

令和 4 年 5 月 13 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：19H04189

研究課題名(和文) 身体ダイナミクスを可視化する機能的トモグラフィの開発と身体制御への応用

研究課題名(英文) Development of Functional Tomography for Imaging Body Dynamics and Its Application for Body Control

研究代表者

吉元 俊輔 (Yoshimoto, Shunsuke)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・講師

研究者番号：00646755

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、生体物理現象の電気的な計測に基づいて身体ダイナミクスを推定する、機能的トモグラフィ技術の確立を目的とした。まず、導電率分布を可視化する電気インピーダンストモグラフィに関するシステムを構築し、効率的に組織の状態推定を行う方法を明らかにした。次に、手首の形状変化から手指の動作や接触力を推定できることを示すと同時に、計測感度の高い電極配置を明らかにした。また、静電容量や磁界に着目することで、近接分布や温度分布のイメージングが可能な新しいトモグラフィの方式を実証した。これらの結果は、機能的トモグラフィの要素技術として有用であり、ヘルスケアやインタフェースへの貢献が期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の主な生体イメージングの手法では、大型な装置や対象の拘束が必要であり、身体の動作や外界との相互作用を精緻に調べる上で課題があった。本研究で開発した電磁界トモグラフィを利用したイメージングでは、電極や柔軟・薄型なセンサなどの拘束が少ないデバイスを用いて生体組織の状態、身体の運動、外界との干渉を計測でき、身体の機能を評価するための新しいツールとなり得る。また、時空間性能を向上させるための励起手法や電極配置が明らかになったほか、近接や温度など従来では捉えることのできなかつた物理量を可視化でき、電磁界トモグラフィの応用可能性を拡張することができた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop a functional tomography technique to estimate body dynamics based on electrical impedance measurements. First, we developed a system for electrical impedance tomography that visualizes the distribution of electrical conductivity, and clarified the efficient state estimation method. Next, we showed that hand motion and contact force can be estimated from wrist shape changes, and clarified the electrode arrangement with high sensitivity. We also demonstrated a new tomography method that enables imaging of proximity and temperature distributions by focusing on capacitance and magnetic fields. These results are useful as elemental technologies for functional tomography and are expected to contribute to healthcare and interface applications.

研究分野：生体医工学

キーワード：トモグラフィ 電気的計測 身体ダイナミクス イメージング

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

身体能力の極限を目指すトップアスリートや、不自由の克服に励む障がい者、健やかな日常生活を願う高齢者をはじめ、あらゆる人々にとって運動機能を向上または維持することは生涯を通しての課題である。とりわけ超高齢化社会においては運動機能の向上と維持は極めて重要であり、工学技術を活用した運動機能の評価とトレーニング・リハビリシステムによる健康寿命の延伸や Quality of Life (QoL) の向上が急務である。そのため、身体ダイナミクスの高精細な計測と最適な制御、特に運動に伴った身体内外の力や変位分布の可視化技術が必要不可欠である。

本研究課題における身体ダイナミクスとは、運動による身体と環境の接触や筋骨格の状態を表す力と変位、即ち、身体内外の力学的指標の時空間分布(4D イメージ)を意味する。例えば、物体把持によって手指と物体間に生じる圧力分布、足圧によって足裏に生じる3次元ひずみ分布、筋組織の緊張弛緩に伴う生体内部の変位場、手指骨格の姿勢などの時系列データであり、手技や歩行機能の評価・運動を支援するための身体制御への利用が期待されている。

構造だけでなく活動などの機能をイメージする従来の技術には、磁気共鳴機能画像法(fMRI)による脳機能の計測、機能的干渉断層撮影(fOCT)による皮膚物性の計測、超音波イメージングによる血行状態の計測、電気インピーダンストモグラフィ(EIT)による肺機能の計測などが存在し、4D データの可視化が可能になりつつある。しかし、運動環境下における身体ダイナミクスのイメージングに関しては問題が多く手法は確立されていない。

運動環境下における身体ダイナミクスのイメージングの主な問題としては、(A) 計測装置が運動や身体に与える機械的制約、(B) 計測に要求される時空間特性の性能の高さ、(C) 計測対象の多様性と不確定要因の多さが挙げられる。これらの問題を解決する新たな計測手法を確立することができれば、科学技術としてのインパクトも大きく、社会への波及効果が期待できる。(A)の問題に対して、研究代表者らはこれまでの研究を通して、運動に関連した物理現象の計測と逆解析による可視化手法の可能性を見出してきた。具体的には、血流から指先接触力を推定する手法、手首形状から指関節角度を推定する手法、接触抵抗から圧力分布を推定する手法を開発し、その中でも特に電氣的計測が有効であることを明らかにしてきた。本研究課題では電気による機能的トモグラフィを開発し(B)(C)の問題解決に取り組む。

身体能力の限界への挑戦と健康寿命の延伸への貢献を目指し、人の運動機能やその向上方法を力学的側面から理解することができるか、そのためには運動に制約を与えないウェアラブルエレクトロニクスによる力学的指標の4D イメージングを目指す。特に、身体と環境の相互作用、骨格の姿勢、筋の運動状態を対象とし、これまでの到達性能を大きく上回る革新的な電気計測技術の開発により、身体運動の時空間特性の要求と多様性に対応しつつも個人に最適化された機能評価・支援を達成することが本研究の最終的な目標である。本研究課題の実施期間中には、身体の中でも最も使用頻度が高く多様性のある手指および前腕と、歩行に関連する下肢の筋骨格を対象部位として想定し、手指による物体操作や歩行に関する身体ダイナミクスの計測技術を培う。

2. 研究の目的

本研究では、運動に関連した多様な生体物理現象の電氣的な計測に基づいて身体ダイナミクスを推定する、機能的トモグラフィ技術の確立を目的とし、運動に制約を与えないウェアラブルエレクトロニクスによる力学的指標の4D イメージングを目指す。特に、身体と環境の相互作用、骨格の姿勢、筋の運動状態を対象とし、これまでの到達性能を大きく上回る革新的な電気計測技術の開発により、身体運動の時空間特性の要求と多様性に対応しつつも個人に最適化された機能評価・支援を達成することが本研究の最終的な目標である。本研究課題の実施期間中には、身体の中でも最も使用頻度が高く多様性のある手指および前腕と、歩行に関連する下肢の筋骨格を対象部位として想定し、手指による物体操作や歩行に関する身体ダイナミクスの計測技術を培う。

3. 研究の方法

上記の目的を達成するため、以下の五つの項目に分けて研究を実施した。

(1) 生体組織の状態評価手法の開発

生体組織の状態評価を対象として、筋断裂の検知と筋内脂肪量の推定を対象とした手法の開発を行った。具体的には、電気インピーダンストモグラフィ(EIT)のように複数の電極を用いて励起条件を切り替えながら電極電位を取得する計測システムを構築し、筋断裂のような微小なインピーダンス変化の検知に効果的な励起条件を調査した。また、筋内脂肪量の推定では、身体運動を併用したインピーダンス計測により筋肉量などの他のパラメータの影響を軽減する手法を開発し、シミュレーションや生体ファントムを用いて基礎的な評価を行った。

(2) 身体調和性を目指す装着部のメカトロニクス設計

体表の変形から身体の姿勢や外力を推定するための、複数の電極からなる装着型電気計測装置を開発した。特に、手指の動作と指への接触力を前腕の筋の変形から推定するシステムを構築し、被験者実験により精度の評価を行った。また、手指の動作で生じる前腕の形状変化とそれに

伴うインピーダンス変化を機械モデルと電気モデルの連成シミュレーションにより再現し、電極パラメータと評価指標の関係を調べることで身体に装着する電極配置に関する検討を行った。

(3) 多機能イメージングに向けた基礎的検討

身体の状態や外界との相互作用の計測として、接触に伴う圧力分布やせん断応力、対象物体の温度分布、身体と対象物の近接分布を対象とした多機能イメージングに関する研究を実施した。特に、容量性結合や電磁誘導などの現象を利用した新しいトモグラフィの方法を提案し、従来では扱うことのできなかつた近接分布や温度分布などの4Dイメージングに挑戦した。

(4) 時空間性能を向上させるトモグラフィ技術の探究

電気インピーダンストモグラフィでは、複数の励起条件での計測が必要となるため、一つの再構成画像を得るためには一定の時間を要する。また、対象となる物体内部で電流が拡散することから、空間分解能が低いという課題がある。これらの時空間性能に関する課題を解決するため、効果的な励起手法の探索を行い、従来よりも高性能なイメージングに挑戦した。具体的には、接触圧力分布の計測を対象とし、接地条件を適応的に選択する方法や複数の電極を同時に接地する方法などの探索を行った。また、従来のEITにコイルによる誘導電流を加えることで対象物体の内部の特定の領域の電流量を調整し、空間性能を局所的に向上させる新しい手法を提案し、シミュレーションによる基礎的な評価を行った。

(5) 力触覚刺激に対する知覚特性の評価

力触覚刺激が身体ダイナミクスに与える影響を明らかにすることを目的とし、圧力刺激に対する力感覚の知覚特性や、電気刺激と熱刺激の同時提示に対する温冷知覚特性の評価についても研究を実施した。また、腕の屈曲や立ち上がり動作を対象として振動刺激や初期姿勢が体勢知覚に与える影響についても調査を行った。

4. 研究成果

(1) 生体組織の状態評価手法の開発

生体の電気特性を模擬したファントムを用いて評価を行ったところ、筋断裂の検出や脂肪量の推定が可能であることが示された。特に、実測データが少ない状況下でロバスト性を高めるための学習データの作成方法、効果的な励起条件の選出方法を明らかにすることで、従来では検出が困難であった微小なインピーダンス変化（面積率 2.5%以下の領域）を検出できる可能性を示した（図 1）。また、筋内脂肪量の推定に関しても、関節の屈曲動作を再現する生体ファントムを構築し、屈曲を考慮しない場合よりも高精度な推定が可能であることを明らかにした。

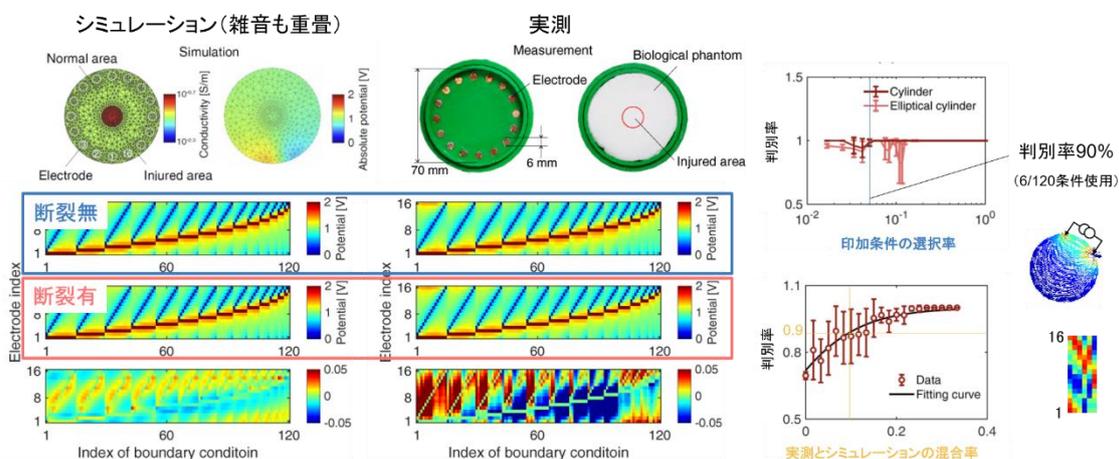


図 1 効率的な筋断裂検知のためのインピーダンス計測手法に関する研究 [1]

(2) 身体調和性を目指す装着部のメカトロニクス設計

16 個の電極を用いたデバイスを対象に、電極配置と検出感度の関係をシミュレーションにより評価した。その結果、電極を二列で構成し、変位が大きく現れる掌側に集中して配置させることで、従来よりも計測感度が 2 桁向上することが明らかとなった（図 2）。また、前腕に巻き付けて装着可能なフレキシブル電極シートを製作し、インピーダンス計測システムを実装した。実装したシステムを用いて被験者実験を行った結果、計測システムから得られる電位データを用いて指の関節角度や接触力を推定できる可能性が示唆された。

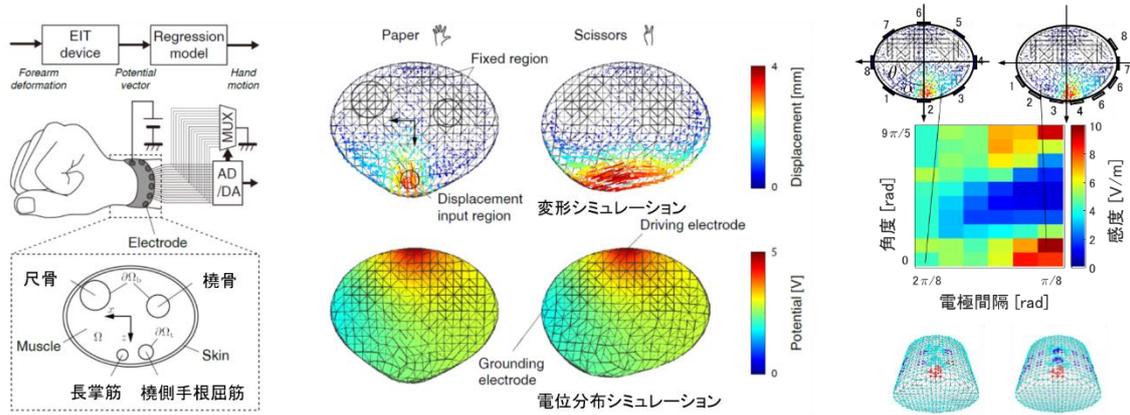


図2 手首形状変形からの動作推定のための最適電極配置の評価 [2]

(3) 多機能イメージングに向けた基礎的検討

せん断変形に応答する、容量式のセンサ構造を考案し実機実験によりその可能性を実証した。また、シート状のセンサで身体と検出面の近接分布を推定する容量式トモグラフィを開発し、ハンドトラッキングなどへの応用が可能であることを示した (図 3)。さらに、従来のような電極電流ではなく複数のコイルによる誘導電流と磁場計測を利用することで、アルミなどの良導体の温度分布を非接触に推定する、渦電流トモグラフィによる温度イメージング手法を考案し、その基礎的な原理検証を行うことができた。以上のように、従来では計測できなかった様々な物理量の 4D イメージングが可能であることを実証した。

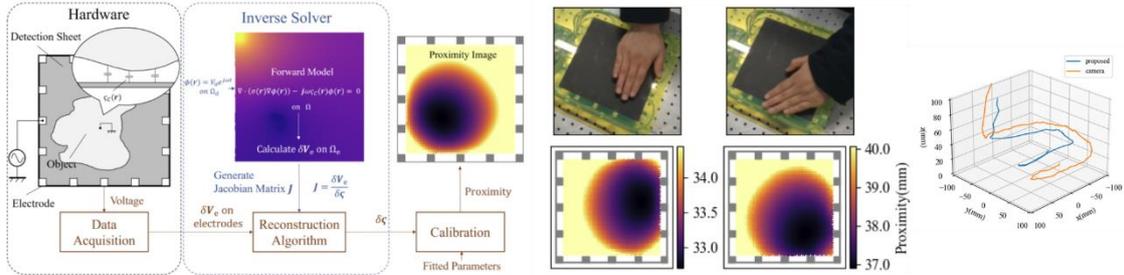


図3 近接イメージングが可能な容量式トモグラフィの提案とハンドトラッキングの実現 [3]

(4) 時空間性能を向上させるトモグラフィ技術の探究

報告者らが初期に開発したトモグラフィ式触覚センサでは、複数の電極のうち一つを順番に接地することで再構成に用いるデータ量を増やし、一定の空間性能を実現していた[4]。これに対し、物体の接触状態に応じて接地条件を適応的に選択するトモグラフィ手法を開発し、空間性能を大きく低下させることなく高速な計測が可能 (時間サンプリング周波数 1kHz) トモグラフィ式触覚センサを世界で初めて実現した (図 4)。また、同時に複数の電極で接地を行う方法を利用することで、時間分解能を 4~8 倍向上させつつ、空間性能を 5~15% 程度改善できることを明らかにした。これらの結果、物体をセンサ面に落下させた際の高周波な成分を含む接触圧力分布の 4D イメージングや、新しいタッチインタフェースの実現など、いくつかの応用可能性も示すことができた。また、誘導電流を利用することで、局所的な空間分解能を改善できる可能性も示すことができた。

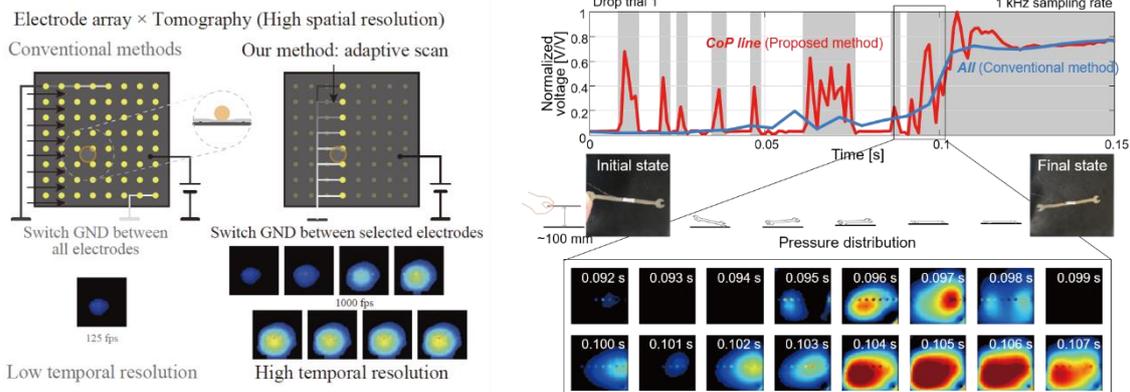


図4 励起条件の工夫による高時空間性能なトモグラフィ式触覚センサの実現と計測事例 [5]

(5) 力触覚刺激に対する知覚特性の評価

第一に、掌への圧力刺激が手腕に加わる力刺激の知覚に与える影響を被験者実験により調べ、圧力刺激の強度と知覚した力の大きさに一定の相関が見られたことから、圧力刺激により力刺激を代替・拡張できる可能性が示唆された。第二に、指中節に与えた経皮電気刺激が指腹部の熱刺激によって生じる温冷知覚に与える効果を被験者実験により調べたところ、電気刺激により温冷知覚を増強または軽減できる可能性が示唆された。第三に、肘関節の腱振動刺激によって腕の屈曲時の関節角度の知覚に影響を及ぼす可能性、座面からの立ち上がり動作において座面高が立位感に影響を及ぼす可能性が示唆された。これらの結果は物理的な身体ダイナミクスが脳の知覚情報処理によって様々に変化する事例であり、小型で効率的なハプティックデバイスの開発などへの応用が期待される。

以上のように、電磁界トモグラフィに関する技術開発を中心とし、身体と環境の相互作用、骨格の姿勢、筋の運動状態などの身体ダイナミクスの関係を捉える機能的トモグラフィについて、様々な技術と知見を得ることができた。特に、これまでの性能を上回る計測システムを実現したほか、近接や温度などの従来では捉えることができなかった物理量の計測に成功し、電磁界を利用した新しいイメージング技術を培うことができた。五つに分けた実施項目の研究成果は、それぞれ IEEE Transactions を中心とした国際論文誌に掲載されたほか、国際会議 IROS2020 における IEEE RAS JJC Young Award, 里見奨学会における令和3年度研究提案表彰を受賞するなど、一定の成果を挙げることができた。本研究で明らかにした多機能化や最適設計論は電磁界トモグラフィの応用可能性を拓げるものであり、人の身体機能の評価やヘルスケアモニタリング、ヒューマンインタフェースなどへの貢献が期待される。

<引用文献>

- [1] S. Yoshimoto, N. Ikemoto, H. Ishizuka, S. Ikeda, Y. Kuroda, and O. Oshiro, Efficient and Robust Detection of Local Impedance Changes using Selected Electrical Excitation Conditions. IEEE Access, Vol. 8, No., pp. 205778–205787, 2020.
- [2] S. Yoshimoto, Y. Toyoda, and A. Yamamoto, Influence of Electrode Positions on Performance of Hand Motion Capture using EIT. IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics, Vol. 4, No. 1, pp. 285–288, 2022.
- [3] Z. Li, S. Yoshimoto, and A. Yamamoto, Tomographic Proximity Imaging Using Conductive Sheet for Object Tracking. Sensors, Vol. 21, No. 8, pp. 2736:1–16, 2021.
- [4] S. Yoshimoto, Y. Kuroda, and O. Oshiro, Tomographic Approach for Universal Tactile Imaging with Electromechanically Coupled Conductors. IEEE Transactions on Industrial Electronics, Vol. 67, No. 1, pp. 627–636, 2020.
- [5] H. Mitsubayashi, S. Yoshimoto, A. Yamamoto, Adaptive Potential Scanning for a Tomographic Tactile Sensor with High Spatio-Temporal Resolution. In Proc. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 9827–9832, Las Vegas, USA (Online), 2020.

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 0件／うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Yoshimoto Shunsuke, Toyoda Yumi, Yamamoto Akio	4. 巻 4
2. 論文標題 Influence of Electrode Positions on Performance of Hand Motion Capture Using EIT	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Medical Robotics and Bionics	6. 最初と最後の頁 285 ~ 288
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TMRB.2021.3125321	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 Yoshimoto Shunsuke, Yamamoto Akio	4. 巻 14
2. 論文標題 Pressure Stimulus to the Palm Substitutes and Augments Force Sensation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Haptics	6. 最初と最後の頁 930 ~ 935
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TOH.2021.3087230	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 Li Zehao, Yoshimoto Shunsuke, Yamamoto Akio	4. 巻 21
2. 論文標題 Tomographic Proximity Imaging Using Conductive Sheet for Object Tracking	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 2736 ~ 2736
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/s21082736	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 Yoshimoto Shunsuke, Ikemoto Naoki, Ishizuka Hiroki, Ikeda Sei, Kuroda Yoshihiro, Oshiro Osamu	4. 巻 8
2. 論文標題 Efficient and Robust Detection of Local Impedance Changes Using Selected Electrical Excitation Conditions	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 205778 ~ 205787
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/ACCESS.2020.3037167	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 吉元 俊輔、青山 一真、梶本 裕之、西川 敦	4. 巻 58
2. 論文標題 人体通電の影響と安全基準	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 生体医工学	6. 最初と最後の頁 147 ~ 159
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11239/jsmbe.58.147	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 池本 尚生、吉元 俊輔、石塚 裕己、池田 聖、黒田 嘉宏、大城 理	4. 巻 57
2. 論文標題 電位の空間走査による筋断裂検知手法の提案	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 生体医工学	6. 最初と最後の頁 215 ~ 223
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11239/jsmbe.57.215	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 6件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 春田鴻志, 山本晃生, 吉元俊輔
2. 発表標題 経皮電気刺激が熱刺激による温冷知覚に与える効果の評価
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会ハプティクス研究委員会第28回研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 林実朝, 吉元俊輔, 山本晃生
2. 発表標題 2つのコイルを用いた非接触温度計測における励磁・計測条件の評価
3. 学会等名 2022年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 遠山陸生, 吉元俊輔, 山本晃生
2. 発表標題 誘導電流による電気インピーダンストモグラフィの空間分解能改善に関する基礎的検討
3. 学会等名 2022年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉元俊輔
2. 発表標題 生体インタフェースの基礎とその応用技術
3. 学会等名 日本テクノセンターセミナー（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 船戸舜生, 吉元俊輔, 小島明, 坂本航士, 山本晃生
2. 発表標題 ソフトグリッパのための多孔体を用いたトモグラフィ式触覚センサの設計と特性評価
3. 学会等名 第22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 2021年

1. 発表者名 吉元俊輔
2. 発表標題 触覚情報の計測手法
3. 学会等名 触覚講習会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 秋森大貴, 磯山直也, 吉元俊輔, 内山英昭, 酒田信親, 清川清
2. 発表標題 高さ調節が可能な椅子に対する座位姿勢が立位感と姿勢認知に与える影響
3. 学会等名 日本バーチャルリアリティ学会ハプティクス研究委員会第27回研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 D. Hagimori, N. Ioyama, S. Yoshimoto, N. Sakata, and K. Kiyokawa
2. 発表標題 Effects of Continuous and Intermittent Vibration Stimulations on Perception of Lower Limbs in Reaching Movements
3. 学会等名 IEEE World Haptics Conference 2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Mitsubayashi, S. Yoshimoto, A. Yamamoto
2. 発表標題 Adaptive Potential Scanning for a Tomographic Tactile Sensor with High Spatio-Temporal Resolution
3. 学会等名 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Z. Li, S. Yoshimoto, A. Yamamoto
2. 発表標題 Tomographic Approach for Proximity Imaging using Conductive Sheet
3. 学会等名 Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉元俊輔
2. 発表標題 触覚センシングの基礎と応用・最新技術
3. 学会等名 日本テクノセンターセミナー（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉元俊輔
2. 発表標題 身体構造・機能の能動的電気センシング
3. 学会等名 日本生体医工学会大会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉元俊輔, 田畑亮, 石塚裕己, 池田 聖, 黒田嘉宏, 大城 理
2. 発表標題 筋伸縮電気インピーダンス法による高精度な脂肪量推定
3. 学会等名 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 吉元俊輔, 池本尚生, 石塚裕己, 池田 聖, 黒田嘉宏, 大城 理
2. 発表標題 筋断裂検知のための効率的な電位空間走査
3. 学会等名 日本生体医工学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 坂口真央, 吉元俊輔, 黒田嘉宏, 石塚裕己, 池田 聖, 大城 理
2. 発表標題 硬軟感提示のためのエアバッグ接触特性の評価
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 豊田佑実, 吉元俊輔, 山本晃生
2. 発表標題 電気抵抗計測による前腕の筋骨格情報を用いた指の能動・受動接触力推定
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 林実朝, 吉元俊輔, 山本晃生
2. 発表標題 導体の非接触温度分布計測のための渦電流トモグラフィの基礎的検討
3. 学会等名 精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 具滋旭, 吉元俊輔, 山本晃生
2. 発表標題 電気接触抵抗を用いた身体動作計測のための電極設計の検討
3. 学会等名 第20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 2019年

1. 発表者名 豊田佑実, 吉元俊輔, 山本晃生
2. 発表標題 電気接触抵抗によるせん断応力検出手法の検討
3. 学会等名 第20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 2019年

1. 発表者名 S. Yoshimoto
2. 発表標題 Electromechanical Impedance Tomography for Soft Tactile Sensor
3. 学会等名 International Display Workshops 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池本尚生, 吉元俊輔, 石塚裕己, 池田聖, 黒田嘉宏, 大城理
2. 発表標題 電位の空間走査による筋断裂検知手法の提案
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田畑亮, 吉元俊輔, 石塚裕己, 池田聖, 黒田嘉宏, 大城理
2. 発表標題 筋伸縮による腓腹部の電気インピーダンス変化に基づく筋内脂肪推定
3. 学会等名 生体医工学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S. Yoshimoto
2. 発表標題 Smart sensing technologies for human touch
3. 学会等名 SICE Annual Conference 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 触覚センサ及び触覚センサの製造方法	発明者 吉元俊輔, 坂本航士	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2021-179165	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>東京大学 大学院新領域創成科学研究科 吉元俊輔 https://www.aml.t.u-tokyo.ac.jp/~yoshimoto/</p>

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	黒田 嘉宏 (Kuroda Yoshihiro) (30402837)	筑波大学・システム情報系・教授 (12102)	
研究分担者	大城 理 (Oshiro Osamu) (90252832)	大阪大学・基礎工学研究科・教授 (14401)	

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