

〈一般研究課題〉 摩擦の能動的制御を実現する人間調和型
スマートサーフェスの開発
助成研究者 名古屋大学 村島 基之



摩擦の能動的制御を実現する人間調和型 スマートサーフェスの開発

村島 基之
(名古屋大学)

Development of human friendly smart surface with active friction control system

Motoyuki Murashima
(Nagoya University)

Abstract :

This research work shows novel surface controlling friction by its surface morphing. Friction control can realize machines which can support human activities by adapting their abilities and environmental conditions. In this research, we developed smart surface system which can achieve large scale morphing, more than 700 μm . In addition, we conducted friction test with the morphing surface. In the test, friction control is achieved by smart surface system. It is clarified that the system controls friction coefficient from 0.3 to 1.0.

1. はじめに

物体と物体の接触を制御することは、学問的には摩擦や付着の制御、実学的には省エネルギー機器の開発や物体の把持などに関わる重要な研究課題である。生物はどのような環境においてもその状況下で優れた性能を発揮する形状に能動的に形態を変化させることで、生存に有利な状況を作り出している。

現在の産業機器や人工物は、ある運転状態または全寿命を考えた場合に最適な設計となるように作られている。一方であらゆる状態において常に最適性能が発揮されるような設計となっているわけではない。これは、一般的な工業製品の形状が基本的には変形しないことが一因である。すなわち表面形状が能動的に変化する表面の開発は、個々人の体格、環境の変化などに応じて最適な性能

を發揮する人間調和型の機器の開発につながる重要な技術となる。

これまで、表面形状を変形させるシステムとしては可変形状ミラーやたわみを有するファイバーの伸縮を利用したシステムが開発されてきた[1]。一方で、これらの手法には、表面の形状変形が微小である、基材の変形が必要で汎用的な機械部品への応用が難しいなどの課題が存在していた。これらの課題を解決し、かつ摩擦力を能動的に制御可能な変形表面システムとしてスマートサーフェスシステムが開発された。この研究では、固体材料表面に初期凹凸と内部構造を形成することで数百 μm 以上の大変形および乾燥状態における摩擦係数を0.3から0.5まで能動的に変化させることに成功した [2]。

一方で、従来研究ではスマートサーフェス形状の最適化、内部に導入する圧力による表面変形および摩擦力への影響は解明されておらず、制御範囲が限られていた。本研究では、スマートサーフェスの変形量の違いが摩擦力へ与える影響を明らかにし、幅広い環境で最適性能を發揮することが可能な摩擦制御システムの開発を行う。

2. 試験片および実験方法

図1に本試験で使用したスマートサーフェス試験片を示す。試験片は円筒形状をしており、摩擦相手材である珪ホウ酸ガラスとの接触面に $\phi 6$ の変形部が8個等配されている。図1(b), (c)に示したように変形部はダイヤフラム構造となっており、その下部の内部構造の圧力を制御することで凹および凸形状となる。本研究では、3Dプリンタによりこの試験片を製作した。また、試験片材料には紫外線硬化型アクリル樹脂を用いた。

光学顕微鏡と摩擦試験装置を組み合わせ新しく設計・開発した図2のスラスト型摩擦試験機を使用した。この装置は下部に配置された顕微鏡を用いて、ガラス面に接した摩擦材料の接触状態を観察することが可能である。この装置は摩擦係数と接触状態観察がその場で実施可能であるため、スマートサーフェスの摩擦変化メカニズムの解明に大いに貢献できる。試験では、摩擦試験中にスマートサーフェス内部構造内の空気圧を制御し、表面形状の変化が摩擦係数に与える影響を明らかにした。

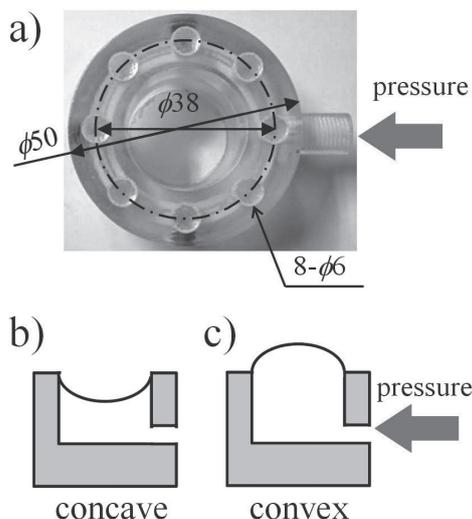


図1. 試作したスマートサーフェス試験片(a)外観写真, (b)圧縮空気がない場合の変形部形状, (c)圧縮空気が導入された場合の変形部形状

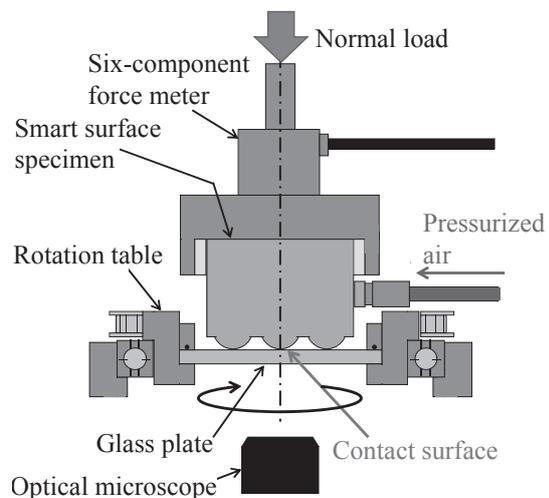


図2. 摩擦状態その場観察装置概略

3. 摩擦試験結果および考察

3.1 スマートサーフェスの表面形状変形

図3にスマートサーフェス内部構造内の圧力と表面形状を示す。本結果より、今回作成されたスマートサーフェスは0.1 MPaの圧力を印加した時点で凸形状に変形することが明らかとなった。また、圧力を上昇させるに従い凸形状の大きさは増加し、0.3 MPaを導入することで600 μm の変形を達成することができることが明らかとなった。

3.2 能動的摩擦制御

図4にスマートサーフェス表面を変形させた際の摩擦係数の変化を示す。この結果より、表面形状が変化することにより摩擦係数が0.3から1.0まで約3倍の幅を持って変化することが明らかとなった。また、凸状態であっても凸の大きさの程度により摩擦係数を制御可能であることが明らかとなった。

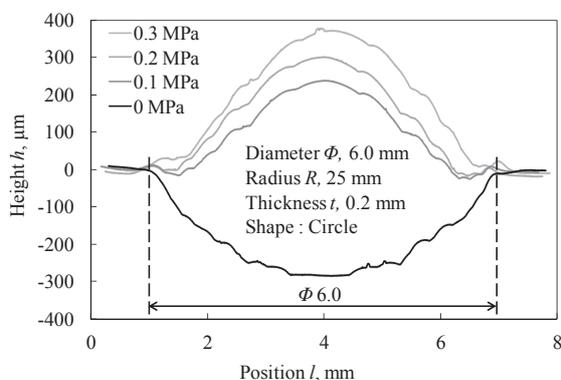


図3. 圧縮空気圧力の違いによるスマートサーフェス変形量

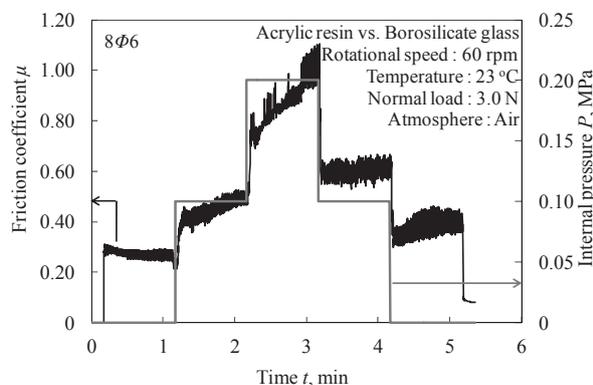


図4. スマートサーフェスの形状変形と摩擦係数の関係

4. まとめ

摩擦係数の制御を可能とするスマートサーフェスシステムの開発を実施した。0.3 MPaの圧縮空気を用いることで最大変形量600 μm を達成することが明らかとなった。また、変形量を制御することで摩擦係数を0.3から1.0と3倍の幅で制御可能であることを明らかにした。本研究の成果により、表面形状変形により摩擦係数の大幅な制御が達成され、個々人の能力や環境に合わせて最適な性能を発現する人間調和型機器開発の実現可能性が示された。

参考文献

- (1) Suzuki, K., and Ohzono, T., “Wrinkles on a textile-embedded elastomer surface with highly variable friction”, *Soft Matter*, Vol. 12 (2016), pp. 6176-6183.
- (2) 村島基之, 吉野笙太, 梅原徳次, “3Dプリンタを用いた変形表面の創製と能動的摩擦制御手法の開発-スマートサーフェスへの挑戦-”, *トライボロジー学会秋 2017高松講演予稿集* (2017), E39.