

第 1 章	制御とは	1
1.1	制御の定義	1
1.2	制御の始まり	2
第 2 章	制御工学へのアプローチ	7
2.1	制御の対象	7
2.2	ダイナミクス	8
2.3	ダイナミクスの例	10
2.4	実世界をブロック線図で表す	12
2.5	微分方程式は難しそう：ラプラス変換の登場	14
2.6	フィードフォワード制御の導入	17
2.7	フィードバック制御の登場	19
2.8	フィードバック制御の例	20
第 3 章	制御工学で利用する数学	26
3.1	時間の世界	26
3.2	複素数の世界	27
3.2.1	直交座標と極座標	27
3.2.2	システムの接続	31
3.2.3	指数関数と対数関数	33
3.3	ラプラス変換	34
3.3.1	ラプラス変換を勉強する理由とラプラス変換の定義	34
3.3.2	制御工学で用いる基本的な信号とそのラプラス変換	35

3.3.3	ラプラス変換の性質	39	4.6.4	1次遅れ要素	97
3.3.4	逆ラプラス変換の計算法：留数計算の秘密	44	4.6.5	1次進み要素	100
3.3.5	ラプラス変換を用いた物理の問題の解法	47	4.6.6	システムの直列接続	100
第4章 制御対象のモデリング		51	4.6.7	2次遅れ要素	104
4.1	重ね合わせの理と線形システム	51	4.6.8	むだ時間要素	108
4.2	時間領域における線形システムの表現	54	第5章 制御対象と制御システムのアナリシス		110
4.2.1	インパルス応答による表現	54	5.1	線形システムの安定性	110
4.2.2	微分方程式による表現	55	5.1.1	安定性の定義	111
4.3	ラプラス領域における線形システムの表現：伝達関数	58	5.1.2	ラプラス領域における安定判別	112
4.3.1	伝達関数の定義 (1)	58	5.2	制御システムの構成	119
4.3.2	伝達関数の定義 (2)	58	5.2.1	フィードフォワード制御	120
4.3.3	伝達関数の例	60	5.2.2	フィードバック制御	125
4.4	基本要素の伝達関数	62	5.2.3	2自由度制御システム	130
4.4.1	比例要素	62	5.3	フィードバック制御システムの安定性	131
4.4.2	微分要素	63	5.3.1	フィードバック制御システムの安定判別	131
4.4.3	積分要素	64	5.3.2	ナイキストの安定判別法	136
4.4.4	1次遅れ要素	64	5.3.3	安定余裕	145
4.4.5	1次進み要素	68	5.3.4	安定なフィードバック制御システム	147
4.4.6	2次遅れ要素	69	5.4	フィードバック制御システムの過渡特性	150
4.4.7	むだ時間要素	78	5.4.1	時間領域における過渡特性	150
4.5	周波数領域における線形システムの表現：周波数伝達関数	79	5.4.2	ラプラス領域における過渡特性	154
4.5.1	周波数特性	79	5.4.3	周波数領域における過渡特性	159
4.5.2	周波数伝達関数の定義	86	5.5	フィードバック制御システムの定常特性	163
4.5.3	ボード線図	89	5.5.1	定常偏差	163
4.5.4	ナイキスト線図	91	5.5.2	目標値に対する定常偏差	164
4.6	基本要素の周波数伝達関数	93	5.5.3	外乱に対する定常偏差	171
4.6.1	比例要素	93	第6章 制御システムのデザイン		178
4.6.2	微分要素	94	6.1	制御システムデザインのための仕様	178
4.6.3	積分要素	96			

6.1.1	開ループ特性に対する設計仕様	178
6.1.2	閉ループ特性に対する設計仕様	182
6.2	制御システムデザインの方法	184
6.2.1	PID 制御の構造	185
6.2.2	PID チューニング	191
6.2.3	ループ整形法による制御システム設計	194
6.2.4	さまざまな制御対象	204
6.3	フィードバック補償：古典制御から現代制御へ	208
6.3.1	フィードバック補償	208

参考文献	213
おわりに	214
索引	216

コラム

2.1	ニュートン	9
2.2	ブロック線図の重要性	13
2.3	ラプラスとフーリエ	15
3.1	ヘビサイド	39
3.2	理系専門用語の方言問題	50
4.1	ブロック線図のジレンマ	64
4.2	線形システムの特徴づけ	85
4.3	制御工学と AI の近くて遠い関係	86
4.4	ブラック、ナイキスト、ボード、シャノン：ベル研の偉人たち	92
4.5	染谷勲と波形伝送	93
5.1	マクスウェルとラウス：ケンブリッジ大学の同級生	116
5.2	教室の過渡状態と定常状態	152
5.3	逆応答の例：自動車の左折	160
5.4	サーボ機構	169
5.5	地図（モデル）を持って制御の旅に出よう	177
6.1	PID 制御	186
6.2	スイス連邦工科大学（ETH）：制御工学のルーツ校	195
6.3	古典制御の完成	205
6.4	制御理論の発展	211
6.5	制御と AI	212