

機械知能工学科
メカトロニクス総合

第12回

MC-12/Rev 15-1.1

アナログ信号のデジタル化

工学部 機械知能工学科

熊谷 正 朗

kumagai@mail.tohoku-gakuin.ac.jp

東北学院大学工学部
ロボット開発工学研究室 **RDE**

今回の到達目標

○アナログ信号のコンピュータへの取り込み

◇アナログ信号をコンピュータに取り込む必要性を説明できる。

- ・メカトロの対象はアナログ

◇アナログデジタル変換の概要を説明できる。

- ・アナログ電圧に比例したデジタル値
- ・変換特性のグラフ

◇サンプリング定理について説明できる。

- ・時間方向の取り込み特性と制限

なぜアナログ信号をデジタル化する？

○対象はアナログ／処理はデジタル

◇メカトロの対象

- ・位置、角度、(角)速度、(角)加速度
- ・温度、圧力、流速、明るさ

◇センサはアナログ

- ・基本的にはアナログ的変換
- ・デジタル出力に見えるものは、そこでD化

◇処理はデジタル

- ・コンピュータ制御が前提

デジタル化すること

○連続値から離散値(とびとびの値)に

◇値の離散化

- ・デジタル値は最小の細かさが明確に存在

例) 2進数8ビット: 0～255 1単位

固定小数: 0, $1/256$, $2/256$... $255/256$

- ・アナログの連続性は失われる

※失っても構わないところを捨てる

※妥協できるところ

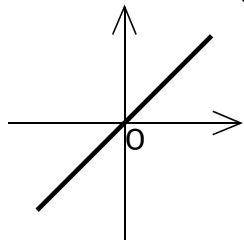
◇時間の離散化

- ・デジタル化のタイミングが時間軸でとびとび

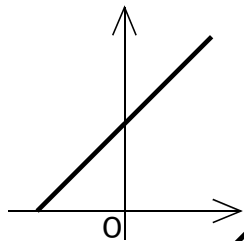
アナログ電圧のデジタル化

○アナログデジタル変換（AD変換）

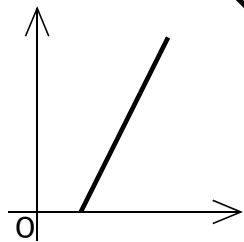
◇基本



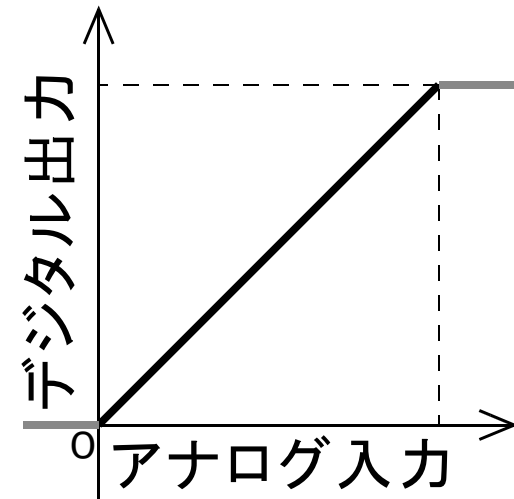
- ・ アナログ電圧に比例した2進数値
 - ・ 電圧 = [デジタル値"1"あたりの電圧] × 数値
- 一番下の桁(LSB)一つ分
※Least Significant Bit



◇バリエーション



- ・ 正負電圧対応
- ・ 特殊な電圧範囲



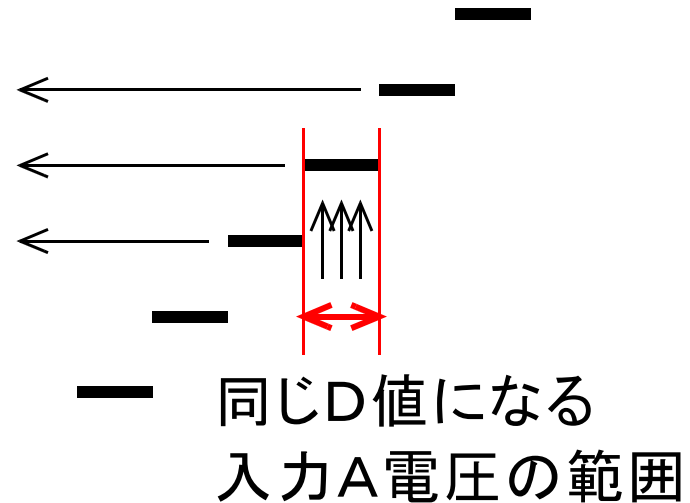
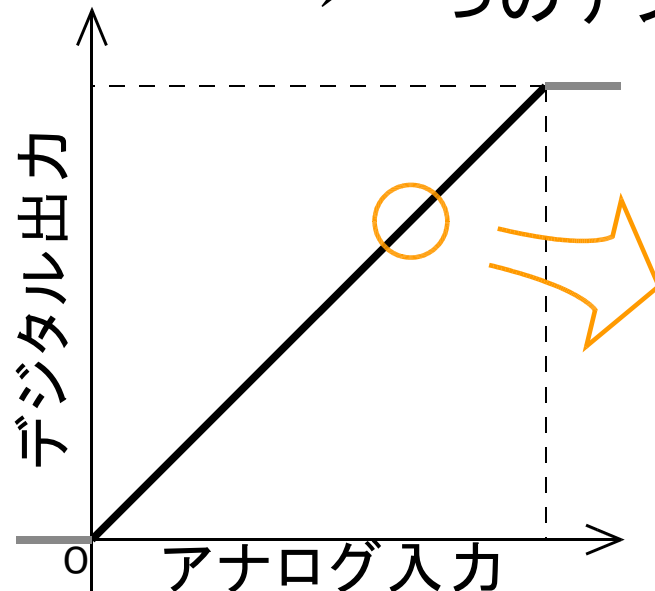
アナログ電圧のデジタル化

○アナログデジタル変換（AD変換）

◇変換のモデル：階段状

・あるアナログ電圧の範囲

→ 一つのデジタル値



アナログ電圧のデジタル化

○AD変換分解能の目安

◇ビット数と分解能

- ・アナログ電圧の範囲を0～10[V]とすると:

8bit	256段階	1LSB=39[mV]
10bit	1024段階	9.7 [mV]
12bit	4096段階	2.4 [mV]
16bit	65536段階	0.15[mV]
24bit	1678万段階	0.60[μ V]

- ・どの程度の細かさが必要か？

アナログ電圧のデジタル化

○AD変換分解能の目安

◇種類別一般的分解能(LSBの細かさ、ビット数)

- ・組込マイコンに内蔵: 8, 10, 12bit
- ・特殊なマイコン内蔵: 16bit 等高め
- ・半導体部品としてのAD: 8~24bitが多い
- ・PCに繋いで使う入力装置: 12, 16, 24bit 等
- ・オシロスコープ: 8bit, 10bit程度

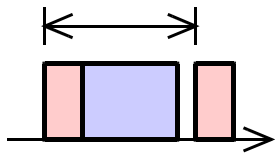
◇一般に

- ・ビット数多い→高い、遅い→無駄に多くせず

時間の離散化・サンプリング

○デジタル化は一定の時間間隔で行う

◇処理に時間がかかる→処理は連続では無い



- ・AD変換そのものに時間がかかる

- ・変換後の値の処理(信号処理、記録)にも

◇一定時間ごとに処理する

- ・一定時間間隔の方が便利

微分: (今回の値 - 前回の値) / 時間

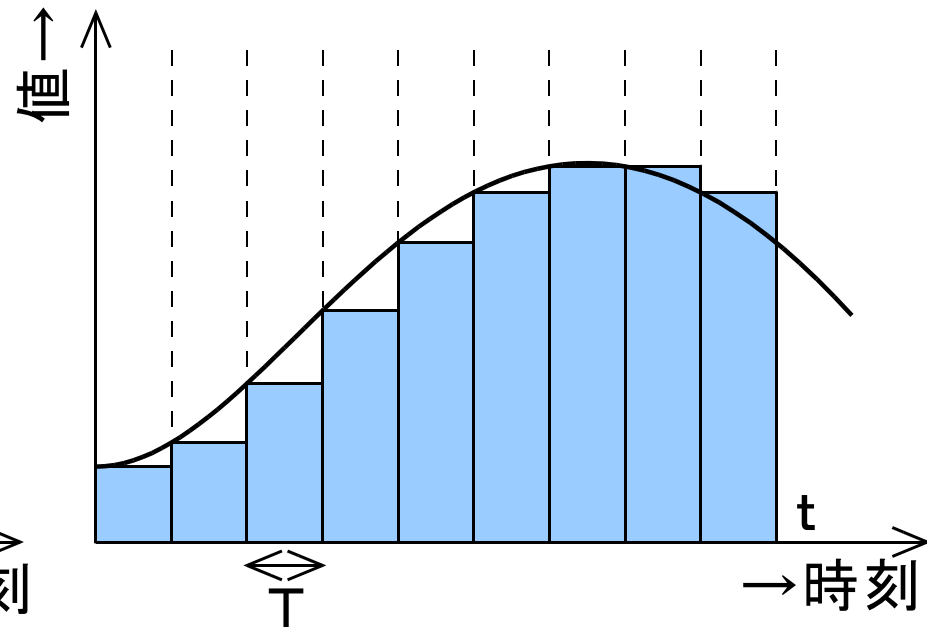
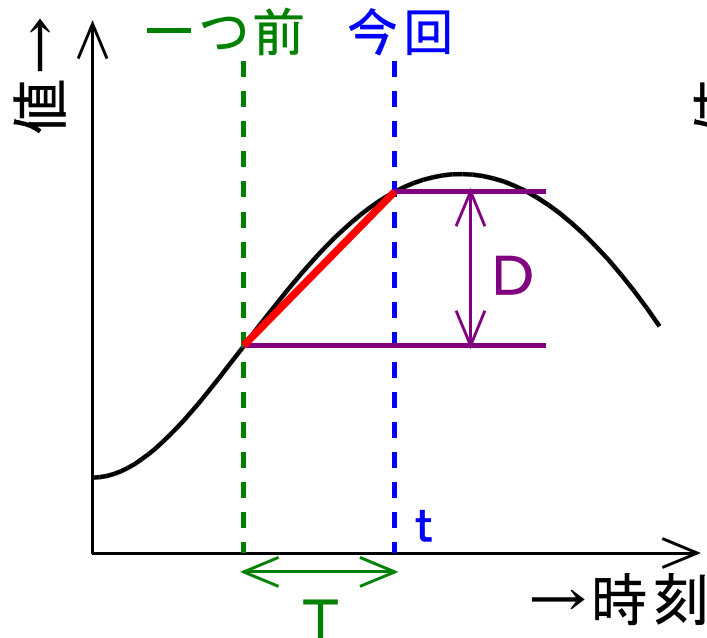
積分: Σ (各時刻の値 $\times$ 時間間隔)

一定間隔なら時間が定数に

時間の離散化・サンプリング

○デジタル化は一定の時間間隔で

◇微分と積分



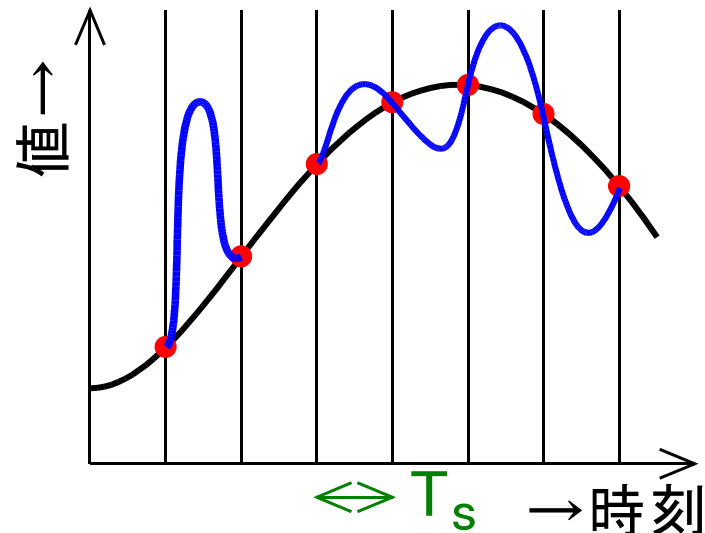
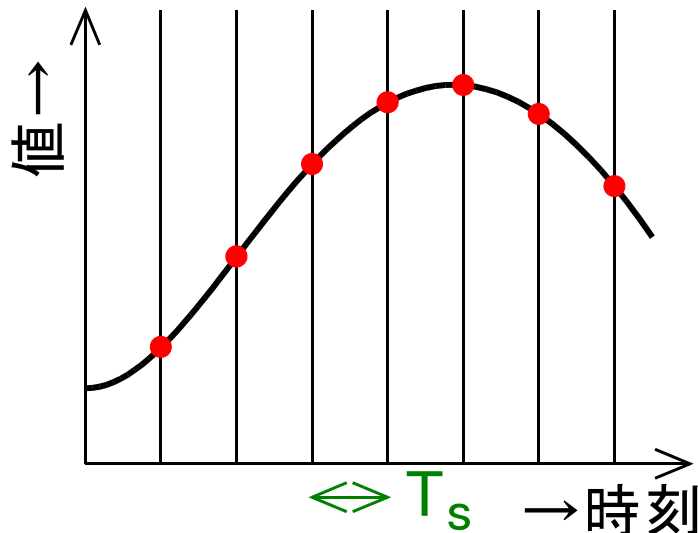
時間の離散化・サンプリング

○アナログ信号のサンプリング

◇一定周期での値の取得

・その取得の間の変化は不明になる

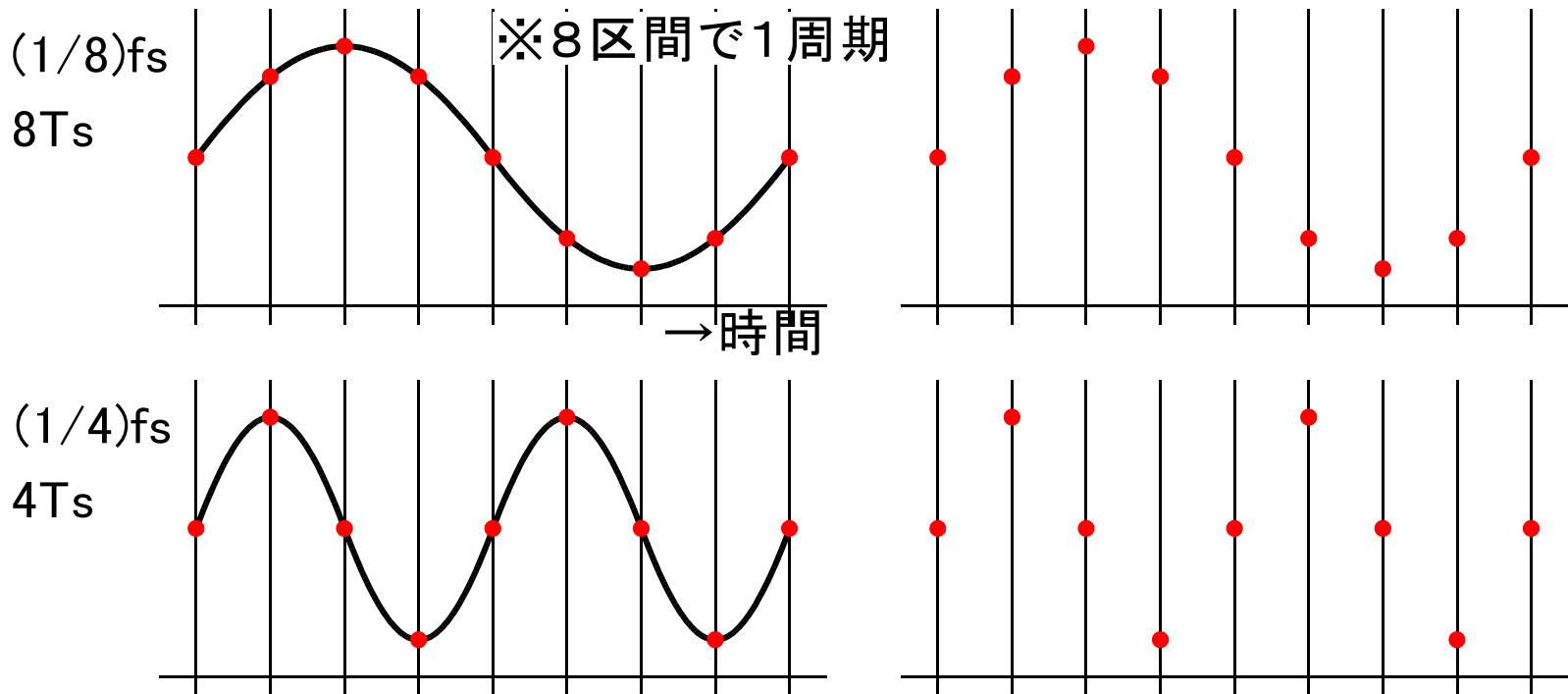
◇サンプリング周期 T_s とサンプリング周波数 f_s



時間の離散化・サンプリング

○どのくらい細かくとれば良いか？

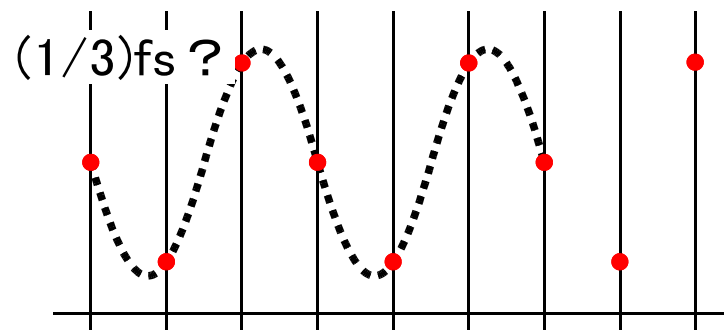
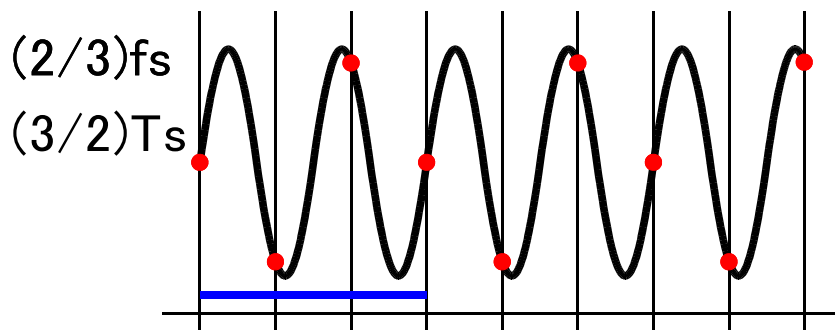
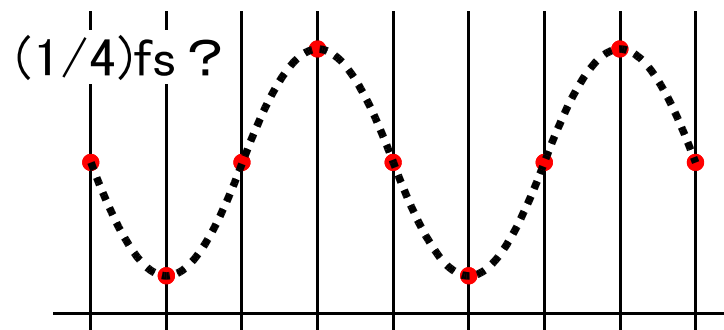
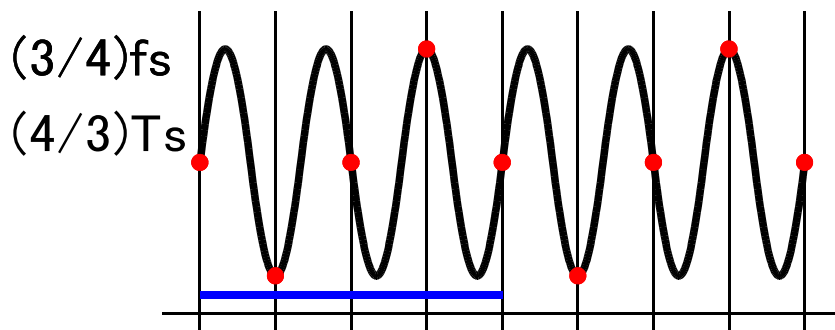
◇見えるのはサンプリングした点 ●



時間の離散化・サンプリング

○値の偽の変化傾向＝折り返し歪み

◇少し速めの変化信号→違う波形が見える



時間の離散化・サンプリング

○サンプリング定理

◇サンプリング周波数 f_s の(1/2)の周波数の
正弦波信号まで、正しく取得できる

- ・ $f < (1/2)f_s$ 、 $f_s > 2f$

エイリアシング

- ・ (1/2) f_s を超えると偽の信号に(折り返し歪み)

◇一般的な信号は様々な正弦波信号が混合
その中で最も高い成分を(1/2) f_s 未満に

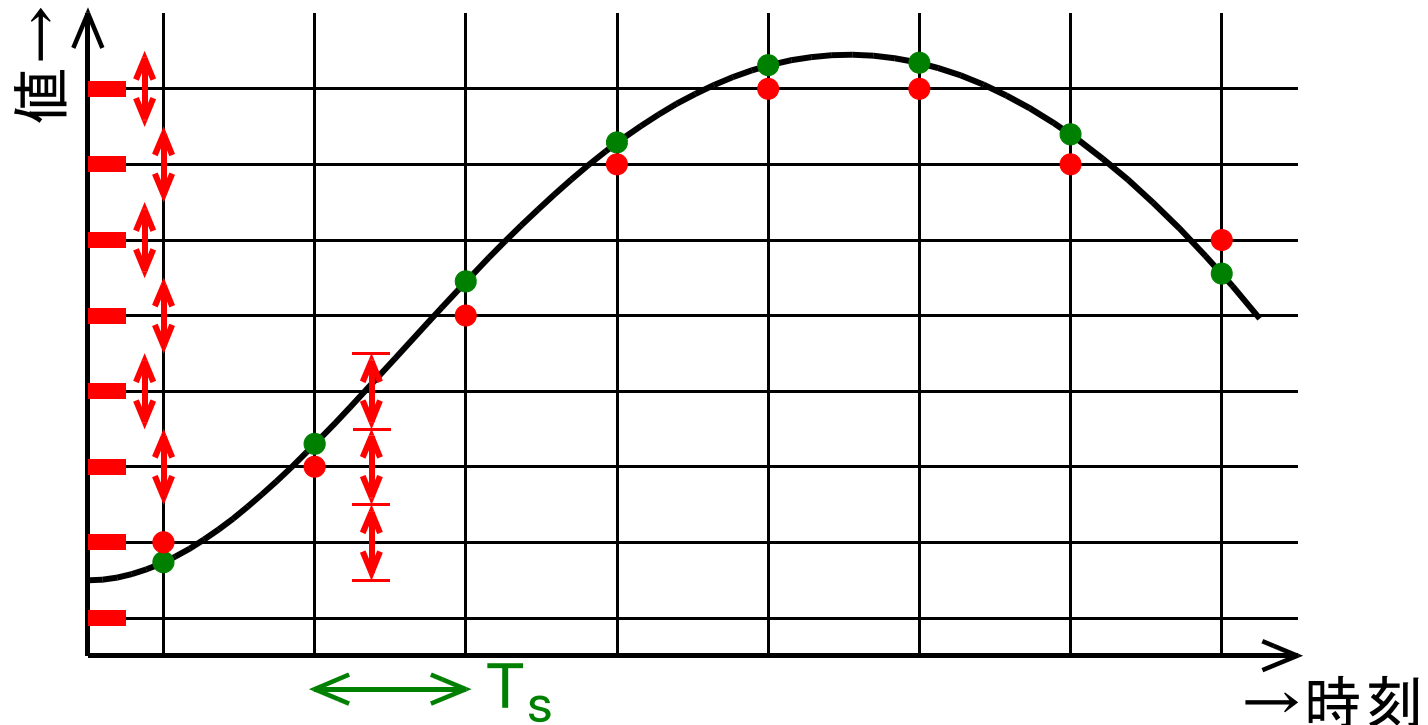
- ・ f_s に対して: ローパスで(1/2) f_s 以上をカット

- ・ 信号に対して: f_s を $2f$ より十分高く選定

値の離散化 + 時間の離散化

○最終的なデジタル化の形

◇一定の時間間隔でアナログ電圧をAD変換



アナログ信号のデジタル化

○実際の例

◇玉乗りロボットの姿勢センサ

- ・ 10bit, 5[V], 約16384[Hz]

※制御周期は200[Hz]; センシングだけ速い

◇前期学生実験の正弦波応答測定装置

- ・ 10bit, ± 10 [V], 約16384[Hz]

※ $16384 = 2^{14}$, 積分の $\times T_s$ が14bit右シフト

◇誘導モータの制御回路(電流計測 & 制御)

- ・ 10bit, 3.3[V](5Vを(2/3)に分圧), 10[kHz]