

Living Textile: アニマシーインタラクションの ための動的変形テキスタイル

脇田玲[†] 上野道彦[†]

近年、布にセンサやアクチュエータを埋め込んだスマートテキスタイルと呼ばれる新素材が注目を集めている。我々は、布本来が保持している柔軟性の高さに着目し、自由曲面のように動的に変形するテキスタイル"Living Textile"を提案する。動的に変形する布は新しい素材としてデザインの可能性を広げるのみならず、生物らしさ(アニマシー)を有するインタラクションの可能性も広げるものである。

Living Textile : A Dynamic Deformable Textile for Animacy Interaction

Akira Wakita[†] and Michihiko Ueno[†]

We present Living Textile, a new smart textile with dynamic shape deformation. Woolen yarn and conductive yarn are woven together into a sheet of cloth. Bio-metals are also woven around the cloth, enabling dynamic shape deformation. We pay attention to the animation with rich animacy to add emotion felt through the artifact built with living textiles. Some assumed applications are also shown at the last of this paper.

1. はじめに

近年、布にセンサやアクチュエータを埋め込んだスマートテキスタイルと呼ばれる新素材が注目を集めている。これにより衣服やインテリア等、これまでスマート化が困難であった軟らかな布製品にインタラクション性を付加することが期待される。さらにユビキタスコンピューティング技術やウェアラブルコンピューティング技術が身体により近いレベルで適用可能になるであろう。一方で、Arduino LilyPad [1]のように手芸の文化と電子工作の文化をクロスオーバーさせる DIY 環境も普及し始めており、新しいものづくりの文化がパーソナルなレベルで日常生活の様々なシーンに浸透していくことも期待される。

本研究では、スマートテキスタイルが提供する様々な機能の中で特に動きに着目する。布そのものは本来高い柔軟性をもった素材であるため容易に変形させる事ができるが、我々は意図的に形状を変化させる機構を布内部に組み込むことで、動的にその変形を制御できるテキスタイルを開発している。動きという言葉は様々な意味を持っているが、我々は英語における"animation (生命がそこにあること)"として動きを解釈し、あたかも生きているかのような動きを実現する Living Textile というコンセプトを提案する。以下の本稿では、スマートテキスタイルの現状、生物らしさについての議論と考察、Living Textile のデザインと実装、想定されるアプリケーションと今後の発展可能性について述べる。

2. スマートテキスタイル

2.1 入インターフェイスとしてのテキスタイル

MIT Fablab.によって開発された e-broidery[2]は電気伝導性をもつ金属を糸に混ぜる事で、導電性をもった布を開発することに成功した。彼らは数字や文字を刺繍として布に一体化し、そこに触れることで入力信号が布を通して伝えられる仕組みを開発し、Textile-based Computing と呼ばれる新しい分野を開拓した。この仕組みをオリジンとして、現在では RFID が埋め込まれた布や MP3 プレイヤー機能が付加された衣服が製品化されている。

2.2 ディスプレイとしてのテキスタイル

この基本的な仕組みに新しい表現力を加える要素となるのがディスプレイとしてのテキスタイルだ。France Telecom の Fiber optic display[3]は光ファイバーを編み込んで作った布で、様々なインターネットからダウンロードした画像を布表面に表示することができる。また、Philips Research の Lumalive[4]は 14x14 の発光ダイオードを編み込んだ布で、衣服をキャンバスとして多様なアニメーションを表示することに成功して

[†] 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科
Graduate School of Media and Governance, Keio University

いる。これらの発光性のテキスタイルに加えて、非発光性の変色テキスタイルも存在する。International Fashion Machines社のElectric Plaid[5]や脇田らのFabcell[6]は感温インクを用いることで布そのものの変色するというユニークな性能を実現している。

2.3 動的変形テキスタイル

変形機能を有するテキスタイルとしてはSurflex[7]とKukkia and Vilkas[8]があげられる。いずれも形状記憶合金をより糸にした繊維が用いられており、テキスタイルに埋め込まれた抵抗や繊維そのものの抵抗を通して発熱し、布を変形させる仕組みをとっている。前者は厚手のフェルトにバイオメタルを埋め込むことで様々な形状制御を実現している。後者はニチノールを繊維化し、布そのものに変形性を付加している。これらの変形機能を有するスマートテキスタイルの目的に着目したい。Surflexは厚手のフェルトを用いていることから布の素材感そのものよりも柔軟な変形機能が特徴であり、変形するインテリアや空間設計への応用が目的とされる。一方で後者のKukkia and Vilkasは時間の経過とともに変形するオーナメントである。時間の経過をユーザに意識させる新しい衣服を提案している点は斬新であるが、変色や変温など変形以外の機構を利用しても同様の目的は達成できるため変形性への必然性が薄い。

3. 生物らしさについて

3.1 動きと生物性

動きという言葉は様々な意味を持っているが、我々は英語における"animation (生命がそこにあること)"として動きを解釈し、あたかも生きていくような動きを実現するLiving Textileというコンセプトを提案する。

我々は様々なプロダクトを分析し、動きの意味を機能的側面と心理的側面の2つに分類して整理することにした。機能的側面は、動作(movement)や挙動(behavior)のことであり、スマートテキスタイルに当てはめると、布の密度変化による湿度調整や、丈の変化による機能性向上などの例が挙げられる。例えば衣服において、着用者の体温や気温をセンスし衣の密度を変化させることができれば、快適な体温維持が実現できるだろう。同様に、着用者が台所に移動することをセンスし、これから水仕事に想定されるのであれば、袖丈を短くすることも考えられる。選考研究で挙げた動的変形テキスタイルはいずれもこれに属するものである。

一方の心理的側面とは、生物らしさ(animation)のことであり、動くことで対象から意図や感情を感じられる要素のことである。認知心理学では生物らしさのことをアニメシー(animacy)と呼び、それを人間が知覚することをアニメシー知覚[9]と呼んでいる。アニメシー知覚にはいくつかの傾向が見受けられることが解明されており、その最も特徴的なものが「動き」である。心理学者のHeiderとSimmelは1944年に歴史的な実験を行った[10]。単純な幾何学形状であってもその動きに何らかの意図が感じら

れば生命らしさが知覚されるというものだ。また、認知心理学者のヨハンソンは人間の歩行を知覚させるアニメーションを製作した[11]。このアニメーションでは点群間には何の関連性もないのだが、動きを通して我々人間はそこに生物らしさ(Biological Motion)を知覚してしまう。これらの心理学の知見から、我々人間は動きの中に生物らしさを見いだす傾向があると考えられる。

3.2 布製品の生物性

我々は素材と生物らしさの関係についても考察を行った。その結果、布という素材そのものに内在する生物らしさと、布製品を用いる我々人間を想起させることによる生物らしさが存在する事が明らかになった。以下、この2つについて詳細を述べる。

布は本来、自然繊維で作られている。自然繊維とは植物繊維、動物繊維、鉱物繊維の総称であり、植物繊維としては綿や麻、動物繊維としては羊毛や絹、鉱物繊維としては石綿やガラス繊維などが挙げられる。この中で最後の鉱物繊維は健康に与える影響が強いため、日常生活環境ではあまり用いられない。一般に用いられる植物繊維と動物繊維はまさに生物の一部、もしくはその死骸のことであり、布製品から生物らしさを知覚するのは必然的であると考えられる。毛織物や毛糸製品から、羊、熊、ブードルなどの豊かな体毛を纏った動物が想起されるのは自然なことである。布そのものに生物らしさは内在していると考えるのは妥当であろう。

一方で、布製品を用いる我々人間を想起させる生物らしさというものも存在する。チワワなどの小型犬が衣服を着て散歩している風景は日常的なものである。これには体温維持や毛の飛散を避けるという実用的な目的もあるのだが、それに加えて人間のように衣服をまとっている姿からかわいらしさを感じ、より多くの親密さや愛着を見いだすという側面もある。また人工物に衣服を模した保護ケースを用いることで愛着を増進させるようなケースも存在する。例えばアップル社はiPodのケースとしてiPodソックス[12]と呼ばれる製品を販売し大きな注目を集めた。またファッションブランドのCharlotte RonsonはiPod Hoodie[13]というフード付きパーカを模した保護ケースを販売している。このように、我々は人工物と布製品の組み合わせにも生物性を見いだす文化的傾向があると考えられる。

3.3 アニメーションにおける生物性

非生物的なものに生物性を与える例として最も身近なものはアニメーションである。特にウォルト・ディズニーのアニメーションにおいては非生物があたかも生命を宿らせたかのように動くシーンが多く登場する。それらの動きは多少誇張がされているものの物理的な変形の組み合わせによって実現されており、動きが生命らしさを作り上げていることを利用した事例と考えることができる。図1はディズニーのアニメーション言語をまとめた書籍"The Illusion of Life"[14]で示されている袋による感情表現の絵である。小麦粉が半分詰まった袋を潰したり、伸ばしたり、ねじらせたりすることで、その組み合わせとして様々な感情表現を実現しているのだ。この例において

も、布という素材とその動きの組み合わせによって生物性を表現している点に着目したい。

以上の考察より、動くことと布であることはいずれも生物性を感じさせる要素であると考えられる。また、この2つを組み合わせることで高いレベルで生物性が実現されることもディズニーの例から明らかである。我々はこのような考えに基づき、動的変形テキスタイルの一番の特性を生物らしさと考え、Living Textile というネーミングを与えた。

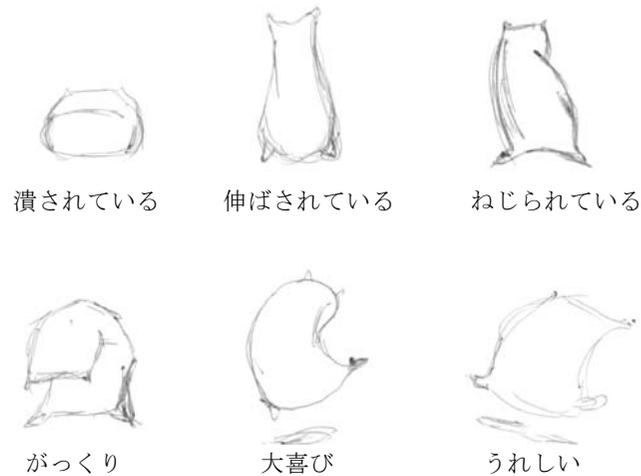


図 1 ディズニーアニメーションにおける袋の動きによる感情表現
[フランク・トーマス (著), オーリー・ジョンストン (著), 高畑勲 (翻訳), ディズニーアニメーション 生命を吹き込む魔法 — The Illusion of Life, 徳間書店, p.53 の図を筆者らが模写したもの]



図 2 Living Textile の外観

4. Living Textileのデザインと実装

4.1 内部構造と制御方法

Living Textile は図 2 に示すような白い毛糸で編まれた一枚の布である。裏面の 4 辺と中央の対角線にはバイオメタルが編み込まれている。バイオメタルとは電流を流すことで筋肉のように動く繊維状のアクチュエータのことである。図 3 に示すように、それぞれのバイオメタルには導電性繊維が接続されており (図 3 の黒い線), 電子回路から電源が供給される。導線に導電性繊維を用いることにより配線部分を布内部に埋め込むことや刺繍として一体化することも可能である。導電性繊維は導線を通して Arduino に接続されており, Processing で記述されたコードによって制御される。

バイオメタルは Ti-Ni 系形状記憶合金を原料とした繊維状のアクチュエータであり, 細線状のバイオメタルファイバー (BMF) と, コイルスプリング状に加工されたバイオメタルヘリックス (BMX) がある。BMF は操作量が 5% と小さいが大きな操作力を取り

出すことができる。一方の BMX は、操作力は小さいが 100%以上の操作量がある。本研究では布辺の変位を大きくして多様な表現の可能性を追求することが目的であるために BMX を採用している。

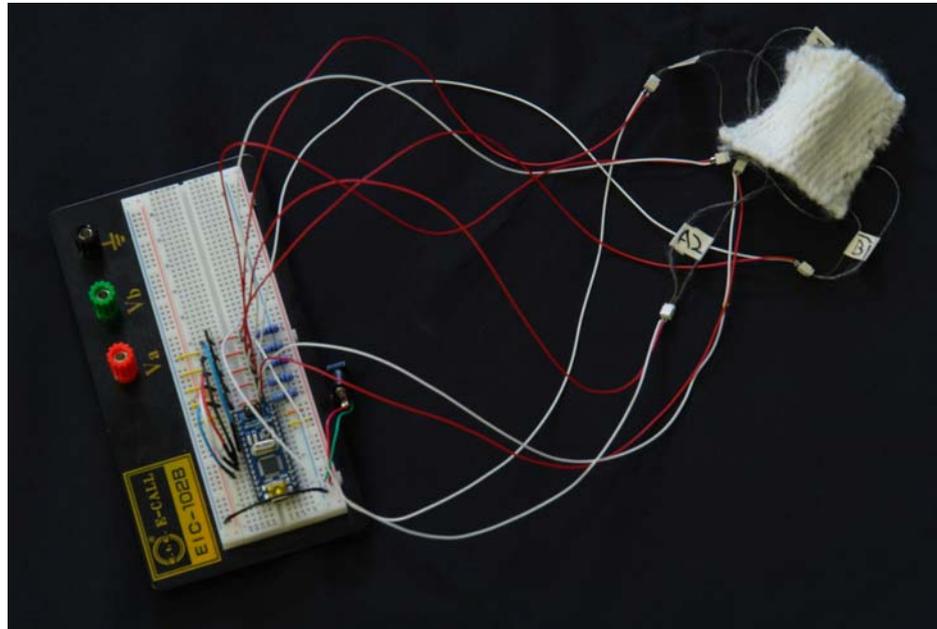


図 3 Living Textile の制御回路

4.2 曲面形状の柔軟性と表現力

電気の供給が始まると、それまで柔らかく布と一体化していたバイオメタルはピアノ線のような強靱になり収縮を開始する。供給する電圧によって変形の所要時間は異なるが、我々が用いた 5V 電源の場合には、7~15 秒の間で全てのバイオメタルは変形を終えた。図 4 に Living Textile の変形過程を示す。バイオメタルはモーターと異なり初速と終速が一定ではないため、加速度的に変化する他のアクチュエータとは一線を画す動きになる。これは生物的な動きを想起させる一因になっているとも考えられる。

Living Textile には周囲 4 辺と中央の対角線にバイオメタルが組み込まれている。この 5 本の収縮具合を制御することで多様な曲面形状を実現することができる。図 5 に Living Textile による曲面表現のバリエーションを示す。これから見て取れるように

Bezier 曲面や NURBS のような自由曲面に非常に近い形状が表現できているのが分かる。現在の構造では対角線のバイオメタルによる制御があるために厳密に曲面を近似することは困難であるが、概形であれば CG や CAD システムと連動させることは十分可能である。

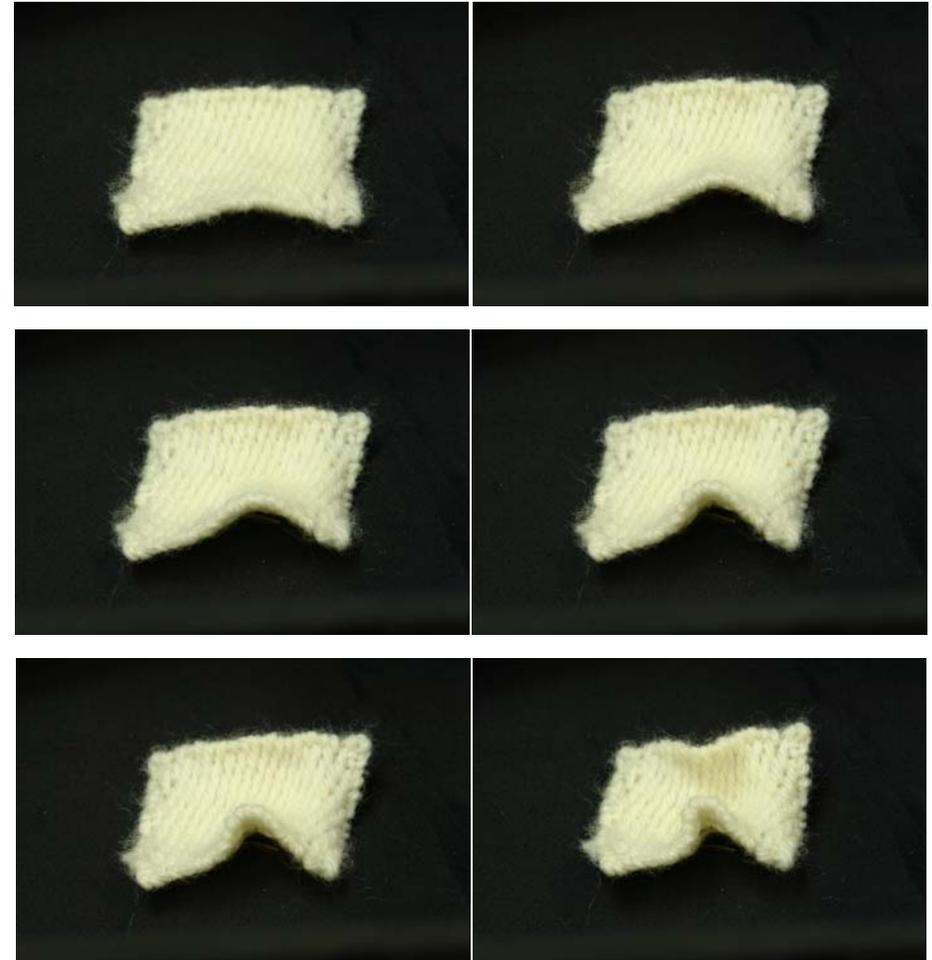


図 4 Living Textile の変形過程



図 5 Living Textile の曲面表現のバリエーション



図 6 布型ロボットの試作

5. 考察

5.1 アプリケーション

Living Textile のアプリケーションとして想定されるものを以下に述べる。

第 1 に、物理的な柔軟性を保持する布型ロボットを作り上げることが期待される。ロボット研究の 1 つとして高分子ゲルを用いた軟体ロボットの研究[15]があるが、同様に布を用いて全身が物理的な柔軟性を持つ機械を作り上げることも可能である。図 6 に我々が開発中の布型ロボットの試作を示す。これは歩行することを目的として開発途中のロボットである。現在では体を半分に折りたたみ、再び平面へと戻す動作の繰り返しを実現できているが、十分な歩行を実現するには至っていない。今後は布内部のバイオメタルの構造を改善していく予定である。

第 2 に、布型ロボットの異なる応用として娯楽ロボットへの利用が期待される。AIBO や PLEO に代表されるペット型ロボットが一般家庭に普及しているが、内部関節の動きに加えて皮膚表面の動きや軟部組織のアニメーションが実現されれば、これまでとはレベルの異なるリアリティを与えることができるだろう。また、3.3 節で述べたディズニーの小麦粉袋のアニメーションを再現することができれば、感情表現を実現する布製品を作り上げることが可能になるだろう。さらにはこれまでディスプレイ内部に限定されていたアニメーションに物理空間という新しい可能性を与えることになるだろう。

第 3 に、衣服やインテリアへの応用が期待される。豹やパンダなどの動物柄の布、もしくは毛皮そのものを用いて生物らしさを人工物に入れ込むことは一般的である。ここに動きが加わることでファッションデザインやインテリアデザインにおいて時系列変化を想定した新しい作品が生まれる可能性がある。現在でも Hussein Chalayan などの一部のパフォーマーのアーティストは電子的に動作する衣服をコレクションとして発表し始めているが、汎用性の高い布素材が登場することでより身体に密着したインタラクションを衣服に入れ込むことが期待できる。

6. 今後の展望

今後の展望としては、複数の Living Textile を接続させてより大きな面積をカバーする布を作り上げることが挙げられる。これにより「被せる」「巻き付ける」といった他の物体を巻き込んだインタラクションを実現することができるだろう。

また CG や CAD で用いられている Bezier 曲面や NURBS との近似を実現させることができれば、デジタルデザインを手に触れる形で再現することが可能になるだろう。これより意匠設計に新しいプロセスが生まれ、創造性と効率性の双方を支援する環境をつくるのが期待される。

参考文献

- 1) Buechley,L., and Eisenberg,M., The LilyPad Arduino: Toward Wearable Engineering for Everyone. Wearable Computing Column in IEEE Pervasive, 2008.
- 2) Post,E.R., Orth,M., Russo,P.R., and Gershenfeld,N., E-broidery: Design and fabrication of textile-based computing, IBM Systems Journal, Vol.39, Number 3&4, 2000.
- 3) France Telecom, Fiber optic display, <http://www.4to40.com/newsat4/index.asp?id=1>
- 4) Philips Research, Lumalive, <http://www.lumalive.com/>
- 5) Berzowska,J. and Banasik,A., Very slowly animating textiles: Shimmering flower. In Conference Abstracts and Applications of SIGGRAPH 2004 (Sketches and Applications), 2004.
- 6) Akira Wakita, Midori Shibutani, Mosaic Textile: Wearable Ambient Display with Non-emissive Color-changing Modules, ACM ACE 2006, 2006.
- 7) Marcelo Coelho, Hiroshi Ishii and Pattie Maes, Surfex: A Programmable Surface for the Design of Tangible Interfaces, In Extended Abstracts of Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '08), 2008.
- 8) Joanna Berzowska, Marcelo Coelho, Kukkia and Vilkas: Kinetic Electronic Garments, Ninth IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC'05), pp.82-85, 2005.
- 9) 福田 玄明, 植田 一博, 対象との関わりがアニメーション知覚に及ぼす影響, 日本認知科学会 第24回大会, 2007.
- 10) Heider,F., & Simmel,M., An experimental study of apparent behavior. American Journal of Psychology, 57, 243-259. 1944.
- 11) Johansson,G., Visual perception of biological motion and a model of its analysis. Perception & Psychophysics, 14, 201-211. 1973.
- 12) iPod ソックス, <http://store.apple.com/jp/product/M9720G/B>
- 13) iPod Hoodie, CHARLOTTE RONSON, <http://www.charlotteronson.com/>
- 14) フランク・トーマス, オーリー・ジョンストン, 高畑勲, ディズニーアニメーション 生命を吹き込む魔法 — The Illusion of Life, 徳間書店.
- 15) Otake,M., Kagami,Y., Inaba,M., and Inoue,H.. Motion design of a starfish-shaped gel robots made of electroactive polymer gel. Robotics and Autonomous Systems, vol.40, pp.185-191, 2002.