3　音の高さの分析

3.1　音の周期性

周期的とは、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 τ として、この関係を式で表わすと次のようになる。

$$x(t) = x(t + \tau) \tag{1}$$

この関係が一周期以上連続して (つまり、$t_0 \le t \le t_0 + \tau$ となる t で) 成り立てばよい。

演習 27 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。

3.2　自己相関関数

上記の周期の式を逆に考える。つまり、ある波で、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。

$$r(m) = \sum_{n=0}^{N-m-1} x(n)x(n+m) \ (0 \le m \le N-1) \tag{2}$$

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) 全体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 28 式 (1) を `for` 文を用いて実装せよ。

演習 29 この自己相関関数を用いて、**演習** 27 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 30 和を求める関数 `sum` を用いて、`for` 文なしに和を求めよ。

演習 31 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。

関数 の M-ファイルを作成するには、MATLAB の ファイル - 新規作成 から ファンクション M-ファイル を選択すると、関数定義のテンプレートが書かれた 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 32 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 33 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。

演習 34 高さが明確にありそうな音 2 種類と、高さがはっきりなさそうな音 2 種類を録音して、自作の自己相関関数を用いて分析せよ。その結果を考察せよ。

課題

以下の課題をパワーポイントファイルに作成し、授業支援システムのまNaviの第5回目の「準備課題」のところでアップロードすること。パワーポイントファイルは、18ポイント以上の大きさの文字を使って作成すること。最後の考察は、wordファイルなどで作成して下さい。締切は**5/11(火)20時**とします。(毎回、締切時間が変わっていますが、ギリギリまで遅くしている都合上だと考えてもらえるとありがたいです。) 自動で締め切ってしまいますので、十分に注意して下さい。

1. **演習**27を解答せよ。
2. **演習**33を解答せよ。(M-ファイルのソースコードを書け)
3. **演習**34を解答せよ。(スライドには考察の要点と分析結果がわかるような図をプロットせよ) 考察は以下の点が明らかになるようにA4　1枚程度で書け。
   (a) どのような結果が得られると予想したか?
   (b) 結果はどのようになったか?
   (c) 予想と違う点はあったか、なかったたか?
   (d) 予想と違う点があった場合はその理由。
   (e) 予想と違う点がなかった場合は、予想以外に気づいたこと。
4. この資料を読んで、わからなかった点があれば、わからなかった点が解消されるような回答が期待できるような具体的な質問を考えて書くこと。