

令和 6 年 9 月 30 日現在

機関番号：32644

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2019～2023

課題番号：19KK0122

研究課題名（和文）海上交通管理の持続可能性に配慮したVTSオペレータのための意思決定支援システム

研究課題名（英文）Decision Support System for VTS Operators Considering the Sustainability of Maritime Traffic Management

研究代表者

瀬田 広明（Seta, Hiroaki）

東海大学・海洋学部・教授

研究者番号：20311037

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 9,000,000円

研究成果の概要（和文）：VTSに従事するオペレーターは、船舶交通の安全性と効率性を高めるため、船舶に様々な情報を提供している。本研究では、日本と韓国で実際に業務に従事するVTSオペレーターの実作業を調査するため、2台のアイトラッキング装置を用いてオペレーターの視線停留時間を分析した。日本の清水ポートラジオでは通常2人1組で業務にあたり、操作室内の機器や資料を関心領域として分析した結果、機器の配置によって作業分担が決定される傾向が見られた。韓国のVTSでは、管制区域毎に1名のオペレーターが担当しており、情報収集や情報提供を行う画面に視線が多く停留していたが、管制日誌への記録にも重点が置かれている事が分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

船舶運航における【操船者 船 環境】の連関システムにおいて、操船者に対して海上交通に関する情報提供を行うVTSは情報環境の1つに分類される。故にVTSオペレーターの作業環境を改善することは、オペレーター自身のヒューマンエラー防止につながるだけでなく、より安全且つ効率的な海上交通の達成につながる。

本研究では、オペレーターの視線情報からその業務実態を大凡把握できることを示し、設備・機器の配置状況といった作業環境により、自ずと業務分担が決まってくることが示唆された。換言すれば、業務内容がある程度決まっている場合には、器類の最適な配置設計がなされているか否かの検証が可能となる。

研究成果の概要（英文）：Operators who engaged in vessel traffic services provide a variety of information to vessels in order to enhance the safety and efficiency of marine traffic. In this study, fixation time of the operator's eye were analyzed using two eye tracking devices to investigate the real work of VTS operators in Japan and Korea. In Japan's Shimizu Port Radio, operators usually work in pairs, and the analysis of equipment and materials in the operation room as areas of interest showed a tendency for work assignment to be determined by the arrangement of the equipment. In the Korean VTS, one operator was in charge of each control area, and it was found that the gaze was often stationed on the screen where information was collected and provided, but that emphasis was also placed on recording in the control logbook.

研究分野：海上交通工学

キーワード：海上交通工学 VTS 視線計測

1. 研究開始当初の背景

港内の安全かつ効率的な航行管理を目的として、英国のリバプール港で陸上に設置したレーダーを用いて船舶の運航支援を行うシステムが1948年に初めて導入されて以来、ヨーロッパを始め各国の主要な港に同様のシステムが次々と取り入れられた。国内では1964年に大阪港にレーダーが設置され、その運用が開始され各海域に順次導入された。現在はレーダーだけでなくAISやビデオカメラなどを併用して円滑に業務を行えるシステムへと発展し、VTS (Vessel Traffic Services: 船舶通航支援業務) が実施されている。我が国のVTSには、海上交通安全法や港則法で定められた多数の船舶が通航する航路・海域において、海上交通に関する航行情報提供および航行管制を行う運用管制業務と、港湾法に則って港湾管理者が港務通信施設を設置し、港湾を利用する船舶に対して港の窓口として様々な情報を提供する船舶運航支援業務がある。前者は海上保安庁の現場機関である海上交通センターで実施されており、後者は主として港湾管理者から委託された組織や団体が船舶情報センターやポートラジオなどといった名称で運用されている。IALA (International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities: 国際航路標識協会) では、国 (government) / 自治体 (local government)、沿岸域 (coastal) / 港湾内 (harbour)、強制 (mandatory) / 非強制 (voluntary) の組合せで概ね分類され、例えば、我が国のポートラジオは、地方自治体による港湾内の非強制的なVTSと説明すれば理解される。

どのような形態であれ、VTSの目的は、「海上における人命の安全に寄与し、航行の安全と効率を改善し、危険な状況の発生を緩和することによってVTSエリア内の環境の保護を支援すること。」である。このことを達成するためにVTSオペレーターは、適時適切な情報の提供、船舶交通の監視と管理、安全でない状況への対応といった多種多様な業務を同時並行的に熟さなければならない。

2. 研究の目的

本研究では、日本国内でポートラジオが行っているVTSと韓国の海洋警察庁が行っているVTSの実態を把握するため、実際に現場で業務を行っている2名のオペレーターに対して、同時に視線情報の計測を実施した。オペレーターは通常、交通状況を把握し、船舶に情報を提供できるように、いくつかの意思決定支援システムを活用して業務を行っている。

実業務中のオペレーターが、このようなシステムの何を確認し、それらをどれだけ見て業務にあたっているのかについて分析するとともに、より安全かつ効率的な業務遂行に資するための知見を得ることを本研究の目的とする。

3. 研究の方法

VTS業務にあたった2名のオペレーターに対して、複数回に分けて約1時間の視線計測を行った。実験時は通常業務内であるため、予め委託元である港湾管理局や関係機関に実験内容および計画を説明して本実験実施の了承を得た。また、被験者に対しては、各共同研究機関の研究倫理委員会の規程に則り、被験者個々に対して実験趣旨等の説明を実施し、同意書への署名をお願いした。図1は、清水ポートラジオで視線計測装置 (Tobii Pro グラス3) を装着してVTSを行っている様子である。



図1 実験中の様子

3.1 清水ポートラジオ

清水ポートラジオの管轄水域は清水港であり、業務は、船舶の運航予定や港側の受け入れ状況に関する情報を集約する「情報収集」、実際の船舶の動きを把握する「動静把握」、無線を使用し船舶との情報疎通を行う「港務通信」、港内の円滑な交通環境の提供を図る「運航調整」に整理して2名体制で運用にあたった。そのため、視線計測は当直にあたった2名のオペレーターに対して行った。視線計測実験は1日1時間の計測を5日間実施した。参加したオペレーターは全て6年以上の熟練者であった。

3.2 釜山港海上交通管制センター

釜山港海上交通管制センターの管轄水域は、VHF管制チャンネルによって3区域に区分されている。VHFチャンネル09担当は監川港、南外港の停泊地及び周辺海域、VHFチャンネル12担当は北港及び周辺海域、そして釜山港外側の海域はVHFチャンネル9,12に設定されている。釜山港海上交通管制センターの管制官はVHFチャンネル別に区域を区分して、それぞれ1名が当直を実施しているため、視線計測は2つのVHFチャンネル別に区分して実施した。視線計測実験は、3日間にわたって1時間ずつ2回、VHFチャンネル09,12に分けて計12回実施した。実験に参加した管制官は計6人で、経験に応じて多様に配置した。オペレーターの最小経歴は8ヶ月、最大経歴は6年、平均約3.7年であった。

4. 研究成果

視線情報の解析にはトビー・テクノロジー株式会社の Tobii Pro ラボを使用した。ここで、脳に送られる視覚情報となる眼球の停留 (Fixation) は活動性追従運動を考慮して、眼球の角速度が 30deg/s 未満の眼球運動と定義されている。それ以上の運動は、停留から停留への移動 (Saccade) であり、つまり、脳への情報は抑制されていることを意味する。

4.1 清水ポートラジオ

図 2 は清水ポートラジオにおける視線計測実験の解析結果の一例を示しており、各オペレーター (左側: 白、右側: 緑) の眼球の動きについて、その停留箇所の推移 (50 分間) をそれぞれ表しており、停留時間の長さを円の大きさと表現している。なお、図中左上の視線停留箇所は双眼鏡を覗いていたことを示すものである。

図 3 は図 2 における各オペレーターの視線停留箇所および視線停留時間の量をヒートマップとしてそれぞれ表示したものである。基本的に眼前に設置されたモニターを多く見ながら業務を行っていることがわかる。この日の実験中の主なイベントとしては、駿河湾フェリーの最終便と RORO 船 1 隻の入港があった。そのため、目視および双眼鏡を用いて見張りをしている様子も伺える。また、フェリーとの VHF 無線電話による通信が 1 回、陸上機関との電話でのやり取りが 2 回あった。

当直中のオペレーターは、室内に設置された複数のモニターや関連資料などを見ながら、業務にあたっている。そこで、どの箇所をどれだけ見ていたのかについて分析を行った。7 代のモニターや機器類、さらには、各種閲覧書類を主な興味領域として設定し、視線の停留時間を抽出した。ディスプレイ等機器類に視線が停留している時間の割合が最も多くなっており、特に出入港情報が整理された情報ディスプレイを見ている時間 (左側が 29.2%、右側が 33.5%) が長いという結果が得られた。また、入出港船の有無や港内作業などの状況に違いがあり、一概に比較することは困難であるが、目視ならびに双眼鏡を用いた見張りに割いた時間を平均すると、左側が 7.4%、右側が 3.2%、カメラモニターによる見張りは、左側が 4.0%、右側が 6.5% となっており、両オペレーターとも計 1 割程度の時間を船舶と海上を観察する時間に使用しているという結果を得た。

作業内容を分野毎に整理するため、「船舶・海上観測」として目視、望遠鏡、カメラモニターの停留時間を合計したもの、各種ディスプレイおよび操作機器等の合計を「ディスプレイ等機器類」、「関係書類」にはそれらの閲覧時間を、Saccade を含む上記以外の時間を「その他作業」として分類して解析を試みた。

その結果、ディスプレイ等機器類に視線が停留している時間の割合が最も多くなっており、特に情報ディスプレイを見ている時間 (左側が 29.2%、右側が 33.5%) が長いということが得られた。また、入出港船の有無や港内作業などの状況に違いがあり、一概に比較することは困難であるが、目視ならびに双眼鏡を用いた見張りに割いた時間を平均すると、左側が 7.4%、右側が 3.2%、カメラモニターによる見張りは、左側が 4.0%、右側が 6.5% となっており、両オペレーターとも計 1 割程度の時間を船舶と海上を観察する時間に使用しているという結果を得た。関係書類は、右側のオペレーターが多く見ている傾向がうかがえる。左側オペレーターは無線業務日誌を見ている割合が高く、右側オペレーターは主に船席表と内航船予定表を閲覧していた。

清水ポートラジオにおける業務傾向としては、双方のオペレーターとも清水港の様子を観測している割合は、計測時間中の 1 割程度であり、約半分の時間は何れかのモニターを見ていることがわかった。また、視線の停留時間から次のような傾向が伺えた。左側のオペレーターは、望遠鏡を用いて清水港の観測を行うことが多い。VHF 無線による通話を行い、無線業務日誌を通話中に記載する機会が多い。情報ディスプレイへの入力と港湾管理システムの確認を行う。右側のオペレーターは、陸上関係機関との電話による連絡、調整を行いながら、メモを取っていることが多い。関係書類の確認し記入する。遠隔カメラ映像の調整を行う。

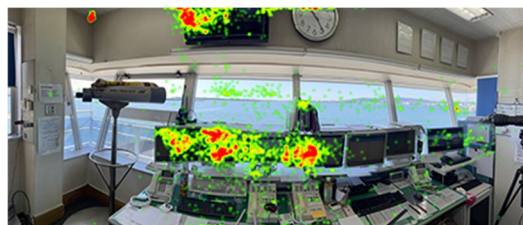
つまり、清水ポートラジオでは、互いのオペレーターが情報共有しながら VTS にあたっており、左右のオペレーターそれぞれの業務内容に明確な取り決めは行われていないが、設備・機器の配置状況から、役割分担が自然と決まっているものと類推できる。

4.2 釜山港海上交通管制センター

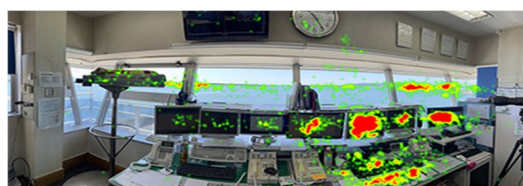
図 4 は釜山港海上交通管制センターにおける VHF チャンネル 09 担当のオペレーターの停留箇所の推移を示している。図 5 は、そのヒートマップである。オペレーターの視線興味領域には VTS システムモニター (VOC) 3 台、ビデオカメラモニター (CCTV)、気象システム、船舶



図 2 各オペレーターの停留箇所の推移



(a) 左側オペレーター



(b) 右側オペレーター

図 3 の停留箇所のヒートマップ

パス(V-Pass)システム、港湾運営情報システム(PORT-MIS)、VHF、管制日誌、電話機、キーボードなどを設定した。各興味領域の平均視線停留時間は2.38秒であり、停留時間の平均値が高い順にVOC2(3.5秒)、VOC1(3.0秒)、PORT-MIS(3.1秒)、CCTV(2.6秒)、VOC3(2.6秒)、管制日誌(2.5秒)となった。なお、視線停留回数で見ると、VOC1が2,413回で最も多く、次いでVOC2の2,352回であった。

VOCはVTSオペレーションコンソールのモニターで、オペレーターは電子海図が実装されているVOCからレーダー、CCTV、船舶自動識別装置(AIS)などの管制装備で検出した船舶運航情報などを確認することができる。図6は、オペレーターの視線移動についてソーシャルネットワーク分析を行った結果を模式的に示したものである。VHFチャンネル09の担当オペレーターは、VOC1、VOC2間の視線移動が最も活発であることがわかった。VOC2からVOC1へは999回、VOC1からVOC2への視線移動は944回あった。視線固定回数と時間が比較的高かったVOC、CCTV、管制日誌領域が領域別の視線移動も比較的高いことが分かった。特に管制日誌の場合、VOC1から管制日誌への視線移動が286件、VOC2から管制日誌への視線移動が249件で、管制日誌に向かう視線の大半はVOC1とVOC2から来ていることが分かる。これは、管制画面を確認し、その内容を管制日誌に記録しているためと判断できる。VOCを含め、CCTV、PORT-MIS、V-PASS、参考文書などは管制のために情報を獲得するための領域であるのに対し、管制日誌はオペレーターが取得した情報や当時の状況を記録するために視線が向く領域と捉えることが出来る。

韓国の「VTSの教育等に関する規則」では、VTS経験が5年以上のオペレーターは、上級オペレーター教育を受講することができるとの記載がある。つまり、同法では5年以上のVTS経験を最低限の上級オペレーターの要件となっている。そこで、オペレーター経験の差が管制日誌の停留割合がどのように異なるのかを検証するため、VTS経験5年を基準に2つのグループに分類し、比較を試みた。なお、比較人数は両グループとも同数である。まず、2つのグループの管制日誌1回当たりの平均停留時間差を確認するために、F検定を実施した。結果はp値が0.05より小さかったため、t-検定を実施した。その結果、p値が0.017で0.05より小さく、経験年数が5年以下(平均2.2秒)と5年以上(2.7秒)では、管制日誌の停留時間の平均は有意な差があることが得られた。つまり、経験年数5年以上のグループは5年以下のグループより統計的に管制日誌を長く見ているという意味である。これは、経験年数が低いグループは、オペレーターが情報を記録する業務時間を減らし、実際に交通状況をモニタリングし、情報を収集することにもっと集中していると解釈することができる。

オペレーターは各種モニターを通じて、船舶と接岸状況や海上交通流を管制しており、モニターの次に視線が行く領域は管制日誌である。管制日誌の注視割合は全体の約1割であり、VHFチャンネル12担当のオペレーターも同様の結果であった。

4.3 まとめ

船舶運航における【操船者 船 環境】の連関システムにおいて、操船者に対して海上交通に関する情報提供を行うVTSは情報環境の1つに分類される。故にVTSオペレーターの作業環境を改善することは、オペレーター自身のヒューマンエラー防止につながるだけでなく、より安全且つ効率的な海上交通の達成につながる。

本研究ではVTSの実態把握を目的とし、これまでに研究事例の乏しかった実運用下での視線計測実験を試みた。その結果、オペレーターの視線情報からその業務実態を大凡把握できることを示し、設備・機器の配置状況といった作業環境により、自ずと業務分担が決まってくることを示唆された。換言すれば、業務内容がある程度決まっている場合、同様の実験を行うことで、機器類の最適な配置設計がなされているか否かの検証が可能となり、問題箇所を修正することが可能となる。



図4 停留箇所の推移

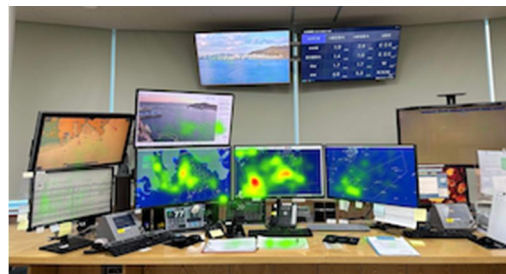


図5 停留箇所のヒートマップ

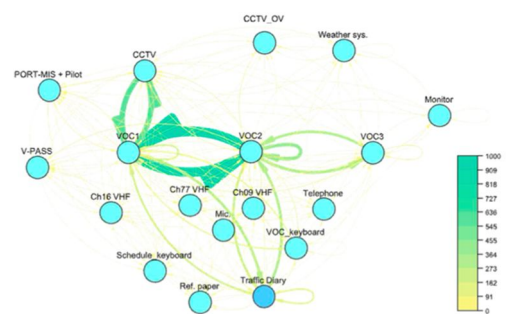


図6 停留箇所の移動量

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 YOSHIDA Nahoko, IMAI Yasuyuki, MINAMI Kiyokazu, SETA Hiroaki	4. 巻 146
2. 論文標題 Study of Behavior on Boat 's Operators -Comparing Beginner 's Monitoring Processes with Expert-	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 The Journal of Japan Institute of Navigation	6. 最初と最後の頁 70 ~ 76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9749/jin.146.70	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 瀬田 広明、鈴木 治	4. 巻 218
2. 論文標題 伊勢湾口で受信したAISデータの解析	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本航海学会誌 NAVIGATION	6. 最初と最後の頁 9 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18949/jinnavi.218.0_9	査読の有無 無
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 鈴木 治、吉田 南穂子、今井 康之、富山 貴史、Cemil Yurtoren、瀬田 広明	4. 巻 213
2. 論文標題 AIS とVHF のデータ収集システム構築の記録とこれから	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本航海学会誌 NAVIGATION	6. 最初と最後の頁 59 ~ 67
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18949/jinnavi.213.0_59	査読の有無 無
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 該当する
1. 著者名 吉野 慎剛、瀬田 広明、高嶋 恭子、榊原 繁樹、海野 哲平	4. 巻 214
2. 論文標題 新型コロナウイルス感染症対策に伴う代替乗船実習	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本航海学会誌 NAVIGATION	6. 最初と最後の頁 78 ~ 83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18949/jinnavi.214.0_78	査読の有無 無
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 SETA Hiroaki, IMAI Yasuyuki, TAKASHIMA Kyoko, ISHIKAWA Hirotaka	4. 巻 148
2. 論文標題 視線情報から見たVTSオペレーターの業務実態	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Japan Institute of Navigation	6. 最初と最後の頁 74～81
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9749/jin.148.74	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 YOSHIDA Nahoko, IMAI Yasuyuki, MINAMI Kiyokazu, SETA Hiroaki	4. 巻 149
2. 論文標題 小型船舶における操縦者の挙動に関する研究- .-港周辺での航海-	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Japan Institute of Navigation	6. 最初と最後の頁 67～73
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9749/jin.149.67	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9件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 Nahoko YOSHIDA, Yasuyuki IMAI, Hiroaki SETA, Satoshi SUZUKI and Osamu SUZUKI
2. 発表標題 Comparison of Gaze Data Between Boat Operators and Car Drivers
3. 学会等名 The 1st KOSEN Research International Symposium (KRIS2023)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 瀬田広明, 今井康之, 高嶋恭子, 海野哲平
2. 発表標題 視線計測による天測計算過程の確認
3. 学会等名 日本教育工学会 2022年秋季全国大会講演論文集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 瀬田広明, 今井康之, 高嶋恭子, 石川洋孝
2. 発表標題 視線情報から見たVTSオペレータの業務実態
3. 学会等名 日本航海学会第147回講演会講演予稿集
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 瀬田広明
2. 発表標題 伊勢湾における10年分のAISデータ分析
3. 学会等名 日本航海学会第144回講演会・研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 瀬田広明
2. 発表標題 濃霧によるイスタンブル海峡閉鎖時の海上交通状況
3. 学会等名 日本航海学会海上交通工学研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉田南穂子, 今井康之, 南清和, 瀬田広明
2. 発表標題 小型船舶における操縦者の挙動に関する研究 - 教習修了者と実務者の比較 -
3. 学会等名 日本航海学会第145回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田南穂子、富山貴史、南清和、瀬田広明
2. 発表標題 小型船舶操縦時の見張りと安全確認に関する研究- : 自動車運転時との比較
3. 学会等名 日本航海学会第143回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 富山貴史、瀬田広明、吉田南穂子、今井康之
2. 発表標題 航海計画立案時における紙海図とECDISの功罪検証：視線計測装置による作業負荷の比較
3. 学会等名 日本航海学会第143回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 今井康之、竹家玄大、鈴木治、瀬田広明
2. 発表標題 船用機関運転実習への携帯端末の導入による学習効果
3. 学会等名 日本教育工学会2020年秋期全国大会
4. 発表年 2020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	吉田 南穂子 (Yoshida Nahoko) (10598543)	鳥羽商船高等専門学校・その他部局等・准教授 (54102)	

6. 研究組織（つづき）

	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	鈴木 治 (Osamu Suzuki) (20270275)	中部大学・工学部・教授 (33910)	
研究 分 担 者	今井 康之 (Yasuyuki Imai) (90506510)	東海大学・海洋学部・准教授 (32644)	

	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 協 力 者	石川 洋孝 (Ishikaa Hirotaka)		
研究 協 力 者	高嶋 恭子 (Takashima Kyoko) (70580471)	東海大学・海洋学部・准教授 (32644)	

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			
トルコ	イスタンブル工科大学			
韓国	韓国海洋大学			