

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2022

課題番号：17K06491

研究課題名(和文) 人との共存のためのステレオカメラを有する3次元空間剛性可変腱駆動アームの制御

研究課題名(英文) Control of Variable Stiffness Tendon Arm with Stereo Camera in 3D Space for Human Friendly Robots

研究代表者

駒田 諭 (Komada, Satoshi)

三重大学・工学研究科・教授

研究者番号：10215387

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：ヒューマノイドロボットのための視空間を用いたビジュアルサーボに関しては、2次元平面内の手法を、実際の作業を行うために鉛直方向を追加して3次元空間への手法に拡張し、シミュレーションと実験を行った。多自由度剛性可変腱駆動アームの制御のための座標変換では、冗長自由度も用いてモータトルク制限内で最大限動作可能な手法を開発した。軽量なアーム実現のために、超音波モータを用いる手法や、ハーモニックギアを用いたシステムのための力制御手法を開発した。剛性可変腱駆動機構への応用を目的に、剛性を低くすることの効果を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人間環境で安全に様々な作業を行うことが可能なロボットの実現に寄与するために、軽量な腱駆動アーム、非線形バネによる剛性可変、視空間座標制御の3つを融合した新たなロボットを開発するのが本研究の他にはない独創的な点である。本研究課題以前から行ってきた研究成果を3次元空間内で作業を行うロボットとして具現化するための様々な改良を加えた。

研究成果の概要(英文)：Regarding visual servoing using binocular visual space for humanoid robots, the method in a two-dimensional plane is extended to a method in three-dimensional space by adding the vertical direction to perform actual work, and simulations and experiments are performed. In the coordinate transformation for the control of the variable stiffness tendon drive arms with multiple degrees of freedom, we have developed a method that allows maximum movement within the motor torque limit using the redundant degrees of freedom. In order to realize a lightweight arm, we developed a force control method for mechanisms using ultrasonic motors or harmonic gears. For the purpose of application to a variable stiffness tendon drive mechanism, the effect of lowering the stiffness was clarified.

研究分野：制御工学

キーワード：ロボットアーム 制御 非線形バネ 腱駆動 剛性 視覚

1. 研究開始当初の背景

(1) 本研究に関連する国内・国外の研究動向及び位置づけ

少子高齢化の進展により高齢者の支援や、工場やオフィスで人間と共に働くロボットのニーズが高まっているが、現状のヒューマノイドロボットでは安全性が十分でなく、達成可能な作業が限られており、その実現が困難である。そのため、各関節のモータと負荷の間に柔軟な機構を入れ、各慣性を分離することで安全性を確保するロボットの研究がなされている[1]。

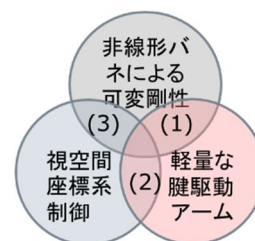


図1 目指すシステム

安全で様々なタスクに対応できる可能性のある機構として、図2に

示す非線形バネを用いた腱駆動アーム[2]がある。本アームはアクチュエータをアームの根本に配置することでアームが軽量となり安全性が向上でき、筋肉と同様に剛性が変化する非線形バネを用いることで作業空間剛性を可変にできる。一方、作業空間での剛性制御がロボットの着地動作において重要であることが示されており[3]、人は非線形な特性を巧みに利用して、様々なタスクを実現しているといえる。

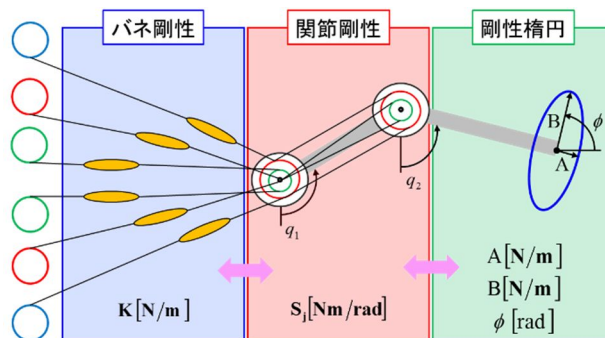


図2 非線形バネを用いた腱駆動アームの作業空間剛性楕円制御

(2) 応募者のこれまでの研究成果を踏まえ着想に至った経緯

研究代表者は人間環境で活躍するロボットを実現するために、人の筋骨格構造に近い軽量で機械的柔軟性があり、それが調整可能な非線形バネを用いた剛性可変腱駆動アームとその制御法を開発してきた(図1中の(1))。さらに、図3に示す人間の頭と腕の構造を持ったロボットにおいて、人の空間知覚に関連した視空間(輻輳角と視線方向角)[4,5]とそれに類似した複数の座標系間の簡易な座標変換を求め、複数座標系での複数のセンサを用いたビジュアルフィードバックを提案してきた(図1中の(2))。研究代表者はこれまでの研究活動から以下の重要な示唆を得た。

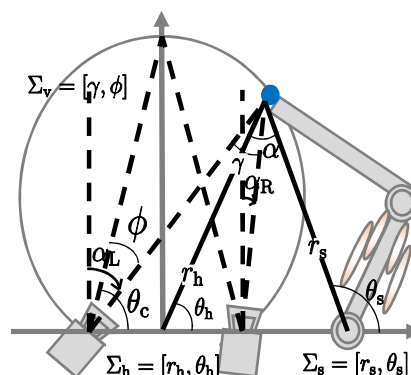


図3 視空間を用いたアーム制御

作業空間は距離と方向を表す極空間と視空間を用いることで、それらの間やアクチュエータとの座標変換が簡易な変換として表現できる。(座標系選定の重要性)

安全性を確保しつつ様々な環境に対して様々な作業を行えるようにするには、人の筋肉の様に可変剛性特性が必要であり、アクチュエータ部に非線形なバネ特性が必要である。(非線形特性活用の必要性)

ロボットの制御においては作業空間としてデカルト空間が一般的に用いられており、アクチュエータの空間と作業空間の座標変換は複雑で非線形となる。ロボットに柔らかさを与える場合は線形バネが一般的に用いられており、剛性を可変にできていない[1]。一方、研究代表者はこれまでの研究活動から座標系の選定や非線形特性の利用が、人間環境で様々な作業を行うロボットを実現する重要なポイントであるとの確信を得た。しかし、ビジュアルサーボを行った状況で、可変剛性制御を利用した接触作業(図1中の(3))はまだ行われていない上、カメラが固定されているため作業範囲が限定されている。さらに、これまでの検討は2次元平面内に限られており、ロボットが実際に作業を行う3次元空間へ拡張する必要がある。一方で、3自由度アームで任意の関節トルクと剛性の制御を実現するためには、9個以上のアクチュエータが必要であり[6]、通常のアームが3個で良いのに対して、多くのアクチュエータを必要とする。そのため、出力重量比の大きなアクチュエータの使用が必要となるが、非線形性によりトルクの制御が困難である。

<引用文献>

- [1] M. Zinn, O. Khatib, B. Roth, and J.K. Salisbury, "Playing it safe: human-friendly robots", IEEE Robotics & Automation Magazine, Volume 11, Issue 2, pp. 12 – 21, 2004
- [2] 兵頭、小林:「非線形バネ要素を持つ腱制御手首機構の研究」, 日本ロボット学会誌, 11巻, 8号, 1993

- [3] 藤川, 大島, 百生, 鳥海, 熊本 : 「コンタクトタスクに適応できる三対 6 筋を有するロボットアームのメカニズム」, 精密工学会誌 75(8), 1015-1018, 2009
- [4] 満田, 丸, 富士川, 宮崎 : 「逆運動学の線形近似に基づくビジュアルサーボ」, 日本ロボット学会誌 14(5), 743-750, 1996
- [5] S. Mukai, N. Maru, “Redundant Arm Control by Linear Visual Servoing Using Pseudo Inverse Matrix”, Proc. of the 2006 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, October 9-15, 2006
- [6] 兵頭, 小林, 大鐘, 山本 : 「冗長腱を持つ腱駆動ロボット機構の剛性調節」, 日本ロボット学会誌, Vol. 17, No. 4, pp.493-502, 1999

## 2. 研究の目的

研究代表者は人間と共存する環境で安全に様々な作業を行えるロボットを開発することを目的に、図 1 で示す 3 つの要素を組み合わせたシステムを研究してきた。これまでに(1)剛性が可変な非線形バネを用いた軽量で柔軟な腱駆動アーム、(2)人間の空間知覚に關係の深い視空間座標系を含む複数座標系間の簡易な変換を導出し、複数のセンサ情報を融合した腱駆動アームのビジュアルサーボを開発した。本研究課題では、実際に作業を行うロボットを具現化するために、作業領域の 2 次元から 3 次元への拡張や、カメラの動作への対応、出力重量比の大きなアクチュエータを用いた腱駆動アームの軽量化等に取り組む。

## 3. 研究の方法

研究代表者は今回の申請に関連する研究をこれまで続けているが、研究の進展の円滑化や高性能化のために今年度までの科研費と同様に、同じ研究室の助教 1 名を研究分担者として置く。さらに、数名の学生が本研究に加わる。

分担者はシステムの下位部分のロボットの開発や制御系構築を主に行い、代表者は上位の制御系の開発を中心に行うが、システム全体として最適な制御系とするために、お互いに連携を取り合って開発を行う。

## 4. 研究成果

### (1) 低剛性を利用した制御手法

非線形バネを用いた腱駆動機構は、バネの非線形性によりバネ剛性を可変とすることで関節剛性を可変にできる。ロボットに機械的な柔らかさを持たせることができるため人間環境下で要求される動作を実現可能となる。ここでは、低剛性の有用性を明らかにした。目標値追従の実験では、低剛性の方が制御系の振動を防ぎ、早い立ち上がりを実現できることを、ゼロトルク制御の実験では、衝撃力を低減でき、正確なゼロトルク制御の実現ができていたことを確認した。

バネを含んだ制御システムの制御手法として、カメラと加速度センサを用いる手法の提案と、ばね定数の最適化を提案した。

産業用ロボットや協働ロボットの軽量化や力制御性能の向上を目的として、モータ出力軸や減速機出力軸の先端部を低剛性の機構部品で構成する場合がある。しかし、機械共振周波数が低下し、高速運転時に振動が発生しやすいという問題がある。この問題を解決するために、剛性の低い機械部品のねじりトルクをフィードバックして振動を抑える方法が知られているが、推定誤差による自励振動や定常偏差が発生する可能性がある。そこで低剛性機械部品を介してモータ角と負荷角を併用し、バックラッシュモデルを持つねじりトルク推定器を提案した。減速機付きモータの負荷側角度制御のシミュレーションと実験により、提案手法の有効性を示した。

非線形な制御システムへの応用のために、高木-菅野ファジィシステムのセンサ故障推定に焦点を当て、Kalman オブザーバーの構造と zonotope 理論を組み合わせて設計される Zonotopic Kalman Observer の、フロベニウスノルムの最小化によるゲイン最適化法を提案した。

### (2) 軽量なアーム実現のための力制御手法の開発

軽量なアームとするためには出力重量比の大きいアクチュエータが必要であるが、その一つとして超音波モータがある。しかし、飽和等の非線形性があり高性能化が難しい。そこで、角速度飽和のある超音波モータを用いた負荷トルク制御系のための積分器を持たない制御器を設計した。積分器を持たないことにより角速度飽和に伴うワインドアップ現象が抑制される結果、制御性能が向上することが示された。

ロボットによる接触作業では、軽量、高トルク重量比、高トルク制御性能などの特性を持つアクチュエータが望まれる。ギア付きの電磁モータは軽量、高トルク重量比という特長を持つが、ギア内の摩擦がトルク制御性能を劣化させる。そこで本研究ではモータ/負荷側エンコーダと低剛性カップリングを活用することで、負荷トルク制御性能の改善を図った。提案した制御システムの有効性はシミュレーションと実験により検証した。

### (3) 多自由度剛性可変腱駆動アームの製作

軽量化された 3 関節剛性可変腱駆動アーム実験装置を実現するために、非線形バネを用いた 3 関節腱駆動アームの設計と製作を行った。制御のためには座標変換が必要なため、制作したアームの運動学を求め、制御プログラムに実装し、実験を行った。

#### (4) 多自由度腱駆動アームの制御のための座標変換

腱の数が冗長な腱駆動アームの制御で用いる座標変換に対して、腱の張力が飽和した際の対応手法を開発した。ここでは、ヤコビ行列の疑似逆ヤコビ行列を用いて変換された張力が飽和していた場合、飽和した部分を取り除いたヤコビ行列の逆行列を用いて算出された張力で張力を補正する。本手法の有効性を腱駆動アームの制御で示した。

さらに、モータトルクの2乗和を最小にし、負担を最小にする最適姿勢決定手法を提案した。本手法は、各姿勢におけるモータトルクを張力修正を用いて導出し、張力リミッタを超えない姿勢の範囲から最適姿勢の探索を行う手法である。従来手法には張力リミッタを考慮しない張力変換手法が用いられており、最適姿勢が張力リミッタの範囲外に存在するときには局所的な最適姿勢になるという問題があったが、張力修正を作業空間まで拡張して定式化し、姿勢決定手法に適用することで、従来手法よりも最適な姿勢を決定できる(局所的な最適姿勢ではなく、大域的な最適姿勢を決定できる)手法を提案した。

これまでに開発してきた手法を組み合わせ、トルク飽和を考慮してモータトルクの2乗和を最小できる方法を開発し、シミュレーションで検討を行った。腱駆動は引っ張りしか行えないため、拮抗する腱を1つのアクチュエータとしてまとめ、トルク2乗和を最小化したときに、各腱のモータトルクの値が負になることを防いでいる。さらに、モータトルクが飽和したときに、腱の冗長性を用いて飽和した腱のモータトルクを飽和していない腱のモータトルクに再分配している。

非線形バネを有する腱駆動機構には、腱の張力に制限が存在し、張力指令値が制限を超えた場合、望みの指令値を得ることができなくなる。そこで、張力修正を行い、導出された張力が実現可能な範囲内であれば張力修正による張力を、実現不可能な範囲であれば KKT 条件による最適化を用いて張力リミッタの範囲内で、アーム先端の力と剛性を可能な限り元の指令値に近づけた新しい張力を指令値とし、2種類の手法を切り替えて使用することによって、2つの手法の欠点を補い合う方法を提案した。実現可能な指令値では張力修正が、実現不可能な指令値では KKT 条件による最適化がより張力の制約を満たしたうえでモータへの負荷を減らす指令値を入力できることを確認した。

#### (5) ヒューマノイドロボットのための視空間を用いたビジュアルサーボ

ヒューマノイドロボットのための視空間を用いたビジュアルサーボに関しては、これまでに開発した2次元平面内での手法を、実際の作業を行うために鉛直方向を追加して3次元空間への手法に拡張し、シミュレーションでその有効性の検証を行った。さらに、実機実験を行い、内部パラメータ誤差により、ジョイントフィードバックで大きな誤差がみられた。一方でビジュアルフィードバックは画像処理遅れ時間と、画像上のノイズによってゲインが大きすぎて、収束時間が大きくなってしまった。これにより、精密な動作が求められる状況ではビジュアルフィードバックを、素早い動作が求められる状況ではジョイントフィードバックを有効にするなど、状況に応じてセンサを使い分ける事ができる点から、ヒューマノイドロボットの様々なタスクや状況に対応できるようなシステムとして有用である。ここでは、画像センサよりもエンコーダ等の内界センサはサンプリングタイムを短くし、性能を向上させた。

カメラでとらえられる範囲を広げるためのカメラの動作の考慮を行った。広範囲でのビジュアルサーボを実現するために、ステレオカメラをアクチュエータで回転できるようにした。さらに、カメラの回転に対応した座標変換に変更することで、アームの作業範囲が拡大することを示した。さらに、左右、上下方向に向きを変えられる3次元対応のアクティブステレオカメラの実験装置を開発した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2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 Yonemoto Daiki, Yashiro Daisuke, Yubai Kazuhiro, Komada Satoshi	4. 巻 138
2. 論文標題 Design of Force Control System Using Tendon-driven Mechanism Including Linear Springs and Ultrasonic Motor	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Industry Applications	6. 最初と最後の頁 298 ~ 305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejias.138.298	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 Ren Weijie, Komada Satoshi, Yubai Kazuhiro, Guo Shenghui	4. 巻 359
2. 論文標題 Zonotopic interval estimation for discrete-time Takagi-Sugeno fuzzy systems with a delayed nonquadratic framework	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Franklin Institute	6. 最初と最後の頁 3883 ~ 3909
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jfranklin.2022.03.038	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 駒田 諭	4. 巻 57
2. 論文標題 非線形バネを用いた剛性可変腱駆動機構	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 設計工学	6. 最初と最後の頁 497 ~ 502
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 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30件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 20件）

1. 発表者名 新崎拓海, 矢代大祐, 弓場井一裕, 駒田諭
2. 発表標題 カメラと加速度センサを用いたモーター駆動系の遅延補償器を含む制御器設計
3. 学会等名 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤大智, 矢代大祐, 弓場井一裕, 駒田諭
2. 発表標題 減速機, ばね, およびモータ/負荷側エンコーダを有する電磁モータを用いた負荷トルク制御系のばね定数の最適化
3. 学会等名 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋翼, 矢代大祐, 弓場井一裕, 駒田諭
2. 発表標題 6自由度パラレルロボットのためのリンク曲げモーメントを用いた位置制御系のカメラによる性能評価
3. 学会等名 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤大智, 矢代大祐, 弓場井一裕, 駒田諭
2. 発表標題 減速機, ばね, およびモータ/負荷側 エンコーダを有する電磁モータの負荷トルク制御
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 2020年

1. 発表者名 Daichi Kondo, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai, and Satoshi Komada
2. 発表標題 Load Torque Control of an Electromagnetic Motor with a Reduction Gear, a Spring, and Motor/Load-Side Encoders
3. 学会等名 IEEE International Conference on Mechatronics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Shinnosuke Kato, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro and Kazuhiro Yubai
2. 発表標題 Control of Humanoid Robots Using Divided Coordinate Transformations
3. 学会等名 7th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization (SAMCON2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Akimasa Sobue, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai
2. 発表標題 Study on Advantages of Using Low Stiffness Focusing on Low Load Torque Control
3. 学会等名 The 6th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion, Control and Optimization (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Tomita, S. Komada, D. Yashiro and K. Yubai
2. 発表標題 An Optimal Posture Determination Method Using Tension Adjustment for Tendon Driven Arm with Nonlinear Springs
3. 学会等名 The 6th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion, Control and Optimization (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中村俊哉, 矢代大祐, 弓場井一裕, 駒田諭
2. 発表標題 角速度飽和のある超音波モータを用いたトルク制御系の積分器を持たない制御器設計
3. 学会等名 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村俊哉, 矢代大祐, 弓場井一裕, 駒田諭
2. 発表標題 速度飽和する閉ループ超音波モータ速度制御系をインナーループに持つ間接力制御系の制御器設計
3. 学会等名 機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中村俊哉, 矢代大祐, 弓場井一裕, 駒田諭
2. 発表標題 速度飽和のある超音波モータを用いた2慣性系のトルク制御
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 2018年

1. 発表者名 藤崎正洋, 駒田諭, 矢代大祐, 弓場井一裕
2. 発表標題 冗長腱を持つ腱駆動機構における張カリミッタを考慮した張力変換手法に関する研究
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 2018年

1. 発表者名 Tomoki Tomita, Satoshi Komada, Kazuhiro Yubai and Daisuke Yashiro
2. 発表標題 Optimal Posture Determination Methods for Variable Stiffness Tendon Driven Arms
3. 学会等名 the 2018 12th France-Japan and 10th Europe-Asia Congress on Mechatronics (国際学会)
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 Akimasa Sobue, Satoshi Komada, Kazuhiro Yubai and Daisuke Yashiro
2. 発表標題 Analysis of Force/Stiffness Control of Variable Stiffness Tendon Driven Arms
3. 学会等名 the 2018 12th France-Japan and 10th Europe-Asia Congress on Mechatronics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai and Satoshi Komada
2. 発表標題 Numerical Validation of 3-DOF Controller Based Loop Shaping for 2-Inertia System with Motor/Load-Side Encoders
3. 学会等名 the 2018 12th France-Japan and 10th Europe-Asia Congress on Mechatronics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshiya Nakamura, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai and Satoshi Komada
2. 発表標題 Controller Design of Indirect Force Control System with Velocity-Saturating Closed Loop Ultrasonic Motor Velocity Control System in Inner Loop
3. 学会等名 the 2018 12th France-Japan and 10th Europe-Asia Congress on Mechatronics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiro Fujisaki, Kazuhiro Yubai, Daisuke Yashiro, Satoshi Komada
2. 発表標題 A Method of Tension Transformation Considering Tension Limit for Tendon Driven Manipulator with Redundant Tendon
3. 学会等名 The 5th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion, Control and Optimization (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tomoki Tomita, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai
2. 発表標題 Optimal Posture Determination Methods of Static Task for Variable Stiffness Tendon Driven Arm
3. 学会等名 The 5th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion, Control and Optimization (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiromi Kishi, Kazuhiro Yubai, Daisuke Yashiro, Satoshi Komada
2. 発表標題 Visual servoing of robot arms using simple transformation through multiple coordinate systems from binocular visual space
3. 学会等名 The 5th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion, Control and Optimization (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Daiki Yonemoto, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai, Satoshi Komada
2. 発表標題 Design of Torque Control System Using Motor/Load Side Encoders and Ultrasonic Motor Based Closed-loop Angle Control System
3. 学会等名 The 5th IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion, Control and Optimization (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Toshiya Nakamura, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai and Satoshi Komada
2. 発表標題 Torque Control of 2-Inertia System Using Ultrasonic Motor with Angular Velocity Saturation
3. 学会等名 IEEE International Conference on Mechatronics (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahiro Fujisaki, Kazuhiro Yubai, Daisuke Yashiro, Satoshi Komada
2. 発表標題 Tension Conversion Considering Tension Limit for Variable Stiffness Tendon Arms
3. 学会等名 4th IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sota Igaki, Kazuhiro Yubai, Daisuke Yashiro, Satoshi Komada
2. 発表標題 Analysis of Approximation Error of Binocular Visual Space Visual Servoing Using Simplified Coordinate Transformations
3. 学会等名 4th IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiromi Kishi, Kazuhiro Yubai, Daisuke Yashiro, Satoshi Komada
2. 発表標題 Visual servoing of robot arms using simple transformation from binocular visual space by active cameras
3. 学会等名 4th IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Koichiro Nagazoe, Kazuhiro Yubai, Daisuke Yashiro, Satoshi Komada
2. 発表標題 Design of tendon driven mechanism based on tendon arrangement
3. 学会等名 4th IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Akihisa Hirata, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai, Satoshi Komada
2. 発表標題 Posture Determination of Tendon Drive Arms with Nonlinear Springs Considering Maximum Force and Stiffness in Work Space
3. 学会等名 4th IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤崎正洋, 駒田諭, 矢代大祐, 弓場井一裕
2. 発表標題 剛性可変腱駆動アームにおける張力リミッタを考慮した張力変換法
3. 学会等名 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Weijie Ren, Satoshi Komada, Kazuhiro Yubai, Daisuke Yashiro
2. 発表標題 Zonotopic Kalman Observer-based Sensor Fault Estimation for Discrete-Time Takagi-Sugeno Fuzzy Systems
3. 学会等名 2022 IEEE 17th International Conference on Advanced Motion Control (AMC) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kentaro Tanaka, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai
2. 発表標題 Determining Optimal Tension Considering Tension Limit for Variable Stiffness Tendon Arms
3. 学会等名 IEEJ International Workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 池田遊斗, 矢代大祐, 弓場井一裕, 駒田諭
2. 発表標題 駆動側/負荷側エンコーダを有する減速機付き電磁モータのねじれトルク推定にバックラッシュモデルを用いた負荷側角度制御
3. 学会等名 機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会
4. 発表年 2022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
研究 分 担 者	矢代 大祐  (Yashiro Daisuke)  (60607323)	三重大学・工学研究科・助教   (14101)	

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