

情報工学実験
デジタル信号処理3

035760A:横田敏明

平成16年12月24日

実験実施日：2004/12/17

提出日：2004/12/24

1 実験概要

1.1 実験目的

Scilab を利用し、デジタルフィルタの概念を理解する。また、時間領域と周波数領域におけるデジタルフィルタの性質について学ぶ。

1.2 デジタルフィルタ

フィルタ処理とは、ある雑音(ノイズ)の入った測定データから原信号を取り出す処理である。また、フィルタリングを行うものをフィルタといい、デジタル信号をとくに扱うことから「デジタルフィルタ」とよばれる。

今回の実験は、移動しながら平均をとってゆく「移動平均デジタルフィルタ」を使用した。

2 報告事項

2.1 報告事項 1

例題プログラムを解読し、実行せよ。

```
// freq
f1=50;
f2=120;
// sampling freq
fs=1000;
// signal
t=(0:1/fs:1-1/fs);
[m,n]=size(t);
x=sin(2*%pi*f1*t)+sin(2*%pi*f2*t);
y=x+(2*rand(m,n)-0.5);
Y=fft(y,-1)/length(y);
Pyy=abs(Y);
fx=fs*(0:length(y)-1)/length(y);
// plotting
subplot(2,1,1); plot2d(t,x)
subplot(2,1,2);
plot2d3(fx(1:length(fx)/2),Pyy(1:length(Pyy)/2));
xgrid();
```

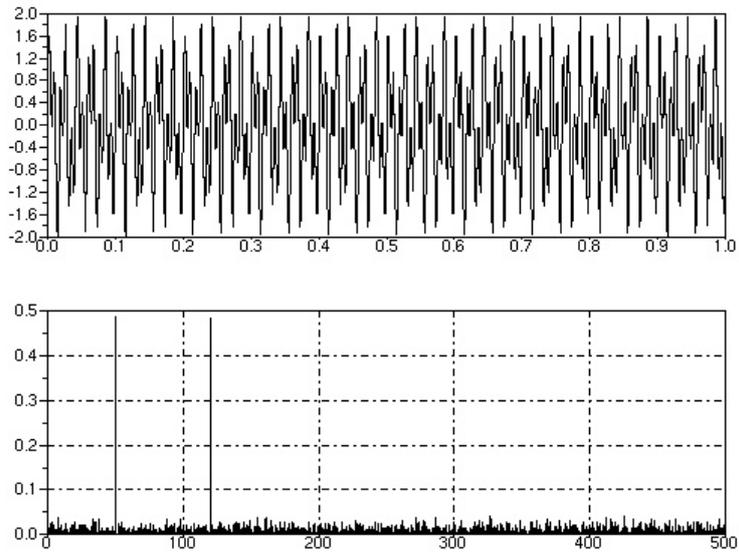


図 1: 例題プログラムのプロット

2.2 報告事項 2

信号波形をダウンロードし，プロットせよ。

```

fs=120;
t=(0:1/fs:5-1/fs);
[m,n]=size(t);
x=read('signal.dat',-1,600);
y=x+(2*rand(m,n)-0.5);
Y=fft(y,-1)/length(y);
Pyy=abs(Y);
fx=fs*(0:length(y)-1)/length(y);
subplot(2,1,1);
plot2d(t,x);
subplot(2,1,2);
plot2d3(fx(1:length(fx)/2),Pyy(1:length(Pyy)/2));

```

2.3 報告事項 3

以下にあたえられた値を用いて離散時間信号 $x(t) = x_1(t) + x_2(t) + x_3(t)$ を作りなさい。また、フーリエ変換を行い、周波数成分を確認せよ。

$$x_1(t) = \cos(2\pi f_1 t), x_2(t) = \sin(2\pi f_2 t), x_3(t) = 2 \cos(2\pi f_3 t)$$

プログラム

```
1=10;f2=20;f3=30;
fs=100;
t=0:1/fs:1;
x1=cos(2*%pi*f1*t);
x2=sin(2*%pi*f2*t);
x3=2*cos(2*%pi*f3*t);
x=x1+x2+x3;
y=fft(x,-1)/length(x);
Y=abs(y);
xfs=fs*(0:length(x)-1)/length(x);

plot2d(xfs(1:length(xfs)/2),Y(1:length(Y)/2));
```

2.4 報告事項 4

$x(t)$ に対して、移動平均によるローパスフィルタリングを行い、最適なフィルタリングの結果を調べ、図示せよ。

```
f1=10;f2=25;f3=40;
fs=100;
t=0:1/fs:5;
x1=cos(2*%pi*f1*t);
x2=sin(2*%pi*f2*t);
x3=2*cos(2*%pi*f3*t);
x=x1+x2+x3;

c = 5;

for n=1:length(x)-c+1
g(n) = (1/c)*sum(x(n:n+c-1));
```

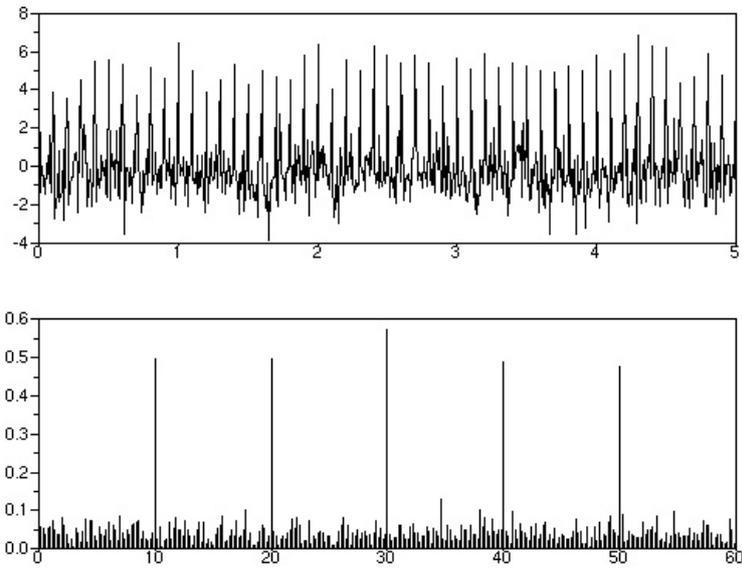


図 2: signal.dat のプロット

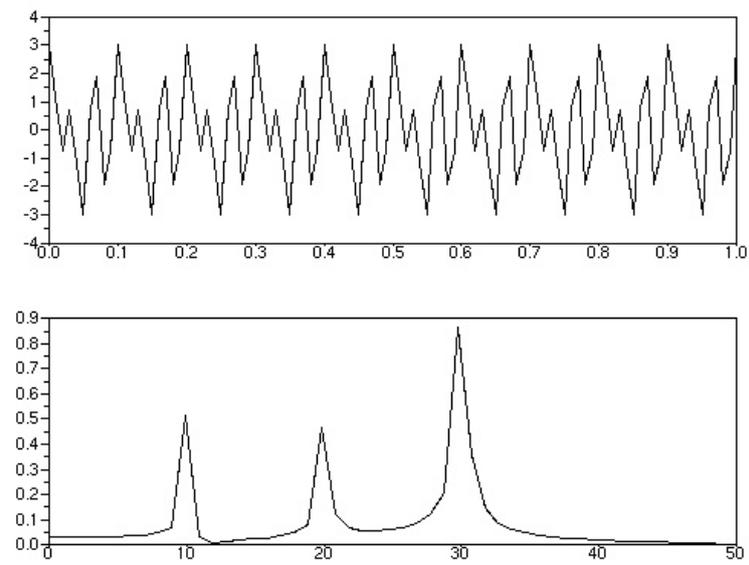


図 3: $x(t)$ のプロット

```
end
```

```
y=fft(g,-1)/length(g);  
Y=abs(y);  
xfs=fs*(0:length(g)-1)/length(g);  
subplot(2,1,1)  
plot2d(t(1:n),g(1:n));  
subplot(2,1,2)  
plot2d(xfs(1:length(xfs)/2),Y(1:length(Y)/2));
```

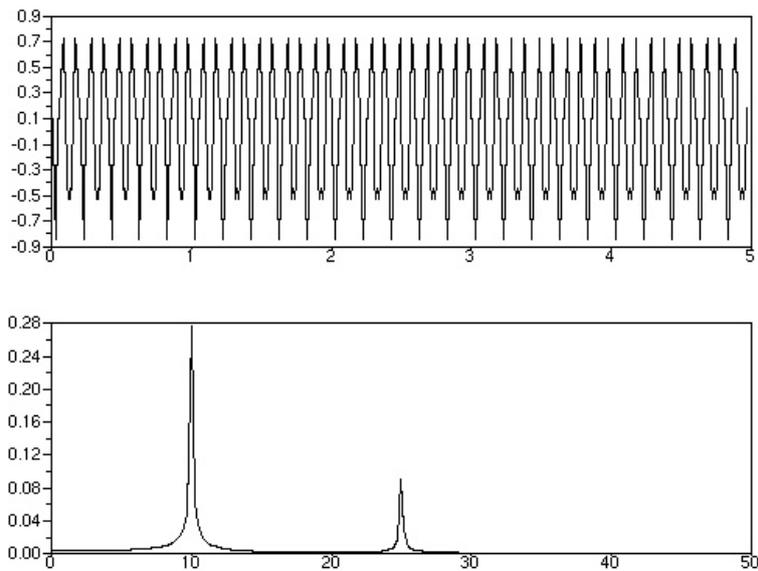


図 4: ローパスフィルタリング後

2.5 報告事項 5

$x(t)$ に対し、移動平均によるハイパスフィルタリングを行い、最適なフィルタリングの結果を調べ、図示せよ。

```
l=10;f2=25;f3=40;  
fs=100;  
t=0:1/fs:5;  
x1=cos(2*%pi*f1*t);
```

```

x2=sin(2*%pi*f2*t);
x3=2*cos(2*%pi*f3*t);
x=x1+x2+x3;

c=2;
for n=1:length(x)-c+1
f(n) = x(n)-(1/c)*sum(x(n:n+c-1));
end

y=fft(f,-1)/length(f);
Y=abs(y);
xfs=fs*(0:length(f)-1)/length(f);
subplot(2,1,1)
plot2d(t(1:n),f(1:n));
subplot(2,1,2)
plot2d(xfs(1:length(xfs)/2),Y(1:length(Y)/2));

```

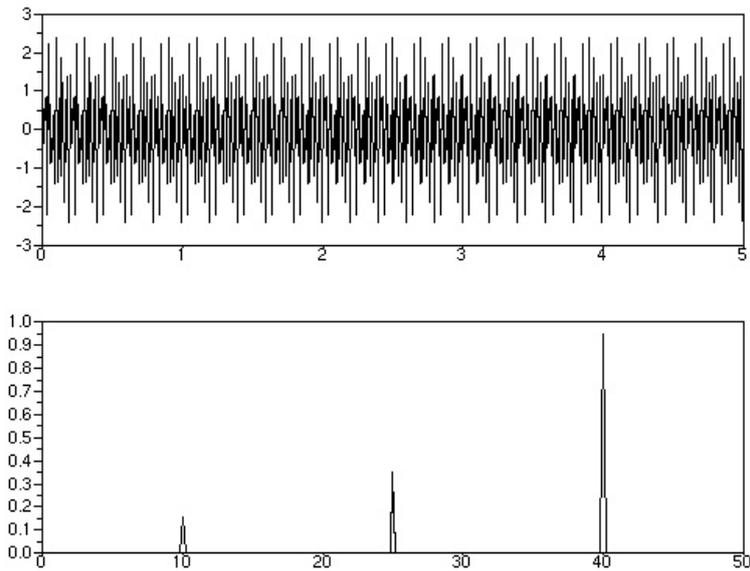


図 5: ハイパスフィルタリング後

2.6 報告事項 6

```
f1=10;f2=25;f3=40;
```

```

fs=100;
t=0:1/fs:6-(1/fs);
x1=cos(2*%pi*f1*t);
x2=sin(2*%pi*f2*t);
x3=2*cos(2*%pi*f3*t);
x=x1+x2+x3;

c=5;
d=(c-1)/2;
for n=1:length(x)-c+1
h(n) = (1/c)*sum(x(n:n+c-1));
end
for n=1:length(h)-d-1
f(n) = h(n)-(1/d)*sum(h(n:n+d-1));
end

y=fft(f,-1)/length(f);
Y=abs(y);
xfs=fs*(0:length(f)-1)/length(f);
subplot(2,1,1)
plot2d(t(1:n),f(1:n));

```

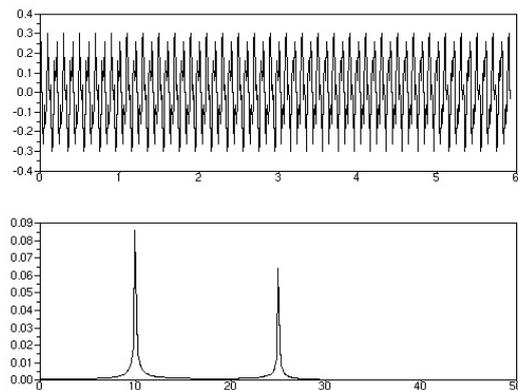


図 6: バンドパスフィルタリング後

2.7 報告事項 7

フィルタリングの結果について、考察せよ。

フィルタリングにおいて、高周波の雑音を除去することは簡単である。原信号に対して遥かに大きい周波数のノイズがある場合、ある区間での平均の変位をとれば、高周波は除去される。その理由が「標本化定理」に基づくものであることに気づいた。ノイズの周波数の半分以上の周波数で平均化を行うと、そのノイズは再現されないはずである。これを応用して低周波に対するフィルタリングを行うことも可能。さらに、通過するバンドを決めてフィルタリングする場合は、除去すべき周波数範囲の信号を求め、原信号から差し引くことで実現できる。

2.8 報告事項 8

移動平均によるフィルタ以外に、どのようなフィルタが存在するか調べ、報告せよ。

2.8.1 無駄時間フィルタ

入力信号に対し、一定時間の遅れをもたせて出力する。また、遅れ時定数を設定すると、一時遅れフィルタと複合可能。

$$X_0(s) = \frac{e^{-Ls}}{1 + Ts} X_1(s) + H \times N(s)$$

X_1 : 入力信号

X_0 : 出力信号

無駄時間設定値 = $H \times N(s)$

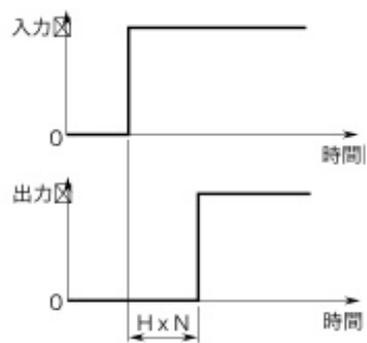
パラメータ H : サンプル周期 (0.1 ~ 100.0 s)

N : サンプル数 (1 ~ 8 個)

T : 遅れ時定数 (0 ~ 100.0 s)

($H \leq T$ であること)

●ステップ入力の例



・遅れ時定数Tを設定した場合

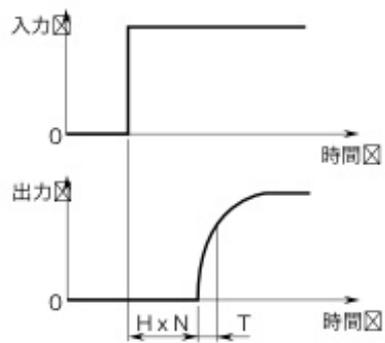


図 7: 無駄時間フィルタ

2.9 報告事項 9

フィルタの周波数応答 (振幅特性, 位相特性) について調査せよ.

周波数応答とは, ある制御系に正弦波の入力信号を与え, 出力信号が正弦波の定常状態に達したときの応答を周波数応答という.

U を入力, X を出力とすると,

$$U(s) = L[e^{j\omega t}] = \frac{1}{s-j\omega}$$
$$X(s) = G(s) \frac{1}{s-j\omega}$$

となる. 定常状態では

$$x(t) = e^{j\omega t} G(j\omega) = G(j\omega) u(t)$$

となり, 入出力の比は

$$\frac{x(t)}{u(t)} = G(j\omega) = G_R(\omega) + jG_I(\omega)$$

となり, これを周波数伝達関数という.

3 参考資料

- Mシステム技研ホームページ
- <http://ysserve.cs.shinshu-u.ac.jp/Lecture/ControlMechan1/node19.html>