

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 29 日現在

機関番号：33934

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500222

研究課題名(和文)光ファイバセンサ機能を適用したロボットインターフェイス

研究課題名(英文)Robot interface using optical fiber sensor function

研究代表者

大西 正敏(Onishi, Masatoshi)

愛知工科大学・工学部・教授

研究者番号：50410882

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)：ロボットの動作に必要な小型で簡易な実用的なセンサ開発を進めた。第一段階として、従来からの継続研究している人体の指や関節部の動きを感知するセンサの基礎研究として小型の光ファイバ型曲げセンサの改良研究を進め、プラスチックファイバからガラスファイバへの適用の見通しを付けた。第二段階として実用性を評価するためMEMS技術を使用した試作を進めたが、計画どおりには進展せず、ガラス型センサの試作まで完成することができなかった。しかしながら、試作プラスチック型センサを用いて自律移動型ロボットへの適用評価試験を実施し、将来的にガラスMEMS技術を適用した実用化への見通しを付けることができた。

研究成果の概要(英文)：This research and development was achieved to develop a small practical sensor for controlling manipulator of small robot. As the first step, we investigated and approached to research small optical fiber sensors changed from plastic fiber sensors in continuing research using conventional method. In second step, we tried to achieve to make some practical prototypes using MEMS technology but we couldn't accomplish it's good enough aim on schedule. However, prototype sensing system using plastic sensor was tried to apply to autonomous autonavigation robots and some small robots, and we achieved evaluation of sensor and could attach a prospect to practical use.

研究分野：メカトロニクス

キーワード：光センサ ファイバセンサ ロボットセンサ

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、過去にNTT研究所において、ガラス光ファイバの光学的特性(曲げ光損失や外力に伴う伝送光周波数変化)を用いた各種ガラス光ファイバセンサの研究開発を手がけてきており、2005年より現在の愛知工科大学に赴任してからは、プラスチック光ファイバセンサを用いた曲げセンサの応用研究を進め、自動機械をはじめとしたロボット関連へ適用を研究してきた。その中でも、光ファイバセンサの応用を適用した福祉・介護分野向けの機器や支援装置など実用開発に近い研究成果を生み出している。また、自動機械やロボットにおけるマニピュレータの動作状況、姿勢把握への適用、応用面に対する検討も進めている。

前者については、光ファイバを用いたセンサが外部からの電磁的なノイズの影響を受けにくいことや人体への電気的な刺激を及ぼさないことから、福祉・介護支援装置等で人体に直接装着する支援装置や装具等において、その安全性と信頼性は高く評価される。今後の福祉社会に向けては、これらの光ファイバセンサの適用技術および研究成果は大きな貢献が期待できるものと言える。本研究では、適用光ファイバの種類として、人体に安全で取り扱いが容易なプラスチック光ファイバを用い、光ファイバの曲げ光損失特性を応用した小型曲げセンサならびに圧力センサの実用化研究を進め、福祉・介護装置における運動機構部の関節角検出や荷重検出等への適用を目指した研究を進めるものである。

一方、後者の自動機械やロボット等におけるマニピュレータの動作把握への光ファイバセンサの適用については、モータ等からの電磁的なノイズの影響を受けずに、センサの入出力信号の精度を高めさせることが容易である。また、光の空間伝送を応用し、離れた移動物体や機器へのセンサ信号の送受伝送が可能であるため、信号伝送配線が困難な移動物体同士間の信号伝送に役立てることが可能である。

上記の2つの分野に向けた新たな光ファイバセンサの実用化研究ならびに適用応用面への検討をさらに進めた。また、これらのセンサの評価の一環で身体支援ロボットや自律移動ロボットへの適用を検討し、実用化への評価ならびに応用研究への発展を検討した。

2. 研究の目的

ロボットのマニピュレータを人体の指や関節部の動きに合わせて動作させるための小型で安全な光ファイバ型曲げセンサの基礎研究を過去数年間にわたり研究代表者が検討してきた。これらをベースに本格的な実用化を目指した新型光ファイバ曲げセンサの研究開発を行うとともに、福祉介護支援のための支援ロボットへの適用を目指し実証試

験を進める。特に、従来の1次元的な曲げセンサから2次元の曲げセンサ(面センサ)への検討を精力的に進める。これらには本学の既存設備にあるMEMS作成装置を使用した試作を試みて、評価試験用センサの製作ならびに評価試験を進めていくことも研究目的とする。MEMS技術を利用することにより小型で軽量な新たな光ファイバセンサ(曲げセンサ、圧力センサ、ひずみセンサ、衝撃センサ等)の基礎研究の立ち上げも含めることとした。これらの基礎研究の応用としては、本格的なMEMS装置を用いて、2本の光結合部を有する光ファイバカップラやD型ファイバの欠点である光結合部が光伝送の曲げ損失を敏感にとらえる性質をセンサとして適用させる研究ならびに光合分波器を用いた2次元センサの研究開発にも発展させ、新型の光曲げセンサの応用として圧力センサ、ひずみセンサ、衝撃センサ等の実用化への見通しを付け、各種の支援ロボットへの適用を含めた研究に発展させることも研究目的とした。

3. 研究の方法

(1)平成24年度の研究方法

研究代表者が5年前に大学に赴任する前に実施した光ファイバセンサの例として、ガラス光ファイバセンサによる変位計の各種応用分野への適用例を検討してきた実績がある。光ファイバに外力や曲げを受けるとファイバ内を通過する光損失が増大する原理を適用したものであるが、大学での基礎研究においては人体の動きをセンシングするセンサとして適用を検討して来た。一例として、「手指障害者向けロボットハンド用ファイバ型曲げセンサ」、「ファイバ型曲げセンサを用いた関節角計測装具に関する検討」においては、プラスチック光ファイバを用いた曲げセンサの基礎検討を行い、手足が不自由な身障者用のリハビリテーション器具や指の代用となる把持支援装具への適用を検討し、福祉・介護用ロボットのマニピュレータ部への動作入力センサとしてプラスチック光ファイバ曲げセンサの適用が有効であるかの評価実験を進めた。

基礎検討で試作したプラスチック光ファイバは曲げによる透過光の光減衰原理を応用したものであるが、人体の関節角のセンサ(曲げセンサ)としての用途の他にも他の用途への応用発展も検討を進めることとした。

(2)平成25年度の研究方法

プラスチック光ファイバ曲げセンサの基礎研究をベースに、ガラス光ファイバを用いた各種ガラスファイバセンサへの発展を目指し、研究代表者の研究機関での既存設備にあったMEMS製作装置を用いて、光ファイバ加工やガラス製センサの試作を進めた。既存のMEMS装置は金属エッチングを主として用いられていたことから、ガラスエッチングへの

適用に向け、装置の変更ならびに立ち上げを並行して進めた。また、MEMS によるセンサ試作と並行して、既存センサを用いての応用面への適用として、筋電位ロボットへの角度センサならびに自律移動ロボットへの移動検知センサへの適用の検討も進めた。

MEMS 技術を用いたセンサ試作においては、金属エッチングからガラスエッチングへの移行への準備や装置の調整等に時間を要するため、十分な準備を行うこととした。

(3) 平成 26 年度の研究方法

前年度より立ち上げた MEMS 装置によるガラスファイバセンサの試作において、当初予定していた装置改修に予想以上の問題（装置老朽化による改修費用の発生）が生じ、ガラスファイバを用いた試作センサの評価実験に大幅な遅れが生じたため、センサ適用面の応用検討として、自律ロボットの動作状況をモニタリングする評価検討を主に進めることとした。既存センサには市販品の小型曲げセンサ、衝撃センサ、加速度センサを用い、光ファイバセンサの試作が完了した時点で、センサ部を置き換えて最終評価を行う計画に変更した。当初予定していたセンサ試作は遅延したもののセンサ適用面での評価を実施し、適用面での問題点抽出とセンサ小型化に向け技術的見通しを得ることとした。

4. 研究成果

(1) 平成 24 年度

プラスチックファイバ型センサとして、人体に安全で直接肌にも装着できる曲げセンサを試作し、基本原理の構築と光ファイバを用いた計測精度を高めた新たな曲げセンサへの技術的見通しが得られた。

また、人体の指・手・腕・足部の各関節部の曲げ動作へのセンサ評価を筋電位の特性評価と関連付けて評価を行い、実用性への初期段階を構築できた。

さらに、次年度に向けた光ファイバ型センサの試作のための既存 MEMS 装置の改修とセンサの詳細設計の準備を進めた。

(2) 平成 25 年度

プラスチックファイバ型センサの適用応用目としての検討を進め、自律型ロボットの動作確認用のセンサとしての設計と評価試験を進めた。電気ノイズが多い小型移動ロボットにおいても、光センサによるロボットの状態が検知できることが確認でき、小型光センサの応用適用面への見通しが得られた。

しかしながら、新たな光ファイバセンサとしての光カップラや D 型ファイバを製作するための既存 MEMS 装置の改修に問題を来たし、ガラスセンサの試作が困難な状況となったことから、装置の改修計画が明確になるまで既存の光センサを用いて、各種ロボットへの適用面の検討を進めることとした。その結果、光ファイバ型の曲げセンサにより、回転

角度ばかりでなく、ロボットの傾斜角、ロボットの姿勢方向等への応用面の評価結果を得ることができた。

(3) 平成 26 年度

MEMS 装置の改修が大幅に遅れ当年度中でのガラスファイバ型センサへの試作が難しくなったことから、光ファイバセンサならびに光センサを応用した各種ロボットへの適用検討を精力的に進めた。適用ロボットとして、筋電位ロボットへの関節部動作支援への適用

小型自律移動ロボットへの構造変形モニタリング

小型自律移動ロボットへの衝撃センサとしての適用

小型飛行船ロボットへの内部圧力モニタリングへの適用

案内ロボットの機構部動作のモニタリングへの適用

小型ロボット教育教材へのセンサへの適用

以上の光センサの応用的適用への見通しが得られた。

今後は、産学連携による外部企業との連携による製品化に向けた展開を進めていく。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 18 件)

大西正敏, 水谷康平, 田宮直: 筋電位をヒューマンインターフェイスとしたりハビリ用支援装置, 日本設計工学会 2012 年度春季大会研究講演会, pp.9-10 (2012.5), 東京・慶応大学

大西正敏, 杉山翔哉, 田宮直: 小型自律移動ロボットの構造設計と走行特性, 日本設計工学会 2012 年度秋季大会研究講演会, pp.41-42 (2012.9), 富山

西谷孝純, 杉山翔哉, 大西正敏: 小型自律移動ロボットの特性評価, 日本機械学会学生卒研発表講演会, pp.128-129 (2013.3), 豊橋技術科学大学

志水健, 福島貴文, 大西正敏: ライトレースカーの走行特性を考慮した機能設計と評価, 日本機械学会学生卒研発表講演会, pp.130-131 (2013.3), 豊橋技術科学大学

松田佑介, 大西正敏: ウェアラブル筋電位センサの設計と特性評価の研究, 日本機械学会学生卒研発表講演会, pp.112-113 (2013.3), 豊橋技術科学大学

大西正敏, 田宮直: 小型自律移動ロボットの設計と実証評価, 日本機械学会 ROBOMECH2013, RM13-0503 (2013.5), つくばカピオ

大西正敏, 田宮直: 小型自律移動ロボットの設計工学教育, 日本設計工学会, 平成 24 年度春季研究発表講演会論文集, p205-206 (2013.5), 国土館大学

大西正敏, 田宮直: 自律小型移動ロボットの PBL を用いた設計工学, 日本設計工学会, 平成 24 年度 秋季研究発表講演会論文集, p203-204 (2013.10), 名城大学

八木拓人, 大西正敏: 自律型案内ロボットの設計製作に関する研究, 日本設計工学会平成 24 年度秋季大会研究発表講演会論文集, pp.131-132 (2013.10), 名城大学

伊那哲弥, 馬淵元司, 田宮直, 大西正敏: 火星探査用自律型移動ローバの設計と実証試験, 日本設計工学会平成 24 年度秋季大会研究発表講演会論文集, pp.137-138 (2013.10), 名城大学

田宮直, 大西正敏: 応用力を身に付ける電子制御系教育プログラムの取り組みについて, 日本設計工学会平成 24 年度秋季大会研究発表講演会論文集, pp.83-89 (2013.10), 名城大学

八木拓人, 大西正敏: 自律型案内ロボットの設計製作に関する研究, 日本設計工学会 東海支部 平成 25 年度研究発表講演会論文集, p39-40 (2014.3), 名城大学

馬淵元司, 伊那哲弥, 大西正敏: 小型自律移動型 2 輪ローバの設計と特性評価の研究, 日本設計工学会 東海支部 平成 25 年度研究発表講演会論文集, p41-42 (2014.3), 名城大学

八木拓人, 大西正敏: 誘導制御を適用した学内ロボットに関する研究, 日本機械学会東海支部 第 45 学生員卒業研究発表講演会, pp.216-217 (2014.3), 大同大学

真野竜行, 大西正敏: 飛行船を用いた赤外線誘導型探査ロボットの研究, 日本機械学会東海支部 第 45 学生員卒業研究発表講演会, pp.220-221 (2014.3), 大同大学

伊那哲弥, 馬淵元司, 大西正敏: 小型自律移動型 2 輪ローバの制御回路と特性評

価の研究, 日本機械学会東海支部 第 45 学生員卒業研究発表講演会, pp.224-225 (2014.3), 三重大学

馬淵元司, 伊那哲弥, 大西正敏: 小型自律移動型 2 輪ローバの構造設計と特性評価の研究, 日本機械学会東海支部 第 45 学生員卒業研究発表講演会, pp.222-223 (2014.3), 三重大学

河面宅実, 廣瀬悟史, 大西正敏: 小型自律移動型 2 輪ローバの設計製作と特性評価の研究, 日本設計工学会東海支部研究発表会, pp.22-23 (2015.3), 名城大学

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等

<http://www.aut.ac.jp/lab/onishi.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大西 正敏 (ONISHI Masatoshi)
愛知工科大学・工学部・教授
研究者番号: 5 0 4 1 0 8 8 2

(2) 研究分担者

田宮 直 (TAMIYA Naoshi)
愛知工科大学・工学部・准教授
研究者番号: 8 0 4 1 0 8 8 5

(3) 連携研究者

なし