

平成 23 年 6 月 10 日現在

機関番号：13903

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009～2010

課題番号：21860043

研究課題名（和文） 高効率な局所的治療を実現するカタパルト型分子マシンの開発

研究課題名（英文） An Impulsive Force Generator as a Micro size Transportable Device

研究代表者

山田 篤史 (YAMADA ATSUSHI)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・特任研究員

研究者番号：40534334

研究成果の概要（和文）：F1-ATPase, アクチンファイバ, 磁気ビーズ, マイクロビーズ, 磁気ピンセット, 光ピンセットを利用することで約10マイクロメートルほどのマイクロマシンの製作に成功した. このマイクロマシンは, 申請者らがこれまでに提案しているロボット要素と同様, インパルス力の生成のために, 弾性体の飛び移り座屈を利用している. 外部磁場により駆動される世界最小の飛び移り座屈を実現した. また, 数値シミュレーションにより, 制作したマイクロマシンが飛び移り座屈を生成することが可能な構造を有していることを確認した.

研究成果の概要（英文）：We have developed minimum micro-scale impulsive force generator (micro-catapult) utilizing snap-through buckling of an elastic material. It is the first successful example to store the elastic energy and release it as kinematic energy by using a rotary motion of protein. The device consists of motor protein (F₁-ATPase) immobilized on a coverslip and actin bundle coated with microbeads as an elastic material. It has a closed loop structure of the actin bundle with the length of about 10 μ m. One end of the actin bundle is fixed with F₁-ATPase through a magnetic bead as an active rotary joint, and the other end of the actin bundle is fixed on the coverslip through a terminal microbead as a passive rotary joint. Using this device, elastic energy stored in the actin bundle mainly by bending deformation of it can be obtained as impulsive force utilizing snap-through buckling generated by the driving torque of F₁-ATPase with added ATP and an external magnetic field torque. As a result, this is the first success example to convert a rotary motion of protein into different motion mode (snap-through buckling). The acceleration generated by the proposed micro-catapult reached more than 120 μ m²/s under a solution and dozens of repeated snap-through buckling could be obtained for one the assembled devices.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,080,000	324,000	1,404,000
2010年度	980,000	294,000	1,274,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,060,000	618,000	2,678,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：マイクロマシン, 知能機械, 知能ロボット, 飛び移り座屈, インパルス力

1. 研究開始当初の背景

生体内に入るほど小型でありながら、機械的稼働部を持つマイクロマシンは、薬の輸送手段や針入などの力学的作用を及ぼす装置として有用である。

2. 研究の目的

本研究では、申請者らが提案している帯状弾性体の飛び移り座屈を利用した機械的閉ループ構造を有するインパルス力生成装置をマイクロサイズで実現することを目的とした。

3. 研究の方法

回転関節部として、世界最小の回転モータである、分子モータ (F_1 -ATPase) を利用する。そして、このモータの運動を観察するために確立している方法を拡張して、マイクロマシンを製作する。弾性体として、筋繊維であるアクチンファイバを束にしたアクチンバンドルを用いる。駆動装置は外部磁場を利用し、アクチンファイバの端点を分子モータと光ピンセットでそれぞれ固定することで、機械的な閉ループ構造を構築する (Fig. 1)。

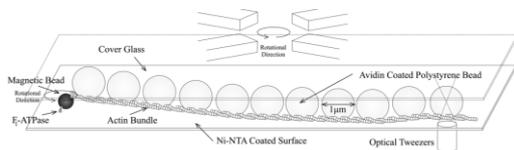


Fig.1 Experimental setup

4. 研究成果

本研究では、長さ約 10 マイクロメートルの、生体材料を用いたインパルス力を生成するためのマイクロマシンの実現に成功した。この装置は、分子モータ F_1 -ATPase、アクチンファイバ、磁気ビーズ、マイクロビーズ、磁気ピンセット、光ピンセットから構成される。その構造を Fig. 2 に示す。

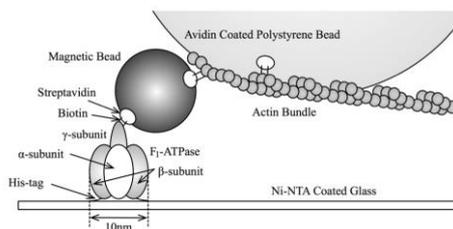


Fig.2 Structure of a proposed micro size impulse force generator

(1) 構成

製作したマイクロマシンは、根元の回転関節として、 F_1 -ATPase を用いた。 F_1 -ATPase の回転子には、外部磁場を用いて駆動するための磁気ビーズを固定した。そして、アビジン-ビオチン結合を用いて、弾性体であるアクチンファイバを接続した。アクチンファイバは、インパルス力を生成するために必要な弾性エネルギーを蓄えやすいように、その運動を平面上に限定する。そのために、複数のポリスチレンビーズをアクチンファイバに固定した。そして、もう一方の端点は光ピンセットを用いて固定した。この固定点は、フリージョイントとなっていることに注意する。

(2) 動作実験

設計したマイクロマシンは、申請者らがこれまでに提案しているロボット要素と同様、インパルス力の生成のために、弾性体の飛び移り座屈を利用している。飛び移り座屈の様子を Fig. 3 に示す。

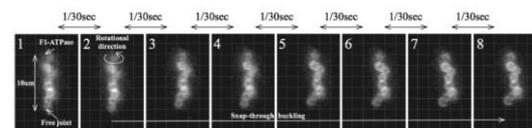


Fig.3 Micro size snap-through buckling

図では、上側端点が F_1 -ATPase を用いた回転関節となっており、磁気ピンセットで駆動される。時計周りに駆動すると、やや直線状だったアクチンファイバがアーチを描いて変形した。アクチンファイバが弾性体であるので、そこに弾性エネルギーが蓄えられたと考えられる。続けて磁気ピンセットで駆動すると、ある時点でアクチンファイバが反対向きに急激に変形した。このとき、アクチンファイバに飛び移り座屈が生じ、インパルス力が生成されたと考えられる。

(3) 解析

撮影動画を用いて、マイクロビーズの位置をトラッキングした。製作した長さ約 10 マイクロメートルのマイクロマシンの飛び移り座屈前後の形状を Fig. 4 に示す。初期形状から、座屈後の形状が大きく変化しているのがわかる。

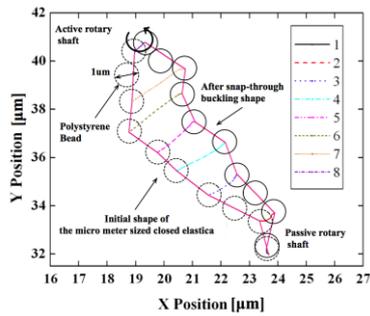


Fig.4 Position of the beads

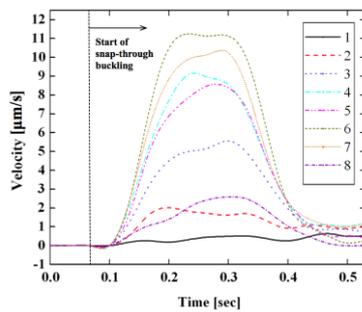


Fig.5 Velocity of each bead on the actin fiber

また、飛び移り座屈前後の各ビーズの並進速度および加速度の変化を Fig.5, Fig.6 にそれぞれ示す。

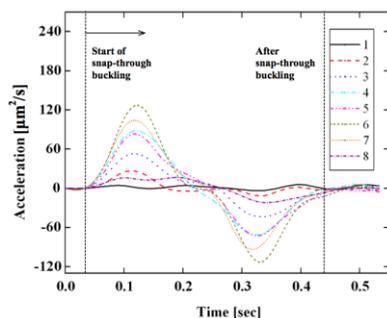


Fig.6 Acceleration of each bead on the actin fiber

マイクロサイズながら、加速度が生成されていることがわかる。よって、生体材料を用いて、世界最小の飛び移り座屈が生成できることを確認できた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 1 件)

Fujimoto, H., A. Yamada, H. Mochiyama, A. Sumino, K. V. Tabata, T. Dewa, M. Nango, and H. Noji: Challenge to Micro-Scale Impulsive Force Generator, Proceedings of the Second World Congress International Academy of Nanomedicine (IANM) NANOMED 2010, 2010.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称：瞬発力発生装置

発明者：藤本英雄, 望山洋, 山田篤史

権利者：藤本英雄, 望山洋, 山田篤史

種類：

番号：特願 2009-050647 PCT/JP2010/053292

出願年月日：2010年3月2日

国内外の別：国外

○取得状況 (計 0 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

[その他]

ホームページ等

http://web.me.com/atsushi_yamada/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田篤史 (YAMADA ATSUSHI)

名古屋工業大学・大学院工学研究科・特任
研究員

研究者番号：40534334

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：