

目 次

序 論

1	センサの歴史	1	センサの多次元化／センサの小型化と微小化／センサの高速化／センサの集積化と高機能化
2	技術の歴史	2	
3	センサの信号変換形態	3	
4	センサの新しい技術動向	4	
5	人間社会とセンサ	5	

1編 基礎論

1章 センサの機能と形態

1.1	概 説	11	ズ／センサと機能材料／センサの信号処理と情報処理	
	センサとは／トランスデューサ概論／センサの階層／センサの特質			
1.2	センサの役割	14	1.4 センサの形態	20
	センサの目的／システムとセンサ／センサに対する要求			センサの階層と構成／センサの基本的分類／センサの特殊性による分類／センシングシステムの構成
1.3	センサの機能	15	1.5 センサの実用	23
	センサ機能と情報化／センシング機能の開発／センサの機能設計／センサの性能とノイズ			センサにおけるニーズとシーズ／センサのストレス／センサの実用性とその課題

2章 センサの基礎物性

2.1	概 説	25	強誘電性高分子材料／導電性・半導電性高分子材料／光導電性高分子材料／液晶材料	
2.2	センサ材料の基礎	26	2.2.6 金属材料	62
2.2.1	半導体材料	26		電気抵抗材料／磁性材料／感熱材料
	半導体の特徴／各種半導体材料の特徴		2.2.7 複合材料	67
2.2.2	誘電体	33		電気的機能／電気的機能以外
	誘電分極（巨視的に見た場合）／誘電分極の種類／静電界における静誘電率／交流電界における誘電分極／誘電体材料		2.3 センサの基礎効果	70
2.2.3	セラミック	38	2.3.1 光現象	70
	セラミック材料／セラミックの機能／半導体セラミックの機能／セラミックの導電性機能／セラミックの光学的機能			磁界と電界のスペクトルに及ぼす効果／複屈折と電気・磁気光効果／光と格子振動・分子振動との相互作用による効果
2.2.4	ファイバ	46	2.3.2 光電効果	74
	材料／光ファイバの構造と特性／機能および特徴			光導電効果／光起電力効果／光電子放出効果／デンバー効果／光電磁効果／ホトンドラッグ効果
2.2.5	有機材料	51	2.3.3 熱電効果	77

ゼーベック効果／ペルチエ効果／トムソン効果／焦電効果	2.3.6 電子放出と放電現象	91
2.3.4 圧電効果	電子放出／放電現象	
圧電現象／電わい現象と圧電セラミック／高分子フィルムの圧電現象／圧電半導体／ひずみ抵抗効果	2.3.7 磁束の量子化とジョセフソン効果	95
2.3.5 磁電，磁光，磁わい，熱磁効果	磁束の量子化／ジョセフソン効果	
磁電効果／磁気抵抗効果／磁気光学効果／磁気ひずみ効果／熱磁気効果	2.3.8 化学効果	97
	基礎効果／吸着／化学吸着と触媒作用／非化学量論性酸化物の分類と作用／固体電解質	

3章 センサの基本原理

3.1 概 説	105	3.5.1 温度計測とセンサ	127
3.2 力学センサ	106	3.5.2 温度センサの分類	127
力学センサの分類／幾何学量センサ／運動量センサ／力学量センサ／流体量センサ		3.5.3 温度センサの基本特性	128
3.3 光センサ	113	熱起電力を利用／電気抵抗を利用／熱放射を利用／熱膨張・熱変形を利用	
光導電形光センサ／光起電力形光センサ／光電子放出形光センサ		3.6 X線・放射線センサ	137
3.4 磁気センサ	120	放射線の種類と性質／気体の電離を利用／半導体中での正孔・電子生成対を利用／発光現象を利用／核反応を利用／その他	
マグネットメータによる磁気センサ／磁気ひずみ形トルクセンサ／温度センサ		3.7 化学センサ	144
3.5 温度センサ	127	イオンセンサ／ガスセンサ／湿度センサ	

4章 センサの基礎構成

4.1 概 説	151	4.3 センサの高機能化技術	166
センサ機能材料／センサの製作技術／センサの構成／センサの高機能化		4.3.1 集積化技術	166
4.2 センサのプロセス技術	152	ハイブリッド形集積化技術／モノリシック形集積化技術／半導体ガスクロマトグラフィ	
4.2.1 酸化および不純物ドーピング技術	152	4.3.2 多機能化技術	170
4.2.2 パターン形成技術	158	4.3.3 インテリジェント化技術	
4.2.3 膜形成技術	160	(スマートセンサ)	171
4.2.4 半導体センサの加工技術	161	スマート計測器／スマートセンサの誕生／スマートセンサの特徴と機能／スマートセンサの技術動向／スマートセンサの形態／スマートセンサの実例	
シリコンのエッチング			
4.2.5 半導体センサの接合技術	164		
シリコンひずみと金属カンチレバーの接合／シリコンダイアフラムの固定台への接合			

5章 バイオセンサと生体の感覚器官

5.1 概 説	181	答の測定／初期反応の様式／味覚のレセプター／嗅覚のレセプター／刺激の質の識別機構／細胞電位の発生機構／刺激物質の吸着による電位変化の要因／受容膜からインパルス発生部位への情報伝達／感覚応答の感度を決定する要因	
5.2 感覚のメカニズムとそのシミュレーション	181	5.3 感覚器官をモデルとしたセンサ	209
5.2.1 光受容	181	5.3.1 五感の人工化へのアプローチ	209
眼のいろいろ／人間の眼の構造／光情報伝達の経路／網膜の2元性——桿体と錐体／桿体と錐体のちがい／桿体と錐体——まとめ／網膜の不均一性／眼球運動／色の識別——3種の錐体／色の知覚——反対色性／2つの眼／おわりに		5.3.2 視覚センサ	209
5.2.2 機械・温度受容	191	5.3.3 触覚センサ	210
聴覚／皮膚感覚		5.3.4 嗅覚センサ	210
5.2.3 化学受容	198	5.3.5 味覚センサ	211
化学感覚の特徴／化学感覚器の構造／感覚応			

2編 センシングデバイス

1章 光・放射線センシングデバイス

1.1 概 説	217	固体イメージセンサの種類と特徴 / MOS 形 イメージセンサ / CCD 形イメージセンサ / MOS, CCD 併用形イメージセンサ / CID 形 イメージセンサ / 積層形イメージセンサ / 新 しい固体イメージセンサ
1.2 X線・放射線センサ	217	
1.2.1 X線の性質と検出	217	
1.2.2 X線センサの種類	217	
1.2.3 1~100 keV 領域のセンサ	219	
電離箱 / 比例計数管 / 位置敏感比例検出器 / GM 計数管 / シンチレーション検出器 / 半導 体検出器 / 固体イメージセンサ / X線テレビ		
1.2.4 放射線センサの応用	233	
放射線応用工業計測の特徴 / 各種計測方法		
1.3 光センサ	242	
光センサの基本と種類 / 光電子放出形光セン サ / 光導電形光センサ / 接合形光センサ		
1.4 撮 像 管	249	
撮像管の種類 / 光導電形撮像管 / 光電子放出 形撮像管 / イメージ管		
1.5 固体イメージセンサ	253	
1.6 赤外センサ	263	
1.6.1 はじめに	263	
1.6.2 パッシブ赤外線応用	264	赤外線放射 / パッシブ赤外線応用技術
1.6.3 アクティブ赤外線応用	269	直接検波 / ヘテロダイン検波技術
1.6.4 赤外線センサ	271	各種赤外線センサ / HgCdTe (MCT) センサ
1.6.5 波長可変赤外ダイオードレーザ	275	ダイオードレーザの基本特性 / レーザの構 造 / 高性能レーザ / レーザの応用
1.6.6 ま と め	276	

2章 電磁気センシングデバイス

2.1 概 説	279	
2.2 マイクロ波センサ	279	
汎用ダイオード検出器 / ミリ波ショットキー ダイオード検出器 / 超伝導ダイオード検出 器 / マイクロ波モノリシック IC 回路 / マイ クロ波イメージセンサ		
2.3 電圧・電界センサ	288	
誘導電荷検出方法による電位センサ / 弾性表 面波を用いた電位センサ / 表面電位計測器		
2.4 半導体磁気センサ	291	
2.4.1 はじめに	291	
2.4.2 半導体磁気センサの基礎	292	ホール効果 / 磁気抵抗率効果 / 形状効果
2.4.3 磁気センサ材料	295	
2.4.4 各種の半導体磁気センサとその特性	295	ホール素子 / 磁気抵抗素子 / 方向性磁電素 子 / 磁気ダイオード / 磁気トランジスタ
2.5 強磁性体磁気センサ	304	
2.5.1 はじめに	304	
2.5.2 磁気抵抗効果形磁気センサ	304	薄膜磁気抵抗効果素子 / 温度特性 / 応用例
2.5.3 アステロイド磁化曲線形磁気センサ	307	センサ構成 / 磁気センサの例
2.5.5 アモルファス合金リボン応用磁気センサ	308	
2.6 磁気共鳴形センサ	309	
2.6.1 はじめに	309	
2.6.2 基礎理論	309	
2.6.3 核磁気共鳴形磁力計 (プロトン磁力計)	310	磁界測定の方法 / 測定方法 / r_p の精密測定 / 磁界成分の測定
2.6.4 光ポンピング磁力計	313	
2.7 超伝導磁気センサ	314	
2.7.1 rf SQUID	314	rf SQUID の動作原理 / rf SQUID 磁束計 / rf SQUID 素子
2.7.2 dc SQUID	317	dc SQUID の動作原理 / dc SQUID 素子
2.7.3 SQUID の分解能と微小磁場測定	319	SQUID の分解能 / 微小磁場測定
2.8 光ファイバ電磁気センサ	320	
原理 / 電圧測定用センサ / 電流測定用セン サ / 電磁界センサ		

3章 音波・超音波センシングデバイス

3.1 概 説	327	ンの主要特性
3.2 空中用音波・超音波センサ	328	
3.2.1 マイクロホンの基本構成	328	一般用マイクロホンの選択および実例 / 計測 用マイクロホン
受音方式 / 制御方式 / 変換方式 / マイクロホ		
3.2.2 可聴域用マイクロホン	332	

3.2.3	超音波センサ	337	3.4.3	AE用センサ	357
	物体検出用センサ/距離計測用センサ/速度 検出用センサ/その他の超音波センサ		3.4.4	光ビームによる超音波センサ	358
3.2.4	水中用音波センサ	340		表面用センサ/弾性表面波センサ	
3.3	水中用音波・超音波センサ	340	3.5	特殊環境用超音波センサ	359
3.3.1	ハイドロホン	340	3.5.1	極低温用超音波センサ	359
3.3.2	低・中域超音波センサ	343		液体ヘリウムへの放射と検出/固体媒質への 放射と検出	
3.3.3	高域超音波センサ	345	3.5.2	高温用超音波センサ	360
3.3.4	超高周波超音波センサ	348		直接接合法/間接接合法	
3.4	固体用音波・超音波センサ	350	3.5.3	深海用超音波センサ	361
3.4.1	探傷用超音波センサ	350		水中音響トランスデューサ/水中音響トラン スポンダ/2000m潜水調査船の水中音響機器	
3.4.2	生体用超音波センサ	352	3.5.4	地中用超音波センサ	363
	構造/圧電セラミックトランスデューサ/高 分子トランスデューサ				

4章 温度・湿度センシングデバイス

4.1	温度センシングデバイス	365	4.2	湿度センシングデバイス	393
4.1.1	概説	365	4.2.1	概説	393
	接触式温度センサ/非接触式温度センサ/特 殊環境での温度センサ		4.2.2	セラミック湿度センサ	395
4.1.2	半導体温度センサ	369		センサセラミック/セラミック湿度センサ/ セラミックセンサの多機能化と集積化	
	サーミスタ/薄膜サーミスタ/Si IC センサ		4.2.3	高分子湿度センサ	404
4.1.3	金属温度センサ	374		高分子とセンサ/高分子湿度センサ/導伝材 料-高分子複合系湿度センサ	
	金属抵抗温度センサ/熱電対		4.2.4	電解質湿度センサ	407
4.1.4	水晶発振温度センサ	380	4.2.5	マイクロ波水分センサ	408
	基本特性/LC カット水晶温度センサ		4.2.6	超音波湿度センサ	409
4.1.5	弾性表面波温度センサ	382	4.2.7	放射線湿度センサ	409
	基本特性/弾性表面波温度センサ/弾性表面 波放射温度センサ		4.2.8	熱伝導湿度センサ	410
4.1.6	焦電温度センサ	385	4.2.9	湿度標準	411
	基本特性/薄膜焦電センサ			湿度標準/湿度標準の流れ/恒湿の発生方 法/計量研の湿度標準用恒湿発生装置/基準 の湿度計	
4.1.7	光ファイバ温度センサ	389			
	分類/発光形光ファイバ温度センサ/受光形 ファイバ温度センサ				

5章 機械量センシングデバイス

5.1	概説	417		静電容量を利用した近接センサ/超音波を利用 した近接センサ/マイクロ波を利用した近 接センサ	
5.2	幾何学量のセンシングデバイス	417	5.2.5	寸法, 距離	443
5.2.1	変位・ひずみ	417		基本事項/実用的な長さの標準/長さの測定 器/レーザ干渉測長器/測距儀	
	静電場, 静磁場を利用/物質中の場を利用/ 放射場を利用/波動を利用		5.2.6	表面粗さ	446
5.2.2	角変位, レベル (アナログ) センサ	424		触針式粗さ測定器/光切断式粗さ測定器/光 波干渉式粗さ測定器/電気容量式粗さ測定器	
	ポテンショメータ/シンクロ/レゾルバ/オ ートコリメータ/電気水準器		5.2.7	形状	448
5.2.3	エンコーダ	429	5.3	運動量のセンシングデバイス	451
	エンコーダの原理/エンコーダの分類/エン コーダの構成要素とその技術/使用上の注 意/技術動向		5.3.1	速度	451
5.2.4	位置・近接センサ	436		ドップラー効果の応用/流体力学現象の応 用/統計的手法の応用	
	位置づけ/種類/選択基準/機械的接触を利用 した位置センサ/電氣的接触を利用した位 置センサ/磁気誘導を利用した近接センサ/ 静電容量を利用した近接センサ/超音波を利用 した近接センサ/マイクロ波を利用した近 接センサ		5.3.2	角速度, 回転数センサ	453
				発電機式/電磁式/光電式/遠心力式/スト	

ロボスコープ／その他

5.3.3 加速度センサ……………456
はじめに／圧電形／サーボ形／ひずみゲージ形

5.3.4 振動センサ……………461
サイズモ系の振動／振動センサの性能・仕様

5.4 力学量のセンシングデバイス……………462

5.4.1 力センサ……………462
力の単位系／力の標準／力計の原理と構造／電気式力計の使い方／ロードセルを利用

5.4.2 重量，質量センサ……………468

5.4.3 トルクセンサ……………473
吸収動力計／伝達トルク計

6章 流体センシングデバイス

6.1 概 説……………477

6.2 圧力センサ……………477

6.2.1 圧力-変位変換素子……………478
マノメータ／ダイヤフラム／ペローズ／ブルドン管

6.2.2 変位-信号量変換要素……………480
差動変圧器／可変容量／金属ひずみゲージ／半導体ひずみゲージ／ノズル・フラップ

6.2.3 圧力センサ……………483
差圧センサ／ゲージ圧センサ／絶対圧センサ／真空圧センサ

6.3 流速，流量センサ……………489
容積流量計／絞り機構／面積流量計／翼車流量計／電磁流量計／超音波流量計／渦流量計／細管流量計／熱流量計／フルイデック流量計／ドラッグ流量計／開水路流量計／レーザドップラー流速計／ピトー静圧管流速センサ／熱線流速センサ

6.4 レベルセンサ……………504
レベルセンサの分類／フロート式／ディスプレイ式／重量式／圧力式／静電容量式／超音波式／放射線式／おもり式／マイクロ波／振動片式／潮位計，波高計／新しいレベルセンサ

6.5 粘度センサ……………512

6.5.1 粘度およびその単位，諸事項……………512

ニュートン流体，非ニュートン流体／その他の基礎的流体特性

6.5.2 粘度の測定と粘度計の種類……………512

6.5.3 各種粘度計……………513
細管粘度計／回転粘度計／落球粘度計／振動粘度計

6.5.4 む す び……………517

6.6 密度センサ……………517

6.6.1 密度および比重……………517
比重天秤による測定／浮秤／浮力連続密度計

6.6.2 浮力密度計……………517

6.6.3 振動密度計……………519
振動管密度計／パイプ振動式／ガラス製振動密度計／振動膜密度計

6.6.4 む す び……………520

6.7 濁度センサ……………520

6.8 医用流体センサ……………521

6.8.1 生体における流体計測……………521

6.8.2 血圧測定用センサ……………521
間接血圧測定／直接血圧測定

6.8.3 血流測定センサ……………523
電磁血流センサ／超音波ドップラーセンサ／インピーダンス法／熱式血流センサ／その他の血流センサ／末梢血流計測

6.8.4 そ の 他……………524

7章 成分センシングデバイス

7.1 概 説……………525

7.2 ガスセンサ……………525

7.2.1 半導体ガスセンサ……………525
分類／電気抵抗式センサ／非電気抵抗式センサ

7.2.2 接触燃焼式ガスセンサ……………534

7.2.3 電気化学ガスセンサ……………535
定電位電解式センサ／ガルバニ電池式センサ

7.2.4 固体電解質ガスセンサ……………538
実用化されているジルコニアセンサ／ジルコニアセンサの動作原理／ジルコニアセンサの非理想的挙動と電極過程／固体電解質センサの新しい展開

7.2.5 ガス分析計……………544
吸光ガス分析計／蛍光ガス分析計／化学発光ガス分析計／ガスクロマトグラフィ／溶液導

電率ガス分析計／磁気酸素計／水分計

7.3 イオンセンサ……………552

7.3.1 イオンセンサによる測定の概要……………552
測定原理の概要／測定方法の概要

7.3.2 ガラス膜形センサ……………555
pH センサ／カチオンセンサ

7.3.3 固体膜形センサ……………560

7.3.4 液体膜形センサ……………560

7.3.5 隔膜形センサ……………561
アンモニウムイオンセンサ／シアン化物イオンセンサ

7.3.6 半導体形イオンセンサ……………563

7.3.7 イオンセンサ応用技術……………563
イオンセンサに影響を与える因子／濃度測定誤差／応答速度／測定方法

8章 バイオセンサ

8.1 概 説	573		
8.2 電極形バイオセンサ	574		
8.2.1 原 理	574		
8.2.2 酵素センサ	575		
糖センサ／アルコールセンサ／有機酸センサ／アミノ酸センサ／脂質センサ／核酸関連化合物センサ／尿素センサ／ビタミンセンサ／尿酸センサ／クレアチニンセンサ／アミグダリンセンサ／フェノールセンサ／カテコールセンサ／アセトアルデヒドセンサ／コリンセンサ／タンパク質センサシステム／酵素活性測定用センサ／無機イオンセンサ／ハイブリッド酵素センサ／多機能形酵素センサ			
8.2.3 微生物センサ	580		
糖センサ／アルコールセンサ／有機酸センサ／アミノ酸センサ／脂質センサ／抗生物質センサ／アンモニアセンサ／亜硝酸および二酸化窒素センサ／メタンセンサ／BOD センサ／変異原センサ／菌数センサ／電気化学的マイクロバイオアッセイ法／その他のセンサ			
		8.2.4 免疫センサ	592
		はじめに／免疫センサの基本原理／非標識免疫センサ／標識免疫センサ／おわりに	
		8.2.5 組織・オルガネラセンサ	598
		オルガネラセンサ／組織センサ	
		8.3 熱計測バイオセンサ	603
		熱計測デバイスと計測原理／酵素サーミスタ／酵素免疫サーミスタ	
		8.4 発光計測バイオセンサ	611
		はじめに／発光反応／体液中の微量成分分析の特徴／発光計測バイオセンサ	
		8.5 多機能バイオセンサ	621
		多機能バイオセンサの原理／多機能バイオセンサの製法／多機能バイオセンサの応用	

3編 センサ応用システム

1章 センサデバイス応用の基礎技術

1.1 概説	633	1.5 表示	654
センサと表示／センサと制御／センサとコンピュータ／センサの設置と耐環境性		表示機器／警報装置／指示用機器／記録用機器／ディスプレイ装置	
1.2 センサ周辺回路	636	1.6 信号処理	659
機能と要求条件／演算増幅回路の動作原理／演算増幅回路の応用／工業用計測システムにおける変換器回路		1.6.1 アナログ	659
1.3 伝送	641	测温抵抗体の信号処理／半導体式圧力センサの信号処理／電磁流量計の信号処理／pH変換器／組合せ演算回路	
概要／アナログ伝送／デジタル伝送		1.6.2 デジタル処理	661
1.4 A/D変換	646	信号と画像／信号の線形変換／線形離散システム／フーリエ変換／周波数特性／デジタルフィルタ／音声処理／音声認識／画像処理／画像再構成	
1.4.1 A/D変換に対するパラメータ	646	1.7 ノイズ処理技術	670
量子化／標準化／コード化／A/D, D/A変換の入力出力特性		電子機器とノイズ問題／LSIのノイズマージンの測定／ノイズマージン／ノイズシミュレータ／静電気対策／加害防止技術／不要輻射対策／ノイズフィルタ	
1.4.2 A/D変換の方式	650		
低速用A/D変換器／高速A/D変換器			
1.4.3 D/A変換の方式	653		
自然2進コードラダネット／BCDコードラダネット／自然2進コード方式／2進重み抵抗方式／マルチプレクサ			

2章 センシングシステム技術

2.1 概説——センサと情報処理	681	2.4.3 核磁気共鳴映像法(NMR-CT)	712
自律的システムセンサ／情報処理によるセンサ		はじめに／NMRの原理と基礎方程式／NMR-CTの原理と映像法／その他のNMR-CT映像法	
2.2 人間の視知覚と情報処理	682	2.4.4 その他の逆問題情報処理	721
2.2.1 パターンの知覚と眼球運動	682	— 信号自己伝搬形CT	
2.2.2 瞬間視における情報処理	685	単光子エミッションCT／ポジトロンCT／心電図逆問題／おわりに	
2.2.3 両眼視における相互作用と立体視	686	2.5 リモートセンシングにおけるセンシング技術と情報処理	724
2.3 音響計測システムにおけるセンシングシステムと情報処理	689	MSS(走査形多重分光放射計)／固体化多重分光センサ／RBV／マイクロ波センサ／SAR(合成開口レーダ)／リモートセンシングにおける合成開口レーダの利用／レーザレーダ／磁気センサ、重力センサ／その他のリモートセンサ／データ解析技術の概要	
2.3.1 はじめに	689	2.6 画像計測におけるセンシング技術と情報処理	734
2.3.2 音響波とセンシング	689	2.6.1 画像センサの特性	734
音響波によるセンシングの特徴／音響計測システムの分類		光学伝達関数(OTF)／標準化と走査	
2.3.3 音響計測システムの工学的記述	690	2.6.2 画像の鮮明化と強調	737
音響波の分類とデコンボリューション／映像の形成／センサの配置と空間周波数およびドップラー感度ベクトルの関係		ラブラシアンフィルタ／ホモモルフィックフィルタ／メディアンフィルタ／適応フィルタリング／確率密度勾配法	
2.3.4 センシングシステムの設計基準	694	2.6.3 画像の特徴抽出	740
音場センサの機能／情報処理システムの設計基準		凹凸情報の抽出／動情報の抽出／立体情報の抽出	
2.3.5 今後の音響センシングシステム	696	2.6.4 画像化技術	745
2.4 医学におけるセンシングシステム技術と情報処理	697	順プロセスと逆プロセス／順プロセスの基本形／原始的逆プロセス／順プロセスにおける情報の損失／情報の損失の補償	
2.4.1 はじめに	697		
医学における観測の概念と情報処理／逆問題の区分と医学における適用例			
2.4.2 X線コンピュータ断層撮影(X線CT)	700		
はじめに／X線CTの物理的基礎と計測システム像再構成法			

3章 プロセス産業システム

3.1 概 説	749	3.6 織 維	779
装置産業とプロセス産業／プロセスオートメーションとファクトリーオートメーション／プロセス産業に用いられるセンサ		はじめに／製糸プロセス／糸の太さと太さむら／油剤付着量／糸切れ検知／張力計加熱ローラの表面温度検出／染着度と染むら	
3.2 鉄 鋼	749	3.7 紙・パルプ	783
概要／石炭の顕微鏡組織分析／高炉装入物プロフィールメータ／連続鑄造モールドレベル計／鋼板の平坦度計／鋼板温度計／メッキ厚さ計／鋼管寸法計測		はじめに／パルプ濃度計／有効アルカリ濃度計／晒工程用センサ／抄紙工程用センサ	
3.3 非鉄金属	761	3.8 食 品	789
3.3.1 概 要	761	概要／食品製造プロセスにおける汎用センサ／成分センサの一例／オンライン分析・測定／目視検査の自動化、パターン認識	
3.3.2 各 論	761	3.9 薬 品	791
粉粒体処理工程でのセンサ／湿式工程でのセンサ／操業安定化と自動化		原料薬の製造／製剤工程／検査・包装用工程	
3.4 化学・石油化学	766	3.10 電 力	793
はじめに／流量の計測／液面の計測／温度の計測／成分の計測／その他		電力系統運用／原子力発電所／火力発電所	
3.5 石油精製	773	3.11 都 市 ガ ス	796
概要／環境・公害・保安計測システム／陸上出荷（タンクローリ）制御システム／タンク遠隔計測システム／重油ブレンドングコントロールシステム／これからのセンサ		はじめに／ガス漏れ安全システム／高精度微圧計／レーザ式管肉厚自動測定システム／パイロケータ／LNG タンク液面計	
		3.12 上 下 水 道	801
		概要／浄水処理／広域水道における情報システム／浄水場の排水処理／水質分析の概要	

4章 機械産業システム

4.1 概 説	805	4.3.2 組立作業	829
機械産業システムの範囲／機械産業システムにおけるセンサ／機械システム用センサの条件		ワイヤボンディングにおけるセンサ／部品組立作業におけるサンサ	
4.2 工作機械とセンサ	807	4.4 自動検査システムとセンサ	832
4.2.1 NC 工作機械とその高精度・高能率利用のためのセンサ	807	4.4.1 長さ、変位、位置の自動検査	832
4.2.2 機械加工用センサの経過	808	大型構造物の精密測定／自動寸法検査／反射光センサ／干渉計測／レーザレーダ	
4.2.3 加工誤差と寸法補正	809	4.4.2 表面、形状、パターンの自動検査	837
4.2.4 実際のセンサ	809	走査ビームを用いた散乱・回折光による表面検査／回折パターンを用いた寸法検査／回折パターンを用いた形状検査／回折パターンに空間フィルタを組合せた検査干渉計測／ホログラフィ干渉計測／レーザスペckルパターン計測／モアレ計測	
4.2.5 工作機械用センサの例	810	4.4.3 その他の自動検査	844
工作機械の直線運動精度測定用センサ／工作機械の主軸回転精度測定用センサ／工作物の真円度測定用センサ／工作物の寸法測定用センサ／表面粗さ測定用センサ／切削力または研削力測定用センサ／工具摩耗測定用センサ／砥石摩耗測定用センサ／砥石の目づまり検出用センサ／砥石軸のオートバランス／工作物の取付確認用センサ／切りくず形状の判別用センサ／工作物の回転中心の検出／非接触データ転送に用いられるセンサ技術		ホトニックセンサ／非接触速度計測／非接触画像解析／産業用 CT スキャナ	
4.3 産業用ロボットとセンサ	827	4.5 搬送システムとセンサ	847
4.3.1 アーク溶接作業におけるロボットセンサ	827	4.5.1 搬送の自動化	847
		4.5.2 搬送機器の分類	848
		4.5.3 固定形搬送機器とセンサ	849
		4.5.4 移動機械とセンサ	852
		誘導方式の分類／誘導方式の実例／安全	

5章 ロボットのセンシングシステム

5.1 概説	861	5.3.3 力覚センサ	875
5.2 視覚センサ	862	5.3.4 すべり覚センサ	877
5.2.1 3次元情報の抽出	862	5.4 聴覚センサ（音響的検出）	878
光を用いたレンジファインダ／距離画像の特徴抽出／明暗画像から面の傾きを推定する方法		5.4.1 超音波を用いた距離測定技術	878
5.2.2 ロボットの環境認識・理解	866	パルスエンベロープ法／パルス位相法／連続波法	
ACRONYM システム／自己定位システム／環境教示システム／ロボット用3次元位置姿勢センサ		5.4.2 超音波ビームを細くする技術	879
5.2.3 近接センサ	869	5.4.3 超音波を用いた撮像技術	879
光電式近接センサ／空気圧式近接センサ／磁気式近接センサ／超音波式近接センサ／静電容量式近接センサ		超音波撮像概要／パルスエコー法と超音波ホログラフィの結合による撮像法／ビームフォームト映像法と超音波ホログラフィ映像法との結合による撮像法／音響レンズと超音波ホログラフィとの結合による撮像法	
5.3 触覚センサ	871	5.5 内界センサ	882
5.3.1 接触覚センサ	871	5.5.1 マニピュレーションと内界センサ	882
5.3.2 圧覚センサ	874	5.5.2 ロコモーションと内界センサ	884

6章 土木・建築システム

6.1 概説	887	はじめに／装置の概要	
6.2 地下タンクにおける計測例	887	6.6 地下水位制御システム	897
はじめに／計測概要／計測項目とセンサ／計測システム		6.7 地下連続壁工事の掘削機	898
6.3 NATM における計測例	890	掘削制御／姿勢制御／掘削深度計測	
はじめに／計測の目的／計測項目とセンサ／計測システム		6.8 ダム工事のコンクリート運搬車	899
6.4 シールド工事管理システム	893	走行制御パターンの決定／走行制御／コンクリート積替え定位置停止制御／コンクリートプラント定位置停止制御	
はじめに／システムの概要／計測項目とセンサ／データ伝送装置と処理装置		6.9 濁水・泥水処理設備	900
6.5 運搬車両自動管理装置	896	pH 計／濁度計／流量計／液面計／スラッジ界面計	

7章 エレクトロニクス産業システム

7.1 概説	905	7.4.2 プリント配線板用マスク検査システム	921
7.2 情報通信システム	905	7.4.3 プリント配線板の銅箔パターン検査システム	923
7.2.1 光通信システム	906	7.4.4 プリント配線板のスルーホール検査システム	926
7.2.2 発光ダイオード	907	7.4.5 はんだパターン検査装置	927
7.2.3 レーザダイオード	909	7.5 カメラ	928
7.2.4 受光素子	911	測光用センサ／測距用センサ／その他のセンサ	
7.2.5 光・電子集積回路	913	7.6 ファクシミリ	932
7.3 LSI 製造プロセス	914	CCD イメージセンサ／密着形イメージセンサ	
プロジェクションアライナ／ステッパ／レチクル異物検査装置			
7.4 プリント配線板の外観検査システム	920		
7.4.1 プリント配線板の製造・検査プロセス	920		

8章 農業システム

8.1 概 説	937	8.4 リモートセンシング	944
8.2 施設園芸におけるセンサ	937	植物科学および農業生産におけるリモートセンシング/メカトロニクス	
はじめに/施設園芸におけるセンサ利用の概況/計測器の取扱い上の要点/あとがき		8.5 植物組織培養におけるセンサ	947
8.3 植物生体計測	941	はじめに/従属栄養期および光独立栄養期における重要環境条件/光独立栄養期における急速生長と環境条件/培地の物理化学的性質/計測・調節システム/おわりに	
生体計測の種類/生理反応の計測/生長量の計測/生育状態の計測			

9章 交通システム

9.1 概 説	953	用加速度計の応用/トロリ線摩耗測定装置	
9.2 自動車	954	9.4 船 舶	975
自動車のエレクトロニクスシステムとセンサ/各種自動車用センサ/自動車の環境とセンサへの要求条件		はじめに/センサの使用区分/現在の船舶におけるセンサの役割/船舶用センサの条件/今後期待されるセンサ	
9.3 鉄 道	968	9.5 航 空	981
鉄道における計測対象/線路関係の測定項目および測定原理/線路計測の特徴/接触式センサを用いる測定装置/渦電流式センサの応		航空機の自動飛行制御システムに用いられるセンサ/エンジン監視・制御センサ/機体および付属装置に使用されているセンサ	

10章 安全・防災システム

10.1 概 要	989	ップラー式マイクロ波侵入警報器/熱線式侵入警報装置/リミットスイッチ/CCDイメージセンサの侵入警報装置への応用/出入管理システム/センサケーブル/埋設形警報装置	
10.2 安全のためのセンサ	989	10.3 防災センサ	1009
10.2.1 自動車	989	10.3.1 地震, 洪水	1009
アンチスキッド装置/エアバッグ/シートベルト		10.3.2 火 災	1010
10.2.2 防 犯	991	煙感知器	
振動センサ/断線警報器/対向式マイクロ波侵入警報器/レーザ式侵入警報装置(対向形)/電界形侵入検出装置/ガラス破壊警報装置/ワイヤレス式赤外線侵入警報装置/ド			

11章 情報処理システム

11.1 概 説	1013	カラー化/多機能化, システム化/パーソナル化	
11.2 画像情報機器分野におけるセンサシステム	1013	11.3 情報機器分野におけるセンサシステム	1027
11.2.1 電子複写機	1014	11.3.1 カードリーダ装置	1027
電子複写機のシステム構成/電子複写機における電子制御/電子複写機に用いられるセンサ		磁気カードリーダ・ライター/磁気カード/今後の方向	
11.2.2 事務用ファクシミリ	1018	11.3.2 バンキング端末装置	1029
概説/ファクシミリシステム/ファクシミリ装置とセンサ		機器構成と仕様/主要機器の動作とセンサ作用/今後のバンキング端末装置	
11.2.3 レーザビーム・プリンタ	1022	11.3.3 POS 端末装置	1031
全体構成および走査光学系構成/レーザ光源の制御/多面鏡回転制御/水平周期制御/感光ドラム回転制御/プリント用紙制御		POSシステムの標準的なしくみ/POSシステムに要求されるスキャナの機能と種類/スキャナの動作原理/バーコードの規格/OCR 値札の規格/今後の動向	
11.2.4 今後の画像情報機器の方向とセンシング	1024		

12章 ホームオートメーションシステム

12.1 概説	1035	テレビリモコン/VTR/ビデオカメラ	
12.2 電化機器	1037	12.5 音響機器	1051
全自動電子レンジ/電気炊飯器/マイコンジ ャー炊飯器/電気冷蔵庫/全自動洗濯機/セ ンサ付き衣類乾燥機/吸引力センサ付き掃除 機		カセットテープデッキ/オープンリールテー プデッキ/レコードプレーヤ/コンパクトデ ィスクプレーヤ/アンプ/ラジオ/スピー カ/ワイヤレスリモコン	
12.3 住宅設備機器	1044	12.6 ホームオートメーション	1058
ルームエアコン/ガス暖房機器(ガス燃焼機 器)		HAとは/HAとセンサ/HAの今後の課 題と展望	
12.4 映像機器	1047		

13章 医用システム

13.1 概説	1067	13.3.3 人工臓器	1088
13.1.1 医用のセンサ	1067	物理量計測のセンサ/化学量計測のセンサ	
生体計測用センサ/検体計測用センサ/生体 構造用センサ/生体機能補助用センサ		13.4 検体検査	1092
13.1.2 生体計測手法	1067	13.4.1 成分検査	1092
13.1.3 ME機器と安全性	1068	光度法/電極/クロマトグラフ/ドライケミ ストリ	
13.2 生体計測・診断	1070	13.4.2 粒子計測	1097
13.2.1 生体電磁気現象の計測とその診断	1070	血球計数装置/フローサイトメータ	
生体用電極/生体磁気		13.4.3 パターン認識	1098
13.2.2 生体の物理定数の計測とその診断	1072	13.5 放射線応用および画像診断	1099
生体の電気定数/生体の硬さ/超音波による 組織の特性分類/その他の計測		13.5.1 X線診断機器	1099
13.2.3 生体の形状, 寸法の計測とその診断	1073	X線透視撮影装置/X線CT/デジタルラ ジオグラフィ/その他—X線写真技術	
13.2.4 生体の振動や運動の計測とその診断	1073	13.5.2 核医学診断装置	1103
心拍に伴う振動/骨格筋の活動に伴う振動/ 睡眠中の体動/全身運動/生体の局所運動		インビボ画像機器/インビボ動態機能検査装 置/インビトロ測定機器	
13.2.5 生体における流量, 圧の計測と その診断	1076	13.5.3 超音波診断装置	1105
血圧の非観血的計測/血圧の観血的計測/血 流/心拍出量/呼吸/消化管内圧/眼圧		基本原理・主構成/各種走査方式・装置	
13.2.6 生体の化学組成および代謝とその診断	1080	13.5.4 核磁気共鳴(NMR)CT	1107
体液中のイオン濃度/血中酸素および炭酸ガ ス濃度/血糖値の計測と制御/カプセルによ る消化器系の計測/呼気ガス分析・肺機能検 査/体温/体表面からの蒸散量		システムの主要構成/NMR-CTの問題点	
13.3 治療機器と人工臓器	1083	13.5.5 放射線治療装置	1107
13.3.1 はじめに	1083	13.6 感覚代行装置	1108
13.3.2 外科手術時および術後の 患者監視のモニタ	1084	13.6.1 感覚補綴・代行装置とセンサ	1108
循環機能の監視/呼吸系の機能/その他の情 報		13.6.2 視覚代行装置	1109
		コミュニケーション機能の代替/モビリティ 機能の代替	
		13.6.3 感覚代行装置の設計・評価システム	1112
		13.6.4 おわりに	1112

14章 資源探査, 宇宙, 気象システム

14.1 概説	1113	14.2.3 分光センサ(MSS)	1118
14.2 リモートセンサと資源と気象への応用	1114	S-192/CZCSとTM	
14.2.1 リモートセンサへの要請	1114	14.2.4 高空間分解能センサ	1124
14.2.2 リモートセンサ概説	1117	TM/SPOT-HRV/SAR	

14.2.5 高時間分解能センサ……………1125
 VISSR / SPOT-HRV / 実開口レーダ SL-
 AR / 合成開口レーダ SAR

14.2.6 高度センサ……………1129
 SPOT-HRV / レーザ水深計

14.2.7 観測系の限界……………1129
 空間分解能 / 波長分解能 / 時間分解能

14.2.8 画像処理……………1130
 視覚判読用画像 / 自動分類処理

14.2.9 応用例……………1175
 地下資源探査 / 水産資源 / 森林資源 / 気象

14.3 地中・水中資源探査センサ……………1178
 はじめに / 電波の地中・水中伝搬特性 / 地
 中・水中探査レーダの構成と性能 / 地中・水
 中の探査例 / 地中・水中探査レーダにおける
 合成開口法 / 合成開口法の適用例 / 低周波ソ

ーナの海底探査映像

14.4 地熱探査磁気センサ……………1183
 キュリー点法調査 / キュリー点法調査におけ
 る観測システム / キュリー点解析 / キュリー
 点法調査の実例

14.5 宇宙資源探査センサ……………1185
 月・小惑星探査の実用的意義 / 月・小惑星の
 資源探査システム / 蛍光スペクトロメータ /
 ガンマ線スペクトロメータ

14.6 大気鉛直分布測定用センサ……………1188
 測定対象とニーズ / 測定原理の概要 / センサ
 システムの例 / 測定例

14.7 レーザレーダ……………1192
 レーザレーダ装置の概要 / 光と物質の相互作
 用と、それを利用したレーザレーダの各方
 式 / レーザレーダで測定される気象現象

15章 海洋環境計測システム

15.1 概 説……………1155

15.2 超音波計測システム……………1155
 マルチナロービーム測深機 / ドップラー流速
 計 IES / 音響断層観測システム

15.3 マイクロ波計測システム……………1158

海面波と風速の計測 / 海面温度および塩分濃
 度の計測 / 油汚染の検出

15.4 光計測システム……………1161
 光の伝搬媒体としての海水 / in situ センサ
 システム / 遠隔センサシステム

索引

和文索引……………1165

欧文索引……………1176

