
ロボット工学基礎 演習問題 09

pp. 85~128 のまとめ補足

9.01 ロボットはいかにして人の声や音を認知するのか？

microphone の構造の理解のために、

- ①金属の物理のモデル
- ②容量コンデンサーの物理のモデル
- ③コンデンサーマイクの原理について説明せよ。

9.02 ひずみゲージの電圧変換について説明せよ。

- ①Wheaston Bridgeの原理を説明せよ。
- ②定量的にひずみゲージの電圧値と抵抗値の関係を説明せよ。

9.03 太陽電池の動作原理を説明せよ。

光を電気信号に変換する電気素子(photo transistor)について説明せよ。

距離センサーの動作原理について説明せよ。

Absolute Rotary Encoderの動作原理について説明せよ。

9.01

ロボットはどのようにして人の声や音を感知するのか?

ロボットキット① 数値 11.85=12.8
また、

答は単純にマイクロホンである。マイクロホンは空気中の音波を電気信号に変換する。ロボットの知能部分(頭脳)は電気回路である。その電気回路の入力信号(電気信号)とする!! では、マイクロホンの電気信号を出力する原理は?

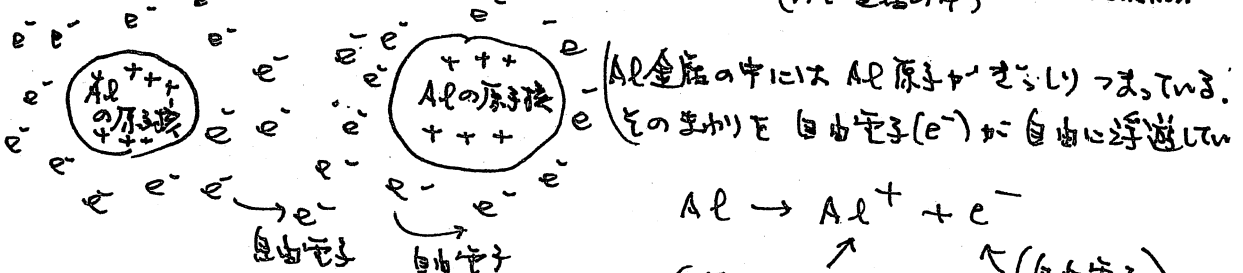
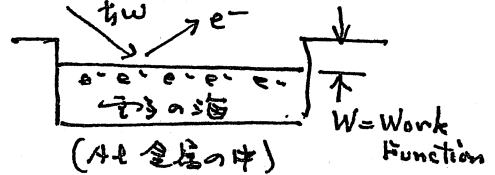
① まず金属の物理モデルを理解しよう。

金属の中では、電子が自由に移動する。

(金属は電気を通すが、その電流を作るのは、電子というマイナスの電荷をもった素粒子である。)

しかし、金属から通電は電気が出したりできない。金属原子の原子核の重さと電気力のためである。金属から電子が飛び出すには、脱出エネルギーが必要とする。地球の引力圏からロボットが飛び出すのに、秒速 11.7 km/sec の運動エネルギー ($E = \frac{1}{2}mv^2$) が必要とするのと同じ。

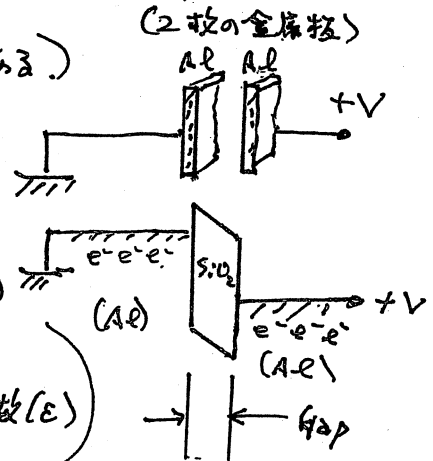
金属内の電子の物理モデル
「器に入った水」にたとえる。



Al⁺ 原子 (イオン) の空を hole (h⁺) と呼ぶ。

② 容量コンデンサーとは? (2枚の金属の平行板のことである)

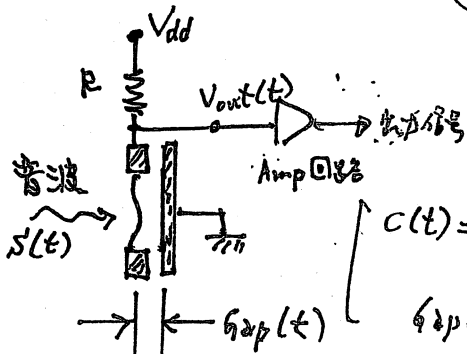
$Q = CV$
 $i(t) = \frac{dQ(t)}{dt} = C \frac{dV(t)}{dt}$ とする。



(容量 C) = $(\epsilon) \left(\frac{Area}{Gap} \right)$

容量は金属板の面積 (Area) に比例し、その2つの金属板の間隔 (Gap) に反比例する。比例定数 (ϵ) を電気誘電率という。

③ コンデンサーマイクの原理



(単純に RC 回路である。)

$(音波) \sim i(t) A$
 $(V_{dd} - V_{out}(t)) = i(t) A$
 $i(t) = \frac{d}{dt} (C(t) V(t))$

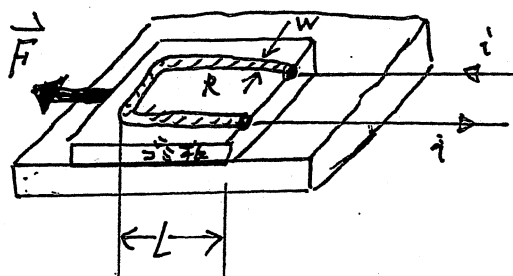
(薄い金属膜が音波により中身のを利用する。 Gap(t) が S(t) に比例する。)
(p. 127 参照)

④ 静電効果を利用して物体を感知する。

ロボット Arm を金属で作ると、それらの金属物体をロボットは、感知して感知できる。金属が2つあると、必ず実効容量 C(t) が計測できる。その変化をみて、ロボットは金属の存在を知る!!

9.02 ひずみゲージの電圧変換とは？

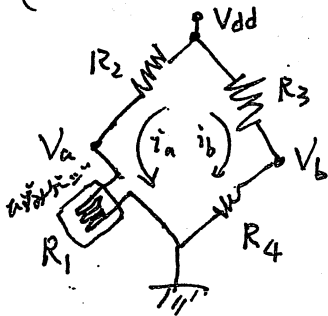
(p.124-123)



上の板(ひずみ板)がひずむと、その板に張られた抵抗体の長さ(L) 場合によっては幅(W)も変化する。変動的に抵抗値 $R = (\rho) \left(\frac{L}{W} \right)$ の値が変化する。ひずみと、 $\Delta R = (\rho) \frac{\Delta L}{W}$ だけ抵抗値が変化する。ひずみと、単位ひずみ状抵抗体より幅が細く長さ $\Delta W < 0$ とする。ひずみは $\Delta R > 0$ $\Delta R = -(\rho) \frac{\Delta L}{W^2} (\Delta W) > 0$ とする。抵抗値は増える。

① Wheatstone Bridge の原理

(微小な抵抗値の変化を増幅し、電圧出力を出す。)



Step ① まず $V_a = V_b$ とするように、 (R_1, R_2, R_3, R_4) の値を初期設定する。

$$\begin{cases} V_a = R_1 i_a = V_{dd} - R_2 i_a \\ V_b = R_4 i_b = V_{dd} - R_3 i_b \end{cases}$$

$$V_a = V_b \text{ として } i_a = \frac{V_{dd}}{R_1 + R_2} \quad i_b = \frac{V_{dd}}{R_3 + R_4}$$

$$V_a = \frac{R_1 V_{dd}}{R_1 + R_2} = \frac{R_4 V_{dd}}{R_3 + R_4} = V_b \quad \text{より } (R_1)(R_3 + R_4) = (R_4)(R_1 + R_2)$$

$$\text{すなわち } \boxed{(R_1)(R_3) = (R_4)(R_2)}$$

$$\text{すなわち } R_1 = \frac{(R_4)(R_2)}{R_3} \text{ の } i \text{ として } V_a = V_b = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{dd} \text{ とする。}$$

Step ② バランスを壊して、ひずみゲージの電圧変換はしてやる。

$$e = (V_a - V_b) = \left(\frac{R_1 V_{dd}}{R_1 + R_2} \right) - \left(\frac{R_4 V_{dd}}{R_3 + R_4} \right) = \frac{(R_1 R_3 - R_4 R_2)}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} V_{dd} \text{ として表される。}$$

今、ひずみの影響によって、 $R_1 \rightarrow R_1 + \Delta R$ とすると、バランスを壊した方が式が簡単になる。

$$\Delta e = \Delta(V_a - V_b) = \frac{(R_1 + \Delta R) R_3 - R_4 R_2}{(R_1 + R_2 + \Delta R)(R_3 + R_4)} V_{dd}$$

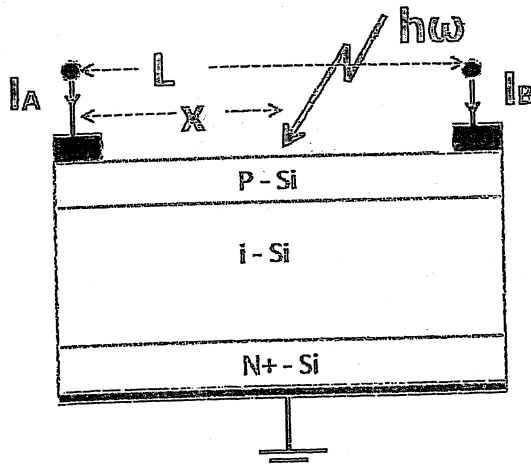
$$= \left[\frac{R_1 R_3 - R_4 R_2}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} + \frac{(\Delta R) R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} \right] \left[\frac{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}{(R_1 + R_2 + \Delta R)(R_3 + R_4)} \right] V_{dd}$$

$$\Delta e = \frac{(\Delta R) R_3 V_{dd}}{(R_1 + R_2 + \Delta R)(R_3 + R_4)} = \frac{(\Delta R) V_{dd}}{2(2R + \Delta R)} \quad \text{if } R = R_1 = R_2 = R_3 = R_4$$

(See p.125 例題 6-4)

● 距離Sensor

レーザーレーダ (Laser Rader) により、ロボットのいる環境周辺の障害物までの距離プロフィールを得るセンサは、将来におけるセンシングである。レーザー技術の進歩は小型のレーザーレーダを可能にし、小型の二足歩行ロボットにも搭載されるようになるであろう。このようなレーダの基礎となるものとして距離センサがある。距離センサとして古くから用いられているものが超音波距離計である。40 kHz 程度の周波数の超音波を送り、障害物から反射した音を検知して送受信までの時間差と音速から距離を計測するものである。最近、音ではなく、光による距離センサが開発され、手軽に使用できるようになってきた。



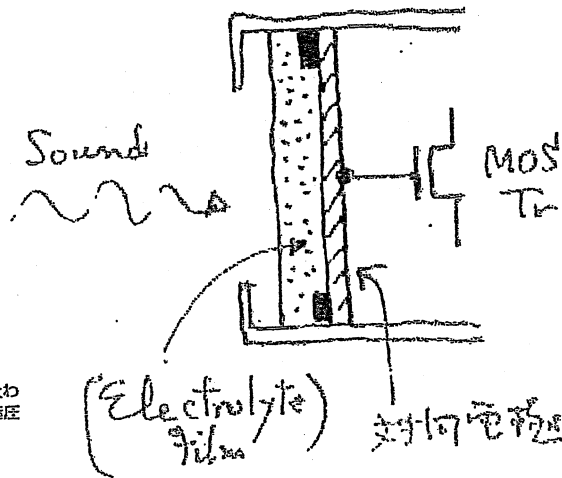
位置検出素子 (PSD)

$$\frac{I_A}{I_B} = \frac{X}{(L - X)}$$

PSD=Position Sensing Device

● 音声音響Sensor (Microphone)

前方および後方からの感度はよいが、横方向からしたがってマイクロホンの前後面を貫く方向に指向性がある。これにより、いくつかのマイクロホンを円周方向に並べるか、マイクロホンを回転させることで音源のおおよその方向を知ることができる。図のマイクロホンの背面をふさぐとこのマイクロホンは無指向性になるとともに、0.1 Hz 程度の低域周波数領域まで感度が上がる。全体的には感度も 1 Pa で 100 mV 程度まで上げることができる。マイクロホンにこのような工夫をして利用することで、超高感度圧力センサとしての機能を持たせることができる。これにより高さ数 cm 程度の上下運動の計測も可能となる。



指向性コンデンサマイクロホン
 鼓膜にあたるエレクトレットフィルムに音圧が加わるとフィルムはたわみ、対向電極との静電容量が変化する。これによりフィルム電極間に音圧に比例する電圧が発生し、それを FET で増幅する。

演習問題 (Wheatson Bridge の原理を導け!)

Wheatson Bridge回路: ひずみゲージの抵抗変化は微小であることから, ホイートストンブリッジ回路を用いて電圧に変換し, ひずみを検出する. 図において入力電圧をE, 出力電圧をeとすると

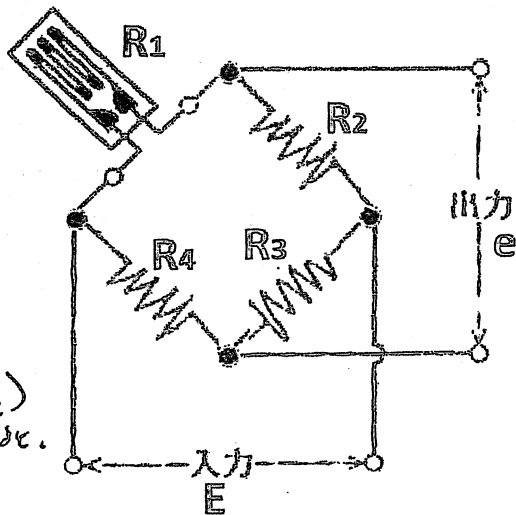
$$e = \frac{R_1 R_3 - R_2 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} E$$

の関係がある.

例題: 図において, すべての抵抗値がRのとき, ひずみの発生によって, ひずみゲージの抵抗値がR + ΔRに変化した場合, 入力電圧Eと出力電圧eの関係を求めなさい.

$$(R_1 = R + \Delta R; R_2 = R_3 = R_4 = R)$$

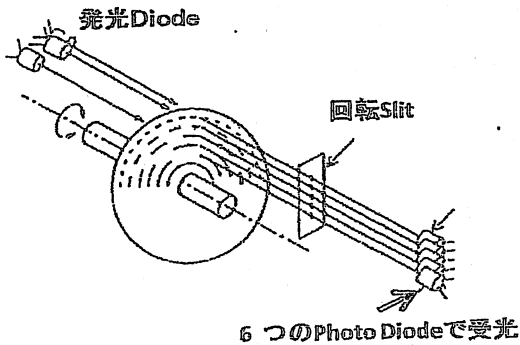
$$e = \frac{(R + \Delta R)R - R^2}{(2R + \Delta R) \times 2R} E = \frac{\Delta R}{4R + 2\Delta R} E$$



Wheatson Bridge回路

● Absolute Rotary Encoder (絶対角度検出装置... 角度を2進法で出力する!)

Absolute Rotary Encoderの原理図を図に示す. 図に示すように, 円盤の円周方向に必要な分解能分のトラックを設ける. 例えば360度を1024等分に分解する場合には10Trackを用意する. それぞれのTrackに2分割, 4分割, 8分割, 16分割,とSlitを設ける. それにTrack数だけの固定式Slitを対向させ, 円盤と固定板Slitを通過してきた光をTrack数のPhoto Diodeで検出する. それぞれの回転角度において2進数で角度の情報が与えられる. 絶対回転角度がTrack数のBitのDigital数で与えられる. ロボットのマイコンに2進数をそのまま取り込むことで回転絶対角度がわかる. (6桁の2⁶ = 64分割能力あり)



Absolute型 Rotary Encoderの動作原理

Track	Slit Pattern	Resolution
第1Track	1024 narrow slits	360°/64
第2Track	256 medium slits	360°/32
第3Track	64 wide slits	360°/16
第4Track	16 very wide slits	360°/8
第5Track	4 extremely wide slits	360°/4
第6Track	2 super-wide slits	360°/2

6つのSlit Trackで6Bit情報をつくる