



VRChat でたたいて・かぶって・ジャンケンポン： モーションベースによる動的揺動可能な対戦ゲーム

三宅勇輝¹⁾, 脇田 航¹⁾

Yuki MIYAKE and Wataru WAKITA

1) 広島市立大学大学院 情報科学研究科 (〒731-3194 広島市安佐南区大塚東 3-4-1, miyake@vr.info.hiroshima-cu.ac.jp)

概要: 本研究では, メタバース空間で揺動感覚を呈示可能なシステムを提案する. 具体的には, メタバースプラットフォームの 1 つである VRChat において, たたいて・かぶって・ジャンケンポンの対戦ゲームが可能なワールドを作成し, その中でモーションベースを制御する対象ユーザや揺動情報などをワールド実行側のログに書き込むようにしておく. また, ワールドを実行する際に出力されるログ情報から対象ユーザ側のモーションベースを制御する. その結果, 現状ではモーションベースを約 10Hz (遅延約 0.5 秒) で制御できることを確認した.

キーワード: メタバース, VRChat, モーションベース, 揺動感覚

1. はじめに

近年, VR 技術やネットワーク技術等の発展にともない, cluster や VRChat などの様々なメタバースプラットフォームが開発されている. メタバースでは, 個々のユーザの化身となるアバタを介してメタバース空間内に参加し, CG や音声の視聴覚情報によって他のユーザとコミュニケーションを行うことが一般的となっている. また昨今では自身の身体動作をメタバース空間内に持ち込むことで, より高度なコミュニケーションが可能となっている.

さらに, 近年では触覚スーツを着ることで, アバタが受けた触感や衝撃を頭や胴体, 両手足に呈示可能なメタバースプラットフォームも一部存在する.

しかしながら, 現時点で我々が知る限り, 揺動感覚を呈示可能なメタバースは存在しない. 揺れや振動などの感覚は, 我々が日常的に体感する要素であるため, より高臨場な体験を可能にするには, メタバース空間において揺動感覚呈示が必要となる.

そこで本研究では, メタバース空間で揺動感覚を呈示可能なシステムを提案する. 具体的には, メタバースプラットフォームの 1 つである VRChat において, たたいて・かぶって・ジャンケンポンの対戦ゲームが可能なワールドを作成し, その中でモーションベースを制御する対象ユーザや揺動情報などをワールド実行側のログに書き込むようにしておく. また, ワールドを実行する際に出力されるログ情報から対象ユーザ側のモーションベースを制御する. これにより, メタバース空間内で叩かれた衝撃などを体感可能にする.

2. 関連研究

2.1 メタバースプラットフォーム

現在, Roblox や cluster, バーチャルキャストなど, 様々なメタバースプラットフォームが存在する. その中で, VRChat はユーザがログインすると自動でログが生成され, さらに, ワールドのスクリプトからそのワールドに参加しているユーザ情報等を文字や数値でログに書き込むことができるのに対し, このようなログの書き込みができないメタバースプラットフォームも存在する. このため本研究ではメタバースプラットフォームに VRChat を用いてワールド内の椅子の 6 軸情報などをログとして書き込み, そのログを Unity で読み取ってモーションベースを制御することで揺動感覚を呈示する.

2.2 VRCHaptics

前章で視聴覚を呈示するメタバースが一般的と述べた. その理由として, メタバースプラットフォームの更新周波数がいくつか, という問題がある. 例えば, 視覚では, 人間は 10Hz 以上で更新される画像を動画として認識できるのに対し, 力触覚を手の指など繊細な部分に呈示する場合, 1000Hz 以上の高い更新周波数を必要とする[1]. 現状の一般的な回線速度ではこの更新周波数を満たすことは困難であるため, 視聴覚呈示が一般的となっている.

また, VRChat から触覚呈示を行うシステムとして, bHaptics 社が販売する触覚スーツを VRChat と連動して動作させるために坪倉[2]が構築した VRCHaptics と呼ばれるシステムがある. このシステムは, Unity のプラグイン, VRCHaptics, bHaptics Player, bHaptics 社の触覚スーツ,

VRChat から構成される。

ユーザは、Unity のプラグインを用いて、VRChat 内でアバタが特定の部分に触れられた時、その部分の触覚スーツが振動するように設定するためのオブジェクトをアバタにあらかじめ追加してアップロードしておく。

システムの内部処理では、接触した部分を赤、それ以外を黒として VRChat の画面左上に RenderTexture として表示し、その RenderTexture を VRCHaptics アプリでキャプチャし、色情報を振動に変換して bHaptics デバイスを制御する。この様に VRCHaptics は自身のアバタに接触を検出する機能を追加し、VRChat の視覚レートで頭や胴体、両手足に触覚呈示を行う。しかしながらこのシステムでは、アバタの接触情報を画面に表示し、キャプチャする処理に手間がかかる。また、VRChatSDK においては、アバタの位置や姿勢を取得することは我々が調べた限り現状困難であり、ワールドにあるオブジェクトの情報をログに書き込むことは可能であるため、本研究では、画像を用いる方法ではなく、アバタが座る椅子の状態をログに書き込みその値を読み取ることで揺動感覚を呈示する。

2.3 揺動感覚呈示デバイス

揺動感覚呈示を行うデバイスとして、主に、電極を用いて前庭感覚受容器に電気刺激を与えるものと、アクチュエータを用いて前庭感覚と体性感覚を呈示するモーションプラットフォームが存在する。

電極を用いた手法の一例として、中山ら[3]は、両耳の後ろとこめかみに微弱な電流を通電することにより、ピッチ、ロール、ヨー方向の回転を呈示する 4 電極 GVS を提案している。この手法は、アクチュエータを用いて身体全体を直接動かすデバイスと比較して小型であり、そして、ウェアラブルであるという特徴がある。

一方で、我々[4]は、2本のアクチュエータを用いて座席を転がすことにより、転がり運動を呈示する簡易 2 軸プラットフォームを提案している。この簡易 2 軸モーションプラットフォームは設置ベース、可動ベース、球面体、2本の伸縮可能なアクチュエータで構成される。球面体は人や座席などの積載物を搭載する可動ベースに下向きに固定されており、設置ベース上に載置される。また、2本のアクチュエータは設置ベースと可動ベースに対して回転可能に接続されており、アクチュエータの協調伸縮によって、ピッチとロール方向に $\pm 25\text{deg}$ 、 $\pm 1\text{G}$ の転がり運動が可能である。球面体で積載荷重を支えることによって、150Wの低コストで転がりによる揺動が実現できる。

この他にも、Stewart[5]が開発した 6 自由度の動きが可能である 6 軸モーションプラットフォームや、松林ら[6]によって開発された上下の並進運動とピッチ、ロール方向の回転が可能な 3 軸モーションプラットフォームなどがある。本研究では、揺動感覚を呈示するデバイスとして簡易 2 軸モーションプラットフォームを用いるが、揺動情報として 6 軸情報をログとして書き出すため、他のモーションプラットフォームを利用することも可能である。

3. システム概要

3.1 VRChat の椅子の傾きをモーションベースへ送信するシステム

図 1 に 2 人対戦を行うシステムの概要図を示す。なお、このシステムはワールド内に対戦人数分の椅子やアイテムを追加しておけば、40 人までの対戦も可能である。

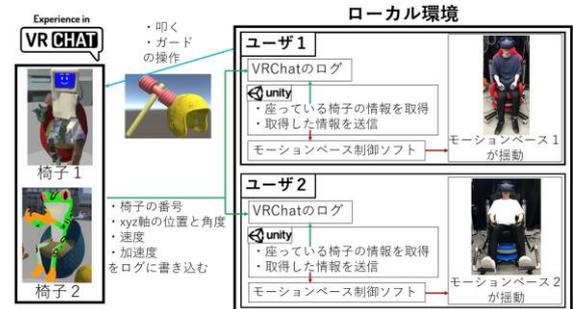


図 1: システム概要図

本システムは、VRChat、Unity、モーションベース制御ソフト、モーションベースで構成される。VRChat側では、たたいて・かぶって・ジャンケンポンを行うワールド内でモーションベースを制御するために必要な情報をログに書き込み、Unity側ではVRChatのログを読み取りモーションベース制御ソフトへ送信し、Unityから送信された情報を元に指定された伸縮量や速度、加速度でモーションベースの揺動制御を行う。

本システムの内部処理において、VRChat からユーザへ揺動感覚を呈示するには、ワールドに設置された椅子の 6 軸情報として、VRChat 内の xyz 軸の位置と角度、移動時の速度と加速度を各ユーザへ送信する必要がある。そのため、どの椅子にどのユーザが座っているかと、ユーザが座っている椅子の 6 軸情報をワールドにいる全ユーザに毎フレームログに記述する。この処理は、VRChat のワールド作成する際、椅子のオブジェクトに VRChat 専用スクリプトの Udon Sharp で Debug.Log 関数によって、椅子の 6 軸情報をログに書き込む。図 2 に、実際に椅子の情報が書き込まれたログを示す。

```

2023.07.18 10:03:09 Log - [Behaviour] RPC called Hammer1:UdonSyncRunProgramAsRPC:All
椅子に座ったことを表すキーワード、プレイヤー名、椅子の番号
SittingPlayerNameAndCharNum_miyukipuu.1
ChairInfo=[-1.000015,1.025,-1.17013E-05,0.90,0.1,0.063058E]
2023.07.18 10:03:09 Log - [Behaviour] RPC called Hammer2:UdonSyncRunProgramAsRPC:All
椅子1の情報を表すキーワード
ChairInfo=[-1.000015,1.324999,-1.17013E-05,0.90,0.0,0.0003]
~~~中略~~~
2023.07.18 10:03:25 Log - SittingPlayerNameAndCharNum_VROnly_2
2023.07.18 10:03:25 Log - ChairInfo=[0.9999787,1.324333,1.404008E-07,0.270,0.0,0.0597]
2023.07.18 10:03:25 Log - ChairInfo=[-1.000015,1.322466,-1.170124E-05,0.90,0.0,0.168]
椅子1のxyz軸の位置と角度、移動時の速度と加速度の値
2023.07.18 10:03:25 Log - [Behaviour] RPC called Hammer2:UdonSyncRunProgramAsRPC:All

```

図 2: 椅子の 6 軸情報が書き込まれたログの一部

図 2 に示す様に、ログには椅子以外の情報が書き込まれており、その中から椅子の情報が記述されている行を抜き出すため、椅子の情報を書き込む際キーワードをつける。

また、椅子の情報は全てのユーザのログに書き込まれるため、自身が座っている椅子の情報か、それとも相手が座っている椅子の情報かどうかを判別するために椅子の番号を記述する。

3.2 ゲーム内容

図3に、本研究で作成したVRChatでたたいて・かぶって・ジャンケンポンを行う流れを示す。

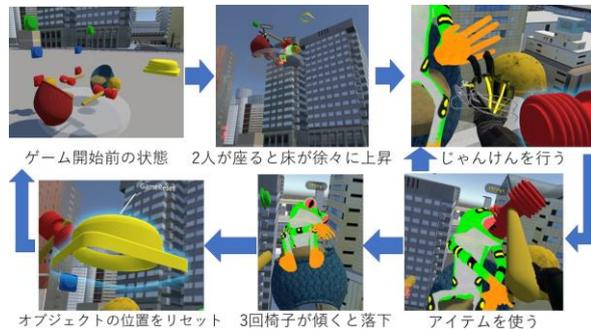


図3: たたいて・かぶって・ジャンケンポンを行う流れ

ゲーム開始前、2つの椅子は地面と接している円形の床上面に向かい合って配置されており、アイテムやボタンは椅子の横に配置される。このゲームを始めるには、まず、2人のユーザがたたいて・かぶって・ジャンケンポンを行う椅子に座る。すると、高所から落下する恐怖感を演出するため、円形の床が周囲の建物の高さとはほぼ同じである40mまで徐々に上昇し、また、まれに円形の床が揺れる。この時、円形の床の移動と連動してアイテムやボタンの位置も移動する。そして、椅子に座った後、アバタによって身長が異なるため、椅子の横にある青と赤いボタンで椅子の高さを調節する。ゲームを行う準備が整うと、両者はゲームを開始するため、椅子の横にある緑のボタンを押す。ボタンを押すとじゃんけんを行う音声流れ、その合図に従って Valve Index コントローラでグー・チョキ・パーの形を作ってじゃんけんを行う。じゃんけんの勝敗判定は各ユーザで行い、勝者はハンマーを持ち相手の頭を叩き、敗者はヘルメットを自身の頭へ持ち上げ相手からの攻撃を防ぐ。ハンマー、ヘルメットを持ち上げるには Valve Index コントローラを用いてアイテムまで手を伸ばし、複数の指で握りこむ動作を行う。そして、そのアイテムを動かして使用する。この時の様子を図4に示す。



図4: アイテム使用時の様子

また、ハンマーはユーザが持ち上げている間、常に相手の椅子、ヘルメットとの接触を判定する。ハンマーを持ち上げた後、初めて接触するオブジェクトが相手の椅子である場合は相手を叩くことができたと判定し、相手のヘルメットの場合はガードされたと判定する。本ワールド内でのハンマー、ヘルメット、椅子の接触判定を行う範囲を図5に示す。



図5: 接触判定を行う範囲

ゲーム中はハンマーで相手の頭を叩くため、図5に示す様に椅子の接触判定はアバタの身長を考慮して椅子のモデルより大きく設定してある。ただし、アバタによって大きさは異なるため、全てのアバタに適した接触判定を行うことは現状できない。なお、図5で表示されている接触判定を行うオブジェクトは、VRChat内では表示されない。そして、相手を叩くことができた場合は叩かれた側の椅子が傾き、ガードされた場合はハンマーが弾かれ、叩いた側の椅子が後ろへ傾く。その後椅子は起き上がりこぼしの様にゆっくりと元の角度に戻る。また、片方の椅子が先に3回傾くと、椅子はそのまま傾き続け円形の床から落下し、そのユーザの負けとなる。ゲーム終了後、各ユーザは椅子から降り、黄色のボタンを押すことで椅子やアイテム、円形の床などの位置が元に戻り、ゲーム開始前の状態となる。以上が本ワールドでのゲーム内容になる。

また、このワールドでは、モーションベースを利用しない場合でもたたいて・かぶって・ジャンケンポンを行うことができる。しかし、叩かれた時の衝撃や、高所から落下する感覚の揺動呈示は当然ながら行われない。

3.3 モーションベース揺動の処理

本システムでは、アバタが座っている椅子の揺動感覚を呈示する。そのため、前述したように、我々が開発している簡易2軸モーションプラットフォームを使用し、ユーザへ揺動感覚を呈示する。このデバイスはピッチとロール方向に $\pm 25\text{deg}$ の揺動が可能であるため、基本的にVRChat内にある椅子のx軸とz軸の角度を補正し、その角度をモーションベースのピッチとロールへ送信する。この角度の補正とは、VRChatにあるオブジェクトの角度は $0\sim 360\text{deg}$ で設定されるため、この角度を $-180\sim 180\text{deg}$ に直し、さらに、モーションプラットフォームの揺動範囲内である $-25\sim 25\text{deg}$ にクランプすることである。

また、アバタが叩かれた時に椅子がピッチまたはロー

ル方向に大きく傾いたり、椅子の角度がヨー方向に変化すると、VR酔いにつながってしまう。そのため、椅子の傾く角度に制限を設ける必要がある。そこで、椅子の周囲に椅子だけが接触する透明の壁を用意して、ピッチとロール方向の傾きに筆者の主観で違和感がないような制限を設け、また、ヨー方向の回転は行わないようにする。

4. 実装結果

図6に、じゃんけんに勝ったユーザが相手を叩いたときの様子を示す。



図6: 相手ユーザを叩いた時の様子

図のように、ハンマーで相手を叩くと、叩いた側は相手の椅子が傾いている様子を見ることができ、叩かれた側は自身のアバタが座っている椅子とモーションベースが傾く。

図7にじゃんけんに負けたユーザがヘルメットでガードした時の様子を示す。

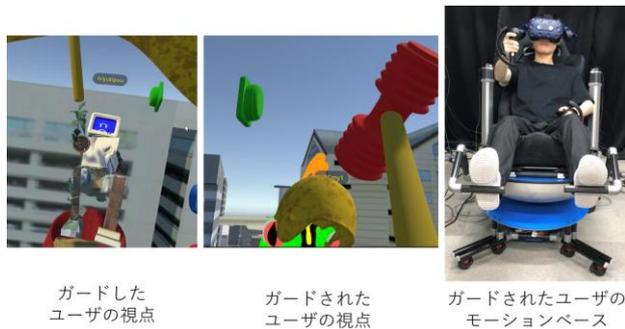


図7: ガードした時の様子

図のように、相手の攻撃を防ぐことができた場合、叩かれた側は相手の椅子が傾いている様子を見ることができ、叩いた側は自身のアバタが座っている椅子とモーションベースが後方へ傾いていることが見て取れる。

なお、VRChatのログから読み取った椅子の6軸情報はモーションベースへ約10Hzで送信され、VRChatの映像で自身の座っている椅子が傾き始めてからモーションベースが傾き始めるまで約0.5秒の遅れが確認できた。VRコンテンツにおけるモーションベースの追従性評価として、ラジコンの加速に応じてモーションベースを揺動さ

せる際、0.7秒以内の遅れであれば移動感覚を呈示可能である[7]。このため、本システムの更新レートであれば違和感なく動的な揺動が可能であると言える。現状、モーションベースはローカル環境では30Hzで揺動制御しており、ログの読み書きによって10Hzとなっているため、改善の余地がないか検討していく。

5. まとめ

本研究では、メタバース空間において揺動感覚を動的に呈示可能なシステムを提案した。また、メタバースプラットフォームのVRChatにおいて、たたいて・かぶって・ジャンケンポンを行うワールドを作成し、叩かれた衝撃などを体感しながら対戦可能なコンテンツを構築した。

具体的には、VRChatのログにアバタが座る椅子にどのユーザが座っているかや、椅子の6軸情報と速度、加速度を書き込み、この値を傾斜角情報としてモーションベースへ送信することで動的揺動を実現した。結果として約10Hz(遅延約0.5秒)での動的揺動を実現した。この遅延時間はラジコンの加速に応じた揺動の速度以内であれば、違和感なく動的揺動可能であると言える。

今後の課題として、本研究で構築したゲームコンテンツの没入感の評価や、モーションベースを制御する更新周波数の向上について検討を行っていく。

参考文献

- [1] 館暲, 佐藤誠, 廣瀬通孝: パーチャルリアリティ学, 株式会社コロナ社, pp. 96-97, 2021.
- [2] 坪倉輝明: <http://github.teruaki-tsubokura.com/vrchaptics/>, last access 2023. 07.
- [3] Y. Nakayama, K. Aoyama, T. Kitao, T. Maeda, H. Ando: How to Use Multi-pole Galvanic Vestibular Stimulation for Virtual Reality Application, In Proceedings of the Virtual Reality International Conference-Laval Virtual (VRIC'18), 2018.
- [4] 脇田航: 鏡板を用いた簡易二軸モーションプラットフォーム (Type1) の改良, 知覚情報研究会, 複合現実型実応用および一般, PI-20-041, 2020.
- [5] D. Stewart: A Platform with Six Degrees of Freedom, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Vol. 180, Pt. 1, No. 15, pp. 371-386, 1965.
- [6] 松林勝志, 山下晃弘, 富平準喜, 佐藤悠之輔, 瀧島和則, 本間朗, 吉川千里: 3自由度モーションベースの制御とカヌー競技への応用, 情報処理学会論文誌, Vol. 180, No. 3, pp. 1-9, 2019.
- [7] 早川達也, 吉村大二郎, 齊藤充行, 小林康秀, 脇田航: 全周映像および慣性力呈示による移動体の高度没入型トレイグジスタンスシステム, 電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌), 137巻, 9号, pp. 1192-1200, 2017.