

ブラインドを拡張した 新たな情報提示手法の提案と評価

本間 貴士^{1,a)} 沖 真帆^{1,b)} 塚田 浩二^{1,c)}

概要: ブラインドは手軽に採光状況やプライバシーを調整できる点から、一般的な窓から会議室等のガラス壁まで、幅広く利用されている。本研究では、こうしたブラインドと窓をスクリーンとして見立てて、室内から映像を投影することで、室内/室外の双方から視認可能なディスプレイとして利用できると考えた。さらに、ブラインドの羽根の向きをセンサで取得し、内側のみへ提示したいコンテンツや外側への提示を行うコンテンツなど、投影する映像を制御することで、室内/室外に伝わる情報量の調整を試みる。本論文では、プロトタイプ的设计/実装を説明し、コンテンツ例や運用事例について紹介する。また、ブラインドの内側/外側から見た際に、羽根の角度や投影する映像に応じてどのように映像の視認性や印象が変化するかの評価実験について説明する。

1. はじめに

液晶ディスプレイは薄型、軽量、高画質といった特徴があり、テレビやデジタルサイネージといった大型機器用ディスプレイからタブレットやスマートフォンのようなモバイル機器用ディスプレイまで、あらゆる分野で利用されている。一方、液晶ディスプレイ等の平面のディスプレイ等とは異なるアプローチとして、霧や水などの「自然物」や、人々が日常的に利用する「日用品」にディスプレイの機能を融合させた新たなディスプレイの開発も進んでいる。我々は、日用品をディスプレイ化する試みとして、ブラインドに着目した。ブラインドは手軽に採光状況やプライバシーを調整できる点などから、一般的な窓から会議室のガラス壁まで、幅広く利用されている。本研究では、こうしたブラインドと窓をスクリーンとして見立てることで、室内/室外の双方から視認可能なディスプレイとして利用できると考えた。さらに、ブラインドの羽根の開閉状況に応じて、その特徴に合わせて映像を制御することで、室外に伝わる情報量を調整可能な新たな情報提示手法を提案する(図1)。

2. 関連研究

ここではまず、霧や水などの自然物を利用したディスプレイについて紹介する。石川ら [1] は、人工的に発生させ

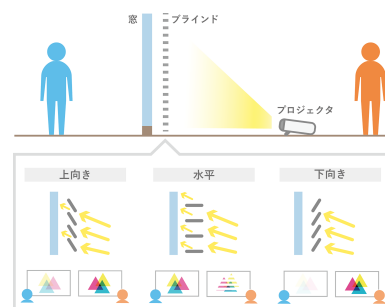


図1 本研究の着眼点。ブラインドの羽根の開閉状況に応じて、室内/室外の双方から閲覧可能なスクリーンとして利用する。

た霧に複数のプロジェクターで投影することで、多視点から映像を観察可能かつ移動可能なフォグディスプレイを提案している。辻本らは [2] は、鏡表面の温度分布を制御し結露を発生させることにより情報を提示するディスプレイ Ketsuro-Graffiti を提案している。さらに、永渕ら [3] は、スプリンクラーの散水領域を「ユーザがソフトウェア上で指定することで、水を用いた描画ができるデバイス Water-Jet Printer を開発している。次に、カーテン、障子、窓等の日用品を拡張したディスプレイについて紹介する。なめらカーテン [4] は、カーテンの開け閉めを利用して直接的なコミュニケーションとアンビエントなコミュニケーションを柔軟に調節できる遠隔コミュニケーションシステムである。また、中原ら [5] は、障子の開き具合の判別や開け閉めの速さによって障子に投影された映像が変化するシステムを開発している。Squama [6] は、部分的に透明度を制御できるガラス群を用いて、プログラマブルな壁

¹ 公立はこだて未来大学

a) g2118037@fun.ac.jp

b) okimaho@acm.org

c) tsuka@acm.org

面／窓を構築するシステムである。本研究では、日用品としてブラインドに着目し、ブラインドの利用場面や特性を活かした新たな日用品ディスプレイを提案する

3. 提案

本研究では、ブラインドと窓をスクリーンとして見立てることで、室内／室外の双方から視認可能なディスプレイとして利用することを考える。

ブラインドをディスプレイ化するにあたって、考えられる方法が2つある。ブラインドをスクリーンとして扱いプロジェクターで映し出す方法（投影型）と、ブラインド自体にフルカラーLEDや液晶等を組み込む方法（自発光型）である。本稿では、投影型のプロトタイプを構築する。

ブラインドの特性として、羽根の開閉によって採光／目隠しの具合を調節することができる。我々は、羽根の状態に応じて、プロジェクター等の光源からの光の透過率が変化することに着目した（図1）。羽根の状態は、上向き、平行、下向きの三状態で大別される。光源がブラインドの下側にあると想定すると、各状態での特性は以下のようになる。

- 上向きの場合、ブラインドの表面で大半の光は反射するが、一部の光が隙間から窓側に漏れる（図1左）
- 水平の場合、大半の光が窓側に漏れる（図1中央）。
- 下向きの場合、すべての光はブラインド表面で反射する（図1右）。

こうした特性を考慮して、本研究では羽根の状態をセンサで検出したり、モーターで制御することで、プロジェクターからの映像の情報を動的に調整して、室内／室外に提示することを目指す。

4. 実装

本章では、ブラインド型ディスプレイのプロトタイプについて述べる。図2にプロトタイプの構成を示す。まず、実験環境を整えるために、小型の窓枠を木材で作製し、窓ガラスに見立てたアクリル板をはめ込んだ。窓枠の内寸は、後述するブラインドに合わせて横65cm×縦40cmとした。さらに、映像を屋外に提示するために、アクリル板の表面にリア透過型のプロジェクションフィルムを取り付けた。

次に、ブラインドを窓枠に固定した。ブラインドは市販品であり、映像を歪まずに投影するために羽根にたわみがなく厚めの木製の羽根（幅:3.5cm、白色）を持つものを使用した。また、プロジェクターは、BENQW1070を使用し、プロジェクターからブラインドまでの距離は、ブラインド全体に映像を表示できる距離を仕様書等から計算し、100cmとした。

4.1 羽根の状態検出

次に、ブラインドの羽根の開閉状況の検出方法について

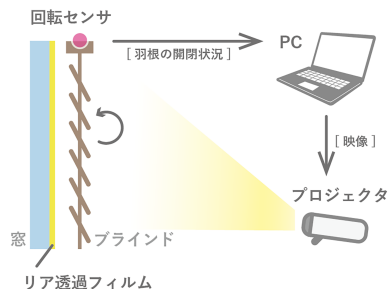


図2 システム構成

説明する。本研究では、ブラインドの上側の回転軸が羽根の動きと連動することに着目した。そこでロータリーセンサ（ALP5DC50）を3Dプリンターで自作した固定具を用いて組み込み、回転軸にはめ込むように固定した（図3）。センサで取得した値をArduinoを通してパソコンで読み取り、読み取った値を羽根の開閉状況に応じてマッピングする。そして、羽根の開閉状況に応じて、複数の映像を切り替えてプロジェクターで投影する。

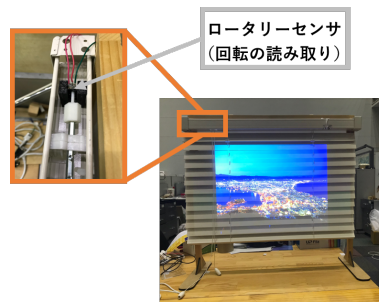


図3 プロトタイプの外観とセンサの固定。ブラインド上部の回転軸にロータリーセンサを組み込むことで、羽根の開閉状況を検出する。

4.2 羽根の開閉制御

ここではまず、ブラインドの羽根の角度を自動的に開閉する仕組みの実装について述べる。ブラインドの回転軸を直接モーターで駆動するのは大きなトルクが必要で困難だったため、ブラインドの下部に二つのステッピングモーターを設置し、ブラインドを手動で開閉するための二本の引き紐をモーターで巻き取る機構を設計することにした。糸巻のような機構を3Dプリンターで設計／出力し、モーターの先端に取り付けた。また、引き紐の先端を糸巻部の穴に通して抜けないように固定した。なお、モーターは専門のモータードライバを介してArduinoから制御する。

図4に、モーターで紐を巻き取ることで、羽根の状態を切り替える様子を示す。概ね、モーターを一回転させる毎に、羽根の角度を約45度変えることができる。なお、現在の実装では、モーターを一回転させるには約2秒かかるため、あそびの時間も含めると「下向き」状態から「上向き」状態に変化させるには、約10秒の時間がかかる。

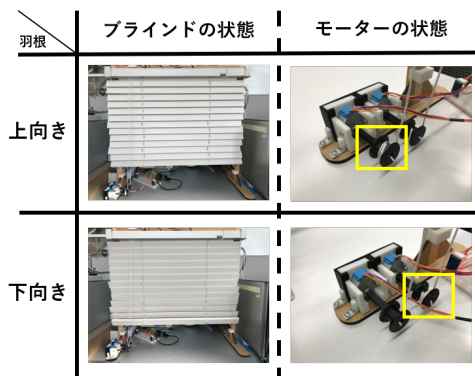


図 4 羽根の状態を切り替えたときのブラインドとモーターの状態。上向き時には左のモーターに、下向き時には右のモーターに引き紐が巻かれる。

4.3 映像の投影例

次に、羽根の開閉状態を変えて、実際に映像を投影した事例について紹介する(図5)。プロジェクターは、図2のようにブラインドの正面下部に固定した。ここでは、プロジェクター側の視点を「内側」、窓を挟んで逆から見た視点を「外側」として説明する。

- 上向きの状態(図5上)では、内側にくっきり映像が投影され、外側には羽根の隙間から漏れた一部の映像が投影された。
- 平行状態(図5中央)では、外側にくっきり映像が投影された。一方、内側の映像は窓に投影されるため、ブラインドが邪魔をしてやや見にくくなった。
- 下向きの状態(図5下)では、内側にはくっきり映像が投影される一方、外側からはほとんど映像が確認できなかった。

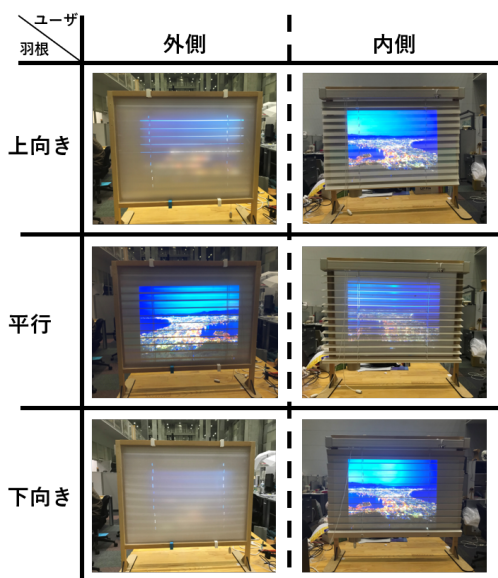


図 5 羽根の開閉状態毎の外側/内側の投影例。(プロジェクターは内側から投影)

5. 応用

本章では、提案システムの応用として、コンテンツ事例や生活環境への導入について紹介する。

5.1 コンテンツ事例

ここでは、コンテンツ事例として、「切替コンテンツ」「両面コンテンツ」の2種類を紹介する。

5.1.1 切替コンテンツ

提案システムでは、ブラインドの羽根の開閉をセンサで検出すると共に、羽根をモーター制御で開閉できる機構を備える。これにより、「ブラインドの状態に応じたコンテンツ提示」や、逆に「コンテンツに応じたブラインドの開閉制御」を実現できる。

前者の例としては、ユーザがブラインドを意識的に開閉することで、投影する映像を選択するコントローラのように利用することができる。後者の例としては、コンテンツの種類に応じて羽根の状態を自動的に制御することで、室内中心/室外中心に情報の提示場所を調節することができる。例えば、機密性の高い資料などを提示する場合は、羽根を下向きにして室内のみに提示し、メディアや環境映像等を提示する場合は、羽根を平行にして室外中心に提示することができると思われる。

5.1.2 両面コンテンツ

ここでは、提案システムならではの新たな表現手法の可能性について議論する。第3章で述べたように、羽根が平行~上向きの状態では、プロジェクターの映像は内側/外側の両面に投影される。この特徴を利用して、内側と外側に同時に異なる映像を投影できる可能性がある。そこで、図6のように、2つの画像をボーダー状のマスク画像を用いて切り抜き、1つの画像に合成するシステムをProcessingを用いて実装した。マスク画像は現時点では羽根の角度に応じて手動で作製している。図7に、図6の画像を実際にブラインドに投影した様子を示す。観測者とブラインドとの距離/角度にも多少影響されるが、一つの映像を投影するだけで、内側/外側に異なる映像を投影できることを確認した。

今後は、羽根の角度に応じて動的にマスク画像を生成するシステムの実装を予定している。また外側から見た際の映像の反転についても検討して行く必要があると思われる。

5.2 生活場面への適応

ブラインドの役割は設置場面によって異なるため、適切なアプリケーションを設計をするためには提案システムを生活環境に導入し、検証していく必要がある。

そこでまず、筆頭著者のオフィス(大学院生室)に着目し、提案システムを導入することとした(図8)。大学院生室は、廊下と室内の間がガラス張り、ブラインドで仕切

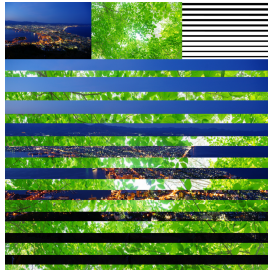


図 6 両面コンテンツの一例。上段左 2 枚の画像を、右のマスク画像を用いて切り抜いて合成した。

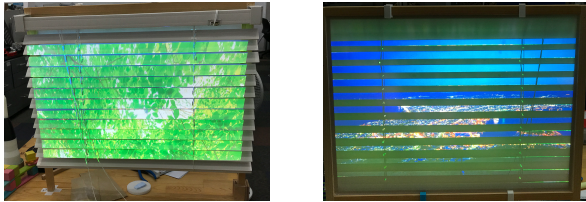


図 7 両面コンテンツの投影例。内側には木漏れ日、外側には夜景の映像が投影される。

られている。このブラインドをプロトタイプで利用した製品と（サイズを合わせて発注した上で）交換し、ガラスの一部にプロジェクションフィルムを配置した。なお、現時点では初歩的な検証段階のため、ブラインドの一部のみをディスプレイ化することとし、小型のフィルムを利用している。

この設置場面では、ブラインドはパブリック空間（廊下）とプライベート空間（大学院生室）を仕切る役割を持っている。この役割を考慮した応用例として、図 9 のように外側／内側で異なる詳細度のスケジュールを提示できるシステムを試作した。廊下側には大まかな時間／タイトルのみを表示し、室内には各予定の詳細や、Todo リストなどを併せて表示させている。

このように、ブラインドの設置場所と利用形態を加味して、ガラス／ブラインド等の両面をスクリーンとした新たな情報提示の可能性を探っていきたい。



図 8 筆者らのオフィスの壁面ブラインドに提案システムを設置した様子。左：内側、右：外側。

6. 評価実験

本章では、提案システムの評価実験の目的、手法、結果及び考察について述べる。

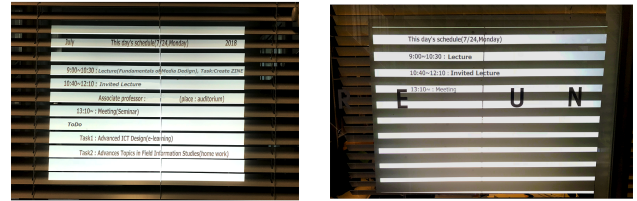


図 9 両面スケジュールの応用例。室内（左）には詳細な予定や Todo リストを、廊下側（右）には簡易的な予定のみを表示する。

6.1 目的

本実験の目的は、ブラインドの内側／外側から見た際に、羽根の角度や投影する映像の種類に応じてどのように映像の視認性が変化するかの調査を行うことである。

6.2 手法

本実験では、セマンティック・ディファレンシャル法 (SD 法) を用いた印象評価を行い、被験者は 20 歳～32 歳の 12 名 (女性 5 名) を採用した。投影する映像は、人物が映った映像、果物の静物絵、函館山の夜景が映された風景写真、簡条書きの文章で構成されたスライドの計 4 種類を用意した。各被験者は、システムの内側／外側の正面に座り、この 4 種類の映像をそれぞれ 5 段階 (上向き、やや上向き、平行、やや下向き、下向き) で羽根の角度を調整しながら、映像が投影される。被験者は、投影された映像を見る度に、7 段階の形容詞対で印象評価に回答する。また、被験者には身長によって見え方にあまり差が出ないよう椅子に座ってもらい、スクリーンとの距離は 190cm とした。さらに、順序効果の影響を防ぐために、12 人を 3 名ずつの 4 つのグループに分け実験順序を変更した。なお、実験では 4 章で紹介したプロトタイプを利用した。

6.3 結果と考察

実験結果について、羽根の角度による視認性とコンテンツによる視認性の二点から説明する。

6.3.1 羽根の角度による視認性

視認性評価の結果をグラフを図 10 に示す。なお、具体的な質問項目としては、「わかりやすさ」「見えやすさ」「自然さ」「鮮明さ」等を用意し、7 (Positive) ～1 (Negative) で回答を得たが、項目ごとに大きな差は生まれなかったため、ここではこの 4 項目の平均値を用いて議論する。

まず、内側から見た際の結果を述べる。ブラインドの角度が上向きの状態／下向きの状態では、それぞれ 5.86 / 6.16 の評価となり、視認性が高いと判断された一方、並行の状態では 1.76 の評価となり、視認性は低いと判断された。やや上向き／やや下向きの状態では、4.48 / 4.16 と、これらの中間程度の評価となった。

次に、外側から見た際の結果を述べる。ブラインドの角度が並行の状態では、5.39 の評価となり、視認性がやや高いと判断された一方、上向き／やや下向き／下向きの状態

では全て 1.7 以下の評価となり、視認性は低いと判断された。やや上向きの状態でも、3.12 と視認性の評価は平均以下だが、視認性の低い 3 状態と比較すると 1.50 以上高い評価となった。

こうした結果から、情報提示手法としての特徴について考察する。まず、内側で視認性が高い状態（上向き／下向き）の際は、外側での視認性が低くなっている一方、外側で視認性が高い状態（並行）の際は、内側での視認性が低くなっている。よって、羽根の角度を変更することで、内側のみ／外側だけに情報提示を行える可能性が示唆されたと考える。次に、羽根の角度がやや上向きの状態においては、内側／外側共にある程度の視認性が確保できている。よって、内側／外側に同時に情報提示を行う、両面コンテンツの実現可能性が示唆されたと考える。

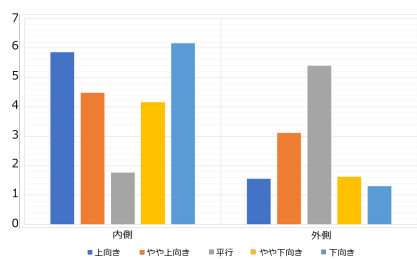


図 10 視認性の評価の平均値。

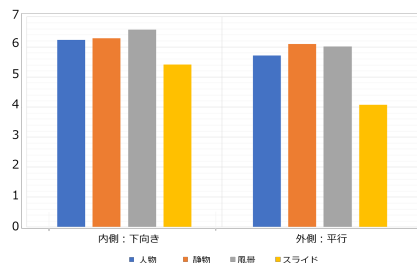


図 11 映像が最もよく見える状態における各コンテンツ毎の視認性の評価の平均値。

6.3.2 コンテンツ毎の視認性

なお、ここでも前章と同様に 4 つの質問項目の平均値を用いて視認性を議論する。

内側では、人物／静物／風景写真の視認性は 6.23～6.58 となり、視認性が高いと判断された。一方、スライドの視認性は 5.41 となり、一定の視認性はあるものの、他 3 種類のコンテンツと比較すると 0.82 低い結果となった。

外側では、人物／静物／風景写真の視認性は 5.71～6.10 となり、内側よりわずかに低いものの、視認性が高いと判断された。一方、スライドの視認性は 4.08 となり、一定の視認性はあるものの、他 3 種類のコンテンツと比較すると 1.50 以上低い結果となった。

これらの結果から、コンテンツごとの視認性について考

察する。人物／静物／風景等の写真コンテンツにおいては、内側／外側ともに十分な視認性を持った情報提示を行える可能性がある。一方、スライドのように文字を中心とするコンテンツは、内側／外側ともに一定の視認性はあるものの、写真よりもかなり視認性が低くなる。実験の様子から、この主要な原因は文字がブラインドの傾斜等により分断されることにあると思われるため、文字のレイアウトなどに工夫が必要となると考える。

7. まとめと今後の展望

本研究では、ブラインドと窓をスクリーンとして見立て、ブラインドの開閉状況に応じて映像を投影することで、室内／室外の双方から視認可能なディスプレイを提案した。さらに、ブラインドの開閉状況に応じて、室内／室外に伝わる情報量を調整する基礎的なプロトタイプを構築した。

現段階では、ブラインドの 3 つの状態（上向き、平行、下向き）に応じて映像の切り替えを制御し、各状態である程度の視認性が得られることを確認し、ブラインドならではのコンテンツを模索している段階である。さらに、モーターを用いてブラインドの羽根の状態を自動的に制御できる機構を実装した。

今後は、開閉状態毎の映像の特性を整理した上で、その特徴を活かした情報提示手法を実装する。さらに、5 章で紹介したように様々な生活場面に提案システムを導入し、その環境を想定した応用例の構築を進めていきたい。また、今回は市販のブラインドを加工して投影型のプロトタイプを構築したが、今後はブラインドそのものを自作し、フルカラー LED や有機 EL 等を備えた自発光型のプロトタイプも併せて検討し、ブラインドを拡張したインタラクション手法の可能性を模索していきたい。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 25700019 の支援を受けた

参考文献

- [1] 石川 優, 牟田 将史, 田丸 順基, 田丸 英輔, 上原 皓, 花水:多視点観察及び移動が可能なフォグディスプレイ, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.19, No.2, pp.227-236, 2014.
- [2] 辻本 祐輝, 伊藤 雄一, 尾上 考雄, Ketsuro-Graffiti:結露を用いたインタラクティブディスプレイ, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.21, No.3, pp.513-520, 2016.
- [3] 永渕 玲緒奈, 的場 やすし, 椎尾 一郎, Water-Jet Printer: 散水領域が指定可能なスプリンクラーシステム, 研究報告高齢社会デザイン, pp.1-6, 2015.
- [4] 半田 智子, 神原 啓介, 塚田 浩二, 椎尾 一郎, なめらカーテン, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2009 論文集, pp.117-120, 2009.
- [5] 中原 由美, 水野 慎士, 障子を用いたインタラクティブシステムの開発, 情報処理学会インタラクション 2017 論文集, 3-506-25, pp.771-773, 2017.
- [6] 厩本 純一, Squama:Modular Visibility Control of Walls and Windows for Programmable Physical Architectures, Proceedings of AVI' 12, pp.168-171, 2012.