

VR 型及び従来型操船シミュレータにおける状況認識および意思決定に関する学習効果の違いについて

Differences in Situation Recognition and Learning Effect in VR Type and Conventional Ship Maneuvering Simulators

西村 和真^{*1}, 平野 学志^{*2}, 堀口 知也^{*3}

Kazuma NISHIMURA, Takashi HIRANO, Tomoya HORIGUCHI

神戸大学大学院海事科学研究科

Maritime Sciences, Kobe University Graduate School

Email: 1927040w@gsuite.kobe-u.ac.jp

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および意思決定に関する学習効果について、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衝突判断(文脈のある状況での観察)および制動距離の制御(文脈のある状況での操作)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、制動制御においては、HMDの方が DD に比べて、回数を重ねた際のパフォーマンスの伸びが良く、学習効果が高いことが確認された。

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比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。意思決定とは、それらの状況認識をもとに、判断を下す過程のことである。デバイスの違いが衝突回避判断に関する状況認識および意思決定に与える影響は、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、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、(1)被験者に衝突の有無を判断させる衝突判断実験(操船操作は行わない)、および(2)被験者に衝突回避のための減速操作を行わせる制動制御実験(操船操作は行う)を実施した。そして、衝突判断実験の結果より状況認識について、また制動制御実験の結果より意思決定について分析した。

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(40m~120m)を航行するシミュレーションであったが、相手船がより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ない。そこで、本研究では視認する距離を個人空間(0m~2m)、行動空間(2m~30m)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、状況認識および意思決定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、航行する自船と自船の前方に静止している他船との状況認識および意思決定について以下の2つの実験を行う。

①衝突判断(文脈のある状況での観察):自船が一定速度で停止状態の相手船に近づいている。そして、ある時点でエンジンを停止して減速を開始するとき、最終的に自船が他船に衝突するか/ちょうど静止するか/手前で止まるかを判断する。

②制動制御(文脈のある状況での操作):自船が一定速度で停止状態の相手船に近づいているとき、一定の距離(他船まで 30m)になる時点以降にエンジンを停止して減速を開始し、相手船と距離 0 でちょうど静止するようにエンジン停止のタイミングを決める。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つのアンケートを行った。

6. 結果

状況認識および意思決定の評価指標として、各シナリオにおける回答の正誤および誤差を比較した。

衝突判断実験について、デバイス、速度、加速度ごとに、被験者の回答の正誤を集計し、それぞれのデバイスについてマクネマー検定を行った。

制動制御実験について、デバイス、速度、加速度ごとに、自船と他船の距離の絶対値を集計した。これに対して速度、デバイス、練習回数の、3要因で、3要因分散分析を行った。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。

衝突判断実験でデバイス間における有意差は認められなかった。制動制御実験では、表1,2よりデバイス(要因 A) と練習回数(要因 C) の交互作用が有意であり、練習回数の C=8 (8 回目) においてのみ HMD 優位の有意差 ($p < .05$) が認められた(表1)。また、要因 A (デバイス) の各水準における練習回数(要因 C) の効果については、A=2 (HMD) においてのみ練習回数による有意差(練習回数が増えるほどずれが小さい) が認められ ($p < .01$)、Holm 法による多重比較の結果、複数の練習回数間において有意差が認められた(表2)。さらに 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。

表1 3 要因分散分析・下位検定(要因 A: デバイ

ス 要因 C:練習回数)

S,V	SS	df	MS	F
A at C1	32.1889	1	32.1889	2.98 (ns)
nsA at C1	119.4289	11	10.8573	
A at C2	3.1417	1	3.1417	0.21 (ns)
nsA at C2	163.2341	11	14.8396	
A at C3	17.7112	1	17.7112	1.82 (ns)
nsA at C3	107.0366	11	9.7306	
A at C4	2.4976	1	2.4976	0.74 (ns)
nsA at C4	37.1067	11	3.3732	
A at C5	5.3847	1	5.3847	1.21 (ns)
nsA at C5	48.7990	11	4.4362	
A at C6	13.0305	1	13.0305	1.13 (ns)
nsA at C6	129.3512	11	11.7638	
A at C7	6.9639	1	6.9639	0.67 (ns)
nsA at C7	113.5705	11	10.3679	
A at C8	23.9893	1	23.9893	7.10*
nsA at C8	37.1222	11	3.3747	
C at A1	89.2390	7	12.7556	1.72 (ns)
nsC at A1	569.4971	??	7.3981	
C at A2	397.7327	7	56.8375	8.83 (**)
nsC at A2	624.6782	??	8.1127	

表2 Holm 法による多重比較 (C(練習回数))

(MSe= 8.1127, * p<.05)		
C1 = C2	n.s. (alpha' = 0.0187)	
C1 > C3	*	(alpha' = 0.0024)
C1 = C4	n.s. (alpha' = 0.0029)	
C1 > C5	*	(alpha' = 0.0019)
C1 > C6	*	(alpha' = 0.0020)
C1 > C7	*	(alpha' = 0.0023)
C1 > C8	*	(alpha' = 0.0013)
C2 = C3	n.s. (alpha' = 0.0028)	
C2 = C4	n.s. (alpha' = 0.0033)	
C2 > C5	*	(alpha' = 0.0021)
C2 > C6	*	(alpha' = 0.0022)
C2 = C7	n.s. (alpha' = 0.0025)	
C2 > C8	*	(alpha' = 0.0019)
C3 = C4	n.s. (alpha' = 0.0100)	
C3 = C5	n.s. (alpha' = 0.0045)	
C3 = C6	n.s. (alpha' = 0.0050)	
C3 = C7	n.s. (alpha' = 0.0500)	
C3 = C8	n.s. (alpha' = 0.0036)	
C4 = C5	n.s. (alpha' = 0.0031)	
C4 = C6	n.s. (alpha' = 0.0042)	
C4 = C7	n.s. (alpha' = 0.0033)	
C4 = C8	n.s. (alpha' = 0.0023)	
C5 = C6	n.s. (alpha' = 0.0250)	
C5 = C7	n.s. (alpha' = 0.0050)	
C5 = C8	n.s. (alpha' = 0.0125)	
C6 = C7	n.s. (alpha' = 0.0071)	
C6 = C8	n.s. (alpha' = 0.0063)	
C7 = C8	n.s. (alpha' = 0.0030)	

7. 考察

制動制御においては、HMDの方がDDに比べて、回数を重ねた際のパフォーマンスの伸びが良く、学習効果が高いことが確認された。またHMDはDDに比べて酔いやすく、臨場感を感じやすいデバイスであることが分かった。ただし、酔いについては、状況認識の全体的なパフォーマンスに影響を与えるほどではないことも明らかとなった。

以上より、ブレーキを踏むなど操作を必要とする過程において、VR型操船シミュレータは、デメリットが少なく、学習効果が高いというメリットをもつ可能性が示唆された。したがって、VR型操船シミュレータの導入を進めていくことは合理的なのではないかと考える

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) 平野学志 (2022). 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に関する研究. 教育システム情報学会.The 47th Annual Conference of JSiSE.