



VR 体験中のユーザに対する視野制限を用いた 姿勢矯正の検討

藤本康暉¹⁾, 間博人²⁾, 山本泰士¹⁾, 三木光範²⁾

1) 同志社大学 理工学研究科 (〒 610-0394 京田辺市多々羅都谷 1-3)

2) 同志社大学 理工学部 (〒 610-0394 京田辺市多々羅都谷 1-3)

概要: HMD は前方に重量が偏るため, 装着時は首に負荷がかかる. 首への負荷は全身に悪影響を与え, 姿勢を歪める原因になる. 本研究では, VR 体験中のユーザの姿勢を良くする方法として, 視野制限を利用した姿勢矯正を提案する. 実験では, VR 空間において視野制限ありと制限なしの場合の姿勢変化を計測する. 実験の結果, 視野制限によって頭の傾きが 11.6%, 背中への傾きが 15.6%減少し, 姿勢を良くできることを示した.

キーワード: 視線誘導, 仮想現実, 姿勢矯正

1. はじめに

現在, PSVR や HTC Vive, スマートフォンを利用したヘッドマウントディスプレイ (HMD) の登場に伴い, VR に注目が集まっている. HMD の普及が進み, ユーザは仕事, 研究, 娯楽などの様々な用途で HMD を使用する. 特に, 娯楽目的での HMD の利用が増加し, VR のゲームや動画などの HMD を使用するコンテンツが増えている. しかし, HMD を利用する際の問題点として, HMD 装着者の首への負荷が挙げられる [1].

HMD は重量が前方のディスプレイ部分に偏っているため, HMD 装着者の首に負荷がかかる. 首への負荷は全身に悪影響を与え, 猫背や反り腰の原因になる. また, 猫背や反り腰などの悪い姿勢の状態では, 良い姿勢の状態に比べて首への負荷が増加することも報告されている [2]. HMD 装着時は首への負荷によって, HMD 装着者の姿勢を歪める. そして, 姿勢の歪みが首への負荷を増加させて, さらに姿勢を歪める悪循環が発生する [1]. 悪循環を解消するために, HMD 装着者が良い姿勢を維持して, 首への負荷を軽減する必要がある.

HMD 装着者が良い姿勢を維持する方法として, 本論文では視線誘導に注目する. 視線誘導はユーザの視線を特定の部分に導く手法である. 例えば, Web ページでは記事の配置や文字サイズを調整して, ユーザが記事を見やすいように視線誘導を行う. ディスプレイ上での視線誘導は, ユーザの視野内の限られた範囲で誘導するため, 頭部を動かすことが少ない. 一方, VR 空間ではユーザは自身の横や背後などの視野外の空間を見るために, 体を動かす必要がある. 従って, VR 空間でユーザの視野外に視線誘導することで, ユーザに姿勢の変化をさせることができる [3].

本論文では, 視線誘導の手法として視野制限を用いる. 視野制限による視線誘導は, VR 酔い対策として導入されている [4]. VR 酔い対策の視野制限システムでは HMD に表示する映像を減らすことで, 視線が向く方向をディスプレイの中央部に限定し, VR 酔いを軽減することができる. 本論文では視野制限の際に, 没入感を損なわない範囲で視野変化させることで姿勢を良くする. 検証実験では実際のコンテンツに対して視野制限を導入し, 視野制限により姿勢を矯正可能であるかを検証する.

2. VR 空間での視覚情報と姿勢の関係

VR 空間での視野と姿勢の関係について Jefferson らは, HMD の視野制限が立位姿勢に与える影響を報告している [5]. Jefferson らは, HMD の視野を 25 度まで制限した状態と, 制限しない状態の 2 種類の条件下で同じ視刺激を与え, 視刺激による立位姿勢の変化を比較している. Jefferson らは研究を通して, 視野制限時は非制限時に比べて姿勢の変化が大きくなることを報告している. しかし, Jefferson らが検証したのは, 立位姿勢に関してであり, 座位姿勢に関しては評価していない. また, Jefferson らは視野を 25 度まで制限しており, VR コンテンツの快適性や操作性を大きく損なうため, 実際の VR コンテンツへ導入するには不適切である.

Basile らは HMD 装着中のユーザに対する姿勢矯正システムを提案している [6]. Basile らの手法ではユーザの姿勢を常に計測し, 悪い姿勢だと判断した場合, ヘッドトラッキングを停止する. ヘッドトラッキングが停止するとユーザが頭を動かしても HMD の映像が切り替わらず, 悪い姿勢と判断される直前まで見ていた映像に固定される. そして, ユーザが姿勢矯正するまで, ヘッドトラッキングを停止し続けることでユーザの姿勢を矯正する. しかし, Basile らの方法は視野を固定するため, ユーザは足元や頭上を見る

Koki FUJIMOTO, Hiroto AIDA, Taishi YAMAMOTO, and Mitsunori MIKI

ことができない。そのため、視野を固定する方法は、ユーザの VR の没入感や快適性を大きく損なう。

本論文では、ヘッドトラッキングを停止するのではなく、視野を減らすことで姿勢に変化を矯正する。「視野を固定せず HMD の視野の一部が残るように制限するため、足元や頭上を見ることが可能である。検証実験では、座位姿勢の被験者に対して視野制限を行い、視野制限が座位姿勢に与える影響を検証する。また、視野制限の際は、VR 体験の没入感や快適性を損なわない程度の制限で実験を行う。

3. 視野制限を用いた姿勢矯正

3.1 視野制限の方法

本論文の目的は、HMD 装着中のユーザの首にかかる負荷を軽減することである。ユーザの負荷を軽減するために、視野制限によってユーザの体を任意の方向に動かすことで姿勢を矯正する。一般的に、人の頭の重さは 5 kg 程度で、頭が前に傾くほど首にかかる負荷が増加する [7]。例えば、頭部が 15 度傾くと 12 kg、30 度傾くと 18 kg 程度の負荷が首にかかる。HMD 装着時は HMD を付けない場合よりも、頭の重心が前方に寄るため首への負荷が増加する。そのため、首への負荷を軽減するには頭が前に傾かないようにする必要がある。本論文では、頭が前に傾かないようにするため、視野制限によって視線を誘導し、顔を上に向かせる。

VR 酔い対策で導入されている視野制限は、視野の中央部分が残るように視野制限をかける。一方、本論文では視野制限で顔を上に向かせるために、視野を残す領域を中央から 10 度下げた状態で視野制限をかける。視野を残す領域を下げると、VR 空間で物体を見る際に、視野制限をかけない時より頭を上に向ける必要がある。本論文では、制限なしと制限ありの 2 種類の視野で実験を行い、制限ありの方が制限しない場合より姿勢が良くなることを示す。

3.2 姿勢の評価基準

良い姿勢の基準は力学的基準、生理学的基準、神経学的基準、心理学的基準などの様々な基準が存在する。良い姿勢の基準の中でも、生理学的に良い姿勢は疲れにくい姿勢である。生理学的に良い姿勢は、矢状面において耳、肩峰、骨盤が鉛直線上に並んだ状態であり、日本の理学療法で用いられている基準でもある。本論文では姿勢矯正により、HMD 装着時の首への負荷を減らすことが目的である。首への負荷を減らすには、疲れにくい生理学的に良い姿勢が最適である。以上の理由から、検証実験では日本の生理学的に良い姿勢の基準を参考に評価する。

視野制限が姿勢に与える影響を評価するために、被験者の姿勢を機器を用いて取得する。姿勢の評価に用いる座標とベクトルを図 1 に示す。

評価の手順として、最初に頭部、首、骨盤の 3 つの座標を取得する。次に、取得した座標のから、骨盤から首と首から頭部へのベクトルの 2 つのベクトルを求める。骨盤から首へのベクトルは背の傾きを、首から頭へのベクトルは頭の傾きを評価するために用いる。最後に、骨盤から首へ

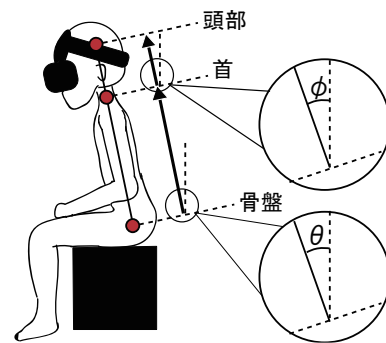


図 1: 姿勢評価に用いる座標とベクトル

のベクトルは鉛直方向からの角度 θ と、首から頭部へのベクトルの角度 ϕ を算出する。算出した角度 θ 、 ϕ が 0 に近いほど、良い姿勢であると判断する。

4. 視野制限が姿勢に与える影響の検証実験

4.1 概要

本実験では、実際の VR コンテンツを対象として、HMD の視野制限が被験者の姿勢に与える影響を検証する。視野制限時と非制限時の被験者の姿勢を比較して、視野制限による姿勢への影響を評価する。

被験者は 20 代前半の男性 7 名である。実験では、HMD として Oculus Rift DK2 を、姿勢を計測する機器として Kinect v2 を用いる。実験に用いる OculusRift DK2 の視野は左右に 100 度、上下に 90 度である。実験中、VR 体験中の被験者の姿勢を Kinect v2 で計測し、骨盤から首への角度 θ と、首から頭への角度 ϕ を取得する。角度 θ を背中の中の姿勢、角度 ϕ を頭の姿勢として姿勢を評価する。

4.2 実験環境

検証実験は、VRChat に視野制限を導入して行う。VRChat は VR 空間上で、世界中の人と交流を行うことができるコンテンツである。VR 空間内で自分の姿を好きなアバターに変えて、ボイスチャットや小道具を用いて他者との交流を行うことができる。

VRChat は対話をメインとするコンテンツであるため、複雑な操作や体の動きが必要ではない。複雑な操作が必要ではないため、視野制限による操作性の低下の影響が少ない。また、会話において視野の重要度は低いので、視野制限による VR 体験の快適性の影響も少ない。以上の理由から、本実験では実験環境として、視野制限による悪影響が少ない VRChat を利用する。

VRChat 内に作成した実験空間を図 2 示す。被験者が体験 VR 空間は、縦幅、横幅が共に 15 m の空間である。VR 空間は 3 方向を壁に、残りの 1 方向を鏡によって囲まれている。実験空間には VRChat の基本機能として、触れると自身の姿を変えられるスタンドと、空中に自由に線を引けるペンを設置する。本実験では被験者に VRChat の世界を、VRChat の基本機能を利用しつつ体験してもらい、視野制

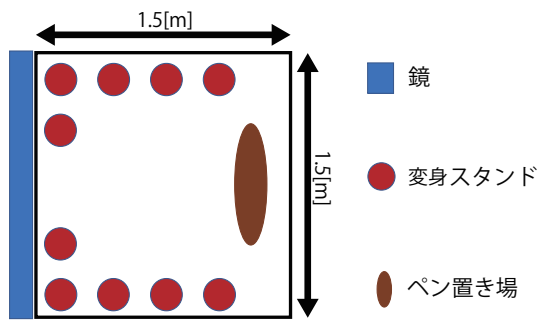


図 2: VRChat 内に作成した実験空間の略図

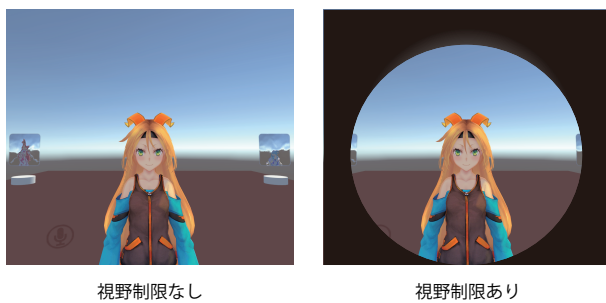


図 3: 実験で体験する 2 種類の視野

限が姿勢に与える影響を計測する。

4.3 実験手順

本実験において、被験者は VRChat 内に作成した実験空間を 2 種類の視野で体験する。被験者が実験中に体験する 2 種類の視野を図 3 に示す。

本実験で体験する視野は、視野制限なしと視野制限ありの 2 種類である。図 3 の左が視野制限なし、右が視野制限ありを表す。視野制限なしの場合は、OculusRift DK2 の視野である左右に 100 度、上下に 90 度で実験を行う。一方、視野制限ありの場合は、VR 体験の快適性を損なわない上下左右 80 度に制限する。また、視野制限ありは被験者の顔を上に向かせるために、視野を残す領域を中心から 10 度下の位置に設定する。

被験者は VR 空間において、視野制限なしと視野制限ありを無作為な順番で体験する。実験時間は 1 種類の視野につき 3 分間である。被験者は実験中、VR 空間にて会話やペンで書いた文字を用いて実験者と対話を行う。実験では、対話以外の行動によって姿勢に差が出ないように、対話を目的としない行動を禁止する。対話を目的としない行動の例は、VR 空間内を走り回ったり、ペンを振り回すなどの行動である。実験者と対話中の被験者の姿勢を計測し、姿勢の評価を行う。

4.4 実験結果

検証実験によって得られる、姿勢計測結果の例を図 4 に示す。図 4 は被験者 1 人の、実験中の姿勢変化を表す。図 4 の左は骨盤から首への角度 θ の計測結果、右は首から頭への角度 ϕ の計測結果である。

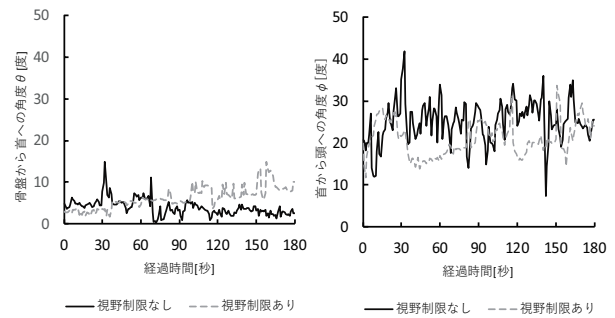


図 4: 実験によって得られる姿勢計測結果の例

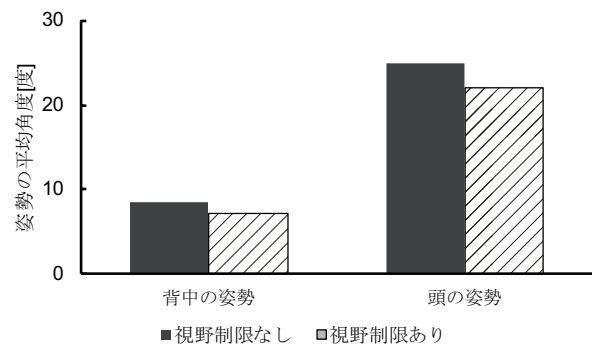


図 5: 被験者 7 人の計測結果の平均

図 4 の角度 θ の 3 平均は視野制限なしの場合は 4.0 度、視野制限ありの場合は 6.5 度である。一方、角度 ϕ は視野制限なしの場合は平均 25.1 度、視野制限ありの場合 21.0 度である。以上より、図 4 の被験者は、視野制限なしの場合は骨盤から首の姿勢が、視野制限ありの首から頭の姿勢が良くなるのがわかる。

次に、被験者全員の計測結果の平均を取ったものを図 5 に示す。図 5 の背中の姿勢は骨盤から首への角度 θ を、頭の姿勢は首から頭への角度 ϕ を表す。

背中の姿勢の平均角度は、視野制限なしの場合 8.4 度、視野制限ありの場合 7.1 度である。視野制限ありの場合は視野制限なしの場合に比べて、背中の姿勢の平均角度が 15.6% 減少した。一方、頭の姿勢の平均角度は、視野制限なしの場合 24.9 度、視野制限ありの場合 22.0 度である。視野制限ありの場合は視野制限なしの場合に比べて、頭の姿勢の平均角度が 11.8% 減少した。

4.5 考察

視野制限ありと視野制限なしを比べると、視野制限ありの方が頭の姿勢も背中の姿勢も角度が減少した。被験者の中には姿勢の角度が増加している人もいるが、全体では視野制限をかけることで姿勢が良くなるのがわかった。

視野制限ありの場合が視野制限なしの場合より姿勢が良くなる理由としては、会話する時に相手の顔を見ようとするためであると考えられる。本実験では視野制限をかける

時に、視野を残す領域を中央から下に10度下げている。視野を残す領域を10度下に下げたことで、視野制限ありの時に相手の顔を見るには、視野制限なしの時より頭を上に向ける必要がある。相手の顔を見るために、視野制限なしの時より頭を上に向けた結果、視野制限時の姿勢が良くなったと考えられる。

5. 結論と今後の展望

本論文では、実際のVRコンテンツとしてVRChatに視野制限を導入し、視野制限の姿勢への影響を検証した。検証の結果、VR空間で視野制限をかけることで、視野制限なしの場合に比べて、姿勢を良くできることを示した。

今後の展望は、ユーザの姿勢に応じて視野を制限する範囲を変えるシステムの導入を行う。常に視野制限をかけた状態ではVR空間を見回す時に、没入感と快適性が損なわれる可能性がある。そこで、ユーザの姿勢に応じて視野を変化させることで、ユーザの姿勢矯正とVR体験の快適性を両立したシステムを目指す。

参考文献

- [1] Knight, J.F. and Baber, C. : Neck Muscle Activity and Perceived Pain and Discomfort Due to Variations of HeadLoad and Posture, *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, Vol. 75, No. 2, pp. 123–131, 2004.
- [2] Thureson, M., Linder, J. and Harms-Ringdahl, K.: Neck muscle activity in helicopter pilots: effect of position and helmet-mounted equipment, *Aviation, space, and environmental medicine*, Vol. 74, No. 5, pp. 61–67, 2003.
- [3] 市川真澄, 渡邊悟 : 直立姿勢に対する視覚情報の影響, *バイオメカニズム学会誌*, Vol. 15, No. 2, pp. 59–64, 1991.
- [4] Fernandes, A.S., Feiner, S.K.: Combating VR sickness through subtle dynamic field-of-view modification, *IEEE Symposium on 3D User Interfaces*, pp. 201–210, 2016.
- [5] Streepey, J.W., Robert V.K., and Emily A.K. : Field of view and base of support width in uence postural responses to visual stimuli during quiet stance, *Gait & posture*, Vol. 25, No. 1, pp. 49–55, 2007.
- [6] Basile, A.R.: Virtual Reality System With Posture Control ; U. S. Patent 62254868, 2017.
- [7] Hansraj, K.K : Assessment of Stresses in the Cervical Spine Caused by Posture and Position of the Head, *Neuro and Spine Surgery*, pp. 1–2, 2014.