

入出力可能で対話的なスクリーンの開発

吉池 俊貴¹ 馬場 哲晃¹ 串山 久美子¹

概要: 古くから、幻灯機や万華鏡等をはじめとする映像メディアは人々の興味を惹き付ける対象であったといえる。近年では、プロジェクタやコンピュータの性能が向上したことにより、プロジェクションマッピングに代表される映像表現が多様化している。投影されるスクリーンはプレゼンテーションや映画鑑賞等の際は白地のものが多い一方で、プロジェクションマッピングの場合は建物やオブジェクト等実物体である。しかし、これらのいずれもスクリーンは静止しており鑑賞者や投影者にとって双方向ではない。そのため、鑑賞者は見ているだけで参加できず、投影者もスクリーンによって幾らかの制約を余儀なくされる。そこで鑑賞者もスクリーンを動かすことと入力が出来、映像に合わせてスクリーンが動くことによって新たな表現が生まれる入出力可能なスクリーンを開発した。

Interactive I/O Screen Development

YOSHIKE TOSHIKI¹ BABA TETSUAKI¹ KUSHIYAMA KUMIKO¹

Abstract: Visual expression represented by projection mapping has diversified by computer and projector has been improved. Screen is white background when we watch movies and presentation. On the other hand, When it's projection mapping, they use objects or building. But These are not two-way for viewer and player because these are stationary. As a result, viewer could not join just to look, player will be forced to some constraints by the screen. Then We developed screen that have input and output function. user can input by moving this screen. Screen can move in synchronization with visual.

1. はじめに

小型で高解像度なプロジェクタの普及によって、モバイル端末やコンピュータを使ってホームシアターを楽しんだり、プレゼンテーションをしたりと多岐に渡る映像閲覧用途を容易に実現出来るようになった。またプロジェクションマッピングのように高輝度高解像度のプロジェクタを使用し、実物体に対して映像を緻密にマッピングし、あたかもリアルタイムに実物体が変化しているような表現も盛んである。クラブやコンサート会場ではVJが視覚効果の重要な役割を担う事によって場や雰囲気を考慮した演出を行い観客を沸かせるように表現領域も拡大している。

一方で、プロジェクタを使う際には投影するスクリーンや物が不可欠である。今まで、無地のスクリーンに投影していた方法は多様化し、建物やオブジェクト等実物体

をスクリーンに変わる投影先として映像を投影するといった例や、最近では人体に映像をマッピングするといった例 [1] もある。深度センサや画像処理によってマッピングを行ったり、入力をする事は可能であるが、スクリーン自体が入力となりユーザが演出を操作したり、移動したりと動きを持つような出力を備えた例は少ない。そこで著者らはこの投影物に注目し、入出力可能なスクリーンを開発した。ディスプレイとスクリーンの違いについて本稿では情報や、形状変化等の表示を行うものをディスプレイ、プロジェクタ等外部から映像を出力する事を前提とした物をスクリーンとする。スクリーンが入出力可能なことにより、鑑賞者も映像を閲覧するだけでなく映像を操作できる。さらに投影者も映像表現に合わせてスクリーンを動かす事によって今まで静止していたスクリーンに動きを持たせる表現ができる利点がある。

¹ 首都大学東京大学院システムデザイン研究科
Graduate School of System Design Tokyo Metropolitan University

2. 関連研究

これまで触覚ディスプレイや動き、冷温をもつディスプレイは様々な物が開発されてきた。串山らは Thermoesthesia[2] は冷温感覚を, Magnetosphere[3] は砂状の硬軟感覚を, Fur-Fly[4] は, 生物のような感覚をインタラクティブに表示できる視触覚ディスプレイを開発した。これらは視覚に合わせて効果的な触覚呈示を行う事により年齢や国籍, ハンディキャップに依存しない情報呈示の可能性を示した。しかしユーザが情報を操作することは対象としてはいない。磯山らは部分回転が可能なプロジェクタスクリーン [6] を提案し, 投影映像を見せる聴衆を特定できる事を示しスクリーンとしての機能を拡張することに成功している。Matthew らによる Recompose[7] ではモータフェーダを利用してユーザの手の動きに合わせて 3D 的に形状変化するディスプレイを提案した。これによって, ユーザもディスプレイの形状変化を操作する事が出来るようになり, いっそう豊かな表現が期待された。

落合らは薄膜を高速振動させることによって, 透明でありながら映像を投影できフレキシブルなスクリーンとしての役割を持つディスプレイを開発している [5]。また真鍋らは人体の動きをセンシングし, 動く身体にリアルタイムに映像をマッピングしている [1]。これらの研究や作品によって, 投影物は静止しているものにとらわれず, より多くの物を対象とした映像投影が可能であるほか, 多様な表現を実現できることを示した。

一方で鑑賞者がスクリーンとしての投影物や映像を操作する事にはあまり触れられていない。鑑賞者が投影物や映像を操作できる事によって作品に参加でき, より一層豊かな体験を提供する事が出来ると考えられる。したがって本研究では, 鑑賞者もスクリーンを操作する事によって情報を提示されるだけでなく, 入力が可能となる事を目指す。

また本研究ではスクリーンの制御にはモータフェーダを利用する。Chris らは The Sound Flinger[8] を開発し, モータフェーダを用いて相互作用のある音楽用インタフェースを提案している。また山口らはゲームとしての入出力一体型触覚呈示デバイス [9] を開発し, ゲームの内容に応じた入力と触覚呈示をモータフェーダによって表現している。これらよりアクチュエータとしてモータフェーダを使う事で効果的なインタラクションが実現出来ると言える。

3. 入出力可能なスクリーンの開発

スクリーンの構成をハードウェア, ソフトウェアに分けて以下に記す。

3.1 ハードウェア構成

入出力を可能とするためにはモータフェーダを利用した。

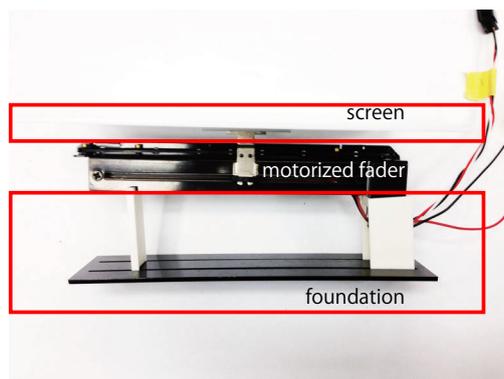


図 1 機構
Fig. 1 Structure

モータフェーダは直線的ではあるが制御が行いやすく, 出力だけでなく入力としてアナログ値を読み取る事が可能なアクチュエータであり, 本研究で目標とする入出力可能なスクリーンの開発において有効的である。

モータフェーダを用いたハードウェア構成について記す。

3.1.1 回路設計

本稿では, 投影物となるスクリーンは 4 つ用意する。モータフェーダの駆動部分に加工した長方形の亚克力を固定する事で入出力可能なスクリーンとなる。モータフェーダは外部電源によって駆動するが, 非常に力が弱いので, スクリーンがスムーズに動かない事が懸念された。そこでトランジスタ 2S1815 を用いることで電流を増幅し, モータの回転強度をあげた。これによってスムーズにスクリーンを動かす事ができた。また, スクリーンが可逆的な動きをする様, モータ部分を正転後転させるためにモータドライバ IC 東芝 TA7291P を利用した。この回路を 4 つ並列に接続し, Arduino を用いて制御した。

3.1.2 機構

モータフェーダを固定するため, アクリルを加工した土台を作り, 3D プリンタで出力したモデルをはめ込む。また, スクリーンはアクリルを加工し, モータフェーダ可動部分に取り付ける。スクリーン 1 枚の大きさは 100*163mm であり, これらを並べて制御する。またこれらは持ち運びやデバッグ作業を考慮し, 全て取り外し可能な様に設計した。図 1。

全体図を図 2. に示す。画面上で色分けした矩形が白地のスクリーンにマッピングされ, 直線的に動く。この矩形に応じてアニメーションを作る事が出来る。

この機構によってモータフェーダとスクリーンを固定し, 直線的に動く出力が可能となる。スクリーンの位置はモータフェーダから受け取ったアナログ値をリアルタイムに読み取ることによって, 把握出来る。このアナログ値によって投影する映像が画面内を追従して動くため画像処理などを必要としないマッピングが可能となる。

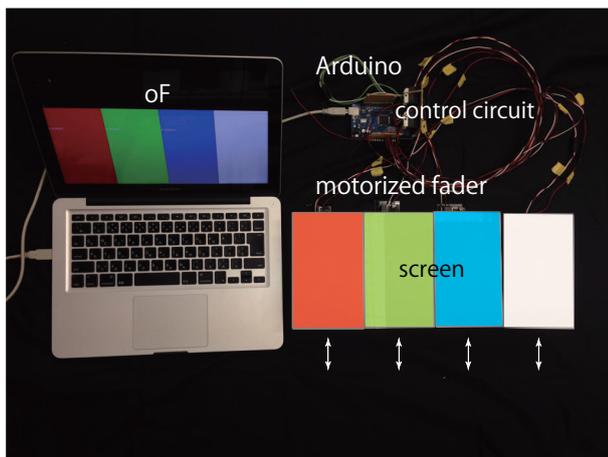


図 2 全体図

Fig. 2 General view



図 4 映像投影風景

Fig. 4 Figure of visual projection

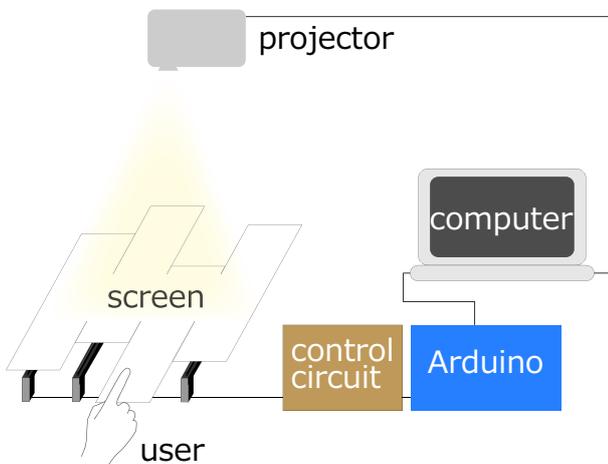


図 3 システム構成図

Fig. 3 System configuration diagram

3.2 ソフトウェア構成

ソフトウェア構成には Arduino と C++ によるオープンソースツールキットである openFrameworks[10] を利用した。

3.2.1 制御

シリアル通信を利用し、リアルタイムに制御する。入力にはモータフェーダから読み取ったアナログ値を Arduino を介して openFrameworks に送る。システム構成を図 3 に示す。

よって、動的に動くスクリーンのパラメータを取得出来るため、スクリーンの位置に合わせて映像を動かすことができる。この時モータフェーダから取得出来るアナログ値は 0-1023 であるが、0-255 にマッピングした。これはシリアル通信する際に 1 バイトとして送れる数値である、画面内の矩形可動範囲もこれに従い、255 ピクセルとした。また、コンピュータ画面に用意したインタフェースからスクリーンを動かすことも可能である。ユーザは画面に用意した UI の任意の位置をクリックすると、クリックされた

値の場所にスクリーンが動く。これらにより、双方向で入出力可能なスクリーンとなる。モータフェーダは視認では止まっている様に見えても微動している場合があり、微動時のアナログ値を全て送信してしまうと、投影する映像も同様に動いてしまう。そのため Arduino ではモータフェーダ内の可変抵抗に置いて任意単位時間における 5% 以上の値変化を検出した時のみ、位置制御用シリアルデータを送信する仕様としている。

3.2.2 映像

投影する映像やアニメーションは動的にスクリーンにマッピングする。あらかじめ用意した mp4, mov 等の動画ファイルも読み込んで再生可能である（ただし、ここではスクリーンの大きさに合わせる必要がある。）他、ソフトウェアで映像を生成する場合、例えば、生成したオブジェクトが跳ね返るといったスクリーンの矩形に合わせたアニメーションが可能である。図 4

4. 評価と考察

今回設計した回路で出力を最大にしたところアナログ値を読み取るよりも速く動いてしまうため制御が出来なくなることが予想された。そこで、モータフェーダの出力には PWM を用いて、モータの回転強度は必要に応じて変更出来る仕様にした。したがって、PWM の値を変更すれば映像に応じた速さでスクリーンを動かす事が出来る。しかし、ユーザが画面から GUI を用いて操作した場合、出力に誤差が生じる。これは、前述したように可動部分が送信した値を通り過ぎてしまう、または力が弱く動かない等の理由によるために起こる問題である。そこで、誤差を確かめるために簡易的な評価を行った。モータフェーダの駆動電圧はデータシートによると 6-11V で、最大電流は 800mA である。スクリーンを可変抵抗値 0 の位置に設定し、ソフトウェアから可変抵抗 100 の位置に動く様に命令した。この際外部電源として安定化電源を用いて、電源電圧を 10V

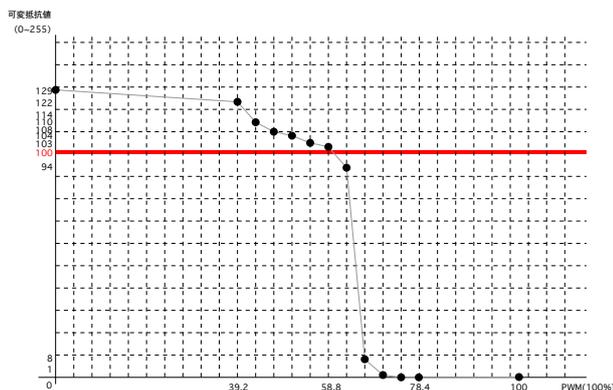


図 5 出力誤差
Fig. 5 Error of output

に設定して行った。この際 PWM 出力を最大にしても電流は 300mA を超えなかった。PWM の値とそれによって出力されたモータフェーダの位置=可変抵抗値のグラフを図 5 に示す。

横軸は PWM の強さ、縦軸は出力された結果返ってきたモータフェーダの可変抵抗値である。PWM は Arduino では 0 から 255 で設定したが以下%で表す。本研究では回路の性質上 PWM は 0 % の時に最大となる。グラフから、PWM が 74.5 % から 100 % の時には力が弱すぎるため動かない。62.7 % から 70.6 % では動くが力が弱いので、目標の位置までスライドしない。鈍い動きと大きな駆動音がすることが分かった。55 % 付近では、ほぼ意図する位置までスクリーンが動き、停止した。0 % から 50 % 付近までは力が強く目的の位置を通り過ぎてしまう誤差が生じた。また、PWM 出力が大きいほどスクリーンも素早く動くことが分かった。これらの事から、今回制作した回路上でスクリーンを制御する場合は PWM 55 % から 60 % あたりに設定するとほぼ正確な制御が行える事が分かった。また移動速度に関しても対話操作上遅延を感じない程度の速度であることを確認した。

5. おわりに

本稿では、入出力可能なスクリーンについて述べた。これによって鑑賞者が作品に参加できるインタラクティブなスクリーンを提案でき、投影者にとっても表現の多様化が期待される。深度や画像処理による入力、マッピングは可能であるが、映像に合わせてスクリーンが動く機構は非常に難しい。そこで本研究では、モータフェーダを用いることによって入力と出力を兼ね備え簡易に制御できるスクリーンを提案した。しかし、モータフェーダの機能や大きさ等の特性が大きいため、今後さまざまなアクチュエータ、それに対応できる機構を検討したい。また画面内から制御するための UI や動的に変わる映像についてもユーザビリティに考慮した物を今後実装していきたい。投影する映像

については、どのようなインタラクションがあればユーザにとって興味を持ってもらえる体験になるか検討し、実装する。また本稿で提案するスクリーンを用いて、映像のマッピング以外にも音と同期した動的な音楽ビジュアライザや、触覚フィードバックを用いた体験等が提供出来るため、様々なアプリケーションへ応用が考えられる。

6. 参考文献

参考文献

- [1] Rhizomatiks HP: Perfume Performance Cannes Lions International Festival of Creativity(online), 入手先 <<http://rhizomatiks.com/works/>> (2013.11.07).
- [2] Kumiko Kushiyama, Momoko Inose, Rie Yokomatsu, Kinya Fujita, Toshiie Kitazawa, Mototsugu Tamura, and Shinji Sasada. 2006. Thermoesthesia: about collaboration of an artist and a scientist. In ACM SIGGRAPH 2006 Sketches (SIGGRAPH '06). ACM, New York, NY, USA, , Article 142 . DOI=10.1145/1179849.1180027 <http://doi.acm.org/10.1145/1179849.1180027>
- [3] Kumiko Kushiyama, Shinji Sasada, Masashi Yasada, and Yuji Suzumura. 2007. Magnetosphere. In ACM SIGGRAPH 2007 posters (SIGGRAPH '07). ACM, New York, NY, USA, , Article 45 . DOI=10.1145/1280720.1280770 <http://doi.acm.org/10.1145/1280720.1280770>
- [4] 串山久美子, 笹田晋司. 生物感覚を提示する視触覚ディスプレイ「Fur-Fly」(<特集>アート&エンタテインメント2), 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 1344011X, 2010, 15, 3, pp.459-462
- [5] Yoichi Ochiai, Alexis Oyama, and Keisuke Toyoshima. 2012. A colloidal display: membrane screen that combines transparency, BRDF and 3D volume. In ACM SIGGRAPH 2012 Emerging Technologies (SIGGRAPH '12). ACM, New York, NY, USA, , Article 2 , 1 pages. DOI=10.1145/2343456.2343458 <http://doi.acm.org/10.1145/2343456.2343458>
- [6] 磯山直也, 寺田 努, 塚本 昌彦: Multi-tiles:部分回転が可能なプロジェクトスクリーン, WISS2011, 入手先 <<http://www.wiss.org/WISS2011Proceedings/PDF/089.pdf>> (2013.11.24).
- [7] Daniel Leithinger, David Lakatos, Anthony DeVincenti, and Matthew Blackshaw. 2011. Recompose: direct and gestural interaction with an actuated surface. In ACM SIGGRAPH 2011 Emerging Technologies (SIGGRAPH '11). ACM, New York, NY, USA, , Article 13 , 1 pages. DOI=10.1145/2048259.2048272 <http://doi.acm.org/10.1145/2048259.2048272>
- [8] Christopher Carlson, Eli Marschner, and Hunter McCurry. 2011. The sound flinger: A haptic spatializer. NIME2011, 入手先 <<http://www.nime2011.org/proceedings/papers/C02-Carlson.pdf>>(2013.11.07).
- [9] 山口隆, 串山久美子, 馬場哲晃. モータフェーダを利用した触覚提示を用いたゲームアプリケーションの提案. インタラクション 2013. 入手先 <<http://www.interaction-ipsj.org/archives/paper2013/data/Interaction2013/interactive/data/pdf/3EXB-33.pdf>>
- [10] openFrameworks community. openFrameworks. 入手先 <<http://www.openframeworks.cc/>> (2013.11.07).