

令和 4 年 6 月 10 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18H04110

研究課題名(和文) 新たな触原色原理に基づく力覚提示の基盤構築

研究課題名(英文) Construction of a foundation for force presentation based on a new haptic primary color principle

研究代表者

梶本 裕之 (Kajimoto, Hiroyuki)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：80361541

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 33,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は皮膚変形による力提示、腱や筋への電気刺激による力提示、腱振動刺激による変位提示という受容器選択的な提示により装着型力覚提示を実現するものである。皮膚変形を用いた力覚提示では単純なせん断変形によって効率的な力覚提示が可能であること等を見出した。電気刺激を用いた運動錯覚提示では腱と筋両方の電気刺激の検討を行い、指の腱に対する刺激によって力覚を生じること、甲からの指筋電気刺激によって内転方向の力を提示可能であることを見出した。腱振動による筋紡錘刺激では動作に関わる多数の腱を同時に刺激することで錯覚量が強まること、運動中に腱振動を与えることで把持物の物性が変化する知覚が生じることを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、従来殆どの場合物理的な力や変位を提示してきた力覚提示に受容器選択刺激のアプローチを導入し、効率的な力覚提示が可能であることを示したことである。これまでも腱振動による運動錯覚、筋や腱の電気刺激による力や運動の錯覚、皮膚変形による疑似力覚は提案されてきたが、本研究はそれぞれに対して効率化、最適化を行い、特にVR環境内での用途に一定の目処を付けたところに意義があると考えられる。例えば腱振動刺激は従来ほぼ自己の身体が動いたように感じる錯覚として用いられていたが、今後はVR環境下で把持した物体の重さ等を変化させるための手法として捉え直されると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The present study realizes a wearable haptic display by selectively presenting force by skin deformation, force by electrical stimulation to tendons and muscles, and displacement by tendon vibration stimulation. In force presentation using skin deformation, we found that simple shear deformation can provide efficient force presentation. In the presentation of motion illusion using electrical stimulation, we investigated electrical stimulation of both tendons and muscles, and found that stimulation of finger tendons produces force sensation, and that electrical stimulation of finger muscles from the instep can present force in the direction of adduction. In the case of muscle spindle stimulation by tendon vibration, we demonstrated that simultaneous stimulation of many tendons involved in the movement enhances the amount of illusion and that tendon vibration during the movement produces the perception of a change in the physical properties of the grasped object.

研究分野：バーチャルリアリティ

キーワード：触覚 力覚 バーチャルリアリティ インタフェース

## 1 研究開始当初の背景

頭部搭載型ディスプレイ(HMD)の低価格化等に伴い、遠隔操縦、遠隔コミュニケーション、エンタテインメント等の分野でバーチャルリアリティ(VR)技術が普及しつつある。一方で現在普及期にあるVR技術は視聴覚を中心としており、触覚に関する技術は長い歴史を持ちながらも決定的な普及に至っていない。

触覚は皮膚感覚と力覚(姿勢及び外力の感覚)とに分けることができる。人は皮膚感覚を遮断された状況であってもある程度の行動は可能である(例えば西洋鎧を着れば皮膚感覚はほぼ遮断されるが、歩くこともものを握り持ち上げることも出来ることは想像に難くない)一方で、力覚が遮断された状況ではあらゆる作業が著しく困難となる。このことから力覚の再現は重要度がより高いと考えられる。しかし力覚は大型の機械装置を必要とするという点では1980年代から原理的な進展は少なく、例えば手掌部への力覚提示を行なうマスタハンドは、膨大なコストを掛けて指先のみで力覚を提示するにとどまっていた。

## 2 研究の目的

本研究の目的は、ウェアラブルな装置による現実と等価な力覚提示の実現である。そのために体表からの電気刺激、機械振動、および皮膚変形を提示要素として組み合わせる構成的手法をとることを特徴とする。電気刺激は主として身体深部の腱に位置するゴルジ腱器官を刺激し、「力」に対応する感覚を生じさせる。機械振動は主として腱からの振動伝播によって筋内部に存在する筋紡錘を刺激し、「変位」に対応する感覚を生じさせる。皮膚変形は力および変位の情報を補強する。これらの手法によって生じる感覚を力覚提示における感覚基底(触原色)として扱い、任意の力覚を合成する手法を確立する。本研究は次の3つのステップを踏む。第一に各力覚提示要素の最適化である。第二に提示要素の合成によるリアルな力覚を再現するアルゴリズムの確立である。第三に手掌部皮膚感覚との融合手法の確立である。以上により世界初の実用的なウェアラブル力覚提示を実現する。

## 3 研究の方法

### 【個々の力覚提示要素を最適化する手法の確立】

個々の力覚提示要素を最適化する手法の確立は本研究の中心課題となる。本研究ではまず腱振動入力による筋紡錘刺激の最適化を図る。この手法は1970年代に発見されて以来70Hz程度の振動を用いるとされているが、ここでは皮膚感覚として知覚してしまう振動の最小化を目標に、生起錯覚量/振動知覚強度の比を最大化する周波数ないし波形を求める。また振動子の装着方法についても検討する。次に腱電気刺激による力覚提示を検討する。刺入電極によって力覚を生じること自体は従来から知られていたが、我々は皮膚表面の電極からの刺激によっても生じることを発見した。現時点である程度大面積の電極を使うことで、皮膚感覚をほぼ生じることの無い力覚生起を実現しているが、さらに電極サイズや配置、パルスパラメータ等の最適化を行うことで、皮膚感覚を完全に遮断した状態を実現する。皮膚のせん断変形を用いた力覚提示は、本研究において唯一の大変形を伴う機械要素となるため、小型軽量のアクチュエータによって生じさせる手法の確立が必要である。本提示要素はこれまでに手首・胸部用の作成と検証が完了しており(図1)、血圧計等に採用されている小型エアポンプを用いることによる小型化が見込まれる。



図 1 皮膚せん断変形ユニット。(左)手首用(右)胸部用空気圧駆動タイプ

【提示要素の合成によってリアルな力覚を再現するアルゴリズムの確立】

我々の研究によれば、ゴルジ腱器官を刺激していると思われる腱電気刺激の際、「力」の感覚は被験者全員に生じるが、同時に約半数の被験者が「変位」も知覚することが判明している(図 2)。これは力覚に関与する受容器を単独で刺激すると脳内解釈が様々に成立してしまうことを示しており、提示要素の適切な合成が必須であることを示す例である。このため本研究の最も重要な項目として提示要素の合成を行う。

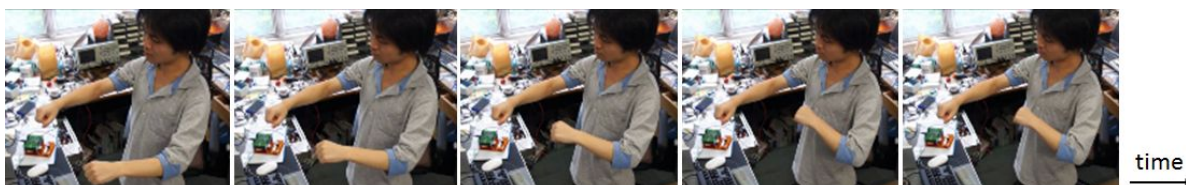


図 2 腱電気刺激時の変位反応。右肘腱に電気刺激、閉眼状態で左手で右手姿勢を模擬  
【皮膚感覚との融合手法の確立と「触覚」全体の評価】

力覚は単独で生起することは稀であり、少なくとも接触部位における皮膚感覚を伴うことから、研究の最終段階では手掌部の皮膚感覚と力覚との融合手法を確立する。この時点ですでに力覚の 2 要素合成については完成していることから、同様の実験セットアップに皮膚感覚提示装置を加える。皮膚感覚の提示としては幅広い周波数帯域で提示できることを優先し、オーディオスピーカを用いた触覚提示を掌に対して行う。接触対象物として粘弾性物体を想定し、これが手掌部に衝突した際の皮膚感覚及び力覚を融合提示する。

#### 4 研究成果

皮膚のせん断変形を用いた力覚提示は、原理解明とデバイス構築の両面で研究を行った。まず原理を解明するための皮膚変形計測装置の作成と評価を行った。この計測装置は透明な板に指を接触させ、板の裏側から高速カメラによって皮膚変形を計測するというものである。これを用いて、皮膚に偏加速度振動を加えた際に生じる疑似力覚現象を計測し、皮膚表面方向の歪がこの錯覚現象に寄与していることを明らかにした。またこの歪分布を電気触覚ディスプレイによって再現した際に確かに疑似力覚を生じることを確認している。

皮膚せん断変形を用いた力覚提示のデバイス構築に関しては、まず単純な構成として新たに輪ゴムのみで皮膚に純粋なせん断方向の力を加える方法を考案し、額部において有効性を確認した。皮膚せん断変形による力覚表現はこれまで皮膚への圧迫と横ずれの双方が必要とされていたが、これにより少なくとも額部の皮膚に対して輪ゴムで水平方向の力を提示するという簡便な装置で頭部回旋が生じることを見出した(図 3)。

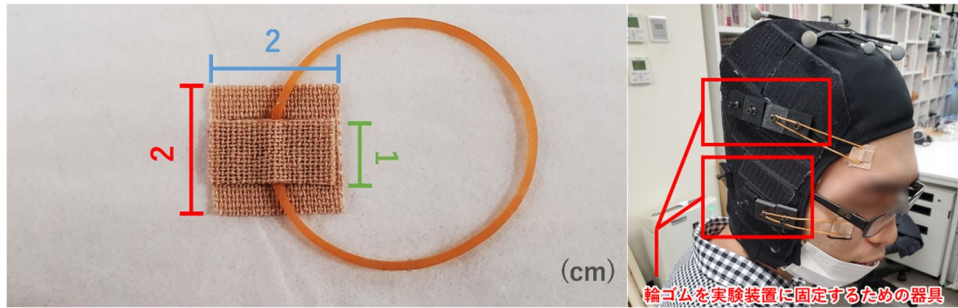


図 3 輪ゴムを用いた皮膚せん断変形による擬似力覚提示。額と頬に同時提示。

電気刺激を用いた運動錯覚提示に関しては、腱電気刺激による直接的な受容器刺激と、筋電気刺激による物理的な力の提示の両面から検討を行った。まず手首部に存在する指の腱に対する刺激によって力覚を生じることを示し、その定量化を行った。電極の配置により深部の腱選択的に刺激できることを示し、さらに腱電気刺激と振動触覚提示、視覚提示を組み合わせることによってよりすばやくリアルな力覚を生起することを確認した(図 4 左、中)。

筋電気刺激に関しては、従来から力覚提示への応用が進められてきたが、新たに指の筋に対する電気刺激に関して、甲側からの電気刺激によって手をにぎる方向の力を提示可能であることを見出し、手の複雑な運動を教示可能であることを示した(図 4 右)。従来指の筋刺激は手首部で行われており、指ごとに独立に刺激することが非常に難しいという課題があったがこれを解決できる手法であり、例えばピアノのキーを押す程度の力と速さを発揮できることを明らかにした。

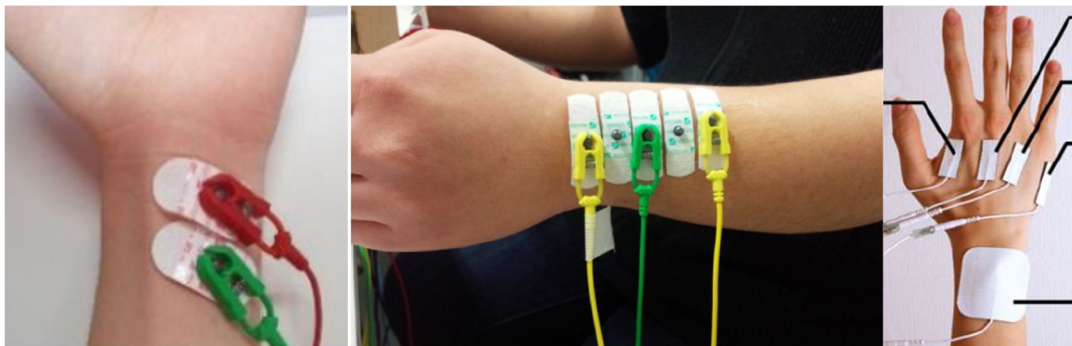


図 4 (左)指の腱への電気刺激、(中)電極間隔の影響調査実験、(右)手の甲から各指の屈筋への電気刺激。

腱振動入力による筋紡錘刺激については、より効率的な提示手法と応用展開の両面で研究を行った。従来の手法が一つの腱を主に対象としていたのに対して動作に関わる多数の腱を同時に刺激することで錯覚量を強めることを試み、腕片方の動作に対して手首から肩までの7箇所の腱の刺激を行い、最も効率よく運動錯覚を生じる組み合わせを発見した(図 5 左)。その結果3箇所の刺激が特に重要であることを見いだした。これを利用して VR 空間中での作業の最中に腱振動提示を行う評価実験を行った。その際には多軸力センサを内蔵した不動ジョイスティックを用い、ユーザの運動意図にあわせた腱振動提示を行った。またあわせて、固定されたバーを手で把持した状態で運動錯覚を生じさせると、バーが動いたように感じられる錯覚を発見した。この現象は、従来身体そのものに関する錯覚現象とされていた運動錯覚が、手で把持している道具や外界の解釈を変化させる錯覚現象となりうる可能性を示している。この観点から、運動中にあるタイミングで腱振動を与えることで把持

物体の長さや重さなどの解釈に影響を与えるという着想を得、その最適化を図った。その結果、重力に起因する重量感に関しては継続的な腱振動で表現可能であり、粘性感は速度を鍵とした腱振動提示で表現可能であることを確認した(図 5 右)。

複数の触覚手がかりの組み合わせに関して、力覚提示と電気刺激による皮膚感覚提示を組み合わせ、「柔らかさ」を力覚的、皮膚感覚的に提示する手法を提案、実装した。その結果主観的な柔らかさの量は変化しないものの、リアルさが向上することを見出した。

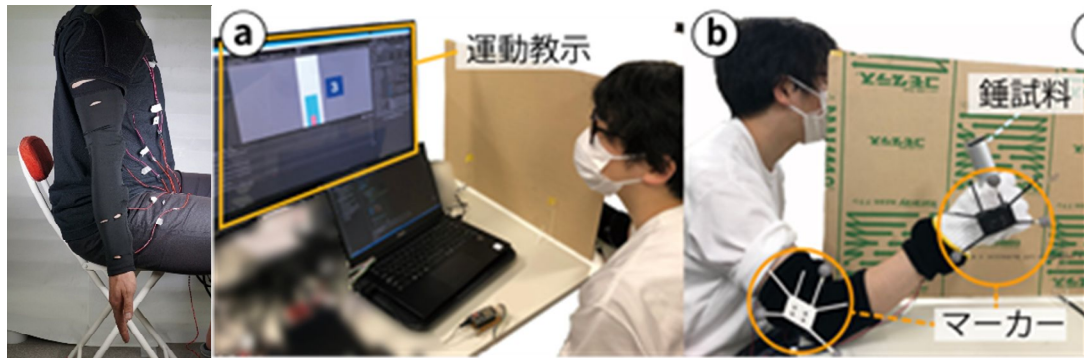


図 5 (左) 多点腱振動による効率的な運動錯覚提示、(右) 運動中の腱振動提示による把持物体の重さおよび粘性の変調。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計14件（うち査読付論文 14件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Takashi ASAHI, Takuto NAKAMURA, Michi SATO, Yuki KON, Hiroyuki KAJIMOTO, Shuji SATO	4. 巻 60
2. 論文標題 The Hanger Reflex: An Inexpensive and Non-invasive Therapeutic Modality for Dystonia and Neurological Disorders	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Neurologia medico-chirurgica	6. 最初と最後の頁 525-530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2176/nmc.ra.2020-0156	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 S.Tanaka, S. Kaneko, H. Kajimoto	4. 巻 1
2. 論文標題 Three-dimensional Measurement of Skin Displacement	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 2020 IEEE Haptics Symposium (HAPTICS)	6. 最初と最後の頁 794-800
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/HAPTICS45997.2020.ras.HAP20.158.b8032225	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 Keigo Ushiyama, Satoshi Tanaka, Masahiro Miyakami, Hiroyuki Kajimoto	4. 巻 9
2. 論文標題 ViBaR: VR Platform Using Kinesthetic Illusions to Enhance Movement Experience	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 SIGGRAPH '20: ACM SIGGRAPH 2020 Emerging Technologies	6. 最初と最後の頁 1-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3388534.3407304	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 D.Naito, H.Kajimoto	4. 巻 1
2. 論文標題 Haptic Display Using Fishing Rod	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Haptics: Science, Technology, Applications. EuroHaptics 2020. Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 325-333
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-58147-3_36	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 Keigo Ushiyama, Satoshi Tanaka, Akifumi Takahashi, and Hiroyuki Kajimoto	4. 巻 12272
2. 論文標題 The Effects of Simultaneous Multi-Point Vibratory Stimulation on Kinesthetic Illusion	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Haptics: Science, Technology, Applications. EuroHaptics 2020. Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 185-193
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-58147-3_21	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 S. Tanaka, K. Ushiyama, A. Takahashi, H. Kajimoto	4. 巻 12272
2. 論文標題 Movement-Free Virtual Reality Interface Using Kinesthetic Illusion Induced by Tendon Vibration	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Haptics: Science, Technology, Applications. EuroHaptics 2020. Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 316-324
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-58147-3_35	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 Keigo Ushiyama, Satoshi Tanaka, Akifumi Takahashi, Hiroyuki Kajimoto	4. 巻 1
2. 論文標題 Modulation of a Hand-held Object 's Property through Proprioceptive Stimulation during Active Arm Movement	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 CHI '21: ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3411763.3451834	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 Akifumi Takahashi, Jas Brooks, Hiroyuki Kajimoto, Pedro Lopes	4. 巻 1
2. 論文標題 Increasing Electrical Muscle Stimulation Dexterity by means of Back of the Hand Actuation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 CHI '21: ACM CHI Conference on Human Factors in Computing Systems	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) 10.1145/3411764.3445761	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 Akifumi TAKAHASHI, Kenta TANABE, Hiroyuki KAJIMOTO	4. 巻 1
2. 論文標題 Haptic interface using tendon electrical stimulation with consideration of multimodal presentation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Virtual Reality & Intelligent Hardware	6. 最初と最後の頁 163-175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3724/SP.J.2096-5796.2019.0011	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 akuto Nakamura, Satoko Sekimoto, Genko Oyama, Yasushi Shimo, Nobutaka Hattori, Hiroyuki Kajimoto	4. 巻 August
2. 論文標題 Pilot feasibility study of a semi-automated three-dimensional scoring system for cervical dystonia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 PLOS ONE	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) 10.1371/journal.pone.0219758	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 Masato Kobayashi, Yuki Kon, Jianyao Zhang, Hiroyuki Kajimoto	4. 巻 1
2. 論文標題 Hanger Drive: Driver Manipulation System for Self-balancing Transporter Using the Hanger Reflex Haptic Illusion	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SA '19: SIGGRAPH Asia 2019 Emerging Technologies	6. 最初と最後の頁 15-16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3355049.3360521	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 K.Ushiyama, T.Satoshi, A.Takahashi, H.Kajimoto	4. 巻 1
2. 論文標題 Reinforcement of Kinesthetic Illusion by Simultaneous Multi-Point Vibratory Stimulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SA '19: SIGGRAPH Asia 2019 Posters	6. 最初と最後の頁 1-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3355056.3364576	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 T. Shitara, V. Yem, H. Kajimoto	4. 巻 1
2. 論文標題 Reconsideration of Ouija Board Motion in Terms of Haptic Illusions (IV): Effect of Haptic Cue and Another Player	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SIGGRAPH '19: ACM SIGGRAPH 2019 Posters	6. 最初と最後の頁 1-2
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1145/3306214.3338567	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 Akifumi TAKAHASHI, Kenta TANABE, Hiroyuki KAJIMOTO	4. 巻 1
2. 論文標題 Haptic interface using tendon electrical stimulation with consideration of multimodal presentation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Virtual Reality & Intelligent Hardware	6. 最初と最後の頁 163-175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3724/SP.J.2096-5796.2019.0011	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23件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 8件)

1. 発表者名 田中 叡, 牛山 奎悟, 高橋 哲史, 梶本 裕之
2. 発表標題 腱振動刺激による運動錯覚を用いた動かないハプティックインタフェース (第2報) 心理実験による評価
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 牛山 奎悟, 田中 叡, 高橋 哲史, 梶本 裕之
2. 発表標題 多点振動刺激による腕の運動錯覚への効果検証
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 内藤大樹, 梶本裕之
2. 発表標題 釣竿を用いた力覚提示デバイスの制御
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 浅津秀行, 梶本裕之
2. 発表標題 簡便なウェアラブル触覚提示のための磁石の遠距離駆動の検討
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 眞田華道, 小林優人, 今悠気, 梶本裕之
2. 発表標題 膝部ハンガー反射の効果的提示方法の調査と検討
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮上昌大, 梶本裕之
2. 発表標題 テープと輪ゴムを使用したハンガー反射現象再現の検討
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 眞田華道, 小林優人, 梶本裕之
2. 発表標題 足首ハンガー反射における効果的な圧迫点の調査
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス 講演会 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牛山 奎悟, 田中 叡, 高橋 哲史, 梶本 裕之
2. 発表標題 多点同時振動刺激による運動錯覚の増強
3. 学会等名 第24回 日本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 田中叡, 牛山奎悟, 高橋哲史, 梶本裕之
2. 発表標題 腱振動刺激による運動錯覚を用いた動かないハプティックインタフェースの予備的検討
3. 学会等名 第24回 日本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 高橋, 梶本
2. 発表標題 経皮的神経電気刺激における複数電極対の高速スイッチングによる選択的深部刺激手法の提案
3. 学会等名 第24回 日本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 H.Asazu, M.Miyakami, H.Kajimoto
2 . 発表標題 Grip Force Modulation by Finger Posture
3 . 学会等名 Augmented Human 2019 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 M. Miyakami, Y. Kon, T. Nakamura, and H.Kajimoto
2 . 発表標題 Optimization of the Hanger Reflex (I): Examining the Correlation Between Skin Deformation and Illusion Intensity
3 . 学会等名 EuroHaptics2018 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Akifumi Takahashi, Kenta Tanabe, and Hiroyuki Kajimoto
2 . 発表標題 Haptic Interface Using Tendon Electrical Stimulation: Evaluation of the Effectiveness on Multimodal Presentation
3 . 学会等名 6th ACM Symposium on Spatial User Interaction ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Masato Kobayashi, Yuki Kon, Hiroyuki Kajimoto
2 . 発表標題 Presentation of Stepping Up and Down by Pneumatic Balloon Shoes Device
3 . 学会等名 AsiaHaptics2018 ( 国際学会 )
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiro Miyakami, Hiroyuki Kajimoto
2. 発表標題 Presenting a Pseudo-Force Sensation Using a Clothespin
3. 学会等名 AsiaHaptics2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akifumi Takahashi, Kenta Tanabe, and Hiroyuki Kajimoto
2. 発表標題 Investigation on the Cutaneous/Proprioceptive Contribution to the Force Sensation Induced by Electrical Stimulation Above Tendon
3. 学会等名 VRST2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masato Kobayashi, Yuki Kon, Hiroyuki Kajimoto
2. 発表標題 Detection Thresholds of the Height Difference between Visual and Physical Step
3. 学会等名 Augmented Human 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Miyakami, Takuto Nakamura, Hiroyuki Kajimoto
2. 発表標題 Evaluation of a device reproducing the pseudo-force sensation caused by a clothespin
3. 学会等名 Augmented Human 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 浅津秀行, 宮上昌大, 梶本裕之
2. 発表標題 指の姿勢制御を用いた握力調節
3. 学会等名 第23回日本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 眞田華道, 小林優人, 中村拓人, 梶本裕之
2. 発表標題 足首形状補完による足首ハンガー反射の効率化に関する研究
3. 学会等名 第23回日本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 小林優人, 今悠気, 梶本裕之
2. 発表標題 空気圧バルーンを用いた靴型高さ提示デバイスの昇降動作における高さ知覚の拡張に関する研究
3. 学会等名 第23回日本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 宮上昌大, 梶本裕之
2. 発表標題 洗濯ばさみを用いた指への疑似力覚の提示手法
3. 学会等名 第23回日本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 宮上昌大, 中村拓人, 梶本裕之
2. 発表標題 洗濯ばさみによる疑似力覚生起現象を再現するデバイスの予備的検証
3. 学会等名 インタラクシヨン2019(第23回一般社団法人情報処理学会シンポジウム)
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
---------	---------