

# パターニングしたIPMCによるセンサ・アクチュエータ統合システム — 駆動入力へのセンサ信号への影響 —

釜道 紀浩 (理研), Boyko STOIMENOV (理研), 向井 利春 (理研), 安積 欣志 (産総研)

## A Sensor-Actuator Integrated System with a Patterned IPMC — the interference of actuation to the sensing signal —

Norihiro KAMAMICHI (RIKEN), Boyko STOIMENOV (RIKEN)

Toshiharu MUKAI (RIKEN), Kinji ASAKA (AIST)

Abstract: Ionic polymer-metal composite (IPMC) is a low-voltage driven soft actuator, and it can be also used as a sensor. In case of simultaneous utilization of sensor parts and actuator parts on a patterned IPMC film, the actuating input is considered to interfere with the sensing signal. In this paper, we demonstrate the interference based on the experiments, and consider the possibility of the sensor-actuator integration.

## 1 はじめに

イオン導電性高分子・貴金属接合体 (Ionic polymer-metal composite: IPMC) は低電圧で駆動可能なソフトアクチュエータであり、また、反対にセンサとしても利用可能な機能性高分子材料である<sup>1)</sup>。アクチュエータとセンサの両機能を有していることから、柔軟で軽量のアクチュエータの特長を損なうことなく、センサを付加することができ、システム応用の可能性も高い。

これまでの研究において、センサ素子の变形により発生する電気信号から変形量を推定し、その推定値をアクチュエータ素子の入力信号へフィードバックすることで変位制御を実現している<sup>2)</sup>。そのセンサとアクチュエータを組み合わせた実験では、個別の素子を接続した検証であったが、IPMC表面の電極層をパターニングすることで、一つの素子上にセンサとアクチュエータを実現することが可能である。目的に応じた任意形状のセンサ・アクチュエータ素子が作製可能であるが、一枚のシート上にパターニングによりセンサとアクチュエータを構成する場合、アクチュエータの駆動入力からセンサ信号への干渉が考えられる<sup>3)</sup>。

本稿では、パターニングしたIPMCによるセンサ・アクチュエータシステムの構築、応用のため、駆動入力からセンサ信号への影響を検証する。センサの出力電圧は、アクチュエータの駆動電圧の0.1%以下程度と小さく、影響の程度によってはセンサの利用が実用上困難であることも考えられるが、その影響を補償することでセンサとして利用可能か検討する。

## 2 検証実験

パターニングしたIPMCフィルム上でセンサ部とアクチュエータ部を構成し、アクチュエータの駆動電圧からセンサの出力電圧への影響を実験により検証する。

### 2.1 実験方法

Fig. 1は検証に用いるパターニングしたIPMCフィルムである。Nafion®1110に金をメッキしたIPMCフィルムの電極層をドリルにて機械的に切削し、パターンを形成している。フィルムのサイズは45 mm×10.5 mmであり、

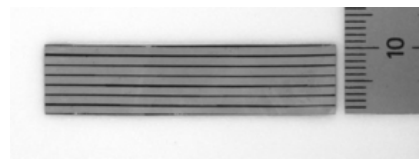


Fig. 1: Patterned IPMC film

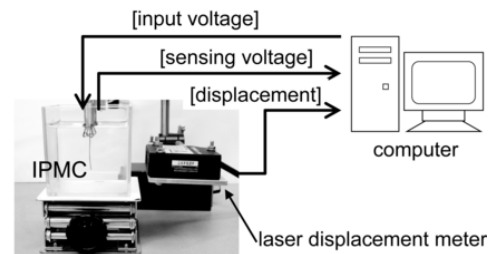


Fig. 2: Experimental setup

1.5 mm 間隔で両面の電極層を分離し、7つのセグメントを作製している。実験では、Fig. 2のように、IPMCを純水中で片持ち梁状に固定し、各セグメントを配線する。アクチュエータ部を駆動した場合や変形により発生するセンサ部の電極間電圧を測定し、同時に屈曲変形で生じる横方向の変位をレーザー変位計で測定する。今回の実験では、

- 屈曲しないように固定し電圧を印加
- 自由に変形する状態で電圧を印加

の条件で測定を行い、比較検討する。また、端から5セグメントをアクチュエータとして使用し、残りの2セグメントをセンサとして使用する。

### 2.2 実験結果

まず、駆動電圧のセンサ信号への影響を検証するため、屈曲しないように固定した状態で測定を行う。Fig. 3は1Hzの正弦波入力で駆動したときの実験結果である。センサ部の測定データにはオフセットの変動とノイズの影響を低減させるため、バンドパスフィルタを適用している。アクチュエータに近いセンサ部から segment 1, 2 として

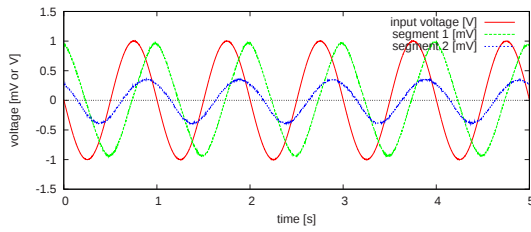
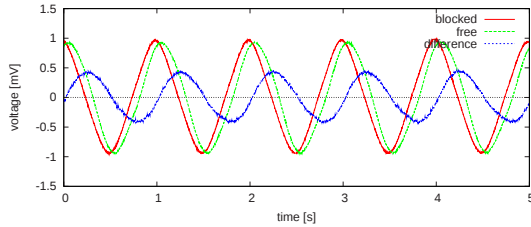
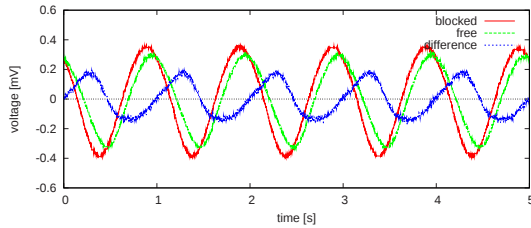


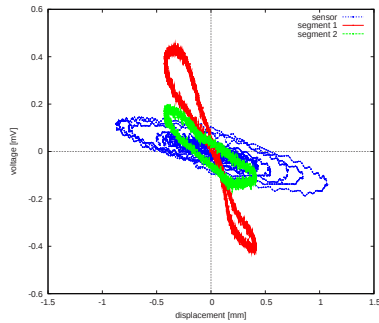
Fig. 3: Experimental results (leaked voltage)



(a) segment 1



(b) segment 2

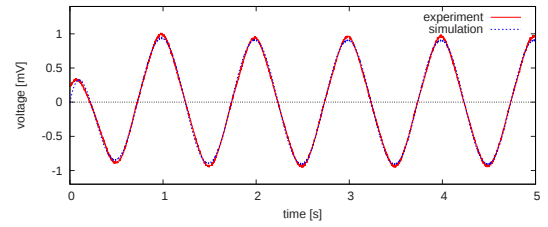


(c) sensor signal

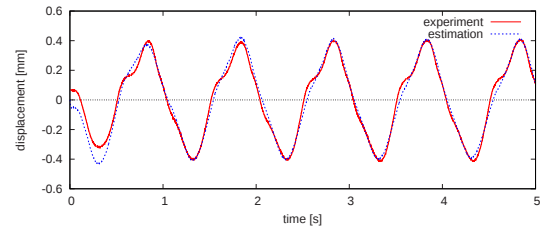
Fig. 4: Experimental results (sensor signal)

いる．センサの出力電圧と比べても無視することはできない振幅の信号が確認され，駆動入力の影響があることが分かる．入力信号に比例した信号ではなく，動特性が存在することも確認できる．

次に，固定した場合に測定された電圧を駆動入力からの影響と考え，自由に屈曲変形する状態で駆動したときに測定される電圧との差としてセンサ信号が観測できるか検証する．Fig. 4 に実験結果を示す．(a)(b) は固定した状態と自由に屈曲する状態での測定結果と，それらの差分を図示している．(c) は差分として観測されたセンサ信号と変位の関係を図示しており，電圧を印加せず手で変形を加えたときのセンサ信号も重ねて図示している．固定した状態との差分をとること，つまり，駆動入力の影響を補償することで，信号が観測できることが確認できる．(c) より，センサ単体での特性と比べて歪んだ軌跡となっており，直線に近似した場合の傾きも異なることが分かる．この要因は



(a) modeling of leaked voltage



(b) estimation of displacement

Fig. 5: Estimation results

解明できていないが，傾向は一致しており，補償した信号をセンサ信号として利用可能である．さらに，補償したセンサ信号から変形量を推定することも可能であると考えられる．

## 2.3 変形量の推定

駆動入力からセンサ部への影響をモデル化し，そのモデルに基いて補償したセンサ信号を用いて変形量を推定する．Fig. 5(a) は駆動入力からセンサ部への影響の動特性を線型時不変システムで同定し，シミュレーションした結果である．Fig. 5(b) は補償したセンサ信号から変形量を推定した結果である．変形量の推定手法は文献<sup>2)</sup>の手法を適用している．推定値の誤差は変形量からセンサ出力のモデル化誤差に大きく依存しているが，この結果での誤差平均は 0.025 mm と小さく，変形量の推定が実現されている．

## 3 おわりに

本稿では，パターンニングした IPMC によるセンサ/アクチュエータにおいて，駆動入力からセンサ信号への影響を検証し，影響を補償することでセンサとして利用可能であることを確認した．単一周波数の信号に対する検証であったので，広帯域での検証を行うとともに，センサ・アクチュエータ統合システムでの制御や応用を検証する予定である．

## 参考文献

- 1) Y. Bar-Cohen: *Electroactive Polymer (EAP) Actuators as Artificial Muscles, Reality, Potential, and Challenges*, SPIE Press, 2001.
- 2) M. Yamakita et al.: "Integrated Design of IPMC Actuator/Sensor," *Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, p.1834-1839, 2006.
- 3) K. Newbury: *Characterization, Modeling, and Control of Ionic Polymer Transducers*, Doctor Dissertation, Virginia Tech, 2002.