

機械知能工学科
工学総合演習Ⅱ・制御メカトロ

EP-03/Rev 16-1.0

第K03回

センシングに必要な 信号増幅

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

○変換式の導出と回路の設計

◇センサの出力信号の仕様を読み取る

ことができる。

- ・データシート(説明書)の例とその読み方

◇センサとAD変換の仕様の関係を数式化

できる。

- ・入出力関係から一次式

◇必要な増幅回路の設計計算ができる。

- ・実際に動きうる回路定数 & 演習

センサからコンピュータの入力へ

○増幅回路への要求

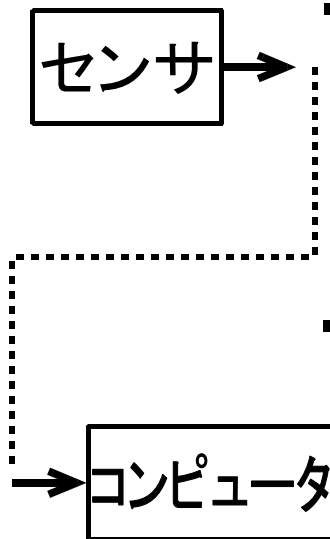
◇小さなセンサ出力 ある程度のコンピュータ入力

- ・センサの出力は μV 単位の場合もある。

- ・コンピュータ側入力(アナログデジタル変換)は、一般に数Vの大きさを受け付ける:

例) $\pm 10(-10 \sim 10)$, ± 5 , $0 \sim 5$, $0 \sim 3.3$ 他

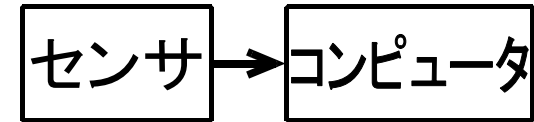
- ・AD変換は「範囲に入っていれば」直結可能だが、デジタル化したときに十分な細かさ(分解能)が得られない。 ※インピは別途確認



センサからコンピュータの入力へ

○増幅しなかった場合の不利益

◇例



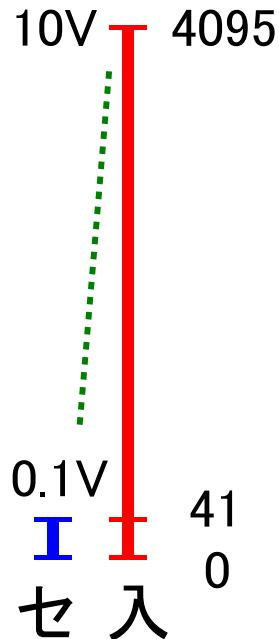
- ・ センサ出力: 0~100mV
- ・ AD入力: 0~10V
- ・ ADの分解能: 12ビット=4096段階

0[V]→0 10[V]→4095

- ・ 直結した場合:

0[mV]→0 100[mV]→41 < 42段階のみ

※ $(100[\text{mV}] / 10[\text{V}]) \times 4095$ 粗い



センサからコンピュータの入力へ

○増幅回路の仕様

◇AD入力を有効活用するように増幅する

(1) センサの出力範囲をAD入力に合わせる

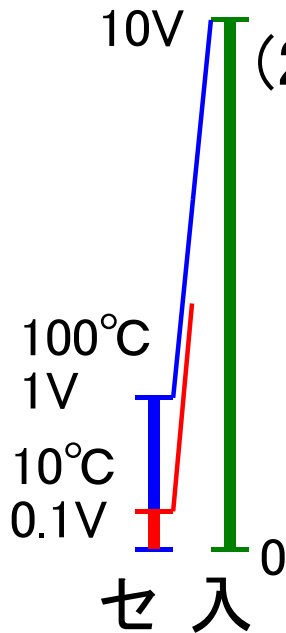
(2) より大きく増幅する

→ センサの出力幅の一部だけを使い、
より高感度にする

例) 0～100[°C]で0～1[V]の温度センサ
0～10[V]のAD入力へ

10倍: 0～100[°C] 100倍: 0～10[°C]

※100[°C]→1[V]→10[V] ※10[°C]→0.1[V]→10[V]



センサのデータシートの表記例

○数値（スペック表）記載の例

データシートは
各社サイトの
文献より引用

◇アナログデバイセス 加速度センサ ADXL335

“ADXL335 データシート”で検索

ADXL335

仕様

特に指定のない限り、 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ 、 $V_S = 3\text{ V}$ 、 $C_X = C_Y = C_Z = 0.1\text{ }\mu\text{F}$ 、加速度 = 0 g。仕様の最小値と最大値は保証されています。代表値は保証されていません。

表 1.

1gで0.3V → 3.6gで1.08V → $1.5 \pm 1.08\text{ V}$

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Unit
SENSOR INPUT	Each axis				
Measurement Range		±3	±3.6	±3.6g	g
Nonlinearity	% of full scale		±0.3		%
Package Alignment Error			±1		Degrees
Interaxis Alignment Error			±0.1		Degrees
Cross-Axis Sensitivity ¹			±1	300mV/g	%
SENSITIVITY (RATIOMETRIC) ²	Each axis				
Sensitivity at X_{OUT} , Y_{OUT} , Z_{OUT}	$V_S = 3\text{ V}$	270	300	330	mV/g
Sensitivity Change Due to Temperature ³	$V_S = 3\text{ V}$		±0.01		%/°C
ZERO g BIAS LEVEL (RATIOMETRIC)					
0 g Voltage at X_{OUT} , Y_{OUT}	$V_S = 3\text{ V}$	1.35	1.5	1.65	V
0 g Voltage at Z_{OUT}	$V_S = 3\text{ V}$	1.2	1.5	1.8	V
0 g Offset vs. Temperature			±1		mg/°C

センサのデータシートの表記例

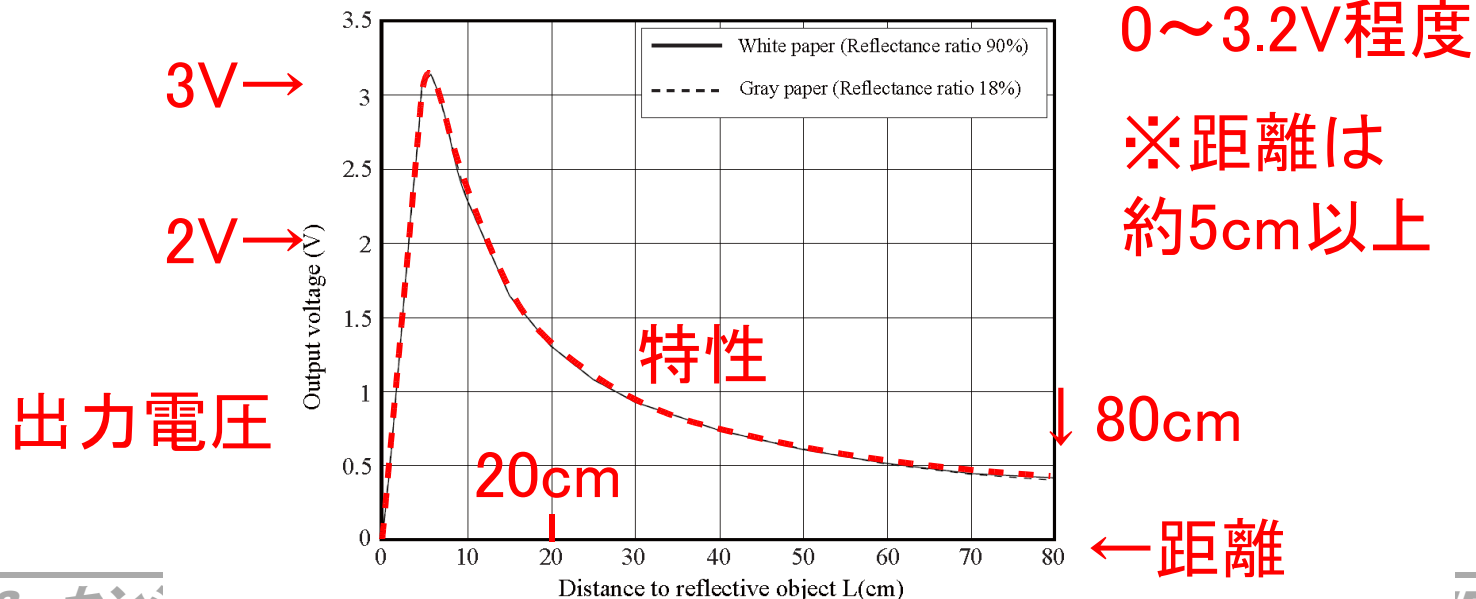
○グラフで記載される例

◇シャープ 測距センサ GP2Y0A21YK0F

SHARP

GP2Y0A21YK0F

Fig. 2 Example of distance measuring characteristics(output)



増幅回路の仕様

センサの出力が回路の入力
コンピュータの入力が回路の出力

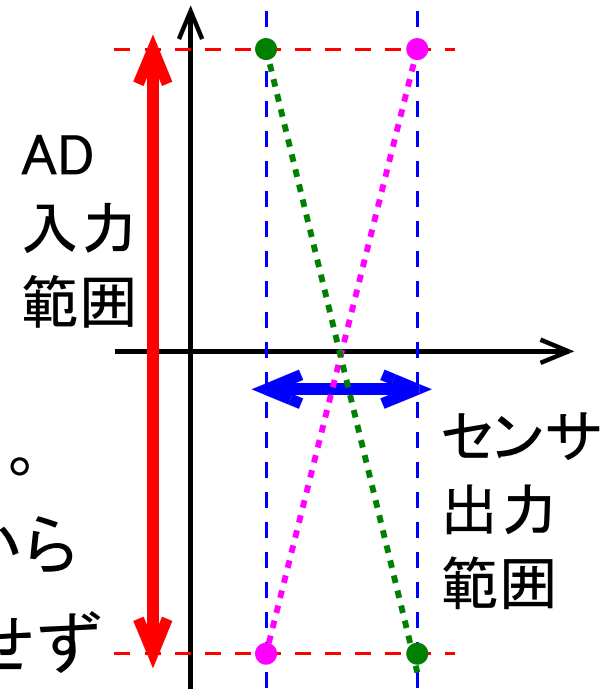
○変換式を求める



◇センサの範囲→ADの範囲

- ・センサの上限下限を
各々AD入力の上
下限になるように
すれば、問題なし。

- ・傾きで±の2種ありうる。
→ ソフトで補正するから
回路段階では気にせず



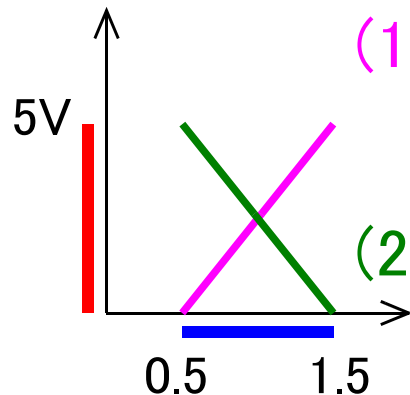
増幅回路の仕様

センサの出力が回路の入力
ADの入力が回路の出力

○計算例

◇設計条件

- V_i V_o
- ・センサ出力 $\pm 0.2[V]$ AD入力 $\pm 10[V]$
→ 増幅率50倍 or -50倍 $V_o = \pm 50V_i$
 - ・センサ出力 $1[V] \pm 0.5[V]$ AD $0 \sim 5[V]$



(1) $0.5[V] \rightarrow 0[V]$ 、 $1.5[V] \rightarrow 5[V]$

$$V_o = 5(V_i - 0.5) = 5V_i - 2.5$$

(2) $0.5[V] \rightarrow 5[V]$ 、 $1.5[V] \rightarrow 0[V]$

$$V_o = -5(V_i - 1.5) = -5V_i + 7.5$$

回路の設計

○必要な増幅と回路の選択

◇単純に○○倍

- ・反転増幅回路（標準的）
- ・非反転増幅回路

（正負を変えない、入力インピ高）

◇オフセット付き増幅

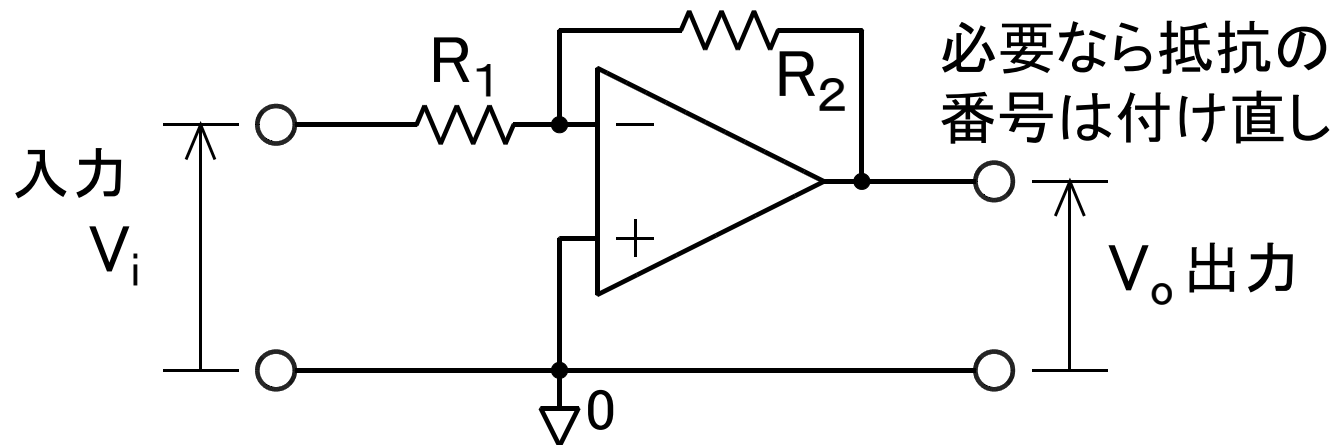
- ・加算回路（電圧を加算して上下）
- ・差動増幅回路（差の一方を固定して）

◇差を増幅→差動増幅回路

回路の設計

○テンプレ回路の部品の決定

◇例：反転増幅回路 $V_o = -(R_2/R_1) V_i$



- ・ 2本の抵抗の比で決まる→抵抗値を定める
- ・ 目標の増幅率から (R_2/R_1) が決まる
- ・ 妥当な値を定める(次述)

現実的な配慮：抵抗値の選択

○つくれること・無駄に電流流れないこと

◇抵抗値の選択：**E24系列** ※全部暗記までは不要

・ **10**,11,12,13, 15,16,18,20, **22**,24,27,30,
33,36,39,43, **47**,51,56,62, 68,75,82,91

× 10の n 乗 **※特に主要**

・ 入手性良(1.0～)10[Ω]～1[MΩ](～10[M])

◇増幅率は「約」でよい

- ・ センサも含めてキャリブレーション
- ・ 増幅率は**低い方に誤差**：増幅しすぎない

現実的な配慮：抵抗値の選択

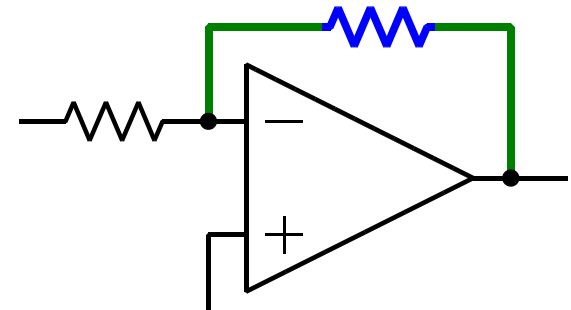
○つくれること・無駄に電流流れないこと

◇小さすぎず、大きすぎず

- ・ 小さいと電流大：入力インピ、FB抵抗
- ・ 大きすぎるとノイズの影響受けやすい、
オペアンプの「理想」とのずれが目立つ

※増幅率の誤差や電圧の上下

- ・ 目安：フィードバックの
抵抗が $10 \sim 100[\text{k}\Omega]$
程度。



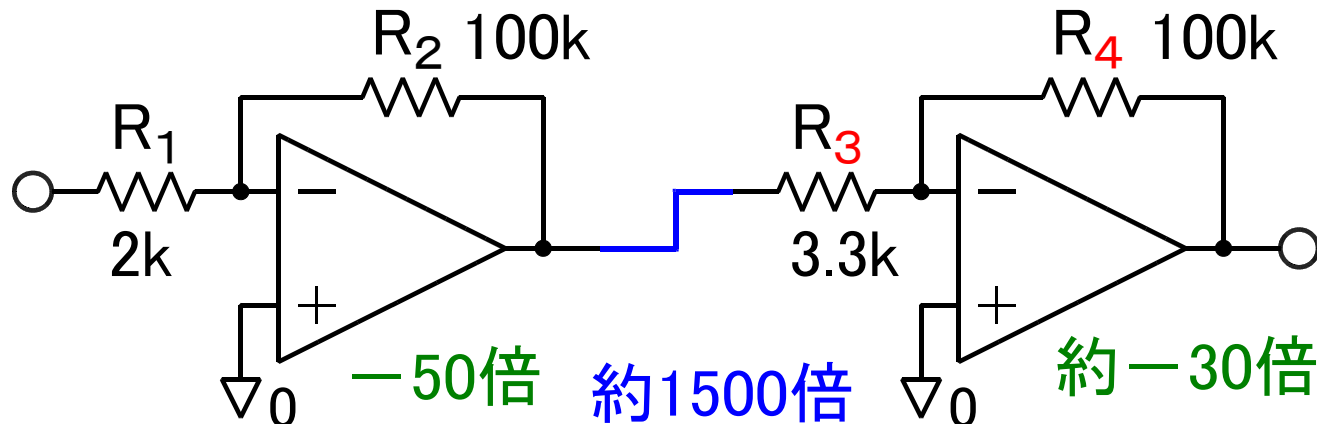
現実的な配慮：増幅率

○増幅回路一つあたりの増幅率

◇目安として100倍以下

- ・使用するオペアンプに依存する
- ・帯域が狭くなることがある

◇それを超える場合は直列に複数→かけ算



演習問題（各自ノートに→答え合わせ）

1：変換式の計算

○回路の入力 V_i

$2.5V \pm 1[V]$

※ $1.5V \sim 3.5[V]$

○回路の出力 V_o

$0 \sim 10[V]$

◇ V_o を V_i の式で表せ。

① $V_o = a V_i + b$ の形

② $V_o = a (V_i + c)$ の形

2：増幅回路の設計

◇増幅率約4倍の
反転増幅回路を
設計せよ。

○抵抗値はE24
系列から選択し、
大きさにも配慮せよ。

演習問題(プチテスト)

○センサの増幅回路

- ・センサの出力: $\pm 2.5[\text{mV}]$
- ・コンピュータ入力側(AD入力): $\pm 5[\text{V}]$

のあいだを繋ぐ増幅回路を設計せよ。

ただし、増幅回路1段あたりの増幅率の上限を100倍とする。

また、入力インピーダンスは気にしなくともよい。