

コンテンツ論文

plant: Shape Memory Alloy Motion Display による 葉群のざわめきの表現

中安 翌^{*1} 富松 潔^{*2}

plant: The Expression of Trembling Foliage by Shape Memory Alloy Motion Display

Akira Nakayasu^{*1} and Kiyoshi Tomimatsu^{*2}

Abstract - We propose the concept of shape memory alloy motion display (SMD), a new type of physical display, and introduce an interactive art "plant" based on this technology. SMD is a display apparatus taking advantage of existence of an actual object, and gives visual expressions by movement and change in shape of actuators, which are components of this device. Visual expressions resembling tentacles of sea anemone and foliage of grasses and trees are possible by designing the actuators, making way for new expressions by physical display. We built the interactive art plant as a piece of art applying SMD technology. The plant is inspired by the vision of grass blowing in the wind. 169 artificial leaves react to hand's movement and moves slowly. We discuss the possibilities of SMD and the expression of trembling foliage through fabrication of the completed piece of art, plant.

Keywords: physical display, shape display, kinetic art, shape memory alloy

1 はじめに

近年、映像を表示するディスプレイ装置とは異なる、実体の存在感を利用したディスプレイ装置[1][2]が開発されている。Tangible User Interface[3]や Ambient Display[4]に関する研究分野でも、アクチュエータを用いた物理的なディスプレイ装置の開発が進んでいる。[5] 近未来的な情報提示装置として、アート、建築、研究の領域まで、様々な形状、機能を持つディスプレイ装置が開発されており、実体を持つことによって、人がより直感的に情報を認識できる情報提示装置の研究に注目が集まっている。

本論文では、このような物理的なディスプレイ装置であり、構成要素であるアクチュエータがやわらかく曲がることによって、装置全体で「ざわめく」表現を行うディスプレイ装置 Shape Memory Alloy Motion Display (SMD)を提案する。そして、その応用例の一つであるインタラクティブアート作品「plant」を紹介する。plantはSMDの技術を利用して、葉群のざわめきを表現するアート作品である。またplantは、SMD技術の開発過程におけるプロトタイプでもある。このplantの制作を通じたSMD技術の開発、鑑賞者からの評価、関連研究の調査から、SMDによる新しい表現の可能性を考察する。

2 Shape Memory Alloy Motion Display (SMD)

2.1 実体の構成要素を持つディスプレイ装置

SMDは、近年発表されているShape Display [5]と同様に、実体の存在感を利用したディスプレイ装置である。映像ディスプレイのように光の変化の集合により映像を表示するディスプレイではなく、映像ディスプレイの光のドット(画素)に当たる構成要素を、物体(アクチュエータ)に置き換えたものである。SMDは、映像のように高精細な情報表示を目指すものではなく、抽象化した表現を、物理的な動きや形状変化の集合により実現するものである。この実体を持つディスプレイ装置の特徴は、従来の2次元平面の映像ディスプレイにはできない、実体の3次元立体構成及びその存在感や雰囲気を持示できるところにある。SMDで実現しようとしている物理的な「ざわめき」もその一つである。

2.2 SMDの原理

図1は、SMDの原理を表したものである。SMDは構成要素に、直立して曲がる動きをする形状記憶合金アクチュエータを採用している。SMDは、この形状記憶合金アクチュエータがゆるやかに曲がる特徴を生かし、曲がったりもどったりする動きの集合によって「ざわめき」の表現を行うことができる。

さらに、形状記憶合金アクチュエータの外装をデザインすることによって、異なる表現を行うことが可能である。例えば造葉を取り付けたデザイン(図1左側のアクチュ

*1 九州大学大学院芸術工学府

*2 九州大学大学院芸術工学研究院

*1 Graduate School of Design, Kyushu University

*2 Faculty of Design, Kyushu University

エータ)によって葉をゆらす表現や、外装にシリコンチューブを採用することでイソギンチャクの触手(図1右側のアクチュエータ)のような表現が可能になる。

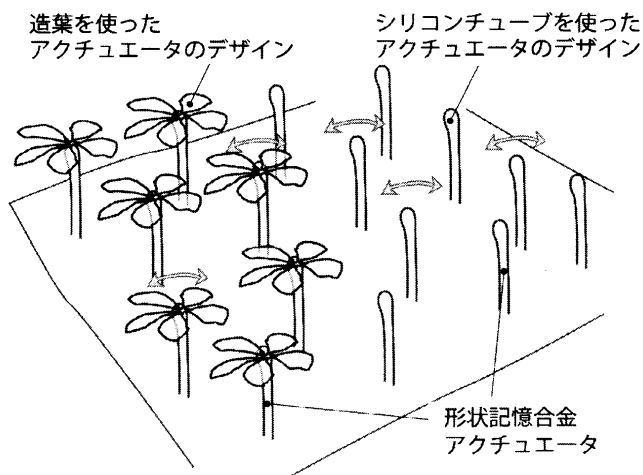


図1 SMD の原理

Fig.1 The principle of SMD technology

2.3 SMD の可能性

SMD は、イソギンチャクの触手(図2)の動きや草木が風にゆれる様子(図3)からインスピレーションを受けて発想したものである。このような現実世界の表現を取り入れることで、これまでの映像ディスプレイには不可能な実体の存在感を生かした表現が可能になる。

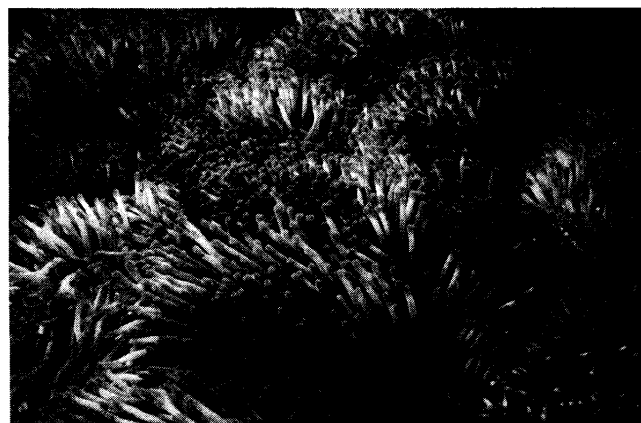


図2 イソギンチャク

Fig.2 Sea anemone



図3 木(左)や草が風にゆれる様子(右)

Fig.3 Trees (left) and grasses blowing in the wind (right)

SMD の応用範囲としては、抽象的な情報提示を利用したデジタルパブリックアート[6]、映像的表現を利用したデジタルサイネージ、環境に溶け込んだ情報提示を行う Ambient Display, 形状記憶合金アクチュエータに触知覚センサーを付加することで可能になる Tangible User Interface, 映像には実現不可能な SMD の立体構造とロボット技術を組み合わせたテーマパークの動くオブジェが考えられる。我々はこれまでに SMD のロボットへの応用として、植物型ロボット Himawari [7][8]を制作している。

図4は、SMDの応用例「葉群のインタラクティブウォール」のコンセプト図である。アクチュエータの先に葉を取り付け、葉が動いてざわついている部分と静止している部分の差から生まれる境界を利用して装置全体で映像的認識をもたらすものである。

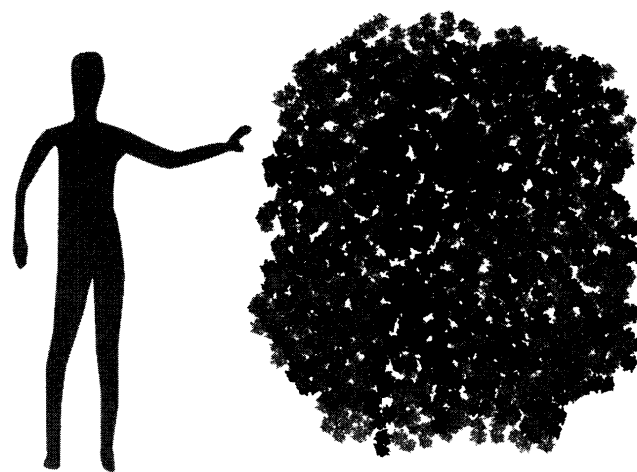


図4 葉群のインタラクティブウォール

Fig.4 Interactive wall of foliage

SMD は、構成要素である形状記憶合金アクチュエータをデザインすることによって、ディスプレイ装置としてのコンセプトを変えることができる。「ざわめく」動きを応用して様々な表現を行うことが可能になる。

2.4 関連研究

ここでは SMD の 4 つの関連研究について紹介する。

1 つ目は、3次元形状ディスプレイに関する研究である。仲谷ら[9]は、構成要素であるピンロッドを上下動かせることで、装置全体で3次元立体形状を提示することができるディスプレイ装置の研究を行っている。

2 つ目は、Hyposurface[2]である。Hyposurface は、構成要素が凹凸に動くことで、壁全体がやわらかく動いて変化する。このように、インタラクティブに動くサーフェスを実現しようとする試みは、Hypersurface Architecture[10]という建築の新しいデザインコンセプトとして注目を集めている。また、Hyposurface は文字や企業ロゴを表示することも可能であり、このような実体を持

ディスプレイのインパクトを生かしたデジタルサイネージへの可能性が感じられる。

3 つ目は、Mechanical Mirrors[1]である。Mechanical Mirrorsは、構成要素を動かすことで、1つ1つの構成要素の見え方が変わることを利用して、装置全体で鑑賞者の顔や姿が提示されるキネティックアートの作品群の総称である。作品それぞれの構成要素の素材には、木片やメタル加工された球体、鏡を採用することで、個々の作品に異なる表現を生み出している。

4 つ目は、Super Cilia Skin[11]である。Super Cilia Skinは、Tangible User Interfaceの研究として触知覚のインターフェースを含めたインタラクティブサーフェースに関する研究である。そのコンセプトは、SMDに近いもので、草が風にゆれる様子にインスピレーションを受けて、構成要素がゆれるインターフェースの研究を行っている。しかしながら、Super Cilia Skinで示されているプロトタイプでは、触知覚のインタラクティブ性を重視したものになっており、構成要素の動きもカタカタ倒れる動きとなっている。SMDの目指す、構成要素がやわらかく曲がる動きの集合による「ざわめく」表現が実現できるシステムとは言えない。

これらの4つの関連研究とSMDは、実体の構成要素が動くディスプレイ装置である点で共通している。一方、SMDが、その構成要素である形状記憶合金アクチュエータが直立してやわらかく曲がって動くことで、視覚的に「ざわめく」表現を生み出すことを目指している点で、これら関連研究とは異なるものである。

また、これらの関連研究はそれぞれ、3次元立体形状を提示するディスプレイ装置、建築における動くサーフェース、アート作品、Tangible User Interfaceに関する事例であり、発表されている分野も異なる。このような実体の構成要素を持つディスプレイ装置は、分野を超えて注目を集めており、同様の実体型のディスプレイ装置であるSMDも、様々な分野へ応用できる可能性があると考えられる。

3 plant

3.1 SMD 技術を利用した葉群のざわめくインタラクティブアート作品

plant(図5)は、植物をモチーフにしたインタラクティブアート作品である。plantの製作では、2章で示したSMDの特徴である、構成要素がやわらかく曲がって動くことによる「ざわめく」表現を利用し、169個の形状記憶合金アクチュエータに造葉を取り付けるデザインを行うことで、葉群のざわめきを表現することを目指した。

またplantは、SMDの開発過程のプロトタイプであり、制作には、形状記憶合金アクチュエータ及び制御回路の開発を含むものである。



図5 plant 展示風景

Fig.5 A snapshot of plant

3.2 作品コンセプト

plantは、草木が風にゆれるように、人の動きに反応して、葉を動かして人とコミュニケーションを行う作品である。人が手をかざすと、まるでそこに風が存在するように葉がざわめいていく。また、手の動きに合わせて変化する音響効果と、スポットライトによる照明効果によってインスタレーションを演出している。真っ暗な空間にぼんやり浮かび上がった葉群のかすかな動きと音の変化が、幻想的な空間を創り出し、鑑賞者はplantとのコミュニケーションから心地よいインタラクションを感じることができる。

3.3 設計

3.3.1 インスタレーションの設計

plantの展示方法は、装置自体の展示だけでなく、暗い異空間に浮かび上がる植物というコンセプトを表現するために、展示空間の演出も含むインスタレーション形式をとっている。図6のように、3m×3mの空間の中央に丸テーブルを配置し、その上に葉群を配置している。周囲360度から複数人で体験できるインスタレーションにするために、葉群をドーム形状、テーブルを円形状にして制作した。テーブルの上方に、赤外線カメラとスポットライトを配置している。スポットライトは特殊なレンズを利用して葉群部分のみを照らし、テーブルを黒色にすることで、葉群のみが浮かび上がって見える演出を行っている。テーブル内に形状記憶合金を制御する電

圧制御回路を配置(図 7)し、その他の制御システム(制御用 PC、音響エフェクター、音響アンプ)は、インストールの外に設置している。

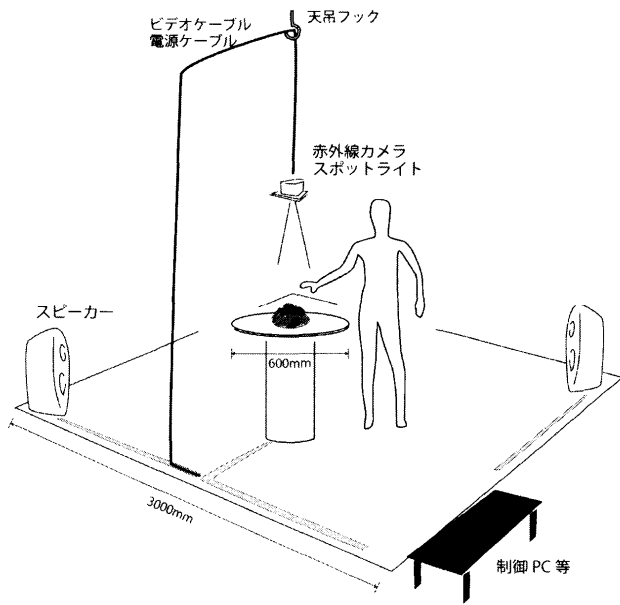


図6 展示の設計

Fig.6 Floor plan



図7 テーブルの構造

Fig.7 Structure of table

3.3.2 葉群のデザイン

plant の葉には、シュガーバインの造葉を利用している。シュガーバインの葉は、5 枚の小さい葉で構成された花のようにも見える掌状複葉[12]の形状を持つ。(図 8

下) plant では、形状記憶合金アクチュエータの先端にこの造葉を取り付け、169 個のアクチュエータを直径 24cm のドーム状の土台に中央から同心円状に広がるように配置した。

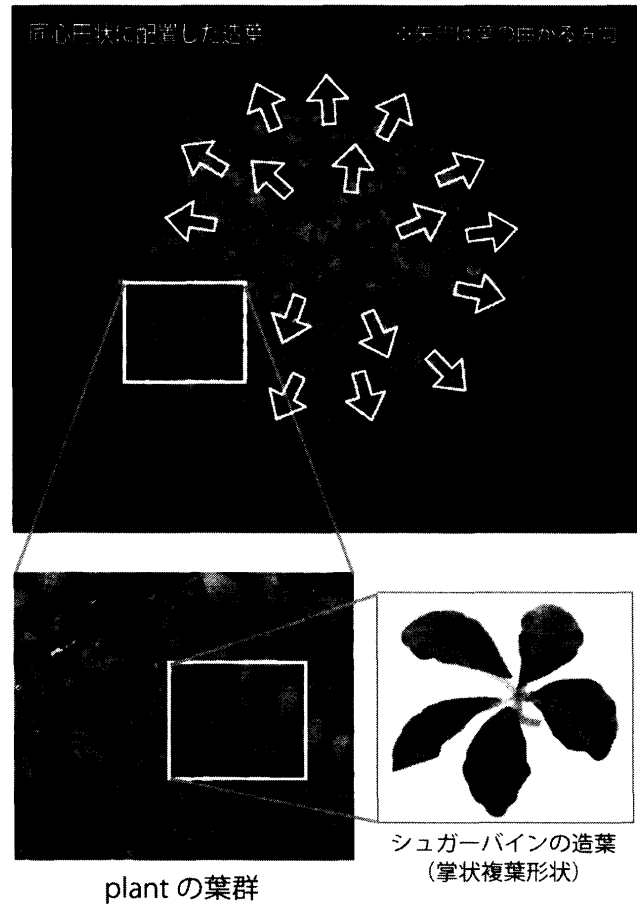


図8 葉群のデザイン

Fig.8 Foliage design

3.3.3 インタラクシオンデザイン

plant は、葉群上方にある赤外線カメラをセンサーとして、物の動き(実際の展示では手の動き)に反応して、個々の葉を揺らす。揺れ幅は約 5mm で、葉の茎にあたる形状記憶合金アクチュエータが一方方向に曲がってもどる動作を行う。曲がる方向は、葉群の中心の葉を除いて、中心から外側に向かって曲がる。(図 8 上) また、鑑賞者が手を動かした状態から、手を離す、もしくは手の動きを止めた後の 5 秒間は、揺れて戻る動作を繰り返す。これは、手の下にある葉の動きが鑑賞者自身から見えにくいことから、遅延して葉の動かすことで、鑑賞者自身が葉の動きを見ることができるようになるためである。動く葉の位置と、鑑賞者の手の動く位置を一致させているので、鑑賞者は、自分の手の動きに反応して葉が動いているような感覚で体験する。

音に関しては、ループ音源ファイルを再生しながら、手の動きの変化量の増減に合わせて音色が変化する音響効果をかけている。

3.4 開発

3.4.1 制御システム

図 9 は、制御システム全体の入力から出力までの概略図である。赤外線カメラからの入力画像を Cycling '74 Max/MSP/Jitter (Windows) で開発したプログラムにより動作解析(フレーム間差分)を行う。解析データをもとに、形状記憶合金アクチュエータ用の制御アルゴリズムにより制御信号(DMX 信号)へ変換し、電圧制御回路により形状記憶合金アクチュエータを駆動している。

音に関しては、制御パソコン上で再生したループ音源を KORG KAOSS PAD KP3[13]へ入力する。赤外線カメラの入力画像の動作解析結果から、動作変化量を計算し、その動作変化量により、KORG KAOSS PAD KP3 の音色を変化させる音響効果を強弱させている。

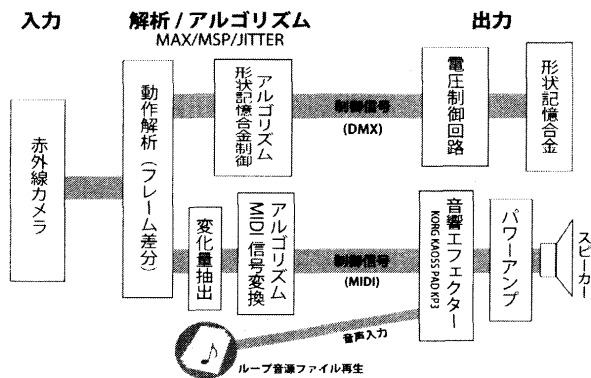


図9 制御システム概略

Fig.9 Control system overview

3.4.2 形状記憶合金アクチュエータの制御アルゴリズム

図 10 は、形状記憶合金アクチュエータの制御の流れを表したものである。赤外線カメラの入力画像をもとに動作解析、モザイク処理を行う。モザイク画素のグレースケール濃度の数値をもとに、ノイズ除去のための閾値以上になった場合をトリガーとして、形状記憶合金の制御信号を発生させている。

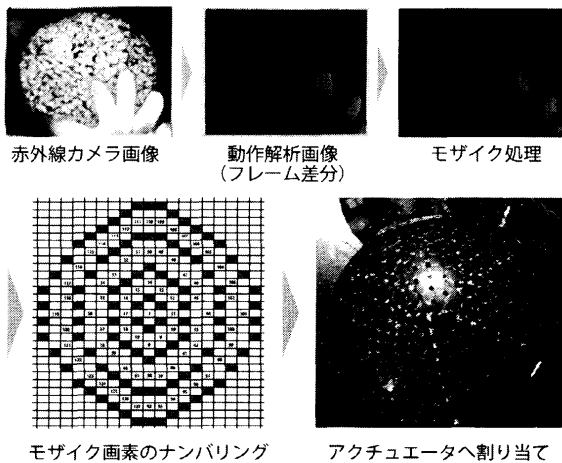


図10 形状記憶合金の制御アルゴリズム

Fig.10 Control algorithm of a shape memory alloy actuator

3.4.3 形状記憶合金アクチュエータ

SMD 及び plant の葉群のざわめきを表現する上で、構成要素となるアクチュエータの駆動方法が重要である。現存するアクチュエータには多数の種類が存在し、SMD が必要とする直立して曲がるアクチュエータの機構にも様々なものが考えられる。[14] SMD の構成要素は、小型で高密度に配置する必要があり、駆動する際の音も、ディスプレイ装置としては無音であることが望ましい。これらの理由と、PWM(Pulse Width Modulation, パルス幅変調)の電圧制御による熱制御を行うことによって、形状変化を容易に制御できることから、我々は、SMD のアクチュエータとして形状記憶合金アクチュエータを選択した。

また、今回開発したアクチュエータに近い動作をするものにペコっぱ[15]がある。ペコっぱには、バイオメタルファイバー[16]と呼ばれる、電圧を加えることで長さの伸縮する形状記憶合金素材が用いられているが、アクチュエータの素材であるシリコンチューブとバイオメタルファイバーが高価になる。そのため plant では、安価で手に入りやすい形状記憶合金線材を加工して利用している。

図 11 は、開発した形状記憶合金アクチュエータの構造図である。直径 2cm の円柱型の鉄柱に巻きつけて曲線記憶加工処理させた形状記憶合金線材と、もどりバネ用の超弾性形状記憶合金を、導通用のエナメル線で螺旋状に巻いている。曲線記憶形状記憶合金とエナメル線の接続には、小型の電子ハトメを利用している。曲線記憶形状記憶合金は、電圧を加えることで加熱されて曲がり、電圧を止めると自然空冷により常温初期状態の形にもどり、さらに、もどりバネ用の超弾性形状記憶合金により直立状態に復帰する。稼働幅は約 5mm で、加える電圧の強弱によって曲がり方を制御することができる。

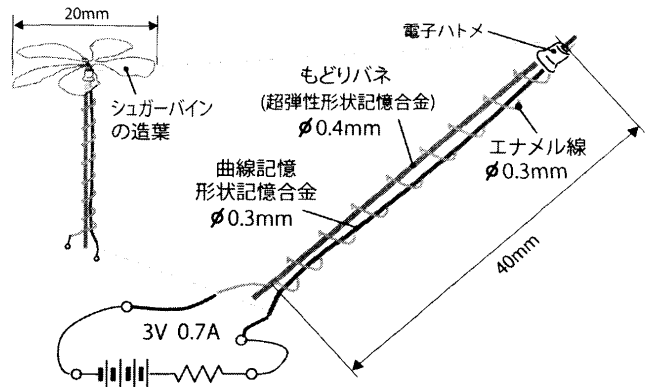


図11 形状記憶合金アクチュエータの構造

Fig.11 Structure of a shape memory alloy actuator

図 12 は、ドーム状の土台に 169 個の形状記憶合金アクチュエータを配置した様子である。

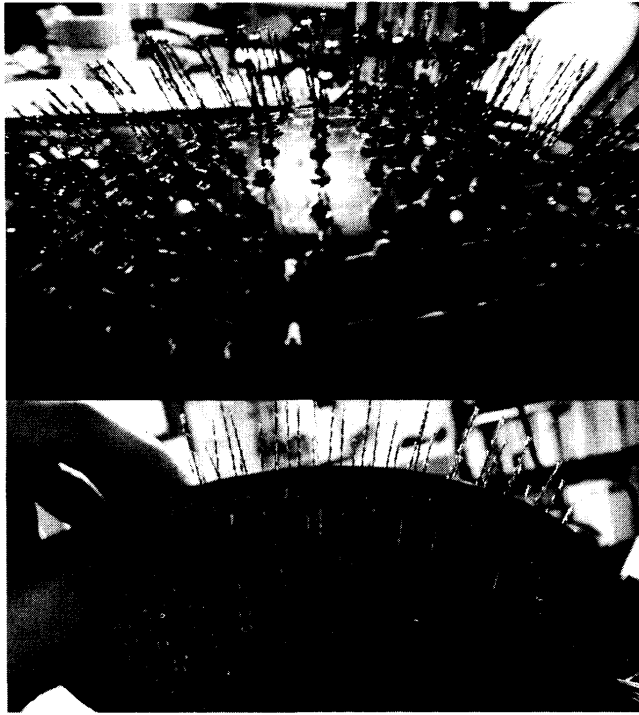


図12 169個アクチュエータを取り付けたドーム形状土台
Fig.12 Dome base with 169 actuators

3.4.4 形状記憶合金アクチュエータの電圧制御

図13は、形状記憶合金アクチュエータの電圧制御の主要な機能であるPWM電圧制御回路の等価回路である。形状記憶合金アクチュエータは、PIC(マイクロコントローラ, Microchip Technology Inc.), フォトカプラ, トランジスタ, 電解効果トランジスタ(FET)で構成される電圧制御回路によって制御されている。一つの形状記憶合金アクチュエータの駆動には3V最大0.7Aの電流が必要である。plantのすべての形状記憶合金アクチュエータの制御には、この等価回路が169ch分必要になる。

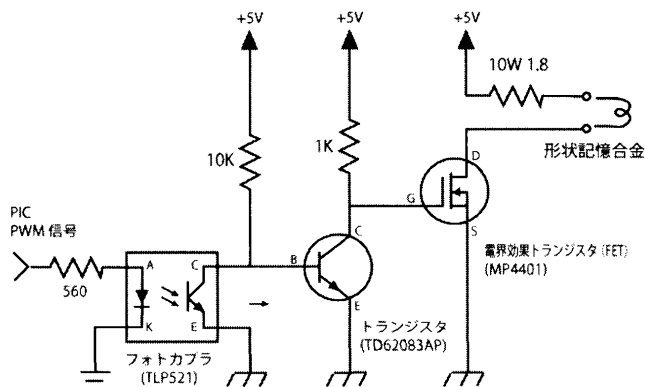


図13 電圧制御回路の等価回路(1ch)

Fig.13 Equivalent circuit of PWM voltage control circuit(1ch)

また、我々が開発した形状記憶合金アクチュエータの性能上の仕様として、高速に制御できないことがあげ

られる。

図14は、形状記憶合金アクチュエータの電圧制御のグラフである。形状記憶合金アクチュエータは、電圧を上昇させることで2秒かけて曲がり、3秒かけて自然冷却により直立状態にもどる。この駆動速度は、アクチュエータとしてはかなり遅い速度であるが、plantの求める目標が、葉群のざわめく表現という、物理的な動きの変化による表現であることから、この形状記憶合金アクチュエータの緩慢な動きの特性を、葉群の動きに採用している。

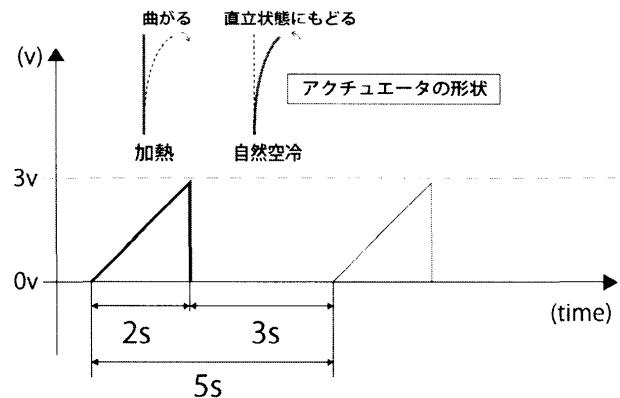


図14 形状記憶合金アクチュエータの電圧制御

Fig.14 Voltage control profile of a shape memory alloy actuator

4 鑑賞者からの評価と考察

plantを、男女35名(男25名, 女10名, 共に成人)に体験してもらい感想を得た。

葉群のざわめく動きの表現に対しては、

- ・「風がないのに揺れているように見える。」
- ・「葉のかすかな動きがとても魅力的だ」
- ・「ゆっくりとした動きに心地よさを感じる」
- ・「ひとつひとつの葉が個々にゆれる様子が、とても魅力的である」
- ・「葉が茎で支えられて立っているデザインが面白い」

の感想があった。これらの感想から、plantの目標とした葉群のざわめきを、効果的に表現できたと言える。鑑賞者は、「葉群がざわめく」という表現に対して高い興味を示し、SMDの原理である「実体の構成要素がゆれることで、ざわめきを表現する」ことによって、効果的な表現を生み出すことができたと考えられる。また、SMDの特徴である、直立して曲がるアクチュエータの仕様も効果的であることが示された。

また、植物をモチーフにした作品性に対しては、

- ・「生命感を感じる」
- ・「葉群とのコミュニケーションには癒しの効果がある」
- ・「音の変化, 暗い中で浮かび上がる空間がとても幻

想的で、おとぎの国を連想させる」の感想があり、アート作品としての完成度の高さを評価された。

インタラクティブ性に関しては、

- ・「葉の動きの反応が、もう少しはやい方が、わかりやすい」

との感想があり、アクチュエータの性能向上の必要性を感じた。一方で、

- ・「この緩慢な動きがとてもよい」

との意見もあり、効果的なアクチュエータの速度を実験によって求める必要があると考える。

さらに、

- ・「触りたくなる」

との感想も多くあった。plant は、赤外線カメラでセンシングしているため、触っても触らなくても稼動するが、アクチュエータ部分が繊細な造りになっているため、鑑賞者には plant を触らずに体験させた。一方で、2 章 3 節および 4 節で示したように、SMD には Tangible User Interface への応用も考えられる。SMD に触知覚センサーを付加した装置の開発も、今後の課題としたい。

5 まとめと展望

本論文では、実体の構成要素が直立して曲がる動きをすることで、装置全体でざわめく表現を行うディスプレイ装置 SMD を提案し、SMD のプロトタイプである植物をモチーフにしたインタラクティブアート作品 plant の制作と鑑賞者の評価から、SMD の可能性を考察した。

plant の鑑賞者からの評価(4 章)から、SMD が、葉群のざわめく表現を行う上で、効果的な技術であることが示された。また、実体が動くことで葉群がざわめく表現も、鑑賞者から高い関心を持って受け取られたことから、新しい表現として効果的な表現であると考えられる。

アクチュエータの反応速度が遅いことによるインタラクティブ性の低さに関しては、アクチュエータの構造、駆動に用いた形状記憶合金素材の見直しが必要である。一方、葉群の動きの緩慢さが良いという評価もあり、心地よいアクチュエータの反応速度を求めるためには、速度の違うプロトタイプによる評価実験が必要だと考える。

さらに、今回開発した形状記憶合金アクチュエータは一方向にのみ曲がるものだったが、将来的には、多方向に曲がるアクチュエータを開発して、さらに表現力の高い SMD を開発していく。

2 章 4 節の SMD の関連研究で採り上げた事例のように、実体の構成要素を用いたディスプレイ装置は、様々な分野で注目が集まっている。技術的な課題も多くあるが、実体型のディスプレイ装置は、直感的にわかりやすい表現を行うことが可能である。SMD は、アート

表現を取り入れた新しい情報提示装置として多くの可能性があると考えられる。魅力的な表現を生み出すディスプレイ装置として、今後も SMD の研究を進めていきたい。

謝辞

本研究は、九州大学チャレンジ&クリエイションプロジェクト 2009, 財団法人九州大学後援会「平成 21 年度学生の独創的研究に対する助成」、九州大学先導的デジタルコンテンツ創成支援ユニットの支援を受けている。ここに記して感謝する。

参考文献

- [1] Daniel, R. Mechanical Mirrors. <http://www.smoothware.com/danny/> (2010.3)
- [2] dECOi. Aegis Hyposurface. http://www.sial.rmit.edu.au/Projects/Aegis_Hyposurface.php (2010.3)
- [3] Ishii H, Ullmer B. Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In Proc. of CHI '97, ACM Press, 234-241 (1997)
- [4] Wisneski, C., Ishii, H., Dahley, A., Gorbet, M., Brave, S., Ullmer, B. and Yarin, P. Ambient Displays: Turning Architectural Space into an Interface between People and Digital Information. In Proc. of the International Workshop on Cooperative Buildings (CoBuild '98), Springer, 22-32 (1998)
- [5] Poupyrev, I., Nashida, T. and Okabe, M. Actuation and tangible user interfaces: the Vaucanson duck, robots, and shape displays. In Proc. of TEI '07, ACM Press, 205-212 (2007)
- [6] 廣瀬通孝, メディア技術が支えるデジタルパブリックアート, 情報処理学会論文誌 Vol.48, No.12, 1335-1342, 社団法人情報処理学会 (2007)
- [7] Nakayasu, A. Himawari: Shape Memory Alloy Motion Display for Robotic Representation. CHI 2010 Conference Proceedings and Extended Abstracts, Conference on Human Factors in Computing Systems, ACM Press, 4327-4332 (2010)
- [8] Nakayasu, A. and Tomimatsu, K. Himawari plant robot: creature expression using shape-memory-alloy actuator crowd robots. In the Emerging Technologies of ACM SIGGRAPH ASIA 2009, ACM Press, 72-72 (2009)
- [9] 仲谷正史, 梶本裕之, Kevin Vlack, 関口大陸, 川上直樹, 舘暲. コイル形状記憶合金を用いた3次元形状ディスプレイの研究, 映像情報メディア学会誌, Vol.60, No.2, 183-191, 社団法人映像情報メディア学会 (2006)
- [10] Perrella, S. Hypersurface Architecture II. Academy Press (2000)
- [11] Tichenor, J. and Joachim, M. Super Cilia Skin: An Interactive Membrane. In the Extended Proceedings CHI 2003, AMC Press, 529-530 (2003)
- [12] Wilhelm Troll. トロール図説植物形態学ハンドブック(中村信一, 戸部博訳), 朝倉書店, 9-9 (2004)
- [13] KORG KAOS PAD KP3.

<http://www.korg.co.jp/Product/Dance/KP3/> (2010.3)

[14] アクチュエータシステム技術企画委員会編. アクチュエータ工学, 養賢堂 (2004)

[15] 株式会社セガトイズ ペコっば.

<http://www.segatoys.co.jp/pekoppa/> (2010.3)

[16] トキ・コーポレーション株式会社 バイオメタルファイバー.

<http://www2.toki.co.jp/biometal/index.php> (2010.3)

(2010年3月25日受付)

[著者紹介]

中安 翌 (学生会員)



1996年九州工業大学工学部設計生産工学科機械コース卒業, 映像コンテンツ制作, 舞台芸術の劇中映像演出の活動を経て, 2006年九州大学大学院芸術工学府修士課程入学, 2009年修了. 現在, 同大学院芸術工学府博士後期課程在学中. インタラクティブデザイン, メディアアートの研究に従事.

富松 潔



1976年九州芸術工科大学工業設計学科卒業. 1991年英国王立芸術大学院コンピュータリレイテッドデザインコース PEP 修了. 博士(芸術工学), 三洋電機総合デザインセンター勤務英国駐在を経て, 1994年九州芸術工科大学講師. 現在, 九州大学大学院芸術工学研究院教授.