

仮想現実感を用いた遠隔音楽ライブシステム KSA2

山下大貴^{†1} 中井智己^{†1} 片岡佳椰^{†2} 金子辰善^{†2}
窪地祐貴^{†2} 山口亮大^{†2} 垂水浩幸^{†2}

概要: 我々は、音楽ライブのインターネット動画中継において、演奏者と視聴者のコミュニケーション支援および動画中継の満足度向上を目的としたシステム KSA2 の研究を行っている。KSA2 では、音楽ライブの価値の重要な要素である「非日常性」と「一体感」をもたらすために仮想現実感(VR)を用いて仮想的なライブ会場を再現する。我々は、2017年11月に開催された香川大学オープンキャンパスにおいて参加者に KSA2 の初期プロトタイプを使用してもらい、評価を行った。

キーワード: インターネットストリーミング, 音楽ライブ, 仮想現実感, 遠隔インタラクション

VR-Based Remote Live Music Support System: KSA2

DAIKI YAMASHITA^{†1} TOMOKI NAKAI^{†1} KEIYA KATAOKA^{†2}
TATSUYOSHI KANEKO^{†2} YUKI KUBOCHI^{†2} RYOTA YAMAGUCHI^{†2}
HIROYUKI TARUMI^{†2}

Abstract: We are developing a remote live music performance supporting system “KSA2” to support communication between performers and remote viewers and to improve the satisfaction of their experience. KSA2 reproduces a virtual live venue with the virtual reality (VR) technologies to bring “unusualness” and “sense of unity,” both of which are important elements of the value of live music performance. We had an evaluation session with participants who used the initial prototype of KSA2 at the Kagawa University’s open campus event held in November 2017.

Keywords: Internet Streaming, Live Music Performance, Virtual Reality, Remote Interaction

1. はじめに

1.1 研究背景

我々は、音楽ライブのインターネット中継において、演奏者と、中継映像を視聴している遠隔視聴者との間の双方向コミュニケーションを支援する研究を行っている。対象ジャンルは、演奏者と観客との間で演奏中に活発にコミュニケーションが見られるロックおよびポップスとしている。また、支援する対象は演奏中に限定して研究している。これは、演奏中以外は支援が困難でないのに対し、演奏中のコミュニケーションが十分に支援されていないと考えるためである。

これまでの研究により、演奏者には、ライブ会場にいる観客だけでなく遠隔視聴者の反応も知りたいというニーズが存在すること、および、遠隔視聴者には、自分の反応を演奏者に伝えたいというニーズが存在すると考えている。既存の動画ストリーミングサービス(ニコニコ生放送など)を使って演奏を生中継した場合、遠隔視聴者が文字のコメントで演奏者に反応を返すことができる。しかし、演奏者が演奏中に文字を読んで認識して反応することは難しく、

遠隔視聴者も演奏者からの反応が無いと自分の反応が伝わっているのか分からない。そこで我々は、遠隔視聴者の反応を文字ではなく身体動作による非言語情報で伝えることによって、演奏者と遠隔視聴者のコミュニケーションを支援する研究を行ってきた。

研究の主要な目的は、どのような支援により演奏中の双方向コミュニケーションとして満足なものが得られるかを、試作システムを通じて探ることである。このため、少数の遠隔視聴者を対象に支援が可能であることを示すことを目標にしており、多数の観客への技術的な対応は将来の課題としている。

1.2 KSA1

我々は非言語情報を用いて演奏者と遠隔視聴者のコミュニケーションを支援するシステム KSA1 (Kagawa Super Arena 1) を開発した[1]。遠隔視聴者が使用する KSA1 の、ライブ視聴中の画面を図 1 に示す。KSA1 では、遠隔視聴者が音楽ライブの中継映像を視聴しながら、マウス、キーボード、スマートフォンのいずれかを用いて、手を振る、手を突き上げる、指を振る、拍手するという 4 種類のアクションを入力する。我々の研究では、ロック・ポップスの

^{†1} 香川大学工学研究科
Graduate School of Engineering, Kagawa University
^{†2} 香川大学工学部
Faculty of Engineering, Kagawa University

音楽ジャンルを支援対象としており、これらのアクションは対象とする音楽ライブで観客がよく行うアクションであり、おおむね共通している。これらのアクションで観客の反応のうちかなりの部分がカバーできることは、演奏者からのコメントでも確認された。図1にはライブ中継映像に重ねてマウスイベントエリアの記述があるが、実際のイベントエリアは透明であり、中継映像の上でマウスを上下左右に移動、およびクリックを行うことでアクションを入力する。キーボードでは、アクションを割り当てたキーを押すことで、入力する。スマートフォンを使用する場合は図2に示すように、実際にその動作を行うようにスマートフォンを動かすことで入力する。「拍手する」はスマートフォンの画面をタップすることで入力する。

これにより、遠隔視聴者は中継映像の視聴中に実際の音楽ライブと同じようなアクションを行うことができる。図1の右側上部に自分のアクション、右側下部に他の遠隔視聴者のアクションがそれぞれ手のイラストアニメーションで表示され、ライブ映像とともに、他の視聴者のアクションを確認することができる。演奏者に対しては、ライブ会場に設置したディスプレイに、遠隔視聴者が行ったアクションを表示して伝える。

1.3 音楽ライブに対する評価構造

一方で我々は、音楽ライブにおける遠隔視聴を支援する



図1. KSA1の動作画面



図2. KSA1のスマートフォンによる入力

際にシステムが支援すべき要素を検討するため、観客の音楽ライブに対する評価構造についての調査も行った。また、音楽ライブにおける「一体感」の調査も行った[2]。

演奏者や観客は音楽ライブの好ましい評価として「一体感」という表現をよく用いる。しかし、一体感を実現するために何が必要で、それによってどのような効果があるかは確認されていなかった。

我々の調査により、音楽ライブにおける重要な要素として非日常的であることと、観客や演奏者との一体感があることが分かった。日常では会えない演奏者と同じ場所にいることや、生演奏の臨場感や迫力によって、非日常的な体験を得ることができる。また、観客同士の一体感は周囲の観客と一緒にアクションを行うこと、観客と演奏者との一体感は演奏者が観客のアクションに応えることで生まれることが分かった。

そこで我々は、音楽ライブにおける重要な要素である非日常性や一体感を実現させるため、仮想現実感 (VR: Virtual Reality) に着目し、新たな支援システム KSA2 (Kagawa Super Arena 2) を開発している。

2. 関連研究・サービス

2.1 視聴者同士の非言語情報共有

ノリ乗り[3]や CollaboraTV[4]、ExciTube[5]はインターネットで配信されているライブ中継以外の動画視聴者について、視聴者間で非言語情報を共有しコミュニケーションを行う。Vatavuは、テレビ番組視聴者の身体動作をシルエットで表現し、視聴者間の非言語リアルタイムコミュニケーション支援を行った[6]。我々は音楽ライブにおいて、ライブ中継を配信する演奏者や他の遠隔視聴者との非言語リアルタイムコミュニケーション、およびライブ中継での一体感向上を支援する。

2.2 VRを用いた遠隔コミュニケーション

BigScreen[7]や TheWaveVR[8]はユーザ全員がVR機器を装着し、VR空間内でアバターを通して相互にリアルタイムコミュニケーションを行う。cluster.[9]や Facebook Spaces[10]はVR機器を持たないユーザでもVR空間内のユーザとコミュニケーションを行うことができる。cluster.においてVR機器を持たないユーザは、PCのマウスやキーボードを用いてVR空間内のアバターを操作することができる。Facebook Spacesでは、ビデオ通話を通じてVR空間内のユーザとコミュニケーションを行うことができる。しかしこれらでは音楽ライブの中継という我々の目的には適用が難しい。演奏者は実際にライブ会場で演奏を行うため、VRのHMDでは視界が遮られ、重さが負担となる。また、演奏者は演奏中にPCを操作できず、ビデオ通話はカメラの方向を集中して向く必要がある。そこでKSA2では、現実の光景を見ることができ、軽量のARグラスを用いる。ARを使用することで、演奏者の顔の動きに合わせて遠隔

視聴者の表示位置を変更できるため、一点を向く必要もない。また、演奏者から遠隔視聴者に対するアクションは、モーションセンサ Kinect を用いることで取得し、演奏中に機器を操作する必要はない。

3. KSA2

3.1 システムの全体構成

KSA2 のシステム構成を図 3 に示す。KSA2 について、遠隔視聴者側のシステムと演奏者側のシステムに分け、それぞれ説明する。

3.2 遠隔視聴者側

遠隔視聴者は HMD (Head Mounted Display) を装着し、VR 専用のコントローラを使用してアクションを入力する。使用する HMD とコントローラの組み合わせは、Oculus Rift と Oculus Touch, または HTC Vive とその付属コントローラのいずれかである。開発した初期プロトタイプでは Oculus Rift と Oculus Touch を使用した。HMD で視聴する VR 空間を図 4 に示す。VR 空間では仮想のライブ会場を再現し、遠隔視聴者はライブ会場の観客の 1 人としてライブを視聴する。このとき視聴者はコントローラを用いてライブ会場内を自由に移動でき、5 種類のアクションを入力することができる。入力できるアクションは KSA1 でも行っていた 4 種類に加え、新たにジャンプを実装した。Oculus Touch によるアクションの入力方法を図 5 に示す。移動はスティックを倒しての入力だが、それ以外のアクションは現実に近い手や全身の動作で入力できる。

ライブ会場内には他の遠隔視聴者のアバターも表示され、すぐ近くに他の視聴者がいる感覚を得られる。KSA1 でも他の遠隔視聴者のアクションを見ることができたが、VR 空間内で他の視聴者のアクションをより近く感じることで、視聴者同士の一体感向上に繋がると考えられる。現実

のライブ会場の様子は中継映像で伝えるとともに、演奏者のアバターを配置し、実際の演奏者の動作を反映させる。これにより、中継映像のみの場合に比べて、演奏者からの反応をより身近に感じることができ、演奏者との一体感向上に繋がると考えられる。KSA1 では遠隔視聴者のアバターを手のイラストで表現していたが、KSA2 では演奏者も含め全身の 3D アバターで表現する。これによって、全身で動きを表現し、より現実に近い感覚でコミュニケーションを行うことができる。

3.3 演奏者側

演奏者はその場にいる観客と遠隔視聴者を同時に確認しながら演奏できるようにすることを目指している。このため、演奏者に対しては拡張現実感 AR (Augmented Reality) グラスを装着して演奏し、遠隔視聴者の様子を確認できるようにする。

KSA1 では演奏者に対して大型ディスプレイに遠隔視聴者の手のアバターアニメーションを表示していたが、この場合演奏中に大型ディスプレイを集中して見る必要があり、現場の観客と両方に注意を向けるのは難しい。KSA2 では AR を用いることによって、現実の観客と重ねて遠隔視聴者のアバターを表示することができ、演奏者が顔を動かしてもそれに合わせて遠隔視聴者のアバターを移動させることができるため、一点を集中して見る必要がなくなる。ここで、AR グラスに表示する遠隔視聴者については、通信負荷を軽減するため実写映像や音声は用いず、アバターによって表示することとしている。

また、遠隔視聴者側の仮想空間内ライブ会場に演奏者の動作を反映させるため、演奏者が演奏している身体動作情報をモーションセンサ Kinect で取得する。AR グラスのセンサから演奏者の向いている方向を取得し、Kinect によるモーションキャプチャと組み合わせることで、特定の遠隔

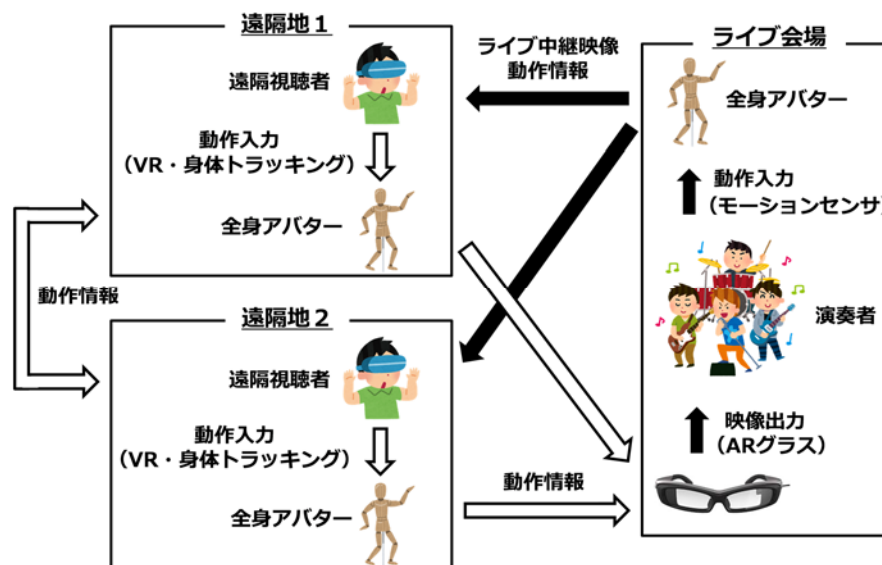


図 3. KSA2 の構成



図 4. KSA2 の VR 空間



図 5. KSA2 のアクション入力方法

視聴者に対して手を振ったり指で指し示したりというアクションが可能になる。遠隔視聴者は、演奏者アバターを通じてこれらのアクションを受け取ることで、自分のアクションが演奏者に伝わっていることを実感できる。

4. オープンキャンパスでの評価

4.1 KSA2 の体験

2017年11月4日に開催された香川大学工学部オープンキャンパスにおいて来場者に KSA2 の遠隔視聴者側インタフェースを試用してもらい、評価アンケートを行った。アンケートの回答者は 35 名 (男性 21 名, 女性 14 名) であった。

4.2 試用体験手順

試用体験では、まず KSA2 の支援対象、システム概要についての説明を行い、使用してもらおう HMD の Oculus Rift とコントローラ Oculus Touch の装着方法や操作方法についての説明を行った。このとき、KSA2 で行うことができる 5 種類のアクションとその方法についての説明も行った。次に、遠隔視聴者側のシステムで 2~3 分程度の国内著名ロックバンドによるライブを視聴しながら、5 種類のアクシ

ョンを一通り行ってもらった。このとき、ライブ映像は中継ではなく既存の動画を用いて、演奏者その他の遠隔視聴者のアバターはあらかじめ音楽に合わせて動作するように設定したものを用いた。最後に、使用してもらったシステムについてのアンケートを行った。

4.3 アンケート項目

アンケートは 13 個の質問からなり、(1) ~ (7) は KSA2 で行うアクションに関する質問、(8) ~ (13) は音楽ライブにおける重要な要素である一体感に関する質問を行った。それぞれの質問には 5 段階 (5: そう思う, 4: ややそう思う, 3: どちらともいえない, 2: あまりそう思わない, 1: そう思わない) で回答してもらった。(10) ~ (12) は (9) で「そう思う」、「ややそう思う」と答えた人のみに回答してもらった。

・アクションに関する質問

- (1) 現実の自分とライブ空間内の自分のアバターの動きは同時に行われた
- (2) 自分のアバターは違和感なく使えた
- (3) 「手を突き上げる」操作は違和感なくできた
- (4) 「手を振る」操作は違和感なくできた
- (5) 「指を振る」操作は違和感なくできた
- (6) 「拍手する」操作は違和感なくできた
- (7) 「ジャンプする」操作は違和感なくできた

・一体感に関する質問

- (8) 自分の隣に本当に他の観客がいるように感じた
- (9) 他の観客と一緒に盛り上がっていると感じた
- (10) 設問 (9) について、そう感じた理由の 1 つは他の観客の全身を見ることができたからだ
- (11) 設問 (9) について、そう感じた理由の 1 つは他の観客の動作を見ることができたからだ
- (12) 設問 (9) について、そう感じた理由の 1 つは現実の自分と自分のアバターが同じ動作をしていたからだ
- (13) 他の観客との間に一体感を覚えた

アクションに関する質問と一体感に関する質問、それぞれのアンケート結果について分析を行った。

4.4 アンケート結果 (アクションに関する質問)

回答者 35 名のうち、回答に不備のあった 4 名を除いた 31 名の回答について分析を行った。

アクションに関する質問のアンケート結果を表 1 に示す。表 1 から、全体的に「そう思う」、「ややそう思う」の回答が多かったが、(6) と (7) の質問に対しては、「あまりそう思わない」との回答があった。(6) については、他のアクションが比較的实际の動きに近い手の操作で入力できるのに対して、手を叩かずに、コントローラを近づけるだけで入力するため、違和感が生じたと考える。(7) については、HMD を装着しジャンプを行うため、HMD の重さや地面との距離感が違和感の原因になったと考える。また、体

表 1. アクションに関するアンケート結果 (人)

質問	回答				
	5	4	3	2	1
(1)	18	11	2	0	0
(2)	15	13	3	0	0
(3)	21	9	1	0	0
(4)	23	8	0	0	0
(5)	17	10	4	0	0
(6)	19	6	5	1	0
(7)	15	7	7	2	0

験してもらった場所では周囲に他のオープンキャンパス参加者が歩いており、アクションの中でも比較的大きな動作であるジャンプを行うのには抵抗感があつた可能性も考えられる。

4.5 アンケート結果 (一体感に関する質問)

回答者 35 名のうち、回答に不備のあつた 8 名を除いた 27 名の回答について分析を行った。回答者の性別、年齢、音楽ライブ参加経験ごとの内訳を表 2 に示す。27 名全員のアンケート結果に加え、性別ごと、音楽ライブ参加経験ごとの結果についても分析を行った。年齢については、10 代が全体の 6 割を占めるため分析を行わなかった。さらに、(8)、(9) (13) それぞれの相関も求めた。

一体感に関する質問の、全員分のアンケート結果を図 6 に示す。全体的に「そう思う」、「ややそう思う」の回答が多かったが、特に (8) は 9 割近くが自分の隣に本当に他の観客がいるように感じた。(9) や (10) についても、7 割が盛り上がりや一体感を感じた。

一体感に関する質問の、性別ごとのアンケート結果を図 7 に示す。全体的に女性の方が「そう思う」、「ややそう思う」の割合が高くなった。一方で、男性は (9) の盛り上がりや (13) の一体感について「どちらともいえない」が多く、「そう思わない」という回答もあつた。この結果に関して言えば、女性の方が男性よりも盛り上がりや一体感をより感じたと言える。

一体感に関する質問の、音楽ライブ参加経験ごとのアン

表 2. 回答者属性ごとの内訳
(一体感に関する質問)

回答者属性		人数(人)
性別	男性	15
	女性	12
年齢	10代	16
	20代	3
	30代	4
	40代	4
	50代	0
	60代	0
	70代	0
それ以上	0	
音楽ライブ参加経験	あり	15
	なし	12

ケート結果を図 8 に示す。全体的には音楽ライブ参加経験なしの方が、「そう思う」に寄っている。音楽ライブに参加した経験のある回答者も、多くが「そう思う」、「ややそう思う」と回答しており、参加経験のある人に対しても盛り上がりや一体感を実現できたと言える。

スピアマンの順位相関係数を用いて、(8)、(9)、(13) それぞれの相関を求めた。計算結果を表 3 に示す。表 3 より、(8) と (9)、(8) と (13) の間には中程度の正の相関、(9) と (13) 間には高い正の相関があつた。自分の隣に本当に他の観客がいるように感じる事が盛り上がりや一体感に繋がるとは必ずしも言えないが、盛り上がりや一体感は強く関係していると考えられる。

5. 今後の調査

5.1 調査の項目

KSA2 における「演奏者と遠隔視聴者のコミュニケーション」、「演奏者側インタフェース」、「遠隔視聴者同士のコミュニケーション」、「VR 機器によるアクション検知」、「アバターによるプロテウス効果」の 5 つについて調査予定であり、これらについて以下に説明する。

5.2 演奏者と遠隔視聴者のコミュニケーション

KSA1 では、文字ではなく非言語情報である手のイラストアニメーションを用いて遠隔視聴者のアクションを表現することによって演奏者と遠隔視聴者のコミュニケーション支援を行った。KSA2 では、遠隔視聴者が全身の 3D モデルを使用することで、アクションを全身で表現できるようになった。さらに、実際の演奏者の動きを反映したアバターを配置することで、演奏者から遠隔視聴者に対するアクションを表現することが可能になった。これらが、演奏者と遠隔視聴者のコミュニケーション強化や一体感の向上に繋がるかを評価する。

5.3 演奏者側インタフェース

演奏者は演奏中に AR グラスを装着する必要があるため、それが演奏の邪魔にならないか評価する必要がある。遠隔視聴者の表示方法についても遠隔視聴者のアクションを適切に伝えられるかどうか評価する。演奏者を撮影する Kinect については、ライブ会場の薄暗さや照明がどの程度認識に影響を与えるか、楽器で体が隠れていても正しく認識できるかどうかを評価する。

5.4 遠隔視聴者同士のコミュニケーション

KSA1 では、演奏者と遠隔視聴者のコミュニケーション支援に重点を置いていた。KSA1 では他の遠隔視聴者は手のイラストアニメーションでしか確認できなかったが、KSA2 では VR によってまるで隣にいるような感覚で他の視聴者を確認することが可能になった。そこで、遠隔視聴者同士のコミュニケーションをさらに強化することで、遠隔視聴者同士の一体感をさらに向上させることができると考えた。そのために、これまでのアクション 5 種類に加え、

身体接触アクションを新たに実装する。身体接触アクションとは具体的にモッシュを指す。モッシュとは、音楽ライブにおいて会場がヒートアップした際に起こる激しいおしくらまんじゅうのような行為である。遠隔視聴者同士が行う新たなコミュニケーション方法を実装することで一体感の向上に繋がるかを評価する。

5.5 VR 機器によるアクション検知

KSA2 では遠隔視聴者が行うアクションについて、そのまま忠実にアバターの動きとして再現することを目指すのではなく、通信負荷を軽減するために「特定のアクションを行った」という情報のみを用いる。そのため、遠隔視聴者が行ったアクションを正しく検知できるかどうかが重要

である。KSA2 では VR 機器として Oculus Rift と Oculus Touch の組み合わせ、または HTC Vive とその付属コントローラの組み合わせのいずれかの使用を考えている。これらのアクション検知率を調査し、KSA2 にはどちらの機器が適しているかを評価する。

5.6 アバターによるプロテウス効果

KSA2 で用いるアバターについてプロテウス効果に着目した。プロテウス効果は、仮想空間のアバターの見た目と現実世界のユーザの積極性や外向性が互いに作用する現象であり、仮想空間で魅力的であると感じるアバターを用いるとユーザは自信を持った行動をするというものである [11]。プロテウス効果をもとに、KSA2 において魅力的な 3D

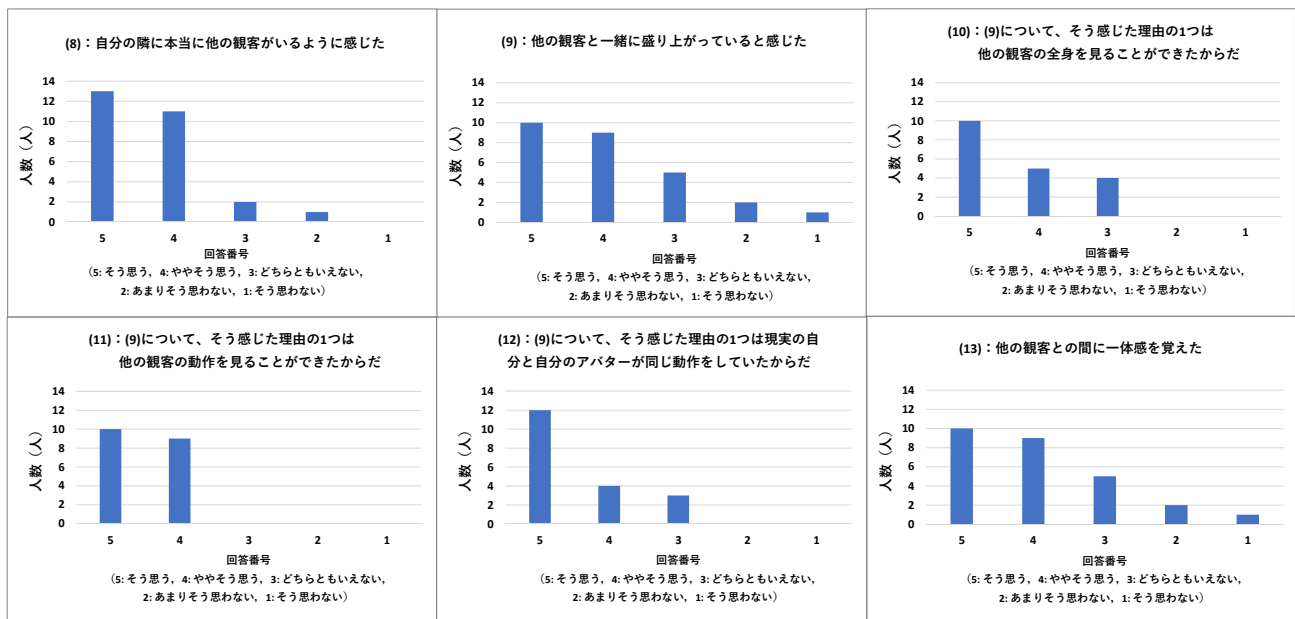


図 6. 一体感に関するアンケート結果 (全員)

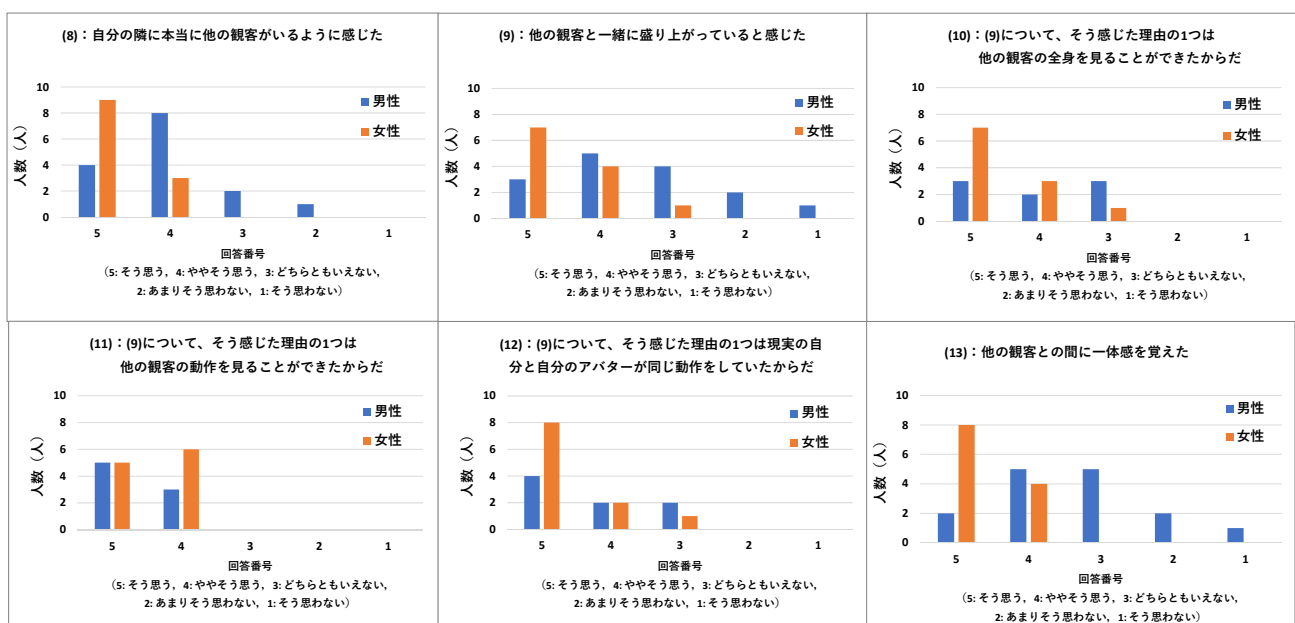


図 7. 一体感に関するアンケート結果 (性別)

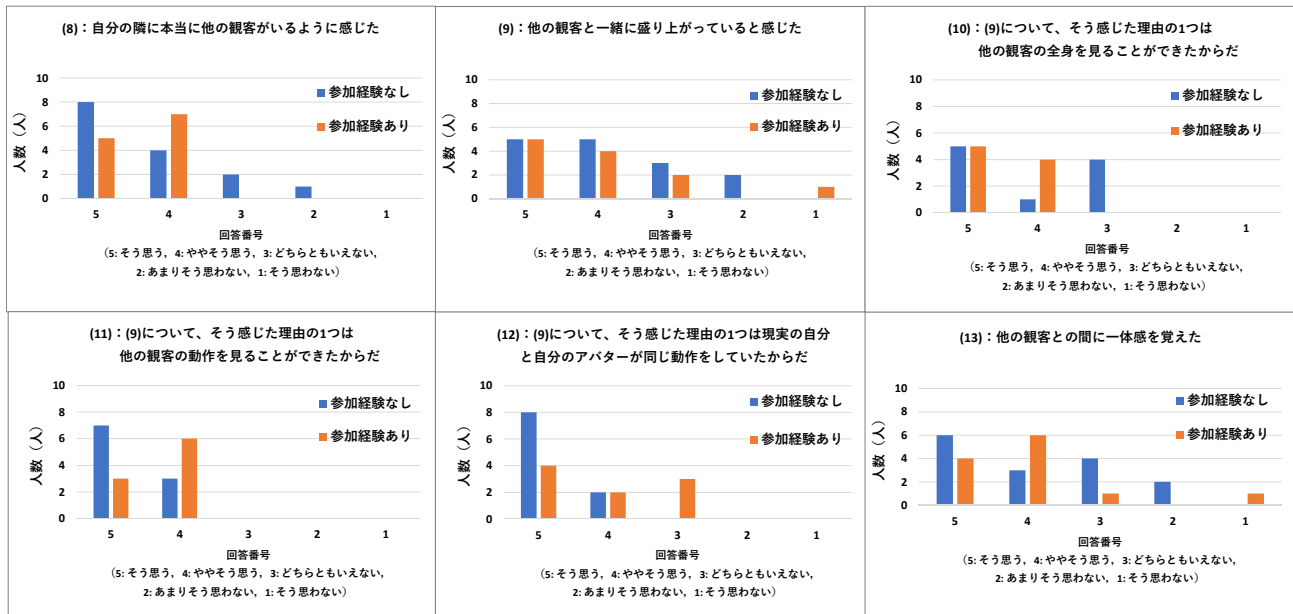


図 8. 一体感に関するアンケート結果 (音楽ライブ参加経験)

表 3. 各質問におけるスピアマンの
順位相関係数

(8)と(9)	0.60
(8)と(13)	0.68
(9)と(13)	0.81

アバターを用いることで、ユーザの積極性や外向性を向上させ、他者とのコミュニケーション強化や一体感の向上に繋がると考えた。そこで、KSA2 で使用するアバターの編集システムを実装し、遠隔視聴者自身が自分の好みの見た目にアバターを編集できるようにする。そして、自分で編集したアバターを用いて KSA2 を使用してもらうことで KSA2 におけるプロテウス効果を評価する。

6. まとめ

音楽ライブのインターネット動画中継において、演奏者と遠隔視聴者のコミュニケーション支援および動画中継の満足度向上を目的としたシステム KSA2 の初期プロトタイプを開発した。KSA2 では音楽ライブにおける重要な要素である非日常性や一体感を向上させるため仮想現実感 VR を用いて仮想的なライブ会場を作成した。開発したプロトタイプを香川大学オープンキャンパスの参加者に使用してもらいアンケートを実施した。その結果、KSA2 の操作に大きな違和感がないこと、KSA2 で音楽ライブの盛り上がりや一体感を与えられることを確認した。今後は、KSA2 の各調査項目についてそれぞれ評価実験を行う。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 JP15K00274 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Morino, Y., Miyazaki, K., Tarumi, H., and Ichino, J.: Comparison of Input Methods for Remote Audiences of Live Music Performances, Proceedings of Collabtech 2016, Yoshino, T., et al. (Eds), Springer, Communications in Computer and Information Science Vol. 647, pp.58-64 (2016)
- [2] Tarumi, H., Nakai, T., Miyazaki, K., Yamashita, D., and Takasaki, Y.: What Do Remote Music Performances Lack?, Proceedings of Collabtech 2017, Yoshino, T., et al. (Eds), Springer, pp. 14-21 (2017)
- [3] 吉田有花, 宮下芳明: 視聴者の動きに応じてエフェクトを加える動画サービス, WISS2012, 日本ソフトウェア科学会, 2012
- [4] Nathan, M., Harrison, C., Yarosh, S., Terveen, L., Stead, L., Amento, B.: CollaboraTV: making television viewing social again, Proceedings of the 1st international conference on Designing interactive user experiences for TV and video, pp.85-94 (2008)
- [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, Vol.18, No.3, pp. 247-254 (2013)
- [6] Vatavu, R.: Audience Silhouettes: Peripheral Awareness of Synchronous Audience Kinesics for Social Television, Proceedings of the ACM International Conference on Interactive Experiences for TV and Online Video, pp.13-22 (2015)
- [7] "Bigscreen", <http://bigscreenvr.com/>, (参照 2017-12-20)
- [8] "TheWaveVR", <http://thewavevr.com/>, (参照 2017-12-20)
- [9] "cluster.", <https://cluster.mu/>, (参照 2017-12-20)
- [10] "Facebook Spaces", <https://www.facebook.com/spaces>, (参照 2017-12-20)
- [11] Yee, N. and Bailenson, J. N.: The Proteus Effect: The Effect of Transformed Self-Representation on Behavior. Human Communication Research, ISSN 0360-3989, Vol.33, pp.271-290 (2007)