

目 次

第1部 総 論

1. センサの役割	2
2. 信号の変換とエネルギー変換	5
2.1 エネルギーと情報	5
2.2 Extensive な量と Intensive な量	6
2.2.1 信号に関する変量と誤差に関する変量	6
2.2.2 エネルギー変換形とエネルギー制御形	7
2.3 アナログ信号とデジタル信号	8
2.3.1 アナログ変換	8
2.3.2 デジタル変換	8
2.3.3 デジタル信号とメモリー	9
3. 物理法則とセンサ	10
3.1 保存法則	10
3.2 場の法則	11
3.3 統計法則	13
3.4 物質法則	14
3.4.1 熱平衡現象	14
3.4.2 輸送現象	17
3.4.3 量子現象	18
4. 構成論	20
4.1 センサの構成法	20

4.2	測定対象との関わり合い	23
4.3	多段変換	25
4.4	周辺技術の活用	26
4.5	センサの基本的機能	26
4.6	信号の変換と数学モデル	27
4.7	信号選択の方式	28
4.7.1	信号選択機能	28
4.7.2	信号選択の方式	28
4.8	センサの校正	36
4.8.1	校正と基準	36
4.8.2	トレーサビリティ	37
4.8.3	互換性	37
5.	センサ技術の現状	39
5.1	測定量とセンサ素子	39
5.2	出力量によるセンサの分類	43
5.3	変換回路	52
5.3.1	アナログ変換回路	52
5.3.2	デジタル変換回路	58
6.	センサの特性と評価	60
6.1	センサの静特性	60
6.2	センサの動特性	65
6.2.1	過渡応答	65
6.2.2	定常応答	68
6.2.3	動特性の評価	70
6.3	2ポートとしてのセンサ	71
6.4	センサと雑音	73
6.4.1	外部からの混入雑音と対策	74
6.4.2	内部で発生する雑音と対策	76

6.4.3	センサが外部に出す雑音	79
6.4.4	低雑音化設計	79
6.5	センサの誤差と S/N 比	80
6.5.1	センサの誤差	80
6.5.2	センサの S/N 比	82
6.6	センサの選択基準	84
7.	センサの開発	87
7.1	センサの開発の性格	87
7.1.1	センサ技術は計測技術の原点	87
7.1.2	シーズ指向の開発とニーズ指向の開発	87
7.1.3	企業とセンサ技術	87
7.1.4	センサ開発の特異性	88
7.2	着眼点	88
7.2.1	信号変換方式	88
7.2.2	物理現象とセンサ	88
7.2.3	テクノロジー・トランスファー	90
7.3	開発体制	90
7.3.1	開発メンバーと開発チーム	90
7.3.2	共同開発	91
7.3.3	国の援助と負担	92
7.3.4	技術の調査	92
7.3.5	開発体制の未来像	93

第2部 センサデバイス各論

1.	力学量のセンサ	96
1.1	力学量の分類	96
1.2	幾何学量のセンサ	96
1.2.1	線変位、ひずみおよび位置のセンサ	96
1.2.2	角度関連量のセンサ	104

1.2.3	幾何学量のデジタルセンサ	108
1.3	運動学量のセンサ	115
1.3.1	速度, 角速度のセンサ	115
1.3.2	振動のセンサ	118
1.4	力学量のセンサ	122
1.4.1	質量のセンサ	122
1.4.2	力のセンサ	122
1.4.3	トルクのセンサ	126
1.4.4	超音波センサ	127
2.	流体量のセンサ	132
2.1	流体の計測	132
2.2	圧力・差圧センサ	132
2.2.1	圧力の単位	132
2.2.2	圧力・差圧測定の原理	133
2.2.3	弾性式圧力センサ	133
2.2.4	ブルドン管式圧力センサ	134
2.2.5	ベローズ形圧力センサ	135
2.2.6	ダイヤフラム式圧力センサ	136
2.2.7	圧力センサ用変位 - 電気変換器	137
2.2.8	力平衡形圧力変換器	141
2.3	流速・流量センサ	142
2.3.1	流量測定の原理	142
2.3.2	絞り流量計の原理	142
2.3.3	オリフィス	145
2.3.4	ノズル	145
2.3.5	ベンチュリ管	146
2.3.6	絞り流量計の設置	146
2.3.7	面積流量計	147
2.3.8	容積流量計	149

2.3.9	タービン流量計	150
2.3.10	電磁流量計	152
2.3.11	超音波流速計・流量計	154
2.3.12	ドップラー流速計	156
2.3.13	渦流量計	156
2.3.14	フルイディック流量計	158
2.3.15	渦歳差流量計	158
2.3.16	熱線流速計	159
2.3.17	開水路流量センサ	160
2.4	レベルセンサ	160
2.4.1	レベル測定の方法	160
2.4.2	浮力式レベルセンサ	161
2.4.3	差圧式レベル計	161
2.4.4	静電容量式レベルセンサ	162
2.4.5	超音波レベルセンサ	162
2.4.6	放射線式レベルセンサ	163
2.5	粘度センサ	164
2.5.1	粘度の単位と測定法	164
2.5.2	細管粘度計	164
2.5.3	回転粘度計	165
2.6	密度センサ	165
2.6.1	密度測定の方法	165
2.6.2	振動式密度センサ	166
3.	熱学量のセンサ	169
3.1	熱電対	170
3.1.1	熱電対の原理と構成	170
3.1.2	熱電対の種類と構造	172
3.2	測温抵抗体	174
3.2.1	測温抵抗体材料と温度特性	174

3.2.2	測温抵抗体の構造	176
3.3	サーミスタ温度センサ	177
3.4	トランジスタ・IC 温度センサ	178
3.5	NQR 温度計	181
3.6	水晶温度センサ	182
3.7	熱雑音温度計	184
3.8	放射温度計と熱放射センサ	185
3.9	熱流センサ	187
3.10	湿度センサ	188
4.	磁気センサ	191
4.1	概 論	191
4.2	半導体磁気センサ	192
4.2.1	概 要	192
4.2.2	電流磁気効果	193
4.2.3	ホール素子	197
4.2.4	磁気抵抗素子	202
4.2.5	そ の 他	204
4.2.6	半導体磁気センサの応用	206
4.3	磁性体磁気センサ	207
5.	光センサ	209
5.1	光とセンサ	209
5.2	光センサの基本動作	209
5.2.1	量子効果	211
5.2.2	熱効果	218
5.2.3	波動相互作用	219
5.3	光センサの特性表示法	221
5.3.1	感 度	222
5.3.2	検出限界	223

5.3.3	分光感度特性	224
5.3.4	時間応答特性	224
5.3.5	内部抵抗	224
5.3.6	その他	225
5.4	外部量子効果を利用した光センサ	225
5.4.1	光電管	225
5.4.2	光電子増倍管	228
5.5	内部量子効果を利用した光センサ	232
5.5.1	光伝導形センサ	232
5.5.2	光起電形センサ	234
5.6	熱効果を利用した光センサ	237
5.6.1	熱電対, 熱電堆	238
5.6.2	ボロメータ	239
5.6.3	焦電形センサ	241
5.6.4	Golay セル	242
5.7	多チャネル光センサ	243
5.7.1	撮像管	244
5.7.2	固体イメージセンサ	245
6.	放射線センサ	248
6.1	放射線の測定	248
6.2	気体電離利用のセンサ	249
6.3	シンチレーション検出器	251
6.4	半導体放射線検出器	253
7.	イオンセンサ, 真空センサ	257
7.1	イオン用センサ	257
7.1.1	ファラデー箱	257
7.1.2	2次電子増倍管を利用するイオンセンサ	257
7.2	真空のセンサ	259

7.2.1	圧力変形を測る真空のセンサ	259
7.2.2	輸送現象を利用する真空センサ	261
7.2.3	電離を利用する真空のセンサ	263
7.2.4	分圧計測用センサ	264
8.	ガス成分センサ	266
8.1	ガス分析計	266
8.1.1	熱伝導度形分析計	266
8.1.2	磁気式分析計	267
8.1.3	ガスクロマトグラフ	270
8.1.4	赤外線ガス分析計	271
8.1.5	化学発光式分析計	274
8.1.6	固体電解質酸素計	276
8.1.7	電気化学式分析計	277
8.2	ガスセンサ	278
8.2.1	半導体式ガスセンサ	278
8.2.2	接触燃焼式ガスセンサ	282
8.2.3	自動車用 O ₂ センサ	283
8.2.4	湿度センサ	287
8.2.5	煙センサ	289
9.	液体成分センサ	294
9.1	pH センサ	294
9.1.1	pH とは何か	294
9.1.2	ガラス電極による pH の測定	296
9.1.3	無補給形比較電極	298
9.1.4	ISFET	300
9.2	イオンセンサ	301
9.2.1	ガラス膜形センサ	302
9.2.2	固体膜形センサ	303

9.2.3	液膜形センサ	304
9.2.4	隔膜形センサ	304
9.2.5	その他のタイプのイオンセンサ	305
9.2.6	イオンセンサによる測定例	306
9.3	そ の 他	307

第3部 応用センサ技術

1.	プロセス計装	310
1.1	概 要	310
1.1.1	プロセス工業	310
1.1.2	プロセス制御	311
1.1.3	プロセス計装システム	313
1.1.4	コンピュータの利用	315
1.1.5	センサへの要求	317
1.2	温 度	319
1.2.1	熱電式と抵抗式	319
1.2.2	膨 張 式	320
1.2.3	保 護 管	321
1.2.4	そ の 他	322
1.3	流 量	323
1.3.1	絞 り 式	323
1.3.2	容 積 式	326
1.3.3	質量流量計	326
1.4	圧 力	327
1.4.1	JIS 圧力計	327
1.4.2	差 圧 計	328
1.5	レ ベ ル	330
1.5.1	容積の測定	330
1.5.2	連続プロセスの液面	330
1.5.3	液面計の誤差	332

1.6 分 析	333
1.6.1 品質の測定	333
1.6.2 マイコンによる自動化	334
2. 機 械 工 業	337
2.1 工作機械	337
2.1.1 切削加工	337
2.1.2 研削加工	344
2.2 測定機・検査機	352
2.2.1 油圧ポンプ性能試験機	352
2.2.2 車軸測定機	359
2.2.3 摩擦係数測定機	361
2.3 産業用ロボット	363
3. 安 全 防 災	368
3.1 技術の背景	368
3.2 特質と問題点	369
3.2.1 信頼性と安全性の要請	369
3.2.2 予測のむずかしさと高感度	370
3.2.3 計測の広域性と同時性	370
3.2.4 保守, 点検の困難	371
3.2.5 法令との関連	371
3.3 漏えいセンサ	371
3.3.1 可燃性および毒性ガスセンサ	371
3.3.2 パイプライン用漏えい検知ケーブル	373
3.3.3 油膜センサ	374
3.3.4 流量差測定法	374
3.3.5 漏電センサ	374
3.4 侵入センサ	375
3.4.1 金属検知器	375

3.4.2	侵入センサ	376
3.5	異常接近センサ	378
3.5.1	高圧線接近センサ	378
3.5.2	雷センサ	378
3.6	火災センサ	378
3.6.1	火災に伴う現象と検出方法	378
3.6.2	温度感知形火災センサ	379
3.6.3	煙感知形火災センサ	380
3.6.4	火災センサ方式比較	380
3.7	操作器を兼ねたセンサ	381
3.7.1	安全弁	381
3.7.2	消火用スプリンクラ	381
4.	環境計測	383
4.1	大気汚染, 水質汚濁の計測	383
4.1.1	汚染物質のセンサ	383
4.1.2	電気化学分析式濃度計	384
4.1.3	光分析式濃度計	388
4.1.4	ガスクロマトグラフ	392
4.1.5	放射線式濃度計	392
4.1.6	磁気式濃度計	393
4.2	振 動	393
4.2.1	環境における振動計測	393
4.2.2	振動レベル	394
4.2.3	振動レベル計	395
4.2.4	振動レベルの測定方法	396
4.3	騒 音	397
4.3.1	環境における騒音計測	397
4.3.2	騒音レベルと騒音計	397

4.3.3	騒音計の周辺機器	398
4.3.4	騒音レベルの測定方法	400
5.	自動車	401
5.1	自動車用センサの特色	401
5.2	自動車用センサの実例	402
5.2.1	メータ用のセンサ	402
5.2.2	制御用センサ	404
5.3	自動車用センサの今後	409
6.	生活向上	411
6.1	家庭電器に使用されるセンサ	412
6.1.1	家庭電器用の一般的なセンサ	412
6.1.2	電子レンジへのセンサの適用	415
6.2	集積回路によるセンサ	419
6.2.1	集積回路によるセンサの例	419
6.2.2	可動部をもつ半導体センサ	421
6.3	カメラにおけるセンシング・デバイス	424
6.3.1	カメラの自動焦点	424
6.3.2	VTR 用テレビカメラ	427
7.	生体計測	431
7.1	生体の特質と生体計測	431
7.2	生体電気現象の計測と電極	433
7.3	循環諸量の計測と流量センサ	437
7.3.1	血圧の測定	437
7.3.2	血流の測定	437
7.3.3	心拍出量の測定	439
7.4	運動の計測と力学量センサ	440
7.5	体温の計測と温度センサ	440

7.6 血中イオン濃度の計測と化学センサ	442
7.7 システム機器とセンサ	442
7.8 生体用センサの今後の動向	442

第4部 センサ技術の進歩

1. 新しいシーズ	446
1.1 ファインセラミックスとセンサ	446
1.1.1 セラミック O ₂ センサ	447
1.1.2 新しいサーミスタ	447
1.2 微細加工技術と超小形デバイス	448
1.2.1 マイクロマシニング	448
1.2.2 マイクロマシニングによるガスクロマトグラフのカラム	450
1.2.3 マイクロマシニングとセンサのスマート化	451
1.3 バイオセンサ	451
1.3.1 生体膜と生体センサ	452
1.3.2 嗅覚器官とガスセンサ	452
1.3.3 バイオケミカルセンサ	453
2. 新しいニーズ	456
2.1 家庭電器とセンサ	456
2.1.1 冷蔵庫とセンサ	457
2.1.2 ルームエアコンとセンサ	457
2.1.3 今後の家庭用センサ	458
2.2 自動車の電子化とセンサ	458
2.2.1 エンジン吸入空気流量センサ	458
2.2.2 自動車用センサの新ニーズ	459
2.3 ロボットとセンサ	460
2.4 センサ技術の問題点	460

3. センサのインテリジェント化	462
3.1 マイコン利用のメリット	462
3.2 マイコン利用の現状	463
3.3 スマートセンサ	466
 索引	 469