

令和 4 年 6 月 8 日現在

機関番号：12612
研究種目：若手研究
研究期間：2019～2021
課題番号：19K14941
研究課題名（和文）ヒトのハンドシナジーを応用したハードワイヤード・シナジーロボットハンドの開発

研究課題名（英文）Development of a hardwired synergy robot hand based on the human hand synergy

研究代表者
東郷 俊太（Togo, Shunta）

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授

研究者番号：30751523
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、ヒトの手指運動の基底であるハンドシナジーを機構表現し、少数のアクチュエータで多様な手指運動を実現するロボットハンドの開発を目的とした。ワイヤ牽引劣駆動ロボットハンドを開発した結果、劣駆動形式では物体の安定把持や知的な手指制御が困難であることがわかった。そこで、ロボットハンドの把持能力を向上させるため、人体構造を模倣したソフトフィンガーを開発した。実験の結果、末節骨の非対称性および硬い爪と柔らかい指腹の相互作用が、精密把持能力を向上させていることが明らかとなった。また、ドラムでワイヤを細径軸に押さえつけることで、高い牽引力を発揮できるワイヤ無限巻取り機構を開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で明らかとなった、ヒト指の構造が精密把持の能力を向上させることは、人体の筋骨格構造そのものが何かしらの機能的役割を持つことを示唆し、大きな学術的意義がある。特に、柔らかい指と物体との相互作用は、様々な物理現象が生じるため、シミュレーションよりも、着目する構造の一部のみを変更した2つのロボットを比較することで、その役割を実験的に明らかにすることができる。この人体模倣ロボットに基づいた、ヒトの身体の機能的役割を解明するアプローチは、さらに多くの身体部位に適用可能である。また、開発したワイヤ無限巻取り機構は、様々なアクチュエータに取り付けることができるため、非常に広範な応用が期待できる。

研究成果の概要（英文）：The objective of this study was to develop a robotic hand that can realize various hand motions with a small number of actuators, based on a mechanical representation of the hand synergy, which is the basis of human hand motions. As a result of developing a wire traction and underactuated robot hand, it was found that stable grasping of an object and intelligent hand control are difficult with the underactuated form. In order to improve the grasping ability of the robot hand, we developed a soft finger that mimics the human body structure. Experimental results showed that the asymmetry shape of the distal phalanx and the interaction between the hard fingernail and the soft finger pulp improved the precision grasping ability. We also developed an unlimited rotary wire winding mechanism that can exert high traction force by pressing the wire against a narrow shaft with a drum.

研究分野：ロボット学

キーワード：ロボットハンド ハンドシナジー ソフトハンド ソフトフィンガー 人体模倣 ワイヤ牽引 劣駆動 人間化ロボティクス

1. 研究開始当初の背景

ヒトの手指は多くの自由度を持ち、物体の把持や道具の使用、ジェスチャーなど多様な動作を行う。ロボットハンドに人と同様の機能を持たせれば、ロボットが人のように巧みに作業を遂行することができるだけでなく、義手などのデバイスに応用することで、使用者の生活の質を向上させることもできる。しかしながら、一般的にロボットの多自由度化には、アクチュエータの増加に伴う重量、消費電力、制御の複雑さが増加するデメリットを伴う。

計算論的神経科学の研究から、ヒトの中枢神経系はシナジーと呼ばれる制御単位を用いて階層制御を行うことで、身体制御問題を簡略化していると考えられている(Bizzi et al., 2008)。その中でも、特に手指のキネマティクスのシナジー構造をハンドシナジーと呼ぶ(Santello et al., 1998, 図 1a)。ハンドシナジーをロボットハンド実機へ応用することができれば、低次元のシナジーによって高次元のロボットハンドの運動を再構成可能となる。

近年、ヒトのシナジー構造をロボットへ応用する研究がなされている(Marco et al., 2016)が、その多くはロボットのコントローラ内で実装されている(Ciocarlie et al., 2007, 図 1c)。この方法では、制御自由度を簡略化することはできるが、前述したロボットの多自由度化のデメリットの多くが残る。そこで、シナジー構造をロボット実機に機構表現することができれば、アクチュエータの増加を抑えることができるので、多自由度化のデメリットを回避することができる。

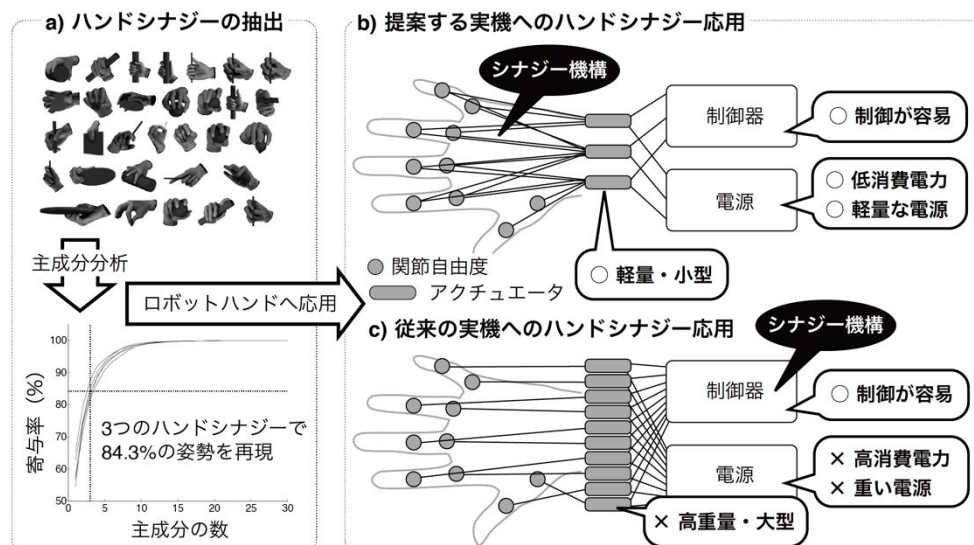


図 1：ハードワイヤード・シナジーロボットハンドの概要

2. 研究の目的

本研究では、手指運動の基底であるハンドシナジーを、機構表現としてロボットハンド実機に実装することで、少数のアクチュエータで多様な手指運動を実現するハードワイヤード・シナジーロボットハンド(図 1b)を開発することを目的とする。ハンドシナジーとは、様々な手指姿勢のキネマティクスを次元削減して得られる基底であり、それらの線形和で元の手指姿勢を再構成する。ハンドシナジーを機構によって表現するために、単一のアクチュエータ出力を複数の関節に分配する機構とそれらの分配力の線形和を実現する機構の各要素技術を開発する。機構が大型化しないよう、一般的なヒトの手指形状から逸脱しない制約条件を考慮する。また、ロボットハンドの把持性能を向上させるような要素技術の開発も目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、以下の各項目について研究を行った。

(1)ハンドシナジーの抽出

Human Grasping Database 上の 33 種類全ての把持姿勢に加え、じゃんけん姿勢やジェスチャー姿勢などの 6 種類を含めた 39 種類の手指姿勢を Leap Motion で各姿勢 10 回ずつ計測した。計測した手指関節の位置データから、平均のリンク長および各姿勢における平均の関節角度データを求めた。求めた 39 種類の関節角度データに対して、主成分分析、独立成分分析、非負行列因子分解法を適用し、各次元削減手法でハンドシナジーを求めた。各手法で求めたハンドシナジーを混合し、3 つのハンドシナジーによって元の姿勢との誤差を最小化する組み合わせを全探索に

て求めた。

(2)劣駆動ロボットハンドの開発

小型シナジー機構開発の足がかりとするため、ワイヤ牽引の劣駆動ロボットハンドの開発および、小型ワイヤ干渉駆動機構のロボットハンドへの実装を行った。ワイヤ牽引劣駆動ロボットハンドは、小型 DC モータによってワイヤを巻き取り、それぞれ 5 指の屈曲・伸展動作と母指の外転・内転動作を実現する、10 自由度のロボットハンドとして設計した。義手への応用を考慮し、小型 DC モータは全て掌の中に配置するように設計した。また、メンテナンス性を考慮し、4 指はモジュール構造とした。各 4 指は 2 本のワイヤの牽引によって MP 関節と PIP 関節を屈曲・進展させる劣駆動機構とした。DIP 関節は固定とした。

ワイヤ干渉駆動ロボットハンドは、掌内にワイヤ干渉駆動機構を内蔵した劣駆動ハンドである。ワイヤ干渉駆動機構とは、ワイヤ出力を各関節で干渉させることで、大きな出力を発揮する、すなわちアクチュエータ出力の足し算を可能とする機構である。4 指基部のワイヤを牽引することで、4 指それぞれの MP 関節、PIP 関節、DIP 関節が屈曲・伸展する。示指と中指、環指と小指のそれぞれの基部ワイヤの牽引部分が干渉しており、単一のアクチュエータでワイヤを牽引する 2 倍の力で基部ワイヤを牽引することができ、ピンチ力を増大させられる。

(3)ソフトフィンガーの開発

精密把持の安定性を向上させるため、人体を模倣した柔らかい指先である、ソフトフィンガーを開発した。ソフトフィンガーは樹脂で作成した硬い末節骨と爪、硬度の異なるシリコンで作成した柔らかい皮膚と皮下組織の 4 つの部品からなる。母指と示指のソフトフィンガーを開発し、ロボットハンドの先端に取り付けることで、精密把持能力を評価した。また、末節骨の形状および爪の有無が精密把持性能に与える影響についても調べた。

(4)ワイヤ無限巻取り機構の開発

ワイヤを小型のアクチュエータによって強く牽引するために、ワイヤ無限巻取り機構を開発した。小型のモータに取り付けた細径の巻取り軸にワイヤを複数回巻きつけ、摩擦力によってワイヤを牽引する。その際、摩擦力を安定して生成するため、巻取り軸にワイヤを押し付けるための押しつけドラムを配置した。また、牽引力の理論値との比較、高分子繊維ワイヤを巻き取るための改良も行った。

4. 研究成果

本研究では、各項目について以下のような研究成果を得た。

(1)ハンドシナジーの抽出

計測した手指姿勢に対して主成分分析を適用した結果、主成分 1 から 3 を組み合わせることが誤差を最小化することを明らかにし、84.7%の姿勢を再現可能であることが明らかとなった。図 2 に抽出した 3 つのハンドシナジー（主成分）を示す。また、主成分 1 は 4 指全ての関節を握り込むシナジー、主成分 2 は CM 関節以外を握り込むシナジー、主成分 3 は示指、中指を握り、環指、小指を開くシナジーと、それぞれ機能的な役割を持つシナジーが抽出された。

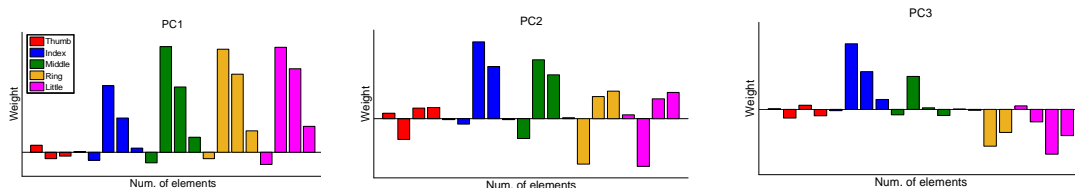


図 2：抽出された 3 種類のハンドシナジー

(2)劣駆動ロボットハンドの開発

図 3 左に開発したワイヤ牽引劣駆動ロボットハンドを示す。小型 DC モータを中手骨部に配置することで、掌内にすべてのアクチュエータを配置することができた。重量は 183 g と軽量にも関わらず、10 自由度を持つロボットハンドとなった。市販のサーボモータの基板と可変抵抗を取付けることで、容易に PWM 信号で各指を制御できるようにした。また、図 3 右に示すように、握力把握、精密把握、側面把握、鉤握り、三面把持、指差し、ジェスチャーの 7 種類の動作を実行することができた。また、劣駆動の 4 指はなじみ把持機構となっており、把持対象物体の形状に馴染んで、多様な物体を把持することができた。しかしながら、この劣駆動によるなじみ把持機構が原因で、設計者が想定していない物体との接触や動作の際には、指が外力に対して受動的に変形するため、各指が想定外の動作をしてしまうことがわかった。

図 4 左に開発したワイヤ干渉駆動ロボットハンドを示す。ハンドとモータスタンドを合わせ



図3：開発したワイヤ牽引劣駆動ロボットハンド



図4：開発したワイヤ干渉駆動ロボットハンド

た重量は513gで、12自由度のロボットハンドとなった。関節部をワイヤ接合関節機構とすることで、関節に柔軟性をもたせた。これにより高い負荷が指の側面にかかった場合には、負荷から指が逃げ、指の破損防止を実現することができた。また図4中央に示すように、動滑車によるアクチュエータ出力合成部を、ハトメとスプリングアウターを組み合わせる機構を採用することで、動滑車機構を小型化することができた。また図4右に示すように、ピンチ力を計測することによって、ワイヤ干渉機構の出力を確認したところ、非干渉の場合と比較して、1.68倍のピンチ力向上を確認した。しかしながら、こちらもワイヤ牽引劣駆動ロボットハンドと同様に、外力が加わった際に、指が想定外の動作をしてしまうことや、高い力を加えようとすると指が対象から逃げてしまうことが確認された。以上の結果は、劣駆動は軽量で多自由度なロボットハンドを構成するのに適しているが、多様な動作を安定して実行することは難しいことを示した。

(3) ソフトフィンガーの開発

図5左および図5中央に開発したソフトフィンガーを示す。爪と末節骨は光造形レジン、皮膚と皮下組織には硬度の異なるシリコンを用いた。耐熱レジンで造形した指形状の型を用いて皮膚を造形した後に爪を接合させた。その後、作成した皮膚にレジンを流し込み、末節骨を差し込むことでソフトフィンガーを作成する方法を確立した。作成したソフトハンドを用いて以下の2つの実験を行った。

(a) 末節骨の形状が精密把持に与える影響を調べる実験

末節骨の形状についてヒトと同様に非対称な形状を持つ「右手対」とそれを反転させた「左手対」、CAD上で中心線から横尺方向に対称の形状とした「未発達対」と「発達対」の4種類の形状を用意し、それぞれのソフトフィンガーを作成した。作成したソフトフィンガーを精密把持動作ができるロボットハンドに装着し、円柱を引き抜いた際の引抜力を計測する実験を行った。実験の結果、図5右に示すように、非対称形状グループと対称形状グループで、異なる時間プロフ



図5：開発したソフトフィンガー

ファイルを示した。特に、非対称対の方が対称対と比較して、最大の引抜力が大きく、仕事の量も

大きかった。以上の結果から、ヒトの末節骨の非対称な形状そのものが精密把持能力を向上させる機能的役割を有していることが示唆された。

(b) 爪の有無が精密把持に与える影響を調べる実験

指における爪の役割を明らかにするために、爪があるソフトフィンガーと爪がないソフトフィンガーをそれぞれ制作し、円柱および T 字ブロックの引抜力を計測することで、精密把持能力を調べた。図 6 左に示すように、爪があることで、円柱の場合 2.00 倍、T 字ブロックの場合は 4.72 倍の引抜力を示した。以上の結果は、爪によって精密把持能力が向上することを示している。興味深いことに、T 字ブロックの場合に引抜力の向上の効果が有意に高かった。図 6 右に示すように、爪があることによって柔らかい指腹の変形が抑制され、T 字ブロックのような角が指腹に接触するような物体を把持する場合には、ヒトの指のように幾何拘束が形成されることが明らかとなった。従って、以上の結果は、硬い爪と柔らかい指腹との相互作用が、物体の精密把持能力を向上させることを示唆する。

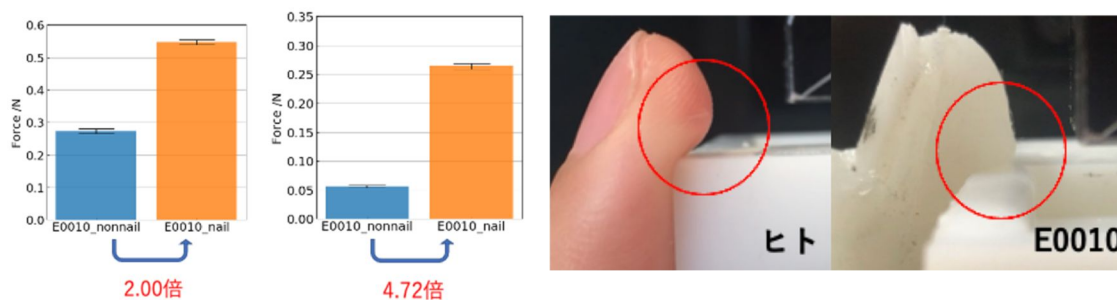


図 6：ソフトフィンガーにおける爪の有無の影響

(4) ワイヤ無限巻取り機構の開発

図 7 左に示すように、バネ力によってドラムをワイヤに押し付ける、ドラム押しつけ型ワイヤ無限巻取り機構を開発した。開発した試作機は、理論に従い高い牽引力を発揮することを示した。ステンレスワイヤのような比較的硬いワイヤに対しては有効に働いたが、高分子繊維ワイヤのような柔らかいワイヤによってロボットアームなどの大きな対象を牽引する場合には、押し付け力が不足し、ワイヤの絡みが発生した。そこで、図 7 中央に示す、押し付けドラムが巻取軸と同期して回転する、ドラム同期型ワイヤ無限巻取り機構を開発した。ドラムが柔軟なワイヤを押しつぶすことにより、高分子繊維ワイヤであっても、図 7 右に示すような大きな牽引対象を高い牽引力で牽引することができた。

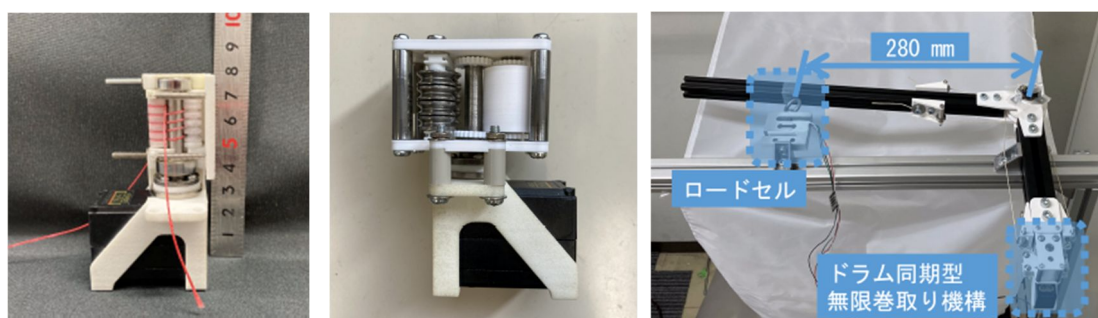


図 7：開発した無限巻取り機構

< 引用文献 >

- Bizzi, E., Cheung, V.C., D'Avella, A., Saltiel, P., and Tresch, M. "Combining modules for movement," *Brain Res. Rev.*, Vol.57, pp.125–133, 2008.
- Santello, M., Flanders, M., and Soechting, J. F. "Postural hand synergies for tool use," *J. Neurosci.*, Vol.18, No.23, pp.10105-10115, 1998.
- Santello, M., Bianchi, M., Gabiccini, M., Ricciardi, E., Salvietti, G., Prattichizzo, D., Ernst, M., Moscatelli, A., Jörntell, H., Kappers, A. M. L., Kyriakopoulos, K., Albu-Schäffer, A., Castellini C., and Bicchi, A. "Hand synergies: integration of robotics and neuroscience for understanding the control of biological and artificial hands," *Phys. Life Rev.*, Vol.17, pp.1-23, 2016.
- Ciocarlie, M., Goldfeder, C., and Allen, P. "Dimensionality reduction for hand-independent dexterous robotic grasping," In *2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, pp.3270–3275, 2007.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計16件（うち査読付論文 12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 Yusuke Yamanoi, Shunta Togo, Yinlai Jiang, Hiroshi Yokoi	4. 巻 2021
2. 論文標題 Learning data correction for myoelectric hand based on “survival of the fittest”	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cyborg and Bionic Systems	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.34133/2021/9875814	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 Ayane Kumagai, Yoshinobu Obata, Yoshiko Yabuki, Yinlai Jiang, Hiroshi Yokoi, Shunta Togo	4. 巻 11
2. 論文標題 Asymmetric shape of distal phalanx of human finger improves precision grasping	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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） 10.1038/s41598-021-89791-3	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 小畑 承経, 熊谷 あやね, 矢吹 佳子, 東郷 俊太, 姜 銀来, 横井 浩史	4. 巻 39
2. 論文標題 動的安定把持を実現する電動義手のための二層弾性構造グローブの開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本ロボット学会誌	6. 最初と最後の頁 744-750
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7210/jrsj.39.744	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 Shunta Togo, Kazuaki Matsumoto, Susumu Kimizuka, Yinlai Jiang, Hiroshi Yokoi	4. 巻 2
2. 論文標題 Semi-automated control system for reaching movements in EMG shoulder disarticulation prosthesis based on mixed reality device	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology	6. 最初と最後の頁 55-64
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/OJEMB.2021.3058036	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 Wenyang Li, Yiwei Wang, Shunta Togo, Hiroshi Yokoi, Yinlai Jiang	4. 巻 6
2. 論文標題 Development of humanoid shoulder based on 3-motor 3 degrees-of-freedom coupled tendon-driven joint module	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 1105-1111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LRA.2021.3056376	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 Kento Ichikawa, Yinlai Jiang, Masao Sugi, Shunta Togo, Hiroshi Yokoi	4. 巻 88
2. 論文標題 Joint angle based motor point tracking stimulation for surface FES: a study on biceps brachii	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Medical Engineering and Physics	6. 最初と最後の頁 9-18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.medengphy.2020.11.014	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 Wenyang Li, Peng Chen, Dianchun Bai, Xiaoxiao Zhu, Shunta Togo, Hiroshi Yokoi, Yinlai Jiang	4. 巻 37
2. 論文標題 Modularization of 2- and 3-DoF coupled tendon-driven joints	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Robotics	6. 最初と最後の頁 905-917
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/TR0.2020.3038687	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 Susumu Kimizuka, Yohei Tanaka, Shunta Togo, Yinlai Jiang, Hiroshi Yokoi	4. 巻 14
2. 論文標題 Development of a shoulder disarticulation prosthesis system intuitively controlled with the trunk surface electromyogram	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Frontiers in Neurobotics	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) 10.3389/fnbot.2020.542033	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 姜 銀来, 李 文揚, 陳 鵬, 東郷 俊太, 横井 浩史	4. 巻 38
2. 論文標題 モジュール化したワイヤ干渉駆動型ヒューマノイド・ロボットアーム	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本ロボット学会誌	6. 最初と最後の頁 657-666
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7210/jrsj.38.657	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 君塚 進, 日吉 祐太郎, 叶 鶴松, 田中 洋平, 東郷 俊太, 姜 銀来, 横井 浩史	4. 巻 43
2. 論文標題 体幹部の表面筋電位を用いた直感操作型肩義手システムの開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 バイオメカニズム学会誌	6. 最初と最後の頁 248-255
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 Shunta Togo, Yuta Murai, Yinlai Jiang and Hiroshi Yokoi	4. 巻 9
2. 論文標題 Development of an sEMG sensor composed of two-layered conductive silicone with different carbon concentrations	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Scientific Reports	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) 10.1038/s41598-019-50112-4	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 村井 雄太, 矢吹 佳子, 石原 正博, 高木 岳彦, 高山 真一郎, 東郷 俊太, 加藤 龍, 姜 銀来, 横井 浩史	4. 巻 43
2. 論文標題 残存指を利用できる手部筋電義手システムの開発 設計手法の提案と試作	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 バイオメカニズム学会誌	6. 最初と最後の頁 124-133
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 姜 銀来, 李 文揚, Yiwei Wang, 東郷 俊太, 横井 浩史	4. 巻 39
2. 論文標題 ワイヤ干渉駆動とそのモジュール化設計	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本ロボット学会誌	6. 最初と最後の頁 803-806
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7210/jrsj.39.803	査読の有無 無
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 Yiwei Wang, Wenyang Li, Shunta Togo, Hiroshi Yokoi and Yinlai Jiang	4. 巻 2021
2. 論文標題 Survey on main drive methods used in humanoid robotic upper limbs	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Cyborg and Bionic Systems	6. 最初と最後の頁 1-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34133/2021/9817487	査読の有無 無
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 東郷 俊太, 横井 浩史, 姜 銀来, 矢吹 佳子, 村井 雄太, 山野井 佑介	4. 巻 38
2. 論文標題 筋電義手の社会実装研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本ロボット学会誌	6. 最初と最後の頁 127-130
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7210/jrsj.38.127	査読の有無 無
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 横井 浩史, 東郷 俊太, 姜 銀来, 矢吹 佳子, 村井 雄太	4. 巻 37
2. 論文標題 筋電制御システムに関する研究と義手への応用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本ロボット学会誌	6. 最初と最後の頁 301-306
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7210/jrsj.37.301	査読の有無 無
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38件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 12件）

1. 発表者名 Ayane Kumagai, Yoshinobu Obata, Yoshiko Yabuki, Yinlai Jiang, Yokoi Hiroshi and Shunta Togo
2. 発表標題 Evaluation of the precision grasping ability by artificial finger based on the morphology of distal phalanx
3. 学会等名 2022 IEEE 4th Global Conference on Life Science and Technologies (LifeTech2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuko Nakamura, Yinlai Jiang, Hiroshi Yokoi and Shunta Togo
2. 発表標題 Development of a 7 DOF electric shoulder disarticulation prosthesis using a return routing tendon driven mechanism
3. 学会等名 2022 IEEE 4th Global Conference on Life Science and Technologies (LifeTech2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Takayoshi Shimada, Yusuke Yamanoi, Yoshiko Yabuki, Shunta Togo, Yinlai Jiang, Ryu Kato, Takehiko Takagi, Yuki Kuroda and Hiroshi Yokoi
2. 発表標題 Development of a motorized prosthetic hand for infants with phocomelia
3. 学会等名 18th World Congress of the International Society for Prosthetics and Orthotics (ISPO2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takashi Hirai, Yinlai Jiang, Masao Sugi, Shunta Togo and Hitoshi Yokoi
2. 発表標題 Investigation of motor point shift and contraction force of triceps brachii for functional electrical stimulation
3. 学会等名 2021 43rd Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wenyang Li, Yiwei Wang, Shunta Togo, Hiroshi Yokoi and Yinlai Jiang
2. 発表標題 Development of a humanoid shoulder based on 3-motor 3 degrees-of-freedom coupled tendon-driven joint module
3. 学会等名 2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yiwei Wang, Wenyang Li, Shunta Togo, Hiroshi Yokoi and Yinlai Jiang
2. 発表標題 Design of a 3-dof coupled tendon-driven waist joint
3. 学会等名 2021 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中村 優子, 姜 銀来, 横井 浩史, 東郷 俊太
2. 発表標題 折り返しワイヤ干渉駆動機構を用いた7自由度筋電肩義手の開発
3. 学会等名 第42回バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 東島 涼香, 姜 銀来, 横井 浩史, 東郷 俊太
2. 発表標題 ヒトの捕球姿勢の分類と筋電義手ハンドへの応用
3. 学会等名 第42回バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平井 隆志, 姜 銀来, 杉 正夫, 東郷 俊太, 横井 浩史
2. 発表標題 機能的電気刺激を用いた上腕三頭筋のMP位置の移動と筋収縮力の探索
3. 学会等名 第42回バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大谷 俊介, 平井 太智, 黒田 勇幹, 矢吹 佳子, 山野井 佑介, 東郷 俊太, 姜 銀来, 横井 浩史
2. 発表標題 可動指を変えた幼児用2自由度電動義手の開発
3. 学会等名 第37回日本義肢装具学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大谷 俊介, 姜 銀来, 東郷 俊太, 横井 浩史, 山野井 佑介
2. 発表標題 ワイヤ劣駆動ロボットフィンガによる薄板小物体把持のための関節トルク比と過伸展機構の検討
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 君塚 進, 東郷 俊太, 姜 銀来, 横井 浩史
2. 発表標題 筋電肩義手のための全軸干渉型ロボットアームの開発
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 関 美咲, 姜 銀来, 横井 浩史, 東郷 俊太
2. 発表標題 多軸干渉駆動機構のためのワイヤ滑り関節機構の開発
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 小畑 承経, 熊谷 あやね, 矢吹 佳子, 東郷 俊太, 姜 銀来, 横井 浩史
2. 発表標題 動的安定把持実現のための電動義手用2層弾性グローブの開発
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 藤井 裕子, 姜 銀来, 横井 浩史, 東郷 俊太
2. 発表標題 拮抗筋構造型ロボット関節に対する仮想軌道に基づく繰り返し制御
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 Jiazhen Guo, Peng Chen, Yinlai Jiang, Hiroshi Yokoi and Shunta Togo
2. 発表標題 Real-time object detection with deep learning for robot vision on mixed reality device
3. 学会等名 2021 IEEE3rd Global Conference on Life Science and Technologies (LifeTech2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 島田 孝太, 姜 銀来, 横井 浩史, 東郷 俊太
2. 発表標題 ドラム押付型ワイヤ無限巻取り機構における最大牽引力とトルクリミッタの検証
3. 学会等名 2021年度精密工学会春季大会学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 熊谷 あやね, 姜 銀来, 横井 浩史, 東郷 俊太
2. 発表標題 ヒト指末節骨の形態的特徴に基づいた人工指による精密把持性能の評価
3. 学会等名 第41回バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮崎 健太, 姜 銀来, 横井 浩史, 東郷 俊太
2. 発表標題 体幹筋電から上肢運動の動作意図を抽出するシステムの開発
3. 学会等名 第41回バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒田 勇幹, 矢吹 佳子, 山野井 佑介, 東郷 俊太, 姜 銀来, 横井 浩史
2. 発表標題 子共用筋電義手ソケットの開発
3. 学会等名 第36回日本義肢装具学会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中尾 聡一郎, 平井 太智, 小野 祐真, 山野井 佑介, 黒田 勇幹, 矢吹 佳子, 東郷 俊太, 姜 銀来, 加藤 龍, 高木 岳彦, 石原 正博, 横井 浩史
2. 発表標題 回内・回外機能を有し個性に適応する幼児用筋電義手の開発と評価
3. 学会等名 第38回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 平井 太智, 中尾 聡一郎, 小野 祐真, 黒田 勇幹, 矢吹 佳子, 山野井 佑介, 東郷 俊太, 姜 銀来, 加藤 龍, 横井 浩史
2. 発表標題 先天性前腕欠損者のための幼児用2自由度電動義手の開発
3. 学会等名 第38回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村 優子, 姜 銀来, 横井 浩史, 東郷 俊太
2. 発表標題 肩義手のための腕の手先位置のフィードバックシステムに適した振動刺激の検討
3. 学会等名 第38回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鳥田 孝太, 東郷 俊太, 姜 銀来, 横井 浩史
2. 発表標題 磁気センサを応用した柔軟な圧力センサの開発
3. 学会等名 第38回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 黒田 勇幹, 山野井 佑介, 東郷 俊太, 姜 銀来, 加藤 龍, 横井 浩史
2. 発表標題 筋電信号の時変性に適応する教師データ更新手法に関する研究
3. 学会等名 第38回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Ayane Kumagai, Yoshinobu Obata, Yinlai Jiang, Hiroshi Yokoi and Shunta Togo
2. 発表標題 Evaluation of the grasping ability by artificial finger based on the morphology of distal phalanx
3. 学会等名 2020 IEEE 2nd Global Conference on Life Science and Technologies (LifeTech 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yoshinobu Obata, Ayane Kumagai, Shunta Togo, Yinlai Jiang and Hiroshi Yokoi
2. 発表標題 Analysis of two-layer artificial soft fingertip for dynamic stable grasping
3. 学会等名 2020 IEEE 2nd Global Conference on Life Science and Technologies (LifeTech 2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Takaki Shimura, Yuta Murai, Shunta Togo, Yinlai Jiang and Hiroshi Yokoi
2. 発表標題 A 10-DOF lightweight robotic hand with built-in wire-driven mechanism
3. 学会等名 2019 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Taichi Hirai, Shunta Togo, Yinlai Jiang and Hiroshi Yokoi
2. 発表標題 Development of EMG prosthetic hand for infant with lightness and high pinch force
3. 学会等名 15th IEEE International Conference on Advanced Robotics and Its Social Impacts (ARSO 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshiko Yabuki, Yuta Murai, Yusuke Yamanoi, Xiaobei Jing, Xu Yong, Yuankang Shi, Shunta Togo, Yinlai Jiang, Takehiko Takagi, Shinichiro Takayama and Hiroshi Yokoi
2. 発表標題 Development and evaluation of a myoelectric prosthetic hand adaptable to individuality for Children
3. 学会等名 International Society for Prosthetics and Orthotics (ISPO 2019) 17th World Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 佐藤 文隆, 姜 銀来, 横井 浩史, 東郷 俊太
2. 発表標題 ワイヤ干渉機構を用いたシリコンハンドの開発
3. 学会等名 計測自動制御学会システム・情報部門学術講演会2019 (SSI2019)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鎌田 舞花, 矢吹 佳子, 黒田 勇幹, 山野井 佑介, 東郷 俊太, 姜 銀来, 横井 浩史
2. 発表標題 筋電義手の熟達度に関する研究
3. 学会等名 第40回バイオメカニズム学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李 文揚, 姜 銀来, 陳 鵬, 東郷 俊太, 横井 浩史
2. 発表標題 3 自由度干渉駆動関節モジュールの解析
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 君塚 進, 東郷 俊太, 姜 銀来, 横井 浩史
2. 発表標題 全軸ワイヤ干渉駆動機構を用いたロボットアームの開発
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 東郷 俊太, 君塚 進, 姜 銀来, 横井 浩史
2. 発表標題 全軸干渉機構における最適干渉行列の設計理論
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 藤井 裕子, 姜 銀来, 横井 浩史, 東郷 俊太
2. 発表標題 繰り返し計算に基づく仮想軌道制御の力場適応
3. 学会等名 第13回Motor Control研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢吹 佳子, 馮 翔, 鎌田 舞花, 小畑 承経, 東郷 俊太, 姜 銀来, 横井 浩史
2. 発表標題 義手用装飾手袋の材質と物体把持性能に関する調査研究
3. 学会等名 第35回日本義肢装具学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 矢吹 佳子, 馮 翔, 鎌田 舞花, 小畑 承経, 東郷 俊太, 姜 銀来, 横井 浩史
2. 発表標題 義手用装飾手袋の材質と物体把持性能に関する調査研究
3. 学会等名 第35回日本義肢装具学会学術大会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計3件

産業財産権の名称 変換プログラムおよび変換装置	発明者 横井 浩史, 石 源康, 東郷 俊太, 姜 銀来, 山野井 佑介	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特願2020-002645	出願年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 3D薄型Wrist関節機構	発明者 横井浩史, 矢吹佳 子, 東郷俊太, 姜銀 来, 棚橋一将, 山野	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-164917	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 筋電センサ及び電極部材	発明者 横井浩史, 姜銀来, 東郷俊太, 村井雄 太, 君塚進, 石源康	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、2019-105592	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔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
研究協力者	横井 浩史 (Yokoi Hiroshi) (90271634)	電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授 (12612)	
研究協力者	姜 銀来 (Jiang Yinlai) (70508340)	電気通信大学・脳・医工学研究センター・准教授 (12612)	

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