

令和 6 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H03478

研究課題名（和文）Pseudo-haptics実用化に向けた効果の不安定要因解明と安定化制御法開発

研究課題名（英文）Clarification of Unstable Factors Affecting the Effectiveness of Pseudo-Haptics and Development of Stabilization Control Methods for Practical Use

研究代表者

伴 祐樹（Ban, Yuki）

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・特任講師

研究者番号：20789391

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、Pseudo-haptics効果の工学的応用を見据え、提示対象者や提示時間への効果の依存性を解明するため、オンライン実験環境を構築し、年齢・性別等の個人特性や、長時間利用による効果の慣れを検証した。その結果、高齢者や視覚的・触覚的自己位置推定能力が低い人にはPseudo-haptics効果が生じにくいこと、長時間利用により錯覚効果が減衰することが明らかになった。加えて、アバターへの没入感増強、バーチャル物体の見た目操作、牽引力錯覚との組み合わせによって、錯覚効果を増強できることを確かめた。本研究の成果はPseudo-hapticsを用いたVR体験設計に重要な知見を与えるものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、Pseudo-hapticsの効果左右する要因として、これまで考慮されてこなかった提示対象者の特性や提示時間の影響を体系的に明らかにした点で大きな学術的意義を有する。加えて、アバターへの没入感の操作やバーチャル物体の見た目の工夫、振動刺激との複合提示により、個人差を吸収しつつ錯覚効果を増強する手法を確立した。これらの成果により、Pseudo-hapticsの効果を実用的に提示できる可能性が示され、様々な体験者に対して違和感の無い触覚提示が可能になると期待される。加えて、Pseudo-hapticsを活用したコンテンツの実用化を促進する点で大きな社会的意義を有する。

研究成果の概要（英文）：In this study, we constructed an online experimental environment to elucidate the dependency of the Pseudo-haptics effect on the characteristics of the user and the duration of use, with a view to the engineering application of the Pseudo-haptics effect. We investigated the influence of individual characteristics such as age and gender, as well as the habituation effect due to long-term use. The results revealed that the Pseudo-haptics effect is less likely to occur in older individuals and those with lower visual and haptic self-localization abilities, and that the illusion effect diminishes with long-term use. Additionally, we confirmed that the illusion effect can be enhanced by increasing the sense of immersion in avatars, manipulating the appearance of virtual objects, and combining the effect with the pulling force illusion. The findings of this study provide important insights for designing VR experiences using Pseudo-haptics.

研究分野：バーチャルリアリティ

キーワード：Pseudo-haptics クロスモーダル バーチャルリアリティ

1. 研究開始当初の背景

近年、Virtual Reality (VR) や Human Computer Interaction (HCI) の研究分野において、Pseudo-haptics (偽触力覚) と呼ばれる触覚提示技術が注目を集めている (A. Pusch et al. 2011). Pseudo-haptics は、ユーザの入力位置を反映する映像に空間・時間的变化を加えるだけで、物理的な触力覚提示デバイスを用いずに擬似的な触力覚を生成することができる。これまでの研究により、Pseudo-haptics を用いてテクスチャ感等の皮膚感覚や、力・重さ感等の深部感覚を提示できることが明らかになっており、触力覚コンテンツを実社会に幅広く普及させるための手段として期待されている。

しかしながら、Pseudo-haptics はある種の錯覚現象であるため、その効果が提示対象者や提示時間に依存することが知られている。既存研究では、被験者間の効果のばらつきを考慮せずに、視覚刺激の効果を被験者間で平均化して評価してきたため、個人差が生じる要因の特定には至っていない。また、長期間にわたる刺激提示による馴れの影響についても考慮されていない。

Pseudo-haptics を安定した触覚提示技術として確立するためには、こうした提示対象者や提示時間への依存性を解明し、効果を向上させつつ制御可能にする手法の構築が必須である。本研究課題では、提示対象者や時間という提示視覚刺激以外の要素による錯覚効果のばらつきを明らかにできるか点と、それを元に事前に提示刺激量のキャリブレーションを行うことで効果を安定化させられるかという点を学問的な問いとして設定した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、Pseudo-haptics 効果の提示対象者・時間への依存性を解明し、それをもとに錯覚効果を制御可能にする手法を構築することにある。筆者の過去の研究をはじめ、Pseudo-haptics の研究においては、視覚刺激の設計の仕方により、錯覚効果量に変化が生じることが明らかにされてきた。それらの既存研究に対する本提案の学問的独自性は以下の 3 つである。一つは、錯覚効果量を決定する要因としてこれまで考慮されてこなかった視覚刺激以外の要素が、Pseudo-haptics 効果に与える影響を明らかにしようという点にある。二つ目は、影響解明にあたって多様な特性を持つ体験者の知覚情報を収集するため、オンライン実験プラットフォームを構築して大規模にデータを収集する点にある。三つ目は各要素が錯覚効果に与える影響を整理し、キャリブレーションや適切な体験導入を設計することで知覚のばらつきを低減させる手法を開発するという点である。

3. 研究の方法

本研究ではまず、(i)多様な特性の体験者に対する Pseudo-haptics 効果を大規模に収集するためのオンライン実験プラットフォームを構築した。Pseudo-haptic に対しての個人の特性の影響を解明するためには多量なデータが必要になる。しかし、既存の Pseudo-haptics 研究においては、実験参加者は高々 20 人程度であり、十分なデータが収集できているとは言えない。そこで本研究では、100 人オーダーの実験データを収集するための Pseudo-haptics オンライン実験プラットフォームを構築した。Pseudo-haptics は物理的な力覚提示デバイスが不要であるため、特殊な実験環境でなくとも体験が可能であり、オンライン実験に適していると考えられる。第一段階としては、(i-a)デスクトップ環境におけるマウス操作における Pseudo-haptics 効果を検証する実験プラットフォームを構築し、第二段階として、(i-b)バーチャル物体を持ち上げる際に Pseudo-haptics による重さ変化を体験できるオンライン VR 空間を実装し、日頃から VR を長時間利用しているユーザ (VR 生活者) に対して Pseudo-haptics 体験時の感覚を収集した。

構築した実験プラットフォームを用い、(ii-a) 個々人の特性が効果量に与える影響を明らかにし、(ii-b) 長時間 Pseudo-haptics 刺激を提示することによる馴れの影響を明らかにした。また、(ii-c)最終的に、(iii) Pseudo-haptics の錯覚効果量のばらつき・低減を防ぐ手法を構築し、その適用限界・有効性を明らかにした。

4. 研究成果

(i) Pseudo-haptics 効果を検証するためのオンライン実験プラットフォームの構築

(i-a) デスクトップ環境におけるマウス操作における Pseudo-haptics 効果を検証するオンライン実験プラットフォームの構築

Pseudo-haptics 効果を幅広い年齢層の体験者から収集するため、クラウドソーシングを活用したオンラインによる実験を計画した。本実験ではデータ収集先を日本に絞り、日本最大級のクラウドソーシングサイトの一つであるランサーズを利用した。

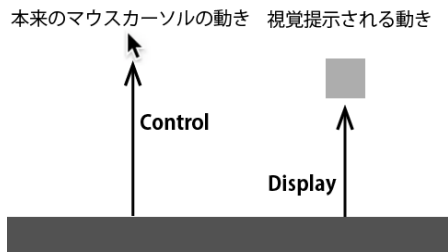


図 1 : Pseudo-haptics を生起させるための Control/Display 比

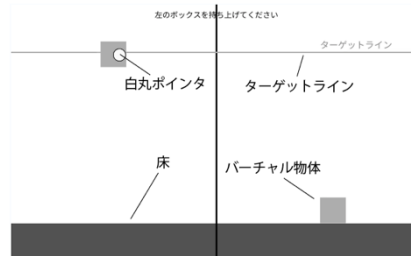


図 2 : Pseudo-haptics 効果検証実験 UI

オンラインで実験可能な Pseudo-haptics 体験として、デスクトップ環境におけるマウスによるポインタ操作を選択した。マウス操作における Pseudo-haptics 効果もさまざまに研究されているが、今回はバーチャル物体をカーソルで持ち上げる際の重さ知覚に焦点を当て、タスク設計を行った。重さ知覚を変化させる Pseudo-Haptics の実装は先行研究を踏襲した (M. Samad, et al. 2019), 具体的には、ポインタでバーチャル物体を持ち上げた際に、ポインタの見た目の移動量 (Display) を本来のマウスカーソルの移動量 (Control) に一定のゲイン (Control/Display 比: CD 比) をかけたものとする手法である (図 1, 2)。また錯覚効果の個人差要因として、体験者の年齢・性別だけでなく、マウス操作への慣れや深部感覚 (触覚による位置感覚), 視覚による位置認識の正確さが影響しうると考えたため、それらを検証するためのアンケート、タスクを設計した。

触覚・視覚による位置感覚の正確性を評価するため、触覚・視覚ポインティングタスクを設計した。触覚ポインティングタスクでは、ポインタが見えない状態でマウス操作によりポインタを目標線まで移動させ、隠れているポインタが目標線に到達したと思った時点でマウスボタンをクリックするというものであった。視覚ポインティングタスクでは、事前に目標線が表示された後、目標線が見えない状態で被験者はキーボード入力によってポインタを目標線まで移動させ、ポインタが隠れた目標線に到達したと思った時点でスペースキーを押すというものであった。



図 3 : Pseudo-haptics が体感できる VRChat ワールド

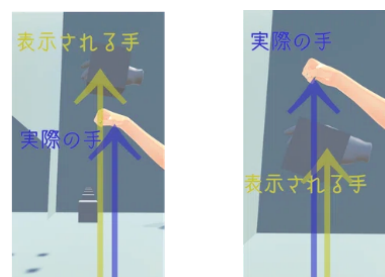


図 4 : 実際の手と表示されるバーチャルハンドをずらす事による錯覚生起

(i-b) バーチャル物体を持ち上げる際に Pseudo-haptics による重さ変化を体験できるオンライン VR 空間の実装

日頃から長時間 VR 空間に没入しているユーザに対しての Pseudo-haptics 効果を確認するため、世界で最も広く用いられているソーシャル VR プラットフォームの一つである、VRChat に Pseudo-haptics を体験できるワールドを実装した (図 3)。

VR 空間で Pseudo-haptics を実装するにあたって、現実のコントローラの位置と表示されているアバタの手の位置をずらす必要がある。しかし、VRChat をはじめとしたソーシャル VR プラットフォームではユーザのコントローラの位置を取得することはできるものの、その情報を上書きして勝手にアバタの手の表示位置を動かすことはできない。その解決策として、ワールドに入室した時点でユーザに透明なアバタを装着させ、ユーザのコントローラの位置に追従し続ける見かけのバーチャルハンドを用意した。その上で、バーチャルハンドがオブジェクトを掴んだ時にだけ、アバタから動きをずらすような処理を入れることで、Pseudo-haptics を VRChat 上に実装した (図 4)。

構築した Pseudo-haptics 体験ワールドを用いて、日頃から長時間 VR を利用している VR 生活者に錯覚がどのように生起するかを調査した。これまでにのべ 1000 回以上の入室があり、VR 生活者からの印象を収集することができた。アンケートの結果、ほぼ全ての回答者が Pseudo-haptics によるオブジェクトの重さの印象変化を回答しており、重さ・軽さ両方の操作に対して強い効果が確認された。長時間 VR 空間に没入している VR 生活者は、アバタへの身体所有感が非常に強いことが想定されるため、位置が操作されたバーチャルハンドに対しても所有感が強く、結果として Pseudo-haptics の効果が強く発現しているのではないかと考えられる。この結果は、バーチャルハンドへの身体所有感と Pseudo-haptics の効果の関係を調査した (iii) での実験で

も確認された。

加えて、Pseudo-haptics では実際の手の位置とバーチャルハンドの位置がずれるため、箱を話した際にそのずれを補正するためにバーチャルハンドが実際の手の位置にジャンプする仕様になっていた。しかし、それについて違和感は特に報告されなかったため、Pseudo-haptics の課題として取り上げやすい位置補正のための手の位置のジャンプは、あまり気づかれない可能性があることが示唆された。アンケートへの回答者はいずれも HMD をのべ 1000 時間以上着用しており、VR 研究で実施される一般的な実験参加者層とはことなる、貴重なデータを収集することができた。

(ii) 個人特性や長時間体験が Pseudo-haptics 効果量に与える影響検証

(ii-a) 個々人の特性が Pseudo-haptics 効果量に与える影響検証

構築したオンライン実験環境を用いて、年齢・性別等の個人特性が Pseudo-haptics 効果にどのような影響をもたらすかを検証した。20 代から 60 代までの各世代の男女からデータを収集した。そのため参加者は性別・世代別に 10 グループに分類される。先に述べたランサーズを用いて各グループ 60 名の参加者を募ったため、総勢 600 名が本実験に参加した。クラウドソーシングにおける実験では、実験参加者がしばしば注意資源を割かず、必要最低限の手順で目的を追求する行動 (Satisfice) が問題視されているため、ダミー質問を導入したり、タスク遂行時間をチェックすることで、Satisfice を検出し、その参加者の回答は解析から除外した。結果、各グループについて表 1 に示す 468 名分のデータを解析に用いた。

表 1: オンライン実験参加者数

	20s	30s	40s	50s	60s
男性	43	46	46	45	50
女性	51	49	43	50	45

解析の結果、年齢および性別による Pseudo-haptics 効果の違いが確認された。図 5 のように CD 比を横軸、比較刺激の知覚重量を縦軸にとると、高齢者、特に 50 代と 60 代の参加者ではグラフの傾きが緩やか、つまり CD 比の違いによる知覚重量の変化が小さいことが確かめられ、Pseudo-haptics 効果が弱いことが示された。また、男性参加者の方が女性参加者よりも効果が強く現れた。一方で、先行研究 (H. B. Skinner et al. 1984) では加齢に伴い固有感覚の精度が低下することが報告されているが、本実験では 40 代の参加者の精度が他の年代よりも高いという結果が得られた。また、ポインティングタスクの精度については、男性の方が女性よりも高く、高齢者は若年者よりも低いという、先行研究と一致する結果となった。

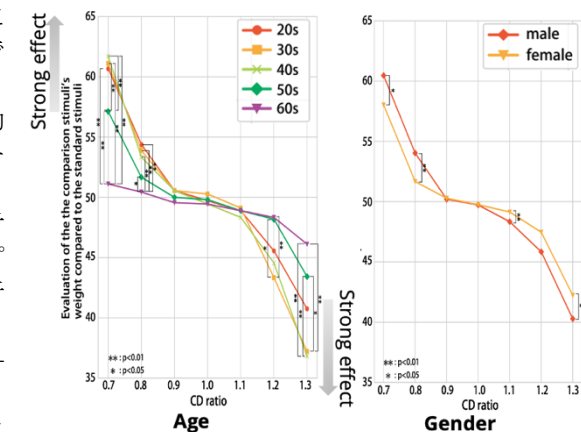


図 5: 年齢、性別ごとの Pseudo-haptics 効果の違い

次に、ポインティングタスクのスコアと Pseudo-haptics 効果の関係を調べたところ、ポインティングタスクのエラースコアの中央値で参加者を高精度群と低精度群に分けた場合、両方のポインティングタスクにおいて、高精度群の方が低精度群よりも Pseudo-haptics 効果が強く現れることが明らかになった (図 6)。マウスの使用頻度については、年代別では 40 代と 50 代で使用頻度が高く、性別では男性の方が女性よりもわずかに使用頻度が高いことが示された。参加者をマウスの使用頻度で高群と低群に分け、使用頻度と他のタスクスコアの関係を調べたところ、マ

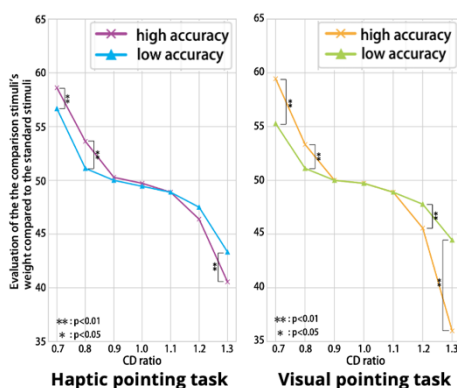


図 6: ポインティングタスク成績と Pseudo-haptics 効果の関係

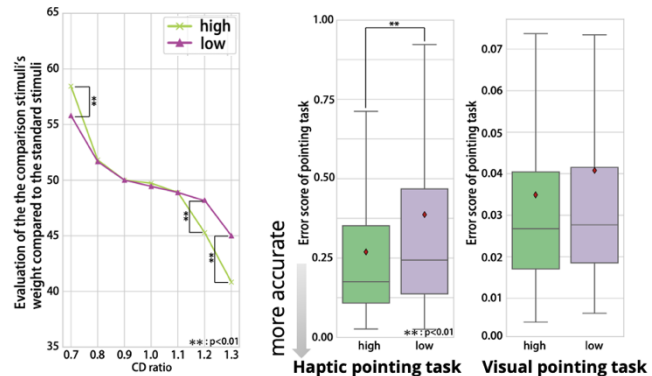


図 7: マウス操作への慣れ Pseudo-haptics 効果、ポインティングタスク成績との関係

ウスの使用頻度が高い群の方が Pseudo-haptics 効果が強く、触覚ポインティングタスクの精度も有意に高いことが明らかになった(図 7)。

以上の結果から、年齢および性別が Pseudo-haptics 錯覚に与える影響については、高齢者(50代と60代)で Pseudo-haptics 効果が弱く、男性参加者の方が女性参加者よりも効果が強いことが示された。男性の方が女性よりも Pseudo-haptics の効果が高かったという結果は、当初の仮説とは異なるものであったが、これは本実験の男女参加者のコンピュータマウス操作能力の差異に関連している可能性がある。また、Pseudo-haptics の個人差に影響を与える要因として、ポインタ位置の検出における固有感覚および視覚的精度が高いほど錯覚効果が強くなることや、デバイスに対する慣れが錯覚効果を高めることが示唆された。

(ii-b) 長時間 Pseudo-haptics 刺激を提示することによる馴化の影響

Pseudo-haptics 効果の慣れ(habituation)による影響を検証するための実験を行った。実験には27名の右利きの健常者(男性14名、女性13名、平均年齢25.7歳)が参加した。

実験では、CD比を操作し、バーチャル物体の垂直移動量を実際の移動量に対して変化させることで Pseudo-haptics 重量知覚を生成した。C/D比は1.0(実際の移動量と表示上の移動量が一致)と0.8(表示上の移動量が実際より小さい)の2条件を設定し、各C/D比につき10回と100回の持ち上げ動作を行う条件を設けた。実験参加者は、右手でバーチャル物体を所定の高さまで持ち上げ下ろしする動作を、指定された回数繰り返した後、左右の手で感じた重さを比較するタスク(比較タスク)を行った。比較タスクでは、右手で230gの重りを持ち上げた際の重量感覚と、左手に力覚提示デバイスにより提示される様々な重りを持ち上げた際の重量感覚を比較し、主観的等価点(PSE)を測定した。

実験の結果、そもそもの重量知覚精度に参加者間で大きな差があることが明らかになったため、重量知覚精度検証タスクの正答率が中央値(0.67)以上の高精度群(17名)と、正答率0.50以下の低精度群(10名)に分けて分析を行ったところ、高精度群ではCD比の主効果と、CD比と持ち上げ回数の交互作用が有意であった。特に高精度群のC/D比0.8条件では、10回持ち上げ時と比べ100回持ち上げ後のPSE重量が有意に減少しており、長時間のPseudo-hapticsへの曝露により、その効果が減衰したことが示された。一方、低精度群では全ての要因で有意差は見られず、そもそもPseudo-hapticsの効果が誘発されていなかった。これらの結果から、高精度群でPseudo-hapticsの効果と慣れによる効果の減衰が確認されたことにより、長期のPseudo-haptics重量提示には慣れが生じると示唆された。Pseudo-hapticsの効果減衰は、長期の刺激提示による予測知識の更新により、予測と実際の知覚体験の乖離が小さくなったためと考えられる。本研究の知見により、Pseudo-hapticsを用いたVRユーザー体験設計において、慣れの影響を考慮する必要性を示した。

(iii) Pseudo-haptics の錯覚効果量のばらつき・低減を防ぐ手法を構築と効果検証

錯覚効果量のばらつき・低減を防ぐため、視覚刺激による前提知識の付与や、振動等の簡易的に提示可能な触覚刺激との組み合わせにより、錯覚効果を増強できるかどうかを検証した。

まず、視覚刺激による前提知識の付与として、ユーザ自身の見た目、重さを付与するバーチャル物体の見た目について操作を加えた際のPseudo-haptics効果を検証した。ユーザ自身の見た目については、VR空間でのアバターの身体所有感がPseudo-hapticsの錯覚効果に与える影響を検証した。実験では、アバターの見た目と動き(ブレ)を操作することで身体所有感の生起度合いを変化させ、その時のPseudo-hapticsによる重量知覚効果の変化を評価した。その結果、アバターへの身体所有感が高いほど、Pseudo-hapticsによる重量知覚操作効果が強く生じることが確かめられた。この結果は、錯覚効果を安定的に生起させるためには、体験者にVR空間に没入し、アバターを自身の身体のように感じてもらうことが重要であることを示唆している。

バーチャル物体の見た目としては、物体見た目の大きさやテクスチャがPseudo-hapticsによる重量知覚操作効果に与える影響を検証した。実験では、持ち上げるバーチャル物体のサイズ、テクスチャを変化させた際の、Pseudo-hapticsによる重量知覚効果の変化を評価した。その結果、バーチャル物体の大きさは錯覚効果に影響を及ぼさないものの、テクスチャが重い見目をしているもの、例えば発泡スチロールよりも金属の見目をしているものの方がPseudo-hapticsによる重さ増強効果が得られやすいことが確かめられた。

上記2つに加え、振動等の簡易的に提示可能な触覚刺激との組み合わせにより、錯覚効果を増強できるかどうかを検証した。今回は特に、振動提示により擬似的な牽引力を提示することができる、牽引力錯覚に着目し、それとPseudo-hapticsを組み合わせることで、振動刺激のみやPseudo-hapticsのみと比べ、より強い抵抗力を知覚させられるかを検証した。実験の結果、両者を組み合わせることで、各々単独で提示するよりも強い抵抗力、推進力が知覚されることが確かめられた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Cai Shaoyu, Zhao Lu, Ban Yuki, Narumi Takuji, Liu Yue, Zhu Kening	4. 巻 102
2. 論文標題 GAN-based image-to-friction generation for tactile simulation of fabric material	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Computers & Graphics	6. 最初と最後の頁 460 ~ 473
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.cag.2021.09.007	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 該当する
1. 著者名 Cai Shaoyu, Zhu Kening, Ban Yuki, Narumi Takuji	4. 巻 6
2. 論文標題 Visual-Tactile Cross-Modal Data Generation Using Residue-Fusion GAN With Feature-Matching and Perceptual Losses	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 7525 ~ 7532
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LRA.2021.3095925	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 該当する
1. 著者名 Ban Yuki, Yoshida Takehito, Ujitoko Yusuke	4. 巻 11
2. 論文標題 Impact of Synchronizing Visual Cues With Switch of Foot Contact State on the Presence of Virtual Flight While Seated	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 44531 ~ 44543
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2023.3272986	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 Ban Yuki, Ujitoko Yusuke	4. 巻 Early Access
2. 論文標題 Age and Gender Differences in the Pseudo-Haptic Effect on Computer Mouse Operation in a Desktop Environment	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 1 ~ 15
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVCG.2023.3295389	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 -

〔学会発表〕 計9件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 伴祐樹, 吉田健人, 宇治土公祐介
2. 発表標題 足底の接地・非接地制御による着座状態でのVR飛行体験の臨場感向上
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 子系卓, 伴祐樹, 割澤伸一
2. 発表標題 アバターへの身体所有感がPseudo-haptics効果に与える影響の検討
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 金イ, 伊東健一, 伴祐樹, 割澤伸一
2. 発表標題 聴触覚クロスモーダル効果に対する音像定位の影響
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 河岸知浩, 伴祐樹, 宇治土公雄介, 割澤伸一
2. 発表標題 Pseudo-hapticsに牽引力錯覚を組み合わせることによる知覚される抵抗力・推進力の増強
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 島村一輝, 下村祐樹, 伴祐樹, 宇治土公雄介, 割澤伸一
2. 発表標題 バーチャル物体の大きさがPseudo-hapticsによる重さ知覚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 伴祐樹, 宇治土公祐介
2. 発表標題 Pseudo-haptics 効果の個人差要因解明の基礎検討
3. 学会等名 第 26 回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tomohiro Kawagishi, Yuki Ban, Yusuke Ujitoko, Shin'ichi Warisawa
2. 発表標題 Enhancing Perceived Resistance and Propulsion by Combining Pseudo-haptics and Pulling Illusion
3. 学会等名 IEEE World Haptics Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鷹峯慧, 伊東健一, 子系卓, 伴祐樹, 割澤伸一
2. 発表標題 アバターの腕の移動速度の変調による疑似触覚の生起を利用した風速知覚の操作
3. 学会等名 第28回日本バーチャルリアリティ学会大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Yi Jin, Kenichi Ito, Yuki Ban and Shin'ichi Warisawa
2. 発表標題 Impact of Sound Localization on Roughness Perception in Audio-tactile Cross-modal Effect
3. 学会等名 IEEE World Haptics Conference (国際学会)
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

アウトリーチ活動の一環として、Pseudo-hapticsを気軽に体験できるwebコンテンツを開発した。

HIT-STOP IN VR
https://visuohapticteam.github.io/hitstop_in_vr_webdemo/

箱を持ち上げるワールド
https://vrchat.com/home/launch?worldId=world_540f98d3-370b-4f61-a9b0-4788f4973471

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	割澤 伸一 (Warisawa Shin'ichi) (20262321)	東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授 (12601)	
研究分担者	宇治土公 雄介 (Ujitoko Yusuke) (30898474)	日本電信電話株式会社NTTコミュニケーション科学基礎研究所・人間情報研究部・研究員 (94305)	

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