

消音ギターの演奏音に対する臨場感付与

尾崎 雄大* 宮前 寛* 西島 恵介* 上ノ原 進吾* 古家 賢一*
(*大分大学)

1 はじめに

消音ギターは、通常のギター（本稿では以後生ギターと呼ぶ）のボディ部分を廃した楽器である。奏者はピックアップで拾った音をヘッドホン装着して演奏音を受聴する。生ギターであればボディ特性や部屋の響きによって音に変化するが、消音ギターの場合、音の広がりのない無機質な音に聞こえる。従来技術として消音ギターの出力に対して、ギターの音響特性や部屋の響きを電氣的に合成する方法が検討されているが、十分なギター音が再現できていない。本稿では、楽器音生成フィルタと頭部運動追従システムを使って、音の広がりや楽器の定位感を持たせ、通常のギターに近い音を実現することを目的とし、その実験結果を報告する。

2 楽器音生成フィルタ

奏者がギターらしい音と知覚するための要素として弦振動特性、放射音周波数特性、空間特性、両耳特性の4つがある。消音ギターの演奏音には放射音周波数特性、空間特性、両耳特性が含まれていない。この3つを加振器-マイク間放射音生成モデルを用いた楽器音生成フィルタ（以後 VM フィルタと呼ぶ）で再現することを試みる。図1にフィルタモデルの概略図を示す。加振機を使用して駒に Log-SS 信号を与え、ダミーヘッドの両耳に埋め込まれたマイクロホンまでのインパルス応答 [1] を測定し、それらを VM フィルタの係数とした。図2に測定環境、図3、4に左耳右耳それぞれのインパルス応答を示す。



図 1: VM フィルタ

2.1 倍音スペクトル距離の比較

VM フィルタの効果を調べるために、倍音スペクトルの距離を比較する。倍音スペクトル距離は (1) の式で定義する。

$$D = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=2}^{12} [20 \log_{10} \frac{|H(h_i)|}{|H'(h_i)|}]} \quad (1)$$

$H(h_i)$ は比較対象の i 倍音の振幅、 $H'(h_i)$ は基準となるマイクロホン出力の i 倍音の振幅を示す。単位は dB である。ギター等の楽器には倍音（ピーク）が存在し、距離が小さいほど放射音周波数特性が似ているといえる。

図の5に示す実験環境において、生ギターを基準とし、ピックアップ出力と提案手法の出力を比較した。図6に倍音スペクトルの測定結果を示す。生ギターとピックアップ



図 2: 測定環境

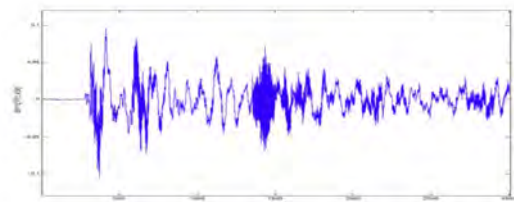


図 3: インパルス応答 左耳

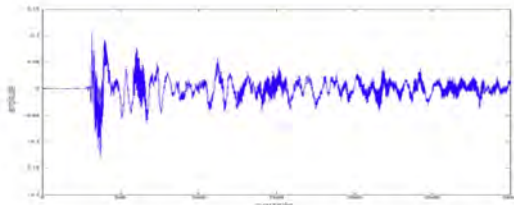


図 4: インパルス応答 右耳

出力が 20.6dB、生ギターと提案手法が 10.0dB となった。提案手法を用いた結果、生ギターに近づけることができた。

3 頭部運動追従リアルタイムシステム

消音ギターの弦を鳴らすと、ピックアップ出力に VM フィルタを畳み込む。しかし、両耳特性は頭の向きが変わると変化してしまう。そのため、頭部運動に追従する必要がある。頭部運動追従システム [2] の概略図を図7に示す。このシステムでは頭の向き 2 度間隔で左右それぞれ、± 60 度までの合計 122 個のフィルタを用いる。そして Kinect を用いて、頭の角度に対応するフィルタをリアルタイムで選択し、畳み込んで出力する。

3.1 主観評価

VM フィルタを消音ギターの出力に適用し、ヘッドホンから受聴すると生ギターを弾いているような音響特性を得られているか主観評価によって実験を行う。

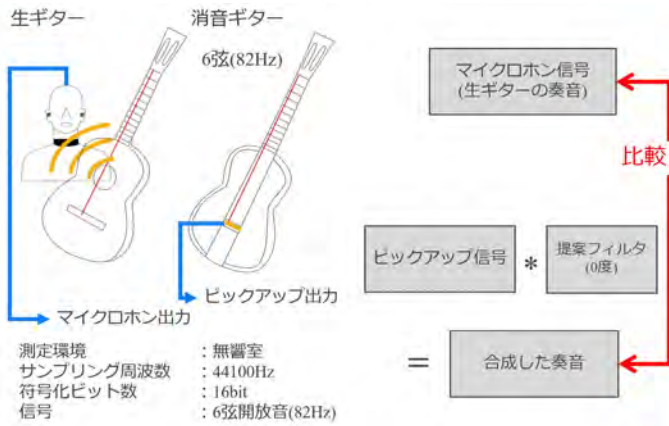


図 5: 実験環境

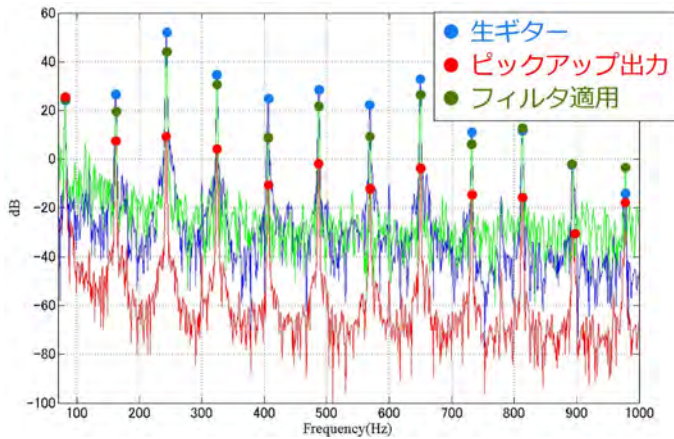


図 6: 倍音スペクトル

3.2 実験方法

実験にはシェッフェーの一対比較法(中屋の変法) [3] を用いて検定を行なう。比較対象として

- A:消音ギターのピックアップ出力
- B:消音ギター標準のリバープを適用
- C:頭部回転追従 VM フィルタを適用 (提案手法)
- D:VM フィルタ (フィルタは0度で固定) を適用

の4つのフィルタで比較する。比較対象は学生19名で行う。フィルタCとDが提案法であるが、フィルタCはVMフィルタの適用に加え、奏者の頭部運動に追従してフィルタを切り替えるものである。フィルタCのフィルタ長は500サンプルで、フィルタDは4000サンプルである。フィルタBについては、消音ギター内蔵のフィルタであるため分からない。設問は、「どちらが立体感(音の広がり)を感じるか」と「どちらがギターの定位を感じるか」の2つで、2つのフィルタを1組として比較して聴いてもらう。比較対象は4つなので、全部で6通りの比較を行う。

3.3 実験結果

実験結果を集計し、有意差検定を行った結果を示す。「どちらがギターの定位を感じるか」という設問に対し、検定を行った結果を図8に示す。この図は、1に近づくほど効果が大きく、-1に近づくほど効果が少ないと見る。Cの頭部回転追従VMフィルタを適用したものが最も値が高く、それ以外のフィルタの結果はほぼ同じであった。主効果に有意水準5%で有意差がみられた。有意差な差があったのは、CとA、CとB、CとDの3つのフィルタ間である。

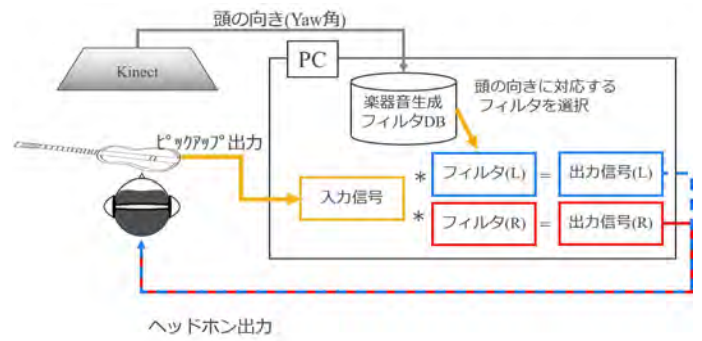


図 7: 頭部運動追従システム

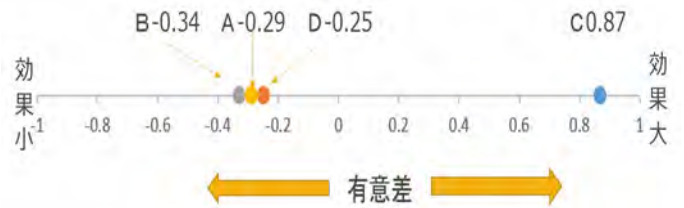


図 8: 定位感



図 9: 音の広がり

次に、「どちらが立体感(音の広がり)を感じるか」という設問に対する結果を図9に示す。主効果に有意水準5%で有意差がみられた。有意差な差があったのは、BとDのフィルタ間である。

4 おわりに

本稿では、放射音周波数特性、空間特性、両耳特性の3つを再現するフィルタをダミーヘッドを用いて設計した。実験の結果、消音ギターの奏音に対し提案したVMフィルタを適用することで、倍音スペクトル距離が10.6dB改善した。また主観実験においては、提案した頭部追従VMフィルタが最もギターの定位感のあるフィルタであるということがわかった。また、0度に固定したVMフィルタや頭部追従VMフィルタが、フィルタを適用しなかったものと比較すると立体感を感じる奏音となった。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費基盤研究(No.25350670, 16K00245, 15H02728)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] 佐藤史明, “室内音響インパルス応答の測定技術”, 日本音響学会誌 58 巻 10 号, pp.669-676, 2002.
- [2] 矢入聡, “頭部運動と聴覚ディスプレイのシステム遅延の関係に関する一考察”, 信学技報, pp.23-28 2005.8.
- [3] 中屋, “Scheffeの一対比較法の一変法”, 第11回日本科学技術連盟官能検査大会報文集, pp.1-12(1970).