

# ロボット工学

第7回 ロボット用センサ

福岡工業大学 工学部 知能機械工学科  
木野 仁

- 本ファイルで提供されるコンテンツの著作権は、木野仁、谷口忠大、峰岸桃、(株)講談社にある。
- 本ファイルは、著者らに利用承諾書を提出し、許可されたものだけに限り使用してよい。ファイルを修正しても構わないが、印刷、ネット上で公開、二次配布は禁止する。また、無断で販売することを禁止する。

# Information



- このスライドは「イラストで学ぶロボット工学」を講義で活用したり、勉強会で利用したりするために提供されているスライドです。
- 「イラストで学ぶロボット工学」をご購入頂けていない方は、必ずご購入いただいてからご利用ください。



# STORY ロボット用センサ

- ある日の夕方、博士と助手は3杯目の紅茶を飲み終えながら、工場長の話を聞いていた。工場長「...というわけだ。わかったかな」
- 助手「は...はい、よくわかりました！」助手は目を輝かせて話す
- 工場長の情熱に圧倒されながらも、とても勉強になったと思っていた。ただのティータイムのつもりだったが、別の意味でもお腹いっぱいになっていた。ティータイムが2時間以上になってしまった。仕事に戻らないといけない。工場長も休憩時間終了とばかりにドアの方向へと歩いていった。
- 博士「アクチュエータはわかったけど、センサのほうはどうなってるんだっけー？」そのとき、ドアの手前で立ち止まった工場長が振り向き、せい精かん悍な顔に満面の笑みを浮かべてこういった。工場長「センサのことなら俺に話させろ！」
- 助手「.....！！！！」研究所のティータイムは続く。



# Contents

- 7.1 ロボット用センサの種類
- 7.2 角度センサ
- 7.3 角速度センサ
- 7.4 力センサ
- 7.5 AD変換器 (ADコンバータ)

- センサは「距離や力，温度などの物理量を計測する装置」である。
- 多くのロボット用センサの中で代表的なセンサとして以下がある。

• 角度センサ      • 角速度センサ      • 力センサ  
• 距離センサ      • 加速度センサ      • 温度センサ

- 使用するセンサの測定可能な物理量や測定精度，測定可能な周波数帯域などを知っておく必要がある。
- ロボット用センサとして特に利用頻度が高い角度センサ，角速度センサ，力センサの3つについて，容易にその仕組みが理解できる代表的なものを紹介する。

# Contents

- 7.1 ロボット用センサの種類
- 7.2 角度センサ
- 7.3 角速度センサ
- 7.4 力センサ
- 7.5 AD変換器 (ADコンバータ)

- 代表的な角度センサにポテンシオメータとロータリエンコーダがある。
- 一般に角度センサは直流モータと同じような外見をしている。
- モータとは逆に、外部から軸を駆動させることで、角度信号が出力される。

①外部から軸を回転させる



②角度信号が出力される

## 7.2.1 ポテンショメータの仕組み(1)

- 電気抵抗をもつ直流回路を利用した角度センサである。
- 一様な電気抵抗線を持つ直流回路を考える。直流回路には電圧 $V_{AC}$ を与える。
- 電気抵抗の長さを $L$ とする。
- 左右に移動する接点 $B$ を考える。
- $AB$ 間の電圧 $V_{AB}$ を計測することで、 $AB$ 間距離を計測できる。



$$V_{AB} = \frac{L_{AB}}{L} V_{AC} \quad \rightarrow \quad L_{AB} = \frac{V_{AB}}{V_{AC}} L$$

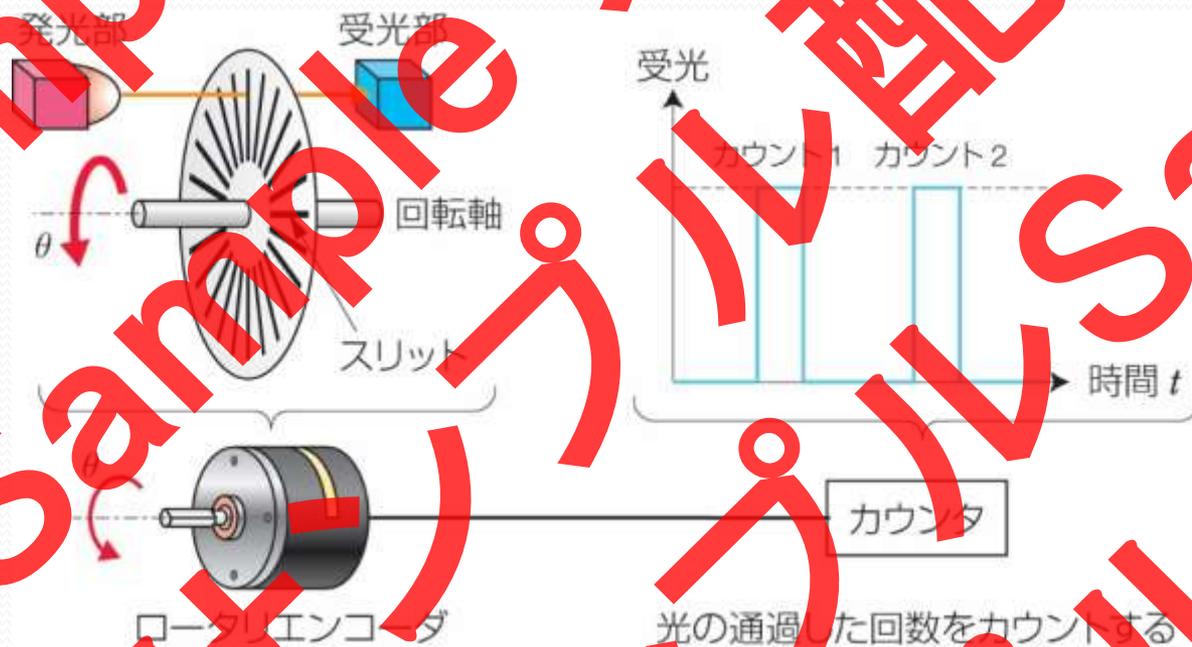
## 7.2.1 ポテンショメータの仕組み(2)

- 直流回路の電気抵抗線を丸めて円状にし、点Bは時計の針のように回転する部品の先端に取り付ける
- AB間の電圧を計測することで、軸角度を計測することができる。
- 「構造が簡単」「安価」などの長所が存在するが、「寿命が短い」ことや「ノイズが生じやすい」などの短所がある。



## 7.2.2 エンコータの仕組み

- 回転軸に一定間隔でスリットが刻まれた薄い円盤を接続する。内部の発光体から出た光はスリットを通過し、受光部で感知する。
- 軸が回転すると、受光部での受光回数が増加する。この光のパルスの回数をカウンタと呼ばれる装置で計測する
- 「寿命が長い」、「ノイズが生じない」という長所がある。一方で「構造が複雑」「価格が高い」などの短所も存在する。



# Contents

- 7.1 ロボット用センサの種類
- 7.2 角度センサ
- 7.3 角速度センサ
- 7.4 力センサ
- 7.5 AD変換器 (ADコンバータ)

## 7.3.1 角速度センサの仕組み

- 直流モータでは外側から軸を回転させることで、コイルに電圧を生じる。直流モータは単にアクチュエータとしての機能だけでなく、発電機としての機能を併せ持つ。
- 発電機として使用するとき、モータ軸の角速度に比例した電圧を生じる。この電圧を計測することで、角速度センサとして用いることができる。

誘導起電力

$$E = Blv$$



$$V = K_{\omega}\omega$$



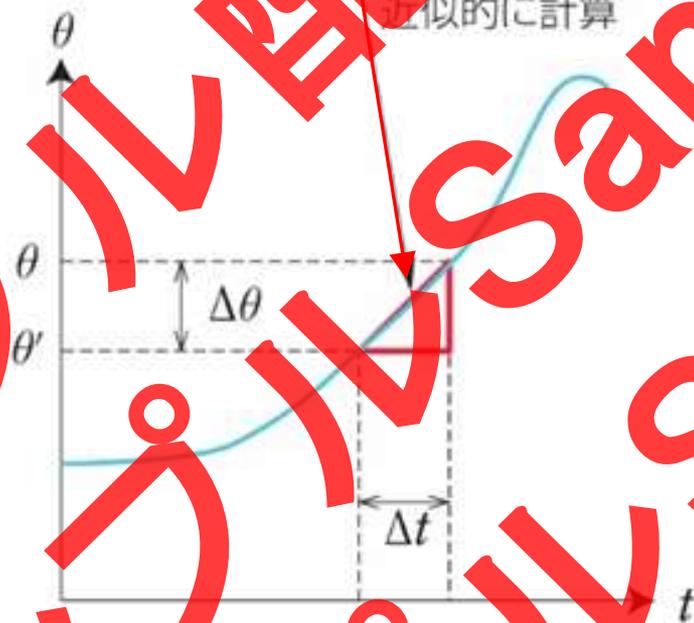
## 7.3.2 角速度センサを利用した間接的な角速度計測

- コンピュータを用いたセンサ計測では極めて短い周期で行われている。この間隔をサンプリング周期とかサンプリング時間と呼ぶ。
- サンプリング時間における回転軸の角度変化を計測し、角度の時間変化における傾きを求めることで、平均角速度が計算できる。

$$\bar{\omega} = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$



角度データを  
コンピュータに  
読み込み



# Contents

- 7.1 ロボット用センサの種類
- 7.2 角度センサ
- 7.3 角速度センサ
- 7.4 力センサ
- 7.5 AD変換器(ADコンバータ)



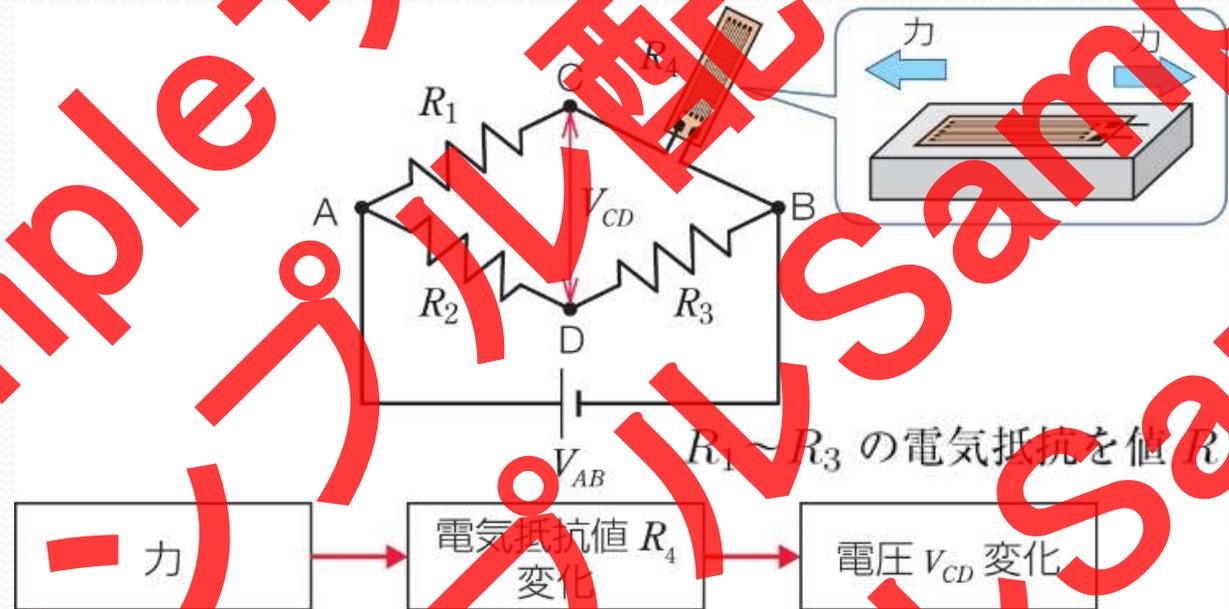
## 7.4.2 ホイートストンブリッジ回路を用いた電圧計測

- 金属板に加えられた力は、歪ゲージの電気抵抗値の変化として現れる。しかし、電気抵抗値はコンピュータなどに値をそのまま取り込むことができない。そこでホイートストンブリッジ回路を用いる。
- 歪ゲージの抵抗変化と電圧  $V_{CD}$  は、比例関係であると見なせる。この電圧を計測することで、金属板にかかる力を計測できる。

$$V_{CD} \cong \frac{V_{AB}}{4R} \Delta R$$



$$V_{CD} \cong k_f f$$



電圧  $V_{CD}$  を測定することで、力を計測できる

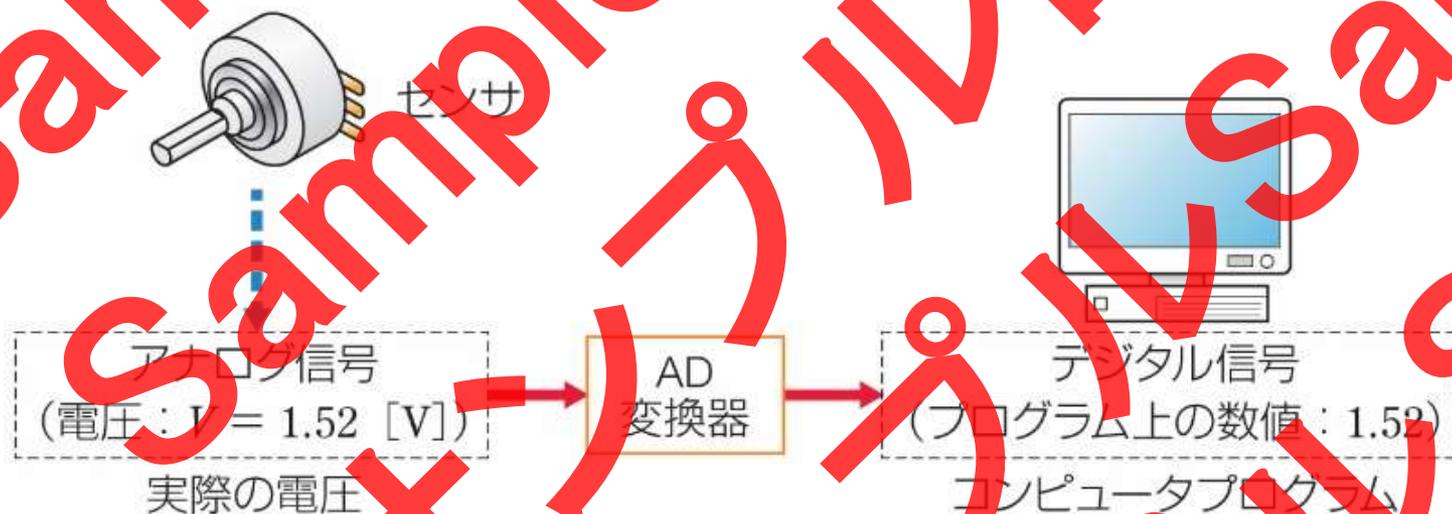
# Contents

- 7.1 ロボット用センサの種類
- 7.2 角度センサ
- 7.3 角速度センサ
- 7.4 力センサ
- 7.5 AD変換器(ADコンバータ)

## 7.5.1 AD変換器の仕組み

- センサから出力された電圧値をロボット内部のコンピュータに取り込むことができれば、その電圧値を逆算することで計測した元の物理量を知ることができる。
- AD変換器とは、センサから出力された電圧値を、コンピュータプログラム上の数値として使えるように変換する機器である。

多くのセンサは計測した物理量を電圧で出力する



# 7.5.2 DA/AD変換器を用いたロボット のシステム制御



# 章末問題

- 計測角度の範囲が  $0 \leq \theta \leq 320$  [deg] のポテンショメータに、電圧 5 [V] をかけ、回転角度を計測した。そのとき、出力された電圧が 1.4 [V] と 3.5 [V] であった。この2つの場合について、計測された角度を求めよ。
- 角速度センサを用いて、角速度と出力電圧の関係を測定したところ、角速度 2.5 [rad/s] において出力電圧が 2 [V] であった。この角度センサを用いて、ある運動を計測したところ、出力電圧が 3.2 [V] であった。このときの角速度を計算せよ。
- 歪ゲージとホイートストンブリッジ回路を組み合わせた力センサにおいて、力 25 [N] を加えたときの出力電圧が 4.8 [V] であった。次に、同じセンサを用いて力を計測したところ、出力電圧が 2.5 [V] であった。このときに計測した力の値を求めよ。
- ホイートストンブリッジ回路において、式 (7.11) を導出せよ。

# 第7章のまとめ

## まとめ

- ・ ポテンシオメータは、電気抵抗線の電圧を測定することで角度が計測できる。
- ・ エンコーダは、発光体から出た光が円盤のスリットを通過した回数をカウントすることで角度を計測できる。
- ・ 直流モータと同様の仕組みのものを、外部から軸を回転させることで、角速度センサとして利用できる。
- ・ 角度センサを用いて間接的に角速度を計測できる。
- ・ 歪ゲージとホイートストンブリッジ回路を用いることで、力計測ができる。
- ・ AD変換器を利用することで、センサから出力された電圧の値をコンピュータに取り込むことができる。