

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 6 月 8 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H01762

研究課題名(和文) VR/ARの連続的体験を可能にする複合現実型リダイレクションの研究

研究課題名(英文) Research on Mixed Reality Redirection for Continuous VR and AR Experiences

研究代表者

廣瀬 通孝 (Hirose, Michitaka)

東京大学・大学院情報理工学系研究科・教授

研究者番号：40156716

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、実世界との対応が重要なARコンテンツと、実世界の制約を超えた体験が可能なVRコンテンツとの間のシームレスな往来が可能な体験型展示手法を実現した。そのための基盤技術として、実世界の身体の移動とバーチャル世界における仮想身体の移動の対応関係を変化させることで、VRコンテンツ鑑賞中には実世界の制約を超えた移動・鑑賞を可能にしつつ、ARコンテンツへの鑑賞に切り替える際に空間的整合性が実現されるよう、実身体と仮想身体のずれを解消可能な複合現実型リダイレクション技術を構築した。この技術を活用した展示を東京都現代美術館、グランフロント大阪、アルスエレクトロニカ等で公開し、その有効性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学術的には、ARとVRを融合させる新しいインタラクション手法を提案した点に最大の意義がある。VR・AR双方のメリットを両立させた展示手法は例がなく、デジタルミュージアム研究、VR・AR研究の双方の観点から重要な成果を挙げることができた。また、本研究は複数のミュージアムの全面的な協力のもとにおこなわれた。開発した成果は現在も継続的に利用されており、継続的な社会展開が期待できる。本研究は、基本的にはインタラクティブメディアの根幹にかかわる技術開発を含むため、ここで得られた成果はミュージアムに留まらず、インタラクティブな体験が重要な産業や教育分野等で利用可能であり、より広範な波及効果を期待できる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have developed a novel exhibition method that enables us to seamlessly experience AR contents whose correspondence with the real world is important and VR contents that allow us to experience beyond the limitations of the real world. We have developed a mixed reality redirection techniques that enable users to freely enjoy VR content beyond the constraints of the real world, and at the same time eliminate the gap between the real and virtual bodies by changing the correspondence between the movement of the real and virtual body in order to achieve spatial consistency when switching to AR content. The effectiveness of this technology was demonstrated in exhibitions at the Museum of Contemporary Art Tokyo, Grand Front Osaka, Ars Electronica and other venues.

研究分野：バーチャルリアリティ

キーワード：バーチャルリアリティ 拡張現実感 複合現実感 Redirected Walking デジタルミュージアム

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

観光立国や地域創生、文化芸術の効果的伝承を狙い、地域が持つ歴史・文化の魅力をバーチャルリアリティ(VR)や拡張現実感(AR)で効果的に伝える手法の展開が注目されている。申請者らは、文科省デジタルミュージアムプロジェクトや2012年度基盤研究(A)を通じ、Image-based Rendering(IBR)で作られた実写ベースのVRコンテンツやARコンテンツを博物館展示に応用すると、空間的情報を正確に伝達でき、それをきっかけとしてその場所や展示物への興味・理解を深められることを明らかにした。しかし、空間的整合性に対する考え方の違いから、現状ではVRとARを行き来する展示を設計することはできない。そのため、複数のコンテンツに跨って興味を持続させることや、コンテンツ同士の関係性を理解させることが難しい。

ARコンテンツは、空間的整合性を重視し、実写映像から再現された過去空間と現在の実空間との正確な対応関係を伝える効果を持つ[1]。そのため時代による場所や建物、展示物の変化が伝わりやすい。他方、VRコンテンツでは、空間的整合性は無視されるかわり、現実では既に入れなくなってしまった場所や広大な場所に行ったかのような追体験や、空撮のような実際取りえない視点からの体験等、実世界の制約を超えた体験を手軽に提供でき、新たな発見を生む[2]。VRとARの連続的体験が可能になれば、これらの両長所が融合され、ユーザに多様な視点に基づいた情報が提供でき、継続的に興味を喚起し、対象への理解を促す領域型の展示が可能になる。

本研究では、VR・AR融合のために、VRにおけるリダイレクションの概念を拡張し、空間的整合性の調節を可能にする複合現実(MR)型リダイレクション技術を確立することで解決を図る。リダイレクションとは、実世界の身体とバーチャル世界の仮想身体との位置の対応関係にあわせてずれを起こすことで、狭い空間でも広いバーチャル世界を体験可能にする技術[3]である。既存のリダイレクション手法は実世界との対応を無視してずれを拡大させて上記を実現しているが、VR・AR融合のためにリダイレクションを用いる場合、VRでは適切なずれを発生させつつ、ARコンテンツ鑑賞地点では空間のずれが無くなるよう補正を工夫する必要がある。本研究では、VRでの自由な視点からの鑑賞を担保しつつ、そこからARに切り替え空間的整合性が重要なコンテンツを楽しめるように補正できる手法を構築することで、興味・学習効果が持続する領域型展示手法を実現する。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、実世界との対応が重要なARコンテンツと、実世界の制約を超えた体験が可能なVRコンテンツとの間のシームレスな往来が可能な体験型展示手法(図1)を実現することである。そのために実世界の身体の移動とバーチャル世界における仮想身体の移動の対応関係を変化させることで、VRコンテンツ鑑賞中には実世界の制約を超えた移動・鑑賞を可能にしつつ、ARコンテンツへの鑑賞に切り替える際に空間的整合性が実現されるよう、実身体と仮想身体のずれを解消可能な複合現実型リダイレクション技術を確立する。具体的には、(1)実身体-仮想身体のずれを知覚させない仮想身体制御手法と(2)実身体-仮想身体のずれを解消する実身体誘導手法を開発した上で、(3)実際の展示の場における大規模実証実験で提案手法の受容性・有用性を検証する。

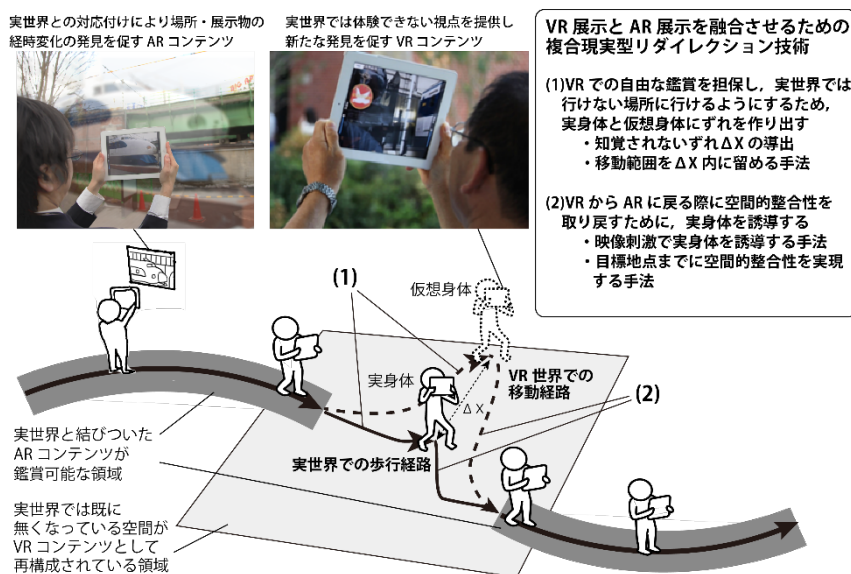


図1 VR展示とAR展示を融合する複合現実型リダイレクション

### 3. 研究の方法

実写を利用したARコンテンツは、元映像のカメラパスにない視点では空間的整合性が破綻して正しく鑑賞できない。つまりARコンテンツを鑑賞可能な視点はある経路・範囲に限定される。一方、VRコンテンツはいくらでも広域になり得るが、それを体験するために必要な実世界

領域がボトルネックになる。ARの空間的整合性を保ちつつ、自由な鑑賞をVRで行い、その間を自由に往来するには、ARとVRへの切り替えが可能な視点で実身体と仮想身体を分離させ、VR世界では仮想身体と実身体の間を意識に登らない範囲でずれを作り出すことで実世界の制約を超えた体験を可能にしつつ、VR体験終了時にはARコンテンツを再び鑑賞可能な位置に実身体と仮想身体の双方を誘導し再結合することが必要になる。

本研究では、これらを達成する「MR型リダイレクション」技術として、(1)実身体と仮想身体のをずれを知覚させない仮想身体制御手法を明らかにすることに加え、(2)実身体と仮想身体のをずれを解消するよう実身体を誘導する手法を明らかにする。その上で(1)(2)を組み合わせ、(3)VRとARの連続的体験が可能な領域型展示の設計方法論を明らかにし、展示を試作した上で実際の展示場で大規模実証実験を行ない提案手法の受容性・有用性を検証する。

#### 4. 研究成果

##### (1)実身体と仮想身体のをずれを知覚させない仮想身体制御手法

リダイレクションの基本要素として、実空間で曲がって歩いているにもかかわらず歩いているように感じさせる「曲率操作」、その場で頭部を旋回させた時の回転量を操作して空間の向きを変える「回転量操作」、移動距離を実スケールと変化させる「並進移動量操作」がある。本研究ではこれらに加えて、曲線経路から異なる曲率の曲線経路へのリダイレクション手法 (Matsumoto et al., IEEE VR 2017)、ヨー方向とロール方向を使うことで曲率操作を強化させることが可能なリダイレクション手法 (山本ら, 日本 VR 学会論文誌, 2018)、通路の角を曲がるような回転軸と頭部位置が一致しないような場合でも狙った回転量操作を行える手法である旋回量ゲインの提案と閾値の測定 (Mizutani et al., IEEE VR 2019)、上下方向の移動に対するゲインである垂直ゲインの提案と閾値の測定 (Matsumoto et al., IEEE VR 2020, 2020)、聴覚を使った効果的なリダイレクション手法の提案 (高ら, 第24回 VR 学会大会, 2019) といった、新たなリダイレクション手法を提案し、様々な状況において実身体と仮想身体のをずれを感じさせずに仮想身体的位置を制御することを可能にした。

また、リダイレクション操作を行う際に手や全身のアバタを表示し、視点操作を加えた際にアバタと環境とが整合性を保つように表示することで、ずれを知覚しにくくする手法の提案 (松本ら, 第23回 VR 学会大会, 2018) や、アバタの表示方式 (特に実身体に近いリアルな表示かポインタのような抽象的な表示かといった擬人化度の異なる表示方式) の影響によって仮想身体と実身体のをずれへの気付きやすさが変化することを明らかにする (実身体に近いリアルなアバタを使用するほど仮想身体と実身体のをずれに気付きにくくなる) (Ogawa et al., IEEE TVCG, 2020) など、リダイレクション手法を用いる際にその効果を向上させる手法についても明らかにした。

加えて、全身トラッキングを使ったVRではなく、タッチインタフェース等の限られた入力手法を用いた場合においても、バーチャル世界とのインタラクションに身体性を伴って感じられるインタラクション手法を提案した (水口ら, 第23回 VR 学会大会, 2018)。これにより、実際の身体動作と入力方法が異なる場合においても、視覚フィードバックの工夫によってバーチャル世界で起こるインタラクションを実際に自分の身体でおこなっているような感覚を喚起し、バーチャル世界への没入を促進できることを示した。

##### (2)実身体と仮想身体のをずれを解消するよう実身体を誘導する手法

提示する映像にエフェクトを加えて視覚誘導性の身体運動やリダイレクションの効果を生じさせ、移動しながらVRを体験するユーザの実身体を一定の範囲に誘導する方法を検証した。

第一に、コントローラや身体動作による視点入力と、出力される視点位置に気付かれないずれを作り出し、特定方向への視点の滞留を作り出すことで、その方向への興味喚起や移動の誘導が可能な手法を提案し、実際の展示に活用して7000人以上のデータを取得することでその有効性を確認した (Tanaka et al., SIGGRAPH 2016, 2016)。この手法を拡張し、実写から再構成されたVR環境を移動中に、視点の影響による画像の歪みの少ない位置へと移動を誘導する手法を提案した (Iwasaki et al., HCI 2017, 2017)。類似の手法として、周辺視野に視覚エフェクトを与えることで、顕在的に気付きにくい視覚的違和感を生じさせ、特定方向への移動や回転を誘発する手法を提案した (Ohashi et al., HCI 2019, 2019)。ユーザはこの違和感を避けるように無意識的に特定方向へ移動されるよう誘導されるため、エフェクトを発生させるタイミングやエフェクトの向きや量を調整することで、ある程度ユーザの移動を制御することが可能になる。

第二に、環境から与えられる情報を利用して移動を誘導する手法を実現した。まず、VR空間において移動する他者アバタを表示し、その動きを利用して特定方向への移動を誘導する手法を提案した (Narumi et al., HCI 2017, 2017)。同一のVR空間を体験する他者をアバタとして表示すると、ユーザは無意識に共同注意を発揮してしまい、そのアバタの位置や向きへと注意を向けることを確認した。この手法では、この効果を利用して、誘導したい方向や誘導したいオブジェクトに対して注意を誘発できるよう、アバタの向きや位置を制御する。同様にバーチャル環境に表示するオブジェクトの工夫によって移動を誘導する手法として、バーチャル障害物を用いた歩行経路誘導手法を提案した (松本ら, 第24回 VR 学会大会, 2019)。この手法では、移動して

ほしくない方向にユーザが移動しようとした際などにバーチャル環境に障害物を移動させて表示することで、特定方向への移動を阻害する。これとリダイレクション手法を活用することで、現実空間での移動を制御することが可能になる。これとは異なる手法として、実環境中に設置されたデジタルサイネージに提示する映像を用いて視覚誘導性の身体運動を発生させ、ユーザの実空間での歩行を誘導する手法を提案した（沼田ら、第24回VR学会大会、2019）。

第三に、歩行経路にブレを生じさせず、狙った移動経路を保ったままリダイレクションの効果を高める手法を実現した。現実のオブジェクトに触れさせながら歩かせ、その際にそのオブジェクトから得られる触覚と対応したバーチャル物体を表示する。その際、視覚と触覚の齟齬が感じられない範囲であれば、視覚で与えられたバーチャル物体・バーチャル環境に依拠した知覚が生じ、現実のオブジェクトに沿った歩行経路を保ったまま複雑なバーチャル環境を探索した感覚を提示可能であることを明らかにした。これを用い、平面上における移動において有効な手法（松本ら、日本VR学会論文誌、2018）、バーチャル環境での階段を利用した垂直方向の移動において有効な手法（長尾ら、日本VR学会論文誌、2018）、同一のオブジェクトを触りながら同じように移動しているにもかかわらず、机などのオブジェクトの形をバーチャル世界で変形して感じさせる手法（Matsumoto et al., SIGGRAPH ASIA 2017, 2017）等を実現している。また、リダイレクションを使用した際の想定移動位置と実際の移動位置の誤差を解消する手法を提案した（Mizutani et al., ICAT-EGVE 2018）。例えば回転量操作では、システムが意図したほどユーザが頭部を回転させずに操作が終了する可能性があること、特に角を曲がる際にはそうした想定移動量と実際移動量の間には大きな誤差が生まれやすいことを示した。これに対する方策として、上述した旋回量ゲインを提案するとともに、想定移動量と実際移動量のずれを目標地点までに解消するように適切な曲率ゲインを与えることで経路の修正を可能にする手法を実現した。これにより、実身体と仮想身体のずれを目標地点までに解消し、ARコンテンツを鑑賞可能な地点で空間的整合性を実現することが可能になった。

### (3)VR と AR の連続的体験が可能な領域型展示の設計方法論

(1)と(2)を統合する手法のひとつとして、強化学習を用いることで各種リダイレクションのパラメータを最適化する手法を提案した（張ら、第24回VR学会大会、2019）。これによりリダイレクション手法を組み合わせて用いる際に、人手による設計に頼ることなく、現実で利用する空間とVRで体験させたい空間を入力することで、オンラインでパラメータを調整して人の移動経路に介入することが可能になった。

また、(1)と(2)を統合し、VRとARが連続的に利用可能になった場合に、それらが連続した体験であると人が認識できる時空間的ギャップの限界を調べ、認知的に連続性を保っていると感じさせるためのコンテンツ設計ガイドラインを作成した（Aoki et al., HCII2017）。グランフロント大阪や大阪市立科学館での長期展示を通じて、提案手法を利用する上で、ARコンテンツとVRコンテンツを体験する際にユーザが異なるメンタルモデルを抱くためにAR-VR間での体験の遷移が起こりにくいという問題を見だし、この解決にはユーザインタフェースの統一およびコンテンツで扱われる時空間の移動を直観的に理解可能な範囲に留める設計論が役立つことを示した。

また、VRとARの連続的体験が可能な領域型展示を実現する基盤として、クラウドソーシングで体験コンテンツを収集・編集する手法を実現した（Osawa et al., HCII2016, 2016）。これにより展示者やミュージアムのキュレータ、ガイドツアーのガイドなどの専門家が手作業でコンテンツを作るだけでなく、大勢の市民の力を借りてコンテンツを収集・編集することが可能であることを示した。このシステムは実際に高崎市美術館での展示や、アルスエレクトロニカでの展示で活用されている。

提案手法は、江東区のまちあるきガイドツアーや東京都現代美術館の企画展示の一環としてのガイドツアーや展示として実践的に利用されている（仲野ら、日本VR学会論文誌、2017）。その他、上述したようにグランフロント大阪、大阪市立科学館、京都鉄道博物館等において長期展示として利用されたほか、東京都現代美術館、映像ミュージアム、高崎市美術館、福岡市美術館バックヤードツアー、アルスエレクトロニカ、BAINS NUMERIQUES、メディア芸術祭長崎展他の多くの展示で活用され、ユーザやツアーガイド、キュレータから高い評価を得ている。これらの実践を通して多数の一般来館者の使用データおよび意見を収集することで、上述してきたような許容される実身体・仮想身体のずれの量を含むMR型リダイレクションの評価、設計方法論のグロースハック型改善、VR・AR融合展示の効果検証、博物館展示として許容されるインタラクション方式の特定等に繋げることができた。

参考文献

- [1] J. Imura et al., Reliving Past Scene Experience System by Inducing a Videocamera Operator's Motion with Overlaying a Videosequence onto Real Environment, ITE Trans. on MTA 2(3):225-235, 2014.
- [2] 仲野ら, 領域型バーチャルタイムマシン, 情報処理学会論文誌 52 (12): 3611-3624, 2011.
- [3] S. Razzaque et al., Redirected walking. EUROGRAPHICS 2001. p. 105-106, 2001.
- [4] R. Tanaka et al., Attracting User's Attention in Spherical Image by Angular Shift of Virtual Camera Direction, SUI2015, 2015.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 仲野潤一, 大澤壮平, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝	4. 巻 Vol.22, No.2
2. 論文標題 領域型バーチャルタイムマシンを用いたまち歩きイベントの実現	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 241-250
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.18974/tvrsj.22.2_241">https://doi.org/10.18974/tvrsj.22.2_241</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 鳴海拓志	4. 巻 Vol.72, No.1
2. 論文標題 クロスモーダル知覚のインタフェース応用	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 映像情報メディア学会誌	6. 最初と最後の頁 2-7
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 鳴海拓志	4. 巻 Vol.61 No.11
2. 論文標題 Pseudo-haptics応用インタフェースの展望: 疑似触力覚提示からその先へ	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 システム制御情報学会誌	6. 最初と最後の頁 463-468
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 鳴海拓志	4. 巻 Vol.22, No.3
2. 論文標題 多感覚知覚の工学的応用	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 基礎心理学研究	6. 最初と最後の頁 369-378
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.14947/psychono.36.24">https://doi.org/10.14947/psychono.36.24</a>	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 仲野潤一, 大澤壮平, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝	4. 巻 22(2)
2. 論文標題 領域型バーチャルタイムマシンを用いたまち歩きイベントの実現	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 -
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 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 鳴海拓志	4. 巻 31(6)
2. 論文標題 デジタルミュージアムにおけるVR/ARの利用	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 人工知能	6. 最初と最後の頁 794-799
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 Daisuke Mine, Nami Ogawa, Takuji Narumi, and Kazuhiko Yokosawa	4. 巻 15
2. 論文標題 The relationship between the body and the environment in the virtual world: The interpupillary distance affects the body size perception	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0232290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232290">https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232290</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nami Ogawa, Takuji Narumi, Michitaka Hirose	4. 巻 -
2. 論文標題 Effect of Avatar Appearance on Detection Thresholds for Remapped Hand Movements	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.2964758">https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.2964758</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 山本 達己、松本 啓吾、鳴海 拓志、谷川 智洋、廣瀬 通孝	4. 巻 23
2. 論文標題 ヨー方向とロール方向の複合的視点操作によるリダイレクテッドウォーキング	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 159 ~ 168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.18974/tvrsj.23.3_159">https://doi.org/10.18974/tvrsj.23.3_159</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 松本 啓吾、鳴海 拓志、伴 祐樹、谷川 智洋、廣瀬 通孝	4. 巻 23
2. 論文標題 視触覚間相互作用を用いた曲率操作型リダイレクテッドウォーキング	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本バーチャルリアリティ学会論文誌	6. 最初と最後の頁 129 ~ 138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.18974/tvrsj.23.3_129">https://doi.org/10.18974/tvrsj.23.3_129</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ryohei Nagao, Keigo Matsumoto, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose	4. 巻 24
2. 論文標題 Ascending and Descending in Virtual Reality: Simple and Safe System Using Passive Haptics	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 1584 ~ 1593
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2793038">https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2793038</a>	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72件 (うち招待講演 25件 / うち国際学会 27件)

1. 発表者名 Tatsuki Yamamoto, Keigo Matsumoto, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose
2. 発表標題 Adopting the Roll Manipulation for Redirected Walking
3. 学会等名 IEEE VR 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Keigo Matsumoto, Takeru Hashimoto, Junya Mizutani, Hibiki Yonahara, Ryohei Nagao, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose
2. 発表標題 Magic Table: Deformable Props Using Visuo Haptic Redirection
3. 学会等名 SIGGRAPH ASIA 2017 Emerging Technologies (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tatsuki Yamamoto, Jumpei Shimatani, Isamu Ohashi, Keigo Matsumoto, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose
2. 発表標題 Mobius Walker: Pitch and Roll Redirected Walking
3. 学会等名 IGGRAPH ASIA 2017 Emerging Technologies (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryohei Nagao, Keigo Matsumoto, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose
2. 発表標題 Infinite Stairs: Simulating Stairs in Virtual Reality based on Visuo-haptic Interaction
3. 学会等名 SIGGRAPH2017 Emerging Technologies (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takuji Narumi, Yuta Sakakibara, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose
2. 発表標題 Attention Sharing in a Virtual Environment Attracts Others
3. 学会等名 HCI12017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Taiju Aoki, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose
2. 発表標題 Basic study on connecting AR and VR for digital exhibition with mobile devices
3. 学会等名 HCII2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Sho Iwasaki, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose
2. 発表標題 Guidance Method to Allow a User Free Exploration with a Photorealistic View in 3D Reconstructed Virtual Environments
3. 学会等名 HCII2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tomohiro Tanikawa, Junichi Nakano, Shohei Osawa, Takuji Narumi, Michitaka Hirose
2. 発表標題 Reminiscent Window: On-site AR exhibition system for regional community revitalization by archiving and sharing regional cultural resources
3. 学会等名 HCII2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 多感覚知覚が作り出すリアリティ
3. 学会等名 第9回多感覚研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 感覚のハッキング
3. 学会等名 KYO-SHITSU #16 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 VR 体験による感覚・行動・自己の変容
3. 学会等名 新潟大学公開講演会 クロスモーダルが創り出す超現実 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 五感に訴えるバーチャルリアリティの新展開
3. 学会等名 印刷興行会商業印刷部会勉強会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 こころと上手につきあっていくためのVR技術
3. 学会等名 科学・技術交流サロン「人の感性を科学する - 認知科学と先端技術の融合にむけて - 」第4回 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 クロスモーダルでつなぐ道具・からだ・こころ
3. 学会等名 第13回クロスモーダルデザインWS (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 オンラインで調べる認知と行動：インタフェース研究の観点から
3. 学会等名 FIT2017シンポジウム「インターネットは心理学にFITするか？」(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 研究20連発(鳴海拓志)
3. 学会等名 FIT2017 情報理工学系研究科研究100連発(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 今後のゲームデザインに必須な『sense of 』とは何か？
3. 学会等名 CEDEC 2017(招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 VR で変える五感と自分
3. 学会等名 デジタルミュージアムフォーラムin函館（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 VRで変える五感と自分
3. 学会等名 第3回こころと身体の学際会議（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 クロスモーダルインタフェースと体験のデザイン
3. 学会等名 第7回AIITイノベーションデザインフォーラム（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 バーチャルリアリティが変える身体，心，現実
3. 学会等名 VRは私たちに何をもたらすのか？ 変わりゆく<現実（リアリティ）>と、その社会的インパクトについて、（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 クロスモーダルな表現と体験のデザイン
3. 学会等名 JEITA ヒューマンインタラクションデザイン専門委員会講演会（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 知覚の ” 編集 ” で現実を変える
3. 学会等名 IP SJ ONE（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Keigo Matsumoto, Yuki Ban, Takuji Narumi, Yohei Yanase, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose
2. 発表標題 Turn physically curved paths into virtual curved paths
3. 学会等名 IEEE VR 2017（国際学会）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 感覚の減算で作る新しい体験
3. 学会等名 第12回クロスモーダルデザインWS（招待講演）
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 視覚触覚間の感覚間相互作用を利用した形状伝送システムの研究開発
3. 学会等名 戦略的情報通信研究開発セミナー2017 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Takuji Narumi
2. 発表標題 Multi-sensorial virtual reality and augmented human food interaction
3. 学会等名 Workshop on Multisensory Approaches to Human-Food Interaction (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 人間の面白さを体験するための技術とデザイン
3. 学会等名 日本基礎心理学会心の実験パッケージ開発委員会アイデアソン2016 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 多感覚知覚研究の工学的応用
3. 学会等名 日本基礎心理学会シンポジウム「多感覚知覚研究の最前線」(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 青木大樹, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 ミュージアムにおけるVR技術の導入とその動向
3. 学会等名 第112回人文科学とコンピュータ研究会発表会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 バーチャルリアリティと ×
3. 学会等名 東京工芸大学 芸術学部フェスタ2016 トークセッション(招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 三ヶ尻陽一, 青木大樹, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 全地球画像で構築したVR空間を移動するインタフェース –バーチャルパッドと傾きインタフェースの比較–
3. 学会等名 第21回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 大澤壮平, 仲野潤一, 青木大樹, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 地域ARのための過去写真のリフォトグラフィ支援UIに関する研究
3. 学会等名 第21回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2016年



1. 発表者名 榊原佑太, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 VR空間におけるユーザ間の位置・視線方向の共有が鑑賞行動に与える影響の評価
3. 学会等名 第21回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岩崎翔, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 三次元再構成における画像歪みの定量評価に基づくVR空間鑑賞誘導場の提案
3. 学会等名 第21回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 鳴海拓志, 築瀬洋平, 青山一馬
2. 発表標題 視覚だけじゃない これからのVRシステム
3. 学会等名 CEDEC2016
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Ryohei Tanaka, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka
2. 発表標題 Guidance Field: Vector Field for Implicit Guidance in Virtual Environments
3. 学会等名 SIGGRAPH 2016 Emerging Technologies (国際学会)
4. 発表年 2016年

1 . 発表者名 Keigo Matsumoto, Yuki Ban, Takuji Narumi, Yohei Yanase, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose
2 . 発表標題 Unlimited Corridor: Redirected Walking Techniques using Visuo Haptic Interaction
3 . 学会等名 SIGGRAPH 2016 Emerging Technologies ( 国際学会 )
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Sohei Osawa, Ryohei Tanaka, Junichi Nakano, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose
2 . 発表標題 Crowd-Cloud Window to the Past: Constructing a Photo Database for On-Site AR Exhibitions by Crowdsourcing
3 . 学会等名 HCI12016 ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Takuji Narumi, Hiroyuki Yabe, Shunsuke Yoshida, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose
2 . 発表標題 Encouraging People to Interact with Interactive Systems in Public Spaces by Managing Lines of Participants
3 . 学会等名 HCI12016 ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2016年

1 . 発表者名 Yuta Sakakibara, Ryohei Tanaka, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose
2 . 発表標題 Increasing User Appreciation of Spherical Videos by Finger Touch Interaction
3 . 学会等名 HCI12016 ( 招待講演 ) ( 国際学会 )
4 . 発表年 2016年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 拡張する身体, 変容する現実
3. 学会等名 第2回身体性メディアコンソーシアム (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Nami Ogawa, Takuji Narumi, Michitaka Hirose
2. 発表標題 Do You Feel Like Passing Through Walls?: Effect of Self-Avatar Appearance on Facilitating Realistic Behavior in Virtual Environments
3. 学会等名 CHI2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keigo Matsumoto, Eike Langbehn, Takuji Narumi, Frank Steinicke
2. 発表標題 Detection Thresholds for Vertical Gains in VR and Drone-based Telepresence Systems
3. 学会等名 IEEE VR 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Keigo Matsumoto, Takuji Narumi, Yuki Ban, Yohei Yanase, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose
2. 発表標題 Unlimited Corridor: A Visuo-haptic Redirection System
3. 学会等名 VRCA12019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daisuke Mine, Nami Ogawa, Takuji Narumi, Kazuhiko Yokosawa
2. 発表標題 Wider IPD makes people perceive their body to be not so large when large hands are presented
3. 学会等名 ICAT-EGVE2019 ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nami Ogawa, Takuji Narumi, and Michitaka Hirose
2. 発表標題 Realistic Virtual Hand Fosters Self-attribution of Remapped Hand Movements
3. 学会等名 SAP2019 ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Isamu Ohashi, Toshiyuki Numata, Hiroaki Yata, Shigeo Yoshida, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose
2. 発表標題 Demonstration Experiment of AR Exhibition System Inducing User Behavior with Visual Incompatibility
3. 学会等名 International Conference on Human-Computer Interaction ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nami Ogawa, Takuji Narumi and Michitaka Hirose
2. 発表標題 Virtual Hand Realism Affects Object Size Perception in Body-Based Scaling
3. 学会等名 IEEE VR 2019 ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Junya Mizutani, Keigo Matsumoto, Ryohei Nagao, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose
2. 発表標題 Estimation of Detection Thresholds for Redirected Turning
3. 学会等名 IEEE VR 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Junya Mizutani, Keigo Matsumoto, Ryohei Nagao, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, and Michitaka Hirose
2. 発表標題 Error Correction in Redirection: Rotational Manipulation for Natural Walking and Control of Walking Paths
3. 学会等名 ICAT-EGVE 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Keigo Matsumoto, Takuji Narumi, Yohei Yanase, Yuki Ban, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose
2. 発表標題 Visuo-haptic Redirected Walking Using Handrail
3. 学会等名 ICAT-EGVE 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoya Mizuguchi, Isamu Ohashi, Takuji Narumi, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose
2. 発表標題 Basic Study on Creating VR Exhibition Content Archived Under Adverse Conditions
3. 学会等名 International Conference on Human Interface and the Management of Information (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nami Ogawa, Takuji Narumi, Michitaka Hirose
2. 発表標題 Object Size Perception in Immersive Virtual Reality: Avatar Realism Affects the Way We Perceive
3. 学会等名 IEEE VR 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 張祐禎, 松本啓吾, 鳴海拓志, 葛岡英明, 廣瀬通孝
2. 発表標題 強化学習を用いた回転量操作型リダイレクションコントローラの構築
3. 学会等名 第24回バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 水谷純也, 松本啓吾, 鳴海拓志, 葛岡英明, 廣瀬通孝
2. 発表標題 旋回量操作型リダイレクション手法の検討
3. 学会等名 第24回バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松本啓吾, 鳴海拓志, 葛岡英明, 廣瀬通孝
2. 発表標題 バーチャル障害物を用いたRedirected Walking手法の検討
3. 学会等名 第24回バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高培鐘, 松本啓吾, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 VR環境下における方向認識の視聴覚統合
3. 学会等名 第24回バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 沼田俊之, 鳴海拓志, 谷川智洋, 葛岡英明, 廣瀬通孝
2. 発表標題 アンビエントサイネージによるベクションを用いた歩行者の行動誘発
3. 学会等名 第24回バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大橋敢, 沼田俊之, 矢田浩章, 吉田成朗, 鳴海拓志, 谷川智洋, 葛岡英明, 廣瀬通孝
2. 発表標題 視覚的違和感を用いた行動誘発型展示システム
3. 学会等名 第24回バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長尾涼平, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 圧覚を用いた階段昇降感覚の提示
3. 学会等名 第23回バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 松本啓吾, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 バーチャルハンドの視触覚提示が曲率操作型リダイレクションに与える効果の検討
3. 学会等名 第23回バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本達己, 松本啓吾, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 勾配ゲインと曲率ゲインを固定化したリダイレクション
3. 学会等名 第23回バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 水口直哉, 吉田成朗, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 モバイルデバイスを用いた縮退化VRに関する研究
3. 学会等名 第23回バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大橋敢, 水口直哉, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 全天周画像群による実写 VR 空間の高品位化手法に関する研究
3. 学会等名 MVE研究会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 水谷純也, 長尾涼平, 松本啓吾, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 身体と環境との整合性を考慮した回転量操作型リダイレクションに関する基礎検討
3. 学会等名 エンタテインメントコンピューティング研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 青木大樹, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 AR・VRコンテンツをシームレスに接続するモバイルアプリケーションの提案
3. 学会等名 第22回バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長尾涼平, 松本啓吾, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 視触覚間相互作用を用いた歩行による昇降感覚提示システム
3. 学会等名 第22回バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 松本啓吾, 長尾涼平, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 並進移動量操作を用いた坂昇降感覚提示手法の研究
3. 学会等名 第22回バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤絵理子, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 過去風景動画の自動生成に関する基礎的研究
3. 学会等名 MVE研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 水口直哉, 青木大樹, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 実写VRのための複数全天周動画の合成手法に関する基礎検討
3. 学会等名 MVE研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 長尾涼平, 松本啓吾, 鳴海拓志, 谷川智洋, 廣瀬通孝
2. 発表標題 視触覚間相互作用を用いた疑似上昇感覚提示の基礎検討
3. 学会等名 MVE研究会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計4件

1. 著者名 日本視覚学会 編	4. 発行年 2018年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 0
3. 書名 図説 視覚の事典	

1. 著者名 鳴海拓志ほか	4. 発行年 2018年
2. 出版社 技術情報協会	5. 総ページ数 552
3. 書名 VR/AR技術の開発動向と最新応用事例	

1. 著者名 鳴海拓志ほか	4. 発行年 2018年
2. 出版社 狙いどおりの触覚・触感をつくる技術	5. 総ページ数 653
3. 書名 S&T出版	

1. 著者名 廣瀬 通孝 監修/東京大学バーチャルリアリティ教育研究センター 編	4. 発行年 2019年
2. 出版社 日刊工業新聞社	5. 総ページ数 160
3. 書名 今日からモノ知りシリーズ トコトンやさしいVRの本(B & Tブックス)	

〔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
連携研究者	谷川 智洋  (Tanikawa Tomohiro)  (80418657)	東京大学・大学院情報理工学系研究科・准教授   (12601)	
連携研究者	鳴海 拓志  (Narumi Takuji)  (70614353)	東京大学・大学院情報理工学系研究科・准教授   (12601)	