

# 基本周波数の時間変動を用いたエレキギターの ビブラート奏法の判定

宮垣 拓弘<sup>1,a)</sup> 西野 隆典<sup>1,b)</sup> 成瀬 央<sup>1,c)</sup>

**概要**：楽器演奏信号の分析は音高推定だけでなく、演奏技法の推定も行うことで、元の信号をより忠実に再現できると考えられる。そこで本研究では、エレキギターの奏法の一つであるビブラート奏法の判定について検討する。ビブラートは目標音高を中心として音高を変動させる奏法であるため、提案手法では基本周波数の時間変動を手掛かりとして奏法の判定を行う。基本周波数の推定は TANDEM-STRAIGHT を用いて行い、基本周波数の時間変動と判定対象音の平均周波数の交差、判定対象音の周波数の変動幅といった特徴を用いて判定を行った。5名の被験者による演奏信号を収録し評価実験を行った結果、4名の被験者のデータに対してはビブラート奏法で演奏した音と通常の奏法で演奏した音との区別が可能である事が確認できた。

## 1. はじめに

音楽信号の分析に関する研究には、演奏された信号をもとに楽譜を再現しようとする自動採譜技術の研究が多くなされている [1][2]。ここで、音高推定に加え演奏方法の推定が可能となることで、演奏信号をより高度に分析でき、分析結果を用いた演奏の再現の忠実度が向上すると考えられる。奏法推定の研究として、文献 [3][4] では、Wavelet 解析を用いたエレキベースの指弾き、ピック弾き、といった奏法を推定する試みを行っている。これら先行研究 [3][4] の課題としては、音高を変動させる奏法の推定が未検討であることが挙げられる。音高を変動させる奏法には、楽器の種類により様々な奏法があり、ビブラート奏法やチョーキング奏法などが表現方法として用いられる。この中でビブラートは、弦楽器や歌唱において音高の揺らぎを表現するのに用いられ、歌唱のビブラート判定に対する研究も行われている [5][6]。

そこで本研究では、先行研究 [3][4] では扱われていない、エレキギターの奏法推定について検討する。エレキギターの奏法には単音、和音を含め、多種多様な演奏技法が存在するが、本報告では特にビブラート奏法について、基本周波数の時間変動をもとにした推定手法を提案し、評価を行う。

## 2. 提案手法

エレキギターのビブラートの推定アルゴリズムには文献 [3] の歌唱におけるビブラートの特徴量の検出アルゴリズムを参考にし、ビブラートの速さ（音高の揺らぎが一回起こる際にかかる時間）、ビブラートの変調幅（周波数の変動の幅）の上限周波数、下限周波数といったパラメータを考えた。また、判定する対象音から基本周波数の時間変動、平均周波数、一揺らぎあたりの最大変調幅といった値を抽出した。なお、判定する音はフレーズ単位ではなく、一音ずつに分解したものを対象音とした。

### 2.1 特徴量抽出

#### (1) 基本周波数の時間変動

対象音の基本周波数の時間変動は TANDEM-STRAIGHT[7] で求めた。また、基本周波数の時間変動の抽出を行った後に、5点 (2.5[ms]) の移動平均フィルタによる平滑化を行った。

#### (2) 平均周波数

ビブラートは目標音高を中心として音高を変動させる奏法であるため、この目標音高を推定する必要がある。そのため、平滑化を行った後の基本周波数の時間変動を一定区間で平均することで目標音高を決定する。時刻  $t$  の時の基本周波数を  $f(t)$  として、平均周波数  $f_{\text{avg}}$  を式 (1) で算出した。

$$f_{\text{avg}} = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^N f(t) \quad [\text{Hz}] \quad (1)$$

<sup>1</sup> 三重大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Mie University

a) miyagaki@pa.info.mie-u.ac.jp  
b) nishino@pa.info.mie-u.ac.jp  
c) naruse@pa.info.mie-u.ac.jp

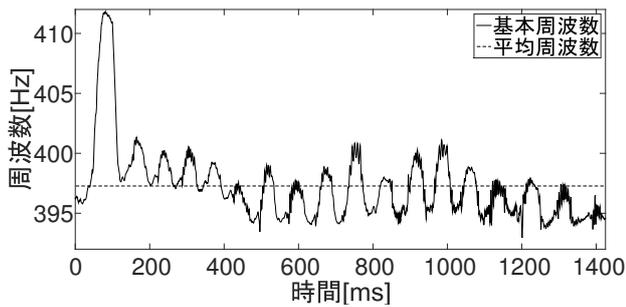


図 1 基本周波数の時間変動と平均周波数の例

ここで  $N$  は分析信号の時間長を表す．対象音の基本周波数の時間変動と，平均周波数を算出した例を図 1 に示す．

### (3) 一揺らぎあたりの最大変調幅

ビブラートの速さである音高の揺らぎの一周期分の時間長を時間幅  $T$  として，対象音の基本周波数の時間変動を時間幅ごとに分析する．時間幅を 0.5 [ms] ごとにずらし，その各時間幅内の最大周波数と最小周波数を抽出する．時間幅内の最大周波数と最小周波数の音高の差を最大変調幅とし，式 (2) を用いることで一揺らぎあたりの最大変調幅  $E_{\max}$  を算出する．

$$E_{\max} = 1200 \log_2 \left( \frac{f_{\max}}{f_{\min}} \right) \quad [\text{cent}] \quad (2)$$

ここで  $f_{\max}$  は時間幅内の最大周波数， $f_{\min}$  は時間幅内の最小周波数である．

## 2.2 ビブラート推定アルゴリズム

抽出した特徴量と，時間幅ごとの対象音の基本周波数の時間変動を見ていくことで対象音のビブラートの推定を行う．各時間幅の最大変調幅  $E_{\max}$  が，式 (3) を満たしこの区間での周波数の変動が，対象音の平均周波数  $f_{\text{avg}}$  と交差している場合に，その時間幅区間においてビブラートであると判定した．

$$C_{\min} \leq E_{\max} \leq C_{\max} \quad (3)$$

ここで， $C_{\min}$  と  $C_{\max}$  はそれぞれ変調幅の上限値，下限値を表している．また，今回はビブラートと判定された区間を 1，そうでない区間を 0 といった二値に区別した．対象音全体の時間とビブラートと判定された時間から，対象音全体の時間に対するビブラートの割合を算出し，50% を閾値として，割合が閾値以上であれば対象音をビブラートと判定した．

## 3. 評価実験

### 3.1 実験条件

エレキギター音の収録を行い，ビブラート推定アルゴリズムの評価を行った．エレキギターをオーディオインタフェイス (BOSS GT-10) を介して PC に繋ぎ，サンプリ

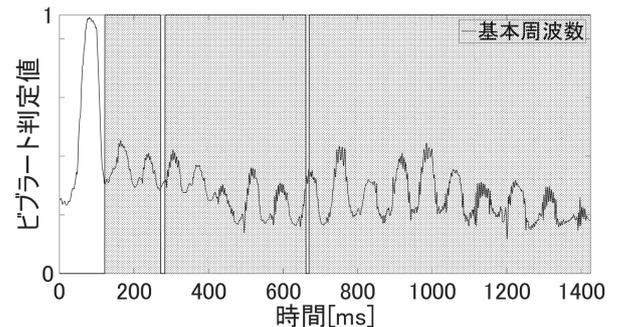


図 2 ビブラート区間を算出した例

ング周波数 44100 [Hz]，量子化ビット数 16 [bit]，という条件で単一の音を収録した．被験者は楽器演奏経験が有る 5 名であり，それぞれ被験者 A～E とした．被験者にはオクターブ違いの三つの単音 (G3, G4, G5) を，クリーン，歪の二種類の音色，かつそれぞれ通常の奏法，ビブラート奏法，の二種類の奏法で演奏を行ってもらった．音色のクリーンとはエレキギターから出力される信号に何も手を加えていない状態を表し，歪とはエレキギターから出力される信号に処理を施し，音色を意図的に歪ませたものを表している．今回は，BOSS GT-10 の OD/DS と PREAMP を利用して音色を歪ませた．

評価実験を行う際に，パラメータとして設定されるビブラートの速さ  $T$  を 150 [ms]，ビブラートの変調幅の上限  $C_{\max}$  を 125 [cent]，下限  $C_{\min}$  を 15 [cent] とした．これらの値は各被験者に演奏してもらったビブラート音の速さ，最大変調幅を参考にして決定した．

### 3.2 実験結果と考察

図 1 で示した対象音に対して提案手法を適用した結果を図 2 に示す．図 2 より，演奏の 80.4 [%] の区間がビブラートと判定されており，この対象音がビブラート奏法で演奏されたものであると正しく判定されている．

続いて，各被験者の収録音にビブラート推定アルゴリズムを適用し，判定されたビブラートの割合をまとめた結果を表 1 に示す．被験者 A, B は全て正解，D, E は 2/3 が正解であったが，C は全て誤った．被験者 C のビブラート音の割合，正解率共に極端に低くなってしまっているが，これは被験者 C のビブラートの変調幅が低く，定めた変調幅の下限に達しなかったことが原因である．図 3 に被験者 C のクリーンのビブラート音 (G3) の基本周波数の時間変動を示す．また，図 4 に最も判定の割合が高かった被験者 A のクリーンのビブラート音 (G3) の基本周波数の時間変動を比較として示す．図 3，図 4 より，被験者 A と比べて被験者 C のビブラート音は周波数の変動が小さいということが確認でき，今回設定した変調幅の上限値，下限値では判定できなかったと考えられる．また，被験者 E のビブラートの割合が低い箇所は，ビブラート奏法が正しく行われな

かったことが原因であった。音色がクリーンの場合では、音高が低いものほどビブラートの検出割合が高くなる傾向があるが、歪の場合ではこのような傾向はみられなかった。これらの事をふまえると今回提案したビブラート推定アルゴリズムは、変調幅の上限値、下限値を適切に設定することで、ビブラート音と通常の奏法が区別可能となると考えられるが、被験者間での差も存在することから、被験者に応じたパラメータ設定の方法も検討する必要がある。

#### 4. おわりに

本報告ではエレキギターの奏法の一つであるビブラート奏法を判定する手法として、基本周波数の時間変動に着目した手法を提案した。実験結果から、被験者5名のうち4名の通常の演奏とビブラート演奏の区別が可能であったことから、提案手法によるビブラートの判定は有効に機能していると考えられる。しかし、被験者Cの正解率は他の被験者の結果と比較し著しく低い結果となった。この問題については、被験者あたりの収録や被験者数を増やし、より多くのビブラート音を分析対象とすることで解決を図る。また、今回はビブラート奏法と通常の奏法といった二つの奏法の区別を行ったが、実際のエレキギターの演奏においてはこれらの演奏技法だけではなく、単音に加えて和音を使った演奏技法も存在することから、今後これらも考慮した奏法判別手法を考案することが必要である。

#### 参考文献

- [1] 亀岡弘和, 嵯峨山茂樹, “1. 多重音解析と自動採譜 (<特集> 音楽情報処理技術の最前線),” 情報処理 50(8), 711-716, 2009.
- [2] 落合和樹, 中野允裕, 小野順貴, 嵯峨山茂樹, “時間周波数分解能の異なるスペクトログラムの並列 NMF による多重音解析,” 情報処理学会研究報告. [音楽情報科学] 2011-MUS-91(5), 1-6, 2011.
- [3] 菊地淑晃, 後藤真孝, 村岡洋一, “ベースギターの自動採譜システム,” 情報処理学会 第52回全国大会, 5Z-7, 1996.
- [4] 三宅俊輔, 三浦雅展, “Wavelet 解析を用いたエレキベースソロ演奏のノート推定,” 音楽音響研究会資料, 29, 77-82, 2010.
- [5] 中野倫靖, 後藤真孝, 平賀譲, “楽譜情報を用いない歌唱自動評価手法,” 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 1, pp. 227 - 236, 2007.
- [6] 鈴木千文, 坂野秀樹, 旭健作, 板倉文忠, 森勢将雅, “歌唱音声における基本周波数とパワーの変動量を反映するビブラート特徴量の提案とその評価方法について,” 電子情報通信学会技術研究報告, SP2012-108, pp. 61-66, 2013.
- [7] H.Kawahara, M.Morise, T.Takahashi, R.Nisimura, T.Irino and H.Banno, “TANDEM-STRAIGHT: A temporally stable power spectral representation for periodic signals and applications to interference-free spectrum, f0, and aperiodicity estimation,” Proc, ICASSP 2008, pp.3933-3936, 2008.

表 1 ビブラートと判定された割合 [%]

| 被験者 | 奏法    | クリーン |      |      | 歪    |      |      |
|-----|-------|------|------|------|------|------|------|
|     |       | G3   | G4   | G5   | G3   | G4   | G5   |
| A   | 通常    | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 4.4  | 0.1  | 10.8 |
|     | ビブラート | 93.2 | 80.4 | 55.8 | 68.5 | 71.0 | 57.9 |
| B   | 通常    | 0.0  | 0.0  | 0.2  | 9.2  | 5.2  | 22.8 |
|     | ビブラート | 74.4 | 63.5 | 51.6 | 51.5 | 56.0 | 59.5 |
| C   | 通常    | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 4.6  | 1.4  | 10.9 |
|     | ビブラート | 15.5 | 0.1  | 0.0  | 29.9 | 4.5  | 13.4 |
| D   | 通常    | 0.0  | 0.0  | 0.0  | 0.8  | 0.0  | 0.0  |
|     | ビブラート | 83.8 | 54.1 | 35.7 | 55.2 | 47.0 | 62.5 |
| E   | 通常    | 0.0  | 9.0  | 10.7 | 16.2 | 14.7 | 0.0  |
|     | ビブラート | 70.4 | 14.7 | 60.7 | 0.0  | 73.1 | 94.3 |

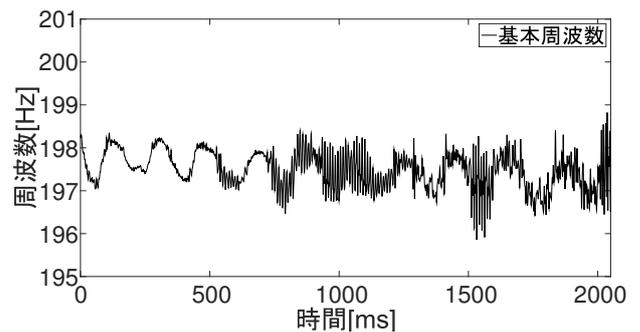


図 3 被験者 C の信号 (G3, クリーン, ビブラート)

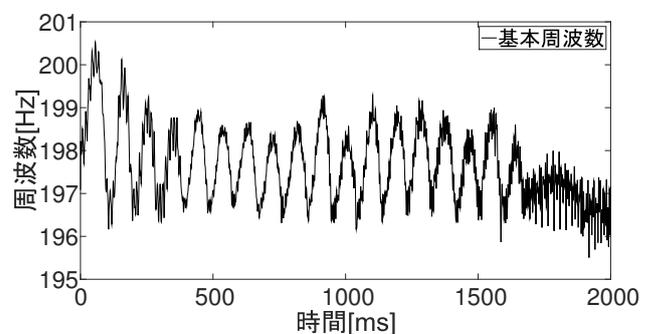


図 4 被験者 A の信号 (G3, クリーン, ビブラート)