

2011年度 電気電子基礎学 第1回資料

電気電子基礎学

制御分野



第1回：10月7日(金)
第2回：10月14日(金)

制御システム工学科
藤田 政之

1

1.1 制御とは

制御 — コントロール(control)

制御: 制し御すること. 相手方をおさえて
自分の意思のままに動かしてゆくこと

(広辞苑)

Control: contra (= against) + rotulus (= roll)



対象とする物(またはシステム)を
自分の思うように操る

2

部屋の自動温度調節

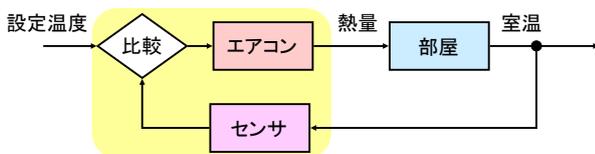


図 1.1 部屋の自動温度調節

3

種々の**対象システム**から, 制御に関連する特性を**数学的モデル**という形で抽出し, このモデルに基づいてシステムの挙動を解析し, **制御系の設計理論**を組み立てる.

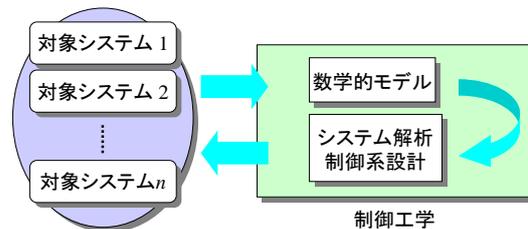


図 1.5 個々のシステムと制御目的

4

第1章：序論

1.1 制御とは

キーワード： 制御(コントロール), システム

1.2 制御系の標準的構成と制御目的

キーワード： フィードフォワード, フィードバック

1.3 フィードバック制御の利点と課題

キーワード： フィードバック制御の利点

学習目標：「制御」の重要性を理解する。また、フィードバック制御の利点を理解する。

5

参考図書

杉江俊治, 藤田政之,
「フィードバック制御入門」, コロナ社, 1999

その他の参考図書：

大須賀公一, 足立修一,
「システム制御へのアプローチ」, コロナ社, 1999

示村悦二郎,
「自動制御とは何か」, コロナ社, 1990

木村英紀,
「制御工学の考え方—産業革命は「制御」からはじまった」,
ブルーバックス, 2002



6

2011年度 電気電子基礎学 第1回資料

次回の資料は各自、下記のURLまたはOCWからダウンロードすること。
<http://www.fl.ctrl.titech.ac.jp/course/EE/11EE/11EE.html>

授業ホームページ  OCW 

7

1.2 制御系の標準的構成と制御目的

システムの表し方 — **ブロック線図**

例

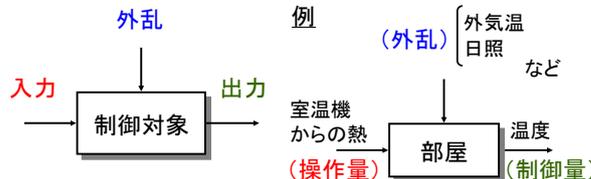


図 1.6 制御対象のブロック線図表現

8

フィードバック

コントローラ(制御器): 目標値と制御量の比較
 偏差というオンライン情報に基づき処理

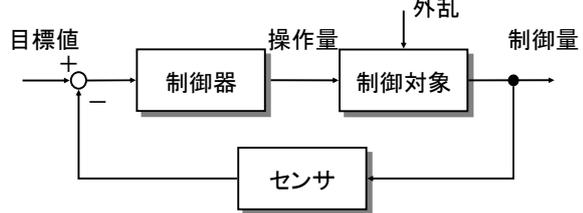


図 1.7 フィードバック制御系

9

フィードフォワード

コントローラ(制御器): 対象の特性が分かっているならば、逆算

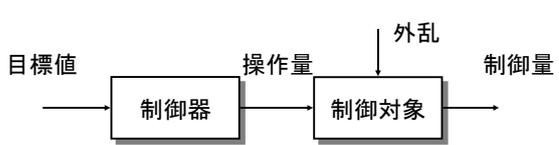


図 1.8 フィードフォワード制御系

10

制御の目的

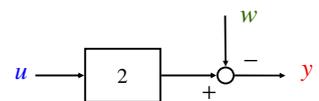
- 制御対象の安定化
- 目標値追従
- 外乱の影響の抑制
- 特性変動による影響の抑制

11

1.3 フィードバック制御の利点と課題

[例] 水中ビークル

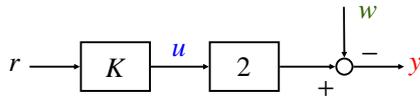
- モータに加える電流 u [A] に比例した速度 y [m/s]
 (電流 1 [A] に対して、速度 2 [m/s] が出るとする)
- 進行方向と反対向きに w [m/s] の速度の水流
- 目標速度 r [m/s]

$$y = 2u - w$$


12

2011年度 電気電子基礎学 第1回資料

フィードフォワード



目標速度: r [m/s]

$$\begin{cases} y = 2u - w \\ u = Kr \end{cases} \quad \text{フィードフォワード (FF)}$$

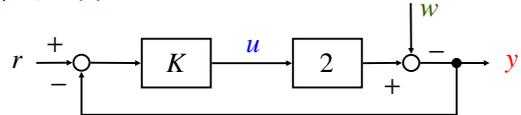
$$K = \frac{1}{2} \quad : 2 \text{ の逆数}$$

$$y \text{ に } u \text{ を代入} \Rightarrow y = 2 \cdot \frac{r}{2} - w = r - w$$

$$\therefore w = 0 \text{ のとき, } y = r$$

13

フィードバック



$$\begin{cases} y = 2u - w \\ u = K(r - y) \end{cases} \quad \begin{aligned} y &= 2K(r - y) - w \\ (1 + 2K)y &= 2Kr - w \end{aligned}$$

$$\text{フィードバック (FB)} \quad y = \frac{2K}{1 + 2K}r - \frac{1}{1 + 2K}w$$

$$w = 0 \text{ のとき } y = \frac{2K}{1 + 2K}r \xrightarrow{K \rightarrow \text{大}} y \approx r$$

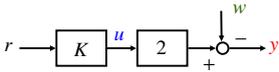
$$K = 100 \text{ とすると } y = \frac{200}{201}r - \frac{1}{201}w$$

14

[外乱]

目標値: $r = 5$ [m/s] 外乱: $w = 2$ [m/s]

フィードフォワード

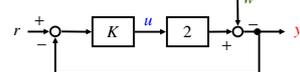


$K = \frac{1}{2}$ のとき

$$\begin{aligned} y &= r - w \\ &= 5 - 2 \\ &= 3 \text{ [m/s]} \end{aligned}$$

目標値から 40% のずれ

フィードバック



$K = 100$ のとき

$$\begin{aligned} y &= \frac{200}{201}r - \frac{1}{201}w \\ &= \frac{200}{201} \cdot 5 - \frac{1}{201} \cdot 2 \\ &\approx 4.965 \dots \\ &\approx 4.97 \text{ [m/s]} \end{aligned}$$

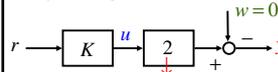
目標値からの誤差が 1% 以内

15

[特性変動] 特性が 30% 劣化: $r = 5, w = 0$

(電流 1 [A] に対して, 速度 1.4 [m/s] に劣化)

フィードフォワード

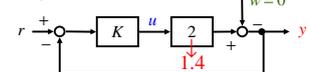


$K = \frac{1}{2}$ のとき

$$\begin{aligned} y &= 1.4 \cdot \frac{r}{2} = 0.7r \\ &= 3.5 \text{ [m/s]} \end{aligned}$$

目標値から 30% のずれ

フィードバック



$y = 1.4u = 1.4K(r - y)$

$K = 100$ のとき

$$\begin{aligned} 141y &= 140r \\ y &= \frac{140}{141}r = \frac{140 \times 5}{141} \\ &\approx 4.9645 \dots \\ &\approx 4.96 \text{ [m/s]} \end{aligned}$$

目標値からの誤差が 1% 以内

16

フィードバック制御の利点 (まとめ)

- 制御対象の安定化
- 目標値追従
- 外乱の影響の抑制
- 特性変動による影響の抑制

17

第 1 章 : 序論

1.1 制御とは

キーワード: 制御(コントロール), システム

1.2 制御系の標準的構成と制御目的

キーワード: フィードフォワード, フィードバック

1.3 フィードバック制御の利点と課題

キーワード: フィードバック制御の利点

学習目標: 「制御」の重要性を理解する。また、フィードバック制御の利点を理解する。

18

第3章 :ダイナミカルシステムの
過渡応答と安定性

次回

3.5 ダイナミカルシステムの安定性

キーワード: 安定性, ラウスの安定判別法
フルビッツの安定判別法

学習目標: システムの安定性の概念を理解する. また,
システムが安定か否かを伝達関数の係数から
簡単に判別するラウスの安定判別法, フルビッツ
の安定判別法を習得する.