



**MEGURI2040に係る安全性評価**

**2022年度 船員スキル定量化事業**

**成果報告書**

2023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 船員スキルの定量化（避航操船） . . . . .	2
1.3.2 船員スキルの定量化（離着岸操船） . . . . .	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 避航操船に関する船員スキルの定量化 . . . . .	4
(1) シミュレータ実験による避航操船情報の見える化 . . . . .	4
(1-1) 実操船実験結果に基づく定量化 . . . . .	4
(1-2) ビデオ実験結果に基づく定量化 . . . . .	6
(1-3) 避航操船領域の見える化 . . . . .	6
(2) 実船実験による避航操船スキルの見える化 . . . . .	7
1.6.2 離着岸操船に関する船員スキルの定量化 . . . . .	8
(1) FRAM モデルによる離着岸操船に係るスキル評価船長 . . . . .	8
(2) 離着岸時の操船におけるリスク認知プロセスの検討 . . . . .	8
1.6.3 まとめ . . . . .	9
<b>2. 活動状況報告</b> . . . . .	10
2.1 船員スキル定量化検討委員会 . . . . .	10
2.1.1 第 5 回委員会 . . . . .	10
2.1.2 第 6 回委員会 . . . . .	13
2.2 船員スキル定量化検討 WG 及び成果報告会 . . . . .	15
2.2.1 離着岸操船スキル定量化 WG (WG3) . . . . .	15
(1) 第 1 回 WG3 (Web 審議) . . . . .	15
(2) 第 2 回 WG3 (Web 審議) . . . . .	15
(3) 第 3 回 WG3 (Web 審議) . . . . .	16
(4) 第 4 回 WG3 (Web 審議) . . . . .	16
(5) 第 5 回 WG3 (Web 審議) . . . . .	16
(6) 第 6 回 WG3 (Web 審議) . . . . .	16
(7) 第 7 回 WG3 (Web 審議) . . . . .	16
2.2.2 成果報告会 . . . . .	16
(1) MEGURI2040 船員スキル定量化事業成果報告会 . . . . .	16
(2) 東京海洋大学船員スキル定量化事業成果報告会 . . . . .	18



## **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（見張り、操船等）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 本研究の達成目標**

無人運航船とは、同船の見張り、操船等を行う無人運航システムが、船員による見張り、操船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、船員スキル定量化の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 船員スキルの定量化（避航操船）

船長・航海士等，船員の知覚・認知を含めた行動に対して，最新の測定機器を用いたシミュレータ及び実船実験により，船員の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，避航操船（見張りを含む）に関する避航のタイミングや離隔距離，航過距離等について定量化を行う。

### 1.3.2 船員スキルの定量化（離着岸操船）

船長の知覚・認知を含めた行動に対して，最新の測定機器を用いたビデオ及び実船実験により，船長の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，離着岸操船（見張りを含む）に関する認知方法の解明，認知レベル等について定量化を行う。

## 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（離着岸を含む）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（避航操船）

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等の生体データの取得等をし，避航操船に関する船員スキルの定量化を行う。

(2) 船員スキルの定量化（離着岸操船）

2021年度までの定量的解析手法を活用し，実船運航やビデオ実験を通じて船員等の生体データの取得等をし，離着岸操船に関する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）および離着岸操船に関するワーキング・グループ（WG3）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，離着岸操船に関する検討をWG3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

前田 潔（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）

戸羽 政博（海技教育機構）

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）

大坂 篤志（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）

加藤 由季（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）

堀 晶彦（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 避航操船に関する船員スキルの定量化

#### (1) シミュレータ実験による避航操船情報の見える化

##### (1-1) 実操船実験結果に基づく定量化

以下定義付け，先行研究および，JMETS 船長 2 名における実際操船実験結果に基づき，避航領域図を作成した。

- ・ 避航判断に向けた情報収集を始める離隔距離の閾値：操船意図と注視時間(長い時間)
- ・ 安心できる避航開始距離の閾値：ストレス度が最大値における離隔距離  
→ 避航行動前に心拍 R 波間隔から避航操船に係るストレスのピークをとるタイミング
- ・ 安全な避航開始距離の閾値：避航操船を開始する離隔距離  
÷ 余裕点：通常であれば避航（変針や変速）を開始する位置
- ・ 交代点：状況を新人 3/O が操船していると捉え，あなたが船長であれば操船を交代する位置
- ・ 限界点：これ以上接近すると避けることが不可能になる位置

結果，8 マイル以遠がバイタル値の上昇前であることから，距離 8 マイル以遠が「安心を感じる距離」となる。逆に他船及び自船間の距離が 8 マイルより自船に近くなればなるほど不安が増すと言える。またマスト灯の視認距離および本実験結果より，距離 6 マイルが「一般的避航距離」と言えるものの，ベテラン船長への聞き取り調査から 4 マイルあれば避航できるとの回答より，「一般的避航距離」は，4～6 マイルと言える。加えて，「衝突のおそれを感じる距離」は，舷灯の視認距離および本実験結果よりおおよそ 3 マイル前後で，「衝突のおそれ」を感じ「交代点」を申告していることから，2～3 マイルが「衝突のおそれを感じる距離」と言える。

しかしながら同数値は，距離のみで輻輳海域か広い海域か，操縦性能，気象海象の状況，昼夜の別，薄明時か，相対速力等が加味されていないので，数値は距離における一般的目安であることに注意する必要がある。また，遠隔操縦においてアラームがなり，昇橋

してからの状況判断時間も考慮に入れる必要がある。

また速力比と変針角を考慮する必要がある。

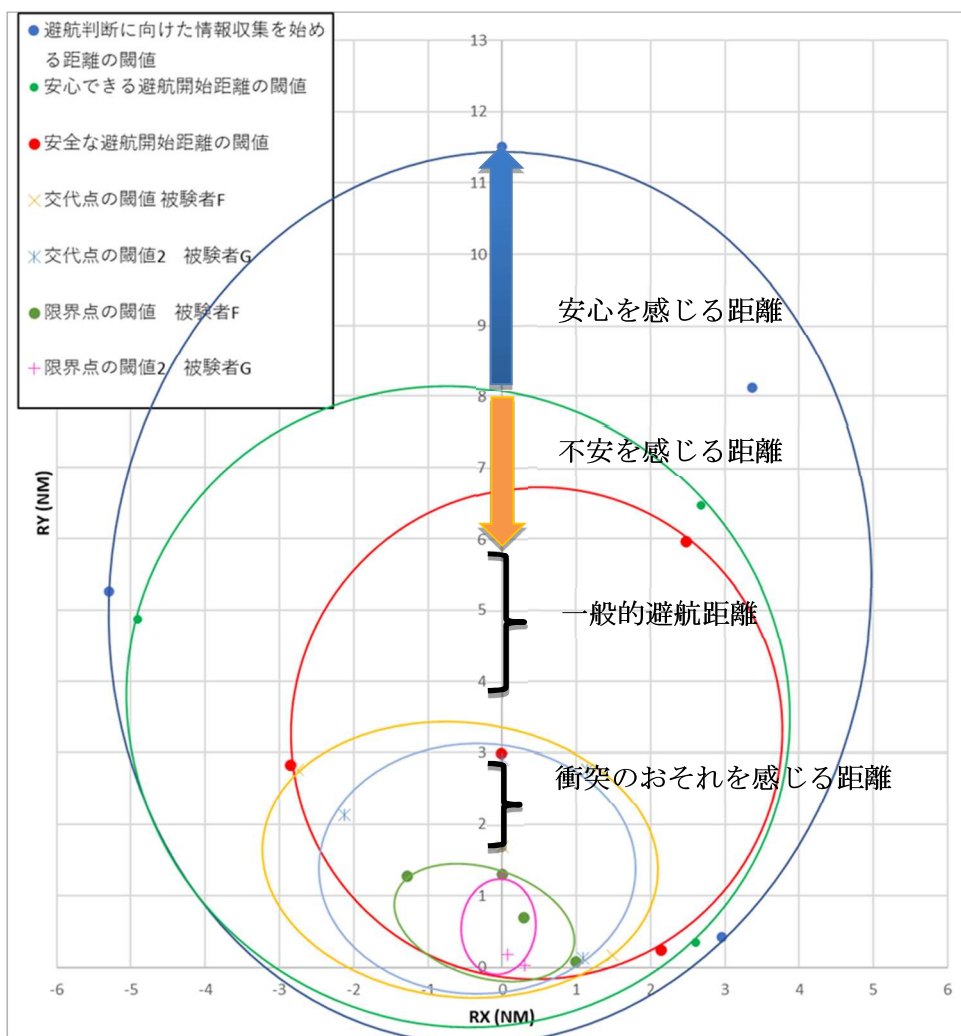


図 1-1 避航領域図 2

行き会いにおいては、一部被験者で更に近い距離の者もあるが、航過距離が5ケーブルであった。左から直角の横切りについては、被験者Gは、先行避航することで航過距離をもって早めに避航しており、両被験者F・Gとも保持船の左転を予防法上禁じているにもかかわらず、保持船として長く不安が継続されるより、先行避航を行っていることが窺えた。



## (1-2) ビデオ実験結果に基づく定量化

如何に安全を担保して操船を行っているかを求めた。

具体的には、避航操船の目的は、船舶や障害を避けることであり、避航操船スキルを定量化するには、その目的である衝突を安全に回避することを定量化することである。

物理量としては、航過距離を確保することである。さらに、その効果を予測もしくは見積もる技術が必要となる。衝突を予測する技術は、見張りで、探知と危険な状態の検出となる。この種の定量化は、操船能力として迅速さであり、検出能力では、危険性を察知する能力である。この能力を評価するのは困難であるが、その知識を評価するのは、状況をその場にシミュレーションし、操作量などは、聞き取りで、その評価することが可能である。

観察能力の定量化は、現在、生体反応とアイカメラなどによる視線の動きから行っている。操船能力の定量化は、衝突危険の定量化である。

以下、避航動作開始時期・変針角に基づき、新針路距離を求めた。舵角については、各点ごとに、下表のように設定した。

表 1-1 舵角設定

各閾値	変針角	操舵角
余裕点	申請通り	5 度
交代点	$DCPA < 5L_{pp} + 5$ 度毎増加	5 度もしくは 10 度毎増加
限界点	$DCPA < 4L_{pp} + 10$ 度毎増加	10 度毎最大 35 度増加

実際操船での避航操船による航過距離は当初の変針による DCPA とほぼ同じであることから、比較すると、ビデオ実験時の余裕点での操船による DCPA は、 $10.8L_{pp}$  であり、ほぼ実際操船時の  $0.5\text{nm}$  ( $9.7L_{pp}$ ) とほぼ大差はない。

右・左直角の横切りでは、避航のため変針したのち、原針路に戻すのを他船が航過するまで待てない。また横切りは自船の変針が認められるためには、変針角は約 60 度以上、状況が許せば 30 度以上でもよいとされることから、早くから避航することにより、対処できることが多くなり、余裕度に繋がる。限界点では、他の見合い関係と同じで 1 回の変針で対応できる。

## (1-3) 避航操船領域の見える化

限界点の閾値を基準にすべきだが、少しばらつきが懸念されるので、下記の手順で決まり、同手順に基づき、避航操船領域の見える化を試みた。

① 認知点の閾値は、被験者の平均値とする。ただし、被験者 C、D は、省く。内航経験者

であり，ほかの者とでは約半分の水域になる。

- ② 余裕点は，もっとも大きい，もしくは上位にある者の平均値（いずれも①を超えない）
- ③ 交代点は，もっとも大きい，もしくは上位にある者の平均値（いずれも②を超えない）
- ④ 限界点は，被験者の平均値とする。ただし，被験者 C，D は，除く。

そこで，得られた閾値の例を，以下に示す。

表 1-2 得られた閾値の例

	認知点	余裕点	交代点	限界点	限界点 DCPA
S1-1 行き会い	8.85	5.48	2.02	0.53	離隔距離 nm TCPA min
	20.75	6.75	2.78	1.25	
S1-2 右直角の横切り	9.5	7.32	3.99	1.28	
	31.48	24.23	13.23	4.23	
S1-3 左直角の横切り	9.26	8.20	2.77	1.11	
	30.80	27.19	9.19	3.69	
S3-1 追い越し	2.97	0.92	0.39	0.19	
	28.66	8.79	3.79	1.03	
S3-2 追い越しに近い 横切り	2.98	2.48	2.21	1.68	
	55.76	46.52	41.52	31.52	
S3-3 行き会いに近い 横切り	7.34	3.51	2.37	0.77	
	19.55	9.26	6.26	2.05	

## (2) 実船実験による避航操船スキルに見える化

実際での実験で，避航操船スキルに見える化は，シミュレータと同じように，観察技術と運航技術である。避航操船技術で，シミュレータでは，多くの技術や達成度はシミュレータ内の LOG データとして記録されている。しかしながら，海技丸では練習船装備の機器を用いるが専用出力から NMEA 信号を取り出し，PC に入力し保存して，必要なデータを解析に用いる，シミュレータと同様に，特に避航領域についての適用も視野に入れ行っている。

## 1.6.2 離着岸操船に関する船員スキルの定量化

### (1) FRAM モデルによる船長・航海士の離着岸操船タスクに係る調査

離着岸操船における技術を体系的に明らかにし、その極意を他者にも的確に伝わるよう説明することは難しい。その大きな要因の一つに、波風の影響などによる複雑なダイナミクスおよび、その制御の複雑さがある。熟練した船長や水先人が、そのような複雑な挙動をいかに巧みに制御し、日々の離着岸タスクを成功させているか、その極意を解明することは、今後の自動操船システムの開発のみならず、後継者への技能伝承の観点からも非常に重要である。この問題に対し本研究では、上記のような船体制御の極意を力学的な観点ではなく、人の認知の観点から調査・分析を行った。本研究ではまず、波風の影響による船体の力学的な挙動および制御方策について調査し、James J. Gibson の提唱する Ecological Approach の観点から、船体の複雑な挙動を制御する際の人間の方策について仮説を立てた。次に離着岸操船に係る各種マニュアルを基にした離着岸タスクの全体像を機能共鳴分析手法 (FRAM) により表現し、離着岸操船における手続き的なタスク以外の、実際の船体制御に係る熟練船長・水先人の「匠の技」を要する部分について、実際の操船データなどを基に追加調査・分析が必要となることを確認した。この結果を踏まえ最後に、取得した離着岸時の映像データを基に熟練船長・水先人の操船の様子を Ecological Approach の観点から分析し、熟練船長・水先人が有する「匠の技」の極意について考察した。

### (2) 離着岸時の操船におけるリスク認知プロセスの検討

離着岸操船はその性質上、自動運航の実現難易度が高いとされている。しかし現実場面においては、エキスパートである水先人はこの課題を安全にこなしており、水先人のリスク認知プロセスを定量化することは、船舶の行動な自動運航の実現に有用であると考えられる。したがって本研究では、船舶操船スキルの定量化を目的として、離着岸時の操船におけるリスク認知プロセスの検討を行った。具体的には水先人 (エキスパート) と学生 (ノービス) との比較を通し、エキスパートのリスク認知プロセスを視覚化するための実験を実施した。実験では評価グリッド法 (讚井, 2003) を用いてインタビュー調査を行い、離着岸時の水先人と学生のリスク認知プロセスを評価構造図の形で視覚化した。実験の結果、水先人と学生とのリスク認知プロセスは量的にも質的にも異なっていることを明らかにした。水先人は状況を能動的にコントロールしたうえで、取りうる選択肢の多寡や、予定されていた手順との整合性を判断するという仮説検証的なプロセスに基づいて行われていると考えられる。また、どのような事態が生じると水先人のリスク認知の程度が

変化するののかについての分析を行った。その結果、5段階のリスク認知のうち、3段階目以降で具体的な生じうるリスクの認識が行われるようになることが明らかになった。

### 1.6.3 まとめ

本事業の目標である「船員スキルの定量化」について、2021年度に確立した船員スキルの定量化手法によるビデオ\*1、操船シミュレータ\*2、実船\*3を用いた各実験系の実行から避航操船及び離着岸操船に関する定量化について、下記のとおり達成した。

- \*1 海難事故，操船シミュレータ実験リプレイ，実船実験，水先業務の各ビデオ映像を使用
- \*2 海技教育機構海技大学校，海上技術安全研究所に設置のフルミッション型シミュレータを使用
- \*3 東京海洋大学汐路丸，海技大学校海技丸を使用

(目標の達成状況)

熟練操船者（船長経験年数2年以上の者）を主被験者として、船員の認知・判断等に係る最新の測定機器を用いたビデオ、操船シミュレータ、実船による各実験系の実行により、船員の知的負担を含む様々な行動・生理データを取得し、これら行動・生理データを整理・分析することにより、避航操船及び離着岸操船に関する船員スキルの定量化を行った。

成功要因としては、大型練習船の熟練操船者を主被験者と位置付けたことから安定したデータが獲得できたと考えられる。

[避航操船]

実船実験と操船シミュレータ実験結果に対する被験者の生体応答が同傾向を示すことを検証したうえで、操船シミュレータ実験から得られた典型的な各見合い関係に対する他船との離隔距離、ストレス度、注視時間及び操船意図の解析から避航のタイミングと航過距離の閾値を求めた。

[離着岸操船]

実船実験データを用いたFRAMモデル分析及びビデオ実験を用いた操船者（水先人を含む）の認知プロセスに関する評価グリッド法による分析から、離着岸操船に係るアフォーダンスとしての理解を明らかとしリスク認知プロセスに対する危険度評定値の閾値を求めた。

## 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
	奥山 伊織	一般社団法人日本船主協会 海事人材部 課長
	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5回委員会

日時：2022年8月25日 10:00～12:00

場所：オンライン会議（Web 審議）

議事：

- 議題.1) 船員スキル定量化事業の2022年度計画について（再確認）
- 議題.2) 海技大学校のシミュレータ実験について
- 議題.3) 東京海洋大学の汐路丸実験について

議題.4) 海技大学校の海技丸実験について

議題.5) その他

資料:

資料 22-5-0-1 船員スキル定量化検討委員会委員等名簿

資料 22-5-0-2 秘密保持誓約書

資料 22-5-0-3 知的財産権技術資料リスト

資料 22-5-1-1 船員スキル定量化事業の2022年度計画について

資料 22-5-2-1 海技大学校のシミュレータ実験について

資料 22-5-3-1 5月期実船実験(汐路丸)(於:東京湾)

資料 22-5-4-1 海技大学校の海技丸実験について

内容:

議題.1) 船員スキル定量化事業の2022年度計画について(再確認)

○最終発表会(シンポジウム開催)については、年度内を予定しているか。(庄司主査)

→未定である。(JEMTS 前田)

議題.2) 海技大学校のシミュレータ実験について

○ビデオ実験による実験結果はいつ出る予定か。(長田委員)

→輻輳海域を航行する練習船(海技丸)の実際の航過距離を確認しながら比較して正当性を出したいので、すぐには出せない。(JMETS 万谷)

○避航操船を開始するタイミングは状況や操船者によって異なる中で、距離や操舵量, CPA, TCPA等を定量化できないか検討しているという理解でよいか。(庄司主査)

→その通りである。航過距離やBow Cross等といった各要素を確認した上で、避航開始地点、操舵量を操船者ごとに整理し、海技丸実験のデータと比較することによってビデオ実験の正当性を示した安全率を報告したい。(JEMTS 万谷)

○距離や操作量は交通環境だけでなく、船種や船型、操縦性能、操船者の本船に対する習熟度も関わってくると理解しているが、TCPAは相対速度に関係してくるものであり、船の長さは距離や性能に関係してくると考えられるので無次元化ということも検討してはどうか。(庄司主査)

→ご指摘のとおり、操縦性能等は船の操船にとって非常な要素である。今回のシミュレータ実験で使用した船種は、練習船(銀河丸)と内航船でよく見られる長さ100m前後の貨物船を使用した。他船との安全な距離は自船の長さに関係しており、例として、行会い関係では4Lが安全な航過距離とされるが、今回の実験の場合、0.5マイル(=9L)であったことから安全率を9L(行会いでの先行避航での安全率は $9L/4L=2.25$ )として換算することが可能と考える。(JMETS 万谷)

○膨大なデータの取扱いについて整理方法に注力し、本委員会でまとめるべきものを示して頂きたい。(NK 斎藤)

→実験は終了したので、今後のデータ取扱いについて注力したい。(JMETS 万谷)

#### 議題.3) 東京海洋大学の汐路丸実験について

○操船者が船橋内で激しく動く場合、加速センサーなどでチェックした方がよいのではないか。また、計測したデータの解析は委託するのか。(協田委員)

→加速度はとっている。解析は、視線、自船のビデオ映像、レーダ、ECDIS を委託する予定。行動業務については大学で解析する。(東京海洋大学 村井)

○船の場合、気温や視界の状態等通常の計測とは異なるノイズの発生が考えられるが、これらを考慮した計画はあるのか。(庄司主査)

→生体データとしては加速度などを計測しており、行動解析についてはビデオカメラを多方に設置している。また、被験者にビデオを確認して頂いた上でレビューすることも可能である。(東京海洋大学 村井)

#### 議題.4) 海技大学校の海技丸実験について

○速度が速い船舶は自船の動作で避航できるため他船を意識しない傾向があることが示されているデータだと思うが、レーダ航跡もしくは AIS データを活用して自船にどの程度接近してくるか示された研究も記憶しているので、活用できるとより裏付けできると思量する。(庄司主査)

→参考論文について、情報共有して頂きたい。(JMETS 万谷)

#### 議題.5) その他

○本日の指摘された知見等を踏まえて解析を進めたい。(長田委員)

○解析の負担が大きく、どこかで仮説や仮定を切る必要性もあるのではないかと思量する。(協田委員)

○どのように纏めるかが重要であり、これまで関連した学会等で発表された知見を活用する必要がある。人間がデータを利用する場合、線形的な表記の仕方になる一方、このプロジェクトでシステムとして考えた場合、閾値をどう扱うかについて重要となる。(川崎委員)

○庄司主査の意見のとおり、無次元化がポイントとなる。解析する情報量が膨大である為、まずは避航操船に特化する等、優先順位をつけるべきである。(奥山委員)

○纏め方については非常に悩ましい印象を受けた。(斎藤委員)

○操船者の立場からの観点として、操船者のバイタル等取得したデータを左右する状況(見合い関係の発生、操船者の本船に関する習熟度等)の理解を設けてグループ分けをすることも一つのアプローチ方法である。(外谷委員)

○膨大な取得データをどのように纏めるのか悩ましいが、定量化やグループ化を何らかの形として繋げていきたい。(庄司主査)

○AIS 等の発展により具体的な定量化が可能となってきたが、最も難しいのは操船者がどのようなことを考えるのか、いわゆる経験知については今後も進めていく必要がある。その前段階である基礎的な部分については整理が出来ると思慮する。いろいろな船舶に対応

する無次元化は、TK モデルをベースとして、一番数が多い船型を考えればいいのではな  
いか。(新井)

○次回委員会は12月、あるいは1月で調整する。(JMETS 市川)

## 2.1.2 第6回委員会

日 時：2023年2月1日 14:00～16:00

場 所：オンライン会議 (Web 審議)

議 事：

議題.1) 避航操船について (審議事項)

- ・ 東京海洋大学の汐路丸実験について
- ・ 海技大学校の操船シミュレータ実験及び海技丸実験の結果について
- ・ 避航操船について (まとめ)

議題.2) 離着岸操船について (審議事項)

- ・ 離着岸タスクの FRAM 分析結果について
- ・ 離着岸操船におけるリスク認知プロセス分析結果について
- ・ 離着岸操船について (まとめ)

議題.3) その他

資 料：

資料 22-6-0-1 船員スキル定量化検討委員会委員等名簿

資料 22-6-0-2 秘密保持誓約書

資料 22-6-0-3 知的財産権技術資料リスト

資料 22-6-1-1 東京海洋大学の汐路丸実験について

資料 22-6-1-2 海技大学校の操船シミュレータ実験及び海技丸実験の結果について

資料 22-6-2-1 離着岸タスクの FRAM 分析

資料 22-6-2-2 無人運航システムに係る安全評価の基盤となる船員スキル定量化にお  
けるタスク分析

内 容：

議題.1) 避航操船について

○今回の結果の発表については筋が通っており、非常に分かりやすかった。実験と説明に筋  
が通っており、納得に値する。(斎藤委員)

○船員スキル定量化に向けて着々と進んでいる感触を感じる。(川崎委員)

○実務者の目線から見ても、操船には船長ごとに様々な癖があるものと思うが、その中で  
我々が納得するような目安が見えたという点において評価に値する。また、幅鞆海域であ  
るか広い海域であるかで衝突のおそれを感じる距離や、避航距離は変わってくると思う



ので、今後の実験や評価の際には水域の設定を明確にしてから行うのが良いと考える。

(本田委員)

- 他船の存在や海域の状況によって避航の様子が変わってくるのは先のコメントにもあった通りだ。中でもこれからターゲットになるであろう内航における輻輳海域での航行場面において、相手船に自船の舷灯を見せて互いの意思を確認するシーンがある。混みあっている海域ではなおのこと多く見られ、見合い角もまたそれに応じて変わると考える。先の発表の中で、「相手船に向ける」とあったと思うが、その要素をどこかに記しておくことは自動運航という観点からも必要ではないかと考える。(外谷委員)
- 被験者実験におけるアンケート調査と LF/HF が良い一致を示しており、優良な被験者を選定されたものと思料する。極めて有意義な実験だったと考える。(協田委員)
- 本事業において、人間のスキルを定量化できるのか、生態センサーから分かるのかというところから始まった。今回は先行研究や海技者の実験などを比較しながら物差しを作れたという点で良い結果を得られているものと認識している。しかし、海域の状態の違いや接近速度、見合い関係等、精度を上げるためにも検討すべき要素はまだある。その上でケースバイケース、或いはシナリオごとに指標を結び付けられるようになればさらに充実したものになるだろう。(庄司主査)

#### 議題.2) 離着岸操船について

- 2点確認したい。1点目に、FRAM 解析の結果において、船舶と宇宙船のモデルは似ているということだったが、異なる点はあるか。2点目に、飛行機の着陸時は基本的に自動化しているが、船舶の着岸においてはそうならない理由について、何が考えられるか。

(協田委員)

→宇宙船の場合、接近する際に大部分で自動化されている。そのため、多種多様なセンサーを稼働させながらの接近となるので人の手が介入することは殆どない。他に、接近までの計画のための時間スパンの長さも宇宙ならではのことといえる。例えば半日後のスラスタ噴射に向けて計画を策定するなどがある。(JAMSS 広瀬)

- 先の説明より、自動化の有無は物理的な時間の違いによるものと見受けられる。着陸が自動化されている飛行機においてもセンサーを多用する。(協田委員)

→飛行機は航路を占有できるが、船舶においてはそれができないという点も挙げられる。飛行機は滑走路を1機で占有できる反面、船舶については入出港する船舶と航路を共有することになるので状況は複雑になる。(関西学院大学 杉本)

- 実験協力者として申し上げたい。離着岸においては水域の条件が制限されており、バースや船舶ごとにやり方が異なる。その中でまずは自分なりの計画をたて、許容範囲から逸脱しないように操船することを心掛けている。動画等提供する中で、実際に危険と感じるようなシーンは一切なかったが、そのように我々は日々の業務を安全に行っている。今回の分析について、バースや船種の違いによって一概に言えるものではないが、アフォーダンス等一定の安全基準を知ることができたと感じている。今後もこのような研究に協力し

たいと考えている。(本田委員)

- 船舶にあって他の乗り物にないものとして、外力の影響を強く受ける点が挙げられる。飛行機には強力なエンジンがあり、宇宙では基本的に外力の影響を受けないが、船舶ではエンジンやスラスターが特段強力なものではなく、外力の影響も強く受ける。そのため、外力への抵抗も検討すべき要素と考える。(本田委員)
- 外力の大きさに加えて変化にも留意すべきだ。基本的に同じ状態であり続けることがないのはもちろんだが、船舶は気体と流体の両方に左右されるところが状況を複雑にしているものとする。また、FRAM 分析において船乗りが昔から行っている対景図やリーディングライトの利用等、同じような考え方をシステム化或いはシステムとして使った話に通じるものがあると認識している。さらに、外力がある中でも見え方が変わっていないければ外力を克服できているとする見方も面白い。(庄司主査)

### 議題.3) その他

- 成果報告書については本日発表のあった内容をもとに取りまとめる。指摘事項等あれば2月10日までを目安にご連絡いただければ、成果報告書でも対応可能と考えており、また、何か対応するものがあれば庄司委員長と適宜相談しながら成果報告書にまとめたいと考えているため、ご承知おきいただければ幸いです。(JMETS 川邊)
- 海技教育機構では、本事業の成果報告会を12月12日より12月23日までの日程にて、YouTubeを用いたオンデマンド方式で開催した。船社や学術団体等を中心に視聴いただいた。(JMETS 川邊)
- 東京海洋大学では船舶技術研究協会と共同で1月19日に成果報告会をハイブリッド形式で開催した。学外からも多くの方にご参加いただいた。(東京海洋大学 村井)

## 2.2 船員スキル定量化検討 WG 及び成果報告会

### 2.2.1 離着岸操船スキル定量化 WG (WG3)

#### (1) 第1回 WG3 (Web 審議)

日時：2022年5月10日

場所：オンライン (対面審議)

内容：WG3の実施内容及び方針

JAMSS への委託内容の確認及び担当

関西学院大学への委託内容の確認及び担当

#### (2) 第2回 WG3 (Web 審議)

日時：2022年6月3日

場所：オンライン（Web 審議）

内容：操船者の避航操船におけるタスク分析結果の報告

(3) 第3回 WG3（Web 審議）

日時：2022年6月8日

場所：オンライン（対面審議）

内容：避航操船タスク分析結果を踏まえた調査内容の再検討  
契約手続きスケジュール確認

(4) 第4回 WG3（Web 審議）

日時：2022年7月8日

場所：オンライン（対面審議）

内容：海技丸実船実験状況の共有  
動画提供による行動分析方法の検討

(5) 第5回 WG3（Web 審議）

日時：2022年9月9日

場所：オンライン（対面審議）

内容：実験データ取得・提供状況等進捗確認

(6) 第6回 WG3（Web 審議）

日時：2022年10月7日

場所：オンライン（対面審議）

内容：実験データ取得・提供状況等進捗

(7) 第7回 WG3（Web 審議）

日時：2023年1月13日

場所：オンライン（対面審議）

内容：離着岸操船タスク分析結果報告及び意見交換

## 2.2.2 成果報告会

(1) MEGURI2040 船員スキル定量化事業成果報告会

2022年12月12日（月）から2022年12月23日（金）に、インターネット上において講演動画を限定的に配信する方式（オンデマンド方式）により、MEGURI2040 船員スキル定量

化事業成果報告会を以下のとおり開催した。本会は、第9回独立行政法人海技教育機構研究発表会との同時開催で実施したものであり、延べ参加人数は192名であった。

◆MEGURI2040 船員スキル定量化事業成果報告会 （注：○は、講演発表者）

日時：2022年12月12日（月）から2022年12月23日（金）

会場：オンライン会議

形式：インターネット上において講演動画を限定的に配信する方式（オンデマンド方式）

【講演内容】

・委員長挨拶：

船員スキル定量化検討委員会 委員長／東京海洋大学 庄司 るり

・概要説明：

「無人運航船プロジェクト「MEGURI2040」と船員スキル定量化事業の概要について」  
（独）海技教育機構 前田 潔

・基調講演：

「安全運航のためのヒューマンファクター ―見張りと視機能―  
Human Factors for Safe Navigation - Lookout and Visual Perception -」  
神戸大学名誉教授／大島商船高等専門学校 校長 古莊雅生

・講演1 「生体情報を用いた船員スキル定量化手法構築と避航操船スキルの定量化」

東京海洋大学 ○村井康二，田丸人意，榎野純，西崎ちひろ，庄司るり

・講演2 「海技大学校における船員スキル定量化実験について」

（独）海技教育機構 ○万谷小百合，船員スキル定量化事業メンバー

・講演3 「機能共鳴分析手法を用いた熟練船長・航海士の成功要因分析」

有人宇宙システム株式会社 ○広瀬貴之，野本秀樹，飯野翔太，道浦康貴

・講演4 「船員スキル定量化のための操船リスク認知プロセスの分析」

関西学院大学 杉本匡史，○長田典子  
関西学院大学／関西国際大学 上田真由子  
東京海洋大学 西崎ちひろ，田丸人意，村井康二

## (2) 東京海洋大学 船員スキル定量化事業成果報告会

2023年1月19日(木)13時30分から東京海洋大学越中島キャンパス越中島会館講堂においてハイブリッド形式(東京海洋大学学生:対面,一般:Web)にて船員スキル定量化事業成果報告会を以下のとおりに開催した。参加人数は146名(内訳 学生:26名,講演者・関係者:13名,Web:107名(登録者数:143名))であった。

### ◆船員スキル定量化事業成果報告会

MEGURI2040・無人運航船の開発の現状と社会実装に向けた取り組み

日時:2023年1月19日(木)13:30~16:50

会場:東京海洋大学 越中島キャンパス 越中島会館講堂

形式:学生:対面, 一般:Web会議

#### 【講演内容】

司会進行 日本船舶技術研究協会 福戸淳司

#### ・開会の挨拶(13:30)

日本船舶技術研究協会 専務理事 加藤光一

#### ・基調講演 「無人運航船の可能性」

講演者: 東京海洋大学 清水 悦郎 教授

#### ・講演1 「MEGURI2040について」

講演者: 日本財団 中川 直人 様

#### ・講演2 「船舶自律化システムにおける行動計画策定機能の歩みと課題並びにその展望」

講演者: 日本海洋科学 森岡 丈知 様

#### ・質疑応答1

学生からの質疑応答

#### ・講演3 「船員スキル定量化事業の取り組みと成果」

講演者: 東京海洋大学 村井 康二 教授

- ・講演 4 「無人運航船の安全性評価」

講演者： 日本海事協会 渡邊 遼 様

- ・質疑応答 2

学生からの質疑応答

- ・閉会 (16:50)

協力 公益社団法人日本航海学会

協賛 IEEE Society on Systems, Man, and Cybernetics Japan Chapter



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  
2022 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