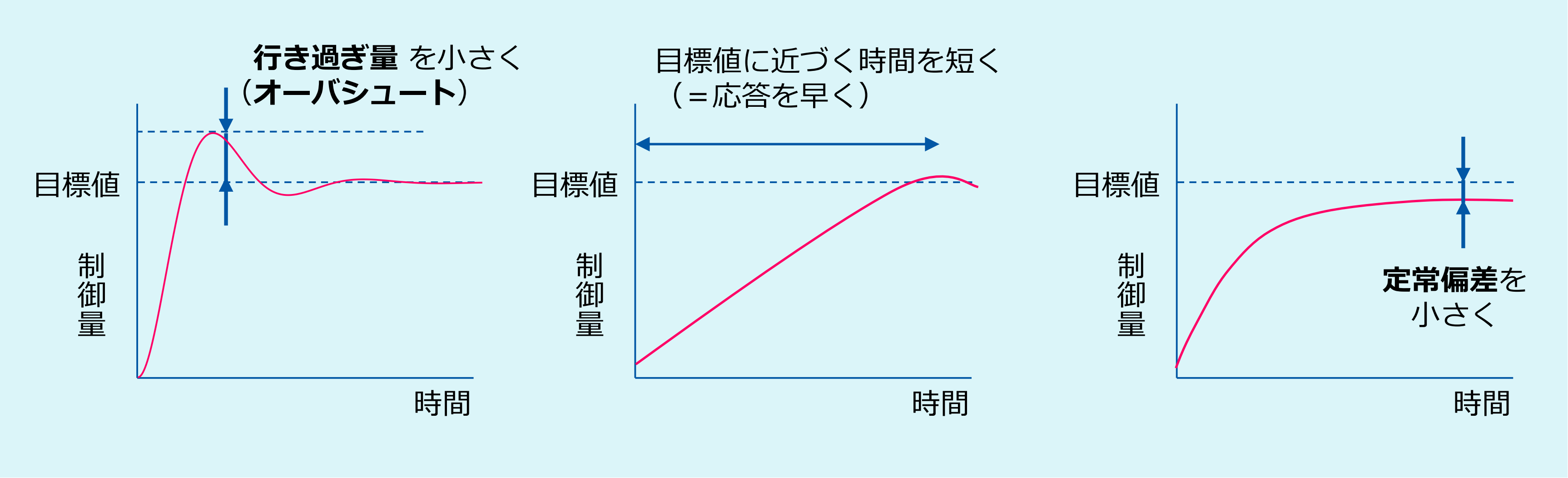
ロボット家電と制御 第２回
自動制御の構成と比例制御

山崎 洋一
yamazaki@he.kanagawa-it.ac.jp

復習 先週の復習：自動制御の目標



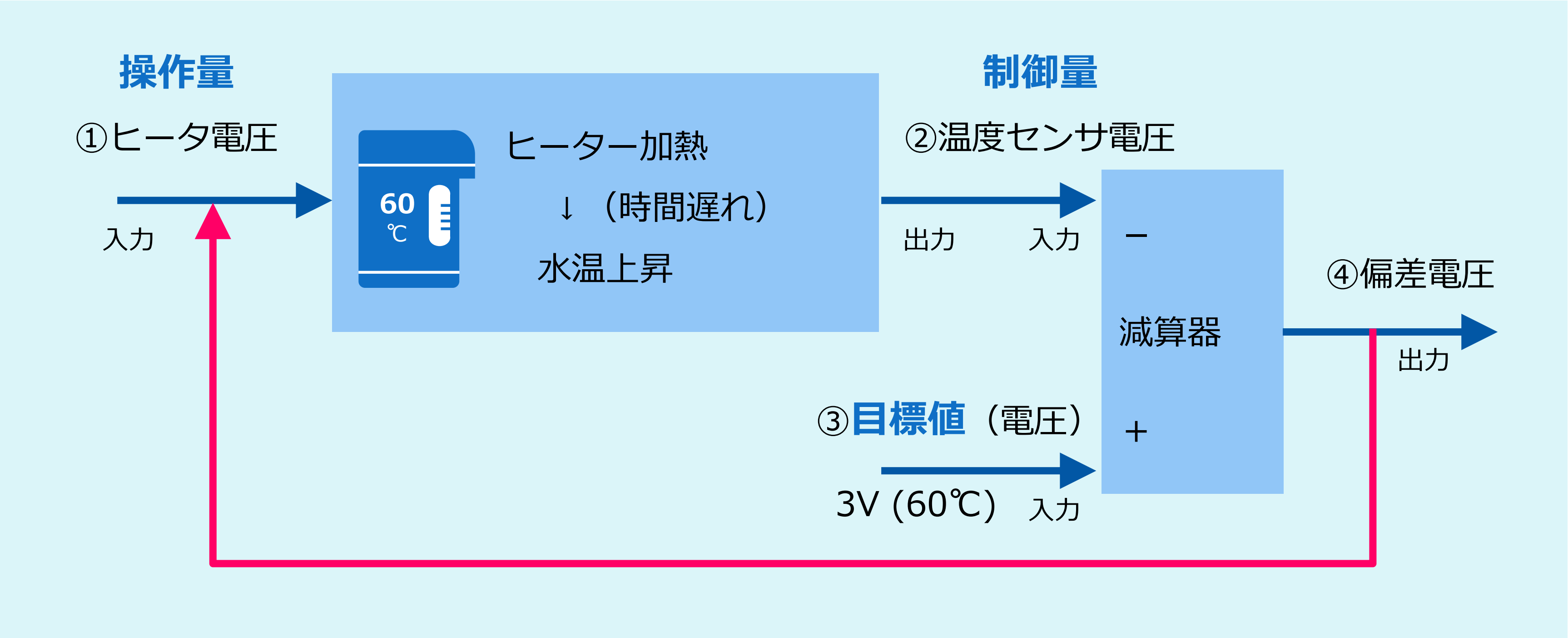
自動制御の目標は「**応答性よく目標値に近づける**」こと。

すなわち

行き過ぎず，応答が早く，定常偏差が小さくなる

ことを目指す。

最もカンタンな自動制御



行き過ぎず，早く収束させるためには

④偏差電圧が **大きい** ときには　①制御電圧を **大きく** し

④偏差電圧が **小さい** ときには　①制御電圧を **小さく** すればよい

そのためには，**④偏差電圧 を直接入力として用いる**のが最もカンタンである。
こうすれば，③目標値電圧を設定するだけで **自動で目標値に近づく**ことができる。
このように出力値が操作量へ戻される制御全般を**フィードバック制御**とよぶ。

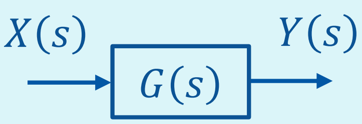
ブロック線図による表現

- ブロック線図 … 制御系の信号伝達を示すもの

<u>○ブロック線図の基本要素の表現</u>

(1)伝達要素（ブロック）

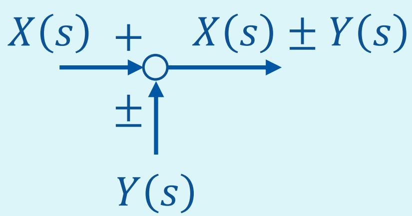
信号を変換



$$Y(s) = G(s)X(s)$$

(2)加え合わせ点

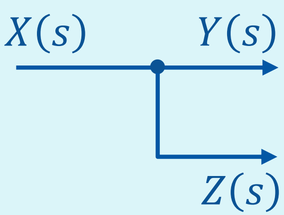
信号を演算（加減算）



$$X(s) \pm Y(s)$$

(3)引き出し点

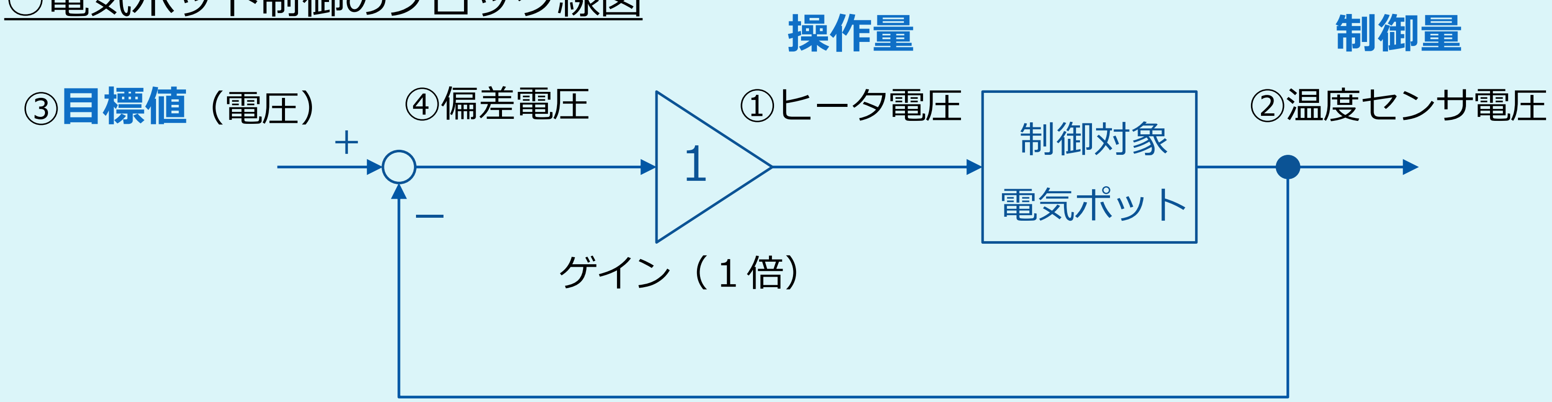
信号の分岐

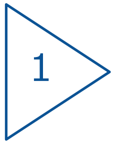


$$Y(s) = Z(s) = X(s)$$

電気ポット制御のブロック線図

○電気ポット制御のブロック線図





… ゲイン。▷ の中の数字は 何倍にするかを示す。

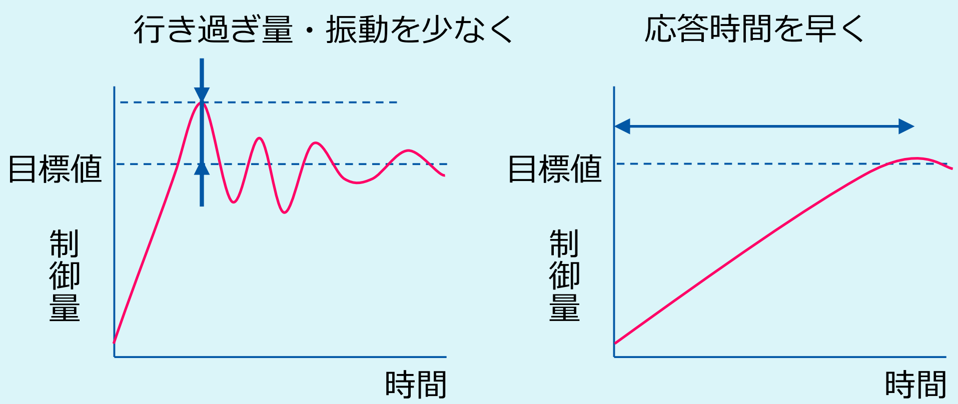
このように，

操作量が目標値と出力値（制御量）の偏差に比例するフィードバック制御 を

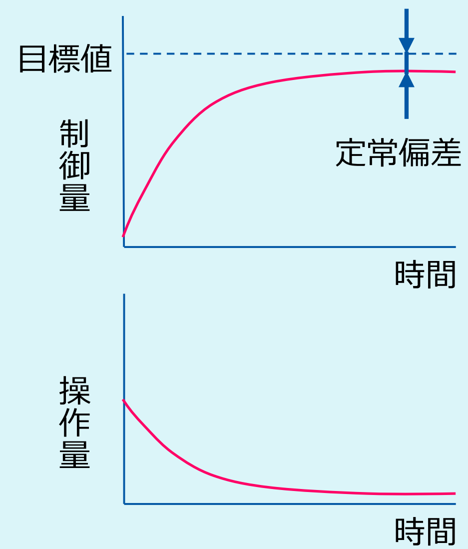
比例制御(Proportional control) とよぶ。

比例制御の効果とゲイン

○制御時の問題点



○ゲイン１の比例制御



基本的な自動制御としてゲイン１の比例制御を考えたとき，

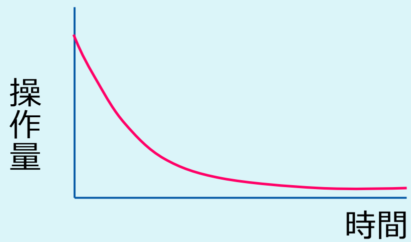
行き過ぎ量や応答時間の改善が期待できる一方で，定常偏差が残る問題がある。

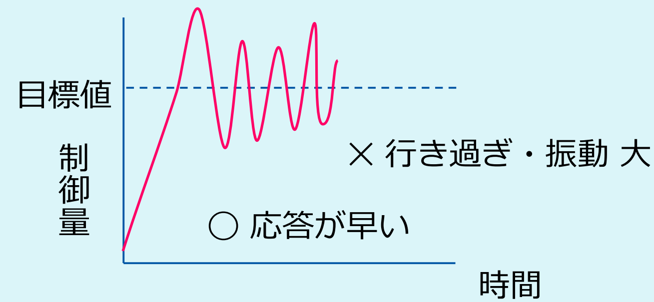
次で，ゲインを変化させた場合に，行き過ぎ量，応答性，定常偏差がどのように変化するかを考えてみる。

ゲインの効果

○ゲインを大きくしたとき：

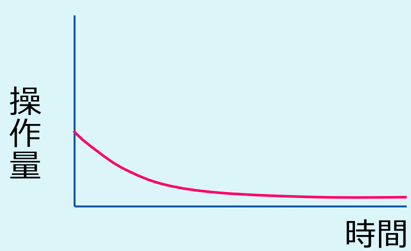
操作量が増加するので　応答が早いが オーバーシュート，振動が起きやすい。

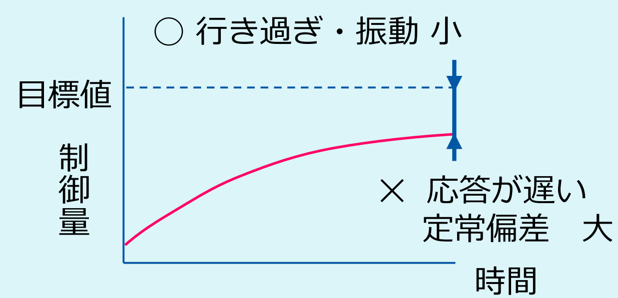




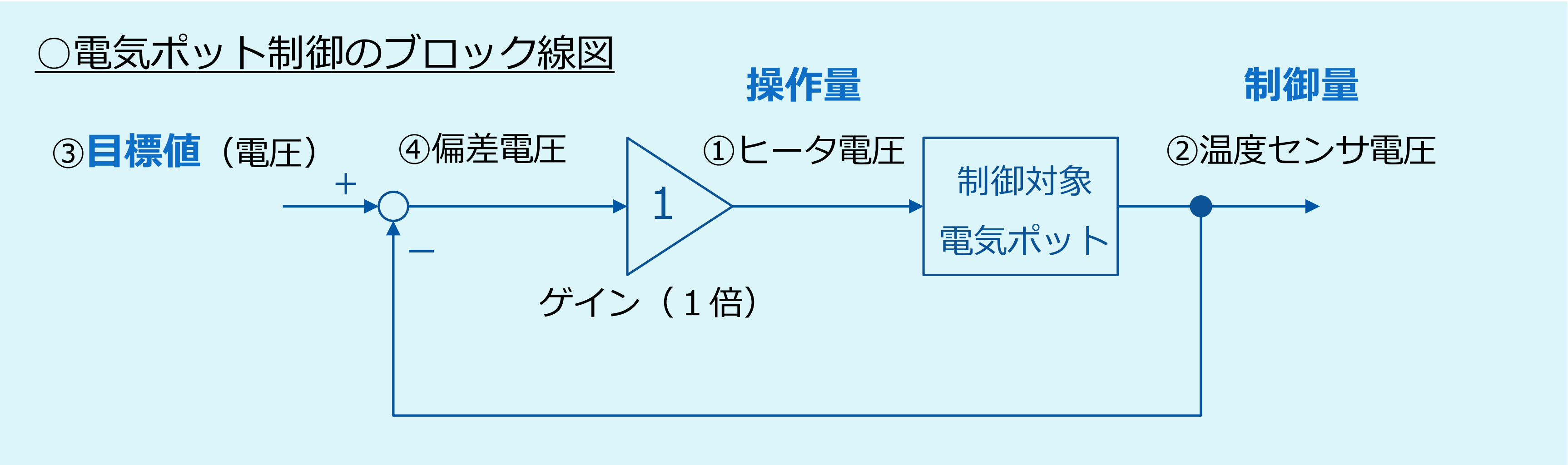
○ゲインを小さくしたとき：

操作量が減少するので　オーバーシュート，振動を抑えられるが，応答が遅い。





まとめ： 比例制御とゲイン



(1) 比例制御(Proportional control)：
操作量が目標値と出力値（制御量）の偏差に比例するフィードバック制御。

比例制御では

ゲインを 大きくすると 応答が早いが オーバーシュート，振動が起きやすい。

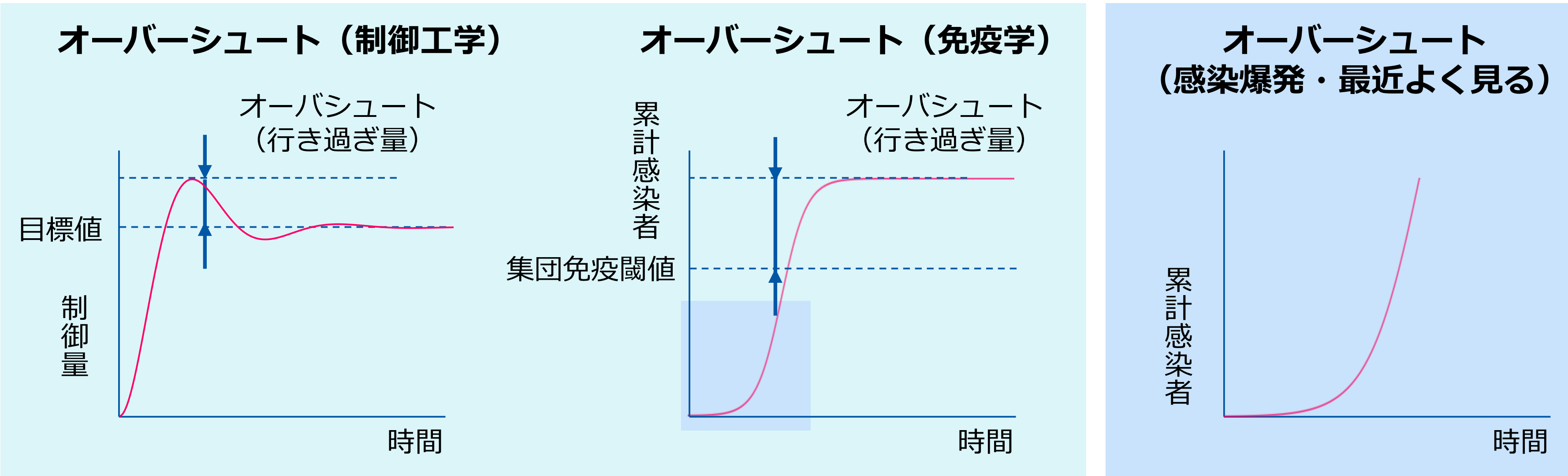
ゲインを 小さくすると オーバーシュート，振動を抑えられるが，応答が遅い。

そこで，ゲインが小さくても応答性，定常偏差を改善できる **（2）積分制御**

ゲインが大きいとき，急な偏差の変化を調整できる **（3）微分制御**

を取り上げる。

オーバーシュートについて



参考: [Handel, 2006]

・オーバーシュート（行き過ぎ）とは目標値を超過することを示す。

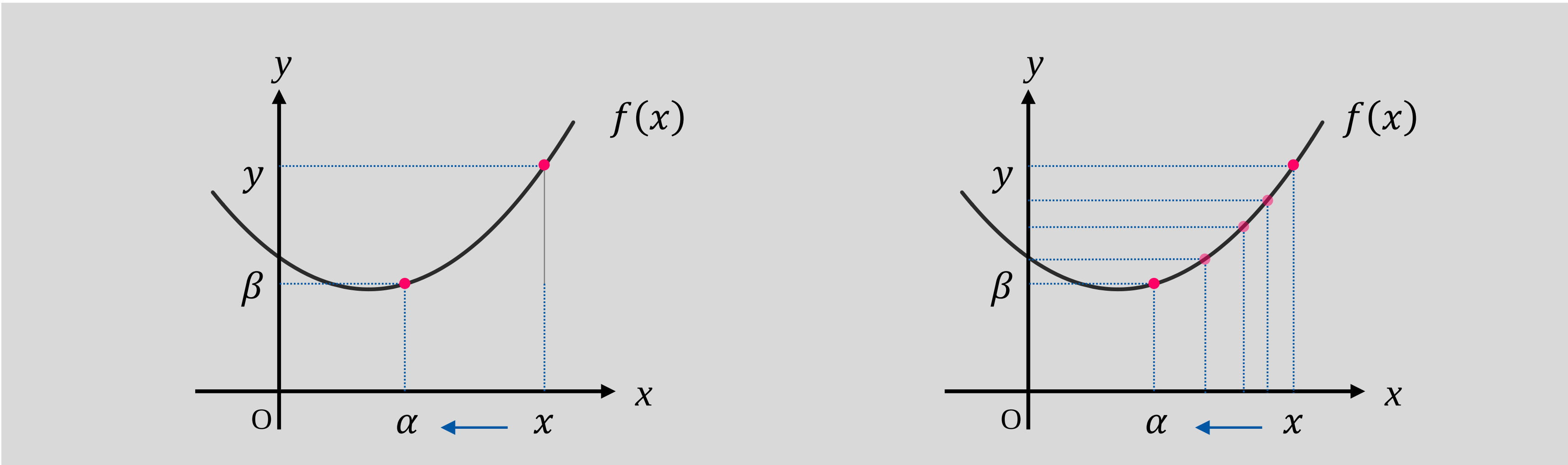
この用語は，制御工学のみならず電気，金融，経済，人口，免疫などの他分野でも同様に用いられている。（これは，現象を入出力システムとして捉えることにより制御工学の考え方が様々な現象に応用できるということの証左でもある。）

・COVID-19パンデミック下で指数関数的な感染爆発という意味合いで用いられるようになった（国内のみ）。

[Handel, 2006] Handel, Andreas; Longini, Ira M; Antia, Rustom (22 March 2007). "What is the best control strategy for multiple infectious disease outbreaks?". Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences. 274 (1611): 833–837. doi:10.1098/rspb.2006.0015. ISSN 0962-8452

SIRモデルについては：[廣瀬, 2017] “災害による被害拡大の予測について –感染症流行の予測を中心に–” など

あ！極限 → “近づく”イメージ



関数 $f(x)$ において x がある定数 α に限りなく近づくとき，

$f(x)$ がある一定の値 β に近づくことを

「$\lim_{x \to \alpha} f(x) = \beta$」　または　「$x \to \alpha$　のとき　$f(x) = \beta$」

と表す。

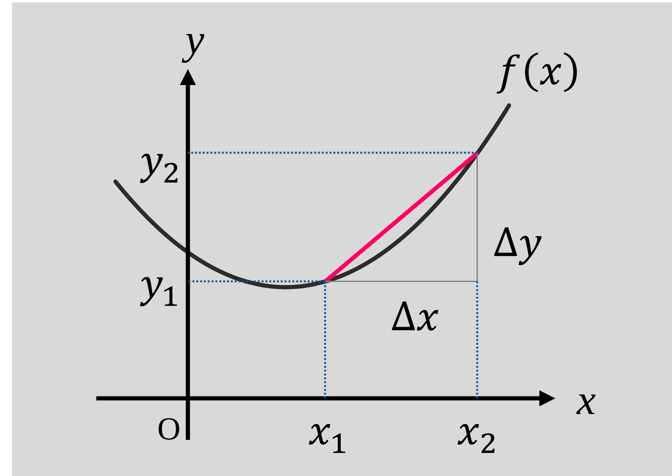
このとき，この β を極限値と呼ぶ。

あ！微分 → 接線の傾きイメージ

関数 $y = f(x)$ が x_1 から x_2 に変化したとき

$y = f(x)$ の変化率は次のように表せる。

$$\text{変化率}\quad \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1}$$



ここで $x_2 \to x_1$ のとき

$$\lim_{x_2 \to x_1} \frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1} = f'(x)$$

：x_1 **における微分係数**

また $x_1 = x$ ，　$x_2 = x + h$ とすると

$$\lim_{h \to 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h} = f'(x)$$

：**導関数の定義**