

## 楕形フィルターによる SP レコードの雑音軽減

白川 利昭\*

### 要 約

SP レコードの雑音を減少させる一つの方法を試みた。楽音は、平均律から成り立っている、平均律に相当した楽音周波数だけを通す、楕形のフィルターを、実装した。実装は、ソフトウェアでおこなった。音声データを、フーリエ変換して、周波数領域にかえ、音階の周波数だけを残した。その音階周波数を、逆フーリエ変換して、元の音声データに戻した。その結果、音声データの、ノイズ成分は、減少した。しかし、音を聞くと、わずかに、細くなったように聞こえた。

### はじめに

SP レコードには、歴史的な名盤が数多くのこされている。例えば、サラサーテが自分自身が作曲した、ツィゴイネルワイゼンを演奏したレコードや、ラフマニノフが演奏したショパン、ティボーやカザルス、ランドフスカなど、名演の数々が SP レコードとしてのこされている。しかし SP レコードは、円盤の回転数が78回転のため特有の擦過音や音盤の材料にに使われていたシェラックの雑音が多かった。また当時の録音も電気録音以前では、録音その物が非常に原始的な方法で行われていたために、周波数特性が悪く、歪が多い。これらの制約があっても、名演奏、名盤が数多くのこされてわたしたちを楽しませ豊かにしてくれる。

雑音を減らすためには、雑音成分の比較的多い高域や低域を減少させる、ハイパスやローパスフィルターを入れることが行われてきた。しかし、ハイパスフィルターや、ローパスフィルター

では、原音が変化してしまい満足できない。最近、一般化調和分析 (GHA) をもちいた、SP レコードの雑音処理がおこなわれた ((高見澤龍児ら (2004))。しかし、この方法では、計算量が多い、原音の持つスペクトルの広がりや考慮できないなどのために、原音とことになってしまうなどの欠点がある。

SP レコードの多くは、器楽曲であり、ある音階成分以外は、少ないはずである。この特徴を利用して、音階成分を取り出してやれば、雑音は、減少するはずである。原音を損なわずに、音声だけを取り出すために、原音の中の音階成分を取り出す楕形フィルターをソフトウェアで実装して、検討したので、報告する。

### 方法

SP レコードの音声及び雑音の周波数分布

SP レコードの雑音の性質を考えると、低域は、ワウやフラッター、ハム、高域は、スクラッ

---

\*大妻女子大学 社会情報学部

チ雑音が多いことが推測される。このことを、調べるために、SP レコードの周波数特性を調べてみた。周波数を調べるためには、もっともよい方法は、楽曲をフーリエ変換して、時間軸から周波数軸に変換することである。周波数軸で調べれば、どの周波数部分に雑音があるかわかる。

まず CD からコンピュータで読める WAV フォーマットにリッピングする。WAV フォーマットは、PCM のデータが、圧縮せず、そのままバイナリーで書き込まれているために、PC で扱いやすい。そのファイルを読み込みフーリエ変換した。フーリエ変換ライブラリーは、FFTW 3 を使用した。周波数分解能を細かくとるために、約100万個（2の20乗）のデータ（約25秒）を使用した。その結果、0.04Hz の細かさで、周波数を読み取ることができた。図1にマルシック（Track\_1）をフーリエ変換したスペクトル図を示した。100Hz 以下に多くの雑音があることがわかる。また、3 kHz 以上には、まったくといっていいほど、シグナルがない。このスペクトルを100-2000Hz の部分を拡大したのが、図2である。はっきりと楽音のピークが存在している。スクラッチ雑音は、どの周波数か、見て取れなかった。この様なスペクトル分布を前提として、フィルターを設計した。

#### フィルターの設計

音楽の3要素は、音階、音色、リズムといわれている。このうち音色は、音階の周波数が高調波を持つことから生まれるといわれている。この3要素を損なわずに雑音のフィルターができれば、理想ある。

図1のスペクトルから雑音の分布を考えると、低域フィルターと、高域フィルターで良さそうだが、楽音もフィルターしてしまう。楽音を残して、雑音を減らすために、楽音周波数だけ残すフィルターを作ればよい。現代の楽音は、440Hz を基準にして、平均律で、周波数が決めている。（小方厚（2007））音楽は、これらの周波数に分布していると仮定している。（残念ながら、この仮定は、打楽器には適用できない。とりあ

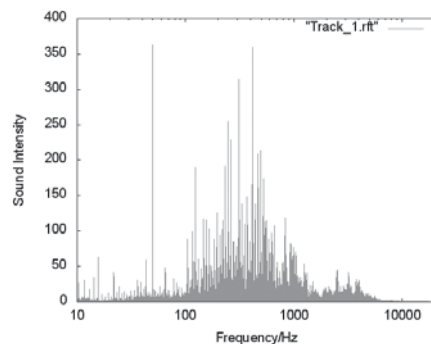


図1 SP レコードの周波数スペクトル（サンプル Track\_1）

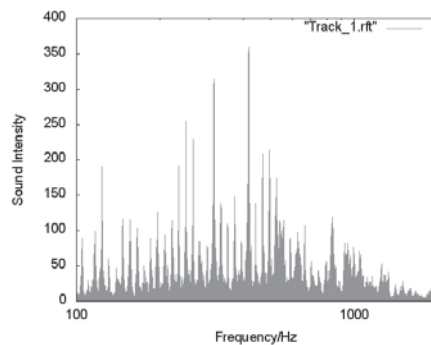


図2 100Hz-2000Hz スペクトル図（サンプル Track\_1）

ず、打楽器のない曲をサンプルとする。）ただし、440Hz は、国際規格で、いま演奏のおおくは、442-443Hz を基準として演奏されている。（理科年表2007）この楽音周波数群だけ通過させるフィルターをつくれば、楽音以外は、すくなくなる。これは、テレビ画像の楕円形フィルターに相当するものである。

楽音周波数は、10-22000Hz までに、126個ある。この周波数は、式(1) (1')で表すことができるので、基音の440Hz をあたえれば、すべての音階が計算できる。

$$f = (\sqrt[12]{2})^n * 440 \quad f > 440 \quad (1)$$

$$f = 1/(\sqrt[12]{2})^n * 440 \quad f < 440 \quad (1')$$

ここで、n は整数で440Hz から半音音階単位で

表す、楽音の順番である。楽音は、440Hz の上下 6 オクターブ弱で定義されている。音色は、この楽音周波数の整数倍になるはずだから、このフィルタでは、失われることはないはずである。

SP レコードから抽出した音楽ファイルを高速フーリエ変換 (FFT) して、楽音の周波数と比べて、楽音周波数が存在したらのこして、存在しなかったら、0 にする。それを、1 曲続けて、できた周波数列を高速フーリエ逆変換 (IFFT) してもとの楽曲にもどし WAV フォーマットのファイルにするというアルゴリズムを実装する。

### 音声フィルタシステムのブロックダイアグラム

図 3 に楕円形フィルタシステムのブロックダイアグラムをしめした。



図3 フィルタシステムのブロックダイアグラム

### プログラムの作成

プログラムは、3つの部分から成り立つ。

#### 1) メインプログラム

WAV フォーマットファイルの読み込みと FFT 関数、フィルタ関数、逆 FFT 関数 (IFFT) へデータの受渡し、WAV フォーマットへの書き戻し。

#### 2) FFT、IFFT プログラム

#### 3) 平均律フィルタプログラム

これらは、使いまわしが効くように、別のファイルにしている。

このプログラムのうち 2) は、奥村氏が作成したソースを使わしていただいた (奥村晴彦

(1991))。

#### 1) メインプログラム

wav フォーマットは、チャンクといわれる、ヘッダーとデータから成り立っている。ヘッダーには、ステレオ、モノラル、サンプリング周波数、標本化ビット数、データの大きさなどが、かきこまれている。

ヘッダーのデータを読んで、メモリーにデータを読み込む。読み込んだデータを、FFT 関数に渡して、FFT をおこなう。FFT は、データの数  $N$  が 2 の冪乗の数を前提にしているので通常の楽曲ではどうしても、あまりがでる。そこで、楽曲を約 10 秒ずつ ( $2^{19}$  乗) に区切ってできるだけあまりがないようにフーリエ変換した。あまりは、2 のべき乗になるように、0 を埋め込んだ。あまり、短くすると周波数分解能が落ち、低域周波数が失われるので周期 10 秒までのデータをとった。周波数分解能は、約 0.1 Hz となった。

そののち、フィルタ関数に、周波数と強度を渡した。フィルタされた、データは、逆フーリエ変換され、ふたたび楽曲にもどされ、ファイルに書き込まれる。これを曲が終了するまで繰り返す。

#### 2) FFT

奥村氏のサイトからソースを、使用させていただいた。このプログラムは、FFT、IFFT を同一のインタフェースでできるため、使い勝手がよく、優れたプログラムでる。

#### 3) 平均律フィルタプログラム

考え方は、データの周波数をしらべて、平均律の周波数と一致したら、その値を、そうでなかったら 0 をメモリー (配列) に書き込む。しかし、あとで述べる理由から、その周波数の 1-2% の幅を含んだ周波数範囲のデータを取り込んだ。

プログラムのコンパイルは、Linux 上で gcc コンパイラでおこなった。

### サンプルディスク

誠文堂新光社から発売されている「MJ Technical Disc vol. 4 Great Performances on 78」を題

表1 CDに含まれる曲と演奏者

曲名	演奏者	出典
①マルシック：スケルツァンド作品6の2	ジャック・ティボー（ヴァイオリン） タツソ・ヤノプロ（ピアノ）	Electrola DB 2006 (matrix : 2B6791U)
②ディニーク（ハイフェッツ編）： ホラ・スタッカー	ジネット・ヌヴェー（ヴァイオリン） シャン・ヌヴェー（ピアノ）	La voix de Son Maitre DA 1865 (matrix : OEAITL167-1)
③ジェミニアーニ（ブッシュ編）： シチリアーノ（ソナタ作品4の9より）	アドルフ・ブッシュ（ヴァイオリン） シャン・ヌヴェー（ピアノ）	Columbia DFX82 (matrix : LX1431-2)
④ラヴェル（コハンスキ編）：亡き 王女のためのパヴァーヌ	イヴォンヌ・キュルティ（ヴァイオリン） モーリス・フォーレ（ピアノ）	Columbia DFX82 (matrix : LX1431-2)
⑨-⑭J.S. バッハ：無伴奏チェロ 組曲第1番ト長調 BWV. 1007	パブロ・カザルス（チェロ）	Victor 17658/60 (matrix : 2LA2583 I, 2LA2584 I, 2LA2585 L 2LA2586 I, 2LA2587 L 2LA2588 I) Recording : Paris, 2 June 1938

材にした。この、CD は、SP レコードを非常に注意深くデジタル化して作成された、ノイズも少なく、作成法も、明らかな、サンプルとして、評価しうるものである。表1に主なトラックと曲名、演奏者をしめた。

## 結果

取り込み幅を音階周波数 $\pm 2\%$ としたときのFFTの結果を図4示した。原音にあった50Hz以下の雑音が軽減されていることがわかる。高域は、さほど変わっていない。

また、各音階の周波数の間にあったシグナルが、すくなくなっている。この楕円形フィルターを通した音を聞いてみると、音そのものの純度があがったことがわかる。しかし、音が細くなったような気がする。そして、音のつやがわずかに失われたように、おもわれる。

この、曲のピッチは、ほぼ440Hzだったが、ピッチが違う場合には、基準の440Hzを変えてやらねばならない。10kHz以上の高域信号は、ほとんどないが、フィルターをかけた後でTrebleをあげても、うるさく感じられなかった。録音で

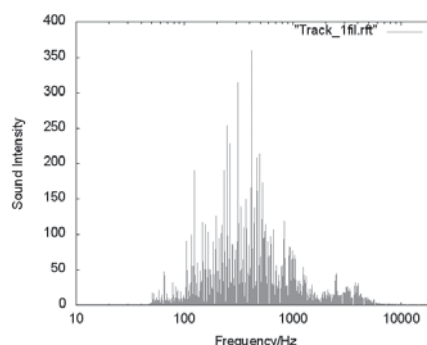


図4 楕円形フィルター（音階の $\pm 2\%$ の幅）を通した、曲のフーリエ変換スペクトル

失われた高域レベルを補償するために高域レベルを、上昇させてもよいかもしれない。

次に取り込み幅の変化してみた。 $\pm 0\%$ 、 $\pm 0.05\%$ 、 $\pm 1\%$ 、 $\pm 3\%$ の4つ場合のフィルター後のFFTスペクトルを調べてみた。無論0%では、すべてフィルターされて、何も残っていなかった。刻み幅0.05%のときは、細いピークの並びとなった。この音を聞くと、つややかがほとんどないことに気づく。しかし歪が感じられないきれいな音だった。1%では、かなり音階のピークは、太くなり、ビブラートがわかるようにな

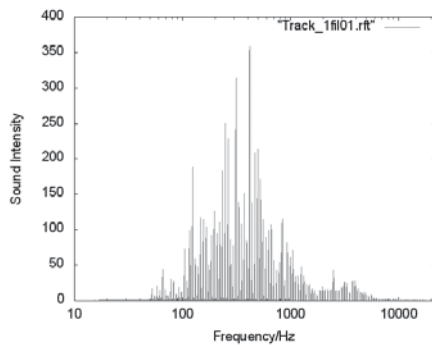


図5 楕円フィルタのバンド幅を変化させたときのスペクトル（1%幅）Track\_1（チボア）

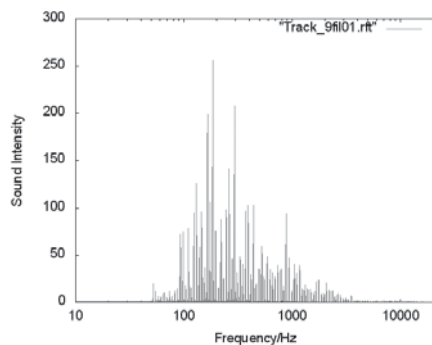


図6 楕円フィルタのバンド幅を変化させたときのスペクトル（1%幅）Track\_9（カザルス）

る。そして艶やかさがでてくる。図5、図6に1%のスペクトルをしめした。音階の間が区切られていることがわかる。3%では、ほとんど、フィルタされず、原音のままだった。これは、12半音階の隣同士の周波数が、約5%であり、隣の音の裾がオーバーラップされほとんど削除されないためである。なおプログラムでは、曲の周波数を音階の低い周波数から調べて、存在したら、その値をメモリーしているので、データそのもののオーバーラップはないようにしている。

これらのことから、2%前後の結果がよいように思われる。レコードの状態で試行錯誤した方がよいようである。

カザルスのバッハは、いわゆる太い音だが、この特徴を、FFT スペクトルがよく表している。つまり、各楽音のスペクトルの幅が太くなっている。このため、2%の幅では、彼の演奏の特徴が失われるよう思われた。

## まとめ

SP レコードの音声のスペクトルを解析した結果以下の事がわかった。

- 1) 100Hz 以下に大きな雑音はいっている。
- 2) 高域の周波数は、3000Hz 以上は、非常に少ない。

雑音を減少させるために、音階楕円型フィルタを設計して、実装した。音声の雑音を軽減するために SP レコード音声に音階楕円型フィルタをかけると、スクラッチノイズや歪みが軽減され、聞きやすくなった。楕円フィルタの幅を変えて、視聴したところ、楕円フィルタの、幅は、2%が最適であった。フィルタ幅によって音の艶、太さが変化して聞こえた。音の艶は、音階周波数の前後の揺らぎ（ビブラートか）に依存している。以上の事からフィルタのバンド幅は、2%前後が適当と思われる。

## 引用文献

- 小方厚（2007）音律と音階の科学講談社。
- 奥村晴彦（1991）アルゴリズム 辞典，p347，技術評論社。
- 高見澤龍児，片山健司，神田祥宏，村岡輝雄 一般調和解析（GHA）を用いた SP レコード再生音の雑音抑圧の検討（プロセッサ，DSP，画像処理技術及び一般）情報処理学会研究報告．2004（102），pp.1-6。
- 理科年表2007（2006）p422，丸善。

## Noise Reduction of SP Record with Comb Filter

TOSHIAKI SHIRAKAWA

*Social Information processing, School of Social Information, Otsuma Women's University.*

### Abstract

One method of decreasing the noise on the SP record was tried. Because the tone consisted of the equal temperament, a comb filter that passed only the tone frequency that corresponded to the equal temperament was mounted. It mounted with software. The voice data converted into the frequency domain, and left only the frequency of the music scale by the Fourier transform. The reverse Fourier transform of the music scale frequency, and it returned it to sound data. As a result, the noise part of the sound data decreased. However, I heard it as becoming slightly thin when the sound was heard.

### Key Words (キーワード)

SP Record (SP レコード), comb filter (櫛形フィルター), Fourier Transformation (フーリエ変換), Thibaud (チボー), Casals (カザルス)