

超音波集束装置を用いた被毛布への描画手法

Drawing Patterns on Fur Surface Using Airborne Ultrasound-Focusing Device

杉浦裕太¹⁾, 星貴之²⁾, 神山洋一¹⁾, 五十嵐健夫³⁾, 稲見昌彦¹⁾

Yuta Sugiura, Takayuki HOSHI, Youichi KAMIYAMA, Takeo IGARASHI and Masahiko Inami

1) 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

(〒223-8526 横浜市港北区日吉 4-1-1, y-sugiura@kmd.keio.ac.jp)

2) 名古屋工業大学若手研究イノベータ養成センター

(〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町, star@nitech.ac.jp)

2) 東京大学大学院情報理工学系研究科

(〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1, takeo@acm.org)

概要: 本論文では、超音波集束装置を用いて被毛布への描画手法を提案する。被毛布は毛の方向によって光の反射が変化し、濃淡が生じる。我々は複数の超音波集束装置により、異なる方向から毛に対して力を入射することで毛の角度を操作し描画を実現した。

キーワード: 被毛布ディスプレイ, 超音波集束装置, BRDF

1. はじめに

生まれてからはじめて触れる母の衣服, 幼児期に長い時間を共に過ごすぬいぐるみ, 快適な睡眠を促すベッドや枕, これらは柔らかくて温もりがあり, 我々の身体を包み込んでいる。これらは, 素材の物理的な柔らかさや保温性と, それに伴う緩衝材としての役割や, 形状や触覚的な生物らしさから所有者が愛着を抱く嗜好品としての役割を担っており, 所有者を取り巻き長時間密着している存在である。本研究のねらいは, 住環境に存在する様々な柔軟物の表面に I/O 機能を付加し, 居住者が生活の至る所において環境とのインタラクションを実現するインタフェースの構築である。

本研究では, このような柔軟物の中でも特に, 被毛を有する布 (以下, 被毛布) で構成されたものに着目し, その逆毛した部分とそうでない部分での光の反射が異なるため視覚的な濃淡が知覚される現象に着目し, 被毛布を情報入出力インタフェースとして活用する技術を提案する。こうした特性を持つ布は住環境においてカーペットやぬいぐるみなどの様々な布製品に見られるため, 生活空間を大きく改変せずとも簡単にインストールでき, 非発光であり目に負荷を与えない, 至る所に大画面で存在するインタフェースを構成できる。

これまで我々は, 被毛布の表面に対してデバイスを機械的に接触させることによる描画手法を考案してきた[1]。これに対し本論文では, 超音波集束装置を用いて被毛布に対する非接触な描画手法を提案する。複数の超音波集束装置により, 異なる方向から毛に対して力を加えることで毛の

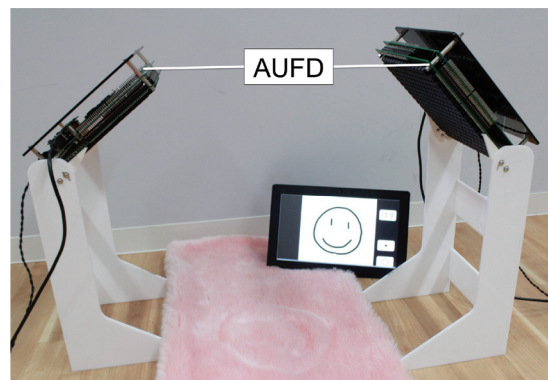


図 1: システム構成

角度を制御し描画を実現する。

2. 超音波集束装置による毛の制御システム

非接触で物体に力を加えることのできるデバイスが開発されている[2]。これはアレイ状に並べた各振動子の位相を制御して任意の位置に超音波を集束させ, 音響放射圧によって力を発生させるデバイスである。本稿ではこのデバイスを用いて毛の制御を実現する。

アレイ基板には超音波振動子 (T4010A1, 日本セラミック株式会社製, 共振周波数 40 kHz, 直径 1 cm) 285 個が $17 \times 17 \text{ cm}^2$ の矩形領域内に配列されている。アレイの辺と平行な方向のメインローブの幅 (焦点径) w [m] は $w = 2\lambda R/D$ で与えられる。ここで λ [m] は超音波の波長, R [m] は焦点距離, D [m] は正方形アレイの一辺の長さである。例えば, アレイからの距離 20 cm における焦点径は 20 mm である。最大の発生力は 16 mN である (実測)。また焦点

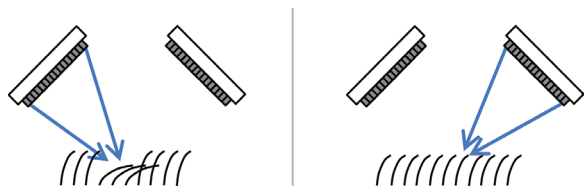


図 2: 超音波集束装置による毛の制御



図 3: 描画例

位置の空間解像度は 0.5 mm である。さらに、焦点位置は 1 kHz で更新できる。

本システムは、二台の超音波集束装置を用いて被毛布の毛の制御を実現する。これらは、図 1, 2 のように布を中心として向かい合わせで設置されている。一方のデバイスで立っている毛を寝かせることで描画をし、もう一方で寝ている毛を立てせることで描画を消す。斜め方向から照射しているため、焦点距離は描画位置に合わせて変更している。描画はタブレット PC から制御する。ユーザが画面上で描画を行うと直ちに被毛布への描画が開始され、また画面上の消去ボタンにより被毛布上の描画が消される。

3. 結果と考察

現実装システムにおけるディスプレイの解像度は 1.2 dpi であった。描画スピードは、毛が立ち上がる時間や、発生力に影響がある、これを計測したところ、毛足の長さが 18 mm、直径 0.02 mm のポア布に対しては 30 cm/sec で描画できた。現状の発生力で制御可能な被毛布は限られており、予備実験では 18 mm 以下の毛足の被毛布への描画は困難であった。すなわち超音波が照射されている間は毛が倒れるものの、その後すぐに起き上がって描画として残

らなかった。図 3 のような $20 \times 20 \text{ cm}^2$ の図は 4 秒程度で描画できた。この消す作業は、本稿においては、描画部位に力を入射するのではなく、平面全体に対して力を入射することで消去しており、描画よりも時間を有した。また、毛を癖がついている反対方向に毛を起き上がらせる必要があるため、削除時間は描画作業の約 4 倍以上の時間が必要であることが確認された。

超音波照射部が、既に描画を行った場所と比べて特に明るく見えることが分かった。描画後の毛は、その弾力によって逆方向に戻る作用があり、描画中の部分（超音波照射部）とは毛の角度が異なるため、このような現象が生じると考えられる。また、超音波に変調を加えると、毛が振動して高速に点滅して見える効果も確認できた。

4. おわりに

本稿では、超音波集束装置を用いた被毛布に対する日接触による模様を描画を実現した。具体的には、二台の超音波集束装置を用いて異なる角度から力を毛に入射し、毛の状態の制御を実現した。今後は、毛の BRDF により角度に応じて反射光の量に変化することを実験的に確認されているため、発生力や照射時間の制御による毛の角度の操作を実現し、ON/OFF だけではない濃淡の制御に挑戦する。また描画の消去方法として、描画部分に対して正確に力を加えることで、消去時間の短縮を目指す。リビングのような生活環境において温もりのある情報表示手法としてのアプリケーションを検討する予定である。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 26700017 の助成を受けている。

参考文献

- [1] 戸田光紀, 杉浦裕太, 平場吉輝, 稲見昌彦, Graffiti Fur: 柔軟物の毛羽立ちを利用した描画手法, エンタテインメントコンピューティング 2013 論文集, pp. 317-323, 2013.
- [2] 星貴之: 非接触作用力を発生する小型超音波集束装置の開発, 計測自動制御学会論文集, vol. 50, no. 7, pp. 543-552, 2014.