

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 28 日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420218

研究課題名(和文) セルフセンシング機能を有するIPMCアクチュエータの開発

研究課題名(英文) Development of IPMC actuator with self-sensing function

研究代表者

佐野 滋則 (Shigenori, Sano)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：10321770

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)：本研究は、小型グリッパ機構を開発することを最終目標として、アクチュエータ自身がセンサとしても機能するセルフセンシング機能を有するIPMCを製作することを目的とした。その結果、セルフセンシングするために必要な相関があることを認めることができた。しかしながら、センサとして使用する際には、さらなる精度、並びに、アクチュエータ電圧が小さい時の零割の対策が必要である。

研究成果の概要(英文)：In this research, we had developed a IPMC actuator that IPMC with the self sensing functions which also function as a sensor as an actuator to a small gripper system. As a result, the measurement signal is correlate with the displacement. However, a further precision is need and zero divide problem when the actuator voltage are small is coped with is needed If this self-sensing actuator is used as a sensor.

研究分野：制御工学

キーワード：セルフセンシングアクチュエータ

1. 研究開始当初の背景

近年、さまざまな人間社会での活躍を目指したロボットが数多く、開発されてきており、制御工学の分野でもそのようなロボットの制御に関する研究が進められてきた。最近、高分子アクチュエータによる人工筋肉の開発も進められてきた。その中のひとつである IPMC はパワーがないものの安価に作成でき、外力に対して柔軟に変形するので、近い将来やってくると思われる人間社会とかかわりあいながら動作するためのロボットが持っていないなくてはならない接触時の安全性という特性を有しているものと考えられる。

2. 研究の目的

近年、さまざまな人間社会での活躍を目指したロボットが数多く、開発されてきており、制御工学の分野でもそのようなロボットの制御に関する研究が進められてきた。最近、高分子アクチュエータによる人工筋肉の開発も進められてきた。その中のひとつである IPMC はパワーがないものの安価に作成でき、外力に対して柔軟に変形するので、近い将来やってくると思われる人間社会とかかわりあいながら動作するためのロボットが持っていないなくてはならない接触時の安全性という特性を有しているものと考えられる。そこで、本研究では小型グリッパ機構を開発することを最終目標として、アクチュエータ自身がセンサとしても機能するセルフセンシング機能を有する IPMC を製作することを目的とする。もともと、IPMC はセンサとしても利用可能であるが、現状ではセンサとして使用する場合にはアクチュエータとして利用することはできない。本研究では、アクチュエータとして用いる IPMC 自体にセンシング機能を付加することに特色がある。いくつかセルフセンシングに関する研究もなされているが、分解能はかなり低く、どちらに変形しているのかわかる程度である。実用に耐えうる分解能をもつセルフセンシングが可能になれば、別途センサを取り付ける必要はないので、装置の小型化、低コスト化、省電力化をはかることができる。また、この IPMC アクチュエータは低電圧で駆動し、マイクロ、ナノ単位小型アクチュエータへの応用も期待できる。この手法は同一原理でアクチュエートする他の種類のアクチュエータにも応用が可能であると考えられる。

本研究で提案する手法は、IPMC が変形することで生じる両電極の抵抗変化を測定することで、センシングする方法である。提案法はひずみゲージによるひずみの測定メカニズムに似ているが、IPMC がコンデンサとしての特性を有しており、そのことに対応する必要があるということと、変形量を測定するのに必要な電圧は一定ではなく、アクチュエート電圧によって供給される点で異なっている。

3. 研究の方法

本研究では、ブリッジ回路を製作し、変形量に対応する信号を取得する。取得した信号と IPMC への印加電圧や IPMC の電気的特性に基づく補正することで、精度よい観測量を得ることを考える。IPMC の変形に伴い、電極が伸縮し、表面電極の抵抗変化が生じ、その結果、電極間の電位差が生じる。この信号を測定するためのブリッジ回路を製作し、ブリッジ回路によって得られる信号 Vs と実際の変位量との関係を以下の条件で調査する。その際、IPMC の表面電極にパターニングを施し、測定精度を向上するかどうかを調査する。実際の変位量はレーザ変位計を用いて計測する。

(ア) IPMC に一定電圧を与え、IPMC を外力によって変位させるが、この条件は、ひずみゲージを用いた平板のひずみの測定に似ている。測定原理において、提案するブリッジ回路では、IPMC がもつキャパシタンス成分が含まれる。定常特性としては、影響がないものと思われるが、過渡特性では、その影響を考慮し、その分の補正を行うことが必要である。

(イ) IPMC の先端変位を固定し、IPMC に与える電圧を変化させる。ひずみゲージによる平板のひずみの測定では、センサに供給する電圧は変化しないが、本研究はアクチュエート電圧を使用するので、調査が必要である。その際、ブリッジ回路内に IPMC がもつキャパシタンスに蓄えられた電荷がアクチュエート電圧の変化により、変化するために、その分の補正が必要である。その補正については、印加電圧の変化量も考慮し、先の等価回路に基づいて行う。

(ウ) IPMC に与える電圧を変化させながら IPMC の変位も変化させる。上記の(ア)(イ)を統合し、任意の印加電圧、変形に対しても十分な変位量が測定できるかどうかを調べる。

4. 研究成果

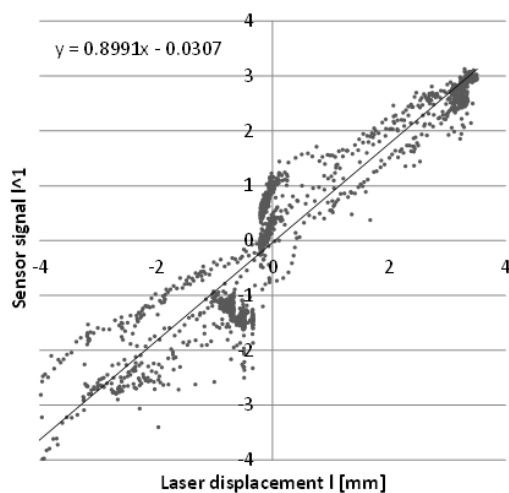
実験結果以下のような知見が得られた。

(ア) 静特性

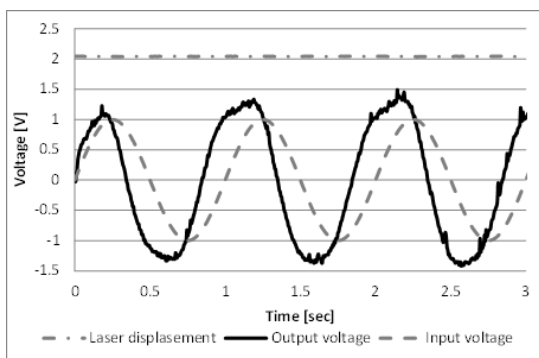
入力電圧、変位を固定し、入力電圧と変位がともに変動しない場合のセンシング性能を調べた。IPMC 先端に一定の変位 (-2mm ~ 2mm, 1mm 刻み) を与えて固定した状態で一定電圧 (-2V ~ 2V, 0.5V 刻み) を加え、それぞれの条件で3回測定を行った。この結果、入力電圧の大小に関係なく、傾きがほぼ一定となることがわ

かった .センシングが可能であるといえる .

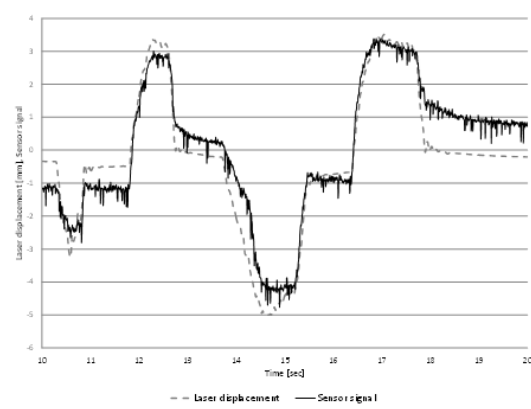
(イ) 入力電圧を固定し変位を変動
一定電圧 (-2V ~ 2V, 0.5V 刻み) を加えた状態で適当な変位を複数回与え, それぞれの条件で 3 回測定を行った . 実験結果より変位とセンサ信号の間には比例関係があることが確認でき, センサ信号と IPMC の変形速度の相関は少ないと考えられる . 入力電圧を他の値に変えた場合でも, 同様に良好な比例関係が得られた .



(ウ) 一定の変位 (-2mm ~ 2mm, 0.5mm 刻み) を与えて固定した状態で正弦波交流電圧 ($\sin(2\pi t)$ [V]) を加えた . 入力電圧のみが変動する場合のセンシング性能を調べた . このグラフから, 出力電圧に位相差が生じていることが確認できるが, これは, IPMC が有するコンデンサ成分が影響していると考えられる .



(エ) 観測方程式の構築と適用
最小二乗法により, 各条件での実験で得られたデータをもとに IPMC の変位を推定する観測方程式を構築した . その結果, 実際の観測信号と観測方程式はかなりの精度で一致が見られた .



以上のことからセルフセンシングするために必要な相関があることを認めることができた . しかしながら, センサとして使用する際には, さらなる精度, 並びに, アクチュエータ電圧が小さい時の零割の対策が必要である .

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 0 件)

[学会発表] (計 3 件)

佐野滋則, 大橋隆広, 内山直樹 : IPMC によるセルフセンシングアクチュエータの開発, Robomec2015, 2015

下元貴太, 佐野滋則 : 高分子アクチュエータによるセルフセンシング, 計測自動制御学会中部支部若手発表会, 2015

S.Sano, T.Shimomoto, K.Takagi,

N.Uchiyama:

Development of self-sensing actuator of IPMC without supply voltage to sensor, SPIE2016

[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

佐野滋則 (Shigenori Sano)
豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・
准教授
研究者番号：10321770

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：