

指紋の多様性を可聴化した演奏システムの制作

高見 明花¹ 辻村 アレクシ 健¹ 大野 充樹¹ 宮崎 仁美² 韓 旭² 串山 久美子²

概要：生体認証に利用される生体情報は、各個人に固有のものであるという広い多様性を持っているにも関わらず、主にセキュリティシステムへの利用にとどまっている。そこで、本研究では、生体情報の持つ多様性を芸術分野に活用することを目指し、生体情報の中でも指紋に着目した。個人の持つ指紋の独自性・多様性を音に変換して、その音で演奏を行うことができるシステムを提案する。

1. はじめに

多くの機密情報をデジタルで管理している現代において、認証行為は高い重要性を持っている。特に、指紋や虹彩といった生体情報は各個人固有のものであるため、それらを利用する生体認証は、他の認証方式に比べ紛失やなりすましの危険性が低く、広く普及している。一方で、その多様性にはあまり目が向けられておらず、芸術作品へ活用されている例は未だ少ない。生体情報を芸術分野に活用することで、個人の持つ多様性を表現する手法が広がると考える。

そこで、本研究では指紋に着目し、個人の持つ指紋の独自性・多様性を音に変換して、その音で演奏を行うことができるシステムを提案する。

2. 関連研究

生体情報は、主に生体認証といったセキュリティ分野に用いられるが、生体情報をセキュリティ以外の分野に応用した事例のひとつに、Kato ら [1] のシステムがある。このシステムでは、拡散モデルを利用することで、人間の音声から予想される顔の画像を AI が生成する。また、生体情報を芸術分野に応用した事例には、長嶋 [2] の作曲システムがあげられる。このシステムは、心臓の鼓動音および腕の筋電情報をサンプリングし、これをパラメータとした生体音響音楽の作曲を Max 上で行うものである。このように、生体情報を芸術などセキュリティ以外の分野に応用した例はいくつか存在するが、指紋を用いた事例は少ない。

指紋を芸術分野に応用した事例の一つとして、Yoon ら [3] によるサウンドインスタレーション、Digiti Sonus が存在する。このシステムでは、指紋センサで読み取られた指紋を、その特徴から一人ひとり異なる音に変換し、単音として出

力する。この作品には、センサへ触れる強さと触れている時間に対応して、音量と音の長さが変わる機能があるが、音階を変更しての演奏はできない。また、指紋のビジュアライズにプロジェクターとスクリーンを利用しており、展示には広い空間が必要となっている。そこで、本研究では、より表現の幅を広げたいうで、多くの人が手軽に可聴化を体験できるシステムを提案する。本システムでは、指紋を音へと変換して表現する手法を参考にしつつ、周波数を変更することで、出力を単音でなく音階とし、楽器として演奏可能な形態とする。

3. 提案

体験者の指紋を読み取り、音に変換して出力することで、指紋の多様性を可聴化するシステムを提案する。個人の指紋の違いは、グラフィックと音に反映される。さらに、生成された音を用いて、演奏を体験することができる。指紋取得時の本システムを図 1 に示す。

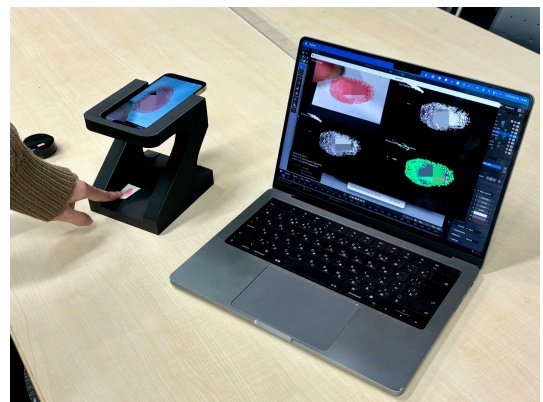


図 1 システムの外観

グラフィックには、音の波形や指紋を表示する。これによって、聴いただけでは気づかないような各個人の指紋の

¹ 東京都立大学システムデザイン学部

² 東京都立大学大学院システムデザイン研究科

特性を確認することができる。

3.1 体験の流れ



図 2 体験時の様子

体験者はまず、白紙に朱肉で指印を捺す。次に、これをスマートフォンカメラで読み取る。取得された画像は csv ファイルとして出力され、これを読み込むことで指紋の情報が音に変換される。生成された音色は、MIDI コントローラを使用することで直ちに演奏が可能である。図 2 は、変換した音で演奏している様子である。体験後、プライバシー保護の観点から、指印は体験者の目の前で細かく破り捨て処分する。

4. 実装

4.1 システム

本研究で提案するシステムのシステム図を図 3 に示す。

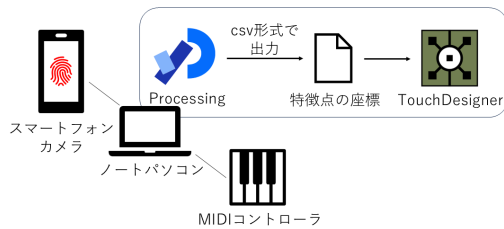


図 3 システム図

本システムは、スマートフォンカメラ、ノートパソコン、MIDI コントローラで構成される。変換処理はすべてノートパソコン上で行い、出力音はノートパソコンのスピーカーから発している。本研究ではスマートフォンカメラに iPhone 12 Pro を使用した。

まず、ノートパソコンに接続したスマートフォンカメラで、リアルタイムに指紋を取得する。次に、Processing で、指紋の特徴点を抽出し、その座標を csv 形式で出力する。そして、TouchDesigner[4] で、csv ファイルを入力として音とグラフィックを生成する。ノートパソコンに接続した MIDI

コントローラを操作することで、生成された音による演奏ができる。

4.2 指紋の特徴点の抽出

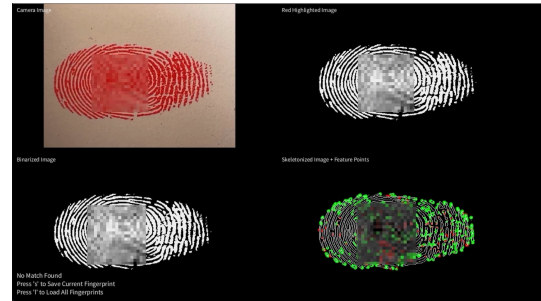


図 4 Processing 実行画面（左上：指紋画像、右上：赤色強調後、左下：二値化処理後、右下：透過・特徴点抽出後）

特徴点とは、指紋における分かれ目である分岐点、切れ目である終端点などを指す。指紋の違いに伴って、特徴点の種類や座標も一人ひとり異なるため、変換に特徴点を利用することで、最終的な出力音が個人で異なる。

特徴点抽出時の画面を図 4 に示す。体験者が紙に朱肉で捺した指紋をスマートフォンでリアルタイムに取得し、特徴点の座標を Processing で csv ファイルに変換する。現在の変換方法では、同一の指紋であっても、指印を置く位置やカメラの倍率といった撮影条件によって出力音が異なるため、その点の改善が必要である。

4.3 音への変換

出力音については、ノイズのような音ではなく明確に音階が認識できること、個人の音の違いがわかりやすく出力されることの二点を重視し、変換方法を検討した。

出力された csv ファイルを TouchDesigner で読み込み、音とグラフィックの生成を行う。音の合成には、終端点の xy 座標を正規化して使用する。 x 座標は倍音の大きさ、 y 座標は基音の周波数に対する倍音の周波数の倍率 r に変換する。倍率の変換においては、変換後の値が整数付近に集約するよう調整した。これは整数倍音を多く、同時に非整数倍音も少量含ませることを目的としている。この計算には式 (1) を用いた。

$$r = \left(1 - \frac{\cos^{30} 30\pi y}{2}\right) * \text{ceil}(x) \quad (1)$$

ここで得られた倍率に基音の周波数を掛けることで、倍音の周波数が決定する。全ての倍音は x 座標を重みとして加算合成され、基音に重ねることで最終出力を得る。

4.4 グラフィック

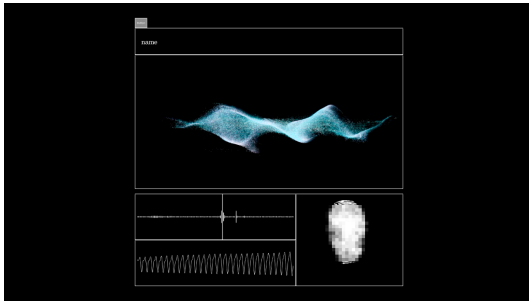


図 5 演奏画面の構成（上段：倍音の偏りに応じて色が変化するパースペクティブのアニメーション, 下段左上：倍音の分布を視覚化したグラフ, 下段左下：生成された音の波形, 下段右：取得した体験者の指紋画像）

本研究における指紋情報を基に生成された音響データの視覚表現を図 5 に示す。これらをディスプレイに表示することで、体験者が自らの指紋による音の違いを視覚的にも楽しめる仕組みとしている。なお、取得された指紋画像は、次の体験者が使用する際に自動的に削除される。

5. おわりに

本稿では、生体情報のうち指紋に着目し、個々人の持つ指紋の独自性・多様性を音に変換して、その音で演奏を行うことができるシステムを提案した。また、指紋から音への変換に特徴点を用いることで、指紋の違いを音の違いとして出力に反映した。

今後の課題として、撮影条件に左右されない出力の実現や、演奏におけるインターフェースの検討があげられる。本研究では指紋に着目したが、今後の展望として、虹彩や肉声といった指紋以外の生体情報を使用した演奏システムの開発も考えられる。

参考文献

- [1] Shuhei Kato, Taiichi Hashimoto. Speech-to-Face Conversion Using Denoising Diffusion Probabilistic Models. 2023, roc. INTERSPEECH 2023, 2188-2192, doi: 10.21437/Interspeech.2023-1358.
- [2] 長嶋 洋一. 宇宙人音楽と人体音楽の作曲事例報告. IPSJ SIG technical reports 2003 (16), 2003-02, pp. 67-72.
- [3] Yoon Chung Han, Byeong-jun Han, Matthew Wright. Digi-iti Sonus: Advanced Interactive Fingerprint. Leonardo, 2013, vol.46, no.4, pp. 392-393.
- [4] Derivative. "TOUCHDESIGNER BY DERIVATIVE". 2024. <https://derivative.ca/>, (参照 2024-12-20) .