

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K04020

研究課題名（和文）負荷側加速度制御の広帯域化が実現する産業用から生活領域汎用ロボットへの変生

研究課題名（英文）Wideband Load-side Acceleration Control for General Purpose Robot in Life Space

研究代表者

横倉 勇希（Yokokura, Yuki）

長岡技術科学大学・工学研究科・准教授

研究者番号：70622364

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、位置制御と力制御との双方が広帯域に亘って可能な「負荷側加速度制御」を実現させることで、従来の産業用ロボットを生活領域汎用ロボットへと変生させることを目指しており、そのための「ねじれトルク制御」の高応答化を達成する手段となる非積分型の構造を持つ高速電流制御系、インバータの適切な電圧ベクトルを直接的に導き出す直接ねじれトルク制御系、および検出遅れを極小化できる低レイテンシねじれトルクセンサを開発し、その理論検証と実機実証を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

普段、自宅や職場で身の回りを見渡してみても、人間の生活領域で物理的な接触作業を代替可能な多関節ロボットは未だに見当たらない。その主たる原因は、従来の産業用ロボットの「力制御帯域の低さ」にあり、産業界で活躍中の位置制御のみに特化したロボットをそのまま生活領域汎用ロボットとしては適用できないことにある。そこで本研究では、位置制御と力制御との双方が広帯域に亘り可能な「負荷側加速度制御」に基づき、従来の産業用ロボットを生活領域汎用ロボットへと変生させることを目指す。

研究成果の概要（英文）： In this research project, we aim for industrial robots that will be newly applied to general-purpose robots in human life space. Such a robot should be based on both very wideband position and force controllers, which need "Load-side Acceleration Control(LAC)." This project developed super fast current control, direct torsion torque control, and low-latency torsion torque sensor to achieve the wideband LAC. In addition, we carried out the theoretical analysis and experimental validations.

研究分野：モーションコントロール

キーワード：負荷側加速度制御 ねじれトルク制御 電流制御 2慣性共振系 産業用ロボット トルクセンサ 力制御 パワーエレクトロニクス

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

生活領域で活動できるロボットが既に市場投入されているが、広く普及しているのは床面を移動してゴミを吸引する掃除ロボット、積載物を指定位置に移動する運搬ロボット、ただ喋るだけのロボット、時折身振り手振りしてたまに動く会話・癒やしロボット、ロボットと呼んでよいのかさえ疑問な装置ばかりである。日々の生活で不可避な物理的作業である掃除、洗濯等の作業の実行がロボットに残された本当の課題のはずである。しかしながら、従来のロボットの眼前には大きな障壁が立ちだかつており、人間自身が今もなお行っているのが現実で、研究代表者は常日頃からロボット技術の現状に強い不満を持っている。

一方の産業界では、ロボットは機械部品の切削、溶接等の物理的作業を実行し、実社会に役立つ不可欠な存在となっている。それでは製造業の最前線で活躍中の産業用ロボットを人間の生活領域に持ち込み、物理的な接触作業が可能かといえればそれは否で実現は極めて困難である。それはなぜか。研究代表者らはこれまでに行ってきた研究を通じて「位置制御帯域は高いが力制御帯域が低い」ことがその大きな理由の一つであると考えてきた。一般向けに換言すれば「従来の産業用ロボットは力加減の調節が極めて苦手」なのである。

人間が普段何気なく実行している接触作業は、位置と力加減の絶え間なく素早い調節に基づいている。例えば窓を拭く作業では、ある方向に位置制御、別方向に力制御を同時に実行するありふれた作業であるが、従来の産業用ロボットでは力制御側の帯域が低く難しい。また、作業中に人間とロボットの間に働く力を瞬時に能動的に制御して怪我を負わせない安全性も求められるが、従来の産業用ロボットでは困難を伴う。そこで、産業界では安全柵でロボットを隔離し安全を確保しており、産業用ロボットを人間の生活領域にそのまま応用展開して働かせるには程遠い現状がある。さらに、人が行ってきた作業の代替のためには、深層学習に基づく人工知能(AI)の活用が不可欠であるものの、上位系のAIがいくら優れた位置・力指令を生成したとしても、下位系の制御帯域が低ければAIの真の能力は引き出せず、結果的に理想とされる接触作業はできなくなる。以上が本研究開始当初の背景である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、「どのようにして従来の位置制御と広帯域な力制御を同時に実現するか」という問いへの解答にあり、先述の背景で述べた問題を解決することにある。位置制御は外力が何N加わっても指令位置を保つ特質を持ち、制御帯域の向上に伴って外力に打ち勝つように働く。一方で、力制御は外部から何m動かされても常に指令力を保つ特質を持ち、帯域向上に伴い外力に負けるように働く。従って、位置制御と力制御は相反する特質を持つため、双方とも広帯域な制御系の統一の実現は非常に難しい。そこで先行研究では、位置と力は加速度次元で結び付けられる物理に着目した加速度制御が考案され、加速度制御により位置と力の統一制御が可能にはなった。しかしながら、産業用ロボットに従来の加速度制御系を適用した場合、図1左段と図2左段に示す三つの要因により加速度制御系の広帯域化が阻まれることが分かっている。

一つ目の要因である「広帯域化を阻む要因(1)」は加速度次元の共振振動である。永久磁石同期モータ(PMSM)単体では出力トルクが不足するため垂直多関節型の産業用ロボットには減速機が多用されるが、モータ側慣性と減速機の負荷側慣性の間が「ばね」となり、2慣性共振系と呼ばれる物理的構造が生まれることで機械的な共振振動が誘発される。そして、上述した従来の

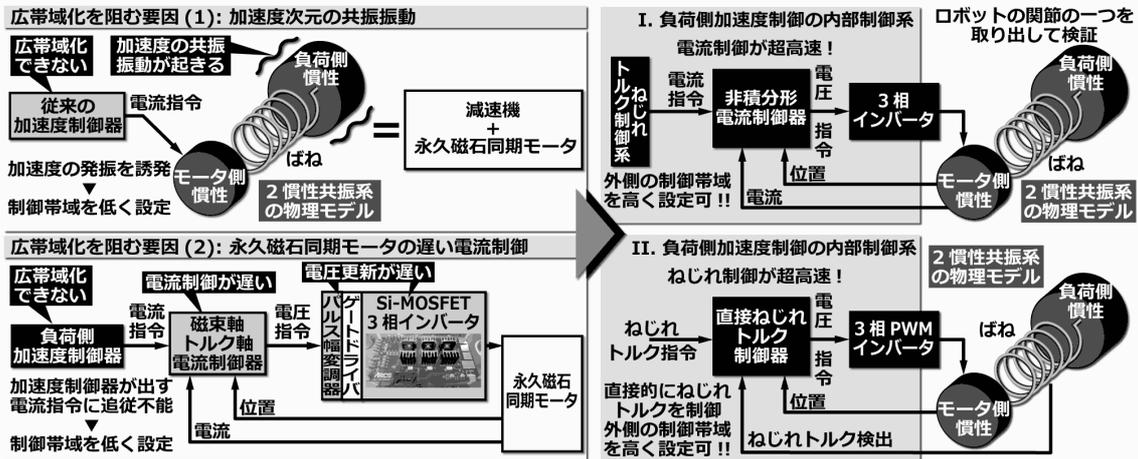


図1 加速度制御系の広帯域化を阻む要因(1)と(2)、

および負荷側加速度制御とその内部制御系による解決方法



図2 加速度制御系の広帯域化を阻む要因(3)とねじれトルクセンサによる解決方法

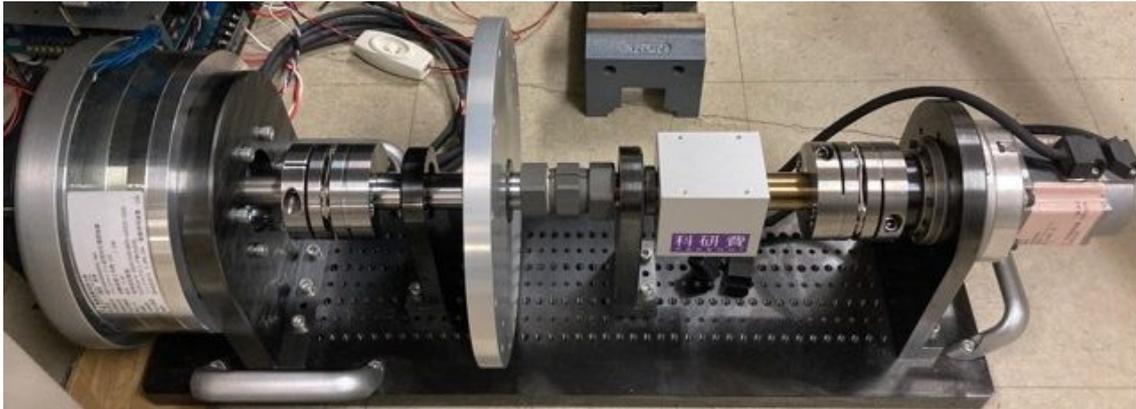


図3 新たに開発した負荷側加速度制御・ねじれトルク制御・電流制御の検証用試験装置

加速度制御を2慣性共振系に対して適用すると発振が始まり、広帯域化どころか最悪の場合には産業用ロボットが暴走することもある。二つ目の「広帯域化を阻む要因(2)」は、負荷側加速度制御器が高速な電流指令信号を出しても、電流制御系が追従できず、研究目的の達成に全く不十分なことである。最後の三つ目の「広帯域化を阻む要因(3)」は負荷側加速度制御器の内部に必要なねじれトルク制御器が遅いことであり、検出の待ち時間が数百 $\mu\text{s}$ ~数msと非常に長く、加速度制御の広帯域化を阻んでいる。

本研究は、最先端のモーションコントロール・先駆的なパワーエレクトロニクス・計測制御技術を総結集して先述の三つの要因を解決していき、負荷側加速度制御の広帯域化を達成することで位置・力ハイブリッド制御系のさらなる進化を促し、最終的に生活領域汎用ロボットの実現への電気機器工学分野における礎を確立するものである。

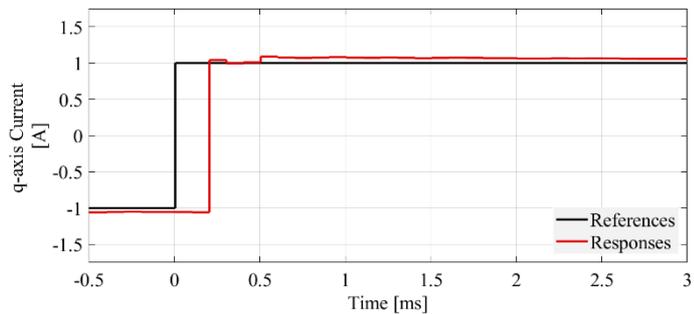


図4 高速電流制御の実機実験結果(図3を使用)

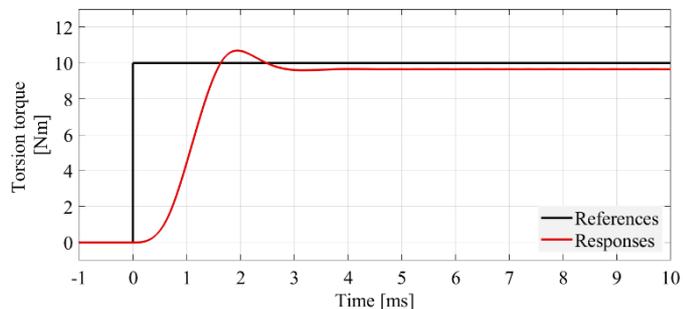


図5 直接ねじれトルク制御の数値計算結果

### 3. 研究の方法

本研究では、先述の図1および図2の左段に示した問題に対して、各図中の右段に示す解決策によりそれぞれの問題を解決し、最終的に本研究の目的を達成する方法を取る。

広帯域化を阻む要因(1)に対して「負荷側加速度制御」を適用する。従来の加速度制御が2慣性共振系に無力な理由はモータ側の加速度を制御しようとするためである。一方の提案手法では、負荷側に対して加速度制御することで加速度次元の共振振動を劇的に抑制可能となる。振動抑制制御で位置決め精度の向上を図った制御理論の先行研究は数多い。しかしながら、加速度制御系そのものの共振の研究は世界的にみても極めて少ない。また、広帯域化を阻む要因(2)に対し

ては、加速度制御系の高速化のために、その内側の制御系となる高速電流制御系を構成する。高速電流制御系では、磁束-トルク軸の制御遅れの主な要因である積分器を廃した非積分形電流制御器を新たに考案する。従来手法では閉ループ系の電流制御系の実効帯域は 1 kHz 程度しかないが、本手法は 4kHz 以上まで拡大でき、その結果として負荷側加速度制御器からの電流指令に高速追従可能となる。さらに、

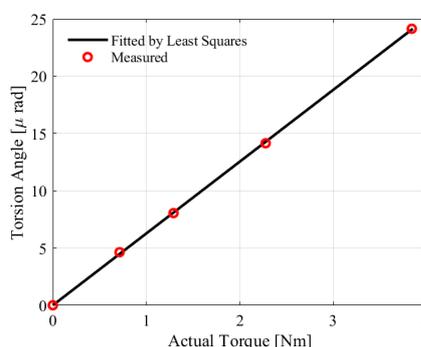


図6 低レイテンシねじれトルクセンサとその試験結果

広帯域化を阻む要因(3)に対しては、従来手法とは異なり、増幅器・折り返し雑音除去フィルタ・アナログ/デジタル変換器・シリアル通信器のすべてが不要な光学エンコーダ方式の低レイテンシねじれトルクセンサを開発し、検出遅れを一掃する。ねじれトルク検出が高速化できるので負荷側加速度制御系の内部に存在するねじれトルク制御系の高応答化に寄与できる。

#### 4. 研究成果

図3に本研究で開発した負荷側加速度制御・ねじれトルク制御・電流制御の制御アルゴリズム検証のための試験装置を示す。本試験装置は産業用ロボットの関節軸の一つを抜き出して模擬したものであり、PMSM・波動歯車減速機・負荷側慣性体・負荷側の外力入力を模擬する電磁ブレーキで構成されており、電気的特性と共振特性や摩擦特性などの機械的特性を実物のロボットと同等なるように設計されている。本試験装置を用いて高速電流制御系を構成し実機実験を行った結果が図4であり、インバータの駆動制御周期 100 μs の状況下において2 サンプル目まで電流指令値に追従していることが分かる。従ってかなりの高速化ができていたことが実験的にも確認できた。この電流制御系の外側にねじれトルク制御系と負荷側加速度制御系の制御ループを構成することで広帯域な負荷側加速度制御が可能となり、その結果として位置と力のハイブリッド制御系も高応答化できる。一方で、実験結果からは定常偏差が少なからず生じているが、これは非積分型のコントローラによるものであり、制御帯域を優先した結果である。しかしながら、外側の負荷側加速度制御系がこの定常偏差分を補償するため問題とはならないと考えている。むしろ外側の制御ループのロバスト性さえ確保されていれば、マイナーループのロバスト性は多少犠牲となってもよいという制御戦略のもとで本制御系は構成されている。

本研究では電流制御系を高速化すればその外側の制御ループも高速化できるという戦略で課題解決に取り組んできたが、別の制御戦略も考案しており、図1の右段の下側に示す「直接ねじれトルク制御」という制御手法を新たに提案している。これはもはや電流制御はせず、直接的にインバータの電圧ベクトルを選択してねじれトルクを整定させるものである。図5はその数値計算による検証結果であり、3 ms 程度で振動抑制をしつつ指令値に収束できていることが分かる。しかしながら、理論検討と実装の困難さのために試行に留まっており、今後の課題である。もしこの手法が実現可能であれば、負荷側加速度制御をさらに高応答化できる見込みがあるので、今後も引き続き研究を進めていく。

上記に加えて図6に本研究で開発している低レイテンシねじれトルクセンサの試作実験装置とその試験結果を示す。この実験ではねじれトルクセンサに既知のトルクを印加し、そのときの検出したねじれ角を記録した。図6の特性から非常に良好な静特性が得られていることが分かる。また、本センサはアンプ・アンチエイリアシングフィルタ・A/D変換器が無く、尚且つリアルデータ伝送も行われないため、インバータ駆動制御のサンプリング間隔のオーダーに対して、レイテンシを非常に小さくできることが特徴である。その低レイテンシを活かすことで、ねじれトルク制御と負荷側加速度制御の広帯域化に繋がる。

本研究で主眼としている負荷側加速度制御とそれを支えるねじれトルク検出・ねじれトルク制御・電流制御は、2 慣性共振系に対する位置と力のハイブリッド制御を広い帯域に亘って達成する有効な手法の礎になることが期待される。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Nagao Sora, Kawai Yusuke, Yokokura Yuki, Ohishi Kiyoshi, Miyazaki Toshimasa	4. 巻 12
2. 論文標題 Load-side Acceleration Control Based on Single Inertialization Compensator and Jerk Observer for Industrial Robots	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 1034 ~ 1045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.22011983	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 Kobayashi Yuto, Ohishi Kiyoshi, Yokokura Yuki, Hiwatari Tenjiro, Satake Akira	4. 巻 13
2. 論文標題 Analytical-Solution-Based Voltage Vector Search within a Desired Tolerance Specification for Low-Sampling-Frequency Motor Drives	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 198 ~ 207
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.23006607	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 Nagao Sora, Kawai Yusuke, Yokokura Yuki, Ohishi Kiyoshi, Miyazaki Toshimasa	4. 巻 11
2. 論文標題 Robust Torsion Torque Control using Single Inertialization Compensator for Two-inertia System with Environmental Stiffness	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 674 ~ 685
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.21013095	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 Kawai Yusuke, Yokokura Yuki, Ohishi Kiyoshi, Shinozaki Taiga	4. 巻 37
2. 論文標題 Load-side acceleration control based on load-side velocity disturbance observer for geared actuator	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 634 ~ 648
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01691864.2023.2185812	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 Kobayashi Yuto, Ohishi Kiyoshi, Yokokura Yuki, Hiwatari Tenjiro, Satake Akira	4. 巻 11
2. 論文標題 Voltage-Integral-based Reference Tracking Modulation Method for High-Efficiency Motor Drive	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 494 ~ 505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.21009683	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 Suzuki Shunsuke, Kawai Yusuke, Yokokura Yuki, Ohishi Kiyoshi, Miyazaki Toshimasa, Shinozaki Taiga	4. 巻 10
2. 論文標題 Single-Inertialization Based on High-Backdrivability Control Using Equivalent Disturbance Compensator for Human Interaction Robot	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 282 ~ 291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.20002323	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 Padron Juan, Kawai Yusuke, Yokokura Yuki, Ohishi Kiyoshi, Miyazaki Toshimasa	4. 巻 11
2. 論文標題 Stable Torsion Torque Control Based on Friction-Backlash Analogy for Two-Inertia Systems with Backlash	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 279 ~ 290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.21004543	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 Kobayashi Yuto, Ohishi Kiyoshi, Yokokura Yuki, Hiwatari Tenjiro, Satake Akira	4. 巻 11
2. 論文標題 Voltage-Integral-based Reference Tracking Modulation Method for High-Efficiency Motor Drive	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 IEEJ Journal of Industry Applications	6. 最初と最後の頁 494 ~ 505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejjia.21009683	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31件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 11件）

1. 発表者名 Yuki Yokokura, Kiyoshi Ohishi
2. 発表標題 Direct Torsion Torque Control of Geared SPMSM for Quick Backforward-Drivability
3. 学会等名 The International Power Electronics Conference IPEC2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sora Nagao, Yusuke Kawai, Yuki Yokokura, Kiyoshi Ohishi, Toshimasa Miyazaki
2. 発表標題 Single Inertialization Compensator for Robot Actuator with Base/Link Dual Resonance Vibration Model
3. 学会等名 The 25th IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics AIM2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Junya Hasegawa, Sora Nagao, Yuki Yokokura, Kiyoshi Ohishi, Toshimasa Miyazaki, Yusuke Kawai
2. 発表標題 Acceleration Sensor-Based State Feedback Control Using Drift-Free Normalization System for Industrial Robot
3. 学会等名 The 9th IEEE International Workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization SAMCON2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長尾 星空, 横倉 勇希, 大石 潔, 宮崎 敏昌, 川合 勇輔
2. 発表標題 ベース/リンクデュアル共振モデルを用いたロボットアクチュエータのための単慣性化補償器
3. 学会等名 令和4年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後藤 誉翔, 横倉 勇希, 大石 潔, 桑田 凧沙
2. 発表標題 高逆駆動性制御と2つの力覚センサを用いた産業用ロボットの力/位置ハイブリッド動作教示
3. 学会等名 第40回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長尾 星空, 横倉 勇希, 大石 潔, 宮崎 敏昌, 川合 勇輔
2. 発表標題 加速度センサによる単慣性化に基づく垂直多関節ロボットの負荷側加速度制御
3. 学会等名 第40回日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長谷川隼哉, 長尾 星空, 横倉 勇希, 大石 潔, 宮崎 敏昌, 川合 勇輔
2. 発表標題 ドリフトフリー化システムを用いたロボットの加速度センサベース状態フィードバック制御
3. 学会等名 第65回自動制御連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 桑田 凧沙, 横倉 勇希, 大石 潔, 後藤 誉翔
2. 発表標題 センサレス高逆駆動性制御に基づく産業用ロボットの力/位置ハイブリッド動作教示
3. 学会等名 第65回自動制御連合講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後藤 誉翔, 横倉 勇希, 大石 潔, 桑田 凧沙
2. 発表標題 二慣性系のロボットの力 / 位置ハイブリッド動作模擬システムにおける教示フェーズの実現
3. 学会等名 電気学会 メカトロニクス制御研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 長尾 星空, 横倉 勇希, 大石 潔, 宮崎 敏昌, 川合 勇輔
2. 発表標題 加速度ドリフトオブザーバを用いた二慣性系の負荷側加速度制御
3. 学会等名 電気学会 メカトロニクス制御研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 五十嵐 知士, 横倉 勇希, 大石 潔
2. 発表標題 2慣性共振系の負荷側加速度制御に基づくロボットアクチュエータのバイラテラル制御
3. 学会等名 電気学会 メカトロニクス制御研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後藤 誉翔, 横倉 勇希, 大石 潔, 桑田 凧沙
2. 発表標題 二慣性系のロボットの力 / 位置ハイブリッド動作模擬システム
3. 学会等名 電気学会 半導体電力変換モータドライブ合同研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小林 勇斗, 大石 潔, 横倉 勇希, 樋渡 天次郎, 佐竹 彰
2. 発表標題 電圧積分指令追従変調の解析解を用いたインバータ制御によるモータドライブ性能改善の検討
3. 学会等名 電気学会 半導体電力変換モータドライブ合同研究会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Sora Nagao, Yusuke Kawai, Yuki Yokokura, Kiyoshi Ohishi, Toshimasa Miyazaki
2. 発表標題 Load-Side Reaction Force Control Based on Model-Matching Controller for Two-Inertia System with Environment
3. 学会等名 The 30th IEEE International Symposium on Industrial Electronics ISIE2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Juan Padron, Yusuke Kawai, Yuki Yokokura, Kiyoshi Ohishi, Toshimasa Miyazaki
2. 発表標題 A Method for Gear Impact Suppression In Torsion Torque Control of Two-Inertia Systems with Backlash
3. 学会等名 The 30th IEEE International Symposium on Industrial Electronics ISIE2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taiga Shinozaki, Yusuke Kawai, Yuki Yokokura, Kiyoshi Ohishi, Toshimasa Miyazaki
2. 発表標題 Load-side Acceleration Control Based on I-P Drive-side Velocity Control and Acceleration Sensor Feedback
3. 学会等名 The 30th IEEE International Symposium on Industrial Electronics ISIE2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yusuke Kawai, Juan Padron, Yuki Yokokura, Kiyoshi Ohishi, Toshimasa Miyazaki
2. 発表標題 Equivalent Disturbance Compensator and Friction Compensation for Back-Forward Drivability Improvement
3. 学会等名 The 47th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society IECON2021 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Taiga Shinozaki, Sora Nagao, Yusuke Kawai, Yuki Yokokura, Kiyoshi Ohishi, Toshimasa Miyazaki
2. 発表標題 Vibration Suppression Control of Vertical Articulated Robot Based on Rigid Mode Symmetric Three-Inertia System
3. 学会等名 The 8th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization SAMCON2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Thao Tran Phuong, Kiyoshi Ohishi, Yuki Yokokura
2. 発表標題 Evaluation of Force Sensation Using Periodicity Estimation Integrated Singular Spectrum Analysis Based Disturbance Observer
3. 学会等名 The 8th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization SAMCON2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yusuke Kawai, Juan Padron, Yuki Yokokura, Kiyoshi Ohishi, Toshimasa Miyazaki
2. 発表標題 Analysis and Comparison of Back-Forward Drivability Control Using Load-side Sensors for Human-Robot Interaction
3. 学会等名 The 17th IEEE International Workshop on Advanced Motion Control AMC2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Juan Padron, Yuki Yokokura, Kiyoshi Ohishi, Toshimasa Miyazaki, Yusuke Kawai
2. 発表標題 Evaluating the Equivalence between Nonlinear Friction and Backlash in Two-Inertia Systems
3. 学会等名 The 17th IEEE International Workshop on Advanced Motion Control AMC2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大野 貴志, 阿部 晃大, 大石 潔, 横倉 勇希, 神谷 直仁
2. 発表標題 位置センサレス制御系を考慮した周期外乱を抑制するフィードフォワード制御
3. 学会等名 令和3年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川合 勇輔, Juan Padron, 横倉 勇希, 大石 潔, 宮崎 敏昌
2. 発表標題 負荷側センサを用いたバックフォワードドライバビリティ制御の一考察
3. 学会等名 令和3年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 滝 智洋, 大石 潔, 横倉 勇希
2. 発表標題 クラッチを有する二慣性共振系の制約条件付きモデル予測制御に基づくスムーズな加速制御法
3. 学会等名 令和3年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 溝 大貴, 龍田 建太, 大石 潔, 宮崎 敏昌, 横倉 勇希, 矢吹 明紀
2. 発表標題 慣性モーメント変動を考慮したFDTD法を用いた産業用ロボットの振動抑制制御
3. 学会等名 令和3年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長尾 星空, 川合 勇輔, 横倉 勇希, 大石 潔, 宮崎 敏昌
2. 発表標題 環境付き二慣性系におけるモデルマッチングコントローラに基づいた負荷側トルク制御
3. 学会等名 令和3年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 篠崎 泰雅, 川合 勇輔, 横倉 勇希, 大石 潔, 宮崎 敏昌
2. 発表標題 モータ側速度制御と加速度センサフィードバックに基づく2慣性系の負荷側加速度制御
3. 学会等名 令和3年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Juan Padron, Yusuke Kawai, Yuki Yokokura, Kiyoshi Ohishi, Toshimasa Miyazaki
2. 発表標題 Simultaneous Compensation of Backlash and Nonlinear Friction in Geared Motors using Torque Sensors
3. 学会等名 令和3年電気学会産業応用部門大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 横倉 勇希, 大石 潔
2. 発表標題 研磨作業ロボットを実現するメカトロニクス制御技術
3. 学会等名 令和3年電気学会産業応用部門大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 篠崎 泰雅, 長尾 星空, 横倉 勇希, 大石 潔, 宮崎 敏昌, 川合 勇輔
2. 発表標題 新しい3慣性系に基づく産業用ロボットの振動抑制制御
3. 学会等名 電気学会 メカトロニクス制御研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 滝 智洋, 大石 潔, 横倉 勇希
2. 発表標題 モデル予測制御による2クラッチ多慣性系の惰行状態からのショックレス再加速制御法
3. 学会等名 電気学会 半導体電力変換モータドライブ合同研究会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

長岡技術科学大学モーションコントロール研究室 <a href="https://mclab.nagaokaut.ac.jp/">https://mclab.nagaokaut.ac.jp/</a> 横倉研究室 - 技術倉庫 <a href="https://www.sidewarehouse.net/">https://www.sidewarehouse.net/</a>
--

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	大石 潔  (Ohishi Kiyoshi)  (40185187)	長岡技術科学大学・工学研究科・産学官連携研究員    (13102)	

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