



## 圧力分布センサを用いた粘着感の測定

亀岡嵩幸<sup>1)</sup>, 高橋哲史<sup>2)</sup>, YemVibol<sup>2)</sup>, 梶本裕之<sup>2)</sup>

1) 電気通信大学 先進理工学科 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, k1413050@edu.cc.uec.ac.jp)

2) 電気通信大学 情報学専攻科 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, {a.takahashi, yem, kajimoto}@kaji-lab.jp)

**概要:** 本研究では粘着感の定量的な計測を行うことを目的とした装置の開発および評価を行った。粘着感の測定には圧力分布センサを用い、接触部分の圧力分布を計測することで皮膚の感じる粘着感を分析した。一般的な圧力分布センサは押付力を測定することは可能であるが、引張力を測定することはできない。そこで本研究ではセンサ上にピンアレイを設置することで、その重量によってあらかじめ圧力分布センサにオフセットを与える手法を用いた。さらに実際の試料の粘着力の測定を試みた。

**キーワード:** 触覚, 粘着感

### 1 はじめに

現在、人間の皮膚感覚の提示に関する研究は数多く行われている。よりリアルな感覚を再現するためには、現実の触感生成状況における皮膚状態の変化を、「皮膚変形分布」「接触面積」等により計測し、それを再現することが有効であると考えられる。

こうした皮膚状態の計測自体数多く行われており、例えば Levesque ら [1]はガラス面をなぞる指皮膚の水平変位を詳細に計測し、凹凸形状に対して皮膚が蛇腹のように変形する様子を捉えている。また Bicchi ら [2]は柔軟な物体に指が接するときの皮膚の接触面積の変化を捉えている。荒川ら [3]は皮膚に横ずれ力を生じさせた際の皮膚接触面積の時間的変化と触覚との関連を分析している。こうした計測手法は触覚提示手法と密接に関係し、皮膚水平変位の計測は水平変位を提示するデバイスの開発 [4]に、柔軟物に対する接触面積変化の計測は、接触面積を変化させることによって柔軟感を提示するデバイスの開発につながっている [5]。

本研究ではこのような皮膚状態計測の一つとして物体表面の粘着感を感じる際の皮膚変形分布に着目した。本研究で定義する粘着感 (sticky feeling, stickiness) とは、納豆などの「ねばねば」感や化粧水の「べたべた」「べたべた」感などのオノマトペで表される吸着性のある感覚を指す。この粘着感例えば化粧水の印象を大きく左右する因子であることは日常的に知られており、定量化には一定の市場的ニーズが有ると考えられる。また布の濡れ感 (wetness) 知覚を成立させる要因の一つとしても知られており [6] [7]、応用範囲は広いと考えられる。

粘着感の要因の一つは力覚であるが、ここでは主に皮膚感

覚の要因に着目する。また指をディスプレイ面上で動かした際の摩擦抵抗感を sticky sensation と表現することも多いが [8]、ここでは指を押し付け、離す際に感じるいわゆる粘つきを扱う。

山岡らは粘着感の測定にあたり押付力の時間変化と粘着面の接触面積との関係を測定し、接触面積変化に大きなヒステリシス性が存在することを見出した [9]。この知見に基づいた粘着感ディスプレイも作成している。しかしその一方で接触面積変化の観察にとどまっているため、接触面積を変化させる形式以外のディスプレイで触覚提示する際に、どのように粘着感を生成できるかは不明のままであった。例えば電気触覚ディスプレイのように分布的な刺激が可能な装置で、それぞれの刺激位置でどのような時間的変化をする刺激を行えばよいかという知見を得るためには、接触面積変化より精細な計測手法が必要となる。

以上を背景とし、本研究では粘着物質と指皮膚との間の力の分布を計測するシステムを構築した。本稿では特に計測手法および予備的な実験の結果について述べる。

### 2 計測装置

粘着力を圧力分布として測定するためには、皮膚を持ち上げた時の負の圧力分布を計測する必要がある。しかし一般的な圧力分布センサは正の (押し込み方向の) 力しか計測することしかできない。

そこで本研究では、皮膚と圧力分布センサとの間にピンマトリクスを挿入し、ピンの重量によって与圧をかける手法を考案した。実際の装置を図 1 に示す。本装置はアクリル製のピン挿入板とスペーサー、10×10 のステンレス製ピンアレイ、圧力分布センサ (I-SCAN100, ニッタ株式会社)

により構成される。ピンアレイの各ピンはそれぞれ圧力分布センサの各センシングポイント上に一対一で対応するように配置されており、センサへ与圧を加えている。これにより粘着物質による粘着力は指を引き上げた際に生じるピンへの引張力としてオフセット力を下回った分だけ観測できる。

今回作成した装置は、センサシートのセンサ間隔が 2.54 mm であり、ピンアレイも同じ間隔に配置した。ピン一本は直径 2 mm、高さ 30 mm であり、この時の一本の重量は 0.8g であった。なお粘着力が強い場合には与圧を高める必要があるが、ピンの長さを変えることで容易に対応できる。

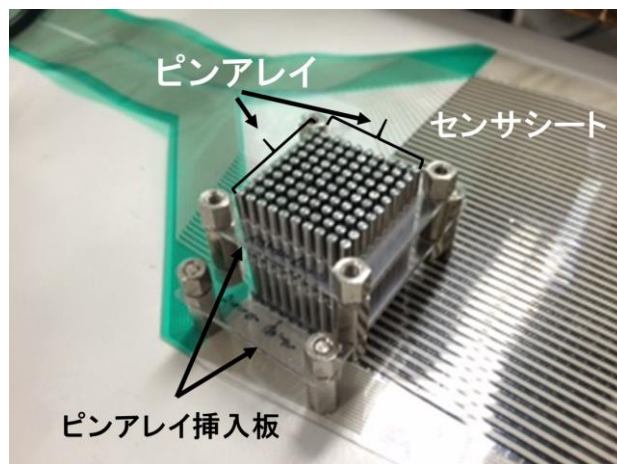


図 2：実験装置

### 3 実験

粘着物質をあらかじめ指先に塗布し、圧力分布センサ上に設置したピンアレイ上面に指先を押し付け、指を垂直に持ち上げることで圧力分布の時間変化を測定した。指先は一ピンに加わる力の最大値が 0.05N に達するまで押し付け、その後 1 秒程度の時間をかけ垂直方向へ離れた。測定したデータの変動は動画として保存し、計測値も csv ファイルとして保存した。今回は粘着物質としては納豆（醤油なし）を 100 回混ぜた際の糸を使用し、粘着力がない場合（ベビーパウダーを塗布）と結果を比較した。

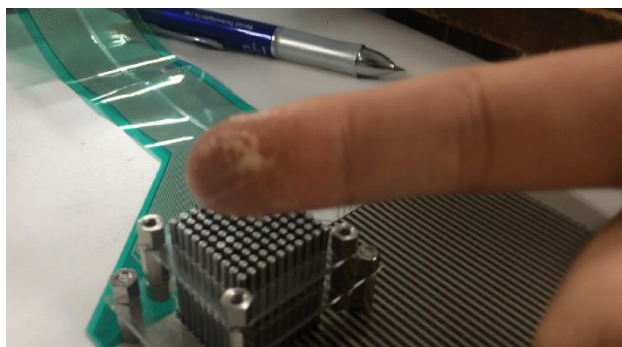


図 3：納豆塗布状態

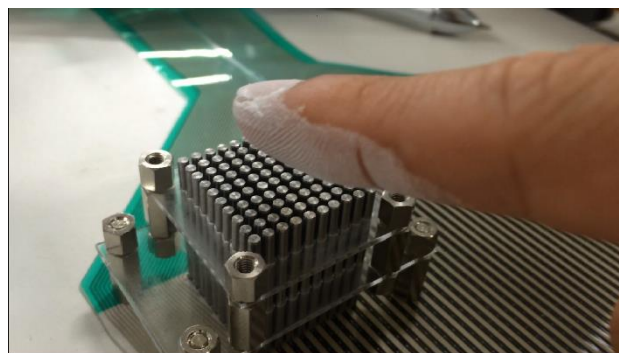


図 4：ベビーパウダー塗布状態

#### 3.1 実験結果と考察

計測した指先の圧力分布の時間変化を納豆、ベビーパウダーの場合に分けて図 5、図 6 に示す。ピンの重量による与圧は減算し、粘着力は押付方向を負（鉛直下向き）、引張力を正（鉛直上向き）として示した。納豆とベビーパウダーを比較すると、納豆の場合のみ引張力（正方向の力）が観測できる。

より詳細に観察すると、納豆の場合はまず鉛直下向きの圧力分布（図の青色）が生じ、指を持ち上げた時（図 7 では 2.00[s]以降）から引張方向の圧力分布（図の黄色）を観測した。引張力は指腹長軸方向に対してまず引張力の大きい部分が 2 箇所現れ、指を持ち上げるにつれて指腹の中心に引張力が移動し、やがて 1 箇所収束した。その後引張力は指を持ち上げるにつれ徐々に小さくなっていき、やがて 0 となった。

ベビーパウダーの場合には押し付け時の圧力分布は納豆の場合と変わらず、指を持ち上げた際には引張方向の圧力分布は観測されず、初期状態へと戻った。

これらの観察により、指腹における粘着感には最初は接触部辺縁に強く生じた引張力が、指を離すにつれて中心に移動し、一つに融合するという性質があることがわかった。

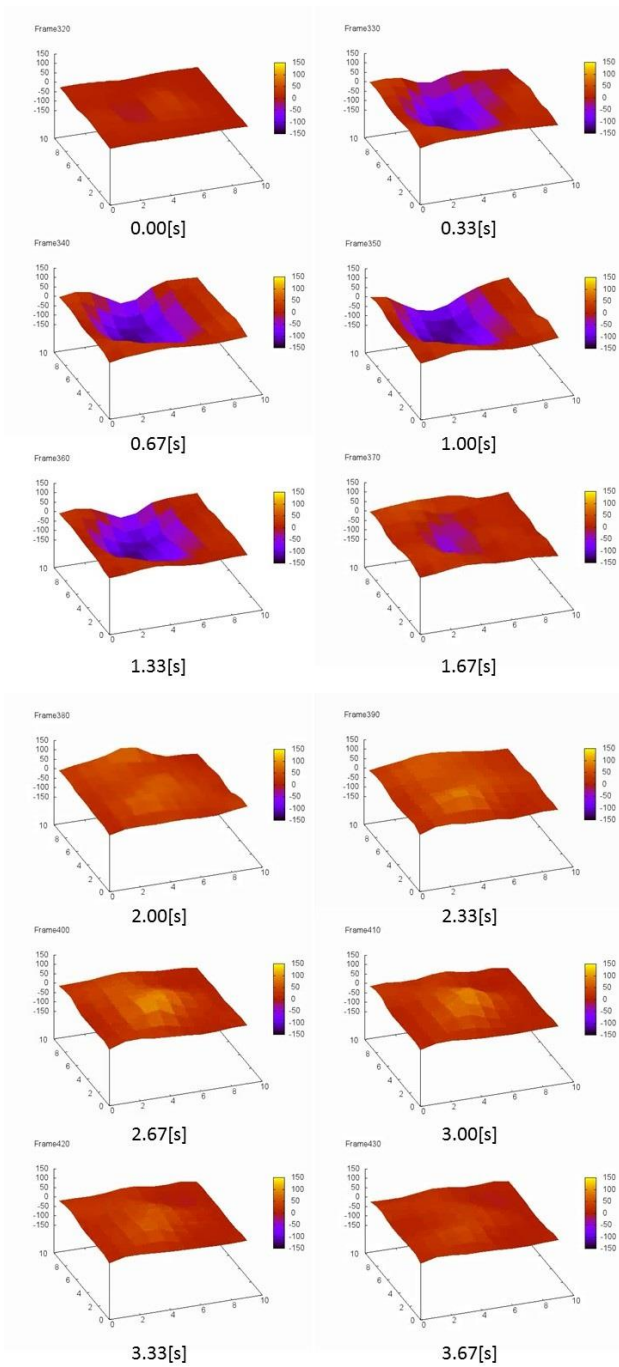


図 8 納豆の場合の圧力分布変化

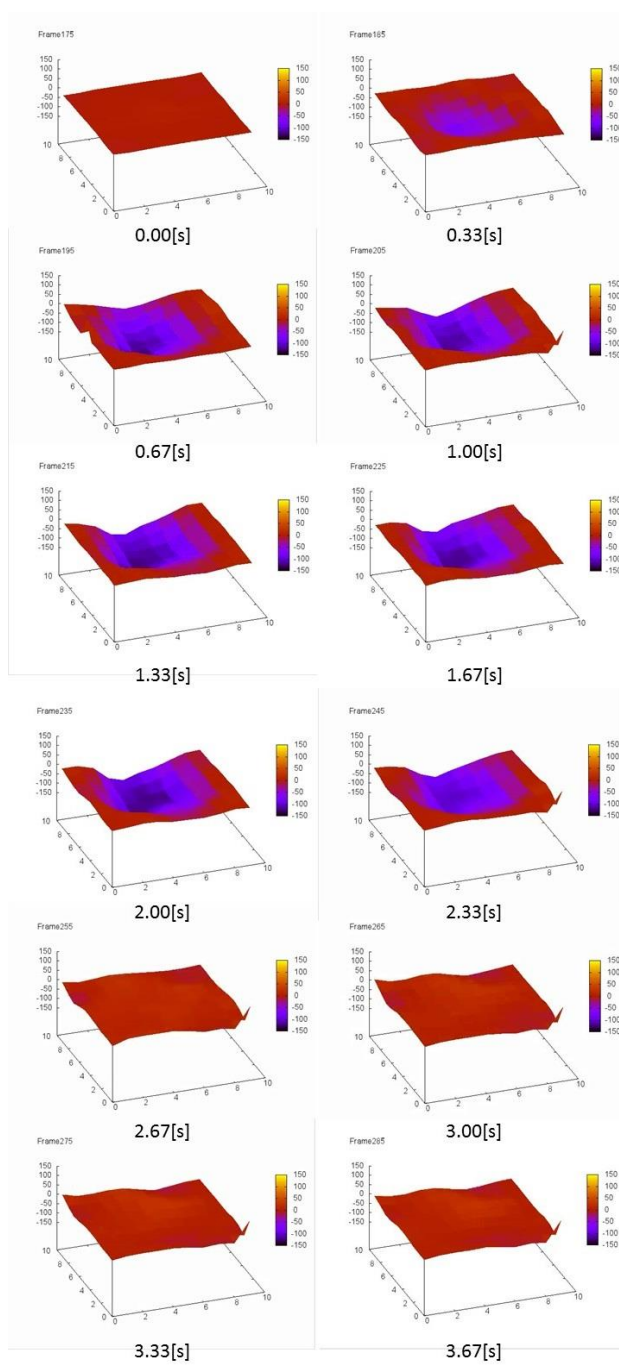


図 9 ベビーパウダーの場合の圧力分布変化

#### 4 おわりに

本稿では、物体表面の粘着感の定量的な計測を目指し、粘着物質と指先の接触表面における圧力分布の時間変化を観察した。

圧力分布の時間変化の観察には圧力分布センサを用いた。一般的な圧力分布センサでは押付力は測定できるが引張力は測定できないため、センサにあらかじめオフセット圧力を与えその差分を測定することで引張力を測定した。今回の実験においてはオフセット圧力を与えるためにセンサ上にステンレス製ピンアレイを設置した。その結果、粘着物質による引張力は、最初接触部辺縁に生じたが接触圧力の変化とともに移動し、やがて中心に収束することが確認できた。

今回の実験では納豆とベビーパウダーを用いたが今後は多種多様な粘着試料を用いて同様の実験を行う。さらに得られた知見を元に、粘着感を提示するためのディスプレイの開発を行う。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 15H05923 (新学術領域研究「多元質感知」) の助成を受けたものです。

#### 参考文献

- [1] H. Vincent, L. Vincent, “Experimental Evidence of Lateral Skin Strain During Tactile Exploration,” *Eurohaptics*, Ireland, 2003.
- [2] A. Bicchi, E.P. Scilingo, D. De Rossi, “Haptic discrimination of softness in teleoperation: the role of the contact area spread rate,” *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 16, No. 5, pp. 496-504, 2000.
- [3] 荒川剛, 中原昭, 鎌水清隆, 高橋雅人, 大倉典子, 辻敏夫, 栗田雄一, “指先接触面変化が触感性に与える影響の考察,” *日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2016 講演論文集*, pp. 1A2-20a7(1)-(3), 2016.
- [4] L. Vincent, P. Jerome, H. Vincent, “Braille Display by Lateral Skin Deformation with the STReSS2 Tactile Transducer,” *World Haptics*, 2007.
- [5] 池田義明, 藤田欣也, “指先の接触面積と反力の同時制御による柔軟弾性物体の提示,” *日本バーチャルリアリティ学会論文集*, Vol.9, No.2, pp. 187~194, 2004.
- [6] T.W.M. Bergmann, N.D. Kusters, A.M.L. Kappers, H.A.M. Daanen, “Haptic perception of wetness,” *Acta Psychol*, Vol.141, No.2, pp. 159-163, 2012.
- [7] F. Davide, F. Damien, H. Simon, H. George, “Why wet feels wet? A neurophysiological model of human cutaneous wetness sensitivity,” *Journal of Neurophysiology Published*, Vol. 112, No. 6, pp. 1457-1469, 2014.
- [8] B. Olivier, P. Ivan, I. Ali, H. Chris, “TeslaTouch: Electro-vibration for Touch Surfaces,” *ACM Symposium on User Interface Software and Technology (ACM UIST)*, 2010.
- [9] M. Yamaoka, A. Yamamoto, T. Higuchi, “Basic Analysis of Stickiness Sensation for Tactile Displays,” *Volume 5024 of the series Lecture Notes in Computer Science*, pp. 427-436, 2008.