

# モバイル端末のブラウザ間で実現する即興的音楽演奏の 教育支援アプリケーション

横山裕<sup>†1</sup> 岩井将行<sup>†1</sup>

**概要:** 小学校の音楽教育の内容の表現の中には器楽の活動を通したものと共に音楽づくりの活動を通した指導が含まれる。音楽をつくる内容には演奏の工夫やメロディーの作成、即興演奏等がある。しかし、意図を持ったメロディーの作成や即興演奏は、音楽の知識がなければ難しい。そこで、音楽に合わせて即興的に演奏でき、複数人で音楽を奏でられる演奏アプリケーションを作成した。このアプリケーションはモバイル端末を利用したブラウザ上で動作するコストのかからないブラウザ間アプリケーションである。また、音楽教育での音楽づくりの推進を目的としたものである。

**キーワード:** 音楽教育, Web アプリケーション, タブレット端末, Socket.IO

## Educational Support Application of Improvised Music Performance between Browsers on Tablet Terminal

YU YOKOYAMA<sup>†1</sup> MASAYUKI IWA<sup>†1</sup>

**Abstract:** There are two contents of music education at elementary school: expressions and appreciation, expression includes songs through activities of singing and instructing through activities of music making along with things through instrumental activities. The content to make music includes ingenuity of performance, creation of melody, improvisation performance, and the like. However, it is difficult to create intentional melodies and improvisation without knowledge of music. Therefore, we developed a performance application that can perform improvised according to music and play music with multiple people. This application is a cost-less browser-to-browser application that runs on a browser on mobile terminal. Also, This research is aimed at promoting music making in music education.

**Keywords:** Music education, Web Application, Tablet terminal, Socket.IO

### 1. はじめに

#### 1.1 研究の背景

小学校の音楽教育の表現の分野には、唱歌と器楽の活動と音楽づくりの三つがある[1]。唱歌は歌の事であり、楽曲を歌で奏でる事で授業を行う。器楽の活動は楽器を演奏する事であり、楽器を用いて楽曲を奏でると共に様々な楽器に触れさせる。音楽づくりは自ら音楽を作り創作をする事であり、楽曲を奏でる中での表現の工夫、即興演奏などメロディーの創作を行う。唱歌と器楽の活動は、教科書に楽曲が用意されている事もあり授業内で比較的行き易い。問題であるのは、音楽づくりであり、メロディーを作成する部分である。ピアノがある時に適当で鍵盤を叩くことはできて、音楽として聴きやすい物にする事は難しい。なぜなら、ピアノの鍵盤をランダムに押したとしても音階に沿わないからである。音階に合わせるには、音階以外の音を鳴らさないようにする必要がある。更に複数人で演奏する場合であれば、演奏する全員が音階を覚えなければならない。これには音階の知識を生徒が身につけるか、または演奏を補助する物があれば即興演奏ができると考える。複数

人で気軽に音楽セッションを行う事ができれば、楽曲が複数の楽器で構成されている事も認識で音楽の理解により一層深まると考える。

また、教育の現場には情報機器が取り入れられつつある現状がある。教育の情報化に関する手引きの第4章情報教育では情報教育の目標について三つの観点に分けられており、情報活用の実践力、情報の科学的な理解、情報社会に参画する態度、となっている。小学校段階でのコンピュータの基本的な操作の習得について書かれており、小学校教育の各科目で少しずつ情報機器を取り入れられている。電子黒板やタブレット端末を使用した授業がその例である。その一方で、情報技術自体に慣れていない教員も多く、授業に情報機器を取り入れることに否定的な声もある。特に問題となるのは使用方法を覚える事である。情報技術に慣れていない教員では使用方法を覚えるにも時間がかかり、教員の負担が増える事が考えられる。情報技術を教育に取り入れる際には導入、使用方法が分かり易く簡易的である事が望まれる。

これらを踏まえ、本研究では情報機器を用いて使用する、音楽教育の授業で複数人の即興演奏を行えるアプリケーション

<sup>†1</sup> 東京電機大学 未来科学部 情報メディア学科  
Tokyo Denki University School of Science and Technology for Future Life

Department of Information Systems and Multimedia Design

ョンを作成するに至った。

## 1.2 研究の目的

本研究の目的は音楽的な感性を身につけるのを助け、音楽教育の音楽づくりを推進する為の演奏アプリケーションを作成する事である。アプリケーションは即興的に演奏できる、複数人で音楽を奏でられる、使用方法が簡易である。この要素を満たせる即興的演奏アプリケーションとする。

情報機器に慣れていない教員がいる実状があることから、作成するアプリケーションは操作が簡易である事が望ましい。できるだけアプリケーション導入までの手順を少なくする。気軽に音楽セッションを行える環境を作り出す事で、音楽への慣れと親しみを持てるようにする。それを満たす為、アプリケーション自体のインストールが必要ない Web アプリケーションを作成する。

最後に作成したアプリケーションが必要な要素を満たしているかどうかを論じる。アプリケーションの計測評価とアンケート評価を行う。それらの結果から問題点と改善すべき点を挙げる。挙げられた改善点は課題として機能の実装や改修で反映させる事とする。

## 2. 関連研究

「楽器音源の NFC タグを用いる即興的かつ直感的な楽曲作成アプリの幼児教育での活用評価」[2]は情報技術を音楽教育に用いた研究である。この研究では楽曲を構成する楽器に重点を置いている。演奏することで音楽を理解させるのではなく、音を分解する事によって音楽を理解できることを目的としている。NFC は、近距離無線通信の略称で NFC タグを使う事で、タグの読み取り機器に近づけることで NFC タグからの情報の読み込みや、タグに情報を書き込むことが可能である。NFC タグをそれぞれの楽器と見立て、スマートフォンの機能でタグを読み込んでいくことで、メロディーが合わさり一つの楽曲として完成する。楽曲の楽器構成に着眼した研究である。

「音楽づくり教育支援システムの開発及び評価」[3]は曲作りをブラウザ上で行う事のできるアプリケーションの開発と評価を行なった研究である。情報技術をアプリケーションという形で教育に取り入れることを目的としている。Web アプリケーションである為、インストールが不要である。曲の構成のイメージや曲の作成に慣れる事ができ、一般的な唱歌や楽器の演奏を用いた音楽教育とは違った視点での音楽教育である。しかし、楽曲や楽器は実装されているもののみである為、使用できるのは幾つかの楽器となってしまう。

「タブレットデバイスを用いたコード演奏学習支援アプリケーションの開発とマルチメディアフィードバック効果の検証」[4]では、Web アプリケーションを用いたコード学習

を行なっている。この研究では Android のタブレット端末を用いたアプリケーションを用いている。このアプリケーションは Android アプリである為、インストールが必要である。また、一つの端末で完結している。音が複数種類用意されているとの記述はない為、用意されている音は一種類であると見られる。押さえた音のコード名が分かる。しかし、演奏するには違う形のサポートもあると考える。

「演奏未経験者のための身体動作入力による即興合奏支援システム」[5]では、カメラの入力を元に人間の手の動きのジェスチャーを読み取り、演奏するアプリケーションである。条件を指定し、条件を満たしたジェスチャーを tap 入力と認識して音高を決定し、音を再生する。このアプリケーションの特徴はカメラを使ったジェスチャーによる入力を用いる事である。カメラが必要であるが、難しい操作がない為、誰でも使い易く音楽に馴れ親しむ事ができると考える。このように操作が簡易的であれば音楽教育にも使いやすいと思われるが、導入が簡易的であるかが問題となる。

「NETDUETTO」[6]では、サーバを介して音声をやり取りする事でインターネットを介して音楽セッションを行う事ができる。ルームを作成してルームでセッションができ、離れた場所においても音楽セッションが可能である。しかし、ソフトウェアのインストールが必要であり、操作方法を詳しく知る必要がある。アプリケーションの動作によっては PC 自体に高い性能が必要となる事も考えられる。

本研究では、これらの研究やアプリケーションを踏まえて、音楽教育の推進とともに問題点を解決できるアプリケーションを作成する。

## 3. アプリケーション

本研究で作成したアプリケーションは複数人で音楽折衝が可能な演奏アプリケーションである。Web アプリケーションであり、アプリケーション自体のインストールは不要であるが、Web ページを開く為の Web ブラウザが必要となる。図 1 はアプリケーションを実際に使用している様子である。

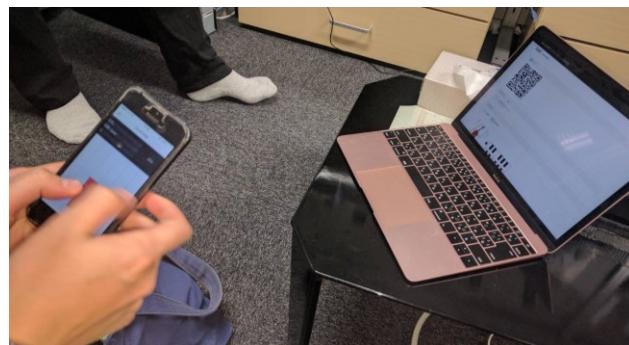


図 1 アプリケーション使用時の画像  
Figure 1 Image when using the application

### 3.1 システム概要

本アプリケーションは主に三つのモジュールで構成されている。

- (1) PC 側クライアント
- (2) Node.js サーバ
- (3) タブレット端末側クライアント

PC 側クライアントは PC のブラウザで開く事を想定した Web ページのクライアントである。タブレット端末側ページは Android 端末や iPhone 端末等のタッチパネルが搭載された端末で開く事を想定した Web ページのクライアントである。Node.js サーバは Web サーバであり、二種類のクライアントはこのサーバを通して socket 通信で情報を送受信する。

PC 側クライアントは主に音を再生し、タブレット端末側クライアントは主に入力処理をサーバへ送る。以下それぞれのクライアントをスピーカ側とプレイヤー側と呼ぶ。ユーザーを含めたそれぞれの関係が図 2 である。

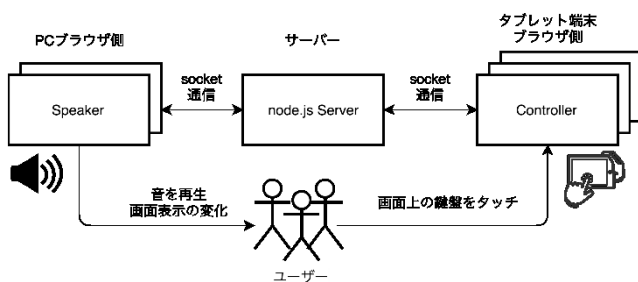


図 2 システム構成図  
Figure 2 System Configuration

演奏時、ユーザーはタブレット端末で表示したプレイヤー側の画面内の鍵盤をタッチする。タッチした鍵盤から音の高さを指定しその情報を Socket 通信でサーバへと送る。サーバでは送られて来た情報をスピーカ側へ送信する。スピーカ側は送られて来た音の高さの情報から音を再生する。音の再生には soundfont-player[7]ライブラリの機能を使用しており、このライブラリはブラウザに実装されている Web Audio API の機能を使用している。

### 3.2 画面表示

画面はスピーカ側とプレイヤー側の二つがある。

#### 3.2.1 スピーカ側

スピーカ側画面の画像が図 3 である。スピーカ側画面には初期状態ではプレイヤーは表示されていない。プレイヤーがサーバに接続していると、接続している数だけスピーカ側の画面にプレイヤーを表す絵が表示される。上部にあるパネルは上から順に「QR コード」、「スケール」、「リズム」となっている。QR コードはプレイヤー側の Web ページの URL の QR コードが表示されている。スケールは演奏

する音階を設定する事ができ、音階の種類はメジャースケールとマイナースケールを選ぶ事ができる。リズムは演奏する BPM と基準とする音符の長さを設定する事ができる。

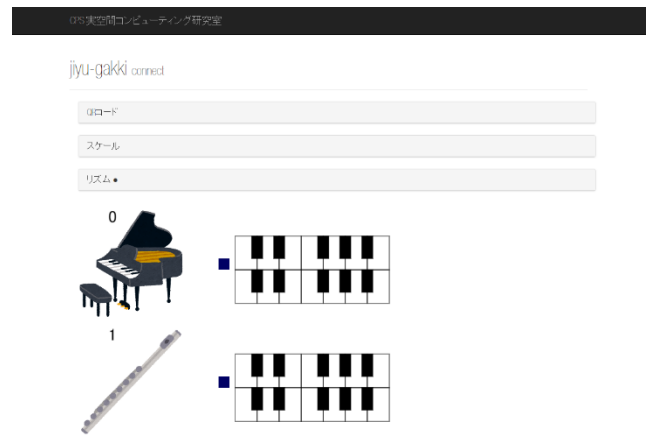


図 3 PC 側ブラウザ画面

Figure 3 PC browser window

#### 3.2.2 プレイヤー側

プレイヤー側画面の画像が図 4 である。プレイヤー側には鍵盤と上部左側に情報バー、右側に設定ボタンが配置されている。鍵盤は左から順にピアノ鍵盤と同じ「ド」から「シ」まで並んでいる。縦に二段鍵盤が並んでおり、上の鍵盤は下の鍵盤より 1 オクターブ高い音を設定されている。この鍵盤をタッチする事で演奏ができる。左上の情報バーには押している鍵盤の音名、現在設定されている音階、プレイヤー自身に指定されているインデックスが表示される。右上の設定ボタンを押すと、鍵盤の表示部が設定画面に遷移する。図 5 は設定画面である。設定画面では、楽器とオクターブを設定できる。楽器は右側の楽器名をタッチすると楽器が変更され、再生される音も変わる。オクターブは右側の数字をタッチすると基準とする音の高さを指定でき、基準を 0 として -3 から 2 まで設定できる。

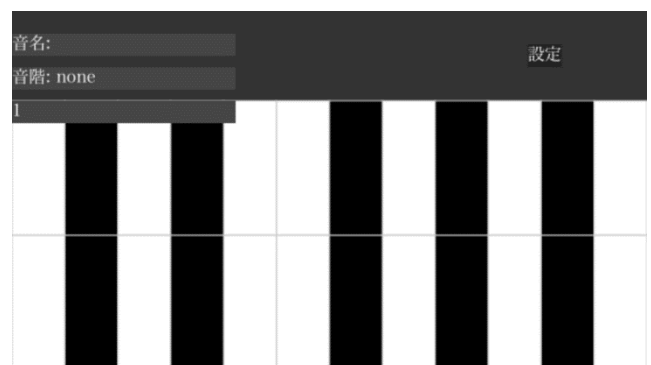


図 4 タブレット端末側ブラウザ画面横表示

Figure 4 Browser window on tablet terminal

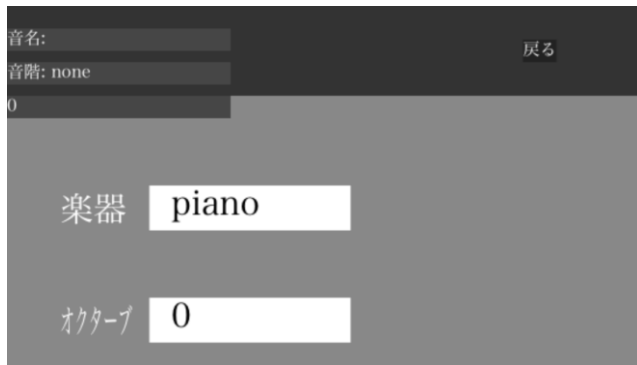


図 5 タブレット端末側設定画面

Figure 5 Tablet terminal side setting window

### 3.3 アプリケーションの機能

#### 3.3.1 演奏機能

演奏機能はプレイヤー側に表示されている鍵盤をタッチすることで、スピーカ側からタッチした鍵盤に応じた高さの音が再生される機能である。鍵盤の配置はピアノ鍵盤と同じである。黒鍵については白鍵と同じように配置している。タッチした際には鍵盤は赤くなり、スピーカ側からは音が再生される。

#### 3.3.2 スケール設定機能

スケール設定機能はスピーカ側で演奏するスケールを設定できる機能である。設定したスケールは全プレイヤー側の鍵盤に反映される。スケール設定が反映されると、スケール外の音は演奏できないようになる。プレイヤー側の表示はスケール外の鍵盤が灰色になる。タッチしても鍵盤は赤く変わらず、音の高さの情報はサーバへ送られない仕様となっている。

#### 3.3.3 BPM 設定機能

BPM 設定機能はスピーカ側で BPM を設定する事で、プレイヤー側からの入力が設定した BPM のタイミングに矯正されてスピーカ側に送られる機能である。プレイヤー側からの入力は BPM に合わせられ、音の再生が BPM に沿う。BPM に合わせる処理はサーバで行われており、スピーカ側へ情報を送るタイミングを設定された BPM のタイミングに合わせている。

#### 3.3.4 プレイヤー状況表示機能

プレイヤー表示機能はサーバにプレイヤーが接続すると、接続しているプレイヤーの状態をスピーカ側に表示する機能である。プレイヤーは接続時にサーバ内でインデックスが設定され、プレイヤー側にはプレイヤー自身のインデックスが表示される。スピーカ側にはプレイヤーの情報が同期され、設定されたインデックスとプレイヤーの選択

している楽器の絵が表示される。また、楽器の絵の右側には鍵盤が表示されており、プレイヤーが演奏している時には押されている鍵盤が赤く変わる。

### 3.4 動作環境

本アプリケーションが動作する環境を調べた。動作を調べたのは以下のブラウザである。

- Google Chrome バージョン 55.0.2883.95
- Firefox バージョン 50.1.0
- Opera バージョン 42.0.2393.351
- Safari バージョン 10.0.2
- Microsoft Edge バージョン 38.14393.0
- Internet Explorer バージョン 11.576.14393.0

Chrome, Firefox, Opera はアプリケーションが正常に動作する事を確認した。Safari, Edge はスピーカ側画面では正常に動作しなかったが、プレイヤー側画面は正常に動作する事を確認した。Internet Explorer はスピーカ側画面もプレイヤー画面も共に正常に動作しなかった。

Web ブラウザは殆どのタブレット端末、PC に初めからインストールされている。しかし、OS が Windows である PC では現在は Microsoft Edge が初期状態でインストールされている事が多く、本アプリケーションは Edge では音声再生されない。Windows の PC では別のブラウザのインストールが必要となる問題点が発生した。

## 4. 評価

本研究では、即興演奏 Web アプリケーションを作成した。このアプリケーションで重要となるのは遅延の少なさである。インターネットを介して音を再生するまでに時間がかかれば、演奏のタイミングがずれてしまい複数人で合わせた演奏ができなくなってしまうからである。よって、計測とアンケートの二つの視点から十分な応答速度があるかを調べた。また、アプリケーションの使用感や今後の機能実装や改善の為の質問をアンケートで行ない、改善すべき点を示す。

### 4.1 計測

今回、鍵盤を押してから音が再生されるまでの時間の計測は、音が再生された事を知らせる情報をプレイヤー側に返す事で行なった。一連の流れを説明する。音の高さと送信時の時間の情報をプレイヤー側に送る。プレイヤー側からスピーカ側に情報が到達、音の再生の処理の後に、プレイヤー側へと到達を知らせる情報を送る。プレイヤー側に情報が到達した際の時間と受信した情報に含まれる時間を計算により導き出す。この計算により出された時間は、鍵盤が押されてから音がなるまでの時間より長い。厳密には音が再生されるまでの時間ではないが、得られた時間の

差が十分に小さければ、反応するまでの時間も十分に小さいと言う事ができる。この計測から十分な反応速度が確保できているかを確認する。

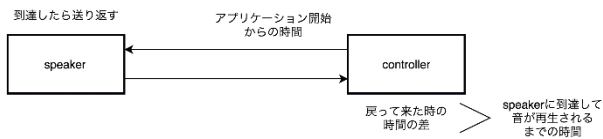


図 6 計測方法

Figure 6 Measurement method

計測ではプレイヤー側を Android 端末と iPhone 端末二つの端末で計測した。Android 端末は Huawei の 503HW を使用、iPhone 端末は iPhone5 を使用した。インターネットへの接続は東京電機大学 実空間コンピューティング研究室の無線 LAN を用い、十分に通信ができることを確認した上で行なった。

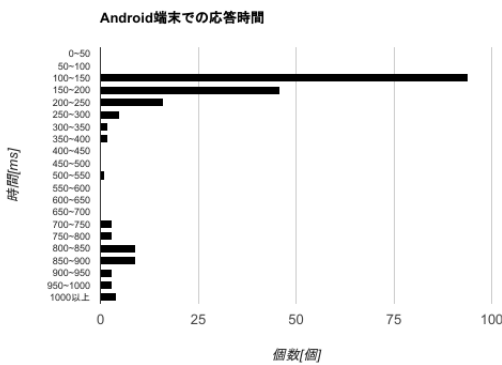


図 7 Android 端末での計測結果

Figure 7 Measurement result using Android

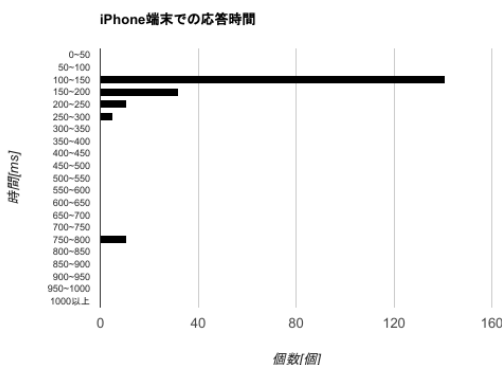


図 8 iPhone 端末での計測結果

Figure 8 Measurement result using iPhone

計測した値から 200 個の値を抜き出し、0 ミリ秒から 1000 ミリ秒まで 50 ミリ秒ごとに存在する値の個数を数え

たグラフを作成した。図は計測の結果である。100 ミリ秒～150 ミリ秒の値が両端末共に最も多い。150 ミリ秒～200 ミリ秒までの値を含めると 8 割を超える。今回の計測では Android 端末が iPhone 端末に比べて時間のばらつきがあった。

## 4.2 アンケート

アプリケーション使用時の体感の反応速度とアプリケーションの使用感や改善するべき点を調べる為、アンケートを行なった。アンケートの内容は以下の通りである。

- (1) 音楽に合わせた演奏ができるか
- (2) 鍵盤の応答速度は速かったか
- (3) 表示は分かり易かったか
- (4) 小学生向けであるか
- (5) このアプリケーションは音楽教育のどのような場面で使えると思うか、あれば記入してください(自由記入)
- (6) 改善点、必要だと思う機能等があれば記入してください(自由記入)

アンケートは 13 名の東京電機大学生より回答を頂いた。自由記入以外の質問の結果からは表とグラフを作成した。アンケート結果より、表からを作成した。

表 1 音楽に合わせた演奏ができるか

Table 1 Whether it is possible to play in accordance with music

質問の内容	人
概ねできる	2
まあまあできる	6
どちらとも言えない	1
あまりできない	2
殆どできない	2

表 2 鍵盤の応答速度は速かったか

Table 2 Was the response speed of the keyboard fast

質問の内容	人
とても早い	5
まあまあ早い	3
どちらとも言えない	2
遅い	3
とても遅い	0

表 3 表示は分かり易かったか

Table 3 Was the display easy to understand

質問の内容	人
とてもわかり易い	2
まあまあわかり易い	7
どちらとも言えない	4
分かりにくい	0
とても分かりにくい	0

表 4 小学生向けであるか

Table 4 Is it for elementary school students

質問の内容	人
概ね小学生向けである	2
まあまあ小学生向けである	6
どちらとも言えない	1
小学生向けでない	2
とても小学生向けで無い	2

表より「音楽に合わせた演奏ができるか」という質問には「概ねできる」と「まあまあできる」の回答が半分以上となった。「鍵盤の反応速度は早かったか」では「とても早い」と「まあまあ早い」の回答が6割以上となった。「表示は分かり易かったか」という質問では「とてもわかり易い」と「まあまあわかり易い」の回答が6割以上となった。「小学生向けであるか」の質問に対しては「概ね小学生向けである」と「まあまあ小学生向けである」の回答が8割を超えた。

また、自由記入の質問で「このアプリケーションは音楽教育のどのような場面で使えると思うか、あれば記入してください」と「改善点、必要だと思う機能等あれば記入してください」の二つを設置した。前者では、音楽に触れる機会を増やせる、スケールやコード理論の勉強に使えるのではないかとの回答を得られた。後者では、録音機能が欲しい、端末の機種によって動作速度が変わる所の改善、応答が遅い、UIの改善、音の強弱をつけられる様にして欲しいとの回答を得た。

### 4.3 考察

計測の結果は、200ミリ秒までの値の数が8割を超えており、8割方安定した速さを出す事ができると分かる。端末を変えて計測した際に、差があった。Android端末での計測の際に通信が安定していなかった可能性は否めない。実験計測は行っていない部分になるが、Android端末とiPhone端末での使用感を比べるとAndroid端末では描画含めて遅く感じる事から、端末の差が出ていると考える。計測とアンケートの結果を合わせて見るなら、演奏に十分な反応速度であると言える。

アンケートの結果では、否定的な選択支が選ばれている事もあり、まだまだ音楽に合わせての演奏に難しい部分があると考えられる。アプリケーションのUIはそれなりに分かり易いとしても、改善点が挙げられており、改善の余地は大きい。音楽教育でどのように使っていくかどうか、音楽に触れる機会を増やししながら知識を学んで行く形を取ることができると考える。楽器の種類を更に増やし、より様々な楽器に触れられると良いと言う声もアンケート外で頂いた。改善点で挙げられた実装して欲しい機能は今後の実装で追加する。

## 5. おわりに

本研究では、音楽教育での音楽づくり推進の為の即興的演奏アプリケーションを作成した。音楽知識が不足していても気軽に、音楽に合わせての演奏を可能にする機能を実装した。特に音階の設定によって音階に合わせた演奏をすることができる。Webアプリケーションである為、導入が簡易である。鍵盤を押してからのレスポンスも十分に速く、複数人で音楽セッションをする事もできる。音楽教育では、スケールやコード理論を勉強、様々な楽器の演奏体験、音楽セッションの楽しさを知る等の場面で使える可能性がある。

今後はAndroid端末で表示が遅れる現象もあり、Android端末での遅延を無くす方法を考える必要がある。また、更なる機能の改善と実装をして行く。特に録音機能、ドラム演奏のUIの改善を行う。

### 参考文献

- [1] “現行学習指導要領・生きる力 第2章 各教科 第6節 音楽”, [http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/on.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/on.htm), (参照 2017-2-3).
- [2] 小松秀生, 力武克彰, 音楽づくり教育支援システムの開発及び評価, 2016, 情報処理学会第78回全国大会, 4-679, 4-680.
- [3] 川崎以七海, 岩井将行, 楽器音源のNFCタグを用いる即興的かつ直感的な楽曲作成アプリの幼児教育での活用評価, 2015, 情報処理学会論文誌.
- [4] 尾本光, 米沢朋子. タブレットデバイスを用いたコード演奏学習支援アプリケーションの開発とマルチメディアフィードバック効果の検証, 2013, 情報処理学会研究報告, Vol.2013-EC-28 No.11.
- [5] 一ノ瀬修吾, 白松俊, 演奏未経験者のための身体動作入力による即興合奏支援システム, 2016, 情報処理学会研究報告, Vol.2016-MUS-111 No.31.
- [6] “NETDUETTO ラボ”, <http://netduetto.net>, (参照 2017-2-3).
- [7] “soundfont-player”, <https://www.npmjs.com/package/soundfont-player>, (参照 2017-2-3)