



空圧による形状変化を用いた摩擦力提示デバイスの開発

城山一真¹⁾, 瀬尾和也¹⁾, 永谷直久¹⁾

1) 京都産業大学大学院 先端情報学研究科 (〒603-8555 京都府京都市北区上賀茂本山, i1788089@cse.kyoto-su.ac.jp)

概要: 空気圧による軟質素材の膨張・収縮を用いた、指先装着型の摩擦力提示デバイスを提案する。装置はシリンダやポンプを用いた空圧制御装置と、空気が注入可能な指先装着型のエンドエフェクタで構成される。エンドエフェクタは指腹部が軟質素材でできており、空圧の制御で形状が変化する。物体と接触した際、指腹部の形状を変化させ、物体との接触面積を増減させることで摩擦力の制御を実現する。

キーワード: 空圧, 摩擦力提示, 装着型デバイス

1. はじめに

タッチパネルでの入力における触力覚フィードバックの欠如を解決すべく、タッチパネル上で触力覚提示を行う装置の開発が多くなされてきた。中でもタブレット端末やスマートフォンでは、ドラッグ操作やフリック入力といったパネル上を指でなぞる操作も多用される。なぞり操作に対応した触力覚提示では、指をワイヤで引っ張る手法[1]や、静電気力を用いた手法[2]などがある。

我々は、なぞった時に生じる摩擦力を、空気圧の負圧によって生じる吸着力を用いて制御する手法を提案してきた[3]。この手法は幅広い摩擦力が得られる反面、接触面からの空気漏れにより、時間経過で摩擦力が弱まってしまう問題点があった。

本稿では、空気圧による軟質素材の膨張・収縮を利用することで、空気漏れが原因となる摩擦力の変動がない摩擦力提示手法を検討する。

2. 提案手法

2.1 装置構成

提案する手法では、図1のように空気圧の制御にエアシリンダとサーボモータを用いる。エアシリンダのロッドをサーボモータで駆動させることで、正圧または負圧を生成する。エアシリンダには軟質素材でできた指先装着型のエンドエフェクタが接続される。エンドエフェクタ内には空気の流路があり、エアシリンダ接続口以外は塞がれている。エンドエフェクタに対して正圧をかけると、図2のように空気の流路となっている部分が膨らむ構造となっている。

2.2 摩擦力の変化

アモントン・クーロンの法則では、摩擦力は垂直抗力に

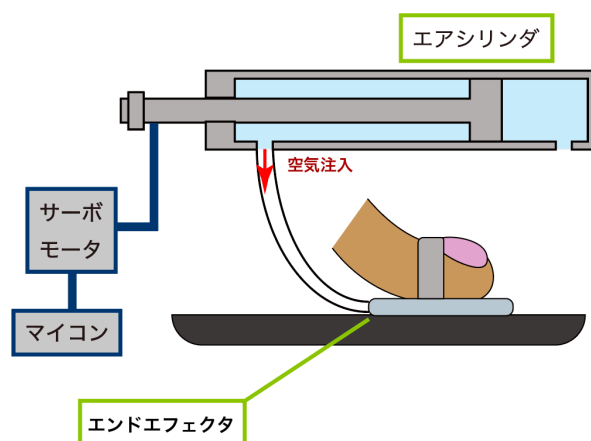


図 1. 装置構成

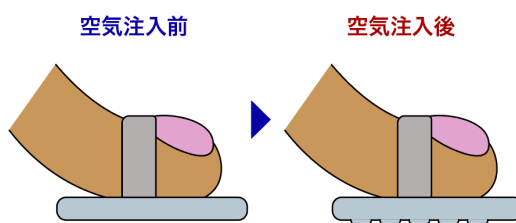


図 2. 空気注入によるエンドエフェクタの変化

比例し、接触面積には依存しないとされている。しかし、ゴムなどの弾性体の場合はその法則が成り立たないことがある。摩擦のメカニズムが表面同士の凝着で起こるとする凝着説では、真実接触面積が大きくなるほど摩擦力も強くなる。提案する装置のエンドエフェクタでは、接触面の一部を空気圧により膨らませることで、真実接触面積を増減させることを狙う。

3. エンドエフェクタの作成

指先に装着することを想定しているため、空気の流路は

Kazuma SHIROYAMA, Kazuya SEO, and Naohisa NAGAYA

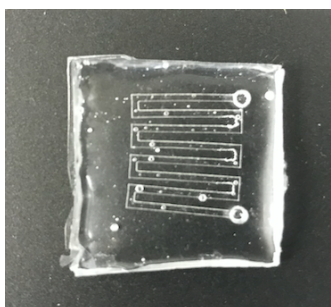


図3. 空気流路

薄く作ることが望ましい。ここでは、オブラートを用いてマイクロ流路を作る手法[4]を応用して作成した。

まず、一層目として型に薄くゴムレジンをし込み、硬化させる。次に、空気の流路をデザインし、その形にレーザーカッターでオブラートをカットする。カットしたオブラートを硬化させたゴムレジンに乗せ、上からさらにゴムレジンをし込み、硬化させる。硬化後、チューブの接続口となる部分と流路の終点に穴を開け、水を流してオブラートを溶かす。最後に、流路の終点部分を再度ゴムレジンで塞ぎ、硬化させると、図3のようなものができあがる。

4. 摩擦力の測定

スマートフォンに対して、軟質素材の接触面積の違いが摩擦力にどれだけ影響するか検討する。

4.1 実験条件

軟質素材の真実接触面積による摩擦力の差を見るため、平らな天然ゴムと、レーザーカッターにより 0.5mm 間隔で凹凸が作られた天然ゴムを使用した。ゴムに 100g のおもりを乗せた状態とし、対象面には iPhone5 を用いた。全実験において、試行毎に画面をクロスで拭いた。

摩擦力は、エンドエフェクタとフォースゲージ (A&D AD-4932A-50N) を糸で繋ぎ、接触面となるスマートフォンをフォースゲージから離れる方向へ等速で移動させることで測定した。スマートフォンの移動は、モータと治具を用いて回転速度 2.28rpm で行った。

それぞれ 3 回ずつ計測し、最大静止摩擦力と動摩擦力の平均値を求めた。動摩擦力は計測終了前の 3 秒間の摩擦力の平均値とした。

4.2 実験結果

平らなゴムの最大静止摩擦力は 0.94N で、標準偏差は

0.06 であった。凹凸のあるゴムの最大静止摩擦力は 1.01N で、標準偏差は 0.06 であった。

平らなゴムの動摩擦力の平均は 0.83N で、標準偏差は 0.05 であった。凹凸のあるゴムの動摩擦力の平均は 0.94N で、標準偏差は 0.03 であった。

4.3 考察

ごくわずかではあるが、凹凸のあるゴムのほうが摩擦力が大きいという結果となった。接触面積が大きくなるほど摩擦力が強くなるという法則には一見反しているように見える。今回の実験では真実接触面積が本当に凹凸のあるゴムのほうが大きかったのか、またゴム素材のやわらかさといった状態に差はないか、など他のパラメータによる影響が出ている可能性もあり、より厳密な検証が必要である。

5. おわりに

本稿では空気圧による軟質素材の収縮・膨張を用いた指先装着型のデバイスの提案を行った。指先サイズの空気流路の作成、及びそれが膨張することは確認できたが、接触面積の変化で、タッチパネル上において十分な摩擦力の変化が得られることを示すには至らなかった。

今後は指先に装着できる形でのエンドエフェクタの作成や、接触面積の変化による摩擦力の制御の可能性の検証をより詳細に行っていく。

参考文献

- [1] 田村理乃, 村山淳, 佐藤誠, 原田哲也: タッチパネルのための力覚インタフェース SPIDAR-tablet とその力覚計算方法の開発, TVRSJ, Vol.16, No.3, pp. 363-366, 2001.
- [2] O. Bau, I. Poupyrev, A. Israr, C. Harrison: TeslaTouch: electrovibration for touch surfaces, Proc. of UIST 2010, pp.283-292, 2010.
- [3] 城山一真, 永谷直久: 負圧吸着力を用いた入力補助インタフェースの開発, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2017, pp. 2P1-O02, 2017.
- [4] 五條理保, 森本雄矢, 竹内 昌治: 簡易マイクロデバイス作製法, 生物物理 50(1), pp.38-41, 2010.