

フィードバック制御

2019年度 3Q

担当教員: 藤田政之 教授 (S5-303B)

第1回講義

9/26(木) 13:20~15:50, S224講義室

TA: Hayato Dan, Tomoki Adachi, Yuuki Taya
(S5-303A)

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

部屋の自動温度調節 (HEMS)

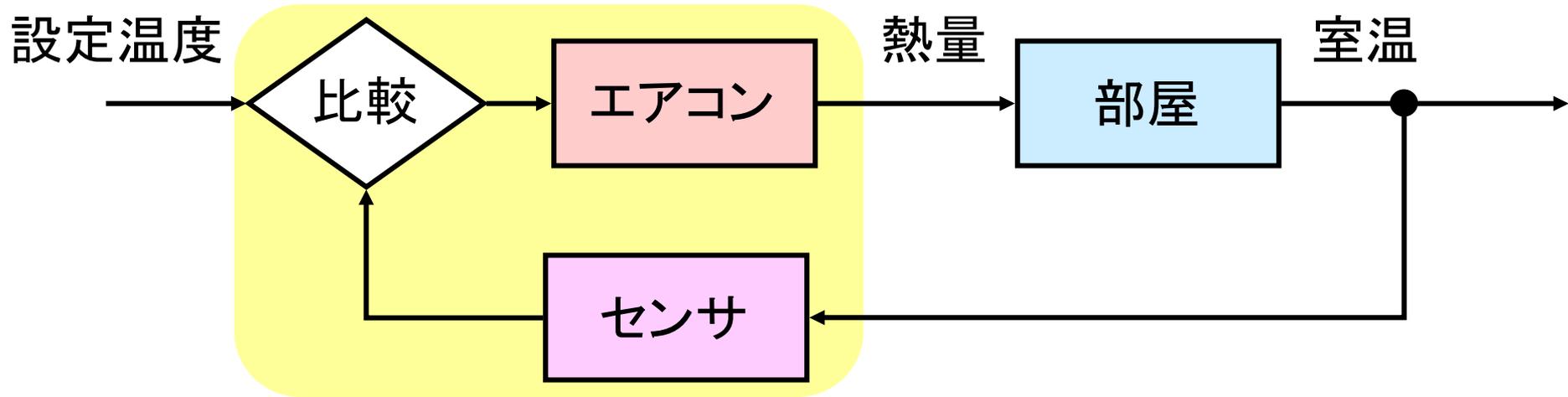


図 1.1 部屋の自動温度調節

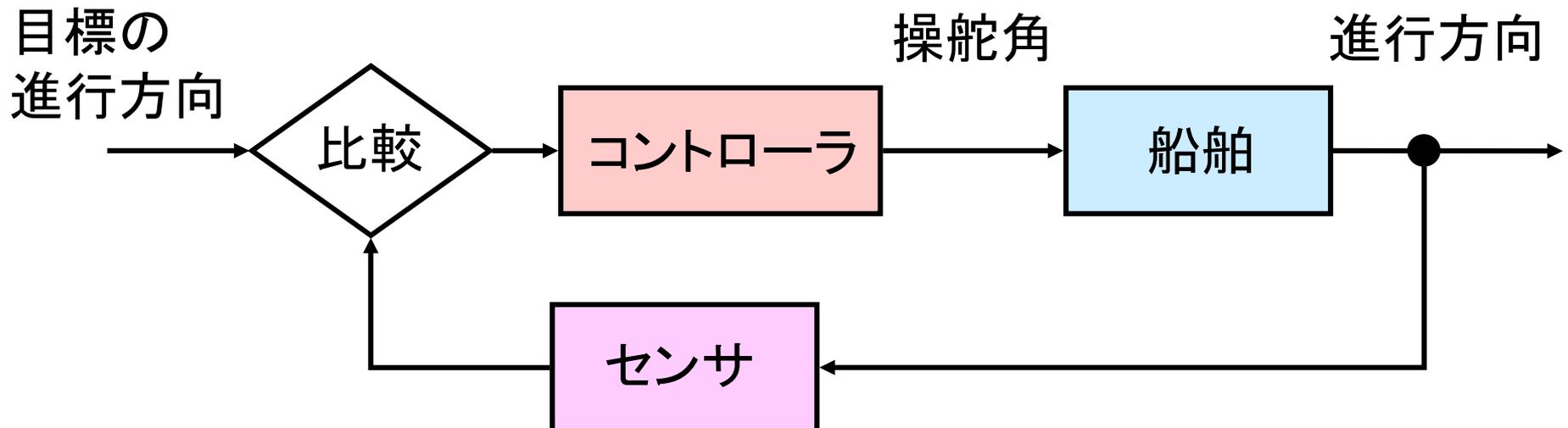
オートパイロット

Click !

テクノスーパライナ「疾風」(川崎重工業(株)提供)
大須賀, 足立, 「システム制御へのアプローチ」

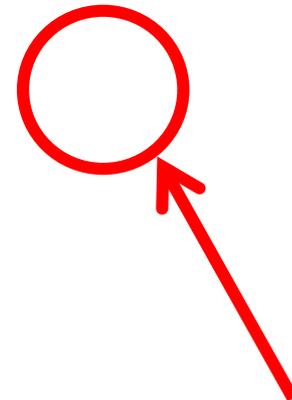
ALFLEX (小形自動着陸実験機)

http://spaceinfo.jaxa.jp/gallery/gallery-j/movie_alflex_j.html

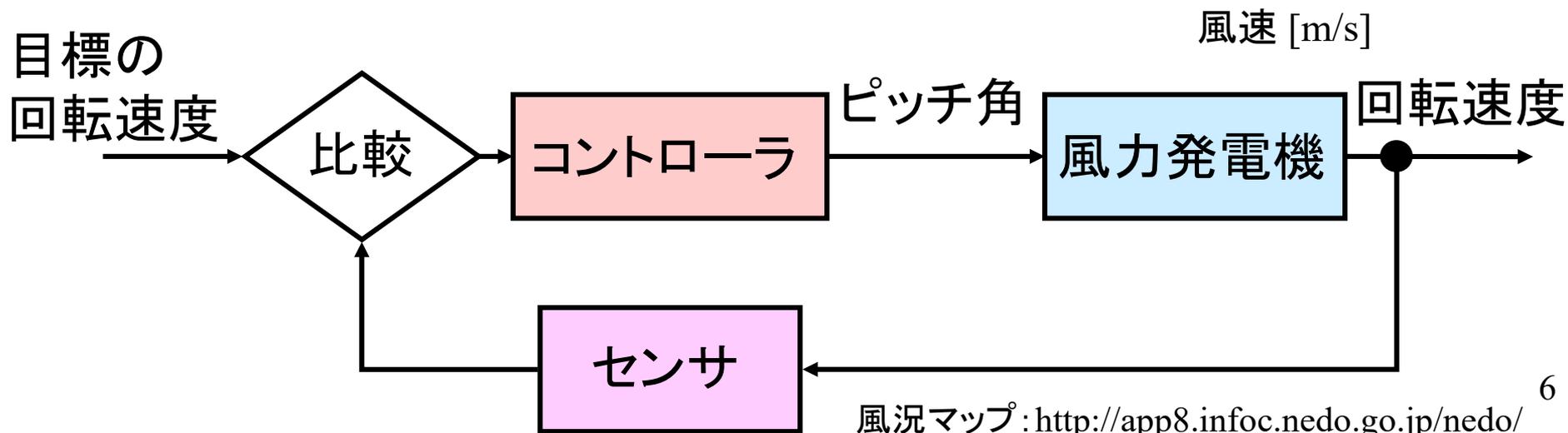


自動車の自動追尾(運転)

環境・エネルギーのためのシステム制御技術（風力発電機）



宗谷岬
(日本最北端)



安心安全のためのシステム制御技術（加振機）

Click !

健康福祉のためのシステム制御技術

Cyathlon

肢体補助器具

ロケットの垂直着陸

Click !

Falcon 9 (SpaceX)

<http://www.spacex.com/>

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。

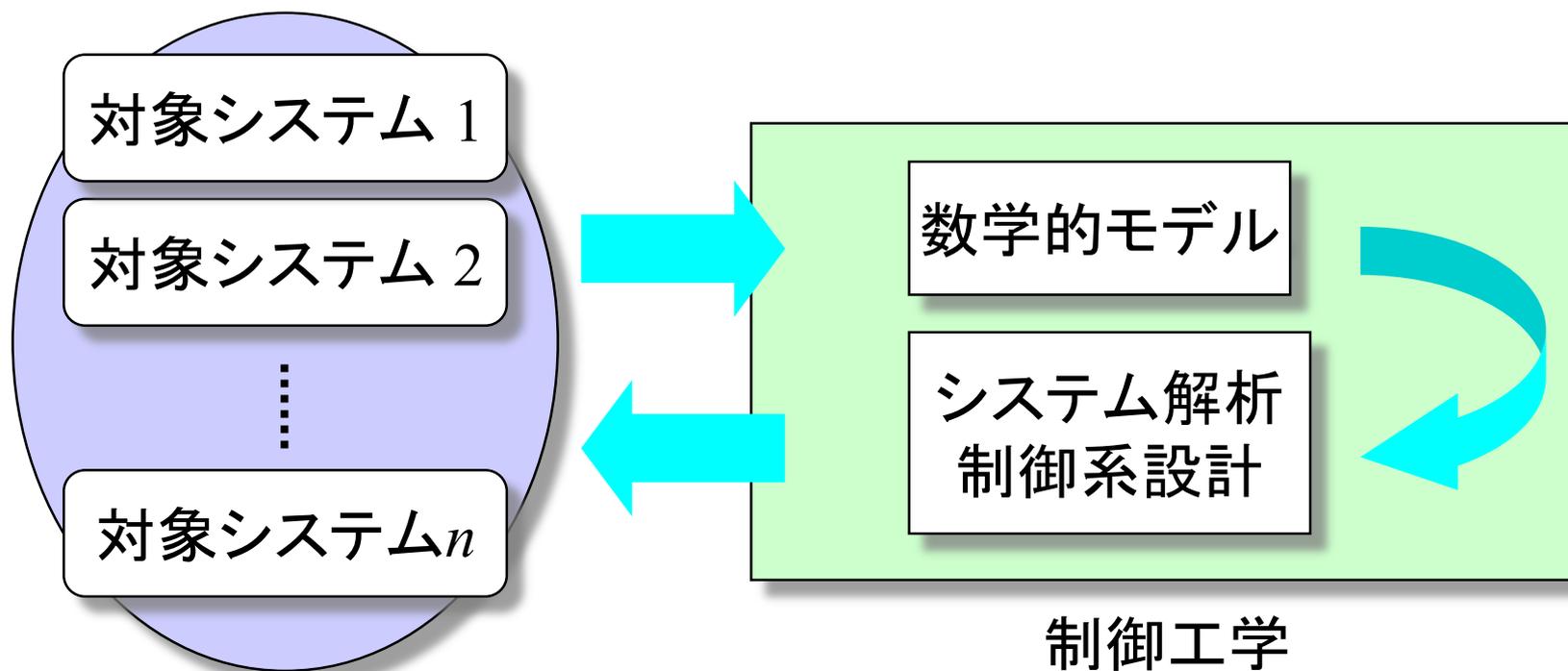


図 1.5 個々の対象システムと制御工学

システム (System)

複数の要素が有機的に関係しあい、
全体としてまとまった機能を発揮している
要素の集合体. 組織. 系統. 仕組み.

(広辞苑)

System: syn (= together) + histemi (= to set)



対象は要素が結合して構成されているとの認識を意味する

第1章：序論



1.1 制御とは (pp. 1-5)

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 (pp. 5-7)

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 (pp. 7-10)

キーワード： フィードバック制御の利点

学習目標：「制御」の重要性を説明できる。また、フィードバック制御の利点を説明できる。

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

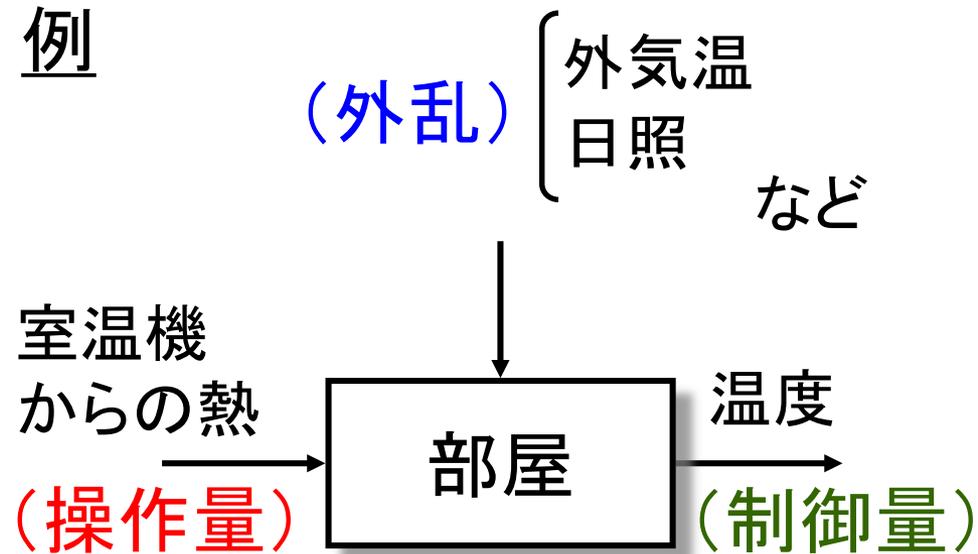
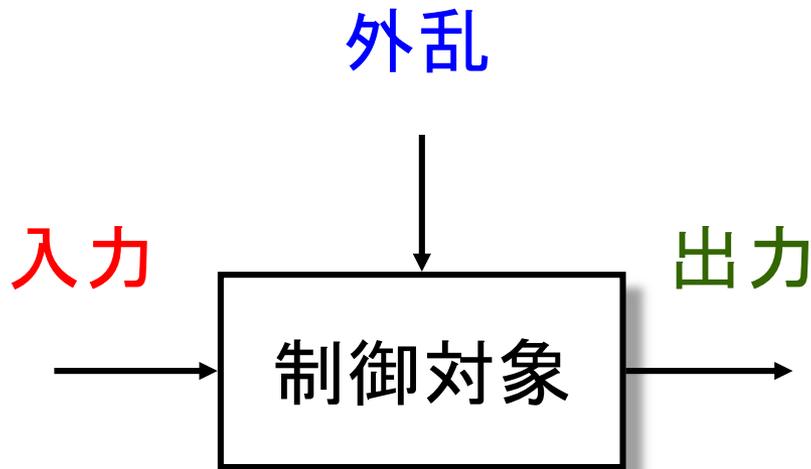


図 1.6 制御対象のブロック線図表現

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

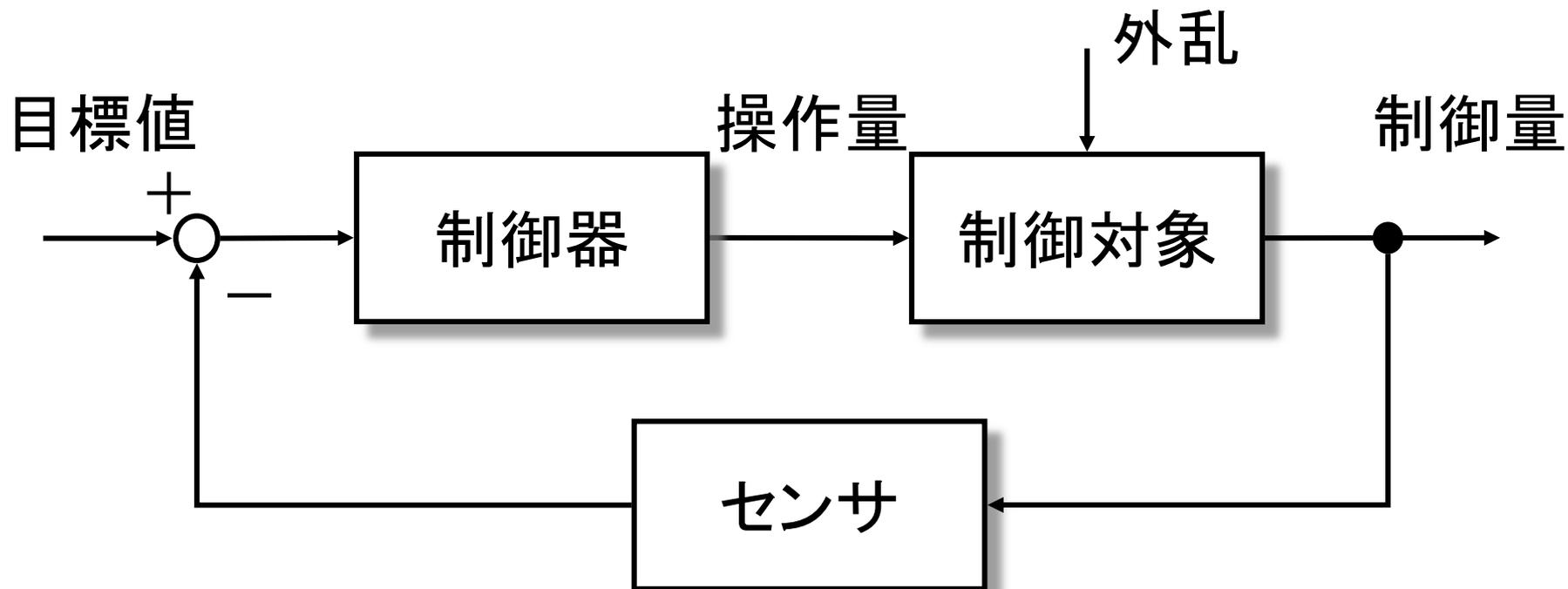


図 1.7 フィードバック制御系

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

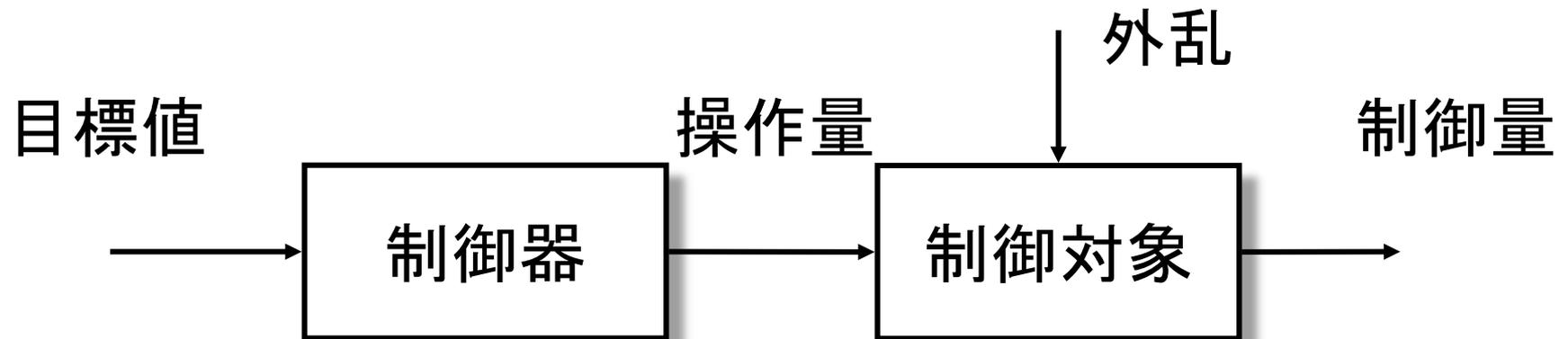


図 1.8 フィードフォワード制御系

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

1.3 フィードバック制御の利点と課題

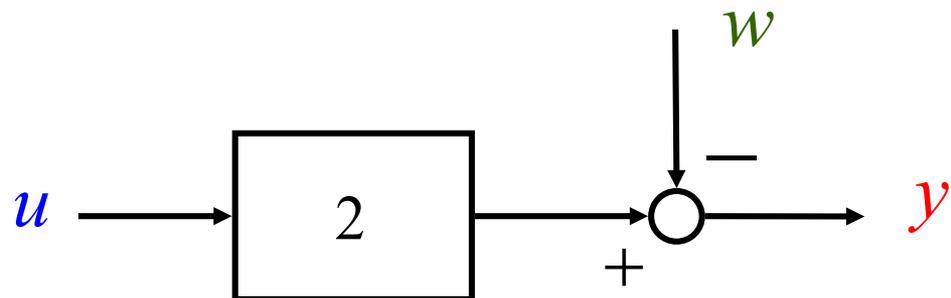
[例] 水中ビークル

Click !

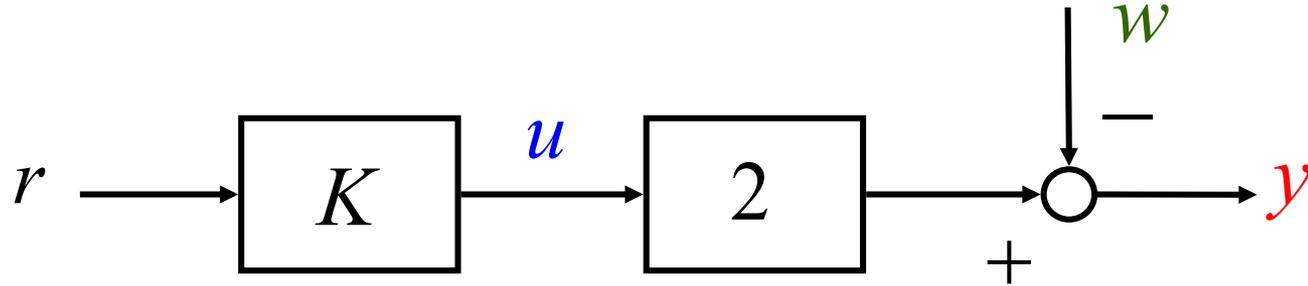
図:<http://www.aquabotix.com/micro-usvs.html>

- 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]

$$y = 2u - w$$



フィードフォワード



目標速度: r [m/s]

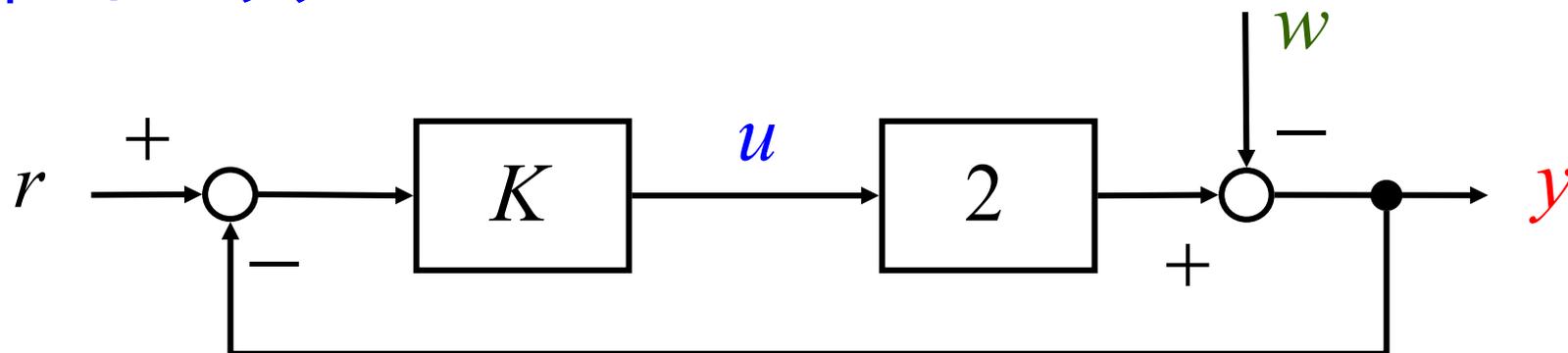
$$\begin{cases} y = \underline{2u} - w \\ u = Kr \end{cases} \quad \text{フィードフォワード (FF)}$$

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

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

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

フィードバック



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

フィードバック (FB)

$$y = \frac{2K}{1+2K}r - \frac{1}{1+2K}w$$

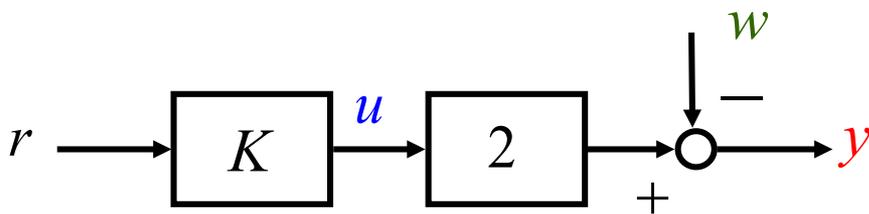
$w = 0$ のとき $y = \frac{2K}{1+2K}r$ $K \rightarrow \text{大}$ $\rightarrow y \approx r$

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

[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

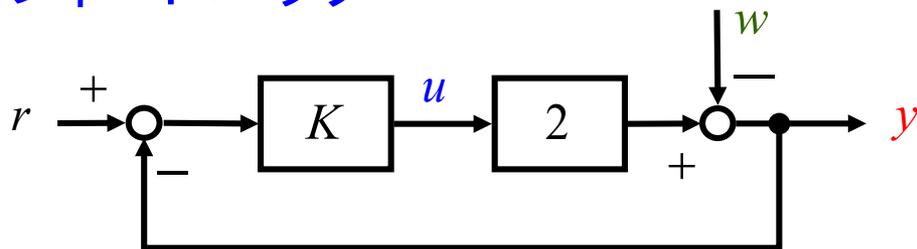
$$y = r - w$$

$$= 5 - 2$$

$$= 3 \text{ [m/s]}$$

目標値から 40% のずれ

フィードバック



$K = 100$ のとき

$$y = \frac{200}{201} r - \frac{1}{201} w$$

$$= \frac{200}{201} \cdot 5 - \frac{1}{201} \cdot 2$$

$$\approx 4.965\dots$$

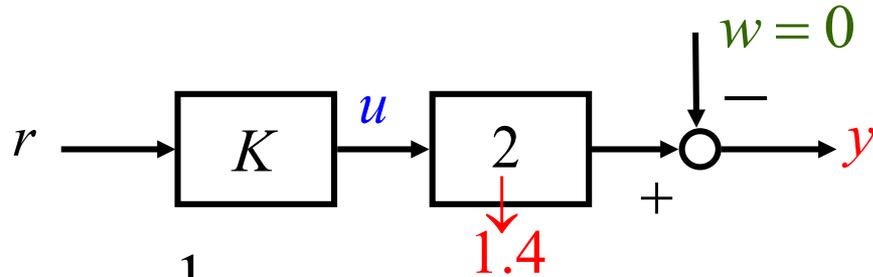
$$\approx 4.97 \text{ [m/s]}$$

目標値からの誤差が 1% 以内

[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



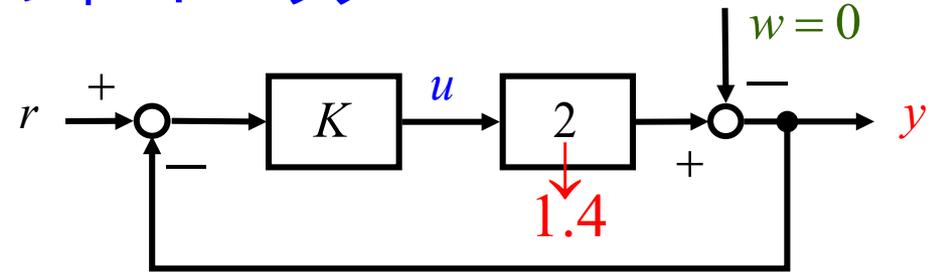
$$K = \frac{1}{2} \text{ のとき}$$

$$y = 1.4 \cdot \frac{r}{2} = 0.7r$$

$$= 3.5 \text{ [m/s]}$$

目標値から 30 % のずれ

フィードバック



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

$$K = 100 \text{ のとき}$$

$$141y = 140r$$

$$y = \frac{140}{141}r = \frac{140 \times 5}{141}$$

$$\approx 4.9645 \dots$$

$$\approx 4.96 \text{ [m/s]}$$

目標値からの誤差が 1 % 以内

フィードバック制御の利点

- 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

第1章：序論

1.1 制御とは (pp. 1-5)

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 (pp. 5-7)

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 (pp. 7-10)

キーワード： フィードバック制御の利点

学習目標：「制御」の重要性を説明できる。また、フィードバック制御の利点を説明できる。

Reading Assignment #2

第4章：フィードバック制御系の特性

4.1 感度特性 (pp. 67~71)

キーワード：感度, 感度関数

4.2 定常特性 (pp. 71~75)

キーワード：開ループ伝達関数(一巡伝達関数),
定常偏差

学習目標：フィードバック制御系における感度関数について説明できる。定常偏差や偏差定数について理解し、フィードバック制御系の型について説明できる。