

目 次

はじめに

1 センシングの意義

——物理的環境と情報環境とのインタフェース

- 1.1 情報化社会の中のセンシング技術 1
 - (a) センシングの目的 1
 - (b) センシング技術とは 2
 - (c) センシング技術の社会への貢献 2
- 1.2 現代工学におけるセンシング技術 4
 - (a) 理工学の基盤としてのセンシング技術の役割 4
 - (b) センシング技術と計測技術 5
- 1.3 人間の感覚と人工の感覚 5
 - (a) 人工の感覚器は人間の感覚を超えているか 5
 - (b) 感知と認知のギャップ 6

2 センシングと情報技術

——知るためのしくみ

- 2.1 情報の獲得 9
 - (a) センサによる検出と変換 9
 - (b) 信号とノイズ 10
 - (c) センサの設置 11
 - (d) ノイズに強い差動構造 12
- 2.2 センシング情報の処理 12
 - (a) センシング情報の特徴 13

(b)	センサデータの時間的および空間的代表性	14
(c)	アナログデータのデジタル変換	15
(d)	センシングデータの伝送と記録	16
(e)	センシングデータの統合と融合	17
2.3	システムの操作性とヒューマン・マシン・ インタフェース	18
(a)	センシング結果の表示	18
(b)	システムの操作性と操作機能	19
2.4	センシングの知能化と広域化	20
(a)	センシングの知能化	20
(b)	センシング・システムの遠隔運用と通信制御システム	21
3	センサ工学の基礎	23
	——多様な信号変換を支配する共通の原理と手法	
3.1	センシング・システムの基本的機能	23
3.2	量の体系とセンサの構造	24
(a)	量の体系	24
(b)	示強変量と示容変量	24
(c)	信号変換とエネルギー変換	24
(d)	受動型センサと能動型センサ	26
(e)	受動的センシングと能動的センシング	27
3.3	センサ信号の処理技術	28
(a)	信号処理の基軸：振幅，時間，周波数	28
(b)	信号とノイズの時間領域における表現	30
(c)	信号とノイズの周波数領域における表現	32
(d)	周波数領域におけるノイズの分離	34
3.4	センサ信号処理のための電子回路技術	36
(a)	増幅	36
(b)	インピーダンス変換および電圧比較	38
(c)	アナログ信号の加算と積分	39

3.5	信号の符号化	41
(a)	アナログ信号のデジタル変換	41
(b)	A/D変換器	43
(c)	D/A変換器	47
4	センシングと計測	51
	——センシング情報の客観化	
4.1	計測とモデリング	51
4.2	量の体系との結合	54
(a)	測定と単位量の体系	54
(b)	計測値の整合性とトレーサビリティ	54
4.3	計測標準	56
(a)	メートル法の制定	56
(b)	SI単位系	57
(c)	計測標準の変遷	58
(d)	電圧の量子標準	61
(e)	電気抵抗の量子標準	62
(f)	電気量の標準供給体系	64
4.4	計測により得られる情報量	64
(a)	情報量	65
(b)	計測で得られる情報量	66
4.5	計測結果の評価	68
(a)	計測値の不確かさ	68
(b)	不確かさの求め方	69
(c)	誤差から不確かさへ	72
4.6	計測機器の基本方式	73
(a)	基本的測定法	73
(b)	基本的手法の変化	74
(c)	零位法の自動化	75

- (d) デジタル技術による読み取りの自動化 76
- (e) アナログ表示とデジタル表示 77

4.7 計測技術の拡張とパラダイムの変化 78

5 物理量のセンシングとセンサデバイス—— 81

5.1 信号変換を支配する物理法則とセンサの構造 . . . 81 ——構造型センサデバイスと物性型センサデバイス

5.2 力, 変位センサ 82

- (a) 抵抗ひずみセンサ 83
- (b) 容量型変位センサ 87
- (c) インダクタンス型変位センサ 88
- (d) 差動変圧器 89
- (e) 加速度センサ 90

5.3 位置センサ, 速度センサ 91

- (a) 位置, 長さセンサ 91
- (b) 速度センサ, 角速度センサ 94
- (c) 波動を利用した長さ計測 95
- (d) 波動を利用した速度計測 96

5.4 センサとアクチュエータの可逆性 97

5.5 流れの速度センサ 99

- (a) 流速計測の原理 99
- (b) ピトー管流速センサ 99
- (c) 絞り流量センサ 101
- (d) 電磁型流速センサ 103
- (e) 渦流速センサ 106
- (f) 超音波流速センサ 109
- (g) 熱型流速センサ 112

5.6 温度のセンシング 114

- (a) 温度計測法と物性の温度特性 114
- (b) 抵抗型温度センサ 115

- (c) 熱電型温度センサ 119
- (d) 非接触型温度センサ 123

5.7 光/赤外線センサ 126

- (a) 光伝導効果 127
- (b) 光起電力効果 128
- (c) 光伝導型センサ 130
- (d) フォトダイオードとフォトトランジスタ 131
- (e) 熱変換型光センサ 132
- (f) 光センサの感度と波長依存性 133

5.8 磁気センサ 134

- (a) 半導体と磁界との相互作用 134
- (b) ホール効果磁気センサ 136
- (c) 磁気抵抗効果磁気センサ 137

6 物質のセンシング—— 139

——化学計測と分析技術

6.1 物質成分センシングの課題 139

- (a) 感度と選択性 139
- (b) 感度と選択性を両立させる前処理 140

6.2 標準物質とトレーサビリティ 140

- (a) 標準物質 140
- (b) 標準物質の供給体制 141

6.3 物質成分計測法 141

- (a) 分光分析法 141
- (b) 共通化できる分析法 141

6.4 気体成分センサ 142

- (a) 熱伝導型ガスセンサ 142
- (b) ガスクロマトグラフ 143
- (c) 赤外線分光ガス分析システム 145
- (d) 固体電解質型酸素センサ 149

(e) 表面吸着によるガスセンサ	150
6.5 液体成分センサ	151
(a) pH センサ	151
(b) イオンセンサ	153
(c) 伝導率型液体濃度センサ	155
6.6 バイオセンサによる分子識別 — 生物機能活用による高感度化	156
(a) バイオセンサ	156
(b) 固定化酵素によるグルコースセンサ	156
7 人間のセンシング	159
7.1 人間のセンシング技術の課題と特徴	159
(a) 生体情報のモデリング	159
(b) 人間対象のセンシングの非接触性, 非侵襲性	160
7.2 医療関連の生体情報の画像センシング	160
(a) X線画像センシング	161
(b) X線トモグラフィ	163
(c) 核磁気共鳴イメージング	164
(d) 超音波エコーによるイメージング	166
7.3 体温と血圧のセンシング	169
(a) 体温の計測	170
(b) 血圧の計測	170
7.4 個人の識別	171
(a) 指紋による個人識別	171
(b) 遺伝子による個人識別	172
7.5 遺伝情報のセンシング	173
(a) 遺伝子情報の解析	173
(b) 遺伝子機能の発現	174

8 社会基盤システムにおけるセンシング	175
8.1 社会基盤システム	175
8.2 センシング技術の目的と課題	175
8.3 物質生産, エネルギー供給システムにおける センシングと制御	177
(a) 生産プロセスシステムにおけるセンシング技術と制御	177
(b) プロセス計装における信号伝送とセンサの設置	177
8.4 自動化機械・ロボットにおける センシングと制御	181
(a) ロボットの内界センサと外界センサ	182
(b) ロボットの触覚センサ	182
(c) ロボットの視覚センサ	183
8.5 交通システムにおけるセンシング	184
(a) 自動車エンジンの電子制御	185
(b) 鉄道における自動改札, 集札システム	186
8.6 安全監視, 防災システムとセンシング	187
(a) 火災検知システム	187
(b) 台風予知システム	188
(c) 地震予知, 火山噴火予知システム	189
9 環境のセンシング	191
9.1 環境のセンシングの目的と課題	191
(a) データの広域性と同時性	191
(b) 高感度の物質分析	192
9.2 地球環境のセンシング	193
(a) 可視光と赤外放射によるリモートセンシング	193
(b) 地球大気層の観測システム	196
(c) 地球温暖化と大気中の二酸化炭素の計測	197

9.3	社会生活環境のセンシング	199
(a)	計測感度の増大と標準物質	199
(b)	微量水銀の計測	200
10	センシング技術の進歩	201
10.1	技術進歩の方向性と様式	201
10.2	センシング技術の高感度化, 高信頼度化	202
10.3	センシング技術の日常化	202
10.4	センシング・システム技術のグローバル化	203
10.5	センシング情報の伝達と利用の形態	204
10.6	センシング情報の統合と融合	205
10.7	センシング技術のマルチモーダル化	209
	参考文献	211
	さらに勉強するために	213
	索引	217