

# 船舶航行とデジタル化

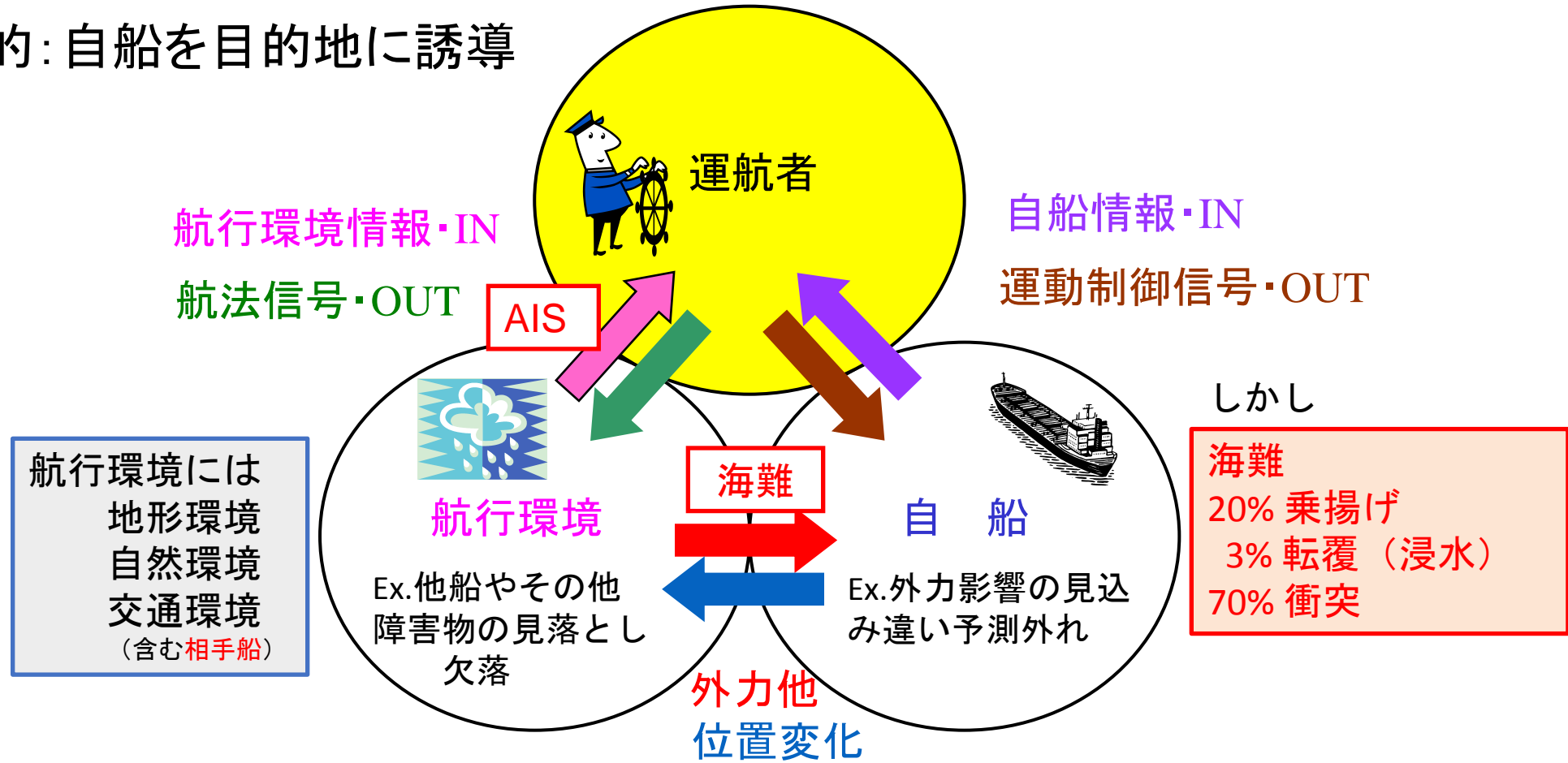
東京海洋大学名誉教授

今津隼馬

2017年 NK 海事デジタル化に関するセミナー

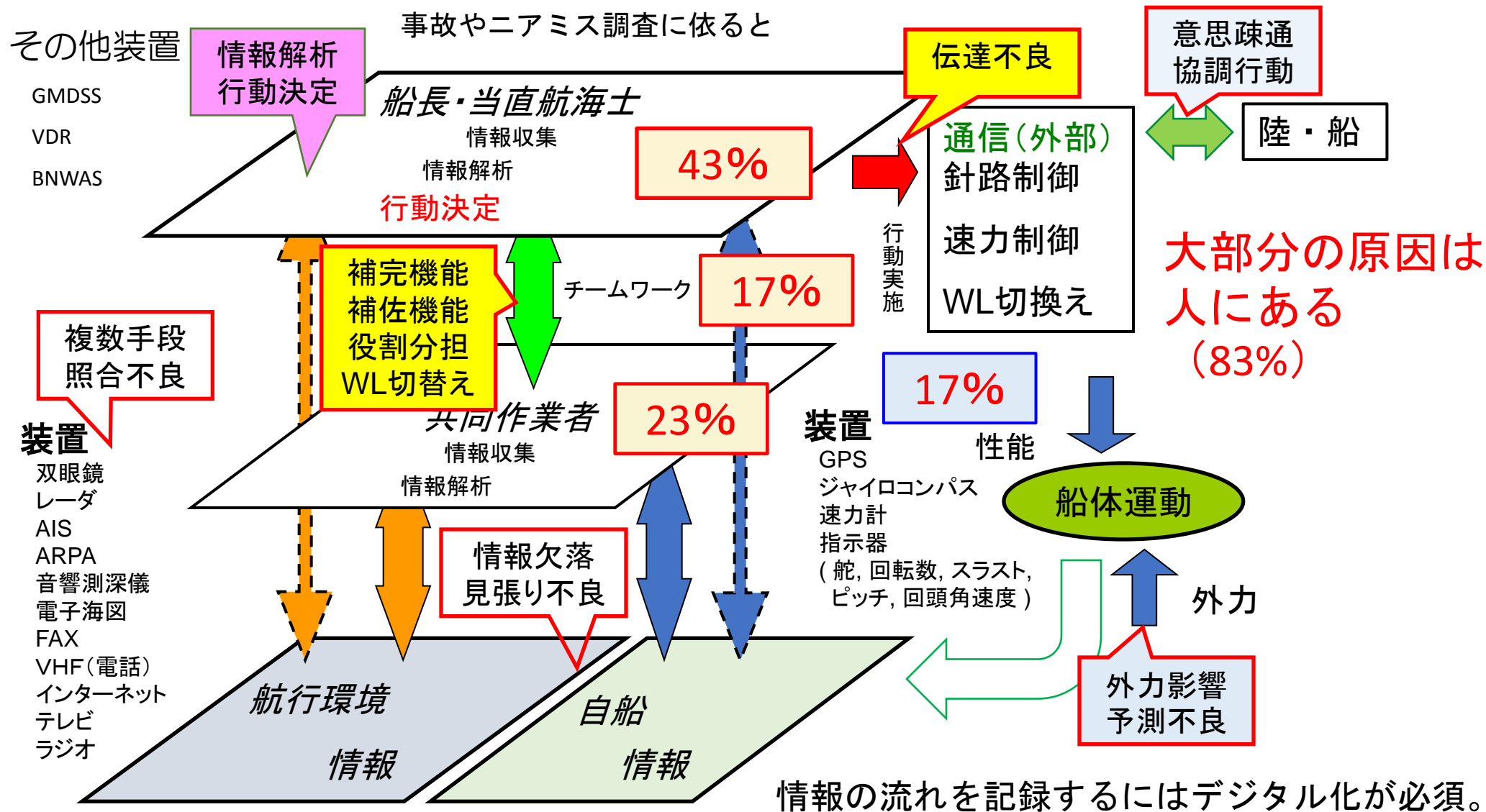
# 船舶航行システムと入出力

目的: 自船を目的地に誘導

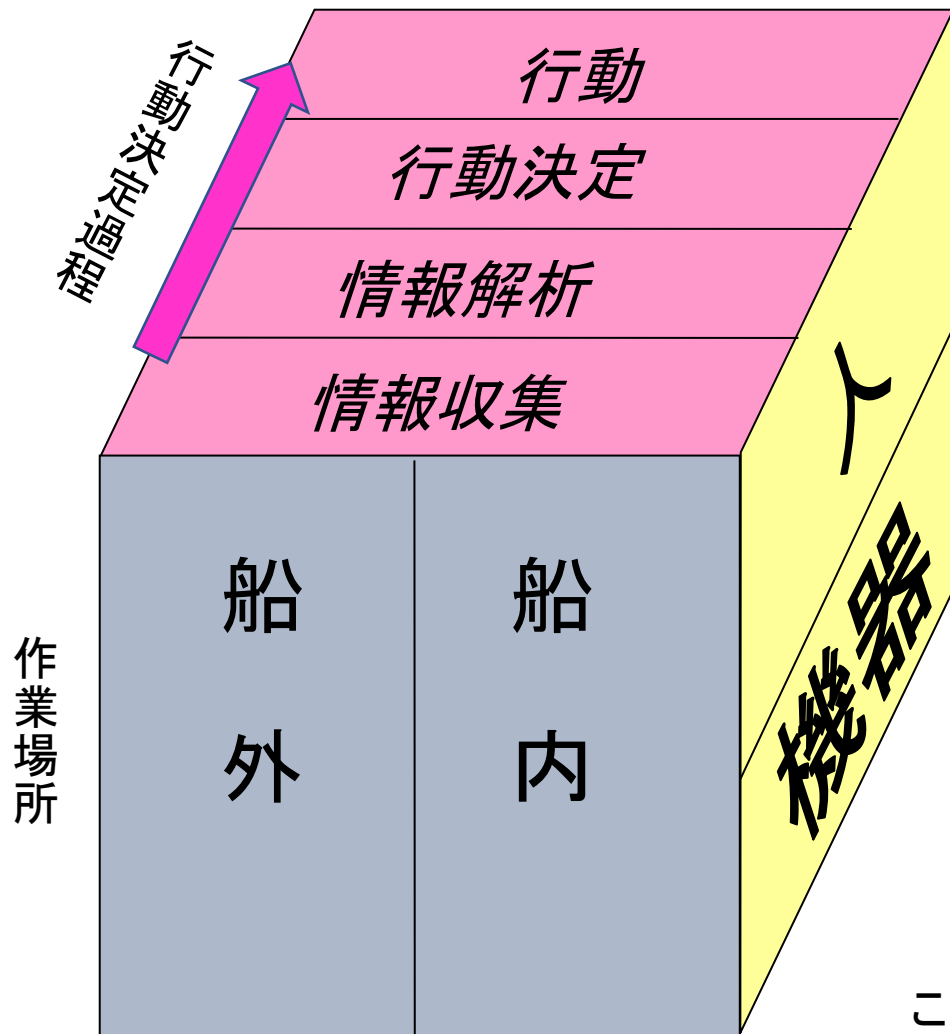


海難は自船と航行環境の間で発生。相手があり、完全に海難を防ぐのは困難。運航者としては間違いを防ぎ、それを記録に残すことが必須。

# 船橋作業での問題個所（課題）



# 船橋作業項目の内訳



作業負担

- 情報収集 **Information**

- ✓ 自船データ (機器を含む)
- ✓ 航海データ (目視を含む)
- ✓ AIS データ
- ✓ レーダデータ
- ✓ 海図データ
- ✓ 気象海象データ
- ✓ 他

- 情報解析 (状況把握) **Analysis**

- ✓ 衝突危険
- ✓ 自船能力 (操船・堪航・機器)
- ✓ 気象海象予測
- ✓ 他

- 行動決定 **Decision**

- ✓ 安全、規則、効率等を満足する行動 (針路、速力、信号、通信、WL切替)

- 行動実施 **Execution**

- ✓ 針路、速力、信号、通信、WL

これらの現状と課題を調べ、改善に向け目標を立てる。

# 船舶航行における革新的技術

## GPS (Global Positioning System)

- ① 測位の自動化・高速化・高精度化
- ② ECDIS (電子海図) の利用
- ③ 対水運動から対地運動へ

## AIS (Automatic Identification System)

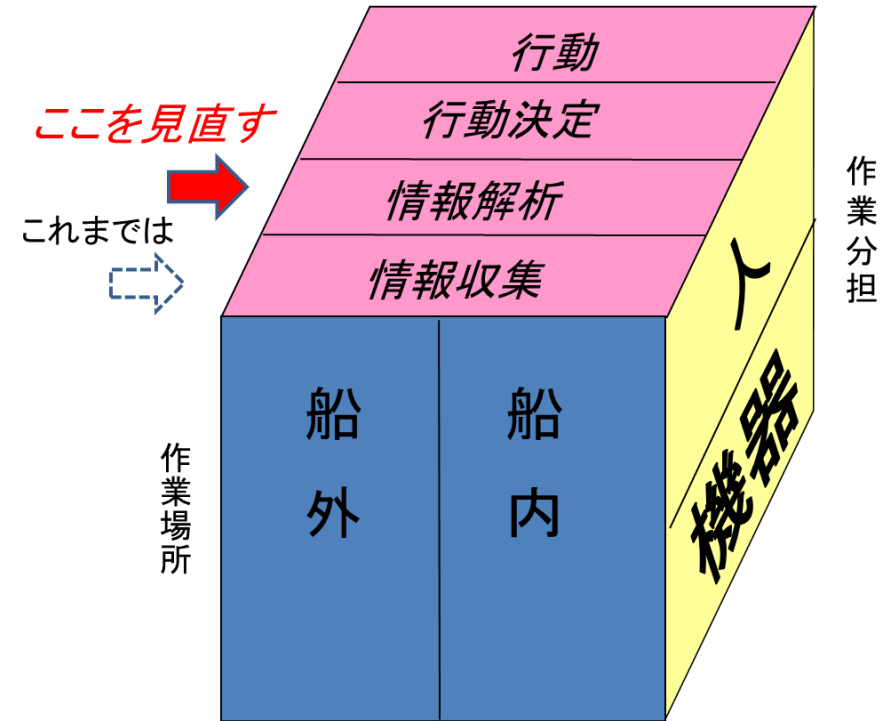
- ① AIS搭載船情報の収集自動化・高速化・精密化
- ② 相対運動から真運動へ
- ③ AIS船間コミュニケーション (デジタル化)

重要な情報のデジタル化が進んだことで、自船と交通環境 (相手船) について多くの情報が得られるようになったが、その活用は不十分。

# 避航行動決定過程改善の必要性

改善

- 相手船情報収集（情報欠落、不足）
  - 相手船の情報収集手段（目視、レーダー、AIS、音）
  - 情報の照合と統合
- 情報解析（船長・航海士責任）
  - 衝突危険判定（遭遇状態把握）
  - 自船能力
- 行動決定（船長・航海士責任）
  - 安全・適法・効率等の条件を満足する行動の検索
  - 針路・速力・信号・通信等
- 行動実施

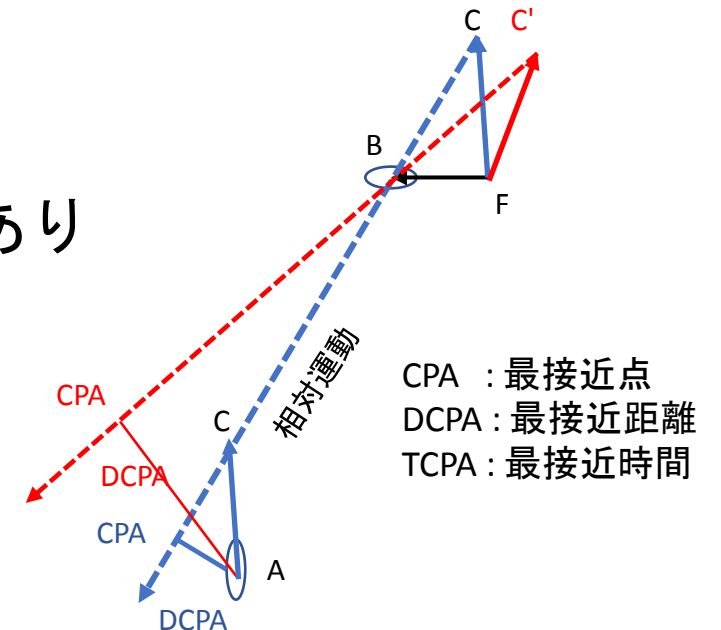


情報の改善（デジタル化）が、行動決定の改善に繋がっていない  
情報解析・行動決定法の見直しが必要。

# TCPA/DCPA指標の問題点

この衝突危険評価は簡単に求めることができる評価指標だが  
避航行動はCPAの移動を見て決めるので次のような問題がある

- ① 試行錯誤による行動検索
- ② 避航能力未考慮
- ③ 全相手船の位置を同一時間位置に揃える必要あり
- ④ 折線経路の評価にはシミュレーションが必要
- ⑤ 相手行動変化影響の把握は面倒（F点移動）
- ⑥ 海図との照合に手間がかかる



この指標には数多くの問題があるので、適切な避航行動を迅速に求めることは難しい。  
輻輳海域の行動決定では、この指標に頼らず（支援を受けずに）対応している。

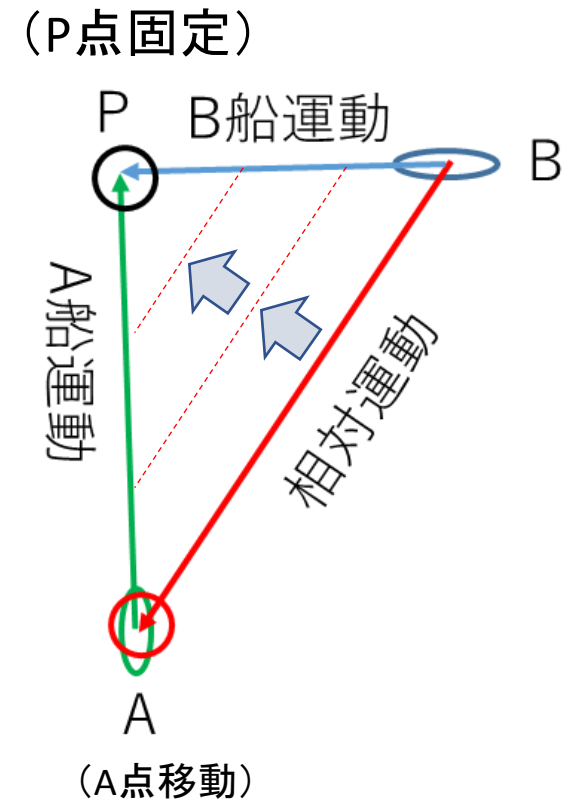
# 相対運動から真運動への切替

衝突は2隻の船が同時に同一地点に至ることにより発生（衝突の定義は真運動）

衝突危険把握に2つの方法（A点、P点）がある

- ① A点は相対運動に基づく衝突（前述の最接近点）
- ② P点は真運動に基づく衝突（定義に基づく衝突）  
（P点はB船針路上の固定位置：大変都合が良い）

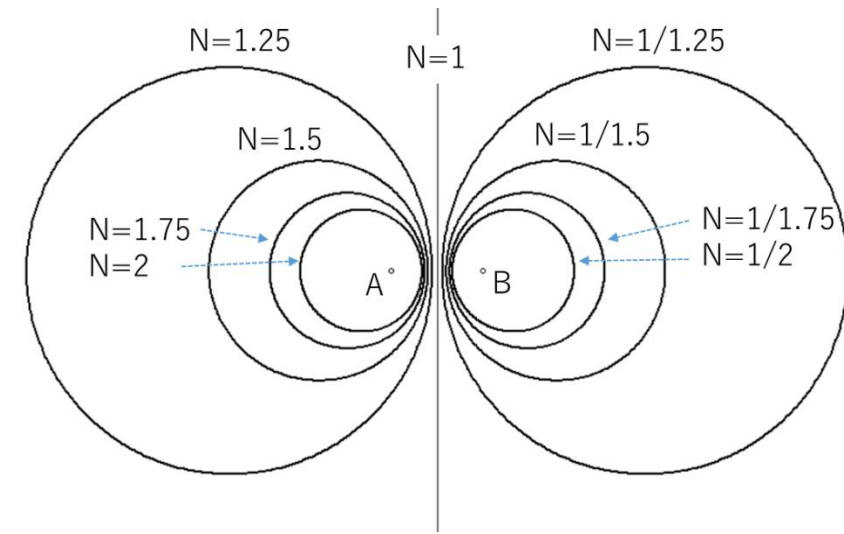
GPS及びAISにより自船及び相手船の真運動が判るのでP点を簡単に求めることができる。





# P点軌跡による衝突予測点

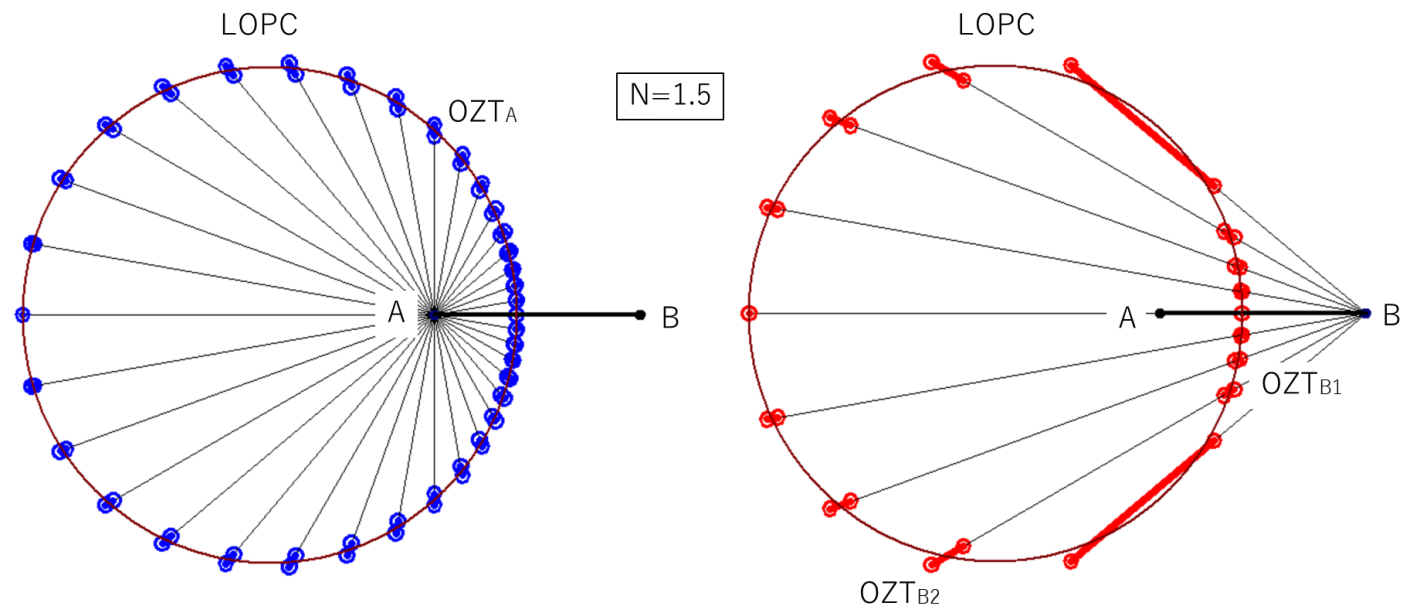
1. DCPA=0になる場所は衝突予測線(Line of Predicted Collision : LOPC)上に限られる (両船がLOPC上の同一点を目指せばDCPA=0)
2. 両船の速力比毎にLOPCが決まる
  - 同速の場合、垂直二等分線 ( $N = 1$ )
  - 異速の場合、低速船を取り囲む円
    - A船を取り囲む ( $N > 1$ )
    - B船を取り囲む ( $N < 1$ )
3. 2隻の危険遭遇はLOPCで表せ、  
それ以上の隻数の遭遇でも  
LOPCの組み合わせで表せる



速力比別衝突予測線  
 $N = V_B / V_A$

# P点に幅を持たせた行動妨害ゾーン

1.  $DCPA=\delta$ とした場合、相手船の行動で $DCPA\leq\delta$ となる場所は相手船による行動妨害ゾーン(Obstacle Zone by Target : OZT)となる
2. OZTは相手船針路とLOPCの交点に形成される
3. OZTを避けて航行すれば衝突は回避できる



それぞれの船は相手船の行動を妨害する。OZT<sub>A</sub>はB船の、OZT<sub>B</sub>はA船の行動を妨害する。

# 衝突危険評価に必要な情報

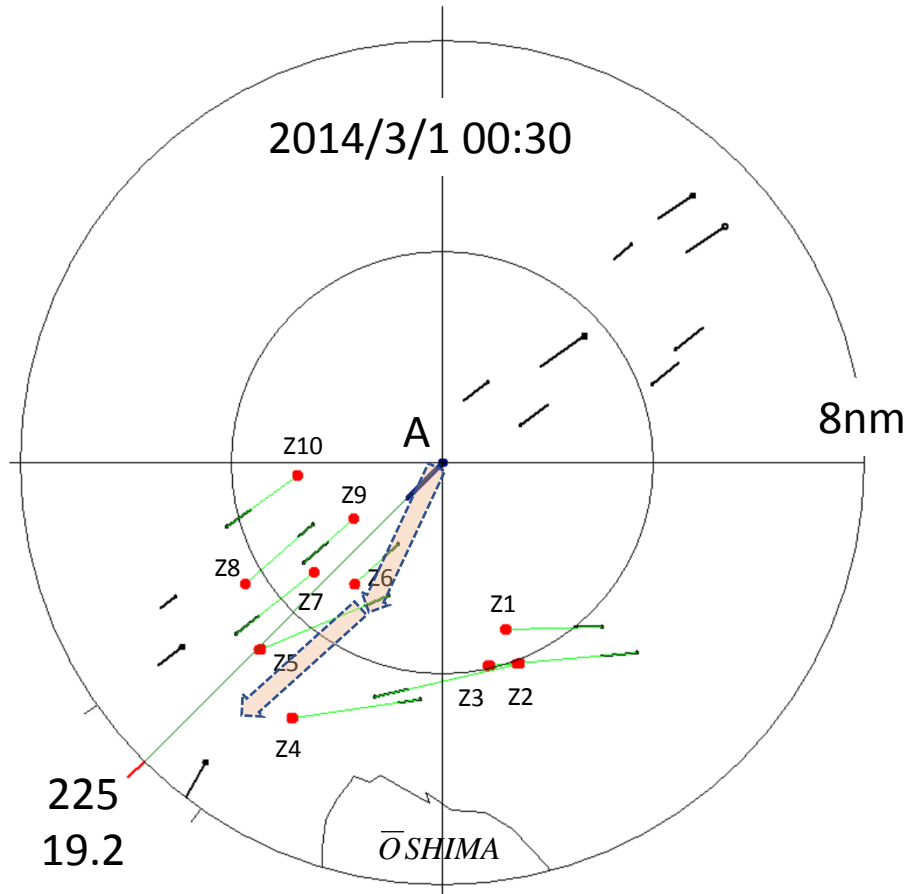
	Own Ship		Target Ship		Target Position	SD
	Course	Speed	Course	Speed		
TCPA	✓	✓	✓	✓	✓	
DCPA	✓	✓	✓	✓	✓	✓
LOPC		✓		✓	✓	
OZT		✓	✓	✓	✓	✓

## LOPCやOZTによる衝突危険評価

- 自船の針路を予め設定する必要は無い
- 相手船行動変化による影響を簡単に推定することが出来る（LOPC上を移動）
- 相手船毎に評価することができる（各船の時間を合わせる必要は無い）
- **処理が少し面倒**

この指標は避航行動決定に使い易い（試行錯誤やシミュレーションを必要としない）。

# OZT分布とその活用



- 情報のデジタル化により多くのデータが生まれる
- 活用には、**情報処理方法を見直すことが必要**
- ここでは衝突危険評価を見直し**LOPC**と**OZT**を紹介

## LOPCやOZT利用としての例

- ① 避航支援（自律航行船に関係）
- ② 航法規程についての改善提案
- ③ 船舶交通実態評価
- ④ 海難解析
- ⑤ 船舶交通監視
- ⑥ 船舶交通流や航路の設計



自律型海上輸送システムの研究に参加

# 船舶の自律化、IoT/AI化に関連する日本国内の様々な取組(例)

## 【国土交通省】 先進船舶技術研究開発(i-Shipping Operation) 2016～

テーマ	実施者
船舶の衝突リスク判断と自律操船に関する研究	日本郵船(株)他
大型コンテナ船における船体構造ヘルスマニタリングに関する研究開発	日本郵船(株)他
海上気象観測の自動観測・自動送信システムの開発	(株)商船三井他
船体特性モデル自動補正機能による解析精度高度化及び安全運航への応用	川崎汽船(株)他
ビッグデータを活用した船舶機関プラント事故防止による安全性・経済性向上手法の開発	ジャパン マリンユナイテッド(株)他
貨物船・ばら積み貨物船向け甲板機械のIoT化研究開発	真鍋造機(株)他
船陸間通信を利用したLNG安全運搬支援技術の研究開発	日本郵船(株)他
ICTを活用した船内環境見える化システムの構築	(株)商船三井他

## 【日本船用工業会】船舶IoTプラットフォームの開発と国際標準規格化

- ・ スマートナビ研究会(2012.12－2015.3)
- ・ 新スマートナビ研究会(2015.8－ )

- ・ 安全・環境・省エネを実現するためのアプリケーションサービスのために標準化され、オープンな船陸IoTプラットフォームの仕様を開発、試設計
- ・ 研究開発成果をもとにした国際標準規格※を制定
  - ※ ISO19847 Shipboard data servers to share field data at sea
  - ※ ISO19848 standard data for shipboard machinery and equipment
- ・ 策定する仕様や国際標準規格は関連する規制要件、国際規格やプロジェクトと調和させる(e-Navigation, IMO等)

## 【日本海事協会】シップデータセンター

2015.12 NK100%出資の子会社「株式会社シップデータセンター」設立。

- ・ 船舶に関するビックデータ基盤として、運航データの収集、蓄積、利用者にデータを提供するデータセンターの運営
- ・ 一元管理されたデータが低廉なコストで利用できる環境を整備。海事産業全体におけるビックデータの活用機会を最大化

## 【日本船舶技術研究協会】

- ① 航海設備近代化PJ (2017- )
- ② サイバーセキュリティ対策PJ(2016-2018)

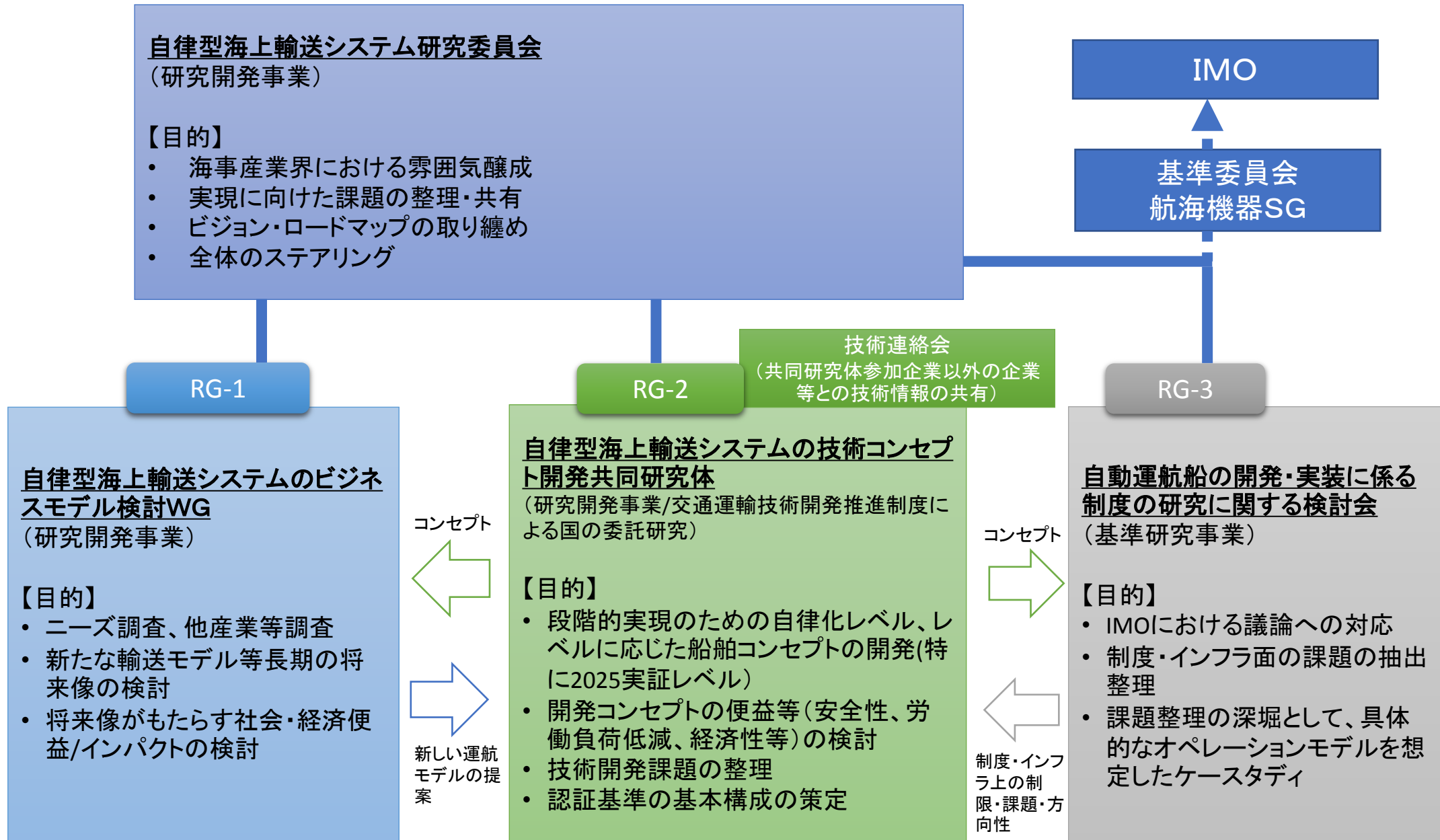
- ① GMDSS近代化PJとe-Navigation PJの統合PJ。IMOのGMDSS見直し（設備の性能基準）の議論に対応しつつ、次世代の航海機器のコンセプトを検討
- ② 日本における船舶サイバーセキュリティ対策の理解向上のため、サイバー攻撃を想定したリスクアセスメント研究、サイバーアタック実験（ペネトレーションテスト）、IMOにおける基準策定の議論への対応を実施

また、2017年から「自律型海上輸送システムの社会実装に向けた研究」開始

+

自律型海上輸送システムの技術コンセプト開発共同研究体  
(研究開発事業/交通運輸技術開発推進制度による国の委託研究)

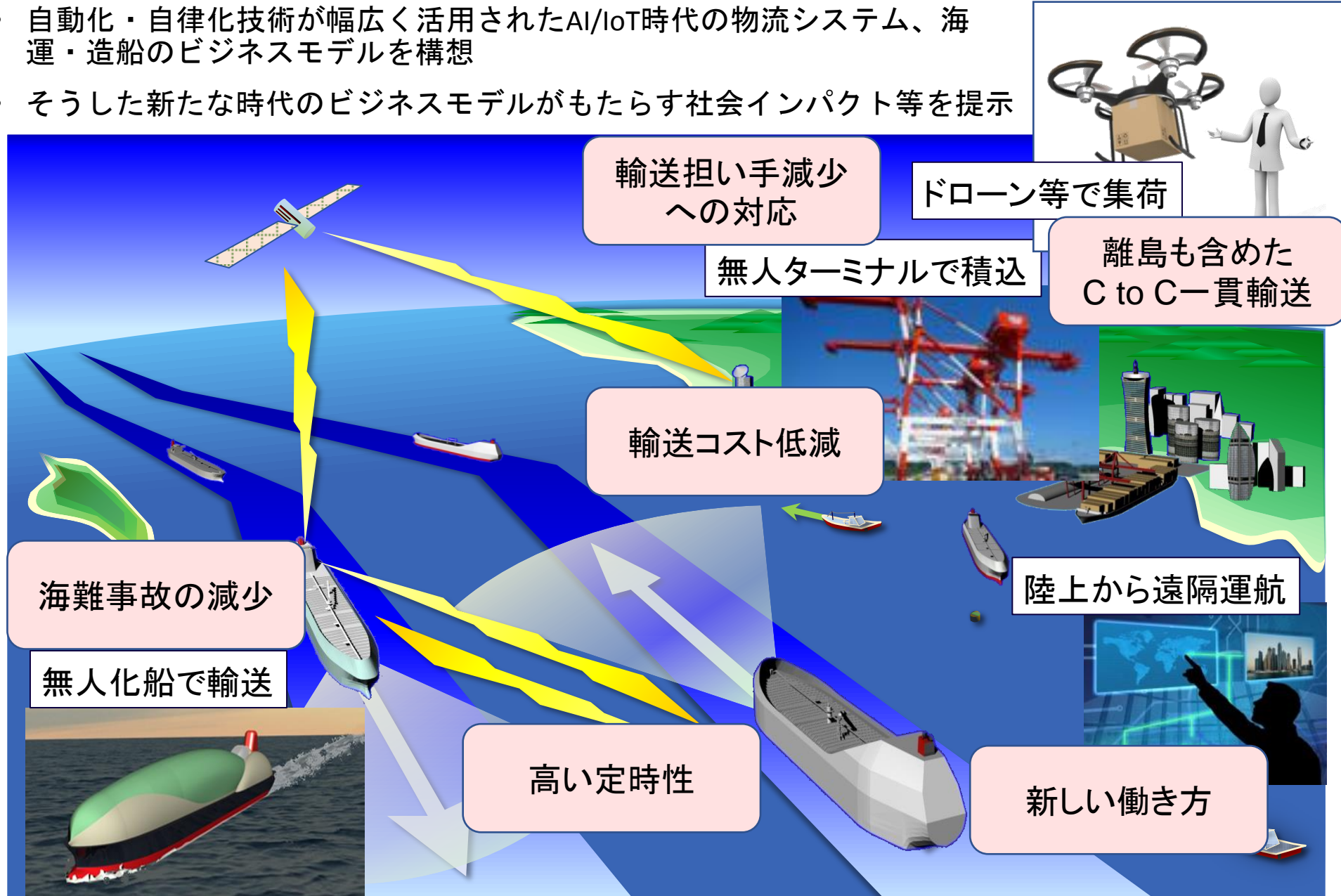
# 「自律型海上輸送システムの社会実装に向けた研究」の枠組み





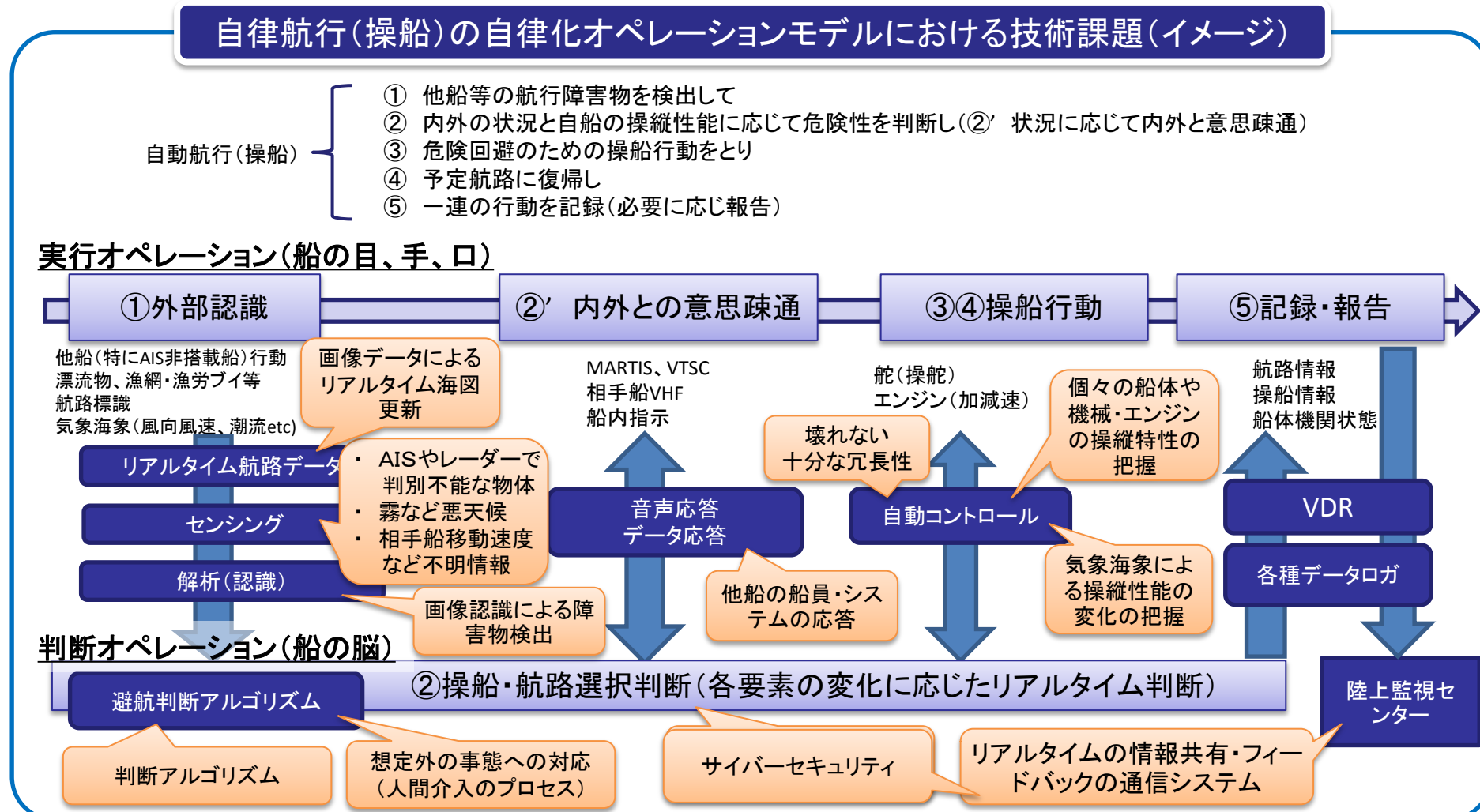
# 【事業性】 将来の自律型海上輸送システム例 (RG-1)

- 自動化・自律化技術が幅広く活用されたAI/IoT時代の物流システム、海運・造船のビジネスモデルを構想
- そうした新たな時代のビジネスモデルがもたらす社会インパクト等を提示



# 【技術】 運航オペレーションの自律化に必要な機能と技術課題 (RG-2)

- 以下は、自律運航において重要な部分を占める「操船」に関するオペレーションと技術要素の概略イメージであり、吹き出しは、自律化のオペレーションモデルにおいて想定される技術課題の例である。(これらに限らない)
- 技術コンセプトに係る研究においては、運航オペレーションの詳細調査を行ってオペレーションをモデル化。
- これに基づいて自律型運航システムの概念設計を行い、各種技術課題の解決に関する現状技術の検証、今後の開発すべき技術の要求水準レベルの設定を行う。



## 自律船舶規制面での論点整理 (MSC新規議題 MSC 98/20/2)

完全または部分的に無人の海上自律船舶 (Maritime Autonomous Surface Ships / MASS) の学術・商業的な調査研究が進行中であり、遠隔操作、自律航行、船舶監視、衝突防止システムを含む、様々な分野が含まれている。

MASSに関わる規制面での論点整理のため、次に掲げるIMO規則の特定を行う。

- a) 無人運航の妨げとなる規則
- b) 無人運航に対して不適切な規則
- c) 無人運航を妨げるものではないものの、MASSの建造・運航のために改正が必要となる規則

# 【制度・インフラ】 関連する法制度・インフラ等の例 (RG-3)

## 1. 法制度

### (1) 自動運航性能による安全性の認証のための制度

- 自律船のレベルと運航コンセプトに応じた機能要件
- 人間との同等安全性の認証手法
- システムの構成機器の技術基準
- サイバーセキュリティの堅牢性認証等

※ 認証基準の基礎となる、システムの機能要件の考え方や、人間との同等安全性の検証手法については、RG 2 で技術コンセプトの研究の一貫として研究

### (2) 自動運航の社会的受容度を確保するための制度

- 遠隔/無人運航時の責任の所在
- 保険制度

### (3) 自動運航のメリット拡大、利用リテラシー拡大のための制度

- 自動運航船用の資格制度 等

## 2. インフラ

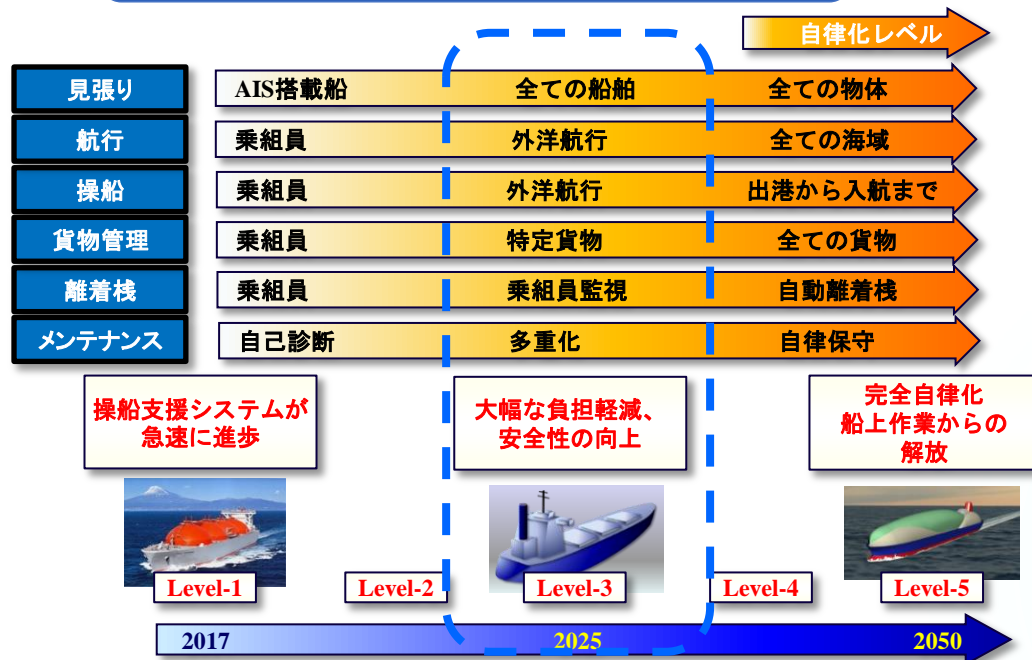
- 高速通信（低コスト、大容量、電波帯・・・）
- 小型船を含む全船舶の位置把握のための措置
- 共有データプラットフォーム（AI学習の情報基盤） 等

上記は、今後、IMO等で議論されると想定される事項。

# 【技術】近未来の自動運航レベル（イメージ例）

- 2025年頃には、下図に示すような自動運航レベルは、実証実験の段階に至るものと期待される。
- このような実現レベル（2025年に実証運航実験実施）を想定してシステムの概念設計を行い、実用化に向けた必要な技術の水準を明確化
- オペレーションモデルと必要技術のフェージビリティ評価に基づき、具体的な時間軸を意識した段階的なコンセプト（自律化レベルに応じて）を開発し、その実現のための技術開発ロードマップを策定

## 自律化船実現レベルのイメージ



## 自律化システムイメージ例 人工知能による「もう一人のオフィサー」

