

1 うなり

周波数の近い二つの正弦波を足し合わせるとうなりが生じることが知られている。この現象は簡単に MATLAB を用いて確認できる。

```
>> fs=8000;
>> t=0:1/fs:1;
>> y438=sin(2*pi*438*t);
>> y442=sin(2*pi*442*t);
>> soundsc(y438,fs)
>> soundsc(y442,fs)
>> soundsc(y438+y442,fs)
>> plot(y438+y442)
```

音を聞いても、プロットされた時間波形を見ても、ある高さの音が振幅を \cos 波の用に变化させて「うなって」いることがわかる。

プロットからも推測できるが、振幅の変化は三角関数の式を変形することで計算できる。

$$\sin(\alpha) + \sin(\beta) = 2 \sin(x) \cos(y)$$

と変形できる。

練習 1 上記の x, y を考えよ。

時間波形の振幅エンベロープを变化させる処理を考えると、この式の右辺は、周波数 x の \sin 波の振幅を周波数 y の \cos 波で变化させているとも考えられる。したがって、自分で作成した時間波形に適切な \cos 波をかけあわせることで、うなりを実現することができる。

この処理を MATLAB で実現すると、次のようになる。

```
>> fs=8000;
>> t=0:1/fs:1;
>> x=___;
>> y=___;
>> yam = sin(2*pi*x*t) __ cos(2*pi*y*t);
>> plot(t,yam)
>> soundsc(yam,fs)
```

(ヒント: 3 行目の \cos のところは、右下がりの直線の式の場合は徐々に音を小さくなる。)

練習 2 上記の下線部を埋めてプログラムを完成させよ。

ギターやピアノなど弦を弾いたり、振動板を叩いたりして音を出す楽器の振幅は (立ち上がりなどを無視すると)、時間につれて指数関数的に減衰することが知られている。

つまり、右下がりの指数関数をかけあわせると減衰する音の実現する。

```
>> fs=8000;
>> t=0:1/fs:1;
>> x=___;
>> y=___;
>> yam2 = sin(2*pi*x*t) __ cos(2*pi*y*t) __ exp(____);
>> plot(t,yam2)
>> soundsc(yam2,fs)
```

練習 3 上記の下線部を埋めてプログラムを完成させよ。

複雑な倍音構造を持つ音の場合、もちろん音全体にうなりや減衰を付加することもできるが、倍音成分ごとに異なるうなりや減衰を付加することもできる。

練習 4 様々な周波数の \cos 波でうなりを生じさせよ。

練習 5 様々な設定 (周波数など) で倍音成分ごとにうなりや減衰を付加し、様々な音を生成してみよ。