# 自動避航システムの安全性評価･認証基準の提案

## ～人間が操船する相手船に不安を与えない自動避航操船～

中村 紳也（日本海洋科学）

# 講演内容

- ✓ **自律船開発の現状・背景**
  - ✓ 自律船開発が進む背景
  - ✓ 欧州での開発事例報道
  - ✓ NYKグループが実施した**実船による**自動避航操船**検証実験**
- ✓ 望ましい自動避航操船に向けて
  **自動避航操船と海上衝突予防法**との対応に関する考え方（提案）
- ✓ **自動避航システムの安全性評価・認証**に向けての提案
  - ✓ 人間が操船する**相手船に不安を与えない避航操船**
  - ✓ 自動避航システムの**評価例**

# 自律船開発の現状・背景

- ✓ 海運業界（特に内航海運）において
  - 海難事故の8割はヒューマンエラー、見落とし等による海難事故が多い
  - 内航船員の不足、高齢化は喫緊の課題 （陸上輸送との競争）
- ✓ 欧州での先進的な取り組み
- ✓ 著者ら（日本海洋科学）は
  - 約30年前から海上交通のリスク評価のため，
    自動避航モデルを組込んだ海上交通流シミュレーションを実施してきた
    → 自動避航実現の要素技術は開発済みであった
  - 既に内航船、外航船での実船による自動避航実証実験実施済み
  - この様な技術革新は、日本主導で行っていきたい

# 自律船開発の現状

## - 著者らが実施した実船による自動避航操船検証実験 -

- ✓ 2019年 1月　内航セメント船
  “興山丸”
  東京～宇部
  他船情報：AIS

- ✓ 2019年 9月　外航大型自動車専用船
  （世界初の「自動運航船の実証試験を行うためのIMO暫定指針」に基づく実証実験）
  “Iris Leader”
  深圳～名古屋～横浜
  他船情報：　AIS + Radar TT

詳細,ビデオ
https://www.nyk.com/news/2019/20190930_01.html

- ✓ 残念ながら自動避航操船結果の安全性・妥当性を客観的に評価・認証する手法が確立されていない

➡ 評価手法の確立　本講演の主題

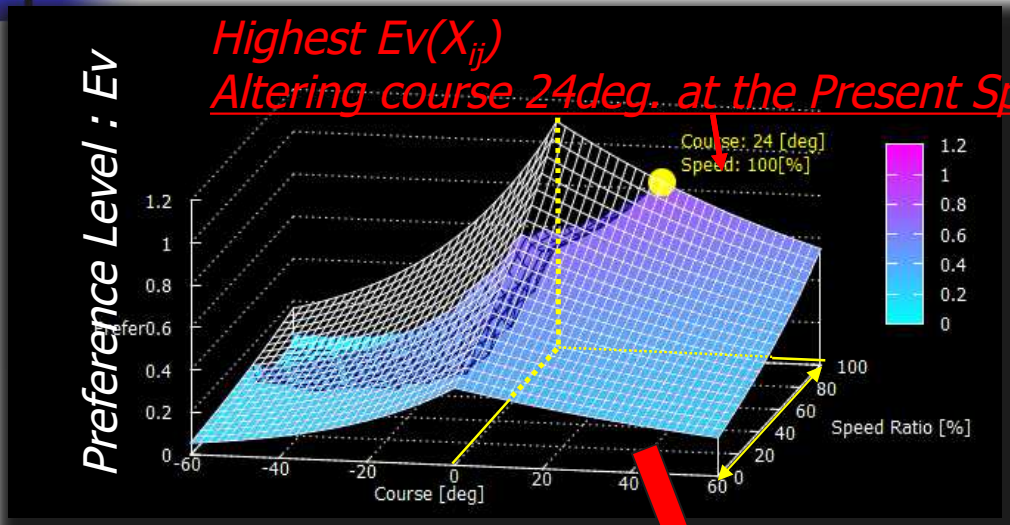
NYK GROUP

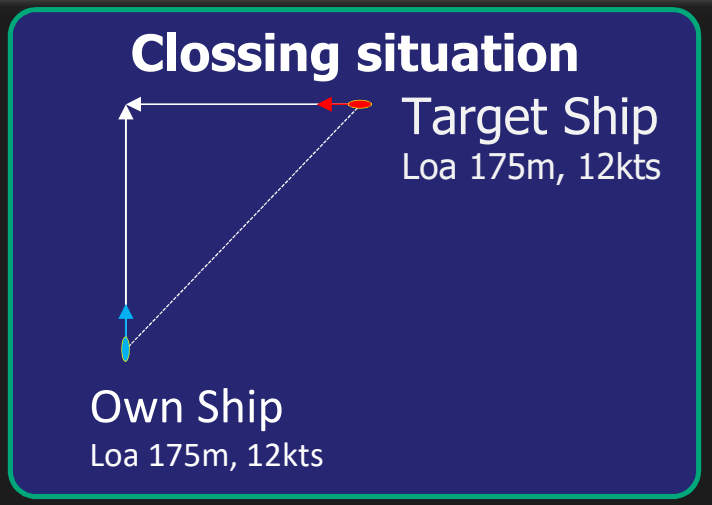
株式会社 日本海洋科学
Japan Marine Science Inc.

# 自律船開発の現状

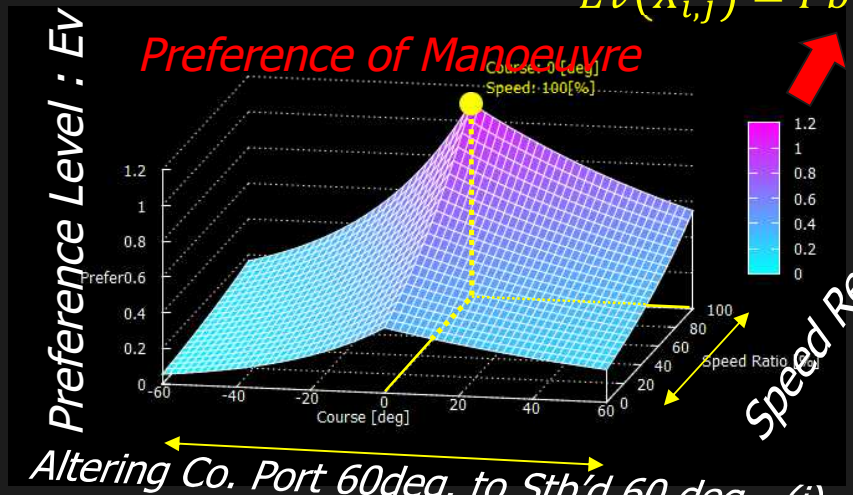
## - 著者らが実施した実船による自動避航操船検証実験 -

**経済的合理性を保ったまま、**
**常にリスクの低い操船方法を選択**

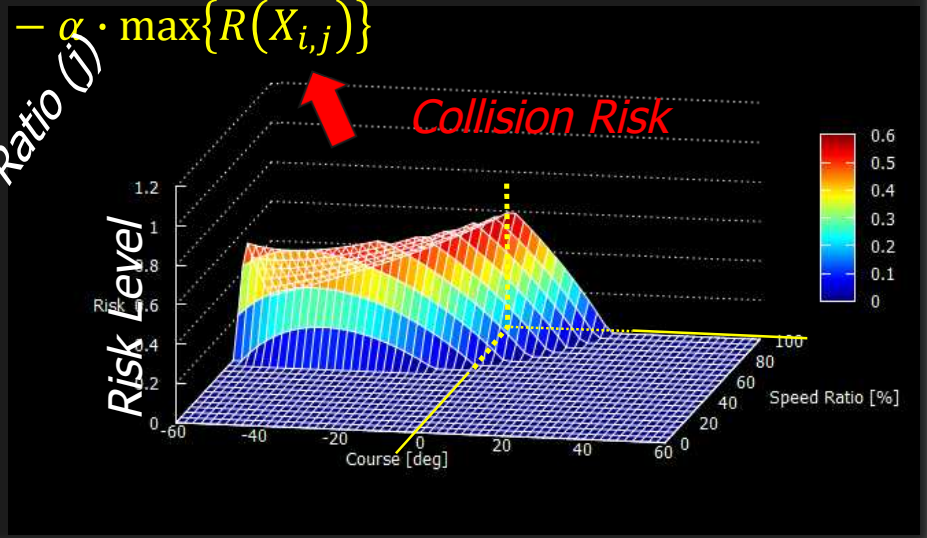



$$Ev(X_{i,j}) = Pb(X_{i,j}) - \alpha \cdot \max\{R(X_{i,j})\}$$

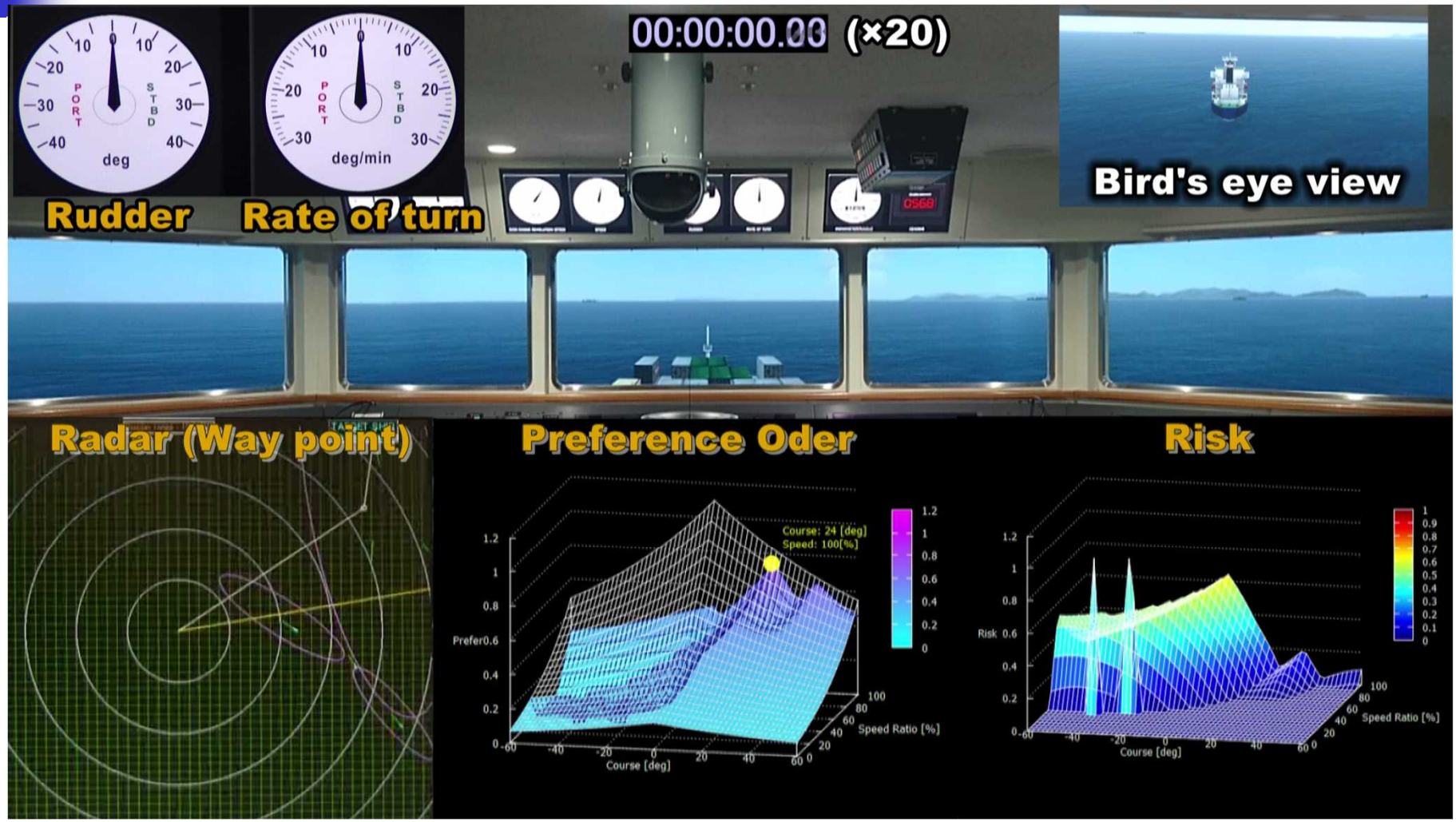



Speed Reduction Ratio (j)



# 自律船開発の現状

## - 著者らが実施した実船による自動避航操船検証実験 -



# 自動避航操船と海上衝突予防法との対応に関する考え方（提案）

- ✓ 自動避航操船の安全性をどの様に評価すべきか
  （MTIが主体となり、
  MTI/JMS/DNV-GL等と意見交換実施）

- ✓ 予防法の条文に照らし合わせ評価する？
- ✓ 人間が行う操船に限りなく近ければ安全？

# 自動避航操船と海上衝突予防法との対応に関する考え方（提案）

- ✓ 現在の海技者が慣れ親しんでいる**予防法を大きく変える必要はない**
- ✓ 自動避航を行う船舶が予防法に定める航法を人間の操船と同様に全ての条文を満足しながら航海することは容易ではない（**予防法には曖昧な表現が多い**）
  –そのようなシステムを開発することは安全を確保する視点から合理的ではない
- ✓ 例えば**予防法17条保持船の「最善の協力動作」**を取らなければならないと云う規定を自動航行システムに組込むことは合理的ではなく、**このような規定が適用されること自体が極めてリスクの高い状態** 38条「切迫した危険のある特殊な状況」 39条「船員の常務」においても同様

# 自動避航操船と海上衝突予防法との対応に関する考え方（提案）

- ✓ 予防法で定められる**航法規定が適用される前**に**リスクを回避**する（全ての船舶との衝突リスクを軽減する）
- ✓ **保持船にならない**よう**前広にリスクを軽減**する

- ✓ 自動避航システムの**安全性評価**にあたっては
  **「相手船に不安を与えない」** ⟸
- ✓ 遭遇する他船が自動避航を行う自船を見落としていても、自船は一般的に保持船と判断される以前からリスク軽減の動作を取ることが必要

# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案

- ✓ 自動避航操船と海上衝突予防法との対応に関する考え方で述べた安全性を評価（認証）するため

- ✓ 「相対距離」、「相対方位変化率」、「船首航過」、「船尾航過」「航過方向」、「見合い関係」等を考慮した「評価領域図」による減点方式による客観的評価手法を提案する

- ✓ 「相手船舶に不安を与えず」、リスクを前広に軽減する、保持船とならない操船を客観的に評価する手法を提案する

# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案

## 評価領域図の提案

「相対距離」「方位変化率」による評価

他船との遭遇状況

① 反航 / 右からの横切り/船首航過

② 反航 / 右からの横切り/船尾航過

③ 左からの横切り/船首航過

④ 左からの横切り/船尾航過

⑤ 同航

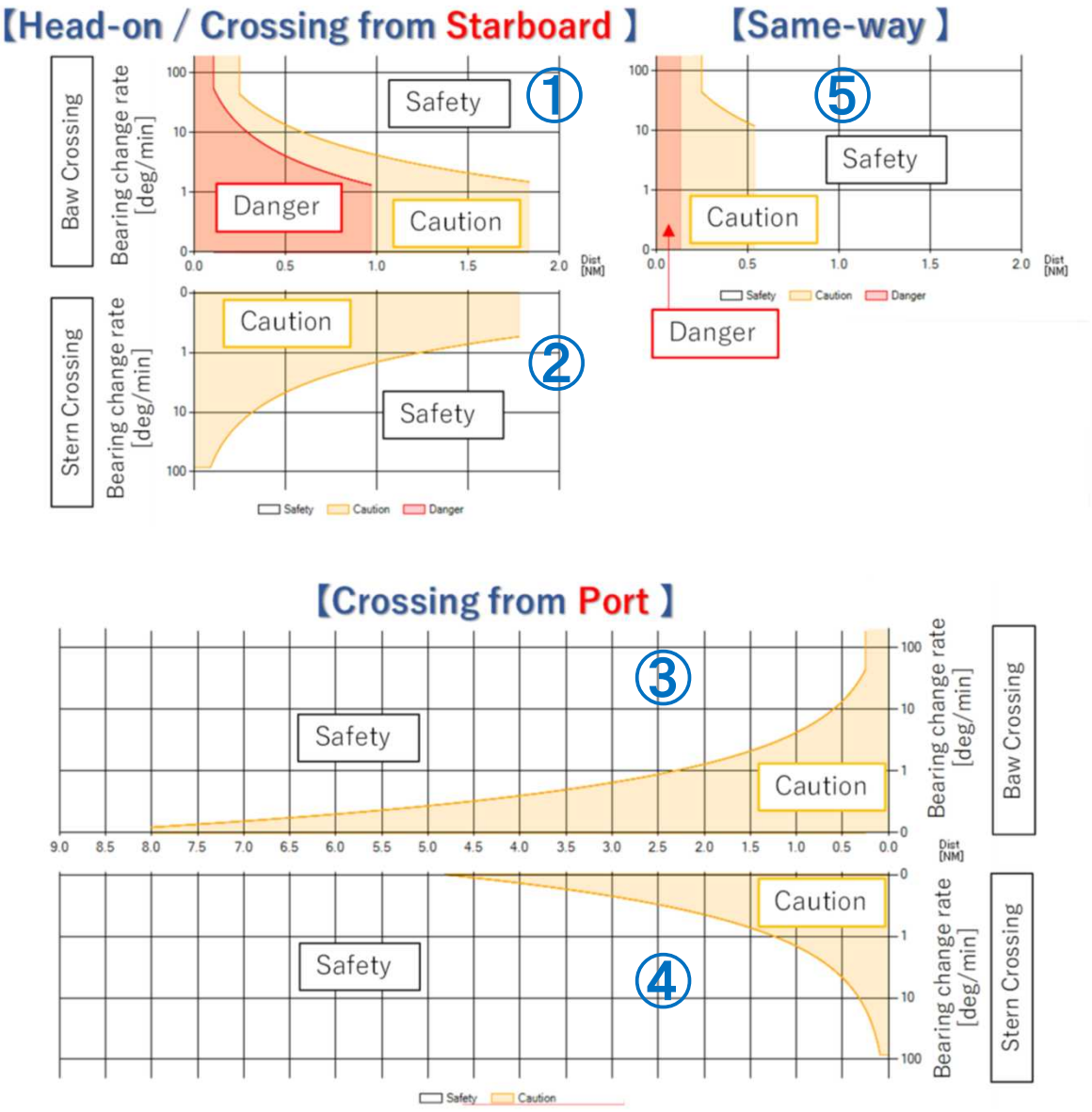
の5種類の評価領域図を提案

領域は

危険領域：許容できない領域（Danger：減点−2）

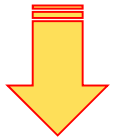
注意領域：自船が避航をしなければならない
あるいは他船に避航を期待する領域
「相手船に不安を与える領域」
（Caution：減点−1）

安全領域：許容できる領域（Safety：減点無し）



# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案
## -- 相手船に不安を与えない/与える 操船 --

- ✓ 人間が操船する相手船に不安を与えない避航操船を実現する必要あり
- ✓ 提案した評価領域図で減点なし（注意領域、危険領域に入らない）であれば
  → 相手船に不安を与えない
- ✓ 比較的シンプルな評価領域図であるが、減点なしであれば



相手船に不安を与えない　予防法適用前にリスク回避
→ 自動避航システムの安全性評価・認証のものさしとなり得る

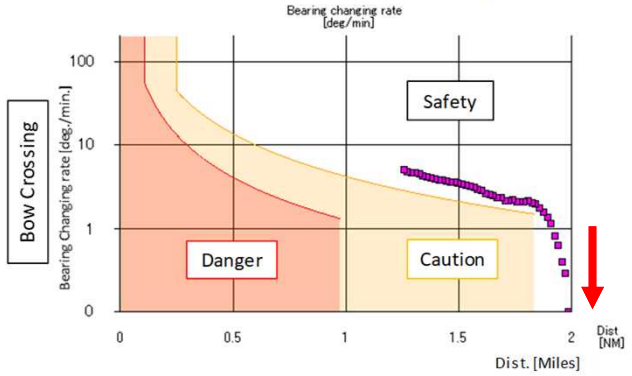
# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案
## -- 相手船に不安を与えない/与える 操船 --

自船からの視点

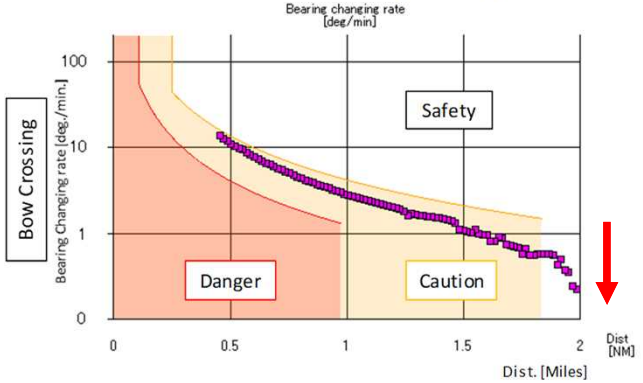
他船からの視点

Time
0:30

[Head-on / Crossing Situation]




[Head-on / Crossing Situation]



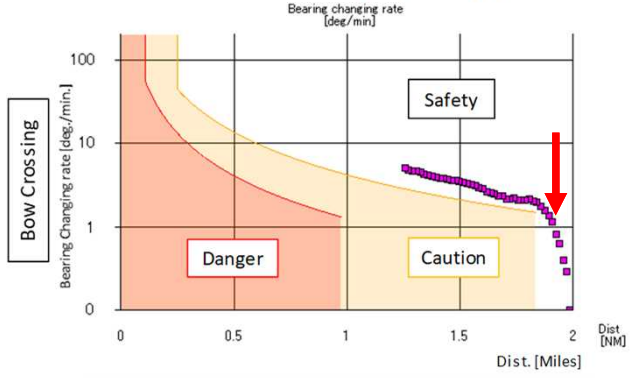
# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案
## -- 相手船に不安を与えない/与える 操船 --

自船からの視点

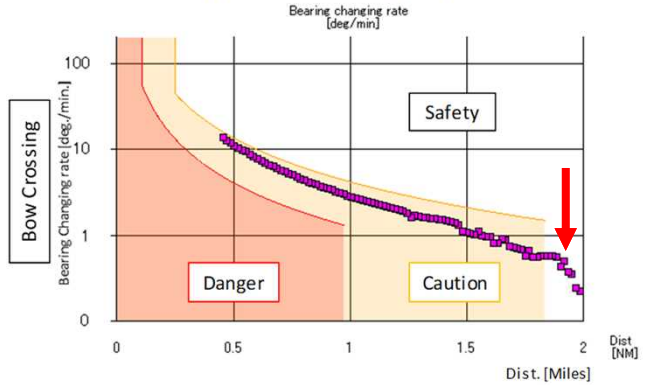
他船からの視点

Time
1:00

[Head-on / Crossing Situation]




[Head-on / Crossing Situation]



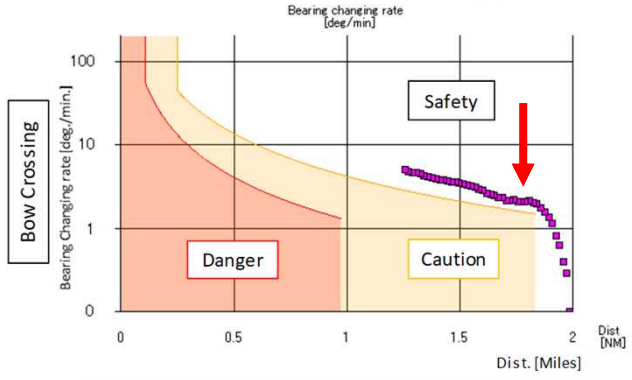
# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案
## -- 相手船に不安を与えない/与える 操船 --

自船からの視点

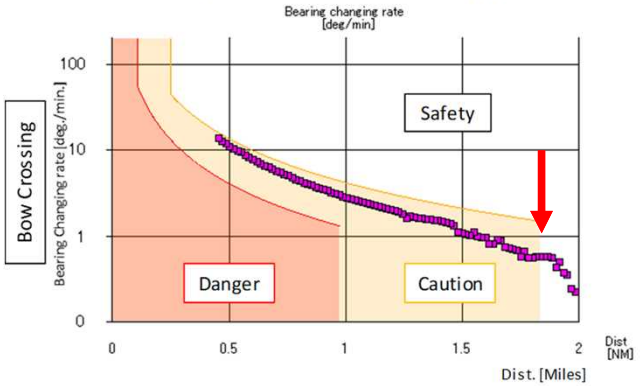
他船からの視点

Time
1:30

[Head-on / Crossing Situation]




[Head-on / Crossing Situation]



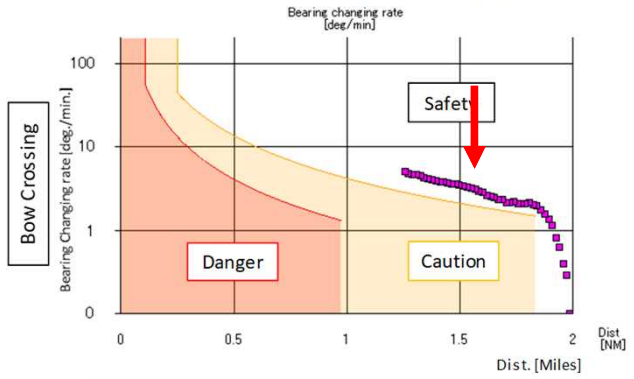
# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案
## -- 相手船に不安を与えない/与える 操船 --

自船からの視点

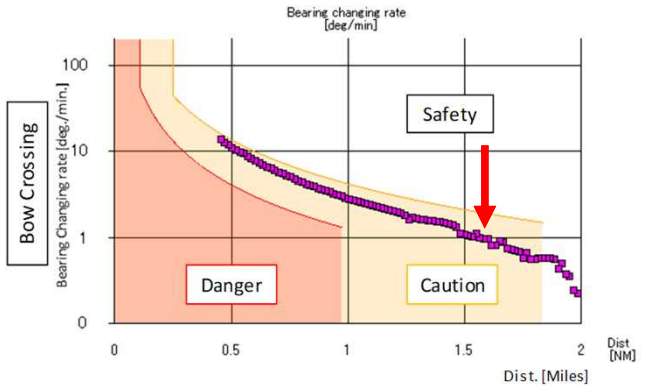
他船からの視点

Time
2:00

[Head-on / Crossing Situation]




[Head-on / Crossing Situation]



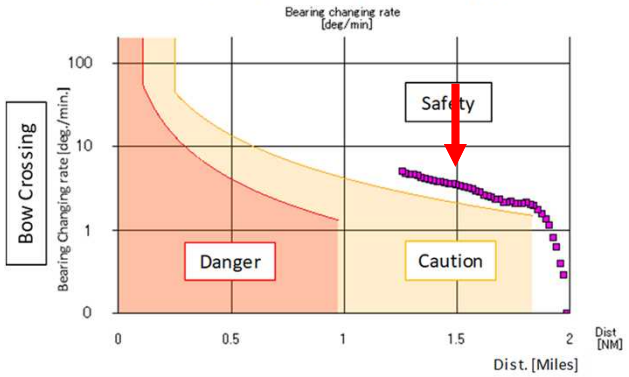
# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案
## -- 相手船に不安を与えない/与える 操船 --

自船からの視点

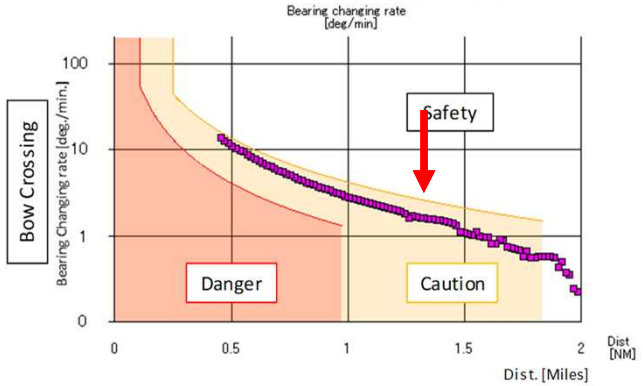
他船からの視点

Time
2:30

[Head-on / Crossing Situation]




[Head-on / Crossing Situation]



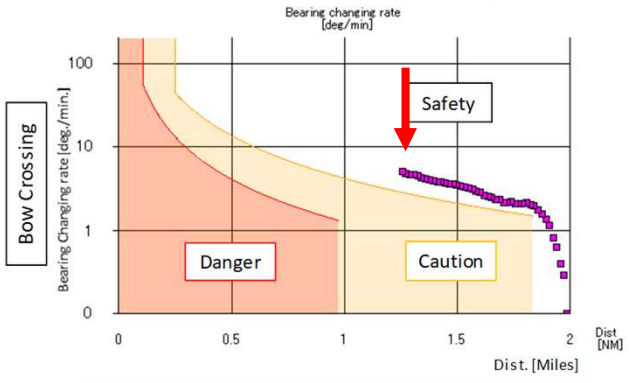
# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案
## -- 相手船に不安を与えない/与える 操船 --

自船からの視点

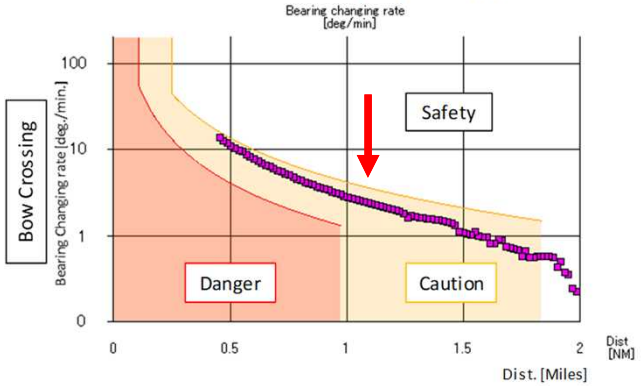
他船からの視点

Time
3:00

[Head-on / Crossing Situation]




[Head-on / Crossing Situation]



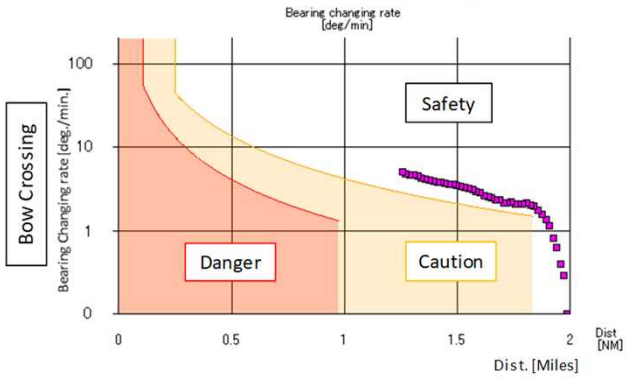
# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案
## -- 相手船に不安を与えない/与える 操船 --

自船からの視点

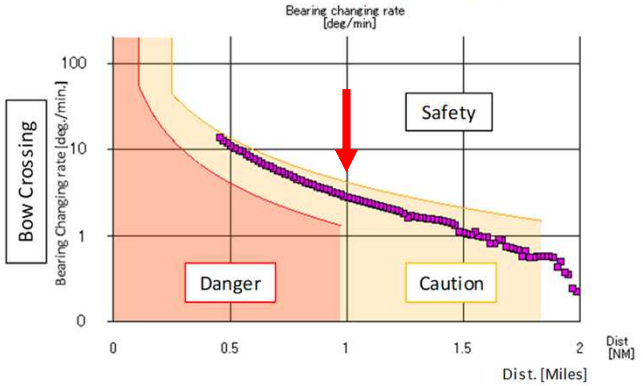
他船からの視点

Time
3:30

[Head-on / Crossing Situation]




[Head-on / Crossing Situation]



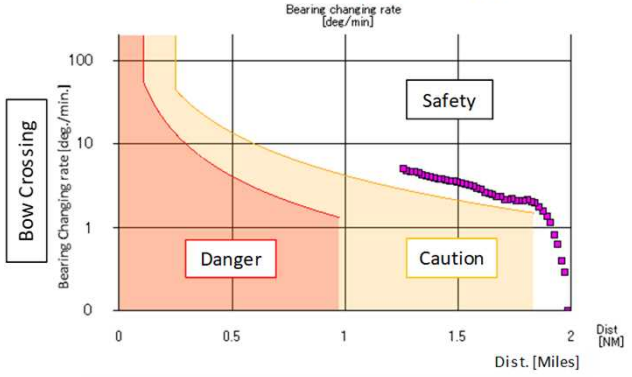
# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案
## -- 相手船に不安を与えない/与える 操船 --

自船からの視点

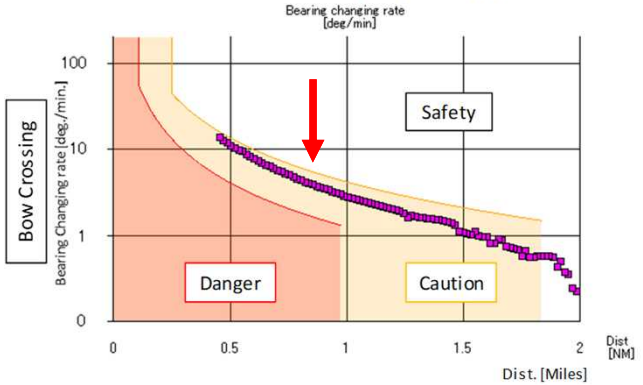
他船からの視点

Time
4:00

[Head-on / Crossing Situation]




[Head-on / Crossing Situation]



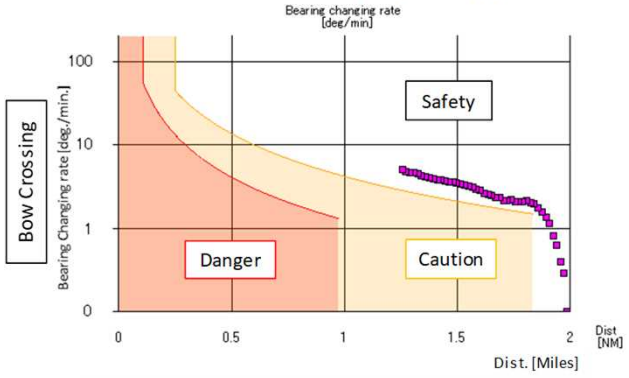
# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案
## -- 相手船に不安を与えない/与える 操船 --

自船からの視点

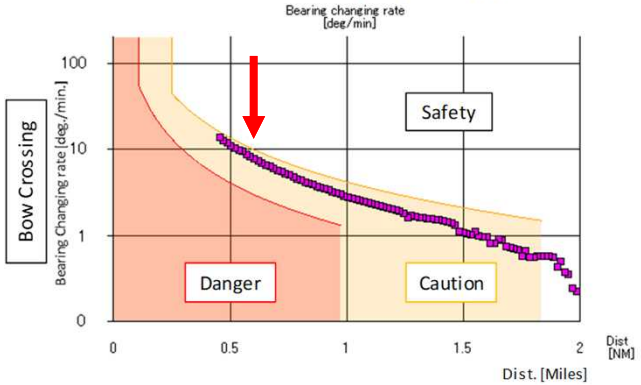
他船からの視点

Time
4:30

[Head-on / Crossing Situation]




[Head-on / Crossing Situation]

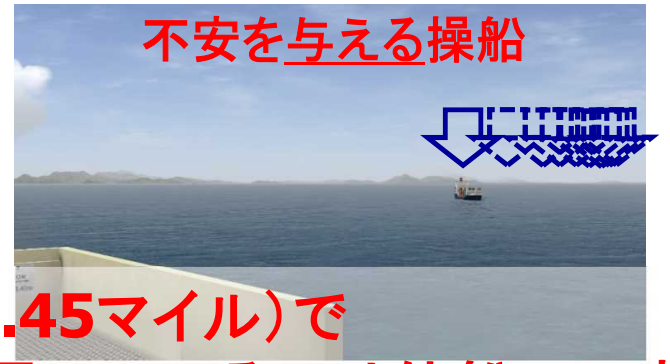


# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案
## -- 相手船に不安を与えない/与える 操船 --

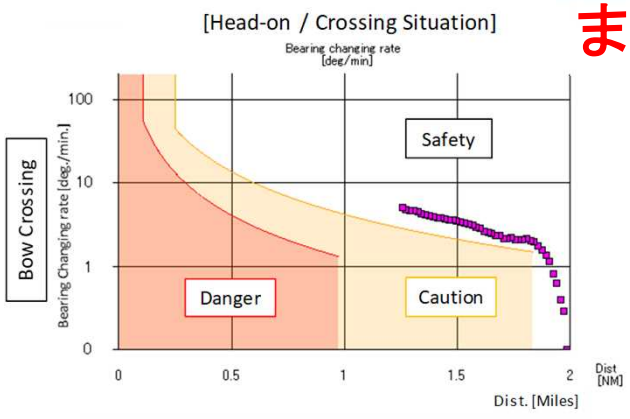
自船からの視点

他船からの視点

Time
5:00




この時点（0.45マイル）で
まだ右舷を見せているのは他船に不安を与える



# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案
## -- 相手船に不安を与えない/与える 操船 --

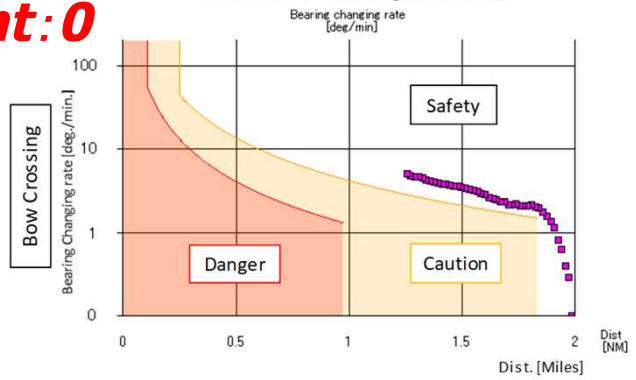
自船からの視点

他船からの視点

Time
6:00

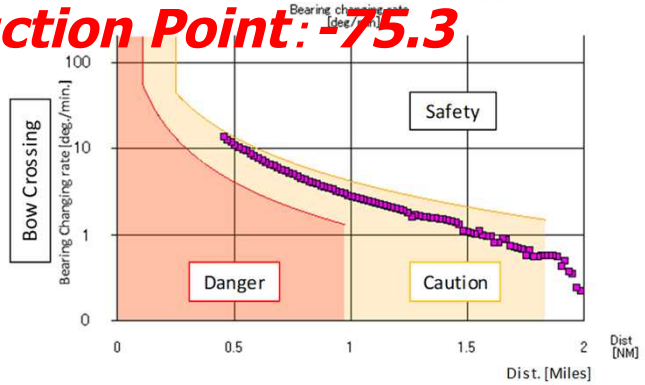
[Head-on / Crossing Situation]

**Deduction Point : 0**



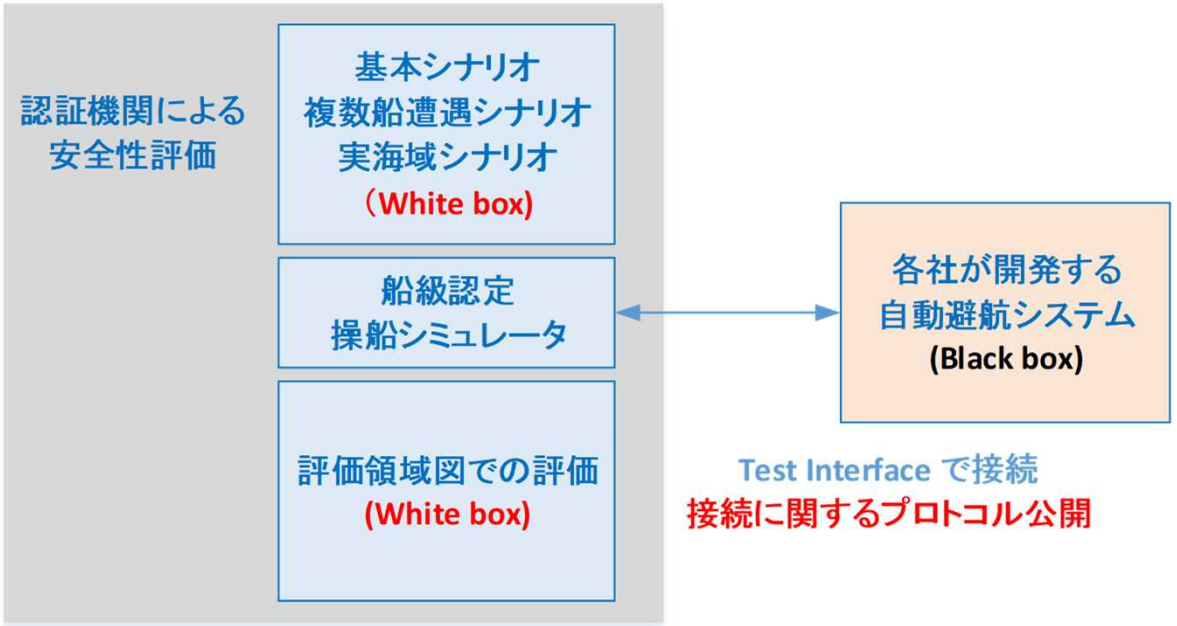

[Head-on / Crossing Situation]

**Deduction Point : -75.3**



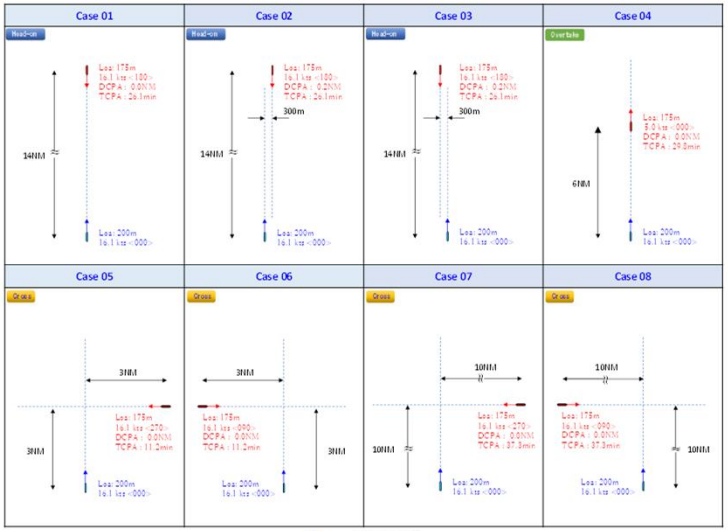
# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案

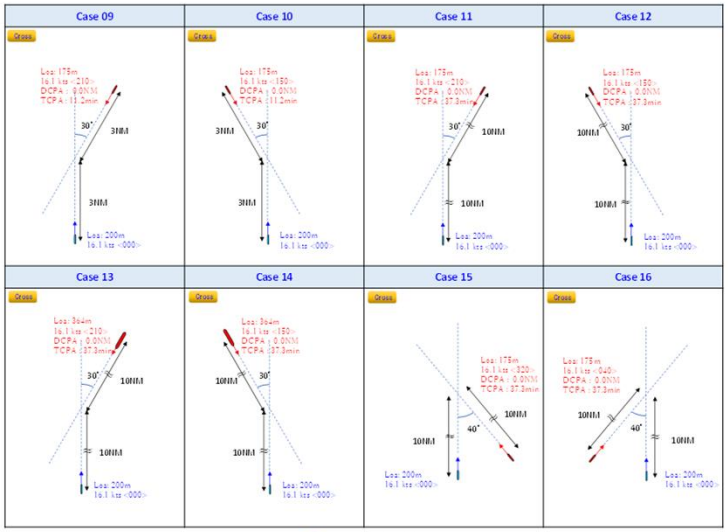
- ✓ 基本シナリオ（20）＋複数船遭遇シナリオ（3）＋実海域シナリオ（2）にて評価実験を実施
- ✓ 全て安全領域（減点なし）であれば可
- ✓ 船級認定の操船シミュレータに自動避航システムを接続し安全性評価
  → 安全性認証へ　リスクアセスメントの一部（自動避航機能）として

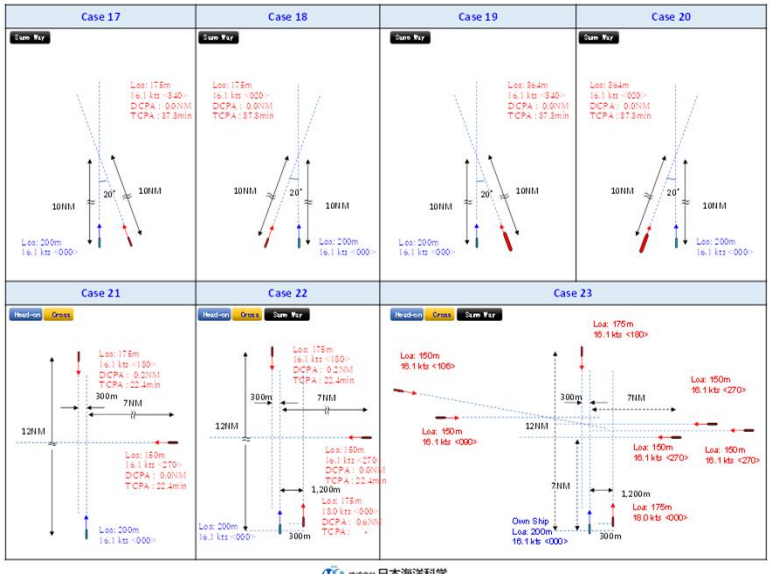


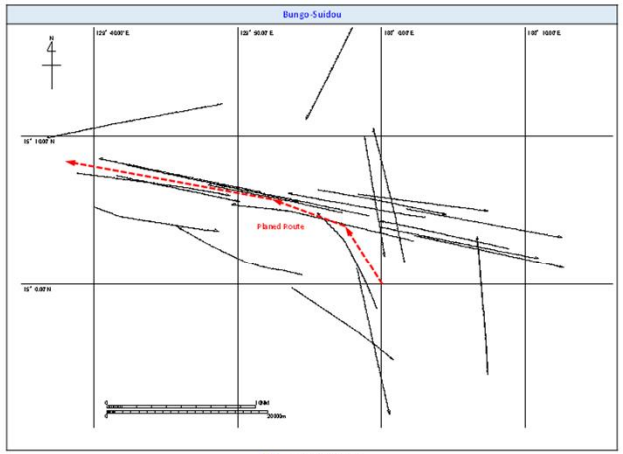
# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案

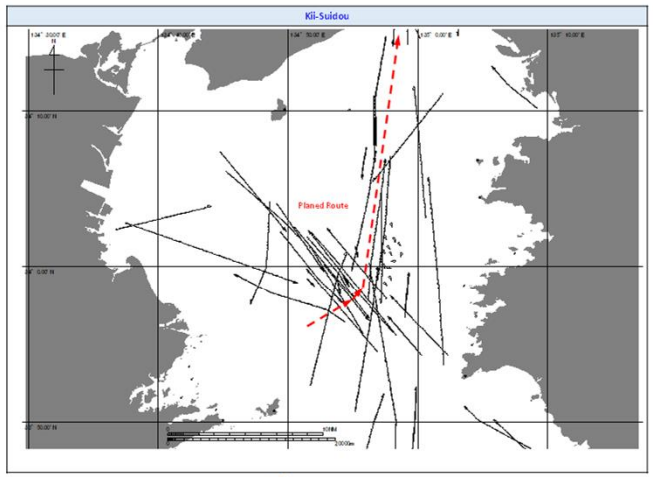
## 基本シナリオ（20）＋複数船遭遇シナリオ（3）＋実海域シナリオ（2）にて評価実験を実施



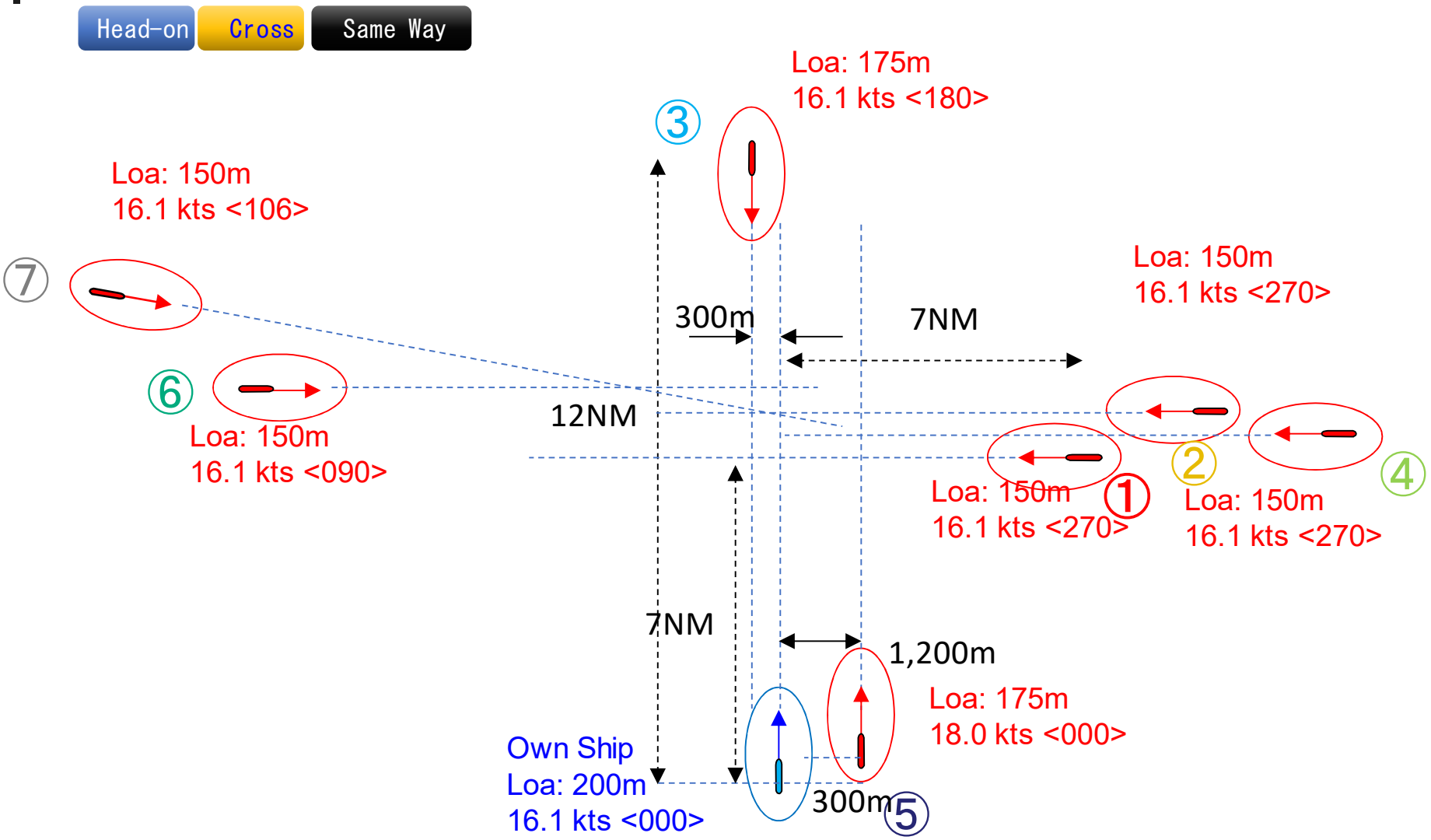



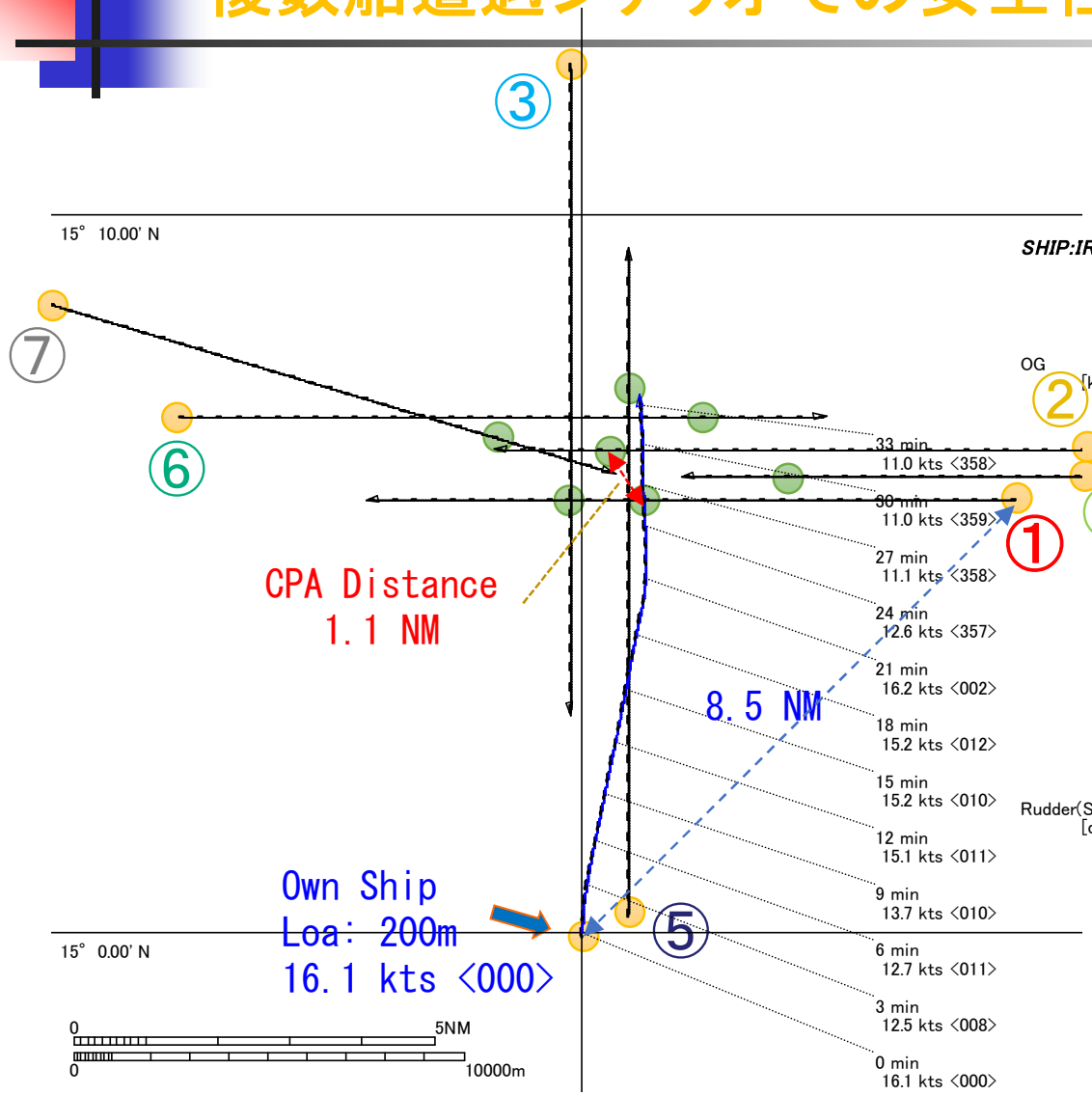
# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案

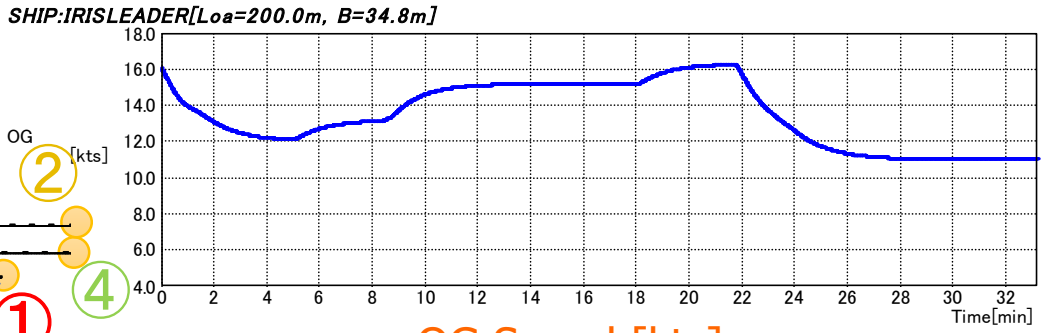
## 複数船遭遇シナリオでの安全性評価結果例



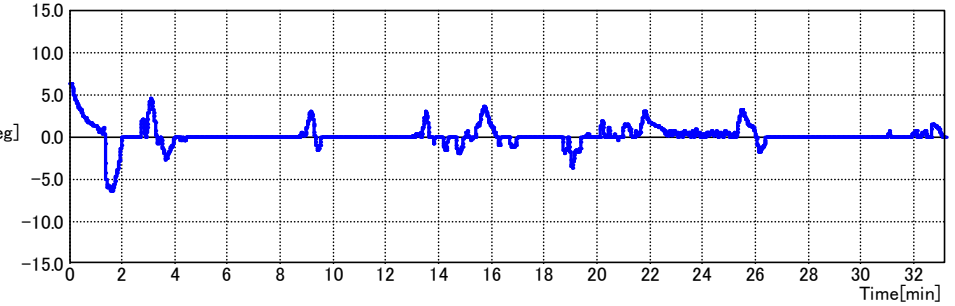
# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案

## 複数船遭遇シナリオでの安全性評価結果例




OG Speed [kts]

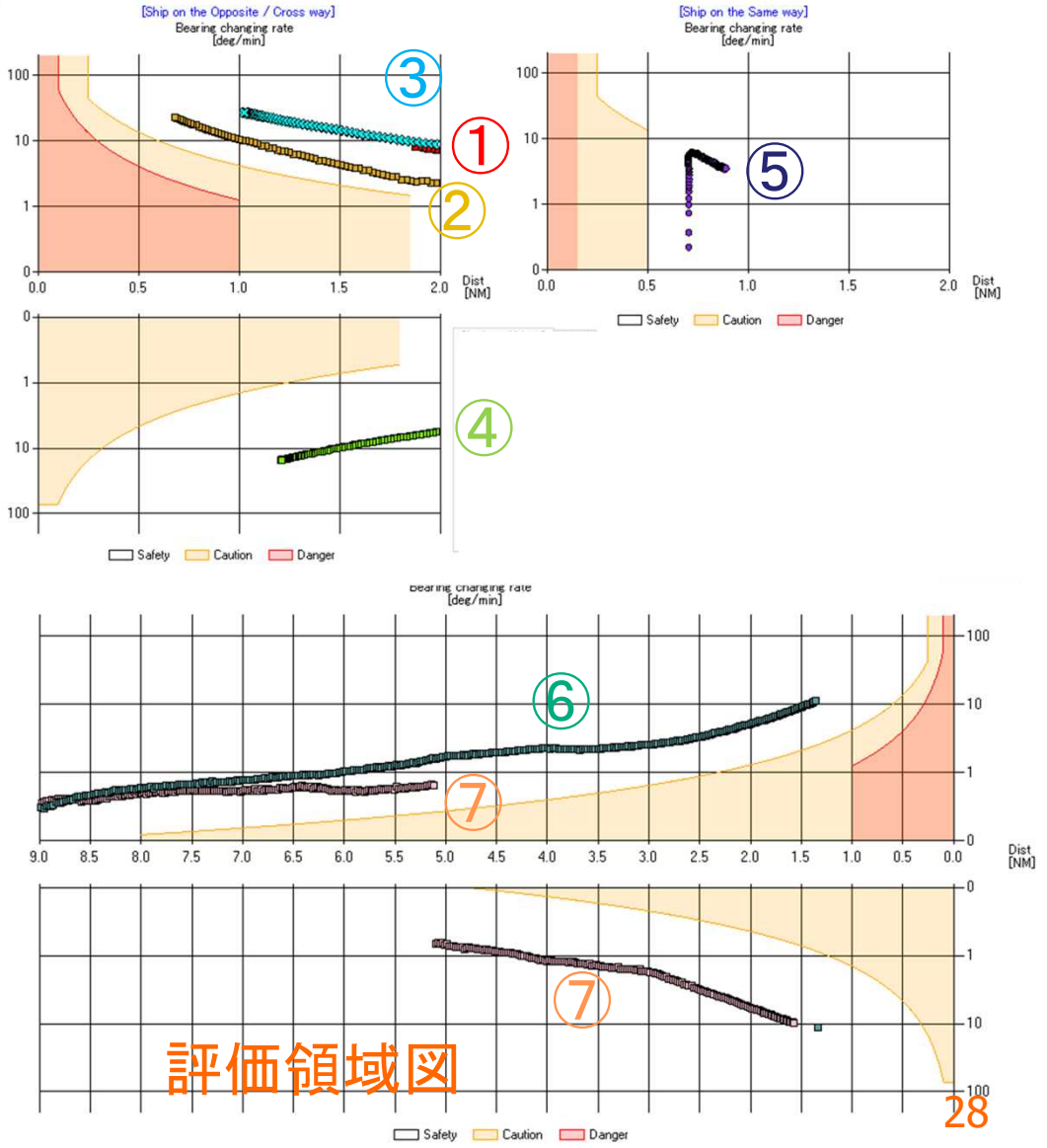



Rudder [deg.]

# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案

## 複数船遭遇シナリオでの安全性評価結果例

相対航跡図

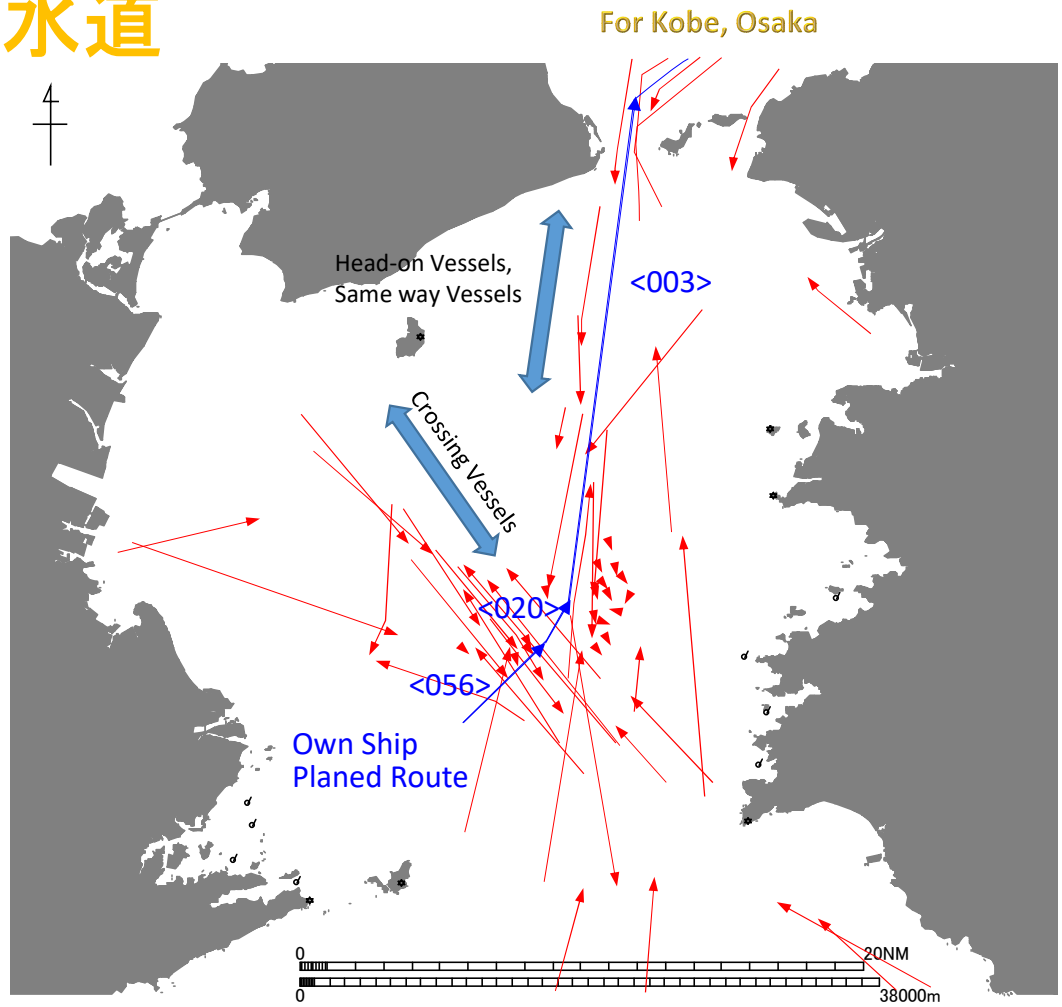



評価領域図

# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案

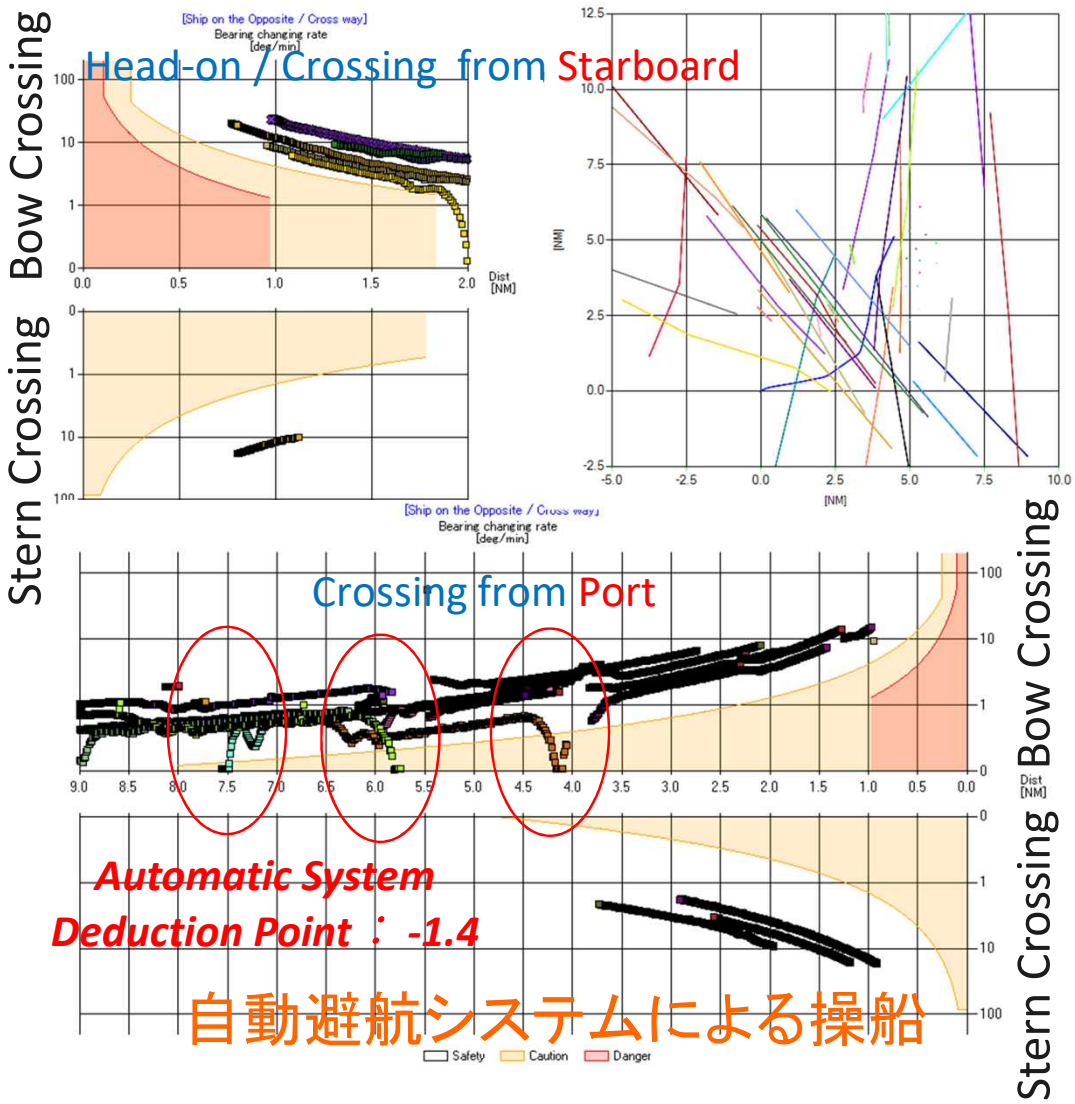
## 実海域データでの安全性評価結果例

✓ 紀伊水道

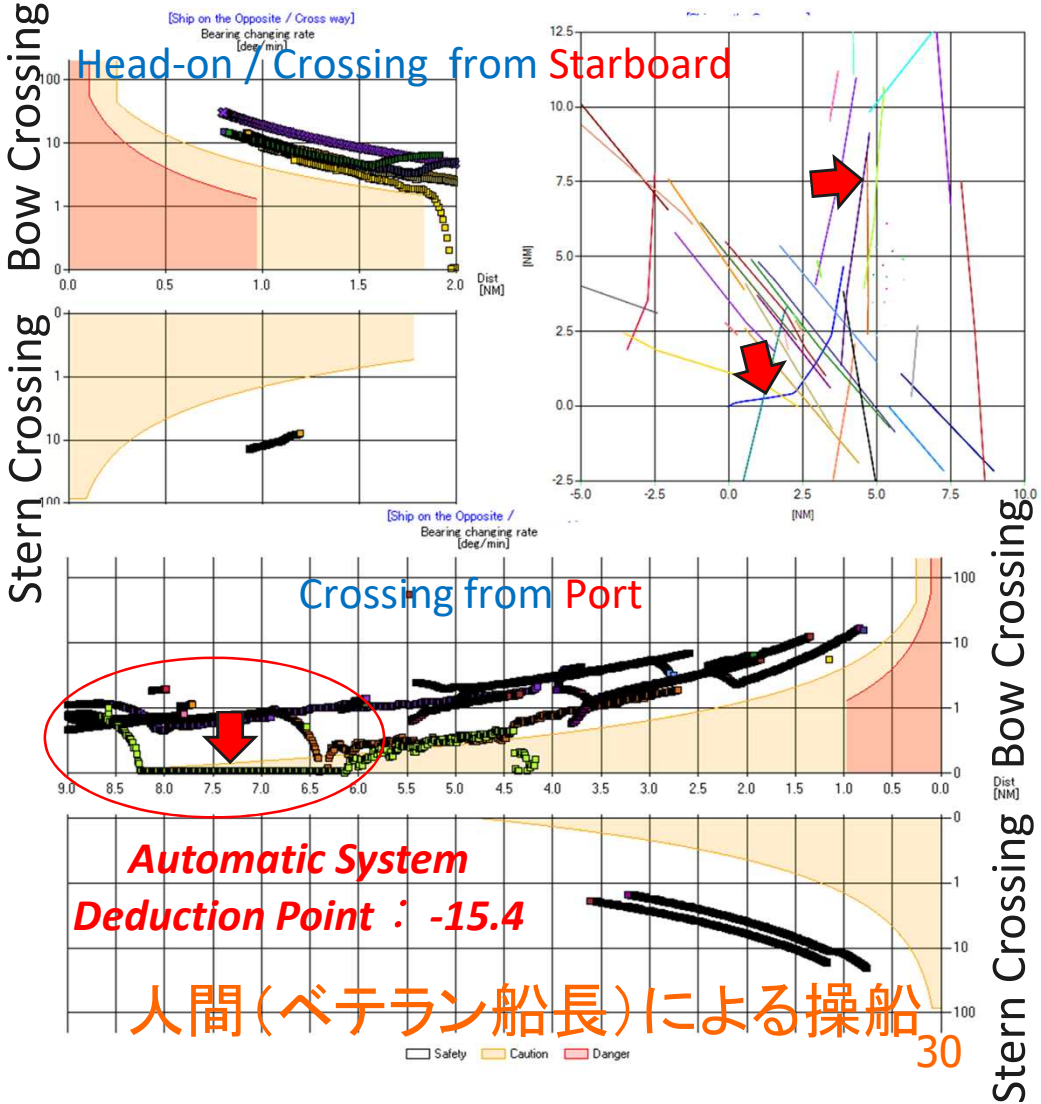


# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案

## 実海域データでの安全性評価結果例




自動避航システムによる操船




人間（ベテラン船長）による操船

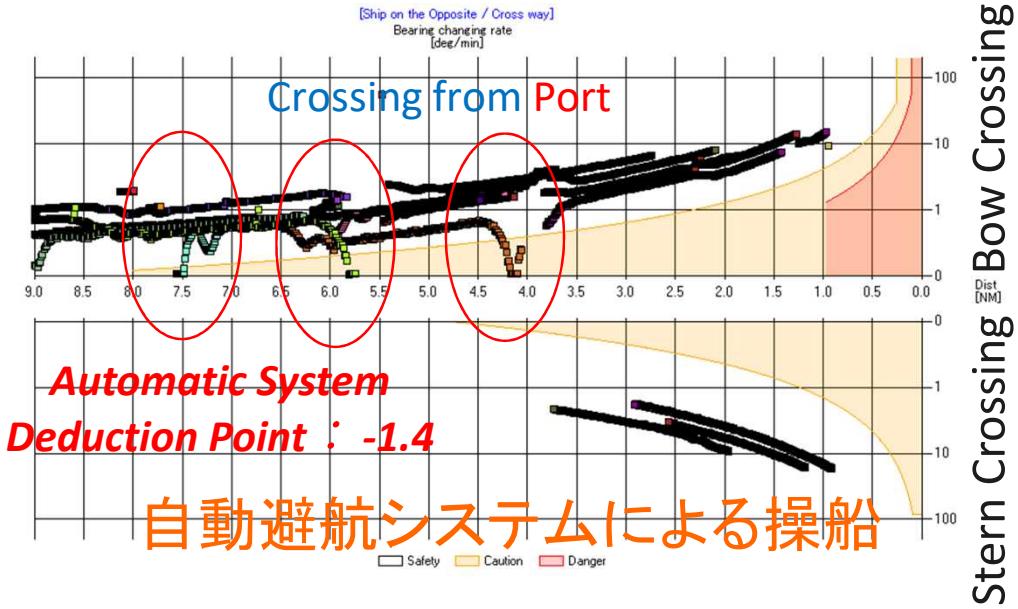
# 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての提案

## 実海域データでの安全性評価結果例

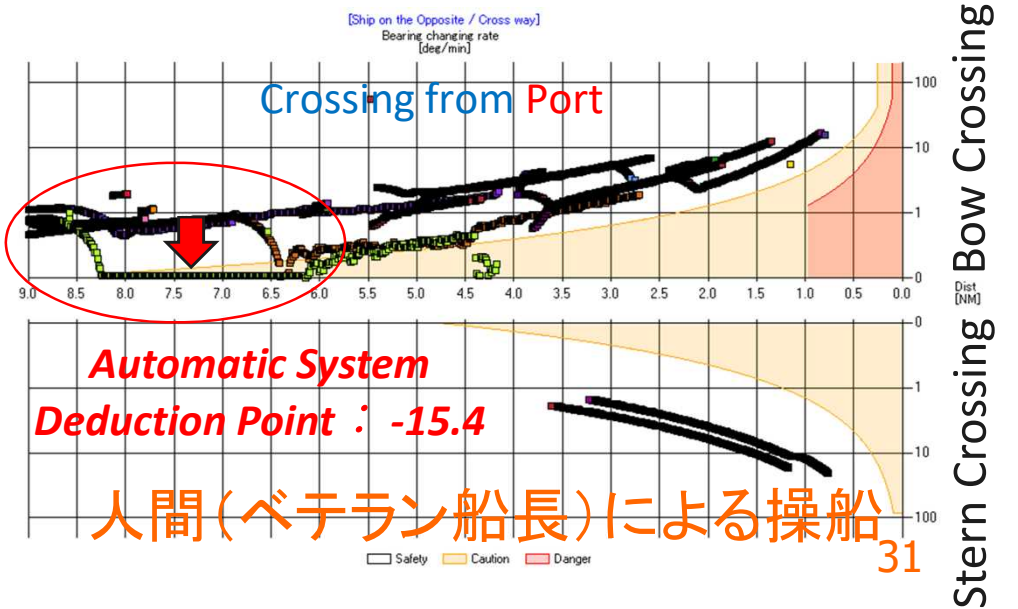
- ✓ 人間（ベテラン船長）は予防法に従った臨機応変な対応が可能
（右舷からの横切り船舶を避航中に左舷から自船が保持船となる8マイル先の他船を認識していなくとも対応可能）

- ✓ 提案された自動避航システム（実船による実証実験に使用されたシステム）は
見落としがなく、人間以上に前広なリスク回避が可能

- ✓ 提案された**評価領域図はこのような人間とシステムの違いの特徴を評価することが可能**




自動避航システムによる操船




人間（ベテラン船長）による操船

# 結言

- ✓ 望ましい自動避航システムは、予防法に定める「保持船」となる前にリスクを低減させるべきであると云う考え方を提言した
- ✓ 望ましい自動避航システムの安全性評価・認証に向けての評価方法（評価領域図による減点方法）を提案した
  - ✓ 評価のポイントは人間が操船する相手船に不安を与えない避航操船
  - ✓ 前広にリスク低減
- ✓ 自動避航システムの安全性評価・認証に向けての具体的評価例を紹介した
- ✓ 尚、最初に紹介した自動避航システムの実船による実証実験は、要素技術の検証は行えたものの、更なる検証（評価領域図で減点とならない、相手船に不安を与えない操船であること）を実船で継続的に実証していく必要がある