

目 次

第1章 制御系の基礎

1・1 序 説	1
〔1〕 自動制御系とは	1
〔2〕 制御工学の特色	5
1・2 システムの特性	7
〔1〕 自動制御システム	7
〔2〕 物理系の数式表示例	7
〔3〕 システムの特性	8
1・3 伝達関数と制御系の表わし方	11
〔1〕 伝 達 関 数	11
〔2〕 制御系構成要素の伝達関数	12
〔3〕 伝達関数の性質	15
〔4〕 ブロック線図	18
〔5〕 シグナルフロー線図	21
1・4 制御系の周波数特性	24
〔1〕 ベクトル軌跡と逆ベクトル軌跡	25
〔2〕 ベクトル軌跡の諸性質	28
〔3〕 ボード線図	28
〔4〕 ボード線図の利点	30
〔5〕 ゲイン-位相図	31
1・5 制御系の過渡特性	32
〔1〕 伝達関数と過渡特性	32
〔2〕 根 軌 跡 法	36
1・6 制御系の状態変数による表わし方	41
〔1〕 状 態 変 数	41
〔2〕 状態方程式と出力方程式	44
〔3〕 線形状態方程式の解	54
〔4〕 線形システムの標準形と伝達関数	59
1・7 可制御性と可観測性	61

演習問題	65
------	----

第2章 制御系の安定判別

2.1 安定の概念	67
2.2 ラウス、フルヴィッツの安定判別法	69
〔1〕 ラウスの安定判別法	69
〔2〕 フルヴィッツの安定判別法	71
〔3〕 フルヴィッツの方法の拡張	72
2.3 ナイキストの安定判別法およびその拡張	73
〔1〕 ナイキストの安定判別法	73
〔2〕 ナイキストの方法の非線形系への適用	78
2.4 リアプノフの安定判別法	82
〔1〕 リアプノフの安定定理	83
〔2〕 リアプノフ関数の構成法	85
2.5 ポポフの安定判別法	87
〔1〕 ポポフの定理と安定判別法	88
〔2〕 ポポフの定理の拡張	90
〔3〕 時変数系に対する安定判別	91
演習問題	92

第3章 不規則信号に対する制御系の解析

3.1 不規則信号とその性質	95
3.2 相関関数とスペクトル密度	100
3.3 不規則信号に対する系の応答	104
演習問題	107

第4章 制御系の動特性の評価と推定

4.1 制御系の評価	109
〔1〕 制御系の特性の評価	109
〔2〕 定常偏差の表現	109
〔3〕 速応性と安定度の表現	112
〔4〕 ニコルス線図	115
〔5〕 動作評価関数	117

4.2 動特性試験法	118
〔1〕 ステップ入力を用いる方法 (ステップ応答法)	118
〔2〕 正弦波入力を用いる方法 (周波数応答法)	120
〔3〕 パルス入力を用いる方法 (パルステスト法)	121
〔4〕 白色信号を用いる方法	121
4.3 オンラインでの動特性推定	124
〔1〕 周波数応答の推定法	124
〔2〕 インパルス応答の推定法	125
演習問題	126

第5章 サンプル値制御系

5.1 サンプル値制御	127
〔1〕 サンプル値制御の基本構成	127
〔2〕 サンプル値制御の応用	128
5.2 z 変換とパルス伝達関数	129
〔1〕 サンプリング動作の数学的表示	129
〔2〕 サンプリング定理とホールド回路	131
〔3〕 z 変換の諸性質	133
〔4〕 パルス伝達関数	137
5.3 サンプル値制御系の解析 (I)	139
〔1〕 基本的な系のパルス伝達関数	139
〔2〕 周波数特性	140
〔3〕 定常偏差	141
〔4〕 安定判別	142
〔5〕 過渡応答	144
〔6〕 サンプル時点間の応答	146
5.4 サンプル値制御系の解析 (II)	148
〔1〕 線形サンプル値系の状態方程式と出力方程式	148
〔2〕 状態方程式と出力方程式	150
〔3〕 状態方程式, 出力方程式とパルス伝達関数	150
演習問題	151

第6章 制御系の設計

6・1 線形連続制御系の設計	153
〔1〕 制御系の計画	153
〔2〕 サーボ系の設計	154
〔3〕 プロセス制御系の設計	166
6・2 サンプル値制御系の設計	169
〔1〕 サンプル値制御系の特性補償	169
〔2〕 有限整定時間応答系	171
〔3〕 デジタル制御装置	175
6・3 統計的手法による設計	175
6・4 非線形制御系の設計	180
〔1〕 直接法	181
〔2〕 位相面解析法	183
〔3〕 非線形要素による特性改善法	186
6・5 状態方程式による設計	188
〔1〕 状態変数フィードバック	188
〔2〕 閉ループ系伝達関数の極	189
〔3〕 閉ループ制御系の可制御性	190
演習問題	191

第7章 最適制御

7・1 最適制御問題と評価量	193
7・2 ポントリヤギンの最大原理	195
〔1〕 最大原理	195
〔2〕 最大原理の応用	198
7・3 動的計画法による最適制御系の設計	200
〔1〕 動的計画法—最適性の原理	200
〔2〕 基本的な最適制御問題	202
〔3〕 2次評価基準を用いた最適制御	204
7・4 最適化の手法	208
〔1〕 最適化制御	208
〔2〕 適応制御	210

7・5 感度解析	214
7・6 制御系の設計および運転における計算機の役割	217
〔1〕 計算機と自動制御	217
〔2〕 制御工学における計算機の利用	218
〔3〕 計算機制御	219
演習問題	221

付 録

1. ラプラス変換	223
1.1 ラプラス積分	223
1.2 ラプラス変換	224
1.3 ラプラス変換の諸法則	224
1.4 たたみ込み積分とそのラプラス変換	226
1.5 逆ラプラス変換	227
1.6 ラプラス変換の例題	228
2. ベクトルと行列	229
2.1 ベクトルと行列	229
2.2 逆行列	231
2.3 ベクトルの1次独立性	231
2.4 基底	232
2.5 ベクトルの内積	232
2.6 行列の階数	233
2.7 正方行列の固有値と固有ベクトル	233
2.8 正値エルミット形式	235
2.9 ベクトルと行列のノルム	237
2.10 正方行列の指数関数	238
2.11 e^A の計算法	239
演習問題解答	242
索引	263