

## 創作ノート

イカの色素胞を用いた新たな視覚表現の提案  
A Pixel-Free Display Using Squid's Chromatophores

横川十帆

Juppo YOKOKAWA

九州大学大学院芸術工学府

Graduate School of Design, Kyushu University

城一裕

Kazuhiro JO

九州大学芸術工学研究院

Faculty of Design, Kyushu University

## 概要

本稿ではイカの色素胞を用いたピクセルフリーなディスプレイを提案する。イカの体表面には色素胞と呼ばれる、色素を含む器官が無数に存在しており、イカは色素胞を収縮、膨張させることで自らの体色を自由に变化させ、威嚇やコミュニケーションに用いているとされている。本研究では色素胞の周波数特性にあわせて制作した音楽を用いてイカの色素胞を電氣的に刺激することで、一般的なディスプレイとは異なる有機的な視覚表現を可能とするディスプレイを実現した。本発表では、音の視覚化に関わる先行事例を参照し、本ディスプレイの歴史的な位置づけを図る。

## 1. はじめに

頭足類と呼ばれる動物に分類される一部のイカとタコは、自らの体の色を急速に変化させることで知られている (R.A. Cloney, and E Florey 1968)。体色変化する頭足類の体表面には、色素胞と呼ばれる色素を含む袋が多数存在しており、色素胞を取り囲む筋肉細胞の動きを制御することでイカとタコは自らの色をコントロールしている。さらにコウイカをはじめとした一部のイカは色素胞の下に虹色素胞と呼ばれる特定の色を反射する組織を持っており、高度な擬態を行ったり、複雑なパターンを見せたりすることが知られている (Roger 2007)。本研究で用いたケンサキイカの体表面には茶、赤、黄の三種類の色素胞が存在しており、いずれも外部から電気刺激を流すことでその大きさを変化させることができる。本研究ではこの特性に着目し、音声信号の周波数と色素胞の変化との対応関係を計測することで、色素胞の開きに最適化した電気刺激としての楽曲を制作し、イカの体表をピクセルフリーなディスプレイとして用いた、オーディオビジュアル作品を制作した。

## 2. 関連事例

本研究では音を電気信号として取扱い、その可視化を行っている。電気信号の可視化はオランダの物理学者、ピーテル・ファン・ミュッセンブルークによるライデン瓶の発明に遡る。ライデン瓶はガラス瓶の内側と外側を金属箔で覆いコンデンサの役割を持たせたもので、ライデン瓶の発明以後、放電を用いた実験が可能となった。1746年にフランスの物理学者、ジャン＝アントワーヌ・ノレによって行われたライデン瓶の公開デモンストレーションでは、フランスの近衛兵 180 人に手を繋がせ、ライデン瓶に蓄えられた電気を放電によって体験する実験が行われた (David M. Stewart, L Pyenson, and JF Gauvin 2002)。その後、1787年にイタリアの物理学者であり医師であったルイーダ・ガルバーニより、電気信号と動物の筋肉との関係に着目したカエルの実験が行われた (Marco 1998)。この実験で、ガルバーニは金属製のメスで死んだカエルの足に触れるとカエルの足が痙攣する現象を発見し、「動物電気」という特殊な電気を動物が持っているという説を提唱した。彼の実験は動物の筋肉の動きと電気の流れとの関連を示す強い証拠となり以後の神経科学の発展に寄与した。さらに、19世紀には神経学者のデュシェンヌ・ド・ブローニユが顔面の筋肉が麻痺した患者の表情筋に電気刺激を与えることで擬似的に表情を作り出す実験を行なっている (André 2005)。20世紀後半になると、コンピューターと筋肉への電気刺激とを組み合わせたパフォーマンス作品を発表するアーティストが現れた。オーストラリアのアーティスト、ステラークはインターネット越しに聴衆から伝送される信号によって自身の筋肉を刺激するインターフェースを開発し、1996年にパフォーマンス作品「PINGBODY」を発表している (Stelarc 1996)。さらに、2000年にはオランダ人のアーティスト、アーサー・エルセナーが、顔面に電極を貼り付け、コンピューターを用いて電気刺激を制御して表情筋を操作するパフォーマンスを行なっている (Arthur Elsenaar, and Remko Scha 2017)。また 2008 年

には、日本人のアーティスト真鍋大度が、エルセナーと同様の、コンピューターによって表情筋を操作する作品、「FaceVisualizer」を発表している(真鍋 2008)。この作品では電気刺激と音楽とを同期させることで、表情の変化としての電気信号の可視化に対し音の可視化の要素が加えられている。

### 3. システム

本研究では、イカの色素胞をディスプレイとして取り扱い、音声信号を直接電気刺激として用いることで音を可視化している。この先行事例として、Backyard Brains による実験がある。神経科学の民主化を目的として教育用機材を販売している Backyard Brains は、iPod から出力された音声信号によってイカの色素胞を刺激する実験を行なっている (Backyard Brains 2012)。

本研究では、この Backyard Brains の実験を参考に、PC から出力した音声信号をヘッドホンアンプを用いて増幅し、イカの体表に刺した銅製の虫ピンを介して色素胞を刺激した。以下に楽曲の制作過程と撮影の詳細を述べる。

#### 3.1. 楽曲の制作

事前に実施した実験ではまず音声信号と色素胞の関係を調査した。まず PC からサイン波をイカに流し、周波数ごとの色素胞が開いた面積を測定する事前実験を行なった。(図 1) (足立 2017)

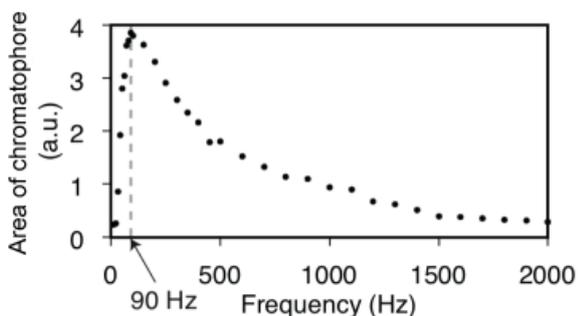


図 1: 周波数ごとの色素胞の面積

さらにサイン波、矩形波、鋸波による色素胞が開いた面積を測定した。(図 2)

事前実験の結果からベースやキックなどのより低い音が色素胞の応答が顕著だったことに加え、音声信号の実効値が大きいほど色素胞の応答が大きいことがわかった。これらの結果を踏まえ、色素胞の開きを最適化する音楽を作成するため、我々は数値解析ソフトウェア MATLAB を使い、PCM 形式のパラメータから音声信号を合成した。さらに作成した音声ファイルを音楽編集用ソフトウェア Live に取り込み、楽曲を制作した。

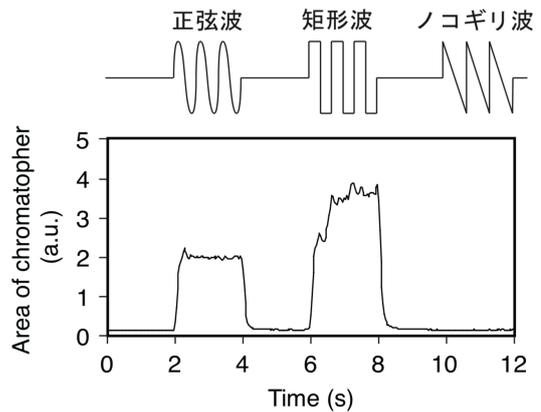


図 2: 波形ごとの色素胞の面積

#### 3.2. 撮影

本研究では、一眼レフおよびデジタルスコープを用いて、電気刺激としての音声信号によるイカの色素胞の変化を撮影した。撮影にはマクロレンズ EF-S35mm f/2.8 Macro IS STM を取り付けけたキャノン 60D のほか、デジタルスコープを用いた。(図 3)



図 3: 撮影のセッティング

映像を記録するにあたり、色素胞の分布や大きさ、電気刺激による応答のしやすさは体表面によっても異なるため、撮影する箇所を変えながら数回撮影をし、映像素材を制作した。映像の編集には Adobe Premiere Pro CC 2018 を用いた。また、音楽と色素胞の動きのダイナミックさを活かすため、編集にはカットとマスキング、簡単なカラーグレーディングのみを行なった。

### 4. 結果

#### 4.1. ミュージックビデオ

上記のシステムを用い、撮影した映像を用いてミュージックビデオを作成した。<sup>1</sup> 再生時間は 2 分 25 秒、解像度はフル HD で制作した(図 4)。

<sup>1</sup> <https://youtu.be/66-RoX2h8aI>

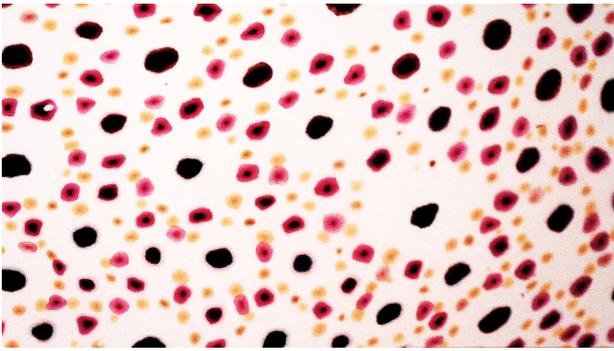


図 4: 映像素材の一部

## 4.2. ライブパフォーマンス

昨年の 10 月に福岡市科学館で開催された 404 フェスティバルで 3 分間のライブパフォーマンスを行なった (図 5)。このパフォーマンスでは当日佐賀県呼子からイカを配達するサービスを利用し、福岡市科学館のドームシアター内でイカを捌く状態からはじめた。イカの配達サービスは前日の水揚げ量によっては利用できない可能性があったため、事前に映像を準備した<sup>2</sup>ものができ、約 100 人の来場者に披露することができた。このパフォーマンスではイカの色素胞だけでなく照明の演出も用いた。



図 5: ライブパフォーマンスの様子

## 5. 考察

### 5.1. ピクセルフリーのディスプレイとして

現在、私たちの身の回りには、コンピュータのモニター、スマートフォン、プロジェクター、VR ヘッドセットといった様々なディスプレイが溢れている。しかし、これらのディスプレイはピクセルで構成されているという点で共通しており、有機的な表現を目的としたジェネラティブアート (Hartmut, et al. 2012) と呼

<sup>2</sup> <https://youtu.be/VlXsaviKNJw>

ばれる分野においても離散的なピクセルの位置関係をもとに計算、レンダリングされている点でピクセルの制約を受けていると言える。本研究ではこういった前提を踏まえ、イカの体表面をピクセルフリーなディスプレイとして捉えなおした。

色素胞はそれぞれが独立して大きさを変化させることができるものの、神経細胞で繋がった色素胞同士は同時に電気信号に応答する性質を持っている。さらに体表の部位によって色素胞の密度や大きさが異なるため、同じ電気刺激によって異なるイメージが現れる。以上の特徴から、人間の手によって完全には出力結果を制御できないという点でも従来とは異なるディスプレイとして考えることができる。

### 5.2. 動物をメディウムとした作品として

現状では色素胞の動きを観察するにあたり、イカを固定するために一度捌く過程を経ており、さらに生きた細胞に電気刺激を与えているため、本研究は潜在的に倫理的な問題を含んでいる。近年イカやタコなどの頭足類は高い知能を持つ可能性が示唆されており、西洋諸国では実験に用いる上での麻酔手順が決められている (Butler-Struben HM, et al. 2018)。現在の実験手順ではイカを捌いたのちに実験を行なっているため、倫理規程に抵触はしないものの、生き造りのような食文化を考慮すると、はじめに殺すことで動物の痛みを軽減させるロジックだけでは成立しない状況も存在すると言える。動物倫理に対する姿勢については文化間の差異も含め、議論の余地が残されている。

倫理面以外でメディウムとしての動物という側面に着目すると、地域や季節によってメディウムに差異が生まれるという考えが可能である。本研究のディスプレイは新鮮なイカを必要とするため、保存ができずその場でしか実現しないサイトスペシフィックな表現を持つと言える。言い換えると異なる地域で水揚げされた異なる種類のイカによって表現に差異が生まれ、この点においても本ディスプレイは従来のディスプレイが有しない特徴を持っていると考えられる。

## 6. まとめ

本研究ではケンサキイカの色素胞をピクセルフリーなディスプレイとして捉え、色素胞の応答を最適化できるような楽曲を作成し、電気信号としての音の視覚化という側面から歴史的な位置付けを図った。ディスプレイの応用例としてミュージックビデオの制作とライブパフォーマンスを行った。今後の展開としては、異なる種類のイカを用いた場合に生じる差異や生きた状態での実験が考えられる。

## 7. 参考文献

- R.A. Cloney, and E Florey. 1968. "Ultrastructure of cephalopod chromatophore organs" in *Cell and Tissue Research* 89, 250-280.
- Roger Hanlon. 2007. "Cephalopod dynamic camouflage" in *Current Biology VOLUME 17, ISSUE 11*, R400-R404.
- "The Art of Teaching Physics: The Eighteenth-century Demonstration Apparatus of Jean Antoine Nollet"
- Marco Piccolino. 1998. "Animal electricity and the birth of electrophysiology: The legacy of Luigi Galvani" in *Brain Research Bulletin Volume 46, Issue 5*, 381-407.
- André Parent. "Duchenne De Boulogne: A Pioneer in Neurology and Medical Photography" in *Canadian Journal of Neurological Sciences Volume 32 issue 3*, 369-377.
- Arthur Elsenaar and Remko Scha. 2017. "Electric Body Manipulation as Performance Art: A Historical Perspective" in *Leonardo Music Journal Volume 12*, 17-28.
- Hartmut Bohnacker, et al. *Generative Design: Visualize, Program, and Create with Processing* Princeton Architectural Press, 2012.
- Butler-Struben HM, Brophy SM, Johnson NA and Crook RJ. 2018. *inVivo Recording of Neural and Behavioral Correlates of Anesthesia Induction, Reversal, and Euthanasia in Cephalopod Molluscs*. 9:109.
- 足立 涼. 2017. 「ケンサキイカ色素胞の電気刺激に対する周波数応答」 学士論文, 九州大学芸術工学部.

## 8. 参考作品

- Stelarc. 1996. "PING BODY" <http://www.medienkunstnetz.de/works/ping-body/>
- Backyard Brains. 2012. "Insane in the Chromatophores" <http://blog.backyardbrains.com/2012/08/insane-in-the-chromatophores/>
- 真鍋大度. 2008. "Face Visualizer" <http://www.daito.ws/work/smiles.html>

## 9. 著者プロフィール

### 横川十帆 (Juppo YOKOKAWA)

1996年愛媛県生まれ。九州大学大学院芸術工学府修士課程1年。ピクセルにとらわれない視覚表現をテーマに研究中。

### 城一裕 (Kazuhiro JO)

1977年福島県生まれ。東京藝術大学芸術情報センター [AMC] 助教, 情報科学芸術大学院大学 [IAMAS] 講師を経て, 2016年3月より九州大学芸術工学研究院准教授。山口情報芸術センター [YCAM] 専門委員 (非常勤)。博士 (芸術工学)。専門はメディア・アート。音響学とインタラクシオンデザインを背景とした現在の主なプロジェクトには, 参加型の音楽の実践である「The SINE WAVE ORCHESTRA」, ありえたかもしれない今をつくりだす「車輪の再発明」, 音・文字・グラフィックの関係性を考える「phono/graph」などがある。



この作品は、クリエイティブ・コモンズの表示 - 非営利 - 改変禁止 4.0 国際ライセンスで提供されています。ライセンスの写しをご覧になるには、<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/> をご覧頂るか、Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, USA までお手紙をお送りください。