



リクライニング姿勢における頭部角度変化が 視覚的水平面に及ぼす影響

河合秀樹¹⁾, 柳田康幸²⁾

1) 名城大学大学院 理工学研究科 (〒468-0073 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1 丁目 501)

2) 名城大学 理工学部 (〒468-0073 愛知県名古屋市天白区塩釜口 1 丁目 501)

概要: 我々は HMD 装着時における視覚的水平面の調査を行ってきた。リクライニング姿勢や仰臥位での視覚的水平面の変化についての調査を行ってきたが、ドライビングシートのような上半身が地面に対し垂直に近いリクライニング姿勢で頭部角度を変化させた際の視覚的水平面の変化についての明確な知見は得られていない。本研究では、リクライニング姿勢において頭部角度の変化が視覚的水平面にどのような影響を及ぼすかを調査する。

キーワード: HMD, 頭部角度変化, 視覚的水平面

1. はじめに

1.1 研究背景

近年では、HMD(Head Mounted Display)が一般市場に普及し、より多くの人を楽しませている。現在では立位が主な体験姿勢であるが、より楽な姿勢である仰臥位やリクライニング姿勢で体験は身体的な負荷を減らすことができ、下半身が不自由な人であっても体験できるといった利点がある。そのため、我々は姿勢を変化させた際の視覚的水平面の調査を行っている[1]。リクライニング姿勢や仰臥位での視覚的水平面の変化についての調査を行ってきたが、ドライビングシートのような上半身が地面に対し垂直に近いリクライニング姿勢で頭部角度を変化させた際の視覚的水平面の変化について明確な知見は得られていない。

1.2 VR と体験姿勢

櫻木らは俯せでの VR 体験手法を提案した[2]。この手法は胸部をベッドから突き出したうつぶせの状態で行われ、視覚刺激はピッチ軸周りに 90 度上向きに回転したものを提示する。この手法では、体験者は容易に手を前に突き出すことが可能であり、また操作性は立位時と同程度であると報告している。一方で、このような姿勢は普段とることのない姿勢であるため、体験者の首や胸部に対する負担が増加することも報告されている。

VR 技術は娯楽だけでなくリハビリテーション等にも応用されている。その例として、病床にある患者や高齢者のこころと身体のケアを支援し QOL(Quality of Life)の向上に貢献することを目的として開発されたベッドサイドウエ

Hideki KAWAI, and Yasuyuki YANAGIDA

ルネスシステム[3]は、リクライニングシート上で自然の中を歩行しているような感覚を与える VR 提示システムである。仰臥位の状態で装置の上で足踏みをすることにより歩行を再現し、3 面液晶ディスプレイによる広画角映像提示に加え、音や香りの提示により没入感を与えている。このシステムにより患者のケアの有効性の一端がうかがえた。このように立位より楽な姿勢で行う VR 体験は身体的に負荷が少ないだけでなく、体験者の幅を増加させ様々な用途に応用できる。

1.3 研究目的

前述のとおり、立位より楽な姿勢で行う VR 体験は身体的負担の軽減と体験者の幅を増加させるという利点がある。その際に、視覚的水平面を HMD 内に正しい角度で提示することが必要となると考えた。これに対し、我々は姿勢を変化させた際の視覚的水平面の変化を調査してきた。立位と仰臥位の比較実験を行った際に、仰臥位において頭部角度を変化させた場合に、頭部角度による視覚的水平面の影響は強いとは言えなかった。そのため、立位から仰臥位へ姿勢を変化させた際の視覚的水平面は、身体角度の変化と同じ角度変化すると結論付けた。また、リクライニングシートを用い、上半身の角度のみを変化させた際には、視覚的水平面の変化が上半身の角度変化と同様の変化であった。しかしながら、リクライニングシートにおいて、頭部角度を変化させた際の視覚的水平面の変化は調査を行っていない。

普段の生活の中で、車を運転する際にシートに座ることにより今回着目しているリクライニング姿勢と非常に近い姿勢となる。その際に、頭部角度を変化させたとしても、

視覚的な水平面は変化しない。しかしながら、HMD 装着時に同様の水平面を知覚すると断定することはできない。HMD を装着していることにより、外界からの視覚情報は遮断され、液晶パネルより提示される視覚刺激のみとなる。そのため、周囲の状況と比較し水平を知覚することができなくなる。そのため、本研究では、上半身が地面に対し垂直に近いリクライニング角度において、頭部角度を変化させた際の視覚的水平面への影響について調査を行う。

2. 関連研究

2.1 水平面知覚

人間は平衡感覚を前庭器官や三半規管からの情報利用し知覚しており、これを前庭知覚と呼ぶ。平衡感覚とは加速感や重力に対する傾きを知覚する働きである。前庭器官や三半規管は内耳にあり、三半規管は 3 次元の回転運動を感受し、前庭器官は水平直線加速度を感受する卵形嚢と垂直運動を感受する球形嚢から成る。日常生活の中でわずかな頭部の傾きにも傾いていると感じるように、重力方向からの傾斜に人間は敏感に反応する。また、前庭器官からの情報だけでなく、視覚情報や体性感覚系からの情報などを統合することで、自身の正確な姿勢や運動方向を知覚している。仰向け姿勢をとった場合に前庭知覚の重力軸方向の情報に加え、背中との接触感や内臓への重力影響により背中側へ移動するなどの情報と天井が見えるといった視覚情報を統合して自身の姿勢を知覚する。しかし、その統合がどのように行われているのか、どの場合にどの情報を重要視して参照しているのか明確にわかっていない。[3][4]

2.2 映像と体験姿勢

姿勢による視覚刺激への影響は様々上げられる。川のの流れを観察していると自分が動いているような知覚が誘導されることがある。自身の身体は運動をしていなくても、視覚運動情報のみであったかも運動をしているかのように誘発され知覚することを視覚誘導性自己運動感覚・ベクション (Vection) と呼ぶ[5]。反対に同一の視覚刺激に対して身体の傾きを変化させることで知覚される運動方向が異なるがある。人間はオプティカルフローのみでの自身の進行方向を推定できるが[6]、その推定値は前庭知覚や体性感覚など他感覚の入力によって修正することができる[7]。Bourrelly らは前進運動を誘導するような視覚刺激を平面スクリーンに投影し、スクリーンの前方に着席した被験者の知覚される運動方向の推定を行った[8]。被験者が着席する椅子はピッチ軸周りに回転し、身体の傾斜に対する視覚刺激の知覚を調査した。結果として同じ視覚刺激は身体の傾きに応じて異なる解釈がされた。具体的には身体がピッチ軸周りに上方へ傾けられた場合に前進運動を誘導するような視覚刺激は上方向のバイアスを感じ、反対に身体がピッチ軸周りに下方へ傾けられた場合に前進運動を誘導するような視覚刺激は下方向のバイアスを感じる。

3. 実験内容

リクライニング姿勢で HMD を装着した VR 体験におけ

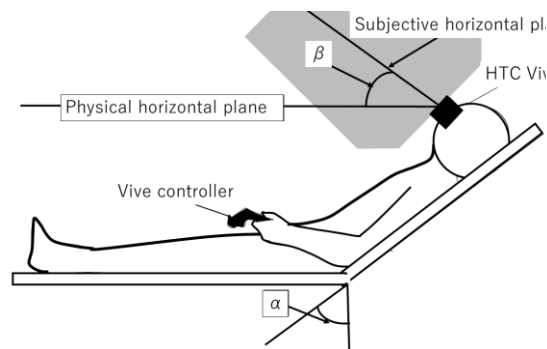


図 1 姿勢と各角度の対応関係

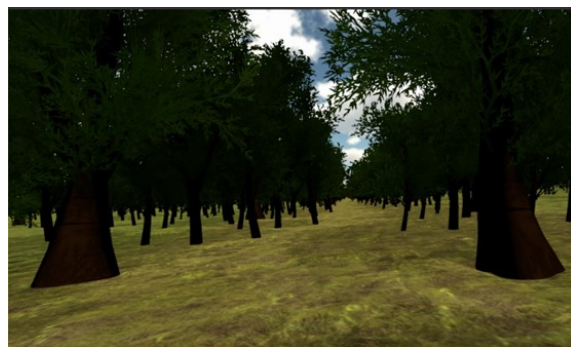


図 2 提示刺激

る頭部角度を変化させた際の視覚刺激の回転角への影響を調査するため、また、主観的に水平と認識する角度の幅に影響があるかを調査するため、姿勢ごとの水平知覚に対する主観的等価点(Point of Subjective Equality:以下 PSE)と閾値(Just Noticeable Difference:以下 JND)を調査する。被験者は HMD から提示される視覚刺激に対して二件法での回答を行う。本研究ではリクライニング姿勢、枕ありのリクライニング姿勢の 2 姿勢での調査をする。HMD 内の視覚刺激をピッチ方向に回転する角度を調節する中で主観的に水平と判断できる角度の範囲を調査する。

3.1 実験方法

本実験は視覚や平衡覚に障害のない健康な 20 代男性 9 名で行われた。リクライニング姿勢、枕有のリクライニング姿勢の各姿勢で HMD を装着し、HMD には HTC VIVE を使用した。また、標準で HTC VIVE に付属するコントローラを回答装置として使用した。回答はコントローラ上部のタッチパッドと下部にあるトリガーの入力にて行い、被験者はコントローラを目視することなく回答することが出来る状況とした。リクライニングシートにはサンワサプライ製のバケットシートチェア (150-SNCL005) を使用した。図 1 中の α がリクライニング角度であり、本実験では α を 20 度で一定とした。頭部角度の変化による PSE 並びに JND の変化をより明確なものとするために、実験中は頭部を枕有の場合は枕に密着した状態を維持するように指示し、枕無の状態も同様にヘッドレストに頭を密着させた状態を維持するように指示をした。枕有のリクライニング姿勢で使用する枕は頭部の沈み込みを軽減するために、硬質なものを選択した。本研究においてリクライニング姿勢を楽な姿勢とする主張を一貫するため、被験者に対し、顎を上げるなどの指示を一切

与えず、リラックスした姿勢で行った。視覚刺激は図 2 に示すものを使用した。これは森林を等速に直進するものであり、加速度を 0 とし、加速に伴う前庭器官の知覚と視覚刺激による移動方向が矛盾せず、違和感を与えないものである。また、被験者における視点からは、地平線を目視することはできず、地平線で上向き、下向きを判別することが困難なものとした。

3.2 測定方法

姿勢ごとに調査に用いる角度を重複のないランダムな順に提示し、すべての角度の回答を 1 セットとして 10 セットの実験を行った。映像の回転角は図 3 中の γ である。リクライニング姿勢では γ を -20 度から 20 度の範囲を 2 度刻みで角度を設定した。仰向け(枕有)では被験者ごとの頭部角度が大きく異なるため、あらかじめおおよその水平と思われる角度を視覚提示をしながら聞き取り、それにより検討した角度 ± 20 度の範囲を 2 度刻みで角度を設定した。被験者は二件法で上を向いているか、下を向いているかの 2 択で回答を行う。被験者の回答時にその解答と HMD の角度を世界座標系で記録する。全回答中の HMD の角度の平均を被験者の装着角度とした。

3.3 推定方法

回答結果を被験者ごとに集計し、回答割合から PSE と JND を推定する。回答割合を正規分布の累積密度関数でフィッティングし、フィッティングした関数から確率 0.5 を PSE とし、幅 0.25 から 0.75 を JND とした。フィッティングには以下に示すシグモイド曲線を用いた。

$$y = \frac{1}{1 + e^{-\frac{x-a}{b}}} \quad (1)$$

4. 実験結果

頭部角度の変化が PSE にどの程度影響を及ぼすかを調査するために、2 つの姿勢の頭部角度と PSE の差を求め、回帰分析を行った (図 4)。相関係数 R が 0.7762 となり、正の相関があり、強い相関が得られた。また、JND 幅についての調査も行った。各群に対し、帰無仮説は正規分布に従わないとして、シャピロ・ウィスクの正規性の検定を行った。棄却域は $\alpha=0.05$ である。結果、p 値がリクライニング姿勢の場合に 0.05788、枕有のリクライニング姿勢の場合に 0.09359 となり帰無仮説は棄却され、正規分布に従うことが明らかになったため、対応のある t 検定にて姿勢により JND 幅が変化したかどうかの調査を行った。棄却域は $\alpha=0.05$ である。その結果、p 値が 0.09759 となり、有意差は確認できないものの優位な傾向が確認された。

5. 考察

我々が過去に仰臥位で実験を行った際の結果と異なり、頭部角度の変化と PSE の変化に強い相関が観測された。これは、個人による感じ方の差が影響している可能性が考えられる。図 4 より、回帰直線に対し、変化量が大きい被験者と少ない被験者の両方が観測されている。この差が、

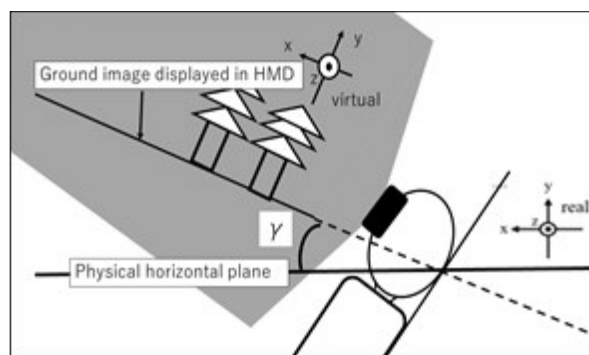


図 3 映像の回転角

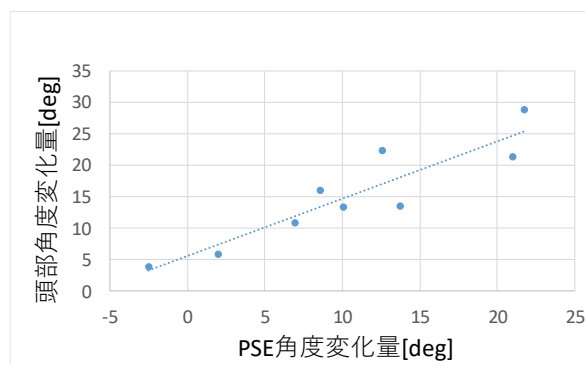


図 4 頭部角度変化量と PSE 変化量の相関

相関を計算した際に影響を与えた可能性が考えられる。また、姿勢も一因としてあげられる。仰臥位における実験では、ベッドに寝転がることによって実験を行った。そのため、身体は地面に対し平行な状態である。これにより、被験者が背中へのベッドに対する接地感を視覚刺激に対して上下を判断する際のキューとしていた可能性も考えられる。本実験では、リクライニングシートを用いていたため、背もたれが背骨の形に添うように緩やかな S 字カーブを描いている。そのため、背中への接地感をキューとして使用することができなくなり、頭部角度に依存し PSE が変化した可能性も考えられる。また、JND 幅に関しては、頭部角度を変化させた際に優位な傾向が観測された。このため、JND は頭部角度の変化により変化するといえる。この結果に関しては、仰臥位での実験時にも同様の傾向が確認されていたため、頭部角度を変化させると JND も変化するといえる。

6. まとめ

リクライニング姿勢において頭部角度を変化させた際に視覚的水平面にどのような影響を及ぼすかを調査した。結果として、リクライニング姿勢においては、頭部角度に依存し視覚的水平面が変化することが明らかになった。これは我々が仰臥位で行った実験の結果と異なる結果であるため、姿勢による影響であるかの調査が必要であると考えられる。また、JND は我々が仰臥位で実験を行った際の結果と同様の結果であったため、頭部角度を変化させることにより、JND は変化することが明らかになった。また、

本研究では視覚刺激に森を直進する映像を使用していた。使用している視覚刺激の映像内に水平を認識するキューは多くあり、一般的なコンテンツの例として使用している。そのため、今後は映像内の水平面を知覚するためのキューを減らした状態にすることにより、どのような変化が現れるのか調査をする必要があると考えれる。

参考文献

- [1] 河合秀樹, 原拓希, 柳田康幸: HMD 装着時の姿勢と視覚刺激による水平知覚の関係, 第 22 回日本バーチャルリアリティ学会大会, 2017.
- [2] 櫻木 怜, 梶本 裕之: うつぶせ姿勢での VR 体験手法の提案: 第 21 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集, T-21, 2016.
- [3] 加我 君孝, 瀬藤 光利, 落合 敦, 都筑 俊寛, 石川 文之進: 前庭知覚と傾斜知覚, 認知神経科学, Vol. 7, NO. 1, pp. 16–22, 2005.
- [4] 小池 康晴: 視覚と触覚の感覚統合, 日本視覚学会 学会誌 VISION, Vol. 21 NO. 1, pp. 13–17, 2009.
- [5] Tanahashi, S., Ujike, H., Kozawa, R., Ukai, K.: Effects of visually simulated roll motion on vection and postural stabilization: Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation, Vol.4, No.39, pp.1–11, 2007.
- [6] Warren WH, Hannon DJ: “Direction of self-motion is perceived from optical flow,” Nature , 336 (6195), pp. 162–163, 1988.
- [7] DeAngelis GC, Angelaki DE. “Visual–Vestibular Integration for Self-Motion Perception,” The Neural Bases of Multisensory Processes, Chapter 31, CRC Press/Taylor & Francis ,2012.
- [8] Aurore Bourrelly, Jean-Louis Vercher, Lionel Bringoux: “Pitch body orientation influences the perception of self-motion direction induced by optic flow,” Neuroscience Letters, Vol. 482, Issue 4, pp. 193–197, 2010.