

平成 30 年 6 月 6 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26420413

研究課題名(和文) 生体筋骨格の有用性を利用した視覚を有する剛性可変腱駆動アームのモーション制御

研究課題名(英文) Control of Variable Stiffness Tendon Arms with Vision Utilizing Usefulness of Biological Musculoskeletal

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) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：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、視覚を有し生体筋骨格と同じ特性を持つアームの制御に関する研究を行った。
軽量で安全性が高く、剛性を調節可能な非線形バネを用いた腱駆動アームに対して、位置制御時の剛性値に関する解析を行った。さらに、2関節アームに対して腱の張力制限を考慮したアーム姿勢決定手法を開発した。一方、視覚を用いたアーム制御に関しては、画像を扱う空間に人間の空間知覚に深い視空間座標系を用いる。その上で、視空間、作業空間、関節空間、腱空間の間の簡易な変換を基に様々なセンサ情報を融合した柔軟な制御系を開発した。

研究成果の概要(英文)：In order to develop robots that can do tasks in human environment safely, researches on control of arms that have vision and similar characteristics as musculoskeletal are performed.
For lightweight joint stiffness adjustable tendon arms using nonlinear springs, analysis on stiffness value for position control is performed. Moreover, a posture determination method for two joint arms considering tension limit of tendons is developed. On the other hand, on the arm control using vision, binocular visual space that is related to space perception of human being is utilized. A flexible control system that combines several sensor information based on simple transformations among binocular visual space, task spacer, joint space, and tendon space is developed.

研究分野：ロボット工学

キーワード：筋骨格 腱駆動 剛性 視覚 非線形バネ 制御 ロボットアーム

1. 研究開始当初の背景

高齢社会の進展による高齢者の支援や、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、達成可能な作業に限られており、実現が困難である。安全性を確保するために軽量で柔軟な機構を持つロボットの研究がなされているが、十分にタスクを達成するには至っていない。

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、非線形バネを用いた腱駆動アームがある。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、剛性が変化するバネを使用することで筋肉と同様に剛性を可変にできる。

さらに、人間は外界の環境に合わせながら様々な作業を行っている。人間が両眼で外界を認識する際の空間知覚に關係の深い視空間座標系(輻輳角と視線方向角により定まる座標系)は、生理学の分野で良く用いられている。視空間を用いると視空間座標系の人間の腕の手先位置から関節角度までの変換が、近似的に線形で表現可能であることが明らかになり、ステレオカメラを用いたロボットアーム制御にそれを応用し、パラメータの誤差に対してロバストという有効性が示された。

2. 研究の目的

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、視覚とアームからなる生体機構の持つ有用性を明らかにすると共に、生体筋骨格と同じ特性を持つ筋骨格型ロボットに対して、その有用性を利用した制御系を開発し、実験的に有効性を明らかにする。本目的を達成するために、様々な解析が行われている簡易な肢の3対6筋モデルを基にし、ロボットとして軽量で剛性可変を実現可能な非線形バネを用いた腱駆動アーム、画像を扱う空間に人間の空間知覚に關係の深い視空間座標系を用いる。その上で、視空間、作業空間、関節空間、腱空間の間の簡易な変換を基に様々なセンサ情報を融合した柔軟な制御系を開発する。

3. 研究の方法

本研究では人間環境で安全に様々な作業を行えるロボットの実現に寄与するために、新たなロボット制御システムを開発する。具体的な研究内容は以下の通りである。

(1) 生体筋骨格構造を基にした非線形バネを用いた腱駆動アームの製作

(2) 視覚を含めた生体筋骨格の有用性の調査・解明

(3) 視覚を含む生体筋骨格型ロボットに対する実験システムの開発と制御系の評価

このように、生体の簡易モデルである3対6筋モデルを基にしたハードウェア開発と、その制御系を構成するための検討を行った

後に、それらを融合したロボット制御系の開発を行う。

4. 研究成果

軽量で安全性が高く、さらに剛性を調節可能な非線形バネを用いた腱駆動アームに対して、位置制御時の剛性値に關する解析を行った。さらに、2関節アームに対して腱の張力制限を考慮したアーム姿勢決定手法を開発した。一方、視覚を用いたアーム制御に關しては、画像を扱う空間に人間の空間知覺に關係の深い視空間座標系を用いる。その上で、視空間、作業空間、関節空間、腱空間の間の簡易な変換を基に様々なセンサ情報を融合した柔軟な制御系を開発した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 1 件)

駒田諭, 橋本賢人, 矢代大祐, 平井淳之, "複数座標系間の簡易な変換を用いた筋骨格アームのビジュアルサーボ", 電気学会論文誌 D, Vol. 136, No. 6, pp. 392-398, (2016.6), 査読有
DOI: DOI: 10.1541/ieejias.136.392

〔学会発表〕(計 14 件)

Tatsuya Kageyama, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai, "Validation of Position Control Characteristics for Variable Mechanical Stiffness of Tendon Arms with Nonlinear Springs", Proceedings of 3rd IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Nagaoka, Mar. 7th, 2017

Hiroaki Asai, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai, Satoshi Komada, "Motion Reproduction Using Linear Motor for Moving Object", Proceedings of 3rd IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Nagaoka, Mar. 7th, 2017

Akihisa Hirata, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai, "Posture Determination of Tendon Arms with Nonlinear Springs Considering Force and Stiffness in Task Space", Proceedings of 3rd IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Nagaoka, Mar. 7th, 2017

Sota Igaki, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai, "Study on binocular visual space visual servoing

using simple coordinate transformations", Proceedings of 3rd IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Nagaoka, Mar. 7th, 2017

Satoshi Komada, Hironobu Toyoda, Daisuke Yashiro, Junji Hirai, "Visual servoing of musculoskeletal arms using binocular visual space", Proceedings of 2016 11th France-Japan & 9th Europe-Asia Congress on Mechatronics, pp. 302--307, Jun., 2016 (10.1109/MECATRONICS.2016.7547159)

Yosuke Futamura, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, and Junji Hirai, "Modeling of Nonlinear Spring SAT Considering Extension and Contraction Movement for Stiffness Control of Tendon Mechanisms", Proceedings of 2nd IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Mar. 7th, 2016

Tatsuya Kageyama, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, and Junji Hirai, "A Study on Mechanical Stiffness in Force Control of Tendon Arm", Proceedings of 2nd IEEJ international workshop on Sensing, Actuation, Motion Control, and Optimization, Mar. 7th, 2016

岡本一将, 岩井雄大, 白井達也, "ニワイヤ三モードバネ機構を用いた装着型パワーアシスト装置の開発", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016 in Yokohama (日本機械学会), 2016年6月8日

平田暁久, 駒田諭, 矢代大祐, 弓場井一裕, "非線形バネを用いた腱駆動機構の剛性指令を考慮した姿勢選択", 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, 豊田, Sep. 12th-13th, 2016

Yosuke Futamura, Satoshi Komada, Daisuke Yashiro, and Junji Hirai, "Modeling of Nonlinear Spring SAT for Stiffness Control of Tendon Mechanisms", Proceedings of 1st International Workshop on Sensing, Actuation, and Motion Control, Mar. 10th, 2015

Takeru Aoyama, Daisuke Yashiro, Kazuhiro Yubai, and Satoshi Komada, "Design of Position Controller for Two-mass System Including Non-linear Actuator and Linear Spring", Proceedings of 1st International Workshop on Sensing, Actuation, and

Motion Control, Mar. 10th, 2015

岩井雄大, 白井達也, "回転関節の関節剛性が三段階に切り替わる三モード柔軟関節機構に関する研究", ロボティクス・メカトロニクス講演会 2015 in Kyoto (日本機械学会), 2015年5月16日

浅井裕成, 矢代大祐, 弓場井一裕, 駒田諭, "カメラの計測遅延を考慮した移動物体への押し込み動作の保存と再現", 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, Vol. 2015, p. ROMBUNNO.G1-4, Sep. 18th, 2015

青山孟, 矢代大祐, 弓場井一裕, 駒田諭, "線形ばねと超音波モータからなる腱駆動機構の力制御", 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会講演論文集, Vol. 2015, p. ROMBUNNO.G2-5, 名古屋, Sep. 18th, 2015

〔図書〕(計 1件)

モーションコントロールの先進応用に関する協同研究委員会著, 「モーションコントロールの先進応用の最新技術」, 電気学会技術報告, 第 1423 号, p. 48, 電気学会, 2018/04/05, 中の 4.1 複数座標系間の簡易な変換を用いた筋骨格アームのビジュアルサーボ, pp. 35-39 を駒田諭が分担

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
出願年月日:
国内外の別:

取得状況(計 0件)

名称:
発明者:
権利者:
種類:
番号:
取得年月日:
国内外の別:

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

駒田 諭 (KOMADA, Satoshi)

三重大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号： 10215387

(2)研究分担者

白井 達也 (SHIRAI, Tatsuya)

鈴鹿工業高等専門学校・機械工学科・准教授

研究者番号： 20342503

矢代 大祐 (YASHIRO, Daisuke)

三重大学・大学院工学研究科・助教

研究者番号： 60607323

(3)連携研究者

()

研究者番号：

(4)研究協力者

()