

目 次

第1章 はじめに

1.1	制御とは何か	1
1.1.1	システムとブロック線図	1
1.1.2	制御とは	2
1.1.3	フィードフォワードとフィードバック	2
1.2	静特性と動特性	3
1.3	数学モデル	5
1.4	古典制御と現代制御	5
1.5	モデル化誤差	6
	演習問題	7

第2章 状態方程式

2.1	状態方程式の立て方	9
2.1.1	バネ・マス・ダンパ系	9
2.1.2	RLC回路	12
2.2	非線形システムの線形化	13
2.3	ラグランジュの運動方程式	17
	演習問題	19

第3章 状態方程式の解と安定性

3.1	状態方程式の解を求める	21
3.1.1	微分方程式による解法	21
3.1.2	ラプラス変換による解法	23
3.2	安定性	24
3.2.1	固有値と固有ベクトル	24
3.2.2	対角化とモード分解	25
3.2.3	固有値が実数の場合の時間応答	28
3.2.4	固有値が複素数の場合の時間応答	29

3.3 リアブノフの安定判別法	32
3.3.1 リアブノフ安定性	32
3.3.2 リアブノフ関数	35
3.3.3 線形システムの場合	37
演習問題	38

第4章 可制御性・可観測性

4.1 可制御性とその条件	41
4.2 可観測性とその条件	44
4.3 双対性の定理	46
演習問題	49

第5章 実現問題

5.1 状態方程式から伝達関数を求める	51
5.2 伝達関数から状態方程式を求める	53
5.3 極-零点消去	56
演習問題	58

第6章 状態変数変換と正準形式

6.1 状態変数変換	61
6.2 正準形式	67
6.2.1 対角正準形式	67
6.2.2 可制御正準形式	70
演習問題	75

第7章 状態フィードバックと極配置

7.1 状態フィードバック制御	77
7.2 極配置法による制御系設計法	78
演習問題	81

第8章 最適レギュレータ

8.1 最適レギュレータ	83
8.2 最適レギュレータの設計法	84

8.3 評価関数	88
8.4 リカッチ方程式の解法	94
8.5 最適レギュレータの性質	98
8.5.1 閉ループ系の安定性	98
8.5.2 円条件	100
8.5.3 評価関数の最小化	102
8.5.4 最適レギュレータの注意	103
演習問題	104

第 9 章 オブザーバ

9.1 オブザーバ	105
9.2 オブザーバの設計法	106
9.2.1 オブザーバを用いない状態推定	106
9.2.2 同一次元オブザーバ	109
9.3 最小次元オブザーバ	113
9.3.1 簡単な例題に対する最小次元オブザーバ	113
9.3.2 一般的な対象に対する最小次元オブザーバ	116
9.4 オブザーバを用いた状態フィードバック	121
演習問題	125

第 10 章 サーボシステム

10.1 サーボシステム	127
10.2 定常偏差と閉ループシステムの型	128
10.3 内部モデル原理に基づくサーボシステムの構造	133
10.4 サーボシステムの設計	139
10.5 設計法の比較	143
10.6 サーボシステムの設計条件	145
10.7 持続外乱に対するレギュレータとサーボシステム	147
演習問題	149

第 11 章 ディジタル制御

11.1 ディジタル制御系	151
11.2 サンプラーとホールド回路	152

11.3 サンプリング定理	155
11.4 z 変換法	157
11.4.1 z 変換	157
11.4.2 逆 z 変換	159
11.4.3 z 変換の性質	162
11.5 状態方程式の離散化	163
11.6 差分方程式の解法	166
11.7 閉ループ系の安定性	167
11.7.1 双1次 $s-z$ 変換法	169
11.7.2 ジュリーの判別法	171
11.8 状態フィードバック	173
11.9 オブザーバ	174
演習問題	177

付 錄

A.1 行 列	179
A.2 線形と非線形	184
A.3 複素数	184
A.4 2次形式	185
A.5 リアブノフ関数を用いた安定判別の証明（必要条件）	187
 演習問題略解	188
索 引	196