

ケミカルロボットの設計

1. はじめに

近年、生物のように柔らかいロボットが研究開発されている。なかでも刺激応答性高分子・ゲルを用いた柔らかい高分子アクチュエータについては、電気モータに代わるロボットの新しい動力として多くの研究が推進されている。しかしながら、これらのアクチュエータやロボットの制御には電場など外部からの入力が必要であり、制御機構には従来の電子回路を用いている。ボデーだけを柔らかい材料で設計するだけでなく、情報処理、エネルギー、アクチュエータなどを統合的に捉えて柔らかいロボットを設計することができれば、これまでにない応用展開ができるのではないかと考えている。ここでは、化学反応により作動するゲルロボットに関する最近の成果を紹介する。

2. 振動ゲル

高分子ゲルとは、一般的に高分子の三次元的な架橋網目が溶媒を吸って膨潤したものと広く定義される。とりわけ、刺激応答性高分子ゲルは外部環境変化（温度、光、物質濃度、pHなど）に応答して膨潤・収縮変化することが知られており、さまざまな応用展開がなされてきた。著者は自発的に時空間秩序を生成するBZ反応に注目した。BZ反応は、その反応過程では金属イオンが周期的な酸化還元反応を起こすため、攪拌条件下では周期的な溶液の色変化を、静置条件下では同心円や螺旋などの空間パターンを観察することができる。吉田らは高分子ゲル内部に金属触媒を導入することで、心臓の拍動のようにゲルの体積の自励的かつ周期的な構造変換を可能にしてきた。しかしながらその力学振動の大きさは非常に小さく、ロボットの変形を引き起こすには、ゲルの分子デザイン、構造

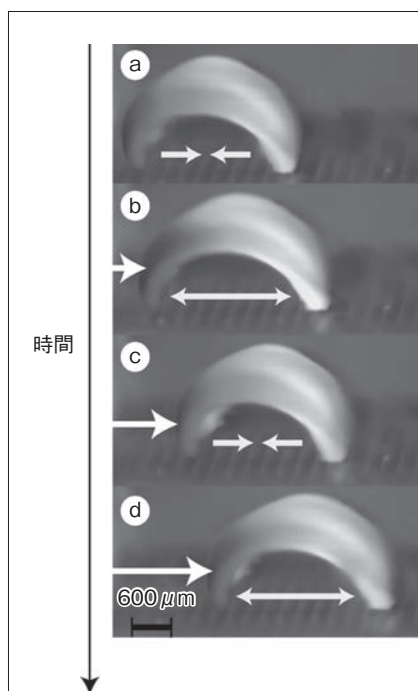


図1 歩くゲルロボット

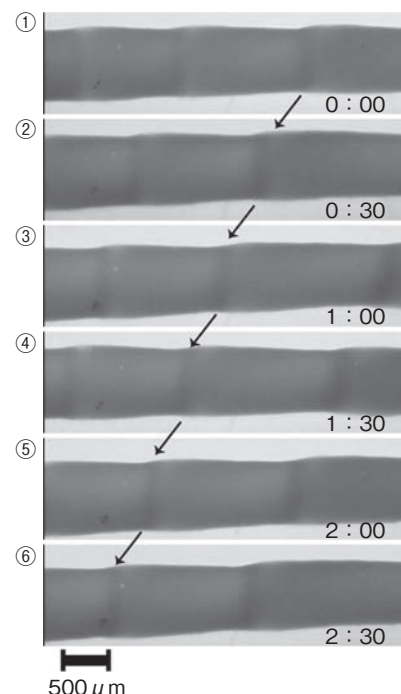


図2 蠕動運動するゲル

設計などに総合的な検討が必要であった。

3. ケミカルロボット

ゲルの小さな変位を大きな変形にするため、親水的な基板（ガラス）と疎水的な基板（テフロン）の間でゲルを合成することで、ゲルの内部に組成勾配を生成させた。そのようなゲルでは、化学反応波によって生成する内部応力の変化が、ゲルアクチュエータの表裏で差異を生み出す。この性質を利用し、大変形するゲルを設計した。さらに、非対称的な構造の床面の上でBZ反応だけで一方向に前進することに成功した⁽¹⁾ (図1)。また、ゲルの構造を多孔質化することで、高分子ゲルの応答性を飛躍的に改善し、蠕動運動するゲルの創出にも成功している⁽²⁾ (図2)。

4. おわりに

これまでの機械ベースのロボットとは原理的に異なり、マテリアル自身に

情報処理機構を分子レベルでプログラミングした新しいケミカルロボットの可能性が見えてきたと考えている。さらに、最近では分子レベルで計算を行う分子コンピューティングの研究も行われている。したがって、遺伝子のような設計図分子と薬品を混ぜるだけでできるロボットも夢ではないのである。

(原稿受付 2014年2月12日)

[前田真吾 芝浦工業大学]

●文 献

- (1) Maeda, S., Hara, Y., Sakai, T., Yoshida, R. and Hashimoto, S., Self-Walking Gel, *Adv. Mater.*, **19-1** (2007), 3480-3484.
- (2) Maeda, S., Hara, Y., Yoshida, R. and Hashimoto, S., Peristaltic Motion of Polymer Gels, *Angew. Chem. Int. Ed.*, **47-35** (2008), 6690-6693.