

令和 4 年 5 月 13 日現在

機関番号：17201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K04296

研究課題名(和文) 深層学習に基づく空間認識能力の実現と感覚統合型筋電義手制御への応用

研究課題名(英文) Spatial recognition based on deep learning and its application to sensory integrated myoelectric hand

研究代表者

福田 修 (Fukuda, Osamu)

佐賀大学・理工学部・教授

研究者番号：20357891

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、新しいマスタースレーブシステムの制御手法について議論する。提案するハンドは、ビジョンセンサと慣性計測ユニット、深層学習に基づくAIを搭載している。そして、ハンドは環境中の一般物体を認識するとともに、その姿勢を推定することができる。また、自己の姿勢を推定することもできる。これらの機能により、従来のマスタースレーブには難しかった複雑な動作を、簡単なオペレーションで実行することを可能とした。さらに、複数の入力を使ってend-to-endで訓練が可能な新しいニューラルネットの設計にも取り組んだ。様々な対象物を用いた実験によって、提案手法の妥当性と有効性を検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究が提案する新しいマスタースレーブの制御方法では、エンドエフェクタ側にセンサやAIを搭載することで、ユーザー側で複雑な操作をすることなく、半自動的に複雑なエンドエフェクタの動作を制御することが可能となる。例えば、この技術を電動義手に導入すれば、これまでは多くても10動作程度に限られていた義手の動作の自由度を、飛躍的に高めることができる。また、複数のセンサ情報を組み合わせて制御を決定する方法は、ユーザーの操作意図をより正確に推定することを可能とし、一部のセンサに加わった外乱に対しても、システムを頑強に保つことができる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we discussed a novel master-slave control method. The proposed hand was equipped with a vision sensor, an IMU unit, and artificial intelligence based on deep learning technique. The hand can recognize general objects in the environment and estimate their posture, as well as measure the posture of the hand itself. These functions make it possible to perform complicated hand grasping operations that were difficult for conventional master-slave control method. We also tried to design a distinctive neural network that can be trained with multi-modal inputs in end-to-end manner. The validity and effectiveness of the proposed method were verified with experiments using various general objects.

研究分野：情報学

キーワード：マスタースレーブ 電動義手 深層学習 画像認識 感覚統合

1. 研究開始当初の背景

マスタースレーブシステムによる様々な一般対象物の把持には、まだ多くの課題が残されている。電動義手は、実空間において人間と機械とが複雑な操作を要求されるマスタースレーブの好例であり、本研究では、この電動義手の制御の高度化に取り組む。

電動義手に関する研究は 1960 年代頃から継続しており、インタフェース手段には、人間の活動筋から計測される筋電位信号が頻繁に用いられる。しかしながら、筋電位信号のみでの制御では、未だに 10 動作程度が限界である。近年は、人間の手と見紛う程の精巧な義手も多数登場しているが、実用においては、単純な把持動作でさえもまだまだ不自然さが残されている。もちろん、人間のような不随意的調節や突発的な反射運動を行うことは不可能である。インタフェースで伝達できる情報には限りがあり、指令なしにはスレーブは動作できないためである。この限界は、電動義手のみならずマスタースレーブ全般に当てはまる問題である。

そこで本研究では、電動義手にビジョンセンサと AI (深層学習) を導入し、把持操作を高度に支援するための新たな制御方法を提案する。これまでに様々な筋電義手の研究開発が実施されているが、本研究と類似したアイデアを発表しているのは、Strahinja Dosen ら (ドイツ NRS 研究所) と Kianoush Nazarpour ら (英国ニューキャッスル大) だけである。本研究は、対象物の位置・姿勢推定や、深層学習に基づく対象物認識などの点で、これらの 2 機関の研究と比較してもアドバンテージがあると考えている。また近年は、カメラなどを搭載したロボットによる一般対象物のピックングに関する研究が多数試みられており、Google や Amazon などでは世界規模のコンペも実施されている。当該分野では、深層学習の技術の導入も進んでおり、本研究でもこれらを応用することで、研究の加速が期待できる。

2. 研究の目的

本研究は、人間の優れた把持機能に着目し、この仕組みをマスタースレーブシステムに導入することを目的としている。人間は、対象物を把持するプロセスにおいて、まず対象物が何であるかを視覚的に認識し、それと共に、知識や経験として蓄えられた対象物の属性 (形、大きさなど) を想起している。そして、この脳内の対象物のモデルを認識された実空間にマッチングさせることで、脳内の対象物と実空間の対象物を完全に一致させ、感覚統合によって、対象物の位置や姿勢を空間認識していると考えられる。これらのおかげで、我々人間は多少の外乱 (例えば部屋の電気が突然消える) が加わっても対象物を見失わずに把持することができる。動作中も対象物と身体の状態を完全に把握し続けられるからである。

提案するシステムでは、スレーブ側にセンサと AI (深層学習) を導入する。深層学習は、多種多様な一般対象物とその属性の認識 (位置、姿勢など) を、従来手法とは全く別次元で可能にする。深層学習の技術に基づいて感覚統合機能を有する電動義手を構築し、人間の把持プロセスを実現する身体装着型の新しいマスタースレーブシステムを構築する。感覚統合型の電動義手が、対象物と電動義手自身の運動や姿勢を把握することで、柔軟で複雑な制御が可能となる。

3. 研究の方法

本研究では、主に以下の 3 項目の研究について取り組む。

- ・ 深層学習に基づく対象物モデルと実空間の融合
- ・ 感覚統合型筋電義手への応用
- ・ 様々な一般対象物の実践的な把持実験

これらの研究を通して、新しいマスタースレーブシステムとその汎用性拡大を検証する。

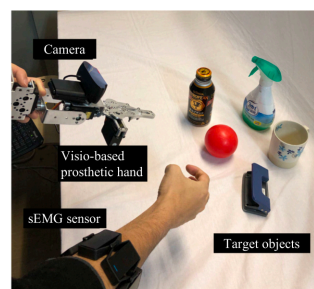


図 1: 提案システムの概観

4. 研究成果

4.1. 深層学習に基づく対象物モデルと実空間の融合

図 1 に提案する電動義手制御システムの概観を示す。図に示すように、電動義手にはカメラが搭載されており、環境に配置された一般対象物を計測する。深層学習の技術により、計測された画像から対象物の認識が行われる。右手には、筋電位を計測するアームバンド型の電極が装着されている。電極は内部に増幅回路を有するアクティブ電極であり、8ch の筋電位信号を計測することができる。計測された筋電位信号は Bluetooth 規格により、ワイヤレスで記録用の PC に転送される。

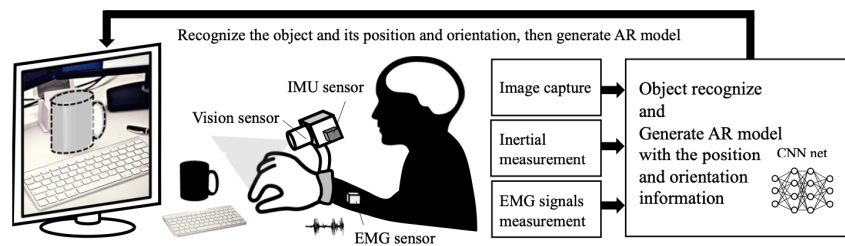


図 2: システム構成

図 2 は、図 1 のシステムに改良を加え、認識された対象物から、その対象物のモデルを検索し、その 3D モデルを現実の空間に AR として重畳して表現するためのシステムである。図に示すように電動義手にはビジョンセンサが取り付けられている。RGB カラー画像に加えて深度情報、および慣性計測が可能なビジョンセンサを利用した。計測された画像、慣性計測ユニットからの計測信号、および筋電位信号がシステムに入力される。入力された画像からは、深層学習に基づいて対象物の検出が行われる。

検出された対象物から、その AR モデルを生成し、実空間にマッチングさせるアルゴリズムを図 3 に示す。まず、ビジョンセンサで計測された画像から対象物データベースに記録された対象物を検出し、検出した対象物の領域のみを自動的に切り出して拡大する。そして、対象物のテクスチャー情報を表面テクスチャーデータベースから読み出し、得られた拡大画像とのマッチングを計算する。これにより、対象物の姿勢を推定することができる。システムは、対象物データベースに登録された対象物の 3D モデルも有しており、検出された対象物に基づいて、その情報を読み出すとともに、テクスチャーマッピングにより推定された対象物の姿勢に合わせて、3D アフィン変換し、ビジョンセンサから得られた対象物の画像上に重ねて描画する。また、ビジョンセンサには、慣性計測ユニットが組み込まれたおり、ハンドの移動や姿勢を計測することが可能である。これにより、対象物とハンドの位置関係が変わった場合も、認識した対象物の位置や姿勢を推定し、トラッキングし続けることが可能である。この際、図 3 に示す、(b)対象物の認識から、(d)3D モデルの読み出し処理までを毎回繰り返す必要はないのが提案手法の利点である。

4.2. 感覚統合型筋電義手への応用

図 4 は、提案アルゴリズムにより対象物をトラッキングしている様子を示している。この一例では、テーブルの上にコップと、その上に飲料のボトルが横に寝かせて置かれている。ハンドは、左の写真の中に示されるように、(i), (ii), (iii), (iv), (v), (vi)の順に、弧を描くような軌道で移動しており、この間ビジョンセンサは、対象物の方向を向いている。(i), (ii), (iii), (iv), (v), (vi)は、そのときに計測されたイメージと、その上に推定された AR モデルを重ね描いたものである。図に示される通り、ハンドの移動に対しても、概ね問題なく対象物の位置や姿勢をトラッキングできていることが分かる。重畳した AR イメージと現実の対象物の間に多少のズレが見られるが、これは、慣性計測ユニットの信号の積分でハンドの移動を計算したための誤差である。図 2 のアルゴリズムにおける(b)から(d)の処理を実施すれば、この誤差は解消されるため、制御中に適時

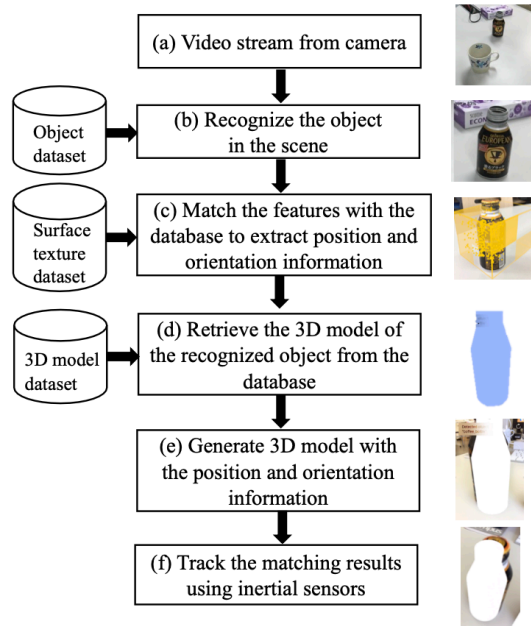


図 3: 対象物モデルを実空間に融合させるアルゴリズム

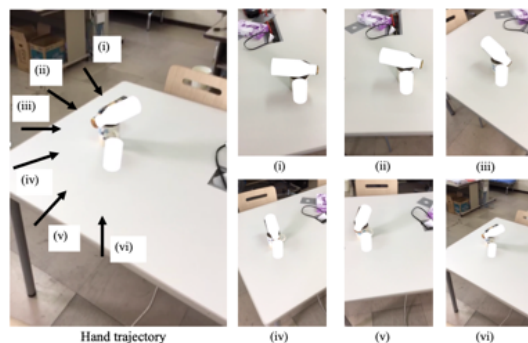


図 4: 提案アルゴリズムによる対象物トラッキングの一例

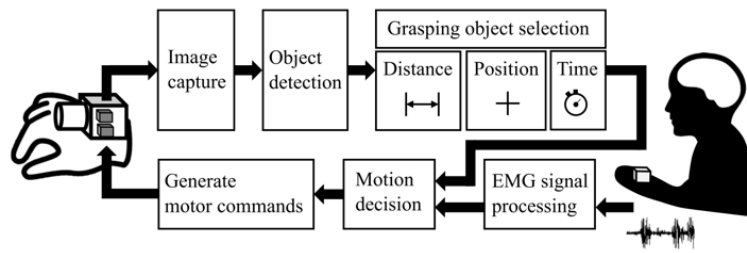


図 5: 感覚統合に基づいて操作者の意図を推定するシステム

情報を更新することで、この問題は解決することができる。

図 5 は、義手に搭載されたビジョンセンサからのイメージ情報と、操作者によるハンドの運動情報を統合し、操作者の把持の意図を推定するシステムの模式図である。提案するアルゴリズムでは、1. 対象物とハンドとの距離、2. 計測したイメージ上での対象物の位置、3. 対象物を注視している時間の 3 つの情報に基づいて、操作者が把持を意図する対象物を推定することができる。

図 6 は、操作者の把持の意図を推定する実験の一例である。システムは、ハンドから距離が近く、計測イメージの中央付近にある対象物を一定時間注視したときに、その対象物を選択するように設計されている。図において、ビジョンセンサは、同じ環境を捉えているが、上下の画像で選択されている対象物は異なっていることが分かる。

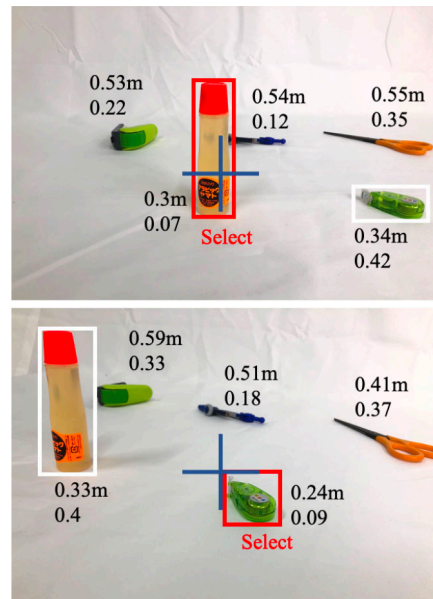


図 6: 操作者の把持の意図の推定例

4.3. 様々な一般対象物の実践的な把持実験

最後に様々な一般対象物と、その把持形態を複数の候補から選択する方法について検討した。図 7 は、対象とした一般対象物とその把持方法を示している。これまでに筋電位信号のパターン認識から、操作者の動作意図を推定し、電動義手を制御する研究が数多く試みられているが、この際に対象物に関する情報は一切考慮されてこなかった。一方、本研究ではこれまでに、操作者の筋電位信号に加えて、ビジョンセンサから計測されるイメージ情報を組み合わせることを提案してきたが、これらの 2 つの情報は、別々の処理を経た後で、単純に組み合わせられて義手の動作が決定されていた。

図 8 は、操作者の筋電位信号とビジョンセンサからのイメージ情報を、end-to-end でモデル化し、電動義手の動作に結びつけるバイモーダル型インタフェースを示している。このネットワークは、画像処理に適した畳み込み深層ニューラルネット、時系列信号の処理に適した LSTM ネットワーク、両者を繋ぐ複数の結合層で構成されている。2 つの情報を組み合わせることで、主に 2 つの効果が期待できる。1 つ目は、ネットワークが問題に適応するように構成されており、表現能力が高いことから、訓練が安定的・効率的に実施でき、テストにおいても高い認識精度が期待できる点である。2 つ目は、2 つの入力を備えることで、片方の入力に何らかの外乱が加わった際にも、頑強な認識ができる点である。また、従来は難しかった生の筋電位信号からの認識を実現する効果も期待できる。

図 9 は、提案するバイモーダル型インタフェースにおけるネットワークの訓練とテストの結果を示している。この実験では、変動が激しく複雑な生の筋電位信号と対象物のイメージとから図 7 に示す 10 クラスの動作認識を実施している。上段はテストの結果を混同行列で示したものであり、左が本手法による結果、右はイメージ情報を用いない場合の結果である。イメージを用



図 7: 様々な一般対象物の把持

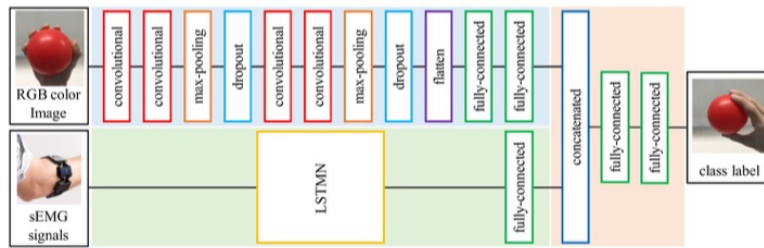
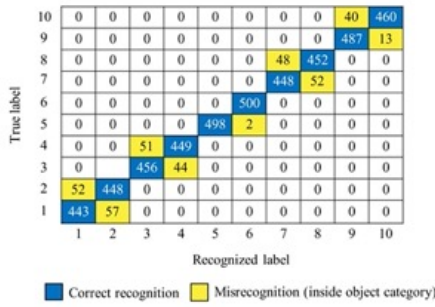
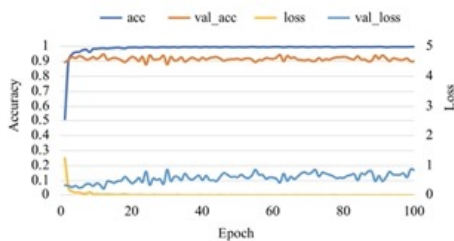


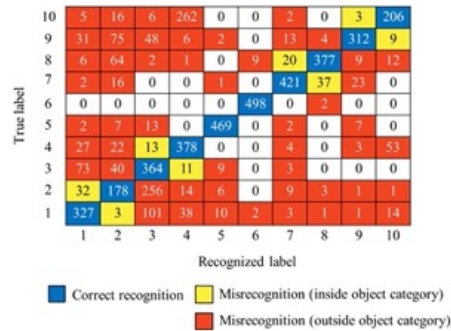
図 8: バイモーダル型インタフェース



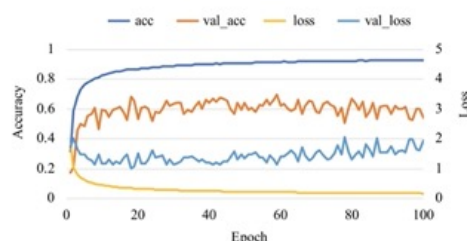
(a) Confusion matrix of the recognition results



(b) History of accuracy and loss in network training



(a) Confusion matrix of the recognition results



(b) History of accuracy and loss in network training

図 9: ネットワークの訓練とテストの結果

いない場合は、筋電位信号を LSTM ネットワークのみで認識している。これらの表から提案手法の有効性が読み取れる。下段は、訓練におけるロス関数の推移と認識精度を示している。val とついた線は、バリデーション用のデータに対する結果であり、val のついていない線は訓練データに対する結果である。同じく、左が本手法による結果、右はイメージ情報を用いない場合の結果である。提案手法では、早いタイミングでロス関数が収束し、高い推定精度が得られていることが分かる。バリデーション用のデータもほぼ同様の傾向にある。これに対して、イメージ情報を用いない場合は、ロス関数の収束や推定精度の向上に時間がかかっていることが分かる。バリデーション用のデータに対しては満足な結果が得られていない。

以上、本研究では、電動義手にビジョンセンサと AI (深層学習) を導入し、把持操作を高度に支援するための新たな制御方法の提案とその検証に取り組んだ。1. 深層学習に基づく対象物モデルと実空間の融合, 2. 感覚統合型筋電義手への応用, 3. 様々な一般対象物の実践的な把持実験 の3つの課題を通して、提案手法について実証できたと考えている。今後は、本手法の応用技術についても検討を深めていきたいと考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 5件／うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 He Yunan, Fukuda Osamu, Yamaguchi Nobuhiko, Okumura Hiroshi, Arai Kohei	4. 巻 11
2. 論文標題 Novel Control Scheme for Prosthetic Hands through Spatial Understanding	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Advanced Computer Science and Applications	6. 最初と最後の頁 719 ~ 725
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14569/IJACSA.2020.0111088	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 該当する
1. 著者名 He Yunan, Kubozono Ryusuke, Fukuda Osamu, Yamaguchi Nobuhiko, Okumura Hiroshi	4. 巻 8
2. 論文標題 Vision-Based Assistance for Myoelectric Hand Control	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 201956 ~ 201965
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2020.3036115	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 該当する
1. 著者名 Kubozono Ryusuke, He Yunan, Fukuda Osamu, Yamaguchi Nobuhiko, Okumura Hiroshi, Handayani Anik Nur	4. 巻 1
2. 論文標題 Vision-Based Robot Hand Using Open Source Software	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of the 4th International Conference on Vocational Education and Training (ICOVET2020)	6. 最初と最後の頁 online
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICOVET50258.2020.9230275	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 Yunan HE, Ryusei SHIMA, Osamu FUKUDA, Nan BU, Nobuhiko YAMAGUCHI and Hiroshi OKUMURA	4. 巻 7
2. 論文標題 Development of distributed control system for vision-based myoelectric prosthetic hand	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE ACCESS	6. 最初と最後の頁 54542 - 54549
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2019.2911968	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 該当する

1. 著者名 Yunan HE, Osamu FUKUDA, Daisuke SAKAGUCHI, Nobuhiko YAMAGUCHI and Hiroshi OKUMURA	4. 巻 11
2. 論文標題 Development of a Practical Tool in Pick-and-Place Tasks for Human Workers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Advanced Computer Science and Applications	6. 最初と最後の頁 ACCEPTED
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14569/issn.2156-5570	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 該当する

1. 著者名 Miyata Ryosuke, Fukuda Osamu, Yamaguchi Nobuhiko, Okumura Hiroshi	4. 巻 1
2. 論文標題 Object Search Using Edge-AI Based Mobile Robot	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 2021 6th International Conference on Intelligent Informatics and Biomedical Sciences (ICIIBMS)	6. 最初と最後の頁 online
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICIIBMS52876.2021.9651591	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 Miyata Ryosuke, Fukuda Osamu, Yamaguchi Nobuhiko, Okumura Hiroshi	4. 巻 7
2. 論文標題 Object Searching Robot Controlled by Edge-AI	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Information and Communication Engineering (JICE)	6. 最初と最後の頁 455-461
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 Fukuda Osamu, Sakaguchi Daisuke, He Yunan, Yamaguchi Nobuhiko, Okumura Hiroshi	4. 巻 9
2. 論文標題 Bimodal Control of a Vision-Based Myoelectric Hand	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 98369 ~ 98380
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2021.3096040	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 Ryosuke MIYATA, Yeoh Wen Liang, Osamu FUKUDA, Nobuhiko YAMAGUCHI, Hiroshi OKUMURA	4. 巻 1
2. 論文標題 Bimodal control of a walk-assist robot for a person tracking	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 26th International Symposium on Artificial Life and Robotics	6. 最初と最後の頁 online
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 Miyagawa Shunji, Fukuda Osamu, Yamaguchi Nobuhiko, Okumura Hiroshi, Handayani Anik Nur	4. 巻 1
2. 論文標題 Task assistance with human-augmented hand and its performance analysis	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 7th International Conference on Electrical, Electronics and Information Engineering(ICEEIE)	6. 最初と最後の頁 online
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICEEIE52663.2021.9616867	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 Takayanagi Miho, Fukuda Osamu, Yamaguchi Nobuhiko, Okumura Hiroshi, Handayani Anik Nur	4. 巻 1
2. 論文標題 Vision-based Scene Recognition for Product Search	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 7th International Conference on Electrical, Electronics and Information Engineering(ICEEIE)	6. 最初と最後の頁 online
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICEEIE52663.2021.9616880	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17件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 1件)

1. 発表者名 窪園隆介, 福田修, 中山 功一, 大島千佳, 林喜章
2. 発表標題 スマートエアリアルハンドの実現に向けた深度カメラに基づく把持動作制御
3. 学会等名 2020年度 (第73回) 電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Osamu FUKUDA
2. 発表標題 Implementation of artificial intelligence on image processing, Keynote speach
3. 学会等名 Guest lecture organized by Departmant of Electorical Engineering in Malang, Indonesia (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 福田修, 村上玲奈
2. 発表標題 AIロボットを知ろう
3. 学会等名 佐賀県立鳥栖高等学校 ダイバーシティ入門講座付き実験体験会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 福田修
2. 発表標題 ロボットハンドと人工知能
3. 学会等名 鳥栖工業高等学校 講演 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yunan HE, Osamu FUKUDA, Nan BU, Nobuhiko YAMAGUCHI, Hiroshi OKUMURA
2. 発表標題 Prosthetic hand control system based on object matching and tracking
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 2019年

1. 発表者名 坂口大介, 何宇楠, 福田修, 山口暢彦, 奥村浩
2. 発表標題 一般対象物認識を利用した筋電位信号からの 5指動作認識
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 2019年

1. 発表者名 窪園隆介, 何宇楠, 福田修, 山口暢彦, 奥村浩
2. 発表標題 搭載カメラを利用した筋電義手の操作意図推定
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 2019年

1. 発表者名 Yunan HE, Osamu FUKUDA, Nan BU, Nobuhiko YAMAGUCHI, Hiroshi OKUMURA
2. 発表標題 Smart hand: grasp objects based on spatial awareness
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 Clement ROUX, Yunan HE, Osamu FUKUDA, Nobuhiko YAMAGUCHI, Hiroshi OKUMURA
2. 発表標題 Vision-based Sentence Extraction from Hand-object Interaction
3. 学会等名 The 72th Joint Conference of Electrical, Electronics and Information Engineering
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 坂口 大介, 何 宇楠, 福田 修, 山口 暢彦, 奥村 浩
2. 発表標題 一般対象物認識と筋電位信号に基づく5指動作認識
3. 学会等名 電気・情報関係学会九州支部第72回連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 窪園 隆介, 何 宇楠, 福田 修, 山口 暢彦, 奥村 浩
2. 発表標題 義手搭載カメラによる物体認識と把持対象の選択
3. 学会等名 電気・情報関係学会九州支部第72回連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福田 修
2. 発表標題 見て・考えて・動作するスマートハンド
3. 学会等名 大学・高専・スタートアップ発！ Meet ユニークテクノロジー，一般財団法人高度技術社会推進協会（TEPIA）（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福田 修
2. 発表標題 見て・考えて・動作するスマートハンド
3. 学会等名 イノベーション・ジャパン2019 ～大学見本市&ビジネスマッチング～，科学技術振興機構
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高柳美保, 福田修, 奥村浩, 山口暢彦
2. 発表標題 商品探索を目的としたシーン認識
3. 学会等名 第74回電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮田竜輔, 福田修, 奥村浩, 山口暢彦
2. 発表標題 エッジAIに基づく移動ロボットの開発
3. 学会等名 第74回電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 宮川俊二, 福田修, 奥村浩, 山口暢彦
2. 発表標題 人間拡張ハンドによる作業支援とパフォーマンスの解析
3. 学会等名 第74回電気・情報関係学会九州支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田修
2. 発表標題 人工の手とAI - ロボットハンドを使って人工知能を育てる -
3. 学会等名 第52回サイエンスカフェ in SAGA(招待講演)(招待講演)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計2件

産業財産権の名称 制御システム及び制御プログラム	発明者 福田修, 何宇楠, 窪 園隆介	権利者 国立大学法人佐 賀大学
産業財産権の種類、番号 特許、特願2019-225747	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 義手装置	発明者 福田修, 坂口大介	権利者 国立大学法人佐 賀大学
産業財産権の種類、番号 意匠、意願2019-028662	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 義手装置	発明者 福田修, 坂口大介	権利者 国立大学法人佐 賀大学
産業財産権の種類、番号 意匠、1682052	取得年 2021年	国内・外国の別 国内

〔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	ト 楠 (Bu Nan) (80425743)	熊本高等専門学校・電子情報システム工学系A Eグループ・ 准教授 (57403)	
研究 分 担 者	村木 里志 (Muraki Satoshi) (70300473)	九州大学・芸術工学研究院・教授 (17102)	

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