

やわらかい素材による変化可能な空間構築

荒井 彩香^{1,a)} 小宮山 なつ美^{1,b)} 中野 亜希人^{2,c)} 羽田 久一^{1,d)}

概要: キネティックアーキテクチャは、構造の完全性を低下させることなく、建物の一部を変化させることができるように設計されている建築物である。現状ではその素材としては硬いものを用いた例が多い。本研究では柔らかいインテリア素材であるカーテンに着目し、これを奥行方面に移動させることにより構造を提案する。従来になかった、変化可能なインテリアとしての自由度の高い空間構築を行うことを目的としている。

A kinetic architecture by soft materials

ARAI AYAKA^{1,a)} KOMIYAMA NATSUMI^{1,b)} NAKANO AKITO^{2,c)} HADA HISAKAZU^{1,d)}

Abstract: Kinetic architectures are architectures which allow moving part of the architecture, without degrading the integrity of its structures. At the current moment, hard materials are often used to create kinetic architectures, however, in this research, authors propose curtains, which is a soft interior fabric. By moving curtains in a depth direction, authors propose new structures of kinetic architecture. As a result, authors aim to actualize flexible space designing, as an extension of interior design, which never existed before.

1. はじめに

カーテンは通常、遮光や仕切りを目的として吊り下げられており、縦軸あるいは横軸方面のみに動くものである。近年、カーテンは機能性やデザインに至るまで種類が豊富になっており、水平方向に動くカーテンは部屋づくりをしていく上で必要な要素となっている。さらに、我々にとって身近な家具ではあるものの、現状としてその動作にあまり手加えられていない。

キネティックアーキテクチャとは、構造の完全性を低下させることなく、建物の一部を変化させることができるように設計されている建築物である。

従来のキネティックアーキテクチャは、建物の一部を変化させるために硬い素材を用いることが多く、柔らかい素

材を用いることは少ない。しかし、柔らかい布のカーテンを活用することで、建物の内装を柔軟に変化可能なインテリアにできると考えている。部屋の一部分だけの間仕切りとしての役割ではなく、自由に自身のプライベートな空間を作るためにカーテンを変形させるといった自由度の高い空間構築を行うため、本研究は、従来にはなかった柔らかなキネティックアーキテクチャを提案する。

2. 関連研究

カーテン、またカーテンレールの動きを用いた研究として、2軸動作可能なカーテンレールによるダンスフォーメーション時の隊形練習を支援するシステム [1] がある。これはダンスパフォーマンスにおける隊形移動の練習を、欠員のいる状態でも適切に行えるようにすることを目的としている。

カーテンは柔らかい素材であり、カーテンレールは移動方向がずれないという点に着目し、演技者を投影する自走型スクリーンの代替手段として利用した。

さらに、カーテンには生活空間において当たり前に存在し、広い面積、また開閉といった動きのある特性がある。この特性に着目し、対話型ディスプレイとして IoT 活用し、生

¹ 東京工科大学 メディア学部
Tokyo University of Technology, School of Media Science
² 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科
Keio University, Graduate School of Media and Governance
^{a)} m0113020f6@edu.teu.ac.jp
^{b)} m011318618@edu.teu.ac.jp
^{c)} akito@sfc.keio.ac.jp
^{d)} hadahskz@edu.teu.ac.jp

活空間におけるインタラクティブディスプレイとしてスマートなカーテンを制作した研究 [2] も提案されている。

いずれの研究も、カーテンに投影するためディスプレイ的側面が強い。我々はカーテンを投影手段と捉えず、カーテンの動きやそれに伴う見た目の変化を活かしているという点で異なる。

また、従来のキネティックアーキテクチャは壁や窓といった建築物を動かすため、必然的に硬い素材を用い、動き自体も堅い動きになってしまう。シリコン素材を用いて、柔らかな動きをさせるという柔らかさに着目した研究も行われている [3] が、それぞれの素材自体はカーテンのような自由な柔らかさを保持しているわけではない。

建物の外装ではなくインテリアとして用いられた [5] の研究は、椅子に座った人の方向に周りにある椅子が動くものであるが、こちらも素材自体が硬いために硬い動きである。

また、柔らかいキネティックアーキテクチャとしてカーテンを用いたものもあり、カーテンにシャッターの役割を持たせる研究 [4] は、太陽光によって開閉し、それによってできる影でユーザに情報を提供しているが、カーテン自体に自由度があるわけではない。

本研究では我カーテンレールの動きの拡張、そしてカーテンの自由な柔らかさに着目し、カーテンならではの空間表現を実現する。

3. 奥行方向へのカーテン駆動システムの提案

従来のキネティックアーキテクチャは、建物の構造を動かすために硬い素材を用いることが多く、柔らかい素材を用いることは少ない。そのため、柔らかい布のカーテンを活用することで、建物の内装を柔軟に変化可能な空間構築をすることを目的として、柔らかいキネティックアーキテクチャを制作することを提案する。そのための手段としてカーテンを用いることを考えた。カーテンは窓際に使われているだけではなく間仕切りとして部屋を分割し、プライベートな空間を作っている。また、カーテンはすぐに開閉することができるのでどこに吊る下げられていても良いものである。

制作については、木材および 3D プリンタを用いてパーツを作り、奥行方向に動かすためのカーテンレールを制作する。可動部分はステッピングモーターを用い、コックドベルトでカーテンリングを送ることにより奥行方向への移動を実現させる。また通常の開閉するカーテンとしても使うことができるようにするために、四角形の枠を制作する。

吊るすカーテンは、不織布、綿、ニットやサテンを使用し一般的に売られているカーテンと同じ形状のものを制作した。その上でどのカーテンの素材が良いのかを、吊る下げた時の様子や手で動かしてみても布の形がどのように変化するかを見ることで、判断していく。

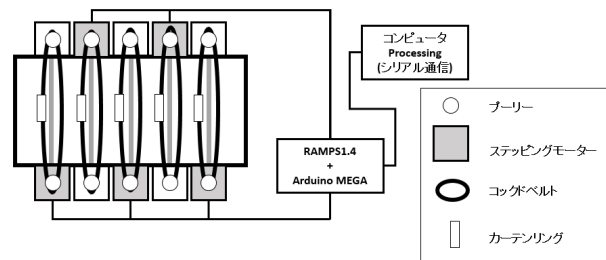


図 1 システム図

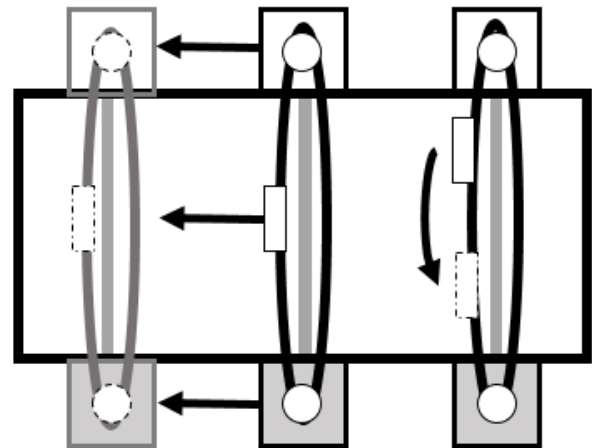


図 2 奥行移動可能モジュールの設計

4. カーテン駆動システムの設計と実装

4.1 システム設計

本システムは、カーテンリングを移動させるための奥行移動モジュール、それをモジュール単位で奥行移動および平行移動を実現させる枠から構成される。移動モジュールの制御には Arduino を用いた。全体の構成を図 1 に示す。

4.2 奥行移動モジュールの設計

カーテンの奥行移動をカーテンリングごとに制御するため、図 2 のようなカーテンリング単位で奥行移動を可能とするモジュールを設計した。

このモジュールを複数個用意し、枠に取り付けることで、カーテンリングとカーテンリングの間隔を自由に変えられる。結果的にカーテンの表現の幅を広げることが出来る。また、カーテンの機能である開閉機能を損なわないように、平行移動もできるようにする。

実際に制作したものが、図 3 である。奥行移動モジュールは複数個作る必要があるため、複製が容易な 3D プリンタでモーターとプーリー、アルミ棒を固定できるパーツを設計した。

コックドベルトは適切な長さに切り落とし、耐衝撃に強い接着剤で接着した。木材パーツの間にアルミ棒を挟むことで、コックドベルトの強い締め付けによる枠組み劣化を

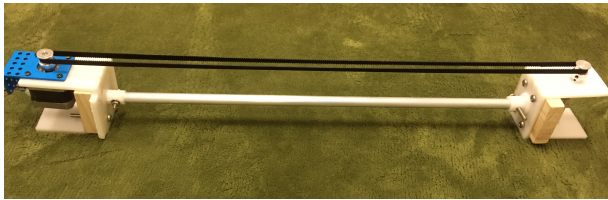


図 3 奥行移動モジュール



図 4 カーテンリングを取り付けた図

防いだ。

ステッピングモーター、プーリーを両端に取り付けることで、コックドベルトを動かし、カーテンリングを前後方向に送ることができる。

図 4 のように、3D プリンタで作ったパーツをコックドベルトに挟み込み、ネジで止めてカーテンリングを固定している。また、移動の妨げにならず、かつ直線的な動きが補助できるため、カーテンリングはアルミ棒を通して

4.3 枠の設計

奥行移動モジュールをモジュール単位で奥行移動、平行移動させるのは、通常のカーテンレールでは不可能である。そのため、平行・奥行移動のいずれも実現できる、四角形の枠組みを制作し、これをカーテンレールとして使う。

木の板を用意し、その間に 1m のアルミを 2 本でつなげる。この 2 本のアルミはカーテンを開閉するためのレールの役割をしている。

アルミの分の厚さを削り、3D プリンタで出力したパーツと木材を挟み込むことで、実際のカーテンと同様、手動での開閉移動を実現させた。

この枠に、量産させた図 3 のパーツを載せる。ステッピングモーターの重量が片側にかかりすぎないようにするため、図 1 のように奥行移動モジュールは互い違いに配置している。

実際にカーテンを吊るした様子が図 5 である。またス



図 5 カーテンレールに吊るした様子



図 6 右:通常のカーテン 左:奥行きに動かしたカーテン



図 7 不織布



図 8 綿



図 9 ニット



図 10 サテン

テッピングモーターで動かした様子が図 6 である。

4.4 カーテン布の検討

プロトタイプと並行しながらカーテン布の検討を行った。カーテンレールに吊り下げる布は不織布、綿、ニット、サテンを使用した。それぞれ生地を購入し、カーテンを制作した。その後、カーテンレールに吊り下げ、順番に違いを検証した。

不織布(図 7) は、柄が施されているものであり、シワや形の変化による美しさを見せづらい。また、紙のようなガサガサとした擦れ音はカーテンにそぐわない。

綿(図 8) は布こそしっかりしているものの、伸縮性に欠け

表 1 カーテン布の比較表

	影	シワ	光沢	軽量さ	伸縮性
不織布	×	×	×	○	×
綿	×	×	×	○	×
ニット	○	○	×	×	○
サテン	○	○	○	○	×



図 11 左:一般的なカーテン 右:ギャザーテープ付

る。そのため奥行方面に動かしにくい、不織布と比較すると影が見える。

ニット (図 9) は伸縮性に長けており、シワや影がはっきりと表れる。しかし生地自体の自重が重く、たるんでしまい、カーテンレールに負荷がかかってしまう可能性がある。

サテン (図 10) は影がはっきり表れ、生地が軽いたるみも少ない。伸縮性には欠けているものの、他の生地にはない光沢が特徴で、形の変化による明度の差やシワがはっきり見える。

以上の事から、特徴をまとめると表 1 になる。

よって、カーテンとしての見栄えや軽量さを重視した際に、サテンがもっとも良い素材であった。しかし、制作したものにカーテンを実際に吊り下げてみたところ、たるみはないが奥行方面への移動距離が少ないために形の変化があまり見られなかった。

また、枠制作のプロトタイプを通して、ただ布を吊り下げているだけではカーテンに見えないことがわかった。そのため、一般的なカーテンと同じ作りの物と、ギャザーテープを使用した布で検証した。(図 11)

一般的なカーテンと同じものを制作した場合、カーテンのヒダとヒダの間隔は狭いが、陰影がよりはっきりしている。

一方ギャザーテープは、布の伸縮性があるものの形がカーテンらしくなく、ギャザースカートに見えてしまうという問題があった。そのため、本研究ではギャザーテープを使わずに、一般的なカーテンであるヒダ付きカーテンに決め、制作を行った。

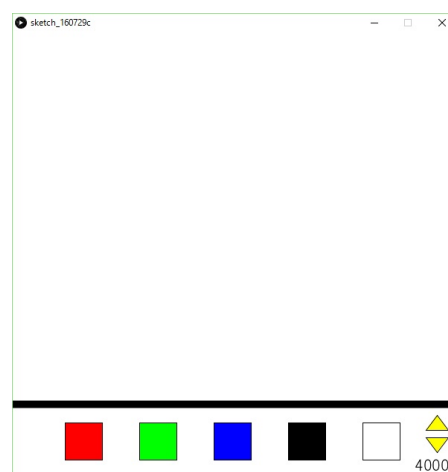


図 12 Processing 側の画面

4.5 奥行移動モジュールの制御

ステッピングモーターの制御には 3D プリンタによく用いられる RAMPS1.4 と ArduinoMega を利用した。RAMPS1.4 は 5 つのステッピングモーターを同時に制御できるという利点がある。Processing とシリアル通信を使い、既定回数だけ指定したモーターを回転させるプログラムにより任意の操作が可能となっている。

4.5.1 Processing 側の画面

図 12 はステッピングモーターを制御するための Processing 側の画面である。

左から赤、青、緑、黒、白の四角形がボタンとなっており、各ボタンがステッピングモーターに対応している。これによりコックドベルトを回転させ、カーテンリングを前後方面に送り出すことを可能としている。

5. 検証と考察

2016 年 8 月 1 日にデモを行った。実際に参加者の目の前で動かし反応を見たり、意見を得たりすることで検証を行った。検証の際に使ったのは本設計として組み立てたカーテンレールとサテンのカーテンを吊り下げたもの (図 5) である。

検証の結果から、カーテンレールの移動幅が少ない場合、表現の幅が小さくなるため、変化があまり見られないということがわかった。そのため、カーテンレールの形を再度検討する必要がある。

今回のデモで使われたカーテンの布は、複数制作し検討した結果、もっとも見栄えの良かった無地のサテンを採用した。

制作したカーテンはヒダとヒダの間を広くもたせていたのだが、奥行方面へ動かすと、カーテンはあまり伸びず、カーテンリングを送り出すコックドベルトがその力に負けて停止してしまっ。移動距離は短く、カーテンの形に変化が見られるほどではなかった。そのため、カーテンの移動距離をより長くするための方法を考える必要がある。

今回のデモで他にもレースといった材質を吊るすことを提案された。奥行方面への動きを活かした柄を使うなど吊るす布の再検討が必要であることが考えられる。

このデモを通して、一般的なカーテンと同じ機能をもつつも、奥行方面への独自の表現ができることが分かった。デモの際に用意した動きのパターンは1つだけであったため、動きのパターンを増やすことでより多くの表現ができることが推測される。

現在は奥行方面に移動できるカーテンレールを制作しているが、今後本物のカーテンのように大きくすることを視野に入れている。

そもそもカーテンは、遮音や遮光、仕切りなどの役割をもっている。本研究により、環境の変化に合わせてカーテンの形を変化させることや、部屋の中央にでもあっても邪魔にならない空間づくりを可能とさせることができる。カーテンの奥行移動は、カーテン本来が持っている機能を生かしたキネティックアーキテクチャとしての可能性があるといえる。

6. おわりに

従来のキネティックアーキテクチャは、建物の構造を動かすために硬い素材を用いることが多く、柔らかい素材を用いることは少ない。そのため、柔らかい布のカーテンを活用し、建物の内装を柔軟に変化可能な空間にさせることを目的とした。

そこで、我々は奥行移動モジュール及び、それに対応する枠を制作した。これをステッピングモーターとコックドベルトを用いてカーテンリングを送るプログラムを構築し、カーテンを奥行方向に移動させることに成功した。

吊り下げるカーテンは複数検討したのち、我々の求めている性質と合致するサテンを利用した。

制作物を展示する際はカーテンらしさを追及するため、一般的なカーテンと同じ形状のものを制作した。また、カーテンを吊るす枠については、手動での平行移動を行えるようにし、普通のカーテンとしても使えるようにした。普通のカーテンと使い方こそ変わらないが、奥行方面への移動を加えることで新たな表現ができ、面白さがある。

しかし、カーテンを奥行き方向に移動させることはできたものの、移動距離が少ないために形に変化が見られなかった。今後は、カーテンの形状も検討していく必要がある。

参考文献

- [1] Shuhei Tsuchida, Tsutomu Terada, Masahiko Tsukamoto. 2014. : A system for practicing formations in dance performance using a two-axis movable electric curtain track, AH '14 Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference Article No. 55.
- [2] Tomomi Takashina, Kotaro Aoki, Akiya Maekawa, Chi-

- hiro Tsukamoto, Hitoshi Kawai, Yoshiyuki Yamariku, Kaori Tsuruta, Marie Shimokawa, Yuji Kokumai, Hideki Koike. 2015: Smart curtain as interactive display in living space. SA '15 SIGGRAPH Asia 2015 Posters Article No. 32.
- [3] Chin Koi Khoo, Flora D. Salim. 2013: Lumina: a soft kinetic material for morphing architectural skins and organic user interfaces UbiComp '13 Proceedings of the 2013 ACM international joint conference on Pervasive and ubiquitous computing Pages 53-62
- [4] Marcelo Coelho, Pattie Maes. 2009: Shutters: A Permeable Surface for Environmental Control and Communication. TEI '09 Proceedings of the 3rd International Conference on Tangible and Embedded Interaction Pages 13-18
- [5] Yuichiro Takeuchi, Jean You. 2014: Whirlstools: Kinetic Furniture with Adaptive Affordance. CHI EA '14 CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems Pages 1885-1890