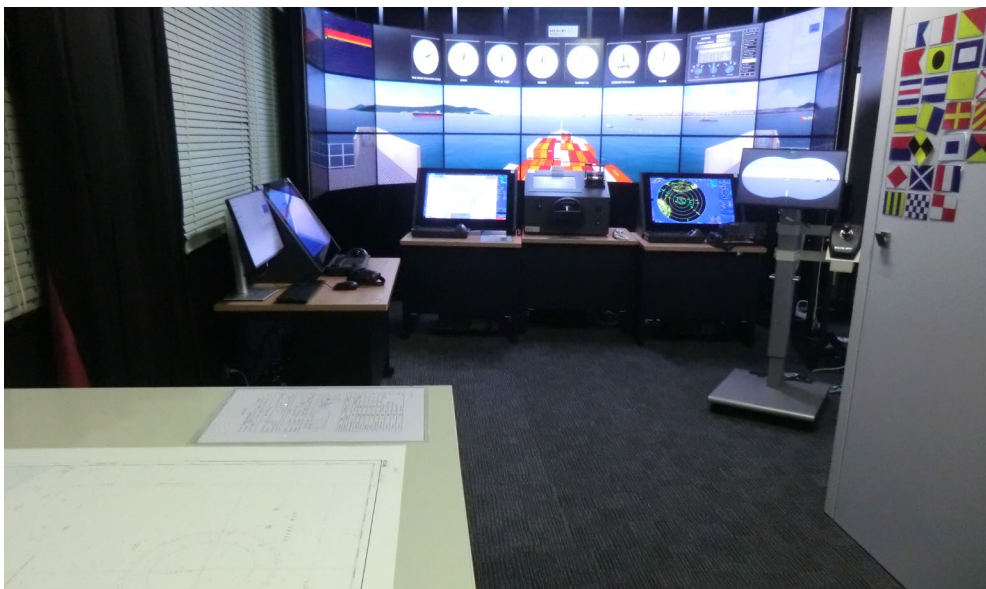


5.2 「自動運航船の遠隔操船者の能力要件に関する検討」 遠隔操船者の能力要件（1隻監視）

独立行政法人海技教育機構 海技大学校

加藤由季



- 目的
- 前提条件・実験環境
- 方法
- 結果
- 考察

□ 背景

現在、日本ではあらゆる分野において人手不足が社会的な問題となっている。自動運航に係る技術開発の進展、無人運航船の運航が、それらの問題を解決するための方法の一つとして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、無人運航船の実用化が行われている。

無人運航船の実用化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。海技教育機構は、2023年度からの3年間において上記プロジェクトの参加し、リモートオペレーションセンター（ROC）※を模擬する訓練施設を整備した。

□ 目的

自動運航船において遠隔から避航操船が必要な場合を想定した上で、**遠隔オペレータの能力要件**を特定し、ROCシミュレータを用いる遠隔オペレータの教育訓練手法を提示する。本研究では「遠隔監視・操船センターの理解(避航操船に限る)」および「データ通信の理解(避航操船に限る)」を対象に実験を実施する。

どんな能力をもつ遠隔OPであれば、市場に受け入れられるかに着目

遠隔監視又は遠隔操船を行う遠隔オペレータ（陸員）が担う役割

	ステータス※	自動運航システムの役割 (ANS)	遠隔の役割	遠隔オペレータの配置	ブリッジの当直 (700総トン以上)
⑤	FA (ステータスがMM以下に低下してから、ブリッジ2人体制となるまでの時間を含む)	全てをシステムに委任	監視 操船 (ステータス低下後からブリッジ2人となるまで)	レベル1以上：1人 レベル2：1人 ※ステータス低下後からブリッジ2人となるまでの間は陸上の2人が対応	B0

レベル1：監視・補助（Q/Mのイメージ）

- ROCにおいて、監視対象船および周囲状況に対する適切な見張りを実施する
- 異常や危険兆候を認知し、その内容をレベル2および船上の搭乗者に報告・共有する
- 船上の船員またはレベル2の指示に基づき、遠隔から操舵操作を実施する

レベル2：操船判断・避航操船（責任当直航海士のイメージ）

- レベル1および船上の搭乗者と連携し、安全な航海当直体制を維持する
- 自動運航システムの状態や周囲状況を踏まえ、避航操船の開始を判断する
- 遠隔環境下において、適切な避航操船を実行する

右舷45°の船舶の船尾を航過するため、H/C 060 にセット



FAからステータスが低下の際の遠隔操船のイメージ（⑤）

制御権の優先度（遠隔オペレータの重要な役割は事故防止）

舵および機関の制御権の優先は、ANS < RC < On-boardの順
上位は下位にある制御権を必要に応じて強制的に切り替え可能※

※制御権の切り替えは、非常時対応（ステータス低下を含む）だけでなくエラーチェーン切断等にも使用可能

遠隔監視・操船センターの設定

実験環境

内容

地理範囲	海上交通安全法や港則法の適用海域を含まない沿岸海域
航行条件	昼間、視程10マイル以上
天候条件	波高最大 2m 以下、風速 5m/s以下
通信条件	陸上の遠隔支援センター（ROC）と常時接続
船種	定期航路 コンテナ船
他船・交通	AISとARPAによる検出可能、当校が2023年度に設定の基礎実験シナリオを使用
衝突回避	自動運航システム（ANS:完全自動運転が一部可能な自動化レベル）の実装を想定。 有資格者が1人以上乗船しており、最終責任者は船上にいる者
制御権	舵および機関の制御権の優先は、ANS < RC < On-boardの順
通信障害	2秒までとする

早期避航
危険な操船は禁止

システム不良時や
安全領域を侵す場合は人間

ANS アラート
ステータス※3

内容

他船の接近

CPA一定距離未満（前方6.4L:0.7NM,左右後方1.4L:0.2NM※1）かつTCPA一定接近時間未満（12分）※2に接近する他船が存在する場合は、TC※4以下に低下

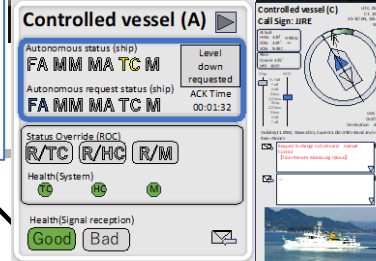
※1 井上欣三,バンパーモデル, ※2 2024年度実験結果 2σ:195sec+S/B Fullの舵角10度:316sec+6.4L行会い:104sec+移動時間30sec×2、

※3 ステータスの説明は次のページを参照 ※4 トラックコントロール

ROCsim室の構成

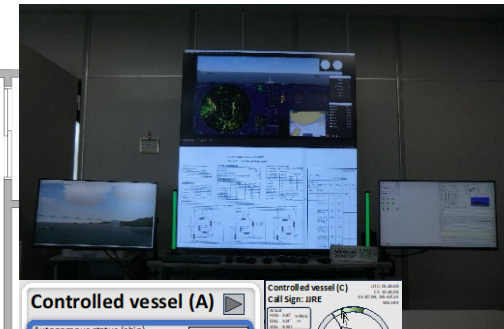
操船ブリッジステーション (SH St.)

操舵装置、航海コンソール、オーバーヘッドパネル、音響装置、GPS、VHF、視界再現装置、レーダ、ECDIS、双眼鏡、レピーターコンパス、ステータスマニタリング装置、船陸間直通電話



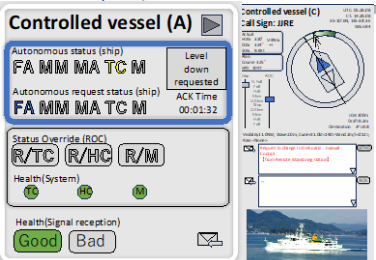
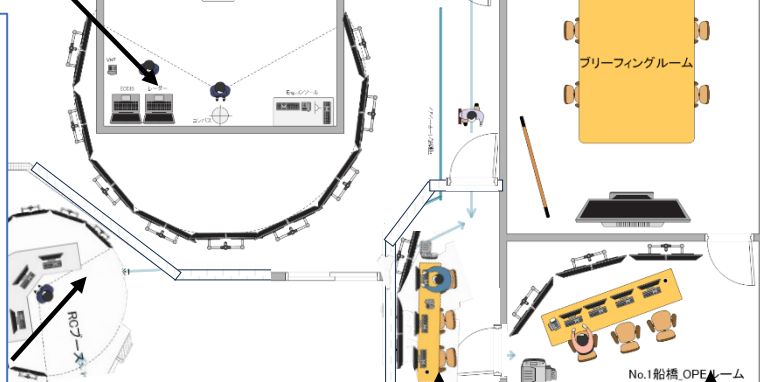
リモートモニタリングステーション (RM St.)

SH St.複製画面表示装置、RC St.複製画面表示装置、操作用マウス、ステータスマニタリング装置、船上音受信スピーカ、船陸間直通電話



リモートコントロールブリッジステーション (RC St.)

操舵装置、航海コンソール、オーバーヘッドパネル、音響装置、GPS、VHF、視界再現装置、レーダ、TCS付きECDIS、AMS付きECDIS、双眼鏡 (方位計測機能付き)、ステータスマニタリング装置、船陸間直通電話



ROCシミュレータ
スタッフブース

操船シミュレータ
スタッフブース

被験者

- 海技免許(航海)の三級以上
- 免許取得後に乗船履歴が1年以上
- 2人1組として実施

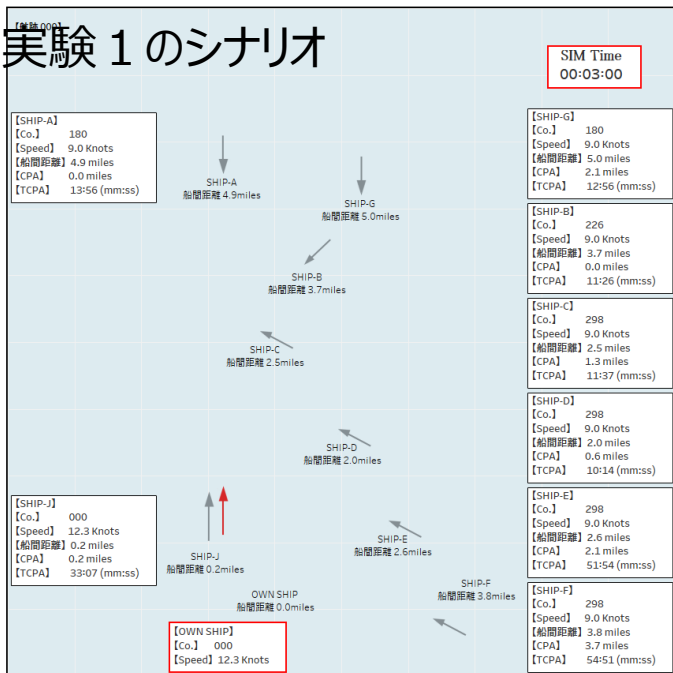
被験者16人

一級水先人：1人，船長：9人，
C/O：1人，2/O：2人，3/O：3人

現時点では遠隔OPはいない
どんな能力をもつ遠隔OPであれば，市場に受け入れられるかに着目

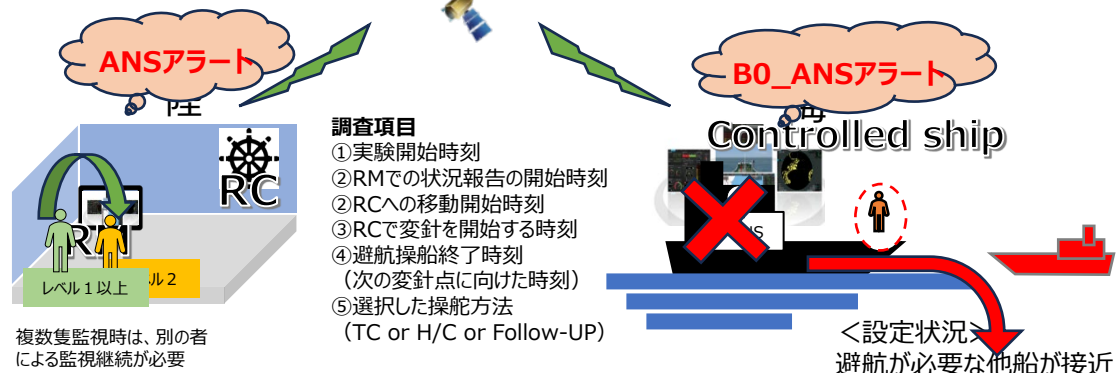
職位	乗船履歴	年代	背景
一級水先人	10年以上	50代前半	一般商船
船長	10年以上	60代以上	一般商船
船長	10年以上	60代以上	一般商船
船長	10年以上	60代以上	一般商船
船長	10年以上	60代以上	一般商船
船長	10年以上	60代以上	練習船
船長	10年以上	60代以上	練習船
船長	10年以上	50代前半	練習船
船長	10年以上	40代後半	練習船
船長	5年以上10年未満	40代後半	練習船
一等航海士	10年以上	40代前半	練習船
二等航海士	2年以上5年未満	40代前半	一般商船
二等航海士	2年以上5年未満	30代前半	練習船
三等航海士	2年以上5年未満	50代前半	一般商船
三等航海士	2年以上5年未満	20代後半	練習船
三等航海士	2年以上5年未満	20代後半	練習船

実験1のシナリオ



□ 実験 1

- ROCsim^{※1}を用いて避航操船が必要な状況を提示し、**遠隔から監視・操船の一連を体験**させる実験
- 実験後、遠隔からの避航対応に必要なスキルについて**主観評価アンケート**調査を実施



□ 実験 2

- ROCsim^{※1}を用いて、**通信遅延における遠隔操船を体験**させる実験を実施
- 実験後、遠隔からの避航対応に必要なスキルについて**主観評価アンケート**調査を実施

主観評価アンケート

STCW A-2-1表「総トン数500トン以上の船舶において甲板部の当直を担当する職員の最小限の能力基準の詳細」の内の避航操船に関係する項目を提示し、過不足を含めた必要度を回答させる

※1 リモートオペレーションセンターを模擬するシミュレータ施設

Competence	Knowledge Understanding Proficiency (KUP)	コレスポネンズ分析での表現		
		item	Level1	Level2
制御監視対象船の操縦性能を理解できる	三級海技士を含む「操船（船舶の操縦性能：舵及びスクリーンローラの作用、停止距離、旋回圈、スクオート、横揺れ及び縦揺れによる余裕水深の減少、操船に及ぼす浅い水域、風、波、及び流潮の影響、航過する船舶間の相互作用、側壁影響、損傷回避のための減速航行、操船上の推進機関の特徴）」に関する知識を有すること 制御監視対象船の操縦特性を加味して、ROCから変針、保針、増減速するための操作ができる	1_1※	Lv1	Lv2
制御監視対象船の航海計画、航行および位置を理解できる	三級海技士を含む「航海の計画・航行及び船位の決定の能力」を有すること(STCWコードA-2-1表：天文航法、天文航法及び沿岸航法、船位測定及び航法のための電子装置、音響測深機、磁気コンパス及びジャイロコンパス、操舵制御装置、気象参照) 制御監視対象船の航海計画を確認できる 制御監視対象船の要目（船名、船の全長、幅、喫水など）及び航行情報（位置・針路・速度・回頭角速度など）を確認できる 制御監視対象船付近の気象海象の情報を確認できる その情報の真正を搭乗者とのコミュニケーションによって確認できる	1_2	—	Lv2
		2_1	Lv1	Lv2
		2_2	Lv1	Lv2
		2_3	Lv1	Lv2
		2_4	Lv1	Lv2
制御監視対象船の操船権の状態を理解できる	制御監視対象船の舵および機関の制御権の所在（制御監視対象船及びROCの別）を確認できる 自動運航システムの自動化レベルを確認できる	2_5	Lv1	Lv2
		3_1	Lv1	Lv2
制御監視対象船が安全な航海当直を維持していることを理解できる	三級海技士を含む「安全な航海当直の維持の能力」を有すること(STCWコードA-2-1表：当直、COLREGS、航海当直、効果的な船橋共同作業、航路の利用、航海計器から得られる情報の利用、狭視界航行技術、VTS、BRM参照) 自動運航システムのアラートに対して適切に対応できる 制御監視対象船が安全な航海当直を維持するために必要な情報を、制御監視対象船とROCにおいて共有できる 景観カメラ映像の情報をレーダーやAISで補完することができる 制御監視対象船が自動運航システムによる制御中であり、かつ安全な航海当直が維持できていないことが認められる場合に、ROCから操船できる	3_2	Lv1	Lv2
		4_1	Lv1	Lv2
		4_2	Lv1	Lv2
		4_3	Lv1	Lv2
		4_4※	Lv1	Lv2
安全な航海維持のためのレーダーおよびARPA情報を理解できる	三級海技士を含む「安全な航海維持のためのレーダーおよびARPA情報の使用に関する能力」を有すること(STCWコードA-2-1表：レーダー航法参照)（レーダーの最小探知距離・最大探知距離が重要) 制御監視対象船上にあるレーダーと同程度の内容を表示する装置をROCにおいて操作し（ROCでの操作は制御監視対象船上のレーダーに影響を与えない）、周囲対象物の情報（制御監視対象船との位置関係やCPA等を含む）を確認できる その情報の真正を、搭乗者とのコミュニケーションによって確認できる その装置から制御監視対象船の周囲対象物の情報（制御監視対象船との位置関係やCPA等を含む）を確認し、利用できる	4_5	—	Lv2
		5_1	Lv1	Lv2
		5_2	Lv1	Lv2
		5_3	Lv1	Lv2
安全な航海維持のためのECDIS情報を理解できる	三級海技士を含む「安全な航海維持のためのECDISの使用に関する能力」を有すること(STCWコードA-2-1表：ECDISを使用する航海参照) 制御監視対象船上にあるECDISと同程度の内容を表示する装置をROCにおいて操作できる（ROCでの操作は制御監視対象船上のECDISに影響を与えない） その装置から制御監視対象船付近の周辺海域の海図情報（制御監視対象船の位置や水深、険悪物等を含む）を確認できる その情報の真正を搭乗者とのコミュニケーションによって確認できる その装置から制御監視対象船がある周辺海域の海図情報（航路標識、水深、険悪物等を含む）を確認し、利用できる	5_4	—	Lv2
		6_1	Lv1	Lv2
		6_2	Lv1	Lv2
		6_3※	Lv1	Lv2
		6_4	Lv1	Lv2
安全な航海維持のためのアラートマネジメントシステム(AMS)情報(BNWSを含む)を理解できる	制御監視対象船上にあるAMSと同程度の内容を表示する装置をROCにおいて操作できる（ROCでの操作は制御監視対象船上のAMSに影響を与えない） その装置から制御監視対象船上のアラート(Alert/Warning/Caution)を確認できる その情報の真正を搭乗者とのコミュニケーションによって確認できる	6_5	—	Lv2
		7_1	Lv1	Lv2
		7_2	Lv1	Lv2
		7_3	Lv1	Lv2
船陸間の通信に関して理解ができる	テキストメッセージを制御監視対象船から受信できる テキストメッセージを制御監視対象船に送信できる 音声により通信できる 通信障害の有無を確認できる	8_1	ALL	
		8_2	ALL	
		8_3	ALL	
		8_4	ALL	

※はLevel1のみの質問項目、Level2はLevel1を包含する条件のためLevel2も同じと扱う

□ 不要項目の洗い出し
7件法で必要度を調査

- 1:非常に不要
- 2:かなり不要
- 3:やや不要
- 4:どちらでもない
- 5:やや必要
- 6:かなり必要
- 7:非常に必要

□ 不足項目の抽出
自由記述で調査

□ 各項目の特徴の検討

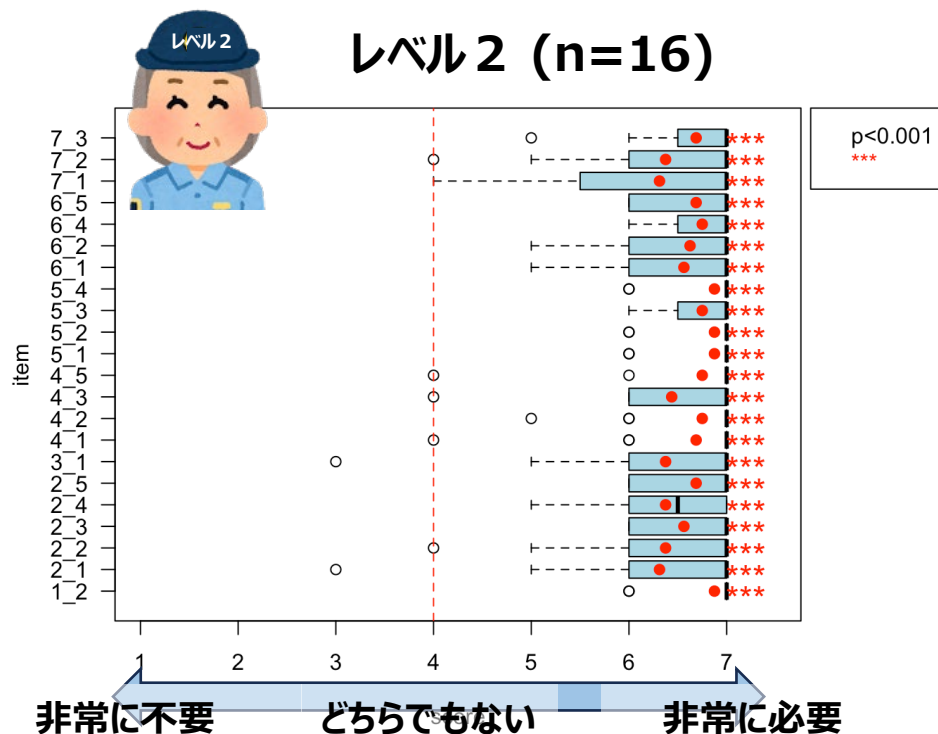
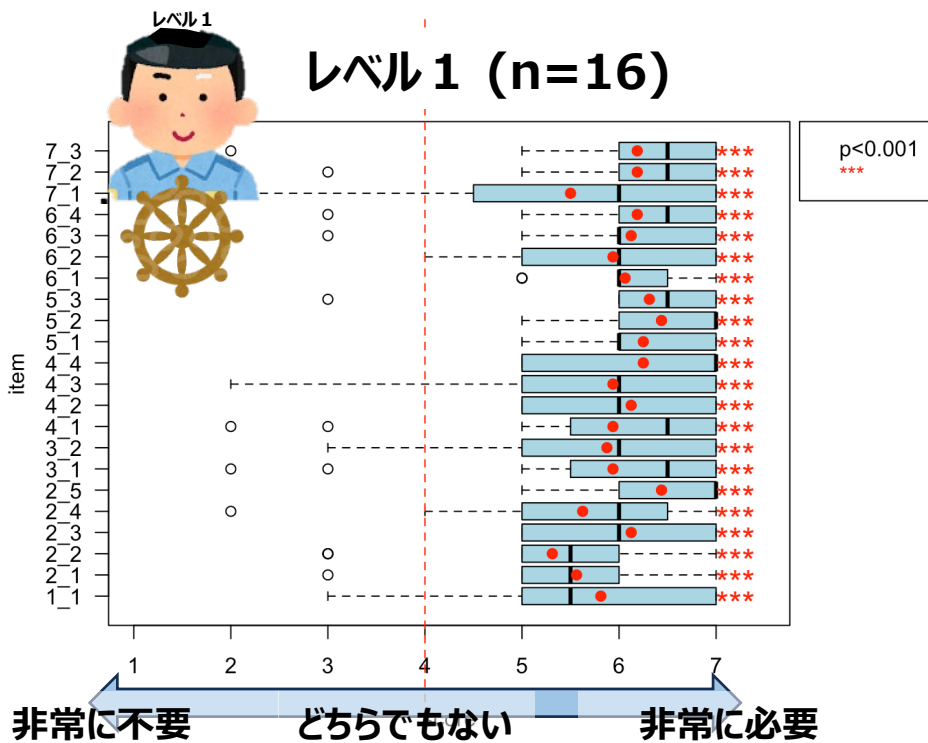
- バート・カツ理論
- T:業務遂行能力
- H:対人能力
- C:概念化能力

表1 避航操船に着目する場合に、遠隔監視・操船センターの理解およびデータ通信の理解に関してROに求められる最低限の能力

□ 7件法※での必要度の分析結果 (分析は, 1標本t検定の片側検定を実施した)

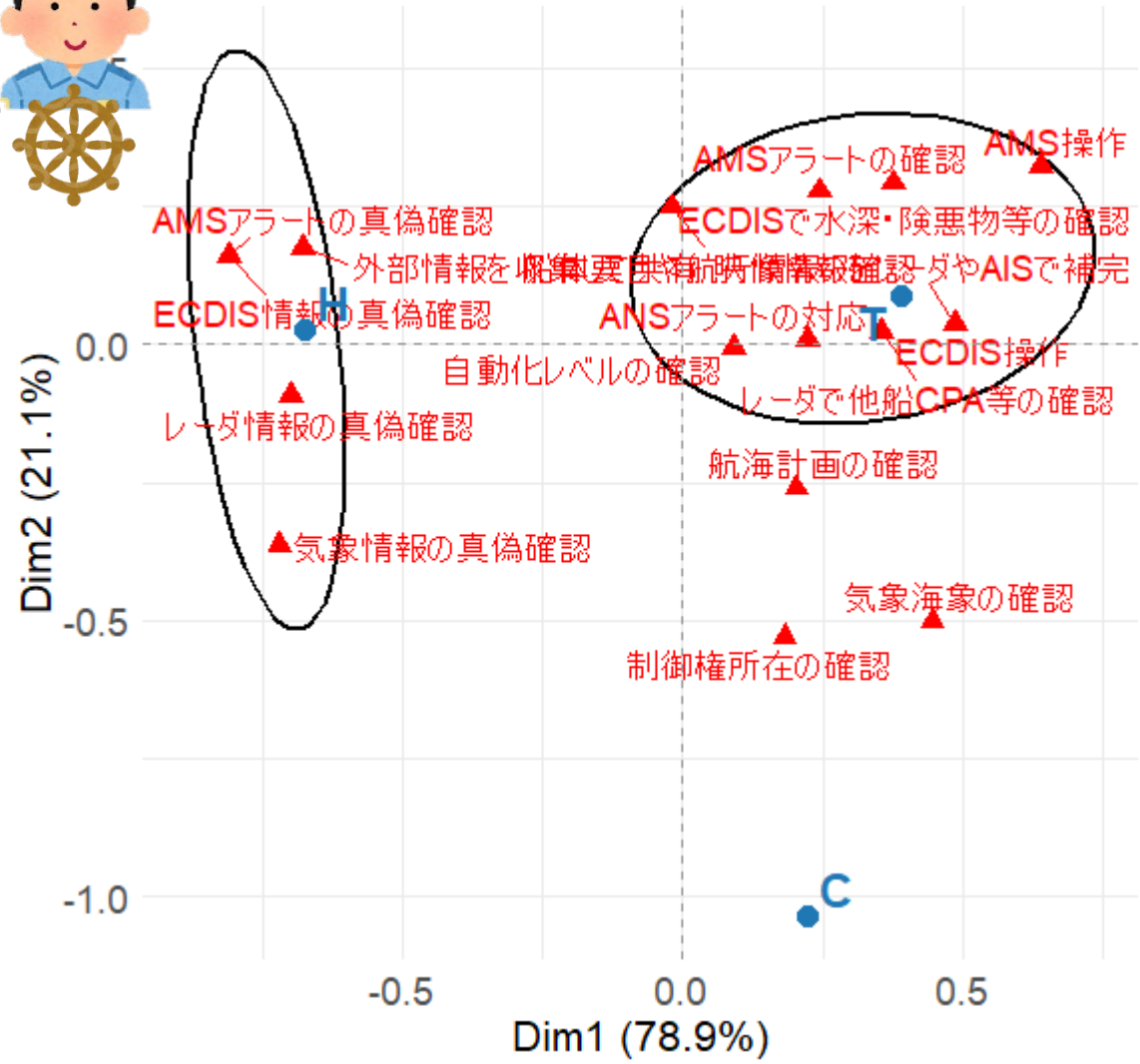
仮説	数式	内容	※ 7件法 1非常に不要~4どちらでもない~7非常に必要
帰無仮説 H_0	$\mu = 4$	平均は4と等しい	
対立仮説 H_1	$\mu > 4$	平均は4より大きい (必要寄り)	

→提示したすべての項目について有意差があり, **必要であることが支持された**





レベル1 (n=16)



コレスポネンス分析：各itemに対するT/H/C分類の関係を可視化
k-means分析：距離的な類似性を基準にして、客観的にクラスタリング

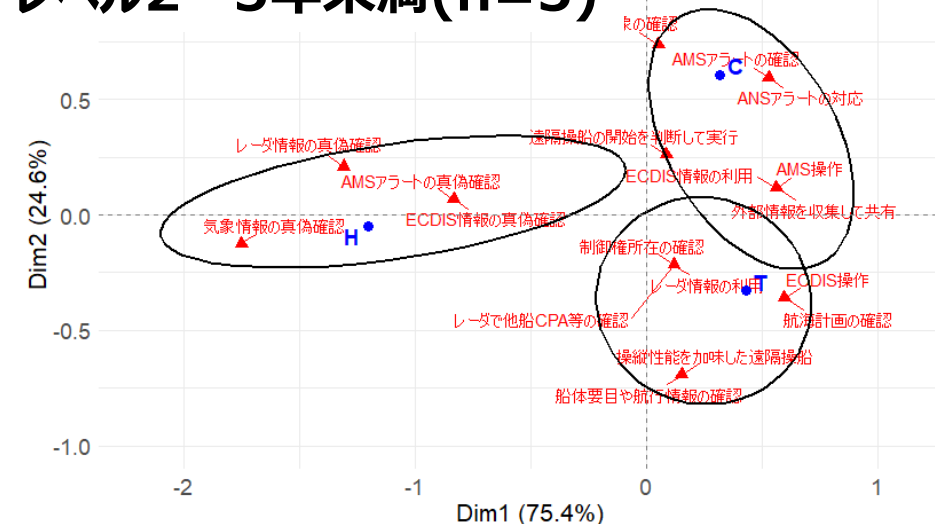
- 2分類が形成
- 多くのitemが対人能力(H)および業務遂行能力(T)の近傍に配置

Competence	Knowledge Understanding Proficiency (KUP)	コレスポネンス分析での表現	Item	Level1	Level2
制御対象船の操縦性能を理解できる	操縦性能に関する船舶の操縦性能、舵角・船速の調整、停止距離、回頭、スワープ、横揺れ及び縦揺れによる乗客水深の減少、揺動に及ぼす浪の状況、風、波、及び洋流の影響、航行する船舶間の相互作用、衝突回避のための減速航行、緊急時の操縦機材の操作に関する知識等であること 制御対象船の操縦特性を知り、ROCから変位、保航、増速するための操作ができる	操縦性能を加味した遠隔操縦	1.1※	Lv1	Lv2
制御対象船の航海計画、航行および位置を理解できる	航海計画に関する「航海の計画、航行及び船位の決定の能力」を有すること (STWコード A-1※、天文航海、天文航法及び沿岸航法、船位測定及び航法のための電子装置、音響測深機、測深コンパス及びSheerコンパス、操縦制御装置、集集参照) 制御対象船の船位を把握できる 制御対象船の船名、船の全長、幅、喫水など及び航行情報(位置・針路・速・回頭角速度など)を把握できる 制御対象船の航行の気象海象の情報を把握できる その情報の真偽を操縦者とのコミュニケーションによって確認できる	航海計画の確認 船体目録や航行情報の確認 気象海象の確認 気象情報の真偽確認	2.1 2.2 2.3 2.4 2.5	Lv1 Lv1 Lv1 Lv1 Lv1	Lv2 Lv2 Lv2 Lv2 Lv2
制御対象船の操縦船の状態を理解できる	制御対象船の船名及び船種に関する情報(制御対象船とUSCの別)を確認できる 自動運転システムの自動レベルを確認できる	制御船所在の確認 自動レベルの確認	3.1 3.2	Lv1 Lv1	Lv2 Lv2
制御対象船が安全な航海当直を維持していることを理解できる	自動運転システムが安全な航海当直を維持していること (STWコード A-1※、音響測深機、COLREGS、航海当直、効果的な船機共同作業、航路の利用、航海計画から得られる情報の利用、操縦者航行技術、VTS、IRM参照) 自動運転システムのアラームに対して適切に対応できる 制御対象船が安全な航海当直を維持するための必要な情報を、制御対象船とROCにおいて共有できる 操縦者が欠席の情報をレーダやAISで補充することができる	ANSアラートの対応 外部情報を収集して共有 操縦情報をレーダやAISで補充 遠隔操縦の開始を判断して実行	4.1 4.2 4.3 4.4※ 4.5	Lv1 Lv1 Lv1 Lv1 Lv2	Lv2 Lv2 Lv2 Lv2 Lv2
安全な航海維持のためのレーダおよびARPA情報を理解できる	自動運転システムに「安全な航海維持のためのレーダおよびARPA情報の使用に関する能力」を有すること (STWコード A-1※、レーダ、レーダ航法装置、レーダの操作に関する知識が重要) 制御対象船とレーダの位置関係の表示内容を確認できる その情報の真偽を、操縦者とのコミュニケーションによって確認できる その位置から制御対象船の船名、船種、船種、水深、険悪物等を含む情報を把握、記録できる	レーダで他船CPA等の確認 レーダ情報の真偽確認 レーダ情報の利用	5.1 5.2 5.3 5.4	Lv1 Lv1 Lv1 Lv2	Lv2 Lv2 Lv2 Lv2
安全な航海維持のためのアラートマネージメントシステム (AMS) 情報 (BWSASを含む)を理解できる	自動運転システムに「安全な航海維持のためのECDISの使用に関する能力」を有すること (STWコード A-1※、ECDISに関する知識が重要) 制御対象船とレーダの位置関係の表示内容を確認できる その情報の真偽を、操縦者とのコミュニケーションによって確認できる その位置から制御対象船の船名、船種、船種、水深、険悪物等を含む情報を把握、記録できる	ECDIS操作 ECDISで水深・険悪物等の確認 ECDIS情報の真偽確認 ECDIS情報の利用	6.1 6.2 6.3※ 6.4 6.5	Lv1 Lv1 Lv1 Lv1 Lv2	Lv2 Lv2 Lv2 Lv2 Lv2
安全な航海維持のためのアラートマネージメントシステム (AMS) 情報 (BWSASを含む)を理解できる	自動運転システムに「安全な航海維持のためのAMSの使用に関する能力」を有すること (STWコード A-1※、AMSに関する知識が重要) 制御対象船とレーダの位置関係の表示内容を確認できる その情報の真偽を、操縦者とのコミュニケーションによって確認できる	AMS操作 AMSアラートの確認 AMSアラートの真偽確認	7.1 7.2 7.3	Lv1 Lv1 Lv1	Lv2 Lv2 Lv2
船間通信の運用に関して理解ができる	テキストメッセージを制御対象船から受信できる テキストメッセージを制御対象船に送信できる 音声により通信できる 遠隔通信の有無を確認できる		8.1 8.2 8.3 8.4	ALL ALL ALL ALL	ALL ALL ALL ALL

※はLevel1のみの質問項目、Level2はLevel1を包含する条件のためLevel2も同じと扱う

T:業務遂行能力、H:対人能力、C:概念化能力

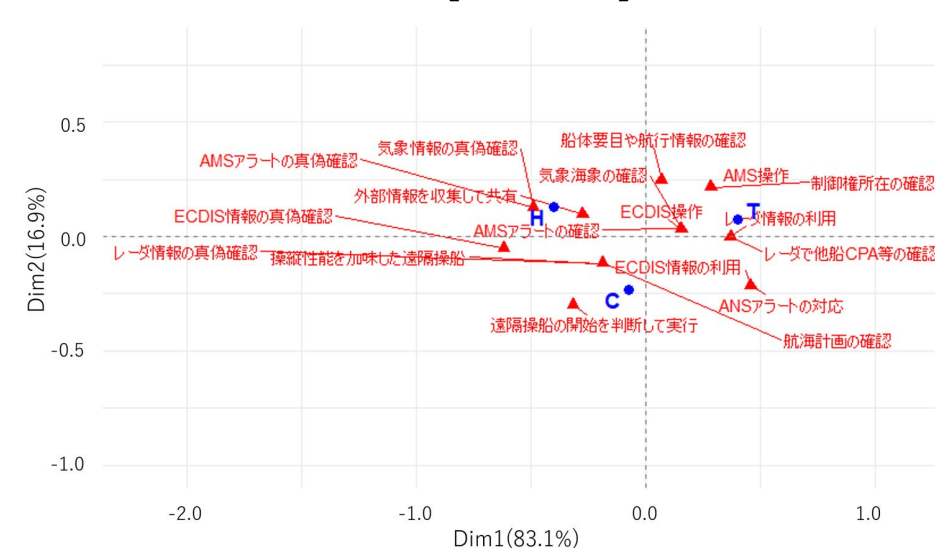
レベル2 5年未満(n=5)



概念化能力 (C) の近傍に

「遠隔操船の開始を判断して実行」に加え、「AMS アラートの確認」や「ANS アラートの対応」といった、システムから提示される情報への対応に関する item が配置

レベル2 5年以上(n=11)

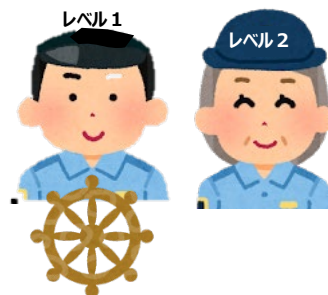


クラスタ分類は形成されなかった

これは対象としたitem間の関係が離散的ではなく、連続的かつ統合的な構造を有すことを示唆

「遠隔操船の開始を判断して実行」に加え、「操縦性能を加味した遠隔操船」「レーダの真偽確認」「航海計画の確認」など、船舶性能や航海計画を含めた、より広い時間的・空間的文脈に基づく判断に関わる item が配置

遠隔オペレータに求められる能力は、
レベル1とレベル2で性質が大きく異なった



どんな能力をもつ遠隔OPであれば、市場に受け入れられるかに着目

レベル1

- 遠隔環境において体感できない気象・海象などの情報を、レーダ等の表示情報から補完的に解釈する能力や、他船通信、危険船の抽出、針路調整といった具体的作業能力が重視
- 高度な概念化能力を必ずしも要するものではなく、具体的な操作・技能習得が必要

→手順化が可能な初期段階の技能訓練が適切と考えられる

レベル2

- 遠隔環境における状況認識の困難さを前提に、判断や行動を先行させる統合的な能力が求められる
- **乗船経験が5年以上**の被験者は、船上の船員およびレベル1からからの具体的な報告内容を統合し、船舶性能や運航全体の文脈を踏まえて操船を実行する傾向があった

→一定期間の乗船経験が重要な前提条件。遠隔からの意思決定という船上とは異なる状況特性に焦点を当てた討議形式の教育が適すると考えられる

乗船経験は、レベル1・レベル2のいずれにおいても遠隔操船に欠くことのできない要素。遠隔オペレータ教育は、操作技能中心の訓練にとどまらず、段階的な能力構造の整理、乗船経験との組み合わせ、および倫理観・責任感を統合した専門的教育として設計する必要がある

- 本論で整理した能力要件は、ROC の ConOps や機能要件が未確定な状況において、特定の運用前提と装置構成を想定して抽出したものである。前提を変更する場合には、再整理が必要になる。例えば、レベル2に対して乗船経験5年以上が一つの目安として示唆された知見は、「遠隔オペレータのみでの2名体制」を想定する結果である。これを「船上員と遠隔オペレータが連携する2名体制」とする場合には、レベル2の役割を船上の船員が担うことで、遠隔オペレータに求められる能力や必要な乗船経験年数を減じる余地がある。
- さらに、臨場感を高める技術や支援装置の導入は、体感できない情報の理解を、教育だけでなく技術的に補完できる可能性を有する。各装置について、人間の関与の在り方を更に検討することは、臨場感を高める新技術や支援装置が導入された将来の ROC における教育・訓練の検討への発展に寄与することが期待できる。

- (1) International Maritime Organization(IMO) : Symposium on Maritime Autonomous Surface Ships (MASS) 2025 and IMO MASS Code, <https://www.imo.org/en/about/events/pages/mass-symposium-2025.aspx> (accessed 2026.1.18) .
- (2) 日本財団 : MEGURI2040 自動運航船プロジェクト, <https://www.nippon-foundation.or.jp/what/projects/meguri2040/>,(accessed 2026.1.18).
- (3) Yuki Kato and Tomoya Horiguchi : Effect of perception difference between first- and third-person perspectives on local and global situation recognition in ship handling, Journal of Navigation, Cambridge University Press 23 May 2022.
- (4) IMO : Regulatory scoping exercise for the use of Maritime Autonomous Surface Ships (MASS), MSC.1/Circ.1638,<https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/Autonomous-shipping.aspx>,(accessed 2026.1.18).
- (5) European Maritime Safety Agency (EMSA) : CMOROC MASS Project: Cooperative Maritime Operation Remote Operation Center, EMSA Newsroom,<https://www.emsa.europa.eu/newsroom/latest-news/item/5089-cmoroc-mass.html>(accessed January 18, 2026).
- (6) IMO : Outcome of the Maritime Safety Committee (MSC 107), IMO, 2023.<https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/MSC-107.aspx>(accessed January 18, 2026).
- (7) IMO : Outcome of the Maritime Safety Committee (MSC 109),IMO, 2024. <https://www.imo.org/en/mediacentre/meetingsummaries/pages/msc-109th-session.aspx>(accessed January 18, 2026).
- (8) 国土交通省 海事局 : 自動運航船の実現に向けた取組について, <https://www.mlit.go.jp/maritime/content/001857232.pdf>,(accessed January 18, 2026).
- (9) 航海当直基準について (国土交通省告示) , <https://www.mlit.go.jp/notice/noticedata/pdf/201703/00006415.pdf>,(accessed January 18, 2026).
- (10)加藤由季, 堀口知也, 村井康二, 瀧真輝 : 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,Cognitive Studies: Bulletin of the Japanese Cognitive Science Society, Vol.27, No.4, pp.511-526, 2020.

