



航路内における小型船の安全な航行に関する基礎的研究

山崎, 慎也

(Degree)

博士 (海事科学)

(Date of Degree)

2016-09-25

(Date of Publication)

2017-09-01

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第6756号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1006756>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



博 士 論 文

航路内における小型船の 安全な航行に関する基礎的研究

平成 28 年 8 月

神戸大学大学院海事科学研究科

山崎 慎也

目次

第1章 序論

- 1.1 はじめに
- 1.2 構成

第2章 航路内における接近限界距離

- 2.1 はじめに
- 2.2 明石海峡航路内における多重衝突海難
- 2.3 要因分析
 - 2.3.1 FTA (Fault Tree Analysis)
 - 2.3.2 ETA (Event Tree Analysis)
 - 2.3.3 VTA (Variation Tree Analysis)
 - 2.3.4 M-SHEL 分析
- 2.4 要因分析結果
 - 2.4.1 FTA 分析結果
 - 2.4.2 M-SHEL 分析結果
 - 2.4.3 対処事項の決定
- 2.5 避航の限界領域
 - 2.5.1 避航領域
 - 2.5.2 避航限界
 - 2.5.3 航過距離
- 2.6 航路内における接近限界距離の調査
 - 2.6.1 アンケート調査の計画
 - 2.6.2 アンケート調査の実施
- 2.7 調査結果
 - 2.7.1 船長の分布
 - 2.7.2 船長と船幅の関係
 - 2.7.3 速力の分布
 - 2.7.4 積載状態と船型
 - 2.7.5 自船長と接近限界距離の関係
 - 2.7.6 接近限界距離の基準化
 - 2.7.7 接近限界距離の累積度数分布
- 2.8 接近限界距離のモデル化
 - 2.8.1 80 パーセンタイル値に対応する接近限界距離
 - 2.8.2 各方向の比率

- 2.8.3 ラッシュ時と閑散時の比較
- 2.8.4 障害物と接近限界距離の関係
- 2.8.5 操船者意識のばらつき
- 2.8.6 既存モデルと接近限界距離の比較
- 2.9 まとめ

参考文献

図及び表一覧

第3章 来島海峡航路における航行実態

- 3.1 はじめに
- 3.2 港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律
 - 3.2.1 法改正の概要
 - 3.2.2 新交通ビジョン
 - 3.2.3 輻輳海域における安全性の向上
 - 3.2.3.1 航路における一般的な航法
 - 3.2.3.2 特定海域における航法
 - 3.2.3.3 通航船舶の安全な航行を援助するための措置
 - 3.2.3.4 航路通報・指示対象船舶の拡大
 - 3.2.3 航路管制官・港内管制管の能力・資質の向上
- 3.3 来島海峡航路における船舶交通実態調査
- 3.4 調査結果
- 3.5 団子状態の発生状況
- 3.6 団子状態の航行安全評価
- 3.7 評価結果
- 3.8 まとめ

参考文献

図及び表一覧

第4章 来島海峡における国際 VHF 通信の現状

- 4.1 はじめに
- 4.2 英会話通信文例集
 - 4.2.1 英会話通信文例集の概要
 - 4.2.2 通信文例集配布の背景
 - 4.2.3 関係機関の概要

- 4.3 国際VHF
 - 4.3.1 国際VHFの概要
 - 4.3.2 適用法規
- 4.4 来島海峡における国際VHF通信の調査
 - 4.4.1 調査概要
 - 4.4.2 事前調査
 - 4.4.3 本調査
- 4.5 調査結果
 - 4.5.1 時間帯別通信数
 - 4.5.2 通信言語
 - 4.5.3 通信内容
 - 4.5.4 通信相手
 - 4.5.5 英語通信の内容
- 4.6 まとめ

参考文献

図及び表一覧

第5章 来島海峡航路における航行管制の現状

- 5.1 はじめに
- 5.2 海上交通センター
 - 5.2.1 海上交通センターの概要
 - 5.2.2 海上交通センターの業務
 - 5.2.3 来島海峡海上交通センターについて
 - 5.2.3.1 航行管制業務
 - 5.2.3.2 情報提供業務
- 5.3 来島海峡航路における航行管制の現状調査
 - 5.3.1 調査概要
 - 5.3.2 事前調査
 - 5.3.3 本調査
- 5.4 調査結果
 - 5.4.1 通航船舶の状況
 - 5.4.2 時間帯別通信数
 - 5.4.3 通信符号(メッセージマーカ)を冠した通信
 - 5.4.4 通信符号を冠しない通信
 - 5.4.5 日本船と外国船での通信符号を冠する割合の違い

5.5 まとめ

参考文献

図及び表一覧

第6章 新たな航行管制手法の提案

6.1 はじめに

6.2 接近限界距離

6.3 接近限界距離を用いた 2LANE による管制手法

6.4 2LANE による管制手法の検証

6.5 まとめ

参考文献

図及び表一覧

第7章 結論

7.1 接近限界距離の策定

7.2 来島海峡航路における航行実態

7.3 来島海峡における国際 VHF 通信の現状

7.4 来島海峡航路における航行管制の現状

7.5 新たな航行管制手法の提案

7.6 今後の課題

謝辞

付録一覧

第1章 序論

1.1 はじめに

船舶交通がふくそうする海域では、内航船や外航船など種々の船舶が航行し、複雑な交通流が発生している。また、海難の発生件数の経年的な変化傾向は横ばいの状態が続き、貨物や船体の損失や、多くの人命が失われている。海上における交通流の安全を確保するため、新たな交通ルールの導入や、航行援助装置の設置などが行われ、操船者を取り巻く環境は時代とともに大きく変化している。

このような状況を踏まえ、海上保安庁は次世代の海上交通安全の確保に向けた指針として、「新交通ビジョン」を示した。これは海洋基本法の施行や AIS の搭載義務化など、海上交通を取り巻く環境の変化により、海難を未然に防止し、人命、財産、環境の保護を基本理念とし、新たな海上交通安全策の方向性や具体的施策を示すものである。新交通ビジョンを打ち出しにより、平成 22 年 7 月より「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」が施行された。この法律の施行により、海上交通安全法に定められた航路における新たな交通ルールの導入や、海上交通センターの業務内容が見直された。主な改正点は、航路内における速力制限や一定区間における追越しの禁止、また、来島海峡航路では転流前後における特別な航法の指示であり、輻輳海域における安全性の向上を期待するものである。しかし、法改正に伴い新たな問題も発生している。

海上交通安全法で定める航路内一部区間において追い越しが禁止された。これは他の船舶を追い越すことにより、衝突や乗揚げに繋がる恐れのある一定の区間において追い越しを禁止している。改正にあたり、輻輳海域における安全性の向上を目的として、海上交通流シミュレーションやビジュアル操船シミュレーター実験により検討が行われた⁽¹⁾。しかし、速力の遅い船舶が先航し後続船が追従する、いわゆる団子状態での航行事例が発生している。航路内で団子状態のまま並航することは、無理な減速や異常な接近を発生させ、操船者の判断に困難を増大させ、衝突や乗揚げ等の危険な状況を招く恐れがある。

来島海峡航路では、来島海峡海上交通センターより転流前後の特別な航法の指示が行われるようになり、航行船舶に対して通航水道を指示する、新たな航行管制が導入された。海上交通センターは、転流前後の交通流を考慮して該当船舶を特定し、個別に国際 VHF 等を用いて通航する水道を指示している。また、周辺船舶に対して情報提供や注意喚起を行っている。このように、複雑な航行管制によって海上交通センターの業務が増大し、また、転流前後における国際 VHF 通信の混信が生じている。これは、必要な情報を適切な時期に提供することの妨げになっている。

以上の背景を踏まえ、「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」の施行に伴う新たな問題点を同定し、その問題解決に向けた基礎的研究として本研究を進る。

1.2 構成

図 1-1 に本研究の流れと各章の構成を示す。

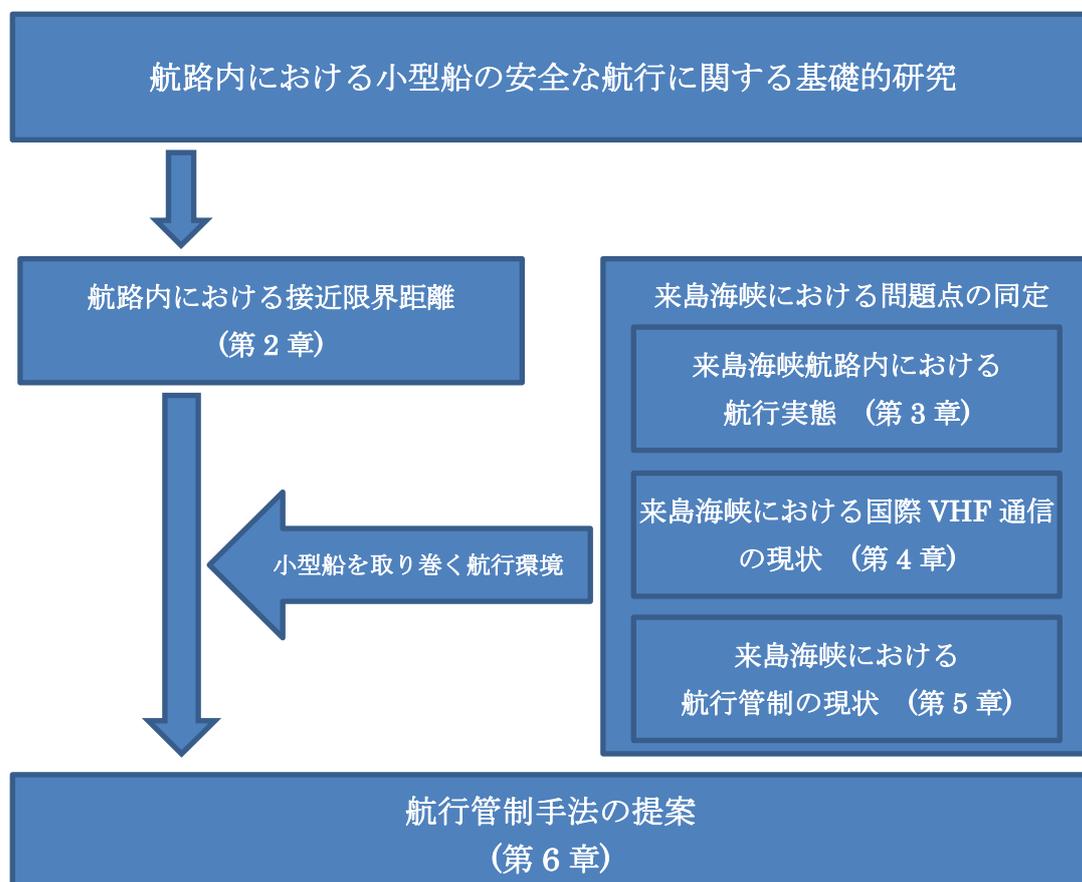


図 1-1 研究フローチャート

操船者は他船や障害物と接近する状況で、それらと一定の距離を保ちながら避航操船を行っている。このことは自船の周りにおいて、他船の侵入を許さない領域が存在していることを意味している。これは避航領域として従来から研究が行われている。交通流や航行水域等によって領域の大きさが変化し、広い水域や港内などの操船水域が制約される海域などで求められている。しかし、船舶の交通が輻輳する航路内を対象とした領域は求められておらず、航路内における異常な接近を防止するためには、まず、航路内における同航する船舶間の、接近限界距離を明確にする必要があり、それによって一定の限界基準に照らした接近の抑制または接近の回避が期待できるも。第 2 章では、このような領域をアンケート調査により抽出し、この情報を基に海難防止の考え方を考察する。

来島海峡には、来島海峡航路が設定され、1日に約 600 隻の船舶が通航している。潮流は最大 8 ノットまで達し、非常に操船が困難な航路である。平成 22 年 7 月、「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」が施行され、海上交通の更なる安全確保

に向けた、新たな交通ルールや管制手法が導入された。来島海峡航路航では、最低速力の設定や、一定区間における追越しの禁止等で、操船者を取り巻く環境は大きく変化している。しかし、同法の施行が海上交通流に与える影響について、明らかにされておらず、新たな交通ルールや管制手法の導入による効果について、検討が行われていない。そこで、同法が交通流に与える影響や問題点を明らかにするため、来島海峡において、操船者を取り巻く環境を調査する。

「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」の施行によって、来島海峡航路において追越し禁止区間が設定された。これにより、速力の遅い船舶が先航し後続船が追従する、いわゆる団子状態での航行事例が発生している。航路内で団子状態のまま並走して航行することは、無理な減速や異常な接近を発生させ、操船者の困難を増大させるとともに、衝突や乗揚げ等の危険な状況を招く恐れがある。第3章では、来島海峡航路における船舶交通実態調査を行い、追越し禁止によって発生する危険な状況を明らかにする。

来島海峡は内航の小型船の航行が非常に多く、主に日本語による通信が行われている。船舶同士の異常な接近や乗揚げを防止するためには、国際VHF通信による情報提供や注意喚起は非常に有効な手段といえる。また、適切な時期に必要な情報を提供することが、海難を未然に防ぐために必要不可欠である。第4章では、来島海峡における国際VHF通信について、通信内容や通信言語、時間帯別通信数を調査し、通信の現状や問題点を明らかにする。

平成22年7月の法改正により、来島海峡海上交通センターは通航船舶に対して「転流前後における特別な航法の指示」という、新たな交通管制が導入された。また、海上交通センターが発信する情報に対して、法的な位置づけがなされた。そのため、通航船舶に対して海上交通センターからの情報の意図が明確に伝わるよう、通信符号を冠して通信が行われる。第5章では、来島海峡海上交通センターが行う通信に着目し、航行管制や情報提供の現状を調査する。

以上の経緯を踏まえ、第6章では航路内における小型船を対象にした、新たな航行管制手法を提案し、手法の検討を行う。第2章で開発した接近限界距離を用いて、船長や速力など状況に応じた追越し管制手法を提案する。新たな管制手法の提案や検討は、航路内における小型船の安全な航行に関する基礎研究である。

本研究では小型船を、内航船であって、かつ船長100m未満の船舶と定義する。また、本研究で用いる船長は、船の全長を示している。

第2章 航路内における接近限界距離

2.1 はじめに

操船者は他船や障害物と接近する状況で、それらと一定の安全な距離を保ちながら避航操船を行っている。このことは自船の周りにあって、他船の侵入を許さない領域が存在していることを意味する。この領域を避航領域と称し、従来からその領域を表すいくつかのモデルが提唱されている⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾⁽⁴⁾。参考文献(1)の避航領域は、海上交通実態調査から得られた航跡をもとに、1船のまわりにおける相対航跡の分布図を作成し、その航跡密度の高い部分をつらねてできる領域として定義している。

しかし、このようにして求められる避航領域は、広い水域や湾内などの実航跡を基にしているため、操船者が感じる「他船とこれ以上近づきたくない領域、または近づいてほしくない領域」という意味を示す接近の限界距離に、さらにある程度の余裕を加えた領域といえる。

操船者が意識する「他船とこれ以上近づきたくない領域、または近づいてほしくない領域」という接近の限界距離は、操船者の頭の中に存在するものであり、また、周辺環境に応じて異なるものとする。

これまでに接近の限界距離を定量的に求めた研究は、港内を対象とした船舶の行き会い関係について抽出した例⁽⁴⁾はあるが、航路内を対象にした例はない。また、操船者を取り巻く環境は、実態調査⁽¹⁾が行われた時代に比べ、船型の大型化や橋脚の建設、外国船舶の増加など大きく変化している。

他船や障害物との接近の限界距離に注目した、本研究の契機となった衝突海難がある。それが明石海峡航路内における多重衝突海難⁽⁵⁾である。これは航路内において3隻の船舶が極度に接近をし、衝突回避動作が間に合わず衝突・沈没した海難である。船舶交通が輻輳する航路内、あるいは海上交通センター(Vessel Traffic Service : VTS)の監視海域において、なぜ極度な接近を回避できなかったのか、そこには当海域環境下における接近の限界距離に関する船と船、船と管制官の間に共通の基準や認識が存在していないことも背後要因の一つと考える。

これらの背景を考えると、今後、船舶が衝突するような極度の接近や、それを回避できなかったことに起因する衝突を防止するためには、まず、航路内で同航する船舶間の、接近の限界距離を明確にする必要がある。それによって一定の限界基準に照らした接近の抑制または接近の回避が期待できる。また、このような基準を基にVTS 管制官からの注意喚起も効果的に実施できるものと期待される。

しかしながら、接近の限界距離を定量的に表現するためには、個々の操船者が頭の中で考える値を抽出することが必要であり、また、これらの値が操船者によって共有されなければ意味がない。そこで本研究は、そのような領域をアンケート調査により抽出し、この

情報を基にした海難防止の考え方について考察する。

2.2 明石海峡航路内における多重衝突海難

平成 20 年 3 月 5 日、午後 2 時 55 分ころ、明石海峡航路西行き航路内において、砂利運搬船第五栄政丸（496 トン）、タンカーオーシャンフェニックス（2948 トン）、貨物船ゴールドリーダー（1466 トン）の 3 隻が衝突し、うちベリーズ船籍のゴールドリーダーが沈没し、3 名が死亡、1 名が行方不明となる海難が発生した。

オーシャンフェニックス（オ号）は総トン数 2948 トンの液化ガスばら積船で、Capt 及び二等航海士ほか 10 人が乗り組み、液化エチレン 1600 トンを積載して、千葉県千葉港から兵庫県東播磨港に向けて航行していた。第五栄政丸（5 号）は、総トン数 496 トンの砂利採取運搬船で、Capt ほか 3 人が乗り組み、空倉のまま阪神港大阪区から兵庫県家島港に向けて航行していた。さらに、ゴールドリーダー（ゴ号）は、総トン数 1466 トンのベリーズ船籍の貨物船で、フィリピン船員 9 人が乗り組み、鋼材 1778 トンを積載して、阪神港堺泉北区から明石海峡経由で大韓民国浦項港に向けて航行していた。

その状況で 3 隻が同時に明石海峡航路に入航し、航路東側入り口付近で、最初にオ号の右舷船尾と栄政丸の左舷側ほぼ中央部とが衝突し、次いでオ号の船首とゴ号の右舷側ほぼ中央部とが衝突した。衝突の結果、オ号は右舷船尾部外板に凹損及び球状船首部に破口を生じ、栄政丸は左舷中央部外板に凹損を生じた。ゴ号は右舷中央部外板に破口を生じて沈没し、同船乗組員のうち、5 人がオ号及び付近の漁船に救助されたが、Capt ほか 2 人が溺死、1 人が行方不明となった。またゴ号から流出したと思われる燃料油の一部が、付近海面で認められた。

3 隻とも衝突直前まで自動操舵で航行し、各船舶とも国際 VHF の聴取義務を怠っていた。その結果、VTS からオ号に対して名指しで注意喚起があったが各船舶とも気付かなかった。またその注意喚起は衝突の 1 分前に行われたとされて、そのオ号は注意喚起がされた時には、すでに回避動作中で呼び出しに気づかなかったとされる。

一方沈没したゴ号は 4 年前にも対馬沖において、漁船と海難を起こしていた⁽⁶⁾。海難審判庁裁決録には要因は漁船にあったが、ゴ号に対しても見張り不十分、注意喚起信号を怠るなどが指摘された。しかし外国船籍であり、かつ乗組員がフィリピン人であったため、処分の対象外となり、また内容も伝わっていなかったとされる。図 2-2-1 に本海難の参考図を示す。

参 考 図

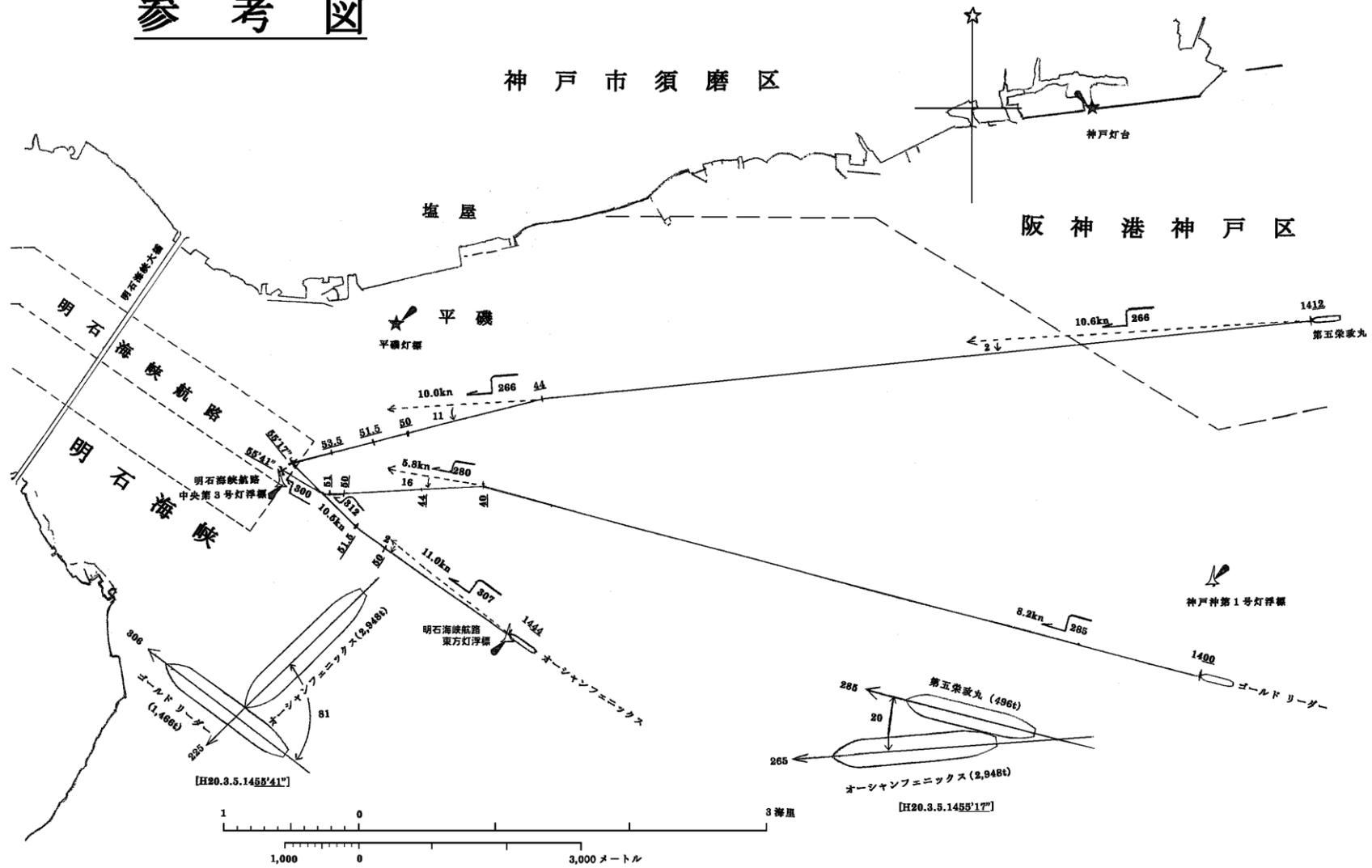


図 2-1-1 海難参考図

(海難審判庁裁決録より引用 <http://www.mlit.go.jp/jmat/press/h21/220326tk.pdf>)

2.3 要因分析

2.3.1 FTA (Fault Tree Analysis) (7)(8)(9)

人間信頼性工学の分野において広く利用され、船舶の衝突や油流出といった分析対象を頂上事象として、これに起因した中間事象を経て、末端にある独立した基本事象、つまり事故要因へと掘り下げていく。その各事象間の因果関係を階層的構造とする、トップダウンの解析モデルである。原因と結果の機能的関連、論理的結合、メカニズムについて確率を用いて解析することができる。

この解析法は頂上事象を構成する基本事象間の構造が把握しやすく事故の最大原因を抽出できるため、事故防止対策を策定しやすい分析法である。しかし階層的因果関係が容易に導かれる構造では解析の意味をなさない。防止したい故障について、何らかのシステムティックな探索法が必要なこと、そして解決策を第三者に理解してもらう必要があり、それを明記する必要があるときに重要な分析手法である。

FTA の解析手順は、以下の 3 ステップに分けられる。

第一ステップ <ツリーの作成>

まず防止したい出来事(事故)を想定する。これを頂上事象として、それがどんな時に発生するのかシステムを理解するため、その故障や類似した故障について情報の収集や整理を行う。そして各事象の因果関係を、入力事象が全部同時に発生して起こるものを AND ゲート、入力事象のどれか一つが発生すれば起きるものを OR ゲートとして記述する。そして論理的なツリーを作成する。ツリーの作成が FTA にとって重要な意味を持ち、正しい情報で正確なツリーを完成させることが重要である。

第二ステップ <対策効果の予測>

ツリー作成により求めた基本事象より、想定事故の対処事項を決定する。これは現状システムの、ウィークポイントを見つけることから始まり、これと同時にその改良やその効果が果たして損なのか得なのか、施策に対する評価を行う。その方針は以下の 2 点である。

1. 非常に重要なウィークポイントであれば、即対処する。
2. 簡単に改善できるものであれば、優先的に解決する。

これはウィークポイントが露呈する可能性や頻度、費用等を考えた上の評価が必要である。

その見出し方には 2 種類あり、1 つは確率的な定量解析、一方は定性解析である。定性解析には信頼性に欠ける印象を与えるが、現在利用されている殆どが定性解析によるもので

あり、これは現場経験の乏しい者の確率計算よりも、経験豊富な者の定性的手法の方が現実的な妥当性を有しているといえる。

第三ステップ <対策の実施>

抽出された故障のモードやエラー、ハザードを集積し、最善の対策を立てることである。これは現実との妥協を如何に巧く考えるかが重要で、数多く挙げられたウィークポイントの改善案に対し、優先順位を設定して現実との妥当性を考慮した上での対策決定が重要になる。こうして現状に対する積極的で具体的な勧告がまとめられる。

2.3.2 ETA (Event Tree Analysis) (7)(8)(9)

システム内に存在する基本事象から最終的な故障である不安全事象へ至る、時間軸(手順、プロセス、フェーズなど)に従って、順方向に時間の経過に沿って展開する方法である。これは、ある特定の機能損失(故障)に着目して、末端にある基本事象へと展開した FTA とは逆の展開法である。

ある対象の故障や事故に関連する事象がいくつかある場合に、原因と考えられる初期事象から、事故などの最終事象に発展するまでの事象を機能・運用のシーケンスを追って順方向にたどり、事故防止に成功するか失敗するか、その成否をバイナリ型(YES/NO)で表現する手法である。このように樹形図に展開する方法を、事故の樹解析(Event Tree Analysis)と呼ぶ。

ETA は事故の引き金となる故障やエラー（初期事象）が事故に発展する順序に従って、いかにしてそれを阻止するかという手順を検討し、その安全性を評価するのに使われる手法である。また、様々な結果事象が生じる可能性を考える場合に用いられる。しかし、複数の起因事象が関係する事故を記述できない。

作業は、初期事象を出発点とし、その展開結果を記載する。またその過程に事象の関連事項を自系列に従って記載する。装置の作動や操作者の行動についての論理を展開する場合は、正常な作動あるいは適切な行動は図の上部に、誤作動や不適切な対応を図の下部に記載する。

-

2.3.3 VTA (Variation Tree Analysis) (7)(8)(9)

事故や故障の最終事象に至る過程で、推定的な要因を含めず確定事実のみを分析対象とする定性的な事故分析手法である。これは通常であれば事故は発生しないという観点から、

通常から逸脱した行為、判断、状況などの変動要因が事故発生に関与したと考え、変動要因の連鎖を時間軸に沿って詳細に記述することにより事故防止対策を策定する手法である。

また人間行動の背後に潜む問題を追及するもので、責任の所在を追及するのではなく、対指向型の分析手法である。

しかし記述できるシナリオは限定的であり、また事故に至るまでの経緯を詳細に知る必要がある。そのため海難審判庁裁決録に記載されている事故経過をもとにこの手法を適用することで有効に活用できる。

2.3.4 M-SHEL 分析⁽¹⁰⁾

M-SHEL 分析とはヒューマンファクターを理解するために用いられる方法で、航空分野においてよく知られている。

人間を取り巻く外的環境要素は、法律や条例といった **Software(S)**、温度、湿度や照度といった **Environment(E)**、構造物や機械などの **Hardware(H)**、自身以外の人間 **Live ware (L)** が存在している。それらファクターとは常に接触して関係が生じており、この関係をヒューマンファクターという。

図 2-3-1 に示す通り、中心に対象となる人間 (L) が存在して、その周りにファクターとなる 4 要素が接触し、その波線部が干渉し合っていることを表す。その接触部に不適合が生じると、ヒューマンファクターによるヒューマンエラーが発生することを意味する。そしてヒューマンファクターを管理する要素として、**Management(M)** が存在する。

人間のミス無くすことは不可能であるといわれる。実際に発生している事故の多くがヒューマンエラーに起因している。しかし機器類のハイテク化や大型化に伴い、人間のミスによる危険性が増大していることは明確である。つまり人間の失敗は見過ごせない重要な要因であり、このヒューマンエラーのマネージメントが予防安全にとって必要である。

その人間の特性を理解した人間中心型の解析、つまりヒューマンエラーのマネージメントを行う解析手法が **M-SHEL** モデルである。

周辺環境は時々刻々と変化するものであり、その状況下でヒューマンエラーの防止を考えると、人間が如何に最適なパフォーマンスを達成できるか、周辺ファクターの改善が最も効果的である。

M-SHEL 分析は、ヒューマンファクターの因果関係を明確にし、どのような要因・要素が潜んでいるかを、事前に抽出することが可能なモデルである。

分析にあたり中心人物と対象事故を明確化、そしてブレインストーミングによる発想の誘発が重要となる。

M-SHEL 分析の目的は、その結果に対する原因「何が悪いのか」を求めたいのではなく、その要因「何が問題か」を明確にすることである。

以上の目的で事前に危険の芽を抽出する手法が、M-SHEL 分析である。

今回の対象海難は、多重衝突海難という頂上事象を下に末端の要因へと掘り下げることが目的であり、また複数の要因が関係している海難と考える。そこで本研究はツリー型解析手法のうち FTA の手法と、M-SHEL 分析を用いて分析する。



図 2-3-1 Hawkins の SHEL モデル

(Hawkins: ヒューマンファクター — 航空の分野を中心として —, 成山堂, 1992 より引用)

2.4 要因分析結果

2.4.1 FTA 分析結果

頂上事象を多重衝突海難とし、回避動作失敗という中間事象を置いて、その回避動作失敗の要因を 1,操船失敗、2,判断失敗、3,知覚失敗とする。これらの 3 項目について、各船舶ともその下にある基本事象、要因の抽出へと掘り下げる。

操船失敗に起因する事象は、無理な操船、操舵ミス、極度な接近である。

判断失敗に起因する事象は、環境への配慮不足、安全の意識の低さである。

知覚失敗に起因する事象は、発見の失敗、確認不足、サービス不完全である。

これらを中間事象と置き、末端にある基本事象へとツリーを作成する。頂上事象をもとに 3 隻のツリーを図 2-4-1 から図 2-4-3 に示す。

ここで図中には事象の下に冠状の記号が描かれている、これが事象間のゲートを、冠状内に貫いて描いてあるものを AND ゲート、貫いていないものを OR ゲートとする。

分析で得られた基本事象は、3 隻に共通して抽出された事象 ((5) 海難審判制度については特異な事象) に着目して、その内容を考察する。以下に抽出事象の内容(1)~(5)を列挙する。

(1) 自動操舵

各船舶とも衝突直前まで自動操舵で航行していたという事実がある。これにより、自動操舵による気の緩みからレーダー監視・目視監視不足に陥り、情報の欠如・発見確認の失敗へと続き知覚失敗になったと考える。そこには自動操舵に頼らなければならない勤務状況、疲労、人員削減が考えられる。

(2) 進路・速力の不適切

これは各船社のマネジメントに関連し、輻輳する海域にもかかわらず無理な追越し、無理な航路進入角度などをするような状況を操船現場に求める環境が、操船者に無理な操船を引き起こす要因になると考えられる。

(3) 接近の回避失敗

現在 VTS は巡視艇の配備や、監視員の増員といった嚴重化した監視体制を敷いている。その状況下における衝突ということで、ここには各船舶間もしくは操船者と管制官の間に、接近に対する共通な判断基準が存在していないことが要因であると考えられる。監視体制に不備が無かったとしても、なぜ衝突の直前まで注意喚起が行われなかったのか、また巡視艇配備しているのだから国際 VHF だけではない他の喚起方法があったのではないかと考える。お互いがどこまで接近すれば危険であるか、また回避動作を開

始しなければならないかという、共通の尺度が存在していれば衝突回避行動の手の内が確保され、衝突回避の確立も向上する。

(4) ワッチ体制の不適切

Capt 代理や、狭水道航行時に Capt は船橋に不在であった、また航海当直は単独ワッチや不適当なタイミングでの当直交代であった。その不適切なワッチ体制が知覚失敗、判断失敗の中間事象へと繋がる。

(5) 海難審判制度

ゴ号は4年前にも漁船と海難を起こしていた。海難審判庁裁決録に示される要因は漁船にあったが、ゴ号に対しても見張り不十分、注意喚起信号を怠るなどの原因が言い渡された。外国船籍のフィリピン人であったため処分の対象外、また原因として示された内容も伝わっていなかったという。海難審判制度が目指す、「再発防止」という観点から、制度の改善や、各船社の安全管理もしくは安全運航に係る船舶運航の安全配慮を向上させる必要がある。

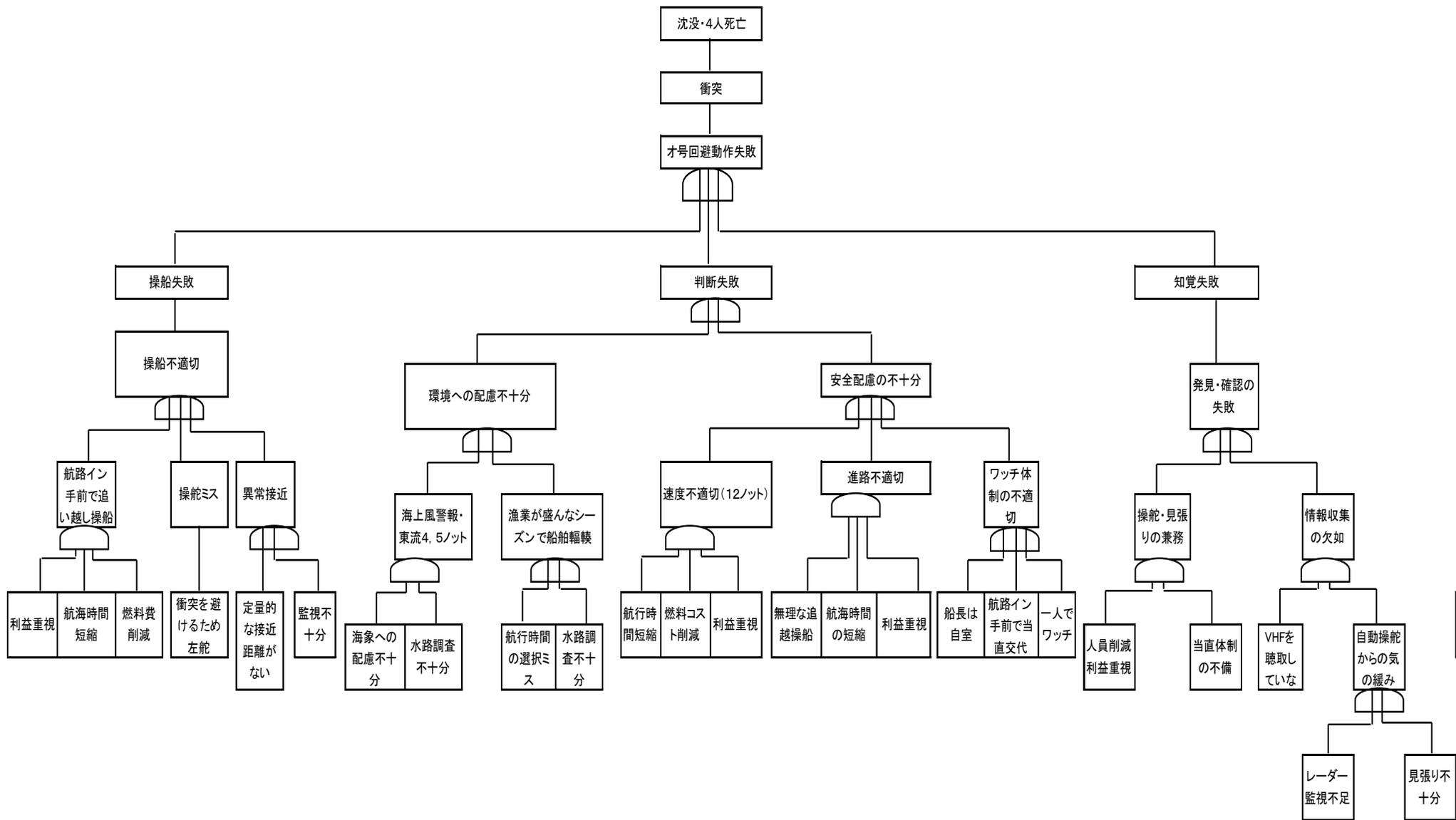


図 2-4-1 オーシャンフェニックス FTA 分析結果

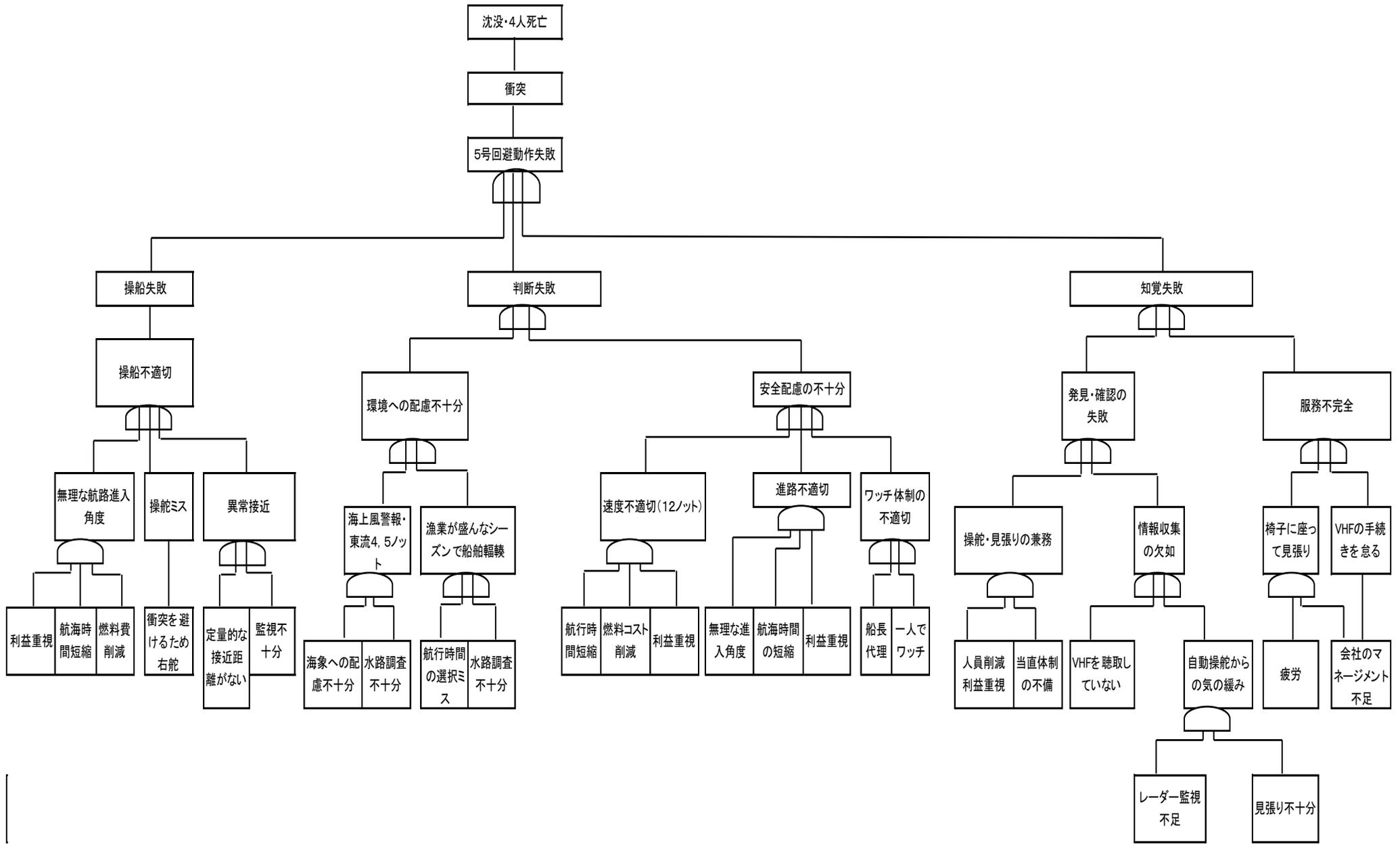


図 2-4-2 第 5 栄政丸 FTA 分析結果

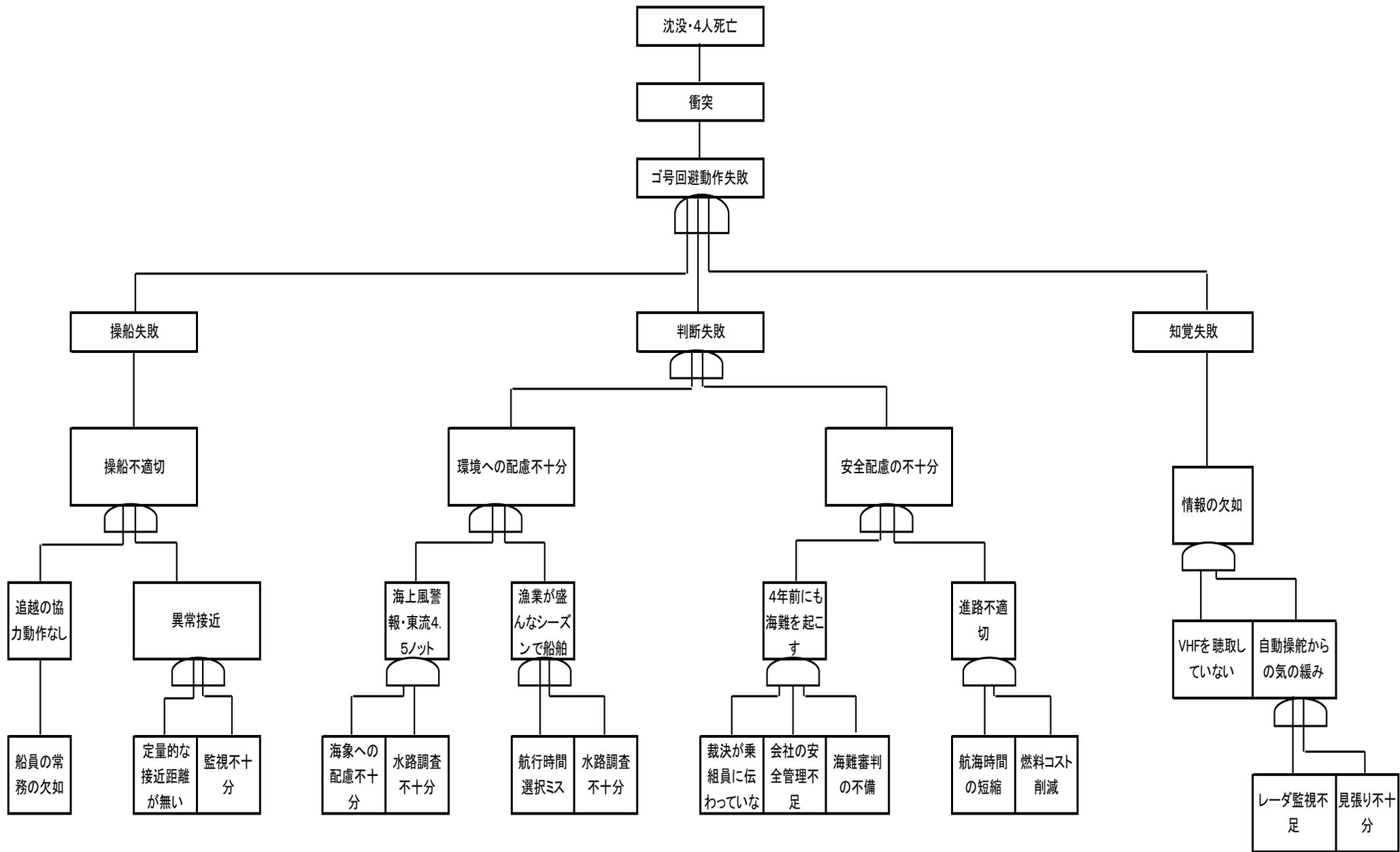


図 2-4-3 ゴールドリーダー FTA 分析結果

2.4.2 M-SHEL 分析結果

中心の Live ware を各船舶の操船者、もしくは 3 隻の操船者を一つに考え、ヒューマンファクターによる要因・要素の洗い出しを行う。図 2-4-4 に分析結果を示す。分析の結果より、再発防止へ向けて以下の 4 項目を挙げた。

1) ワッチマニュアルの見直し

FTA 解析でも述べたが、衝突当時のワッチ体制が適切であったとは言えない。その体制を変えていくためには、各社が持つワッチマニュアルの再検討が非常に重要だと考える。それには、現在のような強制力のないマニュアルという船内における慣習の改善から始まり、会社としての管理体制の構築、更にはその会社の管理体制をチェックする組織が必要となる。

また強制力のあるワッチマニュアルの作成については、そのマニュアルの科学的根拠や、明確な必然性を兼ね備えたものでなくてはならない。

2) BRM (Bridge Resource Management) の実施

互いに接近する状況の中で、誰ひとり危険に対する指摘がなかった。そこには指摘し合えない操船環境であり、コミュニケーションが取りづらい状況であったと考えられる。または VTS や周りの船舶からも該当船舶に対して指摘し合わない、指摘しづらい環境であったと考えられる。

3) 海難審判制度の見直し

海難審判制度の目的は原因を明確にすること、かつ海難事故の再発防止を目的としている。しかしその目的が達成されず、2 度目の海難という最悪の結果を引き起こしてしまった。そこに外国船舶、外国船員に採決が伝わりにくい現状があると考えられる。また採決を受けた船社に対して、その採決が安全管理につながらない現実も大きな問題だと考える。

4) 接近の限界距離の確立

船舶が接近する状況において、船舶同士、若しくは船舶と VTS 管制官の間に共通した危険の認識が存在しない。同海域を利用する関係者に共通な意識が存在しないことは、互いの思い込みを生じさせ、接近の回避失敗や無理な操船に発展している。つまり明確な接近に対する限界基準がなく、接近を回避するタイミング逃したと考えられる。操船者が感じる接近の限界距離とは各操船者の頭の中に存在し、操船者の意識を基にした基準の策定が、共通な認識の確立に繋がると考える。

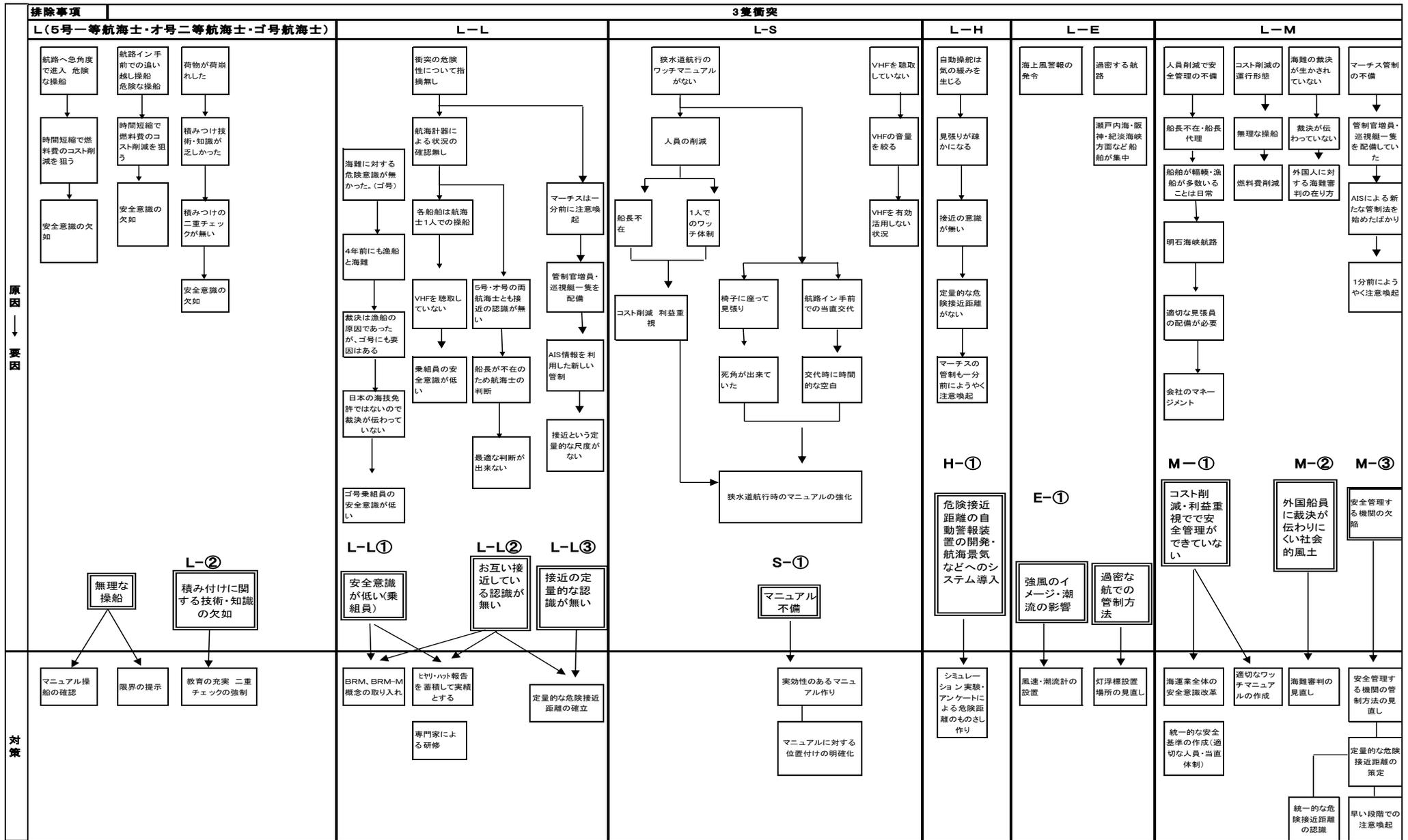


図 2-4-4 M-SHEL 分析結果

2.4.3 対処事項の決定

本海難において上記以外にも多くの要因が存在し、それらハザードが何らかのきっかけを持って様々なエラーに繋がり、エラー連鎖が絡み合った状況から脱却できない結果が、多重衝突海難であることが分かる。この海難における対象者は、各船舶の操船者はもちろん、船舶を所有する船社、VTSの管制官などである。

今後、同様な海難が発生しないためにも、上記で分析した要因について対策を講じることが重要である。その対策とは論理的な説明性を兼ね備えたものであり、その効果を十分に予測・検証したものでなくてはならない。そしてその対策を当該関係者が共通な認識として持ち、チームとして管理することが、再発防止や安全を管理の点で重要である。

分析した要因の中で、接近の回避失敗が挙げられた。これは本海難にとって直接的な要因であると考えられる。船舶が集中する航路入り口で極度な接近をしなければ、衝突という最悪な結果は発生しなかったわけである。

そこで本研究は、航路内における船舶の接近に着目し、操船者が意識する接近の限界距離を抽出して、極度な接近に起因するこの種の海難防止対策を考察する。

2.5 避航の限界領域

船舶が航行中に他船と出会うときや障害物に接近するとき、避航の手立てをとることのできる限界の領域を確保できるように操船者は自船周囲の一定領域内に他船や障害物を侵入させないように操船行動をとり避航を行う。このような領域は、船舶の輻輳状況、速力差、船型などの組み合わせにより変化し、その領域の大きさを表すモデルが国内外において提唱されている。(1)(2)(4)

2.5.1 避航領域⁽¹⁾

他の船舶や障害物と接近する状況で、それらと一定の距離を保つように避航を行う。これは自船の周りに領域を設定して、その中に侵入されないように操船を行う。その領域を避航領域と呼び、藤井らは「船のまわりにおいて大部分の船（または平均的な船）がその中に入るのを避ける領域」と定義している。

この領域は実態調査をもとに、1隻の周りの相対航跡の分布を作成し、航跡密度の高い部分を連ねてできる領域として表現される。その形状は、自船を中心とした楕円の水面範囲で、その大きさは自船長で基準化し、自船船型や船速、他船との見合い関係により変化する。また自船をあるバンパーで囲まれたかのように見えることから、バンパーモデルとも

言われる。

この領域を求めることは以下の3点について設計指針を得るために重要となる。

1. 航路容量を求めるため
2. 交通管理の際の適切な離隔基準をたてるため
3. 衝突・近接警報による自動衝突予防システムの設計資料のため

2.5.2 避航限界⁽²⁾

避航操船において、避航領域および避航方法が定まると、避航の手立てをとることのできる限界の領域を確保できるように避航開始距離と避航開始時期が決まる。このときの避航開始距離を避航限界と呼ぶ。そして最短停止距離もしくは最大舵角による操船を行っても避けられない状態を避航回避限界とする。

相手船が直進する場合についての避航限界を計算した例がいくつもあり、その結果から以下の2点が得られている。

- a. 避航限界の大きさは船の長さ(Lop)に比例
- b. 速力の同一な反航、横切りの遭遇は船の長さ(Lop)の4~5.6倍程度が避航限界

また、相手船が衝突を避けるため最良の協力動作をしても、避航限界は1~3割程度しか小さくならないという結果が示されている。

避航限界が分かると、自船速力と他船速力の関係から所要時間が算出できる。この算出された時間が時間領域での避航限界であり、これに幾分かの余裕を含むことにより、余裕のある避航開始距離や避航開始時期が求まる。

ここで避航領域とは、実態調査を基に策定された領域であって、そこには操船者の余裕を含んだ領域といえる。実際に他船と接近する状況では、操船者は他船と余裕を持って航過するため、実態調査を基に策定された領域は、操船者が感覚として持つ限界距離ではない。そこで、実態調査では知りえない、操船者が他船とこれ以上近づきたくないとする許容の限界であって、操船者が感覚として持つ限界距離に着目した研究が、次の航過距離である。

2.5.3 航過距離⁽⁴⁾

避航限界に対応する避航領域は操船者の意識の中にあるとの考えから、操船水域が制約された港内において、操船者が持つ避航領域の大きさがアンケート調査により抽出されている。

このモデルは、実態調査によりモデル化された避航領域とは異なり、「安全上決して他船に侵入をされたくない最小限の領域」と「この距離以遠で航過する他船には何の不安も感じない領域」として、自船の船首尾ならびに側方における他船との接近に着目して「限界航過距離」と「十分航過距離」を表現している。

実際の操船では、他船と航過する際に幾分かの余裕を含んで安全に操船するため、実態調査では操船者が意識する限界航過距離、または十分航過距離を抽出することは困難である。また各距離は操船者によって異なるため、実態調査では知り得ない共通な距離基準として、本モデルが提唱されている。

この航過距離モデルでは以下の3点が明らかにされている。

1. 限界航過距離に対応する避航領域の大きさは、自船長と他船長の関数で表現できる。
2. 各方向の航過距離比率は、側方・後方・前方で1:2:3である。
3. 操船者意識のばらつきもモデル化され、それは対数正規分布で近似される。

船舶交通が輻輳する海域において、船舶の接近に対する安全性評価が不可欠である。その評価モデルは、リスク軽減の予測と導入後の効果予測を、定量的に評価できる基準を備えて、かつ現状に応じて手直しや見直しを行っていかなければならない。現在、他船との接近を評価するモデルは、衝突を判定するための基準として、自船周囲に一定の領域を設け、その領域の侵入が衝突と判断している。一定領域を表すモデルには、避航領域や航過距離モデルが使用されている。しかし、避航領域は実態調査が行われた時代から操船環境は大きく変化し、かつ操船者が意識する接近の限界距離より幾分かの余裕を含んでいる。また航過距離モデルは、港内における他船との行き会い関係が対象であるため、航路内での評価モデルとしては不適切である。

本研究で着目した「航路内での衝突海難」という、船舶交通が著しく輻輳し、かつ、海上交通センターの監視海域において、衝突を未然に防ぐためには、極度な接近を回避しなければならない。極度な接近を未然に回避するためには、接近する状況で遅滞なく注意喚起することが重要になる。注意喚起は適切な時期に実施することでその機能を発揮することから、遅滞なく実施するための接近に対する判定基準が必要である。またその判定基準を操船者はもちろん、VTS 管制官が共通の認識として持つことが、互いに注意喚起を行う環境を作るうえで重要となる。しかし、航路内における共通な接近の判定基準は存在しておらず、個々の操船者が異なった判断基準で操船している。またその判断基準を VTS 管制

官が知る由もない。つまり各操船者が意識する「判断基準を、操船者同士、もしくは操船者と VTS 管制官が共通認識として持つことが、衝突を未然に回避する対策である」と考える。

以上より、航路内といった船舶交通が輻輳し、かつ海上交通センターの監視海域において、接近に対する安全評価が必要で、そのためには航路内における衝突の判定基準が必要である。また船舶の衝突を未然に防ぐためには、遅滞なく注意喚起することが重要で、そのためには、各操船者が持つ「他船とこれ以上近づきたくない、または近づいてほしくない」という接近の判定基準の共有が必要である。

それらの基準を策定するためには、航路内における接近の限界距離を知る必要があり、そこで本研究は、航路内という一方通航の環境下における、操船者の意識の中に存在する、他船や障害物との接近の限界距離をアンケートにより抽出することを試みる。なお、本研究は、航路内における接近の限界距離を、「接近限界距離」とし、以下のように定義する。

接近限界距離とは、一方通航の航路内で、同航する他船を追い越す、もしくは追い越されるという接近状況において、自船周囲の一定の領域内に侵入されると危険を感じ、それ以上の接近を許容できない距離である。

2.6 航路内における接近限界距離の調査⁽¹¹⁾⁽¹²⁾

2.6.1 アンケート調査の計画

アンケート調査を行う上で、その作成から実施における各プロセスを理解することが重要である。調査目的を明確にするため、何を調べたいのか、その調査項目を設定する必要がある。調査の目的として以下の2タイプが存在する。

1) 仮説検証型

ある仮説を設定し、それが本当に成立するかどうかを、得られたデータを用いて確認することを目的とする。

2) 現状把握型

どんな状況で何が起きているのかを得られたデータを基に把握して、その結果を意思決定に活用することを目的とする。

アンケートを実施するためには、調査内容や目的に応じた方法で調査しなければならない。以下に調査方法とその特徴をまとめる。

1) 訪問面接法

調査員が直接被験者を訪問して、インタビュー形式で行う。回答率が高く、信頼性も高い。その一方、一人一人に聞きまわるので、手間や時間そして費用がかかる。

2) 郵送調査法

アンケート用紙を被験者へ郵送して、回答の後に返送してもらう。一度に大量のアンケート配布が可能で、費用や人手を削減できる。しかし回答率が悪い。

3) 留置調査法

被験者に直接アンケート用紙を配布し、後日回収してまわる方法。調査員が直接回収するため、回答に時間を要するアンケートに有効である。

4) 街頭調査法

街頭に調査員が立ち、対象者を見つけたらインタビュー形式で行う。対象者はもちろん回答者に会うことが難しい。また聞き方によっては回答の偏りが目立つ。

5) 電話調査法

被験者に電話をかけ、そこで回答を得る方法である。

6) 集合調査法

対象者をある会場に集め、その場で回答を求める方法。一度に多くの回答を得るが、事前の準備が必要である。

7) 電子メールやインターネットの利用

電子メールの送信やホームページ内にアンケートを作成して、インターネットを介してデータを集める方法である。調査員の手間を大幅に軽減できる。

アンケートの質問文は簡潔でかつ平等でなくてはならない。その文中には二つ以上の論点を含んではならない。質問文の構成は回答者に先入観を与えないよう、簡単な質問から難しい質問へ流れる順とし、また似たような質問は並べて記述しなければならない。

回答の抽出にもいくつか注意が必要である。回答方法を以下にまとめる。

1) 自由回答

数量や語句、文章によって回答を求める。文章の回答であれば、キーワードとしてコード化が可能である。

2) 選択回答

提示されているキーワードや語句を選択する方法で、選択肢の中から一つを選ぶものを単一回答、二つ以上を選ぶものを複数選択という。単一回答には二つから一つ選ぶものを二項選択、三つ以上から一つ選ぶものを多項選択という。

多項選択は語句に修飾語をつけて順序関係をつけるもので、その方法は回答者のイメージを問う形式の「SD方式」と、どの程度合意できるかという「リッカート法」に分けられる。

以上の計画のステップを踏まえ、本研究で実施したアンケートの概要を以下にまとめる。

他船と接近する状況において、操船者はこれ以上他船の侵入を許さない領域を持ちながら操船している。それは操船者の頭の中にあり、実態調査では測定困難な量である。同様のアプローチとして港湾を対象にした調査が行われているが、航路内における調査は行われていない。本アンケート調査の目的は、操船者が回答する、航路内における他船との接近限界距離をモデル化することである。

アンケートは現状把握型を採用し、実際の操船状況において、操船者は他船との接近限界距離に対してどのような意識で航路を航行しているかを把握し、操船者がイメージする

自船と他船との接近限界距離のモデル化を試みる。モデル化のためには多くの操船者の意識を考慮する必要があるので、調査方法は一度に大量の発送が可能な郵送調査法を利用する。回答方法は自船要目を回答者が自由に設定し、その距離はメートル単位で数値を記入する自由回答方式とする。

2.6.2 アンケート調査の実施

本調査は平成 20 年 11 月から平成 21 年 2 月にかけて郵送した。調査対象は、航路内において、操船者が他船とこれ以上近づきたくないとする接近限界距離を抽出するため、航海士等の海上経験者とする。協力依頼先は、海上交通安全法により定められた航路の周辺を航行区域に持つ船社で、各船社が所有する船舶総隻数と、その船舶を船の長さ別に 10m 未満、10m~50m、50m~100m、100m~200m、200m 以上に分類して、その隻数を参考に選定する。

アンケート調査の実施にあたっては日本内航海運組合総連合会の協力を得ることができたので、その傘下にある内航大型輸送組合、全国内航タンカー組合、全国内航輸送組合に所属する 65 船社の協力を得た。

発送部数は各社が所有する船舶の隻数を参考に、65 社、計 1926 通を発送した。回収数は 533 通、回収率は 28% である。表 2-6-1 にそれらのデータを取りまとめて示している。

表 2-6-1 アンケート協力依頼組合と会社数 発送部数 回収数及び回収率

協力依頼組合	会社数	発送部数	回収数	回収率(%)
内航大型輸送組合	13	416		
全国内航タンカー組合	34	995		
全国内航輸送組合	18	515		
	65	1926	533	28

アンケートを回答するうえで、操船状態の前提として以下の 4 項目を設けた。

- 想定する海域は一方通航の航路内とし、海上交通安全法で定められた航路（幅およそ 750m）をイメージする
- 航行時間帯はラッシュ時を想定する
- 接近する相手船とは、ほぼ同航関係で若干の速力差を持って接近する
- 外力影響は考慮しない

また、アンケートで表記する接近限界距離は、以下のように定義する。

一方通航の航路内で、同航する他船を追い越す、もしくは追い越されるという接近状況において、自船周囲の一定の領域内に侵入されると危険を感じ、それ以上の接近を許容できない距離とする。

アンケートは大きく3つの柱で構成されている。

一つ目は、自船要目の設定である。自船長・幅、船種、積載状況、速力について、被験者は、これまでの乗船経験を参考に回答する。

二つ目は、接近限界距離である。これは若干の速力差を持って他船と接近する状況で、他船とこれ以上近づきたくない距離を、前方・後方・左方・右方の4方向について他船の船長別に求める。他船を船首に見る場合は自船が追い越す場合で、他船を船尾に見る場合は自船が追い越される場合となる。両舷についてはどちらの場合も適用できるため、自船が追い越す場合と追い越される場合の二つを設定する。最後に接近限界距離はラッシュ時と閑散時間帯で変化するかどうか、変化するのであればどの程度変化するかを設問とする。

三つ目は、航路内における障害物との接近限界距離である。他船に対する接近限界距離と同様の状況で、ブイ、漁具、操業中の漁船、橋脚の各障害物と接近する際、この距離以内に接近すると危険を感じ絶対に許容できない距離の回答を求める。またラッシュ時と閑散時の変化および、その変化量についても回答を求める。

2.7 調査結果

2.7.1 船長の分布

操船者が感覚として持つ接近限界距離をモデル化するため、あらゆる船の大きさに対応していることが理想的であり、その為には様々な船長のデータが必要である。そこで得られた回答結果から図 2-7-1 のように、船の長さの分布状況をヒストグラムに示す。これによると、最もデータが多い範囲は 60m 以上 70m 未満で、全体の 20%を超えており、また 60m 以上 110m 未満のものが全体の 75%を占める。一方データの少ない範囲は 30m 未満のデータが 0.7%、200m 以上は 0.5%である。

2.7.2 船長と船幅の関係

自船の周囲にある接近限界距離をモデル化するため、船長のほかに船幅の影響を考慮する必要がある。ここで船長と船幅に明らかな相関があれば、接近限界距離のパラメータの船幅を、自船長で基準化することができる。そこで自船長を説明変数に、自船幅を目的変数とした関係図を図 2-7-2 に示す。すると船長と船幅の関係には比例関係にあり、明らかな相関関係が見られ、その決定係数は 0.8685 となった。つまりパラメータである船幅を船長により基準化でき、領域の大きさを船長によって表現することが可能である。

2.7.3 速力の分布

接近限界距離の回答にあたり、速力の影響は重要である。ある物標と接近する状況で、物標までの距離が同じであっても、接近速力が速ければ、危険顕在化までの時間余裕は少なくなってしまう。その時間的余裕が少なくなれば操船者は不安を感じ、減速や転舵といった避航操船で、危険顕在までの時間余裕の確保に努める。この時間余裕の大きさが操船者の感じる安心の大きさであり、このような接近までの時間余裕は、他船との距離と速力に関係している。

避航の領域を表す既存のモデル⁽¹⁾⁽⁴⁾でも、速力差による領域への影響を考慮している。しかし本研究は、船舶交通が輻輳する航路内での接近限界距離の考察であり、航路内における極度な接近の防止を目的としている。また一方通航での接近状況を対象としている。つまり速力差があまり大きくない状況下での 2 船間の位置関係のもとで操船者が感じる接近限界距離に着目していることから、アンケートは前提条件を、「他船と若干の速力差で接近する状況」としている。

回答者が想定した設定速力の分布を図 2-7-3 に示す。速力の大きさごとの出現頻度を相対度数で表し、その標準偏差と平均値を求めた。これによると 10～13 ノットの回答が全体の 8 割を占めており、ばらつき幅の狭い正規分布である。つまり航路内における操船者の接近限界距離の回答は、自船速力をこの平均的な値で、かつ若干の速力差で接近する状況を想定している。

2.7.4 積載状態と船種

接近限界距離をモデル化するためには、上記要因の他に自船の積載状況や船種も重要である。積載状況を図 2-7-4、表 2-7-1 に示す。満載の回答が 8 割を占め、次いで空船が 2 割である。その中でバラストという回答も得たが、その数は非常に少なく全体の 3%である。想定した自船の船種について、図 2-7-5、表 2-7-1 にまとめた。タンカーを想定した回答者が 6 割を占め、次いで貨物船が 2 割、自動車船（フェリーや RORO 船を含む）が 1 割である。その他として LPG 船や進路警戒船等がある。

アンケート回答者が想定した自船イメージは、総じて以下のようにとりまとめる。

- 船 種：タンカーまたは貨物船
- 積載状態：満載
- 速 力：12～13 ノット

(ただし、自船長及び他船長はモデル化に当たりパラメータとする。)

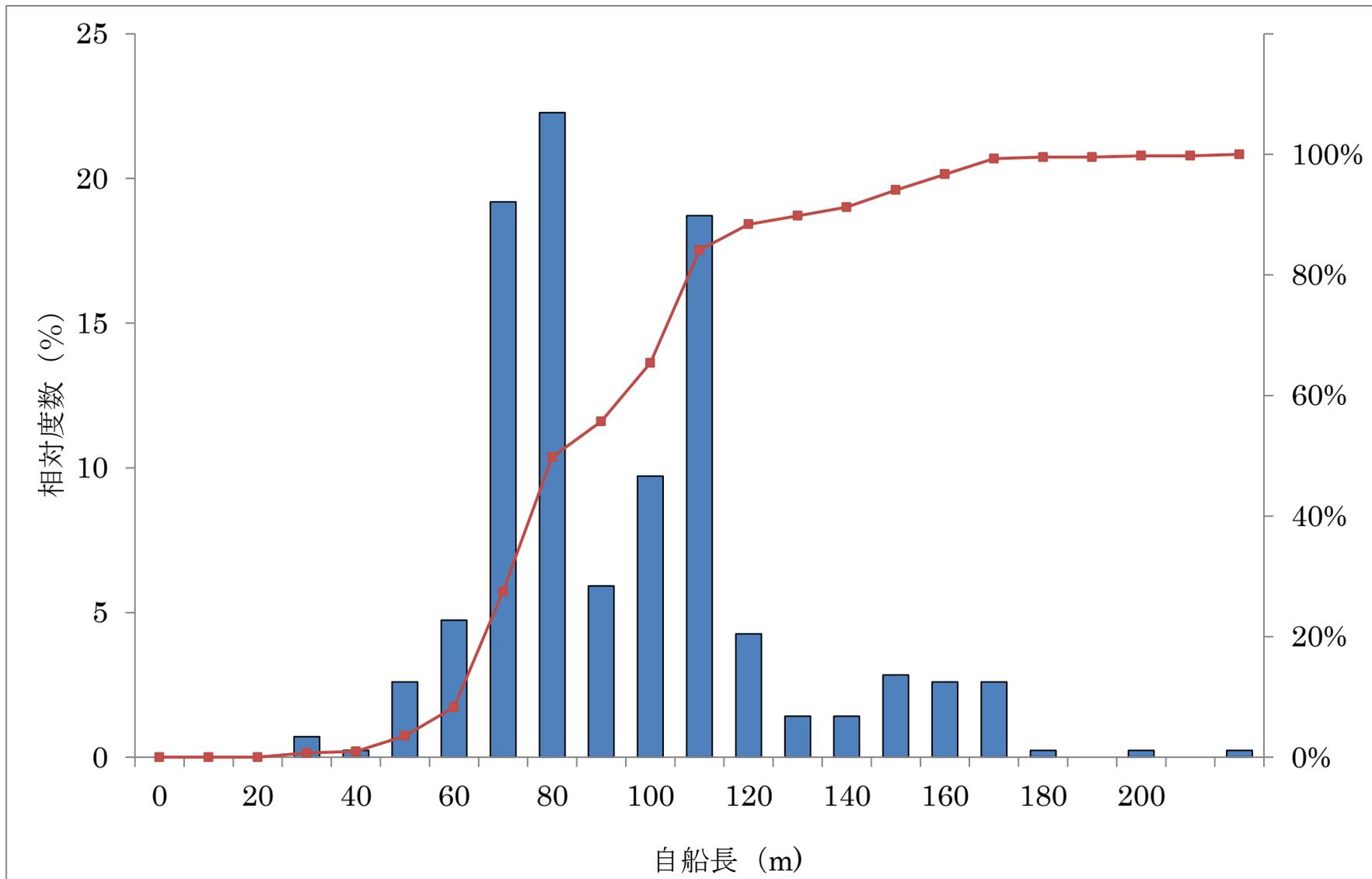


図 2-7-1 自船長の分布
(相対度数と累積相対度数)

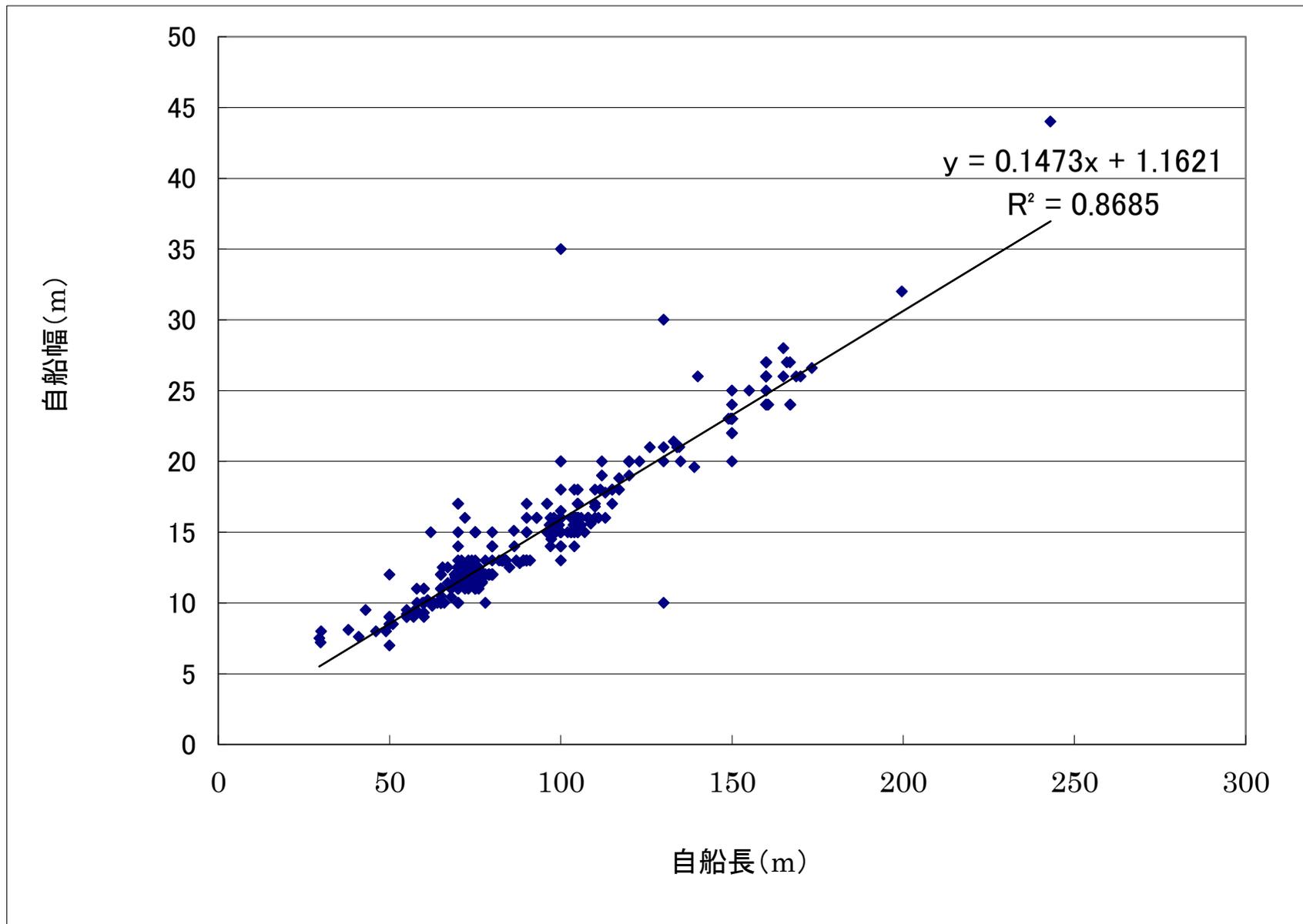


図 2-7-2 自船長と自船幅の関係

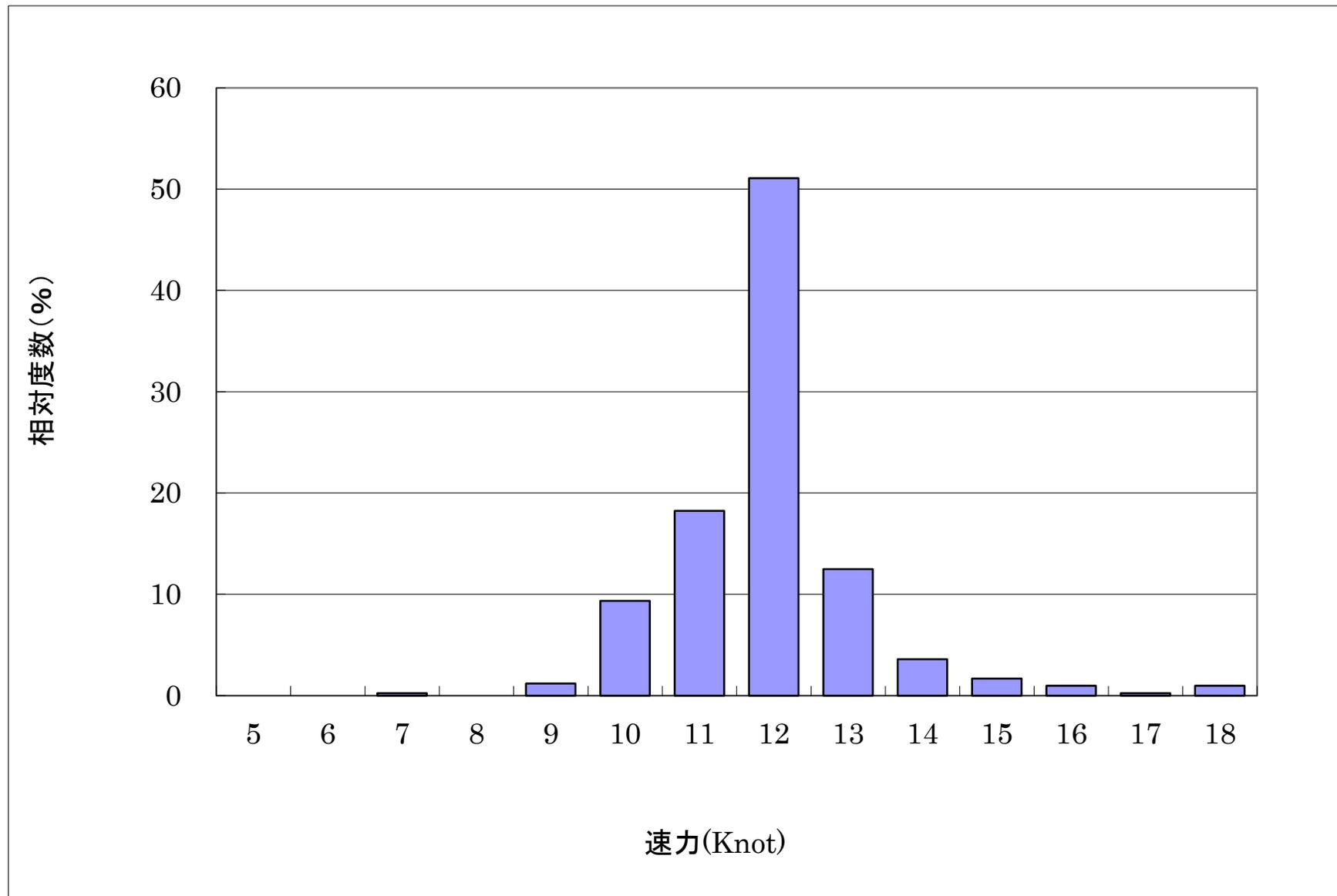


図 2-7-3 設定速力の分布

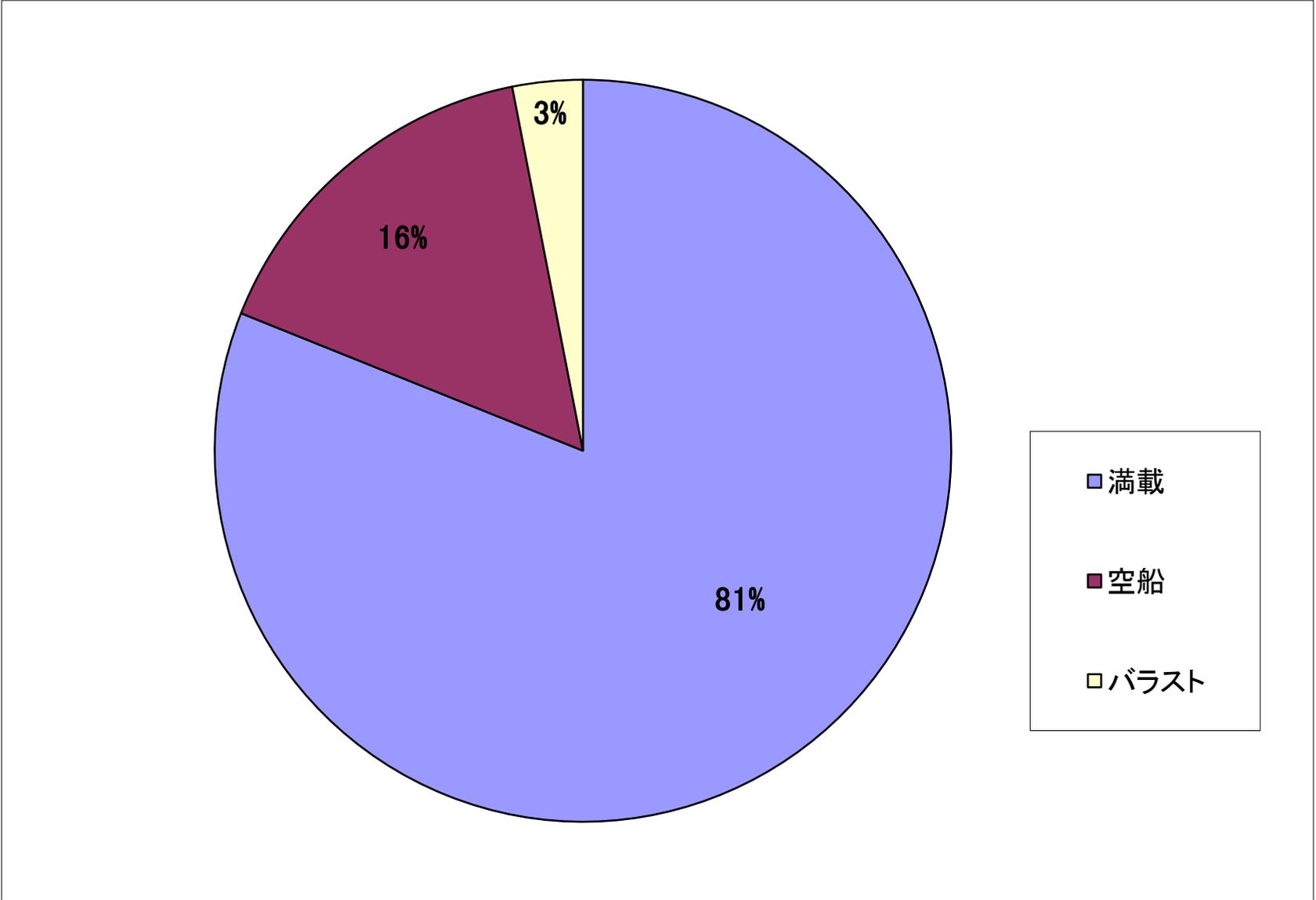


図 2-7-4 自船の積載状況

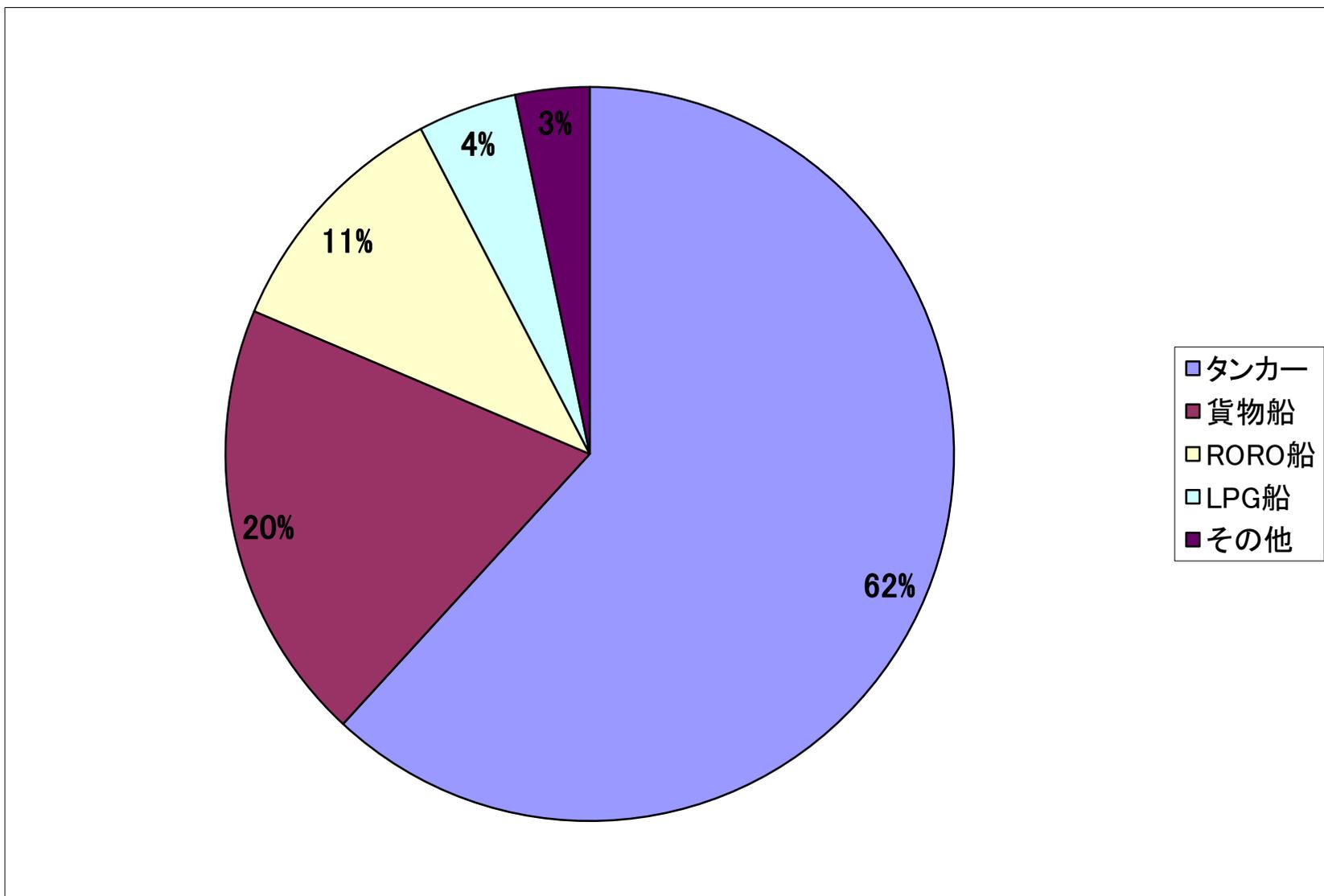


図 2-7-5 自船の船種

表 2-7-1 想定船型と積載状態

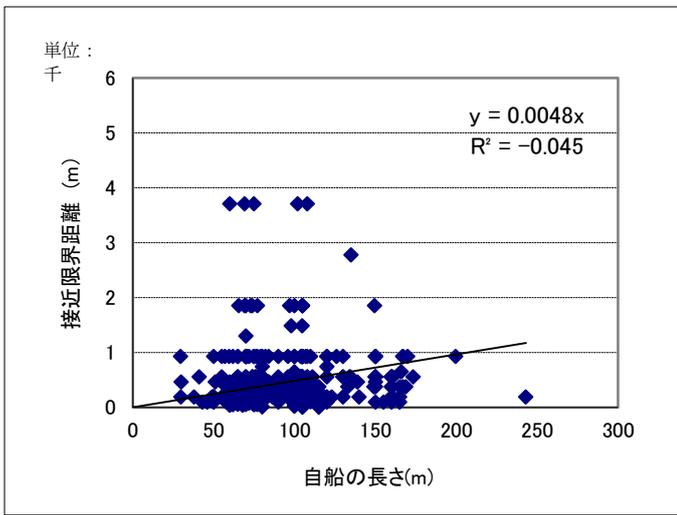
	コンテナ	タンカー	貨物船	ばら積み船	自動車船	押船	LPG 船	セメント船	不明	合計	割合 (%)
満載	4	194	54	8	36	5	18	21	2	342	81
空船	0	50	13	1	0	1	2	0	0	67	15
バラスト	0	7	1	1	2	0	1	1	0	13	3
合計	4	251	68	10	38	6	21	22	2	422	
百分率 (%)	1	60	16	2	9	1	5	5	1		

2.7.5 自船長と接近限界距離の関係

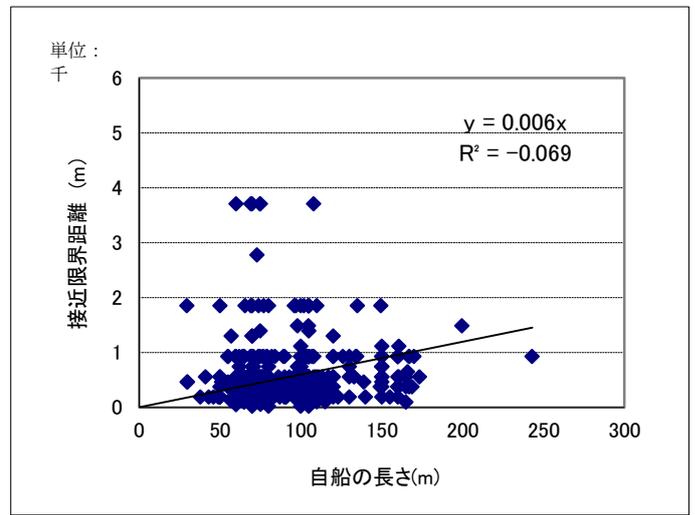
自船長と接近限界距離の関係を、船首尾および正横方向、並びに他船長ごとに分類し、その結果を図 2-7-6 から図 2-7-11 に示す。そして各データについて回帰分析を行い、回帰直線を求める。なお、回答した距離はメートル単位であるため、今後の解析はメートル単位で行う。

他船長が 100m 以下の場合、自船長の増加に伴い接近限界距離も大きくなる傾向が見られ、全方向について同様の傾向である。しかし他船長が 200m 以上になると、自船長 60～110m におけるデータのバラつきがある。

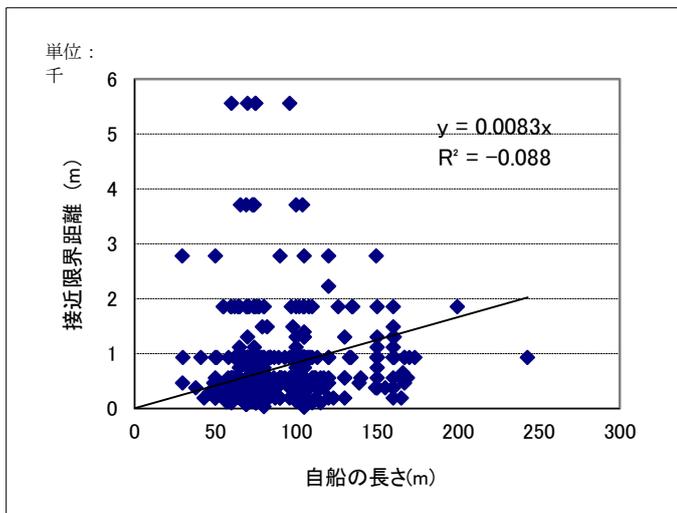
続いて接近限界距離と他船長の関係を、図 2-7-12 から図 2-7-17 に示した回帰直線の勾配の変化に着目する。他船長の増加に伴い勾配も大きくなっており、その増加量は各方向とも直線的な傾向である。つまり他船長が大きくなれば、操船者は接近限界距離をより大きくとる傾向である。



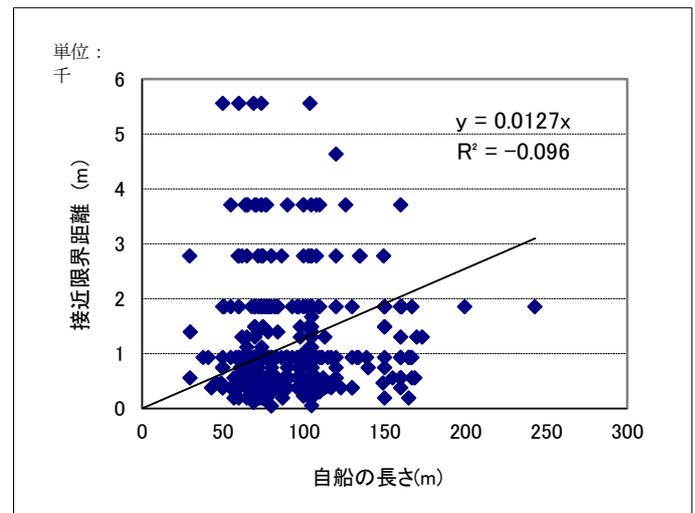
A. 前方－他船 10m



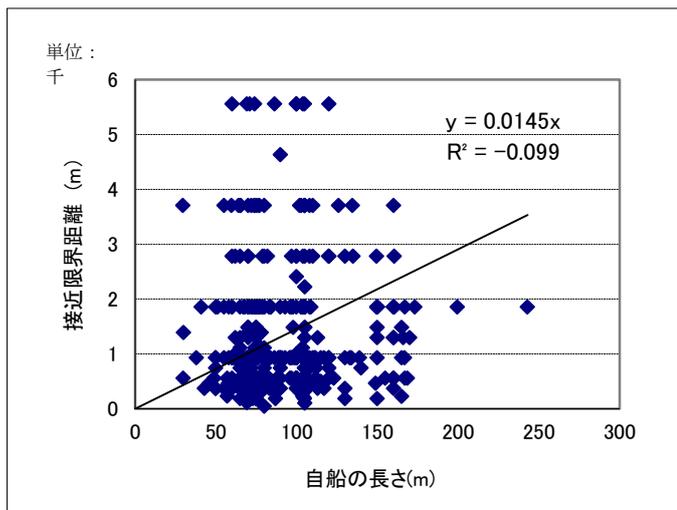
B. 前方－他船 50m



C. 前方－他船 100m

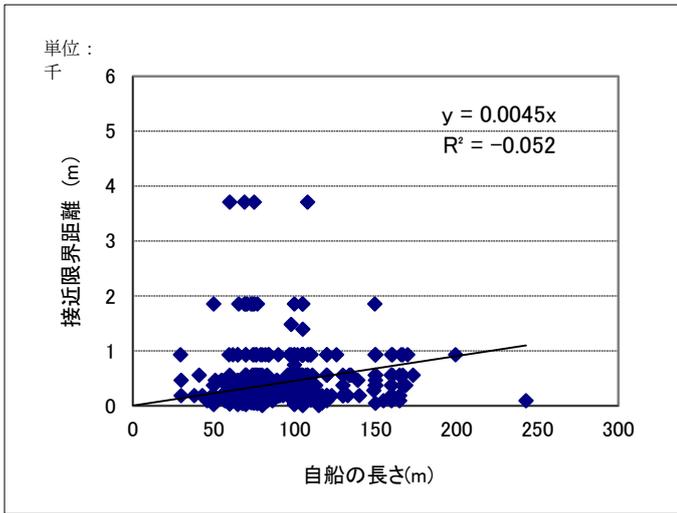


D. 前方－他船 200m

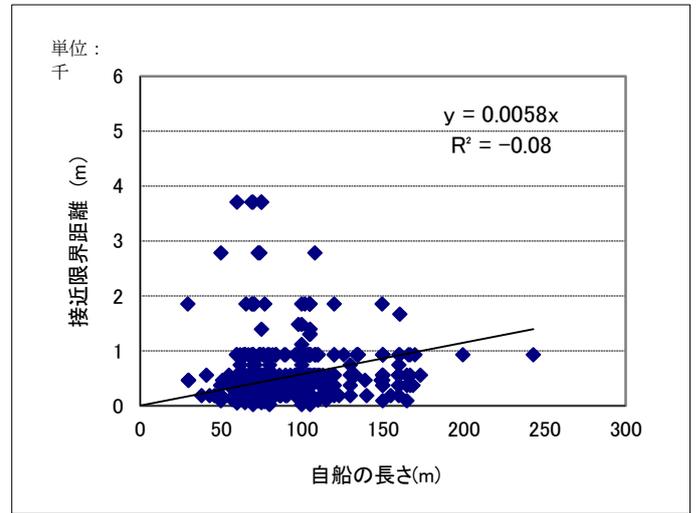


E. 前方－他船 300m

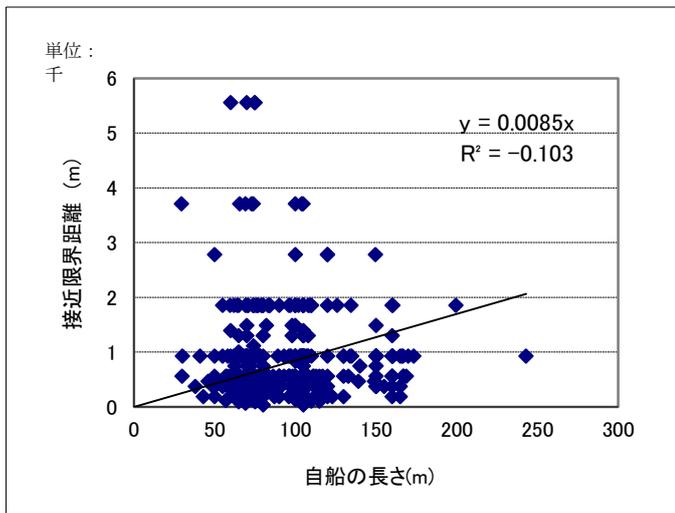
図 2-7-6 自船長と接近限界距離【前方】



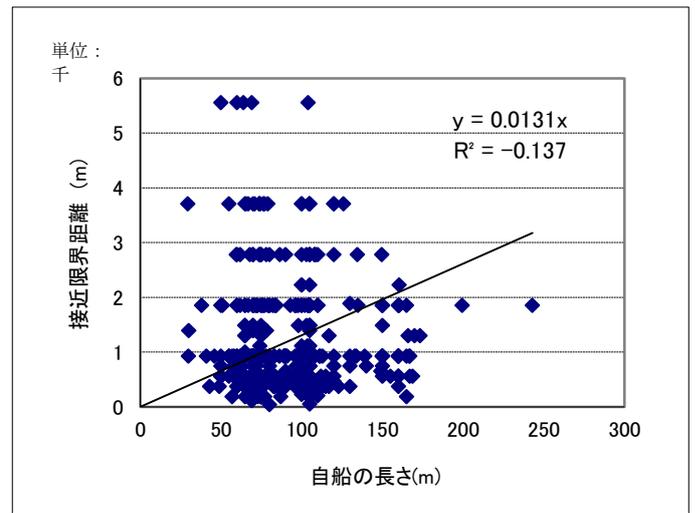
A. 後方-他船 10m



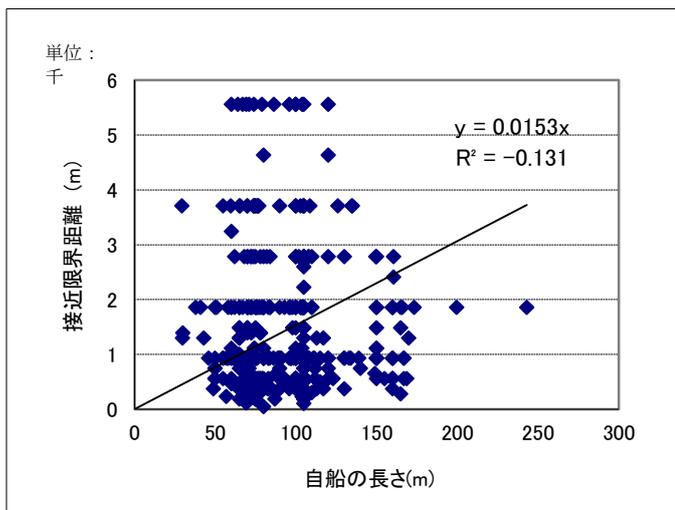
B. 後方-他船 50m



C. 後方-他船 100m

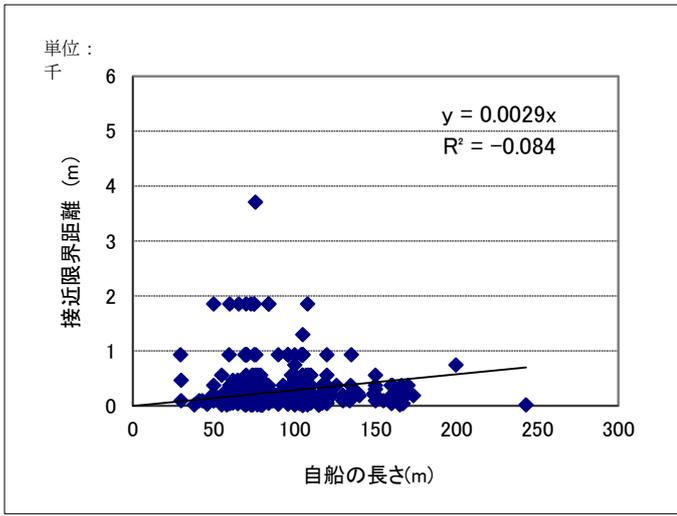


D. 後方-他船 200m

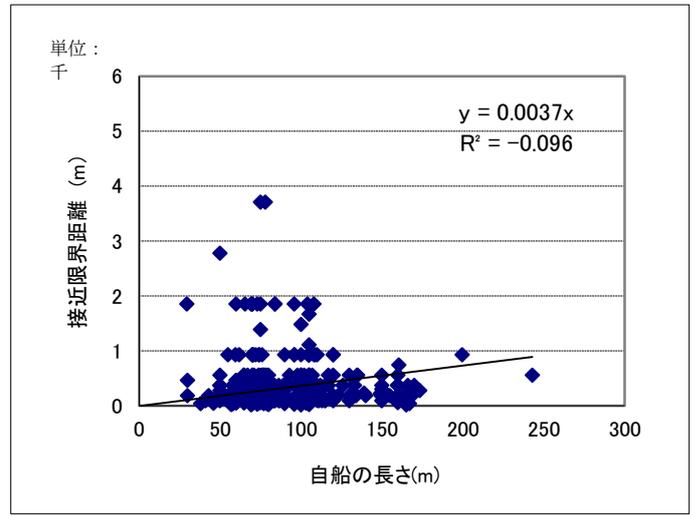


E. 後方-他船 300m

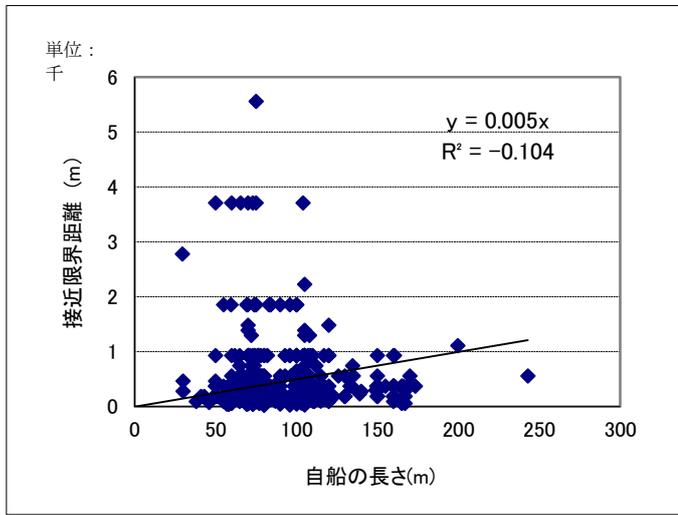
図 2-7-7 自船長と接近限界距離【後方】



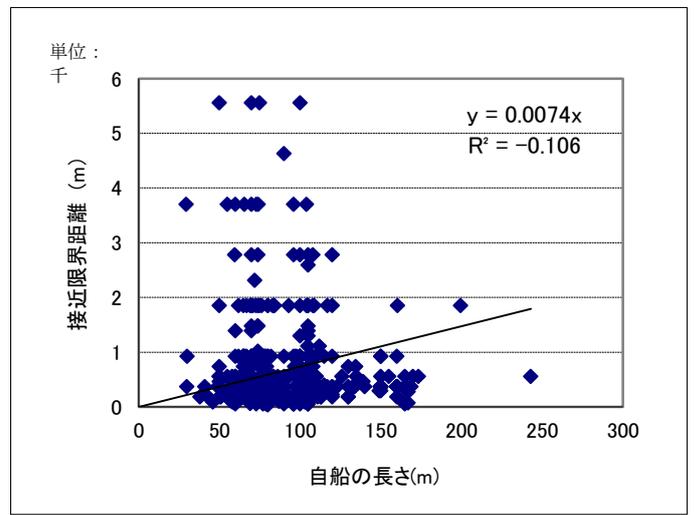
A. 左方（追越し）－他船 10m



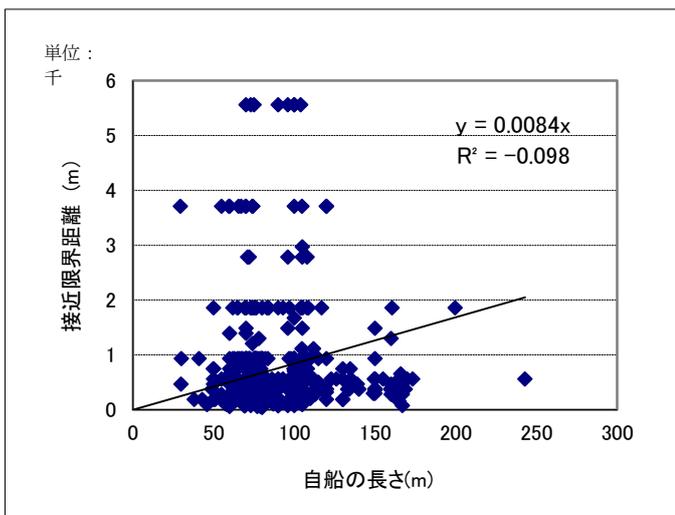
B. 左方（追越し）－他船 50m



C. 左方（追越し）－他船 100m

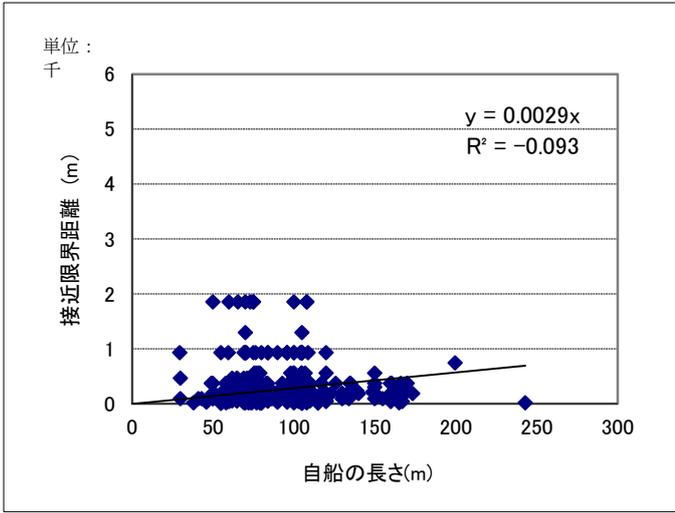


D. 左方（追越し）－他船 200m

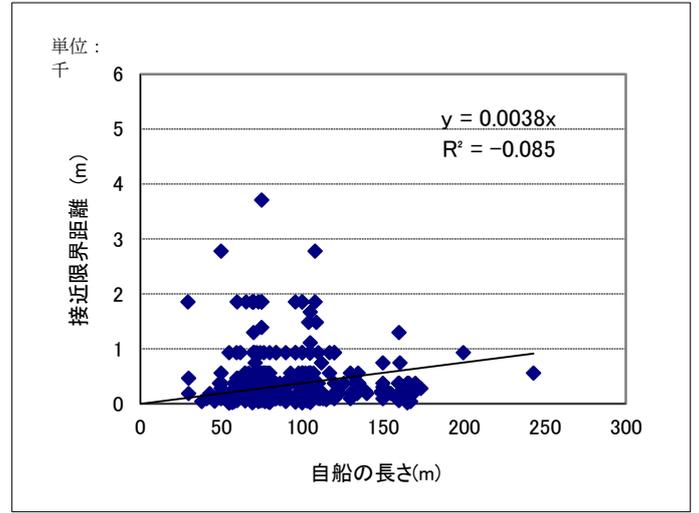


E. 左方（追越し）－他船 300m

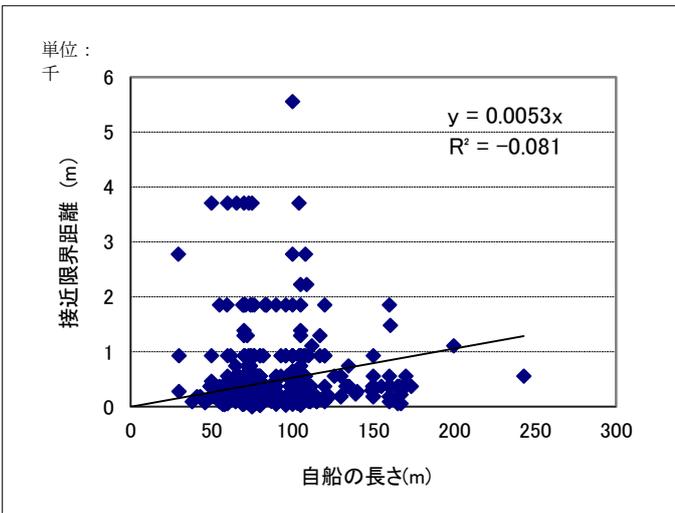
図 2-7-8 自船長と接近限界距離【左方：追越し】



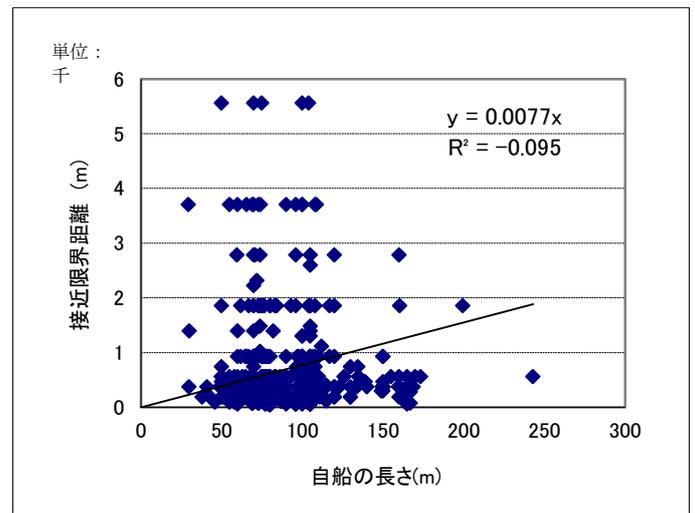
A. 右方（追越し） - 他船 10m



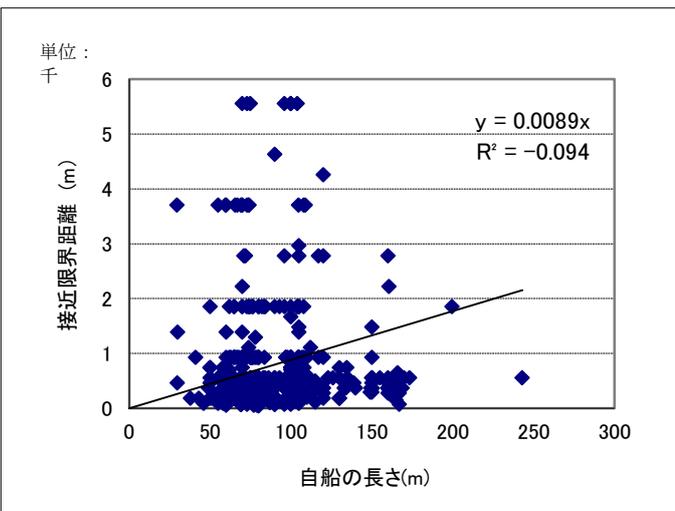
B. 右方（追越し） - 他船 50m



C. 右方（追越し） - 他船 100

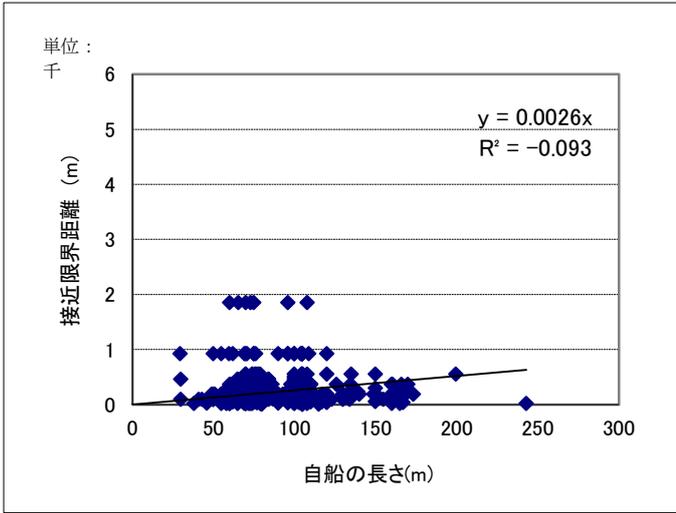


D. 右方（追越し） - 他船 200m

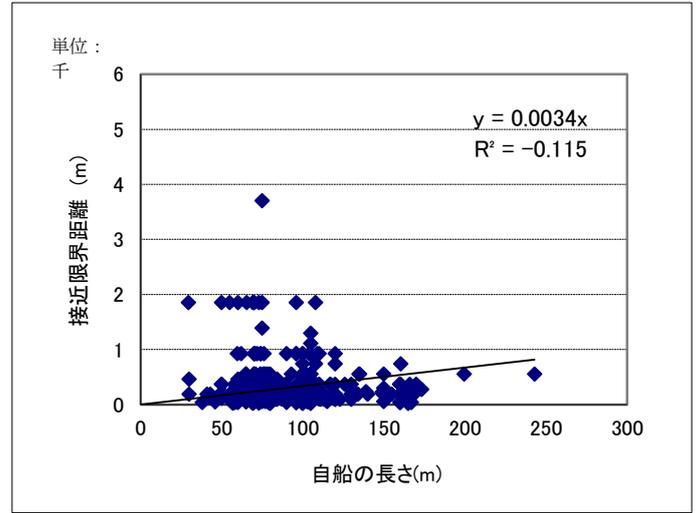


E. 右方（追越し） - 他船 300m

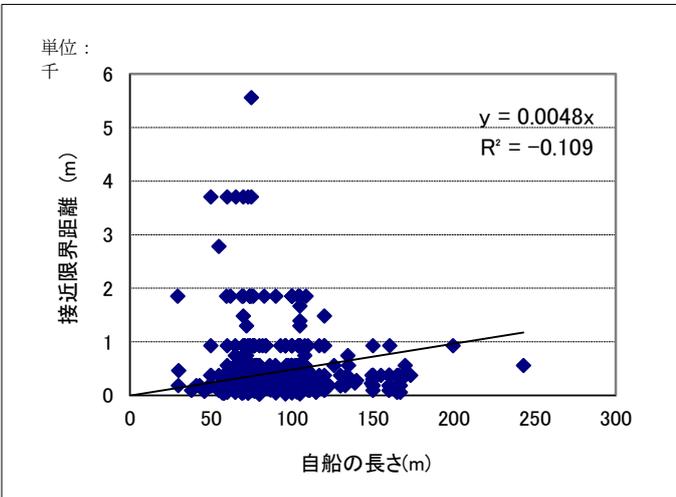
図 2-7-9 自船長と接近限界距離【右方：追越し】



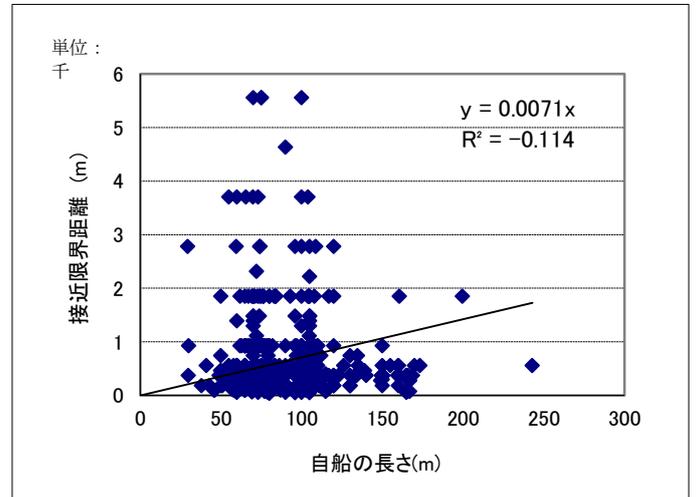
A. 左方（追越され）－他船 10m



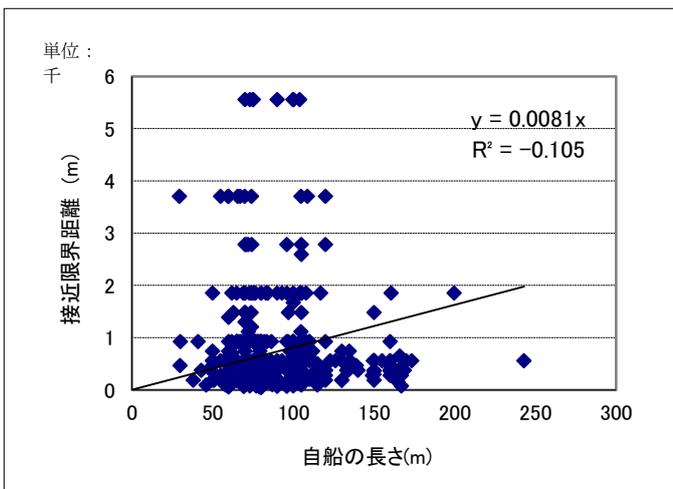
B. 左方（追越され）－他船 50m



C. 左方（追越され）－他船 100m

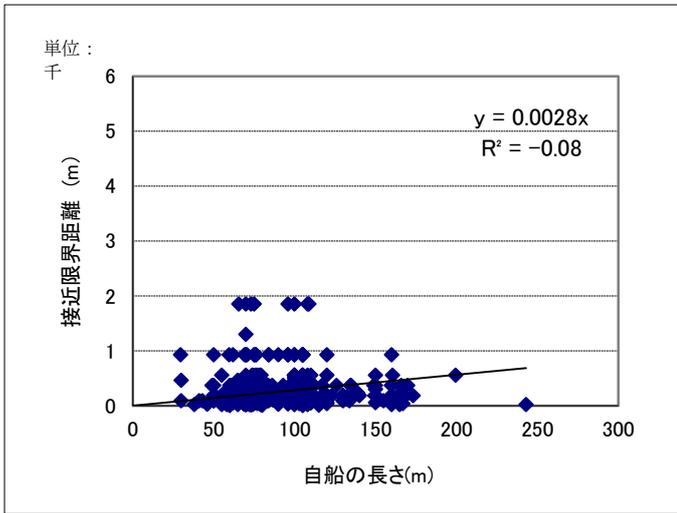


D. 左方（追越され）－他船 200m

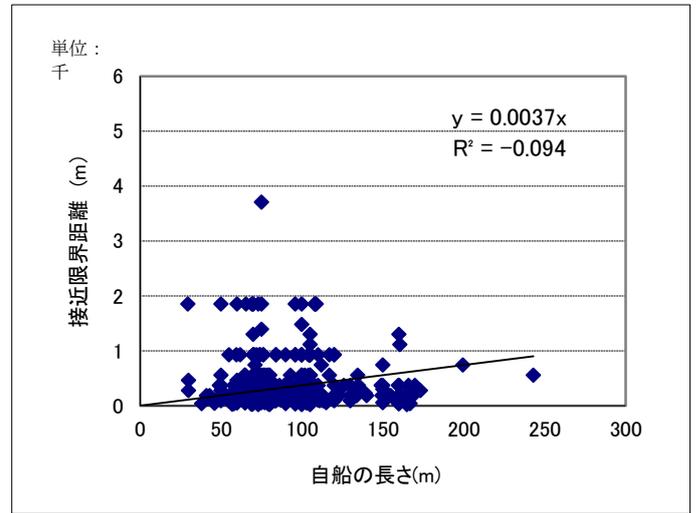


E. 左方（追越され）－他船 300m

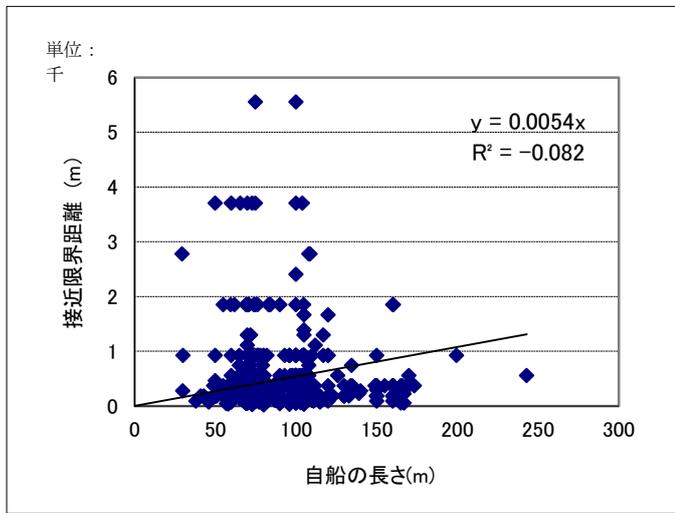
図 2-7-10 自船長と接近限界距離【左方：追越され】



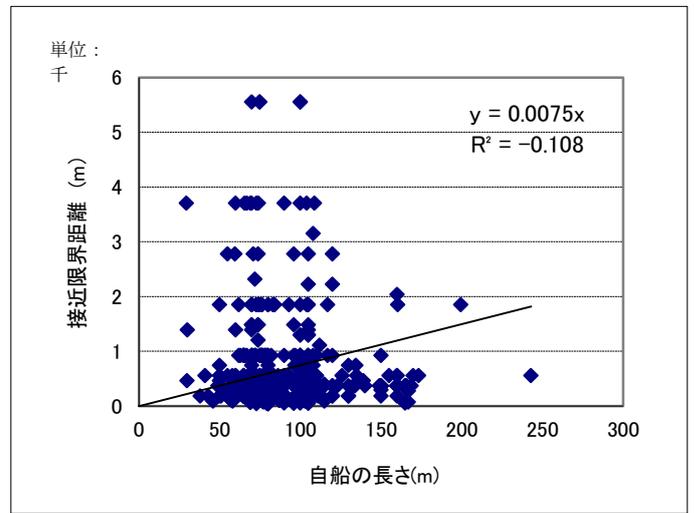
A. 右方 (追越され) - 他船 10m



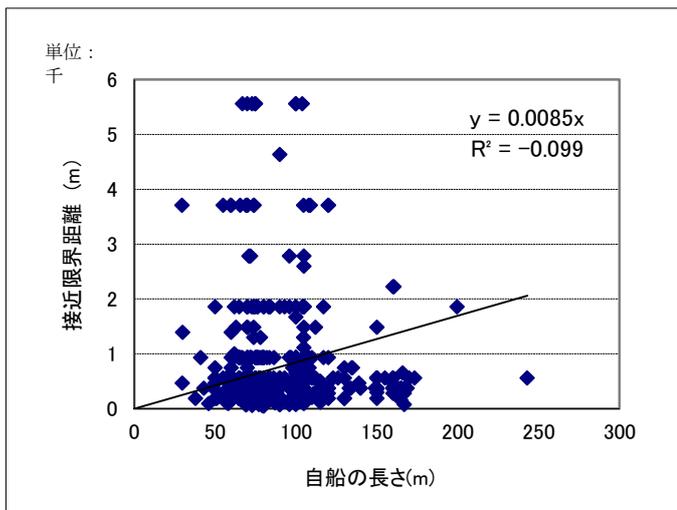
B. 右方 (追越され) - 他船 50m



C. 右方 (追越され) - 他船 100m



D. 右方 (追越され) - 他船 200m



E. 右方 (追越され) - 他船 300m

図 2-7-11 自船長と接近限界距離【右方：追越され】

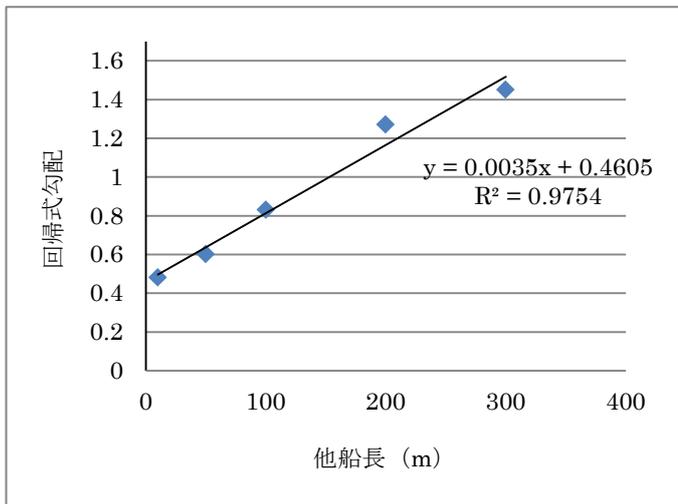


図 2-7-12 他船長と回帰式勾配
【前方】

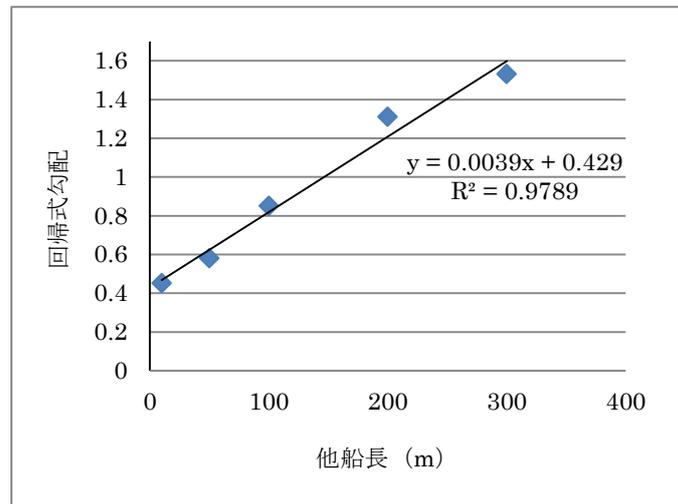


図 2-7-13 他船長と回帰式勾配
【後方】

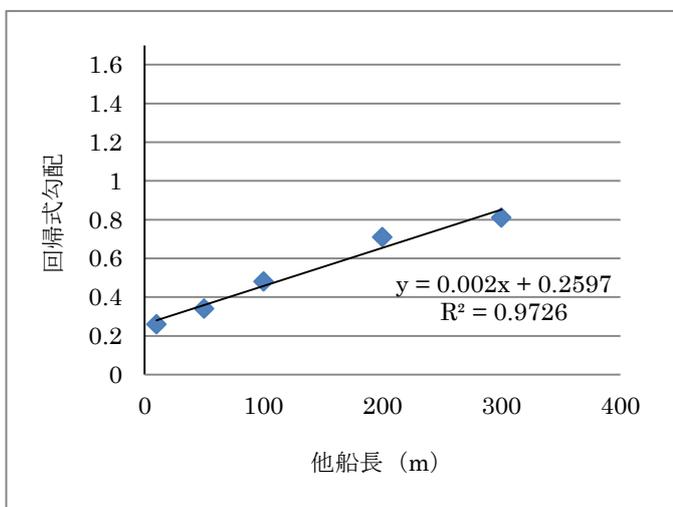


図 2-7-14 他船長と回帰式勾配
【左方：追越し】

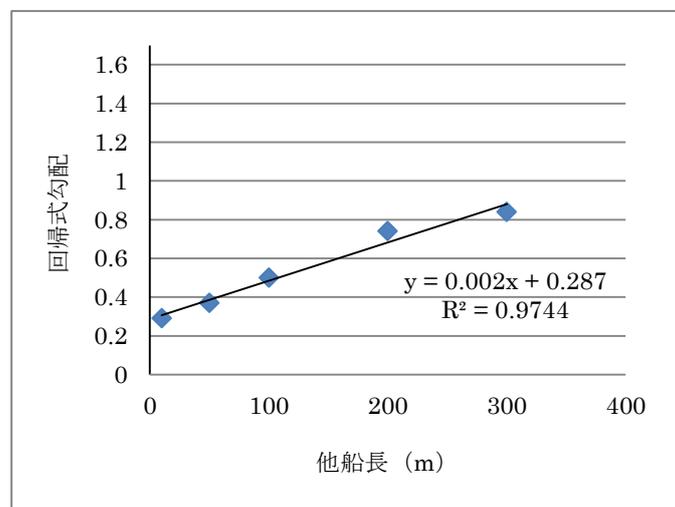


図 2-7-15 他船長と回帰式勾配
【右方：追越し】

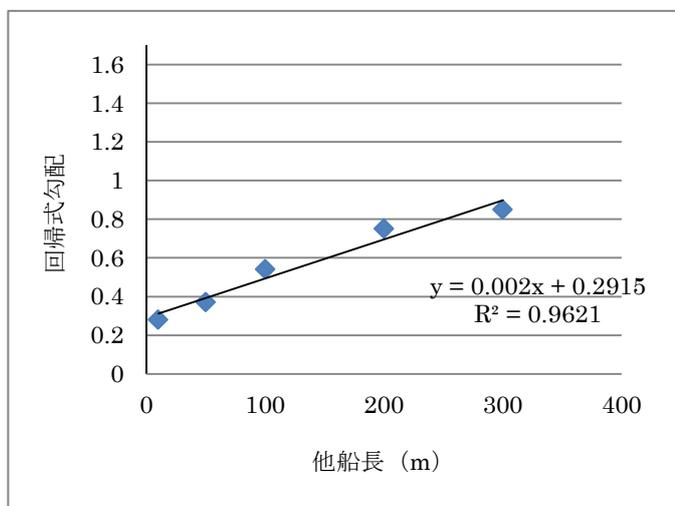


図 2-7-16 他船長と回帰式勾配
【左方：追越され】

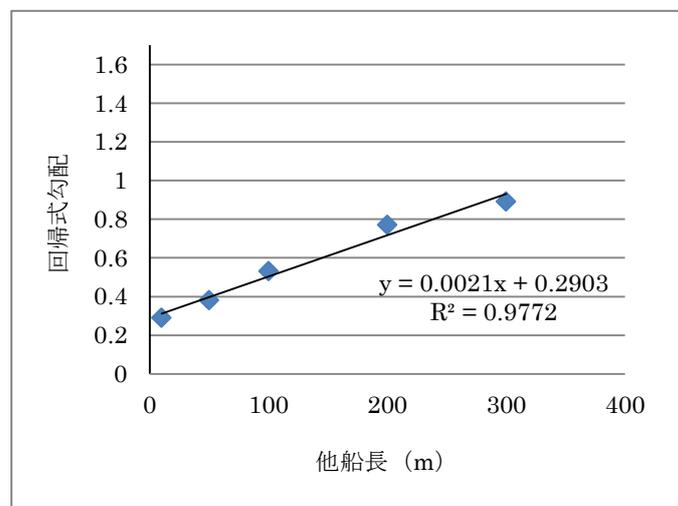


図 2-7-17 他船長と回帰式勾配
【右方：追越され】

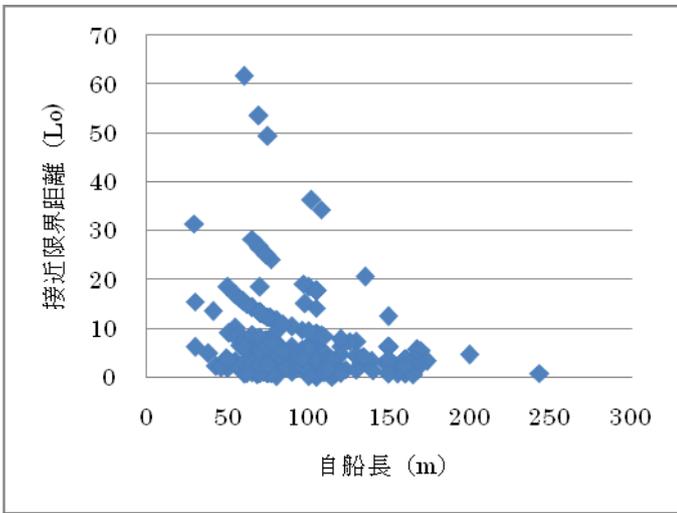
2.7.6 接近限界距離の基準化

これまで抽出データを、船首尾および正横方向、並びに他船長ごとに分類し、自船長と接近限界距離の関係で見てきた。他船長が大きくなれば、接近限界距離が大きくなる傾向が見られたが、自船長による影響はデータにばらつきがある。これまでの解析は、接近限界距離を絶対距離として扱っている。

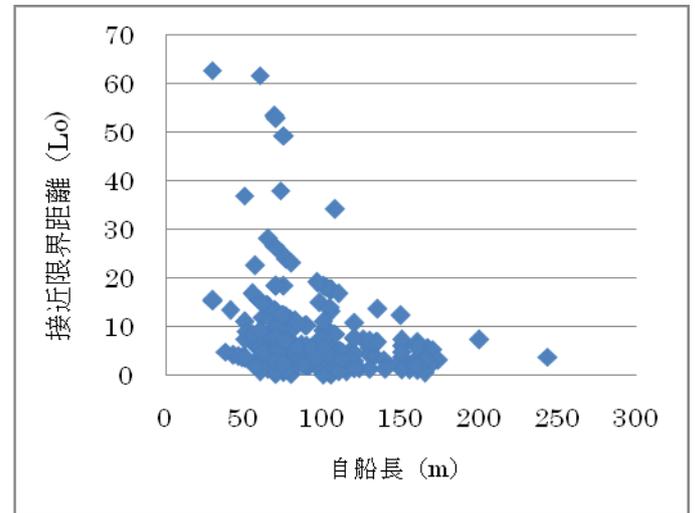
避航領域や航過距離など、接近の限界距離に関する研究において、限界距離を無次元化した距離、つまり自船長で基準化した限界距離として扱っている。そこで、接近限界距離も同様の手法を用い、想定した自船長で割ることによって、自船長で基準化した接近限界距離として扱う。

操船者が接近に対して危険と感じる距離は、自船長によって変化し、大型船から見る距離と、小型船から見る距離は異なる。つまり、自船長により変化する、危険と感じる距離をモデル化するには、自船長の要素を含んだモデルでなければならない。そこで、アンケートにより抽出した絶対距離を、自船長で基準化し、その基準化したデータを用いてモデル化を行う。

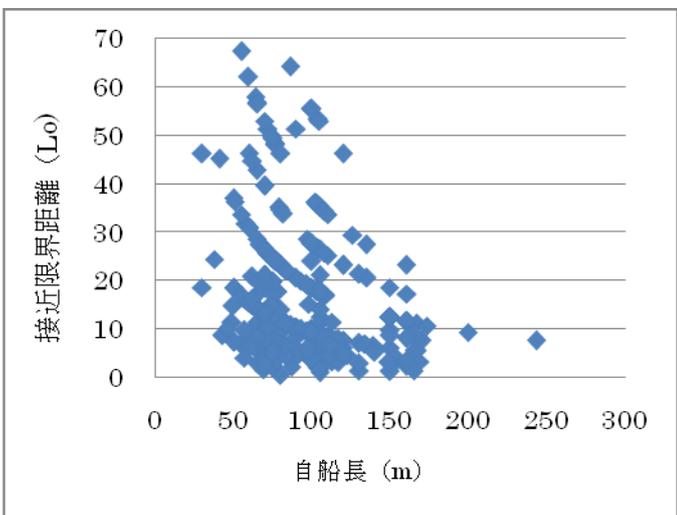
図 2-7-18 から図 2-7-23 には、自船長で基準化した接近限界距離の分布を示す。また図 2-7-24 から図 2-7-29 には基準化した接近限界距離と他船長の関係を、方向別に示す。



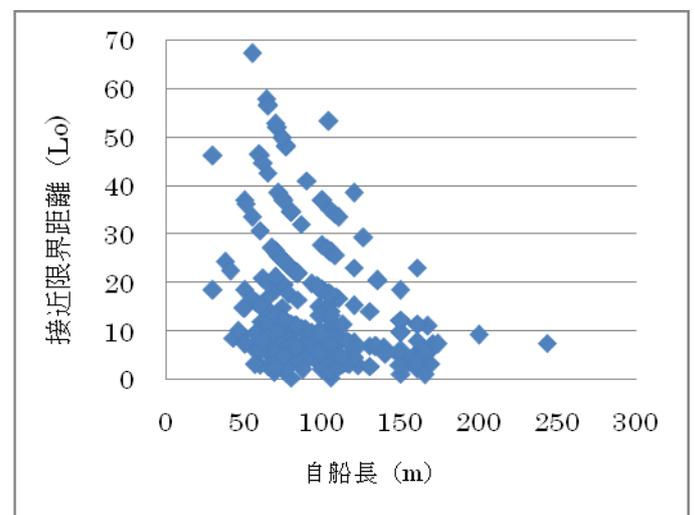
A. 前方-他船 10m



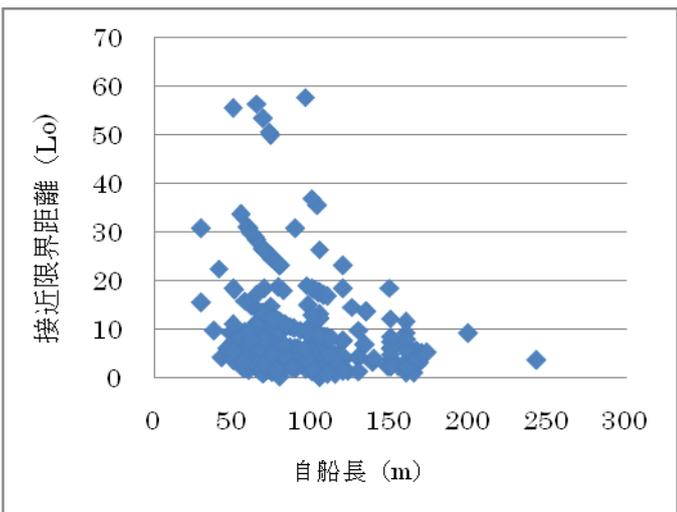
B. 前方-他船 50m



C. 前方-他船 100m

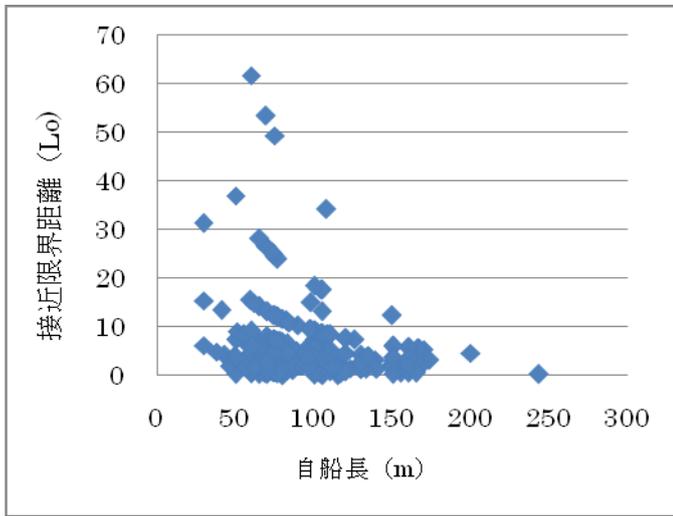


D. 前方-他船 200m

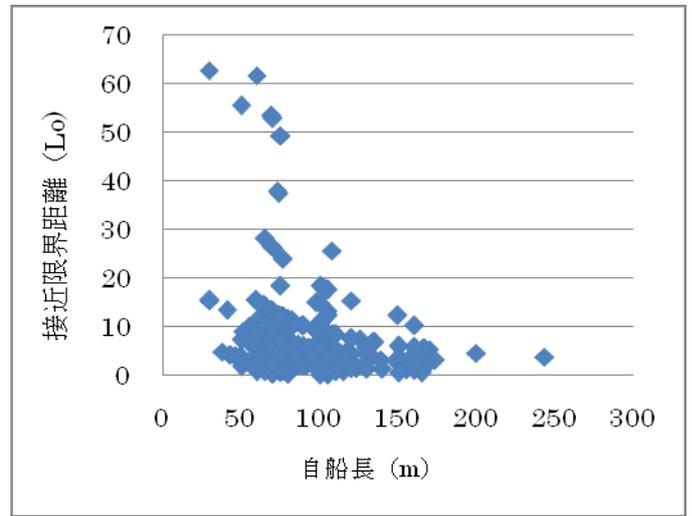


E. 前方-他船 300m

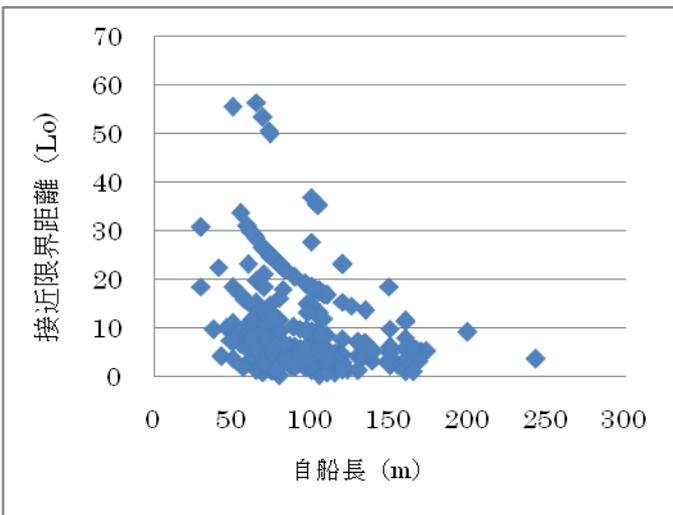
図 2-7-18 自船長で基準化した接近限界距離【前方】



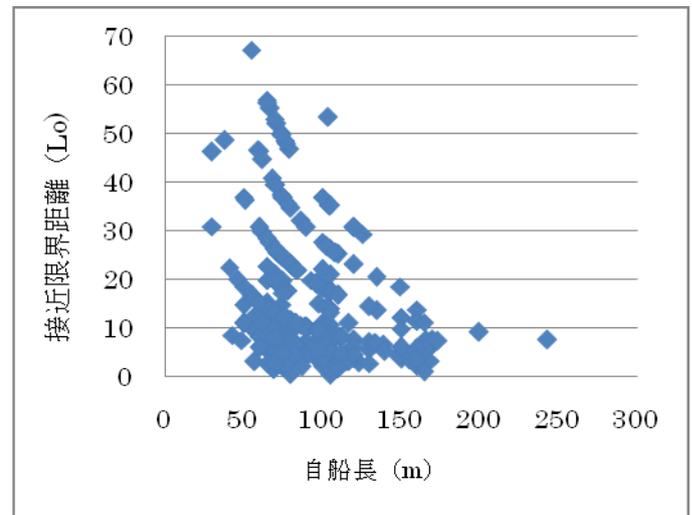
A. 後方-他船 10m



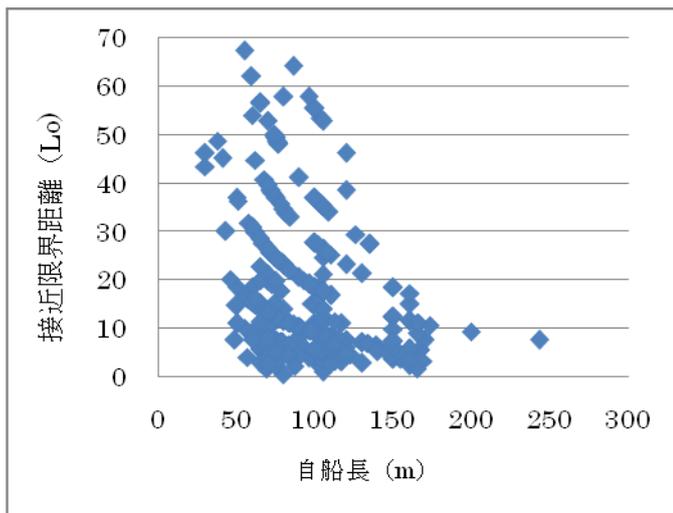
B. 後方-他船 50m



C. 後方-他船 100m

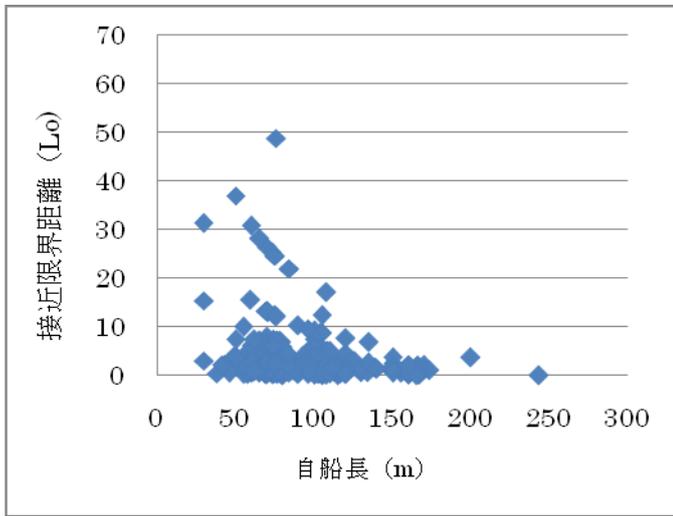


D. 後方-他船 200m

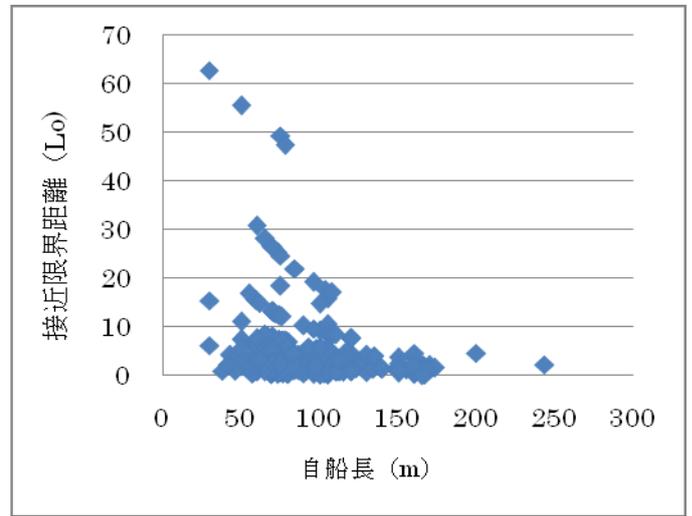


E. 後方-他船 300m

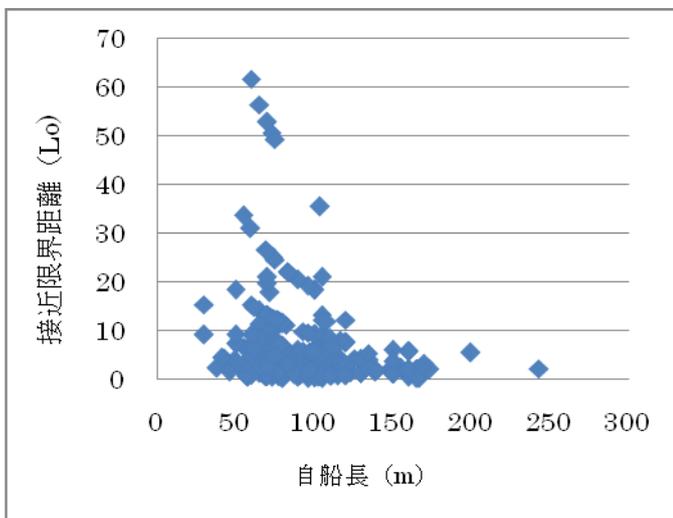
図 2-7-19 自船長で基準化した接近限界距離【後方】



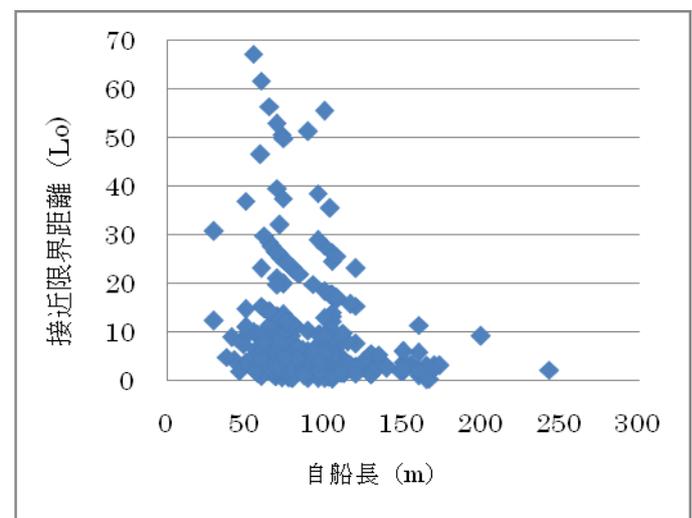
A. 左方（追越し） - 他船 10m



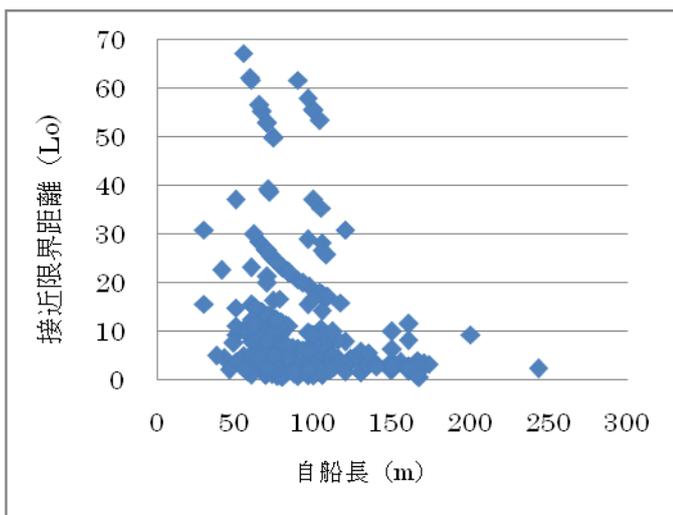
B. 左方（追越し） - 他船 50m



C. 左方（追越し） - 他船 100m

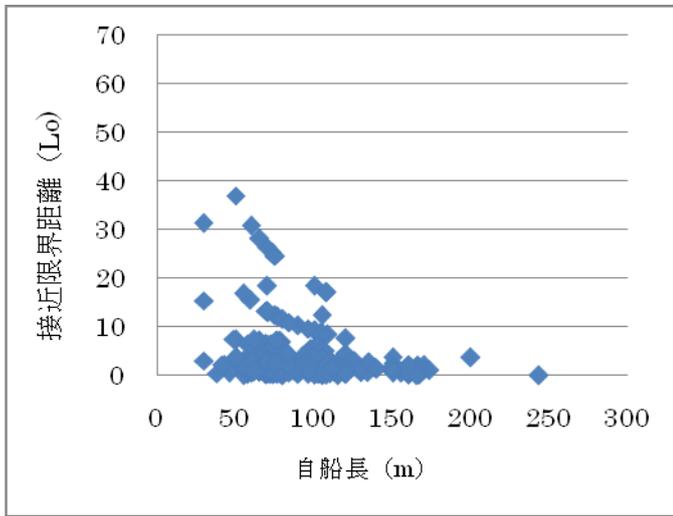


D. 左方（追越し） - 他船 200m

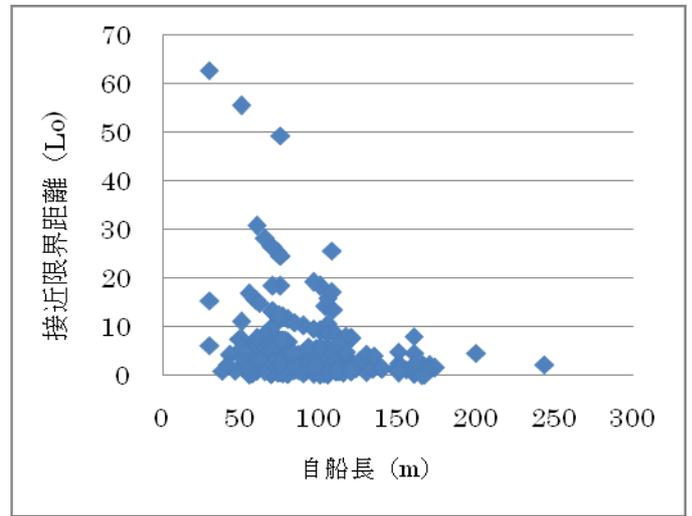


E. 左方（追越し） - 他船 300m

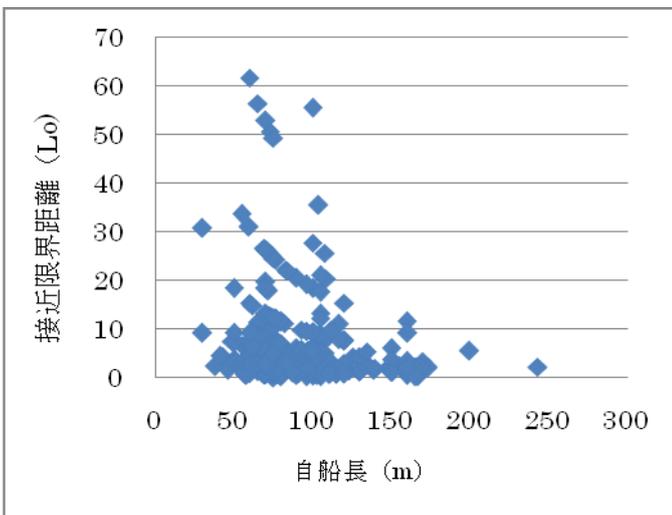
図 2-7-20 自船長で基準化した接近限界距離【左方：追越し】



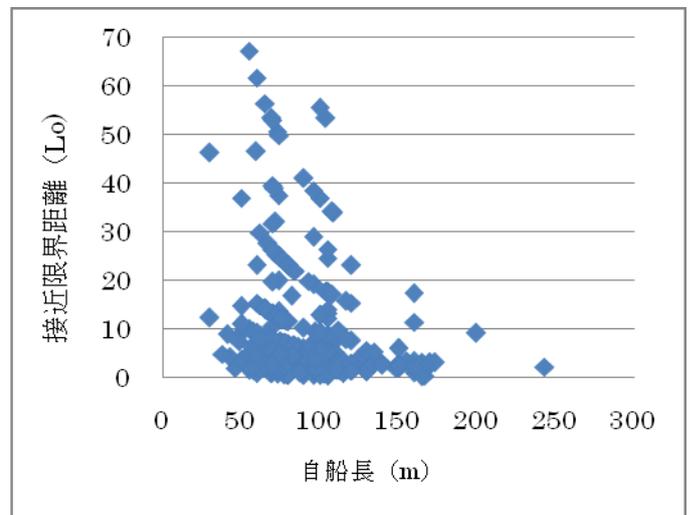
A. 右方（追越し）－他船 10m



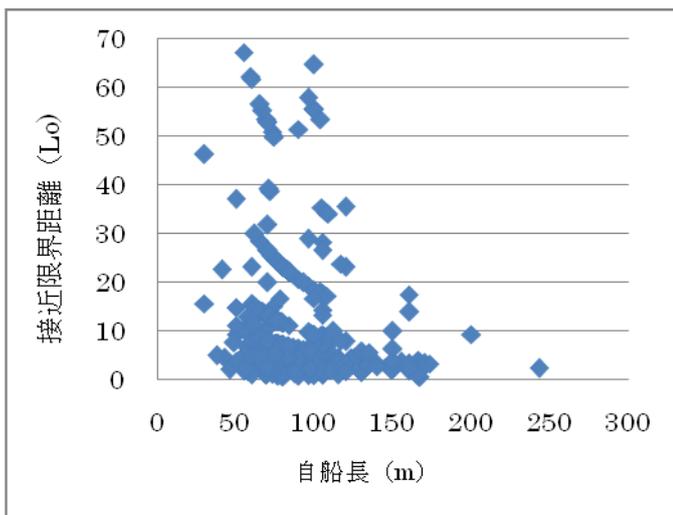
B. 右方（追越し）－他船 50m



C. 右方（追越し）－他船 100m

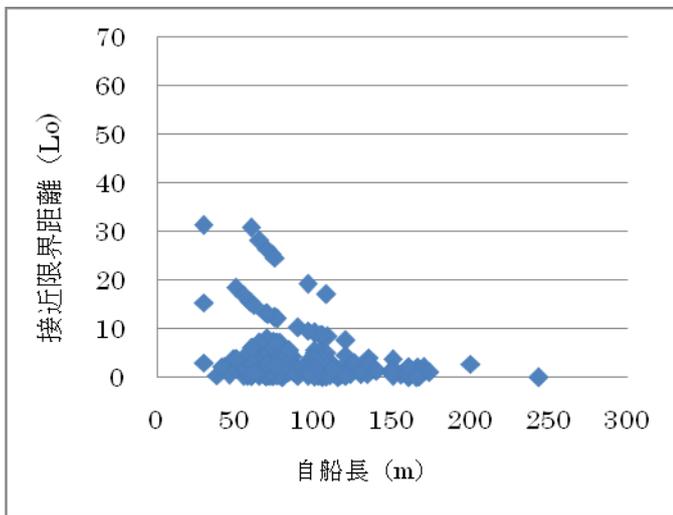


D. 右方（追越し）－他船 200m

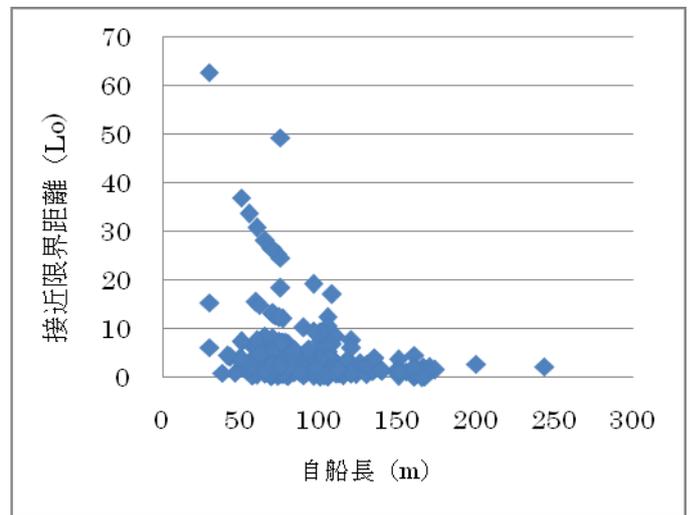


E. 右方（追越し）－他船 300m

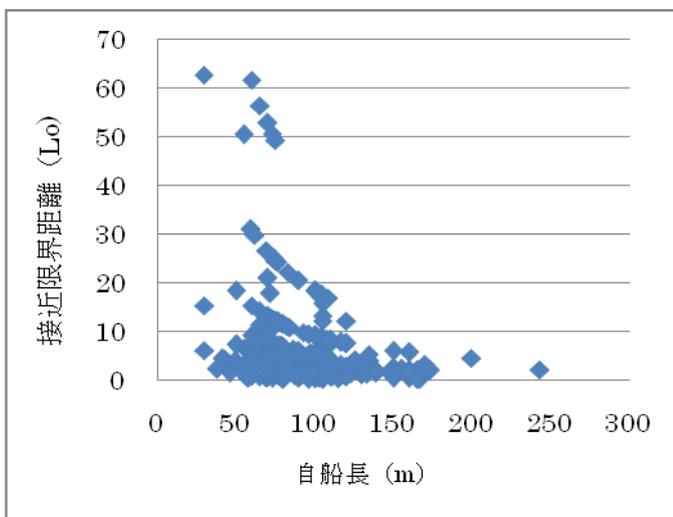
図 2-7-21 自船長で基準化した接近限界距離【右方：追越し】



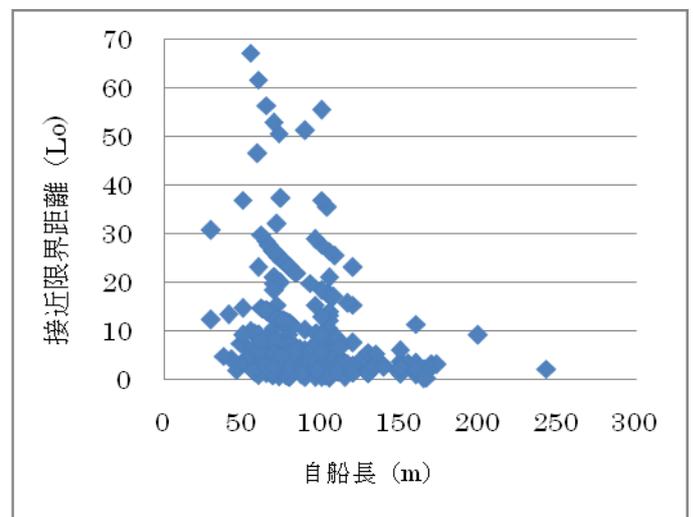
A. 左方（追越され）－他船 10m



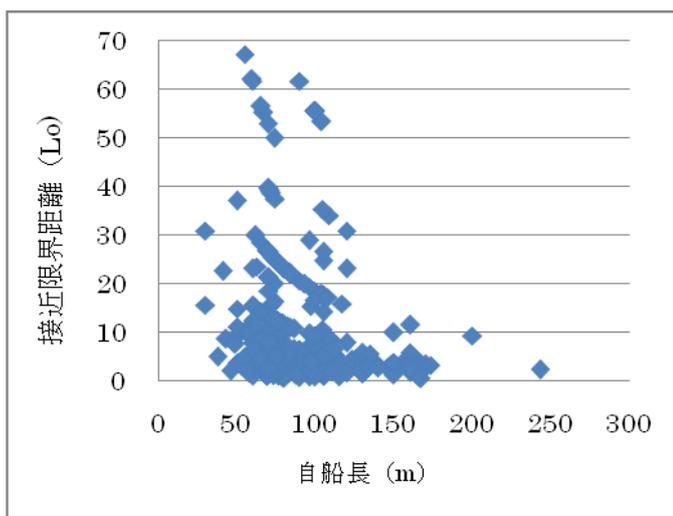
B. 左方（追越され）－他船 50m



C. 左方（追越され）－他船 100m

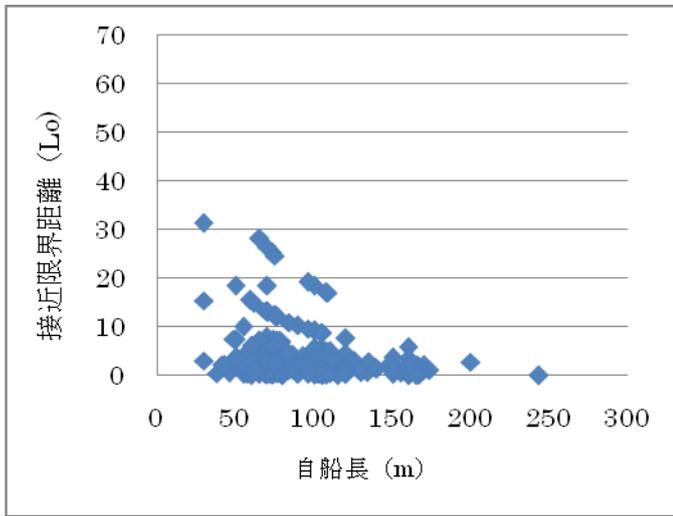


D. 左方（追越され）－他船 200m

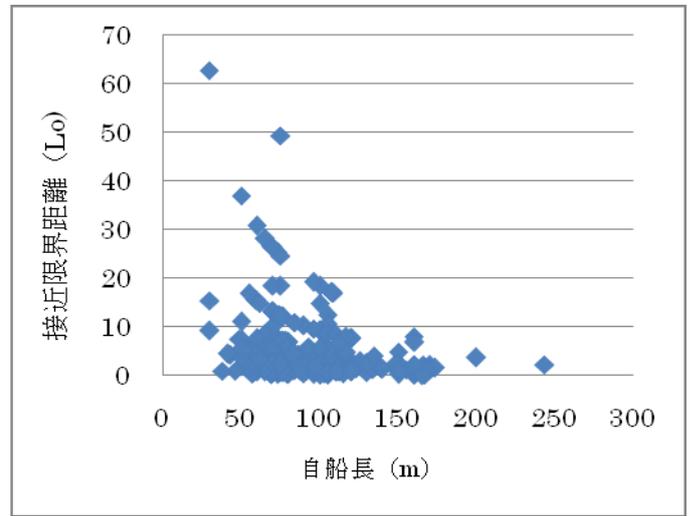


E. 左方（追越され）－他船 300m

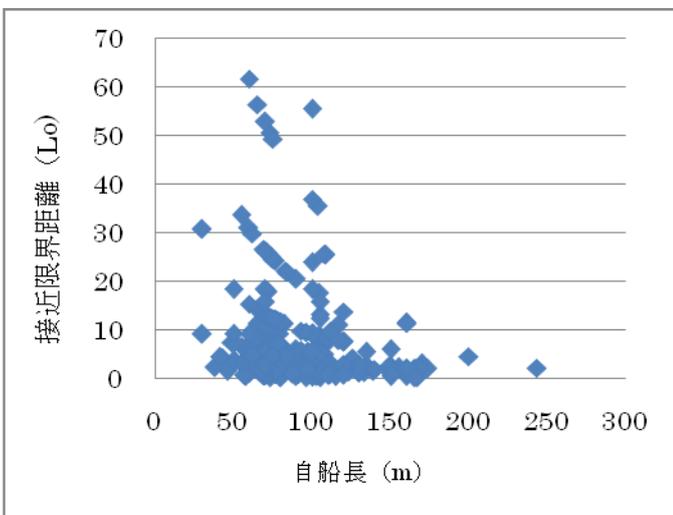
図 2-7-22 自船長で基準化した接近限界距離【左方：追越され】



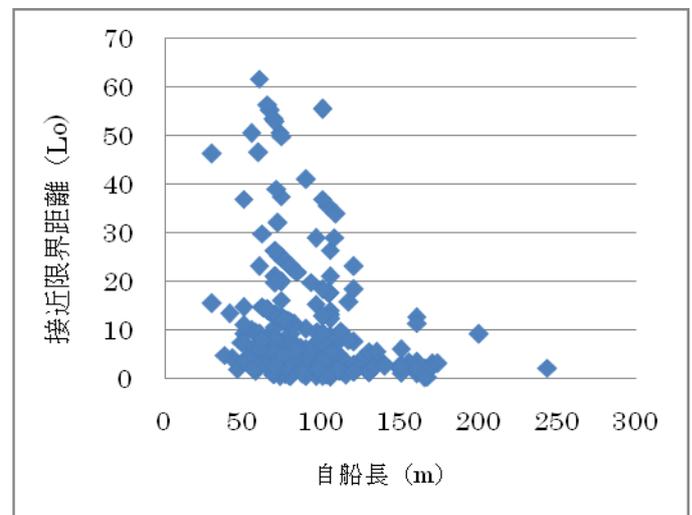
A. 右方（追越され）－他船 10m



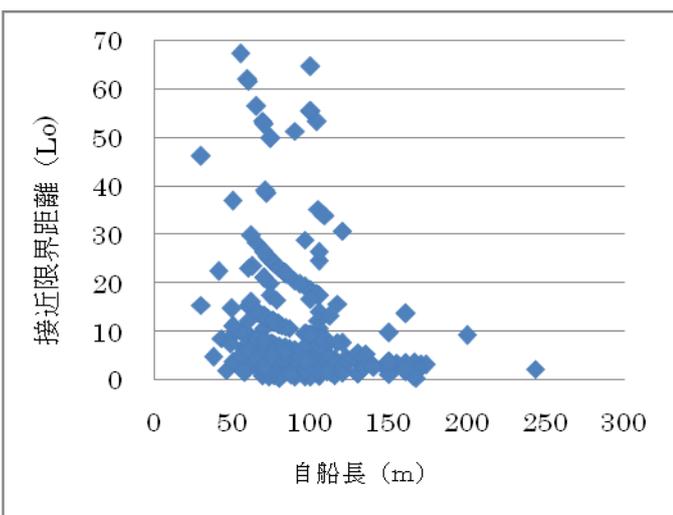
B. 右方（追越され）－他船 50m



C. 右方（追越され）－他船 100m



D. 右方（追越され）－他船 200m



E. 右方（追越され）－他船 300m

図 2-7-23 自船長で基準化した接近限界距離【右方：追越され】

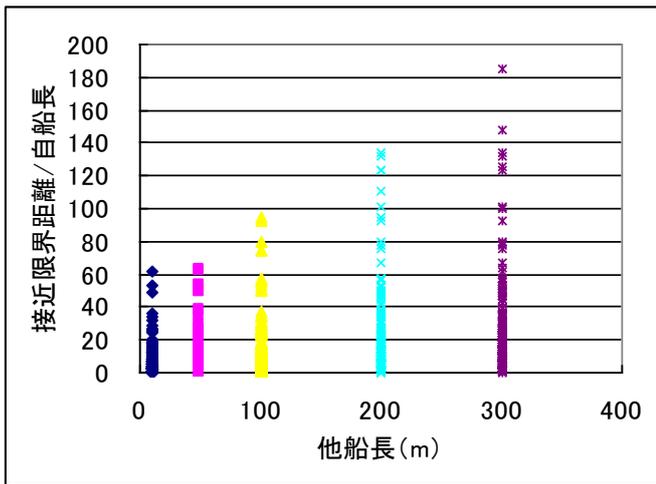


図 2-7-24 他船長と基準化した接近限界距離
【前方】

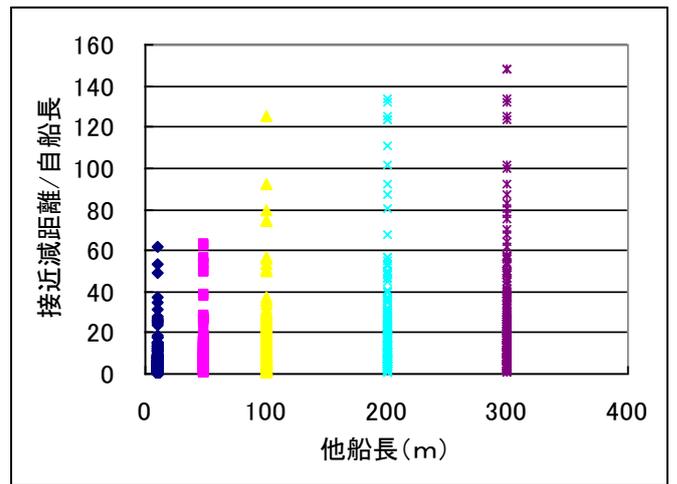


図 2-7-25 他船長と基準化した接近限界距離
【後方】

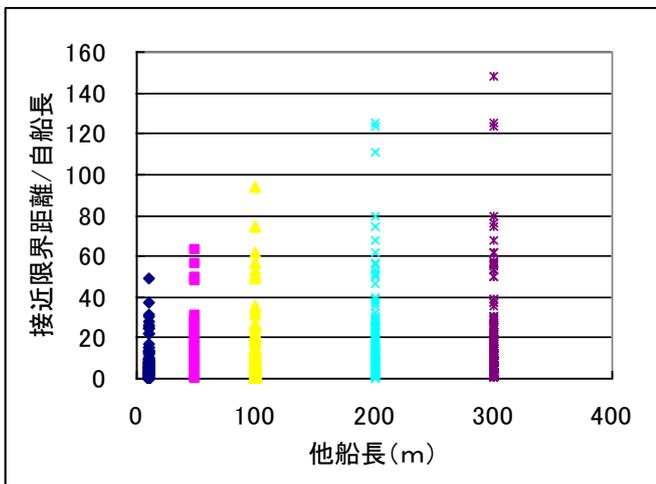


図 2-7-26 他船長と基準化した接近限界距離
【左方：追越し】

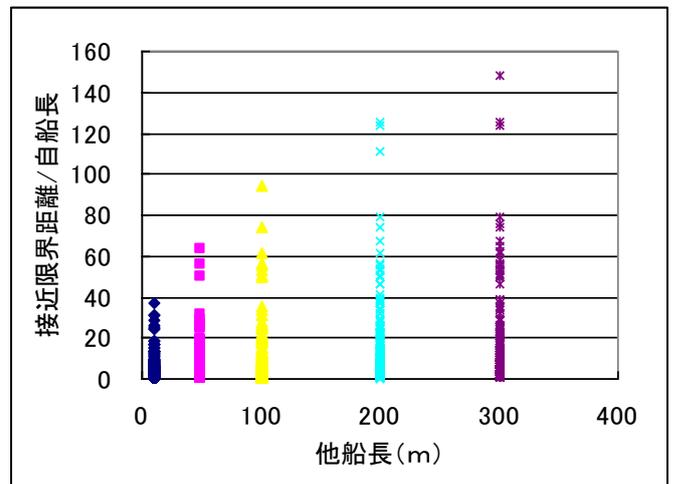


図 2-7-27 他船長と基準化した接近限界距離
【右方：追越し】

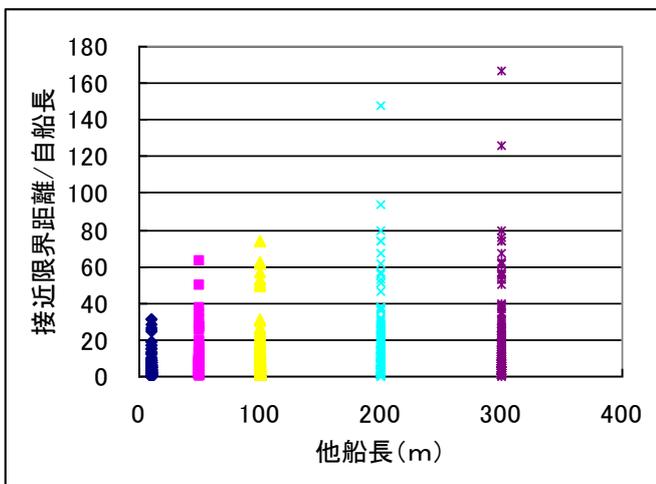


図 2-7-28 他船長と基準化した接近限界距離
【左方：追越され】

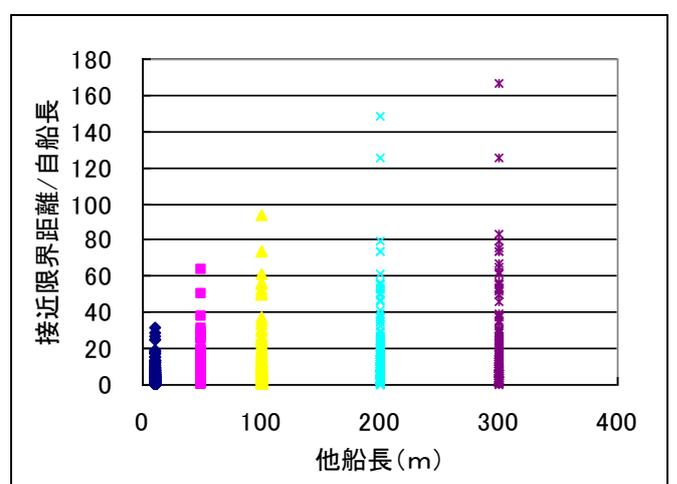


図 2-7-29 他船長と基準化した接近限界距離
【右方：追越され】

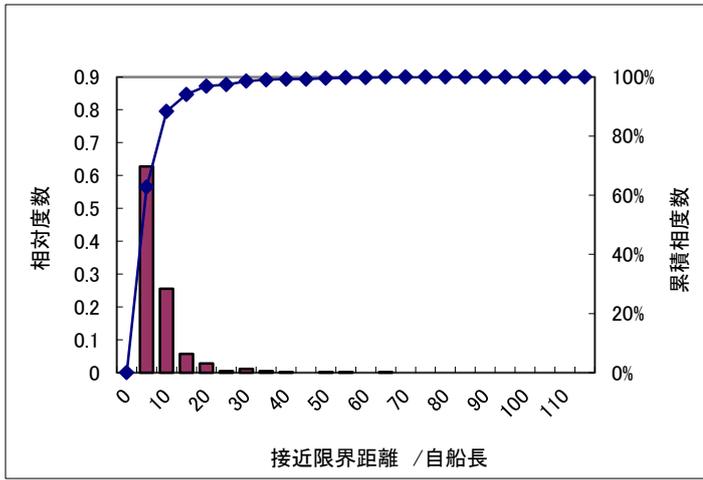
2.7.7 接近限界距離の累積度数分布

自船長により基準化したデータを、船首尾および正横方向、並びに他船長ごとに分類し、分布のヒストグラムを作成する。横軸に基準化した接近限界距離、縦軸にその相対度数と累積相対度数を示して、図 2-7-30 から図 2-7-35 に示す。

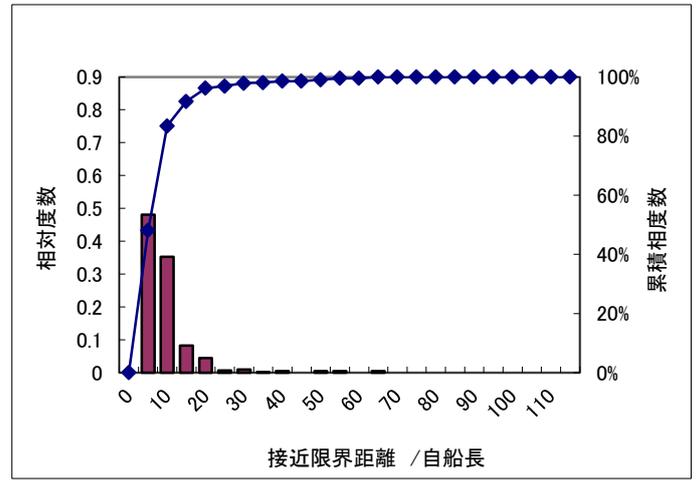
接近限界距離は、相対度数にピーク値のある裾野のひろがった分布を示している。また、他船長が長くなるにつれ相対度数の裾野が広がっていき、そのピーク値の推移をみると全方向とも 10L から 15L への間で移動し、他船長の増加に伴い接近限界距離は大きくなる。本研究では、方向別・他船長別接近限界距離の代表値を、累積度数分布の 80 パーセンタイル値に着目して解析を進める。

ここで、パーセンタイル値とは、対象とする数値群を小さい順に並べ、指定された個数番目にある数値を代表値とするものである。なお中央値は 50 パーセンタイル、25 パーセンタイルを第一四分位数、75 パーセンタイル値を第三四分位数と呼ぶ。このパーセンタイル値を利用することにより、データのはずれ値や異常値に影響されることなく、データの代表値を求めることが可能である。また全体の何割のデータを含んでいるかが判る値である。

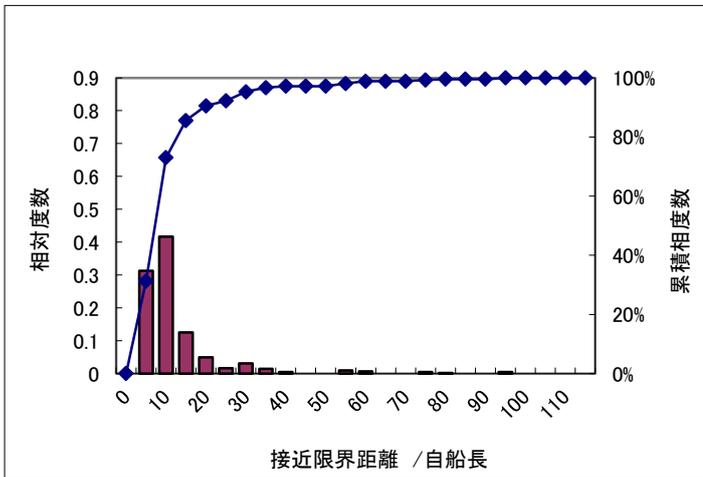
一般的に、50 パーセンタイル値を「半数」、75 パーセンタイル値を「多数」、80 パーセンタイル値を「大多数」という区別で表される。本研究は接近限界距離のモデル化を目指している。いま、ある一定のパーセンタイルに対応する距離を限界値とするとき、その値はそれより小さな距離を限界とする回答者の意識も満たすことになる。したがって、「大多数」の回答者が納得できる接近限界距離という意味から、本研究は 80 パーセンタイル値に対応する接近限界距離に着目して解析を行う。



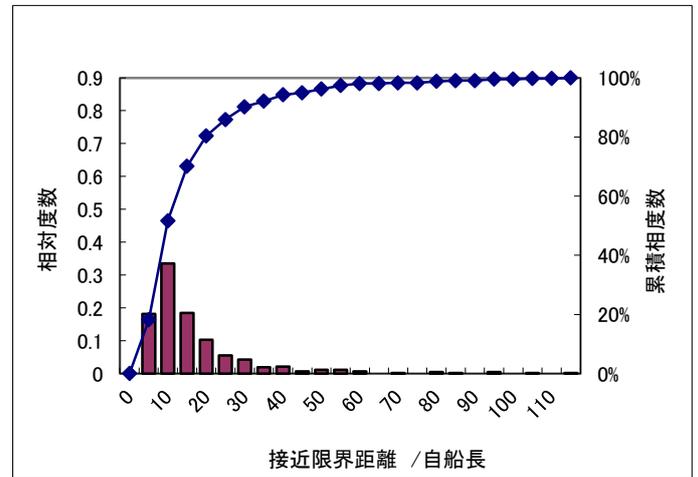
A. 前方—他船 10m



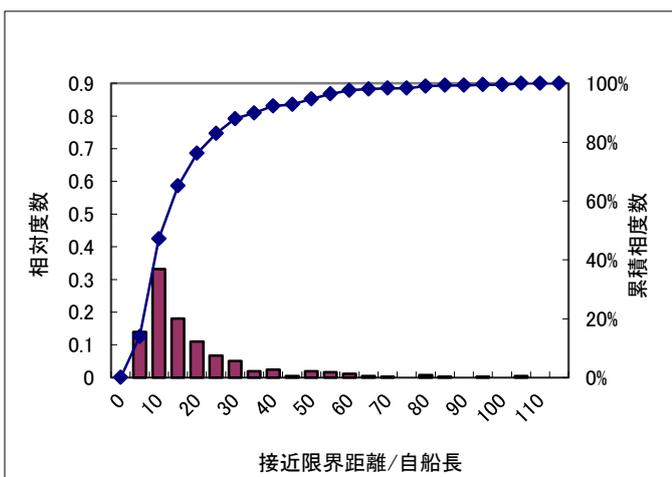
B. 前方—他船 50m



C. 前方—他船 100m

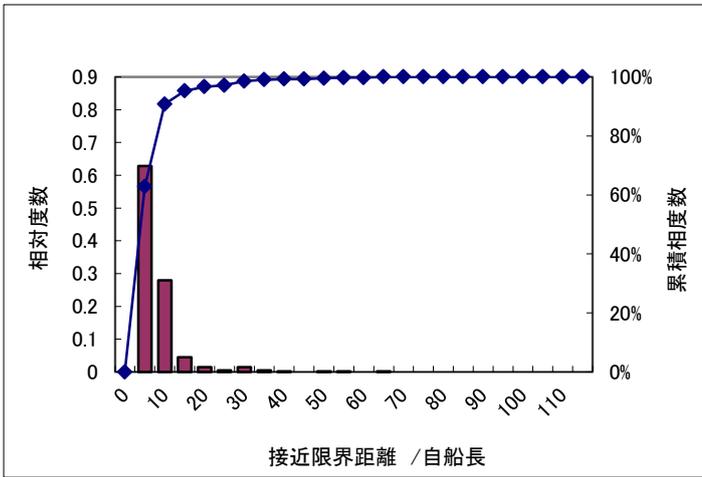


D. 前方—他船 200m

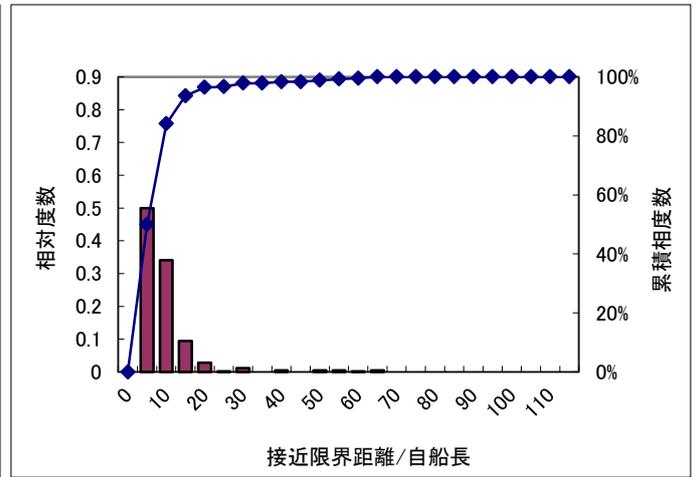


E. 前方—他船 300m

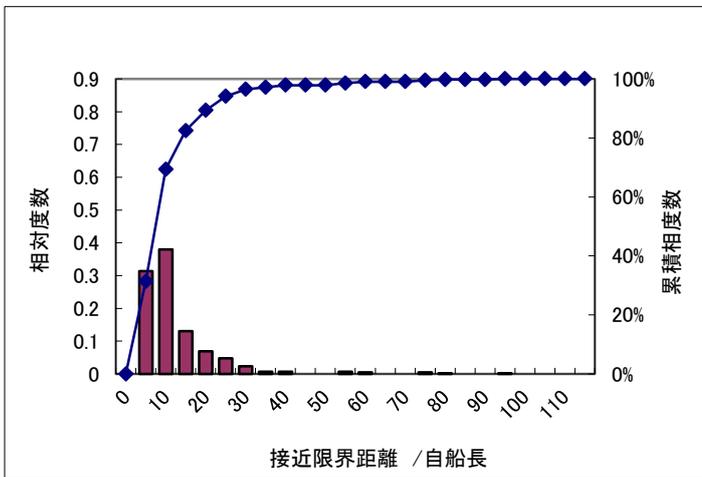
図 2-7-30 接近限界距離の相対度数と累積相対度数【前方】



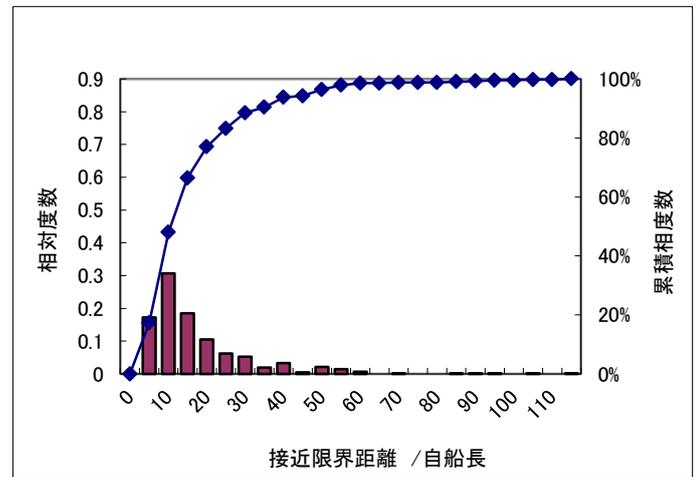
A. 後方—他船 10m



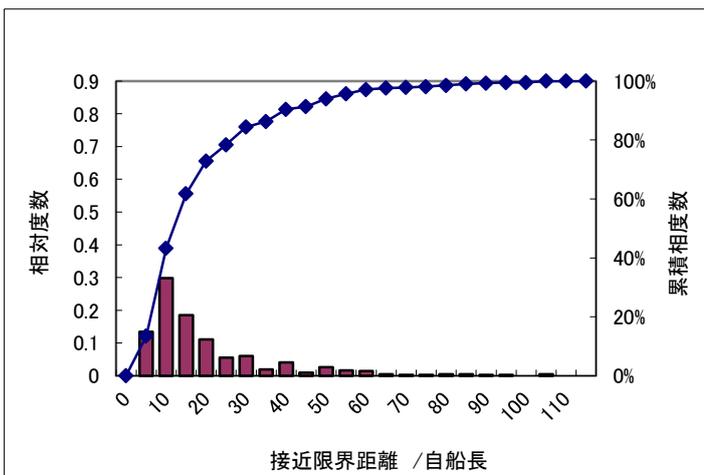
B. 後方—他船 50m



C. 後方—他船 100m

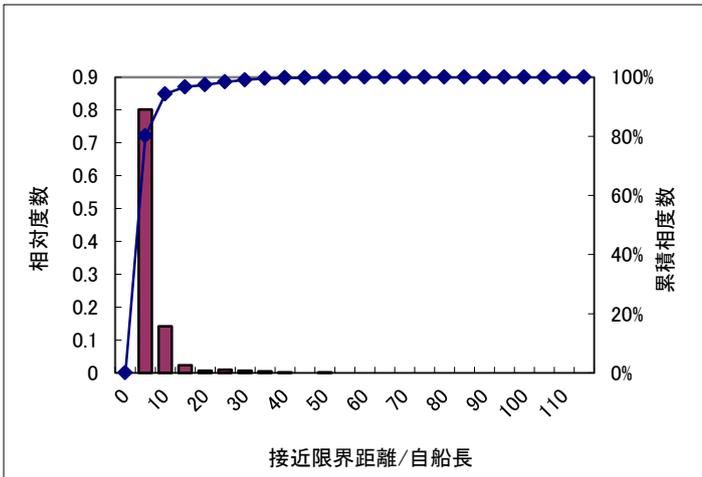


D. 後方—他船 200m

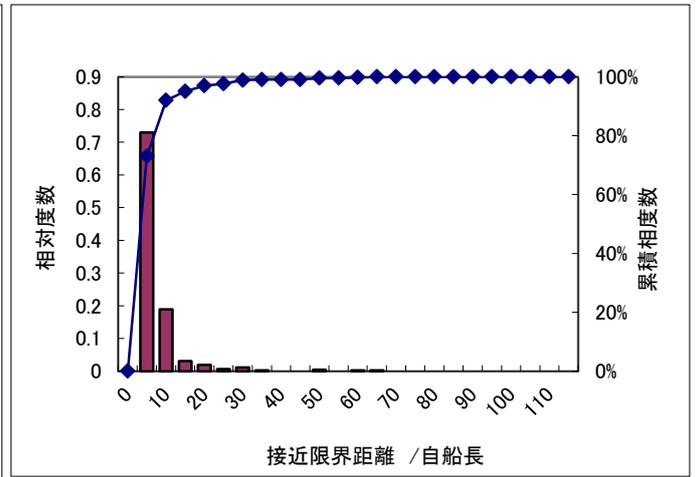


E. 後方—他船 300m

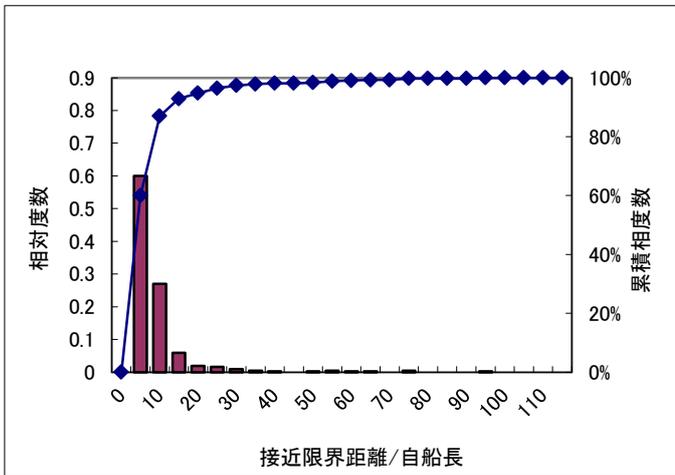
図 2-7-31 接近限界距離の相対度数と累積相対度数【後方】



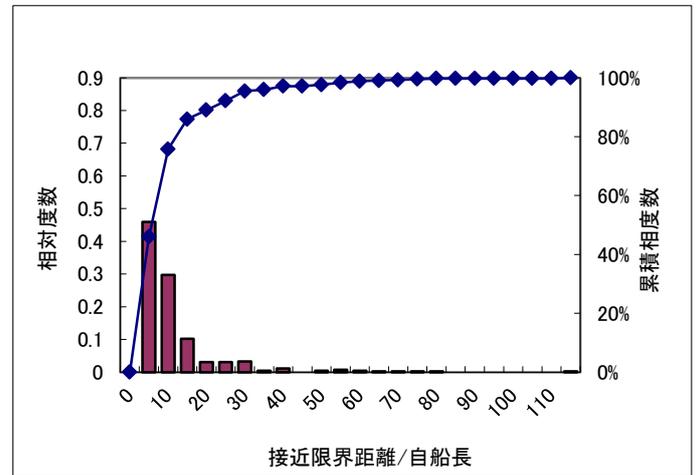
A. 左方（追越し）－他船 10m



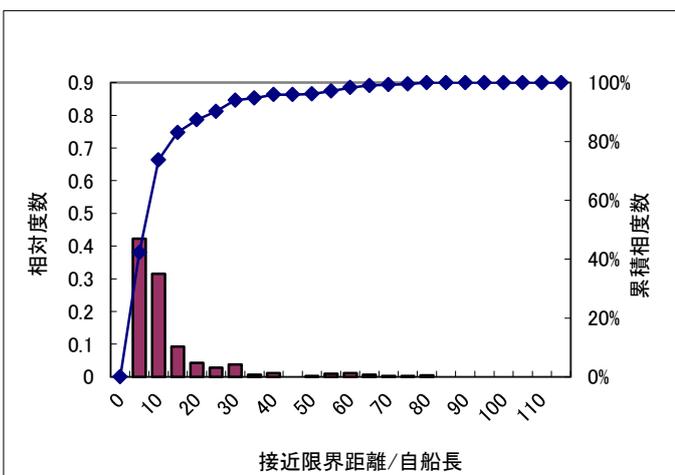
B. 左方（追越し）－他船 50m



C. 左方（追越し）－他船 100m

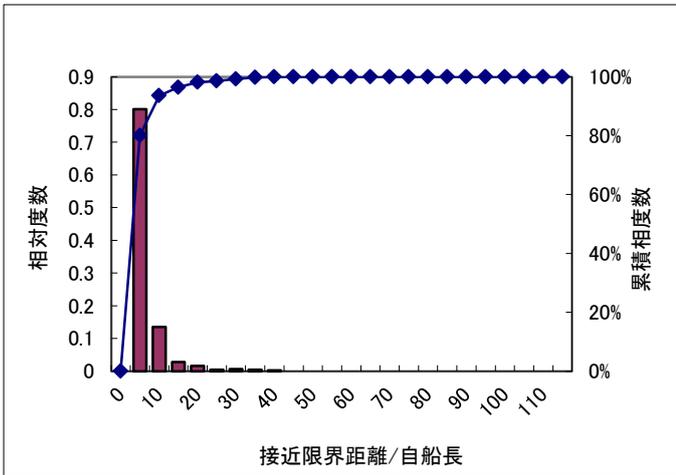


D. 左方（追越し）－他船 200m

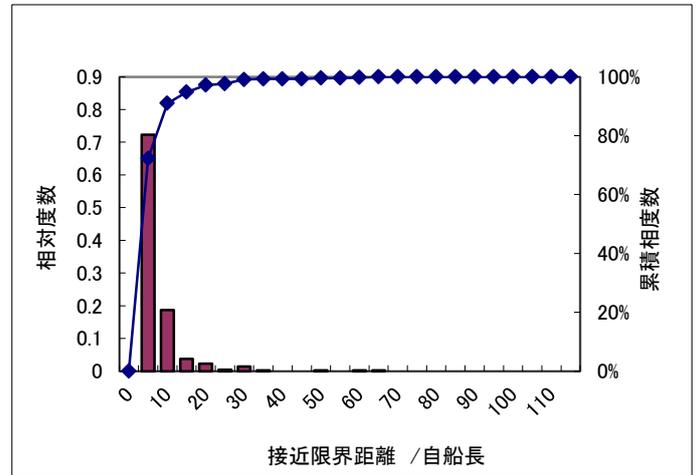


E. 左方（追越し）－他船 300m

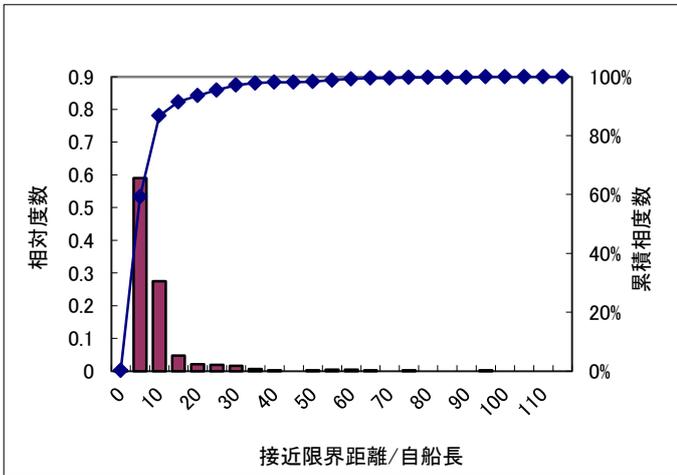
図 2-7-32 接近限界距離の相対度数と累積相対度数【左方：追越し】



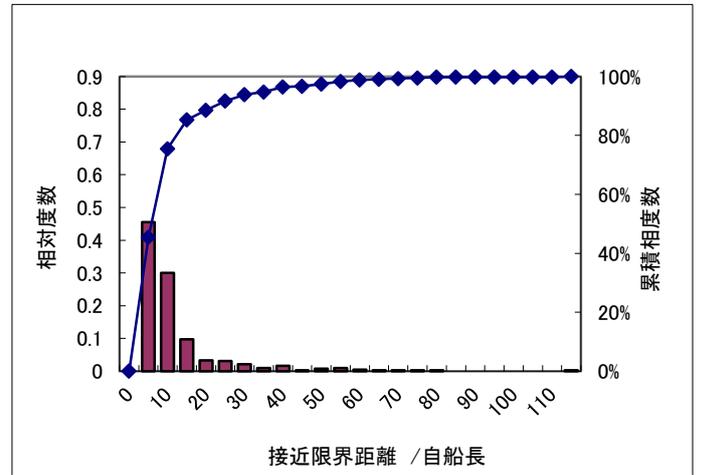
A. 右方（追越し）－他船 10m



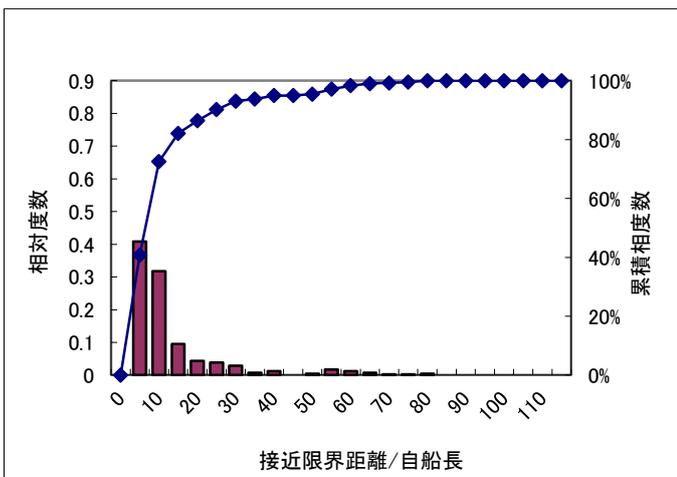
B. 右方（追越し）－他船 50m



C. 右方（追越し）－他船 100m

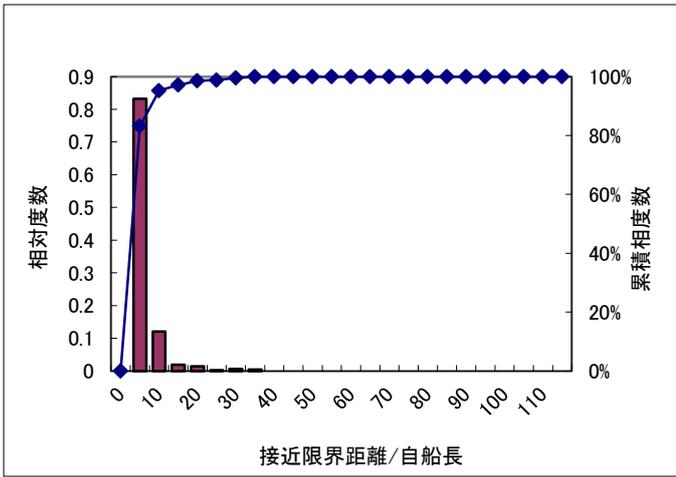


D. 右方（追越し）－他船 200m

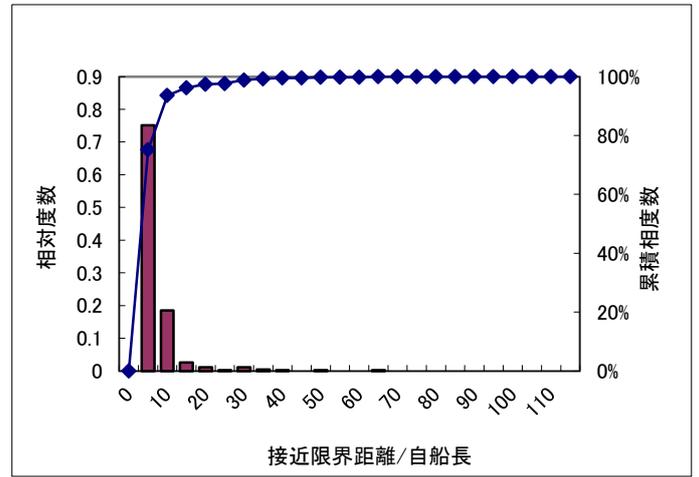


E. 右方（追越し）－他船 300m

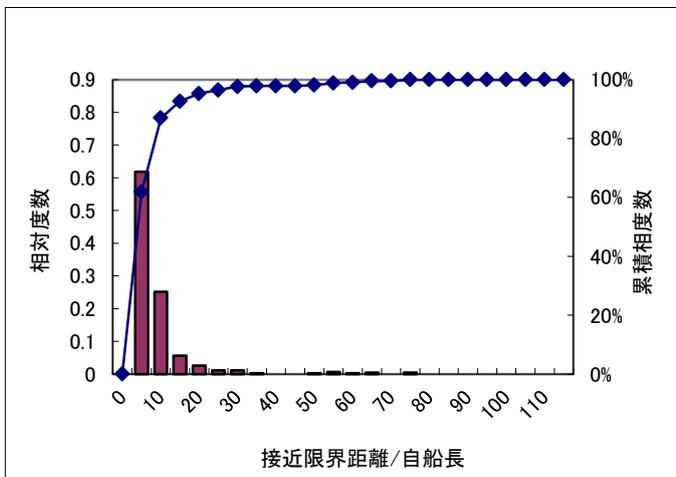
図 2-7-33 接近限界距離の相対度数と累積相対度数【右方：追越し】



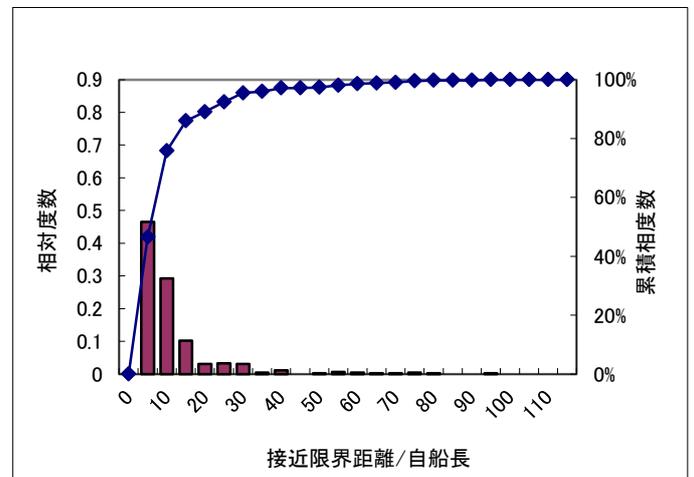
A. 左方（追越され）－他船 10m



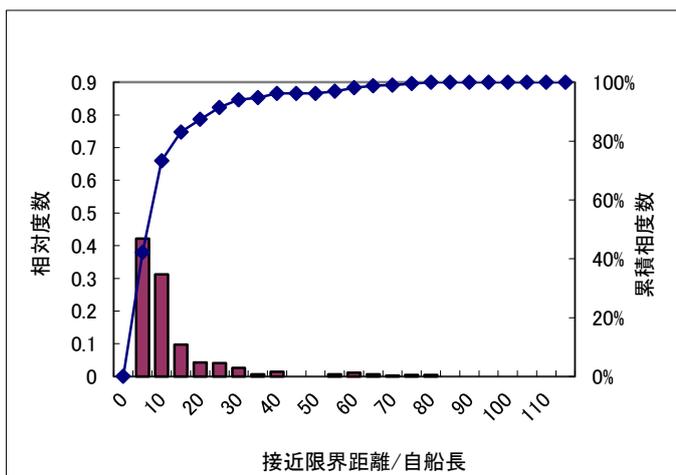
B. 左方（追越され）－他船 50m



C. 左方（追越され）－他船 100m

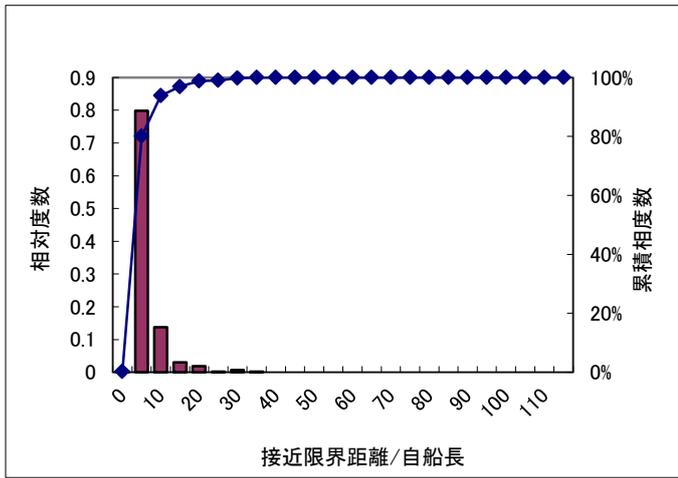


D. 左方（追越され）－他船 200m

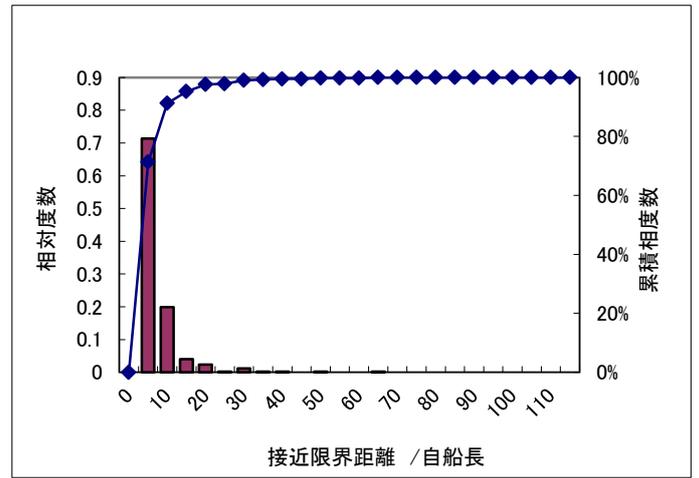


E. 左方（追越され）－他船 300m

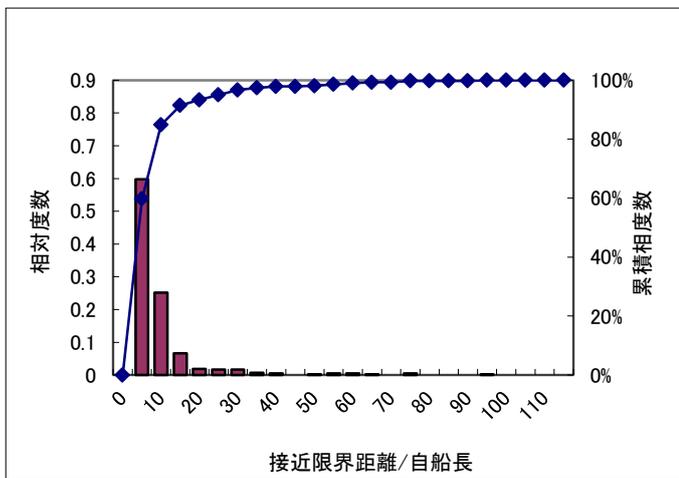
図 2-7-34 接近限界距離の相対度数と累積相対度数【左方：追越され】



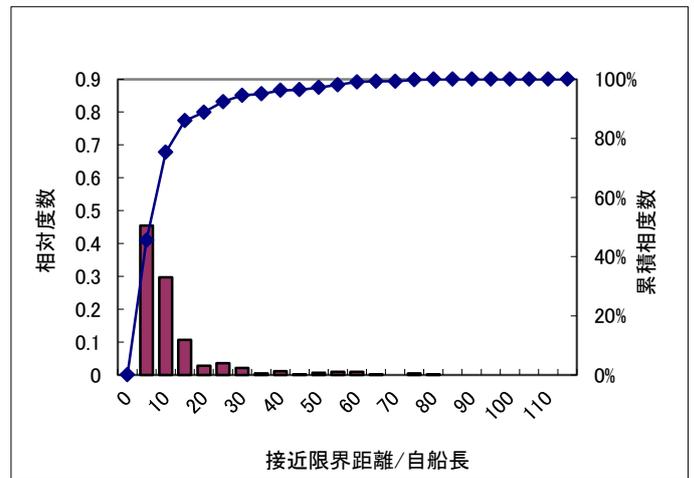
A. 右方（追越され）－他船 10m



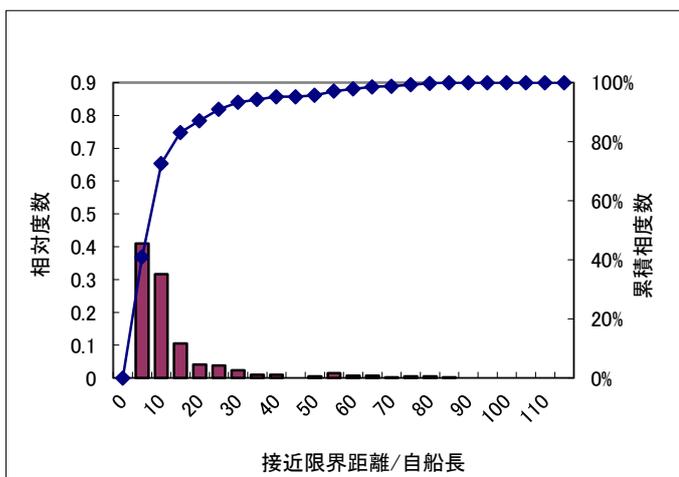
B. 右方（追越され）－他船 50m



C. 右方（追越され）－他船 100m



D. 右方（追越され）－他船 200m



E. 右方（追越され）－他船 300m

図 2-7-35 接近限界距離の相対度数と累積相対度数【右方：追越され】

2.8 接近限界距離のモデル化

2.8.1 80 パーセンタイル値に対応する接近限界距離

他船長による接近限界距離の変化をみることができるようになるため、累積相対度数分布の、80 パーセンタイル値に対応する接近限界距離を、他船長ごとに求める。それらを船首尾および正横方向別に抽出し、横軸に他船長を、縦軸に接近限界距離をとり、図 2-8-1 から図 2-8-6 を作成する。他船長の増加に伴い、80 パーセンタイル値に対応する接近限界距離も増加傾向にある。またその増加は直線的傾向にあるといえ、全方向とも同様の傾向である。そこでこの直線的な増加傾向に着目し、その傾向に対して直線回帰することによって、各方向における接近限界距離の大きさを、以下のような関数として表現できることとなった。

$$\text{LoF} = 0.0623 \cdot \text{Lt} + 6.369 \quad (r^2 = 0.97) \text{-----} (1)$$

$$\text{LoA} = 0.0719 \cdot \text{Lt} + 6.382 \quad (r^2 = 0.97) \text{-----} (2)$$

$$\text{LoP} = 0.0311 \cdot \text{Lt} + 4.7 \quad (r^2 = 0.95) \text{-----} (3)$$

$$\text{LoS} = 0.0342 \cdot \text{Lt} + 4.648 \quad (r^2 = 0.97) \text{-----} (4)$$

$$\text{LoP}' = 0.0331 \cdot \text{Lt} + 4.249 \quad (r^2 = 0.95) \text{-----} (5)$$

$$\text{LoS}' = 0.0303 \cdot \text{Lt} + 5.051 \quad (r^2 = 0.95) \text{-----} (6)$$

Lo : 接近限界距離/自船長

(F : 前方 A : 後方 P : 左方 S : 右方 P' : 左方 (追越され) S' : 右方 (追越され))

Lt : 他船長(m)

r² : 決定係数

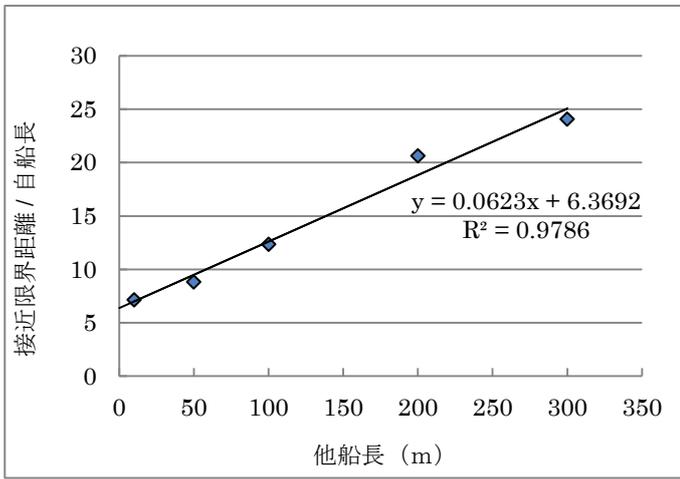


図 2-8-1 接近限界距離のモデル化
【前方】

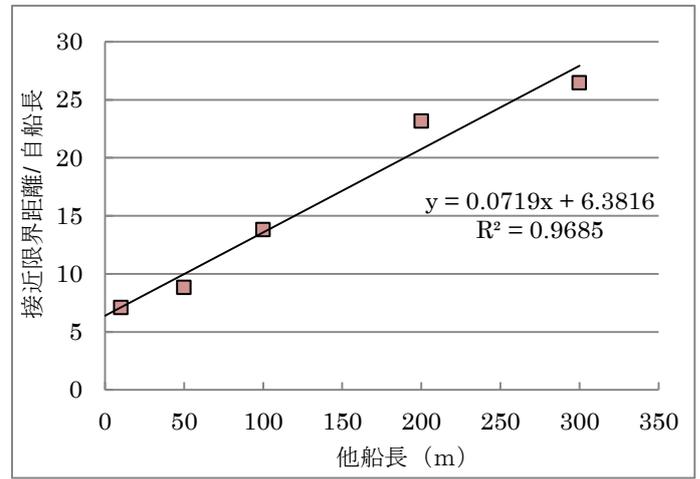


図 2-8-2 接近限界距離のモデル化
【後方】

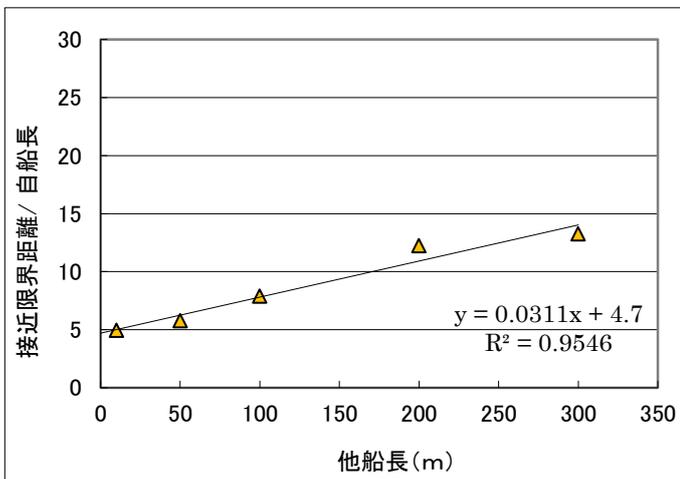


図 2-8-3 接近限界距離のモデル化
【左方：追越し】

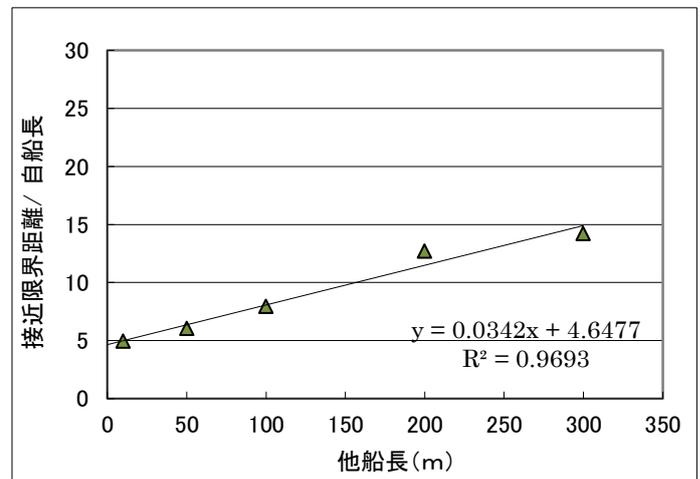


図 2-8-4 接近限界距離のモデル化
【右方：追越し】

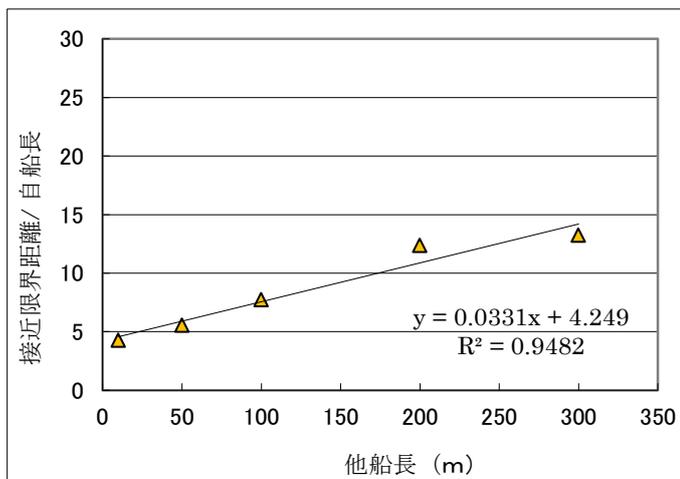


図 2-8-5 接近限界距離のモデル化
【左方：追越され】

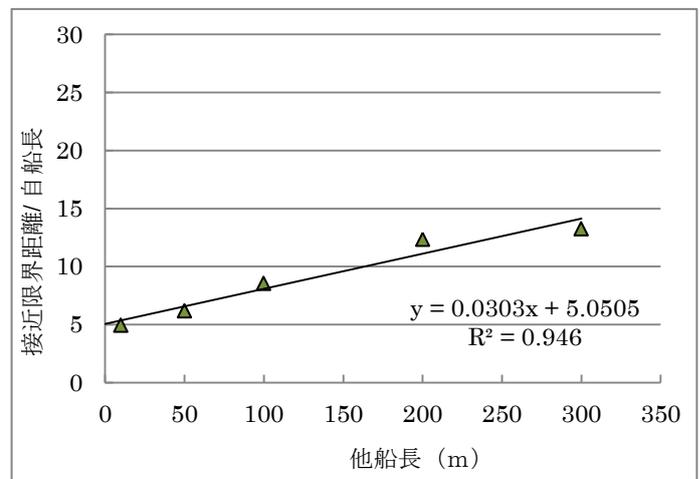


図 2-8-6 接近限界距離のモデル化
【右方：追越され】

2.8.2 各方向の比率

ここまで操船者が意識する接近限界距離を抽出して、船首尾および正横方向のモデル化を行った。そこで得られたモデル式は、自船周囲に存在する領域の大きさを表す。その領域の大きさが求まれば、次は領域内における自船位置を明確にする必要がある。そこで各方向の接近限界距離の比率を求め、領域内での自船位置を考察する。

(1)～(6)式より、他船長ごとに算出された値を用いて比較を行うため、表 2-8-1 のように各方向別に接近限界距離をまとめ、図 2-8-7、図 2-8-8 にはそのデータをプロットする。これによると、まず前後方向の接近限界距離は、図 2-8-7 のように、他船長が 100m 以上になると接近限界距離に若干の差が見られ、 $0.1\sim 0.2L$ 程度の違いがあるが、他船長が小さい場合は殆ど差がない。

図 2-8-8 は左右方向を示し、前後方向と同様に接近限界距離の差は見られず、また追越す場合と追越される場合の違いは、ほとんどない。

続いて、(1)～(6)式で算出された接近限界距離について、領域の形状や領域内における自船の位置を考察するため、以下の組み合わせで前後左右の比較を行う。

- ① 前方/後方
- ② 左方（追越し） / 右方（追越し）
- ③ 左方（追越され） / 右方（追越され）
- ④ 左方（追越し） / 右方（追越され）
- ⑤ 前方/ 左方（追越し）

その結果を図 2-8-9 と表 2-8-2 に示す。モデル値の比較でも明らかであるが、前方と後方そして左方と右方の接近限界距離はほぼ同距離であり、追越す場合も追い越される場合も差がない。ただし側方と前後方向には、おおよそ 1.5 倍の差異がある。したがって自船位置を中心とした接近限界距離の比率は、前方：後方：左方：右方はおおむね $1.5 : 1.5 : 1 : 1$ であることが判る。その概念図を図 2-8-10 に示す。

以上より接近限界距離の大きさ、比率を以下の通りまとめる。

- a. 前方と後方、左方と右方（追越しの関係も追い越される場合も）は同距離である。
- b. 各方向の比率は、前方：後方：左方：右方で $1.5 : 1.5 : 1 : 1$ である。
- c. 領域の形状は前後に長い楕円である。

表 2-8-1 他船長別の接近限界距離(Lo)

方向 \ 他船長	10m	50m	100m	200m	300m
前方	7	10	13	19	25
後方	7	10	14	21	28
左方(追越し)	5	6	8	11	14
右方(追越し)	5	6	8	11	15
左方(追越され)	5	6	8	11	14
右方(追越され)	5	7	8	11	14

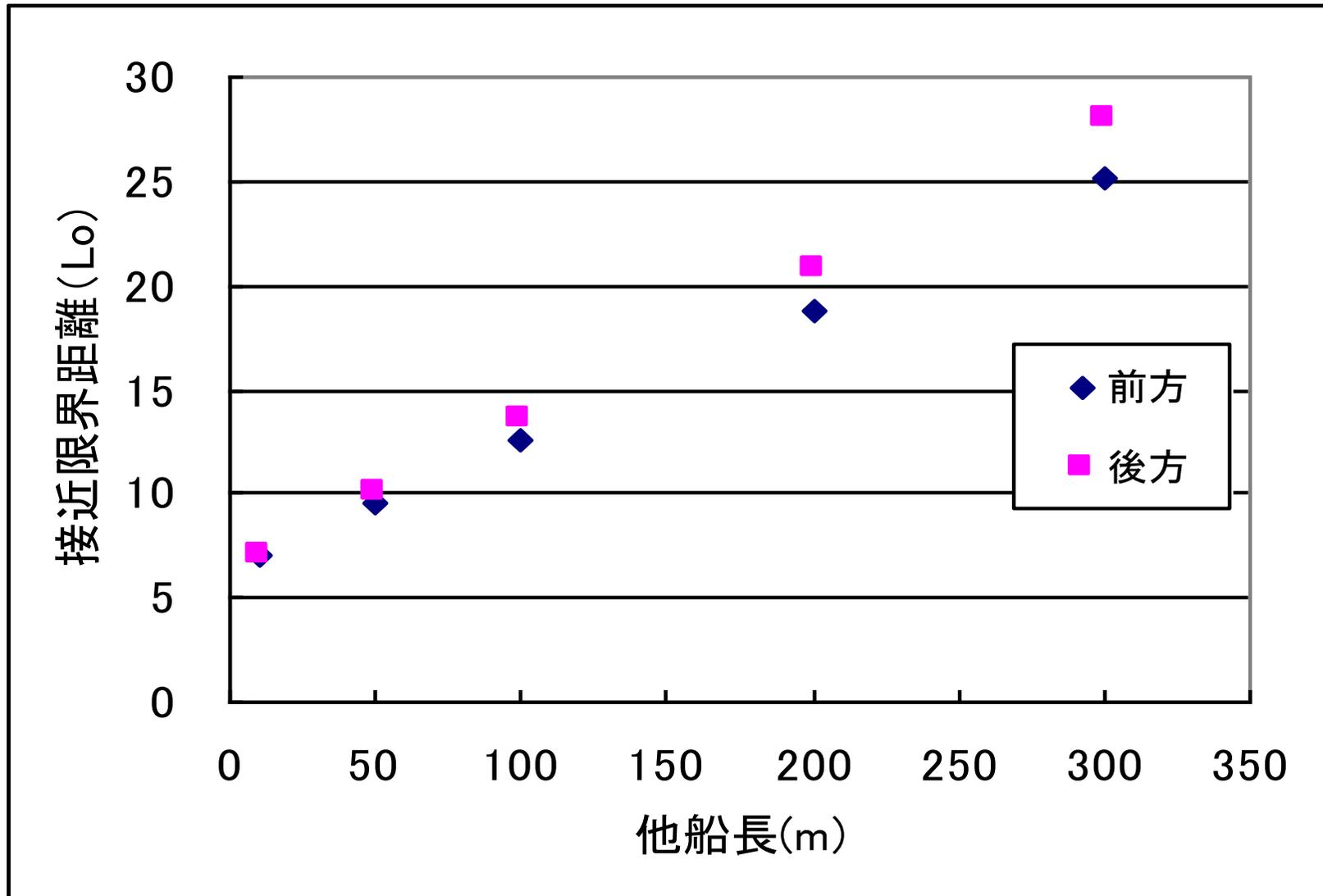


図 2-8-7 モデル式で求めた接近限界距離の比較
【前後方向】

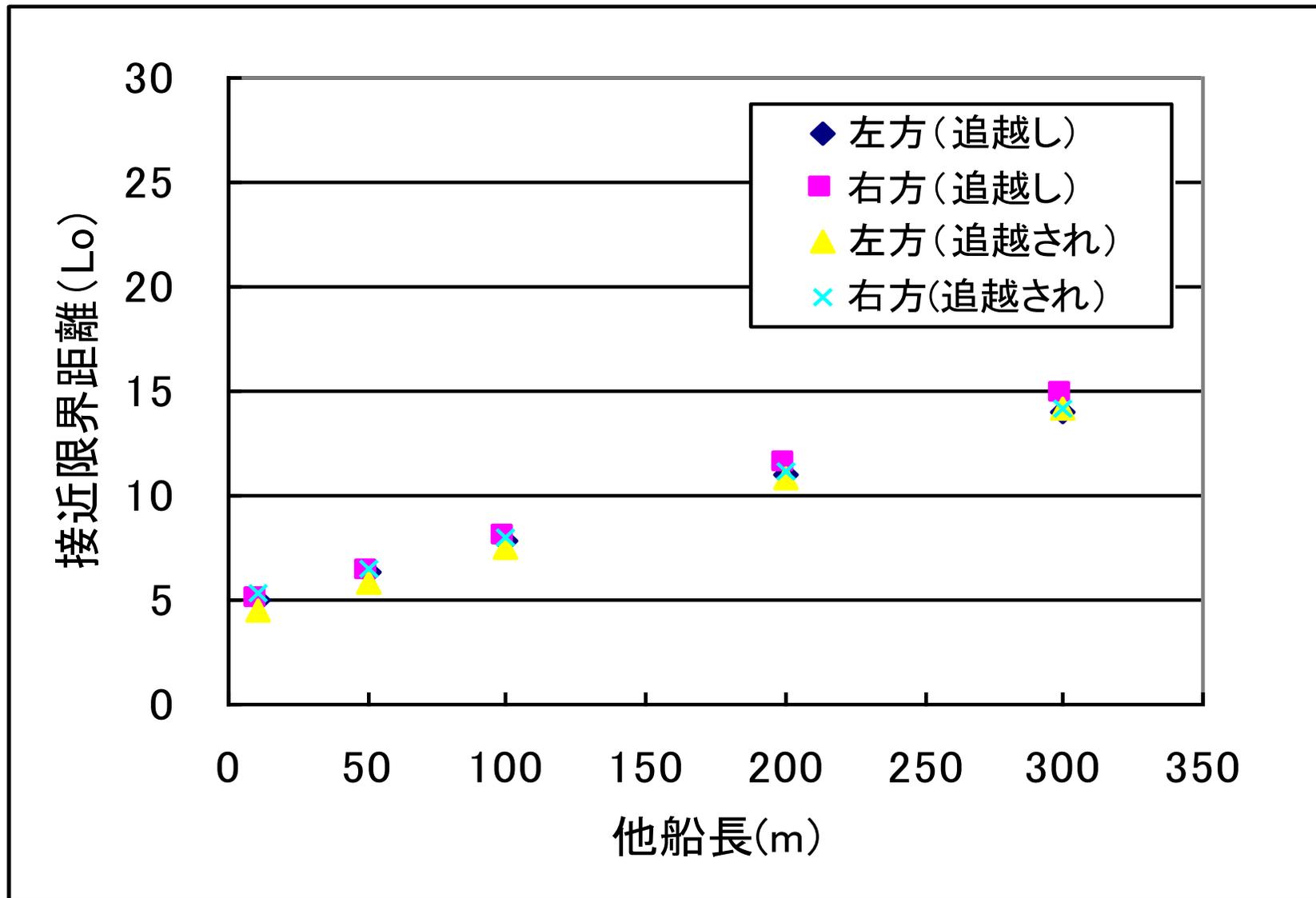


図 2-8-8 モデル式で求めた接近限界距離の比較
【左右方向】

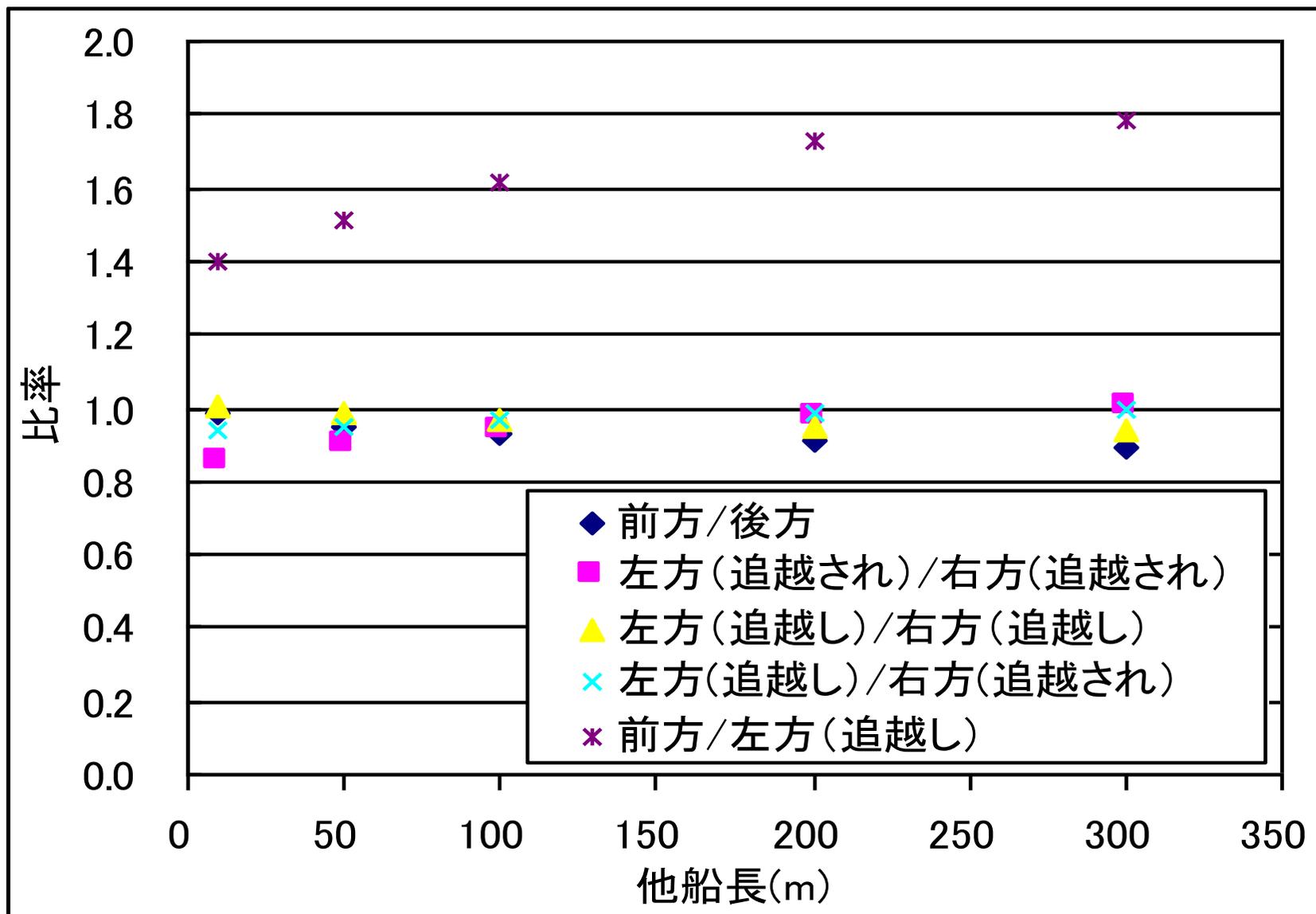


図 2-8-9 接近限界距離の比率

表 2-8-2 接近限界距離の方向比率

方向 \ 他船長	10m	50m	100m	200m	300m
前方/後方	1.0	1.0	0.9	0.9	0.9
左方(追越し)/右方(追越し)	1.0	1.0	1.0	1.0	0.9
左方(追越され)/右方(追越され)	0.9	0.9	0.9	1.0	1.0
左方(追越し)/右方(追越され)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
前方/左方(追越し)	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8

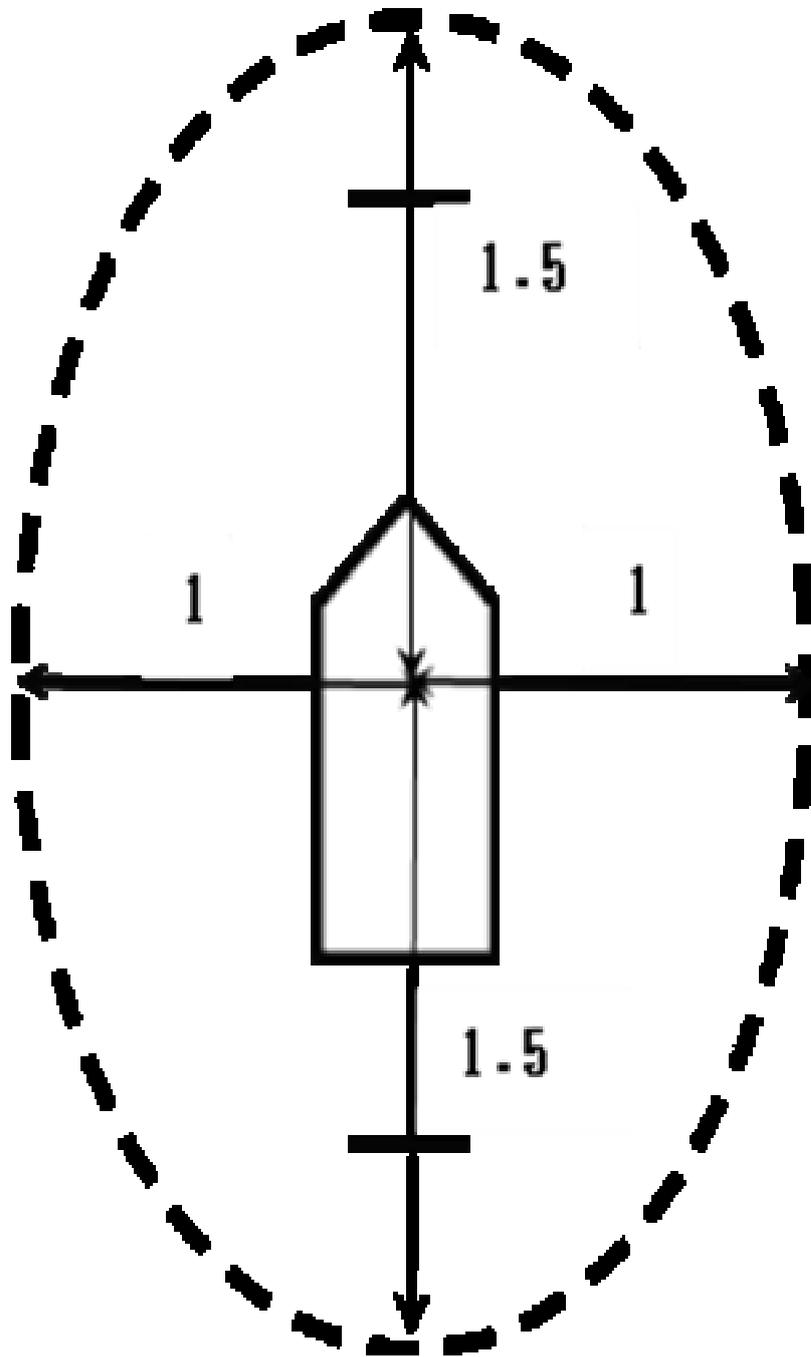


図 2-8-10 接近限界距離の概念図

2.8.3 ラッシュ時と閑散時の比較

本アンケートは、ラッシュ時を前提条件に接近限界距離の回答を求める。しかし時間帯によっては閑散とした状況も存在するので、そのような状況下では、接近限界距離がどのように変化するか回答を求める。その結果をフローチャート形式で図 2-8-11 に示す。

全体の約 6 割の回答者が、ラッシュ時と閑散時によって変化すると考えている。そしてその変化傾向は、9 割が「増加する」と回答、1 割が「減少する」と回答している。つまり全回答者の 54%は、接近限界距離を広くとろうと考えているのである。また閑散とした状況では周囲の余裕水面は広く、無理に接近することなく安全に航過しようとする意図が見られる。

変化すると回答した者に対して、具体的な変化量を数値記入する設問を置いた。変化量は回答者がイメージしやすいよう、閑散時に比べて何倍変化するか、もしくは何海里変化するか、2 種類の方法で求める。その結果を図 2-8-12、図 2-8-13 に示す。それぞれ横軸に変化量を、縦軸には相対度数と累積相対度数を示す。

これより、倍率での回答は 1.5 倍と 2 倍の増加という 2 点に意見が集中している。減少の変化量には、特異なピーク値は存在しなかったが、-1 と-2 倍の意見に分かれた。

つまり、多くの操船者が閑散としている状況では接近限界距離を大きくとり、その変化量は、1.5 倍もしくは 2 倍の目安を持って操船していることが分かる。

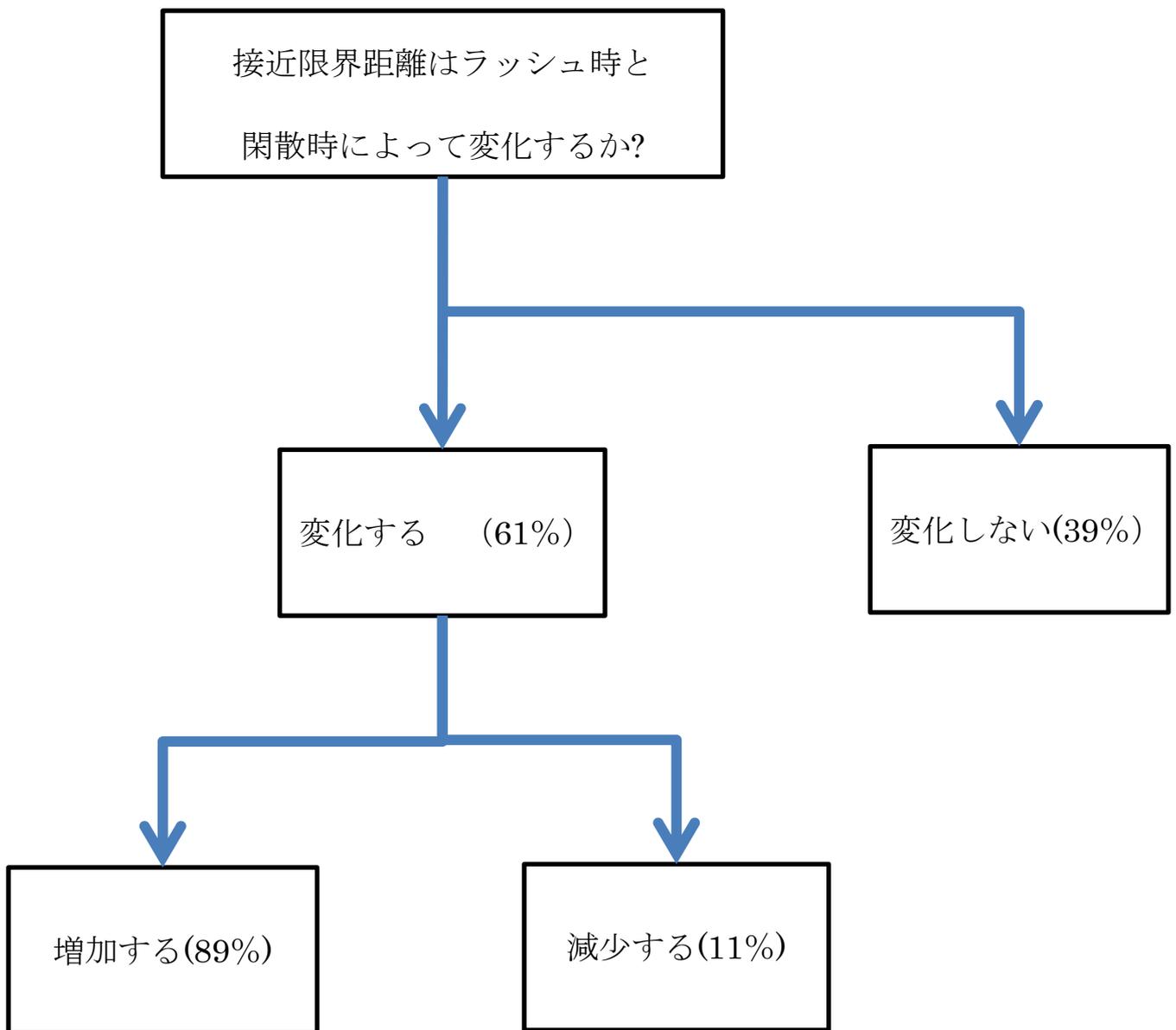


図 2-8-11 閑散時における接近限界距離の変化

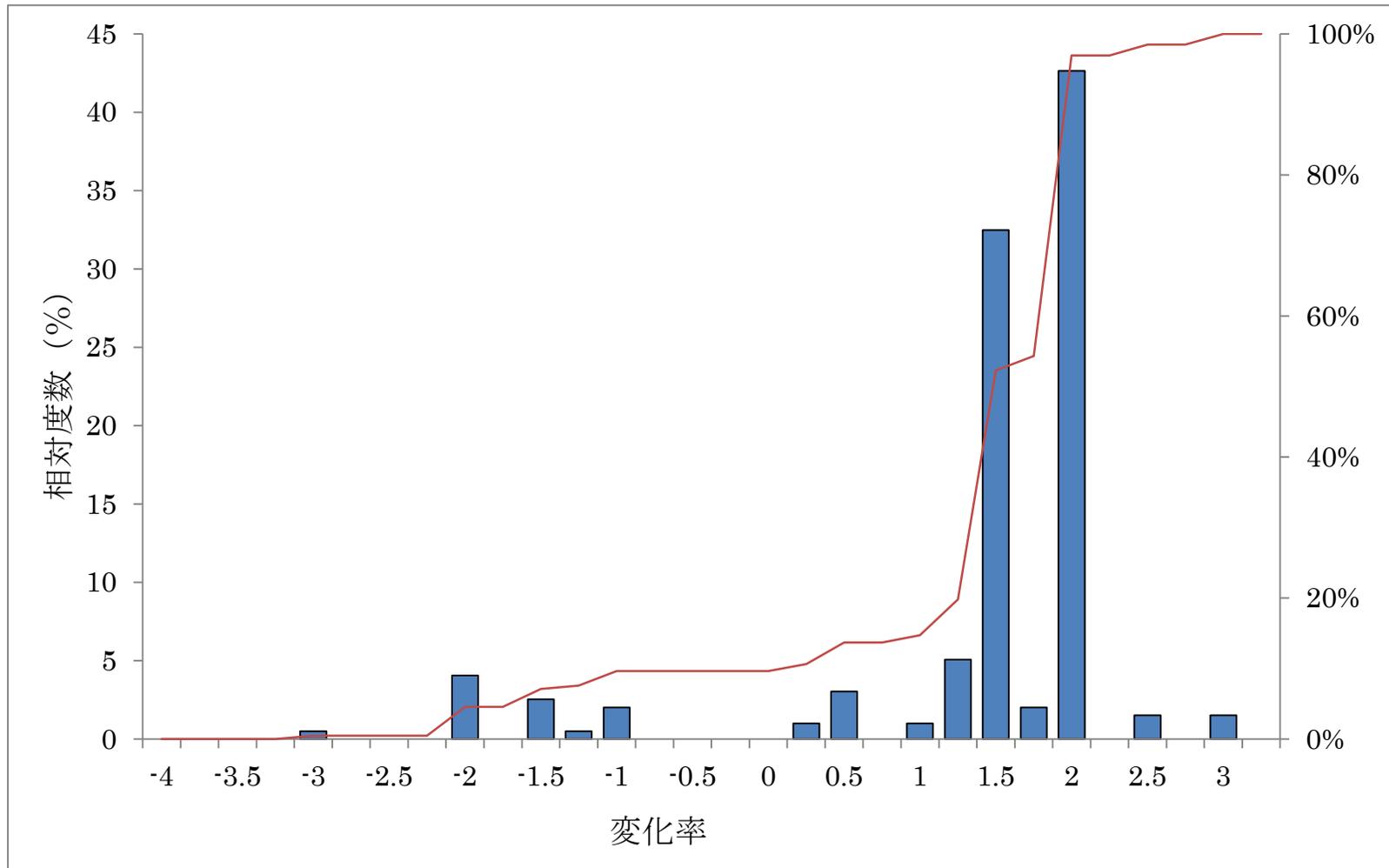


図 2-8-12 閑散時における接近限界距離の変化率

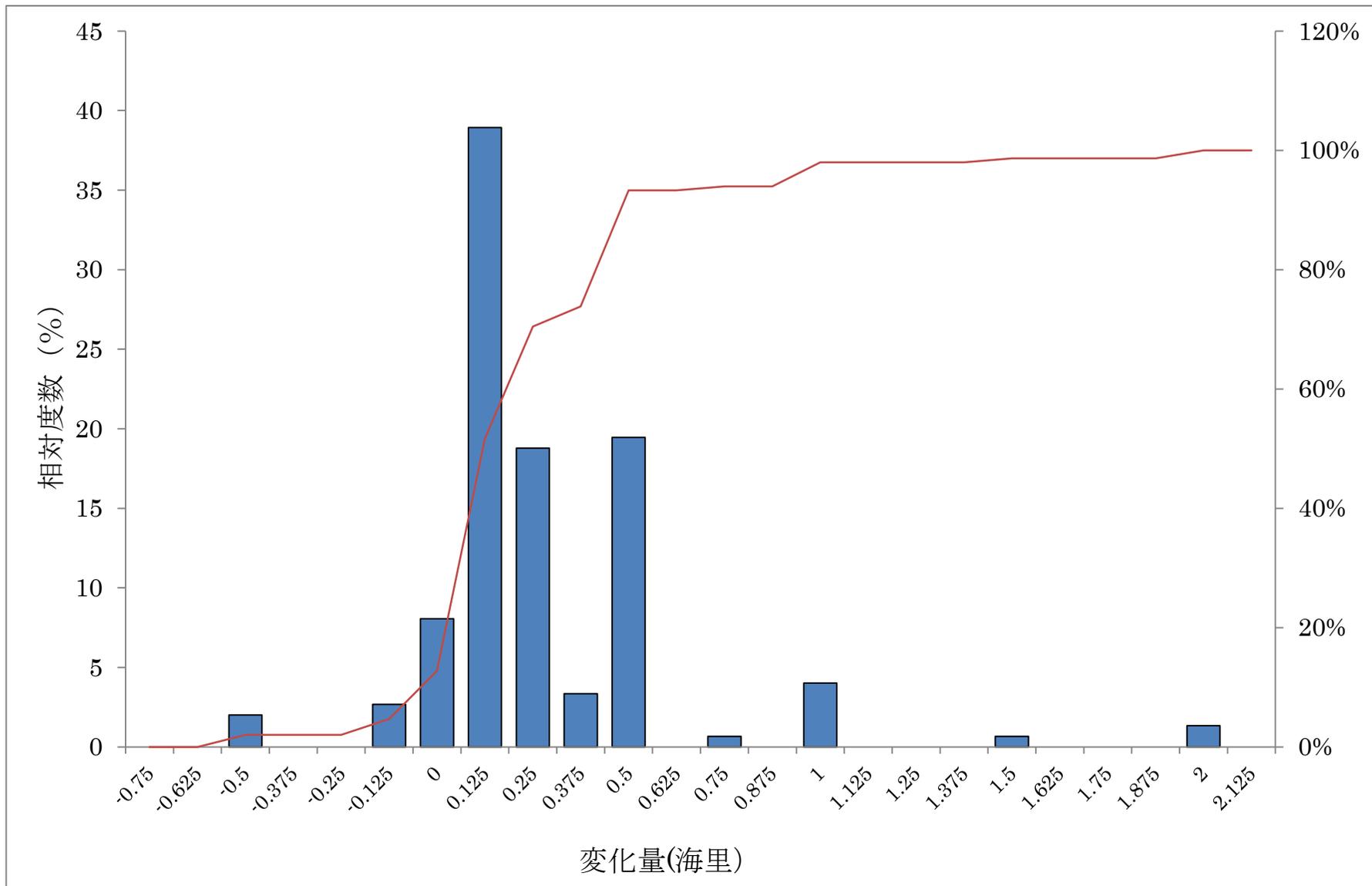


図 2-8-13 閑散時における接近限界距離の変化量 (海里)

2.8.4 障害物と接近限界距離の関係

航路内に存在する障害物との接近限界距離も、他船との関係と同様の手順で分析を進め、各障害物について考察する。

まず接近限界距離を自船長で基準化し、その分布を図 2-8-14 から図 2-8-17 に示す。この無次元化されたデータの累積分布を図 2-8-18 から図 2-8-21 に示す。

ここで障害物との接近限界距離のモデル化するため、累積分布の 80 パーセンタイル値に対応する接近限界距離の抽出を行う。図 2-8-22 に各障害物の、自船長と接近限界距離の関係を示す。

障害物との接近限界距離モデルを以下に示す。

ブイ	3.07 Lo	-----	(7)
漁具	5.29 Lo	-----	(8)
漁船	7.29 Lo	-----	(9)
橋脚	6.33 Lo	-----	(10)

(ただし Lo は自船長)

これによると、漁船は最も広い領域を求め、漁船の長さの 7.3 倍、続いて橋脚が 6.3 倍、漁具が 5.3 倍、ブイが 3.1 倍となった。

以上より、操船者は航路内で障害物と接近する状況では、橋脚という不動の構造物より、可動する漁船への限界距離が大きく、また位置の把握が難しい漁具は、その位置がはっきりしているブイより大きいことが分かる。

つまり操船者は、動静把握の困難な、もしくは正確な位置の把握が困難な障害物に対して、すなわち、不明確な物標に対してはより大きな限界距離をとろうとする傾向である。

他船との接近限界距離と同様に、閑散時における接近限界距離の変化について回答を求める。図 2-8-23 にはラッシュ時と閑散時の変化について、フローチャート形式で示す。「変化」の回答が約半数を占め、その変化傾向は「増加」が 9 割で、「減少」は 1 割である。変化すると回答した者に対して、具体的な変化量を数値記入する設問を置く。変化量は回答者がイメージしやすいよう、閑散時に比べて何倍変化するか、もしくは何海里変化するか、2 種類の方法で求める。変化量について図 2-8-24～25 に示す。これによると、他船の場合と同様に、1.5 倍と 2 倍の 2 点に集中している。つまり障害物についても、閑散とした航路内では、無理な操船を行わないよう、接近限界距離を広くとるよう考えている。

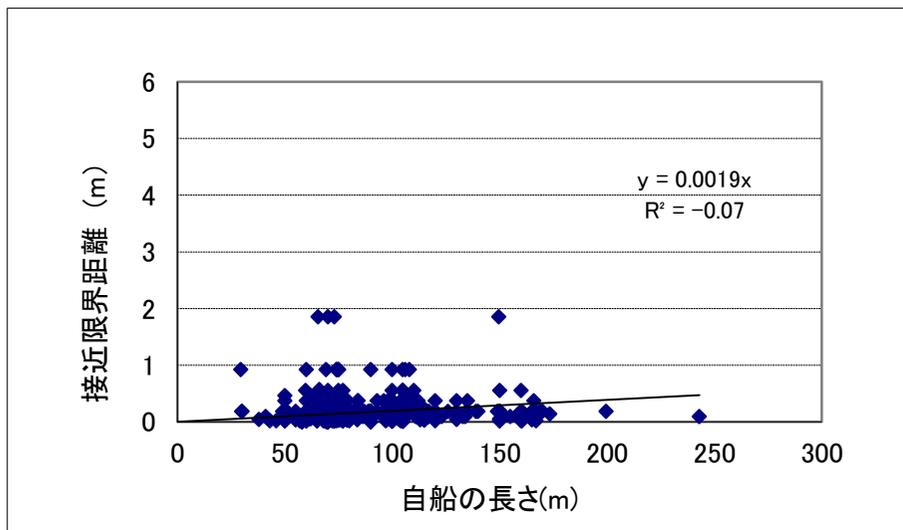


図 2-8-14 自船長と接近限界距離 【ブイ】

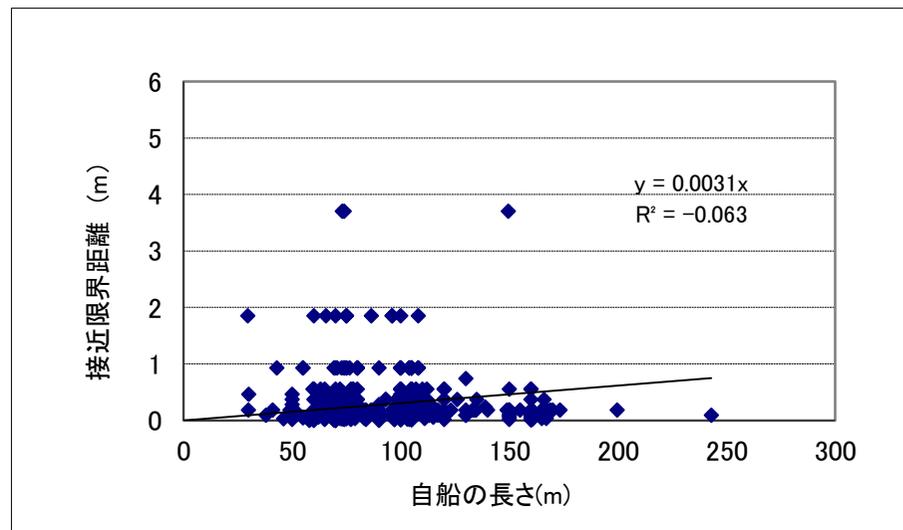


図 2-8-15 自船長と接近限界距離 【漁具】

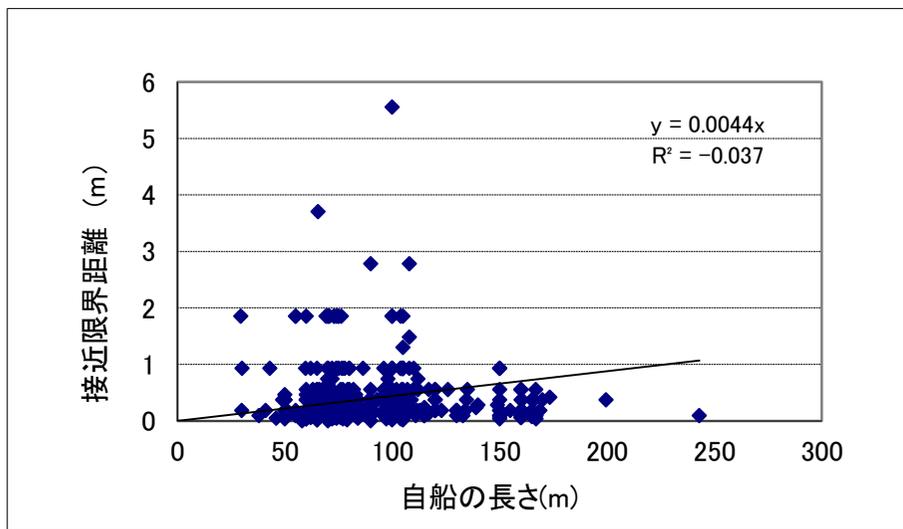


図 2-8-16 自船長と接近限界距離 【漁船】

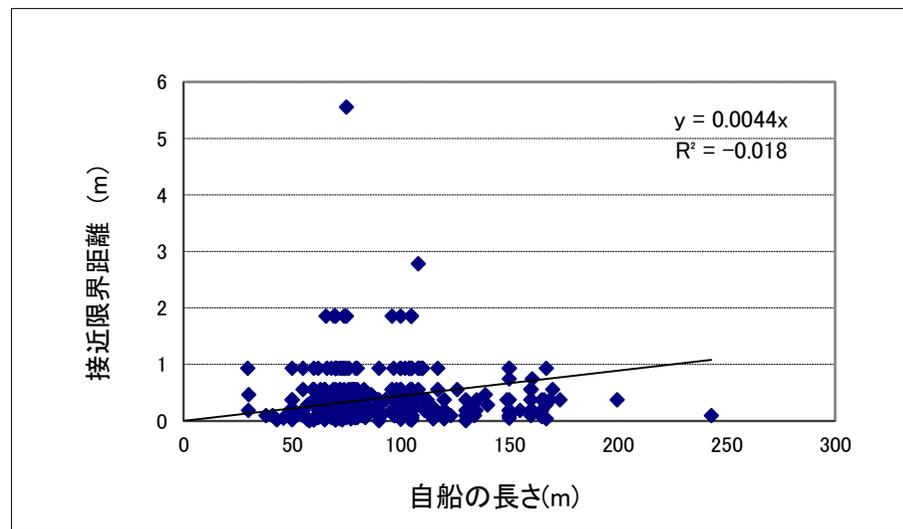


図 2-8-17 自船長と接近限界距離 【橋脚】

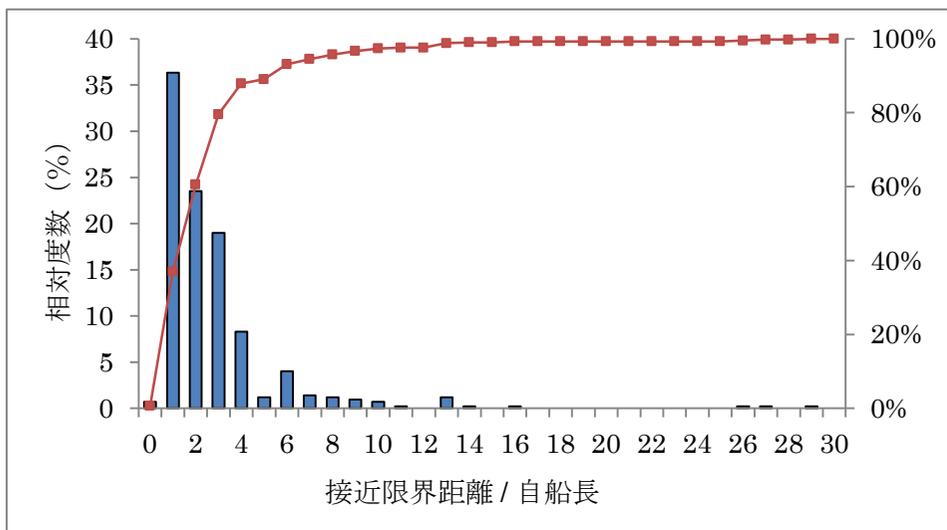


図 2-8-18 接近限界距離の相対度数と累積相対度数【ブイ】

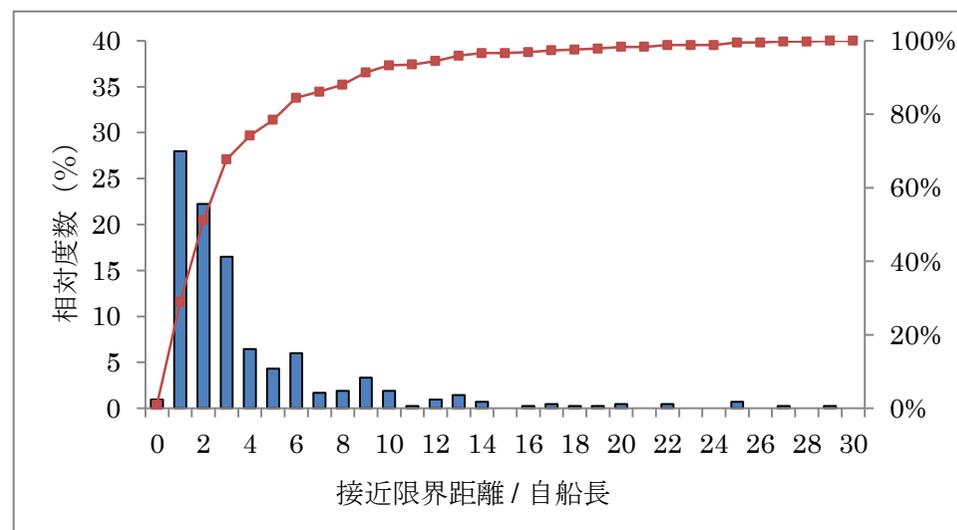


図 2-8-19 接近限界距離の相対度数と累積相対度数【漁具】

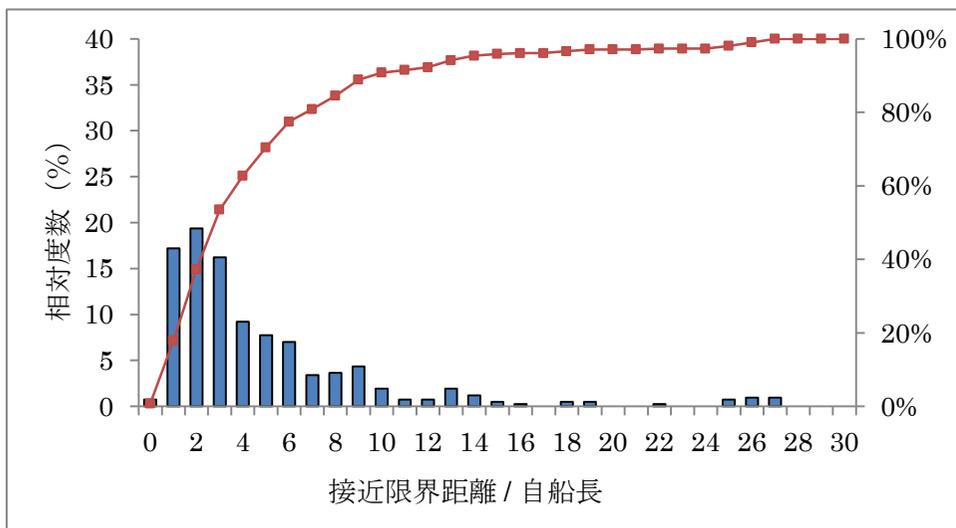


図 2-8-20 接近限界距離の相対度数と累積相対度数【漁船】

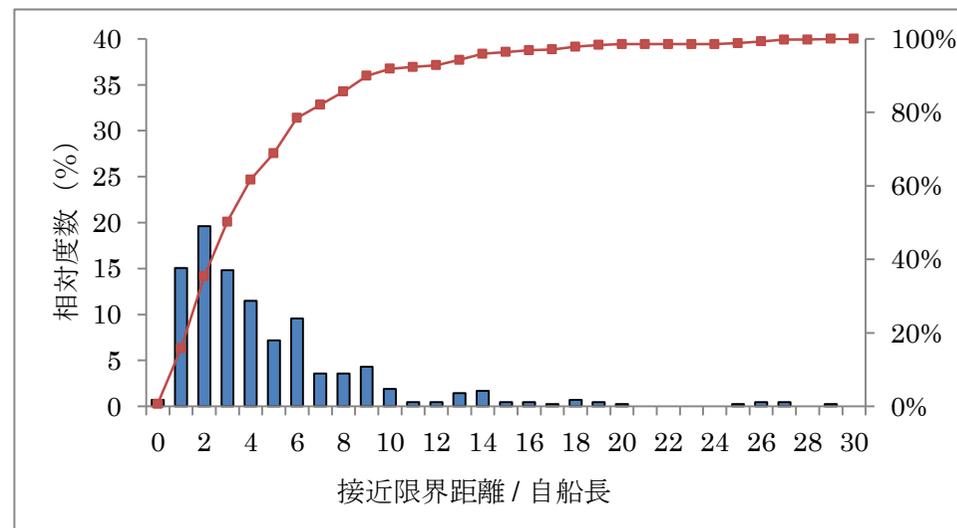


図 2-8-21 接近限界距離の相対度数と累積相対度数【橋脚】

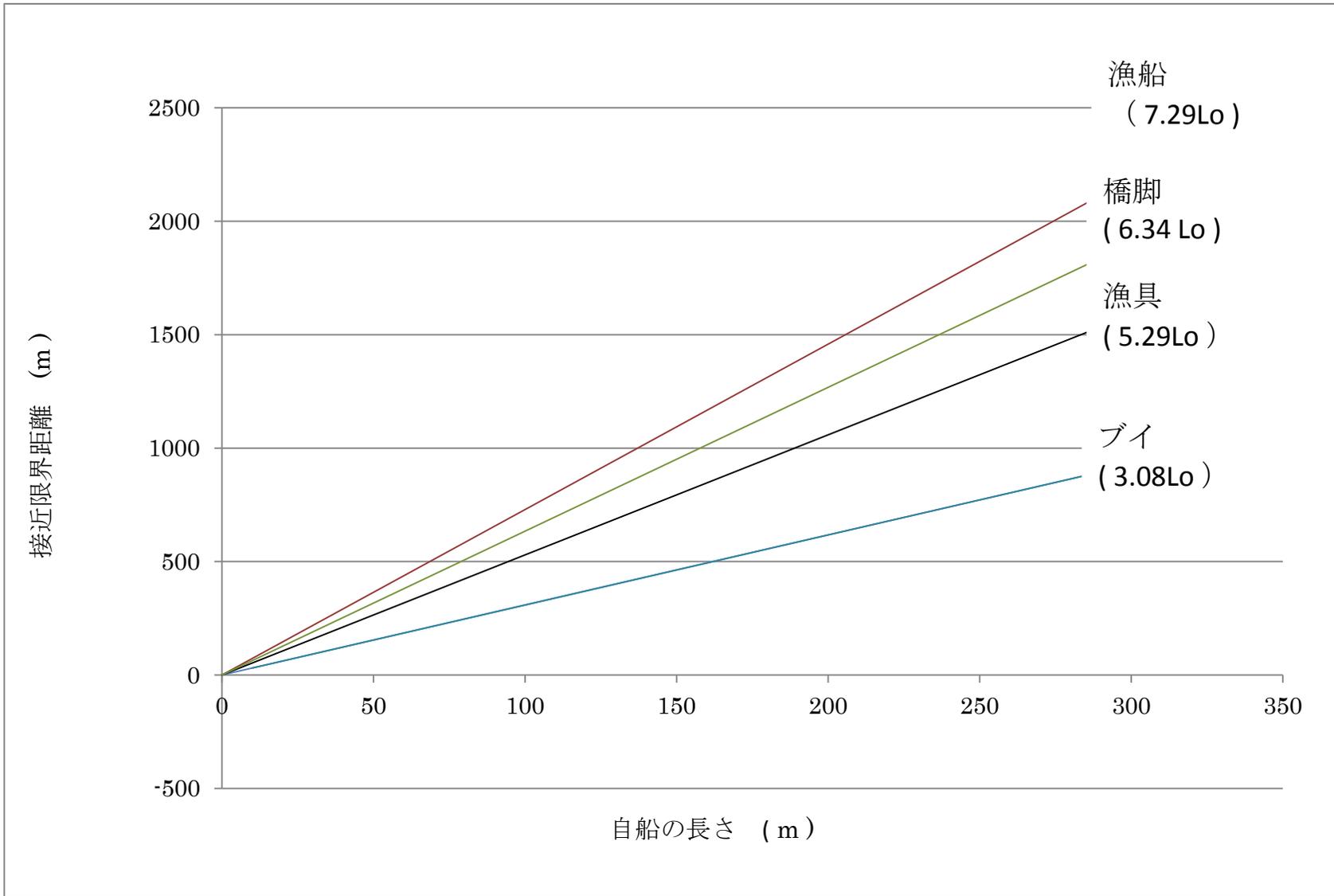


図 2-8-22 障害物に対する接近限界距離

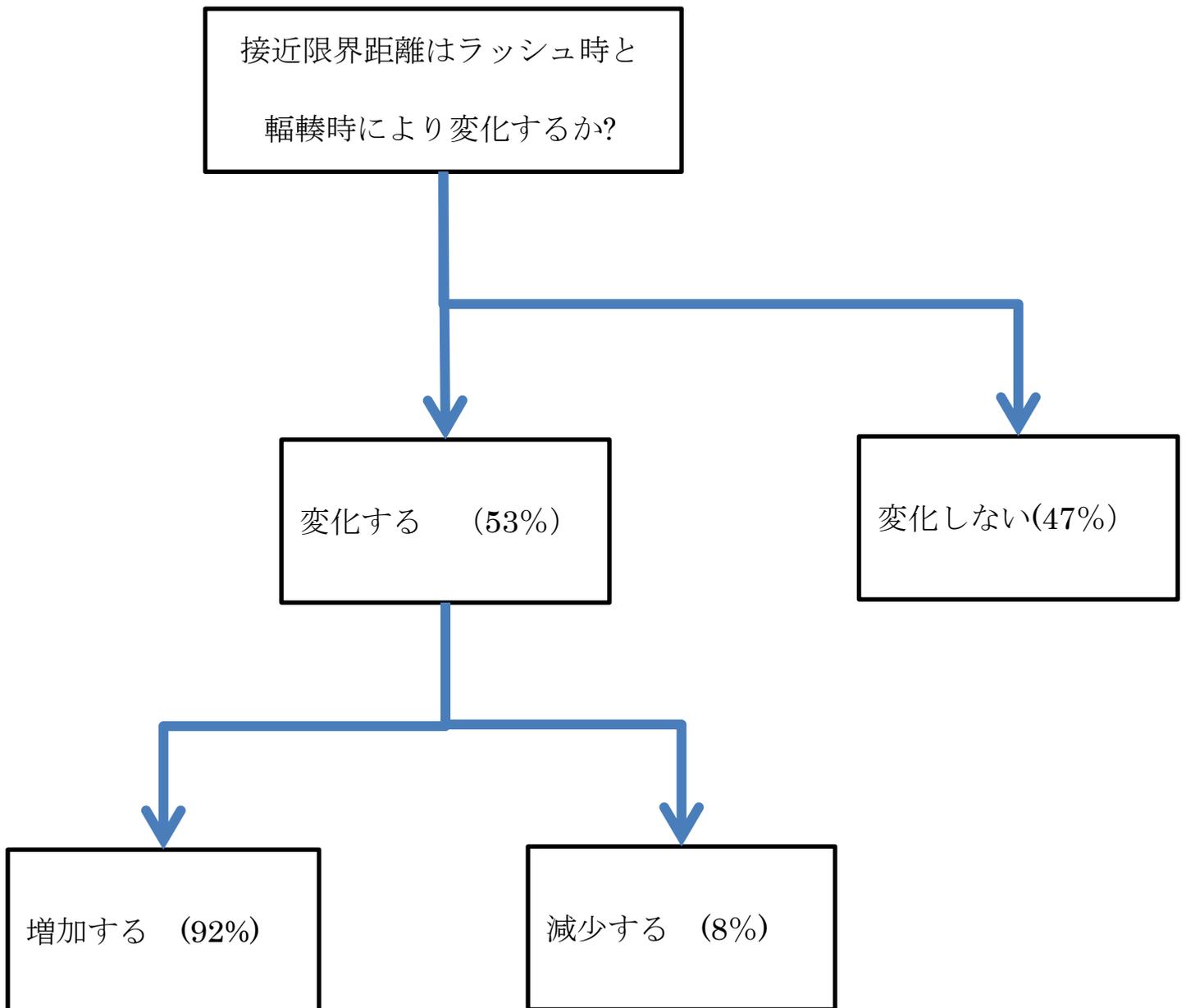


図 2-8-23 閑散時における障害物への接近限界距離の変化

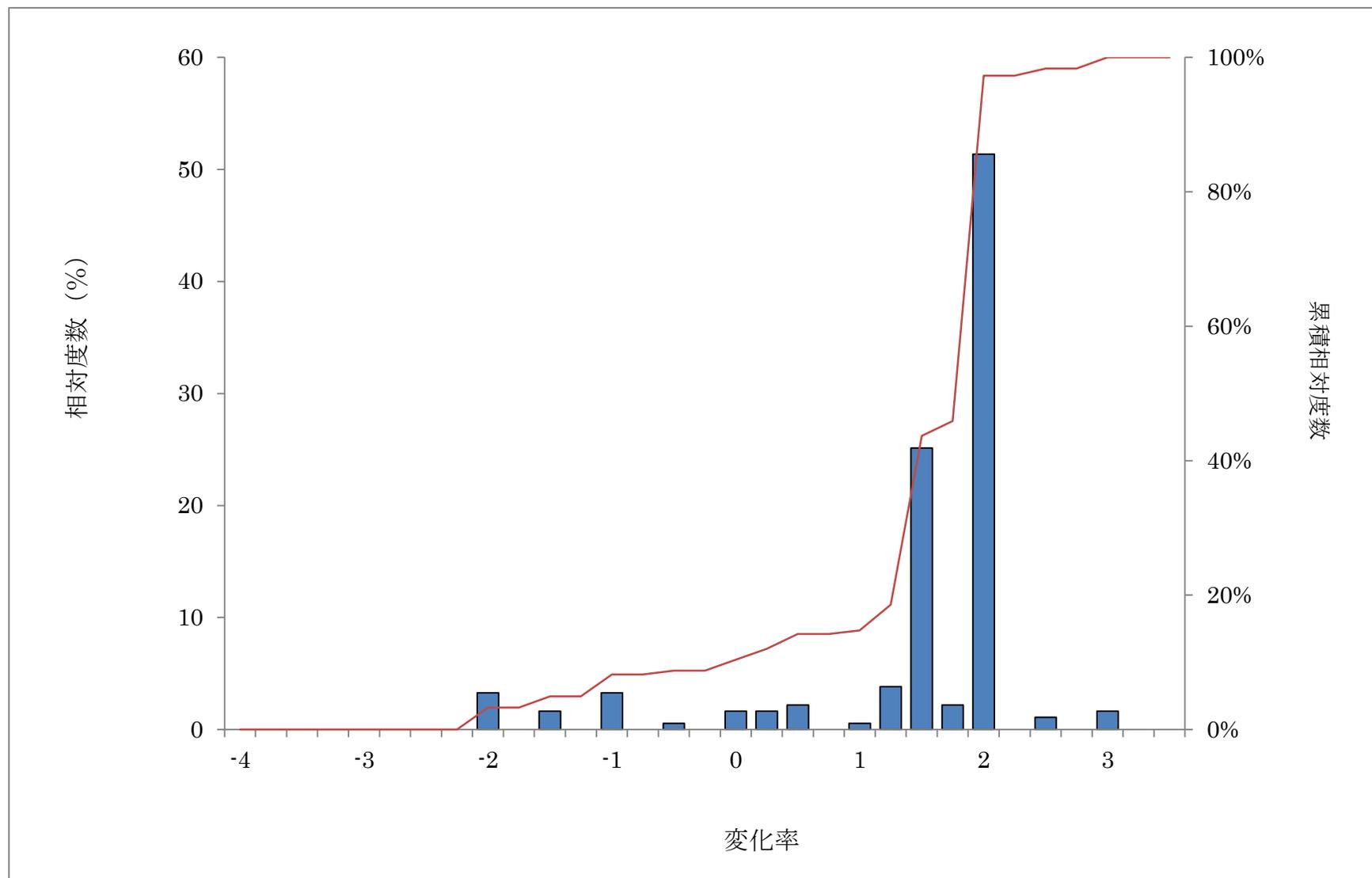


図 2-8-24 閑散時における障害物に対する接近限界距離の変化率

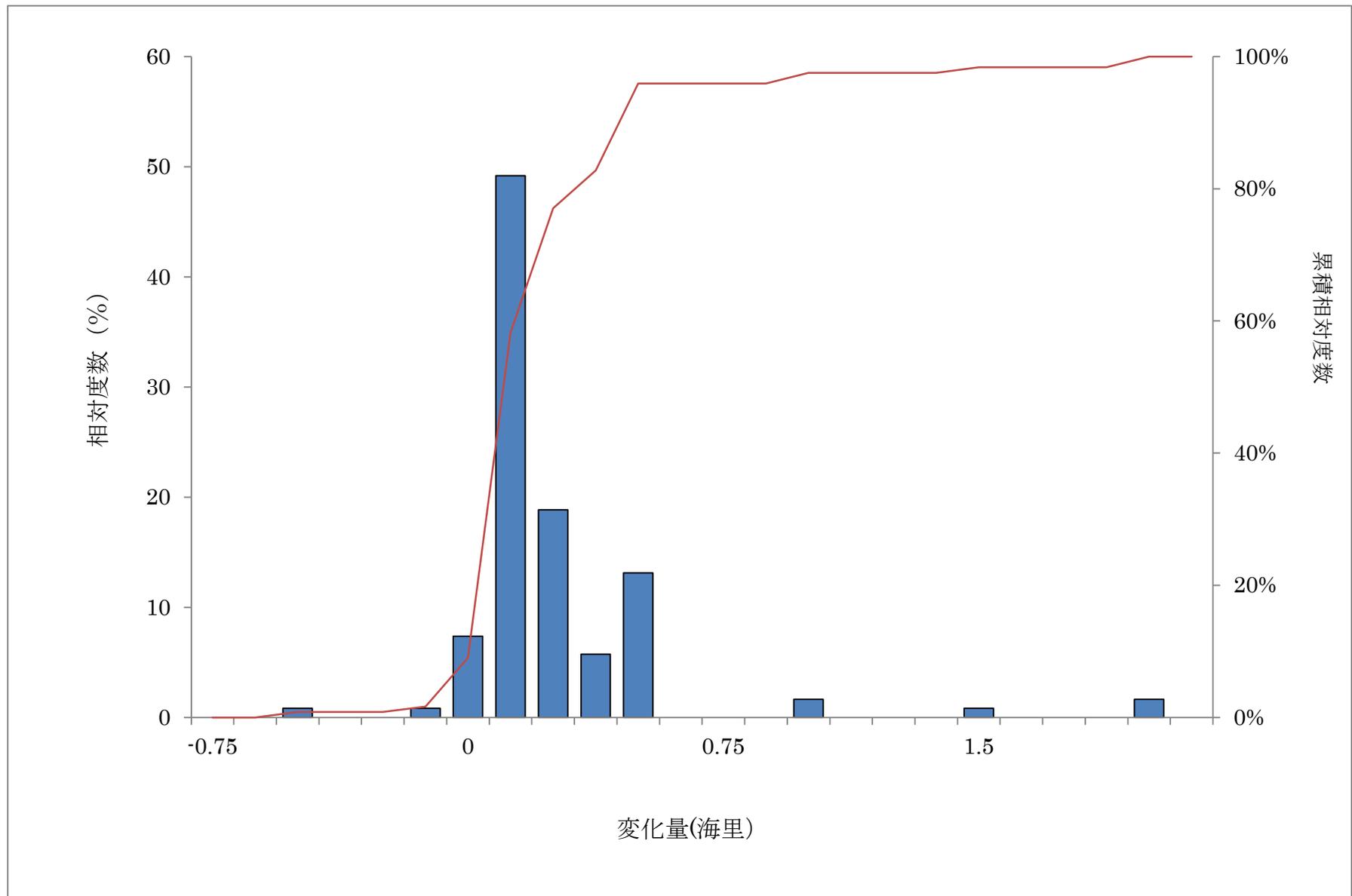


図 2-8-25 閑散時における障害物に対する接近限界距離の変化量(海里)

2.8.5 操船者意識のばらつき

ここまで、操船者の意識の中にある接近限界距離についてアンケート調査を実施して、そのモデル化を検討した。求められる距離は、操船者の意識のばらつきがある。その操船者の意識のばらつきを考慮した評価が重要で、そのばらつき方のモデル化について検討を行う必要がある。

そこで求められたデータのばらつきと、モデル式で算出した代表値を比較し、ばらつきモデルの検討を行う。図 2-8-26 から図 2-8-31 は、横軸にアンケートで回答した接近限界距離をモデル値で割った値をとり、縦軸は相対度数を示す。これより、回答値がモデル式で示されるか判断することができる。

これによると、回答値をモデル値で割った値の多くが、1 以下であり、平均値は 0.7~0.8 である。その標準偏差が 0.9~1.2 であることから、大多数の回答者意識はモデル式で示される。更に大きな限界距離を求めている操船者の意識も明らかである。

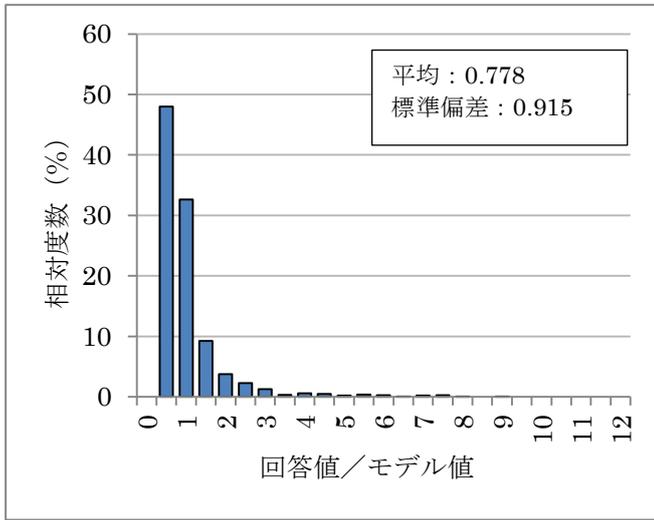


図 2-8-26 操船者意識のばらつき【前方】

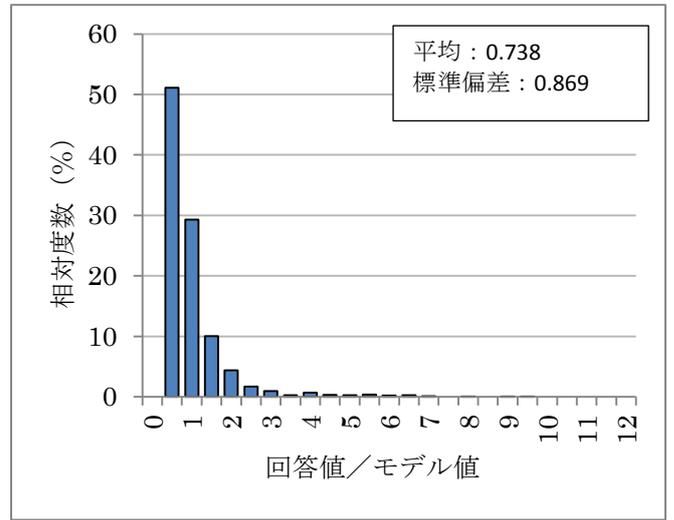


図 2-8-27 操船者意識のばらつき【後方】

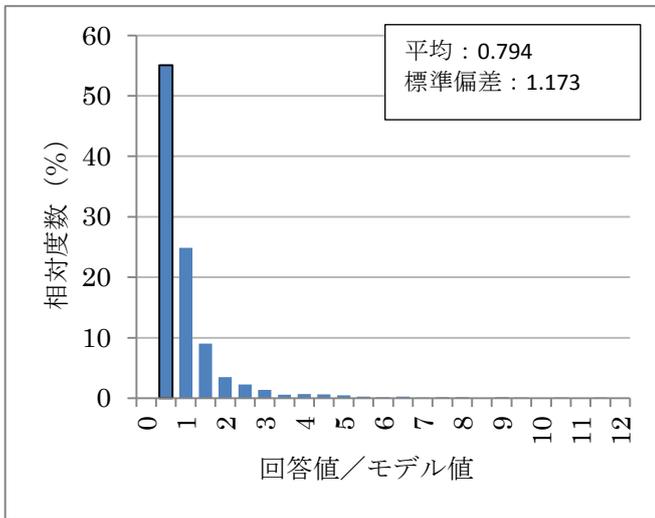


図 2-8-28 操船者意識のばらつき【左方:追越し】

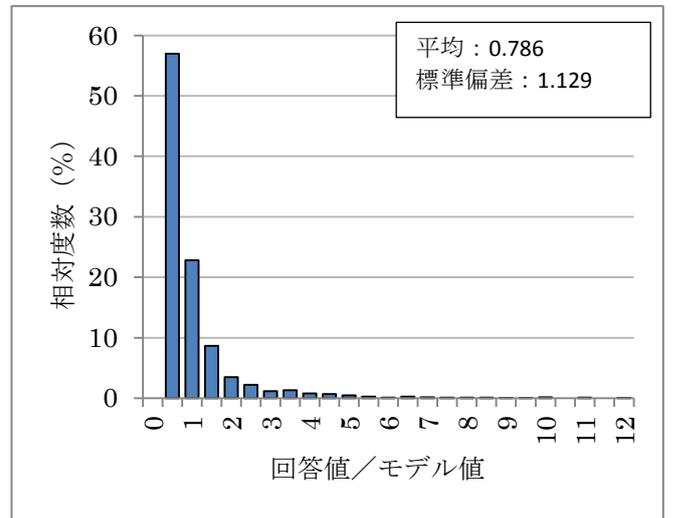


図 2-8-29 操船者意識のばらつき【右方:追越し】

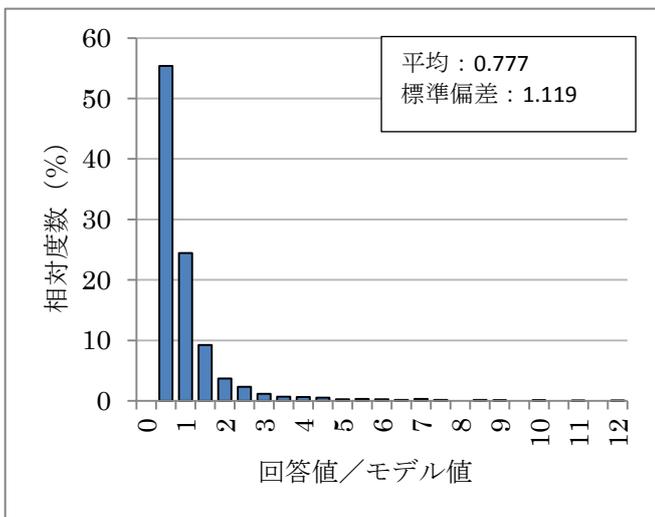


図 2-8-30 操船者意識のばらつき【左方:追越され】

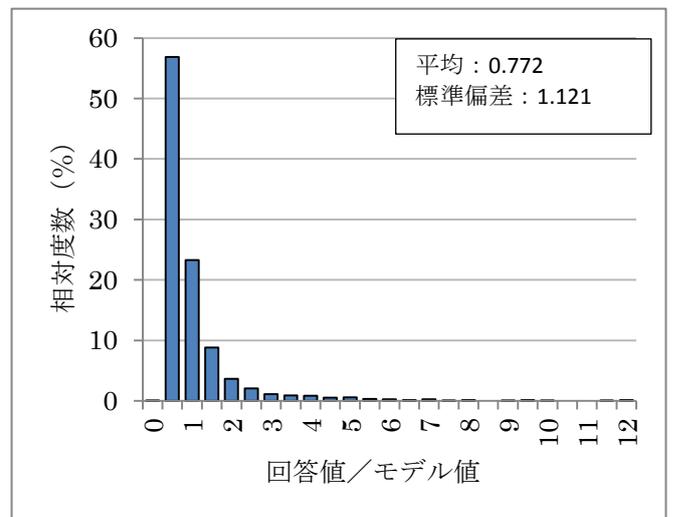


図 2-8-31 操船者意識のばらつき【右方:追越され】

2.8.6 既存モデルと接近限界距離の比較

策定したモデルの妥当性を検討するため、既存のモデルとの比較、検証は不可欠である。本研究は、操船者が他船とこれ以上近づきたくないとする許容の接近の限界距離であるため、比較対象のモデルは航過距離モデル⁽⁴⁾である。そこで限界航過距離モデルで算出した距離と、接近限界距離のモデル式で算出した距離の比較を行う。

航過距離モデルの領域の大きさは、前後方向を合わせたモデル式である。接近限界距離は各方向に分割してモデル式を策定しているため、本モデル値は前後距離、左右距離の合わせた数値を用いて比較する。

モデル式で算出された距離を他船長により求め、前後方向と左右方向の値を表 2-8-3 と表 2-8-4 に示す。図 2-8-32、図 2-8-33 は、横軸に他船長、縦軸に接近限界距離をとり、近似直線を示す。そして限界航過距離モデルと接近限界距離モデルの比率を求め、図 2-8-34、図 2-8-35 に示す。

図 2-8-32、図 2-8-33 によると、前後方向、左右方向ともに接近限界距離モデルで算出された距離は、限界航過距離モデルで算出した距離に比べて、非常に大きな値となることが分かる。図 2-8-34、図 2-8-35 より、限界航過距離モデルと接近限界距離モデルの比率を見ても、すると他船長が小さい若干の変動はあるものの、接近限界距離は前後方向に限界航過距離の 6~8 倍、左右方向に 10~12 倍の大きな値であることが分かる。

この結果より、航路内における他船の侵入を許さない領域の大きさは、港内のような操船水域の制約される環境よりも更に大きな領域を求めている。その大きさの変化量は、接近限界距離は限界航過距離の、前後方向は約 7 倍、左右方向は 11 倍の大きさである。

また接近限界距離と限界航過距離の変化量について、前後方向より左右方向の変化量が 11 倍と大きいことが分かる。これは航路幅が設定される航路内において、操船者は他船と並走の関係を持ちたくないと感じている。

表 2-8-3 接近限界距離と限界航過距離 (前後方向)

計算結果 / 他船長	10m	50m	100m	200m	300m
限界航過距離	2.2	2.8	3.6	5.1	6.6
接近限界距離	14.1	19.5	26.2	39.6	53.0

表 2-8-4 接近限界距離と限界航過距離 (左右方向)

計算結果 / 他船長	10m	50m	100m	200m	300m
限界航過距離	0.8	1.1	1.5	2.3	3.1
接近限界距離	10.0	12.6	15.9	22.4	29.0

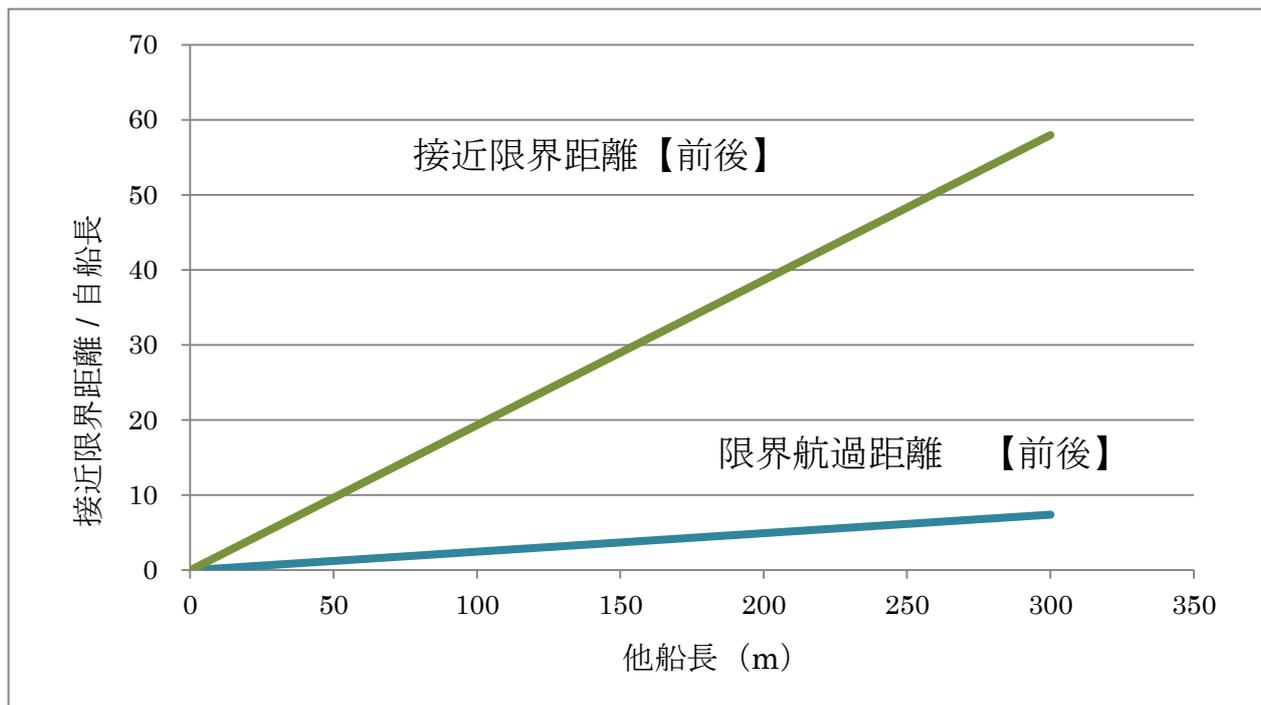


図 2-8-32 接近限界距離と限界航過距離との比較
【前後方向】

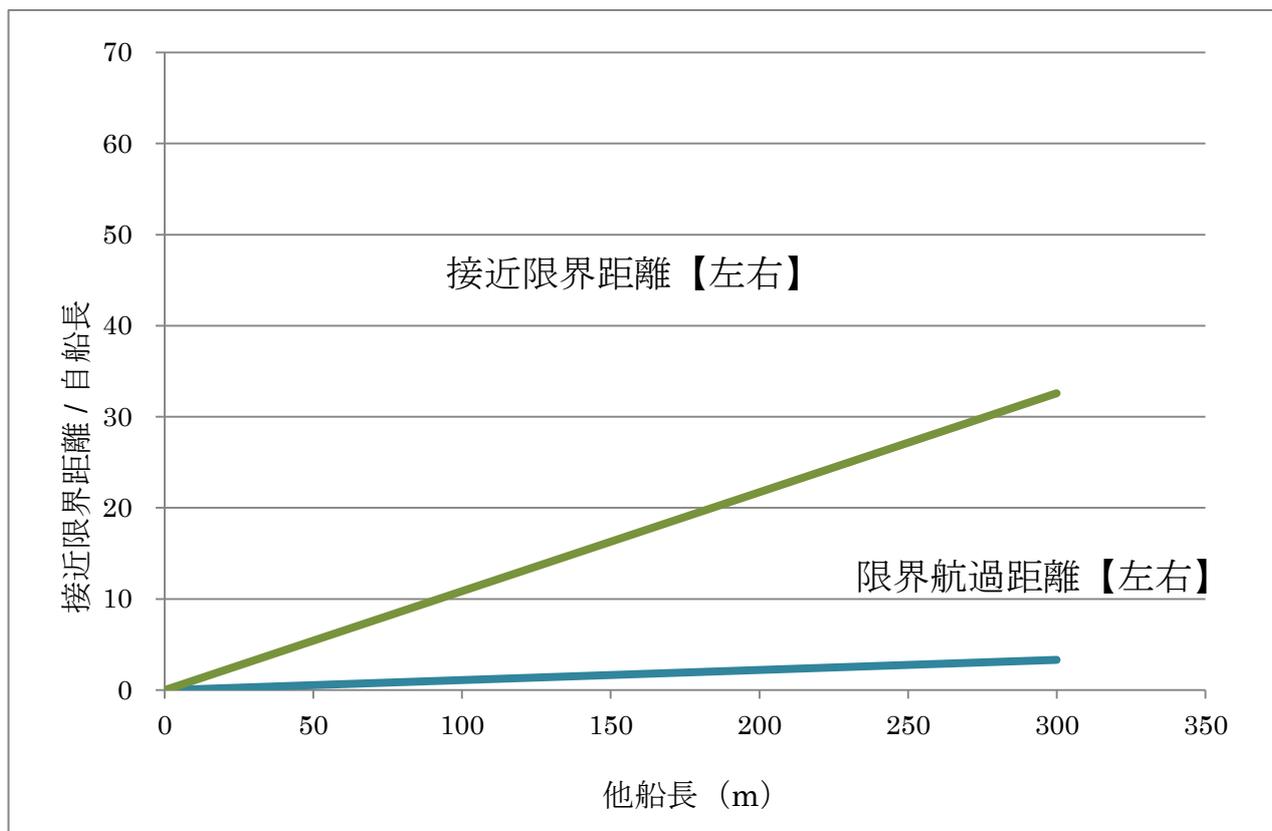


図 2-8-33 接近限界距離と限界航過距離との比較
【左右方向】

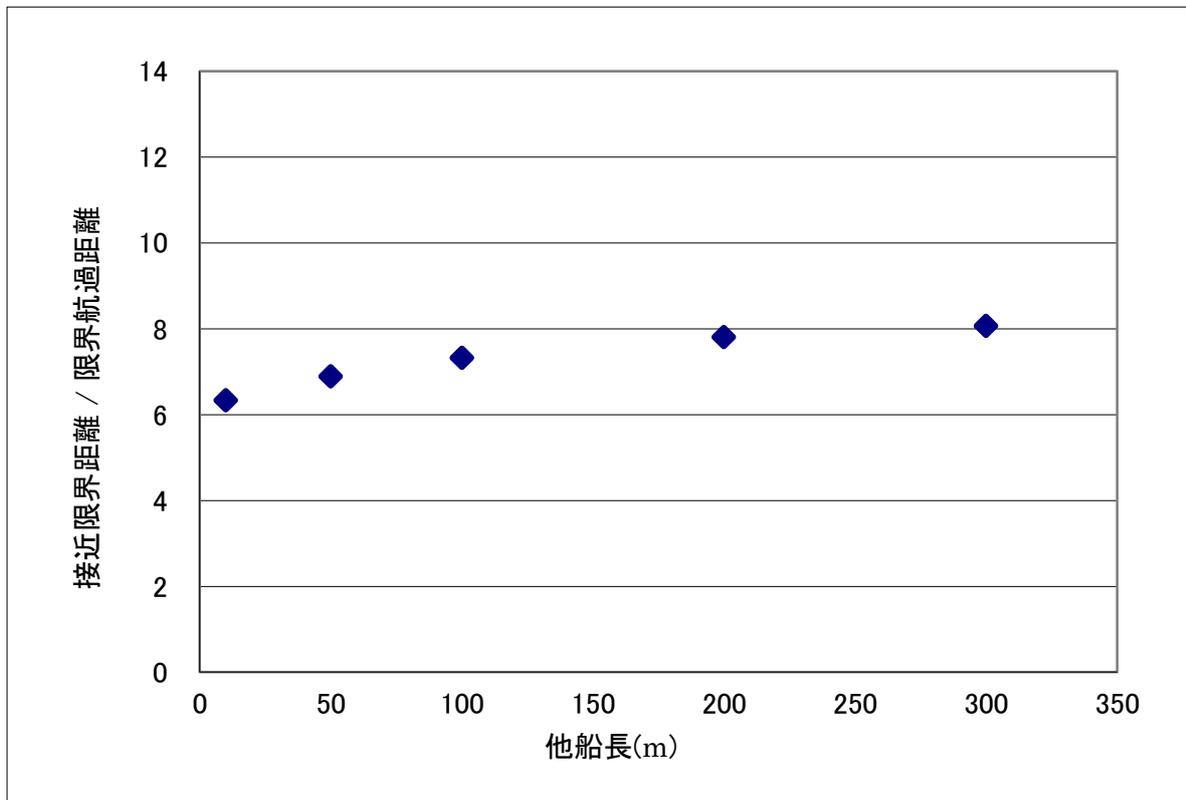


図 2-8-34 接近限界距離と限界航過距離との比率
【前後方向】

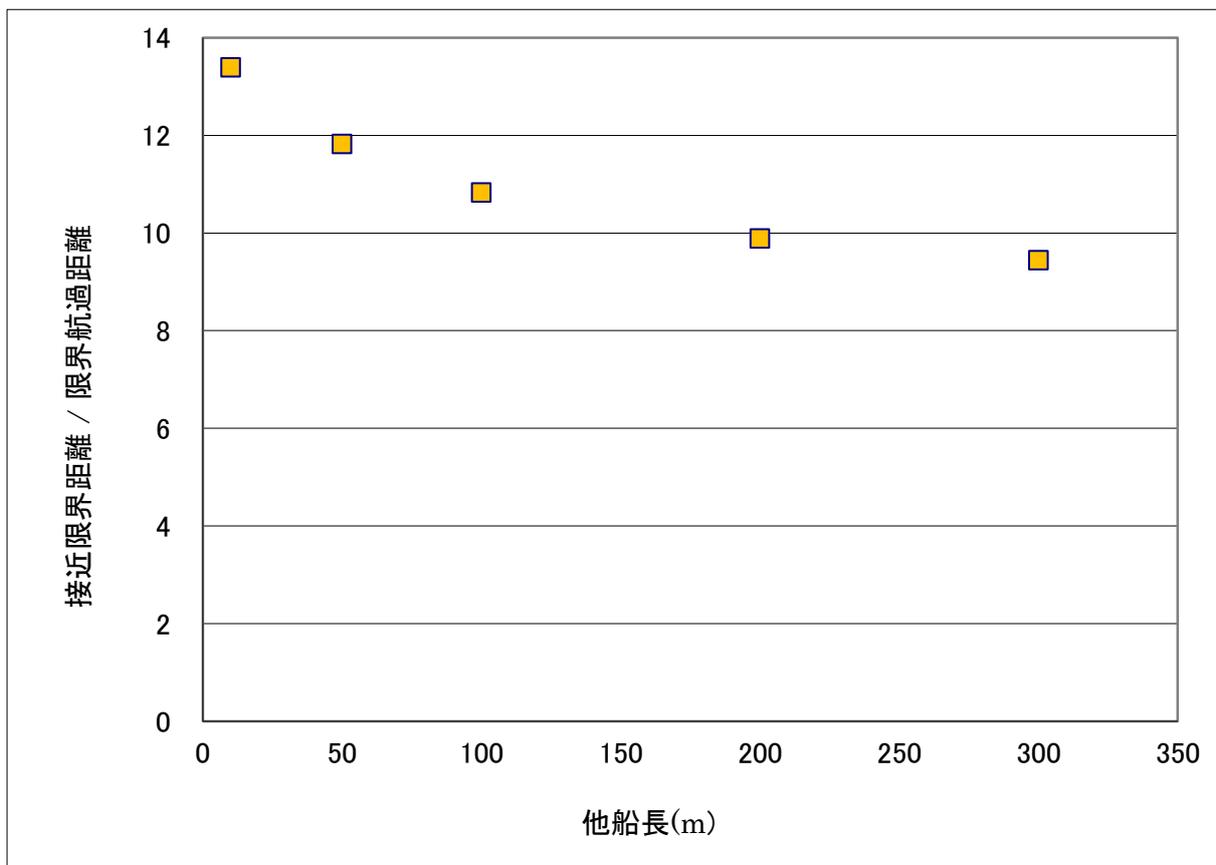


図 2-8-35 接近限界距離と限界航過距離との比率
【左右方向】

2.9 まとめ

本章は明石海峡における多重衝突海難に対して、M-SHEL 分析、FTA の両手法を用いて要因分析を行い、直接要因は接近の回避失敗である。接近の限界距離に関しては、既存の文献から、避航領域や航過限界の理解を深めたが、避航領域は接近の限界距離をあらわしたものではなく、航過距離は航路内を対象にしたモデルでない。つまり航路内での接近を評価するモデルは見当たらず、したがって海交法航路のような船舶交通が輻輳する海域の、接近基準の策定が必要である。そこでアンケート調査を実施し、操船者の意識の中に存在する、航路内における接近限界距離を抽出し、その領域のモデル化を試みる。

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

1. 接近限界距離を自船長で基準化し、80 パーセントイルに着目して、他船長の関数としてモデル化し、モデル式(1)~(6)を得た。
2. 接近限界距離の各方向の比率は、前方:後方:左方:右方に 1.5:1.5:1:1 である。また追越しの場合と追越されの違いによる影響はない。
3. ラッシュ時と閑散時に相違が存在し、閑散時はラッシュ時に対して 1.5 倍~2 倍程度の余裕を求める。
4. 操船者意識のバラつきは対数正規分布でモデル化が可能である。
5. 接近限界距離は、限界航過距離の前後方向に約 7 倍、側方に約 11 倍大きな余裕水面の確保が必要である。

本論文で得られた接近限界距離は、航路内を対象とした基準であり、それは VTS 管制官が遅滞なく注意喚起できるための指標であると共に、操船者間もしくは操船者と管制官の意識の共有を可能にするものである。このように極度な接近を避けるための接近限界距離を策定することにより、他の航路を利用する者の共通した認識として、この基準を共有することが海難防止につながるといえる。

参考文献

- (1) 藤井弥平：避航領域の定義についての一考察，日本航海学会誌，44号，P49~58,1980
- (2) 今津隼馬：避航所要時間と避航限界，日本航海学会論文集，87号，P123~129, 1992
- (3) 藤井弥平・巻島勉・原潔：海上交通工学，海文堂，P111~115, 1981
- (4) 井上欣三・宇佐美茂・柴田登紀子：制約水域における航過距離と離隔距離に関する操船者意識のモデル化，日本航海学会論文集，90号,P297~306, 1994
- (5) 国土交通省 海難審判所:平成 20 年神審第 59 号 油送船オーシャンフェニックス貨物船第五栄政丸貨物船ゴールドリーダー衝突事件（第一審）
http://www.mlit.go.jp/jmat/saiketsu/saiketsu_kako/21nen/koube/kb2101/20kb059.htm
- (6) 国土交通省 海難審判所:平成 17 年門審第 66 号 漁船第二福丸貨物船ゴールドリーダー衝突事件
<http://nippon.zaidan.info/seikabutsu/2005/00197/contents/0603.htm>
- (7) 井上欣三：海の安全管理学，成山堂，2008
- (8) 林喜男：人間信頼性工学，海文堂，1984
- (9) 塩見弘：故障解析と診断，日科技連，1977
- (10) Hawkins：ヒューマンファクター —航空の分野を中心として—，成山堂，1992
- (11) 新六・有馬昌宏：アンケート調査の方法，朝倉書店
- (12) 加藤千恵子：SPSS でやさしく学ぶアンケート処理，東京図書，2007
- (13) 内航ジャーナル：船の便覧 2006，
- (14) 永田精：入門統計解析法，日科技連，1992
- (15) 大阪湾海上交通センター：統計誌，平成 16 年~平成 20 年
<http://www6.kaiho.mlit.go.jp/osakawan/>

図及び表一覧

図 一覧

図 1-1 研究フローチャート

図 2-1-1 海難参考図

図 2-3-1 Hawkins の SHEL モデル

図 2-4-1 オーシャンフェニックス号 FTA 分析結果

図 2-4-2 第 5 栄政丸 FTA 分析結果

図 2-4-3 ゴールドリーダー FTA 分析結果

図 2-4-4 M-SHEL 分析結果

図 2-7-1 自船長の分布

図 2-7-2 自船長と自船幅の関係

図 2-7-3 設定速力の分布

図 2-7-4 自船の積載状況

図 2-7-5 自船の船種

図 2-7-6~11 自船型と接近限界距離

図 2-7-12~17 他船長と回帰式勾配

図 2-7-18~23 自船長で基準化した接近限界距離

図 2-7-24~29 他船長と基準化した接近限界距離

図 2-7-30~35 接近限界距離の相対度数と累積相対度数

図 2-8-1~6 接近限界距離のモデル化

図 2-8-7~8 モデル式で求めた接近限界距離の比較

図 2-8-9 接近限界距離の比率

図 2-8-10 接近限界距離の概念図

図 2-8-11 ラッシュ時と閑散時の変化

図 2-8-13 ラッシュ時と閑散時の変化率

図 2-8-13 ラッシュ時と閑散時の変化量

図 2-8-14~17 自船長と接近限界距離 (障害物)

図 2-8-18~21 接近限界距離の相対度数と累積相対度数 (障害物)

図 2-8-22 障害物に対する接近限界距離

図 2-8-23 障害物に対するラッシュ時と閑散時の変化

図 2-8-24 障害物に対するラッシュ時と閑散時の変化率

図 2-8-25 障害物に対するラッシュ時と閑散時の変化量

図 2-8-26~31 操船者意識のばらつき

図 2-8-32~33 接近限界距離と限界航過距離との比較

図 2-8-34~35 接近限界距離と限界航過距離との比率

表 一覧

表 2-6-1 アンケート協力依頼組合と会社数 発送部数 回収数及び回収率

表 2-7-1 想定船型と積載状態

表 2-8-1 他船長別の接近限界距離

表 2-8-2 接近限界距離の方向比率

表 2-8-3 接近限界距離と限界航過距離(前後方向)

表 2-8-4 接近限界距離と限界航過距離(左右方向)

付録 一覧

1 航路内における接近限界距離に関するアンケート用紙

第3章 来島海峡航路における航行実態

3.1 はじめに

我が国における「海難」は依然として発生し、その発生件数は、ほぼ横ばいの状態が続いている。船舶の大型化や、高速化の進展、航法を熟知していない外国船舶の増加等、潜在的な海難リスクが高まってきているといえる。

このような状況の中、平成19年7月には、海洋に関する施策を総合的かつ計画的に推進することを目的とした「海洋基本法」が施行された。効率的かつ安定的な海上交通の確保並びに、海上の安全の確保が国の責務として明記されたこと踏まえ、経済の活性化と、より豊かな国民生活の実現に向け、海難のない社会を目指した海上交通行政を展開することが求められている。さらに、平成20年7月にはリアルタイムで船舶の動静把握等を容易にする、「船舶自動識別装置：AIS」の搭載義務化が完了し、衝突・乗揚げ等を未然に防ぐための航行管制、運航支援を行うことができる。

このように、操船者を取り巻く環境は大きく変化し、海難のない社会を目指した交通行政施策を展開する必要性から、平成20年6月、海上保安庁により「新交通ビジョン」が示された。これを基に交通政策審議会(海事分科会)とうで審議され、国土交通大臣への答申が行われた。そして平成22年7月に「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」が施行された。本法律の施行により、海上交通安全法に定められた航路における新たな交通ルールの導入や、海上交通センターの業務内容が見直された。主な改正点は、航路内における速力制限や一定区間における追越しの禁止、また、来島海峡航路では転流前後における特別な航法の指示であり、輻輳海域における安全性の向上を期待するものである。しかし、法改正に伴い新たな問題も発生している。

海上交通安全法で定める航路内一部区間において、航行船舶に対して追い越しが禁止された。これは他の船舶を追い越すことにより、衝突や乗揚げに繋がる恐れのある一定の区間において追い越しを禁止している。改正にあたっては、輻輳海域における安全性の向上を目的に、海上交通流シミュレーションやビジュアル操船シミュレーター実験により検討が行われた⁽¹⁾。しかし、一律に追越しを禁止することで、速力の遅い船舶が先航し後続船が追従する、いわゆる「団子状態」での航行事例が発生している。航路内を団子状態のまま並走して航行することは、無理な減速や異常な接近を発生させ、操船者の困難を増大させるとともに、衝突や乗揚げ等の危険な状況を招く恐れがある。

そこで、法改正による新たな交通ルールが、海上交通流に与える影響や、新たな問題点を明らかにするため、来島海峡航路における船舶交通実態調査を行う。

3.2 港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律

3.2.1 法改正の概要

近年の海難の発生状況や、船舶自動識別装置(AIS : Automatic Information System)の普及といった海上交通に係る環境の変化等を踏まえ、船舶交通の安全性の向上を図るため、海域の特性に応じた新たな航法の設定、船舶航行を援助するための措置の新設等について定めた、「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」が平成22年7月より施行された。海上交通に関する交通ルールや、海上交通センターの業務等が改正された。

3.2.2 新交通ビジョン

法改正に至る経緯の中で、海上保安庁は海上交通の安全確保に向けた新たな展開として、「新交通ビジョン」を示した。従来から海上保安庁は、海上交通の安全確保に向けた方向性や指針を「交通ビジョン」で示している。だが、平成19年7月には海洋に関する施策を総合的かつ計画的に推進することを目的とした「海洋基本法」が施行され、さらに平成20年7月より、リアルタイムで船舶の動静把握を容易にする船舶自動識別装置の搭載義務化が完了し、海上交通を取り巻く環境が大きく変化した。また、近年における海難の発生隻数は横ばいの状態が続き、多くの人命が失われている。こうした状況を踏まえ、新たな海上交通安全政策の方向性や具体的施策を示す、次世代に向けた「新交通ビジョン」を打ち出した。海上保安庁は、新交通ビジョンの基本的理念を以下のように示している。

1. 【海上交通の安全性の確保】

海難を未然に防止し、人命、財産、環境の保護

2. 【効率性の向上】

国際競争力の強化や、環境負荷の軽減などのニーズに対応すべく、船舶交通の安全性を確保や効率性の向上

3. 【総合力の発揮】

海難の分析及び対策立案機能や関係行政機関との連携など、行政機関における総合力の強化

4. 【制度や仕組みの見直しと寮務の継続的改善や重点化】

既存の業務を見直し、再構築を適時適切に行う。海上交通行政の業務運営の改善や体制強化、および職員の意欲や能力の向上

5. 【ソフト面の施策の充実や新技術の導入】

ハード面(施設等)を最大限活用するための、ソフト面(制度)の充実を図る。航路標識の機能強化や高度化の推進

以上の基本理念をもとに、今後5年間の重点課題とそれに伴う重点施策を示している。重点課題は以下の6項目の内容である。

1. 海難分析・対策立案機能の強化
2. AISの整備等を踏まえた航行安全対策・効率性の向上
3. 地域特性に応じたきめ細やかな海難防止活動の推進
4. 特性を活かした安全情報の提供
5. IT等の最新技術を活用した安全対策の推進
6. 航路標識の整備・管理のあり方

上記6項目について、それぞれ具体的な重点施策が示されている。その中で、2.AISの整備等を踏まえた航行安全対策・効率性の向上における重点施策を、以下の3項目とした。

1. 輻輳海域における安全性の向上
2. 港内船舶交通の効率化、安全対策の強化
3. 航路管制官、港内管制管の能力・資質の向上

本研究は航路内における船舶の航行を対象にするため、新交通ビジョンで示される重点課題である、AISの整備等を踏まえた航行安全対策・効率性の向上について、その重点施策である、輻輳海域における安全性の向上、航路管制官、港内管制管の能力・資質の向上について着目する。

3.2.3 輻輳海域における安全性の向上

輻輳海域における安全性の向上は、航路における一般的な航法、特定海域における航法、船舶の安全な航行を援助するための措置、航路通報・対象指示船の拡大の4項目にて、具体的な対策が示された。

3.2.3.1 航路における一般的な航法

航路内における一般的な航法は、1. 追越しの禁止、2. 航路外での待機指示、3. AISを活用した針路を知らせるための措置、という3点である。

1. 追越しの禁止は、来島海峡航路を想定した対策である。航路の形状や潮流の影響、または船舶の航行状況によって、他の船舶を追越すことにより、衝突や乗揚げにつながる危険な状況が発生させる恐れのある一定の区間において、追越しが禁止された。対象海域は来島海峡航路の一部区間である。ただし、追越しを認めないことにより、かえって航路内における船舶交通の安全上、問題を生じさせることが予想されるような著しく速力の遅い船舶については、追越しを認めている。具体的には漁船や緊急用務船、工事作業船については、追越しを認める場合がある。

2. 航路外での待機指示は、潮流が強く最低速力が確保できない場合や、霧により視界が制限される場合に実施される。速力の遅い船舶による狭い水道の閉塞や、視界制限により船舶同士が異常に接近するなどの危険な状況の発生を未然に防ぐために、航路ごとに定める条件により、一定の船舶に対して航路外で待機すべき旨を指示するものである。ただし、航路外で待機することを指示するものであり、舵角量や機関操作といった船舶の操船に関して指示するものではない。

視界制限時における基準や対象船は、海上交通安全法で定める全ての航路を対象としている。視程が2000m以下の場合と1000m以下の場合、各航路で定める対象船舶に対して航路外での待機指示を行う。

強潮流時については、潮流に逆らって維持すべき速力を定めている航路を対象としている。現在、海上交通安全法で定められた航路は、来島海峡航路のみである。港則法では、関門海峡航路で定められている。

巨大船との行会いに関しては、現行と同様に対策が行われる。航路の幅員が狭い伊良湖水道と水島航路では、これまでと同様に、巨大船の行会いによる危険を防止するため、準巨大船への待機指示を行う。

以上のような状況で、航路外待機を指示された対象船舶は、航路ごとで定められた待機場所で待機をしなければならない。また待機の指示は、海上交通センター又は海上保安部から行われ、主として国際VHFによって行われる。

3. AISを活用した針路を知らせるための措置は、現在の旗りゅう信号や音響信号による行き先表示に加え、針路を示すための措置として、AISによる目的地に関する情報の入力を求めている。対象船舶はAISを搭載している船舶あり、国際海事機関(IMO:International Maritime Organization)が定めた、目的地入力のガイドラインに従って入力することが義

務付けられた。入力する情報は、目的港の国名と港名を示す5文字のアルファベットコード、目的港内での針路を示すためのコード、その他必要な情報を示すためのコードで、3種類のアルファベットコードを打込む方法である。

3.2.3.2 特定海域における航法

特定海域における航法は、1. 来島海峡航路における航法、2. 航路以外の海域における航法の3点である。

1. 来島海峡航路における航法は、3項目の内容が示され、①最低速力の設定、②転流時における特別な航法の指示、③航路入航前における通報の義務付けが示された。

① 最低速力の設定は、船舶が潮流により押し流され、遅い速力により狭い水道を閉塞させ、または浅瀬へ接近するなどの危険な状況に陥ることを防止するため、潮流に逆らって航行する船舶が、維持すべき一定以上の速力が設定された。速力の設定には海上交通流シミュレーションや操船シミュレーター実験を実施し、危険度や操船困難度、安全感覚について調査が行われた。安全性の確保を図りつつ運行の効率性も考慮し、潮流に逆らって4ノットと設定された。なお、最低速力を確保できない船舶については、航路外での待機指示が行われる。

② 転流時における特別な航法の指示は、転流すると予想される場合、船舶の航行状況に応じて、個別に航行方法を指示することが可能である。来島海峡航路は、潮流によって通航水道が変わる「順中逆西」の航法を採用している。しかし、転流前後には「順中逆西」の航法ではなく、周辺状況を考慮して来島海峡海上交通センターが指示する航法(中水道又は西水道)で航行しなければならない。海上交通センターは、国際VHFを用いて個別に航行船舶に対して指示を行う。ただし、海上交通センターは通航水道(中水道又は西水道)を指示するものであって、舵角量や機関操作といった、船舶の操船に関して指示するものではない。

③ 航路入航前における通報の義務付けについては、②転流時における特別な航法の指示を適切に行うため、転流時刻の1時間前から転流時刻までに来島海峡航路を航行しようとする船舶に対して、位置通報ラインを通過した時点で来島海峡海上交通センターに通報を義務付けている。通航船舶は、船名、海上交通センターとの通信手段、航行速力、航路入航予定時刻について通報しなければならない。

2. 航路以外の海域における航法は、海上交通安全法の適用海域のうち、航路以外の一定の海域において、船舶交通の流れを整えるために、船舶ができる限りこれに沿って航行すべき経路を指定することができる。特に航路出入口付近海域や工作物が設置されている海域、また、地形要因により船舶交通流が集中、発散する海域において、航路以外の経路が指定されている

3.2.3.3 通航船舶の安全な航行を援助するための措置

通航船舶の安全な航行を援助するための措置は、1. 海上保安庁長官が提供する情報の聴取、2. 航法の遵守及び危険を防止するための勧告、という2点である。

1. 海上保安庁長官が提供する情報の聴取は、船舶交通の安全を確保することが特に重要と認められる一定の海域を航行する一定の船舶に対して、船舶の航行に危険を及ぼすおそれのある状況を認知させるため、情報の提供と情報聴取を義務付けている。

2. 航法の遵守及び危険を防止するための勧告は、船舶が交通方法に従わないで航行する恐れのある場合、または、船舶の航行に危険が生じるおそれがあると認めた場合、交通方法の遵守、又は危険防止のための勧告と報告を行うものである。

情報聴取義務海域は各海域により定められ、情報の提供や勧告は主として国際VHFを用いて行われる。対象海域は、船舶交通が著しく混雑し特に安全確保が求められる、海上交通安全法で定められた航路や、港則法で定められた関門航路、また、当該航路と一体となって安全を確保することが必要な海域において定められている。対象船舶について、海上交通安全法で定められた航路周辺海域は、長さ50m以上の船舶である。また、関門航路周辺海域は、総トン数300トン以上の船舶である。

なお、海上交通センターが行う情報提供や勧告は、船舶の運航者の判断を支援するために行うものであって、具体的な操船方法を指示するものではない。

3.2.3.4 航路通報・指示対象船舶の拡大

航路通報・指示対象船舶の拡大は、航行船舶の大型化や高速化に伴い、航路内の混雑度が高まってきており、入航間隔調整等の対象となる、航路通報の対象船舶の範囲を拡大したものである。従来は全ての航路で、長さ200m以上の巨大船、危険物積載船、200m以上の長大物件えい航船が航路通報の対象船舶に指定されていた。しかし、航路ごとにおける

通航船舶の実態を踏まえて、各航路で定められた一定の長さ以上の船舶について、航路通報の対象船舶に追加したものである。

具体的には、標準的な航路幅を有する浦賀水道航路は、実態に基づき160m以上の船舶を対象船舶に定めた。標準的な航路幅の確保ができない、伊良湖水道航路や水島航路は、巨大船との行き会い調整の対象となる、現行の準巨大船を対象船舶に定めた。航路が屈曲し、かつ潮流が速い、明石海峡航路と来島海峡航路は、長大物件えい航船の対象船を拡大した。明石海峡航路は長さ160m、来島海峡航路は長さ100mの長大物件えい航船を対象船舶としている。

3.2.3.5 航路管制官・港内管制管の能力・資質の向上

航路管制官、港内管制管の能力・資質の向上は、海上交通センターに対する対策であり、養成研修制度の確立や現場研修の充実強化、また、効果的な実践訓練のための機器の整備といった内容が示されている。

現在、航路管制官の養成等に関する国際動向について、国際海事機関(IMO: International Maritime Organization)は、「VTS運用者の採用、資格付与及び研修に関するガイドライン」を作成し、国際航路標識協会(IALA: International Association of Maritime Aids and Light Authorities)は、「VTSマニュアル」「VTS要員の研修及び資格認定に関する基準についての告示」などを作成している。これは、VTSを構成する要因の職責ごとに、研修及び資格認定を実施するもので、かつ、研修内容は職責ごとに示された模範研修コースに基づくものであることを目的として作成したものである。現在、米国やカナダ、シンガポール等が、このモデルコースに従って航路管制官の養成を実施している。

日本における航路管制官の養成は、各海上交通センターにて実施されている。任用前研修や現場研修を当該センターで実施した後、航路管制官としての執務に当たっている。教育機関による管制・情報提供業務等に関する研修は、各海上交通センターへ配属後に受講する研修制度を実施している。

このような国際動向のなか、日本の航路管制官研修制度を国際基準に対応させるため、職責ごとの研修体制、教育機関における統一的研修体制、シミュレーターを使用した実践艇訓練、現場研修や技能評価制度、これらの項目について新たな研修制度の取り組みを行っている。

3.3 来島海峡航路における船舶交通実態調査

以上のように、法改正により新たな交通ルールが導入され、操船者を取り巻く環境は大きく変化している。しかし、法改正が船舶交通流に与える影響について、明らかにした調査は行われていない。そこで、追い越し禁止の導入に伴う、船舶交通に与える影響、そして問題点を抽出するため、来島海峡航路における船舶交通実態調査を実施する。

調査期間は平成 25 年 9 月 3 日 11 時～4 日 11 時まで 24 時間連続観測とし、調査場所は練習船「弓削丸」を今治港第二棧橋に係留させて行い、ゲートラインは図 3-3-1 のように設定する。調査内容や解析方法は従来の海上交通調査⁴⁾を参考にする。従来レーダー画像はカメラ等で記録していたが、今回の調査は画像をパソコンに取り込みキャプチャーで保存し、航跡図や船間距離等の解析で活用する。観測方法は目視観測とレーダー観測、そして AIS 観測を行い、調査項目は通過時刻、通航方向、通航水道、船長、船名、船速、レーダー距離、航跡、MMSI 番号とする。本調査は、来島海峡航路をこれに沿って航行した船舶を対象としているため、漁船や渡し船等、来島海峡航路に沿って航行しない船舶は調査の対象外である。観測の着目点は、1.団子状態での航行の発生状況、2.団子状態における船舶の速力変化と最接近距離、3.AIS を搭載していない小型船舶という 3 点である。なお、本研究で「団子状態」を以下のように定義する。

団子状態とは、速力の遅い船舶が航路を先航し、後続船が追従することにより、航路を閉塞する状態である。

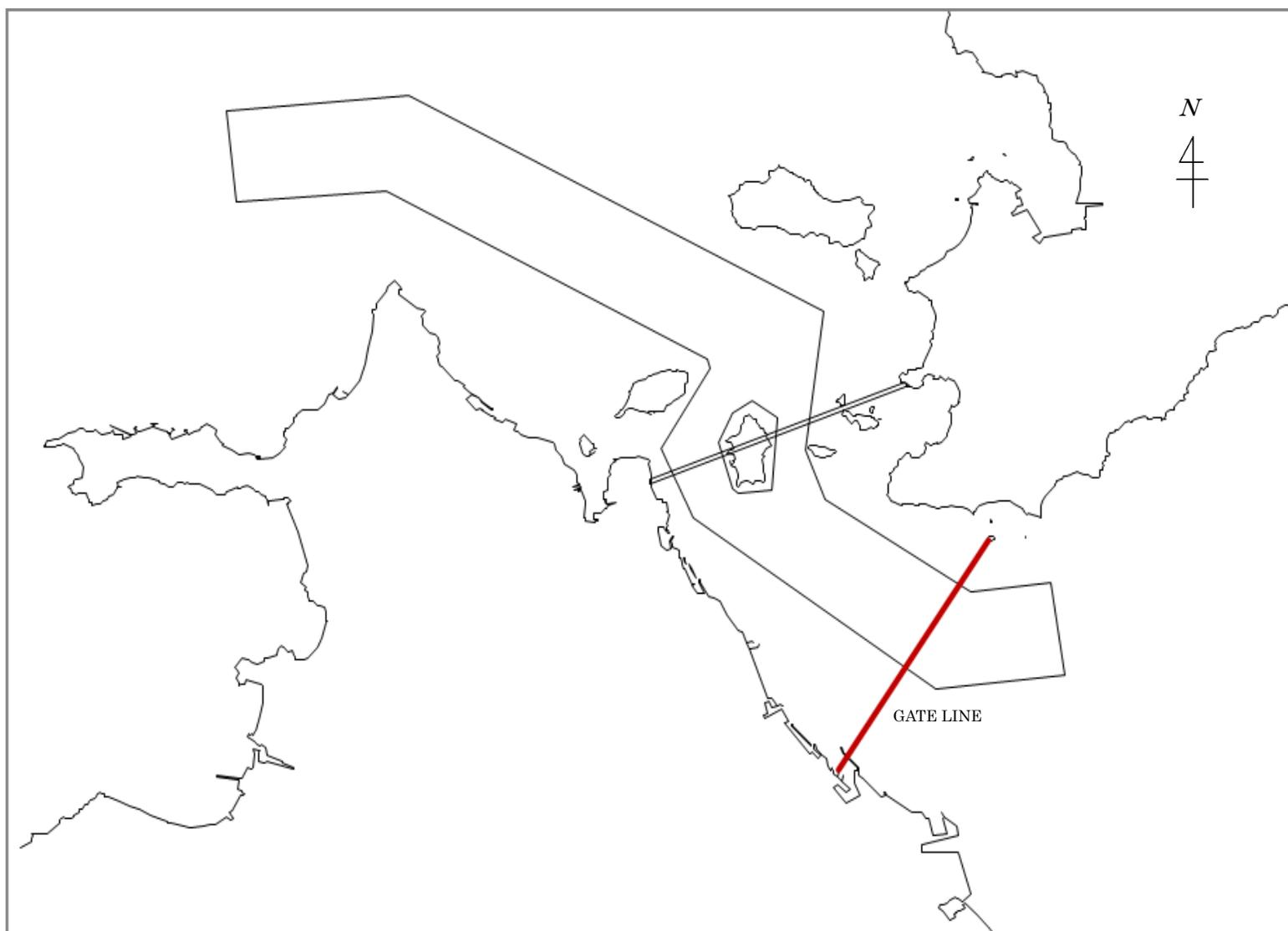


図 3-3-1 船舶交通実態調査ゲートライン

3.4 調査結果

24時間の連続観測で、観測船舶は331隻である。そのうち、西航船は157隻、東航船は174隻である。来島海峡航路時間帯別航行隻数を通航方向別に図3-4-1に示す。なお、AISを搭載している船舶は257隻、搭載していない船舶は74隻である。次に船種、船籍の分布を図3-4-2、図3-4-3に示す。最も多く観測されたものは、船種は貨物船、船籍は日本籍船である。これらの結果は、海上保安庁が示している来島海峡における通航船舶の状況⁶⁾と同様の傾向である。図3-4-4は観測された船舶の船長分布を船種ごとに分けて示している。60～70mが最も多く、100m未満の船舶が全体の8割を占めていた。各船舶がゲートラインを通過するときの航行位置について、航行経路と通航方向別に図3-4-5に示す。全体的に大島側に寄って航行し、東航と西航の境目も航路中央より北側になることが分かる。ゲートライン上での対地速力分布について、航行経路で分けて通航方向別に図3-4-6、図3-4-7に示す。また、各船舶の速力変化を把握するため、航路内での最大速力と最小速力を抽出し、その速力差を求める。その結果を東航船と西航船に分けて図3-4-8に示す。併せて最大速力からの変化率を図3-4-9に示す。これより、最大速力から10k't以上減速した船舶は、東航船で7隻、西航船で5隻である。そのうち、東航船は最大14.0k't、西航船は最大16.3k'tという極度の減速である。また、速力の遅い船舶に追従して、追い越し禁止区間を抜ける間に速力の変化率が50%を超えた船舶は、東航船で16隻、西航船で9隻あり、無理な減速による航行状況が発生している。

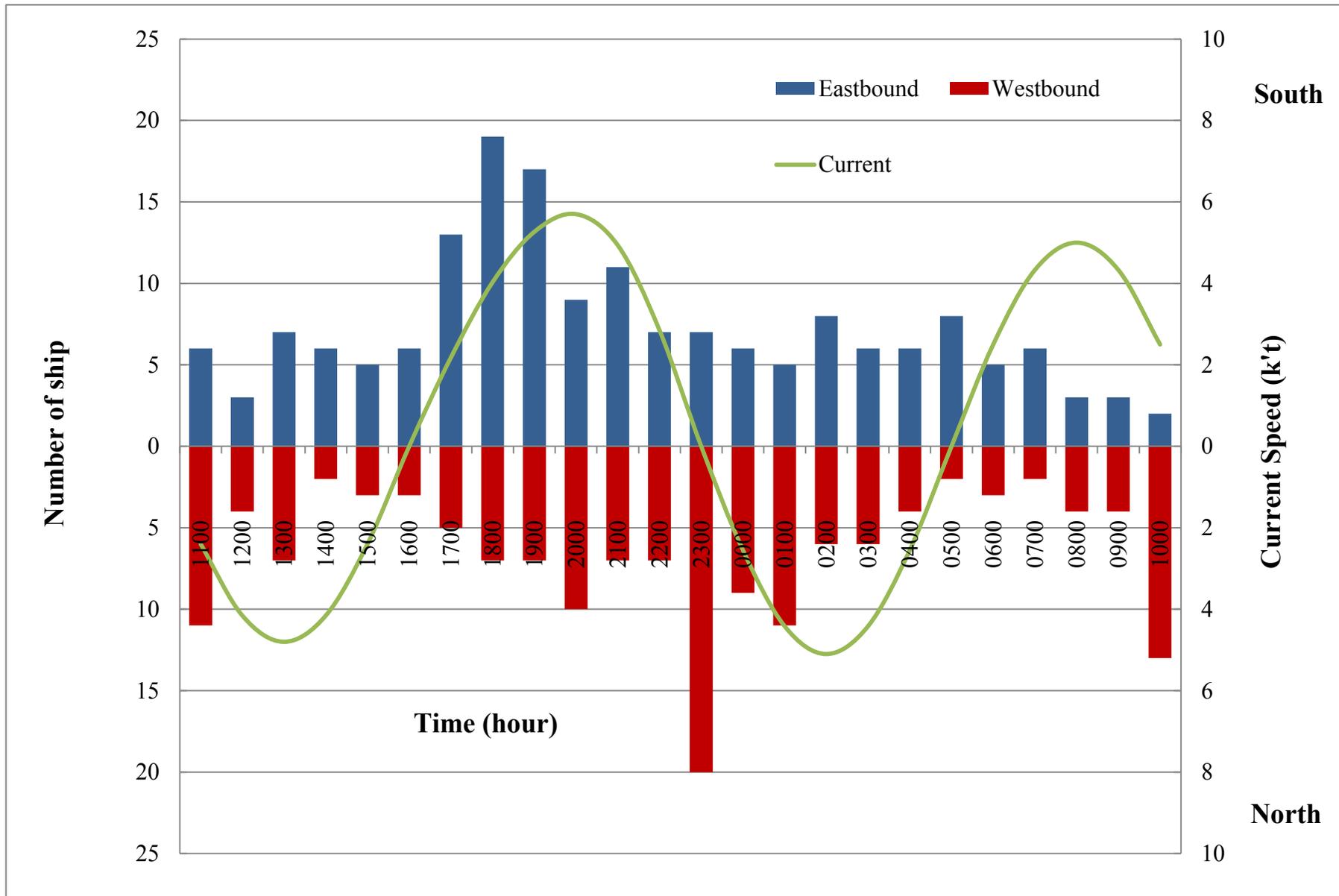


图 3-4-1 来島海峡航路時間帯別航行隻数

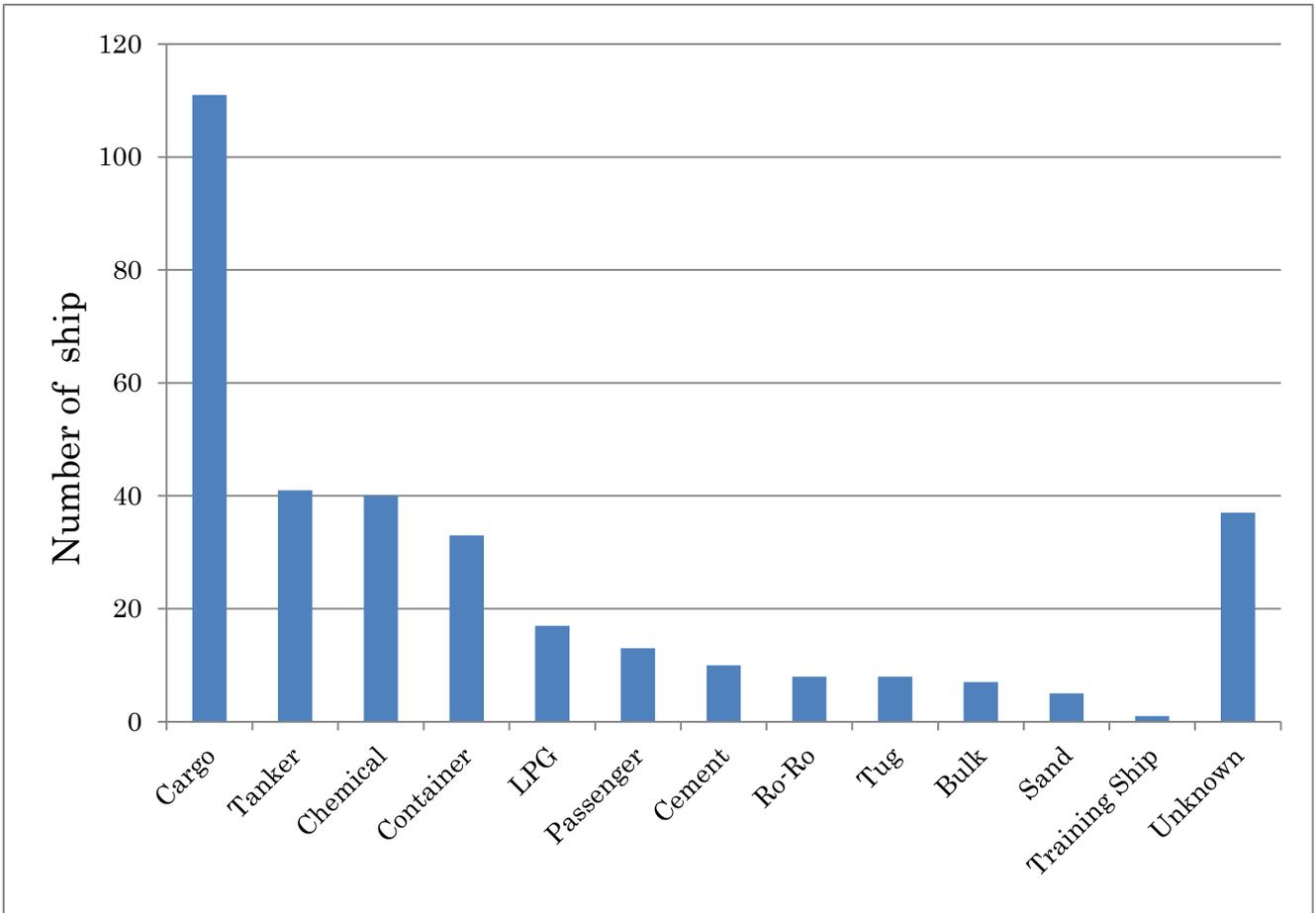


图 3-4-2 船種分布

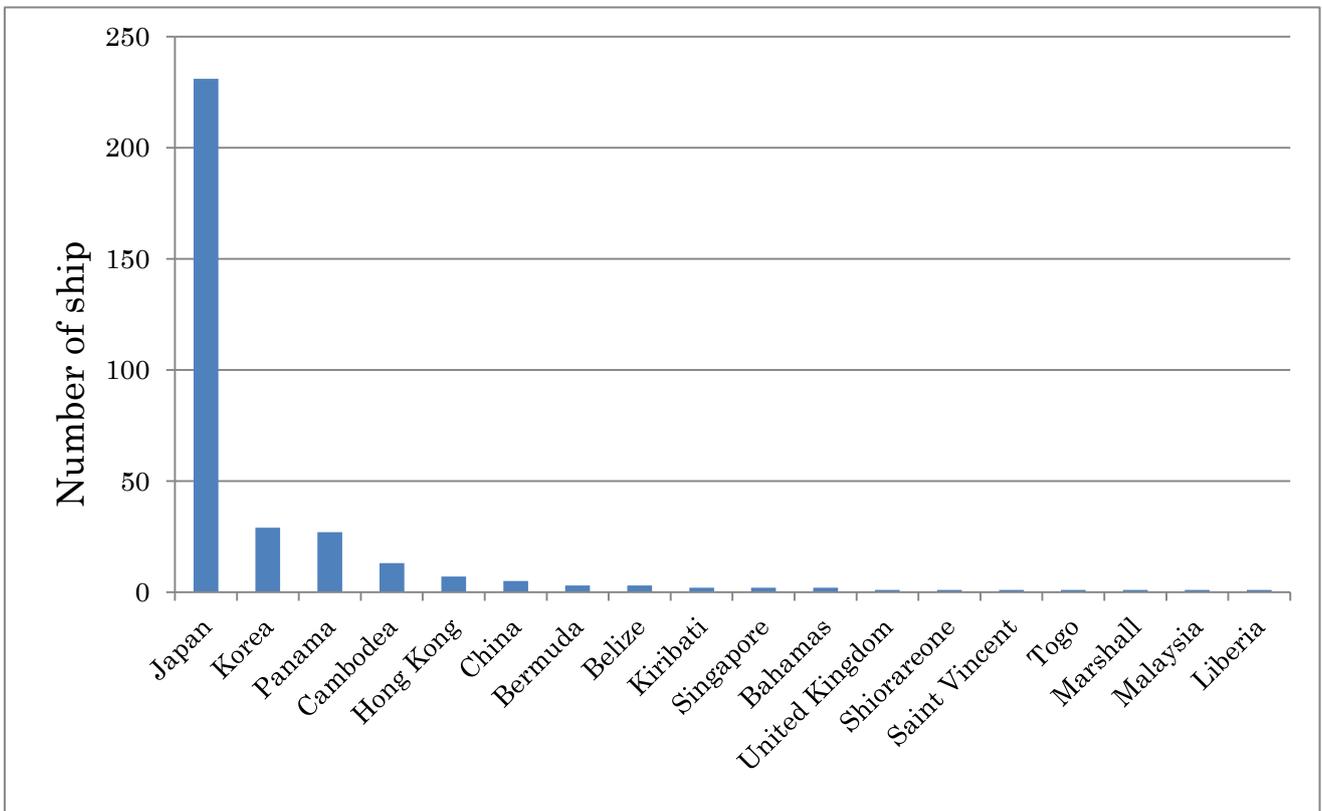


图 3-4-3 船籍分布

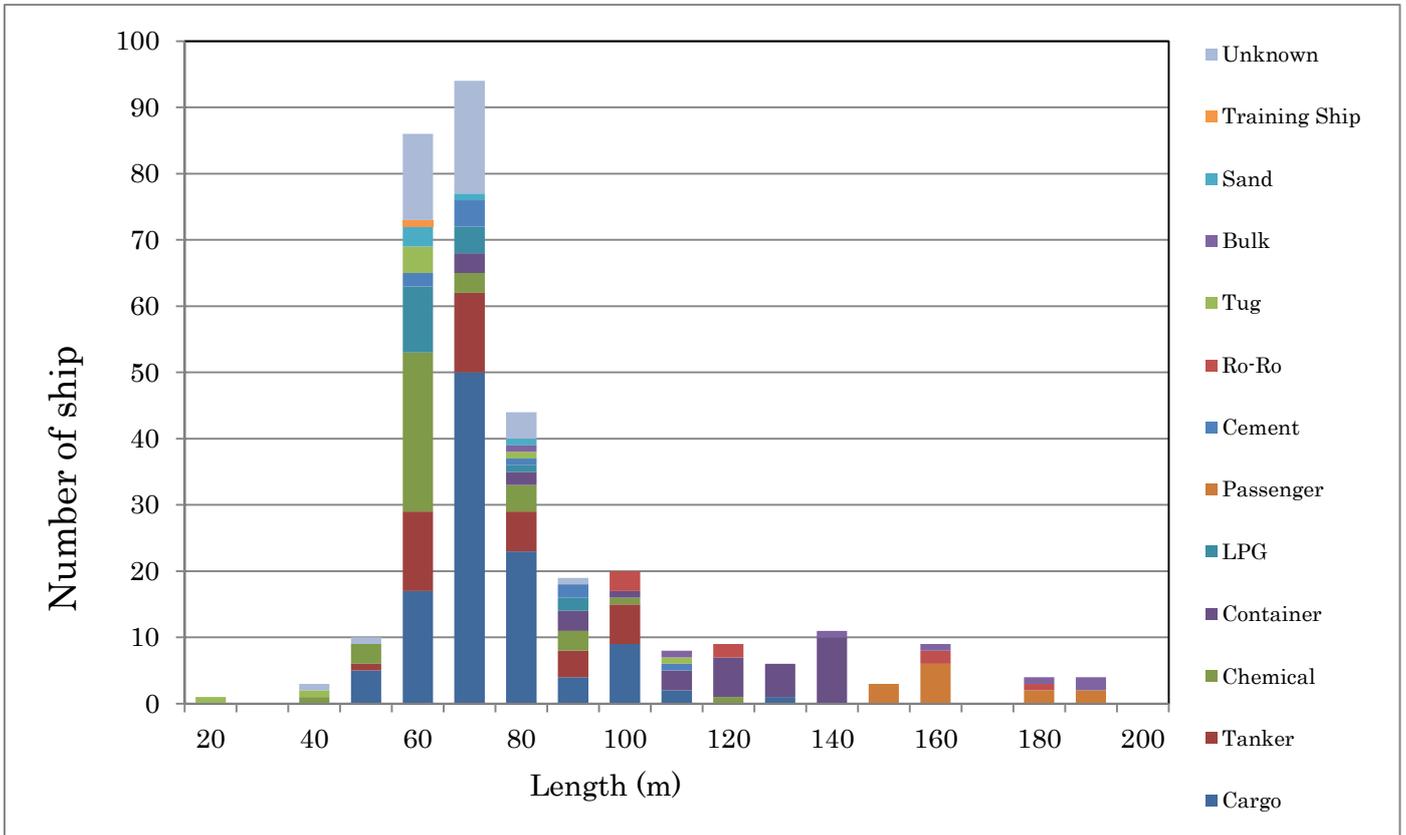


图 3-4-4 船長分布

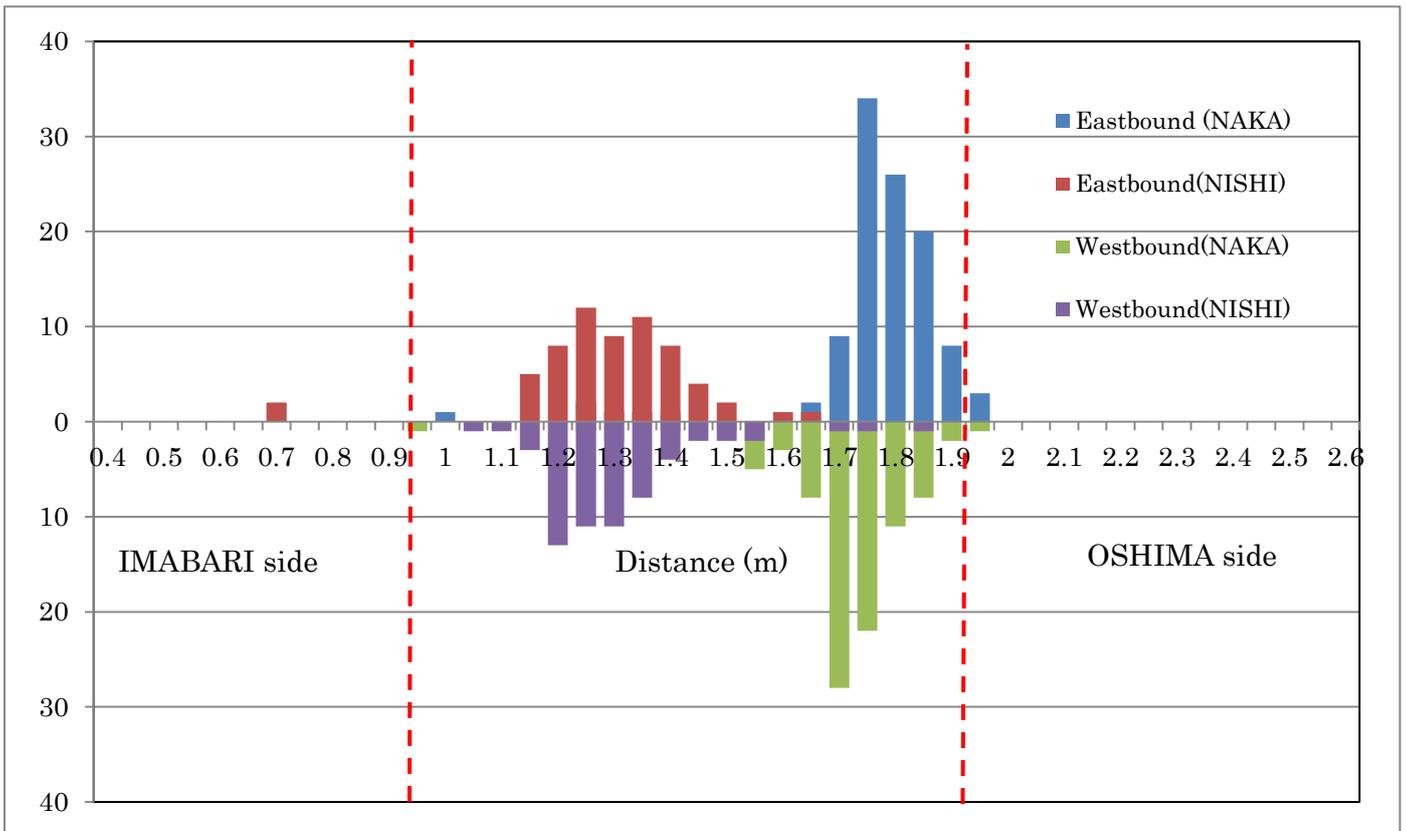


图 3-4-5 通航位置分布

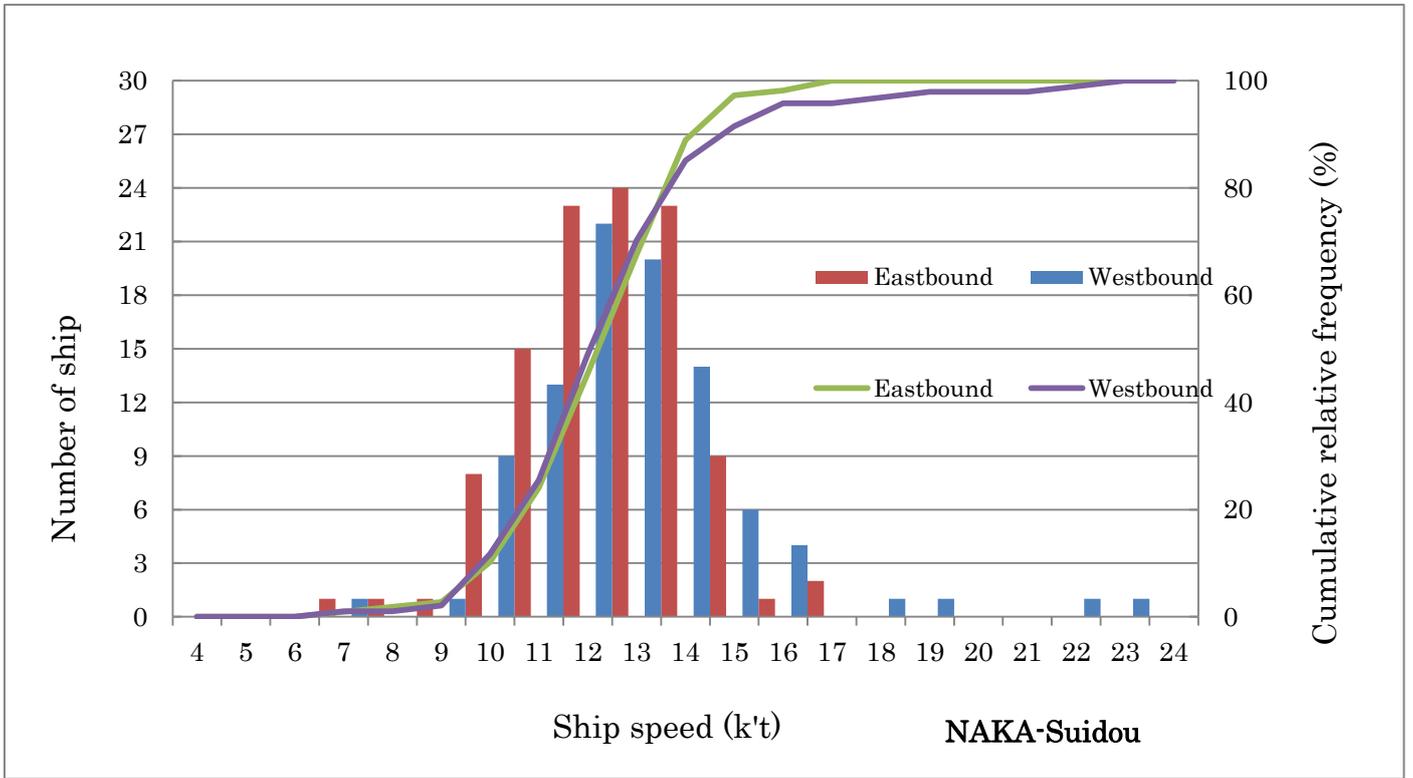


图 3-4-6 速力分布【中水道航行船】

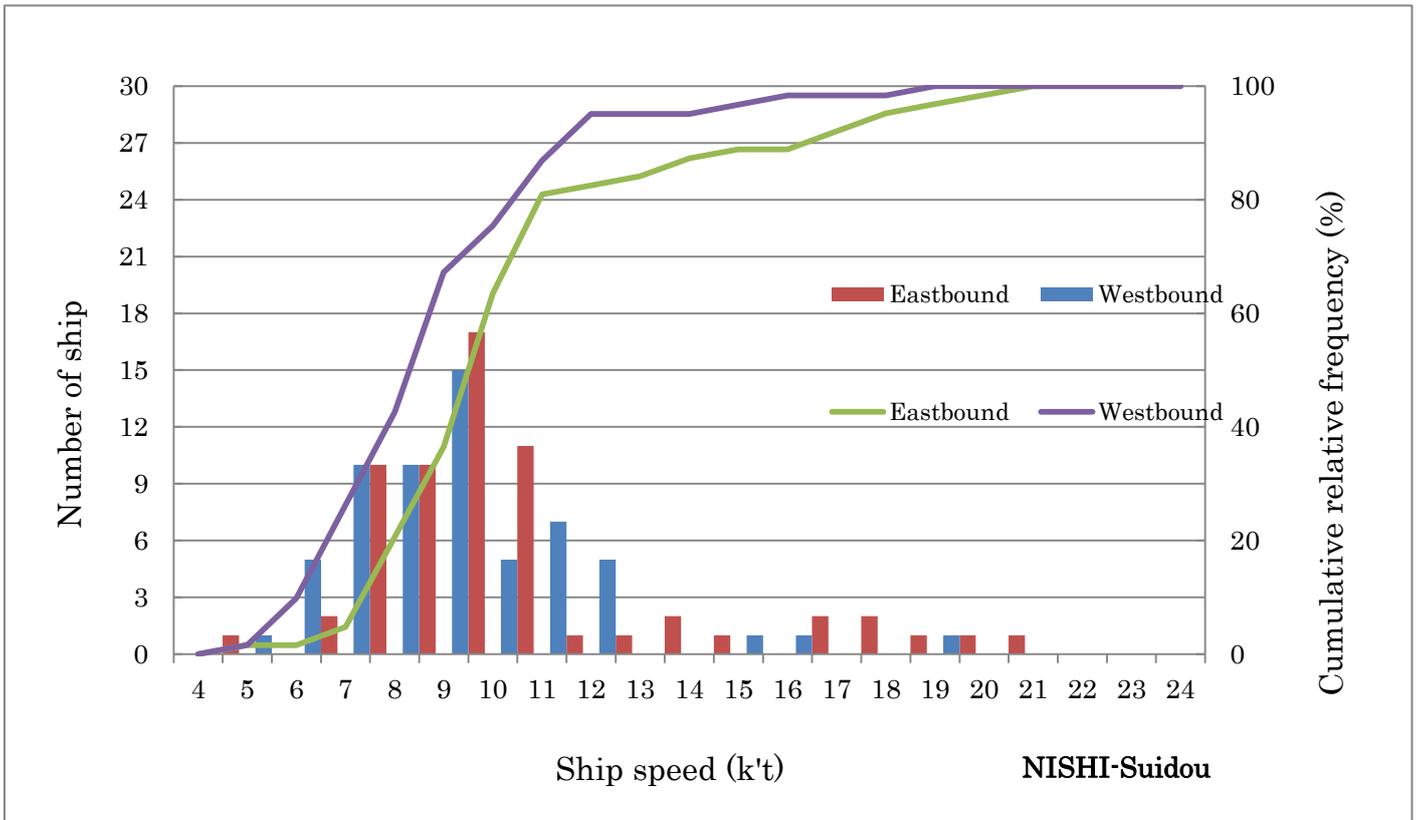


图 3-4-7 速力分布【西水道航行船】

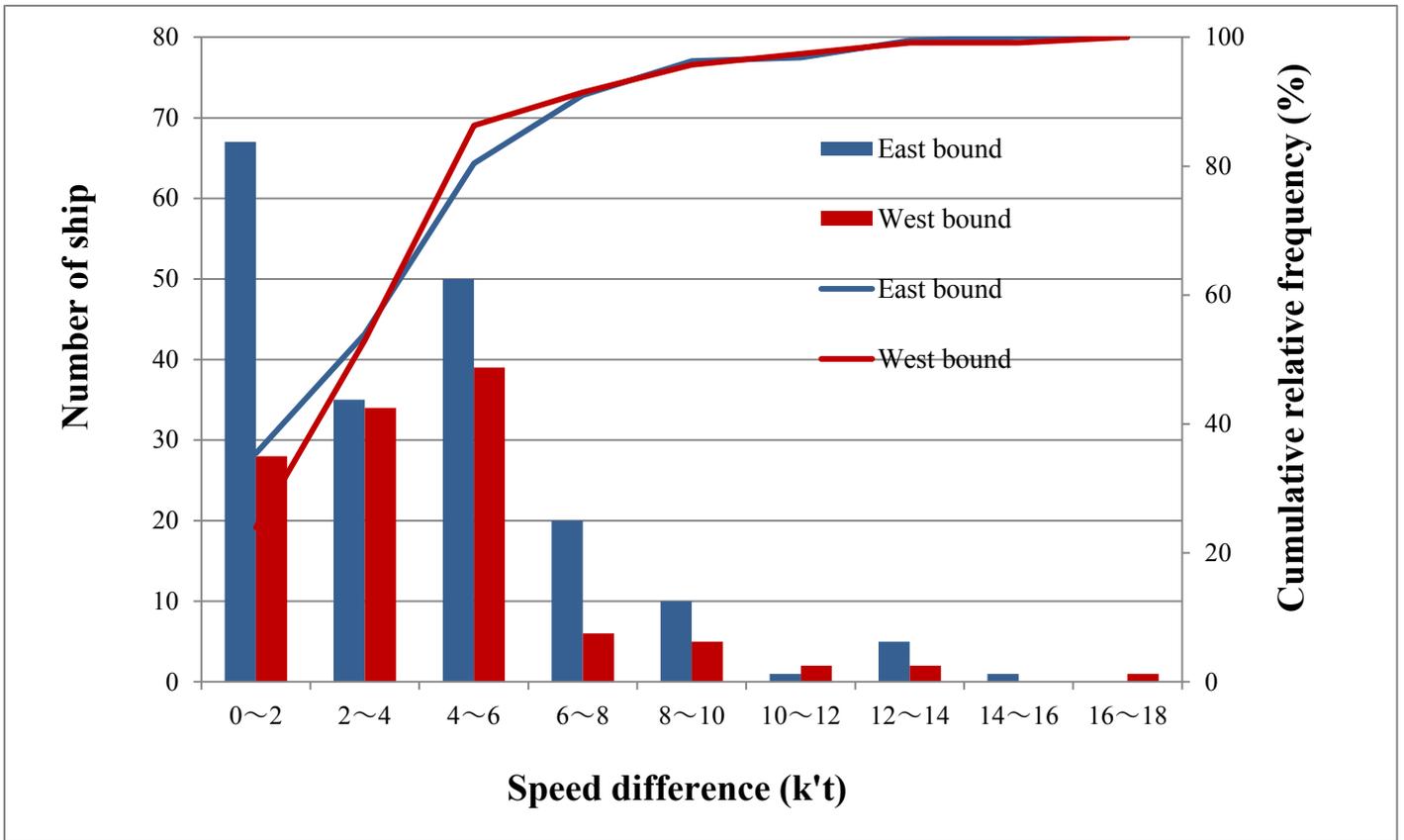


図 3-4-8 減速前後での速力差

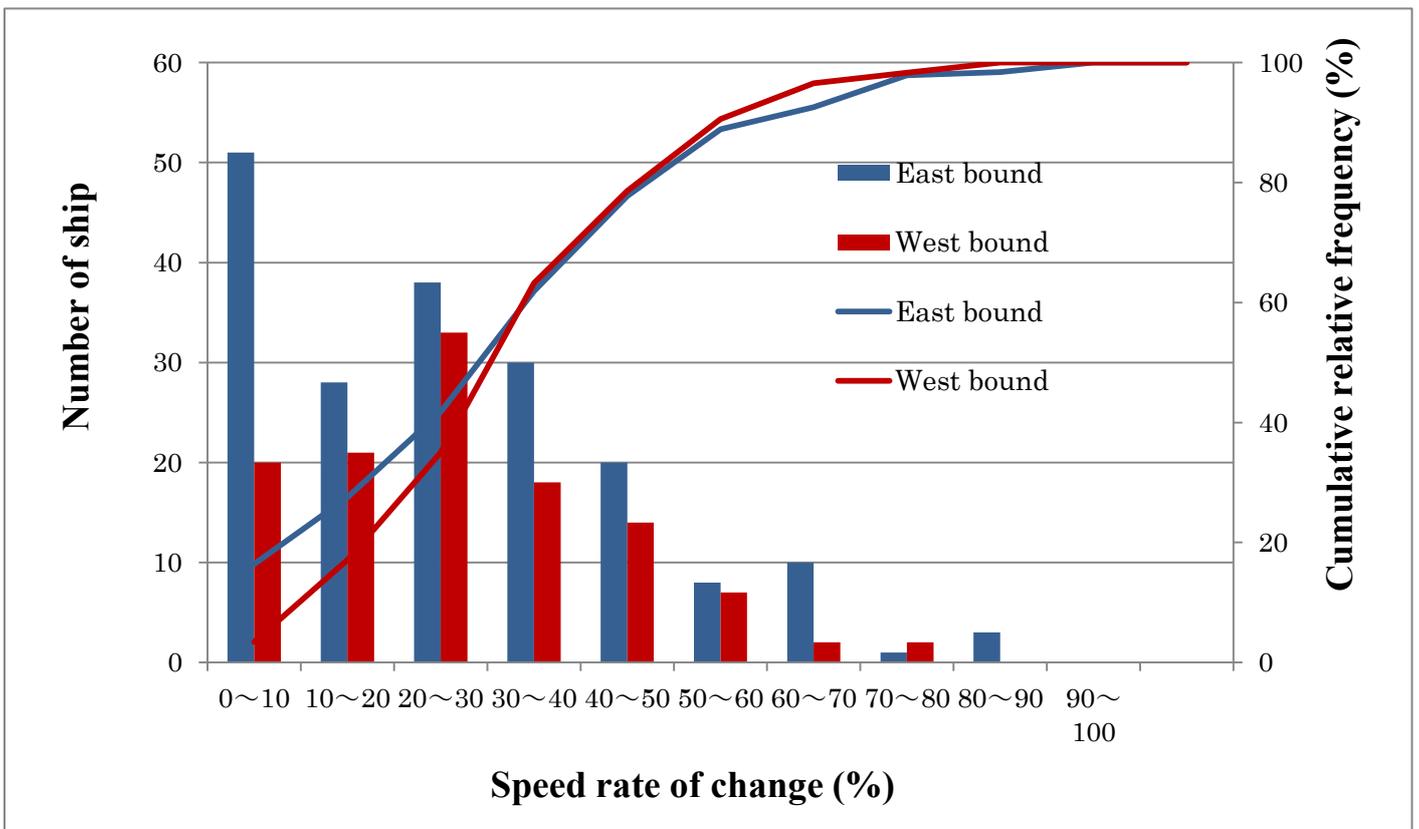


図 3-4-9 減速前後での速力変化率

3.5 団子状態の発生状況

団子状態の発生状況について、2隻以上の船舶がゲートラインを同方向に同時刻、もしくは1分以内に通過したものと定義して抽出する。同時刻の通過は、中水道航行船は5回、西水道航行船は4回である。その中で、最も輻輳した事例は、西航する6隻の船舶が中水道に向け団子状態で航行した事例である。その際のレーダー画像を図3-5-1に示し、6隻の船舶諸元を表3-5-1に示す。ほぼ同時刻に来島海峡航路に入り、追い越し禁止区間まで速力を落とすことなく団子状態のまま並走した。そして同区間手前で各船が大幅に速力を落とし、無理な減速、異常な接近を発生させた。なお、最後尾の船舶が来島海峡海上交通センターより二度の勧告を受けた事例である。6隻のうち5隻が100m未満の船舶である。その際の航跡図と、最接近位置を図3-5-2に示す。これより、多くが中水道最狭部の手前で最接近している。また、最接近時の船舶間距離は後続の船舶ほど接近し、最後尾の船舶間は111mまで接近している。この船舶間距離はAISアンテナ位置で求めているため、船体間は更に接近していることが考えられる。図3-5-3には各船舶の速力変化を示している。前方の船舶の速力低下に追従するように後続船も速力を落とし、最後尾の船舶は最大で12.0ktも減速している。

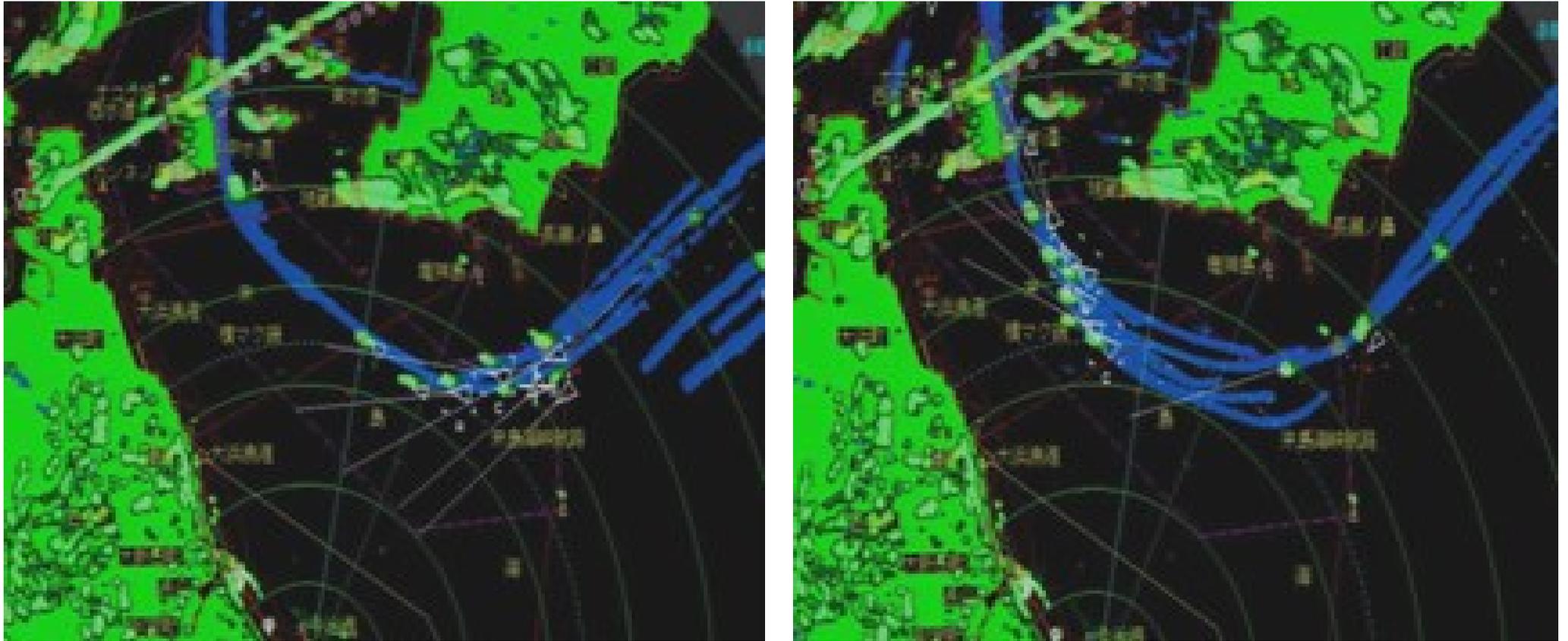


図 3-5-1 団子状態での航行状況

表 3-5-1 船舶諸元

Ship No.	Length (m)	Width (m)	Gross Tonnage	Type	Nationality	Speed (k't)
1	104	16	3599	Tanker	Japan	13.5
2	65	11	696	Chemical	Japan	12.1
3	90	13.2	1590	Tanker	Japan	12.2
4	96	15	3081	LPG	Japan	16.1
5	58	9.6	446	Chemical	Japan	12.8
6	74	12	499	Cargo	Japan	12.8

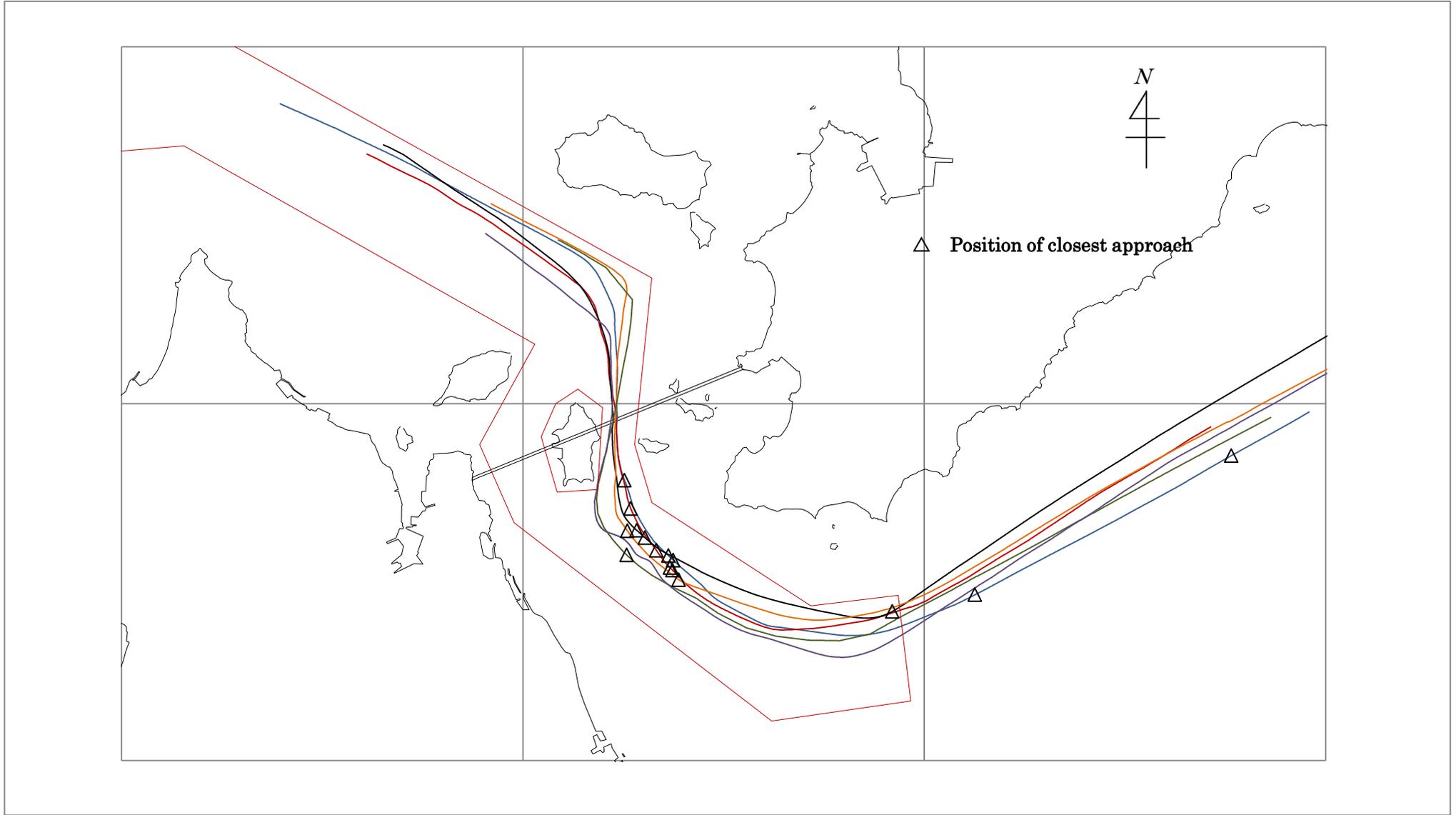


図 3-5-2 各船舶の航跡図と最接近位置

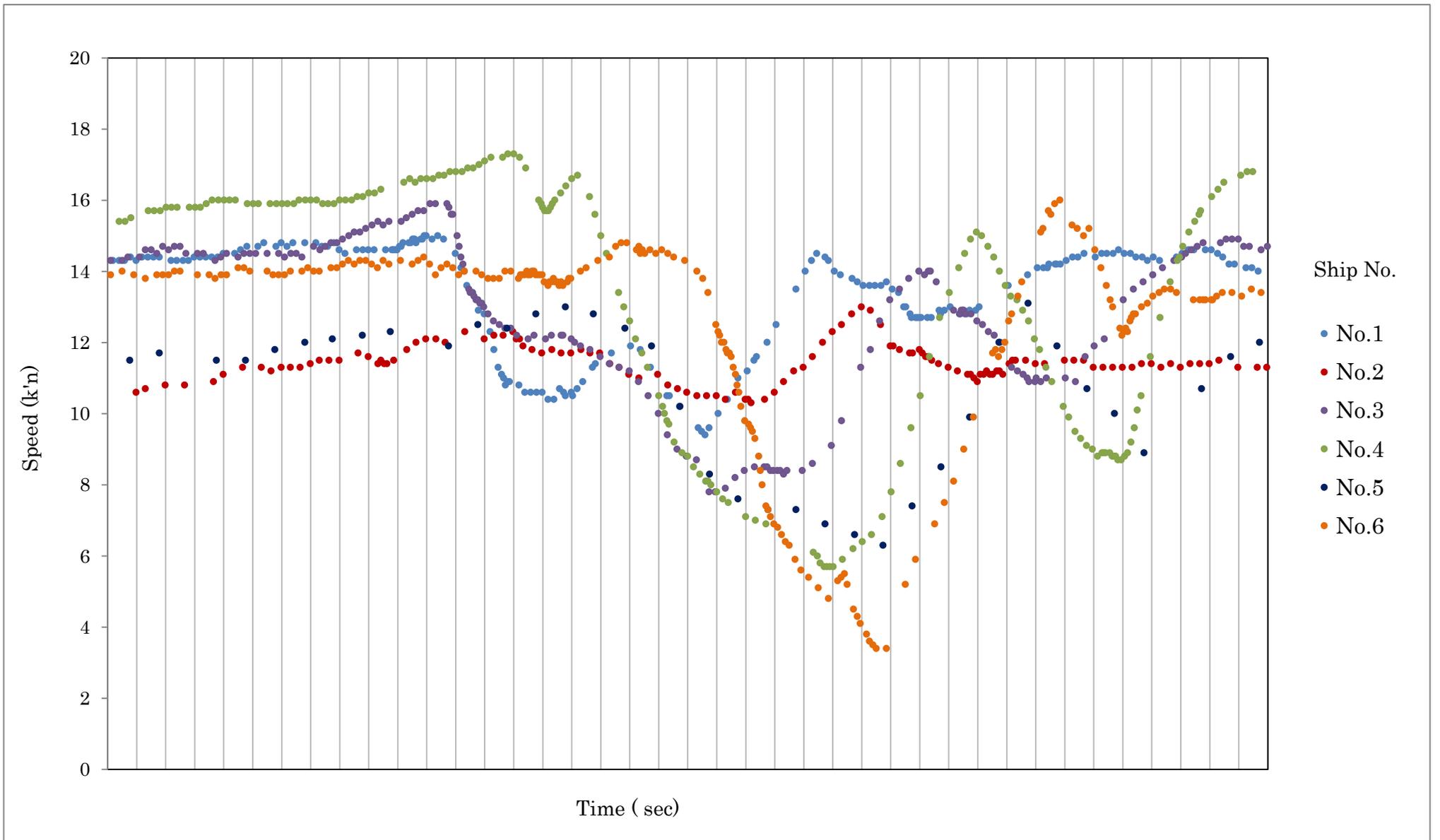


図 3-5-3 各船舶の速力変化

3.6 団子状態の航行安全評価

一律な追い越し禁止によって発生する、団子状態や異常な接近が、操船者に与える影響について、環境ストレスモデル(Environment Stress Model: ES モデル)⁽⁶⁾を用いて評価を行う。ES モデルは、自船を取り巻く周辺環境が操船者に与える困難の度合いについて、定量的に数値評価するモデルである。またこのモデルは、操船者にとってその状況が許容できるかどうか、評価値によって判断することができるモデルである。今回発生した 6 隻の団子状態について AIS データを基に交通流を再現させ、他船が与える影響を抽出するため、交通環境ストレス(ESS)値を用いて評価する。併せて、交通環境と地形環境の総合的な影響を評価する環境ストレス(ES)値を用いた評価も行う。

3.7 評価結果

各船舶について交通環境ストレス値の評価を行い、その結果を図 3-7-1 に示す。これより、後続船になるほど ESS 値は高くなり、困難な状況であることが分かる。操船者にとって許容の限界とされる Critical な状況(ESS 値 750 以上 900 未満)、許容できない Catastrophic な状況(ESS 値 900 以上)の発生状況を抽出し、その結果を表 3-7-1 に示す。これより Critical が 9 回、Catastrophic が 28 回発生している。つまり、追い越しを禁止することによって操船者が許容できない状況が発生していることが明らかである。さらに交通環境と地形環境を総合的に評価する ES 値を用いて評価を行い、その結果を図 3-7-2 に示す。これは、縦軸に ES 値をとり、横軸に経過時間を示す。図 3-7-1 で示した ESS 値に航路幅といった地形環境が与える影響が加わり、船舶だけの ESS 値に比べ許容不可の 750 以上という ES 値の高い状況が継続している。狭い航路内を他船と団子状態で並走することは、操船者の困難を増大させ、その困難な状況を継続させている。

表 3-7-1 許容限界

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
Critical	1	2	0	1	4	1
Catastrophic	1	2	0	12	10	3

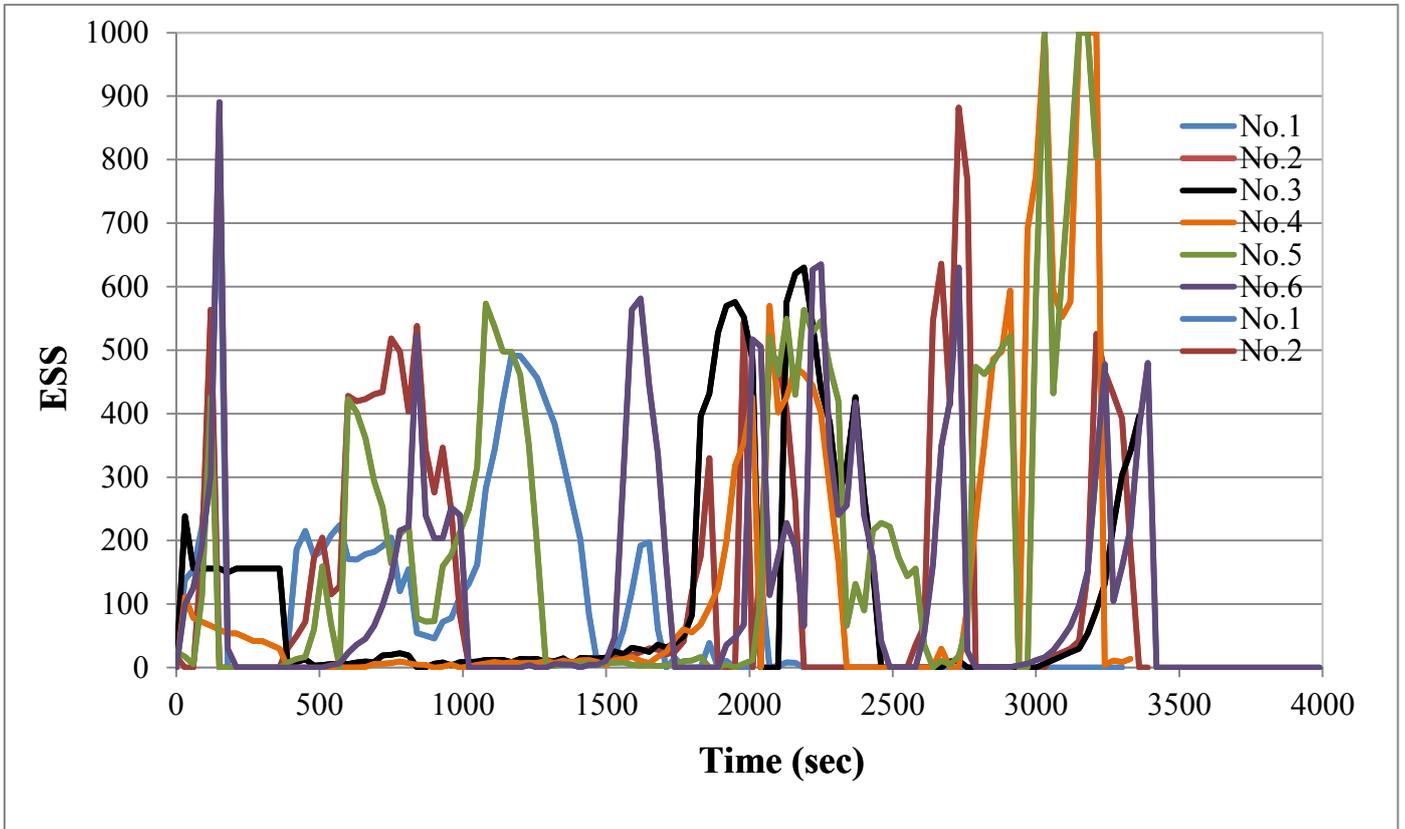


图 3-7-1 ESS 值

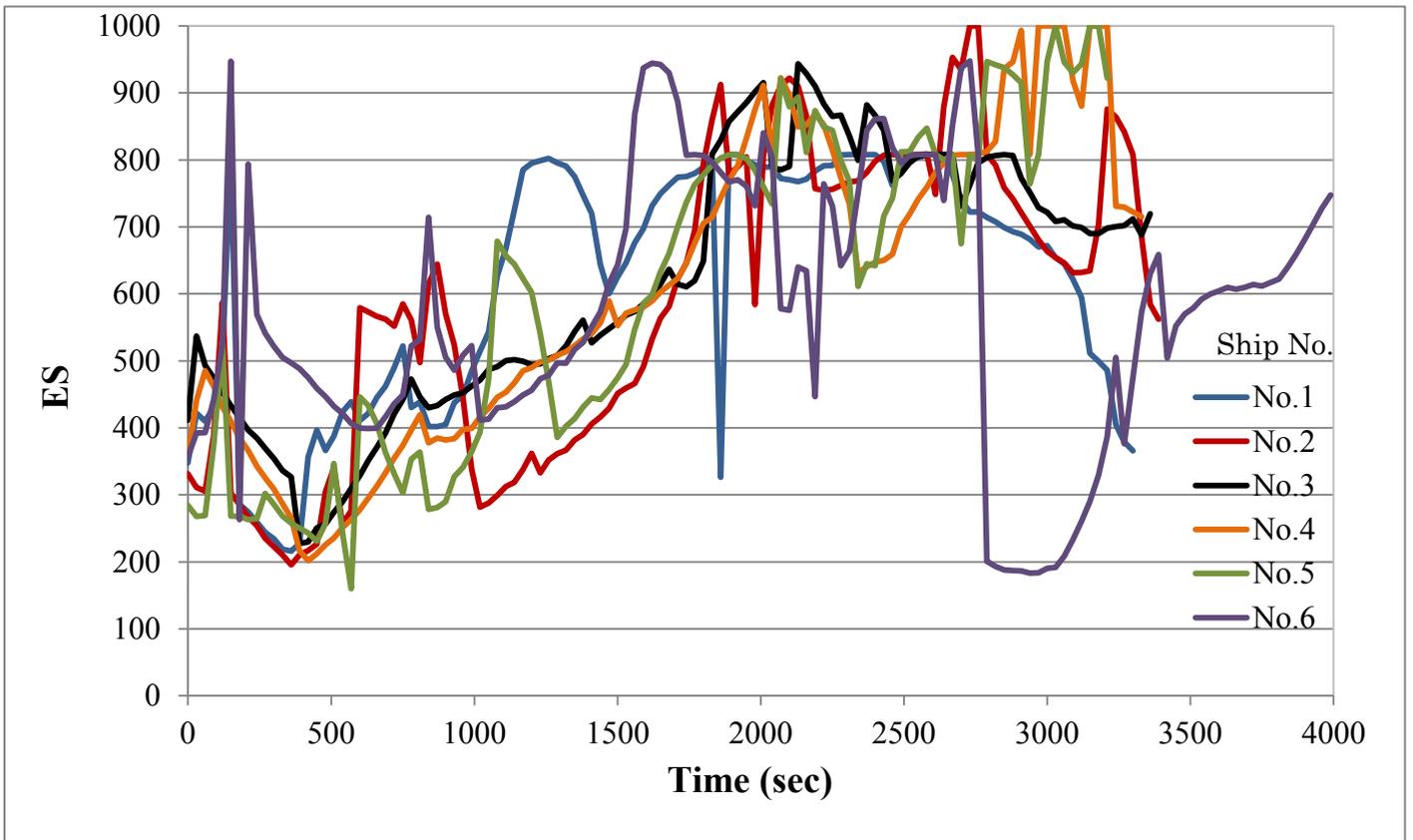


图 3-7-2 ES 值

3.8 まとめ

航行船舶の安全を確保するために追い越しに制限をかけることは必要であるが、それにより新たな問題が発生し、操船者の負担が増大する状況が発生している。今回の観測により、一律な追い越し禁止による団子状態での航行状況について、最大6隻の並走状態を確認した。最大速力低減は12.0kt、最接近距離は111mという、無理な減速、異常な接近であった。また、その状況について環境ストレスモデルを用いて評価を行った結果、許容の限界を超える状況が37回も発生している。これは、一律に禁止することにより、許容限界な状況を継続させ、困難な状況を増大させている。また、図3-8-1は各船舶の航行位置を示す。これより、No.6の船舶は中水道を航過後、禁止区間内であるにもかかわらずNo.5の左舷側を追い越して航行している。現実には最狭部を抜けたところで追い越しが起きているということは、操船者の安全感覚として減速のままで追従するよりも安全だと判断したとも考えられる。

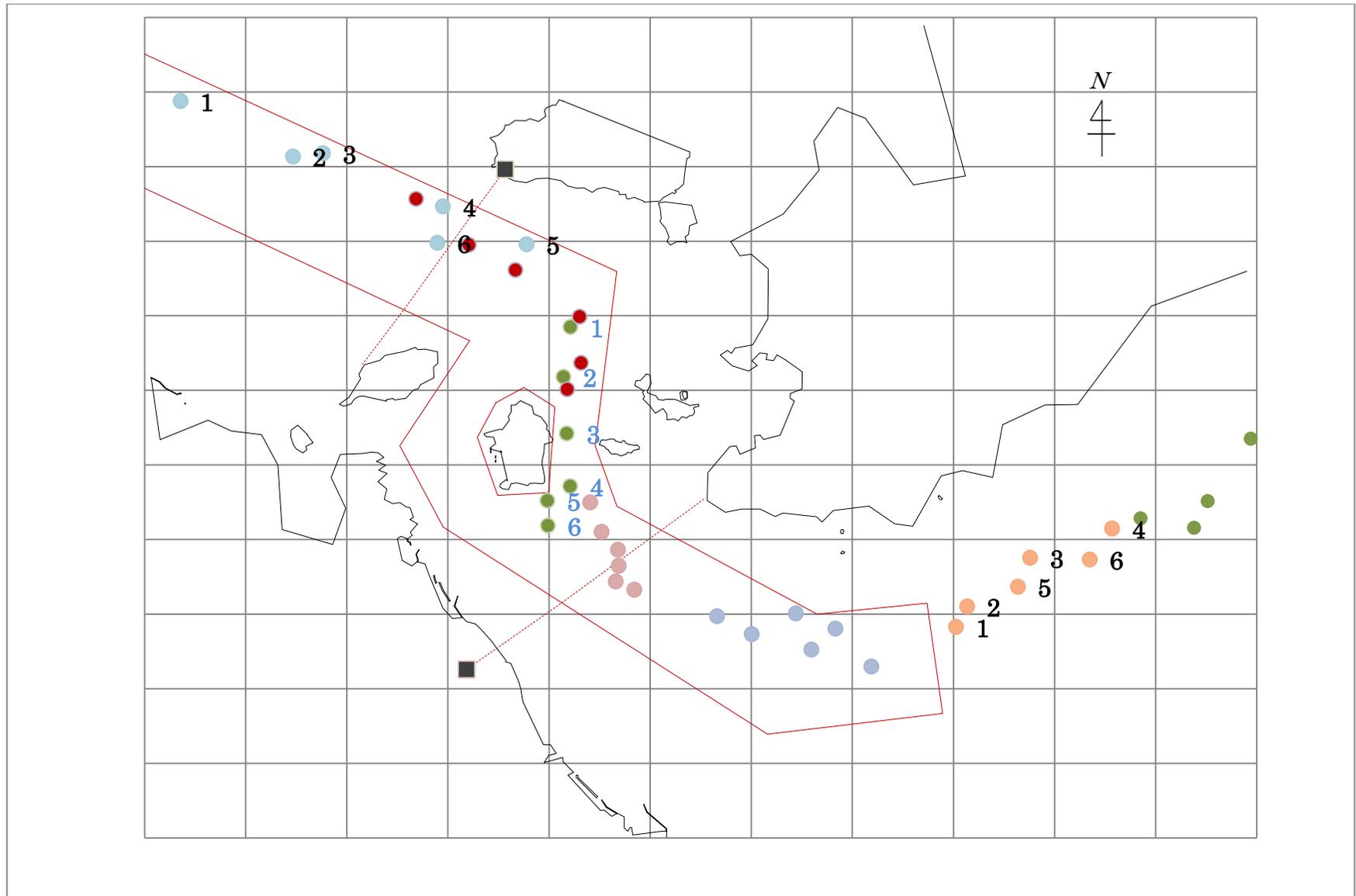


図 3-8-1 各船舶の航行位置

参考文献

- (1) 社団法人 瀬戸内海海上安全協会：来島海峡航路における安全性向上に関する調査研究報告書，2008.10.
- (2) 社団法人 伊勢湾海難防止協会：AIS を活用した港内管制手法の導入（名古屋港）に関する調査研究報告書，2010.3.
- (3) 山崎慎也・増田憲司・世良亘：航路内における小型船の安全な航行に関する研究，日本航海学会論文集，No.128，pp.9-14，2013.3.
- (4) 山崎慎也・増田憲司・世良亘・森瑛太郎：航路内における小型船の安全な航行に関する研究Ⅱ，日本航海学会論文集，No.130，pp.122-128，2014.3.
- (5) 本村鉦治郎：海上交通調査，日本航海学会誌，No.178，pp.12-17，2011.10.
- (6) 来島海峡海上交通センターHP：来島海峡における通航船舶の状況，
http://www6.kaiho.mlit.go.jp/kurushima/succor/guide/tokuchou/tukou_senpaku.htm
- (7) 藤井弥平：避航領域の定義についての一考察，日本航海学会誌，No.44，pp.49-58，1970.12.
- (8) 井上欣三ほか：制約水域における航過距離と離隔距離に関する操船者意識のモデル化，日本航海学会論文集，No.90，pp.297-306，1994.3.
- (9) 井上欣三・増田憲司・世良亘：海上交通安全評価のための技術的ガイドライン策定に関する研究・Ⅰ．一環境負荷の概念に基づく操船の困難性評価一，日本航海学会論文集，No98，pp.225-234，1998.3.
- (10) 藤井弥平：避航領域の定義について，日本航海学会誌，No.65，pp.17-22，1980.9.
- (11) 交通政策審議会海事分科会：新交通ビジョンにかかる取り組み状況と今後の課題，2009.11 <http://www.mlit.go.jp/common/000054597.pdf>

図及び表一覧

図 一覧

- 図 3-3-1 船舶交通実態調査ゲートライン
- 図 3-4-1 来島海峡航路時間帯別航行隻数
- 図 3-4-2 船種分布
- 図 3-4-3 船籍分布
- 図 3-4-4 船長分布
- 図 3-4-5 通航位置分布
- 図 3-4-6 速力分布【中水道航行船】
- 図 3-4-7 速力分布【西水道航行船】
- 図 3-4-8 減速前後での速力差
- 図 3-4-9 減速前後での速力変化率
- 図 3-5-1 団子状態での航行状況
- 図 3-5-2 各船舶の航跡図と最接近位置
- 図 3-5-3 各船舶の速力変化
- 図 3-7-1 ESS 値
- 図 3-7-2 ES 値
- 図 3-8-1 各船舶の航行位置

表 一覧

- 表 3-5-1 船舶諸元
- 表 3-7-1 許容限界

付録 一覧

- 1 来島海峡航路船舶交通実態調査記録用紙
- 2 漁港位置
- 3 船種一覧

第4章 来島海峡における国際 VHF 通信の現状

4.1 はじめに

来島海峡は、船舶交通が輻輳する海域で、外航船や内航船など1日に多くの船舶が航行する海域である。同海域には来島海峡航路が設定され、可航幅が狭く、屈曲の大きな航路である。また、潮流の向きによって通航路が変わる「順中逆西」の特殊な航法であるため、同海域を初めて航行する船舶にとって、非常に航行が困難な海域であり、船舶交通の難所である。このような海域で、操船者はどのような情報を必要としているのか、航行する船舶との間で、どのような内容の通信が行われているのか、明らかにされていない。同海域は来島海峡海上交通センターが設置されており、来島海峡海上交通センターが船舶に対して、情報提供などが行われている。しかし、海上交通センターと船舶の通信について、伊勢湾を対象に調査^②が行われているが、来島海峡での調査研究は行われていない。

また、全日本船舶職員協会は、2013年7月より内航船舶に対して、インターネット上で国際 VHF 通信の英会話資料^①を配布した。これは3つの場合を想定した通信文例集^③であり、2013年9月には約3500隻の内航船に届けられた。3つの場合とは「1、避航操船 2、相手船の呼び出し 3、応答」の通信文例集である。全日本船舶職員協会がこの資料を配布する背景は、2008年から500トン以上の内航船にも AIS (Automatic Identification System : 船舶自動識別装置) が導入された。これにより、洋上でも容易に船名がわかるようになり、内航船に対して外航船からの呼出しが増加したためである。しかし、内航船に対して英語による呼び出しがあるのか、また、英語による通信がどのように行われているのか、明らかにされていない。

そこで、国際 VHF 通信の現状把握や問題点を明らかにするため、来島海峡における、国際 VHF 通信の調査を行う。

4.2 英会話通信文例集

4.2.1 英会話通信文例集^③の概要

全日本船舶職員協会が作製した通信文例集とは、3つの場合を想定した通信文例集であり、2013年9月には内航船社の船約3,500隻に届けられた。3つの場合とは「①、避航操船、②、相手船の呼び出し③、相手船との応答」の通信例文集である。避航操船は行き合い、追い越し、横切り、転舵避航。機関使用、運転不自由の場合を想定して作成されている。相手船の呼出しは船名、コールサインがわかる場合とわからない場合の呼出しに関する

英語通信の文例集である。相手船との応答は呼出された際の答え、交信終了の手順が記載されていた。この通信文例集は、従来発行したパンフレットの内容を音声資料の内容に合わせて改訂したもので、全日本船舶職員教会のホームページより無料でダウンロードすることができる。

4.2.2 通信文例集配布の背景

全日本船舶職員協会が全日本内航船員の会の協力の下で、この通信文例集を配布する背景は、2008年から500トン以上の内航船にもAIS(船舶自動識別装置)が導入された。AISとは、船舶の識別符号、種類、位置、針路、速力、航行状態及びその他の安全に関する情報について自動的にVHF帯電波で送受信し、船舶局相互間及び船舶局と陸上局の航行援助施設等の中で情報の交換を行うシステムのである。これにより洋上でも容易に船名がわかるようになり、内航船に対して外航船からの呼出しの増加が考えられる。しかし、これまでほとんど必要とされなかった国際VHFでの英会話対応には積極的に取り組まれておらず、その理由を以下のように上げている。

- 小型内航船の立場からみれば、巨大な外国船からの無線による呼び出しは、どうせ、「そのけ、そのけ」という一方的な要求となるのだろうという気持ちもあり、元々良いイメージが無かった
- 無線装置の設置場所も操船時に適していないなど、設備の問題
- 日本の内航海運の大半を占める小型内航船の乗組員の多くが、山出し船員と呼ばれる「たたき上げの船員」によって構成されている事
- 船内の超高齢化の実状

4.2.3 関係機関の概要

資料配布を行った全日本船舶職員協会⁽⁴⁾とは、学歴や海技免状の種類に関係なく、また海上、陸上を問わず、全国の船舶職員並びその資格者を持って組織し、会員の福利向上、会員相互の親睦を深めること目的にされている。主な運動と業績は以下のものである。

- A) 国交省管轄下の社団法人としての役割推進
- B) 商船高専との連携交流
- C) 海訓練所との連携
- D) 関係団体との連携
- E) 水先人制度の改善・後継者育成の取組

全日本内航船員の会とは、以下の事を目的に活動している会である。

- ① 船員のプライベートな時間の活性化と充実を目指す
- ② 船舶生活のイメージ PR により、陸上社会との交流を進め、相互理解による親睦の発展を目指す
- ③ 当会は、長年にわたって培われた船員の技術を後世に継承できる精神的環境の整備を目的とする
- ④ 当会は船員が船員としての共通の誇りを高め、保持するための応援活動を推進する

全日本内航船員の会は、以上のことを目的に広報活動や執筆活動、内航海運に関する問題に取り組みをホームページ等に掲載している。船員の技術に関することであれば、国際 VHF 通信の英語例文集の作成、教材ビデオの作成がある。この他、内航船員のプライベートな時間の活性化と充実として、地上デジタル放送に関する事、インターネットが内航船員環境に及ぼす効果について等の活動を実施している。

4.3 国際 VHF

4.3.1 国際 VHF の概要

国際 VHF とは、Very High Frequency の頭文字をとったもので、周波数が 30MHz～300MHz で、波長が 1～10m の電波である⁽³⁾。VHF の特徴は直進性があり、電離層で反射しにくいという点、さらに山や建物の陰にも回り込んで届けられるという点である。船舶における遭難・安全通信、港務通信、電気通信業務、水先業務等に使用される無線通信システムであり、全世界的に用いられているため「国際 VHF」と呼ばれている。

国際 VHF は、まず連絡設定チャンネルで相手船を呼び出し、その後通話用チャンネルに切り替えて通話を行う。連絡設定用チャンネルとは 16ch、77ch がある。77ch は小型船同士、所属海岸局との呼出・応答チャンネルで、小型船同士は CH16 の輻輳を避けるため、このチャンネルでの連絡を総務省が推奨している。

船舶局同士の通話チャンネルは使用頻度が高い順に 6, 8, 10、小型船間は 69, 72, 73 がある。海岸局との通話チャンネルは 9, 11, 12, 14 等がある。使用周波数と優先順について、表 4-3-1 に示す。

表 4-3-1 使用周波数と優先順位

チャンネル番号		送信周波数		使用順位		
		船舶局	海岸局	船舶相互	港務通信及び船舶通航	公衆
	ch60	156.025MHz	160.625MHz		17 位	25 位
ch01		156.050MHz	160.650MHz		10 位	8 位
	ch61	156.075MHz	160.675MHz		23 位	19 位
ch02		156.100MHz	160.700MHz		8 位	10 位
	ch62	156.125MHz	160.725MHz		20 位	22 位
ch03		156.150MHz	160.750MHz		9 位	9 位
	ch63	156.175MHz	160.775MHz		18 位	24 位
ch04		156.200MHz	160.800MHz		11 位	7 位
	ch64	156.225MHz	160.825MHz		22 位	20 位
ch05		156.250MHz	160.850MHz		6 位	12 位
	ch65	156.275MHz	160.875MHz		21 位	21 位
ch06		156.300MHz		1 位		
	ch66	156.325MHz	160.925MHz		19 位	23 位
ch07		156.350MHz	160.950MHz		7 位	11 位
	ch67	156.375MHz	156.375MHz	9 位	(10 位)	
ch08		156.400MHz		2 位		
	ch68	156.425MHz	156.425MHz		(6 位)	
ch09		156.450MHz	156.450MHz	5 位	(5 位)	
	ch69	156.475MHz	156.475MHz	8 位	(11 位)	
ch10		156.500MHz	156.500MHz	3 位	(9 位)	

	ch70	156.525MHz	156.525MHz	遭難通信・安全通信及び呼出しのためのデジタル選択呼出し		
ch11		156.550MHz	156.550MHz		(3 位)	
	ch71	156.575MHz	156.575MHz		(7 位)	
ch12		156.600MHz	156.600MHz		(1 位)	
	ch72	156.625MHz		6 位		
ch13		156.650MHz	156.650MHz	4 位	(4 位)	
	ch73	156.675MHz	156.675MHz	7 位	(12 位)	
ch14		156.700MHz	156.700MHz		(2 位)	
	ch74	156.725MHz	156.725MHz		(8 位)	
ch15		156.750MHz	156.750MHz	11 位	(14 位)	
	ch75	保護周波数帯				
ch16		156.800MHz	156.800MHz	遭難通信・安全通信及び呼出し		
	ch76	保護周波数帯				
ch17		156.850MHz	156.850MHz	12 位	(13 位)	
	ch77	156.875MHz		10 位		
ch18		156.900MHz	161.500MHz		3 位	
	ch78	156.925MHz	161.525MHz		12 位	27 位
ch19		156.950MHz	161.550MHz		4 位	
	ch79	156.975MHz	161.575MHz		14 位	
ch20		157.000MHz	161.600MHz		1 位	
	ch80	157.025MHz	161.625MHz		16 位	
ch21		157.050MHz	161.650MHz		5 位	
	ch81	157.075MHz	161.675MHz		15 位	28 位

ch22		157.100MHz	161.700MHz		2 位	
	ch82	157.125MHz	161.725MHz		13 位	26 位
ch23		157.150MHz	161.750MHz			5 位
	ch83	157.175MHz	161.775MHz			16 位
ch24		157.200MHz	161.800MHz			4 位
	ch84	157.225MHz	161.825MHz		24 位	13 位
ch25		157.250MHz	161.850MHz			3 位
	ch85	157.275MHz	161.875MHz			17 位
ch26		157.300MHz	161.900MHz			1 位
	ch86	157.325MHz	161.925MHz			15 位
ch27		157.350MHz	161.950MHz			2 位
	ch87	157.375MHz	161.975MHz			14 位
ch28		157.400MHz	162.000MHz			6 位
	ch88	157.425MHz	162.025MHz			18 位
■:「マリン VHF」として割り当てられたチャンネル。						

4.3.2 適用法規

国際 VHF 通信を行う場合、国際条約によって通信の規則や義務が規定されている。国内では、電波法及び電波法に基づく省令等で規定されている。国際 VHF 通信は、その内容や通信を行った船舶など、通信に関わる情報は保護され、電波法 59 条（秘密の保護）により、以下のように規定されている。

電波法 59 条（秘密の保護）

何人も法律に別段の定めがある場合を除くほか、特定の相手方に対して行われる無線通信（電気通信事業法第 4 条第 1 項又は第 164 条第 2 項の通信であるものを除く。第 109 条並びに第 109 条の 2 第 2 項及び第 3 項において同じ。）を傍受してその存在若しくは内容を漏らし、又はこれを窃用してはならない。

今回の調査では、通信の内容や船舶の種別等を調査するため、四国総合通信局の無線通信部航空海上課にこの電波法 59 条に抵触するか問い合わせを行った。その結果、船名等の特定情報については接触する恐れがあるが、統計データとして扱えば問題がないことを確認した。

4.4 来島海峡における国際 VHF 通信の調査

4.4.1 調査概要

来島海峡は、船舶交通が輻輳する海域で、外航船や内航船など 1 日に多くの船舶が航行する海域である。同海域には来島海峡航路が設定され、可航幅が狭く、屈曲の大きな航路である。また、潮流の向きによって通航路が変わる「順中逆西」の特殊な航法であるため、同海域を初めて航行する船舶にとって、非常に航行が困難な海域であり、船舶交通の難所である。

このような海域で、操船者はどのような情報を必要としているのか、航行する船舶との間で、どのような内容の通信が行われているのか、明らかにされていない。また、同海域は来島海峡海上交通センターが設置されており、来島海峡海上交通センターが船舶に対して、どのような情報を提供しているのか、通信の内容や使用言語について明らかにした研究は行われていない。そこで国際 VHF 通信を聴取し、現状や問題点を明らかにする。

調査実施に当たり、観測場所や問題点等を把握するため、事前調査を行った。この結果を基に、本調査を実施する。調査の方法は、国際 VHF 通信の呼出チャンネルである 16 チャンネルの聴取を行い、来島海峡で行われている通信チャンネルに移動し聞き取り調査を行った。調査の内容は、通信を行った時間、自局と相手局の名前、内容、使用言語等である。

4.4.2 事前調査

来島海峡を展望することができる場所で、電波状態を調査するために、事前調査を行った。通信傍受が行える場所であり、かつ、24 時間の観測が行える場所であることを考慮し、津島潮流信号所付近と、大島亀老山展望公園の 2 ヶ所を選定した。そして実際に現地へ向かい、通信観測の状況や観測場所の状況について事前調査を行った。

1 回目の事前調査は、津島潮流信号所付近で行った。津島潮流信号所とは、来島海峡航路を航行する船舶に対して、潮流の方向、流れの速さ、その傾向について電光掲示板で情報提供している。潮流信号所で表示される潮流情報は 2 秒毎に点灯、消灯する文字等の組み合わせにより表示される。5 月 15 日の午後に実施し、津島へは弓削商船高専の練習船「はまかぜ」で移動し、津島港からは徒歩で津島潮流信号所まで移動した。移動後は、津島潮流信号所付近の広場でアンテナを組み立て、実際に通信をレシーバーで聞き取り調査を行った。受信感度は非常に良好であるが、津島港から徒歩で 1 時間程度離れていること、また、観測を行う場所として困難であり、本調査を行うには不適當である

と判断した。

2回目の事前調査は、5月28日に愛媛県今治市の大島亀老山展望公園にて行った。ここでも津島潮流信号所と同じようにアンテナを組み立て、レシーバーを用いて来島海峡で行われる通信の聞き取り調査を行った。

亀老山展望公園は、瀬戸内海国立公園に指定された展望公園で、大島の南端に位置している。亀老山の標高は307.8mで、その頂上付近に展望台が設置されている。この展望台で受信テストを行った。同展望台からは来島海峡が一望できるため、受信感度は良好であるが、多くの観光者が訪れるため観測所を設置するには非常に困難な場所である。その展望台の下には、倉庫や開けたスペースがあり、風雨、直射日光を避けることができる空間がある。このスペースでも受信感度は良く、観測者が入れないようにフェンスが設置されていた。そこで、この展望台下にあるスペースを本調査で使用できないか、亀老山展望公園を管理運営している、今治市役所大島吉海支所に問い合わせを行った。関係者と協議を行い、使用許可を得ることができた。そこで、この展望フロアの下の空間を本調査場所とする。

4.4.3 本調査

本調査は、大島亀老山展望公園で実施し、調査場所を図4-4-1に示す。調査時間は6月7日12時から6月8日12時までの24時間連続観測とする。調査員は4名で行い、2交代制で実施する。調査項目は、通信が行われた時間、自局と相手局の名前、内容、言語等とする。今回の調査で使用した主な機材は、アマチュア無線機、広帯域受信機、AIS装置、アンテナ、ノートパソコン、発電機等である。CH16を常時聴取し、通信によってチャンネルが変更された場合は、そのチャンネルに移動して通信内容を記録する。記録中であっても常時16CHが聴取できるよう、3台の受信機を用いて調査を行う。船名が聞き取れた場合は、その船舶の位置を確認できるよう、AIS受信機を設置して観測を行う。なお、国際VHF通信の音声はPCに取り込み、後の解析で使用できるよう録音する。調査風景を図4-4-2に示す。

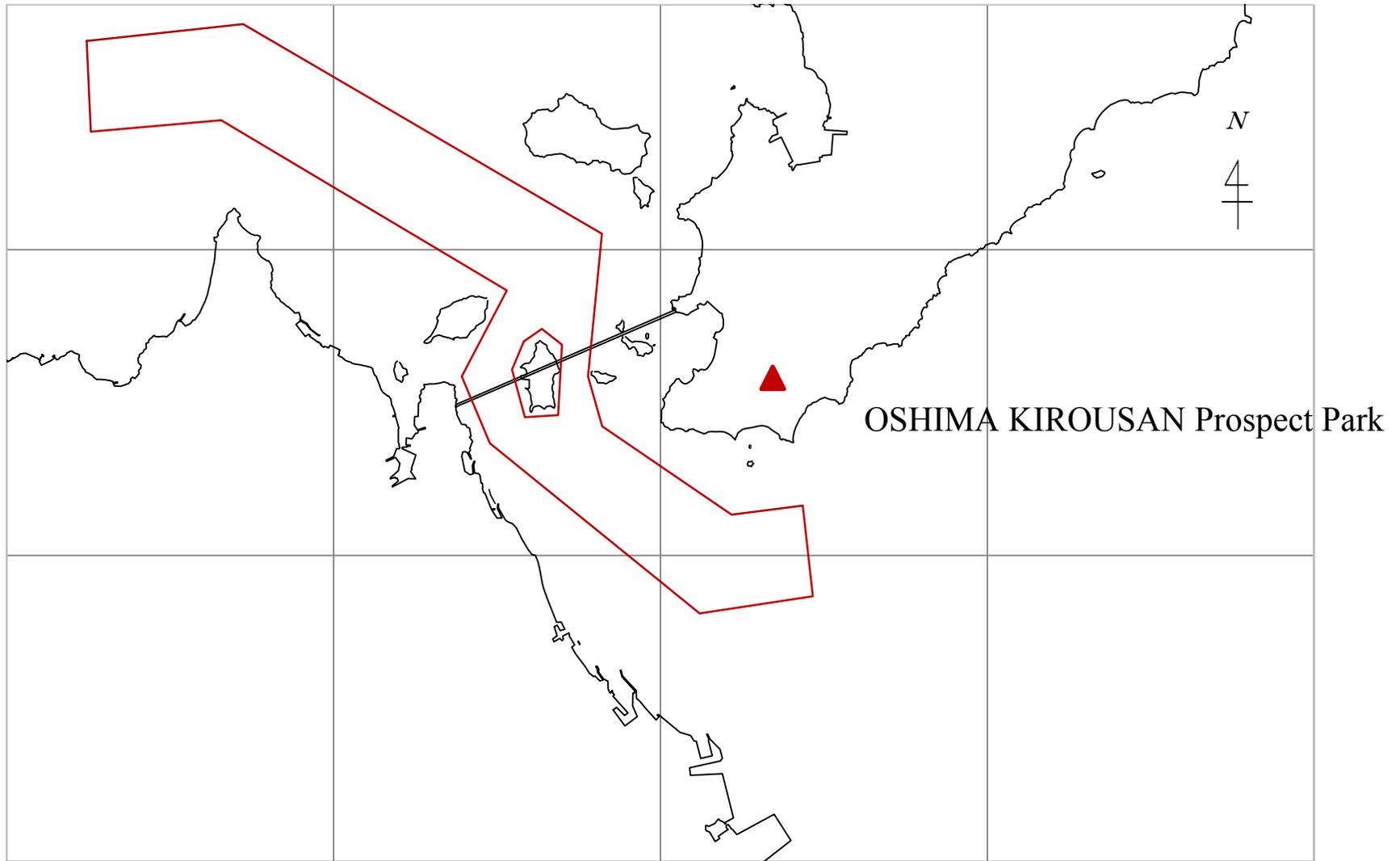


図 4-4-1 観測場所



図 4-4-2 観測風景

4.5 調査結果

24時間の連続観測で、観測された通信は668回である。来島海峡における国際VHF通信の現状や特徴を明らかにするため、全通信を時間帯別通信数、通信言語、通信内容、通信相手、英語通信の内容の5項目に着目して解析を行う。

4.5.1 時間帯別通信数

観測された全通信を1時間ごとの時間帯に分類する。その結果を図4-5-1に示す。加えて、来島海峡における潮流の状況についても重ねて示す。1時間に約30件程度の通信が行われている。減少する時間帯や、ピークに向けて増加する時間帯など、通信数の変化がみられる。通信数が最多となったのは、18時から19時までの1時間である。他に比べて突出して通信数が多いことが分かる。通信数と潮流の関係について、潮流の流速が最も早い時間帯は通信数が減少し、そこから徐々に通信数が多くなり、転流になる前後にかけて通信数が増加する傾向がある。今回の調査で通信数が最多であった18時～19時は転流の1時間前である。

以上の結果より、来島海峡における国際VHF通信数は、潮流の状況が大きく影響し、潮流が最速時には通信数は減少し、転流前後では通信数が増加する。この要因として、「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」が影響している。来島海峡航路を航行する船舶は、潮の流れで通航水道が変わる「順中逆西」の航法で航行しなければならない。しかし、同法の施行に伴い、来島海峡海上交通センターは通航船舶に対して、転流時における特別な航法の指示が行われる。これより、通航船舶は転流前後では「順中逆西」の航法ではなく、来島海峡海上交通センターの指示する水道を航行しなければならない。つまり、来島海峡海上交通センターは転流前後において、通航船舶に対して個別に通航水道を指示しなければならず、これが通信数の増加に大きく影響している。

4.5.2 通信言語

通信に使用された言語を日本語、英語、その他の3つに分類する。その結果を図4-5-2に示す。最も多い通信言語は日本語で、435回の通信で全体の65%である。次いで英語による通信で、212回を観測し全体の32%である。またその他の言語が21回の3%である。大半が日本語による通信であるが、英語通信については全体の3割程度行われている。つまり、来島海峡を航行する内航船に対しても、英語による通信の必要性がある。

その他の言語は、中国語や韓国語が多く、船舶同士の通信で用いられている。その他の言語による通信は、船舶の行き先に関するものが大半を占め、中国・韓国から日本の港、または日本から中国、韓国に向かう通信である。その他の言語は、通信の内容が全く聞き取れることもできない通信も存在し、中国語や韓国語以外のものであり、船舶同士の通信である。

4.5.3 通信内容

全通信を通信の内容によって分類することを試みる。しかし、一つの通信の中に様々な内容が含まれており、個々の通信を細かく分類することが困難である。そこで、位置・転流通報、注意喚起、その他の3項目に分類して、通信内容の解析を行う。その結果を図4-5-3に示す。

位置・転流時通報に関する通信が274回行われ、全体の41%である。注意喚起に関する通信は、55回行われ全体の8%である。上記の項目に分類できないものについては、その他として扱う。その他に関する通信は339回行われ、全体の51%である。

その他に分類した通信内容について、追越しに関する内容、転流に関する内容、警報、聞き取り出来なかった通信の4項目に大別する。

追越しに関する内容は、船舶同士の通信では、追越しの確認通信や、どちら側を追越すか、また速力調整の依頼等である。船舶と来島海峡海上交通センターとの通信では、追越し禁止区間までに追越しが完了するかどうかの確認や、追い越しが難しいと判断した場合には、速力を落として先航船に追従するように指示が行われている。

転流に関する内容は、船舶から海上交通センターに対して、転流時間の確認や、潮流の方向、転流時に通航する船舶の状況などを確認する通信が行われている。船舶からの問い合わせに対して、来島海峡海上交通センターから情報提供が行われている。

警報に関する内容は、来島海峡航路を航行する長大物件曳航船に関する情報について、来島海峡海上交通センターから航行船舶に対して情報提供が行っている。

聞き取れなかった通信は、船舶間における通信が外国語で聞き取れなかったものや、外国人船員が来島海峡海上交通センターを呼出している事は聞き取れたが、その内容が不明であるもの等を分類している。

4.5.4 通信相手

24時間で行われた通信について、船舶間の通信なのか、船舶と来島海峡海上交通センターとの通信なのか、呼び出しを行った局と呼び出された局についての分類を行う。その結

果を図 4-5-4 に示す。

その結果、来島海峡海上交通センターから船舶を呼び出した通信が 121 回行われ、全体の 18%である。船舶から来島海峡海上交通センターを呼び出した通信は 245 回で、全体の 37%である。船舶同士の通信は最も多く、302 回の通信を確認し、全体の 45%である。

来島海峡海上交通センターが船舶を呼び出す通信は、全体で最も少ない。その主な内容は、AIS を搭載していない船舶に対する確認通信や、追越し禁止に関する注意喚起や勧告、転流時における通航船舶への情報提供などである。ただ、来島海峡海上交通センターからの呼び出しに応答しない船舶や、注意喚起や勧告に従わない船舶も航行しており、来島海峡海上交通センターは、これら船舶に対して警告が発令される。

来島海峡における通信は船舶間のものが最も多く、その内容は上記で述べたように、互いの動向の確認や、追越しに関する協力動作の依頼等である。

船舶から来島海峡海上交通センターに対しての通信は、全体の 4 割である。この大きな要因として、通航船舶は来島海峡海上交通センターに対して、転流時通報と位置通報を行わなければならないことが影響している。

転流時通報とは、海上交通安全法に規定され、潮流が転流する時刻の 1 時間前から転流する時刻までの間に来島海峡航路を航行しようとする船舶は、以下により、来島海峡海上交通センターに対し通報しなければならない。

1. 通報時期

位置通報ラインを横切った後直ちに

2. 通報事項

- a 船名
- b 海上保安庁との連絡手段
- c 航行する速力
- d 航路外から航路に入ろうとする時刻

3. 通報方法

- a 国際 VHF
- b 電話

位置通報（転流時通報を除く）は第六管区海上保安本部長による指導に基づき、転流時通報以外の場合は、次の船舶は、以下によりセンターあてに位置通報を行う。

- a 長さ 50m以上の船舶（AIS を搭載し、適切に運用している船舶を除く。）
- b 物件えい航船等（AIS を搭載し、適切に運用している船舶を除く。）

1. 通報時期

最初に位置通報ラインを通過したとき

2. 通報事項

- a 船名
- b 現在位置又は通過した位置通報ラインの略称及び通過時刻
- c 航行予定の航路・海域又は仕向港

3. 通報方法

国際 VHF

- a 呼び出し名称：くるしま海上交通センター
- b 呼び出しチャンネル：16CH 又は 13CH

4.5.5 英語通信の内訳

通信言語の内訳で示した通り、通信で使用された言語は日本語が最も多い結果となった。その中で英語通信は全体の約 3 割で使用され、来島海峡を航行する船舶に対して、英語通信の可能性はある。そこで、英語による通信に着目して、その内容や通信相手について分析する。その結果を図 4-5-5 に示す。

来島海峡海上交通センターから船舶に対して行われた英語通信は、32 回行われ、全体の 29% である。船舶から来島海峡海上交通センターに対して行われた通信が最も多く、64 回で全体の約半数にあたる 58% である。船舶間での英語通信は、15 回行われ、全体の 13% である。

船舶から海上交通センターに対する英語通信は最多となった要因は、通信内容で述べたように、来島海峡海上交通センターに対して転流時通報、位置通報の通報義務があるからである。来島海峡海上交通センターから船舶に対する通信は、全体の 3 割程度である。外国船舶や外国船員に対して、海上交通センターからの情報提供や確認等の通信が行われている。これは内航船から来島海峡海上交通センターに対して、外航船に質問を依頼するためである。また、船舶間の英語通信が最も少なく、その通信は主に外航船同士の通信である。従って、内航船から外航船に対して英語を用いて通信する状況は少なく、意思疎通を行いたい場合は、来島海峡海上交通センターに依頼をして確認する状況が多く発生している。

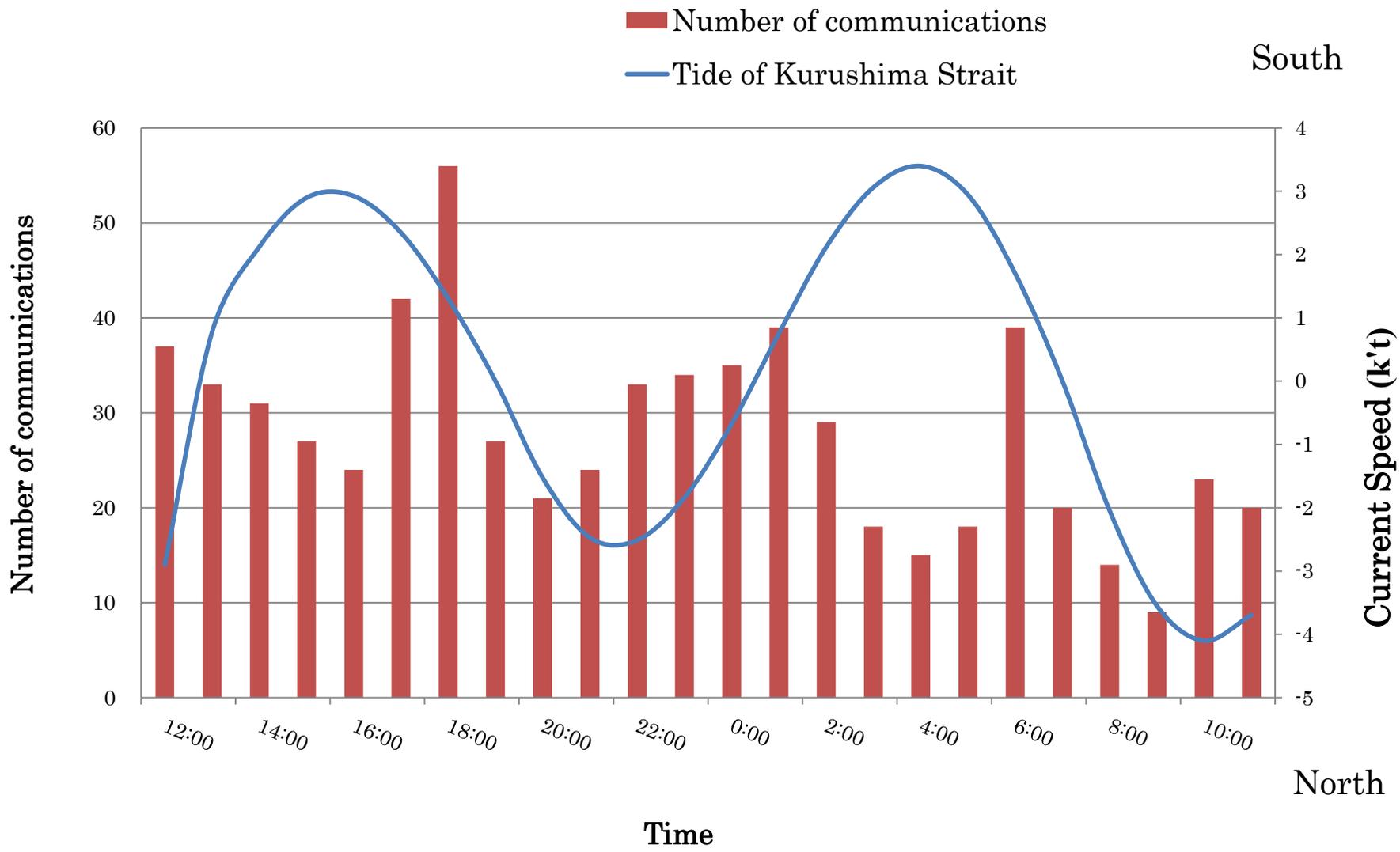


図 4-5-1 時間帯別通信数

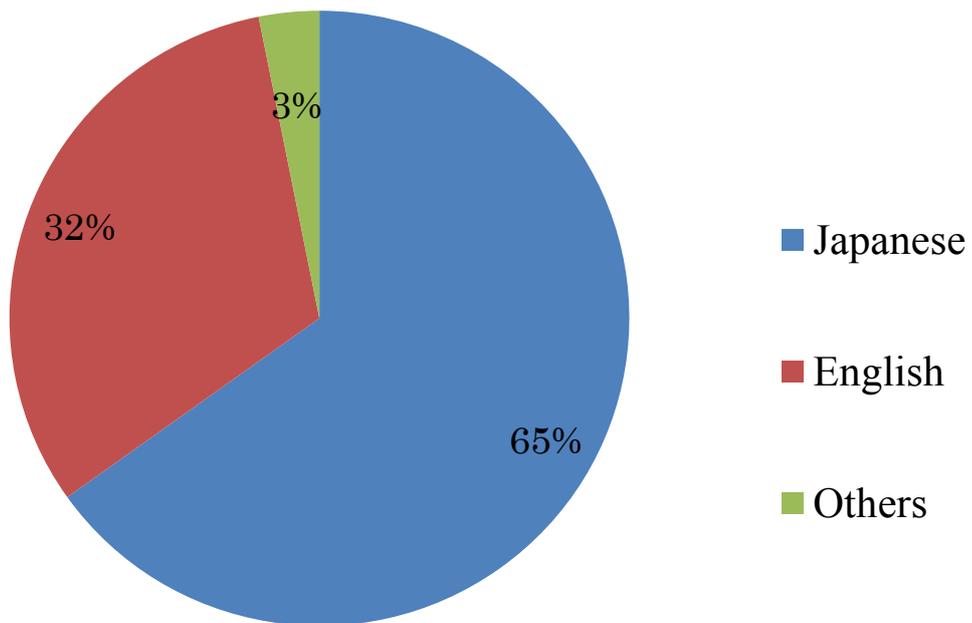


図 4-5-2 通信言語

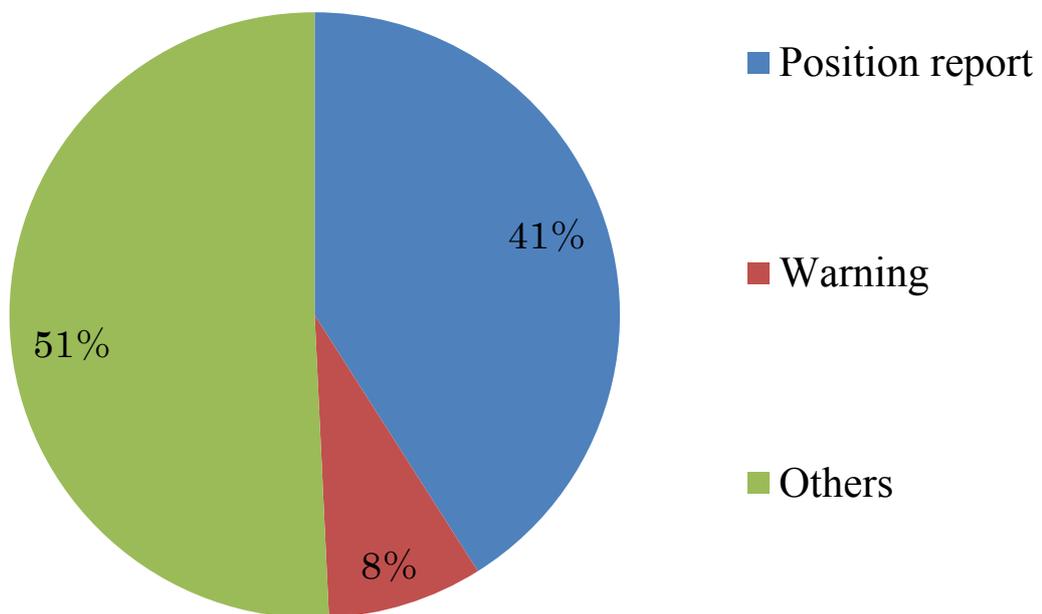


図 4-5-3 通信内容

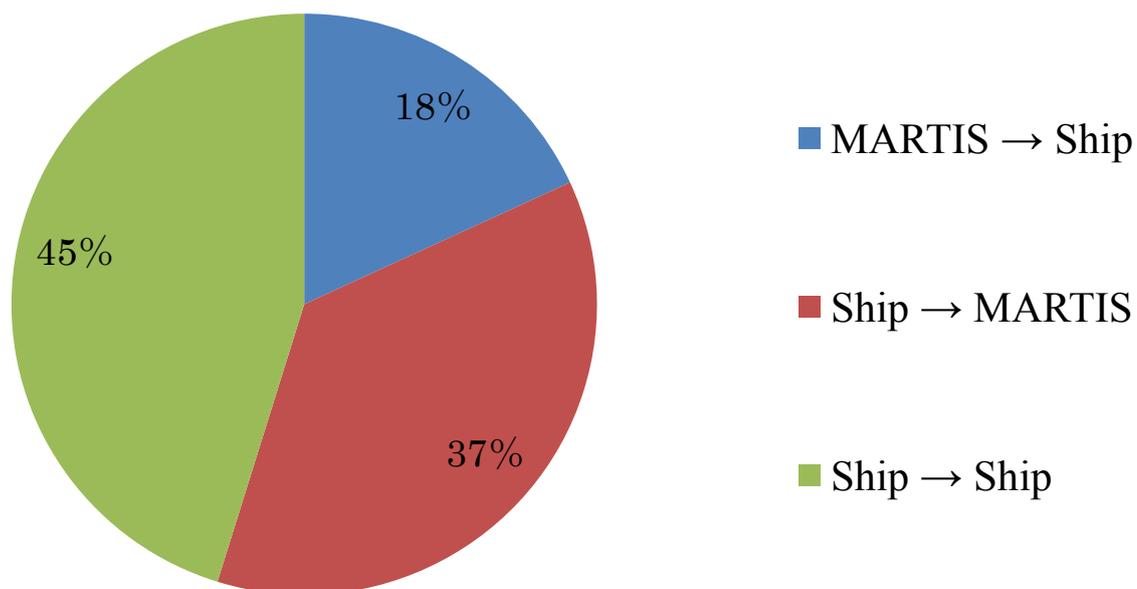


図 4-5-4 全通信における通信相手

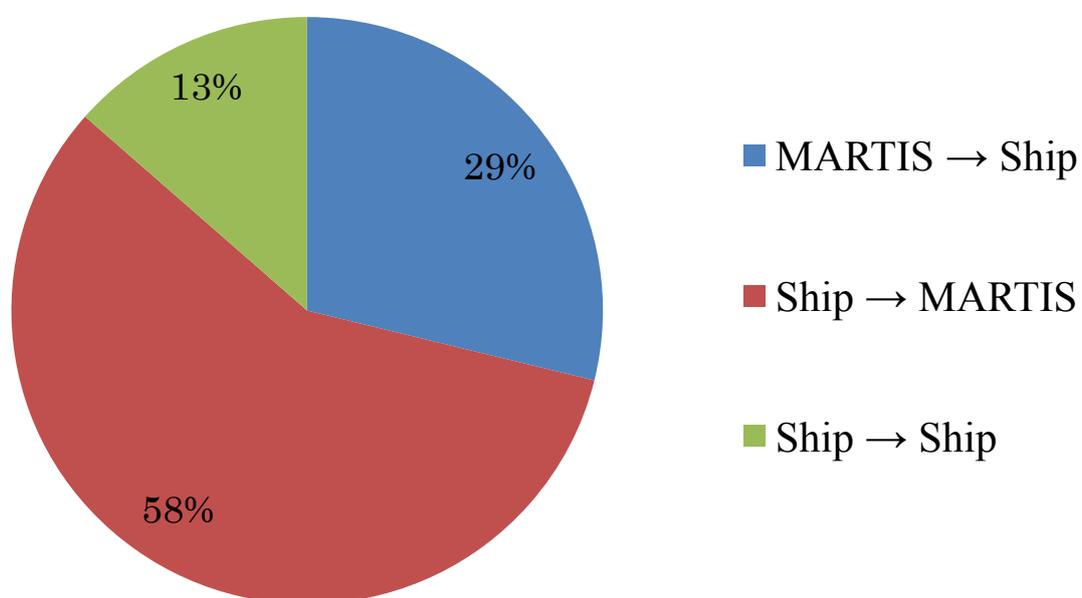


図 4-5-5 英語通信における通信相手

4.6 まとめ

今回の調査結果より、来島海峡における国際 VHF 通信の現状を明らかにし、以下の 7 点を得た。

1. 来島海域周辺海域における国際 VHF 通信は、潮流の状態が大きく影響している。
2. 「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」により、来島海峡海上交通センターによる「転流時における特別な航法の指示」が行われ、転流前後では、通航水道の指示や、周辺船舶への情報提供や注意喚起が行われている。
3. 2.に伴って、互いの船舶の動向確認など、船舶間同士の通信が増加している。
4. 通信内容は、位置・転流通報に関する情報が最も多い。
5. 来島海峡航路では、新たに追越しの禁止区間が設定されたことにより、来島海峡海上交通センターによる追い越しに関する注意喚起や勧告、船舶間での追越しの確認通信や、協力動作の依頼などが多い。
6. 法律の改正により、来島海峡における国際 VHF 通信の状況は大きく変化していることが分かった。来島海峡海上交通センターの業務量が大幅に増加され、船舶同士の確認通信が多く行われている。
7. 英語による通信は、海上交通センターと船舶間の通信が大半を占め、船舶間では外航船同士の通信がほとんどで、内航船と外航船による英語を用いた国際 VHF 通信は確認できない。つまり、全日本船舶職員協会が配布した資料は、内航船舶には利用されていない。

参考文献

- (1) 一般社団法人 全日本船舶職員協会：VHF 英会話パンフレット(改訂版)
<http://naiko-alljapan.main.jp/mix/VHF-onsei.pdf>
- (2) 瀬田広明・小野太津也・鈴木治：VHF 無線電話通信から見た伊勢湾の海上交通状況，日本航海学会論文集，No.121, pp.55-61, 2009
- (3) 全日本内航船員の会：国際 VHF 英会話実例資料(2012.9)
<http://naiko-alljapan.main.jp/shiryo/VHF/VHF-project.pdf>
- (4) 一般社団法人 全日本船舶職員協会
<http://www.zensenkyo.com/>
- (5)山崎慎也・増田憲司・世良亘・森瑛太郎：航路内における小型船の安全な航行に関する研究Ⅱ，日本航海学会論文集, No.130, pp.122-128, 2014.3,
- (6) Shinya YAMASAKI , Wataru SERA , Kenji MASUDA and Hirokazu KURIMOTO :
Investigation of the information provided in KURUSHIMA Traffic Route, The Proceedings of Asia Navigation Conference 2014, pp257-264
- (7) 瀬田広明・大田大・YURTOREN Cemil・AYDOGDU Y. Volkan：VHF 無線電話通信の内容から見た VTS の運用実態，日本航海学会論文集，No.134, pp.81-87, 2016
- (8) 瀬田広明・鈴木治・鎌田功一・天野宏：AIS を用いた海上交通のリアルタイム解析：ES モデルによる操船困難性評価：日本航海学会論文集，No.134, pp.81-87, 2016
- (9) 田崎佑一・鹿島英之・國枝佳明・竹本孝弘：輻輳海域における国際 VHF を用いた船舶間コミュニケーションの特徴について：日本航海学会論文集，No.133, pp.58-65, 2015
- (10) 鈴木治：船陸間情報通信の現状と問題点(特集 MH~VHF 無線,衛星通信,インターネット,GPS,レーダなど 船舶と無線システム)：無線と高周波の技術解説マガジン，No.22, pp.87-89, 2013
- (11) 本村鉦治郎：海上交通調査，日本航海学会誌，No.178, pp.12-17, 2011.10.
- (12) 来島海峡海上交通センターHP：来島海峡における通航船舶の状況,
http://www6.kaiho.mlit.go.jp/kurushima/succor/guide/tokuchou/tukou_senpaku.htm

図及び表一覧

図 一覧

- 図 4-4-1 観測場所
- 図 4-4-2 観測風景
- 図 4-5-1 時間帯別通信数
- 図 4-5-2 通信言語
- 図 4-5-3 通信内容
- 図 4-5-4 全通信における通信相手
- 図 4-5-4 英語通信における通信相手

表 一覧

- 表 4-3-1 使用周波数と優先順位

付録 一覧

- 1 来島海峡における国際 VHF 通信調査記録用紙

第5章 来島海峡航路における航行管制の現状

5.1 はじめに

船舶交通が輻輳する海域では、船種や船型の異なる様々な船舶が航行し、その中には多くの操業漁船も存在している。また、海域の特性や交通ルールに不慣れな外国船舶も航行するため、輻輳海域における海難は後を絶たない状況にある。このような輻輳海域において海上交通の安全を図るため、航路の設定や、海上保安庁が運用する海上交通センターが設置されている。海上交通センターは、船舶交通に関する情報を収集し、航行船舶に対して安全運航に必要な情報の提供、また、大型船舶の航路入航間隔の調整や巡視艇と連携して不適切な船舶に対する指導や取り締まりといった航行管制を行っている。海上交通センターは日本国内に7か所設置され、24時間体制で運用が行われている。

平成22年7月、「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」が施行された。これは、近年における海難の発生状況、海上交通に関わる環境の変化等を踏まえ、船舶交通の安全性の向上を図るため、海域の特性に応じた新たな航法の設定や、船舶の安全な航行を援助するための措置に関する規定等が改正された⁽¹⁾ものである。その中で、船舶の安全な航行を援助するための措置に関する規定の改正により、海上交通センターが従来実施している業務が見直され、業務の改正や新たな業務が追加された。その中で、国際VHFによる情報提供業務は、「通信符号」を使用した通信の運用が開始している⁽²⁾。この業務運用の背景は、法改正により一定の海域において、安全に航行するために必要と認められる情報の提供、必要に応じた危険防止のための勧告制度の導入等、海上交通センターから発信するメッセージに法律上の位置づけがなされた。このため、「IMO標準海事通信用語集」(Standard Marine Communication Phrases)⁽³⁾で推奨されている通信符号(メッセージマーカ)を使用し、海上交通センターから発信する通信の意図が、航行船舶に対して明確に伝わるよう運用が開始された。

輻輳海域を航行する船舶にとって、安全な航行に関する情報は非常に重要であり、特に当該海域の航行に不慣れな外国船舶にとっては、その情報の価値は非常に高い。しかし、情報提供を行う海上交通センターにとって、法改正によって業務量は拡大し、情報提供のほかに複雑な航行管制が行われている。法改正後の情報提供や航行管制の現状は明らかにされておらず、問題点を明らかにした調査は行われていない。

そこで本研究は、船舶交通が輻輳し、複雑な航行管制が行われている来島海峡航路に着目する。国際VHFを聴取し、同海域における情報提供や航行管制の現状について調査を行う。通信符号に着目し、国際VHFによる情報提供や航行管制の現状を考察することを目的とする。

5.2 海上交通センター

5.2.1 海上交通センターの概要

海上交通センターは、輻輳海域における船舶交通の安全を図るため、船舶の安全運航に必要な情報提供や航行管制業務を行っている。輻輳海域を航行する船舶に対して、レーダーやAISデータ、及び船舶と国際VHFを用いて、船舶交通に関する情報を一元的に収集し、船舶の航行に必要な情報提供や航行管制を行っている。海上交通センターは、海上保安庁の運用によって、公的な管制が24時間体制で行われている。東京湾海上交通センターが1977年に日本で初めて運用が開始され、船舶交通が輻輳海域において順次設置が行われた。現在国内には、東京、伊勢、名古屋、大阪、備讃瀬戸、来島海峡、関門海峡の7か所に設置されている。

国際的には、海上交通センターはVTS(Vessel Traffic Service)とよばれ、同様の施設が世界各国の輻輳海域等に設置されている。VTSに関して、国際航路標識協会(IALA: International Association of Marine Aids to Navigation and Light Authorities)は、VTSの新規導入及びシステムの機能向上を検討する政府に対して、指針と助言を与えることを目的に、運用のガイドラインやマニュアル等⁽⁴⁾を作成している。

平成22年7月に、「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」が施行され、海上交通センターが行う業務が改正された。海上保安庁は海上交通の安全確保に向け、新交通ビジョンを示し、海上交通センターの機能強化に係る制度を改正した。新交通ビジョンの中で、1.ふくそう海域における安全性の向上、2.港内船舶交通の効率化、安全対策の強化を挙げ、この中で、航路外待機指示、転流前後における特別な航法の指示、航路入航前における通報の義務付け、船舶の安全な航行を援助するための措置、航路通報・指示対象船の拡大、異常な気象等の場合の危険防止のための指示・勧告を新たに規定した。これにより、新たな権限を海上交通センターが行使できるようになり、危険防止のための情報提供、航法厳守・危険防止のための勧告、航路外待機の指示、転流時の特別な航法の指示など、業務の拡大や、業務の高度化が行われた。

法改正に伴う業務の変化に対応するため、海上交通センターは管制官の研修制度の確立・資格認定制度の導入や、運用体制の強化が行われた。

管制官の研修制度等については、法改正により増大した業務対応するため、IALAが示している「VTS要員の研修及び資格認定の基準に係る勧告」⁽⁵⁾「VTS研修コースの認定について」⁽⁶⁾等のガイドラインに準拠し、教育内容を充実させ、国際基準に適合した制度の確立に向けた対応を行っている。これは、初任者や監督者に対して一貫した教育システムを構築し、運用管制官としての資格認定制度を導入し、世界基準に準拠した運用管制官のスキル確保を目的とする。

運用体制の強化については、当該海域の管制業務を行っていた運用管制官に加え、新

たに統括運用管制官を設置した。運用管制官の業務を統括運用管制官が監督・補助を行うことで、運用体制の強化を図る。統括運用管制官の主な業務は以下の2項目である。

1. 船舶の操船上の判断に直接影響を与えることとなる勧告等の新規業務について、十分な専門知識や経験に基づき、即時に適切な対応を判断するとともに、運用管制官に指示し、無線を用いて船舶へ伝達させるなど、運用管制官への指示
2. 質量ともに増大する運用管制官の動静把握・情報提供業務について、適切に実施されているかを監督・補助

5.2.2 海上交通センターの業務

海上交通センターの業務は、船舶交通が輻輳する海域において、船舶の安全かつ効率的な運航を確保するため、高性能レーダーやAISを用いて、船舶の動静や気象海象等の海上交通に関する情報を収集し、通航船舶への情報提供や航行管制を行う。情報提供は、操船者の意思決定過程を支援する情報提供業務で、航行管制とは、航行船舶を安全かつ能率的に運行するため、大型船等の通航計画や入航順序調整といった通航編成業務である。これはIMO決議A.857(20)のガイドラインに定められ、IALAにより、「VTSマニュアル」が作製されている⁽⁴⁾。なお、日本における海上交通センターの業務は、船舶がとるべき針路や機関操作のような操船内容について指示することはなく、海上交通センターが発信する情報をどのように活用するかは、操船者の判断に委ねられている。

従来の業務は、情報提供業務と通航編成業務であるが、「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」の施行により、船舶運航に直接関与することができる航行支援業務が新たに追加された。これにより、基本的なVTS業務から高度なVTS業務が可能となった。その主な内容は、航路外での待機指示、来島海峡航路における航法、船舶の安全な航行を援助するための措置である。

航路外での待機指示は、潮流が速く最低速力の確保ができない場合や、霧により視界が制限される場合に、速力の遅い船舶が狭い水域を閉塞させ、または、視界制限により船舶同士が異常に接近するなどの危険な状況の発生を未然に防ぐため、航路ごとに定める条件により、一定の船舶に対して航路外で待機する旨を指示することである。

来島海峡航路における航法では、転流前後における特別な航法の指示が可能となった。これは、転流前後は船舶の運航状況に応じ、海上交通センターが通航船舶に対して個別に通航方法を指示するものである。

船舶の安全な航行を援助するための措置は、一定の海域を航行する一定の船舶に対して、情報の提供と情報聴取を義務化した。また、航行船舶が交通ルールに従わないで航行する

恐れのある場合や、危険が生じるおそれがあると認める船舶に対して、交通方法の遵守又は危険防止のための勧告と報告を行うことができる。

ただし、新たに導入された航行支援業務は、一定の状況において航路外で待機することや、来島海峡航路における転流前後の従うべき航法の内容(右側通航か左側通航)を指示するもので、舵角量や機関操作といった船舶の操船に関して指示するものではない。また勧告についても、船舶における操船上の判断を支援するためのものであって、法的強制力を伴いこれに従うことを求める指示とは異なる。

以上のように、法改正によって従来のVTS業務の拡大や高度化が行われ、新たな権限を海上交通センターが行使できる。一定の海域において安全に航行するために必要と認められる情報や、必要に応じた危険防止のための勧告制度が導入され、海上交通センターが発信するメッセージに法律上の位置づけがなされた。これにより、通航船舶にとって、海上交通が発信する情報の重要性が高くなったといえる。このため海上交通センターは、発信する通信の意図が航行船舶に対して明確に伝わるよう、通信符号(メッセージマーカ)を冠した通信の運用が開始された。これは、「IMO標準海事通信用語集」(Standard Marine Communication Phrases)で推奨されている通信符号(メッセージマーカ)であり、国内では平成22年6月より施行運用が開始され、平成22年7月より本運用が開始された。現在、5種類の通信符号をメッセージの冒頭に冠して通信が行われ、その詳細を表5-5-1に示す。

表5-2-1 通信符号とその内容

通信符号	内容
指示【INSTRUCTION】	海上交通安全法の規定に基づき、船舶に対し行動を求めることを意味し、操船者は安全上の問題がない限り当該指示に従わなければならない。
勧告【ADVICE】	海上交通安全法の規定に基づき、航路等における交通方法を遵守するため、又は船舶の安全な航行に支障を及ぼすおそれのある危険事象を回避するために、針路の変更その他必要な措置を講ずべきことを通知することを意味する。操船者は当該勧告を慎重に考慮して操船を行うべきであり、どのように対処するかは最終判断は操船者に委ねられる。
警告【WARNING】	船舶の安全な航行に支障を及ぼすおそれのある危険事象について通知することを意味する。操船者は当該危険事象に直ちに注意を払うべきであり、どのように対処するかは操船者の判断に委ねられる。
情報【INFORMATION】	海上交通センターがレーダー等により観測した事実、海域の状況など、航行の参考となる情報を通知することを意味する。当該情報をどのように活用するかは、操船者の判断に委ねられる。
質問【QUESTION】	航行船舶に対して海上交通センターが行う質問に対して、回答を求めていることを意味する。

5.2.3 来島海峡海上交通センターについて

来島海峡海上交通センターは、愛媛県今治市に設置され、平成10年1月より運用が開始されている。大浜、津島に設置された高性能レーダー等により、来島海峡航路周辺海域を航行する船舶に対し、情報提供や航行管制を行っている。来島海峡海上交通センターは、24時間体制で通航船舶の交通整理を行う運用管制課、国際VHFやインターネット等を用いて航行の安全に関する情報提供を行う情報課、通信機器や航路標識等の調整管理を行う整備課で構成されている。

来島海峡海上交通センターは、来島海峡航路の「順中逆西」という特殊な航法に対応するため、通航船舶が航行すべき水道(中水道又は西水道)の潮流情報を、電光掲示板によって示している。ただし、転流の前後20分間は、全ての潮流信号所で「中水道」の潮流情報を表示している。現在、津島潮流信号所、大浜潮流信号所、来島長瀬ノ鼻潮流信号所、来島大角鼻潮流信号所の5か所を運用し、通航船舶の安全を図っている。

従来の来島海峡における潮流情報は、腕木方式、灯光方式、電光表示方式によって潮流情報を提供していた。中渡島潮流信号所は、1909年より腕木方式と灯光方式で業務を行っていた。しかし、混在した情報提供方式や視認性・利便性の向上を図るため、平成24年、すべての潮流信号所における情報提供方式が電光表示方式に統一された。その統一に伴って、中渡島潮流信号所は廃止され、国内の腕木方式による潮流信号所はすべて廃止された。潮流信号の電光表示について、表示される文字や内容を、表5-2-2に示す。

表 5-2-2 来島海峡における潮流信号の電光表示

電光文字等	内 容	航行時に留意すべき事項
S	南流	
N	北流	
0~10	流速を数字で表示 【単位:ノット(小数点第一位を四捨五入)】	逆潮の場合、最低速力4ノットを確保する必要があります。
↑	流速が速くなる	
↓	潮流が遅くなる	
↓	転流1時間前から転流まで	この表示が出ている場合は、転流前の入航通報が必要になります。
×	転流期 【転流の20分前から転流して20分後まで】	

来島海峡海上交通センターの主な業務内容は以下のとおりである。

- レーダー、テレビカメラ及びAISからのデータ並びに船舶との国際VHFによる通信により、船舶交通に関する情報を収集、把握、監視
- 通航船舶に対して安全のために必要な情報の提供
- 危険防止等のため必要な場合における船舶への勧告
- 転流前後における特別な航法の指示。
- 視界制限状態等海上交通安全法で定める場合には船舶に対し航路外での待機、航路入航予定時刻等の変更を指示。

転流前後における特別な航法の指示は、来島海峡海上交通センターのみで実施している固有の業務である。来島海峡海上交通センターの業務について、航行管制業務と情報提供業務に分け、その詳細について調査を行う。

5.2.3.1 航行管制業務

来島海峡海上交通センターが行う航行管制業務は、1. 転流時における特別な航法の指示、2. 航路外待機指示、3. 巨大船等に対する指示がある。

1. 転流時における特別な指示とは、来島海峡航路のみの管制業務である。これは、潮の流れで通航水道が変化する来島海峡航路において、転流前後に来島海峡航路を航行しようとする船舶に対して、個別に通航水道を指示する管制業務である。通常、順流の場合には中水道を通航し、逆流の場合は西水道を航行しなければならないが、転流の前後は、この航法に従わず、来島海峡海上交通センターが指示する水道を航行しなければならない。ただし、指示の内容は航行水道を指示するものであり、船舶の操船に関して指示をするものではない。

2. 航路外待機指示とは、来島海峡海上交通センターが霧や船舶交通の状況を勘案して、危険を防止するため必要と認めるときは、対象船舶に対して航路外で待機すべき旨を指示することができる。視界制限時における対象船舶は、視程 2,000m 以下の場合、巨大船、特別危険物積載船、長大物件えい航船等である。視程 1,000m 以下の場合、長さ 160m 以上 200m 未満の船舶、危険物搭載船(特別危険物積載船を除く)、100m 以上 200m 未満の物件えい航船である。

また来島海峡は潮流が速いため、潮流に逆らって4ノット以上の速力を確保できない船舶は、航路外待機指示の対象船舶となる。これらの対象船舶については、指定された待機場所にて待機しなければならない。

5.2.3.2 情報提供業務

来島海峡海上交通センターが行う情報提供業務は、1. 長さ50m以上の船舶であって情報の聴取義務海域を航行するもの(以下「特定船舶」という)に対する情報、2. 準特定船舶(特定船舶以外の船舶であって、AISを備えた船舶をいう)に対する①に準ずる情報、3. 必要と認める特定船舶又は準特定船舶に対する、又は当該船舶からの依頼に基づく航行の安全上必要な情報、4. 必要と認める特定船舶及び準特定船舶以外の船舶に対する、又は当該船舶からの依頼に基づく航行の安全上必要な情報の4項目に分類できる。1. 長さ50m以上の船舶であって情報の聴取義務海域を航行するもの(以下「特定船舶」という)に対する情報は、以下のような情報が提供される。

- 聴取義務海域において適用される交通方法に従わないで航行するおそれがある場合における、当該交通方法に関する情報
- 特定船舶の航行の安全に著しい支障を及ぼすもの(船舶交通の障害等)に関する情報
- 特定船舶が安全に航行することが困難な海域に著しく接近するおそれがある場合における、当該海域に関する情報
- 他船の進路を避けることが容易でない船舶の航行により、特定船舶の航行の安全に著しい支障を及ぼすおそれのあるものに関する情報
- 特定船舶が他の特定船舶に著しく接近するおそれがある場合における、当該他の特定船舶に関する情報
- 上記のほか、特定船舶において聴取することが必要と認められる情報

以上のように、来島海峡海上交通センターは様々な情報を航行船舶に提供して、来島海峡航路における海上交通の安全を図っている。また、法改正によって海上交通センターの業務拡大や業務高度化され、新たな権限を行使できる。海上交通センターから発信される

メッセージに対して、法律上の位置づけがなされたため、航行船舶にとって情報の重要性が更に高くなっている。

そこで、来島海峡航路における航行管制や情報提供の現状を明らかにするため、国際 VHF 通信を観測し、来島海上交通センターが行う航行管制や情報提供の実態について調査を行う。

5.3 来島海峡航路における航行管制の現状調査

5.3.1 調査概要

来島海峡海上交通センターによる航行管制の現状を調査するため、国際 VHF 通信の観測を行う。調査の方法は、国際 VHF 通信の呼び出し及び応答を行う 16 チャンネルの聴取を行い、来島海峡海上交通センターが呼び出し側、又は、応答側の場合のみの通信を記録する。なお、船舶間の通信や水島ポータラジオ等の他局の通信は調査対象としない。調査項目は通信時刻・通信言語・呼び出し側・応答側・航行方向・通航水道・通信符号の有無・通信符号を冠している場合はその種類・通信の内容とする。国際 VHF 通信の音声は通信が入るたびに PC の方で録音する。また、本調査と並行して、船舶交通実態調査を実施する。レーダーと AIS データを基に、来島海峡航路を航行する船舶の状況について調査を行う。

5.3.2 事前調査

本調査の実施に向けて、第 4 章で実施した来島海峡における国際 VHF 通信の観測データを再聴取し、調査における問題点を明らかにし、観測方法などの計画を行った。

バックアップ用に録音した通信データについて、常時録音してしまうと通信の空白時間も録音してしまい、解析を行う上で時系列を追って聞き直す場合に、非常に困難である。

来島海峡海上交通センターは、3 人の運用管制官が業務を行っている。船舶交通が輻輳する際には、同時に 3 チャンネルで個々の船舶へ通信が行われており、全ての通信を観測するためには、3 台以上での観測体制が必要である。

転流前後では、複数の航行船舶に対して特別な航法の指示が行われている。海上交通センターが出す指示の中には、どの船舶に追従して入航するか、注意すべき船舶など、船名を利用していることから、状況把握を容易にするため、AIS データの利用が有効である。

以上の予備調査の結果から、本調査は個々の通信のやり取りを一つのデータとして録音すること、3台の受信機を用意して常時3人体制で観測を行うこと、AISを用いて視覚的に状況が把握できる観測を行うこととして、本調査を実施する。

5.3.3 本調査

来島海峡航路における航行管制や情報提供の現状を明らかにするため、本調査を実施する。調査場所は、愛媛県今治港第二棧橋とし、停泊した練習船「弓削丸」の船橋内で観測を行う。調査時間は、平成27年8月10日19時30分から8月11日07時30分までの12時間連続観測とし、調査員は常時3人体制で観測を実施する。調査項目は、海上交通センターと航行船舶との間で行われた通信の時刻、言語、通航方向、通航水道、通信符号の有無、通信内容、その他とする。今回の調査で使用した主な機材は、アマチュア無線機、広帯域受信機、AIS装置、アンテナ、ノートパソコンである。個々の通信のやり取りを一つのデータとして録音し、バックアップデータを作成する。練習船「弓削丸」に設置しているレーダーやAISを用いて、常時通航船舶の状況を確認しながら観測を行うこととする。レーダー画像については1分毎にキャプチャーで録画し、AISデータについても12時間で受信した全てのデータを記録する。また、本調査と並行して、レーダーとAISにより受信したデータを基に、来島海峡航路を通航した船舶の状況調査を実施する。ゲートラインは、図5-3-1に示すように、今治港第二棧橋から竜神島灯台に向けて設定する。調査項目は、ゲートラインを通過した時刻、通過方向、通航水道、速力等とする。

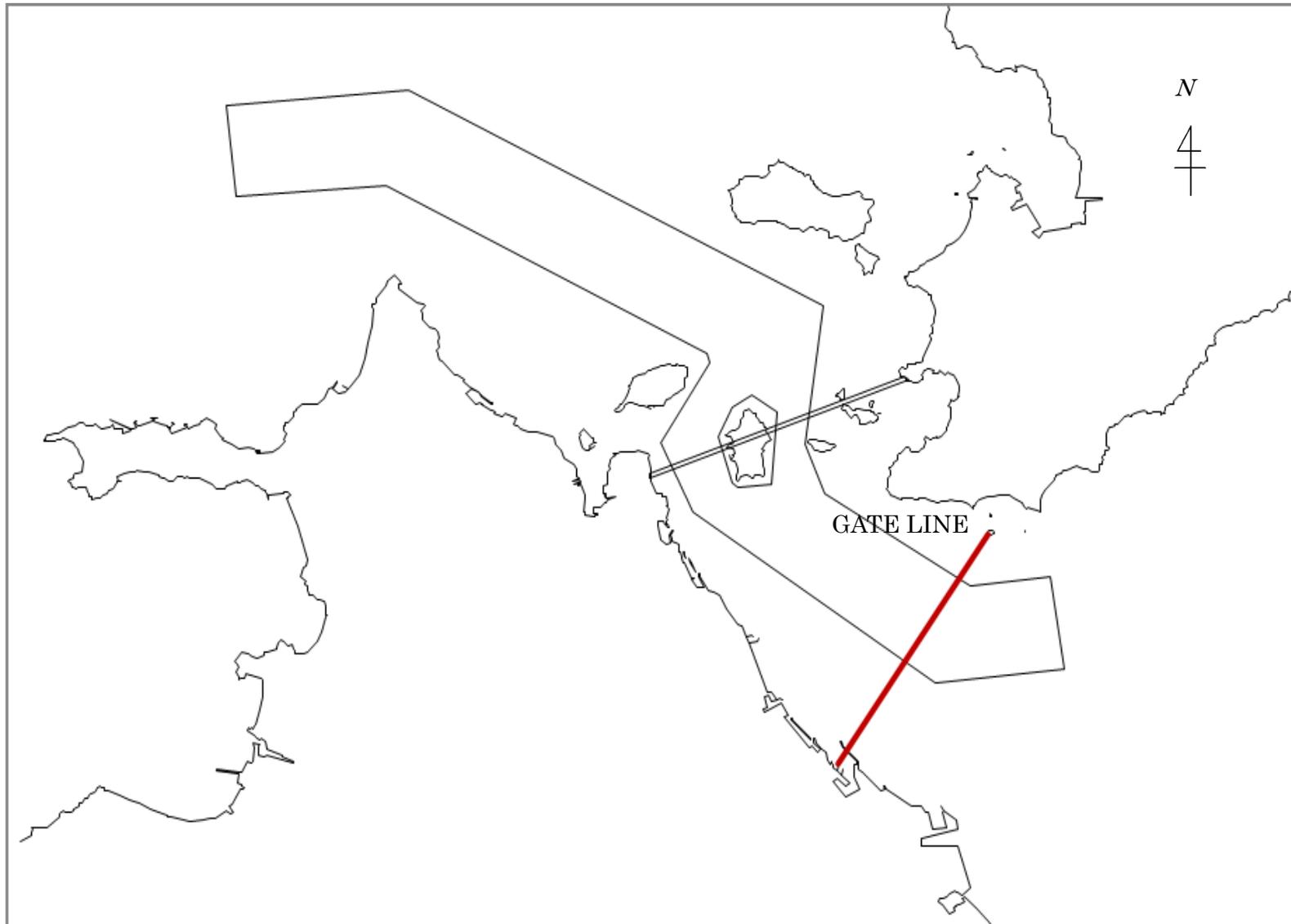


図 5-3-1 船舶交通実態調査ゲートライン

5.4 調査結果

5.4.1 通航船舶の状況

来島海峡航路を航行した船舶は 132 隻で、西航船舶は 59 隻、東航船舶は 73 隻である。来島海峡航路時間帯別通航隻数について、通航方向に分け、その結果を図 5-4-1 に示す。併せて来島海峡の潮流状況を示す。これより、転流前後では通航船舶数が増加し、転流前後の潮流の流速が弱い時間帯に通航する船舶が多くなっている。これより、関門港や大阪港等に早朝の入航を目指して、通航方向によって混雑する時間帯が異なっている。

通航船舶の船長分布を図 5-5-2 に示す。また、船種別にその内訳を示している。これより、100m 未満の船舶が 85 隻で全体の 64% である。また、船長が 160m を超える大型船は、Ferry や RO-RO 船である。

通航船舶の船種分布を図 5-5-3 に示す。これより、通航船舶は Cargo が全体の 41% と最も多く、次いで Tanker、Ferry である。

通航船舶の船籍分布を図 5-5-4 に示す。日本籍船が 92 隻で全体の 69% を占め、次いで韓国、カンボジアである。

ゲートライン通過時の速力分布を、図 5-5-5 に示す。10knots 以上 15knots 未満で航行する船舶が大多数を占めている。この速力分布は、中水道航行船と西水道航行船に分けて抽出され、通過方向別に解析し、その結果を図 5-5-6、図 5-5-7 に示す。西水道航行船は、速力差が大きく、6knots 以下という極度に速力を落とす船舶や、21knots を超える速力で航行する船舶を確認した。最低速力と最高速力を出した船舶は共に東航船であり、最高速力は東航する Ferry で、追越し禁止区間を通過し、その後大幅に増速させている。これより、逆流で西水道を航行する場合、馬力のある大型船にとって速力回復は容易であるが、小型船は速力回復が困難であり、一度速力を落とすと、逆潮の影響が非常に大きいことから、航路内における混雑の一因である。一方、中水道航行船舶の速力分布は、西水道航行船に比べ、速力差は大きくない。最大速力が 20knots を超える船舶は 4 隻あり、これらは全て ferry である。これより、追越し禁止区間を通過した後、順流によって速力を増し、来島海峡航路東出口に向けて航行すると考えられる。

通航船舶の AIS 搭載状況を図 5-5-8 に示す。133 隻のうち、121 隻の 92% が AIS を搭載している。つまり、来島海峡航路を航行する船舶の大半が AIS を搭載し、船長が 50m 未満の船舶でも AIS を搭載している。

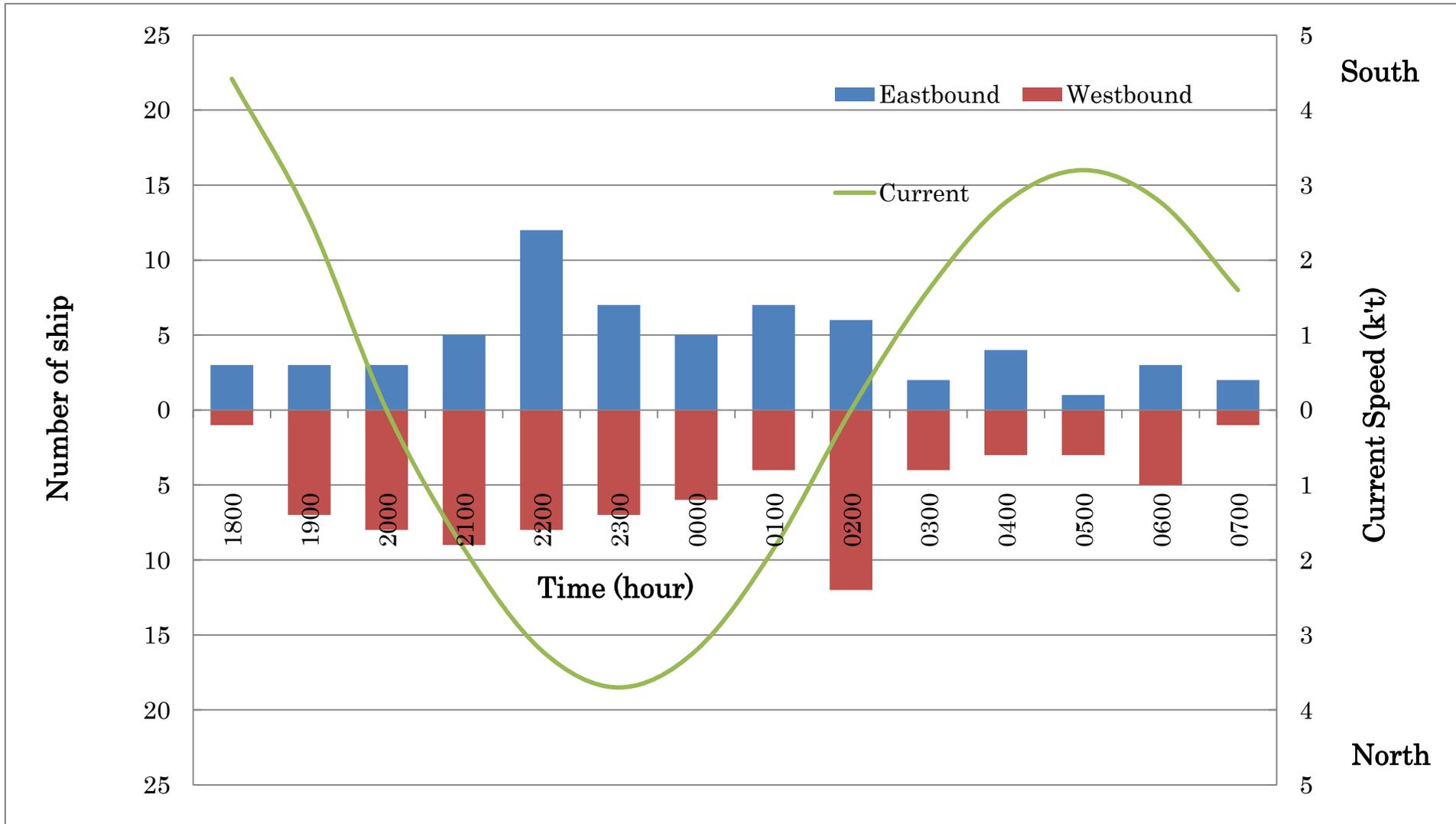


图 5-4-1 来島海峡航路時間帯別通航隻数

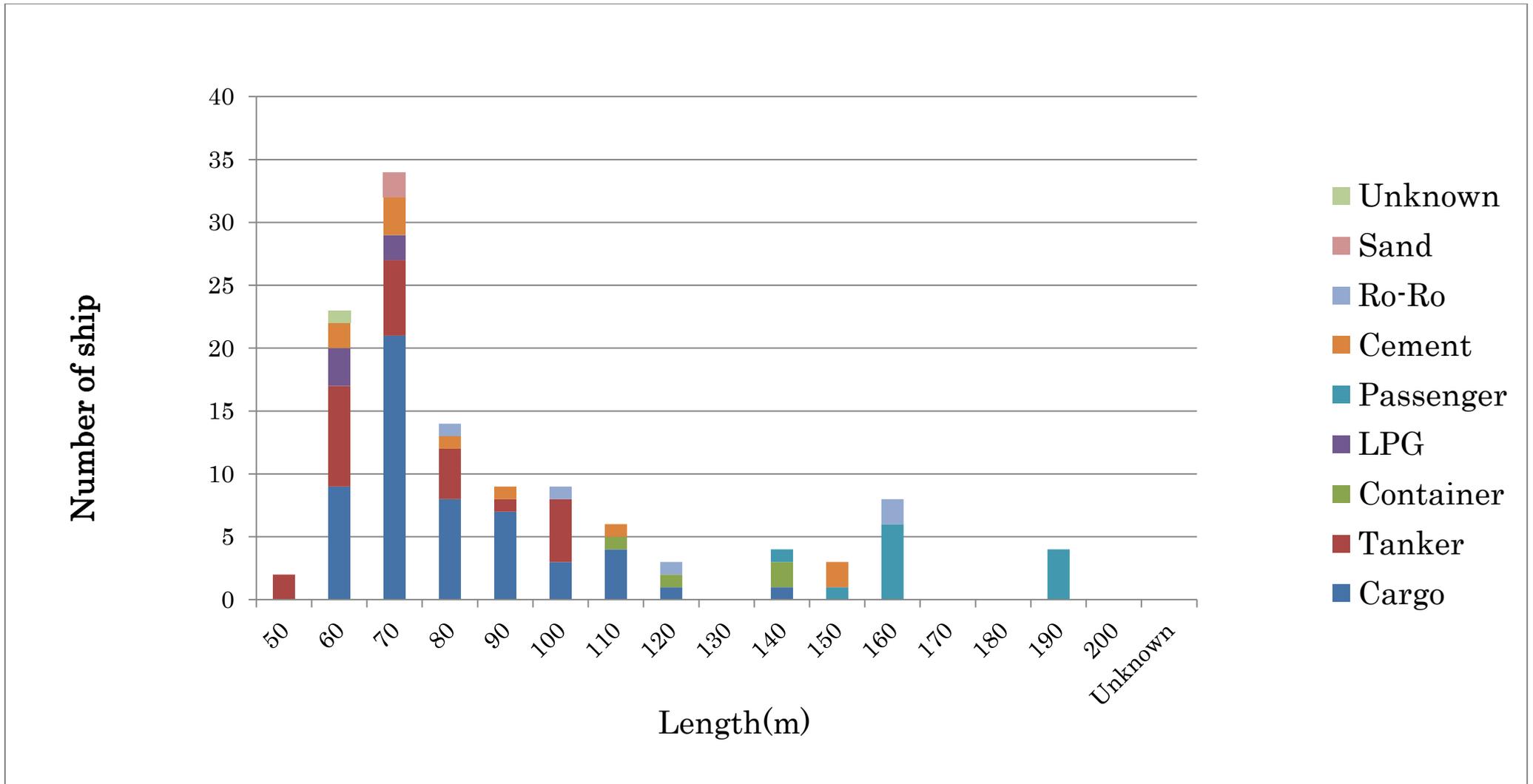


図 5-5-2 船長分布

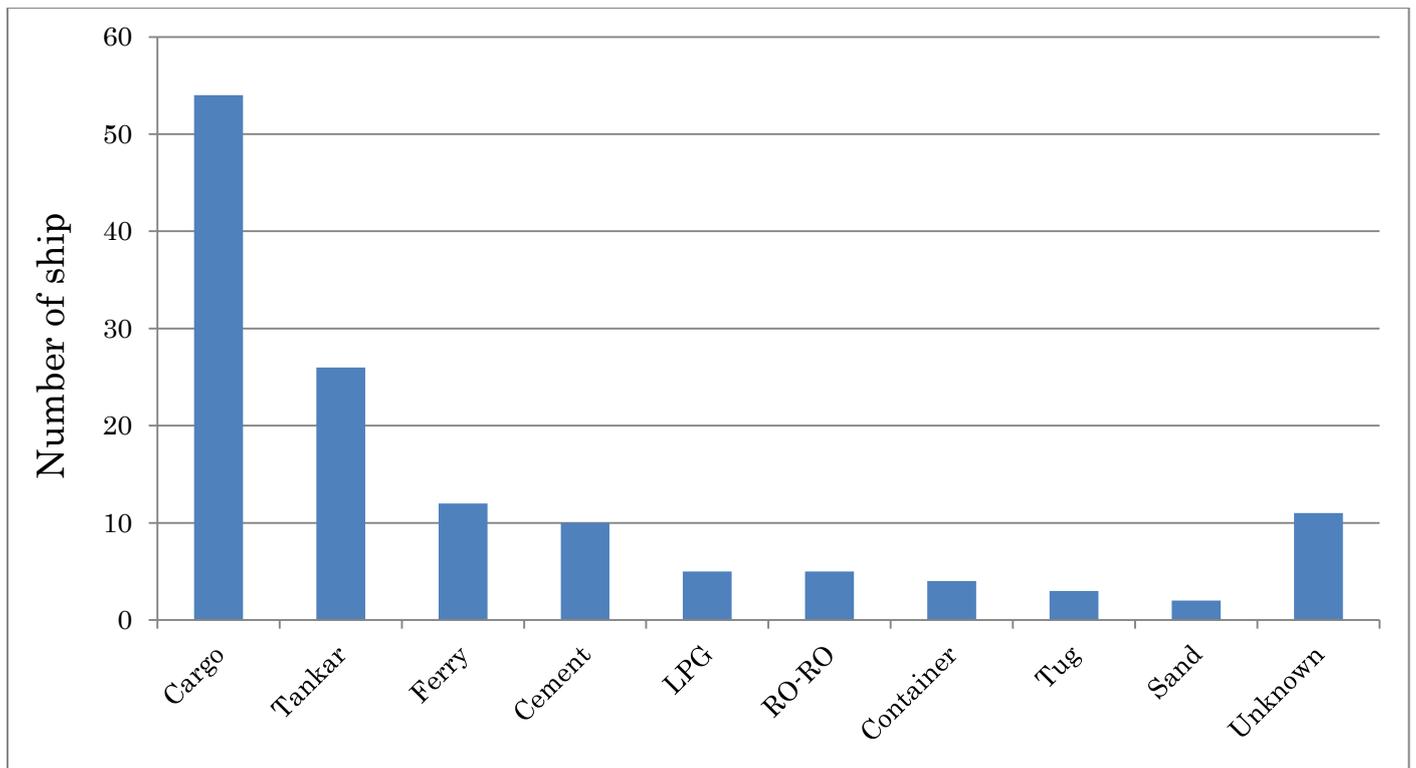


図 5-5-3 船種分布

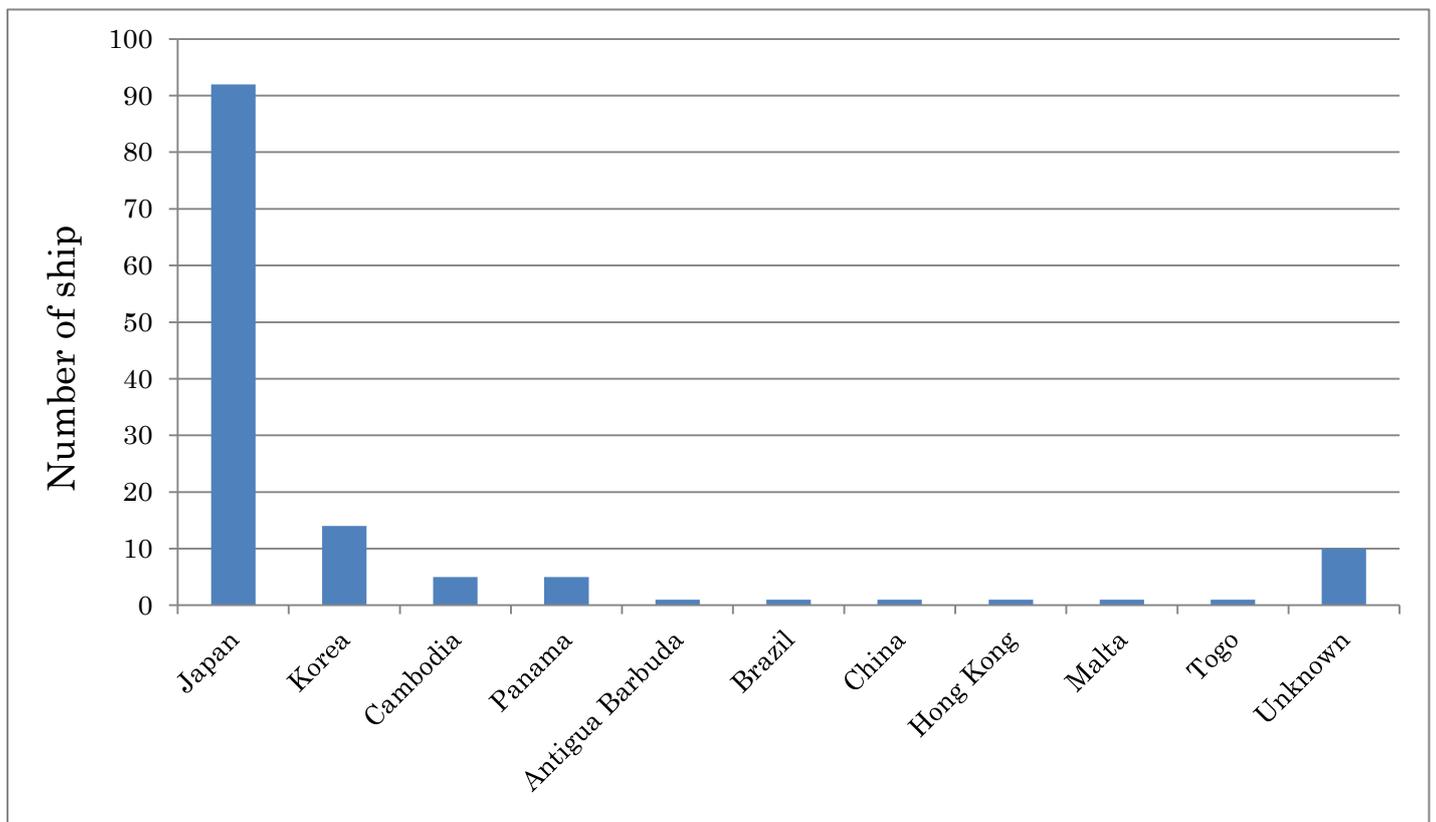


図 5-5-4 船籍分布

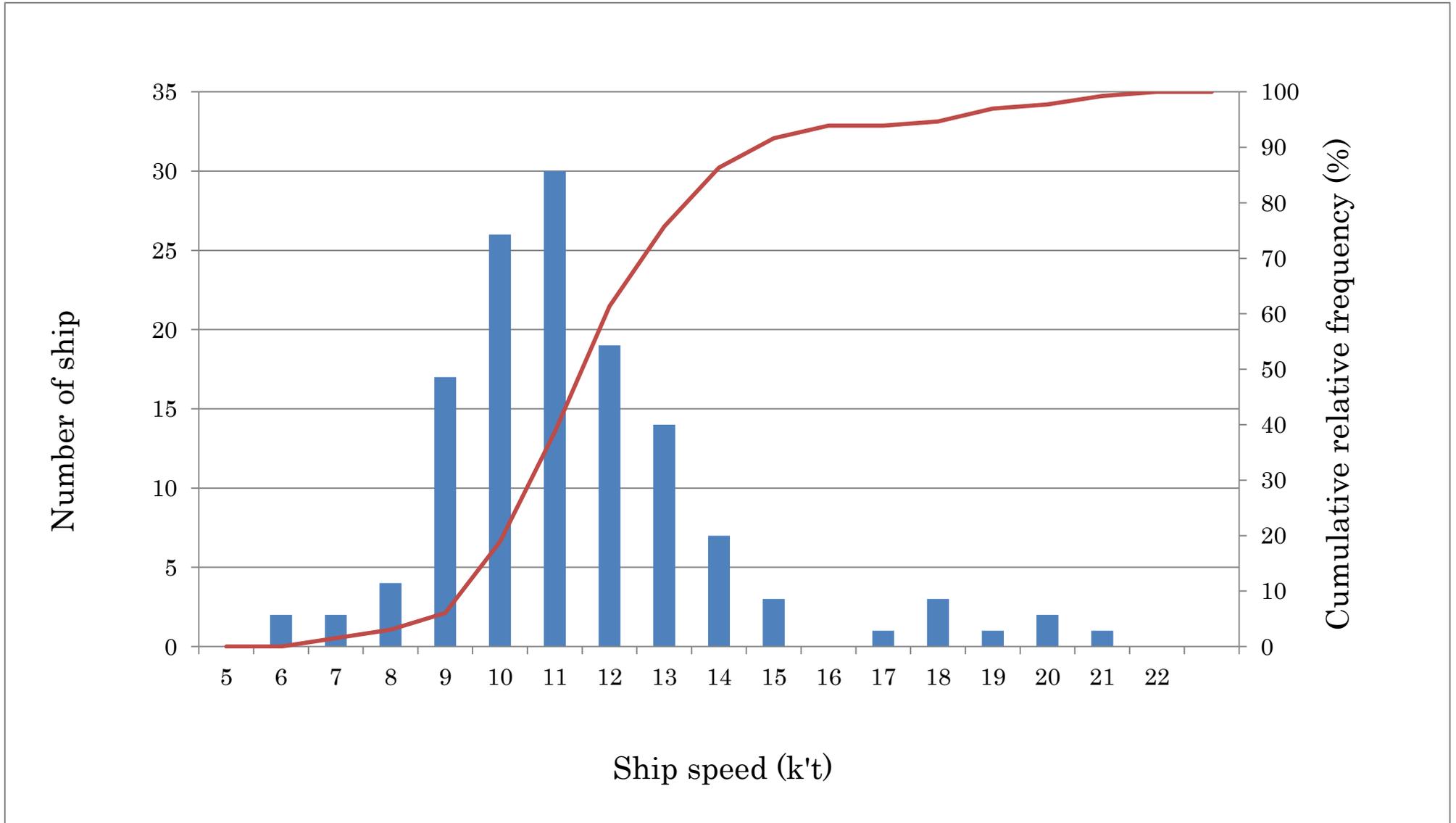


图 5-5-5 速力分布

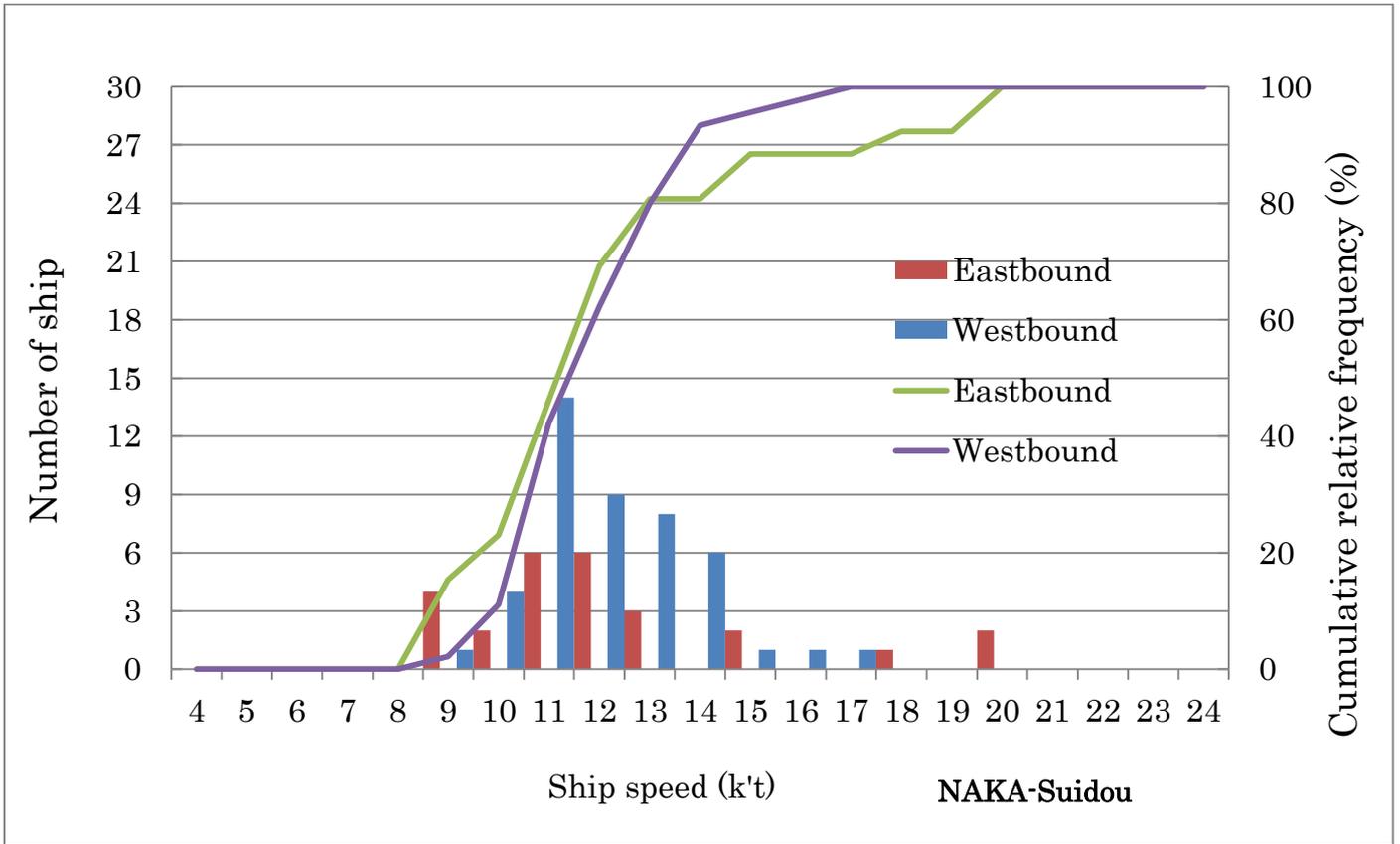


图 5-5-6 速力分布【中水道航行船】

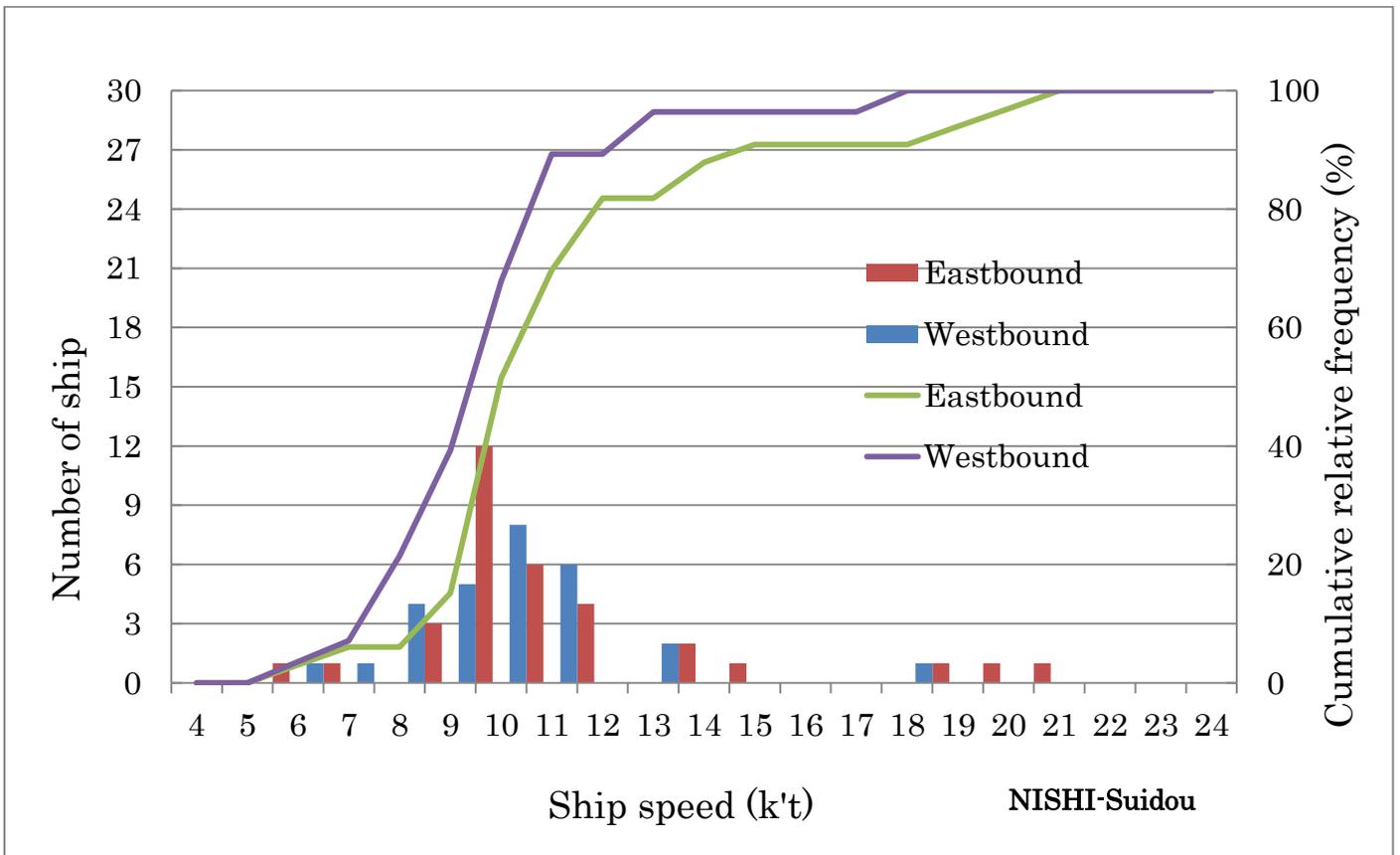


图 5-5-7 速力分布【西水道航行船】

5.4.2 時間帯別通信数

12 時間の連続観測で、観測された通信は 199 回である。時間帯別通信回数の結果を図 5-5-8 に示す。併せて来島海峡の潮流を示している。左縦軸が国際 VHF 通信数、横軸が時間、右縦軸が来島海峡の潮流を示す。これより、転流前後における通信数が増加している。

通信で用いられる言語は、日本語通信が 148 回、英語通信が 52 回である。その他の言語は使用されていない。

5.4.3 通信符号(メッセージマーカ)を冠した通信

海上交通センターが新たに導入した、通信符号(メッセージマーカ)を冠した通信の運用について、通信符号を冠して通信が行われているか、実施状況の調査を行う。その結果を表 5-5-1 に示す。観測された通信数は 12 時間で 199 回行われたが、通信符号を冠した通信は 160 回行われ全体の 80% である。通信符号を冠さずに行った通信回数は 39 回である。これより、来島海峡航路で行われる通信は、通信符号を冠していることが分かる。

通信符号を冠した通信の内訳を調べ、その結果を表 5-5-2 に示す。その結果、最も多く使用されていた通信符号は、情報【INFORMATION】で、131 回の通信が行われ、全体の 82% である。指示【INSTRUCTION】の通信は 11 回行われ、全体の 7% である。質問【QUESTION】は 10 回行われ全体の 6% である。また、一つの通信の中に、情報と質問の通信符号が発せられた通信は 8 回あり、全体の 5% である。勧告【ADVICE】、警告【WARNING】は今回の調査中には行われていない。

通信符号を冠した通信の中で、最も多く使用されていた情報【INFORMATION】は、どのような情報が提供されるのか、通信内容に分類して解析を行う。通信内容を、航路情報、追越し・速力調整に関する情報、注意喚起、その他に分類し、その結果を表 5-5-3 に示す。航路情報に関する内容の通信が最も多く、112 回行われ全体の 86% である。追い越し・速力の調整に関する情報は 11 回行われ全体の 8% である。注意喚起に関する情報は 3 回行われ 2%、その他の情報が 5 回で 4% である。航路情報とは主に、来島海峡の潮流や流速といった潮流に関する情報、航行すべき水道の情報等であり、海上交通センターから情報提供が行われている。注意喚起に関する情報は、転流前後における特別な航法により、通常とは異なる航法で航行する他船動向の注意喚起等が行われている。

指示【INSTRUCTION】を冠した通信の内容は、全て転流前後における特別な航法の指示である。海上交通センターが転流時間と船舶交通流を考慮し、タイミングを見計らって個々の船舶に対して通航水道の指示を行う。その中には、交通流の状況により、事前に指示した通航水道の変更を船舶に指示する場面も発生している。転流前後では、転流に関する指示や注意喚起によって、国際 VHF 通信の混信が発生している。

質問【QUESTION】を冠した通信は、AIS を搭載していない船舶に対して、仕向け港や船の速力に関する質問、また、積載している危険物の種類等の質問である。

5.4.4 通信符号を冠しない通信

観測通信のうち、通信符号を冠さずに行われた通信は 35 回である。通信符号がない通信は、危険な状況が発生する恐れのある緊急を要した場合である。来島海峡海上交通センターは、チャンネルを変えることなく、当該船舶に対して CH16 により、注意喚起や勧告といった内容で通信を行っている。通信内容は、追越し禁止区間で追越し体制にある船舶に対して、法律違反である旨を伝えて禁止するよう警告、追越し禁止区間に向けて前方の船舶との船間距離力を開けるよう勧告、操業漁船の動向に注意するよう注意喚起等である。これらの内容で当該船舶を呼び出し、チャンネルを変更することなく CH16 で通信が行われている。

その他には、海上交通センターが位置通報を受信し、情報【INFORMATION】の通信符号が冠していなかったものや、質問【QUESTION】の通信符号を省略して当該船舶に質問する状況を確認した。

5.4.5 日本船と外国船での通信符号を冠する割合の違い

本調査で、来島海峡航路を航行した船舶は、図 5-5-4 に示すとおり、多くが日本船舶であるが、そのなかで韓国やカンボジア船籍などの外国船舶も航行している。通信言語は表 5-5-10 に示すように、日本語と英語で通信が行われている。そこで、言語別に通信を抽出し、言語による通信符号の実施状況の違いについて解析を行う。その結果を表 5-5-4 に示す。英語通信では、約 9 割が通信符号を冠して行われている。日本語による通信は、通信符号を冠した通信は約 8 割である。

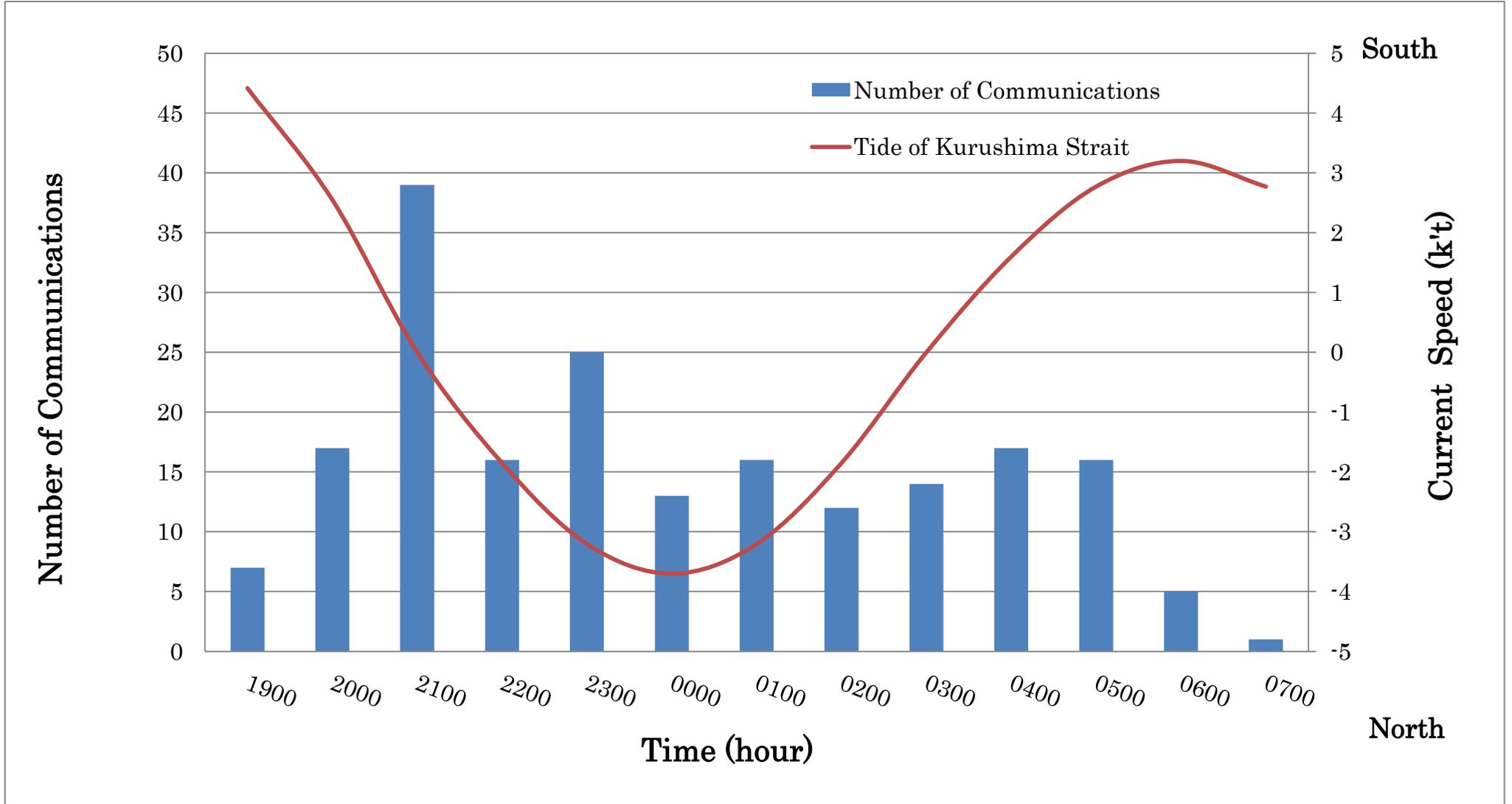


図 5-5-8 時間帯別通信数

表 5-5-1 通信符号の実施状況

通信符号の有無	回数	割合
通信符号あり	160 回	80%
通信符号なし	39 回	20%

表 5-5-2 通信符号を冠した通信の内容

通信符号	回数	割合
INFORMATION	131 回	82%
QUESTION	10 回	6%
INSTRUCTION	11 回	7%
ADVICE	0 回	0%
WARNING	0 回	0%
INFORMATION & QUESTION	8 回	5%

表 5-5-3 情報【INFORMATION】を冠した通信内容

内容	回数	割合
航路情報	112 回	86%
追越し・速力・航法の調整等	11 回	8%
注意喚起	3 回	2%
その他	5 回	4%

図 5-5-4 言語による通信符号の有無

通信言語 \ 通信符号	通信符号あり	通信符号なし
	英語	42 回
日本語	118 回	30 回

5.5 まとめ

時間帯別通信数と来島海峡の潮流図より、転流の1時間前後で通信数が増加する傾向が分かる。これは、転流前後に海上交通センターが通航水道の指示や、周辺船舶への注意喚起等によって増加している。

通信符号の有無の割合は、通信符号を冠した通信は全体の8割であり、法改正によって通信符号を冠した通信の運用が、比較的高い割合で実施され、航行船舶に対する海上交通センターの通信意図が明確になっている。

通信符号を冠した通信の中で、「情報」を冠した通信が全体の84%、次いで「指示」「質問」である。「情報」が大半を占める理由は、来島海峡航路を航行する船舶は、指定された位置通報ラインを通過する際に、海上交通センターに対して位置通報を義務付けられている。この船舶からの位置通報の後に、同海上交通センターが航路周辺における潮流や他船動向などを提供している。この航路情報に「情報」の通信符号を冠して行うことにより、「情報」を冠した通信が増加している。

「指示」を冠した通信は、すべてが転流前後における特別な航法の指示である。また、「指示」の通信符号をつけずに、航法の指示が行われることはなかった。この指示に反して航行する船舶はなく、通信符号を付けることにより航行船舶が来島海峡海上交通センターの意図を明確に理解し、安全な航行を確保するうえで重要な情報であることが分かる。

危険な状況が発生する恐れのある緊急を要した場面では、通信符号のない通信が行われる。特に追越しに関する事例が多く、追越し禁止区間内で追越しを行おうとする船舶や、船間距離が近い場合、当該船舶に対してCH16により、応答がなくても注意喚起や勧告が行われている。

参考文献

- (1) 社団法人 瀬戸内海海上安全協会：来島海峡航路における安全性向上に関する調査研究報告書，2008.10.
- (2) 東京湾海上交通センター：通信符号(メッセージマーカ)を使用した通信の運用について，2010.5
<http://www6.kaiho.mlit.go.jp/tokyowan/topics/messagemarker.htm>
- (3) 国土交通省海事局：英和対訳 IMO 標準海事通信用語集，
- (4) IMO：Guideline for Vessel Traffic Service
[http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=22637&filename=A857\(20\).pdf#search='IMO%E6%B1%BA%E8%AD%B0A.857+%2820%29'](http://www.imo.org/blast/blastDataHelper.asp?data_id=22637&filename=A857(20).pdf#search='IMO%E6%B1%BA%E8%AD%B0A.857+%2820%29')
- (5) 交通政策審議会海事分科会：新交通ビジョンにかかる取り組み状況と今後の課題,2009.11
<http://www.mlit.go.jp/common/000054597.pdf>
- (6) 海上保安庁交通部交通課交通管理室長補佐：「海上交通センター業務の現状と運用管制官の養成」，2012.5
<http://mte.j-navigation.org/pdf/201206.pdf>
- (7) 来島海峡海上交通センター ホームページ
<http://www6.kaiho.mlit.go.jp/kurushima/>
- (8) 瀬田広明・大田大・YURTOREN Cemil・AYDOGDU Y. Volkan：VHF 無線電話通信の内容から見た VTS の運用実態，日本航海学会論文集，No.134, pp.81-87, 2016
- (9) 瀬田広明・鈴木治・鎌田功一・天野宏：AIS を用いた海上交通のリアルタイム解析：ES モデルによる操船困難性評価：日本航海学会論文集，No.134, pp.81-87, 2016
- (10) 田崎佑一・鹿島英之・國枝佳明・竹本孝弘：輻輳海域における国際 VHF を用いた船舶間コミュニケーションの特徴について：日本航海学会論文集，No.133, pp.58-65, 2015
- (11) 社団法人 伊勢湾海難防止協会：AIS を活用した港内管制手法の導入（名古屋港）に関する調査研究報告書，2010.3.
- (12) 山崎慎也・増田憲司・世良亘：航路内における小型船の安全な航行に関する研究，日本航海学会論文集，No.128, pp.9-14, 2013.3.
- (13) 山崎慎也・増田憲司・世良亘・森瑛太郎：航路内における小型船の安全な航行に関する研究Ⅱ，日本航海学会論文集, No.130, pp.122-128, 2014.3,
- (14) Shinya YAMASAKI , Wataru SERA , Kenji MASUDA and Hirokazu KURIMOTO : Investigation of the information provided in KURUSHIMA Traffic Route, The Proceedings of Asia Navigation Conference 2014, pp257-264
- (15) 本村鉦治郎：海上交通調査，日本航海学会誌，No.178, pp.12-17, 2011.10.
- (16) 来島海峡海上交通センターHP：来島海峡における通航船舶の状況，
http://www6.kaiho.mlit.go.jp/kurushima/succor/guide/tokuchou/tukou_senpaku.htm

図及び表一覧

図 一覧

- 図 5-3-1 船舶交通実態調査ゲートライン
- 図 5-4-1 来島海峡航路時間帯別通航隻数
- 図 5-5-2 船長分布
- 図 5-5-3 船種分布
- 図 5-5-4 船長分布
- 図 5-5-5 速力分布
- 図 5-5-6 速力分布【中水道航行船】
- 図 5-5-7 速力分布【西水道航行船】
- 図 5-5-8 時間帯別通信数

表 一覧

- 表 5-5-1 通信符号とその内容
- 表 5-5-2 来島海峡における潮流信号の電光表示
- 表 5-5-1 通信符号の実施状況
- 表 5-5-2 通信符号を冠した通信の内容
- 表 5-5-3 情報【INFORMATION】を冠した通信内容
- 表 5-5-4 言語による通信符号の有無

付録 一覧

- 1 来島海峡航路における航行管制調査記録用紙

第6章 新たな航行管制手法の提案

6.1 はじめに

平成22年7月に施行された「港則法と海上交通安全法を一部改正する法律」により、操船者を取り巻く環境が変化している。新たな交通管制の導入や、来島海峡航路では、最低速力の設定や追越しの禁止など、従来の航行環境が大きく変化している。これまでの調査より、以下3項目の問題が発生している。

1. 追越し禁止区間の設定により速力の遅い船舶の発生に伴い、後続船が速力を落とすことで航路が閉塞し、団子状態での航行が発生している。団子状態での航行は、操船者にとって大きな負荷を与え、許容できない状況が発生している。
2. 転流前後では通信数が増大し、海上交通センターの業務量の増大に加え、国際VHF通信の混信が発生している。これより、必要な情報を適切な時期に提供できない事態が発生している。
3. 来島海峡航路における航行管制は、転流前後における特別な航法の指示により、通航水道の指示が行われ、複雑な航行管制が行われている。

以上の問題を解決し、更なる海上交通の安全を確保するため、本章は航路内における新たな交通管制手法の検証を行う。

第2章において、航路内で他船とこれ以上接近近づきたくない領域、また、近づいてほしくない領域をアンケート調査により抽出し、接近限界距離を求めた。操船者は、この接近限界距離をもとに航路を航行し、他船と極度な接近をしないよう操船している。この接近限界距離を基に、新たな交通管制手法の検討を行う。

6.2 接近限界距離

船舶の安全な航行を考える上で操船者は、自船の周りに他船や障害物の侵入を許さない領域を常に意識している。その領域を定量化した研究は参考文献(1)(2)等があるが、航路内を対象とした研究はみあたらない。そこで、海上交通安全法に基づく航路を対象に、操船者が考える接近限界距離をアンケート調査⁽³⁾により抽出した。ここでは、接近限界距離を「一方通航の航路内で、同航する他船を追い越す、もしくは追い越されるという接近状況において、自船周囲の一定の領域内に侵入されると危険を感じ、それ以上の接近を許容できない距離」と定義している。モデル化は、従来の領域をあらわすモデルに従い自船長で

基準化するとともに、累積相対度数のパーセンタイルに着目して基準化した⁽³⁾。80 パーセンタイルでの接近限界距離の回帰式を以下に示す。

$$Lof = 0.0623Lt + 6.369 \quad (r^2 = 0.97) \dots (1)$$

$$Loa = 0.0719Lt + 6.382 \quad (r^2 = 0.97) \dots (2)$$

$$Los = 0.0342Lt + 4.648 \quad (r^2 = 0.97) \dots (3)$$

$$Lop = 0.0311Lt + 4.700 \quad (r^2 = 0.95) \dots (4)$$

ただし、

Lof：接近限界距離/自船長 船首方位

Loa：接近限界距離/自船長 船尾方位

Los：接近限界距離/自船長 右舷方位

Lop：接近限界距離/自船長 左舷方位

Lt：他船長(m), r^2 ：決定係数

6.3 接近限界距離を用いた 2LANE による管制手法

2 船の全長が等しい場合、両船の接近限界距離は同値となる。そこで両船が追い越し時に互いに接近限界距離内に侵入されないためには、接近限界距離の半分の領域が必要となり、これをブロック領域と呼ぶ⁽³⁾。1 隻の領域を一つのブロックと見立て、このブロック領域が航路内で重ならない、もしくは、はみ出さなければ追い越しを可能とする。そして、航路を仮想の 2LANE と見立て、その左側、右側を航行させる管制方法である。その概念図を図 6-3-1 に示す。船長 50m の場合、80 パーセンタイルにおけるブロック領域の大きさは、長さ 511.5m、幅 319.5m となり、幅 750m の航路内では重ならないため、追い越しが可能であると判断する。その状況を図 6-3-2 に示す。

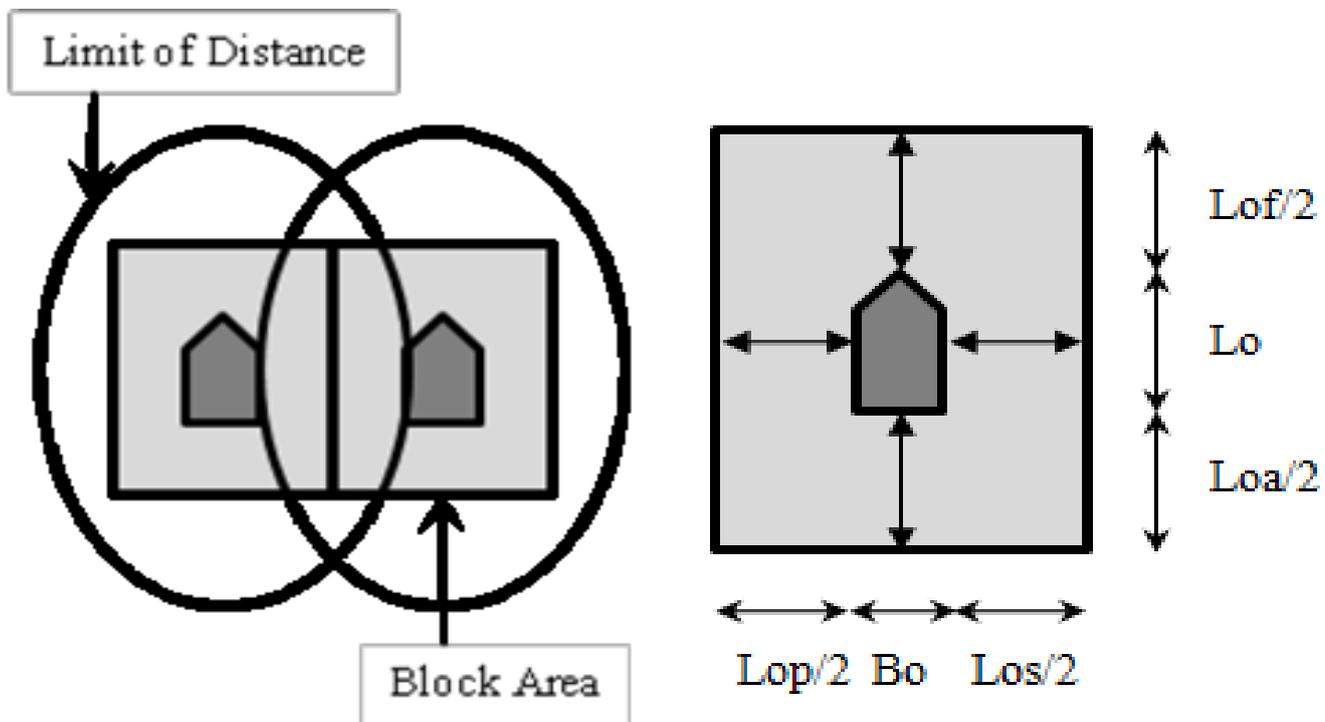


図 6-3-1 ブロック領域を用いた管制手法の概念図

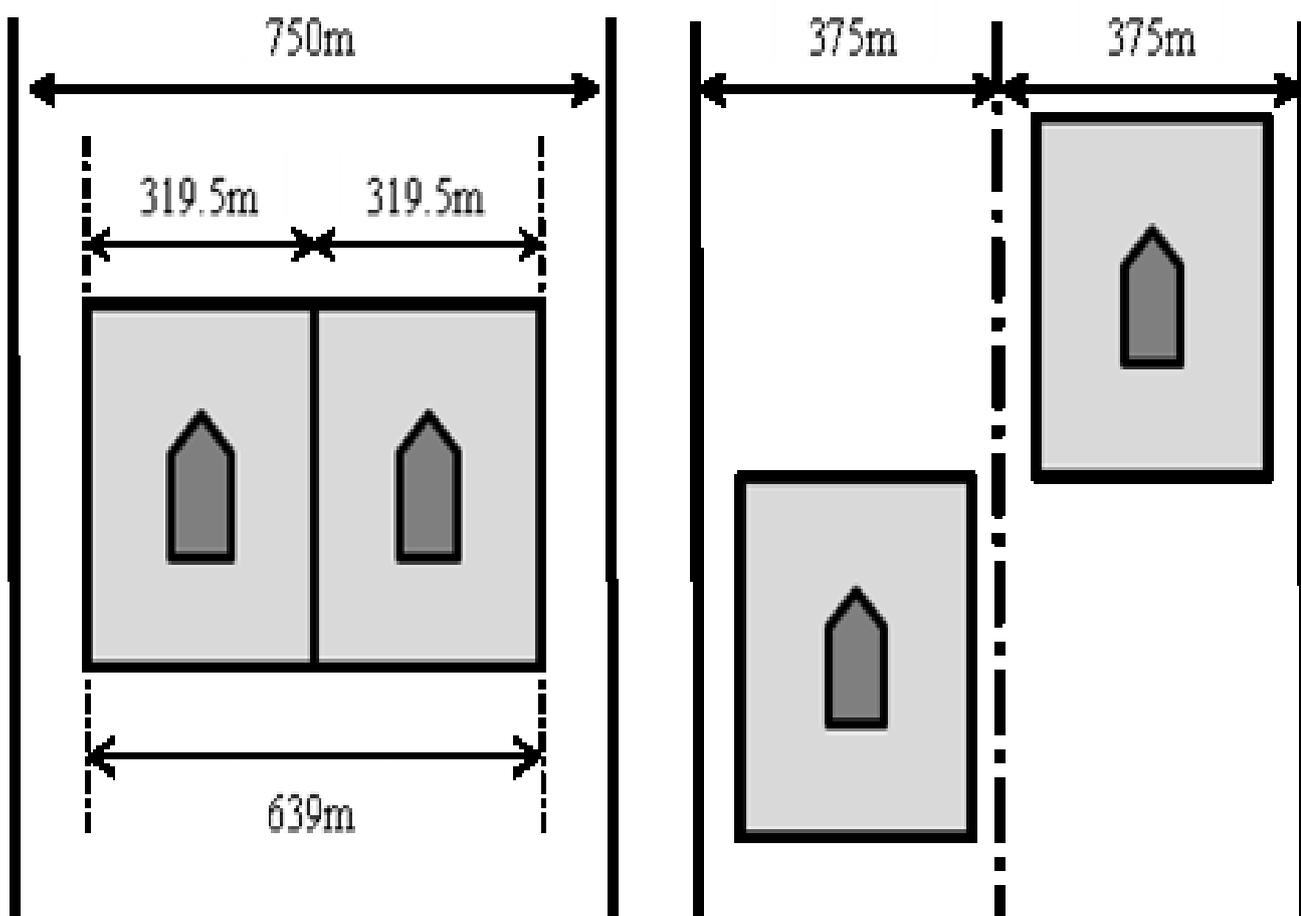


図 6-5-2 ブロック領域を用いた管制手法

6.4 2LANE による管制手法の検証

第 3 章で実施した船舶交通実態調査では、6 隻の船舶が団子状態で航路を航行する事例が発生した。この状況をもとに、今回提案するモデルを用いて検討を行う。

各船舶間に必要な領域の大きさを、80 パーセント、75 パーセント、50 パーセントで算出し、追い越しが可能かどうか比較を行う。表 6-4-1 は、前後する 2 船の最接近距離と 50 パーセントのブロック領域を示す。これより、通常の航路幅 750m の航路では 50 パーセントのブロック領域で、すべての状況で追い越しが可能である。また、中水道の場合は最狭部が約 400m であるがその範囲は極めて短く、その前後では十分な幅を有していることから最狭部以外は追い越しが可能である。

このように、提案する追い越し管制を行うことで、各船舶間に必要な領域を隔て追い越しが可能になり、異常な接近を回避することが期待できる。

表 6-4-1 最接近距離とブロック領域

Ship No.	1	2	3	4	5
	2	3	4	5	6
Closest approach distance (m)	268	235	211	179	111
Block area (m)	545	491	628	482	402

6.5 まとめ

狭い航路内における追越し禁止の措置は、衝突や乗揚げ防止のために必要であるが、一方で、団子状態で航路を航行し、異常な接近や無理な減速によって、操船が困難な状況が発生している。この問題を解決する方法として、ブロック領域を用いた管制手法を提案した。これは、接近限界距離を用いてブロック領域を算出し、領域が航路内で重ならない、もしくははみ出さなければ、追越し可能と判断する手法である。

この管制手法を用いて、船舶交通実態調査で観測された団子状態の事例について検討した。各船が必要な領域を算出し、実際の最接近距離と比較を行うと、50パーセントの領域であれば、航路幅750mであれば、すべて追越しが可能であることが判明した。また、中水道の場合、最狭部以外は追い越しが可能であり、この管制手法を用いることで、異常な接近や無理な減速を減らすことができる。つまり、一律に追越しを禁止させて異常な接近状態を継続させるのではなく、船長や速力差など状況に応じて、2LANEに分かれて追い越しを可能にすることで、異常な接近や無理な減速をすることなく航行できる。

本章では、接近限界距離を用いたブロック領域の換算式を求めた。この換算式を追越しの判断ツールとして用いた、新たな管制手法を提案した。

来島海峡航路を航行する船舶の多くは小型船であり、特に夜間の転流期は船舶交通が輻輳している。転流前後では、来島海上交通センターによる航法の指示や注意喚起が行われ、危険な状況を回避するための対策が行われている。法律の改正に伴って、操船者を取り巻く環境が変化し、新たな問題も発生していることから、更なる安全性の向上が必要である。

本研究では、航行隻数の多い小型船に着目し、航路内における小型船の安全な航行に関して検討を行った。その対策として、ブロック領域を用いた航路内における管制手法を提案した。今後は実際の航路に当てはめ、屈曲の影響や潮流の影響を考慮し、運用に向けた更なる検討が必要である。

参考文献

- (1) 藤井弥平：避航領域の定義についての一考察，日本航海学会誌，No.44，pp.49-58，1970.12.
- (2) 井上欣三ほか：制約水域における航過距離と離隔距離に関する操船者意識のモデル化，日本航海学会論文集，No.90，pp.297-306，1994.3.
- (3) 社団法人 伊勢湾海難防止協会：AIS を活用した港内管制手法の導入（名古屋港）に関する調査研究報告書，2010.3.
- (4) 山崎慎也・増田憲司・世良亘：航路内における小型船の安全な航行に関する研究，日本航海学会論文集，No.128，pp.9-14，2013.3.
- (5) 山崎慎也・増田憲司・世良亘・森瑛太郎：航路内における小型船の安全な航行に関する研究Ⅱ，日本航海学会論文集，No.130，pp.122-128，2014.3，
- (6) Shinya YAMASAKI , Wataru SERA , Kenji MASUDA and Hirokazu KURIMOTO : Investigation of the information provided in KURUSHIMA Traffic Route, The Proceedings of Asia Navigation Conference 2014, pp257-264

図及び表一覧

図 一覧

図 6-3-1 ブロック領域を用いた管制手法の概念図

図 6-3-2 ブロック領域を用いた管制手法

表 一覧

表 6-4-1 最接近距離とブロック領域

第7章 結論

7.1 接近限界距離の策定

操船者は他船と接近する状況で、他船とこれ以上近づきたくない領域、また、近づいてほしくない領域を意識している。この領域は避航領域とされ、従来調査研究が行われてきた。しかし、船舶交通が輻輳する航路内を対象とした調査は行われておらず、航路内における接近基準の策定が必要である。そこでアンケート調査を実施し、操船者の意識の中に存在する、航路内における接近限界距離を抽出し、その領域のモデル化を行った。接近限界距離を自船長で基準化し、80パーセントイルに注目して、他船長の関数としてモデル化し、以下のモデル式(1)~(4)を得た。

$$\text{Lof} = 0.0623\text{Lt} + 6.369 \quad (r^2 = 0.97) \dots (1)$$

$$\text{Loa} = 0.0719\text{Lt} + 6.382 \quad (r^2 = 0.97) \dots (2)$$

$$\text{Los} = 0.0342\text{Lt} + 4.648 \quad (r^2 = 0.97) \dots (3)$$

$$\text{Lop} = 0.0311\text{Lt} + 4.700 \quad (r^2 = 0.95) \dots (4)$$

ただし、

Lof：接近限界距離/自船長 船首方位

Loa：接近限界距離/自船長 船尾方位

Los：接近限界距離/自船長 右舷方位

Lop：接近限界距離/自船長 左舷方位

Lt：他船長(m), r^2 ：決定係数

接近限界距離の領域の大きさは、前方：後方：左方：右方に1.5：1.5：1：1であり、追越しの場合と追越されの違いによる影響はない。しかし、ラッシュ時と閑散時には相違が存在し、閑散時はラッシュ時に対して1.5倍~2倍程度の余裕を求める。港内のような制約水域における限界航過距離と、航路内を対象にした接近限界距離を比較すると、接近限界距離は前後方向に約7倍、側方に約11倍大きな余裕水面の確保が必要である。

この接近限界距離は、航路内を対象とした基準であり、それはVTS管制官が遅滞なく注意喚起できるための指標であると共に、操船者間もしくは操船者と管制官の意識の共有を可能にするものである。このように極度な接近を避けるための限界距離の基準を策定することにより、類似海域を利用する者の共通した認識として、この基準を共有することが海難防止の基本となるといえる。

7.2 来島海峡航路における航行実態

平成 22 年 7 月より施行された「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」に伴い、同法が海上交通に与える影響や現状について調査を行った。

来島海峡航路では新たに、最低速力の設定や追越し禁止区間の設定が行われた。航行船舶の安全を確保するため、追越しに制限をかけることは必要であるが、それにより団子状態での航行が発生し、操船者に大きな負荷を与えている。船舶交通実態調査の結果、一律な追い越し禁止によって、最大 6 隻の団子状態を確認した。その時の速力低減は、最大 12.0 kt で、最接近距離は 111m であり、無理な減速、異常な接近が発生していることが分かった。安全性について、環境ストレスモデルを用いて評価を行った結果、操船者が感じる許容限界が 37 回も発生していた。これは、追越し禁止が困難な状況を増加させている。つまり、一律に禁止させて異常な接近状態を継続させるのではなく、状況に応じて追い越しを許可することで、団子状態の解消となり、操船が困難な状況を減少することができる。

7.3 来島海峡における国際 VHF 通信の現状

海上交通センターは、船舶同士の極度な接近や乗揚げを未然に防ぐため、国際 VHF を用いて注意喚起や情報提供を行っている。また、危険な状況を未然に防ぐためには、船舶間の意思疎通も重要で、動向確認や協力動作の依頼など、国際 VHF を用いて情報交換が行われている。平成 22 年 7 月に法改正が行われ、海上交通センターの業務内容が改正された。そこで、来島海峡における通信の現状を明らかにするため、調査を行った。

来島海域周辺海域における国際 VHF 通信は、転流前後に通信数が増加し、位置・転流情報に関する通信が全体の半数を占めている。つまり来島海峡における通信は、潮流が大きく影響していることが分かった。来島海峡では、転流時における特別な航法の指示が行われ、来島海峡海上交通センターが通航船舶に対して、通航水道の指示を行い、周辺船舶へ情報提供や注意喚起が頻繁に行われている。また、追越しに関する注意喚起や勧告も多く行われている。

以上の結果より、法改正によって来島海峡における国際 VHF 通信の状況が、大きく変化している。来島海峡海上交通センターの業務量が大幅に増加され、個々の船舶に対して通航水道の指示など複雑な航行管制が行われている。転流前後における通信数の増加は、国際 VHF 通信の混信に繋がると考えられる。

7.4 来島海峡航路における航行管制の現状

「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」に伴い、海上交通センターの新たな航行管制業務や、海上交通センターが発信する指示や勧告に、法的な位置づけがなされた。そこで、来島海峡航路を航行する船舶に対して行われる、航行管制業務の現状を明らかにした。

海上交通センターの指示や勧告に法的な位置づけがなされたことに伴い、通信符号を冠した通信が行われている。運用実態は、12時間の調査で約8割の通信が、通信符号を冠して行われていた。これは、操船者にとって海上交通センターからの通信意図が明確に伝わっていると考えられる。

通信内容の多くは「情報」で、航行船舶に対して情報提供や注意喚起が行われている。「指示」を冠した通信は、その全てが転流前後における特別な航法の指示である。今回の観測の中で、「勧告」「警告」を冠した通信は行われていなかった。時間帯別通信数をみると、転流前後の時間に通信数が増加傾向にあり、来島海峡海上交通センターが行う航行管制は、「転流前後における特別な航法の指示」が主な業務である。

来島海峡海上交通センターは、転流前後の交通流より必要な船舶を特定して通航水道を指示し、周辺船舶に対しては情報提供や注意喚起が行われており、複雑な管制によって業務量が増加している。

7.5 新たな管制手法の提案

航路内で追い越し制限をかけることによって、団子状態での航行が発生し、操船者に大きな負荷を与えている。これらの問題を解決する方法として、ブロック領域を用いた方法を提案した。ブロック領域を用いた2LANEによる管制手法を用いることにより、船長に応じた行き会いが可能となり、異常な接近を回避することができる。6隻の団子状態での航行を例に検討を行った結果、50パーセントイルを用いたブロック領域であれば、750mの航路は、全ての状況で追越しが可能である。一律に禁止させて異常な接近状態を継続させるのではなく、船長や速力差など状況に応じて、提案した2LANEに分かれて追い越しを可能にすることで、困難な状況を継続増大することなく航行できる。その判断基準としてブロック領域を用いて船長を基にした換算式ができ、容易に判断できる管制ツールとして期待できる。

7.6 今後の課題

法改正に伴い発生している問題の解決策として、接近限界距離のモデル式を用いた新たな管制手法を提案することができた。今後は提案した新たな管制手法の実用化に向け、検討を行う必要がある。本研究は、直線航路であり、750m の航路幅をもつ航路を対象としている。来島海峡航路は屈曲角が大きく、最狭部は 750m が確保できない航路であるため、今後、屈曲や航路幅に対する検討が必要である。また、潮流の影響により、速力確保が困難な船舶も考えられ、潮流と船速の関係についても検討する必要がある。

新たな交通ルールの導入や、航行管制手法の導入など、操船者を取り巻く環境は時代と共に大きく変化し、今後も更に進化することが予想される。海上交通の安全確保にむけた対策も、航行環境の変化とともに進化する必要がある。そのため、常に危険の芽を探求し、海難に繋がるエラーチェーンを切断することが必要であり、本研究は、「港則法及び海上交通安全法の一部を改正する法律」の施行に伴う危険の因子を分析し、航路内における小型船の安全な航行に関する基礎的研究を行った。今後も提案する航行管制手法を改善し、航行環境に適した対策案として進化する必要がある。

謝辞

本論文の執筆にあたり、本研究の遂行に際してご指導、ご協力を頂いた多くの方々に、深く感謝いたします。

本論文の遂行ならびに執筆において、常に熱意あるご指導やご鞭撻、また、多くのご助言を頂きました、神戸大学海事科学研究科 世良亘先生には、心より御礼を申し上げますとともに、深く感謝いたします。

本論文を始めるに当たり、終始有益なるご指導やご助言を賜りました、神戸大学名誉教授 井上欣三先生には、心より御礼申し上げます。

神戸大学 臼井英夫先生、日本海洋科学株式会社 増田憲司氏、鳥羽商船高等専門学校 瀬田広明先生には、多大なるご支援やご助言、また激励を賜り、御礼申し上げます。

また、本論文の調査実施に当たり、ご協力いただきました弓削商船高等専門学校弓削丸船長 永本和寿先生をはじめ、秋葉貞一先生、乗組員の皆様には、心より感謝いたします。

さらに、弓削商船高等専門学校校長 木村隆一先生をはじめ、教職員の先生方からは常に激励とご配慮いただいたことに感謝いたします。

弓削商船高等専門学校商船学科長 高岡俊輔先生をはじめ、商船学科教職員の皆様には、論文執筆について十分な時間を頂き、感謝申し上げます。

最後に、これまで常に支えてくれた両親に、心より感謝いたします。

付録一覧

- 航路内における接近限界距離に関するアンケート用紙
- 来島海峡航路 船舶交通実態調査記録用紙
- 漁港一覧
- 船種一覧
- 来島海峡における国際 VHF 通信調査記録用紙
- 来島海峡航路における航行管制調査記録用紙

航路内における 接近限界距離に関するアンケート

神戸大学大学院海事科学研究科

海上交通・操船研究室

このアンケートに関するお問い合わせは下記にお願いします。

〒658-0022 兵庫県神戸市東灘区深江南町 5-1-1

神戸大学大学院海事科学研究科

海上交通・操船研究室

アンケート実施者 山崎 慎也

Tel/Fax 078-431-6251

調査目的

当研究室では、船舶交通の安全を向上させるための研究を進めています。

本調査では、海交法航路を想定した一方通航の航路内における他船との**接近限界距離**に着目しています。

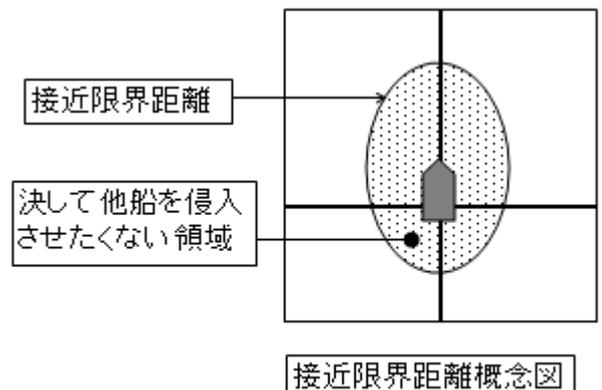
このアンケートでは、操船者が**〔他船にこれ以上近づきたくない、他船にこれ以上近づいてほしくない、と考える領域〕**を具体化するため、海上交通安全法で定められている航路内を航行する際、操船者の意識の中に存在する他船との**接近限界距離**についてお尋ねします。

なお得られたデータは統計的処理を行いますので、回答者にご迷惑をかけることはありません。

- 想定する海域は**一方通行の航路内**とします。
具体的には海交法航路（幅およそ 750m）をイメージして下さい。
- 航行時間帯は**ラッシュ時**を想定してください。
- 接近する相手船とは同航関係で、若干の速力差をもって接近します。
- 外乱影響は考慮しないものとします。

接近限界距離とは

一方通航の航路内で、同航する他船を追い越す、もしくは追い越されるという接近状況において、自船周囲の一定の領域内に侵入されると危険を感じ絶対に許容できない距離をいいます。



設問 1

まず最初に<自船の要目を設定してください。>

回答にあたりあなたが想定する自船の要目をこれまで乗船された船などを参考に決めてください。

- a. 自船の船長を指定してください

メートル

- b. 自船の船幅を指定してください

メートル

- c. 自船の船種および積載状況を指定してください

(タンカー、コンテナ船、タグボート等)

(満載、バラスト、空船等)

- d. 通常、海交法航路の一方通航航路を航行する際に何ノットで航行しますか?
漁船等を避航するための速力逡減は考えずに回答してください

ノット

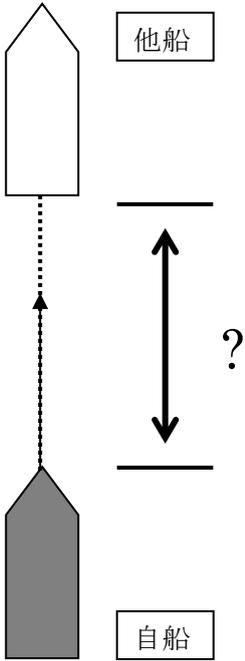
これらのデータを元にこれまでの経験を踏まえて、設問 2 以降に直感的にご回答ください。

再度、**接近限界距離**についてご説明します。

一方通航の航路内で、同航する他船を追い越す、もしくは追い越されるという接近状況において、自船周囲の一定の領域内に侵入されると危険を感じ絶対に許容できない距離をいいます。

設問 2

<他船を船首に見るとき>



自船が若干の速力差で他船に接近する状況です。

他船の種々の船長についてご回答ください。

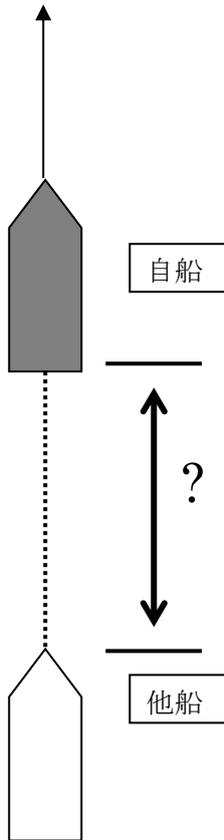
接近限界距離 [これ以上他船に近づきたくない距離]

他船の長さ	10m	50m	100m	200m	300m
接近限界距離					

* 距離の単位はマイルでお答えください。

設問 3

<他船を船尾に見るとき>



他船が若干の速力差で自船に接近する状況です。

他船の種々の船長についてご回答ください。

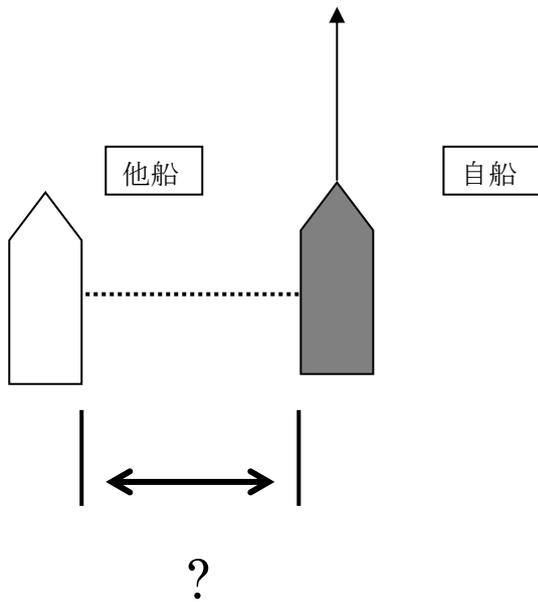
接近限界距離 [これ以上他船に近づいてほしくない距離]

他船の長さ	10m	50m	100m	200m	300m
接近限界距離					

* 距離の単位はマイルでお答えください。

設問 4

<他船を左舷に見るとき>



若干の速力差で①自船が他船に追い越される、または、②自船が他船を追い越す状況です。

他船の種々の船長についてご回答ください。

接近限界距離

① 自船が追い越される場合 [これ以上他船に近づいてほしくない距離]

他船の長さ	10m	50m	100m	200m	300m
接近限界距離					

* 距離の単位はマイルでお答えください。

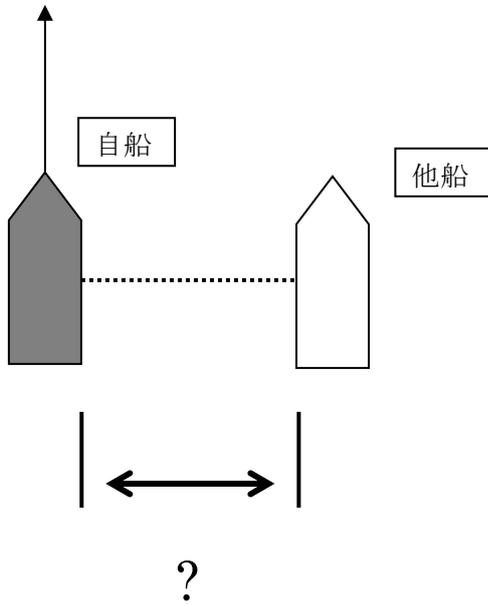
② 自船が追い越す場合 [これ以上他船に近づきたくない距離]

他船の長さ	10m	50m	100m	200m	300m
接近限界距離					

* 距離の単位はマイルでお答えください。

設問 5

<他船を右舷に見るとき>



若干の速力差で①自船が他船に追い越される、または、②自船が他船を追い越す状況です。

他船の種々の船長についてご回答ください。

接近限界距離

① 自船が追い越される場合 [これ以上他船に近づいてほしくない距離]

他船の長さ	10m	50m	100m	200m	300m
接近限界距離					

* 距離の単位はマイルでお答えください。

② 自船が追い越す場合 [これ以上他船に近づきたくない距離]

他船の長さ	10m	50m	100m	200m	300m
接近限界距離					

* 距離の単位はマイルでお答えください。

設問 6

設問 2～5 におけるの接近限界距離は、航路内において船舶が輻輳する**ラッシュ時**を想定してお答えいただきました。

航路内が**閑散**としている時間帯においては、この接近限界距離は変化するとお考えですか？ いずれかに○をつけてください。

はい

いいえ

設問 7

「はい」と回答された方は、どのように変化するとお考えですか。

閑散としている状況では接近限界距離が、

() 倍程度 (増える 減る)

() マイル程度 (増える 減る)

※単位は上のいずれか一つでお答えください。

設問 8

船舶が輻輳する航路内において、以下の障害物との接近限界距離についてお答えください。

①ブイ () (単位マイル)

②漁具 () (単位マイル)

③操業中の漁船 () (単位マイル)

④橋脚 () (単位マイル)

設問 9

閑散としている時間帯の航路においては、上記の障害物との接近限界距離は変化しますか？ いずれかに○をつけてください。

はい

いいえ

「はい」と回答された方は、どのように変化するとお考えですか。

閑散としている状況では接近限界距離が、

() 倍程度 (増える 減る)

() マイル程度 (増える 減る)

※単位は上のいずれか一つでお答えください。

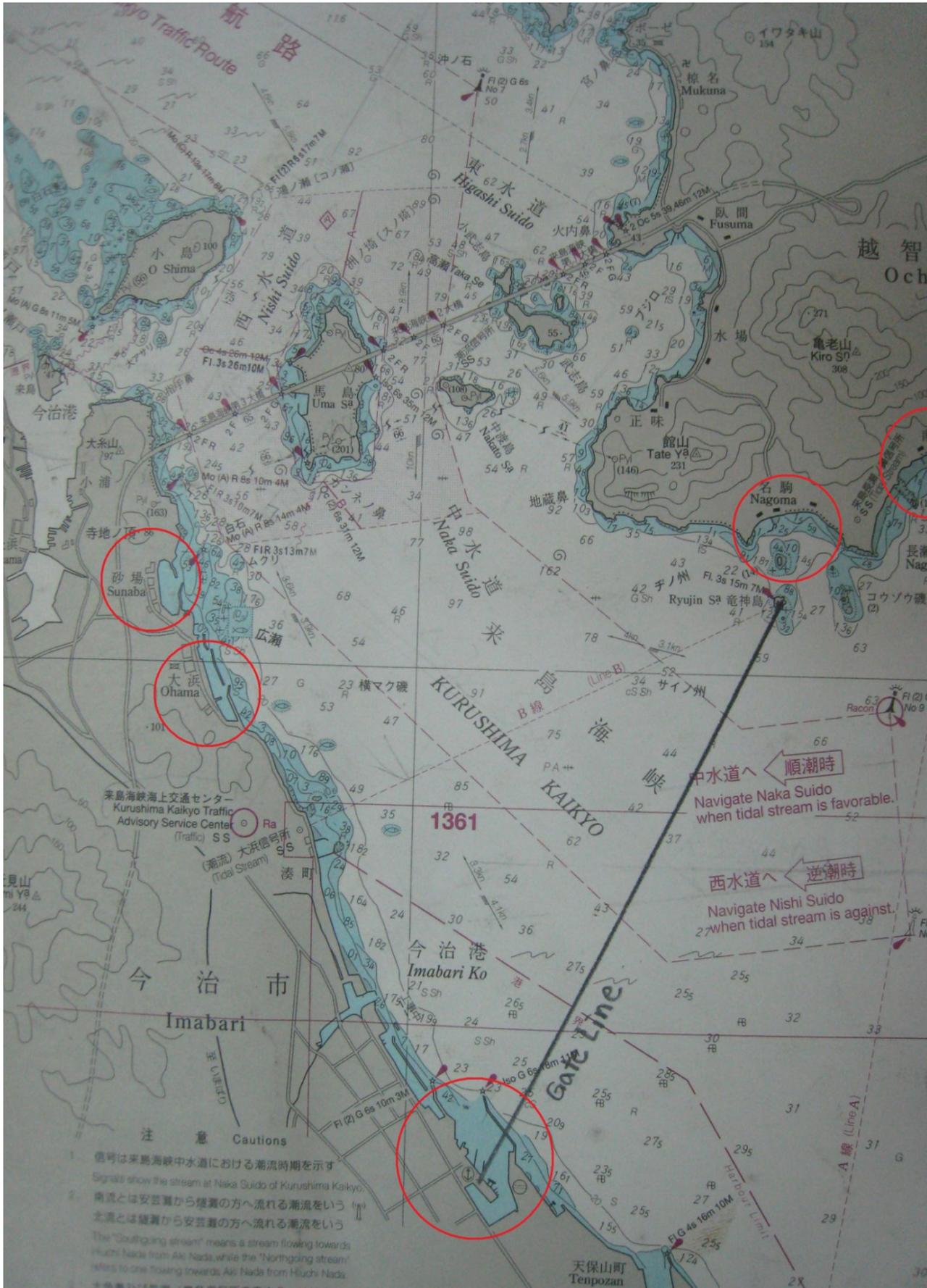
最後に、

2008年3月5日、明石海峡で3隻がからむ衝突事故が起きました。

明石海峡のように海上交通センター（マーチス）が設置されている海域においては、衝突や乗り揚げのおそれがあるときにはマーチスから安全に関する注意情報が提供されます。危険が迫る際に各船に伝えられるこの情報を今後更に有効なものにする為に、何らかのご意見、ご指摘がありましたらご記入をお願いします。

ご協力ありがとうございました。

来島海峡航路 船舶交通実態調査 漁港一覧
 平成 25 年 9 月 8 日(土)~9 月 9 日(日)



来島海峡航路 船舶交通実態調査 船種一覧

平成 25 年 9 月 8 日(土)～9 月 9 日(日)

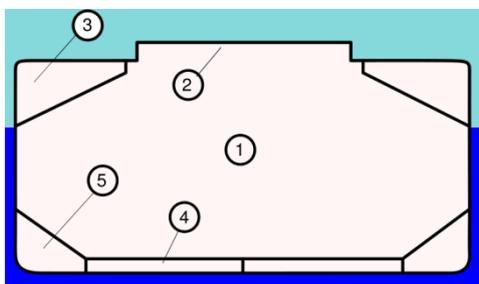
一般貨物船

内航船の標準的な船型

ばら積み貨物船、バルクキャリア、バルカー

包装されていない、穀物、鉱石、石炭、セメントなどのばら積み貨物を倉庫に入れて輸送するため。

「単一甲板で、トップサイドタンクとホッパーサイドタンクを貨物船倉内に有し、鉱石輸送船や兼用船を含む主に乾性ばら積み貨物輸送を意図した船」



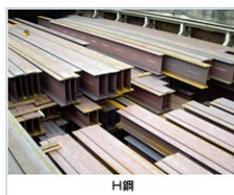
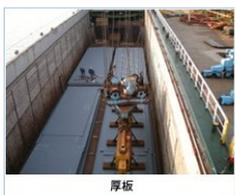
石灰石専用船

大型のばら積み船用船（貨物船）



鋼材専用船

ホールドが板張りで輸送中の損傷を防ぐ

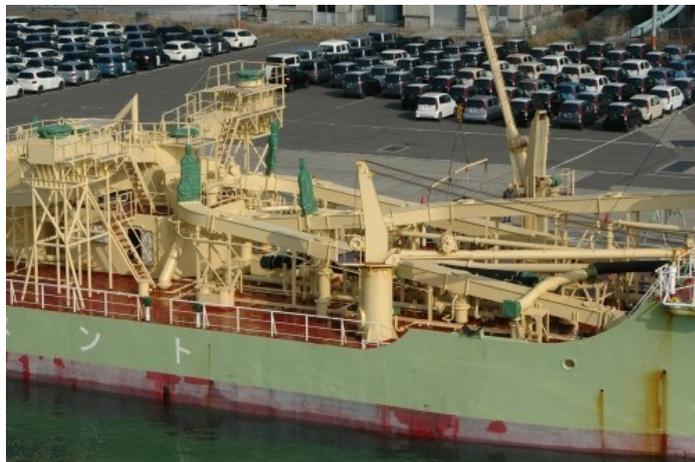


セメント船

効率的にばら積みできるよう専用船化されている。

セメントは粉状で粒子が飛散しやすく、また、水にぬれると製品として使えない。

船体中央の投入口と、そこから延びる斜路があり、その斜路から滑り台のように降りながら各船倉に入れられる。



コンテナ船



液化ガス船

LPG 船、LNG 船



自動車専用船

RORO 船、PCC



タンカー

ケミカル船

油送船と良く似た構造だが、一般的にタンクが小さく沢山に区切られている。



タンカー (油送船)



砂利運搬船(ガット船)

海底から砂利を採取するため、ガットと呼ばれるクラブバケットを装備。

揚げ地まで運び、自船のガットで揚げ荷する。



特殊船

巡視艇、警戒艇、消防艇、護衛艦、練習船



曳航船

台船等をロープで引いたり、後ろから押して航行する船舶。
150mを「物件曳(押)航船」、200m以上を「長大物件曳(押)航船」

曳航船



押航船



NO.		平成27年 来島海峡 航行管制調査表					平成27年8月10日～8月11日	
	時刻	言語	呼出し側	相手	方向・通行水道	通信符号	通信内容	通信内容・備考
1	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
2	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
3	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
4	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
5	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
6	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
7	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
8	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
9	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
10	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
11	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
12	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
13	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
14	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
15	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
16	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
17	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
18	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
19	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	
20	:	日・英・他			W・E / 西・中	あり・なし	情報・警告・勧告・指示・質問	