

Otonona: マルチモーダルな拡張現実を用いた絶対音感の有用性へのアクセス

岡あゆみ^{†1} 栗原一貴^{†1}

絶対音感や相対音感に代表される音感は、音楽の認識や理解に影響を与える。本研究は、人間の音感をコンピュータを用いてマルチモーダルに拡張することを目的とする。本論文では特に絶対音感に着目する。絶対音感の一部の人が6歳頃までに身につけることができると言われている能力である。程度に差はあるものの、この能力を持つ人は一般に、基準音を与えられなくとも音の名前を判断することができると言われている。これは音楽の理解に役に立つ可能性のある能力だが、大人になってからの訓練で身に付けることは難しい。本論文では、絶対音感保持者に対して行った主観的な音の聞こえ方の調査結果を紹介し、マルチモーダルな拡張現実を用いて絶対音感の有用性にアクセスするためのシステム Otonona の設計と実装、今後の展望を示す。

1. はじめに

絶対音感や相対音感に代表される音感は、音楽の認識や理解に影響を与える。絶対音感とは聴き取った音の高さの認識に関するもので、個人差はあるものの、この能力を持つ人は一般的に基準音を与えられずとも聞いた音の音名を判定することができる。音の高さを詳細に把握することは音楽の体験や理解を深める可能性があるため、この能力が音楽活動において有利に働くと考える音楽家もいる。例えば最相氏の著書である“絶対音感”[1]で“作曲家の場合は、絶対音感があると便利だと誰もが口を揃える”と述べられている。また同じ本の中で尺八奏者である中村明一氏も“複雑化する現代音楽に対応するためには、邦楽奏者でも将来的には絶対音感を持っていた方がいいのではないかと感じている。”と述べる。現在、絶対音感に関する先行研究の多くはこの能力の獲得過程と、この能力を持つ人の認知に焦点が当てられている [2][3][4][5][6]。しかし榊原によると“絶対音感の発達には臨界期が存在し、6歳を超えると絶対音感習得が困難であることが指摘されている。” [7]とも言われている。

本論文ではコンピュータを用いてユーザの音感を聴覚情報および視覚情報によりマルチモーダルに拡張し絶対音感の有用性にアクセスするためのシステムの提案を目指す。音を視覚で提示するものとして、従来からの一般的なビジュアルライザ、音名を視覚で提示するものとして一般的なチューナーが関連技術として挙げられる。本来の音に編集を加えた後の音をユーザに聴覚的にフィードバックするシステムは Watanabe らのシステム[8]で実装されている。提案システムは音感に着目し音名をフィードバックするなどの機能面とマルチモーダルな拡張現実を扱う点が既存システムと異なる。

本論文の構成は、まず絶対音感保持者に対して行った主観的な音の聞こえ方の調査結果を紹介し、それからマルチモーダルな拡張現実を用いてユーザの音感を拡張し絶対音

感の有用性にアクセスするためのシステム Otonona の設計と実装、今後の展望を示す。

2. 絶対音感保持者の主観的な聞こえ方の調査

絶対音感保持者に対して主観的な音の聞こえ方に関する調査を行った。ここでは絶対音感保持者がどのように音名を把握しているかの調査結果と、音名を同時にいくつ判断できるかに関する調査結果を示す。

2.1 調査方法

音楽大学出身者を中心に絶対音感保持者を募集し、協力に応じた17名に対し、アンケート調査を行った。アンケートは Google フォームで作られ、回答者には Amazon ギフト券500円分が贈呈された。質問は以下の表1の通りである。

表1 質問項目と選択肢

質問	選択肢
問1. あなたは絶対音感を持っていますか? 「その他」を選択した方は内容を教えてください	選択肢: はい・いいえ・その他
問2. あなたは楽器の音を聞いた時にどのようにその音名を感じることができますか? 「その他」を選択した方は内容を教えてください	選択肢A: その音名の文字(「ド」や「C」など)が、その音の高さで発音されて、それが聞こえるように感じる。 選択肢B: その音名の文字(「ド」や「C」など)が、文字として見えるように感じる。 選択肢C: その他
問3. この質問は問2.でAと答えられた方への質問です。音名はどのように聞こえますか? 「その他」を選択した方は内容を教えてください	選択肢1: 音名が、その楽器の音に重なって聞こえる。 選択肢2: 音名が、その楽器の音に置き換わって聞こえる。 選択肢3: その他
問4. この質問は問2.でBと答えられた方への質問です。音名はどのように見えますか? 「その他」を選択した方は内容を教えてください	選択肢1: 音名の文字を、視覚的イメージとして感じることができる。 選択肢2: 音名の文字が、自分の実際の視界の中に現れて視認できる。 選択肢3: その他
問5. ピアノで和音を鳴らしたとき、平均的に何音まで音名を判断できますか? 数値でお答え下さい	
問6. ピアノでランダムに音を重ねて鳴らしたとき、平均的に何音まで音名を判断できますか? 数値でお答え下さい	

^{†1} 津田塾大学
Tsuda University.

2.2 音名の認識方法に関する調査結果

最初に問1で調査協力者の全員が絶対音感を持つことが確認された。

問2ではA(その音名の文字(「ド」や「C」など)が、その音の高さで発音されて、それが聞こえるように感じる。)と回答した人が15人で全体の88.2%, B(その音名の文字(「ド」や「C」など)が、文字として見えるように感じる。)や、その他と回答した人がそれぞれ1人ずつであり、音名を聴覚的に把握している人が大部分を占めることが分かった。

問3は問2でA(その音名の文字(「ド」や「C」など)が、その音の高さで発音されて、それが聞こえるように感じる。)と回答した人に対して音名が聴覚的にどのように聞こえるか調べるために行った。結果は「音名が、その楽器の音に重なって聞こえる」を選んだ人が最多の9名となり全体の60%であった。ついで「音名が、その楽器の音に置き換わって聞こえる」を選んだ人が4名であり全体の26.7%であった。その他を選んだ人は2人であった。

問4は、問2でB(その音名の文字(「ド」や「C」など)が、文字として見えるように感じる。)と回答した人に対して音名が視覚的にどのように把握されるか調べるために行った。1名から聴こえた音が文字というより形になっているという内容の回答が得られた。この問4の調査は回答数が不足したため、今後調査を続けていく必要があると考えられる。問2と問3の結果を図1, 図2にそれぞれ示す。

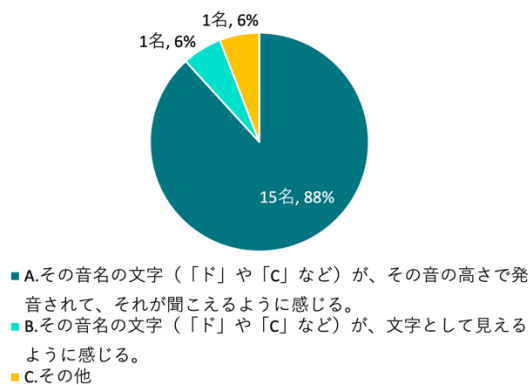


図1 音名の認識方法に関する調査結果(問2)

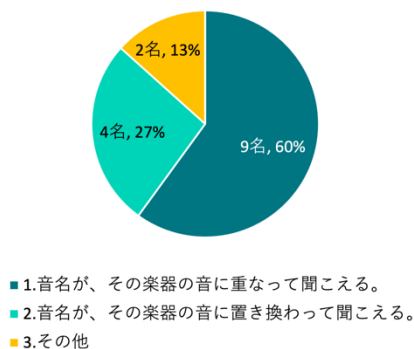


図2 音名の聞こえ方に関する調査結果(問3)

2.3 音名を認識できる数に関する調査結果

次に、絶対音感保持者が音名を同時にいくつ把握可能なのかに関する調査の結果を示す。問5および問6の回答で、和音では平均4.69音(標準偏差1.80), ランダムでは平均4.25音(標準偏差1.90)の音名を把握できることが分かった。図3は和音とランダムで音を提示した場合に音名を把握可能な数の平均値±標準偏差を示す。図4は協力者17名の回答である。なお、6番の協力者からは、「和音に関しては上限なしで聞きとりが可能」と回答を頂いたため平均の計算から除外した。12番の協力者はランダムでの音の提示に関しては無回答であった。

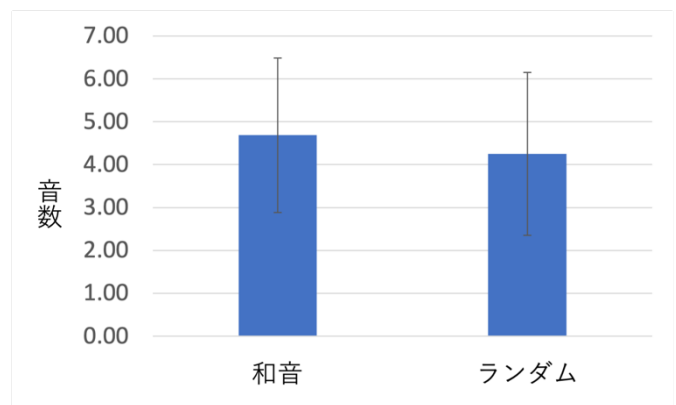


図3 同時に把握できる音名の数の平均値

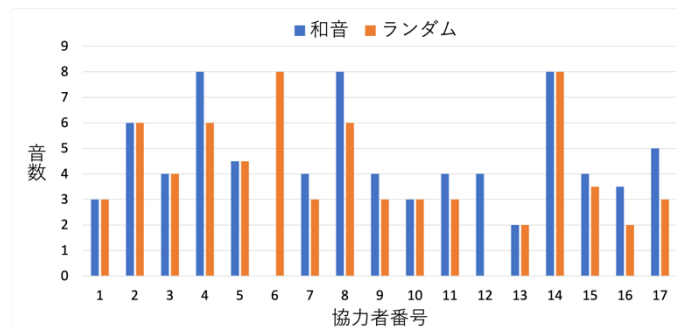


図4 音名をいくつ把握できるかに関する調査結果

3. Otonona

3.1 Otonona 設計指針

本研究で実装したOtononaは絶対音感の有用性にマルチモーダルにアクセスすることを目的とする。2章での調査を踏まえ、Otononaの設計指針をまとめる。調査の問2でA(その音名の文字(「ド」や「C」など)が、その音の高さで発音されて、それが聞こえるように感じる。)と回答した人が全体の88.2%, B(その音名の文字(「ド」や「C」など)が、文字として見えるように感じる。)と回答した人が6%であったことから、音名を聴覚と視覚でフィードバ

ックすることは絶対音感の疑似体験として妥当であると判断した。

また、問3の調査で「音名が、その楽器の音に重なって聞こえる」を選んだ人が60%であり、ついで「音名が、その楽器の音に置き換わって聞こえる」を選んだ人が26.7%であったことを踏まえ、聴覚フィードバックの提示方法を2種類提案する。外界の音に音名を重畳する方法と、外界の音と音名が置き換わる方法である。この2種類のフィードバックは骨伝導ヘッドホンを用いるか、もしくは通常の密閉型ヘッドホンを用いることで切り替え可能である。本システムを骨伝導ヘッドホンと共に使用する場合は外界の音に音名が重畳され、密閉型ヘッドホンと共に使用する場合は外界の音が音名に置き換わって聞こえる。

また、Otononaは屋内外での使用を想定しているため、持ち運びしやすいようスマートフォンのアプリケーションとして実装され、視覚的に提示された音名を画像として保存、シェアできる機能を持つ。

3.2 Otonona 概要

Otononaはユーザの音感をマルチモーダルに拡張し絶対音感の有用性にアクセスできるスマートフォンアプリである。聴覚フィードバックとして、スマートフォンのマイクから読み取った音をリアルタイムで音名に変換し、ボーカロイドの初音ミク[9]がその音名をその音の高さで歌う。視覚でのフィードバックとしてはスマートフォンの画面に音名が表示される。その音名は風景と一緒に画像として保存することができ、ソーシャルメディアにシェアすることができる。図5にOtononaの概要を示す。

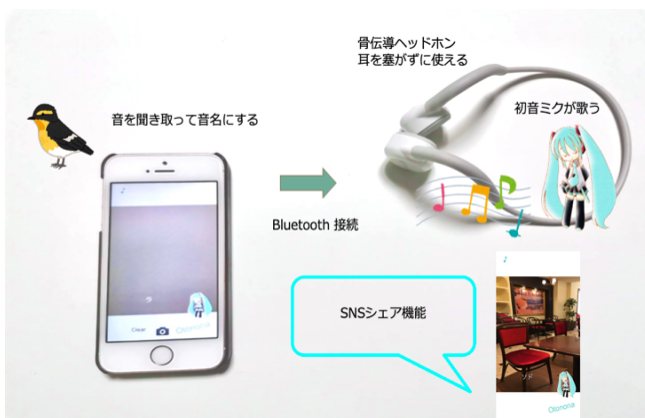


図5 Otononaの概要

3.3 システム構成

Otononaのシステム構成を図6に示す。

図6のように、Otononaは外界の音をマイクから聞き取る。それからフーリエ変換によりその音のスペクトラムを取得し、一番大きな値をとっている周波数を楽音に割り当て音名を判定する。聴覚での提示として、ボーカロイドに

その楽音の高さで音名を発音させる。視覚での提示として、聞き取られた音の音名をカメラから読み取られた風景に重なるように表示する。音名は聴覚的には骨伝導ヘッドホン、または密閉型ヘッドホンを通してユーザに提示される。音名は視覚的には音名を画面に表示することでユーザに提示される。

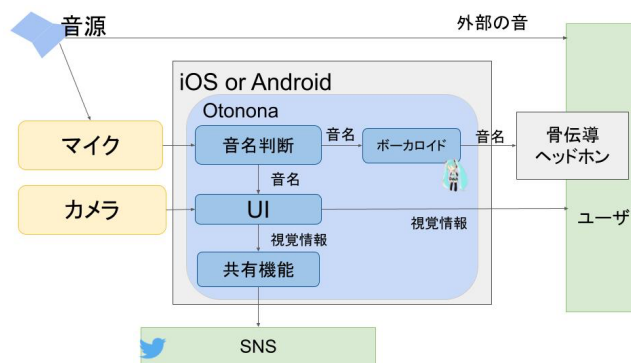


図6 骨伝導ヘッドホンを用いる際のシステム構成図

3.4 音の音名変換

ここでは鳴っている音を音名に変換する仕組みを説明する。まず、マイクから入力された音をフーリエ変換によりスペクトラムに分割し、その中で一番大きい値をとっている周波数を取得する。その周波数を楽音に割り当て、音名に変換する。最大値が一定の値以下であるときは無音であるとし、変換を行わないようにすることでノイズの拾い方を調整した。



図7 スクリーンショットの一例

3.5 ソーシャルメディアシェア機能

Otononaはカメラから読み込んだ風景と音名をUI上に表示している。ユーザは任意の瞬間にUI上のカメラのアイコンをタップしてスクリーンショットを撮影することがで

きる。この画像は保存したりソーシャルメディアにシェアしたりすることができる。図7画像の一例である。

3.6 骨伝導ヘッドホンと密閉型ヘッドホン

Otonona の使用方法として、骨伝導ヘッドホン、または密閉型ヘッドホンと組み合わせることを推奨する。これによりボーカロイドが発音した音をマイクが再取り込みすることを防ぐ。加えて、本システムと骨伝導ヘッドホンを用いた場合は外界の音に重畳する形で音名を同時に聞くことができ、密閉型ヘッドホンを用いた場合は音名を外界の音に置き換えて聴くことができる。図8は骨伝導ヘッドホンの使用イメージである。



図8 骨伝導ヘッドホンの装着イメージ

4. 課題と展望

4.1 Otonona の課題と展望

本稿で提案した Otonona は、外界の音をスペクトラムに分割し、そのスペクトラムの内、一番大きな値を取っている周波数の音名を提示する。すなわち、同時に複数の音が鳴っている場合に対応できていない。本稿の2章で示した調査により、絶対音感保持者は平均して和音なら4.69音、ランダムに音を鳴らした場合には4.25音の音名を判断できることが分かった。このことから Otonona の今後の展望として、複数の音名を同時に提示するということが挙げられる。これは楽音から成る音楽の和音の移り変わりや音楽の構造を理解する上で有効であると予想される。

複数の音名を同時に提示する場合、聞こえている音すべての音名を提示するのか、あるいはその一部の音名を提示するのかといった「範囲選択」の問題が発生する。今回の調査で絶対音感保持者に対し音の聞こえ方を自由記述してもらった結果によると、この「範囲選択」ができるかどうか、およびそれが自分の意思で可能かどうかについては個人差が大きいことが示唆されている。今後調査を進めることにより、どのような機能が絶対音感の疑似体験あるいは有用性へのアクセス方法としてよりふさわしいかを検討し

ていきたい。

また、現在はたとえば450Hzの音が検出されたとき、それに最も近い音名は440Hzの「ラ」であり、ボーカロイドは440Hzで「ラ」と歌唱するアルゴリズムをとっている。つまり実世界の音の周波数と、歌唱される音の周波数は多くの場合一致しない。この不一致により、骨伝導ヘッドホンを用いた場合に音名の標準的な周波数と外界の音の周波数との差異を知覚可能にすることが可能であるのが提案手法の特徴である。一方でボーカロイドが440Hzではなく450Hzで歌唱するアルゴリズムも考えられ、この手法には外界の音の情報をより多く保存しているという別の利便性がある。どちらのほうが絶対音感の疑似体験として、あるいは絶対音感の有用性へのアクセス方法としてよりふさわしいかも検討していきたい。

参考文献

- 1) 最相葉月: “絶対音感” 小学館, 1998.
- 2) 榎原彩子: “絶対音感習得プロセスに関する縦断的研究.” 教育心理学研究 47.1 (1999): 19-27.
- 3) 宮崎謙一, 石井玲子, 大串健吾: “絶対音感を持つ音楽専攻学生によるメロディの認知.” 日本音響学会誌 50.10 (1994): 780-788.
- 4) 天岩静子, 増田桃子: “絶対音感保有者における聴覚刺激の干渉効果と脳活動: fNIRS による脳血流量の測定に基づいて.” (2013): 211-225.
- 5) 藤崎和香, 柏野牧夫: “絶対音感保持者の音高知覚特性.” 日本音響学会誌 57.12 (2001): 759-767.
- 6) 江口寿子, 江口彩子: “新・絶対音感プログラム” 全音楽譜出版社, 2001.
- 7) 榎原彩子: “なぜ絶対音感は幼少期にしか習得できないのか? 訓練開始年齢が絶対音感習得過程に及ぼす影響.” 教育心理学研究 52.4 (2004): 485-496.
- 8) Hiroki Watanabe, and Tsutomu Terada, “Manipulatable Auditory Perception in Wearable Computing.” Proceedings of the Augmented Humans International Conference, 1-12, 2020.
- 9) Crypton: 初音ミクの紹介
https://ec.crypton.co.jp/pages/prod/virtualsinger/about_miku