

デジタル通信と信号処理

レポート課題2

2016.6.21

◆レポート締め切り: 7月1(金) 17:00

◆レポート提出場所:

1号館2階 庶務課前のレポートBOX
BOXのラベル「デジタル通信と信号処理」中山謙二*「火曜1限クラス」と「火曜2限クラス」は別のBOXに
してあります。注意してください。

1

レポート課題

- ① 次の条件を満たす2次IIRフィルタの伝達関数を求めよ。
極の大きさを0.6, 周波数を1.5Hzとする。
周波数3Hzの成分を阻止する。
周波数1Hzにおける振幅を1とする。
- ② 上記の2次IIRフィルタのインパルス応答と振幅特性を
グラフで示せ。
- ③ 上記の2次IIRフィルタに次の信号 $x(n)$ を入力したとき
の出力信号を $y(n)$ とする。 $x(n)$ と $y(n)$ のグラフを示せ。
 $x(n) = 2\cos(2\pi f_1 nT) + 3\cos(2\pi f_2 nT) \dots (1)$
 $f_1 = 1\text{Hz}, f_2 = 3\text{Hz}$
さらに、 $y(n)$ の定常応答における波形を解析せよ。
(例: 正弦波で、振幅が○, 周波数が□である)

2

- ④ 次の条件を満たす2次IIRフィルタの伝達関数を求めよ。
極の大きさを1.667, 周波数を1.5Hzとする。
周波数3Hzの成分を阻止する。
周波数1Hzにおける振幅を1とする。

- ⑤ 上記の2次IIRフィルタのインパルス応答と振幅特性を
グラフで示せ。

- ⑥ 上記の2次IIRフィルタに式(1)の信号 $x(n)$ を入力した
ときの出力信号を $y(n)$ のグラフを示せ。

- ⑦ ①と④の2次IIRフィルタの違いについて考察せよ。

◆使用プログラム: kit_dsp_2nd-IIR.xlsx

3

(参考) 2次IIRフィルタと計算プログラム

◇零点と極(数値入力)

$$\text{零点} = r_z e^{j\omega_z T}, \omega_z = 2\pi f_z, T = 1/f_s$$

$$\text{極} = r_p e^{j\omega_p T}, \omega_p = 2\pi f_p, T = 1/f_s$$

$$\text{Zero} - r \rightarrow r_z, \quad \text{Zero} - f \rightarrow f_z$$

$$\text{Pole} - r \rightarrow r_p, \quad \text{Pole} - f \rightarrow f_p$$

◇伝達関数

$$H(z) = \frac{a_0 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}{1 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}$$

◇伝達関数の係数(プログラムで計算)

$$\text{分子} = h_0(1 - 2r_z \cos(\omega_z T)z^{-1} + r_z^2 z^{-2})$$

$$a_0 = h_0, a_1 = -2h_0 r_z \cos(\omega_z T), a_2 = h_0 r_z^2$$

$$\text{分母} = 1 - 2r_p \cos(\omega_p T)z^{-1} + r_p^2 z^{-2}$$

$$b_0 = 1, b_1 = -2r_p \cos(\omega_p T), b_2 = r_p^2$$

4

◇ h_0 の計算

零点と極の数値を入力する $\rightarrow h_0 = 1$ として振幅特性
を計算 \rightarrow 所定の周波数における振幅値を求める(例
えば2.53とする) $\rightarrow h_0$ に1/2.53を入力 \rightarrow 所定の周波数
で振幅特性が1となっていることを確認

◇周波数特性(プログラムで計算)

$$H(e^{j\omega}) = \frac{a_0 + a_1 e^{-j\omega T} + a_2 e^{-j2\omega T}}{1 + b_1 e^{-j\omega T} + b_2 e^{-j2\omega T}}$$

分子の実部($N - Re$): $R_N = a_0 + a_1 \cos\omega T + a_2 \cos 2\omega T$ 分子の虚部($N - Im$): $I_N = -a_1 \sin\omega T - a_2 \sin 2\omega T$ 分母の実部($D - Re$): $R_D = 1 + b_1 \cos\omega T + b_2 \cos 2\omega T$ 分子の虚部($D - Im$): $I_D = -b_1 \sin\omega T - b_2 \sin 2\omega T$

$$\text{振幅特性} = \frac{\sqrt{R_N^2 + I_N^2}}{\sqrt{R_D^2 + I_D^2}}$$

5

◇時間応答の計算(プログラムで計算)

$$w(n) = x(n) - b_1 w(n-1) - b_2 w(n-2)$$

$$y(n) = a_0 w(n) + a_1 w(n-1) + a_2 w(n-2)$$

◇入力信号(プログラムで計算)

$$x(n) = c_1 \cos(2\pi f_1 nT) + c_2 \cos(2\pi f_2 nT)$$

計算プログラムでは c_1, f_1, c_2, f_2 を数値入力

◇インパルス応答(プログラムで計算)

Impulseに1を入力すると

$$x(n) = \delta(n) = \begin{cases} 1, & n = 0 \\ 0, & n \neq 0 \end{cases}$$

となり、 $y(n)$ = インパルス応答となる。

6