

目 次

基 礎 編

I. 空気の性質	1
1. 標準状態と基準状態	1
2. 標準空気と標準大気	1
3. 空気の密度と比重量	2
4. 空気の粘性	4
5. 空気その他ガスの比熱	4
6. 湿り空気	6
(1) 空気の組成	6
(2) 湿度の計算	6
7. エンタルピとエントロピ	10
II. 空気の状態変化	12
1. 等容変化	12
2. 等圧変化	12
3. 等温変化	13
4. 断熱変化	14
5. ポリトロプ変化	15
演習問題 (1~7)	16
III. 空気動力	20
1. 等温圧縮による空気動力	20
2. 断熱圧縮による空気動力	21
3. 全断熱膨張空気機関の出力	22
演習問題 (1~3)	24
IV. 空気の流れ	26
1. 層流と乱流	26
2. 流体の力学的相似性	26
3. 定常流と非定常流	27
4. 連続の理	27
5. 流速と圧力の関係	27
(1) ベルヌーイの定理	27
(2) 静圧と動圧	29
6. 流体摩擦と管路摩擦	29
7. 流れが物体に当たるときの力	31
(1) 噴流のもっているエネルギー	31
(2) 流れの物体に作用する力	32
(3) 曲り管の損失	33
8. 流速と流量	33
(1) 非圧縮流体とみなす場合	33
(2) 圧縮性流体の場合	34
(3) 絞り機構 (ベンチュリー) による圧力と流速の変化の状態	35

(4) 実用流量計算式	36
演習問題	38

機 器 編

V. 空気圧縮器の構造とはたらき	40
1. 流体機械の分類	40
2. コンプレッサーと付属機器	42
(1) 各種コンプレッサの適用範囲	42
(2) 空気を圧縮する動力	42
(3) 空気の断熱圧縮、断熱膨張の際の温度	43
(4) 実際の駆動動力、吐出圧力、吐出空気量	45
(5) コンプレッサの空気タンク充填時間	46
(6) コンプレッサの冷却	46
(7) 吐出圧力の脈動を平滑化するタンクの大きさ	47
(8) コンプレッサの油滑	48
(9) コンプレッサの据付	50
3. ドレン排出器	51
(1) ドレンの発生	51
(2) ドレンの分離	51
(3) ドレンの排出	52
(4) 自動ドレン排出器	52
(5) ドレン排出器取扱上の注意	54
4. 除湿器	54
(1) 冷却による除湿装置	54
(2) 再生式乾燥剤による除湿装置	55
5. 方向制御弁	57
(1) ポペット形弁の構造	57
① 2ポート弁	57
② 3ポート弁	57
③ 4 (5) ポート弁	58
(2) スプール形弁の構造	59
① 2ポート弁	59
② 3ポート弁	60
③ 4 (5) ポート弁	60
(3) ポペット形、スプール形弁の長所短所	61
(4) 方向制御弁の分類	62
(5) 方向制御弁の使用上の注意	62
① 弁のサイズは適正か	63
② 空気の汚れ、環境の良否についての配慮	63
③ 限界条件の重なりに注意	64
④ 直流、交流ソレノイドの比較	64
(6) 方向制御弁の具体的原理例	65
① ポペット形、直接作動、3ポート電磁弁	65

② シール付スプール形、間接作動、5ポート	66
③ ポペット形、間接作業、3ポート電磁弁	66
④ ポペット形、3ポートエアパイロット弁	67
6. 流量制御弁	68
(1) 絞り弁	68
(2) スピードコントローラ	68
スピードコントローラ使用上の注意	69
(3) クイックエキゾースト弁（急速排気弁）	69
クイックエキゾースト弁使用上の注意	70
7. 圧力制御弁	70
(1) 減圧弁	71
① 減圧弁使用上の注意	72
(2) その他の圧力制御弁	72
① 形式Ⅰ	72
② 形式Ⅱ	73
8. シャトル弁	74
(1) 使用目的	74
(2) 構造とはたらき	74
(3) 使用上の注意	74
9. 流体素子	75
(1) 使用目的	75
(2) 流体素子の種類	75
① 可動形素子	76
② 純流体素子	76
10. エアフィルタ	78
(1) 概要	78
(2) 使用目的	78
(3) 種類	78
(4) 構造	79
(5) 使用上の注意	80
11. ルブリケータ	81
(1) 概要	81
(2) 用途	81
(3) 種類と構造	81
(4) 各種ルブリケータの長所・短所	84
(5) 使用上の注意	84
12. エアシリンダ	84
(1) 概要	84
(2) 用途	84
① 金属加工機械	84
② 運搬機械装置	85
③ 装置工業プラント	85
④ その他一般産業機械	85
(3) 種類、構造	85

① 基本構造による分類	85
② 組合わせシリンダ	86
③ その他アクチュエータ	87
④ 構造および使用材料	87
⑤ エアシリンダの構造例	91
(4) 各種アクチュエータの特徴	95
(5) 使用上の注意	96
13. エアモータ	96
(1) 概 要	96
(2) 用 途	97
(3) 種類および構造	97
(4) エアモータの特徴	99
(5) 使用上の注意	100
14. 消音器	101
(1) 概 要	101
(2) 種類および構造	101
(3) 騒音について	102
① 騒音の測定	103
② 騒音対策	103
15. 配管材料	103
(1) 配管の概要	103
(2) 配管の機能	103
(3) 配管材料の種類	103
16. 空気槽（蓄圧器）	108
(1) 使用目的	108
(2) 種 類	108
17. 各種空気圧機器の配置例	110

回 路 編

VI. 空気圧の応用	113
1. 空気圧の長所、短所	113
(1) 長 所	113
(2) 短 所	113
(3) 自動化の各種方式と空気圧方式の比較	113
2. 空気圧表示記号	116
(1) JIS 空気圧表示記号の基本的考え方	116
(2) 空気圧機器の表示記号について	116
3. 空気圧回路設計と使用機器の選定	122
(1) 回路設計仕様の確認	122
(2) 空気動力回路の設計	122
① エアシリンダの操作回路構成機器	122
② エアシリンダの選定	123
③ スピードコントローラおよび急速排気弁の選定	125

④	方向制御弁のサイズ決定	125
⑤	空気槽の大きさの選定	127
⑥	回路中の機器の流体抵抗とその合成	128
(3)	方向制御弁の選定	128
①	弁のサイズ測定	128
	(a)有効断面積 S	128
	(b)弁の流量係数 C_v 値	129
	(c)オリフィスサイズ	129
	(d)その他	130
②	弁の基本構造による選定	130
	(a)直接作動形	130
	(b)間接作動形	130
③	弁の操作方法による選定	130
	(a)電磁式	130
	(b)エアパイロット式	130
	(c)機械操作方式	130
④	その他の性能による選定	131
(4)	エアシリンダの作動速度	132
①	エアシリンダの作動速度に関する要素	132
②	エアシリンダの作動特性	133
③	エアシリンダの速度検討	134
④	エアシリンダの高速作動の方法	136
⑤	エアシリンダの低速作動の方法	137
⑥	エアシリンダの低速作動の限界	138
⑦	エアシリンダの衝撃	138
⑧	エアシリンダの緩衝	139
⑨	エアモレによる停止位置の変化	139
4.	空気圧制御回路の設計	143
(1)	制御回路構造機器	143
①	流体素子	143
②	インタフェイス弁	143
③	エアセンサ	144
④	空気式表示器	145
(2)	制御回路設計	146
①	制御回路設計の準備	146
②	制御回路について	146
③	基本論理回路および記号	147
④	論理式	150
⑤	論理式の簡単化	153
(3)	制御回路設計例	154
①	設計条件	154
②	論理回路設計	156
③	自己保持回路	158
④	電気接点回路を可動素子回路におきかえる場合の注意	159

Ⅶ. 定形化された空気圧回路	161
1. 2ポート弁による単動シリンダ操作回路	161
(1) 概略説明	161
(2) 回路図	161
(3) 動作説明	161
(4) 主要構成機器種類と個数	161
(5) 特徴と効果	162
2. 3ポート弁による単動シリンダの操作回路	162
(1) 概略説明	162
(2) 回路図	162
(3) 動作説明	163
(4) 主構成機器種類と個数	163
(5) 特徴と効果	163
3. 2ポート弁による複動シリンダの操作回路	163
(1) 概略説明	163
(2) 回路図	163
(3) 動作説明	163
(4) 主構成機器の種類と個数	164
(5) 特徴と効果	164
4. 3ポート弁の差動シリンダ操作回路	164
(1) 概略説明	164
(2) 回路図	164
(3) 動作説明	164
(4) 主構成機器の種類と個数	165
(5) 特徴と効果	165
5. 3ポート弁と急速排気弁および減圧弁による複動シリンダの操作回路	165
(1) 概略説明	165
(2) 回路図	165
(3) 動作説明	165
(4) 主構成機器の種類と個数	166
(5) 特徴と効果	166
6. 3ポート弁2個による複動シリンダの操作回路	166
(1) 概略説明	166
(2) 回路図	166
(3) 動作説明	166
(4) 主構成機器の種類と個数	167
(5) 特徴と効果	167
7. 4(5)ポート弁とスピードコントローラによる複動シリンダの操作回路	167
(1) 概略説明	167
(2) 回路図	167
(3) 動作説明	168
(4) 主構成機器の種類と個数	169
(5) 特徴と効果	169
8. 4(5)ポート弁と急速排気弁による複動シリンダの操作回路	169

(1) 概略説明	169
(2) 回路図	169
(3) 動作説明	170
(4) 主構成機器の種類と個数	170
(5) 特徴と効果	170
9. 3 (4) 位置弁による複動シリンダの操作回路	170
(1) 概略説明	170
(2) 回路図	171
(3) 動作説明	171
(4) 主構成機器の種類と個数	172
(5) 特徴と効果	172
10. エア・オイルシリンダによる複動シリンダの操作回路	172
(1) 概略説明	172
(2) 回路図	173
(3) 動作説明	174
(4) 主構成機器の種類と個数	175
(5) 特徴と効果	175
11. 2ポート弁と4 (5) ポート弁による複動シリンダの途中変速操作回路	175
(1) 概略説明	175
(2) 回路図	176
(3) 動作説明	176
(4) 主構成機器の種類と個数	176
(5) 特徴と効果	176
12. エアシリンダの同期運動回路	177
(1) 概略説明	177
(2) 回路図	177
(3) 動作説明	179
(4) 主構成機器の種類と個数	179
(5) 特徴と効果	179
13. エアシリンダの出力増巾回路	179
(1) 概略説明	179
(2) 回路図	180
(3) 動作説明	181
(4) 主構成機器の種類と個数	181
(5) 特徴と効果	181
14. 位置制御によるエアシリンダのシーケンス (順次) 作動回路	182
(1) 概略説明	182
(2) 回路図	182
(3) 動作説明	182
(4) 主構成機器と種類	182
(5) 特徴と効果	182
15. 時間制御によるエアシリンダのシーケンス作動回路	183
(1) 概略説明	183
(2) 回路図	183

(3) 動作説明	183
(4) 主構成機器と種類	184
(5) 特徴と効果	184
16. 圧力制御によるエアシリンダのシーケンス作動回路	184
(1) 概略説明	184
(2) 回路図	184
(3) 動作説明	185
(4) 主構成機器と種類	185
(5) 特徴と効果	185
17. 位置、時間および圧力によるエアシリンダのシーケンス作動回路	185
(1) 概略説明	185
(2) 回路図	186
(3) 動作説明	186
(4) 主構成機器と種類	186
(5) 特徴と効果	187
18. 直列的シーケンス作動基本回路	187
(1) 概略説明	187
(2) 回路図	187
(3) 動作説明	187
(4) 主構成機器と種類	188
(5) 特徴と効果	188
19. 逆後退シーケンス作動基本回路	188
(1) 概略説明	188
(2) 回路図	188
(3) 動作説明	189
(4) 主構成機器と種類	189
(5) 特徴と効果	190
20. ジグザグシーケンス作動基本回路	190
(1) 概略説明	190
(2) 回路図	190
(3) 動作説明	191
(4) 主構成機器と種類	191
(5) 特徴と効果	191
21. ダブル往復ジグザグシーケンス作動回路	192
(1) 概略説明	192
(2) 回路図	192
(3) 動作説明	192
(4) 主構成機器と種類	193
(5) 特徴と効果	193

応 用 編

VII. 空気圧応用機械装置	194
1. シーケンスプログラマ	194

(1) 装置略図および空気回路	194
(2) 構造機能説明	195
(3) 特 徴	195
(4) 効 果	195
2. 液面自動制御装置	195
(1) 装置略図および空気回路	195
(2) 構造機能説明	196
(3) 特 徴	196
(4) 効 果	197
3. 割出し2軸穴あけ装置	197
(1) 装置略図および空気回路	197
(2) 構造、機能説明	198
(3) 特徴と効果	198
4. 自動刻印機	198
(1) 装置略図および空気回路	198
(2) 構造、機能説明	200
(3) 特徴と効果	200
5. 長尺物の移動中の蛇行制御	200
(1) 装置略図および空気回路	200
(2) 構造、機能説明	201
(3) 特徴と効果	201
6. 品物のサイズ自動選別装置	201
(1) 装置略図および空気回路	201
(2) 構造、機能説明	202
(3) 特徴と効果	203
7. 自動計量装置	203
(1) 装置略図および空気回路	203
(2) 構造、機能説明	203
(3) 特徴と効果	203
8. バキュームリフタ	204
(1) 装置略図	204
(2) 機構、機能説明	204
(3) 特徴と効果	205
9. 品物の自動定寸送り装置	205
(1) 装置略図および空気回路	205
(2) 構造、機能説明	205
(3) 特徴と効果	206
10. インパクトシリンダプレス	207
(1) 装置略図	207
(2) 構造、機能説明	207
(3) 特徴と効果	207
11. 空気圧応用の旋盤	208
(1) 応用部略図	208
(2) 構造、機能説明	209

(3) 特徴と効果	209
12. 包装機械などへの空気圧応用	210
(1) 応用部略図	210
(2) 動作説明	211
(3) 特徴と効果	211
13. エアシリンダによる振動発生装置	211
(1) 装置略図と空気回路	211
(2) 構造、機能説明	212
(3) 特徴と効果	213
14. 自動定寸切断機	213
(1) 装置略図と空気回路	213
(2) 構造、機能説明	214
(3) 特徴と効果	214
15. 液体自動定量充填装置	214
(1) 装置略図と空気回路	214
(2) 構造、機能説明	215
(3) 特徴と効果	215
16. 空-油増圧器	215
(1) 装置略図	215
(2) 構造、機能説明	216
(3) 特徴と効果	217
17. 余剰機械エネルギーで空気圧発生	217
(1) 略 図	217
(2) 構造、機能説明	217
(3) 特徴と効果	217
18. 頻繁な開閉を行なうドア、ゲートの操作	218
(1) 略 図	218
(2) 構造、機能説明	219
(3) 特徴と効果	219
19. オートハンド	219
(1) 略 図	219
(2) 構造、機能説明	220
(3) 特徴と効果	220
20. 溶接機	221
(1) 機械略図および空気回路	221
(2) 構造、機能説明	221
(3) 特徴、効果	221
Ⅹ. 空気圧機器の保守、管理	222
1. 機器の作動不良現象とその原因、対策	222
(1) エアシリンダ	222
(2) 方向制御弁	223
(3) 減圧弁	224
(4) ルブリケータ	225
(5) スピードコントローラ	226

2. 日常の保守管理活動	226
(1) 使用機器の調査研究	226
(2) 機器の故障の一般的発生状況	227
(3) 故障予防対策	227

資 料 編

資料1 油圧空気圧機器 JIS 記号早見一覧表	228
資料2 空気圧関係各種単位の換算表	233
資料3 SI 単位について	248
資料4 空気圧シリンダの使用及びその選定指針 (日本空気圧工業会規格)	252
資料5 日本空気圧工業会会員名簿	271