

研究や実験に利用しやすいリズムゲームの要件分析と試作

飯田 和也^{1,a)} 二瓶 朝渉² 今野 陽斗¹ 築瀬 洋平³ 渡邊 恵太²

概要：ビデオゲームを実験に利用する研究がある。しかし、市販のビデオゲームは編集できず、実験への最適化が難しい。自作のビデオゲームを利用する研究もあるが、開発コストが高い。そこで我々は、ビデオゲームを用いた研究に使いやすい研究用ビデオゲーム群、オープンビデオゲームライブラリを開発した。また、ゲーム体験評価、機械学習、医療などの文脈でリズムゲームを用いる研究があり、ビデオゲームを利用する研究ではリズムゲームの需要が高い。そこで本研究では、リズムゲームの研究利用事例を調べ、研究用リズムゲームとして求められる機能を分析する。さらに、分析結果を基に、オープンビデオゲームライブラリの一つである、研究や実験に利用しやすいリズムゲームを試作する。

1. はじめに

エンタテインメント・コンピューティング (EC)、知覚認知、機械学習、医療などの研究分野において、実験タスクや提案システムのアプリケーションにビデオゲームを利用する研究がある。しかし、市販ビデオゲームは編集できないため実験に最適化しづらく、自作ビデオゲームは開発コストが高い。そこで我々は、研究に利用しやすいビデオゲーム群であるオープンビデオゲームライブラリ [1] (図 1) を開発した。本ライブラリは、研究用ビデオゲームをオープンソースソフトウェア (OSS) で提供し、研究用ビデオゲームの共通基盤の構築、ビデオゲーム開発の負担削減、研究間の比較の容易化、研究発表における聴衆の理解と興味関心の促進に貢献する。これまで、研究者のニーズを基に複数ジャンルのビデオゲームを開発した。例えば、動物のメタファを用いたビデオゲーム [2]、シンプルなテニスゲーム [3] や First Person Shooting (FPS) ゲーム [4]、Virtual Reality (VR) 向けのビデオゲーム [5] を開発した。

ビデオゲームを利用する研究に、ゲーム体験評価、機械学習、医療などの文脈でリズムゲームを利用する研究がある。そのため、研究におけるリズムゲームの需要は高い。

そこで本研究では、研究に利用しやすいリズムゲームを試作する。そのために、リズムゲームの研究利用事例を調べ、研究用リズムゲームに必要な要件を抽出する。その要件を基に、研究に利用しやすいリズムゲームを試作する。



図 1 オープンビデオゲームライブラリのビデオゲームと貢献。本ライブラリは、研究利用しやすいビデオゲームを開発・提供し、研究用ビデオゲームのデファクトスタンダードを目指す。

2. 研究用リズムゲームの要件分析

研究用リズムゲームの要件分析のために、先行研究での利用パターンを調べる。調査対象の研究は、デスクトップおよびスマートフォン向けのリズムゲームを利用した研究とし、ビデオゲームの音楽的要素のみに焦点を当てた研究や、VR 向けのリズムゲームを利用した研究、リズムゲーム自体を分析した研究は除外する。調査結果から、リズムゲームの研究利用目的と、研究利用された既存リズムゲームおよび自作リズムゲームの特性や選定理由を抽出する。その後、研究間で共通して求められる特徴を抽出する。

2.1 リズムゲームを用いた研究例

リズムゲームの研究利用パターンを調べた結果、利用目的は「ユーザ体験の評価」「音楽スキルのトレーニング手法」「自動的に楽譜を生成するシステムの提案」「医療用途」の 4 種類に大別できると分かった。

¹ 明治大学大学院 先端数理科学研究科
先端メディアサイエンス専攻

² 明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科

³ ユニティ・テクノロジーズ・ジャパン株式会社

a) cs242001@meiji.ac.jp

2.1.1 ユーザ体験の評価

ユーザ体験を評価する目的でリズムゲームを利用する研究がある。例えば Chen ら [6] は、リズムゲームである ANIMA を開発し、人気リズムゲームである Cytus^{*1}とゲームのプレイしやすさを比較した。Grollmisch ら [7] は、ゲーム内の即興演奏がエンタテインメント性の向上に寄与するか調査するため、純粋な即興演奏ゲームである WiimPro、従来型のリズムゲームである LeadBeat、リズムゲームと即興演奏の要素を組み合わせたゲームである ComBee を自作し、ゲーム体験を比較した。このように、ゲームのプレイしやすさを始めとしたゲーム体験の評価にリズムゲームを利用する研究がある。

2.1.2 音楽スキルのトレーニング手法

音楽スキルの向上にリズムゲームのプレイが有用かどうかを検証する目的で、リズムゲームを利用する研究がある。Gower ら [8] は、リズムゲームが子どもの音楽スキルや知識にどのように貢献するかを調査し、リズムゲームが音楽教育に組み込まれる可能性を探求した。Pasinski ら [9] は、リズムゲームプレイヤーが持つ音楽の知覚スキルが、従来の音楽トレーニングを受けた人や、音楽に精通していない人と比較して、どのような差異を持つかを検証した。また、その結果を基に、リズムゲームが音楽スキルのトレーニングの代替となり得るかを評価した。Richardson ら [10] は、リズムゲームを通じて培われる音楽スキルを評価する手法を開発し、リズムゲームが実際の音楽教育や音楽スキルの習得に役立つかを検証した。このように、リズムゲームは音楽スキルの習得や教育的応用の観点で注目され、音楽教育でのツールや音楽スキルのトレーニング手法での利用可能性を検証する目的でリズムゲームを利用する研究がある。

2.1.3 自動的に楽譜を生成するシステムの提案

機械学習を用いてリズムゲームの楽譜を自動生成するシステムを提案する研究がある。Liang ら [11] は、osu!^{*2}を対象に、双方向リカレントニューラルネットワークを利用した提案モデルである C-BLSTM と fuzzy label 手法を用いて、楽曲から楽譜を自動生成するシステムを開発した。Yi ら [12] は、osu!のゲームモードの一種である osu!mania を用いて大規模データセットを構築し、自然言語処理や画像生成に利用されるニューラルネットワークの一種である Transformer によるリズムゲームの楽譜生成手法を提案した。このように、機械学習を用いた自動楽譜生成技術の開発を目的にリズムゲームを利用する研究がある。

2.1.4 医療用途

病気や症状の治療法に対してリズムゲームが有用かどうかを検証する目的で、リズムゲームを利用する研究がある。Martin ら [13] は、リハビリテーションのために、身体の各部位の運動量を制御できるリズムゲームである Dancing

ICE を開発し、その効果を評価した。Puyjarinet ら [14] は、指タップで操作するリズムゲームである Rhythm Workers を自作し、リズムゲームがパーキンソン病による運動障害およびリズム処理能力障害の改善に有効かどうかを調査した。このように、リズムゲームがリハビリテーションや治療に有効かどうかを検証する目的でリズムゲームを利用する研究がある。

2.2 研究利用される既存リズムゲーム

リズムゲームを実験に利用した研究において、高品質なゲーム体験を得られる点や、人気のビデオゲームである点、オープンソースである点などを理由に、既存リズムゲームを用いた研究がある。Cassidy ら [15] は、Rock Band 3^{*3}を用いた音楽的概念の習得がどのように促進されるかを調査した。Cassidy らは、Rock Band 3 を選定した理由について、実際のバンドのようにプレイ可能であり、楽しさを享受しつつ、実際のバンド体験に近い体験を得られ、プレイヤーの音楽活動への動機付けを促進できる旨を述べた。先述の Liang ら [11] は、osu!のゲームモードの一種である osu!mania と機械学習を用いて、音楽ファイルから楽譜を自動生成するシステムを開発した。Liang らは、osu!を選定した理由について、1000 万人以上の登録ユーザーを持つ有名なリズムゲームである旨を述べた。さらに、osu!はオープンソースのビデオゲームであるため、研究に適したテストベンチである旨を述べた。先述の Chen ら [6] は、開発したリズムゲームの比較対象に、Cytus を採用した。Chen らは、Cytus を選定した経緯について、人気のリズムゲームであり、他のリズムゲームに比べてプレイしやすい点に言及した。このように、既存リズムゲームが持つゲーム体験の品質の高さや、ユーザー数、オープンソースなどの要因により、既存リズムゲームを実験に利用する研究がある。

2.3 研究用に自作したリズムゲームの特徴や利用用途

自作のリズムゲームを実験に利用した研究において、実験に最適化した機能を持つリズムゲームを用いた研究がある。そのリズムゲームが持つ特徴や利用用途に、「独自のデバイスや操作方法に対応」「機械学習を利用したゲームシステム」「スマートフォンでプレイ可能」がある。Grollmisch ら [7] は、リズムゲームにおける即興演奏の導入が、エンタテインメント性を向上できるかどうかを評価した。評価には、ジェスチャーベースでの入力に対応する自作リズムゲームを用いた。Yeh ら [16] は、任意の楽曲におけるハーモニック成分とパーカッション成分の分析により楽譜を自動生成し、プレイヤーが指定した音情報をリアルタイムに識別し入力に用いるリズムゲーム、AutoRhythm を開発した。さらに、その性能を評価する実験で、人間がラベル付

^{*1} <https://rayark.com/g/cytus/>

^{*2} <https://osu.ppy.sh/>

^{*3} 2010 年に Harmonix 社から発売されたリズムゲーム

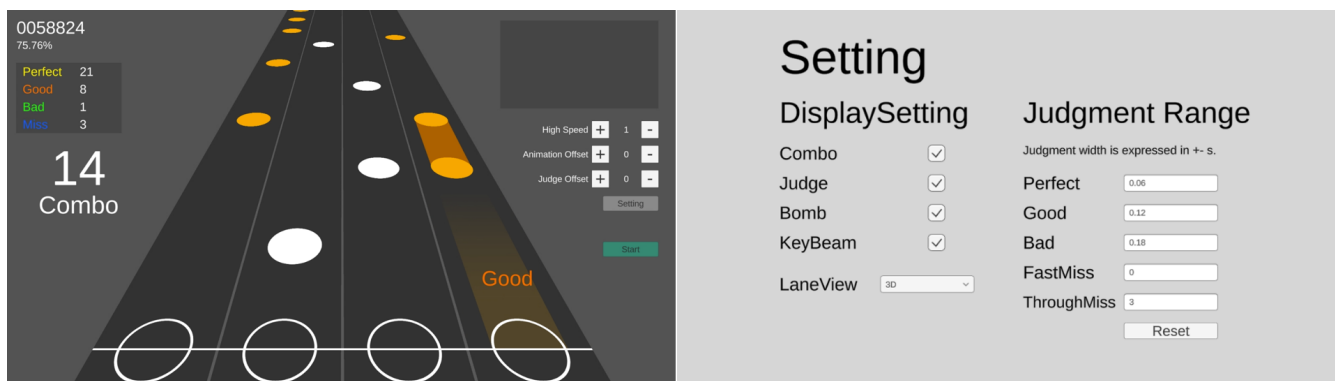


図 2 Open Rhythm Game のプレイ画面（左）、パラメータ編集機能（右）
パラメータ編集機能では、コードを編集せずにゲーム難易度を簡単に変更できる。

けた入力タイミングと識別された入力タイミングを比較した。Kim ら [17] は、視覚障害者でもプレイしやすく、スマートフォンでプレイするリズムゲームである TapBeats を開発し、健常者と視覚障害者がどのように共通のゲーム体験を得られるかを探求した。このように、一般的なリズムゲームにはない操作手法や機能によるゲーム体験を検証する文脈で、自作リズムゲームを用いる研究がある。

2.4 要件分析

本節では、研究用リズムゲームに求められる要件を分析する。具体的に、リズムゲームを用いた先行研究を調べた結果から、以下のような要件を抽出した。

2.4.1 任意の楽曲を利用できること

楽譜を自動生成するシステムや実験参加者の慣れを抑制するために、任意の楽曲を利用できるようにすべきである。楽譜を自動生成する研究では、特定の楽曲だけでなく、異なる楽曲でも楽譜を自動生成できるか検証できることが、有用性を評価するうえで望ましい。また、特定の楽曲の使い回しにより、実験参加者がその曲でのプレイに慣れてしまい、実験に意図しない影響を与える恐れがある。そのため、任意の楽曲でプレイできるリズムゲームが望ましい。

2.4.2 独自のデバイスや操作方法に対応可能であること

リズムゲームは特殊なデバイスでリズムゲームをプレイした際のゲーム体験や音楽スキルの学習効果を評価する目的で利用される。そのため、多様な入力手法に対応できる仕組みを備えるべきである。一般的な既存リズムゲームでは操作方法が固定であり、Grollmisch ら [7] らの研究のように特殊な操作方法で実験する場合は、ビデオゲームを自作する必要があるため、開発コストが高い。また、Cassidy ら [15] が用いた Rock Band 3 を始めとする Rock Band シリーズは、楽器を模した専用のコントローラで操作するリズムゲームであり、その特性を活かした研究も多い [9][18]。そのため、特殊な操作方法を包括的に踏襲するために、汎用的に利用可能な入力の受け口を実装する必要がある。

2.4.3 オープンソースであること

研究者が開発した特殊なシステムを既存リズムゲームに導入し、実験する研究があるため、ソースコードを自由に編集できるべきである。機械学習を用いてリズムゲームの楽譜を自動生成する研究では、オープンソースである点から osu! の利用事例が多かった [11][12]。以上から、研究用リズムゲームはソースコードが自由に編集可能であり、機能を拡張できることが望ましい。

2.4.4 スマートフォンでプレイ可能であること

スマートフォン向けのリズムゲームの研究利用事例があるため、スマートフォンでもプレイ可能なリズムゲームを開発すべきである。先行研究には、視覚障害者向けに、コントローラを用いずスマートフォンの画面タップでプレイするリズムゲームを用いた研究 [17][19] があった。画面に直接タップする入力手法は、スマートフォン向けリズムゲームならではの特徴であり、デスクトップ向けリズムゲームでは実現できない。以上のようなスマートフォン向けのリズムゲームの需要から、スマートフォンでもプレイ可能なリズムゲームを開発すべきである。

3. 研究用リズムゲームの試作

前章での要件分析を基に、リズムゲームを開発した。また、本ビデオゲームを Open Rhythm Game^{*4}（図 2）と名付けた。本ビデオゲームはオープンソースソフトウェアであり、MIT ライセンス^{*5}のもとで誰でも利用できる。

3.1 ビデオゲームの概要

Open Rhythm Game は、画面の上部から下部へ向かうターゲットに対して、楽曲のリズムに合わせてタイミング良く入力するリズムゲームである。本ビデオゲームでは、このターゲットをノート（note）と呼称する。また、ノートに対するプレイヤーの入力を「ノートを叩く」と呼称する。

^{*4} <https://github.com/open-video-game-library/OpenRhythmGame>

^{*5} <https://opensource.org/licenses/mit-license.php>



図 3 本ビデオゲームでは、各判定領域にノートが重なった瞬間にノートを叩くと高スコアを得られる。反対に、ノートを叩くタイミングがずれるほど得られるスコアが減少する。

また、ノートは複数の列に分かれて画面上部から下部へ向かう。この列をレーン (lane) と呼称する。本ビデオゲームでは、楽曲のリズムと入力タイミングが対応するように各レーンにノートが生成されるため、プレイヤーは楽曲のリズムに合わせノートを叩く必要がある。

3.2 ルールと終了条件

本ビデオゲームでは、プレイヤーのプレイを評価する指標としてスコア (score) がある。本ビデオゲームの目的は、より高いスコアの獲得である。高いスコアを得るためには、向かってくるノートが各ノートの判定領域に完全に重なった瞬間にノートを叩く必要がある (図 3)。ノートを叩くタイミングがずれると獲得スコアが減少し、領域から大きく外れるとミス判定となる。

また、本ビデオゲームでは、連続でノートを叩けた回数を示す、コンボ (combo) という指標がある。本ビデオゲームは連続でノートを叩くと、ゲーム画面に現時点のコンボ数が表示される。コンボ中にミス判定になるとコンボは中断され、コンボ数は 0 にリセットされる。ただし、コンボ数はスコアに影響を与えない。

ゲームは、プレイ前に設定した楽曲の再生が終わると共に終了する。ゲームの終了後、獲得したスコアが表示され、スコアに基づく評価が表示される。

3.3 パラメータ編集機能

本ビデオゲームは、ゲーム内パラメータを編集できるパラメータ編集機能 (図 2) を備える。本機能により、実験環境に合わせてゲーム内のパラメータを簡単に設定できる。本機能で編集できるパラメータを以下に示す。

- ノートの速さ
- 判定オフセット
- アニメーションオフセット
- ノートの判定区間
- 視点切り替え
- 各ユーザインタフェースの表示非表示

「ノートの速さ」では、画面上部から下部へ向かうノートの速さを変更できる。この際、ノートの速さは変化したがノートの叩くタイミングは変化しない。ノートの速さを上げると、ノートが出現してから叩くまでの時間が短くなる。反対に、ノートの速さを下げると、ノートが出現してから叩くまでの時間が長くなる。

「判定オフセット」では、ノートの理想的な判定タイミングを調節できる。判定オフセットを正の方向に大きくすると、判定領域と重なる前にノートを叩かなくてはならない。反対に、負の方向に大きくすると、判定領域と重なった後にノートを叩かなくてはならない。

「アニメーションオフセット」では、ノートの生成タイミングを調節できる。この際、ノートの判定タイミングは変わらない。オフセットを正の方向に大きくすると、ノートの生成が早まるため、本来ノートを叩くタイミングにノートが判定領域よりも下に位置する。反対に、負の方向に大きくすると、ノートの生成が遅れるため、本来ノートを叩くタイミングにノートが判定領域よりも上に位置する。つまり、ノートの見かけの位置を変更できる。

「ノートの判定区間」では、判定ごとの許容時間を調節できる。この設定はすべての判定に対して調節できる。例えば、Perfect の判定区間を広くすると、Perfect の判定が取りやすくなる。反対に、判定区間を狭くすると、Perfect の判定が取りにくくなる。

「視点切り替え」では、ゲーム視点を 2D 視点と 3D 視点で切り替えられる。2D 視点では、図 3 のように真上から見下ろす視点となり、3D 視点では、図 2 のように斜めから見下ろす視点となる。

「各ユーザインタフェースの表示非表示」では、ゲームプレイ中のユーザインタフェースを表示と非表示で切り替えられる。この設定ではコンボ、ノートを叩いた時の判定エフェクト、キービーム^{*6}の表示と非表示を設定できる。

3.4 任意の楽曲および譜面の読み込み

本ビデオゲームは、任意の楽曲および譜面でプレイできる。利用者は、楽曲の音源と譜面データを格納した JSON ファイルを本ビデオゲームに読み込ませることで、任意の楽曲や譜面でプレイできる。また、ゲーム内の譜面エディタから、譜面となる JSON ファイルを編集できる。先行研究に、機械学習を用いて楽譜を自動生成する研究があった。本ビデオゲームは任意の楽曲でプレイできるため、複数の楽曲で提案システムを多角的に評価できる。また、実験参加者のゲーム体験を評価する研究では、楽曲と譜面の使い回しによる実験参加者の慣れを抑制できる。

^{*6} 各レーンに対する入力時、同レーンに表示されるエフェクト

3.5 任意の操作デバイスとの接続

本ビデオゲームは、OSC (Open Sound Control) 信号の受け口を備えており、送られた信号を入力として扱える。そのため、任意の操作デバイスから送られる信号を用いて、ゲームをプレイできる。先行研究に、研究者が自作した特殊なデバイスでリズムゲームをプレイするために、専用のリズムゲームを自作した研究があった。本ビデオゲームは、OSC 信号の受け口を持つため、任意の操作デバイスを利用するためのビデオゲーム開発コストを削減できる。

3.6 スマートフォンでのプレイに対応

本ビデオゲームは、スマートフォンでもデスクトップ版と同様にプレイできる。先行研究には、デスクトップのリズムゲームだけでなく、スマートフォン向けのリズムゲームを用いた研究もあった。本ビデオゲームのスマートフォンへの対応により、スマートフォン向けリズムゲームを利用する研究での需要に応えられる。

4. おわりに

本研究では、研究に利用しやすいリズムゲームとして Open Rhythm Game を試作した。本ビデオゲームを試作するにあたり、先行研究からリズムゲームの研究利用パターンを調べ、抽出した要件を基にビデオゲームを設計した。今後は、本ビデオゲームのユーザスタディを行い、研究用リズムゲームとしての貢献や改善点を明らかにする。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP22K12336 の助成を受けたものです。

付録

オープンビデオゲームライブラリ GitHub

<https://github.com/open-video-game-library>

オープンビデオゲームライブラリ Web サイト

<https://openvideogame.cc>

参考文献

- [1] 飯田和也, 林大智, 今野陽斗, 平野怜旺, 築瀬洋平, 渡邊恵太. オープンビデオゲームライブラリ: 研究や実験に利用しやすいビデオゲームの開発とケーススタディ. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2024 論文集, 第 2024 巻, pp. 1–10, aug 2024.
- [2] 岡拓也, 川島拓也, 林大智, 渡邊恵太. 研究利用しやすく標準性を目指したビデオゲームの設計と開発. エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 論文集, 第 2021 巻, pp. 181–186, aug 2021.

- [3] 飯田和也, 岡拓也, 川島拓也, 築瀬洋平, 渡邊恵太. 研究者が利用しやすいオープンなスポーツゲームの試作. インタラクシオン 2022 予稿集, feb 2022.
- [4] 林大智, 岡拓也, 川島拓也, 築瀬洋平, 渡邊恵太. Fps ゲームの要素分析とそれに基づくオープンな fps ゲームの開発. Technical Report 11, mar 2022.
- [5] 柴田光, 前田天良, 飯田和也, 林大智, 築瀬洋平, 渡邊恵太. 研究者の利用を目的としたオープンな vr ゲームの試作. インタラクシオン 2024 予稿集, mar 2024.
- [6] Chun Han Chen and Chien Shun Lo. The development of a music rhythm game with a higher level of playability. In *2016 International Conference on Advanced Materials for Science and Engineering (ICAMSE)*, pp. 132–135, 2016.
- [7] Sascha Grollmisch, Christian Dittmar, and Gabriel Gatzsche. Concept, implementation and evaluation of an improvisation based music video game. In *2009 International IEEE Consumer Electronics Society's Games Innovations Conference*, pp. 210–212, 2009.
- [8] Lily Gower and Janet McDowall. Interactive music video games and children's musical development. *British Journal of Music Education*, Vol. 29, , 03 2012.
- [9] Amanda C Pasinski, Erin E Hannon, and Joel S Snyder. How musical are music video game players? *Psychonomic bulletin & review*, Vol. 23, pp. 1553–1558, 2016.
- [10] Patrick Richardson and Youngmoo Kim. Beyond fun and games: A framework for quantifying music skill developments from video game play. *Journal of New Music Research*, Vol. 40, pp. 1–15, 12 2011.
- [11] Yubin Liang, Wanxiang Li, and Kokolo Ikeda. *Procedural Content Generation of Rhythm Games Using Deep Learning Methods*, pp. 134–145. 11 2019.
- [12] Jayeon Yi, Sungho Lee, and Kyogu Lee. Beat-aligned spectrogram-to-sequence generation of rhythm-game charts, 2023.
- [13] Anatole Martin, Jean Farines, Pujana Paliyawan, and Ruck Thawonmas. Dancing ice: A rhythm game to control the amount of movement through pre-recorded healthy moves. In *Proceedings of the 12th ACM SIGGRAPH Conference on Motion, Interaction and Games*, MIG '19, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [14] Frédéric Puyjarinet, Valentin Bégel, Christian Geny, Valérie Driss, Marie-Charlotte Cuartero, Valérie Cochen De Cock, Serge Pinto, and Simone Dalla

Bella. At-home training with a rhythmic video game for improving orofacial, manual, and gait abilities in parkinson' s disease: A pilot study. *Frontiers in Neuroscience*, Vol. 16, , 2022.

- [15] Gianna Cassidy and Anna Paisley. Music-games: A case study of their impact. *Research Studies in Music Education*, Vol. 35, pp. 119–138, 06 2013.
- [16] Tzu-Chun Yeh and Jyh-Shing Roger Jang. Autorhythm: A music game with automatic hit-timing generation and percussion identification. *IEEE Transactions on Games*, Vol. 12, No. 3, pp. 291–301, 2020.
- [17] Joy Kim and Jonathan Ricaurte. Tapbeats: accessible and mobile casual gaming. In *The Proceedings of the 13th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, ASSETS '11, p. 285–286, New York, NY, USA, 2011. Association for Computing Machinery.
- [18] Kylie Pepler, Michael Downton, and Eric Lindsay. The nirvana effect: Tapping video games to mediate music learning and interest. *International Journal of Learning and Media*, Vol. 3, pp. 41–59, 02 2011.
- [19] Daniel Miller, Aaron Parecki, and Sarah A. Douglas. Finger dance: a sound game for blind people. In *Proceedings of the 9th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, Assets '07, p. 253–254, New York, NY, USA, 2007. Association for Computing Machinery.