

豊かな表現に着目した演奏装置の提案 愉しく演奏「だれでもソロイスト」

川島 奨大^{1,a)} 美馬 義亮¹ 柳 英克^{1,b)}

概要：音楽による表現は、作曲（楽譜による記述）と演奏（楽器演奏や歌唱などによる発音）に分けられる。演奏者は楽譜の音符記号に基づいて発音し、演奏記号を解釈して音に変化をつけ、楽曲を再現する。このような楽譜を瞬時に解釈し意図通りに表現する演奏は、高度な演奏技術が求められる。初学者は、音符記号の再現に集中しすぎて「弾くだけ」の状態になってしまったり、演奏技術不足により意図した表現が行えなかったりする。しかし、音符記号に基づく発音をシステムが行い、音に変化をつける行為に専念できる演奏装置が実現できれば、技術を持たない人が楽曲を意図通りに再現できると考えられる。そこで本研究では、正しい音階の演奏を支援することで、音量などの表現演奏に集中できる演奏装置「だれでもソロイスト」を提案する。また、類似する研究のほとんどはピアノのみを対象にしていることに着目し、様々な楽器に対応できる演奏装置の条件を明らかにし、それらすべてを制御できる演奏装置の開発を目指している。開発している演奏装置「だれでもソロイスト」のプロトタイプ評価実験では、「演奏したというインタラクションを感じる」「意図通りの演奏を行えた」という評価が得られている。

1. はじめに

音楽による表現は、作曲（楽譜による記述）と演奏（楽器演奏や歌唱などによる発音）に分けられる。作曲者は創造した楽曲を楽譜に記述することで記号化する。楽譜には音程と音の長さを示す音符記号と、演奏方法（例：だんだん早く、音を切り離して）や感情の表現（例：燃え上がるように、歌うように）などの比喩的表現を示す演奏記号が含まれる。演奏者は楽譜の音符記号に基づいて発音し、演奏記号を解釈して音に変化をつけ、楽曲を再現する。ここで、演奏記号を解釈することによって生まれる音の変化は「演奏表情」と呼ばれる。また、音符記号に基づいた発音における旋律の音程の再現は、失敗してしまうと楽曲に大きな影響を与える重要な要素である。そのため、楽譜を瞬時に解釈し意図通りに表現する演奏は高度な演奏技術が求められる。また、初学者は音符記号の再現に集中しすぎて「弾くだけ」の状態になってしまったり、演奏技術不足により意図した表現が行えなかったりする。しかし、音符記号に基づく発音をシステムが行い、演奏者が音に変化をつける行為に専念できる演奏装置が実現できれば、技術を持たない人が楽曲を意図通りに再現できると考えられる。

2. 関連研究, 事例

演奏支援や演奏表情の表現支援を目的とした事例や研究は数多く存在する。

KAOSILATOR[1]は指を滑らせるだけで破綻のない音程で演奏できる板型の演奏装置である。また、Mountain Guitar[2]はデバイスの物理的な高さや音程が連動したギター型の演奏装置である。これらは共に演奏技術を持たない人が演奏を楽しめるが、主に即興演奏を支援しており、特定の旋律を再現し演奏することは難しい。

Fukuyaら[3]は、間違った鍵盤を押しても正しい音になるシステムを用いたピアノ演奏学習支援を提案している。このシステムは演奏技術が十分でなくても正しい音程を奏でることができるため、学習に対するモチベーションを維持できるが、演奏表情に関してはほとんど考慮されていない。また、この研究は学習支援を目的としているが、本研究は提案するシステムを通じた他の楽器の演奏技術学習を想定せず、楽器として完結する新たな演奏装置の開発を目指す。

楽器として完結しており、かつ演奏表情の表現に優れた事例としてSeaboard[4]が挙げられる。この演奏装置は、一般的な鍵盤楽器の形状に加えデバイスを操作する指の圧力や揺らしなどの動きを入力として様々な表現が可能である。しかし、演奏には一般的な鍵盤楽器以上の演奏技術が

¹ 公立はこだて未来大学

^{a)} g2117015@fun.ac.jp

^{b)} yanagi@fun.ac.jp

必要であり、習得は困難である。

演奏表情を含む演奏の技術支援研究として、谷井らの研究 [5] や大島らの研究 [6] が挙げられる。谷井らは誤りと思われる演奏をコンピュータによって正しい演奏に変換するピアノシステムを提案している。しかし、これはコンピュータによる変換をユーザが制御できないため、演奏しているというインタラクションを感じられない瞬間があると考えられる。また、大島らは強制的に正しい音階を再現することで表現演奏に集中できるピアノシステムを開発し、有用性を確認している。しかし、この研究の目的は理想的演奏の教示であるが本研究の目的は技術を持たないユーザが演奏できることであるため、根本的に求められる機能やインタフェースが異なる。

本研究では、従来の楽器を演奏するように特別な技術を持たないユーザが常に演奏しているというインタラクションを感じられ、かつ「意図通り」に演奏できるような演奏装置の開発を目指す。

3. 音の「豊かな表現」の要素

本研究では様々な楽器に対応した豊かな表現に着目した演奏装置の開発を目指しているため、音の「豊かな表現」の要素について整理する。以前、演奏表情の入力インタフェースに関する研究において、様々な楽器によって発音される「音」の特徴について分類した [7]。本稿では、用語を再整理し「豊かな表現」の要素を以下の5つに分類した。

- 「音の強弱」：発音の瞬間の音量による表現
- 「発音の間隔」：発音のタイミングや音の長さをずらすことによる表現
- 「音量の変化」：発音後の無段階な音量の増加や揺らしなどの表現
- 「音程の変化」：発音後の無段階な音程の揺らしなどの表現
- 「音色の変化」：道具や奏法による表現

現存する全ての楽器は再現演奏に上記の5要素の一部または全てを付与することによって豊かな表現が成されていると言える。

4. 試作「一本指ソロイスト」の開発と評価

様々な楽器の「豊かな表現」に対応した演奏装置の試作として、5要素の全てを同時に制御するためのプロトタイプ「一本指ソロイスト」を開発した(図1)。このシステムは、Interaction 2018 にて未評価であったデモを発表した [7]。

4.1 「一本指ソロイスト」概要

「一本指ソロイスト」は MacBook の Trackpad と専用アプリケーションから成る。使用者は Trackpad を任意の

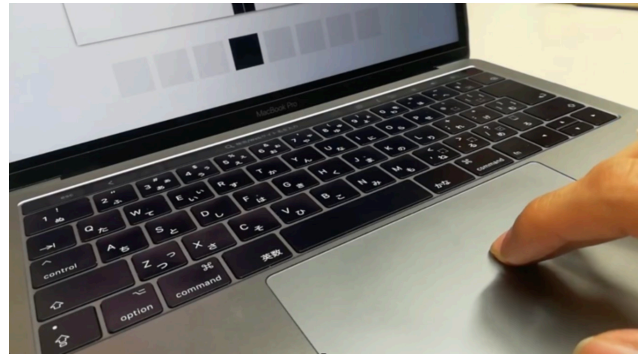


図1 「一本指ソロイスト」を使用する様子

タイミングで押すことで、「発音の間隔」を入力できる。この際に、音程は予め設定された旋律が自動で再現される。また、Trackpad を押す強さで「音の強弱」と「音量の変化」、Trackpad での指の揺らしで「音程の変化」と「音色の変化」を入力できる。

4.2 「一本指ソロイスト」評価

「一本指ソロイスト」の有用性の評価のため、音楽を好んで鑑賞する大学生6名を対象に評価実験を行った。被験者に「一本指ソロイスト」の使用方法を説明し、3分間の練習時間を設けた後、本演奏を行わせた。楽曲はリズムが単純だが音のひとつひとつが長い「威風堂々」を用いた。本実験では操作内容と発話を記録し分析した。

その結果、6名中5名から「音量の制御が困難」「複数パラメータの同時制御が困難」という意図の発言が見られた。これは、既存楽器と異なる形状のインタフェースであることと、1つの指で同時に制御するパラメータが多いことが原因であると考えられる。

また、「一本指ソロイスト」は1つのTrackpadを連打するという特性上、「ひとつひとつの音が必ず途切れる」「発音直後の音量の制御が難しい」といった特徴のある音しか演奏できない。すなわち、全ての楽器の「豊かな表現」に対応した演奏装置として不十分であることが分かった。

5. 豊かな表現の研究のための楽器分類

「一本指ソロイスト」の実験から、様々なパラメータを同時に入力するインタフェースは使用者に本来の楽器と同等の負担を与えてしまうことがあることが分かった。そこで、提案するインタフェースの基準とするために、音の「豊かな表現」の要素を基準として既存の楽器を分類する。これは、本研究におけるインタフェース考察において、楽器の特徴に応じたインタフェースの考察の足がかりになる。さらに、この分類は豊かな表現(演奏表情)に関する研究全般のための指標として扱うことが出来ると考えられる。

豊かな表現の研究のための楽器分類は、以下の4つによって構成される(図2)。ここで用いる分類用語は、本分類のための独自用語として用いる。また、例に上げる楽器



図 2 豊かな表現の研究のための楽器分類概要

は特殊な奏法や道具によって他の要素を扱える場合があるが、ここでは一般的な奏法による表現のみを扱う。

5.1 打楽器類

打楽器類は「音の強弱」と「発音の間隔」のみを扱える楽器を指す。ドラムなどのパーカッションのほか、ピアノ、木琴、鉄筋などが含まれる。

5.2 管楽器類

管楽器類は「音の強弱」、「発音の間隔」に加えて「音量の変化」と「音程の変化」を扱える楽器を指す。一般的に空気によって発音されるサックスやアコーディオンなどが含まれる。

5.3 弦楽器類

弦楽器類は「音の強弱」、「発音の間隔」に加えて「音程の変化」と「音色の変化」を扱える楽器を指す。一般的に弦を弾いた振動によって発音されるギターや三味線などが含まれる。

5.4 複合楽器類

複合楽器は音の「豊かな表現」の要素の全てである「音の強弱」、「発音の間隔」、「音量の変化」、「音程の変化」、「音色の変化」を扱える楽器を指す。無段階な音程操作が可能な管楽器であるトロンボーンや、弦を擦ることによって無段階な音量操作が可能なバイオリン、また電気信号によって発音する電子楽器などが含まれる。

これらの分類は、それぞれにおいて演奏表情付け研究や豊かな表現に着目した演奏装置の研究の足がかりにできる。

6. 「だれでもソロイスト Proto」の開発と評価

本研究では、この中から弦楽器類に注目して研究を行った。正しい音階の演奏をシステムによって支援し、弦楽器類にて表現される「音の強弱」、「発音の間隔」、「音程の変化」の表現を容易に行える演奏装置として「だれでもソロイスト Proto」を開発した。

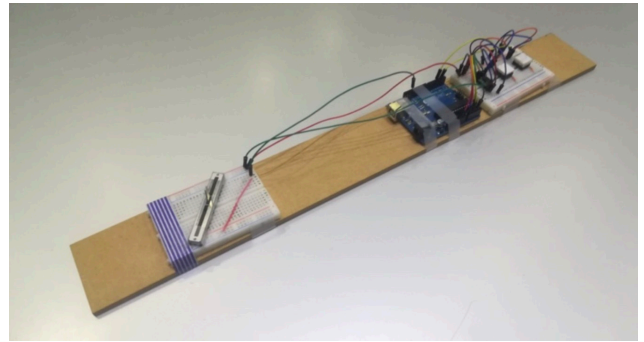


図 3 「だれでもソロイスト Proto」

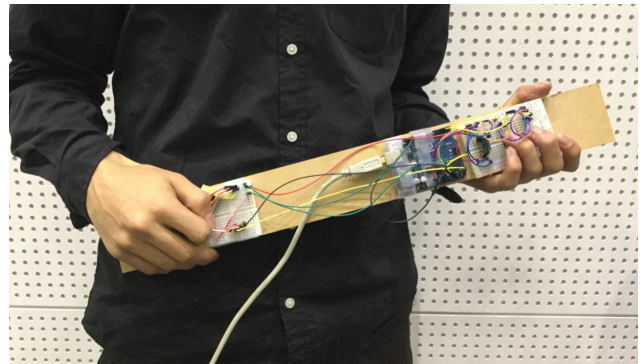


図 4 「だれでもソロイスト Proto」で演奏する様子

6.1 「だれでもソロイスト Proto」概要

図 3 が開発した「だれでもソロイスト Proto」である。使用者は、図 4 のようにボタン部（右上）を左手、スライダ部（左下）を右手に持つ。そして、左手でいずれかのボタンを任意のタイミングで押すことで予め設定された旋律が自動で再現される。また、筐体の傾きで「音程の変化」、右手のスライダで「音の強弱」を入力できる。「音程の変化」の操作は発音時の筐体の傾きを基準として、右手のボタンを押しながら左手を上げると音程が上がり、左手を下げると音程が下がるというものである。「音の強弱」はスライダの絶対位置によって入力する。

6.2 「だれでもソロイスト Proto」システム構成

「だれでもソロイスト Proto」は筐体のみで構成されており、PC に接続することで USB ケーブルを介して MIDI 信号を送信することが出来る。図 5 は「だれでもソロイスト Proto」のシステム構成図。

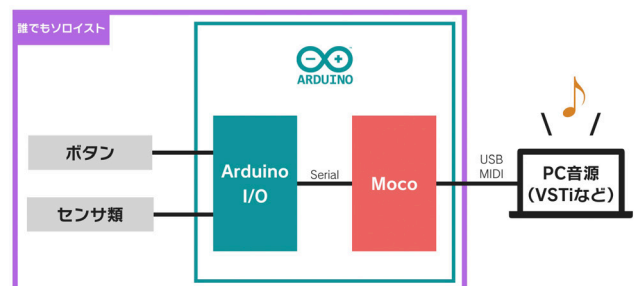


図 5 「だれでもソロイスト Proto」システム構成図

ト Proto」のシステム構成図である。「だれでもソロイスト Proto」は各種センサと Arduino を用いて実装した。センサはボタン、スライダ、加速度センサを用いており、これらの情報を Arduino によって管理する。Arduino 本体内部に Moco という変換プログラムを設置することで、センサ群の数値を元に MIDI 信号を送信し、受信したデバイスが MIDI 信号をもとに発音する。

また、単純にセンサ群を接続すると、ボタンを押した際の衝撃に加速度センサが反応してしまい音程が大きくなり外れてしまう問題が発生した。そこで、プログラム上でローパスフィルタを実装しノイズを軽減することでこの問題を解消した。

6.3 「だれでもソロイスト Proto」評価

「だれでもソロイスト Proto」の有用性の評価のため、音楽を好んで鑑賞する大学生 12 名を対象に評価実験を行った。被験者に「だれでもソロイスト Proto」の操作方法を説明し、3 分間の練習時間を設けた後、本演奏を行わせた。楽曲は有名かつリズムが単純なギター楽曲「1090 ～Thousand Dreams」を用いた。本演奏にて演奏された音と発話を記録し、その後インタビューを行った。「だれでもソロイスト Proto」は MacBook に接続して使用した。MIDI 信号によって発音する音はエレキギターの音を用いた。エレキギターの音は、MacBook でデジタル・オーディオ・ワークステーション (DAW) [8] を起動し、ギター音源 [9] とエフェクタ [10] を入力し再現した。インタビューでは、「演奏したというインタラクションを感じるか」、それぞれのセンサについて「意図通りの演奏を行えたか」、「演奏や操作でどのような問題点があったか」を主に調査した。

その結果、12 名中 12 名から「演奏したというインタラクションを感じる」、12 名中 11 名から「意図通りの演奏を行えた」といった評価を得られた。また、ボタンによる「発音の間隔」の入力、筐体の傾きによる「音程の変化」の入力は直感的に操作できたという意見が多く見られた。

しかし、このプロトタイプは発音直前の「音程の変化」に対応できていないことがわかった。また、参加者のスライダの操作に難しいという意見が少なかったことから、使用していたスライダを用いることで「音量の変化」を容易に操作できると考えられる。

また、本演奏にて記録した演奏を評価実験に参加していない大学生 6 名に鑑賞させ、「豊かな表現を感じるかどうか」「上手な演奏であるか」について 5 段階評価 (1 5) のアンケートを行った。その結果、それぞれの平均は「豊かな表現を感じるかどうか」が 4.16, 「上手な演奏であるか」が 3.67 であった。

7. 本制作「だれでもソロイスト G」

「だれでもソロイスト Proto」の評価実験において、弦

楽器類では操作されない要素である「音量の変化」が容易に操作できる可能性を発見した。そこで、現在「だれでもソロイスト Proto」の欠陥を修正しつつ、複合楽器類に対応した演奏装置として「だれでもソロイスト G」の制作を行っている。実際に演奏装置として扱えるような機能と外装を実装し、Interaction2019 にてデモを行う。”弦”楽器類を参考に制作しているため、「G」と命名した。

7.1 「だれでもソロイスト G」概要

「だれでもソロイスト G」の基本的な操作方法と構造は「だれでもソロイスト Proto」と同じである。「だれでもソロイスト Proto」との差異は以下のとおりである。

7.1.1 「音量の変化」の入力の対応

「だれでもソロイスト Proto」ではスライダで「音の強弱」を入力していたが、そのスライダを用いて「音量の変化」の入力に対応する。送信する MIDI 信号は、「音の強弱」は「Velocity」, 「音量の変化」は「Expression」とし、これらを Arduino から制御する。

7.1.2 インタフェースの改善

図 6 は「だれでもソロイスト G」で使用するセンサ郡である。「だれでもソロイスト Proto」において、発音直前の「音程の変化」に対応できないという欠陥があった。この原因は「音程の変化」を操作する筐体の傾きの入力が発音時を基準とした相対的なもののみであることである。そこで、ジョイスティックによる絶対的な入力インタフェースを追加し、筐体の傾きとの両方で「音程の変化」を制御できるよう開発する。

また、「だれでもソロイスト Proto」は筐体の操作で楽曲の変更が行えなかった。そこで、「だれでもソロイスト G」では切り替えるためのロータリエンコーダと情報を表示する 7 セグメントディスプレイを追加し、機能を開発する。

7.1.3 立体デザイン

「だれでもソロイスト Proto」では、マイクロコンピュータやセンサ群を板に貼り付けたのみの簡略的なものを制作した。「だれでもソロイスト G」は演奏装置として扱いやすく、かつ使いたくなるような形状にデザインして制作す

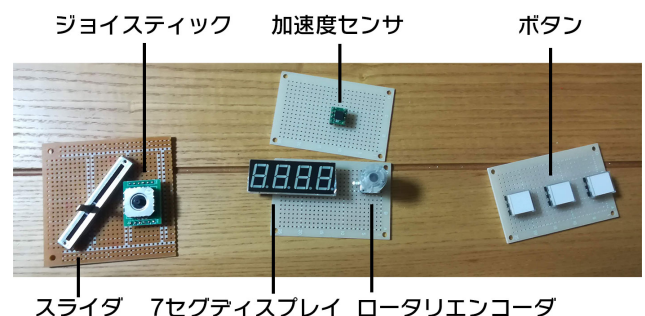


図 6 「だれでもソロイスト G」で使用するセンサ郡



図 7 「だれでもソロイスト G」造形プロトタイプの一例

る。制作にはスタイロフォームで形状を作成しパテで硬化させる手法を用いる。現在、立体デザインのプロトタイプとして図 7 などを制作している。形状の決定後、内部を削りマイクロコンピュータやセンサを設置する。

7.2 「だれでもソロイスト G」評価

「だれでもソロイスト G」の評価項目は、以下の 3 点を予定している。

- 演奏者が演奏したというインタラクションを感じるか
- 演奏者が意図通りの演奏を行えるかどうか
- 第三者が演奏を聞いて豊かな表現を感じるかどうか

これらを検証するため、12 名の演奏とその様子を記録し、演奏者へのインタビューと第三者による演奏データの評価を予定している。

8. 今後の展望

8.1 J5 による設定の簡略化

現状のシステムでは機能の変更や楽曲の変更を行うためには Arduino 内部のプログラムをその都度書き換える必要があるため、音源によって多様な音色の変化の設定が困難である。そこで、Arduino 内部のプログラムを書き換えることなくコンピュータ内のプログラムで制御できる技術「Johnny-Five」を用いた再設計を検討している (図 8)。従来の Moco 式に比べ、コンピュータ側でソフトウェアを立ち上げる負担が発生するものの、発展性や設定の自由度の向上が見込まれる。

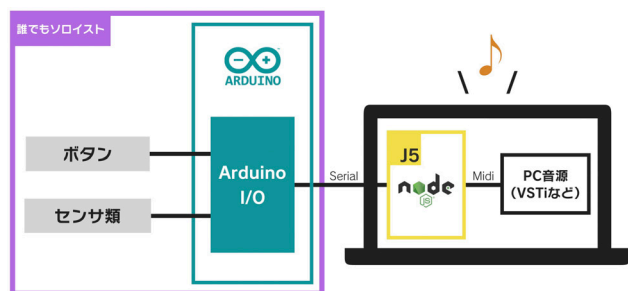


図 8 Johnny-Five を用いた場合のシステム構成図

8.2 「だれでもソロイスト K」の開発

本研究では音符記号に基づく発音をシステムが行い、演奏者が音に変化をつける行為に専念できる演奏装置という目標に対して弦楽器類からアプローチした。そして、本論文で弦楽器類から提案した「だれでもソロイスト G」は「音程の変化」が直感的に行える演奏装置である。しかし、豊かな表現の研究のための楽器分類における管楽器類もまたこの目標に対するアプローチとなりうる。すなわち、管楽器類から提案した「だれでもソロイスト K」は「音量の変化」をより直感的に行える装置が実装できると考えられる。

9. まとめ

演奏は楽譜の音符記号に基づいて発音し、演奏記号を解釈して音に変化をつけ、楽曲を再現する行為である。そして、楽譜の音符記号に基づいた発音のためには様々な演奏技術が求められるため、楽器演奏そのものが難しく敷居の高いものであった。しかし、誰もが直感的に行える「演奏」である「歌唱」のためのカラオケが広く普及していることから、難易度の低い楽器の演奏体験が有用であることは明らかである。そこで本研究では、正しい音階の演奏を支援することで音量などを表現する演奏に集中し楽しめる演奏装置のインタフェースについて研究を行ってきた。その結果、特別な技術を持たないユーザが豊かな表現を含む意図する演奏を行えるプロトタイプが開発できた。

ただし、本研究で提案する演奏装置は、従来の楽器より単純ではあるものの演奏技術が求められる。演奏者は、少なくとも演奏する旋律のリズムを記憶し、そのリズムに合わせてボタンを押しつつデバイスを傾けたりスライドを操作したりする必要がある。これらより、使用者によって演奏の質に差が生まれ、評価実験に置いても演奏しているというインタラクションを強く感じられたと考えられる。

本研究では、そういった演奏装置を考察する足がかりを示しつつ、弦楽器の特徴を持つ音に対応した演奏装置「だれでもソロイスト Proto」を制作し、有用性を確認した。さらに、現在全ての旋律を奏でる楽器に対応した演奏装置「だれでもソロイスト G」を開発している。

参考文献

- [1] JAPAN, K.: KAOSILATOR PRO+, (online), available from https://www.korg.com/jp/products/dj/kaossilator_pro_plus/ (visited on 2018-12-20).
- [2] Kanebako, J.: Mountain Guitar, (online), available from http://kanejun.com/works_mg.html (visited on 2018-12-20).
- [3] Fukuya, Y., Takegawa, Y. and Yanagi, H.: International Computer Music Conference Proceedings, Vol. 2013 (online), available from <http://hdl.handle.net/2027/spo.bbp2372.2013.007> (2013).
- [4] ROLI: Seaboard RISE, (online), available from <https://www.mi7.co.jp/products/roli/seaboardrise/> (visited on 2018-12-20).

- [5] 谷井章夫, 片寄晴弘: 音楽知識と技能を補うピアノ演奏システム”INSPIRATION”, 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No. 2, pp. 256–259 (オンライン), 入手先 (<https://ci.nii.ac.jp/naid/110002726176/>) (2002).
- [6] 大島千佳, 宮川洋平, 西本一志: Coloring - in Piano : 表情付けに専念できるピアノの提案, 情報処理学会研究報告音楽情報科学 (MUS), Vol. 2001, No. 103, pp. 69–74 (オンライン), 入手先 (<http://ci.nii.ac.jp/naid/110002935768/ja/>) (2001).
- [7] 川島奨大, 柳英克, 美馬義亮: コンピュータ・ミュージックを豊かな表現にするための入力支援システムの提案, *IPSJ Interaction 2018*, pp. 732–735 (オンライン), 入手先 (<http://www.interaction-ipsj.org/proceedings/2018/data/pdf/2B52.pdf>) (2018).
- [8] Cockos: REAPER — Old Versions, (online), available from (<https://www.cockos.com/reaper/download-old.php?ver=0x>) (visited on 2018-12-20).
- [9] AMPLESPUND: Ample Guitar P II, (online), available from (<https://www.amplesound.net/en/pro-pd.asp?id=3>) (visited on 2018-12-20).
- [10] Native Instruments: Komplete : ギター : Guitar Rig 5 Player, (オンライン), 入手先 (<https://www.native-instruments.com/jp/products/komplete/guitar/guitar-rig-5-player/>) (visited on 2018-12-20).