Kobe University Repository : Kernel

PDF issue: 2025-07-16

船舶機関運用管理におけるワークロード評価手法と非技術的能力評価手法の研究

石田，達朗

(Degree)
博士（工学）
(Date of Degree)
2022-03-25
(Date of Publication)
2023-03-01
(Resource Type)
doctoral thesis
(Report Number)
甲第8375号
(URL)
https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1008375

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。

（別紙様式３）

論文内容の要旨

氏　　名　　石田　達朗

専　　攻　　海事科学専攻

論文題目（外国語の場合は，その和訳を併記すること。）

船舶機関運用管理におけるワークロード評価手法と非技術的能力評価手法の研究

指導教員　　内田　誠

（氏名：　石田　達朗　NO.1）

本研究では機関運用管理現場を想定したシミュレーター環境下での機関士のワークロード評価手法の評価・検討及びERM訓練時の非技術的能力の評価手法の検討を行った．本研究において作成した評価指標の妥当性と評価の客観性について考察を行った．

本研究では機関運用管理現場を想定したシミュレーター環境下での機関士の行動特性をワークロードとして分析・評価を行い，その分析・評価結果を基に機関運用管理現場のより実船環境における緊急対応を模したシミュレーター環境下でのシナリオ作成とERM訓練実施方法の検討を行った．シミュレーター環境下でのERM訓練シナリオ及び評価方法についてIMO Model Course 2.07や国内のERM訓練実施機関のERM訓練シナリオ等のヒアリング調査結果を参考に，本学機関シミュレーターにおいて実施可能なシナリオ作成を行った．本研究において作成したシナリオを基に，主観的ワークロード評価及び客観的なワークロード評価手法の評価・検討を行った．客観的ワークロード評価に関してはVACP評価手法を機関運用管理現場に適応させる為に評価指標を作成し，その評価指標の妥当性と有用性を明らかにした．次に，ERM訓練時の非技術的能力の評価手法の検討を行う為に，前述のIMO Model Course 2.07に記載の評価方法を参考に評価指標の作成と評価方法の検討を行い，乗船経験を有する評価者による評価結果の比較を行う事で，評価指標の妥当性と評価の客観性について考察を行った．本研究において評価・検証を行った機関運用管理現場におけるワークロードと非技術的能力の両者の関係性を考察し，ワークロードを考慮したERM訓練評価手法の検討を行った．以下に本研究で得られた主要な結論と成果を述べる．

第1章では近年の船舶機関運用管理の変化とそれに伴う機関士のワークロード評価や非技術的能力の評価手法の検討が求められていることを述べ，シミュレーターを用いたマネジメント訓練の需要ならびに実施及び評価手法を確立させる必要性をまとめ，本研究の重要性を示した．更に機関管理現場や機関士の主観的・客観的ワークロード評価や非技術的能力の定量的評価の研究と機関運用管理現場におけるワークロード評価と非技術的能力の関係性の評価・検討を行った本研究の新規性を述べるとともに，本研究の目的を述べた．

第2章では海事業界をはじめ航空業界や自動車業界，鉄道や医療といった他業界におけるヒューマンファクターに起因するワークロード評価手法に関する国内外の研究業績の調査を行った．同時にシミュレーターを使用したERM訓練時の非技術的能力の評価・検討の為に，航空業界において発展したCRM（Cockpit Resource Management）にはじまり医療業界のCRM（Crew Resource Management）や原子力プラントにおけるN-CRMへの応用を調査し，BRM及びERM訓練時の評価手法に関する国内外の取り組みについての調査を行った．これらの調査結果から客観的ワークロード評価手法であるVACP評価手法の船舶機関運用管理への適応可能性とERM訓練時の非技術的能力の評価手法となる定量的評価の適応例を明らかにした．

第3章において実験装置として使用した，本学機関シミュレーターと映像およびお音声記録装置について述べた．

第4章において機関士の行動特性の把握として，マルチタスク下となるシナリオの作成と客観的ワークロード計測手法の一つである，生理指標（心拍数及び脳波）計測を用いて，学生被験者と実務経験を有する機関士の作業精度の低下による定量的なワークロード評価実験を行った．評価実験の定量的評価結果よりマルチタスク下となるシナリオの作成には一定の成果が出せたが，作成したシナリオの難易度と生理指標計測においていくつか課題が明らかになった．その結果から機関管理現場のより実船環境に則した緊急事態等のシナリオを作成と計測装置を必要としない行動観察による客観的ワークロード評価手法の必要性を明らかにした．

第 5 章では機関管理現場のより実船環境に則した緊急事態対応のシナリオを作成の為，ERM 訓練実施機関において作成・実施されているシナリオと評価方法についてヒアリング調査を行った．ヒアリング調査の結果，定常作業を実施するシナリオと主機自動減速等や Black Out 対応シナリオの機関管理現場における緊急時対応といった 2 種類のシナリオを作成いる事が分かった．IMO Model Course2.07 2017 Edition の Sample Exercise 14 ERM Practice においても，機関プラントの定常作業のシナリオと緊急事態対応として Black out 対応が記載さていることを確認した．これらのシナリオを参考に本学機関シミュレーターにおいて Black out 対応シナリオを作成する為にシミュレーターの特性を調査・確認を行い，その結果から，本学機関シミュレーターにおいて実施可能なシナリオを検討し，実船環境に則した緊急事態対応のシナリオとして Black out 発生から主機を再始動するまでの一連の流れを記載したシナリオを作成した．

本章で作成したERM訓練シナリオは第6章における客観的ワークロード評価実験と第7章におけるERM訓練の目的である非技術的能力の評価を目的とする評価実験のシナリオとしても活用した．

第 6 章では機関運用管理に適応する VACP 評価指標を作成し客観的にワークロードを推定する方法について検討し，第 5 章において作成したブラックアウト対応シナリオを評価実験シナリオとして様々なタスク実施時の映像と音声記録を用いて VACP 評価によるワークロードの推定を試みた．

被験者の VACP 評価による各認知資源およびワークロード量の時系列変化と心拍変動データとの相関分析を行った結果から，被験者のワークロードの時間追従における整合を確認し，作成した VACP 評価指標の妥当性を確認した．

評価実験シナリオ全体のワークロードを VACP 評価に基づく客観的ワークロード推定値と NASA-TLX に基づく主観的ワークロード推定値を比較し，制御室側のワークロード推定値と機関室側のワークロード推定値の差を確認した．VACP 評価に基づく客観的ワークロード推定値と NASA-TLX に基づく主観的ワークロード推定値による結果が合致していることから，VACP 評価による客観的ワークロード推定方法の有効性を確認した．

第 7 章において機関シミュレー環境下での ERM 訓練評価を行う為に，作成した Black Out 対応シナリオに基づくロールプレーを行い，非技術的能力の定量的評価を行った．定量的評価を行う為に 2 種類の評価尺度による 4 項目の評価指標を用いて，乗船経験の違う評価者 14 名による評価を実施し，評価結果の検証を行った．評価者毎の評価尺度の違いによる評価結果への影響を検証すると，評点間隔による評価傾向への影響は少ない事が分かった．Participant 毎の評価結果からは，本章で提案した定量的評価によりその意図した評価結果を適切に評価出来た．乗船経験の違いによる評価結果では乗船経験 1 年未満の評価者と乗船経験が 1 年以上ある者の評価結果の差を明らかにすることが出来た．
4 項目の評価指標を「大別した評価項目」とし，4 つの評価項目それぞれに対して詳細な評価項目を設定した「細分化した評価項目」評価指標を策定し，評価実験を行った結果，評価者が被評価者の役割に影響されることなく，客観的に評価が行えることを明らかにした．

第 8 章ではワークロード評価手法の検討結果と非技術的能力の定量的評価の結果を基に，ワークロード評価と非技術的能力の関係性を検証し，VACP 評価における認知資源毎のワークロード評価結果についてタスクロケーションの違いと各役割による比較を行った．比較結果の考察から認知資源毎のワークロード評価結果の要因について，リーダーシップ，コミュニケーションや状況認識といった ERM 要件としての非技術的能力評価が VACP 評価による認知資源毎のワークロード評価に関係していると考えられた．更に VACP 評価手法によるシナリオ全体のワークロードのタスクロケーションによる比較と，評価項目毎のタスクロケーションでの非技術的能力評価を比較すると，制御室側タスクの評価が比較的高くなる結果が得られた．このことから，本研究で作成したブラックアウト対応シナリオにおいては制御室側の役割を担った被験者の客観的ワークロード評価結果が高くなり，複数の評価者による非技術的能力の評価結果についても同様の結果となり，両者の評価結果に対するある一定の整合性が確認された．
これらの検討結果より，本研究において提案した非技術的能力の評価手法とワークロード評価手法を用いることで，背景と目的において示した船舶機関運用管理を行う機関士のワークロードマネージメントを含むリソースマネージメント訓練評価を行うことができた．

第 9 章は総括である．本論で得られた成果を総括するとともに，今後の発展と課題について述べた．

本研究で得られた成果は，船舶機関運用管理の現場への適応にとどまらず，航空業界や自動車業界，医療業界等のリソースマネジメントに関する安全管理技術を必要とする，あらゆる業界への応用が可能であり，他分野での実践活用による発展が期待される．

（別紙１）　　論文審査の結果の要旨

氏名	石田　達朗		
論文題目	船舶機関運用管理におけるワークロード評価手法と非技術的能力評価手法の研究		
審査委員	区　分	職　名	氏　　名
	主　査	教　授	内田　誠
	副　査	教　授	段　智久
	副　査	教　授	堀口　知也
	副　査		
	副　査		

要　　旨

IMO（国際海事機関）により採択され日本が批准しているSTCW条約の2010年マニラ改正で、ERM（機関室資源管理）が強制要件化され、ERM教育訓練等を実施する環境として、同改正で「承認されたシミュレータ訓練」の導入が認められた。本研究では、機関運用管理現場を想定したシミュレータ環境下での実験に基づき、機関士のワークロード評価手法の評価・検討及びERM訓練時の非技術的能力の評価手法の検討が試みられ、本研究で提案された評価指標の妥当性と評価の客観性について論じられている。

本論文は9章で構成されており、論文要旨は以下の通りである。

第1章では、研究背景として近年の船舶機関運用管理の変化とそれに伴う機関士のワークロード評価や非技術的能力の評価手法の検討が求められていること、シミュレータを用いたリソースマネジメント訓練の実践及び評価手法の確立が必要なことから、本研究の重要性が示されている。また、機関管理現場や機関士の主観的・客観的ワークロード評価や非技術的能力の定量的評価の研究と機関運用管理現場におけるワークロード評価と非技術的能力の両者関係性の評価・検討を試みた本研究の新規性が示され、本研究の目的としてまとめられている。

第2章では、ワークロード評価手法及び非技術的能力評価手法に関する国内外の研究業績の調査がなされている。海事産業をはじめ航空産業や自動車産業、鉄道や医療といった幅広い産業を対象とした国内外の研究業績の調査結果が示されている。調査結果に基づき、客観的ワークロード評価手法であるVACP評価手法の船舶機関運用管理への適応可能性とERM訓練時の非技術的能力の評価手法となる定量的評価の適応例が示されている。

第3章では、本研究に関する実験装置、計測手法についてまとめられている。

第4章では、機関士の行動特性の把握のため、シングルタスク及びマルチタスク下において生理指標（心拍数及び脳波）計測による定量的なワークロード評価が試みられた。結果に基づき実船環境に則した機関管理における緊急事態等のシナリオ開発の必要性、および、生理指標に基づかない行動観察などによる客観的ワークロード評価手法の必要性が明らかにされた。

氏名	石田、達朗

第5章では、ERM訓練実施の実態調査結果ならびにIMOモデルコースを参考に、実船環境に則した緊急事態対応のシナリオ開発が試みられ、第6章における客観的ワークロード評価実験および第7章におけるERM訓練の目的である非技術的能力の評価実験におけるシナリオとして活用されている。

第6章では、機関運用管理に適応するVACP評価指標が作成され、VACP評価に基づいた客観的なワークロード推定に関する実験が試みられ、NASA-TLXに基づく主観的ワークロード推定値との整合から有効性が確認されている。

第7章では、シミュレータ環境下におけるERM訓練評価を目的に作成された緊急（Black Out）対応シナリオに基づいた実験（被験者によるロールプレイ）が実施され、非技術的能力の定量的評価が試みられている。定量的評価には2種類の評価尺度による4項目の評価指標が用いられ、乗船経験の違う評価者14名による評価結果に基づいた検証が行われている。非技術的能力の評価指標として策定された「細分化した評価項目」が効果的であり、非技術的能力の定量的評価が客観的に行えることが明らかにされた。

第8章では、ワークロード評価と非技術的能力の定量的評価の関係性を検証するため、被験者の配置と役割の違いに注目した比較が試みられ、VACP手法による認知資源毎のワークロード評価結果とERM要件としての非技術的能力評価結果の関係について、一定の整合性が示されている。

第9章で総括の上、今後の展望と課題がまとめられ、結言として、本研究で得られた成果が、船舶機関運用管理の現場への適応にとどまらず、航空業界や自動車業界、医療業界等のリソースマネジメントに関する安全管理技術を必要とするあらゆる業界への応用が可能であり、幅広い分野での実践活用による発展への期待が示されている。

以上、本研究は、船舶機関運用を対象として、安全管理に直結するワークロードと非技術的能力の評価手法の開発を試みたものであり、船舶機関運用管理を行う機関士のワークロードマネージメントを含むリソースマネジメント評価に関する重要かつ具体的な知見を得たものとして価値のある集積である。提出された論文は海事科学研究科学位論文評価基準を満たしており、学位申請者の石田達朗氏は、博士（工学）の学位を得る資格があると認める。

以上