



推薦航路による安全性評価の ための要素技術の開発

- 三宅里奈・伊藤博子（海洋リスク評価系）
齊藤詠子（知識・データシステム系）



社会情勢

地球温暖化対策の推進:

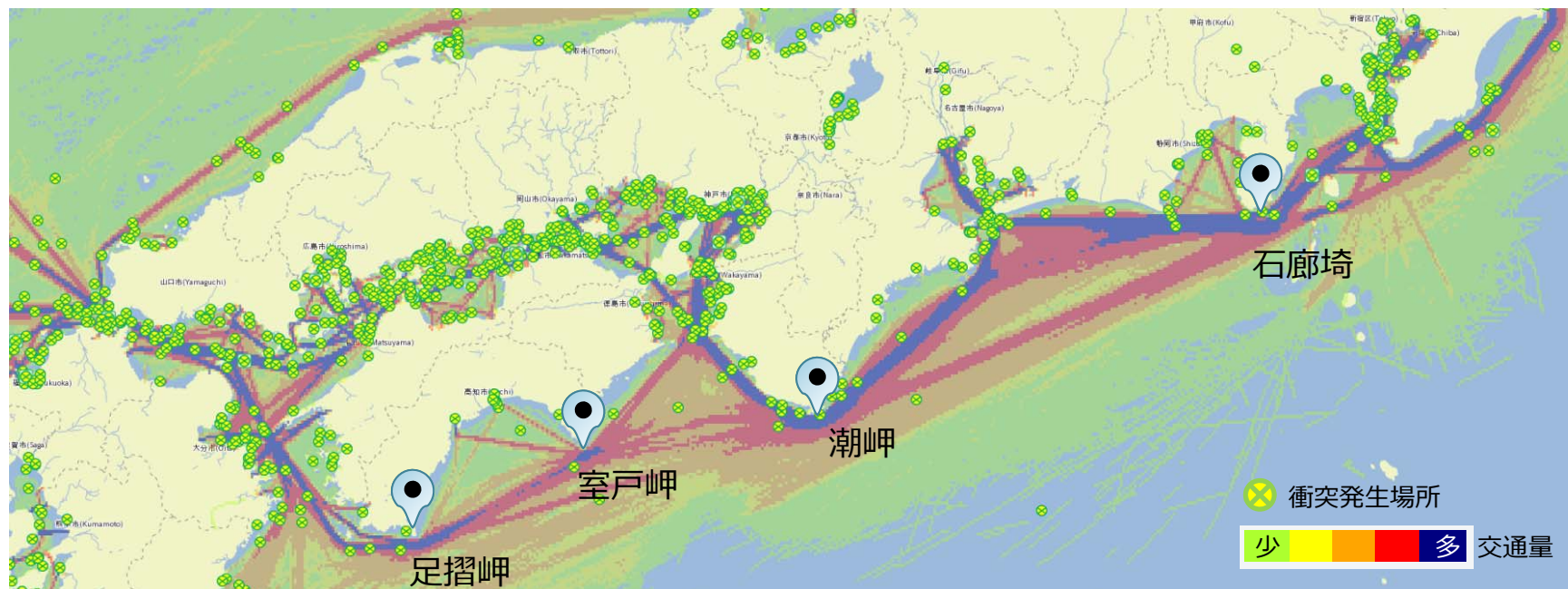
海上活動の多様化、活発化の要求（洋上風力発電など）

事故

船舶交通量の多い海域で事故が多発:

準ふくそう海域=重大海難が発生する蓋然性が高い

準ふくそう海域：ふくそう海域を結ぶ東京湾湾口～石廊埼沖～伊勢湾湾口～潮岬沖～室戸岬沖～足摺岬沖の各海域を経て瀬戸内海に至る海域



交通密度分布と衝突発生場所（2013.1以降）（運輸安全委員会 船舶事故ハザードマップより）



社会情勢

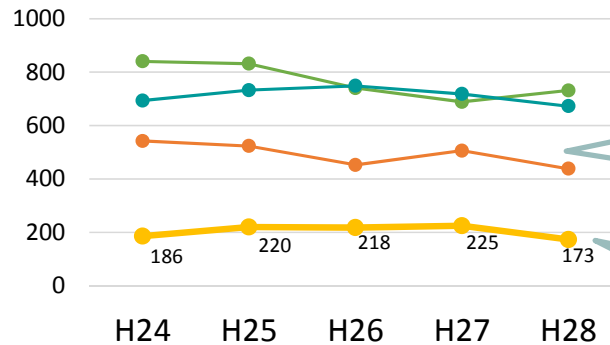
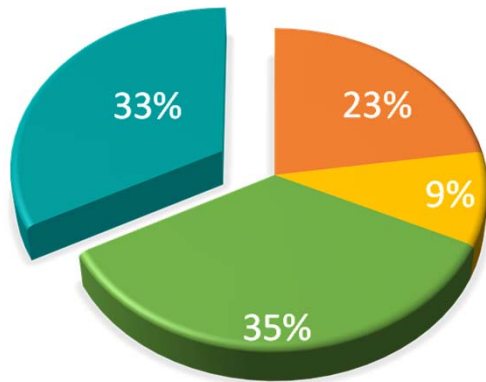
地球温暖化対策の推進:

海上活動の多様化、活発化の要求（洋上風力発電など）

事故

船舶交通量の多い海域で事故が多発:

準ふくそう海域=重大海難が発生する蓋然性が高い



ふくそう海域・港内の安全対策の拡充により事故隻数は減少傾向

準ふくそう海域では横ばい

■ ふくそう海域 ■ 準ふくそう海域 ■ 港内(関門港を除く) ■ その他海域

平成24～28年の海域別事故隻数の状況

(国土交通省：第9回船舶交通安全部会資料よりデータ使用)

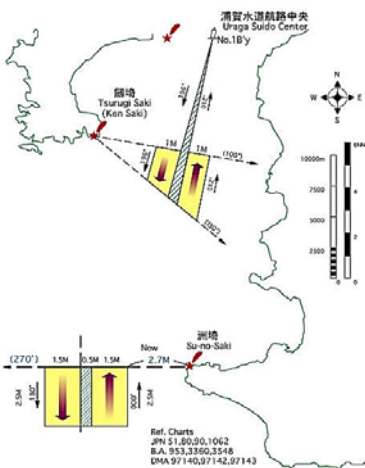
海上保安庁の第3次交通ビジョンの施策のひとつとして
準ふくそう海域の安全対策の構築

準ふくそう海域での安全対策の現況

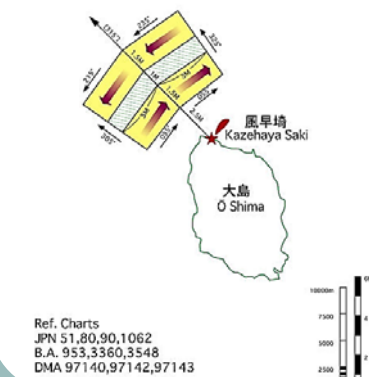


- 日本船長協会による自主分離通航方式とは
 - ◆ (一社)日本船長協会が自主的に設定、実施するもの
 - ◆ 法的拘束力はなく、海図への記載はない

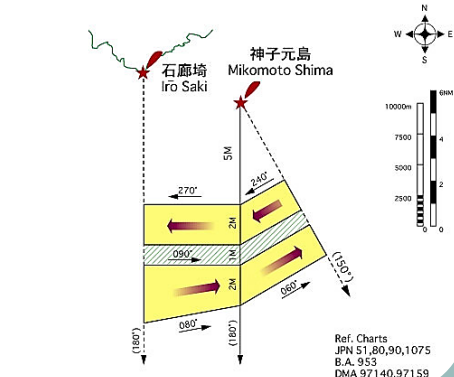
① 劔埼沖、洲崎沖



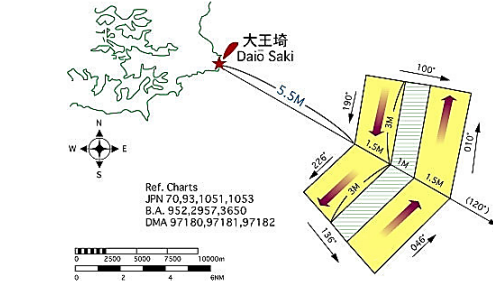
② 風早埼沖



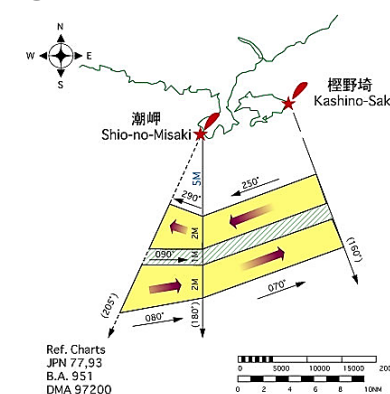
③ 神子元島沖



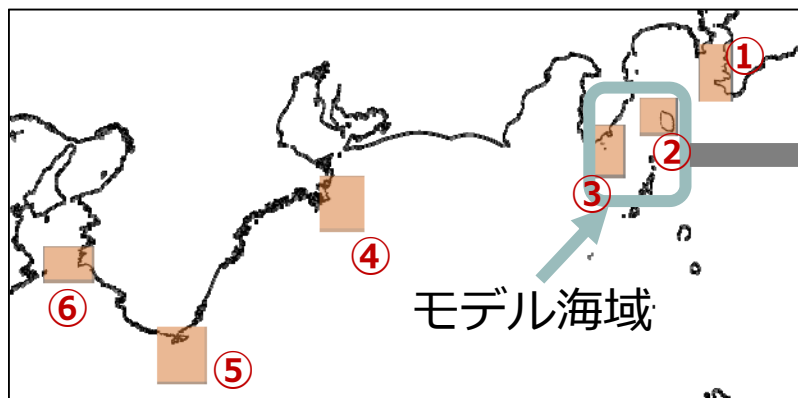
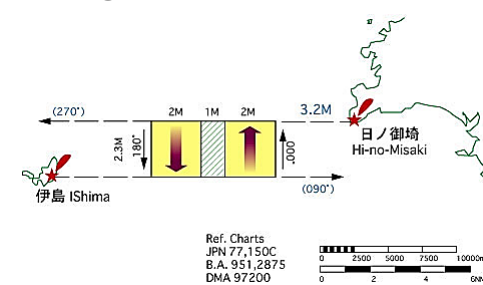
④ 大王埼沖



⑤ 潮岬沖



⑥ 日ノ御埼沖



(日本船長協会Webサイトより)

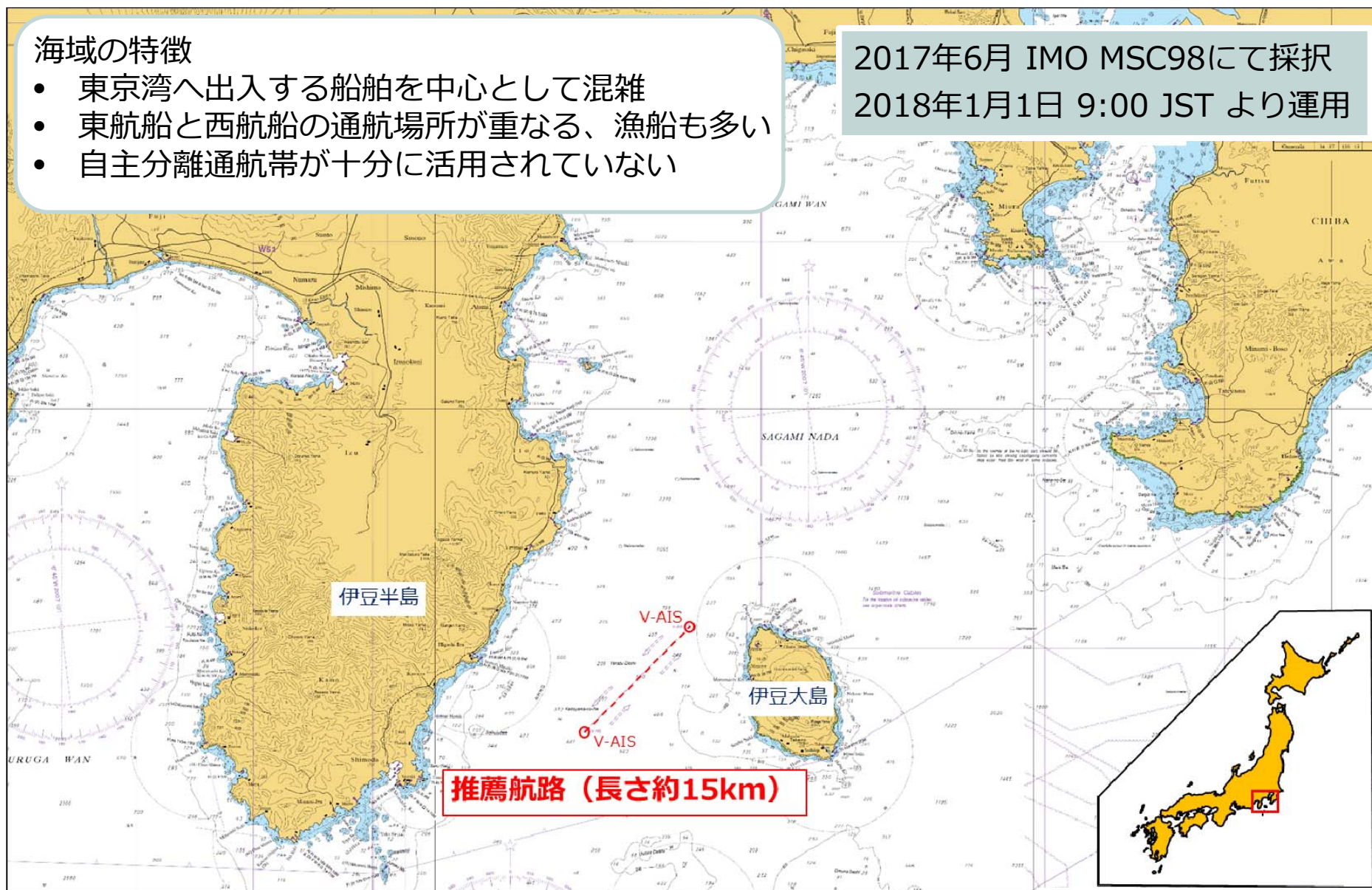
「伊豆大島西岸沖の推薦航路」の導入



海域の特徴

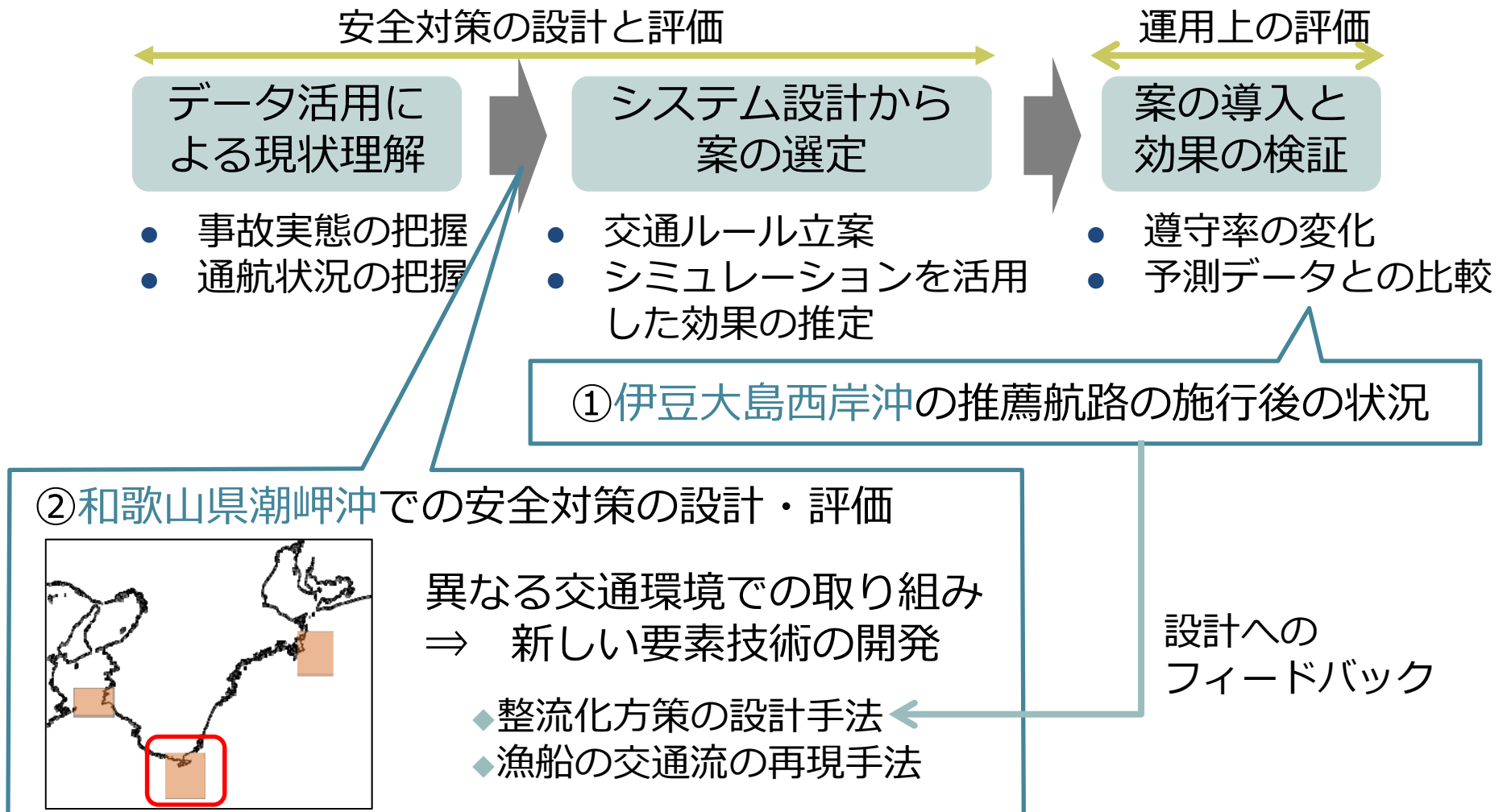
- 東京湾へ出入する船舶を中心として混雑
- 東航船と西航船の通航場所が重なる、漁船も多い
- 自主分離通航帯が十分に活用されていない

2017年6月 IMO MSC98にて採択
2018年1月1日 9:00 JST より運用



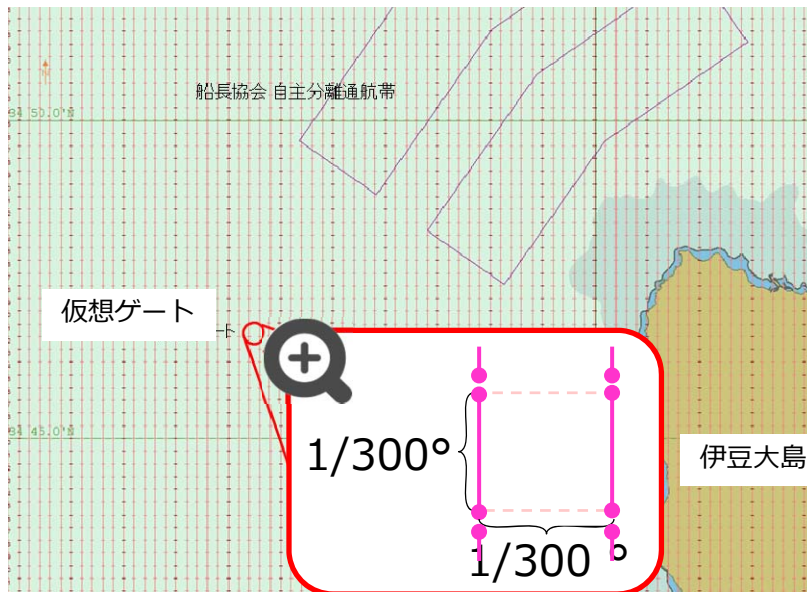


海上保安庁殿との共同研究による準ふくそう海域における船舶交通の安全対策構築の取り組み



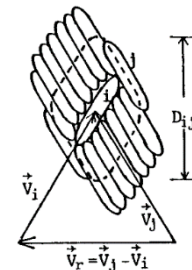


- 船舶がどれだけ他船と遭遇するか(反航船の遭遇頻度)

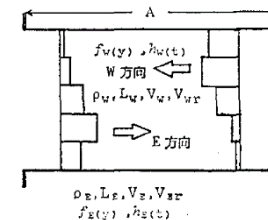


群*i, j* の船舶が相対速度 V_r , 交差部分の長さ D_{ij} で交差するとき、対象エリア S において、時間 T の間にこれらの群が遭遇する回数 (幾何学的衝突回数) N_{au} は、次式により計算される。(Fujii, 1984)

$$N_{au} = \rho_i \rho_j V_r D_{ij} S T$$



D_{ij} (Fujii, 1984)



反航船の遭遇 (松井, 985)

(Fujii, 1984) Yahei FUJII, Hiroyuki YAMANOUCHI and Takayuki MATUI: Survey on Vessel Traffic Management System and Brief Introduction to Marine Traffic Studies. (松井, 1985) 松井、藤井、山内: 海上交通事故の確率と危険度

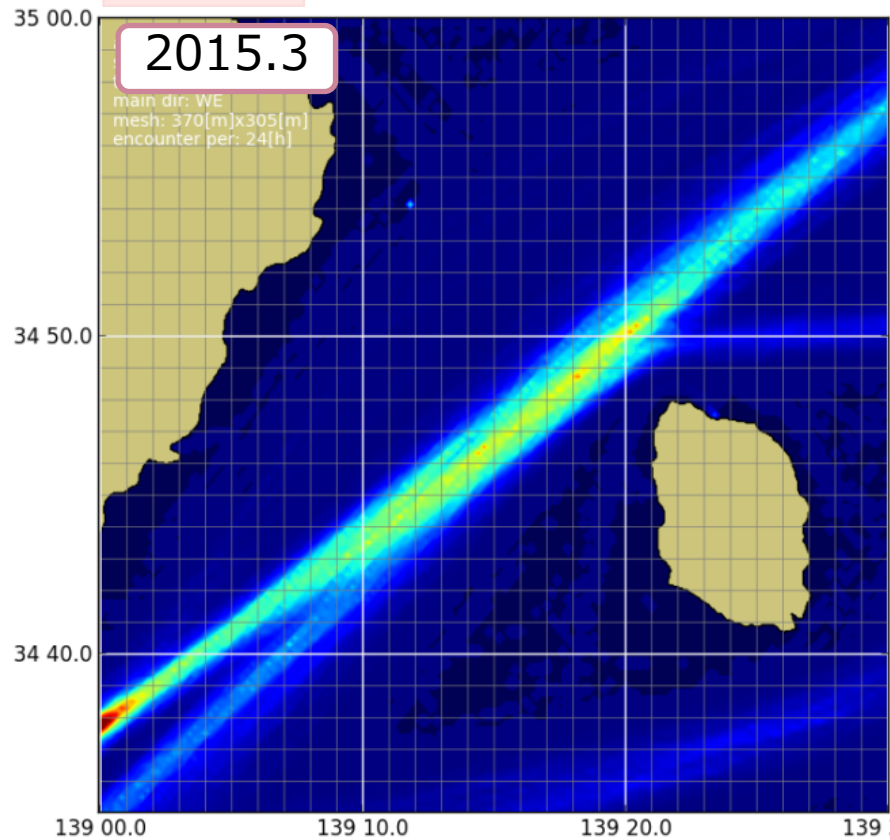
海域を細かいメッシュに区切ることにより
海域全体の遭遇頻度の分布を求める

伊豆西岸沖の推薦航路導入後の変化

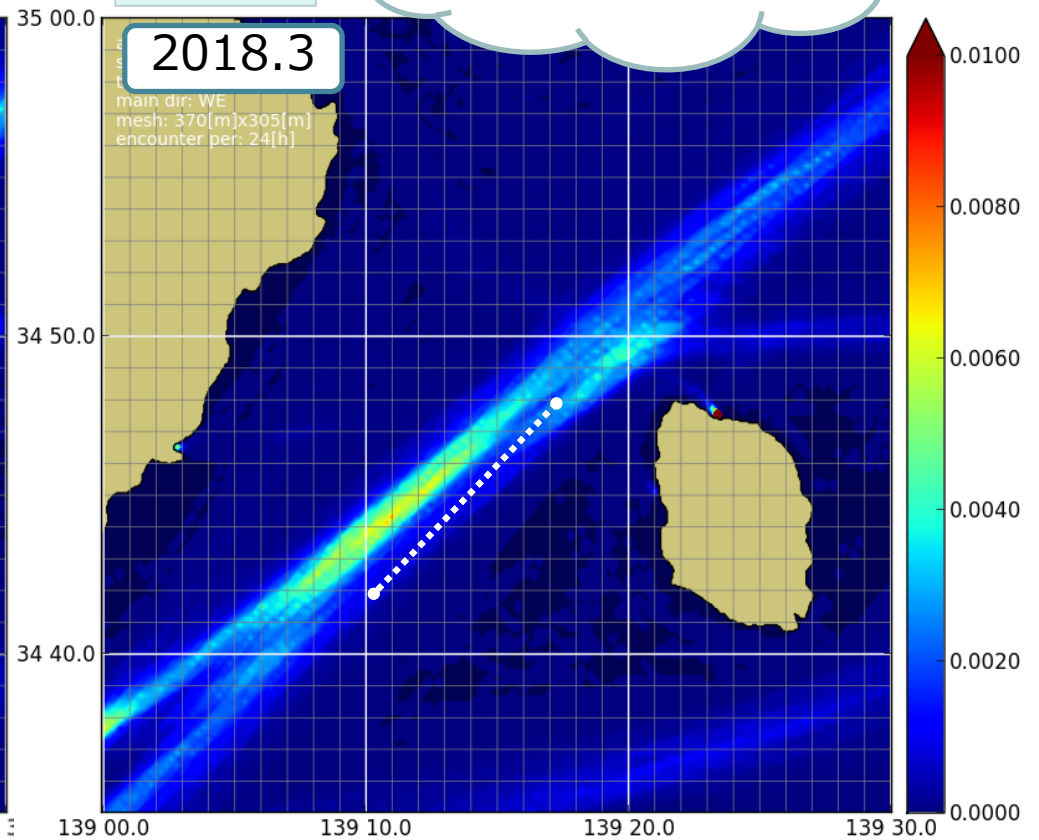


遭遇頻度による危険状況の把握

導入前

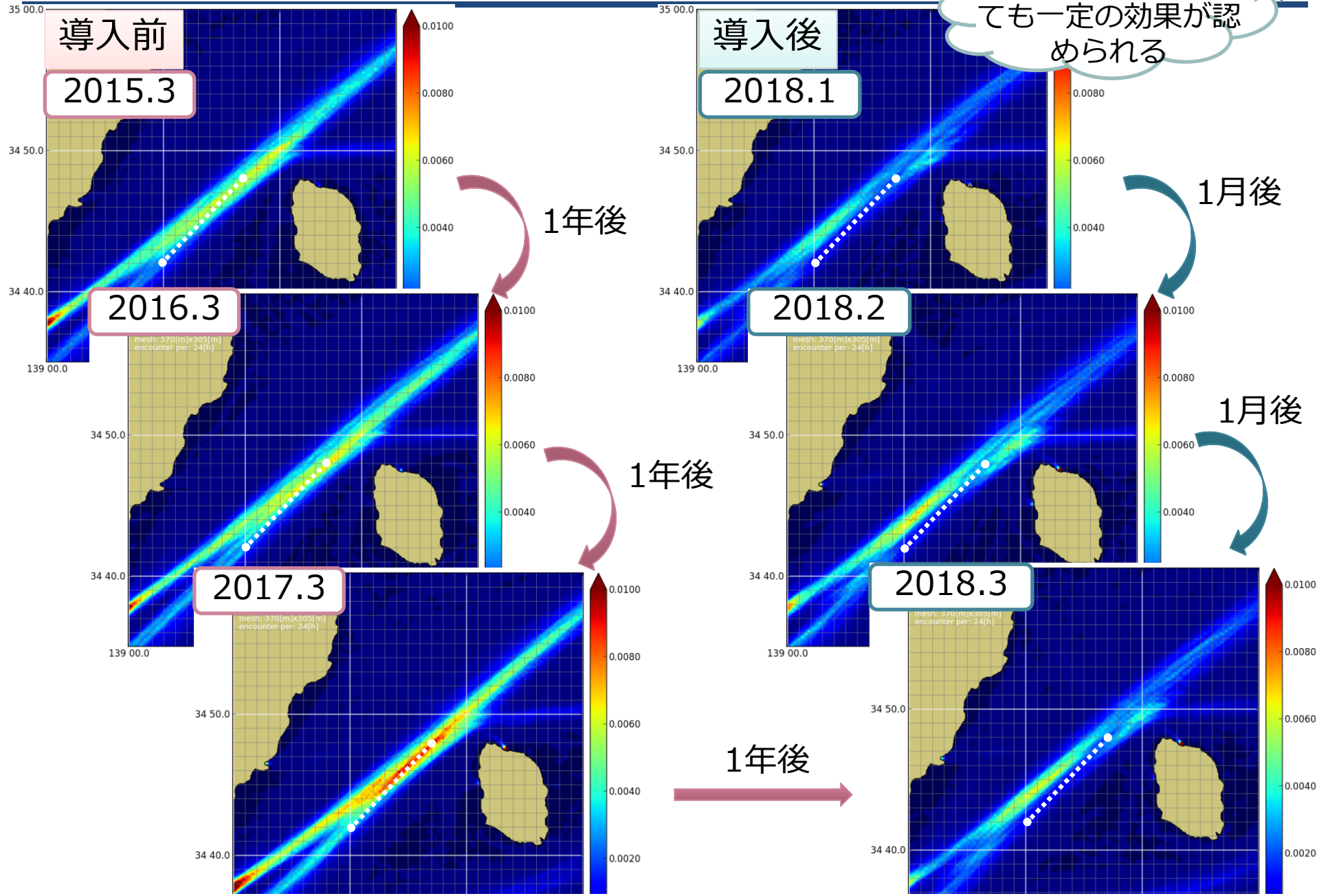


導入後



伊豆西岸沖の推薦航路導入後の変化

交通量の変動はあっても一定の効果が認められる



伊豆大島西岸沖の推薦航路の通航実態



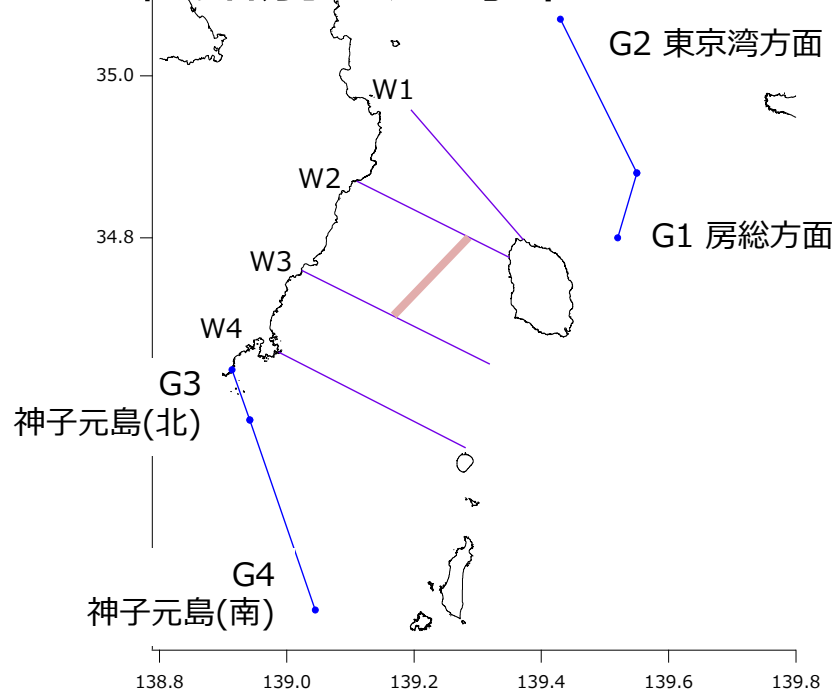
2018年3月のAISデータ分析より

● 推薦航路の遵守率※

東航 51.1%、西航 92.8%、両方向72.6%

※遵守率は、推薦航路入り口で右側通航した船舶数を元に算出
(海技研調査による)。

● 経路別の遵守率※



東航OD	遵守率	隻数
G3(神子元島(北))⇒G1(房総)	13.4%	202
G3(神子元島(北))⇒G2(東京湾)	13.7%	1,143
G4(神子元島(南))⇒G1(房総)	90.3%	62
G4(神子元島(南))⇒G2(東京湾)	88.6%	1,280

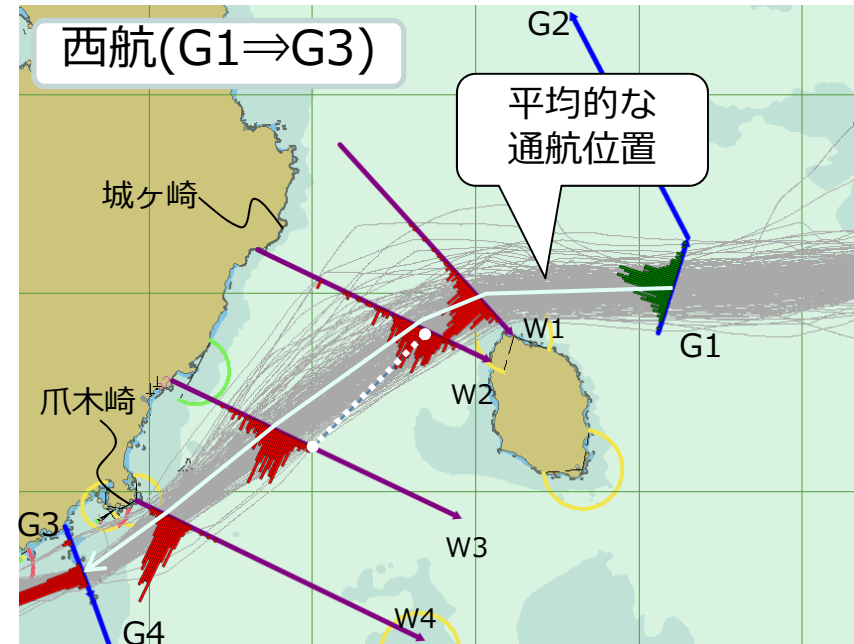
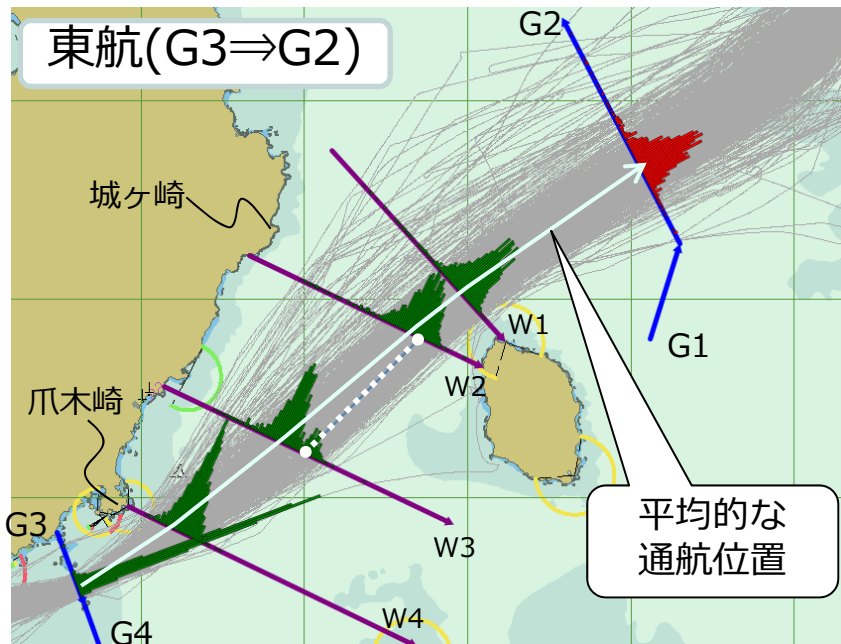
西航OD	遵守率	隻数
G1(房総)⇒G3(神子元島(北))	58.9%	263
G1(房総)⇒G4(神子元島(南))	50.0%	30
G2(東京湾)⇒G3(神子元島(北))	99.7%	1,208
G2(東京湾)⇒G4(神子元島(南))	94.3%	1,357

整流化方策の設計手法へのフィードバックへ



遵守率通航位置分布の分析

- 経路は、基本的に推薦航路の前後での変針点を1本に結ぶ線で構成
- 推薦航路の入り口では、左側・右側通航で二山の分布形状
- 推薦航路の出口での分布は、右側通航寄りに移動



導入前の通航位置からの変移量および変針点の数が推薦航路の遵守率に大きく影響

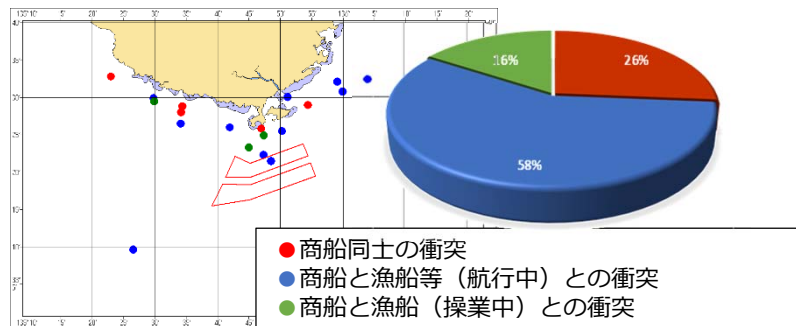


潮岬沖の整流化方策の設計手法への適用

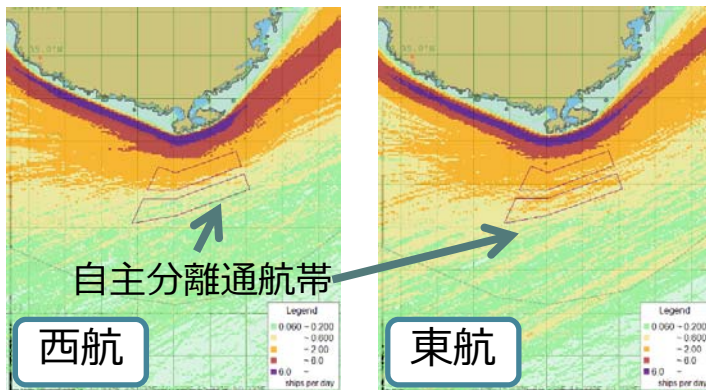
潮岬沖の交通状況把握と対策方針



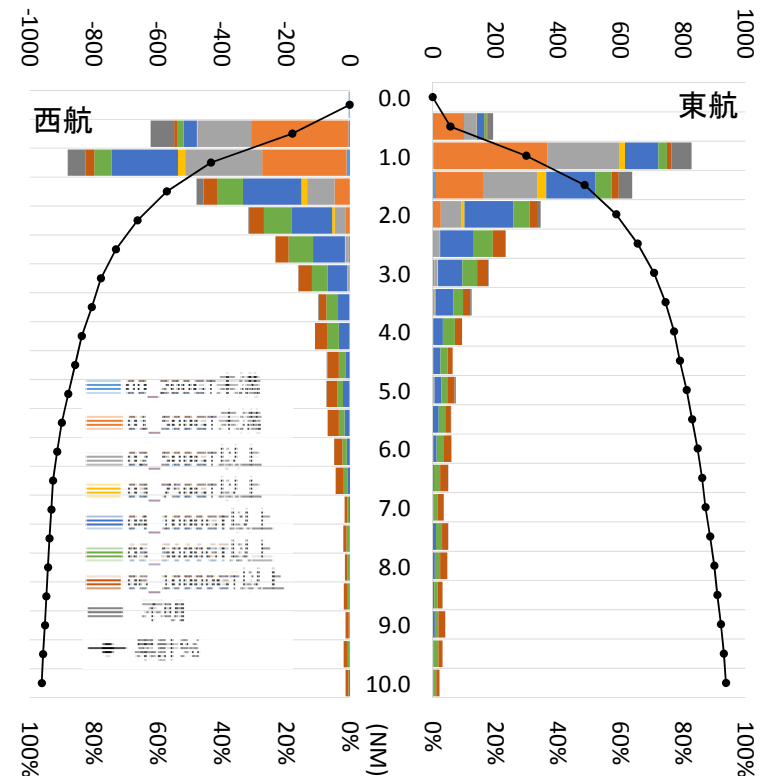
- 10年間に19件の衝突
 - ◆ 半数以上が商船と航行中の漁船の横切り
 - ◆ 1/4以上が商船同士による衝突(反航)、大型船の衝突も見られる
 - ◆ 東航船と西航船が同じ場所を航行、大型船ほど沖合いを通航



10年間の衝突発生位置（2007～2016）
（海上保安庁から提供）



通航密度分布



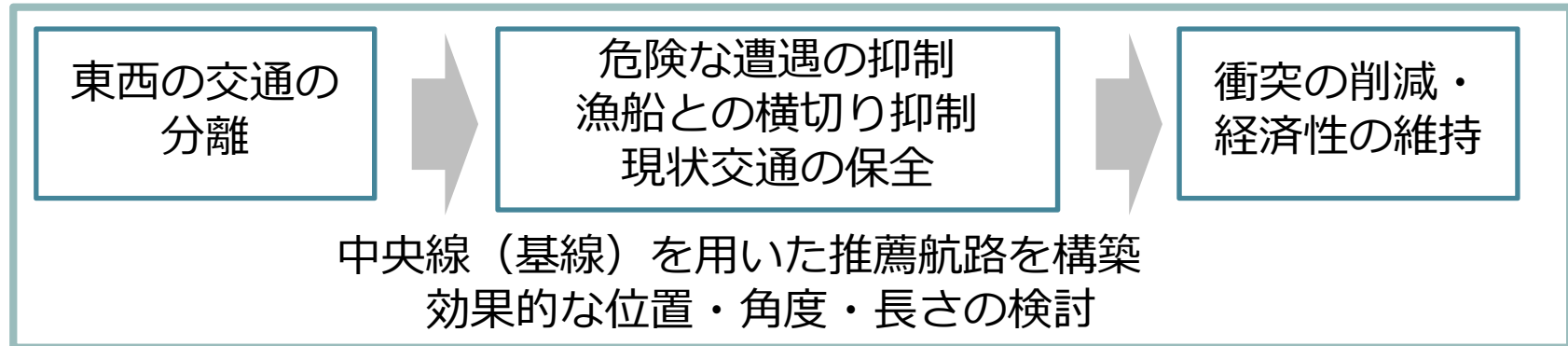
通航位置分布（潮岬灯台からの距離）

東西の交通を分離し反航の見合いを抑制、漁船の見張りの単純化

交通環境に適合する安全対策の方針



● 求められる安全対策



● 交通環境（商船）の特徴を踏まえた安全対策

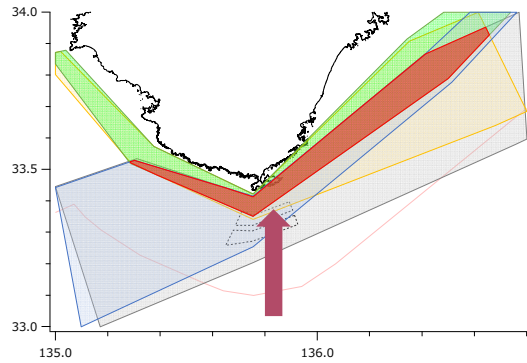
整流化の対象
の明確化

	伊豆大島西岸沖（導入前）	潮岬沖
通航可域	半島と島で通航可域が制限	沖側は無制限
交通流の発着状況	(西)伊豆半島沖 (東)首都圏方面	(西)大阪湾と室戸沖 (東)伊勢湾と首都圏方
船型別通航帯	船型により神子元島で分離 半島と島の間を通航	大多数が陸岸の近くを通航 発着地や船型によって沖を通航
東西別の通航帯	オーバーラップしているが、整 流されている海域もある	通航帯が一致
基線設定の方針	どの船型の船舶も平均的に整流	とくに集中する箇所を整流

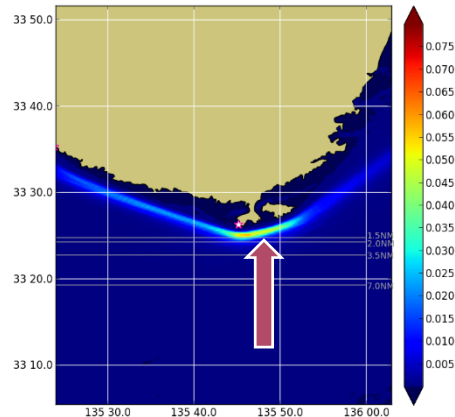
潮岬沖の推薦航路案の立案



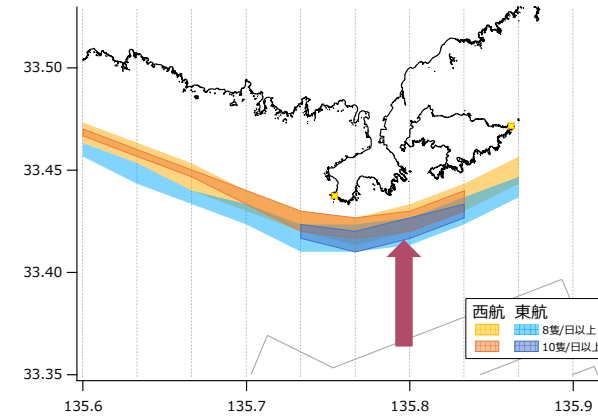
● 通航状況の分析



経路別の東西交通のオーバーラップ海域

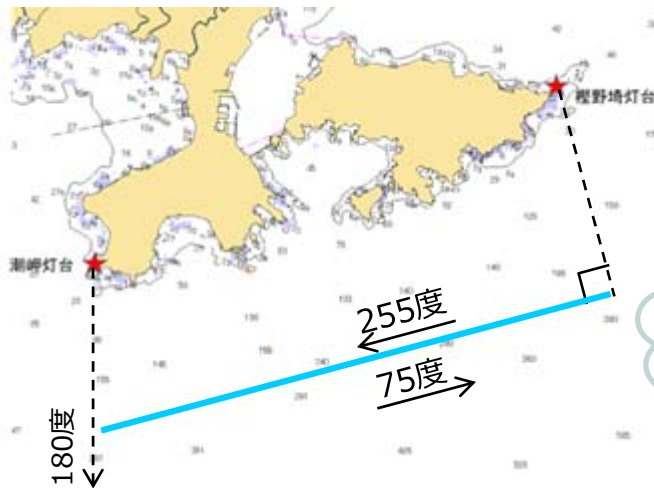


反航船の遭遇頻度分布

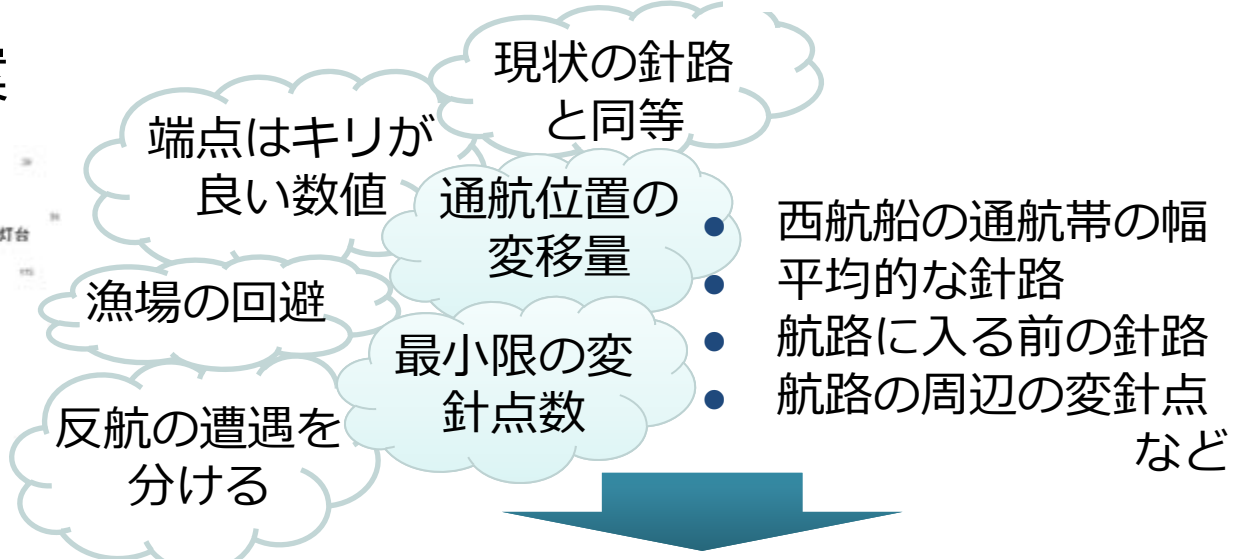


東西別の過密通航位置

● 推薦航路案の立案



推薦航路のイメージ (海上保安庁作成図を加工)

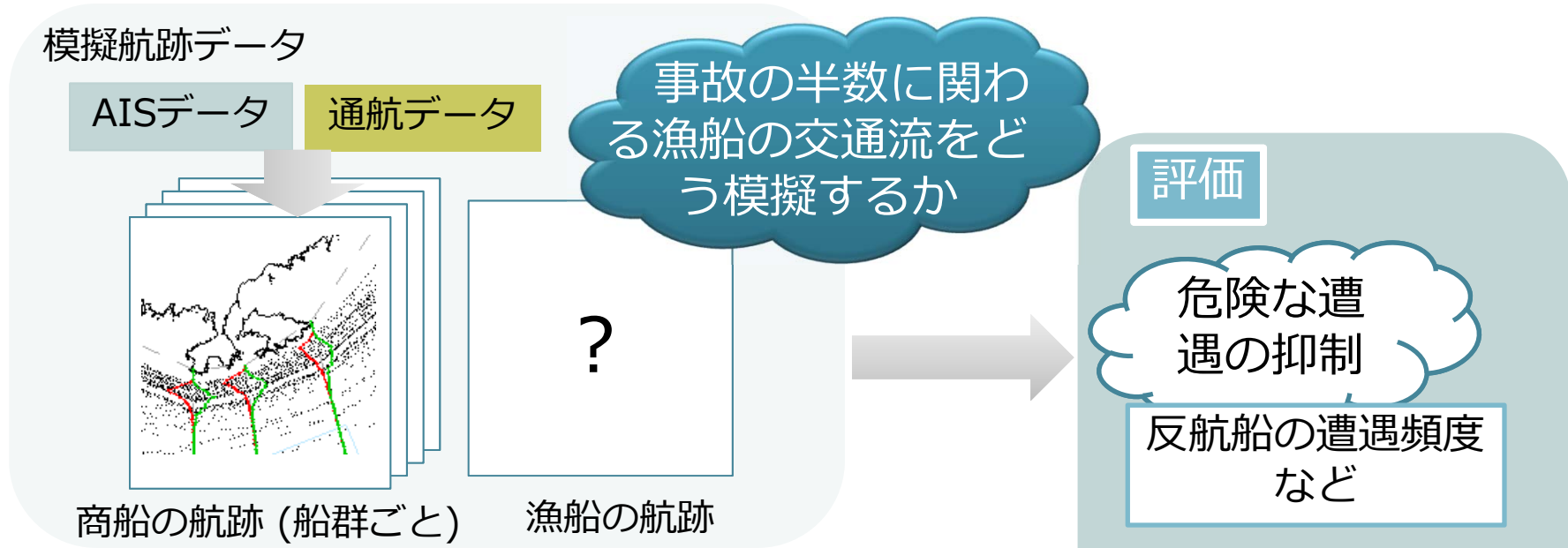


基線の位置・角度・長さを設定
(陸からの距離を変えた3案で試案中)

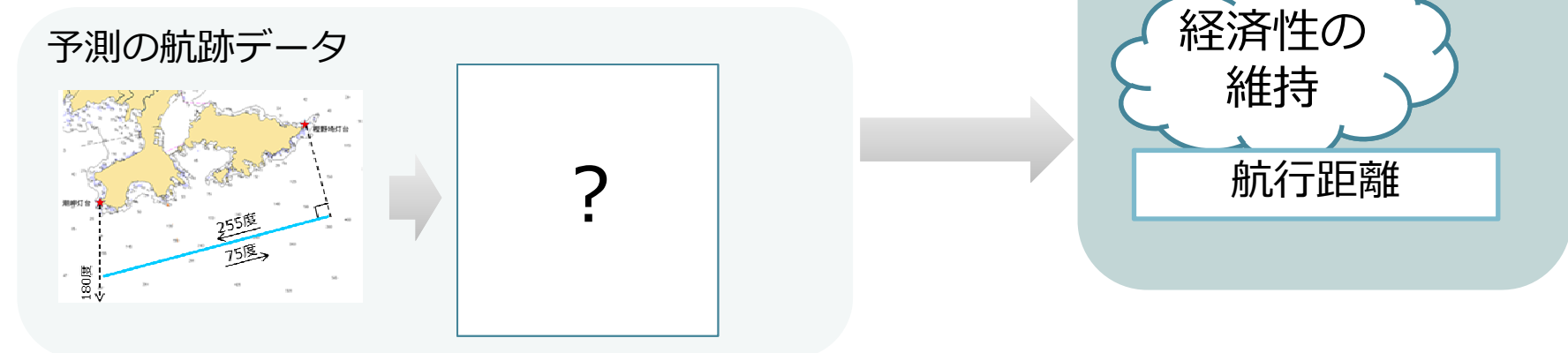
シミュレーションを活用した効果の推定



現状の再現



将来の予測



モデル化のための漁船交通流の特性



- 船舶交通流をモデル化するための要素（下線部は漁船特有のもの）

- 数量（隻数、船型など）
- 位置（発着地、変針点、操業場所、水揚げ港など）
- 時間（発着時刻、操業時間、操業時期など）
- 速力（航行中、操業中）

漁種・漁法を考慮する必要がある



漁法の種類（目で見ると和歌山の漁業：和歌山県Webサイトより）

- 漁船交通流の特性

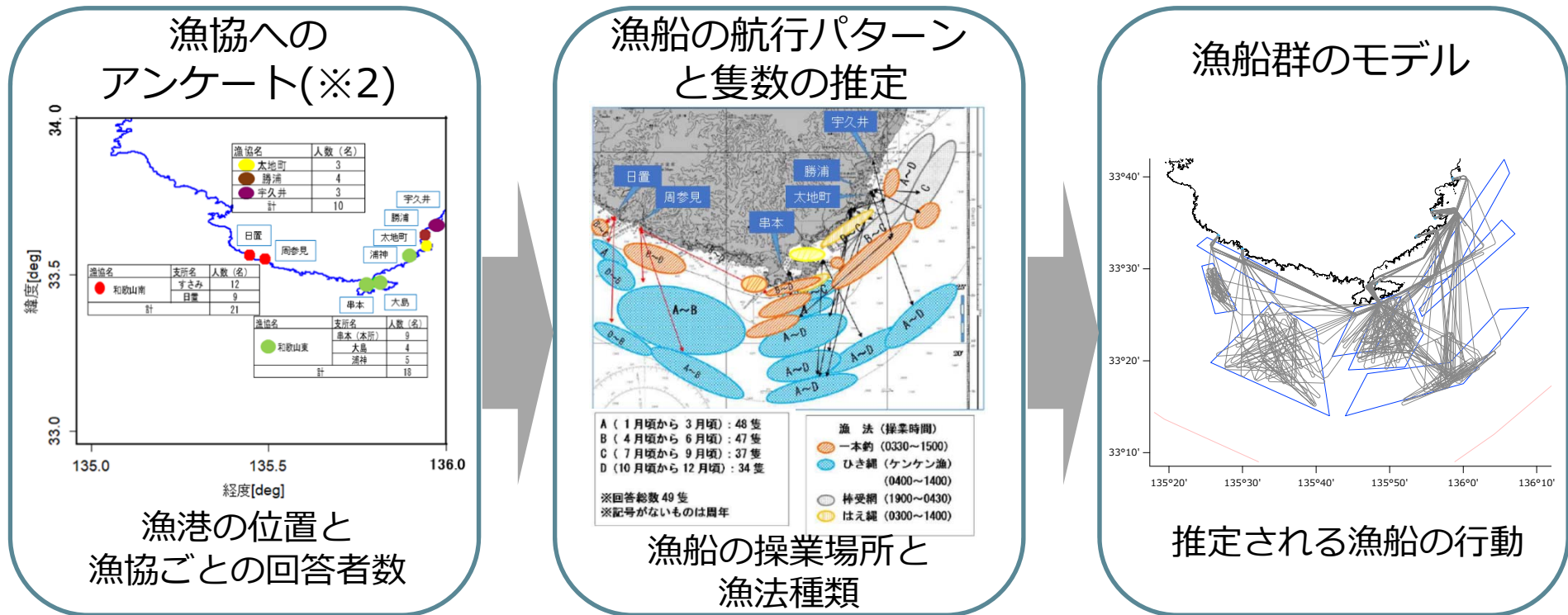
- 隻数や行動を把握することが困難
 - 実態観測データの利用 ⇒ 魚種によって季節・時間変動がある
 - AISデータ (Class B) の利用 ⇒ 搭載義務がない、通信レートが低い
- 典型的な漁船交通流モデルの定義が困難

漁船	商船
<ul style="list-style-type: none"> ● 発着地以外の目的地(漁場・積降港) ● 速力が変動(通常航行時・操業中) ● 漁法によって操業中の行動が変動 ● 個人によって行動がまちまち 	<ul style="list-style-type: none"> ● 発着地の組み合わせのみで表現可能 ● 発着地の間はほぼ一定速力で航行 ● 発着地ごとに典型的な航路帯が存在

漁船の交通流の再現手法



- 漁船数の把握 ⇒ 漁協へのヒアリングや水産庁データ（※1）から推定
- 漁船の行動の把握 ⇒ アンケートから推定
- 漁船交通流モデルの作成 ⇒ 可能な限り簡略化して個別の行動をモデル化



※1 水産庁漁港港勢の1日当たりの標準的最多利用状況
 ※2 海上保安庁殿が実施したアンケート結果を使用

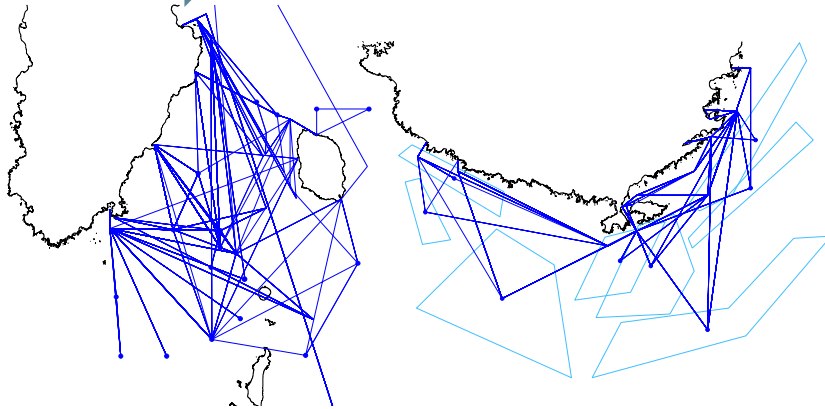
アンケートを活用した漁船交通流の推定



整合性が不十分な情報からどう交通流をモデル化するか

◆ 発着地間の経路の設定

➡ 航行パターン（出港～操業～(荷揚)～帰港の位置情報）の作成



◆ 漁場が狭い・特定可（伊豆大島西岸沖）

- 回答された漁場そのものを使用
- ⇒ 回答時間(帰港時間など)との誤差が小

◆ 漁場が広い・特定不可（潮岬沖）

- 商船との交差等を考慮し漁場グループを生成
- ⇒ 移動距離の増減により回答時間との誤差が大

◆ 時間・速力の設定

➡ 航行パターン(位置情報)に個別の出発時刻と速力を付加

- 回答の欠落・不自然な回答の補足
 - 同じ漁港内の類似する回答から推定し補足
- 情報の優先順位の明確化
 - 評価対象時間（朝02-06時）から出港時刻（明け方）を優先
- 情報の確率モデル化
 - 航行パターン別の回答数が多い場合は確率モデルで表現できる



- 準ふくそう海域における船舶交通の安全対策構築のため2つの異なる交通環境での取り組みを例に、整流化対策を設計・評価するための要素技術を説明した
- 潮岬沖における推薦航路については、現在、安全性および経済性の二面から評価を行っている。今後は、評価結果を取り纏めたあと、海域利用者等との調整が整えば、国際海事機関（IMO）に提案する予定である
- 今後、新しい海域での取り組みや、伊豆大島西岸沖の推薦航路における交通状況の変化の継続観察を通して、

より効果的な船舶の交通安全対策の立案のための手法の確立へ



本研究の一部は、海上保安庁との共同研究を通じて実施致しました。
海上保安庁交通部航行安全課の方々に御礼申し上げます。