

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 元年 5 月 24 日現在

機関番号：54501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01430

研究課題名(和文)医療・介護用機器のパワーアシスト機能のための格安力覚センサシステムの開発

研究課題名(英文)Low-cost sensor system for power assistance function in medical and care equipments

研究代表者

大向 雅人 (Ohmukai, Masato)

明石工業高等専門学校・電気情報工学科・教授

研究者番号：70259901

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、医療・介護現場を支援するロボットに必須となる「ロボットが動かしたい方向へ自動で動く機能(パワーアシスト)」の実現に使われている力覚センサ(50万円程度)の機能を安価に代替するデバイスの開発を目的とし、この成果を通じて価格面で普及が進まない現状に貢献することを狙う。我々は、実際に検出すべき力が進行方向と旋回方向の2種類であり、実際にロボットを動かす際は操作者が手動で調整できるように高い精度は必要ないことなどを利用し、安価な材料を使用して要求されているコスト(5万円程度)で製作可能なデバイスを試作した。また、実験により実用上十分な性能をもつことを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、製作コスト削減のため、安価に入手できる感圧導電性ゴムと回転角度計を用いた。ここで、感圧導電性ゴムは加圧により電気抵抗値が小さくなるため、原理上、抵抗値(実際はこれにかかる電圧)を計測することで加圧力を推定できる、という特性を持つ。本研究の学術的意義としては、この感圧導電性ゴムを利用してロボットを移動させたい方向を検出するアルゴリズムを開発したことで、目標であった安価でパワーアシストの実現に必要な力を検出できるデバイスを製作可能とした点にあり、また、旋回方向の検出も含め、非常にシンプルな構造をもつデバイス構成を考案した点も実用上の観点で意義が大きい。

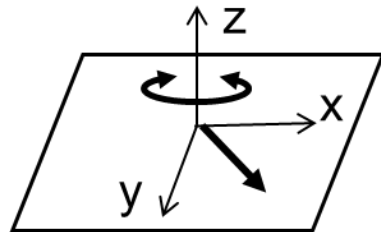
研究成果の概要(英文)：A supporting robot for medical and care scene basically needs a power assistance function; the robot moves itself in the required direction. In order to realize the function it needs an expensive force sensor system that costs about ¥500,000. The high cost hindered that the robot became popular. The aim of this research is the development of a low-cost force sensor system with the help of a pressure sensitive conducting rubber sheet. we assembled a prototype force sensor system for about ¥50,000. As a result, the system has been confirmed to have enough performance for practical use.

研究分野：材料開発

キーワード：力覚センサ 医療・介護用ロボット パワーアシスト 感圧導電性ゴム

1. 研究開始当初の背景

近年、医療や介護における現場の人材不足は顕著な問題となっており、先進諸国で共通の課題のひとつになっている。この情勢を受け、現場をサポートするロボット等の開発研究が進められている。ここで、このようなロボットが現場に導入される際には、女性の看護師や高齢の介護者であっても指一本で軽々と動かせるようにする必要があることから、動かしたい方向へ自動で進んだり旋回する機能(パワーアシスト機能)の搭載が必要不可欠となる。このパワーアシスト機能を実現する鍵は、並進時に加える xy 平面上の加圧力、および、旋回時に加える z 軸周りの回転力の検出である(図1)。しかし、これらの力を同時に検出できる市販のセンサは40~50万円程度の6軸力覚センサのみであり、この価格が開発製品の価格を引き上げ、現場導入への現実的な障害となっている。以上のことから、低価格化に向け、高価なデバイスを安価な代替デバイスで置き換えていく必要がある。



並進時には xy 平面上、
旋回時には z 軸周りに
力が発生する

図1：パワーアシストのために検出すべき2種類の力

2. 研究の目的

前述の背景を受け、本研究では、6軸力覚センサの代替デバイスを安価に製作することを目的とする。具体的には、6軸力覚センサが検出できるすべての種類の力を検出するのではなく、図1に示した2種類の力のみを検出するデバイスを安価に製作する。さらに、以下の実情を考慮して「精度はある程度で十分であること」を利用してコストダウンを図る。

1. 並進は実際の進行方向を見ながら操縦者が調整するため、加わった力の向きと実際の移動方向がある程度一致していれば十分である。
2. 並進速度は加圧力に比例させて変化させる必要はなく、段階的に変化させればよいので、力の大きさを測るのではなく、大きさを段階的に区別できれば十分である。
3. 安全面上、旋回は低速で行われるため、回転したい方向のみ検出できれば十分である。

なお、実際に許容できるコストは4~5万円といわれているため、このコスト以下での実現を目標とする。

3. 研究の方法

本研究では、図2の外観・使い方による力覚センサデバイスを構想した。本デバイスの構成は図3の通りである。ここで、図3中に記載されている感圧ゴムとは、加圧によって電気抵抗が減少する特性を持つシート状の素材であり、この特性を元に、複数枚の感圧ゴムの電気抵抗(実際は電圧)から圧力分布を推定することで加圧方向を、回転角度計(可変抵抗)の抵抗変化から旋回方向を推測できると考え、下記の力覚センサ構成で、図1に示す両方の力を検出できると考えた。

1. 上面に円形の穴を空け、スティック型アクチュエータを通し、ユニバーサルジョイントを介して回転角度計に接続。
2. 円形の穴の壁面に感圧ゴムを環状設置し、アクチュエータを倒すとその近傍にある複数の感圧ゴムが押下されるようにする。
3. 並進時にはアクチュエータを移動したい方向に倒し、旋回時には回転したい方向にひねる。

なお、図3に示すとおり、本デバイスを構成する感圧ゴム、ユニバーサルジョイント、回転角度計の価格に金属材料などの材料費を含めて考えても、十分目標のコスト内で実現できる構成となっている。本研究では、実際にこのデバイスを試作し、その操作性の検証を行った。

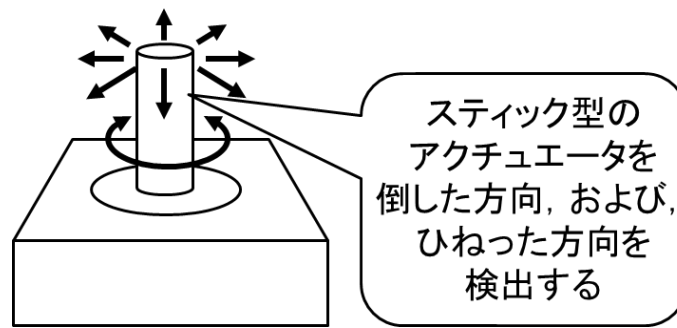


図 2 : 本研究で開発するデバイスの外観・使い方

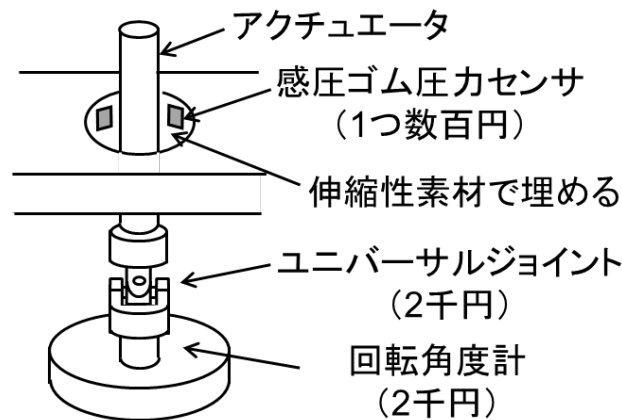


図 3 : 本研究で開発するデバイスの構成

4 . 研究成果

本研究では、感圧ゴムをアクチュエータの周囲に 8 枚（分解能 45°）貼り付けることとした。試作したデバイスの外観を図 4 に示す。本デバイスによる旋回方向（スティックをひねった向き）の検出については、事前に定めた回転角度計の基準位置からの抵抗値の増減により確実にその向きを検出できた。一方、進行方向（スティックを倒した向き）の推定結果については図 5 のように加圧の向き（角度）を定義し、90°ごとの範囲に分割して加圧実験を行った。得られた結果の特徴は、どの場合も似た特徴があるため、本報告では、15°～90°における結果を示す。加圧は、15°毎に 1 秒間の加圧を 1 秒おきに実施した。なお、加圧（スティック操作）は手動にて各方向に対して 25 回ずつ行い、加圧を始めてから 0.1 秒ごとに加圧方向を推定した結果を出力させた。図 6 に推定結果の平均値を示す。なお、この図では、0～1 秒では推定結果が 15°、2～3 秒では推定結果が 30°となれば正確な推定が行われたと判定できることとなる。図 6 より、加圧時間が経過すると推定角度が加圧方向の角度に近づいていくことが確認でき、1 秒ほど加圧すると加圧方向と推定結果が一致するケース（例えば、60°、75°、90°）もそうでないケースも見られた。加圧方向と推定結果が一致しなかった原因については、加圧が手動であるため、実際に加圧した方向に誤差が含まれることや、各感圧ゴムに適切に力がかからなかったこと、感圧ゴムが有する特性のばらつきなどが考えられるが、2 章で述べたとおり、本研究で開発するデバイスについては、ロボットを手動で操作する際に支障がない程度の精度があれば十分であることから、パワーアシストでの利用を前提とすれば十分実用的な精度であると考えた。

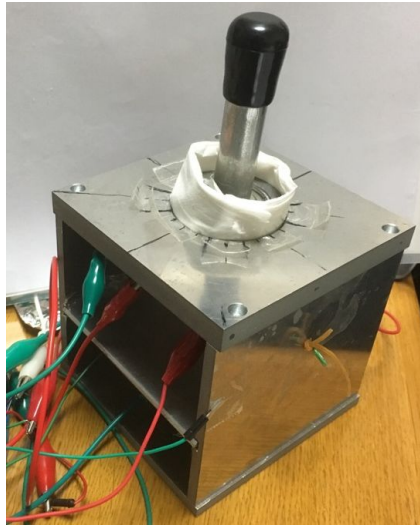


図4：試作した加圧力（並進・旋回方向）検出デバイスの外観

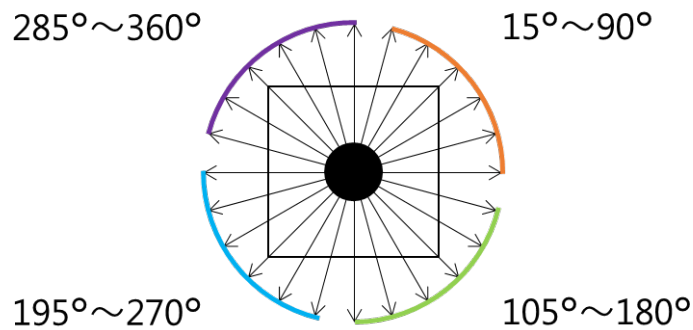


図5：加圧方向の定義

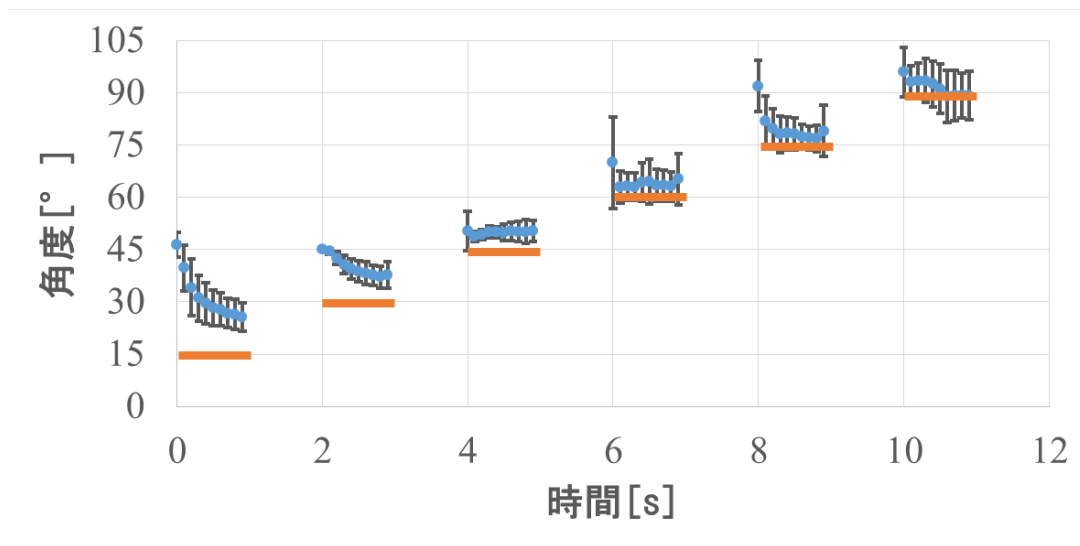


図6：加圧方向の推定結果（15°～90°）

つぎに、この推測を検証するため、メカナムホイールを用いて構築した全方向移動ロボットを用いて、目標位置にロボットを到達させることができるかどうかの検証を行った。本研究では、8人の被験者に協力を仰ぎ、本デバイスを用いてロボットを操作してもらった実験を行った。結果を図6に示す。図6より、手動で微調整しながら目標位置へ到達させることができているため、目標とする性能が達成できたと考える。今後の課題としては、素材がゴムであることに起因する反応の鈍さを解消すること、および、ロボットの内部に搭載できるようにするためのデバイスの小型化が挙げられる。

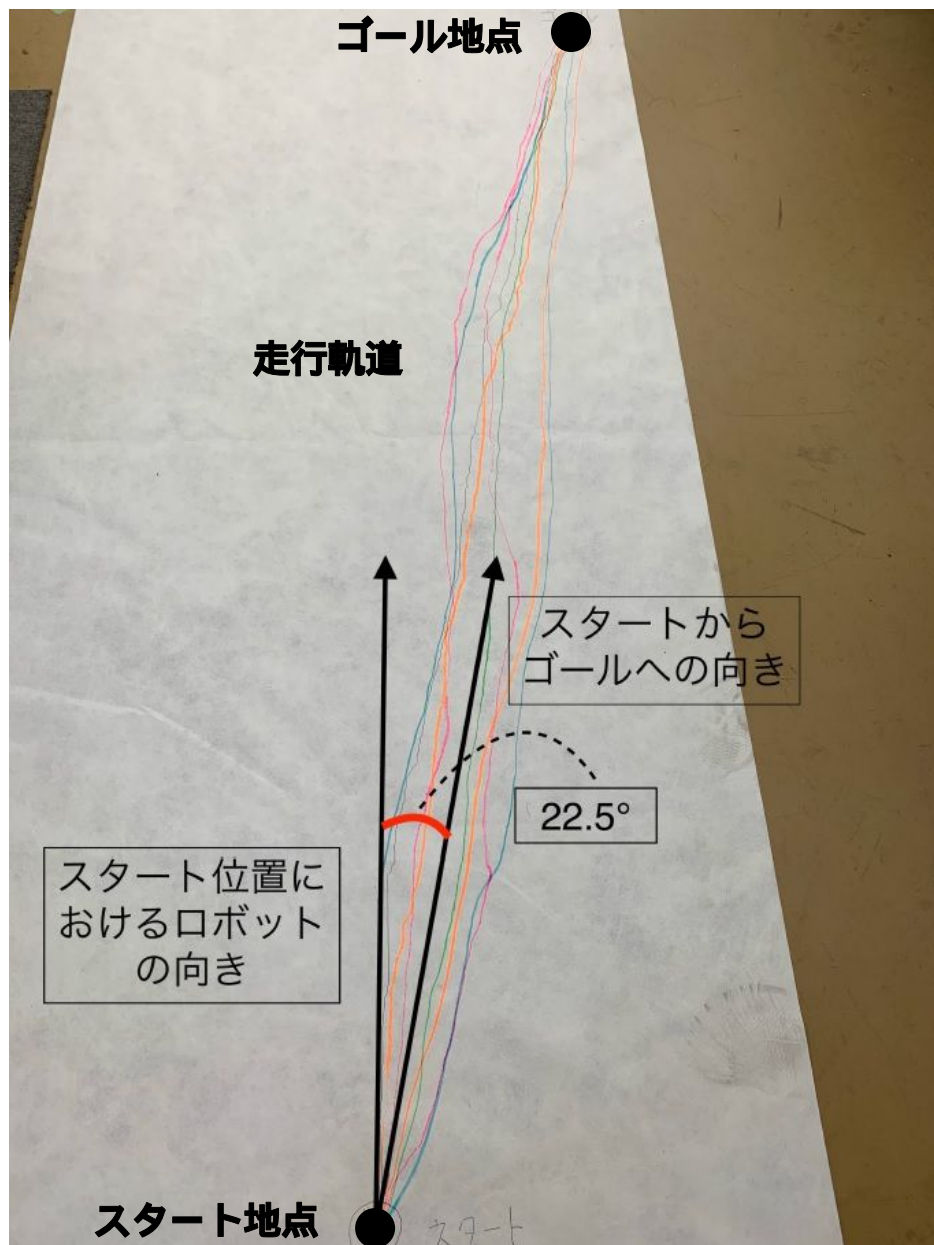


図7：全方向移動ロボットの操作実験結果（走行軌道）

5．主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計3件)

M. Ohmukai and Y. Kami, Recognition of Force Magnitude Applied to Pressure-Sensitive Conducting Rubber Sensors on the Basis of Frequency Table, J. Sensor Tech., Vol. 8, No. 4, pp. 88-95, 2018

M. Ohmukai, Y. Kami and R. Yawata, Stacked Structure Improves Output Reproducibility of Rubber Force Sensor, J. Sensor Tech., Vol. 6 pp. 75-80, 2016.

M. Ohmukai and Y. Kami, A Sputtering Deposition of Al Enhances the Output Reproducibility in a Conducting Rubber Force Sensor, J. Sensor Tech., Vol. 6 pp. 46-55, 2016.

〔学会発表〕(計2件)

田中，上：医療・福祉機器での利用を想定した力覚センサデバイスの開発，平成29年度第3ブロック専攻科研究フォーラム講演概要集，P-030，2018．

8．田中，上，岩野，西村，寺嶋：医療・福祉機器での利用を想定した力覚センサデバイスの開発，平成29年度先進的技術に関するシンポジウム，p.26，2017．優秀プレゼンテーション賞受賞

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：上 泰

ローマ字氏名：Yasushi Kami

所属研究機関名：明石工業高等専門学校

部局名：電気情報工学科

職名：准教授

研究者番号（8桁）：20413809

(2)研究分担者

研究分担者氏名：岩野 優樹

ローマ字氏名：Yuki Iwano

所属研究機関名：明石工業高等専門学校

部局名：機械工学科

職名：准教授

研究者番号（8桁）：90413799

(3)研究協力者

研究協力者氏名：西村 厳生

ローマ字氏名：Genki Nishimura

所属研究機関名：明石工業高等専門学校

部局名：技術教育支援センター

職名：技術専門職員

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。