

第7章：フィードバック制御系のロバスト性解析

7.1 不確かさとロバスト性

キーワード：ロバスト性, モデル, 不確かさ,
ノミナルモデル, モデル集合

学習目標：モデルとそれに含まれる不確かさの概念を理解する。モデルの不確かさの記述法を習得する。

1

7. フィードバック制御系のロバスト性解析

7.1 不確かさとロバスト性

ロバスト(robust)：強い, 頑健な, 丈夫な...

モデルの不確かさ

- パラメータ値の誤差
- モデル化されない動特性
- 考慮されない非線形性
- 外乱 / 雑音
- 動作範囲 / 環境の変化



現実のシステム



モデル $P(s)$

2

[例 7.1] 高次の振動モード

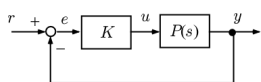


図 ハードディスク

1次系 (制御対象)

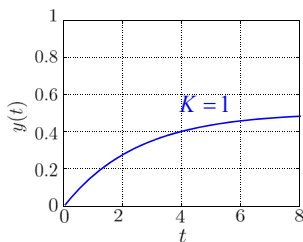
$$P(s) = \frac{1}{5s + 1}$$

開ループ伝達関数

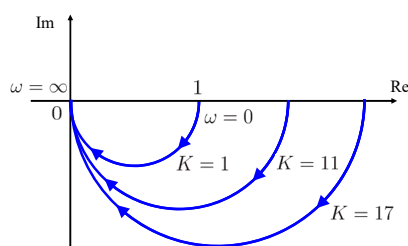
$$L(s) = P(s)K = \frac{K}{5s + 1}$$

定数ゲイン

$$K = 1$$



3



ゲイン余裕 = ∞

K どれだけ増やしても不安定にならない

不安定にならないことは現実的でない

4

制御対象 $P(s) = \frac{1}{5s + 1}$



実際の
制御対象 $\tilde{P}(s) = \frac{1}{5s + 1} \cdot \frac{4}{s^2 + 2s + 4}$



振動モード

振動モード: $\frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$

$$\omega_n = 2$$

$$2\zeta\omega_n = 2 \Rightarrow \zeta = 0.5$$

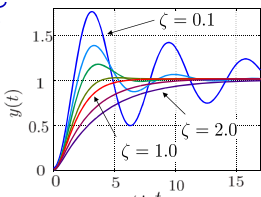


図3.7 2次系のステップ応答

5

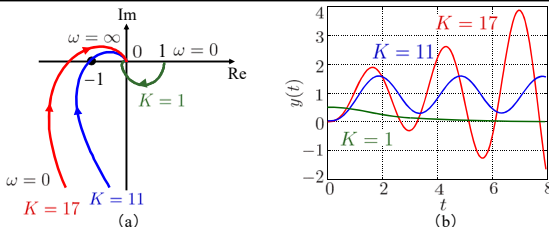


図 7.2 振動モードを有する系のベクトル軌跡とステップ応答

$K = 1$ 低周波域, 定常特性: あまり影響がない

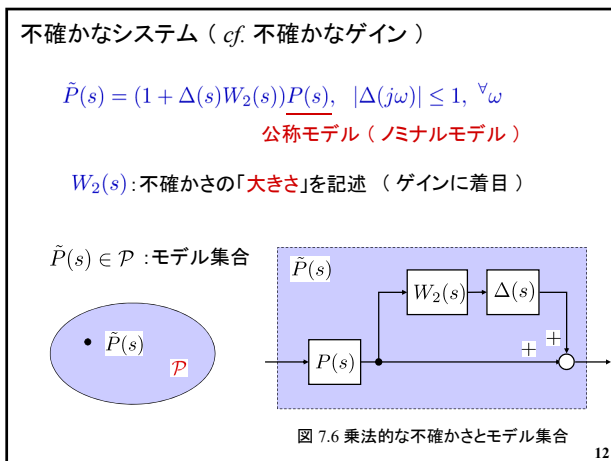
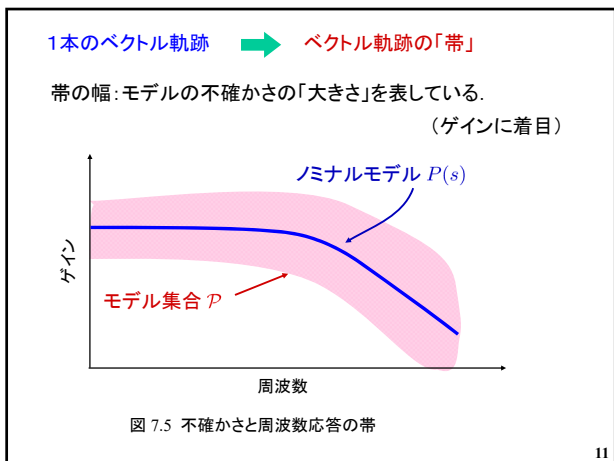
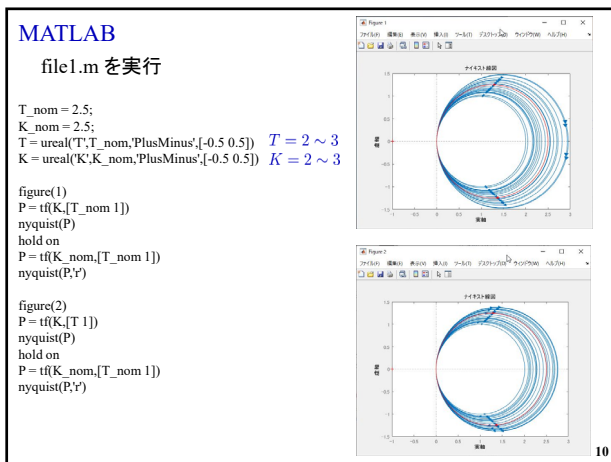
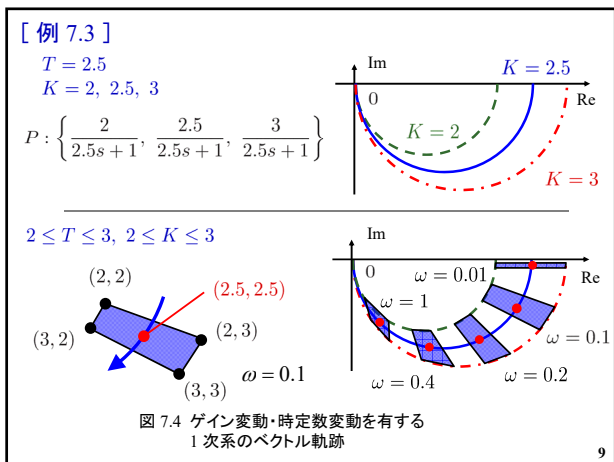
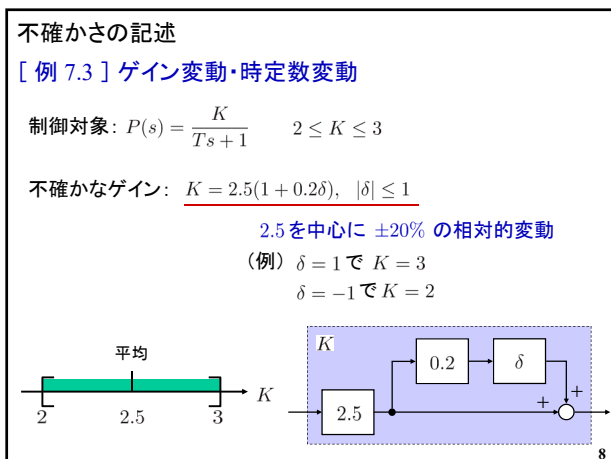
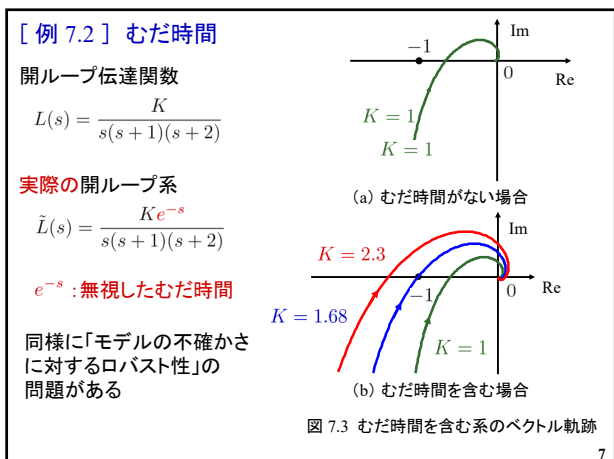
$K = 11$ 安定限界

$K = 17$ 不安定

K を増大すると, フィードバックの効果があるが, モデルの不確かさによって, 不安定になる

ロバスト性が必要

6

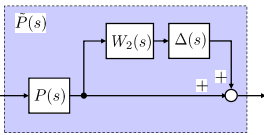


乗法的な不確かさ

$$\tilde{P}(s) = (1 + \Delta(s)W_2(s))P(s)$$

$\Rightarrow \frac{\tilde{P}}{P} - 1 = \frac{\tilde{P} - P}{P} = \Delta W_2$

(\Leftrightarrow 加法的な不確かさ)
 (演習問題[3]を参照)



円盤型の不確かさ

$$|\tilde{P} - P| = |\Delta W_2 P| \leq |W_2 P|$$

($\because |\Delta| \leq 1$)

周波数応答軌跡の「帯」を囲むを参照

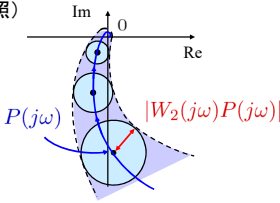


図 7.7 乗法的な不確かさとモデル集合のベクトル軌跡

13

第 7 章 : フィードバック制御系のロバスト性解析

7.1 不確かさとロバスト性

キーワード : **ロバスト性, モデル, 不確かさ, ノミナルモデル, モデル集合**

学習目標 : **モデルとそれに含まれる不確かさの概念を理解する。モデルの不確かさの記述法を習得する。**

14