

0章 序 論

0・1	ロバスト制御と適応制御	1
0・2	フェイルセーフと適応制御	3
0・3	インテリジェントコントロールと適応制御	5
	参考文献	6

1章 適応制御システム設計の基礎

1・1	適応システムの定義	7
1・2	適応制御の基本設計概念	12
1・3	適応制御の設計方式	13
	[1] モデル規範形適応制御システム (MRACS)	15
	[2] セルフチューニングレギュレータ (STR)	18
	[3] ゲインスケジューリングシステム	19
	[4] 直接方式と間接方式	20
1・4	未知プラントのシステム表現	21
1・5	適応制御のための数学	23
	[1] マトリクス演算の基礎	23
	(a) マトリクスの定義	23
	(b) 行列式と逆行列	24
	(c) 逆行列の補助定理	25
	(d) マトリクスの正定性と二次形式	25
	(e) マトリクスのランクと線形独立の条件	26
	[2] 状態方程式, 伝達関数マトリクスと時系列モデル	28

[3] Diophantine 方程式と非最小実現	33
[4] リアプノフの安定定理	35
[5] 正実条件と Kalman-Yakubovich の定理	39
(a) 連続時間システムの正実条件	40
(b) 離散時間システムの正実条件	42
参 考 文 献	45

2 章 未知プラントの推定と適応観測器

2・1 システム同定の概念	47
2・2 パラメータ調整則	48
[1] 確率的パラメータ同定	48
(a) 最小二乗法	49
(b) 拡張最小二乗法	52
(c) 拡張カルマンフィルタ法	55
[2] 確定的パラメータ同定	57
(a) 動的誤差モデルの場合	59
(b) 静的誤差モデルの場合	64
(c) 誤差モデルが非強正実の場合	67
2・3 適応観測器の設計	68
[1] 連続時間適応観測器	69
(a) システム表現と問題の設定	69
(b) 代表的な適応観測器	75
(1) Lüdgers-Narendra 形適応観測器	75
(2) Kreisselmeier 形適応観測器	78
[2] 離散時間適応観測器	82
(a) システム表現と問題の設定	82
(b) 代表的な適応観測器	83
[3] 適応制御システムへの適用	84
参 考 文 献	86

3 章 理想状態の適応制御

3・1 未知プラントの“理想状態”の条件	89
3・2 モデル規範形適応制御システム (MRACS)	91
[1] 連続時間 MRACS の設計	91
(a) 問題の設定とモデルマッチング制御システム	91
(b) 直接法による設計	95
(c) 間接法による設計	100
[2] 離散時間 MRACS の設計	103
(a) 問題の設定とモデルマッチング制御システム	104
(b) 直接法による設計	107
(c) 間接法による設計	109
3・3 セルフチューニングレギュレータ (STR)	109
[1] 最小分散制御システムの設計	109
[2] 極零指定制御システムの設計	113
3・4 実システムへの応用	114
[1] C* 基準による適応飛行制御システムの設計	115
[2] 適応形四輪操舵 (4WS) 車の設計	119
(a) MRACS による適応操舵システムの設計	119
(b) STR による適応操舵システムの設計	124
参 考 文 献	126

4 章 ロバスト適応制御

4・1 ロバスト適応制御の必要性	129
4・2 有界な確定外乱が存在する場合	133
[1] 適応則を修正する方法	133
(a) Peterson らの方法	133
(b) Kreisselmeier らの方法	135
(c) Ioannou らの方法	135

(d) Narendra らの方法	136
[2] 信号の PE 特性を用いる方法	136
[3] 外乱を積極的に打ち消す方法	137
(a) $\overline{W}(p)$ が既知のとき	139
(b) $\overline{W}(p)$ が未知のとき	142
[4] 未知確定外乱をもつ適応飛行制御システムの設計	144
4・3 近似モデルの場合	147
4・4 非最小位相システムの場合	153
[1] 一般化最小分散制御	154
[2] 因数分解法	155
[3] LQG アプローチ	155
[4] 適応極配置法	155
[5] δ -オペレータの適用	156
4・5 未知インタラクタの場合	157
[1] 状態フィードバックで非干渉化が可能な場合	158
[2] 状態フィードバックで非干渉化が不可能な場合	161
[3] CCV フライトコントロールシステムへの応用	164
4・6 時変係数システムの場合	174
4・7 その他の要因の場合	179
参考文献	181
索引	185