

VR型及び従来型操船シミュレータにおける視覚情報の違いが 大型船の衝突判断に与える影響

Influence of differences in visual information in VR-type and conventional ship simulators on collision judgments for large ships

日野浦 聖也^{*1}, 山田 匠馬^{*2}, 堀口 知也^{*1}

Masaya HINOURA^{*1}, Takuma YAMADA^{*2}, Tomoya HORIGUCHI^{*1}

^{*1}神戸大学大学院海事科学研究科

^{*1}Maritime Sciences, Kobe University Graduate School

^{*2}株式会社日立製作所

^{*2}Hitachi, Ltd.

Email: egoist.jeanne@gmail.com

あまし：近年、バーチャルリアリティ(VR)が新たなトレーニング技術の一つとして利用・導入が進められている。VRは海技教育訓練(MET)の分野においても、デバイス1つで高い臨場感や、時間や場所を問わずに利用可能であるといった利点を持つ。本研究では、被験者には実際に操船させず、操船シミュレータを用いた航行映像を提示し、衝突回避判断にかかる状況認識の正確性についてDD(デスクトップディスプレイ)/HMD(ヘッドマウントディスプレイ)間で比較を行った。その結果、DD/HMDの間で衝突の有無の判断の正確性に大きな差は見られなかった。これは比較的遠距離の対象を視認する必要のある操船シミュレータにおいては、HMDのみで知覚可能な両眼視要因の有効性が低い範囲でのシミュレーションとなるため、その全体的なパフォーマンス(正確性)はDDと同等の結果となったと考えられる。

キーワード：Virtual Reality, 船舶, 立体視, 臨場感, 酔い

1. 背景

近年、人工環境を提示するデバイスとしてヘッドマウントディスプレイ(HMD)を用いたバーチャルリアリティ(VR)の利活用および研究開発が、幅広い分野で進んでいる。MET(海技教育訓練)においても、HMDというデバイス1つで高い臨場感のシミュレーションの環境構築が可能であることや、時間や場所を問わずに利用可能な柔軟性があるといった利点を持つ、新たなトレーニング技術の一つとしてVRの利用・導入が進められている。ただし、先行してVRが利用されてきた他分野にくらべてシステムの長期的なメリットや有効性、そしてその応用については、海事分野ではまだ十分に理解されていない。具体的には①どのような訓練に有用であるか/適しているか、②技術的な弱点や限界は何か、③従来の方法や技術と比較した場合の優位性は何かといった点の検証が不十分であることが、METにおけるVR型シミュレータ利用の課題である。本研究では今後METにおいてより利活用が進むと予測されるVR型のシミュレータが、既存手法の1つであるデスクトップシミュレータに比べて、どのような優位性や欠点を持つかを明らかにすることを目的とする。特に操船シミュレータに関する研究で広く扱われる衝突回避に関するシナリオを用いて、衝突回避に関わる被験者のパフォーマンス・臨場感・酔いを調査し、VR型シミュレータで用いるヘッドマウントディスプレイ(HMD)と従来型のデスクトップシミュレータで用いるデスクトップディスプレ

イ(DD)の二つのデバイスにおける差異の検証を行った。

2. DDとHMDの視覚的・認知的特性の違いについて

三次元空間で行なわれる立体視は、運動視差や絵画的手がかりなどの単眼視要因、両眼視差や輻輳運動の両眼視要因によって引き起こされ、HMDではDDで利用できない両眼視要因を用いることができる点が大きな特徴である。操船者は、時々刻々と変化する状況において状況認識と意思決定を行い、最終的な衝突回避行動を実行する。状況認識とは、時間と空間内での環境中の要素の知覚、それらの意味の理解、そして近い将来におけるそれらの状態の予測のことであり、3通りのレベル、レベル1:環境中の要素の知覚(知覚)、レベル2:現在の状況の理解(現状理解)、レベル3:将来の状態の予測(将来予測)に区分される。デバイスの違いが衝突回避判断に関する状況認識に与える影響は、入力値をDDまたはHMDを通じた視覚情報として、それぞれの出力値の状況認識・意思決定を比較することにより検討できると考えられる。ただし、そうするには、提示する交通状況をデバイス間(DD/HMD)で全く同一にする必要があるため、本研究では、被験者には実際に操船は行わず、操船シミュレータの再生機能を用いて共通の航海映像を提示し、被験者が衝突回避行動を起こす直前の衝突判断に基づく状況認識を行なった時点で実験終了とし、その時点における状況認識の調査を行う。また臨場感については、HMDでは両眼視要因を立体視に用いることや周囲の360度映像の提示が可能であり、自分の動きに応じた視対象の表示が行われるといっ

た点で実空間での知覚（日常的に行っている知覚）に近い知覚であるために、DDより臨場感を強く感じられると考えられる。

3. 先行研究と目的

DDとHMDを用いた操船シミュレータの先行研究として、指定した航路を辿る操船行動についての検証実験が行われた⁽¹⁾。ここではDD/HMDともに同等のパフォーマンスを示し、HMD利用時は臨場感を高く感じ、頭部回転を積極的に行うことや主観的な酔いを強く感じるが生理データからはDD・HMD間で有意な差は見られなかったため、HMDの使用自体が必ずしもユーザーの倦怠感の増加をもたらすとは限らないことが検証された。

先行研究では操船行動についてのDD/HMD間の検証が行われたが、行動に至る前段階の状況認識については考慮されていない。そこで本研究ではDDとHMDを用いて課題を遂行する際にデバイスの性質の違いが与える影響を、状況認識の観点から評価することを目的とする。

4. 検証実験

被験者は専門的な海事知識（海上交通ルール等）および船舶の操縦経験を全くあるいはほとんど（乗船経験1か月以下）持たない、21歳から25歳の大学生および大学院生10名であった。

実験では、直進する自船に向かって右方から接近してくる相手船に対する状況認識について次のタスクを被験者に与える。

状況認識（将来予測）：衝突の有無の判断（相手船が自船に衝突、自船の前方を通過、自船の後方を通過のいずれであるかを判断）

実験中に提示するシナリオは図1に示す通り、衝突の有無（衝突、前方通過、後方通過）と相手船の方位（20度、45度、70度）の3×3の9通りであり、被験者には約32秒の間に任意のタイミングで衝突の有無について回答してもらい、相手船はカウントダウンが半分経過した時点で自船から900mの距離を航行する。これをDDとHMDのデバイスでそれぞれ2回ずつ実施する。本実験の前に実施する練習で用いるシナリオは本実験のカウントダウン開始時から終了時までの約32秒間の航海映像を提示した。各シナリオの直後に酔いの指標であるSSQ、臨場感の指標であるIPQの2つのアンケート、全シナリオの終了後に自身の判断を主観的に評価させるための最終アンケートによる調査を行った。

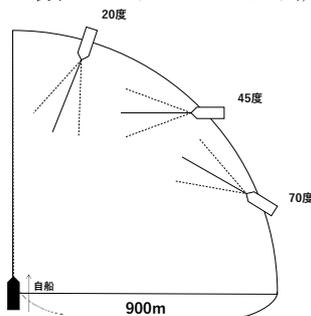


図1 自船と相手船の位置関係

5. 結果・考察

状況認識については、衝突の有無の判断の全体的なパフォーマンス（正確性）についてマクネマー検定を行った結果、DD/HMD間で有意差は見られなかった。これは比較的遠距離（本実験では900m程度）の対象を視認する必要のある操船シミュレータにおいては、HMDによる衝突回避判断の状況認識は、HMDのみで知覚可能な両眼視要因の有効性⁽²⁾が低い範囲でのシミュレーションとなるため、その全体的なパフォーマンス（正確性）はDDと同等の結果となったと考えられる。相手船が70度の場合、同様にマクネマー検定を行うと、表1に示す通り、DDの方が正答率が高く、有意傾向が認められた。一方、相手船が70度の回答時間ではウィルコクソンの符号付き順位検定を行うと、表2に示す通り、有意差が認められ、HMDの方が回答時間が短いことが示された。このことから、70度でDDの方が正答率が高かったのは、DDに比べてHMDの方が相手船を注視する時間が短かったため、HMDの方が得られる手がかりが少なかったことが原因の一つであると考えられる。しかし、現時点でHMDの方が回答時間が短くなる原因は不明であり今後詳しく調査を行う必要がある。また、IPQのスコアの分析結果からHMDはDDに比べ臨場感が高く、酔いについてはSSQの結果からHMDはDDに比べ主観的な酔いが強いことが示された。上述の通り、全体的な状況認識のパフォーマンスにDD/HMDで差はなかったため、酔いは状況認識のパフォーマンスを阻害する要因ではないと示唆される。

本研究ではDD/HMDの状況認識の違いのみを検証したため、複数の船舶が航行する海域や変針などを含む複雑なタスクの操船行動におけるDD/HMDの違いを検討していきたい。

表1 相手船が70度における衝突の有無に対する検定結果

	デバイス	n	正答数	不正答数	McNemar's Chi-squared test		
					chi-squared	df	p
70度	DD	60	31(51.7)	29(48.3)	3.765	1	0.052†
	HMD	60	22(36.7)	38(63.3)			

† p < .10 * p < .05 ** p < .01

表2 相手船が70度における回答時間に対する検定結果

	Group	mean	SD	median	p
70度	DD	17.56	10.29	17.06	0.024*
	HMD	14.19	8.86	12.34	

† p < .10 * p < .05 ** p < .01

参考文献

- (1) Bassano, C. et al. (2019). Evaluation of a Virtual Reality System for Ship Handling Simulations. In Proc. of VISIGRAPP2019. 62-73.
- (2) Cutting, J.E. and Vishton, P.M. (1995). Perceiving layout and knowing distances: The interaction, relative potency, and contextual use of different information about depth. In Epstein, W. and Rogers, S. (Eds.) Perception of Space and Motion. 69-117. Academic Press.