

# 研究助成研究成果報告書

平成31年 4月 13日

公益財団法人江野科学振興財団  
理事長 江野真一郎 殿

貴財団より助成のありました研究の成果について下記のとおり報告します。

申請者名

\_\_\_\_\_小山 大介\_\_\_\_\_ 印

記

## 1.研究課題名

和文	超音波による機能性エラストマーの弾性制御と光デバイスへの展開
英文	Elasticity control of functional gel using ultrasound and its application to optical devices

## 2.申請者名(代表研究者)

氏名	小山 大介	ローマ字表記	Daisuke Koyama
所属大学・機関名	同志社大学	英訳表記	Doshisha University
学部・部課名	理工学部	英訳表記	Faculty of Science and Engineering
役職名	教授	英訳表記	Professor

## 3.共同研究者 (下段 英訳表記)

氏名	所属機関名・学部名・役職
(氏名)	
----- (英訳表記)	----- (英訳表記)
(氏名)	
----- (英訳表記)	----- (英訳表記)
(氏名)	
----- (英訳表記)	----- (英訳表記)
(氏名)	
----- (英訳表記)	----- (英訳表記)

#### 4.英文抄録（300 語以内）

Viscosity of thixotropic materials changes with the stress. In this study, control of the viscosity of a thixotropic gel using ultrasound was investigated, and the surface profile of the gel were controlled by the radiation force of ultrasound. The ultrasound device was fabricated to evaluate the change in the viscosity and the surface profile of the gel. The device consisted of two piezoelectric lead zirconate titanate transducers glued to each end of a 60-mm-long rectangular glass substrate. Thixotropic gel made from silicone oil and hydrophobic fumed silica was used as a thixotropic material. A 0.9-mm-thick thixotropic gel film was formed on the glass substrate. By applying an input voltage to each transducer, the flexural standing-wave vibration mode was generated on the device along the length direction at 71 kHz. The ultrasound vibration on the glass substrate propagated into the gel film and decreased the film viscosity, and its surface profile could be changed statically by the acoustic radiation force acting from the gel to the surrounding air, generated by the flexural vibration of the substrate. The transient response of the surface profile was observed by switching the ultrasound excitation on and off to investigate the time constants. When the excitation was switched off, the gel displacement gradually decreased, but the surface profile did not return to that of the initial steady-state, indicating that the viscosity recovered in time to preserve the surface profile. When a pulsed MHz signal was used to control the gel deformation, the surface profile rapidly approached the initial steady-state profile after the excitation. These results imply that the viscosity of the thixotropic gel can be controlled by ultrasound vibration.

#### 5.研究目的

高速で画面奥行き方向に移動する物体をカメラで撮影する場合、常に撮影対象にピントを合わせる必要があり、そのためにはアクチュエータとギア機構を通じてレンズを高速に光軸方向へ移動させなければならない。一方携帯電話などにカメラモジュールを組み込む場合、これらアクチュエータなどの動作機構が必要となるため大型化するため、現在応答速度の高速化とデバイスの小型化の両立が課題となっている。本研究の最終目標として、機械的可動部を持たず、超音波による放射力を利用した小型高速応答レンズの開発を行う。提案するレンズはレンズ位置を動かすのではなく、超音波によって人間の眼の水晶体の様にレンズ自身の変形可能な機能性エラストマーを利用した、焦点位置を変化可能な可変焦点レンズである。従来の機械型で必要なレンズを動かすためのギアやアクチュエータなどの機械的可動部が不要であり、大幅な小型・薄型化を実現する。

提案レンズでは、超音波によってその弾性を制御可能な機能性エラストマーを利用する。すなわち、エラストマーのチキソトロピー（揺変性）を利用し、ゲル状態のエラストマー中に超音波を照射し分散質の網目構造を壊すことにより一時的に著しく弾性率を下げ、その間に超音波の放射力によってエラストマーを所望の形状に変形させる。その後超音波照射を止めると網目構造が復活し、弾性率が増加して変形形状が維持されるため電力供給なしでレンズ形状を維持できる。

今年度はその基礎研究として、上記要素技術の実現可能性と超音波によるエラストマーの弾性率制御に関する基本特性について検討する。第二に上記と平行して、超音波放射力による変形の基礎特性を検討するため、一般的なエラストマー（例えばシリコンゴム）を利用して、超音波の放射力によって変形可能な光学デバイスの基礎特性についても検討し、両者を比較する。

## 6.研究内容及び成果の本文

別紙に作成添付してください。(冒頭に所属、氏名、研究課題を記載ください)

## 7.今後の研究の見通し

今回の研究助成期間では、提案手法の実現可能性を明らかにし、チキソトロピーゲルの超音波基礎特性の一部を評価した。本手法による可変焦点レンズなどの光デバイスの開発に向けて今後下記項目を検討する必要がある。

- ・ チキソトロピーゲルの粘性変化に関する超音波諸特性を評価する。特に、超音波周波数、音圧、パルス長などの超音波条件を変化させた場合に対するゲルの粘性変化の緩和時間を測定・評価する。これらの測定結果より、ゲルの粘性変化に関する物理メカニズムを明らかにし、物理モデルを構築し、目的とする光デバイスに最適な超音波条件の選定、および今後の開発に繋げる。
- ・ 化学組成の異なるチキソトロピーゲルの超音波特性を評価する。上項目と併せて検討し、デバイス開発に繋げる。
- ・ 最も単純な構造の可変焦点レンズの試作を行う。特にその応答時間、表面形状の評価を行う。
- ・ 光ディフューザなど他の光デバイスへの展開も検討する。

## 8.本助成金による主な発表論文、著書名

- [1] K. Masuda, H. Komatsu, D. Koyama, M. Matsukawa, "Control of the surface profile of a thixotropic fluid with ultrasound" submitted.
- [2] K. Masuda, D. Koyama, M. Matsukawa, Control of thixotropic gel using ultrasound, International Workshop on Piezoelectric Materials and Applications 2018 (2018.9)
- [3] 増田憲太郎, 堀江恭平, 小山大介, 松川真美, 超音波照射によるチキソトロピー性流体の表面形状制御, 電子情報通信学会 超音波研究会 (2018.12)
- [4] 増田憲太郎, 小山大介, 松川真美, 音響放射力によるチキソトロピーゲルの形状制御, 2019年電子情報通信学会総合大会 (2019.3)

[注1] 本報告書は、助成金を受けた翌年9月末までに必ず提出してください。

[注2] (お願い)印刷物の郵送と電子媒体の添付ご提供をお願いします。インターネットメールでの送付を歓迎します。<E-Mail: enozaidan@kokoku-intech.com>

[注3] この報告書を当財団のホームページに掲載させていただきますので、予めご了承ください。

※当財団へのご意見・ご要望がございましたら、下記へご記入ください。

お寄せいただいたご意見・ご要望は今後の参考にさせていただきます。

この度は貴重な研究助成を賜りまして誠にありがとうございました。本助成のお陰で計画に沿った研究活動を遂行することができました。大学内の予算のみでは実験を行うための材料費や、研究発表を行うための旅費の全てを賄うことができないため、大学に所属する研究者にとってこのような研究助成は大変貴重で有り難いものであり、今後の将来を担う学生にとっても教育上大変有意義であると考えております。今後も日本の基礎研究を支えて頂くためにも助成活動を継続頂けますと幸いです。

アンケートへのご協力ありがとうございました。

以上