

## 4 サンプリング周波数

MATLAB では、2つの信号を重ねてプロットする方法もいくつかある。一番簡単なのは、以下のように、hold 関数を使う方法である。

```
>> plot(y1)
>> hold on
>> plot(y2, 'r')
```

help plot とすればわかるが、3行目の plot は赤い直線でプロットされる。色を何も指定しない場合 (1行目) の plot は、青い直線でプロットされる。

演習 4-1 上記のプロットと同様のプロットは hold on を用いなくても実現できる。help plot とし、その方法を試してみよ。

演習 4-2 サンプリングレートを 100Hz とし、40Hz と 60Hz の正弦波を重ねてプロットせよ。適当な範囲を拡大し、それぞれの信号がどのような形でプロットされているかを調べよ。

演習 4-3 演習 4-2 と同じことをサンプリングレートを 200Hz として試し、その結果を演習 4-2 と比較し、考察せよ。

サンプリング周波数の半分の周波数をナイキスト周波数と呼ぶ。例えば、サンプリング周波数が 100Hz の場合は、ナイキスト周波数は 50Hz となる。標本化定理によると、ナイキスト周波数を越える周波数の信号は正しく再現することができない。したがって、信号をサンプリングするときには、ナイキスト周波数以下の周波数成分しか含まれないようにしなければならない。(このようにある周波数以下の成分だけを通過するようにする処理はローパスフィルタ (LPF) を用いて実現できる。サンプリングのときに用いられるローパスフィルタはアンチエイリアスフィルタとも呼ばれる。)

MATLAB には、サンプリング周波数を変化させる関数 resample が用意されている。

```
>> d08=resample(d16,1,2);
```

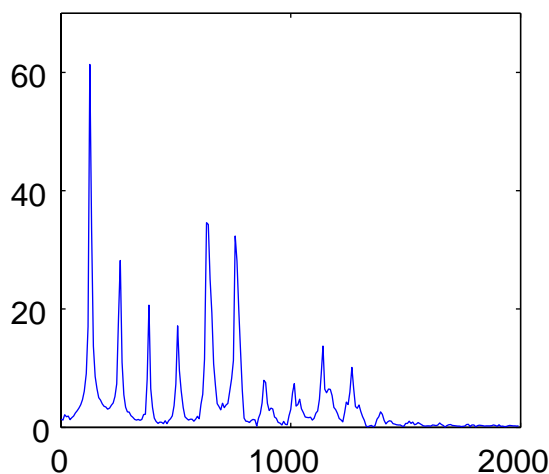
とすることで、元々 サンプリング周波数 16000Hz でサンプリングされていたデータ d16 をサンプリング周波数 8000Hz でサンプリングされた信号 d08 に変更できる。

## 5 音の高さの分析 (2)

母音は生成方法の特徴から、周期的な部分に含まれる主な周波数成分は、基本的な周波数 (基本周波数と呼ばれる) と、その整数倍となる倍音となることが知られている。また、(日本語の) 母音の主要な周波数成分は 4000Hz (=4kHz) 以下であることも知られている。

演習 5-1 自分で録音した母音のデータを 4000Hz 以下の成分が含まれる最小のサンプリング周波数に変換せよ。

演習 5-2 演習 5-1 の母音のデータの周期的な部分をフーリエ変換し、2000Hz 以下の成分の部分を拡大してプロットせよ。適切にプロットできると成人男性話者の「あ」という母音の場合、例えば、次のようになる。



基本周波数は声の高さの指標となる。

演習 5-3 演習 5-2 のプロットのピークは次の二つの理由で正確な基本周波数の整数倍とはなっていない。1) 離散データとしてプロットしているため、正確なピークの部分でデータがあるとは限らない。2) 声の性質上、正確に整数倍となるとは限らない。

しかし、いくつかのピークの間隔を平均すれば、比較的正確に基本周波数を求めることができる。いくつかのピークの位置を調べ、その間隔の平均を計算することで、基本周波数を推定するプログラムを書け。

## 6 音の簡単な加工 (1)

### 6.1 振幅変調

sin 波に cos 波を掛けあわせることを考える。

```
>> Fs=8000;
>> t=0:1/Fs:2;
>> s=sin(2*pi*440*t);
>> c=cos(2*pi*5*t);
>> ms=s.*c;
>> soundsc(ms,Fs)
```

このような演算で何が起きているかは、三角関数の公式を用いるとわかる。

#### 演習 6-1

$$\sin(2\pi\alpha t) \cos(2\pi\beta t)$$

を sin の項の和で表現せよ。その結果を踏まえて、上記のスキプットの cos の周波数をいろいろ変化させて、どのようなことが起きるか確かめよ。

このように音の振幅を変化させることを振幅変調 (amplitude modulation: AM) とよぶ。

演習 6-2 適当にしゃべった音声を録音して、cos 波で振幅変調してみよ。

### 6.2 波形の減算

CD などのステレオ音楽を RIFF 形式 (.wav という拡張子がつくファイル) にすることができれば、MATLAB で読み込むことができる。

ステレオデータを data という変数に読み込んだとする。size を確認する。

```
>> size(data)

ans =
    9711996         2
```

このように、2つの列ベクトルであることがわかる。それぞれの列ベクトルは、右チャンネルと左チャンネルに対応している。

演習 6-3 右チャンネルから左チャンネルを引き、それを聞いてみよ。ステレオの状態から、どのような音に変化しているかを確認し、なぜ、そのように変化するか考察せよ。(考察するためには、いろいろな曲を試してみるのがよい)

ちなみに、MATLAB では、: (colon) という演算子を使うと行列の列や行全体を簡単に指定することができる。

```
>> A=[1 2; 3 4]

A =
     1     2
     3     4

>> A(1,:)
```

```
ans =  
     1     2  
  
>> A(:,1)  
  
ans =  
     1  
     3  
  
>> A(:,2)  
  
ans =  
     2  
     4
```

: の使い方を詳しく知るには、`help colon` とすればよい。