

# ケンサキイカの色素胞を用いた音の可視化手法の提案 ( ipsj.cls version 2.01 )

横川 十帆<sup>1,a)</sup> 城 一裕<sup>1,b)</sup>

**概要:** 本発表ではケンサキイカの色素胞を用いた音の可視化手法を提案する。ケンサキイカの体表面は、直径約 2mm の色素胞と呼ばれる器官で覆われている。色素胞は色素を含んだ袋が複数の筋肉細胞によって取り囲まれた構造をとっており、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、有機的な視覚表現としての音楽の可視化を実現した。本発表では、音の可視化に関わる関連事例を参照し、本提案手法の歴史的な位置づけを図る。

**キーワード:** バイオアート, メディアアート, 色素胞, ヴィジュアルミュージック

## A Proposal of sound visualization method using chromatophores of swordtip squid(*Uroteuthis edulis*) ( ipsj.cls version 2.01 )

JUPPO YOKOKAWA<sup>1,a)</sup> KAZUHIRO JO<sup>1,b)</sup>

**Abstract:** In this paper, we propose a method for visualizing sound using chromatophores of squids. The body surface of squids is covered with an organ called chromatophore, which is about 2mm in diameter. A chromatophore is a pigmented bag surrounded by muscle cells, and squids can freely change its body color by shrinking and expanding them. Also, it is said that chromatophores are used for intimidation and communication. In this study, we realized the organic visualization of music by electrically stimulating squid chromatophores. The music is composed according to the frequency characteristics of chromatophores. In this paper, we will refer to the precedent cases related to sound visualization to position this study historically.

**Keywords:** bio-art, media-art, chromatophore, visual music

### 1. はじめに

本発表ではケンサキイカの色素胞を用いた音の可視化手法を提案する。ケンサキイカの体表面は、直径約 2 mm の色素胞と呼ばれる器官で覆われている。色素胞は色素を含んだ袋が複数の筋肉細胞によって取り囲まれた構造をとっており、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

いとされている [1]。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、有機的な視覚表現としての音楽の可視化を実現した。本発表では、抽象絵画、ヴィジュアル・ミュージック、サイマティクス、という 3 つの視点から音の可視化に関わる関連事例を参照し、本提案手法の歴史的な位置づけを図る。

### 2. システム

#### 2.1 既存事例

イカの色素胞を音楽を用いて刺激する実験は、神経科学の

<sup>1</sup> 九州大学  
Kyushu University  
<sup>a)</sup> juppotamus@gmail.com  
<sup>b)</sup> jo@jp.org

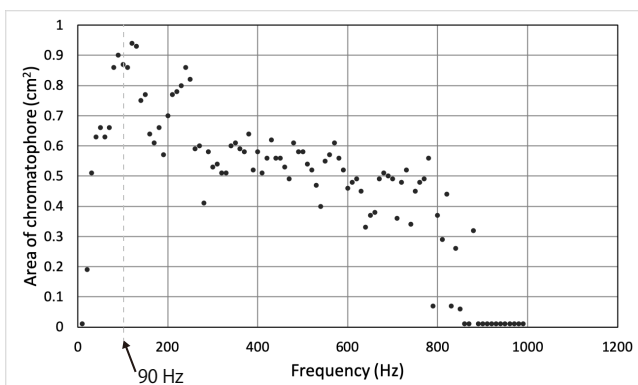


図 1 音声の周波数と色素胞の面積の関係

Fig. 1 Relationship between frequency and size of chromatophore.

普及を目的に教育用機材を販売している Backyard Brains 社によって行われている [2]。Backyard Brains 社の事例では、既存の音楽を用いて実験を行っていたため、音と色素胞の開きの関係性が不明瞭な部分があった。そこで本研究では色素胞の開きに合わせて音楽を制作するため、まず我々は Backyard Brains 社の手法を元に色素胞の反応を得やすい音の周波数を計測する事前実験を行なった。(図 1)

この実験結果を踏まえ、色素胞の開きを最大化できるような楽曲の制作を行なった。

## 2.2 楽曲の制作

事前に実施した実験ではまずサイン波を用い、音の周波数と色素胞の開きとの関係を調査した。電極として銅製の虫ピンをオーディオケーブルにつなぎ、コンピューターから出力された音声が入るピンを通り直接色素胞に入力されるシステムを用いた。その実験から、ベースやキックといった 90 Hz 前後の低音が色素胞をより強く刺激することがわかった。この結果を元にイカに適した音楽を作成するため、我々は数値計算ソフトウェア MATLAB[3] を用い、音声信号を作成した。作成した音声信号は、音楽編集用ソフトウェア Live[4] を用いて編集し楽曲を制作した。

## 2.3 撮影

撮影には KEYENCE のデジタルマイクロスコープ VHX-6000[5] を用い (図 2)、Blackmagicdesign の UltraStudio Mini Recorder[6] を用いて映像をキャプチャした。映像の編集には Adobe Premiere Pro CC 2019[7] を用いた。音楽と色素胞の動きのダイナミックさを活かすため、編集ではコントラストとホワイトバランスの調整のみ行なった。

## 3. 作品制作

### 3.1 ライブパフォーマンス

2018 年 10 月に福岡市科学館で開催された 404 フェスティバルの特別イベント内で約 3 分間のライブパフォーマンス

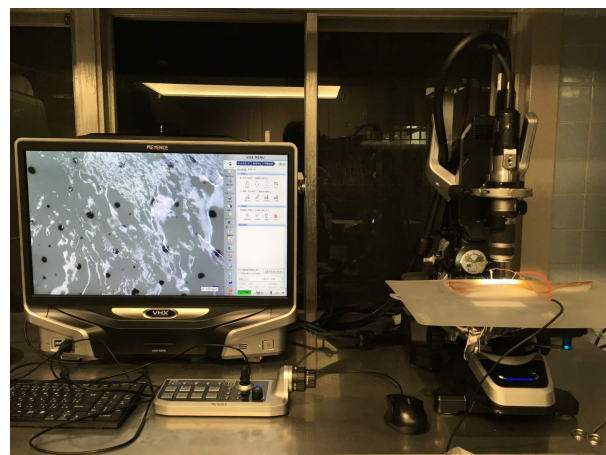


図 2 撮影のセッティング

Fig. 2 Recording setting

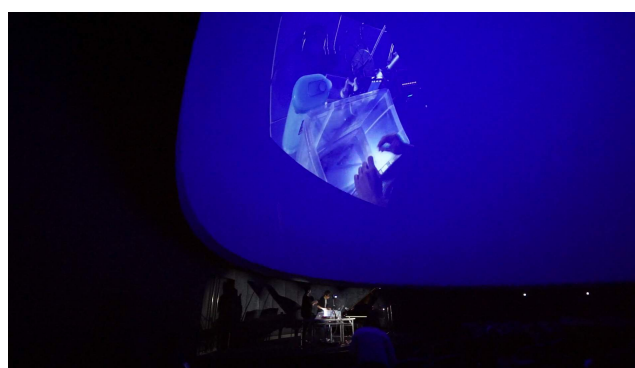


図 3 ライブパフォーマンスの様子

Fig. 3 Live performance

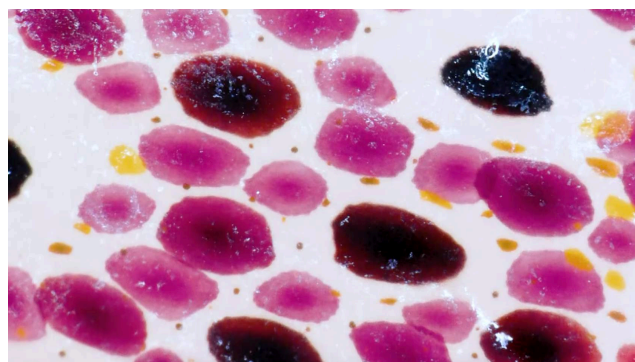


図 4 ミュージックビデオ

Fig. 4 music video

を行なった [8]。このパフォーマンスでは撮影に SANWA SUPPLY のデジタルマイクロスコープ LPE-06BK[9] を用い、演出として、音楽と同期した照明を加えた (図 3)。

### 3.2 ミュージックビデオ

2.3 に示すセッティング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。再生時間は 1 分 58 秒、フル HD の解像度で制作した (図 4)。

## 4. 音の可視化に関する関連事例

ここでは音の可視化および視覚化に関する先行事例を、抽象絵画、ヴィジュアル・ミュージック、サイマティクス、という3つの視点からとりあげる。

### 4.1 抽象絵画 - 音を視覚表現の着想に用いるもの

聴覚芸術に対する視覚芸術からのアプローチ、もしくは時間芸術に対する空間芸術からのアプローチとして絵画作品を通じて音楽の可視化を試みた例がある。

純粋抽象絵画の第一人者であるヴァシリー・カンディンスキーは、著書『芸術における精神的なもの』(1912) [10]の中で楽器の音や楽音を色彩と結び付けて論じており、形式主義的な芸術として音楽を捉えたうえで、音楽を視覚化する試みとして完全抽象絵画を完成させたとされている。作曲家アルノルト・シェーンベルクの《3つのピアノ曲作品11》(1909) [11]に接したカンディンスキーは、その印象を《印象(コンサート)》(1911) [12]に描いている。また、カンディンスキーと同じくバウハウスで教鞭をとったパウル・クレーは、リズムや拍子構造、ポリフォニーといった音楽用語を絵画へ適用させる試みを行い、《赤のフーガ》(1921) [13]や、《ポリフォニックに囲まれた白》(1930) [14]といった作品を制作した。

カンディンスキーとクレーの作品では、音楽という時間芸術を絵画表現に落とし込んだ試みとして画期的であったものの、ここにおける音楽はあくまでも絵画作品の着想にとどまっており、むしろ絵画性を強調する作品であった。

### 4.2 ヴィジュアル・ミュージック - 音のリズムや音色を視覚表現に対応づけるもの

フィルムの発明によって視覚芸術が時間的な広がりを持つことができるようになり、1920年代からは実験アニメーションとして音楽の可視化に映像が用いられるようになった。当時音の視覚化を試みた代表的な作家にオスカー・フィッシングが挙げられる。フィッシングは《習作》シリーズ(1929-33) [15]や《An Optical Poem》(1938) [16]などの作品を制作し、抽象形態が音楽と同期してリズムカルに舞い動くヴィジュアル・ミュージックと呼ばれる分野を開拓した。フィッシングと並んで抽象アニメーションの始祖とされているのがレン・ライである。レン・ライはフィルムに直接絵を描くテクニックは「ダイレクト・ペインティング」と呼ばれる手法を完成させ、のちにノーマン・マクラレンによる《synchrony》(1970) [17]などの作品にこの手法は引き継がれている。コンピューターグラフィックスの先駆者としても知られているジョン・ホイットニーは《Matrix》(1972) [18]をはじめ、コンピューターで生成したイメージを用いたヴィジュアル・ミュージック作品を

制作した。

また、視覚表現用途のための音の可視化に特化した数少ない商業製品の一つに1977年にAtariから発売されたAtari Video Music (Model C240)があり、音の可視化(映像化)は映像技術の発展とともに様々な試みが行われていたことがうかがえる。

こうした音楽と連動した視覚表現は、映像技術のデジタル化を受けて、After EffectsやCINEMA4Dを代表とする映像編集ソフトウェアの普及に伴い、モーショングラフィックスと呼ばれる映像表現として2000年代以降、目にする機会が急激に増加した。また、ProcessingやopenFrameworksといった学習が容易なプログラミング環境や、Pure DataやMaxといったノードベースプログラミング言語の登場により、音声データのレベルや音の高さを数値化して視覚表現のパラメーターに用いるといった表現も多く見られるようになってきている。

### 4.3 サイマティクス - 音の物理的特性を視覚表現に変換するもの

サイマティクスとはスイス人の人智学思想家、ハンス・ジェニーによって考案された用語で、物体の固有振動や音を可視化すること、またはその現象の研究である [19]。サイマティクスという用語が考案される以前から、音を空気や物体の振動や、電圧の変化として捉え、物理現象を元に視覚表現に適用する試みは、音響工学の発展と並行して実践されてきた。

1680年にイギリスの科学者、ロバート・フックによって発見されたのち、1787年にドイツの物理学者、エルンスト・クラドニの著書に初めて記載されたクラドニ図形と呼ばれる現象 [20]は、平板に生じる固有振動を砂や塩などの粉粒体によって可視化する現象である。彫刻家の金沢健一は自身の作品にクラドニ図形を取り入れ、《振動態》シリーズ [21]として発表している。

物理現象から音を可視化するその他の試みとして、ドイツの物理学者、アウグスト・クントが1866年に開発したクント管と呼ばれる装置がある [22]。クント管は管内の定在波を乾燥粉末によって可視化する装置であり、定在波の波長を計測することで特定の気体中の音速を決定する手法として考案された。管内の定在波を可視化する別の試みとして、1905年に同じくドイツの科学者、ハインリヒ・ルーベンスが開発したルーベンス・チューブと呼ばれる装置がある [23]。ルーベンス・チューブは管内の定在波を炎によって可視化する装置であり、一定の間隔で穴が開けられた管内に、可燃性ガスを送ることで、波の粗密が穴から出る炎の高さとして可視化される仕組みになっている。

音声信号を波形として表示するオシロスコープはそれ自体が音の可視化装置であるが、入力する音声信号に可聴域外の信号を加えることで、具象的な画像を音に連動させて

表示する作品が制作されている [24] .

## 5. 考察

本研究ではイカの色素胞が電気刺激に反応するという特徴を用いて楽曲を作成し、音楽を可視化する装置としてイカの体表面を捉え直した。本来の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、各色素胞は神経細胞を通して繋がっているため、一定の領域内で電気刺激に反応する性質を持っている。さらに体表面の部位によっても色素胞の密度や大きさが異なるため、同じ電気刺激であっても電極の位置によって異なるイメージが現れる。

こうした特徴を踏まえ、4章で挙げた音の可視化に関わる既存事例である、抽象絵画（音を視覚表現の着想に用いるもの）、ヴィジュアル・ミュージック（音のリズムや音色を視覚表現に対応づけるもの）、サイマティクス（音の物理的特性を視覚表現に変換するもの）と本提案手法を関連づけ、考察する。

本研究におけるイカの色素胞の動きは、音の大きさを色の領域の大きさで視覚化するという点で抽象絵画が目指していた視覚化と重なる部分がある。また、音に連動した表現としてヴィジュアル・ミュージックとして捉えることも可能である。ただし、人間による恣意的な対応づけは行われていない点で、サイマティクスとの関連がより強い。しかしながら、音が色素胞によって可視化されるプロセスは物理現象に基づくものの、色素胞の分布や電極の位置によって現れるパターンが異なるという点において、生物を扱うことで生じる不規則性が含まれるというサイマティクスにはない特徴を持っている。

以上のことから、本研究におけるイカの色素胞を用いた音楽の可視化は、抽象絵画と同様に、音楽をその構成要素から視覚化する試みであるとともに、ヴィジュアル・ミュージック的な音と視覚的な動きが同期した表現であると言える。また、音を電気信号として扱い、筋肉を収縮させることで視覚表現を実現している点でサイマティクスと同じく、音の物理的特性に着目した作品であるとも言える。この上で、本提案手法では、生物の構造が持つ不規則性から影響を受ける点、可視化の結果を受けて音楽が制作された点でどの枠組みにも包含されない特徴を持った音の視覚化表現を実現した。

## 6. 謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科研費・若手研究 (A) ポストデジタル以降の音を生み出す構造の構築 [17H04772] の支援を受け実施された。

## 参考文献

[1] Cloney, Richard A., and Ernst Florey. *Ultrastructure of cephalopod chromatophore organs* Cell and Tissue Re-

search 89.2 (1968): 250-280.

[2] Insane in the Chromatophores, 入手先 (<https://blog.backyardbrains.com/2012/08/insane-in-the-chromatophores/>) (参照 2019-5-29)

[3] MATLAB - 技術計算言語, 入手先 (<https://jp.mathworks.com/products/matlab.html>) (参照 2019-5-29)

[4] Ableton Live 10 — Ableton, 入手先 (<https://www.ableton.com/ja/live/>) (参照 2019-5-29)

[5] デジタルマイクロスコープ - VHX-6000 シリーズ — キーエンス, 入手先 (<https://www.keyence.co.jp/products/microscope/digital-microscope/vhx-6000/>) (参照 2019-5-29)

[6] UltraStudio Mini Recorder — Blackmagic Design, 入手先 (<https://www.blackmagicdesign.com/jp/store/record-capture-playback/ultrastudio/W-DLUS-04>) (参照 2019-5-29)

[7] Adobe Premiere Pro, 入手先 (<https://www.adobe.com/jp/products/premiere.html>) (参照 2019-5-29)

[8] 第 15 回 国際テクノロジー・アート・404 フェスティバル, 入手先 (<https://www.fukuokacity-kagakukan.jp/activity/2016/10/108101415404.html>) (参照 2019-5-29)

[9] LPE-06BK【デジタル顕微鏡】- サンワサプライ株式会社, 入手先 (<https://www.sanwa.co.jp/product/syohin.asp?code=LPE-06BK>) (参照 2019-5-29)

[10] Kandinsky, Wassily (1912). *Über das Geistige in der Kunst*. (カンディンスキー 西田秀穂 (訳) (1979). 抽象芸術論：芸術における精神的なもの 美術出版社)

[11] Schönberg, Arnold:3 Klavierstücke Op.11

[12] Kandinsky, Wassily. *Impression III (Concert)* (1911) / Städtische Galerie im Lenbachhaus und Kunstbau München

[13] Klee, Paul *Fugue in red* (1921) / Zentrum Paul Klee, Bern, Switzerland

[14] Klee, Paul *Polyphonic white* (1930) / Zentrum Paul Klee, Bern, Switzerland

[15] Fischinger, Oskar *"Studie" series* (1929-33)

[16] Fischinger, Oskar *An Optical Poem* (1938)

[17] McLaren, Norman *Synchromy* (1971)

[18] Whitney, John *Matrix* (1971)

[19] Jenny, Hans. *Cymatics: a study of wave phenomena and vibration*. MACROmedia, 2001.

[20] Jemielita, Grzegorz. *On the winding paths of the theory of plates* Journal of Theoretical and Applied Mechanics 31.2 (1993): 317-327.

[21] 金沢健一 振動態 (2000-)

[22] Kundt, A. *Ueber eine neue Art akustischer Staubfiguren und über die Anwendung derselben zur Bestimmung der Schallgeschwindigkeit in festen Körpern und Gasen* Ann. Phys. 203 (1866): 497-523.

[23] Gee, Kent L. *The Rubens tube* Proceedings of Meetings on Acoustics 158ASA. Vol. 8. No. 1. ASA (2009).

[24] Oscilloscope Music, 入手先 (<https://oscilloscopemusic.com/>) (参照 2019-5-29)