

令和 4 年 5 月 13 日現在

機関番号：14501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K02504

研究課題名(和文) 船舶衝突回避判断における操船者の状況認識と現場へのフィードバック

研究課題名(英文) Ship's Situational Awareness of the Navigator's and Feedback to the Scene of Collision Avoidance Judgments

研究代表者

淵 真輝 (FUCHI, MASAKI)

神戸大学・海事科学研究科・准教授

研究者番号：20362824

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：海上輸送で用いられる船舶の操縦は操船者の経験が重要であると言われている。本研究ではまず衝突回避判断事例を収集した。事例収集の際に困難への対処を尋ねており、これらを反映した操船シミュレータシナリオを用いて実験を行った。その結果、状況認識のうち将来動向の予測に最も大きな差があった。具体的には、実務経験者はその時点で認められていない事象が今後生じるのではないかと予測していること、また相当に長時間後に生じる事象を予測していることであった。シニア実務経験者にシナリオを評価させたところ学ぶことは多いと概ね高評価であった。よって衝突回避判断を安全側へシフトさせるためのプログラムの基本を策定することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

船舶の操縦は操船者の経験が重要とされ『うまくいった』経験を有効に活用することが重要である。そのためには現場で操船者がどのように状況を認識し、その結果どのような衝突回避判断を行っているかが重要である。本研究では事例収集から操船シミュレータシナリオを作成し実験することで操船者の将来動向の特徴を明らかにした。具体的には、実務経験者はその時点で認められていない事象が今後生じるのではないかと予測していること、また相当に長時間後に生じる事象を予測していることであった。シニア実務経験者による評価は概ね高評価であり、衝突回避判断を安全側へシフトさせるためのプログラムの基本を策定することができた。

研究成果の概要(英文)：Navigator experience is a crucial aspect for safety of the shipping. This study aimed to investigate factors of navigator experience. In the first, detailed information of collision avoidance judgment cases were collected via interviews with navigators on how they dealt with difficult situations. Next, an experimental ship handling simulator scenario based on collected cases was created and analyzed. Results indicate differences in situational awareness in predicting future events. Specifically, experienced navigators were able to predict events which were not readily apparent early but could possibly occur in the future, and also predicted events that would occur at considerably later points in the simulations. The scenario was evaluated by senior experienced navigator, who highly evaluated the scenario as an effective training tool. As a result, it was possible to formulate the basics of a program that improves awareness concerning safely shifting in collision avoidance situations.

研究分野：船舶安全

キーワード：船舶 衝突回避判断 操船者 状況認識 現場 フィードバック

1. 研究開始当初の背景

2016年に海難審判所で採決された事故件数は370件でそのうち衝突が134件と多い(海難審判庁, 2017)。自動車事故と比較して数こそ少ないものの、船舶は大きく一度事故が発生すると損害規模は大きいという特徴がある。船舶のように“遅い動き”を扱う交通は他に無く、他の交通に関する先行研究が指摘する事項を、そのまま海上交通に適用することはできない。船舶の衝突回避判断は、遅い動きを扱うことからフィードバック型というよりも、航海に関する学術的知識をベースに、現場での何かしらの経験から操船者にとって都合の良い衝突回避判断を決定し適用するというフィードフォワード型で処理されていると考えられ、現場の衝突回避判断は複雑な判断である。学生の状況認識の特徴を調査した研究は、1次の“周辺の知覚”については問題が少なく、2次の“現状の理解”について学生は半数程度が正しく、3次の“将来動向の予測”について学生は不十分であると指摘しているが、その誤りの内容やどのように不十分なのかを明らかにしていない。

一方でHollnagel(2014)がSafety-として提唱するように、『うまくいった』経験を有効に活用することが重要であり、そのためには現場で操船者がどのように状況を認識し、その結果どのような衝突回避判断を行っているかを学術的に研究する必要がある。海上交通安全のためには、海上交通ルールについて教授するだけでは無く、現場で操船者がどのように状況を認識し、その結果どのような衝突回避判断を行っているかを学術的に研究し、さらにその知見を現場にフィードバックする必要がある。

2. 研究の目的

上述する背景から、本研究は船舶の衝突回避判断の基になる状況認識の経験差を明らかにすることを目的とし、その知見を基に衝突回避判断を安全側へシフトさせるためのプログラムを策定し試みることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 衝突回避判断の収集

衝突回避判断について実務者にヒアリングし事例収集を行う。ヒアリング調査のポイントは何かしらの困難を伴っていると思われる記憶に残っている衝突回避判断経験を収集することである。

(2) 操船シミュレータのシナリオの作成

ヒアリング調査にて収集した衝突回避判断を基に、その状況を吟味して操船シミュレータのシナリオの作成を行う。シナリオの作成には、神戸大学大学院海事科学研究科が所有する大型操船シミュレータまたは神戸海事センターが所有する大型操船シミュレータを使用する。

(3) 操船シミュレータ実験の実施

作成された操船シミュレータシナリオを用い、操船シミュレータ実験を行う。この実験では状況認識における“現状の理解”と“将来動向の予測”について操船経験の差に関する特徴を明らかにする。学生は神戸大学海事科学部の学生を対象とし、実務経験者は海運会社等の実務経験者を対象とする。操船シミュレータは、神戸大学大学院海事科学研究科が所有する大型操船シミュレータまたは神戸海事センターが所有する大型操船シミュレータを使用する。実験参加者に作成した複数のシナリオを提示し操船させる。操船者の状況認識を調査した研究(瀧ら, 2016)の手順および方法を参考に、状況認識に関するデータを取得する。

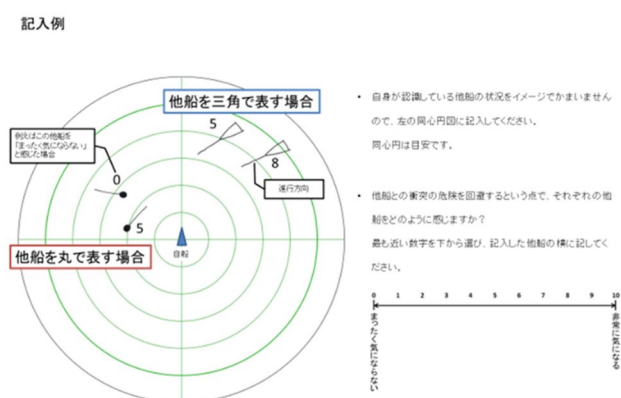


図1 状況認識計測用紙とその記入例

(4) 衝突回避判断を安全側へシフトさせるためのプログラムの試行

操船シミュレータ実験で得た知見を基に、“現状の理解”を高め、“将来動向の予測”の内容をより良いものにするプログラムを策定する。策定したプログラムを学生および経験の浅い実務経験者に対して試行する。参加者に対してプログラムの評価を求めるとともに、海運会社の安全担当者または研修担当者にも参加していただき、今後のプログラム発展への知見を得る。

4. 研究成果

(1) 衝突回避判断のヒアリング

操船実務経験者を対象にヒアリング調査を行った。ヒアリングには現役外航海運船長及び航海士 12 人の協力を得た。港内操船を除く自身の一番記憶に残っている困難な避航操船経験を尋ねた。ヒアリング調査は、協力を得た企業の会議室にて 1 人ずつ行った。協力者は A4 の白紙に困難な操船経験状況を簡単に図示しながら、また説明文を書きながらその状況を自由に説明した。ヒアリング時間は 1 人につき 15 分から 20 分程度であった。12 人中、11 人が自身の経験を回答した。1 人は船長として乗船中の航海士から呼ばれた時の経験を回答した。回答例を図 2 に示す。

ヒアリングの内容からいずれの経験も複数隻が関係することが示され、海上交通ルールが規定する単純な 2 隻の関係ではなかった。

困難であった操船場面にて、どのような操船を行ったかを見ると、大舵角と判断される急激な針路の変更や、状況に合わせた細かな針路の変更の連続、また減速や後進をかけるなどが報告され、その困難さを推察することができた。海域としてはマラッカ・シンガポール海峡や対馬海峡等、船舶交通が輻輳する海域であった。

12 人中 11 人が自身の経験を回答し、1 人は船長としての乗船時の経験を回答した。その経験は数年から十数年前の経験も報告された。

困難であった操船経験は、突然気づいたといった状況認識における 1 次に関する経験と、時間的に余裕があるが予測が困難といった状況認識における 3 次に関する経験に分類され、多くの経験は 3 隻以上が関わる複雑な状況であることが明らかになった。

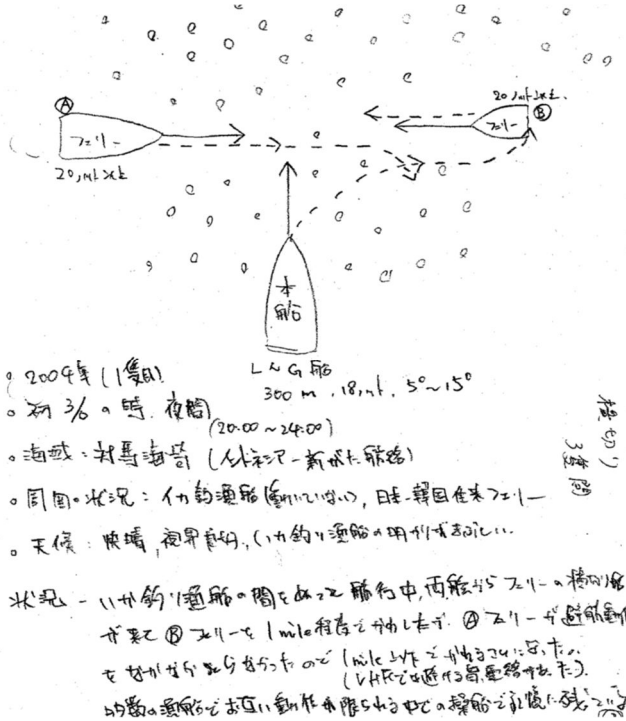


図 2 ヒアリング状況回答例

(2) 操船シミュレータのシナリオの作成

衝突回避判断のヒアリング内容を検討し、5 種類のシナリオを作成することができた。それぞれのシナリオ概要を示す。例としてシナリオ の各船舶初期位置を図 3 に示す。

シナリオ

このシナリオは夜間、湾口へ向けて北航するシナリオである。前方の漁船群に紛れて左右から横切り船が接近するという設定である。この海域にブイ及び航路はなく、前方の灯台の左側の水路を目指して航行するシナリオである。また一部分に漁船群の中に漁具の灯火も配置している。左からの横切り船と右からの横切り船の存在については実験参加者には教示しない。このシナリオでは前方に広がる漁船群のどこを通るか検討し漁船との衝突回避操船をしているなかで左右から接近する横切り船に気づき衝突回避操船をすることがポイントになるシナリオである。

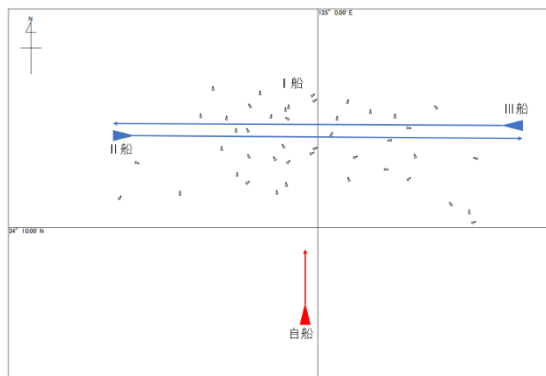


図 3 シナリオ の各船舶初期位置

シナリオ

このシナリオは港外の錨地の沖側を航行するシナリオである。右前方の錨泊船群の中から出港船があり、左前方からは反航船が入港のために左転し、いずれも接近するという設定である。右前方には錨泊船があることを教示したが、右前方の錨泊船群の中からの出港船と、左前方からの入港船については教示しなかった。このシナリオでは視界が少し悪い中で、錨泊船群の中を航行する出港船に気づくこと、出港船とは反対の左からの入港船に気づき衝突回避操船をすることがポイントになるシナリオである。

シナリオ

このシナリオは狭水道を航行するシナリオである。最狭部に向けて進路を変更する際に操舵手が命令された方向とは逆方向に舵を取るという設定である。操舵手が操舵を間違えることを教示しておらず、また操舵を実施した後の復唱は正しい内容とした。このシナリオでは操舵手の操舵行動のみが誤っていることに気づかなければならないシナリオであり、狭水道航行であることから如何に早く気づくかがポイントである。

シナリオ

このシナリオは神戸港東航路にアプローチするシナリオである。水先人を模した人形を置き水先人が操船している状況を再現している。操縦室である船橋では実習生が左側の状況ばかり報告する中、右側の反航船が神戸港に入港するために右転し、右からの横切り船になるという設定である。実験参加者には航海士として水先人の操船補佐をするよう教示した。このシナリオでは左側へ注意が集中するように誘っており、右側の衝突回避すべき船舶に早く気づくことがポイントである。

シナリオ

このシナリオは海上衝突予防法が適用される国際海事機関が設定する分離通行帯を航行するシナリオである。正面の航路上にいる漁船群の手前まで進むと、左側の遅い同航船と右側の速い同航船に挟まれ、衝突回避操船が取れなくなるという設定である。いずれ左側の遅い同航船と右側の速い同航船に挟まれ、衝突回避操船が取れなくなることに早く気づくことがポイントである。

(3)操船シミュレータ実験の実施

本実験では実務経験者群として、現役の三等航海士4名の協力を得た。全員が単独での操船経験を有していた(2~4年)。学生群として、神戸大学海事科学部グローバル輸送科学科航海マネジメントコース4年生16名の協力を得た。全員が単独での操船経験が無かった。

操船シミュレータの使用方法について説明し、練習シナリオを通じて実験参加者は操船シミュレータに慣れた。練習シナリオを終了した後、状況認識計測用紙等の実験方法について説明し、作成した5つのシナリオを用いて実験を行った。5つのシナリオの順番はくじを引かせることでランダムとした。実験では各シナリオにおいて事前ヒアリング、予め定めいていたタイミングで状況認識計測用紙の記入、事後ヒアリングを行った。

ヒアリングの分析のために、実務経験のある1級海技士(航海)の資格保有者ととも、実験参加者が予測可能と考えられる項目を抽出した。これらの項目の抽出にあたっては、「将来動向の予測(事前予想)」と「将来動向の予測(操船中)」の両方に対応するようにした。実験参加者へのヒアリングにおいてこれらの項目とどの程度合致しているかを将来動向予測得点率と定義しシナリオ毎に分析した。

状況認識計測用紙に記入された他船について分析を行ったところ、まず実務経験者と学生では他船の知覚に大きな差はなかった。次に現状の理解についても実務経験者と学生の間には差は無かった。学生は航海に関する座学を終えていることと練習船での経験が合計しても1月ほどの経験であったこと、およびシナリオは単純では無かったがシビアな状況でもなかったことから、状況認識における知覚と現状理解に関する技能は比較的速やかに獲得されることが考えられた。将来動向の予測について将来動向予測得点率の結果を図4に示す。

5つのシナリオの中で、シナリオ とシナリオ において実務経験者と学生の間には差があった。シナリオ では事前予想のみに、シナリオ では事前予想と操船中において差があり、いずれも実務経験者の方が学生よりも将来動向予測得点率が有意に高い結果となった。

シナリオ は港外の錨地の沖側を航行するシナリオであったが、項目のうち「錨泊船との接近」と「錨泊船の今後の動静」に差があり、実務経験者は錨泊船が錨を中心に風潮流によって振れ回っていること、錨泊船は錨を上げて航海し始める可能性があることを予測していると考えられた。錨泊船の振れ周りはとても遅い動きであり、また錨泊船が錨を上げて航海し始めている事実は無く錨を上げ始めて航海し始めることも遅い動きであることから、実務経験者は遅い動きのために自船に危険が生じ始めることがあることを予測していると考えられた。

シナリオ は海上衝突予防法が適用される国際海事機関が設定する分離通行帯を航行するシナリオであり、シナリオの最後の方である正面の航路上にいる漁船群の手前まで進むと、左側の遅い同航船と右側の速い同航船に挟まれ、衝突回避操船が取れなくなるという設定であった。「左右同航船の収束」という項目の結果からは事前にそのようになることを実務経験者は予測しており、シナリオ開始後に

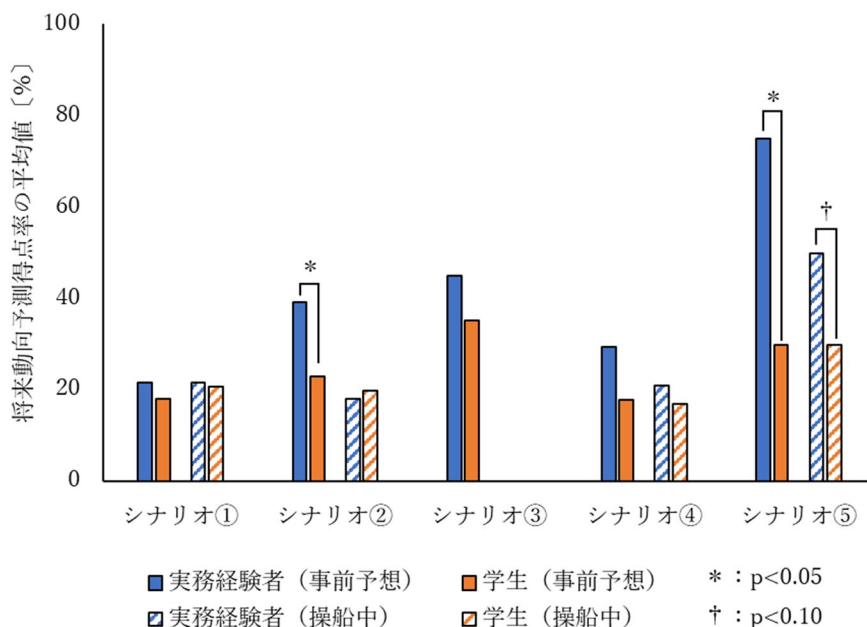


図4 将来動向予測得点率

対応行動をとる傾向があった。「同航船収束時における正船首の漁船群による針路の閉塞」という項目の結果からは、実務者は接近するほど予測率が高くなるという特徴があるのに対し学生は予測得点率が変化しないことから、一部の学生しか気づいていなかった。つまり実務経験者のほうが針路閉塞の可能性を予測していたと考えられた。「手前の漁船群による針路の閉塞」及び「同航船の急な割り込みによる針路の閉塞」について、事前予想においても操船中ともに実務経験者の将来動向予測得点率が高くなった。これらの事象はその時点では生じておらず可能性だけである。よって実務経験者は自船にとって不具合を生じさせることになる他船の行動可能性を予測していると考えられた。

以上のことから、船舶の衝突回避判断の基になる状況認識の経験差については、実務経験により状況認識のうち将来動向の予測が優れていることが明らかになった。具体的には、実務経験者はその時点で認められていない事象が今後生じるのではないかと予測することができること、また相当に長時間後に生じる事象を予測することができることであった。

(4) 衝突回避判断を安全側へシフトさせるためのプログラムにむけて

今回作成したシナリオのうち、シナリオ②とシナリオ⑤がプログラムに用いるシナリオとして適切であろうと考えられた。これらのシナリオにおいて経験差のある複数の操船者がチームとして操船することで、比較的経験の短い操船者が経験の長い操船者から学び衝突回避判断を安全側にシフトする可能性が考えられる。参加者間の自然な情報交換が行われることが望まれるが、一方で情報交換を引き出すファシリテータを置く必要もあると考えられる。今回はCovid-19の影響もありプログラムの試行まで進めることができなかったが、船長や一等航海士といった10年以上の経験をもつシニア実務経験者4人にこの2つのシナリオを評価させた。船長と一等航海士の2人の組み合わせで操船シミュレータ実験を行った。一等航海士からは船長の操船がとても参考になったとの報告があった。操船シミュレータの航海計器等の設備面で実船と異なる部分があるものの、それぞれのシナリオにはエッセンスがあることが理解でき、経験差から学ぶことは多いと概ね高評価であった。以上より、衝突回避判断を安全側へシフトさせるためのプログラムの基本を策定することができた。

外航日本人船員は陸上勤務も多く、相対的に海上勤務が短いと言われている。また昔と比較して少人数運航が行われていることから上司や先輩の操船を見る機会が少ない。船乗り用語で仕事の合間や仕事が終わった後に、お茶を飲んだり、お酒を飲むなどして雑談をすることを“かたふり”とよぶが、この中には仕事を行うためのポイントの伝達という要素も含まれており、一種のOJT(On the Job Training)ともいえる。少人数運航がなされる現在の海上勤務においては“かたふり”が少ないと推測され、本研究で策定したプログラムの基本は、一種の“かたふり”の機会へ応用可能である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yuki KATO, Koji MURAI, Tomoya HORIGUCHI, Namiko MORISHITA, Masaki FUCHI	4. 巻 5
2. 論文標題 Collision Avoidance Judgment at Different Experience Levels Using Different Information Sources :Landscape Information vs. Radar Information	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Transactions of Navigation	6. 最初と最後の頁 47-53
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18949/jintransnavi.5.2_47	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 加藤 由季, 堀口 知也, 村井 康二, 淵 真輝	4. 巻 27
2. 論文標題 船舶の衝突回避判断における操船方略： 景観情報を用いた場合とレーダ情報を用いた場合の違い	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 認知科学	6. 最初と最後の頁 511-526
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11225/cs.2020.027	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 淵 真輝, 藤本昌志, 廣野康平, 臼井伸之介
2. 発表標題 困難であった操船経験の収集とその内容の探索的検討
3. 学会等名 日本航海学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 淵 真輝
2. 発表標題 操船者の衝突回避判断とその教育手法について
3. 学会等名 日本交通心理学会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	臼井 伸之介 (USUI Shinnosuke) (00193871)	大阪大学・人間科学研究科・教授 (14401)	
研究分担者	藤本 昌志 (FUJIMOTO SHOJI) (70314515)	神戸大学・海洋教育研究基盤センター・准教授 (14501)	
研究分担者	広野 康平 (HIRONO KOUHEI) (80346288)	神戸大学・海事科学研究科・准教授 (14501)	
研究分担者	中井 宏 (Nakai Hiroshi) (90583526)	大阪大学・人間科学研究科・准教授 (14401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------