



# VR 映像での 3 人称視点導入による 映像酔いの低減と空間認知の向上

Objective perspective in virtual environments  
improve sickness and performance of spatial tasks

前澤知輝<sup>1)</sup>, 原澤賢充<sup>1)</sup>, 小峯一晃<sup>1)</sup>

Tomoki MAEZAWA, Masamitsu HARASAWA, Kazuteru KOMINE

1) 日本放送協会 放送技術研究所 (〒157-8510 東京都世田谷区砧 1-10-11, s09309-maezawa.t@nhk.or.jp)

**概要** : VR 映像において, 3 人称視点導入 (後方視点と上方視点) による酔い感低減の可能性と視点  
が空間認知課題成績に与える影響を検討した. 参加者は人物がカーブ走行する映像を観察し, その  
進路角を推定した後, 映像酔い感と実在感を評価した. その結果, 3 人称視点は 1 人称視点に比べて  
実在感の程度は小さいが, 映像酔い感の程度が小さくなり, 進路角推定正確度の向上が認められた.

**キーワード** : VR, 視点, 空間認知, 映像

## 1. はじめに

仮想現実 (Virtual Reality: VR) 技術は映像コンテンツに立体的な空間表現を付与し, 観察者に対して高い実在感 (presence) を与える. 例えば, ウェアラブルカメラで撮影した 360 度 VR 映像では, 仮想空間上のカメラ位置が頭部装着ディスプレイ (Head Mounted Display: HMD) の動きと同期し, マラソンやパルクールのような活動を行なう主体者の視点 (1 人称視点) で映し出している. 映像に対する没入感 (Immersion) と関与感 (Involvement) の印象が 1 人称視点を通して増加し, 実在感の向上に貢献している[1].

一方, このような 1 人称視点の VR 映像において, 映像酔い等の生態影響が生じることが知られている. 映像酔いは, 映像の視覚的な動きから誘発される不快状態であり, 動揺病 (乗り物酔い) と類似した症状を持つ. その発生機序として, 視覚入力と他の感覚入力との間に生じる感覚矛盾や, 感覚情報と経験的予測との間の食い違いが考えられている. 観察者が視覚性自己運動感覚 (ベクシオン) を知覚するような状況では, 運動情報取得を視覚だけに依存しており, 映像酔いが発生しやすい条件下にいる. このことから, 1 人称視点でのベクシオンの誘発されやすさが映像酔いの発生しやすさを説明するという考えもある.

映像酔いの発生機序に基づき, 映像に多感覚フィードバックを加えることで映像酔いを低減しようとする試みがある. 例えば, VR 歩行体験中に角速度変化と連動して骨振動を呈示すると, 前庭反応が誘発され, 不快症状が低減される[2]. この手法と類似して, エンジン音と振動から成

る聴覚刺激, 触覚刺激の同期的呈示も提案されている[3]. しかし, 単純化された実験映像刺激とは異なり, 実際の映像コンテンツでは視覚的運動が時空間的に混雑するため, 視覚情報と多感覚情報を同期させることが難しい. さらに, 映像呈示装置が大型化, 複雑化してしまう.

このため, 多感覚情報ではなく, 視覚情報の操作だけで映像酔いを低減する他の方法が注目されている. 視点切り替えは VR の特性を活用した映像酔い感低減手法であり, ゲームコンテンツでの利用可能性が調べられている. VR 環境中の仮想カメラ位置を変化させれば, 映像を 1 人称から 3 人称視点に切替えられる. 多くのゲームは 3 人称視点を基に制作されている. その経験的根拠から, 観察者の映像酔い感は実在感の低下と引き換えに低くなることがわかっている[4]. また, 3 人称視点は迷路探索や飛来物体回避等の空間課題成績を向上させうる[5]. このように考える応用場面の広さから, 3 人称視点は, ゲーム以外の VR 映像コンテンツにも広く導入できると考えられる.

本研究では, VR 映像における 3 人称視点の導入利点について, 実在感, 映像酔い感, 空間課題成績に対する評価から検討した. 今回は人物の走行場面映像を対象とし, その進路角の推定を実験参加者に求めた.

## 2. 方法

### 2.1 実験参加者

59 名の成人 ( $M = 27.2$  歳, 男性 30 名, 女性 29 名) を 2 つの視点条件 (後方, 上方) へ均等に割り当てた.

2.2 装置と VR 映像

全ての刺激を HMD (HTC VIVE Pro 2, FoV: 120°, 120 Hz) 上に呈示した。刺激に対する参加者の反応を VIVE コントローラーを用いて取得した。刺激呈示とデータの取得タイミングを Unity (ver. 2021.3.1f1) で制御した。

灰色の人物 3D モデルがドット平面上を直進またはカーブするような、1 人称または 3 人称視点の VR 映像 (15 秒) を作成した (図 1)。3 人称視点では観察者が被写体人物を追従する映像となる。人物の動きは操作できず、参加者のコントローラ操作とは無関係に映像が進行した。

映像の作成に当たって、黒背景の VR 環境を構築し、その地平面に白色ドット (直径 10 cm) を配置した。映像中の人物の動き (直進またはカーブ) はドットの相対的な直進と回転の位置運動 (4 m/s) を組合わせて作成した。人物は映像前半 (7.5 秒) で直進し、後半 (7.5 秒) で左右どちらかに等角速度でカーブ運動した。映像に変動性を持たせるために、カーブの大きさは 2 種類の角速度 (3 deg/s, 6 deg/s) から毎試行ランダムに選択された。

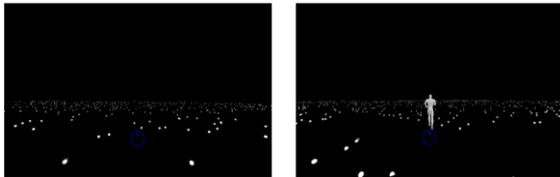


図 1: 1 人称視点 (左) と 3 人称視点 (右) の VR 映像。

2.3 後方視点条件と上方視点条件

実験条件として VR 環境中のカメラ位置を操作した。既存の方法 [e.g., 6] に従い、具体的な操作方向は人物の後方または上方とし、カメラの水平位置と高さ (俯角) をそれぞれ変化させた (図 2)。どの実験条件でも、参加者の頭部の動き (6DoF) に合わせて VR 環境を観察可能にした。

後方視点条件ではカメラを被写体人物の頭部高さに固定し (1.6 m)、水平位置を被写体人物の後方に対して操作した (0 m, 5.5 m, 11 m)。この時、カメラと人物の水平位置が重なる場合 (0 m) は 1 人称視点映像を映し、カメラが人物の後方にある場合は (5.5 m, 11 m) 3 人称視点映像を映した。1 人称視点映像では人物モデルを不可視にした。

上方視点条件では、カメラの水平位置を 5.5 m に固定し、人物に対するカメラの高さ (俯角: 0°, 22.5°, 45°) を操作した。全ての高さにおいて 3 人称視点映像が映された。

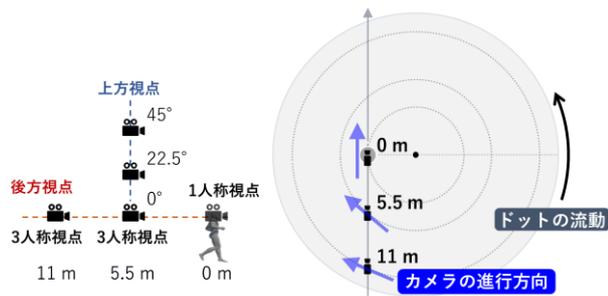


図 2: 映像視点とカーブ中におけるドット平面の動き。

2.4 進路角の経時推定

被写体人物の進路角を、映像前半での直進方向に対して現在の進行方向が示す角度として定義した (図 3)。映像後半において、進路角は人物の等角速度的な運動に伴い線形的に増加する。また、進路角は人物がその位置で静止し、身体を回転させた場合の角度の累積と一致する。

進路角の回答には、映像内に出現する時計様のカーソル (直径 7.2°) が用いられた。1 人称視点の場合は人物の頭部を通る矢状水平軸を基準に、3 人称視点の場合はカメラと人物頭部を結ぶ直線軸を基準に、視野角 22.5° の下方に呈示した。カーソルは時計の針のように回転させることができ、その方向を進路角の回答値とみなした。

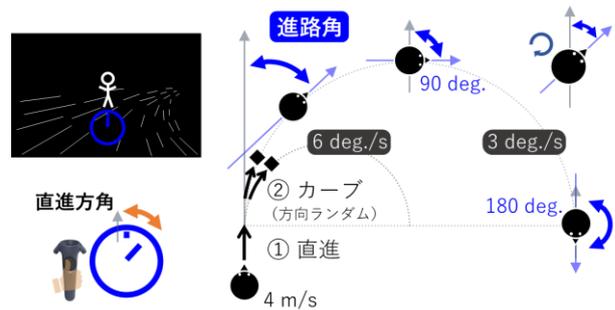


図 3: 進路角推定の例。◆は映像終了時点の位置を示す。

2.5 課題の手続き

参加者は課題の事前に、映像の視点が生試行毎に切り替わることや進路角の意味について説明を受けた。一方で、進路角が等角速度で変化することは伝えられなかった。

課題は映像再生と質問回答の順番で進行した (図 4)。進路角の回答は映像再生直後から開始し、再生が終わるまで続けるよう求めた。映像呈示後、実在感 (A Single-item Measure of Presence) [6] と映像酔い感 (Fast Motion Sickness Scale) [7] の評価がされた。それぞれの視点条件においてカメラの位置と角速度は毎試行ランダムに選択された。



参加者内計画: カメラ位置 × 角速度 (24 試行, 60 分)

図 4: 刺激と試行例。

3. 結果

3.1 進路角推定の正確度

進路角の回答方向 (左右) に誤りがあった場合や、参加者が映像再生中に回答を行っていなかった場合、その試行を分析から除外した (全試行の 0.65%)。時系列データに対して、F 統計量を基にしたクラスターベースの並び替え検定および t 統計量による多重比較検定を行った (図 5)。

後方視点条件では、全てのカメラ位置で進路角が過大推定される傾向が認められた。その程度は 5.5 m (3 人称視点)、11 m (3 人称視点)、0 m (1 人称視点) の順に小さく、1 人称視点に比べて 3 人称視点で推定の誤りが小さかった。

上方視点条件の水平位置は、後方視点条件で最も推定の誤りが小さかった 5.5 m と同じである (全て 3 人称視点)。この位置では、カメラがどの高さにあっても推定の誤りが小さかった。特に、最も高い位置にある 45 deg では、最も低い位置の 0 deg と比べて推定の誤りが小さかった。

角速度の大きさに関わらず、2つの視点条件で観察されたこれらの結果の傾向は一貫していた。

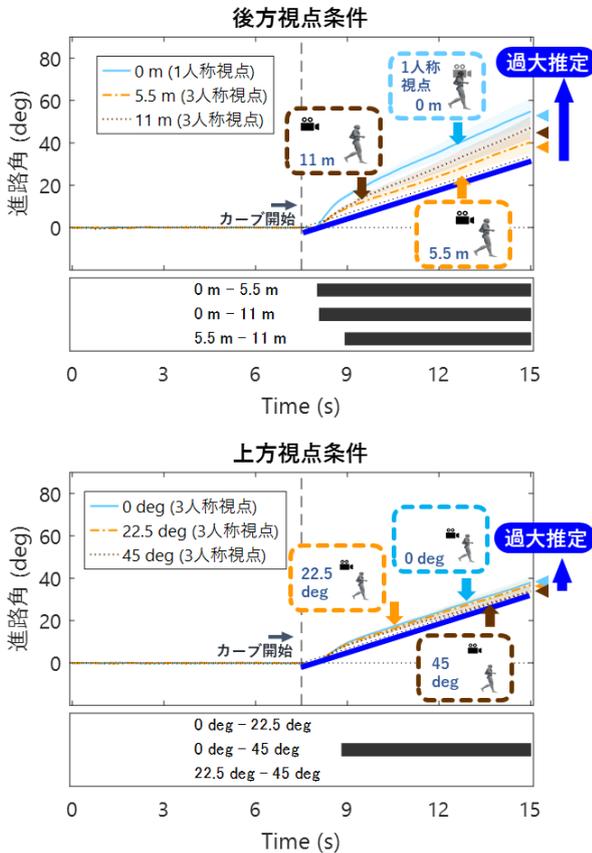


図 5: 進路角推定の時系列変化. 2 種類の角速度について、1つのグラフにまとめた。カーブ方向を反転し同方向に重ね合わせた。図中の青色の直線は実際の進路角を、黒色の棒線は多重比較の結果とその時間範囲を示す ( $p < .05$ )。

### 3.2 実在感と映像酔い感の主観評価

進路角推定正確度と同様に、実在感と映像酔い感もカメラ位置による影響を受けた。後方視点条件では、1 人称視点 (0 m) において最も実在感が高かったが ( $F(2, 58) = 10.95, p < .001, \eta^2_G = .078$ )、映像酔い感も高かった ( $F_{GG}(1.3, 36.4) = 5.34, p = .020, \eta^2_G = .068$ ; 図 6)。カメラ位置が後方に下がるほど映像酔い感は低下したが、実在感も低下した。

上方視点条件では、最もカメラが低い位置にある 0 deg において実在感が高く ( $F_{GG}(1.4, 40.1) = 19.82, p < .001, \eta^2_G = .020$ )、映像酔い感も低かった ( $F_{GG}(1.3, 37.8) = 10.26, p = .001, \eta^2_G = .075$ )。カメラ位置が高くなるほど、実在感は低下し、映像酔い感は上昇した。

両視点条件とも、実在感と映像酔い感は角速度の影響を受けていた。角速度が大きい程実在感は上昇し、映像酔い感も上昇した ( $F_s > 11.32, p < .002, \eta^2_G > .018$ )。

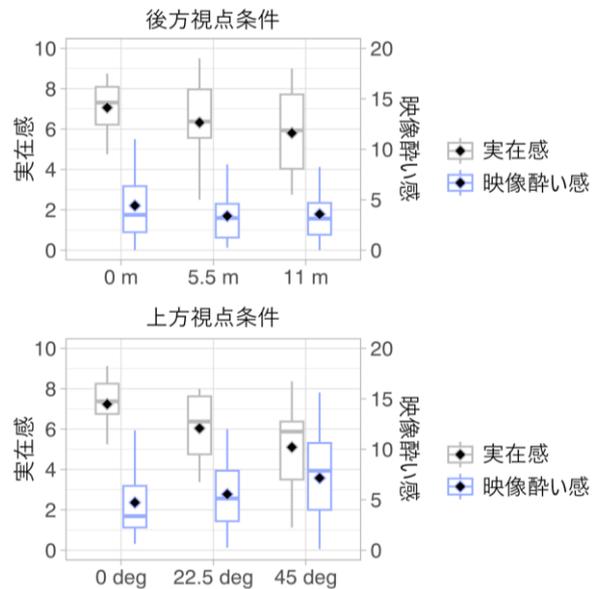


図 6: 実在感と映像酔い感の回答結果。

## 4. 考察

本研究の目的は、実在感、映像酔い感、空間課題成績への評価から、VR 映像における 3 人称視点の導入利点について検討することだった。図 7 にその結果をまとめた。

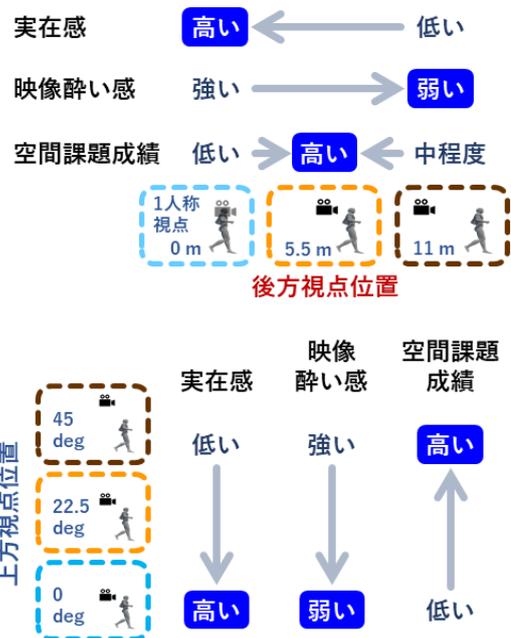


図 7: 結果のまとめ。

### 4.1 空間課題成績への影響

被写体人物の進路角は、カメラが人物の後方にあれば、どの水平位置でも正確に推定されることがわかった。特に 5.5 m の視点位置で正確度が高くなり、人物頭部よりも上方の視点位置でこれよりも正確な値に近づいた。これらの結果は、人物から一定または一定以上の水平距離や高さを設けた 3 人称視点を導入することで、映像における空間把握の正確さが向上する可能性を示唆する。

進路角推定において3人称が1人称視点よりも優れていた理由には、観察されるドットの流動パターン（オプティカルフロー）が各カメラ水平位置で異なることが考えられる。オプティカルフローは回転と直進の組み合わせから成り、直進方向の周辺に流動の拡張点（Focus of Expansion）がある。直進成分はカーブ運動軌跡の接線上に作られる。このため、1人称視点と3人称視点では、直進成分の方向（図2に示したカメラ進行方向の反対）および、拡張点がある位置が異なっている。拡張点の位置は進路知覚に影響し、その地点に向かって運動が行われているように感じる。3人称視点では、1人称視点と比べて拡張点がカーブの外側にあり、カーブ運動の知覚を弱めている。その結果、進路角が小さく推定された可能性がある。

オプティカルフローの回転成分を弱める力は、拡張点の位置と被写体人物の位置とのずれの大きさに依存し、このずれはカメラが人物から遠ざかるほど大きくなると考えられる。しかし、3人称視点（5.5 m, 11 m）での進路推定の結果はこの説明の通りにならなかった。したがって、推定に影響する他の要因があると考えられる。そのうちの1つに観察者の自己運動速度の違いがある。ドットの流動平面は等角速度で回転するため、カメラが円の中心から離れるほど、その距離に比例して時間当たりの運動距離が大きくなる。このため、11 m の位置では5.5 m の位置より観察者の自己運動速度が大きくなり、標的である被写体人物の動きが加速して知覚されていた可能性がある。

また、進路角推定はカメラの高さ（俯角）の影響も受けた。これは、人物のカーブ運動を後方視点から観察していることが関係している可能性がある。俯角が増加するにつれて運動を立体的ではなく平面的に把握しやすくなり、進路角推定が簡単になると考えられる。このような視覚的変化が課題成績に影響した可能性がある。

#### 4.2 実在感と映像酔い感への影響

カメラが人物の後方であれば、どの水平位置でも映像酔い感は低下した。映像酔い感はカメラが後方にある程低くなった。実在感と映像酔い感はトレードオフの関係にあり、映像酔い感の改善に伴って実在感の低下が引き起こされた。しかし、実在感の回答が平均的にリッカート尺度の中間値を下回ることにはなかった。この結果は、3人称視点で映像酔い症状を緩和する可能性を示唆する。一方で、カメラ位置を高くした場合は実在感と映像酔い感の両方に対して悪影響を引き起こし、利点が示されなかった。

3人称視点で映像酔い感を低減する現象について、その機序は明らかにされておらず、複合的な要因が関与していると考えられる。まず、実在感と映像酔い感はベクシオンの強さと相関する可能性がある[7]。3人称視点映像を再生中、観察者はドットの流動拡張点とは離れた人物位置に対して視線を向けており、ベクシオンを弱めている可能性がある。また、自己運動に対する観察者の注意のような認知的要因の関与も考えられる。さらに、レティクルのような参照点の呈示が、カーブ運動時の映像酔い感を緩和させ

る可能性がある。映像中の人物モデルが参照点となる。

また、映像酔い感の発生機序の一つとして、上方視点から映像を観察することによって生じる浮遊感が挙げられる。上方視点条件において、実在感と映像酔い感はトレードオフ関係にはなく、垂直距離の増加に伴って実在感の低下と映像酔い感の上昇が引き起こされた。この結果は、カメラが被写体人物から離れる程映像酔い感が緩和されるという、後方視点条件における知見に反した。数名の参加者が支持平面の消失を内観報告しており、この消失感が映像酔い感の上昇を引き起こしていた可能性がある。

#### 4.3 本研究の限界と今後の課題

本研究では、オプティカルフローの成分を統制していないため、視点変化に伴って多くの交絡要因が生じてしまっている。また、別の問題点として、空間課題成績の回答方式が挙げられる。参加者は一度進路角を知覚すれば、一定の角速度でカーソルを動かすことによって回答ができてしまう。今後の実験ではこれらの統制を課題とする。

#### 参考文献

- [1] Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240.
- [2] Weech, S., Moon, J., & Troje, N. F. (2018). Influence of bone-conducted vibration on simulator sickness in virtual reality. *PLoS ONE*, 13(3), e0194137.
- [3] Sawada, Y., Itaguchi, Y., Hayashi, M., Aigo, K., Miyagi, T., Miki, M., Kimura, T., & Miyazaki, M. (2020). Effects of synchronised engine sound and vibration presentation on visually induced motion sickness. *Scientific Reports*, 10(1), 7553.
- [4] Monteiro, D., Liang, H. N., Xu, W., Brucker, M., Nanjappan, V., & Yue, Y. (2018). Evaluating enjoyment, presence, and emulator sickness in VR games based on first-and third-person viewing perspectives. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 29(3-4), e1830.
- [5] Gorisse, G., Christmann, O., Amato, E. A., & Richir, S. (2017). First-and third-person perspectives in immersive virtual environments: presence and performance analysis of embodied users. *Frontiers in Robotics and AI*, 4, 33.
- [6] Bouchard, S., Robillard, G., St-Jacques, J., Dumoulin, S., Patry, M. J., and Renaud, P. (2004). “Reliability and validity of a single-item measure of presence in VR,” in *Proceedings of The 3rd IEEE International Workshop on Haptic, Audio and Visual Environments and Their Applications, HAVE*, (Piscataway, NY: IEEE), 59–61.
- [7] Keshavarz, B., Philipp-Muller, A. E., Hemmerich, W., Riecke, B. E., & Campos, J. L. (2019). The effect of visual motion stimulus characteristics on vection and visually induced motion sickness. *Displays*, 58, 71–81.