

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K22862

研究課題名（和文）身体特性が空間知覚に及ぼす影響の解明とバーチャルアバタへの活用

研究課題名（英文）Elucidation of the influence of physical characteristics on spatial perception and its application to virtual avatars

研究代表者

廣瀬 通孝（Hirose, Michitaka）

東京大学・先端科学技術研究センター・名誉教授

研究者番号：40156716

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,900,000円

研究成果の概要（和文）：アバタの身体特性が空間知覚に影響するメカニズムの調査として、特に瞳孔間距離（IPD）と、アバタと環境のレンダリング様式という要因に着目した新規性の高い検証に取り組み、前者ではIPDと身体の見えが相互作用して身体と外界のサイズ知覚を変化させること、後者ではレンダリングスタイルは空間知覚にほとんど影響しないことを示した。また、身体特性が空間知覚を変化させるメカニズムとして身体近傍空間の柔軟性に着目し、身体近傍空間の更新において手の運動様式や外見が重要な役割を果たすことを初めて指摘した。これらの知見を応用したバーチャル空間向けのユーザインタフェースと遠隔協調作業支援手法を提案し、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、身体の大きさの認識がIPDに影響されること、レンダリング様式やその組み合わせが空間知覚にはほとんど影響しないこと、身体近傍空間の柔軟な再構成には従来考えられてきたような刺激と身体の空間的な近接性だけでなく手の運動様式や手の外見（正転vs反転）が影響する可能性があること等、人間の身体知覚と空間知覚の相互作用に関する多くの新規知見が報告されたことに意義がある。社会的には、より正確な空間知覚や空間把握のもとに効果的に作業を行えるバーチャルリアリティ向けのインタフェースや遠隔協調作業支援手法が開発され、基礎研究に基づいた実用的な成果が得られた点に意義がある。

研究成果の概要（英文）：As an investigation of the mechanisms by which the avatar's body characteristics affect spatial perception, we undertook a novel examination focusing specifically on the factors of interpupillary distance (IPD) and the rendering style of the avatar and the environment, showing that IPD and body visibility interact to change the size perception of the body and the outside world in the former case, while the latter case we showed that the rendering style has little effect on spatial perception. We also focused on the flexibility of the peri-personal space as a mechanism by which body characteristics change spatial perception, and pointed out for the first time that hand motion mapping and appearance play an important role in the updating of the peri-personal space. We proposed a novel user interface for virtual environments and a method to support remote collaboration based on these findings, and demonstrated their effectiveness.

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 アバタ 空間知覚 身体性

1. 研究開始当初の背景

VR 技術の普及に伴い、VR は設計製造や建築、医療、エンタテインメント等の分野で盛んに活用されている。一方現状の VR では、表示した対象は小さく、対象までの距離は短く知覚される等、現実世界と比べて空間知覚が大きく歪む(Renner et al., 2013)。そのために VR 空間で設計した製品や建築が現実では異なる体感として知覚されるという問題が起こる。

視覚科学では、空間の大きさや奥行き等の知覚は両眼視差と、輻輳・調節等の目の運動情報から生じると考えられてきた。他方、認知科学では身体の影響を指摘する研究が登場している。Banakou らは VR で子供のアバタに没入すると大きさ知覚が変化することを示し、この変化はアバタの認知的側面(自分は子供だという認知)の影響だと考察した(Banakou et al., 2013)。他方申請者は、身体の一部(手)のサイズが実際と異なるアバタを VR 空間で操る際にも大きさ知覚が変化することを示した(Ogawa et al., 2017)。これらの研究で身体特性が空間知覚に影響を与えることが示された一方で、人間が視覚から自己の身体表象をどのように認識し、どのようなメカニズムで空間知覚を変容させるのかは未解明である。

そこで、VR の応用展開における喫緊の課題である空間知覚の不正確さを解決する上で、これまで無視されてきた身体が空間知覚に与える影響を積極的に活用し、空間知覚の手がかりを与える存在として自らが操るアバタを活用することを考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、バーチャルリアリティ(VR)で自らが操るアバタの身体特性を変化させる実験系を駆使し、自己の身体特性が空間知覚に与える影響とそのメカニズムを明らかにすることである。この知見を応用して、想定される空間知覚の歪みに応じて身体特性を変化させることで現実と等価な歪みのない空間知覚の下に VR を体験可能にするアバタ表示手法を実現し、現状の VR では現実での知覚と比べて空間知覚が大きく歪むという問題を解決する(図1)。

3. 研究の方法

(i) 空間知覚に影響を与えるアバタ特性の特定

VR でアバタの身体特性を変化させた際に、物体の大きさ知覚や距離知覚がどのように変化するのかを明確化する。上述の研究(Ogawa et al., 2017)では、実際の手の 1.5 倍の大きさの手アバタを操作すると物体の大きさが約 5% 縮んで見えることを明らかにした。この研究では特定の身体部位のみ、サイズの拡大のみしか扱っておらず、また身体サイズの拡大が特定の身体部位への視点の接近と解釈された可能性も排除できていない。そこで全身が表示される

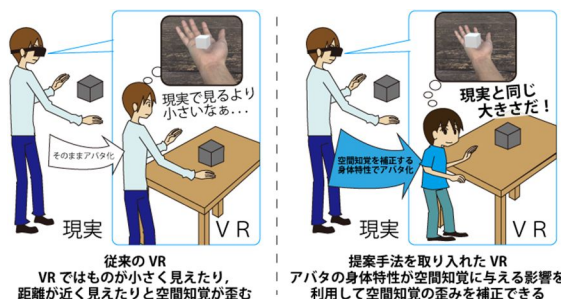


図1 研究概要

アバタを用い、アバタの特性として身体全体のサイズや体型、特定の身体部位のサイズや形態、視点位置の三要素を独立に扱えるようにする。適切なパラメータ幅を取って各要素を変化させたアバタを用いた際に、物体の大きさと距離の知覚に現れる変化についてデータを蓄積し、このデータから空間知覚の変化とアバタ特性の対応関係を表す数理モデルを構築する。その際、(ii)で活用するために、身体特性の変化を自覚的に感じることができるパラメータの変化の程度を計測し、身体特性の変化そのものへの感度についても明らかにする。

(ii) 身体特性の変化が空間知覚に影響するメカニズムの検証

(i)で構築したモデルをもとに、空間知覚の変化にはどのような身体特性の変化が必要かを明らかにした上で、身体特性の変化が空間知覚に影響を与えるメカニズムを明らかにする。特に、(i)で得た感度特性を考慮することでユーザが身体特性の変化に自覚的であることがこの効果に影響するかを検討し、身体的変化に無自覚なまま空間知覚の歪みを補正可能か、知覚的側面と認知的側面が各々どのように空間知覚の変化に寄与しているかを明らかにする。また、周囲の手がかりや視覚的注意等の状況が影響を与えるかといった点に注目した比較実験を設計し、身体特性によって空間知覚が変化する現象のメカニズムに迫る。

(iii) 可変バーチャルアバタを用いた VR 空間の空間知覚補正手法の構築と効果検証

(i)、(ii)の知見に基づいて、想定される空間知覚の歪みに応じて身体特性を変化させることで現実と等価な歪みのない空間知覚の下に VR 体験を可能にするアバタ表示手法を実現する。VR 空間の拡大/縮小および視点移動操作に関して、大きさや距離の知覚を維持するための身体特性パラメータを(i)(ii)で得られる結果から予測し、シーンに応じてバーチャルアバタの身体特性を変化させるシステムを構築する。このシステムを遠隔協調作業に応用し、可変バーチャルアバタを用いた際のタスクパフォーマンスの評価と生理評価を通じて、身体特性の変化で操作性が損

なわれていないかを検証する。この検証結果をフィードバックし、直観的な操作と空間知覚の正確性を両立させる最適なパラメータや提示手法を確立する。

4. 研究成果

(i) 空間知覚に影響を与えるアバタ特性の特定

身体サイズと瞳孔間距離 (IPD) が空間知覚に与える影響の検証

バーチャル空間で実際より大きいアバタを使った時、「自分の身体が大きくなった」という解釈と「自分はそのままで世界が縮小した」という解釈があり得る。先行研究では、自身の身体より大きいアバタになるとオブジェクトを過小視するということが示されており、人は自身の身体の大きさを基準に外界の大きさを認知しているとされている。一方で、外界の情報が身体の大きさ認知に及ぼす影響は十分に調べられておらず、本研究ではその点に着目した。その上で、IPD を大きくすると外界が縮小して感じられるということが示唆されているため、本研究では IPD を変化させることによる外界の見えの変化が身体の大きさ認知に与える影響を調べた。

実験では、バーチャル環境において参加者の目の高さを垂直方向上向きに移動させながら、IPD と参加者のアバタ表示 (バーチャルハンドのみ) の有無とハンドの大きさを操作した。実験の結果、参加者の目線の高さを上げそれにあわせて表示するバーチャルハンドを大きくする条件では、IPD が一定の場合には自分の体が大きくなったように (巨人のように) 知覚され、外界は小さくなったように知覚されることがわかった。一方で、IPD が増加する場合には、外界が小さくなったように感じ、自分の体の大きさの知覚はほとんど変化しなかった。これに対して、バーチャルハンドを表示しない場合、IPD は外界の知覚に影響を与えるものの、自分の体の大きさの知覚には影響を与えないことが示された。これはすなわち、視点の上昇と手の大きさの拡大に伴い IPD も拡大する条件では「自分はそのままで世界が縮小した」という解釈が行われやすく、IPD を変化させない条件では「世界はそのままで自分の身体が大きくなった」という解釈が行われやすいことを意味する。また、IPD を拡大した条件では IPD の拡大に伴い外界が縮小して見えた一方で身体が大きさがあまり変化しなかったのに対し、IPD を変化させなかった条件では外界の見えが変化しなかったことから、自身の身体が大きくなったと解釈したと考えられる。身体の大きさの認識が IPD に影響されるという知見はこの研究ではじめて報告されたものである。これらの結果は、自分の身体と外界の大きさの対比の手がかりが明示的に与えられる場合には、自分の身体の大きさの知覚は IPD あるいは IPD の影響を受けた外界の大きさ知覚に強い影響を受けることを示唆している。

アバタと環境のレンダリングスタイルの相互作用がサイズ知覚に与える影響の調査

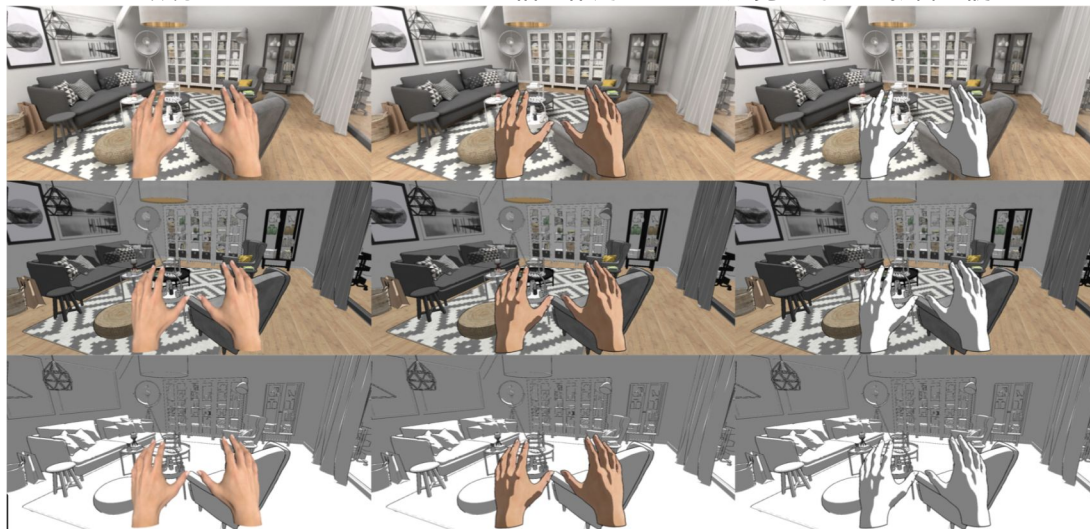


図2 バーチャルハンドと環境のレンダリングスタイルの組み合わせ (Real, Toon, Sketch)

身体は環境から独立した存在ではなく、環境と相互作用をしている。先行研究では、アバタのサイズや見た目が空間知覚や物体のサイズ知覚に影響すること等が示されており、アバタの持つ身体特性が環境の知覚に強い影響を持つことが明らかになっている (Ogawa, Narumi & Hirose, 2019)。一方、環境の特性が身体知覚や、身体と環境の対比の結果生じるサイズ知覚に与える影響はほとんど研究されていない。そこで、環境と身体との相互作用が身体知覚やサイズ知覚に与える影響の一端を明らかにする実験をおこなった。

VR 環境ではさまざまなレンダリングスタイル (フォトリアル、アニメ調、モノクロ等) が用いられる。アバタは CG 調で環境はフォトリアル、アバタは半透明で環境はアニメ調、アバタも環境もモノクロ等、現在流通している VR コンテンツでも多様なレンダリングスタイルの組み合わせが用いられている。これまでアバタのレンダリングスタイル単体を取り出して身体所有感やプレゼンスに与える影響は調べられてきたものの、アバタと環境のレンダリン

グスタイルに相互作用があるかは未知であった。そこで、アバタと環境のレンダリングスタイルが相互作用するかを、バーチャルハンドと環境の両方のレンダリングスタイルを考慮した3x3混合計画のリモートVR実験(N=128)を行って調べた(図2)。その結果、バーチャルハンドの描画スタイルや、バーチャルハンドと環境の間の描画スタイルの一貫性は、身体所有感とサイズ知覚にほとんど影響しないことが示唆された。それにもかかわらず、フォトリアリスティックにレンダリングされたバーチャル環境ほど強いプレゼンスを与えることが示された。この研究では、比較的大規模な対照実験を行ったことで、これまで証拠が一貫していなかった身体と環境のフォトリアリズムがそれぞれ身体所有感、サイズ知覚、プレゼンスに及ぼす独立した効果について信頼できる知見を示すことができた。

(ii) 身体特性の変化が空間知覚に影響するメカニズムの検証

アバタ外見の操作と身体運動変調による身体近傍空間変容のメカニズムの調査

手や頭、胴体などの身体部位の周囲を取り囲むような空間は身体近傍空間(PPS: peripersonal space)と呼ばれ、自発運動や防御行動などを支え、身体と空間の相互作用を円滑化する働きを持つことが知られている。PPSでは多感覚情報の統合が促進されたり、身体運動を効率的におこなうために独自の空間座標系が構成されていたりすることがこれまでの研究で示唆されており、こうした特徴とアバタ使用時の身体特性変容による空間知覚の変化は強い関連があると考えられる。特に、PPSは実身体の周囲にだけ形成されるわけではなく、道具を使用している時には手を中心にその道具の周囲まで拡張されることが知られている。このPPSの柔軟性が、アバタ使用時にそのアバタの特性に応じてサイズ知覚が変化する現象の根底にあると考え、アバタを使ってPPSの柔軟性を支えるメカニズムの検証をおこなった。

具体的には、PPSにおいて視触覚刺激の連合関係を形成している要因を調査することを主眼に置き、実身体の正中線を軸に手の運動を左右反転させて反映したハンドアバタを提示し、視触覚刺激を用いた反応課題でPPS内における視触覚の連合の有無を測定した。その結果、ハンドアバタが反転していない場合、親指への触覚刺激とVR内で左側に提示される視覚刺激と、小指への触覚刺激とVR内で右側に提示される視覚刺激がそれぞれ連合する(空間的に近接している刺激同士が連合)ものの、ハンドアバタが反転している場合、いずれの視触覚刺激間でも連合関係は見られなくなるということを明らかにした。このことから、視触覚刺激の連合には従来考えられてきたような空間的な近接性だけでなく、手の運動様式や手の外見(正転vs反転)などが影響する可能性を初めて指摘した。

(iii) 可変バーチャルアバタを用いたVR空間の空間知覚補正手法の構築と効果検証

複数のバーチャルハンドアバタを使い分ける新しい3DUI「手のヒッチハイク」の提案



図3 手のヒッチハイク

(i)および(ii)での検討を踏まえ、VR空間でスケールの異なるオブジェクトや距離の離れたオブジェクトを直観的かつより正確な空間知覚で操作するための手法として、オブジェクトの操作領域を複数設定したうえで、操作領域ごとに対応したサイズのバーチャルハンドを設定し、複数のバーチャルハンドを視線あるいは他の手法を使って切り替えながらヒッチハイクのように乗り継いで使っていくことを可能にする手法「手のヒッチハイク」(図3)を提案した。一つのアバタの身体特性を変えながら使っていくのではなく、場所やスケール、必要とされる操作精度等に応じて異なる身体特性のアバタを設定することで、より適切な空間知覚補正と作業支援が行えるというアイデアに基づいている。

こうした方式の懸念として、複数のアバタを切り替えながら使うことによる身体化感覚の低下や、操作する身体を意図通り変えることができずユーザの混乱を招くこと等が考えられる。しかし、検証実験の結果、ユーザは操作領域ごとに設定されたバーチャルハンドをスムーズに切り替えることができ、その際には身体化感覚が損なわれることもなく、さらには従来提案されてきた3DUIよりも速く高精度に多様な距離・多様なスケールでの作業がおこなえることが示された。

において、正確な空間知覚の担保には IPD を考慮することが重要であることが確認された。COVID-19 の影響を受け、遠隔操作でも現地にいるのと同じような空間知覚・空間把握を提供できるテレプレゼンスシステムへの期待が高まったため、本研究においてもそのようなテレプレゼンスシステムを実現するための研究に取り組んだ。具体的には、IPD を常に一定に保つことが可能な全天周立体視映像撮像装置 TeleParallax (図 4) を開発し、実写 VR を利用したテレプレゼンスにおいて空間知覚を歪めることなく立体視可能な映像を伝送することを可能にした。TeleParallax は、テレプレゼンス環境において、遠隔視聴者の頭部の回転運動に対してカメラ光軸と瞳孔間距離を一定に保つように 2 台の全天周カメラが動くシステムである。2 台の全天周カメラを、視聴者の IPD を直径とする球面上を移動するように制御することで、ベースラインを一定に保ちながら、世界座標系ではカメラレンズの方位を一定に固定するように制御できることを示し、ヘッドマウントディスプレイに表示される映像のモーションブローの低減と正確な奥行き知覚の提供につながることを示した。

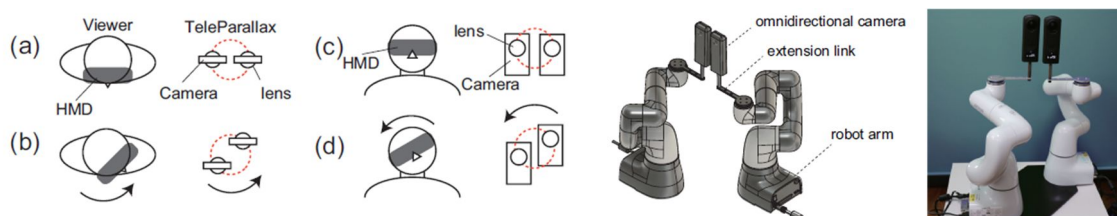


図 4 TeleParallax システムの概要とロボットアームを使った実装

サイズ知覚・空間把握が正確な遠隔協調作業支援手法の開発

上記研究を通じて得られた知見をもとに、サイズ知覚が重要なものづくりの作業現場において、遠隔で協調作業をする場合に正しい空間知覚を与える手法を開発した。ものづくりは、技術者が作業現場に集まって集団で協力し合いながらおこなわれることが多い。しかし、COVID-19 の流行が始まって以降、特に屋内では集団の移動や活動が制限され、ものづくりも集団が対面した状況でおこなうにくくなっている。また、環境負荷や移動コストの観点から、遠隔協調作業への期待が高まっている。さまざまなテレプレゼンスシステムが提案されており、実験室実験のレベルではその有効性が示されているものの、こうしたシステムは複雑で高価な機械を使用したり、学習コストが高かったりするために、実際に使用されることは少ないという問題がある。そこでここでは、現場の技術的な制約も踏まえ、ビデオチャットを使用してモニタ上で遠隔地の様子を観察しながら協調作業をおこなう場面を想定することとし、そのような制約の多い環境下でも本研究の知見を応用することで正しいサイズ知覚や空間把握を提供できる手法を検討した。

遠隔地の空間を理解するためにビデオチャットを利用する場合、一般的には現地参加者が遠隔参加者のためにビデオチャットで使用するカメラを動かして状況を伝える。一方で、上記で検討した PPS の研究からは、能動的に運動することで、その運動の特性に応じて PPS が変化し、空間知覚や空間把握が変化することが考えられる。そのため、ここでは遠隔の視聴者が自ら視点を動かして遠隔地を観察できるようにすることで、空間知覚や空間把握の正確性を高められるという仮説を立てた。全天周カメラを使用し、ビデオチャットで表示される視野を遠隔視聴者が自ら操作して選択できるシステムを構成し、現地参加者がカメラを代理操作するシステムと比較したところ、空間把握がより正確になることが示され、提案手法の有効性が確認された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Aoyama Kazuma, Maeda Kiyosu, Ueoka Ryoko, Makioka Shigeo, Sakura Nobukazu, Nakashima Kunihiro, Hirose Michitaka, Amemiya Tomohiro	4. 巻 16
2. 論文標題 Improving Remote Spatial Understanding by Transmitting Spherical Images via Video Chat Applications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Automation Technology	6. 最初と最後の頁 286 ~ 295
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/ijat.2022.p0286	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 Shigeyama Jotaro, Hashimoto Takeru, Yoshida Shigeo, Narumi Takuji, Tanikawa Tomohiro, Hirose Michitaka	4. 巻 -
2. 論文標題 Presenting Morphing Shape Illusion: Enhanced Sense of Morphing Virtual Object with Weight Shifting VR Controller by Computational Perception Model	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Computer Graphics and Applications	6. 最初と最後の頁 1 ~ 10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/MCG.2022.3229018	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 水谷純也, 松本啓吾, 鳴海拓志, 廣瀬通孝	4. 巻 27
2. 論文標題 旋回ゲインを用いたリダイレクテッドウォーキング	5. 発行年 2022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 Chang Yuchen, Matsumoto Keigo, Narumi Takuji, Tanikawa Tomohiro, Hirose Michitaka	4. 巻 9
2. 論文標題 Redirection Controller Using Reinforcement Learning	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 145083-145097
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2021.3118056	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 雨宮智浩, 青山一真, 廣瀬通孝	4. 巻 26(2)
2. 論文標題 頭部回転運動時に光軸と瞳孔間距離を一定に保つ立体視テレプレゼンスシステム	5. 発行年 2021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 139 ~ 142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18974/tvrsj.26.2_139	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 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) 10.1371/journal.pone.0232290	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 小柳 陽光, 鳴海 拓志, 大村 廉	4. 巻 25
2. 論文標題 ソーシャルVRコンテンツにおける普段使いのアバタによる身体所有感と体験の質の向上	5. 発行年 2020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 50 ~ 59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18974/tvrsj.25.1_50	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 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Akimi Oyanagi, Takuji Narumi, Kazuma Aoyama, Kenichiro Ito, Tomohiro Amemiya, Michitaka Hirose
2. 発表標題 Impact of Long-Term Use of an Avatar to IVBO in the Social VR
3. 学会等名 HCI International 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021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 廣瀬通孝
2. 発表標題 VRトレーニングシステムの開発の現状について
3. 学会等名 HI コンソーシアム定例会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 廣瀬通孝
2. 発表標題 新世紀を迎えたVRの研究開発
3. 学会等名 機械学会VE/VR講習会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 廣瀬通孝
2. 発表標題 テレワークとVR
3. 学会等名 機械学会D&Sシンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 廣瀬通孝
2. 発表標題 ポストコロナ社会とVRとゲーム
3. 学会等名 CEDEC2020 (招待講演)
4. 発表年 2020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 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

〔図書〕 計0件

〔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
研究協力者	鳴海 拓志 (Narumi Takuji) (70614353)	東京大学・情報理工学系研究科・准教授 (12601)	

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
---------	---------