



座位重心動揺を用いた臨場感の量的評価に関する研究

A study of quantitative evaluation of presence using stabilometry in sitting position

奥野帆香¹⁾, 木下史也¹⁾, 唐山英明¹⁾

Honoka OKUNO, Fumiya KINOSHITA, and Hideaki TOUYAMA

1) 富山県立大学大学院 工学研究科 (〒939-0398 富山県射水市黒河 5180, t955004@st.pu-toyama.ac.jp)

概要: 臨場感とベクシオンにはある程度の相対関係があると考えられ、臨場感の客観的評価指標としてベクシオンに着目することは有効である。ベクシオンの評価指標として重心動揺により身体動揺量を定量的に計測する手法がある。しかし、重心動揺の計測は、ロンベルグ姿勢やマン姿勢などの立位姿勢による計測が一般的であり、座位に着目した研究は数が少なく、その計測手法も確立されていない。そこで、本研究では音の同期を因子とした3種類のVRコンテンツを作成し、VRコンテンツを視聴した際の身体動揺について、座位重心動揺を用いて比較を行った。

キーワード: 臨場感, ベクシオン, 生体計測, 座位重心動揺

1. はじめに

映像技術の分野では高臨場感を目指す研究開発がめまぐるしく進歩している。しかし、実体のない情報をあたかも実体があるがごとく人に伝える人工的な臨場感、使用者の気がつかないうちに脳・神経系に危害を与えている可能性もある。人の心理・生理に違和感や疲労を与えることなく安全に臨場感を伝えるためには、人が感じる臨場感を正確かつ定量的に評価する必要がある。

2007年にMurrayらは、VR空間でどれだけ臨場感を感じるかは、個人の没入傾向と関係があり、臨場感と没入感に正の相関を示すことを報告している[1]。また、2016年に妹尾らは、一般没入傾向が高い被験者は、より強いベクシオンを感じることを報告している[2]。以上より、臨場感とベクシオンにはある程度の相対関係があると考えられる。ここで、ベクシオンの客観的評価指標として重心動揺計を用いて身体動揺を定量的に計測する手法がある。しかし、重心動揺の計測は、ロンベルグ姿勢やマン姿勢などの立位による計測が一般的であり、座位に着目した研究は数が少なく、その計測手法も確立されていない。そのため、乗り物酔いやVR酔いといった座位での計測が望ましい場合でも立位で計測が行われてきた。そこで、本研究では座位を用いた重心動揺検査の基礎的検討として、音の同期を因子とした3種類のVRコンテンツを作成し、これらのコンテンツを視聴した際の身体動揺について比較を行った。

2. 実験方法

被験者は健康な若年男女15名(22.6 ± 2.06歳)を対象に実験を行った。被験者には事前に実験の説明を十分に行い、書面にて了承を得た。

重心動揺の計測はNintendo社製のWii Balance Boardを使用し、時間分解能は20 Hzとした。実験は背もたれのない高さ70 cmの台の上に重心動揺計を地面と水平に設置し、被験者には重心動揺計上で背筋を伸ばした座位をとらせ、両足非接地にて拳を軽く握り膝上に置くよう指示を行った。VRコンテンツの提示にはOculus VR社のOculus Goを使用し、コンテンツを視聴させた。本実験で使用したVR映像コンテンツは単一の球体が画面内を複雑に動き回る映像を作成し、I. 視覚情報のみの映像コンテンツ、II. 球体の動きに一致した音を付加した映像コンテンツ、III. 球体の動きに対して逆方向に一致した音を付加した映像コンテンツを使用した。

実験は、被験者の重心動揺が安定した時点から開始し、開眼時、映像視聴時、閉眼時を各150秒間連続して計測を行った。この一連の流れを1試行とし、提示する映像コンテンツを変化させた場合で全3試行を行った。なお、開眼時の計測では、映像コンテンツを提示せず、ヘッドマウントディスプレイ上に表示された凝視点を注視させた。実験は順序による効果を考慮し、各コンテンツの計測順はランダムとし、それぞれの試行間には1時間以上の休憩を取らせた。

3. 解析手法

各サンプリング時刻におけるx-y座標を動揺図として記録し、各指標の算出を行った。得られたデータを、x方向(右方向を正)、y方向(前方方向を正)とする重心位置の時系列に変換し、外周面積、総軌跡長、単位面積軌跡長を算出した。ここで外周面積、総軌跡長、単位面積軌跡長は既往の研究において用いられている動揺図の解析指標であり、日本めまい平衡医学会の定義式に基づいた[3]。

各指標の定義については以下の通りである。

- ・外周面積：x-y 座標での動揺の外周を囲む線で包まれる面積であり、値の増加は動揺の不安定性を示す。
- ・総軌跡長：計測時間内の重心点の移動した総移動距離であり、値の増加は動揺の不安定性を示す。
- ・単位面積軌跡長：総軌跡長を外周面積で除した値のことであり、値の減少は動揺の不安定性を示す。

4. 結果・考察

得られた動揺図から各解析指標を算出し、比較を行った。結果を図 1-3 に示す。座位を用いた重心動揺検査では外周面積の値が 0.15 cm^2 程度で変動し、立位で計測した動揺図に比べ非常に狭い範囲で値が変動していることが分かる。総軌跡長では、すべての映像コンテンツで値は 100 cm 程度で変動しており、座位の計測においても微細な姿勢制御の影響が計測できている可能性がある。単位面積軌跡長は、一般的に立位の計測では 30 cm^{-1} 程度の値となる。しかし、座位を用いた重心動揺検査では外周面積の値が小さくなることで、単位面積軌跡長の値が増大し、 1000 cm^{-1} 程度で値が変動している。次に、各施行時の開眼時、映像視聴時、閉眼時の解析指標について Bonferroni の方法による多重比較を行った。その結果、外周面積では、球体の動きに同期させた音を付加した場合の映像で、開眼時に比べて閉眼時で値が有意に増加した ($p < 0.05$)。総軌跡長では、球体の動きに同期させた音を付加した場合の映像で、開眼時に比べ閉眼時で値が有意に増加し、すべての映像コンテンツにおいて映像視聴時に比べて閉眼時で値が有意に増加または増加傾向を示した ($p < 0.10$)。

姿勢反射は主に脳幹にある姿勢中枢で行われ、視覚情報を介する場合での姿勢制御には大脳が関与するとされる。立位による重心動揺を用いたベクションの計測は従来手法により広く応用されている一方で、座位を用いた重心動揺では身体を支持するための支持基底面が立位時に比べ大きくなることで、姿勢制御の影響を確認することは困難であると考えられた。しかし、座位時においても総軌跡長を用いることでベクション誘発時の体平衡系に変化がみられることが確認され、座位での計測が望ましい場合にも用いることが可能であると考えられる。

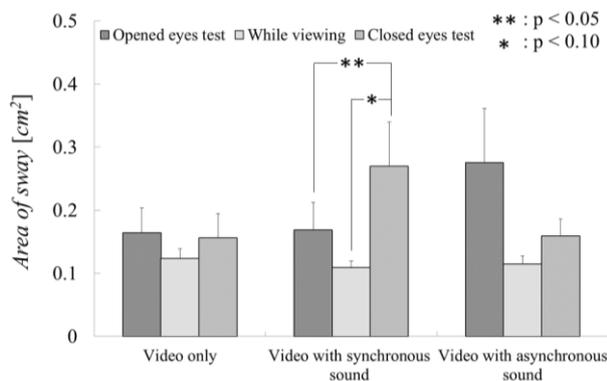


図 1 外周面積(Average ± SE)

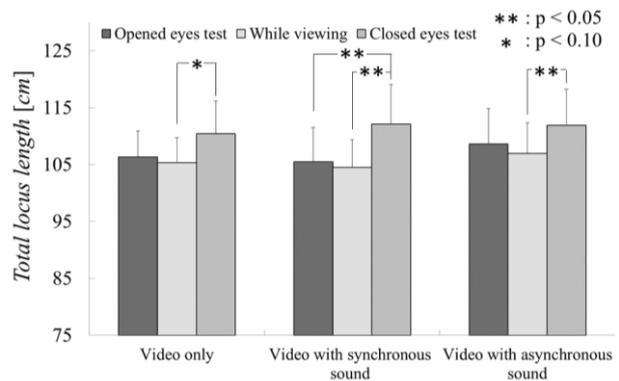


図 2 総軌跡長(Average ± SE)

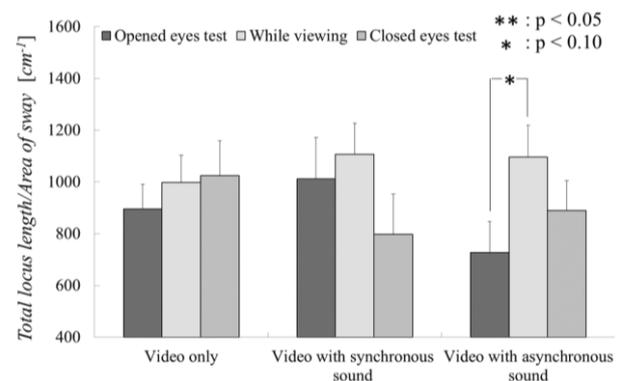


図 3 単位面積軌跡長(Average ± SE)

5. まとめ

立位時における重心動揺の検査方法は確立しているが、座位時における重心動揺の検査はほとんど行われていない。そのため、乗り物酔いや VR 酔いといった座位での計測が望ましい場合でも立位で計測が行われてきた。本研究では座位を用いた重心動揺検査の基礎的検討として、音の同期を因子とした 3 種類の VR コンテンツを作成し、実験を行った。その結果、座位時においても総軌跡長を用いることでベクション誘発時の体平衡系に変化がみられることが確認された。今後は、一般的な重心動揺検査の解析手法以外にも非線形解析手法の適用や姿勢制御モデルの数値解析を行うことで、座位時においても感度の高い重心動揺の解析指標の構築を試みる。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 19K20620 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] C.D. Murray, J. Fox, S. Pettifer, Absorption, dissociation, locus of control and presence in virtual reality, *Computers in Human Behavior*, Vol. 23 (3), pp. 1347-1354, 2007.
- [2] 妹尾 武治, 永田 喜子, 没入傾向とベクション強度は相関するか? 没入感に関する挑戦的研究, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol. 21 (1), pp. 3-6, 2016.
- [3] 鈴木淳一, 松本喬, 徳増厚二, 田口喜一郎, 渡辺行雄, 重心動揺検査の Q&A 手引き, 1995.