

纖毛・鞭毛運動のバイオミメティクス

小林俊一, 森川裕久

信州大学 繊維学部 機能機械学科 数理工学講座

1. はじめに

纖毛や真核生物の鞭毛には共通の内部構造である, 周囲に9本, 中心に2本の細長い微小管があり, 周囲の微小管にはダイニンが附随している。Fig. 1 に示すようにダイニンは滑り力を発生し, 隣り合う微小管を先端方向に動かす。本研究ではこのメカニズムを模倣した新しい人工アクチュエータを開発することを目的とし, 本報ではそのコンピュータシミュレーション, 電磁石を用いた拡大モデルの推力特性について報告する。

2. コンピュータシミュレーション

人工アクチュエータは2組の微小管ペアによる平面波動運動ができる構成とし, 人工アクチュエータの弾性力と水の粘性抵抗力を考慮してシミュレーションを行った。なお, 人工アクチュエータの諸元はウニの精子の鞭毛に基づき, 全長を $30\mu\text{m}$, 直径 $0.2\mu\text{m}$, 周波数 35Hz とした。

Fig. 2 に人工アクチュエータの推進時の形状を, 屈曲運動1周期分示す。ヤング率 $E=1.00\text{GPa}$ の場合は, 全体にわたって振幅に変化がみられないが, $E=0.01\text{GPa}$ の場合は粘性抵抗により, 先頭部と尾分

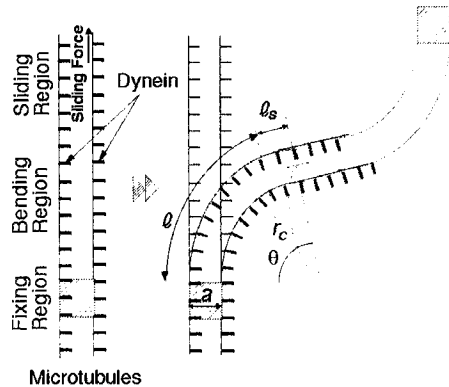


Fig. 1 Bending mechanism

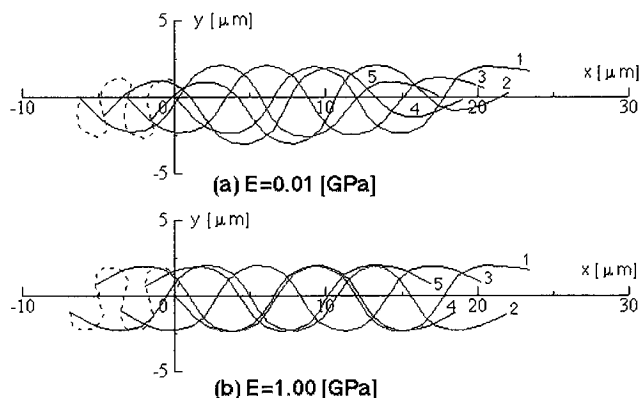


Fig. 2 Movement pattern of the artificial actuator during one cycle

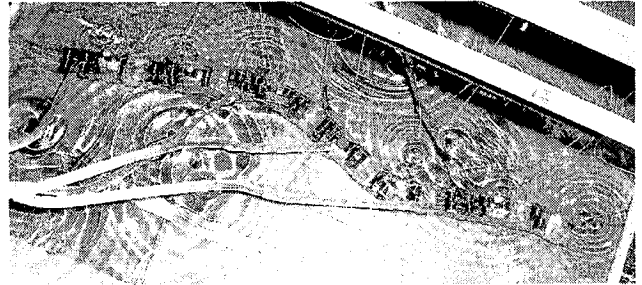


Fig. 3 Photograph of the artificial actuator in water

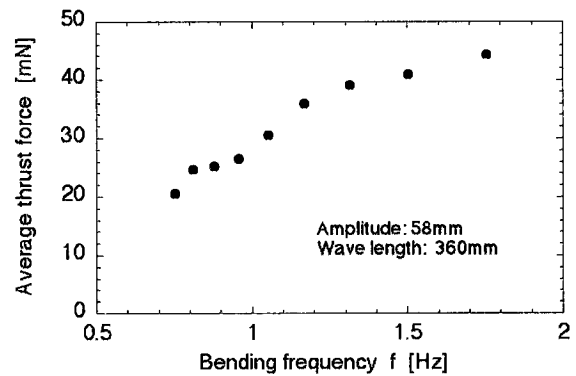


Fig. 4 Relationship between the bending frequency and average thrust force

付近で振幅の減少がみられる。

3. 拡大モデルによる実験的検討

Fig. 1 に示した2本の微小管による2次元屈曲を基本とし, 電磁石を利用した人工アクチュエータ拡大モデル(以降, 拡大モデルと呼ぶ)を開発した。微小管に相当する2本の柔軟体にダイニンに相当する電磁石を取り付け, 電磁石同士の吸着力と反発力を利用して屈曲動作を発生させる。Fig. 3 に水中における拡大モデルの外観を示す。拡大モデルは長方形断面の細長い形状で, 全長は 578mm である。電磁石は一列に 16mm 間隔で30個配置してある。

Fig. 4 に屈曲運動周波数と屈曲運動1周期の平均推力の関係を示す。拡大モデルは, 約 1.8Hz の運動で約 45mN の平均推力を発生した。

4. おわりに

今後, 拡大モデルを小型化しつつ, 液体の粘性を上げることによって, 相似的にコンピュータシミュレーションの結果を検証したい。

また, 纖毛・鞭毛運動の詳細な屈曲機構についてはまだ明らかにされていない点が多く, この人工アクチュエータを「纖毛・鞭毛運動シミュレータ」として, 詳細な屈曲機構の解明を支援する手段として提供したいと考えている。