

バーチャルライブにおけるアバタの動作を通じた観客同士のインタラクションが臨場感に与える影響に関する研究

YANG GUANG^{1,a)} 松村 耕平^{1,b)} 岡藤 勇希¹

概要：バーチャルリアリティ（VR）技術の広がりにより、バーチャルライブと呼ばれる、VR 空間上で行われるイベントが開催されるようになった。ここでは、観客は VR 空間上にアバタとして参加し、その空間において同様にアバタとして参加する出演者による催し（例えば音楽ライブ）を楽しむことができる。このようなバーチャルライブ環境では、現実世界では実現し難いビジュアルエフェクトを表現することができ、新しいライブの楽しみ方として普及が期待されている。しかし、現在のバーチャルライブ環境の中には臨場感に欠ける問題を含むものがある。この問題は他の観客の動きが十分に反映されず、画一的なものになっていることで引き起こされている可能性がある。本研究では、バーチャルライブ環境における臨場感に対して観客同士の動きのインタラクションがどのように影響するのか調査する。バーチャルライブを模した環境において研究室実験を行った結果、観客同士の動きのインタラクションが臨場感に影響を与えることが示唆された。

1. はじめに

インターネットおよび VR 技術の発展により、バーチャル空間内で行われるライブイベント（バーチャルライブイベント）が盛んになってきている。バーチャルライブイベントでは VR 環境上でアバタを媒介として出演者がライブパフォーマンスを行うことや観客とのコミュニケーションをとることができる。しかし、現在のバーチャルライブイベントにおいては観客同士の間のインタラクションが十分に考慮されておらず、現実のライブイベントで観客が得ることができるような臨場感がバーチャルライブイベントでは得られない可能性がある。臨場感とは、バーチャルライブを実際にその場において生で視聴しているように、今後とも関わり続けるような感覚で自己満足できる評価指標である [1]。

本研究では、アバタを通じた観客同士のインタラクションがバーチャルライブで得られる臨場感にどのように影響するのかを検討する。現在のバーチャルライブイベントのプラットフォームでは、あるユーザの周りには他の観客（アバタ）の動作は、予め決められた動きを繰り返すデザインとなっている。このデザインが臨場感を失っている原因と仮説立てる。本研究では、アバタの種類として参加者自身が動きを操作するユーザアバタと、あらかじめ決めら

れた動きをするダミーアバタの 2 種類を定義し、あるユーザの周りには他の観客のアバタの種類とその割合を変更することによって仮説を検証する。検証によりバーチャルライブイベントにおける観客同士のインタラクションの必要性について議論することができる。この議論を通して、バーチャルライブイベントにおける臨場感の向上に寄与できると考える。

2. 関連研究

2.1 オンライン音楽ライブの双方向化に関する研究

山崎らは [2]、オンライン音楽ライブの双方向化について、オンラインで出演者と観客の一体感を向上させるシステム「VibeShare::Performer」を提案・開発し、ミュージックバーで開催されるオンラインライブにて実証実験を行った。その結果、3 日間の実験で観客から合計 108,031 回のエモートが送られ、それらを配信と会場内での時間差を考慮する「未来カンペ」とともに、拍手音効、スタジオへの投影、出演者への触覚刺激に変換してライブ内で使用することで、観客の存在感を出演者と体感・共有に成功したことがわかった。

本研究では触覚フィードバックだけでなく、VR ライブステージの参加者同士のインタラクションを双方向化するため、臨場感を上げる目的として視覚表現およびダミーアバタのモーション付けにより視覚表現と視点変化などの条件を変えることで検証実験を行った。

¹ 立命館大学 情報理工学研究所

^{a)} is0441pf@ed.ritsumei.ac.jp

^{b)} matsumur@acm.org

この研究でのシステム構築および結果検討により、バーチャルライブで参加者同士のインタラクションの双方向化を実現することが可能になり、バーチャルライブで人間とアバタ間のインタラクションができることが分かった。

2.2 生体情報によるエージェント振る舞いと感情表現を用いた一体感向上に関する研究

阿部らは [3]、生体情報によるエージェント振る舞いと感情表現を用いた一体感向上について、一体感を向上させるバーチャルライブシステム「Hype Live」を開発し、バーチャルライブ参加者の脈拍情報をもとに推定された感情に基づくエージェントの振る舞い動作と、感情を表す絵文字や記号をエージェントの頭上に表示させることで一体感を向上させるシステムを構築した。その結果、参加者の生体情報を基に推定した感情表現の提示や、参加者全体から推定した感情を反映した振る舞いを行うエージェントの表示を行うことにより構築されるバーチャルライブでは、一体感の向上ができる可能性が高いことが示唆された。

この研究が従来の研究と違って、腕時計型デバイスを用いて感情表現を測定するだけでなく、高い共感を持つバーチャルライブでのインタラクションを実現するため、ライブ会場の出演者を除いて、参加者と参加者の間に混ぜたダミーアバタの振る舞い、表情および会場内の移動などの条件を用いて、エージェント振る舞いと感情表現を用いた一体感を参加者同士のインタラクションに用いることが実現できた。

この研究で開発されたシステムを用いて、アバタの振る舞いと感情表現を用いた一体感を測定するだけでなく、参加者と参加者の間に混ぜたダミーアバタの振る舞いおよびケミカルライトを持つ動きなどの条件を用いて、アバタのバーチャルライブに配置するアバタの割合が観客への臨場感に対する影響について検討することができる。と考える。

3. インタラクションデザインと VR 環境

本研究では、観客同士のインタラクションの有無が臨場感に与える影響について実験的に検討を行う。ここでは、観客同士のインタラクションデザインと開発した VR 環境について述べる。

実験の環境構築として、アバタが参加できるバーチャルライブ環境を構築する。ここでは出演者 1 名が音楽ライブとして曲に合わせて動いている。参加者はアバタとして当該環境に参加する。参加者はケミカルライトを持ち、コントローラを用いてそのケミカルライトを自由に振ることができる。

アバタの動作を通じた観客同士のインタラクションが臨場感に与える影響を検討するための要素として、本研究で参加者のアバタが持つケミカルライトの動作に着目する。1 名の実験参加者が操作できるアバタの周囲に配置された

アバタについて、ケミカルライトの動作を (1) 一定の動きを繰り返すもの、(2) 他の参加者としてラバーチャルライブに参加する実験協力者の動作を実時間で反映したもの、の 2 種類に分類する。このうち (1) ではアバタは特定の動きを繰り返してケミカルライトを振る。これをダミーアバタと定義する。一方 (2) では、実験協力者は自身のコントローラを動かすことでケミカルライトを操作できる。これをユーザアバタと定義する。実験では、全体のアバタ数に対してダミーアバタとユーザアバタの割合を変えることでインタラクションの有無が臨場感に与える影響を調査する。

具体的には、図 1 を示すように、ダミーアバタと参加者が使用するユーザアバタに併せて、それぞれダミーアバタの数を会場内アバタ総数の 0% から 100% の割合でダミーアバタをバーチャル空間内のライブステージに配置し、違う配置条件の実験シーンを作成する。0% はライブに参加する 5 体のアバタのうち実験参加者以外の 4 体すべてダミーアバタとする条件である。50% は実験参加者以外の 4 体のうち 2 体をダミーアバタ、2 体をユーザアバタとする条件である。100% はライブに参加する 5 体のアバタすべてを実験参加者、あるいは実験協力者がユーザアバタとして操作する条件である。

被験者視点のアバタ配置図(一例)

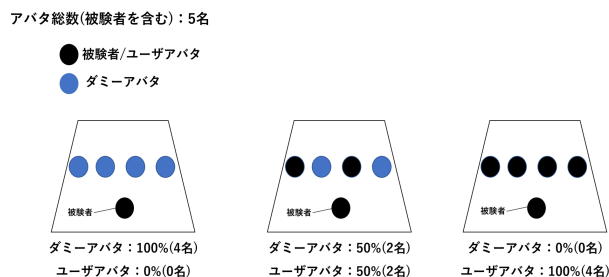


図 1 バーチャルライブステージ会場内アバタの割合と配置位置(一例)

参加者は図 2 に示すように、ケミカルライトを持ちながらバーチャルライブを観覧することができる。ケミカルライトは図 2 に示すようにコントローラの動きに合わせて動かすことができる。黒い丸の部分を手が握るハンドルとなり、そこを中心にケミカルライトを移動・回転できる。この 3 軸の移動・回転は図 3 で示される VR デバイスである Oculus Quest2 のコントローラの動作に対応している。参加者は Oculus Quest2 のコントローラを右手に把持し、これを自由に振ることによってバーチャルライブ上でアバタが持つケミカルライトの動きとして反映できる。

VR 環境には最大 5 名 (5 台のデバイス) のユーザアバタが参加できる。ユーザアバタのケミカルライトの動きは PUN2 フレームワークを用いてリアルタイムに同期される。また、このバーチャルライブ中の動作はシステムによって記録される。

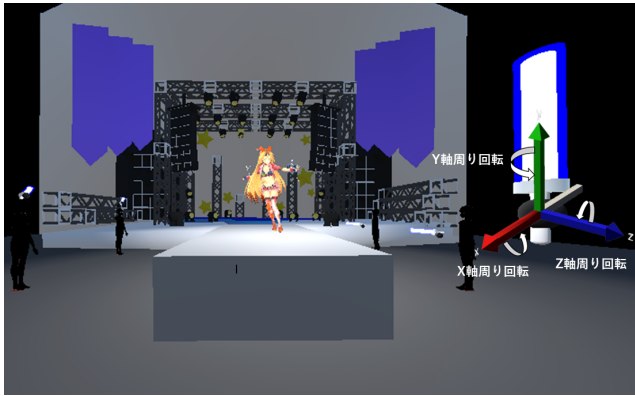


図 2 構築されたライブ環境とインタラクションを行うケミカルライト（第一人称視点）

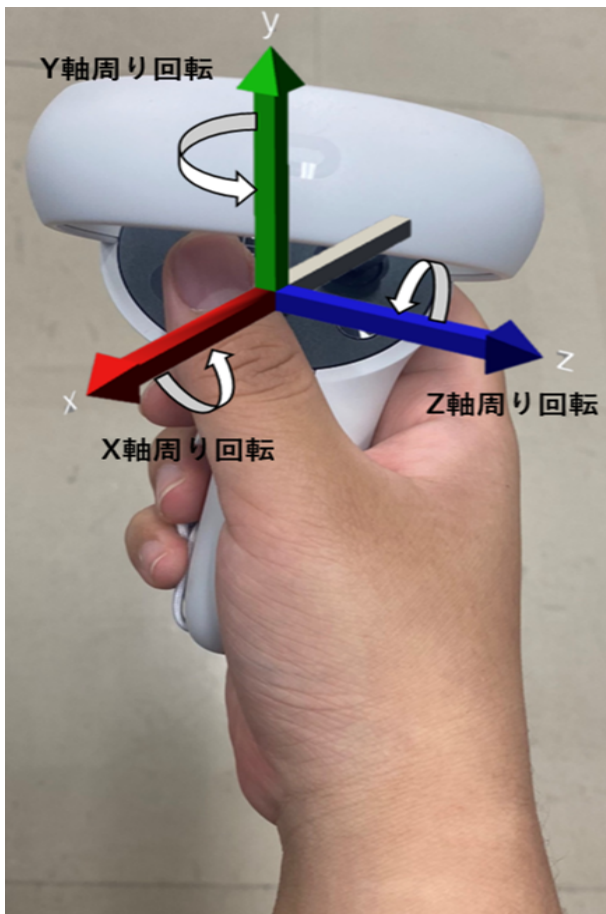


図 3 リアル環境でコントローラの座標軸（第一人称視点）

4. 実験

4.1 目的

インタラクションの有無（強度）が臨場感にもたらす影響の評価実験を実施する。前章で述べたようなバーチャルライブ環境において、実験参加者はHMDを装着してユーザアバタとして参加する。バーチャルライブ環境には実験参加者の他に出演者1体と観客のアバタ4体が表示される。このうち、観客の全体のアバタ数4に対してダミーアバタとユーザアバタの割合を変えることでインタラク

ションの有無がバーチャルライブの臨場感に与える影響を調査する。

4.2 実験内容

参加者はバーチャルライブ会場に観客として参加する。ライブ会場には出演者1体と参加者1名を含めた観客のアバタ5体に参加する。参加者はHMD（Oculus Quest2）を装着し、右手にはコントローラを把持する。コントローラの動きはバーチャルライブ環境上では参加者のアバタが持つケミカルライトの動きとして反映される。参加者はケミカルライトを振ることで、ライブ出演者を応援することができる。

ライブ出演者はおよそ3分間の間、バーチャルライブ会場に準備されたステージ上で曲を歌い、また、曲に合わせてダンスをする。

バーチャルライブ会場において観客のアバタの種類を2種類準備する。1つ目のアバタ（ダミーアバタ）はケミカルライトを一定の動きを繰り返すように設定される。2つ目のアバタは実験参加者と同様に、HMDを装着した実験協力者が右手に把持するコントローラの動きがケミカルライトの動きとして実時間で反映されるもの（ユーザアバタ）である。

このとき、ダミーアバタとユーザアバタの割合を変更することで、インタラクションの有無（強度）を制御する。これによりインタラクション強度と臨場感の関係性を調査できる。

図4は実験の環境を概略したものである。参加者は小部屋に案内され、HMDを装着してバーチャルライブに参加する。バーチャルライブではダミーアバタとユーザアバタの割合が0%、50%、100%の3種類に制御される。このうち50%ないし100%のとき別室にいる実験協力者がユーザアバタとして参加する。実験参加者はどのアバタがダミーアバタないしユーザアバタかを事前に知らされない。事前の検証実験の結果を踏まえ、アバタの配置は図5に示される配置とした。

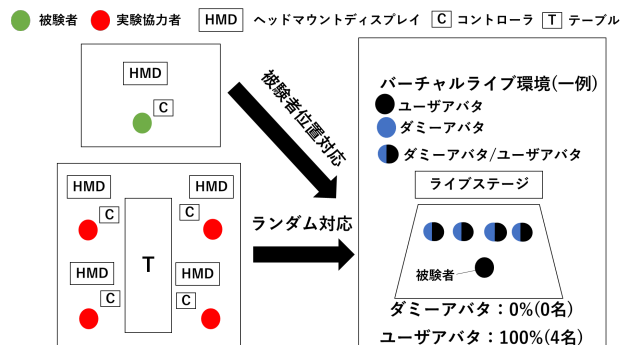


図 4 検証実験の実験環境図



図 5 評価実験で利用したバーチャルライブステージ

4.3 手順

実験は、以下の手順で行われる。まず、実験参加者には実験内容の説明と、実験参加の意思を確認する。その後、実験中での操作に馴染むためのチュートリアルを実施する。チュートリアルではコントローラを右手に持ちケミカルライトを振ることができる。その後、ダミーアバタとユーザアバタの割合を 0% から 100% の範囲で 3 段階に調整したバーチャルライブ環境での実験を計 3 回実施する。アバタの割合の順序は順序効果が生じないように調整する。バーチャルライブ実験では、チュートリアルと同様に、参加者が HMD を装着し、コントローラを右手に持ち、3 分程度のバーチャルライブシーン中でケミカルライトを振って出演者アバタに向けて応援することを依頼する。

各回のバーチャルライブ実験後に、参加者に対して簡易なインタビューと臨場感に対する評価スケールへの回答を依頼する。インタビューの内容は後の分析のために録音し、アンケートの結果に合わせて実験結果の分析を行う。3 回目の評価アンケートとインタビューを終えたら、実験を終了する。

4.4 参加者

実験には機縁募集した 21~25 歳の大学生 7 名（うち女性 1 名）の被験者が参加する。参加者に VR やバーチャルライブ経験を日常的に経験しているものはない。この 7 名のほか、実験においてユーザアバタを操作する実験協力者 4 名が参加する。

4.5 評価

評価は客観的な方法と主観的な手法を組み合わせ実施する。

客観的な方法としてはケミカルライト（コントローラ）の動作に注目する。参加者はコントローラを操作することで、アバタの持つケミカルライトを動かす。このケミカルライトの動作に注目して、参加者とアバタの間のインタラ

クションを評価する。具体的には、ケミカルライトの 3 軸の回転動作について、自己相関関数（ACF）と相互相関関数（CCF）を求める。

自己相関関数からは、参加者が周期的な動作をしているかどうかを判断することができる。ここで、ライブシーン中で利用される音楽に合わせてケミカルライトを操作していれば音楽のリズムに対応する lag において、自己相関関数における相関係数が最大となることが予想される。

相互相関関数においては、実験協力者のケミカルライトとの相互相関関数を算出することによって、参加者が実験協力者に合わせてケミカルライトを振っているかどうかを判別することができる。

例えば実験において、0% 条件のときに自己相関関数のピークが音楽のリズムに対応する部分にあり、またそれが十分に高い参加者が、100% 条件のときに自己相関関数の係数が低下し、実験協力者との相互相関関数において一定の相関係数が得られたとき、その参加者は 100% 条件のときに他の参加者とのインタラクションがあったとみなせる。

一方で主観的な評価からは臨場感や他者との協調性に関わる心理尺度を用いた評価を行う。この尺度の項目については先行実験を行い決定した。アンケート項目は、情動的共感性尺度 [4] と相互独立的一相互協調的自己観尺度 [4] という心理尺度から実験の評価に関係しないと考えられるものを著者を含む 3 名が評価して選定した。心理測定尺度集で検証された評価手法で五段階評価を用いて、各質問に点数を被験者に付けて、平均と合計点数を計算することで情動的共感性尺度と相互独立的一相互協調的自己観尺度で評価した感情的被影響性、相互独立性、相互協調性を求める。

臨場感に関する主観評価においては、それぞれの実験シーンに対する臨場感を一対比較法によって回答する。ここでは主にライブステージで感じる臨場感の優劣をシェッフェの方法による一対比較で回答する。

4.6 実験結果

各被験者がそれぞれのアバタ割合条件での実験後にそれぞれの実験シーンに対する臨場感評価スケールに答えた。評価スケールは、主にライブステージで感じる臨場感をシェッフェの方法により一対比較によって回答する。その結果、半数弱（被験者 1,5,6）の被験者は、順番にも関わらずユーザアバタのみの条件が最も臨場感が高いと評価した。シェッフェの方法により一対比較法（原法）の評価手法を用いて、三つのアバタ割合条件の嗜好度を計算した。その結果、図 6 に示すように、ユーザアバタのみの条件が最も被験者に臨場感が高いと評価したことが分かった。

客観的な評価結果として、参加者が各アバタ割合実験条件で得られた自己相関関数（ACF）と各アバタ割合条件でバーチャルライブ中ダミーアバタとユーザアバタのケミカルライトの回転データと被験者のケミカルライトの回転

▲ 0% :ダミーアバタのみ
 ● 50% :ユーザアバタとダミーアバタそれぞれ半分
 ■ 100% :ユーザアバタのみ

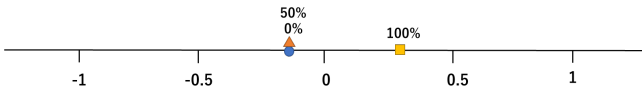


図 6 一対比較法（シェッフエの原法）の評価結果

データで得られたの相互相関関数 (CCF) を用いて、参加者間インタラクションが起こる条件の結果を数値的に分析した。具体的には、被験者その他のアバタの生データを得て、その中で被験者が最も変化する回転軸に注目し、その軸のデータをそれぞれ ACF と CCF を求め、それぞれ得られた自己相関係数と相互相関係数とラグの関係を分析する。検証実験と同じ曲を使用するため、ACF のデータでは、実験で使用した 140BPM の曲に対して周波数が 2.3Hz によって 43 ラグごとにケミカルライトを振る周期性を持ってリズムに合わせる傾向が証明されると想定される。また、特定アバタとの CCF のデータで被験者との相互相関係数が高いことが確認されたら、そのアバタのケミカルライトの動きに合わせて振る傾向があることが確認されるという結果になる。

具体的な実験結果について、0%のシーンで音楽リズムに合わせて振るという ACF 条件を満足した被験者 1 と被験者 6 を選出し、その中最も変化が激しい軸（どちらとも x 軸）のデータを取って、X 軸基準で CCF を比較した。その結果、被験者 1 が 0%のシーンで右側のアバタとの相互相関係数が 0.4 程度で安定し、一緒に動いていることが確認された。また、被験者 6 が 100%で右前のアバタとの相互相関係数が 0.35 ほどで安定しており、そのアバタの動き

に合わせていたことがわかった。

5. まとめ

この研究では、バーチャルライブで異なる種類のアバタが使用したケミカルライトの動きの変化により、バーチャルライブにおけるアバタの動作を通じた観客同士のインタラクションが臨場感に与える影響を調査した。ユーザアバタとダミーアバタ割合条件の検証実験を行い、その結果から参加者間インタラクションが臨場感にもたらす影響の評価実験を実施した。客観的な評価から、ユーザアバタのみの割合条件で相互相関係数が比較的高く他人の動きに合わせて動く傾向があり、ダミーアバタのみの割合条件で自己相関係数が比較的高く音楽リズムに合わせて動く傾向があることが分かった。

以上の実験結果から、バーチャルライブ環境において、ユーザ同士のインタラクションが臨場感を向上させる可能性が示唆された。

参考文献

- [1] 西田文郎. 人間は「感情」に引きずられる動物である。ワクワク感がプラス思考を生み出す！. 人生を変える「その気」の法則 (2012 年 10 月)
- [2] 山崎 勇祐, 白井 暁彦. VibeShare::Performer -Emoji・触覚・音効によるオンライン音楽ライブの双方向化. 第 26 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 (2021 年 9 月)
- [3] 阿部 将士, Isidro Butaslac, 秋吉 拓斗, Hangyu Zhou, 澤邊 太志, 藤本 雄一郎. Hype Live : 生体情報によるエージェント振る舞いと感情表現を用いた一体感向上 VR ライブシステム. 第 26 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 (2021 年 9 月)
- [4] 吉田富二雄, 宮本聡介. 心理測定尺度集 II. 情動的共感性尺度. 相互独立的一相互協調的自己観尺度. (2018 年 4 月)