

目 次

記号の説明

1	物理的データの基礎的記述	1
1.1	確定的データの分類	2
1.1.1	正弦波的周期データ	3
1.1.2	複合周期データ	4
1.1.3	概周期データ	6
1.1.4	過渡的非周期データ	7
1.2	ランダムデータの分類	9
1.2.1	定常不規則過程	10
1.2.2	エルゴード的な不規則過程	12
1.2.3	非定常不規則過程	13
1.2.4	定常標本記録	13
1.3	ランダムデータの基本的性質	14
1.3.1	2乗平均値	15
1.3.2	確率密度関数	15
1.3.3	自己相関関数	19
1.3.4	パワスペクトル密度関数	22
1.4	ランダムデータの相互関係(結合特性)	25
1.4.1	結合確率密度関数	26
1.4.2	相互相関関数	28
1.4.3	相互スペクトル密度関数	31
2	物理系の応答特性について	37
2.1	定係数線形系	37
2.2	基本的動特性	38
2.3	周波数応答関数	40

2.4	周波数応答関数の説明	41
2.4.1	機械系	42
2.4.2	電気系	50
2.4.3	他の系	52
2.5	実際との関連	53
3	定常不規則過程の理論	55
3.1	確率変数と確率論の基礎	55
3.1.1	1変数の理論	55
3.1.2	2変数の理論	60
3.1.3	ガウス(正規)分布	62
3.2	定常不規則過程	65
3.2.1	相関(共分散)関数	67
3.2.2	スペクトル密度関数	74
3.2.3	有限フーリエ変換によるスペクトル密度	80
3.2.4	濾波-2乗-平均操作によるスペクトル密度	82
3.3	エルゴード的不規則過程	84
3.4	ガウス性不規則過程	87
3.5	線形変換とサンプリング定理	90
3.5.1	不規則過程の線形変換	90
3.5.2	サンプリング定理	92
4	統計学的基礎概念	97
4.1	標本値とパラメータ推定	97
4.2	重要な確率分布関数	100
4.2.1	正規分布	101
4.2.2	χ^2 分布	101
4.2.3	Student の t 分布	103
4.2.4	F 分布	105
4.3	標本分布と記述	108
4.3.1	既知の分散をもつ標本平均の分布	108
4.3.2	標本分散の分布	109
4.3.3	未知分散をもつ標本平均の分布	109
4.3.4	二つの標本分散比の分布	110
4.4	信頼区間	111
4.5	仮説検定	113
4.6	χ^2 検定	117
4.7	連の検定	120
4.8	相関と回帰の手法	123

目次	
4.8.1	線形相関 124
4.8.2	線形回帰 127
5	物理系の入出力関係 133
5.1	1 入力線形系 133
5.2	関連度関数 138
5.3	多入力線形系 143
5.3.1	自己相関関数とパワースペクトルとの関係 143
5.3.2	相互相関関数と相互スペクトル密度関数との関係 146
5.3.3	2 入力の場合 147
5.4	偏関連度関数, 多重関連度関数 149
5.4.1	残差確率変数 149
5.4.2	偏関連度関数 152
5.4.3	多重関連度関数 156
5.4.4	行列表示 159
6	ランダムデータ解析における統計的誤差 165
6.1	誤差の定義 165
6.2	平均値と 2 乗平均値の推定 167
6.2.1	平均値 167
6.2.2	2 乗平均値 170
6.3	確率密度の推定 172
6.3.1	推定量の分散 173
6.3.2	推定量の偏り 174
6.3.3	規準化 rms 誤差 175
6.3.4	結合確率密度の推定 175
6.4	相関関数の推定 177
6.5	スペクトル密度関数の推定 180
6.5.1	推定量の分散 182
6.5.2	推定量の偏り 182
6.5.3	規準化 rms 誤差 183
6.5.4	相互スペクトル密度の推定 184
6.5.5	有限フーリエ変換による推定 184
6.6	関連度関数の推定 188
6.7	周波数応答関数の推定——1 入力の場合 192
6.7.1	偏り誤差 192
6.7.2	標準誤差 194
6.8	周波数応答関数の推定——多入力の場合 199
6.9	必要な記録長 203

7	データ収録と処理の一般的考察	209
7.1	データの取得	209
7.2	データの記録	214
7.2.1	磁化-再生の手法	215
7.2.2	変調-復調方式	217
7.2.3	テープ記録における時間軸誤差	221
7.3	データの準備	222
7.3.1	デジタル化	223
7.3.2	前処理	229
7.4	データの検定	229
7.4.1	定常性の検定	230
7.4.2	周期性の検定	233
7.4.3	正規性の検定	236
7.5	データの解析	237
7.5.1	個々の記録を解析する手法	237
7.5.2	記録の集合を解析する手法	241
7.5.3	パワスペクトルの等価性に対する検定	246
7.5.4	アナログデータ解析とデジタルデータ解析の比較	248
8	アナログデータ解析手法	253
8.1	平均値と2乗平均値	253
8.1.1	計測における基本的要求事項	254
8.1.2	実用上の電圧計について	255
8.1.3	測定精度	256
8.1.4	平均時間	256
8.2	確率密度関数	260
8.2.1	計測における基本的要求事項	260
8.2.2	振幅の分解能と平均時間	262
8.2.3	走査速度と解析時間	263
8.3	自己相関関数	265
8.3.1	計測における基本的要求事項	265
8.3.2	むだ時間の分解能と平均時間	266
8.3.3	走査速度と解析時間	267
8.4	パワスペクトル密度関数	269
8.4.1	計測における基本的要求事項	269
8.4.2	周波数分解能と平均時間	270
8.4.3	走査速度と解析時間	271
8.4.4	可変分解バンド幅	272
8.4.5	時間軸の短縮	274

8.4.6	帯域フィルタ特性	275
8.5	データの結合特性についての解析	278
8.5.1	結合確率密度関数	278
8.5.2	相互相関関数	280
8.5.3	相互スペクトル密度関数	280
8.5.4	周波数応答と関連度関数	281
9	デジタルデータ解析手法	283
9.1	前処理操作	283
9.1.1	サンプリングにおける考慮	283
9.1.2	平均値と分散	284
9.1.3	トレンドの除去	285
9.2	数値フィルタ法	289
9.2.1	非再帰形数値フィルタ	289
9.2.2	再帰形数値フィルタ	294
9.3	フーリエ級数と高速フーリエ変換	296
9.3.1	標準的フーリエ級数解析法	296
9.3.2	高速フーリエ変換	298
9.3.3	Cooley-Tukey(クーリー・チューキー)法	304
9.3.4	その他の関連公式	305
9.4	確率密度関数	307
9.5	自己相関関数	308
9.5.1	直接計算による自己相関関数推定量	309
9.5.2	FFT 計算による自己相関関数推定量	310
9.6	パワースペクトル密度関数	313
9.6.1	相関推定量によるパワースペクトル推定量	313
9.6.2	FFT 計算によるパワースペクトル推定量	321
9.7	二つの記録に対する計算	329
9.7.1	結合確率密度関数	329
9.7.2	相互相関関数	330
9.7.3	相互スペクトル密度関数	331
9.8	周波数応答関数と関連度関数	335
9.8.1	1 入力線形系	335
9.8.2	多入力線形系	337
10	非定常, 過渡的, 多次元データ	343
10.1	非定常不規則過程	343
10.1.1	非定常データの確率的構造	345
10.1.2	非定常平均値	348
10.1.3	非定常 2 乗平均値	353

10.1.4	非定常データの相関的構造	356
10.1.5	非定常データのスペクトル構造	359
10.1.6	非定常データに対する入出力関係	363
10.2	過渡的(衝撃)不規則過程	365
10.2.1	過渡的データの分類と解析	365
10.2.2	過渡的データのスペクトル構造	365
10.3	多次元不規則過程	368
10.3.1	弦の振動問題	371
10.3.2	場と関数の定義	372
10.3.3	測定についての考察	375
文	献	381
付	録	385
索	引	397

