

エレキギターのためのフィードバックブースタの試作

2012SE234 杉浦 至

指導教員 後藤 邦夫

1 はじめに

ギタリストは、エレキギターでの演奏をする際、フィードバック奏法を使うことがある。ギターアンプから大音量で出力された音声が、エレキギター本体の弦と共振することによって、フィードバックが発生する。しかし、フィードバックを発生させるには、大音量で演奏することが必要である。そこで、今までにも、fernandes sustiner, Vibesware E-bow, BOSS FB-2 等、小音量でフィードバックループを形成する商品が存在した。しかし、改良の余地があると考えている。

そのため、本研究では、エレキギターのボディ本体に振動スピーカでギターアンプの出力を戻し、弦に直接伝えることで、小音量でのフィードバック奏法を実現することを目標とした。

単に弦の出力を戻すだけでも、ある程度はフィードバック奏法の実現が可能だったが、より良い音色のため、イフェクトを施す。

2 フィードバックブースタの概要

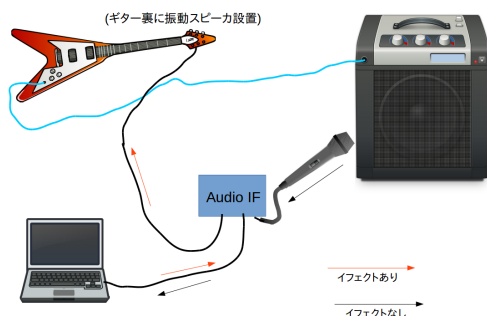


図1 システム構成図

ギターアンプから出力される音声を、マイクで集音する。その後、その信号は、PC と接続されているオーディオインターフェースに送られる。更にその信号は、PC の自作プログラムでイフェクト処理を施し、オーディオインターフェースに戻す。インターフェースに戻った音声は、ヘッドホン端子を利用して、ギターに装着した振動スピーカに戻り、ギターのネックの振動が弦に伝わる。PC 本体に送られた信号は Jack Audio[2] サウンドサーバー上で動作する自作プログラムを用意し、イフェクト処理を施す。イフェクトの詳細は、次節で説明する。このような流れを経て、イフェクト処理を施された信号は、振動スピーカに戻

される。

3 イフェクト

本研究で使用するイフェクトは、ピークイコライザ、コンプレッサー/リミッター、である。また、ピークイコライザ [1] に使用する、ピッチ検出プログラム [3] もここで説明する。PC に送られた音声はピッチ検出プログラムを通り、検出されたピッチ、そのオクターブ上の信号をピークイコライザによってブーストされ、コンプレッサーによって整え、出力される。ここから、各イフェクトのアルゴリズムを説明する。

3.1 ピークイコライザ

イコライザとは、音声信号の周波数特性を変更するエフェクトである。ここでは、ピッチ検出プログラムにおいて検出した基音のまわりの周波数をブーストする。本研究で用いるイコライザは、BiQuad 伝達関数を利用する。

- BiQuad 伝達関数

$$Y[n] = (b_0/a_0)x[n] + (b_1/a_0)x[n-1] + (b_2/a_0)x[n-2] - (a_1/a_0)y[n-1] - (a_2/a_0)y[n-2] \quad (1)$$

$x[n]$ が入力, $x[n-1]$ が 1 サンプル前の入力, $x[n-2]$ が同様に 2 サンプル前の入力, $y[n]$ が出力, $y[n-1]$ が 1 サンプル前の出力, $y[n-2]$ が同様に 2 サンプル前の出力である。この伝達関数の変数である, $a_0, a_1, a_2, b_0, b_1, b_2$ に決まった値を代入することによって, いろいろな種類のフィルタを作ることができる。本研究では, サンプリング周波数は 44100Hz, 中心周波数はピッチ検出で検出した周波数, dBGain, Q(ピークのとがり具合) は演奏時に変更を加えたい可能性があるので, 可変とした。これらを設定すると, peakingEQ に使用する変数が決まる。

また、イコライジング処理をするのに、直前 2 サンプルを必要とするので、その分だけレイテンシーが発生する。

3.2 コンプレッサー/リミッター

コンプレッサーは、ダイナミックレンジ圧縮を行い、音の粒を揃える効果がある．本研究ではイコライザを通った音声を整える役割を果たす．しきい値 (Threshold) を T_{db} 、圧縮比 (ratio) を $n:1$ として、サンプル単位で対数圧縮を行う．コンプレッサーは、レイテンシーなしで処理が行える．

3.3 ピッチ検出

ピッチ検出プログラムでは、入力音声の波形から、周波数を特定するため、自己相関関数を用いる。この、自

自己相関関数の値が大きくなる、 τ の値は波の 1 周期の長さである。本研究では、自己相関関数を修正した指標、NSDF(Normalised Square Difference Function) を用いる。NSDF を使用することで、取る値の範囲が-1 から 1 となり、プログラムで扱いやすい。

NSDF

$$\begin{aligned} n'_t(\tau) &= \frac{2r'_t(\tau)}{m'_t(\tau)} \\ r'_t(\tau) &= \sum_{j=t}^{t+W-1-\tau} x_j x_{j+\tau} \\ m'_t(\tau) &= \sum_{j=t}^{t+W-1-\tau} (x_j - x_{j+\tau})^2 \end{aligned} \quad (2)$$

そして NSDF の値が大きくなる τ を計算する。波形を時間軸方向にみて、値が負から正に入ってから、正から負に落ちるまでの間で、もっとも値の大きなところ τ を列挙する。しかし、実際には、データが離散的であるため τ の前後の値から、放物線補間を行い、 τ' を決定する。そうして列挙されたピーク τ' の中で、最大ピークの大きさの 8 割以上の大きさを持つピークで、一番最初に現れるものを採用する。 τ' の値を 1 周期として、波形の周波数を特定することができる。このアルゴリズムを用いてピッチを検出する際、音声サンプルは少なくとも 512 サンプルほど必要である。これは、Jack Audio 上でリアルタイム処理を行う際のレイテンシーにつながる。

4 実装

C++ のプログラムを作成した。GUI 部分、Jack 入出力、Jack イフェクト処理、ピークイコライザ、ピッチ検出、それぞれクラスに分けて制作を行った。

Jack イフェクト処理プログラムのなかで、それぞれのイフェクトが呼ばれる事によって、イフェクト処理を施す。また、コンプレッサーに関しては、イフェクト処理プログラムに内蔵されている。

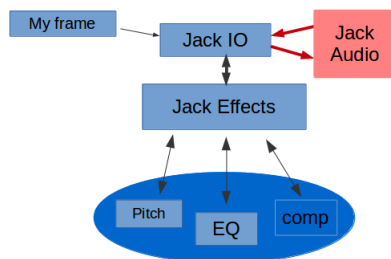


図 2 クラスの関係

5 実験

5.1 実験環境

実験には以下に記したものを使用する。

PC 本体 Panasonic CF-W8

OS Ubuntu Studio 14.04

Audio IF UA-4FX

エレキギター 春日楽器製 ストラトキャスターモデル

マイク BERHINGER C-3

ギターアンプ orange tiny terror

振動スピーカー COSMO TECHNO VIBROY

5.2 実験内容

実験は小音量 (アンプの側で 60dBA 程度) で行った。アンプの設定は、volume8 時、gain1 時、tone3 時 (時計の針の位置) とした。実験は大音量を実現できない環境として、自宅で行った。フィードバックブースタ ON、OFF の状態で同じフレーズを演奏し、音色にどう変化があるか、小音量でのフィードバック奏法の実現は可能であるかを検証した。フレーズは、単音フレーズ、コード弾き、それぞれについて実験を行った。

5.3 実験結果

結果としては、フィードバックブースタを ON にした時、小音量でもフィードバック奏法の実現を達成したので、成功と言える。単音弾きでは、正確にピッチ検出が行われており、ピークイコライザによってオクターブ上の信号を加えると、大音量での音色に、より近づいた。コンプレッサーは深めかけると、弱い音も、十分にギター本体に伝わる。コード弾きでは、低音がうまく検出されないことがあったが、これは設定によるものと思われる。

6 おわりに

本研究では、フィードバックブースタの試作を行い、実験、改良を行った。その結果、小音量の環境でも、フィードバック奏法を実現することができ、良好な音色を得ることができた。イフェクトのパラメータを増やし、細部までコントロールできるようにすることも検討したい。

参考文献

- [1] Bristow-Johnson, R.: Cookbook formulae for audio EQ biquad filter coefficients (accessed Sep. 2015). <http://www.musicdsp.org/files/Audio-EQ-Cookbook.txt>.
- [2] Jack Audio Connection Kit: Jack Audio Connection Kit (accessed Jan. 2016). <http://jackaudio.org/>.
- [3] Mcleod, P. and Wyvill, G.: A smarter way to find pitch, In Proceedings of the International Computer Music Conference (ICMC '05), pp. 138–141 (2005).