

PuppetCloth: 衣服の操り人形化システムの提案と制御手法と表現

横川 卓矢^{1,a)} 渡邊 恵太^{1,b)}

概要: 衣服のメーカーや衣料品店は、衣服は着る目的以上にブランドのアイデンティティや世界観を伝えるため、衣服を表現メディアとして利用することがあり、さまざまなディスプレイ方法が試されている。本研究では、衣服を表現メディアとして捉え、衣服という人型の形状の特徴を利用し、衣服を操り人形のように制御する衣服展示フレーム PuppetCloth を提案する。本論文では PuppetCloth の試作について紹介、PuppetCloth を用いた表現を例示する。

1. はじめに

衣服のメーカーや衣料品店は、衣服は着る目的以上にブランドのアイデンティティや世界観を伝えるため、衣服を表現メディアとして利用することがあり、さまざまなディスプレイ方法が試されている。

たとえば、ユニクロ銀座店では、LifeWear インスタレーションというインスタレーション型の展示を行っている。^{*1} このインスタレーションでは、ユニクロの衣服を用いたアート作品を展示している。LifeWear とはユニクロが提唱している衣服の概念であり、ユニクロではこのインスタレーションを通して、商品の機能や品質、また服作りへの美意識やこだわりを表現しようとしている。

また、別の例として、銀座メゾンエルメスは Window Display と称して、店頭にて毎年数回の展示を行っている。^{*2} Window Display では、アーティストやデザイナーがエルメスの衣服を用いて、その年のエルメスのテーマを独自の視点で表現した作品を展示している。これにより、銀座メゾンエルメスの店舗前を通った人々や買い物客などに、その年のエルメスのテーマや世界観を伝えようとしている。

また、衣服の 3D モデルを用いて、ディスプレイ内に三次元的に表示する手法も存在する。EC サイトなどで使われ始めた手法だが、店舗においてもサイネージ型のディスプレイを置き、カメラを通して映った消費者の姿に重ねて衣服を表示することで仮想試着が行えるようになってい



図 1 PuppetCloth の全体像

る。しかし、衣服毎に重畳する衣服の 3D モデルの用意が必要であり、またリアルタイムにユーザーの身体に合わせて衣服を表示するための計算処理が必要であるため、展示にあたっての導入や維持のコストが大きい。

また研究としても、ディスプレイ上に表示されるマネキンに衣服を着用させ、そのマネキンが積極的に消費者に働きかけインタラクティブなやりとりを行わせる展示手法の提案がある [1]。

本研究では、衣服を表現メディアとして捉え、衣服という人型の形状の特徴を利用し、衣服を操り人形のように制御する衣服展示フレーム PuppetCloth を提案する。本論文では PuppetCloth の試作について紹介、PuppetCloth を用いた表現を例示する。

¹ 明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科

a) ev190573@gmail.com

b) keita_w@meiji.ac.jp

^{*1} <https://www.uniqlo.com/jp/ja/spl/feature/shop/ginza>

^{*2} <https://www.hermes.com/jp/ja/story/maison-ginza/window/archives/>

2. PuppetCloth

PuppetCloth は、衣服を操り人形のように制御するため、直方体のフレームの中で複数のワイヤーを用いて衣服を吊り下げる。これらのワイヤーをモーターでの巻き上げと巻き戻しにより、ワイヤーと繋がれた衣服の部分を引き上げたり引き下げること、動きを作る。これにより、たとえば、腰に手を当てる、片手を挙げてある方向を指し示す、など定期的にポーズを変えて衣服の見せ方を変えられる。また、動的に表現することができるため、手を挙げて手を振る表現ができる。また、センサーと組み合わせることで人が前を通る時にこれらの動作をすることもできる。



図 2 PuppetCloth：人が来たことを感知し衣服が手を振る様子

2.1 基本システム構成

PuppetCloth は、モーターやワイヤーを通す中継機を備えた直方体のフレーム、ワイヤー、クリップの3つで構成する。

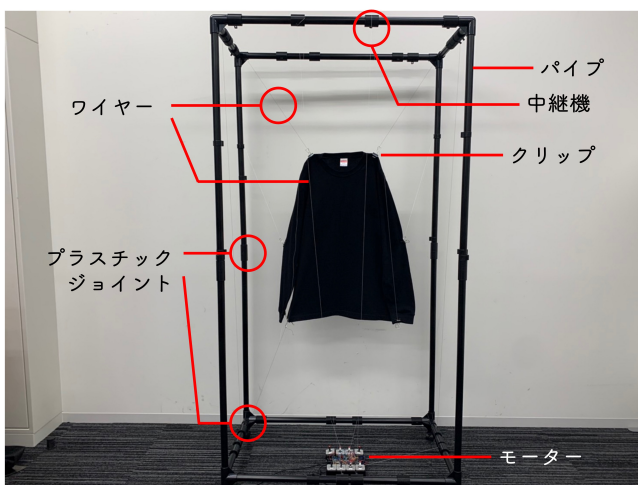


図 3 PuppetCloth の基本システム構成

【フレーム】

4章で示すアプリケーションで使用した PuppetCloth は、ステッピングモーター (後述)、モーターに取り付けられたワイヤー巻きつけホーン、イレクターパイプとプラスチックジョイントで制作した直方体のフレーム、ワイヤーを通すための中継機で構成している。必要に応じて、Webカメラなどを取り付ける。中継機とワイヤー巻きつけホーンは、3Dプリンタで製造した。直方体のフレームは、横幅が1メートル、縦幅が0.5メートル、高さが2メートルの大きさである。ワイヤーを通すための中継機は、イレクターパイプに通す形で設置している。

【モーター】

本システムで使用するモーターは、両回転の制御の必要がある。急速な速度変化などの心配がないことから、パイポラ型のステッピングモーター (SM-42BYG011-25) を選んだ。

また、本システムでは複数個のモーターを制御するため、Open Sound Control (OSC) 通信可能な Ponoor 社のステッピングモータードライバ基盤 STEP800 を使用した。モーター制御のプログラムは Processing で OSC 通信を利用して設計した。ワイヤーの巻き取りと緩めは、モーターの回転数でワイヤーの長さをカウントした。

【ワイヤー巻きつけホーンとワイヤーの取り付け】

モーターの回転軸部分にはワイヤー巻きつけホーンが装着されており、この部分にワイヤーを巻き付けて使用する。ワイヤー巻きつけホーンはモーターから容易に取り外せる。プロトタイプではワイヤー巻きつけホーンに接着剤を用いてワイヤーの先端を固定した。ワイヤーを衣服に装着する際には、フレームの下枠の中継機から衣服を動かしたい方向の中継機の順に経由させ、最後に動かしたい位置の部位にクリップを用いて装着する。中継機は取り外し可能な構造で、このワイヤーを取り付けるルートは任意に変更できる。

【使用するワイヤー】

ワイヤーは衣服を釣り上げながらモーターによって巻き取られるため、通常の手芸ワイヤーでは強度が不足する。そのため伸びにくく耐久性のある、釣具用のワイヤーの PE ラインを利用する。ワイヤーの細さについては、衣服を十分に吊り上げられる強度があり、かつ可能な限り細いものが良い。糸が細いほど、衣服が吊り上げられているというよりも、衣服が宙に浮いているように見えるため好ましい。クリップにワイヤーを取り付ける際は、クリップの持ち手部分にワイヤーを結びつけて取り付ける。数回固結びをして、引っ張った際にワイヤーとクリップが離れない程度の強度があればよい。なお本論文のプロトタイプではワイヤーの長さは4mである。

【使用するクリップ】

衣服の制御点からずれないようにワイヤーを取り付ける

ため、挟む力が強いダブルクリップを利用する。本システムでは、ダブルクリップ（プラス社、CP-102AK）を使用した。クリップの大きさについては、小さいほど目立たないため、小さいものを使用するのがよい。

2.2 使用方法

PuppetCloth の基本的な設計手順と使用方法について述べる。

まず、動的に展示したい衣服に対して、ワイヤーを結びつけたクリップを装着する。クリップは、衣服を効率的に動かすことのできる制御点に取り付ける。本論文でのプロトタイプでは、ワイヤーの長さや状態をセンシングしていない。ワイヤーの長さをモーターを用いて変化させているのみである。クリップを用いて取り付けられたワイヤーを、PuppetCloth に取り付けられた中継機を経由してフレーム下部までワイヤーを通す。ワイヤーのクリップに結ばれていない先端側にはワイヤー巻き取りモジュールを取り付けているため、ワイヤー巻き取りモジュールをモーターの回転軸に装着し取り付ける。必要に応じて、センサや各モーターの動きを制御するプログラムを記述する。フレームの下部に設置したモーターは、センサやその他条件に応じてワイヤーの巻き取りを開始し、各制御点に対して引力が発生することで対象の衣服の変形が開始する。モーターの逆回転によってワイヤーは戻り、対象の衣服は元の形状に戻る。

3. 制御点と表現自由度の探索

本章では、衣服を効率的に動かせる制御点の探索の結果とその制御点の組み合わせにおける表現例について紹介する。本章の探索は、制御点とモーターは1対1に対応している。制御点の探索については、United Athle のLサイズのTシャツを使用した。

3.1 制御点の探索

探索は、衣服のさまざまな点にクリップを取り付け、それらの中継機に通した状態で手で糸を引っ張り、どのような動きや衣服の変形が起こるかを観察しながらおこなった。効果的に衣服を動かした制御点を記録し、どのような組み合わせにするとより表現の幅が増えるかを重視した。制御点の数は衣服を最低限吊り下げられる個数である2個からはじめ、制御点を次第に増やしながら探索した。探索の結果として、図4のパターンA、パターンBの制御点の配置が効率良く衣服を動かせることがわかった。

表と裏に表示されている番号の制御点は、衣服の表裏を挟むようにクリップで取り付けられる。

3.2 考察

Aパターンでは、衣服の肘と袖先に制御点をおいている

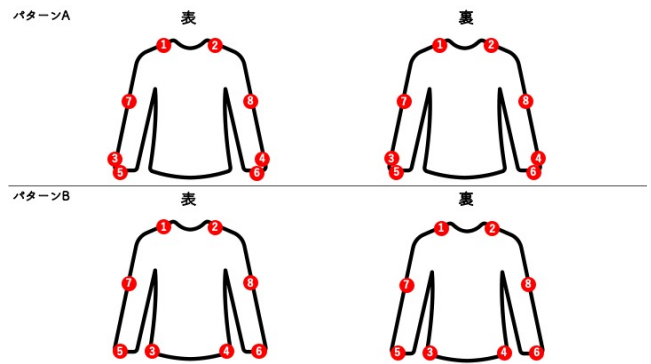


図4 制御点のパターン

ため、肘関節の動きを擬似的に再現できる。図5b、図5cのように、腕の動き表現に長けている。また、衣服の袖先には制御点が二つあり、一方は衣服に対して交差する方向へと糸で繋がれている。そのため、図5dのように、腕を交差するような動きも可能である。一方で、人の形を維持するという点においては他パターンと比較すると劣る。図5aと図5bや図5c、図5dを比較すると、Tシャツの腹部の裾にヨレが発生してしまっているのがわかる。動作を行なった際に、腹部の裾が固定できていないため、このようなヨレが発生する。



図5 制御点Aパターンでの表現例

一方で、Bパターンではこのようなヨレが発生しておらず、図6a、図6b、図6cの何においても衣服の形が綺麗に展示できる。これは図4のパターンBの制御点3,4において、腹部の裾を下方方向に固定しているからである。一方で、パターンBにおいては、図5dのような腕を交差するような複雑な腕の運動はできず、図6b、図6cのような腕を挙げるといった単純な動きのみにとどまっている。

Aパターン、Bパターンとも制御点の数は8個である。探索においては、パターンAとパターンBに含まれる全ての制御点、すなわち10個の制御点に糸をつけ動かすことを試した。しかし、図4パターンBの制御点3と4を固定している糸と、図5dの腕を交差する際の袖が引っかかった。探索で用いたUnited AthleのTシャツが裾よりも服の袖の方が長いデザインになっており、そのために袖が引っか



図 6 制御点 B パターンでの表現例

かかってしまっていた。このように、制御点を多くしてしまうと、制御点から伸びる糸同士が絡まってしまう、糸が衣服の動く経路を阻害してしまう可能性が高くなる。本探索では、制御点の個数は 8 個程度が表現とシステムの安定性から最適だと考察した。

4. PuppetCloth を用いた表現例・アプリケーション例

本章では、PuppetCloth を用いた、表現例・アプリケーション例について述べる。PuppetCloth は、衣服自体で表現することが目的である。そのため、衣服自体の魅力や衣服の作り手の世界観を直接的に表現できることが特徴である。



図 7 腰に手を当てている衣服

4.1 PuppetCloth を用いた表現例

PuppetCloth を用いて、ディスプレイした衣服における表現例を紹介する。

4.1.1 表現事例：ポーズ

PuppetCloth を用いて静的なポーズをおこなった場合の表現例を紹介する。本例では、表側に虎がプリントされたトレーナーを使用し、図 4 のパターン A を用いて表現を制作した。方針として、トレーナーの堂々とした力強いデザインに合う、堂々としたポーズを考えた。衣服の堂々とした力強いデザインを表現するポーズは、腰に手を当てているポーズを選んだ (図 7)。

4.1.2 表現事例：アクション

PuppetCloth を用いて、動きを伴った表現をおこなった場合の例を紹介する。本例では、ハイネックのトレーナーを使用し、図 4 のパターン A を用いて表現を制作した。本例では、トレーナーの特徴的なハイネックの首の部分、トレーナー自身がアピールする表現を行なっている (図 8)。



図 8 ハイネックをアピールする衣服

4.2 体験者の動きを模倣する展示

体験者の動きを模倣するアプリケーションをプロトタイプングした (図 2)。体験者の動きを展示された衣服が模倣することで、体験者が衣服を直接手に取ることなく見たい形態の衣服の様相を動的に確認できる。また、衣服とインタラクティブなやりとりが行えるエンタテインメント性から、消費者の注目を集める展示として機能する。

5. 議論

衣服を操り人形のようにワイヤーを用いて変形、動的に表現するシステム PuppetCloth を提案した。本論文では制御するための制御点の探索と表現事例について紹介した。

5.1 衣服の違いによる制御手法の課題

本稿では、長袖の上着のみを PuppetCloth で試用しており、半袖の上着やズボンなどの衣服などは使われていない。これらの衣服も表現メディアとして扱うことは可能であると考えられる。一方で、半袖の衣服は袖を持たないため、長袖の衣服のような腕の動きといったものの表現が困難である可能性がある。本稿ではジェスチャという人の動きをもとに表現を探索したが、衣服の魅力を伝えるための動きはジェスチャのみに限らず、表現のための動きを新たに制作できる。半袖の衣服やズボンはこうした表現のための動きを用いて展示できる可能性がある。

5.2 フレームの大きさと動きの変化

本稿での PuppetCloth の直方体のフレームは、横幅が 1 メートル、縦幅が 0.5 メートル、高さが 2 メートルの大

きさである。このフレームの各辺に糸の中継機が付いており、モータが動くことで衣服はその中継機の方へと引っ張られる。このように、本稿では考慮されていないが、フレームの大きさは衣服が動く方向を決定する要因である。そのため、フレームの大きさを調整することで、より動きを洗練したり新たな表現ができる可能性がある。

5.3 表現の限界と改善案

PuppetCloth は制御点にクリップを付け、クリップに繋がれた糸を用いて衣服を動かしている。そのため、関節の動きなどをマネキンなどと全く同じようには動かせず、複雑な表現には限界がある。一方で、糸を用いて衣服や布を変形させる手法として、衣服に糸を縫い込み、その糸をモータで動かすことで変形させる手法 Filum が提案されている [2]。Filum を参考にし、糸を衣服に縫い込み、その糸をモータ制御を通して動かすことで衣服に対して複雑な表現を行える可能性がある。一方で、糸の縫い込みはクリップで糸を取り付ける手法に比べ、煩雑な手順を含むため、表現力と手法の簡易さはトレードオフの関係になる。

5.4 店頭ディスプレイにおける応用や表現性

店頭における PuppetCloth の応用や表現性について議論する。PuppetCloth は、実際の衣服を利用して展示を行う手法である。そのため、衣料品店などは店頭の商品をそのまま利用して表現のための展示が行える。

衣料品店やメーカーは、PuppetCloth を用いて衣服を表現メディアとして活用することができる。例えば、その年のブランドのテーマを伝えようとする場合、そのテーマに沿って作られた衣服を PuppetCloth を用いてテーマに沿った動きで衣服を動かすことで、ブランドはその年のテーマを表現し展示を行うことができる。

また、PuppetCloth は従来の静的なディスプレイと異なり、インタラクティブなやりとりが行える (図 2)。カメラの映像から体験者の動きをセンシングすることで、体験者は自身がポーズングすることで知りたい衣服の様相を見ることができる。

6. おわりに

本研究では、衣服を表現メディアとして捉え、衣服という人型の形状を利用して衣服を操り人形のように制御する衣服展示フレーム PuppetCloth を制作した。その中で、衣服を操るにあたって効率の良い制御点の探索やアプリケーションの開発をおこなった。そして、PuppetCloth で行うことのできる表現性について考察・議論した。

参考文献

[1] Reitberger, W., Meschtscherjakov, A., Mirlacher, T., Scherndl, T., Huber, H. and Tscheligi, M.: A persua-

sive interactive mannequin for shop windows, *Proceedings of the 4th international Conference on Persuasive Technology*, pp. 1–8 (2009).

[2] 幸野朋美, 渡邊恵太: Filum: 環境やユーザに即して糸の縫込み可能な布や柔軟物体に新たな動作や変形機能を与える糸と縫い方, *情報処理学会論文誌*, Vol. 59, No. 11, pp. 1995–2003 (2018).