

令和 5 年 5 月 25 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H04149

研究課題名(和文) 歩容解析に基づくRedirected Walkingの客観評価指標の確立と応用

研究課題名(英文) Development of objective measures of Redirected Walking based on gait analysis and their application.

研究代表者

鳴海 拓志(Narumi, Takuji)

東京大学・大学院情報理工学系研究科・准教授

研究者番号：70614353

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、狭い実空間でも広大なVR空間での歩行移動体験を可能にするリダイレクテッドウォーキング(RDW)技術について、効果の客観評価指標確立と効果の個人差の要因の解明に取り組んだ上で、ユーザ最適化されたRDWの実現に取り組んだ。RDWの効果の評価指標としては頭部動揺の標準偏差の計測が推定精度と測定の容易さのバランスの観点から有用であることを示した。個人差については青年・成人感覚プロフィールにおける感覚処理特性のうち感覚過敏・感覚回避傾向がRDWによる操作に気付きやすくすることを示した。こうした知見に基づいて、RDWの効果の個人差を低減する複数の手法を提案し、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

狭い実空間でも広大なバーチャルリアリティ(VR)空間での歩行移動体験を可能にするリダイレクテッドウォーキング(RDW)技術は、教育・訓練からエンターテインメント等幅広い分野においてVRの没入感や効果を向上させることが期待されているものの、効果の個人差が大きいため大規模な実用はなされていない。本研究の成果はこうした個人差の影響を低減させ、多くの人に有効なRDWを実現したことで、今後さまざまな分野で広い空間を動き回って体験するVRが活用されていく基盤として活用されることが期待される。

研究成果の概要(英文)：In this study, we investigated objective measures of the effectiveness of redirected walking (RDW) techniques, which enable users to experience walking in a vast VR space even in a small real space, and clarified the causes of individual differences in effectiveness, and then worked to realize user-optimized RDW. We showed that the measurement of the standard deviation of head movement is useful from the viewpoint of the balance between estimation accuracy and ease of measurement. As for individual differences, we showed that sensory processing characteristics in the sensory profiles of adolescents and adults, such as hypersensitivity and sensory avoidance tendencies, make it easier to notice the manipulation by RDW. Based on these findings, we proposed several methods to reduce individual differences in the effects of RDW and demonstrated their effectiveness.

研究分野：バーチャルリアリティ

キーワード：Redirected walking 歩容 評価指標 バーチャルリアリティ 空間知覚

1. 研究開始当初の背景

バーチャルリアリティ(VR)研究では初期より高い没入感や臨場感,操作感を与えるために,実空間のユーザの身体動作を計測して VR 空間内を現実と同様に動けるようにする手法が模索されてきた。しかし,ユーザの実世界での歩行を同型で VR 空間に反映すると,実空間より大きい VR 空間を歩き回ることにはできない。VR 空間は無限に生成できても,歩行可能範囲は実世界の制約を受ける。

この解決策として Redirected Walking (RDW)が提案されている(Razzaque et al., 2001)。RDW は実世界で頭を 120 度回転させた時にヘッドマウントディスプレイ(HMD)上では頭を 90 度回転させた時の VR 空間を見せるといったように,実際のユーザの身体動作と VR 空間での身体動作の間に気付かれぬずれを作り出した映像を提示して空間知覚を操作し,狭い実空間のみの利用でも広大な VR 空間での歩行移動を体験可能にする技術である。研究代表者は視覚操作と触覚の同期提示による視触覚相互作用を利用した RDW 効率化手法(Matsumoto et al., 2016)や視野をロール方向に回転させる手法(Yamamoto et al., 2017)等,新しい RDW 手法を複数提案して効果的な RDW を実現し,日本を代表する RDW 研究者として世界的な注目を集めてきた。

RDW は歩行 VR において平均的な空間利用効率を向上させることが示されてきた一方で,その効果には大きな個人差がある(Nguyen et al., 2018)。これまでの RDW 研究では,空間知覚操作の評価手法として,二肢強制選択法等の心理物理学的手法に基づいて丁度可知差異(刺激の差に気付かない範囲)を求める手法が一般に用いられてきた(Steinicke et al. 2010)。しかし,この方法は大量の実験データを解析して平均的な効果を検証するもので,個人差を定量的に考慮することが難しい。ユーザが現在どの程度 RDW の影響を受けているかをリアルタイムに計測して定量評価できれば,効果の個人差を数値的に議論してその要因を特定することや,オンラインで RDW のパラメータを調整して最適な RDW 効果をもたらす制御が可能になる道が拓かれる。そこで本研究の核心をなす学術的「問い」を下記の通りに設定した。

- (Q1) RDW の効果をリアルタイムに定量化する客観評価指標はどうすれば実現できるか?
- (Q2) RDW の効果の個人差の要因を RDW の定量評価に基づいて特定することが可能か?
- (Q3) 個人差を考慮してリアルタイムに最適な RDW 効果をもたらす制御器は実現可能か?

これらの問いへの一つのアプローチとして,研究代表者は RDW 中のユーザの歩容を解析する予備検討を行った。その結果,曲率操作型の RDW (まっすぐ歩く際に視野を少しずつ回転させ歩行経路を湾曲させる操作)を受けるユーザの歩容が,その空間知覚操作に気付いていない時と気付いている時とで異なること,気付いていない時と普通の歩行時の歩容は似通っているが,気付いている時には歩容が変容することを発見した。この映像操作に応じた歩容の変容度合を定量指標化できれば,リアルタイムの計測に基づく RDW の効果の定量化が実現できる可能性がある。

そこで,従来医療診断やプロスポーツトレーニング,生体識別などで活用されてきた歩容解析を,知覚・認知と関連付ける分野横断的な研究に挑戦し,上述した問いに答える研究計画を立案した。

2. 研究の目的

本研究の目的は,空間知覚をユーザに悟られない範囲で操作することで狭い実空間でも広大な VR 空間での歩行移動体験を可能にする RDW 技術について,(A)歩容解析に基づく効果の客観評価指標を確立するとともに,(B)効果の個人差の要因を解明することである。これらを元に,ユーザに与えている RDW の効果をオンラインで解析しながらリアルタイムにパラメータを調整し,(C)ユーザごとに最適化された RDW を実現可能な RDW 制御器を実現する。

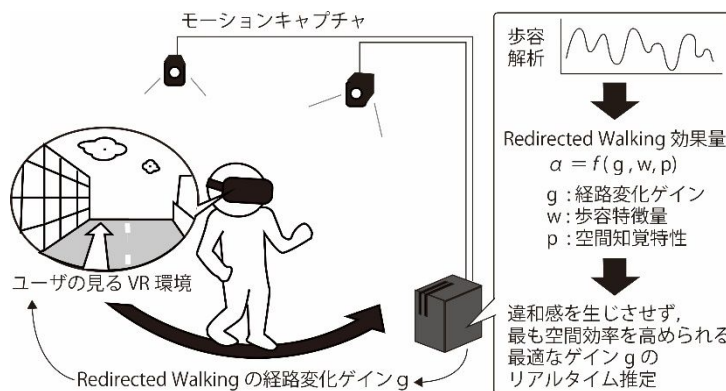


図2 歩容解析による RDW の効果の定量化とリアルタイムな最適制御への応用

3. 研究の方法

(A)歩容解析に基づく Redirected Walking の効果の客観定量評価指標確立

(A-1)Redirected Walking の効果の定量評価に利用できる歩容特徴量の解明

RDW の効果の定量評価に利用できる歩容特徴量を明らかにする。RDW の基本手法として、並進移動量操作（視点移動量にゲインを与える）、回転量操作（視点回転量にゲインを与える）、曲率操作がある。これらの RDW 手法適用時と通常歩行時のユーザの歩容を含む身体状態を、モーションキャプチャ（歩行周期、歩行速度、各身体部位の速度、加速度等）、床反力計（足裏反力）、生理計測（筋電位、皮膚発汗等）を利用して比較する。このとき、従来の RDW の評価に用いられてきた二肢強制選択法や官能評価指標を合わせて用い、空間知覚操作が行われたことにユーザが気付かない最大の操作量である閾値を評価する。これにより、ユーザの主観的な知覚の変化と実際の歩容の変化を対応付け、ユーザに違和感が生じずに効果的に空間知覚が変化している場合とそうでない場合との間で、歩容のどのパラメータが大きく変化するのか、およびその変化量と RDW の効果との関係性を解明する。また、操作に気付いた違和感から歩容が乱れるのか、歩容が乱れるために違和感に気付くのかを、外部から歩容に介入することで検証する。

(A-2) Redirected Walking の効果のオンライン定量評価手法の確立

(A-1)で明らかになる歩容特徴量を用いて、RDW の効果をリアルタイムに評価可能にするための手順および解析手法の構築を行う。その際、特殊な器具を用いなければ計測の難しい指標の利用が有効と考えられる場合には、それと通常のセットアップで計測可能な指標との間の相関関係を明らかにし、計測の容易な指標のみでも高精度な効果の評価ができるような変換式を明らかにする。これにより、可能な限り通常の VR 体験と変わらないセットアップで RDW 効果の評価が可能になるよう計測の簡易化を実現する。

(B)Redirected Walking の効果に個人差を生む要因の特定と解明

空間知覚は視覚だけでなく聴覚や体性感覚、触覚等も加味した多感覚統合によって生起するが、その統合のされ方は各個人の身体特性、知覚特性、認知特性によって異なる。そのため、空間知覚を操作する RDW においてもこうした要素の影響を受けて個人差が生じると考えられる。身体特性、知覚特性、認知特性を測る官能評価やアンケート指標と、(A)で構築した RDW の効果の評価指標との関係性を求めることで、こうした特性の中で RDW の効果に与える影響が大きい要素を明らかにする。さらには、各個人におけるそれらの要素の空間知覚への寄与率を推定する手法を明らかにする。

具体的には、個人の歩行姿勢や歩行周期に応じて最適な操作量や操作タイミングが異なることが考えられるため、身体特性としては体格、歩行姿勢、歩行周期等を扱う。知覚特性としては、日常生活において優先して使用される感覚は個人によって異なり、大きく視覚優位、聴覚優位、自己受容感覚優位の 3 つに分類できるとされていることから、聴覚および自己受容感覚の感度・弁別能力や、運動図形が交差あるいは反発のいずれにも知覚可能な映像刺激(Stream-Bounce Display)を与えた際に、合わせて提示する聴覚や触覚が視知覚にどの程度影響を与えるかというクロスモーダル特性が、RDW 効果に与える影響を検証する。また、RDW の効果は使用する HMD の画角や提示する VR 環境に大きな影響を受ける (Nilson et al., 2018)。そのため、視覚単体についても視野や提示映像の複雑さが個人差に与える影響を調査する。認知特性としては、先行研究で行为主体感との関連が指摘されている Locus of Control 指標(Jeunet et al. 2018)や Big Five 尺度等の性格特性指標との関連を検証する。

(C)ユーザ最適化された Redirected Walking を実現可能な Redirected Walking 制御器の実現

(A)および(B)の成果を基に、ユーザに与えている RDW の効果をリアルタイムに評価し、RDW で与えるゲインをフィードバック制御によって変更することで、各個人の空間知覚特性に合わせて違和感を生じさせず最も空間効率を高めることが可能な RDW を実現する RDW 制御器の構成法を明らかにする。RDW の効果量を α とすると、 α は RDW で与える操作量であるゲイン g と、現在の歩容特徴量 w 、そして各個人の空間知覚特性を表すパラメータ p からなる関数であると考えられる。 (A)で求めた歩容特徴量から RDW の効果量を求める式を拡張し、(B)で得られた知見を統合することで、RDW の効果を現す関数 $\alpha = f(g, w, p)$ を明らかにする。この関数を基に、リアルタイムで α を最大化する g を求めるアルゴリズムを構築することで、個人差をも考慮に含めた上で、各ユーザに最適なゲインでの RDW を行うことができる RDW 制御器を実現する。最終的に、この RDW 制御器について、心理物理評価と歩容解析による RDW 効果の検証と、酔いやその他の副次効果を検討するための生理計測を合わせておこない、提案した手法の有効性を検証する。

4. 研究成果

(A)歩容解析に基づく Redirected Walking の効果の客観定量評価指標確立

RDW の効果のオンライン定量評価手法の確立に取り組んだ。具体的には、従来の心理物理実験を用いた閾値推定法に代わるものとして、生理指標や行動指標を用いて曲率操作の閾値をオンラインで推定する手法を検討した。予備検討段階では、全身のモーションキャプチャや足裏反

力等の特殊な計測機器が必要な指標も含めてさまざま計測した。その結果を精査した上で、実用的な客観評価指標を検討するために、市販されているアイトラッキング機能付きのHMDで計測が可能な生理指標として瞳孔径、マイクロサッケードを、行動指標としては歩行速度、頭部動揺に着目し、これらの指標と閾値の関係を評価する実験をおこなった。

検証の結果、疑似二肢強制選択課題(2AFC)課題における正答率と、瞳孔径およびマイクロサッケードの割合との間には有意な相関がみられなかった。瞳孔径は認知負荷に応じて変化することが知られているため、ユーザに違和感を生じさせる閾値以上のRDWを適用した場合に瞳孔径の変化が検出されることを期待して計測した。他方、瞳孔径は照明の影響を強く受ける。そのため、実際にはバーチャル環境を歩行して環境が変わった際の光の影響の方が支配的となり、RDWによる認知負荷を調べるには適していなかったと考えられる。また、本実験ではサンプリングレート 90Hz のアイトラッカーを用いた。他方、瞳孔径と認知負荷の関係を調べた先行研究(Martinez-Conde et al. 2009 他)では、サンプリングレートが 250-1000Hz のアイトラッカーを用いてマイクロサッケードを計測している。今回使用した装置のサンプリングレートではマイクロサッケードを捉えることができず、また歩行時の装置や身体の振動がマイクロサッケードとして誤認識されてしまったために正確な計測ができなかった可能性もある。

他方、疑似2AFC課題における正答率と、全参加者の平均歩行速度および頭部動揺の標準偏差との間には有意な相関があることがわかった。個人別では、平均歩行速度において2名で有意に高い相関が認められ、さらに1名で高い相関が、9名で中程度の相関が認められた。また、頭部動揺の標準偏差においては、1名の参加者で有意な高い相関が認められ、14名の参加者で中程度の相関が認められた。これらの結果は、行動指標によってRDWの閾値を推定可能であることを示している。

頭部運動はRDWが可能な機器であれば取得可能であるため、個人の閾値を推定するのに適している。一方、頭部動揺運動の個人差は曲率ゲインに比例して大きくなる傾向があった(図1)。そのため、閾値の推定精度は疑似2AFC法よりも劣ると想定される。この欠点を補うには、最尤推定や最大事後推定(MAP)等の方法を使うことが有効と考えられる。

また、RDWのような操作がどのような機序で有効であるのかを捉えるうえでの知見を得るために、リダイレクション操作下の参加者の脳活動をfNIRSで計測し、オンラインで参加者がリダイレクション操作に違和感を覚えているかを推定する実験をおこなった。その結果、視覚と体性感覚のずれの閾値と左側VLPFCのヘモグロビン濃度変化に有意な相関が見られ、脳計測をおこなうことで違和感を推定できることを示唆した。これにより、脳計測を基にパラメータを調整することで、違和感を生じさせないリダイレクション操作が実現できると期待される。

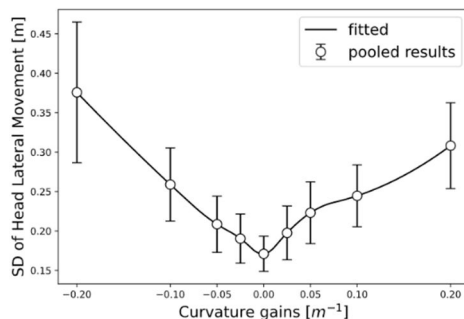


図1 曲率操作ゲインと頭部動揺量

(B) Redirected Walking の効果に個人差を生む要因の特定と解明

感覚処理特性とRDWの閾値の間に関連が見られると仮説を立て、心理物理実験によって推定した個々のRDWの閾値と、青年・成人感覚プロファイル(AASP)を用いて測定した感覚処理特性の関係を評価した。具体的には、AASPの各象限で判別される感覚処理の傾向(低登録、感覚探求、感覚過敏、感覚回避)ごとに実験参加者のグループを作成し、それぞれのグループに属する参加者から得られた閾値測定の結果をプールして解析し、感覚処理傾向によって結果が異なるかを分析した。

その結果、低登録と感覚探求については差が見られなかった。したがって、神経学的閾値が低い象限とRDW閾値の間には関連が見られないと考えられる。一方で、感覚過敏と感覚回避については有意な差が見られた。感覚過敏グループの検出閾値は $g_c = 0.37$ であり、それ以外の人の検出閾値は $g_c = 0.48$ であった。感覚過敏の傾向を持つ人は、持たない人に比べて閾値が22%低いという結果が得られた。感覚回避については、感覚回避傾向が特に顕著な人の検出閾値は $g_c = 0.33$ 、感覚回避傾向を持つ人の検出閾値は $g_c = 0.42$ 、それ以外の人の検出閾値は $g_c = 0.48$ であった。感覚回避の傾向を持つ人のうち、顕著な特性を持つ人では31%、感覚回避を起こしやすい人では13%閾値が低いという結果が得られた。感覚過敏・感覚回避の傾向を持つ人は、ゲインの増加に伴う変化に気付きやすいために、検出閾値が低くなったことが想定される。また、VR酔いと神経学的閾値の関係を考察するために、個々の参加者の実験前後のSSQ(Simulator Sickness Questionnaire)総得点をAASPの感覚処理傾向グループ間で比較した。しかし、どの感覚処理傾向グループ間にも有意差は見られなかった。そのため、神経学的閾値はVR酔いとは関連しないことが示唆された。これらの結果から、神経学的閾値とRDW閾値に関連があり、神経学的閾値が低い群ほど曲率増加の検出閾値が低くなる傾向が見られること、こうした現象は酔いとは関係なく、多感覚統合におけるボトムアップな要因に起因すると考えられることを初めて報告した。

また、別の個人差の要因として、RDWでも用いられるリダイレクション操作に対する気付きやすさに性格特性が影響するかを検討した。これまでの研究で、Self-Concept Clarity(SCC:自己概念の明瞭さ)やLocus of Control(LoC:統制の所在)のinternalityが身体所有感や行為主体感の得やすさに関係するという報告があるため、ここではこれらの指標との関連を見た。

実際の手の運動と異なるバーチャルハンドの運動を視覚的にフィードバックするバーチャル環境において、さらに体性感覚の信頼度を下げる腱電気刺激を併用した場合に、視覚と体性感覚のずれの閾値が変化するかを計測した。その結果、身体所有感と関係があると考えられている SCC や LoC の internality と閾値は相関しないことが示されたが、腱電気刺激を与えた場合の閾値の変化量が SCC と相関し、SCC が高い (= 自己概念がはっきりしている) ほど、腱電気刺激による影響を受けて閾値が変化しやすいことが示唆された。感覚入力信頼度が低下したときに性格特性による個人差の影響が大きくなり、明瞭な自己概念を持っていると認識している人ほど安定した自己の状態を保つために信頼できる視覚情報に依拠しやすくなることが示唆される。

(C) ユーザ最適化された Redirected Walking を実現可能な Redirected Walking 制御器の実現

歩容解析に基づく RDW の効果の客観定量評価指標と最適化された RDW を実現可能な RDW 制御器の組み合わせの検討として、頭部の回転量にゲインをかけてフィードバックする回転量操作において、期待される回転量と実際の回転量の差を検知し、十分な回転量操作がおこなわれない場合にその効果を曲率操作で補うことで個人差の影響を低減させる手法を構築した。ユーザが VR 空間において角を曲がる状況において、角の角度を変化させて感じさせるよう回転量操作をおこなう場合には、歩行に伴って回転軸が移動してしまうため、ユーザが期待される回転量まで回転する前に回転を終了してしまうことがある。この問題に対し、回転軸を頭部ではなく角の回転中心に置く旋回ゲイン (図 2) を提案するとともに、期待される回転量と実際の回転量の差を回転量操作の効果の指標と捉え、その差によって生じるユーザ位置のずれを回転後の直進歩行に曲率操作を適用することで補正する手法を提案した。この評価では、従来の回転ゲインでは多くのユーザが目標の回転量を達成せず、ゲインが増えるほど目的位置と到達位置がずれ、その位置のずれも個人差の影響が大きいものに対し、旋回ゲインを用いることで目的位置と到達位置はほぼずれることがなくなり、個人差もほとんど見られないことを示した (図 3)。こうした結果から、RDW の効果の行動指標に基づいたフィードバックを与えることで、ユーザの現実での歩行経路を個人差なく RDW で計画した通りに補正可能なことが示された。

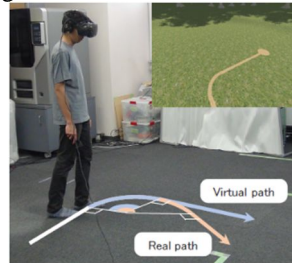


図 2 旋回ゲイン

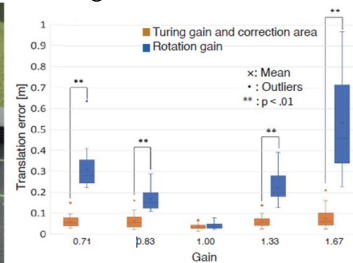


図 3 歩行終了時の実環境での位置と想定到達点との並進誤差

また、感覚統合は各感覚の信頼度に応じてなされるという最尤推定モデルに着目し、個人差の影響を加味しながら感覚統合のバランスを調整して RDW の効果を調整する手法を提案した。ここでは視覚に加えて聴覚を利用する視聴覚 RDW を対象とした研究をおこなった。聴覚を用いた RDW は先行研究では効果が薄いと指摘されてきた (Mayer et al., 2016 他) が、これは聴覚の信頼度が視覚に比べて相対的に低いためと考えられる。対して、本研究では映像に霧をかけるなど視覚の信頼性を下げるテクニックを導入することで、聴覚を活用した効果的な RDW を実現できることを示した。このような感覚の信頼度を操作するアプローチを用いれば、感覚統合のバランスの個人差を打ち消して効果的な RDW が可能になると期待される。同様の取り組みとして、RDW において曲率操作を適用する際に、ノイズ前庭電気刺激を用いて前庭感覚の信頼性を低下させることで視覚の総体的な重みを向上させ、視覚に依拠した RDW の効果を向上させる手法を提案し、その有効性を確認した。

さらに、リダイレクション操作下の参加者の脳活動を fNIRS で計測し、オンラインで参加者がリダイレクション操作に違和感を覚えているかを推定する実験をおこなった。その結果、視覚と体性感覚のずれの閾値と左側 VLPFC のヘモグロビン濃度変化に有意な相関が見られ、脳計測をおこなうことで違和感を推定できることを示唆した。これにより、脳計測を基にパラメータを調整することで、違和感を生じさせないリダイレクション操作が実現できると期待される。

また、視覚と体性感覚のずれから生じる違和感が左側 VLPFC 周辺の脳活動に影響をするという (A) で得られた知見に基づいて、ニューロフィードバックで VLPFC 周辺の脳活動を変調することで、リダイレクション操作時の違和感を低減させることが可能化についても検討を進めた。ここでは tDCS を用いて VLPFC 周辺の脳活動を変調したところ、違和感が低減し有意に知覚閾値が変化するという結果が得られた。この結果は、RDW の効果をオンラインで計測して補正するための全く新しい方法論が構成可能なことを示した。今後はこうした知見を踏まえ、より汎用性の高い RDW のユーザ最適化の方法を構築していく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 近藤 哲太、平尾 悠太郎、鳴海 拓志、小川 奈美	4. 巻 27
2. 論文標題 回転ゲインと力覚フィードバックを利用した着座型VR向け見回しインタフェース	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 65～75
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.18974/tvrsj.27.1_65	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 Hirao Yutaro, Narumi Takuji, Argelaguet Ferran, Lecuyer Anatole	4. 巻 -
2. 論文標題 Revisiting Walking-in-Place by Introducing Step-Height Control, Elastic Input, and Pseudo-Haptic Feedback	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 1～14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TVCG.2022.3228171	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 該当する
1. 著者名 鳴海拓志	4. 巻 64
2. 論文標題 バーチャルリアリティによる知覚・運動・認知の変容がバイオメカニクスにもたらす可能性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 整形・災害外科	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 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 Narumii, 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 Ogawa Nami, Narumi Takuji, Hirose Michitaka	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 1~1
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVCG.2020.2964758	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 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34件(うち招待講演 18件/うち国際学会 10件)

1. 発表者名 Gaku Fukui, Takuto Nakamura, Keigo Matsumoto, Takuji Narumi and Hideaki Kuzuoka
2. 発表標題 Effects of Wearing Knee-tightening Devices and Presenting Shear Forces to the Knee on Redirected Walking
3. 学会等名 Augmented Humans 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 福井岳, 中村拓人, 松本啓吾, 鳴海拓志, 葛岡英明
2. 発表標題 膝におけるハンガー反射による歩行誘導の研究
3. 学会等名 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小山大嘉, 青山一真, 鳴海拓志, 葛岡英明, 雨宮智浩
2. 発表標題 前庭電気刺激を用いた着座姿勢における疑似歩行感覚の生起
3. 学会等名 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤哲太, 平尾悠太郎, 鳴海拓志, 雨宮智浩
2. 発表標題 乳様突起への骨伝導振動刺激が上下ベクションに与える効果の検証
3. 学会等名 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 李昌, 松本啓吾, 鳴海拓志, 葛岡英明
2. 発表標題 体験者同士のインタラクションを考慮したリダイレクテッドウォーキング手法の構築
3. 学会等名 第27回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 バーチャル環境と人の相互作用
3. 学会等名 建築情報学会年次学术交流大会ラウンド・テーブル・セッション「Dancing Architecture」(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 五感統合の編集による感覚と自己のデザイン
3. 学会等名 五感統合とnew essential - 分子・認知・工学の融合が導く未来のウェルビーイング - (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Takuji Narumi
2. 発表標題 Designing Cross-modal Interfaces Based on The Mechanism of Multi-sensory Integration
3. 学会等名 The 29th International Display Workshops (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 VR・メタバースが変える私・空間・社会
3. 学会等名 日本建築学会 DXシンポジウム 私たち・建築・都市をつなぐ最先端XR (招待講演)
4. 発表年 2022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による身体活動の変容とその応用
3. 学会等名 第95回日本整形外科学会学術総会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yutaro Hirao, Takuji Narumi, Ferran Argelaguet Sanz, Anatole Lecuyer
2. 発表標題 SheF-WIP: Walking-in-Place based on Step Height and Frequency for Wider Range of Virtual Speed
3. 学会等名 IEEE VR 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Peizhong Gao, Keigo Matsumotomo, Takuji Narumi, Michitaka Hirose
2. 発表標題 Visual-Auditory Redirection: Multimodal Integration of Incongruent Visual and Auditory Cues for Redirected Walking
3. 学会等名 ISMAR2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Tsai-Yen Ko, Li-wen Su, Chang Yuchen, Keigo Matsumoto, Takuji Narumi, Michitaka Hirose
2. 発表標題 Evaluate Optimal Redirected Walking Planning Using Reinforcement Learning
3. 学会等名 ISMAR2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 迫野弘明, 松本啓吾, 鳴海拓志, 葛岡英明
2. 発表標題 連続的な曲率変化下でのリダイレクテッドウォーキング
3. 学会等名 第25回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takuji Narumi
2. 発表標題 Designing ourselves via embodiment in VR
3. 学会等名 The 23rd EA-RTM Symposium on Smart Entertainment (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020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行動変容
3. 学会等名 日本臨床バイオメカニクス学会 特別シンポジウム「メカニクスの基礎、計測技術、IT応用の最前線 -工学系研究者からのメッセージ-」 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 身体の見た目の制御による知覚・認知・行動の変容
3. 学会等名 日本心理学会第84回大会公募シンポジウム9「バーチャルリアリティ(VR)と心理学」(招待講演)
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 VRCAI2019 (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 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 鳴海拓志
2. 発表標題 バーチャルリアリティによる知覚・認知の制御
3. 学会等名 生理研研究会「脳神経ダイナミクスの可視化と制御」(招待講演)
4. 発表年 2019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再考
3. 学会等名 第220回CVIM研究会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 超臨場感が現実を変える
3. 学会等名 ビジュアルメディアExpo2020 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 現実を編集する：バーチャルリアリティによる知覚・認知の再設計
3. 学会等名 XRKaigi2019 (招待講演)
4. 発表年 2019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感覚のサイエンス
3. 学会等名 千里ライフサイエンス振興財団セミナー「感覚のサイエンス」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 身体拡張を通じたこころのデザイン
3. 学会等名 SICE SI部門ロボティクス部会特別講演会「バーチャルリアリティと身体」(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 パラレルな ” 現実 ” を生きる
3. 学会等名 ウェブサイエンス研究会 オープンセミナーvol.9 「ミラーワールドから考える拡張現実の世界」 (招待講演)
4. 発表年 2019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拓く五感の時代
3. 学会等名 日本香料協会記念講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鳴海拓志
2. 発表標題 リアリティの再設計
3. 学会等名 人工知能学会全国大会企画 「未来社会の知能・虚構・リアリティ」 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takuji Narumi
2. 発表標題 Illusions for Virtual Reality Interfaces and Human Augmentation
3. 学会等名 Location-based Virtual Reality Experiences for Children (招待講演) (国際学会)
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
--	---------------------------	-----------------------	----

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