

## エレクトリックベース中級者の支援に向けた演奏特徴の抽出と評価 Study and evaluation of performance feature extraction method for intermediate electric bass players.

山脇 稜平<sup>†</sup> 奥村 健太<sup>†</sup>  
Ryohei Yamawaki Kenta Okumura

### 1. はじめに

基本的な演奏フォームを習得した中級者が、理想とする演奏との差異を把握するには、第三者からのフィードバックを受けることが重要である。演奏者はフィードバックを受けることで、理想とする演奏との差分を確認し、技術の向上に役立てることができる。しかし、ピアノやギターといった楽器と比べて、演奏人口が少ないエレクトリックベースではそのようなフィードバックを得られる機会がほかの楽器に比べて限られるため、効率的な技術向上が困難になりやすい。

フィードバックを得る代表的な方法として、特定の講師に師事するケースが挙げられる。この方法では、楽曲の音楽的要素を把握した上でのメタな視点からの指摘が行われるため、演奏者にとって新しい気づきが得られる一方で、指導内容は主観に基づいており、演奏者と指導者の相性や継続するためのコストが懸念点となる。これに対し近年では、デジタルサービスを用いた事例 [1] [2] が存在する。この方法では、客観的なフィードバックが得られ、相性やコストの懸念点が解消される一方で、対人で得られるような音楽的観点に基づく指摘を得るのは困難となる。

以上の現状を踏まえ、本研究では、エレクトリックベース中級者の支援に着目して、演奏指示に対する実演奏との間の微細な差異を抽出し、表現に含まれる特定の傾向やばらつきを定量的に評価可能な枠組みを提案することを目標に設定する。本稿ではそれに先立ち、特定の練習曲の演奏特徴の抽出アルゴリズムの実装ならびに、演奏指示との間で抽出された差分に基づく評価手法の検討を行う。

### 2. 提案手法

#### 2.1 演奏特徴の抽出

本研究における演奏特徴は、演奏指示に対する実演奏のタイミングやダイナミクスの差分で表わされる。本研究の目的においては、この差分を可能な限り小さくすることを、演奏技術の向上と位置付けることができる。差分を取得するためには、演奏指示と実演奏を計算機上で直接比較可能な形に変換する必要がある。

演奏指示については、一般的に MusicXML などの楽譜用組版フォーマットを用いて、計算機上で演奏指示を表現することが可能であるが、演奏内容と直接比較を行うことは困難である。一方、実演奏のデータを取得する方法としては、計算機上で表現できる音響信号を用いる方法が考えられる。この手法では、演奏を容易に取得することができるため、既存の事例 [1] [2] でも採用されている。しかし、音響信号は、演奏者の楽器や環境に対する依存性が高く、タ

<sup>†</sup> 名古屋国際工科専門職大学 International Professional University in Nagoya

イミングやダイナミクスの観点で、精密な特徴抽出を安定的に行うことが難しい。

上記の問題を踏まえ、本研究では、MIDI を用いて演奏特徴の抽出を行う。演奏指示の視点からは、楽譜の情報は一部欠落するものの、実演奏との比較を行うために必要な情報を保持することができる。また、実演奏の視点からは、専用の装置や特定のソフトウェアを用いることで、精密な特徴抽出を安定的に行うことができる。すなわち、演奏指示と実演奏のノートイベントの **on**, **off**, **velocity** を比較することで、両者のずれを定量的に抽出することができる。

#### 2.2 演奏特徴の評価

演奏を評価するため、演奏指示と実演奏から取得した MIDI データの比較を行う。MIDI データのノートナンバー・ノートオン・ノートオフの値を用いて、動的計画法によるマッチングを行い、演奏指示と紐づく実演奏の MIDI データを特定する。これにより、演奏指示の全ての音符と実演奏の音符を 1 対 1 で対応づけることができる。なお、実験機材の影響により、本人が意図しないノートイベントが余分に記録されることがあるが、それらは動的計画法を用いることでマッチング対象から除外される。

##### 2.2.1 逸脱量の測定

対応づけを行った後、演奏特徴の評価を実施する。音符ごとに下記の 3 種類の要素についての逸脱量を抽出する。

###### $D_N$ (Note on deviation)

両者のノートオンイベントの MIDI tick の差分を求め、課題曲の BPM を元に秒単位に変換する。

###### $D_F$ (Note off deviation)

両者のノートオフイベントに、 $D_N$  と同様の処理を行う。

###### $D_V$ (Velocity deviation)

各音符について、実演奏データ全体のノートオンベロシティの平均値に対する差分を求めると。

##### 2.2.2 評価

求めた 3 つの特徴について、演奏評価を行う。演奏評価を行うにあたり、シグモイド関数を変形した下記の関数を使用する。

$$y = \frac{a}{1 + e^{\frac{-b(x+c)}{d}}} \quad (x < 0) \quad (1)$$

$$y = \frac{a}{1 + e^{\frac{-b(-x+c)}{d}}} \quad (x \geq 0) \quad (2)$$

$x$  は入力となる逸脱量、 $y$  は出力となる評価点を表す。 $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$  は定数であり、この値を変更することで、同一の課題曲であっても難易度を自由に調整することができる。これらの定数は、ユーザの演奏に対して適切な値が出力されるよう、調整する必要がある。

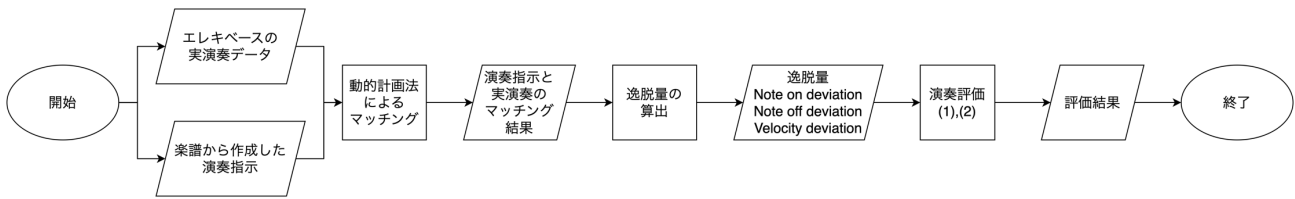


図 1. システム概要図



図 2. 演奏フレーズ

### 3. 実験

#### 3.1 実験条件

今回、提案する評価システムの概要図を図 1 に示す。本システムでは、エレクトリックベースの実演奏の MIDI データを取得するため、ローランドの GM 800 ギターシンセサイザー [3] とベース用の GK-5B ディバイデッドピックアップを使用した。また、演奏対象とする楽譜を図 2 に示す。これは、エレクトリックベース教本 [4] に記されていた C メジャースケールの楽譜を参考に作成し、BPM は 80 とした。今回の実験ではこの楽譜通りの MIDI データを作成し、演奏指示として扱う。次に実演奏と演奏指示の MIDI データを用いて、動的計画法アルゴリズムを実行し、最適な音符の組み合わせを発見する。このマッチング結果から、前述した 3 種類の逸脱量を算出し、演奏評価を行い、結果を出力する。演奏評価は音符単位で実施される。各音符の  $D_N$ 、 $D_F$ 、 $D_V$  を評価関数に入力し、点数を出力する。

既存研究 [5] では、プロの演奏者の感覚では、演奏者間の音のずれは、30 ミリ秒から 50 ミリ秒に収まっているとされている。これを受け、今回は演奏の評価関数(1)、(2)の定数を、 $a=100$ 、 $b=100$ 、 $c=50$ 、 $d=1000$  に設定した。これらの値を用いることで、満点を 100 として、50 ミリ秒の逸脱で約 50 点、30 ミリ秒の逸脱で約 90 点を出力する。また、今回は機材による入力遅延に対応するため、一音目をタイミングの基点とした。これにより一音目の  $D_N$  評価点は必ず満点になるため、演奏評価の指標からは除外される。

#### 3.2 実験結果

本稿では、ある利用者のシステム利用例を通じて、提案の有効性について考察を行う。まず利用者は、図 2 の楽譜を見ながら演奏を行った。この楽譜の内容は図 3 (a) のように変換され、マッチングの基準となる。

この演奏を  $D_N$  について分析・評価した結果 (図 3 (b)) から、3~5 音目や 14~16 音目の点数が特に低いことが読み取れる。演奏者は、その問題点に着目し、発音タイミングの改善を意識した練習を行った。

練習を行った後、再度演奏データを入力し、評価を行った結果を図 3 (c) に示す。この実験結果から、練習の前後で、 $D_N$  の評価点が向上していることが確認できる。これは図 3 (a)、(c) のピアノロールを比較して、ノートオンタイミングのずれが見られないことから読み取れる。一方で、ノートオフタイミングについては、いくつかの大きなずれが見られる。また、ノートオンベロシティについても、ピアノロールの色合いから、ばらつきが確認できる。そのため、



(a) 演奏指示



(b) 練習前評価結果

図 3. 演奏指示と実演奏の  $D_N$  比較

$D_F$ 、 $D_V$  については、このときの演奏者が  $D_N$  以外の要素に対し十分に意識を払えていなかったと考えられる。

### 4. おわりに

本稿では、実験を 1 巡分しか示せていないため、確認できたのは  $D_N$  についての改善のみである。しかしシステムは既に、 $D_F$  や  $D_V$  についての評価点を算出できているため、利用者はその値を参照することができる。このような実験過程を繰り返すことで、演奏者は課題曲の上達に向けた改善を、システムと対話しながら行うことができる。つまり、1 節で触れた、既存のフィードバック獲得方法の利点を部分的に有しているといえる。

また、今回は有償のハードウェアを用いた複雑な実験環境を使用しているが、ソフトウェアを用いて代替する試み [6] も進んでおり、コストの削減とシステムの導入や日々の利用にかかる手間の削減も見込める。

今後は、楽譜の分析を行うことで、楽曲構造の考慮を可能にし、音楽的な観点を裏づけた改善指示を出力することを目指す。これにより、既存のデジタルサービスにない特性を備えることができると考えている。

#### 参考文献

- [1] Yousician, <https://yousician.com/> (2024-06-14).
- [2] Rock Smith+, <https://www.ubisoft.com/ja-jp/game/rocksmith/plus> (2024-06-14).
- [3] GM800, <https://www.boss.info/jp/products/gm-800/> (2024-06-14).
- [4] 板谷直樹, “一生使えるベース基礎トレ本 ベーシストのためのハノン”, リットーミュージック(2009).
- [5] 河瀬 諭, “合奏における演奏者間コミュニケーション”, 心理学評論, Vol.57, No.4 (2014).
- [6] MIDI Bass, <https://www.jamorigin.com/products/midi-bass/> (2024-06-14).