

2023年3月29日

# AD変換器試験での正弦波入力振幅と 出力高調波歪振幅の関係

群馬大学 小林春夫

# Agenda

1. 概要
2. 問題
3. 解説と解答
4. まとめ

# 1. 概要

## AD変換器試験での正弦波入力振幅と 出力高調波歪振幅の関係

AD変換器は IoTシステム、通信システム、車載システム等でのキーデバイスです。その線形性評価技術は重要です。

キーワード:

AD変換器, 正弦波入力振幅, 高調波歪, 非線形性  
多項式近似, フーリエ級数展開

## 2. 問題

次の文章の空欄（ ）に入る正しい言葉を①～④の中から選びなさい。

単一正弦波入力によるAD変換器評価では、入力信号振幅を2倍にすると（その入力がAD変換器入力範囲内とする）出力の3次高調波の振幅は約（ ）倍になる。

- ① 1/2
- ② 1
- ③ 2
- ④ 8

### 3. 解説と解答 (1)

次の文章の空欄 ( ) に入る正しい言葉を①～④の中から選びなさい。

単一正弦波入力によるAD変換器評価では、入力信号振幅を2倍にすると（その入力がAD変換器入力範囲内とする）出力の3次高調波の振幅は約 ( ) 倍になる。

① 1/2

② 1

③ 2

④ 8



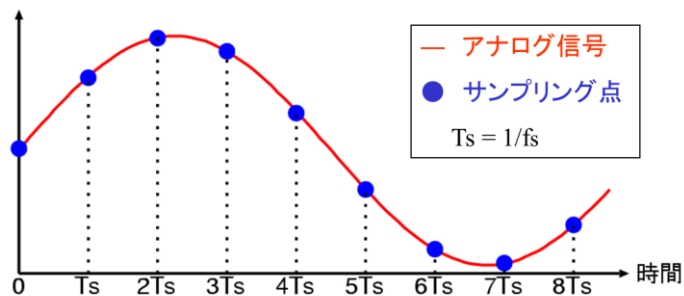
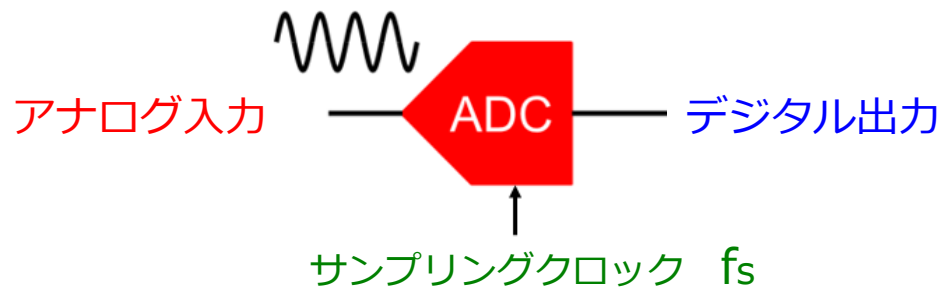
正解

# 3. 解説と解答 (2)

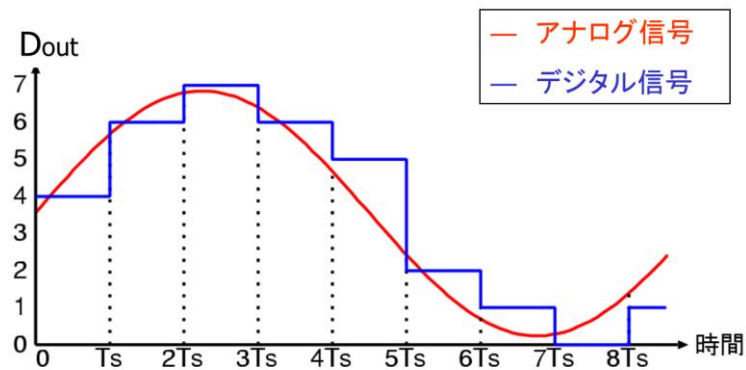
## AD変換器とは

Analog-to-Digital Converter: ADC

アナログ信号をデジタル信号に変換する回路



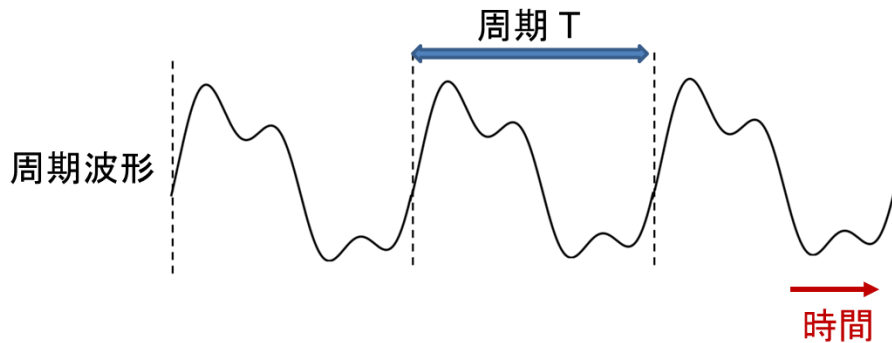
サンプリング



量子化

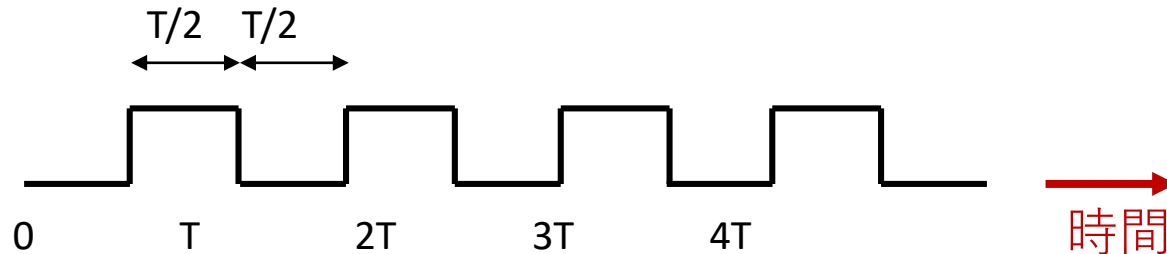
# 3. 解説と解答 (3)

## 周期信号と フーリエ級数展開



基本周波数  $\omega = 2\pi/T$  の  
整数倍の周波数  $\omega, 2\omega, 3\omega, \dots$  の  
正弦波、余弦波の和として表現できる

例 矩形波の場合

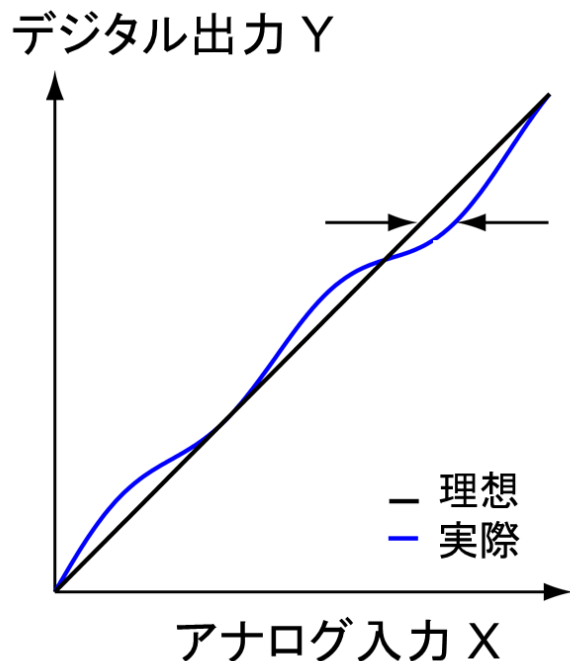


$$f(t) = \sin(\omega t) + \frac{1}{3} \sin(3\omega t) + \frac{1}{5} \sin(5\omega t) + \frac{1}{7} \sin(7\omega t) + \frac{1}{9} \sin(9\omega t) + \dots$$

↑            ↑            ↑            ↑            ↑  
基本波   3次高調波   5次高調波   7次高調波   9次高調波

### 3. 解説と解答 (4)

## AD変換器の入出力特性



理想ADCの入出力関係

➡ 線形

$$Y = K X$$

実際のADCの入出力関係

➡ 非線形

多項式近似モデル

$$Y = a_0 + a_1 X + a_2 X^2 + a_3 X^3 + \dots$$



### 3. 解説と解答 (5)

## 実際のADCでの余弦波入力

$X(t)=A \cos(\omega t)$  の場合

$$\begin{aligned} Y(t) &= a_0 + a_1 X(t) + a_2 X(t)^2 + a_3 X(t)^3 + \dots \\ &= a_0 + a_1 A \cos(\omega t) + a_2 A^2 \cos^2(\omega t) + a_3 A^3 \cos^3(\omega t) + \dots \\ &= a_0 + a_1 A \cos(\omega t) + \\ &\quad \frac{1}{2} a_2 A^2 [1 + \cos(2\omega t)] + \frac{1}{4} a_3 A^3 [\cos(\omega t) + 3\cos(3\omega t)] + \dots \\ &= [a_0 + \frac{1}{2} a_2 A^2] + [a_1 A + \frac{1}{4} a_3 A^3] \cos(\omega t) + \\ &\quad \frac{1}{2} a_2 A^2 \cos(2\omega t) + \underline{\frac{3}{4} a_3 A^3 \cos(3\omega t)} + \dots \end{aligned}$$



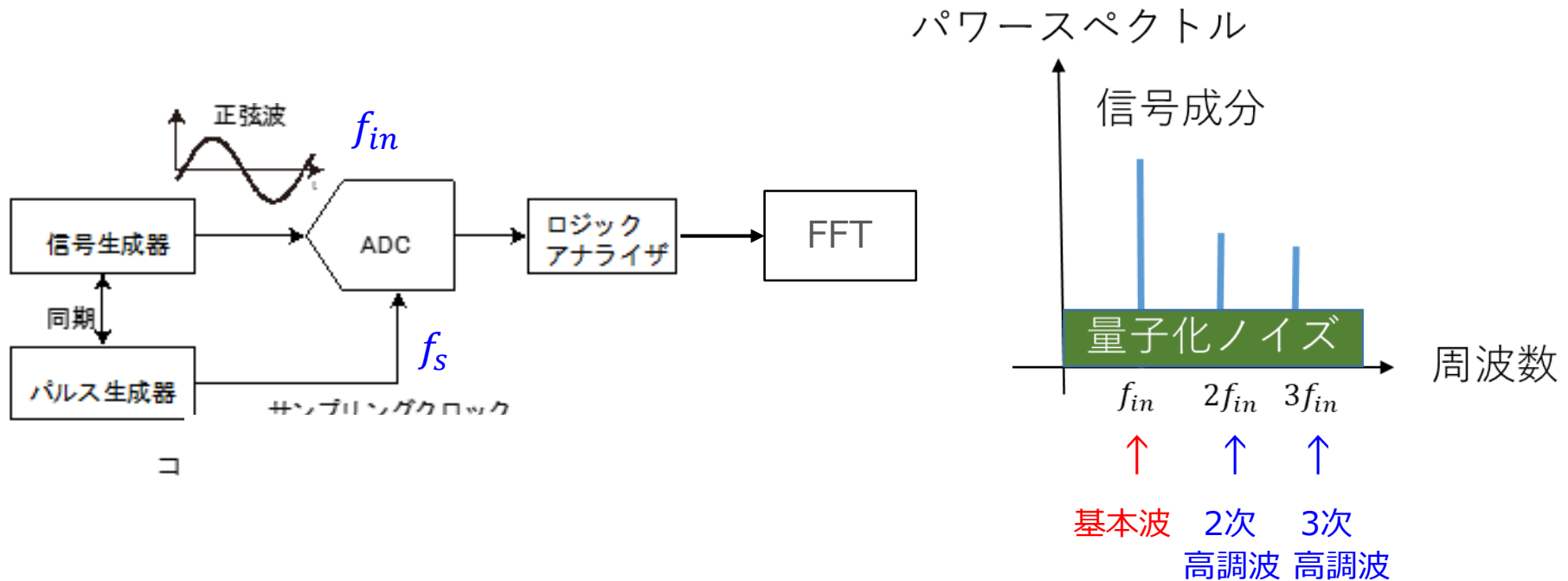
$A=1$  から  $A=2$  となると3次高調波振幅は約8倍になる

# 3. 解説と解答 (6)

## ADCのFFT法試験

FFT: Fast Fourier Transform  
高速離散フーリエ変換

➡ ADC出力のパワースペクトルを得る



### 3. 解説と解答 (7)

次の文章の空欄 ( ) に入る正しい言葉を①～④の中から選びなさい。

単一正弦波入力によるAD変換器評価では、入力信号振幅を2倍にすると（その入力がAD変換器入力範囲内とする）出力の3次高調波の振幅は約 ( ) 倍になる。

① 1/2

② 1

③ 2

④ 8



正解

## 4. まとめ

### AD変換器試験での正弦波入力振幅と出力高調波歪振幅の関係

単一正弦波入力によるAD変換器評価では、  
入力信号振幅を2倍にすると  
出力の3次高調波の振幅は約8倍になり、  
同様に2次高調波の振幅は約4倍になる。