

# 導電繊維を用いた手形状および 把持物体認識可能なデータグローブ

高田 峻介<sup>1,a)</sup> 門本 淳一郎<sup>2</sup> 志築 文太郎<sup>1</sup>

概要：導電繊維編み込み手袋をセンサとして用いることにより、安価/軽量/柔らかい/洗濯可能/壊れにくいデータグローブを開発した。本データグローブは指の曲げ、指の開きならびに指の接触といった手形状と、把持物体を同時に認識できる。従来のデータグローブと異なり、導電繊維を手形状や把持物体認識のためのセンサとして用いているため、普通の手袋と同等の軽量性および柔軟性を持つ。



図 1 データグローブのプロトタイプ

## 1. はじめに

我々はこれまで導電繊維編み込み手袋をセンサとして用いたデータグローブを開発してきた [11,12]。手袋は、タッチパネル対応手袋や静電気除去手袋として市販されている導電繊維編み込み手袋に、配線を縫うことで製作される。そのため、安価/軽量/柔らかい/洗濯可能/壊れにくいという特長を持つ。さらに、指の曲げ/指の開き/指同士の接触などの手形状をリアルタイムに認識できる。

本稿においては、手形状認識を概説した後、新たに実装した把持物体認識の原理を示す。また、図 1 に示すデータグローブのプロトタイプ、および、プロトタイプを用いて実装したアプリケーション例を述べる。

## 2. 関連研究

手形状を認識する手法として、カメラを用いた手形状認識手法が提案されている [4,7]。これらの手法には撮影範囲外の手形状を認識できない、重なった手を認識できないという問題がある。また、筋電位を用いた手法もある [6,10]。筋電位の場合、手の開き具合や握りこぶしの固さなどを認識できるが、各指の曲げ具合のような細かい手形状認識は難しい。データグローブの場合、これらの問題を解決することができる。

様々な方式のデータグローブが作られている。曲げセンサを用いる方式 [1] は各指の曲げ具合を認識できる。指の股に U 字型の曲げセンサを配置することにより指の開きも認識できる [2]。しかし曲げセンサが邪魔となり指が曲げにくく、またセンサが断線しないよう慎重に着脱する必要がある。加速度センサもしくは磁気センサを用いる方式 [3,5] は各指の曲げ具合や指の開きを認識できる。しかし金属製の机や壁のような周囲の磁性体の影響を受ける。

タッチセンサやスイッチを手袋の各指の節に搭載することにより、指同士の接触を認識するデータグローブもある [8,9]。これらのデータグローブはショートカットの入力やキー入力に用いられる。しかし指の曲げ具合や指の開きなどの手形状を認識できない。

これらの問題に加えて、これら従来のデータグローブではセンサを複数個搭載するため高コスト/重い/洗濯できないという問題もある。本データグローブでは、導電繊維が編み込まれた手袋をセンサとして用いることによりこれらの問題を解決する。さらに指の曲げ具合、指の開きならびに指同士の接触などの手形状に加えて、把持物体も同時に認識する。

<sup>1</sup> 筑波大学

<sup>2</sup> 東京大学

<sup>a)</sup> rtakada@iplab.cs.tsukuba.ac.jp

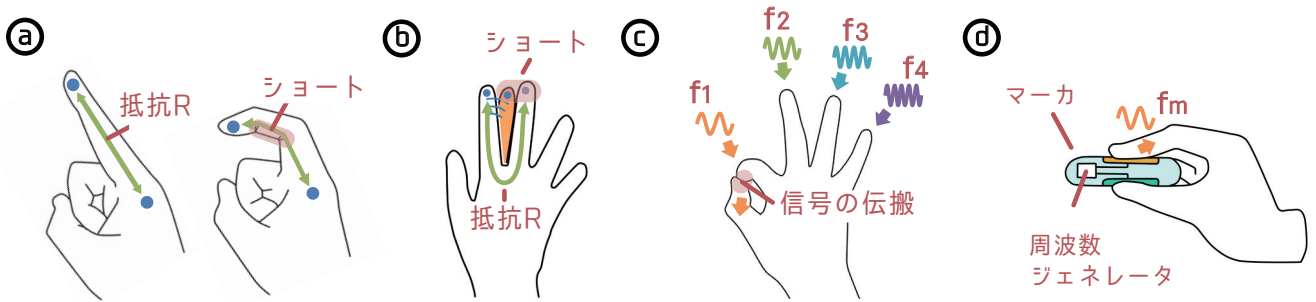


図2 手形状ならびに把持物体認識の原理. (a) 指の曲げ認識. (b) 指の開き認識. (c) 指同士の接触認識. (d) 把持物体認識.

### 3. 原理

本データグローブが認識可能な3種類の手形状（指の曲げ、指の開き、指同士の接触）ならびに把持物体認識の原理を図2に示す。以下に各認識の原理を述べる。

#### 3.1 指の曲げ/開き認識

指の曲げ具合の認識には、図2(a)に示すように、各指の先端および根本間の導電繊維の抵抗値の変化を用いた。すなわち、指を曲げると導電繊維の抵抗値が減少する性質を利用した。この性質は、図2(a)に示すように、指を曲げた際に手袋表面の導電繊維同士が短絡することによって電流の経路が短くなることによるものである。この性質は、指の曲げ計測によく用いられる、指を曲げるとセンサ内部の導体が伸びることにより抵抗値が上昇する抵抗式のひずみゲージとは逆の性質である。また、指の開きを認識する場合、図2(b)に示すように指の先端間の抵抗値を用いて指が開いているか閉じているかを認識する。

#### 3.2 指同士の接触認識

指同士の接触の認識には、図2(c)に示すように、指同士が接触した際に伝搬する交流信号を用いた。この認識のために、本データグローブでは、各指に異なる周波数の交流信号を印加している。これにより指同士が接触した際に、指に流した交流信号が接触した指に伝搬する。この伝搬した交流信号をフーリエ変換を用いて周波数解析することにより、指同士の接触および接触位置（指のどの節に触れたか）を認識する。

#### 3.3 把持物体認識

把持物体の認識には、図2(d)に示すように、各マーカーが発する固有の周波数の交流信号を用いた。各マーカーは2つの電極を持ち、一方をGND、もう一方を発信用の電極とした。本データグローブを用いてマーカーを二本の指にて挟むように把持した際に、データグローブに伝搬する信号を周波数解析することにより、マーカーの種類を認識する。

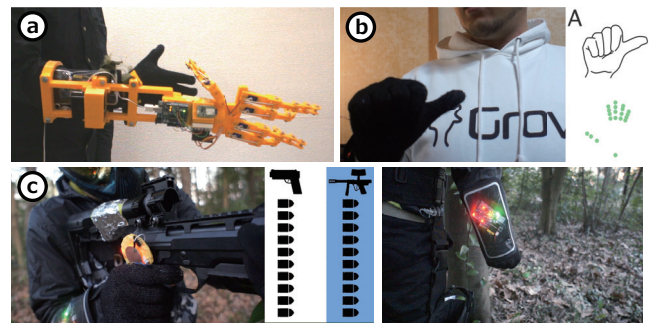


図3 アプリケーション例. (a) ロボットハンド操作. (b) 指文字認識. (c) サバイバルゲーム.

### 4. プロトタイプ

導電繊維編み込み手袋として Agloves 社の Agloves Touchscreen Gloves M/L 兼用サイズを用いた。手袋に編み込む配線には皮膜付きの導電糸を用いた。PC との通信は有線もしくは Bluetooth を用いて行う。

図1に示したプロトタイプの重量は手袋のみだと約20g、回路込みだと約70gであった。また配線を編み込んだ本手袋を洗濯機を用いて3回洗濯した後でも問題なく動作した。

### 5. アプリケーション

本データグローブを用いたアプリケーションとしてロボットハンド操作（図3(a)）、指文字認識（図3(b)）ならびにサバイバルゲーム（図3(c)）を実装した。特にサバイバルゲームの場合、(1)各トイガンにマーカーを搭載することで把持しているトイガンを認識でき、(2)トイガンのトリガを引く動作を指の曲げ具合を用いし撃った弾を計数でき、(3)ハンドサインを認識し他の仲間に情報を送信できる。この様に、本データグローブは多彩な手形状および把持物体認識ができるため、シーンごとに沿った機能を提供できる。

## 6. おわりに

導電繊維編み込み手袋をセンサとして用いることにより、従来のデータグローブよりも安価/軽量/柔らかい/洗濯可能/壊れにくい特長を持ち、指の曲げ/指の開き/指同士の接触といった手形状ならびに把持物体を同時に認識できるデータグローブを示した。本データグローブは本稿にて示したアプリケーション以外にも、VR アプリ用の入力インタフェース、3D モデリング、ショートカット操作、バーチャルキャラクターのためのモーションキャプチャ、ライフログ等に利用できる。今後は、本データグローブのさらなる小型/軽量化ならびに認識精度の向上を目指す。

## 謝辞

本研究は情報処理推進機構 (IPA) の 2017 年度未踏 IT 人材発掘・育成事業の支援ならびに JSPS 科研費 JP18J10805 の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] CaptoGlove LLC. CaptoGlove, 2018 年 12 月 25 日閲覧. <https://www.captoglove.com/>.
- [2] Cyber Glove Systems. Cyber Glove III, 2018 年 12 月 25 日閲覧. <http://www.cyberglovesystems.com/cyberglove-iii/>.
- [3] Laura Dipietro, Angelo M. Sabatini, and Paolo Dario. Evaluation of an Instrumented Glove for Hand-Movement Acquisition. *Journal of rehabilitation research and development*, Vol. 40, No. 2, pp. 179–189, 2003.
- [4] Chris Harrison, Hrvoje Benko, and Wilson. Andrew D. OmniTouch: Wearable Multitouch Interaction Everywhere. In *Proc. of the 24th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '11, pp. 441–450, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [5] Christopher-Eyk Hrabia, Katrin Wolf, and Mathias Wilhelm. Whole Hand Modeling using 8 Wearable Sensors: Biomechanics for Hand Pose Prediction. In *Proc. of the 4th Augmented Human International Conference*, AH '13, pp. 21–28, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [6] Jonghwa Kim, Stephan Mastnik, and Elisabeth André. EMG-Based Hand Gesture Recognition for Realtime Biosignal Interfacing. In *Proc. of the 13th International Conference on Intelligent User Interfaces*, IUI '08, pp. 30–39, New York, NY, USA, 2008. ACM.
- [7] Leap Motion Inc. Leap Motion, 2018 年 12 月 25 日閲覧. <https://www.leapmotion.com/>.
- [8] Sam Miller, Andy Smith, Sina Bahram, and Robert St. Amant. A Glove for Tapping and Discrete 1D/2D Input. In *Proc. of the 2012 ACM International Conference on Intelligent User Interfaces*, IUI '12, pp. 101–104, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [9] 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, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [10] Thalmic Labs Inc. Myo Gesture Control Armband, 2018

- 年 12 月 25 日閲覧. <https://www.myo.com/>.
- [11] 高田峻介. GROVE: 導電繊維を用いた安価なデータグローブの開発. *インタラクション 2015 論文集*, pp. 944–945. 情報処理学会, 2015.
- [12] 高田峻介, 志築文太郎, 高橋伸. Grove: 導電繊維編み込み手袋を用いた手形状計測手法. 第 25 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ, No. 79 in WISS 2017. 日本ソフトウェア科学会, 2017.