

導電性あやとり紐を用いた形状変化する入力インタフェース

永山 晃誠* 高田 峻介†

概要. 導電繊維をリリアン編みし、中心に毛糸を通した導電性あやとり紐を用いて、あやとりの技およびその変形を認識する手法を示す。あやとりの技ごとに特定の位置で紐同士が交差し、接触する。その際に紐表面の導電繊維間で短絡が生じるため紐の電気抵抗が変化する。この現象を用いることで、ユーザが実行中の技を推定できる。また、形状を徐々に変化させる「ゴム」や「紙芝居」のようなあやとりの技では、連続的な抵抗値の変化も測定できるため、紐形状の変形も推定できる可能性がある。そこで、指サック型の電極を両手に装着し、あやとり紐の電気抵抗を測定することで各技を推定する手法を提案する。

1 はじめに

周囲の環境やアプリケーションに応じてユーザが形状を変えられる多彩な入力インタフェースの実現を目指す。これまでに、モータや各種センサを搭載したモジュールを複数連結させた紐状のインタフェース [1] や、形状をハンドルとスライドスイッチに切り替えて、2つの異なる入力を実現するコントローラ [2] が提案されてきたが、いずれも装置が複雑かつ大掛かりであった。

導電繊維をリリアン編みし、中心に毛糸を通した導電性あやとり紐を用いて、あやとりの技や変形を推定する手法を提案する。あやとりには多種多様の技があり、ユーザが自在にアプリケーションに合わせた技を選択できる。また、「ゴム」や「紙芝居」のように形状が連続的に変化するものも含まれており入力に活用できる。提案手法は1本のあやとり紐しか使用しないためシンプルであり、紐の長さを調整することでユーザの手形状にフィットしたインタフェースを実現できる。

あやとりの技の推定には、技ごとに紐同士が交差し接触し、短絡することによって電気抵抗（以下、抵抗）が減少する性質を用いる。紐同士が交差する位置は技ごとに異なるため、あやとり紐は各技に対応した抵抗を持つ。また、形状が連続的に変化する技は、抵抗も連続的に変化する。抵抗は、両手の親指、中指、小指に装着した電極を用いて測定する。これは、あやとりにこれらの指に紐をかける技が多いためである。また、隣合う指の電極同士が接触し、短絡するのを防ぐ目的もある。

本稿にて、このあやとり紐の抵抗変化の特性を調査するために、あやとり紐の技ごとの抵抗特性を観測した結果を報告する。

Copyright is held by the author(s). This paper is non-refereed and non-archival. Hence it may later appear in any journals, conferences, symposia, etc.

* 神戸市立工業高等専門学校 専攻科 電気電子工学専攻

† 神戸市立工業高等専門学校 電子工学科

2 関連研究

形状変化するインタフェース

Nakagakiらは、形状が能動的/受動的に変形する紐状のインタフェースを開発し、3Dモデリングの入出力やデータを可視化する表現に用いることで、多彩なインタラクションを実現している [1]。KnobSliderは、従来のノブ型とスライド型のスイッチを模した形に変形するコントローラである [2]。このコントローラは、形状からユーザが操作方法を推測できるため、視覚情報を使用せずに操作できる。

これらの研究と比較して、提案手法は大型で複雑な構造を必要とせず、柔軟な1本のあやとり紐および指サック型の計測装置を用いるためシンプルかつ軽量であり、紐の長さを変えることでユーザの手の大きさにフィットできる。

導電繊維を用いたセンシング手法

筆者らは、導電繊維が編み込まれた手袋を使用し、指の曲げを測定するデータグローブを開発してきた [3]。この手法は、指を曲げたときに手袋表面の導電繊維同士が接触し、短絡が生じることで抵抗値が下がる現象を利用している。また、Olwaらは、非導電性のコアの周りに導電繊維をマトリックス状に編み込んだ特殊なコードを作製し、近接、タッチ、ひねりを検出する紐状センサを開発した [4]。

提案手法は、導電繊維の抵抗変化を用いるセンシング手法に、あやとりによる多彩な紐同士の接触パターンを組み合わせた新たなアプローチである。

3 提案手法

提案手法にて、図1に示す導電性あやとり紐を用いる。このあやとり紐を用いて提案手法が実現可能か検証するために、提案手法のプロトタイプを作製し、技ごとのあやとり紐の抵抗値と、その変形に伴う抵抗変化を観測した。

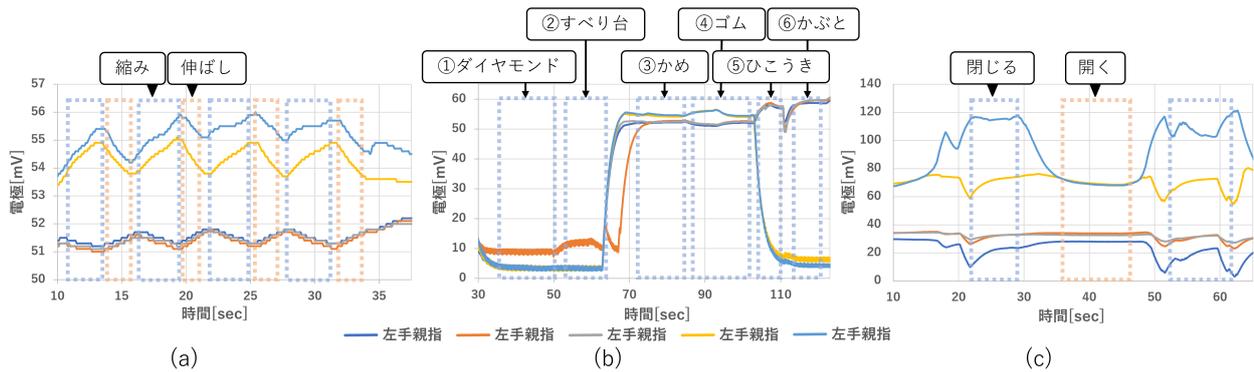


図 3: (a) 「ゴム」を曲げ伸ばししたときの各電極の電位, (b) 連続技を実行したときの電位, (c) 「かぶと」にて手を開閉したときの電位



図 1: 導電性あやとり紐

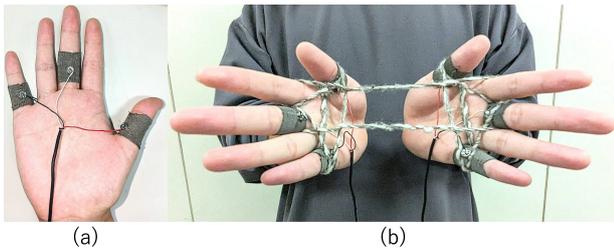


図 2: (a) 指サック型の電極を装着した様子
(b) 電極を装着した状態で「ゴム」を作った様子

3.1 システム構成

導電性あやとり紐

導電繊維を「リアン編み」と呼ばれる手法で編み、その中心に非導電性の毛糸を通した。導電繊維はフジックス製の Smart-X を使用した。あやとり紐の抵抗値は 1cm あたり約 1.54 Ω であった。

電極と測定回路

電極として、MOMOFLY 製の導電性指サックの先端部を切り取ったものを両手の親指、中指、小指の付け根に装着した。また、測定回路との接続用に導電性のスナップボタンを指サックに縫い付けた。図 2(a) に指サック電極を、図 2(b) に電極を装着してあやとりをしている様子を示す。

あやとり紐の抵抗計測にあたって右手中指の電極をエミッタ、残り 5 本の指の電極をレシーバとした。エミッタには 270 Ω の抵抗を介して Arduino から 5V を印加し、5 つのレシーバの電位を 16bit AD コンバータ (MCP3425) および Arduino を用いて測定する。その後、Python を用いて Arduino の測定値を csv 形式で保存する。

3.2 検証

3.2.1 手順

プロトタイプを用いて、あやとりの技の「ゴム」を伸び縮みさせたときの電極の電位、連続技である「ダイヤモンド」、「すべり台」、「かめ」、「ゴム」、「ひこうき」、「かぶと」時の電位、片手で完成する技である「かぶと」を右手でしながら、手を開閉する動作に伴う電位の変化を測定した。

3.2.2 結果

測定結果を図 3 に示す。図 3(a) を見ると、ゴムの伸び縮みに応じて、各電極の電位が連続的に変化していることが分かる。また、図 3(b) は技が切り替わるに従って電位の値が大きく離散的に変化していることが分かる。更に、図 3(c) の「かぶと」でも手の開閉に応じて電位が変化している。また、あやとりと接触していない左手の電極も右手の開閉に応じて変化している。これは、右手の電極から漏れた電流が、皮膚を伝わって左手の電極に流入したことが原因であると考えられる。

以上のことから、提案手法を用いてあやとりの技や変形を推定できると考えられる。

4 まとめと今後の展望

検証の結果、導電性あやとり紐の変形による抵抗値の変化を、機器への入力として使用できる可能性が示された。このことから、提案手法を用いて、ユーザが環境に合わせてあやとりの技を選択可能な入力インタフェースを実現できると考えられる。

今後は、リアルタイムでのあやとりの技およびその変形の推定を目指す。また、提案するインタフェース合わせた新しいあやとりの技を模索し、それに応じたアプリケーションを開発する。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP22K17941 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Ken Nakagaki, Sean Follmer, and Hiroshi Ishii. LineFORM: Actuated Curve Interfaces for Display, Interaction, and Constraint. In *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on User Interface Software & Technology, UIST '15*, pp. 333–339, New York, NY, USA, 2015. Association for Computing Machinery.
- [2] Hyunyoung Kim, Céline Coutrix, and Anne Roudaut. KnobSlider: Design of a Shape-Changing UI for Parameter Control. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '18*, pp. 1–13, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [3] 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. 3_45–3_56, 2018.
- [4] Alex Olwal, Jon Moeller, Greg Priest-Dorman, Thad Starner, and Ben Carroll. I/O Braid: Scalable Touch-Sensitive Lighted Cords Using Spiraling, Repeating Sensing Textiles and Fiber Optics. In *Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '18*, pp. 485–497, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.