

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：23903

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K00210

研究課題名（和文）複合現実における空間音描手法の開拓

研究課題名（英文）Development of sound drawing methods using mixed reality

研究代表者

中川 隆（Nakagawa, Ryu）

名古屋市立大学・大学院芸術工学研究科・准教授

研究者番号：60631124

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）：1920年代のAbstract Film動向の作家らによる「視覚的音楽」や、1970年代に作曲家Iannis Xenakisによって開発された「UPIC」など、音を描く表現（本研究では「音描表現」と呼称）はメディアテクノロジーの発展とともに多くの芸術家によって探求されてきた。本研究ではそういった音描表現を複合現実（mixed reality; MR）によって実空間に立体的に展開させる「空間音描手法」の開発、および、その手法を用いた複数人参加型インスタレーション作品の制作・公開を通して、当手法の特質を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、MRを活用した新たな情報環境が生まれつつあるが、未だデモンストレーションの範疇を超えるものは少なく、社会的に実装されるにはいくつもの課題を乗り越える必要がある。本研究ではそういった課題のうち、「MR表現の可能性」「MR体験者間コミュニケーション」「MR体験者と非体験者（MR共有空間の外部の者）との関係性」に焦点を当て、メディアアートの制作を通して検討を行なった。本研究での実作例が、今後の情報社会における人と情報環境との豊かでクリエイティブな関係創出の一助となることを期待する。

研究成果の概要（英文）：Many artists and composers have explored sound drawing expressions (e.g. “Visual music” by artist of Abstract Film in the 1920s, “UPIC” developed by Iannis Xenakis in the 1970s, etc.). We challenged the development of “spatial sound drawing methods” that three-dimensionally expands such sound drawing expressions to real space with mixed reality (MR), and created and published the installation art works with that methods. Through these works, we clarified the characteristics of the spatial sound drawing methods.

研究分野：メディアアート

キーワード：mixed reality 複合現実 XR cross reality メディアアート オーディオビジュアル multi-participant 複数人参加型

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

メディアテクノロジーの発展とともに、これまで多くの作曲家やアーティストが「音を描く」表現（本研究では「音描表現」と呼称）、つまり視覚と聴覚を融合させる表現の実現に挑戦してきた。こういった音描表現は、昨今注目を集める複合現実（mixed reality; MR）デバイスを用いることで実空間に立体的に展開可能となる。

一方で社会的には、MR を活用した新たな情報環境が生まれつつあるが、未だデモンストレーションの範疇を超えるものは無く、社会一般に実装されるにはいくつもの課題を乗り越える必要がある。本研究ではそういった課題のうち「MR 表現の可能性」「MR 体験者間コミュニケーション」「MR 体験者と非体験者(MR 共有空間の外部の者)との関係性」に着目した。

2. 研究の目的

我々は、未知の表現を鑑賞(体験)すること、そしてその体験を他者と共有し、議論・思索の場へと誘うことがアートの本質の一つであると考えている。本研究では、未知の表現としてMR空間に音を描く“空間音描”手法を構築し、それを複数人が同時に体験可能な場としてインスタレーション作品を制作することを目標に据えた。また、当手法を定量的に評価する手法についても検討項目に加えた。これらの作業を通して空間音描の特質を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

- (1) MR空間における音響生成と描く行為との融合可能性の検討と空間音描手法の構築
- (2) 複数人が同時に体験可能なインスタレーション作品の制作・公開
- (3) 行動認識アルゴリズムを開発し、それを用いて空間音描体験者の動きを定量的に抽出することで、本手法によるMRの身体化および表現可能性について検討

4. 研究成果

(1) 研究全体を通して4つの空間音描手法を開発し、それらを用いて以下に挙げる5つの複数人同時体験型インスタレーション作品を制作・公開した。全ての手法、作品ではMRデバイスにHoloLens (Microsoft) を用いた。

(2) 作品《Drawing Sound in MR Space》

指先でバーチャルな線を描くことを起因として空間音描（バーチャルな視聴覚効果）が生成される [1, 4] [図1]。本研究開始以前から着手していたデモを発展させ、本研究期間中システムアップデートを重ね、体験のクオリティを高めていった。国際デモ公募展 Laval Virtual Revolution 2018 に入選、国際会議 SIGGRAPH 2019 に採択され、それぞれの展示で新しいMR表現として注目を集めた。

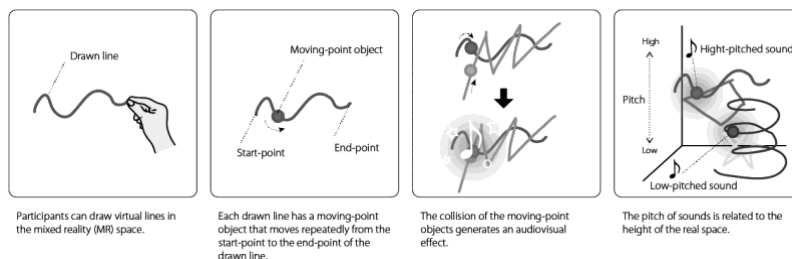


図1 (上)《Drawing Sound in MR Space》初期のシステム図, (左下) 体験の様子, (右下) SIGGRAPH 2019 での展示風景

SIGGRAPH 2019 での展示では、空間音描と展示空間の合成映像を鏡像反射的にスクリーンに投影した[図1 (右下)]。この展示方法によりMRデバイスを装着していない非体験者 (MR 共有

空間の外部の者)も空間音描を観ることが可能となった。ただし音響はMRデバイスによって偏在的に表現されるため、聴くことはできない。今後、タブレット端末等を活用してマルチデバイス仕様にすることで、作品空間における鑑賞者全体の体験の溝を埋める共有空間のデザインを検討している。

(3) 作品《Air Maestros》

腕の運動によって発射されるバーチャルな弾を、空間に自由に構成可能なバーチャルな音オブジェクトに当てて偏在的に視聴覚効果を生成する空間音描手法を開発し、体験型インスタレーション作品として構成した[2] [図2]。国際会議 Spatial User Interaction 2018 (SUI '18)に採択された。

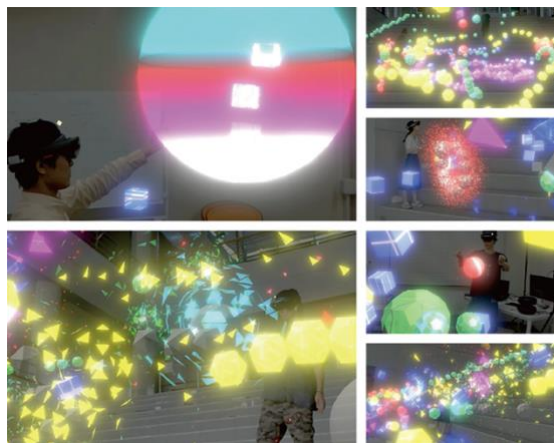


図2 《Air Maestros》体験の様子

(4) 作品《Multimodal ConnectoR》

体験者の頭部を繋ぐように生成されるバーチャルな帯状オブジェクトを、空間に自由に構成可能なバーチャルな音オブジェクトに当てて偏在的に視聴覚効果を生成させる空間音描手法を開発し、体験型インスタレーション作品として構成した[3] [図3]。上記2作品は複数人同時体験作品であるものの、1人でも体験可能である。本作は2名以上でないと帯状オブジェクトが生成されず体験が成立しない仕様とした。体験者同士の意図的または偶発的な協働によって、また、体験の場所が持つ物理的な特性(例えば台や階段など)との相互作用によって空間音描が成立するよう意図した。

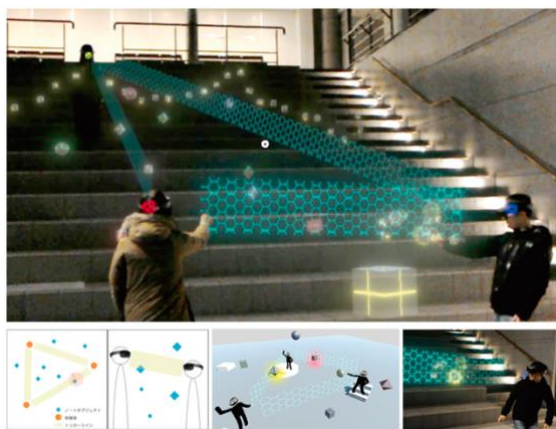


図3 《Multimodal ConnectoR》体験の様子と概念図

(5) 作品《Encounters》

指先または腕の運動によって発射されるバーチャルオブジェクトが実空間のモノに当たることで、そのモノのリアルな音とバーチャルな視覚効果を生成させる手法を開発し、体験型インスタレーション作品として構成した[5] [図4]。上記3作品では、空間音描(バーチャルな視聴覚効果)は身体動作を介することで間接的に実空間の要素と関係するが、本手法では、バーチャルオブジェクトと実空間の要素(モノ)を直接的に関係させることで、バーチャルとリアルが融合した空間音描(バーチャルな視覚効果とリアルなサウンドによる)を実現した。本作は SIGGRAPH Asia 2019 に採択され、展示でも注目を集め HONORABLE MENTIONS を受賞した。

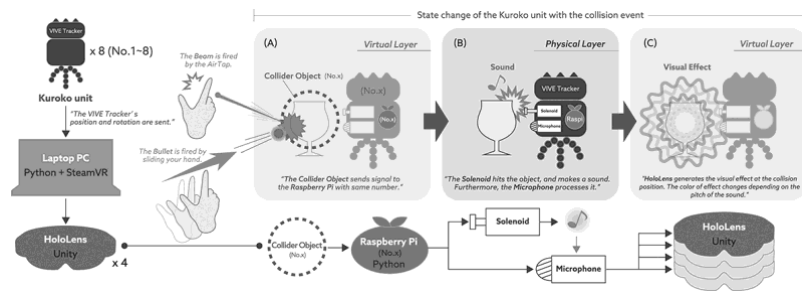


図4 (上) 《Encounters》システムダイアグラム[5] (下) 体験の様子

(6) 作品《Encounters 2.0》

上記《Encounters》にスマート LED 電球システムを取り入れ、光を発する電球の物質的かつ非物質的側面に着目してアップデートさせた作品である[6] [図5]。Encounters と同様にバーチャルなオブジェクトを発射させて電球に当てると、電球が消灯すると同時に電球が割れて飛び散るようなバーチャルな視聴覚効果が生成され、さらに、電球と同じ大きさのバーチャルオブジェクト（幽霊オブジェクト）とサウンドが生成される。体験者はこの幽霊オブジェクトを掴んで消灯した電球に戻すと、電球は発音しながら再び点灯する。この作品は国際会議 SIGGRAPH 2020 に採択された。コロナ禍中であったためオンライン開催（ビデオによる展示）となったものの、ビデオでも注目を集め肯定的なフィードバックを得た。また、メディアアートコンペティション『2020 アジアデジタルアート大賞展 FUKUOKA』で入賞した。

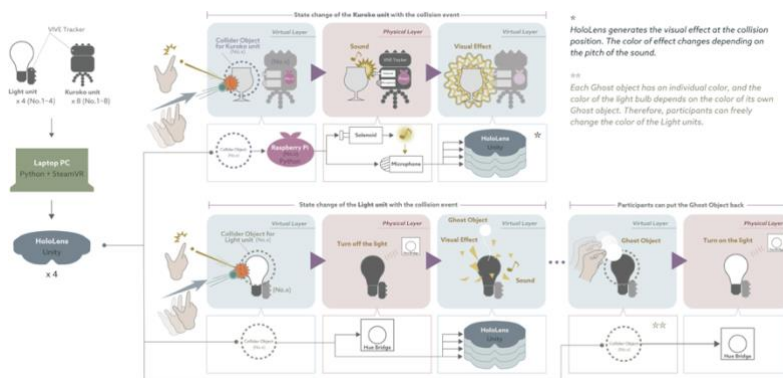


図5 (上) 《Encounters 2.0》システムダイアグラム[6] (下) 体験の様子

(7) 空間音描手法, および, インスタレーション作品体験の評価

研究期間内に行動認識アルゴリズムを完成できなかった。ただし, 今年度以降の本研究に接続されるプロジェクト内で完成させ使用する予定である。代替手法として映像記録をもとに体験者の動きの特徴を抽出し, インタビューと絡めて本手法の身体化および表現可能性について検討を行なった。MR デバイス初心者には, デバイスに手の位置を認識させるための動作の体得時間にむらが見られたものの, どの手法も 5 分程度の体験でその動作の体得が可能なが確認できた。インタビューでは, 空間音描のアイデアや実装手法に関して, 大方ポジティブな意見を得ることができた。一方で「他の体験者が構成した空間音描の鑑賞体験を行ってみたい (作品鑑賞者として体験してみたい)」という体験者の意見もあった。本研究は「空間に音を描く」手法, つまり主体的に音を描く体験の実現を目標としてきたが, 使用メディアの特性を考えれば「体験者のプレイをアーカイブしていき, それらのプレイを他の空間で再生し他の体験者にオーディエンスとして体験してもらう」「他の体験者と時間と場所を隔てて協働する」等といった本手法を用いた別の形式の作品体験可能性も十分考えられる。このような, これまでに無い芸術体験の可能性に関する提案が体験者レベルからあがったことはとても有意義であった。研究期間全体を通して, 筆者らが研究開始当初から意図してきた「本研究による作品体験が生み出すXRテクノロジーと人間との関係についての思索的な場の創出」や, 本研究の次のフェーズとしての「空間音描手法の身体化」にも関わる「MR技術とIoT技術による身体感覚の拡張」等について, 体験者や国際会議のレビュアーらからポジティブな意見や評価を得ることができた。これらの成果の一部は参考文献や, 特設ウェブサイト上に記述している。

<参考文献>

- [1] Ryu Nakagawa, Ryo Komatsubara, Taku Ota, and Takahisa Mitsumori. “Drawing Sound in MR Space: A Multi-User Audiovisual Experience in Mixed Reality Space.” In Proceedings of the Virtual Reality International Conference - Laval Virtual (VRIC '18). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 20, 1-4, 2018.
- [2] Ryu Nakagawa, Ryo Komatsubara, Taku Ota, and Hidefumi Ohmura. “Air Maestros: A Multi-User Audiovisual Experience Using MR.” In Proceedings of the Symposium on Spatial User Interaction (SUI '18). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 168, 2018.
- [3] 小松原峻, 中川隆, “Multimodal ConnectoR: 複合現実によるマルチプレイ・オーディオビジュアル表現システム”, NICOGRAPH 2018, 158 - 159, 2018
- [4] Ryu Nakagawa, Ryo Komatsubara, Taku Ota, Ken Sonobe, Takahisa Mitsumori, Katsutoshi Hata, and Hidefumi Ohmura. Drawing sound in MR space. In ACM SIGGRAPH 2019 Virtual, Augmented, and Mixed Reality (SIGGRAPH '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 18, 1, 2019.
- [5] Ryu Nakagawa and Ken Sonobe. “Encounters: A Multiparticipant Audiovisual Art Experience with XR.” In SIGGRAPH Asia 2019 XR (SA '19). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 6-8, 2019.
- [6] Ryu Nakagawa and Ken Sonobe. “Encounters 2.0: A Multiparticipant Audiovisual Art Experience with XR.” In ACM SIGGRAPH 2020 Immersive Pavilion (SIGGRAPH '20). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 17, 1-2, 2020.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 小松原 峻 , 中川 隆	4. 巻 -
2. 論文標題 Multimodal ConnectoR: 複合現実によるマルチプレイ・オーディオビジュアル表現システム	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 NICOGRAPH 2018	6. 最初と最後の頁 158 - 159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nakagawa Ryu, Komatsubara Ryo, Ota Taku, Ohmura Hidefumi	4. 巻 -
2. 論文標題 Air Maestros: A Multi-User Audiovisual Experience Using MR	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 SUI '18 Proceedings of the Symposium on Spatial User Interaction	6. 最初と最後の頁 168 - 168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3267782.3274685	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nakagawa Ryu, Komatsubara Ryo, Ota Taku, Mitsumori Takahisa	4. 巻 Article No. 20
2. 論文標題 Drawing Sound in MR Space: A Multi-User Audiovisual Experience in Mixed Reality Space	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 VRIC '18 Proceedings of the Virtual Reality International Conference - Laval Virtual	6. 最初と最後の頁 1 - 4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3234253.3234309	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nakagawa Ryu, Sonobe Ken	4. 巻 Article No.: 17
2. 論文標題 Encounters 2.0: A Multiparticipant Audiovisual Art Experience with XR	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACM SIGGRAPH 2020 Immersive Pavilion	6. 最初と最後の頁 1-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3388536.3407882	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 園部 健 , 伊藤 夏希 , 片岡 愛富 , 中川 隆	4. 巻 45
2. 論文標題 名古屋市立大学芸術工学研究科中川研究室バーチャルゼミ室 ~ ソーシャルVRを用いたオープンラボ、ウェブサイト、あるいはコミュニケーションの場の新しい形として ~ t	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 映像情報メディア学会技術報告	6. 最初と最後の頁 61-64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 大城 佑樹 , 中川 隆	4. 巻 45
2. 論文標題 Sound Architecture	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 映像情報メディア学会技術報告	6. 最初と最後の頁 49-52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakagawa Ryu, Komatsubara Ryo, Ota Taku, Sonobe Ken, Mitsumori Takahisa, Hata Katsutoshi, Ohmura Hidefumi	4. 巻 18
2. 論文標題 Drawing sound in MR space	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of SIGGRAPH '19 Virtual, Augmented, and Mixed Reality	6. 最初と最後の頁 1 - 1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3306449.3328811	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nakagawa Ryu, Sonobe Ken	4. 巻 -
2. 論文標題 Encounters: A Multiparticipant Audiovisual Art Experience with XR	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of SA '19 SIGGRAPH Asia 2019 XR	6. 最初と最後の頁 6 - 8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3355355.3361886	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計10件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 5件）

1. 発表者名 園部 健 , 伊藤 夏希 , 片岡 愛富 , 中川 隆
2. 発表標題 名古屋市立大学芸術工学研究科中川研究室バーチャルゼミ室 ~ ソーシャルVRを用いたオープンラボ、ウェブサイト、あるいはコミュニケーションの場の新しい形として ~
3. 学会等名 映像表現・芸術科学フォーラム 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大城 佑樹 , 中川 隆
2. 発表標題 Sound Architecture
3. 学会等名 映像表現・芸術科学フォーラム 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Nakagawa Ryu、Sonobe Ken
2. 発表標題 Encounters 2.0: A Multiparticipant Audiovisual Art Experience with XR
3. 学会等名 ACM SIGGRAPH 2020 Immersive Pavilion (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nakagawa Ryu、Sonobe Ken
2. 発表標題 Encounters: A Multiparticipant Audiovisual Art Experience with XR
3. 学会等名 SIGGRAPH Asia 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Ryu Nakagawa, Ryo Komatsubara, Taku Ota, Ken Sonobe, Takahisa Mitsumori, Katsutoshi Hata, Hidefumi Ohmura
2 . 発表標題 Drawing Sound in MR Space
3 . 学会等名 SIGGRAPH 2019 (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Ryu Nakagawa, Ryo Komatsubara, Taku Ota, Takahisa Mitsumori
2 . 発表標題 Drawing Sound in MR Space: A Multi-User Audiovisual Experience in Mixed Reality Space
3 . 学会等名 Laval Virtual 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Ryu Nakagawa, Ryo Komatsubara, Taku Ota, Hidefumi Ohmura
2 . 発表標題 Air Maestros: A Multi-User Audiovisual Experience Using MR
3 . 学会等名 ACM Spatial User Interaction 2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 小松原 峻, 中川 隆
2 . 発表標題 Multimodal ConnectoR : A Multiplayer Audiovisual System using Mixed-Reality
3 . 学会等名 NICOGRAPH 2018
4 . 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 大坪, 牧人, 「芸術工学への挑戦」編集委員会	4. 発行年 2020年
2. 出版社 岐阜新聞社	5. 総ページ数 195
3. 書名 人と世界との間をつなぐインタラクションデザイン	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	古川 聖 (Furukawa Kiyoshi) (40323761)	東京藝術大学・美術学部・教授 (12606)	
研究分担者	大村 英史 (Ohmura Hidefumi) (90645277)	東京理科大学・理工学部情報科学科・講師 (32660)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------