

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



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

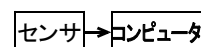
◇小さなセンサ出力 ある程度のコンピュータ入力

- ・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: $0 \sim 100\text{mV}$
- ・AD入力: $0 \sim 10\text{V}$
- ・ADの分解能: 12ビット = 4096段階
 $0[\text{V}] \rightarrow 0$ $10[\text{V}] \rightarrow 4095$
- ・直結した場合:
 $0[\text{mV}] \rightarrow 0$ $100[\text{mV}] \rightarrow 41$ < 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) $0 \sim 100[^\circ\text{C}]$ で $0 \sim 1[\text{V}]$ の温度センサ
 $0 \sim 10[\text{V}]$ のAD入力へ

10倍: $0 \sim 100[^\circ\text{C}]$ 100倍: $0 \sim 10[^\circ\text{C}]$

※ $100[^\circ\text{C}] \rightarrow 1[\text{V}] \rightarrow 10[\text{V}]$ ※ $10[^\circ\text{C}] \rightarrow 0.1[\text{V}] \rightarrow 10[\text{V}]$

センサのデータシートの表記例

データシートは
各社サイトの
文献より引用

○数値(スペック表)記載の例

◇アナログデバイセズ 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、 $T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_S = 3\text{V}$, $C_0 = C_1 = C_2 = 0.1\mu\text{F}$, 加速度 $\sim 0g$ 。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。

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	g
Nonlinearity	% of full scale		± 0.3		%
Package Alignment Error			± 1		°
Interaxis Alignment Error			± 0.1		°
Cross-Axis Sensitivity			± 0.1		%
SENSITIVITY (RATIMETRIC) ¹	Each axis				mV/g
Sensitivity at V_{S+3V} , V_{S-3V}		270	300	330	
Sensitivity Change Due to Temperature			± 0.01		%/°C
ZERO g BIAS LEVEL (RATIMETRIC)					mV
0 g Voltage at V_{S+3V} , V_{S-3V}		1.35	1.5	1.5V	
0 g Voltage at Z_{off}		1.2	1.5	1.8	V
0 g Offset vs. Temperature			± 1		mV/°C

センサのデータシートの表記例

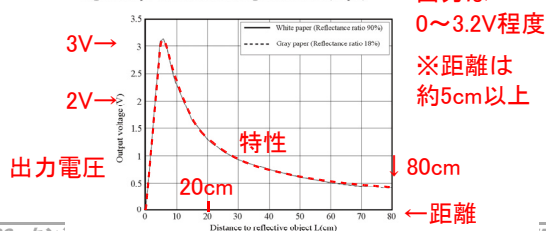
○グラフで記載される例

◇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

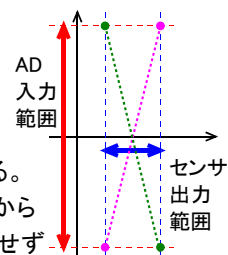
センサの出力が回路の入力
コンピュータの入力が回路の出力

○変換式を求める



◇センサの範囲→ADの範囲

- ・センサの上下下限を
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



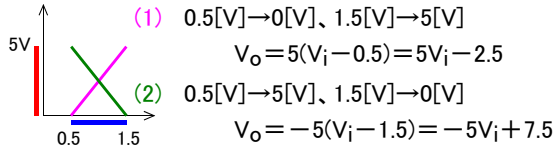
増幅回路の仕様

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

- ・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 $0 \sim 5[V]$



回路の設計

○必要な増幅と回路の選択

◇単純に〇〇倍

- ・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

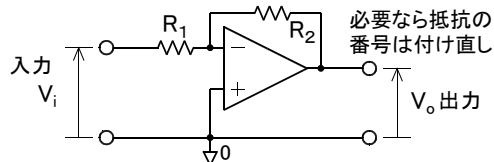
- ・加算回路 (電圧を加算して上下)
- ・差動増幅回路 (差の一方を固定)

◇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

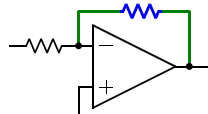
現実的な配慮: 抵抗値の選択

○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10~100[kΩ]程度。



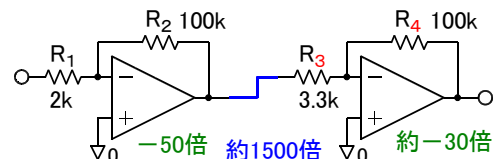
現実的な配慮: 増幅率

○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5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: $\pm 2.5[mV]$
- ・コンピュータ入力側(AD入力): $\pm 5[V]$

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。