

# 「マイクロテザードセルによるべん毛モーターの特性測定」

田中宏明

## 1. 背景

サルモネラ菌は長さ約  $2\mu\text{m}$ 、太さ約  $0.5\mu\text{m}$  の菌体表面に長さ約  $10\mu\text{m}$ 、太さ  $20\text{nm}$  のべん毛が数本生えており、このべん毛を、菌体に埋め込まれたべん毛モーターにより回転させ、水中を移動することが知られている。しかしべん毛モーターの仕組みは未だ解明されておらず、現在、べん毛モーターのトルク-スピード特性 ( $T-\omega$ 特性) の測定をはじめとした研究が行われている。

べん毛モーターの回転する様子を観察する方法にテザードセル法がある。これは、べん毛を一本だけ平面基板に固定した菌(テザードセル)の、菌体が回転する様子から、べん毛モーターの回転を観察する方法である。しかし、平面基板上ではテザードセルの菌体が回転中に基板とぶつかってしまい、べん毛モーターが自由に回転する様子を観察するのは困難である。

## 2. 目的

テザードセル法において菌体が干渉せず回転できるような凹凸構造を基板上にアレイ状に作製し(図1)、菌体の回転速度を測定する。

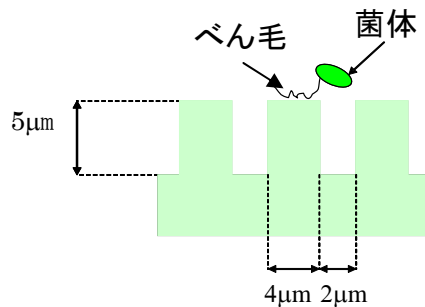


図1 凹凸基板を用いたテザードセル

## 3. 結果

電子線描画装置を用い、フォトマスクを作製、フォトリソグラフィーによりモールドを作製し、ソフトリソグラフィによってポリジメチルシロキサン基板を作製した。結果、高さ  $4.0\mu\text{m}$ 、上部が  $3.0\mu\text{m}$  四方の凸部を持った基板を得た。これはテザードセルを得るには十分な大きさであった。広島県立大学相沢研究室との共同研究により、べん毛モーターの回転子に蛍光タンパク YFP を組み込んだ細菌を用いてテザードセルの観察を試みた。凸部構造の上表面に付着しやすいという理由で、実験においてはべん毛がらせん状の細菌ではなく棒状の細菌を用いた。凹凸基板にはべん毛を吸着する抗体を塗布し、菌を滴下した後、テザードセルを観察した。結果、菌体が低速回転するものと高速回転するものの二種類のテザードセルが観察された。低速回転している菌体は回転数が  $5\text{Hz}$  以下であり、輝点の位置の経時変化をプロットした。結果、図2の印の位置のように極端に速度が遅い場所があり、菌体が基板表面にぶつかっていることが考えられる。図2の左図は固定されているべん毛の根本にあるモーターの輝点の位置、右図はそれ以外の場所での輝点の位置の経時変化のプロットである。

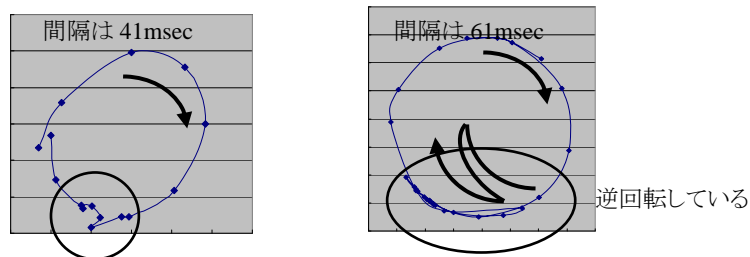


図2 輝点の位置の経時変化

高速回転している菌体について、輝点は円運動ではなく直線運動しているように見えたことから図 3 のような付着の仕方をしていると考えられる。しかし、カメラの時間分解能の関係上位置の細かい経時変化はプロットできなかったが、回転数は計測でき、15-35Hz であった。

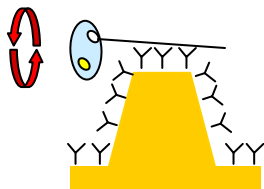


図 3 高速回転する菌体の固定のされ方

以上から平面上では菌体が基板に接触してしまうが、凹凸構造を用いることで基板に接触せずに自由回転するテザードセルを得ることが出来た。