

FuSA² Touch Display: 大画面毛状マルチタッチディスプレイ

中島 康祐[†]
藤田 和之[†]

伊藤 雄一[†]
高嶋 和毅[†]

築谷 喬之[†]
岸野 文郎[‡]

本稿では撫でる、かきむしるなど様々な動作を想起させる毛状物体の特性に着目し、毛状表面での映像提示とマルチタッチ認識が可能な大画面毛状マルチタッチディスプレイ“FuSA² Touch Display”を提案する。このシステムでは、プラスチック製光ファイバが毛状物体として用いられ、プロジェクタによる映像提示と赤外線を利用したタッチ認識が可能である。ディスプレイはファイバ束と赤外線 LED を含むモジュール単位で構成し、大画面化が可能となっている。今回は、24 インチ相当のディスプレイを実装し、表示特性を確認した。

FuSA² Touch Display: A Furry and Scalable Multi-touch Display

KOSUKE NAKAJIMA[†]
KAZUYUKI FUJITA[†]

YUICHI ITOH[†]
KAZUKI TAKASHIMA[†]

TAKAYUKI TSUKITANI[†]
FUMIO KISHINO[‡]

We suggest a furry and scalable multi-touchable display “FuSA² Touch Display”. Its furry tactile sensation causes various interactions such as stroking or tearing. The system utilizes plastic fiber optics bundles as a furry object. It can show visual feedback by a projector, and detect multi-touch by Diffused Illumination technique. The furry display consists of modularized screens including fiber bundles and infrared LEDs in order to make the system scalable. Implemented 24-inch display lets users interact with it in various actions and imagine wide range of applications.

1. はじめに

毛に覆われた道具や物体、動物やぬいぐるみといった存在に対して、人は毛並みに沿って撫でたりかきむしったりして、インタラクションを試みようとする。この時、毛並みに沿って撫でる行為は自然に想起されて行われ、撫でた対象からのフィードバックやその手触りなどを通じて、様々な感情的な影響を受けたり、あるいは相互に与え合ったりしていると考えられる。また、毛状物体とのインタラクションには、指や掌といった比較的小さな身体部位での動作のみでなく、腕全体で撫でたり抱いたり、頬ずりしたりするように、多彩なふれあい方が含まれる。こうした毛状物体の特性を Human-Computer Interaction に導入することで、撫でる、かきむしるといった新しい方法による提示情報とのインタラクションが実現されるほか、ユーザからの入力動作を自然に想起・誘発するようなデバイスを実現できると考えられる。

そこで本研究では、毛のような形状を持ち映像提示

とマルチタッチ認識が可能な大画面毛状マルチタッチディスプレイ“FuSA² Touch Display” (図 1) を提案する。本ディスプレイでは、光ファイバによる毛状ディスプレイにプロジェクタによって映像を投影し、ディスプレイ面へのタッチを検出する。毛状表面を撫でたりかきむしったりする動作で提示映像とインタラクションでき、毛状の見た目やその手触りから、ユーザは様々な入力動作を想起し、実行できる。さらにその柔軟な視覚フィードバックによってユーザ動作を誘導するようなインタラクションも実現できる。画面の大きさを拡張できる構成とし、指や掌のみでなく身体部位を広く用いて多彩な入力動作を行える程度に大面積なディスプレイを構築する。



図 1. FuSA² Touch Display

[†] 大阪大学 大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

[‡] 関西学院大学 理工学部
School of Science and Technology, Kwansei Gakuin University

2. 関連研究

毛状物体を利用したインタフェースは近年盛んに研究されている。サーボモータに接続した毛を並べてスクリーンとし、視覚と触覚フィードバックを連動して提示できる Fur-Fly [1]では毛状物体を利用した視触覚のインタラクシオンを実現している。毛状突起物を撫でる行為を検出する触覚センサ Fibratus tactile sensor [2]では、光でこの原理を利用し、高解像度なセンサを実現している。Fur Display [3,4]は自然毛の毛皮の立毛状態を振動モータで制御し、毛並みとその動きで情報提示を行うインタフェースである。ここでは毛並みが感情伝達に利用される点に着目し、親しみやすいインタフェースを実現している。

このように、毛状インタフェースは様々に試みられており、毛の親しみやすさや手触りを利用したインタラクシオンが実現してきている。我々の研究[6]でも、光ファイバ、カメラ、プロジェクタの簡単な構成で提示画像と撫でたり触れたりできる毛状視触覚ディスプレイを提案し、4.7 インチ相当のディスプレイを実装してきた。このシステムでは、光ファイバが入り組んでいて大画面化が困難であり、タッチ認識のための参照光が白色で提示画像のコントラストが低くなるという課題があった。本稿では、大面積化が可能な構成を採用すると共に、赤外線を利用したタッチ検出手法を適用し、ユーザのインタラクシオンを誘発・誘導できる大画面毛状マルチタッチディスプレイを提案し、実装する。

3. FuSA² Touch Display

毛のような形状を持ち映像提示とマルチタッチ認識が可能な大画面毛状マルチタッチディスプレイ“FuSA² Touch Display”を提案する。このディスプレイでは、プラスチック製光ファイバで構成された毛状表面に対して撫でたりかきむしったりする行為でのインタラクシオンが可能である。映像提示の際は、光ファイバの特性によって毛の一本一本の発光として映像が提示される。これにより、毛並みの動きに従って提示画像も揺らいだり歪んだりし、あたかも毛状物体の模様として映像が投影されているような提示となる。

3.1 構成

提案するディスプレイは、主として光ファイバによる毛状ディスプレイと、映像投影のためのプロジェクタ、タッチ検出のための赤外線 LED と赤外線カメラから構成される (図 2)。毛状ディスプレイには、プラスチック製光ファイバを用い、これを切りそろえた

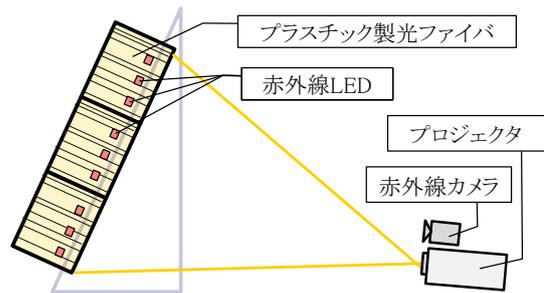


図 2. システム構成

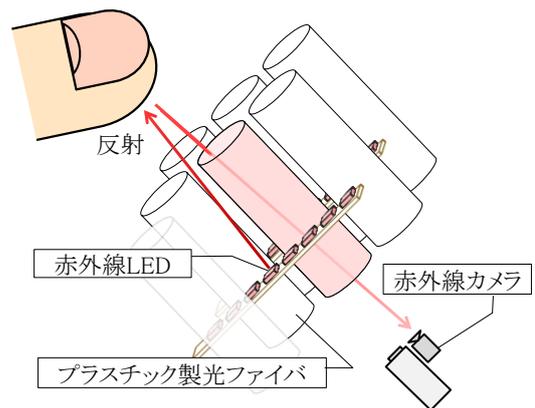


図 3. タッチ検出機構

上で束ね、集合することで、ファイバ断面が無数に露出した毛状表面を構成し、これを用いる。ディスプレイへの映像提示には、毛状ディスプレイ背面に設置するプロジェクタを用い、タッチ検出には赤外線を用いた Diffused Illumination 方式 [5]のタッチ検出機構を、光ファイバの毛状ディスプレイに適合させて実装する。ここで、光ファイバの光透過特性は視覚フィードバックの提示にもタッチ検出にも利用される。

タッチ検出には、ディスプレイ表面に向けて照射した赤外線がタッチしている手指の表面で反射することを利用する。集合した光ファイバ束の、ユーザに提示する面に向けて背面方向から赤外線を照射する。ユーザがタッチすると、ディスプレイ表面に現れた赤外線が手指の表面で反射し、ファイバ内を通過して背面へ伝搬する。この時、背面の赤外線量が増加するため、それを検出することでタッチ領域を認識できる。

このようなタッチ認識手法のため、本ディスプレイは図 3 に示すような構造とする。光ファイバ束の内部に赤外線 LED を配置し、赤外線はファイバ内ではなく、ファイバ間の隙間を通過して手指表面に投射される。プロジェクタが可視光を投影するように、ディスプレイ面より離れた位置から赤外線を投射した場合、赤外線はファイバ内を通過してディスプレイ表面に現れる以外に、ファイバ表面の保護層やその側面で拡散反射してディスプレイ背面で拡散してしまう。この状態では、

背面が赤外線で強く照らされてしまい、ユーザのタッチによって手指からの反射光がディスプレイ背面に現れても、タッチしていない時との差が現れにくく、検出が難しい。そこで、ディスプレイ背面が赤外線で照らされにくくなるよう、ファイバ束の内部に赤外線 LED を挿入する。

また、毛状マルチタッチディスプレイではディスプレイ面積が重要な要素となる。例えば掌ほどの大きさしかない毛状ディスプレイであれば、それに入力できる動作は指先や掌で触れたり撫でたりする程度に限定されるが、大画面であれば、前腕全体を使って撫でたり、頬やその他の身体部位を用いて触れ合ったりできるようになる。このように、柔軟に大きさを変えられ、大面積に対応できる構成にすることで、毛状マルチタッチディスプレイはその有用性を高められる。そこで本ディスプレイでは、光ファイバ束と赤外線 LED からなる毛状ディスプレイ部分をモジュール化し、これを並べることで形状を拡張できる構成とする。

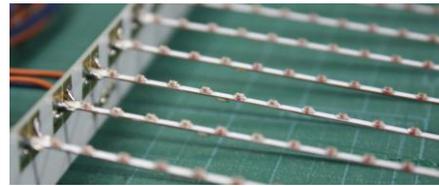
3.2 実装

本ディスプレイでは赤外線 LED を光ファイバ束の内部に挿入する。LED の大きさによってはファイバ束の中にファイバの生えていない不自然な隙間が生じる恐れがある。小型の LED を使用し、ファイバ束の密度が不均一にならないことが望ましい。

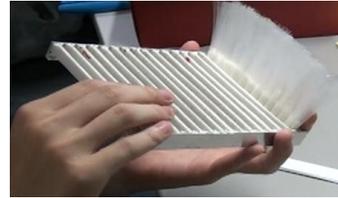
これを実現するために、5 mm 間隔に赤外線 LED が実装された幅 0.8 mm、長さ 12 cm の基板を用いる (図 4 (a))。これを長さ 16 cm の電源供給用の基板に 1 cm 間隔で 16 本差し込み、櫛のような形状とする。赤外線 LED には OSRAM 社の SFH4050 を用いる。この櫛状 LED 基板 1 つを毛状ディスプレイ 1 モジュール内に実装する。

光ファイバ束は、9 cm に切ったファイバを一定の長さに切った両面テープに貼りつけ、これを巻いて直径約 8 mm になるよう作成する。このように束を作成すると、内部にテープの厚みだけ空間が生じる。この空間によって光ファイバは自由に動けるようになり、柔らかな手触りと柔軟な毛の動きを提示できる。なお、光ファイバの固定には他の方法も検討できるが、光ファイバの密度を高くすれば提示映像を映す発光点が密になる反面、手触りは固く、毛の動きは少なくなる。毛状ディスプレイのモジュールでは、このファイバ束を並べてディスプレイ面を構築する。

毛状ディスプレイの内部には LED 基板を挿入するための隙間を作る必要がある。これは、細い LED 基板に負担をかけないためである。今回は図 4 (b) に示すように、等間隔に 2 mm 幅のプラスチック板を並べ



(a) 赤外線 LED 基板



(b) 梯子状フレームに並ぶ光ファイバ束



(c) 毛状ディスプレイのモジュール

図 4. 毛状ディスプレイ面の実装

た梯子状のフレームを用いてこれを実現する。フレームの隙間にファイバ束を並べ、梯子状フレームの“段”の部分が櫛状の LED 基板を挿入する隙間となる。

以上 3 つの構成要素 (梯子状フレーム、直径約 8 mm の光ファイバ束、櫛状の赤外線 LED 基板) を統合し、モジュールとする (図 4 (c))。モジュールの大きさは 16 cm x 12 cm とし、これを並べることで 4:3 や 16:9 の画面が構成できる。実装したモジュールのファイバ束の内部には、LED 基板を挿入するための 2 mm の隙間があるが、ファイバがディスプレイ表面に向かって自然に広がっているため、ディスプレイに對峙した際に毛並みに隙間があるとは感じられない。ディスプレイのサイズは、9 モジュールを 3 x 3 に並べた 24 インチ相当 (48 cm x 36 cm) であり、腕全体で撫でる動作を無理なく行える。

タッチ認識のための赤外線カメラはディスプレイの背面を撮影しており、PC へ画像を送る。PC 上ではタッチによる赤外線量の変化を、背景差分を含む画像処理によって検出し、プロジェクタに提示映像を送る。

3.3 表示特性の調査

実装した毛状ディスプレイは画面全体をファイバ断面で満たしており、投影した画像はそのファイバ断面の発光の集合として表現される。投影された映像は、ファイバの曲がり具合に従って歪んで見える。

毛状ディスプレイの表示特性として、その解像度を確認するため、投影した縞模様をそれとして視認でき

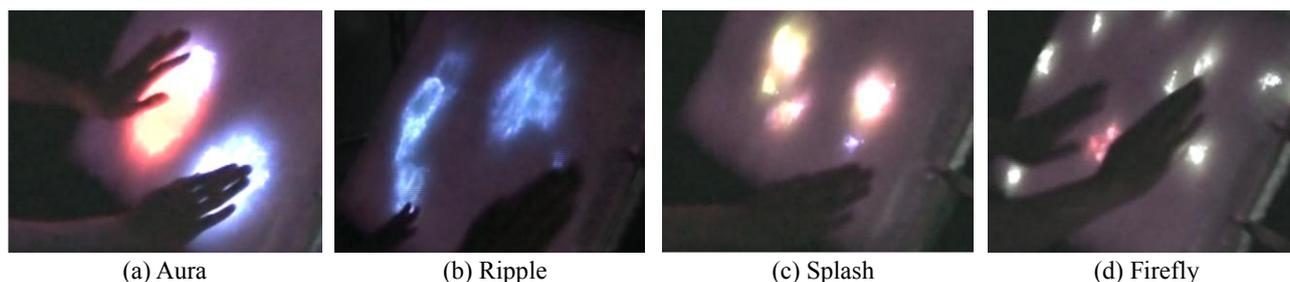


図 5. インスタレーションの一例

る最小の縞間隔を調査する。幅が徐々に変化する縞模様をスクロールしながら投影し、縞模様が視認できなくなる境界を3人の参加者に回答してもらう。画面から参加者までの距離は手の届く距離として50 cmに設定する。この調査では、縦縞を投影した場合は平均して約11 mm間隔まで、横縞を投影した場合は平均して約13 mm間隔までを縞として視認できるという結果を得た。縞の間隔を画素として扱えば、1モジュールで126ピクセルを表示できることになる。横縞よりも縦縞の方が視認しやすいのは、梯子状のフレームによってファイバ束の変位や変形が左右方向には拘束されているが、上下方向には比較的それらを許容した実装になっていることが影響していると考えられる。

4. インスタレーション

本ディスプレイに実装したインスタレーションの一部を図5に示す。“Aura”(図5(a))は、体から発せられるオーラをモチーフとしたインスタレーションで、手でディスプレイに触れると触れた領域に発光が残り、自分の手から光を写し取るような体験ができる。本ディスプレイにおけるタッチ認識や画像提示の特性を体感しやすいインスタレーションとなっている。

“Ripple”(図5(b))では、水面に生じる波紋をモチーフにし、ディスプレイを水面に見立てた体験を提供する。触れたところからは波紋が広がり、撫でれば連続的に波紋が生じる。“Splash”(図5(c))は、朝露に濡れた芝生を撫でた時に水飛沫が飛び散る様子を模したインスタレーションである。手でディスプレイを撫でると、触れた領域から撫でた方向にしぶきが飛び散る。“Firefly”(図5(d))は、蛍を捕まえようと草むらの中に手を伸ばすような体験を提供するインスタレーションである。ディスプレイには小さな発光点が動いており、その光を捕まえようと手で触れると、動きが変化し手の中から逃げ出そうとする。本ディスプレイの毛の触感、草むらの触感を連想させる上で効果的と考えられる。

5. おわりに

本稿では、大画面毛状マルチタッチディスプレイ”FuSA² Touch Display”を提案し、実装した。毛状ディスプレイには光ファイバ束を用い、プロジェクションによる映像提示と、赤外線を利用したマルチタッチ認識手法を適用した。これにより、撫でる、かきむしるといった行為を始めとした多彩な動作で提示映像と触れ合う新しいインタラクシオンを実現した。拡張が容易な構造とし、大面積な毛状ディスプレイを実装できる。今後はさらに柔軟に構築できるよう、より小さなモジュールを検討するほか、ユーザが抱く印象について調査し、ディスプレイ自体が持つ特性を明らかにしていく。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省グローバルCOEプログラム(研究拠点形成費)の補助によるものである。

参考文献

- 1) K. Kushiyama. Fur-fly. Leonardo, Vol. 42, No. 4, pp. 376-377, 2009
- 2) S. Saga, S. Kuroki, and S. Tachi. Fibratus tactile sensor using reflection image on an optical lever. Proc. of SIGGRAPH '07 Emerging Technologies, Article No.3, 2007.
- 3) 上間裕二, 古川正紘, 大越淳史, 常盤拓司, 杉本麻樹, 稲見昌彦. Fur Display: コミュニケーションを可能にする毛皮, WISS2009, 2009.
- 4) M. Furukawa, Y. Uema, M. Sugimoto, M. Inami. Fur interface with bristling effect induced by vibration. Proc. of Augmented Human International Conference, 2010.
- 5) N. Matsushita and J. Rekimoto. HoloWall: designing a finger, hand, body, and object sensitive wall. Proc. of UIST '97, pp. 209-210, 1997.
- 6) 中島康祐, 伊藤雄一, 山抱加奈, 吉田愛, 高嶋和毅, 北村喜文, 岸野文郎. FuSA² Touch Display 光ファイバを用いた毛状マルチタッチディスプレイ, インタラクシオン 2010, pp.115-122, 2010.