



## HMD 機器による視覚誘導性自己運動感覚の研究

京都大学大学院文学研究科

教授 蘆田 宏

### 目的

近年、仮想現実(virtual reality: VR)環境を手軽に得ることができるヘッドマウント型のディスプレイ(head mounted display: HMD)が世界的に安価に利用できるようになってきた。その恩恵を受け、様々な分野でVRの活用が進められているが、ゲーム、アミューズメント用途が依然としてVR市場の大部分を占めての頭や身体の動きに従った画像を生成できるシステムにより、HMDを用いたゲームでは高い没入感を得ることができる。

フィクションの世界では、VRゲームの未来像として、五感など感覚入力がいまや完全に再現され、見た目だけでなく身体能力も拡張された形で新たな世界に生きる様子が描かれている作品が数多く発表されている。しかしながら、現状ではVRと言っても精細に表現されるのは視覚のみであり、聴覚は与えられるものの原理的に世界の奥行きを十分に再現することは難しい。味覚、嗅覚や触覚の再現もまだ実現がはるほど遠い。視覚以外の感覚再現技術が未だ発展途上であるにもかかわらず、現時点のVR体験でもなかなかの臨場感が得られるのは、人間が視覚に頼って生きていることの表れだろう。中でも、VRのプレゼンスを支える身体運動感覚は、これまでの心理学的知見から、視覚の影響が非常に強いことが示されている。身体の動きは耳の前庭器官が検知するが、得られるのは加速変位情報のみである。そのため高速で安定飛行する飛行機の中でおほとんど動きを感じられぬ。それを補うため視覚だけかなり強い自己運動感覚が生成され、それはベクション(vection)と称される。

ベクションの研究も心理学において長く研究されてきた。しかしながら、多くの研究ではベクションの測定を主観的報告に頼っており(そもそも主観的現象であるから)、動く視覚刺激が主観的効果と無意識的な身体制御のそれぞれどのように影響するかについて、十分な検討がなされてきたとは言えない。姿勢制御については運動生理学の分野で幅広く研究されてきたが、心理的効果との関係も必ずしも重視されておらず、研究を進める必要がある。また、視覚により加速感も得られるが、それは前庭感覚と矛盾を生じるので不快感のもとにもなる。無意識の身体制御の解明により不快感の軽減につながる可能性もあるだろう。

最近のVR用HMDは、有機ELディスプレイによる精細な

動画像提示とヘッドトラッキングを行えるため、視覚によるベクションと姿勢制御を調べるための実験ツールとして有用である。本研究では、主にOculus社のHMDを用いて、視覚運動とベクション、身体運動を統合的に検討する実験を行った。

### 方法

VR環境作成に適したソフトウェアであるUnityを用いて、HMD(Oculus Rift)に動くランダムドットのオプティックフロー刺激を30-60秒間提示し(図1)、ヘッドトラッキング機能により刺激観察中の頭部位置を記録した。実験によっては、ボタンかジョイスティック機器を用いて実験参加者に自己運動感をオンラインで報告してもらった上、各試行後にベクションの強さと方向の主観評価を求めた。研究3ではHMDとしてHTC Viveを用いた。特に記さない限り、参加者は立位姿勢でHMDを装着し、視覚刺激を観察した。

実験は、京都大学心の先端研究ユニット倫理審査委員会の承認を受け、大学生、大学院生の参加者に対して実施した。



図1 視覚刺激の様子。残像を重ねて動きを表現しているが、実際にはほとんど残像が生じない。文献[1]より。

### 研究1 上下視野と前後運動

ベクション生起の効果は上視野より下視野の方が強く、また、拡大運動より縮小運動のほうが強いことが知られている。本実験では、HMDを用いて上下視野と前後運動方向の違いを調べた結果、頭部運動においても同様に縮小運動と下視野の効果が大きいことがわかった(図2)。ベクション評価は下視野のみより全視野のほうが強かったが、頭部運動では下視野と全視野で大きな差がな

かった。

通常、地面(床面)がある下視野の効果が強いことは理解できる。縮小運動は身体が後退することを意味し、拡大運動(前向き)

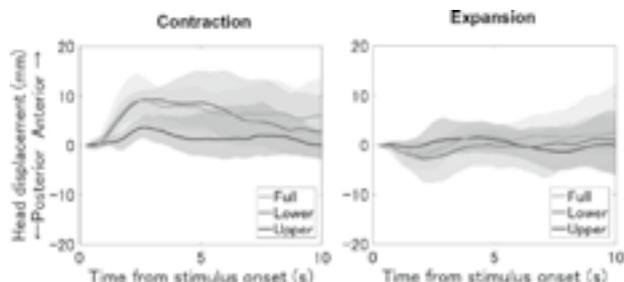


図2 オプティックフロー刺激観察時の頭部運動。左縮小、右拡大。全視野(Full)、上視野(Upper)、下視野(Lower)別に図示。

に比べて経験が少ないため、前庭感覚等による補正が生じにくく、後ろ向きの転倒がより危険であることから大きな効果に意味があると推測される。(文献[1]論文発表済)

## 研究2 立位と座位における姿勢制御

家庭では座ってHMDを着用することも多いと考えられるが、これまでの研究では立位での測定がほとんどであった。本実験では、研究1と同様のベクションと頭部運動の測定を立位と座位で行い、比較した(全視野のみ)。

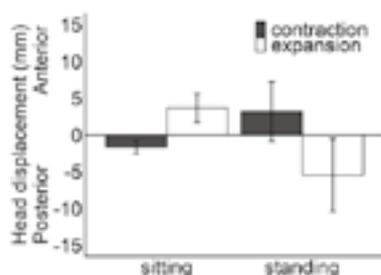


図3 立位と座位における頭部運動の平均値。移動方向が逆になることが見て取れる。文献2より。

ベクションにおいては立位と座位で顕著な差がみられなかった。頭部運動について、立位ではこれまで知られているとおり、視覚運動によって誘導される身体運動感覚の逆方向に体が動いた。つまり、転倒しないために身体感覚と逆で動いてバランスを取っていると解釈できる。一方、座位では全く逆で、身体運動感覚と同方向への頭部運動が観察された。また、拡大刺激の効果が大きかった。特に逆方向に動くのが明らかでないが、座位では立位のようにバランスを取らなくても転倒の恐れはなく、他の要因が覆立になると考えられる。たとえば、乗り物の座席に座って加速するとき、若干前に傾いた方が安定するが、後退時に後

ろ向きに倒れることは考えにくいだろう。

いずれにしても、立位と座位で身体反応が異なることは、ゲーム等でも利用姿勢によって視覚刺激の効果が潜在的に異なることを示唆するため、さらに検討することで想定する姿勢に応じた不快感の軽減などの応用につながるかもしれない。(初期データを学会発表 [2]、追加実験を含む論文[3]が審査中)

## 研究3 側臥位におけるベクションと重力方向の影響

研究1で示された上下視野の違いは、網膜位置の制約によるのか、あるいは、外界の上下を計算に入れているのだろうか。この違いは網膜座標と環境座標が一致しない場合に現れるため、本研究では実験参加者に側臥位でHMDを着用してもらい、上下左右の半視野にフロー刺激を呈示した。研究1, 2とは異なる、地面あるいは壁のように見えるテクスチャ面を用いた。側臥位では有意な頭部運動が生じないため主観評価のみとした。

得られた効果の大部分は網膜位置に依存するものであった。つまり、姿勢によらず網膜座標の下半分への呈示によるベクションが有効だった。しかしながら、側臥位における環境座標の影響は小さいながらも有意に見られ、意識的なベクションにおいては環境座標の上下が影響することが示された。(論文投稿準備中)

## 結論

一連の実験より、HMD機器が視覚運動情報による身体制御の研究に有用であることが再確認された。得られた基礎科学的な知見を実際のゲーム制作などのように応用するかは今後の課題となるが、評価指標の一つとして、追加機器が不要なヘッドトラッキング測定が有効であることが示された。

## 謝辞

実験実施に際し、京都大学大学院文学研究科博士課程、藤本花音氏の多大な協力を得た。

## 文献

- [1] Fujimoto, K. & Ashida, H. (2019) Larger head displacement to optic flow presented in the lower visual field. *i-Perception*, 10(6) 1-17.
- [2] 藤本花音・蘆田宏 2019 座位姿勢下と立位姿勢下におけるオプティックフローへの異なる姿勢反応 信学技報, vol. 118, no. 493, HIP2018-87, pp. 25-28.
- [3] Fujimoto, K. & Ashida, H. (under review). Different head sway responses to optic flow in sitting and standing postures with a head mounted display. *i-Perception*.