

刺繍の縫い方の違いによる外観に依存しない触覚のデザイン

篠田 和宏^{1,a)} 亀崎 允啓¹ 矢谷 浩司¹

概要：布特有の触覚特性を活用することで、布インタフェースにおいてアイズフリーやアフォーダンスを実現する手法が研究されている。これまでの手法は形状や輪郭の凹凸などにより触覚を変化させデザインしていたが、外観も変化してしまっていた。しかし、外観はインタフェースの機能も示すなど、必ずしも触覚のために自由に変えられるものではない。そこで、本研究では、刺繍の縫い方の違いによる外観に依存しない触覚特性の変化手法を提案する。まずは様々な刺繍の縫い方から触覚に影響を及ぼし再現性のある縫い方を絞り込み、触覚をもたらす縫い方のデザインスペースを定義した。その中から 26 種類の刺繍を用いてユーザ実験を行い、縫い方と触覚知覚の関係を明らかにした。最後に、縫い方の違いによる触覚変化を活用したアプリケーションについて述べる。

1. はじめに

スマートテキスタイル技術により、日常生活で触れる布製品にインタラクティブな機能をもたらすことが可能になった。これまでに、布インタフェースを実現するための様々な研究が行われているが、その多くはセンシング手法やファブリケーション手法など技術に着目する研究が多かった。一方で、布ならではの特性を活用して適切にインタラクションを組み込むためには、布インタフェースのデザインの側面の研究も非常に重要である。

布インタフェースにおけるデザイン面の研究対象として、「触覚」が注目されている。布ならではの多様な触覚特性を活用して適切にデザインすることで、目で見ずに触覚だけで識別できるようにしてアイズフリーなインタフェースを設計したり [3]、指で触れた時の動きを誘導するようなアフォーダンス [1] を設計したり、といった研究が行われている。ただ、これまでの研究で触覚を変化させるために、UI の形状 [2], [3], [4] や輪郭の凹凸 [3], [4] などの外観に大きな影響を与えるものを変化させている。このような従来の手法でも触覚を変化させることは可能であるが、インタフェースの外観はその UI の機能・アフォーダンスも示していることから、触覚のために自由に変えられるものではない。このような背景から、外観に依存せずに布上で所望の触覚特性を実現する必要がある。

そこで本研究では、刺繍の縫い方の違いにより触覚特性の変化をもたらす手法を提案する。刺繍にはピッチ（一針で縫う長さ）や偏差（縫い目のずれ）など様々な縫い方を

構成するパラメータがあり、これらを変化させることで様々な触覚特性を実現することができる。さらに、縫い方の変化は UI の形状やサイズに関わらず活用できることから、外観に与える影響は小さく布上で汎用的に使える手法である。

本研究では、まずどのような縫い方の違いが触覚特性の変化をもたらすのかを明らかにするために、触覚に影響を与える縫い方のデザインスペースを探索した。刺繍の縫い方は膨大にあるため、その中でも外観に影響を与えずに触覚を変化させるには、どの要素を制御すべきかどうかを絞り込むことが目的である。既存の刺繍設計ソフトに搭載されている縫い方を調査と、刺繍の有識者へのインタビューを通して、デザインスペースを探索した。次に、定義されたデザインスペースにある縫い方がもたらす触覚知覚をユーザ実験を通して明らかにした。また、縫い方の違いによる触覚特性の変化を活用したアプリケーションを提案する。本研究の貢献は以下のとおりである。

- 刺繍設計ソフトの調査と専門家インタビューを通じた触覚に影響を及ぼす縫い方のデザインスペースの探索。
- 縫い方の違いが触覚知覚に与える影響の検証。
- 縫い方の違いによる触覚特性の変化を活用したアプリケーションの提案。

2. 刺繍設計

刺繍の縫い方は非常に多くの種類があることから、縫い方を絞り込み、外観を変えずに触覚を変化させられる縫い方のデザインスペースを探索した。刺繍設計ソフトウェアに無い縫い方を一般の刺繍デザイナーが扱うことは難しいた

¹ 東京大学

^{a)} kazuhiko@iis-lab.org

め、刺繍設計ソフトに搭載されている縫い方を調査して、既存の縫い方を列挙した。調査対象としたのは、刺しゅう pro 11（ブラザー工業株式会社）、Wilcom EmbroideryStudio（wilcom 社）、DG16（タジマ工業株式会社）の 3 つの主要なソフトウェアである。上記ソフトウェアで共通して搭載されている縫い方の中から、本研究の趣旨を鑑みて、以下の縫い方をデザインスペースには含めなかった。

- デザイン性の高いモチーフ（ハート、葉っぱなど）の集合で構成された縫い方。
- 不規則な縫い方（ピッチ・角度・密度などの刺繍パラメータが不規則）。
- 糸密度が薄く布が見えてしまっている縫い方（クロスステッチ、ネットフィルなど）。

さらに刺繍を設計した経験がある 5 名の専門家にインタビューを行い、評価対象すべき刺繍方法の意見を得て、絞り込みを行った。その上で、縫い方、ピッチ、糸密度、偏差を変えた、表 1 に示すような合計 26 種類の刺繍パターンを設計し、次に述べる触覚知覚実験を行った。

3. 触覚知覚実験

3.1 実験方法

実験は手指が健康な 18 歳以上を対象とし、10 代から 40 代の 12 名（男性 6 名、女性 6 名）が参加した。実験は以下の手順で行われた

- (1) 26 種類の刺繍をランダムな順番で全て触ってもらい、どのような刺繍があるか把握してもらった。
- (2) 先ほどとはまた異なる順番で刺繍を触りながら、快適さ、鋭さ、連続的/断続的、平ら/でこぼこ、なめらかさ、温かさ/冷たさ、硬さ、指の動きの誘導性に関する主観的な知覚について 5 段階のリッカート尺度のアンケートで答えてもらった。刺繍の触覚の異方性を明らかにするために、ほとんどの質問は上下方向と左右方向の二方向で回答してもらった。

小さな刺繍枠にはめた刺繍を木枠で固定して、パーティションで視界を遮ることで、参加者は刺繍を見ることなく触れた。刺繍の形状は縫い方によらず 2.5cm 四方の正方形である。刺繍に触れた順序によるバイアスを避けるため、バランスドラテン方陣を使用することで参加者ごとに連続して提示される刺繍が異なるようにした。

3.2 結果と考察

図 1 は触覚知覚に関するアンケート結果の中で、特徴的な結果が得られた刺繍を示している。標準的なタタミ縫い (1~18) は、ピッチや糸密度、偏差によって触覚特性が変化しており、特に触覚刺激の強さや平ら/でこぼこ、滑らか/粗いが変化していた。放射縫い (19) はほとんど特徴が見られず、同心円縫い (20) は粗い、クロスステッチ (21) は鋭

表 1: 刺繍サンプルの縫い方の一覧。

番号	縫い方	ピッチ	糸密度	偏差
1	タタミ縫い	1mm	2 本/mm	0%
2	タタミ縫い	1mm	2 本/mm	25%
3	タタミ縫い	1mm	2 本/mm	50%
4	タタミ縫い	1mm	6 本/mm	0%
5	タタミ縫い	1mm	6 本/mm	25%
6	タタミ縫い	1mm	6 本/mm	50%
7	タタミ縫い	4mm	2 本/mm	0%
8	タタミ縫い	4mm	2 本/mm	25%
9	タタミ縫い	4mm	2 本/mm	50%
10	タタミ縫い	4mm	6 本/mm	0%
11	タタミ縫い	4mm	6 本/mm	25%
12	タタミ縫い	4mm	6 本/mm	50%
13	タタミ縫い	8mm	2 本/mm	0%
14	タタミ縫い	8mm	2 本/mm	25%
15	タタミ縫い	8mm	2 本/mm	50%
16	タタミ縫い	8mm	6 本/mm	0%
17	タタミ縫い	8mm	6 本/mm	25%
18	タタミ縫い	8mm	6 本/mm	50%
19	放射縫い	4mm	2 本/mm	-
20	同心円縫い	4mm	2 本/mm	-
21	クロスステッチ	6mm	1.5 本/mm	-
22	3D タタミ	4mm	6 本/mm	0%
23	3D タタミ	8mm	6 本/mm	0%
24	プログラムタタミ (檜垣)	-	6 本/mm	-
25	プログラムタタミ (紗綾)	-	6 本/mm	-
26	プログラムタタミ (菱)	-	6 本/mm	-

い、粗い、硬いという特徴があった。3D タタミ (22, 23) はウレタンで凹凸が強調されたことにより、でこぼこをより強く感じていた。プログラムタタミ (24, 25, 26) はそれぞれに大きな変化はなく、刺繍の複雑で細かい模様の違いはあまり触覚に影響を与えていないことがわかった。また、多くの刺繍において左右方向と上下方向で触覚知覚が異なることから、触覚の異方性が確認された。

指の動きの誘導性に関しては、刺繍 19 ~ 刺繍 21 を除いた刺繍が左右方向だった。これらは糸の方向が全て左-右方向である。放射縫い (19)、同心円縫い (20) はあらゆる方向に糸が縫われていることから、回答がばらついていった。クロスステッチ (21) は正方形の対角線方向の二方向に糸が縫われているが、右上-左下方向の糸が前面に来ていることから、当該方向と回答した人が多くなっている。これらから、糸によって作られる meso-scale(200 μ m ~ 1mm) の触覚が指の動きの誘導性を決める要素であり、たとえ縫い方を変えて溝を作ったりしても (macro-scale(1mm ~ 5cm) の触覚を作っても) 誘導性には影響しないことがわかる。

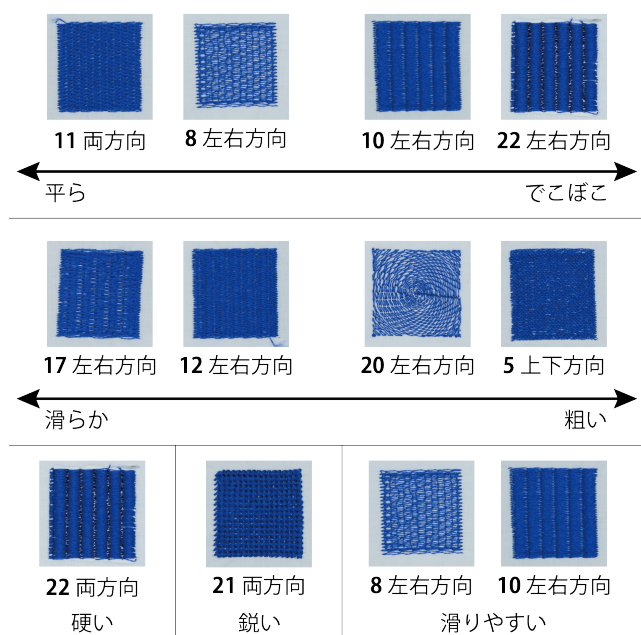


図 1: 触覚知覚に関するアンケート結果の中で、特徴的な触覚知覚が得られた刺繍。

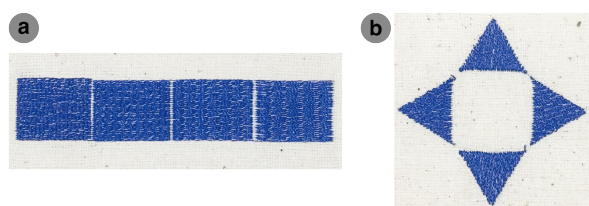


図 2: 縫い方の違いによる触覚特性を活用したアイズフリーインタフェースの例。(a) スライダー UI。(b) 十字キー。

4. アプリケーション例

布製アイズフリーインタフェース 縫い方の違いによる触覚知覚や指の誘導を通して、アイズフリーインタフェースに設計できる。例えば、一次元方向に指をなぞって操作するスライダー UI（音量調整・明るさ調整等に用いられる）において、図 2 (a) のような刺繍にすることで、目で見なくても指の誘導方向ならびに値の大小を触覚で示すことができる。また、図 2 (b) のように、十字キーにおいて縫い方により指の方向を示すことで、今触れているボタンがどの方向かアイズフリーで認識できる。

刺繍設計支援への応用 刺繍を設計する上で、初心者でも所望の縫い方を設計できるインタフェースが実現できる。刺繍を設計する上では縫い方を構成する様々なパラメータを適切に設定する必要があるが、あるパラメータを変化させるとどのような縫い方になるのか直感的に想像するのは難しい。そこで、本研究で得られた結果をもとに平ら ↔ でこぼこ、滑らか ↔ 粗い、などといった直感的にイメージしやすいパラメータで縫い方を設計することで、初心者

でも想像通りの縫い方を実現しやすくなる。

視覚障害者向けの衣服管理支援 目が不自由な方のファッション活動において、衣服の種類・色・柄などを認識するのに非常に時間がかかったり、そもそもできないという課題がある [5]。そこで、本研究で得られた触覚知覚データを元にその衣服の色や柄、温かい/冷たいなどの特性を表現する刺繍を施すことで、短時間での衣服の認識を支援する。

すなもじ (幼児向け文字学習教材) 幼児向けの文字学習手法として、ざらざらした文字をなぞることで学習する“モンテッソーリの砂文字”というものがある。既存の砂文字は一様にざらざらした文字を触るだけだが、刺繍による指の移動方向の誘導や摩擦によって、より書く方向や書き順、トメ・ハネを意識した文字学習を実現できる。

5. 結論

本研究では、外観に依存せずに布上で所望の触覚特性を実現するために、刺繍の縫い方の違いによって触覚を変化させる手法を提案した。刺繍設計ソフトの調査と専門家インタビューを通して触覚に影響を及ぼす縫い方のデザインスペースの定義し、ユーザ実験を通して縫い方の違いが触覚知覚に与える影響の検証した。また、得られた知見もとに触覚特性の違いを活用したアプリケーションを提案した。今後の展望として、実験データの更なる分析を通じた縫い方と触覚の関係の解明や具体的な UI 要素を用いたタスク遂行への影響の調査、センシング技術との統合が挙げられる。

謝辞 本研究は、株式会社メルカリ R4D とインクルーシブ工学連携研究機構との共同研究である価値交換工学の成果の一部である。また、本研究は JSPS 科研費 JP24KJ0749 の助成を受けたものです。加えて、株式会社パールヨットから刺繍の作成に関して助言を受けた。

参考文献

- [1] Mlakar, S., Alida Habermellner, M., Jetter, H.-C. and Haller, M.: Exploring Affordances of Surface Gestures on Textile User Interfaces, *Proc. DIS'21*, ACM, p. 1159–1170 (2021).
- [2] Mlakar, S. and Haller, M.: Design Investigation of Embroidered Interactive Elements on Non-Wearable Textile Interfaces, *Proc. CHI'20*, ACM, p. 1–10 (2020).
- [3] Nowak, O., Schäfer, R., Brocker, A., Wacker, P. and Borchers, J.: Shaping Textile Sliders: An Evaluation of Form Factors and Tick Marks for Textile Sliders, *Proc. CHI'22*, ACM (2022).
- [4] Schäfer, R., Nowak, O., Suchmann, L. B., Schröder, S. and Borchers, J.: What's That Shape? Investigating Eyes-Free Recognition of Textile Icons, *Proc. CHI'23*, ACM (2023).
- [5] 嶋田紅緒 and 矢谷浩司: 視覚が不自由なユーザのファッション活動に関する定性的調査, Technical Report 36, 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI) (2019).