
目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	動機づけ	1
1.2	後退ホライズンの考え方	8
1.3	最適入力の計算	11
1.4	簡単な MATLAB プログラム	17
1.5	オフセットなし追従	22
1.6	不安定プラント	27
1.7	初期の歴史と専門用語	30
1.8	制御階層の中での予測制御	33
1.9	一般的な最適制御の定式化	35
1.10	本書の構成	38
1.11	演習問題	40
第 2 章	予測制御の基本的な定式化	44
2.1	状態空間モデル	44
2.1.1	モデルの形式	44
2.1.2	線形モデル, 非線形プラント	45
2.1.3	第一原理モデルとシステム同定	48
2.2	基本的な定式化	50
2.3	制約つき予測制御の一般的な特徴	58
2.4	状態変数のその他の選択	60
2.5	演算遅れの考慮	62
2.6	予測	66
2.6.1	外乱なし・全状態測定の場合	66
2.6.2	一定値出力外乱	69

2.6.3	観測器の利用	71	4.3	演習問題	174
2.6.4	独立モデルと再編成モデル	76	第5章	予測制御のその他の定式化	177
2.7	例題：航空機モデル	78	5.1	測定可能な外乱とフィードフォワード	177
2.8	演習問題	86	5.2	予測の安定化	181
第3章	予測制御問題の解法	90	5.3	不安定モデルの分解	183
3.1	制約なし問題	90	5.4	非二次評価	185
3.1.1	状態測定可能・外乱なしの場合	90	5.4.1	LP, QP 問題の特徴	185
3.1.2	最小二乗問題としての定式化	93	5.4.2	絶対値定式化	189
3.1.3	制約なしコントローラの構造	96	5.4.3	ミニマックス定式化	190
3.1.4	推定された状態	97	5.5	領域, じょうご, 一致点	191
3.2	制約つき問題	99	5.6	予測関数制御	194
3.2.1	QP 問題としての定式化	99	5.7	連続時間予測制御	199
3.2.2	コントローラの構造	103	5.8	演習問題	202
3.3	QP 問題の解法	107	第6章	安定性	204
3.3.1	アクティブセット法	108	6.1	終端制約による安定性の保証	206
3.3.2	内点法	115	6.2	無限ホライズン	210
3.4	制約の緩和	118	6.2.1	無限ホライズンによる安定化	211
3.5	演習問題	127	6.2.2	制約と無限ホライズン — 安定プラントの場合	215
第4章	ステップ応答と伝達関数を用いた定式化	131	6.2.3	制約と無限ホライズン — 不安定プラントの場合	217
4.1	ステップ応答モデルとインパルス応答モデル	131	6.3	偽代数リカッチ方程式	220
4.1.1	ステップ応答とインパルス応答	131	6.4	Youla パラメトリゼーションの利用	225
4.1.2	状態空間モデルとの関係	135	6.5	演習問題	227
4.1.3	ステップ応答モデルを用いた予測	137	第7章	チューニング	230
4.1.4	ステップ応答からの状態空間モデル	139	7.1	われわれは何をしようとしているのだろうか	230
4.2	伝達関数モデル	147	7.2	特殊な場合	234
4.2.1	基礎	147	7.2.1	制御重みの影響	234
4.2.2	伝達関数を用いた予測	151	7.2.2	平均レベル制御	235
4.2.3	外乱モデルをもつ予測	153	7.2.3	デッドビート制御	236
4.2.4	GPC モデル	162	7.2.4	「完全」制御	237
4.2.5	状態空間での解釈	163	7.3	周波数応答解析	244
4.2.6	多変数システム	173			

7.4	外乱モデルと観測器動特性	245
7.4.1	外乱モデル	245
7.4.2	観測器動特性	249
7.5	参照軌道と前置フィルタ	258
7.6	演習問題	263
第 8 章	ロバスト予測制御	266
8.1	ロバスト制御の定式化	266
8.1.1	ノルム有界型不確かさ	267
8.1.2	ポリトープ型の不確かさ	270
8.2	Lee と Yu によるチューニング手順	271
8.2.1	簡略化された外乱と雑音モデル	271
8.2.2	チューニング手順	275
8.3	LQG/LTR チューニング手順	277
8.4	LMI アプローチ	286
8.4.1	概観	286
8.4.2	制約がない場合のロバスト性	287
8.4.3	制約がある場合のロバスト性	292
8.5	ロバスト実行可能性	294
8.5.1	最大出力許容集合	295
8.5.2	ロバスト許容とロバスト不変集合	297
8.6	演習問題	303
第 9 章	ケーススタディ	305
9.1	シェル石油蒸留塔	305
9.1.1	プロセスの説明	305
9.1.2	制御仕様	309
9.1.3	初期コントローラ設計	311
9.1.4	コントローラの性能と改良	317
9.1.5	制約の緩和	321
9.1.6	モデル化誤差に対するロバスト性	323
9.2	Newell と Lee の蒸発器	329
9.3	演習問題	336

第 10 章	展望	338
10.1	予備の自由度	338
10.1.1	理想的な静止値	338
10.1.2	多目的定式化	339
10.1.3	耐故障性	340
10.2	制約の管理	344
10.3	非線形内部モデル	347
10.3.1	動機づけとアプローチ	347
10.3.2	逐次二次計画法	348
10.3.3	ニューラルネットワークモデル	350
10.3.4	準最適非線形 MPC	352
10.4	移動ホライズン推定	354
10.5	おわりに	356

付録 A	MPC 製品	358
A.1	Aspentech: <i>DMCPlus</i>	359
A.2	Honeywell: <i>RMPCT</i>	361
A.3	Simulation Sciences: <i>Connoisseur</i>	363
A.4	Adersa: <i>PFC</i> と <i>HIECON</i>	365
A.5	ABB: <i>3dMPC</i>	366
A.6	Pavilion Technologies Inc.: <i>Process Perfecter</i>	366

付録 B	MATLAB プログラム — basicmpc	367
-------------	--------------------------------	------------

付録 C	MPC Toolbox	371
C.1	一般的な注意	371
C.2	関数 <i>scmpc2</i> と <i>scmpcn2</i>	375
C.3	関数 <i>scmpc3</i> と <i>scmpc4</i>	376

参考文献	377
-------------	------------

索引	391
-----------	------------