

伊豆大島西方海域における 推薦航路設定のための シミュレーションを用いた検討

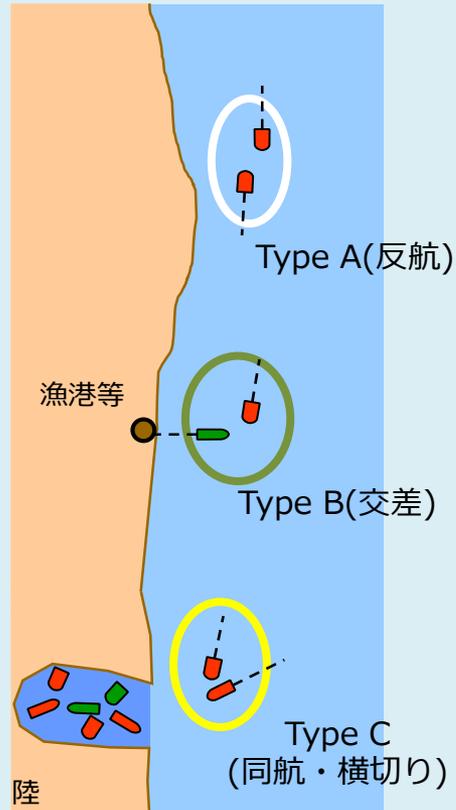
運航・物流系 ○三宅里奈, 西崎ちひろ (現 東京海洋大学)
リスク評価系 伊藤博子

研究の目的

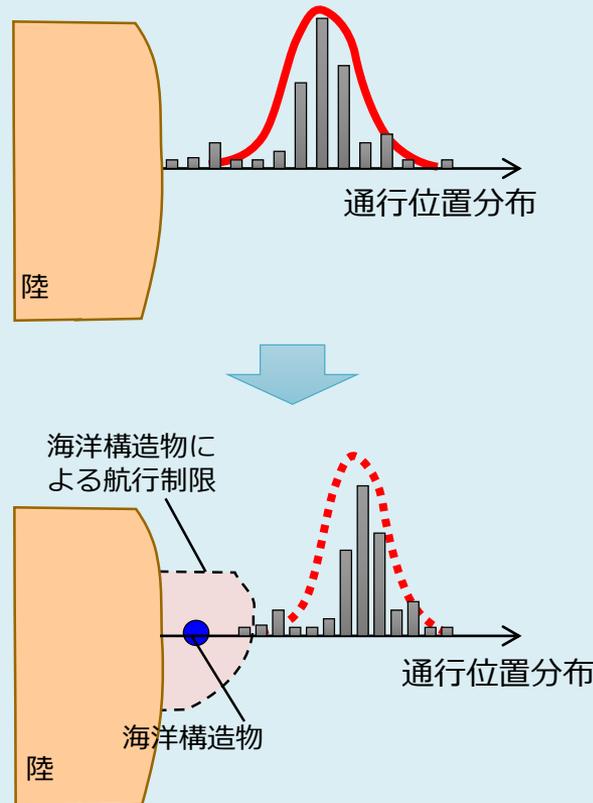
- ◆ 海難事故の削減を目的とした体系的な航行の安全性評価手法の構築

これまでの研究例

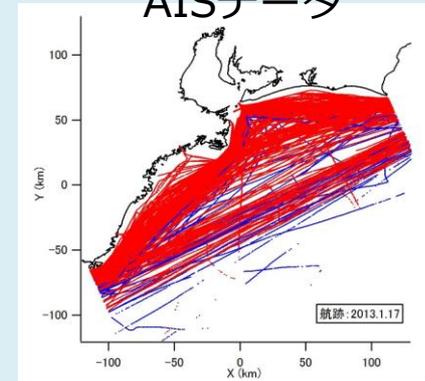
衝突海難分析手法



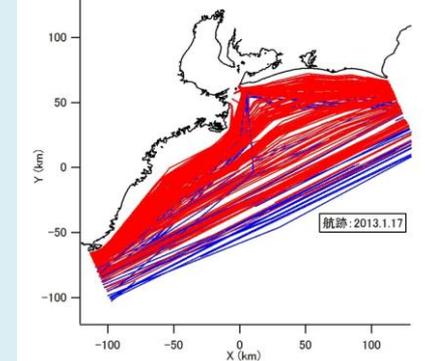
航行制限の影響の推定手法



交通流シミュレーション技術 AISデータ



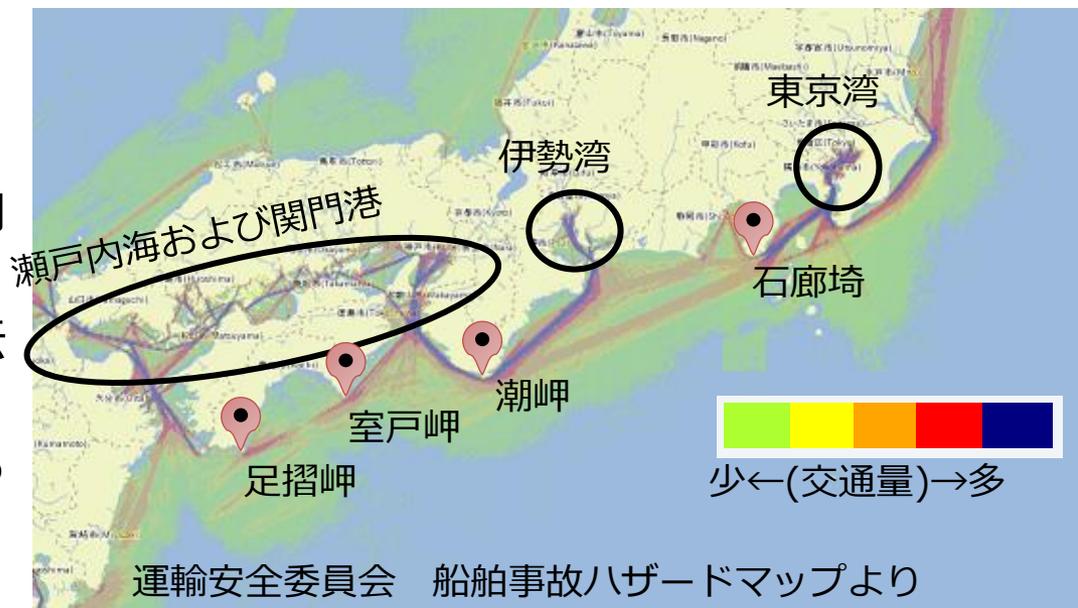
シミュレーション結果



研究の背景

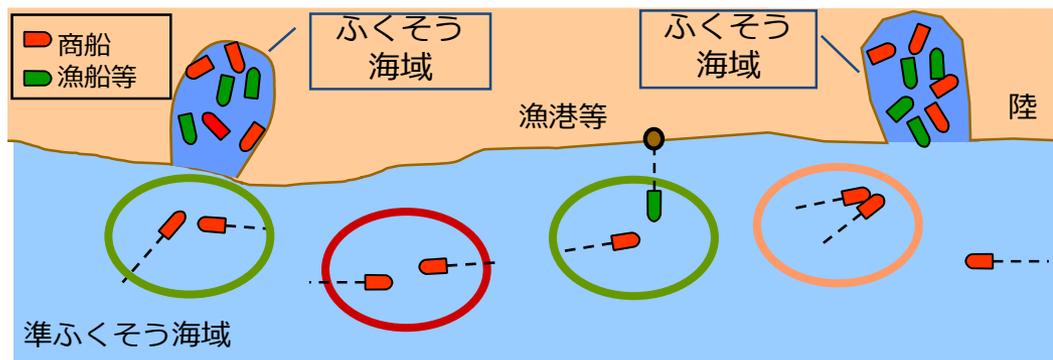
◆ ふくそう海域

- 東京湾・伊勢湾・瀬戸内海及び関門港
- 海上交通安全法・港則法の制定
- 海上交通センターによる情報提供・航行管制



◆ 準ふくそう海域

- ふくそう海域を結ぶ東京湾～石廊崎沖～伊勢湾湾口～潮岬沖～室戸岬沖～足摺岬沖を経て瀬戸内海に至る海域
- 海上衝突予防法（基本的な海上交通ルール）



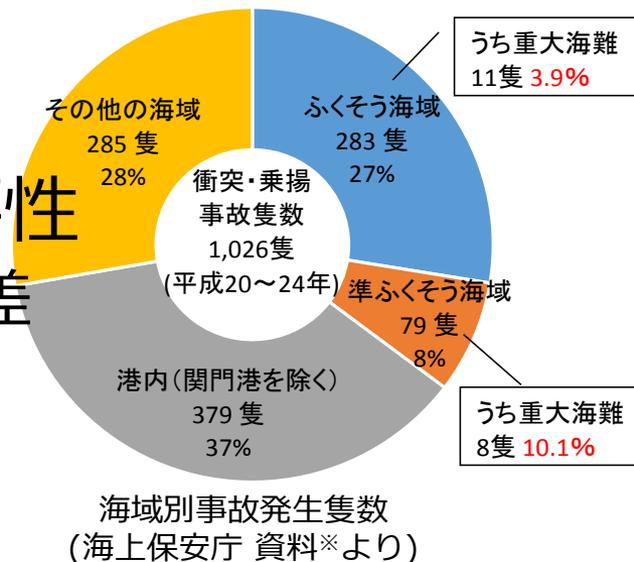
研究の背景

- ◆ 準ふくそう海域の安全対策の必要性
船舶交通流が多い+複雑に交通流が交差



重大海難が発生する割合が高い

死者・行方不明者、沈没・全損、油の流出等を伴う船舶事故



- ◆ 伊豆大島西方海域

東京湾内から入出港する船舶が多い
漁場が存在し、多くの漁船が操業

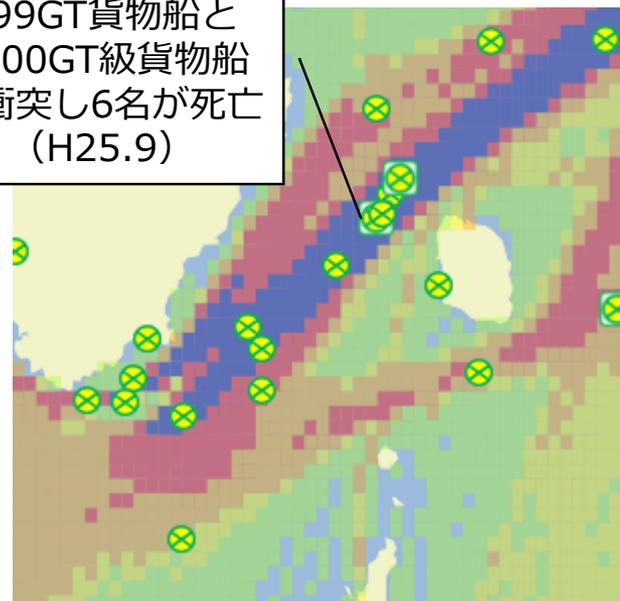


衝突事故が多発



AIS(Automatic Identification System)
仮想航路標識を用いた安全対策

499GT貨物船と
3000GT級貨物船
が衝突し6名が死亡
(H25.9)



衝突海難発生場所
輸安全委員会 船舶事故ハザードマップより

整流化による安全性評価の手順

(A) 交通状況の事前解析

交通状況の概観の調査
 推薦航路の概位の検討

(B) 交通状況の分析

交通状況の実態把握
 交通状況のモデル化

(C) 推薦航路の設計

推薦航路を定義する基線位置の設計

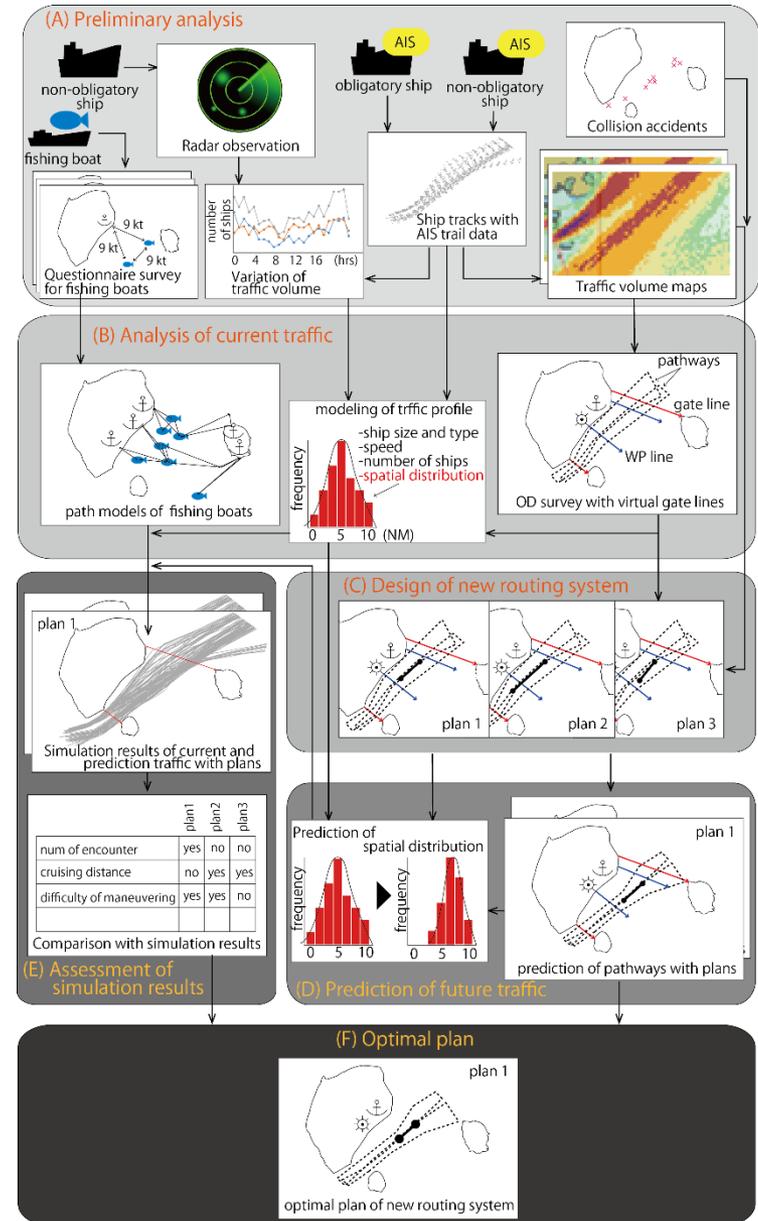
(D) 将来的な交通状況の予測

推薦航路導入後の交通状況の予測

(E) シミュレーションと影響評価

安全性と経済性への影響を評価

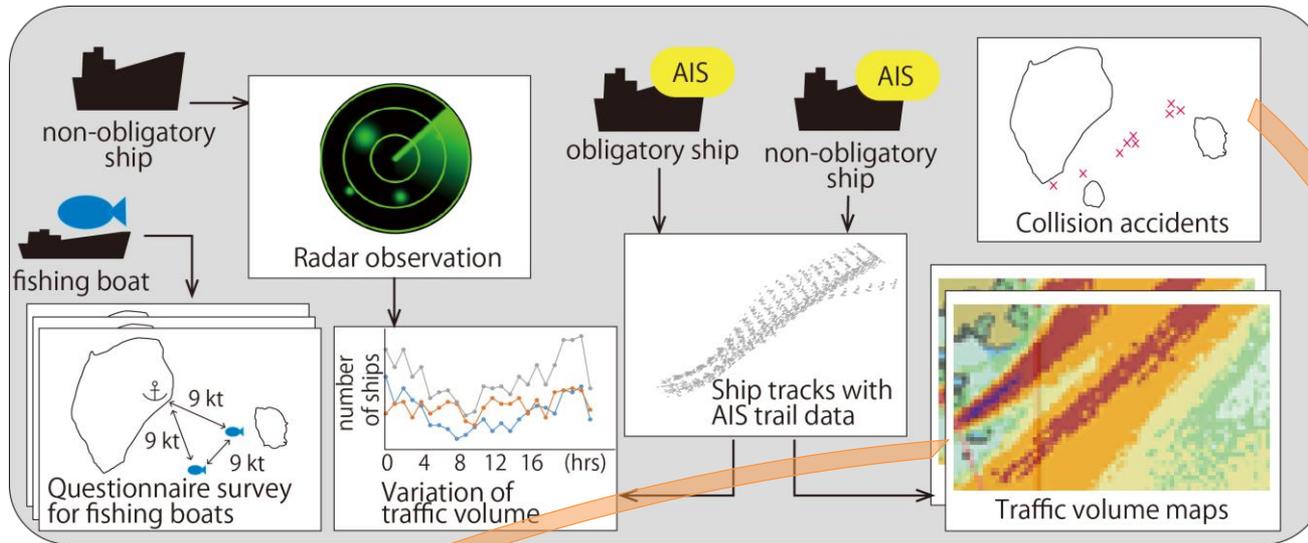
(F) 最適な基線案の提案



整流化のための航路指定(Ship Routing) IMOガイドライン

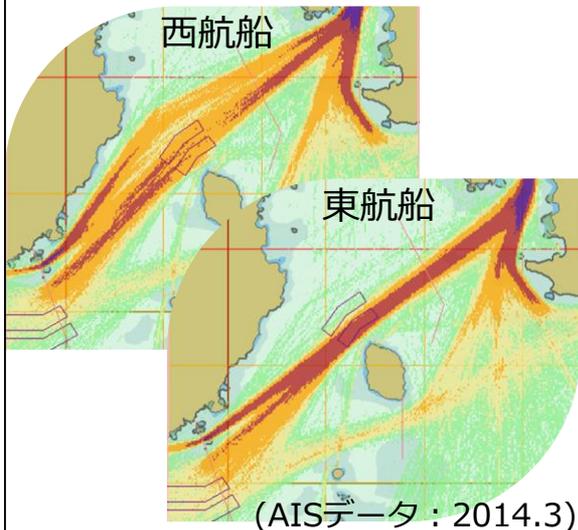
- ◆ 分離通航方式(Traffic Separation Scheme)
 - CORLEG72(International Regulations for Preventing Collisions at Sea)の法的拘束力をもつ
 - 整流効果は非常に高い
 - 航法上の法定条件が設定されるため、海域利用者の利害調整が困難
- ◆ **推薦航路(Recommended route)**
 - 分離通航方式ほどの整流効果は望めない
 - 航法上の制約が少なく、自由度が高い
 - 海図に記載される
- ◆ 自主的な航行規制(例えば、船長協会設定の分離通航方式)
 - 法的拘束力がない
 - 海図への記載はできない

(A)交通状況の事前解析

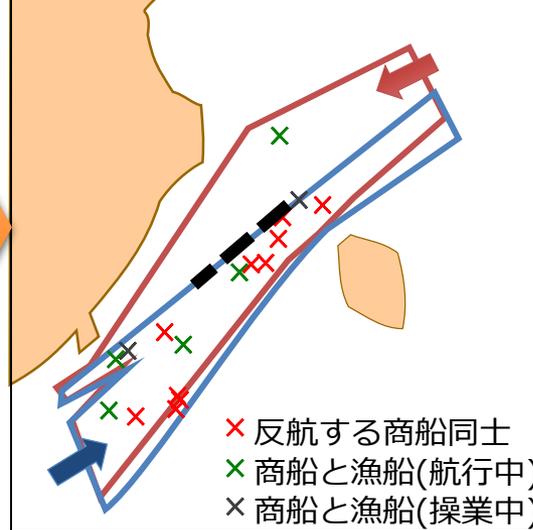


交通状況の概観調査

① AIS搭載船の交通密度分布

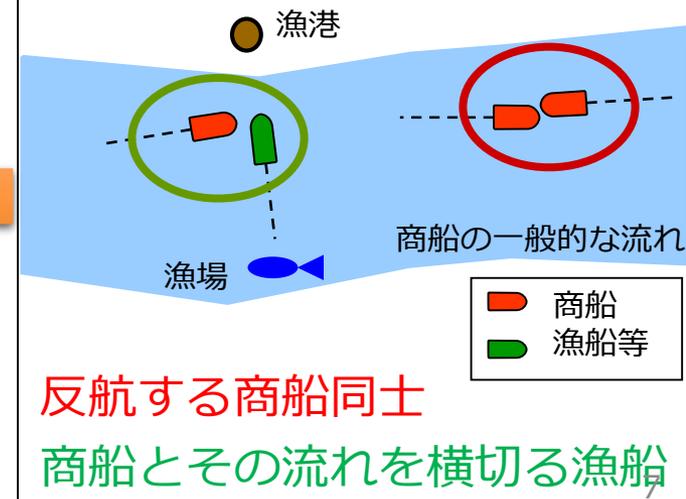


推薦航路の概位の検討

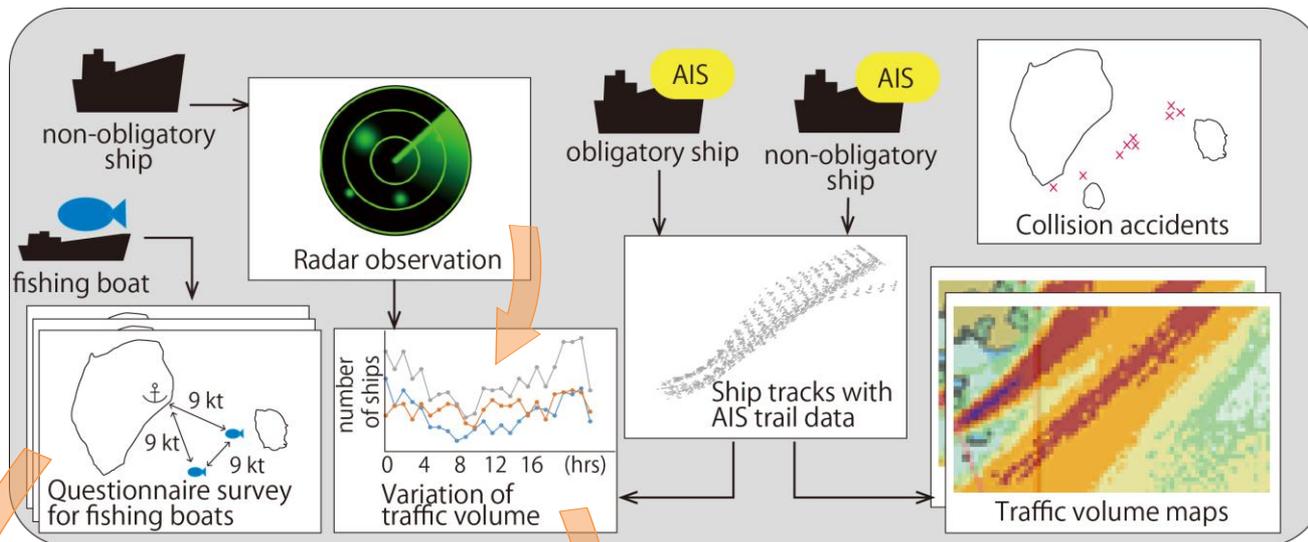


交通状況の概観調査

② 衝突海難の調査



(A)交通状況の事前解析



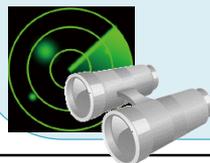
AIS非搭載船の交通状況

漁船

- ◆ 漁業活動の把握のためのアンケート調査
 - ・ 拠点とする漁港
 - ・ 操業漁法の種類
 - ・ 操業場所
 - ・ 航行速力
 - ・ 時間（出入港時間・操業時間）

貨物船・旅客船など

- ◆ 通航隻数・航跡の把握
 - ・ 目視観測
 - ・ レーダー実態調査
 - ・ AIS搭載船の航跡から推定



AIS搭載船の交通状況

AIS

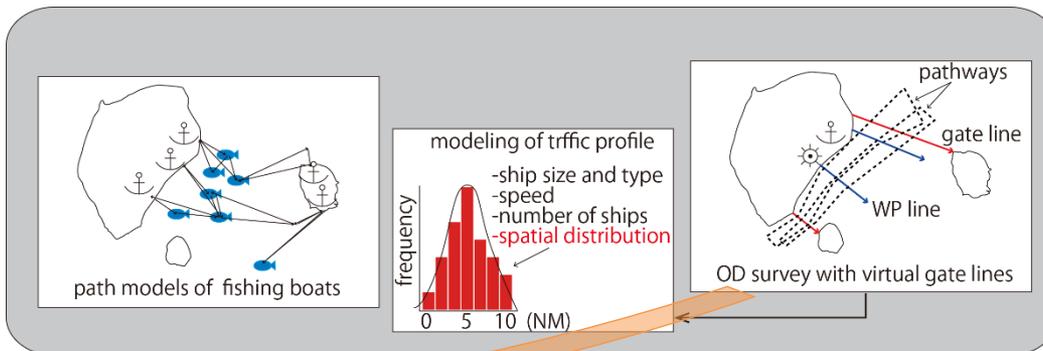
搭載義務をもつ

- ・ 300GT以上の外航船
- ・ すべての外航旅客船
- ・ 500GT以上の内航船

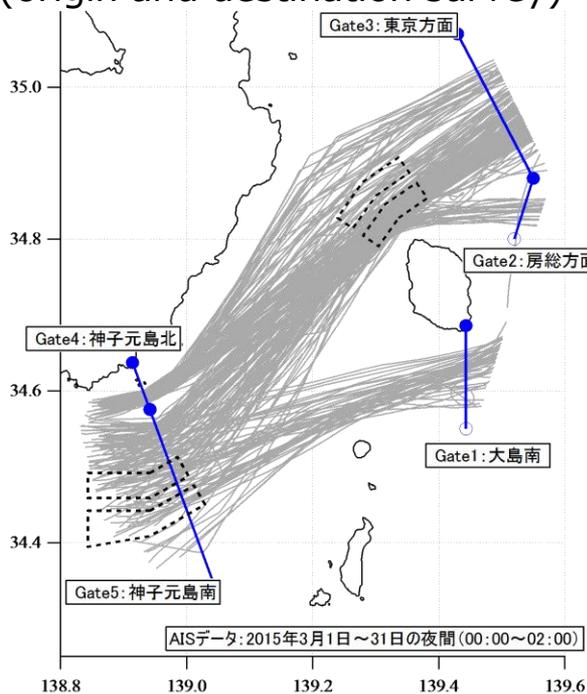
搭載義務をもたない

- ・ 一部の船舶(漁船ふくむ)

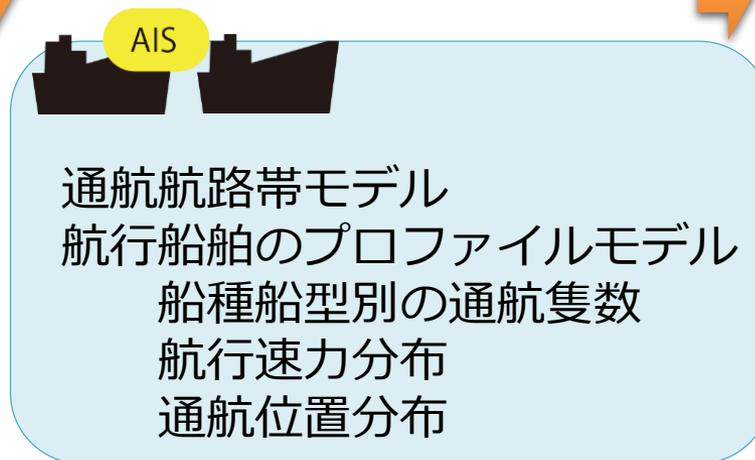
(B)交通状況の分析



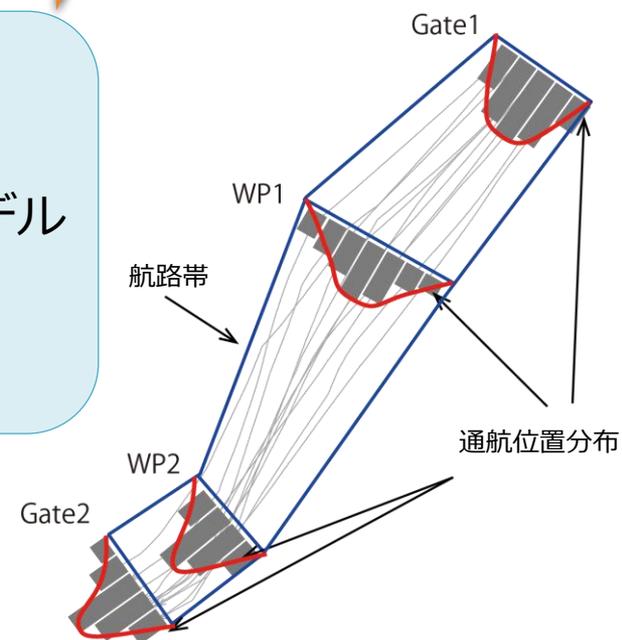
OD調査 (origin and destination survey)



交通状況のモデル化



通航航路帯モデル



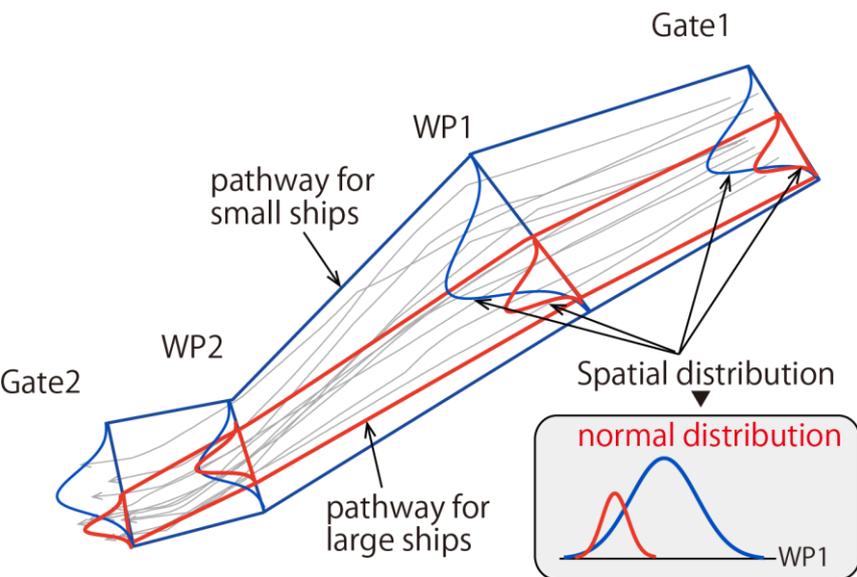
(B)交通状況の分析

AIS

通航航路帯モデルの詳細

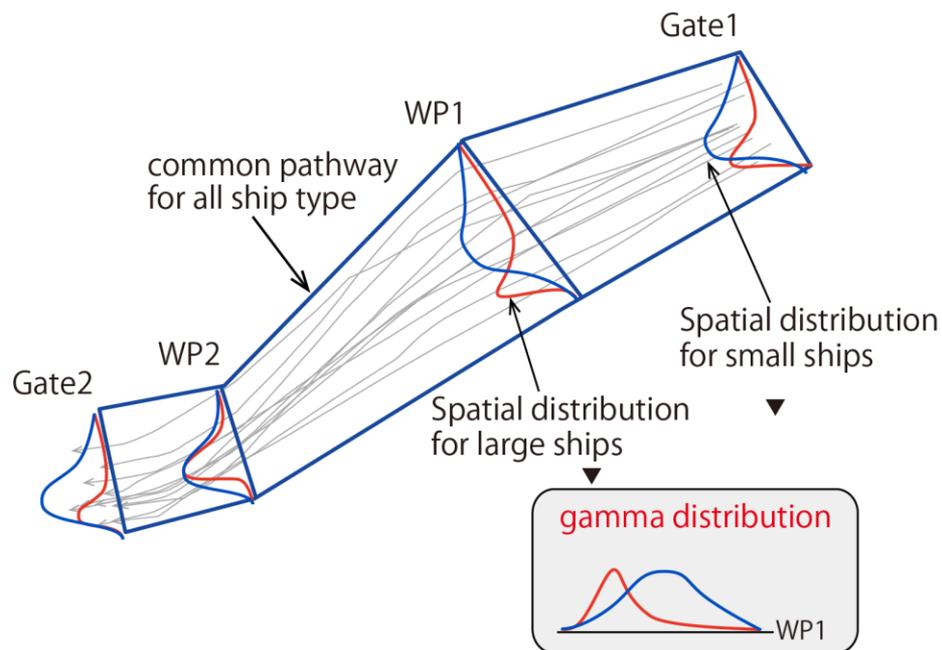
◆ 従来モデル

- 船種船型別の航路帯
- 正規分布による通航位置分布

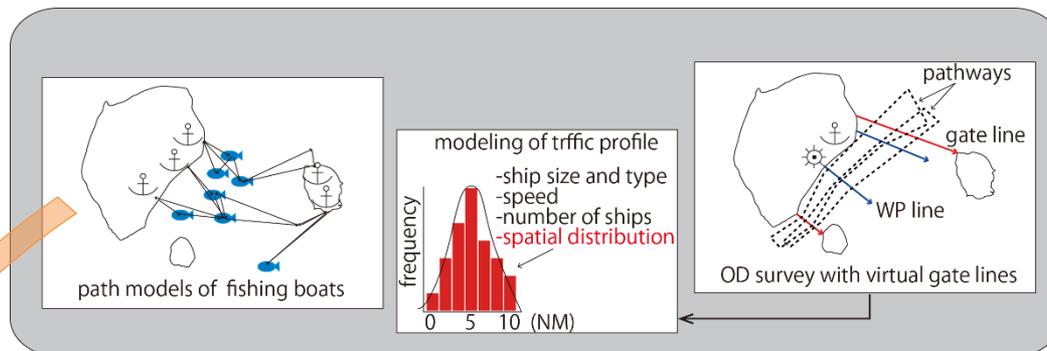


◆ 新方式モデル

- 全船種船型別で共通の航路帯
- ガンマ分布による通航位置分布※



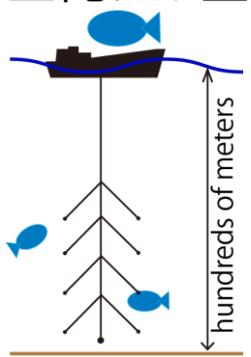
(B)交通状況の分析



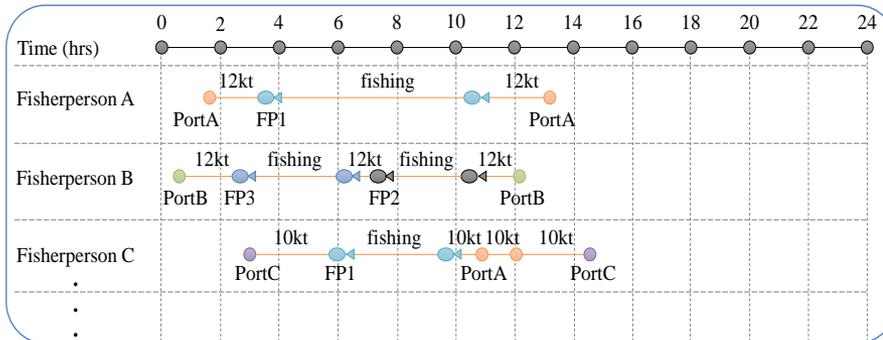
漁船の行動のモデル化

アンケート調査

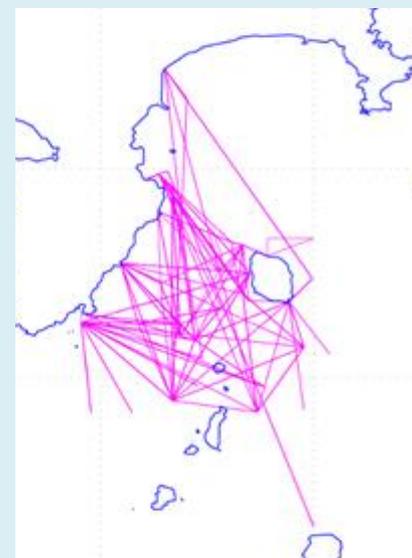
立縄漁が主



漁船の行動を分析



個別の行動モデル

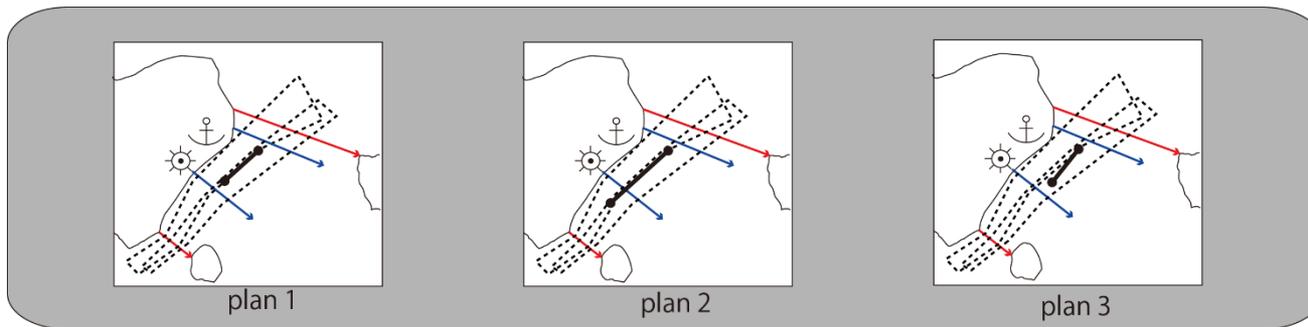


漁船と商船の行動の違い

漁船	商船
OD以外の目的地(漁場・積降港) 速力が変動(通常航行時・操業中) 個人によって行動がまちまち	ODの組み合わせのみで表現可能 OD間にはほぼ一定速力で航行 OD別に典型的な航路帯が存在

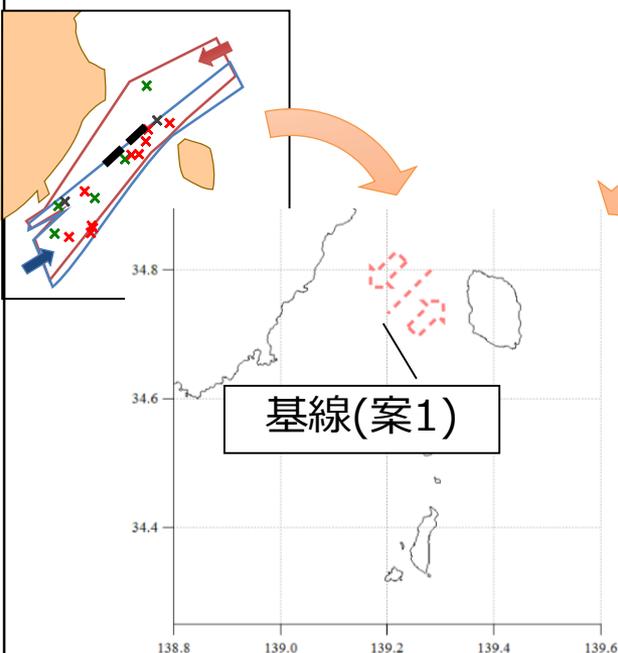
漁船の行動モデルの航跡図

(C) 推薦航路の設計



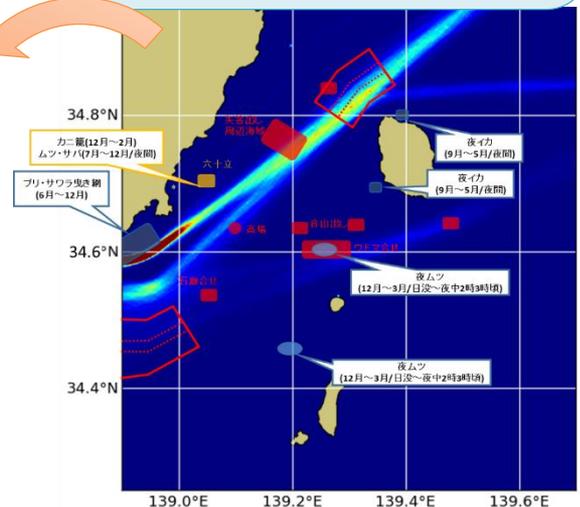
推薦航路を定義する「基線」位置の設計

基本の基線案の設計



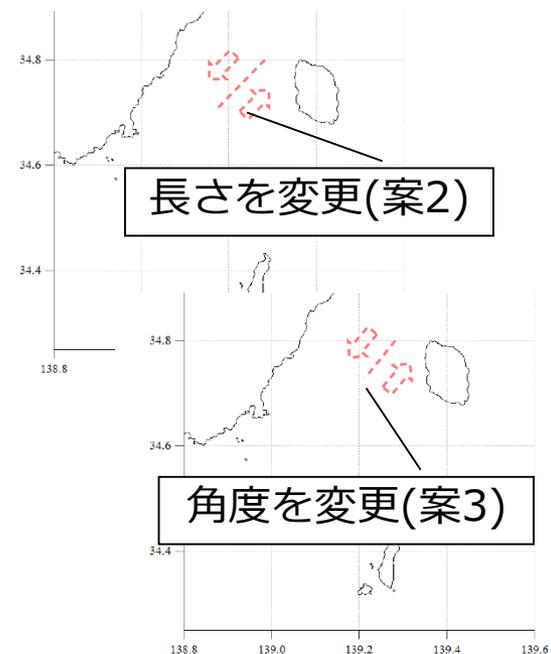
推薦航路(route)と基線

漁場との関係
海難発生位置
現状交通流との関係
経済性の維持
運用のしやすさ

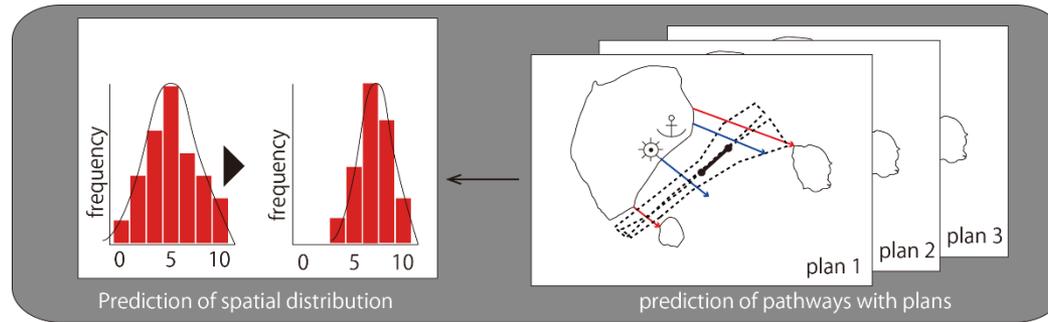


遭遇頻度位置と操業位置分布

派生する基線案の設計

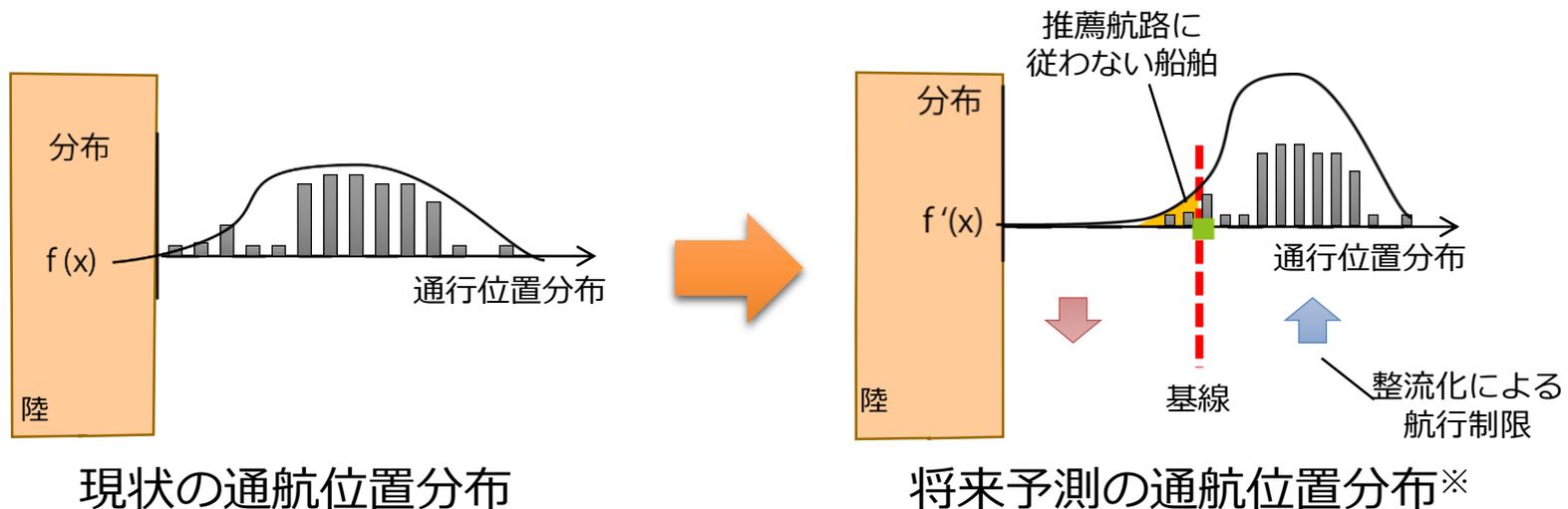


(D) 将来的な交通状況の予測

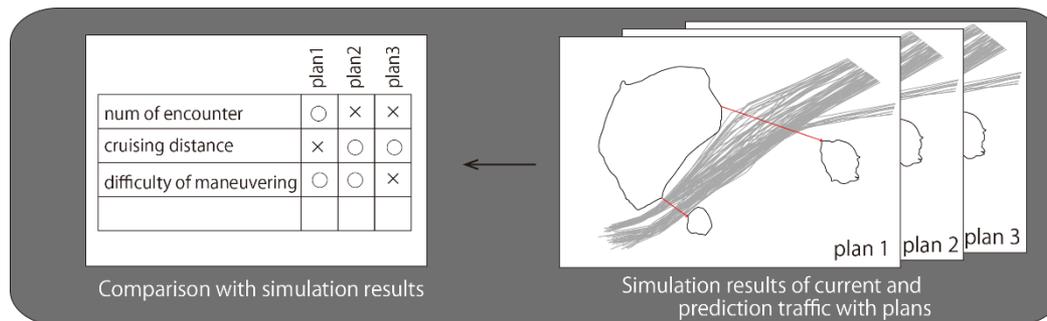


推薦航路導入後の交通状況の予測

- ◆ 整流化対策前の分布形状を、各ライン幅方向に縮小
- ◆ 推薦航路に従わない船舶として、通航船舶全体の5%を設定



(E)シミュレーションと影響評価



安全性と経済性への影響を評価

推薦航路による期待事項

- ◆ 航行船舶同士の衝突危険性が低減される
- ◆ 航行船舶と漁船の操業域がすみ分けされ、航行船舶と操業漁船の衝突危険性が低減される
- ◆ 船舶交通の整流化によって、無駄な避航行動の発生が抑制され余裕を持った航行ができる

推薦航路設置に伴う評価

安全性の評価

経済性の評価

操船困難度の評価
OZIを用いた

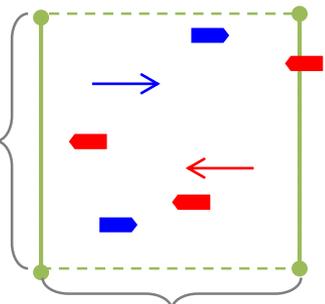
遭遇頻度を用いた
衝突リスクの評価

航行距離を用いた
経済性の参考値算出

(E)シミュレーションと影響評価

安全性の評価(1) 遭遇頻度による衝突リスク

ゲート長さ
A [m]



ゲート間
B [m]

通航密度

単位時間当たりの航行船舶数

← 向き

→ 向き

Q_1 [隻/sec]

Q_2 [隻/sec]

平均速度

V_1 [m/sec]

V_2 [m/sec]

矩形エリア(A×B)の通航密度

$$\rho_1 = \frac{Q_1}{B \cdot V_1}$$

$$\rho_2 = \frac{Q_2}{B \cdot V_2}$$

遭遇頻度※1, ※2

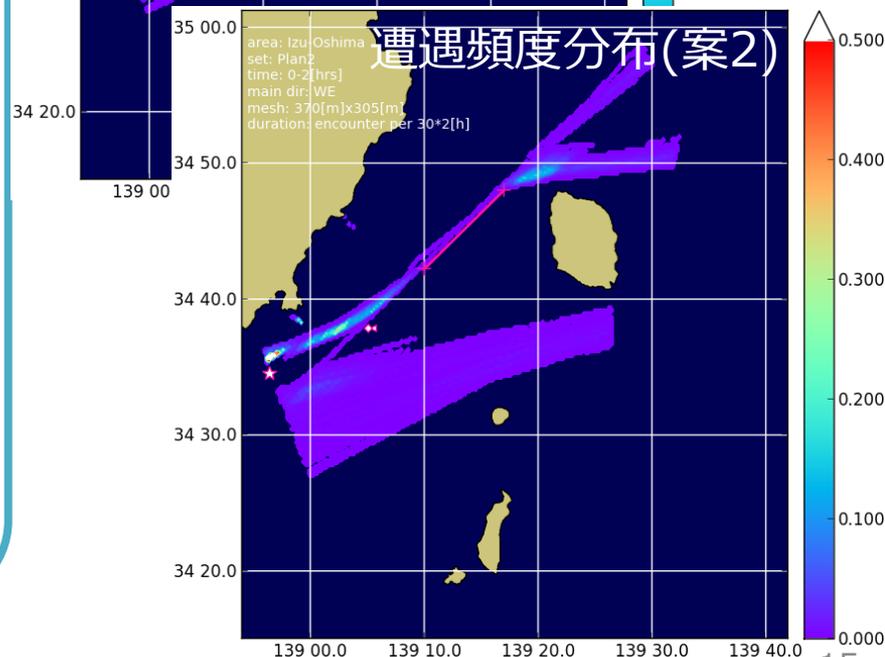
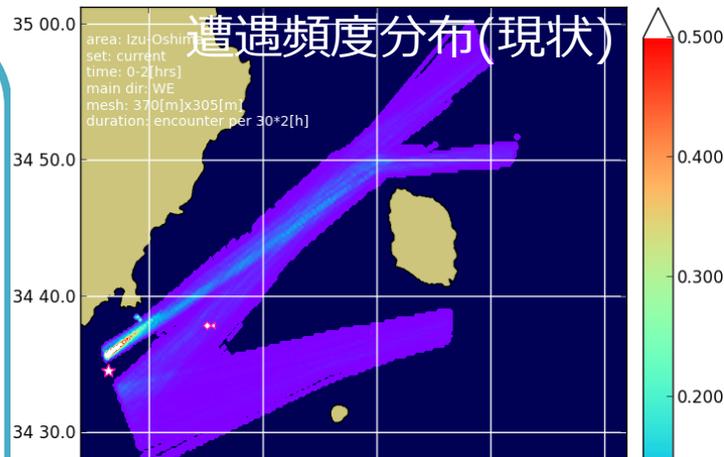
$$N_{gh} = \rho_1 \cdot \rho_2 \cdot D \cdot (V_1 + V_2) \cdot A \cdot B$$

両方向の
通航密度

代表値

両方向の
平均速度

矩形面積



※1 藤井他: 海上交通工学, 海文堂, 1981.8.

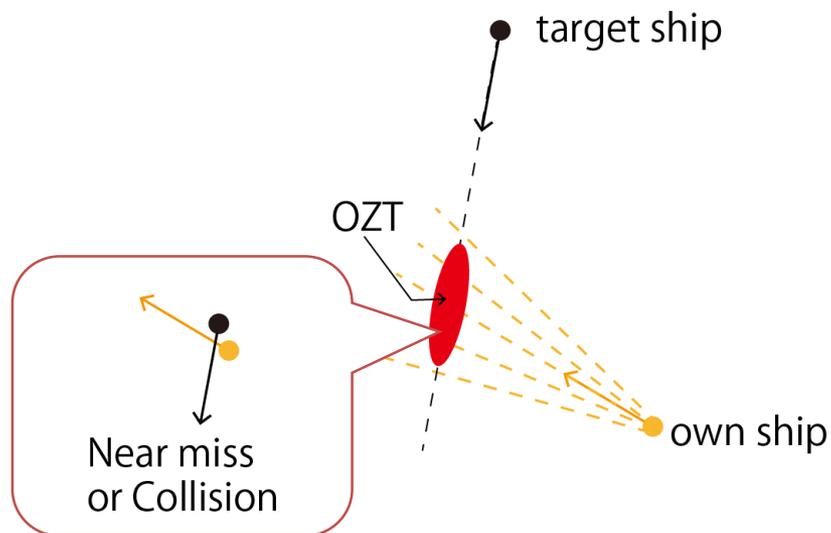
※2 藤井他: 海上交通管制の基礎研究 —その1 避航と衝突の確率について—, 電子航法研究所報告, 1970.9, pp.1-16

(E)シミュレーションと影響評価

安全性の評価(2) OZTによる操船困難度

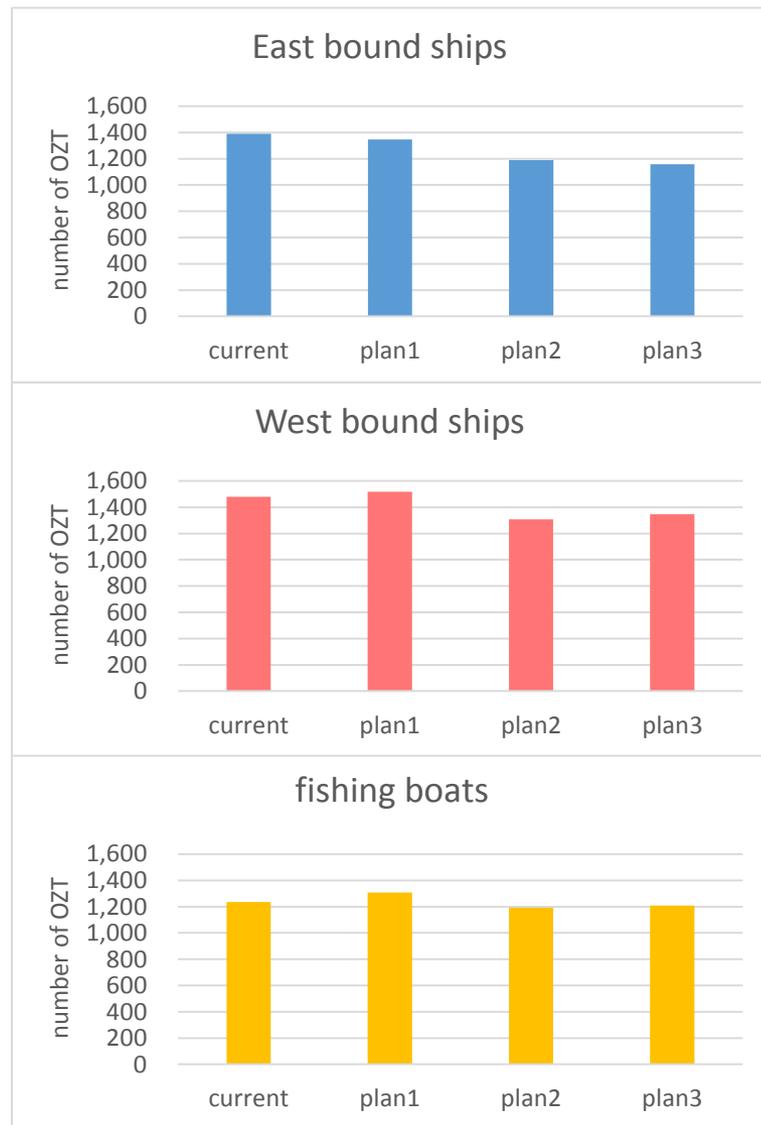
OZT(Obstacle Zone by Target)

自船の進行方向において、他船(ターゲット)により近い将来妨害される領域



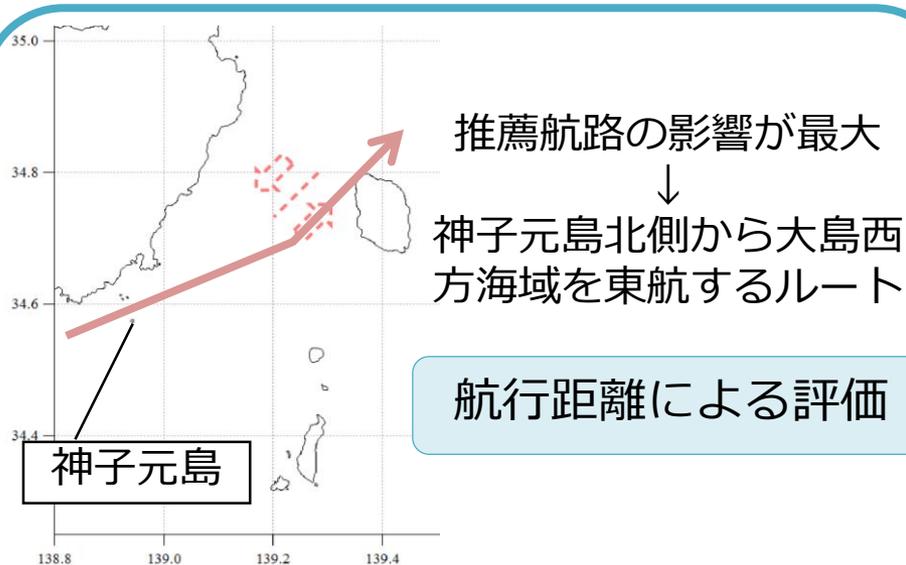
自船の前方中央・前方右側に存在
→自船の操船行動にストレスに係る要素

OZTに遭遇した場所分布および回数により操船困難度を定量評価



(E)シミュレーションと影響評価

経済性の評価 航行距離による経済性の参考値



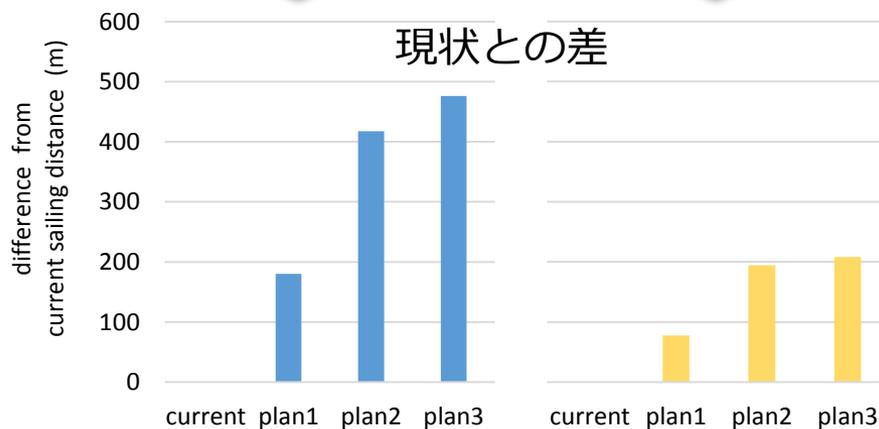
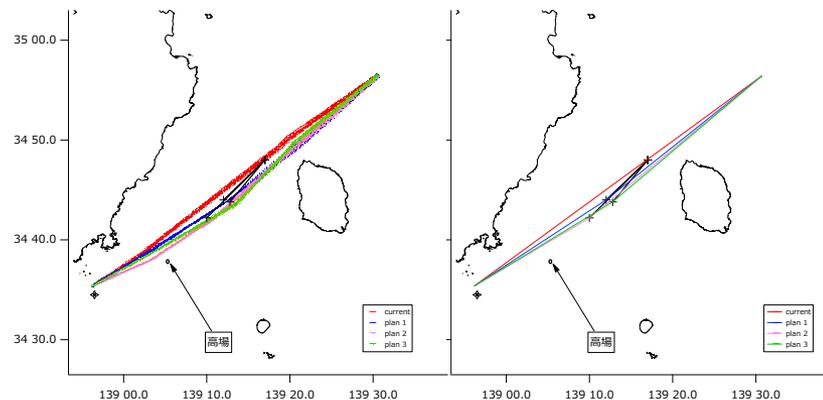
サンプリングによる航行距離の平均値

シミュレーション結果から20隻ずつサンプリングし、平均値を算出

理論的な最短距離

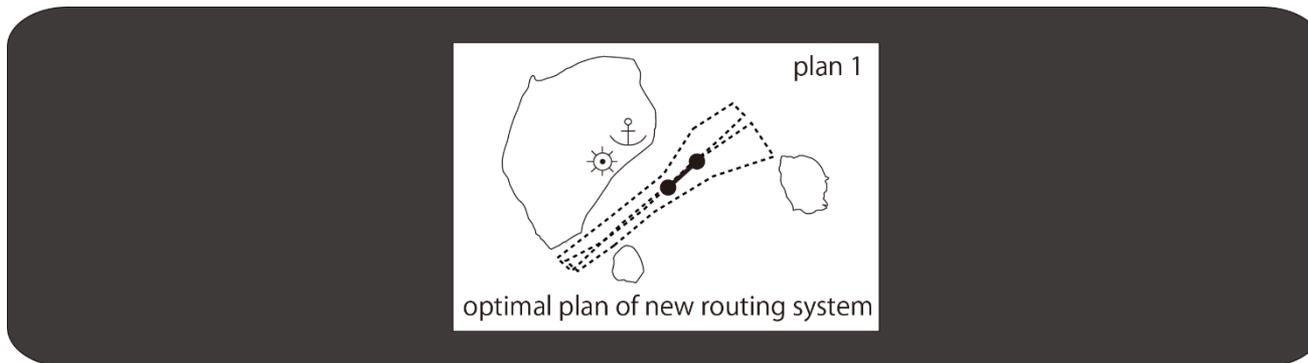
最短経路と考えられる理想的な経路を航行した場合の航行距離を算出

平均値(サンプリング) 理論的最短距離

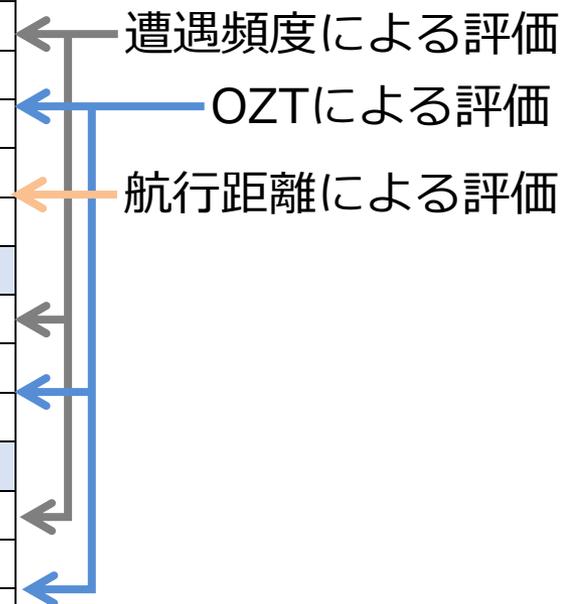


推薦航路の航行距離への影響は少ない

(F)最適な基線案の提案



	現状	案 1	案 2	案 3
全体傾向				
遭遇頻度	114.9	60.0 (52%)	49.7 (43%)	53.6 (47%)
OZT (両側) 遭遇回数	3,310	3,221 (97%)	2,759 (83%)	2,868 (87%)
OZT (右側) 遭遇回数	2,194	2,409 (110%)	2,138 (97%)	2,126 (97%)
G3-G4 間航行距離	65,397	65,577 (100.3%)	65,815 (100.6%)	65,873 (100.7%)
G3-G4 間の理論的最短経路	65,477	65,554 (100.1%)	65,671 (100.3%)	65,685 (100.3%)
北端の進路交差 (エリア 8, 9, 10)				
遭遇頻度	13.0	10.3 (80%)	9.2 (71%)	8.6 (66%)
OZT (両側) 遭遇回数	479	597 (125%)	434 (91%)	512 (107%)
OZT (右側) 遭遇回数	462	563 (122%)	428 (93%)	497 (108%)
南端の進路交差 (エリア 2, 6)				
遭遇頻度	39.0	22.3 (57%)	18.4 (47%)	17.0 (44%)
OZT (両側) 遭遇回数	1,119	1,068 (95%)	952 (85%)	920 (82%)
OZT (右側) 遭遇回数	774	820 (106%)	766 (99%)	775 (100%)



総合評価による最適案

まとめ

- ◆ 海難事故削減に対する海技研での取り組みについて紹介した
- ◆ 海技研で開発した手法および技術を用いて、体系的な航行の安全性評価手法の構築をした
- ◆ 準ふくそう海域である伊豆大島西方海域における整流化による安全性評価の手順を示した
 - 推薦航路の概位の検討
 - AIS非搭載船の交通状況推定
 - 漁船の行動モデルの作成方法
 - 推薦航路の設計手法
 - 将来的な交通状況の予測手法
 - シミュレーションを用いた定量評価方法
- ◆ 本検討結果は、IMO(NCSR4・MSC98(2017))で審議承認を得たのち海図に記載される予定である

謝辞

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感謝いたします。

また、実施にあたっては日本海難防止協会の皆様にお世話になりました。ここに記して深甚なる謝意を表します。