

目 次

第1章 制御系の概要

1.1 制御系の分類	1
1.2 メカトロニクスとコンピュータ制御	3
1.3 なぜフィードバックを使うか	4

第2章 電子回路とコンピュータ

2.1 受動回路.....	7
2.1.1 信号源	7
2.1.2 2端子回路	7
2.1.3 キルヒホッフの法則	8
2.1.4 4端子回路	9
2.2 能動回路.....	10
2.2.1 電源回路	10
2.2.2 トランジスタ	11
2.2.3 オペアンプとその応用	13
2.2.4 パワーオペアンプの応用例	14
2.3 論理回路.....	15
2.3.1 基本論理回路	15
2.3.2 ブール代数	18
2.3.3 フリップフロップ	20
2.4 コンピュータ	23
2.4.1 数体系	23
2.4.2 コンピュータの構成	24
2.5 インタフェースとプログラミング	26
2.5.1 プログラム言語	26
2.5.2 インタフェース	27
2.6 演習問題.....	31

第3章 アクチュエータとセンサ

3.1 アクチュエータとは	33
3.2 電磁力駆動の原理	33
3.3 ステッピングモータ	34
3.3.1 ステッピングモータの構造と駆動方式	35
3.3.2 ステッピングモータの回転特性	36

3・3・3	開ループ制御系の構成と脱調	37
3・4	サーボモータ	38
3・4・1	サーボモータの構造と分類	38
3・4・2	ムービングコイル・直動(リニア)モータ	39
3・4・3	DC(直流)モータ	39
3・4・4	AC(交流)モータ	40
3・5	流体サーボ	41
3・5・1	空圧サーボ	41
3・5・2	油圧サーボ	42
3・6	センサ	43
3・6・1	ポテンシオメータ(位置センサ)	43
3・6・2	速度センサ(タコメータ)	44
3・6・3	力センサ, 加速度センサおよび圧力センサ	45
3・6・4	デジタルエンコーダ	46
3・6・5	デジタル制御系の構成例	47
3・7	演習問題	49

第4章 線形系解析の基礎

4・1	線形定係数系	51
4・2	ラプラス変換	53
4・2・1	ラプラス変換・逆変換の定義	53
4・2・2	ラプラス変換の例	54
4・2・3	重要な公式	58
4・2・4	ラプラス変換を利用した微分方程式の解法	59
4・2・5	部分分数展開	59
4・3	伝達関数とブロック線図	61
4・3・1	伝達関数の導入	61
4・3・2	重要な伝達関数	62
4・3・3	ブロック線図とその等価変換	64
4・3・4	ブロック線図の等価変換	65
4・4	状態方程式	68
4・4・1	定義	68
4・4・2	伝達関数との関連	70
4・5	フーリエ級数とフーリエ変換	73
4・5・1	フーリエ級数	73
4・5・2	フーリエ変換	76
4・5・3	ラプラス変換とフーリエ変換の関係	77
4・6	離散時間系と z 変換	77
4・6・1	サンプリング	77
4・6・2	z 変換	79
4・6・3	逆 z 変換	81
4・6・4	z 変換を利用した差分方程式の解法	81

4.7 離散時間系の伝達関数と状態方程式	82
4.7.1 パルス伝達関数	82
4.7.2 離散時間状態方程式	82
4.8 演習問題	84

第5章 制御系の応答

5.1 フィードバック制御系の特性	87
5.2 フィードバック制御系の定常特性	88
5.3 システムの過度応答特性	91
5.4 連続状態方程式と離散状態方程式の対応	94
5.4.1 連続状態方程式の解とその性質	94
5.4.2 離散状態方程式の誘導	96
5.4.3 ブロック線図で与えられるシステムの時間応答計算	97
5.5 周波数応答	98
5.5.1 周波数応答とは	98
5.5.2 伝達関数と周波数応答	99
5.5.3 周波数応答実験	99
5.5.4 伝達関数の基本要素とその周波数応答	101
5.5.5 安定判別	104
5.5.6 定常偏差の評価	106
5.5.7 閉ループ単位ステップ応答の推定	107
5.6 たたみ込み積分	109
5.6.1 インパルス応答	109
5.6.2 たたみ込み積分	110
5.6.3 たたみ込み積分とフーリエ変換	112
5.6.4 FFT によるたたみ込み積分	113
5.7 演習問題	113

第6章 安定解析

6.1 フィードバック系の安定判別	117
6.2 状態方程式の特性根による安定判別	118
6.2.1 連続時間の状態方程式	118
6.2.2 離散時間の状態方程式	119
6.3 状態方程式の対角化	120
6.3.1 状態方程式の対角変換	120
6.3.2 方程式の安定性と解(応答)の特徴	121
6.3.3 入力 u_i と出力 y_k の関係	121
6.3.4 可観測性, 可制御性	121
6.3.5 特性根の計算法	122
6.4 ラウス・フルヴィッツの安定判別	124
6.5 根軌跡法	127

6・6 演習問題	133
----------------	-----

第7章 フィードバック制御系の設計

7・1 フィードバック制御系の設計ステップ	135
7・1・1 制御対象の特性認知	135
7・1・2 制御部の信号伝達特性の決定	136
7・1・3 制御部のハードウェアの決定	136
7・1・4 計装制御システムの設計	136
7・2 開ループ単位ステップ応答法とフィードバック系の設計	137
7・2・1 小規模無定位性プロセス	137
7・2・2 大規模無定位性プロセス	139
7・2・3 大規模定位性プロセス	140
7・2・4 むだ時間を含む系のフィードバック制御	140
7・3 PIDコントローラのチューニング	142
7・3・1 ステップ応答法	143
7・3・2 ジーグラ・ニコルスの限界感度法	144
7・3・3 PIDコントローラの実装上の問題点	147
7・4 周波数応答法による位相遅れ, 位相進みコントローラの設計	147
7・4・1 位相遅れコントローラの効果	147
7・4・2 位相進みコントローラの効果	149
7・5 3自由度の遅れ・進みコントローラの設計	150
7・6 等価離散(パルス)伝達関数	153
7・6・1 極・零マッピング	153
7・6・2 双一次変換(Pade')法	154
7・7 根軌跡によるコントローラの設計	154
7・8 フィードバック補償法	156
7・9 演習問題	158

第8章 状態フィードバック制御

8・1 状態方程式	161
8・1・1 連続系の状態方程式	161
8・1・2 離散系の状態方程式	163
8・2 レギュレータ	164
8・2・1 安定性, 可制御性および可観測性	164
8・2・2 状態フィードバックによる安定化	166
8・2・3 最適レギュレータ	168
8・2・4 リッカチ方程式の解	169
8・2・5 最適系の根軌跡	170
8・3 オブザーバ	173
8・3・1 同次元オブザーバ	173
8・3・2 最小次元オブザーバ	175

8・3・3 オブザーバを併用したレギュレータ	178
8・4 サーボ系の設計	181
8・4・1 サーボ系と内部モデル原理	181
8・4・2 サーボ系の設計法(その1)	182
8・4・3 サーボ系の設計法(その2)	183
8・4・4 繰返し制御	187
8・4・5 外乱オブザーバを利用したサーボ系	188
8・5 演習問題	192
参考文献	195
演習問題の解答	197