T2R2 東京工業大学リサーチリポジトリ
Tokyo Tech Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	気液可逆反応を利用したガス圧アクチュエータ 第3報 電極面積比増加による応答性向上
Title(English)	
著者(和文)	和田 晃, 北守 隆旺, 鈴森 康一, 脇元 修一
Authors(English)	Akira Wada, Takaaki Kitamori, Koichi Suzumori, Shuichi Wakimoto
出典(和文)	ロボティクス・メカトロニクス講演会2015 予稿集, Vol. , No. 15-2, Page 5
Citation(English)	Proceedings of the 2015 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Vol. , No. 15-2, Page 5
発行日 / Pub. date	2015, 5

Powered by T2R2 (Tokyo Institute Research Repository)

気液可逆反応を利用したガス圧アクチュエータ
—第 3 報　電極面積比増加による応答性向上—

A new pneumatic actuator using gas-liquid reversible chemical reaction
-3rd report: Realizing high response by increasing gas generation area ratio-

○正　和田　晃（東工大）　学　北守　隆旺（東工大）
正　鈴森　康一（東工大）　正　脇元　修一（岡山大）

Akira WADA, Tokyo Institute of Technology, wada.a.ah@m.titech.ac.jp
Takaaki KITAMORI, Tokyo Institute of Technology
Koichi SUZUMORI, Tokyo Institute of Technology
Shuichi WAKIMOTO, Okayama University

The advantages of pneumatic rubber actuator are good elasticity and light-weight. Thus, it is easy to implement it over the human body. However, conventional one needs a big compressor, which produces portability problem. With tube-free pneumatic actuator it is possible to have a precise control of pressure and its structure is formed by membranes which consist of polymer and platinum. Besides, the flexible electrode structure acts as a polymer actuator, having the potential of hybrid driven. In this paper, a new portable pneumatic actuator based on reversible chemical reaction is proposed and we show that a faster response time is performed by increasing the membrane area ratio.

Key Words: Actuator, Pneumatic actuator, Fluid power, Portable gas actuator

1.　緒言

空圧ラバーアクチュエータは、柔軟かつ軽量であり人間との親和性が高いため、アシストスーツへの応用が期待される[1]。しかし、現状の空圧ラバーアクチュエータは駆動にコンプレッサが必要であり、携帯が困難である。そこで、コンプレッサのような物理的ピストン運動を必要としない小型ガス圧源を開発した。これは、水の電気分解／合成反応を利用して、電気で直接気体発生／吸収を制御する。この気液可逆反応を式（1）に示す。これまでに、この原理が空圧ラバーアクチュエータで実現可能であることは示されている[2]。しかし、アクチュエータの応答性はまだ実用レベルではない。アクチュエータの応答性を向上させるためには、
①燃料電池に高電圧、大電流をかける
②アクチュエータに対する燃料電池の面積比を大きくする
③アクチュエータ内部の受圧体積を小さくする
が挙げられる。しかし、①はガス発生の応答性のみしか向上できない。そこで、この論文では先行研究[2]に対して、改善策②と③を適用し、アクチュエータの応答性を向上させる。アクチュエータの概念図を図 1 に示す。

$$2H_2O \leftrightarrow 2H_2 + O_2 \qquad (1)$$

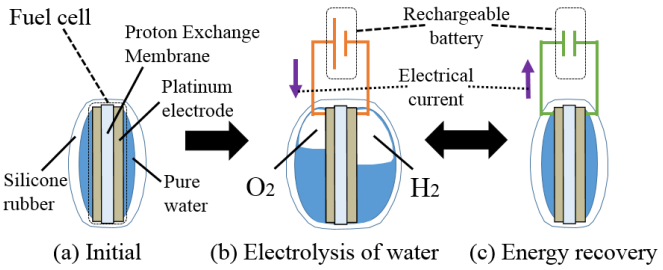
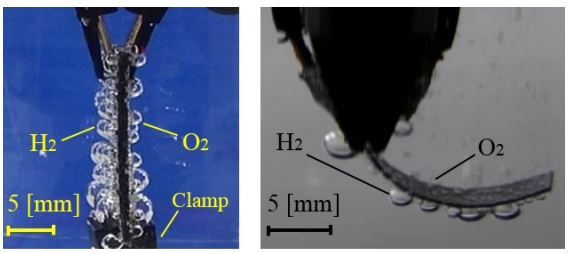


Fig. 1 Schematic diagram of gas actuator

2.　電極面積比を増加したアクチュエータの設計

2.1 電極構造の検討

図 2 に検討した電極構造を示す。燃料電池は、図 2(a)に示すように、プロトン膜（ナフィオン）を多孔質のカーボンブラックで覆い、さらに白金メッシュで覆った構造である。しかし、カーボンブラックは固く脆い素材であり、1 章②を実現するとアクチュエータ動作を阻害する。そこで、プロトン膜に白金めっきした図 2(b)の電極構造にも注目している。高分子材料であるナフィオンの材料特性を活かした柔軟なガス発生デバイスである。さらに、これは電圧印加により湾曲する高分子アクチュエータとしても機能するため、ガス発生によるアクチュエータ駆動と高分子アクチュエータの湾曲駆動のハイブリッドを実現できる。しかし、ガス吸収効率がまだ高くないので、この論文では図 2(a)の電極を用いた。



(a) Fuel cell (Carbon black & Platinum mesh)　(b) Plating platinum

Fig. 2 Electrode examples for gas generation and absorption

2.2 アクチュエータの構造

図 3 に製作するアクチュエータの構造を示す。燃料電池を 0.78mm のシリコーンラバーの膜で覆い、発生した水素、酸素を別々に溜められる構造としている。この設計は、先行研究[2]のアクチュエータに対して 1 章で述べた改善策②、③を適

用している。

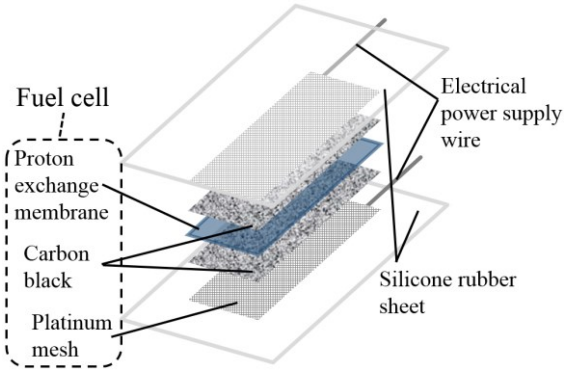


Fig. 3 Structure of gas actuator increasing fuel cell area

2.3 アクチュエータの製作

製作したアクチュエータを図 4 に示す．アクチュエータは全長 65mm，幅 7mm であり，燃料電池周辺の気体発生を観察するために透明なシリコーンゴムを使用した．また，アクチュエータ内に純水を封入するため，シリコーンゴムチューブと封止用のキャップを取り付けている。

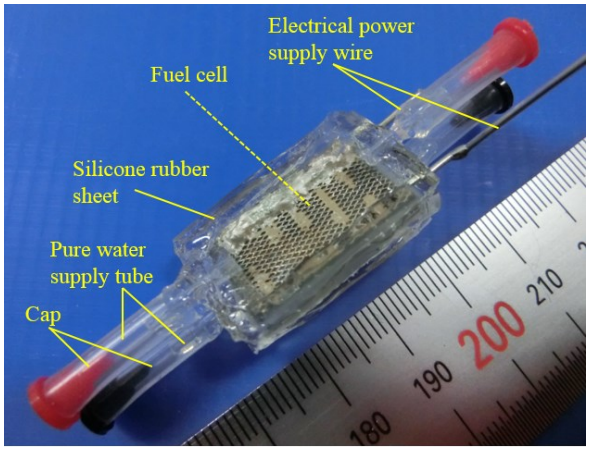


Fig. 4 Overview of proposed actuator

3. 駆動実験

3.1 実験システム

図 5 に実験システムを示す。電気分解によるガス圧でアクチュエータを駆動させる場合は、内部の燃料電池を電源に接続する。一方、燃料電池による水の合成反応でガス圧を下げ、アクチュエータを初期状態に戻す場合には、内部の燃料電池を短絡させる。基本概念では、このとき燃料電池をコンデンサに繋げエネルギーを回収する。しかし、コンデンサの蓄電量が増加してくると回収速度が低下する[3]。ここでは基本原理のみを確認するため、単純に燃料電池を短絡させる。燃料電池の相手側の負荷が 0Ω となり、コンデンサの蓄電による回収抵抗を受けずに電流を放出できる。

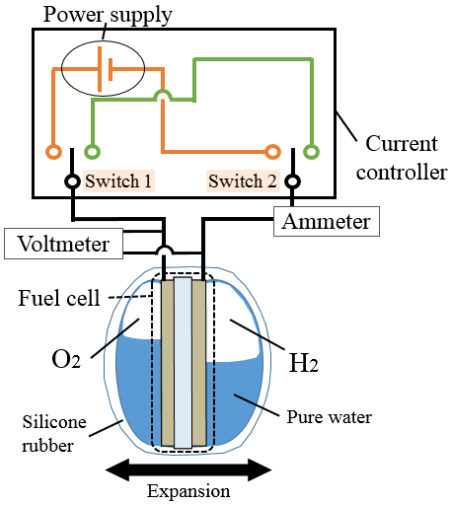


Fig. 5 Experimental setup and circuit

3.2 実験結果

アクチュエータを 15%膨張させ、維持、収縮させた。その実験結果を図 6 に示す。水の電気分解／合成を電流で制御し、アクチュエータを良好に駆動できた。

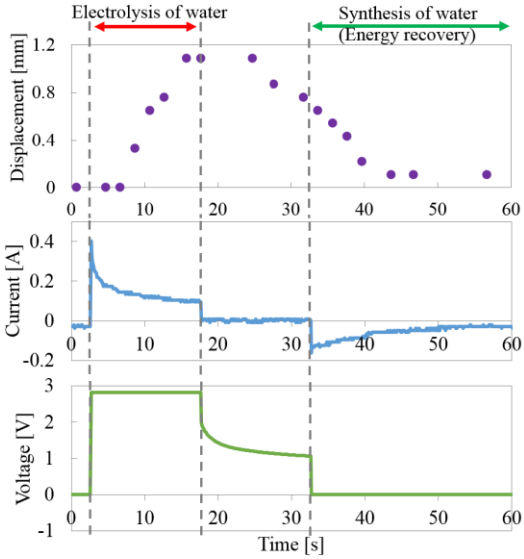


Fig. 6 Experimental result of 15% expansion

3.3 耐久性の検証

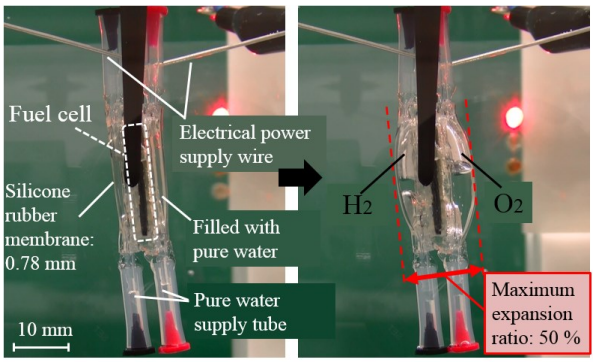
先行研究で複数回使用すると燃料電池の性能が低下する減少を確認していた[2]ため、このアクチュエータにおいても検証した。実験は印加電圧 2.9V とし、ガス発生時間（最大膨張率に比例）を上昇させながら、ガス圧上昇、維持、減少が可能か確認した。また、1 章①の確認のため、印加電圧 5.0, 8.0V でも実験した。この結果を表 1 に示す。印加電圧 5.0, 8.0V のとき燃料電池の性能が著しく低下した。この原因は、この燃料電池の推奨使用領域（3.0V 以下）を超えたことと、電圧上昇による急激なガス発生で内部のプロトン交換膜とカーボンブラックの接着が剥がれると同時にポーラス（空隙）崩壊が起こり、導電率が減少したことによるものであると考えられる。通常燃料電池は、図 2(a)に示したように燃料電池全体を外側から締め付ける構造であるが、本アクチュエータは接着のみだったため、より壊れ易かったと考えられる。

図 7 に 50%膨張させたときの実験結果を示す。また、この

ときアクチュエータ全体を水の中に入れていたが、ガス漏れは確認されなかった。

Table 1 Comparison of different applied voltages

Applied voltage [V]	Electrolysis current [mA]	Fuel cell output current [mA]
2.9	408	167
5.0	432	28
8.0	662	58



(a) Initial (b) Electrolysis of water

Fig. 7 Experimental result of 50% expansion

4. 結言

アクチュエータに対する燃料電池の電極面積比増加とアクチュエータ内部の受圧体積減少で、アクチュエータの応答性を 2 倍以上向上させた。今後さらなる応答性向上を実現するために、電極構造の検討とハイブリッド駆動の概念も提唱した。

謝　辞

本研究は、科研基盤（A）「次世代マッキベン人工筋の実現」（26249028）を受けて実施した.

文　献

[1] 大野晃寛，鈴森康一，脇元修一，"細径空圧人工筋肉を用いた能動織布の試作", 第 15 回システムインテグレーション部門講演会, pp.1554-1555, 2015.

[2] 亀谷英裕，和田晃，鈴森康一，"気液可逆反応を利用したガス圧アクチュエータ –第 2 報　高分子形燃料電池を組み込んだ FMA の試作と駆動実験–", 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014, 2014.

[3] 和田晃，鈴森康一，脇元修一，"可逆化学反応現象を利用したガス圧制御システムの開発 –第 3 報 ; エネルギー回生の実現–", 日本機械学会 2013 年度年次大会, 2013.