



両手同士の接触判定と押しつけ圧計測を行う 手洗い動作評価用センサグローブの設計

Design of sensor gloves for a hand-washing evaluation system that detect pressures and contacts between both hands

渡邊達也¹⁾, 近藤朋希¹⁾, 柳田康幸²⁾

Tatsuya WATANABE, Tomoki KONDO, and Yasuyuki YANAGIDA

- 1) 名城大学 理工学研究科 情報工学専攻 (〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501, {213426025, 213426011}@ccmailg.meijo-u.ac.jp)
- 2) 名城大学 理工学部 情報工学科 (〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口 1-501, yanagida@meijo-u.ac.jp)

概要: 手洗い動作での接触部位を判定することで、手洗いを評価するシステムのためのセンサグローブを設計する。このセンサグローブは、感圧導電布で作られており、両手の接触および接触時の圧力変化を同時に計測するためのものである。本研究では、このグローブの設計と推定精度の評価を行った。

キーワード: 感圧導電布, センサグローブ, 接触, 圧力

1. はじめに

2021 年現在, 世界中で新型コロナウイルスが猛威を振っている。日常生活において, 私たちは手で様々なものに触れており, 手にはたくさんのウイルスが付着している。そのため, 感染症を予防するためには手洗いをすることが重要である。そこで, 手洗いの重要性を認識してもらうために考えたシステムが「手洗いシステム」である。

既存の手洗いを評価するシステムとして, DNP 社の「手洗い AI サービス」[1]や Acculus 社の「HANDVISION」[2]などが存在する。「手洗いサービス」は画像認識によって手洗いの種類を判別し, 実施された/されなかった工程や手洗いに要した時間を記録するものである。

「HANDVISION」は距離画像に基づき深層学習モデルを使って 3D モデルとして復元し, 両手の位置や形状, 瞬間的な動きから手洗い動作の種類と洗い残しのある場所を判定している。このような, カメラを使った接触判定には様々な技術が存在する。VR 空間上のオブジェクトに触れることを可能にする Leap Motion では, 赤外線カメラを使っている。また, 新倉ら[3]の Anywhere Surface Touch (AST) では, 赤外線 LED やカメラなどで構成されるデバイスを腕に装着して指先の接触を認識している。しかし, カメラを使った接触判定では, 撮影可能範囲の外側や物が重なっていて見えない部分においては正しく接触判定を行うことが困難である。

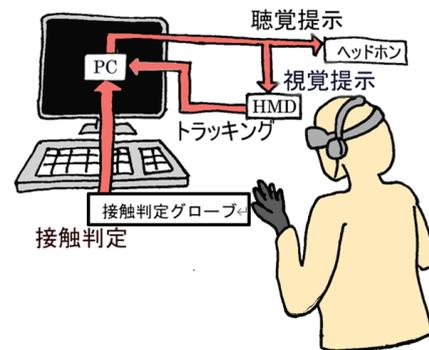


図 1 手洗い評価システムの構成図

そこで, 「手洗い評価システム」ではセンサグローブを使って接触判定を行う。「手洗い評価システム」の構成図を図 1 に示す。ハンドトラッキングによるこすり動作の検出とセンサグローブによる接触判定を組み合わせることで, 洗われた箇所を検出する。また, センサグローブで接触時の力の強さを計測することで, カメラでは取得できない情報も計測できる。

2. 関連研究

2.1 接触部位を判定するセンサグローブ

Pinch Glove[4] は仮想オブジェクトを掴むための手袋型デバイスである。指先に電極を備えており, 2 点以上が接

触すると導通することにより接触を判定している。同様の電氣的接点を指の間に搭載することで、キー入力が行えるグローブもある[5]。また、高田ら[6]は部位ごとに周波数が異なる交流を流し、指同士が接触した際に交流信号が伝搬する現象を利用している。提案したセンサグローブでは、電流の導通による接触判定を利用している。

2.2 接触時の力を計測するセンサグローブ（触覚センサ）

触覚センサの代表的なものに電気抵抗方式がある。センサグローブでは、感圧導電性を持ったインクやシートを利用したもの[7,8]が多い。しかしながら、電流の導通による接触の有無と感圧導電性素材を組み合わせ、接触判定と接触力を同時に計測するセンサグローブは筆者の知る限り存在しなかった。

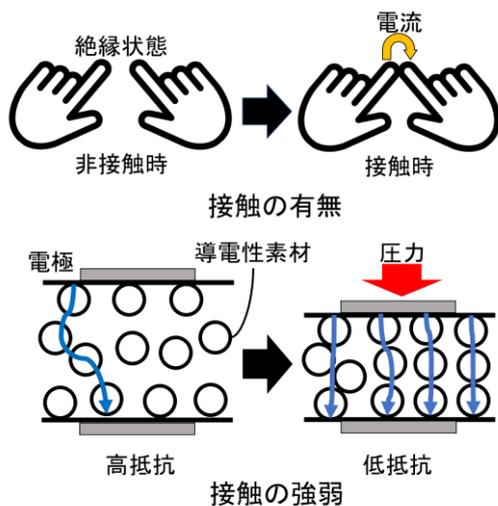


図2 接触の有無（上）と強度（下）の検出原理

3. センサグローブの設計

3.1 グローブの設計

センサグローブは、両手の接触の有無とその強度を計測できるように設計する必要がある。その方法を図2に示す。接触の有無は、両手間の導通をチェックすることで判定する。そして接触の強度は、加圧によって抵抗値が変化する感圧材で手袋を作り、その抵抗値の変化を読み取ることで判定する。

このセンサグローブでは、感圧材としてEeonTex導電布を用いる。この布は導電性高分子でコーティングされた不織布（厚さは0.8mm）である。加圧されると図2（下）のように繊維同士の接触面積が増えることで電気抵抗値が低下する。この特性を確認するため、荷重に対する電気抵抗値を測定する。測定方法は図3の通りで、接地面は直径50mmの円とし、その表面にはアルミ箔を貼っている。荷重を大きくしていく場合（加荷重）と、小さくしていく場合（除荷重）における電気抵抗値の変化をマルチメータで計測した。その結果を図4に示す。荷重が大きくなるにつれて電気抵抗値が小さくなっていることから、圧力の測定が可能であることが分かる。加荷重と除荷重では電気抵抗

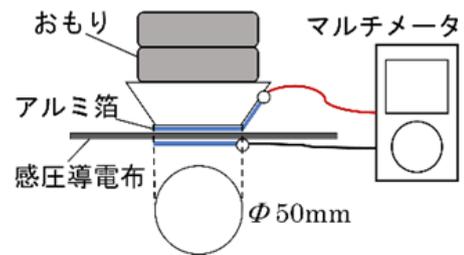


図3 導電布の抵抗値変化の計測方法

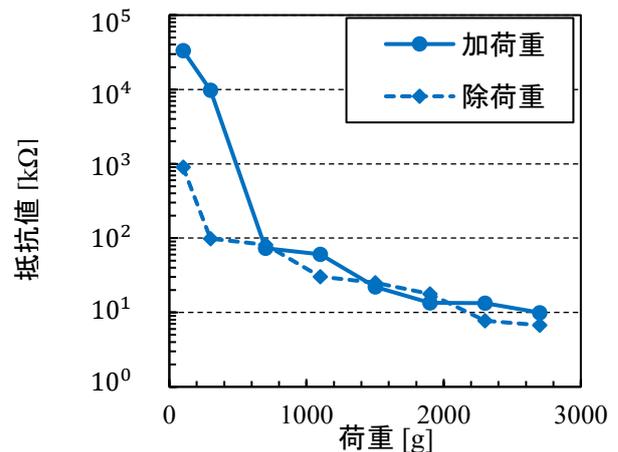


図4 導電布における荷重と抵抗値の関係

値の変化に差があり、定量的な計測を行うにはヒステリシス特性を考慮する必要がある。しかし、センサグローブでは力の強弱を検出することが目的であるため、問題なく使用できると考えられる。

この導電布を使って作製したセンサグローブの感圧部と電極部を図5に示す。電極は柔軟性と丈夫さを考慮して、布手袋に金属糸（ステンレス製）を縫い付けることで作製する。金属糸が縫い付けられた部分は各指と手の平および手の甲の7か所に分かれている。



図5 (左) センサグローブの感圧部と (右) 電極部

3.2 回路設計

にセンサグローブの抵抗値を計測するための回路構成を示す。本回路はパソコンとの通信を行うマイコン（Arduino Uno）とマルチプレクサ、分圧回路で構成されている。センサグローブの電極数は左右7個ずつあるため、全部で49通りの導電経路が存在する。ArduinoUnoでは端

子の数が足りないため、マルチプレクサを使って一定時間ごとに信号を切り替えることで 49 パターンの経路を形成している。形成された閉回路は分圧回路になっており、回路の出力電圧と抵抗器 (10K Ω) からセンサグローブの抵抗値が求まる。

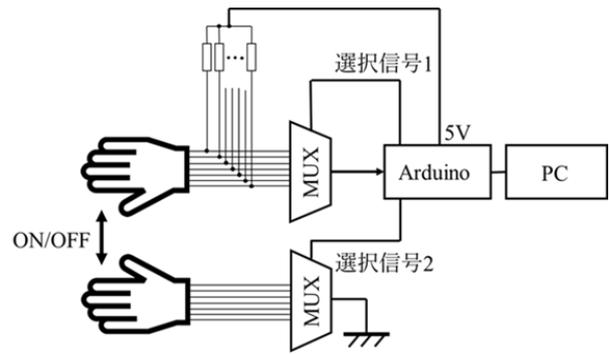


図 6 センサグローブの抵抗値計測用の回路構成

表 1 各部位同士の接触推定結果の混同行列
右手の部位

		手の平	親指	人差し指	中指	手の甲	薬指	小指	
左手の部位	手の平	正	10	10	10	10	9	8	7
		誤	-	-	-	-	親-甲 :1	中-薬 :1 小-薬 :1	中-小 :3
	親指	正		10	10	10	10	9	10
		誤		-	-	-	-	親-小 :1	
	人差し指	正			9	6	8	7	6
		誤			中-人 :1	中-中 :4	人-小 :2	中-薬 :3	親-小 :2 中-小 :2
	中指	正				10	8	10	10
		誤				-	中-小 :2	-	-
	手の甲	正					9	10	8
		誤					中-甲 :1	-	中-小 :1 小-小 :1
	薬指	正						7	7
		誤						中-薬 :3	中-小 :1 小-小 :2
	小指	正							10
		誤							-

4. 実験

右手と左手の各部位（手の平、親指、人差し指、中指、手の甲、薬指、小指の 7 部位）同士の接触が推定可能かどうかを調査した。両手にセンサグローブを装着し、両手の 1 か所同士を接触させた。この時の抵抗値を計測し、最も抵抗値が低い部位が接触部位であると推定する。なお、計測は 10 回ずつ行った。

推定結果を表 1 に示す。接触した部位の推定精度は約 88.6%であった。誤推定の内訳は、人差し指を中指と誤判定したもの（人差し指→中指）が 25%、手の甲→小指が 15.6%、手の平→中指と薬指→中指が共に 12.5%、薬指→小指が 9.38%、人差し指→小指と人差し指→親指と手の甲→中指が 6.25%、そして手の平→親指と手の平→小指が 3.13%であった。

5. 考察

指同士を接触させた場合と、手の平または手の甲を接

触させた場合に分けて考える。指同士を接触させた際に起きた誤推定のうち、94%は隣接する指が推定されていた。この原因としては、隣り合っているために電極の距離が近いことが挙げられる。手の平や手の甲を接触させた際の誤推定では、指が誤って推定されていた。この原因は 2 つ考えられる。1 つ目は、電極の配線方法である。図 7 のように電極は手の平や甲を通して配線されている。そのため、手の平や手の甲に圧力を加えた時に、この配線部分から導通していることで指先の抵抗値が低くなると考えられる。2 つ目は、センサグローブの部位ごとの抵抗値に差があることである。図 8 は親指と手の平のセンサにおける荷重に対する抵抗値の変化を表している。この図から指と手の平では、指のほうが低い抵抗値を示していることが分かる。センサグローブでは最も抵抗値が低いところを接触部位であると推定していたため、元から抵抗値が低い部位が推定されやすいと考えられる。



図 7 電極部の配線方法

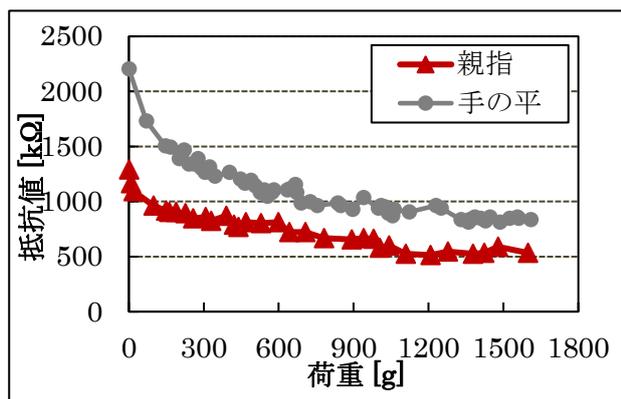


図 8 指と手の平の抵抗値特性

6. まとめ

センサグローブを使って両手の接触の有無とその強度を計測する「手洗い評価システム」を提案し、導電布と金属糸を用いたセンサグローブを製作した。接触の有無は絶縁状態か導通しているかで区別し、接触時の力の強さは導電布の抵抗値の変化で判定する。接触部位の推定では、平均で約 88.6%の精度で正しく推定された。しかし、隣接す

る指や、元から抵抗値の低い部位が誤って推定されてしまうことが分かった。今後は異なる推定方法や、複数部位の接触判定を試みる予定である。

参考文献

- [1] 大日本印刷：手洗い AI サービス,
https://www.dnp.co.jp/biz/solution/products/detail/10158413_1567.html, 2021/07/18 参照
- [2] Acculus, Inc.: 手洗い認識 HandVision,
<https://acculus.jp/handvision/>, 2021/02/07 参照
- [3] 新倉雄大, 渡辺義浩, 石川正俊: Anywhere Surface Touch:実環境のあらゆる面を入力面とするインターフェース, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.19, No.1, pp.69–80, 2014.
- [4] PinchGlove,
<http://www.ultimate3dheaven.com/pinchglove.html>, 2021/01/18 参照
- [5] Anna Peshock, Julia Duvall, and Lucy E. Dunne. Argot: A Wearable One-Handed Keyboard Glove. In Proc. of the 2014 ACM International Symposium on Wearable Computers: Adjunct Program, ISWC '14 Adjunct, pp. 87–92, 2014.
- [6] 高田峻介, 志築文太郎, 高橋 伸: 導電繊維編み込み手袋 を用いた手形状認識手法, コンピュータソフトウェア, Vol. 35, No. 3, pp. 45–56, 2018.
- [7] ニッタ株式会社 | 面圧分布測定システム製品,
<https://www.nitta.co.jp/product/sensor/>, 2021/07/19 参照
- [8] 鷺坂隆志, 大村吉幸, 長久保晶彦, 國吉康夫, 尾崎和行: 皮膚の変形に追従する高密度触覚センサグローブ, 日本ロボット学会論文誌, Vol. 30, No. 7, pp. 711–717, 2012.