

令和 6 年 6 月 26 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20H04235

研究課題名（和文）仮想物体への接触感を提示する先端伸縮型デバイスの研究

研究課題名（英文）Study on a Haptic Device with an Extendable Tip for Experiencing Tactile Sensations of Virtual Objects

研究代表者

木村 朝子 (Kimura, Asako)

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：20324832

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 12,500,000円

研究成果の概要（和文）：リニアアクチュエータを用いた先端伸縮型デバイスExtickTouchを実装し、仮想物体との接触感を提示する実験を行った。ExtickTouchは様々な形状の仮想物体に触れる感覚を再現できることが確認された。また、同デバイスにギアドモータを採用し、最大で800gfの力を提示可能にした。さらに、柔らかさの表現を追加し、柔らかさ知覚の弁別閾を求める実験を実施。結果として、ExtickTouchは6段階程度の硬軟感を提示できることが確認された。最後に、力覚提示がスケッチングに与える影響を分析し、作業負荷の軽減と精度向上が確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ExtickTouchは、デバイスの長さを仮想物体の形状に合わせて伸縮させ、実物体に接触させることで仮想物体への接触感を再現する装置です。ユーザはデバイスを自由に動かしながら実物体と接触させることができ、一か所に固定されないため、動きを阻害されることなく使用できます。大型機器に接続する必要がなく、簡易な機構で実現しています。これまで様々な触力覚装置やデバイスが提案されてきましたが、ここまでシンプルな機構で実現しているものはほとんど見られません。このシンプルな構造により、現実世界には机や壁のような実物体があれば、様々な形状の仮想物体に触れる感覚を提供できる点に学術的意義があります。

研究成果の概要（英文）：We implemented ExtickTouch, a tip-extending device using a linear actuator, and conducted experiments to present the sensation of contact with virtual objects. It was confirmed that ExtickTouch can replicate the feeling of touching various shapes of virtual objects. Additionally, the device was upgraded with a geared motor, enabling it to exert a force of up to 800gf. Furthermore, the capability to represent softness was added, and experiments were conducted to determine the discrimination threshold for softness perception. As a result, it was confirmed that ExtickTouch can present approximately six levels of softness and hardness. Finally, the impact of force feedback on sketching was analyzed, confirming that it reduces workload and improves accuracy.

研究分野：バーチャルリアリティ、ヒューマンインタフェース

キーワード：触覚デバイス 人工現実感 複合現実感 先端伸縮型 接触感

### 1. 研究開始当初の背景

CG (Computer Graphics) や HMD (Head Mounted Display) 技術の進歩により,人工現実感 (Virtual Reality; VR),複合現実感 (Mixed Reality; MR) における映像面での表現力は大いに向上した。しかし,その一方で VR/MR 空間内で得られる触覚情報の再現は映像と比べて圧倒的に難しい。これは,視覚情報と比べて汎用的な触覚提示装置が存在しないためである。

例えば,VR/MR 空間での体験には,ユーザの動きに対する制限が少なく,把持して利用できるハンドヘルド型のデバイスが利用されることが多い。この種のデバイスには,手の位置を取得するためのトラッキング機能が内蔵されており,その位置・姿勢情報を VR/MR 空間上に反映することで直観的に操作を行うことが可能である。しかし,一般的なデバイスの多くが振動フィードバックによって仮想物体に触れた感覚を提示している。そのため,手が仮想物体にめり込んでしまい,触れている対象の形状や質感などを認識することができない。このような問題の主な要因として,フィードバックの提示箇所がデバイスと指との接触位置のみに留まり,振動のみでは腕全体に接触感を提示することができないことが挙げられる。

触覚ディスプレイ/デバイスの提案・開発は,これまでに多数行われている。それらは,その構造から2種類に大別することができる。一つは実世界に固定して使用する接地型,もう一つは実世界に固定することなく使用する非接地型の触覚提示装置である。

接地型の触覚提示装置は,デバイスの動きに合わせて周囲に配置された機器を変形させる機構を用いることで,より現実に近い触覚提示を行うことができる(図1)。しかし,デバイスが大型になることや,触覚提示を行うために機構が複雑化してしまうことから,ユーザの可動範囲がデバイスの可動領域に制限されてしまう。

一方,非接地型デバイスは,デバイスの構造からくる制約が少なく,広い空間を用いるような状況での使用を可能にしている(図2)。多くの触覚研究者が,VR/MR 空間上で指が触れている仮想物体の形状や動きに合わせて触覚情報を提示するデバイスを提案している。しかし,実物体に触れたときのように「腕全体に力覚を提示すること」は困難で,提示箇所はデバイスと指との接触位置のみに留まるというのが現状である。

そこで,ユーザの動作範囲をできるだけ制限せずに仮想物体への接触感を提示するために,本研究では,実世界に存在する机や壁などの実物体を活用する方法を提案する。具体的には,触覚提示デバイスと実物体の間に生じる反力を VR/MR 空間における仮想物体との接触感として援用する。仮想空間でデバイスと仮想物体が接触すると,実世界でも実物体とデバイスが接触するようにデバイス先端部を伸縮させ,実物体とデバイスとの接触感を仮想物体とのそれとして利用する(図3)。この際,VR/MR 空間内で表示されている仮想のデバイスは,実世界のように伸縮されることなく,常に同じ形

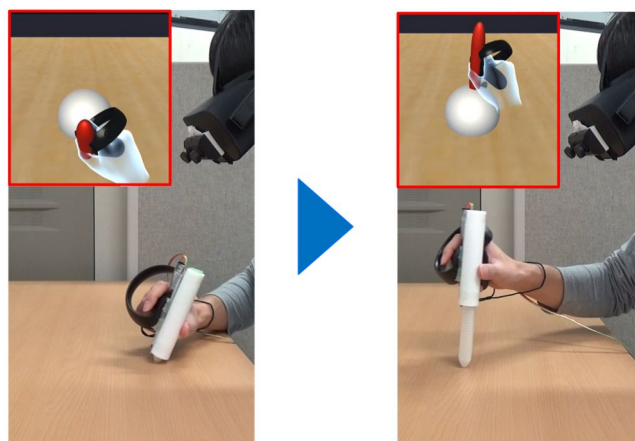


図3 先端伸縮型デバイスの原理

を保持したまま表示する。これによって,視覚面からも仮想物体表面にデバイスが接触した瞬間に接触感が得られたかのように錯覚させる。仮想物体をなぞる動作に合わせてデバイスを連続的に伸縮させることで,ユーザはデバイスを自由に動かして実物体と接触させることができる。即ち,接触感提示に必要な実物体との接触点は一か所に固定されない。接地型デバイスのように外界との接触が必要にはなるものの,接地型デバイスのように大型の機器に接続する必要がなく簡易な機構で実現することができる。そのため,ユーザはデバイスに動きを阻害されることなく使用することができる。本研究では,このデバイスを ExtickTouch と呼ぶ。

これまで,様々な触覚装置やデバイスが提案されてきたが,ここまでシンプルな機構で実現しているものはほとんど見られない。ExtickTouch の実現により,現実世界には机や壁のような実物体さえ存在すれば,様々な形状の仮想物体に触れる感覚を得ることが可能となる。



図1 接地型の触覚提示装置



図2 非接地型の触覚提示装置

## 2. 研究の目的

本研究の特徴は、仮想物体の形状に合わせてデバイスの長さを伸縮させるのみという非常にシンプルな機構によって、様々な形状・材質の仮想物体との接触感を再現しようとするところにある。そこで本研究は、提案する先端伸縮型触力覚提示デバイス ExtickTouch の表現力の可能性を探ることを目的とする。ExtickTouch によって、ユーザの動きをできるだけ制限することなく、仮想物体との接触感を腕全体に提示可能な触力覚提示デバイスを実現することが可能なのか、またどの程度の触力覚感を提示することができるのかを明らかにする。

## 3. 研究の方法

VR 環境で様々な接触感を提示可能な新たな触力覚提示方式の提案である。具体的には、以下の課題を実施した。

### (A) 先端伸縮型デバイスの実装

まずはリニアアクチュエータを用いた基本の先端伸縮型デバイス ExtickTouch を実装した。さらに、ギアドモータを採用し、より大きな反力を提示可能なデバイスを実装した。各々のデバイスについて、どの程度の触力覚感が提示できるのかを確認する実験を行った。

### (B) ExtickTouch を利用した仮想物体の柔らかさなどの表現

仮想物体の変形を行うと同時に、デバイス先端の伸縮スピードを変えることによって、様々な柔らかさを表現できるように拡張した。また、実際に目指す柔らかさが知覚可能かどうか、評価実験を行った。また、仮想物体をなぞっている際に、仮想の壁にぶつかって動かせないという状況を再現できるように、デバイスへのブレーキ機構の導入についても検討した。

### (C) ExtickTouch を利用したスケッチングの評価

本デバイスを利用して仮想物体表面に描画を行う際に、本デバイスが提供する触覚が描画にどの程度役立つのか評価した。

## 4. 研究成果

初年度には、(A)のリニアアクチュエータを用いた先端伸縮型デバイス ExtickTouch を実装し、これを利用して仮想物体との接触感を提示できるのかを確認する実験を行った。実験では、ExtickTouch を利用して仮想物体（平面、三角柱、四角錐、半球）に触れるタスクを行い、この際、(1) ExtickTouch を使って映像を見ながら触れる、(2) ExtickTouch を使って映像を見ないで触れる、(3) ExtickTouch の伸縮を行わず、デバイス先端が仮想物体に触れると振動のみ提示する、(4) 映像を見ながら仮想物体に触れるが、触覚提示は行わないという4種類の手法を比較した。その結果、ExtickTouch を使うことで仮想物体との接触感を提示できていること、またその接触感が同形状の実物体に触れた場合と類似していることを確認した。

また、(B)の柔らかさ表現については、ExtickTouch を利用して仮想物体に触れる際に、仮想物体の変形を行うと同時に、デバイス先端の伸縮スピードを変えることによって、様々な柔らかさを表現できるように基本デバイスを拡張した。図4にデバイスの伸縮位置の模式図を示し、以下にその計算式を示す。

$$S = \frac{250 \cdot a}{l_{Rmax}} \cdot l_R$$

ここで  $S$  はデバイスの伸縮速度（0-255 の 256 段階）、 $l_{Rmax}$  はデバイスの最大伸縮距離、 $l_R$  はデバイスの現在の伸縮位置を表している。デバイスが押し込まれると、 $l_R$  の値が大きくなり、伸縮速度が大きくなる。また、 $a$  は 0 から 1 までの値をとる仮想物体の柔らかさを表す定数で、 $a$  の値が大きいほど硬い物体、小さいほど柔らかい物体となる。

このような ExtickTouch による触覚提示と映像による仮想物体の変形を併用することで、仮想物体の柔らかさの提示が可能となった。

2 年目は、主に(B)の課題を実施した。初年度に実装した柔らかさ表現を追加した ExtickTouch の性能評価を行った。具体的には、柔らかさ知覚の弁別閾を恒常法によって求めた。実験協力者は 12 名（男性 11 名、女性 1 名）、平均年齢は 22.92 (SD = 1.38) 歳。実験結果を図5に示す。実験の結果、JND が 0.148 と求まった。つまり係数  $a = 0.95 \sim 1.95$  において、係数が 0.148 変

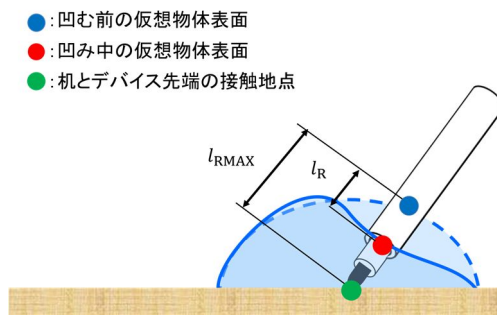


図4 デバイスの伸縮位置の計算

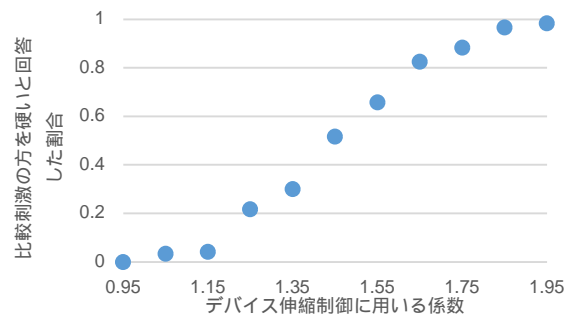


図5 デバイスの伸縮位置の計算

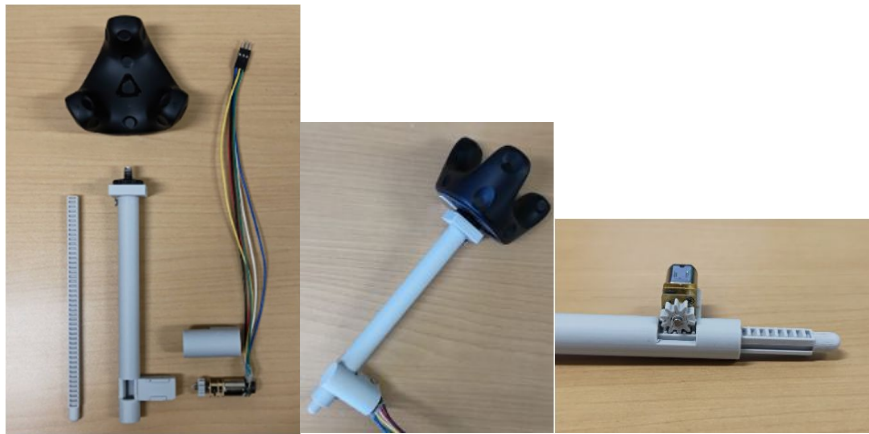


図 6 伸縮制御にギアドモータを導入した ExtickTouch

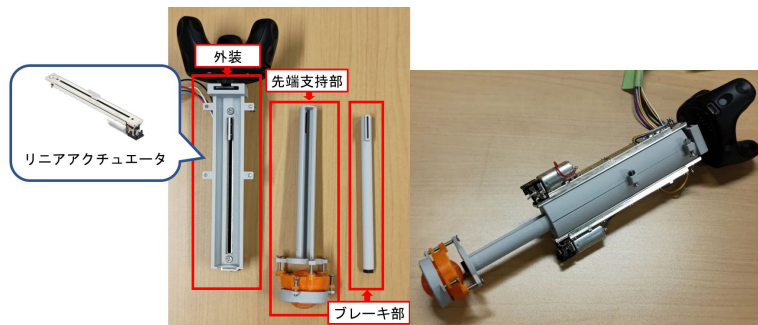


図 7 ブレーキ機構の検討

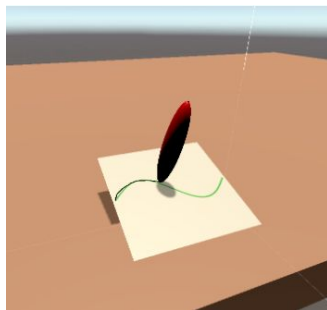


図 8 実験の様子

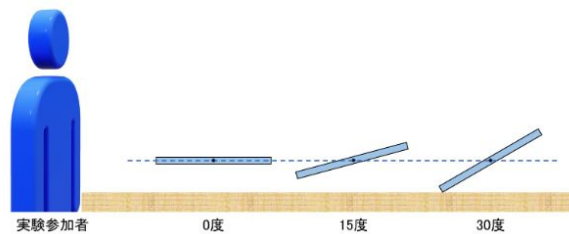


図 9 実験で使用したキャンパスの角度

化すると 75%のユーザがデバイスから提示された硬軟感の違いを判別できる。この実験から、ExtickTouch の伸縮機構と仮想物体の変形の組み合わせによって 6 段階程度の硬軟感を提示できることを確認した。

また、ExtickTouch が直接触れる現実物体に、様々なテクスチャを有する平面物体を配置し、同様のテクスチャを仮想物体表面にも提示することで、実物体のテクスチャを仮想物体のそれとして援用できることも確認した。

3 年目は、(A)の課題については、ExtickTouch によって提示可能な反力の大きさを大きくするために、伸縮機構の制御をリニアアクチュエータからギアドモータに改変した(図 6)。これにより、伸縮時に最大で 800gf の力を提示できるようになった。

(B)の課題については、これまでの ExtickTouch では、デバイスの水平方向への動きに対してブレーキを掛ける機構が存在しなかったため、水平方向に配置された仮想物体にぶつかったような触感を提示することができなかった。そこで、新たに先端伸縮型デバイスの平面移動に対する抵抗感提示機構を導入・実装した(図 7)。

最終年度は、(C)の課題について、前年度改変した図 6 の ExtickTouch を用いて、仮想物体に線を描く際の力覚提示による効果を分析する 2 つの実験を行った(図 8, 9)。実験 1 では視覚情報に力覚情報を加えることで書きやすさに影響を与えるのかについての実験を行い、実験 2 ではスケッチングを行う状況によって、力覚提示の効果がどう変化するのかを分析した。実験では 3 つの仮説「力覚を提示することで、ユーザは思い通りに線を書ける」、「力覚を提示することで、ユーザの腕の疲れを軽減することができる」、「力覚を提示することで、線を書く動作をより自然に行うことができるため、作業時間が短くなる」を設定し、これをスケッチング時の誤差、SUS、NASA-TLX、作業時間から評価した。実験の結果、力覚提示によって思い通りに線が書け、作業負荷が軽減されることが分かった。また、作業時間は長くなることが分かった。実験 2 では、実験 1 で示唆された力覚提示による効果がスケッチング時の状況による変化について分析を行っ

た．スケッチングを行う形状とキャンバスの角度と誤差の関係について実験を行い，その結果，スケッチングを行う形状は曲線より直線のほうが誤差が小さくなること，キャンバス角度の大きい状況において微小ではあるものの誤差が大きくなっていることを確認した．以上より，複雑な形状を扱う作業や細かな操作を必要とする作業，長時間の作業において ExtickTouch が有用であると考えられる．

## 5. 主な発表論文等

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

1. 著者名 Matsumuro Miki, Mori Shohei, Kataoka Yuta, Igarashi Fumiaki, Shibata Fumihisa, Kimura Asako	4. 巻 29
2. 論文標題 Modified Egocentric Viewpoint for Softer Seated Experience in Virtual Reality	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics	6. 最初と最後の頁 2230 ~ 2238
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TVCG.2023.3247056	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 夏目達也, 内村裕也, Christian Arzate Cruz, 柴田史久, 木村朝子	4. 巻 64
2. 論文標題 VR空間操作コマンドとしてのアイジェスチャUIの特性分析	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 312 ~ 325
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 松室 美紀, 小林 晶, 岡松 育夢, 江波戸 傑, 柴田 史久, 木村 朝子	4. 巻 27
2. 論文標題 両前腕の表示位置の操作による身体表象の変化に利用される手がかりの検討	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 301 ~ 310
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18974/tvrsj.27.4_301	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 松室 美紀, 小林 晶, 江波戸 傑, 柴田 史久, 木村 朝子	4. 巻 29
2. 論文標題 身体表象における対称的な身体部位の表象形成	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 認知科学	6. 最初と最後の頁 575 ~ 586
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11225/cs.2022.030	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 Matsumuro Miki, Ma Ning, Miura Yuki, Shibata Fumihisa, Kimura Asako	4. 巻 17
2. 論文標題 Top-down effect of body representation on pain perception	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0268618
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0268618	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 Arai Keisuke, Matsumuro Miki, Hashiguchi Satoshi, Shibata Fumihisa, Kimura Asako	4. 巻 50
2. 論文標題 Hot-Cold Confusion: Inverse Thermal Sensation When Hot and Cold Stimuli Coexist in a Thermal Localization Task	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Perception	6. 最初と最後の頁 508 ~ 523
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/03010066211004055	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24件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 近藤翔太, 萩原息吹, 中村仁一朗, 松室美紀, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 身体運動と視覚刺激が自己運動感覚に及ぼす影響
3. 学会等名 電子情報通信学会第89回HIP研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 田付航, 和田洸一, 田島優輝, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 タブレット装着型ハプティックデバイスSPIDAR-Padの開発
3. 学会等名 電子情報通信学会第46回MVE研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中村哲朗, 森田磨里絵, 郷原皓彦, 松室美紀, 柴田史久, 木村朝子, 北川智利
2. 発表標題 融合身体における二者間の相互作用 -リアルタイムでの融合と事前記録との融合の比較-
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 和田洸一, 笹田明良, 松室美紀, 前東晃礼, 新井田統, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 仮想空間における触感の有無が大きさ重さ錯覚に与える影響の分析
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 林佑一, Christian Arzate Cruz, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 先端伸縮型仮想物体接触デバイス ExtickTouch の拡張 -平面方向へのブレーキ機構の導入-
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 江波戸傑, 松室美紀, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 身体が表示位置が身体表象に与える影響 ~トレーニングとテストの類似性が低い場合の検討~
3. 学会等名 日本認知科学会第39回大会
4. 発表年 2022年



1. 発表者名 市原瑞士, 狩山大治, 樋口雄大, 野崎颯人, Christian Arzate Cruz, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 ニギッテ!! 魔術無双--筋電位計測に基づくUI操作を導入したVRアトラクション--
3. 学会等名 ヒューマンインタフェースシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永留菜花, 松室美紀, 小倉靖範, 池田彩乃, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 運動障害のある児童生徒を対象としたゲーム開発のための設計指針の検討～トロッコ操作ゲーム試作に基づく知見～
3. 学会等名 情報処理学会第199回HCI研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 浦野雅也, Arzate Cruz Christian, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 VR空間操作コマンドとしてのフットジェスチャのUI特性分析
3. 学会等名 情報処理学会第199回HCI研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hikari Kobayashi, Miki Matsumuro, Fumihisa Shibata, and Asako Kimura
2. 発表標題 Effect of shifting own hand position in virtual space on mental body model
3. 学会等名 Human-Computer Interaction Int. 2021 (HCI 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 東森拓磨, 片岡佑太, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 対話型UI操作への手腕随意筋の電位計測利用の基礎的検討
3. 学会等名 情報処理学会第197回HCI研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 萩原息吹, 中村仁一朗, 松室美紀, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 運動方向の異なる視覚刺激の混在とスパイラル運動をする視覚刺激によるベクション効果の比較
3. 学会等名 情報処理学会第197回HCI研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 林佑一, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 先端伸縮型仮想物体接触デバイスExt ickTouchへの水平移動に対する抵抗感提示機構の導入
3. 学会等名 インタラクション2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 野崎颯人, 片岡佑太, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 筋電位計測に基づくハンドジェスチャ入力の精度特性分析
3. 学会等名 インタラクション2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 林真平, 松井俊祐, 松室美紀, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 視覚刺激が電気刺激による指先への滑り錯覚に与える影響の分析
3. 学会等名 第12回多感覚研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中村哲朗, 郷原皓彦, 松室美紀, 柴田史久, 木村朝子, 北川智利
2. 発表標題 二人で一つの身体を共有する時 リアルタイムでの他者との融合と事前記録された他者との融合の比較
3. 学会等名 第12回多感覚研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 夏目達也, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 VR空間操作コマンドとしてのアイジェスチャUI特性分析 (4) ~並列型アイジェスチャの UI 特性分析~
3. 学会等名 情報処理学会第196回HCI研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 辻勇太, 藤光翼, 松室美紀, 柴田史久, 木村朝子:
2. 発表標題 接触刺激がHot-Cold Confusionに与える影響の分析
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 岡松育夢, 小林晶, 松室美紀, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 身体が表示位置が身体のメンタルモデルに与える影響 ~前腕のメンタルモデル更新の手がかりに関する検討~
3. 学会等名 日本認知科学会第38回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 夏目達也, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 VR空間操作コマンドとしてのアイジェスチャUI特性分析 (3) ~アイジェスチャ・コマンドの利用事例開発とUI特性の評価~
3. 学会等名 情報処理学会第194回HCI研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Miki Matsumuro, Hikari Kobayashi, Fumihisa Shibata, Asako Kimura
2. 発表標題 Change of body representation in symmetric body parts
3. 学会等名 the Annual Meeting of the Cognitive Science Society (CogSci 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 片岡敬志郎, 大槻麻衣, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 先端伸縮型仮想物体接触デバイス ExtickTouchの評価
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会複合現実感研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 先山広輝, 橋口哲志, 森尚平, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 棒状物体の部分的隠消表示が触力覚に与える影響の分析
3. 学会等名 第25回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林晶, 松室美紀, 柴田史久, 木村朝子
2. 発表標題 VR空間での表示ずれが身体のメンタルモデルに与える影響の考察
3. 学会等名 日本認知科学会第37回大会発表論文集
4. 発表年 2020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
研究分担者	大槻 麻衣  (Otsuki Mai)  (30609095)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員   (82626)	
研究分担者	松室 美紀  (Matsumuro Miki)  (90822859)	立命館大学・情報理工学部・助教   (34315)	

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