

VR 型及び従来型操船シミュレータにおける文脈の有無が状況認識に与える影響

Influence of the Presence or Absence of Context on Situational Recognition in VR and Conventional Ship Simulations

平野 学志^{*1}, 山田 匠馬^{*2}, 堀口 知也^{*3}Takashi HIRANO^{*1}, Takuma YAMADA^{*2}, Tomoya HORIGUCHI^{*3}^{*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: takashihirano33@gmail.com

あらまし：本研究では、今後、海技教育訓練での活用が期待される VR シミュレータが既存手法の一つであるデスクトップシミュレータと比較して、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。本稿では、小型船舶を操縦する際の状況認識について、従来のデスクトップディスプレイ (DD) とヘッドマウントディスプレイ (HMD) を比較した。被験者はそれぞれの装置で距離知覚 (静的) および衝突までの時間予測 (動的) を行った。実験直後には、酔いと臨場感に関するアンケートを実施した。その結果、動的状況かつ中距離において、HMD を用いた被験者のパフォーマンスが DD を上回った。また、HMD を用いたシミュレーションは DD よりも臨場感があり、主観的な酔いが強いことが示された。

キーワード：バーチャルリアリティ、操船シミュレータ、立体視、文脈、状況認識、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ち、新たなトレーニング技術の 1 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。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。

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、絵画の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。立体視に関する両眼視要因と単眼視要因の各手がかりの有効性は視対象までの距離によって異なる。例えば、行動空間 (2m~30m) までは、両眼視差が有効に働くが、眺望空間 (30m~5000m) においては距離が遠くなるにつれ、その有効性は低下していく⁽¹⁾。

また、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 を通した視覚情報として、それぞれの出力値の状況認識を比較することにより検討できると考えられる。

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に関する他船までの距離の目測 (文脈なし) と衝突までの時間の推定 (文脈あり) に基づく状況認識を行なった時点で終了し、それぞれの時点における状況認識の調査を行う。

3. 関連研究

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⁽²⁾、また、状況認識の観点から衝突の有無の判断について⁽³⁾の検証実験が行われた。ここでは DD/HMD ともに同等のパフォーマンスを示し、HMD 利用時は臨場感と主観的な酔いを DD 利用時よりも高く感じた。

4. 研究目的

関連研究⁽³⁾においては相手船が両眼視差の有効性が低い眺望空間 (120m~600m) を航行するシミュレーションであったが、相手船が行動空間に近い距離に存在する際の状況認識については考慮されていない。そこで、本研究では視認する距離を 40m~240m の範囲に設定し、DD (図 1 左図) と HMD (図 1 右図) 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、文脈の有無による状況認識の観点から評価することを目的とする。

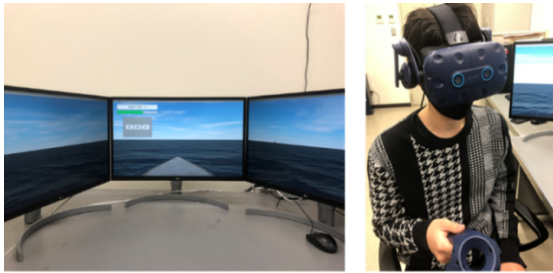


図1 DD(左図), HMD (右図) 使用イメージ

5. 研究方法

実験では、自船と自船の前方に静止している他船との状況認識について以下の2つの実験を行う。

①文脈のない状況(静的): 静止している自船から一定の距離にある静止している他船との絶対距離を目測する。相手船は、距離 40/80/120/160/200/240m の6パターンと向き正面/横(0/90度)の2パターンで合計12パターン表示される。

②文脈のある状況(動的): 静止している他船へ向かって自船が一定速度で接近する時、あと何秒で衝突するかを推定する。自船の速度は6/12/18knotの3パターンあり、相手船はそれぞれの速度に対して、距離40/80/120mの3パターンと向き0/90度の2パターンで合計6パターン表示される。

これをDDとHMDのデバイスで実施する。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回答の手がかりを調査するための最終アンケートを行った。

6. 結果

状況認識の評価指標として、各シナリオにおける回答の誤差の平均を比較した。

静的実験の結果について、三要因分散分析(2×6×2)の被験者内計画、第一要因(A)はデバイス、第二要因(B)は距離、第三要因(C)は向きを用いた。動的実験の結果について、三要因分散分析(2×3×3)の被験者内計画、第一要因(A)はデバイス、第二要因(B)は速度、第三要因(C)は距離を相手船の向き90度の場合及び相手船の向き0度の場合それぞれに用いた。SSQとIPQの分析にはウィルコクソンの符号付順位検定を用いた。

静的実験でデバイス間における有意差は認められなかった。動的実験では、デバイス(要因A)と距離(要因C)の交互作用が有意であり、表1、表2より、要因Aは要因Cの40m水準においてHMD<DDで有意であった。また、SSQとIPQについて、どちらもHMDにおいてスコアが高く有意差が認められた。そして、最終アンケートについて、静的実験では「練習の記憶を手がかりにした(50%)」が最も多く、動的実験では、「相手船の距離、及び、その変化(60%)」が最も多かった。

表1 要因A × 要因Cにおける推定衝突時間の誤差の絶対値(平均値)

	A	C	度数	平均値
DD		40	30	2.45
		80	30	4.40
		120	30	6.68
HMD		40	30	1.72
		80	30	5.08
		120	30	7.58

表2 要因A(C)の各水準間における要因C(A)の単純主効果

要因	平方和	自由度	平均平方	F	p
A at 40	8.07	1	8.07	7.98	0.020*
A at 40 内	9.10	9	1.01		
A at 80	7.00	1	7.00	5.03	0.052
A at 80 内	12.54	9	1.39		
A at 120	12.15	1	12.15	1.93	0.198
A at 120 内	56.60	9	6.29		
C at DD	269.37	2	134.69	39.27	<.001**
C at DD 内	61.74	18	3.43		
C at HMD	520.02	2	260.01	57.17	<.001**
C at HMD 内	81.87	18	4.55		

*p<.05 **p<.01

7. 考察

行動空間付近では動的状況においてHMDのパフォーマンス(正確性)がDDを上回るが、それより大きな距離(眺望空間)および静的状況では、DDとHMDのパフォーマンス(正確性)に差がないことが確かめられた。最終アンケートからも、静的状況では主に記憶に基づいて距離を目測していたのに対し、動的状況では両眼視差(および視覚的タウ)を積極的に活用して距離を目測していたことが示唆される。また、SSQとIPQのスコアの分析結果からHMDはDDに比べ臨場感が高く、主観的な酔いが強いことが示された。

本研究では、動的状況における行動空間付近の状況認識ではDD/HMD間にパフォーマンス(正確性)の差が生じたため、今後は個人空間から行動空間での操船行動(小型船の着岸や人命救助など)を再現したシミュレータにおいてDD/HMD間での知覚する周囲環境の情報がどのように違うのかを検証していきたい。

参考文献

- (1) 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.
- (2) Bassano, C. et al. (2019). Evaluation of a Virtual Reality System for Ship Handling Simulations. In Proc. of VISIGRAPP2019. 62-73.
- (3) 山田匠馬 (2022). VR(仮想現実)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状況認識に与える影響に関する研究. 神戸大学大学院海事科学研究科2021年度修士学位論文.