

会 報

第 176 号
(平成29年3月号)

目 次

1	業 務 日 誌 (H28. 10. 1～H28. 12. 31)	1
2	事 業 報 告 (H28. 10. 1～H28. 12. 31)	3
2-1	会の運営に関する活動	
2-1-1	平成28年度 第2回 業務運営会議	
2-1-2	平成28年度 第3回 通常理事会	
2-2	一般事業	
2-2-1	第17回西海防セミナー	
2-2-2	那覇港付近海域における小型船舶の安全対策に関する調査研究委員会	
2-3	受託事業	
2-3-1	志布志港港湾計画（変更）に伴う航行安全対策調査専門委員会	
2-3-2	平良港港湾計画改訂（一部変更）に伴う航行安全検討調査専門委員会	
2-3-3	博多港（中央ふ頭地区）整備に伴う航行安全対策調査専門委員会	
2-3-4	関門航路（早鞆瀬戸地区）整備に伴う航行安全対策調査専門委員会	
2-3-5	那覇港（新港ふ頭地区）整備にかかる航行安全対策調査専門委員会	
2-3-6	博多港（中央ふ頭）大型客船（16万GT級）入出港に伴う航行安全対策調査専門委員会	
2-3-7	油津港大型客船入出港に伴う航行安全対策調査専門委員会	
2-3-8	那覇空港航空機及び周辺航行船舶の運用における航行安全対策調査専門委員会	
2-3-9	平良港（漲水地区）航行安全対策調査専門委員会	
3	第17回西海防セミナー.....	5
	船舶の操縦性能について	
4	九州海域の狭水道における船舶海難の発生状況.....	40
5	ミニ知識・海（40）「海上交通三法」.....	69
6	刊末寄稿 「賢き女性達への賛歌」.....	71

関門海峡を通航した船舶（客船）



【 Celebrity Millennium 】

【船籍：マルタ 総トン数：91,000 トン 全長：294m 全幅：32m 航海速力：24.0 ノット
乗客定員：2158 人 乗組員：999 人 就航：2000 年】



【 飛鳥Ⅱ 】

【船籍：日本 総トン数：50,142 トン 全長：241m 全幅：29.6m 航海速力：21.0 ノット
乗客定員：872 人 乗組員：約 470 人 就航：1990 年】



【 日本丸 】

【船籍：日本 総トン数：21,903 トン 全長：166.65m 全幅：24.00m 航海速力：21.0 ノット
乗客定員：523 人 乗組員：約 470 人 就航：1990 年(2010 年 3 月改装)】

1 業務日誌 (H 28. 10. 1 ～ H 28. 12. 31)

1 - 1 本 部

日 付	内 容
10月1日(火)～ 10月12日(水)	北九州市の都市景観資源・景観重要建造物パネル展(北九州市建築研究会) 於：海事広報展示館(関門海峡らいぶ館)
10月12日(水)	志布志港港湾計画(変更)に伴う航行安全対策調査専門委員会 第1回委員会 於：ソラリア西鉄ホテル鹿児島
10月19日(水)	那覇空港航空機及び周辺航行船舶の運用に係る航行安全対策調査専門委員会 第1回委員会 於：かりゆしアーバンリゾート・ナハ
10月21日(金)	宇部港本港地区航路・泊地整備に伴う航行安全対策調査専門委員会 第3回委員会 於：ANAクラウンプラザホテル宇部
10月25日(火)	油津港大型客船入出港に伴う航行安全対策調査専門委員会 第1回委員会 於：宮崎県庁
10月28日(金)	(公社)西部海難防止協会 平成28年度第2回業務運営会議 於：西部海難防止協会 会議室
10月31日(月)	博多港(中央ふ頭地区)整備に伴う航行安全対策調査専門委員会 第1回委員会 於：TKPガーデンシティ博多新幹線口
11月1日(火)	(公社)西部海難防止協会 平成28年度第3回通常理事会 於：西部海難防止協会 会議室
11月12日(日)～ 12月7日(水)	水先人の関門海峡写真展 於：海事広報展示館
11月14日(月)	平良港(漲水地区)航行安全対策調査専門委員会 第1回委員会 於：アトールエメラルド宮古島
11月16日(水)	志布志港港湾計画(変更)に伴う航行安全対策調査専門委員会 第2回委員会 於：TKPガーデンシティ鹿児島
12月4日(日)	冬のコンサート(コーラスdeアミュー) 於：海事広報展示館
12月6日(木)	関門航路(早鞆瀬戸地区)整備に伴う航行安全対策調査専門委員会 第1回委員会 於：リーガロイヤルホテル小倉
12月8日(木)	油津港大型客船入出港に伴う航行安全対策調査専門委員会 第2回委員会 於：宮崎県庁

12月14日(水)	平良港港湾計画改訂(一部変更)に伴う航行安全対策調査専門委員会 第1回委員会	於：アトールエメラルド宮古島
12月15日(木)	第17回西海防セミナー 「船舶の操縦性能について」 九州大学 古川芳孝教授	於：ハイアットリーゼントホテル福岡
12月18日(日)	ピアノコンサート	於：海事広報展示館
12月20日(火)	那覇港(新港ふ頭地区)整備にかかる航行安全対策調査専門委員会 第1回委員会	於：ロワジールホテル那覇
12月20日(火)～ 1月11日(水)	未来に残そう青い海絵画展(第七管区海上保安本部主催)	於：海事広報展示館
12月21日(水)	博多港(中央ふ頭)大型客船(16万GT級)入出港に伴う航行安全対策調査 専門委員会 第2回委員会	於：TKPガーデンシティ博多新幹線口
12月26日(月)	那覇港周辺海域における小型船舶の安全対策に関する調査研究委員会 第2回委員会	於：かりゆしアーバンリゾートホテル那覇

1 - 2 鹿児島支部

日 付	内 容
11月20日(日)	第十管区海上保安本部海難救助展示訓練 於：鹿児島湾内

1 - 3 沖縄支部

日 付	内 容
10月15日(日)	宮古島海上保安部開所式典・祝賀会 於：ホテルアトールエメラルド宮古島
10月17日(月)	ソデイカ漁船安全対策に係る意見交換会 於：第十一管区海上保安本部

2 事業報告

2-1 会の運営に関する活動

2-1-1 平成28年度 第2回 業務運営会議

1 日 時：平成28年10月28日(金) 14:00~15:05

2 場 所：西部海難防止協会 会議室

3 出 欠：出席9名(代理含む)、欠席1名

4 議案審議

第1号議案：公益財団法人日本海事センター平成29年度補助金交付申請について

第2号議案：諸規定の改正について

第3号議案：専門委員の委嘱について



2-1-2 平成28年度第3回 通常理事会

1 日 時：平成28年11月1日(火) 11:15~12:15

2 場 所：西部海難防止協会 会議室

3 出 席：出席(理事16名、監事3名)、欠席(理事7名)

4 議案審議

第1号議案：公益財団法人日本海事センター平成29年度補助金交付申請について

第2号議案：諸規程の改正等について

改正案件：15件、新規制定案件：2件

第3号議案：専門委員の委嘱について

その他議案：短期借入金について

5 職務執行状況報告



2-2 一般事業

2-2-1 第17回西海防セミナー 「船舶の操縦性能について」

講師：九州大学大学院工学研究院海洋システム工学部門

古川 芳孝 教授

2-2-2 那覇港付近海域における小型船舶の安全対策に関する調査研究委員会 第1回、第2回委員会

2-3 受託事業

2-3-1 志布志港港湾計画(変更)に伴う航行安全対策調査専門委員会 第1回、第2回委員会

2-3-2 平良港港湾計画改訂(一部変更)に伴う航行安全検討調査専門委員会 第1回委員会

2-3-3 博多港(中央ふ頭地区)整備に伴う航行安全対策調査専門委員会 第1回委員会

2-3-4 関門航路(早鞆瀬戸地区)整備に伴う航行安全対策調査専門委員会 第1回委員会

2-3-5 那覇港(新港ふ頭地区)整備にかかる航行安全対策調査専門委員会 第1回委員会

2-3-6 博多港(中央ふ頭)大型客船(16万GT級)入出港に伴う航行安全対策調査 専門委員会 第2回委員会

2-3-7 油津港大型客船入出港に伴う航行安全対策調査専門委員会 第1回、第2回委員会

2-3-8 那覇空港航空機及び周辺航行船舶の運用における航行安全対策調査専門 委員会 第1回委員会

2-3-9 平良港(漲水地区)航行安全対策調査専門委員会 第1回委員会

3 第17回西海防セミナー

船舶の操縦性能について

日 時：平成28年12月15日(木)

場 所：ハイアットリージェンシー福岡

講 師：九州大学大学院工学研究院

海洋システム工学部門

教 授 古川 芳孝 氏



◆ 自己紹介

ご紹介いただきました九州大学の古川と申します。

本日はよろしくお願いいたします。

目次	1
・ 自己紹介 ・ 船舶の操縦性能の一般的な傾向 ・ 船舶の操縦性能の評価法 ・ 船体に作用する流体力の計測 ・ 計測された流体力の解析と数式表現 ・ 針路安定性の評価 ・ 狭水路航行中の船体に作用する力 ・ 近接して航行中の船体に作用する力 ・ 船舶海洋性能工学実験棟の実験施設の紹介	
九州大学	大学院工学研究院 海洋システム工学部門

海洋システム工学部門の紹介	4
・ システム計画学 ・ 船舶海洋流体工学 ・ 船舶海洋運動制御工学 ・ 機能システム工学 ・ 構造システム工学 ・ 生産システム工学 ・ 船舶設計・海洋環境情報学 ・ 海洋エネルギー資源工学  ・ 造船中核人材育成寄附講座 - 川崎重工, JMU, 三井造船 ・ http://www.nams.kyushu-u.ac.jp/	
九州大学	大学院工学研究院 海洋システム工学部門

こちらが本日お話しさせていただく主な目次になりますが、最初に自己紹介として、九州大学の組織も含めて簡単に紹介させていただきます。

現在の組織名は、海洋システム工学部門となっていますが、元は工学部の造船学科として、船舶の設計から建造までの一連の教育を行っていた組織が母体となっています。現在は船だけではなく、海洋工学関連にも教育研究の分野を広げており、20年ほど前に海洋システム工学部門という名前に組織変更して学生の教育研究をおこなっています。

私の専門は船舶の操縦性でして、模型船を使って水槽実験をしたり、そのデータに基づいてシミュレーション計算をしたりと船の運動関係の研究を行っています。船体に作用する力をコンピューターでどう推定するか、そのデータを使って運航の自動化といったものに応用できないかなどを研究しています。

教育については、私たち教員は海洋システム工学部門に属していますが、大学院生は大学院工学府に所属して名前は一緒ですが海洋システム工学専攻となります。学部の学生は、昔は造船学科で非常に分かりやすかったのですが、現在は工学部地球環境工学科、昔でいう造船と土木と資源工学が一つの学科になりまして、その中に船舶海洋システム工学コースと建設都市工学コース、昔でいう土木工学科、そして、地球システム工学コース、昔でいう資源工学科の旧3学科が一つになった大きな学科の中で、造船と海洋工学関係といったものの教育研究を行っています。

現在、研究室は8研究室ありますが、本年10月から1研究室、寄附講座が増えました。造船に従事する学生の教育に力を入れようと、川崎重工・ジャパンマリンユナイテッド・三井造船さんからご寄附をいただいて、船舶の設計から建造、海洋工学関連に従事する人材育成を目的とした寄附講座を開設しました。

現在、九州大学は箱崎キャンパスから西の伊都キャンパスに移転の最中でして、私どもの工学部は平成18年に移転を終えています、平成31年度には残りの学部の移転も完了する予定です。

ここから本題に入らせていただきます。

◆ 船舶の操縦性能

船舶の操縦性能(1)	7	船舶の操縦性能(2)	8
- 針路保持の性能 - 舵角を固定したまま、船舶の針路をどの程度そのまま保持できるか。 - 針路変更の性能 - 所定の針路に方向を変える場合、どの程度の大きさの舵をとり、またその舵角をどの程度保持すればよいか。 - 緊急回避の性能 - 衝突回避のために大舵角で急旋回した場合、どの程度針路を変更できるか。		- 針路を変更・保持する性能 - 変針・保針性能 - 緊急回避の性能 - 旋回性能 - 停止性能 - 一方の性能が優れた船舶は、他方の性能が悪くなる傾向あり。	互いに相反する性能
九州大学	大学院工学研究 海洋システム工学部門	九州大学	大学院工学研究 海洋システム工学部門

まず船舶の操縦性について、ご存知の方も多いかと思いますが改めて船舶の操縦性がどのような傾向にあるのか、こういったところを評価するのかについて、お話をさせていただきます。

船の操縦性能について考えるときに、こういったことを考えないといけないかというと、先ずはその針路を保持する性能です。これは舵角を固定したまま操船者の意図に沿って針路を保持することですが、これが船型によっては直進するのが難しいといったことが起きてきます。

もう一つは針路変更の性能で、危険を察知し、或いは航路を変更するという場合に、どの程度の舵角をとり、その舵角をどの程度保持すればよいか、これも操船者の意図通りにちゃんと曲がってくれるかということです。直進はよくするけれども曲がりにくいか、或いはよく曲がるけれどもなかなか真っすぐに進まないとか、大体片方を追求すると片方が悪くなるといった性能になります。

針路変更は緊急回避にも関係し、大きな舵角を切った時にそれにすぐ反応して急旋回してくれる。これら三つの性能をバランスよく船体設計にいかすことが非常に重要になって参ります。

先程申し上げましたけれども、この針路を変更・保持する性能と旋回・停止性能とは大体片方を追求すると片方が悪くなる傾向がありますので、これをどこまで許容するかと言ったところで、各造船会社さんは設計段階で事前に推定し、或いは水槽で模型を作って実験をし、確認するといったことを常に行っているところです。

船舶の操縦性能：船型の影響(1)

9

- 船舶の運動
 - 水面下の船体に作用する流体力が大きく影響
 - 水面下の船体の形状に大きく依存
- 操縦性能の一般的な傾向
 - 客船やコンテナ船等の痩せた船型
 - 針路安定性：良い
 - 旋回性能：悪い
 - タンカー等の肥えた船型
 - 針路安定性：悪い
 - 旋回性能：良い



<https://www.jmuc.co.jp/press/2016/nyk-eagle.html>

<https://www.jmuc.co.jp/press/2014/vlcc-apollo-dream.html>



九州大学

大学院工学研究院 海洋システム工学部門

船舶の操縦性能：船型の影響(2)

10



コンテナ船

VLCC



九州大学

大学院工学研究院 海洋システム工学部門

船の性能は何で決まるかと言うと、水面下の船体の形状に大きく依存しています。その理由は向きを変えるとといった船の運動を引き起こすきっかけは舵の力、舵力になりますが、その舵力が発生して曲がろうとした時に、今度は船体に斜航、旋回が生じ、船を回転させる力のモーメントであったり、横に押す力といったものが働いてきます。それが船型によって大きく違っており、そのことが船ごとの固有の操縦性能となって現われ

てきます。

一般的な傾向で言いますが、客船や写真のようなコンテナ船など、細い船というのは、針路安定性は良くて直進は非常にやりやすい。ただ、旋回するときに、タンカーのようなものと比べると、横方向に回転する方向の抵抗が大きくなりなかなか曲がりにくいことになります。それに対して、写真のタンカーのような太った船型になりますと、旋回性能は非常に良いのですが、得てして針路安定性が悪く、直進航行が難しくなるという傾向があります。従って、水面下の形状の善し悪しが最終的な運動性能、操縦性能に効いてくることになります。

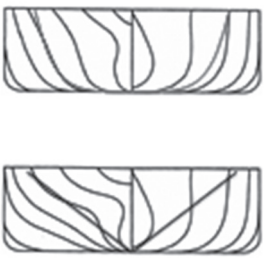
コンテナ船やタンカーの水面下の形状をご覧になる機会は少ないと思いますが、こちらは私どもが使っている模型船を吊り上げ、下から撮った写真です。左側がコンテナ船の模型船、右側が VLCC の模型船になります。コンテナ船はこのように割と細く、船首や船尾がぐっと絞られたような形になっていますが、タンカーの場合は、もう船首、船尾から直ぐに膨らみ始めて、真ん中あたりではほぼ直方体の様な形になっています。こういったところが船を回転させたり、横移動するときの抵抗の違いとなって現われ、それが曲がりやすい、曲がりにくいといったところに効いてくることになります。

私どもは、38.8 m × 24.4 m の大きなプールみたいな水槽の中で、電車と呼ばれる装置でこのような模型船を引っ張り、斜航角や回頭角速度を変えながら、どういう力が働くかを計測しています。そのデータを使って、後でシミュレーション計算をして運動を評価するかという様なことを行います。

肥大船の船尾形状の変化

11

- 船尾プロファイル
 - 逆 G 型
 - マリナー型
 - 船尾バルブ付マリナー型
- 船尾フレームライン
 - U 型フレームライン
 - 推進性能上有利
 - 針路不安定となる傾向
 - V 型フレームライン
 - 船体抵抗を軽減
 - 針路安定となる傾向



九州大学 大学院工学研究院 海洋システム工学部門

船舶の操縦性能：船尾形状の影響

13

- 船尾形状が操縦性能に及ぼす影響に関する研究
(小瀬ら, 西部造船会々報, 第78号, 1989)
 - 船首形状共通
 - 逆 G 型
 - マリナー型の船尾
 - スターンバルブ付マリナー型
- 操縦運動時の船体周囲流場に関する研究
(日本造船研究協会第 221 研究部会, 1996)
 - 船首形状共通
 - V 型船尾フレームライン: SR221A 船型
 - U 型船尾フレームライン: SR221B 船型

九州大学 大学院工学研究院 海洋システム工学部門

肥大船の船尾形状は、時代によって設計が変わってきています。図 11 は、20 年ぐらい前の日本の研究プロジェクトから、ちょっと拝借していますが、船尾の形が時代によって、だんだん変わってきており、昔は逆 G 型と呼ばれ舵の下を支える部材がありましたが、それがなくなってマリナー型、その後船尾にバルブがついたバブル付マリナー型になってきました。この図は船体を輪切りにした時にどんな形になっているかを表すボ

ディプランという図面になりますけども、右半分が船首側の形を表し、左半分が船尾側の形を表しています。

これは船体を、例えば船首から船尾まで10分割します。その時にスライスした形がどう見えるかというのを表しています。船首のバルバス・バウのあたりで切るとこのような形になっています。真ん中あたりではほぼ直方体の四角形のような形になり、船尾なるとだんだんと断面の形が絞られてきて、このあたりにプロペラシャフトがあるという様なことを表した図面になります。

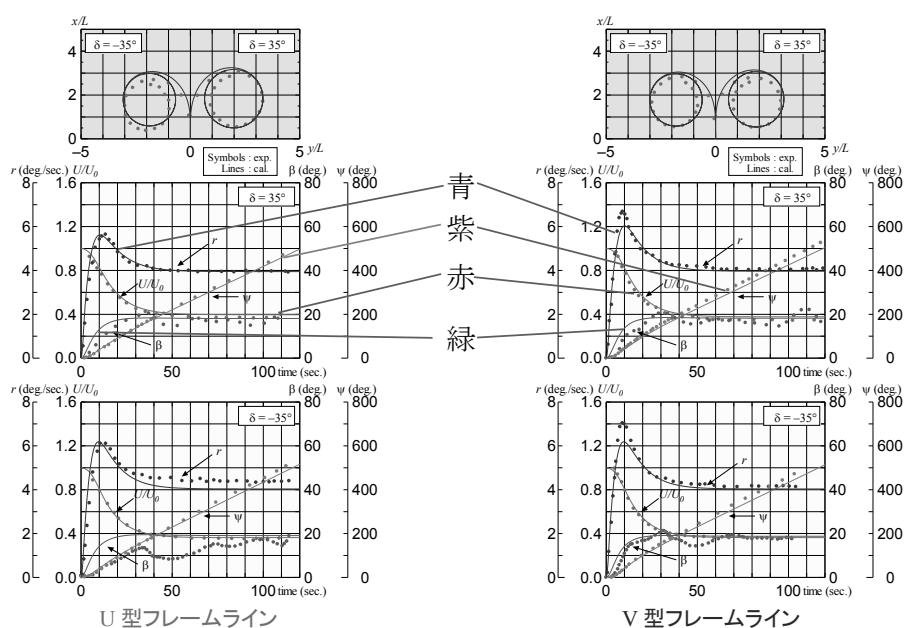
この二つの船は船首は同じ形で船尾だけを変えた、実際には存在しなくて研究用にデザインされた船ですけども、昔の船は、断面の形状がU型フレームラインということで、一般的な傾向としてこの部分がU型だったのですが、これがこの20年ぐらい前のこととです。

推進性能を向上させていくと、ここら辺にプロペラが来るのですが、そこに流れをスムーズに送るために、だんだんここが絞り込まれ、トータルで見ると割となだらかなった船型を表すラインが、このように直線的にV字型になってきました。

この船は、推進性能は向上したのですが、操縦性能では針路不安定となり、なかなか操船が難しいというような現象が現れてきました。それがどういうメカニズムで起こるかについて、この20年ぐらいの研究プロジェクトで調べられています。

船尾形状の違いによる船舶の操縦運動の変化

12



そこで長さや排水量などを全部同じにし、ただ船尾の形だけをちょっと変えました。それが結構、性能の違いとして現れてきました。図 12 はその時の実験で求められた結果を表していますけれども、1 番上が左右の旋回航跡を表しています。左側が U 型フレームラインの結果、右側が V 型フレームラインの結果で、旋回航跡で言いますと、若干 V 型の方が、小さめになっています。

この図は、ちょっと見づらいのですが、横軸が時間を表し、縦軸にはラインが四つあります。この赤い線が船速を表しており、上が右旋回、下が左旋回ですが、旋回する過程では船速がだんだんと落ちることを表しています。直進している時を 1 とすると、舵角 35 度で旋回すると、大体、4 割くらいまで船速が落ちることを表しています。

紫色の線は回頭角を表していて、船の向きが変わると回頭角は一周半位していますので、500 何十度位まで曲がっていることを表しています。青い線は回頭角速度を表しています。この U 型と V 型を比較していただくと、10 秒あたりこの最初の旋回運動の発達の仕方が船型によってちょっと差が出ていて、細かく見ると微妙に現われています。緑の線は、斜航角で船が進んでいる方向と船首の方向がどれ位ずれているかを表しています。

ここで、点で示しているのが実験結果で、ラインで描いているのが、実験データに基づいてシミュレーション計算を行った結果です。こういったものが実験を行わなくてもシミュレーションでできるようにならないかを研究しています。

船尾の形が変わるとどうなるかについては、過去にもいろんな研究がなされています。こちらは、広島大学名誉教授の小瀬先生の論文から引用させていただきましたけれども、先程と同じように船首の形状が同じで、船尾を逆 G 型、マリナー型、スターンバルブ付マリナー型に変えたら、船に働く力や操縦性能がどう変わるかを研究されたものです。

こちらの操縦運動時の船体周囲流場に関する研究は、今ご紹介させていただいた図面のもとになりますが、日本造船研究協会の第 221 研究部会、SR221 と呼ばれるところで、先程の U 型、V 型がここでいう A 船型、B 船型となりますけれども、こういったものが日本の造船所各社と研究機関、大学を含めて検討された例がございます。

これまで申し上げたように船型が違えば当然性能が変わってきますが、同じ船であっても周りの環境条件が変わると性能もまた変わってきます。

先ず船舶の姿勢の影響ですが、満載状態、バラスト状態そしてバラスト状態のトリムによって操縦性能が変化します。何故かと言いますと最初に申し上げたように、どんな力が船体に働くかが船の運動を決めていますので、満載で船が沈んでいる状態とバラストで浮いている状態とでは、当然水面下の形が異なっていますので、同じ舵を切っても運動状態で働く力が変わってきます。また、トリムしているかしてないか、舵の部分が

没水しているかしてないかによって、船体に働く力も当然変わりますので、こういったものが操縦性能の違いとして現れてきます。

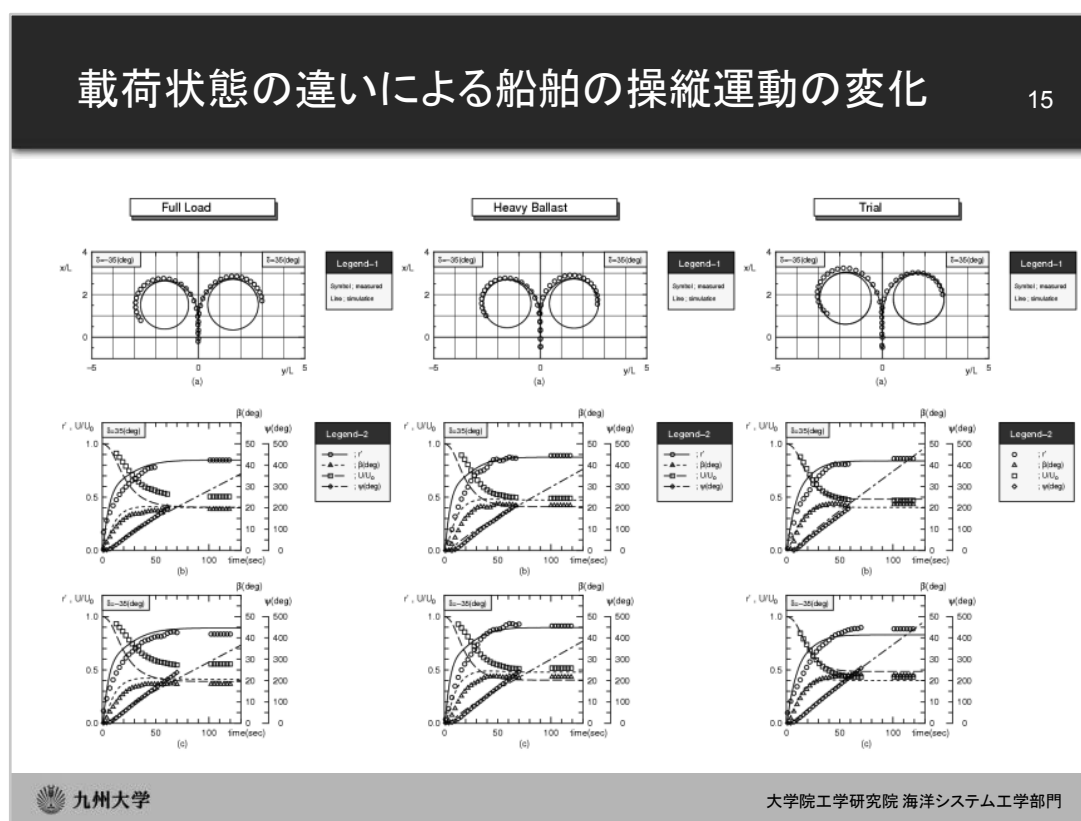
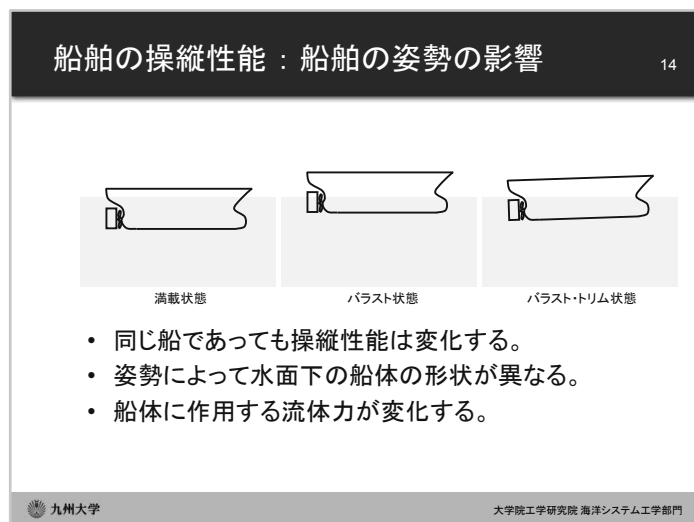


図 15 は、私どもが行なった古い結果ですけれども、満載とヘビー・バラスト、そしてトライアル、これはトリム付きの状態です。この船は大きな差はないのですが、こちらあたりで船速の低下率と斜航角の開き具合が、カーブの傾向としては徐々に変わっているというのが、お分かりいただけると思います。



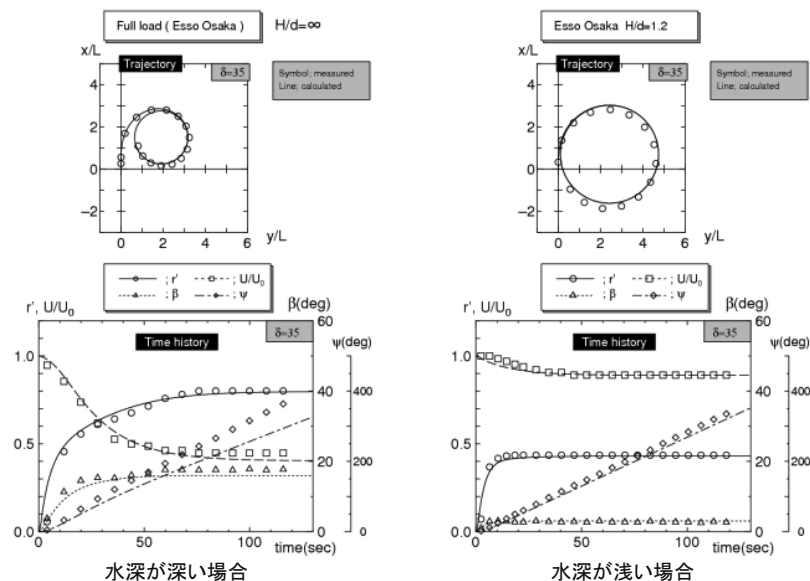
- 水深が浅い場合
 - 船底と水底の間隔が狭い。
 - 旋回抵抗が増大
 - 旋回半径が増大

次は、環境としての水深の影響です。

大洋航海中の場合と水深が浅い場合とでは、これも運動が変わってきます。と言うのは、船底と水底の間の隙間が少なくなることによって、ここを流れる水が流れにくくなり、それが旋回する時の横方向の抵抗や力のモーメントとして作用してきます。これも船によって傾向が違いますけれども、一般的な傾向としては浅くなるに従って旋回航跡はどんどん大きくなります。旋回するときに抵抗が大きくなりますので、同じ舵力で曲がろうとしても、船体がなかなか曲がってくれないということが起きます。船によってはそれほど大差ないものもあれば、その曲がり始めが遅れて行き、足が伸びるなど船型によっていろんな傾向が現われてきます。

水深の違いによる船舶の操縦運動の変化

17



こちらでも実験とシミュレーション計算の例ですけれども、水深が浅いと旋回航跡が大きめになります。その代わり、船速の低下はそれ程でもありません。水深が深い場合はぐるっと回りますので、抵抗も大きくなって船速が大きく落ちるといった違いが出てきます。

◆ 船舶の操縦性能の評価方法

船舶の操縦性能の評価方法

- IMO 操縦性基準
 - 1993 年 操縦性暫定基準 Res. A.751(18)
 - 2002 年 操縦性基準 Res. MSC.137(76)
 - 長さ 100m 以上の船に適用
 - 操縦性能の評価指標に対する基準値を設定 (深水域, 満載状態)
- 操縦性能を四つの性能で評価
 - 旋回性能 : 旋回試験, スパイラル試験, 逆スパイラル試験
 - 初期旋回性能 : 10°/10° Z 操舵試験
 - 変針・保針性能 : 10°/10° Z 操舵試験, 20°/20° Z 操舵試験
 - 停止性能 : 緊急停止試験

19

九州大学

大学院工学研究科 海洋システム工学部門

旋回試験

- 旋回性能を評価
- 計測項目
 - 航跡, 回頭角, 回頭角速度
- 評価項目
 - 旋回縦距
 - 船長の 4.5 倍以下
 - 旋回横距
 - 船長の 5 倍以下
 - 旋回圏
 - 値が小 → 旋回性能良好
- 計測方法
 - DGPS を利用

20

九州大学

大学院工学研究科 海洋システム工学部門

以上のように、船の形が変わったり、或いは環境条件、姿勢も含めて変わると、操縦性能もいろいろ変化しますので、それをどのように評価するかということで、評価方法がいろいろあるのですけれども、現在は建造する段階ではこの I M O ・ 国際海事機関の操縦性基準というのが一つの目安になっています。

こちらは 1993 年に暫定基準として策定され、その後 9 年ほど暫定期間中に、各国がデータを持ち寄って議論した後、2002 年に暫定が取れて操縦性能基準として発効しています。この基準は長さ 100 メートル以上の船に対して適用されます。

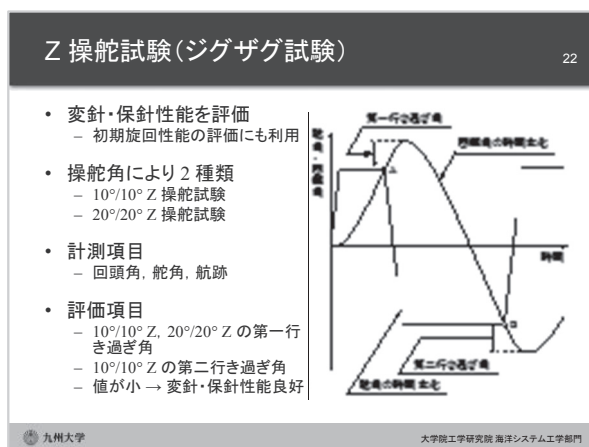
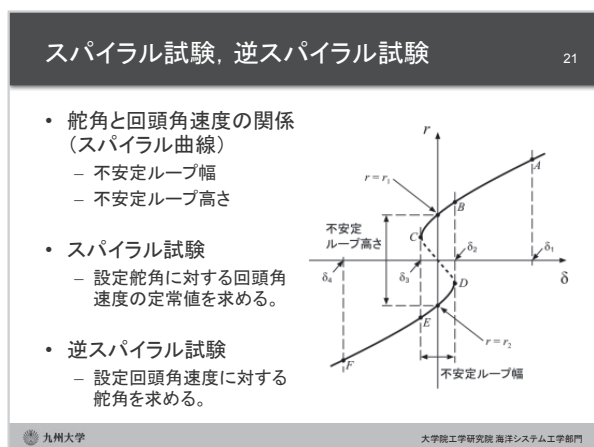
この操縦性能基準の中では、深水域かつ満載状態で、こういう基準の数値を満たしていないといけませんよということが決められています。

操縦性能を評価する四つの性能として、旋回性能、初期旋回性能、変針・保針性能、停止性能が書かれていますが、これらをこういう試験を実施して確認をなさということで、それぞれに対して評価するパラメータが決まっており、それに基準値が設けられています。

まず、旋回試験ですけれども、これはある一定の舵角、I M O の操縦基準の場合は舵角 35 度を取って旋回します。最大舵角で旋回したときのこのアドバンス、旋回縦距で舵を切ったところから原針路に対して直角方向に回頭したときのこの直進距離ですが、これがどれ位になるか。このアドバンスが、船長の 4.5 倍以下でないといけないというのが一つ基準になっています。そしてトランスファー、旋回横距があり、更に旋回を続

けて船が原針路に対して 180 度、完全に反対方向を向いたときに、元の航路からどれ位横にずれたか、これをタクティカル・ダイアメータ、旋回圏と言いますが、これが船長の 5 倍以下でないといけません。これよりも大きい船というのは、最大舵角を取っているにもかかわらず、なかなか曲がらない船ということになります。場合によっては危険を察知しても避けることができないということに繋がりがねませんので、これが一つの基準値として定められております。最近では G P S などによって試運転時の正確な航跡が得られるようになっていきます。

ただ試運転の場合には、波浪とか潮流などいろんな外乱の影響が入ってきますので、それらを取り除いて評価する必要があるということと、基準値が満載状態で定められていますが、試運転は普通バラスト状態で行われることが多いので、それをどう換算して評価するかということも一つの研究テーマではあります。



次に、スパイラル試験、逆スパイラル試験ですが、これらは針路の安定性を評価するときに用いられる評価基準になります。

図 21 の見方ですけれども横軸が舵角 δ を表し、縦軸がそのときの旋回角速度 r を表しています。例えばこの δ_1 という舵角を取ったとき、船が旋回をしている時の旋回角速度がどれ位になるか、舵角と旋回角速度の関係をプロットしたものになります。普通、針路安定性の良い船については、本来のカーブはこの原点を通過して δ と r が一対一で対応するのが望ましい状態ですけれども、船によっては一つの舵角に対して、二つの r がある、この図では δ_2 と δ_3 の範囲にある舵角に対して二つの曲線が現れているということになります。

このことは例えば、 δ_2 と δ_3 の間の舵角、極端な話では舵角が 0 度であるのに、場合によっては右旋回する場合もありますし、また別の機会には左旋回するかもしれないということを表します。これはその直前に船が右に旋回していたのか、左に旋回していたのか直前の運動の影響が効いてきて、結局この範囲では、取った舵角に対してどちら

に動くか分からないという不安定な領域が生じるということを表しています。この領域が余りに広いと、操船する方がいくら技術で補おうとしても、なかなか船のコントロールが難しいということが起こり得るということになります。

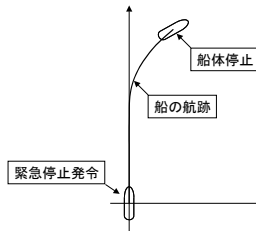
スパイラル試験、逆スパイラル試験と呼ばれる試験を行ってこのようなカーブを描いて、不安定ループの幅や不安定ループの高さ、ここの旋回角速度の差がどれ位になるかということですが、これをどれ位持った船なのかということを事前に評価して、本来これはあってはいけないものなのですけども、それがあつたとしても事前に情報として知っているのと知らないのではまた違ってきますので、こういったものをきちんと評価していることが必要になります。

次にZ操舵試験と呼ばれるものがあります、これはジグザグ試験とも呼ばれています。このZはジグザグ(zigzag)のZです。これも変針・保針性能の評価で、舵を切ったときに船がどれ位追従する性質を持っているかを調べるための試験になります。

図 22 で横軸は時間を表しています。線が2本書いてありますけれども、直線で描いている方が舵の舵角の動きを、曲線が船首の回頭角を表しています。

ジグザグ試験のやり方は、大体、舵角を 10 度に切る場合と 20 度に切る場合があり、例えばこの + 10 度、- 10 度の場合は、最初に舵を舵角 10 度に切りそのままキープしておきます。舵を切ると船はだんだん向きを変え始めますので、船の船首の方向、回頭角が変化します。船の向きがだんだん旋回し、原針路に対して 10 度傾いたとき、舵角と回頭角が一致した状態になると舵を反対舷 10 度に切ります。今右旋回しているとしますと、舵を反対舷に切ったからといって直ぐに左旋回を始めるかとなると、それは船型によってまた特性が変わるということで、一般的な船は直ぐには向きは変わらず、しばらく元の向きに回頭した後、徐々に回頭運動が収まって、逆向きに曲がり始めます。このとき、応答性能が良い船というのは、舵を切ったからの行き過ぎ量、これを第一行き過ぎ角と言いますが、これが割と小さく、本来曲がるべき方向に回るのですけれども、応答性能が悪い船はこの行き過ぎ量がずっと延びて、舵は右に切っているのに、左旋回がしばらく続くことになって、それは操船上なかなか難しいということになります。最初の行き過ぎ角、2 番目の行き過ぎ角の後も同じことを繰り返しますが、この行き過ぎ角は基準値が決まっており、この数値内に収めることが定められています。20 度／20 度 Z というのは、同じく、個々の舵角を 20 度に切ることになります。

- 船舶の停止性能を確認
 - 船舶の巨大化に伴い、停止性能が低下する傾向
 - 衝突等の危険防止
- 計測・評価項目
 - 主機への燃料供給を停止してから、船舶が完全に停止するまでの航走距離
 - 船長の15倍以下
- 計測方法
 - DGPSを利用



次が緊急停止試験です。これは船の停止性能を確認することで、船はブレーキがある訳ではありませんので、プロペラを逆転させて止めることになりますけども、そのときにどれくらいの距離で止まるか、基準としては船長の15倍以下ということになっています。ただ、一部の船については、監督官庁の許可を取ったうえで、船長の20倍ということもありますが、基本的には、船長の15倍以下ということで、船の長さが200 m、300 mとかになりますと2 km、3 kmのオーダーで止まればOKというような基準ですので、いかに止まりにくいかがお分かりいただけるかと思います。

- 操縦性能を評価する方法
 - 設計段階
 - 模型試験
 - 過去のデータベース
 - シミュレーション計算
 - 建造後
 - 海上試運転
- 操縦性能予測の必要性
 - 船舶が完成した後の操縦性能の改良は困難
 - 建造前に模型試験やシミュレーション計算に基づいて十分に検討
 - 優れた操縦性能を持つように設計することが不可欠

- 船舶の設計段階における操縦運動の推定と操縦性能の評価
 - 操縦性能不足に起因する海難事故の防止
 - 海洋環境の汚染や破壊の防止
 - IMO(国際海事機関)による操縦性基準
- 船舶の操縦運動の推定法
 - 模型実験に基づく方法
 - 過去の実績船のデータベースに基づく方法
 - シミュレーション計算に基づく方法
 - 各種流体力を表現するための数学モデルが必要

以上、操縦性能の評価パラメータとそれをどう評価するかについてご説明しましたが、造船所で船を造った後に試運転で実際にこれらを確認し、ある性能が満足していませんでしたということになりますと、その時点で船型を変えることはほぼ無理ですので、設計段階である程度のその船の性能を把握しておくことが必要となります。それではそれをどうやって性能評価しましょうかということですが、大きな区分けをしますと、まず模型試験をやって造ろうとする船と相似な形の模型をつくって、実際に水槽の中でラジコンで動かし、運動を計測したり力を測るというようなことをやるのが一つの方法です。

造船所であれば、これまでに自社で建造した船のデータが蓄積されていますので、例えば以前建造した船を少しマイナーチェンジした船を建造したとすると、船型や舵を変えた影響がどう効いてくるかを推定して、過去のデータベースに基づいて、性能の変化を予測するという方法が使えます。

あと一番できると嬉しいのが、シミュレーション計算です。コンピューターの中で、船型等のデータを入れると、こんな結果が出ますよということになれば、一番手間もかからないのですが、現在なかなかそこまで精度良い方法はありませんので、こういう三つの方法を組み合わせて各社で検討されていますし、大学ではシミュレーション計算の精度をいかに上げるかといったところを研究しています。

次に建造後は、先程申し上げた海上試運転でいろいろ定められた試験を実施して性能を確認することになりますが、船を造ってしまった後の操縦性能の改良は困難であり、事前の検討が不可欠ということになります。何故必要かと言いますと同じような話が続きますが、船というのは一度事故が起こると周囲の環境に与える影響が非常に大きいこと、その環境汚染や破壊を防ぐIMOの基準を満足することも、お客さんとの契約で非常に重要になってきますので、こういった方法で推定する必要があります。

船の操縦運動を推定する方法としてどのようなものがあるかと言うと、大きく二つの方法がございます。

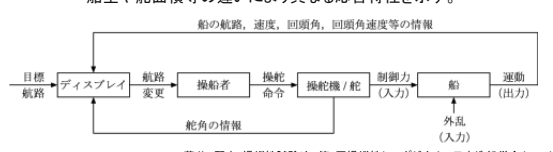
一つに応答モデルと呼ばれる考え方があります。これは船というものは基本的に舵を切ったら運動が変化するので、船に対して、ここは人が絡んで指令を出す訳ですけども、ある舵角を与えたらこんな運動が起きた、また舵角の条件を変えたら運動がこう変わったという関係が得られます。入力と出力が舵角と運動ということで、それぞれデータを集めていくと対応関係が分かってくるので、これを解析することによって、この舵角と運動を結びつける関係を明らかにして、そこからその対象としている船の運動性能を評価するのが応答モデルと呼ばれる考え方になります。

船舶の操縦運動の推定(2)

26

・ 応答モデル

- － 応答方程式を用いて船舶の操縦運動を取り扱う。
 - ・ 物理系の力学的なモデルには触れない。
- － 船舶の運動を一つの閉ループの制御系として考える。
 - ・ 制御入力: 操舵
 - ・ 出力: 船舶の運動
 - ・ 船型や舵面積等の違いにより異なる応答特性を示す。



船舶の操縦運動の推定(3)

27

・ 流力モデル

- － 流体力学的な立場から船舶に作用する流体力を考慮して運動方程式を取り扱う。
- － 外力に対して、船舶がどのような力学的なメカニズムで運動するか注目する。
 - ・ 船型が持つ流体力学的な特性(流力特性)に注目

・ 操縦運動シミュレーションのための数学モデル

- － 「流力モデル」の考え方に基づく。
- － 我が国において現在広く利用されている。

ここに書いてある物理系の力学的なモデルには触れないというのは、先程いろいろ実験をやって力を測ると言いましたけれども、このような運動をしている時にはこんな力がかかっているというのは応答モデルでは表面上は現われてこなくて、舵を切ったら船に働いている力が変わり、結果としてこのような運動が出たという入ったところと出たところに注目して評価をするというのが、この応答モデルの基本的な考え方になります。操舵が入力で出力が運動です。

当然船の形が変わると同じように舵を切っても、運動の出方が変わりますので、これを結びつける関係は船特有のものということになります。

もう一つ考え方が流力モデルという考え方で、こちらは物理でやっている運動方程式を解いて運動を推定するものです。その力を流体力学的な考え方で表現するため流力モデルと言います。

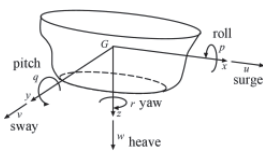
これは船の姿勢が変わると、水から受ける力が変わる、舵を切ると舵の力がこう変わる。その結果として、運動がどう変わるというのを全部、数式で表しておいて、そこに使う係数が船ごとに変わってきますので、その係数をうまく取り換えれば同じプログラムで別の船の運動を推定できるということになります。このような計算を行うのですが、結局、この力をどう表現するかというところが、推定される運動の評価の精度にも効いてきます。

現在、船の運動シミュレーションをやろうとするときには、基本的にはこの流力モデルの考え方が主流で使われています。ただ、応答モデルが使われてないかというところでもなくて、オートパイロットの設計やそれほど大きく舵を切らない運動であれば、応答モデルであっても評価パラメータを正確に行っていれば十分な精度で計算できます。

この流力モデルというのはどんな考え方で成り立っているのかについて、少し数式が出てきますが、簡単に説明させていただきます。

船舶の運動

28



- 並進運動
 - 前後揺れ (surge)
 - 左右揺れ (sway)
 - 上下揺れ (heave)
- 回転運動
 - 横揺れ (roll)
 - 縦揺れ (pitch)
 - 船首揺れ (yaw)

高速航行する船舶
GMが小さい船舶



九州大学

大学院工学研究科 海洋システム工学部門

船舶の操縦運動の解析(1)

29

- 前後揺れ, 左右揺れ, 船首揺れの連成運動
- 空間固定座標系 $o_0-x_0y_0z_0$ における船舶の運動方程式

$$m \ddot{x}_0 = X_0$$

$$m \ddot{y}_0 = Y_0$$

$$I_z \ddot{\psi} = N_0$$

m : 船舶の質量

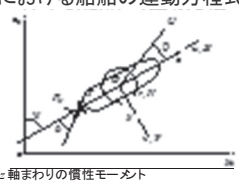
I_z : 船体固定座標系 $G-x_0y_0$ における z 軸まわりの慣性モーメント

$\ddot{x}_0, \ddot{y}_0$: x_0, y_0 軸方向の加速度

$\ddot{\psi}$: z 軸まわりの回転角加速度

X_0, Y_0 : 船舶に作用する x_0, y_0 軸方向の力

N_0 : 船舶に作用する z 軸まわりの回転モーメント





九州大学

大学院工学研究科 海洋システム工学部門

船は水の上に浮いて運動していきまして、このような3軸の座標系を考えますと、それぞれの軸方向に動く運動が前後揺れ、左右揺れ、上下揺れというもの、今度はこの軸回りの回転運動が横揺れ、縦揺れ、船首揺れとなりますけれども、操縦性と呼ばれる分野で扱うのは、主にこの前後・左右揺れと船首揺れというこの水線面のx軸とy軸で構成される面内の運動で前後の動きと横の動き、そしてこの船首を左右に振る動きが主な研究対象になります。

ただ、高速船やコンテナ船のようなGM(メタセンター高さ)が小さい船、復原力が割と小さい船になりますと、舵を切って旋回する途中で横傾斜を生じたりしますので、その場合は回転運動の横揺れの影響も考えておかないといけません。垂直に浮いているときと左右に傾斜しているときとでは、水面下の船の形状が変わっていきますので、船にかかる力が変わり、それが今度は旋回航跡の差となって現われることがあります。これは状況に応じて使い分けますが、基本的にはこの前後・左右揺れ、船首揺れで、状況によって横揺れが付加されると考えて下さい。

船舶の操縦運動の解析(2) 30

- 船体固定座標系 $G-xyz$ を用いて、速度、加速度、船舶に作用する力を表した場合の運動方程式
$$\begin{cases} (m+m_x)\ddot{u} - (m+m_y)vr = X \\ (m+m_y)\ddot{v} + (m+m_x)ur = Y \\ (I_z+i_z)\ddot{r} = N \end{cases}$$

m_x, m_y : x, y 軸方向の船舶の付加質量
 i_z : z 軸まわりの付加慣性モーメント
 u, v : x, y 軸方向の速度
 r : z 軸まわりの回転角速度
 X, Y : 船舶に作用する x, y 軸方向の力
 N : 船舶に作用する z 軸まわりの回転モーメント

九州大学
大学院工学研究科 海洋システム工学部門

船舶に作用する流体力の表現 31

- 船舶に作用する流体力
 - 船型、運動状態、載荷状態や航行海域の水深等によって大きく変化
- 船舶の操縦運動の正確な推定
 - 船舶に作用する流体力を精度良く表現することが不可欠
- 操縦運動方程式の右辺に現れる船舶に作用する外力 X, Y, N の表現方法
 - 異なる考え方に基づく二つの数学モデル
 - Whole Ship モデル(regression 型モデル)
 - MMG モデル(module 型モデル)

九州大学
大学院工学研究科 海洋システム工学部門

これは船舶の運動方程式ですが、基本的には、先程の三つの運動を考えていますので、三つの運動に対する運動方程式があります。

質量×加速度が船に働く力と釣り合っていますので、上の二つが前後方向と横方向の力のつり合いで、最後が重心回りの回転運動の釣り合いということになります。ここで船の質量とか、慣性モーメントは、船型が決まるとある程度見積ることができます。式の右側は、水・流体からどんな力を受けているかを示しており、ここをいかに正確に表現するかが方程式を解いて得られる運動の推定結果の精度に結びついてきます。

途中は省略しますが、中身を分類すると図 30 の式が船の操縦運動方程式として、一般的に教えられているものになります。

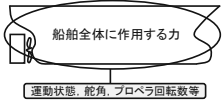
運動方程式の右側が主に姿勢によっていろいろ変わってくる力を表しますので、ここを実験や流体力学で計算したりして何とか正確に表し、運動を推定するということにな

ります。

右辺のX、Y、Nは、船に働く力ですが、先程から申し上げているように船型が変わると形が変りこの力も変わります。また、同じ船であっても、載貨状態が変わると水面下の形が変わりますので力も変わります。更に直進しているのか、斜航しているのか、旋回しているのかによっても、当然、周りの水の流れが違うので力が変わります。また、海域が変わって、水深が深いか浅いかによっても変わりますので、このような全部のパラメータを含めて、ある瞬間に船にどんな力が働くのかを数式で正確に表現しておかないと、運動方程式を頑張って解いても出てきた結果には何の意味もないということになります。

Whole Ship モデル(regression 型モデル) (1) 32

- 船体、プロペラ、舵で構成される船舶全体に作用する流体力を多項式で表現
 - 船速 u, v
 - 回頭角速度 r
 - 舵角 δ
 - プロペラ回転数 n 等



$$\left. \begin{aligned} X &= X(u, \dot{u}, v, \dot{v}, r, \dot{r}, \delta, \dot{\delta}, n, \dots) \\ Y &= Y(u, \dot{u}, v, \dot{v}, r, \dot{r}, \delta, \dot{\delta}, n, \dots) \\ N &= N(u, \dot{u}, v, \dot{v}, r, \dot{r}, \delta, \dot{\delta}, n, \dots) \end{aligned} \right\}$$

※ 運動方程式は重心を原点とする船体固定座標系で記述
※ 添字 “G” の表記は省略（以降の数学モデルも同様）

Crane : Maneuvering Trials of 278,000 DWT Esso Osaka in Shallow and Deep Water, Trans. of the SNAME, Vol.87(1979)

九州大学 大学院工学研究院 海洋システム工学部門

Whole Ship モデル(regression 型モデル) (2) 33

- 拘束模型試験により、各種流体力係数を算出
 - PMM(planar motion mechanism)試験
 - CMT(circular motion test)
 - 旋回腕試験(rotating arm test)等
- 係数の選び方
 - 各研究機関ごとにさまざまな数学モデル
 - パラメータとして含まれる変数やその次数が異なる。
- 利点
 - 流体力計測のための拘束模型試験が実施された運動状態の範囲においては、船舶に作用する流体力の特性を極めて正確に表現することができる。

九州大学 大学院工学研究院 海洋システム工学部門

それではその船に働く力をどうやって表現するかですが、これにも大きく分けて二つの考え方があります。一つが Whole ship モデルというものの、もう一つがMMGモデルと呼ばれるものです。

船を大きくパーツに分けると船体とプロペラと舵で構成されています。この Whole ship モデルは、一つの船全体を考えて、ただそのときに、船は運動状態によってプロペラの回転数が違う、舵角が中立なのか大きく舵を取っているか、トリムしているかどうか、その時の船の運動状態や姿勢を表すパラメータを多数選びまして、その全部の組み合わせで、とりあえず船を引っ張って力を測ってしまうものです。膨大なパラメータの組み合わせで実験を何回も何回も繰り返し、データが十分集まった時点で、その中のパラメータの組み合わせを数式でうまく表しておきます。運動方程式を解いて、ある瞬間の船の姿勢がこうですよということが分かれば、この船にはこんな力が働いていますということが決まるので、それを使い、そこから時間がまた経過すると船の姿勢がどう変わるか、その結果として力がどうなるか、それをひたすら繰り返していくことによって、運動の推定ができるということになります。

これはPMM試験やCMTなどの模型試験によって計測することになります。研究機

関によっては、このパラメータは要らないとか、これを入れた方が良いというのがあって、研究機関によって細かい表現はいろいろ差があるのですが、実験を繰り返すと、何らかのモデルが定まります。

MMG モデル(module 型モデル) (1)
34

- Whole Ship モデルの欠点
 - 数学モデルに含まれるパラメータが異なる場合
 - 実験結果の比較が困難
 - 広範囲の運動状態に適用する場合
 - 膨大な実験が必要
 - 船型や舵等を部分的に変化させる場合
 - 実験のやり直しが必要となり、適用性が乏しい。
- より合理的な数学モデルの構築
 - 操縦運動の数学モデル検討グループ(略称 MMG)設置
 - 昭和 51 年 試験水槽委員会第 2 部会内
 - 数学モデルに関する詳細な検討

MMG 報告-I~V, 日本造船学会誌, 第575,577,578,579号(1977) および第616号(1980)

九州大学
大学院工学研究院 海洋システム工学部門

MMG モデル(module 型モデル) (2)
35

- 船舶に作用する流体力を船舶を構成する各要素ごとに分離して表現
 - Module 型モデル
 - 通称 MMG モデル

$$\left. \begin{aligned} X &= X_H + X_P + X_R \\ Y &= Y_H + Y_P + Y_R \\ N &= N_H + N_P + N_R \end{aligned} \right\}$$

九州大学

九州大学
大学院工学研究院 海洋システム工学部門

メリットとしては、実験を行なうと結局膨大なパラメータの組み合わせになりますので、その中に普通の船の運動はだいたい含まれることになります。その実験を行った範囲の中の運動であれば、非常に正確な船の力が得られるということで、それを使って計算すれば、船の運動がすごく良い精度で推定できるということになります。デメリットとしては、実験を行うときのコンディション条件の組み合わせが非常に多いため、かなり膨大な実験をやらないといけないことです。実験さえすればできるのですが、そのためには非常に労力がかかります。

実験を色々やっているうちに、どうも旋回性能が悪いために舵をもう少し大きくしようとなりますと舵の要目が変わりますので、結局また膨大な実験を繰り返さないと評価ができないということになります。船型が決まった状態では非常に良いのですが、船型が定まっていない設計段階で、繰り返し行うにはなかなか使い勝手が悪いということで、30・40 年前になりますけれども、日本の当時の研究者が集まって、もう少し使い勝手のよいモデルを作ろうということで検討されたのが、一方のMMGモデルと呼ばれるもので、MMGというのはこの研究グループの名称を取ったものです。

その考え方がどういうものかということ、船に働く力を船体、プロペラ、舵のパーツごとに分けて表現するもので、船体の形が変わったら船体に作用する力の中身を変えます。プロペラを変えたらプロペラの部分を、舵を変えたら舵の力を変えということで、モジュール型とも呼ばれていますけれども、パーツを入れ替え可能な形で表現しておくのがMMGの基本的な考え方です。

ただ、単純に分けて扱えるかということそうではなくて、舵というのは船体の後ろのプロペラを通過してきた流れの中で動いていますので、舵に働く力は当然、船体とプロペラ

の影響が入ってきます。これは干渉力と呼ばれていますが、見かけ上はパーツごとに分かれていますけれども、プロペラとか舵には前にある船体とかプロペラの影響も含めてモデル化します。そのため、パーツを入れ替えたならその干渉のパラメータも一緒に評価し直すといったところまで含めて、推定精度を上げて、かつ使い勝手のよい形にしたのがモジュール型MMGモデルと呼ばれるものです。

MMG モデル(module 型モデル) (3)

36

- 右辺各項の添字の意味

$X = X_H + X_P + X_R$
$Y = Y_H + Y_P + Y_R$
$N = N_H + N_P + N_R$
- H : 船体に作用する力
- P : プロペラ推力
- R : 舵力
- 船体とプロペラ, 舵の間に生じる流体力学的な干渉力も含めて表現される。
- Y_P, N_P については省略されることが多い。
 - 通常の運動状態においては船舶の運動に及ぼす影響は小さい。

MMG モデル(module 型モデル) (4)

37

- MMG モデルの特長
 - 船型や舵形状の変更等の部分的な変更にも対応することが可能
 - 各項は船体, プロペラ, 舵の要目や特性を考慮した船体要素と運動要素に基づいて表現される。
 - 外力を容易に付加することが可能
 - 風や波等による外力
 - スラスト等の補助推進装置
 - それぞれの影響を考慮した数学モデルを構成することが可能
 - 設計段階等において操縦性能推定を行う場合に, 利用しやすい。

小林 彰本, 古川 操縦運動の数学モデル, 運動性能研究委員会第12回シンポジウム「操縦性研究の設計への応用」, 日本造船学会(1995)

図 36 の式で、プロペラの横力と回頭モーメントは割と小さいので、 P がついた Y と N は省略されることが多いということになります。

後は X_H 、 X_P 、 X_R と Y_H 、 Y_R 、 N_H 、 N_R の中身をどう表現するかということになります。このようなパーツに分けておくと、例えば後で舵の形を変えたときは、舵のモデルだけを入れ替えます。また、風が吹いてきたので、風の影響の力(W)を付け足そう、スラストがあるのでバウスラスターの力を付け足そうといったことを、モジュールを追加するような形でシミュレーションができます。当然、追加するモデル自体の精度が十分に検討されていることが前提になりますが、モデルを足したり引いたりすることがやりやすいというのが一つのメリットになります。

◆ 船体に作用する流体力の計測

先程から申し上げているように、船体、プロペラ、舵に働く力をどのように表現するか、結局これも運動状態によって変わってきますので、それを手っ取り早くやる方法としては模型試験を行うのが一番正確です。ただ手間はかかります。

水槽の中に模型船を浮かべて、電車と呼ばれるもので引っ張ると、水から受ける力を検力計で計測できますので、この斜航角のときにはこのような力がかかった、これに旋回角速度が加わるとどうなるか、これもある程度パラメータの組み合わせを繰り返して、いろんなデータを積み上げてモデル化するということになります。

拘束模型試験 (captive model test)

40

- 検力計を介して模型船を試験装置に拘束
- 模型船に強制運動を与え、船体に作用する流体力を計測
- 計測値から慣性力を差し引いて、船体に誘起される流体力を算出
- 拘束模型試験の種類
 - 旋回腕試験 (rotating arm test)
 - CMT (circular motion test)
 - PMM (planar motion mechanism) 試験

九州大学

大学院工学研究院 海洋システム工学部門

旋回腕試験

41

- 円弧状のレールに沿って旋回腕を回転
- 旋回腕に模型船を拘束
- 定常旋回角速度 r と斜航角 β を設定



九州大学 旧船舶運動性能試験水槽

九州大学

大学院工学研究院 海洋システム工学部門

これが実験装置の一例ですけれども、今はなくなってしまった移転前の箱崎キャンパスにあった水槽の写真になります。これはどういう装置かと申し上げますと、ここに円形のレールがあり、ここが円の中心になります。ここを中心に電車と言われるこの骨組み構造が旋回できます。このとき模型船を取り付けて回すと船があたかも旋回運動しているような状態を再現できます。その時、ある旋回角速度を与えるとどんな力とモーメントがかかるかを計測し、旋回角速度の条件や船の斜航角を変えて何回も実験を繰り返すと、その船の運動状態に応じた力が得られるということになります。

ただ、この装置は旋回運動に特化した実験装置で、ほかには使い勝手が悪い、と言うのは水槽の中に柱があるので、他の実験をやるときにこの柱が邪魔になっていましたが、伊都キャンパスでは、旋回運動に使えるかつ他の実験にも使える水槽と電車を設置しています。

模型船曳引車の例(2)

44



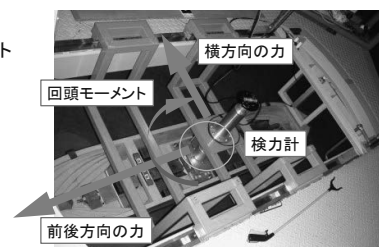
九州大学

大学院工学研究院 海洋システム工学部門

模型船拘束装置の例

45

- 計測項目
 - 前後力
 - 横力
 - 回頭モーメント



九州大学

大学院工学研究院 海洋システム工学部門

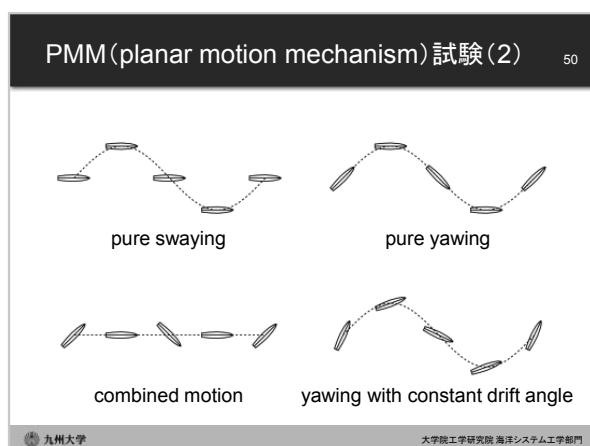
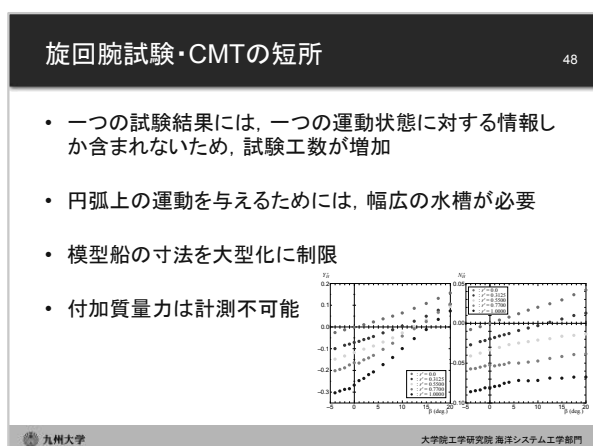
これが CPMC と呼ばれるタイプで、水槽は 38.8 m × 24.4 m で、これに橋げたのようなものが乗っていますが、両サイドに新幹線と同じレールが引かれていまして、このレールにこの橋げた状のものが跨って載っている状態になります。模型船はここに取り付け、主曳引車がレールに乗かって、この図ですと手前から奥行き方向に自由に動

くことができます。また、副曳引車が主曳引車にぶら下がっていきまして、これがこの図でいくと左右に動くことができます。この副曳引車の中にはターンテーブルという回転運動を起こす装置が付いていますので、先程のこの前後方向と横方向の動きと旋回させるような運動の三つの組み合わせを再現できます。

その他にも事前にどんな運動させたいかをプログラムしておけば、水槽内でジグザグに走らせたり、途中で急に向きを変えたりして、その時にどんな力がかかるのか、そういったものを条件に応じて計測ができるといった装置です。

図 45 が実験に使う模型船ですけれども、大体 2.5 m ぐらいの模型を使いますが、これが検力計と呼ばれるもので、これを介して先程の模型船曳引車にガッチリ固定しています。この状態で電車が動くと船が水から抵抗を受けて、この三つの力の成分が計測されるということになります。

大手の造船所や他の大学研究機関には、これと似たような設備があるのですが、これを使って実験を行なうとその旋回角速度と斜航角の組み合わせでどういう力が働くかを計測することができます。これは一定の運動状態をキープしますので、力がずっと一定に出てきますので、全部を平均すると精度良く力を計測できること、それとコントロールルームの設定次第で任意の旋回角速度、斜航角を組み合わせることができますので、実際に船が運動しそうな組み合わせで力を計測することができます。また、計測したデータを使い勝手のいいように整理するため微係数と呼ばれるものが使われます。あと特殊な船型であってもモデルさえ選べば、有効なデータを得やすい特徴があります。



デメリットとしては、先程も言いましたけれども、パラメータをたくさん変えて実験を繰り返さないといけませんので非常に時間がかかります。

図 48 で言いますと、横軸が斜航角で、色の違いが旋回角速度の違いを表していますが、横方向の斜航角の点が 20 個弱ありますので、回頭角速度が 5 パターンぐらいあると、この図を書くのに 100 回くらい実験をやらないとこの図は書けません。かつ問題は

水の上で、船を動かして引っ張るので1回実験やると波が起きたり、水槽の中で水が回転したり、水自体が動いてしまうので、その水の運動が収まるのを待たないといけませんので、1回の実験に最低でも15分から20分かかり、水深が浅くなると、水がなかなか止まらないので30分位かかります。1日8時間の実験やったとしても、1時間に2点で1日に16点とするとこの図1個を書くには1週間以上は確実にかかります。非常に手間のかかる実験になります。

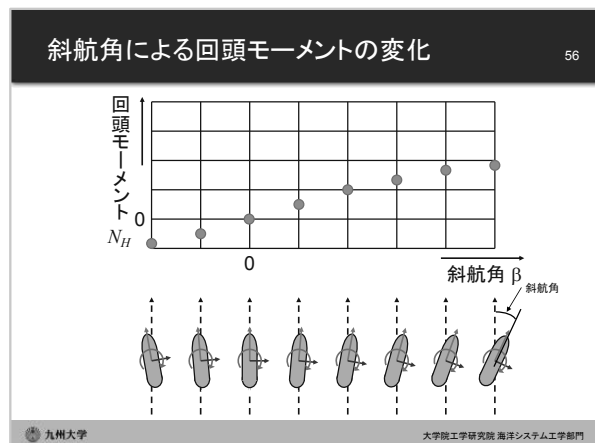
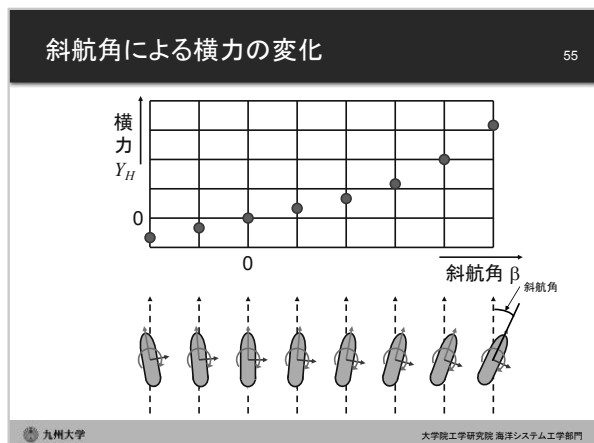
やってしまうと便利ですが、実験にえらい手間がかかることと大型水槽等の特殊な設備が必要です。それと模型船は、本当は大きい程いいのですが、大きくなると旋回に必要な面積も増えますので、自ずと模型のサイズは制限されます。また、付加質量とともに加速度に関係する項は取れないというデメリットがあります。

これに対して、もう少しお手軽にできる方法として、PMM試験というのがあります。先程の試験は、旋回とか斜航で普通の船が起こしそうな運動を組み合わせた試験でしたが、PMM試験は実際には起こり得ないけれども、後々の解析に便利な運動を強制的に船に与えて力を測ります。

Pure swaying の場合は、船首の向きは全然変わらないけれども、横方向に動いている状態で、こちらは斜航せずに常に船首の方向と船の進行方向が一緒の状態です。Combined motion の場合は、船は一直線に進むけれども、動いている過程で船首が右、左に振れている状態です。これらは実際の船では実現はできないのですが、こういう実験を注意しながら行くと有効なデータが得られ、先程のCMT試験と同じようなデータが得られます。

PMM試験ではそれ程面積が必要ではないので、いろんな造船所等が持っている曳航水槽と呼ばれる長い水槽でもちょっと装置を追加すると実験ができます。それと運動状態を無理やり動かしていますので、CMTでは取れなかった付加質量等も含めいろんなデータを一気に計測できます。ただ精度をちゃんと管理しておかないと、解析には難しかったり、計測されたデータが役に立たないということになりますので、そこら辺は向き不向きがございます。

◆ 計測された流体力の解析と数式表現



このようにしていろいろな実験を行ってデータを積み重ねていくと、後はそれをどう使い勝手よく表現するかという話になります。

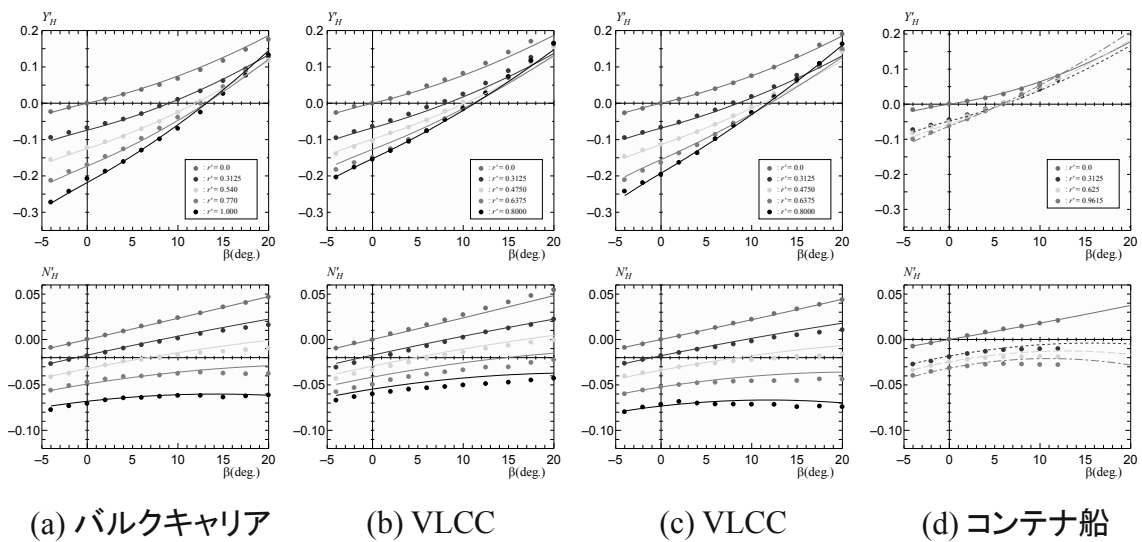
先程のパラメータの組み合わせですけれども、例えば、斜航角を変えて実験を行いますと直進する時には横方向には力が働いてないのですが、右舷側に斜航すると横方向にだんだん力が出てきますので、実験を行なうとこの点が幾つか得られます。ただシミュレーション計算をやろうとすると実験をやっている途中での力も知りたいということになりますので、これを何か数式で表してやらないといけない。モーメントも同じように離散的に出てきます。

旋回運動しても力が変わってきますので、このように実験点が出てきてきます。これも船型や斜航角、旋回角速度によって大きく変わるのもあればそれほど大きく変わらないものもあり、船型によって違いがありますので、いろいろ数式で表して、かつその数式に含まれる係数を船ごとに決めるといったことを行う必要があります。

同じ船でも載荷状態によって違いが出てきます。満載の時には旋回角速度がつくと大きく力が変わったのが、積荷が軽くなってくるとこの変化具合が小さくなります。

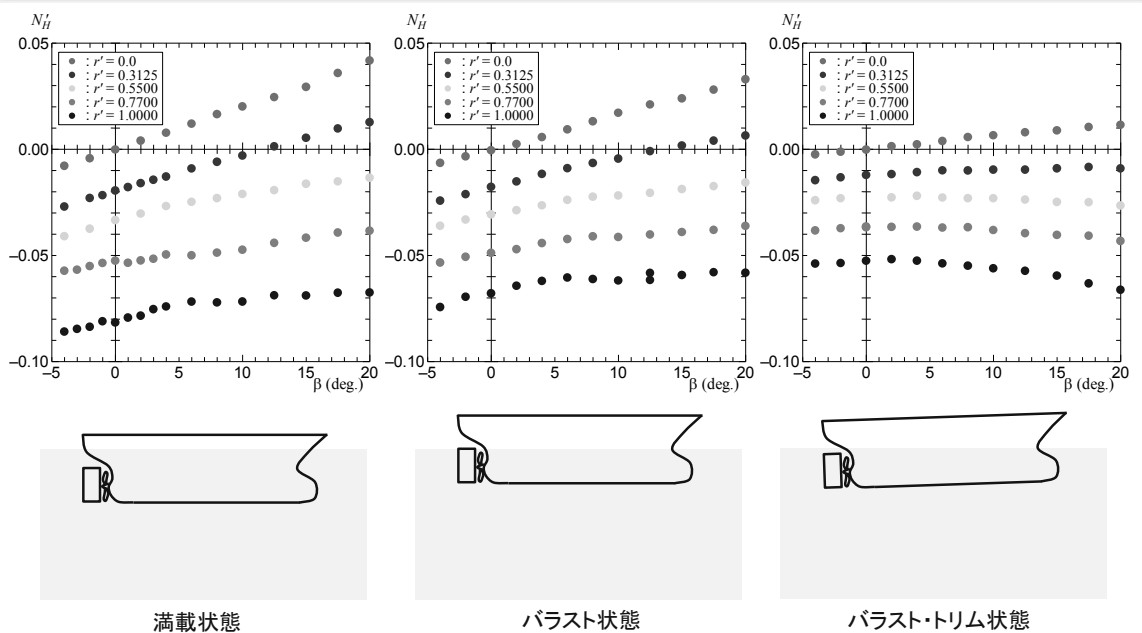
船型による横力・回頭モーメントの変化の例

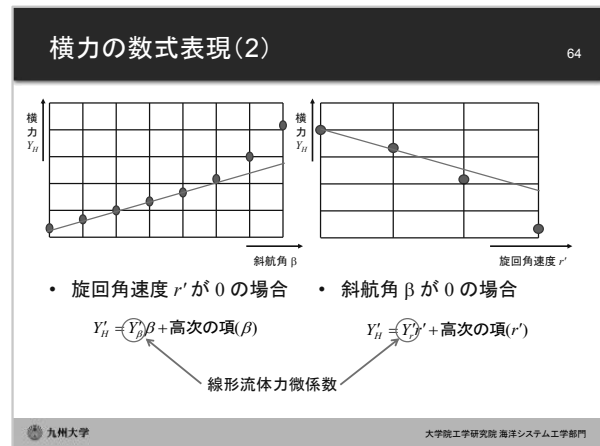
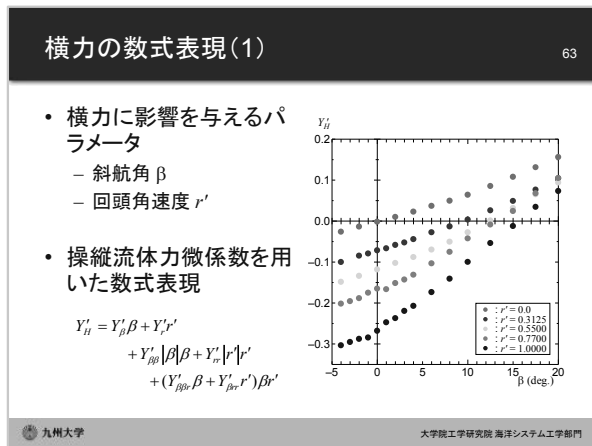
60



载荷状態による回頭モーメントの変化の例

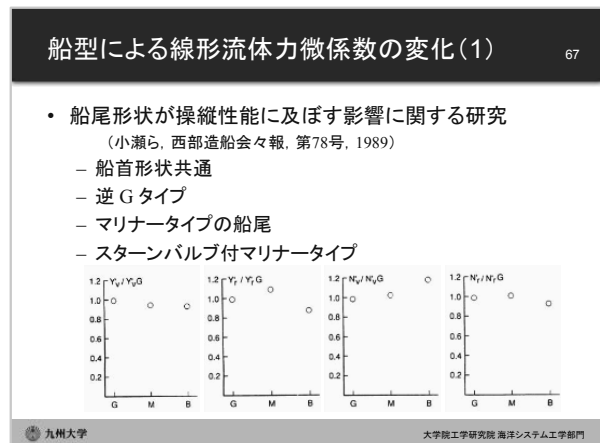
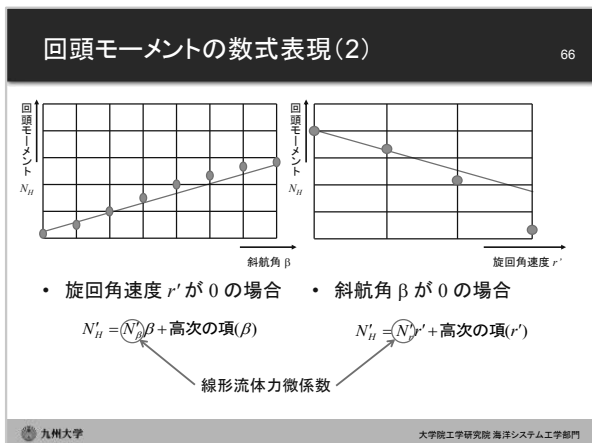
62





この横力を数式でどのように表すかと言いますと、少しごちゃごちゃした式になりますが、図 63 のようになります。この微係数というのは、前に係る係数ですが、斜航角に力がどれぐらい比例するかとか、旋回角速度にどれぐらい比例するといったことを表しています。

先程の実験点(図 64)で言うと、この項は斜航角が変わると力がこのような傾斜で変わることを表しています。ただ、これだけですと斜航角が大きくなってくると実験点とだんだんと合わなくなってくるので、ここの曲がっている部分は別の項を足して表すというのが追加項の意味になります。船ごとに繰り返して実験を行ってゆくと、微係数を決めることができます。



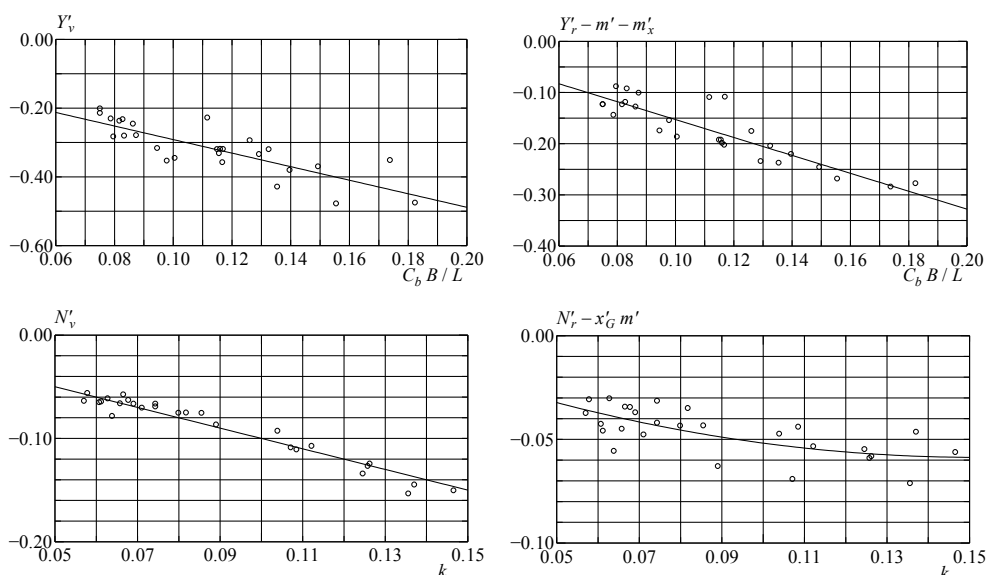
回頭モーメントについても同じように、先程の実験で 100 点ぐらいのデータが得られれば、あとは解析で使い勝手のよいデータが得られることになります。

微係数という係数でいろんな力を表すのですが、これは当然船の形が変わると違ってきます。最初に引用しました広島大学名誉教授の小瀬先生の論文からですが、逆 G の時の係数を 1 とすると、マリナータイプではだんだんこの係数は小さくなるか、この係数は大きくなるがバルブがつくと小さくなるというように、船首が同じ

でも船尾が違くと係数が変わって、その係数の違いで船に働く力の特徴、それによって引き起こされる運動の特徴を表現できるということになります。

船型による線形流体力微係数の変化(2)

68



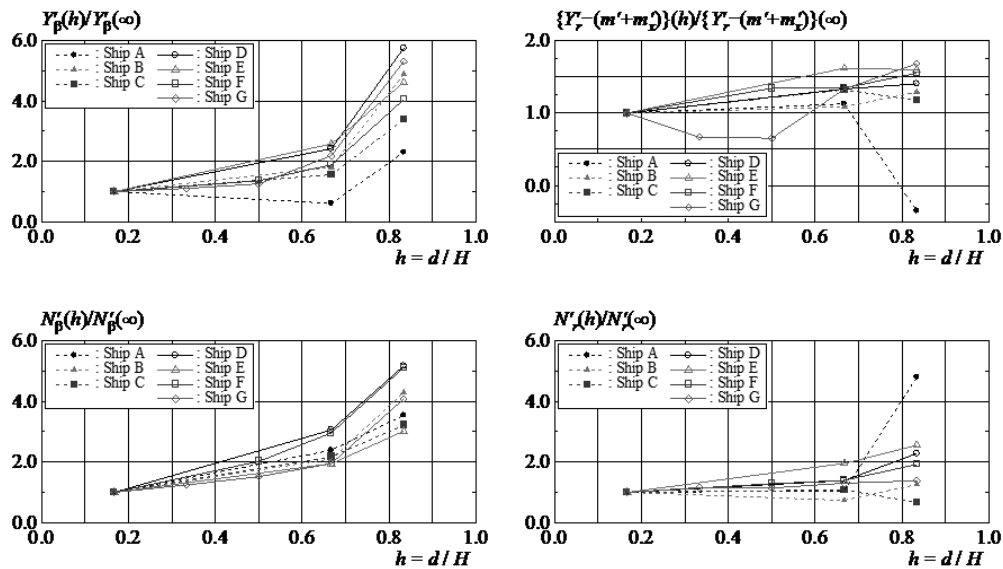
九州大学

大学院工学研究院 海洋システム工学部門

船型によっても違うのですが、それを毎回実験で行うのも大変なので、例えば船の C_B (方形係数) とか幅、喫水が分かるとそこそこに推定できるのではないかとということで、これは九州大学で行った実験データを整理したものですけれども、例えば先程の Y_v' というパラメータであれば、このような係数で整理するとこのような傾きで表せるとか、 N_v' 、これは喫水と船長の比を表す係数になりますけれども、 N_v' というのはほぼ一直線に並ぶと。こういったものの精度を上げていくと、実験を行わなくてもそこそこの力の推定ができ、シミュレーションを行うことができることとなりますので、設計段階で使いやすくなります。

水深による線形流体力微係数の変化

69



九州大学

大学院工学研究院 海洋システム工学部門

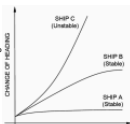
さらに水深が変わると係数が変わります。図 69 は、横軸が水深を表していて右に行くほど浅くなるのですが、船に働く力が大きく変わってくる様子を表しています。水深が浅くなると深い時に比べて、係数によっては 4 倍、5 倍の違いがあり、これが運動の違いに結びついていることになります。

◆ 針路安定性の評価

針路安定性 (course stability)

71

- 直進中の船舶に外乱が作用して針路を逸れたとき、操舵しなくとも原針路に復帰する、あるいは原針路に近い状態となる性質
- 船型によって決まる船舶固有の性質
- 船体の慣性力と旋回抵抗の比率に支配される。
 - 慣性力／旋回抵抗：大
 - 旋回運動の減衰が遅い。→ 針路安定性が悪い。
- 旋回性能 (turning ability)
 - 旋回力／旋回抵抗：大
 - 旋回半径：小、定常旋回角速度：大 → 旋回性能が良い。



九州大学

大学院工学研究院 海洋システム工学部門

針路安定性の評価 (1)

72

針路安定性指数

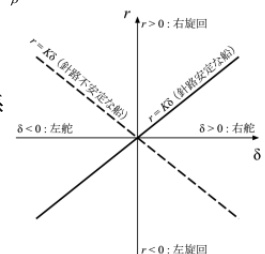
$$\Delta = Y'_\beta N'_r - \{Y'_r - (m' + m'_x)\} N'_\beta$$

- $\Delta < 0$ の場合：針路安定
- $\Delta > 0$ の場合：針路不安定

舵角 δ と回頭角速度 r の関係

$$r(t) = Ce^{-t/T} + K\delta$$

- T, K ：操縦性指数
 - $\Delta < 0$ の場合： $K > 0$
 - $\Delta > 0$ の場合： $K < 0$



九州大学

大学院工学研究院 海洋システム工学部門

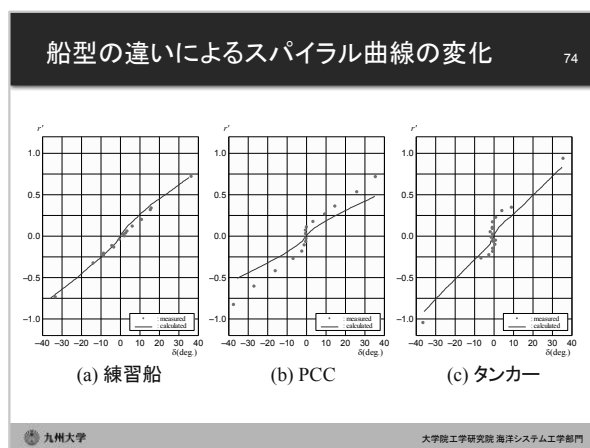
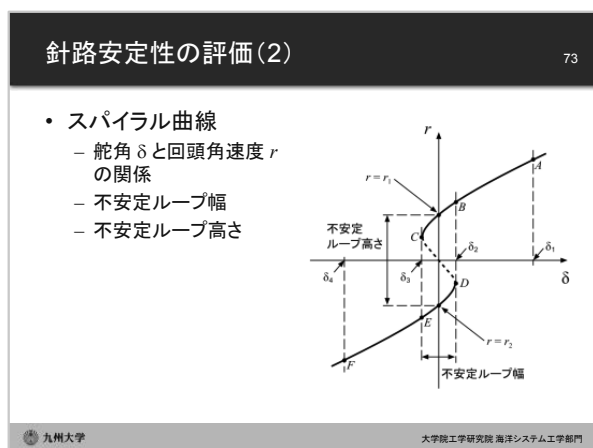
次に最初に申し上げました針路安定性の評価の話になります。不安定ループなどのお話をしましたが、針路安定性をもう 1 回整理しますと、直進中の船に風なり潮流なりの

外乱が作用したときに針路がそれてしまいます。針路がそれてしまうきっかけとなった外乱が排除されたときに、元に戻りやすいかどうかを表しているのがこの course stability、針路安定性ということになります。

これは船体の慣性力と旋回抵抗の比率に支配されるのですが、図 71 の図は縦軸が回頭角を表しています。このタイミングで外乱が生じて向きが変わり始めますが、外乱が直ぐなくなると、針路安定性の良い船というのは、ちょっと針路が変わったとしてもそれほど大きくずれない。それに対して、針路安定性が悪い船というのは、1 回何かのきっかけで向きが変わると、外乱が無くなってもどんどん向きが変わってゆくというようなことが起こりかねない。これは旋回抵抗が大きい小さいかによって変わってきます。旋回性能は舵力と旋回抵抗の比ということで、こちらも大小関係に注意していくことが必要になります。

図 71 がどこから出てきたかについて、もう少し詳しく説明していますのが図 72 になります。針路安定性というのは、先程から出ている微係数という船に働く力を表す係数を使って評価することができます。

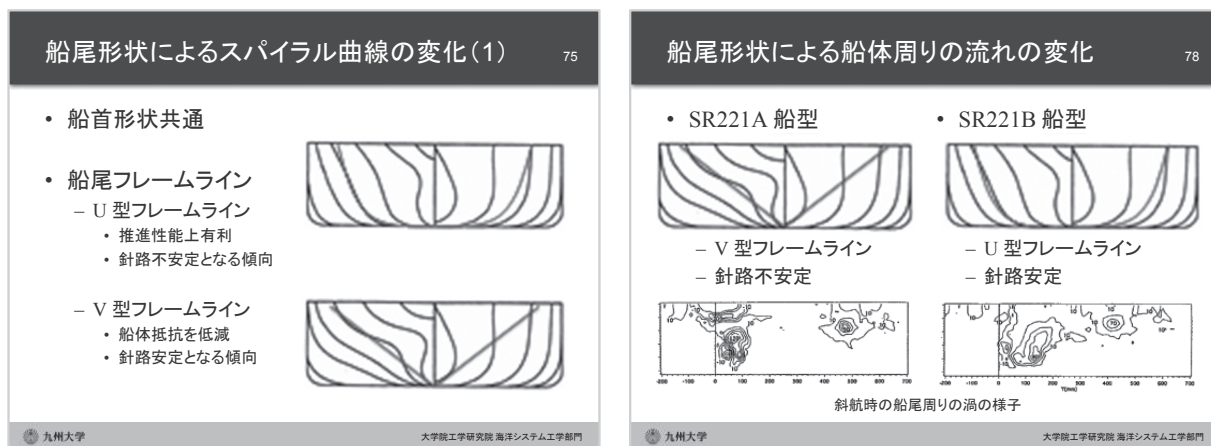
結論を言いますと、このような微係数を使って計算される針路安定性指数がマイナスになるとその船は針路安定が良い、プラスになると針路不安定であるということができ、安定性の良い船の場合は舵角と回頭角が一对一に対応します。しかし、不安定な船は舵を右に切っているのに、左に旋回しそうな傾向が数式上現れる、実際にそのようなことは起こらないのですが、その数式上に現れた結果がここですが、実際には存在しない運動の影響が、本来は一对一で対応するところに乗っかってきて、舵を右に切っているのに左旋回する、あるいは左に切っているのに右旋回するといったことに繋がってきます。



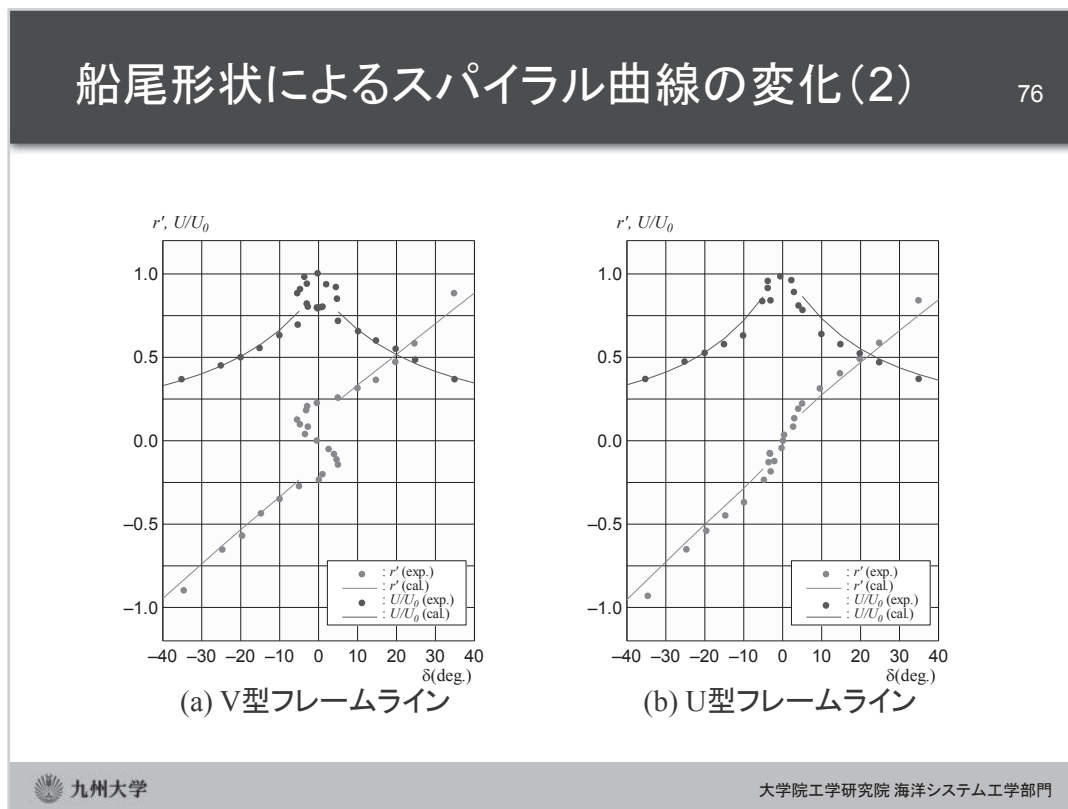
この場合、舵を右舵一杯からだんだん左側に切っていくと、ここでいきなりジャンプしてあるところまでは左舵をきっているのに右旋回していたのが、突然左に曲がり始

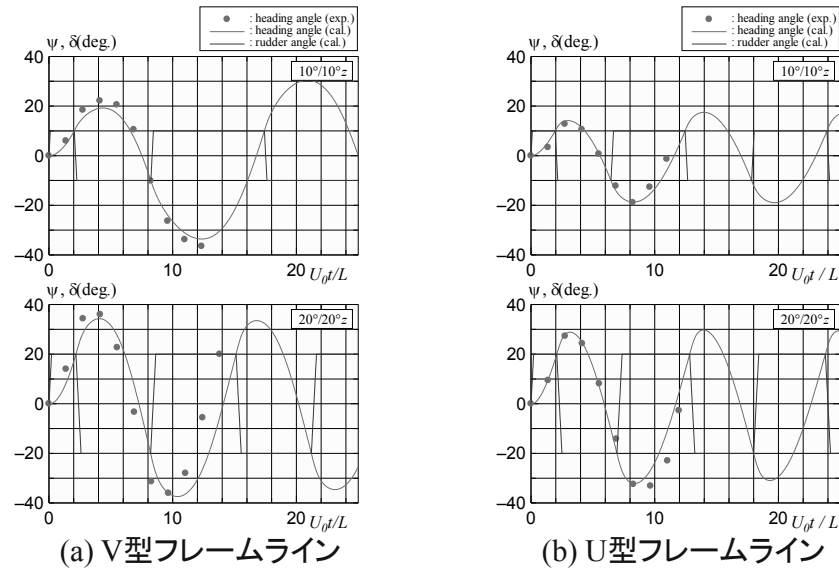
める。逆に左舵一杯から右に切っていくと、舵角は右になっているのに左旋回しつつ、どっかのタイミングで急に右に曲がり始める。ここで運動のジャンプが生じて、これが操船上難しい原因の一つになることがあります。

図 74 は別の論文から引用したものですけれども、左の練習船は非常に素直な性能を持つ船型なのですけれども、タンカー等の船型によっては、ここに先程のループの幅とか高さが出てきます。



次に、最初に出てきた船尾形状の違いによるU船型、V船型についてですが、新しいタイプのV型は割とこういうのが現れやすくなっています。昔の船は素直な船型だったのですけれども船尾を変えるとこのような目立った特徴が現れることがあります。





このような違いが運動としてどう現われてくるかというと、図 77 がジグザグ試験の結果ですけれども、針路不安定になった V 型は舵角に対してなかなか運動の追従性が良くなって舵は逆に切っているのにまだ運動が発達し続けて、向きを変えるのに時間がかかります。それに対して、U 型は割ときびきびと反応するといった違いが出ており、針路安定性の違いというものを目で見ることができます。

図 78 は海上技術研究所の研究の結果ですけれども、船尾にできる渦のでき方が違って、これが船体周りの流れや力に影響して運動の違いとなって現われてくることになります。

◆ 狭水路航行中の船体に作用する力

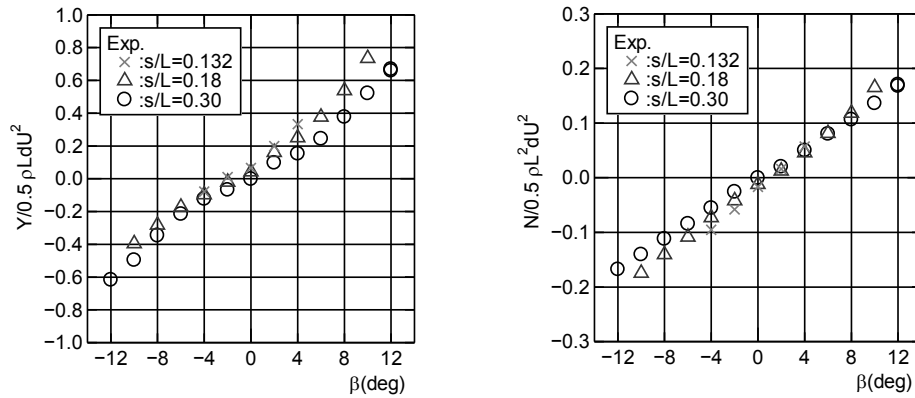
以上が基本的な操縦性能評価に関するお話ですが、ここからは特殊な運動状態での船に働く力のお話しになります。



先ず、狭水路とか運河、岸壁などを想定して、このような所を船が動くようになるかについて、少し特殊な例ですが、九州大学の水槽の中に水路を作って、その中で船を走らせてどんな力が働くかについて実験をしたときの写真です。

この主曳引車、副曳引車が矢印方向に動き、その下に模型船が付いています。この時の実験では、水路幅を船長の 0.6 倍と船長くらいに取り、右側がかなり広くてあまり壁の影響がない状態で行いました。

模型船は 2.5 m くらいですが、水深と喫水との比が 1.2 ですので、水槽の底と船底とが非常に近い状態です。この実験の時、船体は上下方向には動かないように固定していますけれども、これをフリーしておくと、場合によっては船体が沈下し、船首や船尾が海底に接して、事故の原因になるということもあります。実験中にそのようなことが起こると模型が壊れてしまいますので、上下方向には動かさないで、ただ前後方向に引っ張って実験を行った結果となります。



横力 Y

回頭モーメント N

Ship A
水深喫水比: 1.2
水路幅船長比: 0.6

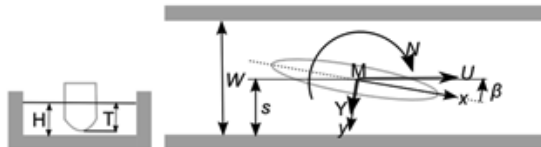
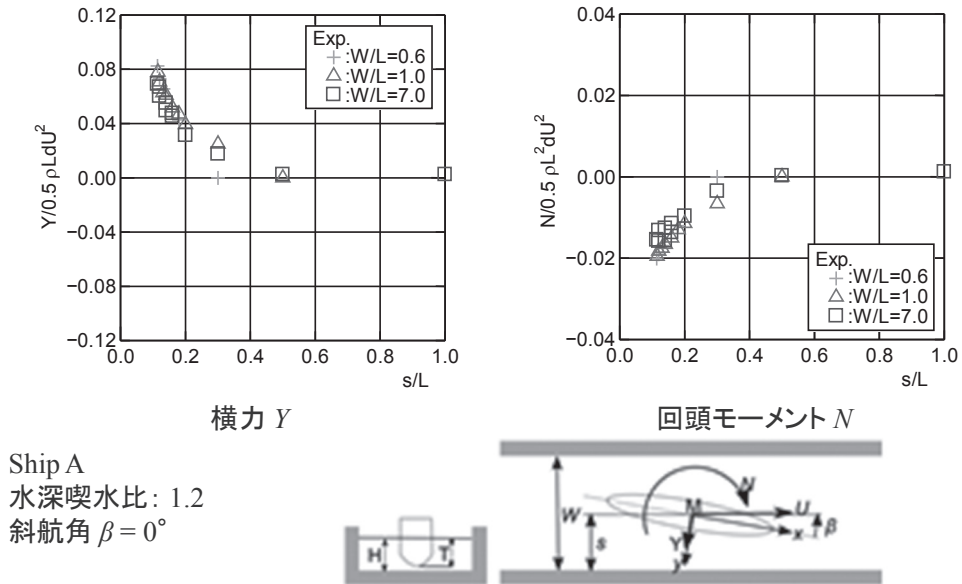


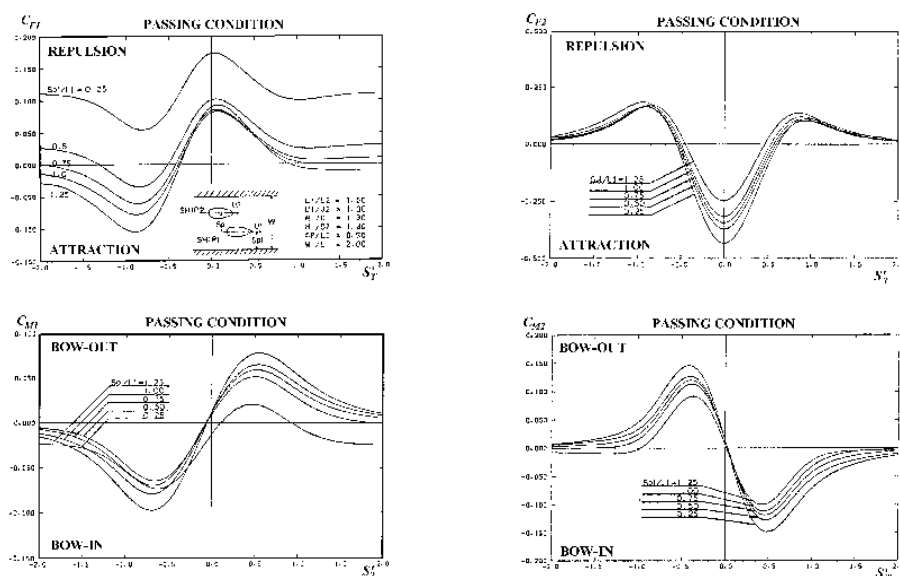
図 85 は水路に近づいた場合と離れた場合の結果ですが、水路幅が船長の 0.6 倍ですので、0.3 というのは水路のど真ん中を走った場合の力を表しています。横軸は斜航角を表しています。○(真ん中)から△、×になるに従って、船は壁に近づいていきます。壁に近づくと船に働く力がだんだんと大きくなります。これは岸壁からの吸引力、吸い寄せられる力となりますけれども、船の右側と左側の流れの状況が非対称となりますので、圧力差が生じて、船を吸い寄せる或いは壁に向かって回頭させるといった力が出てきます。それを実験によって確認しています。



今度は少し整理の仕方を変えて、船長に比べて水路幅が狭い場合、広い場合の横力とモーメントを表しています。水路幅が狭いと反対側の壁からも吸い寄せられますので、トータルでは力は少し小さくなったりします。片側が広いと、壁との距離が狭い側に特に吸い寄せられますので、壁に近づくにつれて急激に横力とかモーメントが大きくなっていくことが確認できます。

追い越し時に船体に作用する力

88



もう一つ、これも特殊な状態ですが、船が近接して航行する場合です。

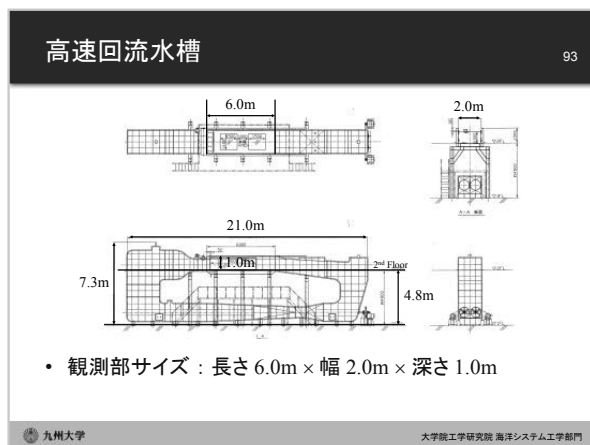
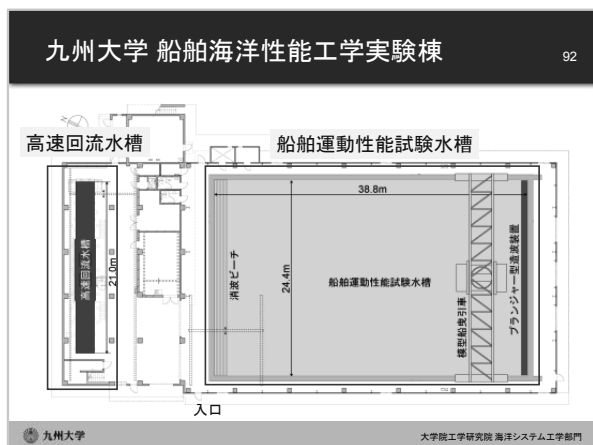
これは 30 年ぐらい前の実験結果になりますけれども、少し見にくいのですが水路の中で、一隻の船がもう一隻の船を追い越すときにどんな力が働くかということで、一隻の船(Ship 1)が他船(Ship 2)を追い越す場合に、船体に働く力を表しています。Ship 1 が横軸のマイナス側から Ship 2 に近づいて、 S_T' が 0.0 のところで二船が真横に並びさらに追い越していく状態のとき、船体に吸引力や反発力が生じることを示しています。Ship 2 はまずは反発する方向に働き、次に吸い寄せられてまた反発します。Ship 1 の場合には、追い越してきた船の方に船首が向きそうになりますけれども、横に並ぶと今度は船首を反対側に離す方向に働き、追い越されるとまた、追い越してきた船の方に向くなど、こういったことを計算できます。この時は実験も行って確認しています。

こういうデータがあると、ship 2 を ship 1 が追い越していく場合について先程の力を入れてシミュレーション計算することにより、二船が互いに吸い寄せられたり、二船の距離がどんどん近づいてくると、場合によっては、操船を誤ると事故に至る可能性があるといった計算もできます。

以上、操縦性関係の基本的な考え方と最後は少し特殊な例をご紹介させていただきました。

◆ 船舶海洋性能工学実験棟の実験施設の紹介

時間がもう少しありますので、九州大学の新しい水槽設備でどんな実験ができるのかについて少しご紹介させていただきます。



これは途中で出てきました水槽の平面図ですけれども、先程は船舶運動性能試験水槽についてご説明しましたが、こちらに高速回流水槽というのがあります。高速回流水槽は、船の推進性能やプロペラの性能などを調べるのが主な目的の水槽になります。高速回流水槽を横から見るとこのような口の字になっており、この中に水が入っていて、このインペラで勢いをつけて2階に押し上げ、この図の左から右に水が流れていき、ずっと循環していることになります。

ここに模型船とかプロペラを固定していますけれども、水が循環して出てきますので、静止した水の中で船を動かすのではなく、船を固定しておいて、水を動かして様々な力等を計測する装置になります。観測部のサイズは長さが6 m ぐらいですので、ここでは長さがだいたい2 m ぐらいの模型船を使っています。



この写真は、観測部を2階から見下ろしたときのものですが、これを中2階から見上げますと、今度は船の底でどんな流れが起きているのかも観測できます。



もう一つ、水深が深い時には波を起こす造波装置がありまして、この青い部分ですが、断面は直角三角形になっていまして、この直角三角形が水の中を出入りすることによって波が起こります。32個のパーツに分かれていますので、徐々にずらしていくと少しずつ斜めに進む波をつくることができ、全部をバラバラに動かすと実際の海の波のようなどちらに進んでいるか分からない、波高も不規則に変化している波を作ることができます。その中で模型船を引っ張ると波の中で船がどんな運動をするのか、どういう力が働いているのかといったことを調べることができます。

水深が浅い時に問題となるのは、水槽の底がデコボコしていると水深が浅くなった影響なのか、水底がでこぼこしている影響なのか評価が難しくなりますので、できるだけ平坦に、 ± 2 ミリぐらいの精度で作っていただいています。ただ模型船が2m半ぐらいですので喫水に対して模型の2ミリというのは結構大きいのですが、それでも水槽としては、比較的精度の良い仕上げをしていただいているということになります。

これまでは模型船を電車で引っ張っている話ばかりしたのですが、模型船自体はモーターとバッテリーを積み込めば自航できますので、この様に完全なフリーな状態で、操舵パターンをあらかじめ設定するとか、或いはパソコンで操舵信号を送ると直進しているところから舵を切ったときの船の動きを計測することもできます。ここに追尾用のカメラがついていますので、マーカーを付けておくとカメラが自動的にマーカーを追いかけて船の航跡として、データを蓄積していくというようなこともできます。

以上でご講演終わらさせていただきます。ご清聴ありがとうございました。

(以上、講演要旨を掲載)

4 九州海域の狭水道における船舶海難の発生状況

本稿は第七管区海上保安本部の海難統計、運輸安全委員会の船舶事故調査報告をもとに、本会の事業地域である九州及び山口県西部海域の主な狭水道における平成 27 年 1 月から平成 27 年 12 月までの船舶海難の発生状況を取りまとめたものです。本稿でいう主な狭水道とは、関門海峡、倉良瀬戸、平戸瀬戸及び速吸瀬戸をいいますが、関門海峡については港則法に定められた関門港の港域のうち響新港区及び新門司区を除いた北九州市門司区部埼から下関市六連島に至る海域(洞海湾を含む。)としています。

1 総 括

第七管区海上保安本部の海難統計によれば、関門海峡、倉良瀬戸、平戸瀬戸及び速吸瀬戸において、平成 27 年 1 月 1 日から同年 12 月 31 日の間に発生した船舶海難は 71 隻で、海域別では関門海峡が 58 隻、倉良瀬戸が 1 隻、平戸瀬戸が 5 隻、速吸瀬戸が 7 隻となっています。

1-1 事故種別ごとの海難発生状況

各狭水道における事故種別ごとの海難隻数は図 1 のとおりで、全狭水道の合計では図 2 のとおり衝突 32 隻(約 45%)、機関故障 14 隻(約 20%)、乗揚 11 隻(約 15%)等となっており、これらの事故で約 80%を占めています。(図 2 参照)

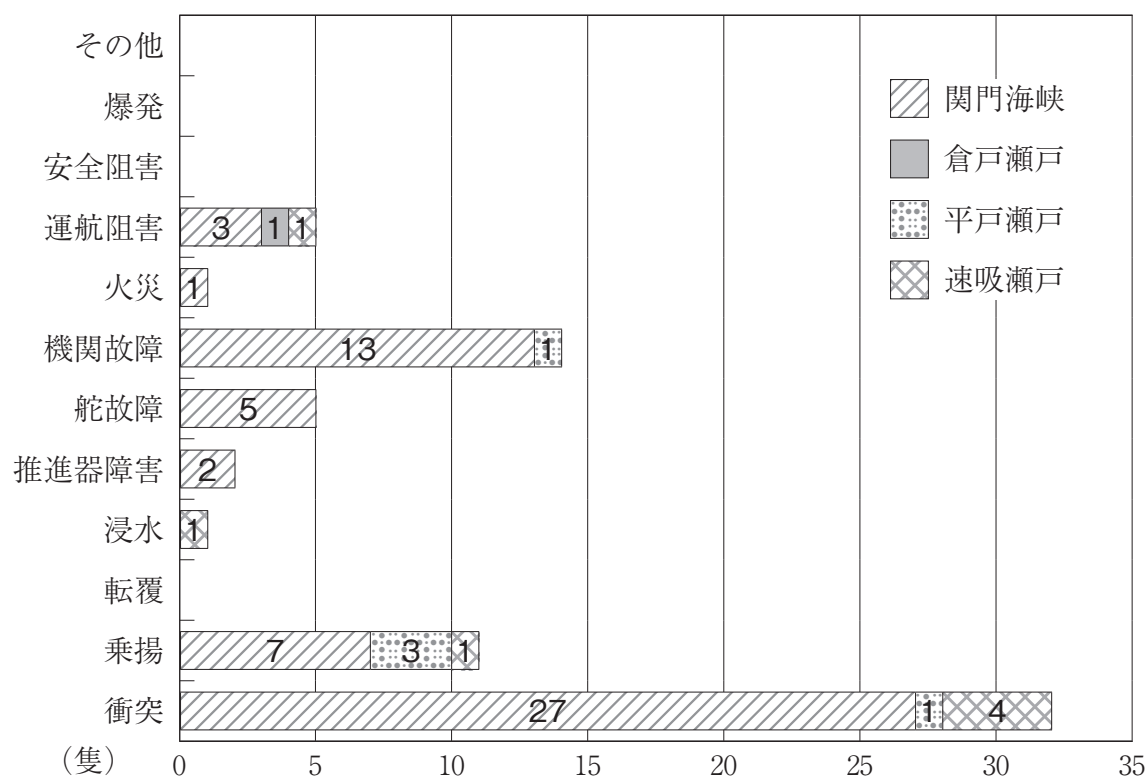


図 1 海域別・事故種別ごとの海難隻数

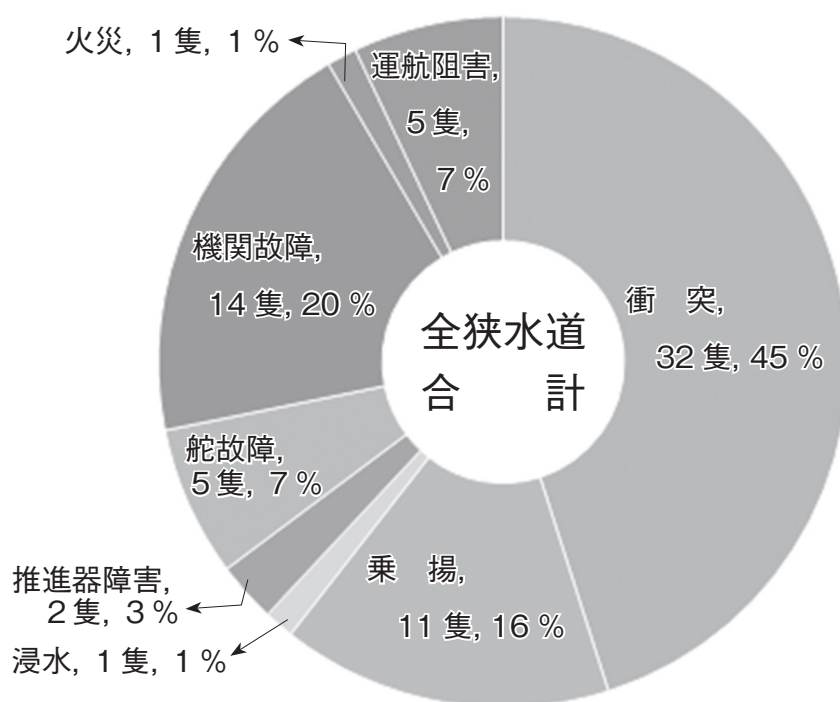


図2 事故種別ごとの海難隻数

1-2 船舶用途別の海難発生状況

各狭水道における船舶用途別海難隻数は図3のとおりで、全狭水道の合計では貨物船 24 隻(約 34 %)、プレジャーボート 22 隻(約 31 %)、漁船・遊漁船 14 隻(約 20 %)などとなっています。(図4)

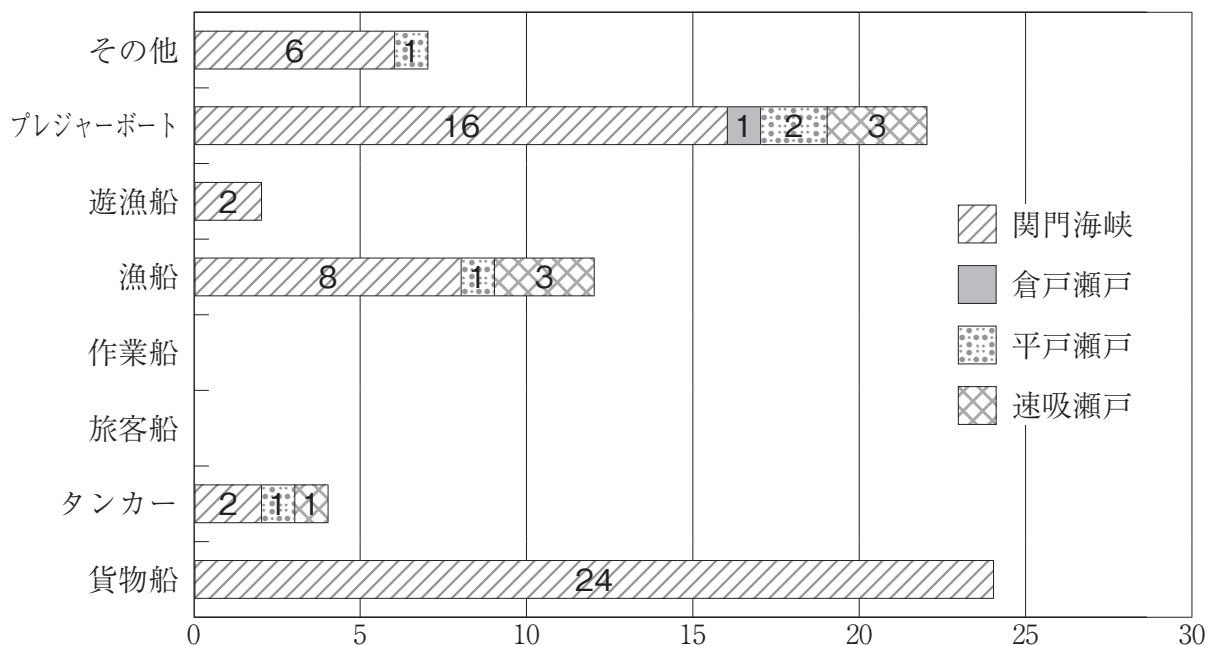


図3 海域別・船舶用途別の海難隻数

狭水道を含めた北部九州海域における船舶海難では、漁船・遊漁船約 41 %、プレジャーボート約 37 %、貨物船は約 13 %であったことと比較すると、狭水道では、貨物船による事故が多く、漁船・遊漁船による事故が比較的少ないことが特徴となっています。これは、狭水道における船舶海難の大半を占めている関門海峡での通航態様を反映していると考えられます。

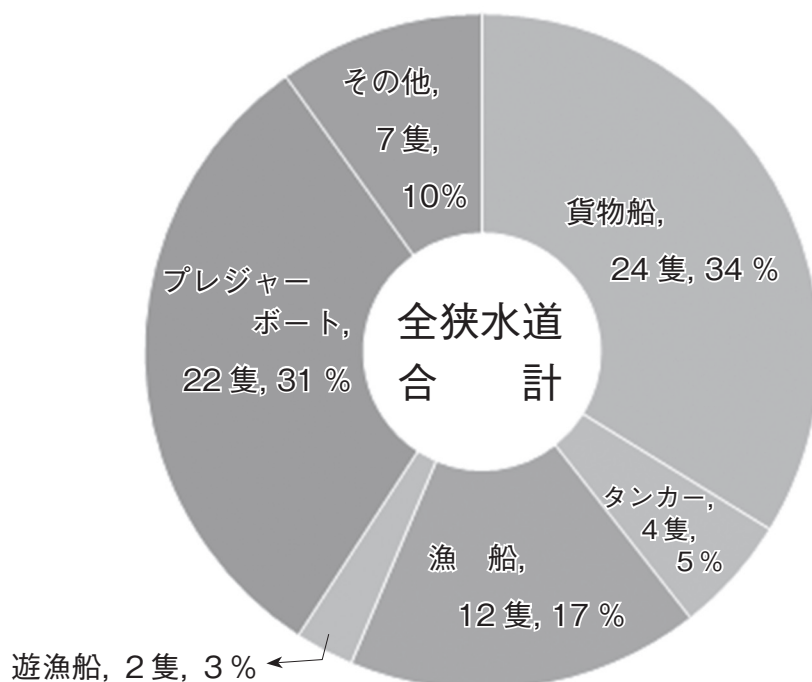


図4 船舶用途別の海難隻数

1-3 トン数別の海難発生状況

船舶のトン数別海難隻数は、図5のとおりで、全狭水道の合計では20トン未満の小型船舶が38隻(約53%)、1千トン以上1万トン未満16隻(約23%)、1万トン以上6隻(約8%)などとなっており、これらで約84%を占めています。これを北部九州海域における全海難のトン数別隻数(20トン未満約77%、1千トン以上1万トン未満約9%、100トン以上300トン未満約5%等)と比較すると1千トン以上の船舶の割合が高く、20トン未満の船舶の割合が低くなっています。(図6)

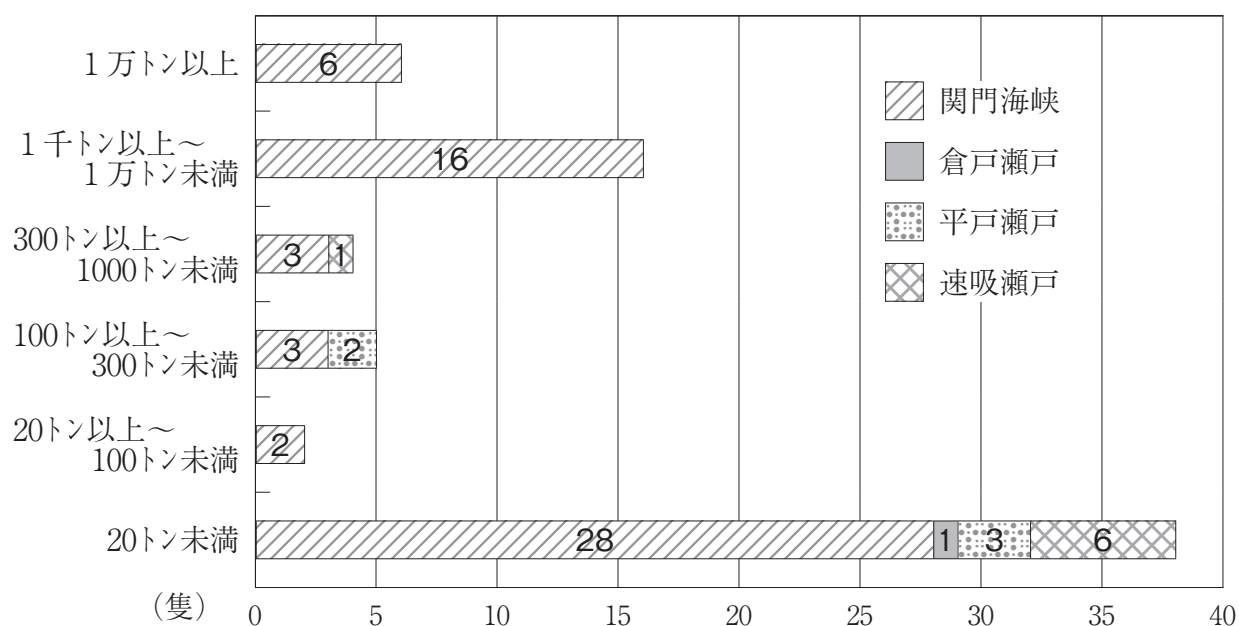


図5 海域別・トン数別の海難隻数

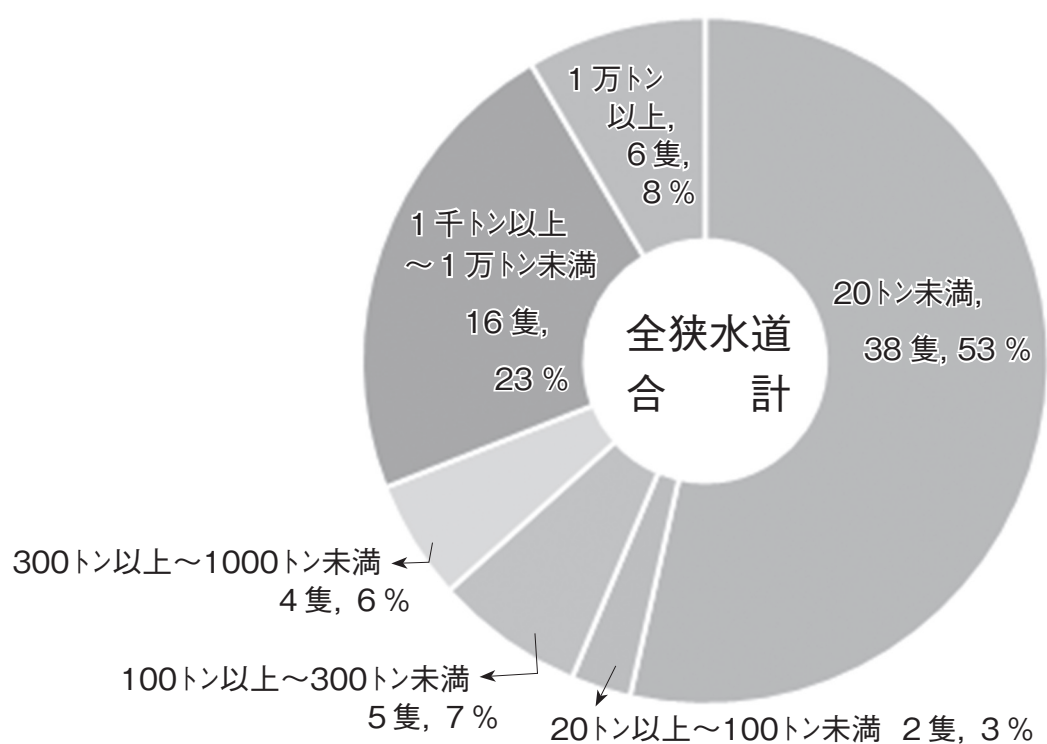


図6 トン数別の海難隻数

図7は事故種別ごとにどのような船舶がその事故を起こしているかを示しています。ここでは、プレジャーボート、漁船・遊漁船及び貨物船等それ以外の船舶(以下「貨物船等」という。)に分けて集計しています。

貨物船等では衝突、機関故障、乗揚、舵故障が、漁船・遊漁船では衝突、乗揚、運航阻害が、プレジャーボートでは衝突、機関故障、運航阻害が多くなっています。

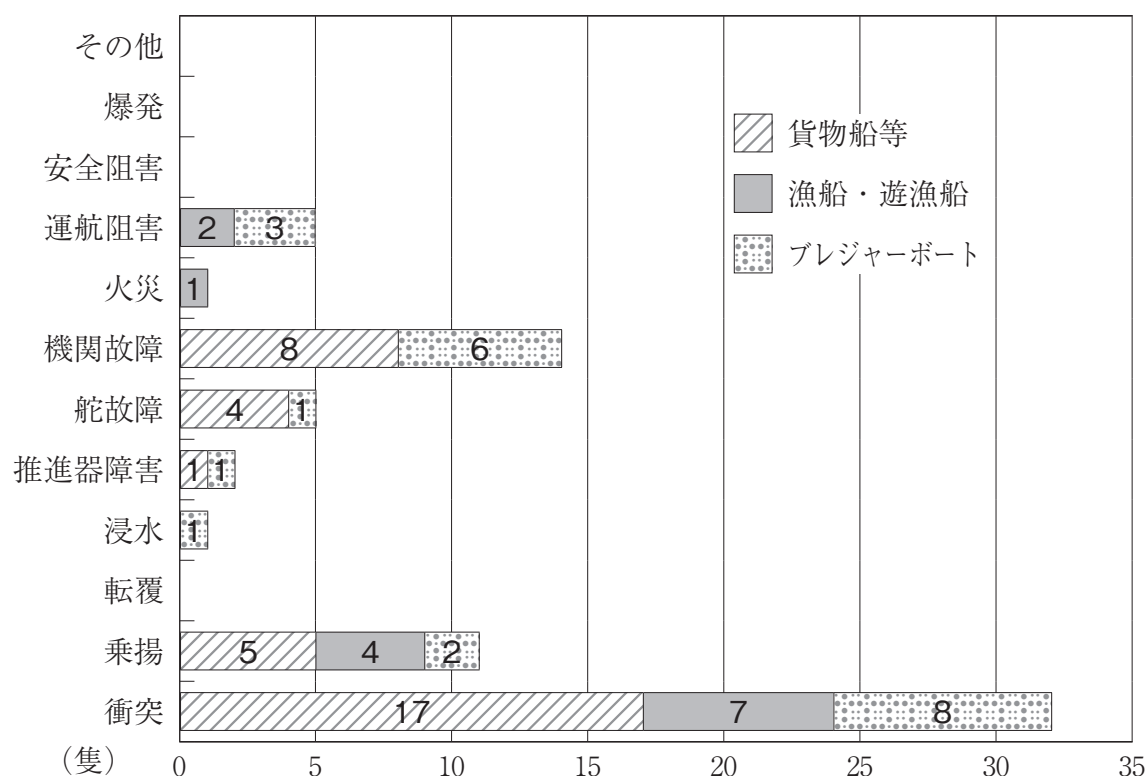


図7 船舶用途別・海難種別ごとの海難隻数

2 関門海峡及び付近海域での海難発生状況

関門海峡は周防灘に面した北九州市門司区部埼から響灘に面した下関市六連島に至る長さ約 28 km の細長く湾曲した海域で、最狭部の門司埼付近では可航幅が約 500 m と狭く、潮流も最強時に 10 ノットを超えるなど航海の難所ですが、1 日に 600 隻を超える船舶が通航する船舶交通の輻輳海域にもなっています。

また、関門海峡のほぼ全域が関門港の港域となっており、港則法に基づく航路が設定されています。

2-1 船舶海難の発生状況

関門海峡及び付近海域で発生した船舶海難は図 1 に示すとおり 58 隻であり、事故種別では衝突(27 隻、約 47%)、機関故障(13 隻、約 22%)、乗揚(7 隻、約 12%)、舵故障(5 隻、約 9%)などとなっており、これらで約 90% を占めています。衝突の内訳は、船舶同士の衝突が 20 隻(10 件)、灯浮標、岸壁等への単独衝突が 7 隻(7 件)発生しています。

図 8 に事故発生場所を示していますが、関門航路(関門第二航路含む)で 21 隻、若松・奥洞海航路で 9 隻、砂津航路で 1 隻の事故が発生しており、航路内又は航路直近海域で約 53% の事故が発生しています。

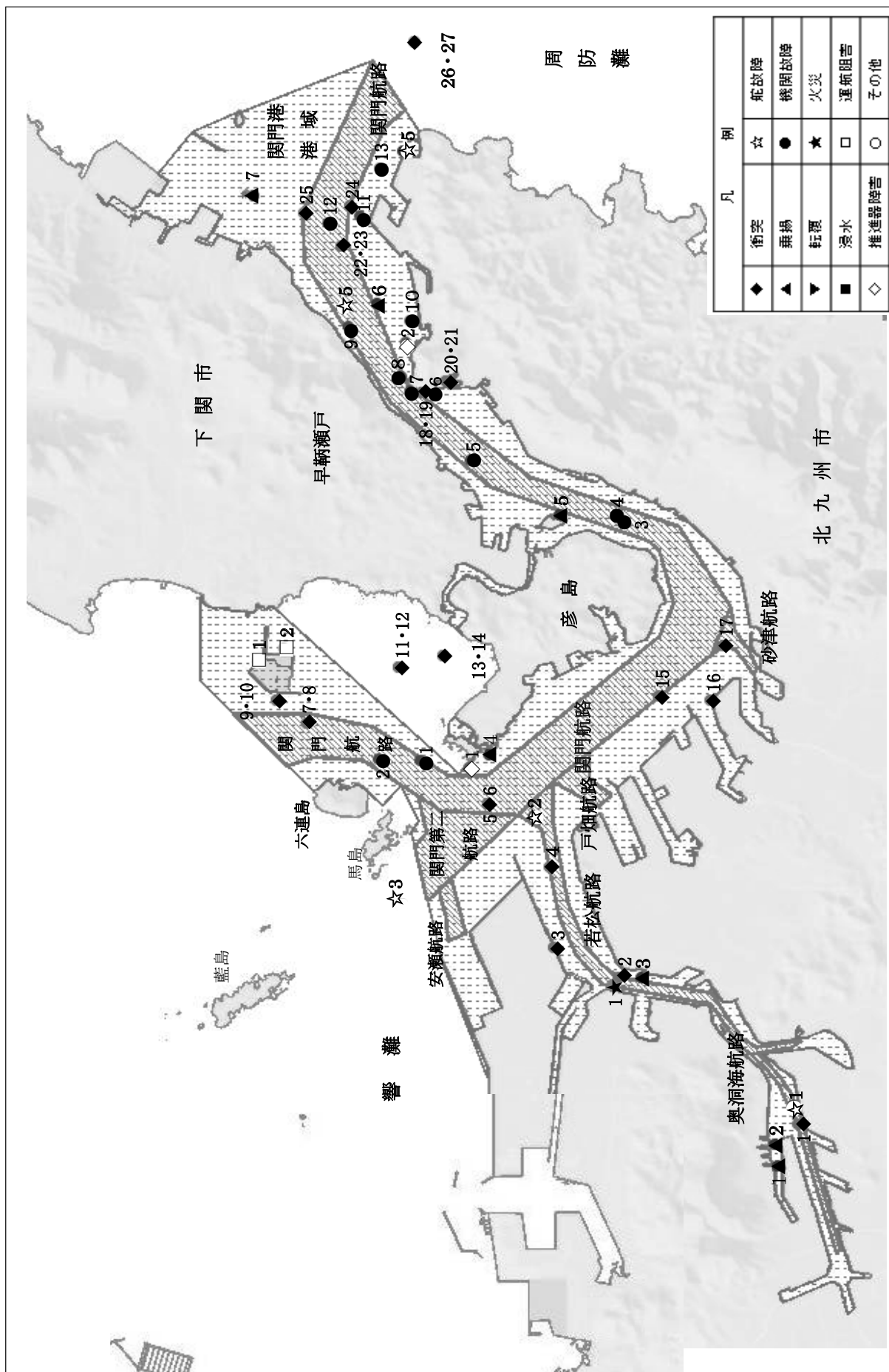


図 8 関門海峡における海難発生位置図

2.1 主な事故事例

2.1.1 操船不適切により岸壁に衝突（事故発生位置図：◆ 16）

- ・ 発生日時

2015 年 1 月 23 日 13 時 36 分ころ

- ・ 発生場所

関門港小倉区西 1 号岸壁

小倉日明防波堤灯台から真方位 168 度 540 m 付近

- ・ 事故概要

鉾石運搬船 A 船（パナマ共和国籍、11,877 トン、船長 A 他 18 人乗組み）は、石炭約 18,200 トンを積載し、ロシア連邦ポシェット港から関門港に向け航行中、1 月 23 日 12 時 30 分ころ、山口県下関市六連島北方沖のパイロットステーションで水先人 A が乗船し、入船左舷着けとする予定で小倉西岸壁に向った。

A 船は、船長 A が操船指揮に当たり、水先人 A がきょう導して、戸畑航路の接合部を通過したころタグボートを右舷船尾に 1 隻、右舷船首に 1 隻つけ関門航路を東進した。水先人 A は、13 時 31 分ころ関門航路から小倉西 1 号岸壁に向けて右転し、機関を極微速前進として約 5 ノットの速力で南進し、同岸壁手前で岸壁に左舷着けするよう右舵を取った。しかし、A 船が右転しなかったため機関を微速前進としたが、依然として右転せず船首が岸壁角に向いたため、機関を後進にかけ、右舵一杯とし、タグボートに船尾方向に引くよう指示し、タグボート 2 隻を右回頭の補助に使用して、機関を全速後進としたものの及ばず約 3 ノットの速力で船首（バルバスバウ）が同岸壁の東端角部に衝突した。

本事故は、関門航路から小倉西岸壁に向かう際、約 2 ノットの北西方に流れる潮流があり、同岸壁近くまで行きあしを落とすことができない状況で、水先人が予定変針場所の手前で同岸壁に向けたため、進入角度が大きくなり、同岸壁前面において旋回する際の進出距離を確保できなかったことが原因と考えられる。

事故当時の天候は曇り、風速約 7 m の北風、視界は良好で、潮流は北西流約 2 ノットであった。

- ・ 参考文献

運輸安全委員会報告書（番号 MA 2017-2-1）

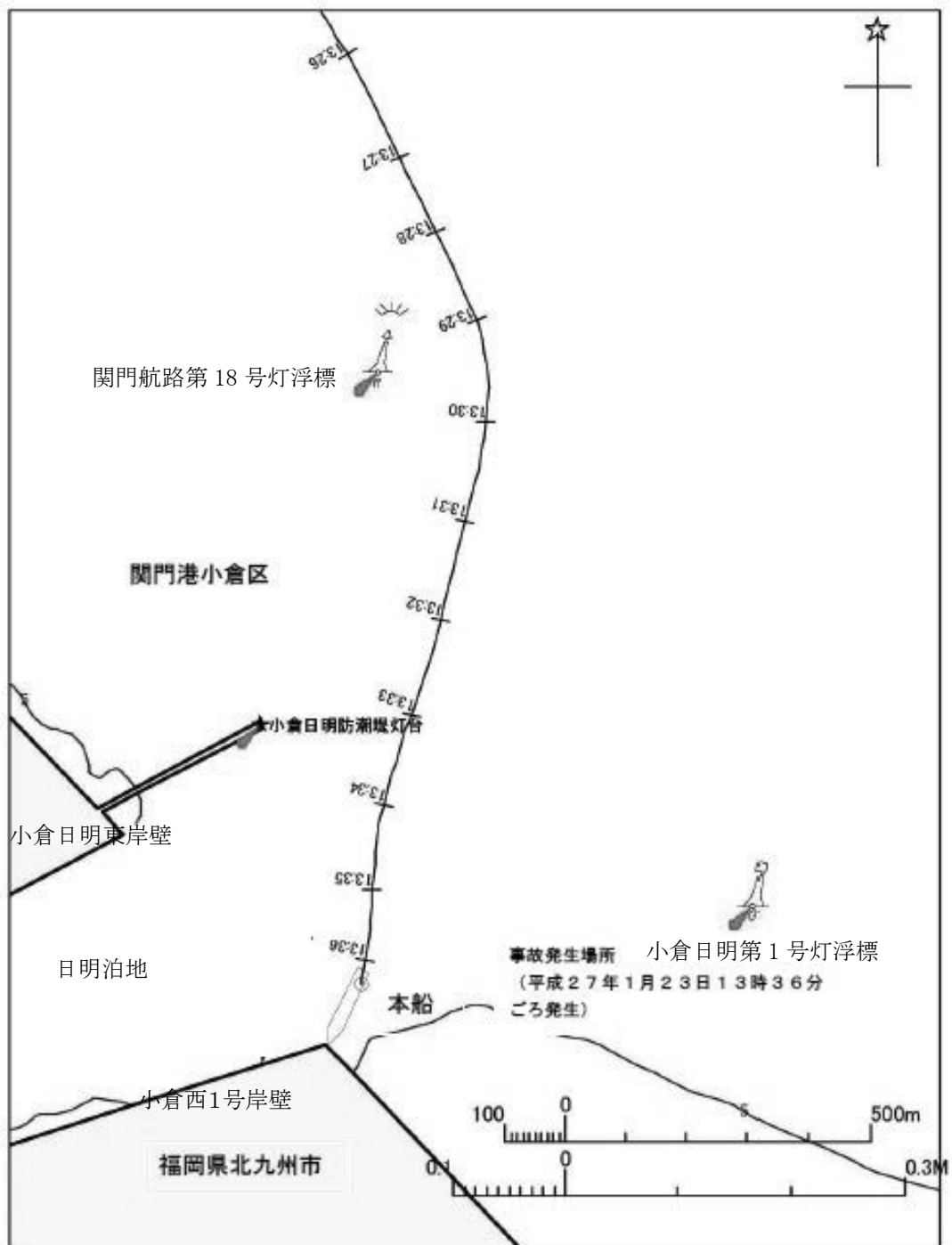


図9 事故報告書付図（事故発生経過概略図）

2.1.2 操船不適切により航路内で衝突（事故発生位置図：◆7・8）

・発生日時

2015年10月17日 03時26分ころ

・発生場所

山口県下関市六連島東方沖（関門港関門航路内）

六連島灯台から真方位71度1,360m付近

・事故概要

ケミカルタンカーA号(パナマ共和国籍、3,498トン、船長A、航海士A他15人乗組み)は、山口県岩国港を出港し、中華人民共和国鎮江港に向け、船長Aが操船指揮をとり、航海士Aが見張りに、甲板手Aが手動操舵に当たり関門航路を北北東進中の10月17日03時18分ころ、レーダーで関門航路西口に向けて南南東進するB船を認め、船長A及び航海士A共に目視でB船の右舷灯を確認した。03時21分ころ、船長Aは、周囲にB船以外の船舶を認めなかったため、航海士AにB船の動静に注意することを指示してトイレのため船橋を離れた。

03時23分ころ、B船の右舷灯がはっきりと見えるようになり、その後、関門海上交通センター(以下、「関門マーチス」という。)から、VHF無線電話で、前方の反航船に注意して航路の右側航行を維持するようにとの通信を受けたので、航海士AはB船がいずれ右転して左舷を対して通過すると思い針路及び速力を維持した。依然として右舷灯を見せて接近するB船に危険を感じ、船長室に電話したが応答はなかった。03時25分ころ、関門マーチスからB船とは左舷対左舷で通過との通信を受けて、右舵20度を指示したが、03時26分ころ、航海士AはB船と衝突する危険を感じ、左舵一杯を指示したものの、A船の船首部とB船の右舷後部船側部が衝突した。

油タンカーB号(2,018トン、船長B、航海士B他8人乗組み)は、新潟港を出港し、関門航路西口に向けて南南東進中、航海士Bが船橋当直につき操船と見張りを、甲板手Bが見張りを行い、自動操舵にて航行していた。03時10分ころMNライン通過したところで、船長Bに昇橋を要請するため電話をしたが応答がなかったため、関門航路入口付近で再度電話することとした。航海士Bは、03時19分ころAIS情報でA船を認め、その後関門航路第5灯浮標の南方を北進してくるA船を視認した。

航海士Bは、右舷前方を同航していた漁船C船に接近したことから航路に沿って航行することができず、手動操舵に切り替えて徐々に左舵を取り、関門航路左側に入航した。その後も針路及び速力を維持して航行していたところA船と衝突した。

本事故は、航海士BがA船及びC船を認めた後、両船に対する見張りを適切に行っていなかったこと、右舷前方のC船とほぼ同じ速力で航行したことから右舵を取れない状況となり、関門航路の左側を通航したことが原因と考えられる。航海士Bは、関門航路で船長の操船指揮下でない船橋配置を経験したことがなく、また、甲板手Bは操舵の経験がなかったことから、船長Bが昇橋していない状況

下で航海士Bが一人で見張り、操舵及びVHF通信を行っていたため混乱していたことも考えられる。

A船が、針路及び速力を維持して航行したのは、航海士Aが関門マーチスの右側航行を維持するようにとの情報提供を、関門マーチスからの指示と勘違いしたためと考えられる。

両船共に死傷者はなかったが、B船の船体に破口が生じ燃料のC重油約13キロリットルが海上に流出した。

事故当時の天候は晴れ、北西の風、風力3、視界は良好であった。

・参考文献

運輸安全委員会報告書（番号 MA 2017-2-1）

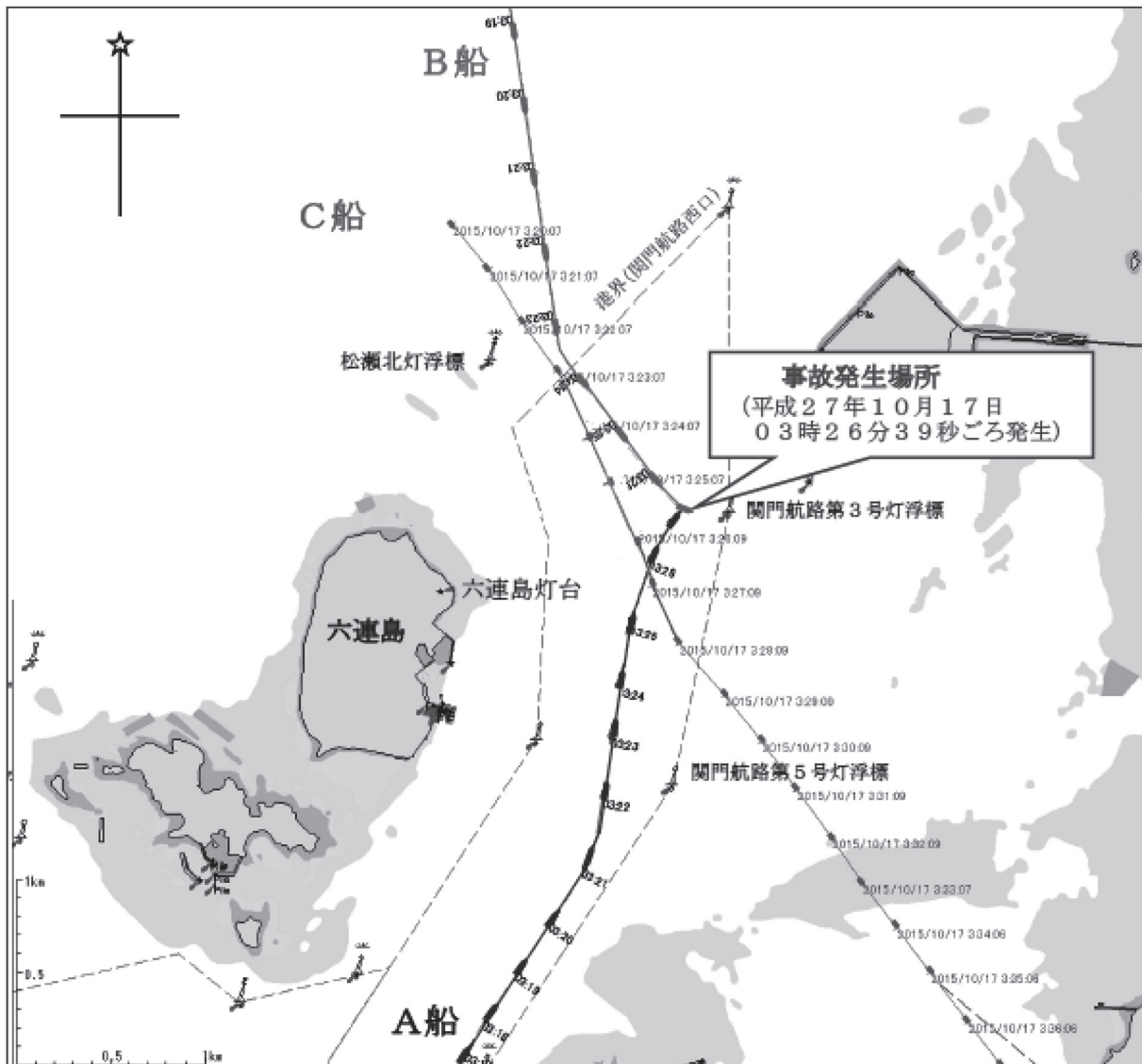


図10 事故報告書付図（事故発生経過概略図）

2.1.3 見張り不十分による船舶同士の衝突（発生位置図：◆ 26・27）

- ・ 発生日時

2015 年 7 月 12 日 22 時 27 分ころ

- ・ 発生場所 福岡県北九州市部埼東方沖

部埼灯台から真方位 86 度 2,037 m 付近

- ・ 事故概要

コンテナ船 A 船(大韓民国籍、7,406 トン、船長 A、航海士 A 他 12 人乗組み)は、釜山港から京浜港に向けて、船長 A が操船指揮し、航海士 A を見張り、機関士 A を機関操作、操舵手を手動操舵につけて、関門航路を東進していた。

押船 B 船(146 トン、船長 B 他 6 人乗組み)は、石炭約 3,600 トンを積載した無人バージ C 船(2,816 トン)と押船列を構成し、関門港若松区から山口県小野田市小野田港に向け、船長 B が単独で当直につき、自動操舵にて関門航路を約 11 ノットの速力で東進していた。

船長 A 及び航海士 B は、7 月 21 日 21 時 45 分ころ、関門航路大瀬戸付近で、船首前方を同航する B 船押船列を初認した。関門橋を過ぎて B 船の後方約 0.6 海里を約 14 ノットの速力で航行中の 22 時 20 分ころ、船長 A はトイレに行くため航海士 A に操船指揮を引き継ぎ、船橋を離れた。

航海士 A は、A I S で B 船押船列の目的地を確認しないまま、同押船列も自船と同様に下関南東水道第 1 号灯浮標に向かうだろうと憶測し、僅かに右舵を取って同灯浮標に針路を向け、B 船押船列の左舷側から追い越し中、見張りを適切に行っていなかったことから、小野田港第 1 号灯浮標に向かう B 船と接近する態勢となり、22 時 27 分ころ、A 船の右舷中央部と C 船の左舷船首部が衝突した。

船長 B は、大瀬戸付近で自船後方を同航する A 船が京浜港向けであることを A I S で確認した。B 船は関門航路第 36 号灯浮標を過ぎた後、小野田港第 1 号灯浮標の東方約 0.5 海里の予定錨地に向けて、自動操舵の針路 115 度に定めた。船長 B は、A 船が安全な距離を保って左舷を追い越すだろうと A 船の動静監視を行なわないまま航行していたところ、A 船が左舷至近に迫ってきたので長音 1 回の汽笛を鳴らし、昼間信号灯で照射したものの C 船と A 船が衝突した。

本事故は、両船が適切な見張りを行なわなかったために発生したと考えられる。

事故当時の天候は雨、東南東の風、風力 3、海上平穏で視界は良好であった。

衝突による死傷者はなかった。

- ・ 参考文献

運輸安全委員会報告書（番号 MA 2016-4-25）

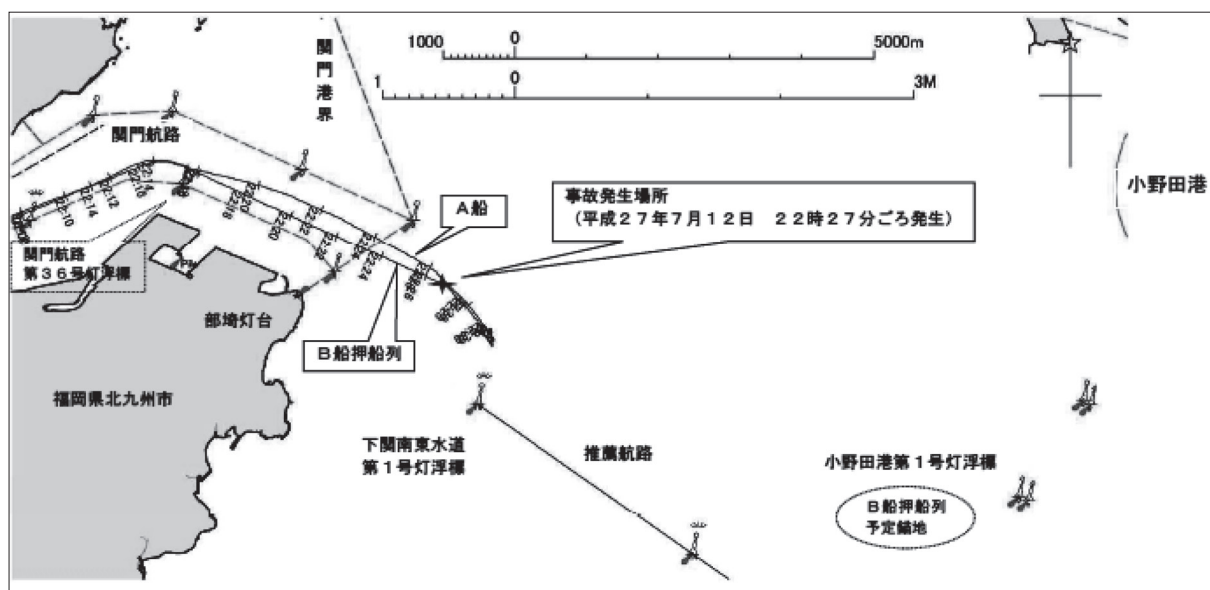


図 11 事故報告書付図（事故発生経過概略図）

2.1.4 航路航行船と航路に入航する船舶との衝突（発生位置図：◆26・27）

- ・ 発生日時

2015 年 11 月 3 日 12 時 27 分ころ

- ・ 発生場所：関門港関門航路

門司埼灯台から真方位 65 度 3,333 m 付近

- ・ 事故概要

コンテナ船(パナマ共和国籍、17,887 トン、船長 A 他 20 人乗組み)は、11 月 3 日 12 時 18 分ころ、福岡県博多港に向け関門港田野浦区の太刀浦 8 号岸壁を離岸し、船長 A が操船指揮に当たり、航海士 2 人を機関テレグラフ及びバウスラストの操作に、操舵手を手動操舵につけ、水先人 A がきょう導して、関門航路に入航する態勢で極微速力前進により西進した。

水先人 A は、通常太刀浦 8 号岸壁から出航して関門航路を西航する場合は、関門航路を東航する船舶が関門航路第 32 号灯浮標の西側にいるか、東側にいるかによって、東航船の船首か船尾のいずれを通過するかを判断しており、東航船が西側にいるときは東航船の船首側から入航し、東航船が東側にいるときは東航船の船尾側から入航するか、又は進路を東側に大きく変更し、距離を保って同船の船首側から入航することとしていた。

水先人 A は、12 時 21 分ころ、関門航路第 32 号灯浮標付近を東航している B 船及びその後方約 500 m に東航船を確認した。このとき、関門海上交通センター（以下、「関門マーチス」という。）から V H F 無線電話により「東航船 2 隻が来

ているが、先に出るか。」との動静問い合わせを受け、水先人Aは「東航船2隻の前を横切って、西航船の後ろから続く。」と連絡した。関門マーチスの運用管制官は、音声で雑音で聞きづらい状況下、「東航船をかわして西航船の後ろに続く。」と聞き取り、レーダー映像によるA船ベクトル表示から右舷対右舷で通過するつもりで東航船の後ろをかわして西航船に続くものと理解し、「西航船の後ろに続くことを了解。」と応答した。

水先人Aは、東航船前方を横切ることの了解が得られたと考え、機関を微速力前進から全速力前進まで上げ、徐々に右転して関門航路の側方境界線に向けて北西進した。水先人Aは、B船が第32号灯浮標付近を関門航路に沿って接近して来るが、B船は小型船で操船しやすく、また、関門マーチスからA船がB船の船首側を横切ることが伝わっており、B船の協力が得られればB船の前方を200～300mで通過できると思っていたところ、B船が左転したので、衝突の危険を感じ、右舵一杯及び半速力前進して汽笛を鳴らした。A船の左舷船尾に接近するB船をキックでかわそうと、左舵一杯及び全速力前進としたが、12時27分ころA船の左舷船尾部とB船の船首部とが衝突した。

ケミカルタンカーB船(大韓民国籍、741トン、船長B他10人乗組み)は、大韓民国から千葉港向け、船長Bが操船指揮を執り、航海士2人を見張りにつけ約10ノットの速力で自動操舵により関門航路を東進中の12時23分ころ、右舷前方約1海里にA船を視認した。船長Bは、同時刻頃に関門マーチスから、A船と右舷対右舷で通過する旨の連絡を受けていたので、A船が航路を航行しているB船を避けると思っていたところ、A船が右舷前方300～400mに接近したので、左舵を取り右舷対右舷で通過しようとしたが、A船が避航しないため衝突の危険を感じ、右舵一杯及び全速力後進とし、短音1回の汽笛を鳴らしたがA船と衝突した。

本事故は、水先人Aが関門マーチスにVHF無線電話でA船がB船の前方を横切ることを申し入れた際、関門マーチスが雑音で聞き取りにくかった交信内容を確認せずに了解したと伝え、B船に対してはA船が右舷対右舷で通過する旨伝えたことから、水先人AはA船がB船の前方を横切ることを了解され、B船も理解していると思い、船長Bは航路を航行しているB船をA船が当然避けるものと思い操船していたことから、両船が共に衝突を避けるための避航動作が遅れたことにより発生したと考えられる。

事故当時の天候は晴れ、北北東の風、風力2、視程は約10kmであった。衝突による死傷者はなかった。

・参考文献

運輸安全委員会事故報告書（番号 MA 2016-11-16）

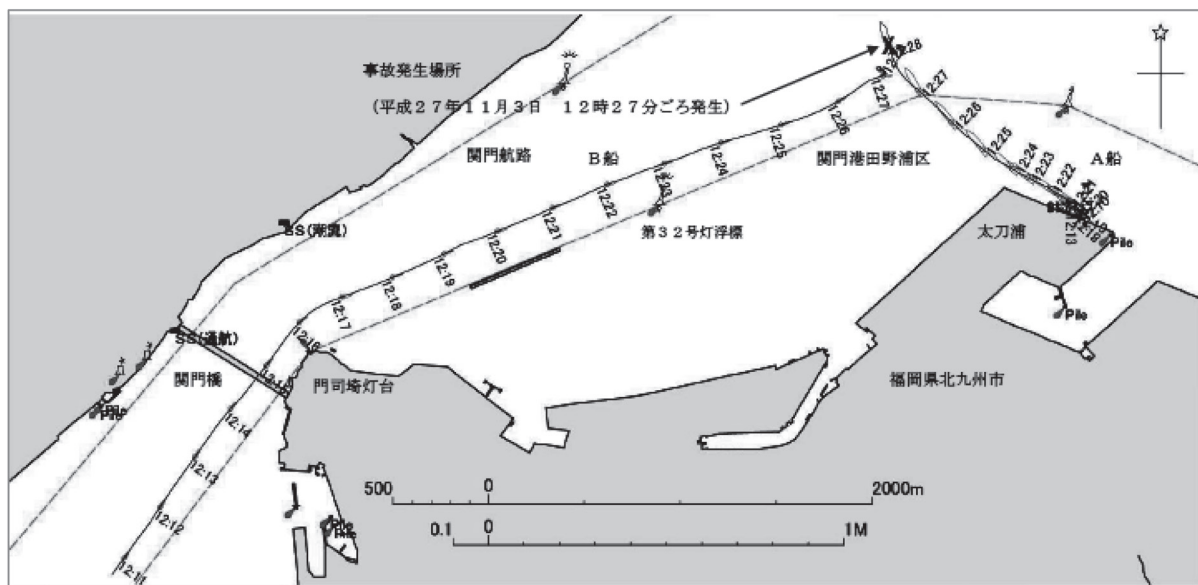


図 12 事故報告書付図（事故発生経過概略図）

2.1.4 船位不確認により岩場に乗揚（事故発生位置図：▲4）

・発生日時

2015 年 5 月 9 日 03 時 25 分ころ

・発生場所

関門港西山区

小倉日明第2防波堤灯台から真方位 355 度 3,900 m 付近

・事故概要

漁船 A 船（8.5 トン、船長 A 及び甲板員一人乗組み）は、夜間、関門港門司区の船溜まりを出港し、同港小倉区の北九州市中央卸売市場で氷と餌を積込み、山口県下関市角島南西方の漁場に向かうため関門航路に入航した。

船長 A は、関門航路を北西進している大型船をレーダーと目視により確認し、同船の左舷後方に約 30 m の距離をとって同航した。船長は、大型船の引き波によって本船が大きく揺れ始めたので、船尾で作業している甲板員が気になり、左肩越しに船尾方向を見たりしながら、舵を右に切り大型船の右舷後方へ移動し、追い越そうとした。A 船が大型船の右舷後方の位置になった際、突然前方に灯浮標の灯火を認めたので、これを関門航路第 9 号灯浮標の灯火と思い、北北西方へ変針したところ、5 月 9 日 03 時 25 分ころ約 17 ～ 18 ノットの速力で彦島北西方の岩場（干出浜（岩））に乗り揚げた。

船長は甲板員が頭を打ったと思い海上保安庁に通報し、軽傷の甲板員は巡視艇に救助された。当時の天候は曇り、北の風力3、海上は平穏で視界は良好であった。

本事故は、大型船の左舷後方を同航していた間、大型船が右舷前方の視界を遮っていたこと、船体動揺で甲板員のことが気になり後方に目を向けていて船位の確認を行っていなかったこと、船長は普段から関門航路第9号灯浮標の灯火を左に見て北北西方に変針し漁場に向かっていったことから大型船を追い越したとき視認した関門航路第11号灯浮標の灯火を第9号灯浮標の灯火と思い込んだこと、慣れた海域であったため、レーダー、GPSプロッターで自船の位置を確認しなかったこと等により発生したと考えられる。

・参考文献

運輸安全委員会事故報告書（番号 MA 2015-11-41）

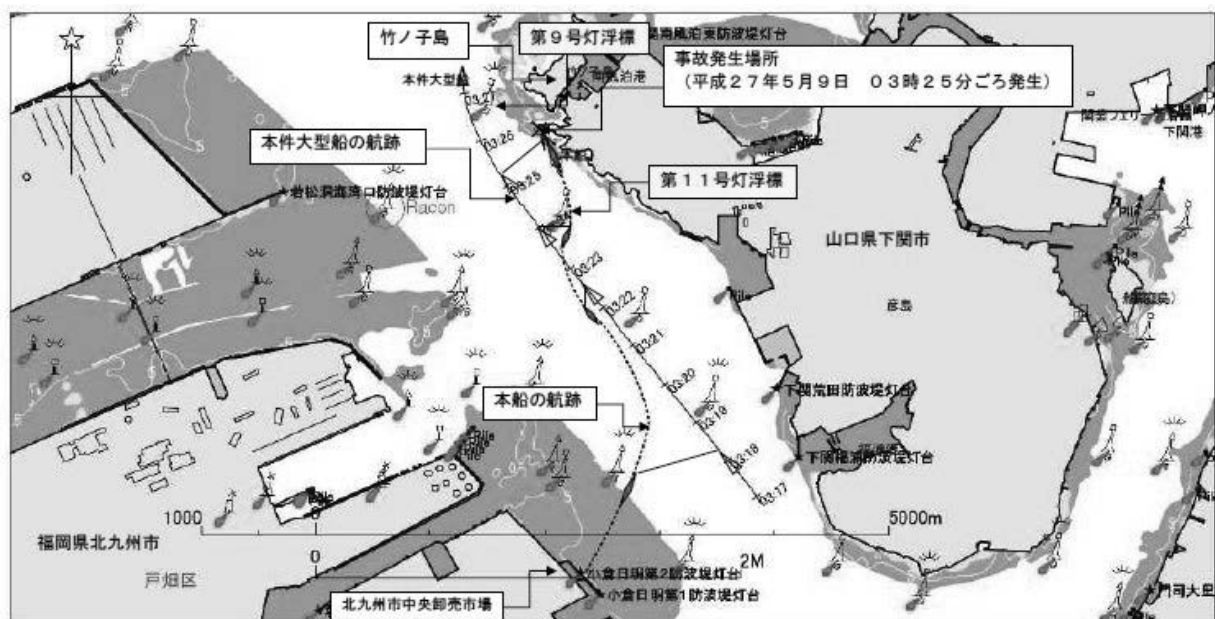


図13 事故報告書付図（事故発生経過概略図）

2.1.5 潮目に入って制御不能となり乗揚（事故発生位置図：▲6）

・発生日時

2015年2月21日 03時56分ころ

・発生場所

関門港田野浦区(釜床ノ瀬)

門司埼灯台から真方位70度2,000m付近

・事故概要

貨物船A号(14,941トン、船長他17人乗組み)は、中華人民共和国ベイキンアン港を出港し広島県福山港に向け、水先人Aのきょう導により関門航路を約14ノットで東進していた。2月21日03時40分ころ関門航路第30号灯浮標付近を航行中、関門海上交通センター(以下、「関門マーチス」という。)から関門航路東口付近を西進している2隻の船舶の連絡を受け、水先人Aが確認したところ、関門航路第37号灯浮標付近を2万トン級のフェリーB船とその後方に同じ大きさのフェリーが西進しているのを確認した。水先人Aは、B船と門司埼北方付近で行き会うこと、東流約9ノットの潮流による影響と関門航路が門司埼で屈曲し狭くなることを考慮し、舵効が得られる最適な速力として、港内全速力前進の約12ノットに減速して航行した。

水先人Aは、潮流による圧流を考慮し、門司埼に約150mまで接近して通過する予定であったが、03時50分ころ、門司埼北方沖付近において、下関市壇之浦側に圧流されて航路の中央付近を航行することとなり、A船の両舷灯がほぼ船首方向に見え、03時52分ころにはA船と約1海里に接近したので、A船に不安を与えないよう、早く航路の右側端に移動しようとして右舵一杯を取って右転した。

水先人Aは、A船が右転するのを確認して舵を中央に戻し、関門航路に沿う原針路の67度に復帰するため、左舵20度を取ったが、潮目に入り船首側が西流の影響を受け、船尾側が東流の影響を受けて、右回りのモーメントが生じ船首が左に戻らず、第32号灯浮標付近の航路外に向けて圧流されるのを制御できなかった。03時54分ころ、第32号灯浮標付近で関門航路外に出たが、速力を落とすと舵の効果が弱まるので速力を維持しながら第32号灯浮標に衝突しないよう同灯浮標を左舷側に見て航行中の03時56分ころ釜床ノ瀬に乗り揚げた。

釜床ノ瀬は、第32号灯浮標から南方に約150m、南西に約200mの範囲が水深10m、その内側に水深7.1mの岩が存在している。

本件事故は、夜間、約9ノットの東流がある状況で、関門航路の門司埼東方沖で、水先人が右舵一杯を取ったため、潮流で右方へ圧流されるとともに、船体の制御が困難となり、関門航路外を航行して釜床ノ瀬に乗り揚げたものと考えられる。

事故当時の天候は晴れ、東の風2～4m/s、視程は約5海里、早鞆瀬戸の潮流は東流約9ノットであった。

・参考文献

運輸安全委員会事故報告書(番号 MA 2015-13-29)

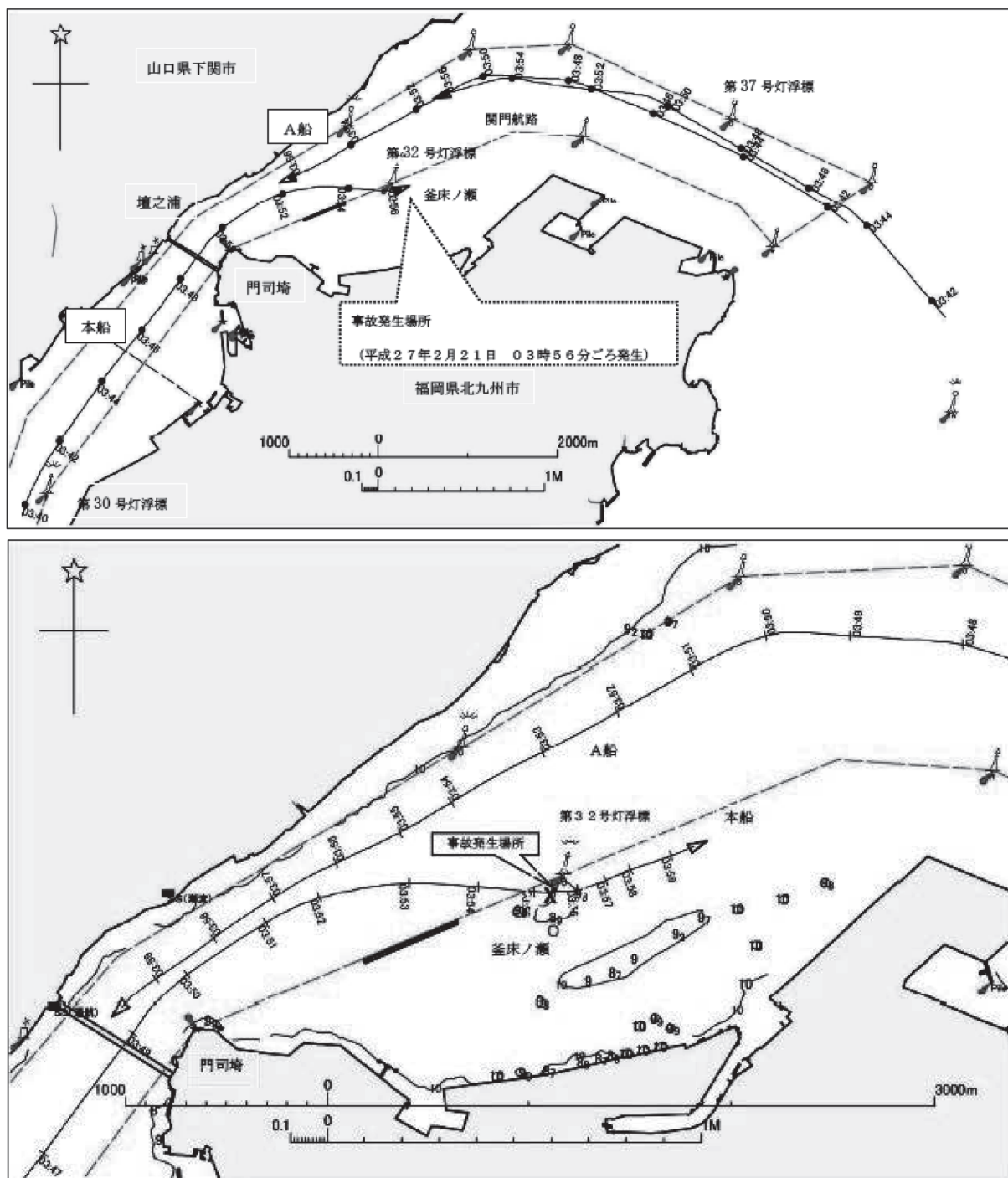


図 14 事故報告書付図（事故発生経過概略図）

2.1.6 圧流され浅瀬に乗揚（事故発生位置図：▲5）

・ 発生日時

2015 年 3 月 20 日 19 時 27 分ころ

・ 発生場所

関門港下関区巖流島南東岸沖

下関岬ノ町防波堤灯台から真方位 184 度 1,666 m 付近

・ 事故概要

貨物船A船(カンボジア王国籍、3,597 トン、船長A他 12 人乗組み)は、鋼板約 5,185 トンを積載し、船長Aが操船指揮につき、航海士をレーダー監視に、甲板手を手動操舵に当らせ、約 5.1 ノットの速力で早鞆瀬戸に向け、関門航路を航路に沿って北北東進していた。3 月 20 日 19 時 03 分ころ、関門海上交通センター(以下「関門マーチス」という。)から V H F 無線電話により、A 船の全速力前進時の速力の問合せを受け、8 ノットであると回答した。19 時 23 分ころ、関門マーチスはA船に対し、潮流が非常に強く、A 船の速力では関門橋付近で潮流をさかのぼり 4 ノット以上の速力を保持できないことを伝え、関門港門司区の西海岸沖で錨泊するよう促した。

船長Aは、左旋回して下関市六連島東方の検疫錨地まで戻ることとし、関門マーチスにその旨を伝えた。

船長Aが、左舵 10 度として左旋回を開始し、更に左舵一杯として左旋回中に関門マーチスから前方に浅瀬があるとの無線連絡を受けたが、そのまま左旋回を続けたところ、19 時 27 分ころ、巖流島南東岸の浅瀬に乗り揚げた。A 船は 3 月 22 日 09 時 55 分ころ、満潮を利用して自力離礁した。

本事故は、船長AがA船の旋回性能が、全速力前進(約 10.5 ノット)及び左舵一杯で旋回径が約 300 mであり、巖流島沖合の関門航路の幅が約 500 mであるため同航路内で反転が可能と考えていたところ、巖流島東方沖において約 1.5 ～ 2.3 ノットの南南西の潮流がある状況で、左舵 10 度で左旋回を始めたため、旋回径が大きくなり、巖流島南東岸の浅瀬に乗り揚げたことにより発生したと考えられる。

本事故発生時の早鞆瀬戸における潮流が約 5.8 ノットの西流であり、A 船の全速力前進時の速力が約 8 ノットであったことから、港則法を順守して潮待ちをしていれば、事故発生を防止できたと考えられる。

事故当時の天候は曇り、風力 2 の南風、海上平穏で視界良好であったが、潮候は上げ潮の中央期、早鞆瀬戸で西流約 5.8 ノットであった。

・ 参考文献

運輸安全委員会事故報告書(番号 MA 2016-6-31)

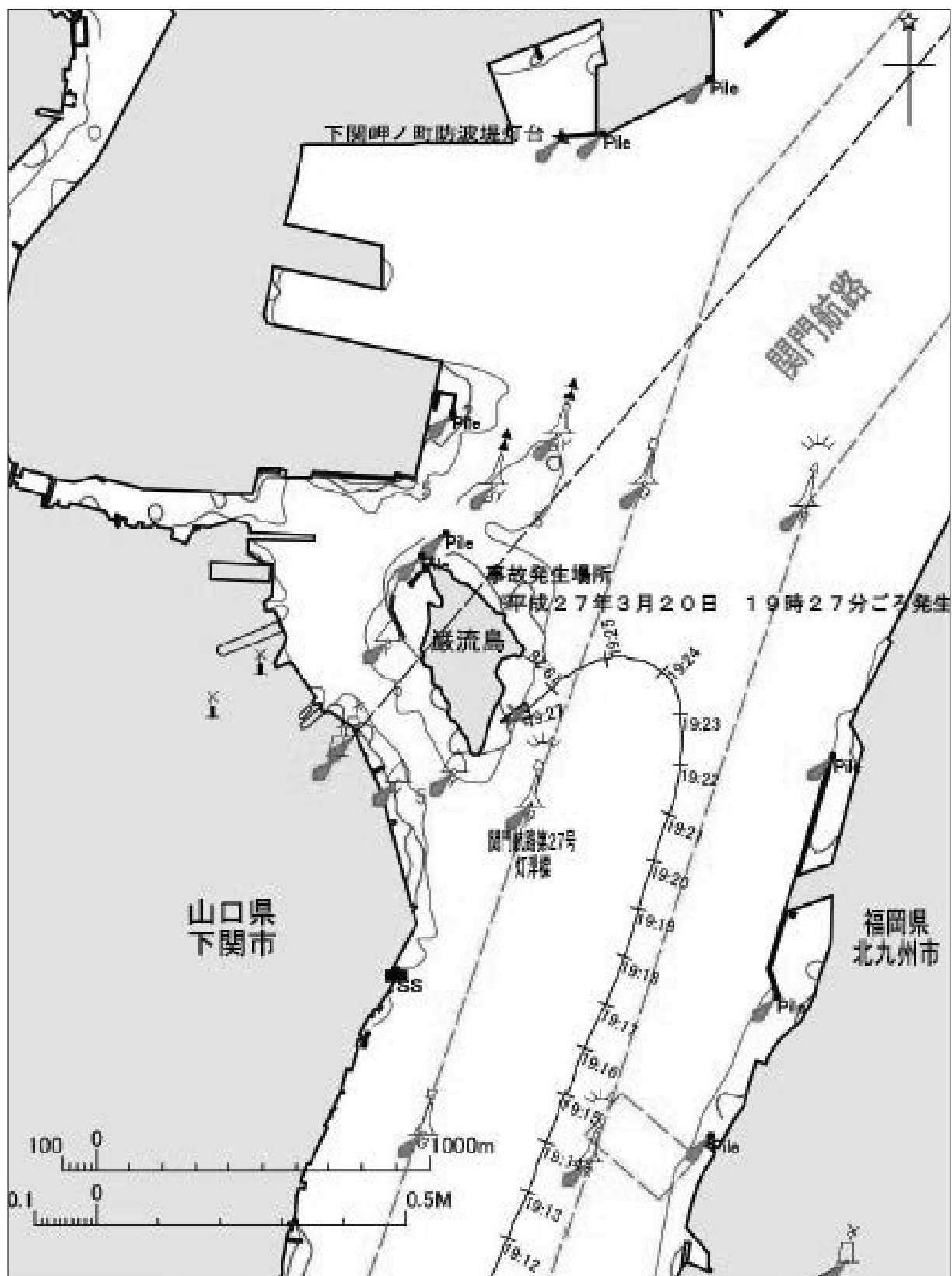


図 16 事故報告書付図（事故発生経過概略図）

2.1.7 電源喪失により灯浮標衝突（事故発生位置図：●5）

- ・ 発生日時

2015 年 9 月 24 日 14 時 18 分ころ

- ・ 発生場所

関門港関門第 2 航路

山口県下関市馬島港西防波堤灯台から真方位 161 度 680 m 付近

- ・ 事故概要

貨物船 A 船（ノルウェー王国籍、31,021 トン、船長 A 及び機関長 A 他 24 人乗組み）は、9 月 24 日 13 時 50 分ころ山口県下関市六連島北方沖で水先人 A が乗船し、船長 A が操船指揮、水先人 A がきょう導して、約 13 ノットの速力で、関門航路に向けて南進した。

14 時 10 分ころ、機関長 A が発電機を並列運転するため 2 台目の発電機を始動しようとしたが始動しなかったうえ、運転中の発電機も停止して船内電源を喪失し機関が停止して操舵不能となった。

船長 A は水先人 A の助言を受け、左舷錨を投下し、行きあしを止めようと錨鎖を繰り出し走錨させたが、行あしを止められず同錨鎖を失った。船長 A は水先人 A の助言を受けて右舷錨鎖を投下したが、14 時 18 分ころ約 4 ノットの速力で右舷船首が関門第 2 航路第 1 号灯浮標に衝突した。

14 時 22 分ころ機関を始動し、第 1 号灯浮標に絡んだ右舷錨鎖をタグボートにより外した後、六連島北東方沖に錨泊した。負傷者はいなかった。

一般的に発電機を並列運転するために別の発電機を始動させる場合は、両発電機の電圧、周波数、波形及び位相が一致しないと電流が逆流し、ブレーカーが断となって運転中の発電機が停止することがある。

本事故は、発電機が止まり電源を喪失したことにより発生したが、A 船の発電機が停止した理由については明らかにできなかった。

事故当時の天候は曇り、風力 2 の東南東の風が吹き、視界は良好、海上は平穏であったが、南南西約 1 ノットの潮流があった。

- ・ 参考文献

運輸安全委員会事故報告書（番号 MA 2016-4-27）

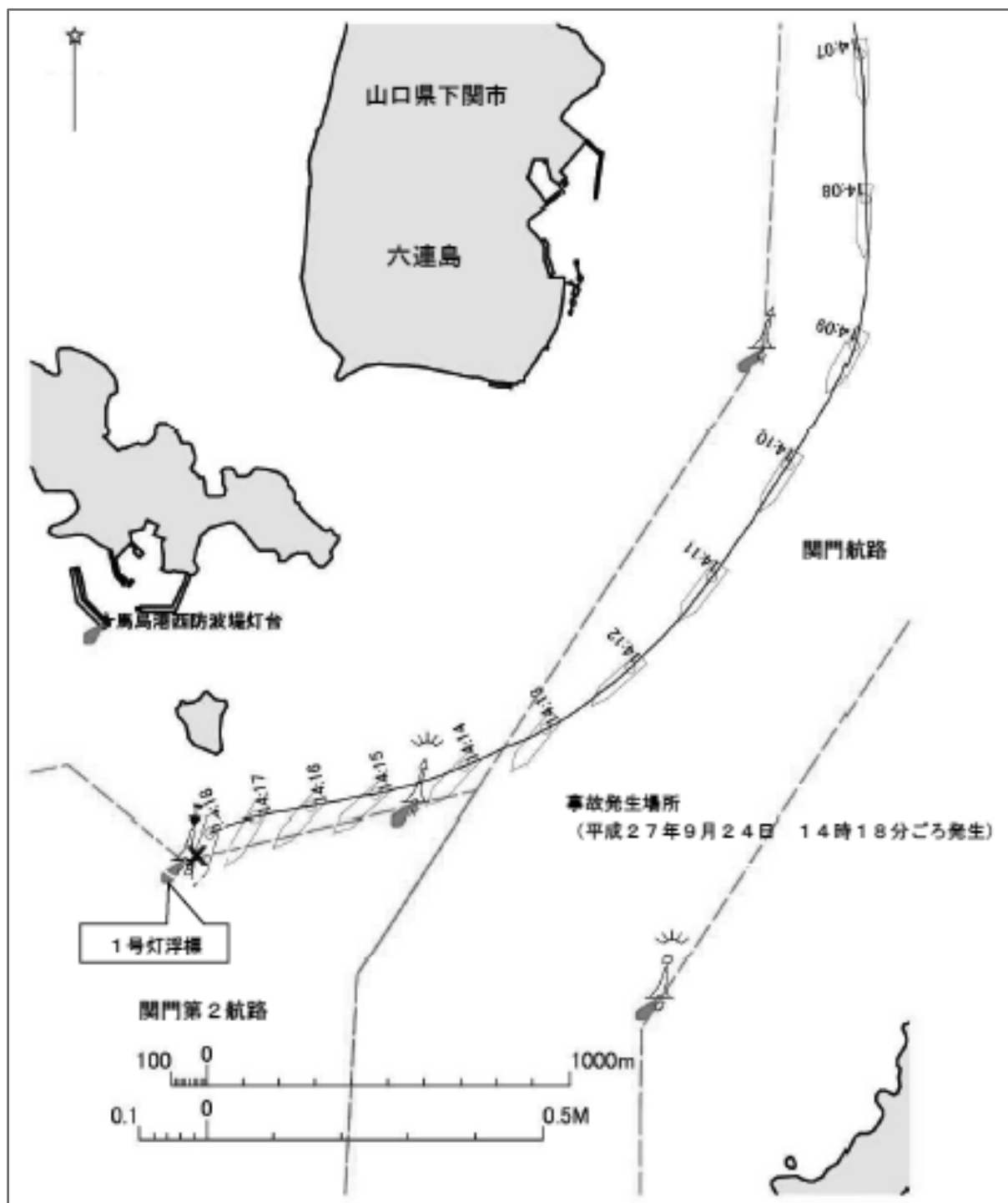


図 15 事故報告書付図（事故発生経過概略図）

3 倉良瀬戸及び付近海域での海難発生状況

倉良瀬戸は、福岡県宗像市西岸と同市沖合の大島とを隔てる水域で、海底地形が複雑で潮流も速いことから航海の難所となっていますが、北九州と博多港等の九州西岸を結ぶ短縮航路として小型船に利用されています。

3-1 船舶海難の発生状況

倉良瀬戸及び付近海域では、図1のとおり運航阻害1隻が発生し、その発生場所は図16のとおりです。

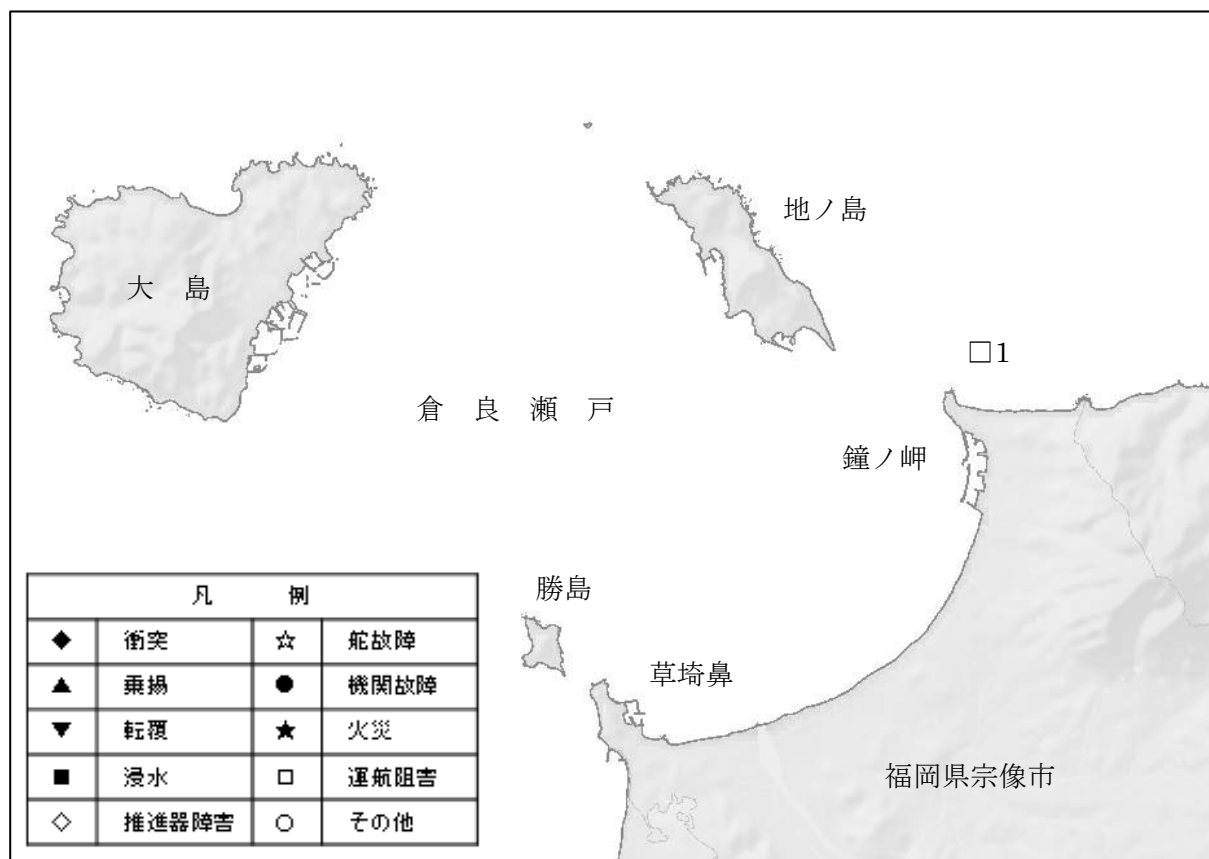


図16 倉良瀬戸における事故発生位置図

4 平戸瀬戸及び付近海域での海難発生状況

平戸瀬戸は、長崎県の平戸島と北松浦半島を隔てる南北約35kmの瀬戸で、牛ヶ首及び南竜崎付近で大きく湾曲したS字形の複雑な地形のため見通しが悪く、潮流も最強時には7ノット以上になること、また、可航幅も約400mと狭く、北口では広瀬によって水道が2分されているなど航海の難所となっています。平戸瀬戸は九州北部と九州西部を結ぶ最短ルートであることから、小型船舶の常用航路となっています。

4-1 船舶海難の発生状況

平戸瀬戸及び付近海域では、図1のとおり衝突1件(1隻)、乗揚3隻及び機関故障1隻の船舶海難が発生しています。これらの事故発生場所は図17のとおりです。



図 17 平戸瀬戸における事故発生位置図

4.2 主な事故事例

4.2.1 導流堤への衝突（事故発生位置図：◆1）

・発生日時

2015 年 4 月 16 日 05 時 55 分ころ

・発生場所

長崎県平戸市広瀬導流堤南西端(平戸瀬戸)

広瀬導流堤灯台から真方位 186 度 9 m 付近

・事故概要

引船(298 トン、船長 A 及び航海士 A 他 3 人乗組み)は、無人の台船 B 船(1,347

トン、積荷約 1,000 トン)を曳航して引船列(引船列の全長約 172 m)を構成し、船長 A 及び航海士 A が船橋当直につき、約 10 ノットの速力で手動操舵により、平戸市南風崎西方沖を北北西進していた。

船長 A は、平戸市黒子島東方沖に差し掛かったころ、広瀬の西側(西水道)に反航船及び漁船を認めなかったため、西水道を航行するかどうか迷いながら黒子島東方沖の予定変針点を通じたが、予定通り広瀬の東側(東水道)を航行しようと思ひ直し、右舵を取って広瀬の南方を北東進中、引船列が普段より広瀬に接近する進路となったため、機関の回転数を上げて A 船船首を鴨瀬灯浮標に向けたが北東方に流れる約 3.5 ノットの潮流に圧流され、4 月 16 日 05 時 55 分ころ、B 船の左舷中央部が広瀬導流堤の南西端に衝突した。

衝突により B 船を繋いでいた Y 型ワイヤーロープが切断し、B 船は西水道を北方に漂流したが、A 船により回収した。

事故当時の天候は曇り、風力 5 の南風、海上平穏で、視程は 3 海里以上であった。

本事故は、船長が予定していた東水道から西水道に変更するかどうかを迷い、東水道に向ける変針時期が遅れたことにより発生したと考えられるが、船長が九州沿岸水路誌に記載されている平戸瀬戸の航法(佐世保海上保安部は、平戸瀬戸において、北航船のうち 500 トン未満は東水道(広瀬～牛ヶ首間の水道)を、500 トン以上は西水道(広瀬～獅子駒崎間の水道)を航行するよう、南航船は小型漁船を除き、西水道を広瀬から離して航行するよう指導している。)を知らなかったことから事前の水路調査をしていれば事故発生を回避できた可能性がある。

・参考文献

運輸安全委員会事故報告書(番号 MA 2015-11-48)

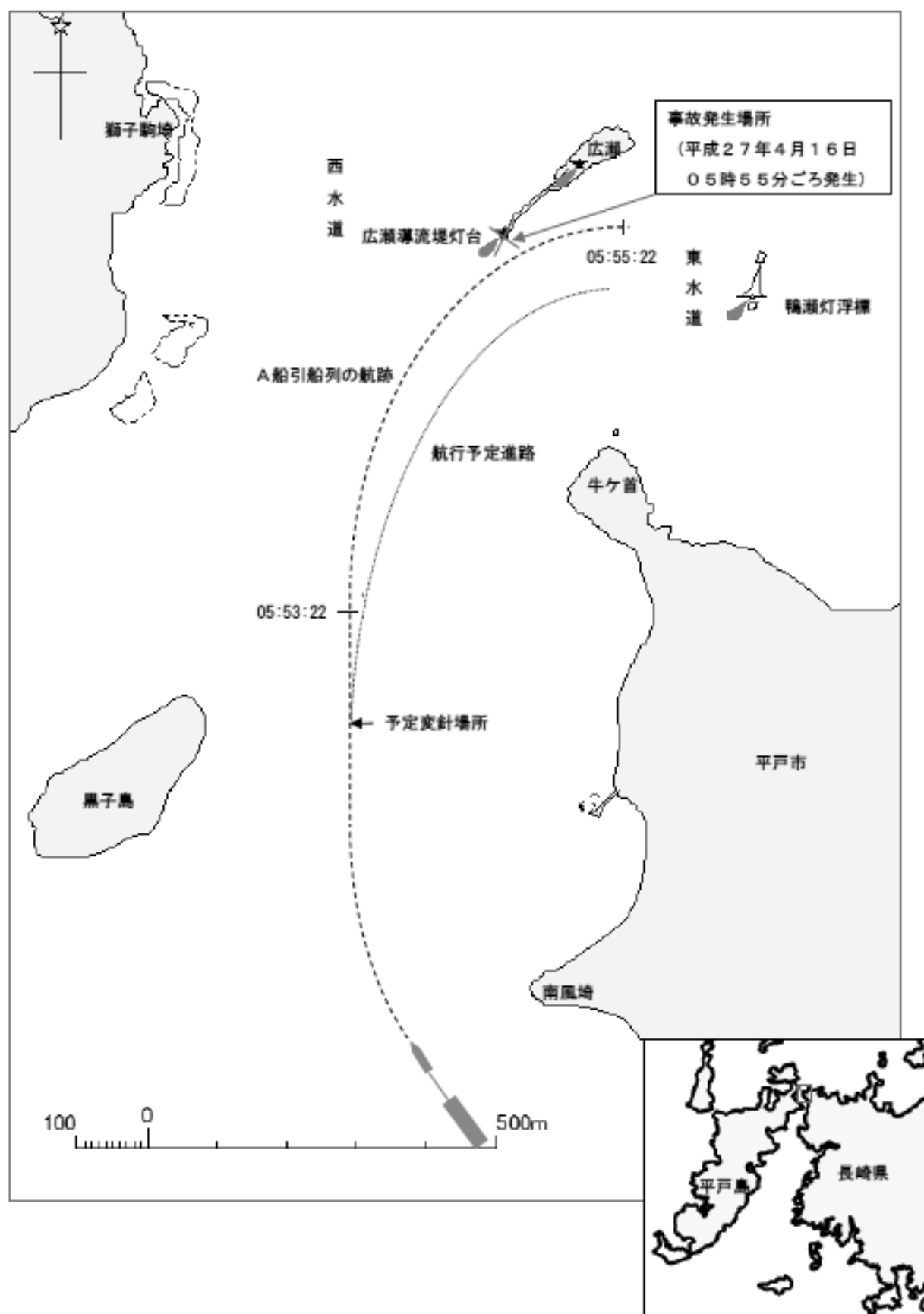


図 18 事故報告書付図（事故発生経過図）

4.2.2 居眠りによる乗揚（事故発生位置図：▲ 1）

- ・ 発生日時

2015 年 12 月 15 日 13 時 10 分ころ

- ・ 発生場所

長崎県平戸市平戸島東岸(平戸瀬戸)

青砂埼灯台から真方位 357 度 2,500 m 付近

- ・ 事故概要

ケミカルタンカー A 船(198 トン、船長 A 他 2 人乗組み)は、長崎県西海市崎戸港を出港し、兵庫県赤穂市赤穂港向け中、船長 A が船橋当直につき、平戸島東方を平戸瀬戸南口付近に向けて約 10 ノットの速力で自動操舵により北北東進していた。船長 A は、平戸島白戸鼻東方沖で南進船及び操業中の漁船 1 隻を通過した後は、前路に他船を認めなかったため、船橋全部左舷側の椅子に腰かけて見張りを続けていたところ居眠りに陥り、針路及び速力を保持して航行中、12 月 15 日 13 時 10 分ころ平戸島東岸の浅瀬に乗り揚げた。船長 A は衝撃で目ざめ乗り揚げたことに気づいた。

船長 A は、本来の船長が大分港で下船した後、航海士と二人で航海当直を行う一方、荷役作業、タンク清掃等にも従事し、大分港入港時から事故発生までの約 28 時間に労働時間が 21 時間あったことから、ふだんより疲れを感じていたうえに連続した睡眠がとれていなかったと考えられる。

A 船は、船橋航海当直警報装置を作動させていたが、事故までに二次警報が鳴らなかったこと、船長が平戸島亀浦東方沖で居眠りに陥ったことから、船長が一時警報に反応して、その都度体を動かしていた可能性がある。

事故当時の天候は曇り、風なく海上平穏で視界は良好であった。

- ・ 参考文献

運輸安全委員会事故報告書（番号 MA 2016-12-24）

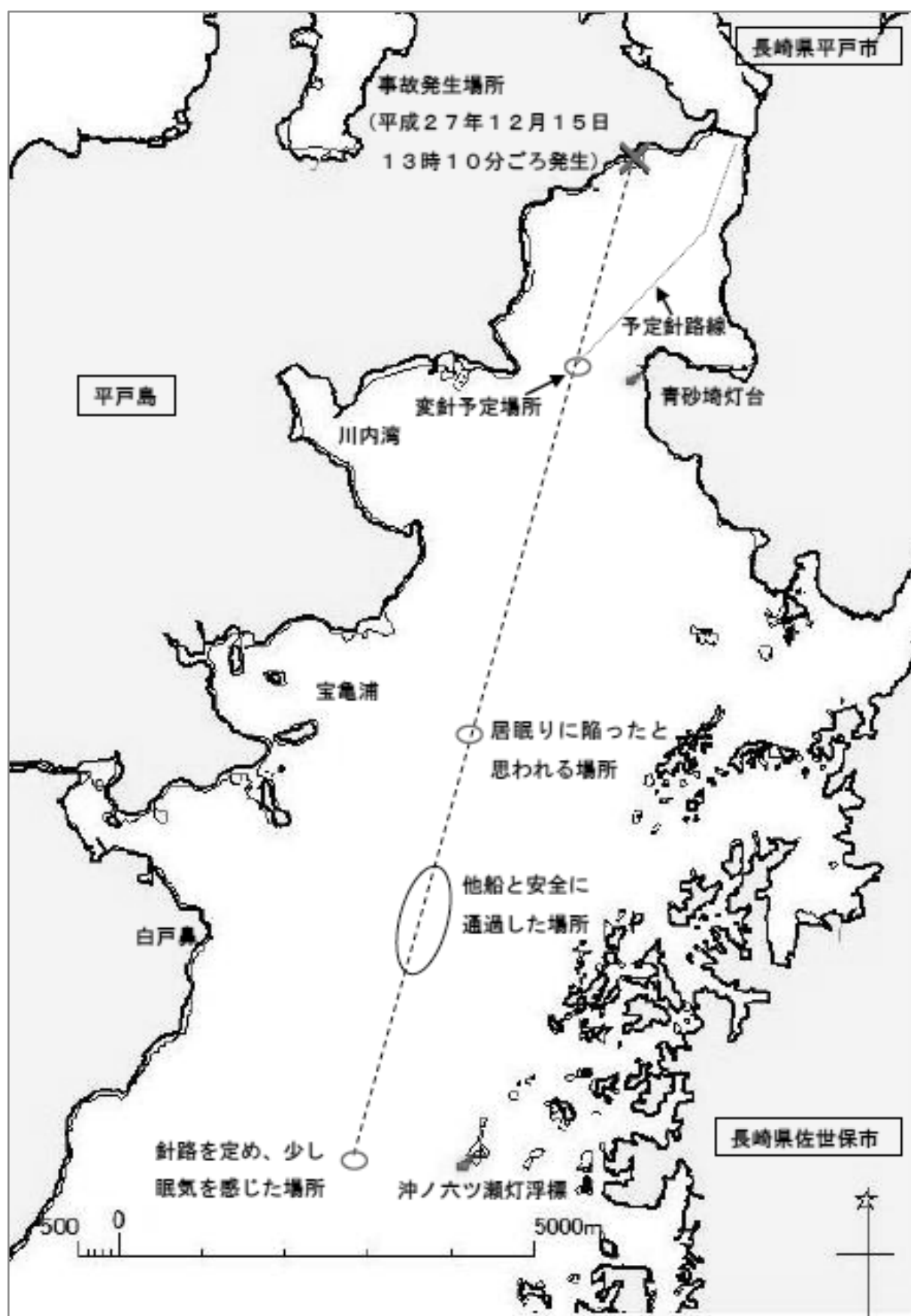


図 19 事故報告書付図（事故発生経過図）

5 速吸瀬戸及び付近海域での海難発生状況

速吸瀬戸は、大分県佐賀関と愛媛県佐田岬とを隔てる幅約 1,340 m の瀬戸で、潮流が速く可航幅も狭いことから航海の難所となっていますが、瀬戸内海と豊後水道を結ぶ航路として大小様々な船舶が通航しています。また、好漁場ともなっています。

5-1 船舶海難の発生状況

速吸瀬戸及び付近海域では、図 1 のとおり、衝突 4 隻(2 件)、乗揚 1 隻、浸水 1 隻及び運航阻害 1 隻の船舶海難が発生しています。これらの事故発生場所は図 20 のとおりです。

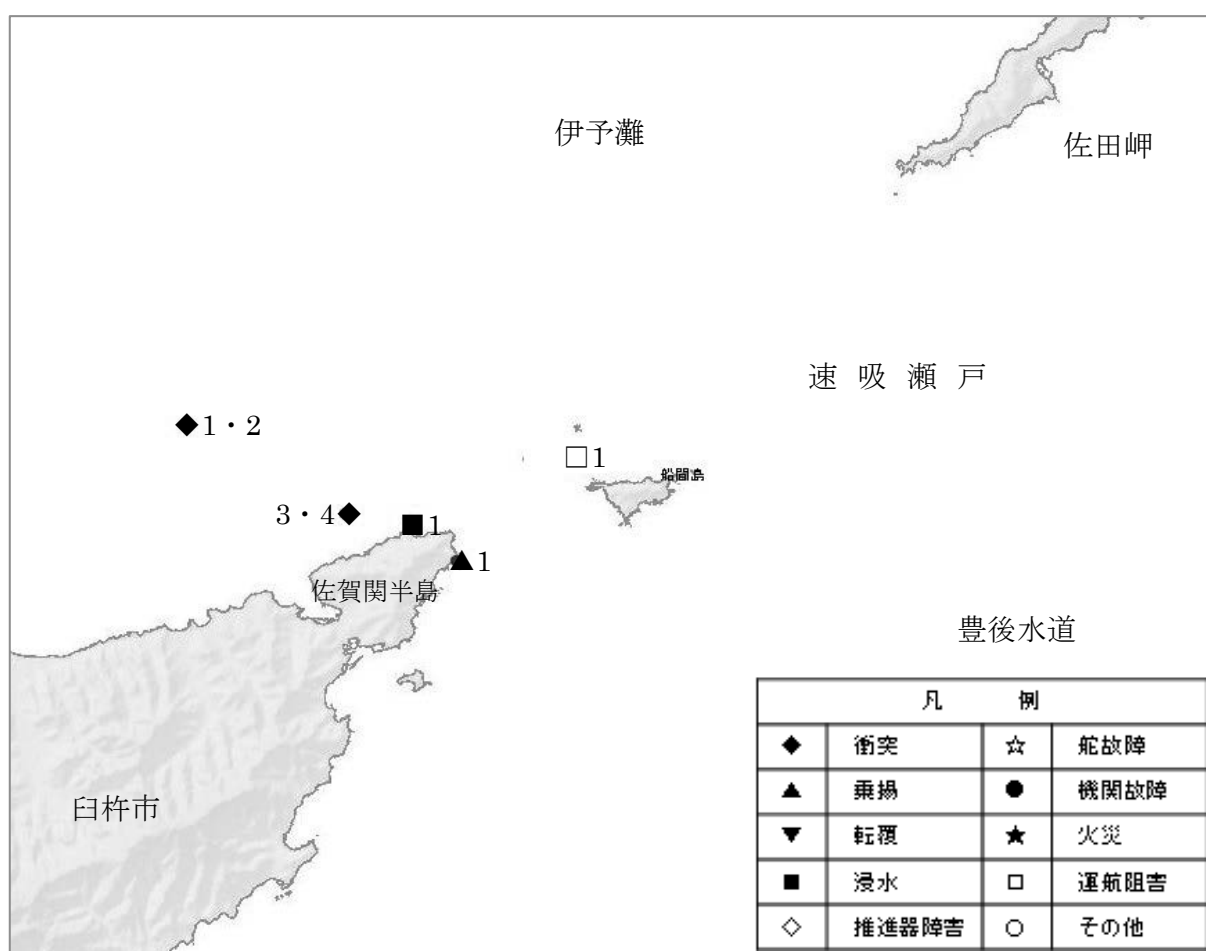


図 20 速吸瀬戸における事故発生位置図

5.2 主な事故事例

5.2.1 船舶同士の衝突（事故発生位置図：◆3・4）

- ・発生日時

2015 年 12 月 30 日 11 時 40 分ころ

- ・発生場所

大分県大分市佐賀関港北東方沖

関埼灯台から真方位 281 度 2,450 m 付近

- ・事故概要

漁船 A 船（3.3 トン、船長 A 一人乗組み）は、漁場を移動するため西進中、船長 A は船首方向に他船を見かけなかったため、航行の支障となる他船はいないと思い、見張りを適切に行っていなかったことから、漂泊中の B 船に気づかず衝突した。

プレジャーボート B 船（0.7 トン、船長 B 一人乗組み）は漂泊中、船長 B が周囲の見張りを適切に行っていなかったことから、左舷方向から向かってくる A 船に気づかず、至近となって気づき衝突の危険を感じて海に飛び込んだ。衝突による死傷者はなかった。

事故当時の天候は晴れ、北北西の風風力 1、海上平穏で、視界は良好であった。

- ・参考文献

運輸安全委員会事故報告書（番号 keibi 2016-10-20）

海上交通三法

海洋は船舶の交通路として、領海・公海を問わずさまざまな国の各種船舶が行き交っている。広大な海洋であるが、港と港を結ぶ海域には多くの船舶が同じ経路を往来していることが多く、また、港内、東京湾などの重要港湾が多い湾内、関門海峡などの狭水道では大小様々な船舶が輻輳しており、定められた交通ルールに従って航行することによって秩序が保たれ、船舶交通の安全が確保される。

こうした海上における交通ルールを定めているのが「海上交通三法」と呼ばれる法律で、「海上衝突予防法」「港則法」「海上交通安全法」から成っている。

海上衝突予防法は、すべての海域に適用される基本ルールであるが、特に船舶が輻輳する海域や港湾では、自然的条件や海域利用の特殊性により、一般的な交通ルールである海上衝突予防法だけでは船舶交通の安全が十分確保されないことから、船舶が輻輳する東京湾、伊勢湾及び瀬戸内海については海上交通安全法、港内については港則法という海上衝突予防法の特別法が定められている。海上交通安全法や港則法が海上衝突予防法と異なった規定をしている場合は、特別法である海上交通安全法や港則法の規定が優先して適用される。

◆ 海上衝突予防法

海上衝突予防法は、I M Oによる国際条約(1972年の海上における衝突の予防のための国際規則に関する条約)に準拠して制定された国内法であり、世界共通の海上交通ルールを定めている。

海上衝突予防法では船舶の衝突を防止するため、航法、灯火及び形象物、音響信号及び発光信号に関して、次のような事項が規定されている。

- ・ 航法：視界の状態に応じた航法として、あらゆる視界状態での見張り、安全な速力、衝突のおそれ、衝突を避けるための動作及び狭い水道等の航法、互いに他の船舶が視野内にあるときの船舶の航法、追越し船の航法、行会い船の航法等、視界制限状態にあるときの船舶がとるべき動作等
- ・ 灯火及び形象物：相手船に関する情報(船の種類、状態、方位等)を得るため、船舶の種類、状態に応じて船舶が表示すべき灯火・形象物
- ・ 音響信号及び発光信号：相手船の意図を知り、相互の意思疎通を図るための信号として、操船信号、警告信号、視界制限状態の音響信号、注意喚起信号、遭難信号等

海上衝突予防法は、衝突を避けるための基本ルールを定めているが、一方で実際の船舶の運航に当たっては相当部分を船長等の船員の判断(船員の常務)に委ねている。これは、海上交通では義務を果たすべき状況の判断が複雑で一律の規制になじまないこと、長い間の伝統による良き慣行(グッド・シーマンシップ)が確立していることによるものである。

◆ 港 則 法

港則法は、港内における船舶交通の安全と港内の整とんを図ることを目的としており、港内交通について海上衝突予防法の特則ルールを定めているほか、船舶の運航や係留等に関する規制を行っている。

港則法は港則法施行令に定められた港(区域)に適用され、全国の主要な港 500 港が適用港となっている。港則法の規定には、適用港すべてに適用されるもののほか特定港である一部の港のみに適用されるものがある。特定港は、特に船舶交通が輻輳する港で港則法施行令により86港が指定されている。

- ・ 航路及び航法：特定港に設けられた航路に関し、航路航行船の優先、航路内の行き会うときの右側航行、航路内の追越し禁止等
- ・ 入出港及び停泊：入出港の届出義務、錨地の指定、移動の制限等

◆ 海上交通安全法

海上交通安全法は、船舶交通がふくそうする東京湾、伊勢湾、瀬戸内海における船舶交通について、特別の交通方法を定めるほか、船舶交通の危険を防止するための規制を行っている。

海上交通安全法の適用海域は東京湾、伊勢湾、瀬戸内海であるが、3 海域に含まれる港(港則法に定める港の区域、港湾法に定める港湾区域、漁業法に定める漁港の区域等)は除かれる。

海上交通安全法では、特別の交通方法として次のような事項を規定している。

- ・ 航路における一般的航法：3 海域内に設けられた航路に関し、航路航行義務、航行船舶の優先権、速力制限、行き先表示、航路の横断方法等
- ・ 航路ごとの航法：浦賀水道航路・中ノ瀬航路、伊良湖水道航路、明石海峡航路、備讃瀬戸東航路・宇野東航路・宇野西航路、備讃瀬戸北航路・備讃瀬戸南航路・水島航路、来島海峡航路における航法
- ・ 航路以外の海域における航法
- ・ 危険防止のための交通制限等

6 刊末寄稿

賢き女性達への賛歌

(公社) 西部海難防止協会

高尾留雄

先日、岩波新書の「子どもが育つ条件」(柏木恵子著。家庭心理学では有名な方のようなです。)という本を知人から勧められ読みました。この本は、統計を多く使って理論的に説明しており、少しくどい感じもありましたが、今まで思っていないような、否、薄々、気付いていたけれども認めたくなかったような思いを意識させられましたので、少し、話をしてみたいと思います。

本の内容は、次の様なものでした。

昔、男性は外で働き、女性は良妻賢母であることが求められ、妻としては仕事をする夫が働きやすい様に世話をやき、母としては育児を一手に引き受けることとされ、5、6人の子どもを産み育て、子育てを終えると、後は老後の生活になるということが、家庭の規範であるとされていました。この時代は、それでも、女性にとっては、大きな問題となることはありませんでしたが、近年、育児の大きな負担や男女同権の意識の高揚から、子どもを産むこと自体が敬遠され、子供を制限する技術も進み、少子化が進んでいます。

これらのことから、多くの家庭の現状は、子供がいても1、2人しかおらず、女性が、育児に多く、また、濃厚に関わることとなり、子どもの意思に関係なく、色々な有益と思われる習い事や勉強等を先回りして育児することとなっており、子どもが自分から学ぼうとする意識を阻害しています。本来、親が望む様に育てる「子育て」ではなく、子どもが様々な関係から自ら学び、選ぼうとすることを見守り、支援していく「子育て」を進めるべきです。そして、親は、子どもの成長を見守る中から、様々なことを学び取るべきであり、子どもとともに成長して行く必要があります。

以上のような内容(個人的な理解も入っているかもしれませんが。)の本ですが、考えさせられたのは、本題の親と子ども双方が育ちあえる社会のあり様というのも重要ですが、育児は母親一人の負担、犠牲



でできるようなものではなく、父親、親兄弟、親戚又は地域の人など多くの人手、応援が元々必要な大変な事業であり、そのことが子どもにとっても大きく成長するものであるというものでした。

さらに、育児期間も短くなり、寿命も延びたので、育児後の余生は20年以上にもなり、何らかの社会的役割を果たしたいのに、育児を担ったことから、果たせるような状況ありません。また、育児は、大きな負担であり、他の多くの人が携わることが有益であるのに、女性に任せきりで、男性はそれを担おうとせず、この育児期間においても、社会的貢献をしたいという願望がありますが、実現できないということです。

このような不満は、男性と同様の教育を受け、能力も同等、又はそれ以上あると思われる(個人差はあるようですが。)のに、育児に専業させられることにより、人生の意義を低下させられていることから、大きくなるようです。

これまで、このように考えたことはありませんでしたので、育児も任せっきりでしたし、それが普通と考えていましたので、家内に大きな負担と犠牲を押し付けたのかと反省しています。

そういえば、昔、単身赴任中の夜中0時頃、仕事から疲れて帰宅した直後、家内から電話が掛かり、「子どものことで相談がある。」とのことでしたが、「今日は疲れているから明日にしてくれ。」と伝えたところ、「子どもを私一人に押し付けて、あなたは良いわね。」と怒っていました。その際は、自分も遊んでいる訳ではなく、仕事でクタクタなのに、もう少し分かって欲しいと思ったものです。単身生活も12年間続き、そのようなことが度々、あったような気がします。今考えれば、お互い、思い遣りがなかったのかなあとと思います。ただ、その時々、そうは思えなかったのも事実です。



今、考えると、余裕も出てきたからかも知れませんが、家庭内における家内の貢献度は大きく、家内の力なくしては我が家の平穏は考えられないのは事実であり、認識を新にしなければいけないと思えるようになりました。他の家庭でも同様のことがあるのではないかと思います。

最後に一言、家内には感謝です。(面と向かっては、中々、言えませんが。)

◎ お 知 ら せ

◆ 平成29年度 定時総会の日程が決まりました。

- ・開催日時 平成29年6月20日(火) 午後3時から
- ・開催場所 リーガロイヤルホテル小倉 3階エンパイヤールーム
北九州市小倉北区浅野2-14-2 電話 (093) 531-1121

◆ 本会の長崎事務所及び大分事務所は、平成29年3月31日をもって閉鎖します。

- ・長崎事務所【〒850-0862 長崎市出島町3-10 澤山ビル5階】
- ・大分事務所【〒870-0107 大分市海原地浜916-1
鶴崎海陸運輸(株) 三佐物流センター2階】

4月以降御用のある方は西部海難防止協会総務部(093-321-4495)までご連絡ください。

海の事件・事故は
局番なし「118」

(公) 西部海難防止協同
ホームページ
<http://www.seikaibo.ecweb.jp/>

公益社団法人 西部海難防止協会

〒801-0852

北九州市門司区港町7-8 郵船ビル4F

TEL (093) 321-4495

FAX (093) 321-4496

E-mail:seikaibou-moji@iris.ocn.ne.jp

ホームページ:<http://www.seikaibo.ecweb.jp/>