

# 目 次

## 第 1 章 計測とは何か

1.1 センシングと計測 .....	1
1.2 計測と測定 .....	2
1.3 計測とモデルの構築 .....	3
1.3.1 計測対象のモデルと等価回路 .....	3
1.3.2 モデルの構築と数式モデル .....	4
1.4 計測で得られる情報量 .....	5
1.4.1 情報量 .....	5
1.4.2 計測で得られる情報量 .....	6
1.5 電気電子応用計測とは .....	8
1.6 社会と計測技術 .....	9
1.6.1 計測と科学研究 .....	9
1.6.2 産業の品質管理と計測値の整合性 .....	9
1.6.3 自動化と計測による生産性向上 .....	10
1.6.4 計量と取引 .....	10
問 題 .....	11

## 第 2 章 計測標準とトレーサビリティ

2.1 単位量の体系である国際単位系 .....	12
2.1.1 量の体系と単位系 .....	12
2.1.2 国際単位系 .....	12
2.2 標準とトレーサビリティ .....	15
2.2.1 計測器の校正と標準 .....	15
2.2.2 トレーサビリティ .....	15
2.3 計測精度向上と量子標準への変遷 .....	16
2.3.1 長さ標準 .....	16
2.3.2 時間標準 .....	18
2.3.3 質量標準 .....	18
2.4 電気量の量子標準 .....	19
2.4.1 電圧標準 .....	20
2.4.2 抵抗標準 .....	21

2.4.3	容量標準	21
2.4.4	電気量の標準供給体系	22
2.5	誤差と不確かさ	24
問 題		24

### 第3章 計測器の基本的機能と共通要素

3.1	計測機器の機能要素	25
3.1.1	共通機能要素とシステム構成による計測の実現	25
3.1.2	基本的機能とは	26
3.1.3	基本的機能の動作例	27
3.1.4	信号検出と変換機能	29
3.1.5	基準量との比較	30
3.1.6	校正とトレーサビリティ	31
3.1.7	結果の表示	32
3.1.8	操作機能	34
3.1.9	情報の記録と伝送	34
3.2	測定的方式	36
3.2.1	偏位法	36
3.2.2	零位法	36
3.2.3	補償法	37
3.2.4	置換法	37
3.2.5	直接測定と間接測定	38
3.3	計測のアナログ信号処理機能と機器要素	38
3.3.1	電流を計測指示する要素	39
3.3.2	信号の振幅、パワーの増強	43
3.3.3	インピーダンス変換および電圧比較回路	45
3.3.4	アナログ演算回路	46
3.4	アナログ・デジタルインタフェースの信号処理	47
3.4.1	信号の符号化	47
3.4.2	標本化によるサンプリング値と量子化	48
3.4.3	A-D変換	49
3.4.4	D-A変換	54
3.5	デジタル回路	56
3.5.1	計数回路	56
3.5.2	シフトレジスタ	57
3.6	表示デバイス	58
3.6.1	ブラウン管	59

3.6.2	蛍光表示管	59
3.6.3	液晶パネル	59
3.6.4	電界発光パネル	61
3.6.5	数字表示デバイス	61
3.7	計測のシステム化、自動化	62
3.7.1	コンピュータとの接続インタフェース	62
3.7.2	システム化による機能拡張	63
問 題		64

### 第4章 計測情報の評価と向上

4.1	計測により得られる情報量	65
4.2	信号とノイズ	66
4.2.1	ノイズの発生源および伝達経路	67
4.2.2	SN比	68
4.3	信号選択技術	69
4.3.1	静的な選択構造	69
4.3.2	動的な選択構造	74
4.3.3	信号の動的な表現	74
4.3.4	時間領域における信号選択	75
4.3.5	周波数領域における表現	78
4.3.6	周波数領域における信号選択	79
4.4	計測の不確かさ	82
4.4.1	不確かさの定義	82
4.4.2	不確かさの求め方	83
4.5	誤差から不確かさへ	86
問 題		87

### 第5章 電圧・電流の計測

5.1	偏位法による直流電流の計測	88
5.1.1	可動コイル形直流電流計の静特性	88
5.1.2	可動コイル形直流電流計の動特性	89
5.2	偏位法による直流電圧の計測	92
5.3	偏位法による交流電流・電圧の計測	92
5.3.1	交流の表現	92
5.3.2	整流形交流電流計	93
5.3.3	整流形電子電圧計	95
5.3.4	交流を直接にトルクに変換する計測	96

5.3.5 熱電電流計	99
5.4 零位法による電圧の計測	99
5.4.1 直流電位差計	99
5.4.2 自動平衡電位差計と自動平衡電位差記録計	100
5.4.3 A-D変換回路による直流電圧の計測	101
5.4.4 交流電位差計	103
5.5 大電流, 高電圧の計測	103
5.5.1 分流器を用いる直流大電流の計測	103
5.5.2 直流高電圧の計測	104
5.5.3 交流大電流の計測	105
5.5.4 交流高電圧の計測	106
5.6 微小電圧, 微小電流の計測	106
5.6.1 検流計による電流の検出	107
5.6.2 差動増幅器による微小電圧・電流の増幅	107
5.6.3 微小信号の計測の限界となる雑音とその性質	110
5.6.4 狭帯域増幅器による微小電圧・電流の計測	111
5.7 電位の計測	114
5.7.1 振動容量変調器と入力インピーダンス	114
5.7.2 可変容量ダイオードによる変調器	115
5.8 基準電圧の発生と保持	116
5.8.1 ツェナーダイオード	116
5.8.2 基準電圧発生回路	117
問 題	118

## 第6章 電力, 電力量の計測

6.1 直流電力の計測	119
6.1.1 電流計と電圧計による電力の計測	119
6.1.2 電力計による計測	120
6.2 交流電力の計測	121
6.2.1 単相交流の電力	121
6.2.2 三相交流の電力	123
6.2.3 電流力計形電力計による交流電力の計測	124
6.2.4 電流力計形電力計による無効電力, 皮相電力の計測	125
6.2.5 デジタル演算形電力計による交流電力の計測	125
6.3 電力量の計測	127
6.3.1 誘導形電力量計	127
6.3.2 無効電力量の計測	129

問 題	130
<b>第7章 周波数の計測, 波形の観測</b>	
7.1 周波数, 周期の計測	131
7.1.1 周期の計数による周波数の計測	131
7.1.2 コンデンサの充放電による周波数の計測	132
7.1.3 機械的共振による周波数の計測	132
7.1.4 電氣的共振による周波数の計測	133
7.1.5 2周波数の差から周波数を求める計測と周波数合成器	134
7.2 波形の観測	135
7.2.1 オシロスコープによる波形の観測	135
7.2.2 2現象の波形の同時観測	138
7.2.3 オシロスコープのプロブと波形の観測	139
7.2.4 プロブによる電流波形の観測	140
7.2.5 サンプリングオシロスコープによる高周波の波形の観測	142
7.2.6 デジタルオシロスコープによる波形の観測	142
7.2.7 波形メモリーによる波形の観測	143
7.3 位相の計測	144
7.3.1 リサージュの図形による位相差の計測	144
7.3.2 時間差による位相差の計測	145
7.4 周波数の分析	145
7.4.1 ヘテロダイン法によるスペクトル分析	145
7.4.2 高速フーリエ変換によるスペクトル分析	146
問 題	147
<b>第8章 抵抗, インピーダンスの計測</b>	
8.1 抵抗の計測	148
8.1.1 回路計による抵抗の計測	148
8.1.2 電圧降下による抵抗の計測	149
8.1.3 高抵抗の計測	150
8.1.4 絶縁抵抗の計測	151
8.1.5 接地抵抗の計測	152
8.1.6 ホイートストンブリッジによる抵抗の計測	153
8.2 インピーダンスの計測	154
8.2.1 インピーダンスの表現	154
8.2.2 リアクタンス素子の電力損失	156
8.3 共振法によるインピーダンスの計測	156

8.3.1	状態の特徴としての共振	156
8.3.2	共振法によるリアクタンスの計測	157
8.4	ブリッジによるインピーダンスの計測	158
8.4.1	交流四辺ブリッジ	158
8.4.2	交流ブリッジ素子の対地容量	160
8.4.3	半ブリッジ	161
8.4.4	変成器ブリッジ	162
8.4.5	電子化ブリッジ	163
8.4.6	自動平衡ブリッジ	164
問 題		165

## 第9章 磁気量の計測

9.1	磁界, 磁束密度の計測	166
9.1.1	探りコイルによる磁束の計測	166
9.1.2	ホール磁気センサによる磁束密度の計測	167
9.1.3	磁気変調器による計測	169
9.1.4	超伝導量子干渉磁気センサによる超高感度磁気計測	172
9.1.5	種々の磁束計測法と磁界の大きさ	173
9.2	磁性材料の特性計測	174
9.2.1	磁化曲線	174
9.2.2	磁化曲線の計測	175
9.2.3	磁石材料の計測	176
9.2.4	鉄損の計測	178
問 題		181

## 第10章 センサによる信号変換と電子応用計測

10.1	信号変換とセンサ	182
10.1.1	信号変換	182
10.1.2	信号変換とエネルギー変換	183
10.1.3	受動的変換と能動的変換	184
10.1.4	受動的センシングと能動的センシング	185
10.1.5	構造形センサと物性形センサ	185
10.2	物理量センサによる計測	186
10.2.1	力, 微小変位センサ	186
10.2.2	位置, 角度センサとスケール	191
10.2.3	符号器	192
10.2.4	速度センサ, 角速度センサ	194

10.2.5	流速, 流量の変換と計測	194
10.2.6	温度の変換と計測	199
10.3	化学量センサによる物質成分の計測	205
10.3.1	物質成分センサの要件	205
10.3.2	分光分析法	205
10.3.3	気体成分センサ	205
10.3.4	液体成分センサによる成分計測	210
10.3.5	バイオセンサによる分子識別	212
問 題		214
引用・参考文献		215
問題略解		217
索 引		222