

令和 5 年 5 月 19 日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K04074

研究課題名（和文）ゲルの接着性制御技術を駆使したマイクロゲルアクチュエータの開発

研究課題名（英文）Development of microgel actuators using gel adhesion control methods

研究代表者

中住 友香（Nakazumi, Tomoka）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・材料・化学領域・主任研究員

研究者番号：80738021

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、鋳型を用いることなく微小なゲルアクチュエータを作製する手法として、ゲル同士の接着によってゲルアクチュエータを組み上げる手法の提案を行った。高分子溶液を用いた導電性高分子ゲル同士の接着により、直流電圧で駆動するゲルアクチュエータの作製を行った。作製したゲルアクチュエータは、切削等で微小化しても駆動することを確認した。またゲルアクチュエータの力学特性および駆動変位について、測定方法も合わせて検討を行った。さらにゲルアクチュエータの部品のみをビーカーに入れて、攪拌のみでゲルアクチュエータを組み上げるには、ゲルの形状等が大きく影響することが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

柔軟で微小化が可能なゲルアクチュエータは、筋肉同様に微小化しても駆動させることができることから、近年活発に研究が行われているマイクロ流路などの微小空間での活躍が期待されている。このような特性を持つゲルアクチュエータであるが、作製時には鋳型を必要とし、鋳型から取り出す際に破壊しやすいなど多くの問題点を抱えていた。本研究ではこのような問題を解決するため、ゲル同士の接着性制御技術を提案し、鋳型を用いずゲルアクチュエータを作製可能とする手法の提案を行っている。このような新たな手法の提案は、これまでの問題とされていた作製方法に対して、課題解決のヒントを与えるものであり社会的な意義があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In this study, we proposed a method of assembling gel actuators by adhesion between gels as a method to fabricate micro gel actuators without using templates. The gel actuator driven by a DC voltage was fabricated by bonding conductive polymer gels. It was confirmed that the fabricated gel actuator can be driven even if it is miniaturized by cutting. In addition, we investigated the measurement methods of mechanical properties and displacements of the gel actuators. Furthermore, in the condition of putting only the parts of the gel actuators into a beaker and only stirring, it was clarified that the shape of the gel greatly affects the assembly of the gel actuators.

研究分野：ソフトアクチュエータ

キーワード：ゲル 接着性制御 ソフトアクチュエータ 高分子溶液

## 1. 研究開始当初の背景

近年、 $\mu$ -TAS やラボオンチップ分野の発展により、非常に小さな空間で活躍するソフトアクチュエータのニーズが高まっている。このような微小なアクチュエータの作製には、アクチュエータの性能を維持したままスケールダウンすることに加えて、アクチュエータを構成する微小なパーツをいかに組み上げるかが重要になる。筋肉同様にソフト&ウェットなゲルアクチュエータは、膨潤と収縮によって発生力を生み出すことが可能であり、スケールによらず同程度の効率で力を取り出すことができる。通常、ゲルは鋳型にモノマーを入れて合成し、鋳型と同じ形状のゲルを作製することができる。マイクロメートルオーダーの微小なゲルを合成しようとする、微小な鋳型を作製するコストが莫大であることや、後から微調整が難しいこと、また鋳型を抜き出す際にゲルが破損する可能性が高いなど多くの問題点があった。また、鋳型を用いて 3 次元的に複雑な形状のゲルアクチュエータを作製する際には、鋳型の設計が煩雑になることに加えて、抜き出す際に破損する可能性が高くなるなど改善が強く望まれていた。本研究では、このような微小なゲルアクチュエータの作製時に起こる問題を解決することを目指して、新たな作製手法の提案を行うことを目標とした。

## 2. 研究の目的

本研究では微小なゲルアクチュエータの作製時に必要な鋳型に関連する問題点を解決するため、微小なゲル部品を接着することで 3 次元的に複雑な形状を有する微小なゲルアクチュエータを作製可能とする新たな手法を提案することを目指した。また、接着性制御技術を用いて組み立てることで、マイクロ流路などの微小な空間で実際に使用可能なゲルアクチュエータとなることを目標として研究を行った。具体的には、導電性を有する高分子ゲルを高分子溶液で接着することで、印加電圧で駆動させることが可能な微小なゲルアクチュエータの作製を目指した。

## 3. 研究の方法

本研究では鋳型を用いることなく微小なゲルアクチュエータを構築するため、ゲル同士の接着性制御技術について検討を行った。ゲルアクチュエータとしては、電場によって駆動制御が可能な導電性高分子ゲル等を用いた。本研究では、導電性高分子ゲルを合成し、高分子溶液を用いて接着することにより、電場応答を可能とするゲルアクチュエータを構築した。本研究では電場応答型ゲルアクチュエータの駆動を最適化するため、導電性高分子の組成検討や、接着に用いる高分子溶液の組成等の検討を行った。またソフトアクチュエータの駆動特性を検証するため、変位の測定方法や力学特性の制御方法および計測方法について検討を行った。

#### 4 . 研究成果

本研究では高分子ゲル同士を接着により吸着させるため、様々な高分子溶液を用いて接着性制御に関する検討を行った。接着性は高分子ゲルの表面チャージに依存することが多く、接着に用いる高分子濃度にも大きく影響することが明らかとなった。特に電荷を持った高分子ゲルにおいては、ゲルの表面チャージと反対の電荷を有する高分子鎖を用いることで接着性が大きく向上することが明らかとなった。特に本研究で用いた導電性高分子ゲルはマイナスに帯電しており、プラスのチャージを有する高分子溶液を用いることで接着性を向上させることができた。高分子ゲル同士の接着性制御技術によって吸着させたゲルアクチュエータは、直流電圧によって駆動させることが可能であり、繰り返し耐久性も作製方法を工夫することで向上させることができることが分かった。本研究で作製した高分子ゲルアクチュエータは、切削等で微小化しても駆動可能なことを確認しており、プラスチックなど固体高分子と組み合わせることで強度調整が可能である。駆動変位の確認方法としては、風等の影響を受けないようボックスの中にレーザー変位計と計測対象のゲルアクチュエータを置くことで、正確に駆動変位が測定できた。ゲルアクチュエータの駆動特性について重要な力学特性については、どの程度の錘を持ち上げることができるかを実験することで簡易的に見積りを立てた。今後はこれまでに得られた知見を基に、正確な力学測定が可能な専用の装置を開発する予定である。また本研究では、ビーカーにゲルパーツを入れて混ぜるだけで、接着によって微小なゲルアクチュエータの作製ができるか検討を行った。このような作製方法では、ゲルの表面チャージや形状が接着可能性に大きく効いてくることが明らかとなったが、まだまだ不明な点も多く、今後詳細な検討を行ったうえで学会発表や論文等でその詳細を明らかにしていく予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中住 友香、南川 博之、原 雄介
2. 発表標題 ゲルの接着性制御技術を駆使した電場応答型ペーパーアクチュエータの創製
3. 学会等名 第31回 非線形反応と協同現象研究会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 原 雄介、中住 友香
2. 発表標題 接着性制御技術を応用した高分子ゲルアクチュエータの開発と機能制御
3. 学会等名 第32回 非線形反応と協同現象研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中住 友香、原 雄介
2. 発表標題 デンドリマーを架橋点に持つ高分子ゲルの機能と応用に関する研究
3. 学会等名 第32回 非線形反応と協同現象研究会
4. 発表年 2022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
研究分担者	原 雄介  (Hara Yusuke)  (90452135)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・材料・化学領域・主任研究員    (82626)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------