

I. 総論

編主任 伊 沢 計 介

執筆者 伊 沢 計 介

森 永 智 昭 (東京工業大学)

土 屋 喜 一 (早稲田大学)

目 次

1. 総論

1.1 一般概念	5	の把握	8
1.2 自動制御の用語	5	1.4.3 既存の要素の特性調査	8
1.3 自動制御系の解析	7	1.4.4 制御系の応答特性の検討	8
1.3.1 フィードバック系の利点	7	1.4.5 自動制御系のブロック線図の作製	8
1.3.2 解析手段の各種	7	1.4.6 未決定の定数の決定	8
1.4 自動制御系の設計計画	8	1.4.7 補償要素の特性の決定	8
1.4.1 計画されている自動制御の目的の 再検討	8	1.4.8 制御方式の変更	9
1.4.2 制御すべき対象および要求される事項		1.4.9 ブロック線図の等価変換	9
		1.4.10 実験的検討	9

2. 基礎的解析法

2.1 要素の表現	9	2.5.2 インディシャル応答および荷重関数	15
2.2 ラプラス変換	12	2.6 周波数特性	16
2.3 伝達関数	12	2.6.1 周波数特性と過渡特性の関係	16
2.4 ブロック線図	12	2.6.2 周波数特性の表示法	18
2.5 過渡特性	15	2.6.3 閉ループ周波数応答	18
2.5.1 特性方程式	15	2.7 定常偏差	21

3. 安定性

3.1 安定性と特性方程式	23	3.3 安定度の判別	29
3.2 安定判別	24	3.3.1 特性根と安定度	29
3.2.1 Routh の方法	24	3.3.2 Bilharz-Frank の方法	30
3.2.2 Hurwitz の方法	25	3.3.3 Leonhard の方法	30
3.2.3 Leonhard の方法	25	3.3.4 Vazsonyi の方法	31
3.2.4 Nyquist の方法	25	3.3.5 根軌跡法	31
3.2.5 ボード (Bode) 線図による方法	28	3.3.6 位相軌跡法	36
3.2.6 ゲイン-位相図による方法	29	3.3.7 固有振動数限界を求める方法	37

3・3・8 制御偏差積分法	37	3・4・2 高橋の方法	40
3・3・9 周波数応答法による評価	39	3・4・3 Hazebrock - Waerden の方法	40
3・4 最適調整論	39	3・4・4 Cohen - Coon の方法	40
3・4・1 Ziegler - Nichols の方法	39	参考文献	41

4. 動 特 性

4・1 ステップ応答と周波数応答	42	4・3・4 Floyd の方法	46
4・2 特性根とステップ応答および 周波数応答	42	4・4 ステップ応答から周波数応答の 推定	47
4・3 周波数応答からステップ応答の推 定	43	4・4・1 Oldenbourg-Sartorius の方法	47
4・3・1 理想フィルタによる近似	43	4・4・2 調和解析による方法	47
4・3・2 代表振動根の推定	44	4・4・3 折線近似による方法	48
4・3・3 Johnson の方法	45	参考文献	49

5. ノイズ, 不規則信号

5・1 不規則信号の表現	49	5・3 不規則信号に対する系の応答	51
5・1・1 相関関数	49	5・4 定常不規則外乱のあるときの 制御系の設計	51
5・1・2 スペクトル密度	50	参考文献	52
5・2 不規則信号の実際的取り扱い	50		

6. 非 線 形 性

6・1 一般概念	52	6・4・4 記述関数の各種	55
6・1・1 非線形性の定義	52	6・5 位 相 面	55
6・1・2 非線形性の種類	52	6・5・1 制御理論と位相面	55
6・2 非線形現象各種	53	6・5・2 軌道の各種	58
6・2・1 跳躍現象	53	6・5・3 等傾斜線法	58
6・2・2 リミットサイクル	53	6・5・4 円弧法	59
6・2・3 分数調波振動	53	6・5・5 Liénard 曲線	59
6・2・4 内部変調	53	6・6 位相面に関する諸定理	60
6・3 線 形 化	53	6・6・1 Poincaré の定理	60
6・4 記 述 関 数	54	6・6・2 Bendixon の定理	60
6・4・1 記述関数を用いるときの仮定	54	6・6・3 Liapunov の安定判別	60
6・4・2 記述関数法の特徴	54	参考文献	61
6・4・3 記述関数法の概略	54		

7. サンプル値制御系

7・1 一般概念	61	7・2 z 変換	61
----------	----	----------	----

7.2.1 定 義	61
7.2.2 諸 定 理	63
7.3 パルス伝達関数	63
7.3.1 定 義	63
7.3.2 ホールド回路のパルス伝達関数	63
7.4 サンプル値系の応答	63
7.4.1 周波数応答	63
7.4.2 過渡応答	65

7.5 安 定 性	65
7.5.1 安定判別	65
7.5.2 かげの不安定	65
7.5.3 減衰条件曲線	65
7.5.4 根 軌 跡	66
7.6 有限整定時間応答	66
7.7 任意パルス伝達関数回路	66
参 考 文 献	66

8. 単

位

8.1 絶対単位系と重力単位系	67
8.2 諸単位換算表	67

8.3 数値 \Rightarrow デシベル \Rightarrow ロラス \Rightarrow オクターブ 換算尺	71
--	----

Ⅱ. 電氣的な共通要素

編主任 沢井善三郎(東京大学)
執筆者 池沢茂(日本電気) 稲井猛(富士通)
桑田弘(日本電池) 坂本光雄(富士通)
沢登義文(日本電気) 滝田義介(明電舎)
中島友円(富士通) 西口譲(新光電機)
沼倉俊郎(日立製作所) 萩本博幸(多摩川精機)
兵頭 暁(電元オートメーション) 山口純一(三興商会)
山口 照三(電元オートメーション)

目 次

1. 回路部品

1.1 トランスフォーマー.....7	1.5.2 回路方式.....50
1.1.1 総説.....7	1.5.3 構成素子.....54
1.1.2 通信用変成器.....7	1.5.4 種類.....56
1.1.3 パルストランス.....12	参考文献.....66
1.1.4 電源変圧器.....14	1.6 マイクロモジュール.....66
1.1.5 変成器用材料.....17	1.6.1 概説.....66
参考文献.....20	1.6.2 RCAのマイクロモジュール.....67
1.2 インダクタンスコイル.....20	1.6.3 2Dプログラム.....69
1.2.1 総説.....20	1.6.4 固体回路.....70
1.2.2 特性.....23	参考文献.....71
1.2.3 種類.....25	1.7 コード.....71
1.2.4 コイル特性の安定度.....27	1.7.1 編組コード.....71
参考文献.....30	1.7.2 キャプタイヤコード.....73
1.3 コンデンサ.....30	1.7.3 同軸コード.....74
1.3.1 概説.....30	1.8 印刷配線技術.....75
1.3.2 コンデンサの種類.....31	1.8.1 印刷配線技術の開発.....5
参考文献.....40	1.8.2 印刷配線の方式の利害.....75
1.4 抵抗器.....41	1.8.3 印刷配線基板の製造方法.....75
1.4.1 概説.....41	1.8.4 印刷配線基板の特性.....77
1.4.2 種類.....42	1.8.5 表面仕上げ.....78
参考文献.....49	参考文献.....79
1.5 ろ波器.....49	1.9 ハーメチックシール.....79
1.5.1 概説.....49	1.9.1 概説.....79

1-9-2 構造	79	1-9-5 材料	82
1-9-3 性能	80	1-9-6 使用上の注意事項	82
1-9-4 種類	81	1-10 カラーコーディング	83

2. 電子部品

2-1 真空管	85	2-2-10 トランジスタ規格表	149
2-1-1 真空管一般	85	2-3 その他の半導体	149
2-1-2 高信頼管	88	2-3-1 ダイオード	149
2-1-3 通信装置用真空管	89	2-3-2 定電圧ダイオード	153
2-1-4 直流増幅用真空管	92	2-3-3 フォト トランジスタ	157
2-1-5 計算機用真空管	97	2-3-4 サーマスタ	160
2-1-6 ビーム切換計数管	98	2-3-5 パリスタ	163
2-1-7 光電管	100	2-3-6 ホールジェネレータ	165
2-1-8 光電子増倍管	102	2-3-7 シリコン制御整流器	166
2-1-9 観測用ブラウン管	103	2-3-8 太陽電池	172
2-2 トランジスタ	104	2-3-9 電子冷凍素子	174
2-2-1 原理	104	2-4 放電管	176
2-2-2 構造	106	2-4-1 放電管一般	176
2-2-3 特性および適用	116	2-4-2 定電圧放電管	177
2-2-4 基本特性	122	2-4-3 電圧標準管	180
2-2-5 応用回路	129	2-4-4 計数放電管	181
2-2-6 規格および用語の説明	144	2-4-5 リレー放電管	184
2-2-7 使用法	147	2-4-6 表示放電管	187
2-2-8 最大定格の厳守	147	2-4-7 熱陰極格子制御放電管	189
2-2-9 信頼性の問題	148		

3. サーマ素子

3-1 差動変圧器	193	3-2-2 規格・外形寸法	198
3-1-1 原理と構造	193	3-2-3 特性	201
3-1-2 設計要領	193	3-2-4 選定方法	201
3-1-3 使用条件	194	3-2-5 特性試験方法	215
3-1-4 性能	194	3-2-6 応用・取付け・取扱い注意事項	228
3-2 シンクロ	198	3-3 ポテンショメータ	228
3-2-1 種類	198	3-4 チョップパ	231

4. スイッチ類

4-1 押しボタンスイッチ	234		234
4-1-1 小形押しボタンスイッチ	234	4-1-3 工業用押しボタンスイッチ	235
4-1-2 インタロック式押しボタンスイッチ		4-1-4 マイクロスイッチ式	

押しボタンスイッチ……………236	4・4・1 原 理 ……………239
4・1・5 表示灯つき押しボタンスイッチ ……236	4・4・2 種 類 ……………239
4・2 レバ形キースイッチ ……………236	4・4・3 基本スイッチ ……………239
4・3 セレクタスイッチ……………236	4・4・4 アクチュエータ ……………240
4・3・1 東京電気製セレクタスイッチ ……236	4・4・5 防滴形スイッチ形 ZL ……………241
4・3・2 押しボタン式セレクタスイッチ ……236	4・4・6 封入形基本スイッチ形 ZE・ZV ……241
4・3・3 配電盤・操作盤用セレクタスイッチ…237	4・4・7 封入形基本スイッチ形 VE ……241
4・3・4 マイクロスイッチ式 セレクタスイッチ ……………237	4・4・8 特 性 ……………241
4・3・5 ロータリスイッチ ……………237	4・4・9 使用上の注意事項 ……………241
4・3・6 スライド式セレクタスイッチ ……238	4・5 制限開閉器 ……………243
4・4 マイクロスイッチ……………238	4・6 近接スイッチ ……………244
	4・7 水銀スイッチ ……………244

5. 継電器・コンタクタ・表示装置

5・1 継 電 器 ……………245	5・2 電磁接触器 ……………269
5・1・1 種 類 ……………245	5・2・1 小容量電磁接触器 ……………269
5・1・2 一般継電器 ……………245	5・2・2 富士電機 RC 形電磁接触器 ……269
5・1・3 有極継電器 ……………252	5・2・3 三菱電機 NS, N 形電磁接触器 ……269
5・1・4 水銀入継電器 ……………253	5・2・4 日立製作所製交流電磁接触器 ……270
5・1・5 限時継電器 ……………255	5・2・5 その他の電磁接触器 ……………271
5・1・6 回転式継電器 ……………258	5・3 ノーヒューズブレーカ……………271
5・1・7 圧力継電器 ……………260	5・4 表示装置 ……………272
5・1・8 温度継電器 ……………262	5・4・1 パイロットライト ……………274
5・1・9 メータリレー ……………264	5・4・2 変換式表示装置 ……………275
5・1・10 高感度継電器……………267	
5・1・11 特殊継電器……………268	

6. タ イ マ

6・1 種 類……………277	6・4・1 継電器式タイマ ……………278
6・2 同期電動機式タイマ……………277	6・4・2 サイラトロン式タイマ ……279
6・3 多接点式カム制御タイマ ……278	6・5 計数形タイマ……………279
6・4 CR 形タイマ……………278	6・6 サーマルリレー管……………281

7. 電 気 材 料

7・1 無機絶縁材料……………281	7・2・2 ふっ素レジン ……………283
7・1・1 マイカ……………281	7・2・3 ポリスチレンおよびその共重合物 ……284
7・1・2 磁器材料……………282	7・2・4 ポリプロピレン ……………284
7・2 有機絶縁材料……………283	7・2・5 ポリ塩化ビニルおよび共重合物 ……288
7・2・1 ポリエチレン ……………283	7・2・6 塩化ビニリデンレジン ……288

7・2・7	ポリアセタールレジン	288	7・2・14	ポリアミドレジン	292
7・2・8	塩化ポリエーテルレジン	291	7・2・15	エポキシレジン	297
7・2・9	ポリカーボネートレジン	291	7・3	磁性材料	297
7・2・10	フェノールレジン	291	7・3・1	磁心材料	297
7・2・11	ユリアレジン	291	7・3・2	永久磁石	310
7・2・12	アニリンレジン	292	7・3・3	特殊磁性材料	316
7・2・13	メラミンレジン	292	参考文献		322

8. 配線材料

8・1	電線類	323	8・1・7	ビニルキャブタイヤケーブル	336
8・1・1	600V ゴム絶縁電線	323	8・1・8	ゴム絶縁クロロブレン シースケーブル	336
8・1・2	600V ビニル電線	323	8・1・9	補償導線	337
8・1・3	DV 電線	324	8・1・10	接地用ビニル絶縁電線	337
8・1・4	制御用ビニルケーブル	324	8・2	電線管配管用継手器具	337
8・1・5	信号用ビニル鋼帯がい装ケーブル	329	8・2・1	VD 形配線器具	337
8・1・6	クロロブレン キャブタイヤケーブル	329	8・2・2	耐圧防爆形配線器具	343

9. 電源用整流機器

9・1	種類	347	9・4・4	ゲルマニウム・シリコン 整流器取扱上の注意	351
9・2	各種整流器の比較	347	9・4・5	シリコン制御整流器	354
9・2・1	性能比較	347	9・5	放電管	354
9・2・2	利用範囲	347	9・5・1	熱陰極二極放電管	354
9・3	整流方式と諸定数	348	9・5・2	水銀整流器	354
9・4	半導体整流器	348	9・5・3	熱陰極放電管および 水銀整流器取扱上の注意	356
9・4・1	セレン整流器	348			
9・4・2	ゲルマニウム整流器	350			
9・4・3	シリコン整流器	350			

10. 電池

10・1	電池の最近の進歩	357	10・6	蓄電池選定の条件	363
10・2	電池の種類	357	10・6・1	機器の最低動作電圧	363
10・3	起電力	358	10・6・2	負荷の種類	363
10・4	放電特性	361	10・6・3	瞬時最大放電電流	364
10・5	充電特性	362	10・6・4	放電時間	364
10・5・1	充電電流と充電電圧	362	10・6・5	電池温度	364
10・5・2	充電方法	362	10・6・6	充電方法	364
10・5・3	充電器と組み合わせた 電池充電特性の推定	363	10・7	容量計算法	364
			10・7・1	電池に要求する最低電圧	364

10・7・2	定電流負荷	364
10・7・3	変動負荷	365
10・7・4	容量補正	365
10・7・5	瞬時最大電流	365

10・8	浮動式充電法	366
10・9	交流の影響	366
10・10	蓄電池の遠隔管理装置	366

11. 諸 材 料

11・1	抵抗材料	367
11・2	接点材料	369
11・3	ばね材料	372
11・3・1	低温焼なまし形ばね材料	372
11・3・2	時効硬化形ばね材料	375
11・3・3	特殊ばね材料	379

11・4	ろう接材料	380
11・4・1	低温はんだ	380
11・4・2	高温はんだ	380
11・4・3	特殊はんだ	380
	参考文献	381

Ⅲ. 機械的な共通要素

編主任	池 辺 洋 (東京工業大学)	
執筆 者	市 来 卓 雄 (山武ハネウエル)	稲 葉 清右衛門 (富 士 通)
	内 海 竜 夫 (機械試験所)	小 川 潔 (東京工業大学)
	金 子 敏 夫 (三菱電機)	川 瀬 健一郎 (萱 場 工 業)
	川 元 修 三 (日本レギュレータ)	庄 司 和 民 (東京商船大学)
	高 木 猛 (日産自動車)	高 田 茂 俊 (三菱重工)
	土 屋 喜 一 (早稲田大学)	中 田 孝 (東京工業大学)
	萩 本 博 幸 (多摩川精機)	林 国 一 (東京工業大学)
	林 輝 (東京工業大学)	松 原 清 (機械試験所)
	吉 本 勇 (東京工業大学)	

目 次

1. 歯 車

1・1 種 類	7	1・5・1 等 級	15
1・2 原 理	7	1・5・2 角度伝達誤差	15
1・3 基 本 事 項	9	1・6 バックラッシ	16
1・3・1 基準ラックと標準歯車	9	1・6・1 バックラッシ量	16
1・3・2 標準歯車のかみあい	9	1・6・2 バックラッシエリミネータ	17
1・3・3 転位歯車	10	1・7 歯車列の歯数比および段数	18
1・4 設 計	10	1・7・1 歯数比の選択	18
1・4・1 工具の選択	10	1・7・2 段数の選択	19
1・4・2 最小歯数	10	1・8 演算用歯車	20
1・4・3 材 質	11	1・8・1 差動歯車	20
1・4・4 強 度	11	1・8・2 非円形歯車機構と歯車の工作	20
1・4・5 製作に必要な歯車の寸法と製図	12	1・8・3 非円形歯車の設計と工作	21
1・4・6 歯車および歯車列の省略図	15	参 考 文 献	23
1・5 精 度	15		

2. ね じ

2・1 ねじの種類	23	2・1・4 台形ねじ	23
2・1・1 メートルねじ	23	2・1・5 管用ねじ	24
2・1・2 ウィットねじおよびユニファイねじ	23	2・2 ねじの等級	24
2・1・3 細密ねじ	23	2・3 ねじ部品	24

2・3・1 六角ボルトおよび六角ナット	24	2・3・4 木ねじ	27
2・3・2 六角穴付ボルトおよび六角穴付止めねじ	24	2・3・5 タッピンねじ	27
2・3・3 小ねじ	27	2・3・6 座金	27
		2・4 ねじの強さ	27

3. ボール ナット スクリュー

3・1 概要	28	3・4 応用	31
3・2 規格	31	参考文献	32
3・3 選定	31		

4. ばね

4・1 ばねの種類	32	4・3・1 剛さと応力	34
4・1・1 コイルばね	32	4・3・2 コイルばねの設計図表	34
4・1・2 その他のばね	32	4・3・3 圧縮コイルばねの座屈	35
4・2 材料	33	参考文献	35
4・3 コイルばね	33		

5. 軸

5・1 軸の許容応力	35	5・3・1 機械構造用合金鋼および特殊鋼	36
5・2 軸のねじり剛さ	35	5・3・2 ドリルロッド	36
5・3 軸用材料	36	5・3・3 みがき棒鋼	37

6. 計器用軸受

6・1 概説	37	6・2・7 すきま	46
6・1・1 ころがり軸受とすべり軸受	37	6・2・8 潤滑	47
6・1・2 ころがり軸受の使用例と製造状況	37	6・2・9 取扱い	47
6・2 ころがり軸受	38	参考文献	48
6・2・1 構造・種類および特長	38	6・3 含油軸受	48
6・2・2 主要材料	38	6・4 合成樹脂軸受	49
6・2・3 主要寸法および精度	39	6・5 ピボット軸受	49
6・2・4 寿命	39	6・6 空気軸受	50
6・2・5 運転特性	44	6・7 磁気軸受	51
6・2・6 はめあい	46	参考文献	51

7. 軸継手

7・1 角度伝達用軸継手	52	7・1・3 オルダム継手	52
7・1・1 固定形軸継手	52	7・1・4 自在継手	53
7・1・2 たわみ継手	52	7・1・5 突き合わせセレーション継手	53

7.2 動力伝達用軸継手	53
7.2.1 固定形	53

7.2.2 軸のくい違いを許す形	53
参考文献	54

8. リンク

8.1 概 説	54
8.2 自由度1なるリンク機構	55
8.2.1 変位曲線の方程式	55
8.2.2 リンクの数	55
8.2.3 自由度1なるリンク機構例	55

8.3 自由度2なるリンク機構	56
8.3.1 変位曲線の方程式	56
8.3.2 リンクの数	56
8.3.3 自由度2なるリンク機構例	56

9. カム

9.1 概 説	57
9.2 自由度1なる機構	57
9.2.1 変位曲線の方程式	57
9.2.2 節 の 数	57
9.2.3 自由度1なるカム機構例	57

9.2.4 自由度1なるカム機構例	57
9.3 自由度2なるカム機構	58
9.3.1 変位曲線	58
9.3.2 節 の 数	58

10. クラッチおよびブレーキ (サーボ用)

.....58

11. ベローズ

11.1 ベローズ	68
11.1.1 概 説	68
11.1.2 製 法	68
11.1.3 寸 度 表	68
11.1.4 特 性	70

11.2 ベロフラム	71
11.2.1 概 説	71
11.2.2 構造・形状・寸度表	71
11.2.3 ベローズとダイヤフラムの比較	71
参考文献	73

12. ダイアフラム

12.1 検出用ダイヤフラム	73
12.1.1 金属ダイヤフラム	74
12.1.2 非金属ダイヤフラム	74

12.2 駆動部用ダイヤフラム	75
12.3 シール用ダイヤフラム	75
参考文献	76

13. 作 動 油

13.1 作動油の性状	76
13.1.1 密度および比重	76
13.1.2 粘 性	77
13.1.3 作動油の実用的性状	78
13.2 作動油の種類	79

13.2.1 石油系作動油	79
13.2.2 水溶性作動油	79
13.2.3 合成作動油	79
13.2.4 不燃性作動油	79
13.2.5 金属作動媒体	80

14. 導 管

14.1 油圧用導管	80	14.2 空気圧用導管	85
14.1.1 導管の強さ	80	14.2.1 空気圧供給導管	85
14.1.2 導管内の流れ	80	14.2.2 信号伝送導管	85
14.1.3 配 管	82	14.2.3 その他の空気圧導管	88
14.1.4 配管の選定	84	14.2.4 導管の動特性	88
14.1.5 ホース	84	参考文献	88

15. 漏 れ 止 め

15.1 材 質	88	15.3.2 グランド寸法と表面仕上および パッキンみぞの形状	92
15.1.1 使用流体との適合性	88	15.3.3 Oリングガスケット	93
15.1.2 機械的性質	88	15.3.4 Oリング使用上の注意	93
15.1.3 使用環境	89	15.4 自己緊塞パッキン	93
15.1.4 天然ゴム	89	15.5 他力緊塞パッキン	94
15.1.5 合成ゴムなど	89	15.6 オイルシール	94
15.2 ガスケットシート	91	15.7 メカニカルシール	94
15.3 O リ ン グ	91	15.8 金属シール	96
15.3.1 Oリング	91		

16. 管 継 手

16.1 一般用管継手	97	16.2.2 管端部の形状寸度	137
16.1.1 管用ねじ規格	97	16.2.3 管継手端部の形状寸法	138
16.1.2 管 継 手	98	16.2.4 管継手取付部ボスの形状寸法	140
16.1.3 ガスケット	132	16.2.5 カップリング	141
16.2 航空機用管継手	135	16.2.6 管 継 手	142
16.2.1 管継手の一般通則	135	16.2.7 ホース継手	142

17. ろ 過 器

17.1 空気圧用ろ過器	145	17.2.1 概 説	147
17.1.1 概 説	145	17.2.2 構 造	147
17.1.2 構造と特性	146	17.2.3 選 び 方	149
17.1.3 保 守	146	17.2.4 保守・点検	149
17.2 油圧用ろ過器	147		

18. 配管用バルブ類

18.1 ストップバルブ	150	18.3 規 格	151
18.2 ゲートバルブ	150	18.4 適 用	152

18・4・1 検出配管に取り付けられる場合 …152	18・5 抵抗特性……………155
18・4・2 油配管に取り付けられる場合 ……154	18・6 保守・工事……………156
18・4・3 空気配管に取り付けられた場合 …155	参考文献……………157

19. ジャイロ

19・1 船舶用ジャイロコンパス ……157	19・1・6 スペリー式14形ジャイロコンパス ……………161
19・1・1 概説 ……157	19・1・7 アンシューツ式ジャイロコンパス ……………161
19・1・2 原理 ……157	19・1・8 船舶用ジャイロコンパスの利用 …163
19・1・3 スペリー式ジャイロコンパス の原理 ……158	19・2 航空機用ジャイロ ……163
19・1・4 アンシューツ式ジャイロコンパス の原理 ……159	19・2・1 概説 ……163
19・1・5 誤差 ……159	19・2・2 各論 ……164

Ⅳ. 検 出 機 器

編主任 寺尾 満 (東京大学) 執筆者 井海 健吾 (東京精密) 市ノ川 竹男 (早稲田大学) 梅津 三郎 (東京芝浦電気) 大沢 秀夫 (東京芝浦電気) 小野 龍三 (大和製衡) 加古 五郎 (山武ハネウエル) 木内 勝造 (日立製作所) 久保 敦 (島津製作所) 斉藤 文次郎 (横河電機) 高田 義興 (富士電機) 寺尾 満 (東京大学) 服部 寛雄 (北辰電機) 春木 達郎 (島津製作所) 松代 正三 (中央計量検定所) 宮内 鉄也 (北辰電機) 安原 吉郎 (住友金属) 横山 謙三 (東京計器)	市来 卓雄 (山武ハネウエル) 今井 春蔵 (東京芝浦電気) 大岡 崇 (電気試験所) 岡 正太郎 (島津製作所) 小畑 耕郎 (コパル) 河栗 清好 (富士電機) 木村 嘉一 (大泉製作所) 栗岡 英定 (横河電機) 上滝 致孝 (電気試験所) 多羅尾 淳一 (東京芝浦電気) 西口 譲 (新光電機) 早川 進 (品川製作所) 東 成行 (オーバル機器工業) 三島 秀雄 (島津製作所) 宮武 勝 (横河電機) 山下 熙 (電気化学計器) 渡部 勝 (北辰電機)
---	--

目 次

1. 熱 電 対

1.1 熱電温度計の構成.....9	1.4.2 管形.....14
1.2 熱電対材料.....9	1.4.3 表面形.....14
1.3 熱電対の選定.....10	1.4.4 吸引形.....14
1.3.1 PR熱電対.....13	1.4.5 しんせき形.....15
1.3.2 CA熱電対.....13	1.5 保護管.....15
1.3.3 IC熱電対.....13	1.6 補償導線.....16
1.3.4 CC熱電対.....13	1.7 基準接点.....17
1.4 熱電対の構造.....13	参考文献.....17
1.4.1 普通形.....13	

2. 測温抵抗体

2.1 抵抗温度計の構成	17	2.3 測温抵抗体の構造	19
2.2 測温抵抗体の抵抗素線	18	参考文献	20

3. 放射温度計

3.1 温度と放射	20	3.3 サーモパイル	23
3.2 光高温計および光電管高温計	22	3.4 温度の測定誤差	24

4. 水銀膨張式温度計

4.1 原理	26	4.3 目盛範囲と性能	27
4.2 感温部の形状	26	4.4 取り付けと保守	27

5. サーミスタ

5.1 サーミスタの特性	27	5.2 サーミスタの種類・構造	29
5.1.1 抵抗-温度特性	27	5.3 測温素子としてのサーミスタ の応用	30
5.1.2 熱放散定数	28	参考文献	31
5.1.3 熱時定数	28		

6. バイメタル

6.1 バイメタルの概要	31	6.5.1 バイメタルの厚さとわん曲定数	34
6.2 わん曲定数	31	6.5.2 バイメタルの時効処理	34
6.2.1 定義	31	6.5.3 長時間加熱したときの わん曲定数の変化	35
6.2.2 測定法	31	6.5.4 バイメタルの高温加熱とわん曲定数	
6.3 バイメタルの種類と製品	31	6.5.5 加工履歴とわん曲定数	35
6.4 バイメタルの使用法	33		
6.5 バイメタル使用上の問題点	34		

7. U字管・リングバランス

7.1 U字管形流量計・圧力計	35	7.2.1 原理・構造	37
7.1.1 機械式流量計	35	7.2.2 材料	38
7.1.2 誘導式流量計	36	7.2.3 特性	38
7.1.3 材料	37	7.3 応用	38
7.1.4 特性	37	7.4 選定	38
7.2 リングバランス形流量計・圧力計	37		

8. ペローズ

- 8.1 ペローズ式圧力計38 8.3 ペローズ式差圧計40
 8.2 絶対圧力計39

9. ダイアフラム

- 9.1 隔膜式圧力計41 9.2 空ごう式圧力計41

10. フルドン管

- 10.1 種類と構造42 10.3 性能44
 10.1.1 断面42 10.3.1 感度44
 10.1.2 巻形42 10.3.2 変位の方向45
 10.1.3 管端42 10.3.3 剛度46
 10.1.4 素管の成形43 10.3.4 強度47
 10.2 材料44 参考文献47

11. 圧カセル

.....47

12. ハイプロトン

- 12.1 一般49 12.3 使用回路49
 12.2 構造および動作原理49

13. オリフィス

- 13.1 絞りによる流量測定50 13.3.2 縮流タップ51
 13.2 オリフィスの形状と寸法50 13.3.3 フランジタップ51
 13.3 差圧取出方法51 13.3.4 オリフィス板の流量係数51
 13.3.1 コーナタップ51 13.3.5 オリフィス板の取り付け52

14. ノズル・ベンチュリ管・ピトー管

- 14.1 ノズル53 14.3 ピトー管54
 14.2 ベンチュリ管54

15. 電磁流量計

- 15.1 電磁流量計の特徴54 15.3.1 発信器の取付位置57
 15.2 電磁流量計の原理と測定回路55 15.3.2 電氣的配線58
 15.3 電磁流量計使用上の注意事項57 参考文献58

16. 質量流量計

.....59

17. 面積式流量計

17.1 原 理	60	17.4 計器の取り付けと操作	65
17.2 特 長	60	17.4.1 取り付け	65
17.3 構造および性能	61	17.4.2 操 作	65
17.3.1 構 造	61	参 考 文 献	66
17.3.2 代表製品	62		

18. 脈動流量計

.....66

19. 容積式液体流量計

19.1 容積式液体流量計の種類	67	19.5.1 流量制御	69
19.2 容積式液体流量計の特徴	67	19.5.2 バッチプロセスに対する 自動計量	70
19.3 容積式液体流量計の性能 および流量範囲	68	19.5.3 サーボ形連続混合装置	70
19.4 容積式流量計の計数器の種類	69	19.6 容積式流量計の構成材質と 適用液種	70
19.5 容積式流量計を検出器とする 自動制御および自動操作	69	19.7 容積式流量計用補器類	71

20. プロペラ式流量計

.....71

21. ガスメータ

21.1 概 要	72	21.3.2 性 能	74
21.2 乾式ガスメータ	72	21.3.3 精 度	74
21.2.1 構造原理	72	21.3.4 適用範囲	74
21.2.2 性 能	72	21.4 ルーツ式ガスメータ	74
21.2.3 精 度	72	21.4.1 構造原理	74
21.2.4 適用範囲	73	21.4.2 性 能	75
21.3 湿式ガスメータ	73	21.4.3 精 度	75
21.3.1 構造原理	73	21.4.4 適用範囲	75

22. 熱式流量計.....75

23. 超音波流量計.....76

24. 液 位 計

24.1	ゲージガラス	77	24.3.1	気ほう式	79
24.2	フロートによる方法	78	24.3.2	ダイヤフラム式	80
24.3	空気圧による方法	79	24.4	超音波による方法	81

25. 熱伝導式ガス分析計

25.1	ガスの熱伝導率の測定	83	25.2.2	北辰熱伝導式ガス分析計	85
25.2	熱伝導式ガス分析計の実例	83	25.2.3	熱伝導式ガス分析計の精度	85
25.2.1	富士熱伝導式ガス分析計	84			

26.	燃焼式ガス分析計	86	27.	密度式ガス分析計	88
-----	----------	----	-----	----------	----

28. 赤外線ガス分析計

28.1	負フィルタ形赤外線ガス分析計	90	28.2	正フィルタ形赤外線ガス分析計	91
------	----------------	----	------	----------------	----

29. 磁気式酸素分析計

29.1	磁気風を利用する方法	93	29.2	磁気吸引力を利用する方法	94
------	------------	----	------	--------------	----

30. 干渉式ガス分析計

.....94

31. 質 量 分 析 計

31.1	磁界偏向形質量分析計	97	31.2	飛行時間形質量分析計	97
------	------------	----	------	------------	----

32. ガスクロマトグラフ

32.1	エルーシヨンガスクロマト グラフィ	97	32.3.1	分 析	101
32.2	理 論	98	32.3.2	分 取	101
32.2.1	エルーシヨン法	98	32.4	装 置	102
32.2.2	理論段長さ	99	32.4.1	実験室分析用ガスクロマトグラフ	102
32.2.3	分解度	100	32.4.2	プロセスガスクロマトグラフ	110
32.3	用 途	101		参 考 文 献	113

33. 溶液電導式ガス分析計

.....114

34. 濃 度 セ ル

34.1 使用方法	116	34.4 濃度セルの実例	117
34.2 分極現象	116	34.5 使用上の注意と測定精度	117
34.3 セルコンスタント	116	参考文献	118

35. 電 磁 濃 度 計

35.1 原 理	118	35.4 測定精度	120
35.2 構 造	118	35.5 使用上の注意	120
35.3 測定対象	119	参考文献	120

36. pH 電 極

36.1 種 類	120	36.3.2 比較電極の特性	123
36.2 構 造	121	36.4 電極の取り扱い	123
36.3 特 性	121	36.5 pH 標準液	124
36.3.1 ガラス電極の特性	121	参考文献	125

37. ポーラログラフ

37.1 概 要	126	37.3.1 分極性電極	129
37.2 装置の種類	127	37.3.2 非分極性電極	130
37.2.1 直流ポーラログラフ	127	37.4 応 用	130
37.2.2 交流ポーラログラフ	128	37.5 プロセス用ポーラログラフ	130
37.2.3 オシロポーラログラフ	129	参考文献	131
37.3 電極の構造と種類	129		

38. X 線 分 析 器

38.1 X線回折装置	132	38.2.3 X線吸収分析装置	141
38.1.1 X線回折計	132	38.3 X線マイクロアナライザ	142
38.1.2 その他の装置	134	38.3.1 原 理	142
38.2 X線分光分析装置	135	38.3.2 構 造	143
38.2.1 X線けい光分析装置	135	38.3.3 動作・用途および使用例	144
38.2.2 自動けい光X線分析装置	138	参考文献	146

39. 湿 度 計

39.1 湿度測定法とその選び方	146	39.2.3 露点計	151
39.2 湿度計の種類	147	39.2.4 電気抵抗式湿度計	153
39.2.1 毛髪湿度計	147	参考文献	153
39.2.2 乾湿球湿度計	148		

40. 粘 度 計

.....154

41. 容 量 変 換 器

41・1 平行板コンデンサ156 41・2 円筒形コンデンサ157

42. 空 気 マ イ ク ロ メ ー タ

.....158

43. 偏 位 検 出 用 格 子

43・1 光学格子159 参 考 文 献161

43・2 磁気格子161

44. 回 転 速 度 検 出 器

44・1 回転計用発電機161 44・3 光電形検出器162

44・2 低速度用発電機162

45. 加 速 度 計162 46. 振 動 計164

47. コ ン ベ ア ス ケ ー ル

47・1 原理と構造165 47・3 適 用166

47・2 精度と使用上の注意165 47・4 付 属 装 置166

48. ホ ッ パ ス ケ ー ル

48・1 電子管式ホップスケール166 ホ ッ パ ス ケ ー ル167

48・2 機械式および袋詰用 48・3 配合用ホップスケール168

49. 自 動 天 び ん お よ び 直 示 天 び ん

49・1 概 要169 49・5・4 自動-設定兼用の場合171

49・2 性能・仕様169 49・6 特別付属装置171

49・3 特 徴169 49・7 測定データ171

49・4 構 造170 49・8 直示天びん171

49・5 測定動作170 49・8・1 性 能171

49・5・1 ゼロ点調節170 49・8・2 特 長172

49・5・2 未知質量の測定170 49・8・3 仕 様172

49・5・3 サンプリングの場合171 49・8・4 応用機種172

50. 工 業 計 測 用 RI172 51. GM カウンタ174

52. シンチレーションカウンタ	176	53. 電 離 箱	177
------------------	-----	-----------	-----

54. 電気マイクロメータ

54.1 電気マイクロメータの特長	178	54.4.1 自動選別機	180
54.2 電気マイクロメータの原理	179	54.4.2 自動定寸装置	180
54.3 検出器の構造	179	54.4.3 ステップレス制御	181
54.3.1 スピンドル式検出器	179	54.4.4 寸法の記録	181
54.3.2 無摩擦式検出器	179	54.4.5 精密測定用	181
54.3.3 レバ式検出器	179	54.5 電気マイクロメータの現状	182
54.4 電気マイクロメータの応用例	180		

55. 密 度 計

55.1 フロート式	182	55.3 気ほう式	182
55.2 重量式	182	55.4 放射線式	183

V. 指示計器・記録計器・遠隔測定

編主任 寺尾 満(東京大学)

執筆者 石橋 誠一(富士電機) 関

深(横河電機)

宮内 鉄也(北辰電機)

目 次

1. 指示計器

1.1 指示計器一般	3	1.3 指示電気計器	5
1.2 指示計器の構成要素	3	1.3.1 動作原理による分類	5
1.2.1 駆動装置	3	1.3.2 階級による分類	5
1.2.2 制御装置	4	1.3.3 各種計器	5
1.2.3 制動装置	4		

2. 記録計器および積算器

2.1 総 説	10	2.4 自動平衡式記録計	21
2.2 機 構	11	2.4.1 一 般	21
2.2.1 ペン機構	11	2.4.2 構成要素	21
2.2.2 打点機構	12	2.4.3 円形記録計	29
2.2.3 インク	13	2.4.4 帯形記録計	29
2.2.4 リボン	13	2.4.5 規 格	34
2.2.5 チャート	13	2.5 空気圧式記録計	36
2.2.6 チャート繰出機構	15	2.6 積 算 器	38
2.2.7 測定点切換機構	17	2.6.1 一 般	38
2.2.8 タイムマーカ	17	2.6.2 電子式連続積算器	38
2.3 直動式記録計	18	2.6.3 電力計式積算器	38
2.3.1 一 般	18	2.6.4 I/F変換式積算器	39
2.3.2 ペン式記録計	18	2.6.5 間欠形積算器	39
2.3.3 打点式記録計	19	2.6.6 空気圧タービン式積算器	40
2.3.4 規 格	20	2.6.7 パルス形積算器	40

3. 遠 隔 測 定

3.1 総 説	40	3.1.3 構成と分類	41
3.1.1 一 般	40	3.2 空気圧伝送方式	41
3.1.2 必要条件	40	3.2.1 偏位方式	41

3・2・2 変位平衡方式	42	3・6・1 総 説	56
3・2・3 力平衡方式	42	3・6・2 偏位方式による送量器	57
3・2・4 出力空気圧, 空気源, 伝送距離制限	43	3・6・3 トルク平衡法による送量器	57
3・3 電圧伝送方式	44	3・6・4 電圧平衡法による送量器	59
3・3・1 総 説	44	3・6・5 受量器	60
3・3・2 交流電圧伝送方式	44	3・7 衝流時限伝送方式	62
3・3・3 直流電圧伝送方式	45	3・8 符号伝送方式	63
3・4 電流伝送方式	48	3・8・1 特 徴	63
3・4・1 総 説	48	3・8・2 構 成	63
3・4・2 トルク平衡法	48	3・8・3 符号方式	64
3・4・3 力平衡法	49	3・8・4 A-D変換器	65
3・4・4 電圧平衡法	51	3・8・5 符号式送量器・受量器	67
3・4・5 磁束平衡法	52	3・8・6 指示・記録・演算	69
3・4・6 全電子式制御装置における伝送信号	54	3・9 伝 送 路	70
3・5 位置伝送方式	54	3・9・1 直 送 法	70
3・6 衝流周波数伝送方式	56	3・9・2 搬 送 法	71

VI. 調 節 機 器

編主任 増 淵 正 美 (大阪大学)

執筆者 大 野 勇 (横河電機)

土 屋 喜 一 (早稲田大学)

川 元 修 三 (日本レギュレーター)

目 次

1. 空気圧式調節器

1.1 概 説	3	1.5 プログラム調節計	41
1.2 図示パネル用小形調節器	4	1.6 比率制御	42
1.3 ケース内蔵形調節器	22	1.7 カスケード制御	43
1.4 演算器・計算リレー	32	参 考 文 献	44

2. 油圧式調節器

2.1 検 出 部	44	2.6 比率調節器	59
2.2 操 作 部	47	2.7 付属品の選定	60
2.3 調 節 部	49	2.8 電気-油圧式アクチュエータ	62
2.4 制御動作機器	53	2.9 総合特性の検討	62
2.4.1 油圧式P動作機構	54	2.9.1 動特性の検討	62
2.4.2 油圧式 P+I 動作機構	54	2.9.2 比例ゲインの検討	64
2.5 設 定 部	58	参 考 文 献	67

3. 電気式調節器

3.1 電気式調節器の分類	68	3.4.2 設定および偏差検出回路	85
3.2 不連続式調節器	69	3.4.3 PID 演算回路	86
3.2.1 自力式オンオフ調節器	69	3.4.4 手動⇄自動切換および手動調節部	97
3.2.2 探触式オンオフ調節計	69	3.4.5 各社の電子式調節計	98
3.2.3 ベーン式オンオフ調節計	71	3.5 演算器と各種の応用調節器	110
3.2.4 ブリッジ式オンオフ調節計	72	3.5.1 演 算 器	110
3.2.5 パルス幅変調式 PI 動作調節器	72	3.5.2 プログラム制御	112
3.3 連続式調節器	75	3.5.3 カスケード制御	113
3.3.1 位置調節式	75	3.5.4 比率調節器	113
3.3.2 電流調節式	79	3.5.5 自動選択調節器	114
3.4 全電子式制御方式	80	3.5.6 バッチ調節器	114
3.4.1 電子式制御方式の構成および特長	80	参 考 文 献	115

VII. 電氣的増幅機器

編主任 沢 井 善三郎(東京大学)

執筆者 小 貫 天(早稲田大学) 築 地 謙 次(東京芝浦電気)

前 川 敏 明(日立製作所) 山 中 卓(横河電機)

目 次

1. 電子管増幅器

1.1 直流増幅器.....	3	1.3.3 交流サーボ用増幅器.....	15
1.1.1 直流増幅器の種類.....	3	1.3.4 交流サーボの補償回路.....	17
1.1.2 ドリフト.....	4	1.4 サイラトロン増幅器.....	19
1.1.3 搬送波変調形直流増幅器.....	6	1.4.1 サイラトロンの特性.....	19
1.1.4 直結直流増幅器の回路.....	7	1.4.2 制御格子の回路.....	20
1.2 交流増幅器.....	8	1.4.3 出力回路.....	20
1.2.1 交流増幅器の概要.....	8	1.4.4 応答速度と補償回路.....	22
1.2.2 抵抗容量結合増幅器.....	9	1.5 モジュレータとデモジュレータ.....	22
1.2.3 変圧器結合増幅器.....	9	1.5.1 モジュレータ.....	22
1.2.4 A級電力増幅器.....	11	1.5.2 デモジュレータ.....	27
1.2.5 B級電力増幅器.....	12	1.6 電 源.....	28
1.2.6 交流増幅器の回路.....	12	1.6.1 標準電池と水銀電池.....	28
1.3 サーボ用増幅器と補償回路.....	13	1.6.2 整流回路と平滑回路.....	29
1.3.1 直流サーボ用増幅器.....	14	参考文献.....	31
1.3.2 直流演算増幅器.....	15		

2. トランジスタ増幅器

2.1 トランジスタ回路.....	32	59
2.1.1 一般的事項.....	32	2.3 特殊半導体装置.....	62
2.1.2 トランジスタ増幅回路.....	35	2.3.1 ユニジャンクショントランジスタ.....	62
2.1.3 トランジスタ発振回路.....	45	2.3.2 電界効果トランジスタ.....	64
2.1.4 トランジスタ開閉回路.....	48	2.3.3 ホトダイオードおよびホトランジスタ.....	65
2.2 シリコンコントロールド整流器.....	57	2.3.4 トンネルダイオード.....	65
2.2.1 シリコンコントロールド整流器の原理および特性.....	57	2.3.5 定電圧ダイオード.....	67
2.2.2 シリコンコントロールド整流器回路.....		参考文献.....	67

3. 磁気増幅器

3.1 概 説	68	3.4.2 制御特性	75
3.1.1 可飽和リアクトル	68	3.5 負荷回路の影響とその対策	76
3.1.2 磁気増幅器	68	3.5.1 抵抗負荷の場合	76
3.1.3 磁気増幅器の巻線	68	3.5.2 誘導負荷の場合	77
3.1.4 磁気増幅器の種類	68	3.5.3 ブッシュアップ接続・多段接続	78
3.1.5 磁気増幅器の特性に関する用語	69	3.6 速応性磁気増幅器・サーボ磁気増幅器	78
3.1.6 磁気増幅器の得失	69	3.6.1 レーミーの速応性磁気増幅器	79
3.1.7 磁気増幅器の応用	70	3.6.2 その他の磁気増幅器	79
3.2 可飽和リアクトル	70	3.7 材料および構造	80
3.2.1 回 路	70	3.7.1 鉄心および巻線	80
3.2.2 自由磁化状態における動作	70	3.7.2 整流器	81
3.2.3 拘束磁化状態における動作	71	3.8 磁気増幅器式無接点リレー	81
3.2.4 可飽和リアクトルの制御特性	72	3.8.1 概 要	81
3.2.5 可飽和リアクトルの応答速度	72	3.8.2 レーミー形要素	82
3.3 外部帰還形磁気増幅器	73	3.8.3 自己帰還形要素	82
3.3.1 回 路	73	3.9 磁気増幅器の仕様書	83
3.3.2 制御特性	73	参考文献	83
3.4 自己帰還形磁気増幅器	74		
3.4.1 回 路	74		

4. 回転増幅機

4.1 種 類	83	4.5.2 アンブリダイン	90
4.2 原 理	84	4.5.3 H T D	90
4.2.1 交さ磁界形	84	4.5.4 分極 HTD	91
4.2.2 同 調 形	85	4.5.5 いろいろの要素の影響	91
4.3 構 造	85	4.5.6 特性の実例	92
4.3.1 アンブリダイン	85	4.5.7 機械定数と動特性との関係	94
4.3.2 HTD およびロートトロール	87	4.6 試験および保守	94
4.4 静 特 性	88	4.6.1 一般的試験	94
4.4.1 アンブリダイン	88	4.6.2 動特性試験	95
4.4.2 HTD およびロートトロール	89	4.6.3 保 守	96
4.5 動 特 性	90	4.7 応 用	96
4.5.1 他励直流発電機	90	参考文献	97

VII. 操 作 機 器

編主任 榎 木 義 一 (京 都 大 学) 池 辺 洋 (東 京 工 業 大 学)
執筆者 秋 葉 光 俊 (島 津 製 作 所) 稻 葉 清 右 衛 門 (富 士 通)
大 野 八 郎 (日 本 サ ー ボ) 奥 村 新 (島 津 製 作 所)
金 沢 磐 夫 (日 産 自 動 車) 金 子 敏 夫 (三 菱 電 機)
川 瀬 健 一 郎 (萱 場 工 業) 古 津 靖 久 (島 津 製 作 所)
坪 島 茂 彦 (明 電 舎) 久 田 丈 夫 (東 京 機 器 工 業)

目 次

1. 空気式操作部および関連機器

1.1 制御弁本体部	5	1.3 容量と弁サイズ	40
1.1.1 制御弁の一般構造	5	1.3.1 容量係数 C_v	40
1.1.2 本体形式, 仕様および用途	6	1.3.2 弁サイズの算定順序	42
1.1.3 弁軸に発生する推力およびトルク	8	1.3.3 C_v 計算式	43
1.1.4 配管接続部	9	1.3.4 弁サイズ算出用ノモグラフおよび 計算尺	46
1.1.5 上ぶた	9	1.3.5 C_v 算出上の注意事項	46
1.1.6 グランドパッキン部	10	1.3.6 例 題	47
1.1.7 内 弁	13	参考文献	47
1.1.8 正作動と逆作動	13	1.4 流量特性	47
1.1.9 主要部の材質とその選定基準	14	1.4.1 流量特性の定義	47
1.1.10 各社制御弁仕様一覧表	17	1.4.2 固有特性	48
参考文献	20	1.4.3 有効特性	50
1.2 駆 動 部	20	1.4.4 有効特性の選定	52
1.2.1 空気作動式駆動部の得失	20	1.4.5 固有特性の選定	53
1.2.2 空気作動式駆動部の分類	20	1.4.6 プロセスと弁特性	53
1.2.3 ダイアフラム式駆動部	20	参考文献	54
1.2.4 シリンダ式操作部	23	1.5 空気減圧弁	54
1.2.5 ベロフラム式駆動部	24	1.5.1 分 類	54
1.2.6 駆動部の特性	26	1.5.2 構造および動作	55
1.2.7 駆動部の出力	28	1.5.3 構 造 例	55
1.2.8 各社駆動部仕様一覧表	29	1.5.4 性 能	56
1.2.9 ポジショナ	29		
1.2.10 駆 動 器	36		
1.2.11 駆動部付属機器	37		
参考文献	40		

2. 油圧式操作部および関連機器

2.1 案内弁	57	2.6.3 構造と性能	104
2.1.1 種類	57	2.7 油圧調整弁	123
2.1.2 案内弁に作用する力	63	2.7.1 分類	123
2.1.3 サーボモータ設計の際の基礎的検討	64	2.7.2 形式	123
参考文献	65	2.7.3 弁の基本形式	123
2.2 サーボ弁	65	2.7.4 取付方法	124
2.2.1 代表的な種類と動作原理	66	2.7.5 接続	124
2.2.2 サーボ弁の性能を表わす要素	67	2.7.6 調整弁の操作方法	124
2.2.3 各種の実例	67	2.8 圧力調整弁	125
2.2.4 応用例	76	2.9 流量調整弁	127
参考文献	77	2.10 方向調整弁	128
2.3 操作シリンダ	79	2.10.1 逆止め弁	128
2.3.1 種類	79	2.10.2 方向切換弁	129
2.3.2 直線運動	79	2.10.3 切換弁の形式	129
2.3.3 回転運動	80	2.11 油圧パワユニット	130
2.3.4 クランク運動	80	2.11.1 油圧パワユニットの定義	130
2.3.5 操作シリンダの選定	80	2.11.2 パワユニットの種類と構造	130
2.4 油圧モータ	81	2.11.3 パワユニットの保守	133
2.4.1 一般	81	2.11.4 配管	135
2.4.2 種類	82	2.12 油そう	137
2.4.3 構造と性能	82	2.12.1 油そうの容量	137
2.5 油圧伝達装置	94	2.12.2 油そうの構造	137
2.5.1 種類と機能	94	2.12.3 貯油そう設計製作上の留意点	138
2.5.2 油圧伝達装置の性能	98	2.13 アキュムレータ	140
2.5.3 サーボ形油圧伝達装置	98	2.13.1 機能	140
2.6 油圧ポンプ	102	2.13.2 適用流体	141
2.6.1 種類	102	2.13.3 構造・仕様	142
2.6.2 一般事項	102		

3. 電気式操作部および関連機器

3.1 電磁弁	142	3.3 サーボモータ	150
3.1.1 電磁弁の原理	142	3.3.1 概説	150
3.1.2 電磁弁の構造	143	3.3.2 直流サーボモータ	151
3.2 電動弁	148	3.3.3 交流サーボモータ	152
3.2.1 電動弁の原理および特長	148	3.3.4 サーボモータの取り扱い	159
3.2.2 電動弁の構造	148	3.3.5 駆動回路	160
3.2.3 電動弁の制御方式	150	3.4 ステップモータ	161

3·4·1 概 要	161
3·4·2 原 理	161
3·4·3 構 造	161
3·4·4 駆動回路	162
3·4·5 特 性	163
3·4·6 寸 法	163
3·4·7 応 用	163
参考文献	165

3·5 電 動 機	165
3·5·1 電動機の速度特性	165
3·5·2 直流電動機	166
3·5·3 三相誘導電動機	171
3·5·4 交流整流子電動機	176
3·5·5 同期電動機	178
参考文献	178

Ⅷ. 測定・試験用機器と計算機器

編主任	大島 康次郎 (東京大学)		
執筆著	青柳 鷹之介 (新興通信工業)	新井 正 (東京芝浦電気)	
	稲葉 清右衛門 (富士通)	井上 秀夫 (東京計器)	
	岩井 喜典 (東京芝浦電気)	上松 寛治 (横河電機)	
	大岡 崇 (電子技術総合試験所)	大野 勇 (横河電機)	
	大森 俊一 (電子技術総合試験所)	梶浦 正孝 (北辰電機)	
	小宮 建作 (味の素)	高橋 茂 (電子技術総合試験所)	
	田辺 共之 (横河電機)	寺尾 満 (東京大学)	
	沼倉 俊郎 (日立製作所)	野田 克彦 (電子技術総合試験所)	
	萩本 博幸 (多摩川精機)	藤井 克彦 (大阪大学)	
	宮本 悦郎 (NHK)	渡辺 勝 (東京大学)	

目 次

1. 測 定 器

1.1 真空管電圧計	5	1.5.2 吸収形周波計	19
1.1.1 種類	5	1.5.3 バタフライ周波計	20
1.1.2 回路例	7	1.5.4 半同軸形周波計	20
1.2 LCRメータ	9	1.6 力率計	21
1.2.1 概説	9	1.6.1 力率の定義	21
1.2.2 原理	9	1.6.2 力率計の原理	21
1.2.3 種類・定格など	10	1.6.3 特性および選定	22
1.2.4 選定その他	10	1.7 ひずみ率計	24
1.3 回路計	10	1.7.1 ひずみ率	24
1.3.1 概説	10	1.7.2 ひずみ率計の原理	24
1.3.2 回路	12	1.7.3 選定および使用上の注意	26
1.3.3 特性および使用範囲	14	1.8 ストロボスコープ	26
1.4 Qメータ	16	1.9 カウンタ	28
1.4.1 概要	16	1.9.1 動作の概要	28
1.4.2 回路	17	1.9.2 構成部の説明	29
1.4.3 性能	17	1.9.3 カウンタの周波数測定以外への応用	30
1.4.4 使用並びに保守	17	1.9.4 代表的なカウンタ	30
1.4.5 その他	19	1.9.5 製品例	33
1.5 周波数計	19	1.10 ストレインゲージ	33
1.5.1 ヘテロダイン周波形	19		

1・10・1	ストレインゲージの原理	33
1・10・2	ストレインゲージの種類	34
1・10・3	接着剤と接着および防湿	39
1・10・4	結線の出力	40

1・10・5	温度補償	41
1・10・6	増幅器	41
1・10・7	使用限界	43
1・10・8	トランスデューサ	43

2. 試験用機器

2・1	空気圧式正弦波応答試験器	45
	参考文献	47
2・2	電気的信号発生器	47
2・2・1	超低周波連続信号発生器	47
2・2・2	パルス信号発生器	49
2・3	低周波不規則信号発生器	50
2・3・1	原理	51
2・3・2	装置の具体的な回路と特性	51
	参考文献	54
2・4	電磁オシログラフ	54
2・4・1	概説	54
2・4・2	構造	54
2・5	ペン書オシログラフ	58
2・5・1	概説	58
2・5・2	ペンモータ	58
2・5・3	記録方式	59
2・5・4	特性	60
2・5・5	増幅器	62
2・6	シンクロスコープ	62

2・6・1	特長	62
2・6・2	構成と機能	63
2・6・3	実例	63
2・7	テープレコーダ	65
2・7・1	概要	65
2・7・2	種類	65
2・7・3	特性	65
2・7・4	応用	66
	参考文献	67
2・8	XYレコーダ	67
2・9	サーボアナライザ	69
2・9・1	概説	69
2・9・2	線形制御系用サーボアナライザ	72
2・9・3	非線形制御系用サーボアナライザ	76
	参考文献	81
2・10	サーボボード	81
2・10・1	概要	81
2・10・2	サーボボードの構成部品	82
2・10・3	サーボボードの使用法	84

3. アナログ計算機

3・1	一般事項	85
3・1・1	一般的性質	85
3・1・2	アナログ計算機の種類	86
3・2	線形演算回路	87
3・2・1	電圧相似形演算回路	87
3・2・2	電流相似形演算回路	93
3・2・3	演算増幅器	95
3・3	演算インピーダンス	100
3・3・1	選定の基準	100
3・3・2	演算抵抗	101
3・3・3	積分コンデンサ	102
3・3・4	可変抵抗	105

3・4	非線形演算器	105
3・4・1	乗算器	105
3・4・2	除算回路	110
3・4・3	関数発生器	111
3・4・4	三角関数演算回路	118
3・4・5	むだ時間要素	119
3・5	アナログ計算機の実例	121
3・6	アナログ計算機の使用法	131
3・6・1	換算係数	131
3・6・2	常微分方程式の解法とブロック線図の 計算法	132
	参考文献	133

4. 機械的微分解析器

4.1 一般	134	4.3 応用	140
4.2 要素	134	4.3-1 序論	140
4.2-1 積分器	134	4.3-2 積分機の応用	140
4.2-2 回路伝達機構	136	4.3-3 結線とスケールファクタ	140
4.2-3 入力卓	138	4.3-4 例題	142
4.2-4 出力卓	139	4.3-5 模擬法	142
4.2-5 加算機	139	4.3-6 フィードバック接続法	143
4.2-6 連結装置	139	参考文献	144
4.2-7 独立変数装置	139		

5. データ処理装置

5.1 構成と動作の分類	144	5.2-5 設定器	148
5.1-1 作表・記録	144	5.2-6 計算部	148
5.1-2 監視・警報・異常点の記録	145	5.2-7 記録装置	148
5.1-3 データの計算	145	5.2-8 表示器	149
5.1-4 制御	146	5.3 装置の構造と部品	149
5.2 各部の構成要素	146	5.3-1 リレー	149
5.2-1 入力切換器	146	5.3-2 高速論理素子	149
5.2-2 直線化, スケールファクタ回路	146	5.4 各社のデータ処理装置の性能と構成	149
5.2-3 アナログ・デジタル変換器	147	参考文献	154
5.2-4 比較器	147		

6. デジタル計算機

6.1 一般	155	6.2-3 自動プログラミング	165
6.1-1 情報の符号化	155	6.3 要素	166
6.1-2 構成と動作概要	156	6.3-1 制御装置	166
6.1-3 いろいろの方式	157	6.3-2 演算装置	166
6.2 プログラミング	160	6.3-3 基本回路	167
6.2-1 概説	160	6.3-4 記憶装置	170
6.2-2 実例	161	6.3-5 入出力装置	175

7. A \leftrightarrow D 変換と計算機制御

7.1 A \rightarrow D 変換器	176	7.2-1 荷重抵抗形 D-A 変換器	185
7.1-1 符号板式 A-D 変換器	176	7.2-2 はしご形 D-A 変換器	186
7.1-2 計数形 A-D 変換器	178	7.3 計算機制御	186
7.1-3 平衡形 A-D 変換器	181	参考文献	190
7.2 D \rightarrow A 変換器	185		

8. 特殊計算機

8.1 電力負荷配分計算機.....191	8.3.2 連続形アナログ相関器198
8.1.1 原理191	8.3.3 標本化形相関器200
8.1.2 回路例192	8.3.4 デジタル相関器201
参考文献195	8.3.5 その他の相関器201
8.2 フーリエ合成器195	参考文献202
8.3 相関器197	8.4 遅延回路合成器202
8.3.1 原理197	

X. 計 装 工 事

編主任 沢井善三郎(東京大学)

執筆 者 大関茂男(大倉電気) 川元修三(日本レギュレータ)
野崎助次郎(日本揮発油) 平林啓義(三菱石油)
宮崎誠一(千代田化工建設) 森政弘(東京大学)
山口純一(三興商会) 山下直(味の素)

目 次

1. 計装工事概説

1.1 プロセス工業と計装	5	1.2.7 配管レイアウトに対する検討	8
1.2 計装の計画と設計	5	1.2.8 メーカー図面の検討	8
1.2.1 プロセスフローの検討	6	1.2.9 計装工事図面	9
1.2.2 計装方式の選定	7	1.2.10 計装工事材料	9
1.2.3 計器仕様の決定	8	1.2.11 工事仕様書	9
1.2.4 コントロールパネルおよび制御室	8	1.3 調 達	10
1.2.5 動力源設備の計画	8	1.4 建設工事	10
1.2.6 機器配置図の検討	8		

2. 機器の選定・取り付け

2.1 機器の選定	10	2.1.9 警報装置と非常停止装置	19
2.1.1 概 説	10	2.2 機器の取り付け	20
2.1.2 流量計の選定	12	2.2.1 概 説	20
2.1.3 温度計の選定	14	2.2.2 流量計の取り付け	21
2.1.4 圧力計の選定	15	2.2.3 温度計の取り付け	23
2.1.5 液面計の選定	17	2.2.4 液面計の取り付け	24
2.1.6 その他の器種の選定	17	2.2.5 現場形計器の取り付け	26
2.1.7 調節器の選定	17	2.2.6 調 節 弁	26
2.1.8 操作端の選定	18		

3. 配 線

3.1 一般基準	28	3.3.2 防湿工事	29
3.2 配線工事の種類	29	3.3.3 防食工事	30
3.3 配線工事方法	29	3.3.4 防じん工事	30
3.3.1 防爆工事	29	3.4 配線工事要領	30

3.4.1	がい子引き工事	30
3.4.2	ケーブル工事	30
3.4.3	硬質ビニル管工事	31
3.4.4	金属管工事	31
3.4.5	ダクト工事	32
3.4.6	接地工事	32

3.5	電線接続工事	32
3.5.1	接続方式	32
3.6	配線工事施工上の要点	33
3.6.1	電線管配管施工	33
3.6.2	端子盤へのつなぎ込み	34

4. 配 管

4.1	配管工事一般	36
4.1.1	配管工事設計基準	36
4.1.2	配管材料について	36
4.1.3	計装配管施行方針	38
4.2	配管施行一般	47
4.2.1	配管支持工事	47
4.2.2	配管曲げ工事	48
4.2.3	配管接続工事	48
4.2.4	塗 装	49

4.3	配管工事を終って	49
4.3.1	洗 管	49
4.3.2	耐圧・漏れ試験	49
4.3.3	その他	49
4.4	計装工事用図面	49
4.5	各種シンボル	50
4.5.1	工業計測用シンボル	50
4.5.2	配管用シンボル	50

5. コントロールパネル

5.1	計器パネルの設計	55
5.1.1	プラントとパネル配置の関係	55
5.1.2	パネルの種類	55
5.1.3	パネルの構造	55
5.1.4	パネル前面の種類	55
5.1.5	パネル前面付属品特にグラフィック	

	シンボルについて	56
5.1.6	パネル裏面配線・配管工事	57
5.2	制 御 室	59
5.2.1	概 説	59
5.2.2	制御室の条件	60
5.2.3	制御室の設備	62

6. エネルギー源

6.1	電 源	63
6.1.1	計器電源としての条件	63
6.1.2	交流定電圧装置	64
6.1.3	電源配線工事における計器電源としての考慮	69
6.2	空 気 源	70
6.2.1	空気に対する諸要求	70
6.2.2	工場空気源設備概要	70
6.2.3	空気量の算定	71
6.2.4	空気圧縮機または送風機	72
6.2.5	空気だめ	76
6.2.6	冷却器	76
6.2.7	除湿方法	76

6.2.8	乾燥剤を用いた除湿装置	78
6.3	油 圧 源	80
6.3.1	油圧源に要求される条件	80
6.3.2	油圧源の性質	80
6.3.3	油圧源の油量の決定	82
6.3.4	油圧の決定	82
6.3.5	緊急時対策	83
6.3.6	安 全 性	83
6.3.7	油圧源の設置方法	83
6.3.8	運 転	84
6.3.9	保 守	85
6.3.10	故障対策	85

7. プロセス制御系の運転

7.1 制御系の構成要素と運転	87	7.3.1 検出端について	91
7.2 運転の準備	88	7.3.2 調節器について	91
7.2.1 ループテスト	88	7.3.3 正常運転時の調節動作	92
7.2.2 運転を始めるまでの措置	90	7.4 運転終了時の処置	95
7.3 運 転	91		

8. 保 守

8.1 概 説	95	8.4.3 チェックリスト	105
8.2 故障の発生状況	95	8.4.4 故障リスト	105
8.3 代表的計器の保守例	96	8.4.5 予備計器	105
8.3.1 差圧発信器	96	8.4.6 予備部品	108
8.3.2 U字管式流量記録積算計	97	8.5 保守のための組織	108
8.3.3 空気圧式記録調節計	97	8.5.1 保守のための人員	108
8.3.4 電子式記録調節計	98	8.5.2 保守のための教育	109
8.3.5 pH発信器, pH記録計	98	8.6 保守のための設備	109
8.3.6 調 節 弁	99	8.6.1 建 屋	109
8.4 保守の管理方式	100	8.6.2 保守に必要な測定器・試験器類	111
8.4.1 計器台帳	100	8.6.3 保守に必要な工具	112
8.4.2 検査表・試験成績表	100		