

起毛による色の濃淡変化を利用した 毛状ディスプレイの提案

阪口 紗季^{1,a)} 堀下 小春^{2,†1} 堤 修平¹ 阿部 誠² 松下 光範²

概要: 本研究の目的は、撫でる行為をきっかけとして情報を提示する毛状ディスプレイの実現である。毛状物体の表面を撫でて起毛させた時に色の濃淡が変化する現象を利用し、毛の立毛状態を制御することによって情報を提示する。毛皮で情報を描画することにより、従来の光を利用したディスプレイに比べ、デジタル制御による提示情報をより生活空間に溶け込ませることを目指す。

A Nonluminous Display Using Fur to Represent Different Shades of Color

SAKAGUCHI SAKI^{1,a)} HORISHITA KOHARU^{2,†1} TSUTSUMI SYUHEI¹ ABE MAKOTO²
MATSUSHITA MITSUNORI²

Abstract: The goal of our research is to create a novel display that is in harmony with its surroundings and adapts seamlessly to our living space. To achieve this, our proposed display presents information in a nonluminous manner. It presents information using the different shades of color that can be generated in fur. By incorporating the proposed display into daily necessities, we are able to present information in a novel situation.

1. はじめに

日常生活における様々な場において、デジタル制御による提示情報を目にする。電光掲示板やモニタ、プロジェクタによる映像投影は、計算機によるデジタルな視覚情報の出力によく用いられる。これらはデジタル制御によって、同一の情報提示面において提示情報を可逆的に変化させることが可能となっている。これらには利便上、光を発しているものが多く、提示情報を周囲の環境に比べて強調させることが可能であるという利点もある。しかし、我々の生活空間には多くのデジタルな情報が存在し、それらが全て強調されて提示されることは、ユーザによる情報の取捨選択を困難にさせるため望ましくない。よって、

ユーザが情報を得るコンテキストや実環境における場に適した情報提示手法が必要となる。

このような背景のもと、我々は実環境に溶け込む情報提示手法として、自らが発光するのではなく、環境光や反射光を用いることによって情報を視認できるような、アンビエントなディスプレイについて研究を進めている。これらは、実体のある素材の特性を用いて反射光を制御するディスプレイであり、本研究では「非発光ディスプレイ」と定義している。関連するものとして、木の板や水の波紋を利用して情報を提示するディスプレイがある [1][2]。これらは、実体のある素材に変化を加え、反射光を制御することによって情報を提示している。水を利用した情報提示手法は、他にも様々な手法が提案されている [3][4]。このように既に我々の日常生活に溶け込んでいる物を利用することで、生活空間に溶け込むディスプレイが実現可能になると考えられる。

本研究では、このような非発光ディスプレイの 1 つとして、毛状物体を用いた情報提示手法を提案する。毛皮のよ

¹ 関西大学大学院 総合情報学研究科
Graduate School of Informatics, Kansai University

² 関西大学 総合情報学部
Faculty of Informatics, Kansai University

^{†1} 現在、富士ホームサービス株式会社
Presently with Fuji Home Service Co.,Ltd.

^{a)} k107221@kansai-u.ac.jp

うな柔らかな素材は、家庭内での様々な日用品に用いられている。毛状物体を実物体ディスプレイの素材として用いることによって、生活空間にデジタル情報を溶けこませることを目指す。

2. 関連研究

2.1 柔らかな素材を用いた情報提示

山下らによる“芯まで柔らかいぬいぐるみロボット” [5] は、柔らかい感触の機構で構成されており、外界情報に反応して動作するぬいぐるみロボットである。力センサや触覚センサ、深度センサ (Kinect) でユーザ動作と周囲の状態を取得し、その外部の状態に合わせて、布・綿・糸で構成した綿袋を糸で引き変形させる。ぬいぐるみの腕を掴み、上下に動かすと、同じリズムでぬいぐるみの腕も動き、握手をしているような感覚を得ることができる。ロボットにぬいぐるみの外観を持たせたペットロボット (e.g. メンタルロボット・パロ [6]) とは異なり、外観だけでなく触感も柔らかいぬいぐるみロボットを提案・実装している。

申山らによる“Magnet Sand play” [7] は、硬軟感が変化する砂場である。スクリーンの裏面に電磁石を接触させ、その上部に直径 1.2mm のつや消しスチールボールを深さ 30mm に敷き詰めたものをスクリーンとしている。敷き詰めた電磁石に直流電流を流すことで磁場を生じさせ、磁場の強さに応じてスチールボールの密集度が変わり、スクリーンそのものを硬くしたり柔らかくしたりする。タッチパネルによってスクリーンに触れた位置と時間を検出し、それに合わせてディスプレイの柔らかさが変化する。

2.2 毛状物体による情報提示

上間らによる“Fur Display” [8] は、毛皮の裏にモータを取り付け、振動によって立毛状態を制御するシステムである。猫等の動物が、威嚇するときや警戒しているときに毛を逆立てる現象を再現することで、人間が直感的に理解することのできる情報提示を可能にしている。さらに、毛状物体が撫でる行為を誘発することに着目し、ユーザが手をかざすことをきっかけに立毛する仕組みを採用している。この研究は、柔らかな毛が密集している毛皮を素材として用いることで、自然に存在する毛並みの状態を再現しつつ、情報を提示するインタフェースを実現している。しかしながら、既に密集して生えている毛を制御するために広い範囲を一括しての制御手法を用いており、毛の様態変化を細かく制御することが難しいといった問題がある。この問題を解決するために、人工的に毛を一本ずつ集合させて作製した毛状物体を用いたディスプレイも提案されている。

大出らによる“Hairlytop Interface” [9] は、シリコンチューブに形状記憶合金を通し通電させることで毛を屈曲させるシステムである。このシステムは、1本のシリコンチューブに形状記憶合金を3本通し、個別に制御すること

により、全方位への屈曲が可能である。このようなシリコンチューブを複数本集合させることで毛状物体を表現している。

菰池らの“Hedgehog” [10] は、テグスにビーズとシリコンゴムを通した物をソノレイドで引き、シリコンゴムを圧縮させることで、立毛状態と毛の硬度を制御するシステムである。このシステムは、視覚的硬軟感と触覚的硬軟感を両立させることを企図している。このようなテグスを複数本集合させることで毛状物体を表現している。

これらの研究は、毛の一本一本を自在に制御することにより、毛の様態変化を細かく制御できていると言える。しかしながら、視覚的にも触覚的にも、自然に存在する毛並みとは性質が異なっている。

戸田らによる“Graffiti Fur” [11] は、起毛による色の濃淡変化を利用したシステムである。このシステムは、デバイスに取り付けた複数個のモータを上下させることで絨毯への接触を制御し、立毛させることで描画を行う。

この研究は、ディスプレイではなく描画手法の研究であることが先に挙げた研究との相違点である。ディスプレイは情報提示手法と情報提示媒体がセットになったものであるのに対して、描画手法は情報提示手法のみで構成されている。

2.3 本研究の位置づけ

上間らによる“Fur Display” [8] のような柔らかな密集している毛状物体を素材とする情報提示手法は、視覚的にも触覚的にも自然に存在する毛並みと相違がないため、生活空間に違和感なく溶け込ませることができることに利点がある。しかし、毛を変化させるための制御が比較的困難なために毛の様態変化を細かく制御することが難しい。

大出らによる“Hairlytop Interface” [9]、菰池らの“Hedgehog” [10] のような人工的に毛を一本ずつ集合させて作製した毛状物体を素材とする情報提示手法は、毛の様態変化を細かく制御することが可能であるが、毛状物体として用いている素材が視覚的にも触覚的にも自然に存在する毛並みと異なるため、生活空間に溶け込みにくい点や、システムの大規模化に伴い制御装置が複雑化するという欠点がある。

戸田らによる“Graffiti Fur” [11] は、システム自体がディスプレイではなく、情報を描画するためのツールであるという点で、本研究の目的とは異なる。ディスプレイは情報提示手法と情報提示媒体がセットになったものであるのに対して、情報を描画するためのツールは情報提示手法のみで構成されている。

以上を踏まえ、本研究では、柔らかな密集した毛状物体が持つ「自然に存在する毛並みと相違なく、生活空間に溶け込ませやすい」という特徴と、人工的に毛を一本ずつ集合させて作製した毛状ディスプレイが持つ「毛の様態変化

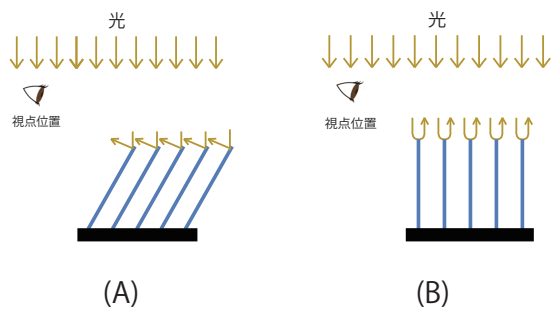


図 1 起毛による色の濃淡
Fig. 1 Color shades by fur angle

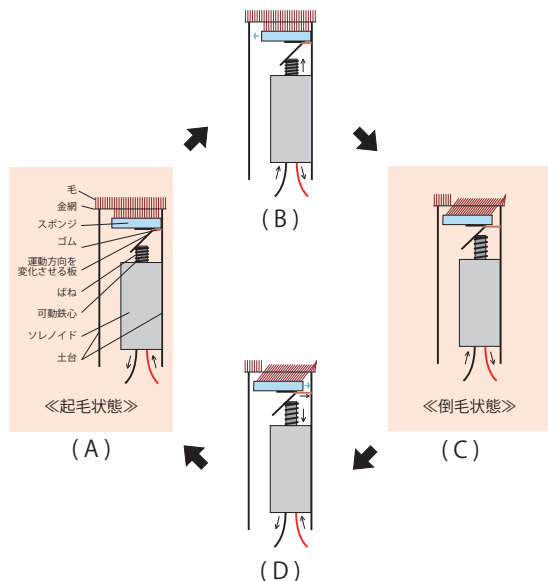


図 2 毛状ユニットの構造
Fig. 2 Unit structure

を細かく制御することが可能」という特徴を組み合わせた毛状ディスプレイの実現を目指す。

3. 提案手法

本研究では起毛による色の濃淡変化を利用した毛状ディスプレイの実現を目指す。毛状物体の起毛による色の濃淡変化は、毛の角度変化に応じて光の反射角度が変わるために生じる現象である (図 1 参照)。一定の視点位置から見て、毛が手前側から奥側に向けて倒れている状態のとき (図 1-A)、毛に当たった光は視点位置の方向に集中して反射する。従って、図に示した視点位置から見ると明るい (薄い) 色となる。また、上に向かって真っすぐに生えている状態のとき (図 1-B) は、毛の先端に当たって真上の方向に集中して反射する。従って、図に示した視点位置から見ると暗い (濃い) 色となる。提案するディスプレイは、毛の角度を変化させることで色の濃淡を制御できる毛状ユニットを 1 つのセルとし、それをマトリクス状に並べることで実現する。図 2 に、毛状ユニットの構造を示す。複数の密集した毛を線径 0.25 mm、開き目 1.0 mm の金網の穴に通

し、その根元を厚さ 5 mm のスポンジで固定する。これにより、スポンジを動かすことで毛の角度を変化させることができる。スポンジを動かすための駆動装置にはソレノイドを使用した。ソレノイドは、電圧を加えることで磁力を発生させ、ソレノイド内に可動鉄心を引き込み、吸着する機能を持つ。また、逆方向に電圧を加えることで、磁力を打消し可動鉄心を解放する。図 2-A で示すように、ソレノイド内に可動鉄心が吸着している状態の時、毛の根元を固定しているスポンジは毛が垂直になる位置にある (以下、このような状態を起毛状態と記す)。起毛状態から電圧の方向を変え可動鉄心が解放されると、ばねの力で鉄心が上がり、運動方向を変化させるための板によってスポンジが横にスライドする (図 2-B)。これによって、毛の角度が変化し、毛が斜めに倒れている状態 (図 2-C) となる (以下、このような状態を倒毛状態と記す)。倒毛状態から、ソレノイド内に可動鉄心が吸着されて下がると同時にゴムの力でスポンジが横にスライドし (図 2-D)、起毛状態 (図 2-A) に戻る。

4. 素材の選定

4.1 毛の素材の検討

提案手法では、毛に当たる光の反射角度を変化させることで情報を提示するため、毛の素材が情報の視認性に影響を与えると考えられる。

反射光は正反射光と拡散光の 2 つの種類に分けられる。光源から照らされた角度と逆方向の同じ角度に反射する光が正反射光であり、様々な方向へ拡散して反射する光が拡散光である。表面がなめらかで高光沢である素材は正反射光が強く拡散光が弱くなり、表面が粗く低光沢である素材では、正反射光が弱く拡散光が強くなるという特徴がある。従って、毛の表面の光沢の有無は、正反射光と拡散光の割合の違いに繋がり、色の濃淡変化に影響を与えると考える。

また、図 3 で示すように、提案システムの情報提示面において、太い毛を素材として用いると、毛 1 本あたりの断面積が大きくなり、ユニット 1 つ当たりの毛の本数が少なくなる。逆に、細い糸を用いると、毛 1 本あたりの断面積小さくなり、毛の本数が多くなる。このような毛の太さによる情報提示面の構成の違いが情報の視認性に影響を与えると考える。

以上のことから、ポリエステル糸 (20 番 (約 0.6 mmφ)) と太さが違う 2 種類の絹糸 (8 番 (約 0.6 mmφ) と 20 番 (約 0.3 mmφ)) を用いたユニットをそれぞれ作成し、素材の光沢の有無と太さの違いによる視認性の違いを比較した。

比較にあたっては、(1) 毛の角度が均一で色の濃淡にむらがないこと、(2) 外部からの影響 (e.g., 撫でる行為) による毛の角度変化が小さく色の明度変化が小さいこと、(3) ユニットの動作させる前後で色の明度変化がより明瞭に視認できること、の 3 点を基準とした。



太い毛 細い毛

図3 毛の太さによる情報提示面の違い (1 ユニットあたり)
Fig. 3 Difference of unit surface by fur diameter
(Per single unit)

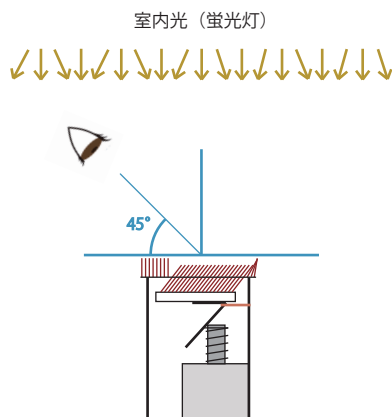


図4 素材の比較実験の環境
Fig. 4 Environment for experimentation

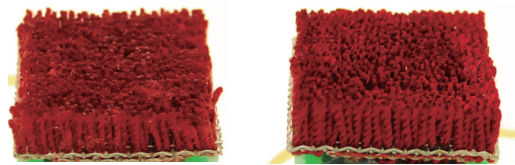
4.2 実験の概要

各基準に沿って視認性の違いを比較するために、起毛状態、起毛状態で毛を撫でた後、倒毛状態の3つの状態のユニットの写真を、蛍光灯を灯した室内でそれぞれ撮影し、明度を計測した。その際、金網より上部の毛の長さが3mmとなるように調整したユニットの上面に対して45度の視点位置から写真を撮影した(図4参照)。明度の計測には画像編集ソフトGIMP (<http://www.gimp.org/>) のヒストグラムツールを用いた。明度は0~255の256段階で計測され、値が小さいほど暗く、大きいほど明るいと判断される。なお、カメラの露光は固定されており、すべて同じ設定で撮影した。

4.3 実験の結果

本節では素材の光沢の有無から、使用する素材の種類選定と視認性の違いによる素材の太さ、長さの選定に関して述べる。

素材の光沢の有無による、視認性の違いを比較するために、ポリエステル糸(20番)と絹糸(8番)で作成したユニットをそれぞれ比較した。実験の結果、毛の角度の均一度(図5参照)、及びユニットを動作させる前後の明度変化(表1参照)のいずれについても両者に差は見られなかった。ただし、ポリエステルの糸は絹糸に比べ、撫でる行為による明度変化が大きかった(表2参照)。これは、ポリエステルの糸が絹糸に比べて弾性が小さく、撫でた後に毛の



ポリエステル糸 絹糸(8番)

図5 起毛状態の毛の角度(左:ポリエステル糸, 右:絹糸(8番))
Fig. 5 Raised fur angle (Left: polyester, Right: silk (No. 8))

表1 ユニットの動作による明度差(ポリエステル糸と絹糸(8番))

Table 1 Lightness difference by unit
(Polyester and silk (No. 8))

	起毛状態	倒毛状態	明度差
ポリエステル糸	135.2	150.1	14.9
絹糸(8番)	134.7	155.2	20.5

表2 撫でる行為による明度差(ポリエステル糸と絹糸(8番))

Table 2 Lightness difference by stroking
(Polyester and silk (No. 8))

	起毛状態	撫でた後	明度差
ポリエステル糸	135.2	177.5	42.3
絹糸(8番)	134.7	145.5	10.8

角度が元に戻りにくいと考えられる。以上の結果より、本システムでは絹糸を素材として使用することとした。

糸の太さによる視認性の違いを見るために、太さが異なる2種類の絹糸で作成したユニット同士を比較した。その結果、撫でる行為による明度変化(表3参照)、及びユニットを動作させる前後の明度変化(表4参照)のいずれについても両者に差は見られなかった。しかし、図6で示すように、細い糸の方が1つの穴あたりの毛の本数が多く、隣接する毛同士が絡まりやすくなるためだと考えられる。以上の結果より、本システムでは8番の絹糸を素材として採用することとした。

また、毛の長さによる視認性の違いを比較するために、絹糸(8番)で作成したユニットの毛を、金網より上部の長さが3mm、5mm、7mmとなるように調整し、ユニットを動作させる前後の明度変化を計測した。その結果、3mmの長さに毛を調整した場合が、最も明度変化が大きく視認性が高まることが確認された(表5参照)。以上の結果より、本システムでは毛の長さを3mmに揃えることとした。

5. 実装

本研究では、色の濃淡を変化させることが可能な毛状ディスプレイを実装した。

提案するディスプレイにおいて、情報を提示している間、毛の角度を変えるためのソレノイドは、吸着状態と解放状態を保持する必要がある。しかし、一般的なソレノイドは、

表 3 撫でる行為による明度差 (絹糸 (8 番) と絹糸 (20 番))

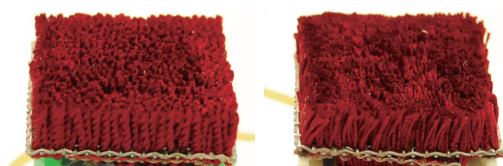
Table 3 Lightness difference by stroking (Silk (No. 8) and silk (No. 20))

	起毛状態	撫でた後	明度差
絹糸 (8 番)	134.7	145.5	10.8
絹糸 (20 番)	121.6	135.1	13.5

表 4 ユニットの動作による明度差 (絹糸 (8 番) と絹糸 (20 番))

Table 4 Lightness difference by unit (Silk (No. 8) and silk (No. 20))

	起毛状態	倒毛状態	明度差
絹糸 (8 番)	134.7	155.2	20.5
絹糸 (20 番)	121.6	140.7	19.1



絹糸 (8 番)

絹糸 (20 番)

図 6 起毛状態の毛の角度 (左: 絹糸 (8 番), 右: 絹糸 (20 番))

Fig. 6 Fur angle (Left: silk (No. 8), Right: silk (No. 20))

表 5 ユニットの動作による明度差 (絹糸 (8 番))

Table 5 Lightness difference by unit (Silk (No. 8))

	起毛状態	倒毛状態	明度差
3mm	134.7	155.2	20.5
5mm	133.8	150.8	17.1
7mm	141.8	158.9	17.1

状態を保持するために電圧をかけ続ける必要があり、情報提示の時間が長いとソレノイドの温度が上昇し破損してしまう可能性がある。そこで、本実装では、一度電圧を加えて状態を設定した後、状態を保持するために電力をかけ続ける必要がない、自己保持ソレノイド (タカハ機工株式会社の自己保持ソレノイド CD07300240) を使用した。

ソレノイドの制御には Arduino を用いた。ソレノイドは、電流の向きを入れ替えることで、可動鉄心の吸着状態と解放状態を反転させることができる。各毛状ユニットのソレノイドの可動鉄心の状態を個別に制御するために、モータドライバ用 IC (TA7291P) を複数個使用し、PC 側から信号を送ることで、可動鉄心の状態を制御した。その際、Arduino 側のポートが足りなくなるため、シフトレジスタ (74HC595) を 4 個使用することで、1 つの Arduino で 16 個のソレノイドの制御を可能にした。

色の濃淡を制御することができる毛状ユニットを 16 個作成し 4×4 に並べた毛状ディスプレイを図 7 に示す。この図では、右半分のユニットを起毛状態、左半分のユニットを倒毛状態にしている。

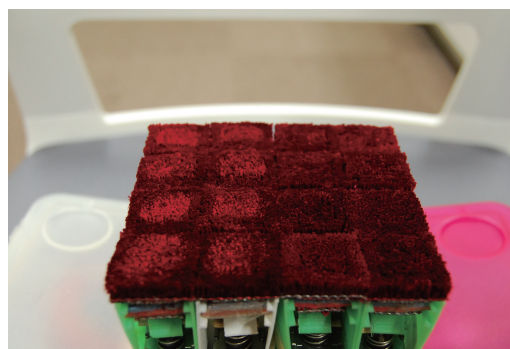


図 7 実装したディスプレイ (左: 倒毛状態, 右: 起毛状態)
Fig. 7 Proposed display (Left: laid fur, Right: raised fur)

6. 評価実験

6.1 実験の概要

実装した毛状ディスプレイは、光の反射角を制御することで情報を提示する。そのため、ディスプレイに対する照明位置と視点位置が、どのように情報の視認性に影響を与えるかを検証した。

図 8 に示すように、右半分を起毛状態、左半分を倒毛状態にしたディスプレイを、卓上用の蛍光灯の約 800mm 下に設置した。ディスプレイに対して、卓上用蛍光灯をディスプレイの奥傾斜 20 度 (照明位置 A)、真上 (照明位置 B)、手前傾斜 20 度 (照明位置 C) に設置した 3 パタンの照明位置の下、ディスプレイの上面からの角度が 60 度 (視点位置 1)、45 度 (視点位置 2)、30 度 (視点位置 3) となる 3 パタンの視点位置から、計 9 パタンの写真を撮影し、明度を計測した。計測を行うにあたり、卓上用の蛍光灯のみを光源とし、他の照明は消灯した。

また、明度の計測には画像編集ソフト GIMP のヒストグラムツールを用いた。明度は 0~255 の 256 段階で計測され、値が小さいほど暗く、大きいほど明るいと判断される。なお、カメラの露光は固定されており、すべて同じ設定で撮影した。

6.2 実験の結果

各条件下で撮影したディスプレイの写真を図 9 に示す。また、各条件下における、起毛状態の部分 (ディスプレイ右半分) と倒毛状態の部分 (ディスプレイ左半分) の明度と明度差、また倒毛状態の明度を起毛状態の明度で割ったコントラスト比率を表 6 に示す。

表 6 の実験結果が示すように、照明位置 C 視点位置 3 (表中の C3) における明度差が 28.55、コントラスト比率が 1.82 を示し、ともに最も大きいことがわかった。また、照明位置 A 視点位置 1 (表中の A1) における明度差が 0.05、照明位置 A 視点位置 3 (表中の A3) におけるコントラスト比率が 0.73 を示し、最も小さいことが確認できた。この

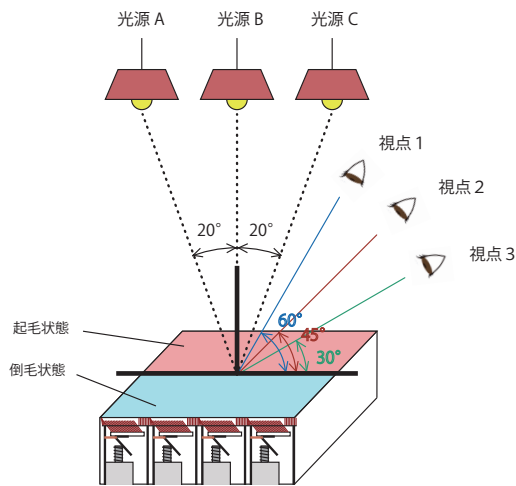


図 8 光源の位置と観測角度による明度の違いについての実験環境
 Fig. 8 Environment for experimentation of lightness difference by light source position and view angle

表 6 起毛状態と倒毛状態の明度差とコントラスト比
 Table 6 Lightness difference and contrast ratio

	起毛状態	倒毛状態	明度差	コントラスト比
A1	15.9	15.9	0.05	1.00
A2	20.0	19.1	0.95	0.95
A3	28.7	20.9	7.80	0.73
B1	18.2	22.0	3.85	1.21
B2	20.2	28.2	7.95	1.39
B3	28.4	44.2	15.80	1.56
C1	20.6	27.3	6.70	1.33
C2	24.7	41.2	16.50	1.67
C3	34.8	63.4	28.55	1.82

結果から、提案するディスプレイ、外部の光の環境やユーザの視点位置に影響を受けると言える。

提案するディスプレイの光環境としては、視点位置 1, 2, 3 のすべてにおいて、照明位置 C が明度差とコントラスト比率ともにが最も大きいと確認できたことから、ディスプレイ手前から傾斜をつけて照明を設置することが望ましいといえる。また、照明位置 A において計測した明度が、倒毛状態と起毛状態でほとんど変わらないことから、ディスプレイ奥から傾斜をつけて照明を設置すると情報を視認できないことがわかった。従って、照明位置 A については、提案するディスプレイに適していないと考える。

ディスプレイに対する視点位置としては、照明位置 B, C の双方において、視点位置 3 が明度差とコントラスト比率ともに最も大きいと確認できたことから、ディスプレイに対して平行に近い角度からディスプレイを観測することが望まれる。

7. おわりに

本研究では、毛の角度を変化させることによる色の濃淡変化を情報描画手法として用いた毛状ディスプレイを提案

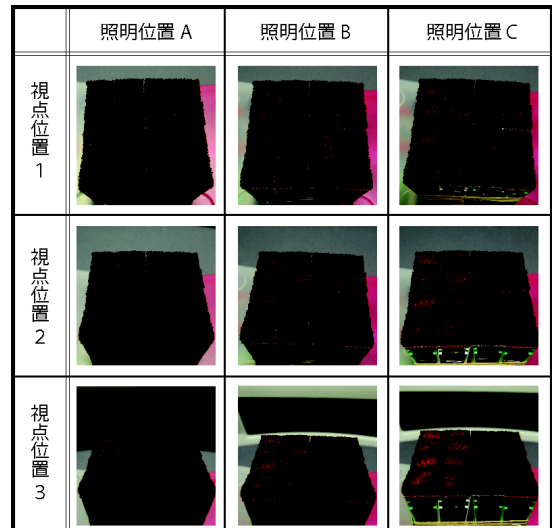


図 9 光源の位置と観測角度によるディスプレイの見え方
 Fig. 9 View of display by light source position and view angle

した。今後は、ユーザがディスプレイを撫でる行為を入力動作にできるように、人の接触を検知する静電容量センサとの連携方法について検討する。

参考文献

- [1] Rozin, D.: Wooden mirror, *IEEE Spectrum*, Vol. 38, No. 3, p. 69 (2001).
- [2] 奥山悦朗: 分割形吸収式造波機を用いて水面に波で文字を書く技術, *三井造船技報*, No. 188, pp. 15-20 (2006).
- [3] 松下光範, 東川卓也: Wet Display: 視覚的乾湿感を用いた情報提示システム, *研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI)*, 2013-HCI-154, No. 10 (2013).
- [4] 堤修平, 園田知美, 松下光範: Evaporation Display: 水の蒸発速度の違いを利用した情報提示システム, *エンタテインメントコンピューティング 2013 予稿集*, pp. 56-61 (2013).
- [5] 山下洋平, 三武裕玄, 高瀬裕, 加藤史洋, 須佐育弥, 長谷川晶一, 佐藤誠: 芯まで柔らかいぬいぐるみロボットとのインタラクション, *エンタテインメントコンピューティング 2012 予稿集*, D-15 (2012).
- [6] 柴田崇徳: 人の心を豊かにするメンタルコミットロボット・パロ, *予防時報*, Vol. 231, No. 4, pp. 44-49 (2007).
- [7] 串山久美子, 笹田晋司: 硬軟感覚を提示できるアクティブ砂場「Magnet Sand play」の開発, *インタラクション 2009 予稿集*, pp. 51-52 (2009).
- [8] 上間裕二, 古川正紘, 常盤拓司, 杉本麻樹, 稲見昌彦: 振動による立毛現象を利用した毛並み制御手法, *コンピュータソフトウェア*, Vol. 28, No. 2, pp. 153-161 (2011).
- [9] 大出慶晴, 川口紘樹, 野嶋琢也: Hairlytop Interface: 光駆動型毛状インタフェース, *第 20 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS) 予稿集* (2012).
- [10] 菰池裕美, 松下光範: Hedgehog: 硬さの変わるインタフェース, *インタラクション 2011 論文集*, pp. 419-420 (2011).
- [11] 戸田光紀, 杉浦裕太, 平場吉揮, 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 予稿集*, pp. 317-323 (2013).