Ⅱ-1

可変セル法による衝突海難の水域特性の分析
― 大阪湾水先区航行業務水域の場合 ―

学生会員 ○南部 裕之 (神戸大学)　　正会員 林 祐司 (神戸大学)
正会員 村井 康二 (神戸大学)

1. はじめに

2007 年 4 月から一級水先人の養成、2008 年 10 月からは三級水先人の養成が開始され、当該水先区の安全航行確保のための新たな段階に踏み込んだ。

一級水先人には豊富な乗船経験に基づく操船と水域に関する深い知識と技術が存在するが、乗船経験の乏しい三級水先人にとっては、それを補う新たな思考方法､情報分析能力及び情報提供が必要となる。

本研究は、大阪湾水先区航行業務水域を緯度、経度それぞれ同値(最小値は 0.5 分)で分割して生成される方形の水域(セル)の大きさを変動させ、セルから見える衝突海難の発生傾向の調査を行い、その結果から理解の促進が期待される視覚による情報提供を実施することにより大阪湾内の海上交通の安全を図ることを目的とする。

2. 研究の方法

大阪湾で発生した衝突海難の調査は、海難審判裁決録(1976 年～2007 年の 32 年間)を対象に行う。大阪湾水先区航行業務水域を可変セルで分割し、セル毎の衝突海難の発生頻度を調査する。可変セルは 0.5 分､1.0 分､2.0 分及び 4.0 分と離散的に変化させる。

3. 航行業務水域における衝突海難の発生傾向

航行業務水域では、32 年間で 132 件の衝突海難が発生している。このうち水先人嚮導船舶(以下、水先船という。)による衝突は 12 件あり、それ以外の一般船同志の衝突は 120 件である。Fig.1 及び Fig.2 は 2.0 分で分割したセル毎の衝突海難件数を示す。

(1)一般船衝突海難の発生傾向

Fig.1 は一般船の衝突の発生分布図である。一般船の衝突では、大阪湾の北部水域での衝突頻度が高いことが分かる。この付近は明石海峡方面と阪神港神戸区及び大阪区方面を往来する船舶が多く、船舶輻輳水域での見合い関係の複雑さが衝突の原因の一つであると推定される。

(2)水先船の衝突海難発生傾向

Fig.2 は水先船の衝突の発生分布図である。水先船の衝突発生水域は、洲本沖灯浮標周辺の衝突を中心に、阪神港神戸区、大阪区及び内海水先区接続部への常用航路筋と酷似している。一方、一般船の場合と異なり大阪湾北部での衝突が少ないことが分かる。

このように一般船と水先船では衝突発生水域が異なっており、水先人にとっては洲本沖灯浮標を中心に友ヶ島水道から大阪湾中央に至る水域での航行、また一般船では大阪湾北部水域での航行に注意を払う必要がある。

4. まとめ

本研究では、大阪湾水先区航行業務水域を可変セルで区切って衝突海難が発生した状況ごとの検討を行い、衝突海難の発生傾向を分析した。それら分析結果をもとに、大阪湾水先区の安全航行確保のための具体案を提言した。

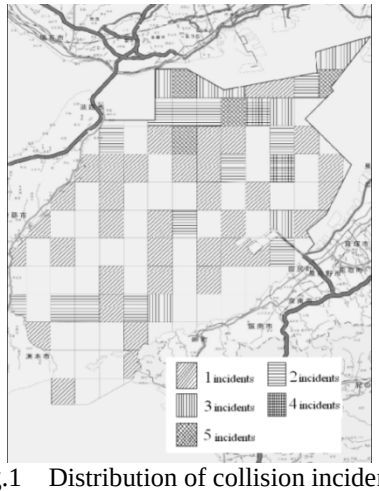

Fig.1 Distribution of collision incidents (General vessel)

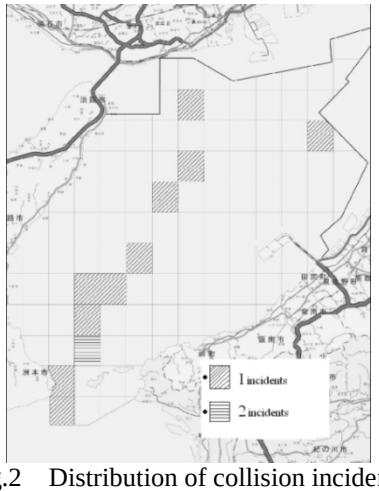

Fig.2 Distribution of collision incidents (Pilot vessel)

Ⅱ-2

衝突海難の航行区間分割･統合法による分析

― 伊勢三河湾水先区の場合 ―

学生会員　○藤井　俊輔　（神戸大学大学院）　正会員　林　祐司　（神戸大学）
正会員　村井　康二　（神戸大学）　学生会員　見上　晴信　（神戸大学海事科学部）

1. はじめに

平成 20 年 10 月より三級水先人の養成が開始された。それまでは一定の条件を満たした船長経験者しかなれなかった水先人に、35 歳以下で三級航海士（航海）免許受有並びに日本国籍保有者で所定の養成課程を修了し、水先国家試験に合格すれば三級水先人になれる制度が導入された。その三級水先人をどのように養成し、就業させていくかが今後の五大水先区の重要な課題となっている。

本研究は、伊勢三河湾水先区における衝突海難の発生場所及び原因について過去の海難事例を対象に調査を行い、その結果を三級水先人の養成に利用すること、また衝突海難そのものを減らすことを目的とする。

2. 研究方法

本研究は昭和 52 年から平成 20 年の 32 年間の海難審判裁決録に記載された現在の伊勢三河湾水先区の水域内で発生した衝突海難を対象とする。方法として伊勢三河湾における一般商船の使用する航路筋を設定し、Fig.1 に示す矢印の 7 つの航行区間に分割する。これらの航行区間において衝突までの所要時間に注目して分析を行い、また必要に応じて分割航行区間の統合を行い、よりマクロの視点での分析を行う。そして、当該分割･統合航行区間における衝突海難の発生傾向と当該所要時間との関係を調査する。

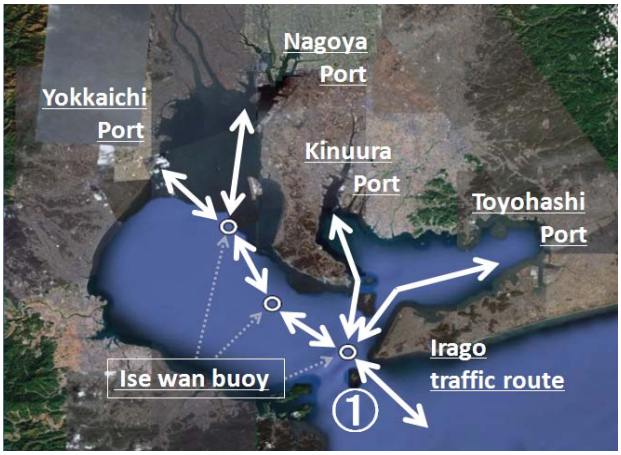

Fig.1　Sailing routes in Ise-Mikawa Bay pilot district

3. 研究結果及び考察

結果の一例として分割航行区間の伊良湖水道航路（Fig.1 の①）で発生した衝突海難に着目して、衝突船舶を初認してから衝突までの時間（初認-衝突時間）と危険を感じ避航操船を行ってから衝突までの時間（危険-衝突時間）を調査した結果を示す。(Fig.2) この 2 種類の時間を総称して衝突所要時間とここでは呼ぶ。

①In は入湾船（9 件）、①Out は出湾船（5 件）、①Cross は横切り船（7 件）、Average は伊勢三河湾水先区（123 件）（伊良湖水道航路を除く）で発生した衝突海難における前述の衝突所要時間の平均値である。Fig.2 に示す値は衝突海難の主因とされた船舶側の衝突所要時間である。

①In での相手船の初認-衝突時間は平均で 11 分 18 秒と、他の 3 つと比較して極めて長いが、危険-衝突時間は 32 秒と他の 3 つと比較して大きな差はない。このことから、初認後の相手船への継続した監視が不十分であることが衝突の原因であると考えられる。①Cross の衝突所要時間が短いのは船舶交通の輻輳等の原因で衝突する直前まで相手船に気づいていないためと考えられる。

4. まとめ

入湾船では航行の自由度の高い日本沿岸又は大洋から自由度の低い伊良湖水道航路に至った場合の見張りが一見強化されたかの様ではあるが、船舶輻輳海域等の理由で、継続的監視が疎かになることが衝突海難の原因の一つと考えられる。

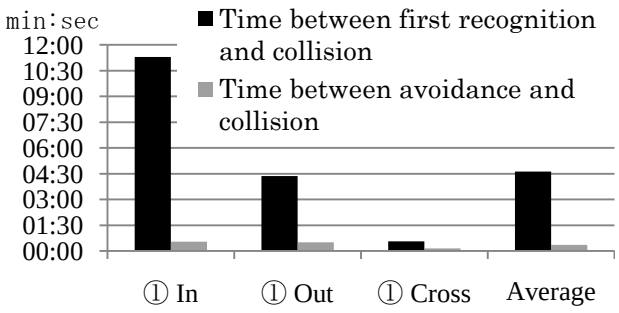

Fig.2　Time to collision

Ⅱ-3

漁船衝突海難における避航行動とその背景

正会員　○竹本　孝弘(東京海洋大学)　　正会員　阪本　義治(航海訓練所)
正会員　　矢野　吉治(神戸大学)　　正会員　古荘　雅生(神戸大学)

1. はじめに

海難審判庁発行の「海難レポート 2008」[1]によれば平成19年中に理事官が認知した衝突海難1,085隻のうち、最も多いのは漁船350隻、次いで貨物船265隻となっている。また死亡・行方不明者数は全海難162名のところ半数以上の86名が漁船海難で発生している。2008年2月に発生した護衛艦「あたご」と漁船「清徳丸」衝突海難を例に出すまでもなく、小型の漁船が他船と衝突した場合には漁船の損害が大きく、死亡海難に至る可能性が高い。同レポートによれば、漁船衝突海難の原因はその4割が「航法不遵守」、3割が「見張り不十分」とされており、漁船衝突海難を防止するためには、このような操船者の不適切な行動の発生メカニズムを解明する必要がある。そこで筆者らがこれまでに開発した衝突海難分類法[2]及び避航行動モデル[3]を、海難審判裁決録に記載された62隻の漁船操船者の避航行動に適用するとともに、その特徴及び背景を考察し、漁船衝突海難の漁船操船者に関する新たな知見が得られたので報告する。

2. 漁船操船者のヒューマンエラー発生過程

衝突海難分類法を用いて漁船操船者のヒューマンエラーを分析した結果、最終的な海難原因は「注意散漫」が4割を占め最も多く、次いで「その他の作業・行動」が3割となっている。これらの最終的なエラーは「夜間」や「他の作業」をきっかけとして発生し、漁船操船者が慣れに基づいて「他船はいない」と思い込み他船を認識しようとせず、その結果衝突のおそれを検出も、確認もしないまま衝突に至る場合が多いことを確認した。

3. 漁船操船者の避航行動

62隻の漁船衝突事例のうち漁船操船者が他船を認識しなかったのは約半数の34隻で、これらの漁船操船者はその後も全く他船に気づくことなく衝突に至っている。筆者らが過去に実施した衝突海難における操船者の避航行動分析[3]では、他船を認識しなくても、その後接近して衝突のおそれ・危険を確認する行動が見られたが、漁船衝突海難の場合は、初期の避航行動の過ちが、以降の行動で改善され難いという特徴を確認した。

4. 避航行動とその背景

漁船操船者の避航行動とその背景を探るため、操船者の情報処理システムにおける要素の結びつきを数量化Ⅲ類で分析した。図1はX軸に成分1、Y軸に成分2のカテゴリースコアーをとり、散布図を描いたものである。成分1は「見張りに対する注意力」を、成分2は「認知行動」を意味していると推察できる。グラフの左下にプロットが集中しており、「見張りに対する注意力」の低さとスキルベースに基づく行動の関連が強いと推察できる。

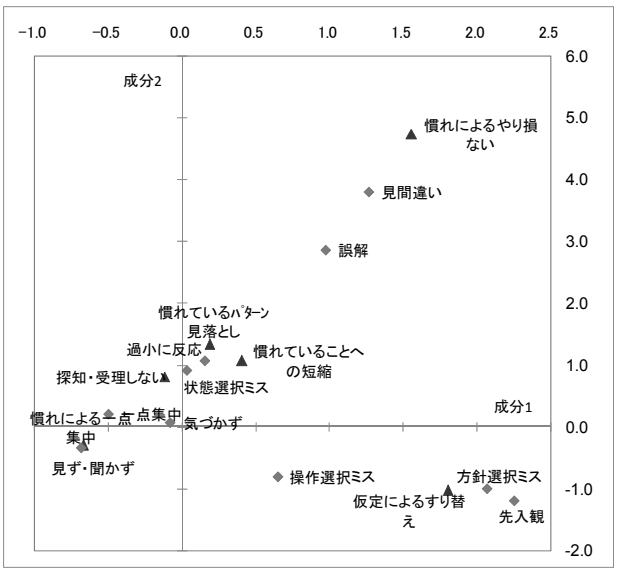

図1　数量化Ⅲ類カテゴリープロット(成分1　成分2)

5. 考察

漁船衝突海難では、漁船操船者の初期避航行動の過ちが、以降の判断や行動で改善されないという特徴がある。そして、漁船操船者の「認知行動」の一つであるスキルベース行動により「見張りに対する注意力」が低下し他船を認識しないという背景が明らかになった。初期の避航行動と継続的な見張りが漁船衝突海難の防止に有効である。

参考文献

(1) 海難審判庁, 海難レポート 2008, 平成20年7月
(2) 竹本孝弘, 阪本義治他: 衝突海難における人的エラーの分類について, 日本航海学会論文集　第106号, pp.39-46, 平成14年3月
(3) 竹本孝弘, 阪本義治他: 操船者の情報処理システムに基づく避航行動, 日本航海学会論文集　第120号, pp.35-43, 平成21年3月

Ⅱ-4

船型経験と避航判断に関する調査

正会員　○渕　　真輝（神戸大学）　　正会員　藤本　昌志（神戸大学）
正会員　　臼井　伸之介（大阪大学）　　正会員　広野　康平（神戸大学）

1.　はじめに

学生、船員養成カリキュラムを修了した実務経験の無い実習科修了生と実務経験者を比較した研究[(1)(2)]では、経験に伴い操船方略は適切になること、保持船の判断時機には差異があることが示された。これらの研究での経験とは、“時間的”な経験を指している。

しかしながら横切り船の航法が適用された海難を調査した研究[(3)]では、大型船舶の操船者と小型船舶の操船者との意識の差を指摘している。このように“時間的”な経験に加えて、船舶の大きさといった“普段操船する船舶船型”の経験と避航判断について調査する必要がある。そこで本研究では船型経験と避航判断に関して探索的に調査し、考察することを目的とする。

2.　質問内容および調査方法

調査は質問紙によって避航判断時機について尋ねた。調査手続きは先行研究[(1)(2)]に準じた。避航判断時機は 2 隻の船舶の横切りおよび 3 隻の関係について船間距離（mile）により回答を求めた。3 隻の関係については、併せて回避方向について尋ねた。

調査協力者は、外国航路船舶操船者（以後、外航群という）20 人、国内航路船舶操船者（以後、内航群という）7 人、プレジャーボート等の小型船舶操船者（以後、ボート群という）17 人、小型漁船の操船者（以後、漁船群という）20 人であった。外航群の操船する船舶は総トン数 50,000t 以上であった。内航群が操船する船舶は総トン数 20,000t 以下で、内 4 人は総トン数 499 t であった。ボート群の内 10 人は小型船舶教習所の講師であった。

3.　結果

総トン数 500 t クラスの 2 隻の船舶が横切りの関係にある場合の判断時機を Fig. 1 に示す。外航群、内航群、ボート群、漁船群の順に同一判断時機における船間距離が短い。すなわち判断時機が遅い傾向であることが示唆される。

次に総トン数 500t クラスの 3 隻の関係における回避方向について Table 1 に示す。全体として右転する傾向であるが、外航群はほとんど右転と回答した一方、漁船群はほとんど左転すると回答した。

4.　考察

判断時機については大型の船舶操船者が早く、小型の船舶操船者は遅い傾向にあることが示唆された。漁船群は最も判断時機が遅い傾向にある。また 3 隻の関係の場合、漁船群と他群とでは傾向が異なる。このように船型により判断時機が異なることは、衝突の危険を増大させると考えられる。特に漁船群の判断時機が遅く、回避方向が他群と異なることは、注目すべき結果である。船型経験により避航判断時機や方法が異なることが示唆され、今後調査対象者数を増やし、また実験的に検討する等調査を重ね、詳細に検討する必要があると考えられる。

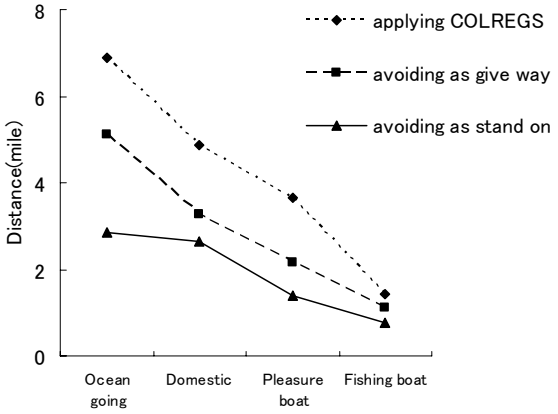

Fig. 1 Timing of action in 2 vessels crossing

Table 1 Number of avoiding direction

	Avoiding direction	
	to Starboard	to Port
Ocean going	18	2
Domestic	4	3
Pleasure boat	11	5
Fishing boat	1	18

(1) 渕　真輝・古荘雅生・藤本昌志・臼井伸之介：操船方略の経験による違い，日本航海学会論文集第 117 号，pp.199-206，2007.3
(2) 渕　真輝・藤本昌志・臼井伸之介・岩崎裕行：保持船の動作判断時機について，日本航海学会論文集第 119 号，pp.137-143，2008.3
(3) 畑　貴宇・古荘雅生・藤本昌志・渕　真輝：小型船舶特別規定の必要性－海上衝突予防法第 15 条の場合，日本航海学会論文集第 120 号，pp.183-188，2009.3

Ⅱ-5

国際海上衝突予防規則の改正案に関する研究
－商船とプレジャーボートの航行優先権－

正会員　松本宏之（海上保安大学校）

1.　はじめに

イタリアから IMO に対して、レクリエーション目的の船舶に対する商船の航行優先権の確立を趣旨とする国際海上衝突予防規則の改正案が提示され、2007 年から審議されてきた。本稿では、船舶間の衝突を防止する国際的な共通ルールとして機能している国際海上衝突予防規則を改正するイタリア案の問題点を明確化し、国際海上衝突予防規則の法解釈論や過去の海難審判の裁決を分析することにより、商船とプレジャーボートの航行優先権の問題を海上衝突予防法論の立場から論究する。

2.　改正案の IMO における審議と問題点

プレジャーボートの定義については、第 3 条に「あらゆるタイプの推進方式を用いて推進する長さ 20 メートル未満の船舶のうち、スポーツもしくはレクリエーション目的または傭船された純然たる娯楽用船舶（帆船を含む）をいう。」と定めた。国際海上衝突予防規則の基本原則と異なり、イタリアの改正案は船舶の操縦性能の良し悪しではなく、運航目的に基づいて避航すべき船舶を定めるもので、既存のルールと法的性格が大きく異なっている。

そのほかにも、第 8 条の追加規定として、プレジャーボートに通航不阻害義務を課し、第 18 条の追加規定として避航義務を課している。一般的に通航不阻害義務と避航義務は別の法的主体に課されるもので、ルールの法規範としての実効性の問題や船員の常務の適用および法解釈の問題が生じる。

3.　海難審判における裁決の分析

イタリア改正案の趣旨に則り、プレジャーボートと商船がかかわった衝突事件の海難審判を、昭和 54 年から平成 20 年までの 30 年間にわたり調査したところ、該当する 103 件の裁決を分析することができた（分析結果の一部を表 1 に示す。）。

Table 1 Number of applied navigation rule

	number & cause ratio
Port reg.　§14	2(main 2)
〃　§15	2(main 2)
〃　§18	2(main 2)
Collision reg. §13	1(sub 1)
〃　§14	2(equal 2)
〃　§15	10(main 8, sub 2)
〃　§19	1(equal 1)
〃　§39	32(main 19, sub 10,equal 3)

漂泊中のプレジャーボートと航走中の商船に対して適用される航法については、定型的航法適用説と非定型的航法適用説が並存し、一般的に欧米では定型的航法適用説を採用しているが、わが国では改正案に基づく新たな定型的航法と従来からの非定型的航法の解釈上の問題があるため、矛盾を生じさせないような法の手当てが必要となってくる。

またわが国において、イタリア改正案の趣旨が生かされて改善が期待できるのは全体の件数の約 17%にすぎないことがわかったが、法文上、プレジャーボートの操船者が商船に対する避航義務をあらかじめ認識し、前広に動作をとることが期待できるため、避航船の義務の確実な履行、明文化されていない船員の常務に基づく注意義務の履行、プレジャーボートと商船との法適用の判断のギャップの問題も、法的観点からは現状より改善される。

4.　イタリア改正案の法規範文の考察

わが国では多種多様な船舶が混在するので、遊漁船や屋形船などが第 3 条にいうプレジャーボートに該当するのであれば、わが国の特殊な事情とあわせて複雑な事態を招くおそれがある。また、平成 15 年から一定の要件を満たせば、小型船舶の操縦免許がなくても操船できるような動力船が出現したので、制度上、そのような操船者に安全教育が徹底できず、法令の遵守は必ずしも期待できない。

さらに改正案では、プレジャーボートに、レーダー反射器、発光装置、汽笛または同等の装置を新たに備えることが義務付けられているが、相対的に小型の船舶になればなるほど、構造上、これらの設備を取り付けることは困難となり、また国際海上衝突予防規則では、基本的に避航してもらえる船舶側に特別の灯火や形象物を掲げることが原則となっており、避航する側において装備を義務付けることに関しては、経済的負担もあわせて検討する必要がある。

5.　結びにかえて

イタリアにおいて、この種の海難が国際海上衝突予防規則を改正さえすれば解決できるものなのかといった問題や各国独自の特殊な交通環境の問題もあり、これは国内立法政策の問題として位置づけることもできるため、わが国も継続的に国内法としての海上交通三法の見直しを検討すべきであると考える。

Ⅱ-6

航路内における接近限界距離に関する考察

○学生会員　山崎　慎也（神戸大学）　　正会員　井上　欣三（神戸大学）
正会員　　世良　亘（神戸大学）

1.　はじめに

平成 20 年 3 月､明石海峡航路内において 3 隻が衝突する重大な海難が発生した。この事故の素因は、もちろん船舶間の極度な接近を回避できなかったことであろうが、その背後にある要因としては、このような海域環境下における船舶間の接近限界距離に関して、船と船、船と海上交通センター間に共通の基準や認識が存在していないかったことがあげられる｡今後における類似事故防止の観点からは､まず、航路内における船と船の接近限界距離に関する操船者の意識を明らかにする必要がある。

そして、このような操船者の意識として抽出された接近限界距離を船舶同士が共有し、さらに、これを操船者が抱く接近限界に関する距離的感覚として海上交通センターにおいても共有することができれば､操船者はこれを目安に極度な接近の回避に努め、同時に、海上交通センターは、これを接近する船舶に注意を喚起する時期の判断基準として活用することにより、今後における事故防止に資することができると考えられる。

操船者は、他船や障害物と接近する状況では、自船の周りにあって、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については、参考文献(1)(2)がある。(2)は、港内を対象に船舶同士の行き会い航過時における接近限界距離についてモデル化しているが、これまでのところ、航路内を対象とした研究はみあたらない。

本研究では、海上交通安全法に基づく航路を対象に、そのような海域において操船者が考える接近限界距離をアンケート調査により抽出し、モデル化してあらわすことを試みる。そして、併せて、この種情報の活用を基にした事故防止の考え方について考察する。

2.　アンケート調査

アンケート調査は、海上交通安全法で定められた航路を通過するルートに配船する船社を対象に、それらの会社に所属する海技者に回答を求めた。アンケート実施にあたり、日本内航海運組合総連合会のご協力を頂き 65 社に対して 1925 通を発送し、533 通の回答を得ることが出来た。アンケートでは、一方通航の航路内で、他船と若干の速力差で接近する状況での接近限界距離について回答を求めた。

3.　航路内における接近限界距離のモデル化

アンケート調査で得られた許容可能な接近限界距離は、前方接近、後方接近、左方接近、右方接近ともに　裾野のひろがったばらつき傾向を示すが、これらのデータは自船長で基準化したうえで、累積百分率の 80 パーセンタイル値に着目し､それを代表値として扱った。80 パーセンタイル値は 5 人に 4 人、つまり大多数が賛同するという意味をもち、また、そのような限界値はそれより小さな距離を限界と考え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をもつ。

Fig. 1 は、横軸に接近対象の船の長さ(Lt)、縦軸に接近限界距離を自船長で基準化してアンケート結果を整理したものである。この傾向を回帰することにより、航路内における接近限界距離のモデル化が可能となる。

本研究では、このほか、ここに得られた結果の従来研究との比較、接近限界距離の交通輻輳時と交通閑散時における操船者意識の差異、操船者意識のばらつきのモデル化、航路内におけるブイ・漁具・漁船・橋脚への接近限界などについても分析し、併せて、この種情報の活用を基にした事故防止の考え方について考察を行った。

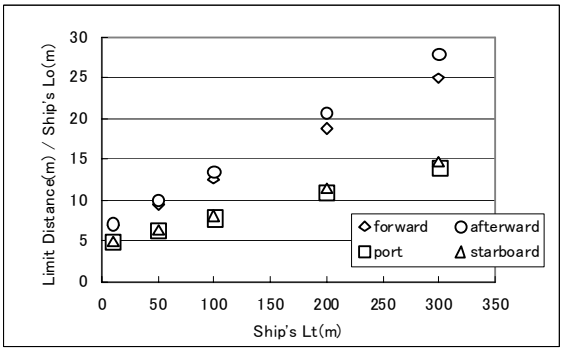

Fig. 1 Limit of closed distance

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, 第 44 号, P.49~58, 昭和 45 年 12 月

(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, 第 90 号, P297~306, 平成 6 年 3 月

Ⅱ－7

こませ網漁船と一般航行船舶の離隔距離に関するこませ網漁業者意識のモデル化

正会員　○酒出　昌寿（水産大学校）　　正会員　世良　亘（神戸大学大学院）
正会員　　井上　欣三（神戸大学）　　正会員　本村　紘治郎（水産大学校）

1.　はじめに

瀬戸内海の備讃瀬戸は、関西と西日本を結ぶ海上交通の要衝であるとともに、古くから好漁場も形成され、その主要漁業の一つにこませ網漁業がある。

昭和 48 年の海上交通安全法施行後、当海域ではこませ網漁船が航路内の一部を占有し、こませ網漁船と一般航行船舶との厳しい競合関係が生じている。この競合関係により、一般航行船舶は可航水域が制約されて操船の困難性が生じ、一方、こませ網漁船にも自船と設置漁具の至近を一般航行船舶が航過することで衝突や漁具損傷などの操業の困難性が生じ、両者に潜在的なリスク増大が懸念される。このようなことから、今後の当海域における安全性の維持、向上には、当競合関係の緩和が必要不可欠である。

当競合関係を緩和すべく、これまでに幾つかの検討や取組み(1)がなされているが、十分な効果が得られたとは言い難い。従来の検討では両者のリスクが客観的に評価されておらず、自然科学的要素が不十分であるといえる。制約水域での操船者意識は、既に障害物との許容できる離隔距離のモデル化が報告されている(2)ものの、船舶交通の輻輳海域で操業する漁船の漁業者が許容できる一般航行船舶との離隔距離の客観的評価については殆ど検討されていない。

競合する漁業者と操船者が相互の立場を理解、尊重し、両者の安全性と利益をできる限り損なわない競合関係緩和の検討、推進には、漁業者意識も客観的に評価できる指標を持つことが不可欠である。そこで本論では、こませ網漁業者が許容できる一般航行船舶との離隔距離についてのモデル化を検討した。

2.　アンケート調査

操船者が他船侵入を許容しない領域は、自船を中心とした楕円形で定義、モデル化されている(2)。著者らのヒアリング調査より、こませ網漁業者も設置漁具を中心とした一般航行船舶の侵入を許容しない領域を意識していることを確認した。そこで、こませ網漁業者に対し、設置漁具から一般航行船舶の接近を十分に許容できる距離および許容できない限界距離について、一般航行船舶の全長と対地速力を数段階に設定したアンケート調査を実施し、こませ網漁業者意識のモデル化を試みた。

当アンケート調査では、香川県内のこませ網漁業者 72 名中 14 名から回答を得ることができた。

3.　こませ網漁業者意識のモデル化

アンケート調査およびその解析の結果、設置漁具から一般航行船舶の接近を許容しない限界距離 $f_{min}(Lt,St)$、十分に許容できる距離 $f_{acc}(Lt,St)$について、一般航行船舶の全長(Lt)と対地速力(St)を説明変数とする式(1)、(2)より、設置漁具からの前方距離、後方距離、正横距離のそれぞれをモデル化できた。

$$f_{min}(Lt,St) = (a_1 \cdot St + b_1) \cdot Lt + (c_1 \cdot St + d_1)\ [m] \quad - (1)$$

$$f_{acc}(Lt,St) = (a_2 \cdot St + b_2) \cdot Lt + (c_2 \cdot St + d_2)\ [m] \quad - (2)$$

$a_1, b_1, c_1, d_1, a_2, b_2, c_2, d_2$: 定数

これらモデルの一例として、一般航行船舶の対地速力 12knots とした場合の接近を許容しない限界距離 $f_{min}(Lt,St)$を Fig.1 に示す。これにより、一般航行船舶の全長に比例して限界距離も増大することが把握でき、また、正横距離に対して前方距離、後方距離が約 9～12 倍程度必要とされることが分かった。

今後は、当モデルならびに既存の操船者意識モデル(2)を活用し、操船者とこませ網漁業者の両者が許容できる航行環境、操業環境を検討していきたい。

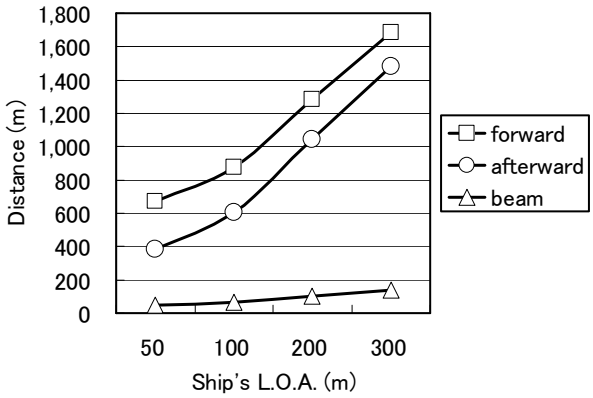

Fig.1 Limit of minimum distance (Ship's sp'd 12 kn)

参考文献

(1) （社）瀬戸内海海上安全協会：KOMASE Booklet 備讃瀬戸海域におけるこませ網漁業漁期の安全対策について，pp.22-28，2006.11

(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，第 90 号，pp.297-306，1994.3

Ⅱ-8

操船行動における情報価値の定量評価

○　学生会員　奥野　眞也（神戸大学）　名誉会員　井上　欣三（神戸大学）
正会員　臼井　英夫（神戸大学）

1.　はじめに

操船者は、操船行動に必要となる様々な情報を収集、分析、判断し、行動を決定している。外部から情報を適切に提供するためには、提供する情報が、操船行動を的確に行うためにどれほどの価値を持つかについて定量的に評価されている必要がある。しかし、これまで情報価値の定量評価は行われていなかった。

そこで本研究では、情報として「他船の行き先」に着目し、この情報が操船行動にどれだけの価値を持つのかについて定量評価する方法を検討した。その手始めとして、操船シミュレータ実験を行い、評価手法の妥当性の検証を行った。

2.　評価手法

操船者は、情報を得ることで、様々な操船行動の選択肢の中から、自船の受ける行動制約が少ないと考える行動を選択する。操船過程において地理的条件や交通輻輳条件という行動制約が操船者に課す困難性を、環境ストレスモデル（以下、ES モデル）を適用して評価する。困難性は、ES モデルによる出力値(以下、ES 値)として、0～1000 の数値で表される。また、750 以上となると操船者が許容できないという対応付けがなされている。

ここでは、操船過程において 750 以上となる ES 値の出現率を情報価値の評価指標とする。

3.　操船シミュレータ実験

3.1　実験条件

実験にあたって、以下のような条件を設定した。

- 水域は長さ 2 マイル、幅 1 マイルの一方通航
- 風、潮流等の外力はなし、視程 20 マイル
- 自船は 4000TEU コンテナ船（満載状態）
- 操船は舵のみで、エンジンの使用は不可
- 実験開始地点は設定した水域の 2 マイル手前
- 出口付近において、１隻の対象船舶に対して自船が追いつくよう設定
- 周辺に同航する他の船舶を設定
- 対象船舶の行き先情報の有無を条件差とした

3.2　被験者

三級海技士（航海）を所持する神戸大学大学院海事科学研究科の修士学生 1 年生 8 名を、情報の有無によって２つのグループに分けた。

3.3　実験結果

Fig.1 に、操船過程において出力された ES 値の時間変化の一例を示す。操船者に課される困難性が変化している様子が見て取れる。

Fig.2 に、ES 値が一旦底を打っている経過時間 600 秒に着目し、ES 値が 750 以上となった出現率を 0～600 秒と 600～800 秒に分けて示している。情報を与えることで 600 秒以降の出現率は、情報のないグループに比べ顕著に低くなっている。このことは、与えた「他船の行き先」情報が適切な操船者の行動を導いているといえる。しかし、600 秒以前の出現率は情報を与えたグループの方が高くなっている。これは、情報を与えられたことで対象船舶以外の船舶に対する操船者の関心が希薄となり、結果として他船に接近してしまったためである。情報は有用であるが、情報の与え方によって困難性を高めてしまう結果になりかねないことが分かった。

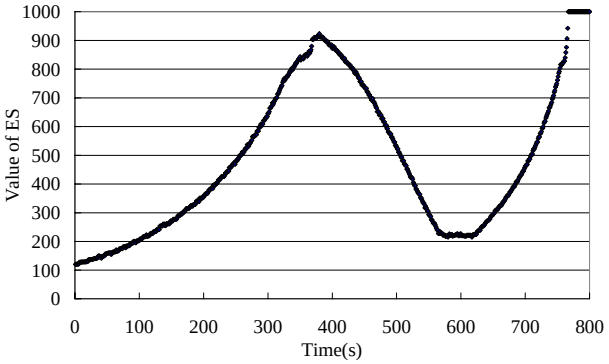

Fig.1　Example of the change of ES value

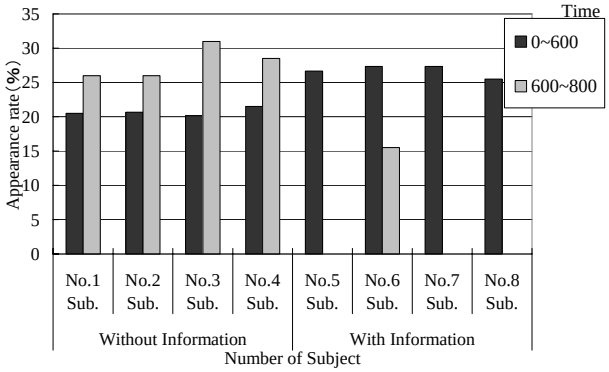

Fig.2　Appearance rate of ES value of 750 or more

4.　おわりに

情報価値の定量評価を行うための手法を検討し、操船シミュレータ実験によって妥当性を検証した。情報の与え方によって操船行動に違いをもたらすことが分かり、情報の価値は ES 値の出現率で評価できることが明らかとなった。

Ⅱ-9

予測 ES モニタによる操船者の避航操船行動に対する効果について

○学生会員　篠崎　啓二（神戸大学）　正会員　世良　亘　（神戸大学）
正会員　臼井　英夫（神戸大学）　名誉会員　井上　欣三（神戸大学）

1.　はじめに

現在、船舶には他船の動向を知り、衝突を予防する装置としてレーダ／ARPA が装備され、その技術は日々進歩している。このような技術革新の中にあっても、船舶の衝突事故は無くなっていない。操船者にとって操船判断をする際に、より的確な情報があれば衝突事故の減少に繋がると考えられる。

一方、他船などの交通環境や陸地などの周辺環境が操船者に影響する困難性を定量的に評価するモデルとして、環境ストレスモデル（ES モデル）が開発されている。この ES モデルによる出力値である環境ストレス値（ES 値）は 0～1000 の数値として示され、操船者の許容の可否と対応付けられている。

本研究では、環境ストレスモデルに基づき、自船と他船の針路、速力を一定と仮定し、将来における ES 値を自船針路及び左右 20 度の範囲で予測計算することとした。そして、自船の周囲の状況と予測した ES 値を表示するモニタシステム（予測 ES モニタ）を開発した。Fig.1 に予測 ES モニタの表示画面を示す。操船シミュレータを用いた実験を行い、レーダ／ARPA と予測 ES モニタとの操船結果について比較を行い、システムの有効性を検証した。

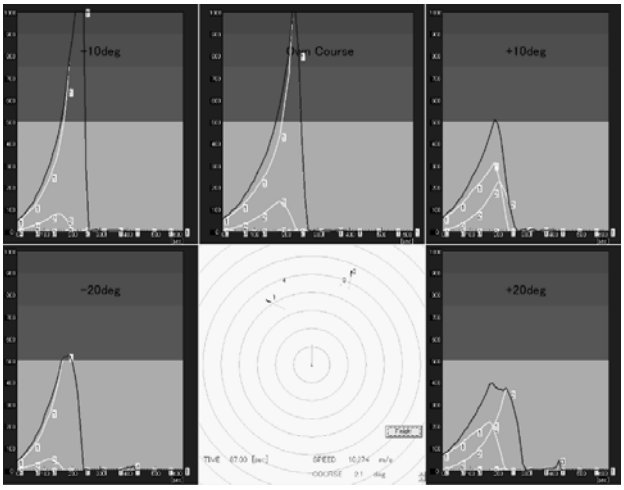

Fig.1 Display of predicted ES monitor

2.　実験方法

実務経験のない 3 級海技士（航海）の免状を持っている本学博士課程前期課程 1 年生 8 名を被験者とした。

実験シナリオは、仮想海域の中で自船を PCC とし、複数の他船交通流がある状態において、避航操船をしなければ 1 隻の他船と衝突するシナリオとした。風、潮流はないものとした。水深は十分あるものとし、地形による制約のないオープンシーとした。予測 ES モニタを使用するグループとレーダ／ARPA を使用するグループの 2 班に分けた。

３．実験結果

予測 ES モニタを使用したグループ 4 名中 1 名が他船と衝突した。レーダ／ARPA を使用したグループ 4 名中 1 名が他船と衝突した。そのため、衝突した 2 名の結果は用いず、各グループ 3 名ずつの結果について評価を行った。

予測 ES モニタを使用したグループ 3 名が航行中に課された最大の ES 値はそれぞれ 619、599、718 となった。一方、レーダ／ARPA を使用したグループ 3 名が航行中に課された最大の ES 値はそれぞれ 771、1000、1000 となった。

予測 ES モニタを使用したグループでは操船者にとって、許容不可となる 750 以上の ES 値は計測されなかった。

４．おわりに

今回は、操船シミュレータを用いた実験を行い、レーダ／ARPA と予測 ES モニタとの操船結果について比較を行った。結果として、予測 ES モニタは、操船者に対して、他船の接近の状況をより的確に提示し、避航操船に必要な判断材料を効果的に表示することができていたといえる。

今後の課題として、実務経験者に対して操船シミュレータ実験を行い、経験の有無による操船行動の違いをみることがあげられる。

参考文献

（1）広野康平、井上欣三、臼井英夫：予測 ES を用いた BRM インストラクタへの情報支援，日本航海学会論文集，第 112 号，pp.87-93,2005 年 3 月

Ⅱ-10

航海視環境の背景条件特性

学生会員　○坂本　和也　（神戸大学）　　正会員　古荘　雅生（神戸大学）
正会員　　河本　健一郎（川崎医療福祉大学）　正会員　矢野　吉治（神戸大学）

1.　背景

操船者が船舶を安全に運航するためには、距離的・時間的に十分余裕のある時期に、周囲の情報を把握し、その情報をもとに判断することが必要である。特に視覚情報は、対象物を確実に視認して適切な判断と行動を行う操船の場面で重要な情報である。しかし、海上における天空及び海面という視認の背景条件や、他の船舶・物標など対象物の分光放射輝度は、測定例が少なく、その特性は未だ解明されていない。見張り不十分による海難が増加している状況を改善するために、航海視環境の特性を調査し、背景条件の視認特性を明らかにする必要がある。

2.　目的

視認の背景条件となる水平線付近の天空及び海面の分光放射輝度を測定し、天空及び海面の分光放射の特性を明らかにすることが本研究の目的である。

3.　測定

天空及び海面は物標を視認する背景条件である。測定には分光放射輝度計 HS-1000（大塚電子(株)製）を使用した。神戸大学海事科学研究科附属練習船「深江丸」の航海船橋（眼高 7.5m）から、(1) 水平線より約 2°上方の天空の分光放射輝度、及び、(2) 水平線より約 2°下方の海面の分光放射輝度を測定した。

なお、操船者の見張り条件と測定条件をできる限り等しくするため、測定は航海船橋前面の窓ガラスを通して行った。また、測定時機は、日出後の 1 時間及び日没前の 1 時間は 15 分間隔とし、それ以外は 30 分間隔とした。

4.　結果・考察

Fig. 1 に、ほぼ同時刻に測定した天空及び海面の分光放射特性を示す。海面より天空の方が分光放射輝度が大きいことが分かる。

Fig. 2 に、測定時刻の違いによる海面の分光放射特性を示す。太陽の正中時刻に近いほど分光放射輝度が大きいことが分かる。また、06 時と 18 時の分光放射輝度がほぼ同じであることから、太陽高度が同じであれば分光放射輝度も同じであろうと推測できる。

Fig. 3 に、ほぼ同時刻に測定した、測定方位の違いによる天空の分光放射特性を示す。太陽相対方位が 180 度から 90 度までは、分光放射輝度の変化はほとんど無いが、それが 0 度付近では 555nm（ナノメートル）付近にピークがあるように極めて大きく変化していることが分かる。

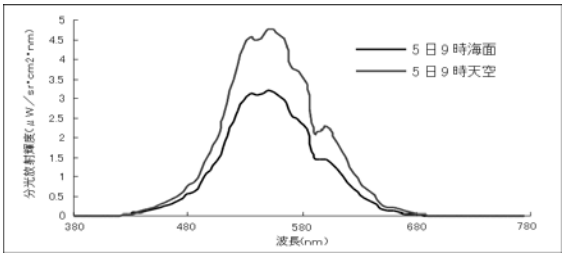

Fig. 1 Spectral Radiance of the sea surface and of the sky at the same time

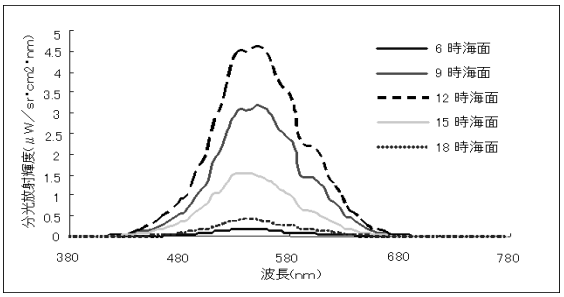

Fig. 2 Spectral Radiance of the sea surface at each time

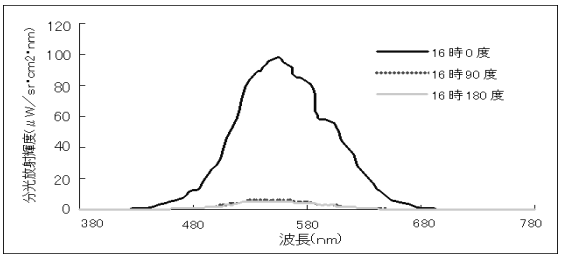

Fig. 3 Spectral Radiance of the sky at relative solar direction

5.　結論

航海船橋から天空及び海面の分光放射輝度を測定した結果、それらの分光特性は以下のとおりである。

(1) 同時刻の天空及び海面の分光放射輝度を比較すると、天空は海面より大きい。しかし、実際には、サングリッター（太陽光の海面反射によるぎらぎら）により、海面が天空より大きくなることもある。この状況が対象物の視認を妨げることも忘れてはならない。

(2) 各時刻の分光放射輝度を比較すると、正中時刻に近いほど、天空、海面共に分光放射輝度は最大値を示す。

(3) 同時刻に測定したデータのうち太陽の相対方位が 0 度、90 度、180 度のものを比較すると、太陽方位が測定方位に近いほど、すなわち太陽相対方位が 0 度に近づくほど分光放射輝度が大きい。

Ⅱ－11

唾液アミラーゼ活性による操船シミュレータシナリオ評価の可能性

－ データ測定時間の短縮と水先修業生の応答について －

学生会員　濱　幸作（神戸大学）　　学生会員　○西村　望（神戸大学）
正会員　村井　康二　（神戸大学）　　正会員　　林　祐司（神戸大学）

１．はじめに

操船者の心的負担やストレスを定量的に評価する方法の一つとして生理指標がある。著者らは、多数ある生理指標の中で、鼻部皮膚温、心拍（心拍変動）、唾液アミラーゼが有効であると考えている。近年、操船シミュレータを使用した教育・訓練が重要視されており、水先人養成教育では、一定時間以上の訓練が義務化されている。実習に対する教育・訓練の評価では、「即時性」かつ「簡便性」が要求される。つまり、生理指標を教育・訓練評価支援として活用するためには、被験者に常時センサー等装着を必要とせず、簡便に測定可能、かつ安定した結果を得ることができる指標が求められる。そこで、前報[1]にて、唾液アミラーゼ活性値（Salivary Amylase Activity: SAA 値）を提案したが、データサンプリング時間は１分～4 分と長く安定しておらず、またベテランのみが評価対象であり、訓練生（学生）の応答は確認できていない。

本研究では、これら課題を解決するために、SAA 値の測定器を複数台準備することでデータサンプリング間隔を 30 秒と短縮し、さらに被験者として、三級水先修業生を選出することで、操船シミュレータ訓練シナリオの評価の可能性について検討することを主目的とする。

２．実験概要

実験は、操船シミュレータを用いて行った。被験者は、三級水先修業生４名（男、年齢 23 歳～30 歳）である。SAA 値の測定には、ニプロ社製唾液アミラーゼモニターを使用した。SAA 値は、唾液アミラーゼモニター用の専用チップにより唾液を採取（約 30 秒）し、測定器により唾液アミラーゼ活性値として得られる（約 30 秒）。また、温湿度計によりシミュレータ室の温湿度を管理（23～26 度、45～60％：実験中は一定の温湿度）した。被験者の行動はイベントサンプリングにより１秒単位で観察、記録した。ビデオカメラによる記録も行った。実験シナリオ例（友ヶ島水道北航）の概略を Fig.1 に示す。Fig.1 中の矢印は航跡の概要を示す。

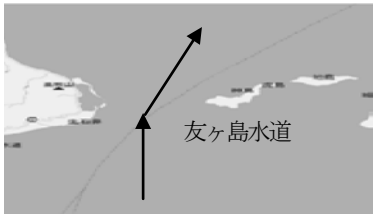

Fig.1 Outline of scenario (*Tomogasima*-suido)

３．評価

SAA 値の測定結果に対する評価は、シミュレータ訓練実施前の安静時に SAA 値を 3～4 回測定した平均値を求め、その値を基準値（参考基準値）として行う。前報では訓練実施前は、被験者が既に航海計画、イメージ操船の状態にあり安静時と考えられず不適切としたが、三級修業生の場合には、実験後はさらに訓練結果に対するストレスが大きいと考えられた為に、訓練前の十分余裕のある時機を選び参考基準値を求めることとする。

４．結果および考察

Fig.2 に、友ヶ島水道北航（Fig.1）に対する結果を示す。Fig.2 中 A～D はイベントを示す（A：漁船航過、B：見合い関係なし、C：漁船の動静変化確認、D：漁船航過）。なお、イベント A 発生前で測定エラーの為のデータ欠如（1 データ）がある。SAA 値の参考基準値は 26[KIU/L]である。

Fig.2 から、訓練生は漁船の動向を判断する際に SAA 値が増加している（イベント A、C、D）。実験シナリオでは、イベント対象となる漁船は操業しており、その動向を判断することが困難であった。一方、他船との見合い関係が生じない場合（イベント B）では、SAA 値は減少し、ストレスを感じていないと考えられる。

５．まとめ

本研究から、1）三級水先修業生に対して、訓練ストレスを評価する指標として SAA 値が有効であり、2）操船イベントに対するアミラーゼ活性応答は、測定間隔 30 秒内に確認できることがわかった。SAA 値が、操船シミュレータシナリオ評価に有効であることが期待できる。

参考文献

(1) 村井康二、脇田慎一、宮道　隆、林　祐司“唾液アミラーゼ活性による操船者の心的負荷評価”日本航海学会論文集、121 号（accepted）

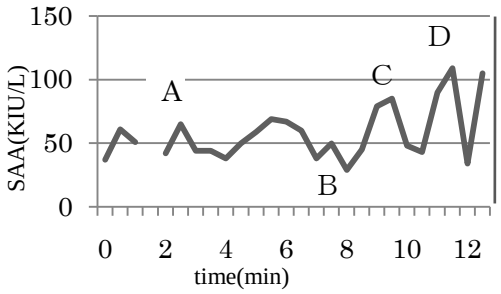

Fig.2 The result of SAA value for passing channel

Ⅱ-12

安定的な輸入のための日本籍船の必要隻数算出モデルに関する研究

学生会員　○鈴木　理沙（東京海洋大学大学院）
正会員　　黒川　久幸・鶴田　三郎（東京海洋大学）

1.　はじめに

輸入に依存する日本にとって、外航海運はライフラインであり、常に止まることなく物資やエネルギー資源を輸送し続ける必要がある。

しかし現在、邦船社の運航船舶の約 96%は外国籍船であるため、TAJIMA 号事件のような非常時に物資輸送が滞ってしまう危険性がある。

そこで、本研究では安定的な輸入確保のための政策支援ツールとして、日本籍船の必要隻数を算出するためのモデルを開発することを目的とする。

2.　既存の算出モデル

国交省は日本籍船の必要隻数を独自の検討フローから試算しており、その概要は以下の通りである。

まず、前提条件を①全て日本籍船で輸送しなければならない状態が 1 年間続く。②①の状態において必要な一定規模の経済活動・国民生活水準を確保する上で必要な輸送力に対応するための日本籍船を確保する。③日本への輸入を対象とすることである。

モデルの内容は、貨物と船種の対応づけから始まり、国民生活水準を満たすための係数の設定、そして船型や船種別平均輸送日数のデータに基づいて試算するものである。

しかしこの既存モデルは、現状の必要隻数の把握に留まるもので、ヒアリングによる試算結果を示している。従って、前提条件が変更になった場合、直ちに必要隻数の見直しができず、また将来の必要隻数の試算ができないという問題がある。

3.　日本籍船の必要隻数算出モデル

本研究における日本籍船の必要隻数算出モデルの概要を Fig. 1 に示す。ここで、本モデルは寄港の仕方が異なる船種についても考慮できるものであり、必要隻数は下記の手順によって求められる。

①一隻当たりの平均積載量に年間最大航海回数を乗じて一隻当たりの年間輸送能力を求める。

②年間輸送需要量を一隻当たりの年間輸送能力で除して年間必要隻数を算出して終了である。

また､モデルの検証について 2007 年のデータを中心に実際の運航隻数を使って行った結果、実際の隻数との誤差は定期船モデルの場合 5.2%、不定期船モデルの場合 4.5%であった。従って、誤差は小さく、本研究で開発した日本籍船の必要隻数算出モデルは妥当であると言える。

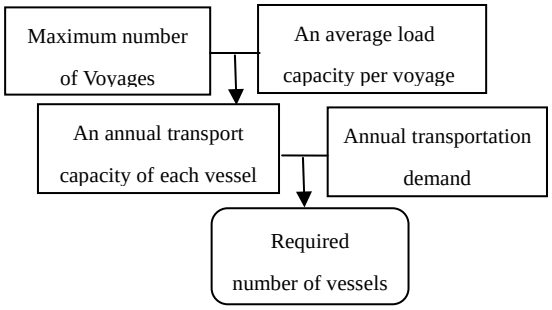

Fig. 1 The flow of the calculation model

4.　日本籍船の必要隻数の算出結果

本研究で開発したモデルを使って、2007 年のデータを基に、船種別の必要隻数を算出した。結果の一部を下記に示す。

原油タンカー:76 隻
石炭専用船:146 隻
鉱石専用船:87 隻
鉱炭兼用船:49 隻

また、国の試算との比較結果の一部として油送船等の隻数を以下に示す。なお比較では、国の試算方法と合わせるために、平時の場合と、国民生活水準の最低保障レベルを満たすために必要な輸入量の場合に分けて算出した。

・平時の場合
　国の試算結果:259 隻
　モデルによる結果:145 隻
・最低保障水準時の場合
　国の試算結果:92 隻
　モデルによる結果:68 隻

以上より国の算出結果は、本モデルの結果より必要隻数が多い結果となった。これは国がヒアリングによって求めた航海日数等が、本研究においてデータから算出した航海日数よりも過大であったためである。

5.　おわりに

安定的な輸入のための日本籍船の必要隻数を算出するモデルを開発した。また、開発したモデルは検証の結果、非常に精度良く隻数を算出出来ることが分かった。

Ⅱ-13

阪神港における所要曳船数基準について

学生会員　○齊藤 望（神戸大学大学院）　正会員　世良 亘（神戸大学）

1.　はじめに

造船技術の進歩による船舶の大型化、外国人船員雇用の徹底による日本人船員の減少、新水先制度の導入など、日本港湾内ではめまぐるしい変化が続いてきた。このような港湾内において本船を安全かつ効率的に運航し、着離桟させる水先人の職務は港湾内秩序の安定に寄与しており、その水先業務においてタグボートによる操船支援は不可欠な要素となっている。しかしながら、各港における所要曳船数基準は総トン数等により決められているものの、その根拠は明確に示されておらず、現状の変化に対応できているかも検討が進んではいない。

そこで本研究では、大阪湾水先区である阪神港の特に大阪区及び神戸区に焦点をあて、所要曳船数基準の合理的な決定方法について検討を行う。

2.　所要曳船数基準

大阪区及び神戸区における所要曳船数基準では、総トン数、バウスラスターの有無及びその馬力等の要素から所要曳船数を算定する基準が用いられている。しかし、各水先区において記述されているこれらの基準には、所要曳船数を決定する上で、気象・海象、船種・船型、港湾特有の特殊な環境等による所要曳船数の増減についての明確な規定が提示されていない。そして、それら不明確な部分の決定にあたっては、その都度本船に乗船した水先人と船長が話し合い、本船の代理店と折り合いを付けた後に決定されることが慣例となっている。

そこで、実際に水先現場で用いられたタグの隻数を調査し、従来基準との比較を行った。比較に際して、タグボートのサイズによる馬力の相違を考慮するため所要曳船数は所要曳船馬力に換算した。調査の範囲では、バウスラスターの故障を除き、従来基準通りにタグボートは用いられており、外力の変化等で多くとるような例は見られなかった。

3.　外力計算値と所要曳船数基準の比較

通常の離着岸作業においてタグボートによる支援作業中に最も馬力を要すると考えられるのは、本船を岸壁へ平行に横移動させる状況下である。そこで、本船に加わる風圧抵抗･流圧抵抗を計算により求め、その抵抗の合計値をタグの所要馬力と比較した。計算条件としては、本船の横移動方向と正反対に風が本船正横方向へ吹くものとし、港内ということで潮流の影響は本船を横移動させる際に生じる圧流のみを考慮することとした。風圧力・流圧力の計算には以下に示す式を用いた。

風圧力=1/2・Cyw・ρa・Vw^2・A_L

流圧力=1/2・Cyc・ρw・Vc^2・Lpp・T

Cyw：風圧係数

Cyc：流圧係数

Vw：風速(m/s)

Vc：潮流速度(m/s)

Lpp：垂線間長(m)

T：喫水(m)

A_L：風圧側面積(m^2)

ρa：空気密度(0.125kg･sec^2/m^4)

ρw：海水密度(104.5kg･sec^2/m^4)

神戸区に入港したコンテナ船に対して、風速Vw=8m/sec.、水深喫水比 H/T=1.5 の条件下で比較計算した図を Fig.1 に示す。この条件下で一番余裕が少ない状況では、タグボートの馬力の余裕は外力の２割程度となる。さらに、風速やその他各種条件の変化による比較を行い、物理的な所要量を明確にしたうえで、心理的な余裕量も考慮した所用曳船基準の決めかたについて検討した。

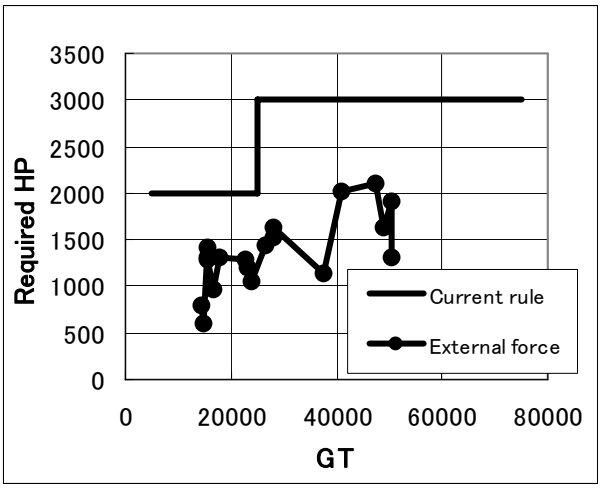

Fig.1　Comparison between current rule and external force at Kobe

Ⅱ-14

波浪影響下における船体喫水の変動について-Ⅰ.

学生会員　○大内　広規（神戸大学大学院）　正会員　世良　亘（神戸大学）

1.　はじめに

喫水とは、船が水に浮くとき、船体の水中に没している部分の深さのことで、船の最下点から水面までの垂直距離をいう。ばら積み船等では、積荷の量の算出にも使用され、船の操縦性、安全性を確保するためにも、喫水を正確に測ることは船舶を運用する上で非常に重要である。目視により喫水を測定する場合、船側の水面は常に波で変動しているため、その最上点と最下点を平均して求められる。その値は静水時と異なるが、その差は微少であるとして、無視して考えられてきた。しかし、近年の船型の多様化・巨大化によりその差について改めて確認する必要があると考えられる。

そこで本研究は、通常行われている波浪中で喫水を測るときに、波の上下を平均した喫水と、静水中に戻したときの喫水ではどのくらいの差があるかを数値実験により求める。そして、その値が本当に無視してよい値であるのか、また、その差が船舶の運用に際してどのような影響があるのかを考察する。

2.　研究内容

波浪中での船体運動をシミュレーション計算し、波の中での船体位置をパラメータとして結果を算出した。

算出された縦揺、上下揺と船体周りの波形を用いて、波浪中で目視観測した場合の喫水を求め、静水中の喫水と比較することにより、その影響について調査した。

3.　数値実験

実験対象船は本学練習船深江丸とした。Table1 にその主要目を示す。波は規則波で波高波長比が 0.01、波長船長比が 0.4～2.0（0.4 刻み）、入射角を 180°（向波）とした。船速が 0kts の状態で波浪中の船体姿勢をシミュレーション計算し、船体の船首、中央、船尾ではどのように喫水が変化するのかを波浪中の船体位置を変化させて求めた。求めた喫水の変動波形の上下の振幅から、静水面に戻した時の喫水との差（⊿d）を計算した。

4.　結果と考察

Fig.1 に波長船長比（λ/L）を変えたときの実験結果を示す。

グラフを見ると、数ミリメートルから数センチメートルの差があることがわかる。これらの値についてであるが波長船長比が 1.2 のとき船尾が約－3.6cm と本実験では最大の値が出ている。静水中の喫水に対して約 1%の変動があり、センチメートル単位で測る喫水に対してこれだけの差が生じることとなると、トリム、GM 計算にも誤差が生まれ、安全性に影響を及ぼすと考えられる。今回は深江丸を実験対象としたが、タンカーや貨物船など更に大きな船であれば、差も大きくなり安全性だけでなく、経済的な影響も及ぼすと考えられる。

5.　まとめ

本研究では、波浪中で喫水を測るときに通常行われている目測値を平均した喫水と、静水中に戻したときの喫水の差を数値計算により示した。そして、その差が船舶の運用に影響があると考えられることから、さらに詳細な調査を進める必要性も示すことができた。

今後、波浪条件や船種を変えて実験を行うとともに、水槽での模型実験との比較により解明を進め、最終的には目視による計測値から静水中に戻したときの喫水を求めることのできる簡易計算式などの開発へとつなげることが望まれる。

Table1 Principal dimensions

Lpp(m)	45.0
Breadth(m)	10.0
draft(m)	3.20

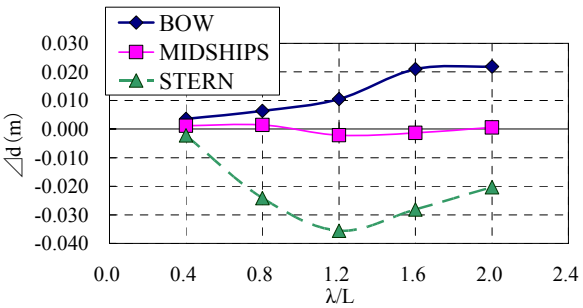

Fig.1 Difference of draft between in still water and in waves