Autonomous Ship => 自動運航船 (自律船)

## 自律性

- **操作者の入力理解と計画**  
人間の指示・入力を少なくする。
- **状況の不確定性への耐性**  
環境情報を収集し、問題点に対処する。
- **自主性のレベルの高さ**  
人間による判断・介入の余地を少なくする。

自律運航

自動運航



AI  
IoT  
Big Data

Marra, McNeil, Understanding 'The Loop':  
Regulating the Next Generation of War Machines: Harvard Law School

# 自動運航船とは

## WATER BORNE<sup>TP</sup> : Technical Platform : Autonomous Ship 2006

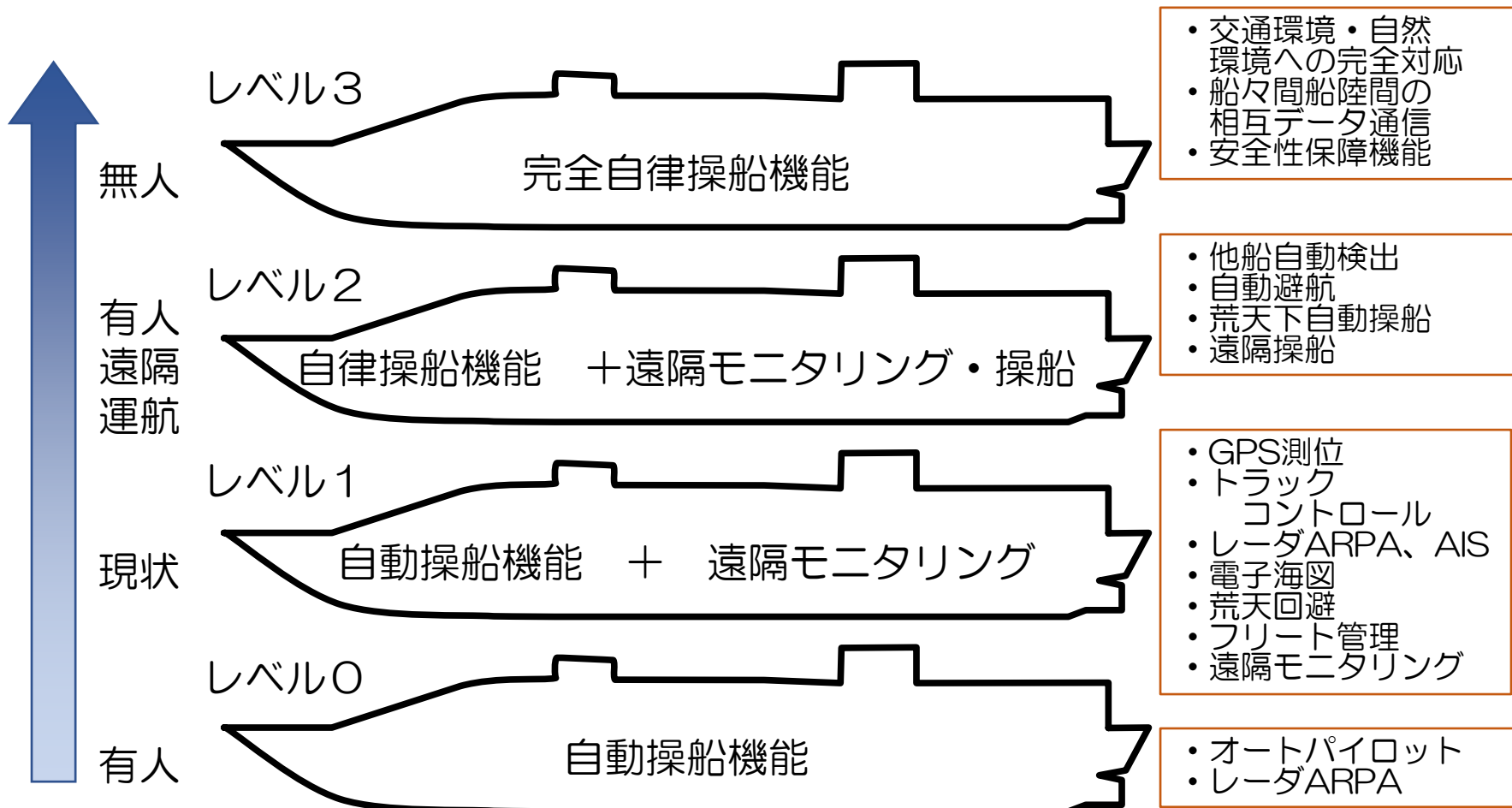
The vessel with “Next generation modular control systems and communications technology will enable wireless monitoring and control functions both on and off board. These will include advanced decision support systems to provide a capability to operate ships remotely under semi or fully autonomous control.”

「船舶を遠隔での部分的もしくは完全な自律制御を可能にする先進判断支援システムを含め、船上および船外からのワイヤレスでの監視と制御機能を可能にする次世代モジュラー制御システムおよび通信技術」を持つ船舶。

Source : WATER BORNE<sup>TP</sup>のVISION2020 (2006)



# 自動運航船の形態



# 自律運航の概要

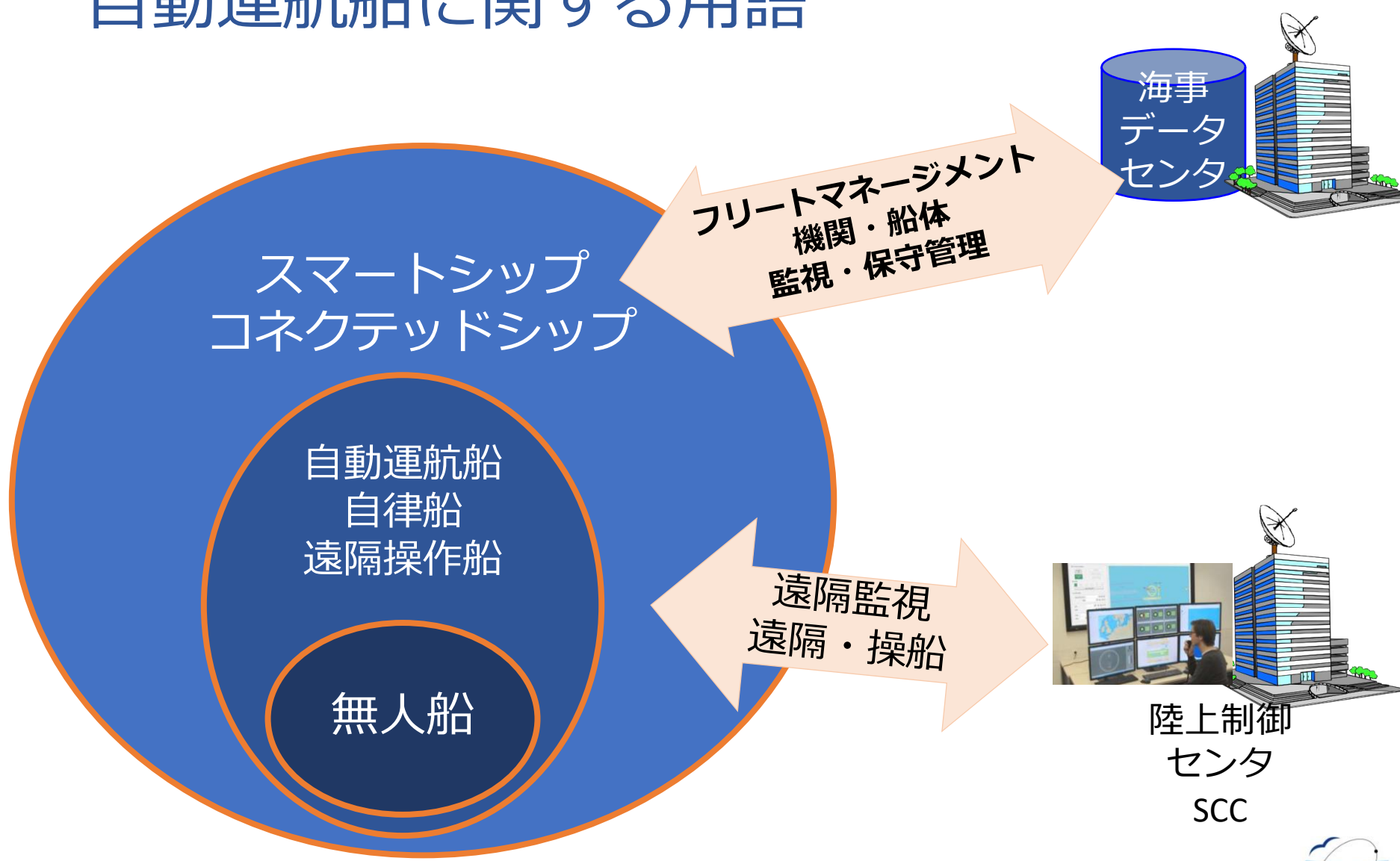


操船	計画航路保持	計画航路自動調整	直接遠隔操船
陸上施設	状態監視	対応結果の安全確認	陸からの介入
通信	定期通信	イベントベースの情報交換	ダイレクトリンク

Source : ” Developing autonomous navigation: The MUNIN unmanned vessel test-bed”  
:Conference on Autonomous Ships, 25th-26th September, 2015



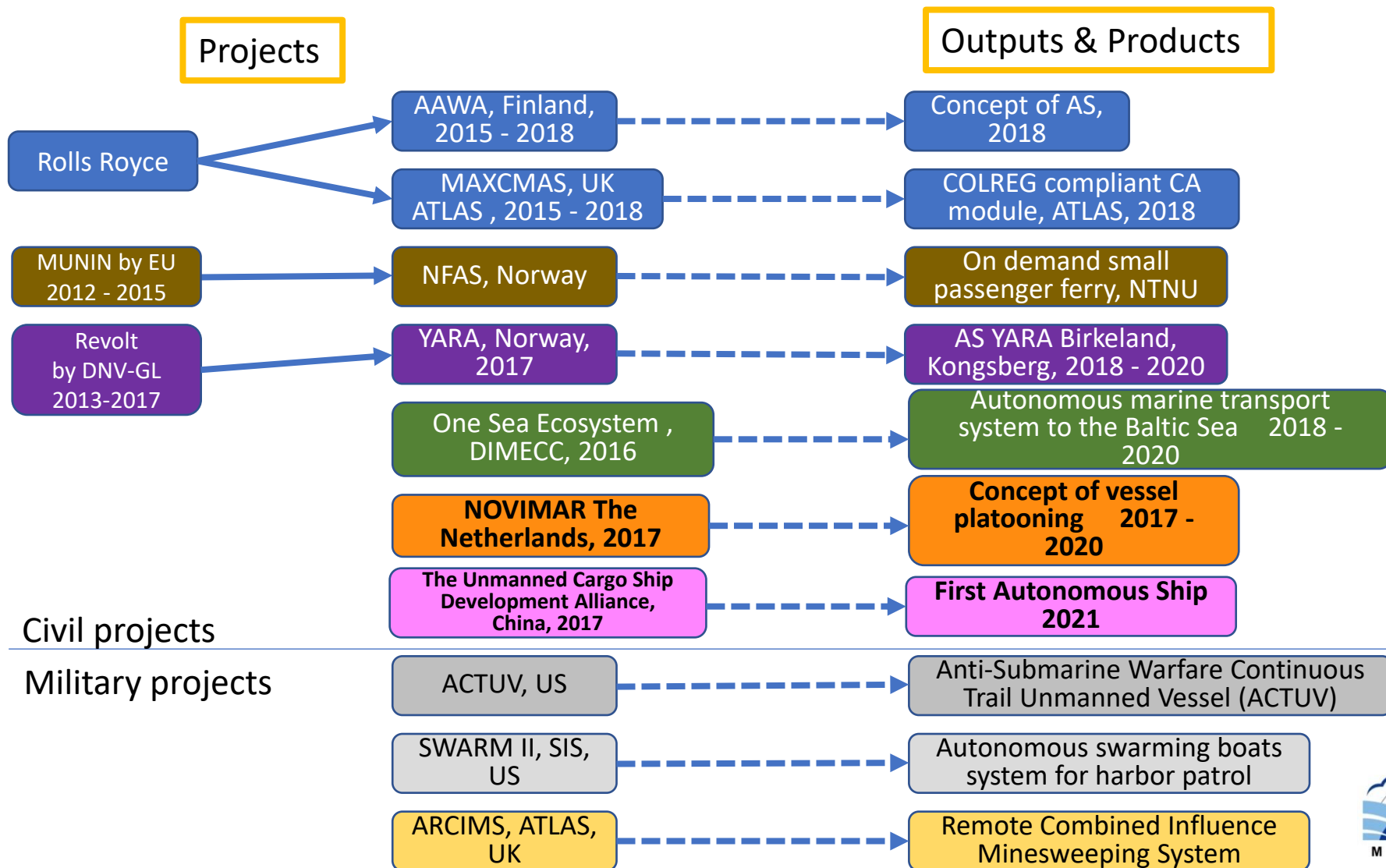
# 自動運航船に関する用語





# 海外の自動運航船に関する 研究動向

# 海外の自動運航船に関する研究動向



# AAWA

## Advanced Autonomous Waterborne Applications

- AAWAは、Finnish Funding Agency for Technology and Innovationから660万ユーロ支援を受け、ロールスロイス社が主導して進める自律船の共同プロジェクト
- 2015年から2018年までの3段階で実施予定。

概念定義

要素技術開発

概念確認

PHASE1

2015-2016

PHASE2

2016-2017

PHASE3

2017-2018

協賛会社・機関

- Tampere University of Technology
- VTT Technical Research Centre of Finland Ltd
- Åbo Akademi University
- Aalto University
- The University of Turku

- Rolls-Royce,
- DNV GL,
- Inmarsat,
- Deltamarin,
- NAPA,
- Brighthouse Intelligence,
- Finferries and ESL Shipping

Source : <http://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/12%20-%20AAWA%20Coordinator.pdf>

## AAWA

## Advanced Autonomous

## Applications

Google  
Intelligent  
SA and  
Voice H / I

## 技術

## センサーフュージョン

RADAR, High resolution camera、LIDAR、AIS

## 制御アルゴリズム

MAXCMAS 避航操船

## 通信と接続性

既存の通信機器の最良の組み合わせ

## 安全とセキュリティー

## リスク評価

新しい技術に対応したリスク評価法

## サイバーセキュリティー対策

既存技術の最良の組み合わせの検討

## 社会的・法的受容性

自律船および遠隔操作船の運航  
に必要なルールの問題点の抽出  
と変更の働きかけ

事故責任問題の検討

## ビジネスモデル

自律運航による  
関係者の役割の再定義

自律運航システムへの移行を  
推進する原動力の検討

Source : <http://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/12%20-%20AAWA%20Coordinator.pdf>

# MAXCMAS

(Machine eXecutable Collision regulations for Marine Autonomous System)

- Inovate UKから127万lbの支援
- 2015年から2017年まで実施。
- COLREGsに準拠した自律操船・  
管制の構築。
- シミュレーターベースで開発
- 遠隔操作実験を掃海実験艇で実施。
- 要素技術
  - 障害物の自動検出。
  - TCPAを用いた危険判定
  - 粒子群最適化法による経路探索。
  - リスク管理、評価

## 参加企業

Rolls Royce (RR) as lead,  
Atlas Elektronik UK (AEUK)

Lloyd's Register (LR)

## 参加大学

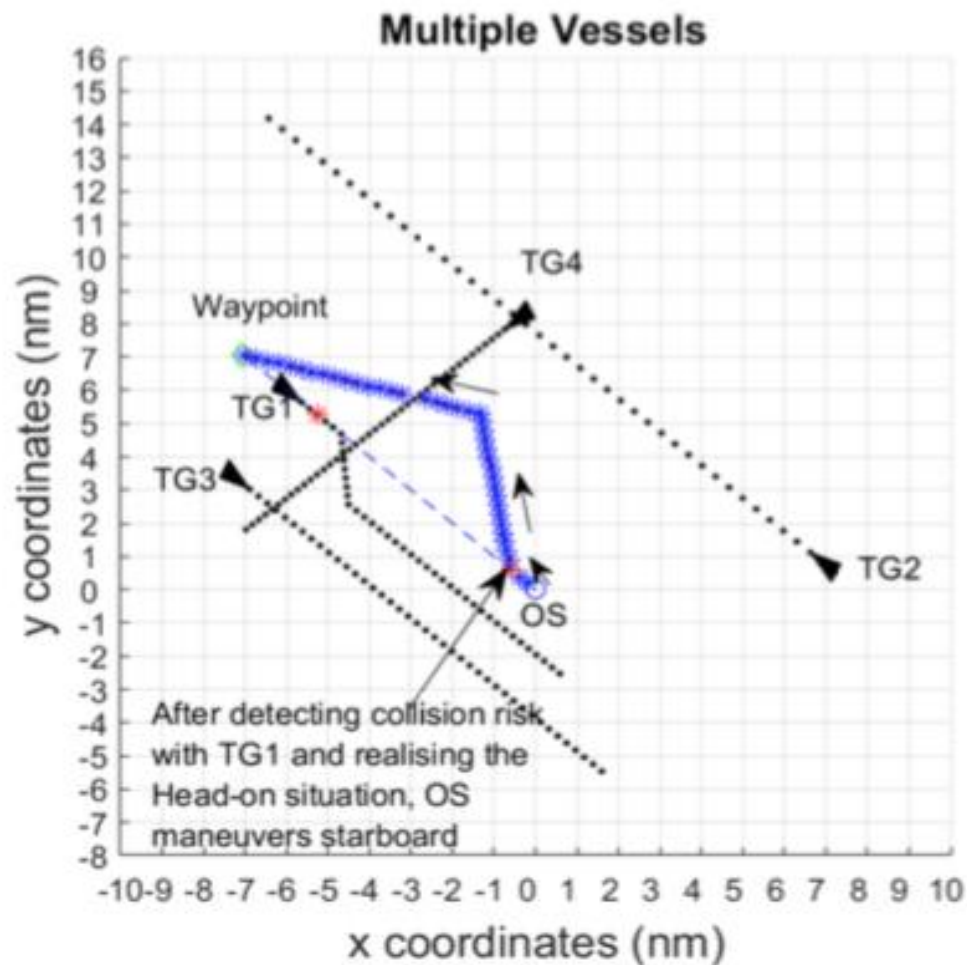
Queen's University  
Belfast (QUB)

Warsash Maritime  
Academy (WMA).

Source: MAXCMAS Project - Autonomous COLREGs  
Compliant Ship Navigation, Proc , of COMPIT 2017 pp  
454-464



# 多重遭遇における避航操船



## Example of Multiple Ship Collision Avoidance

Source: MAXCMAS Project - Autonomous COLREGs Compliant Ship Navigation, Proc , of COMPIT 2017 pp 454-464



# YARA Birkeland

世界初の100 -150 TEU の自律コンテナ船を建造。  
 自律運航と遠隔操船を可能とする完全バッテリー  
 駆動の電気推進船。

基本技術は、ReVoltの成果を利用し、Kongsbergが建造。

## Main particulars:

LOA: >70 m

Beam:15 m

Depth: 12 m

Draught (full): 5 m

Draught (ballast): 3 m

Service speed: 6 kn

Max speed: 10 kn

## Capacity:

Cargo capacity:

100 - 150 TEU

Deadweight:

3500 - 4500 mt

## Propulsion:

Electric propulsion

2 Azimuth pods

2 Tunnel thruster

Battery pack:

3,5 – 4 MWh

## Key sensors:

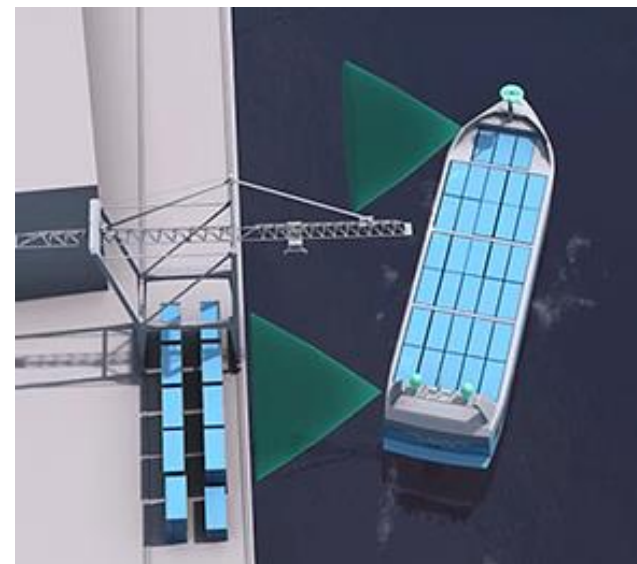
Camera

Radar

AIS

Lidar

IR camera



Automatic Berthing

Source: <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/4B8113B707A50A4FC125811D00407045>

# YARA Birkeland

## スケジュール：

**2017:** Marin Teknikk, Norwayによる設計の採用と建造契約締結

**2018:** 2018年の第二四半期、自律船引き渡し

**2018:** コンテナベースの船橋を設置し、数名の船員によるテストを  
2018年度の第三四半期以降に実施

**2019:** 遠隔操船試験を実施。

**2020:** 完全自律運航を実施。



- Herøya – Brevik (approx. 7 nm)
- Herøya – Larvik (approx. 30 nm)
- 全海域は、海上交通センタで監視。

Source: <https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/4B8113B707A50A4FC125811D00407045>

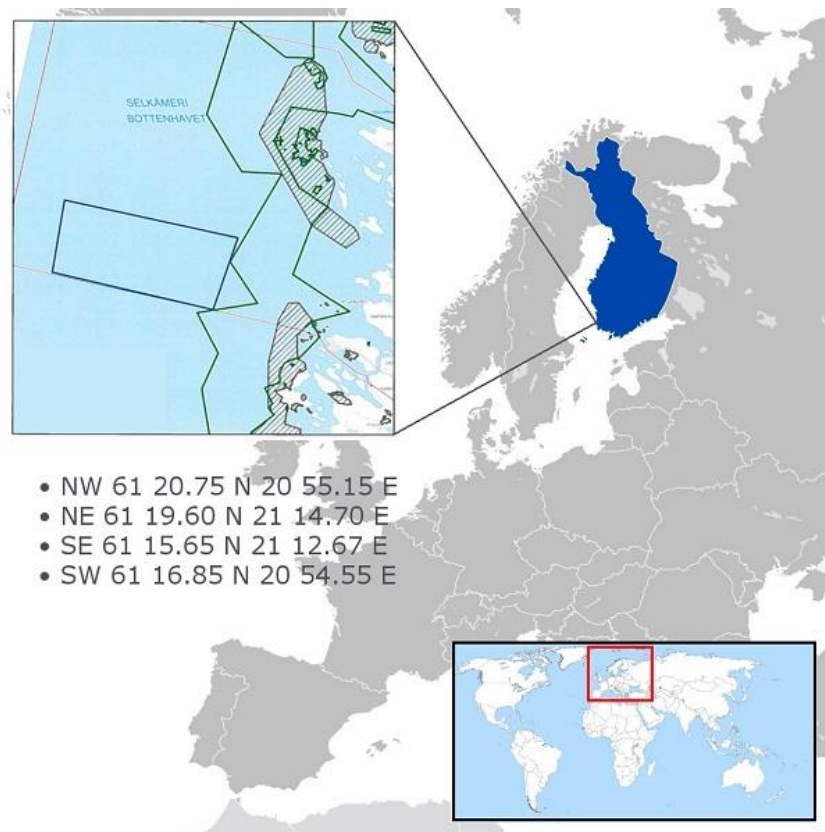


# One Sea Autonomous Maritime Ecosystem

One Sea プロジェクトは、DIMECC (Digital, Internet, Materials and Engineering as well as Co-Creation) 社を中心に2025年にバルチック海で、自律船による海運を実現する環境を構築するため、2016年に始まった。

- ロードマップの作成
- 基礎技術(安全な遠隔操船、冗長な位置検出、船陸間通信等)の検討
- フィンランドにおける自律船のテスト海域の管理運営。

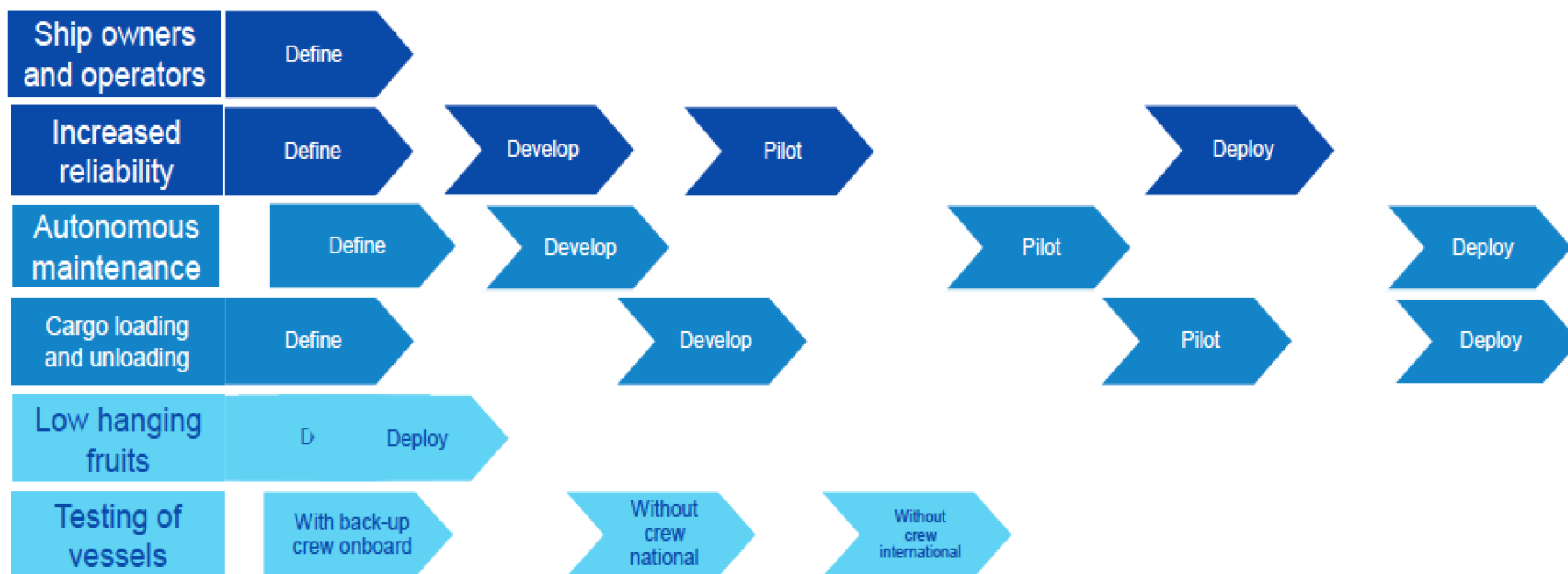
参加企業：ABB, Cargotec, Ericsson, Meyer Turku, Rolls Royce, Tieto, Wartsila



Source : One Sea Web site  
<https://www.oneseaecosystem.net/>

# DIMECC One Sea Operational Roadmap

12



Source : One Sea Web site  
<https://www.oneseaecosystem.net/>

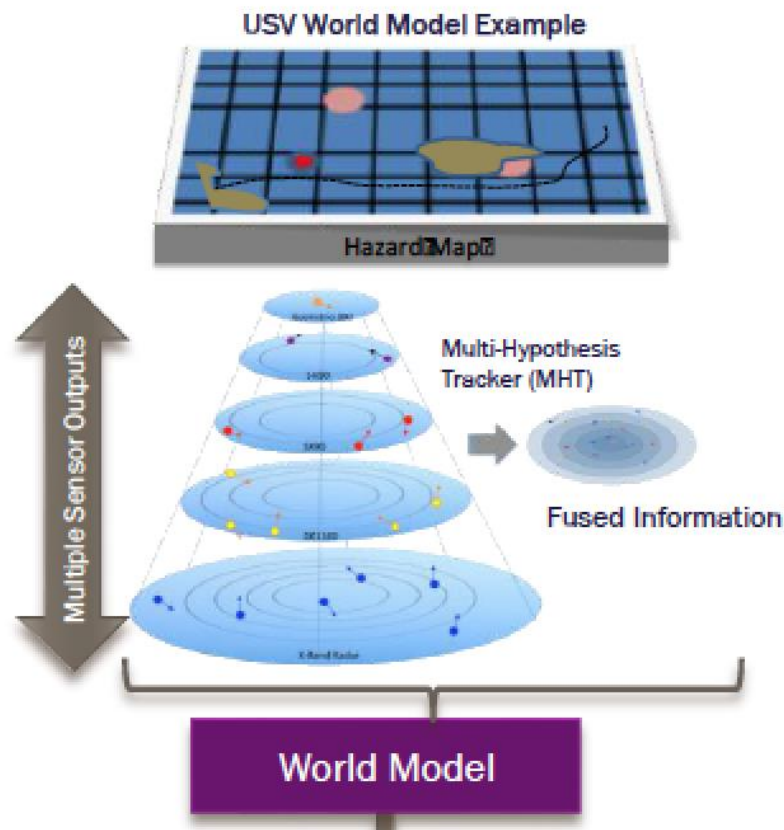


# US DARPA ACTUV

## Anti-Submarine Warfare (ASW) Continuous Trail Unmanned Vessel

潜水艦追尾無人自動運航船 Sea Hunter, Leidos社

- ・ ミッションの自律実施機能
- ・ 複数船での協調自律機能
- ・ 分散・階層型自律機能モジュール  
世界モデル、知的処理モジュール
- ・ COLREGs 準拠の避航アルゴリズム
- ・ オープンシステム構造



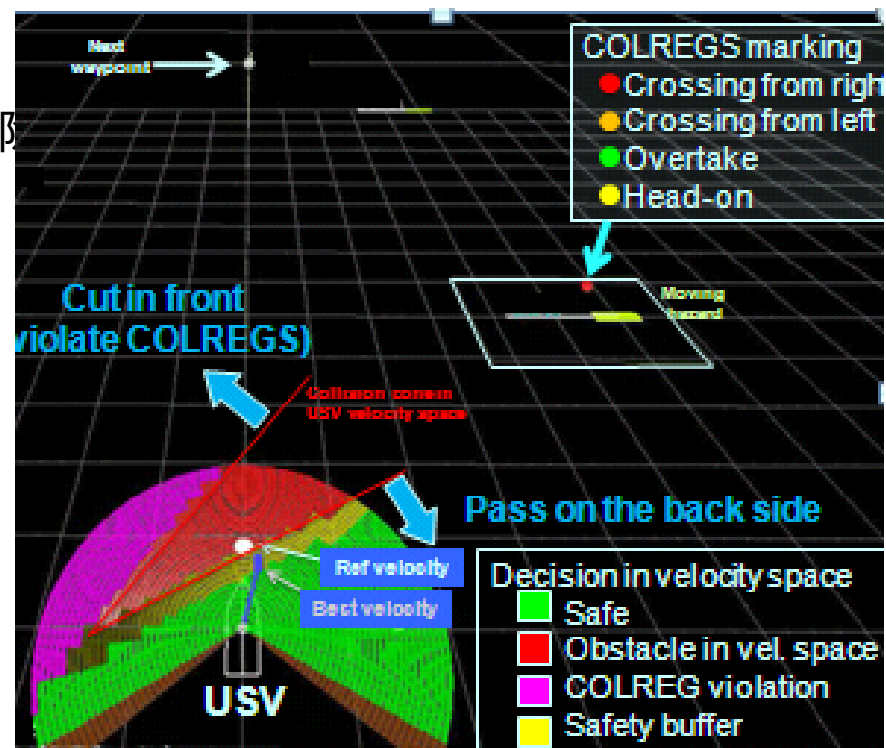
Source: "Sea Hunter and Maritime Autonomy",  
Presentation in Autonomous Ship Tech. Symposium 2017

# US Swarm II

港湾内パトロール船

SIS社

- 複数船を制御
- 自律機能フレームワーク CARACaS
- 4隻のパトロール船による海域の脅威排除
- 脅威の検出と航路の再設定による協調対応
- COLREGs 準拠の避航アルゴリズム



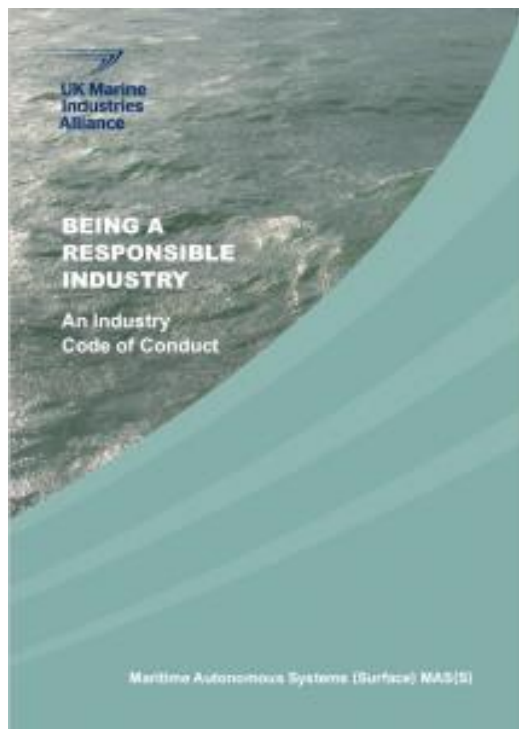
Source: "USVs in Harbor Defense",  
Presentation in Autonomous Ship Tech. Symposium 2017

# 法的環境整備の動向

# 海事自律システムの開発運用に関する業界行動規範

## ■ MASRWG (Maritime Autonomous Ship Regulatory Working Group)

- ・ UK Marine Industries Alliance傘下の部会として2014年8月に設置。
- ・ 公的な規制枠組みの形成に先だって、産業界による自主的な規制や取り組みを推進していくことを目指す。
- ・ 水上船だけでなく、水中を航行するAUVも対象に含めて一括して検討。



海事自律システムの開発運用に関する  
業界行動規範

BEING A RESPONSIBLE INDUSTRY

An Industry Code of Conduct, 2016 March

<http://asvglobal.com/wp-content/uploads/2016/03/UK-MIA-MAS-CoC-2016.pdf>

# 自動運航船の使用にあたっての現行条約等の適用性の検討

## ■IMO MSC98

自動運航船の使用にあたっての現行条約等の適用性の検討が、2020年までに完結する新規作業項目として認められた。

この検討では、自律運航に関連の深いSOLAS, COLREGs, STCWを中心に、以下の規則の洗い出しを行う。

- (1) 無人運航を排除する規則
- (2) 無人運航に適用できない規則
- (3) 無人運航を排除しないが、修正を要する規則

これにより、自動運航船の実現に必要な事項を明確にし、自動運航船の実現を促す。

# 自律運航に関連した日本の動き

実施主体	名称	参加者	内容
(一社)日本 船用工業会	スマートナビ ゲーション研 究会	船用メーカー、 (株)MTI、NK	船上機器間、船陸間の <b>データ交換フォーマット・プロトコルの統一化</b> 。 ISOに提案、規格化
(一財)日本 海事協会	株式会社シッ プデータセン ター	船社、造船所、 船用メーカー等	運航中の船舶から得られる <b>エンジンなど稼働データや気象情報を収集・蓄積</b> 、関係者に <b>必要なデータを提供</b> 。
日本郵船 (株)	船舶の衝突リ スク判断と自 律操船に関す る研究	(株)MTI, (株) 日本海洋科学、 古野電気(株) 、日本無線(株) 、東京計器(株)	国土交通省 補助事業「先進安全船舶技術研究開発支援事業」により5年間(H28-H32)で実施。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>衝突リスク判断方式</b>の研究開発</li> <li>・<b>自律操船</b>に関する研究開発</li> <li>・<b>コンピュータビジョン</b>を利用した航海支援</li> </ul>
三井造船 (株)	自律型海上輸 送システムの 技術コンセプ トの開発	東京大学、(株) 商船三井、海上 技術安全研究所、 日本海事協会、 三井造船昭島研 究所、日本船舶 技術研究協会	国土交通省交通運輸技術開発推進制度における研究課題として、三井造船株式会社が代表する研究コンソーシアムが主体となり、3年間(H29-H31)で実施。 船舶の自動・自律運航技術の導入による安心・安全で効率的な海上輸送システムの実現に向け、 <b>自動運航船の技術コンセプト</b> を構築し、 <b>自律化レベルを具体化</b> するとともに、 <b>必要となる技術の開発ロードマップ</b> を策定する。



# まとめ

- 自動運航船の機能や形態、運航状況について、概説した。
- 海外の自動運航船関連プロジェクトを鳥瞰し、主要なプロジェクトについて、解説した。
- 自動運航船の実現に向けた法的環境整備の最近の動向について概説した。

ご静聴ありがとうございました。

国研) 海上・港湾・航空技術安全研究所  
海上技術安全研究所  
海洋リスク評価系 系長  
福戸 淳司