小林俊一（し），森川裕久

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

１５年度研究テーマ

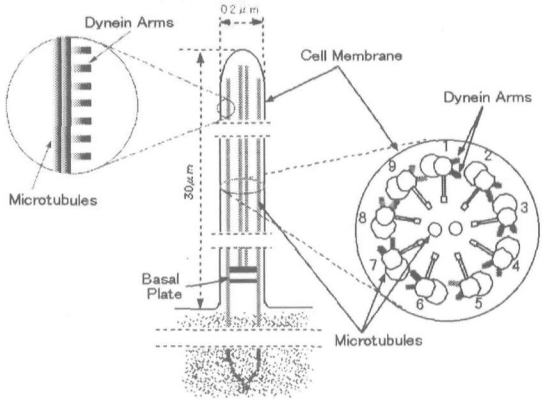
15-3-8：繊毛、鞭毛を規範としたアクチュエータの開発

ABSTRACT

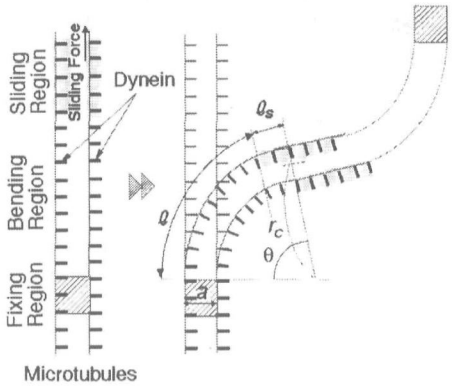
Cilia and Eukaryotic flagella possess two singlet microtubules and nine outer doublet microtubules. Protuberances of protein named as dyneins, are placed along doublet microtubules. Dyneins produce the active sliding force of doublet microtubules. Ciliary beating and flagellar movement are generated 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. As the first model of the actuator, we have made an enlarged artificial actuator by using two flexible beams corresponding to two microtubules. The electromagnets corresponding to the dyneins were placed along two flexible beams. To ensure larger active sliding, we modified the arrangement of electromagnets for the electromagnetic actuators. We have also designed new actuator which consist of geared motors and tooth belts for the propulsion in high viscous fluid. 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..

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

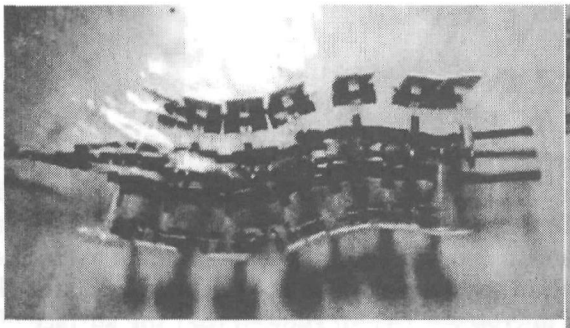
一年間の研究内容と成果

従来から用いてきた電磁石を用いた人工アクチュエータについて，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，従来よりも高い周波数における屈曲運動が実現でき，発生推力も増加した。

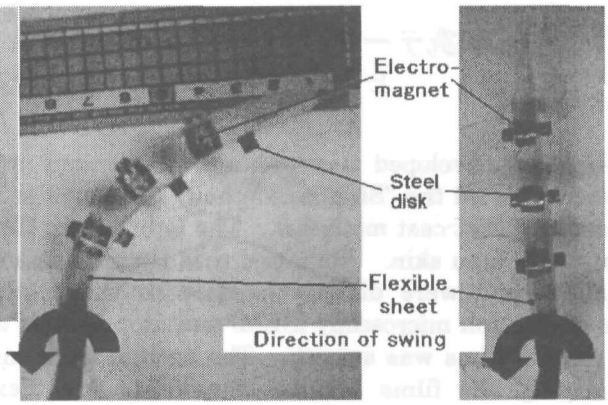
また，高粘性液体での屈曲を可能にするため，電磁石に代わる，ギヤユニット付モータと歯付ベルト

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。

さらに，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開発，基礎的な推力特性の計測を行った。



水中における改善した人工アクチュエータ



低剛性　　高剛性

水中における可変剛性フィン

展望

今回提唱した人工アクチュエータは，生物の繊毛や鞭毛の運動環境である，流体の粘性力が運動の慣性力よりも大きな，「低レイノルズ数領域」における推進機構として有効であると考えている。そのため，特に高粘性流体での推進機構について重点をおいて検討を行っていきたい。また，今回開発した可変剛性フィンについては，さらなる小型化を検討している。推力の評価には，人工アクチュエータの運動に伴う液体流れの把握が必要である。そのための流れの可視化，数値流体力学による解析も行っていきたい。