

化学反応でランダムに駆動される 微小モーターから生成される指向的運動 (同志社大理工) ○山本 大吾・向井 敦志・塩井 章久

【緒言】 生体内のキネシンに代表される分子モーターやウィルス・細菌といった微生物は、媒質分子の熱揺らぎを全身で強烈に受けているにも拘わらず、ブラウン運動とは異なる指向的運動を生み出している。これらの運動は、制限環境の付加あるいは周囲の外部環境を敏感に感じ取る走化性によって、外部エネルギーを持続的に一方向の駆動力に変換することで可能となっている。本研究では、このような熱揺らぎと持続的な駆動力のせめぎ合いの中で起こるミクロな世界の運動現象を表現できるシンプルなプロトタイプを人工的に作製することを目的としている。

【実験】 過酸化水素は、白金などの触媒下で、分解反応($2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$)により容易に分解される。市販の白金粒子(公称値: $1\ \mu\text{m}$)を1%の過酸化水素水中に分散させ分解反応を進行させ、その反応溶液中での白金粒子の運動の様子を光学顕微鏡で観察した。

【結果と考察】 過酸化水素水中での球状白金粒子の運動の様子をFig.1(上)に示す。粒子は見かけ、純水中よりもブラウン運動が増幅したような激しいランダム運動を行うことがわかった。その軌跡から求めた時間と平均二乗変位の関係を Fig.1(下)に示す。二次元のEinstein-Smoluchowski の式($\langle r^2 \rangle = 4Dt$)によればランダム運動の場合、両対数プロットをとると傾きが1となる。図より、 $t > 1\ \text{s}$ の範囲で傾きが1であることから巨視的時間スケールではランダム運動であるが、それよりも短い微視的時間スケールでは傾きが1より大きいことがわかる。典型的な規則的運動の一つである等速直線運動では傾きは2であるため、微視的にはランダム運動と直進運動の過渡的な運動を示していることがわかる。また、対照実験として、純水中ではどの時間範囲でも完全なランダム運動であることを確認している。これらの結果は、本反応による推進力は巨視的時間スケールではランダム力であるが、微視的には時間依存性を持つことを示しており、生物的運動の一つである大腸菌の遊走パターンを模した結果となっている。熱力学第二法則によればブラウン運動のような完全なランダム運動から仕事は取り出すことは不可能である。しかしながら、本反応による運動は微視的には運動に規則性があるため、制限環境を与えることで指向的運動を取り出すことが可能であると考えられる。

制限環境の一例として、過酸化水素水中における凝集沈殿体の基板上での二次元的挙動の観察を行った(Fig.2)。凝集体はそれぞれ(a)流線型、(b)ブーメラン、(c)風車のような形状をしているが凝集体形状に応じて運動モード(並進、公転、自転)が異なっていることがわかる。また、(a)と(b)の運動を見ると凝集体の並進運動には異方性があり、粒子に対して常に同じ進行方向で移動していることがわかった。本研究ではさらに、粒子形状に関して定量的な解析を行っており、運動メカニズムの解明も試みている[D. Yamamoto et al., *J. Chem. Phys.*, in press]。詳細は当日、報告する予定である。

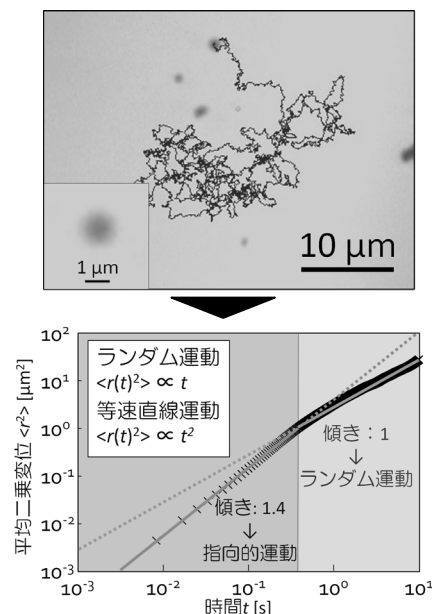


Fig. 1 Top: Trajectory of the motion of a spherical Pt particle in 1% hydrogen peroxide water for 1 min. Bottom: relationship between time and mean square displacement.

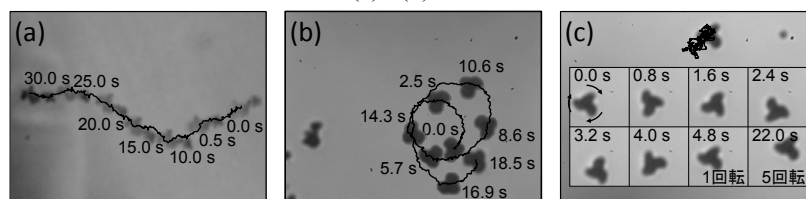


Fig. 2 Trajectory and snapshots of (a) translation, (b) rotation, and (c) spin motions of Pt aggregates in 1% hydrogen peroxide water.

Catalytic micromotors generating regulated motion propelled by random force

D. YAMAMOTO, A. MUKAI, A. SHIOI (Doshisha Univ., dyamamot@mail.doshisha.ac.jp)

We report that a simple object solely made of platinum generates regular motion driven by a catalytic chemical reaction with hydrogen peroxide. A spherical platinum particle, which shows apparently random motion, exhibits the tendency to cause ballistic motion for the time scale less than 1 sec. Such a characteristic enables to make particle motion regulated for longer time scale by the control of its morphology or spatially confined field. Actually, a rich variety of random and regular motions were observed depending on the morphological symmetry of the aggregates. The experimental trend is well reproduced by a simple theoretical model by taking into account of the anisotropic viscous effect on the self-propelled active Brownian fluctuation.