

輻輳海域における 自動避航システムによる操船結果と ベテラン船長らによる操船結果 との比較(定量的評価)について

中村 紳也 (日本海洋科学)

岡田 尚樹 (日本海洋科学)



株式会社 日本海洋科学
Japan Marine Science Inc.

講演内容

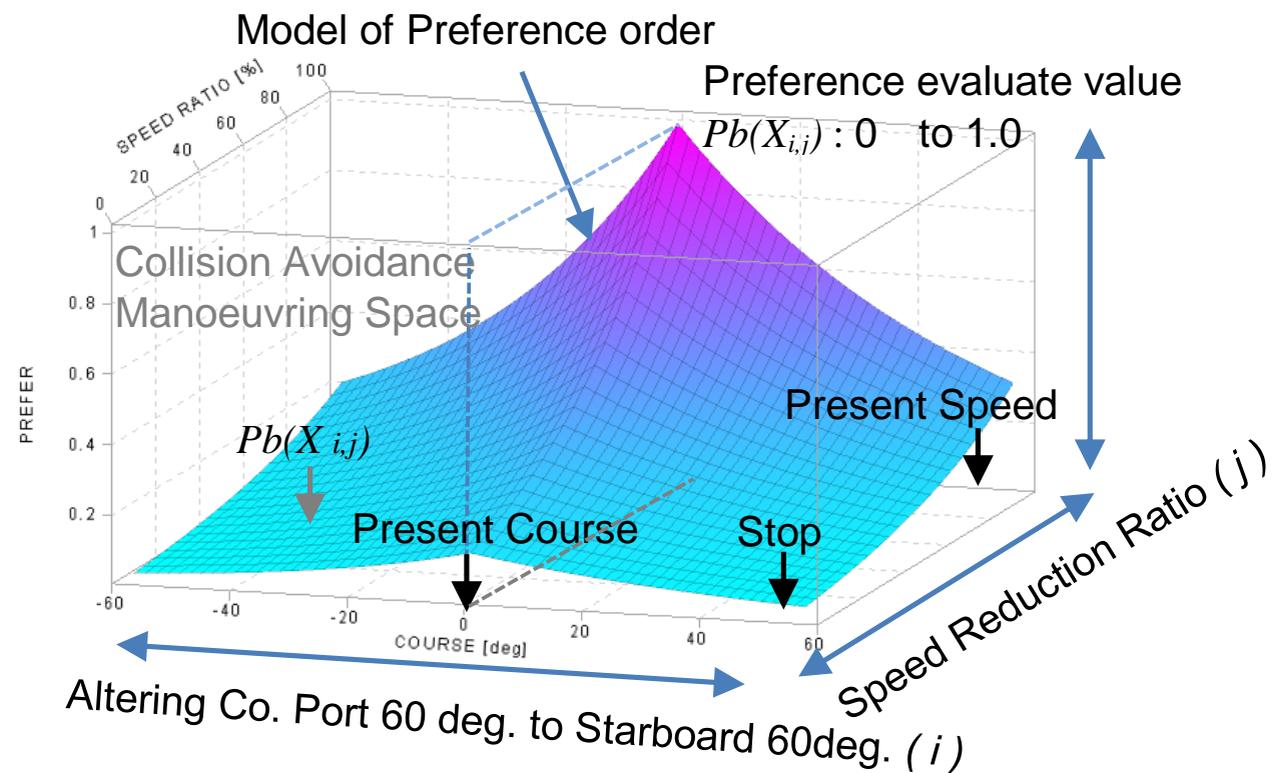
- ✓ 自動避航操船システムの紹介
- ✓ 避航操船結果の評価方法
- ✓ 自動避航操船システムによる操船結果
ベテラン船長・航海士らによる操船結果
比較
 - ✓ 危険な状況に陥る可能性のあるシナリオでの検証
 - ✓ 実在の輻輳海域におけるシナリオでの検証
(ビデオでの操船状況再現)

自動避航操船システムの紹介

- ✓ 戦略的避航操船を実現するシステム
- ✓ 針路変更・減速を行う避航操船空間におけるリスクと経済的好ましさから最適な操船方法を絶えず計算するシステム
- ✓ ある範囲内の全ての船のリスクを絶えず計算
- ✓ 見落とし等のヒューマンエラー防止
- ✓ 操船者にシステムが判断するプロセスを表示
(無人船での自動操船となった場合においても)
- ✓ 輻輳海域を含め実用レベル

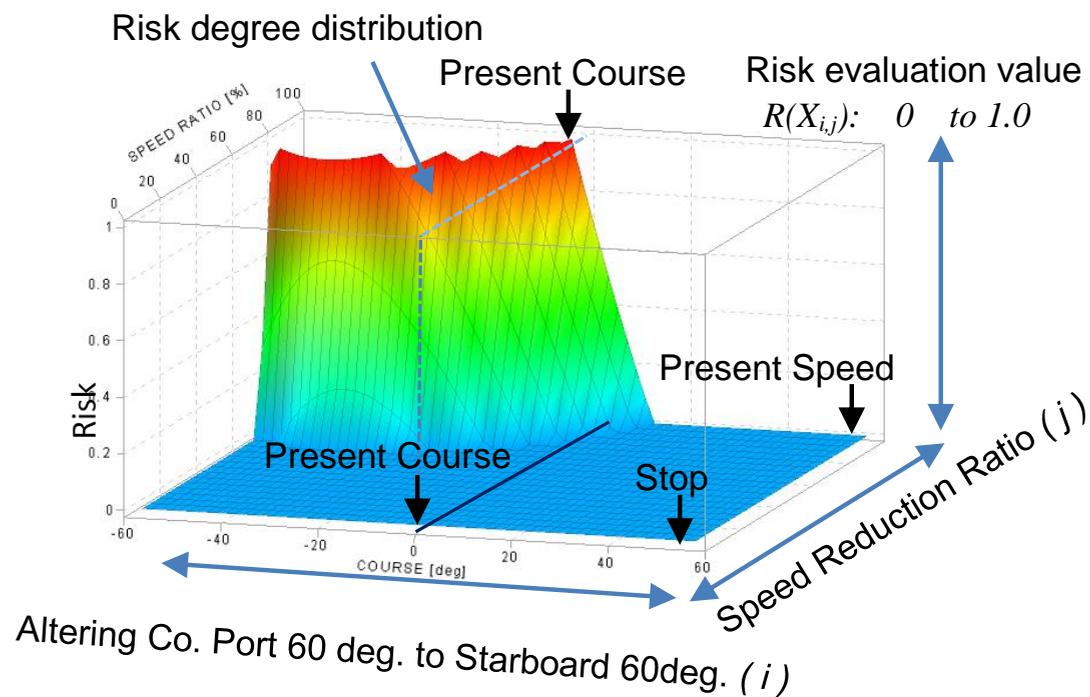
避航操船空間モデル ($X_{i,j}$)

- ✓ 横軸: 針路 (i)、縦軸: 速度 (j)
- ✓ 垂直軸: 各避航操船方法の評価値 ($Pb(X_{i,j})$)
- ✓ 屋根の形状 操船の好ましさを表す

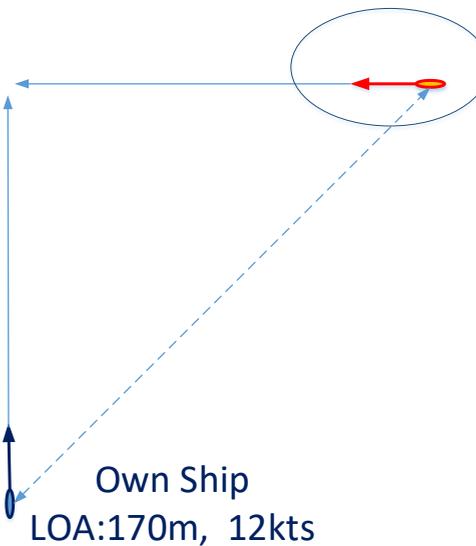


避航操船空間での衝突危険度

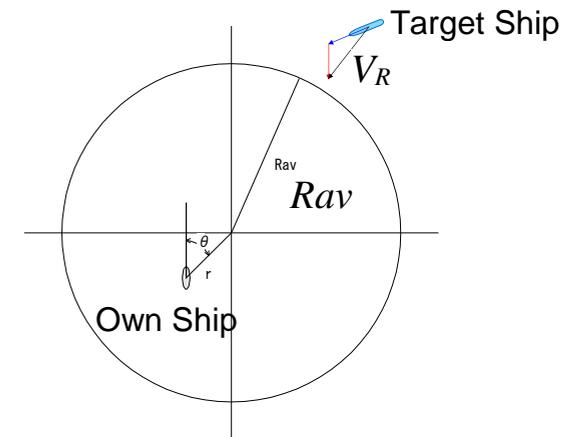
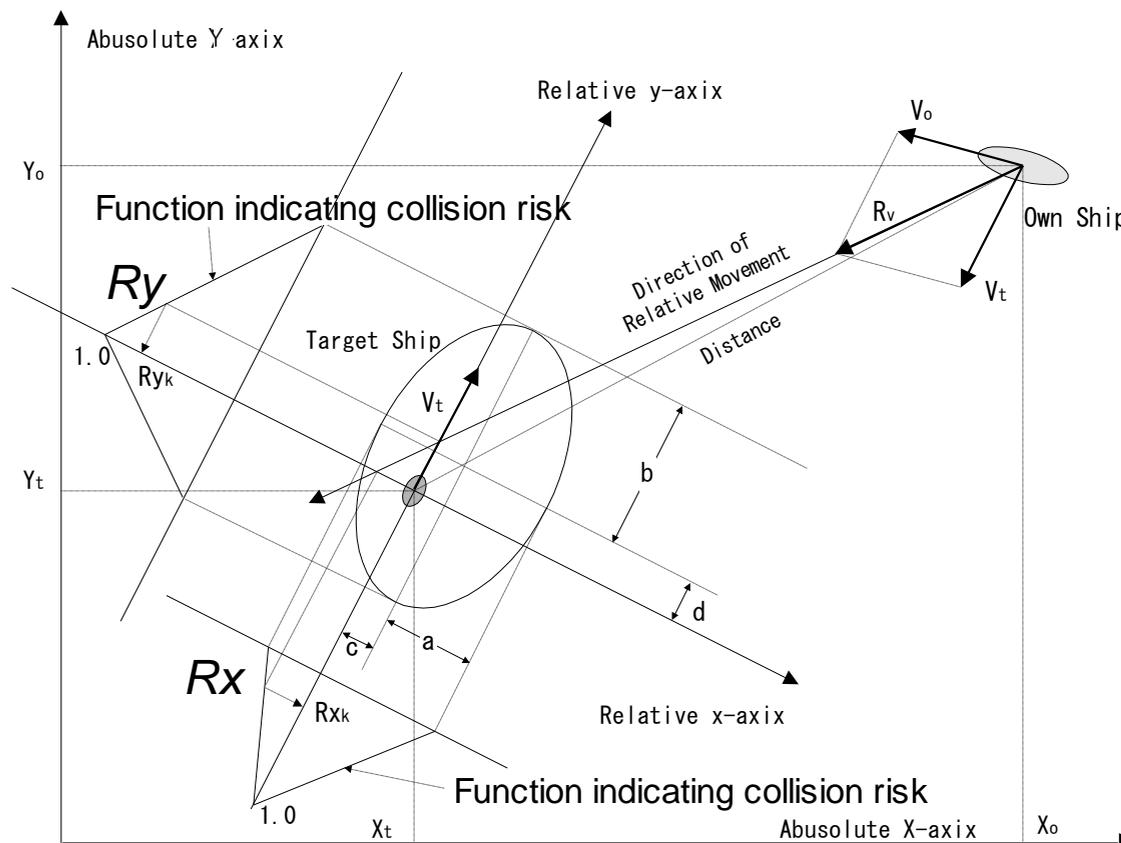
✓ 右からの横切船での衝突危険



Target Ship
LOA:150m, 12kts



避航操船空間での衝突危険度



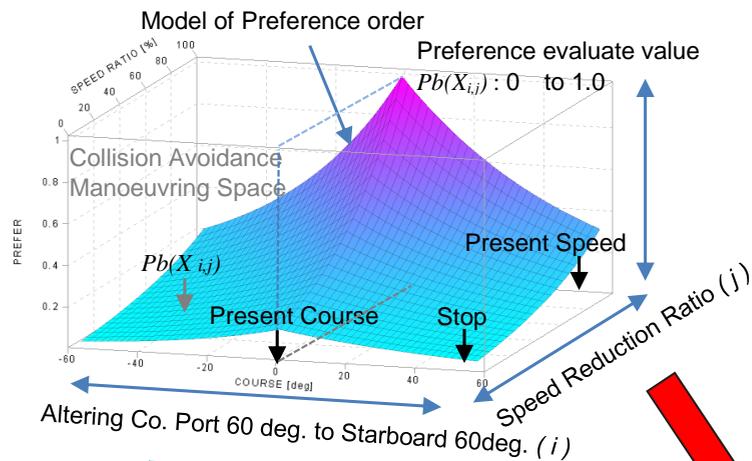
$$R_{av} = (A \cdot V_R + B) \cdot \sqrt{\frac{L_o^2 + L_t^2}{2}} \quad (3)$$

- R_{av} : Risk calculation starting distance (m)
- V_R : Relative speed (m/s)
- L_o : Own ship LOA (m)
- L_t : Target ship LOA (m)
- A, B : Coefficient
- r : Coefficient ($r \cong R_{av}/3$)
- θ : 45 degree

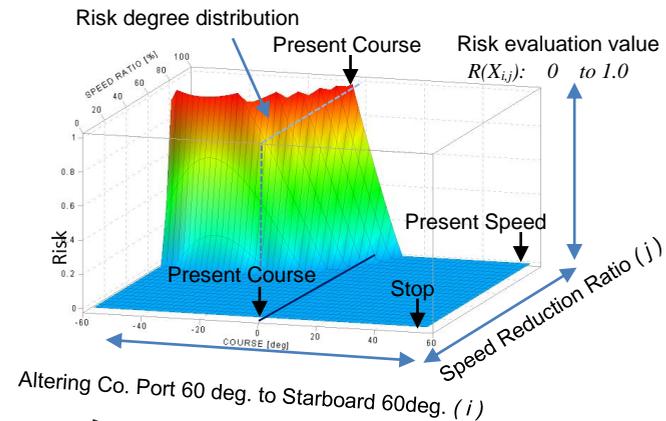
衝突危険度の計算:
 R_x, R_y の大きい方を選択

リスク計算をする範囲
 (避航開始距離)

自動避航操船システム



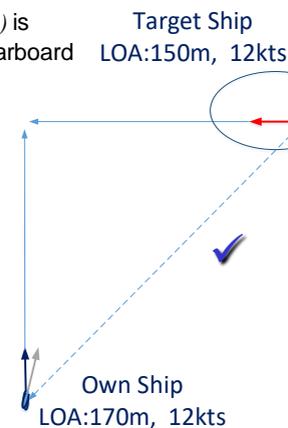
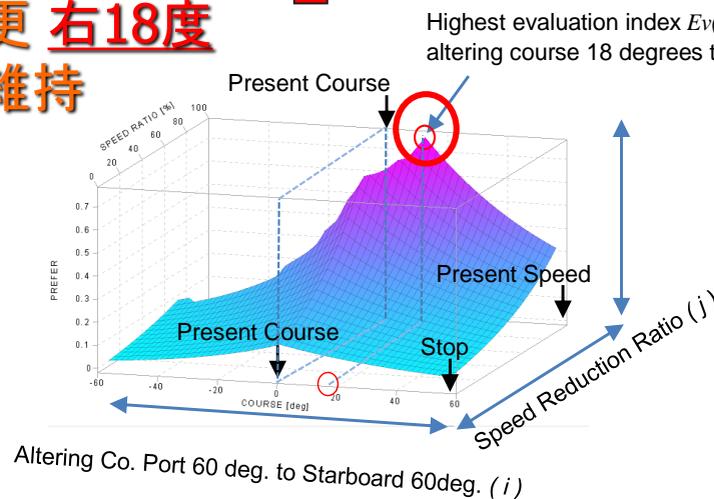
好ましさモデル



危険度

$$Ev(X_{I,j}) = Pb(X_{i,j}) - \alpha \cdot \max_{k=1,m} \{R(X_{i,j})\}$$

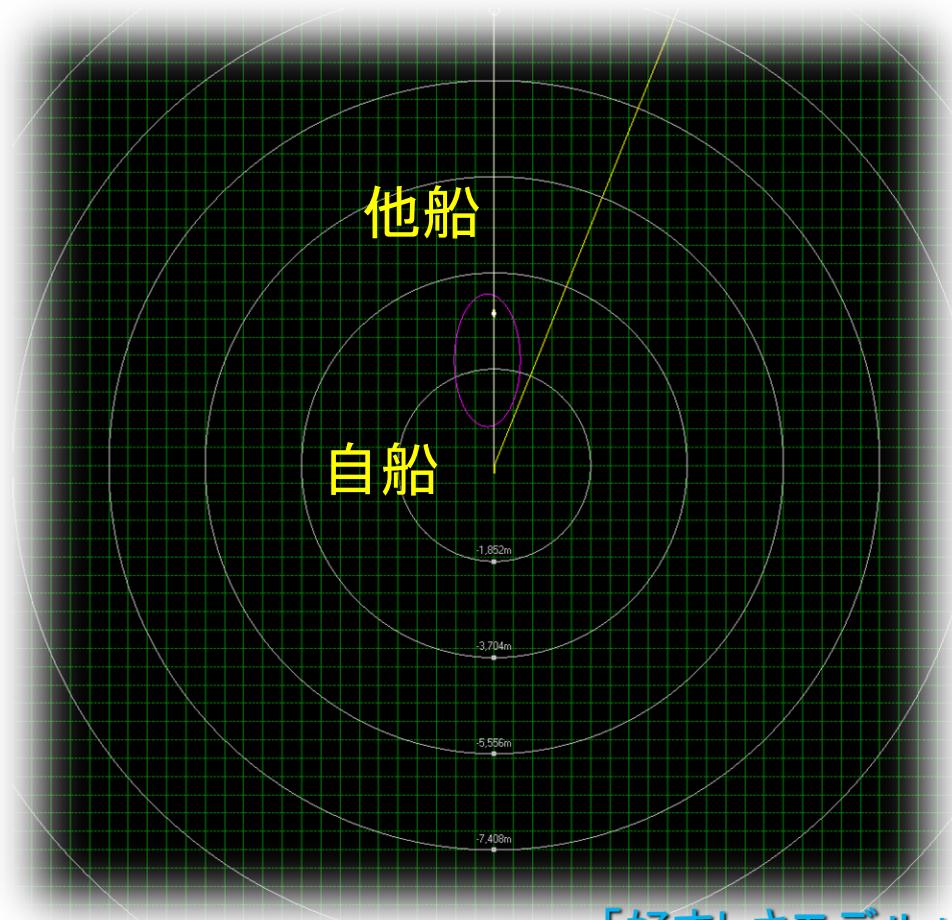
針路変更 右18度
原速力維持



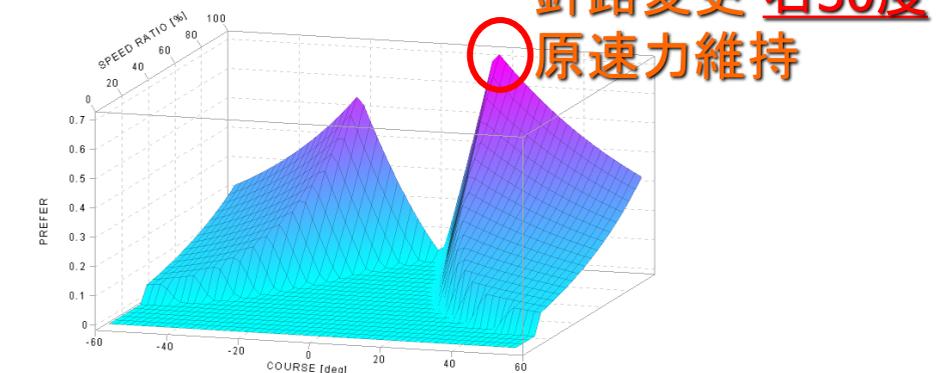
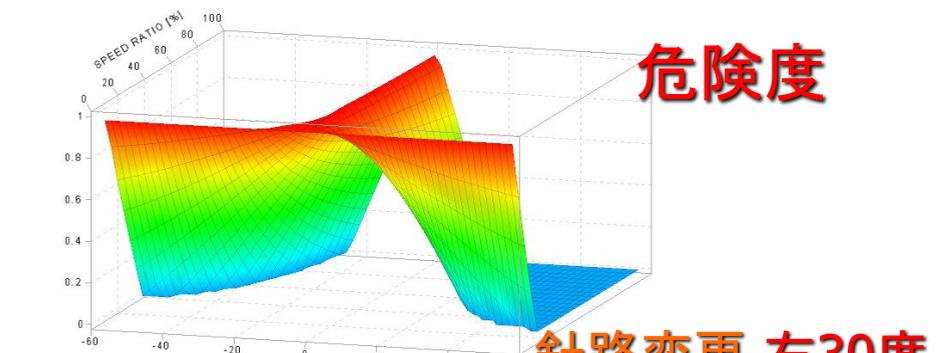
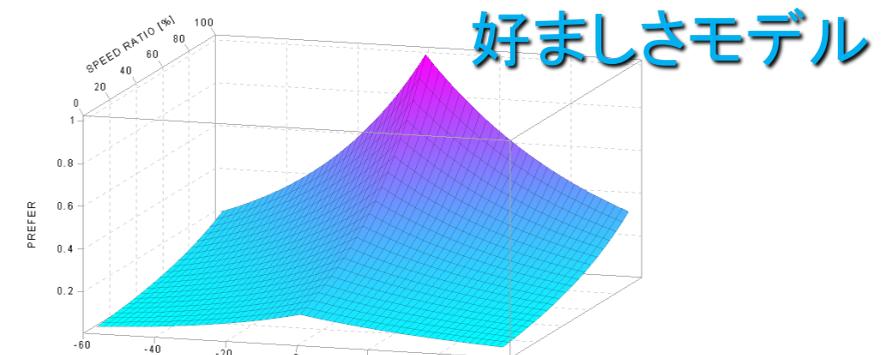
右からの横切船の場合

自動避航操船システム

✓ 正面からの反航船の場合

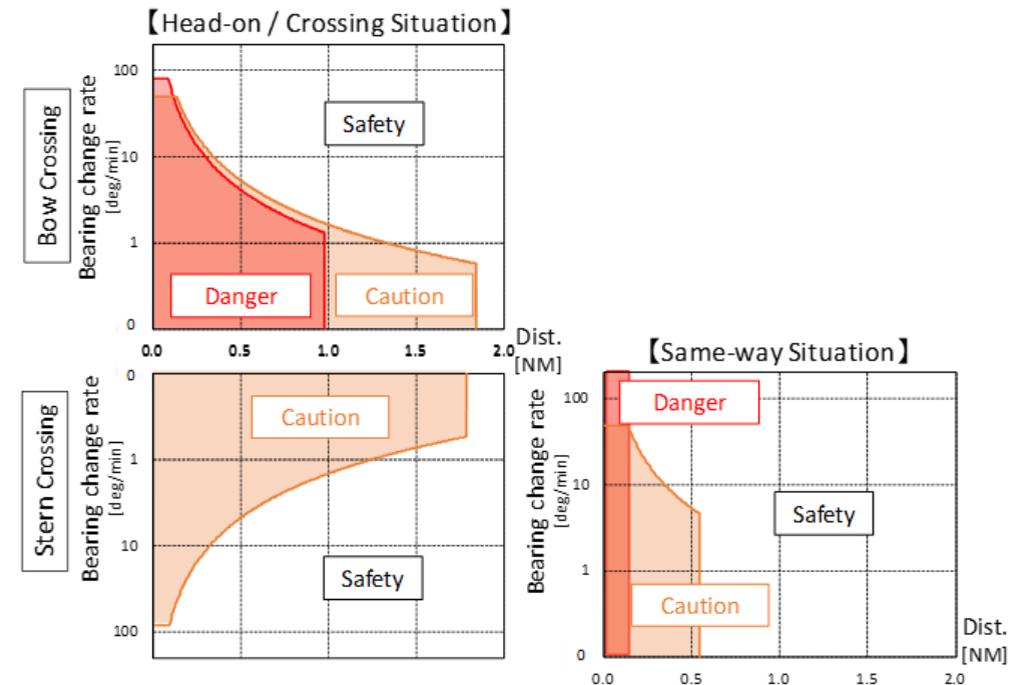


「好ましさモデル」－「危険度」
 (最も高い値を示した針路・速力)



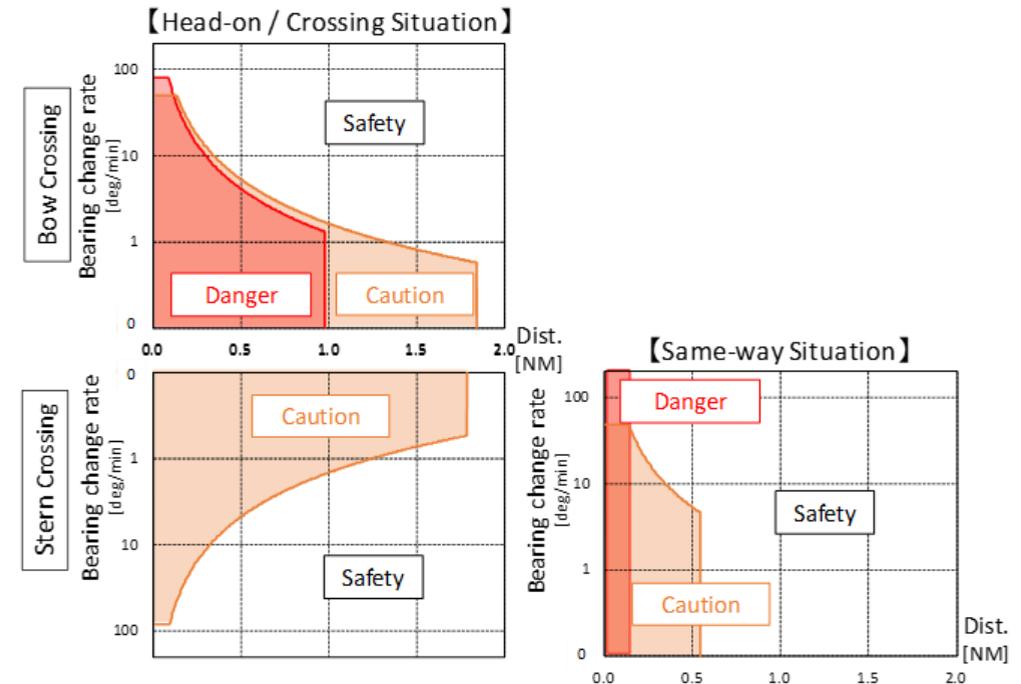
避航操船結果の評価方法

- ✓ 「危険領域」、「注意領域」、
「安全領域」を相対距離と方位変
化率、船首航過、船尾航過で定義
- ✓ 12人の船長、パイロットが参画
135の遭遇シナリオを用いて策定
- ✓ データの総数は約**30,000**ポイント



避航操船結果の評価方法

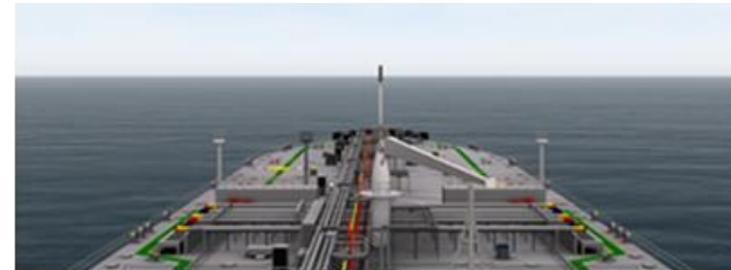
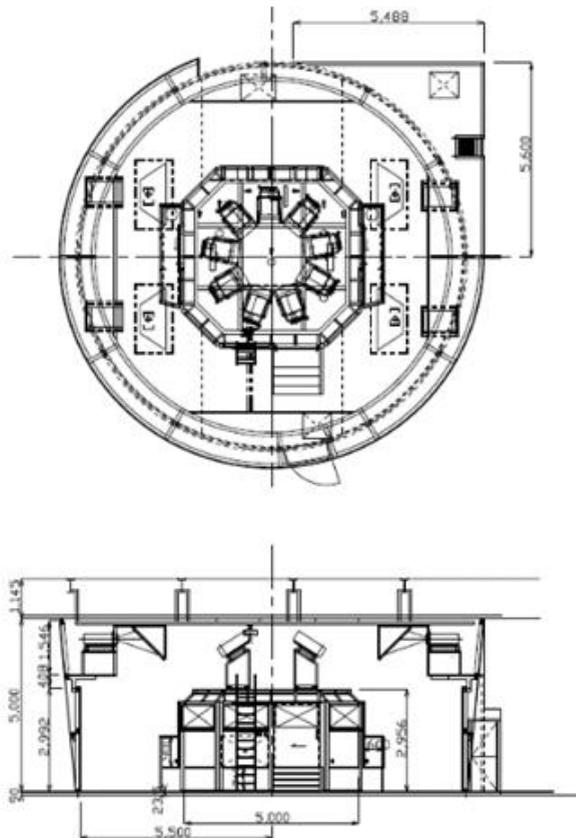
- ✓ 「危険領域」に存在した時間 + 「注意領域」に存在した時間を航海時間で除して減点数を計算
- ✓ 「危険領域」の存在時間に(-2点) 「注意領域」の存在時間に(-1点)の重み
- ✓ 危険がない場合は0点、危険な状況が多い場合はマイナス点数が増える



$$\text{Score} = \frac{\sum_{t=0}^{t_{\text{end}}} -(2 \cdot \text{Dangerous}_t + 1 \cdot \text{Cautionary}_t)}{t_{\text{end}}} \cdot 100$$

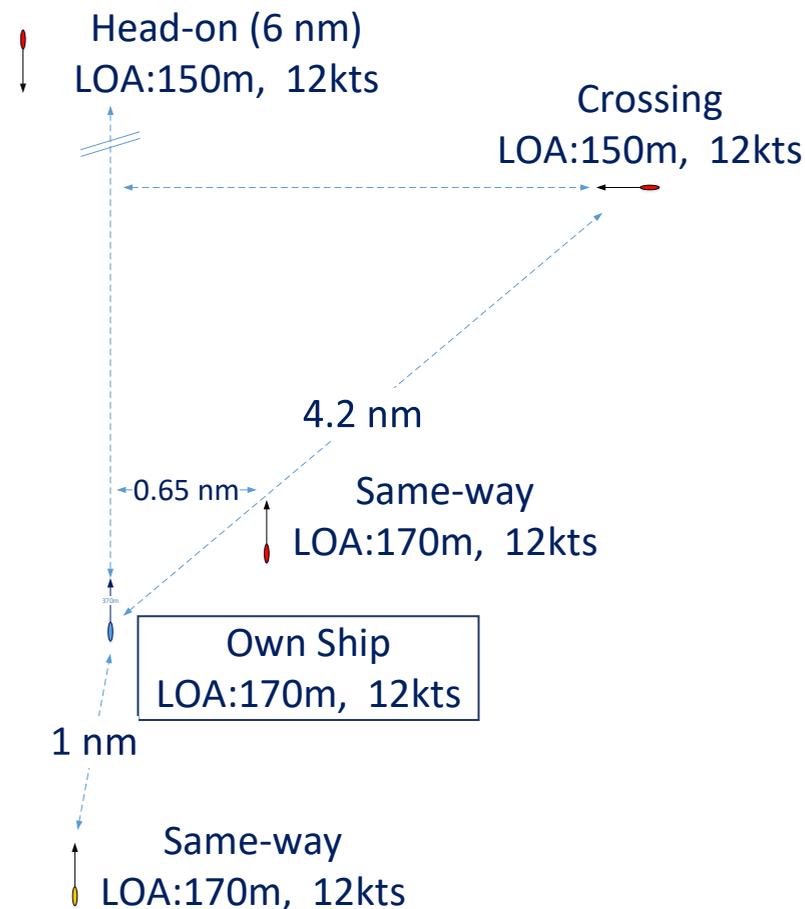
自動避航操船システムによる操船結果 ベテラン船長・航海士らによる操船結果比較

- ✓ フルミッション操船シミュレータを用いた検証実験



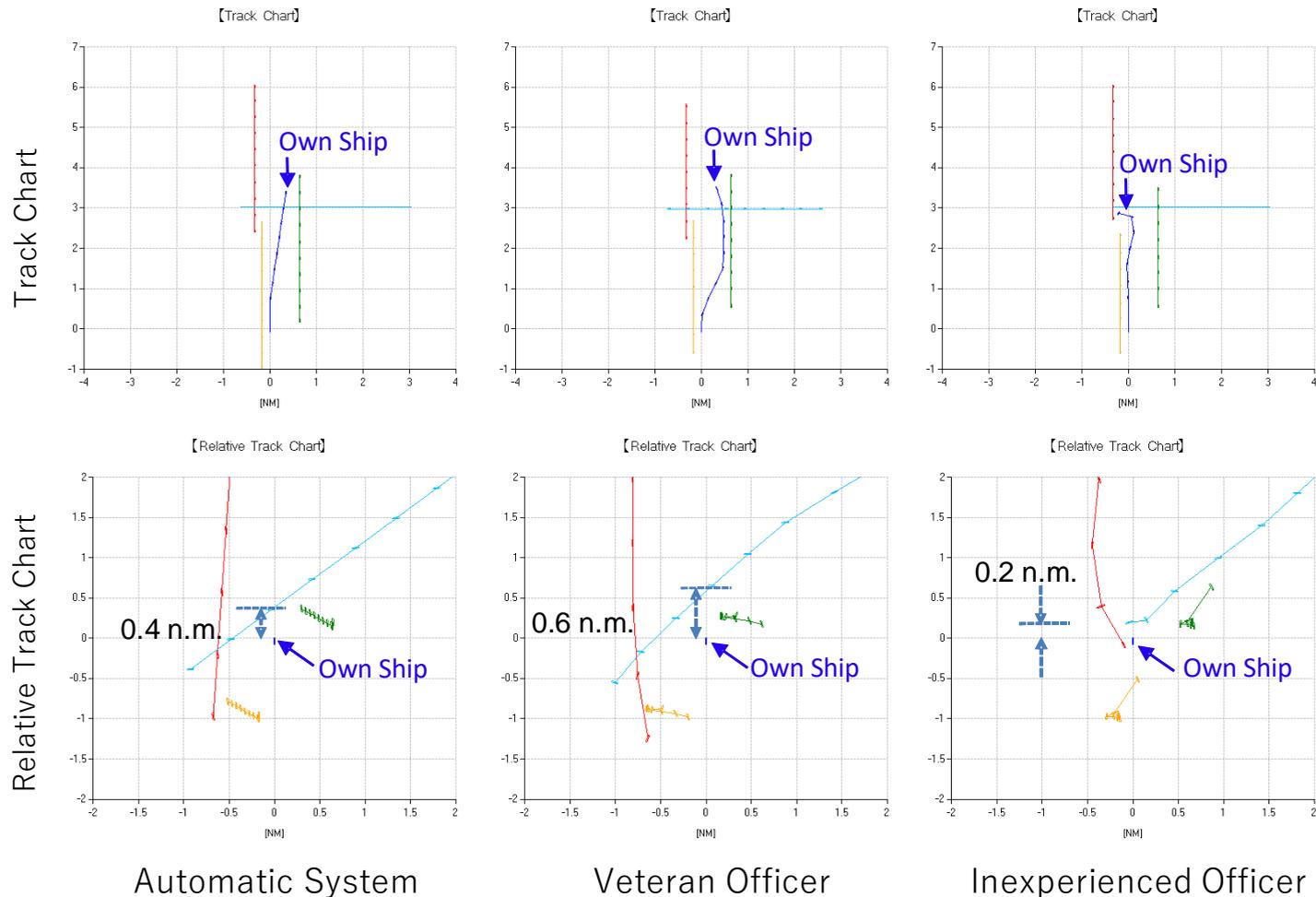
自動避航操船システムによる操船結果 ベテラン船長・航海士らによる操船結果比較

- ✓ 危険な状況に陥る可能性のあるシナリオでの検証



自動避航操船システムによる操船結果 ベテラン船長・航海士らによる操船結果比較

✓ 危険な状況に陥る可能性のあるシナリオでの検証



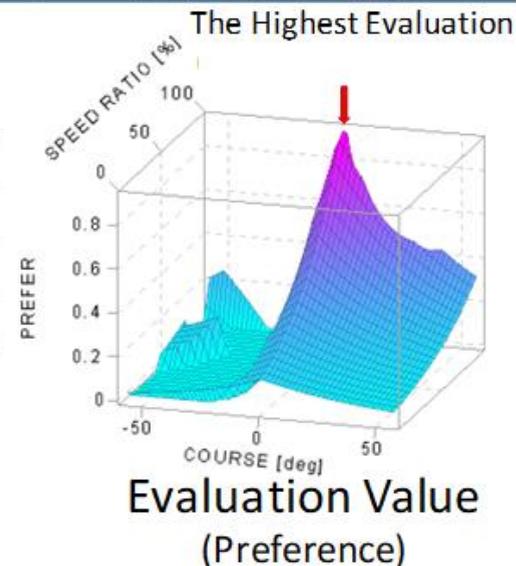
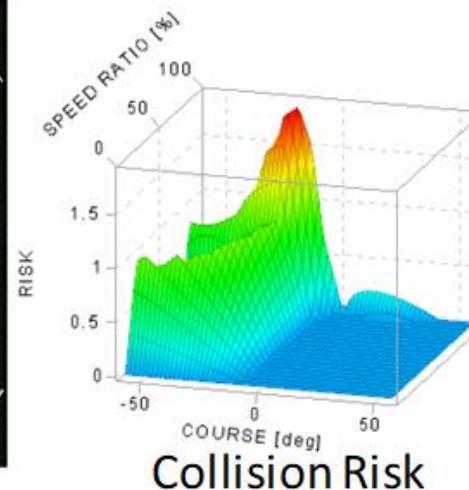
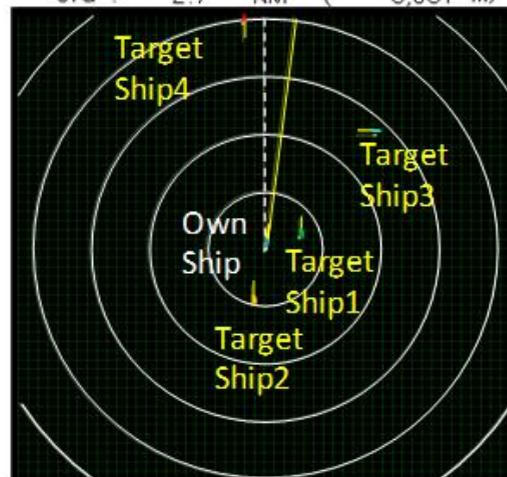
自動避航操船システムによる操船結果 ベテラン船長・航海士らによる操船結果比較

- ✓ 危険な状況に陥る可能性のあるシナリオでの検証
- ✓ 実験開始5分33秒後
- ✓ **現在の速力で当初針路から右舷7.2度方向の現針路が最も高い評価値**
- ✓ 自動避航システムではこのようなモニターを行えることが必要

The current course in the direction of 7.2 deg. starboard from the initial course indicates the highest evaluation value

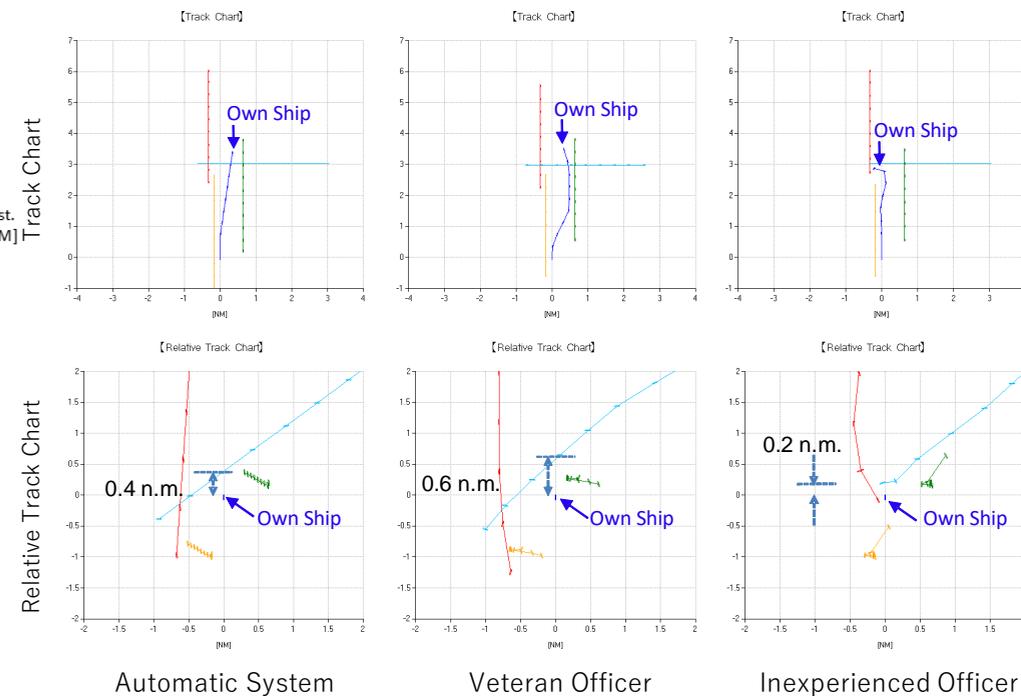
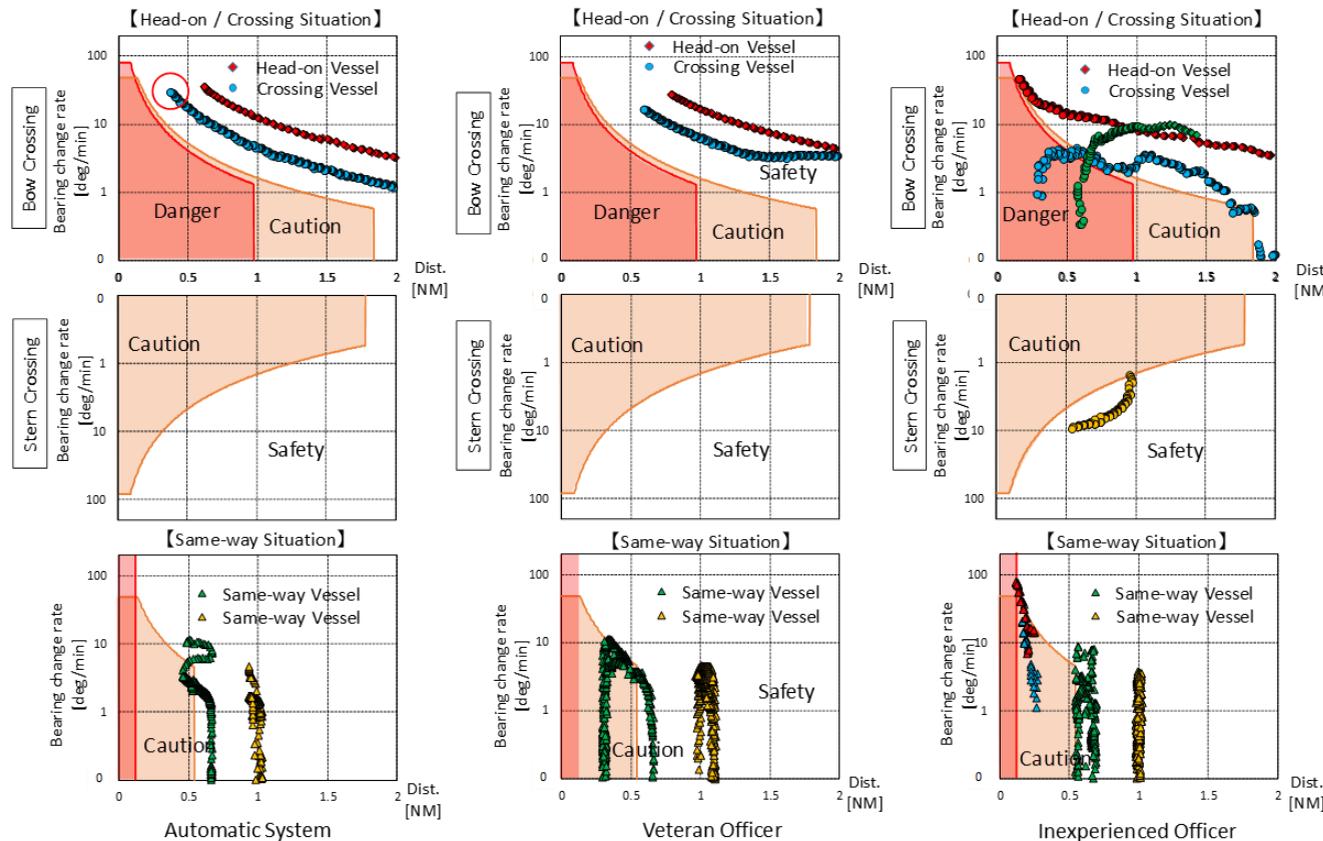
Elapsed Time : 00:05:33
 Distance (In order of closer)
 1st : 0.6 NM (1,151 m)
 2nd : 1.0 NM (1,841 m)
 3rd : 2.7 NM (5,051 m)

	Current State	Optimal values	Plan State(Sent Signal)
Course [deg]	007.2	000.0	007.2
Speed [kts]	011.2	100 %	011.2



自動避航操船システムによる操船結果 ベテラン船長・航海士らによる操船結果比較

✓ 危険な状況に陥る可能性のあるシナリオでの検証



自動避航システム

ベテラン航海士

経験の浅い航海士

減点数

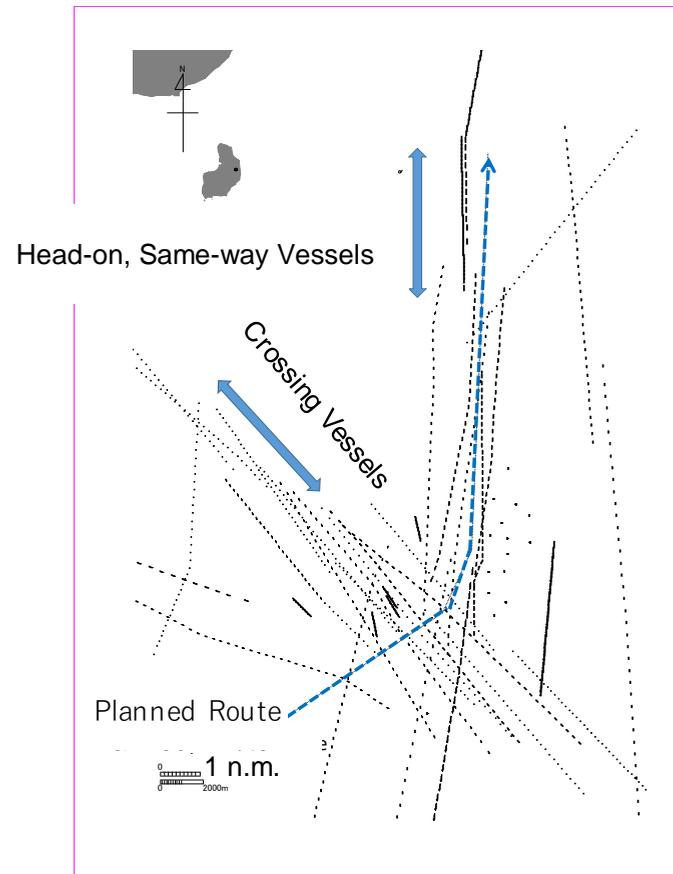
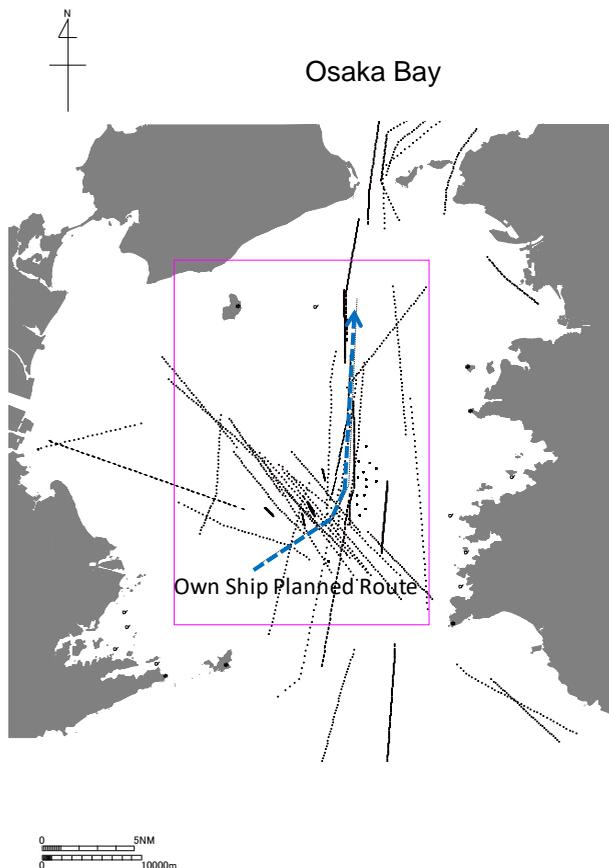
- 41.0

- 68.3

- 98.3

自動避航操船システムによる操船結果 ベテラン船長・航海士らによる操船結果比較

- ✓ 実在の輻輳海域（紀伊水道）における実験シナリオ



自動避航操船システムによる操船結果 ベテラン船長・航海士らによる操船結果比較

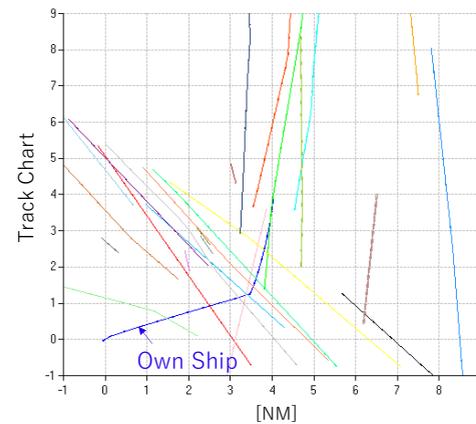
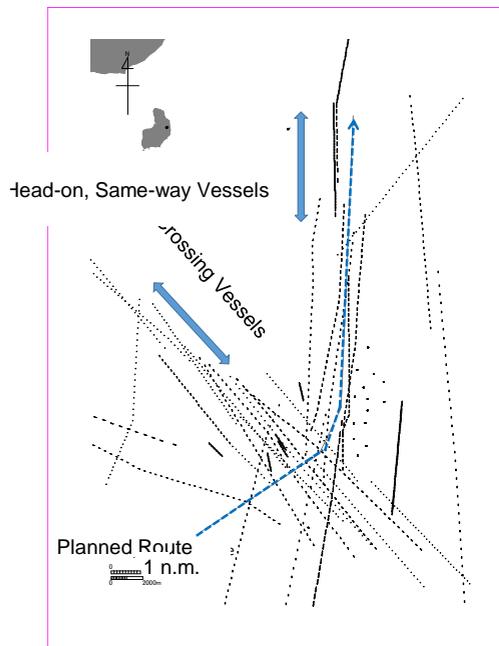
- ✓ ビデオによる自動避航システムによる操船状況紹介



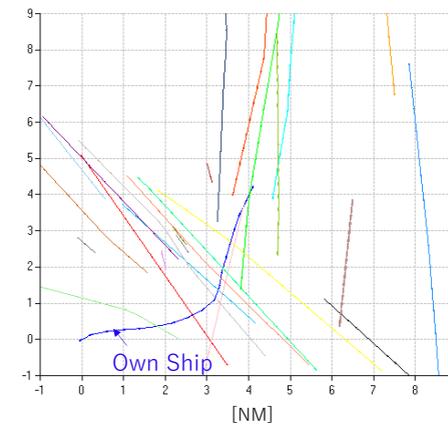
Movie

自動避航操船システムによる操船結果 ベテラン船長・航海士らによる操船結果比較

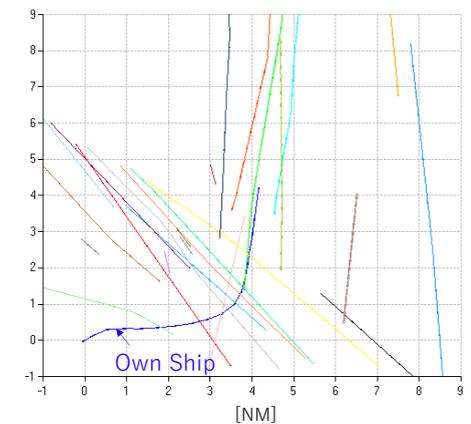
✓ 実在の輻輳海域における実験シナリオ



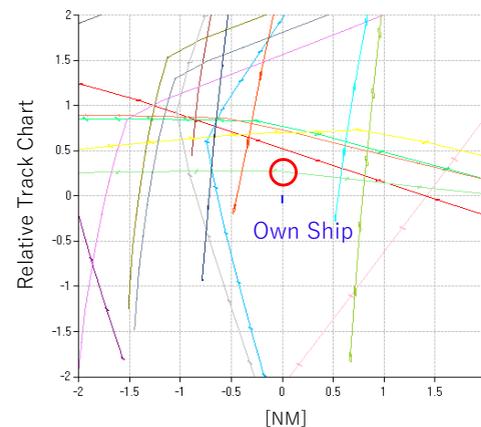
【Relative Track Chart】



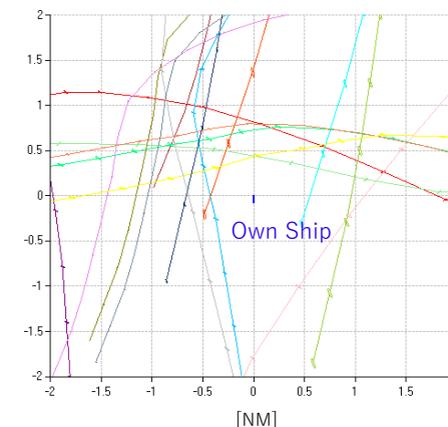
【Relative Track Chart】



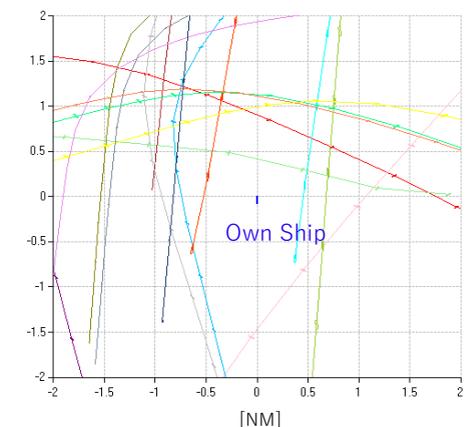
【Relative Track Chart】



Automatic System



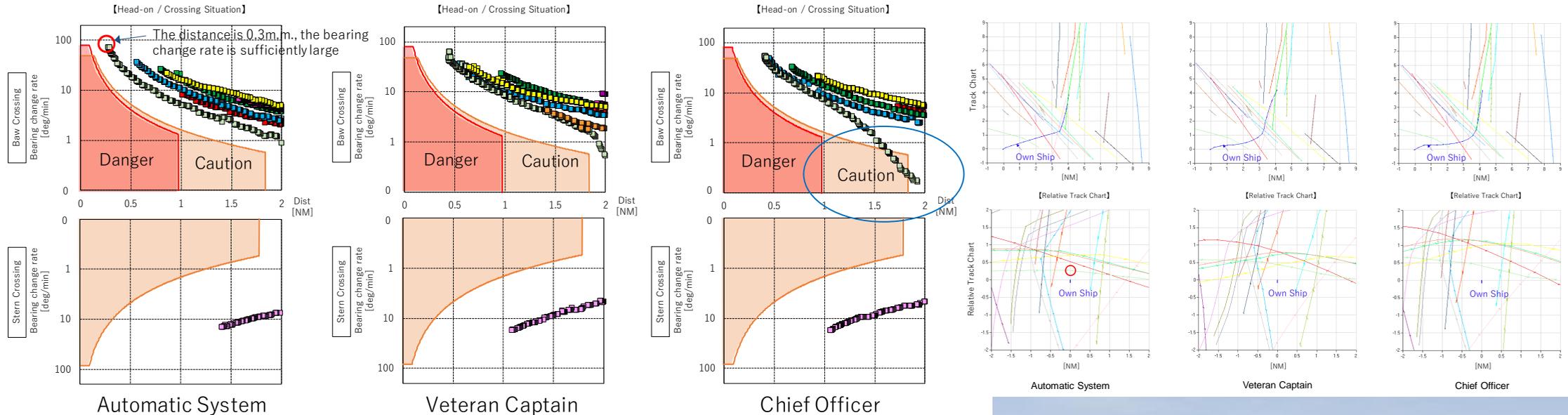
Veteran Captain



Chief Officer

自動避航操船システムによる操船結果 ベテラン船長・航海士らによる操船結果比較

✓ 実在の輻輳海域における実験シナリオ



Since there was no same-way vessel in the evaluation area, the evaluation chart of the same way was omitted.

	自動システム	ベテラン船長	一等航海士
減点数	-0.0	-0.0	-1.2



結論

- ✓ 一定の範囲内のすべての船舶のリスクと経済的好ましさを計算し、常に最適な操船方法を選択する自動避航操船システムを紹介した。
- ✓ 相対距離と方位変化率を用いて「危険領域」と「注意領域」に入った状況を減点法で評価するシステムを提案した。
- ✓ 実験に参加した船長らのコメントから、減点方式の評価システムの有効性が確認された。
- ✓ この減点法による評価システムは、将来の様々な自律船システムの認証にも有効である。
- ✓ 開発された自動避航操船システムの有効性検証は、ベテラン船長および航海士らの操船結果との比較にて実施し、輻輳海域を含めて実用レベルにあることが確認された。
- ✓ 人間の操船と比較して、自動避航操船システムは常に最適な操船方法を計算する。この結果、計画されたルートからの偏移が少ない傾向となる。
- ✓ 人間の操船と比較して、自動避航操船システムは操船の意図を示すための行動を取らない。状況によっては、相手船に不安を感じさせないような操船方法を検討する必要がある。これは今後の課題である。
- ✓ 操船者にリスク計算の状況をグラフィカルに表示するシステムは、航行支援装置として有効である。
- ✓ この実験では、他船舶情報はAISによってのみ取得された。実船での実験においては、AISを搭載していない船舶や障害物などの情報を得るために、レーダー情報等からの取得を検討する必要がある