

第 9 章 :2 自由度制御系

9.2 2 自由度制御系の構造と設計法

キーワード : 2 自由度制御

学習目標 : フィードフォワードとフィードバックの長所を併せ持つ 2 自由度制御系の構造と設計を理解する。

9.2 自由度制御系

9.2.2 自由度制御系の構造と設計法

フィードフォワード制御

$$u_{ff}(s) = \frac{F(s)}{P(s)} r(s)$$

$F(s)$: 設計パラメータ

フィードバック制御

$$u_{fb}(s) = K(s)(F(s)r(s) - y(s))$$

2自由度制御

$$u(s) = u_{ff}(s) + u_{fb}(s)$$

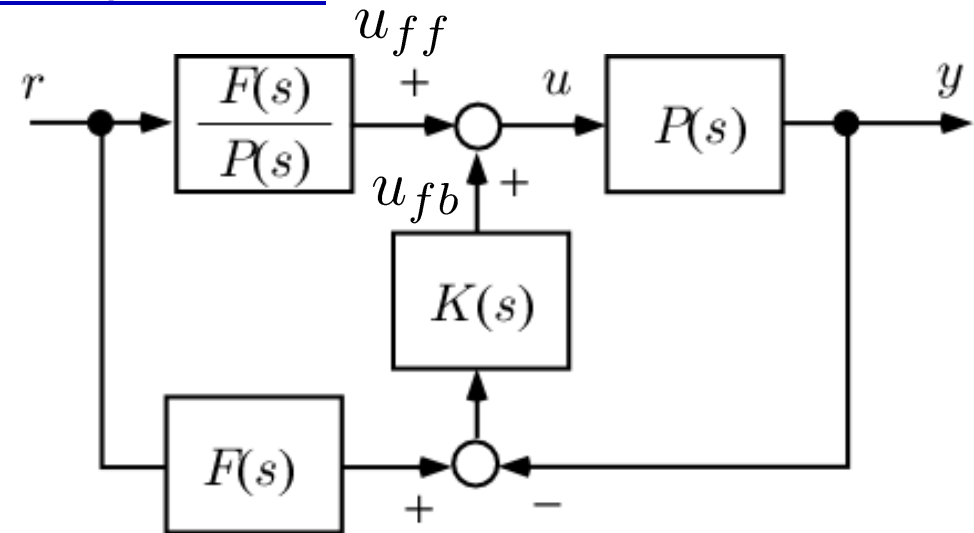


図 9.5 2自由度制御系

モデル化誤差がない場合

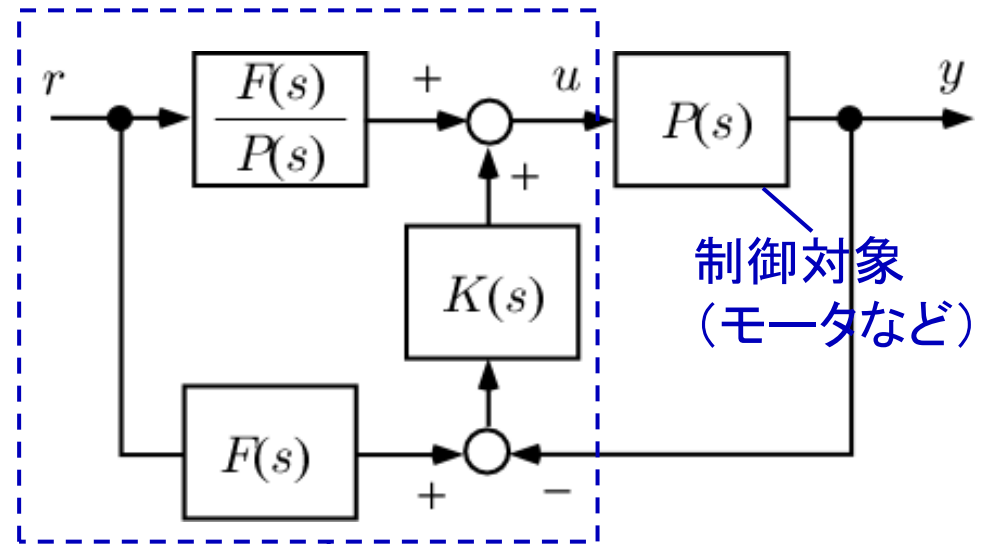
(使用后, 制御対象が経年劣化などしない場合)

$$y = P \left(\frac{F}{P} r + K(Fr - y) \right)$$
$$= Fr + PK(Fr - y)$$

よって

$$(1 + PK)y = (1 + PK)Fr$$

$$y = Fr$$



コントローラ(マイコン, コンピュータ)

コントローラは, 製品を作ったときに組み込むので, 後から変更が不可能

モデル化誤差がある場合

$$y = \tilde{P} \left(\frac{F}{P} r + K(Fr - y) \right)$$
$$= \tilde{P} \frac{F}{P} r + \tilde{P} K(Fr - y)$$

よって

$$(1 + \tilde{P}K)y = \left(\frac{\tilde{P}}{P} + \tilde{P}K \right) Fr$$

$$y = \frac{\frac{\tilde{P}}{P} + \tilde{P}K}{1 + \tilde{P}K} Fr$$

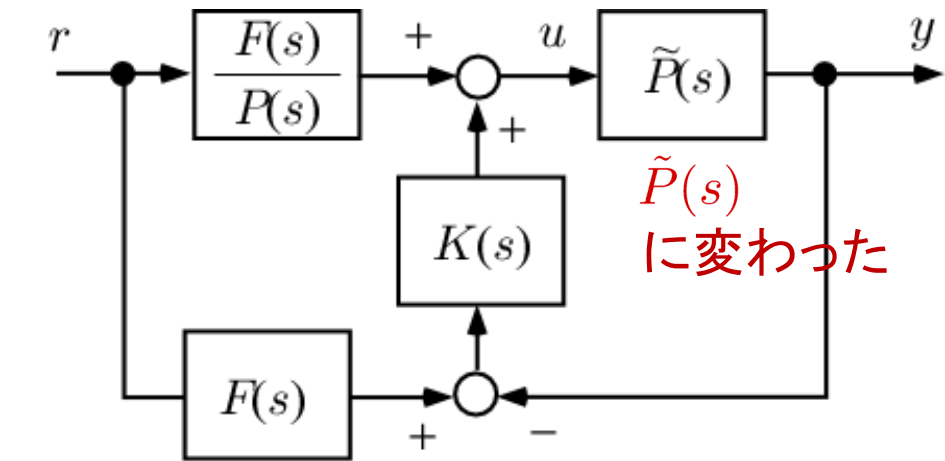


図 9.5 条件付きフィードバック構造

$$\frac{1}{1 + \tilde{P}K} \text{ の効果}$$

$F(s)$: 目標値応答を指定

$K(s)$: フィードバック特性を指定

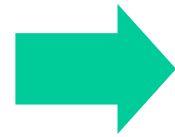
互いに独立

条件付きフィードバック構造

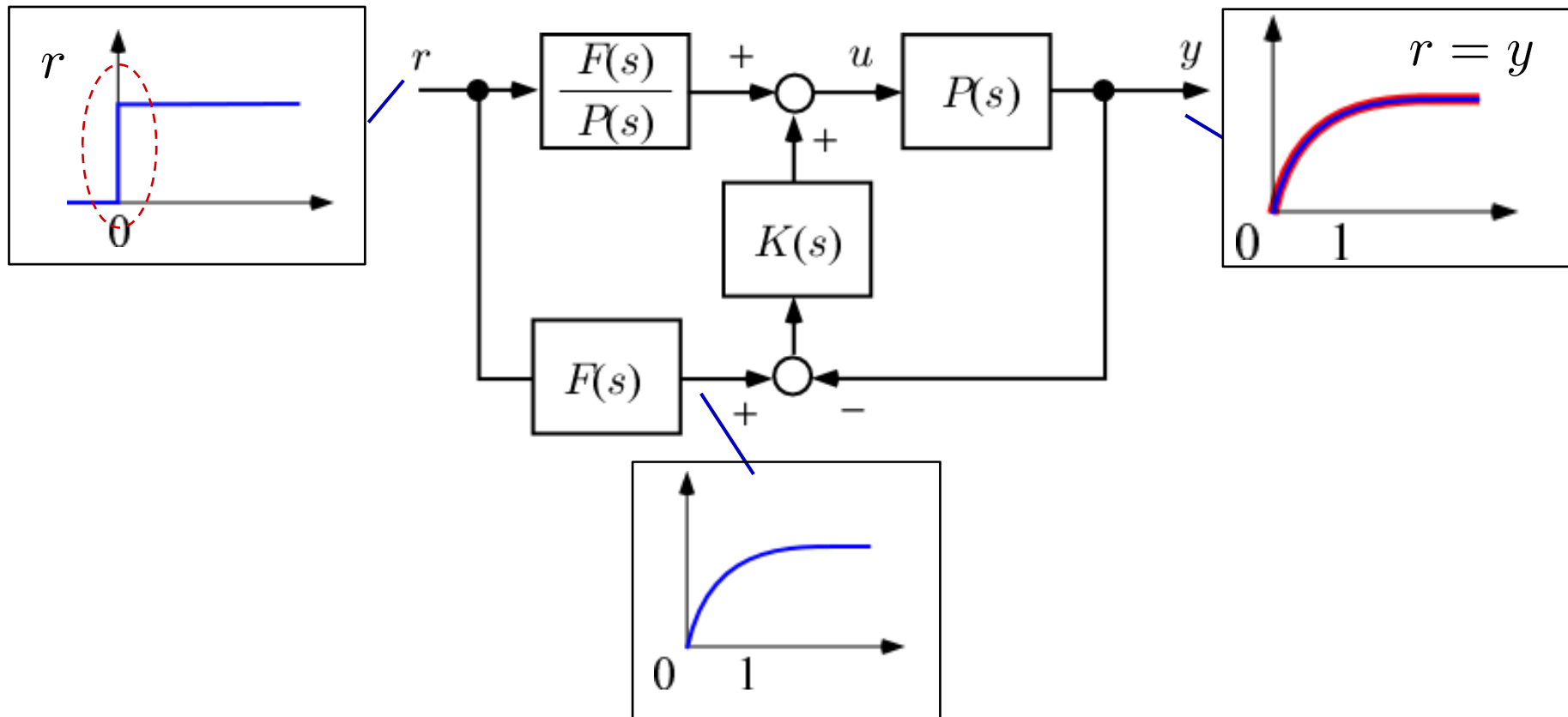
$F(s)$ の役割

$$F(s) = \frac{1}{s+1} \text{ のとき}$$

0 [s] で急激に変化する
目標値は、慣性の法則
から無理がある。



$F(s)$ で現実的な目標値にする



制御系の安定条件

- (I) $F(s)$ が安定, $\frac{F(s)}{P(s)}$ が安定
- (II) $P(s)$ と $K(s)$ からなる閉ループ系が安定

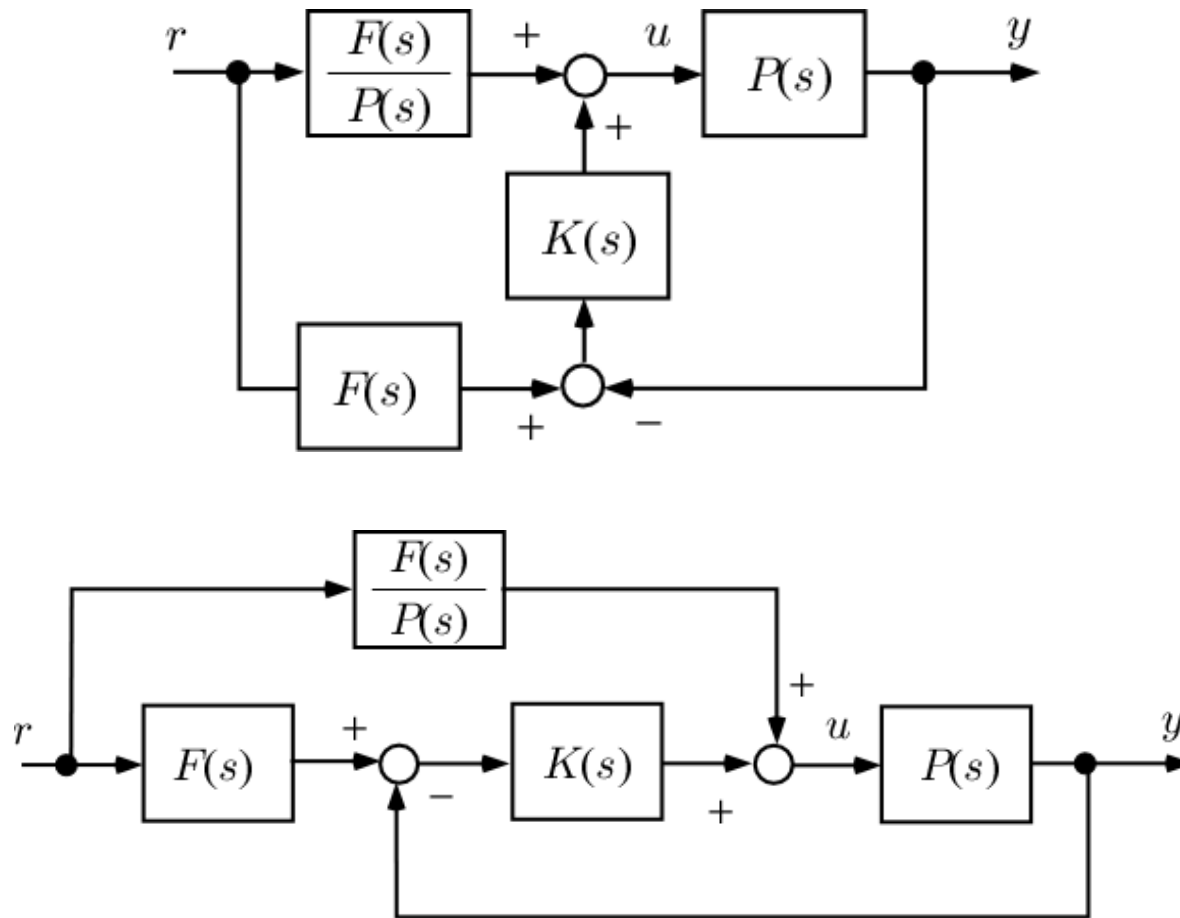


図 9.5 条件付きフィードバック構造


2 自由度制御系の設計手順

- [ステップ1] 目標値応答の観点から、 $F(s)$ を安定条件の範囲内で選ぶ.
- [ステップ2] フィードバック特性の観点から、ループ整形法等を用い、 $K(s)$ を内部安定性を満たす範囲で設計する.
- [ステップ3] 上記の $F(s)$, $K(s)$ を, 図 9.5 のように組み合わせる.

[例 9.2]

制御対象

$$P(s) = \frac{1}{s-1}$$

 $\tilde{P}(s) = \frac{20}{(s-1)(s+20)}$

変動

フィードバックコントローラ

$$K(s) = \frac{4s+6}{s}$$

フィードフォワードコントローラ

$$F(s) = \frac{1}{\tau s + 1} \quad (\tau = 0.3)$$

[例 9.1] と比べてみると、

a ~ c OK & d OK

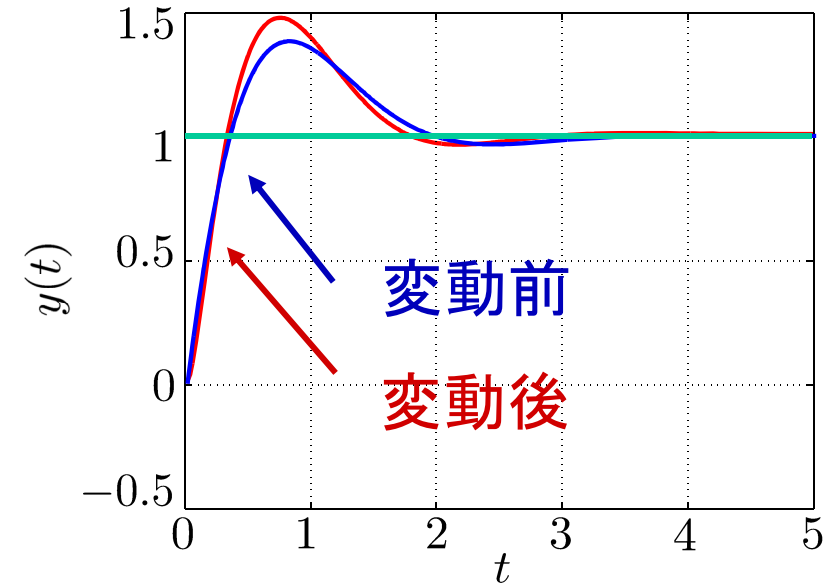


図 9.2 (b) 目標値応答 ($r = 1$)

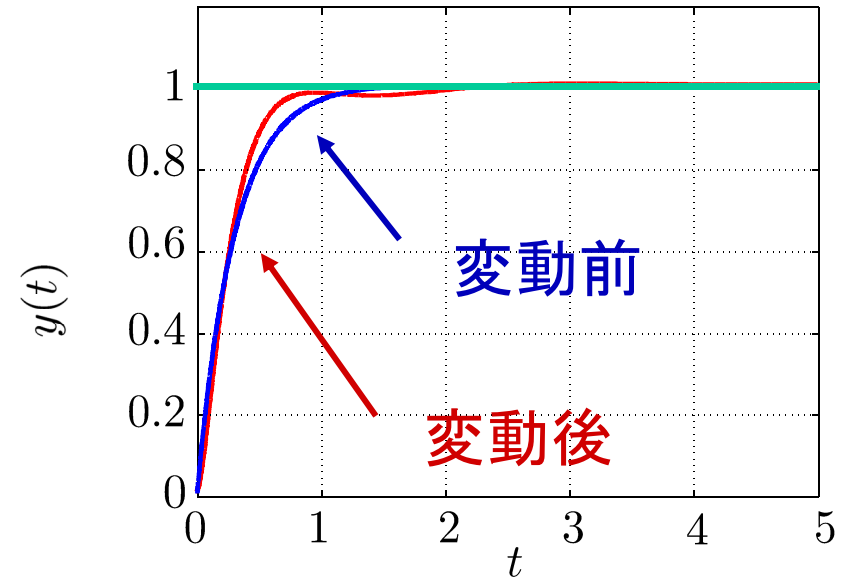


図 9.6 2自由度制御系の
目標値応答例

[例 9.3]

制御対象

$$P(s) = \frac{1}{s} \xrightarrow{\text{変動}} \tilde{P}(s) = \frac{15}{s(s+25)}$$

コントローラ $K(s) = K_0$ (定数)

コントローラの条件

フィードバックのみ $K_0 = 1$ (制限)

$$\text{2自由度 } F(s) = \frac{1}{s+1}$$

$$K = 8$$

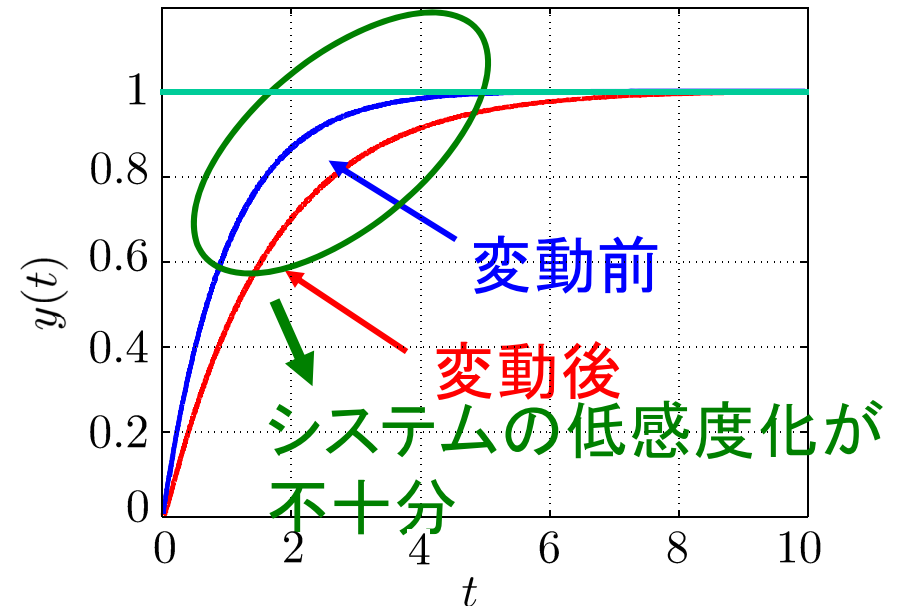


図 9.7 (a) フィードバック系

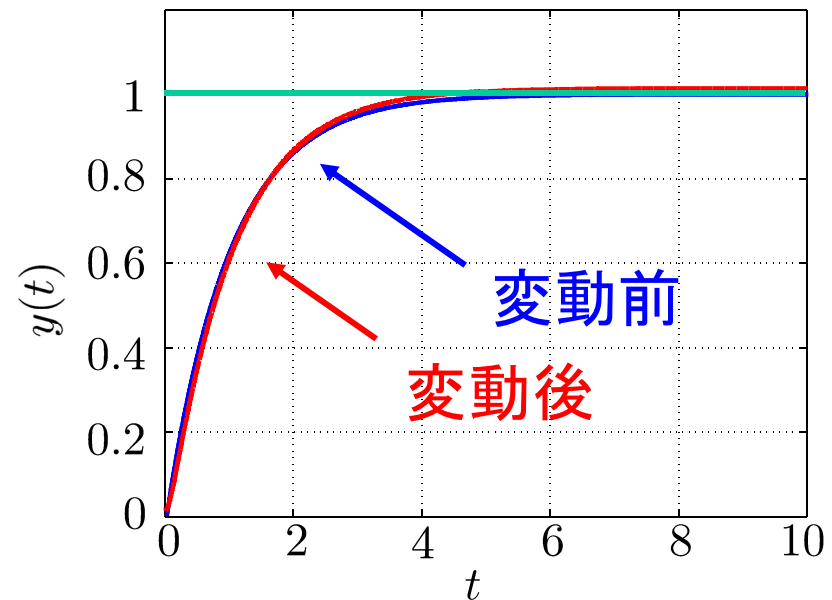


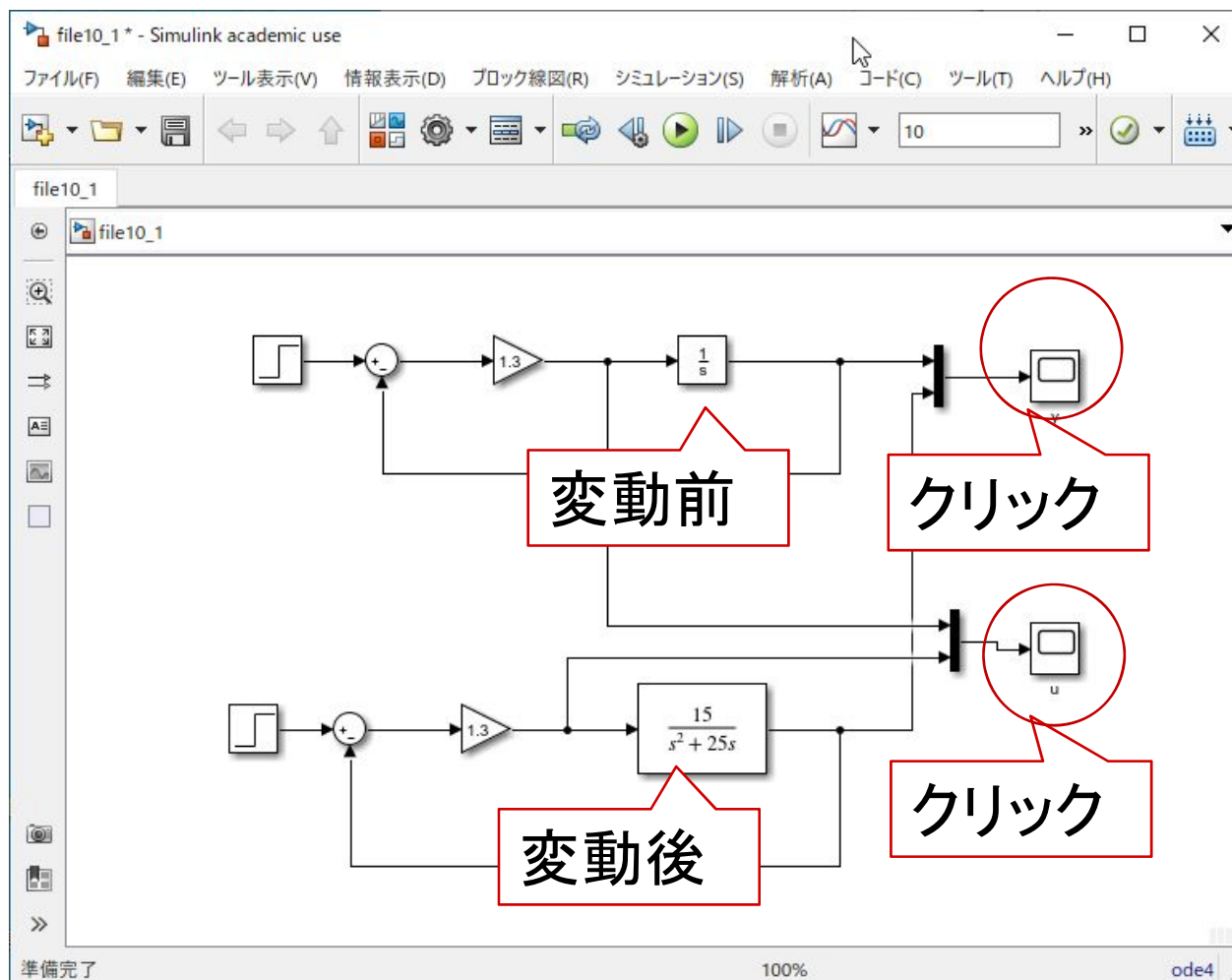
図 9.7 (b) 2自由度制御系 9

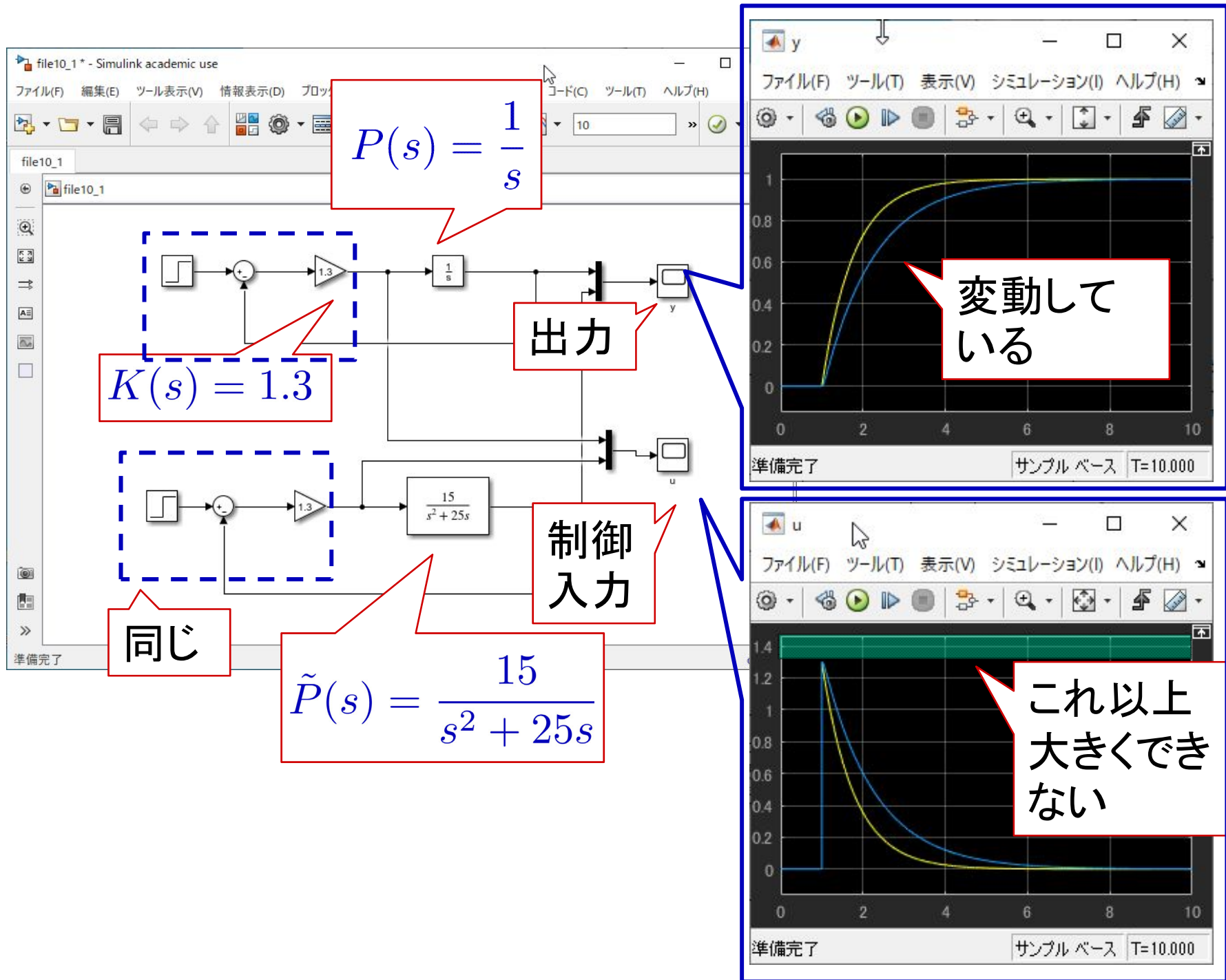
MATLABによる演習

[例 9.3]

(1) フィードバック制御のみ

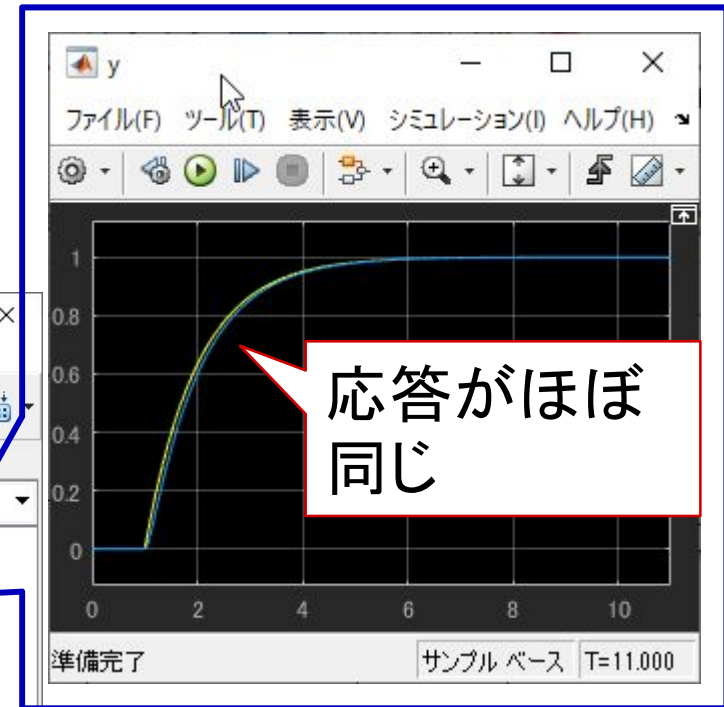
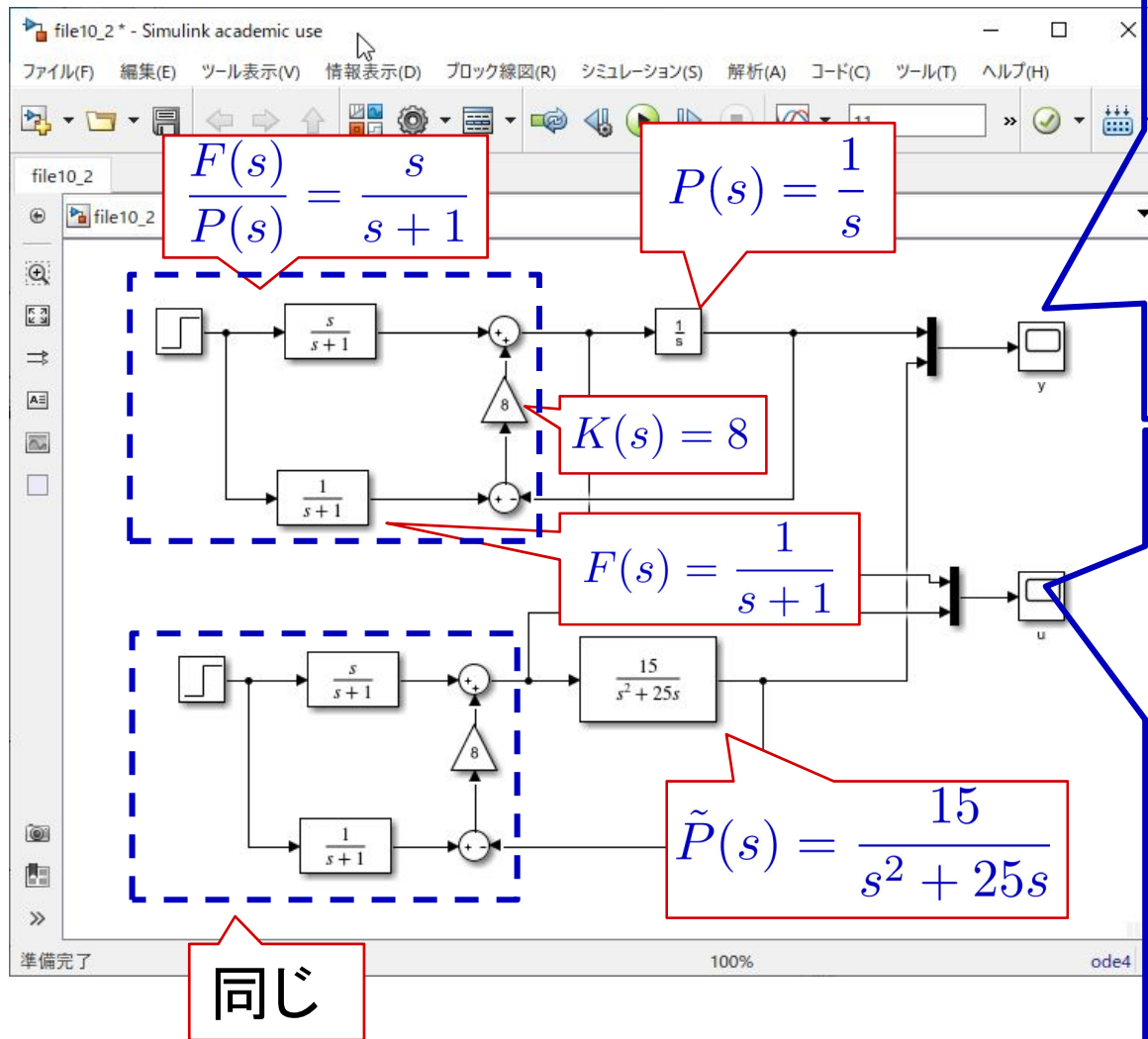
file10_1.mdl





(2) 2自由度制御系

file10_2.mdl

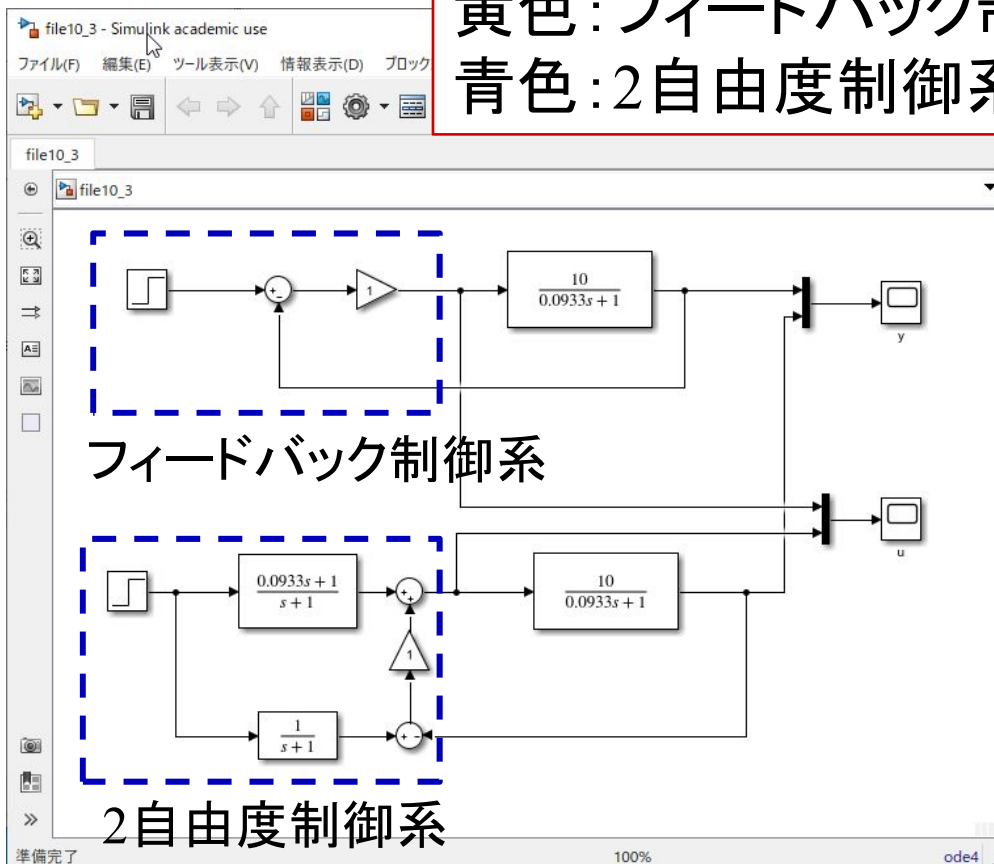


【課題】次の仕様を満たす2自由度制御系の $F(s)$, $K(s)$ を設計して, 出力応答と制御入力の波形を示せ。

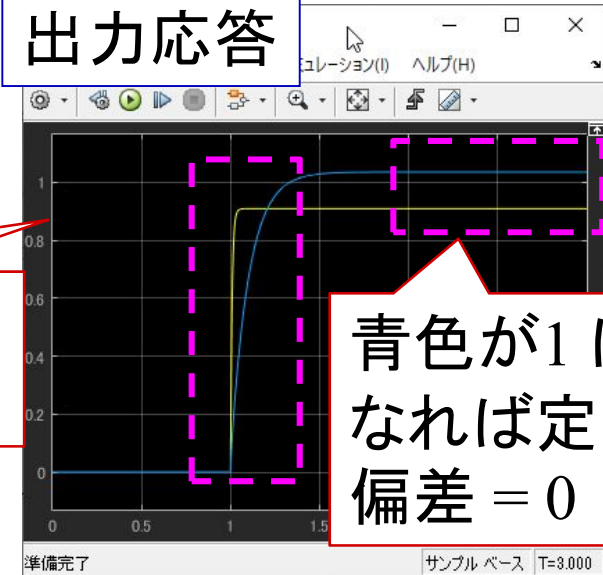
立ち上がり: フィードバック制御と同じくらい
 制御入力: フィードバック制御よりも小さく
 定常偏差: フィードバック制御よりも小さく

file10_3.mdl

黄色: フィードバック制御系
 青色: 2自由度制御系

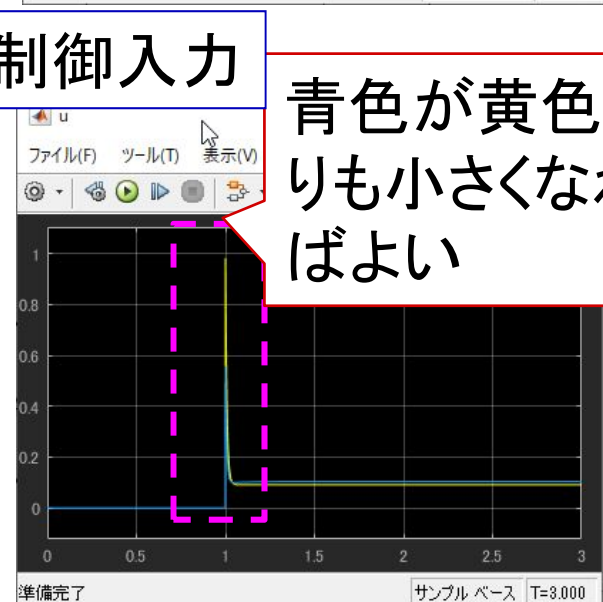


出力応答



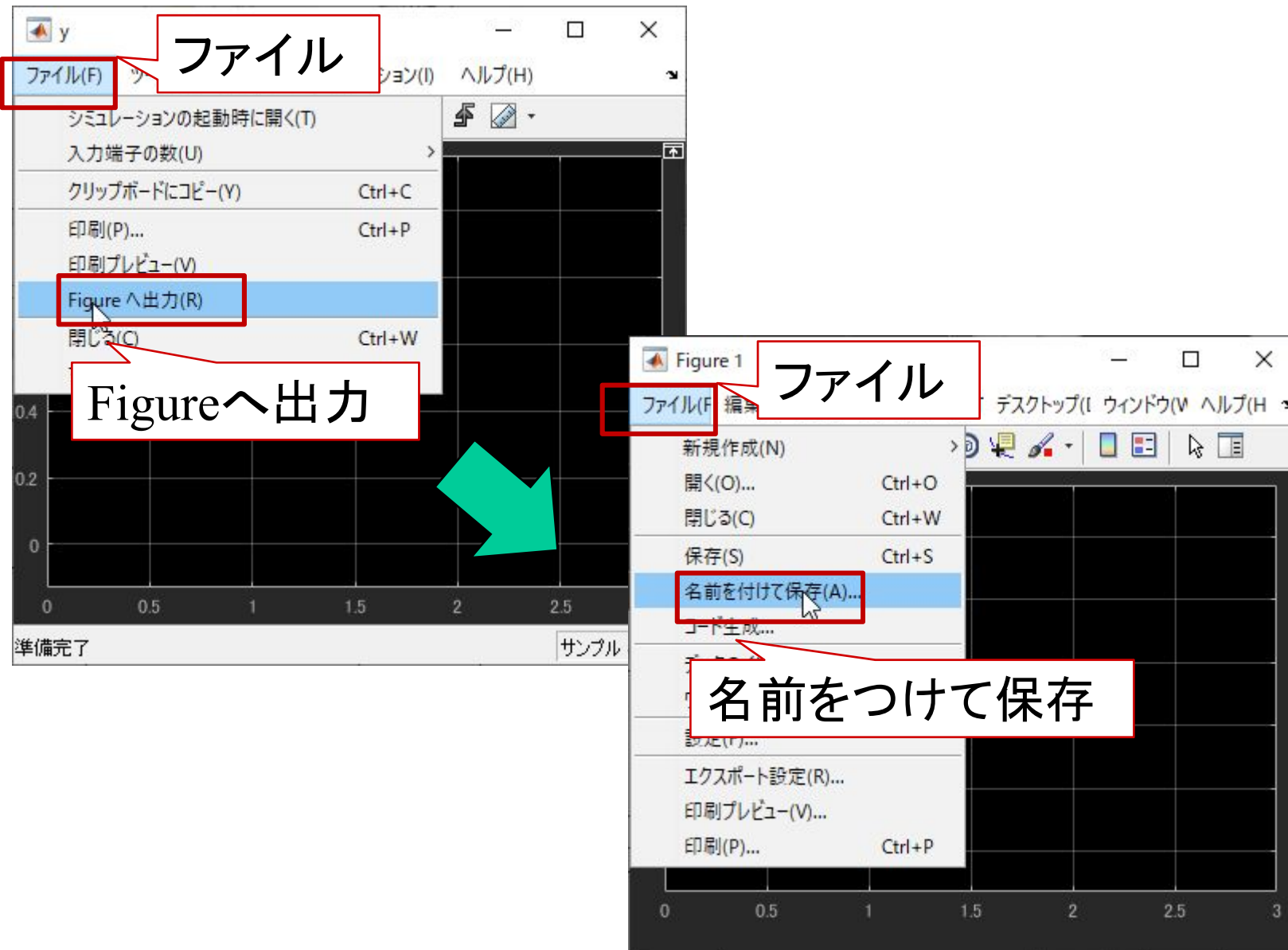
青色が1になれば定常偏差 = 0

制御入力



青色が黄色よりも小さくなればよい

図の保存方法





*.png または *.jpg を選ぶ

第 9 章 :2 自由度制御系

9.2 2 自由度制御系の構造と設計法

キーワード : 2 自由度制御

学習目標 : フィードフォワードとフィードバックの長所を併せ持つ 2 自由度制御系の構造と設計を理解する。