



**MEGURI2040に係る安全性評価**

**2021年度 船員スキル定量化事業**

**成果報告書**

2022年3月

国立大学法人 東京海洋大学

# 目次

<b>1. 研究概要</b> . . . . .	1
1.1 背景と目的 . . . . .	1
1.2 開発目標と期待される効果 . . . . .	1
1.2.1 本研究の達成目標 . . . . .	1
1.2.2 期待される効果 . . . . .	1
1.3 研究内容 . . . . .	2
1.3.1 船員スキル定量化手法の開発 . . . . .	2
1.4 研究期間 . . . . .	2
1.5 研究体制 . . . . .	3
1.6 研究結果 . . . . .	4
1.6.1 船員スキル定量化手法の確立 . . . . .	4
(1) 船員タスクと船員の意思決定モデル . . . . .	4
(2) 今津問題と OZT を基礎とした実験シナリオ . . . . .	5
(3) 操船者のタスクと行動分析 . . . . .	9
(4) 行動・生理指標による操船者の行動・ストレス評価 . . . . .	9
(5) 船員スキル定量化手法の確立 . . . . .	11
1.6.2 船員スキルの定量化 . . . . .	12
(1) ビデオ実験による生体データ測定結果 . . . . .	12
(2) 操船シミュレータ実験による生体データ解析と他船との離隔距離 . . . . .	15
(3) 実船実験による他船と生体データの関係および視覚情報解析 . . . . .	17
(4) 船員スキルの定量化と課題 . . . . .	20
1.6.3 FRAM モデルによる船長・航海士の操船安全評価に係る調査 . . . . .	20
(1) 船長・航海士の操船タスク FRAM モデルの改良 . . . . .	20
(2) 船長・航海士 FRAM モデルと自動運航船モデルの機能比較 . . . . .	21
(3) シミュレータ実験のデータからの機能抽出と FRAM モデルの比較 . . . . .	22
1.6.4 評価グリッド法による操船者のリスク認知プロセスに係る調査 . . . . .	22
(1) 船長・航海士の操船環境におけるリスク認知に関する調査 . . . . .	22
(2) 操船環境に関する事故分析調査 . . . . .	23
(3) 操船環境におけるリスク認知プロセスの定量化にあたっての課題抽出 . . . . .	23
(4) 船長・航海士の感性を含んだリスク認知プロセスの分析 . . . . .	24
(5) リスク認知プロセスの定量化と船員スキルの定量化 . . . . .	25
(6) まとめ及び今後の展望 . . . . .	25
1.6.5 まとめ及び今後の展望 . . . . .	25
<b>2. 活動状況報告</b> . . . . .	26
2.1 船員スキル定量化検討委員会 . . . . .	26
2.1.1 第 3 回委員会 . . . . .	26
2.1.2 第 4 回委員会 . . . . .	28

2.2 船員スキル定量化検討 WG	32
2.2.1 船員タスク分析・行動モデル策定 WG (WG1)	32
(1) 第1回 WG1 (メール審議)	32
(2) 第2回 WG1 (メール審議)	32
(3) 第3回 WG1 (対面審議)	32
(4) 第4回 WG1 (メール審議)	32
(5) 第5回 WG1 (Web 審議)	32
(6) 第6回 WG1 (メール審議)	32
2.2.2 船員スキル定量化シミュレーション・シナリオ策定 WG (WG2)	33
(1) 第1回 WG2 (対面審議)	33
(2) 第2回 WG2 (対面審議)	33
(3) 第3回 WG2 (対面審議)	33

## **1. 研究概要**

### **1.1 背景と目的**

最近の自動運航に係る技術開発の進展等に伴い無人運航船への期待が高まっており、日本財団の「無人運航船の実証実験にかかる技術開発助成プログラム」によって、その早期実現が加速された。無人運航船の早期実現を確実なものとするためには、無人運航船の安全評価をはじめとする社会基盤の早期整備が必要不可欠である。

従来型船舶は、航海計器等と船員のスキルによって運航されている。無人運航船とは、即ち、同船の操船等を行う無人運航システムが船員スキル（操船、見張り等）を代替できる船舶であることを意味するが、その基盤となる船員スキルの定量化（基準化）を早急に実施する必要がある。

本事業を行うことで、無人運航船の実用化を支え、社会の受容性を高め、我が国の海事産業の変革と発展の一助となることを目的とする。

### **1.2 開発目標と期待される効果**

#### **1.2.1 本事業の達成目標**

無人運航船とは、同船の操船等を行う無人運航システムが、船員による操船、見張り等の各種機能を代替し、その性能が船員と同等以上の安全性能を有している船舶である。船員が担っている各種機能に関して、人間の知覚・認知等に係る最新の測定機器を用いた実航海や操船シミュレータ等による実験を通して、船員の知覚・認知等に係る様々な生体データを取得し、これら生体データに基づく船員スキルの定量的解析手法の開発、船員スキルの定量化（基準化）を行う。

#### **1.2.2 期待される効果**

船員のスキルを定量的に示し、無人運航システムの安全評価のための基準を定めることによって、これに伴い無人運航システムに係る各種技術の開発ポテンシャルが格段に高まることとなる。さらに、船員スキル定量化解析手法等を海外に発信することにより、無人運航に係る技術開発、これら技術の実用化等様々な分野において世界を大きくリードすることも可能となる。結果として、我が国が無人運航船分野において世界をリードし、我が国海事産業の変革と発展を促すこととなる。

## 1.3 研究内容

### 1.3.1 船員スキル定量化手法の開発

「実証実験に係る技術開発共同プログラム」により、無人運航船の早期実現が加速されることとなった。実験を円滑かつ速やかに進めるためには、実証される船舶やシステムの第三者による安全評価が必要である。

このため、「無人運航船に係る安全性評価等事業」により、個々の実証船舶に係る安全評価を行い、その際、安全レベルやその評価手法の開発を含む各種課題の解決も図る。

本事業により、無人運航船の実用化を支え、その社会への受容性を高めることを狙いとして、船員スキル定量化手法の確立及びその定量化を行う。

## 1.4 研究期間

2020年度から2022年度までの3年計画。

### <2020年度>

#### (1) 船員スキルの定量的解析手法の構築

船長、航海士等船員の知覚・認知等に係る最新の測定機器を用いた操船シミュレータによる実験によって、船員の知的負担を含む様々な生体データを取得し、これら生体データを整理・分析することで、操船作業（離着舷を含む）に関する定量的解析手法を検討し、定量的解析手法（暫定案）を策定する。

### <2021年度>

#### (1) 船員スキルの定量的解析手法の確立

2020年度に策定した定量的解析手法（暫定案）の妥当性を検証するため、実際の状況である実船運航時における船員に係る生体データを取得・分析し、定量的解析手法を確立する。

#### (2) 船員スキルの定量化

(1)の定量的解析手法に基づき、実船運航時やシミュレータ実験時における船員の操船等に係る大量の生体データを取得・整理し、これら操船等のスキルの定量化に関する分析を行う。

### <2022年度>

#### (1) 船員スキルの定量化

2021年度に引き続き、実船運航や操船シミュレータ実験を通じて船員の生体データの取得等をし、船員スキルの定量化を行う。

## 1.5 研究体制

国立大学法人東京海洋大学および独立行政法人海技教育機構をプラットフォームとする研究開発チームを立ち上げ、船員スキル定量化検討委員会（TC）および二つのワーキング・グループ（WG）を組織した。今年度は、事務局主催の会議として、計2回のTC会議を開催した。また、船員のタスクに関する検討をWG1、実験シナリオに関する検討をWG2で適宜に行い、連携を取りながら研究活動を行った。参加した関係者は以下のとおりである。

### ●国立大学法人東京海洋大学

庄司 るり  
村井 康二（海事システム工学部門）  
田丸 人意（海事システム工学部門）  
榎野 純（海事システム工学部門）  
西崎ちひろ（海事システム工学部門）

### ●独立行政法人海技教育機構

堀 晶彦（海技教育機構）  
川邊 将史（海技教育機構）  
市川 義文（海技教育機構）  
前田 潔（海技教育機構海技大学校）  
石倉 歩（海技教育機構海技大学校）  
万谷小百合（海技教育機構海技大学校）  
佐々木利章（海技教育機構海技大学校）  
戸羽 政博（海技教育機構海技大学校）  
齊藤 学（海技教育機構海技大学校）  
石丸 義樹（海技教育機構海技大学校）  
加藤 由季（海技教育機構海技大学校）  
道下 裕子（海技教育機構海技大学校）  
金井 正文（海技教育機構海技大学校）  
新井 康夫（海技教育機構海技大学校）  
奥田 成幸（海技教育機構海技大学校）  
國安 慶子（海技教育機構海技大学校）

## 1.6 研究結果

### 1.6.1 船員スキル定量化手法の確立

#### (1) 船員タスクと船員の意思決定モデル

「船員スキルの定量化」を行うにあたっては、実行されるべき船員タスクの順番やタイミングを整理しておく必要がある。2020年度は、NKガイドラインで示された船員の意思決定モデルを参照しながら、一般的なヒューマンモデル（Endsleyの人間の意思決定過程における状況認識モデル）をベースに、操船実務経験者がリストアップした船員タスクを当てはめ、モデルに基づいて船員タスクの整理を行った。今年度はまず、本事業で実施してきた操船シミュレータ実験における被験者の行動や操船実務経験者からの意見を踏まえ、一部の船員タスクを追加・修正すると共に、船員タスク分析で用いる船員の意思決定モデルと操船シミュレータ実験のシナリオ（以下、実験シナリオ）との関係を明確に示した。本事業で用いる船員タスク分析で用いる船員の意思決定モデルを図1-1に示す。

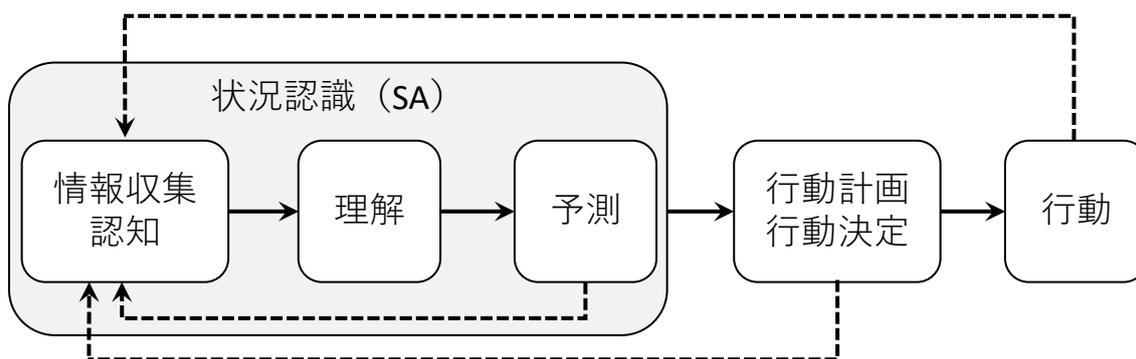


図 1-1 船員タスク分析で用いる船員の意思決定モデル

図1-1に示す通り、情報収集から認知、理解、予測、そして行動計画及び行動決定、行動までの一連のタスクは、行動してから改めて情報収集のタスクに戻る場合や、情報収集、理解、予測までのタスクを実施し、もう一度情報収集に戻る場合など、ループ状に繰り返して実施されることが考えられる。船員のタスクは操船する海域の状況や船舶の輻輳度等によって変化するため、想定する実験シナリオによって、船員タスクの追記修正や船員の意思決定モデルの改良が必要となる。つまり、一般的に遭遇する可能性のある実験シナリオでループ状に繰り返す船員タスクの分析が必要である。

そこで今年度は、操船シミュレータ実験により、船員行動の分析とヒアリング調査を実施し、図1-1の船員の意思決定モデルを用いて船員がどのような状況認識を行い、最終的にどのような行動をとっているのかを示すことを目的に、船員タスク分析を行うこととした。船員タ

スク分析については、1.6.1 章(3)及び 3.3 章で述べる。

## (2) 今津問題と OZT を基礎とした実験シナリオ

本事業では、避航操船に係る実験シナリオとして、海上衝突予防法の 13 条（追越し船の航法）、14 条（行会い船の航法）、15 条（横切り船の航法）、16 条（避航船）、17 条（保持船）に関する 2 体問題のシナリオに加えて、若手航海士と熟練航海士で明確に差異が生じる 4 体問題のシナリオを採用した。ここで、横切り船の航法に関しては、他船とのアスペクト角の幅が大きいことから、反航気味の横切りと同航気味の横切りの 2 つのシナリオを採用した。このうち、同航気味の横切りは、“自船の近くに同航船が存在する状況”（**2020 年度報告書 38 ページ記載**）を具現化している。他方、4 体問題に関しては、顕在化している衝突危険に対処できるスキルがあるか評価するために“自船の現針路上に OZT が存在し、その OZT を避けるルートに第 3 船の OZT が存在する状況”（**2020 年度報告書 38 ページ記載**）と潜在的な衝突危険に対処できるスキルがあるか評価するために“操船開始時には自船の計画航路上に OZT は存在しないが、他船が変針点で変針、もしくは避航行動をすることにより、自船の計画航路上に OZT が現れる状況”（**2020 年度報告書 38 ページ記載**）を具現化するようなシナリオとした。また、本事業のシミュレーション実験では、自船が海技教育機構付属の練習船サイズで見通し距離が 8NM という設定であることから、追越し、横切り（反航気味）および横切り（保持船）については、シミュレーション開始時の他船距離が 8NM 以上になるように設定した。ただし、追越しと横切り（同航気味）については、実験時間の都合上、シミュレーション開始時の他船距離を 3NM と設定した。

図 1-2 に追越し、図 1-3 に横切り（反航気味）、図 1-4 に横切り（同航気味）、図 1-5 に横切り（保持船）、図 1-6 に顕在化している衝突危険に対するスキル評価、図 1-7 に潜在的な衝突危険に対するスキル評価に関する各実験シナリオを示す。各図中にある赤色の領域は、OZT 分析による衝突危険領域である。なお、図 1-7 に示した潜在的な衝突危険に対するスキル評価に関する実験シナリオは、単純な 2 体問題に対する実験シナリオにおいて、生体応答を明確に得ることができなかった場合の応用シナリオという位置づけとした。結果として、2 体問題の実験シナリオで有効な生体応答を獲得することができたので、本報告書では参考として記載している。

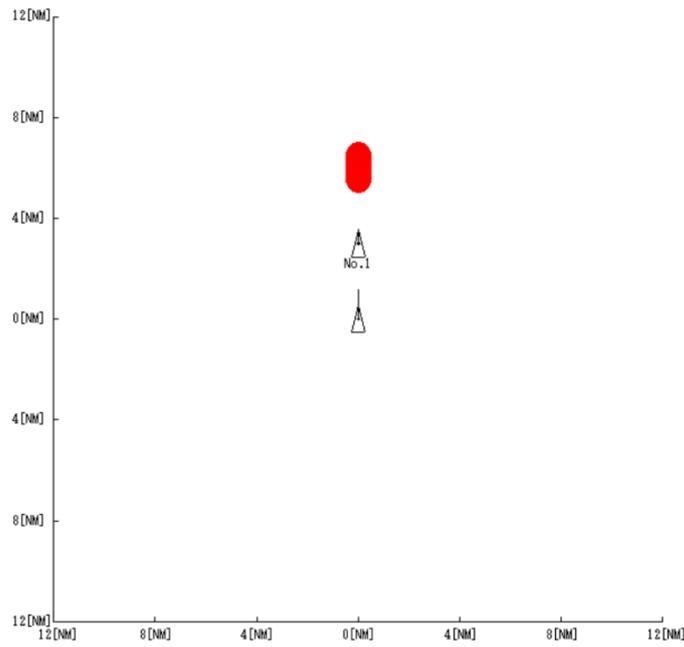


図 1-2 追越しのシナリオ

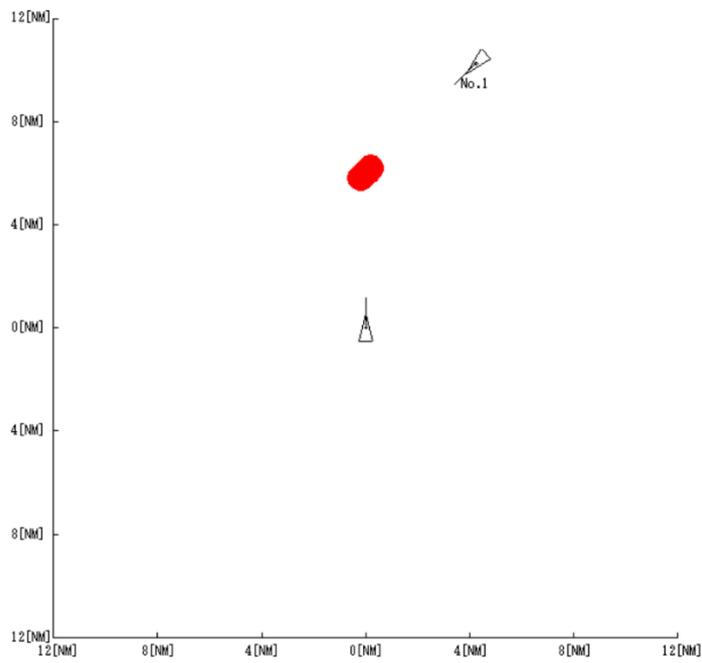


図 1-3 横切り（反航気味）のシナリオ

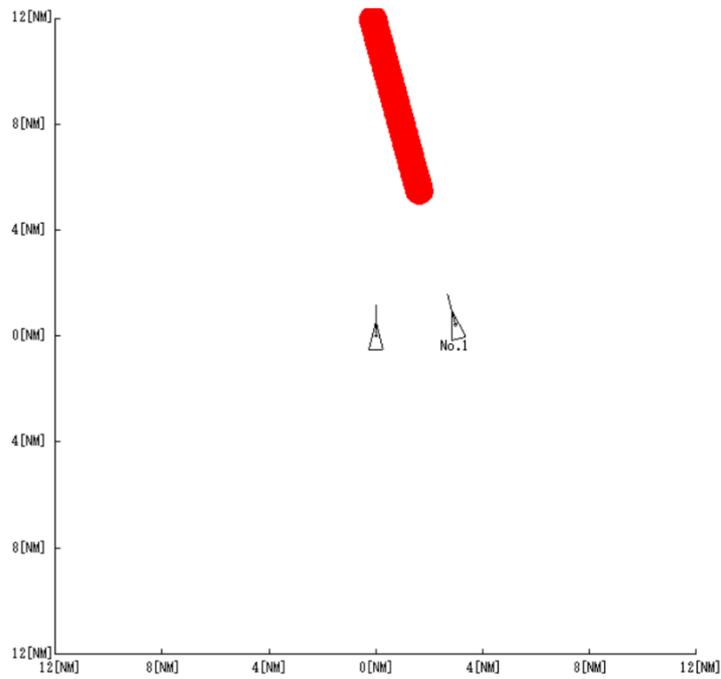


図 1-4 横切り（同航気味）のシナリオ

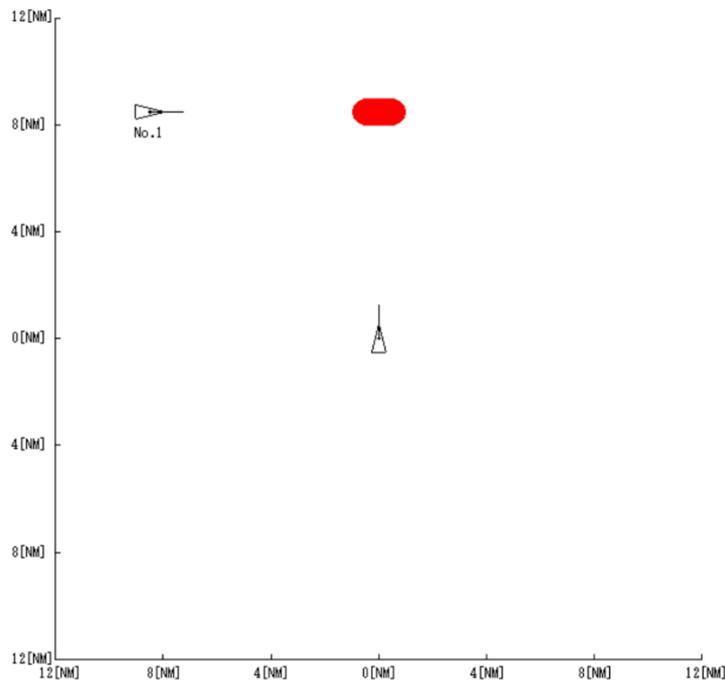


図 1-5 横切り（保持船）のシナリオ

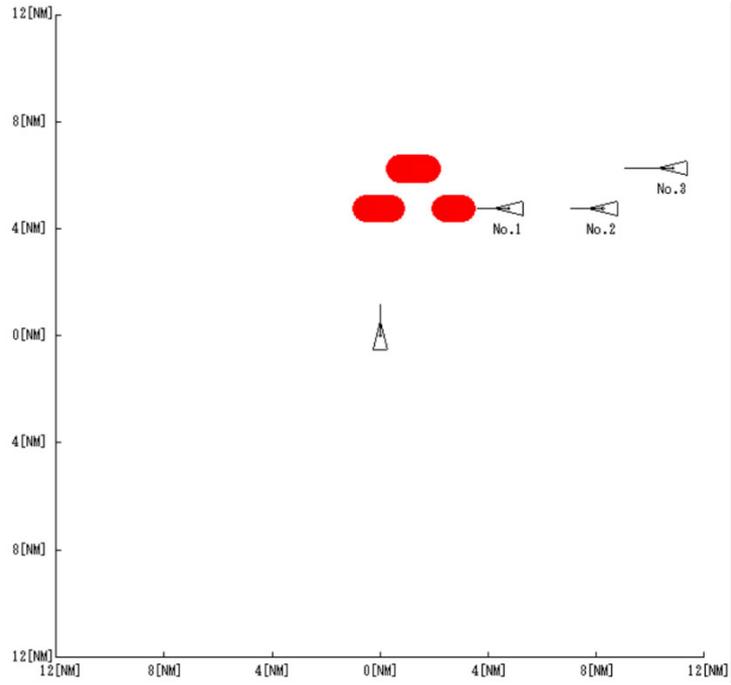


図 1-6 顕在化している衝突危険に対するスキル評価のシナリオ

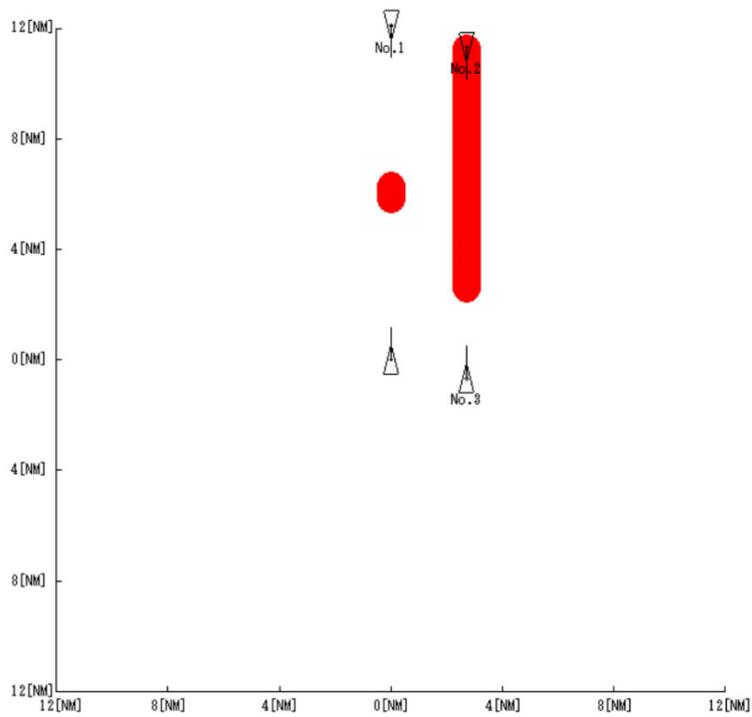


図 1-7 潜在的な衝突危険に対するスキル評価のシナリオ

### (3) 船員の意味決定モデルを用いた船員タスク分析

1.6.1 章(2)で作成した「船員が一般的に遭遇する可能性のある実験シナリオ」を用いて、船長経験のある3名を被験者（内、2名は熟練操船者）とした操船シミュレータ実験を行った。船員タスク分析のために、実験中は船橋内に設置された赤外ビデオカメラを用いて船員の行動及び発話を記録し、かつレーダの操作状況も同時に記録した。また、船員の状況認識から行動までの意思決定過程について、操船シミュレータ実験後にヒアリング調査を行った。図1-8に船員タスク分析で用いた赤外ビデオカメラ映像の例を示す。

1.6.1 章(1)で説明をした船員の意味決定モデルを用いて船員タスク分析を行った結果、船員の意味決定モデル内で複数のループ（図1-1における破線）が発生していることが確認できた。本事業で実施した実験シナリオの場合、船員の基本的な状況認識及び行動までの過程として、シナリオ開始直後に航法を基本とした複数の操船計画が立てられ、継続監視をしながら1つの操船計画を選択、その後、状況に応じて行動するタイミング図っていることが明らかとなった。実験中の全ての行動は、本事業の焦点としている「先行避航（余裕点）」であり、船員のスキルとは、衝突のおそれが生じる状況を発生させない能力、法律を十分理解した上で衝突のおそれを解消できる能力、また円滑な交通流を実現させる能力であると考えられる。



図1-8 船員タスク分析で用いた赤外ビデオカメラ映像の例

### (4) 行動・生理指標による操船者の行動・ストレス評価

本事業では、行動・生理指標として、眼球運動装置（図1-9(a)）、小型生体センサ（図1-9(b)）、光トポグラフィ（図1-9(c)）により視線・瞳孔径、心拍変動（心拍R波間隔変動）・身体加速度・呼吸、脳血流（ヘモグロビン量）を測定することで、従来の船体運動（制御量、運動量）、主観評価（ヒアリング、質問紙）、OZTやES値などに加えて総合的な評価を行う。そして、どのようなタイミングで他船との衝突の危険性、動向予測をしているのかについて、

他船との見合い関係と離隔距離に着目して分析する。

操船シミュレータ実験で取得する行動・生理データと分析対象について、以下に説明する。

・ストレス度 (LF/HF Ratio : 認知・判断)

☞センサ : 小型生体センサ

→ストレス度を分析する。

避航領域図の策定に使用する。

・注視時間 (注視点 : 認知・行動)

☞センサ : 眼球運動装置

→何をどれぐらいの時間見ているかを分析する。

避航領域図の策定に使用する。

・注意度 (ヘモグロビン量, 瞳孔径 : 認知・判断)

☞センサ : 光トポグラフィ (前額部), 眼球運動装置と輝度計

→注意度を分析する。

タスク分析で使用する。



EMR-9



VitalgramCT2



WOT-220

(a) 眼球運動装置

(b) 小型生体センサ

(c) 光トポグラフィ

ナックイメージテクノロジー社

アフォードセンス社

NeU 社

EMR-9 (特注含む)

Vitalgram

WOT

図 1-9 使用するセンサ

## (5) 船員スキル定量化手法の確立

昨年度から進めている船員スキルの定量的解析手法の検討について、操船シミュレータ実験を“避航法に関する研究”として公表されている今津問題をベースとし、海上衝突予防法の見合い関係を考慮した“行会い”、“横切り（避航船、保持船の関係を含む）”、“追越し”に関するシナリオを用いた熟練操船者（海技教育機構船長など）に対する操船実験を実施している。そして、生体情報（視線、瞳孔径、脳血流、心拍変動など）の応答と操船者の行動解析から、他船に対する各見合い関係と避航開始距離などの関係を抽出した。

船員スキルの定量化解析手法としては、操船者に対する生体情報の有効な応答が得られた眼球運動装置からの視線、瞳孔径、光トポグラフィ（NIRS）からの脳血流（ヘモグロビン量）、小型生体センサからの心拍変動などの各種データを評価指標として採用し、操船者の行動解析、発話による操船意図の記録と事後ヒアリングを合わせることで操船者の操船時の情報収集・判断、行動時機を定量的に解析できることを確認している。また、実験系としては3種類（ビデオ、操船シミュレータ、実船）を構築することで実船に対する結果とビデオ及び操船シミュレータを用いた結果が同傾向であることを確認する系を構築している。

本事業では、これら3種類の実験系による評価指標として生体情報を加味した今津問題をベースとしたシナリオを使用することで船員スキルの定量化手法を確立した。

さらに、船員のタスク分析（FRAM解析）及び操船リスク認知プロセス分析（評価グリッド法）を行うことで操船者の活動全体を網羅している。

ただし、評価指標の一つとして分析予定であった唾液をデータソースとする分析については、COVID-19の感染予防から船長を被験者とする本実験は実施困難となり、極少人数による基礎準備実験を行うことが被験者の安全確保上の限界であったため、解析手法確立のための検討結果を得るまでの実験を実施することはできなかった。しかし、代替指標として採用した瞳孔径データにより十分な補填を行うことができた。

## 1.6.2 船員スキルの定量化

### (1) ビデオ実験による生体データ測定結果

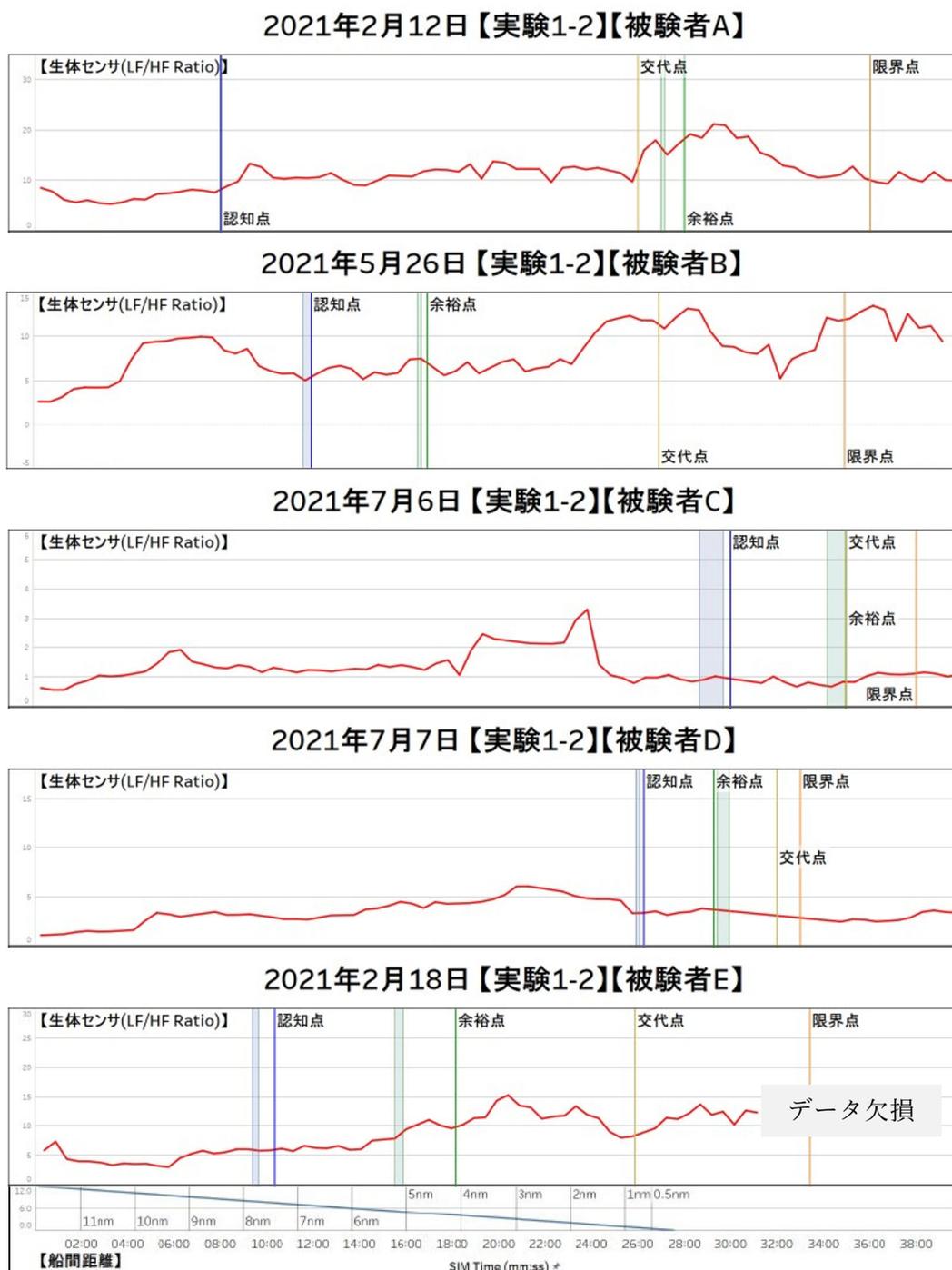


図 1-10 ビデオ実験による生体データ測定結果の一例

上記実験結果一例より、被験者は船長経験 2 年以上の者に限定し、また実験時の条件は同一として扱ったが、上記データより、被験者ごとの生体センサ結果は、被験者により相違があるため、現時点傾向を言及できるまでには至っていない。被験者 B および E は、外航経験が長く大きな船舶に乗船していることから、認知点および余裕点がスタートから早い地点にある一方、被験者 C および D は、内航船であり認知点および余裕点がスタートから遅い傾向がある。(その他データは、4. 船員スキルの定量化を参照)

次に以下、被験者の申告に基づいた認知点および余裕点を纏めたものである。(縦軸:NM) 横軸 1: 余裕点, 横軸 2: 認知点である。

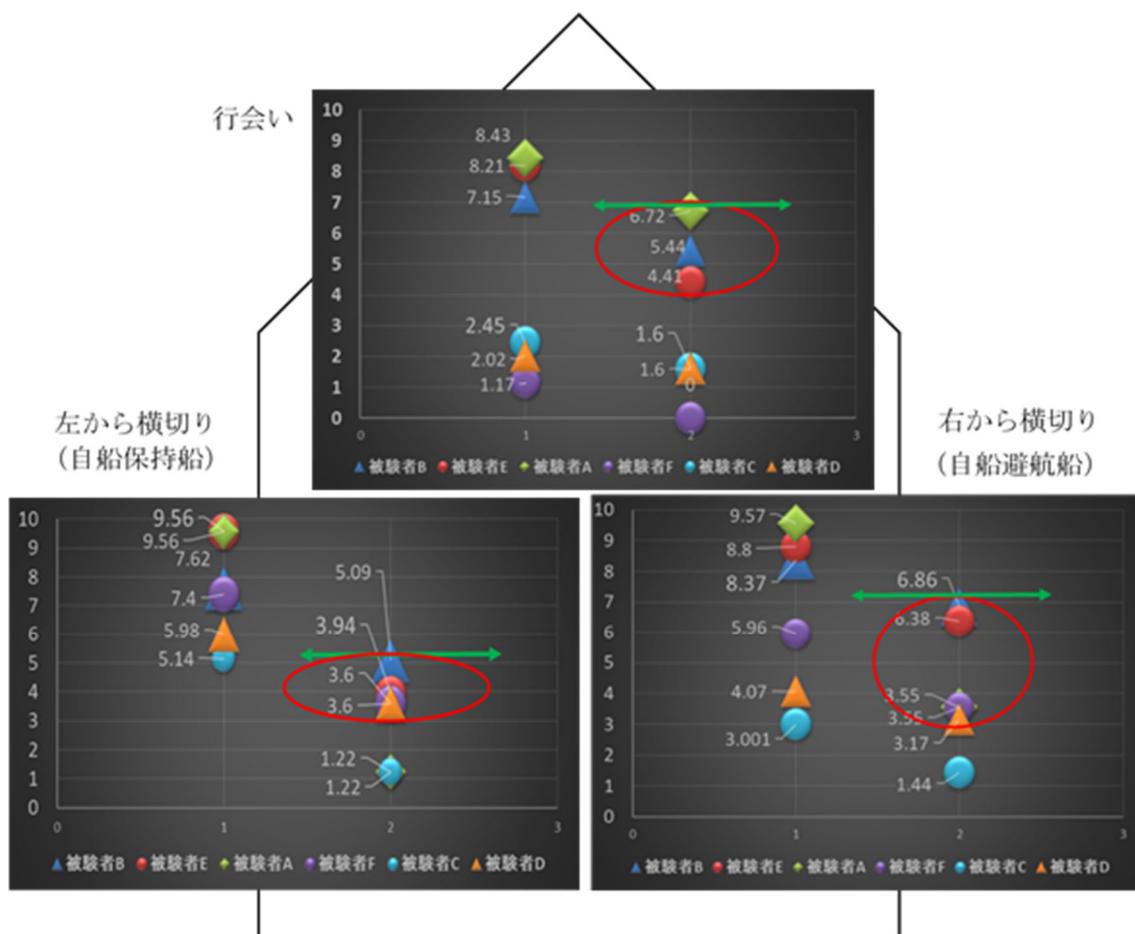


図 1-11 各被験者 認知点および余裕点

表 1-1 被験者申告データ比較一覧

			被験者 B	被験者 E	被験者 A	被験者 F	被験者 C	被験者 D
			外航	外航	内航/○外航	○内航/外航	内航	内航
			23,000	80,000	157	6,000/2,500	3,000	2,138
			クルーズ船	LPG 船	練習船	練習船	輸送船	レストラン船
実験 1-1	行き会い	変針方向	010(右)	015(右)	350(左)	030(右)	030(右)	記載なし
		認知点(距離)	7.15	8.21	8.43	1.17	2.45	2.02
		余裕点(距離)	5.44	4.41	6.72	記載なし	1.60	1.60
実験 1-2	横切り (避航船)	変針方向	040(右)	050(右)	045(右)	045(右)	050(右)	035(右)
		認知点(距離)	8.37	8.80	9.57	5.96	3.01	4.07
		余裕点(距離)	6.86	6.38	3.55	3.55	1.44	3.17
実験 1-3	横切り (保持船)	変針方向	315(左)	050(右)	045(右)	045(右)	290(左)	020(右)
		認知点(距離)	7.62	9.56	9.56	7.40	5.14	5.98
		余裕点(距離)	5.09	3.94	1.22	3.60	1.22	3.60

上記表は、被験者申告による認知点、余裕点における変針方向、および距離 (NM) を整理したものである。

#### <避航開始距離>

自動運航船に関する安全ガイドライン (令和 4 年 2 月) によると、自動化システム故障時等の船員の操船への円滑な移行措置の中、具体的な留意事項として、適切な船員へのタスクの引継ぎが可能となるよう、「船員がタスクの引継ぎ完了までに要する時間 (例：船員が自船及び自船の周りの状況認識に要する時間、行動策定を行いうる時間的余裕、視覚暗順応に要する時間等)」とされる。

先行避航の考えからすると余裕点は、行会いの場合：4~7NM、横切り (自船避航船) の場合：4~7NM、横切り (自船保持船) の場合：4~5NM が被験者申告から予防法第 8 条衝突を避けるための動作：十分に余裕のある時期と感じていることが窺える。また同法第 8 条第 3 項：1 船対 1 船の関係から広い水域と言え、「適切な時期」を指しているとも言える。

#### <大幅に>

同法第 8 条第 2 項：「大幅に」は、「視界制限状態ではレーダのみで探知している船舶に容易に自船の変針が認められるためには、変針の角度は、約 60 度以上がよいとされている。ただし、状況が許せば 30 度以上でもよい」とされる。一方、上記ガイドライン 1.4 法

令の遵守では、「自動運航船は、自船及び周囲の安全を確保するため、海上衝突予防法を遵守する船舶である必要がある」とされる。

従い、法令順守の考えからすると、行会いの関係において、左に舵をとることは、データから省かれるべきである。

行会いの状況下、変針角は、外航船は 10 度～15 度、内航船は 30 度の変針角との回答である。

横切り（自船避航船）の場合、内航・外航問わず、一般的に 35 度～50 度の変針角を考えていることが窺える。つまり、一般的に「状況が許せば 30 度以上でもよい」とされていることと合致していると言える。一方、横切り（自船保持船）の場合、6 名中 2 名が左に舵をとると回答している。

1 隻しかいないため、右に舵をとることで、左からの横切り船と長い時間にわたり見合い関係が生じることを避けた避航動作と言える。しかしながら、被験者 C の 1 マイル程度での左転は予防法第 17 条第 2 項からして「横切り船の航法の適用があるときは、保持船は、やむを得ない場合を除き、針路を左に転じてはならない」より、データ値としては適切ではないと言える。つまり、早めに相手船に不安を与えない距離であれば、左転もあり得るケースであるが、保持船は一般的に、20 度～50 度の変針との回答があった。上記 30 度以上を基準とするのであれば、20 度の回答は削除し、自船が保持船で予防法第 17 条第 2 項以降の避航動作においては、本回答からは 45 度～50 度の変針角を抽出することが望ましいと考えられる。

## (2) 操船シミュレータ実験による生体データ解析と他船との離隔距離

図 1-12 のシナリオに対して避航操船を行った熟練操船者 2 名のストレス度 (LF/HF Ratio) と他船距離の関係について図 1-13、図 1-14 にそれぞれ示す。両図中の縦線は操船行動をとったタイミング（時間）を示す。また、表 1-2 は操船行動を行ったときの他船との離隔距離などを示す。

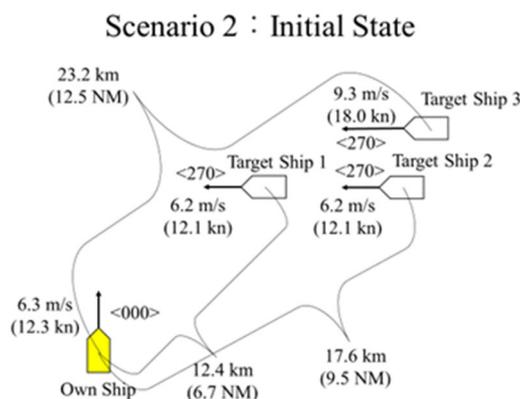


図 1-12 シナリオの一例

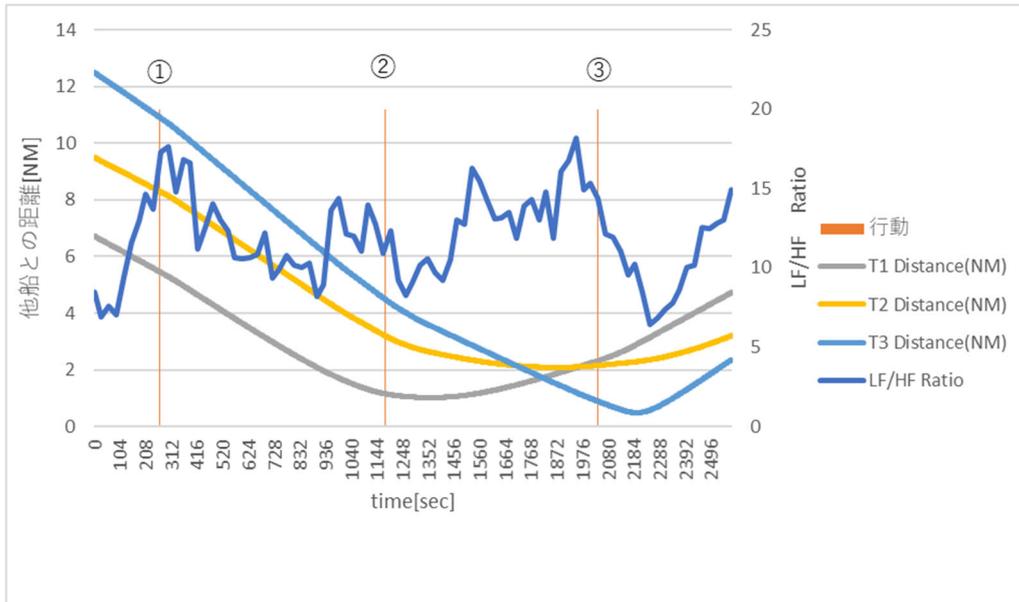


図 1-13 熟練操船者 A (1回目) の結果例

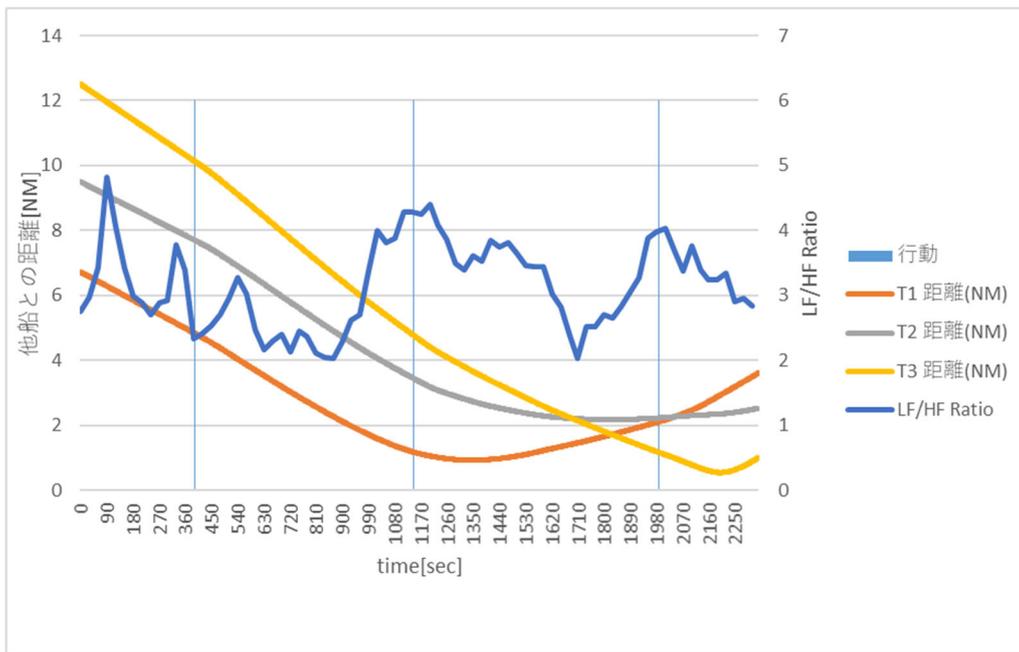


図 1-14 熟練操船者 B (1回目) の結果例

表 1-2 操船行動と他船までの距離などの関係例

実験協力者名	時間(sec)	行動	他船との距離(NM)			DCPA(NM)		
			Target 1	Target 2	Target 3	Target 1	Target 2	Target 3
協力者A 1回目	265	Starboard 10	5.463469	8.299136	10.91658	0.076241	2.559271	0.968123
協力者A 2回目	260	Starboard 10	5.47685	8.309083	10.93405	0.061944	2.542816	0.954835
協力者B	392	Starboard 5	4.835655	7.703256	10.13169	0.083974	2.57253	0.99573

結果から、操船行動のタイミング及びストレス度 (LF/HF Ratio) と他船までの距離の関係について定量的に評価できる。各見合い関係に対する実験を実施することで、これら離隔距離を用いた避航領域図の策定を行うことが可能である。

### (3) 実船実験による他船と生体データの関係および視覚情報解析

以下は、実船実験 10 時 55 分以降 11 時 03 分まで (真方位表示) を示したものである。

左からの横切り船 TT66 と TT67 に対し、自船は保持船であるが避航を行った。しかしながら、後者の TT67 とは 5 ケーブルよりも近い状況で航過したこととなった。

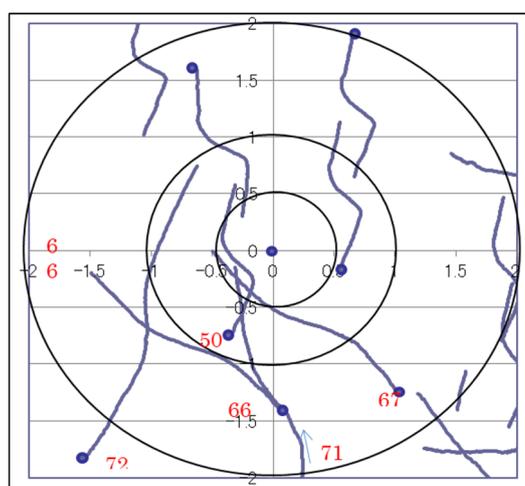


図 1-15 2021 年 11 月 25 日 10 時 55 分以降 11 時 03 分 (真方位表示)  
朱字番号は TT を示す。印は 10 時 55 分での相対位置(単位 NM)

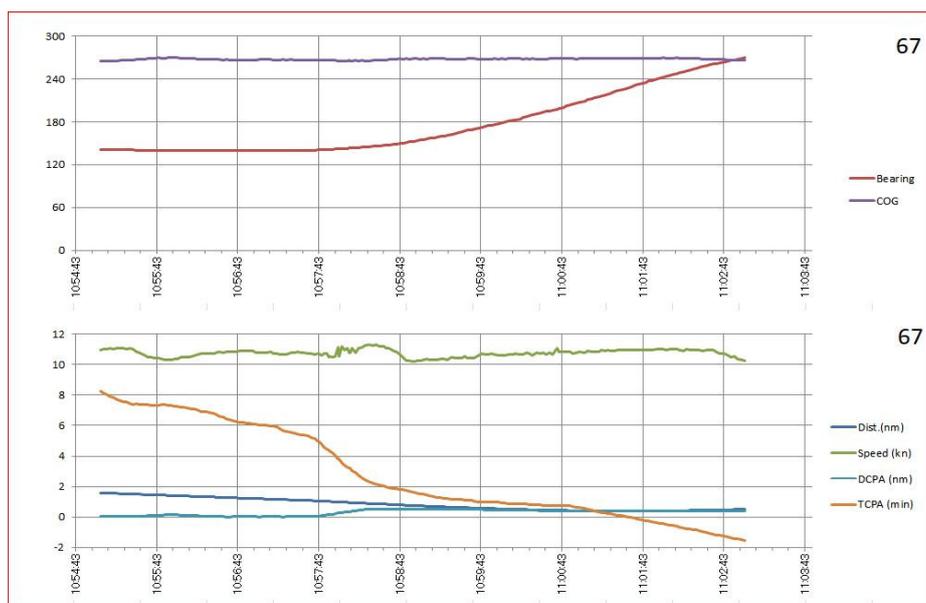


図 1-16 TT67 各種データ

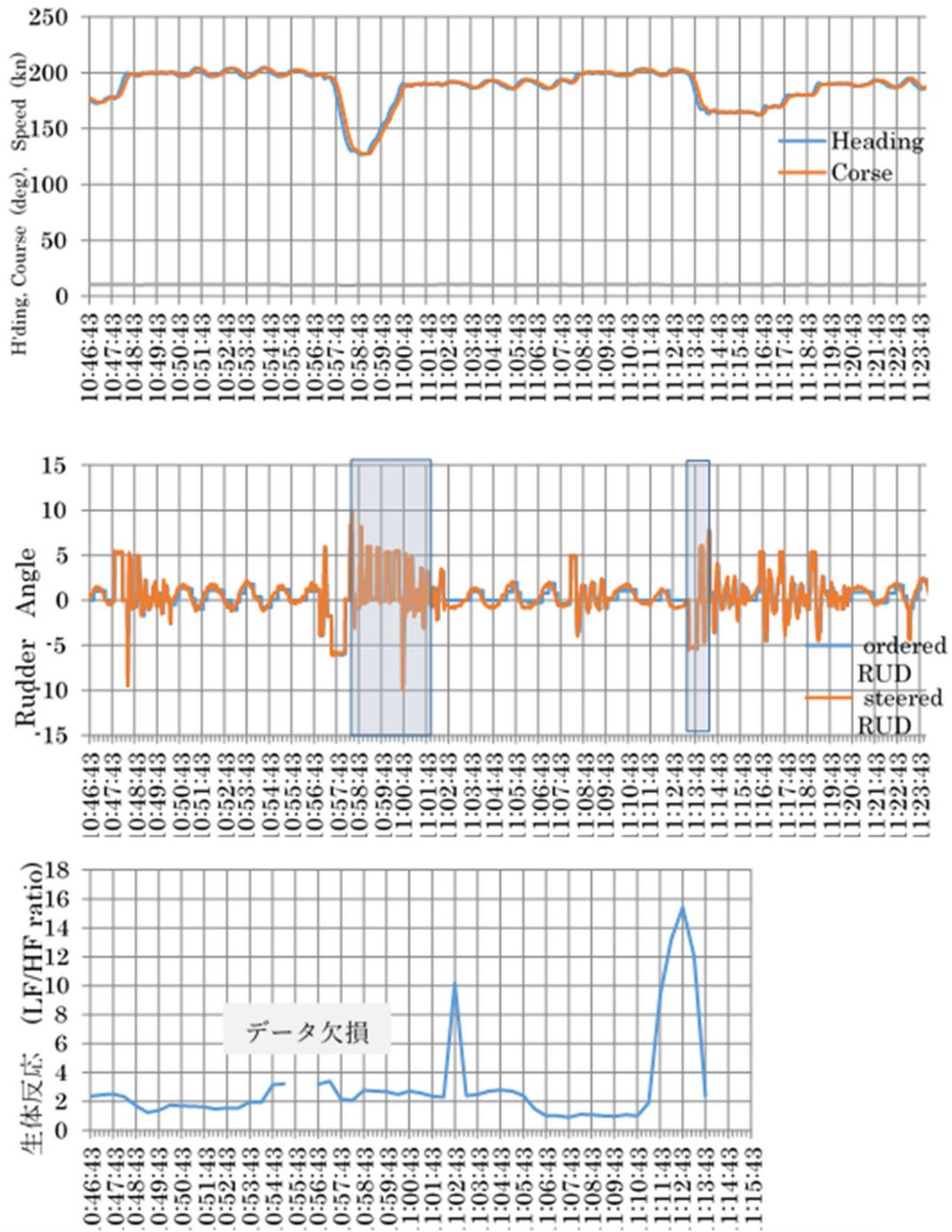


図 1-17 自船情報と生体反応

LF/HF Ratio の一つ目の山で、TT67 が近距離で航過しており、その前に舵を切っていることがわかる。当初は TT66 と TT67 の間を航過しようと考えていたが、TT67 に避航の気配がなく、本船が左転しているのが窺える。同 TT67 の航過に不安を覚え LF/HF Ratio が上昇している。

一方、LF/HF Ratio の二つ目の山は速い左からの横切り船と、その後から来る本船とほぼ同速力の横切り船との間を抜けようとしていたため、後からくる横切り船が航過するか不安になり LF/HF Ratio が上がっているものと考えられる。但し、シミュレーションと違い、一つの LF/HF Ratio の上昇には複数の船舶が関連している可能性が高く、慎重に見ていく必要がある。

### <認定点までの行動>

操船シミュレータビデオ実験では、認知点までの行動は、レーダで情報を得ているとき、双眼鏡を使用しているときは、注視時間が長いと言えるが、前方を見ているときは短い秒数で視線を動かしていることがわかる。

また、認知点までの行動として、下記 STEP1~4 の視線行動をしている傾向があるが、今回のプレ実船実験では、前面のレーダを被験者が使用できない状況下であったため、目視時間が長く、また後方のレーダを見に行くには運航上危険が伴うので、STEP2 の「レーダでの情報確認」が少なく、レーダ確認をする場合は 1 分程度の長い時間の注視となっていた。また、STEP4 の「双眼鏡を使用し、他船確認」は、同船長は双眼鏡の使用をしていない状態であったため、今回の取得データの中では上がってきていない。

しかしながら、予防法第 5 条見張りにおいて、『視覚、聴覚及びその時の状況に適した他のすべての手段により、常時適切な見張り』を行っていると言える。

総合的に纏めると、

**STEP1：周囲の状況を目視で確認**（視覚で他船を見ることができているか確認）

**STEP2：レーダで情報収集**（他船が見えるか否かにかかわらず、『長距離レーダレンジによる走査』『探知した物件のレーダプロットング』『その他の系統的な観察』を行っている。従い、注視時間が長くなる傾向があると言える。）

**STEP3：コンパスで方位確認**（レーダで確認した他船を、コンパスを用いて方位確認を行い、見合い関係の悪い他船を確認する。）

**STEP4：双眼鏡を使用し、他船確認**（船影が見えてきたような気がして、双眼鏡を使用し他船を確認する。）

以上 4STEP を踏むことで、一般的に他船を認知すると考えられる。

但し、操船者により違いがあるかどうか、更に見ていく必要がある。

#### (4) 船員スキルの定量化と課題

代表的な各見合い関係に対するシナリオを用いた実験から避航操船における離隔距離に対する閾値を定量的に求めることが可能であるが、それらの閾値をどのように各アスペクト角に対して補間するかについては今後の課題である。また、得られた閾値は自船の船種、操縦性能に依存するため、船長などによる無次元化を行うことが困難な場合には、いくつかの船種に対する閾値を求める必要があることが課題となる。

### 1.6.3 FRAM モデルによる船長・航海士の操船安全評価に係る調査

人間としての船長・航海士と人間に代替する自動化システム等との同等性を評価するための基礎資料とする目的で、以下の3つの分析を行った。

#### (1) 船長・航海士の操船タスク FRAM モデルの改良

2020 年度に作成した船長・航海士の操船タスク FRAM モデルを専門家に確認いただき、FRAM モデルの改良を行った。改良した FRAM モデルを以下の図 1-18 に示す。

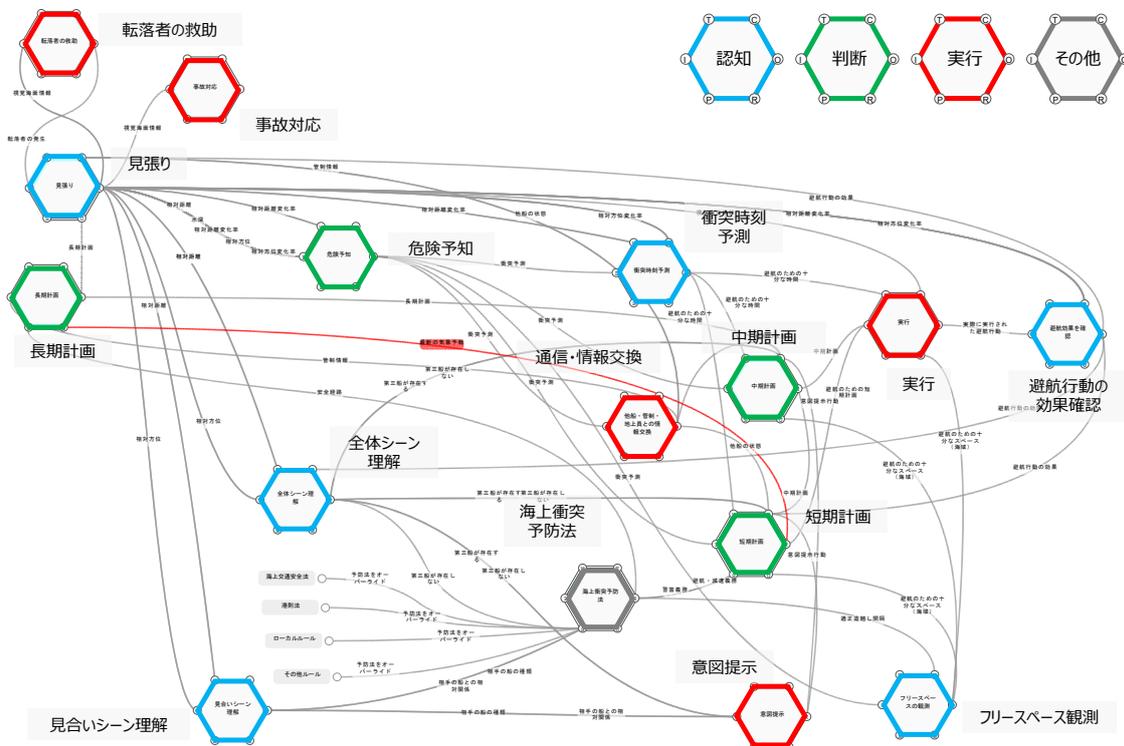


図 1-18 船長航海士の操船タスク FRAM モデル

## (2) 船長・航海士 FRAM モデルと自動運航船モデルの機能比較

現在想定されている自動運航船の FRAM モデルを、論文等の技術資料とヒアリング結果を基に作成し、1 の作業で作成した船長・航海士 FRAM モデルの認知・判断・実行等の機能との差異を識別し、自動運航船・遠隔操船の課題を Human Machine Interface の観点等から明らかにした。作成した自動運航船の FRAM モデルを以下の図 1-19 に示す。

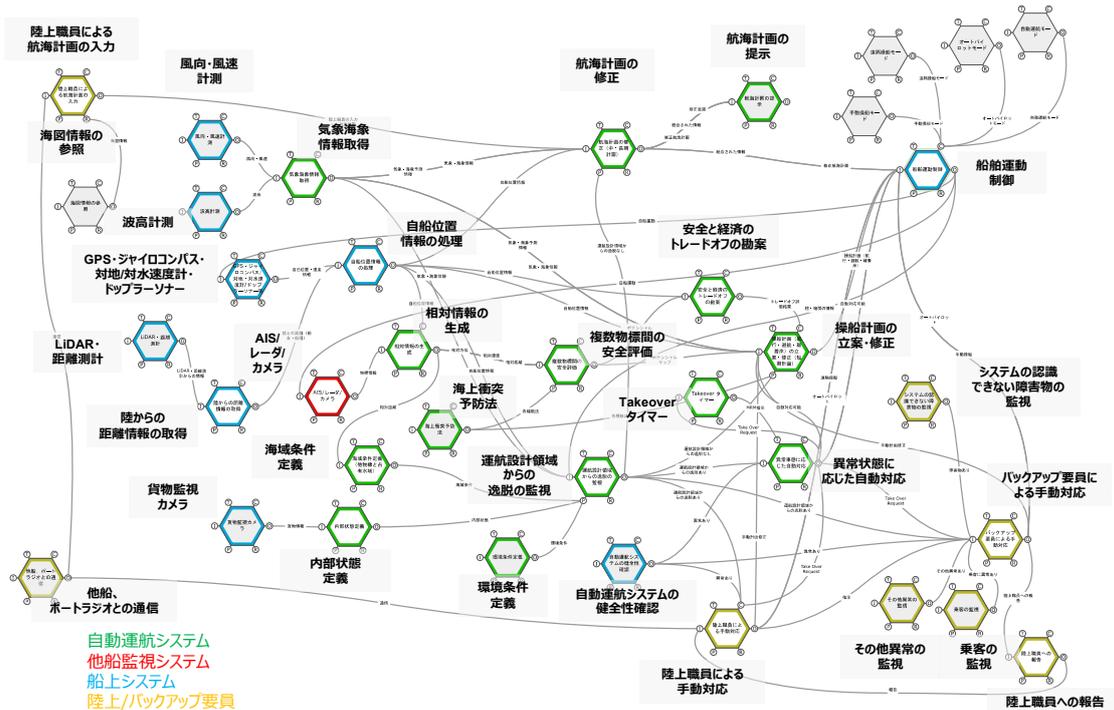


図 1-19 自動運航船の FRAM モデル

### 避航操船

自動操船の性能上、カメラだけでは、中期計画に入力するポテンシャルマップが得られないため、自動計画から避航を実行するための時間確保が難しい。したがって避航操船のタイムクリティカリティは上がると考えられる。遠隔操船の場合は必要な情報が大量にあることと、時間遅れや欠報を考慮した操船システム、Take over を確実にできるシステムが必要となる。

### 操船計画

カメラに映らない目視による情報は、陸上職員とバックアップ要員間で、音声を通じてしか伝達できない。そのため、陸上職員とバックアップ要員間の通信が従来に比べて頻繁に必要となる。従来に比べて自動運航船の方が通信量増えるため、操船の難易度が上がる。陸上と船上でシミュレータ画面を共有することで、最低限の言葉で指示を出せるようにすることが必要である。

### マルチコントローラー構造

従来の操船は、陸上職員の指示により航海士が行っていたが、自動運航船では、陸上職員・バックアップ要員・船上システムの3者が操縦を行うことができる。かつ見張りの情報量としては、バックアップ要員が最も多くの情報を持っているため、情報伝達の経路は不定になる可能性がある。また陸上職員とバックアップ要員と船上システムが同時に操船操作を指示した場合、優先順位のつけかたが決定されていない。

#### 異常時のミニマム・リスク・マヌーバー (MRM)

車の場合、異常が起きた時ドライバーに通知が行き、ドライバーが一定時間内で対応できない場合、ミニマム・リスク・マヌーバー (MRM) を行う。自動操船は、車の MRM と同じ対応をとることが検討されている。

### (3) シミュレータ実験のデータからの機能抽出と FRAM モデルの比較

避航操船のシミュレーションの動画・データを分析することにより、船長・航海士の行動が、作成した船長・航海士 FRAM モデルの機能と整合性があることを確認した。また3人の船長がシミュレーションを行ったデータを基に、各船の相対距離・DCPA等のデータ、視線移動の遷移、心拍変動を比較分析し、熟練者の視線遷移・行動パターン・行動の多様性(情報エントロピー)の関係性を明らかにした。

パターン化された視線の遷移とベアリング重視の監視には相関関係があると思われる。相手との相対関係の変化率を見定めるために、自分の動作を一定間隔でパターン化する動きは、エキスパートドライバやパイロット等に特徴的なものである。最も余裕のある船長の避航では、状況に依らず視線移動の多様性を高く維持しており、一定時間の間隔を置いた定点観測が成功要因となり、安全な操船を実現していることが明らかになった。

#### 1.6.4 評価グリッド法による操船者のリスク認知プロセスに係る調査

本調査は船舶操船者のスキル(見張り・操船等)を無人運航システムにより代替できることを評価することを目的とした。今年度は、評価基盤となる船員スキルの定量化(基準化)におけるタスク分析を行った。とくに操船者が危険と見積もる過程を感性的な認知過程ととらえ、リスク認知プロセスの因果関係を評価グリッド法によって構造化・定量化した。調査は船舶事故動画を熟練船長と初学者学生に視聴させ、比較することで、船長のリスク認知プロセスを明確にすることを目指した。

##### (1) 船長・航海士の操船環境におけるリスク認知に関する調査

以下2つの項目について先行研究を調査した。調査結果は付録2-1に示す。

- ①交通心理学におけるリスク認知プロセスに関する先行研究：自動車におけるリスク認知プロセスに評価グリッド法を用いた先行研究が実施されていた(國分,2009)。こ

の先行研究を参考として、船舶におけるリスク認知プロセスに評価グリッド法を用いる実験計画を立てた。

- ②動画を用いた自動車のリスク認知プロセスに関する先行研究：自動車におけるリスク認知プロセスの評価に動画を用いた先行研究が実施されていた（蓮花・石橋・尾入・太田・恒成・向井，2003）。この先行研究では15秒のドライバー視点の交通事故場面動画を視聴後に5秒間の静止画を提示した上で、インタビューを実施していた。この先行研究を参考として、船舶におけるリスク認知プロセスに係る実験でも、航海士視点の船舶動画を15秒刻みで提示し、インタビューを行った。

## (2) 操船環境に関する事故分析調査

船舶におけるリスク認知プロセスに関する実験刺激に用いる動画として、運輸安全委員会が公開している事故事例動画を選定した。以下の表は、選出した動画刺激の一覧表である。

表 1-3 実験刺激として使用した動画リスト

番号	動画タイトル	動画再生時間
1	貨物船BEAGLE III コンテナ船PEGASUS PRIME衝突	貨物船視点 : 5分24秒 コンテナ船視点 : 5分24秒
2	LNG船PUTERI NILAM SATU LPG船SAKURA HARMONY衝突	LNG船視点 : 4分48秒 LPG船視点 : 4分49秒
3	コンテナ船BAI CHAY BRIDGE 漁船第十八盛豊丸 衝突	コンテナ船視点 : 1分58秒 漁船視点 : 1分58秒 (大型船視点ではないため省略)
4	コンテナ船CARINA STAR 護衛艦くらま 衝突	コンテナ船視点 : 1分48秒 護衛艦視点 : 1分47秒
5	コンテナ船KOTA DUTA 貨物船TANYA KARPINSKAYA 衝突	コンテナ船視点 : 2分58秒 貨物船視点 : 1分10秒

## (3) 操船環境におけるリスク認知プロセスの定量化にあたっての課題抽出

(2) で選定された事故動画を実験刺激として用いるにあたり、課題点を抽出し、各課題に対して東京海洋大学との打ち合わせを行った上で、解決案を提案した。各課題とその解決案は以下の通りである。打ち合わせ資料については、付録 2-2 に示す。

- ①本調査では、自動車の先行研究に従い、15秒の操船者視点の船舶事故動画を視聴後、評価グリッド法によるインタビューを繰り返す実験計画を立てた。自動車ドライバーと同様に、船舶経験者が15秒の視聴で十分なインタビューが可能かについて課題があり、大型船の操縦性能を考え、30秒程度の長めの視聴時間で実験を実施する代案もあった。東京海洋大との議論により、船舶事故動画におけるハザード（環境内における危険だとみなした具体的な対象物）の精査のために、短い秒数（15秒）にて確認するべきとの結論となった。

②事故動画の中には、俯瞰図が付記されている動画も含まれていた。この俯瞰図を操船者視点として含めて実験刺激として提示するべきかについて課題があった。この課題については、大型船には、レーダーの他にイグジス (ECDIS: Electronic Chart Display and Information System, 電子海図表示情報システム) 等も搭載されつつあるため、俯瞰図を付記した事故動画が、実際の操船場面により近いと結論づけた。よって、船橋視点に俯瞰図を付記した事故動画を実験刺激として採用した。

③事故動画の中には、自船 (船橋) 視点だけでなく他船視点や、操船者が知覚できない自船後方からの視点、文章による状況説明も含まれていた。これらは現実場面に近いものではないため、参加者への提示手法について課題があった。この課題については、動画加工処理によって自船視点のみに加工し、文章による状況説明等も削除することで対応した。

#### (4) 船長・航海士の感性を含んだリスク認知プロセスの分析

船長の感性を含んだリスク認知プロセスは、以下のような特徴があることが分析により示された。分析の詳細については、付録 2-3 に示す。

##### ①評価構造分析：全体

事故動画に対する全体的なリスク認知プロセスの分析から、船長と学生では、ハザード知覚からリスク知覚に至るプロセスに違いがあることが明らかとなった。

先行研究では、リスク知覚 (その交通状況全体で、事故が発生する可能性がどの程度あるかを全体的に評価する心的過程) は、ハザード知覚 (事故に結びつくかもしれない個々の対象や事象を判別・把握する心的過程) から影響を受けることが示されている (小竹, 木村, 二瓶, 鎌田, 2012)。

分析結果から、船長は、他船の実際の針路・向きや空間や距離の余裕のなさ等の幅広い情報をハザードとして注目するのに対し、学生は、障害物の存在や距離の近さ等に関する限られた情報をハザードとして注目していることが確認された。

更に、船長は他船の今後の動き・今後の時間の余裕のなさ等の未来予測に関する情報にも注目し (時系列的予測ハザード知覚)、全体的に学生よりも高いリスク知覚を行っていた。この傾向は学生には見られなかった。船長の高いリスク知覚は、ハザード知覚における着目点の多様性が時系列的予測ハザード知覚を補強した結果だといえる。

##### ②評価構造分析：時系列

事故動画の視聴時間経過に伴い変化するリスク認知プロセスを分析したところ、船長と学生では危険度 5 (極めて危険だと思う) と評定するタイミングが大きく異なることが明らかとなった。

学生では、衝突 75 秒前の時点で危険度 5 と評定したのに対し、船長では衝突 150 秒前で評定していた。船長のリスク知覚の速さを定量的に示したといえる。

## (5) リスク認知プロセスの定量化と船員スキルの定量化

時系列で船長と学生の危険度評定値を分析したところ、危険度 4 あるいは 5 と評定するタイミングが学生よりも速いことが示された。船長の衝突可能性への気づきの速さを示唆する結果である。

## (6) まとめ及び今後の展望

本調査では、危険と見積もる過程を感性的な認知過程にとらえ、評価グリッド法に基づき、リスク認知プロセスの因果関係を構造化・定量化した。構造化では、船長は他船の実際の針路・向きや空間や距離の余裕のなさ等の幅広い情報をハザードとして注目していることが明らかとなった。定量化では、船長は他船の今後の動きや時間の余裕のなさ等の未来予測に関するハザード（時系列的予測ハザード知覚）にも注目していることが明らかとなった。これら注目しているハザードの多様性が、学生に比較して船長のリスク知覚が速い要因であると考えられる。今後は、船長と学生の人数を増やして比較・分析を行うことで、得られた成果の普遍性の確認が必要だと考えられる。

### 1.6.5 まとめ及び今後の展望

本事業では、昨年度に引き続き操船者の見張り・避航操船を主対象として、操船者である人の認知・判断及び行動の分析を行った。実施項目を下記に列記する。

- ・ 船員スキル定量化手法の確立
- ・ 確立した船員スキル定量化手法により実施した実験データを使用した FRAM 分析
- ・ ビデオ実験による評価グリッド法を用いた操船リスク認知プロセス分析
- ・ 行動・生理データによる避航操船に対する閾値の策定

今後の展望としては、避航操船に関して、見合い関係と各閾値との関係を精査する必要がある。さらに、離着岸操船に対する分析を行う必要がある。

## 2. 活動状況報告

### 2.1 船員スキル定量化検討委員会

「無人運航船に係る安全性評価等事業」の実施に当たり、第三者の観点から意見をいただくため、4件の外部委員会が設置され、その中で、①船員スキル定量化手法（タスク分析、シナリオ作成、シミュレータ実験等）の検討、②船員スキル定量化の検討、③ステアリング委員会への報告を目的として、本委員会を設置した。

#### 【構成メンバー】（敬称略）

委員長	庄司 るり	国立大学法人東京海洋大学 副学長 教授
委員	川崎 潤二	国立研究開発法人水産研究・教育機構 水産大学校 海洋生産管理学科 教授
	川瀬 悠	一般社団法人 日本船主協会 海事人材部 係長（2021年9月30日まで）
	奥山 伊織	一般社団法人日本船主協会 海事人材部 課長（2021年10月1日より）
	斎藤 直樹	一般財団法人日本海事協会 事業開発本部 海技部 部長
	外谷 進	独立行政法人海技教育機構 企画調整部 次長
	長田 典子	関西学院大学 理工学部 人間システム工学科 教授
	本田 直葵	東京湾水先区水先人会 二級水先人
	脇田 慎一	国立研究開発法人産業技術総合研究所・大阪大学 先端フォトンクス・バイオセンシングオープン イノベーションラボラトリ 招聘研究員

#### 2.1.1 第3回委員会

日時：2021年8月26日

場所：独立行政法人海技教育機構本部（対面審議）及びオンライン（Web審議）

議事：

議題.1) 船員スキル定量化事業の2021年度計画について（再確認）

- 議題.2) 海技大学校の基礎実験結果について
- 議題.3) 東京海洋大学のシミュレータ実験について
- 議題.4) 実船実験の見通しについて

資 料：

- 資料 21-3-0-1 船員スキル定量化検討委員会 委員等名簿
- 資料 21-3-0-2 秘密保持誓約書
- 資料 21-3-0-3 知的財産権技術資料リスト
- 資料 21-3-0-4 第2回船員スキル定量化委員会議事概要
- 資料 21-3-1-1 船員スキル定量化事業の2021年度計画について
- 資料 21-3-2-1 操船シミュレータ実験
- 資料 21-3-3-1 7・8月期 操船シミュレータ実験（於：海上技術安全研究所）
- 資料 21-3-4-1 2021海技丸実船実験について

内 容：

議題.1) 船員スキル定量化事業の2021年度計画について（再確認）

○質疑など，特になし。

議題.2) 海技大学校の基礎実験結果について

○脳血流のデータの表示が3段になっているのはどのような配置か。

→上，下，縦のラインの配置となる。

○右側からの横切り船のケースと，左側からの横切り船のケースでは，同じような反応を期待していたのか。

→右からの横切りと左からの横切りの安全領域の範囲が異なるのではないかと思量。

→船舶の場合，相手船との位置関係によって避航しなければならない船舶が異なるので，その異なるパターンを検証するために実施している。

○交代点の定義を図面に取り入れていただきたい。交代点とバイタルデータの相関はあるのか。

→交代点の図面挿入は検討する。バイタルデータと相関については今後見比べていきたい。

○今回のデータ整理は，時間での整理をいただいているが，距離でのデータも整理もお願いしたい。また，被験者毎に同じ指標を比較し，一般化できるのか検討をお願いしたい。脳血流で多数のデータが出てきた場合は，一般化が必要になるのではないか。

→時間の関係上，いただいたコメントについては，検証に活かさせていただくこととし，回答は後ほど書面でさせていただきたい。その他にもコメントがあるようであれば9月6日までにコメント等をいただきたい。

議題.3) 東京海洋大学のシミュレータ実験について

○今後の課題であるかと思うが，理解する・予測することを脳のNIRSのデータを応用することは可能か。

→脳活動の活動部位を特定して、その部位に対する応答を実験シナリオのポイントとして評価する手法が一般的手法と理解しているが、今回の事業においては、視線データから注意・集中している点を特定するための補助的データとして使うことを想定している。

議題.4) 実船実験の見通しについて

○質疑など、特になし。

議題.5.) その他

○実証実験は、シミュレータ実験と同じ人物が実施することでよいか。

→実証実験とシミュレータ実験が同一人物なのは難しい。組み合わせは異なるがデータ数は増やしていく予定。

○安全性評価事業との連携や各社コンソーシアムの実証事業をどのように評価するのが課題ではないか。コンソーシアムの実証事業の中には、2万トンクラスの大型船もあるので、こういった大型船では距離感なども異なるため、シミュレータ実験や実船実験をどう適用させていくかも検討して欲しい。

→後ほど書面で回答する。

## 2.1.2 第4回委員会

日 時：2022年3月9日

場 所：独立行政法人海技教育機構本部（対面審議）及びオンライン（Web 審議）

議 事：

議題.1) 船員スキル定量化手法の確立について（審議事項）

議題.2) 操船シミュレータ実験結果について（審議事項）

議題.3) ビデオ実験結果について（審議事項）

議題.4) 実船実験結果について（審議事項）

議題.5) FRAM 分析結果について（報告事項）

議題.6) リスク認知プロセス分析結果について（報告事項）

議題.7) 2022年度の事業計画について（審議事項）

議題.8) その他

資 料：

資料 21-4-0-1 船員スキル定量化検討委員会委員等名簿

資料 21-4-0-2 秘密保持誓約書

資料 21-4-0-3 知的財産権技術資料リスト

資料 21-4-0-4 第3回船員スキル定量化委員会議事概要

資料 21-4-1-1 船員スキル定量化手法の確立について

資料 21-4-2-1 操船シミュレータ実験結果について

資料 21-4-3-1 ビデオ実験結果について

- 資料 21-4-4-1 実船実験結果について
- 資料 21-4-5-1 FRAM モデルによる調査について
- 資料 21-4-6-1 リスク認知プロセス研究成果報告
- 資料 21-4-7-1 2022 年度の事業計画について

内 容：

議題.1) ～議題.4) について

- 瞳孔解析の注目度という指標は、瞳孔の大きさがベースとなっているのか。視線を測ることと瞳孔を測ることが同時に実施できるのか。
  - 注目度についてはご指摘のとおり。しかしながら、シミュレータ実験のみしか実施できていない。実船実験では周囲が明るいため瞳孔輝度計測にエラーが頻発しており、視線計測はできていても、瞳孔のデータを同時に取得することができていない。今後、同時取得についてはメーカーと検討していくことにする。
- 唾液成分の分析ができればよりよいデータになると思われるが、COVID-19 の影響で実施できなかったのは残念である。しかし、わかりやすいデータ、傾向がはっきりしており嬉しく思う。
  - 解析の方向性について自信を持つことができたと思っている。
- 被験者申告データ（資料 2-4 の P18）における実験結果について、どのような避航を行うのかは、海上衝突予防法の適用を受ける状況になっているかどうかの判断（衝突の恐れがあると判断して避航する、あるいは、まだ衝突の恐れがないので自由に避航する）があり、その判断によって避航方法の選択が決定されているのではないかと。また、内航船員の特性と外航船員の特性について基準があるのであれば説明いただきたい。
  - 現状では申告データのため推測のお答えしかできない。今後、ビデオ実験と操船シミュレータ実験の整合性を含めてどのような傾向があるのかも詳細に見ていかなければならないと考えている。また、実船実験においては、1 隻に対してのものか、あるいは複数隻が絡むことが要因となっているのかを詳細に見ていくことが 3 年目の課題であると考えている。内航船員の特性と外航船員の特性についての基準作りは 3 年目の課題になると考えている。
- ビデオ実験、シミュレータ実験、実船実験とも出ている結果については期待が持てる。人間が行っている行動について、同じ船を動かす者として共感できるところがあり、引き続き解析を続けていただきたい。2022 年度に計画されている出入港操船は、離着岸なのか、あるいは航路航行なのか説明いただきたい。
  - 離岸を含め、アプローチ～着岸までを考えている。実際に岸壁に着けるまでを行うのかは今後検討する。実船実験では、汐路丸及び海技丸を使用して実験を行う予定。シミュレータ実験では被験者選定について検討していきたい。
- 内航船員の特性と外航船員の特性については、船の大きさ、船の操縦性能、眼高、等々の

違いにより認知点の距離の差、つまり、操船の癖といったものが出てきたと思っている。  
○船種の違い、大きさの違いは影響してくるものと考えている。一度に整理することはできないと思うので、なんらかの傾向が出てくることを期待している。

議題.5) 及び議題.6) について

○余裕のなさについて「空間」「距離」があるが、「空間」とは何を指しているのか。

→「空間」は避航するスペースのことである。余裕があるとは「空間が広い、空間的な余裕がある、スペースがある状態」に関するインタビューデータがあった場合に適用している。具体的には「避航するスペースがある、左右に避けるスペースがある」といったインタビューデータの場合を「余裕がある（空間）」のカテゴリーに入れて分類している。  
→「距離」とは他船との距離のことであり、「空間」とは自分の操船余裕空間と認識している。

○スライド 59 枚目、FRAM モデルにおいて、意識的に見ていない場合の青破線は、その先に進まないことになっているが、操船者にとっては見張りが重要で、かつ、見ているか見ていないか、認識しているか、解析できているか、見張りの中でも段階があると思う。資料 21-4-5-1 の P.9 の図において、青破線とは赤色で囲まれた場所から右側に進むことがなくなることを示しているものなのか。今後、もう少し細かい分類を実施する予定はあるのか。

→JAMSS からの説明ではこのモデルの中に入れるのは難しいと聞いている。見張りをしていて船を見ているが、ただ単に見ているだけで、その船が危ないか危なくないか判断をしていないのではないかと、または、見ているけれども、違うことを考えていることもあるのではないかと。例えば、船が来ていて危ないのに、お腹が空いたとか考えているといったものが、このモデルの中に入るのかを検討したが難しいとのことであった。意識的に見ていないとパラメータの閾値に関係してくるものにしていただいた。

○難しいとは思いますが、人間の特性が出てくると思うので、この後に発展することを期待したい。自動避航と人間の差分を取るためのモデルは素晴らしいと思う。今後、一つ一つの評価を加えていくことにより、自動運航の精度の高い評価に繋がることになると思う。

→自動運航船のモデル化、及び問題点になりそうな点を、JAMSS にモデルにさせていただいたので、今後、このモデルを使用して自動運航船等の評価に資することができればと思っている。

○船員スキル定量化の検討では、人間の技術をいかに数値化するのか、定性的に表すのかは、自動運航船の実現がきっかけになり、ここに注目されることになったという経緯がある。MEGURI2040 の実証実験 5 つが行われたことで、一つの方向性としては、自動運航船を評価する、あるいは担保することという方向と、人間の可能性を今後どこまで見ていけるかの両方に繋がるテーマを行っているものと思っている。

○ビデオ実験の分析結果の報告会について、3 月 11 日に実施されるものを委員の先生方が閲覧することは可能か。あるいは報告書を待った方がよいか。

→報告書で正式に報告させていただくことで対応したい。

○タスク分析の解析において、船長と学生のアプローチが大きく違うことがよくわかる結果となっている。東京海洋大学の学生を被験者とした実験を行ったときは、学生と船長とは見ている場所が全然違う、そこからどのように結びつけてくるのか、プロセスが違う傾向としては出てきていたが、この委員会資料ではその部分がきちんと分析できていると思う。87枚目のスライドの「経験による知識の差が未来予測に影響」について、この経験による知識の差をどのようにして埋めていくのかが教育側としては問題になる。これらのことが自動運航船の問題に繋がる要点になるように感じている。

→ここの違いをどのように体系化し、どのように教育していくのかになると思う。経験の所を、不足している項目がわかった後、どのように教えていけばよいのかの項目立てと、体系化を続けていくことで出来ていくと思う。

○自動運航に向けての人間の可能性に興味を感じている。経験による知識の差を埋めたいのは学生だけではなく現場の既存船員の方も含めて評価グリッド法、操船安全評価を活用できればと思っている。自動運航の綿密な解析が今の既存船員の皆さんの安全性にも資していければと感じている。

→同意する。船員の操船技術の評価、船員としての評価がなにかしらの形でできないかと考えたことがある。これは評価して処遇を変えたいとかではなく、それがいかにして大変なことなのか、どうすれば効率的に修得できるかというものに繋げて考えていく必要があると思う。

○FRAM, 評価構造図について、実際の運航者として非常に納得のいくものになっていると感じている。キーワードの「経験による知識」の部分、どのようにして具体的に自動運航の部分に乗せていくのかがキーポイントになると感じている。経験による知識の差を埋めるべく練習船においても、「こういうところでは、このような場面で、こういう所を見ておく」と教えていたりする。逆に「このパターンだとこのような目に遭うだろうな」と予測しながら静観することもあったりする。これが体系化することにより、色々な部分で活用が期待されることになると思う。

○評価はネガティブの印象でとられることもあるが、今の世界の安全運航を検討している関係者では、評価はポジティブな意味で、不足部分をポジティブに埋めていくという評価であり、ポジティブな評価にこの研究が資していくのではないかと考えている。今いる皆さんの能力向上のためにポジティブに役立っていければと考えている。(斎藤委員)

議題.7) について

○離着舷は、これまでの実施した避航とは大きく異なるものと思うので、どこまで出来か難しさあると思うが頑張ってもらいたい。

議題.8) について

○質疑など、特になし。

## 2.2 船員スキル定量化検討 WG

### 2.2.1 船員タスク分析・行動モデル策定 WG (WG1)

#### (1) 第1回 WG1 (メール審議)

日時：2021年7月6日

場所：オンライン (メール審議)

内容：操船シミュレータ実験結果を用いた船員タスク分析の方針

#### (2) 第2回 WG1 (メール審議)

日時：2021年7月21日

場所：オンライン (メール審議)

内容：船員タスク分析を見据えた操船シミュレータ実験シナリオの検討

#### (3) 第3回 WG1 (対面審議)

日時：2021年7月21日

場所：海上技術安全研究所 (対面審議)

内容：船員タスク分析を見据えたヒアリング調査内容の検討  
船員タスク分析を見据えた行動分析方法の検討

#### (4) 第4回 WG1 (メール審議)

日時：2021年10月25日

場所：オンライン (メール審議)

内容：操船シミュレータ実験における他船データの計算と分析方針

#### (5) 第5回 WG1 (Web 審議)

日時：2021年11月22日

場所：オンライン (Web 審議)

内容：操船員タスク分析を見据えた行動分析の中間報告

#### (6) 第6回 WG1 (メール審議)

日時：2022年1月19日

場所：オンライン (メール審議)

内容：操船員タスク分析結果に関する意見交換

## 2.2.2 船員スキル定量化シミュレーション・シナリオ策定 WG (WG2)

### (1) 第1回 WG2 (対面審議)

日時：2021年7月5日

場所：東京海洋大学会議室

内容：実験シナリオの検討

### (2) 第2回 WG2 (対面審議)

日時：2021年7月15日

場所：東京海洋大学バーチャル汐路丸シミュレータールーム

内容：実験シナリオの確認及び意見交換

### (3) 第3回 WG2 (対面審議)

日時：7月16日

場所：東京海洋大学会議室

内容：実験シナリオの検討

無人運航船プロジェクト

**MEGURI**  
**2040**



この報告書は日本財団の助成金を受けて作成しました

MEGURI2040 に係る安全性評価  
2021 年度 船員スキル定量化事業  
成果報告書

発行 国立大学法人 東京海洋大学

〒135-8533

東京都江東区越中島 2-1-6

TEL: 03-5245-7300 (代表)

URL: <https://www.kaiyodai.ac.jp/>

---

本書の無断転載・複写・複製を禁じます