

論文内容の要約 Summary of Thesis Contents

1. 主論文要旨(論文提出時のもの) Abstract of Doctoral Thesis (summarized at the time of submission)

論文名 Title of Thesis

可変弾性機構に基づく柔軟関節ロボットアームの実現

マツサカ ケント

氏名 松阪 憲人

昨今、産業分野等の多関節ロボットアームに対し、組み立て作業など環境と機械的に接触する作業が切望されている。このため、環境と接触・衝突しても、ロボット自体や環境を破壊しない関節の柔軟性が必要と考えられる。また、関節が柔軟であれば、重力などの効果を利用して、エネルギー効率の高い運動の生成が期待できる。

一方、現在の産業分野で一般的に利用される多関節ロボットアームは、モータの高出力トルク化やエンコーダの高分解能化のために、駆動モータに高減速比ギアが取り付けられている。このため、関節の静止摩擦、クーロン摩擦、機械粘性が増大し、関節の柔軟性は損なわれている。その結果、ロボットが環境と機械的に接触する場合に問題が発生することが多い。

そこで、本論文では、まず関節柔軟化のために、小型/軽量で可変弾性機能を有する新しい可変弾性機構を提案する。提案する機構は、正から負まで弾性を調節できる長所を持つ。本論文では、この提案機構のモデル化を示し、負の弾性値の利用方法などを実験的に検証する。また、多様な作業を実現するためには、弾性の平衡点も変化できることが望ましい。そこで、この提案機構を拮抗駆動させ、弾性の平衡点と弾性値を同時に調整可能な構造と制御法を開発し、その制御性能を実験的に示す。

ロボットの柔軟関節に期待される特徴の一つは、機械的弾性要素や重力のポテンシャルエネルギーを利用した高エネルギー効率の運動生成である。そこで、本論文では弾性や重力のポテンシャルエネルギーを利用した産業用ロボットの作業の高エネルギー効率化を実証する。具体的には、実際の工場で利用されるピック&プレイス作業や重力影響下でのパレタイジング作業について、エネルギー効率を高める制御法を提案する。提案した制御法によって、高エネルギー効率のピック&プレイス作業とパレタイジング作業が実現可能であることを実験的に示す。

2. 論文に関するリスト List on thesis

以下の項目に関して、リストを追記してください。(A4版2~3ページ以内)

Make additional lists regarding the following items. (less than 2 to 3 pages in A4)

(1) 学位論文の基礎となった学術論文【査読あり】

The academic thesis that became a basis of your thesis 【With review】

- ① Kento Matsusaka, Mitsunori Uemura and Sadao Kawamura, “Realization of Highly Energy Efficient Pick-and-Place Tasks using Resonance-based Robot Motion Control,” *Advanced Robotics*, vol. 30, issue 9, pp. 608-620, 2016.
- ② Kento Matsusaka, Mitsunori Uemura and Sadao Kawamura, “Highly Energy-Efficient Palletizing Tasks Using Resonance-Based Robot Motion Control,” *Journal of Mechanical Engineering and Automation*, vol. 6, issue 1, pp. 8-17, 2016.
- ③ Mitsunori Uemura, Kento Matsusaka, Yawara Takagi and Sadao Kawamura, “A Stiffness Adjustment Mechanism Making Maximal Use Of Elastic Energy of A Linear Spring For A Robot Joint,” *Advanced Robotics*, vol. 29, issue 20, pp. 1331-1337, 2015.

(2) 国際会議発表【査読あり】

Presentation in International Conference 【With review】

【口頭】 【Oral presentation】

- ① Hidemasa Goya, Kento Matsusaka, Mitsunori Uemura, Yasutaka Nishioka and Sadao Kawamura, “ Realization of High-Energy Efficient Pick-and-Place Tasks of SCARA Robots by Resonance,” Proc. of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp.2730-2735, 2012.]
- ② Kento Matsusaka, Mitsunori Uemura and Sadao Kawamura, “ High Energy-Efficient SCARA Robots based on Resonance: A New Motion Control Method by using Variable Elasticity, ” Proc. of the IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, ISFA2014-55, pp. 1-6, 2014.
- ③ Akihiro Kawamura, Tomoaki Hisatsune, Kento Matsusaka, Mitsunori Uemura and Sadao Kawamura, “Adaptive Motion Control of a Robotic Arm with Movable Counterweights,” Proc. of the IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, pp.882-887, 2014.

(3) 国内学会発表 Presentation in Domestic Society

- ① 植村充典, 松阪憲人, 川村貞夫, 平井宏明, 宮崎文夫, 「共振に基づいた多関節跳躍ロボットのパラメータ・運動調節法」, 第 29 回日本ロボット学会学術講演会, 3P3-1, 2011.
- ② 松阪憲人, 植村充典, 西岡靖貴, 川村貞夫, 「共振弾性値変化に基づく目標位置変更法を用いたスカラロボット運動の高エネルギー効率化」, 第 30 回日本ロボット学会学術講演会, 3K2-7, 2012.
- ③ 松阪憲人, 植村充典, 河村晃宏, 川村貞夫, 「固定ばねと可変弾性機構を用いた重力作用時の多関節ロボット共振運動制御」, 第 31 回日本ロボット学会学術講演会, 1M3-05, 2013.
- ④ 尾前達郎, 植村充典, 松阪憲人, 川村貞夫, 「トルク伝達に弾性要素を有するロボットアームの共振運動制御」, 第 31 回日本ロボット学会学術講演会, 1M3-02, 2013.
- ⑤ 久常智亮, 川村貞夫, 松阪憲人, 河村晃宏, 植村充典, 野田哲男, 永谷達也, 「機能的カウンタウエイト駆動ロボットアーム「細優機」の提案」, 第 31 回日本ロボット学会学術講演会, 3A1-07, 2013.
- ⑥ 松阪憲人, 植村充典, 河村晃宏, 川村貞夫, 「可変弾性と可変平衡点を有するロボット関節の運動性能」, 第 32 回日本ロボット学会学術講演会, 1E1-03, 2014.
- ⑦ Gang Byunghyun, 河村晃宏, 植村充典, 松阪憲人, 川村貞夫, 「回転式カウンタウエイトを用いたロボットアームシステム」, 第 32 回日本ロボット学会学術講演会, 1E1-01, 2014.
- ⑧ 松阪憲人, 植村充典, 河村晃宏, 川村貞夫, 「可変粘弾性を有するロボット関節の開発」, 第 33 回日本ロボット学会学術講演会, 1G2-03, 2015.
- ⑨ 呉屋秀将, 松阪憲人, 植村充典, 西岡靖貴, 川村貞夫, 「可変剛性省エネルギー制御法のピック&プレイス作業への適用」, 第 24 回ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1P1-F03, 2012.
- ⑩ 松阪憲人, 植村充典, 西岡靖貴, 川村貞夫, 「弾性力と重力の同時作用下における省エネルギー多関節ロボットの実現」, 第 25 回ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1P1-F04, 2013.
- ⑪ 久常智亮, 河村晃宏, 松阪憲人, 植村充典, 川村貞夫, 「機能的カウンタウエイトを有するロボットアームの適応運動制御」, 第 25 回ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2A1-Q01, 2014.
- ⑫ 松阪憲人, 植村充典, 河村晃宏, 川村貞夫, 「可変弾性と可変平衡点を實現する機構の開発」, 第 25 回ロボティクス・メカトロニクス講演会, 3P1-W10, 2014.
- ⑬ 松阪憲人, 水口大喜, 植村充典, 河村晃宏, 川村貞夫, 「可変弾性拮抗駆動関節の平衡点移動による運動形成」, 第 26 回ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1P2-D05, 2015.
- ⑭ Gang Byunghyun, 河村晃宏, 植村充典, 松阪憲人, 川村貞夫, 「旋回式カウンタウエイトを用いた 2 自由度ロボットアームの開発」, 第 26 回ロボティクス・メカトロニクス講演会, 1P1-A07, 2015.

(4) 特許出願 Patent Application

- ① ロボットシステム, 特願 2012-257103, 2012 年 11 月 26 日, 三菱電機株式会社, 学校法人立命館, 野田哲男, 永谷達也, 松阪憲人, 西岡靖貴, 川村貞夫
- ② アクチュエータおよびリンク構造の駆動方法, 特願 2015-022090, 2015 年 02 月 06 日, 三菱電機株式会社, 学校法人立命館, 野田哲男, 藤本堅太, 松阪憲人, 川村貞夫, 植村充典