

## 2018年度 永守財団 研究助成 研究報告書

所属機関名	名古屋大学
職位または役職	助教
氏名	村島 基之

### 1. 研究題目

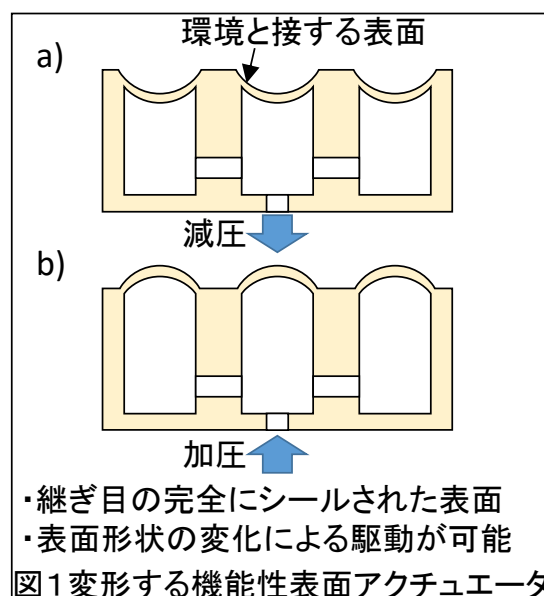
薄肉金属を用いた表面変形性を有する高出力機能性表面アクチュエータシステムの開発

### 2. 研究目的

本研究は申請者が新しく開発した表面が変形する機能性表面を応用した新しいアクチュエータを開発することが目的である。本研究の特徴は、継ぎ目のない完全にシールされた変形する表面を利用する点にあり、例えば流体中や腐食環境中においても使用可能である。また、表面自身が変形する機構であるため、省スペース性に優れたアクチュエータの開発が可能となる。

これまで申請者は、能動的摩擦・付着制御手法開発のために表面自身が変形する材料を開発し摩擦力の制御に成功している。この材料は固体樹脂材料でありながら元々の形状に曲率を持たせる工夫により 300  $\mu\text{m}$  を超える大変形が可能である。この表面は、変形時に外部に与える力により表面に接した物体を動かす新しいアクチュエータとなる(図1)。

昨年度実施された研究により、接触部に加わる力と接触状態の関係が明らかにされた。加えて、変形部その場観察装置を用いた変形量測定により、変形部一つ当たり 1.6 kJ の仕事エネルギーを与えることが可能であると明らかにされた。一方で、歩行を補助するような表面アクチュエータシステムなどではより大きな出力が求められる。本研究では、高出力の表面アクチュエータシステム開発のためにこれまで変形制御に成功している樹脂材料ではなく、強度の大きな薄肉金属を用いた変形表面アクチュエータの開発に挑戦する。



### 3. 研究内容及び成果

本年度の研究では、従来の樹脂で製作された変形表面に代わり、金属を用いることでより大きな出力を得ることを目的とした「薄肉金属表面変形アクチュエータ」の開発を実施した。従来の樹脂材料では、ダイヤフラム裏面に大きな圧力を加えた際に構造が破壊されていた。そのため、比較的低压の条件でのみ使用が可能であった。一方で、外部に与える出力を大きくするためには高い圧力下で変形させることが重要である。従って、本研究では樹脂材料と比較し強度の大きな金属を用いた薄肉金属表面変形アクチュエータの開発を実施した。

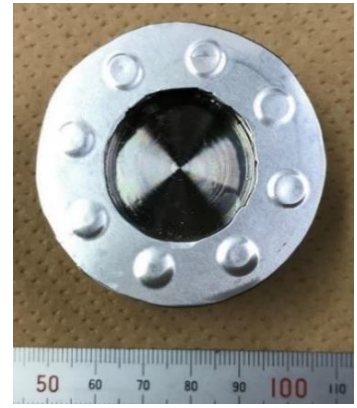


図2 試作した薄肉金属表面変形アクチュエータ

本研究では、金属材料を用いた変形表面を実現するために薄肉金属を用いることとして、その申請者が開発した技術である裏面に圧縮空気を加えて変形を達成するダイヤフラム構造という2点を利用した。製作した薄肉金属表面変形アクチュエータの外観は図2に示され、8点の変形部において金属でありながら変形していることが確認できる。

本研究で新規開発した薄肉金属表面変形アクチュエータの変形特性を明らかにした(図3)。このように、金属材料でありながら変形の最大変化量が1 mmを超える変形表面の開発に成功した。また、この薄肉金属表面変形アクチュエータの出力は3.1 kJと従来の1.6 kJから約2倍に引き上げられていることが明らかとなった。また、変形部が薄肉金属で作られることで油中での使用が可能となった。

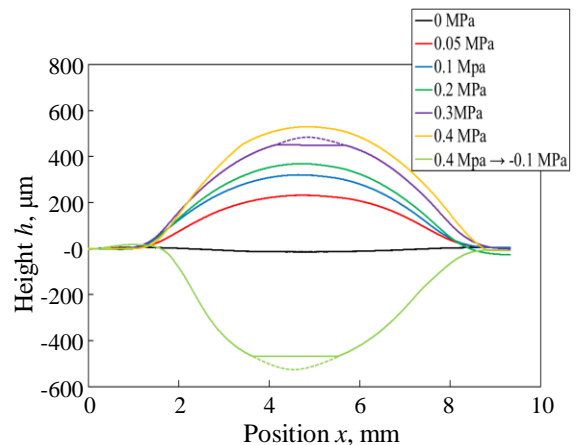


図3 薄肉金属変形表面の変形形状

上述のように、新規開発された薄肉金属表面変形アクチュエータは、油中での使用が可能となったため、本研究ではその摩擦特性および変形による摩擦の能動制御特性を実験により明らかにした。摩擦試験は、図4に示す摩擦面その場観察装置に図2で示されたシリンダ型試験片が取り付けられ実施された。

摩擦試験の結果、表面変形アクチュエータを用いることで自身の形状を変形させ、図5に示されるような油貧潤滑状態における能動的摩擦制御が可能であることが示された。

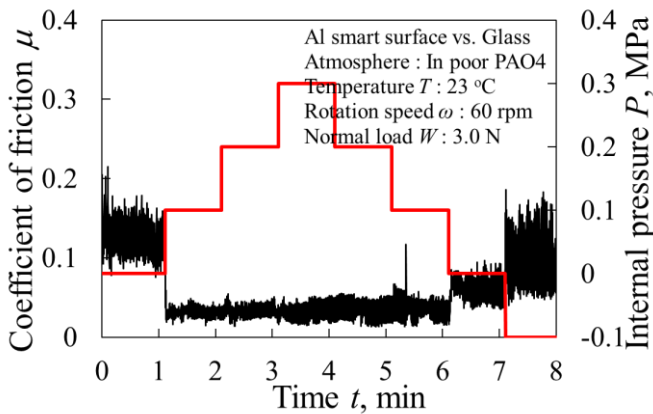


図5 表面変形の油貧潤滑状態における摩擦特性

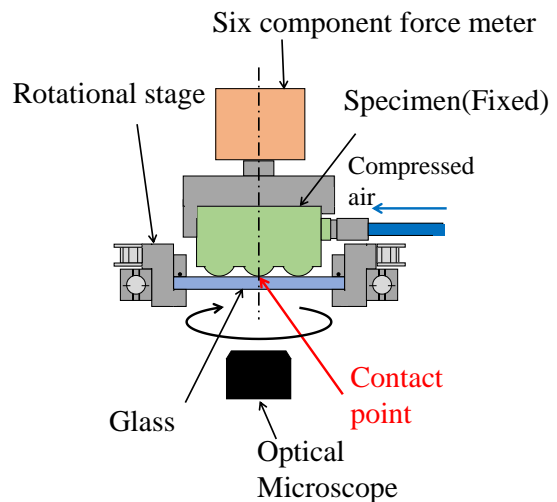


図4 スマートサーフェス用摩擦面その場観察装置

#### 4. 今後の研究の見通し

これまでの研究成果により潤滑油中においても薄肉金属表面変形アクチュエータの変形により摩擦を制御できることが新たに示され、薄肉金属表面変形アクチュエータの有用性が示された。一方で、変形した際にアクチュエータが相手面とどのように接触しているか(接触状態や真実接触面積)、また変形量と潤滑状態にどのような関係があるかという基礎的な知見はなく、薄肉金属変形表面の最適設計が困難な状態である。従って、今後は薄肉金属を用いた高出力変形表面アクチュエータシステムの変形による接触状態遷移メカニズムの解明と、最適設計指針の提案が重要な課題であると考えられる。

上述のメカニズム解明と最適設計指針の提案を行うために重要な点は、薄肉金属表面変形アクチュエータが実際に相手面とどのような接触状態にあるかを明らかにすることである。従って、薄肉金属変形表面の変形による接触状態(真実接触面積)の遷移を測定することが重要である。例えば、測定装置として変形表面に導電性の薄肉金属が使用されていることを利用して、変形表面と金属相手面間の接触電気抵抗をインピーダンスアナライザにより測定する手法が考えられる(図6)。接触電気抵抗と真実接触面積には比例の関係があることが知られており、こういった装置を用いることで真実接触面積の測定が可能となり、変形による接触状態の遷移が観察されることが考えられる。

また、図5に示された装置を用いることで乾燥状態だけでなく、油潤滑中における真実接触面積の測定も可能となる。また、キャパシタンスのリアルタイム測定により油膜厚さの測定も可能となる。これにより、変形形状と接触状態・潤滑状態の関係および遷移メカニズムが解明されることで、変形部曲率・変形部剛性などのアクチュエータの最適設計の提案が可能となる。

本研究で開発される薄肉金属変形表面は表面でありながら大きな出力を可能とするアクチュエータシステムへの発展が期待される。今後の研究によりその接触状態が解明されることで本アクチュエータの力の伝搬メカニズムを明らかにすることが可能となる。

加えて、単なる乾燥環境における接触状態の解明だけでなく、薄肉金属が使用されることで可能となった油潤滑中における接触状態も解明することで変形による潤滑状態遷移メカニズムの解明、加えてそのデータから変形部形状の最適化まで挑戦することが今後重要な課題となると考えられる。

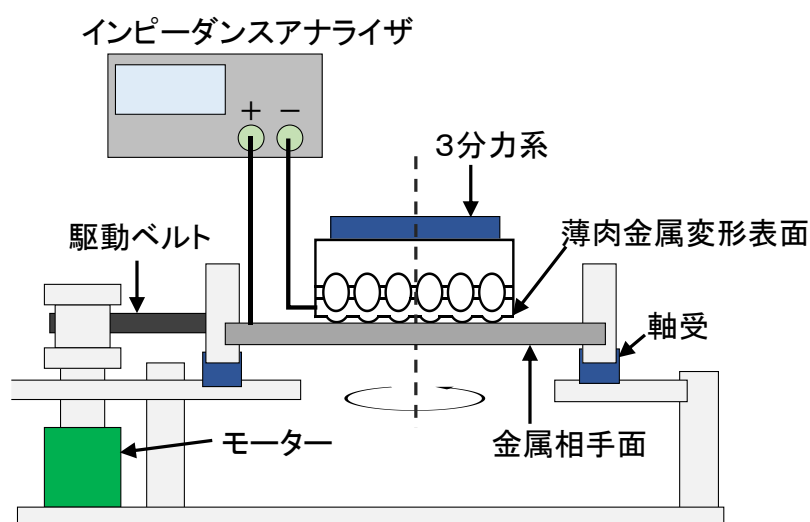


図6 薄肉金属変形表面の接触状態測定装置

#### 5. 助成研究による主な発表論文、著書名

トライボロジー会議 2020 秋 別府にて発表予定。題目：薄肉金属変形表面を用いた摩擦係数の能動的制御、著者：村島基之、今泉友佑、梅原徳次、野老山貴行