

機能性繊維を用いた組紐型デバイスの伝統的道具への応用

穂積 佳* 塚田 浩二* 吉田 博則*

概要. 紐は古くから固定や装飾など多様な用途で利用されてきた。中でも日本の伝統工芸である組紐は、柔軟性と強度を兼ね備え、素材や組み方により機能性や美観を自在に変化させられる特性を持つ。我々はこれまで、導電糸やクロミック繊維などの機能性素材を組み込み、センシングと色変化出力を併せ持つ組紐型デバイスを提案してきた。本研究では、組紐型デバイスの応用例として、伝統的に紐や縄が用いられる道具に焦点を当てる。具体的には、蓋の開閉を検出し温度変化を可視化する「急須紐」と、持ち上げ動作を検出して応答を返す「関守石」を試作し、伝統的造形にセンシングや情報提示機能を付与する試みを行った。これにより、伝統工芸とインタラクティブ技術を融合させた新たな表現の可能性を示す。

1 はじめに

紐は古代より多様な目的に利用されてきた。縄による固定、飾り結びによる装飾、結縄による記録など、紐は機能的かつ象徴的な媒体である。なかでも日本の伝統工芸である組紐は、複数の糸を規則的に組み合わせることで構成され、柔軟性と強度を併せ持ちながら、美しい模様や立体的な構造を生み出すことができる。その用途は、和装の帯締めや刀の下緒、茶道具の装飾紐など多岐にわたり、機能性と造形美の両面を兼ね備えた工芸技術として発展してきた。

筆者はこれまで、導電糸やサーモクロミック糸などの機能性繊維を組み込み、伸縮検出やタッチセンシング、色変化出力などの入出力機能を備えた組紐型デバイスを制作してきた [7]。編み方による組紐の性能変化などの技術的検証をこれまでも進めてきたが、その応用可能性を具体的な生活道具や文化的文脈に展開する試みは不十分であった。

そこで本研究では、伝統的に紐や縄が用いられてきた道具を対象とし、機能性組紐を応用することで新たな機能と表現を付与することを目的とする。具体的には、日用品として身近な「急須の紐」と、庭園における結界的要素を持つ「関守石の紐」を題材とし、それぞれにセンシングや情報提示機能を持たせることで、伝統的造形とインタラクティブ技術の融合を試みる。

2 関連研究

紐状の入力型デバイスを開発する試みは今まで行われてきた。Schwarz ら [4] は紐の端や内部にセンサを取り付けることで、ねじり、引っ張り、タッチ箇所をセンシングできる手法を提案している。Schoessler



図 1. 従来の急須紐



図 2. 従来の関守石

ら [3] は、コード内部に曲げセンサや導電性ポリマーを組み込むことで、コードを用いた入力方法を提案し、5 種類の入力方法を提案している。Olwal [1] らは、非導電性のコアの周りに導電糸と光ファイバーを格子状に編み込み、近接、タッチ、ねじりをセンシングできる機能と情報提示機能を備えた紐型デバイスを提案し音楽プレイヤーの音量を操作する応用例等を示している。

また、導電糸やクロミック素材を用いたテキスタイルデバイスに関する研究も多く存在する。Wilson ら [2] は導電糸を用いたテキスタイルセンサを複数種類製作し、そのデザイン、構築、普及に関する事例をまとめている。若本ら [6] は、外部刺激で色等が可逆的に変化するクロミック素材を用いて多様な色/描画パターンを表現できるインタラクティブキャンバスと描画デバイスを提案・試作し、基礎性能評価をまとめている。また、Zhang ら [5] は磁性繊維をデジタル編み込み技術で構成した「MagTex」を開発し、電磁誘導等を利用して利用してセンシングと触覚フィードバックを一体化したインタラクティブテキスタイルを実現している。

3 提案

本研究では、急須紐 (図 1) および関守石 (図 2) といった紐を用いた伝統的な道具に、導電糸やサーモクロミック糸を組み込むことで、引張の検出や温

度変化の可視化などの機能拡張を試みる。両デバイスの制御には M5StickC Plus を用いており、組紐、急須や石の色調に合わせて筐体を塗装し、全体の印象を調和させている。

3.1 急須紐

急須紐は、急須や土瓶の蓋と本体を連結するための紐であり、使用時に蓋が外れて落下するのを防ぐ安全機能を持つ。さらに、持ち手部分を紐で結ぶことで手に伝わる熱を軽減する断熱的な効果もある。素材や色、結び方には多様なバリエーションがあり、機能性と装飾性を兼ね備えている。

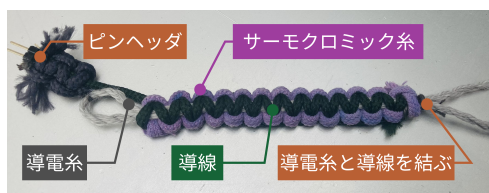


図 3. 平結びで組んだ急須紐

本研究では、2種類の導電糸とサーモクロミック糸を平結びで組む。実装した急須紐を図3に示す。平結びは芯糸を中心に2本の紐を交互に組み込んでいく結び方である。芯糸として、引張を検出するための高抵抗の導電糸を通し、その周囲を導線として機能する被覆つきの低抵抗の導電糸とサーモクロミック糸で組み上げる。これにより、引張の検出と温度変化に応じて色が変化する急須紐を実装する。平結びを採用したのは、従来の急須紐にも多く用いられる結び方であり、結び目の平坦な面が急須の側面に自然にフィットするためである。また、芯糸を中心に導電糸を安定して配置できる構造であり、導電回路を組み込む際にも適している。図4のように蓋の開閉状態を電氣的に判定することで、お茶を淹れ終えたタイミングや補充が必要な状態をシステム側で把握できる。たとえば、お茶がなくなった際に蓋を開けておくことで、離れた位置にいる店員にも「おかわりを希望している」ことが伝わるといった、従来は店員の気遣いで行われていたコミュニケーションを補助する使い方が想定できる。また、図5のように、急須の温度変化に応じて色が変化する視覚的提示機能を付与することにより、使用者は手に取る前に温度の状態を直感的に把握でき、「触れて確かめる」前に「見ることで感じ取る」ことが可能になる。

3.2 関守石

関守石は、日本庭園や茶庭などで通行を制限したい場所に設置される石である。石の上部に細い縄や紐を十字に結んだ形状を持ち、視覚的に「ここから先に進まない」という意図を示す空間的サインとして機能する。関守石の紐は石を持ち運ぶための持ち

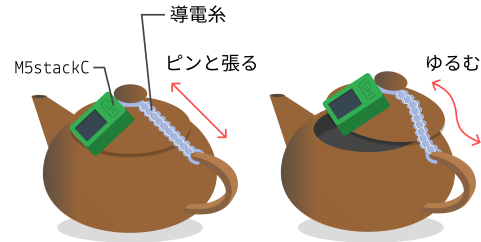


図 4. 提案する急須紐の構造図

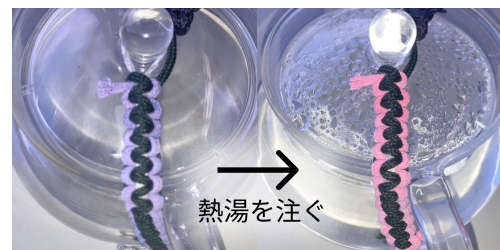


図 5. 急須紐が温度で変化する様子

手としても用いられ、同時に視覚的なアクセントとしての役割も果たしている。

本研究では、関守石の境界意識を、実際の行為と感覚を通して体験できるインタラクションを設計した。図6に示すように、関守石の紐に導電糸を組み込み、紐をつかんで関守石が持ち上げられた際の引張を検出できる構造を実装する。これにより、関守石が動かされたという「禁忌的な行為」をシステムが感知し、禍々しい音声等を再生して使用者に反応を返す仕組みを実装する。これにより、従来は視覚的に静止したサインであった関守石を、触覚と聴覚を介して境界意識を喚起するインタラクティブな体験装置へと拡張する。

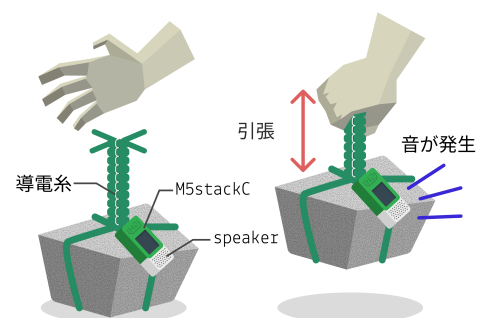


図 6. 提案する関守石の構造図

参考文献

- [1] A. Olwal, J. Moeller, G. Priest-Dorman, T. Starner, and B. Carroll. I/O Braid: Scal-

- able 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. ACM, 2018.
- [2] H. Perner-Wilson, L. Buechley, and M. Satomi. Handcrafting Textile Interfaces from a Kit-of-No-Parts. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI '11)*, pp. 61–68, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [3] P. Schoessler, S. won Leigh, K. Jagannath, P. van Hoof, and H. Ishii. Cord UIs: Controlling Devices with Augmented Cables. In *Proceedings of the Ninth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction (TEI '15)*, pp. 395–398, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [4] J. Schwarz, C. Harrison, S. Hudson, and J. Mankoff. Cord Input: An Intuitive, High-Accuracy, Multi-Degree-of-Freedom Input Method for Mobile Devices. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '10)*, pp. 1657–1660, New York, NY, USA, 2010. ACM.
- [5] S. Zhang, Y. Miao, J. Taylor, and Y. Luo. Mag-Text: Machine-Knitted Magnetoactive Textiles for Bidirectional Human-Machine Interface. In *Proceedings of the 38th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology, UIST '25*, New York, NY, USA, 2025. Association for Computing Machinery.
- [6] 若本麻央, 沖真帆, 塚田浩二. ChromicCanvas: クロミック繊維を用いたインタラクティブキャンバスの提案. インタラクション 2019 論文集, pp. 364–369, 2019. インタラクティブ発表, 1B-45.
- [7] 穂積佳, 塚田浩二, 吉田博則. 導電糸とサーモクロミック糸を用いた入出力が可能な組紐型デバイスの製作. 情報処理学会インタラクション 2025 論文集, pp. 1272–1277, Mar. 2025. インタラクティブ発表, 3B-58.