



うつぶせ姿勢での VR 体験手法の提案

櫻木 怜¹⁾, Yem Vibol¹⁾, 梶本 裕之¹⁾

1) 電気通信大学大学院 情報理工学研究所

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {sakuragi, yem, kajimoto}@kaji-lab.jp)

概要 : Standing is a general posture in an interactive VR experience, but it has a big burden to the user by continuously lifting the arms. In this study, we propose to take prone position (i.e. lying with one's stomach), and rotate the visual stimuli 90 degrees around the pitch axis. By this visual rotation, we expect that we feel as if we are standing, while the support of the arm becomes unnecessary. In this paper, we developed a system and evaluated the influence of the prone position on three-dimension interaction experience, in terms of the operation accuracy and fatigue.

キーワード : Lying VR experience, Prone position, Vestibular sensation, Virtual Reality

1. はじめに

近年、バーチャルリアリティ（以下 VR）を体験するためのデバイスが数多く開発されており、特に頭部搭載型ディスプレイ（HMD）を中心に安価となり、個人での入手も容易となった。

従来の VR 体験では、ユーザは直立した姿勢でコンテンツを体験するのが一般的であった。しかしこの姿勢では体験の際、ユーザの腕は何もない空中に向かって突き出すことになり[1][2]、コントローラの重量もあいまってユーザへの負荷となっていた。またユーザの足に例えば歩行感覚を伝えるデバイスは、ユーザの全体重を支える必要があった。

この研究では、視覚刺激をピッチ軸周りに 90 度上向き回転させ、うつぶせ姿勢のユーザがあたかも立位姿勢をとっているように錯覚させることによる、ユーザのうつぶせ姿勢での VR 体験手法を提案する（図 1）。これによりユーザは特に力を発揮することなく腕を前に出すことが出来る。また足への歩行感覚の提示に際しても、ユーザの全体重を支える必要がなくなると考えられる。

本稿ではうつぶせ姿勢での VR 体験の有効性を検証する第一段階として、うつぶせ姿勢がユーザの 3 次元インタラクション体験に与える影響を、直立姿勢とうつぶせ姿勢でのタスク操作精度および疲労度の観点から評価を行う。



図 1 うつぶせ姿勢での VR 体験

2. 関連研究

直立姿勢以外で VR 体験を行う例としては、うつぶせになった体勢でハングライダーの操作を行うもの[3]や鳥の目線になって空を飛ぶもの[4]などが存在する。しかしこれらはあくまで、ハングライダーや鳥のようにうつ伏せ姿勢自体が正しい姿勢である状況に対する VR 体験であり、ユーザに対する視界に回転操作を加えてはいない。

また、前庭感覚によって知覚される加速方向と異なる方向への視覚的な流れ場を提示する研究として、エレベータと HMD を用いたもの[5]も存在する。この研究によれば視覚刺激によって運動の方向を錯誤させることが可能であるとされている。この結果より、ユーザが直立以外の体勢であっても（すなわち異なる方向の重力加速度を与えられた場合も）、視覚刺激に誘導されることで違和感の少ない VR 体験が可能であることが期待できる。

3. システム概要

ここでは 1 章および 2 章で述べたうつぶせ姿勢での VR 体験装置の実装について述べる。

図 2 にシステム構成図を示す。システムは PC、ヘッド

マウントディスプレイ (Oculus Rift DK2, Oculus VR), ハンドトラッキングデバイス (Leap Motion Orion, Leap Motion), 寝台で構成される. 映像生成にはゲームエンジン Unity を用いている.

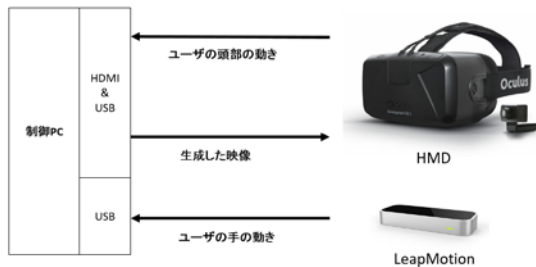


図 2 システム構成

4. 操作精度評価実験

うつぶせ姿勢では体に対する重力の方向が異なるため、重力が影響するタスクを行わせた時に影響がでる可能性が考えられる. 本実験ではこうしたタスクの例として、バスケットボールのドリブルを行うタスクを課すこととした.

4.1 実験装置

実験時、被験者は直立または高さ 70cm の寝台の上うつぶせ姿勢となり、HMD を装着した. HMD にはハンドトラッキングデバイスが設置され、HMD の正面に出されたユーザの手の動作を認識することができる. 被験者は図 3 に示された VR 空間内でドリブル動作を行う.

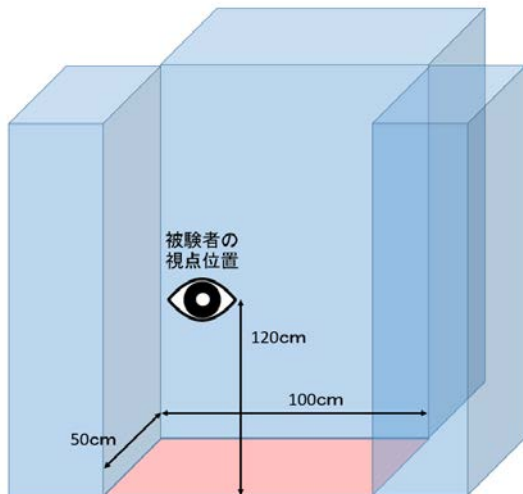


図 3 実験に使用した VR 空間

4.2 実験条件

ドリブルを行う時間は、20, 40, 60 秒の 3 条件とした. 被験者は直立姿勢とうつぶせ姿勢の 2 条件で各 2 回ずつ測定を行い、合計で 12 試行とした.

実験開始と同時にユーザの視点より 30cm 高い地点に直径 20cm のボールが出現し、ユーザは自身の手の動作を追従するバーチャルハンドを操作してボールのドリブルを行った. ドリブルはボールがバーチャルハンドに触れた後、

他の物体に触れる前に床に触れた場合のみカウントした. 実験中、ボールのバウンドが弱まった場合、またユーザの手の届かない空間の隅で止まってしまった場合など、ドリブルの継続が困難であると判断した場合、発声によってボール位置のリセットを行うことができた.

全ての試行の後、被験者には試行中のうつぶせ姿勢の直立姿勢に対する腕および体全体の疲労度、またドリブルの操作性の印象を 7 段階リッカート尺度により回答させた.

4.3 実験結果

図 4, 図 5 はそれぞれ直立姿勢とうつぶせ姿勢でのドリブルの成立回数、疲労度および操作性に関する被験者の印象の結果を示す. 図 5 の箱ひげ図は上辺、中央線、下辺がそれぞれ第三四分位数、中央値、第一四分位数を示し、エラーバーは最大値と最小値を示す.

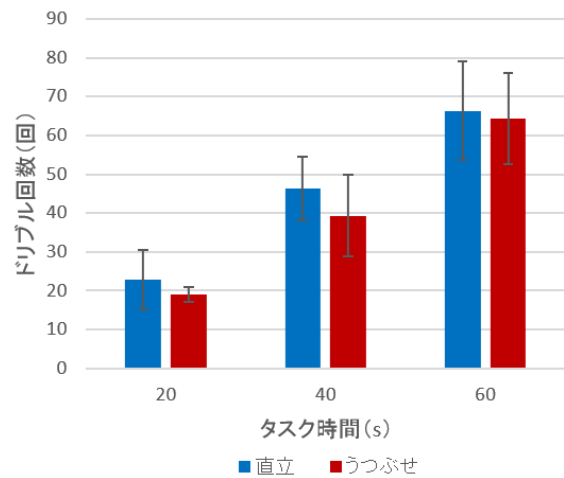


図 4 直立とうつぶせでのドリブル成立回数

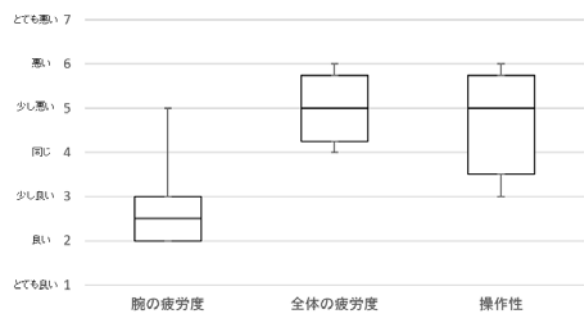


図 5 疲労度および操作性に関する被験者の印象

直立姿勢とうつぶせ姿勢でのドリブル成立回数の差を検証するため、t 検定にて統計処理を行った. その結果、2 つの姿勢条件の間に有意差は見られなかった. これより、うつぶせ姿勢での VR 体験は、少なくとも今回のタスクにほとんど影響を与えることがなかったと考えられる.

被験者の疲労度合に関する評価では、腕の疲労度に関してはうつぶせ姿勢の方が疲労度が小さいと答えた被験者が多く、その一方で全体の疲労度に関してはほとんどの被験者がうつぶせ姿勢の方が疲労度が大きいと答えた. 内観報告により、主にこれは寝台では首を支えていなかったこ

と、手を動かすことによって胸部に負担がかかっていたことが原因であると考えられる。また、操作性の評価は被験者によって差が大きく、どちらの姿勢が良いかという判断には至らなかった。

5. おわりに

本稿では、ユーザの負担を軽減するため、うつぶせ姿勢での VR 体験手法を提案し、手での入力操作に関して直立姿勢との比較を行った。結果として今回用いたタスクでは 2 つの姿勢における操作精度に有意な差はなく、腕のみに関しての疲労度ではうつぶせ姿勢が疲れにくいことが分かった。しかし体全体の疲労度ではうつぶせ姿勢の方が大きく、ユーザ評価における操作性の印象では同程度の結果となった。

謝辞 本研究は JST-ACCEL 「身体性メディア」プロジェクトの一環として行われた。

参考文献

- [1] J. Murayama, L. Bougrila, YL Luo, K. Akahane, S. Hasegawa, B. Hirsbrunner and M. Sato. SPIDAR G&G: A Two-Handed Haptic Interface for Bimanual VR Interaction: Proceedings of EuroHaptics, , pp. 138-146, (2004)
- [2] Leap Motion Orion: Leap Motion, <https://www.leapmotion.com/?lang=jp>
- [3] L.P. Cheng et al. Haptic turk: a motion platform based on people, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 3463-3472, (2014)
- [4] Birdly: SOMNIACS, <http://www.somniacs.co/>
- [5] 高下昌裕 (2015) . 生活環境の体感型エンタテインメントへの転用 (電気通信大学修士論文)