

船橋の自律化技術

海上技術安全研究所
知識・データシステム系

丹羽 康之

本日の発表の流れ

1. 自律船に関する研究の背景・動向

- 国際的な動向
- 自律船とは(自律船の定義)

2. 海上技術安全研究所の自律船関連研究への対応

新組織の設置

2-1. 自律運航に必要な機能や技術の調査

- シナリオ・イベントの検討
- 必要機能の洗い出し

2-2. 船橋(航海)に必要な自律機能と研究

- 他船検出: 画像処理技術の利用事例
- 自動避航操船機能と操船シミュレータの活用

1. 自律船に関する研究の背景・動向

- ロールスロイスが遠隔操船での無人自律船の実現を目指すと公表
- MUNIN(Maritime Unmanned Navigation through Intelligent in Networks) やReVoltをはじめとした各種プロジェクトが進行
- YARA autonomous, zero-emission container feeder
 - ノルウェー南部の3港間で肥料を運搬する電気自動(自律)貨物船「YARA Birkeland」が来年(2018年)就航予定

自律船とは

- 本年6月開催のIMO 第98回海上安全委員会 (MSC 98) は、自律船(自動運航船)に関するIMOの諸規則の論点整理を行うことに合意。今後4年間で検討の予定。
- その中で、自律船の定義の要否についても審議
 - (1) 定義を定めて検討を進める案
 - (2) 検討を進めた後に定義を定める案の二派に分かれた。
- 結果として、自律船の定義は定まっていない現状

自律船の定義の例

WATER BORNE TP: Technical Platform : Autonomous Ship 2000

- 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。

2. 海上技術安全研究所の 自律船関連研究への対応

- 「知識・データシステム系」を設置
 - AI（人工知能）、Big Data 等の利用
 - 外部機関と連携し、海事クラスターの構築を進める

船橋（操船）の自律化をはじめとして、
物流の合理化等他の分野にも拡大させる

2-1. 自律運航に必要な機能や技術の調査

多分野の研究者が集まり、必要機能や技術の調査を実施

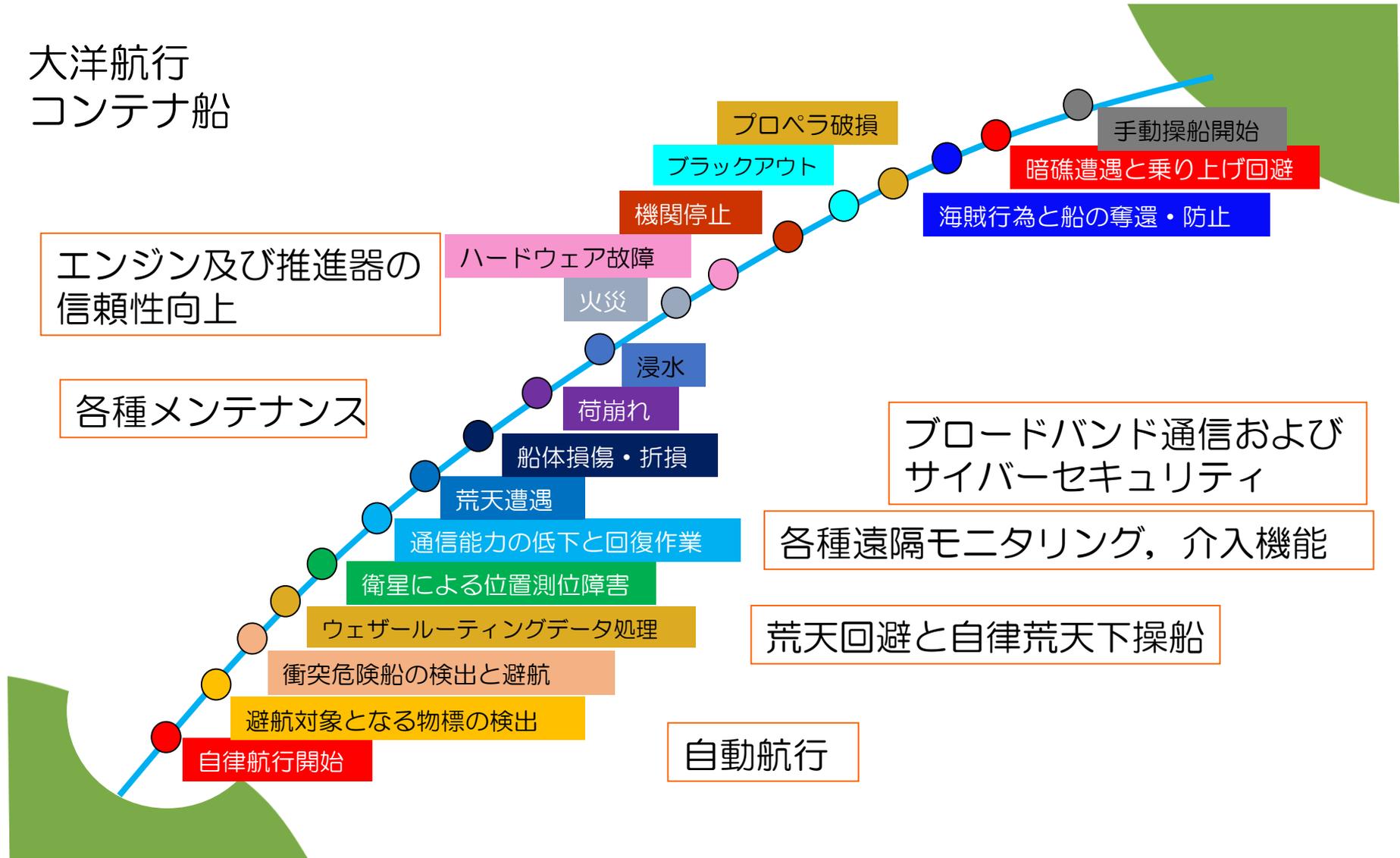
- シナリオ・イベントの検討
 - 例として 大洋航海, コンテナ船の場合を想定
- 実現に必要な機能・検討すべき事項(一部)
 - 船速, 船型, 推進器, 一般配置等
 - 動力源
 - 航海計器
 - 衝突回避
 - 陸上支援と船陸間通信
 - 荒天回避
 - 故障・損傷時等安全確保とセキュリティ
 - 法的問題

多くの事項
が現在の船舶にも必要な機能

安全研究としても実施

自律船の運航時に考えられるイベントと必要機能

大洋航行
コンテナ船



エンジン及び推進器の
信頼性向上

各種メンテナンス

ブロードバンド通信および
サイバーセキュリティ

各種遠隔モニタリング, 介入機能

荒天回避と自律荒天下操船

自動航行

自律航行開始

避航対象となる物標の検出

衝突危険船の検出と避航

ウェザールーティングデータ処理

衛星による位置測位障害

通信能力の低下と回復作業

荒天遭遇

船体損傷・折損

荷崩れ

浸水

火災

ハードウェア故障

機関停止

ブラックアウト

プロペラ破損

暗礁遭遇と乗り上げ回避

手動操船開始

海賊行為と船の奪還・防止

イベントに基づく必要機能の洗い出し(一部)

- 自動航行

他船の自動検出, 自動避航←自律化の取り組み

荒天回避と自動荒天下操船

- 機器の信頼性確保

エンジン及び推進器の信頼性向上

各種メンテナンスとメンテナンスフリーの実現

- 通信

航行の安全確認・介入機能

高速通信

- その他

2-2. 船橋（操船）の自律化

- 現状の操船作業（避航操船）の流れ

1. 情報収集

目視, レーダー, AISによる他船の認識

2. 状況認識

他船の動静把握

衝突のおそれの判断

3. 行動判断

操作方法の決定

4. 操作実行

決定に合わせた適切な操作

上記に加えて計画航路航行の維持

避航により計画航路から外れた際の復旧

自律化に向けた研究項目

- ・画像処理による障害物の検出
- ・自動避航機能の開発
- ・要素機能の評価のためのシミュレータの機能拡張

船橋の自律化技術の研究事例 画像処理による他船情報収集

- AIS, レーダーによる捕捉情報だけでは不十分
- 目視に代わるものとして画像処理技術による他船検出の可能性の取り組み
- 海上交通センターに設置したカメラ画像から, 画像処理による船舶の検出を試みた



可視カメラ

赤外線カメラ



海上保安庁との請負契約「AIS非搭載船の動静把握に関する技術開発」として実施

差分画像による検出結果例

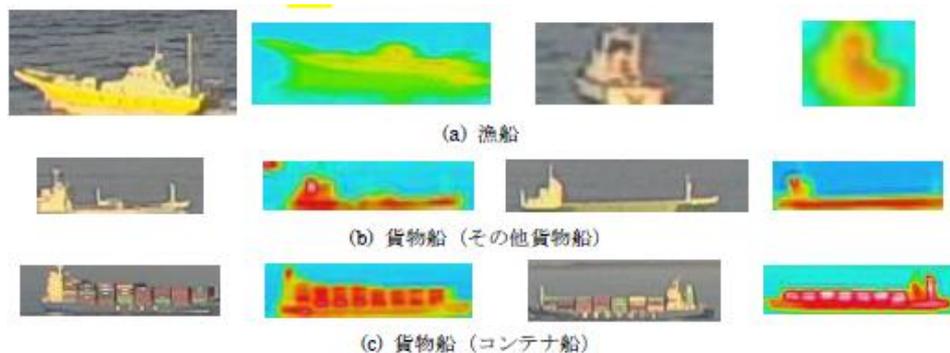


- 問題点

- 波の誤検出, 曳き波を含めた検出等

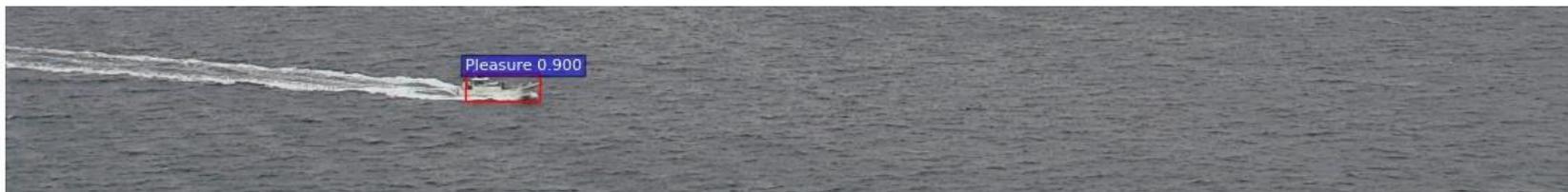
画像処理の改善

- 多数の教師データ画像を事前に作成し、学習による検出率の向上を実現
- 船種も教師データ画像利用により分類可能とした



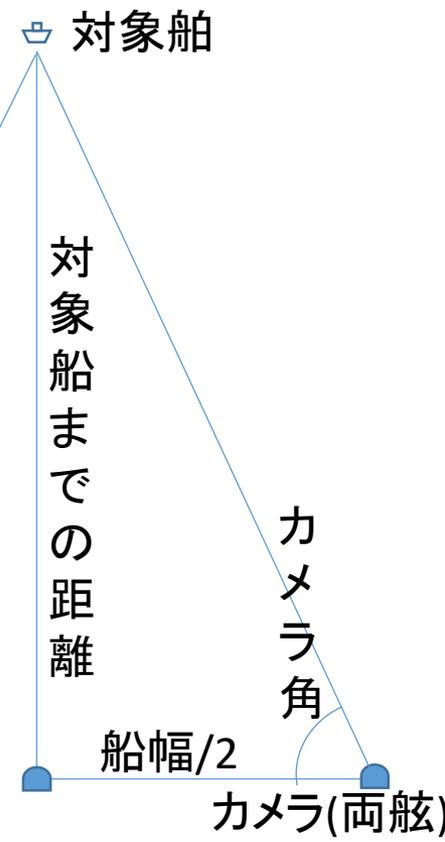
画像処理の改善

- 曳き波の誤検出も減らすことができた
- トラッキング(動静把握)への適用を目指す



画像処理による他船検出 船舶への移植

- 1台のカメラの場合は，距離精度が悪い
- 操舵室の両舷にカメラを設置し，船舶を画像認識により検出
- 複眼（クロスベアリング）の原理で距離精度の向上を目指す



左舷，右舷からの正船首船舶の見え方のイメージ

写真：宇部興産海運提供

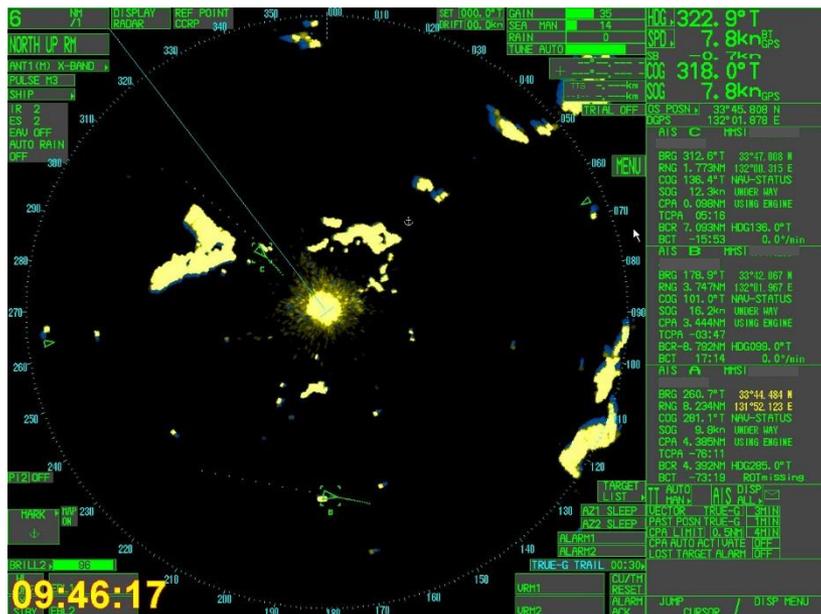
自動避航操船機能

避航操船の流れ

1. 計画航路に基づく自動航行
 2. 障害物の検出と動的マップの作成
 3. 動的マップに基づく
衝突・乗り揚げの危険の評価
 4. 避航計画の策定
 5. 避航計画に基づく避航操船
 6. 避航結果の評価と
避航終了の確認
 7. 復帰計画の策定
 8. 復帰計画に基づく復帰操船
 9. 計画航路に基づく
自動航行への切り替え
- トラックコントロール
- AIS, レーダーの利用 + 画像処理による検出
- CPA / TCPA による衝突の危険評価
+ OZTによる衝突の危険評価
- 動的マップとOZTに基づく避航計画策定
- トラックコントロール
- CPA / TCPA による衝突の危険評価
+ OZTによる衝突の危険評価
- 動的マップに基づく復帰計画策定
- トラックコントロール
- トラックコントロール

自動避航操船機能

- 既存技術：CPA/TCPAの利用（レーダーに組み込み済）
- 衝突のおそれの有無は判定できる
- ただし、避航操船方法（右転，左転，減速，増速）までは判断していない



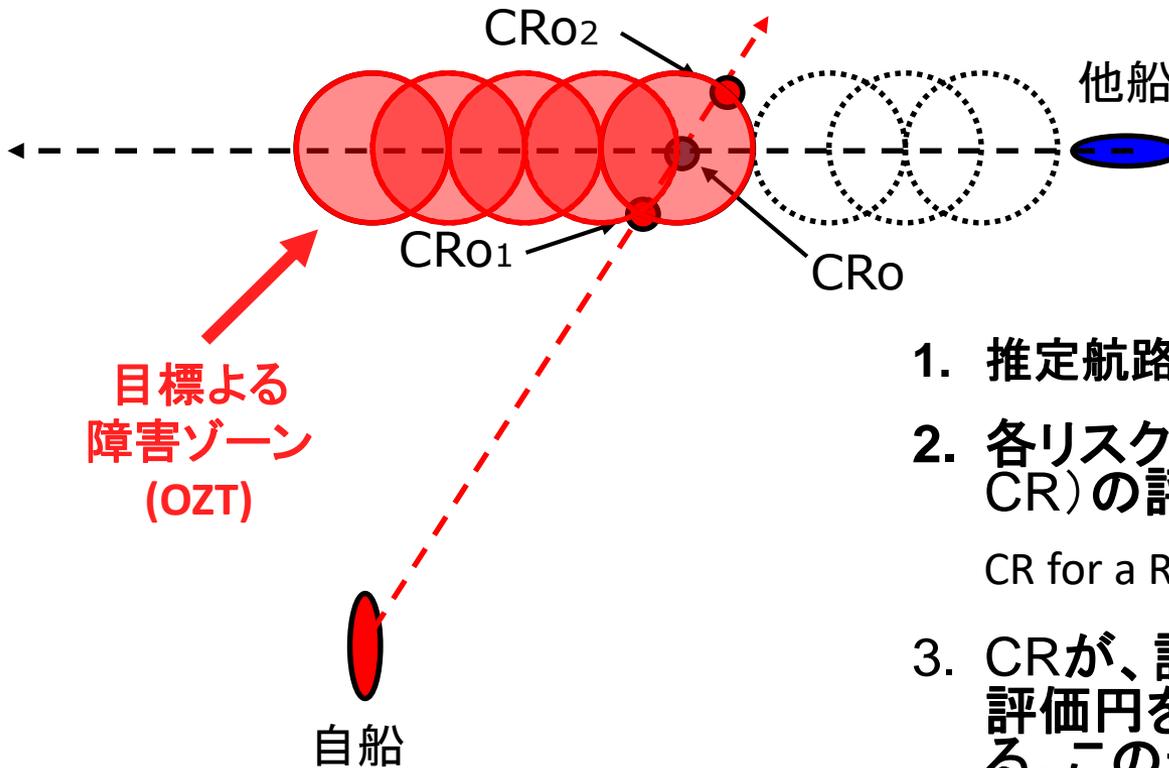
```
AIS C MMSI  
  
BRG 312.6°T 33°47.008 N  
RNG 1.773NM 132°00.315 E  
COG 136.4°T NAV-STATUS  
SOG 12.3kn UNDER WAY  
CPA 0.098NM USING ENGINE  
TCPA 05:16  
BCR 7.093NM HDG136.0°T  
BCT -15:53 0.0°/min
```

大島商船高等専門学校練習船大島丸提供

自動避航操船機能

OZTによる衝突リスクの計算

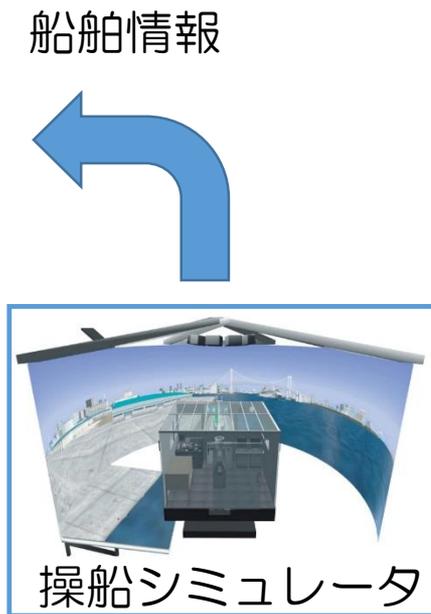
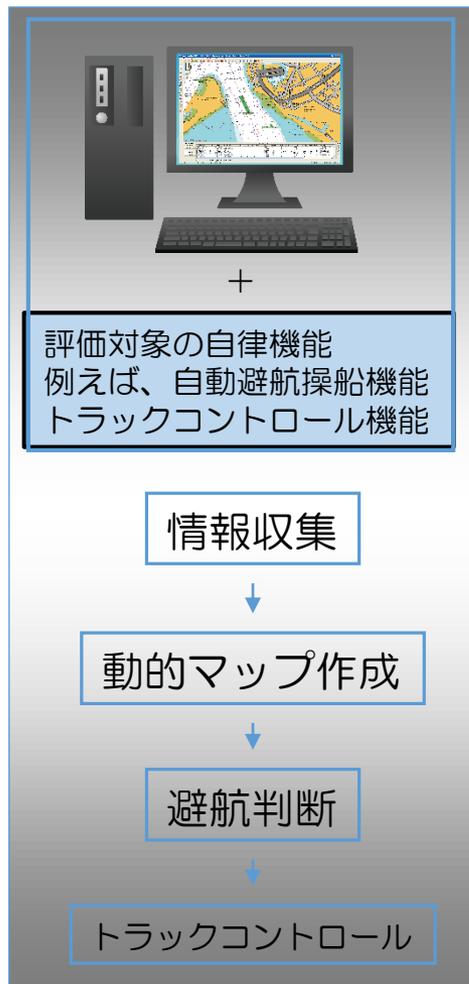
リスク評価円 (REC):
Minimum Radius for
Safety Passing



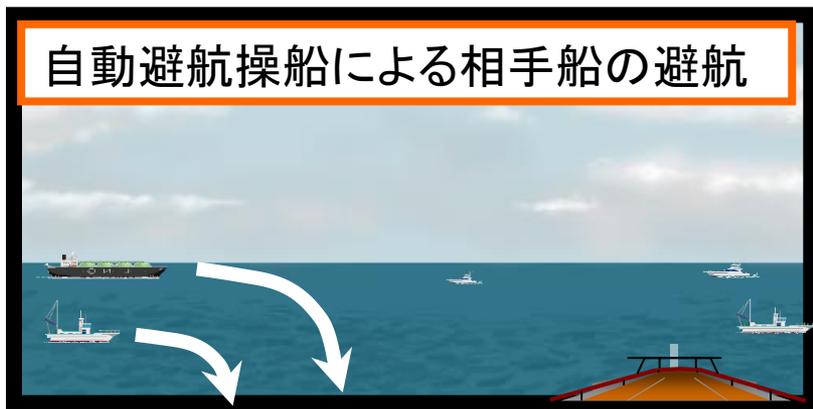
1. 推定航路上に、リスク評価円を設定する。
2. 各リスク評価円について、衝突リスク (CR) の評価を行う。
$$CR \text{ for a REC} = \text{Max} (CR_0, CR_{01}, CR_{02})$$
3. CRが、設定した閾値を超えた時、その評価円を衝突の危険を示す赤で表示する。この赤い円群が形成する領域をOZTとする。

操船シミュレータの活用 自律機能評価用プラットフォームの構築

評価対象の自動航行機能を、シミュレータ上の船舶に組み込みその動作を再現する



船毎の操船指令



まとめ

- 自律船研究の国際動向
 - 各種国際プロジェクトが進行中
 - IMOでの自律船の定義は今後

海上技術安全研究所の対応

- 自律船に必要な機能や技術の調査
 - シナリオ・イベントの検討, 必要機能の洗い出し
 - 自律運航, 機器の信頼性確保, 通信機能等が必要
- 船橋(航海)に必要な自律機能と研究
 - 他船検出事例: AI技術の利用
 - 自動避航操船: 操船シミュレータへの自律機能の組み込みによる評価プラットフォームの構築

新組織の設置と外部機関との連携構築