

メカトロニクス技術

1. メカトロニクス概要

身の回りにある機械

我々の身の回りにある機械は？

自動車、電車、飛行機、パワーショベル・・・乗り物
エレベータ、エスカレータ、自動ドア・・・建物
パソコン、スマートフォン、タブレット・・・情報系？
洗濯機、掃除機、電子レンジ、テレビ・・・家電系？

機械は、「外部からエネルギーをもらって動くもの」
身の回りには意外と機械はない。

しかし、身の回りのほとんどのものは機械によって作られている

普段使用する民生品、大量生産品

身の回りのもので、機械が作ったものでないものは？

民芸品、食品（一部）、高級品（一部）・・・マニア物

3

身の回りにある機械

機械は製造現場では欠かせない

製造現場の機械 = 自動製造装置、ロボット

製造現場の機械装置のエネルギー源は？

ほとんどが電気

空気圧や油圧も使われるが、その圧力源は電気

機械装置を動かす信号は？

電気信号が最良 特にコンピュータによる電気信号



ほとんどの機械装置は電気エネルギーを使い、電気の信号で動いている。

4

機械が自動で動く技術

機械装置が自動で動くためには

機械が必要

エネルギー源である電気が必要

信号としての電気・電子が必要

機械の動きをコントロールするコンピュータが必要

機械技術＋電気・電子技術＋コンピュータ技術（制御技術）
＝メカトロニクス技術　・・・　機械装置

つまり、



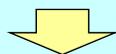
メカトロニクスが日本の製造業の根幹を支えている

5

メカトロニクス技術によるものづくり

機械装置で製品を製造することにより、

良いものを、安く、早く作ることができる



Q (Quality 品質)

C (Cost コスト)

D (Delivery 納期)

製品価値の向上

企業は、存続のために生産工程を機械化していく必要がある。
そのための技術が企業でいうところの「生産技術」

企業では

生産技術　＝　メカトロニクス技術

6

メカトロニクス技術(電機技術)

メカトロニクスには以下の技術が必要となる

制御技術 (古典制御)

機械技術

電気・電子技術

コンピュータ技術

制御装置 (出力機器、入力機器、制御機器)

シーケンス制御

フィードバック制御 (コンピュータ制御)

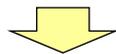
自動化装置、自動化システム

7

日本の産業

機械で作られた製品が輸出され、日本の産業に貢献している
自動車、家電製品、

製品ばかりでなく、機械装置 (製造装置) も輸出されている



製造装置があればどの国でも大量生産は容易に可能
日本国内では量産品を作っても競争できない

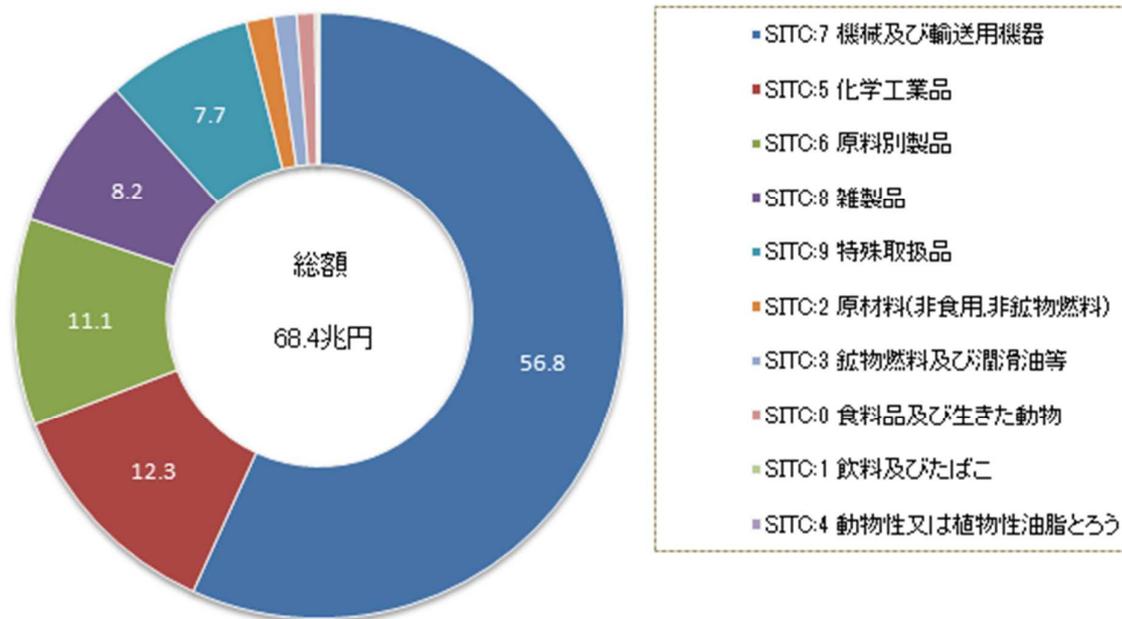
日本の製造業は、少数の新規開発品もしくは量産品を作るための機械装置で生き残らなければならない

工作機械、〇〇製造装置 など

8

日本の輸出品目

2020年の日本の輸出品目構成 (%)



出典：GDFreak <https://jp.gdfreak.com/public/detail/jp0100900011101exp01/6>

参考：財務省統計局 https://www.customs.go.jp/toukei/suii/html/time_latest.htm

9

2. 機械制御概要

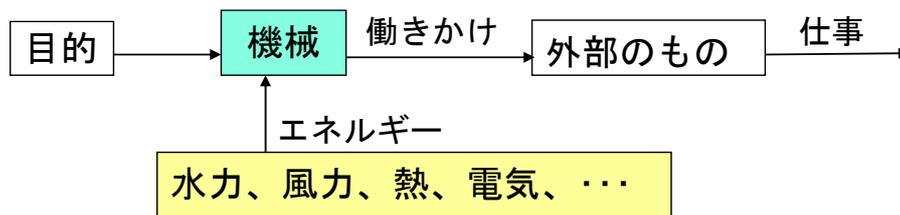
10

「機械」とは

全ての機械は、エネルギーを変換して外部に対して何らかの仕事（動作）をする。（機械の定義の一つ）

目的（仕事）が与えられ、その目的が達せられるように機械は外部のものに対して働きかける

目的が達成・・・機械の任務は完了



機械を操作するのは？

11

「制御」とは

機械は何かによって動かされている（制御されている）

制御とは

「ある目的に適合するように、対象となっているものに所要の操作を加えること」（JISの定義）

簡単に言い換えると

「あるものの状態が目的通りになるように働きかけること（目的通りに動くこと）」

例：おいしいご飯の炊飯器、快適なエアコン、自動車の自動運転、

制御・・・英語で言うと**コントロール**

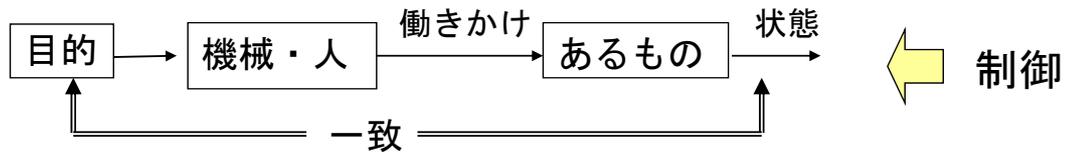
野球の投手のコントロール：狙ったところにボールを投げる

ロケットのコントロール：希望の方向に、希望の速度で飛ばす

12

「制御」とは

目的通り動かすのが制御



機械を動かすのは（制御するのは）

人間が目的通り動かす



機械が目的通り動かす



13

「制御」とは

自動制御とは

「人を介さず、制御する対象に働きかけ、
その状態が目的（目標）に合うようにすること」



製造現場では、製造装置（機械）を自動制御して製品を製造している

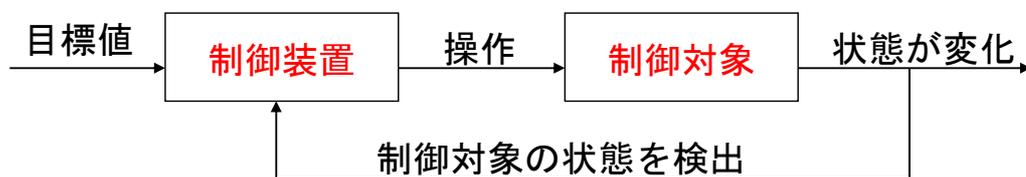
良いものを作るために（クオリティ）
安く作るために（コスト）
早く作るために（デリバリー）

14

「自動制御」とは

- 機械を制御するための機械装置 **制御装置**
- 制御装置で制御される対象（物） **制御対象**
- 制御装置で何かを制御する全体 **自動制御システム**

自動制御システムは、
制御する**制御装置**と制御される**制御対象**で構成され、
制御装置は、制御対象の状態が目標値と一致するように、
制御対象を操作する。



自動制御システム

制御装置の構成と働き

制御装置は**検出部**、**操作部**、**調節部**で構成される

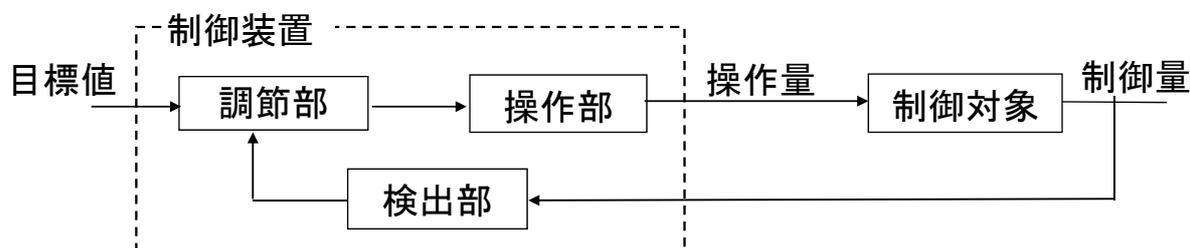
制御対象の状態を**制御量**、制御対象への働きかけを**操作量**、
希望する制御量を**目標値**という

制御装置の働きは、

検出部：制御量を検出する

操作部：制御対象に操作量を与える

調節部：制御量と目標値が一致するように調節する



自動制御システム

制御装置の構成と働き

実際の制御装置では、検出部として**入力機器**が、操作部として**出力機器**が、調節部として**制御機器**が使われる。

現在の制御システムでは動力源として電力が、また、信号として電気信号（電圧、電流）が使われる

実際に制御装置（制御システム）で使われる機器

出力機器：モータ、電磁石（コイル）、ヒーター、ランプ・・・

入力機器：センサ、スイッチ、計測器・・・

制御機器：コンピュータ、リレー、電子回路・・・



17

自動制御の種類

自動制御の種類として、

制御対象の状態を連続したアナログ信号で検出し、連続したアナログ信号で制御対象に働きかける制御

・・・ **フィードバック制御**

フィードバック制御：目標値と制御量を比較しそれらが一致するように操作量を調節する

➡ **定量的制御**

精密な制御が可能だが、高度な技術が必要

⇒ 原材料を生産する化学工場など

18

自動制御の種類

自動制御の種類として、

制御対象の状態をある条件を満たしているかいないかの二値信号で検出し、二値信号（ON/OFF信号）で制御対象に働きかける・・・ON/OFF制御（二値制御）

その中でも、ある条件を満たすか満たさないかで出力機器をON/OFFする制御のことをシーケンス制御

シーケンス制御：入力機器からのON/OFF信号の状態によって、出力機器をON/OFFする または、複数の出力機器を順番にON/OFFする

⇒ 定性的制御

簡単な技術で容易に実現可能。量産品の製造に適する
⇒ 組立工場、加工工場など

19

自動制御の種類

現在は、機械制御用のコンピュータを使い、シーケンス制御、フィードバック制御を行っている。

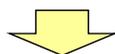
コンピュータの高度化により、フィードバック制御が簡単にできるようになった、が・・・

世の中の機械制御の大部分は、シーケンス制御

機械制御の役割分担として

可能であればシーケンス制御で対応

シーケンス制御で不可能であれば、フィードバック制御

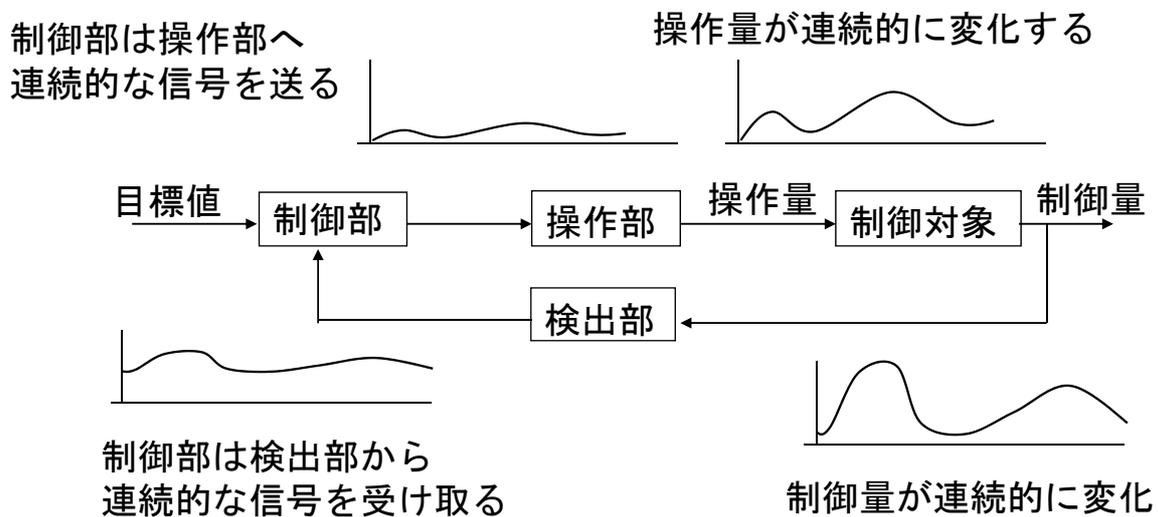


ものづくりの機械化

20

定量的制御(フィードバック制御)

- 1) 操作量の変化により、制御量が変化する
- 2) 制御量の変化を検出部で検出する
- 3) 制御量と目標値の差から操作部に送る信号の大きさを決める
- 4) 制御部からの信号により操作部が動作する



21

定量的制御システムの動作

目標値の変化に対する制御量の変化を応答という

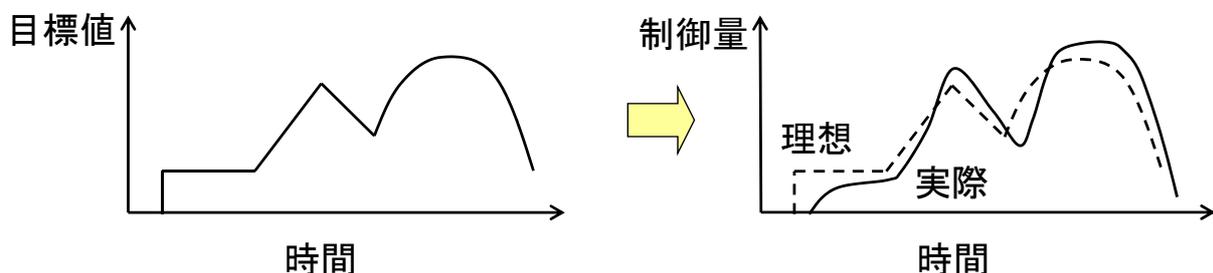
理想的な自動制御システムは

目標値が入力されると、直ちに制御量が目標値と一致

実際は

目標値と制御量の間でずれが生じる (大きさ、時間)

ずれを最小にするように制御部で調節する



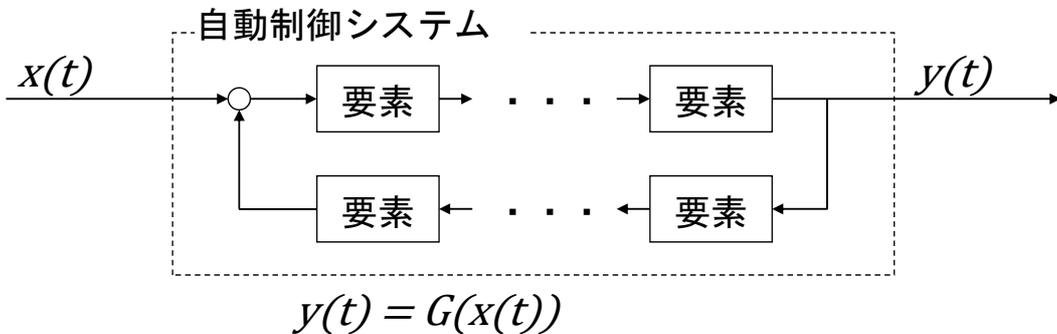
22

定量的制御システムの動作

制御部に様々な制御要素を加える

比例要素、積分要素、微分要素、むだ時間要素

その要素を組み合わせたシステムの応答を数式で導き出す



大きさ1のON/OFF信号が入力されたときの応答で考える

この応答をインディシャル応答という

23

a) 比例要素

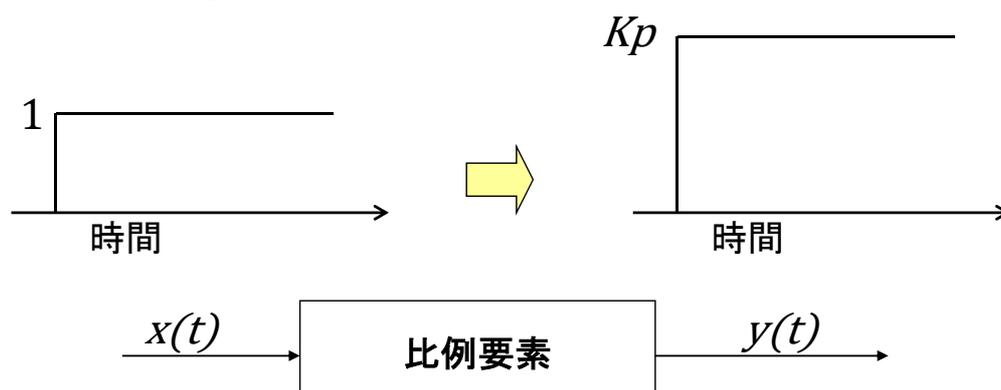
入力の定数倍を出力する要素 . . . 比例要素

入力を $x(t)$ 、出力を $y(t)$ とすると

$$y(t) = Kp \cdot x(t)$$

Kp : 比例ゲイン

インディシャル応答は



24

b) 積分要素

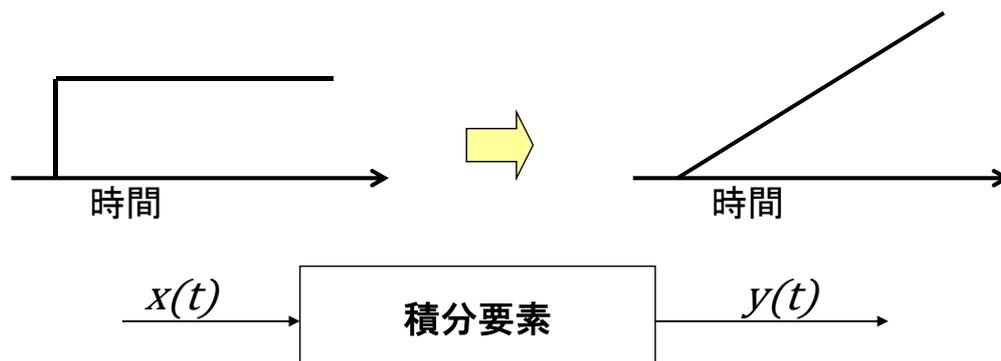
入力の積分を出力する要素 . . . 積分要素

入力を $x(t)$ 、出力を $y(t)$ とすると

$$y(t) = Ki \int x(t) dt$$

Ki : 積分ゲイン

インディシャル応答は



25

c) 微分要素

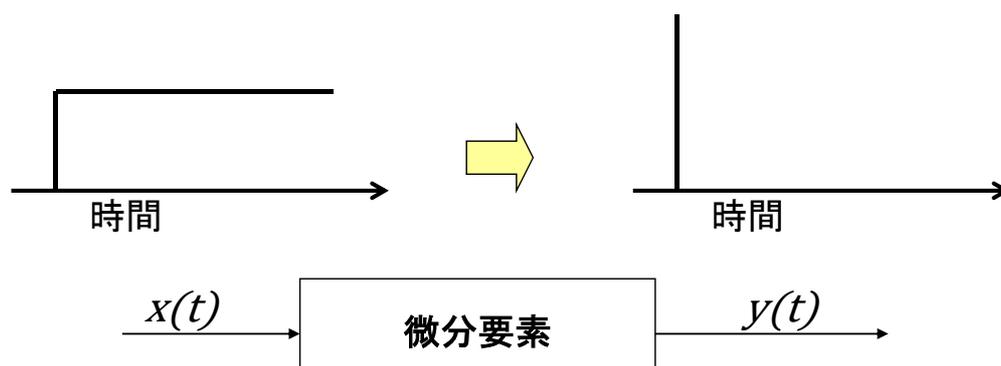
入力の微分を出力する要素 . . . 微分要素

入力を $x(t)$ 、出力を $y(t)$ とすると

$$y(t) = Kd \frac{dx(t)}{dt}$$

Kd : 微分ゲイン

インディシャル応答は



26

d) むだ時間要素

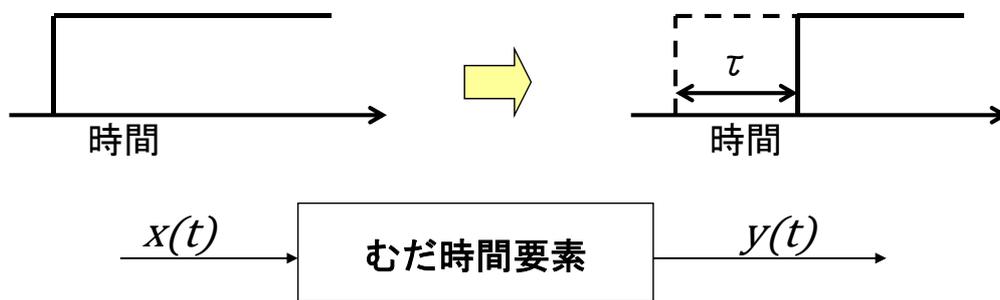
入力後、一定時間経過して出力する要素

・・・ むだ時間要素

入力を $x(t)$ 、出力を $y(t)$ とすると

$$y(t) = x(t - \tau)$$

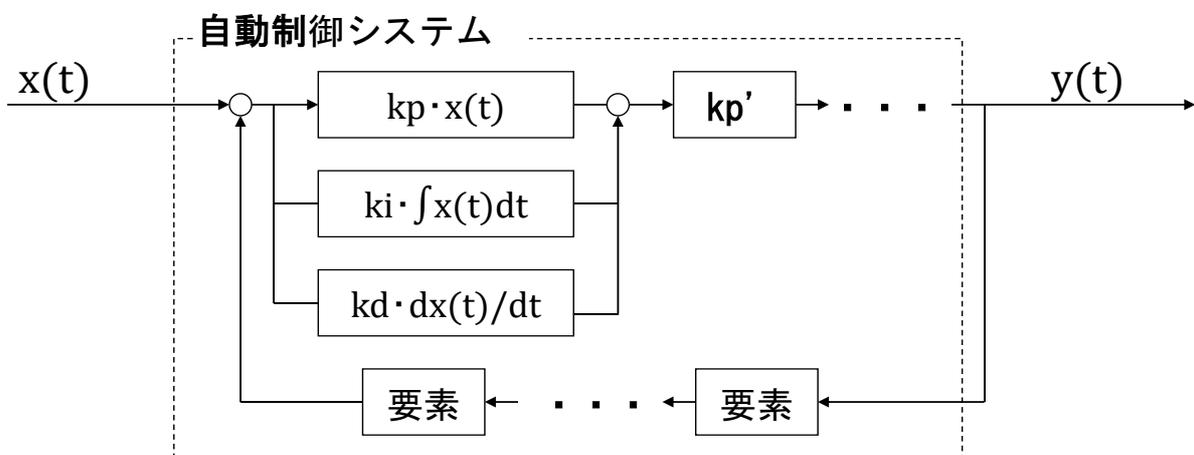
インディシャル応答は



27

定量的制御システムの特性

システム全体の入力（目標値）と出力（制御量）の関係が調べられれば良い

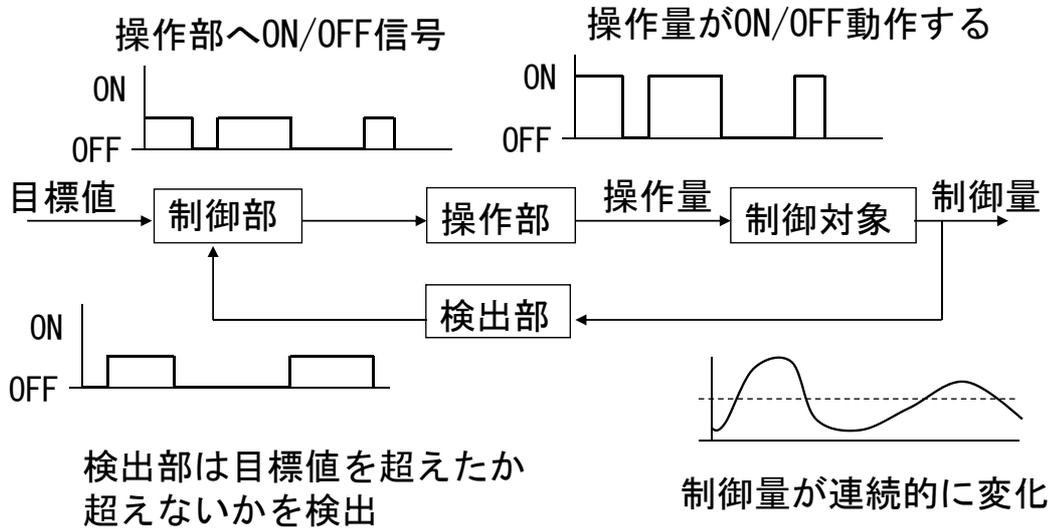


・・・ 非常に困難 → 定量的制御はあまり使われない

28

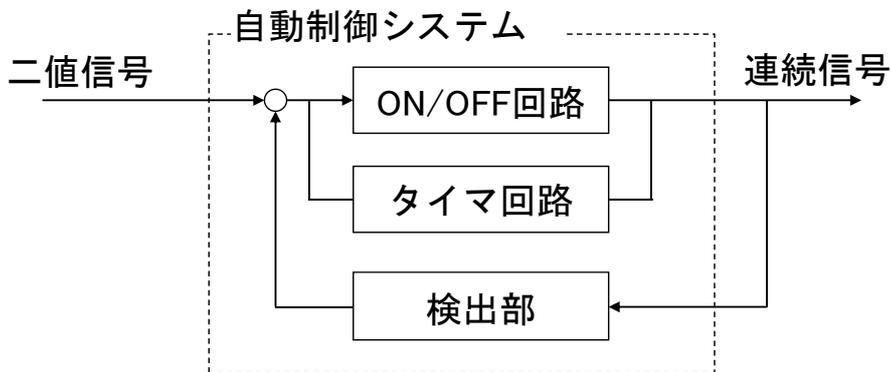
定性的制御 (ON/OFF制御)

- 1) 操作量のON/OFFにより、制御量が変化する
- 2) 制御量が目標値を超えたかどうかを検出する
- 3) 制御量が目標値を超えたとき、超えないときの動作を決める
- 4) 制御部からのON/OFF信号により、操作部がON/OFFする



定性的制御システムの特性

入力された二値信号で出力する二値信号を作ればよい



・・・定量的制御と比べて容易 ➡ 定性的制御が主流

アナログ制御とデジタル制御

現在の制御システムはほとんど電気が使われている

機械的な制御要素を使うより電氣的な制御要素の方が容易
抵抗、コンデンサ、コイル、電子部品を使った回路

さらには、抵抗やアナログICなどを使ったアナログ回路によるアナログ制御より、コンピュータを使ったデジタル制御の方が容易

コンピュータは定性的制御も定量的制御も可能

最近では、制御部でコンピュータを使った制御装置が主流

31

3. 電気・電子概要

32

電気制御技術

自動制御装置 = 自動化機器 = 機械装置 は
外部からエネルギーを受け取り仕事をする

外部からのエネルギーとして

- バネやおもりの高さなどの・・・機械的エネルギー
- 風や水力などの・・・・・・・・・・流体エネルギー
- 蒸気機関やエンジンなどの・・・熱エネルギー

だけど、現在のほとんどの機械は・・・**電気エネルギー**

電気で動くもの（負荷）

- ・・・動力源、油圧コンプレッサ、電磁石
動かないけど
ランプ、ブザー、ヒーター　・・・

33

電気制御技術

機械を動かす信号、機械を制御する機器

機械を制御するもの

- ・・・メカニズムや油圧を使ったものもあるが

大部分は電気信号（コンピュータ、電子回路）

機械を動かす動力

- ・・・機械式や油圧式の信号もあるが（パワーショベルなど）

大部分は電気信号（電流のON/OFF、電圧など）

動力源として、コントロール（制御）として、信号伝達として
電気が使われている

機械を動かすためには電気の知識が必要

34

3.1 電気回路

電気回路

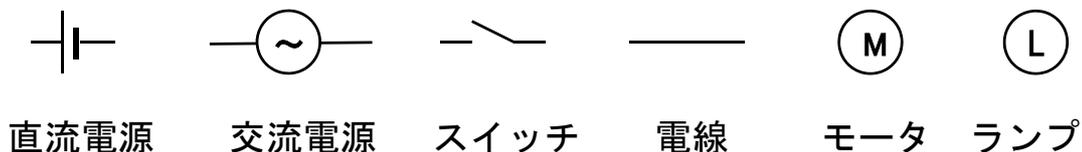
電気の源である電源と、電気で動作する負荷を電線で接続すると、電流が流れ、負荷が動作する。

電気が通る経路を電気回路

先ずは、基本的な部品を組み合わせ、様々な回路を作る

- 直流電源 : 電流の方向が一定の電気の源
- 交流電源 : 電流の方向が入れ替わる電気の源
- スイッチ : 電気を流したり止めたりする
- 電線 : 電気を流す
- 負荷 : 電気の作用で何らかの動作をする

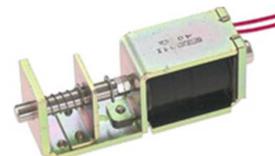
電気回路図



負荷

電気の力で何らかの働きをさせるもの・・・**負荷**

負荷として ランプ、モータ、電磁石、ヒーター・・・



これらの負荷に決められた電圧をかけると動作する

・・・**定格電圧**

定格電圧をかけると決められた電流が流れる

・・・**定格電流**

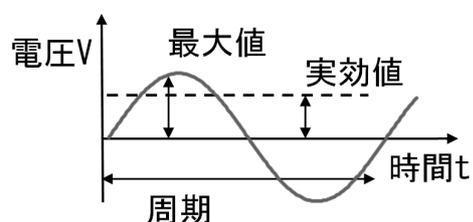
37

電源

負荷の駆動で使われる電源の電圧として

直流 (DC) : 電圧の大きさが一定 24V、12V、5Vなど

交流 (AC) : 電圧の大きさが変化 100V、三相200Vなど



直流電源



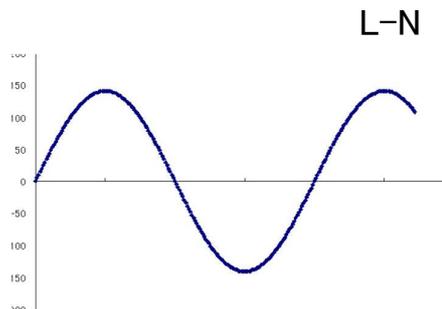
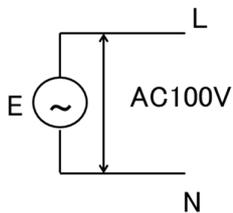
交流電源

38

交流電源の種類

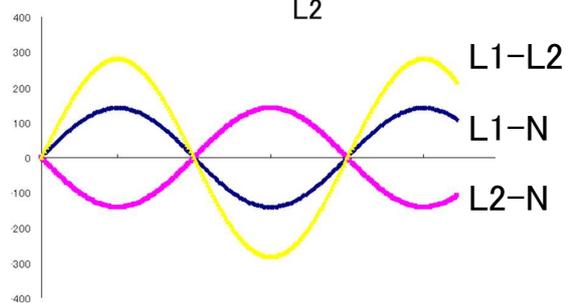
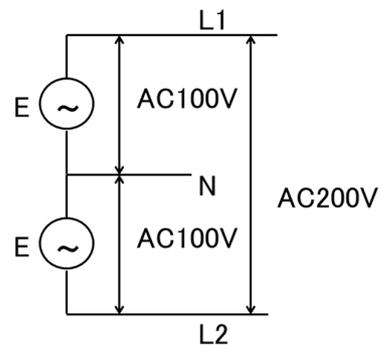
AC100V

一般家庭用電源



AC100/200V

一般家庭用電源

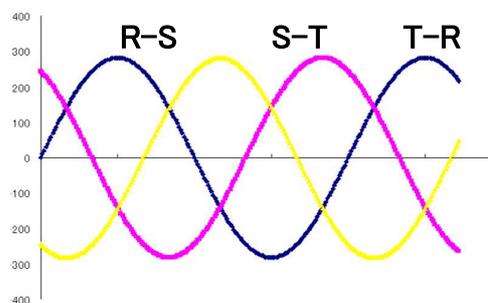
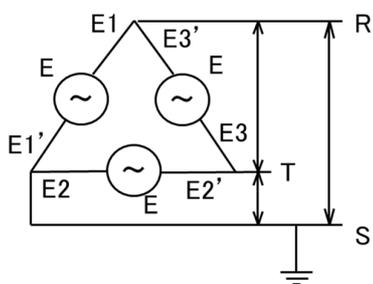


交流電源の種類

三相3線式AC200V

工場で一般的に使われる電源

大きな交流モータ（誘導電動機）を駆動するのに適している。



電線

電源から負荷に電気を流すもの・・・電線

電線は電気が流れやすい材料でできている
金属（特に銅、アルミ）

他のところに電気が流れないように、金属線の周りに電気が
流れにくい材料でコーティングされている（被覆）
樹脂（ビニールなど）、ゴム

電線は用途によって様々な種類がある
金属の太さ、被覆の材質や厚さ、線の種類など

用途によって最適な線を選ぶ



41

電線の規格（単芯線、より線）

日本の規格（JIS規格）

種類：KIV線	電気機器用	耐電圧600V
		一般的に0.75sqmm以上
KV線	通信機器用	耐電圧300V（細い線は100V）
		被覆が薄い、一般的に0.5sqmm以下
VSF線	電気機器用	耐電圧300V
		一般的に0.75sqmm以上

太さ：断面積（より線）：0.3、0.5、0.75、1.25 sqmm
直径（単線）：0.9、1.2、1.6、2、2.6mm

0.75sqmmの仕上がり外径（被覆外径）

KIV：φ2.7 KV：φ2.1 VSF：φ2.7

線の呼び方例：KVI 0.5、VSF 1.25

42

スイッチ

電気を通したり止めたりするもの・・・スイッチ

いくつかの金属部品で作られており、
部品が離れる・・・電気が流れない（導通しない）
部品が接触する・・・電気が流れる（導通する）



金属部品のことを接点という。



スイッチ

接点の種類

スイッチを操作すると電気が流れる・・・ a 接点

スイッチを操作すると電気が流れなくなる・・・ b 接点

スイッチを操作すると電流の流れる方向が切り替わる

・・・ c 接点



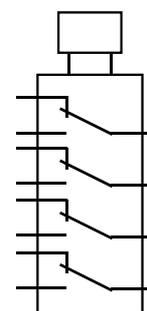
接点の数

1個のスイッチの中に複数の接点が入ったスイッチがある。

このスイッチの数を極という

2極 c 接点、4極 c 接点

SPDT、DPDT、4PDTなど



定格と許容

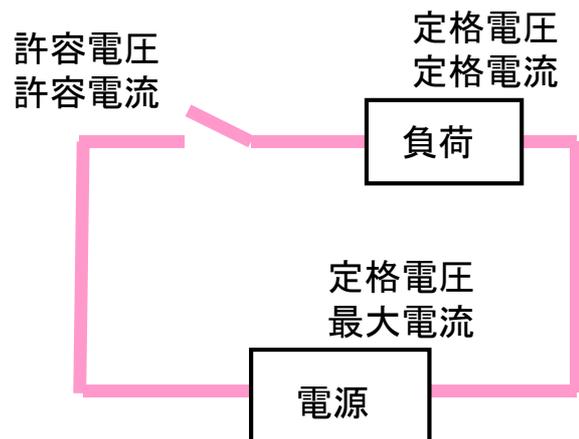
スイッチや電線を使って負荷を電源に接続すると負荷は動作する

負荷は動作する定格電圧が決まっており、その電圧を出す電源に接続すると、定格電流が流れる。

スイッチや電線は、かけることのできる電圧、流すことのできる電流に上限がある
(許容電圧、許容電流)

許容 > 定格

でなければならない。



45

定格と許容



定格電圧 DC3V
定格電流 50mA



定格電圧 3φ AC200V
定格電流 70A



許容電圧 DC12V
許容電流 80mA



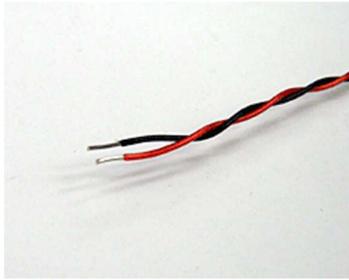
許容電圧 AC100V
許容電流 300mA



許容電圧 AC400V
許容電流 100A

46

定格と許容



許容電圧 30V
許容電流 80mA



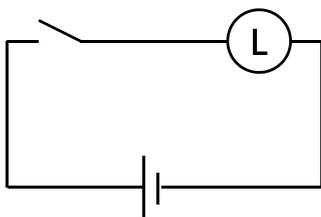
許容電圧 600V
許容電流 100A

一般的に使われるKIV線の場合、

許容電圧	600V	
許容電流	0.75sqmm	7A
	1.25	19A
	2	27A

負荷の駆動回路

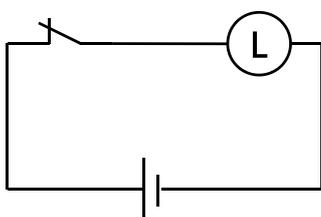
基本電気回路



スイッチを操作すると接点が閉じて電流が流れ、ランプは点灯

スイッチを復帰すると接点が開いて電流は流れず、ランプは消灯

・・・ON回路



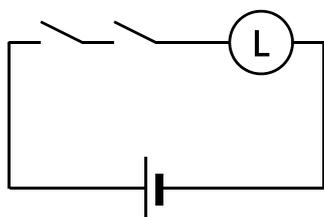
スイッチを操作すると接点が開いて電流は流れず、ランプは消灯

スイッチを復帰すると接点が閉じて電流が流れ、ランプは点灯

・・・NOT回路

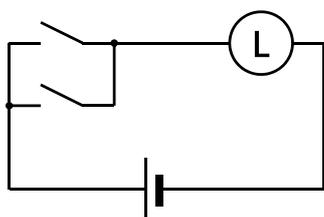
負荷の駆動回路

基本電気回路



二つの接点が閉じるとランプは点灯

・・・AND回路（直列回路）

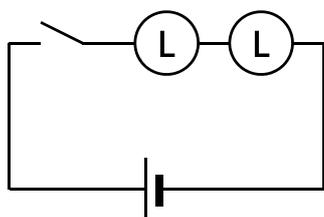


どちらか一方もしくは両方の接点が閉じるとランプは点灯

・・・OR回路（並列回路）

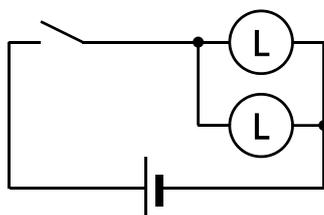
負荷の駆動回路

基本電気回路



スイッチが閉じると二つのランプが暗く点灯

✗ ランプにかかる電圧が半分になるので、通常は用いない

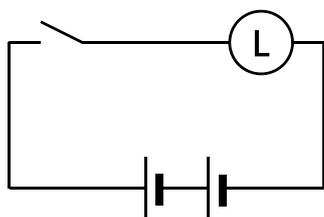


スイッチが閉じると二つのランプが明るく点灯

それぞれのランプに定格電圧がかかる

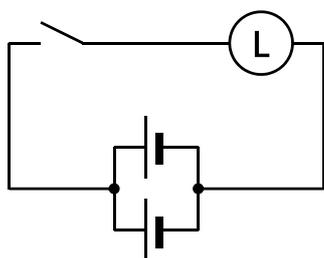
負荷の駆動回路

基本電気回路



スイッチが閉じると2倍の電圧がかかり
(2倍の電流が流れ)、
ランプは明るく点灯

ただし、2倍の電圧(電流)に耐えられ
るランプであること



スイッチが閉じると同じ明るさで点灯
2倍の時間、点灯する

△ 二つの電圧が等しいときだけ
(電圧に差があると危険)

3.2 電子部品

半導体部品

物質の中で、電気を流すものを導体、電気を流さないものを絶縁体、その中間のものを半導体という。
半導体材料としてシリコンがある。

単結晶シリコンに不純物を混ぜ合わせるにより、P型半導体、N型半導体を作ることができる。

P型半導体、N型半導体を組み合わせることにより、様々な特性を持った電子部品（半導体部品）を作ることができる
一方向にだけ電気を流す、一定の電圧を出す、光を出す、
流れる電気を調節する など

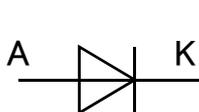
よく使われる半導体部品として、
ダイオード、発光ダイオード、トランジスタ、FET、サイリスタ
トライアック、IC、LSI などがある

53

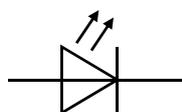
ダイオード

電気を一方向にだけ流す半導体部品。
P型半導体とN型半導体を組み合わせたもので、PからNに電気は流れる（NからPには流れない）。

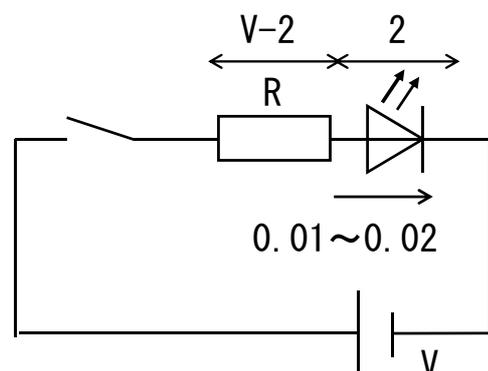
特殊なダイオードとして、光を出す発光ダイオード（LED）がある。LEDに10～20mAの電気が流れると発光する。
LEDでの電圧降下が2～3V（種類によって異なる）なので、その分の電圧を電源から差し引いて、電流制限用の抵抗器を接続する



A: アノード
K: カソード



発光ダイオード
(LED)



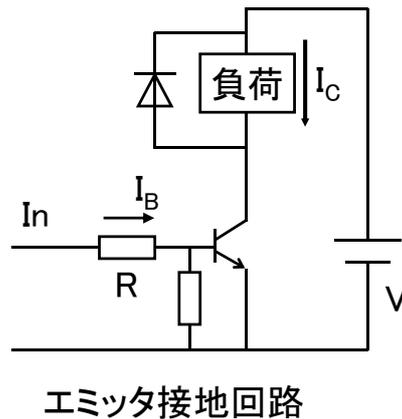
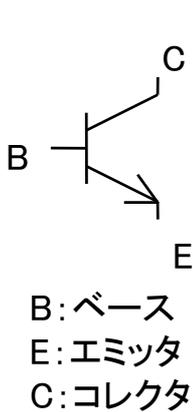
54

トランジスタ

直流電流を流したり止めたりする半導体部品。

日本では、N型、P型、N型を組み合わせたNPN型トランジスタが使われる。

ベース、エミッタ、コレクタの端子を持つ。エミッタを電源のマイナスに接続し、ベースからエミッタに電流が流れると（ベース電流）、コレクタからエミッタに電流が流れる。



ベースには電流制限抵抗を接続する
 $R=1000\sim 3000\Omega$

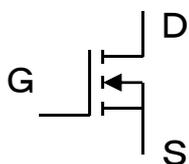
トランジスタ保護用のダイオードを負荷と並列逆向きに接続する

FET

トランジスタの一種。接合型FETとMOS型FETがあり、機械制御ではトランジスタの代用としてnチャネルMOS型FETが使われる。

ゲート、ソース、ドレインの端子があり、ゲートに電圧をかけるとドレインからソースに電流が流れる。直流負荷を駆動することが出来る。

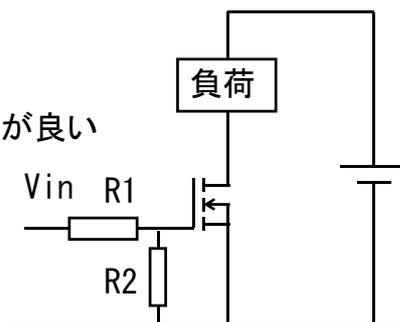
トランジスタに比べ、消費電力が少なく、駆動回路が簡単なため、トランジスタの代用として使われる。



nチャネルMOS型FET

R1、R2は接続した方がよい

$R1 = \text{数}100\Omega$
 $R2 = \text{数}10k\Omega$

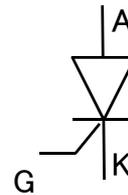


nチャネルFETの駆動回路

サイリスタ、トライアック

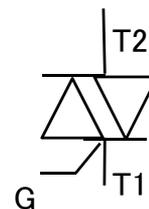
1) サイリスタ

アノード、カソード、ゲートの端子を持ち、ゲートに電圧信号を加えるとアノードからカソードに電流が流れる。一旦電流が流れるとゲートの信号がなくなっても、アノードからカソードに電流は流れ続ける。直流機器の駆動に用いられ、通電状態を保持することができる。



2) トライアック

2つのサイリスタを逆方向に接続したものと同等。T1、T2、Gの端子があり、Gに電圧信号をかけると、T1からT2、もしくはT2からT1に電流を流すことができる。交流負荷の駆動に使われる。

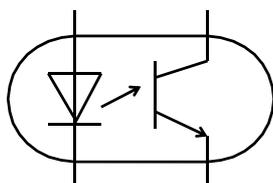


57

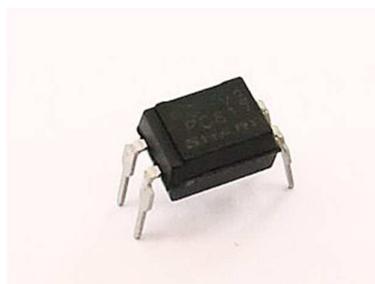
フォトカプラ

発光ダイオードとフォトトランジスタ（光の信号でON/OFFするトランジスタ）を組み合わせた半導体部品。発光ダイオードをON/OFFすることにより、フォトトランジスタに接続された装置をON/OFF制御する。

フォトトランジスタを流れる電流（コレクタ電流）は数10mAなので、直流負荷を直接駆動することはほとんどできない（LED程度）
電気信号の絶縁のために利用される



フォトカプラの図記号



58

半導体リレー

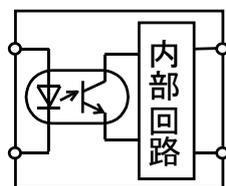
LED（厳密にはフォトカプラ）、FET、トライアックなどの各種半導体を組み合わせた駆動用部品。

LEDをON/OFFさせると、接続されている負荷がON/OFFする。

フォトカプラとFETを組み合わせたものはフォトMOSリレー
数100mA以下の直流・交流の負荷の駆動に使われる

フォトカプラとトライアックを組み合わせたものはソリッドステートリレー（SSR）

数Aの交流の負荷の駆動に使われる



FETやトライアックで内部回路が組まれている

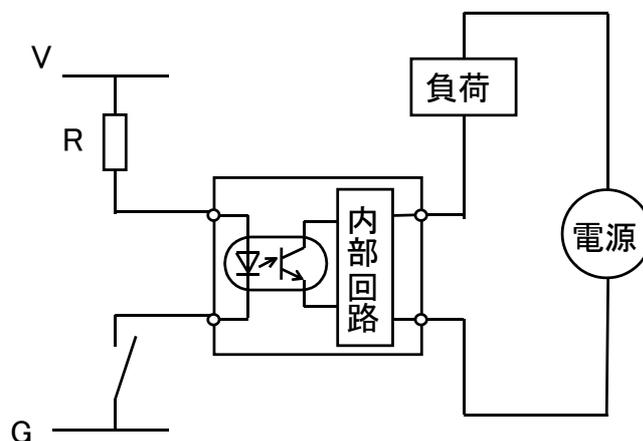
交流用、直流・交流用などがある

59

半導体リレー

LEDが点灯したら接続した負荷が動作する

LEDの電流制限抵抗が内蔵されているものもある



半導体リレーの駆動回路

60

4. 制御装置用機器

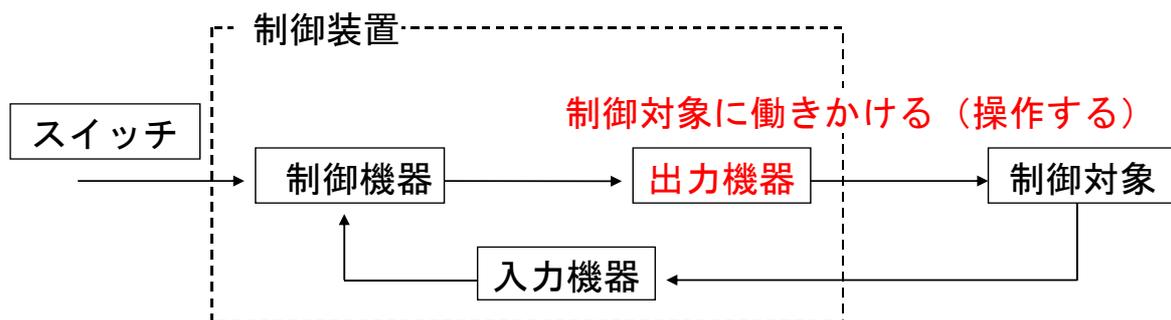
4.1 出力機器

制御装置の出力機器

出力機器の働きは制御対象に何らかの働きかけをする働きかけとして、

動かす、力をかける、熱を加える、光を出す・・・

現在の大部分の制御装置（制御システム）は、電気を使って動作する。電気を使った出力機器は**負荷**とも呼ばれる。



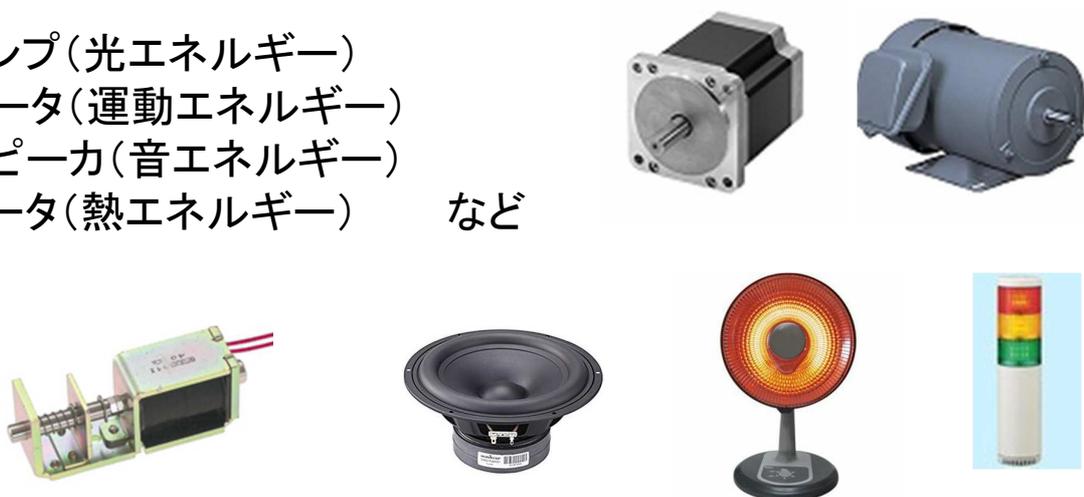
63

制御装置の出力機器（負荷）

制御装置の出力機器（負荷）として、力を出すもの、光を出すもの、熱を出すものなどが使われる。

ランプ（光エネルギー）
モータ（運動エネルギー）
スピーカ（音エネルギー）
ヒータ（熱エネルギー）

など



出力機器は電気抵抗を持ち、この抵抗で電気エネルギーから別のエネルギーに変換している。

64

定格電圧、定格電流

出力機器には定格電圧が定められている。この定格電圧をかけたときに定格電流が流れ正常に動作する。

定格電圧：DC24V、DC5V、AC100V、3φ3WAC200V など

定格電圧以上をかけると

電流が流れすぎ（過電流）、発熱、発火、焼損する

定格電圧以下だと

動作はするが、本来の働きをしない

電圧を調整することにより、負荷をコントロール(制御)することもある

正常な動作が妨げられると

大きな電流が流れ本来の動作をしようとする

65

4.1.1 出力機器の駆動と駆動部品

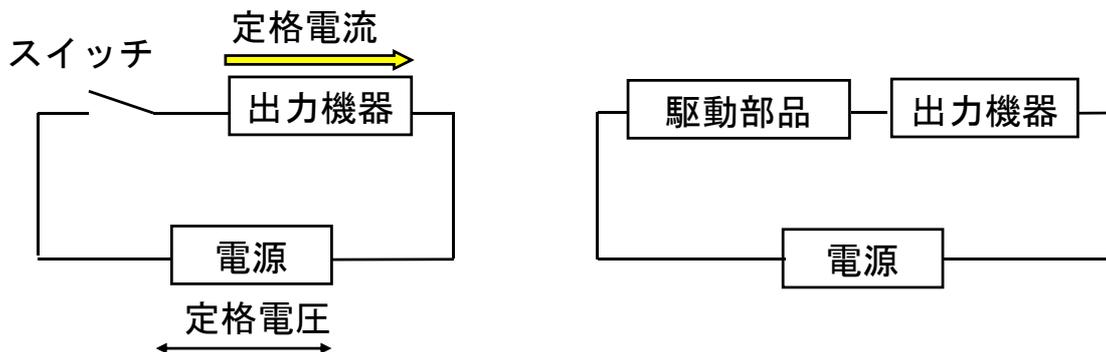
66

出力機器の駆動

出力機器に定格電圧がかかると動作する

出力機器の駆動には**スイッチ**（機械式接点）が使われる
接点が閉じる・・・定格電圧がかかり動作する
接点が開く・・・定格電圧がかからず動作しない

スイッチの他に駆動部品を使って動作させることもある



67

1) スイッチによる負荷の駆動

出力機器の駆動に使用する電線や接点の許容電圧、許容電流は、出力機器の定格以上が必要（約3倍）

接点

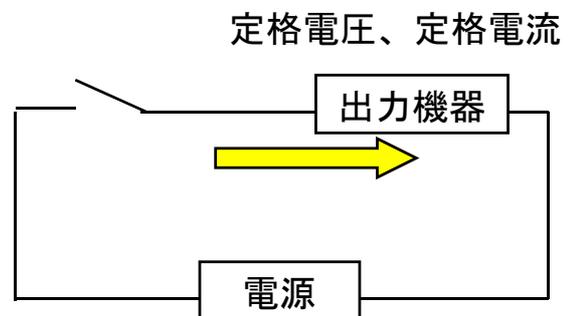
許容電圧 > 定格電圧 × 3

許容電流 > 定格電流 × 3

電線

許容電圧 > 定格電圧 × 3

許容電流 > 定格電流 × 3



電源電圧 = 定格電圧

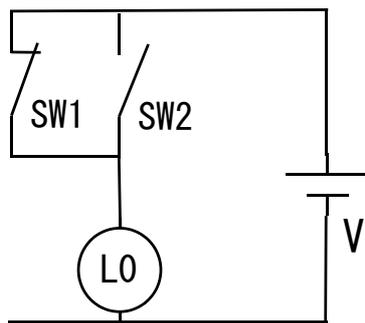
最大電流 > 定格電流

68

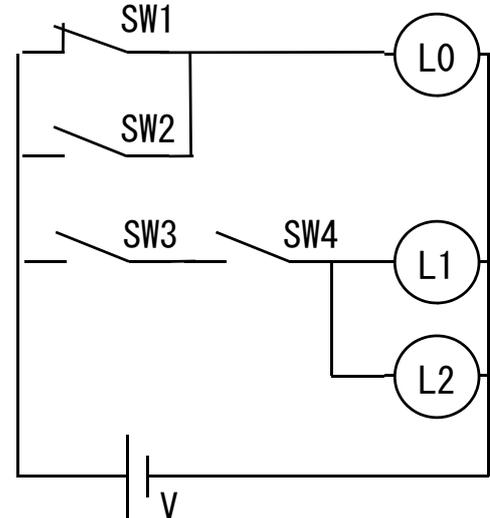
スイッチによる駆動回路

回路図の書き方のルール（この授業での）

- 1) 回路図の端には電源だけを入れる
- 2) 回路の両端の線は電源線（母線）とする
- 3) 負荷の一方は電源と接続する（プラス、マイナスのどちらでも可）
- 4) 複数の負荷を同時に動作させるときは
並列に接続する



縦書き回路図



横書き回路図

69

2) 駆動部品による出力機器の駆動

機械制御では電気信号で出力機器を動作させる駆動部品が使われる。

機械式接点を使った駆動部品として電磁継電器（リレー）、電磁接触器（マグネットコンタクター）、電磁開閉器（マグネットスイッチ）などがある。

また、半導体を使った駆動部品として、トランジスタ、FET、トライアック、およびこれらを組み合わせた半導体リレーなどがある

70

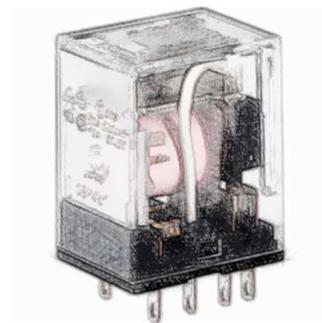
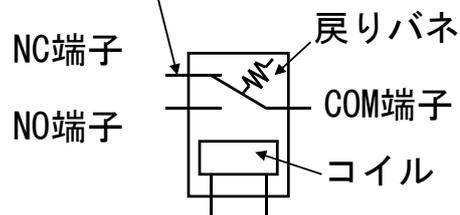
a) リレー

コイル（電磁石）と接点（スイッチ）を組合せた構造で、コイルが動作すると、接点が動作する。

様々なコイル定格、接点定格があり、必要に応じたリレーを選ぶことができる。

複数の接点があるものもあり、これを使うと簡単な制御回路を組むことができる。

この接点が複数個ある



71

リレーの仕様

1) コイルの定格

定格電圧 コイルを駆動するのに必要な電圧

定格電流 コイルを駆動したときに流れる電流

2) 接点の定格

許容電圧（最大電圧） かけることのできる電圧の最大

許容電流（最大電流） 流すことのできる最大の電流

接点の種類、数 a接点、b接点、c接点 1極、2極、4極など

リレーの仕様（一例）

コイル定格電圧 DC24V

コイル定格電流 40mA

接点許容電圧 AC/DC200V

接点許容電流 5A

接点数、種類 2極双投（DPDT）

DC24V、40mAの信号で
AC200V、1Aの出力機器を
駆動させることが可能

72

リレーの用途

駆動部品として用いる

小さな電力（電圧、電流）で、大きな負荷をON/OFFする
直流の信号で交流をON/OFFする。（逆も可）

例えば、

乾電池 2 個（DC3V）の信号で、AC200VのモータのON/OFF制御が可能

2) 接点の数を増やす（内部の接点が複数個ある場合）

3) 接点の動作を変える（a接点→b接点）

駆動用以外の用途として

4) 簡単な制御回路を組む（リレー10個程度の回路）

・・・リレーシーケンス制御

b) 電磁接触器、電磁開閉器

大型の出力機器用の駆動部品。リレーと同様、コイルと接点で構成され、接点は数10Aの電流を流すことができる。

電磁接触器が駆動用部品で、過電流保護の熱継電器と組み合わせた電磁開閉器も使われる。



電磁接触器
（マグネットコンタクタ、MC）



電磁接触器

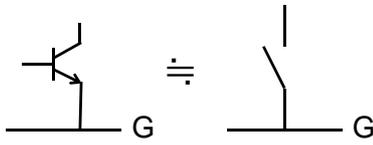
熱継電器

（サーマルリレー、THR）
過電流保護用

電磁開閉器（マグネットスイッチ、MS）

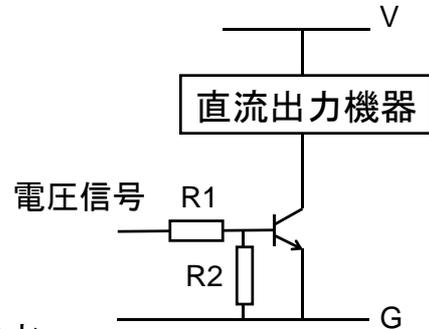
c) トランジスタ

直流出力機器の駆動用半導体部品としてトランジスタがある。日本ではNPN型トランジスタを使ったエミッタ接地回路で直流出力機器を駆動する



トランジスタによる駆動

エミッタ接地回路では、R1は必要で、おおむね1000~3300Ω程度、R2はできれば接続した方がよく、おおむね10kΩ程度。



エミッタ接地回路

外部からのノイズがコントローラに入るのを防ぐために、フォトカプラを使って信号の絶縁を行うことがある。

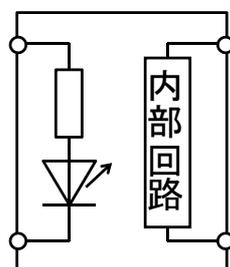
75

d) 半導体リレー

トライアックやFETとフォトカプラを組み合わせた無接点駆動用部品。直流・交流用のフォトMOSリレーや、交流用のソリッドステートリレー（SSR）がある。

フォトMOSリレーは数100mA、SSRは数10Aの負荷の駆動が可能

フォトカプラで電気信号が絶縁されているので、ノイズを伝達しない。



内部回路にはFETや
トライアックが使われる

FET：フォトMOSリレー

トライアック：SSR

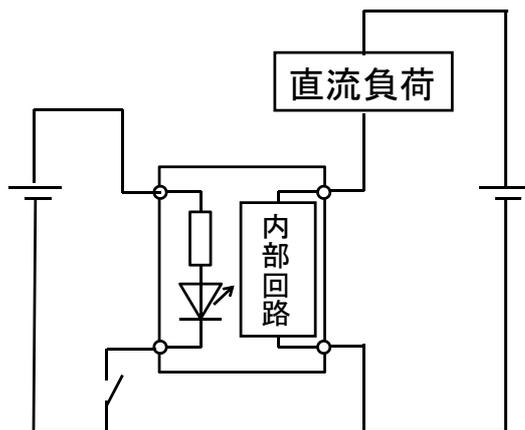
（ソリッドステートリレー）

76

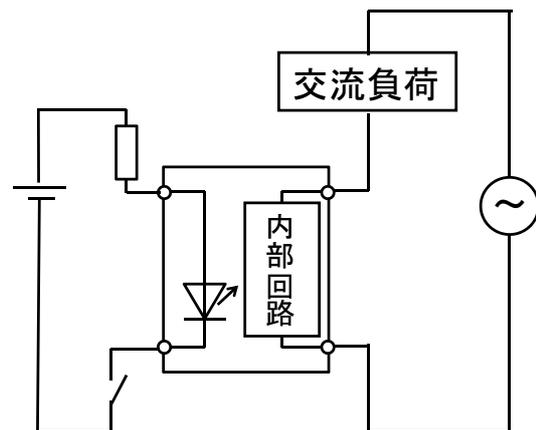
d) 半導体リレー

トライアックやFETとフォトカプラを組み合わせた無接点駆動用部品。直流・交流用のフォトMOSリレーや、交流用のソリッドステートリレー（SSR）がある。

フォトカプラのLEDが点灯すると内部回路が働き、そこに接続された負荷が動作する。



フォトMOSリレー



SSR駆動

77

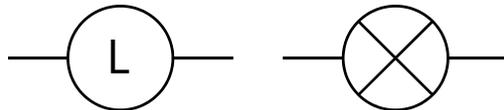
4.1.2 各種出力機器

78

表示用機器

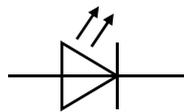
1) ランプ

定格電圧をかけると動作する。かける電圧を調節することにより明るさを変化させることはできるが、機械制御ではこのような制御は行わない。



2) 発光ダイオード(LED)

電流制限抵抗を接続し、+から-に定められた電流を流すと点灯する。電源電圧およびLEDの順方向電圧から抵抗値を決める。



+ (アノード)



- (カソード)



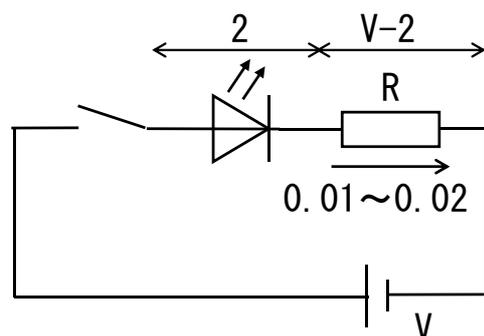
79

発光ダイオードの駆動

発光ダイオード (LED) に順方向電圧 V_f をかけ、順方向電流 I_f が流れると発光する

V_f 、 I_f は LED によって定められており、一般的には
 V_f : 2V (赤、橙、緑など)、3.5V (青、白)、
1.4V (赤外線)
 I_f : 約 10~20mA

発光ダイオードに V_f がかかり、その時に I_f が流れるようにする。そのために、電流制限抵抗を用いる
 $R = (V - 2) / 0.01 \sim 0.02$



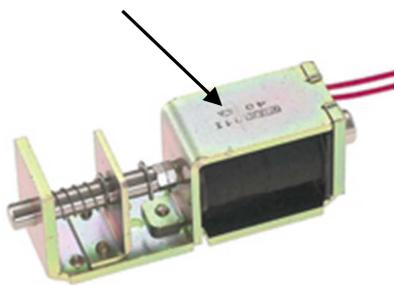
80

ソレノイド

鉄心にエナメル線を巻いて電磁石にしたもの。
直動アクチュエータ、リレーコイル、電磁弁などで使われる。

定格電圧をかけると動作する。

ソレノイドは、ON/OFF制御がほとんど。



ソレノイドが動作すると
シャフトが後退



ソレノイドが動作すると
スイッチが切り替わる



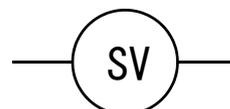
ソレノイドが動作すると
空気の流れる方向が
切り替わる

ソレノイドの制御

かける電圧を調節することにより強さや変位などを調節することができる。

直動ソレノイド 変位（移動距離）を制御

電磁弁 バルブの開閉度（動作速度）を制御



油空圧機器

制御装置（自動化装置）には圧縮された油（圧油）や圧縮空気を使った油空圧機器が使われる。

空気圧シリンダの前進/後退

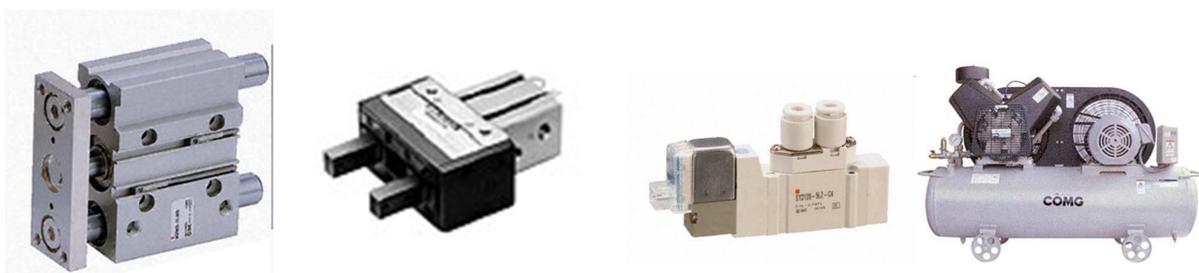
油圧モータの正転/逆転

・・・制御が簡単、容易に扱える

油圧：大きな力を出せる（10t以上も可能）、汚れる、扱いが困難

空気圧：扱いが簡単、きれい、容易に圧縮空気を作れる

大きな力を出せない（おおよそ1000kgf以下）



83

空気圧機器の動作

コンプレッサ：圧縮空気を作る

方向制御弁：空気の流れる方向を切り替える

シリンダ：圧縮空気によりロッドが前進後退する

コンプレッサで作られた圧縮空気が方向制御弁によりシリンダの後方から入る



シリンダ前進

シリンダ



方向制御弁

コンプレッサ

84

空気圧機器の動作

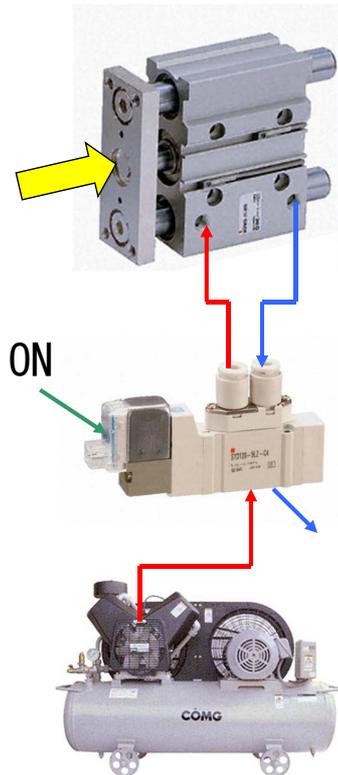
方向制御弁を動作させると
空気の流れる方向が切り替わる

コンプレッサで作られた圧縮空気が
方向制御弁によりシリンダの前方か
入る



シリンダ後退

ソレノイド、ON



85

モータ(電動機)

電圧をかけると軸が回転し、力(トルク)を出す
小型のものをモータ、大型のものを電動機と言うこともある

単に正転/逆転するモータや、速度や角度などを制御できるモータもある



86

モータの種類

[動力用モータ]

交流モータ

三相交流電動機・・・かご型誘導電動機

単相交流モータ・・・誘導モータ（インダクションモータ）

直流モータ

DCブラシモータ、DCブラシレスモータ

[制御用モータ]

ステッピングモータ

2相ステッピングモータ、5相ステッピングモータ

サーボモータ

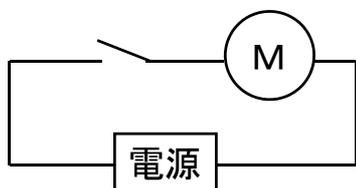
ACサーボモータ、DCサーボモータ

* モータの全生産台数の5割は単相交流モータ、4割は三相交流電動機

モータの駆動

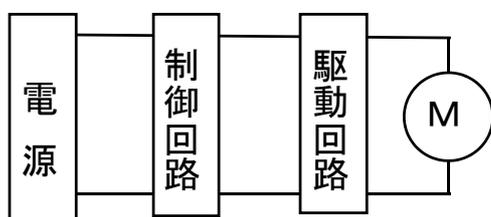
モータの種類（機種）によって駆動方法が異なる

電源に接続するもの：直流モータ、交流誘導モータなど



スイッチの代わりに駆動部品（接触器、リレー、トランジスタ、など）を使うこともある

専用装置を使うもの：ステッピングモータ、ブラシレスモータ、サーボモータなど



モータの制御

モータの制御としてON/OFF制御の他に、**回転方向**、**回転速度**、**回転角**がある。

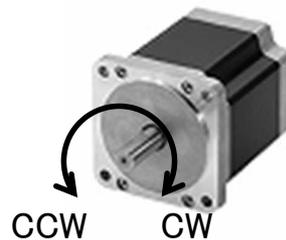
これらの制御は使用するモータによって制御方法が異なる。

回転方向の制御：正転/逆転（CW/CCW）

回転速度の制御：単位時間当たりの回転数（回転角）
単位としてrpm（rev/min）、Hz、 s^{-1} 、rad/sなど

回転角の制御：基準点からの回転角
単位としてrad、deg、rot（rev、cy・・・）

ほかにもトルク制御などがある



89

三相交流誘導電動機

大きな動力が必要なところでは、**三相交流かご型誘導電動機**を使う。

出力の目安として、0.2W～55kW 55kW \approx 73PS
卓上ボール盤は200～400W、旋盤モータは10kW程度

電動機のON/OFFは**電磁開閉器**で行う

電磁開閉器・・・**電磁接触器**（大電流をON/OFF）

+

サーマルリレー（過電流（過負荷）の保護）



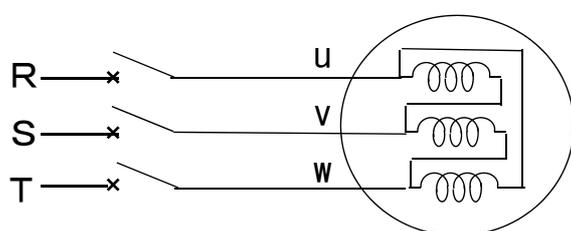
90

内部構造

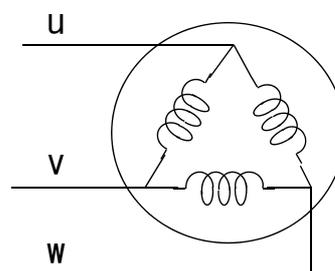
内部に3個のコイルがあり、それぞれに電圧(一般的に、三相AC200V)がかかるようにする。

小型の電動機(目安として5.5kW未満)は内部でコイルの配線がなされ、電動機からは3本の線(u、v、w)が出ている。ここに電源(R、S、T)を接続する。

→直入れ始動法(全電圧始動)



小型電動機



一般的なモデル図

91

駆動方法

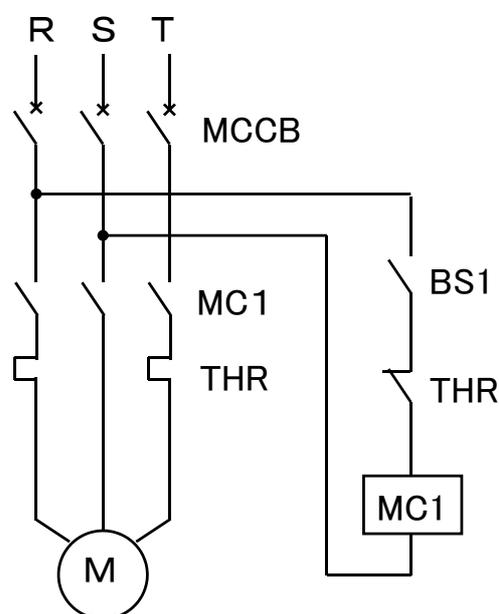
三相交流電動機の駆動には電磁接触器(マグネットコンタクタ)が使われる。

コンタクタは大型のリレーで、コイルが動作すると、スイッチが動作する。

コイルの定格電圧として一般的にAC200Vが使われる。

電動機用の電源からコイルの電源を取る(R-S、またはT-S)

押しボタンスイッチBS1を操作するとMC1のコイルが動作し、MC1の接点が動作し、電動機に電流が流れ、回転する。



92

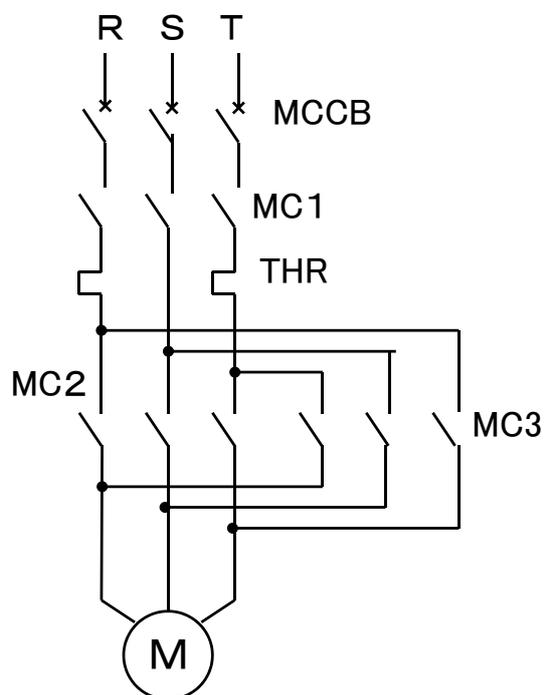
回転方向の制御

電源の任意の二本(通常はRとT)を入れ替えることにより、回転方向を変えることができる。

MC1は電動機のON/OFF用、
MC2はCW回転用、
MC3はCCW回転用

MC2をONにしてMC1をONにすると、
電動機はCW回転する。

MC3をONにしてMC1をONにすると、
電動機はCCW回転する。



93

始動法

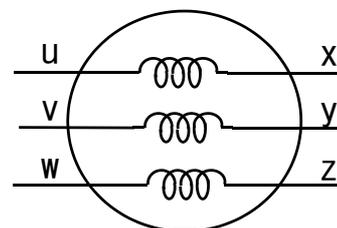
大型の電動機(目安として5.5kW以上、直径約300mm以上)の場合、直入れ始動すると、始動時に過剰な電流が流れ、悪影響をおよぼす(電圧低下、ブレーカー遮断)

これを防ぐために、始動時には大きな電流が流れないような回路を組む。

スターデルタ始動法、コンドルファ始動法など

スターデルタ始動法 (Y-Δ始動法)

各コイルの線がモータから出されており、始動時には2つのコイルを直列に接続して流れる電流を小さくする(コイルが2個のため、抵抗が大きくなる)。ある程度回転し、惰性が付いたら各コイルに電流を流す。



詳細は別の授業で

94

単相交流モータ

単相交流電源（AC100V、AC200V）で駆動

- その種類として
- ・誘導電動機（インダクションモータ）
 - ・同期電動機（シンクロナスモータ）

制御装置用としては150W以下のタイプが多い

（1kgの重りを1sで1m引き上げる動力が10W）

寸法の目安として90×90×200（150W）

単相交流モータはコンデンサを使って駆動するものが多い。



95

単相交流モータの制御

単相交流モータの制御は機種によって異なる。

基本的にはON/OFF制御と回転方向制御である。

ON/OFF : 電流を投入、遮断する

回転方向 : 配線を切り替える

回転速度は専用のギヤヘッドを使って減速するか、
専用回路を使って調整する程度

（スピードコントロールモータ）

インバータを使って電源周波数を変える方法もある



スピードコントロールモータ

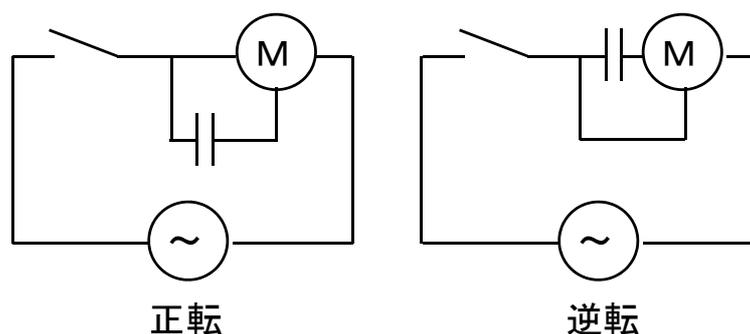
96

単相交流モータの駆動

様々な種類のモータがあり、一般的に、モータから3本もしくは4本の線が出ていて、コンデンサを使った回路を組むものが多い。

コンデンサの配線を変えることにより、回転方向を変えることができる。

回転方向制御の配線は機種によって異なるので、取り扱い説明書などを見ながら回路を組む



駆動回路

97

単相交流モータの正逆転回路

2個のリレー（DPDT）を使って単相ACモータの回転方向の制御を行う。

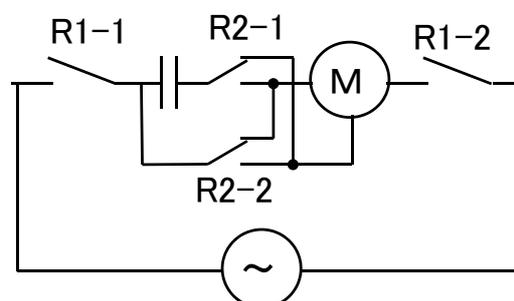
駆動用リレーとしてR1を使う。

リレースイッチは1個でもよいが、この場合、一方は電源に接続されていることになる。電源側（L）が接続されていると感電の恐れがあるので、安全性を考慮し、2個のスイッチを使用して両切りにするのが望ましい。

回転方向切り替え用としてR2を使う。

リレーのON/OFFでコンデンサの配線を切り替えることによって回転方向を制御することができる。

回転中に回転方向を切り替えると過電流が流れるので、一旦電源を切ってから回転方向を切り替える必要がある。



98

直流モータ

直流電源（DC24V、DC12V、DC5Vなど）で駆動。

制御装置用としては50W以下のタイプが多い
寸法の目安として60×60×100（26W）

速度制御、回転方向の制御が容易

回転方向：極性（プラス、マイナス）を入れ替える。

回転速度：電圧を変える。ギヤを使う。

回転方向を切り替える回路としてHブリッジ回路が使われる。

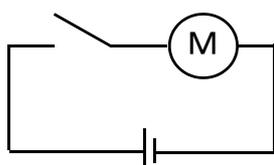


99

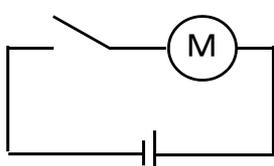
直流モータの駆動と制御

ON/OFF制御、回転方向の制御が可能。リレーやトランジスタを使って駆動する。

回転方向は電源の極性（+、-）を切り替える。その回路としてHブリッジ回路が使われる。

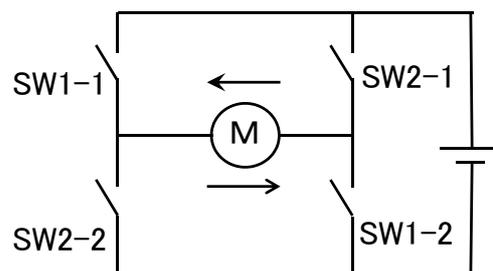


CW回転



CCW回転

SW1-1、SW1-2をONにするとCW回転、
SW2-1、SW2-2をONにするとCCW回転、



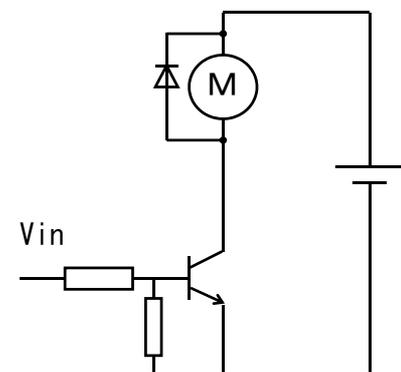
Hブリッジ回路

100

直流モータの駆動回路

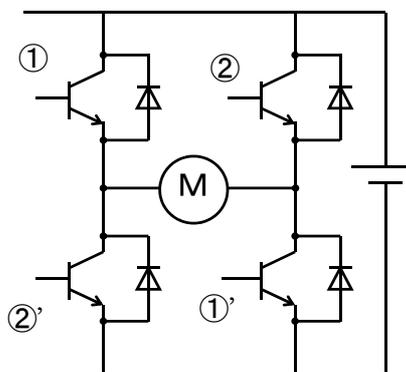
トランジスタを使った駆動回路、回転方向制御回路

サージ電流によってトランジスタが破損するのを防ぐための保護用ダイオードが必要になる



エミッタ接地回路

正転の駆動回路



Hブリッジ回路

正逆転の駆動回路

①、①' をON
… 正転

②、②' をON
… 逆転

ステッピングモータ

一定角度ずつ回転するモータ。
分解能200pls/rotの場合、1.8ずつ回転する。

モータ内部にいくつかの電磁石があり、それを順番にONにすることによりロータが回転する。

3相モータ、4相(2相)モータ、5相モータなどがある。

回転速度、回転角の制御が簡単。
(オープンループ制御)



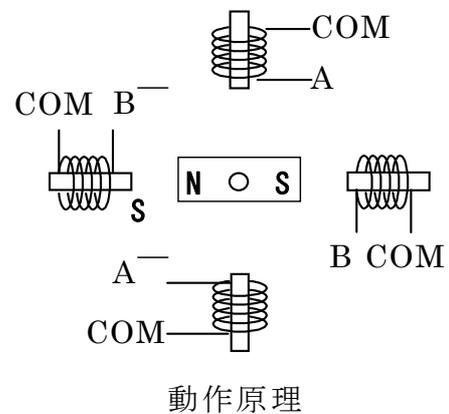
動作原理

一般的な2相ステップモータ（分解能4pls/rot）の原理

永久磁石で作られたロータと、それを取り囲む4つの電磁石（A, B, \bar{A} , \bar{B} ）で構成されている。

各電磁石はONにするとロータ側がS極になるようにコイルが巻かれている。

4つの電磁石を順番にONにすると、ロータは電磁石に引き寄せられ、回転する。



励磁方法

4つの電磁石を励磁する方法として

1相励磁 : 消費電力が少ない、トルクが小さい

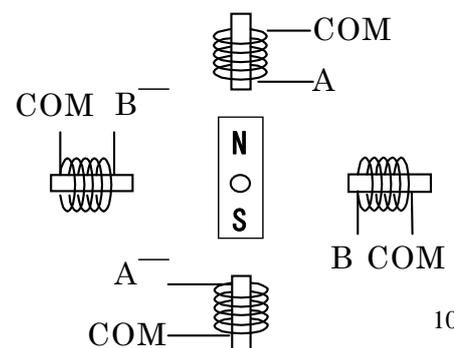
$A \rightarrow B \rightarrow \bar{A} \rightarrow \bar{B}$

2相励磁 : トルクが大きい

$AB \rightarrow B\bar{A} \rightarrow \bar{A}\bar{B} \rightarrow \bar{B}A$

1-2相励磁 : 位置精度が細かい（ハーフステップ）

$A \rightarrow AB \rightarrow B \rightarrow B\bar{A} \rightarrow \bar{A} \rightarrow \bar{A}\bar{B} \rightarrow \bar{B} \rightarrow \bar{B}A$



ステッピングモータの制御

ステッピングモータの制御は

回転方向：励磁する順番を逆にする

正転 $A \rightarrow B \rightarrow \bar{A} \rightarrow \bar{B} \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow \bar{A} \rightarrow \bar{B} \rightarrow \dots$

逆転 $\bar{B} \rightarrow \bar{A} \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \bar{B} \rightarrow \bar{A} \rightarrow B \rightarrow A \rightarrow \dots$

回転速度：励磁するタイミングを変える

高速 $A \rightarrow B \rightarrow \bar{A} \rightarrow \bar{B} \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow \bar{A} \rightarrow \bar{B} \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow \bar{A} \rightarrow \dots$

低速 $A \rightarrow \rightarrow \rightarrow B \rightarrow \rightarrow \rightarrow \bar{A} \rightarrow \rightarrow \rightarrow \bar{B} \rightarrow \rightarrow \rightarrow A \rightarrow \rightarrow \rightarrow \dots$

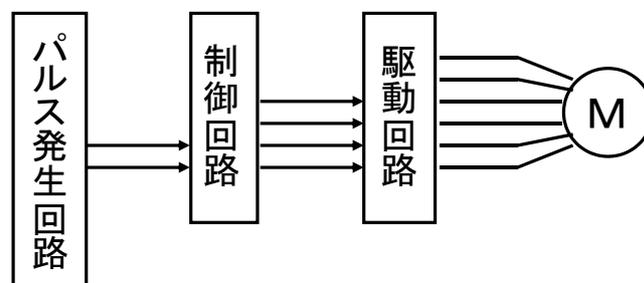
* 1相励磁の場合

105

ステッピングモータの駆動

ステッピングモータを駆動する場合、4個の電磁石を順番に励磁する必要がある。

駆動するための専用の回路が必要



駆動回路：電磁石を励磁する回路

制御回路：どの電磁石を励磁させるかを定める回路

パルス発生回路：電磁石の励磁のタイミングを決める回路

106

サーボモータ

制御用に作られたモータ。正確かつ細かい速度制御、回転角制御（位置制御）が可能。

モータに回転角を検出するセンサがついており、外部から指示されたとおりに回転するように自動で修正する。

複雑な制御回路が必要なため、高価なものが多い。

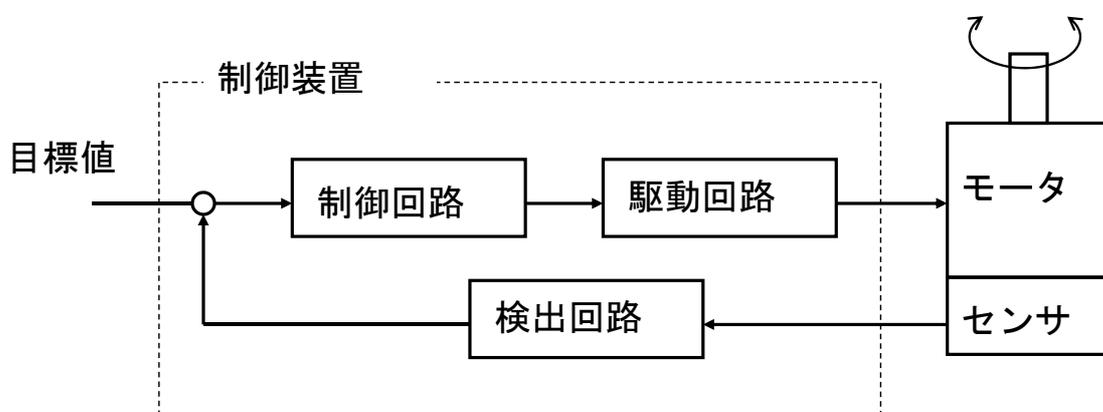
安価な模型用RCサーボも原理は同じ。



107

サーボモータのブロック図

モータ、センサ、制御装置を組合せたサーボモータシステム（ユニット）として使われる。



外部から目標値（回転角、回転速度）を入力すると、それと一致するようにモータが回転する。

・・・フィードバック制御（クローズドループ制御）

108

サーボモータシステムの制御

実際のサーボモータは、サーボモータとコントローラ（制御装置）を組み合わせたシステムとして使用することがほとんどである。



サーボモータシステム

制御装置からは制御信号としてパルス信号を入力する。ステッピングモータと同様、1パルスあたりの回転角（分解能）が決まっています。モータの回転角はパルス数で、モータの速度はパルス速度で制御する。

109

その他の負荷

制御装置（自動化機器）ではその他にも様々な負荷が使われているが、そのほとんどがON/OFF制御である。

ブザー、ポンプ、・・・

駆動するときは、決められた定格電圧をON/OFFし、負荷をON/OFFする。



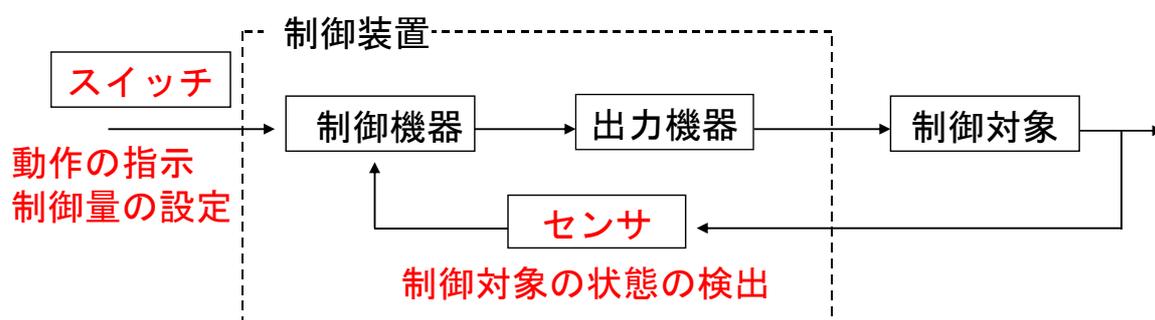
110

4.2 入力機器

4.2.1 入力機器の種類と出力信号

入力機器の働き

- 1) 制御対象の状態を検出する
各種センサ、計測器
位置の検出、温度の測定、距離の測定 . . .
- 2) 制御装置の動作を指示する
各種操作スイッチ
運転指示、停止指示、動作指示 . . .



113

入力機器

入力機器としてスイッチ、センサ、計測器が使われる

スイッチ

操作用 . . . 人が触って操作するスイッチで、動作の実行や終了、動作内容などの指示を行う

押しボタンスイッチ、セレクトスイッチ、トグルスイッチ、ロッカスイッチ、非常停止スイッチ (b接点及び保持機能)

設定用 . . . 動作の設定指示や、動作の時間や回数などの数値指示を行う。

ディップスイッチ、サムロータリースイッチ、

検出用 . . . センサの項で説明

114

入力機器

センサ

検出用……二値信号を出力するもので、位置や有無を検出、もしくは制御量がある値になったことを検出したら、ON信号を出力する

リミットスイッチ、マイクロスイッチ、リードスイッチ、光電センサ、近接センサ、フォトマイクロセンサなど

計測用……アナログ信号を出力するもので、制御量の値に対応した信号を出力する

圧力センサ、流量センサ、温度センサなど

計測器

制御量の値に対応した信号を出力する。

計測用センサよりも高度で精度の良い測定が可能。

オシロスコープ、スペクトラムアナライザ、デジタルテスタなど

115

入力機器から出力される電気信号

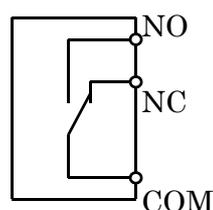
入力機器から出力される信号の仕様として以下のものがある。

二値信号（デジタル信号、ON/OFF信号、電圧信号）

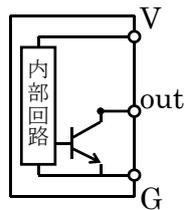
接点出力

オープンコレクタ出力

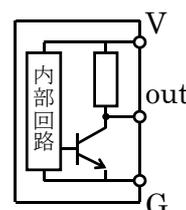
電圧出力（O. C. 出力をプルアップしたものが多い）



接点出力



O. C. 出力



電圧出力

連続信号（アナログ信号）

電流信号：DC4～20mA

電圧信号：DC1～5V、DC0～5V、DC-10～10V など

116

4.2.2 スイッチ

117

スイッチの概要

スイッチとは、

動作することにより、金属製の接点が接触するか離れるかで、電流の導通（ON）/遮断（OFF）を行う部品。

接触する部分は機械式接点、もしくは単に接点と言われる

接点が閉じる（ON）……電流は流れる（抵抗がほぼゼロ）

接点が開く（OFF）……電流は流れない（抵抗がほぼ無限大）

利点：安価、容易、大電流・高電圧に耐えられる、絶縁抵抗が大きい

欠点：寿命が短い（10～100万回程度）、動作が遅い（5～10ms）、**チャタリング**を起こす

*チャタリング：接点が接触する瞬間もしくは離れる瞬間に非常に短い時間でON/OFFを繰り返す現象

118

スイッチの接点

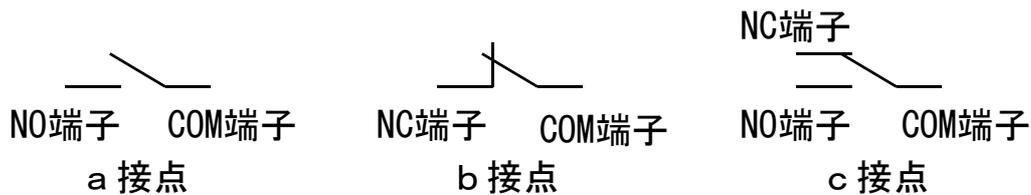
接点の種類として

a接点：動作すると接点が閉じる（電流が流れる）

b接点：動作すると接点が開く（電流が流れない）

c接点：二つの接点があり、動作すると接点の一方は開き、もう一方は閉じる

基本的に、a接点かb接点のどちらかで使う



119

スイッチの仕様

スイッチの仕様として以下のものがある

接点の種類・・・a接点、b接点、c接点

接点の数・・・・1極、2極、3極・・・・

接点の動作・・・モーメンタリ、オルタネート

許容電圧・・・・かけることの出来る最大電圧

許容電流・・・・流すことの出来る最大電流

動作速度・・・・接点が切り替わるまでの時間

用途や流れる電流に応じて、最適なスイッチを選定する

接点の呼び方	SPST (Single Pole, Single Throw)	1極単投
	SPDT (Single Pole, Double Throw)	1極双投
	DPDT (Double Pole, Double Throw)	2極双投
	4PDT (4 Pole, Double Throw)	4極双投 など

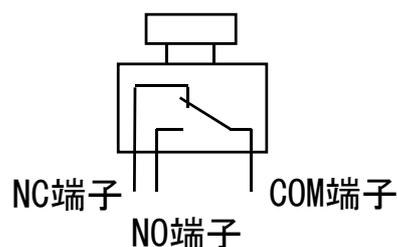
120

a) 操作スイッチ

装置の起動、動作切り替え、停止などを行うために、人間が操作することにより信号を出力する。

動作切り替え：自動/手動/原点復帰

動作指示：運転、停止、実行、終了、原点復帰
非常停止、リセット・・・



121

操作スイッチのアクチュエータ

スイッチの操作部（アクチュエータ）には様々な種類があり、必要に応じて適切な物を選ぶ。



押しボタン
スイッチ



タクト
スイッチ



トグル
スイッチ



セレクト
スイッチ



非常停止用
押しボタン
スイッチ

122

押しボタンスイッチの色

押しボタンスイッチは、色と機能がある程度決められている

赤：停止、非常停止 赤を停止機能以外に使ってはいけない

黄：リセット、一時停止、原点復帰など

緑：始動、運転、寸動、歩進運転、サイクル運転など

黒：始動、運転、寸動、歩進運転、サイクル運転など

白：その他

これらの機能以外でも使用することもある。

操作するとその色が点灯する照光式スイッチもある

123

b) 設定用スイッチ

装置の動作設定や数値の設定などを行うためのスイッチ

レバー式、回転式、数値設定式などがある



スライド
ディップスイッチ



ロータリー
ディップスイッチ



サムロータリー
スイッチ

124

c) 検出用スイッチ

物体の位置や有無を検出するためのスイッチ

リミットスイッチ、マイクロスイッチ、リードスイッチなどがある

ここでは、検出センサとして分類することにする

4.2.3 センサ

センサ概要

制御対象の状態（制御量）を測定して電気信号に変換し、制御機器にその信号を送る

センサ内部に計測素子（トランスデューサ）があり、ここで制御量をさまざまな電気信号に変換した後、増幅回路、比較回路等を経て制御に適した出力信号に変換する。

電源が供給されると作動して、制御量に応じた電気信号を出力する。

制御量の変化に応じて連続した信号（アナログ信号）を出力する計測センサと、
制御量がある設定値（閾値）に達したときに離散的な信号（ON/OFF信号）を出力する検出センサとに分けられる

127

センサ概要

入力機器として使われる各種センサ

計測用……計測対象（制御量）の値に対応した、ある範囲の連続した信号（アナログ信号）を出力する。

圧力センサ、流量センサ、温度センサ、変位センサなど

検出用……計測用センサの出力と設定値（閾値）とを比較回路を使って比較し、出力が閾値を超えたときに二値信号（ON/OFF信号、電圧H/L信号）を出力する。

光電センサ、近接センサ、リミットスイッチなど

シーケンス制御などのON/OFF制御では検出用センサが使われ、プロセス制御などの定量的制御では計測用センサが使われる。

128

入力機器の種類

センサとして、以下のものがある

検出用センサ

二値信号（ON/OFF信号）を出力

リミットスイッチ 接触式

物体がアクチュエータを操作することにより動作

光電センサ

透過型 物体が光を遮ることにより動作

反射型 物体が光を反射させ、反射光を受光することにより動作

近接センサ

高周波式 金属の検出

静電容量式 金属、樹脂などほぼすべての検出

計測用センサ

連続したアナログ信号を出力

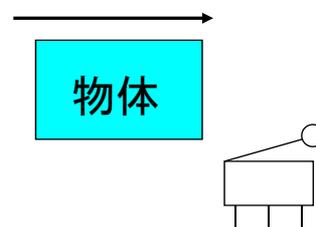
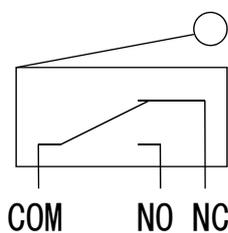
温度センサ、圧力センサ、流量センサ、

計測用センサには、ある設定値を超えた時にON信号を出力する（二値信号）を出力するものもある。温度スイッチなどと呼ばれる。

129

① マイクロスイッチ

マイクロは物体が移動してアクチュエータを操作することにより、物体の位置や有無を検出する。接触式の検出スイッチ。出力信号として、接点出力。



アクチュエータとして、プランジャ型、レバー型、ローラ型などがある。



130

②リミットスイッチ

リミットスイッチは、強固な封入ケースにマイクロスイッチを内蔵したもの。
基本的にマイクロスイッチと同じように用いる。



131

③リードスイッチ

リードスイッチは、磁石で接点を動作させることによって位置を検出する。
機械式接点のものが多く、オープンコレクタ出力のタイプもある。

ドアの開閉や空気圧シリンダの位置の検出に使われる。



132

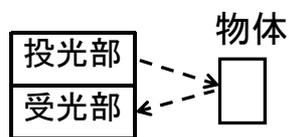
④光電センサ

光電センサは、投光部で投光した光を受光部で受光したか否かで、物体の位置や有無を検出する。非接触式検出センサ

発光部と受光部の位置関係で、
反射型光電センサと透過型光電センサに分けられる。

透過型光電センサ：発光部と受光部が向かい合っていて、
透過光を受光する。

反射型光電センサ：発光部と受光部が横に並んでいて、
反射光を受光する。



反射型光電センサ



透過型光電センサ

133

光電センサの活用

光電センサには光ファイバを使ったものもある。

小さな物体（2mm程度）の検出が可能

色による光の反射率の違いを使うと、色の判別もできる。

白・・・光を反射する

黒・・・光を反射しない

透明の物体の検出には、回帰反射型光電センサを使う

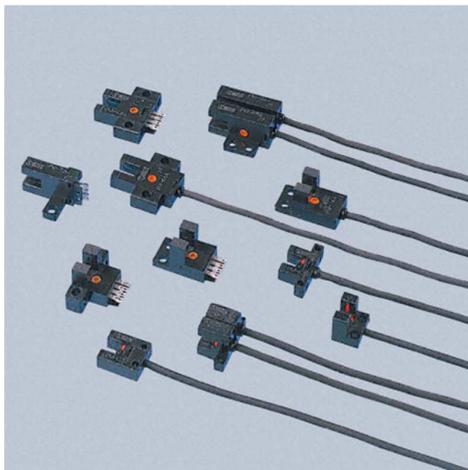


134

フォトマイクロセンサ

物体の位置検出に限定した光電センサ
リミットスイッチの代わりに使われる。

小型で安価。検出できる範囲は狭い（数ミリ）。



135

⑤ 近接センサ

近接センサは、透磁率や誘電率の変化を利用して物体の有無
や位置を検出する。非接触式。

（物体がないときは空気の透磁率、誘電率を計測）

高周波型近接センサ：

透磁率の変化により動作。金属の検出。

静電容量型近接センサ：

誘電率の変化により動作。検出範囲は高周波型より狭い。
金属、樹脂、木材、紙など、ほぼ全ての物質の検出。

検出範囲



136

b) 計測センサ

変位、圧力、温度、光の強度など、計測対象（制御量）をアナログ信号（電圧や電流など）に変換して測定する。

変位センサ、液面センサ、圧力センサなどがあり、プロセス制御などで使われる。

各メーカーから様々な計測用センサが製品化されている。

圧力センサ	測定範囲：0～1 MPa	精度：±1 %
流量センサ	測定範囲：1～30 l/mim	精度：±0.8 %
温度センサ	測定範囲：-50～200度	
湿度センサ	測定範囲：0～100 %	精度：1.5 %
変位センサ	測定範囲：40～60 mm	分解能：1.5 μm

など

137

b) 計測センサ

出力信号として、アナログの電圧出力や電流出力がある。

1) 電流出力

計測対象の状態に対応した直流電流を出力

例えば DC4～20mA

2) 電圧出力

計測対象の状態に対応した直流電圧を出力

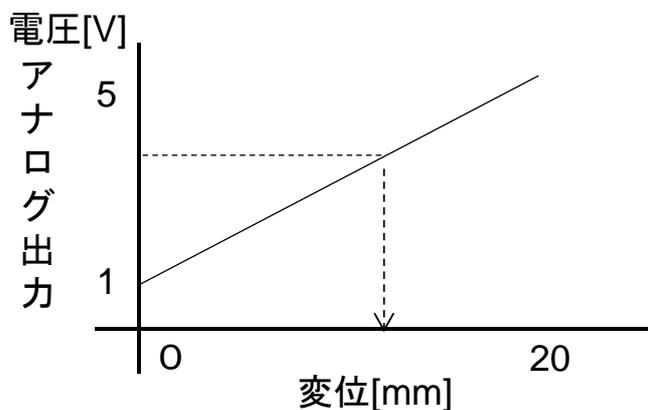
例えば DC0～5V、DC1～5V、DC-10～10V など

標準的な出力（例えば電圧出力）を持たないものもある。
専用の変換器（アンプ）が必要なものもある。

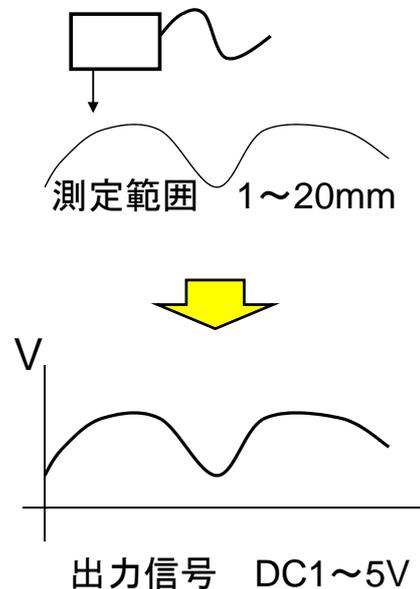
138

計測センサのアナログ出力信号

測定対象とアナログ出力値との関係を調べておくにより、アナログ信号を測定すれば測定対象の大きさを知ることができる。



変位センサの例（電圧出力）



139

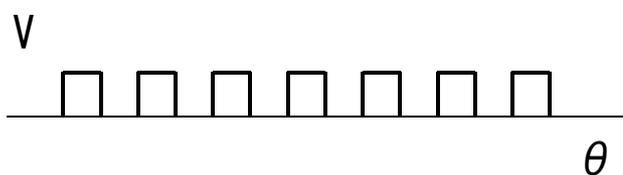
その他の計測センサ

回転角や長さを測定するセンサとして以下のセンサが使われる

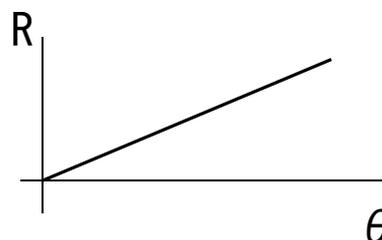
- ・ロータリエンコーダ
回転角をデジタル信号で出力



パルス信号を出力



- ・ポテンショメータ
回転角をアナログ信号で出力



140

4.2.4 計測器

141

計測器の概要

対象となる物理量（制御量）を測定し、その結果を電気信号で出力する。

対象となる物理量として

変位、角度、質量、力、温度、電圧、電流、波形・・・

出力する信号として、計測センサと同じように、連続した電圧信号、電流信号、デジタル信号

ほかに、コンピュータへデータを送信するためのデータ通信規格を使ったものがある。

142

計測器



ノギス



フォースゲージ



温度計



テスタ



ファンクションジェネレータ

143

4.3 制御機器

144

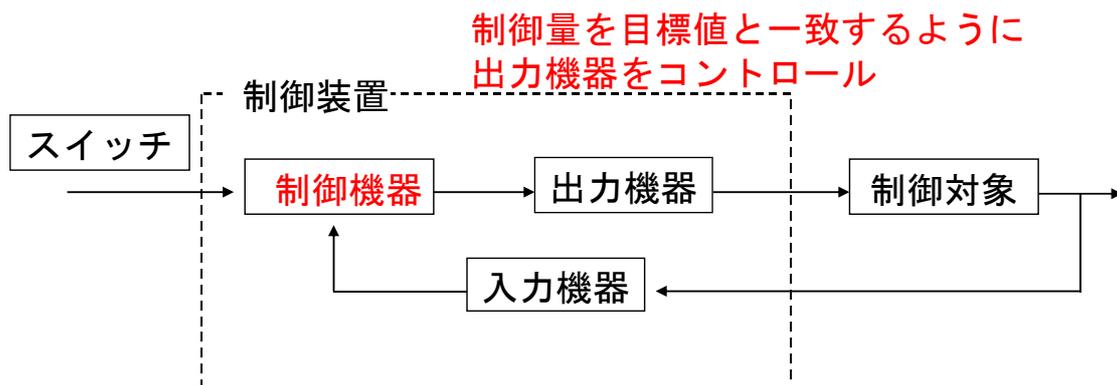
4.3.1 制御の種類

145

制御機器(コントローラ)の働き

制御装置の動作を決定する制御装置の中心的役割

- 1)入力機器からの信号を入力し、
- 2)入力信号に応じた出力信号を作成し(信号を変換し)、
- 3)出力機器に信号を出力する



146

制御機器(コントローラ)の働き

制御機器が扱う信号として、二値信号(ON/OFF信号)と連続信号(アナログ信号)がある

二値信号を扱う制御・・・定性的制御、二値制御、ON/OFF制御
信号として

電流のON/OFF(導通/遮断)

電圧のH/L

制御は容易、しかし細かな制御(微調整)ができない

連続信号を扱う制御・・・定量的制御(アナログ制御)
信号として

連続した電圧信号(DC0~5Vなど)

連続した電流信号(4~20mAなど)

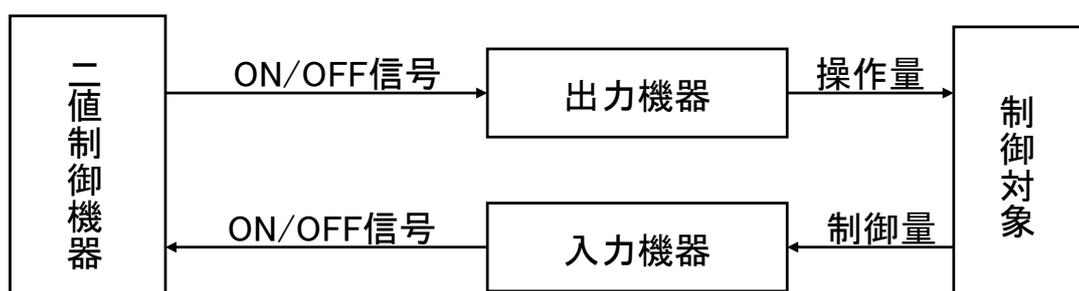
細かな制御(微調整)が可能、しかし制御が困難

147

1) 二値制御

二値制御システムは、システムのすべての信号および処理をON/OFF信号で行う。

その手順として



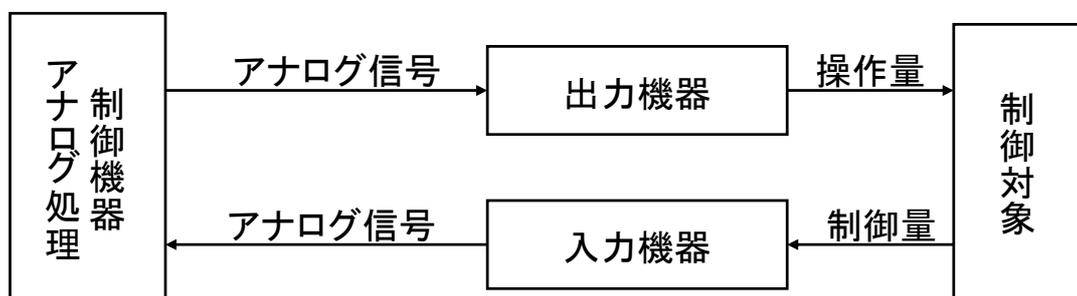
148

2) 定量的制御(アナログ制御)

定量的制御システムは、システムのすべての信号および処理をアナログ信号で行う。

その手順として

- 1) 制御量を入力機器でアナログ信号(電気信号)に変換する
- 2) アナログ信号を制御機器に入力し、その信号を処理してアナログ信号を出力する
- 3) 制御機器からのアナログ信号に応じて出力機器が連続的な動作をする



149

定量的制御

機械を最適な状態で制御するためには、定量的制御(アナログ制御)が理想である(アナログ信号の方が細かな調整ができる)。

定量的制御(アナログ制御)では

- ・アナログ信号の信号変換には、抵抗器やコンデンサ、アナログICなどを使ったアナログ回路が必要
- ・アナログ回路は複雑かつ安定しない(熱の影響など)
- ・ノイズの影響を受けやすい
- ・駆動部でのエネルギーの損失が大きい

など、様々な問題がある



アナログ回路による定量的制御システムは細かな制御が可能であり理想的であるが、実現が容易ではない

150

3) デジタル制御

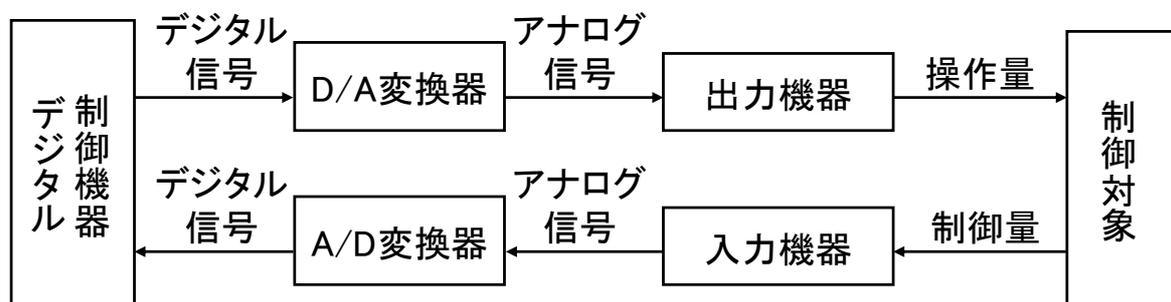
連続したアナログ量をデジタル信号(数個の二値信号)に変換し、コンピュータやデジタルICを使ってデジタル信号の変換を行う。

アナログ信号(数値)を数個の0/1信号の組み合わせとして扱う。

例えば、DC0~5V ⇔ 0000 0000 (0V) ~ 1111 1111 (5V)

アナログ信号 → デジタル信号 …A/D変換

デジタル信号 → アナログ信号 …D/A変換



151

デジタル制御

デジタル制御の利点

デジタル制御機器のほとんどはコンピュータであるため、プログラムで動作を決めることができる → 変更が容易

熱による変動がほとんどない

アナログ回路に比べてノイズの影響を受けにくい

安価である

欠点

わずかな時間遅れが生じる

離散的な処理になる



デジタル制御の利点が大きいため、現在はデジタル制御が主流

152

デジタル制御機器の種類

主なデジタル制御機器として

PLC

シーケンス制御用のコンピュータ(マイコン)。プログラムで動作を決める

マイコン(ワンチップ、ワンボード)

制御用の小型コンピュータ

パソコン

個人用のコンピュータ。信号入出力機器を使えば制御可能

電子部品(デジタルIC、アナログIC)

物理的に各部品を電気配線で接続

現在のほとんどの制御システムは、定量的制御(デジタル制御)のみならず二値制御も可能な、コンピュータを使った制御が主流

153

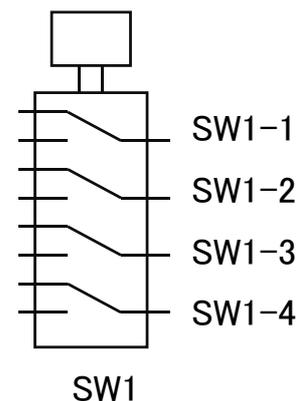
4.3.3 各種制御機器

154

1)スイッチ

スイッチを使うと、簡単な負荷のON/OFF制御回路を組むことができる。

この場合、一つのスイッチに複数のc接点が組み込まれたものを使うことにより、その接点の組み合わせでON回路、NOT回路、AND回路、OR回路、もしくはそれらを組合わせた回路を組むことができる。



155

スイッチによる制御回路

1)ON回路

スイッチが動作したときに接点が閉じ、負荷に電流が流れる

2)NOT回路

スイッチが動作したときに接点が開き、負荷に電流が流れない(スイッチが復帰したときに接点が閉じ、負荷に電流が流れる)

3)AND回路

複数の接点の全てが閉じたときに負荷に電流が流れる

4)OR回路

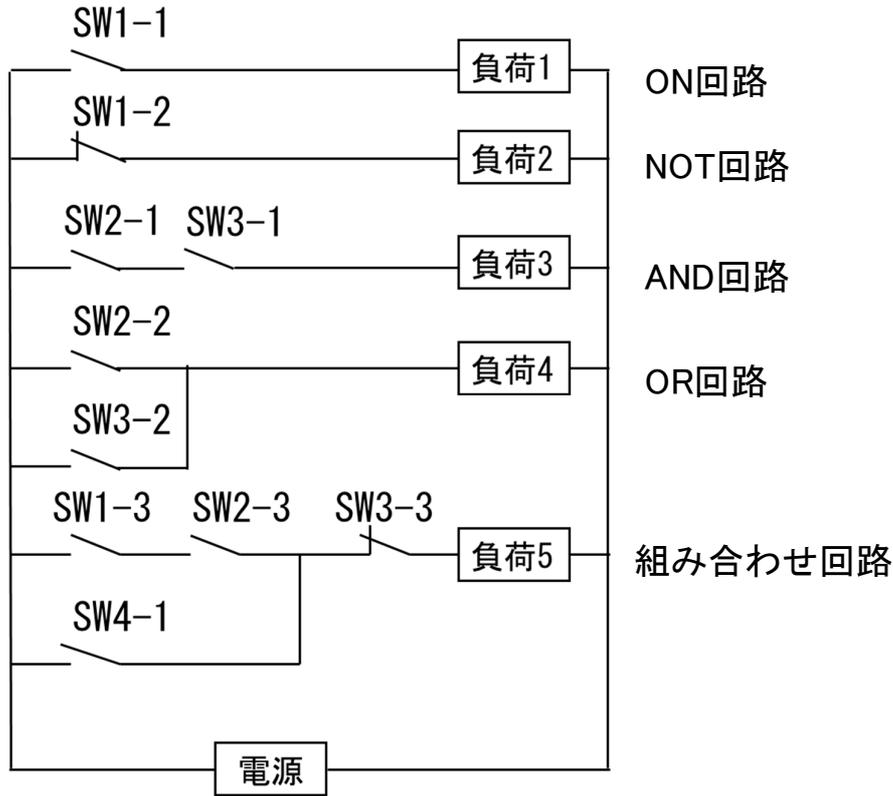
複数の接点の一つ以上が閉じたときに負荷に電流が流れる

5)組合わせ回路

ON回路、NOT回路、AND回路、OR回路を組合わせた回路

156

スイッチによる制御回路図

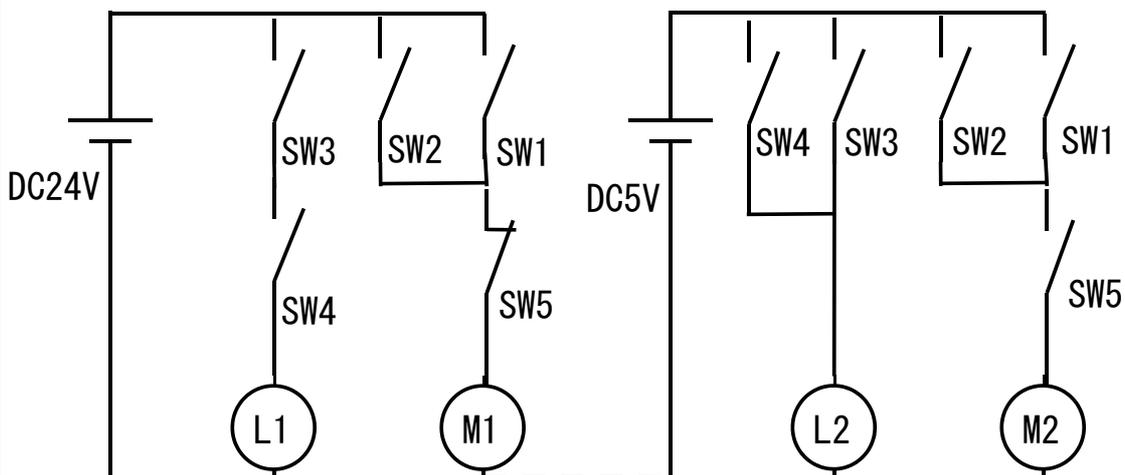


駆動回路

*** 注意**

電源が複数あるときは、分けて回路を組む

ただし、電源が直流で負荷をマイナスに接続するときは、マイナス線を共通にすることができる。



駆動回路例題

以下の回路を書きなさい。ただし、スイッチは4極c接点とし、特に指定がなければ負荷の電源はDC24Vとする。

- 1) SW1を操作しないでSW2とSW3を操作するとL1が点灯する。
SW1を操作しないでSW4またはSW5を操作するとL2が点灯する。
- 2) 上記と同じ動作で、L2の定格電圧をAC100Vとする。
- 3) SW1とSW2の両方を操作するとDCモータM1は正回転し、
SW3またはSW4を操作するとM1は逆回転する
- 4) SW1を操作しないでSW2を操作するとM1が回転し、
SW2を操作しないでSW1を操作するとM2が回転する。

159

2)リレー

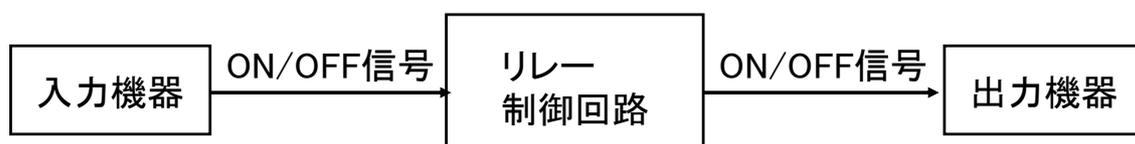
機械式リレーはリレーコイルとリレースイッチ(接点)を組合せた構造で、コイルが動作すると、接点が動作する。

複数のc接点スイッチを持つリレーを使うことによって、1極接点のスイッチの接点の数を増やすことができ、簡単な制御回路を作ることができる。

シーケンス制御で使用する最も基本的な制御機器

1個の入力機器(スイッチ、センサ)に対して1個以上のリレーを動作させ、リレーの接点を使って制御回路を組む。

最後に、リレーの接点で出力機器を駆動させる。



160

リレーの用途

主な用途として

1) 駆動部品として用いる

小さな電力（電圧、電流）で、大きな負荷をON/OFFする
直流の信号で交流をON/OFFする。（逆も可）

例えば、

乾電池 2 個（DC3V）の信号で、AC200VのモータのON/OFF制御が可能

2) 接点の数を増やす（内部の接点が複数個ある場合）

3) 接点の動作を変える（a接点→b接点）

4) 簡単な制御回路を組む（リレー10個程度の回路）

・・・リレーシーケンス制御

161

リレーを使った回路

リレー（電磁リレー）を使うことにより、駆動回路や
様々な制御回路を組むことができる。

駆動回路

- ・ 低電圧、小電流で、高電圧、大電流の負荷を駆動する
DC24Vの信号で、三相AC200Vの負荷を駆動
安全性大
- ・ a 接点スイッチで b 接点の動作をさせる

制御回路

- ・ 定格電圧の異なる負荷を同時に動作させる
 - ・ スイッチを操作し復帰しても、負荷が動作し続ける
自己保持回路
 - ・ 二つの負荷が同時に動作しないようにする
インターロック回路
- など

162

リレーの使用例

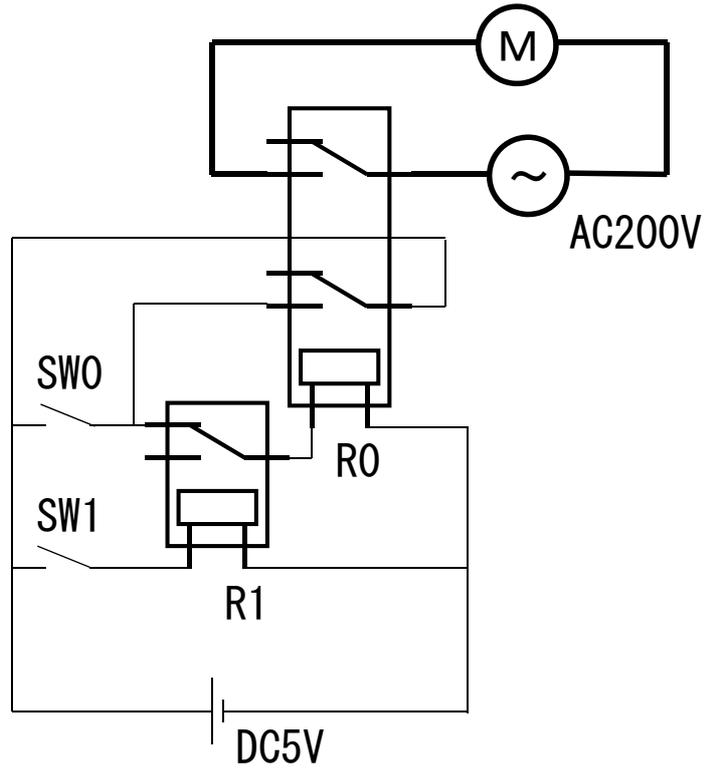
駆動部品として使う

小さな電気信号で、大きな電力の負荷を駆動

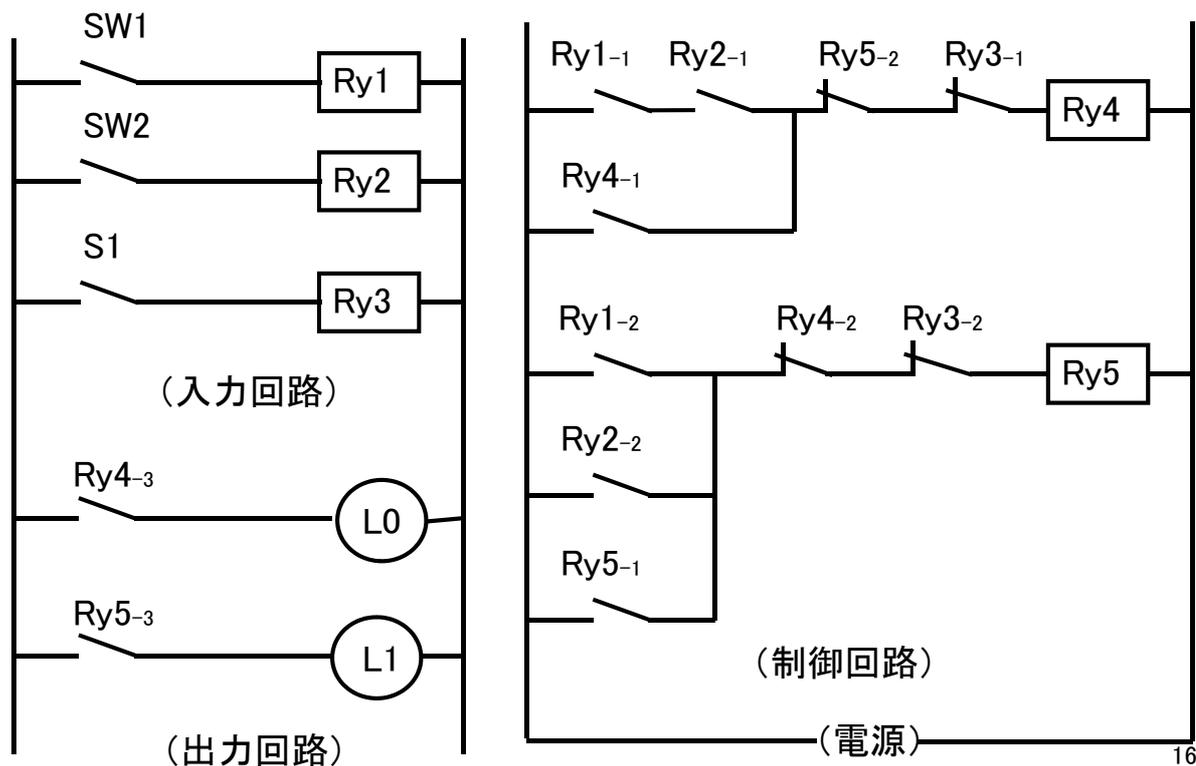
簡単な制御回路を組む

出力がONの状態を続ける回路
(自己保持回路)

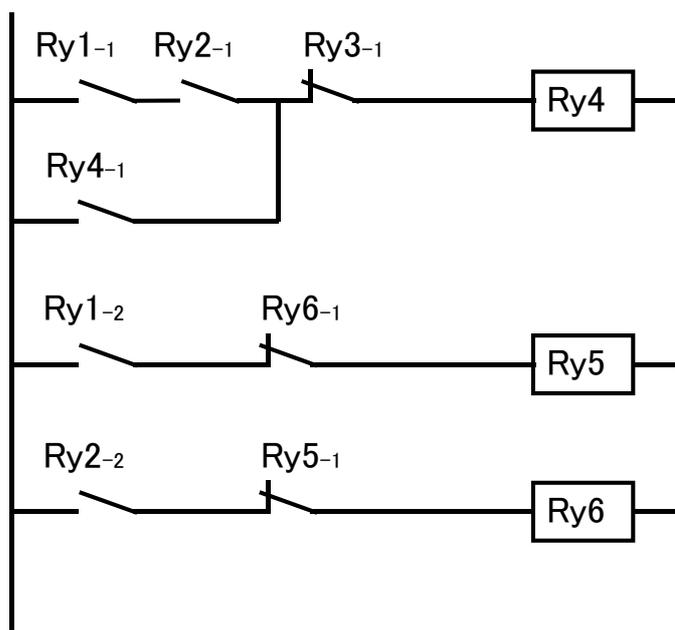
複数の出力を同時にONにしない回路
(インターロック回路)



リレーによる制御回路図



リレーで組むことのできる制御回路例



自己保持回路
出力が一旦動作したら、動作し続ける

インターロック回路
一方が動作したら、他方が動作しないようにする

リレーを使った駆動回路例題

以下の回路を書きなさい。ただし、スイッチは1極a接点とし、特に指定がなければ負荷の電源はAC100Vとする。また、動作させるための回路はDC24Vで組み、リレーを使うこととする。なお、リレーコイルの定格電圧はDC24Vとし、リレースイッチの定格は十分大きいものとする。

- 1) SW1を操作しないでSW2とSW3を操作するとL1が点灯する。
SW1を操作しないでSW4またはSW5を操作するとL2が点灯する。
- 2) 上記と同じ動作で、L2の定格電圧をAC100Vとする。
- 3) SW1とSW2の両方を操作するとDCモータM1は正回転し、
SW3またはSW4を操作するとM1は逆回転する
- 4) SW1を操作しないでSW2を操作するとM1が回転し、
SW2を操作しないでSW1を操作するとM2が回転する。

自動化技術 以上

自動化技術の範囲としてはここまでとする

シーケンス制御、およびコンピュータ制御に関しては別の授業で行うこととする