

も く じ

第1編 センサ利用上の要点

1. センサ技術とその展望	大森	3
1.1 センサ技術の定義		3
1.2 シーズからみたセンサ技術		4
1.3 センサの種類と各産業への適用		7
1.4 センサ技術の今後の展望		14
2. センサ利用時のノイズ対策	高木	16
2.1 ノイズ		16
2.2 センサ回路へのノイズの重畳		18
2.3 ノイズ除去対策		19
2.3.1 シールド		20
2.3.2 シールド線とアース		21
2.3.3 ノイズフィルタ		22
3. 市販センサを組合せて検出回路を設計する要点	杉本・岡本・尾崎	25
3.1 歪の検出		25
3.2 変位の検出		27
3.2.1 ポテンショメータ		27
3.2.2 差動変圧器		27
3.3 レベルの検出		28
3.3.1 レベル検出方法の種類		28
3.3.2 超音波式レベル検出回路		29
3.3.3 静電容量式レベル検出回路		29
3.3.4 放射線式レベル検出回路		30
3.4 温度の検出		31
3.4.1 抵抗変化形温度センサによる温度計測		31
3.4.2 熱電対による温度計測		32
3.4.3 使用上の注意点		32
3.5 流量の検出		33
3.5.1 超音波流量検出法		33
3.5.2 超音波流量検出法の長所		34
3.6 圧力の検出		35

6 もくじ

3.6.1 圧力センサの種類.....35

3.6.2 工業用圧力伝送器の形式.....35

3.6.3 工業用圧力伝送器を用いた検出回路の例.....35

4. ホトセンサシステムの設計と要点.....柏倉.....37

4.1 ホトセンサの種類.....37

4.2 ホトセンサの特性と応用上の留意点.....38

4.2.1 受・発光素子の選定.....38

4.2.2 出力電流, 暗電流.....38

4.2.3 応答特性.....39

4.2.4 検出物体の透過率・反射率.....39

4.2.5 検出精度.....40

4.2.6 寿命.....40

4.3 検出回路の設計手順.....41

4.3.1 設定条件.....42

4.3.2 各定数の計算.....42

4.4 応用例と検出回路.....43

4.4.1 制御機器.....43

4.4.2 防犯機器.....44

4.4.3 コンピュータ端末機器.....45

4.4.4 事務機器.....45

4.4.5 民生機器.....47

5. ガスセンサ利用上の要点.....北村.....48

5.1 ガスセンサの使用目的.....48

5.2 ガスセンサ使用時の基礎知識.....48

5.2.1 ガス検知警報機器.....48

5.2.2 設置事業場と形式検定担当.....48

5.2.3 検出のためのガス接触の方法.....48

5.2.4 検知部設置場所の環境条件.....49

5.2.5 防爆構造.....49

5.2.6 検知応答時間.....49

5.3 ガスセンサの3方式.....54

5.3.1 接触燃焼式ガスセンサ.....54

5.3.2 半導体式ガスセンサ.....56

5.3.3 サーミスタガスセンサ.....58

第2編 検出素子の原理・特性

1. 光電スイッチ.....木村.....63

1.1 種類.....63

1.1.1 検出形態による分け方.....63

1.1.2 光源の種類による分け方.....64

1.1.3 光源の変調による分け方.....65

1.1.4 受光部の増幅および信号処理方式による分類.....65

1.1.5 構成による分け方.....65

1.2 動作原理.....66

1.2.1 投光部.....66

1.2.2 受光部.....66

1.2.3 同期検波と積分回路.....68

1.2.4 整形回路と出力回路.....68

1.3 外観および構造.....68

1.4 特徴.....68

1.4.1 長所.....68

1.4.2 短所.....69

1.5 構成.....69

1.6 応用方法.....70

1.6.1 入力電源電圧変動.....70

1.6.2 配線.....70

1.6.3 応答時間.....70

1.6.4 感度.....70

1.6.5 無接点出力の保護.....70

1.6.6 耐振動・衝撃.....70

1.6.7 外乱光.....70

1.6.8 温度特性.....71

1.6.9 光軸合せ.....71

1.6.10 検出のS/N比の問題.....71

1.7 今後の課題.....71

1.7.1 時代の要求する小形化の方向.....71

1.7.2 取扱いの容易性.....71

1.7.3 アンプ分離タイプの将来.....71

1.7.4 超高級マークセンサなどの将来.....71

1.7.5 高速化の問題.....72

2. 近接スイッチ.....岡本.....73

2.1 高周波形近接スイッチ.....74

2.2 容量形近接スイッチ.....76

2.3 磁気形近接スイッチ.....77

2.3.1 分離形.....78

2.3.2 一体形.....79

3. マイクロスイッチ.....西村.....80

3.1 マイクロスイッチとは.....80

8 もくじ

3.2	構造	80
3.3	動作原理	81
3.4	規格分類	82
3.5	種類	82
3.6	長所, 短所	84
3.6.1	長所	84
3.6.2	短所	85
3.7	選定にあたっての基本的な考え方	85
3.8	スイッチの使い方	86
3.8.1	操作作用動体の設計	86
3.8.2	スイッチの取付け	86
3.8.3	回路設計の要点	86
4.	レベルスイッチ	田中 87
4.1	種類	87
4.1.1	静電容量式レベルスイッチ	87
4.1.2	電極式レベルスイッチ	87
4.1.3	超音波式レベルスイッチ	87
4.2	動作原理	89
4.2.1	静電容量式	89
4.2.2	電極式	89
4.2.3	超音波式	90
4.3	外観, 構造, 構成	90
4.3.1	静電容量式	90
4.3.2	電極式	90
4.3.3	超音波式	91
4.4	検出対象	92
4.4.1	静電容量式	92
4.4.2	電極式	92
4.4.3	超音波式	92
4.5	応用方法	92
4.5.1	静電容量式	92
4.5.2	電極式	93
4.5.3	超音波式	94
4.6	開発の方向	94
5.	電波スイッチ	亘理 95
5.1	電波スイッチとは	95
5.2	動作原理	95
5.2.1	マイクロ波の性質	95
5.2.2	マイクロ波の発生	96
5.2.3	バリア形の動作	96
5.2.4	ドップラレーダ形	96
5.3	外観・構造	97
5.3.1	バリア形	97
5.3.2	ドップラレーダ形	97
5.4	特徴	98
5.4.1	長所	98
5.4.2	短所	98
5.5	用途例	99
5.6	開発の方向	99
6.	リードスイッチ	濱 100
6.1	構造	100
6.2	動作原理	101
6.3	種類	102
6.4	駆動方法と特徴	103
6.5	今後の課題	104
7.	ストレンゲージ	北原 105
7.1	金属ストレンゲージ	105
7.2	半導体ストレンゲージ	106
7.3	ストレンゲージの応用	107
7.3.1	差圧発信器	107
7.3.2	カルマン渦流計	109
7.3.3	自動車工業	109
7.3.4	医学分野	109
7.4	今後の方向	109
8.	差動トランス	内山 111
8.1	原理	111
8.2	構造	112
8.2.1	ボビン	112
8.2.2	コア	112
8.2.3	コイル	112
8.3	用途と特徴	113
8.3.1	用途	113
8.3.2	特長	113
8.3.3	短所	113
8.4	応用例	114
8.4.1	差動整流回路	114

8.4.2	直流差動トランス	114
8.4.3	微小変位測定回路	115
8.4.4	動的変位測定	115
8.4.5	力平衡回路	115
8.5	差動トランスの取付けとコアの駆動	116
8.5.1	磁性体, 金属体の近接	116
8.5.2	コアの運動	116
8.6	差動トランスの選択方法	117
9.	ロードセル	幸 118
9.1	ロードセルの原理	118
9.2	種類と構造	118
9.3	性能および補償電気回路	120
9.4	計測回路	121
9.4.1	電流補償形リモートセンシング方式を採用した印加電圧回路	121
9.4.2	耐圧防爆, 本質安全防爆	122
9.5	利用上の注意点	122
9.5.1	ロードセルの出力電圧と有効範囲	122
9.5.2	ロードセルの固有振動数と疲労	123
9.5.3	使用ロードセル個数と精度	123
9.5.4	偏荷重と精度	123
9.5.5	外周温度と逃げ金具	124
9.5.6	安全上の配慮	124
9.5.7	ステイロッドおよびパイピングによるばね常数の影響	125
10.	ポテンシオメータ	坂上 127
10.1	種類	128
10.2	動作原理	128
10.3	外観・構造	129
10.3.1	1回転ポテンシオメータ	129
10.3.2	多回転ポテンシオメータ	129
10.3.3	直線摺動ポテンシオメータ	130
10.3.4	その他のポテンシオメータ	130
10.4	特徴	130
10.4.1	巻線形の特長	131
10.4.2	サーメット形の特長	131
10.4.3	コンダクティブ・プラスチック形の特長	131
10.4.4	ハイブリッド形の特長	131
10.5	検出対象	131
10.6	応用方法	132
10.6.1	工業用ロボットの位置決め制御	132

10.6.2	重量の自動測定	132
10.7	開発の方向	133
11.	サーミスタ	中島 134
11.1	温度センサとしてのサーミスタ	134
11.2	サーミスタの動作原理	136
11.2.1	サーミスタの半導体理論	136
11.2.2	サーミスタの物理的性質	136
11.2.3	用途別動作原理	137
11.3	外観, 構造	137
11.4	サーミスタ温度センサの特徴	138
11.4.1	サーミスタ温度センサ素子の長所と短所	138
11.4.2	回路面からみた長所	139
11.4.3	利用面からみた短所	140
11.5	サーミスタ温度センサの検出対象	140
11.5.1	最適な用途分野	140
11.5.2	使用分野	140
11.6	応用方法	140
11.6.1	代表的な使い方	140
11.6.2	サーミスタ使用上の注意点	142
11.6.3	サーミスタ2次加工上の要点	142
11.7	開発の方向	143
11.7.1	高精度化	143
11.7.2	互換化	143
11.7.3	低価格化	143
11.7.4	使用温度範囲の拡大	143
11.7.5	ワイドレンジ化	143
12.	シンクロ	145
12.1	シンクロとは	145
12.2	シンクロの種類と記号	145
12.3	動作原理	146
12.3.1	トルクシンクロ系	146
12.3.2	制御シンクロ系	146
12.4	外観と構造	147
12.5	特徴	147
12.6	性能	148
12.6.1	精度	148
12.6.2	トルク率	148
12.6.3	安定度	148
12.6.4	残留電圧	148

12.6.5	電源とその変動	148
12.6.6	その他	148
12.7	検出対象	148
12.7.1	鉄鋼プレス関係	148
12.7.2	船舶関係	148
12.7.3	航空機関係	148
12.7.4	その他	148
12.8	応用の方法	149
12.9	使用上の注意とメンテナンス	150
12.10	開発の方向	150
13.	レゾルバ	萩本 151
13.1	動作原理	151
13.2	外観・構造	152
13.3	特徴	152
13.4	性能	153
13.5	検出対象	153
13.6	応用方法	155
13.7	開発の方向	156
14.	圧力変換器	石川 157
14.1	圧力変換器の分類	157
14.2	半導体歪ゲージとピエゾ抵抗効果	158
14.3	半導体歪ゲージの検出原理	158
14.4	受圧ダイアフラム	159
14.5	特長	160
14.5.1	固有振動数	160
14.5.2	容積変化	160
14.5.3	大きさと感度	160
14.6	今後の課題と将来性	161
15.	感磁性半導体素子	新井 165
15.1	ホール素子	165
15.1.1	動作原理	165
15.1.2	特徴	166
15.1.3	検出対象と応用	167
15.1.4	応用の方法	167
15.1.5	特性表の読み方	168
15.1.6	材料の製法とその得失	169
15.2	磁気抵抗素子	169
15.2.1	動作原理	169
15.2.2	特徴	170
15.2.3	検出対象	170
15.2.4	応用の方法	170
15.2.5	特性表の見方	170
15.2.6	材料・製法	170
15.3	接合形感磁性素子	171
15.3.1	磁気ダイオード	171
15.3.2	その他の接合形素子	171
15.4	開発の方向	172
16.	ゲルマニウムホール素子	石田 173
16.1	ホール素子について	173
16.1.1	残留電圧 V_0	174
16.1.2	入出力抵抗の温度係数	174
16.1.3	出力電圧温度係数	174
16.2	工業用ホール素子	174
16.3	ディスク形ホール素子の特徴	175
16.4	ホール素子の応用	176
16.5	残留電圧 V_0 の補正	176
16.6	制御電流 I_e の流し方	177
16.7	ホール電流変換器	177
16.8	ホール電力変換器	178
16.9	ホール素子の今後の方向	180
17.	シリコン受光素子	大沢 181
17.1	基本構造と原理	182
17.1.1	構造	182
17.1.2	原理	182
17.2	特性	183
17.2.1	出力特性	183
17.2.2	波長特性	184
17.2.3	温度特性	184
17.2.4	応答特性	185
17.3	製品の形状	185
17.4	応用回路	185
17.4.1	トランジスタ	186
17.4.2	サイリスタ	186
17.4.3	IC	186
17.5	応用例	187
18.	CdS 光導電セル	太田 188

18.1 CdSセルの特徴	188
18.2 動作原理	190
18.3 CdSセルの応用例	190
18.3.1 ホトセルランプ	190
18.3.2 フォテンションマッチック	191
18.3.3 ホトブリッジ	191
18.4 光検出素子としての利用	192
18.4.1 光信号の検出	192
18.4.2 光量の計測	193
18.4.3 自然光の検出	194
18.4.4 光位置の検出	194
18.5 回路素子としての利用	194
18.5.1 論理回路への応用	194
18.5.2 半波整流 DC スイッチ(直流出力)/AC スイッチ(交流出力)	195
18.5.3 自動利得調整	195

第3編 センサと利用技術

1. 光センサ	重松	199
1.1 光センサを用いる前に		199
1.1.1 光源		199
1.1.2 出力レベル		199
1.1.3 S/N比		199
1.1.4 直線性		200
1.1.5 動作速度		200
1.1.6 信頼性		200
1.2 光センサの種類		200
1.3 光起電力効果		200
1.3.1 ホトダイオード		200
1.3.2 ホトトランジスタ		200
1.3.3 ホトサイリスタ		201
1.3.4 その他, ホトダイオード+IC		201
1.4 ホトダイオード		201
1.4.1 電流(I)—電圧(V)特性		201
1.4.2 分光感度特性		204
1.4.3 ホトダイオードの構造および特長		204
1.4.4 ホトダイオードの応用		205
1.5 ホトトランジスタ		206
1.5.1 電気—光学的特性		207

1.5.2 ホトトランジスタの応用		209
1.6 ホトサイリスタ		209
1.7 光センサ+IC		210
2. イメージセンサ	石井・服部	211
2.1 測定原理		211
2.2 検出器の特徴		213
2.2.1 長所		213
2.2.2 短所		213
2.3 利用技術		214
2.3.1 光軸方向の移動による誤差		215
2.3.2 振動または移動速度		215
2.2.3 レンズの歪		215
2.3.4 その他		215
2.4 応用例		215
2.4.1 幅の測定		216
2.4.2 外径測定		216
2.4.3 長さの測定		216
2.4.4 表面粗さ, 段差, 厚みの測定		217
2.4.5 その他		217
2.5 線材製造工程での使用例		217
2.5.1 ソフトウェア		219
2.5.2 較正		219
2.6 今後の課題		220
3. 温度センサ	柳沢	221
3.1 接触方式と非接触方式		221
3.2 熱電温度計		222
3.2.1 熱電対		222
3.2.2 補償導線		224
3.2.3 計器		225
3.3 抵抗温度計		225
3.3.1 白金測温抵抗体		225
3.3.2 計器		227
3.4 保護管		228
3.5 温度計測に関する規格一覧		228
4. 赤外センサ	宮尾	231
4.1 赤外センサの種類		231
4.2 赤外センサの性能評価		232
4.2.1 感度		232

4.2.2 検出度	232	6.4.2 ΔE 効果の利用	256	
4.2.3 ノイズ等価パワー	233	6.4.3 ウィーデマン効果の利用	256	
4.2.4 比検出度	233	6.5 磁気抵抗効果	256	
4.3 各種赤外センサ	233	6.5.1 磁場検出器	256	
4.3.1 PbS セル	234	6.5.2 歪の測定	256	
4.3.2 InSb センサ	234	6.6 核磁気共鳴(NMR)	257	
4.3.3 HgCdTe センサ	235	6.6.1 NMRを利用した流量計	257	
4.4 検出回路	236	6.6.2 NMRを利用した分析計	257	
5. ガスセンサ	武田	238	6.7 感温磁性	258
5.1 ガスの検知計測	238	6.7.1 温度の検出	258	
5.2 ガス検出方法	239	6.7.2 洩れ油の検出	258	
5.3 現在使用されている主なセンサ	239	6.7.3 磁気相転移現象の利用	258	
5.4 ガス検知警報装置の構成、性能	242	6.7.4 磁性流体を利用した温度測定	258	
5.4.1 基本構成	242	6.8 その他	258	
5.4.2 性能	244	6.8.1 炭素鋼の抗張力の測定	258	
5.5 装置の設置方法	244	6.8.2 磁気式酸素計	259	
5.6 最近の新しいガスセンサの使用例	246	6.8.3 ガスの検出	259	
5.6.1 自動車	246	6.8.4 ピエゾ磁気効果による応力の測定	259	
5.6.2 燃焼装置	248	7. 湿度センサ	川崎・寺田	
5.6.3 アルコール量検出	249	7.1 構造	261	
5.6.4 ガス洩れ防止装置	249	7.2 特性と特徴	262	
5.6.5 自動換気装置	249	7.2.1 湿度特性	262	
5.6.6 煙警報器	249	7.2.2 応答特性	263	
6. 磁気センサ	佐藤	7.2.3 加熱クリーニングと経時変化	263	
6.1 磁-電変換(電磁誘導を利用する方法)	251	7.2.4 温度特性	264	
6.1.1 磁化特性の非直線性を利用した磁場の測定	251	7.3 使用方法と注意点	264	
6.1.2 磁気ヘッドによる磁気記録の再生	251	7.3.1 駆動方法	264	
6.1.3 交流による磁気記憶の読出し	252	7.3.2 加熱クリーニング方法	264	
6.1.4 非磁性膜の厚さ測定	252	7.3.3 温度補償方法	265	
6.1.5 振動計	253	7.4 検出回路	265	
6.1.6 電磁流量計	253	7.4.1 抵抗-電圧変換	265	
6.2 ファラデー効果	253	7.4.2 特性のリニアライズ	266	
6.2.1 スピン再配列の利用	254	7.4.3 検出回路例	266	
6.2.2 送電線の電流測定	254	8. 洩れ検出センサ	植村	
6.3 カー効果	254	8.1 洩れ検出方法の種類	269	
6.3.1 転写による磁気記憶の読出し	254	8.2 圧力検出法	269	
6.3.2 可視電流計	254	8.2.1 内圧式	269	
6.4 磁歪	255	8.2.2 外圧式	270	
6.4.1 磁歪振動子	255	8.2.3 差圧検出式	270	

8.3	真空度検出法	271	11.2	超音波流速センサの測定原理	294
8.4	ガス検出法	272	11.2.1	超音波伝播速度変化法	294
8.4.1	半導体検出法	272	11.2.2	超音波ドップラー法	299
8.4.2	ハロゲン検出法	273	11.2.3	超音波ビーム偏位法	301
8.4.3	熱伝導率検出法	273	11.2.4	その他の応用例	302
8.4.4	ヘリウム・リークディテクタ	274	11.3	超音波流量計への応用と使用上の注意事項	304
8.5	超音波検出法	275	11.3.1	超音波流量計	304
9.	振動センサ	後藤 276	11.3.2	使用上の注意事項	304
9.1	分類	277	11.4	今後の展望	305
9.2	基本特性	277	12.	圧力センサ	吉川 307
9.3	動電形振動センサ	278	12.1	弾性体方式	307
9.3.1	動作原理と構造	278	12.1.1	ブルドン管	307
9.3.2	特性	279	12.1.2	ダイヤフラム	310
9.4	圧電形振動センサ	279	12.1.3	ペローズ	310
9.4.1	動作原理と構造	279	12.2	力平衡方式	311
9.4.2	特性	280	12.2.1	圧力変位を電気、空気信号変換	311
9.4.3	電圧増幅器・電荷増幅器	281	12.2.2	電子式圧力発信器	311
9.5	サーボ加速度センサ	281	12.3	電気式	312
9.5.1	動作原理と構造	281	12.3.1	ポテンショメトリック方式	312
9.5.2	特性	282	12.3.2	差動容量方式	312
9.6	振動指示計	283	12.3.3	拡散形半導体方式	313
10.	レベルセンサ	細谷 285	13.	回転角センサ	大熊 315
10.1	液体用レベルセンサ	285	13.1	回転角センサの測定原理	315
10.1.1	気泡式液面計	285	13.2	回転角センサに対する条件	316
10.1.2	差圧式液面計	285	13.3	種類	317
10.1.3	ダイヤフラム式液面計	286	13.3.1	光電式回転角センサ	317
10.1.4	ディスプレイメント式液面計	287	13.3.2	半導体センサ	317
10.1.5	静電容量式レベル計	287	13.4	回転角計測のための増幅器	322
10.1.6	電極式レベル計	288	13.5	回転角計測の例	323
10.1.7	ガラスゲージおよびマグネットゲージ	288	14.	回転数センサ	福沢 325
10.1.8	音波式レベル計	288	14.1	パルス信号への変換	325
10.1.9	放射線式レベル計	289	14.1.1	回転軸からの検出	325
10.1.10	抵抗短絡式レベル計	289	14.1.2	回転軸以外からの検出	326
10.2	粉体用レベルセンサ	290	14.2	パルス信号の処理	326
10.2.1	回転翼式スイッチ	290	14.2.1	平均回転数の測定	326
10.2.2	ティルトスイッチ	290	14.2.2	瞬時回転数の測定	327
10.2.3	錘りとケーブルを活用したレベル計	290			
10.2.4	振動式レベル計	292			
11.	流速センサ	田村 293			
11.1	超音波流速センサの特徴	293			