

国交省 自動運航船 安全基準・検査WG 委員からの提案

WG委員 日本船長協会 会長 中村紳也

✓ 一般社団法人 日本船長協会

会員構成	：外航船社 船長	(正会員)
	外航船社 航海士	(航海士会員)
	水先人	(特別賛助会員)
	船長OBらその他	(賛助会員)

会員数 約2000人

国交省 自動運航船 安全基準・検査WG

日本船長協会からの提案

- ✓ 自動運航船は、従来船と同等以上の安全レベルを確保し、既存の海上交通法規(COLREG条約)にも準拠すること(第1回WG資料2-1,P4 安全基準の策定方針)
 - ✓ 同等以上の安全レベル
 - ✓ COLREG条約準拠
- この2点を客観的基準で認証するための提案(日本船長協会から)



- ✓ 換言すると(何故このように換言できるのかの説明は後述)
自動運航船は自動避航システムの優位な特徴を活かし、可能な限りにおいて衝突のおそれの生じる前にリスク軽減操船が行われること
(自動運航船安全基準案 資料2-2についての日本船長協会からの発言)
- ✓ 上記(同等以上の安全レベル、COLREG準拠)を具体的に認証するための手法を提案
 - 衝突のおそれが生じる前のリスク軽減操船
 - 更に換言すると「遭遇する船舶に不安を与えない操船」

提案する船級協会等による自動避航システムの評価 (認証) 手順

- ✓ 基本シナリオ
- ✓ 複数船舶遭遇シナリオ

操船シミュレータで
自動避航検証
例えば海技研

評価領域図にて
評価

船級協会にて行う評価(認証)

**Safety evaluation by
Classification Society**

- ✓ Basic scenario
- ✓ Multiple-ship
encounter scenario
(White Box)

**Ship-Handling Simulator
(Approved by Ship Class)**

**Evaluation by
Evaluation Area Diagram
(White Box)**

自動運航船と同じ海域を航行する我々外航船
船長にとって、各社が開発したシステムの
行動の予測が難しいことに不安を感じる……

A社、B社、C社 …

各社が開発する自動避航システム

**Automatic Collision
Avoidance System
development by nautical
instrument manufacturers
(Black Box)**

**Connect with Test Interface
(Connection protocol is public)**
接続に関するプロトコル公開

船長協会提案 評価領域図

既存の海上交通法規(COLREG条約)に準拠

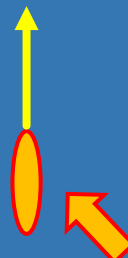
- ✓ NK殿との海上衝突予防法(COLREG条約)勉強会で詳細に説明した事項
(NK技術研究所殿からの依頼により、COLREG条約に関する勉強会を海技免状を有しない方を対象に2021年に実施)
- ✓ 「予防法」 第2章 航法 第2節 お互いに他の船舶の視野の内にある船舶の航法
 - 追越し船(13条)、行会い船(14条)、横切り船(15条)、
避航船(16条)、**保持船(17条)**、各種船間の航法(18条)
- ✓ 「予防法」 第5章 補足 (COLREGではPart A 総則の2条)
 - **切迫した危険のある特殊な状況** / この法律の規定によらないことが
できる(38条)、注意を怠ることについての責任 / **船員の常務(39条)**

既存の海上交通法規 (COLREG条約)に準拠

✓「予防法」 保持船(17条)

- 保持船はその針路及び速力を保持しなければならない
- 2項 避航船がこの法律の規定に基づく適切な動作をとっていないことが明らかになった場合は、
… 直ちに避航船との衝突を避けるための動作をとることができる
- 3項 避航船の動作のみでは避航船との衝突を避けることができないと認める場合は、衝突を避けるための最善の協力動作をとらなければならない


Give-way Vessel 避航船

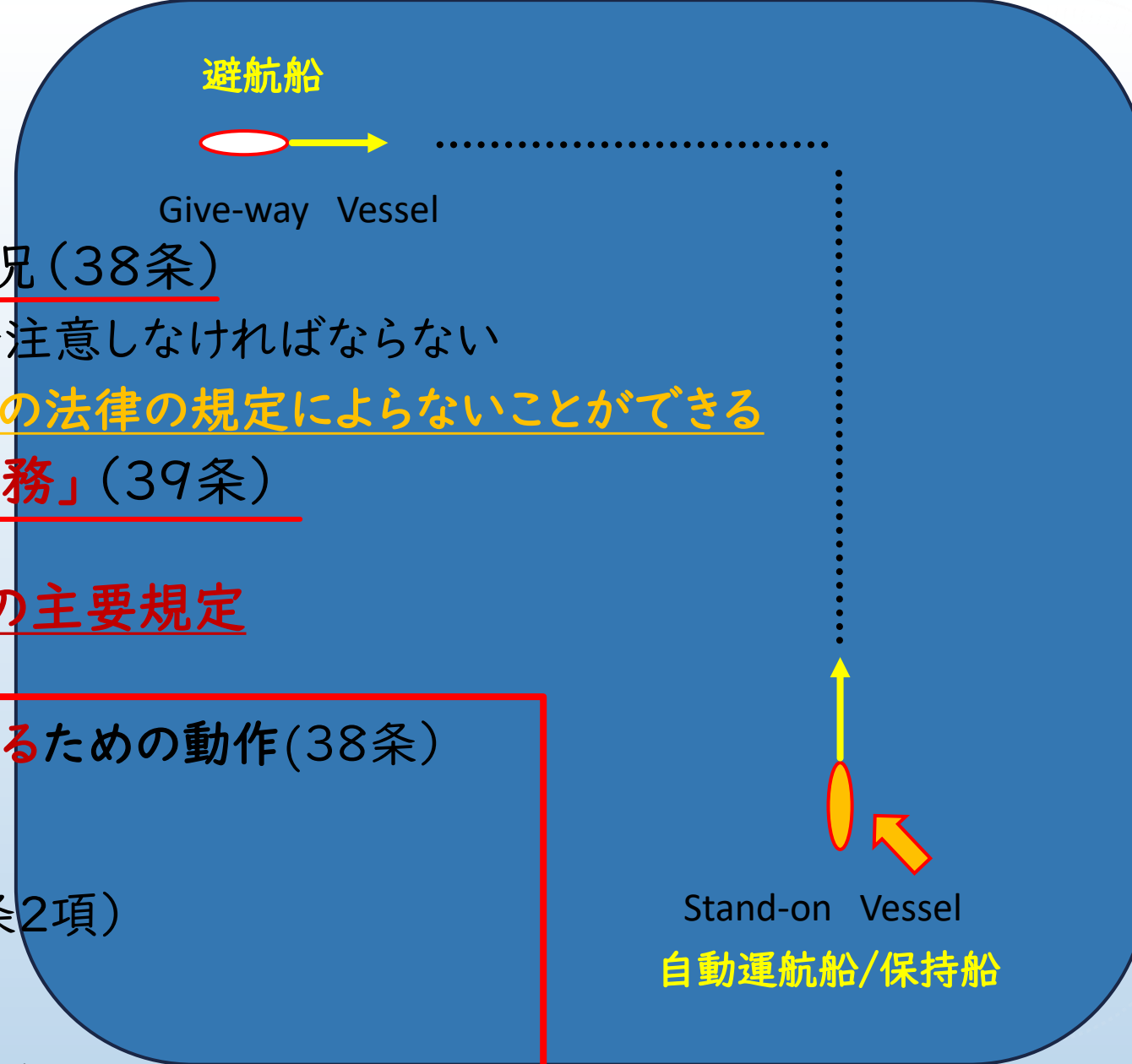

Stand-on Vessel
自動運航船/保持船

既存の海上交通法規 (COLREG条約)に準拠

- ✓ 「予防法」 切迫した危険のある特殊な状況 (38条)
 - 38条1項 切迫した危険のある状況に十分注意しなければならない
 - 38条2項 切迫した危険を避けるためにこの法律の規定によらないことができる
- ✓ 注意を怠ることについての責任「船員の常務」(39条)
- ✓ 保持船に適用される針路・速力保持以外の主要規定

図説 海上衝突予防法 (海文堂)P194より引用

- 切迫した危険のある特殊な状況を避けるための動作(38条)
- 疑問信号/警告信号 (34条5項)
- 保持船のみによる衝突回避動作 (17条2項)
- 保持船の最善の協力動作 (17条3項)
- 船員の常務として又はその時の特殊な状況により必要とされる注意によりとる臨機の動作 (39条)



既存の海上交通法規 (COLREG条約)に準拠

✓ 「予防法」 保持船(17条)

- 保持船はその針路及び速力を保持しなければならない



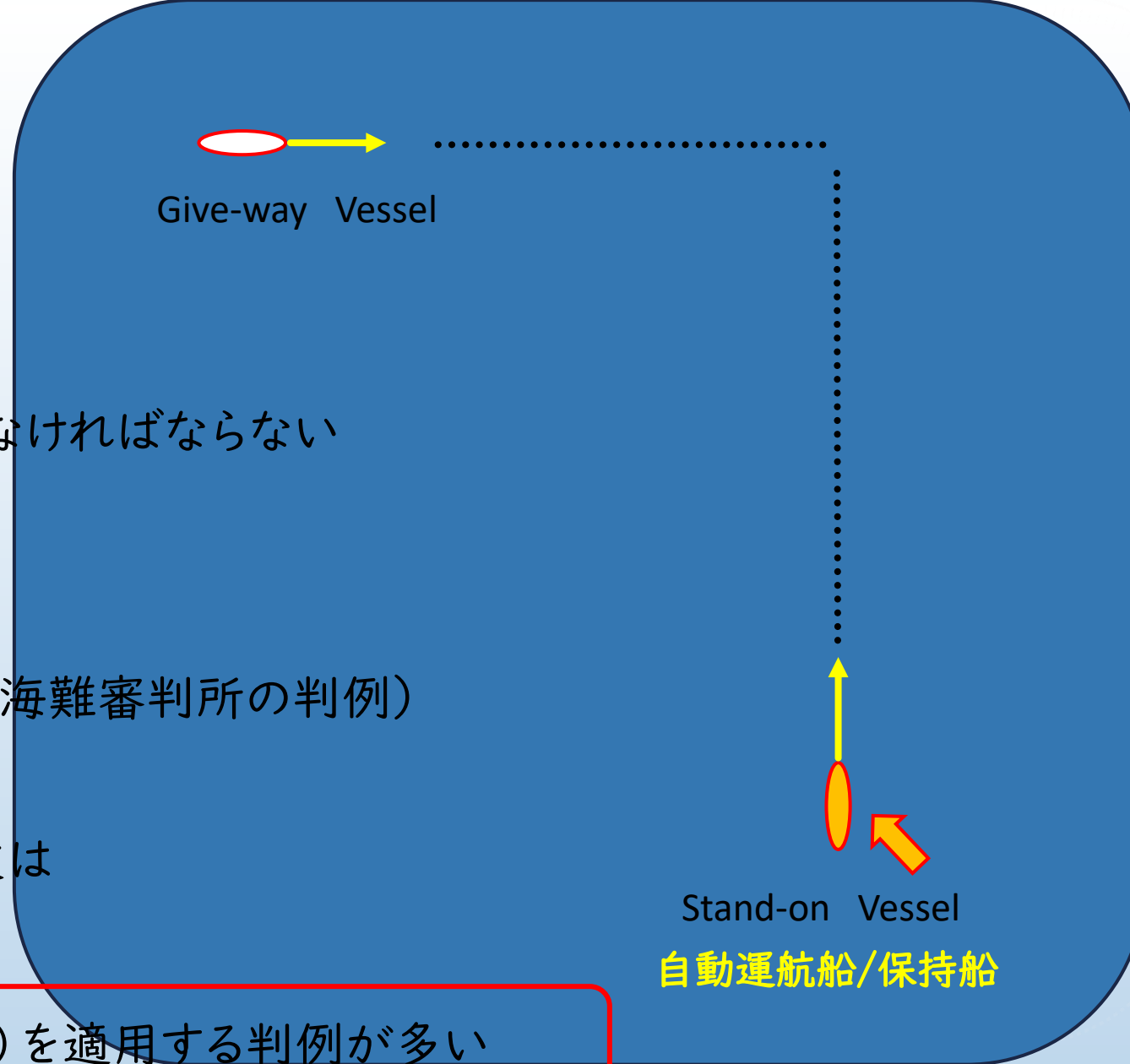
✓ この予防法17条が適用の条件

→ 両船が針路・速力を保持していること (海難審判所の判例)

→ 針路・速力の保持がなければ適用条文は

「**船員の常務**」(39条)

- ✓ 海難審判ではこの「**船員の常務**」(39条)を適用する判例が多い



既存の海上交通法規 (COLREG条約) に準拠

- ✓ 実証実験船が航海するであろう日本近海において、自動運航船が「**保持船**」(17条)が適用されるか、判断に迷う局面も想定される。
「**船員の常務**」(39条)を考慮することが必須

A船がB船、C船に対して**保持船**として針路・速力を維持し、石廊崎付近で**最善の協力動作**として**右旋回**を行えば周囲の船舶にとって極めて危険な状況となる
→ **自動運航船が最も避けなければならない状況**



2024/11/15 1258JST(実際のAISデータ)

A船はB船、C船に対して**保持船**となる可能性あり

(石廊崎沖付近で針路を東京方面へ転じる可能性もあり→17条か39条か)
D船に対しては「**行会い**」として針路を右に転じる必要性がでてくる

模範操船の一例

A船はB船、C船と**衝突の虞れを前広に避け保持船とならない**ようにする
D船に対して針路を右に転じることを考慮、その際、B船・C船と衝突の虞が発生しないことを考慮

既存の海上交通法規(COLREG条約)に準拠

- ✓ 自動避航システムで航行するには予防法の改訂が必要か？
- ✓ 現行の予防法を遵守しての自動避航システムによる航行は可能

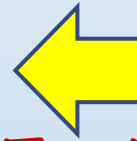
→ 可能とするシステムを構築

これが39条：船員の常務の一つ



- ✓ 「自動避航システムで航行する船舶は、遭遇する他船舶に不安を与えない」
(外航船・内航船 同じ海域を航行、COLREG条約上 区別なし)

→ 前広にリスク軽減を行う操船



漁船と漁ろうに従事している船舶とは違います



→ 予防法17条 保持船、39条 船員の常務、18条 各種船舶間の航法、
19条 視界制限状態… 3章 灯火及び形象物 等の条文を遵守する事は可

→ 順守できている(反していない)と説明が可能となる

現状ではスライドNo.6で示した「保持船に適用される針路・速力保持以外の対応」を人間と同等レベルで行うことは容易ではないと考えられる → 故にその様な状況を発生させない。

自動避航システムの優位性を活かし見落としなく、事前のリスク把握が可能であるが故

既存の海上交通法規(COLREG条約)に準拠 そして、従来船と同等以上の安全レベルを確保

- ✓ 「自動避航システムで航行する船舶は、遭遇する他船舶に不安を与えない」
→ 前広にリスク軽減を行う操船（前スライドのA船の模範操船がその一例）
- ✓ 遭遇する他船舶に不安を与えない操船の客観的な基準の策定
 - 認証基準となる評価領域図の提案
 - 前広のリスク軽減 → COLREGに反しない、従来船同等以上の安全レベル
- ✓ 避航操船の基準を「距離」のみで表現すると実用的な基準とならない
例えば、横切り関係において、外航船船長が航海士らに指示する「航過距離」を内航自動運航船に当てはめると極めて大きなデビエーションとなり、経済的な運航ができなくなる
- ✓ 日本船長協会は遭遇する他船舶に不安を与えない客観的な基準として「相対距離」と「方位変化率」等の組合せでの評価領域図を提案

評価領域図作成 検証実験（海技者による評価）

- ✓ 自動運航船に対する衝突危険意識を 遭遇する他船の視点から「安全」、「注意」、「危険」と云う3段階で表現し記録

（延べ評価者数：1,631名、操船シミュレータ実験 シナリオ数181ケース、自動運航船LOA100mを想定
日本船長協会がNK殿から委託を受け、NYK, MOL, KLineのシミュレータを利用して実施）

カテゴリ	定義
安全	許容できる状況
注意	<u>自船が避航を開始</u> する, 或いは他船に <u>避航を期待する</u> 状況
危険	<u>許容できない状況</u> 。衝突の危険が迫っており, 大舵角等を用いて即座に自船が避航する。あるいは他船が避航すべき状況

冒頭述べた、「自動運航船は自動避航システムの優位な特徴を活かすため、可能な限りにおいて「衝突のおそれ」の生じる前にリスク軽減操船が行われること」の

「衝突のおそれ」が生じる前とは、上記「注意領域」に入らないと
換言することができる

作成された評価領域図（横切り関係）

左舷からの横切り

右舷からの横切り

Crossing Situation

【Crossing Situation】
-Bow Crossing (From Port)-

$$\theta = 6.9 \cdot 10^5 \cdot (1852 \cdot R)^{-1.54}$$

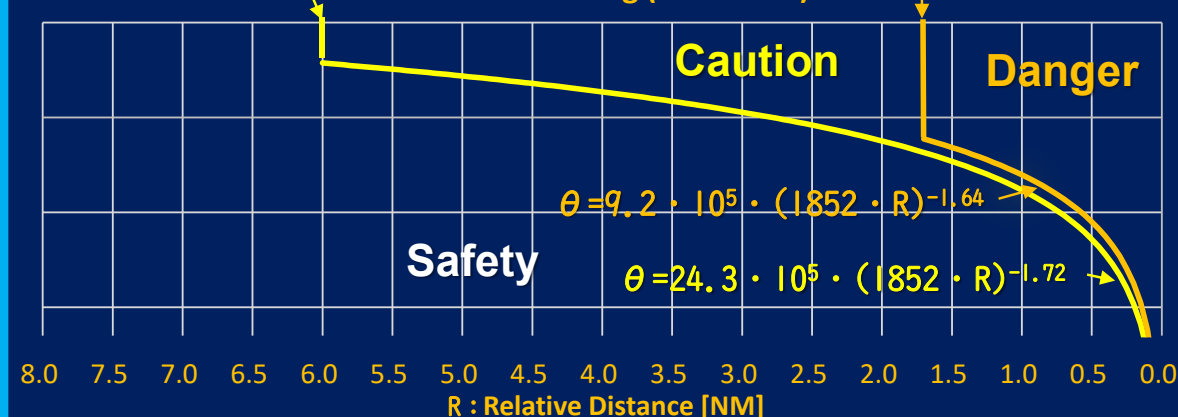
$$\theta = 31.3 \cdot 10^5 \cdot (1852 \cdot R)^{-1.67}$$



【Crossing Situation】
-Stern Crossing (From Port)-

$$\theta = 9.2 \cdot 10^5 \cdot (1852 \cdot R)^{-1.64}$$

$$\theta = 24.3 \cdot 10^5 \cdot (1852 \cdot R)^{-1.72}$$



【Crossing Situation】

-Bow Crossing (From Starboard)-

$$\theta = 6.9 \cdot 10^5 \cdot (1852 \cdot R)^{-1.54}$$

$$\theta = 31.3 \cdot 10^5 \cdot (1852 \cdot R)^{-1.67}$$

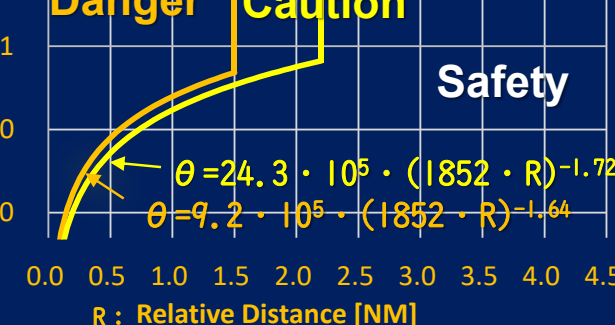


【Crossing Situation】

-Stern Crossing (From Starboard)-

$$\theta = 24.3 \cdot 10^5 \cdot (1852 \cdot R)^{-1.72}$$

$$\theta = 9.2 \cdot 10^5 \cdot (1852 \cdot R)^{-1.64}$$

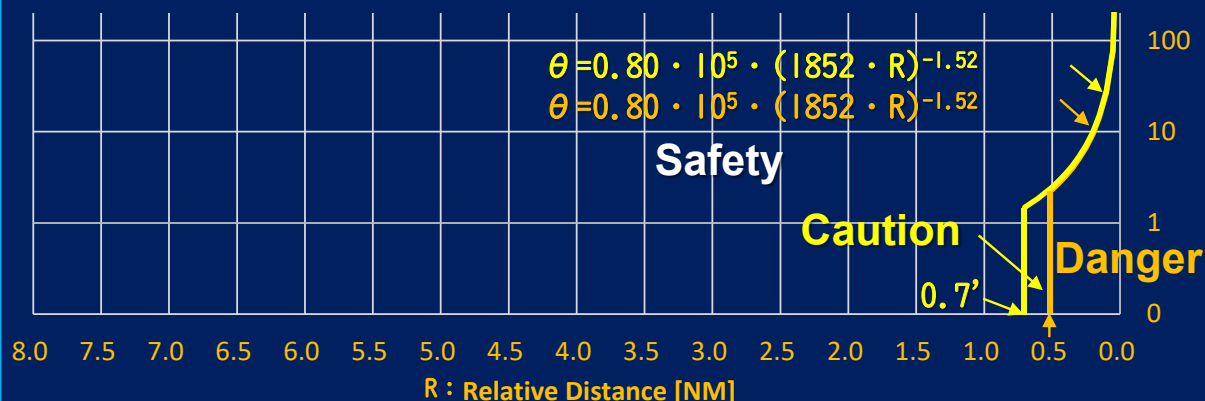


検証実験結果から
作成した評価領域図

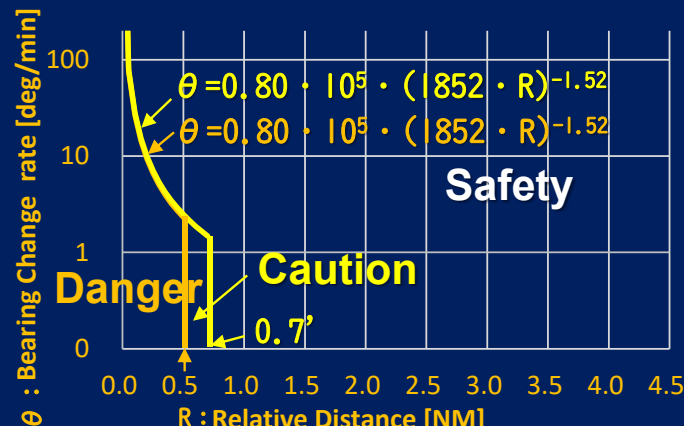
作成された評価領域図（同航/追越し、行会い）

Same-way / Overtaking

【Same-way Situation】



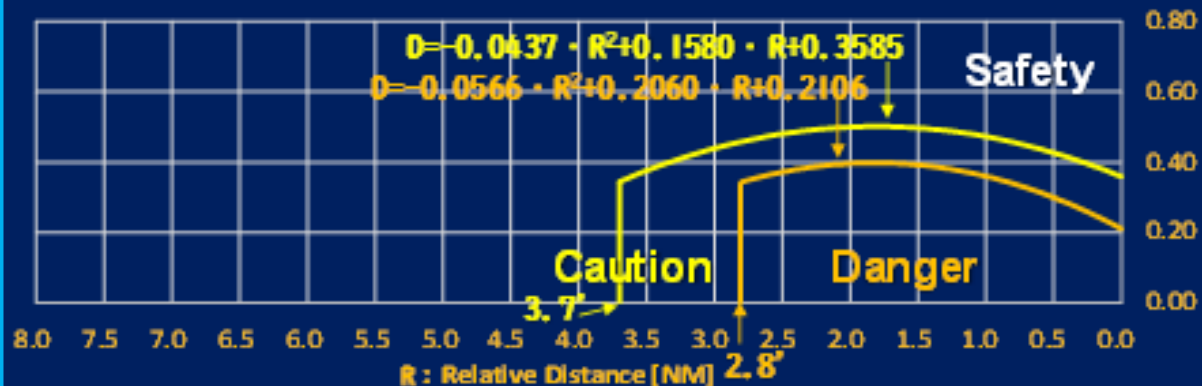
【Same-way Situation】



Head-on Situation

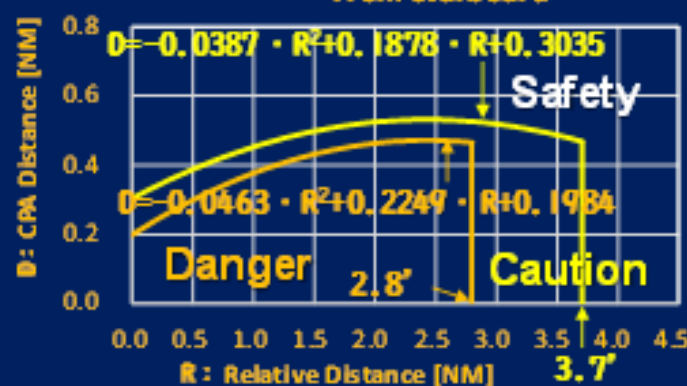
【Head-on Situation】

-From Port-



【Head-on Situation】

-From Starboard-



検証実験結果から
作成した評価領域図

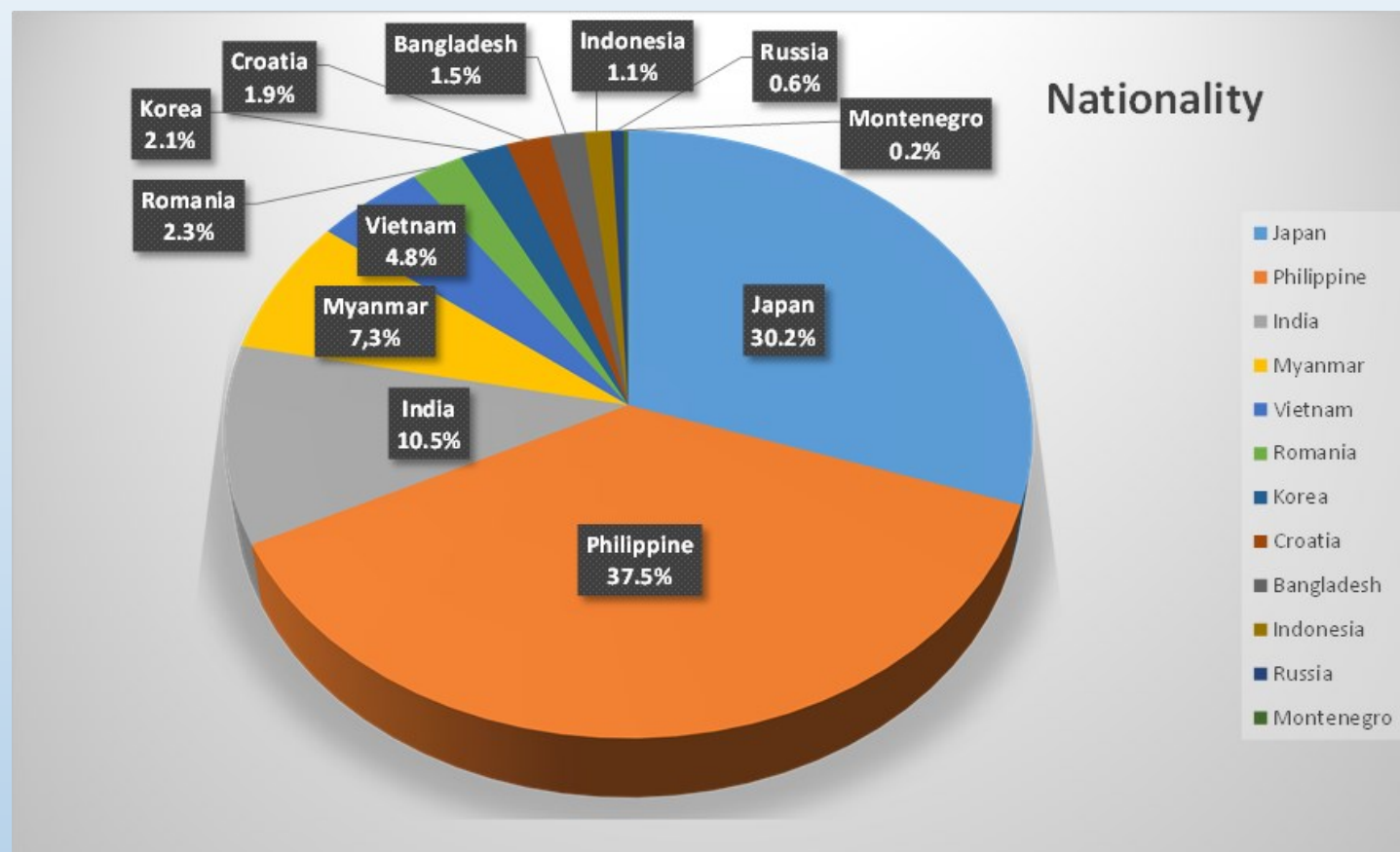
評価領域図作成（保持船に関するアンケート調査）

✓ アンケート調査の主たる設問内容は

「相手船（自船）を左舷に見て近づく保持船となる横切船が**早期にリスク軽減のための操船を行う**としたら避航船となる自船との2船間の**距離はどの程度であれば許容できるか**」、
換言すると、
「どの程度の距離からは保持船として針路・速力の保持を求めるか。」
と云うものである。

評価領域図作成（保持船に関するアンケート調査）

- ✓ 回答を得た海技者は12ヶ国、523名。日本人30.2%、他アジア系が64.8%、欧州系が5.0%であった。日本人以外は全員が乗船勤務中の船長・航海士であり、日本人の内、45%が乗船勤務中の船長・航海士であった。全体では83%が現在乗船中の海技者からの回答であった。

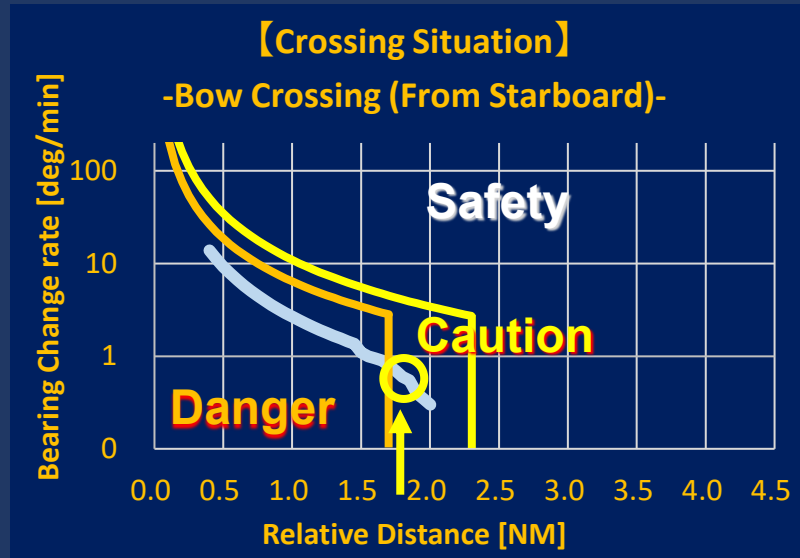
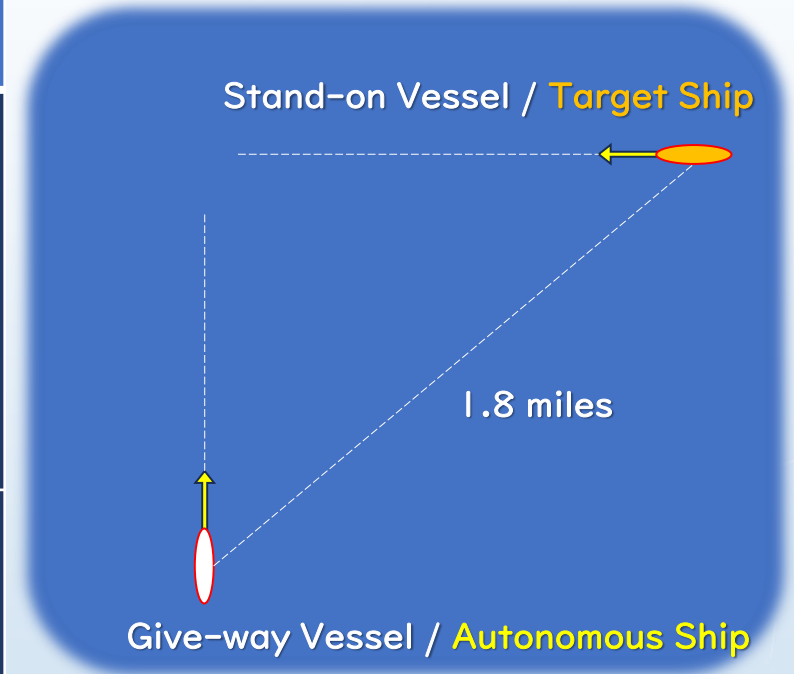
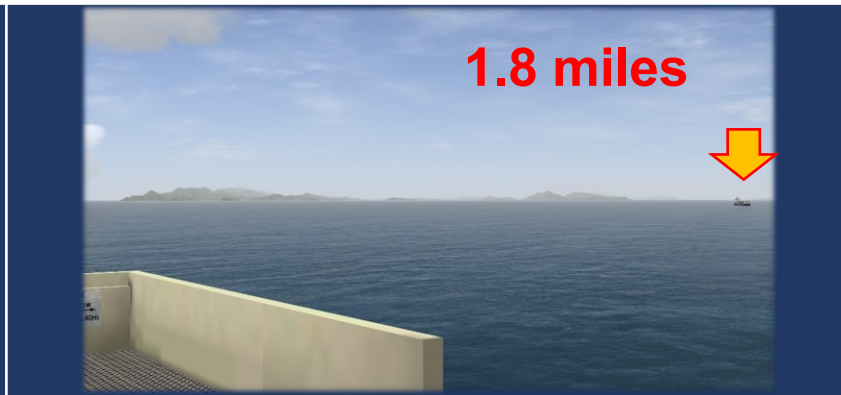


評価領域図による自動避航システムの安全性評価

View from **Autonomous Ship**



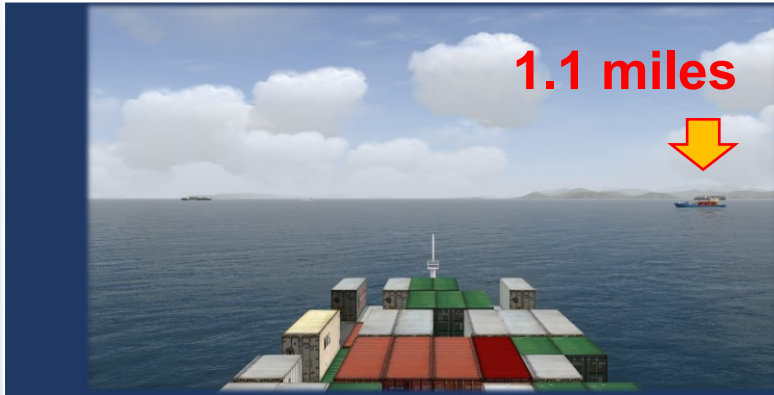
View from **Target Ship**



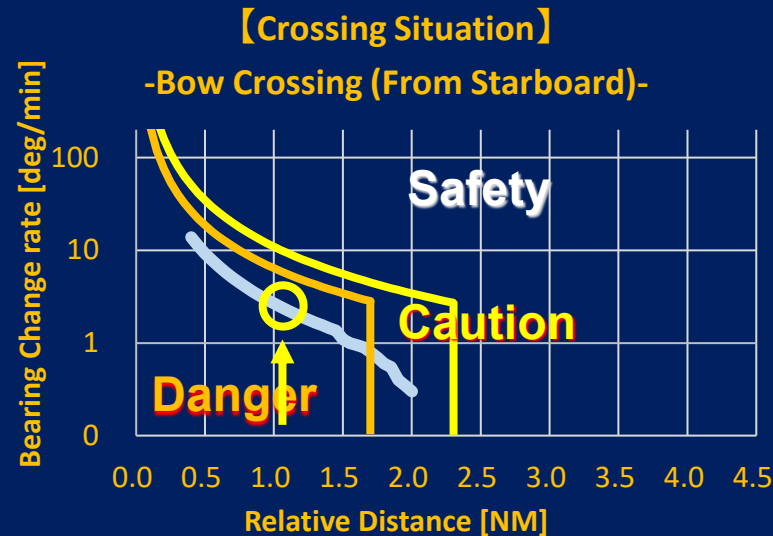
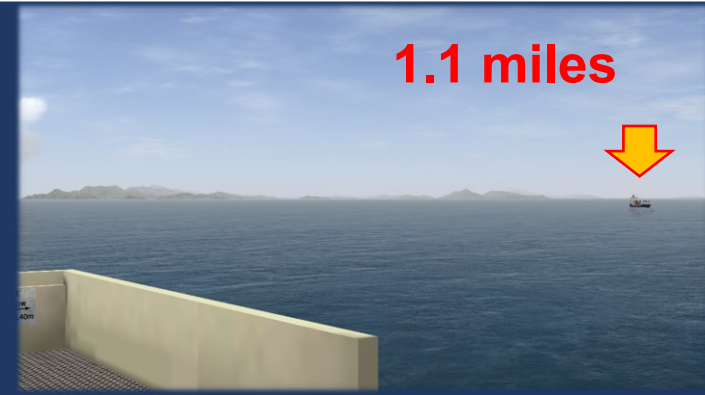
Relative distance : **1.8 miles**, Bearing Change rate **0.60 deg./min.**

評価領域図による自動避航システムの安全性評価

View from **Autonomous Ship**



View from **Target Ship**



Relative distance : **1.1 miles**, Bearing Change rate **2.24 deg./min.**

評価領域図による自動避航システムの安全性評価

✓ 評価領域図に横切り状況を適用した例

遭遇した他船（保持船）に自動運航船は0.4マイルの
相対距離で今だ右舷側を見せている
→極めて不安を与える状況

自動運航船からの視点

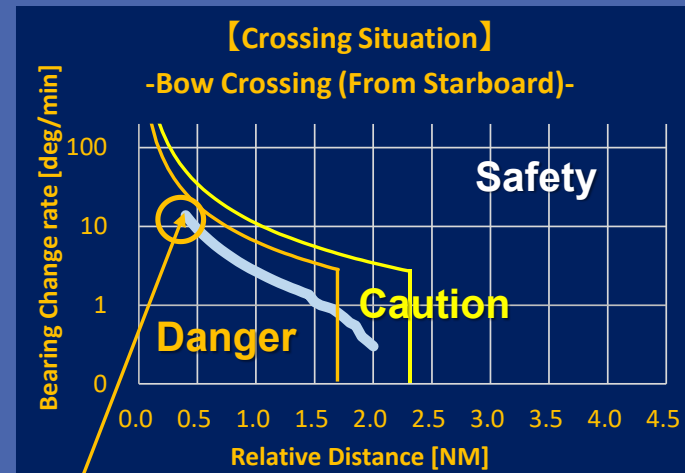


自動運航船から見た遭遇他船
船首約 0.4 マイル



自動運航船に遭遇した他船から見た状況
相対距離 0.4 マイルで避航船である自動運
航船は今だ右舷を見せている

遭遇した他船からの視点



Relative Distance 0.4 miles, Bearing Change rate 13.8deg/min

評価領域図による自動避航システムの安全性評価

左遠方からの横切り船（自船が保持船）に対し、人間は対応が難しい局面もある

自動システムでは見落としなくリスク軽減操船を実施

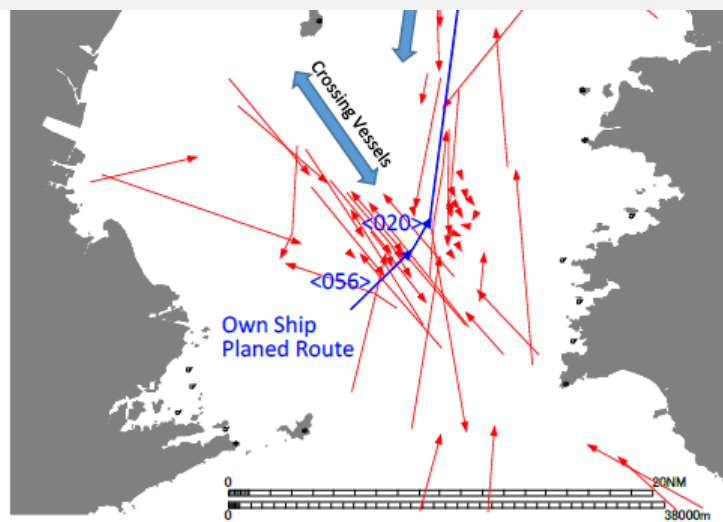
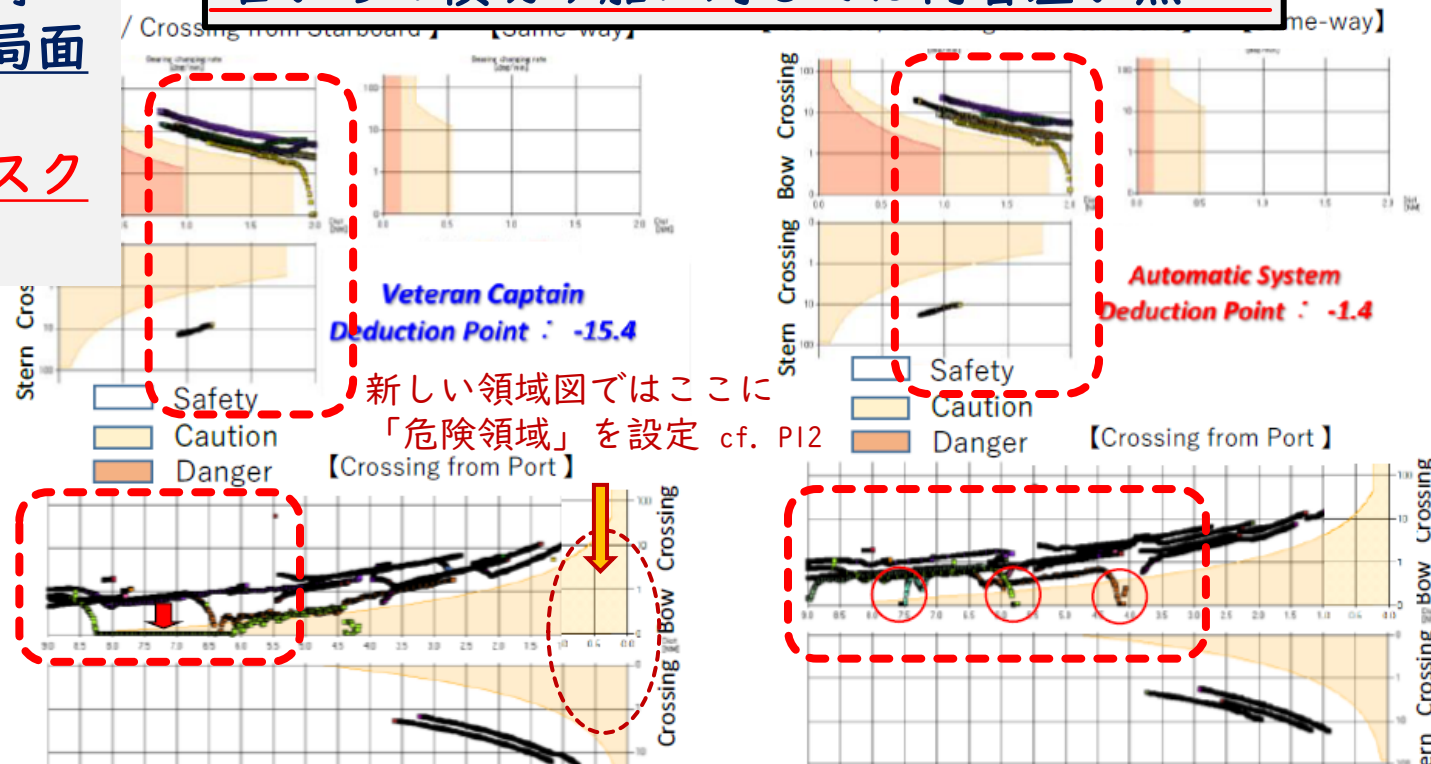


Fig.13 The scenario in which verification experiments were carried out (A real congestion sea area the coast of Japan ; Kii-Suido) ⁵

紀伊水道での操船実験

日本航海学会論文集第142巻より

右からの横切り船に対しては両者差が無い



新しい領域図ではここに「危険領域」を設定 cf. PI2

ベテラン船長による操船結果例

Fig.17 The situation of relative distance and bearing change rate of all encounter vessels in Evaluation area diagram (manoeuvring by veteran captain)

自動避航システムによる操船結果例

Fig.16 The situation of relative distance and bearing change rate of all encounter vessels in Evaluation area diagram (manoeuvring by the automatic system)

評価領域図による自動避航システムの安全性評価

- ✓ 自動避航システムは、可能な限り評価領域図における「注意領域」「危険領域」に入らないことが望まれる。
- 輻輳海域シナリオ等で「注意領域」「危険領域」への侵入があった場合、侵入があった時間、侵入の程度等の状況について、専門家の評価を受ける。
- スライドNo.19の例では、一時的に注意領域に入る局面が人間による操船、システムによる操船でも見られるが、日本船長協会による専門家の評価では一時的であり、違法性もなく、安全性への問題なし（認証可との判断）
- ✓ 予防法に反しない、また遭遇船舶に不安を与えないため、評価領域図の「注意領域」「危険領域」に入らないとすると、
従来の内航船の操船と比して、前広な対応を求めることになるが、
経済的なロスの生じない（少なくする）システム構築は可
自動避航システムの優位性でもある同時に多数の情報処理により
見落としなく安全性は増す

評価領域図を輻輳海域での適用を考えた場合

- ✓ 船舶海洋工学会講演論文集 第28号
令和元年5月（実船での実証実験結果）
- ✓ 実船での実験結果で横浜本牧沖航行中で「安全領域」と「注意領域」の境界付近を航行していることが確認できる



Fig.19 “Kouazn Mar” boarded for the experiment

直ぐ近くの間航船に注意が集中し、本牧からの出航船（右からの横切り船）を見落としがちななる状況

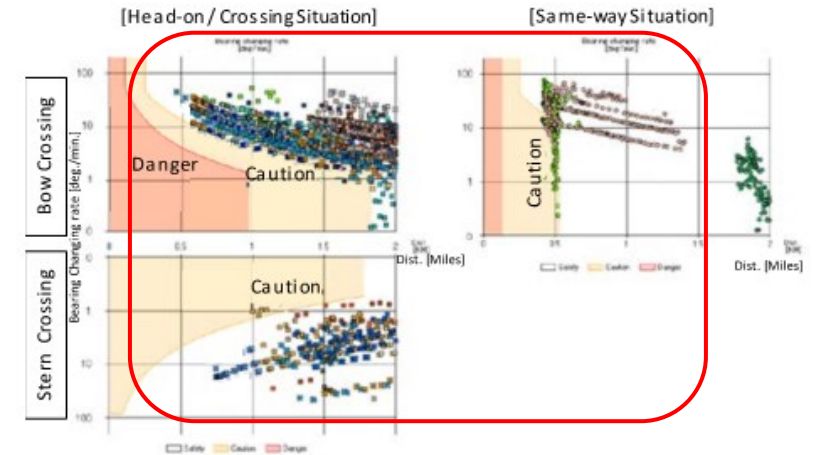


Fig.22 The evaluation result in the evaluation area diagram (Distance and bearing change rate), sailing off Yokohama

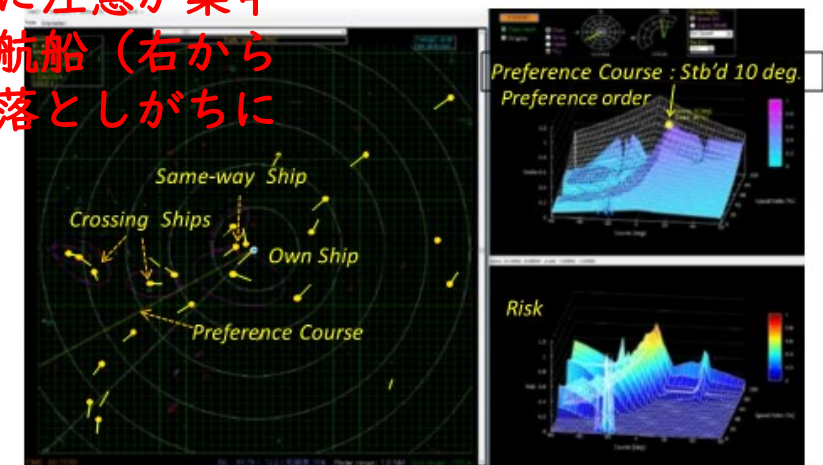


Fig.23 A picture of a situation where the automatic collision avoidance system instructs to alter her course to starboard (Sailing off Yokohama)

認証用シナリオ例 (No.4)

DCPA 0.5~0.8マイル の船首航過

「注意領域」に入らなければ良いが

立会い専門家の視点として

予防法

8条 十分余裕のある時期に
適切な慣行に従って

15条 横切り（船首方向を
横切らない）

39条 船員び常務

No.4（横切り関係における避航機能評価シナリオ/ 避航船船首航過許容シナリオ）



- ✓ 開始時の相対距離 12 マイル
(方位は 30 度~50 度程右)
- ✓ DCPA 0.5 ~0.8 マイル程の 船首航過

チェックポイント

- ✓ 避航開始距離: 2.5 マイル程でないと評価領域図の「注意領域」に入る
- ✓ 予防法の規定では船首方向の横切りを禁止しているので、右転あるいは減速が基本、但し、0.8 マイル程の船首航過距離のある状況であれば、更に航過距を確保すると云う考え方（8 条：適切な慣行にしたがって）から 十分余裕のある時期にリスク軽減操船方法としては左転でも可
- ✓ 評価領域図の「横切り（船首航過）」を適用



予防法との関係

8 条：十分に余裕のある時期に、船舶運用上の適切な慣行に従ってためらわずにその動作を取らなければならない（あらゆる視界の状態における航法）

15 条：お互いに視野の内にある 2 隻の動力船がお互いに進路を横切る場合において衝突するおそれある時は、他の動力船を右に見る船は、他の動力船を避航しなければならない
やむを得ない場合を除き他の動力船の船首方向を横切ってはならない

39 条：船員の常務として注意することを怠ることによって生じた結果について責任を免除するものではない

認証用シナリオ例 (No.6)

DCPA 0.2~0.5マイル の船尾航過

「注意領域」「危険領域」に入らなければ良いが

立会い専門家の視点として

予防法

8条 十分余裕のある時期に
適切な慣行に従って

17条 保持船 針路・速力の保持
最善の協力動作

39条 船員び常務

No.6 (横切り関係における避航機能評価シナリオ/保持船)



- ✓ 開始時の相対距離左 12 マイル
(方位は 30 度~50 度程左)
- ✓ DCPA 0.2~0.5 マイル程の船尾航過

チェックポイント

- ✓ 保持船となる事を避けるため、8 マイル程でリスク軽減操船を行うことが求められる
- ✓ リスク軽減操船方法は左転, 右転, および減速
- ✓ 保持船となることを避ける機能を有しているかがチェックポイント



予防法との関係

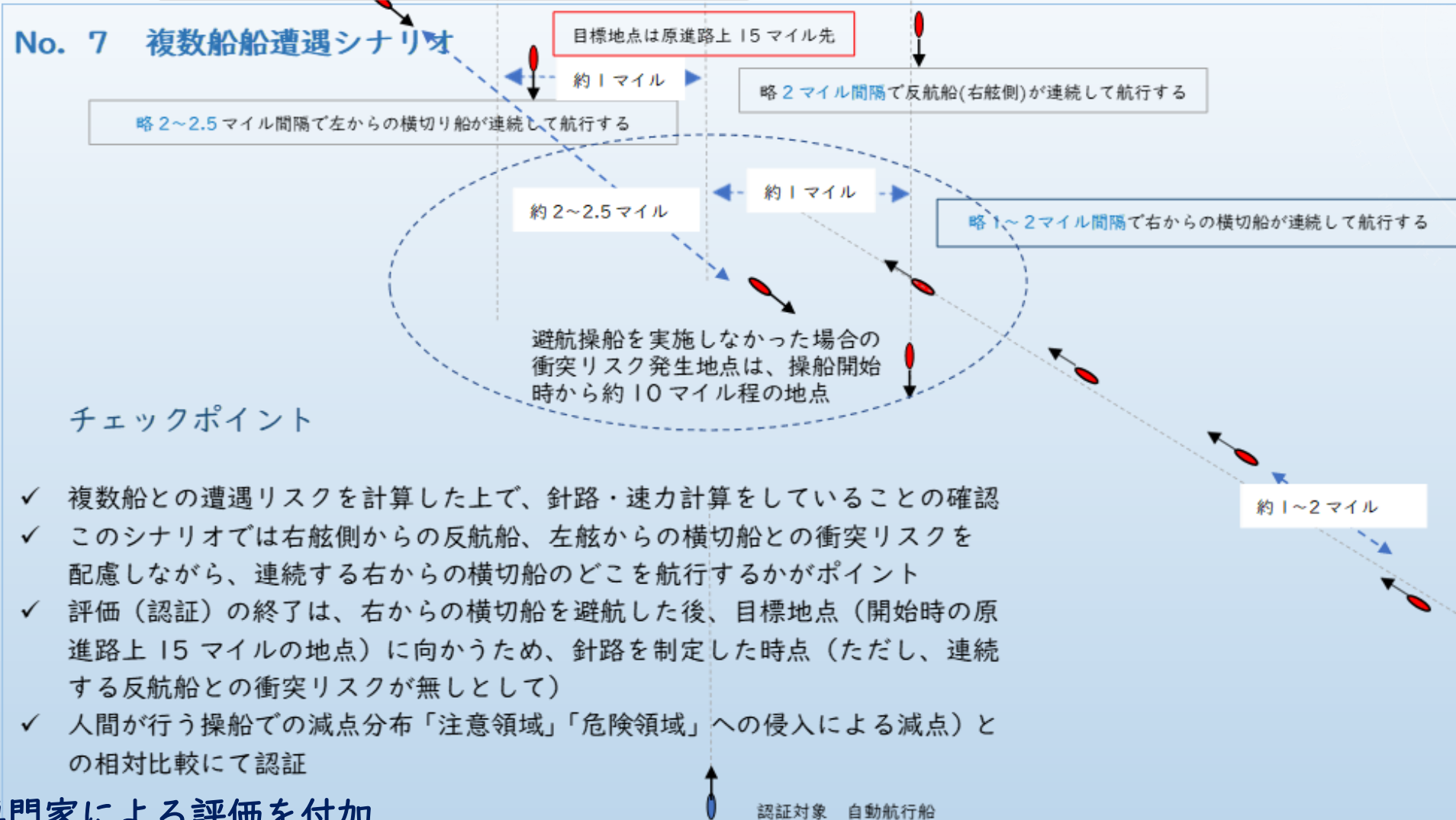
8 条: 十分に余裕のある時期に, 船舶運用上の適切な慣行に従ってためらわずにその動作を取らなければならない (あらゆる視界の状態における航法)

17 条: お互いに視野の内にある 2 隻の船舶の内, 1 隻が避航船である場合は, 他の船舶 (保持船) は針路及び速力を保たなければならない
保持船は避航船の動作のみでは衝突を避けることができないと認める場合は 最善の協力動作をとらなければならない

39 条: 船員の常務として注意することを怠ることによって生じた結果について責任を免除するものではない

認証用シナリオ例 (No.7)

「注意領域」に入らなければ良いが
右舷側からの反航船、左舷からの横切り船との衝突リスクを配慮しながら、連続する右舷側からの横切り船のどこを航行するかがポイント



- ✓ 複数船との遭遇リスクを計算した上で、針路・速力計算をしていることの確認
- ✓ このシナリオでは右舷側からの反航船、左舷からの横切り船との衝突リスクを配慮しながら、連続する右からの横切り船のどこを航行するかがポイント
- ✓ 評価（認証）の終了は、右からの横切り船を避航した後、目標地点（開始時の原進路上 15 マイルの地点）に向かうため、針路を制定した時点（ただし、連続する反航船との衝突リスクが無しとして）
- ✓ 人間が行う操船での減点分布「注意領域」「危険領域」への侵入による減点）との相対比較にて認証

専門家による評価を付加
(スライド19参照)

まとめ（Ⅰ）

従来船と同等以上の安全レベルを確保し、
既存の海上交通法規（COLREG条約）にも準拠を客観的に評価するため



おそらく世界で初めてとなる大規模な検証実験から
遭遇する他船に不安を与えないと云う視点からの実用的な自動避航システム評価
（認証）用
「評価領域図」等の策定・提案を行った。

まとめ(Ⅱ)

遭遇する他船に不安を与えないと云う視点からの「評価領域図」等



「注意領域」「危険領域」への侵入がない

(侵入があった場合には、侵入時間、侵入の程度等の状況について、専門家の評価を受ける)



「自動運航船は自動避航システムの優位な特徴を活かし、可能な限りにおいて
衝突のおそれの生じる前にリスク軽減操船の実現 (WGでの日本船長協会の発言)



「注意領域」「危険領域」に入らない



従来船と同等以上の安全レベルを確保し、
既存の海上交通法規 (COLREG条約) にも準拠

参考 I

✓ **保持船となった**ならば、針路・速力を維持し、ある相対距離/TCPAとなったならば**最善の協力動作**として、主機停止/後進、あるいは右旋回を行う、またアラームを発し**人間に操船を引き継ぐ**と云う考え方もある。

→ スライド8で説明したが、**自動運航船が最善の協力動作をとった場合、周囲の船舶に対して極めて不安を与える/危険な状況に陥る可能性が高くなる**

また、短時間で人間に引き継ぐとした場合、**引き継いだ人間が適切に状況判断することは極めて難しい状況**

→ **COLREG適用海域では「人間が介在しなくともシステムのみで対応可」とすべき**（でなければ社会実装は進まない）

故に 

→ 自動運航船は**自動避航システムの優位な特徴を活かし（見落としがない）**（スライドNo.19参照）
可能な限りにおいて**衝突のおそれの生じる前にリスク軽減操船**が行われること

→ 提案の評価領域図「**注意領域**」「**危険領域**」に入らない

参考 II

- ✓ 自動運航船は自動避航システムの優位な特徴を活かし、可能な限りにおいて衝突のおそれの生じる前にリスク軽減操船が行われることに関連し
(現状の内航船の避航操船方法と異なるのではと云う見解に対して)

→ 内航船社の方々への説明では、

現時点では自動運航船の自動避航システムの振舞いは全ての視点にいて人間と同等との確証(検証)は十分得られているとは言えないので、

「遭遇する船舶に不安を与えない」

「COLREG準拠(反していない)」

「経済的運航を大きく阻害しない」

と云うコンセプトで十分裏付けられた検証実験結果をベースに認証を行う旨の説明を行えば理解を得ることができるとの思料

→ 換言すると「人間では難しい同時に多くの周囲に存在する船舶とのリスク把握を行い、前広に経済的運航を阻害しないレベルでリスク軽減を行い、遭遇する船舶にも不安を与えない操船が可能となるかの認証基準」であるとの説明