T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

論文 / 著書情報
Article / Book Information

論題(和文)	気液変換式ガス圧源を内蔵したバッグズ人工筋肉の試作
Title(English)	
著者(和文)	平光立拓, 和田晃, 鈴森康一, 難波江裕之, 遠藤玄
Authors(English)	Tatsuhiro Hiramitsu, Akira Wada, Koichi Suzumori, Hiroyuki Nabae, Gen Endo.
出典(和文)	第34回日本ロボット学会学術講演会 予稿集, Vol. , No. , pp. RSJ2016AC1X1-04
Citation(English)	Proceedings of the 34th Annual Conference of the Robotics Society of Japan, Vol. , No. , pp. RSJ2016AC1X1-04
発行日 / Pub. date	2016, 9
Note	このファイルは著者（最終）版です。 This file is author (final) version.

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

気液変換式ガス圧源を内蔵したバッグズ人工筋肉の試作

○平光立拓　和田晃　鈴森康一　難波江裕之　遠藤玄 (東京工業大学)

1.　緒言

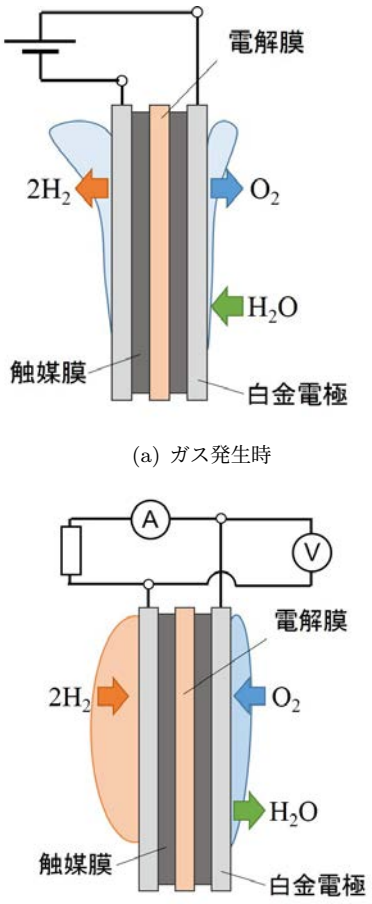
空圧駆動式の人工筋肉 (PAMs:Pneumatic Artificial Muscles) は，高コンプライアンスであり，干渉時も柔軟に変形し稼動できるという特長を有する．このため局所に多数の PAMs を冗長的に配置することが可能であるなど，多自由度での利用に適しており，アシストスーツや動物型ロボットなどへの応用が期待されている．

多自由度の PAMs システムを構成する場合，空気配管やバルブ・レギュレータといった制御要素はアクチュエータと同数以上必要となり，システムは複雑かつ大型なものになる．これは，空圧システムにおいて容積が応答性に大きく影響を及ぼすために，電気的なシステムと比較して小型化が難しいことに起因する．

我々はこれまでに，水の電気分解/合成を行なうセルを内蔵することで，空気供給チューブを用いず，数秒程度の応答時間で電気的に駆動することに成功している [1]．従来のコンプレッサを用いる場合と比較して，静粛性に優れ，コンパクトなシステムで複数のアクチュエータを制御することが容易になる．しかし，発生流量が少ない，セルが固く柔軟な構造にすることが難しいなど，いくつかの課題を残している．

筆者の一人は，プラスチックフィルム製の PAMs(以下，バッグズ人工筋肉) を提案している [2]．非ラバー製であるため，より低圧域での駆動が可能であり，低出力・低流量の空圧源でも駆動することが可能である．加えて，小さな要素が鎖状に連節した構造であるため，材料変形をほとんど必要としないながらも，自在に曲折した形態をとることができる．

本稿では，バッグズ人工筋肉に固体高分子形燃料電池 (PEFC:Polymer Electrolyte Fuel Cell) を組み込んだ構造の，空気配管を必要としない新型空圧式人工筋肉を提案し，その動作を確認した実験について報告する．



(a) ガス発生時

(b) ガス吸収時

図 1　PEFC の駆動原理

2.　気液変換器内蔵バッグズ人工筋肉

2.1　内蔵ガス圧源の動作原理

PEFC の駆動原理をを図 1 に示す．PEFC に電源を接続し電極間に電位差が生じると，イオン交換膜内をプロトンが移動し，セルの各面にて水素ガス，酸素ガスが発生する．反対に，各電極雰囲気として水素ガス・酸素ガスがある状態で電極間を抵抗で接続すると，抵抗に電流が流れ，水素/酸素ガスから水が合成される．

提案しているガス圧源は，PEFC を用いて水の電気分解/合成を行なうものであり，可逆的反応であるため閉じたチャンバ内で動作させることができる．また，水の合成反応の際の電力を外部のコンデンサに充電して回収するエネルギー回生についても取り組んでいる [3]．

2.2　本アクチュエータの構造

試作した PAMs の概観を図 2 に，セルを内蔵したバッグ要素単体の構造を図 3 に示す．試作した PAMs は，ポリエチレンフィルムを升目状に熱溶着することによって製作されている．幅 35 mm，長さ 25 mm の長方形状の要素が四つ連なった構造となっており，要素チャンバは導線部分で繋がっている．導線は銅箔を重ねたものを幅 5 mm でカットしたもの使用し，セルの白金電極との接触を安定させるためにスズメッキ線を介してクリップに挟み込んでいる．

PEFC は，Horizon 社製 Electrolyzer Fuel Cell を幅 25 mm，長さ 12.5 mm に加工して使用した．これまでの知見から，セルを固定する際，挟み込むように加圧することで電流量が増加し反応速度が向上することがわかっており，今回はプラスチック製のクリップで挟む方法を採用した．水素/酸素ガスの混合を避けるために，ポリエチレンフィルムの隔壁を PAMs の構造に挟み込んで溶着し配置した．隔壁には長方形状の切抜きがあり，ここにセルをはめ込む形で設置し，隙間をホットメルト型接着剤で固めた．

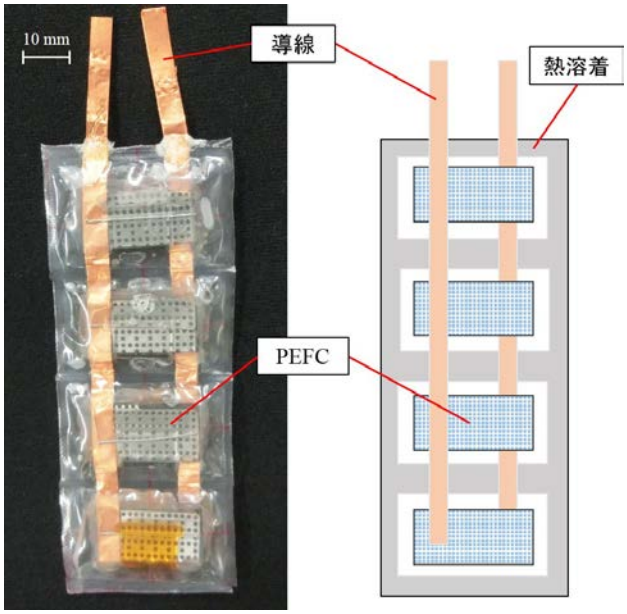


図 2　気液変換セル内蔵 PAMs

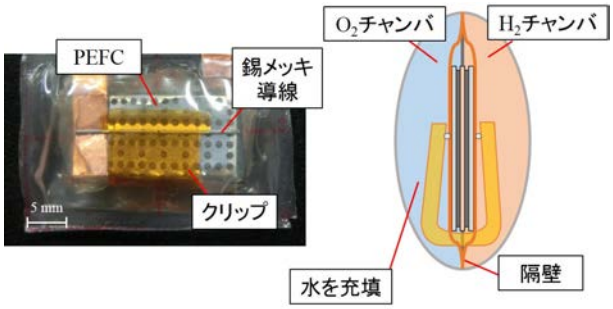


図 3　バッグ要素単体の構造

3.　駆動実験

3.1　実験条件

試作した PAMs を用いて，駆動させる実験を行った．PAMs の上部を固定し，垂下させた状態で先端部に質量 30 g の錘を取り付け，荷重を負荷した．

PAMs 内回路の端子と外部に用意した回路を接続し，以下の三つの動作フェイズを切り替えた．このとき，画像解析によって収縮量を，端子間の電圧および下流側端子点の電流を観測した．

1. **フェイズ A:ガス発生**
   電源を用いて PEFC に電力を供給し，水を水素および酸素に電気分解することで，PAMs 内部のガス圧を上昇させる．
2. **フェイズ B:停止**
   端子間を絶縁し，動作を停止する．
3. **フェイズ C:ガス吸収**
   充電用回路などを模擬した抵抗に接続し，PEFC で発生する電力を使用することで，水素/酸素ガスの合成を進め，PAMs 内部のガス圧を下降させる．

3.2　実験結果

端子間の電圧値，上流側端子点の電流値および画像解析によって取得した収縮量を図 4 にまとめる．フェイズ A:ガス発生を 60 s，フェイズ B:停止を 30 s，フェイズ C:ガス吸収を 120 s として実験を実施した．

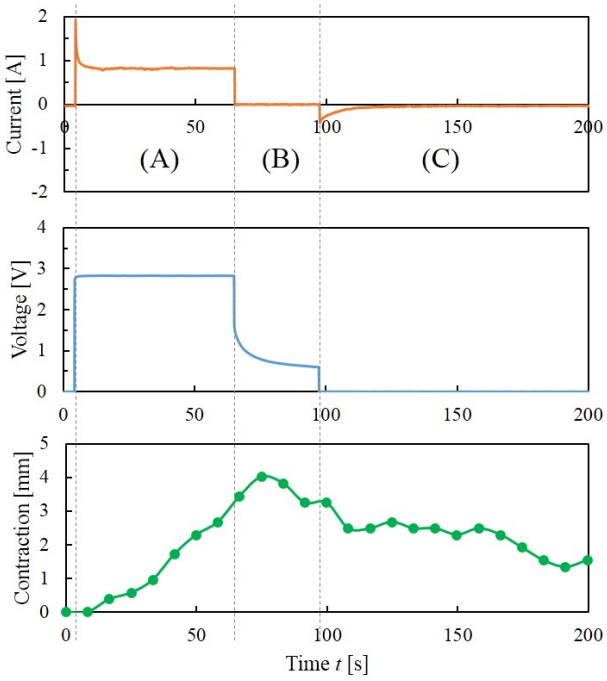


図 4　動作結果

収縮量のグラフから，PAMs 内部でのガス圧発生によって，約 4 mm 収縮していることが判る．また，93.6 s 以降に着目すると，負の向きの電流値が観測でき，ガスから水を合成する反応が起きていることが判る．従来研究 [3] に比べて応答が遅いのは，今回用いた PEFC の電極構造に起因すると考えられる．

4.　結言

本稿では，PEFC を内蔵し気液可逆反応を利用した，空気配管を必要とせず，電気配線のみで駆動可能な PAMs を実現した．一般的に電気配線は空気配管と比較して細く，取り扱いも容易であるため，多自由度 PAMs システムのコンパクト化が期待できる．駆動実験では，約 4 mm の収縮を確認したが，これは従来型バッグズ人工筋肉の収縮量の二割程度である．チャンバを分けるための隔壁が PAMs の動きを妨げるためであると考えられる．

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．

参　考　文　献

[1] 和田晃, 難波江裕之，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 5 報 変位フィードバック制御の実現-”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016, 2A1-05a5, 2016.
[2] 平光立拓, 西岡靖貴, 安田寿彦: “低圧駆動可能かつ極軽量なシート状収縮型ソフトアクチュエータの開発”, 第 32 回日本ロボット学会学術講演会, 1M1-01, 2014.
[3] 和田晃，鈴森康一，脇元修一：“可逆化学反応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, J114021, 2013.