

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H01770

研究課題名(和文) 複数の振動刺激を用いて人間の運動修正を誘発させるウェアラブルデバイス

研究課題名(英文) Wearable device that uses multiple vibration stimuli to induce human motor modification

研究代表者

平田 泰久(Hirata, Yasuhisa)

東北大学・工学研究科・教授

研究者番号：20323040

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、人間が運動を行う部位に複数の振動刺激を加えることで、理想軌道(理想フォーム)と現在軌道(実際のフォーム)の差異を呈示する新しい振動刺激型ウェアラブルデバイスの開発を行った。そして、身体の数点への振動刺激付与による人間への直観的な目標運動方向を呈示し、理想フォームへの運動誘導を実現した。また、人間の実際のフォームと理想フォームとの差異に基づくフィードバック型運動修正を誘発させる実時間動的運動教示手法を提案し、その長期間訓練による効率的な理想フォーム習得手法の検証を行った。さらに、動的に変化する環境情報に基づく運動修正手法の提案を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発を行った振動刺激付与に基づく運動誘導・運動修正手法が実現できれば、大きな駆動力を発生することなく小型・軽量の振動モータのみにて人間の運動を制御することができるようになり、安全かつ軽量のシステムが実現される。それにより「人間の運動を阻害せず」、「高速運動が可能となり」、「いつでもどこでも使用可能」、「直観的に誰でも使用可能」といった結果が期待でき、スポーツの習得の効率化はもちろん、楽器演奏や習字といった各種技能の習得や工場内での作業内容呈示・エラーリカバリーなど、人間の身体運動を伴うあらゆるタスクへの応用が期待できる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we developed a new vibration-stimulated wearable device that presents the difference between the ideal trajectory (ideal form) and the current trajectory (actual form) by applying multiple vibration stimuli to the part of the body where the human being exercises. The device also provides an intuitive target direction of movement by applying vibration stimuli to multiple points on the body, and guides the user to the ideal form. We also proposed a real-time dynamic motion instruction method that induces feedback-type motion modification based on the difference between the actual and ideal human form, and verified an efficient method for acquiring the ideal form through long-term training. Furthermore, we proposed a method of motion modification based on dynamically changing environmental information.

研究分野：ロボット工学

キーワード：ウェアラブル機器

### 1. 研究開始当初の背景

スポーツなどの技能の習得には、一般に指導者が訓練者の腕や足を取って動かすという「手取り足取り」型の指導方法を取ることが多い。しかしこの指導方法では指導者が訓練者と密着して教示を行うため動作範囲が限定され、高速な運動中に随時教示を行うことは困難なため、静的な姿勢や一連の運動内の離散的な数点のみの教示にとどまる場合が多い。

リハビリテーションやバーチャルリアリティなどの分野では、ロボットアーム型のデバイスが開発され、人間の腕を能動的に誘導するシステムが数多く研究されているが、スポーツなどの技能習得に応用されている例は少ない。また、ロボットアーム型のデバイスでは、大きな可動範囲の確保が難しく、また安全性の観点から高速運動を伴う動的な教示は難しい。

申請者は科研費挑戦的萌芽研究「スポーツ支援を目的とした広範囲・高速度・高安全運動支援システムの開発」において、ブレーキ制御を利用したワイヤ型運動支援システムを開発した。これは、ワイヤの交点に人間が操作力を加えることで運動を行い、その際の運動経路が理想経路に対して誤差を生じた場合のみブレーキを用いてワイヤの張力を制御し、能動的な駆動力を用いることなく人間の運動を修正するものである。この結果は、人間が自らの意志で行った動作に対して運動修正が必要な時のみブレーキを用いて運動を制限することで十分に人間の運動を調整できるという新しい知見を示している。従って申請者らはこの知見を応用した、能動的な駆動力を用いない新しい運動訓練デバイスを研究開発することを目標とするが、当該研究で開発したハードウェアは「手取り足取り」型訓練システムであり、使用環境が限定される。「手取り足取り」型の訓練システムは、指導者の代替という意味では有効であるが、人間の指導者が実現できることを超えた訓練を行うには限界がある。また、人間の運動を拘束した訓練はかえってその習得効率を低下させるという報告もあり、人間の運動を阻害しない軽量かつ自由に移動できるデバイスの開発が期待される。

### 2. 研究の目的

本研究は、「手取り足取り」型指導ではなく、人間が運動を行う部位に複数の振動刺激を加えることで、理想軌道（理想フォーム）と現在軌道（実際のフォーム）の差異を呈示し、反復練習を通して最終的に理想軌道（理想フォーム）に誘導する新しい振動刺激型ウェアラブルデバイスの開発を目指すものである。

近年、ハプティックインタフェースの研究が盛んであり、振動刺激を利用して様々な触覚を呈示する研究が数多く行われている。また、非常に興味深い研究として、触覚の錯覚を利用した研究が行われている。これは数点の振動刺激によって刺激場所とは異なる場所に振動感覚や力覚を呈示するものである。しかし、従来研究はバーチャルリアリティの実現を目指して、いかに人間に仮想環境を高い臨場感で呈示するかというものが多く。

本申請は仮想環境の高臨場感な呈示を目指すのではなく、人間の能動的な運動軌道と技能習得のための理想軌道の差異を直観的に認識できる目標運動方向として呈示し、人間の意図的な運動修正を誘発させるものである。これは人間がある理想フォームを習得する際に、外部からの強制的な力に従って受動的に身体を動かされるのではなく、小さな振動刺激によって呈示される目標運動方向に対して人間自身が自ら有するフィードバックループを利用し能動的に運動修正を行うという、従来にない新しい運動呈示・運動支援手法を提案するものである。本申請では特に下記の5項目について研究開発を進めた。

- (1) 身体の複数点への振動刺激付与による人間への直観的な目標運動方向の呈示
- (2) 目標運動方向呈示を用いた理想フォームへの運動誘導（静的運動教示）
- (3) 人間の実際のフォームと理想フォームとの差異に基づくフィードバック型運動修正の誘発（実時間動的運動教示）
- (4) 実時間動的運動教示の長期間継続による効率的な運動習得手法の検証
- (5) 動的に変化する環境情報の計測・モデル化に基づく環境適応型運動修正の実現

### 3. 研究の方法

本研究開発では、前節で述べた5つの研究項目をブレークダウンすることで進めていく。はじめに、「身体の複数点への振動刺激付与による人間への直観的な目標運動方向の呈示」を実現するための振動付与手法について研究を行う。その後、静的運動教示を実現するとともに、その技術を発展させることで実時間動的運動教示技術を確立する。また、本運動教示手法を用いて長期間の訓練をした場合に、効果的な運動修得が可能かを検討する。最終的には環境のモデル化に基づき、実時間で変化する環境に適応した運動を教示する、今までにない画期的な運動教示ウェアラブルデバイスを研究開発する。

### 4. 研究成果

本研究でははじめに、手首や上腕部の周囲に複数の振動モータを配置することを考え、その配置された振動モータを順番に駆動することで人間へ目標となる運動方向を呈示する手法を提案した。図1に示すように振動強度や振動持続時間などを協調的に制御することで一連の振動

刺激をある方向に向かう力の呈示として人間に知覚させることで、人間にどの方向に手を動かせばよいかを直観的に呈示することが可能となった。

また、少ない振動モータを用いて適切に人間に目標運動方向を呈示させることが可能な制御手法を開発した。過去の研究において、複数の振動モータを協調的に用いるとファントムセンセーションと呼ばれる錯覚現象が発生し、振動モータが付いていない部位に振動や力覚を感じることが報告されている。また、隣り合った振動モータの振動持続時間を調整することによりあたかも知覚ポイントが動いているように感じるという結果も報告されている。本研究ではこれらの知見を利用し、複数の振動刺激の協調によって実際に振動刺激を付与する点とは異なる身体部位において人間に目標運動方向を呈示させる制御手法を開発した。

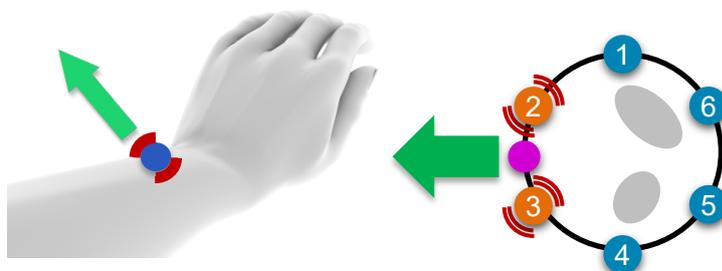


図1 複数の振動モータを用いた運動教示

そのほか、人間の手首には、尺骨、橈骨が存在し、その近傍では振動を知覚しやすく、それ以外の場所は振動を知覚しにくいということが知られている。そこで、各振動モータの位置を調整しながら目標方向呈示実験を行うことで、適切な振動モータの数やその配置を検討した。さらに、振動の強度や周期を取り付け部位によって変化させることによって運動方向の知覚精度が向上するか検討を行った。

次に開発した目標運動方向呈示手法が実現可能な振動モータ付きリストバンドデバイスを開発した。本デバイスは6つの振動モータを有しており、それを手首周りに取り付けられるようになっている。6つの振動モータの振動強度や振動の順番を適切に制御することにより、人に目標の運動方向を知覚させることが可能となる。6つのモータしか用いなくても、ファントムセンセーションと呼ばれる錯覚現象を利用することで、人は360度すべての方向で振動を知覚することができる。実際に本デバイスを用いて手首を目標運動方向に誘導する実験を行い、その有効性を確認した。

また、ゴルフの素振りのような運動フォームを学習させるために、目標の運動フォームと実際の運動フォームとの差異を人に提示する手法を開発した。本手法では、人の動作をモーションキャプチャで計測し、例えば、手首の理想運動と実際の手首の運動との間に差異がある場合に、修正すべき運動方向に対して振動呈示を行うものである(図2)。人はその振動情報に基づいて運動の修正を行うことで結果的に目標の運動フォームに近い運動が実現できるようになる。実際に開発したデバイスおよび制御手法を用いて実験を行い、その有効性を確認した。さらに、振動の方向とタイミング等を調整することにより、人に運動速度を提示する手法の検討を行った。

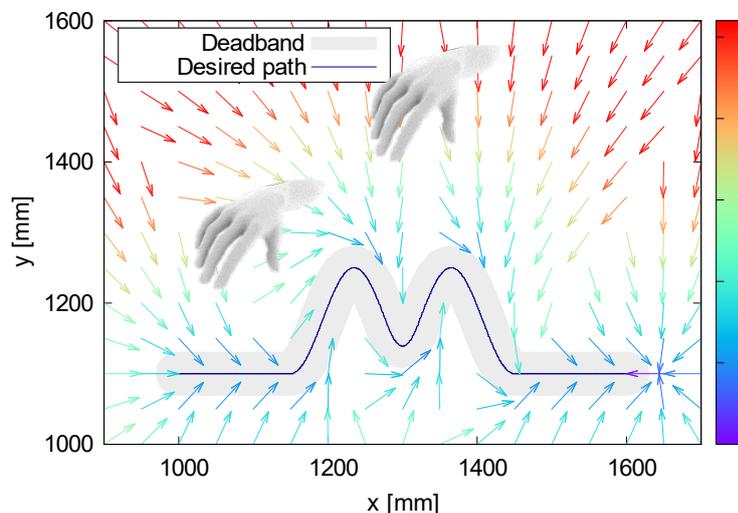


図2 理想フォームへの誘導手法

そのほか、開発したデバイスおよび振動呈示手法をスポーツ等の運動教示への応用だけでなく、人を目的に誘導することや、歩行器や車いす使用者の誘導、危険呈示等にも応用することを考え、より広い範囲の誘導システムの検討を行った。

次に以下の2つの項目に関する研究を実施した。一つ目は、実フォームと理想フォームとの差異に基づくフィードバック型運動修正誘発すなわち、実時間動的運動教示の実現である。本研究では、人間の運動に基づいて運動呈示方向および呈示時間、呈示強度などを実時間で変化させることで、人間に現在のフォームと理想フォームとの間でどの程度運動誤差があるのか認識させる手法の構築を行った。また、静的な運動だけでなく、動的な運動中においても教示が実現できるのか検討を行い、多少精度は落ちるが動的な運動中でも目的の運動を提示できることを示した。さらに、モーションキャプチャのような高価なセンサシステムを用いることなく、体の加速度や角速度を計測可能な小型 IMU 等のセンサを用いて人間の運動状態を取得する手法を構築した。

2つ目は、実時間動的運動教示の長期間継続による効率的な運動習得手法の検証である。提案する運動支援デバイスを装着した状態で運動を行うと、理想フォームと実フォームに差異があるほど、目標運動方向を提示する振動刺激が加えられる。振動刺激が加わらないように人間が能動的に自身のフィードバックループを用いて運動修正を行い反復練習をすることで、最終的に理想フォームに近づいていくという仮定のもと、実験においてその効果を確認した。実験では、長期間の運動の変化を記録し、その解析を行うことで振動デバイスを用いた運動教示の有効性について検証を行い、開発した運動教示デバイスを用いてある期間練習することによって、実フォームが理想フォームに近づいていくことを確認した(図3)。

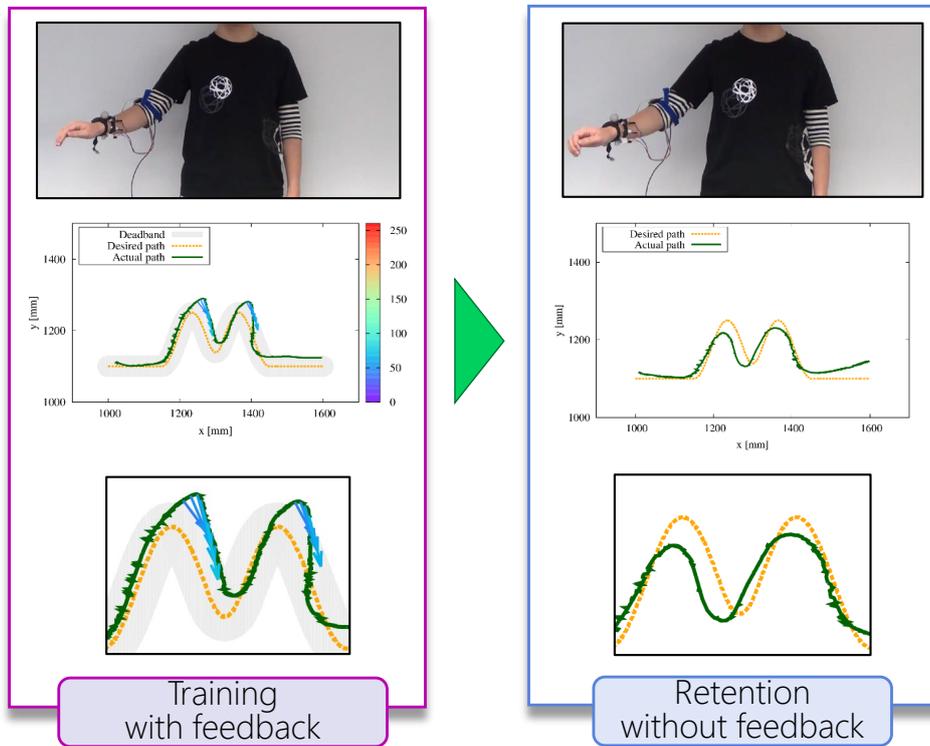


図3 運動誘導実験結果の一例

次に、変化する環境情報の計測・モデル化に基づく環境適応型運動修正の実現を目指して研究開発を行った。特にゴルフのパッティングの訓練に注目し、プレーヤーとゴルフグリーンに存在するピンの位置関係から、適切なパッティングを行うために最適な目標フォーム(打ち出し角度、打ち出し強さ)を推定する技術を構築した。そして、これまでに開発してきた振動デバイスを用いて、実際にパッティングしたときにフォームと目標フォームの違いを実時間で提示する手法を開発し、練習を重ねることによってより理想フォームに近い動作ができるようになるシステムを開発した。具体的には、各種センサを用いて環境情報を取得し、環境情報のモデル化を行った。これにより、パッティング環境におけるピンまでの距離や傾斜等に応じて、目標のフォームを自動的に導くことが可能となった。また、ヒトのパッティング動作のモデル化を行い、理想フォームの目標値を定量的に決定する手法を開発した。さらに、複合現実を実

現できるヘッドマウントディスプレイを用いることで、実空間に目標となるパターヘッドの軌道や、目標フォームで打ち出したときに、ボールがどのように転がるかなどを示すことが可能となった(図4)。また、それらの情報を外部環境から第三者視点でも見ることができるシステムを開発し、実際に訓練を受けている人がどのような複合現実情報を見ているのかを把握することができるようになり、訓練者自身だけでなく、第三者も間接的な訓練を受けることが可能となる道筋をつけた。



図4 ゴルフパッティング訓練システム

さらに、環境情報に応じて人がより動的に運動することを可能とする運動教示システムの開発を行った。初めに、陸上競技場のような広い場所において、カメラを搭載したドローンで走行レーンを計測し、そのレーンに沿って人が走行することを支援するシステムを開発した。画像データから対象者の自己位置と走行レーンを検出し、これまで開発してきた振動型ウェアラブルデバイスによって目標方向に対象者をガイドすることによって、走行レーンに沿って目隠しをした人をガイドできることを示した。この技術は、視覚に障がいがある方でも、他のパートナーの助けを借りることなく走行することを可能にする技術に発展させることができる。

また、より技能を必要とする運動教示を実現するためのシステムを開発した。これは、プロジェクターによって地面に投影された映像と振動型ウェアラブルデバイスから成るシステムであり、技能習得者に目標運動方向や手足の動作方法を提示することができる。これにより、ダンスの足運びといった技能を必要とする運動を教示することを可能とした。

さらに、集団スポーツや集団でのダンスといった複数人の同期した運動が必要となる動作を、複数人に取り付けられた振動型ウェアラブルデバイスによって運動教示するシステムを開発した。カメラの映像を画像処理することにより競技者個人を認識し、互いの位置関係を調整するように振動型ウェアラブルデバイスを動作させた。これにより複数人が目的のフォーメーションに沿って運動することや、スポーツにおいて誰が誰のマークをすべきかといったコーチングを実現するシステムの開発を行った。

上記すべてのシステムにおいて実機を用いた実験を行い、それらの有効性および発展性を確認した。また研究成果は、学術論文誌、国内学会や国際学会等で発表を行った。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Zhenyu Liao, Jose V. Salazar Luces, Yasuhisa Hirata	4. 巻 5
2. 論文標題 Human Navigation Using Phantom Tactile Sensation Based Vibrotactile Feedback	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 5732, 5739
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LRA.2020.3010447	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 Jose V. Salazar Luces, Keisuke Okabe, Yoshiki Mura, Yasuhisa Hirata	4. 巻 3
2. 論文標題 A Phantom-Sensation Based Paradigm for Continuous Vibrotactile Wrist Guidance in Two-Dimensional Space	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 163-170
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LRA.2017.2737480	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 Jose Salazar, Keisuke Okabe, Yasuhisa Hirata	4. 巻 3
2. 論文標題 Path-Following Guidance Using Phantom Sensation Based Vibrotactile Cue Around the Wrist	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 2485-2492
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/LRA.2018.2810939	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27件（うち招待講演 0件／うち国際学会 8件）

1. 発表者名 渡会穂玖斗, サラザルホセ, 平田泰久
2. 発表標題 独立無線型振動デバイスを用いたカスタマイズ可能な振動触覚フィードバック カスタマイズツールによる振幅変調および振動刺激生成における有用性の検証
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2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武川智輝, サラザルホセ, 平田 泰久
2. 発表標題 マルチモーダルフィードバックを用いたゴルフパッティング練習システム
3. 学会等名 第39回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Zhenyu Liao, Jose Salazar, Yasuhisa Hirata
2. 発表標題 Outdoors Sports Guiding Using Haptic Feedback
3. 学会等名 第39回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Zhenyu Liao, Jose Salazar, Yasuhisa Hirata
2. 発表標題 Robotic Guidance System for Visually Impaired Users Running Outdoors Using Haptic Feedback
3. 学会等名 2021 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sebastian Fernando Chinchilla Gutierrez, Jose Victorio Salazar Lucas, Yasuhisa Hirata
2. 発表標題 Modality Influence on the Motor Learning of Ballroom Dance with a Mixed-Reality Human-Machine Interface
3. 学会等名 The 2022 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sebastian Chinchilla, Jose Salazar, Yasuhisa Hirata
2. 発表標題 Tempo Synchronization of Physical Activities with a Mixed-Reality Human-Machine-Interface?
3. 学会等名 2021 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics(IEEE ROBIO 20/21) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武川智輝, サラザルホセ, 平田泰久
2. 発表標題 定量的かつ直感的なゴルフボールの打ち出し情報の教示を目的としたゴルフパッティング訓練システムの開発
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2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武川智輝, サラザルホセ, 平田泰久
2. 発表標題 複合現実空間におけるゴルフパッティング訓練システムの開発
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2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 白鳥雅大, サラザルホセ, 平田泰久
2. 発表標題 団体競技のコーチングを目的としたウェアラブル振動触覚デバイスの制御 第3報: RGBカメラを用いた選手認識のための画像処理システム開発
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2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武川智輝, サラザル・ホセ, 平田泰久
2. 発表標題 振動刺激と複合現実技術を用いたゴルフパッティング練習システムの開発
3. 学会等名 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 石田佳奈子, サラザル・ホセ, 平田泰久
2. 発表標題 団体競技のコーチングを目的としたウェアラブル振動触覚デバイスの制御 第1報：移動方向および距離の指示に適した振動刺激パターンの考察
3. 学会等名 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 石田佳奈子, サラザル・ホセ, 平田泰久
2. 発表標題 団体競技のコーチングを目的としたウェアラブル振動触覚デバイスの制御 - 第2報：走行中の人を目的の場所に停止させるための適切な振動タイミングの推定
3. 学会等名 第21回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Zhenyu Liao, Jose V. Salazar Luces, Yasuhisa Hirata
2. 発表標題 Human Navigation Using Phantom Tactile Sensation Based Vibrotactile Feedback
3. 学会等名 2020 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Jose Salazar, Kanako Ishida, Yasuhisa Hirata
2. 発表標題 Human Position Guidance Using Vibrotactile Feedback Stimulation Based on Phantom-Sensation
3. 学会等名 2019 IEEE International Conference on Cyborg and Bionic Systems (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡部圭佑, サラザル ホセ, 平田泰久
2. 発表標題 複数の振動刺激を用いた手首の誘導支援における学習効果の検証
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 石田佳奈子, サラザル ホセ, 平田泰久
2. 発表標題 人のナビゲーションを実現するファントムセンセーションを用いた振動触覚デバイスの制御
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jose Salazar, Yasuhisa Hirata
2. 発表標題 Customizable Vibrotactile Feedback using Network of Independent Vibration Devices in ROS
3. 学会等名 第37回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Jose V. Salazar Lucas, Keisuke Okabe, Yasuhisa Hirata
2. 発表標題 Path-Following Guidance Using Phantom Sensation Based Vibrotactile Cue Around the Wrist
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Robotics and Automation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡部圭佑, サラザル ホセ, 平田 泰久
2. 発表標題 ウェアラブル振動提示デバイスによる手首の 運動誘導
3. 学会等名 日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 サラザル ホセ, 岡部圭佑, 平田 泰久
2. 発表標題 Tempo Training using Vibrotactile Cues Based on Phantom Sensation
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岡部圭佑, サラザル ホセ, 平田泰久
2. 発表標題 複合現実型視覚情報と振動触覚情報の提示による作業支援
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Jose V. Salazar Lucas, Keisuke Okabe, Yoshiki Murao, Yasuhisa Hirata
2. 発表標題 A Phantom-Sensation Based Paradigm for Continuous Vibrotactile Wrist Guidance in Two-Dimensional Space
3. 学会等名 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems ( 国際学会 )
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jose Salazar, Keisuke Okabe, Yasuhisa Hirata
2. 発表標題 Path-Following Guidance Using Phantom Sensation Based Vibrotactile Cue Around the Wrist
3. 学会等名 IEEE International Conference on Robotics and Automation ( 国際学会 )
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 村尾佳紀, サラザル ホセ, 平田 泰久
2. 発表標題 複数の振動刺激を用いた運動方向呈示による手首の運動誘導
3. 学会等名 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡部圭佑, サラザル ホセ, 平田 泰久
2. 発表標題 ファントムセンセーションを用いた定点振動刺激による運動誘導
3. 学会等名 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス部門講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 岡部圭佑, サラザル ホセ, 平田 泰久
2. 発表標題 ファントムセンセーションに基づく振動刺激を利用した手先の経路追従
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 サラザル ホセ, 岡部圭佑, 平田 泰久
2. 発表標題 Conveying Direction using Multiple Simultaneous Phantom Sensation Vibrotactile Cues
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2017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