

目 次

1. スライディングモード制御とはなにか

1.1	スライディングモード制御の基本的考え方と理論史	2
1.1.1	スライディングモード制御の基本的考え方	3
1.1.2	スライディングモード制御問題の記述	7
1.1.3	スライディングモード制御の理論的背景	7
1.1.4	スライディングモード制御の歴史	11
1.2	線形系に対するスライディングモード制御	14
1.2.1	基本的な定義	15
1.2.2	切 換 方 式	17
1.2.3	到達条件と到達モード	19
1.2.4	制 御 則	20
1.3	スライディングモード制御の性質	24
1.3.1	到達モードの特性	24
1.3.2	スライディングモードの特性	25
1.3.3	スライディングモードのチャタリングと定常状態モード	26
1.4	サーボ系などへの拡張	31
1.5	非線形系のスライディングモード制御	33
1.5.1	正 準 系	34
1.5.2	正準系のスライディングモード制御	35
1.6	スライディングモード制御理論の拡張	37
1.6.1	大規模システム	37
1.6.2	離散時間系	38
1.6.3	分布定数系	39
1.6.4	むだ時間系	39
1.6.5	その他のシステム	40

2. スライディングモード制御の基本構造

2.1 スライディングモードの存在条件	42
2.2 等価制御法による解析	44
2.3 スライディングモードのロバスト性	49
2.4 スライディングモードの零点	49
2.5 スライディングモード領域	50
2.6 スライディングモードと切換周波数	53

3. 連続時間系のスライディングモード制御の設計法

3.1 切換超平面の設計	56
3.1.1 極配置法を用いた設計法	56
3.1.2 固有ベクトル配置による設計法	58
3.1.3 最適な切換超平面の設計法	61
3.1.4 システムの零点を利用する設計法	63
3.1.5 周波数成形による設計法	66
3.1.6 H^∞ 制御理論による設計法	71
3.2 スライディングモードコントローラの設計	76
3.2.1 対角化法による設計	77
3.2.2 固定階層制御法	79
3.2.3 自由階層制御法	83
3.2.4 最終スライディングモード制御法	91
3.2.5 線形制御法と非線形制御法	93
3.2.6 非線形な系に対する制御法	96
3.3 チャタリングの防止策	99
3.3.1 飽和関数を用いる設計法	100
3.3.2 平滑な関数による方法	106
3.3.3 非線形連続制御法	109

4. 不確かな系のスライディングモード制御の設計法

4.1 不確かさの上界値が既知でマッチング条件を満たす スライディングモード制御系の設計	114
4.2 不確かさの上界値が既知でマッチング条件を満たさない スライディングモード制御系の設計	118
4.3 不確かさの上界値を同定する 適応ロバストスライディングモード制御の設計	131
4.3.1 適応上界値を有するスライディングモード制御	132
4.3.2 適応スライディングモード制御入力	134
4.3.3 上界値を同定するスライディングモード制御	135
4.3.4 適応ロバストスライディングモード制御	137

5. スライディングモードサーボ制御系の設計法

5.1 目標値に追従するスライディングモードサーボ制御系の設計	141
5.1.1 積分項を有するスライディングモードサーボ制御系の設計	141
5.1.2 適応追従形スライディングモード制御系の設計	144
5.2 モデル規範形適応制御系のスライディングモード制御	148
5.2.1 不確かさの上界値が既知のモデル規範形スライディングモード制御	148
5.2.2 不確かさの上界値が未知のモデル規範形スライディングモード制御	154

6. VSS オブザーバの設計法

6.1 一般的な最小次元オブザーバの設計	161
6.2 ロバスト VSS オブザーバの設計法	164
6.2.1 基本的なロバスト VSS オブザーバの設計	165
6.2.2 ロバスト最小次元 VSS オブザーバの設計	171

6.3	適応 VSS オブザーバの設計	174
6.4	出力フィードバックによるスライディングモード制御系の設計	178
6.4.1	基本的な定義	179
6.4.2	超平面の設計	180
6.4.3	出力フィードバックによる制御入力的设计	182
6.4.4	出力フィードバックによる観測器の設計	185

7. 離散時間系のスライディングモード制御の設計法

7.1	一般的な離散時間スライディングモード制御の設計	191
7.1.1	超平面の設計	191
7.1.2	一般的な VSS コントローラの設計	193
7.1.3	チャタリングを低減させるコントローラの設計	196
7.2	サーボ系の離散時間スライディングモード制御	199

8. スライディングモード制御の応用

8.1	弾性ロータ系・磁気軸受系の 連続時間スライディングモード制御	205
8.1.1	弾性ロータ系・磁気軸受系のモデリング	205
8.1.2	スライディングモード制御系の設計	209
8.2	弾性ロータ系・磁気軸受系の 離散時間スライディングモード制御	212
8.2.1	等価制御系	213
8.2.2	超平面の設計	214
8.2.3	VSS コントローラの設計	215
8.2.4	実験装置と実験結果	215
8.3	アクティブ動吸振器を有する 搭状構造物のスライディングモード制御	221
8.3.1	モデリング	222
8.3.2	スライディングモード制御系の設計	224

8.3.3	シミュレーションおよび実験	225
8.4	宇宙ロボットの姿勢制御へのスライディングモード制御の適用	228
8.4.1	運動方程式	229
8.4.2	離散時間スライディングモード制御系の設計	229
8.4.3	離散時間 PD 制御系の設計	230
8.4.4	姿勢制御シミュレーションと実験	230
8.5	磁気歯車伝達系のスライディングモード制御	231
8.5.1	磁末密度および伝達トルクの解析	232
8.5.2	スライディングモード制御の構成	232
8.5.3	数値シミュレーションおよび実験	234
8.6	工作機械送り駆動系のスライディングモード制御	235
8.6.1	実験装置およびそのモデル	235
8.6.2	スライディングモード制御系の設計	236
8.6.3	制御実験	238
8.7	ベンチマーク問題 —スライディングモード制御と H^∞ 制御の比較—	238
8.7.1	3 慣性系ベンチマーク問題	238
8.7.2	H^∞ 制御系の設計	239
8.7.3	スライディングモード制御系の設計	243
8.7.4	性能比較	244

参 考 文 献	245
索 引	260