

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：17401

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2019

課題番号：18K18833

研究課題名（和文）光刺激による新規非接触式直動アクチュエータの開発

研究課題名（英文）Development of novel non-contact linear actuator by using a photo-initiation

研究代表者

小俣 誠二（Omata, Seiji）

熊本大学・大学院先端科学研究部（工）・助教

研究者番号：60624814

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,800,000円

研究成果の概要（和文）：光刺激による非接触式直動アクチュエータの開発の目的として、光を吸収する効率を高め、柔軟な繊維を束ねることにより、高速かつ一軸方向への変位を可能とする駆動システムを創生する。フォトクロミックな分子構造を有するモノマーの選定を行い、フォトクロミック分子を含む高分子材料を合成するための環境を整え、材料調整が可能な状況になった。一方、顕微鏡上で動的に観察しながら計測が行えるように、実体顕微鏡上にUV光を照射するために装置を作製し、光駆動アクチュエータの駆動現象をリアルタイムで観察するシステムとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

光運動材料を用いた非接触アクチュエータは、バルク組織構造を呈している為、大きな変形を誘導する事が物理的に困難である。ゆえに、大きなストロークを得る為には、柔軟かつ均等に光刺激を受けて変形する必要がある。上記課題を解決する事した報告は無く、高柔軟性を有するナノ線維構造の加工およびアクチュエータとしてのシステム構築を行う必要がある。この開発により、世界初の光駆動直動アクチュエータを実現する。

研究成果の概要（英文）：As a purpose of developing a non-contact linear motion actuator by optical stimulation, we have attempted to create a drive system that improved the efficiency of absorbing light and bundles flexible fibers to enable high-speed and uniaxial displacement.

We have selected a monomer having a photochromic molecular structure, prepared an environment for synthesizing a polymer material containing a photochromic molecule, and made it possible to adjust the material. On the other hand, a device have been prepared for irradiating a UV light on a microscope so that measurement could be performed while observing dynamically on a microscope, and it became a system for observing the driving phenomenon of a light-driven actuator in real time.

研究分野：ソフトメカニクス

キーワード：ソフトメカニクス ソフトアクチュエータ フォトクロミックポリマー 非接触駆動

1 . 研究開始当初の背景

近年 , 人と強調するロボットや生物を模倣したロボットなどの研究において、ソフトロボティクスに代表される柔軟材料を用いたソフトアクチュエータの開発が盛んに行われている。これらの駆動方式は主に、形状記憶合金を用いることによる電圧駆動方式や中空糸や、ゴムチューブを用いることによる空気圧を用いた方式などにより目覚ましい成果が報告されている。一方、これらの問題点として、配線・配管を巡らす必要があり、設置自由度の低下が挙げられる。このため、隔離環境が必要な空間において非接触駆動が行えるようなアクチュエータを開発する必要がある。

近年において、光屈曲性分子であるアゾベンゼンを代表とする光運動材料を含有する液晶高分子をシート状に加工する事により、紫外光刺激によるシートの曲げ駆動を行う事が報告され、光駆動性アクチュエータの開発が盛んに行われている。さらに、水和ゲル中に光運動材料を混合する事により芋虫様に駆動する事が可能になり、直動駆動に対するアプローチが提案され始めている。しかし、既報成果において駆動時間が1秒以上かかるのが現状である。これは材内での高分子の流動が低いことと、光が照射される表面付近のみが変形することが主な原因と考えられている。

上記の課題を解決するため、光が照射される表面積を増やすことと材料内の高分子の流動を高くすることが駆動速度向上に有効であると考えられる。このため、本研究では表面積を増加させる工夫として、材料をナノ繊維に加工することにより変形速度を向上することを目指す。

2 . 研究の目的

高速直進駆動を可能にする非接触アクチュエータの開発を行う事を目的とする。変形速度を増加させるため、高分子ゴム状材料中に光運動材料が存在しているため、光刺激により光運動材料が変形しても周囲の高分子が従属的に変形する事が難しい。この結果、光刺激に対する変形応答が遅れ生じ、巨視的な変形速度が低下する。このような問題を解決するために、ナノ線維化を提案する。

3 . 研究の方法

ナノ繊維上に混合高分子を加工し、表面積を増加させる事を目的とする。なぜならば、既報にある様に混合高分子物体(多くはフィルム状)は、混合されている光運動材料の紫外線吸収性が高いために、照射表面近傍の数 μm のみしか照射光が侵入されない。これにより、照射表面近傍の光運動材料のみが変形するため、その表面のみが収縮し、巨視的に曲げ変形が発生する。直動式アクチュエータとして用いるためには、光運動材料を有する物体全体が収縮するか、その物体の表面すべてが収縮する必要がある。このため、直動運動方向に垂直な方向に均等かつ、微細な構造を有する必要がある。この形態を表現するためには、その物体をサブミクロンのナノ線維構造に加工する事が要求される。

具体的には、光駆動分子として、ジアミノアゾベンゼンを採用し、ジメチルホルムアミド中にて meso-ブタン-1,2,3,4-テトラカルボン酸二無水物(MSDA)を用いて、常温において脱水縮合することにより、ポリアミック酸のポリマーを重合した。この高分子溶液をガラスシリンジに入れ、シリンジ先端に付けた金属ノズルに、溶液を充填した。このノズルに直流20kVを印加し、電解紡糸法を構成した。ノズル先端から射出されたナノ繊維をグラウンド設置された金属板に体積させ、光駆動可能な繊維アクチュエータを作製した。この時、グラウンド設置用の金属は、日本の棒を

4 . 研究成果

フォトクロミックな分子構造を有するモノマーの選定を行い、フォトクロミック分子を含む高分子材料を合成するための環境を整え、材料調整が可能な状況になった。一方、顕微鏡上で動的に観察しながら計測が行えるように、実体顕微鏡上に紫外線光を照射するために装置を作製し、光駆動アクチュエータの駆動現象をリアルタイムで観察するシステムとなった。

作製した高分子ナノ繊維にUV照射を行ったが、現状の方法では十分な収縮現象を示すに至らなかった。

今後は分子密度の調整や合成方法の再検討を行い、高速運動するアクチュエータの開発を推進する。さらに、繊維を多孔質化することにより、繊維の表面積を増加させるだけでなく、繊維の

剛性を低下させるような加工方法を模索し、より高速な運動が可能なアクチュエータの開発を行う予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Gallab, Omata, Harada, Mitsuishi, Sugimoto, Ueta, Totsuka, Araki, Takao, Aihara, Arai	4. 巻 10
2. 論文標題 Development of a Spherical Model with a 3D Microchannel: An Application to Glaucoma Surgery	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 297 ~ 297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi10050297	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Omata Seiji, Someya Yusei, Adachi Shyn 'ya, Masuda Taisuke, Hayakawa Takeshi, Harada Kanako, Mitsuishi Mamoru, Totsuka Kiyohito, Araki Fumiyuki, Takao Muneyuki, Aihara Makoto, Arai Fumihito	4. 巻 13
2. 論文標題 A surgical simulator for peeling the inner limiting membrane during wet conditions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 PLOS ONE	6. 最初と最後の頁 e0196131
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1371/journal.pone.0196131	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Gallab Mahmoud, Tomita Kyohei, Omata Seiji, Arai Fumihito	4. 巻 9
2. 論文標題 Fabrication of 3D Capillary Vessel Models with Circulatory Connection Ports	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Micromachines	6. 最初と最後の頁 101 ~ 101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/mi9030101	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 4件）

1. 発表者名 S. Omata
2. 発表標題 Bionic Sensor for Evaluating Applied Force in a Retinal Surgical Simulator.
3. 学会等名 SII2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Omata
2. 発表標題 Eye Surgery Simulator for Evaluation of Surgical Technique
3. 学会等名 MHS2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 M. Gallab
2. 発表標題 Surgical Simulator for Training of Minimally Invasive Glaucoma Surgery
3. 学会等名 MHS2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 S. Omata
2. 発表標題 Eye Surgery Simulator for the Training of Minimally Invasive Glaucoma Surgery Skills
3. 学会等名 MHS2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 小俣 誠二他
2. 発表標題 Bionic-EyE : 眼内手術訓練のための眼底力計測
3. 学会等名 ROBOMECH2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小俣 誠二他
2. 発表標題 バイオニックアイ：緑内障手術シミュレーションのための眼球モデル
3. 学会等名 ROBOMECH2018
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----