

# インタラクティブな バーチャル・ライブパフォーマンス・ビューア “WakWak Tube 3D”

武藏島雄理<sup>1</sup> 坂内祐一<sup>2</sup>

**概要:** VR 環境でユーザが過去の視聴者アバタと共にペンライトを振ることで出演者アバタからのリアクションや演出の追加といったインタラクションを得ることができるバーチャルライブパフォーマンスビューア “WakWak Tube 3D” を開発した。このシステムでは、視聴者であるユーザの動作をリアルタイムに記録し、記録された動作は、次に同じライブパフォーマンスを視聴した際に、他の観客としてパフォーマンスと同期して再生される。このように視聴者と出演者および視聴者間に疑似的なコミュニケーション機能を持たせることで、ライブパフォーマンスの一体感や臨場感を VR で実現するための要因を調べた。

**キーワード:** VR, ライブパフォーマンス, 臨場感, 一体感, 視聴者間非同期コミュニケーション, 出演者視聴者インタラクション

## WakWak Tube 3D: An interactive VR theatre performance viewer

YURI MUSASHIJIMA<sup>†1</sup> YUICHI BANNAI<sup>†2</sup>

**Abstract:** We have developed the WakWakTube 3D, a virtual live performance viewer that allows users to obtain interaction from performers' avatars, such as adding reactions and effects, by waving a penlight with past viewer avatars in a VR environment. In this system, the user's actions are recorded in real time, and the recorded actions are reproduced as another audience in synchronization with the performance when the same live performance is viewed next time. By providing a pseudo-communication function between the viewer, the performers, and the viewers in this way, the factors for realizing a sense of unity and presence of the live performance with VR were investigated.

**Keywords:** VR, live performance, presence, sense of unity, asynchronous communication between viewers, interaction between performer and viewers

### 1. はじめに

近年、バーチャル YouTuber のような CG やイラストを使用したキャラクターによる生配信やライブが盛んに行われている。現実の会場で行われるライブの他、YouTube[1]のようにコメントを通じて出演者とコミュニケーションを図ることが可能な生配信コンテンツや cluster[2]のような VR 環境で視聴できるライブコンテンツが存在する。しかしながら、リアルタイムで視聴できなかった場合にはコメントやアイテムといった配信コンテンツに応じた機能を用いたコミュニケーションをとることができない問題点がある。

一方、映像コンテンツのオンデマンド視聴では生配信と異なり、出演者とのリアルタイムコミュニケーションはできないが、コメントなどを通じて他の視聴者との非同期コミュニケーションを行うことは可能である。筆者の所属する研究室では YouTube などのオンデマンド動画サービス視聴者の非同期なノンバーバルコミュニケーションを実現す

るシステムとして WakWak Tube[3]を開発してきた。

本研究では、WakWak Tube を VR システムとして発展させ、VR のインタラクティブ性を活かして、ユーザの動作によって演奏者のパフォーマンスが変化するコンテンツを作成するとともに、ユーザがこのコンテンツの過去の視聴者アバタと共に演奏者のパフォーマンスの鑑賞を可能にするシステムを構築する。ユーザと出演者およびユーザと他の視聴者との疑似的なコミュニケーション機能を実現することで、VR コンテンツでありながらライブのパフォーマンスを鑑賞しているような臨場感や一体感を得ることを目的としている。

### 2. 関連研究

本研究に関連した研究をコンテンツの視聴者間での情報共有に関するものと視聴者と出演者間でのやりとりに関するものに分けて記述する。

<sup>1</sup> 神奈川工科大学大学院  
Graduate School of Information and Computer Science,  
Kanagawa Institute of Technology.  
<sup>2</sup> 神奈川工科大学  
Kanagawa Institute of Technology

## 2.1 コンテンツ視聴者間での情報共有

視聴コンテンツにおいて他の観客（視聴者）を表示することで、遠隔地の人と共に視聴しているかのような体験を設計した研究は多く行われている。吉田らのノリ乗り[4]では Kinect を用いて観客の骨格情報や動作をノリ情報として記録し共有している。記録されたノリ情報は線で構成された骨格としてライブ映像に重畳表示される。代蔵ら[5]の開発した ExciTube[5]では、異なる場所にいるユーザ同士が興奮情報を共有することで、実際に他者が同じ場所にいるかのような体験を提供している。ユーザの興奮度は手掌に電極を装着し SCR (Skin Conductance Response: 皮膚コンダクタンス反応) で計測する。Harrison らの CollaboraTV[6]では、録画されたテレビ番組を視聴する際に過去の他の視聴者アバタを重畳表示させ、キーボード入力によってポジティブやネガティブといったリアクションをアバタ表示に反映させている。WakWak Tube では Kinect v2 の深度センサによってユーザの骨格データを取得することで、ユーザアバタのアニメーションをリアルタイム表示することができる。また、記録された過去のユーザのアバタを 8 人まで表示できる。表示されたアバタは衝突判定により重なることがなく、ユーザが手でアバタを押しつけ・引き寄せすることで自由に配置できる。

## 2.2 視聴者と出演者間のやりとりに関する研究

寺内らは LED と振動モータ、加速度センサを内蔵したペンライト型デバイスを用いたライブ支援を行っている。[7] 演者の演技を観客は振動・光として体感し、観客の応援を演者の電飾衣装を光らせるなどして反映するインタラクションを行っている。ペンライト型デバイスを使用することによって遠隔視聴者にとって感じづらい臨場感や自身の応援がメンバーに伝わっているという実感や演者や現地の観客との一体感の向上に有効であるとしている反面、ライブへの集中力に関しては通常のペンライトを使用した場合と比較して大きな差がないとしている。木村らは観客を模した 3DCG エージェントが演奏者に対して視聴感を与えるシステムを提案した。[7] エージェントはメトロノームのテンポに合わせた身体動作を行い、体と顔を回転させて視線方向を示し、表情を変化させている。エージェントの身体動作のテンポにズレがあることや表情が変化していることは演奏者に視聴者の存在を感じさせ、感情の変化を引き起こすことができるとしている。河瀬は音楽バンド内の視線行動を分析し、音楽演奏における視線の役割を示した。[9] 演奏者はソロパートのような演奏の主役となる演奏者に視線を向けることでソロパートの演奏者に合わせた演奏をしようとする。また、舞台中央、最前面といった観客から見た主役に当たる演奏者は観客に視線を向けることで観客の注意を誘導する役割を果たすとしている。

## 3. WakWakTube 3D

### 3.1 WakWakTube 3D の概要

WakWakTube 3D では、ユーザは図 1 のように SteamVR に対応した VR ヘッドマウントディスプレイと VR コントローラを装着して、3D でライブパフォーマンスを試聴する。ライブパフォーマンス視聴中にコントローラを振ることで、VR 空間では自らがペンライトを振っている動作として反映される。ユーザのペンライトの振り方によって出演者のパフォーマンスがインタラクティブに変化する。またユーザは SteamVR のルームスケールで設定された範囲 (VR 空間ではシアターの観客スペースに相当する) を歩き回ることができ、リアルタイムにユーザ視点からの映像が HMD に表示される。ユーザの周囲の観客スペースには他の観客アバタが表示されている。この観客アバタには、以前に同じライブパフォーマンスを視聴した際の視聴者の動作が時間軸に沿って記録されており、新たにライブパフォーマンスが再生される時、観客アバタの動作はパフォーマンスの時間経過と同期して再生される。このことにより視聴者は過去の視聴者と同時に視聴しているかのような臨場感を感じさせることができる。



図 1 VR デバイスを装着した視聴者

### 3.2 視聴の流れ

ユーザは最初に、さまざまなライブパフォーマンスを表すパネルから視聴するライブパフォーマンス視聴するライブのパネル VR コントローラで選択することでライブパフォーマンス会場に入室する。ライブパフォーマンス会場では図 2 のようにステージと出演者に加え、両手にペンライトを持った観客が配置されている。上述した観客のアバタは過去にこのライブを視聴したことのあるユーザで、このユーザの鑑賞時のモーションが記録されており、現在のユーザの視聴に同期してこのモーションが再生される。視聴が終了すると自動的にメニューシーンに遷移する。



図 2 ライブシーン開始時の視聴者視点

### 3.3 視聴者と出演者のインタラクション

視聴者がライブパフォーマンスを視聴中にペンライトを振ることによって、出演者のパフォーマンスがリアルタイムに変化する。以下視聴者のペンライトの動作と出演者のリアクションについて説明する。

#### 3.3.1 ペンライトの振りの判定

視聴者はペンライトを縦（上下もしくは前後方向）か、横（左右方向）の2方向に振ることができる。縦振りは主にライブのリズムに乗る場合に使用することを想定し、横振りは主に出演者に対してアピールする場合に使用することを想定している。そのため、横振りは出演者に向けて手を振るような形でペンライトを振る。

振りの方向を判定する際には図3に示すVRコントローラの角速度と視聴者の頭の向き、および出演者の頭の向きを使用する。VRコントローラの角速度からペンライトの回転軸を求める。縦振りの判定ではVRコントローラの回転軸の方向と視聴者の頭の正面方向のなす角度が、50度を越えてかつ130度未満になる場合に有効になる。横振りの判定は条件を増やし、VRコントローラの回転軸の方向と視聴者の頭の正面方向のなす角度が50度未満または130度を越える場合であり、VRコントローラの回転軸の方向と出演者の頭の正面方向のなす角度が50度未満または130度を越える場合に有効になる。



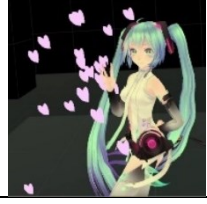
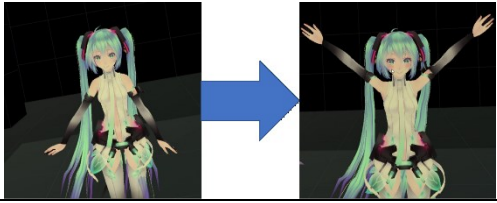
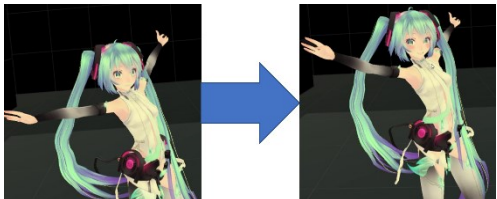
図3 ペンライトの振りの判定に使用した情報

#### 3.3.2 出演者のリアクション

ペンライトの振ることによる出演者のリアクションは表1のようになる。ペンライトの縦振りは使用頻度が高いため、出演者の右手から桜の花が舞うエフェクトを発生するものとした。横振りに対しては、出演者が通常のコモーションからリアクションを示すコモーションに遷移し、一定時間視聴者の方向に顔や体を向けるようにして視聴者と目を合わせる動作を行う。

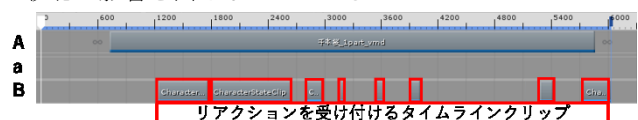
これらのリアクションはパフォーマンスの場面に応じて設定しておき、視聴者の動作が判定基準を超えた時にリアクションが発生するようにした。

表1 ペンライトの振りによって発生するリアクション

振りの方向	リアクションの種類
縦	出演者の右手からエフェクトが発生する 
横	出演者のコモーションの遷移する 
	出演者が視聴者の方を向く 

### 3.4 シーン設計

本コンテンツの開発にはUnity 2019.2.0f1を使用した。楽曲やコモーション、インタラクションの種類などはUnityのタイムライン機能を用いて動画編集ソフトのように設定している。タイムラインではフレームレートが60fpsで表示されている。図4のように出演者のリアクション部分にタイムラインクリップを置くことで設計する。出演者のコモーションに関して通常のコモーションはタイムライントラックAで再生され、リアクションで使用するコモーションの指定はタイムライントラックBで行う。タイムライントラックaはタイムライントラックAよりも優先的に出演者のコモーションが再生されるトラックであるため、出演者のリアクションによるコモーション遷移を行う。視聴者がペンライトを振らない場合はタイムラインAのコモーションが再生され、再生時間がタイムラインBのタイムラインクリップ上の場合にペンライトを振ることでコモーション遷移が行われる。コモーション遷移に伴う遅れは20ミリ秒程度であるため視聴に影響を及ぼさないといえる。



- A. 通常コモーションのタイムライントラック
- a. リアクション用のコモーションを差し込むタイムライントラック
- B. リアクションの種類を設定するタイムライントラック

図4 コモーションとリアクションを設定するタイムライン

実験で使用したライブパフォーマンス「千本桜」では、黒うさPによる楽曲「千本桜」[10]の1番だけを用いて作成した。冒頭11秒間は準備時間として魔王魂の「Speed King」[11]が流れるため、全体の再生時間は100秒程度となり、パフォーマンスのシーン構成は図5のようになる。準備時間経過後、前奏が始まり、Aメロ、Bメロと続く、最後にサビを再生した後、パフォーマンスは終了する。



図5 ライブシーンの時間構成

準備シーンはライブが始まる前に視聴者が状況の確認を行えるように用意した。このシーンではペンライトを振った際にエフェクトが発生することもなければ、出演者がリアクションを起こすこともない。

準備シーン終了後(「Speed King」の再生終了後)1秒の間において「千本桜」の前奏が開始され、「あひる版千本桜モーション」[12]に沿って出演者が踊り出す。これ以降はペンライトを縦に振ることでエフェクトが発生する。前奏は比較的テンポが速く、出演者は小刻みに跳ねながら踊る。最初の場面であるため、出演者の起こすリアクションも挨拶のように「手を振る」動作を採用した。主に右腕を振って踊ることから右腕にアニメーションを適用する。

Aメロシーンは前奏よりも曲と踊りのテンポが遅い。出演者は手を後ろに組みながらステップを踏む。時折右手を胸の前にかざすため、視聴者がペンライトを振った際のリアクションは、振付に合わせて右手で「ピース」するものとした。

Bメロシーンは、振付に合わせて「右手を振る」、「両手でピース」の2種類のリアクションをとる。

サビシーンはそれまでよりも緩急の聞いた振付であり、見せ場であると考えたため、サビの前半ではリアクションによるアニメーション遷移を行わないものとし、後半にペンライトを振って初音ミクにアピールした場合には「決めポーズ」のリアクションする。

サビが終了すると曲は途切れ、踊りもなくなるが、視聴者がペンライトを振った際には挨拶として両手を挙げて手を振るものとした。

### 3.5 出演者アバタと観客アバタ

アバタはモデルの座標系や初期ポーズが統一されているVRM[13]を使用した。出演者アバタは使用楽曲の歌手に合わせたTda式初音ミク[14]をVRMに変換して使用した。観客アバタは図6にあるように男性と女性の2種類をVRoid Studio[15]のサンプルモデルから用意した。



図6 男女の観客アバタ

### 3.6 視聴者モーションの記録・再生

VRデバイスの動きと人型モデルの動きの同期再生を行う際には、SA Full Body IK[16]を使用して人型モデルにインバースキネマティクス(IK)を追加する。IKは、人型モデルの持つ手や足といった関節の付け根を移動させるだけで、肘や膝などの角度を求められる。今回はVRコントローラを使用して、人型モデルの手首を移動させることで腕全体を動かすことができるものとした。

VRデバイスと人型モデルの部位の対応は、図7のようにHMDが人型モデルの頭、両手のVRコントローラが人型モデルの両手首に対応し、それぞれ位置と角度が本コンテンツのフレームレートと同様の100fps前後で同期している。ただし、今回は観客の移動を想定していないため、足の同期は行っていない。

また、手の角度に関しては、VRコントローラの角度をそのまま人型モデルの手の角度に同期した場合に、表示された手の角度がそろわなかった。手の角度をそろえるため、VRコントローラオブジェクトの子に方向を調整したオブジェクトを配置し、人型モデルと同期させるオブジェクトとした。この時、角度の値は図8のように3軸で扱い、X軸は手の中心から中指の方向、Y軸は手の甲の法線方向、Z軸は手の中心から親指方向右手に対応したオブジェクトで(X:0,Y:0,Z:90)、左手に対応したオブジェクトで(X:0,Y:0,Z:-270)とした。なお、VRデバイスと同期している視聴者自身の人型モデルは視聴者からは見えないように設定している。

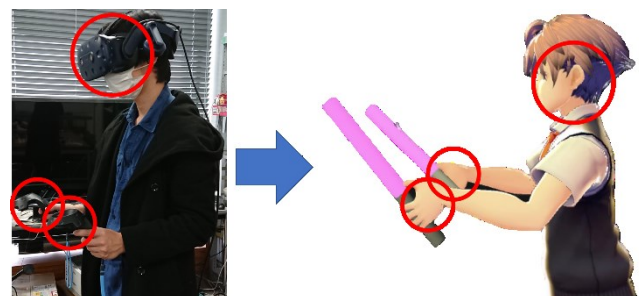


図7 VRデバイスと同期する人型モデルのIK



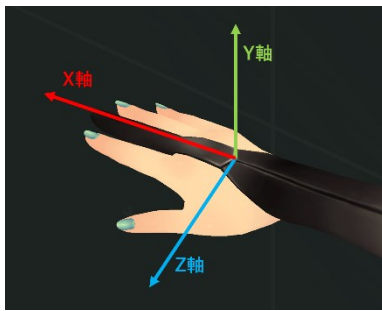


図 8 人型モデルの手の座標系

視聴者モーションの記録には、Easy Motion Recorder[17]を使用した。Easy Motion Recorder を用いてモーションを記録する際には、キーボード入力で記録の開始・終了を制御する必要があるが、今回のコンテンツではタイムライン機能のマーカを使用して自動的に記録の開始・終了を行えるようにした。記録した視聴者モーションは、タイムラインに配置し、再生の際にライブシーンの時間軸と同期して、観客アバタの動作として表示される。

#### 4. 評価実験

VR 環境でのライブパフォーマンスを視聴するにあたり、他の観客の存在や出演者のリアクションによって視聴者の行動が変わるか、また現実のライブと同様の臨場感を感じることができるかを評価するための実験を行った。

##### 4.1 観客アバタのモーションの収録

評価実験において被験者と共にパフォーマンスを鑑賞する観客アバタの動作を記録するため、20 台前半の男女 5 名の実験協力者が HMD を装着し無観客の状態ペンライトを振りながら「千本桜」のパフォーマンスを鑑賞し、6 体分の鑑賞中アバタモーションを取得した。実験協力者には収録前にペンライトの操作方法の指導を行い、ライブを盛り上げるようにペンライトを振るように伝えた。なお、評価実験において観客アバタの移動は考慮しないため収録は立位のみで行い、VR コントローラと HMD に同期した人型モデルのモーションを 100fps で記録した。収録には VIVE Pro を用いたが、一部モーションの収録には Rift S を使用した。

##### 4.2 評価実験での観客アバタの配置

収録したモーションを適用した観客は図 9 のように配置した。前列に 4 人、後列に 2 人となるように配置している。視聴者が初期位置から出演者を見る場合には前列中央の 2 人の観客に注目しやすく、左右に並ぶ観客は視聴者が辺りを見回した際に目につきやすくする。また、観客の立ち位置に関しては、機械的に整列している印象を与えず、なおかつある程度の決まりがあるように見せるためフリーハンドで細かく調整した。

なお、図中の観客に付けられたアルファベットは参加者の識別のためのものである。観客 A は筆者であり、ペンラ

イトを振るリズムが他の参加者のリズムとは異なるものになるように動作した。観客 B1 および観客 B2 は同一の参加者で、唯一の女性参加者であったため、女性の人型モデルを使用して前列に配置した。

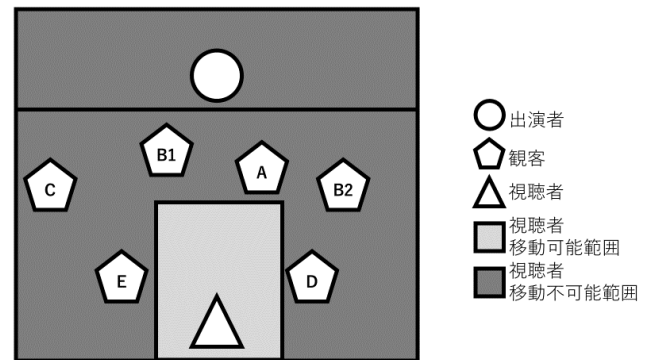


図 9 出演者・観客・視聴者の配置

#### 4.3 ライブパフォーマンス視聴実験

視聴実験には 6 名の男子大学生および大学院生が参加した。被験者にはペンライトの操作方法と、VR 環境内の移動に関しての指導を行った。この際に、ペンライトの用途に関して「ライブを盛り上げるためのもの」と説明した。被験者は 2 種類の VR ライブパフォーマンスを 1 度ずつ視聴する。初めに出演者とのインタラクション機能がないパフォーマンスを観客のいないシーンで視聴し、その後インタラクション機能があるパフォーマンスを観客のいるシーンで視聴した。2 種類のシーンを視聴した後、表 2 の内容でアンケートに回答してもらった。

Q3 に関しては、5 段階（5：臨場感を感じた、1：感じなかった）で評価点を付けてもらい、その他の質問では記述形式（複数記述可）で回答してもらった。またシーンを視聴している間、4.1 と同じようにコントローラと HMD の位置・姿勢の他、HMD に表示されている被験者の視界を録画した。

なお、この視聴実験において観客の配置は図 9 の通りであり、実験中は位置が変わらないため、被験者ごとに目に入る観客の視覚的条件は同一のものであるといえる。

表 2 アンケート項目

	質問内容	回答形式
Q1	出演者のリアクションで気が付いた点を列挙する	記述
Q2	他の観客の動きを見たか、見た場合は観客のどこに注目したかを列挙する	記述
Q3	ライブの臨場感を感じたか	5 段階評価
Q4	ライブの臨場感を感じたと考える点を列挙する	記述
Q5	実際のライブと異なる点を列挙する	記述

## 5. 実験結果

視聴実験に参加した6名の被験者全員に表2のアンケートに回答してもらった。以下に質問項目と回答結果を示す。

### Q1 に対する回答結果

- ペンライトを縦に振った時の出演者に生じたエフェクトに気が付いた被験者は、6名中4名であった。
- ペンライトを横に振った時の出演者のリアクションに気が付いた被験者は0名であった。
- 1名の被験者が、「実際のライブのような感じであった。」と記載した。

### Q2 に対する回答結果

- 「観客の動きに注目した。」と回答した被験者が6名であった。
- 「ペンライトの振り方に注目した。」と回答した被験者は5名で以下のコメントを得た。
  - 「観客が腕を振る大きさとテンポに注目した。」(1名)
  - 「他の観客の真似をした。」(2名、内1名は馴染み深い曲だったため知らない曲ほどは注目しなかった。」と回答した。)
- 観客のキレとリズムに乗れているかに注目した被験者1名

### Q3 に対する回答結果

平均点 4.0 被験者 6名の平均点は4.0で、点数の分布を図10に示す。

ライブの臨場感を感じたか  
6件の回答

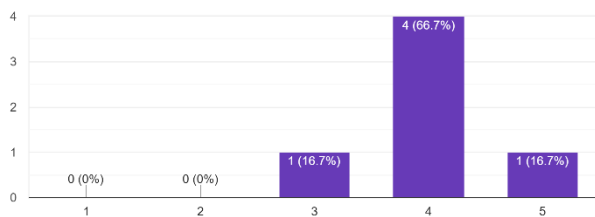


図10 Q3の回答結果のグラフ

### Q4 に対する回答結果

- 他の観客がいることを挙げた被験者が6名おり、その回答の詳細を以下に示す。
  - 「他の観客と共にライブに参加しているという一体感」(2名)
  - 「人の密度(がそれらしく感じられた)」(1名)
  - 「ペンライトの振りを参考にできた。」(1名)
  - 「観客のいないライブシーンには違和感があったことと比較して臨場感を感じた。」(1名)

### Q5 に対する回答結果

- 「コール&レスポンスといった出演者からの応答がな

いこと」(3名)

- 「観客の人数、混雑度、密集度」(3名)
- 「ライブの場面に応じてペンライトの振り方が変化する。」(1名)
- 「ペンライトの振りがそろわなかった。」(1名)
- 「観客の音がなかった。」(1名)
- 「熱気が異なる。」(1名)
- 「現実のライブでは発生しないエフェクトがある。」(1名)

出演者のリアクションに関してはペンライトを縦に振った際に発生するエフェクトには6名中4名の被験者が気が付いた。しかし、ペンライトを横に振った際に発生する出演者のモーション遷移によるリアクションについて記載している被験者はいなかった。

HMDに表示された視界の録画を確認したところ、出演者のモーション遷移が確認できた被験者は2名であったが、被験者はペンライトを横に振っていないため誤作動によるものであった。また、実際にペンライトを横に振った被験者は4名確認できたが、どれもリアクションが設定されていないタイミングであった。ただし、出演者とのインタラクション機能のない1回目のライブパフォーマンスにおいてペンライトを横に振る被験者が4名確認され、この内2名が2回目のライブパフォーマンスではペンライトを横に振る様子を確認できなかった。

それに対して、他の観客の動きに関しては全ての被験者が注目しており、特にペンライトの振り方や動きのリズム、キレに注目したと回答した被験者も見られた。さらに被験者自身の振る舞いの参考にしたと回答する被験者も見られた。被験者視点からの録画映像を観察すると、動きを参考にすると明記した被験者は勿論のこと、参考にすると明記していない被験者の場合にも他の観客の振り方や振るリズムを真似する様子が見られた。また、実験後に「ライブ経験がなく慣れていないため、他の観客の振りを気にした」とコメントする被験者もいた。「ライブの臨場感を感じたか」という問いに関しては全員が3以上の点数を付けている。また、臨場感を感じたと考える具体的な点について、全ての被験者が主に他の観客が周囲にいることを挙げた。これに加えて観客が被験者と同様にペンライトを振っている様子も挙げられた。これらの回答から、ライブにおいて、他の観客の様子が視聴者へ大きく影響を与えることがわかった。

実際のライブと異なる点については、出演者からのコール&レスポンスがないことや、観客の歓声といった現実で行われるライブにおいて起こりうるものや、ペンライトを縦に振った際に発生する現実では起こりえないエフェクトが挙げられた。また、全ての観客が曲に合わせてそろった動きをしていないことも挙げられた。これは今回のシーン構成で行った観客のモーション記録の際には他に観客がい

ない状態で行ったため、視聴実験時に表示されている観客の動きがそろわなかったといえる。なお、人の密度に関しては臨場感に繋がったとする被験者がいる一方で実際のライブと異なる点とする被験者も見られた。

## 6. 考察

観客のアクションに対する出演者のリアクションについて、被験者がペンライトを縦に振った際に発生するエフェクトには気付いたが、ペンライトを横に振った際に発生する出演者のリアクションに気付かなかったことは、主にシーンの演出構成に原因があるといえる。まず、ペンライトを縦に振る行為は継続して行われるもの、横に振る行為は出演者に対してアピールする行為として設定している。そのため、被験者はペンライトを主に縦に振り、時々横に振ることを想定している。縦に振った際のエフェクトはよりわかりやすい変化であるため気付きやすいといえる。反対に、横に振った際のリアクションは設定していない場面があるため、意図的にペンライトを振ってもリアクションが得られない場合がある。ただし、リアクションが得られた場合であってもエフェクトと比較すれば見かけ上の変化が少ないために被験者が気付かなかったと推察する。また、アンケートにおいてコール&レスポンスがないことが現実のライブとの差異であるとの回答があった通り、出演者が観客のアピールを促すような演出を設けていなかった。このことから出演者と観客との間でのコミュニケーションが十分に成立しなかったといえる。

一方、視聴者と他の観客の間では、アンケートの回答にもあった通り被験者は他の観客の動きに注意を向け、自身がどのように振る舞えばよいか参考にしている。この時、他の観客から被験者に対してのインタラクションはなく、各々が勝手に振る舞っているだけである。そのうえで、被験者は他の観客の動きを真似し、振る舞いが活発になる。ライブを盛り上げると同じ目的を持って参加していることがライブの臨場感を感じるの一因であることは疑いがない。ただし、観客の人数や密度といった数、それに伴うと思われる歓声や熱気が現実のライブと異なる点として挙げられている。それに加え、現実のライブでは観客同士がぶつかる、集団で走るといったパフォーマンスが行われていることから臨場感や一体感を感じるための表現は拡張の余地があるといえる。

## 7. おわりに

本研究では、ライブパフォーマンス会場における臨場感や一体感 VR で実現するための要因を調べる目的で、WakWak Tube3D を開発して評価実験を行った。このシステムでは、視聴者のアクションを出演者の動き・演出に反映させるメカニズムと共に、過去の視聴者をライブの観客として登場させ、他の観客の情報をアウェアネス情報とし

て視聴者に提供するメカニズムを開発して、その機能の効果を測った。その結果視聴者・出演者間のインタラクションは、出演者の演出・振付なども考慮しないと実際のライブのような効果が得られない一方で、他の観客に関するアウェアネス情報は視聴者に大きな影響を与えることが判明した。今後 WakWak Tube 3D での一層の臨場感・一体感の向上のため、観客の声の再生や、観客同士の体の接触などのインタラクション機能を実装することを予定している。

## 参考文献

- [1] “YouTube”. <https://www.youtube.com>, (参照 2020-04-07)
- [2] “バーチャル SNS cluster (クラスター)”. <https://cluster.mu/>, (参照 2020-04-07)
- [3] 坂内祐一. 動画視聴をベースとした非同期コミュニケーションシステム WakWak Tube の開発, 情報処理学会論文誌デジタルコンテンツ, 2018, vol. 6, no.2, p.1-9.
- [4] 吉田有花, 宮下芳明. 身体動作の重畳表示による動画上での一体感共有, インタラクション 2012 論文集, 2012.
- [5] 代蔵巧, 棟方渚, 小野哲雄. ExciTube: 鑑賞者の興奮を共有する動画鑑賞システム, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 2013, vol. 18, no.3, p.247-634.
- [6] Harrison, C. and Amento, B.. CollaboraTV: Using Asynchronous Communication to Make TV Social Again. Adjunct Proceedings of EuroITV2007, 2007, p. 218-222.
- [7] 寺内涼太, 福島史康, 大津耕陽, 福田悠人, 小林貴訓, 久野義徳, 山崎敬一. 一体感を増強する遠隔ライブ支援システム. 情報処理学会 インタラクション 2019, 2019, 1B-32.
- [8] 木村圭裕, 吉田 侑矢, 米澤 朋子. VR ライブ観客エージェントを介した複数視聴者の存在感による演奏者の被視聴感の検討. 2014 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, 2014.
- [9] 河瀬論. 音楽演奏中の視線行動: ライブ演奏の事例的研究. 電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎, 2009, vol. 109, no. 264, p. 19-24.
- [10] “『初音ミク』千本桜『オリジナル曲 PV』”. <https://nico.ms/sm15630734>, (参照 2020-04-07)
- [11] “フリー高音質 BGM 素材「ネオロック 78」”. [https://maoudamashii.jokersounds.com/archives/bgm\\_maoudamashii\\_neorock78.html](https://maoudamashii.jokersounds.com/archives/bgm_maoudamashii_neorock78.html), (参照 2020-04-07)
- [12] “あひる版千本桜モーション”. <https://bowlroll.net/file/65025>, (参照 2020-04-07)
- [13] “VRM – dwango on GitHub”. <https://dwango.github.io/vrm/>, (参照 2018-7-24)
- [14] “Tda 式初音ミク・アペンド Ver1.10”. <https://bowlroll.net/file/4576>, (参照 2020-04-07)
- [15] “VRoid Studio | VRoid”. <https://vroid.com/studio/>, (参照 2020-04-07)
- [16] “Stereoart Homepage”. <http://stereoarts.jp/>, (参照 2020-1-29)
- [17] “Easy Motion Recorder”. <https://github.com/duo-inc/EasyMotionRecorder>, (参照 2020-1-29)