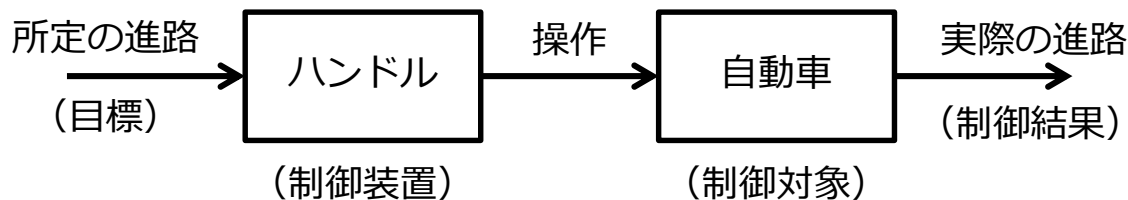


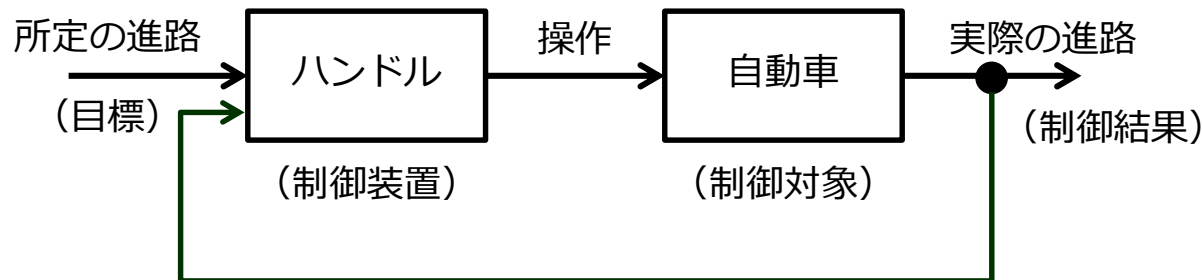
第3回 線形モデル（1）

車の運転 (進路制御) を例に考える



開ループ制御 (フィードフォワード制御)

ハンドルの効き方, 速度, 道路の凹凸などの変化に影響を受ける
外乱を正確に計測できる場合には, あらかじめそれを打ち消すような制御ができる.

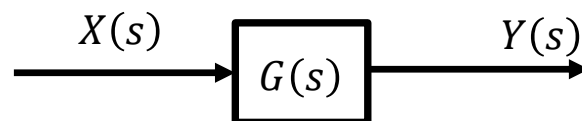


フィードバック

閉ループ制御 (フィードバック制御)

ハンドルの効き方, 速度, 道路の凹凸などの変化に対応できる.
誤差が生じてからの対応になるため, FFよりも若干遅い.

ブロック線図



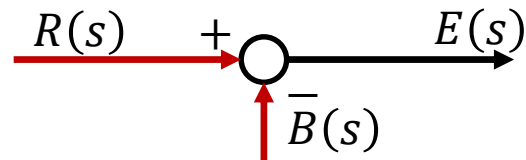
制御システムを構成している要素の機能や要素間の関係を解りやすく示した図
 各四角を**ブロック** (block) と言い, **要素の機能や名前**を入れる
 各ブロックに入る矢印は**入力信号** (input, 原因)
 出て行く矢印は**出力信号** (output, 結果) または**応答** (response)

ブロック線図の構造

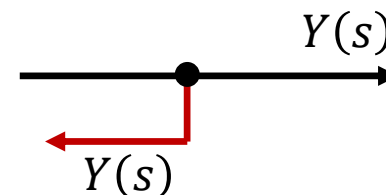
ブロック線図の基本記号

ブロック線図の信号はs領域で表現する

ブロック線図は1入力1出力 (SISO)



(a) 加え合わせ点 (summing point)



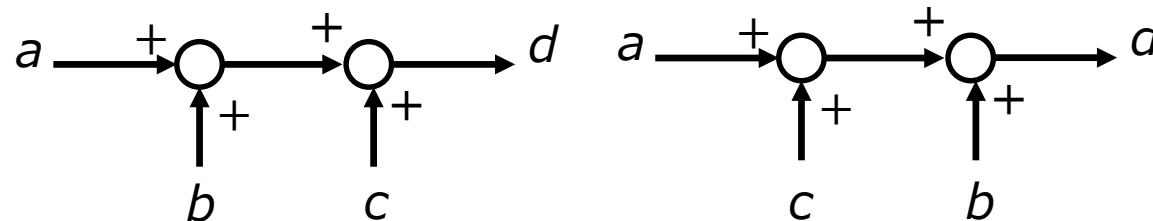
(b) 引出し点 (take-off point)

ブロック線図の等価変換

変換前

変換後

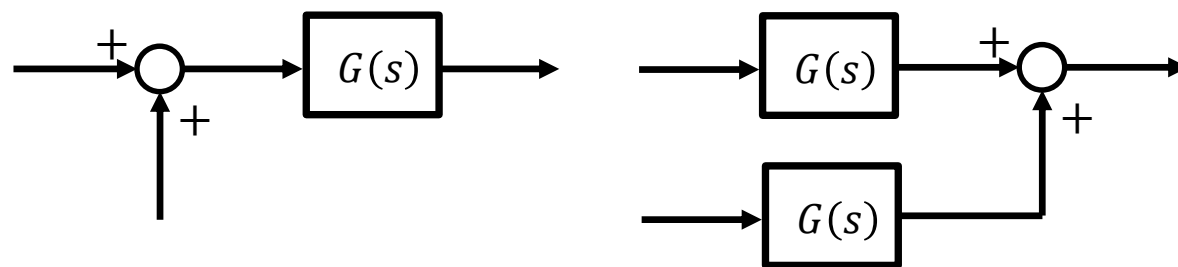
加え合わせ点交換



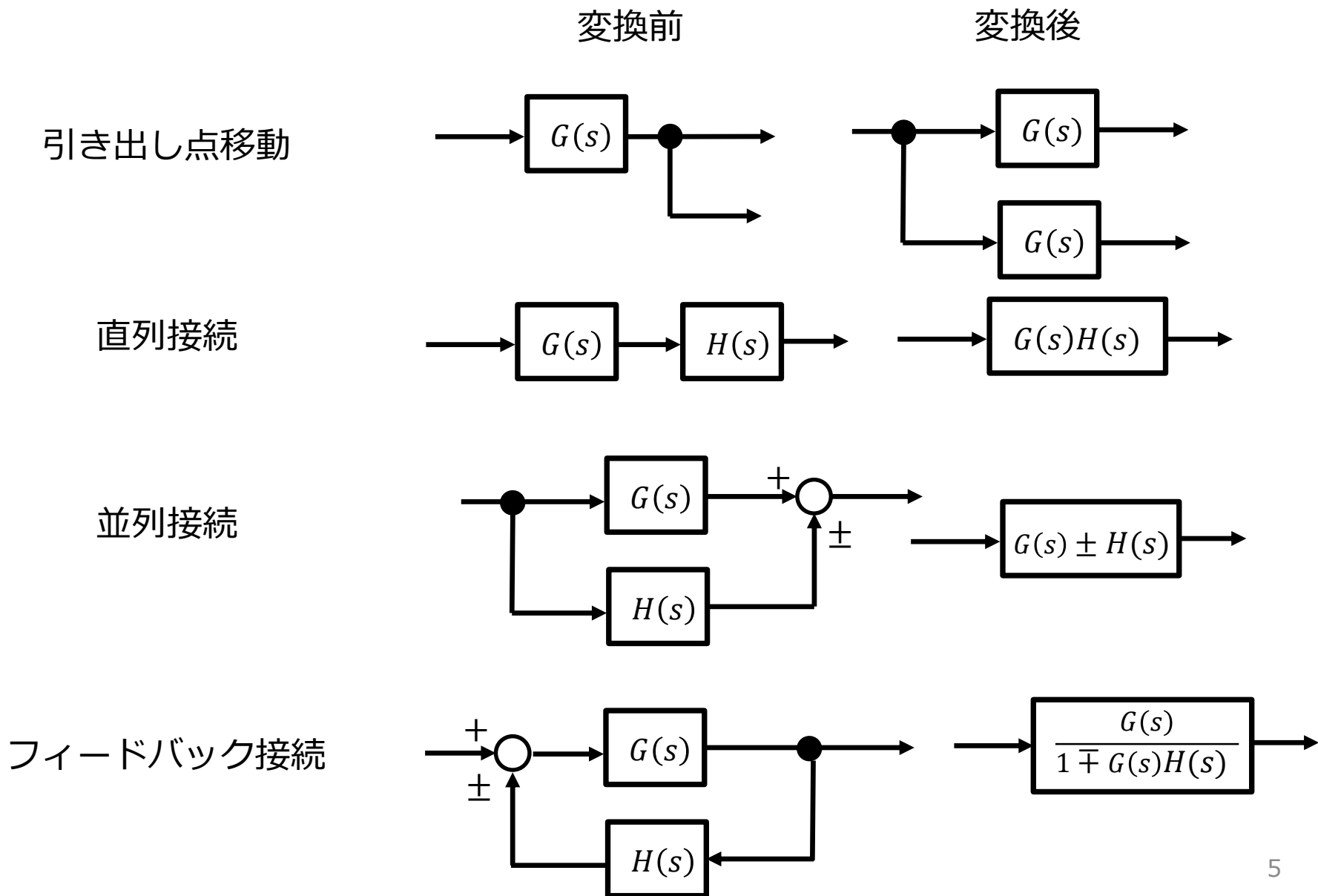
引き出し点交換

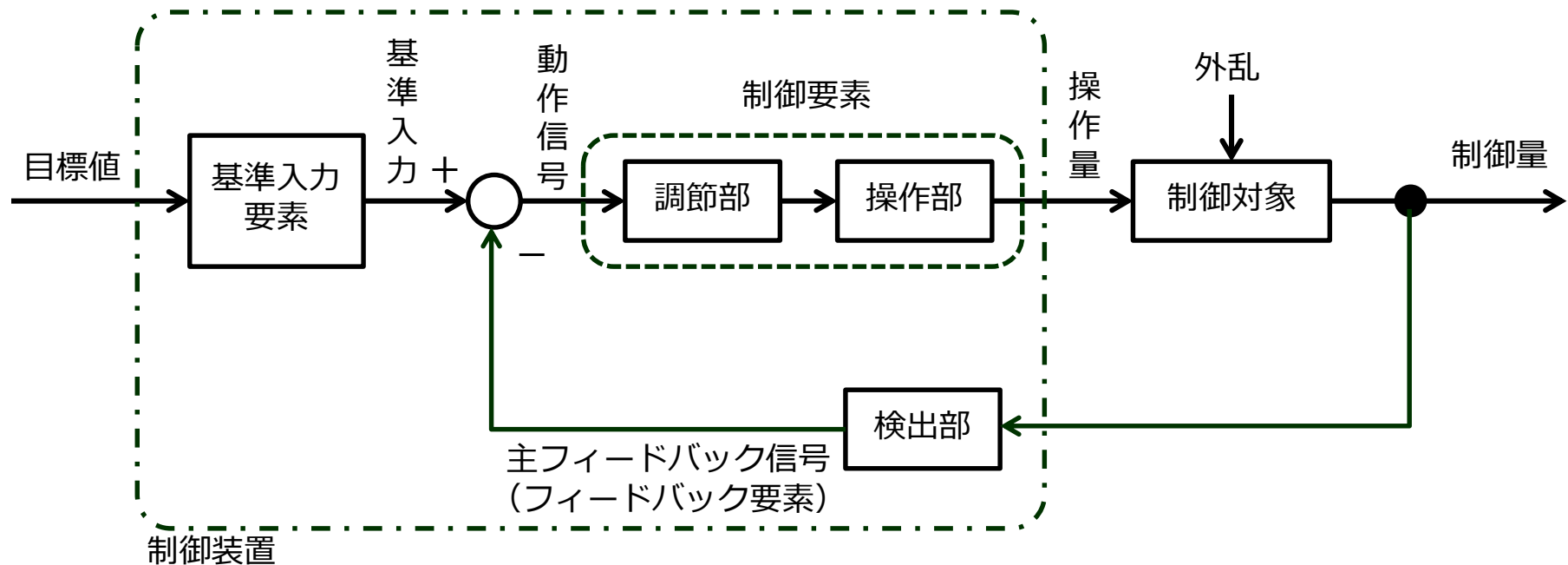


加え合わせ点移動



3.1 フィードバック制御とフィードフォワード制御





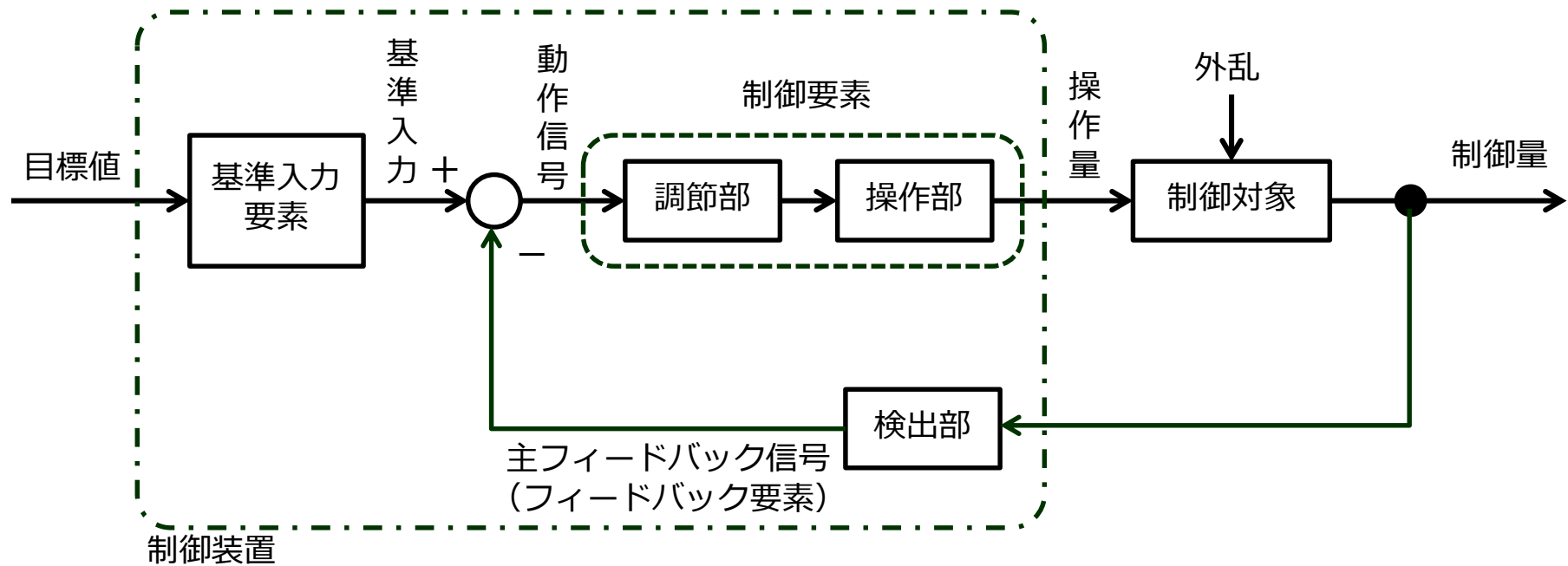
制御対象 (controlled system, plant) 制御の対象となるもの

制御装置 (controller) 制御のために制御対象に付加される装置

制御要素 (control element) 動作信号を操作量に変換する要素で、調節部と操作部からなる

調節部 (controlling means) 基準入力と検出部の出力から制御に必要な信号を生成し操作部へ送り出す部分

操作部 (actuator) 調節部からの信号を操作量に変え、制御対象に加える部分

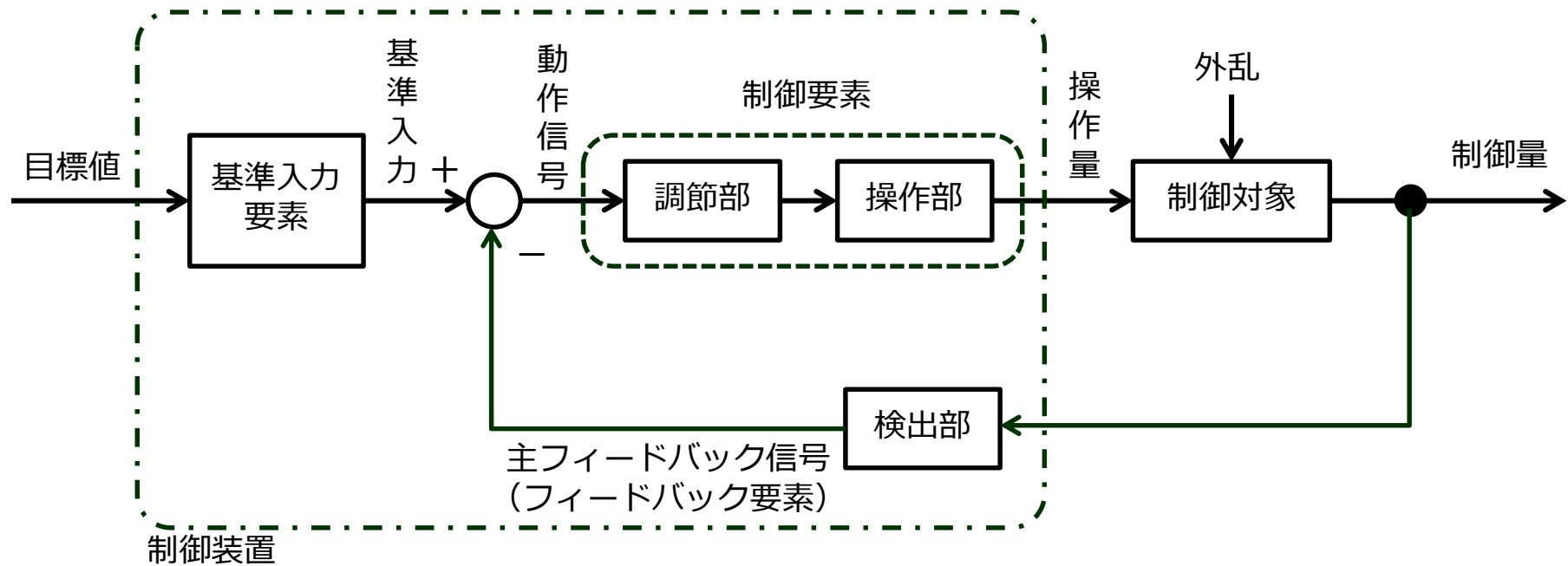


検出部 (detecting means) 制御量を検出し, フィードバック信号を発生させる部分

制御量 (controlled variable) 制御対象の制御されるべき出力量

目標値 (desired value, command) 制御量がその値になるように目標として外部から与えられる値. 定置制御の場合には設定値 (set point) とも呼ばれる.

基準入力 (reference input) 制御系を動作させるための基準信号として直接閉ループに与えられる入力信号. 参照入力とも呼ばれる.



主フィードバック信号 (primary feedback signal) 制御量を目標値と比較するためにフィードバックされる信号

動作信号 (actuating variable) 制御対象の制御されるべき出力量

操作量 (manipulated variable) 制御を行うために制御装置から制御対象に加えられる量

外乱 (disturbance) 制御系の正常な状態を乱そうとする外部からの作用

制御偏差 (controlled deviation) 制御量の目標値からの偏差

フィードバック制御系の設計目標

安定性 (stability) : 制御量が限りなく大きくなならないだけでなくいつまでもふらつくことがない.

精度 (accuracy) : 目標値に正確に落ち着く.

速応性 (speed of response) : 目標値にすばやく収束する

制御に必要な技術

- 1) 数学モデルを作る技術 : **modeling technique**
- 2) 制御理論 : **control theory**
- 3) センサ技術 : **sensing technology**
- 4) アクチュエータ技術 : **actuator technology**
- 5) 機構の技術 : **mechanism technology**
- 6) ヒューマンインタフェース技術 : **man-machine interface**

静的システム (static system)

出力の現在値が入力の現在値だけで決まるシステム

動的システム (dynamic system)

出力の現在値が入力の現在値のみではなく過去の値にも依存するシステム

時不変システム (time-invariant system)

システムの係数が時間とともに変化しない系

時変システム (time-variant system)

システムの係数が時間とともに変化する系

以前と同じ入力をシステムに加えても応答は以前のものとは異なる

線形システム (linear system)

重ね合わせの原理が成立するシステム (principle of superposition)

非線形システム (nonlinear system)

重ね合わせの原理が成立しないシステム

分散システム (distributed system)

システムの挙動を表す物理量が時間と空間に連続分布するシステム

集中システム (centralized system)

時間のみに連続分布するシステム

システムの物理現象を厳密に表現すると分布システムである場合に
簡単化のために近似的に集中システムとして扱うことがある

1 入出力システム (single input and single output system)

制御対象に加えられる操作量が複数あるシステム

多入力 (多変数) システム (multiple input multiple output system)

操作量も制御量も一つのシステム

アナログ制御システム (analog control system)

制御器としてアナログ機器を用いたものをアナログ制御システムといいます。制御器の演算装置としてオペアンプ等のアナログ電子機器が多く用いられます。

デジタル制御システム (digital control system)

制御器にデジタルコンピュータを利用したものをいいます。デジタル制御は制御装置の機能をデジタル演算のソフトとして実現できるので、汎用性が高く、柔軟性に富む高度な制御を達成することができます。

サーボ制御システム (servo control system)

物体の位置, 角度, 速度, 姿勢などの力学的量を制御量とし, 任意の目標値に追従する機能を目的とした制御システム. ロボットの位置決め, 船や航空機の自動操舵, 工作機械の制御などはサーボ制御システムの代表的な例.

プロセス制御システム

各種工業プロセスにおける温度, 流量, 圧力, 液位などを制御することが目的である制御システム.

石油, 化学, 鉄鋼などの装置において原料やエネルギーを有効に用いて所望の品質の製品を製造することが目的.

サーボ制御に対し, 操作を加えてから制御量に変化が出るまでの遅れが大きいことが特徴.

自動調整システム

制御量がトルク電流, 電圧, 力率, 周波数などの制御システムの総称. この制御システムでは上の2つの制御系と比較して, 時間的に早い制御動作が必要.

重ね合わせの原理

2種類の入力 $u_1(t)$, $u_2(t)$ が, $u_1(t)$, $u_2(t)$,それぞれシステムに独立に加わった時の出力をそれぞれ $y_1(t)$, $y_2(t)$,とする.

線形システムでは次の2つの条件 (重ね合わせの原理) が成り立つ.

1: 入力 $\alpha u_1(t)$, (ただし α は実数) に対する出力は $\alpha y_1(t)$

2: 2つの入力の和 $u(t) = u_1(t) + u_2(t)$,に対する出力は $y_1(t) + y_2(t)$

e.g.

$y(t) = u^2(t)$ において2つの入力 $u_1(t)$, $u_2(t)$ に対する出力を $y_1 = u_1^2(t)$, $y_2(t) = u_2^2(t)$ とするととき, $u(t) = u_1(t) + u_2(t)$ に対して

$$y(t) = (u_1(t) + u_2(t))^2 \neq y_1(t) + y_2(t)$$

重ね合わせの原理が成り立たない. よってこれは非線形.

振り子の線形化 (linearization of pendulum)

一般に物理的現象は非線形 ⇒ 扱いにくい
 例えば使用する範囲や速度の制限などを仮定
 すると扱いやすくなるかも

振り子の運動方程式

$$mL \frac{d^2\theta}{dt^2} = -mg \sin \theta \quad \text{ライプニッツの記法}$$

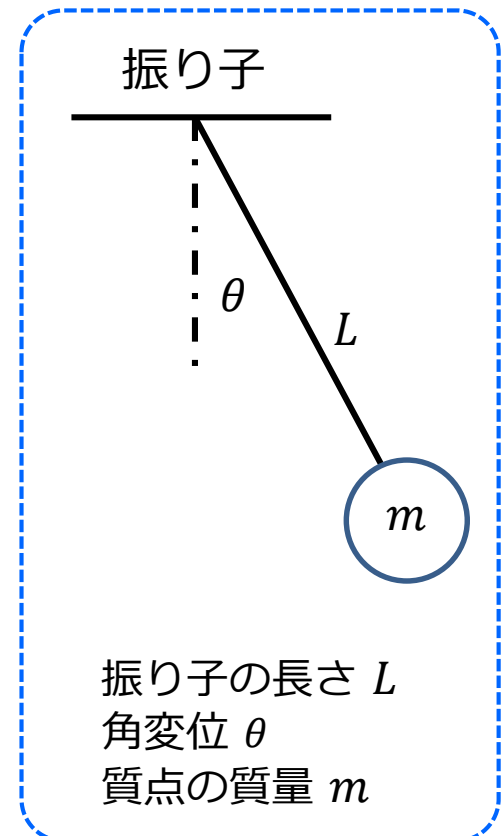
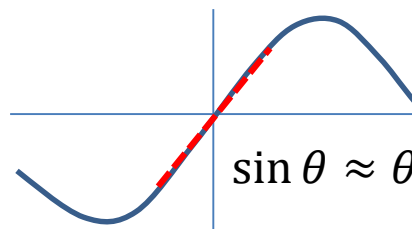
$$(mL\ddot{\theta} = -mg \sin \theta) \quad \text{ニュートンの記法}$$



$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L} \sin \theta$$



$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L} \theta$$



- 様々な微分の記法
- オイラーの記法
 - ラグランジュの記法
 - ベクトル解析における記法

線形微分方程式に置き換わる = 線形化

微小変位の基準

平衡点 (equilibrium) 自然に**静止した状態**で留まる \Rightarrow 時間的変化や力 = 0
複数存在

動作点 (operating point) 一定の入力に対して**落ち着くある平衡状態**

制御では平衡点や動作点からの変化分に注目

動作点近傍 = 微小量

振り子の安定性

線形化した微分方程式に関して

変位基準の点の**安定性** (stability) = 安定平衡解か不安定平衡解
かの考慮が重要

平衡点近傍の初期条件に対して、時間応答が平衡点近傍にあるとき**安定!**