

平成 30 年 5 月 30 日現在

機関番号：16201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00274

研究課題名(和文)音楽ライブのインターネット中継における一体感の付与

研究課題名(英文) Supporting the Sense of Unity for Remote Live Music Performance on the Internet

研究代表者

垂水 浩幸 (Tarumi, Hiroyuki)

香川大学・工学部・教授

研究者番号：80293900

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：ロック・ポップス音楽のライブ演奏のインターネット中継を対象に、演奏者と遠隔視聴者間、および遠隔視聴者間の非言語コミュニケーション実現手段として、限定した数種類の身振りの情報を送り合う方法が、有効であると判断できた。音楽ライブの価値である「一体感」とは何かを明確にするために、評価グリッド法による調査を実施し、身振り情報の共有が一体感の再現に必須であることがわかった。さらに、「一体感」の他、「非日常性」がライブの重要な価値であることも確認できた。「一体感」と「非日常性」を支援するため、仮想現実と拡張現実を用いたライブ中継システムを試作・評価し、この手法の有効性が確認できた。

研究成果の概要(英文)：We found that sharing a particular set of hand gestures among performers and remote audiences is an effective method to realize bidirectional nonverbal communication for remote live music performances using the internet streaming. By using the evaluation grid method, we have found that the "sense of unity," which is considered as an important value of live music performances, can be reproduced by sharing hand gestures. We also found that "unusualness" is also an important value of live music performances. Finally we developed a prototype system providing the "sense of unity" and "unusualness" using virtual reality techniques for remote live music performances. We evaluated the prototype and found it was effective.

研究分野：コンピュータによる協調活動支援(CSCW)

キーワード：CSCW ヒューマンインタフェース インターネット中継 音楽 非言語コミュニケーション 仮想現実

1. 研究開始当初の背景

(1) ロック・ポップス等の軽音楽のライブ演奏では、演奏者のパフォーマンスに対して観客がその場で反応（身振り・手振り）を返す。このようなライブ演奏をインターネット中継で遠隔地の視聴者も楽しめるようにするためには、単に映像情報・音声情報を一方的に伝えるだけでなく、演奏者との、あるいは視聴者同士の非言語コミュニケーションを再現し、双方向で伝え合うことが必要と考えられるが、そのようなシステムは実現されていなかった。例えば、「ニコニコ生放送」のような中継システムではテキストによるコミュニケーションしか支援されていない。

(2) また、ライブの価値を表現する言葉として「一体感」がよく使われ、「一体感のあるライブ」が良いライブとされている。したがって、演奏者と遠隔視聴者、または遠隔視聴者同士の「一体感」を支援する中継システムが必要であると考えられるが、そもそも「一体感」とは何かが明確に定義されておらず、一体感を再現するための技術的支援の設計ができていなかった。

2. 研究の目的

一般にインターネット中継は利用可能な帯域の限界と伝送遅延がある。市場性を考慮すると、一定コストの範囲でこれらを克服しつつ機能強化できることは限定される。本研究ではコストを抑えることも重要な前提条件と考えている。なぜならば、資金力のあるメジャーアーティストはツアーを組んで地方のファンと直接交流することも可能であるが、多くのアーティストにとってツアーを行ったり、コストのかかる機器をライブに持ち込んだりすることは困難であり、低コストの中継システムでなければ要望に応えられないからである。

その前提で1. に示した課題を解決するためには、通信し、提示する情報の限定などヒューマンインタフェース上の工夫が必要である。本研究はロック・ポップスを中心とする音楽のライブ演奏のインターネット中継を対象に、演奏者と遠隔視聴者間、および遠隔視聴者間の非言語コミュニケーションを実現する手段を設計・評価するとともに、「一体感」とは何かを明確にし、その向上に必要な設計指針を提示することを直接の目的にしている。

目的が達成されれば、将来的には音楽ライブのインターネット中継の利用者価値を高め、資金力の乏しいアーティストにも遠隔のファンと交流するより良い機会を提供し、音楽文化の振興に資することが波及効果として期待できる。

3. 研究の方法

(1) 平成27年度は、遠隔視聴者が音楽鑑賞中に身振りを入力し、それを演奏者に伝えるシステムを試作した。遠隔視聴者は、自宅等でパソコンを用いてインターネット中継を鑑賞

しているものと想定した。すなわち、この年度の設計では、スマートフォンのような小型ディスプレイの使用、パブリックビューイングのような多くの人が集合しての鑑賞は想定外としている。

身振りとしては、対象分野の実際の音楽ライブ会場で特に多用される3種類（手のひらを頭上で前に向けて左右に振る、こぶしを突き上げる、頭上に手を上げて指を小刻みに動かす）を選択した。これらに限定して機能提供することにより、身振りを記号化して通信し、通信や処理の負荷を下げる工夫である。なおこの3種の身振りの選択については、ライブ参加経験の豊富な研究代表者の判断によるが、評価協力をお願いした軽音楽部メンバーからも賛同を得られている。当然、他の身振りが用いられるライブもあるが、それらの身振りの支援は除外することでシステムを単純にし、コストを削減している。

図1は当初作成した視聴者用ユーザインタフェースの説明図である。視聴者はパソコンで視聴しているのでマウスの使用が可能である。中継映像上の「マウスイベントエリア」でマウスを動かすことにより自らの手の動きを表現する。自分の手の動きは右側のアニメーションで確認でき、他の視聴者の手の動きも右下の表示で確認できる。



図1：視聴者用インタフェース（当初）

これらの身振りを演奏者に伝える方法は、大型液晶ディスプレイ上のアニメーション表示とし、図1の右下の手の集合表示と同等なものとした。伝送遅延による違和感を緩和するため、音楽と身振りの時間的ずれを演奏者側のシステムで修正する工夫を行った。具体的には、演奏の拍と身振りの表示との間に強制的な同期を実現する仕組みを作り、試作評価を行った。ドラムに振動センサを装着し、検出した振動を音楽の拍とみなし、演奏者に提示する身振りのアニメーション表示を同期させた。その試作品について、大学の軽音楽部に評価を依頼した。試作品が動作すること、及び演奏上の支障がないことが確認された。またアニメーションに同期をとらせて表示することについては賛同する評価が得られた。

一方で、遠隔視聴者による身振り入力方法の改善についても検討した。キーボード、マウスによる入力の他、スマートフォンの加速度センサを利用した身振り入力方法を開発した(この場合、視聴自体はパソコンで行い、スマートフォンはジェスチャーセンサとしてのみ利用する。)。これら3種類の入力方法を比較評価する実験を行った。その結果、ライブに参加している印象を視聴者に与えやすいのはスマートフォンであり、ライブ映像に集中しやすいのはキーボードであるとの結果が得られた。またスマートフォンの重量による疲労や身振り検出精度に課題があることも判明した。

成果については国内学会で口頭発表3件を行った。うち1件は、情報処理学会第78回全国大会で学生奨励賞を受賞した。また査読付論文(国際会議で発表し雑誌論文として掲載、時期は翌年度)1件を発表した。

(2)平成28年度は、前年度に試作したシステムを改善し、アニメーションの改良、入力方法の改良(拍手動作の追加サポート、ジェスチャー入力の認識改善)、打楽器の拍とアニメーションの同期方法の改善、等の開発作業を行った。その上で試用実験を行い、演奏者、遠隔視聴者双方からの評価を取得した。その結果、概ね想定通りの改善効果が得られていることを確認した。

さらに、視聴者のアバターをカスタマイズするツールの開発を行った。この目的は、演奏者に提示される視聴者のアバターに個性を持たせ、遠隔視聴者が「自分の」アバターが演奏者に提示されていることを確認できるようにすることである。このツールについても評価を行い、演奏者、視聴者の双方から概ね良い評価を得ることができた。

ジェスチャー入力については他のウェアラブルデバイス(時計型デバイス等)と比較し、本システムで採用しているスマートフォンによる方法が妥当であることを確認した。この研究の発表については、情報処理学会全国大会で学生奨励賞を授与された。

一方で、ライブにおける「一体感」の本質を確認するために評価グリッド法を用いたインタビュー調査を行い、演奏者と観客の一体感、観客同士の一体感を生ずる具体的な要件を探索した。その結果、演奏者と観客の一体感を実現するためには、双方向の身振り動作の交換が必要であること、また視聴者同士の一体感を実現するためには、他の視聴者とともに動作を行うこと等が要件として挙げられ、本研究で支援している動作情報の共有が妥当なアプローチであることを確認した。また「一体感」だけでなく「非日常性」がライブの価値として重要であることも確認された。

これらの成果については査読付論文(国際会議で発表し雑誌論文として掲載、時期は翌年度)1件の他、国際会議招待講演2件、その他国内学会発表5件、大学間国際ワークショ

ップ発表1件を行った。

(3)平成29年度は、前年度に実施した評価グリッド法によるインタビュー調査の結果に基づき、遠隔でも支援可能なライブの価値として「一体感」と「非日常性」を重視すべきと考え、それらを実現する機能が設計指針になると判断した。ここで、仮想現実の利用により「非日常性」が支援できることに注目した。折しも、Oculus社などの安価な仮想現実感関連機器の普及により、我々がターゲットとする、低コスト性が重視される利用者層においても、近い将来仮想現実感関連機器が導入可能であると判断できる状況になっていた。

これらの判断に基づき、スマートフォンによる入力とアニメーションによる身振り表示を前提としたこれまでのシステム(事後的にKSA1と名付けた)に代わり、新たに仮想現実感と拡張現実感を導入したシステムKSA2(Kagawa Super Arena 2)を開発することの方針変更した。(この開発に予算を投入したため、当初最終年度に予定していたプロのバンドによる試用評価は見送ることになった。)

KSA2では、仮想空間中にライブハウスを構築し、遠隔視聴者はアバターとして参加する。また演奏者は同じ会場にいる現地視聴者の他、拡張現実感を用いて仮想ライブハウスにいる遠隔視聴者をアバターとして認識する。遠隔視聴者の動作は通信負荷を下げるため所定の身振りとして認識され、記号化して演奏者や他の視聴者に送信され、再現される。KSA2でサポートしている身振りは、平成27年度に支援した3種類の他、拍手、ジャンプを加えた5種類である。一方で、演奏者の身振りはKinectによるモーションキャプチャでとられ、演奏者アバターの動作として仮想ライブハウスで再現され、遠隔視聴者に提示される。

図2は視聴者から見た仮想空間の様子である。



図2：仮想空間に構築されたライブハウス

評価用にKSA2を試作し、視聴者側、演奏者側の双方から評価した結果、前年度までのアニメーションベースのKSA1よりも価値の高い利用者体験が実現できた。「一体感」を支援するための身振り情報の交換、「非日常性」を支援するための仮想現実を用いた没入感が設計指針として有効であることが確認できた。

(ただし、評価用であるため、演奏者側評価

用と視聴者側評価用は別のものであり、両者を一体化しての実運用実験までには至らなかった。))

さらに、アバターのデザインによって視聴者の行動傾向が変化する「プロテウス効果」

(①)の有無について調査した。評価実験の結果、魅力的なデザインのアバターを使用した視聴者は、より長時間他のアバターに接近する様子が確認された。

これらの成果について、国内学会発表7件(うち1件が情報処理学会全国大会学生奨励賞を受賞)を行った。この年度の成果の査読付き論文の作成については研究期間内には実施できなかったが、研究期間後の平成30年度に行う予定である。

4. 研究成果

本研究ではロック・ポップスを中心とする音楽のライブ演奏のインターネット中継を対象に、演奏者と遠隔視聴者間、および遠隔視聴者間の非言語コミュニケーションを実現する手段として、限定した数種類の身振りの情報を視聴者と演奏者の間、また視聴者相互で送り合う方法を採用し、評価実験を行った。この方法で一定の効果が見られることがわかり、有効な方法であると判断できた。

また、音楽ライブの価値としてよく語られる「一体感」とは何かを明確にするために、評価グリッド法によるインタビュー調査を実施した。その結果、身振り情報の共有が演奏者と視聴者、および視聴者同士の一体感の遠隔環境での再現に必須であることがわかった。

さらに、「一体感」の他、「非日常性」がライブの重要な価値であることも確認できた。

「一体感」と「非日常性」の両方を支援するため、当初の計画を変更し、仮想現実と拡張現実を用いたライブ中継システムを試作・評価し、その有効性が確認できた。この方針変更の背景には、仮想現実関連機器の急速な低価格化がある。

国内外において、音楽ライブ中継において身振り情報を交換・再現することで非言語コミュニケーションを実現しようとする研究は他になく、ユニークなものである。

なお、本研究期間終了時の平成30年において、Oculus Go などさらに低価格の仮想現実関連機器が発売され、今後急速に普及が期待できる。本研究では比較的資金力の乏しいアーティストの支援を目的としていたが、このような市場においても仮想現実を使用することが現実的になると考えられ、最終年度の計画変更は妥当なものであったと考えている。

一方、双方向性などは考慮していないものの、遠隔音楽ライブ中継に仮想現実を利用する商業的な試みも新たに登場している(例えばLiVRation)。今後も急速に市場動向・技術動向が変化すると思われるが、本研究の成果が活用される期待は高まっている。

<引用文献>

① Yee, N. and Bailenson, J.N.: "The Proteus Effect: The Effect of Transformed Self-Representation on Behavior", *Human Communication Research*, Vol. 33, pp. 271-290 (2007).

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計2件)

1. Tarumi, H., Nakai, T., Miyazaki, K., Yamashita, D., and Takasaki, Y.: "What Do Remote Music Performances Lack?", *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 10397, 査読有, Yoshino, T., et al. (Eds), Springer, pp. 14-21 (2017). DOI: 0.1007/978-3-319-63088-5_2

2. Morino, Y., Miyazaki, K., Tarumi, H., and Ichino, J.: "Comparison of Input Methods for Remote Audiences of Live Music Performances", 査読有, Yoshino, T., et al. (Eds), *Communications in Computer and Information Science* Vol. 647, Springer, pp.58-64 (2016).

[学会発表] (計19件)

1. 金子辰善、片岡佳椰、窪地祐貴、山下大貴、中井智己、山口亮大、垂水浩幸: 仮想現実による遠隔音楽ライブシステム KSA2 における視聴者同士の一体感の支援、情報処理学会第80回全国大会、3ZE-8 (2018). (学生奨励賞受賞)

2. 中井智己、山下大貴、片岡佳椰、山口亮大、金子辰善、窪地祐貴、垂水浩幸: 仮想現実による遠隔音楽ライブシステム KSA2 における演奏者インタフェースの開発、情報処理学会第80回全国大会、3ZE-6 (2018).

3. 山下大貴、中井智己、片岡佳椰、金子辰善、窪地祐貴、山口亮大、垂水浩幸: 仮想現実感を用いた遠隔音楽ライブシステム KSA2、情報処理学会第103回グループウェアとネットワークサービス研究会、2018-GN-103(9), pp.1-7 (2018).

4. 高崎祐哉、宮崎啓、中井智己、山下大貴、垂水浩幸: 遠隔音楽ライブにおける視聴者の動作入力力の改善とその評価、情報処理学会第79回全国大会、3ZF-9 (2017) (学生奨励賞受賞)

5. 中井智己、宮崎啓、山下大貴、高崎祐哉、垂水浩幸: 評価グリッド法を用いた音楽ライブにおける評価構造の抽出、情報処理学会第100回グループウェアとネットワークサービス研究会、2017-GN-100(23), pp.1-6 (2017).

6. Tarumi, H.: "Supports for Remote Informal Communication and Its

Application for Music Performances”
Invited Talk at 2016 International
Symposium on Novel and Sustainable
Technology (ISNST 2016), p. 1-11,
Southern Taiwan University of Science and
Technology (2016/10/06). (招待講演)

7. Tarumi, H.: “Remote Entertainment
Performances and Social Feedbacks”
Keynote Speech at 15th IEEE/ACIS
International Conference on Computer and
Information Science (ICIS 2016), Okayama
Convention Center, Japan, (2016/6/27).
(招待講演)

8. 森野雄也、宮崎啓、垂水浩幸、市野順子：
遠隔音楽ライブにおける視聴者の動作入力方
法とその評価、情報処理学会第78回全国大会、
3W-7 (2016).

9. 宮崎啓、森野雄也、垂水浩幸、市野順子：
音楽ライブにおける遠隔応援の演奏者向けア
ニメーション表示、情報処理学会第78回全国
大会、3W-8 (2016). (学生奨励賞受賞)

[その他]

ホームページ:

[http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~tarumi/
research/live/live-interaction.html](http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~tarumi/research/live/live-interaction.html)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

垂水 浩幸 (TARUMI, Hiroyuki)

香川大学・工学部・教授

研究者番号：80293900