ヘッドマウントディスプレイを用いた Virtual Reality 映像とモニター映像が立位重心動揺に及ぼす影響の違い

Comparison of Center-of-Gravity Sway When Standing While Watching Images Displayed on Virtual Reality Devices and Monitors

遠藤 佳章^{1,2)} 鈴木 暁^{1,2)} 糸数 昌史^{2,3)} 小野田 公^{2,4)} 久保 晃^{2,4)}

YOSHIAKI ENDO, RPT, MS^{1,2)}, SATORU SUZUKI, RPT, MS^{1,2)}, MASAFUMI ITOKAZU, RPT, PhD^{2,3)}, KOU ONODA, RPT, PhD^{2,4)}, AKIRA KUBO, RPT, PhD^{2,4)}

¹⁾Shioya Hospital, International University of Health and Welfare: 77 Tomita, Yaita-shi, Tochigi 329-2145, Japan
TEL +81 287-44-1155 E-mail: 14s1021@g.iuhw.ac.jp

²⁾Department of Physical Therapy, Graduate School of Health and Welfare Sciences, International University of Health and Welfare

³⁾Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science at Narita, International University of Health and Welfare

⁴⁾Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, International University of Health and Welfare

Rigakuryoho Kagaku 33(3): 457-460, 2018. Submitted Dec. 8, 2017. Accepted Jan. 17, 2018.

ABSTRACT: [Purpose] To obtain findings for the clinical application of virtual reality (VR) images reflected by head-mounted displays (HMDs), this basic study compared center-of-gravity (CoG) sway when standing while watching images displayed on HMDs and conventional monitors. [Subjects and Methods] The SPL, WoE, and HoE were measured in 22 healthy young participants using a sway meter under 3 conditions: watching VR images (VR); watching images displayed on a monitor (MT); and maintaining a static standing position (SS). Under conditions VR and MT, the same images (filmed using a 360° camera while walking at a speed of 80 m/min) were presented. [Results] The values representing the SPL and WoE were the lowest under condition SS, followed by MT and VR, in this order. Those representing the HoE were higher under conditions VR and MT, without a difference between these, compared with SS. [Conclusion] Both conditions VR and MT may influence CoG sway when standing, and the influence of the former may be more marked.

Key words: virtual reality, center-of-gravity sway, visual stimuli

要旨:〔目的〕ヘッドマウントディスプレイ（HMD）を用いた Virtual Reality（VR）映像の臨床応用のための基礎研究として、HMDを用いたVR映像とモニター映像が立位重心動揺に与える影響の違いを検証した。〔対象と方法〕対象は若年健常人22名。重心動揺計にてVR、モニター、静止立位の3条件でSPL、WoE、HoEを計測。VR、モニターは共通の歩行映像（360°カメラを使用し、歩行速度80 m/minで歩いて撮影）を提示。〔結果〕SPL、WoEは静止立位、モニター、VRの順で増大、HoEは静止立位よりVR・モニターで増大、VRとモニターの間では差がなかった。〔結語〕VR、モニターともに立位重心動揺に影響を及ぼしうること、VRはモニターと比べ立位重心動揺に影響を及ぼしやすいことが示唆された。

キーワード: Virtual Reality, 重心動揺, 視覚刺激

¹⁾ 国際医療福祉大学塩谷病院：栃木県矢板市富田77（〒329-2145）TEL 0287-44-1155

²⁾ 国際医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科 保健医療学専攻 理学療法学分野

³⁾ 国際医療福祉大学 成田保健医療学部 理学療法学科

⁴⁾ 国際医療福祉大学 保健医療学部 理学療法学科

I. はじめに

人間が運動行動を起こすうえで、視覚の役割は大切である。視覚情報の変化は中心視ではなく、大部分を周辺視で捉え処理されている。環境の中を移動することで光による流動（光学的流動）が出現し、周辺視に変化を与え、姿勢筋緊張に影響を与えている¹⁾。Virtual Reality 映像による周辺視野刺激は、視覚誘導性自己運動感覚（一定方向に運動する視覚パターンを観察した場合に、観察者がその逆方向に運動しているかのように知覚する錯覚現象、およびその感覚）が引き起こされやすい²⁾と言われており、臨床応用が可能になれば、より効果的で実践的な訓練が可能になると考えられる。視覚刺激の内容に関して、自由にこちらで操作して提示できるため、視覚刺激としての環境や物品そのものの用意がなくても、対象者に適した視覚刺激の提示が可能である。また、昨今はPlayStation VR（Sony 社製）などに代表されるように、ゲームとVRの関係がより深くなっている。よって、VRを用いれば、バランス訓練等の結果のフィードバックを楽しみながら可能になるといったことも考えられる。

視覚情報と姿勢制御を検討した研究としては、PCモニターやプロジェクターによるものがあり、視覚刺激による姿勢制御の影響があることが示されている³⁻⁵⁾。ヘッドマウントディスプレイを使用したVirtual Reality映像にて姿勢制御を検討した研究は少ない。渡邊ら⁶⁾は、ヘッドマウントディスプレイを使用したVirtual Reality映像を用いて周辺視野に刺激を与えて歩行運動の誘導を試みた研究を行っている。視覚刺激のみでは歩行運動の誘導は困難であったが、振動刺激を下肢に行い体性感覚の不安定化を引き起こすことを視覚刺激に追加して行うことで、歩行運動の誘導が可能になったと報告している。この研究では、視覚刺激をTexture Flows刺激にて行っており、歩行動作そのもので得られるような視覚刺激であれば結果が異なった可能性もある。

また、先行研究で行っているディスプレイやプロジェクターといった方法³⁻⁵⁾は、機器を置く場所を確保しなくてはならないことや、機器そのものが高価であるため、臨床での使用は条件が限られてしまう。しかし、ヘッドマウントディスプレイを使用したVirtual Reality映像による周辺視野刺激であれば、定価1000～5000円程度で購入が可能なヘッドマウントディスプレイと、ヘッドマウントディスプレイに挿入するスマートフォンさえあれば行えるため、場所を選ばず、比較的安価で視覚刺激を与えることができる。

よって、本研究では、ヘッドマウントディスプレイを用いたVirtual Reality映像を臨床応用するための基礎研究として、ヘッドマウントディスプレイを用いたVR映像とモニター映像による立位重心動揺に与える影響の違いを明らかにすることを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は若年健常人22名（男性14名、女性8名、年齢：20.6 ± 1.2歳、身長：167.5 ± 8.0 cm、体重：57.1 ± 8.9 kg、BMI：20.1 ± 2.0 kg/m²；平均 ± 標準偏差）とした。

本研究はヘルシンキ宣言に沿ったものであり、対象者には事前に研究の目的と内容を説明し、承諾を得た後、計測を開始した。なお本研究は国際医療福祉大学研究倫理審査委員会の承認を得ている（承認番号17-10-40）。

2. 方法

対象者へ、ヘッドマウントディスプレイを用いたVirtual Realityによる歩行映像（以下、VR条件）、モニターによる歩行映像（以下、モニター条件）、静止立位（以下、静止立位条件）の3条件をランダムで提示し、重心動揺計（PDM-S、Zebris 社製）にて重心動揺を計測した。対象者は、裸足で両上肢を体幹の側方に置いた状態、両足部内側縁間の距離を15 cmの状態で重心動揺計上で立位姿勢をとった。3条件全てにおいて90秒間の計測を実施し、前後15秒間を省いた60秒間での重心動揺の値を代表値として使用した。各条件間は疲労の影響を除くため3分間程度の休憩を行った。重心動揺計にて測定する項目は、総軌跡長（以下、SPL）、左右方向軌跡長（以下、WoE）、前後方向軌跡長（以下、HoE）とした。

対象者への映像提示方法として、ヘッドマウントディスプレイ（Tepoinn 3D VR ゴーグル、視野角：120°、重量：316 g、Tepoinn 社製：以下、HMD）とPCモニター（Surface Pro3、12 インチ、Microsoft 社製）を用いた。提示した映像は、方法、対象者にかかわらず共通の歩行映像を提示した。歩行映像は、横幅200 cmの廊下を360°カメラ（RICOH THETA V、フレームレート：29.97 fps、メーカー型番910725、リコーイメージング社製）を装着したスタビライザーを撮影者（男性、身長：170 cm、体重：68 kg）の眼の高さに保持し、歩行速度80 m/min程度になるように調整して歩き、撮影を行った。撮影した映像は24秒であったため、視覚刺激を与える間、連続再生し、映像が途切れないようにした。HMDにスマートフォン（Google Nexus 6P、5.7 インチ、Google 社製）を挿入し、対象者が装着した。スマートフォンには、360°カメラTHETA専用の再生可能なアプリケーション（アプリ名：RICOH THETA、リコーイメージング社製）をダウンロードした。厚生労働省の報告⁷⁾によれば、PCモニターと眼の距離に関して、おおむね40 cm以上の視距離が確保することが適切であるといった報告があるため、PCモニターは対象者の視線の高さに設置して対象者の眼から50 cm程度離すように調整した。

表 1 総軌跡長, 左右方向軌跡長, 前後方向軌跡長の VR 条件, モニター条件, 静止立位条件での実測値および統計結果

	総軌跡長 (mm)	左右方向軌跡長 (mm)	前後方向軌跡長 (mm)
VR 条件	709.8 ± 182.7 ^{b,c}	436.4 ± 131.7 ^{b,c}	473.6 ± 132.6 ^c
モニター条件	619.8 ± 107.6 ^{a,c}	375.2 ± 69.4 ^{a,c}	423.3 ± 78.5 ^c
静止立位条件	552.2 ± 111.0 ^{a,b}	327.1 ± 77.3 ^{a,b}	382.2 ± 77.2 ^{a,b}

平均値 ± 標準偏差. ^a: $p < 0.05$ (vs VR 条件), ^b: $p < 0.05$ (vs モニター条件), ^c: $p < 0.05$ (vs 静止立位条件).

静止立位条件は, 視点は眼の高さで前方約 1 m の位置に設定した直径約 1 cm の指標を注視させた.

統計解析は, SPL, WoE, HoE の比較に一元配置分散分析, その後, 条件間比較に Bonferroni 法を用いた. 有意水準は 5% とした.

III. 結 果

SPL, WoE, HoE の VR 条件, モニター条件, 静止立位条件での実測値および統計結果を表 1 に示す.

SPL は VR 条件で 709.8 ± 182.7 mm, モニター条件で 619.8 ± 107.6 mm, 静止立位条件で 552.2 ± 111.0 mm となった. WoE は VR 条件で 436.4 ± 131.7 mm, モニター条件で 375.2 ± 69.4 mm, 静止立位条件で 327.1 ± 77.3 mm となった. HoE は VR 条件で 473.6 ± 132.6 mm, モニター条件で 423.3 ± 78.5 mm, 静止立位条件で 382.2 ± 77.2 mm となった.

一元配置分散分析によって SPL, WoE, HoE では有意な主効果が認められた ($p < 0.05$). SPL, WoE は, 静止立位条件, モニター条件, VR 条件の順で有意に増大した ($p < 0.05$). HoE は, 静止立位条件より VR 条件, モニター条件で有意に増大した ($p < 0.05$). しかし, HoE は, VR 条件とモニター条件の間では有意差が認められなかった.

IV. 考 察

健康成人を対象に, 視覚刺激方法の違いが SPL, WoE, HoE に及ぼす影響について検証した. その結果, SPL, WoE は, 静止立位条件, モニター条件, VR 条件の順で増大が認められた. HoE は, 静止立位条件より VR 条件・モニター条件で増大し, VR 条件とモニター条件の間では差が認められなかった. 以上より, VR での視覚刺激, モニターでの視覚刺激ともに立位重心動揺に影響を及ぼしうること, VR での視覚刺激はモニターでの視覚刺激と比べ立位重心動揺に影響を及ぼしやすいことが示唆された.

SPL, WoE, HoE が静止立位条件に比べて, VR 条件・モニター条件で有意に増大したことに對して考察する.

これは, VR・モニターによる視覚的な変化が要因として挙げられる. 先行研究³⁻⁵⁾でも, 視覚的な変化が重心動揺に影響を及ぼすことが示されている. 空間を直進する場合, 網膜上では進行方向の 1 点を中心として風景が拡大していく. この拡大率は中心から遠くなるほど大きい. 中心から遠い位置ほど速く通り過ぎていくように見える¹⁾. VR・モニターを使用することにより, それらの視覚的な変化が促されたためと考える.

SPL, WoE がモニター条件に比べて VR 条件で有意に増大したことは, モニター条件では視野の中に映像以外の外部刺激も同時に入ってしまうこと, VR 条件では視野の中に映像以外の外部刺激が入らないことが要因として挙げられる. モニター条件では, モニターの外部に広がっている空間は視覚的な変化がなく, VR 条件ほど視覚誘導性自己運動感覚を感じることができなかったと考える. また, VR 条件・モニター条件ともに身体動揺と同時に頭頸部も動いてしまう. モニター条件では, 頭頸部の動きに合わせた視覚情報の変化はきたさないが, VR 条件では頭頸部の動きに合わせて視覚情報が変化するので, より視覚誘導性自己運動感覚を感じることが容易であったと考える.

HoE が VR 条件とモニター条件の間では差が認められなかったことは, 今回使用した 360° カメラ自体の使用が, 1 眼であったために両眼視差を反映できず, 奥行き知覚に対する効果が限定的であったことが要因として挙げられる. 今後は, 両眼視野に配慮し, ステレオカメラ (2 眼) にて比較検討していくことも必要であると考える.

今回の映像の撮影に関しては, 1 名の撮影者の映像を全対象者で使用しており, 被験者の性別, 身長, 歩幅, 歩行率等の因子を考慮できていない. また, HMD とモニターによって見える映像の大きさの相違に関しても考慮できていなかった. 今後は, それらの因子も考慮し, 検討していく必要がある. また, 本研究で使用した歩行映像は, 前後方向のみの視覚変化を及ぼすものであった. 左右方向や上下方向などの検討も必要と考える. また, 本研究では対象者が若年健康人のみであった. しかしながら, 先行研究では, 加齢による視覚器自体が変化し, 視覚情報処理・認知が低下するといった報告⁸⁾も

あることから、対象者を高齢者にして研究を行う必要がある。また、脳卒中の患者は特に歩行通路に危険物が無い安全な状態でも、足元付近を見て歩行をしている場合があるとの報告⁹⁾もある。よって脳卒中片麻痺者の視点情報に着目するなど対象者を拡大して検討することが必要と考える。また、本研究では歩行映像による重心動揺の即時的变化のみを検討しているため、経時的な変化の検討も必要であると考え。

引用文献

- 1) 樋口貴広：視覚と歩行。理学療法, 2013, 30: 746-753.
- 2) 後藤玲子, 工藤博章, 佐藤耕平・他：自己運動感覚を誘導する視覚刺激に対する生体反応の分析。映像情報メディア学会誌, 2006, 60: 589-596.
- 3) 長谷川直哉, 萬井太規, 武田賢太・他：視覚フィードバックと聴覚フィードバックによる動的バランスの学習効果の違い。理学療法学, 2015, 42: 474-479.
- 4) 小谷恵美, 鈴木直人：中心視野情報と周辺視野情報が姿勢制御に及ぼす影響。Equilibrium Research, 2002, 61: 210-215.
- 5) 内田全城：視覚指標提示角度の定位付け条件が立位重心動揺に与える影響。理学療法科学, 2012, 27: 181-184.
- 6) 渡邊紀文, 森 文彦, 大森隆司：周辺視へのオプティカルフロー刺激と身体動揺を利用した歩行者の誘導モデル。映像情報メディア学会誌, 2013, 67: 434-440.
- 7) 厚生労働省：VDT作業における労働衛生管理のためのガイドライン。http://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11200000-Roudoukijunkyouku/0000184703.pdf (閲覧日2017年12月30日)。
- 8) 伊藤規絵, 福島菊郎, 蕨 建夫：加齢と視覚機能。理学療法, 2013, 30: 754-761.
- 9) 波多野直：脳疾患に起因する視覚認知障害に対する理学療法。理学療法, 2013, 30: 780-790.