

# 第6回

- 信号データの変数代入と変数参照
- フィードバック制御系の定常特性
- フィードバック制御系の感度特性



# 変数内の信号データの参照

Jamox 0.9.5 (2009.6.4) Copyright (C) 2000-2009, mklab.org

ファイル(F) 編集(E) ブロック(B) シミュレーション(S) 線形解析(L) ウィンドウ(W) ヘルプ(H)

ブロックライブラリ

- ランプ
- K 定数
- パルス
- 正弦波
- 周期信号
- Uniform Random 一様分布乱数
- Normal Random 正規分布乱数
- 時刻
- file ファイル
- u 変数参照**
- 信号吸収器
- 信号経路

variableInput.jamox

変数テーブル

名前	値
Matly1	[[0.0, 8.31763771E-02]

jpit graph (時間応答)

jpit graph (時間応答)

1  
0.8  
0.6  
0.4  
0.2  
0

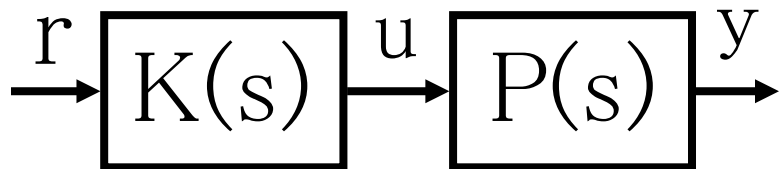
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

—  $5/((s+5)(s+1))$   
—  $5/(s+5)*y1$

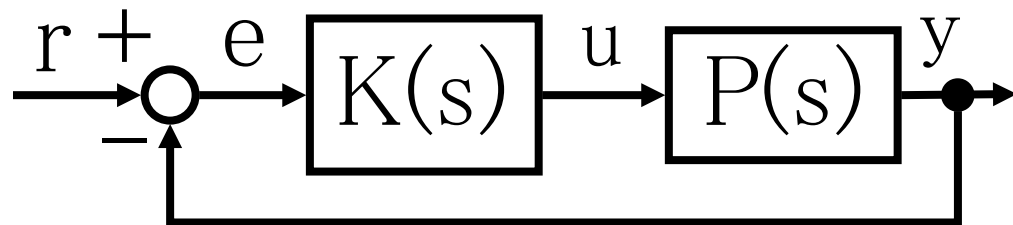
コンソール

```
>y1  
=== ( 2 x 205  
( 1)  
( 1) 0  
( 2) 0
```

# FF制御系とFB制御系



フィードフォワード制御系



フィードバック制御系

FF系の出力:

$$Y_f(s) = P(s)K(s)R(s)$$

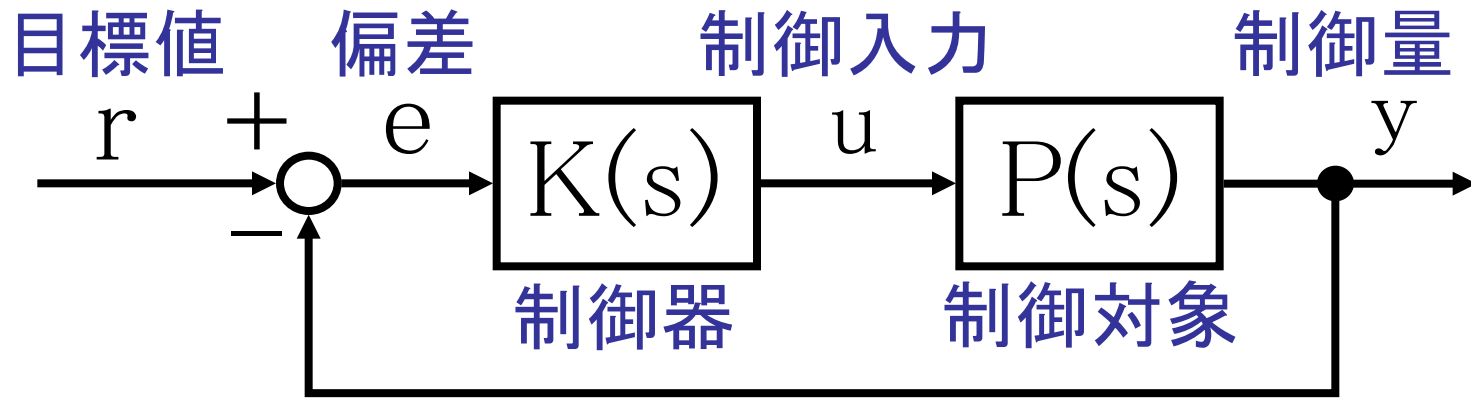
FB系の出力:

$$Y_b(s) = T(s)R(s)$$

閉ループ系の伝達関数:

$$T(s) \triangleq \frac{P(s)K(s)}{1 + P(s)K(s)}$$

# 目標値に対する定常偏差



一巡伝達関数(開ループ伝達関数):

$$L(s) \triangleq P(s)K(s)$$

目標値から偏差までの伝達関数:

$$G_{er}(s) \triangleq \frac{1}{1+L(s)} \quad (E(s) = G_{er}(s)R(s))$$

目標値に対する定常偏差: **最終値の定理**

$$e_s \triangleq \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) = \lim_{s \rightarrow 0} sE(s) = \lim_{s \rightarrow 0} sG_{er}(s)R(s)$$

# 定常偏差

定常位置偏差 (ステップ目標):

$$e_s = \lim_{s \rightarrow 0} s G_{er}(s) \frac{1}{s} = \frac{1}{1 + K_p}$$

位置偏差定数

$$K_p \triangleq \lim_{s \rightarrow 0} L(s)$$

定常速度偏差 (ランプ目標):

$$e_s = \lim_{s \rightarrow 0} s G_{er}(s) \frac{1}{s^2} = \frac{1}{K_v}$$

速度偏差定数

$$K_v \triangleq \lim_{s \rightarrow 0} s L(s)$$

定常加速度偏差 (一定加速目標): 加速度偏差定数

$$e_s = \lim_{s \rightarrow 0} s G_{er}(s) \frac{1}{s^3} = \frac{1}{K_a}$$

$$K_a \triangleq \lim_{s \rightarrow 0} s^2 L(s)$$

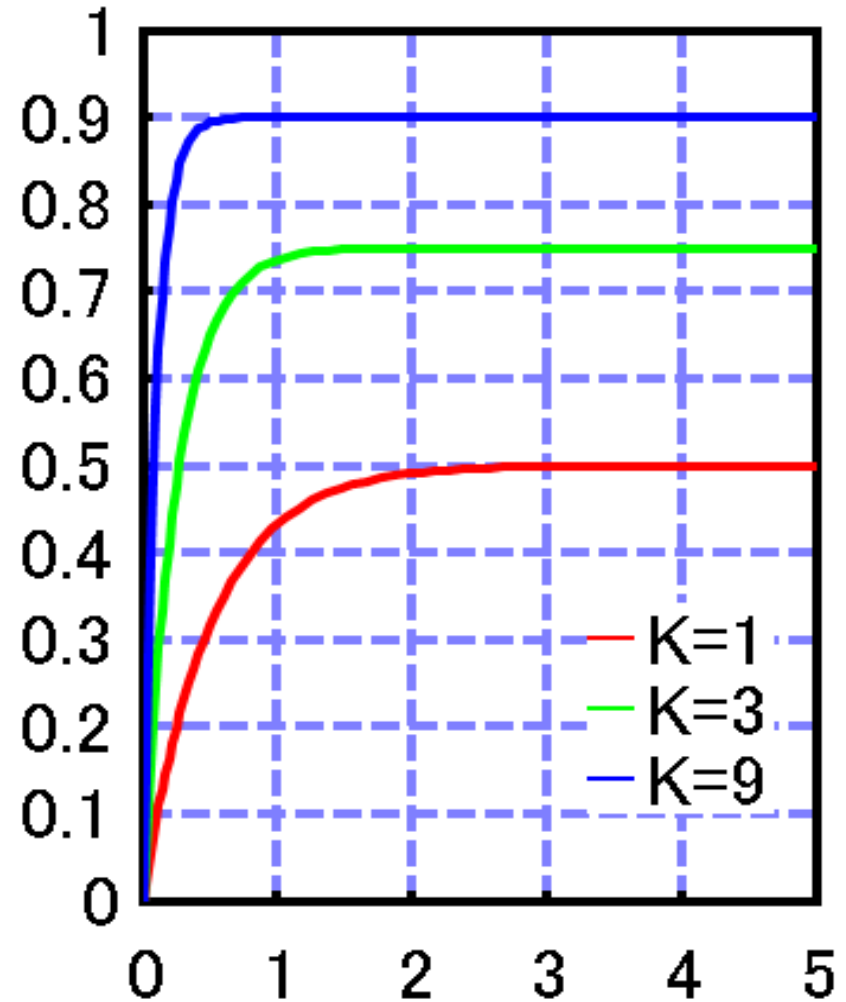
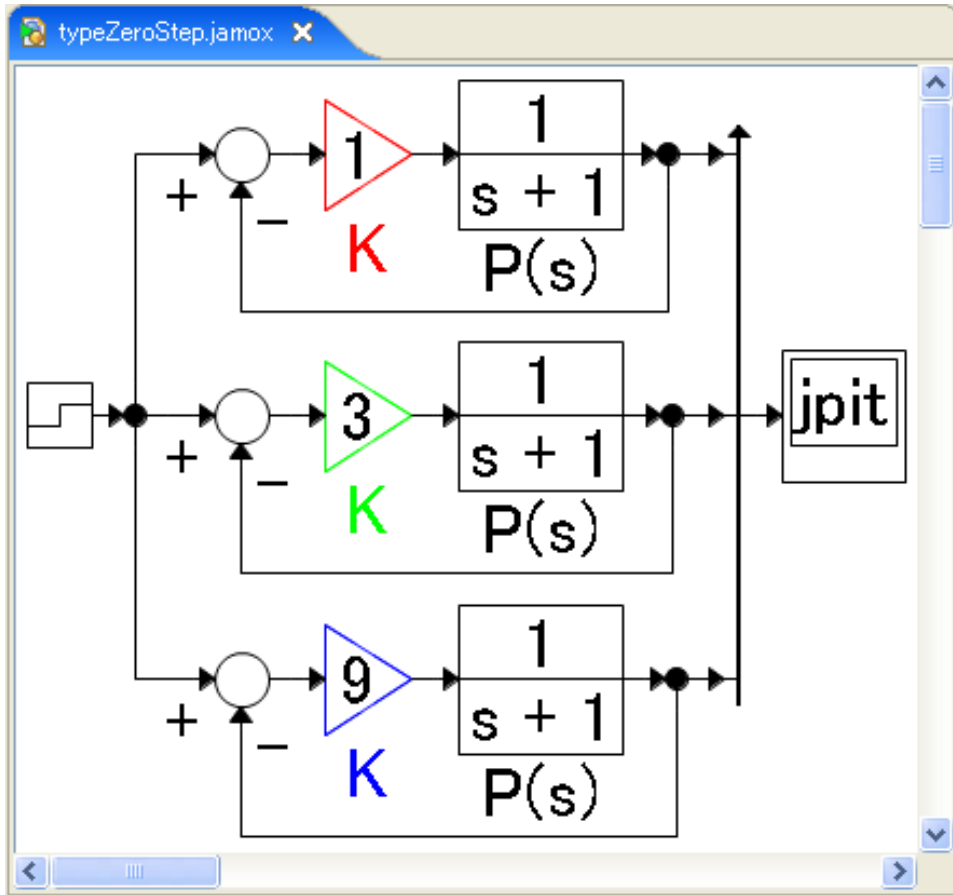
「偏差定数が大きい」 → 「定常偏差が小さい」

# $l$ 型の制御系の定常偏差

$L(s)$ が  $l$  個の積分器をもつ  $\rightarrow L(s) = \frac{*}{s^l}$

型	$r(t) = 1$	$\dot{r}(t) = 1$	$\ddot{r}(t) = 1$
0型	$1 / (1 + K_p)$	$\infty$	$\infty$
1型	0	$1 / K_v$	$\infty$
2型	0	0	$1 / K_a$
3型	0	0	0

# 0型制御系のステップ応答

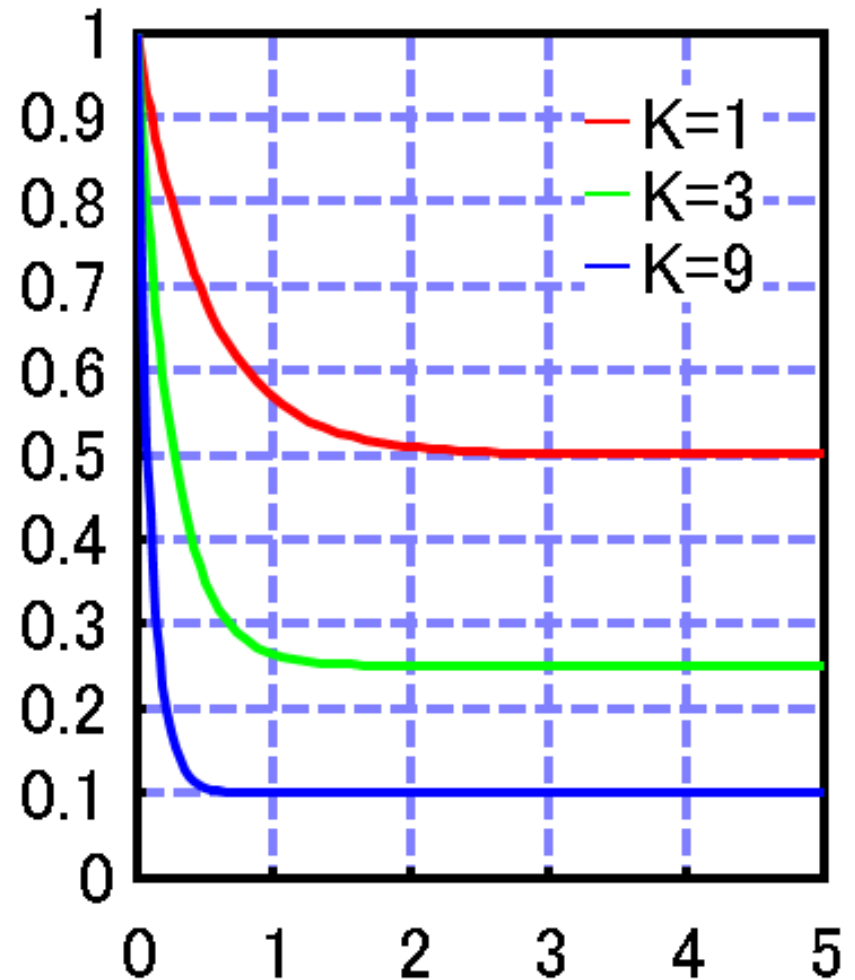
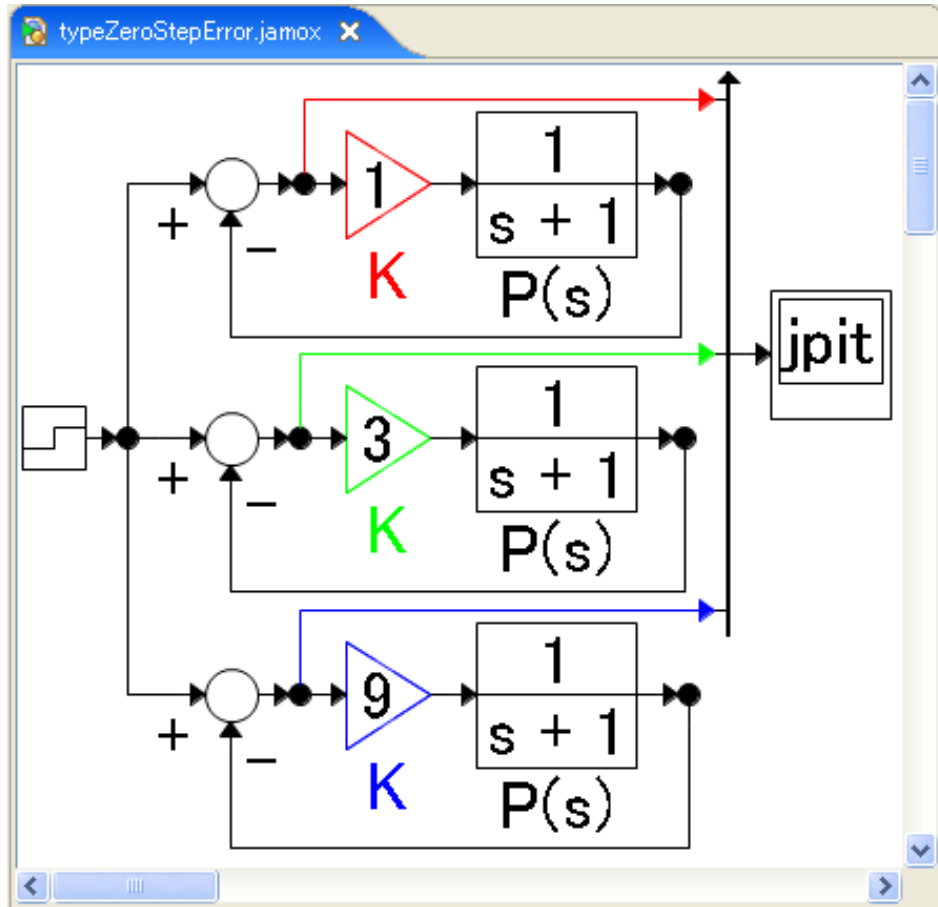


$$L(s) = \frac{K}{s+1} \quad e_s = \frac{1}{1+K}$$

定常偏差が残る



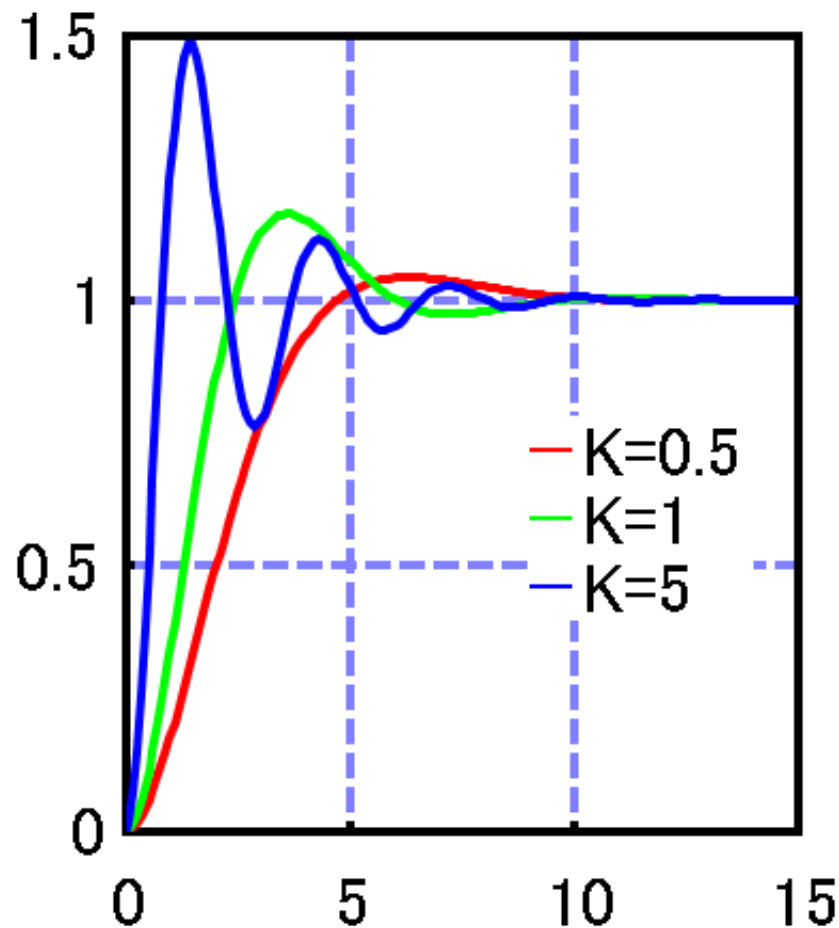
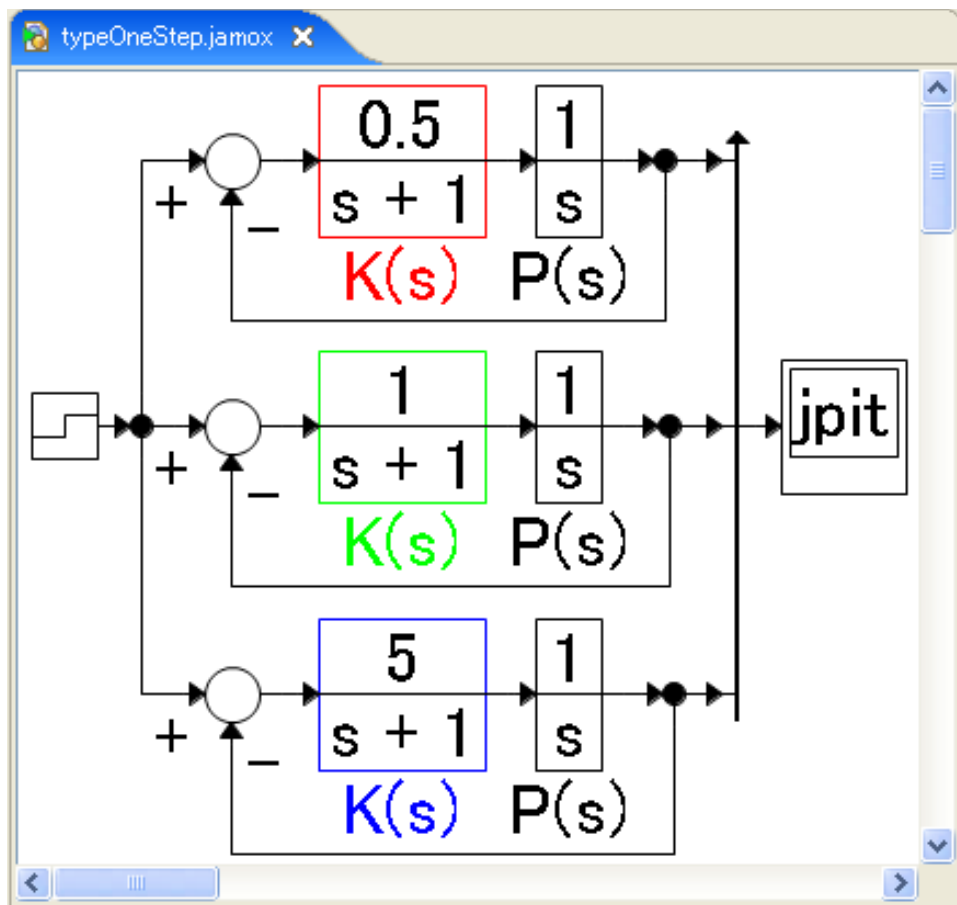
# 0型制御系の定常位置偏差



$$L(s) = \frac{K}{s+1} \quad e_s = \frac{1}{1+K}$$

定常偏差が残る

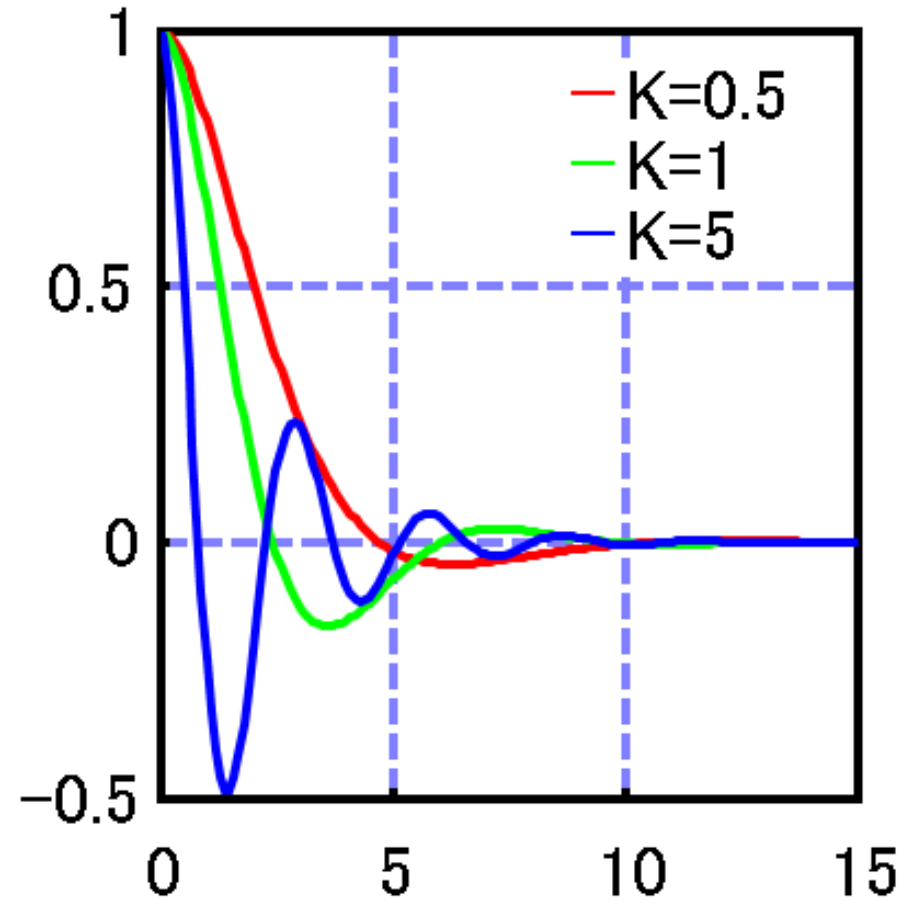
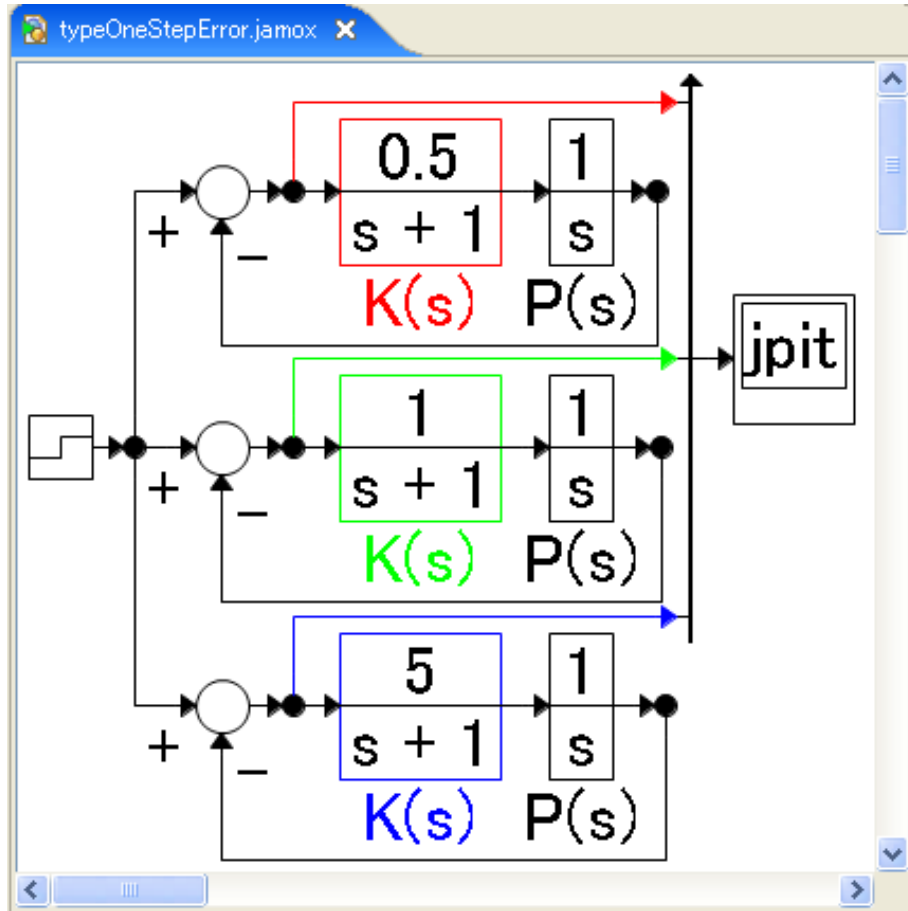
# 1型制御系のステップ応答



$$L(s) = \frac{K}{s(s+1)} \quad e_s = 0$$

定常偏差が無い

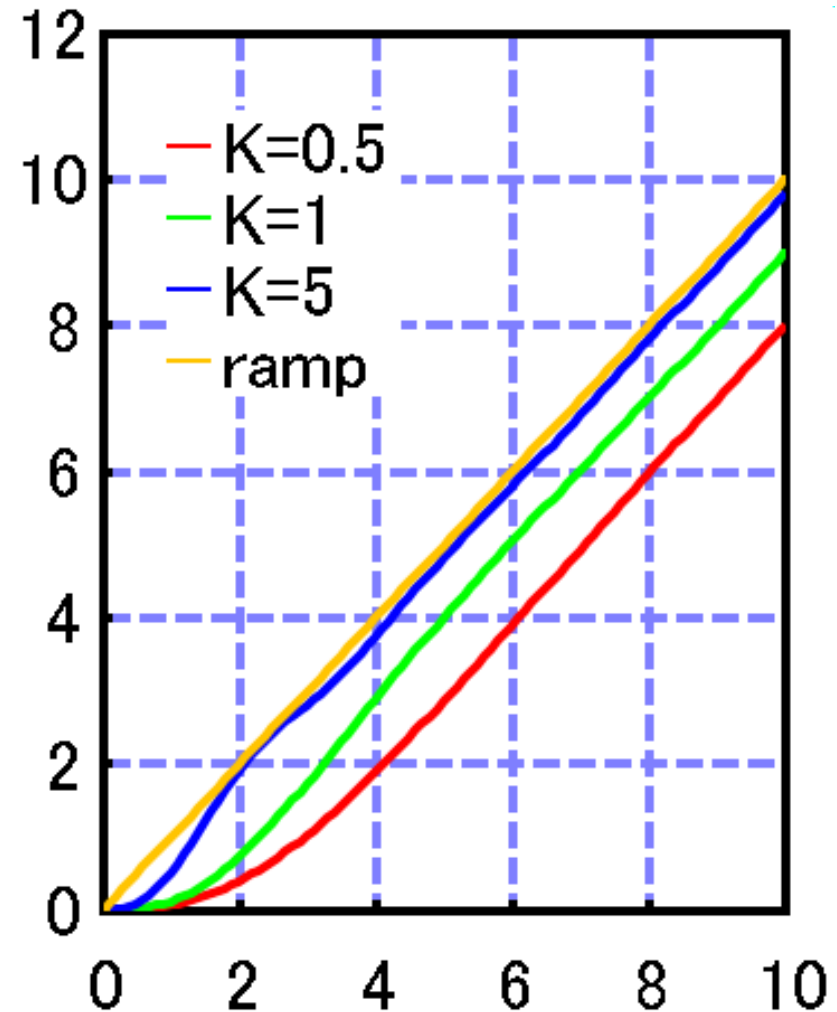
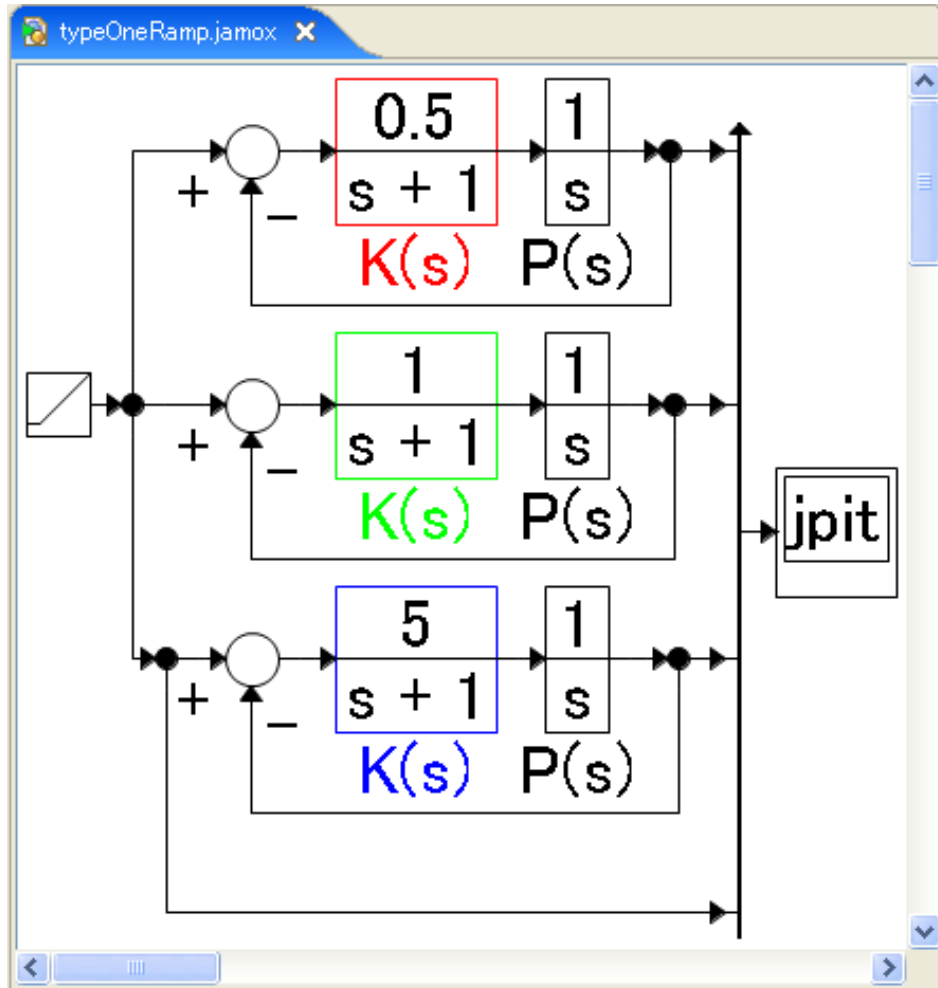
# 1型制御系の定常位置偏差



$$L(s) = \frac{K}{s(s+1)} \quad e_s = 0$$

定常偏差が無い

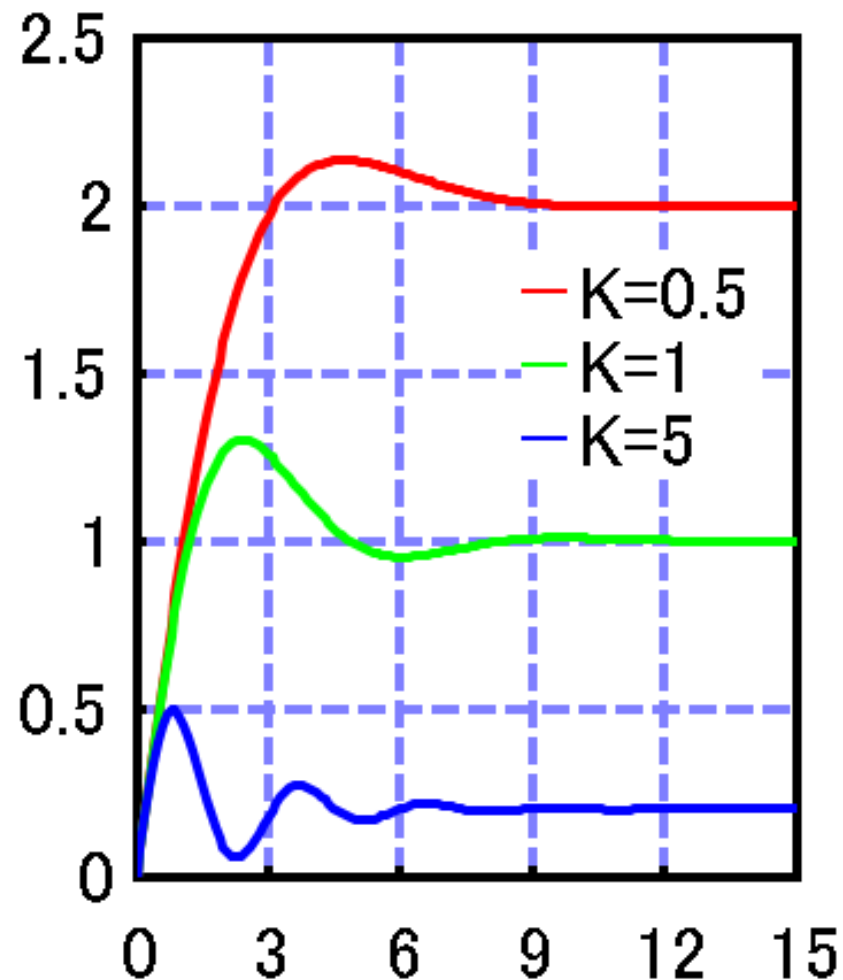
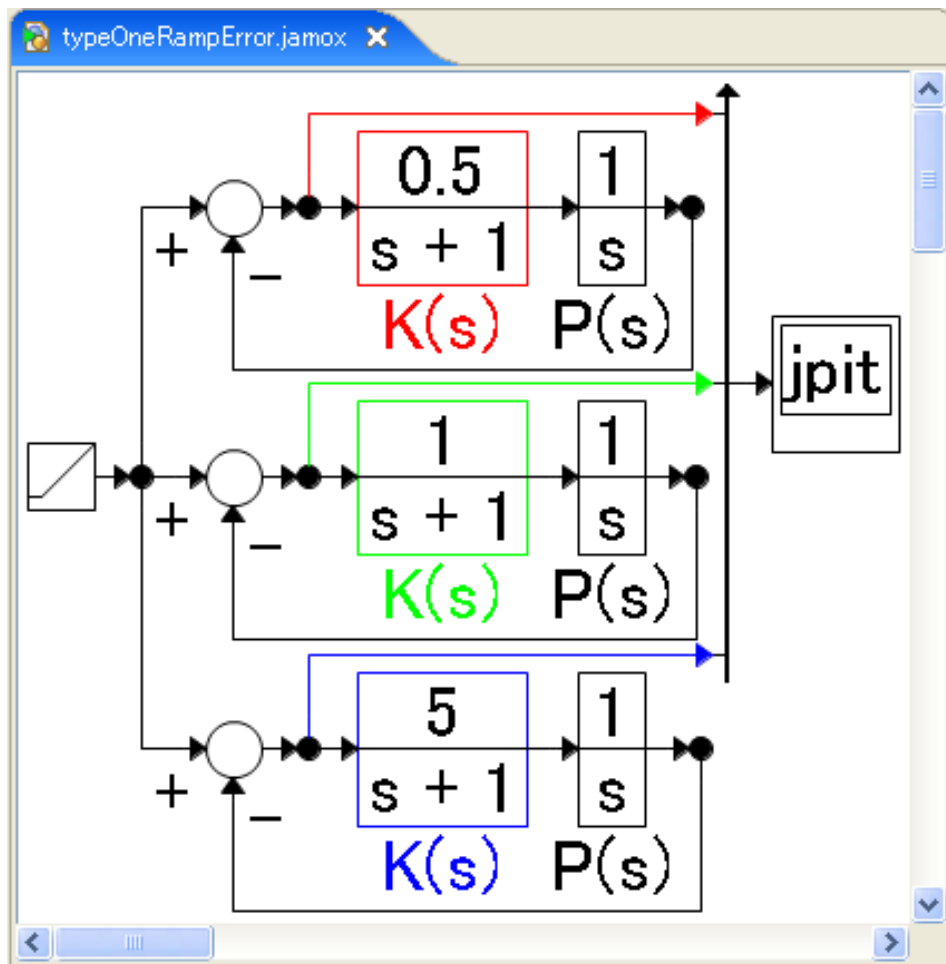
# 1型制御系のランプ応答



$$L(s) = \frac{K}{s(s+1)} \quad e_s = \frac{1}{K}$$

定常偏差が残る

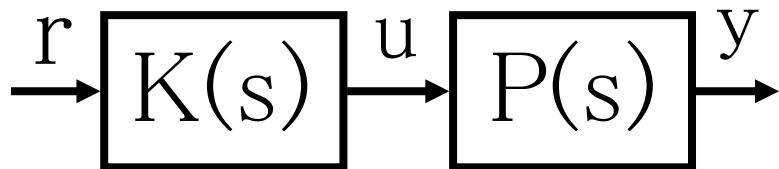
# 1型制御系の定常速度偏差



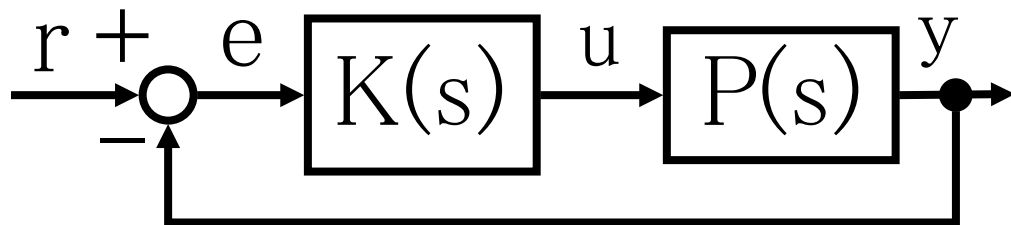
$$L(s) = \frac{K}{s(s+1)} \quad e_s = \frac{1}{K}$$

定常偏差が残る

# FF制御系とFB制御系



フィードフォワード制御系



フィードバック制御系

FF系の出力:

$$Y_f(s) = P(s)K(s)R(s)$$

FB系の出力:

$$Y_b(s) = T(s)R(s)$$

閉ループ系の伝達関数:

$$T(s) \triangleq \frac{P(s)K(s)}{1 + P(s)K(s)}$$

# パラメータ変動に対する感度(影響)

$$P(s) = \frac{a}{\tau s + 1}, \quad K(s) = k \quad a \rightarrow \tilde{a} \quad (\tilde{a} = 1.4a) \\ (40\% \text{変化})$$

FF系のステップ応答の定常値:

$$y_f(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} s P(s) K(s) \frac{1}{s} = P(0) K(0) = ak$$

$$\tilde{y}_f(\infty) = \tilde{a}k = 1.4ak = 1.4y_f(\infty) \quad (40\% \text{変化})$$

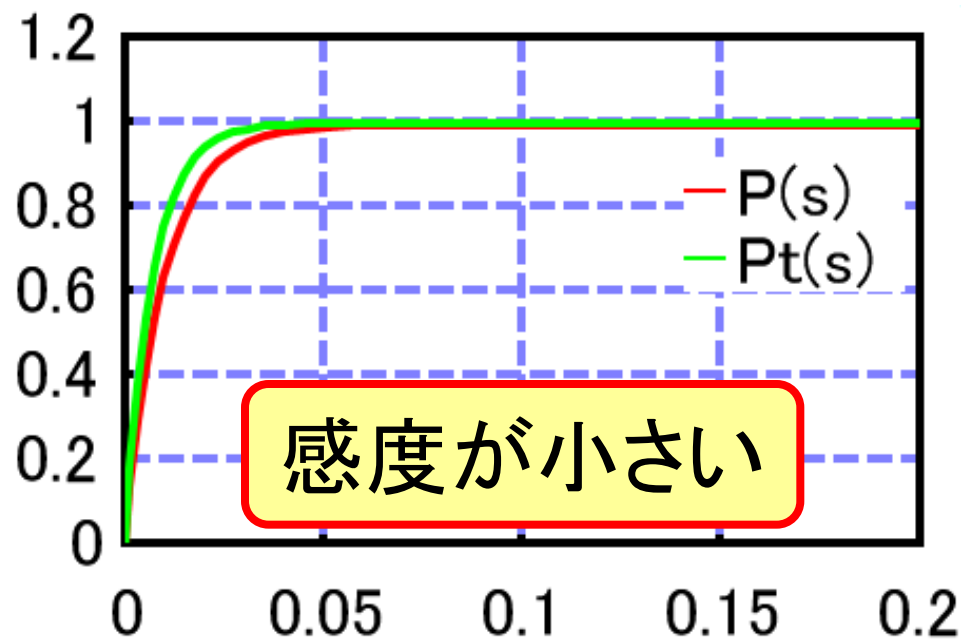
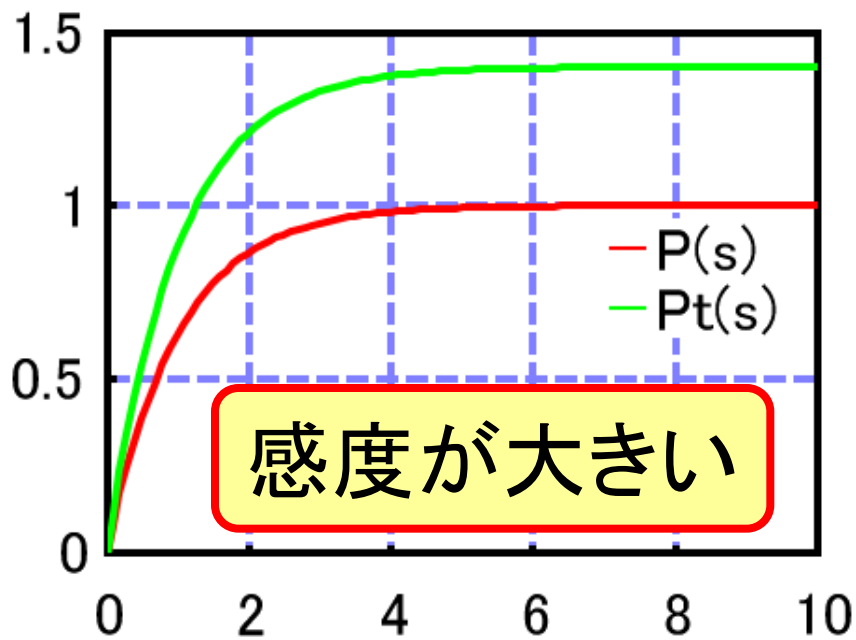
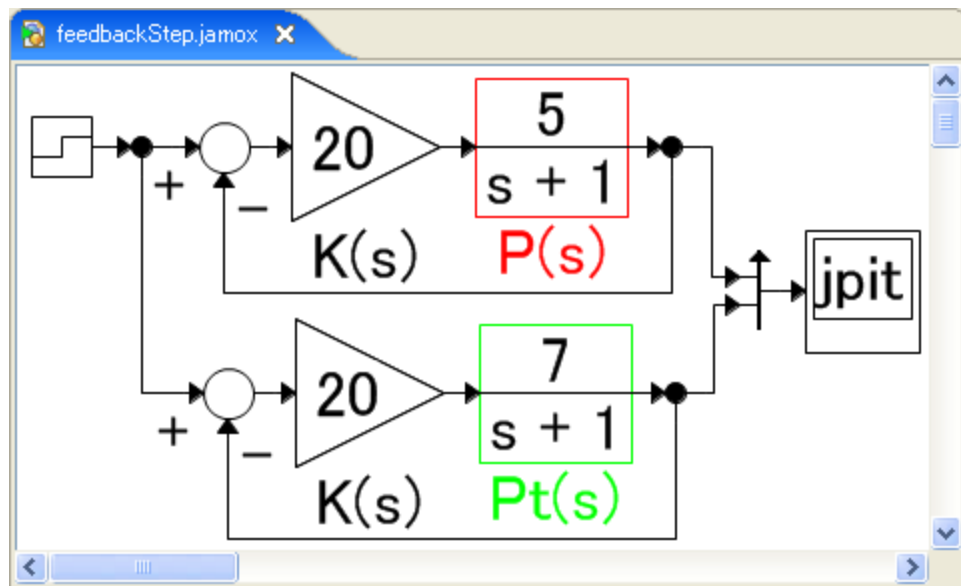
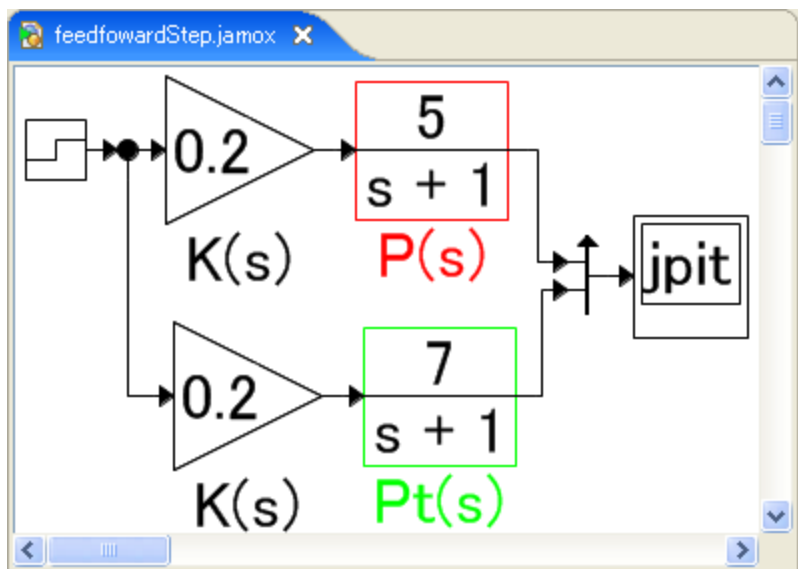
FB系のステップ応答の定常値( $k$ が十分に大きい):

$$y_b(\infty) = \lim_{s \rightarrow 0} s T(s) \frac{1}{s} = T(0) = \frac{ak}{1 + ak} \approx \frac{ak}{ak} = 1$$

$$\tilde{y}_b(\infty) = \tilde{T}(0) = \frac{\tilde{a}k}{1 + \tilde{a}k} \approx \frac{\tilde{a}k}{\tilde{a}k} = 1 = y_b(\infty) \quad (0\% \text{変化})$$

制御器のゲインを大きくすると感度が小さくなる

# パラメータ変動に対する感度(影響)





# 演習1: 定常位置偏差

- 制御対象

$$P(s) = \frac{5}{s^2 + 2s + 2}$$

制御器

$$K_1(s) = 2, \quad K_2(s) = 5, \quad K_3(s) = \frac{2s + 1.25}{s}$$

フィードバック制御系のステップ応答のグラフを求めよ。

- 上の制御対象と制御器について、フィードバック制御系の定常位置偏差を数値で求めよ。

# 演習2: 定常位置(速度)偏差

- 制御対象

$$P(s) = \frac{1}{(s+2)(s+1)}$$

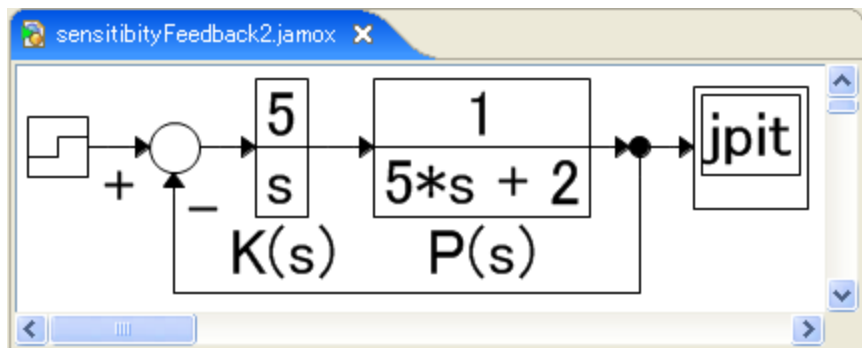
制御器

$$K(s) = \frac{2}{s}$$

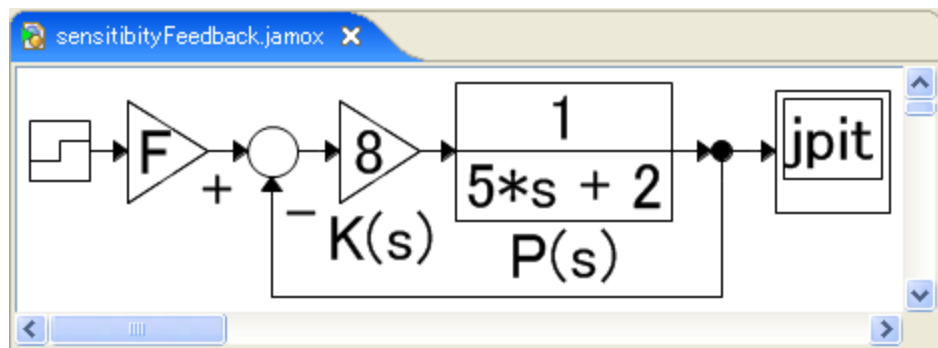
フィードバック制御系のステップ応答とランプ応答のグラフを求めよ。

- 上の制御対象と制御器について、フィードバック制御系の定常位置偏差と定常速度偏差を数値で求めよ。

# 演習3: 過渡特性と定常特性



(a)



(b)

- (b)の制御系において、定常位置偏差が0となるようシミュレーションにより定数ゲインFを求めよ。
- 上記のとき、(a)と(b)のどちらの系の過渡特性(速応性、減衰性)がよいか?その理由を述べよ。
- 制御対象P(s)が  $\tilde{P}(s) = \frac{1.5}{5s + 2}$  と変化したとき、それぞれの系の定常位置偏差はどうなるか?