

令和元年6月2日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04292

研究課題名（和文）柔軟な皮膚を持つ機能統合型ロボットアームの創製

研究課題名（英文）The creation of the function-integrated robot arm with soft skin

研究代表者

小菅 一弘（Kosuge, Kazuhiro）

東北大学・工学研究科・教授

研究者番号：30153547

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,600,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、人との物理的インタラクションが不可避な、介護や福祉などの分野での応用を目指し、人間のような柔らかい皮膚と皮膚感覚を有する、機能統合型ロボットの創成を目的とし、柔軟な皮膚を介してロボットアームに加わる力分布状態量を計測するセンシングモジュールおよび分布状態量に基づくロボットの制御アルゴリズムの研究を行い、皮膚と皮膚感覚を有する機能統合型ロボットアームの設計・制御手法の構築を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

第一には、皮膚の分布状態量センシング機能の実現が挙げられる。具体的には、有限個のセンサを皮膚内部に分散配置して、局所的な状態の観察から、全体の状態を推定する問題を扱った。第二には、分布状態量に基づく認識アルゴリズムと分布状態量に基づくロボットの制御手法の構築が挙げられる。すなわち、推定された分布状態量をどのように表現し、どのようなアルゴリズムで認識し、どのようにロボットの運動にフィードバックするかは重要な問題であり、この技術によって、例えば、介護におけるケアギバーとしてのロボットと、ケアレシーバとしての人間の物理的インタラクションのモニタリングと制御が可能になる。

研究成果の概要（英文）：In this research, we aimed at the application in the field such as care and welfare where physical interaction with the human being is inevitable and aimed at the creation of the function-integrated robot arm with soft skin and skin sensation like a human. First, we developed a sensing module that measures the amount of force distribution applied to the robot arm via flexible skin and a control algorithm of a robot based on the amount of distribution state. Second, the design and control method of the function-integrated robot arm with skin and skin sensation was constructed.

研究分野：工学

キーワード：ロボティクス マニピュレーション 分布状態量センシング

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

1961年に世界初の産業用ロボットが発売されてから50年以上が経過した。アクチュエータが油圧駆動から電動になるとともに、アームの軽量化や関節トルクセンサの内蔵、衝突検出ソフトウェアの実装など、様々な改良がなされてきたが、例えばシリアルリンク型のロボットアームを考えると、高剛性のリンクとアクチュエータ駆動の関節から構成されるという構造は、初期の産業用ロボットとの構造とほとんど変わっていない。生活環境下におけるロボットと人間との共存や、人間にとっての協働者 (Co-worker) としてのロボット開発など、新しい応用分野へのロボティクス技術の展開を目指して様々なロボット研究がなされているが、既存の構造を有するロボットアームを前提とする限り、ロボティクスを展開できる分野にも限界がある。

2. 研究の目的

本研究では、益々その重要性が増加しつつある日常生活環境下で、介護・福祉などへの応用を想定し、人間との物理的インタラクションを前提とした、人間のような柔らかい皮膚と皮膚感覚を有する、機能統合型内骨格型ロボットアームの構築のための設計手法の確立と、そのプロトタイプ開発を目的とする。

3. 研究の方法

(1) 分布状態量センシングの原理の確立

皮膚表面への刺激 (圧力、温度など) と、各センサの出力との関係をモデル化し、モデルに基づき、各センサ出力から分布状態量を推定する。

(2) 分布状態量に基づく認識アルゴリズムの開発

分布状態量の分布パターンと、その時系列変化に着目し、人とアームのインタラクションの状態を認識する。

(3) アクチュエータとセンサを内蔵する柔らかい皮膚に覆われた機能統合型ロボットアームのファブリケーション技術の確立

SDMによる、2.5次元構造体をおりがみにより3次元化することにより、機能統合型アームを構築する。

(4) 分布状態量に基づく機能統合型ロボットアームの制御手法の開発

観測される分布状態量に基づく、ロボットアームの制御手法の開発。

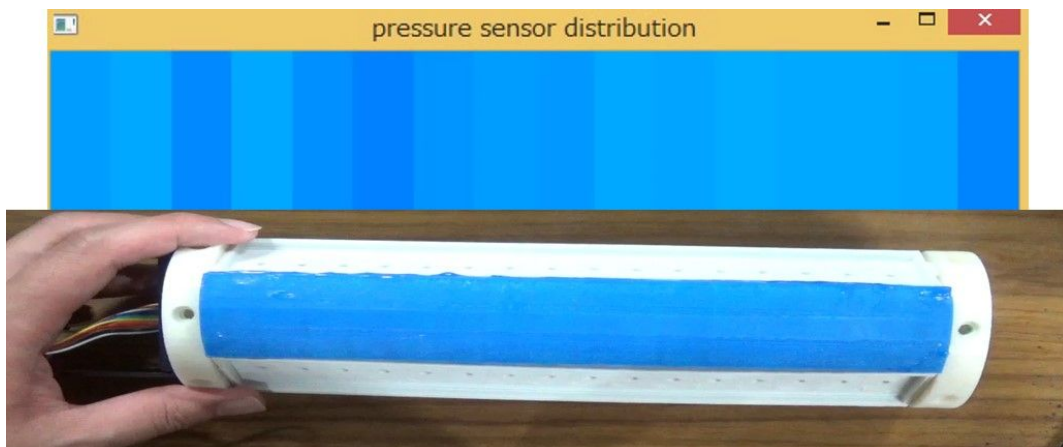
(5) 開発したプロトタイプシステムならびに制御手法の性能評価とシステムの改良

開発するプロトタイプシステムを用いて、当研究室でこれまで行ってきた、ロボットヘルパーや協働ロボットシステムに適用し、その性能評価を行い、新しい、柔らかい皮膚を有する機能統合型ロボットアームの構築法と、分布状態量に基づく新しい制御手法の確立を行うとともに、柔軟な皮膚を持つ機能統合型ロボットアームの設計、ファブリケーション、分布状態量センシング、制御手法の一般化を行う。

4. 研究成果

(1) センサモジュールの開発

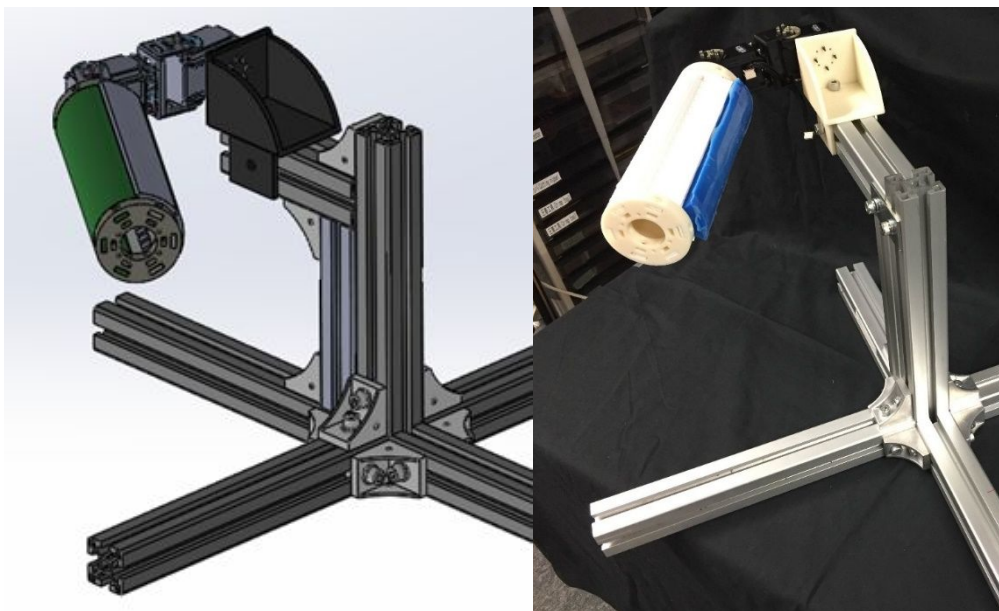
柔軟な皮膚の内部に圧力センサを分散配置し、皮膚に加わる力分布の計測が行えるセンサモジュールについて、センサの種類・配置、センシングのための構造の検討を行い、センサモジュールの試作を行い、分布状態量センシングを行うための計測手法を開発した。この手法により、多数のセンサの出力をコントローラに取り込むことができ、皮膚に加わる力の分布状態を十分な計測周期で取得することができるようになった。



開発したセンサモジュール

(2) 機能統合型ロボットアームの設計・開発

上記の皮膚に加わる圧力分布を計測するセンサモジュールを用いた「機能統合型ロボットアーム」のプロトタイプ設計・開発を行い、アクチュエータおよびコンとローラの選定、および、柔軟な皮膚を持ち軽量で高剛性の構造体を構築するためのロボットアームの構造や自由度配置について検討を進めた。これによって、分布状態量に基づくロボットアームの制御アルゴリズムの基礎的検討を行う準備が整った。



開発した機能統合型ロボットアーム プロトタイプ

(3) 計測された分布状態量からアームの状態を認識する認識アルゴリズムの開発

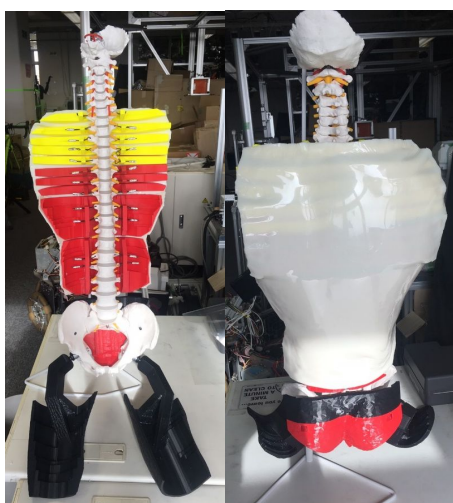
分布状態量を扱うには、その分布状態を認識するためのアルゴリズムが必要である。本研究では、分布状態を多数の状態で表現し、その状態に応じて分布状態を識別するための手法について考える。本研究では、画像データ処理で開発されているアルゴリズムの適用可能性について考えるとともに、その時系列データとしての性質を活かした、新たな動的な認識アルゴリズムについても検討した。

(4) 分布状態量に基づくロボットの制御アルゴリズムの開発

人と人との自然なインタラクションを、ロボットと人との間で実現するには、観察・推定される分布状態量や、インタラクションの認識結果を適切に利用したロボットの制御技術が必要になる。ここでは、気圧センサアレイを利用した圧力分布センシング情報を適切に利用して、物体とロボットとの接触状態や、その際により精密な圧力分布の制御を行った。

(5) 圧力分布計測センサを備えたロボットアームの開発

分布状態量に基づきロボットによる抱き起こし介助動作を実現するため、圧力分布計測センサをロボットアームの手先に備えたロボットシステムを構築した。また、皮膚を模したゲルシートを貼付した人体骨格模型を製作し、この人体骨格模型に対して、(4)で開発した制御アルゴリズムにより人体骨格模型とロボットとの接触状態を適切に保ちながら抱き起こし介助動作を行う実験を行った。



製作した実験用人体骨格模型



実験システム

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 3 件)

Chen-Ting Wen, Jun Kinugawa, Shogo Arai, Kazuhiro Kosuge, "Tactile Servo based on Pressure Distribution," IEEE ICMA 2019.

横木 光生, 荒井 翔悟, 衣川 潤, 小菅 一弘, "Discriminative Optimization を用いた触覚サーボ", 第 24 回ロボティクスシンポジウム, 2019 年 3 月, 宇奈月温泉

Chenting Wen, Jun Kinugawa, Kazuhiro Kosuge, "Robot Arm Integrated with Tactile Sensing System by Using 3D Printer," 第 34 回日本ロボット学会学術講演会, 2016 年 9 月 7 日~9 日, 山形大学小白川キャンパス

〔図書〕(計 0 件)

〔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：
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：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：衣川 潤

ローマ字氏名：(KINUGAWA, jun)

所属研究機関名：東北大学

部局名：大学院工学研究科

職名：助教

研究者番号 (8 桁)：90612523

(2) 研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

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、研究者個人に帰属されます。