

# 情報通信システム工学科

## ■選考方法

書類審査、模擬講義・演習及び面接により、多面的かつ総合的に評価します。

(1)書類審査: 提出された出願書類について審査を行います。

(2)模擬講義及び演習: (模擬講義 70 分+演習 50 分)

情報通信分野の基本について、大学の講義と同じ形式の模擬講義を受けます。講義中は、講義ノートを作成します。模擬講義の後に、各自で作成した講義ノートを参考にしながら、講義内容に関する演習を行います。提出された講義ノートと演習の回答から、模擬講義の理解度が評価されます。

(3)面接: 個人面接(10~15 分程度)

- 面接内容
- ①本学科を志望した理由
  - ②情報通信システム工学科の学生としての適性
  - ③本学入学後の抱負
  - ④模擬講義と演習に関する事項

1 日目: 模擬講義及び演習(模擬講義 70 分+演習 50 分)

2 日目: 個人面接(10~15 分程度)

## ※模擬講義スライド抜粋

令和3(2021)年度千葉工業大学 総合型(創造)選抜

工学部 情報通信システム工学科

2020年10月24日(土)

講義 13:00~14:05

演習 14:10~15:00

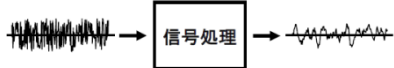
- ・講義ノートを取ってください(要点だけ)
- ・講義に引き続き演習を行います
- ・講義と演習の間には退出できません
- ・講義ノートを参考に演習問題に解答してください
- ・終了後にノート, 解答用紙, および問題用紙を回収します

### 本講義の目的

- ・本講義では, 情報通信の様々な分野で使用されている信号処理について学びます.
- ・講義内容
  - ・信号の概要
  - ・アナログ信号からデジタル信号への変換
  - ・線形時不変システム
  - ・デジタルフィルタによる信号処理

### 信号と信号処理

- ・信号: 時間的もしくは空間的に変化する量
  - ・本講義では, 時間的に変化する量を扱う→時間信号
  - ・時間の単位は秒 [s] とする
- ・信号処理: 信号を分析・加工する技術

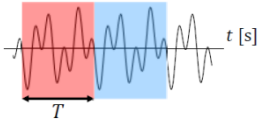
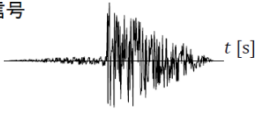


- ・応用分野の例
  - ・通信: 符号化, スペクトル拡散通信, ...
  - ・音声信号処理: 音声分析, 音声合成, 音声認識, ...
  - ・画像処理: 画像情報圧縮 (JPEG, MPEG), 画像復元, ...

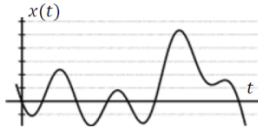
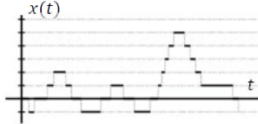
### 信号の分類

- ・信号は, 三つの性質によって分類できる
- ・規則性の有無
  - ・確定信号と不規則信号
- ・周期性の有無
  - ・周期信号と非周期信号
- ・連続性の有無
  - ・連続時間信号と離散時間信号

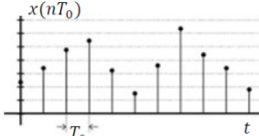
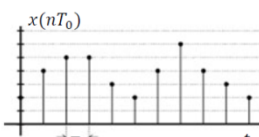
### 周期信号と非周期信号

- ・周期信号
  - ・時間をずらすと同じ値になる → 同じ波形の繰り返し
  - ・ $x(t) = x(t + T)$
  - ・ $x(t)$ : 時刻  $t$  での観測値
  - ・ $T$ : 周期 [s]
  - ・正弦波, 正弦波の合成
- ・非周期信号
  - ・徐々に大きく(小さく)なる信号
  - ・突発的な信号
  - ・地震波

### 連続時間信号と離散時間信号

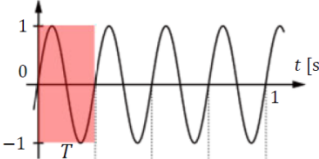
- ・連続時間信号
  - ・連続的な時間  $t$  で定義
  - ・ $t$  の関数  $x(t)$  で表せる
  - ・ $x(t)$  が連続値の場合
    - ・アナログ信号
- ・ $x(t)$  が離散値の場合
  - ・多値信号

### 連続時間信号と離散時間信号

- ・離散時間信号
  - ・時間間隔  $T_0$  のみで定義
  - ・ $x(nT_0)$   $n$ : 整数
  - ・ $x(nT_0)$  が連続値の場合
    - ・サンプル値信号
  - ・ $x(nT_0)$  が離散値の場合
    - ・デジタル信号


### 正弦波信号

- ・重要かつ単純な連続時間信号であり周期信号である
- ・ $x(t) = A \sin \omega t$ 
  - ・ $A$  は振幅,  $\omega = 2\pi f = 2\pi/T$  は角速度 [rad/s]
  - ・ $f$ : 周波数 [Hz],  $T = 1/f$ : 周期 [s],  $\pi$ : 円周率
- ・例) 周波数  $f = 4$  [Hz] (周期  $T = 0.25$  [s]), 振幅  $A = 1$



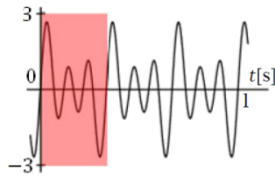
## 正弦波信号の合成

- 正弦波信号の合成により、様々な信号を生成できる

例)

$$x(t) = \sum_{i=1}^3 A_i \sin 2\pi f_i t$$

- $A_i = 0.5, 1.0, 1.5$
- $f_i = 3, 6, 9$  [Hz]



- 三つの周波数成分からなる信号
- 最大周波数成分:  $f_3 = 9$  [Hz]

10

## アナログ信号とデジタル信号

- コンピュータを用いた信号処理

- 例) 音声 → マイク入力 → コンピュータで処理
- アナログ信号である音声 (例えば, 10秒の音声)
  - 10秒間すべての時刻に信号の値 → 無限のデータ量
  - 個々の時刻の信号の値 → 無限の桁数で表現
- コンピュータが扱えるのはデジタルデータのみ
- デジタル信号に変換
  - 時刻を間引き, 有限の桁数で表現する

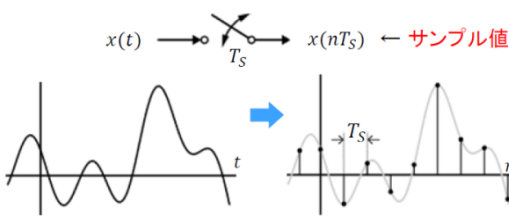
- アナログデジタル変換 (AD変換)

- 標本化: アナログ信号をサンプル値信号に変換
- 量子化: サンプル値信号をデジタル信号に変換

11

## 標本化

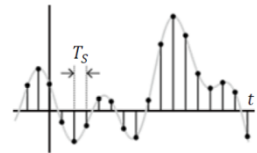
- アナログ信号からサンプル値信号を得る操作
  - $T_S$  ごとにONになるスイッチを通す操作と等価
  - $T_S$ : 標本化周期,  $f_S = 1/T_S$ : 標本化周波数



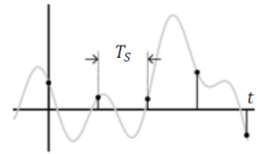
12

## 標本化

- 標本化周期: 短い
- 標本化周波数: 高い
- アナログ信号波形の詳細が表現できる
- データ量: 多い



- 標本化周期: 長い
- 標本化周波数: 低い
- アナログ信号波形の詳細が表現できない
- データ量: 少ない

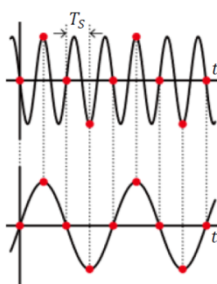


13

## 標本化定理

- 標本化周波数が低い場合
- 標本化周期が長い場合
- 異なる周波数の信号でも, 同じサンプル値が得られる場合がある

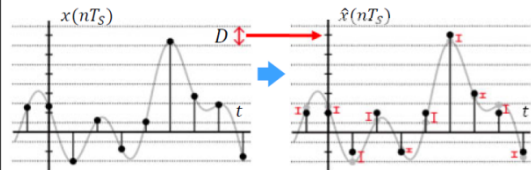
- 標本化定理:  $f_S > 2f_{max}$
- 標本化周波数  $f_S = 1/T_S$
- $f_{max}$ : 信号に含まれる最大周波数成分
- 標本化周期の条件  $T_S < 1/(2f_{max})$



14

## 量子化

- 標本化で得られたサンプル値を離散化する操作
- 信号に想定される最大・最小値幅を  $D$  ごとに分割する
- $D$  幅の中間の値を量子化値  $\hat{x}(nT_S)$  とする
  - これを量子化代表値と呼ぶ
- サンプル値との誤差 (量子化誤差):  $e = \hat{x}(nT_S) - x(nT_S)$ 
  - $-D/2 \leq e \leq D/2$



15

## デジタル信号処理システム

- デジタル信号処理の基本演算

- 三つの基本演算 (遅延, 乗算, 加算) を組み合わせてシステムを記述する.

- 遅延: 信号  $x(nT_S)$  に対し,  $T_S$  [s] 過去の信号  $x(nT_S - T_S)$  → 1サンプル遅延

$$x(nT_S) \rightarrow [D] \rightarrow x(nT_S - T_S)$$

$$k \text{ サンプルの遅延: } x(nT_S - kT_S)$$

$$\underbrace{[D] \rightarrow [D] \rightarrow \dots \rightarrow [D]}_{k \text{ 個の1サンプル遅延}} \rightarrow \underbrace{[D^k]}_{k \text{ サンプル遅延}}$$

16

## デジタル信号処理システム

- 乗算: 信号  $x(nT_S)$  の  $a$  倍の信号  $ax(nT_S)$

$$x(nT_S) \rightarrow \triangleleft^a \rightarrow ax(nT_S)$$

- 加算: 信号  $x_1(nT_S)$ ,  $x_2(nT_S)$  に対する  $x_1(nT_S) + x_2(nT_S)$

$$\begin{matrix} x_1(nT_S) \\ x_2(nT_S) \end{matrix} \rightarrow \oplus \rightarrow x_1(nT_S) + x_2(nT_S)$$

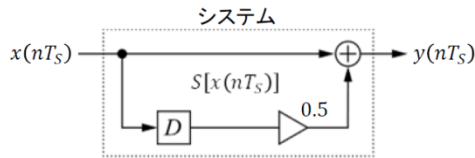
- システムの表現 入力信号  $x(nT_S)$  → システム  $S[\dots]$  → 出力信号  $y(nT_S)$

- 式では,  $y(nT_S) = S[x(nT_S)]$  と書く

17

## デジタル信号処理システム

- 例)  $y(nT_S) = S[x(nT_S)] = x(nT_S) + 0.5x(nT_S - T_S)$
- 基本演算の記号を用いて表す → ブロック線図と呼ぶ



18

## 線形時不変システム

- デジタル信号処理において主に扱われるシステム
- 線形性と時不変性を有する
- 線形性 (線形システム)
- システム  $S[\dots]$  と、二つの信号  $x_1(nT_S)$ ,  $x_2(nT_S)$  に対して、
 
$$y_1(nT_S) = S[x_1(nT_S)]$$

$$y_2(nT_S) = S[x_2(nT_S)]$$
 のとき、任意の定数  $a, b$  に対し、下式が成立する。
 
$$S[ax_1(nT_S) + bx_2(nT_S)] = aS[x_1(nT_S)] + bS[x_2(nT_S)]$$

22

## 線形時不変システム

- 時不変性 (時不変システム)
- システム  $S[\dots]$  において、
 
$$y(nT_S) = S[x(nT_S)]$$
 のとき、下式が成立する。
 
$$y(nT_S - kT_S) = S[x(nT_S - kT_S)]$$

23

## 線形時不変システムの入出力

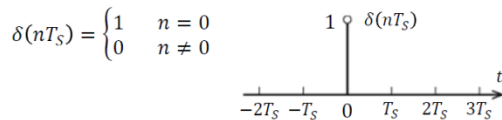
- 入力信号に対する線形時不変システムの入出力は、インパルス応答によって、
 
$$y(nT_S) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} h(kT_S)x(nT_S - kT_S)$$
 のように書ける。  
 この演算を「たたみ込み」と呼び、デジタルフィルタの計算にも使用する

24

## インパルス応答

- 線形時不変システムを特徴づける重要なパラメータ
- システム  $S[\dots]$  に単位インパルス関数  $\delta(nT_S)$  を入力したときの出力  $h(nT_S)$  のこと
 
$$h(nT_S) = S[\delta(nT_S)]$$

- 単位インパルス関数



26

## 単位インパルス関数

- 時間ずれについて...
 
$$\delta(nT_S - T_S) = \begin{cases} 1 & n = 1 \\ 0 & n \neq 1 \end{cases}$$
- $$\delta(nT_S + T_S) = \begin{cases} 1 & n = -1 \\ 0 & n \neq -1 \end{cases}$$
- 任意の整数  $k$  に対して...
 
$$\delta(nT_S - kT_S) = \begin{cases} 1 & n = k \\ 0 & n \neq k \end{cases}$$

27

## インパルス応答の観測

- 例) 次式を満たすシステムのインパルス応答を求め、グラフに記入せよ。ただし、 $0 \leq n \leq 7$  とする。

$$y(nT_S) = \sum_{m=0}^5 0.8^m x(nT_S - mT_S)$$

- 入力を  $x(nT_S) = \delta(nT_S)$  とし、出力  $h(nT_S)$  を求めればよい。

$$h(nT_S) = \sum_{m=0}^5 0.8^m \delta(nT_S - mT_S)$$

28

## インパルス応答の観測

- $0 \leq n \leq 7$  に対して  $h(nT_S)$  を求める.....

$$n = 0: h(0T_S) = \sum_{m=0}^5 0.8^m \delta(0T_S - mT_S) = 0.8^0 = 1$$

↑ここが0の場合 ( $m = 0$ ) のみインパルス関数が1になる

$$n = 1: h(1T_S) = \sum_{m=0}^5 0.8^m \delta(1T_S - mT_S) = 0.8^1 = 0.8$$

⋮

<中略>

⋮

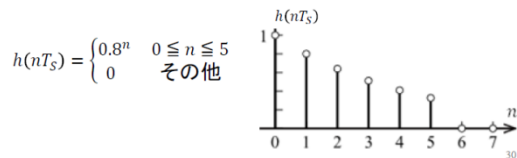
$$n = 5: h(5T_S) = \sum_{m=0}^5 0.8^m \delta(5T_S - mT_S) = 0.8^5 \approx 0.328$$

29

## インパルス応答の観測

$$n = 6 : h(6T_s) = \sum_{m=0}^5 0.8^m \delta(6T_s - mT_s) = 0$$

$$n = 7 : h(7T_s) = \sum_{m=0}^5 0.8^m \delta(7T_s - mT_s) = 0$$



## デジタルフィルタ

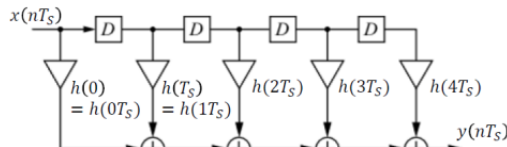
- フィルタとは...
  - ある条件に基づいて、データを選別・加工・排除する仕組み
  - データをフィルタで処理すること → フィルタリング
  - 信号処理においては...
    - 信号に混入した雑音を除去する
    - 信号に含まれる特定の周波数成分を減衰・強調する
- デジタルフィルタ
  - デジタル信号を対象とした信号処理システムである
  - 線形時不変システムの実例である

31

## デジタルフィルタ

- 本講義では、FIRフィルタを扱う
    - 有限長インパルス応答 (Finite Impulse Response) フィルタ
- $$y(nT_s) = \sum_{k=0}^K h(kT_s)x(nT_s - kT_s) \quad \begin{array}{l} K : \text{フィルタの次数} \\ K + 1 : \text{フィルタ長} \end{array}$$

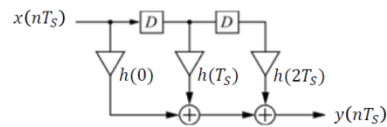
- フィルタの次数  $K = 4$  の例



32

## デジタルフィルタの例

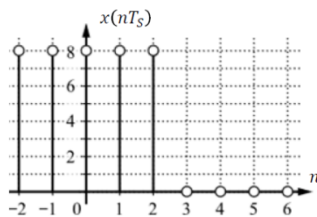
- 次数  $K = 2$  の移動平均フィルタ
  - 連続する3サンプル値の平均値を出力するフィルタ
  - 高い周波数成分を除去 → 信号をなめらかにする
  - インパルス応答  $h(kT_s)$ 
    - $0 \leq k \leq 2$  において  $1/3$ , その他は  $0$



33

## 移動平均フィルタ

- 移動平均フィルタによるフィルタリングの例
  - 下図の  $\circ$  がサンプル値 (右表にも示す)
  - $0 \leq n \leq 6$  でフィルタリングする



$n$	$x(nT_s)$
-2	8
-1	8
0	8
1	8
2	8
3	0
4	0
5	0
6	0

34

## 移動平均フィルタ

- フィルタの次数  $K = 2$  のFIRフィルタの式は

$$y(nT_s) = \sum_{k=0}^2 h(kT_s)x(nT_s - kT_s)$$

となる。  $h(kT_s)$  はすべて  $1/3$ ,  $x(nT_s)$  は右の表のとおり。

- $n = 0$  の場合

$$y(0T_s) = \sum_{k=0}^2 h(kT_s)x(0T_s - kT_s) = h(0T_s)x(0T_s - 0T_s) + h(1T_s)x(0T_s - 1T_s) + h(2T_s)x(0T_s - 2T_s) = (1/3) \times 8 + (1/3) \times 8 + (1/3) \times 8 = 8$$

35

## 移動平均フィルタ

- $n = 1$  の場合

$$y(1T_s) = \sum_{k=0}^2 h(kT_s)x(1T_s - kT_s) = h(0T_s)x(1T_s - 0T_s) + h(1T_s)x(1T_s - 1T_s) + h(2T_s)x(1T_s - 2T_s) = (1/3) \times 8 + (1/3) \times 8 + (1/3) \times 8 = 8$$

- $n = 2$  の場合

$$y(2T_s) = \sum_{k=0}^2 h(kT_s)x(2T_s - kT_s) = h(0T_s)x(2T_s - 0T_s) + h(1T_s)x(2T_s - 1T_s) + h(2T_s)x(2T_s - 2T_s) = (1/3) \times 8 + (1/3) \times 8 + (1/3) \times 8 = 8$$

36

## 移動平均フィルタ

- $n = 3$  の場合

$$y(3T_s) = \sum_{k=0}^2 h(kT_s)x(3T_s - kT_s) = h(0T_s)x(3T_s - 0T_s) + h(1T_s)x(3T_s - 1T_s) + h(2T_s)x(3T_s - 2T_s) = (1/3) \times 0 + (1/3) \times 8 + (1/3) \times 8 = 5.3333 \dots$$

- $n = 4$  の場合

$$y(4T_s) = \sum_{k=0}^2 h(kT_s)x(4T_s - kT_s) = h(0T_s)x(4T_s - 0T_s) + h(1T_s)x(4T_s - 1T_s) + h(2T_s)x(4T_s - 2T_s) = (1/3) \times 0 + (1/3) \times 0 + (1/3) \times 8 = 2.6666 \dots$$

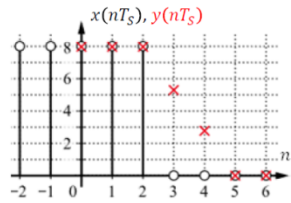
<以下略:  $y(5T_s), y(6T_s)$  は  $0$  になる>

37

## 移動平均フィルタ

- フィルタリングの結果

- 計算結果を、小数第二位で四捨五入した値でプロット



- 元の信号のサンプル値  $x(nT_s)$  : 急激な変化(○)
- フィルタ後の信号のサンプル値  $y(nT_s)$  : 緩やかな変化(×)

### 【課題 1】

周波数がそれぞれ、 $f_1 = 1$  [Hz],  $f_2 = 2$  [Hz],  $f_3 = 5$  [Hz] である三つの正弦波,

$$x_1(t) = A_1 \sin 2\pi f_1 t$$

$$x_2(t) = A_2 \sin 2\pi f_2 t$$

$$x_3(t) = A_3 \sin 2\pi f_3 t$$

と、それらを加算合成した信号  $y(t) = x_1(t) + x_2(t) + x_3(t)$  に関して以下の問いに答えよ。ただし、正弦波の振幅  $A_1, A_2, A_3$  はすべて 1 とし、 $\pi$  は円周率を表す。

- (1) 三つの正弦波  $x_1(t)$ ,  $x_2(t)$ ,  $x_3(t)$  それぞれの周期  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  を計算せよ。解答欄には単位も記すこと。
- (2) 標本化定理より、標本化周波数  $f_s$  及び標本化周期  $T_s$  の条件を求めよ。解答欄には単位も記すこと。
- (3) 信号  $y(t)$  を解答用紙のグラフに記載してある。この信号を、 $0 \leq t \leq 1$  の範囲で標本化して得られたサンプル値を“●”でプロットせよ。ただし、標本化周期は標本化定理を満たし、かつ、解答用紙のグラフの目盛線上に乗るように選ぶこと。

### 【課題 2】

あるアナログ信号を標本化周期  $T_s$  で標本化し、サンプル値  $x(nT_s)$  を“○”でプロットしたのが解答用紙のグラフである。これらのサンプル値を量子化幅  $D$ , 量子化代表値で量子化し、その量子化値を解答用紙のグラフに“x”でプロットせよ。

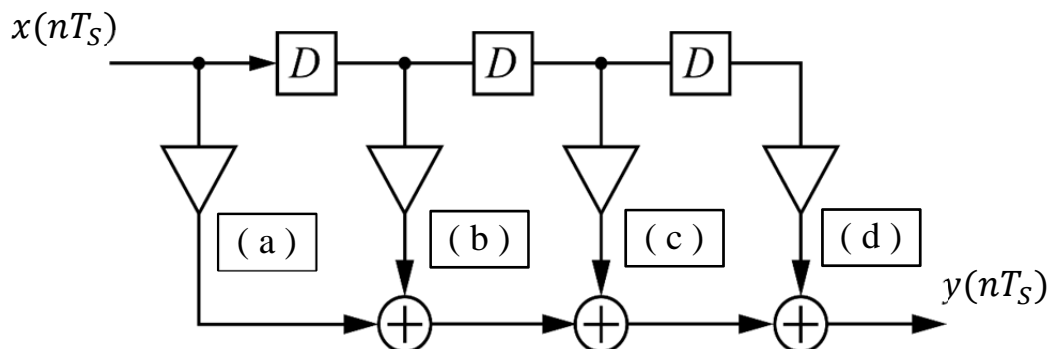
### 【課題 3】

インパルス応答が下式のように表される信号処理システムに関して以下の問いに答えよ。

$$h(mT_s) = \begin{cases} 0.5^m & 0 \leq m \leq 3 \\ 0 & \text{その他} \end{cases}$$

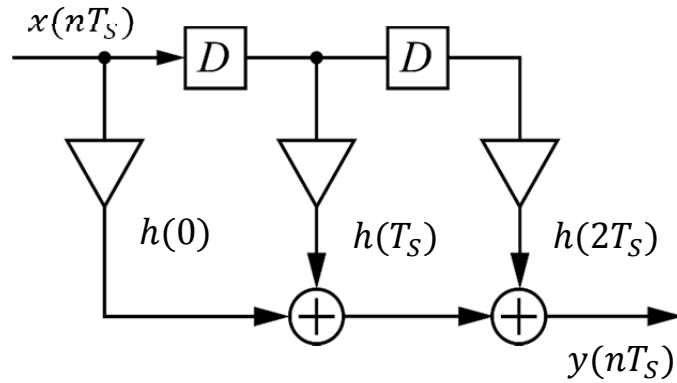
ただし、 $T_s$  は標本化周期を表し、 $m$  は整数とする。

- (1) 上記の信号処理システムのブロック線図を下記に示す。ここで、システムの入力を  $x(nT_s)$ , 出力を  $y(nT_s)$  とする。図の (a) から (d) に入る数値を求めよ。
- (2) 上記の信号処理システムの入出力関係を表す式を求めよ。



**【課題 4】**

下記のブロック線図で表される FIR フィルタに関して、以下の問いに答えよ。ただし、インパルス応答  $h(mT_S)$  に関して、 $0 \leq m \leq 2$  に対しては、それぞれ  $h(0) = 0.3$ ,  $h(T_S) = 0.5$ ,  $h(2T_S) = 0.2$ , その他の  $m$  に対しては  $h(mT_S) = 0$  とする。  $T_S$  は標本化周期を表し、 $m$  は整数とする。



- (1) この FIR フィルタの出力  $y(nT_S)$  を式で表せ。
- (2) この FIR フィルタを用いて、表に示すデジタル信号  $x(nT_S)$  をフィルタリングした出力信号  $y(nT_S)$  を  $0 \leq n \leq 6$  の範囲で計算し、解答用紙の表「フィルタリング結果」に記入せよ。計算結果は、小数第二位で四捨五入すること。
- (3) (2) で計算した値を解答用紙のグラフに“x”でプロットせよ。ただし、 $x(nT_S)$  は“o”でプロット済である。

$n$	$x(nT_S)$
-2	0
-1	0
0	2
1	3
2	8
3	5
4	1
5	0
6	0

以上