

# エネルギー管理研修 電気の基礎

## 2. 自動制御及び情報処理

大阪大学 大学院 舟木 剛

平成29年12月11日

11:00～12:20

# 2.1 自動制御

## 2.1.1 自動制御の基礎

### 1. 自動制御の概念

- 制御とは
  - 制御対象に制御装置により操作を加え、目的を達成する。
- 自動制御
  - 制御装置によって自動的に行なわれる制御
    - シーケンス制御
      - 予め決められたシーケンス(順序条件)に従って、段階を逐次進める制御
    - フィードバック制御
      - 対象に操作を加え、得られた出力を制御目標値と比較して補正する方式

# 2.1 自動制御

## 2.1.1 自動制御の基礎

### 2. ラプラス変換

- 制御系の特性
  - 定常応答特性, 過渡応答特性
- システムの動特性は, 微分方程式で表せる。
  - 微分方程式の取り扱いの簡略化
    - ラプラス変換
      - 微分方程式・時間関数を代数関数に変換
      - 代数演算が可能
      - 要素の伝達関数表現

# 2.1 自動制御

## 2.1.1 自動制御の基礎

- 時間関数 $g(t)$ の $t(\geq 0)$ を複素パラメータ $s(=\delta+j\omega)$ に変換

$$\mathcal{L}[g(t)] = G(s) = \int_0^{\infty} g(t)e^{-st} dt$$

- $G(s)$ を $g(t)$ に戻すラプラス逆変換

$$g(t) = \mathcal{L}^{-1}[G(s)] = \frac{1}{j2\pi} \int_{c-j\infty}^{c+j\infty} G(s)e^{st} ds$$

- 最終値の定理
  - $t \rightarrow \infty$ の $g(t)$ が $G(s)$ より求まる

$$g(\infty) = \lim_{t \rightarrow \infty} g(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sG(s)$$

# 2.1 自動制御

## 2.1.1 自動制御の基礎

### ラプラス変換表

$$1 \Leftrightarrow \delta(t)$$

$$\frac{1}{s} \Leftrightarrow 1$$

$$\frac{1}{s^{k+1}} \Leftrightarrow \frac{1}{k!} t^k$$

$$\frac{1}{s+a} \Leftrightarrow e^{-at}$$

$$\frac{1}{(s+a)^2} \Leftrightarrow te^{-at}$$

$$\frac{1}{(s+a)^k} \Leftrightarrow \frac{t^{k-1}}{(k-1)!} e^{-at}$$

$$\frac{a}{s(s+a)} \Leftrightarrow 1 - e^{-at}$$

$$\frac{a}{s^2(s+a)} \Leftrightarrow t - \frac{1 - e^{-at}}{a}$$

$$\frac{\omega_0}{s^2 + \omega_0^2} \Leftrightarrow \sin \omega_0 t$$

$$\frac{s}{s^2 + \omega_0^2} \Leftrightarrow \cos \omega_0 t$$

$$\frac{\omega_0}{(s+a)^2 + \omega_0^2} \Leftrightarrow e^{-at} \sin \omega_0 t$$

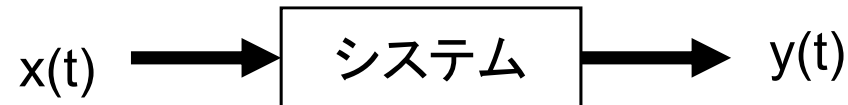
$$\frac{s+a}{(s+a)^2 + \omega_0^2} \Leftrightarrow e^{-at} \cos \omega_0 t$$

# 2.1 自動制御

## 2.1.1 自動制御の基礎

### 3. 伝達関数

- システムに入力 $x(t)$ を加えると出力 $y(t)$ が得られる



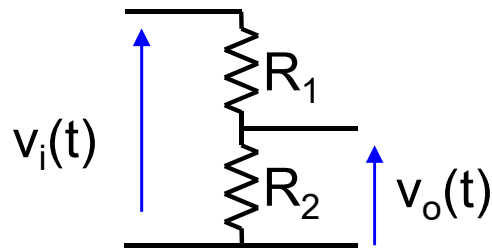
- 出力 $y(t)$ のラプラス変換 $Y(s)$ と、入力 $x(t)$ のラプラス変換 $X(s)$ の比 $G(s)$ を伝達関数
  - 出力のラプラス変換は伝達関数と入力のラプラス変換の積

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)} \quad Y(s) = G(s)X(s)$$

# 2.1 自動制御

## 2.1.1 自動制御の基礎

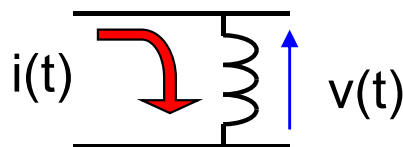
- 比例要素



$$v_i(t) : v_o(t) = R_1 + R_2 : R_2 \quad \Rightarrow \quad V_i(s) : V_o(s) = R_1 + R_2 : R_2$$

$$G(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

- 微分要素



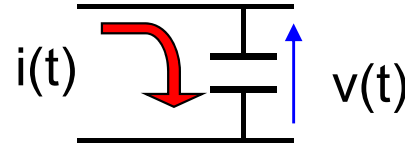
$$v(t) = L \frac{d}{dt} i(t) \quad \Rightarrow \quad V(s) = sLI(s)$$

$$\Rightarrow \quad G(s) = \frac{V(s)}{I(s)} = sL$$

# 2.1 自動制御

## 2.1.1 自動制御の基礎

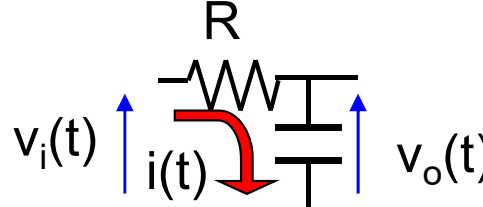
- 積分要素



$$v(t) = \frac{1}{C} \int i dt \quad \Rightarrow \quad V(s) = \frac{I(s)}{Cs}$$

$$G(s) = \frac{V(s)}{I(s)} = \frac{1}{Cs}$$

- 一次遅れ要素



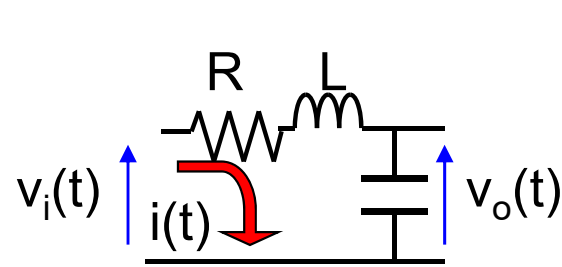
$$\begin{cases} v_i(t) = Ri + \frac{1}{C} \int i dt \\ v_o(t) = \frac{1}{C} \int i dt \end{cases} \quad \Rightarrow \quad \begin{cases} V_i(s) = RI(s) + \frac{I(s)}{sC} \\ V_o(s) = \frac{I(s)}{sC} \end{cases} \quad G(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{sCR + 1}$$



# 2.1 自動制御

## 2.1.1 自動制御の基礎

- 二次遅れ要素



$$\begin{cases} v_i(t) = Ri + L \frac{d}{dt} i + \frac{1}{C} \int idt \\ v_o(t) = \frac{1}{C} \int idt \end{cases} \quad \longrightarrow \quad \begin{cases} V_i(s) = RI(s) + sLI(s) + \frac{I(s)}{sC} \\ V_o(s) = \frac{I(s)}{sC} \end{cases}$$

$$G(s) = \frac{V_o(s)}{V_i(s)} = \frac{1}{LCs^2 + RCs + 1} = \frac{1}{T^2 s^2 + 2\xi Ts + 1} \quad \begin{matrix} T = \sqrt{LC} \\ \xi = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} \end{matrix}$$

- むだ時間

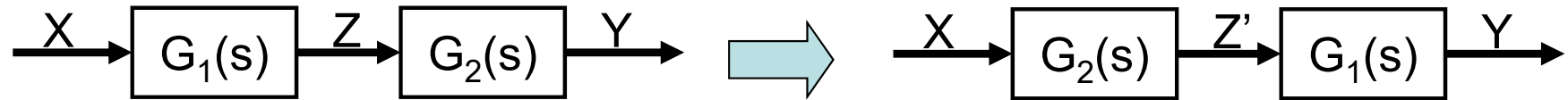
$$y(t) = u(t - \tau) \quad \longrightarrow \quad Y(s) = U(s)e^{-s\tau} \quad \longrightarrow \quad G(s) = e^{-s\tau}$$

# 2.1 自動制御

## 2.1.1 自動制御の基礎

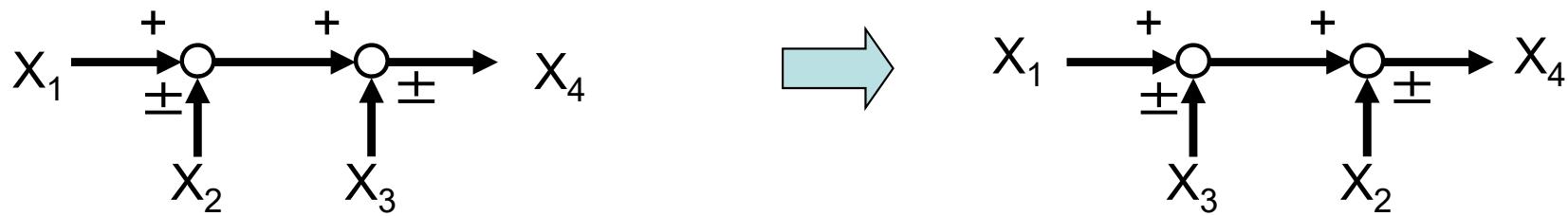
### 4. ブロック線図と伝達要素の合成

- 信号の流れと, 伝達要素で制御系を表す図
  - ブロック置換



$$G_1 \cdot G_2 = G_2 \cdot G_1$$

- 加え合わせ点動作

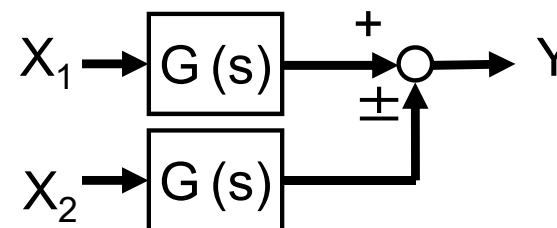
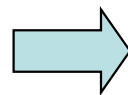
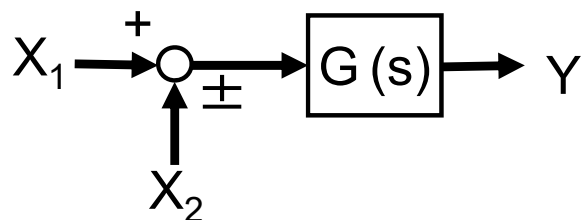


$$(X_1 \pm X_3) \pm X_2 = (X_1 \pm X_2) \pm X_3 = X_4$$

# 2.1 自動制御

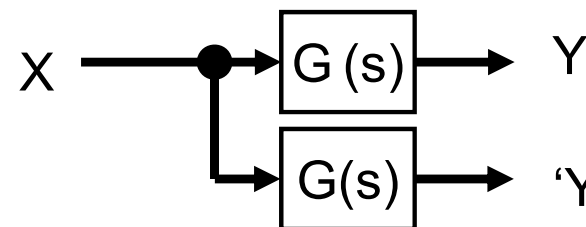
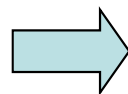
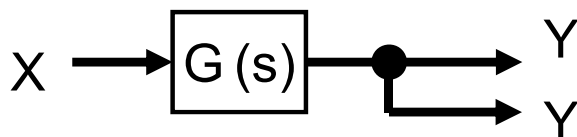
## 2.1.1 自動制御の基礎

- ブロック線図の簡略化
  - 加え合わせ点移動



$$G(X_1 \pm X_2) = GX_1 \pm GX_2 = Y$$

- 引き出し点移動

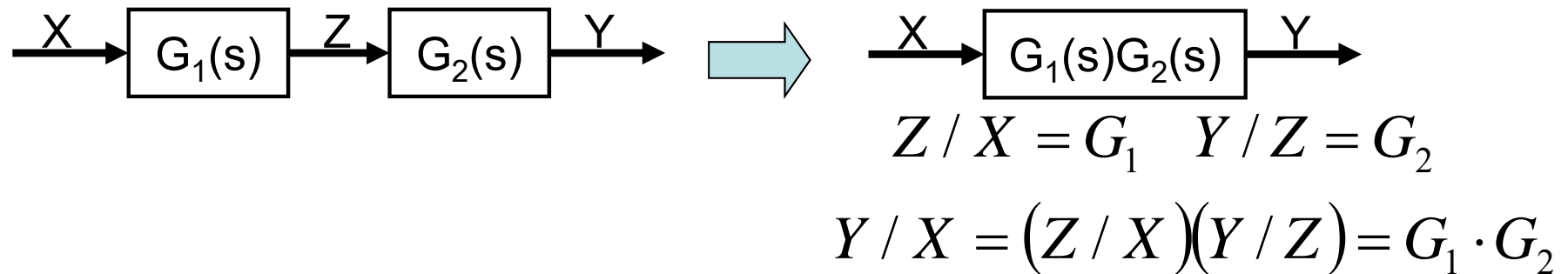


$$G \cdot X = Y$$

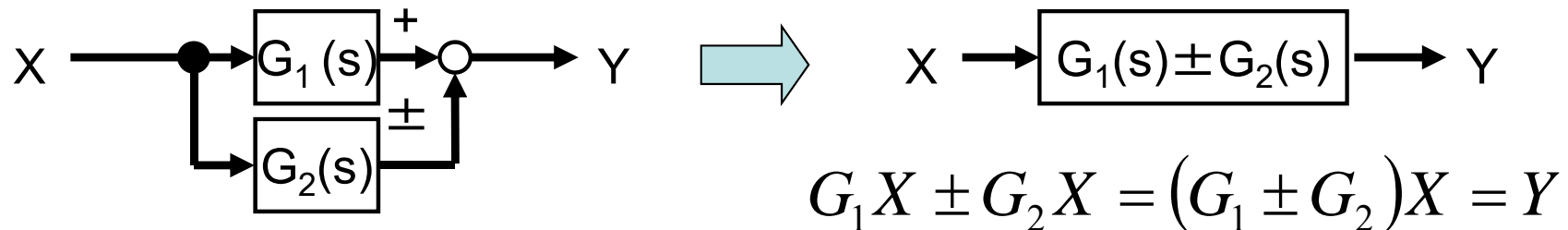
# 2.1 自動制御

## 2.1.1 自動制御の基礎

• 直列結合



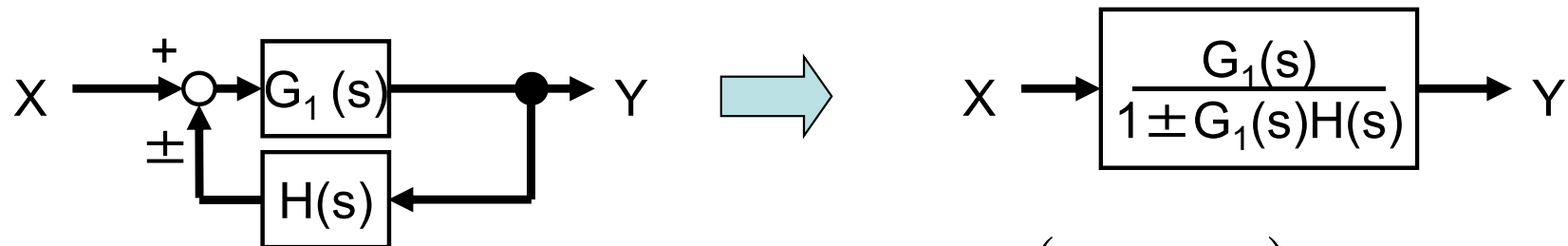
• 並列結合



# 2.1 自動制御

## 2.1.1 自動制御の基礎

- フィードバック結合



$$(X \pm HY)G_1 = Y$$

$$G_1X \pm G_1HY = Y$$

$$Y(1 \mp G_1H) = G_1X$$

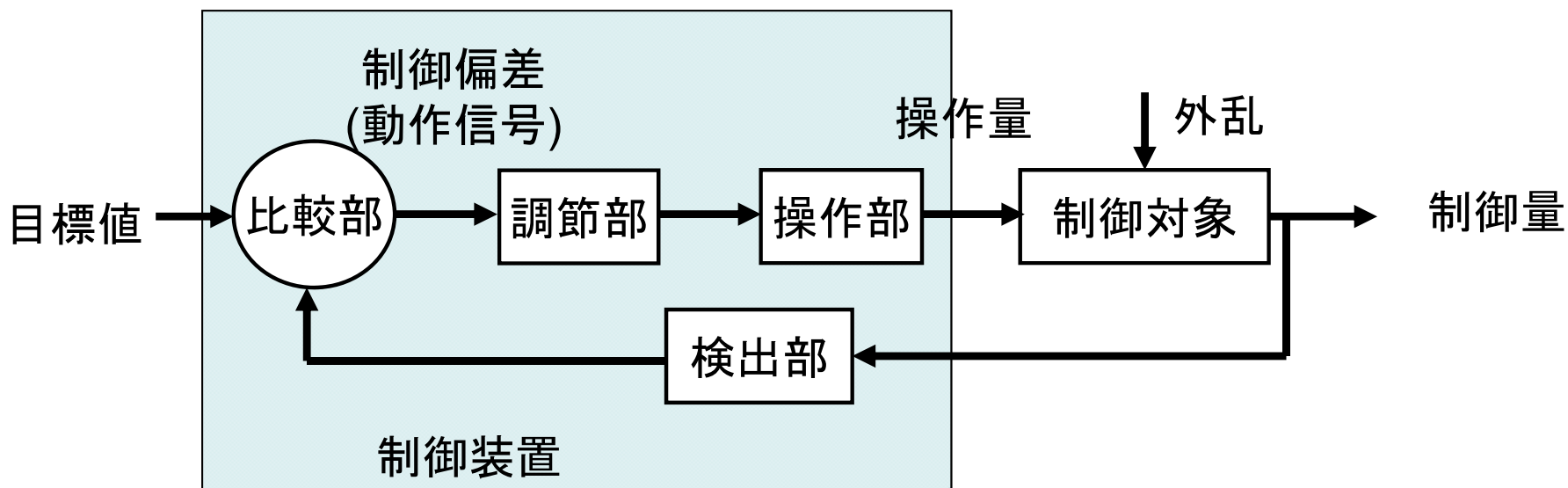
$$Y = \frac{G_1}{1 \mp G_1H} X$$

# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

### 1. フィードバック制御系の構成

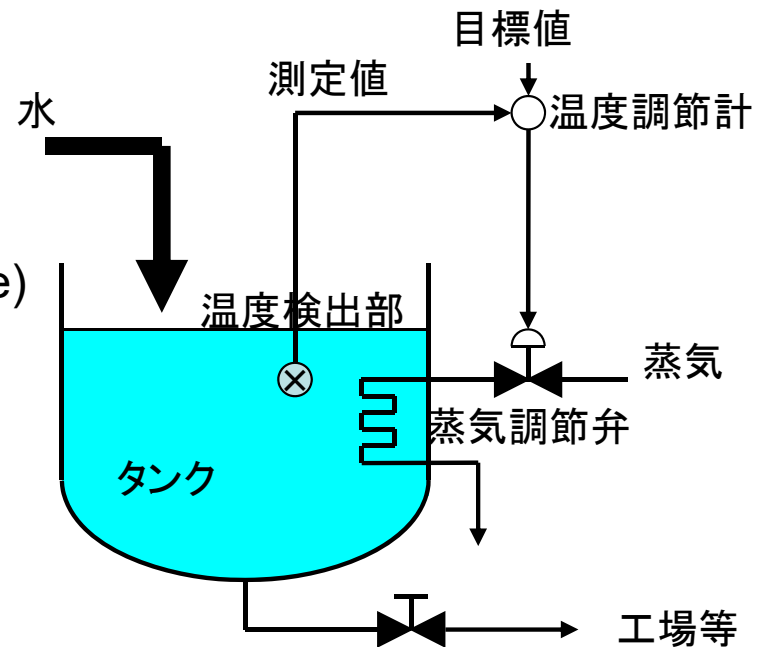
- 制御量を目標値と比較し、一致させるように操作量を生成する制御
  - プロセスに内在する遅れに対して、偏差をはやく無くす速応性と、プロセスの安定性を両立させることが課題



# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

- 制御装置
  - 制御の対象となる系 例 負荷(電動機など)
- 制御量(PV: Process Variable)
  - 制御対象における制御すべき量  
例 電動機の回転速度
- 目標値(SV: Setting Value, Set Point Value)
  - 制御量がとるべき値  
例 電圧
- 偏差
  - 目標値と制御量・制御対象の検出値
- 操作量(MV: Manipulated Value)
  - 制御量を制御するために,  
偏差に基づいて制御対象に与える量
- 測定値
  - 制御対象, 環境から検出部によって取り出す  
制御に必要な量
- 外乱
  - 制御系の状態を乱す, 外部からの作用  
例 負荷変動, 電圧変動



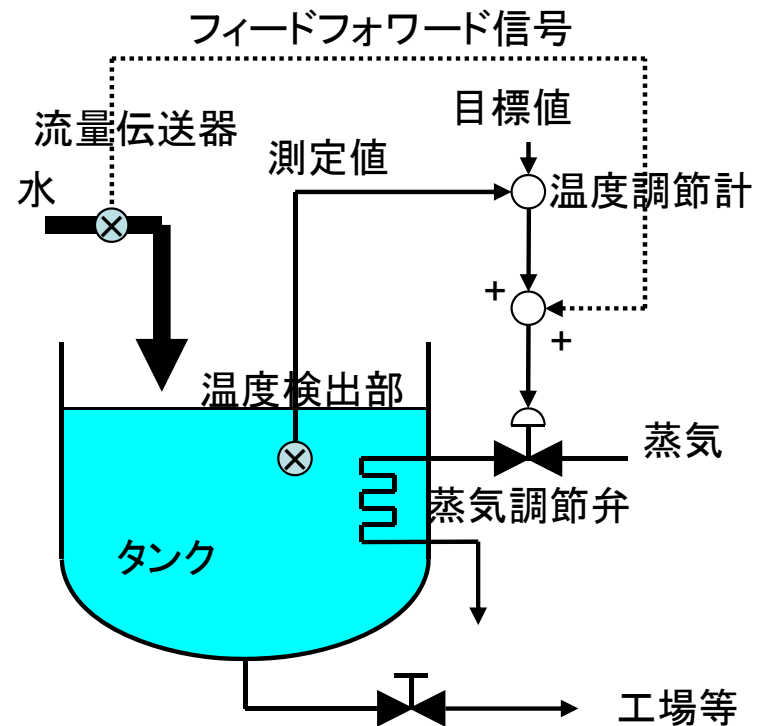
温水加熱装置の温度制御

# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

### 2. フィードフォワード制御

- フィードバック制御は、外乱が制御量に影響を与えてから動作するため遅れが生じる
- 外乱による影響を予測し、打ち消すよう動作させる
  - 動作早い
  - 外乱の予測誤差, モデル誤差で定常偏差発生
  - フィードバック制御と併用



フィードバック  
フィードフォワード併用制御



# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

### 3. 制御系の分類

- 目標値の種類による分類
  - 定値制御
    - 目標値一定
    - 種々の外乱に対して、影響を受けないようにする
  - 追従制御
    - 目標値が任意に変化
    - 目標値追従特性を良くする
  - プログラム制御(シーケンス制御系)
    - 目標値が予め定められたスケジュールに従って変化
    - 制御の種類・方式も変化させる制御とすることがある

# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

- 制御量による分類
  - プロセス制御
    - 温度, 流量等物理・化学変化等を制御(工業プロセス)
    - 定値制御が一般的
    - 例 石油工業・化学工業・機械工業・製紙工業・肥料工業
  - サーボ機構
    - 位置決め等, 位置・方位・角度を任意の目標値に制御
    - 追従制御が一般的
    - 例 工作機械・ロボット・航空機・宇宙ロケット・船舶レーダアンテナ

# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

### 4. PID制御

- 調節計のほとんどにPID動作を採用
  - 多くの調節計は下記の動作の切り替え可能
    - オン・オフ動作
    - 比例(P)動作
    - 比例積分(PI)動作
    - 比例積分微分(PID)動作
- a. オンオフ動作
  - 目標値より低ければオン
  - 目標値より高ければオフ
  - 制御対象の値は一定にならず，変動する。

# 2.1 自動制御

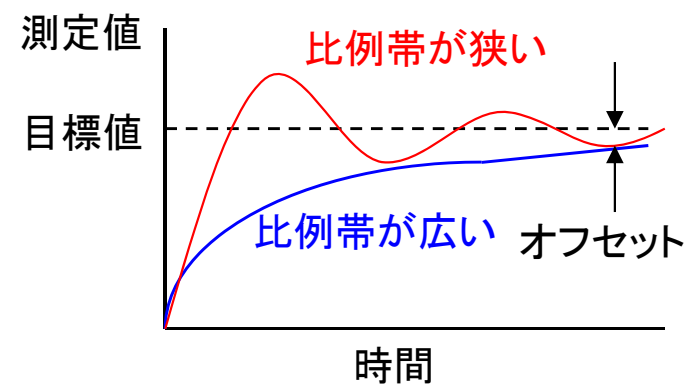
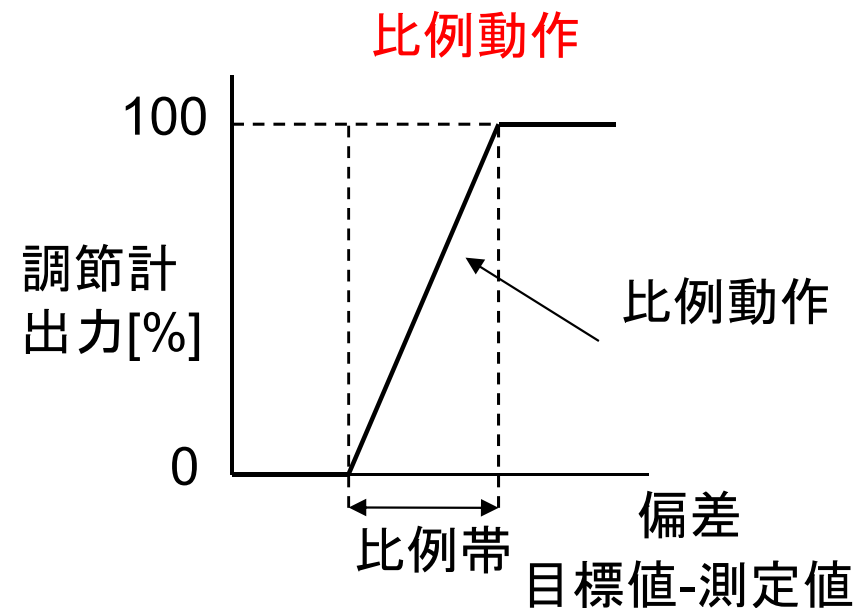
## 2.1.2 フィードバック制御

### b. 比例動作 (Proportional)

- オン・オフより細かく制御
- 観測値と目標値の偏差 (= 目標値 - 測定値) に比例した制御量を出力

$$mv = mv_0 + K_p e$$

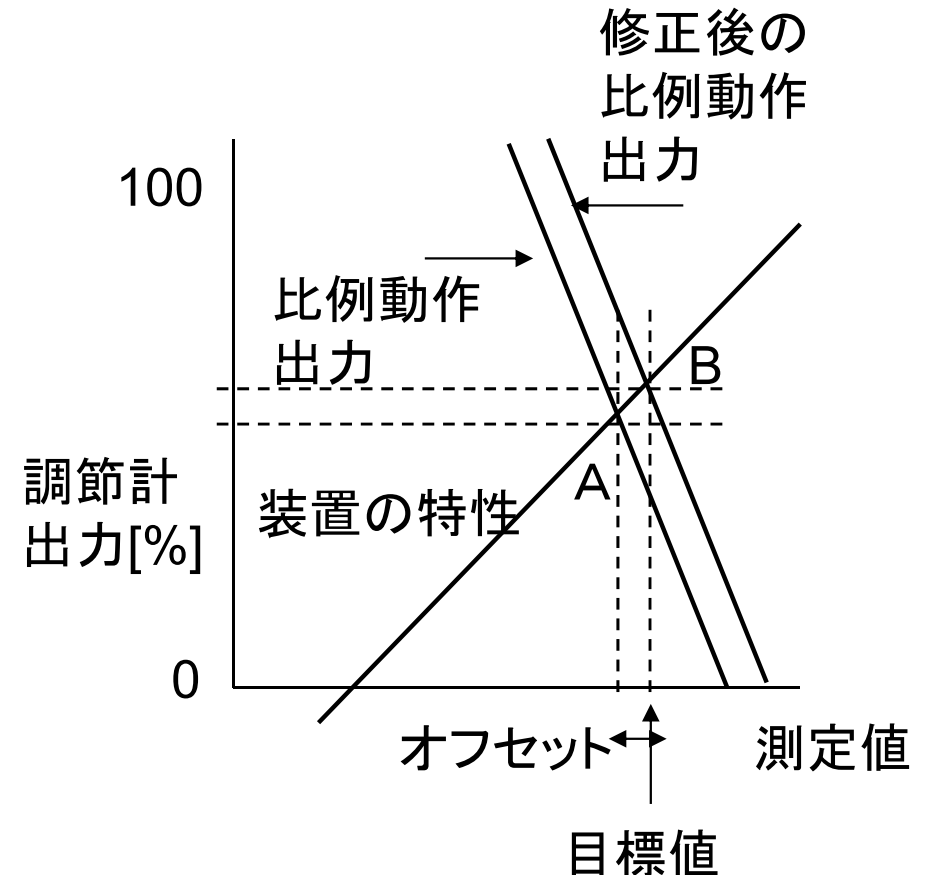
- 調整出力  $mv$  [%]
- 偏差  $e$  [%]
- 比例ゲイン  $K_p$
- 偏差が0の時の調整出力  $mv_0$
- 比例帯  $PB = 100 / K_p$
- オフセットが生じる
  - 偏差が生じない限り, 制御量が発生しない為
  - 手動リセット ( $mv_0$  の調整)



# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

- 装置の特性
  - 調節計出力に対して線形
- 調節計出力特性
  - 偏差に比例
- 装置の特性と調節計出力の一致した点で動作A
  - 目標値との間に偏差を生じる
    - オフセット
  - 動作点がBとなるように調節計の出力特性を修正
    - 手動リセット



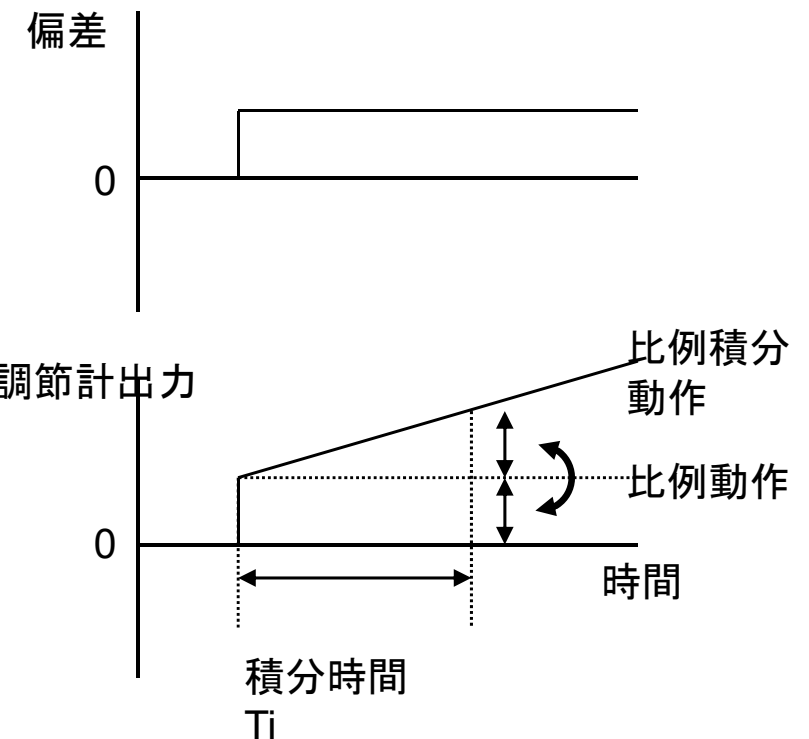
# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

### c. 積分動作(Integral)

- 偏差を時間積分して出力
  - オフセットをなくす
- 通常比例動作に付加
- 変化の速度は偏差の大きさに比例
- 偏差が0になると変化が停止
  - 自動リセット
- 積分動作の強さは積分時間 $T_i$ で表す
  - 積分時間が長くとゆっくり変化
  - 積分時間が短いとハンチングする

### 比例積分動作



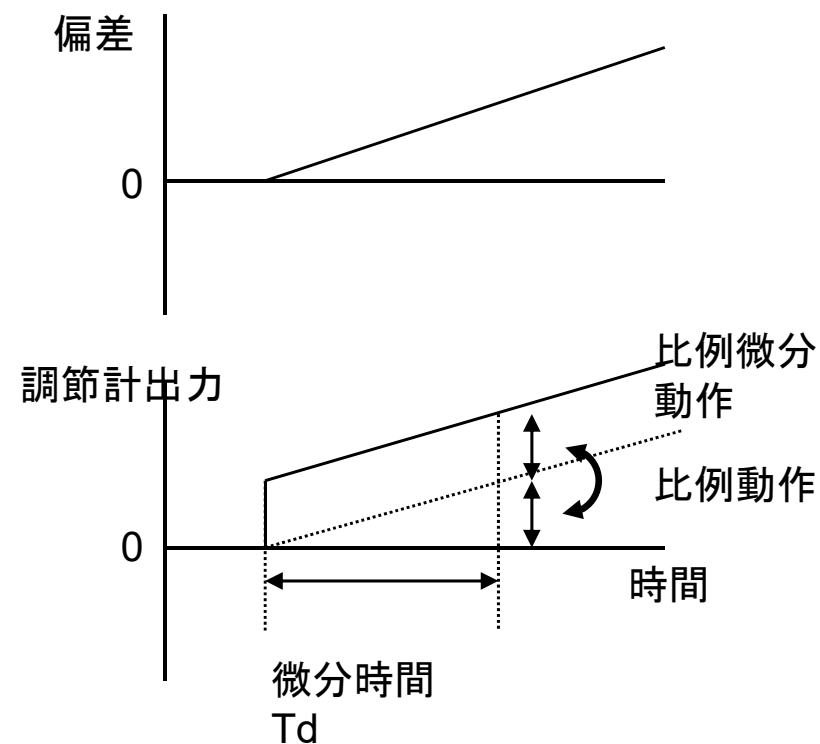
# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

### d. 微分動作(Derivative)

- 外乱の影響を早くなくす
- 偏差の変化速度(時間微分)を検出
- 比例動作に付加
  - 単独で使用できない
- 微分動作の強さは微分時間 $T_d$ で表す
  - 微分時間が振動的になる
  - 微分時間が0だと効かない
- ステップ状変化に対しては, 無限大の大きさを出力  $\rightarrow \times$ 
  - 不完全微分を使用

### 比例微分動作



# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

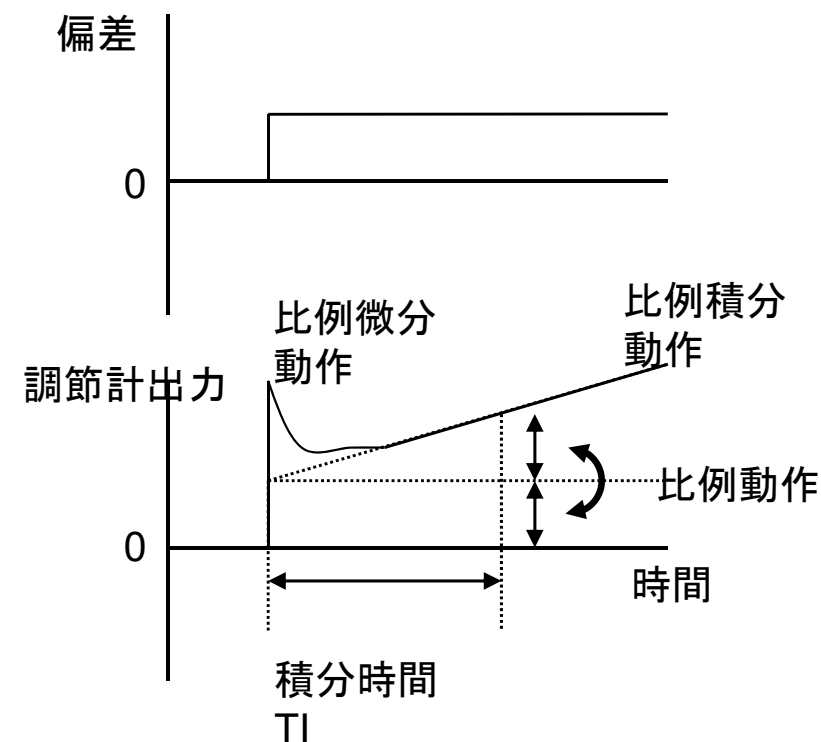
### PID動作

#### e. PID動作とPID制御

- 比例・積分・微分を使用

$$mv = mv_0 + \frac{100}{PB} \left\{ e + \frac{1}{T_I} \int e dt + T_D \frac{d}{dt} e \right\}$$

- 目標値を動かしたときにPID動作も動く
  - 出力が変化
    - 微分動作に対して偏差ではなく、測定値を用いる
    - 測定値微分型調節計





# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

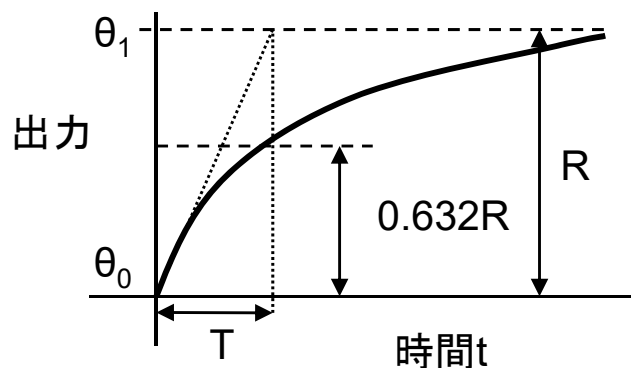
### 5. 工業プロセスの特性とPID定数の調整

#### a. 工業プロセスの特性とその測り方

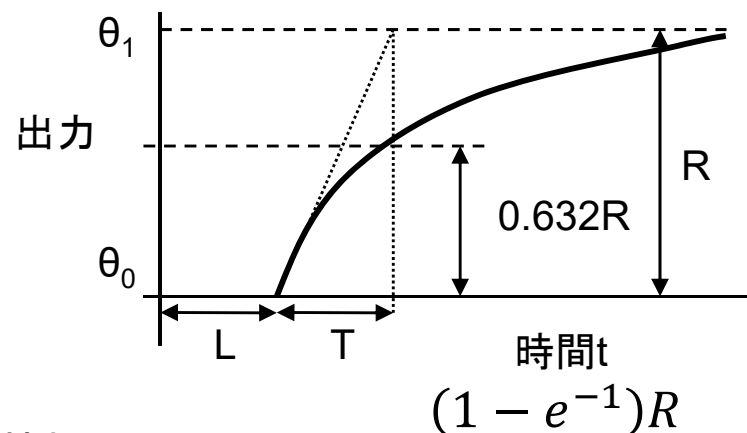
- 工業プロセスの特性

- 工業プロセスは、信号の流れを幾つかの要素に分割できる
- 複数の一次遅れ特性と無駄時間特性が複合されたもの(一般的)

- 時定数 $T$ , むだ時間 $L$   
一次遅れ要素のステップ応答



- むだ時間+一次遅れ要素のステップ応答

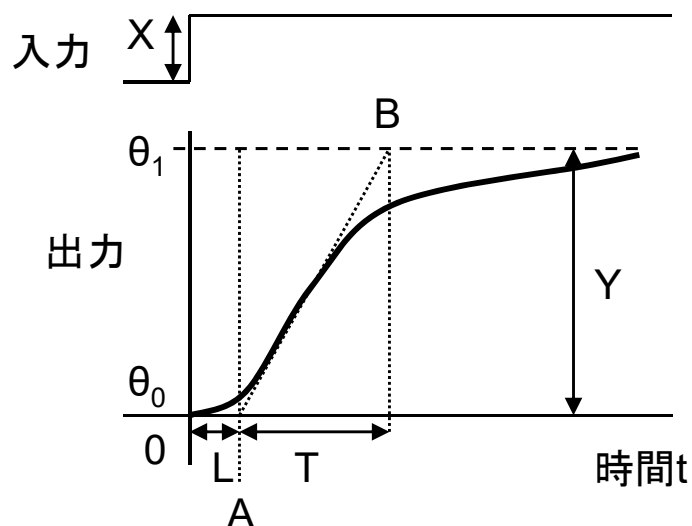


# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

- プロセス特性の測り方
  - ステップ応答法(一般的)と限界感度法

### ステップ応答によるプロセス特性の測定



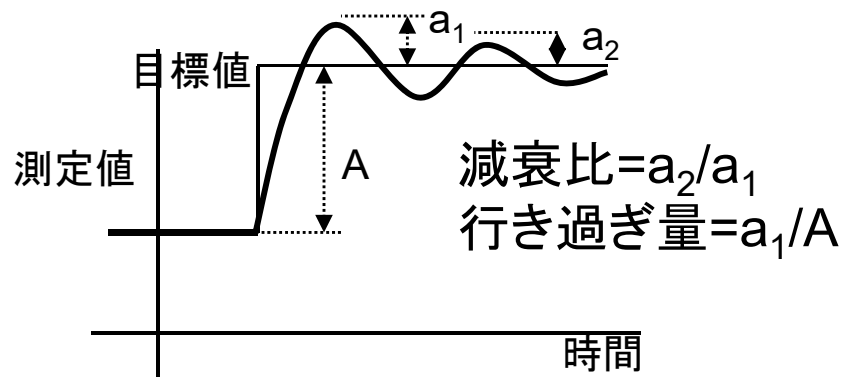
応答の遅れからむだ時間 $L$ を求める  
 接線ABから時定数 $T$ を求める  
 接線の交点よりむだ時間を求める  
 プロセスゲイン $K_{pr} = Y/X$

# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

### b. PID定数の調整

- 自動制御の目的
  - 目標値変更への対応
    - 目標値変更に対し早く測定値を目標値に一致させる
  - 外乱への対応
    - 外乱・周囲条件変化に対し早く測定値を目標値に一致させる
- 指標
  - 減衰比, 行き過ぎ量, 整定時間(目標値にほぼ一致する時間)



測定値が目標値を行き過ぎると  
困ることがある  
減衰比を使用する場合,  
必ず行き過ぎる

# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

- 最適調整
  - ガイドラインのもとにPID定数を調整
  - オートチューニング:調節計自体がプロセスの特性を測り, PIDを調整する
    - ① 比例帯
      - 小さくすると, 外乱・目標値変更への修正は早くなる。応答は振動的になる。
    - ② 積分時間
      - 短くすると, オフセットが早くなる。短くしすぎると, 応答は振動的になる
    - ③ 微分時間
      - 長くすると, 比例動作による振動的な応答が抑制でき, 比例帯を狭くできる。長くしすぎると, 応答は振動的になる。

# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

- 最適調整のPID定数

	Type	制御動作	PB[%]	Ti[ <i>min</i> ]	TD[ <i>min</i> ]	ガイドライン
Ziegler Nichols	A,B	PI	110KprL/T	3.3L	-	減衰比25%
		PID	83KprL/T	2L	0.5L	
Chien Hrones Reswick	A	PI	167KprL/T	T	-	20%行過ぎの最短 応答
		PID	105KprL/T	1.35T	0.47L	
Chien Hrones Reswick	B	PI	143KprL/T	2.3L	-	20%行過ぎの最短 応答
		PID	83KprL/T	2L	0.42L	
Chien Hrones Reswick	A	PI	286KprL/T	1.2T	-	行過ぎなしの最短 応答
		PID	167KprL/T	T	0.5L	
Chien Hrones Reswick	B	PI	167KprL/T	4L	-	行過ぎなしの最短 応答
		PID	105KprL/T	2.4L	0.4L	

A:制御目標値変更, B:外乱対応

# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

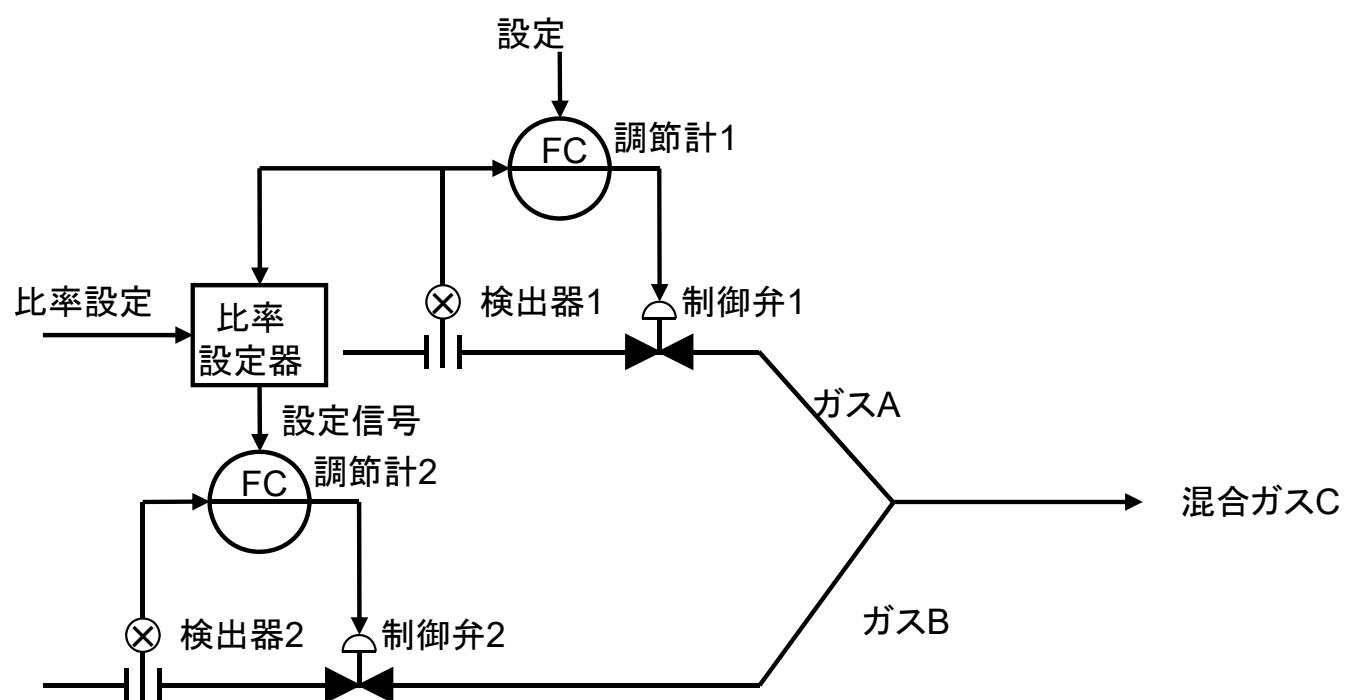
- PID定数の調整
  - P動作, PD動作→定常偏差が生じても問題ないプロセス, 液位等積分性のプロセスに使用
  - PI動作, PID動作→定常偏差が問題になるプロセスに使用
    - 流量・圧力制御→PI動作で十分
    - 計測ノイズが多い系→PID動作が不安定になることがある
    - 温度制御→応答が遅いので, 応答を早くしたり, オーバershootを防ぐためPID制御を用いる

# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

### 6. 比率制御

- 一方の目標値を, 他の制御の計測値に比率をかけて求める

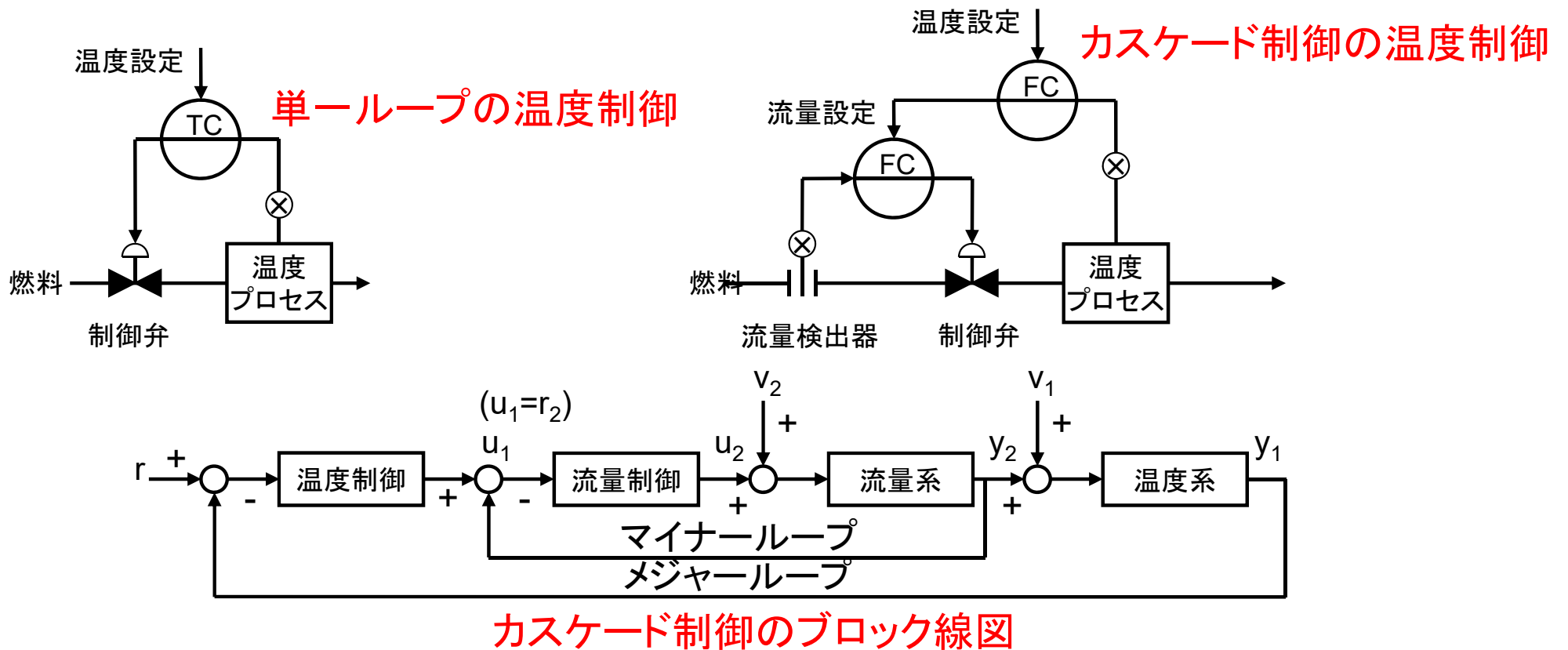


比率制御の例

# 2.1 自動制御

## 2.1.2 フィードバック制御

### 7. カスケード制御





## 2.1 自動制御

### 2.1.3 シーケンス制御

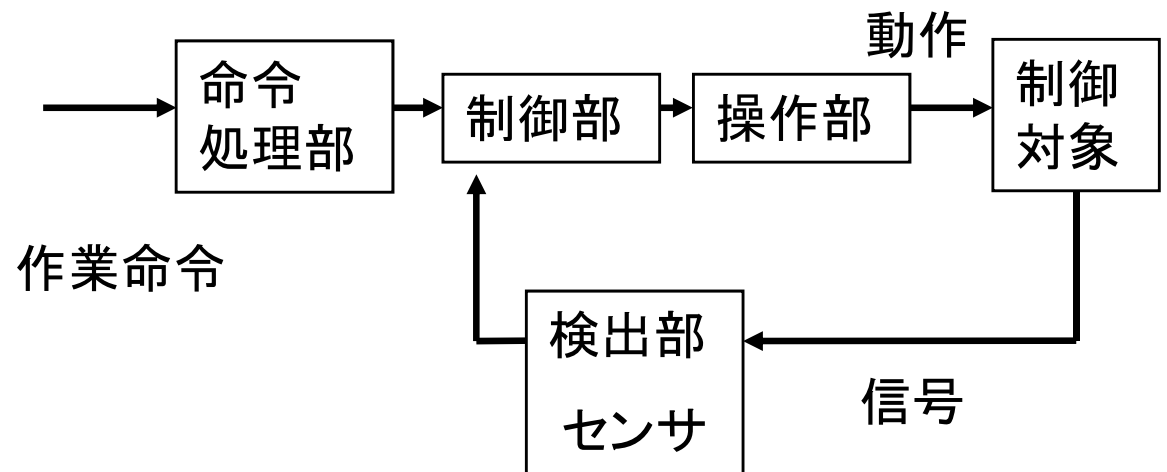
#### 1. シーケンス制御の構成と動作

- シーケンス制御とは
  - あらかじめ定めた順序
  - 論理によって定められる順序  
に従って、段階を逐次進めていく制御
- 例
  - 交通信号, エレベータ, コンベヤ, 自動車組み立てライン, 送配電

# 2.1 自動制御

## 2.1.3 シーケンス制御

- 構成要素
  - 制御対象
    - 制御しようとするもの
  - 制御部
    - 制御命令を生成  
作業命令・制御量検出信号  
等の論理判断
  - 操作部
    - 制御対象を操作  
制御命令の増幅
  - 制御量
    - 目的とする物理量
  - 検出部
    - 制御量の状態を検出  
多くの場合二値信号



# 2.1 自動制御

## 2.1.3 シーケンス制御

### 2. シーケンス制御の分類

#### a. プログラム制御

##### ① 時限プログラム制御

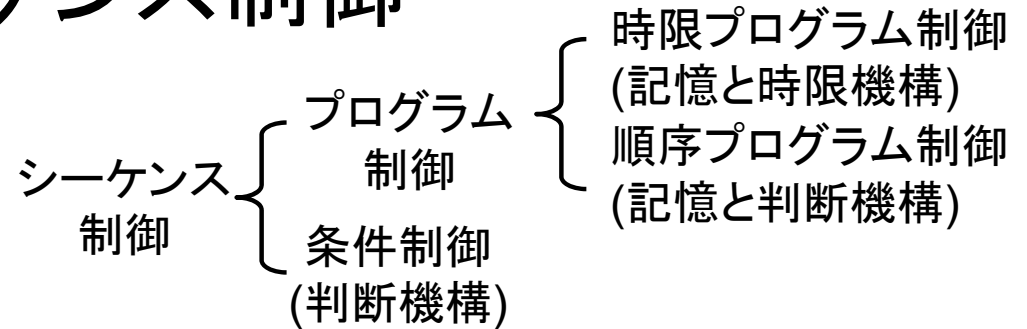
- ・ 制御順序を定まった時間で実施
- ・ 定まった順序の制御を経過時間に従い実施
  - ・ 交通信号, ネオンサインの点滅

##### ② 順序プログラム制御

- ・ 制御順序のみ決まっている
- ・ 実施タイミングを検出信号で決定
  - ・ 検出器: 圧カスイッチ, レベルスイッチ, リミットスイッチ
  - ・ 工作機械の制御, 弁の開閉制御

#### b. 条件制御

- ・ 検出結果を判断し, 制御命令を実施
  - ・ 危険防止, 機器破損防止保護回路として利用
  - ・ エレベータの運転回路, 揚水・排水ポンプの自動運転回路



## 2.1 自動制御

### 2.1.3 シーケンス制御

### 3. シーケンス制御装置

- 第一世代 電磁リレー
- 第二世代 デジタルIC
- 第三世代 プログラマブルロジックコントローラ (PLC)
  - 動作処理手順プログラムを装置内に記憶, 自動処理
    - プログラマブル
    - リアルタイム動作
    - 機器との接続(インターフェース)

# 2.1 自動制御

## 2.1.3 シーケンス制御

### a. PLCの構成

#### ① 制御演算部

- プログラムの読み出し・命令解読・データ取り込み・演算・出力・メモリに格納

#### ② メモリ部

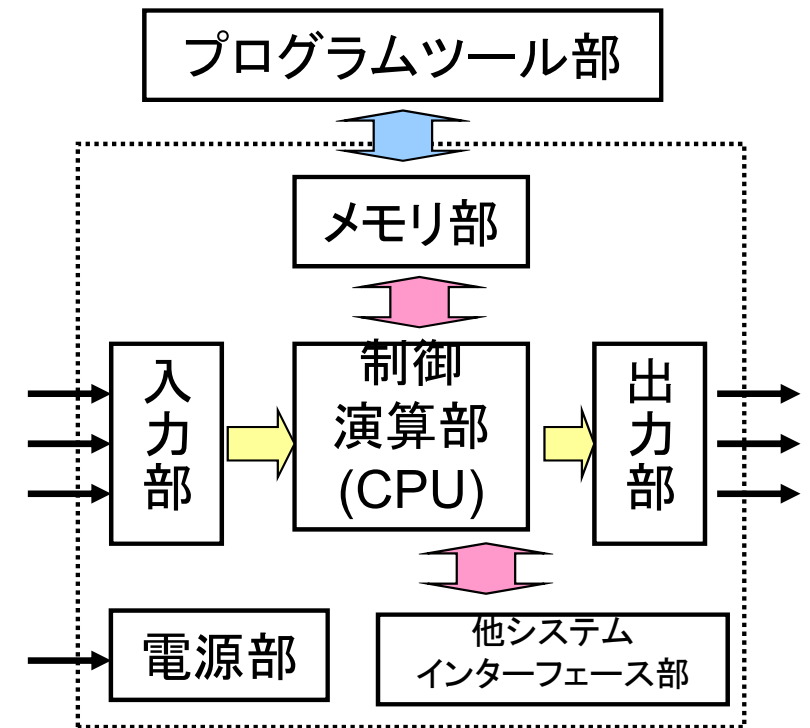
- プログラムメモリ:制御手順を記憶
- データメモリ:演算結果を記憶

#### ③ 入・出力部

- 制御対象と結合
  - 入出力信号と内部信号のレベル変換

#### ④ プログラミングツール部

- プログラムの作成・修正・テストの道具



- 電源部
- 他システムとのインターフェース部

# 2.1 自動制御

## 2.1.3 シーケンス制御

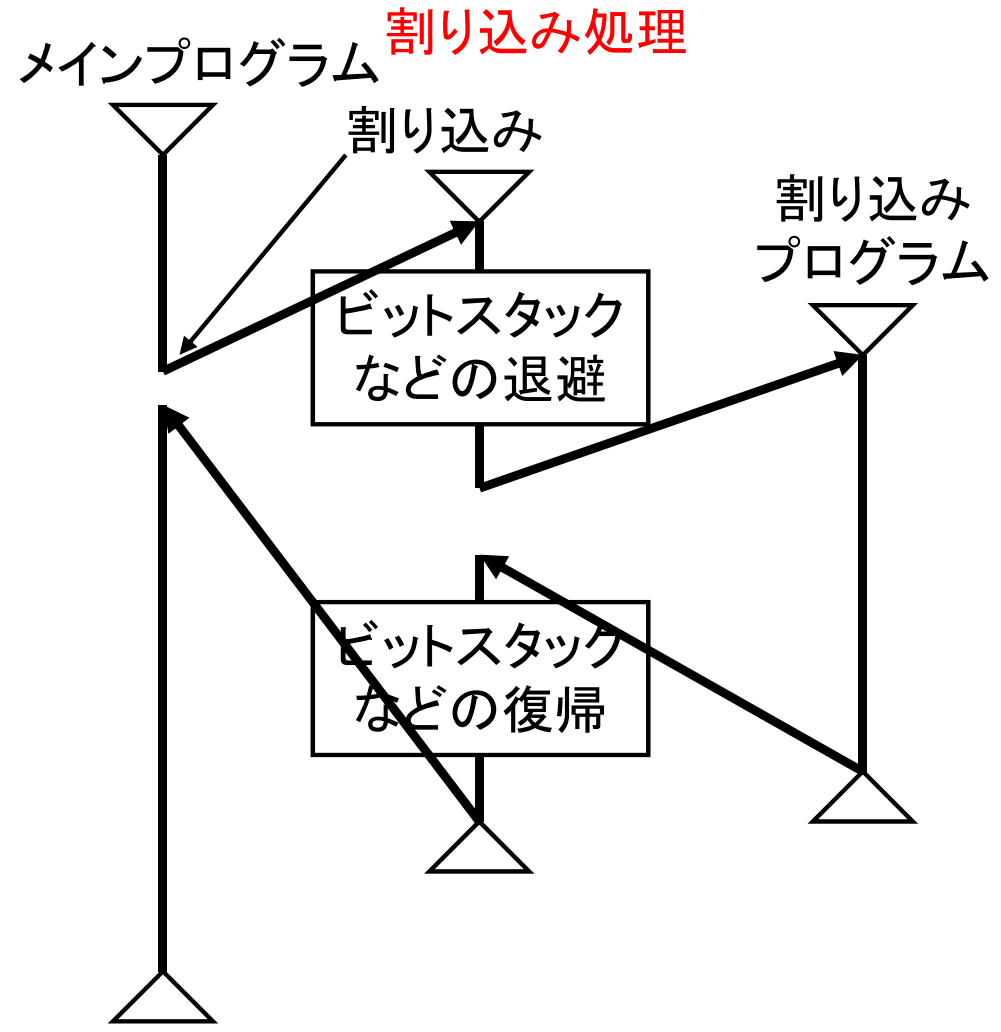
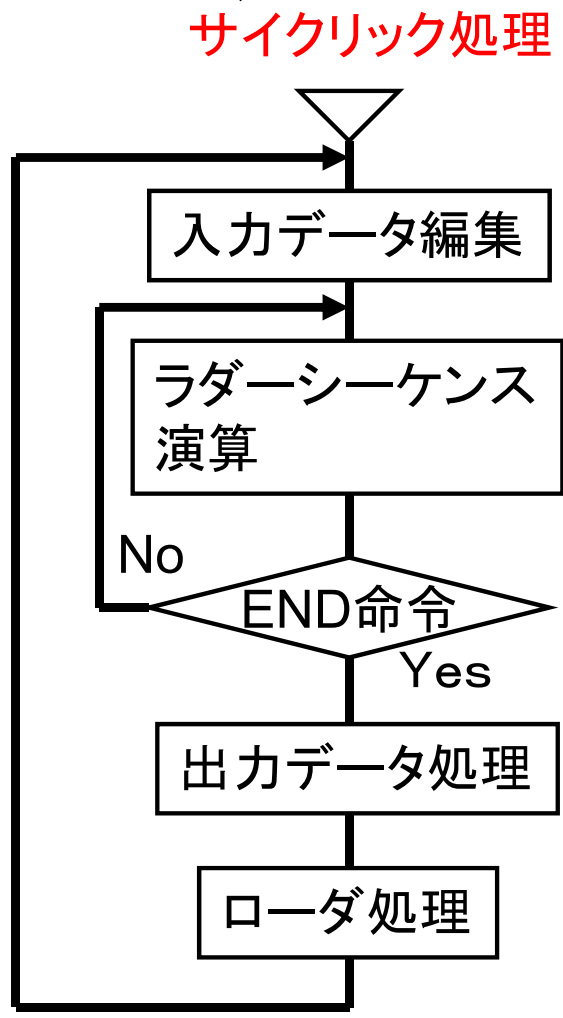
### b. PLCの制御方式

- 数値・データを扱うワード処理
- オン・オフ信号を扱うビット処理
- プログラムの実行方式
  - ① サイクリック処理
    - 実行順序を意識しない方式
      - シーケンス処理・並列動作
  - ② ステップシーケンス
    - 状態遷移図で表される動作を主体とした制御方式
      - 順序制御・工程制御
  - ③ 割り込み処理
    - i. 定周期割り込み
    - ii. イベント割り込みによるプログラム起動
    - iii. 機能モジュールとの高速なインターフェース用割り込み処理

# 2.1 自動制御

## 2.1.3 シーケンス制御

### • PLCの処理フロー



## 2.1 自動制御

### 2.1.4 エネルギー管理システム

- エネルギー管理システム(EMS: Energy Management System)
  - 情報通信技術(ICT: Information and Communication Technology)を活用して、家庭・ビル・工場のエネルギーを管理しながら最適化するシステム
    - BEMS(Building Energy Management System)
    - FEMS(Factory Energy Management System)
    - HEMS(Home Energy Management System)
    - CEMS(Cluster/Community Energy Management System)



## 2.1 自動制御

### 2.1.4 エネルギー管理システム

- BEMS
  - オフィスビル, 学校, 公共施設等建物内の配電設備, 照明設備, 空調設備, OA機器等のエネルギー使用状況, 設備機器の運転状況を一元的に把握し, 建物全体の省エネ監視・制御を自動化・一元化するシステム
  - 建物で利用するエネルギーを見える化し, 建物所有者がエネルギー使用量を把握して適正に管理
    - 省エネルギーの促進, 二酸化炭素排出量の効果的な削減

# 2.1 自動制御

## 2.1.4 エネルギー管理システム

- FEMS
  - 工場の生産設備を対象
- HEMS
  - 家庭内におけるエネルギー管理の支援
- CEMS
  - BEMS, FEMS, HEMSを含めた地域全体のエネルギーを管理, スマートコミュニティを構成
- システム構築には, エネルギー管理に必要な状態を計測するための各種測定器を設置する必要がある

## 2.2 情報処理

### 2.2.1 情報処理の基礎

- 情報の取り扱いに関する三要素
  - ① 情報処理
  - ② 情報伝達
  - ③ 情報制御
- a. 情報の表現
  - アナログ量 連続な物理量として表せる量
    - 時間, 温度, 長さなど
  - デジタル量 離散的に数えられる量
    - 金, 個数, 人口
    - アナログ量をデジタル量で表現するには, 量子化が必要
      - 打ち切り誤差が含まれる(量子化誤差)

## 2.2 情報処理

### 2.2.1 情報処理の基礎

#### b. 2進数とコード(数字・文字を対応させる表現の方法)

- 10進法 人間生活で通常用いる(基数10)
- 2進法 コンピュータ内部で使用(基数2)
  - スイッチのオン・オフ, 電圧の高低, 電流の大小で表す
- 二進数での表現

$$b = b_m 2^m + b_{m-1} 2^{m-1} + \cdots + b_1 2^1 + b_0 + b_{-1} 2^{-1} + \cdots + b_{-n} 2^{-n}$$

$$= \sum_{j=m}^{-n} b_j 2^j$$

小数点以上は2の正の整数倍乗  
小数点未満は2の負の整数倍乗

# 2.2 情報処理

## 2.2.1 情報処理の基礎

### 文字の表現(文字情報や命令を符号体系に基づいて符号化)

- EBCDICコード(Extended Binary Coded Decimal Interchange Code)
  - 拡張2進化10進コード。8ビット(1バイト)で一文字を表現。4ビットで0~9の10文字を表す(4ビットでは0~15まで表現可能)2進化10進コード(BCDコード)を拡張したもの。
- ASCII (American Standard Code for Information Interchange)コード
  - 情報交換用米国標準コード(ASCII)7ビットで、数字・ローマ字(大文字小文字)を表す。ANSIが定めた
- JIS(Japanese Industrial Standard)コード
  - ASCII体系を8ビットに拡張。(カタカナを追加)1976年JISX0201
  - 漢字1文字を2バイトで表現。1978年JISX0208(旧JIS)
  - 漢字コードを制定。
  - 新JIS(1983年以降) 漢字6355文字・特殊・数字・ローマ字・かな・ギリシャ文字等524文字。第一水準2965文字。第二水準3390文字。
- ユニコード(Unicode)
  - 他国言語処理。1993年国際標準化機構(ISO)
  - 2バイト(16ビット)→4バイト(32ビット)

## 2.2 情報処理

### 2.2.1 情報処理の基礎

#### c. 論理回路

- 1(真), 0(偽)の2値信号で表現
- 0,1を電圧レベルで表す
  - 正論理
    - 電圧の高いレベルを1,低いレベルを0とする。
  - 負論理
    - 電圧の高いレベルを0,低いレベルを1とする。

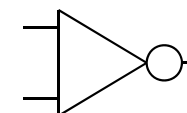
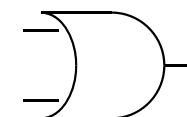
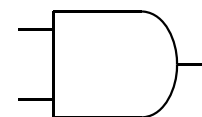
# 2.2 情報処理

## 2.2.1 情報処理の基礎

- 論理演算

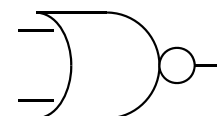
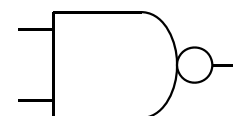
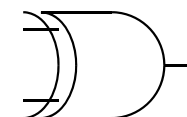
- 論理回路の基本要素

- AND回路(論理積)
    - OR回路(論理和)
    - NOT回路(論理否定)



- その他

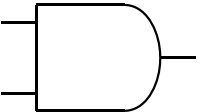
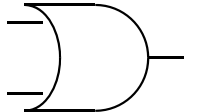
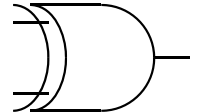
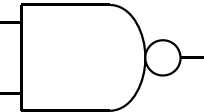
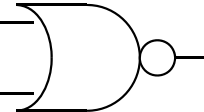
- ExOR回路(排他的論理和)
    - NAND(NotAND)
    - NOR(NotOR)



# 2.2 情報処理

## 2.2.1 情報処理の基礎

### ● 論理演算

	入力		出力				
真理値表	A	B	AND	OR	ExOR	NAND	NOR
	0	0	0	0	0	1	1
	0	1	0	1	1	1	0
	1	0	0	1	1	1	0
	1	1	1	1	0	0	0
論理記号							
論理式			$C = A \cdot B$	$C = A + B$	$C = A \cdot \bar{B} + \bar{A} \cdot B$ $= A \oplus B$	$C = \overline{A \cdot B}$ $= \bar{A} + \bar{B}$	$C = \overline{A + B}$ $= \bar{A} \cdot \bar{B}$



## 2.2 情報処理

### 2.2.1 情報処理の基礎

#### d. フリップフロップ

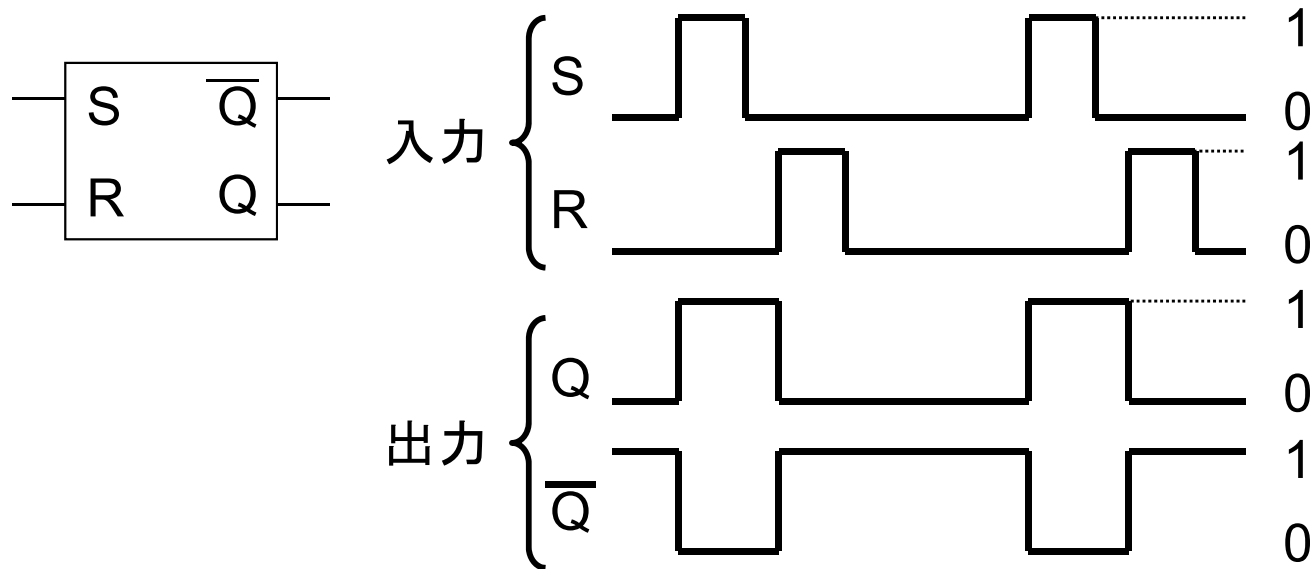
- 1と0の2つの安定状態を持つ。
  - 外部の入力条件により状態決定
  - 次に条件が与えられるまで, 状態を保持
  - 四種類ある。(RS,JK,D,T)

# 2.2 情報処理

## 2.2.1 情報処理の基礎

### ① RS (Reset Set)フリップフロップ

- セット又はリセットの入力により出力が決まる。
- セット・リセットの同時入力は禁止。



特性表

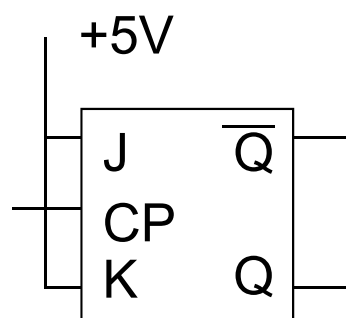
入力		次の状態	機能
S	R	$Q_{n+1}$	
0	0	$Q_n$	不変
0	1	0	リセット
1	0	1	セット
1	1	—	禁止

# 2.2 情報処理

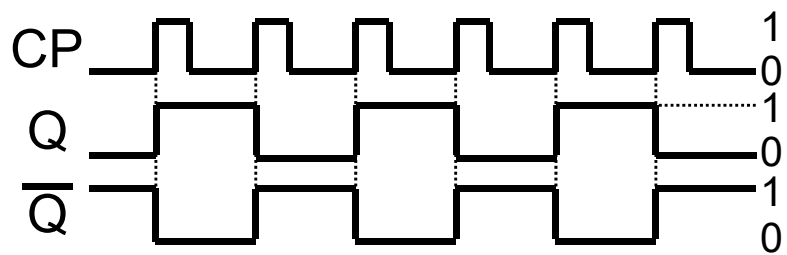
## 2.2.1 情報処理の基礎

### ② JKフリップフロップ

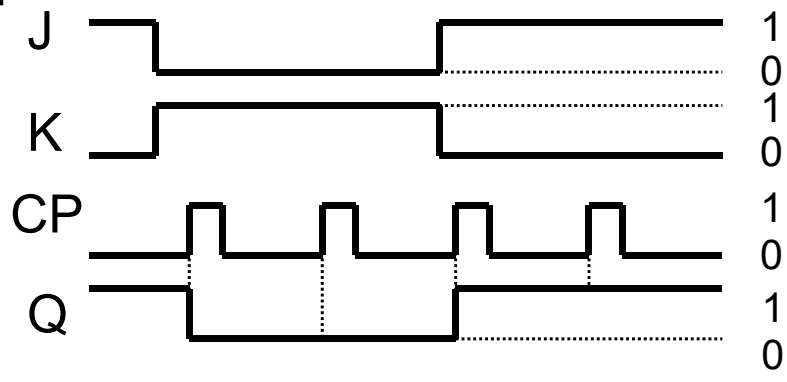
- RSフリップフロップのセット・リセット同時入力を許すもの。
- 同時入力時は, 出力が反転する。
- クロック(CP)付



T-FF動作



RS-FF動作



特性表

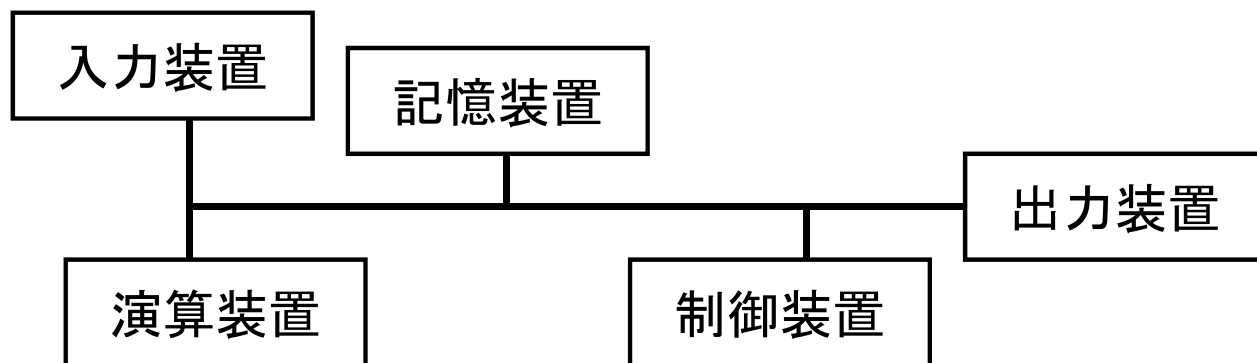
入力		次の状態	機能
J	K	$Q_{n+1}$	
0	0	$Q_n$	不変
0	1	0	リセット
1	0	1	セット
1	1	$\overline{Q_n}$	反転

## 2.2 情報処理

### 2.2.2 コンピュータの概要

#### 1. コンピュータの構成

- ストアード・プログラム方式
  - プログラムとデータを順次取り出し・処理する
- 構成要素
  - 入力装置
  - 出力装置
  - 制御装置
  - 演算装置
  - 記憶装置



## 2.2 情報処理

### 2.2.2 コンピュータの概要

- 性能の表現
  - アクセス時間
    - データ読み出し
    - データ書き込み
      - 単位は $\mu\text{s}$ ,  $\text{ns}$ ,  $\text{ps}$
  - 記憶容量
    - データの格納容量
      - キャラクタ, バイト, ワード単位
    - Kキロ( $1024=2^{10}$ )
    - Mメガ( $1024^2=2^{20}$ )
    - Gギガ( $1024^3=2^{30}$ )
  - 処理性能
    - MIPS (Million Instruction Per Sec)

# 2.2 情報処理

## 2.2.2 コンピュータの概要

### 2. 主記憶の高速化

#### ① インターリーブ方式

- メモリへのアクセス待ち時間を有効利用
- 複数のメモリバンクに同時平行で読み書きを行なう

#### ② キャッシュメモリ方式

- 使用頻度の高いデータを蓄積し、主記憶へのアクセスを減らす
- 中央処理装置と主記憶装置の間にキャッシュメモリを配置

### 3. 制御装置

#### ① プログラム制御

- 主記憶装置に格納したプログラム、データの解読・処理を行う

#### ② 入出力制御

- 入出力装置・記憶装置にデータ格納・表示を行う

#### ③ 演算制御

- 記憶装置に格納されたデータを、命令に沿って論理・四則演算する

## 2.2 情報処理

### 2.2.2 コンピュータの概要

#### 4. 演算装置

- 論理・四則・比較演算を行う。各種演算回路・アキュムレータ(墨算器)・レジスタで構成される。アキュムレータの内容と、各種データの内容を演算し、アキュムレータに格納する。
- コンピュータのビット数は、アキュムレータのビット数を指す。

#### 5. 補助記憶装置

- 主記憶の容量を補う
- 大規模なファイルシステムを支援する
  - 磁気記憶・光磁気記憶

## 2.2 情報処理

### 2.2.2 コンピュータの概要

- 構成要素
  - 記憶装置の比較

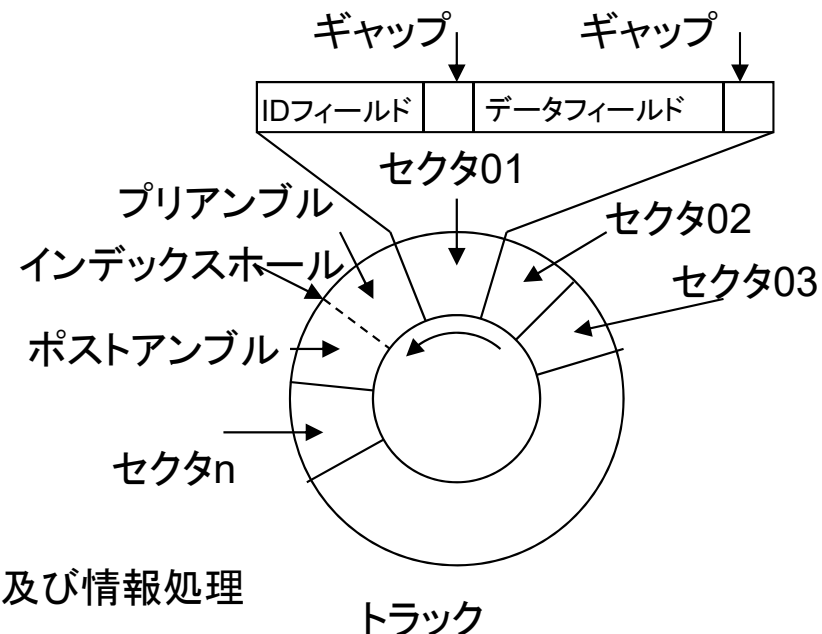
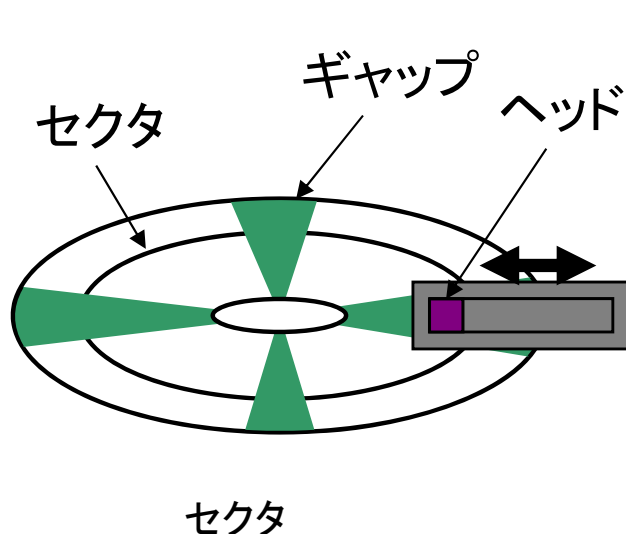
	媒体	アクセス 単位	アクセス 時間	容量
主記憶	半導体メモリ	ワード (4,8バイト)	数nsec	~GB
補助記憶	磁気ディスク	セクタ 512byte 1kbyte	数msec	~TB



# 2.2 情報処理

## 2.2.2 コンピュータの概要

- 記録の形式(磁気ディスク)
  - 光(磁気)記憶媒体。照射したレーザの反射で2値を識別
  - 磁気ディスクは、円周を1トラックの記憶位置とする。(トラックは同心円状に配置)
  - 一つのトラックは、複数のセクタに分割される
  - セクタが、読み書きの最小単位となる
  - セクタ間にはギャップがあり、区切りされている。



## 2.2 情報処理

### 2.2.2 コンピュータの概要

#### 6. 入出力装置 コンピュータの内部・外部間の情報の授受・交換を行う

– 補助記憶装置も入出力装置の一部である。

##### – 入力装置

- キーボード

- 読み取り装置

- 紙テープ読取装置

- カード読取装置

- 文字入力

- OCR 光学文字読み取り装置

- OMR 光学マーク読み取り装置

- MICR 磁気インク読取装置

- バーコード読取装置 一次元, 二次元

- 図形入力

- 画像入力

- » イメージスキャナ

- » デジタルカメラ

- 位置入力装置

- » デジタイザ

- » ライトペン

- » マウス

- 音声入力装置

# 2.2 情報処理

## 2.2.2 コンピュータの概要

### 6. サーバ(server)の概念

- サーバ: ネットワークに接続された他のコンピュータに各種のサービスを提供する中心となる
  - クライアント: サーバにサービスの要求を出し, 提供を受ける
  - ファイルサーバ
    - ファイルの保管・共有・提供
  - プリントサーバ
    - プリンタの共有管理, 印刷処理の提供
  - メールサーバ
    - 電子メールの管理
  - ウェブサーバ
    - ウェブページの管理
- 冗長性・耐久性・並列処理能力等が必要  
24時間365日の常時管理体制による  
障害を防ぐメンテナンス・セキュリティが必要

# 2.2 情報処理

代表的リムーバブル  
記憶媒体

## 2.2.2 コンピュータの概要

記憶媒体	R/RW	容量
フロッピーディスク	RW	1.44MB(2HD)
光磁気ディスク(MO)	RW	128/230/540/640MB
SDメモリカード	RW	~2GB
CFメモリカード	RW	~256GB
USBメモリ	RW	~256GB
CD-ROM	R	650/700MB
CD-R	RW(一回)	
CD-RW	RW	
DVD-ROM	R	4.7/8.5/9.4/17GB
DVD-R(Ver.2.0)	RW(一回)	
DVD-RW(Ver.2.0)	RW(1000回)	
DVD-RAM	RW(100000回)	
Blue-ray Disc	RW	25GB(1層)/128GB(4層)

# 2.2 情報処理

## 2.2.2 コンピュータの概要

インターフェース	接続機器と特徴	転送方式
IDE	内蔵HDD,CD-ROM等,4台まで	P
SCSI	HDD,CD-ROM等, 7台まで	P
ファイバチャネル	PC間, 周辺装置	S
RS-232C	モデム等	S
RS-422	RS-232Cの上位規格	S
PS/2	キーボード, マウス	S
USB	パソコンの周辺機器一般	S
IEEE1394	HDD,AV機器等	S
IrDA	ノートPC,携帯電話	S
GPIB	計測器制御	P
セントロニクス	プリンタ	P

# 2.2 情報処理

## 2.2.2 コンピュータの概要

- 構成要素
  - 出力装置
    - 穿孔装置
      - 紙テープ穿孔装置
      - カード穿孔装置
    - 印刷装置
      - シリアルプリンタ 一文字ずつ印刷
      - ラインプリンタ 一行ずつ印刷
      - ページプリンタ 一ページずつ印刷 レーザプリンタ等
    - 表示装置
      - キャラクタディスプレイ装置 文字しか出ない
      - グラフィックディスプレイ装置
    - プロッタ XYプロッタ, HPGL等
    - 音声出力装置

# 2.2 情報処理

## 2.2.3 データベース

### 1. ファイル処理システム(非データベース)

- ファイル
  - 一まとまりのプログラム, データの集まり, ファイル名の辞書, 入出力機器を抽象化してアクセスできるようにしたもの
    - プログラムファイル
    - データファイル
    - スペシャルファイル
    - ディレクトリ(フォルダともいう。階層構造を作る。)
- ファイル管理プログラム
  - 補助記憶領域の割り当て, 系統的なファイルの蓄積
  - プログラム実行中に指定されたファイルを参照
  - 原始的なファイル管理方法(DOS, Win95等)
    - ファイル割り当て表(FAT)
      - ディスク内のクラスタの使用状況表
    - ディレクトリ
      - ファイル名と記憶場所の対応表

## 2.2 情報処理

### 2.2.3 データベース

## 2. データベースの概念

- データベースを使わない場合の問題点
  - データが複数のファイルに分散するため、これらにまたがったデータの処理が面倒
  - 複数のファイルで同一の内容が存在
  - ファイルの構成を変えると、アプリケーションの変更が必要
  - ファイルに互換性がない
  - 処理業務毎にマスタファイルが必要
  - データ・プログラムの一元管理ができない



## 2.2 情報処理

### 2.2.3 データベース

- データベースの概念
  - ファイル処理システムの問題を克服→データベース
  - 膨大な情報の中から必要とする情報を早く・正確に入手し活用するため、レコードを統一し、一元管理する
- データベースの目的
  - データの冗長性の排除 → データは唯一
  - データの一貫性の維持 → 冗長性を無くすと、一貫的になる
  - データの独立性 → 複数のプログラムで同一データを使用可能にする
  - データの安全性の確保 → アクセス制限等のデータの機密保持
  - データの保全性の確保 → 不具合発生時のデータベースの回復機能

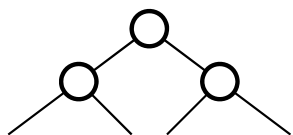
## 2.2 情報処理

### 2.2.3 データベース

## 3. リレーショナルデータベースの特徴

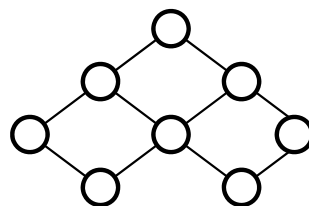
- データモデル
  - データ項目の論理的な関連付け

階層モデル



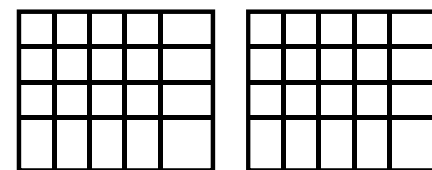
データの親子関係  
を表すモデル

ネットワークモデル



データの依存関係  
を表すモデル

リレーショナルモデル



表

データ関係をテーブル形式  
で表すモデル

## 2.2 情報処理

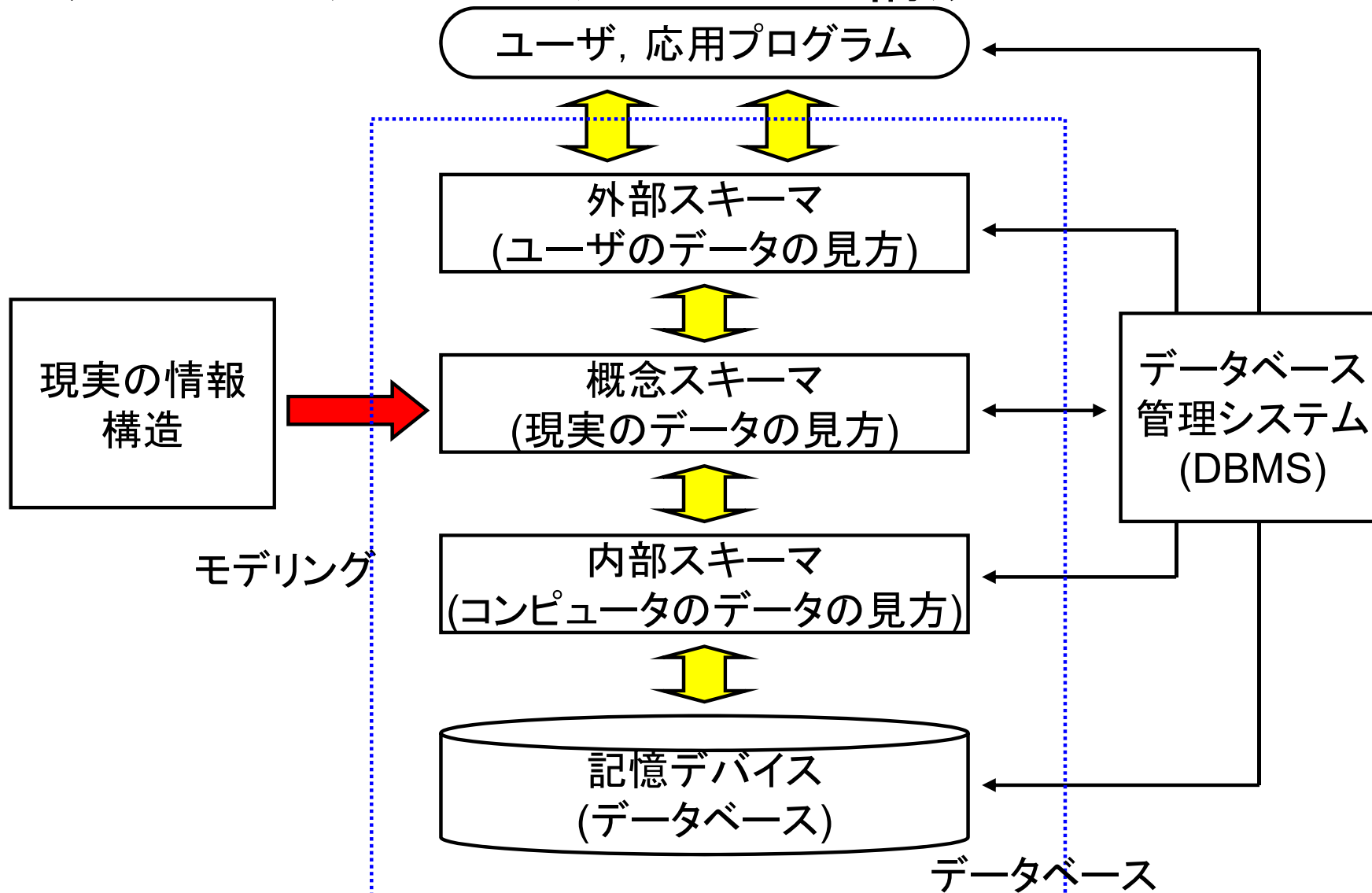
### 2.2.3 データベース

- データ項目間の依存関係を表で表現
- テーブル形式で構造化
- テーブルで表したデータの集合→リレーション
- 特徴
  - 単純な表現形式
  - 理論的
  - データ管理のOSがある
  - データの独立性
  - システム変更が簡単

# 2.2 情報処理

## 2.2.3 データベース

- リレーショナルデータベースの構成



## 2.2 情報処理

### 2.2.3 データベース

#### 4. データベースアーキテクチャ

##### a. ホスト中心形

- 強力なメインフレームがデータをすべて管理
- 端末は入出力処理のみ行う

##### b. クライアント・サーバ形

- データベースは、ネットワーク上のデータサーバに持つ
- アプリケーションは、クライアントが持つ
  - アプリケーションの要求に対して、サーバが処理結果をクライアントに返す。(アプリケーションと、DBMSが別に存在)

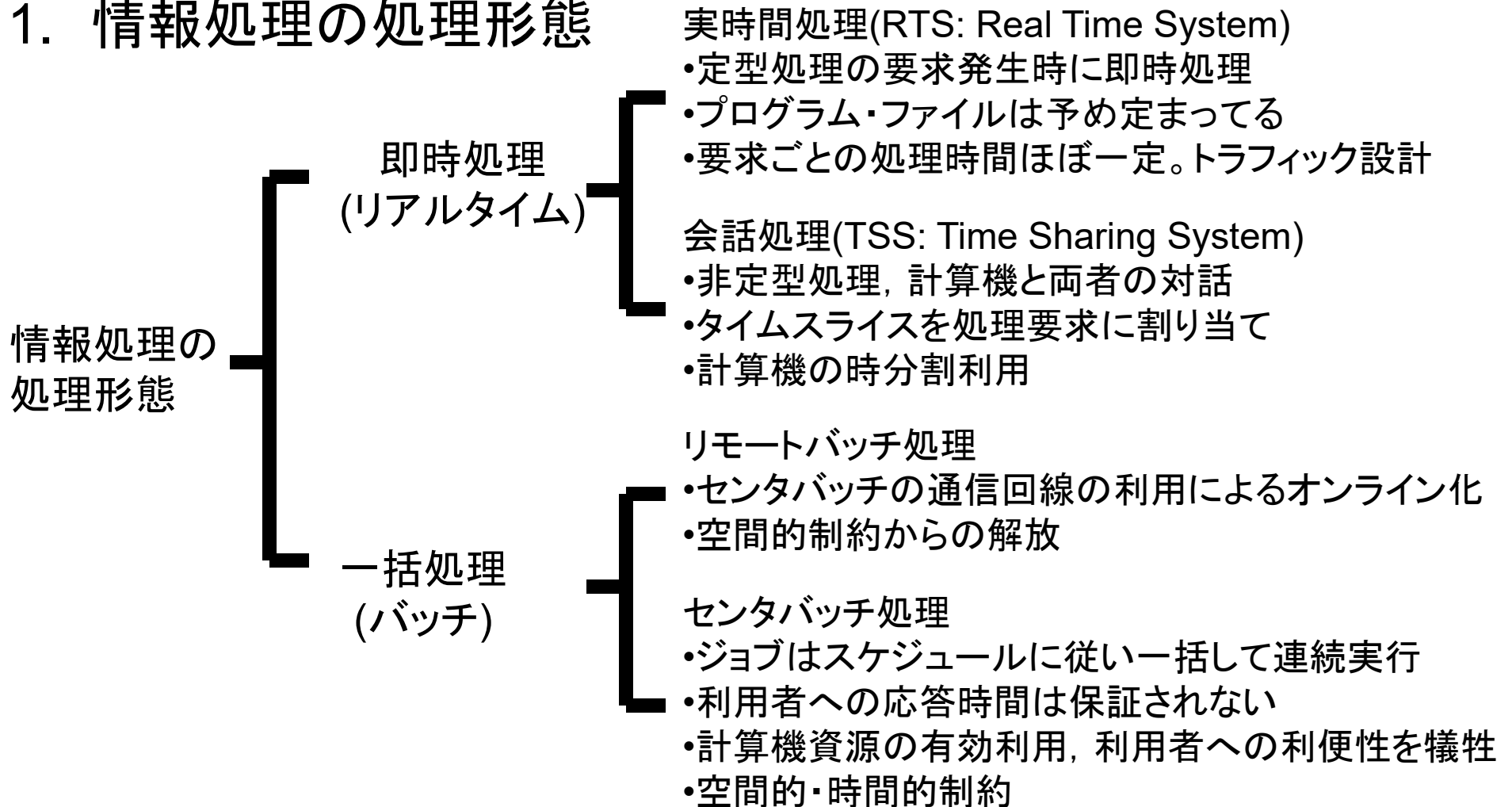
##### c. 分散システム形

- データベースがいくつかのシステムに物理的に分散する
- データベースの処理要求に対して、DBMSが所在を判断し、処理要求を実施する。

# 2.2 情報処理

## 2.2.4 データ伝送

### 1. 情報処理の処理形態



## 2.2 情報処理

### 2.2.4 データ伝送

- ① オンライン
  - ・ 端末とホストが接続された状態
- ② オフライン
  - ・ 接続せず, 端末で処理
- ③ リアルタイム処理
  - ・ 常にホストと端末をつなぎ, 処理要求を即時に処理
- ④ バッチ処理
  - ・ 処理をためておいて, 一括で処理する。

# 2.2 情報処理

## 2.2.4 データ伝送

### 2. データ通信ネットワーク

- 構内ネットワーク
  - LAN (Local Area Network)
  - 企業内の情報共有
- 広域ネットワーク
  - WAN (Wide Area Network)
  - 広い地域のコンピュータやLAN同士を結ぶ

### 3. LANの構成

- 伝送媒体
  - ① 撚り対線(ツイストペアケーブル)
    - 取り扱い容易
    - ~1Mbps, 最近ではxDSLのように高速通信も可能
  - ② 同軸ケーブル
    - ノイズに強い
    - ベースバンド
    - ブロードバンド
  - ③ 光ケーブル
    - ノイズに強い
    - 高速
    - 高価

通信媒体	イーサネット	伝送速度	最大長	コスト	特徴
ツイストペアケーブル	10BASE-T	10Mbps	100m	低	安価 設置が容易
同軸ケーブル	10BASE5	10Mbps	200m	中	信頼性 柔軟性 経済性
光ファイバケーブル	100BASE-FX	100Mbps	2km	高	高速 大容量 電気雑音に強い



# 2.2 情報処理

## 2.2.4 データ伝送

- 接続形態(トポロジー)

- ① スター形

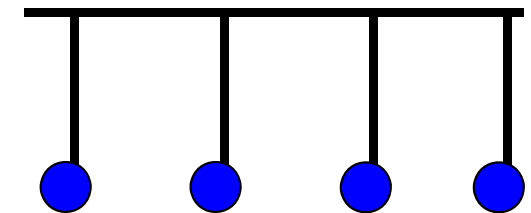
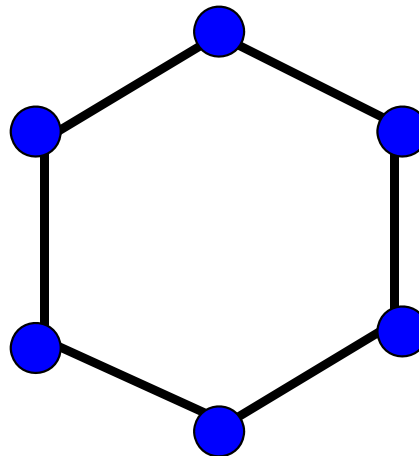
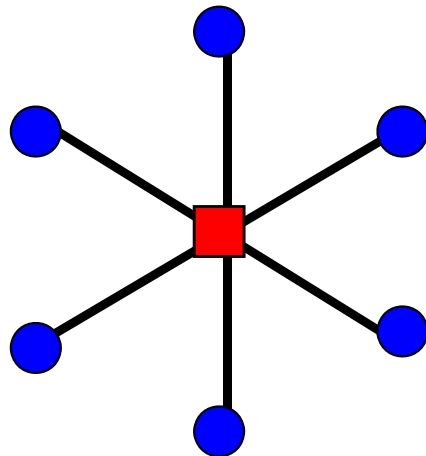
- 配線変更, 増設, 障害場所の特定が容易, 中央の故障で機能喪失

- ② リング形

- 配線変更, 延長, 障害場所の特定が容易, 一つのノード故障が他へ影響

- ③ バス形

- 障害が発生しても他への影響少ない。ケーブル敷設費高, 変更難, 障害手特定難しい



## 2.2 情報処理

### 2.2.4 データ伝送

#### 4. データ通信

##### • 伝送方式

##### ① パラレル伝送

- 並列の通信回線で、連続するビットをそのまま同時に伝送
- 伝送速度速い。伝送線のコスト高い。

##### ② シリアル伝送

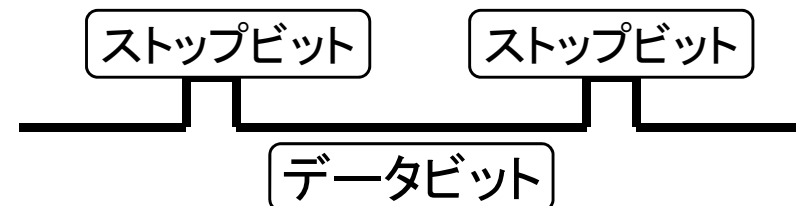
- 一ビットずつ逐次送る

##### a. 調歩同期式(非同期式)

- 一文字毎、スタートビット、ストップビットで同期

##### b. 独立同期方式(同期式)

- キャラクタ同期  
同期用特殊文字(SYN)を使用。ブロック単位で同期
- フラグ同期  
何文字かでフレーム構成。フレーム前後にフラグを付加



## 2.2 情報処理

### 2.2.4 データ伝送

## 5. 伝送制御手順

- プロトコル
  - データ転送における通信規約
    - 電氣的規則
    - 接続コネクタ
    - 伝送制御手順

## 2.2 情報処理

### 2.2.4 データ伝送

#### ① ベーシックモード伝送制御手順

##### a. コンテンション方式

- 送信要求信号
- 受信可能信号
- データ伝送

##### b. ポーリング/セレクトィング方式

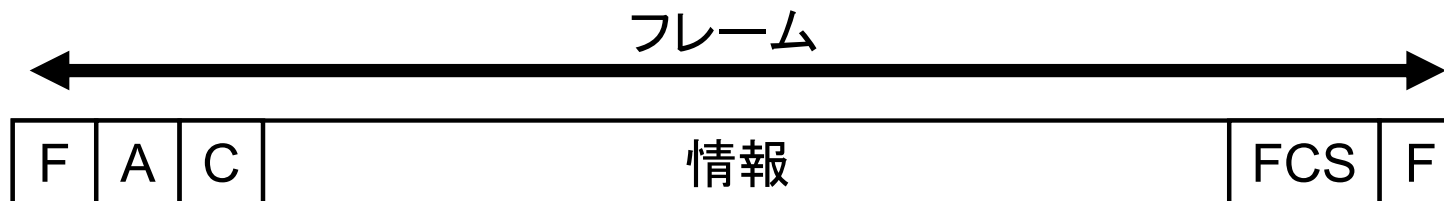
- 送信要求の有無を順に問い合わせ(ポーリング)
- 送信時, 受信の可否の問い合わせ(セレクトィング)

## 2.2 情報処理

### 2.2.4 データ伝送

#### ② HDLC伝送制御手順

- データをフレームに格納
- 任意のデータ長
- 高速
- 高信頼性



F:フラグシーケンス, A:アドレス, C:制御情報, FCS:フレームチェックシーケンス  
HDLC信号

## 2.2 情報処理

### 2.2.4 データ伝送

## 6. データの圧縮と解凍

- 圧縮
  - 目的
    - ネットワーク上でのデータ伝送の送受信時間の短縮
    - 記憶装置により多くのデータを記録
  - 一定の手順に従って、データの実質的な性質を保ったまま、データ量を減らした別のデータに変換する処理
- 解凍
  - 圧縮処理によって容量を削減したデータ元の状態に復元する

## 2.2 情報処理

### 2.2.4 データ伝送

## 6. データの圧縮と解凍

- 可逆圧縮
  - データを復元した時に完全に元に戻る
    - 圧縮前のデータと、圧縮・解凍の処理を経たデータが完全に等しくなるデータ圧縮方法
- 非可逆圧縮
  - 圧縮前のデータと、圧縮・解凍の処理を経たデータが完全には一致しないデータ圧縮方法
    - 画像, 音声, 映像データ等に使用

## 2.2 情報処理

### 2.2.4 データ伝送

#### 7. インターネットとTCP/IP

- 1969年米国国防総省高等研究計画局  
(Advanced Research Projects Agency: ARPA)  
のARPANET
- TCP/IP (Transmission Control Protocol  
/Internet Protocol)の通信プロトコルを用いる
- OSI参照モデル



## 2.2 情報処理

### 2.2.4 データ伝送

- OSI (Open System Interconnection)基本参照モデル

層	名前	機能・規定対象
第7層	応用層	アプリケーション固有の通信処理・手順を規定
第6層	プレゼンテーション層	データのフォーマットを規定
第5層	セッション層	データ通信開始・終了の管理
第4層	トランスポート層	通信プロセスの伝送路
第3層	ネットワーク層	経路選択, アドレス管理
第2層	データリンク層	隣接機器間でのデータ転送
第1層	物理層	伝送媒体, コネクタ, ピン形状