

指の曲げおよびタッチに使用した手を検出可能な指輪型デバイスの検討

船越 南斗* 志築 文太郎†

概要. スマートリングにはデバイスが小さいため、入力方法が限られるという問題がある。一方、タッチに使用された手を検出することができれば、1つのタッチ電極に対して複数のコマンドを実行することができる。そこで、我々はスマートリングの入力語彙を拡張するために、指の曲げ具合およびタッチに使用された手を検出することが可能な指輪型デバイスの作製を行っている。これらの検出のために、本デバイスは指に交流電圧を印加し、タッチ電極において観測される電圧の位相と大きさを計測する。本稿では、作成したプロトタイプの実装を示す。

1 はじめに

ウェアラブルデバイスの1つにスマートリングというものがある^{1 2 3}。スマートリングなど指に取り付けられたデバイスは、片手のみでタッチや指のジェスチャによる操作を行うことができる。既存研究として、Tsukadaら [4] は指に取り付けた曲げセンサ、加速度センサおよびタッチセンサによって、指差した電球などの機器の操作を行った。しかし、スマートリングはデバイスが小さいため、タッチやジェスチャなど入力方法が限られるという問題がある。そのため、タッチに使用された手を検出することができれば、1つのタッチ電極に対して複数のコマンドを実行することができる。

そこで我々は指輪型のデバイスの入力語彙を拡張するために、指の曲げ具合およびタッチに使用された手を検出することが可能な指輪型デバイスの作製を行っている。プロトタイプとして作製した指輪型デバイスを図1に示す。指の曲げ具合は音量や拡大率などの連続的な値の調節に利用可能である。また、タッチに使用された手の違いによってコマンドを変えることもできる。

これらを検出するために、本デバイスはユーザの指に交流電圧を印加する。この上で、デバイスの電極において観測される電圧の位相および大きさを計測することにより、指の曲げ具合およびタッチに使用された手を検出する。また、指輪をなぞる操作を検出するためにデバイスに電極を複数配置している。

2 関連研究

これまでに、指に取り付けられたデバイスを用いた入力手法の研究が行われている。Tsukadaら [4]

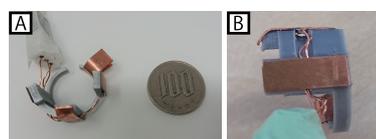


図 1. 作製した指輪型デバイス。A:指輪と 100 円玉の大きさの比較, B:横から見た曲げ電極。

は指に取り付けた曲げセンサ、加速度センサおよびタッチセンサによって、指差した機器の操作を行った。Heoら [2] は、掌側の指の腱の変位に基づいて指の曲げる力を計測した。腱の変位の計測には、指の曲げによって形状が変わる指輪状の器具とその形状の変化を検出するホールセンサが用いた。また、Ogataら [3] は、複数の赤外線センサが取り付けられた指輪型デバイスを用いて、デバイスの回転、指の曲げおよび指輪を押すなどの入力を検出する。最後に、Chanら [1] は魚眼カメラが取り付けられた指輪型のデバイスによって指のジェスチャを取得している。本研究は、指の曲げの検出に加えタッチに使用した手の検出を行っている。これにより、左右どちらの手を使用したかによって操作を切り替え、入力語彙を拡張する。

3 原理およびその実装

本節では、検出原理とプロトタイプシステムの実装を示す。

3.1 原理

本システムでは、指輪型デバイスから指に交流電圧を印加し、その応答を観測することにより指の曲げおよびタッチに使用された手の検出を行う。指輪型デバイスには4つの電極が取り付けられている。その1つ（以降、印加電極）は指に電圧を印加するために使用され、指輪型デバイスを装着したユーザの指と接触する。残りの3つ（以降、タッチ電極）は

Copyright is held by the author(s).

* 筑波大学コンピュータサイエンス専攻

† 筑波大学システム情報系

¹ <https://nfring.com/>

² <https://blinqblinq.com/>

³ <https://www.padrone.design/>

タッチを検出するために使われ、そのうち1つ（以降、曲げ電極）は曲げを検出するためにも使われる。

一般に電気の経路長が長くなることにより電圧の位相が遅れ、かつ電圧降下が大きくなる。また、タッチ電極をタッチした手によって、印加電極からタッチ電極までの電気の経路長が変化する。このため、指輪を装着していない手によりタッチ電極がタッチされた場合には、指輪を装着している手による場合に比べて、計測される位相は遅れ、かつ電圧は小さい。よって、それぞれのタッチ電極において位相および電圧を計測することにより、タッチに使用された手の検出が可能になる。

また、曲げ電極は湾曲しており（図1B）、指を曲げることによって徐々に指と電極の接触面積が大きくなる。これにより、指と電極間の電気抵抗が小さくなる。そのため、曲げ電極において電圧の大きさを計測することにより曲げ具合の検出が可能になる。

3.2 ハードウェア

図2にハードウェアの概略図を示す。本システムのハードウェアは、指輪型デバイスおよび交流電圧の位相と大きさを計測するための回路（以降、検出回路）によって構成されている。印加電極には、ファンクションジェネレータによって生成された大きさ $5V_{pp}$ 、周波数 10 MHz の交流電圧が印加される。検出回路は、印加電極に印加されている交流電圧と他のそれぞれの電極に印加されている交流電圧を比較することにより、電圧の位相と大きさを計測している。我々はこれを計測するために AD8302 を使用した。また、複数の電極と1つの AD8302 を接続するために、マルチプレクサ HC4067 を使用した。計測された電圧の位相および大きさは、Arduino Duemilanove を用いて PC にシリアル通信にて送信される。

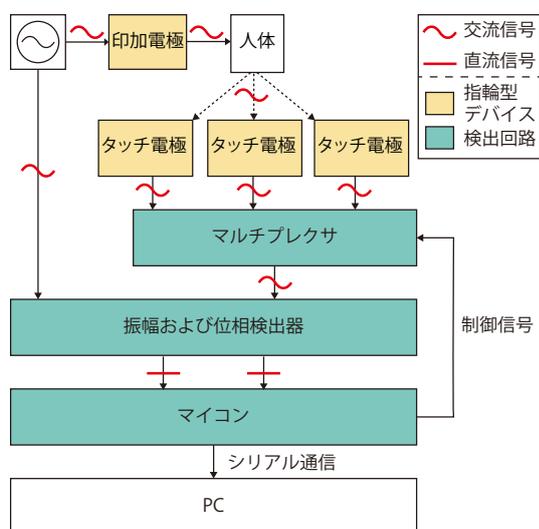


図 2. 作製したハードウェアの概略。

3.3 ソフトウェア

ソフトウェアでは、ハードウェアから送られてきた値から指の曲げおよびタッチの推定を行う。まず最初にキャリブレーションとして、電極に触れていない状態、指輪を取り付けた手で電極に触れている状態および反対側の手で電極に触れている状態の3状態における電圧の位相および大きさを計測する。これは、100回サンプリングした値の平均値を計算する。キャリブレーション後は、計測された電圧の位相および大きさから最もキャリブレーションで得た値に近いかによって、タッチの状態を検出する。曲げの検出は、電極に触れていない状態の電圧の大きさとキャリブレーション後に計測された電圧の大きさからどれだけ指を曲げているかを比により計算する。

4 おわりに

我々は、指の曲げおよびタッチに使用した手を検出可能な指輪型デバイスについて示した。これらの検出は指に交流電圧を印加し、タッチ電極に印加される電圧の位相と大きさを計測することにより行う。今後は、タッチに使用した手の認識精度および、曲げ具合と曲げ電極に印加される電圧の大きさの変化の関係について調査を行う。

参考文献

- [1] L. Chan, Y.-L. Chen, C.-H. Hsieh, R.-H. Liang, and B.-Y. Chen. CyclopsRing: Enabling Whole-Hand and Context-Aware Interactions Through a Fisheye Ring. In *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology*, UIST '15, pp. 549–556, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [2] P. Heo and J. Kim. Finger Flexion Force Sensor Based on Volar Displacement of Flexor Tendon. In *2012 IEEE International Conference on Robotics and Automation*, pp. 1392–1397, May 2012.
- [3] M. Ogata, Y. Sugiura, H. Osawa, and M. Imai. iRing: Intelligent Ring Using Infrared Reflection. In *Proceedings of the 25th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, UIST '12, pp. 131–136, New York, NY, USA, 2012. ACM.
- [4] K. Tsukada and M. Yasumara. Ubi-Finger: a Simple Gesture Input Device for Mobile and Ubiquitous Environment. *Science and Life (AISL)*, 2(2):111–120, 2004.