

目的別テーマ：繊維系材料によるバイオミメティクス機能開発

研究テーマ

15-3-8：繊毛、鞭毛を規範としたアクチュエータの開発

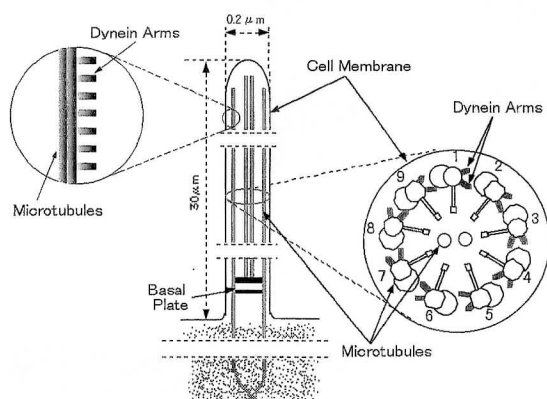
ABSTRACT

Cilia and Eukaryotic flagella possess two singlet microtubules and nine outer doublet microtubules. Protuberances of protein named as dyneins, are placed along doublet microtubules. Dyneins produce the active sliding force of doublet microtubules. Ciliary beating and flagellar movement are generated by the active sliding of doublet microtubules. We aimed to develop the artificial actuator imitating the active sliding of doublet microtubules in cilia and flagella. We have made an enlarged artificial actuator by using two flexible beams corresponding to two microtubules. To ensure active sliding in high viscous fluid for low Reynolds number, the pulleys with geared stepping motors corresponding to the dyneins were placed between two toothed timing belts as the flexible beams. Continuous bending wave was generated.

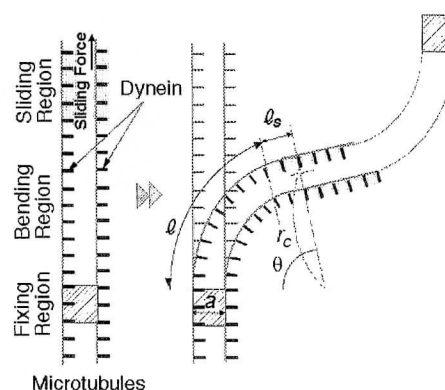
Furthermore, we developed an enlarged propulsion mechanism modeled on ciliary movement. To realize the effective stroke and recovery stroke of ciliary movement, the mechanism was equipped with a motor on its base and a variable-bending-stiffness fin made of Ionic Conducting Polymer gel Film (ICPF). We have made a paramecium type robot which consists of six variable-bending-stiffness fins.

研究目的

真核生物の繊毛・鞭毛は、共通の内部構造を持っており、周囲に9本、中心に2本の細長い微小管がある。周囲の微小管にはダイニンという運動蛋白質が附随しており、ダイニンが隣の微小管を滑らせることによって屈曲運動が発生する。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のシステムを考案・開発することを目的とする。



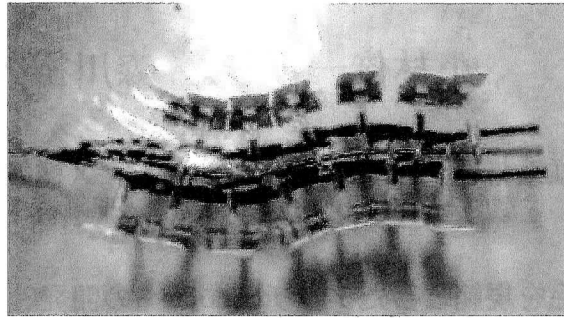
真核生物の鞭毛



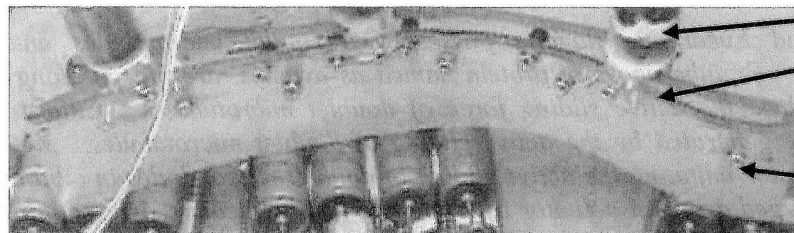
2本の微小管の屈曲メカニズム

5年間の研究内容と成果

ダイニンの動きを電磁石を用いて再現した人工アクチュエータを開発、確実な滑り動作が実現できるように電磁石の配置を改善した。これより、運動周波数 5.5Hz での屈曲運動が実現でき、水中での発生推力も増加した。しかし、高粘性液体での屈曲を可能にするため、電磁石に代わる、ギヤユニット付モータと歯付ベルトによる屈曲機構を考案、基礎設計を行い、基礎的な実験を行った。



人工アクチュエータ

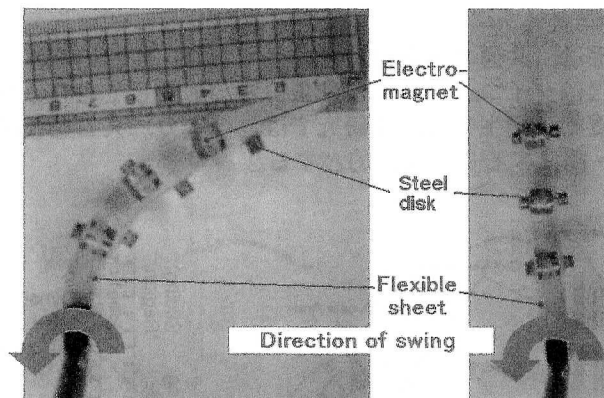


プーリ (ステッピングモータ) と歯付ベルトによる屈曲

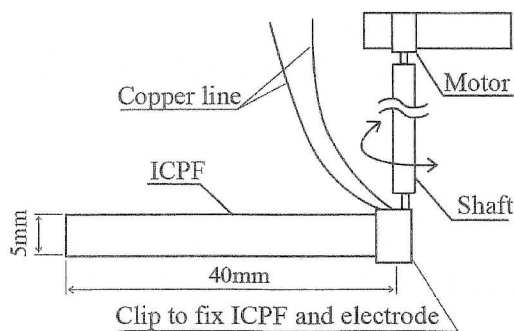
次に、微小管の滑りを規範とはしていないが、繊毛の特徴的な動きである、「有効打」と「回復打」を再現する、可変剛性フィンと基部のモータによる推進機構を検討した。

2枚のフレキシブルなフィン間の摩擦力を電磁石の動作により制御することによって、一本の繊毛の動きを再現した。

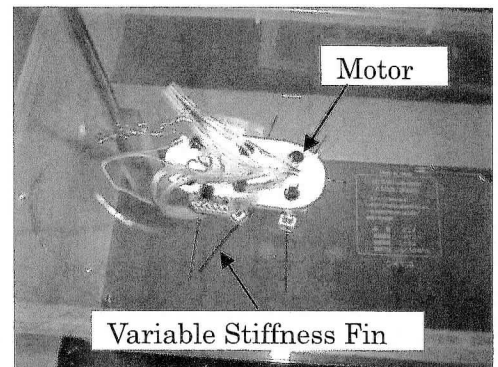
さらに、電磁石にかわり、イオン伝導性高分子フィルム (ICPF) を用いた可変剛性フィンを開発した。同フィンを多数用意した、回転や方向転換などの機動性のあるゾウリムシ型的水中推進機構を試作し、基礎的な推力特性の計測を行った。



水中における可変剛性フィン (電磁石使用)



可変剛性フィンの構成 (ICPF 使用)



ゾウリムシ型水中推進機構