

目 次

1. 時系列解析	1
1.1 時系列解析の問題点	1
1.1.1 データの加工	1
1.1.2 物理モデルの欠如	2
1.2 時系列のモデル化	4
1.2.1 時系列モデル	4
1.2.2 カオスの役割	4
1.2.3 モデルの構成方法	5
1.2.4 予測と評価	7
1.3 データの準備	9
1.3.1 欠落データと異常値の扱い	9
1.3.2 スケール変換	11
1.3.3 定常化	11
1.3.4 入力データ	12
演習問題	13
2. 統計入門	15
2.1 確率過程の基礎.....	15
2.2 自己相関関数, 偏自己相関関数の推定.....	22
2.3 パワースペクトラム.....	24
演習問題	26
3. 線形統計モデル	27
3.1 定常モデル	27
3.1.1 反転可能性と定常性	27

3.1.2	自己回帰モデル	30
3.1.3	移動平均モデル	33
3.1.4	自己回帰移動平均モデル	34
3.1.5	状態空間表示	35
3.2	非定常モデル	36
3.2.1	非定常性の処理方法	36
3.2.2	自己回帰和分移動平均モデル	38
3.2.3	季節変動の処理	39
3.3	線形予測	39
3.3.1	定常, 非定常モデルの予測誤差	39
3.3.2	単位根の検定	42
3.4	モデルの選択	43
3.4.1	ボックス-ジェンキンスの方法	43
3.4.2	情報量規準	44
	演習問題	47
4.	非線形統計モデル	49
4.1	非線形モデル	49
4.1.1	しきい値モデル	49
4.1.2	RCA モデル	52
4.1.3	双線形モデル	53
4.1.4	ARCH モデル	55
4.1.5	ニューラルネットワークモデル	55
4.2	線形性のテスト	56
4.2.1	McLeod と Li のテスト	56
4.2.2	非標準テスト	57
4.3	ラグ回帰によるしきい値モデルの構成	59
4.3.1	一般論	59
4.3.2	いくつかの例	61
4.3.3	実データを用いた例	64

	演習問題	65
5.	長期記憶解析	67
5.1	短期記憶過程の分散解析	67
5.2	長期記憶過程の性質	71
5.2.1	特徴	71
5.2.2	発生メカニズム	72
5.3	定常長期記憶過程	73
5.3.1	自己相似過程	73
5.3.2	非整数ブラウン運動	75
5.3.3	非整数 ARIMA 過程	76
5.4	確率微分方程式による解析	78
5.4.1	線形過程	78
5.4.2	非線形過程	79
5.5	ハースト数の推定	81
5.6	ハースト数計算の具体例	83
5.6.1	人工的なモデル	83
5.6.2	自然現象	85
5.6.3	社会現象	88
5.7	長期記憶過程の予測	91
	演習問題	91
6.	カオス入門	94
6.1	カオスとは	94
6.1.1	カオスとノイズの構造的違い	95
6.1.2	初期値鋭敏性	98
6.1.3	ローレンツモデル	99
6.1.4	引き伸ばし+折り曲げ=カオス	102
6.2	リアプノフ指数	104
6.2.1	定義	104

6.2.2	計算方法	105
6.2.3	大域的リアプノフ指数	108
6.2.4	局所的リアプノフ指数	108
6.3	カオスの解析	109
6.3.1	安定性解析	109
6.3.2	周期倍分岐	110
6.4	フラクタル次元	112
6.4.1	カオスの構造	112
6.4.2	計算方法	113
6.5	ノイズの影響	116
6.5.1	リアプノフ指数の変化	116
6.5.2	ノイズ付加による構造抽出	118
	演習問題	120
7.	非線形解析	121
7.1	非線形解析の第一歩	121
7.2	システムの再構成	124
7.2.1	システムの次元	124
7.2.2	再構成と遅れ時間	126
7.3	非線形ダイナミクスの概念	129
7.3.1	埋め込み：アトラクタの再構成	131
7.3.2	特異値分解法	132
7.4	遅れ時間	133
7.4.1	基本的な考え方	133
7.4.2	自己相関関数	134
7.4.3	平均相互情報量	135
7.5	埋め込み次元	137
7.5.1	相関次元法	138
7.5.2	BDS テスト	142
7.5.3	長期記憶過程の相関次元	143

7.5.4	誤り最隣接法	144
7.5.5	局所誤り最隣接法	151
7.5.6	局所的リアプノフ指数による局所次元	153
7.6	非線形性のチェック	153
7.6.1	DVS 図	153
7.6.2	サロゲート法	154
7.7	非線形予測	155
7.7.1	予測モデル	155
7.7.2	カオス時系列の予測誤差	164
7.7.3	予測の応用例	165
	演習問題	169
	おわりに	172
	参考文献	173
	演習問題の解答	181
	索引	189