

Botanical Puppet: 電気刺激によるオジギソウの制御

栗原 渉¹⁾(非会員) 中野 亜希人²⁾(非会員) 串山 久美子¹⁾(非会員) 羽田 久一²⁾(正会員)

1) 首都大学東京大学院システムデザイン研究科 2) 東京工科大学メディア学部

Botanical Puppet: Computer Controlled Shameplants

Wataru Kurihara¹⁾ Akito Nakano²⁾ Kumiko Kushiyama¹⁾
Hisakazu Hada²⁾

1) Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

2) School of Media Science, Tokyo University of Technology

m011316483 @ edu.teu.ac.jp akito @ sfc.keio.ac.jp kushi @ tmu.ac.jp hadahskz @
edu.teu.ac.jp

概要

植物は我々にとって身近な存在であり、コンピュータを用いたシステムが多く開発されてきた。その中で、コンピュータやアクチュエータを用いて植物を動かす研究も多くなされてきた。生きた植物そのものの動きを用いているものも存在するが、それはアクチュエータを用いたシステムに比べ変化が遅く、その場で人間が動きを認識することが困難である。そこで、本研究ではコンピュータを用いることでオジギソウに電気刺激を与えることにより、枝を下降させる制御を行うための方法や条件を調査した。本研究では、人がオジギソウに触れた時の枝の動きを再現し、粒度として枝 1 本ごとの制御を目標とする。結果、マチ針を枝に刺し、それを陰極とし、銅板を土に挿し陽極として電源に接続することでこの反応を起こすことが可能になった。さらに、オジギソウに電気刺激を与えて枝を下降させる条件を発見し、一度下降した枝は刺激を与え続けてもその状態を維持せず、上昇していくことがわかった。また、電圧は 5V 以上が必要になることがわかった。加えて、本研究ではこの現象をインタラクティブシステムなどに取り入れるため、コンピュータからの信号をもとに電子回路を用いて動作させることで情報を提示するインタフェースを提案する。そのために、コンピュータからの信号を入力として指定した枝を動作させるシステムを開発した。以上の結果により、我々はコンピュータを用いてオジギソウの動作を枝 1 本ごとに下降させる手法を確立した。

Abstract

Plants are very familiar in our daily life; therefore many interactive system using plants have been developed in these years. In these systems, movements of a plant are provided by actuators. Some system uses natural motion of plants, but these changes are too slow to perceive by people. The Shameplant (*Mimosa pudica*) is known to move its twigs and leaves after stimulation, and people have enjoyed its reactions over time. In this paper, we propose and implement a system that creates a rapid movement of a twig of plants using a reaction of shameplants. Also, we investigated methods and conditions that cause its twigs to face downward, by applying electrical stimulation using a computer and an Arduino. In this research, our goal is to control each twig as a granularity by reproducing the motion of shameplants when they touched by human hands. As a result, we successfully created the motion by connecting an anode to a copper plate which is inserted into the soil and a cathode to a dress pin which is penetrated to the twig. Moreover, we found the condition to make twigs to face downward by applying electrical stimulation. Also, we found that the necessary voltage to move twigs was above 5V. As another finding, we found that even if we keep applying electrical stimulation, the twigs which faced downward will begin to face upward. Based on these results, we established a method to control Shameplant's movement at each twig using a computer.

1 はじめに

従来より、植物とコンピュータを組み合わせたシステムが多く開発されてきた。それらは植物の栽培を支援するものや、インタラクションを行うものなどに分類される。そのうちインタラクションを行うものでは植物を動かす方法が取られているが、それらは枝や葉に取り付けられた糸をアクチュエータで動かすなど植物そのものの動きを用いているわけではない。また、植物そのものの動きとして成長を用いているシステムもあるが、植物の成長は一般的にとっても遅く、人間がすぐに認識することは難しい。そこで、植物そのものが自然に動作する特徴を持つオジギソウを用い、自然な動きでリアルタイムに情報を提示することが出来るインタフェースを提案する。オジギソウという植物は、「植物は動かない」というイメージに対してその名の通り葉や枝を動かす特徴を持つことで広く知られている。この動作は葉に刺激を受けた際の反応であり、多くの人々は葉を触ってその動きを楽しむ。そこで、我々はオジギソウに電気刺激を与えることで枝を下降させるための条件についての実験を行った。また、それに基づいてコンピュータやArduinoを用いたオジギソウの制御システムを制作した [1]。本論文では先行研究を発展させ、さらに粒度の細かい、オジギソウの枝 1 本ごとを制御することを目標とする。

2 関連研究

従来より、植物は我々の周りに存在することから様々な研究に取り入れられている。それらを植物を入力装置の役割として用いたもの、入出力装置の役割として用いたもの、出力装置の役割として用いたものに分類した。なお、植物に対して水が入力される場合、土や鉢は不可欠であり、出力する際もアクチュエータを用いるなど、入力及び出力には鉢やコンピュータなどが必要である。従って、この場合の植物とは鉢に付属する範囲での物体も含むこととする。

2.1 植物を入力装置の役割として用いたもの

2.1.1 Interactive Plant Growing

Interactive Plant Growing[2] は本物の植物を用いたインスタレーション作品である。鑑賞者が植物に触れることで、投影されたバーチャル空間に植物が育っていく。人と植物や植物を介した人同士のコミュニケーションを

発生させることが出来る。

2.1.2 Botanicus Interacticus

Botanicus Interacticus[3] は本物や人工の植物に対するタッチセンシング技術を用いたインスタレーション作品である。先行研究で開発されたセンサ [4] を用いており、ユーザが植物に触れた際の周波数を解析することでユーザが触れた位置やジェスチャを推測することが出来る。このセンサはコンピューティングプラットフォームとして、教育やエンターテインメントの用途で使うことが可能である。

2.2 植物を入出力装置の役割として用いたもの

2.2.1 I/O Plant

I/O Plant[5] は植物を用いたインタラクティブシステムの開発環境/ツールキットである。このツールキットを用いることで、気温や日照、タッチなどの環境情報を入力とし、その信号を変換してアクチュエータに出力することでインタラクティブシステムの開発が可能になる。

2.2.2 PotPet

PotPet[6] は植木鉢型の自動走行ロボットである。日照センサや土壌湿度センサを搭載しており、日陰にいる場合自らが日向に移動する、水が必要な際には水を求めて移動するといった、植物に対してペットのような振る舞いをさせることが出来る。また、植物は動物に比べフィードバック速度が遅いことから、灌水された際に回転するなど喜ぶ仕草をさせることで世話のモチベーション維持や愛着を持たせる効果を狙っている。

2.3 植物を出力装置の役割として用いたもの

2.3.1 Tele-Present Wind

この作品 [7] は屋外に置いたドライフラワーに加速度センサを取り付けたものと室内に置いた複数の傾きデバイスを取り付けたものとでなるインスタレーション作品である。風が吹いて屋外のドライフラワーが傾いた際に加速度センサがデータを取得し、室内の複数のドライフラワーにリアルタイムで同じ動きをさせるものである。

2.3.2 MOSS-xels

MOSS-xels[8] は苔を用いたディスプレイである。苔に水を含ませることにより、その部分に動きが生まれ、情報を提示することが出来る。このディスプレイは長い時間をかける植物の変化とほとんど時間のかからないコンピュータの情報提示との中間のスローな情報提示を可能にするピクセル表現が可能である。

2.4 本研究の立ち位置

このように、かねてより植物を動かす研究がなされてきた。しかし、tele-present wind[7] は生きた植物としてではなく、ドライフラワーを用いている。PotPet[6] や flona[9] では実際の植物を用いているが、アクチュエータを動かすことで表現している。一方、MOSS-xels[8] や I/O Plant[5] は生きた植物そのものの動きを用いているが、アクチュエータを用いたシステムに比べ変化が遅く、その場で人間が動きを認識することが困難である。このことから、本研究ではアクチュエータのような外部要因を必要とせず、自然に、速く動く特徴を持つオジギソウを用いることで植物そのものを動かす方法を探求する。

3 オジギソウについて

3.1 オジギソウの特徴

オジギソウ (学名:Mimosa pudica) はブラジル原産の多年草である。この植物は葉に刺激を受けることで広げた葉を閉じ、茎を下げることで広く知られている。人々は葉を触り、意図的にその動きをさせて楽しむ。また、ネムノキのように体内時計のようなシステムを持つため、刺激を与えずとも夜になると葉を閉じ、茎を下げる(就眠運動)。しかし、意図的にこの動きを繰り返すことで株が体力を消費し、弱ってしまうと言われている。また、多年草ではあるが、原産地との気候の差異により日本では冬に枯れてしまい、一年草として扱われることが多い。

3.2 オジギソウの動作

オジギソウの動作は図1のようにになっている。上昇済みの葉や枝(1)に刺激が加わると、体内の水分の移動やイオンの放出がなされ、葉や枝を折りたたむ(2)。これは刺激された部分に活動電位が生じ、細胞間で電氣的に伝達されているためといわれている。また、オジギソウは電気刺激で動作することがわかっている[10]。また、反応した下降済みのオジギソウ(2)は時間の経過とともに元の状態(1)に戻っていく。この際、完全に上昇するまでの間に反応しない状態(3)と反応する状態(4)があり、反応する状態であれば外部刺激が加わると再度下降する。反応してから再度葉を開くまでの復帰時間は気温や日照により異なるが、15分程度である。また、下降する理由は捕食リスクを避けるための防御行動といわれており、日照が多い時は多くの時間を防御に費やすこ

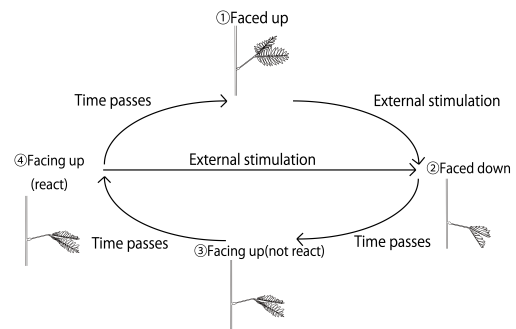


図1 オジギソウの反応のサイクル

とが出来るため上昇までの時間が長くなると考えられる[11]。

3.3 オジギソウへの電気刺激

オジギソウの動作は刺激された部位に活動電位が生じ、細胞間で伝達されるためといわれている。これを証明するように、オジギソウに対し電気刺激を与えることで動作することがわかっている[10]。また、電気刺激で動作をさせる際には陰極側でのみ動作可能なこともわかっている[12]。このように、電気刺激を用いてオジギソウを動作させることでアクチュエータを用いることなく自然に動作させることができる。よって、本研究では電子回路を用い、オジギソウを自然に動作させることで情報を提示するインタフェースの提案をする。

4 実験方法

本研究ではオジギソウの電気刺激に対する反応を利用し、自然に素早く動作する植物を用いたアンビエントメディアやディスプレイのようなシステムの制作を目的としている。そのために必要なオジギソウへの電極の接続方法や動作の条件、制御のための回路について検討した。

4.1 オジギソウへの電極の接続方法の検討

茎の下部に各極の電極(みのむしクリップ)を挟み実験を行った。また、みのむしクリップは重量が大きいため、挟む位置によっては茎が倒れる可能性があり、みのむしクリップでは電線との接続が不安定なため、目玉クリップ、電線(巻きつけ)、ゼムクリップ、マチ針でも実験を行った(表1)。茎の下部に陽極及び陰極のクリップを挟む場合、複数の茎の枝を制御する際に茎の数の2倍と多くの電極が必要になる。このことから、図2のように銅板を土に挿し、電極とした場合についても実験を行った。

表 1 実験に用いた器具と選定理由

器具名	選定理由	重量 (単体)
みのむしクリップ	クリップ部分の突起が内部と接触すると考えられたため	2g
目玉クリップ	みのむしクリップに比べ、接触面積が広く、挟む力も強い	2g
電線 (巻きつけ)	軽量、また上記クリップ類の場合茎に傷がつくと考えられたため	
ゼムクリップ	軽量、付け外しが容易、電線よりも接触する力が強いと考えられたため	
マチ針	軽量かつ小型、内部との接触が可能なため	1g 未満



図 2 オジギソウへの電圧の印加



図 3 マチ針による個別制御のための接続

4.2 電流及び電圧の実験

電気刺激を与えるにいたって、電圧及び電流の条件について実験を行った。陽極は鉢に挿入した銅板に接続し、陰極は刺激対象の茎の最下部に挟んだ目玉クリップに接続した。この際用いた目玉クリップの重量は 2g で、口の長さは 2cm、口から持ち手の長さは 2.2cm であった。また、これの持ち手の穴に電線を巻き、ハンダをつけた。ハンダ付け後の電線も含めた重量は 3g だった。実験では十分に枝が上がったオジギソウに対し、安定化電源を用いて電圧の値を 3.3V, 5V, 9V, 12V に設定し、各 5 回ずつ電気刺激を与えた。なお、刺激を与えるのは 1 つの茎である。十分に枝が上がったかどうかの判断は外見だけでなく、実験対象でない茎の枝を触り、下がることを確認した上で行った。

4.3 枝ごとの個別制御の実験

また、茎 1 本の全ての枝だけでなく、枝 1 本ごとの個別制御方法についても実験した。陽極は茎ごとの場合と同じく土に挿した銅板に接続した。陰極はトランジスタアレイを用いて出力し、接続器具にはマチ針を用い、枝の付け根に刺して接続した (図 3)。枝への接続は枝の付け根の葉沈という組織よりも先へ接続した。従来の目玉クリップケーブルの重量は 3g 程度であったが、このマチ針ケーブルは 1g 未満である。

4.4 下降状態を維持する実験

電気刺激により枝を上げることは現在成功していない。また、枝が復帰する時間は 15 分から 30 分必要なのがわかっている。枝を上げた状態と下げた状態を保つことが出来れば、表現の幅が広がるため一度下降させた枝をその状態で止まらせるための実験を行った。接続方法は個別制御と同様で、電源は Arduino から 5V を出力した。3 本の枝をほぼ同時に下げ、常に刺激を与え続ける枝、1 分ごとに刺激を与える枝、その後刺激を与えない枝に分けて 20 分間それらの枝の様子について調査した。

5 実験と議論

5.1 オジギソウの接続

クリップを挟んだ際に電極の位置関係が陰極が上側、陽極が下側である場合に、図 4 のように下の枝から上の枝の順に反応することがわかった。さらに、銅板を土に挿し陽極とすることでも反応し、これを用いることで陽極の数を減らすことが可能になった。この場合、陰極を挟む位置を茎の中部にすると上下に反応していくことがわかった。接続器具については、電線及びゼムクリップでは一切反応しなかったのに対して目玉クリップやみの

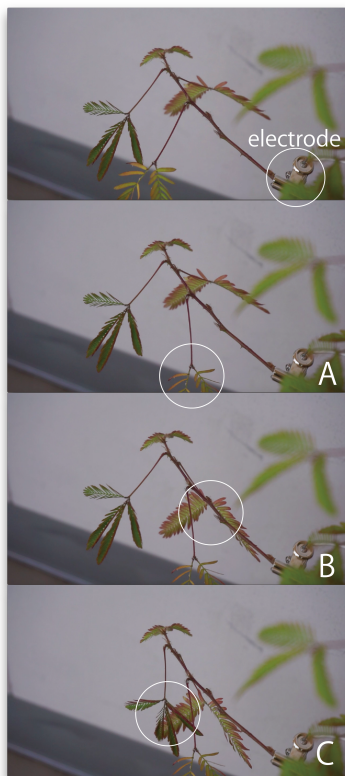


図4 枝が降りる様子

むしクリップ、マチ針で反応することがわかった(表2)。また、目玉クリップやマチ針ではみのむしクリップよりも成功しやすいことがわかった。成功したものでは挟んだ跡が付いていた。このことから、電線を巻きつける、ゼムクリップで挟む場合のように茎の表面に軽く触れるようなものでは成功せず、電線を貫通させるなど、ある程度茎の内部の組織と触れる必要があると考えられる。マチ針は茎や枝に貫通させて接続させるため、クリップに比べて通電しやすいと考えられる。また、その軽さから複数本の接続や枝に対する接続も可能である。しかし、その分病原菌の侵入といったリスクが発生するものの、これにより枯れるといった現象は現在起きておらず、枝の状態には直ちに影響はない。

5.2 電気刺激

電気刺激の実験(4.2)では、5V以上では反応するのに対して3.3Vではしなかった(表3)。よって、3.3Vと5Vの間に最低限必要な電圧の値があると考えられる。このことから、mbedのような3.3V駆動のマイクロコントローラでは5V以上の外部電源が必要である。また、淹

水直後の銅板・茎間の抵抗値は13M Ω と、電流はほとんど流れていないことがわかった。このように、電流はいずれの電圧でもほとんど流れていないことから、重要な要素ではないと考えられる。

5.3 枝ごとの個別制御の実験

マチ針を用いた接続方法(4.3)を用いることで、任意の枝に対して下降させる動作をさせることが可能になった。マチ針による軽量化によって、従来では重量によって傾いてしまうために不可能であった接続や茎の上部への接続が可能になった。下葉においては下降しにくいことがあるが、これは枝葉の生え変わりによるものであると考えられる。

5.4 下降状態を維持する実験

下降状態を維持する実験(4.4)の結果、いずれの枝もほぼ同様の速度で復帰した。このことから、下降状態を維持することも現在は不可能である。

5.5 制御の粒度

オジギソウの制御可能な粒度は枝1本ごとである。これは人の手で動かすことが出来る枝の最小粒度と同じであるため、十分であるといえる。

5.6 Arduinoによる制御の実装

Arduinoと電子部品、入力装置としてコンピュータやスマートフォンなどのデバイスを用いることで、本来は手で起こしていた反応をデバイスによって起こすことが出来る。こうすることにより、オジギソウがあたかもデバイスと繋がったかのようなシステムや作品を制作することが可能となる。そこで、Arduinoとコンピュータを用い、キーボードが押された際に電流を流すことで指定した茎において反応を起こすシステムを開発した。図5にシステムの一部を示す。ArduinoとコンピュータはUSBにて接続し、回路にはNPN型のトランジスタアレイを用い、指定された茎へ電流を流す。茎を指定するプログラムにはProcessingを用い、キーボードで茎に割り当てられた番号を指定することでArduinoに信号が送られ、その値に応じた茎に通電させ電気刺激を与える。指定した番号は円の色が白から赤へ変化する。キーボードが押されている間のみ電流が流れ、3秒ほど押し続けることで反応に十分な刺激が与えられ、およそ10秒後に反応が始まる。なお、一度反応を始めるとキーボードを離しても反応は止まらない。反応は電極から近い枝から遠い枝へ、この場合では図4のA,B,Cのように下の

表 2 実験に用いた器具と成否

器具名	成否	備考
みのむしクリップ	○	サイズ及び重量が大きく，成功率が低い みのむしクリップに比べ成功率が高い
目玉クリップ	○	
電線 (巻きつけ)	×	
ゼムクリップ	×	
マチ針	○	小型で軽量，病原菌の侵入などのリスクあり

表 3 電圧ごとの成否

電圧	1 回目	2 回目	3 回目	4 回目	5 回目
3.3V	×	×	×	×	×
5V	○	○	○	○	○
9V	○	○	○	○	○
12V	○	○	○	○	○

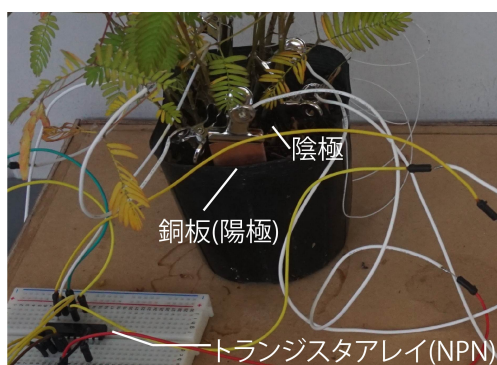


図 5 システムの外観

枝から上の枝へ向かって反応していく。このシステムを用いることで，人の手を使わずに任意の茎を 1 本ずつ反応させることが可能となった。本システムでは 3 つの茎において反応を起こすことが出来，本数を増やすことも困難ではない。

5.7 アンビエントディスプレイ

人々はかねてより周囲の環境に癒しを求め，家やオフィスに観葉植物を置いてきた。アンビエントディスプレイは，それ以外に意識が向いていても気配で情報を認知することが可能なディスプレイである [13]。本研究のシステムを用いることで，観葉植物である生きたオジギソウをアンビエントディスプレイとして用いることが可能になる。つまり，従来のアンビエントディスプレイの機能を生きた植物の自然の動きをもって付加することが

可能になる。具体的な利用シーンとして，オフィスでの利用が挙げられる。植物には環境の浄化や癒しといったイメージがある。このことから，オフィスの室温や湿度など，環境が悪くなった際にそれを伝えることが可能である。また，オジギソウが枝を降ろすことは誰かに触れた，誰かがいるということでもあり，自社の Web サイトへのアクセスや，ロビーやトイレの混雑度といった情報を提示することも出来る。いずれも，任意の枝を下降させることが出来るため，段階的に情報を提示することが可能である。本システムを用いることにより，このような観葉植物の新しい利用方法を実現することが出来る。

6 展望

今後の課題として，以下の 2 つが挙げられる。

6.1 下降状態の維持

一度下降した枝をその状態で維持することでオジギソウを用いた表現の幅を広げることが出来る。本研究では 5V の刺激を与え続ける，1 分ごとに刺激を与える枝，刺激を与えない枝に分けて実験したものの差は出なかった。今後，刺激する電圧を高くするなどの実験を行う。

6.2 接続器具の改良

従来の目玉クリップからマチ針へ変更したことにより，複数の電極を接続することが可能になり，細かい粒度での制御に成功した。しかし，マチ針は長さが長いいため，他の枝やマチ針と接触し，制御に支障が出る可能性がある。また，遠目から見ると枝と区別がつきにくくなる可能性がある。そのため，正確な制御を可能にするために接続器具の長さを短くする必要がある。

7 おわりに

かねてよりコンピュータを用いて植物を動かす研究がなされてきたが、実際の植物を用いているものの多くはアクチュエータを動かすことでそれを表現している。このことから、本研究では機械のような外部要因を必要とせず、自然に、速く動く特徴を持つオジギソウを用いることで植物そのものを動かす方法を探求した。本研究ではオジギソウをインタフェースとして用いるため、オジギソウと電源の接続方法の検討や必要な電圧電流の大きさ、枝1本ずつの個別制御方法、枝が下降した状態を維持する方法について実験を行った。その結果、マチ針を任意の茎に刺し、それを陰極とし、銅板を土に挿し陽極として電源に接続することでこの反応を任意の茎で起こすことが可能になった。また、実験の結果電圧は5V以上が必要になることがわかった。加えて、マチ針を任意の枝に刺すことで任意の枝1本ごとに下降させることが可能になった。これにより、人が手で触れた際と同じ粒度での制御が実現できた。さらに、一度下降した枝をその状態で維持するために下降後も5Vの刺激を与える実験も行ったものの一度下降した枝は上昇し続けることがわかった。

参考文献

- [1] Wataru Kurihara, Akito Nakano, and Hisakazu Hada. Botanical Puppet: Computer Controlled Shameplants. In *2017 Nicograph International (NicoInt)*, July 2017.
- [2] Christa Sommerer and Laurent Mignon-neau. Interactive plant growing. <http://www.interface.ufg.ac.at/christa-laurent/WORKS/Frames/TOPFRAMES/PlantsTop.html>. 参照:2016.12.1.
- [3] Ivan Poupyrev, Philipp Schoessler, Jonas Loh, and Munehiko Sato. Botanicus Interacticus. *ACM SIGGRAPH 2012 Emerging Technologies on - SIGGRAPH '12*, pp. 1–1, 2012.
- [4] Munehiko Sato, Ivan Poupyrev, and Chris Harrison. Touché: enhancing touch interaction on humans, screens, liquids, and everyday objects. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '12)*, No. c, pp. 483–492, 2012.
- [5] Satoshi Kuribayashi, Yusuke Sakamoto, and Hiroya Tanaka. I/O plant. In *CHI '07 extended abstracts on Human factors in computing systems - CHI '07*, p. 2537, 2007.
- [6] Ayumi Kawakami, Koji Tsukada, Keisuke Kambara, and Itiro Siio. Potpet: Pet-like flowerpot robot. In *Proceedings of the Fifth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, TEI '11, pp. 263–264, New York, NY, USA, 2011. ACM.
- [7] David Bowen. Tele-Present Wind. *ACM SIGGRAPH 2011 Art Gallery on - SIGGRAPH '11*, Vol. 44, No. 4, p. 358, 2011.
- [8] Takaki Kimura and Yasuaki Kakehi. Mossxels: Slow changing pixels using the shape of *racomitrium canescens*. In *ACM SIGGRAPH 2014 Posters*, SIGGRAPH '14, pp. 20:1–20:1, New York, NY, USA, 2014. ACM.
- [9] Furi Sawaki, Kentaro Yasu, and Masahiko Inami. Flona: Development of an interface that implements lifelike behaviors to a plant. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, Vol. 7624 LNCS, pp. 557–560, 2012.
- [10] Alexander G. Volkov, Justin C. Foster, Talitha A. Ashby, Ronald K. Walker, Jon A. Johnson, and Vladislav S. Markin. Mimosa pudica: Electrical and mechanical stimulation of plant movements. *Plant, Cell and Environment*, Vol. 33, No. 2, pp. 163–173, 2010.
- [11] Evelyn L Jensen, Lawrence M Dill, and James F Cahill. Applying behavioral-ecological theory to plant defense: light-dependent movement in *Mimosa pudica* suggests a trade-off between predation risk and energetic reward. *The American Naturalist*, Vol. 177, No. 3, pp. 377–81, 2011.
- [12] Abdorahim Araghi, Reza Khanbabaie, Samad Araghi, and Aliakbar Shams-baboli. Mimosa Pu-

dica, a Natural Bio-Electrical Polarity Indicator. Vol. 4, No. 3, pp. 84–87, 2014.

- [13] C. Wisneski, H. Ishii, A. Dahley, M. Gorbet, S. Brave, B. Ullmer, and P. Yarin. Ambient displays: Turning architectural space into an interface between people and digital information. *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 1370, pp. 22–32, 1998.

栗原 渉



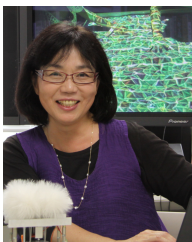
1994 年湘南に生まれる。2017 年東京工科大学メディア学部卒業。2017 年首都大学東京大学院システムデザイン研究科入学。

中野 亜希人



東京工科大学演習講師。昭和 60 年生。平成 29 年慶應義塾大学大学院政策メディア研究科 後期博士課程 所定単位取得退学。同年より株式会社ブーメランで試験車の開発に従事。

串山 久美子



1982 年武蔵野美術大学建築学科卒業、1984 年筑波大学大学院芸術研究科修了。株式会社グロースを起業後、武蔵野美術大学、早稲田大学、千葉大学非常勤講師、JST

さがけ研究員、2006 年より首都大学東京システムデザイン研究科教授。日本バーチャルリアリティ学会理事。専門はインタラクティブアート、バーチャルリアリティ、触視覚ディスプレイの開発と研究。博士 (デザイン学)

羽田 久一



1995 年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士前期課程終了。1998 年奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程単位取得退学。1998 年奈良先端科学技術大学院大学附属図書館研究開発室助手。2003 年慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科 特別研究専任講師。2012 年東京工科大学メディア学部准教授。自然の力を利用した芸術と科学の接点に興味を持つ。情報処理学会、電子情報通信学会、日本 VR 学会、芸術科学会、他会員。