

## 振動呈示デバイスを用いたサウンドアート鑑賞「Touch the sound picnic」

金箱淳一<sup>†1</sup>, 南澤孝太<sup>†1</sup>

**概要:** 視覚障害者を対象にした美術鑑賞の取り組みとして、健常者と視覚障害者がペアとなり、作品の前で健常者が見たものや感じたことを言語化し共有する絵画の鑑賞体験や、絵画を浮き彫りで立体的にし、手で触れて鑑賞出来る立体絵画などが提案されている。これに対して、聴覚障害者を対象としたサウンドアート（音を用いたアート作品）鑑賞の取り組みは少ない。本研究では、音圧を振動に変換する手持ち型デバイスを用いて、触覚で音を感じるサウンドアートの鑑賞を試みた。デバイスで音の大小を指先から感じる事により、触覚による作品鑑賞の可能性を検討する。

**キーワード:** 聴覚障害、サウンドアート、振動、触覚、感覚代行

### Touch the sound picnic: sound art appreciation using a haptic device

JUNICHI KANEBAKO<sup>†1</sup>, KOUTA MINAMIZAWA<sup>†1</sup>

**Abstract:** As an approach to appreciating art for visually impaired people, there is a method to convert the feelings a healthy person experiences from art work into a language and share it with visual impaired counterpart. On the other hand, there are few efforts to appreciate sound art for the hearing impaired (without any human intermediate). In this research, we attempted to appreciate the sound art through tactile sensing using a handheld device that converts sound pressure into vibration. We will examine the possibility of creative artwork appreciation through feeling the magnitude of sound from the user's fingertips using our device.

**Keywords:** hearing impaired, sound, art, vibration, tactile, sensory substitution.

#### 1. はじめに

視覚障害者に対する美術作品鑑賞の取り組みとして、晴眼者が見た絵の内容を言語化して視覚障害者に共有する鑑賞体験が提案されている。描かれている内容や、描写のテイストなどの詳細を説明することで、視覚障害者は作品に対するイメージを膨らませていく。また、鑑賞者が作品に近づくと、鑑賞者が所持しているスマートフォンがビーコンから信号を受信し、対象作品の鑑賞ガイドを再生するシステム[1]が提案されている。このシステムにより、視覚障害者は単独で、美術作品を鑑賞することが可能となっている。視覚障害者に絵をみせることは困難であっても、絵画作品の形態と内容は伝達可能であるという理念に基づき、絵画の内容を半立体の形に「翻訳」することで触って絵画を鑑賞する取り組み[2]や、彫刻に触れて鑑賞できる美術館[3]も存在する。

一方で、聴覚障害者に対する美術鑑賞支援と情報アクセシビリティに関して調査している研究[4]では、作品の情報を補助する手段として、学芸員が事前に開講した講座を受講した聾学校の教員や学生がギャラリーのガイドを務める鑑賞プログラムや、手話による作品解説を行うアプリケーションを紹介している。これらの情報保障手段は、絵画や彫刻作品を鑑賞する上では有用であると考えられる。

アートの表現手法は実に多様であり、先に上げた絵画や彫刻以外にも、展示空間を含めて作品とする「インスタレ

ーション」や、映像を部分的、もしくは全面的に用いた「ヴァイデオ・インスタレーション」なども存在する。映像と同じく時系列を持ったメディアとして、音響を主要な制作素材とした美術作品のジャンルとして「サウンドアート」がある。

サウンドアートは音を聞き取るのが困難な聴覚障害者は鑑賞が難しく、音自体が作品性を持つという特色から、手話などによる既存の情報保障手段の適用が困難である。この問題に対して筆者は、聴覚障害者がサウンドアートを鑑賞することを目的として、音を振動に変換するシステムを制作し、サウンドアートをテーマにする美術作品展において実証実験を行なった。

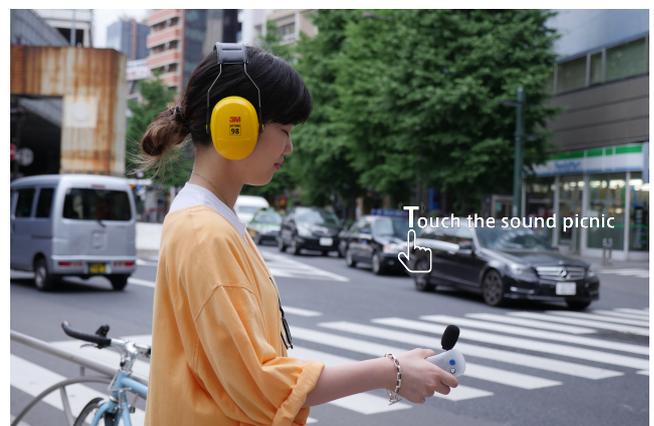


図 1 提案システム「Touch the sound picnic」

<sup>†1</sup> 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科  
Keio University Graduate School of Media Design

## 2. 関連研究

音を触覚情報に変換することで聴覚障害者の音の知覚を補助するタクトイルエイドの研究は数多く、タクトイル・ボコーダー[5]では音声帯域の200~4400Hzを16段階に分割し、1mm置きに配列した振動子アレイを用いて触覚呈示を行っている。Tactaid7[6]は、音声スペクトルを7分割し、胸骨、腹部、前腕または首など各部に取り付けられた振動モーターを振動させている。これらの研究は、音声帯域ごとに振動の呈示部位を変化させることで、言語情報を補助する手段として提案されている。Antenna[7]は30dBから90dBまでの音圧変化を、256段階のモーターの振動の強さで表す。ユーザーは振動のリズムパターンから生活音の学習を行い、掃除機の音やチャイム音に対して反応できることが期待されている。音声やリズムの学習を目的としたこれらの研究に対し、本研究ではサウンドアートや音楽の鑑賞を想定し、簡易な構成で振動を呈示するシステムを検討する。

## 3. 提案システム「Touch the sound picnic」

聴覚障害者がサウンドアートを鑑賞する上で問題になる点として、「どのような音が」「どこから発生しているか」が分からず、作品鑑賞が困難である事が考えられる。この問題を解決するために、音を触覚情報に変換することで、作品による音の違いを振動で感じ、音源の位置を探索できる鑑賞体験の実現を目標として制作を行った。

### 3.1 ハードウェア

音声情報を振動刺激に変換するためのハードウェアは、以下のシステム構成(図2)により成り立つ。

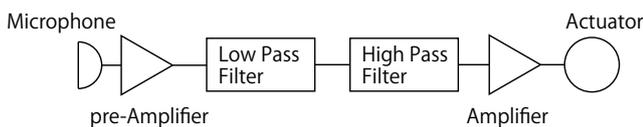


図2 touch the sound picnic システム構成図

展示会場内の音を広く捉えるため、全指向性のコンデンサーマイクロフォン(Ashuner社, XO-V001)を使用し、電圧増幅率100倍のマイクアンプ(TEXAS INSTRUMENTS社, OPA344)を用いて音声信号を増幅させた。回路駆動のテスト時に、マイクから取得した音声信号をスルーしてアクチュエータ(ALPS社, HAPTIC Reactor Hybrid Tough Type)を駆動した場合、定常ノイズによって常に振動が発生する問題が確認されたため、マイクアンプの直後に中心周波数34Hzのハイパスフィルター、及び15Hzから1591Hzまでで中心周波数を調整可能なローパスフィルターをRC回路により構成し接続した。アクチュエータを駆動するオーディオアンプ(HOLTEK社, HT82V739)は可変抵抗によって0~44dBの間でゲインの調整が可能であり、小部品数で回路を構成できるため採用した。上記パーツの他、展示運用でなるべく充電回数が少なく済むよう、500mAhのリチ

ウムポリマーバッテリー、及びmicroUSB接続が可能な充電器を内蔵した。制作工程を簡略化するために専用基板を作成し、筐体内に格納した。アクチュエータとマイクを近接させるとハウリングが発生するため、動作検証用モデル(図3)を作成し、密閉時のハウリング発生条件の確認と対応策について検討した。



図3 動作検証用3Dモデル(左図)と実物(右図)

### 3.2 デバイスの外形デザイン

動作検証時のデバイスは子供にとっては持ちにくく、消費電力も多かったため、以下の改善点を反映したデバイスのデザイン(図4)を行った。3Dモデリングの工程として、外形のデザイン作業をMODOで行い持ち手の形状を検討した後、Fusion360にてマイク、アクチュエータの配置などの詳細設計を行った。

1. 持ち手の握りやすさを考慮し、音の世界を探索するメタファーとして、懐中電灯の形状を参考にした。
2. 本体側面のボタンを押したときだけアクチュエータが動作するようにし、運用時の低消費電力化を行うとともに、振動をより意識的に感じられるようにした。
3. デバイスの落下を防止するため、本体に手首装着用のストラップを通した。また、落下時の衝撃を吸収するため、本体の縁に凹みをつけシリコン製のラバーバンドを装着した。
4. オーディオアンプの増幅率をコントロールするための可変抵抗、ローパスフィルターの中心周波数をコントロールするための可変抵抗を展示環境に応じて調整できるように、本体側部にマイナスイオンドライバーが挿入可能な穴を開けた。
5. ハウリング防止策として、筐体を2分割し上パートにマイク、下パートにアクチュエータを配置することで振動の伝搬を軽減するよう考慮した(図5)



図4 完成品デバイス

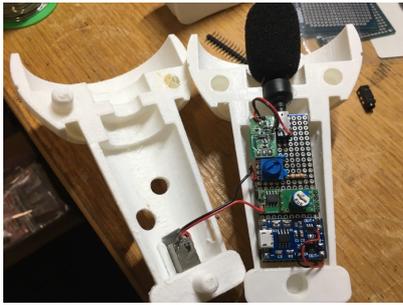


図5 デバイスの内部構造

### 3.3 展示・体験設計

制作したデバイスは、2017年7月15日から8月31日まで東京・初台にあるNTTインターコミュニケーション・センター [ICC] ギャラリーAにて開催された企画展「ICCキッズ・プログラム2017 オトノバ 音を体感するまなび場」展[8]にて体験型展示として展開した。ギャラリーA内に設置されている4つのサウンドアートを振動で体感する「自由体験」と、同期間に別の展示室で展開されている「オープン・スペース2017 未来の再創造」展[9]で展示されている作品群を含めてツアー形式で作品鑑賞を行う「ワークショップ体験」の形態で展開した。以降、ワークショップ体験のフローについて記す。

デバイスを使用して音の出る作品群を鑑賞するワークショップ、通称「タッチ・ザ・サウンド・ピクニックワークショップ」を、中程度以上の感音性難聴を持つ20代の聴覚障害者2名、20代から40代の健聴者4名に対して行い、聴覚障害の有無による体験時の印象の差を比較した。健聴者がワークショップに参加する際、ツアー実施前に耳栓をし、その上からイヤーマフを装着した。ワークショップは表1の流れで行った。

表1 ワークショップの流れ

時間(分)	項目	内容 (作品概要)
8	イントロダクション	ワークショップの目的 及びデバイスの使用法の説明 耳栓・イヤーマフの装着(健聴者のみ)
5	「herering」鑑賞	ピアノの単音を中心とした音で 構成されるインタラクティブアート
5	「リサーチ・コンプレックス」鑑賞	複数人の会話がスピーカーから流れる 議論の音声アーカイブ
5	「パフューマリー・オルガン」鑑賞	音と同時に音階に対応した香りを 感じるオルガン
5	「響き花の植物園」鑑賞	声を吹き込むと管を伝って別の 箇所から音が出る
5	「ストライプト・セッションズ」鑑賞	ビデオカメラに映る鶴の数で 音高が変化するシンセサイザー
5	「ラタタップ」鑑賞	マラカス・タンバリン・小太鼓を 鳴らした場所からキャラクターが出現
8	まとめ	音を耳以外の感覚で感じることの説明 耳栓・イヤーマフの回収(健聴者のみ)

鑑賞者は各作品を鑑賞した直後に、感じた音を擬音語の形式でアンケート(図5)に記載した。また、全作品を鑑賞後、体験の感想を自由に記述した。聴覚障害者群に対しては、記載後のアンケートに基づいたインタビューを20分間行ない、デバイスの効果を検証した。

**タッチ・ザ・サウンド・ピクニック  
たいかんマップ** ぬんれい さい

かんじたおとになまえをつけよう!!! (れい:トントン、パンパシ、サー)

パフューマリー・オルガン      響き花の植物園      ラタタップ

いりぐち ←

ストライプト・セッションズ

おとをさわったかんそうをおしえてね

・本アンケートは、作者の金箱淳一が開発のために独自に意見を収集しているものであり、NTTインターコミュニケーション・センター [ICC] が管轄するものではありません。  
 ご記入いただいた個人情報は作品の制作・研究目的にのみ使用し、本人の同意なく第三者に開示・提供いたしません。

図5 擬音語アンケート記入用紙



図6 ワークショップの様子

## 4. 結果と考察

### 4.1 擬音語アンケート

6名の被験者による各作品のアンケート結果を表2に示す。本説では、作品に使用されていた音の種類が、どのように擬音語の形として捉えられたかを健聴者群・聴覚障害者群で比較し、振動の認知特性について考える。

「herering」で使用されるピアノの減衰音とシンセサイザーの持続音の合成により構成された音の受容については、聴覚障害者群、健聴者群共に「ポーン」「ポーン」など、音の終わりを感じさせる「ん」で構成された擬音語が多く使われている。両群に「ピー」や「ラー」などの語も含まれていることから、持続音の存在も体感している可能性が示唆される。

「リサーチ・コンプレックス」に関しては、聴覚障害者群と健聴者群で記入項目数に差が見られた。「ガヤガヤ」「ベラベラ」など、漫画などでも時折見られる複数人の人々が会話した際の喧騒を表現する擬音語が聴覚障害者群で多く見られた。実験終了後、被験者Dに未記入の理由を尋ねた

表2 作品別擬音語アンケートの回答一覧

参加者	聴覚障害	herering	リサーチ・コンプレックス	パフューマリー・オルガン	響き花の植物園	ストライプト・セッションズ	ラタタツ
A	あり	ピーン バーン ポーン	(低い) ブーーン パチパチ ベチャクチャ ガヤガヤ	ジャン (和音) ブー ポーン ビー	わー ウオウウオウ	ヴァー----- (低い) ザー----- (低い) イー----- (高い)	タタタタン シャカシャ カ シャララン
B	あり	バーン ブー ポーン ビー	ボンボン ペラペラ ワラワラ バマバマ ブツブツ	ピロロン フルル、フルル ジュケルルル ドードー	ギョーギョー ギョギョ	ドゥドゥ ブー	ココンココ ン チュチュ チュ キロキロ
C	なし	どーん	ざらざらぞわぞわ	ぼわぼわん	ザ〜〜ン	ザザザザザ...	タタタタン
D	なし	ポーン ポーン ポーン		ズーン ズーン ズーン	ブー ブー	ギュイーン ギュイーン	
E	なし	トゥーン, ドーン ティーン, ターン ラー	ドゥーン, タダッ			ドゥー ティー	タッタッ トゥトゥ トゥ
F	なし	ポロンポロン	ポツポツ ブツブツ	ポロンポロン	ブルブル ピーンピーン	ブーブー	ブブブ トントン

際、“たくさんの音が混ざってノイズのように感じてしまい、擬音語として記載することが困難だった”と解答した。

「パフューマリー・オルガン」は通常のオルガンの機構を模した発声原理を持っており、鍵盤を押している間は持続音が鳴り続ける。健聴者群の回答は「ズーンズーン」「ポロンポロン」など、音の終わりを感ぜさせる「n」で終わるのに対し、聴覚障害者群の回答は「ブー」「ドードー」など、音が急に止まる表現が見て取れる。

「響き花の植物園」の音源は、体験者が発した声になるため、被験者ごとに大きく異なる回答が現れた。実験終了後被験者 E に未記入の理由を訪ねたところ、“デバイス本体がずっと振動していて音が良くわからなかった”との回答があった。これは、音の出口にデバイスを押し付けることで本体がハウリングを起こしていた可能性が考えられる。

ストライプト・セッションズは、矩形波や三角波を想起させるシンセサイザーの音で構成されており、「ザー」「ギュイーン」など、回答の多くが濁音で構成されている点特徴的である。

「ラタタツ」は、打楽器が音源になっているため、「シャカシャカ」「シャララン」などマラカスやタンバリンの高音域を想起させる回答もあれば、「タッタッ」「トントン」などの小太鼓を想起させる回答も見られた。

以上のアンケート結果から、両群とも持続音、減衰音の特徴が擬音語の語尾に表出する傾向が強いことや、矩形波や三角波のシンセサイザー音は濁音を想起させる可能性が高く、会話時の音声や、音の持続感、減衰感については聴覚障害者群の方が敏感に感じ取る可能性が示唆された。

#### 4.2 自由記述アンケート

アンケート結果の中で、代表的なものを示す。

“普段は大きい音（太鼓やスピーカー）しか体感できないので、小さい音はどんな振動で伝わってくるのかを身をもって知れてよかった。高い音は聞き取りが苦手だが、今回の体験を通して、高い音は細かい振動で伝わるのだと知れ

た。新たな発見もあったので楽しめた。”（20代・聴覚障害者）

“「音が存在することを教えてくれる→聞こうと思う気持ちになれる→音の選択性が上手になった気がする」このプロセスの繰り返しによって展覧会を楽しむことができた”（20代・聴覚障害者）

“弟が生まれつき聴覚障害者で、音以外の感覚で音を感じたく、参加させていただきました。音に興味を持ってもらうきっかけとして、是非薦めたいです。”（30代・健聴者）

アンケート結果から、本システムによって、作品が発する小さい音を振動で感じることで、音の高低を振動の細かさで伝えられる可能性を示している。本システムによって音の存在に気づき、音への意識を向けることから、音の選択性に対して有意にはたらく可能性がある。

#### 4.3 インタビュー

前節のアンケート結果を基に聴覚障害者へのインタビューを行い、サウンドアートを鑑賞する上で「どのような音が」「どこから発生しているか」といった要素の特定が、鑑賞体験の向上に寄与したかを確認した。

Q1: 全体の感想を聞かせてください

“（herering の作品で）小さな音は、はじめは聞いていてわからなかったけれど、デバイスが小さく震えていたから、「なんだろう」と思って意識すると「トクトク」と音が聞こえてきた。本当はいろいろな音が混ざっているのだけれど、私達にとっては一つの音として聞こえてしまうから、はじめは区別できないが、デバイスを使ってみて「違う音が混ざっているのだ」ということがよくわかった。”

“音にも方向性というものがある、左からくる、右から来る、というのがあるが、デバイスによって音が出ている場所を探して「ここから音が来ている」というのがわかりやすくなった。懐中電灯のように動かすと、音を探すのが簡単になる。”

Q2: デバイスを日常的に持っていたら、どんなことが出来

ると思いますか？

“デバイスをいろいろな方向に向けることによって、どの人が私に喋っているかを把握しやすくなる。”

“息の吐き方、止め方など、細かな振動があるので、はっきり分かると発声練習に非常に効果的だと思う。そのためには、もう少し細かく振動すると良いと。声の大きさを感じることが出来るので、相手の声がもう少し大きい方が良いなど、感じて指示をだすことも出来る。”

“年齢によっては、淡々と喋る人もいるので、怒っているのか、そうでないのか分かりづらい時がある。会話の展示（リサーチ・コンプレックス）では声の抑揚も感じ取ることができた。”

Q3:「リサーチ・コンプレックス」では、デバイスの有無で、感じ方がどのように違いましたか？

“振動で声を聞くという経験があまりないので、何を話しているのかはよくわからなかった。楽しんで話している、真面目に話している、その違いはよくわかった。話すスピードの違い、はやく話すか、ゆっくりと話すかという違いも、デバイスを通すとわかりやすかった。感情の違いがわかりやすく、会話している空気感の共有ができる。振動によって、相手との心理的な距離が近づく気がする。話している内容は振動だけだとわからないが、話しかけてくる気持ちは感じ取ることが出来るので、嬉しい。”

Q1 への回答結果より、デバイスを用いた音の詳細な種類の特定は難しいが、一つのまとまった音から違う音を区別する手がかりとして振動が有効に働く可能性が示唆された。音の方向性に関しては、デバイスを向ける方向を変えることで、音源の位置の特定がある程度は可能であることが分かる。Q2 の回答から、音源位置特定の応用として、複数人が同じ部屋にいる環境で喋っている人に気づくことが出来る可能性もある。声の抑揚や会話時のブレスなど、デバイスを持ちながら発話を重ねることで発声練習への応用も期待できる。Q3 の回答から、声の抑揚を基にした感情の違いの理解や、空気感の共有など、振動から正確な言語情報を得ることよりも、振動の付与が相手との心理的な距離を縮め、コミュニケーション能力の向上に寄与する重要な示唆を得た。

## 5. おわりに

本研究では、サウンドアートを触感で鑑賞するシステムの構築を目指し、振動呈示デバイスの制作とサウンドアートの鑑賞ワークショップを行った。アンケートとインタビューによる検証の結果より、聴覚障害者に対する振動呈示は、大まかな音の種類や、音の選択性に対して有効に働き、音の方向性の理解を助けることで充実した鑑賞体験の実現が可能となった。

現在のデバイスは、使用したアクチュエータの特性上、高音域が振動に変換しづらいという問題がある。問題への

対策として、高音域に対してピッチシフト処理を行い、高音域は本体上部、低音域は本体下部から振動呈示を行うことで、より広範な音高に対応できるように改良を加えたい。擬音語アンケート未回答の理由の一つとなった「たくさん音が混じってノイズに感じる」現象は、指向性が広いマイクを使用して空間中の音を広範に捉えることを狙ったために起こった事象だと考える。今後は単一指向性のマイクを併用し、状況に応じて利用者が動的にマイクを切り替えることで、デバイスを向けた方向の音のみを抽出し振動に変換することが出来ると考える。

今回はサウンドアートを特徴づける音の種類について、持続音、減衰音を中心に特徴の分析を行ったが、作品毎にオノマトペ分布図[10]やオノマトペマップ[11]を作り、健聴者と聴覚障害者の認知特性の差を検証していきたい。聴覚障害者からは、デバイスを持って、山や動物園に行って自然の音や動物の鳴き声を感じるなどのアクティビティのアイデアが出された。今後、様々な音の鑑賞活動の幅を広げる参考にしたい。

## 謝辞

本実験の実施には、NTT インターコミュニケーション・センター [ICC]の協力を頂いた。観賞用デバイスのデザインには、慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科リサーチチャーの柳原一也に協力を頂いた。本研究は JST ACCEL Embodied Media Project (JPMJAC1404) の一環として実施された。

## 参考文献

- [1]パナソニック 汐留ミュージアム:  
<http://news.panasonic.com/jp/topics/151546.html>
- [2]大内 進, 土肥 秀行, ロレッタ セッキ: イタリアにおける視覚障害児者のための絵画鑑賞の取組, 世界の特殊教育 20, pp.83-99, 2006.
- [3]ギャラリーTOM <http://www.gallerytom.co.jp/>
- [4]菅野 奈津美, 大杉 豊, 小林 洋子: 美術館における聴覚障害者を対象とした鑑賞支援と情報アクセシビリティ, 筑波技術大学テクノレポート Vol.24 (2) Mar, 2017.
- [5]伊福部 達, 湊 博, 吉本 千禎: 心理物理実験によるタクトイル・ボコーダーの基礎的研究, 日本音響学会誌 Vol. 31, No.3, p. 170-178, 1975.
- [6]Galvin KL, Mavrias G, Moore A, Cowan RS, Blamey PJ, Clark GM.: A comparison of Tactaid II+ and Tactaid 7 use by adults with a profound hearing impairment, Ear Hear 20(6), pp. 471-82, 1999.
- [7]Ontenna: <http://ontenna.jp/>
- [8]ICC キッズ・プログラム 2017 オトノバ 音を体感するまなび場 <http://www.ntticc.or.jp/ja/exhibitions/2017/icc-kids-program-2017-oto-no-ba-sound-digging-with-the-senses/>
- [9]オープン・スペース 2017 未来の再創造 <http://www.ntticc.or.jp/ja/exhibitions/2017/open-space-2017-re-envisioning-the-future/>
- [10]早川 智彦, 松井 茂, 渡邊 淳司: オノマトペを利用した触り心地の分類手法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 15(3), pp.487-490, 2010.
- [11]坂本 真樹, 田原 拓弥, 渡邊 淳司: オノマトペ分布図を利用した触感の個人差可視化システム, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌 21(2), pp.213-216, 2016.