

### 3 音の高さの分析

#### 3.1 音の周期性

周期的であるということは、ある一定の間隔で、同じことが起きるということである。一定の間隔を  $\tau$  として、この関係を式で表わすと次のようになる。

$$x(t) = x(t + \tau)$$

この関係が一周期以上にわたって（つまり、 $t_0 \leq t \leq t_0 + \tau$  となる  $t$  で）成り立てばよい。

演習 3-1 周期的な音を録音し、適当な範囲でプロットせよ。そのプロットを目視して、その音の周期を推測せよ。

上記の周期の式を逆に考えると、ある波を考えたとき、時刻  $t_0$  からの変化と別の時刻  $t_0 + k\tau$  ( $k$  は整数) からの変化が同じであれば周期的である。

波形データに対し、そのデータ自身に同じ変化を持つかどうか、同じ変化を持つのはどのくらい離れたところなのか（つまり周期はどのくらいなのか）を発見するための関数が自己相関関数である。この相関は統計学で用いられる相関と同じ考え方である。

$$r(m) = \sum_{n=0}^{N-m-1} x(n)x(n+m) \quad (0 \leq m \leq N-1) \quad (1)$$

ただし、ここで  $N$  は自己相関を計算する範囲である。

MATLAB でこの計算をするにはどうすればよいか考えてみる。MATLAB にも for 文がある。典型的な使い方は次の通りである。

```
>> x = [3 5 1 4];
>> xsum = 0;
>> for i=2:4
xsum = xsum + x(i);
end
>> xsum

xsum =
    10
```

JAVA などとは違って、変化させる値の系列（この例の場合  $i$  を 2:4 つまり [2 3 4] という系列）を予め指定している。その系列から一つずつ値を変数  $i$  に代入して繰り返し処理される。

演習 3-2 式 (1) を for 文を用いて実装せよ。

演習 3-3 この自己相関関数を用いて、演習 3-1 で用いた音声サンプルの周期を求めよ。 $N$  の値を変化させて、どのような値が適切かを考察せよ。（注意：音声サンプルは処理に適した部分を抽出して利用すること）

ところで、MATLAB では、上記のような計算には for 文を使う必要がない。

演習 3-4 和を求める関数 sum を用いて、for 文なしに和を求めよ。

演習 3-5 和を求める関数 sum を用いて、自己相関関数を書き直せ。

MATLAB では自作の関数を M-ファイルという形式で保存することができる。この M-ファイルを MATLAB のパスが設定されているフォルダに保存すると、システムで用意されている関数と同等に利用できる。

M-ファイルを作成するには、MATLAB の **ファイル** - **新規作成** から **空の M-ファイル** を選択すると、M-ファイルエディタのウィンドウが開く。

以下のように入力してみる。

```
function r = mysum(x)
r = 0;
for i = 1:length(x)
    r = r + x(i);
end
```

function 文は関数の定義を宣言する。その文に続く式が関数 mysum の定義になる。ここでは、引数が x で返却される値が r である。

記入したら保存する。ここで、デフォルトで表示されるフォルダに保存すれば、コマンドウィンドウで利用できるようになる。

```
>> x=[3 5 1 4];
>> mysum(x(2:4))

ans =
    10
```

演習 3-6 自己相関関数を M-ファイルとして作成せよ。

自己相関関数は、信号をずらさずに (つまりそれ自身に) 計算したときに最大値を取る。したがって、この値で全体を割ることで、最大値を 1 になるように正規化できる。

演習 3-7 自己相関関数の M-ファイルを最大値が 1 になるように正規化したものに修正せよ。