

# 生体分子反応をエネルギー源とするマイクロポリマーアクチュエーターの研究

東京大学大学院工学系研究科マテリアル工学専攻 教授 石原 一彦

## 1. はじめに

生体内で自律的に動作するマイクロマシンを考えるときに、その駆動エネルギーをどこから供給するかは重要な課題として残されている。全体のスケールが極めて小さいことを考慮すると、バッテリーなどに割くだけの容積を有せず、さらに外部からのエネルギー供給も事実上不可能であろう。本研究ではポリマーアクチュエーターとして生体内に存在する化学物質の濃度変化を利用することとした。化学物質から直接力学エネルギーを取り出す考えであり、これは生物がエネルギー産生をするメカニズムに極めて近い。

## 2. アルコールに対して運動するポリマーゲルの創製

生体膜を構成するリン脂質二分子膜は厚さ50nmであり、極めて薄いとその機能は多彩である。このリン脂質極性基を側鎖に有するポリマー(MPCポリマー)を合成すると、新たなバイオマテリアルとして有望である。一方で、リン脂質極性基の特異的な溶媒和現象に基づき、その濃度変化に対して可逆的に体積変化をすることが見出された(図1)。さらにアルコール濃度の増減により繰り返し膨潤、収縮を繰り返した(図2)。すなわち、この現象は、MPCポリマーゲル中に生体成分と反応し選択的にアルコールを生成する酵素を固定化することにより任意の生体成分に反応したゲルの体積変化ができることを示している。

## 3. アルコールの生成酵素反応とゲルの膨潤機能

生体内に存在するアルコール合成系を利用して、酵素反応を組み合わせ、MPCポリマーゲルの運動を追究した。EMP回路によりグルコースから生成されるピルビン酸を出発物質とし、ピルビン酸デカルボキシラーゼとアルコールデヒドロゲナーゼを利用してエタノールを生成させた。この系中でMPCポリマー

ゲルが収縮することを確認した。以上のことからグルコースをエネルギー源とした化学エネルギー供給型ポリマーアクチュエーターが実現できた。



図1. 架橋MPCポリマーゲル体積のアルコール組成依存性  
左からエタノール組成、0、20、40、60、80、100%

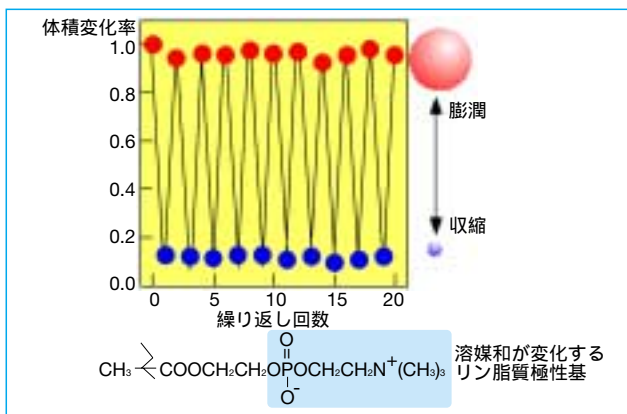


図2. 架橋MPCポリマーゲルの純水及び60%エタノール水溶液中での体積変化の可逆性

# MIセンサを用いたカテーテル先端位置検出システム

東北大学大学院工学系研究科機械電子工学専攻 助手 芳賀 洋一

## 1. はじめに

内視鏡やカテーテル(外径0.3~3mm程度のポリマー製チューブ)など小さな道具を体内に挿入して検査や治療を行う低侵襲治療が広く行われるようになった。カテーテル先端位置の確認にはX線透視が用いられるが2次元情報のため把握が難しく、解像度も十分とはいえない。カテーテル先端の位置・姿勢(先端の向いている方向)を3次元的に、リアルタイムで計測することができれば、カテーテルのナビゲーションに役立つ。

マイクロコイルを用いた先端位置検出システムが既に実用化されているが、我々は磁気インピーダンス効果(Magneto-Impedance effect)を基礎とする新しい原理のマイクロ磁気センサを用い、カテーテル搭載に適した微小かつ高性能なマイクロ3軸センサを目指した。本システムでは図1に示すように、体外から発せられた交流磁界と地磁気をカテーテル先端に搭載した3個のセンサで検出する。

## 2. 3軸MIセンサシステムの開発

センサは直径30μmのアモルファスワイヤにバイアス磁界を発生させるコイルが巻いてあり、磁界の強さによって変化するワイヤ両端間の電圧を取り出す。このセンサ3個をそれぞれ直交するよう2mm角の角柱に配置し、位置・姿勢計測を行ったところ1mm以下の位置分解能と約1度の角度分解能が得られた。3個のセンサそれぞれの位置合わせを精密に行うため、図2のように電極パターンを形成したポリマー上に3個のセンサを実装した。

3次元位置・姿勢情報の術者への提示は、術前に造影CTなどで3次元血管像をコンピュータに取り込んでおき、ディスプレイ上で血管像と重ね合わせ表示することを考えている。現在の表示システムは図3のように3次元血管モデル像をコンピュータ内に構成し、計測した信号をコンピュータに取り込み演算を行い位置・姿勢情報をリアルタイムで重ね合わせ表示している。

## 3. まとめ

このセンサシステムをカーナビゲーションシステムに例えると、カテーテル

先端が車に、血管が道路に相当する。このシステムの実用化により低侵襲治療がさらに安全かつ確実に実行されるようになり、従来にない検査・治療が可能になると期待している。内視鏡などへの応用も期待される。

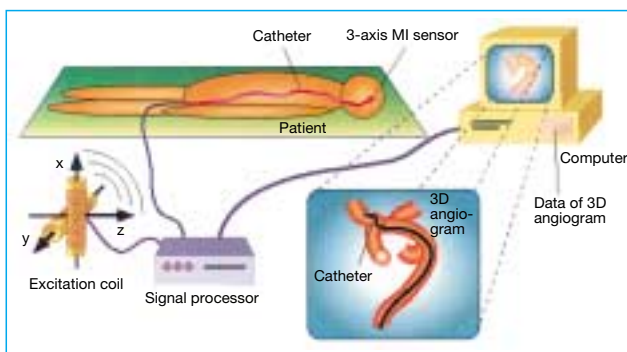


図1. カテーテル先端位置・姿勢センサシステム



図2. 3軸マイクロ磁気センサ

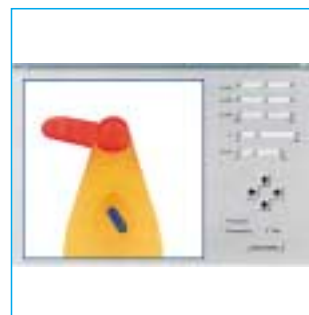


図3. カテーテル先端位置・姿勢表示システム