

A 1 編 単位および物理定数

企画・編集	飯塚 幸三	川瀬 武彦	古賀 達蔵	佐藤 晟
	棚沢 一郎	鳥居 薫	西尾 茂文	山根 隆一郎
	渡辺 紀之			
執筆者	川瀬 武彦	佐藤 晟	鳥居 薫	西尾 茂文
	山根 隆一郎	渡辺 紀之		

目 次

第 1 章 単 位

1.1 単位系	1	1.4 その他の単位系	4
1.2 次元	1	1.4.1 CGS 単位系	4
1.2.1 物理量の次元	1	1.4.2 工学単位系	4
1.2.2 次元の表	1	1.4.3 ヤードポンド系	4
1.2.3 物理量の数値の換算	2	1.4.4 尺貫系	4
1.3 国際単位系 (SI)	2	1.5 単位の説明と換算	5
1.3.1 国際単位系の歴史と基本的考え方	2	1.5.1 力学に関する単位	5
1.3.2 SI 基本単位	2	1.5.2 電磁気に関する単位	5
1.3.3 SI 補助単位	2	1.5.3 熱に関する単位	6
1.3.4 SI 組立単位	3	1.5.4 化学に関する単位	7
1.3.5 SI 接頭語	3	1.5.5 測光および放射に関する単位	7
1.3.6 SI による表現のルール	3	1.5.6 電離性放射線に関する単位	7
1.3.7 SI 以外の単位の扱い	3	1.5.7 音響に関する単位	7
		1.6 各種単位の換算率表	8

第 2 章 物 理 定 数

2.1 基礎物理定数	12	2.3 原子量表	13
2.2 元素周期表	12		

索引 (和・英)	巻末
----------	----

S A

學 要

Mathematics

A 2 編 数 学

企画・編集 青木 弘 小泉 堯 香田 正人 斎藤 彬夫
 下郷 太郎 富田 幸雄 矢川 元基

執筆者 青木 弘 香田 正人 斎藤 彬夫 富田 幸雄
 藤田 宏 松本 浩之 三浦 宏文 矢川 元基

目 次

第 1 章 代 数

<p>1.1 乗べきおよび対数 1</p> <p> 1.1.1 乗べき 1</p> <p> 1.1.2 乗根 1</p> <p> 1.1.3 対数 1</p> <p>1.2 順列および組合せ 2</p> <p> 1.2.1 順列 2</p> <p> 1.2.2 組合せ 2</p> <p>1.3 マトリックスおよび行列式 2</p> <p> 1.3.1 マトリックスの定義 2</p> <p> 1.3.2 マトリックスの演算 2</p> <p> 1.3.3 逆マトリックス 3</p> <p> 1.3.4 行列式 3</p> <p> 1.3.5 連立一次方程式 3</p> <p> 1.3.6 マトリックスの三角分解 3</p> <p> 1.3.7 マトリックスの分割 4</p> <p> 1.3.8 マトリックスの微分と積分 4</p> <p>1.4 代数方程式 4</p>	<p> 1.4.1 一次方程式 4</p> <p> 1.4.2 二次方程式 4</p> <p> 1.4.3 三次方程式 4</p> <p> 1.4.4 四次方程式 5</p> <p> 1.4.5 高次方程式 5</p> <p>1.5 数列 5</p> <p> 1.5.1 等差数列 5</p> <p> 1.5.2 等比数列 5</p> <p> 1.5.3 特別な数列の和 5</p> <p>1.6 級数 5</p> <p> 1.6.1 二項級数 5</p> <p> 1.6.3 指数関数および対数関数の級数展開 5</p> <p> 1.6.4 三角関数および逆三角関数の級数展開 6</p> <p> 1.6.5 双曲線関数および逆双曲線関数の級数展開 6</p>
---	---

第 2 章 三角関数および双曲線関数

<p>2.1 三角関数 7</p> <p> 2.1.1 三角関数の定義 7</p> <p> 2.1.2 三角関数の値および符号 7</p> <p> 2.1.3 一つの角の関数の間の関係 7</p> <p> 2.1.4 二角の和および差の関数 7</p> <p> 2.1.5 倍角および半角の関数、正弦および余弦の乗べき 8</p> <p> 2.1.6 三角級数の和 8</p> <p>2.2 三角形 8</p>	<p> 2.1.1 平面三角形 8</p> <p> 2.2.2 球面三角形 9</p> <p>2.3 逆三角関数 9</p> <p> 2.3.1 逆三角関数の定義 9</p> <p> 2.3.2 逆三角関数の間の関係 9</p> <p>2.4 双曲線関数 9</p> <p> 2.4.1 双曲線関数の定義 9</p> <p> 2.4.2 双曲線関数の間の関係 10</p> <p> 2.4.3 双曲線関数と三角関数との関係 10</p>
---	---

第 3 章 微 分

3.1 極限および連続	11	3.3.2 基礎微分公式	12
3.1.1 数列の極限	11	3.3.3 陰関数の微分	13
3.1.2 関数の極限	11	3.3.4 変数変換	13
3.1.3 関数の連続	11	3.3.5 行列式の微分	13
3.1.4 特別な極限值	11	3.4 平均値定理およびテイラー展開	13
3.2 微分係数および微分	11	3.4.1 平均値定理	13
3.2.1 微分係数, 導関数および微分	11	3.4.2 テイラーおよびマクローリン展開	13
3.2.2 高階微分	11	3.5 不定形の極限值	13
3.2.3 偏微分	11	3.6 極大および極小	14
3.3 微分公式	12		
3.3.1 一般公式	12		

第 4 章 積 分

4.1 不定積分	15	4.2.2 重要な定積分	20
4.1.1 一般公式	15	4.2.3 定積分で定義される関数	21
4.1.2 基礎積分公式	15	4.3 多重積分	24
4.1.3 有理関数の積分	15	4.3.1 重積分の定義	24
4.1.4 無理関数の積分	16	4.3.2 重積分の変数変換	24
4.1.5 超越関数の積分	18	4.3.3 二重積分の一般公式	24
4.2 定積分	20	4.3.4 曲線長さ, 面積, 体積	24
4.2.1 一般公式	20		

第 5 章 微 分 方 程 式

5.1 常微分方程式	25	5.1.4 連立微分方程式	28
5.1.1 一階常微分方程式	25	5.2 偏微分方程式	28
5.1.2 二階常微分方程式	25	5.2.1 一階偏微分方程式	28
5.1.3 高階の線形微分方程式	27	5.2.2 二階線形微分方程式	29

第 6 章 複 素 関 数

6.1 複素数	31	6.2.2 複素関数の微分	32
6.1.1 定義と演算規則	31	6.2.3 複素関数の積分	32
6.1.2 複素平面	31	6.2.4 特異点と留数計算	33
6.2 複素数の関数	31	6.2.5 応用例	33
6.2.1 複素関数	31		

第 7 章 フーリエ級数とフーリエ積分

7.1 フーリエ級数	34	7.3 フーリエ変換	35
7.2 フーリエ積分	35		

第 8 章 ラプラス変換

8・1 定義	37	8・4 公式例	37
8・2 基本法則	37	8・5 ラプラス逆変換法	37
8・3 基本定理	37		

第 9 章 幾何

9・1 面積および体積	40	9・3 立体幾何	47
9・1・1 平面図形の面積	40	9・3・1 空間座標	47
9・1・2 立体の体積および表面積	40	9・3・2 方向余弦	48
9・2 平面幾何	42	9・3・3 平面	48
9・2・1 座標	42	9・3・4 直線	48
9・2・2 直線	42	9・3・5 座標変換	48
9・2・3 平面曲線の一般性質	43	9・3・6 曲面および曲線	49
9・2・4 二次曲線	44	9・3・7 二次曲面	49
9・2・5 その他の平面曲線	46		

第 10 章 ベクトルおよびテンソル

10・1 ベクトル代数	51	10・3 テンソル代数	53
10・1・1 ベクトルの表示	51	10・3・1 ベクトルと座標変換	53
10・1・2 ベクトルの合成	51	10・3・2 テンソル	53
10・1・3 ベクトルの成分	51	10・3・3 テンソルとベクトル一次関数	54
10・1・4 単位ベクトル	51	10・3・4 対称テンソルの主方向, テンソルの二次曲面	54
10・1・5 ベクトルの内積	51	10・3・5 斜交基底	54
10・1・6 ベクトルの外積	52	10・3・6 反変ベクトル, 共変ベクトル	54
10・1・7 三つのベクトルの積	52	10・3・7 一般のテンソル	55
10・2 ベクトル解析	52	10・3・8 テンソルの代数	55
10・2・1 ベクトルの微分	52		
10・2・2 ベクトルの積分	53		

第 11 章 確率および統計

11・1 確率	56	11・2・2 離散分布	57
11・1・1 集合	56	11・2・3 連続分布	58
11・1・2 標本空間と事象	56	11・3 確率過程	60
11・1・3 確率の定義と性質	56	11・4 統計	61
11・1・4 条件つき確率	56	11・4・1 統計量の推定	61
11・2 確率分布	56	11・4・2 仮説検定	61
11・2・1 確率変数と確率分布	56	11・4・3 推定・検定の公式	61

第 12 章 数 値 解 析

12・1 数値計算	63	12・3・5	多重積分	65	
12・1・1	計算の方法	63	12・4	関数の近似表示	66
12・1・2	誤差	63	12・4・1	最小二乗法	66
12・1・3	数値的収束	63	12・4・2	べき級数による表示	66
12・2 補間法	63	12・4・3	直交多項式による表示	66	
12・2・1	等間隔分点の場合	63	12・5	代数方程式の数値解法	67
12・2・2	不等間隔分点の場合	64	12・5・1	基本的事項	67
12・2・3	多変数関数の場合	64	12・5・2	ニュートン法	67
12・2・4	補間式の誤差	64	12・5・3	その他の方法	67
12・3 数値微分および積分	65	12・6	有限要素法	68	
12・3・1	原理	65	12・6・1	基礎的事項	68
12・3・2	数値微分	65	12・6・2	要素	70
12・3・3	数値積分（等間隔分点の場合）	65	12・6・3	簡単な数値例	73
12・3・4	数値積分（分点を自由にとれる場合）	65			

索引（和・英） 巻末

8-A

学以知能 · 学以致用

THE UNIVERSITY OF CHINA PRESS
UNIVERSITY MICROFILMS
SERIALS ACQUISITION DEPARTMENT

A 3 編 力学・機械力学

企画・編集 加賀 万亀男 佐藤 壽芳 下郷 太郎 田島 清瀬
 田村 章義 手塚 利弥太 得丸 英勝 三浦 宏文
 三輪 修三

執筆者 相田 俊一 井上 順吉 岩 壺 卓三 小野 京右
 大野 進一 太田 博 奥村 敦史 加賀 万亀男
 木村 好次 國枝 正春 佐藤 壽芳 座古 勝行
 齊藤 忍 斎藤 孝基 酒井 宏 清水 信行
 柴田 碧 下郷 太郎 鈴木 浩平 染谷 常雄
 田島 清瀬 田村 章義 多々良 陽一 津田 公一
 得丸 英勝 長松 昭男 葉山 眞治 藤田 隆史
 前澤 成一郎 三浦 宏文 三輪 修三

目 次

第 1 章 静 力 学

1.1 力の釣合い	1	1.4.2 モーメントの図式解法	4
1.2 力の合成および分解	1	1.5 平衡の条件	4
1.2.1 一点に働く力の合成および分解	1	1.6 支点での反力	5
1.2.2 同一平面にあって着力点の異 なっている力の合成と分解	2	1.6.1 支点での反力	5
1.3 偶力とそのモーメント	3	1.6.2 平衡条件の応用	5
1.3.1 偶力	3	1.7 索をふくむ系の平衡	6
1.3.2 偶力の表し方	3	1.7.1 滑車	6
1.3.3 偶力の釣合い	4	1.7.2 荷重をつるす張索	6
1.3.4 偶力の置換	4	1.7.3 索の自重によるたわみ	7
1.4 力のモーメント	4	1.8 構造力学	7
1.4.1 力のモーメント	4	1.8.1 トラス	7
		1.8.2 トラスの解法	7

第 2 章 重心および慣性モーメント

2.1 重心	9	2.2.1 物体の慣性モーメント	9
2.1.1 重心または質量中心	9	2.2.2 面積の慣性モーメント	12
2.1.2 重心決定のための法則	9	2.2.3 種々の形状の物体の慣性モー メント	15
2.1.3 種々の形状の重心	9	2.2.4 断面積の慣性モーメントの図式 計算法	15
2.1.4 重心の図式計算法	9		
2.2 慣性モーメント	9		

第 3 章 質 点

3・1 点の運動	17	3・2・3 保存力, 拘束力	20
3・1・1 点の運動のベクトル表示	17	3・2・4 運動エネルギー	21
3・1・2 点の運動の種々な座標による表示	18	3・2・5 仮想仕事, 平衡条件	21
3・1・3 相対運動	19	3・3 質点の力学	21
3・1・4 点の運動の簡単な例	19	3・3・1 力学の基礎法則と運動方程式	21
3・2 仕事, エネルギー	20	3・3・2 力の単位	22
3・2・1 仕事, 動力, エネルギー	20	3・3・3 見掛けの力	22
3・2・2 ポテンシャルエネルギー	20	3・3・4 運動方程式の積分, 中間積分	22
		3・3・5 拘束運動	23

第 4 章 質点系および剛体

4・1 質点系および剛体の運動学	24	4・2・6 ハミルトンの原理	27
4・1・1 質点系, 剛体の自由度	24	4・3 運動方程式の種々な形	28
4・1・2 剛体の運動のベクトル表示	24	4・3・1 仮想仕事の原理	28
4・1・3 剛体運動の解析的表示	25	4・3・2 ラグランジュの運動方程式	28
4・1・4 剛体の平面運動における幾何学的な関係	26	4・3・3 剛体の運動方程式	28
4・2 質点系の力学の基礎法則	27	4・4 質点系, 剛体の運動の簡単な例	29
4・2・1 質点系の運動方程式	27	4・4・1 2体問題	29
4・2・2 運動量の法則	27	4・4・2 ころがり運動	29
4・2・3 角運動量の法則	27	4・4・3 剛体の振り子	30
4・2・4 エネルギーの法則	27	4・4・4 固定点まわりの剛体の運動	30
4・2・5 重心に関する法則	27	4・4・5 ジャイロスコープ	30

第 5 章 摩 擦

5・1 すべり摩擦	32	5・2・2 ころがり摩擦の法則	33
5・1・1 摩擦	32	5・2・3 ころがり摩擦係数	33
5・1・2 摩擦の力学	32	5・2・4 トラクション	33
5・1・3 摩擦の法則	32	5・3 機械要素の摩擦	34
5・1・4 摩擦係数	32	5・3・1 斜面の摩擦	34
5・2 ころがり摩擦	33	5・3・2 ねじの摩擦	35
5・2・1 ころがり摩擦の力学	33	5・3・3 滑車とベルトの摩擦	35

第 6 章 衝 突

6・1 衝突	36	6・1・4 偏心直衝突	36
6・1・1 物体の衝突	36	6・1・5 弾性球の衝突	37
6・1・2 心向き直衝突	36	6・1・6 はねかえりの係数	38
6・1・3 心向き斜め衝突	36	6・1・7 棒の縦衝突	38

第7章 線形系の振動

7.1	1自由度振動	39	7.3.6	平板の横振動	54
7.1.1	運動方程式と等価回路	39	7.4	振動絶縁	55
7.1.2	自由振動	39	7.4.1	振動絶縁の基本理論	55
7.1.3	強制振動	40	7.4.2	剛体の振動絶縁	56
7.1.4	ばね定数	41	7.4.3	2自由度系の振動絶縁	57
7.1.5	粘性減衰係数	41	7.4.4	地盤の力学的性質	57
7.1.6	機械インピーダンス	41	7.5	音響	58
7.1.7	1自由度系の固有角振動数	43	7.5.1	波動方程式とその解	58
7.2	多自由度振動	43	7.5.2	インピーダンスとパワー	58
7.2.1	n 自由度振動系の自由振動	43	7.5.3	音の放射	59
7.2.2	n 自由度振動系の強制振動	45	7.5.4	管内の音波	60
7.2.3	ダイナミックダンパ	47	7.5.5	吸音	61
7.2.4	自由度系の固有振動数	49	7.5.6	遮音	62
7.3	無限自由度振動	50	7.6	弾性波	64
7.3.1	連続体の振動	50	7.6.1	弾性体の運動方程式	64
7.3.2	糸の横振動, 棒の縦振動, 丸棒 のねじり振動, 気柱の縦振動	50	7.6.2	縦波	64
7.3.3	膜の横振動	51	7.6.3	横波	64
7.3.4	はりの横振動	51	7.6.4	レーレー波	64
7.3.5	リングの振動	53	7.6.5	ラブ波	65

第8章 過渡振動・衝撃

8.1	過渡応答	66	8.4	速度ステップによる過渡応答と衝撃 絶縁	74
8.1.1	インパルス応答	66	8.4.1	無減衰1自由度系の速度ステッ プによる衝撃応答	74
8.1.2	たたみこみ積分による過渡応答 の計算法	67	8.4.2	線形ばねと線形ダンパから成る 1自由度系の速度ステップによ る衝撃応答	74
8.1.3	理想衝撃パルスによる過渡応答	67	8.4.3	速度ステップによる絶縁系の特 性と応答の求め方	75
8.2	過渡応答による系の動特性推定	69	8.5	加速度パルスによる過渡応答と衝撃 絶縁	75
8.2.1	過渡応答波形からの振動特性推 定	69	8.5.1	理想的加速度パルス	75
8.2.2	インパルス応答の周波数応答関 数の曲線適合による動特性推定	70	8.5.2	加速度パルスによる絶縁系の特 性と応答の求め方	76
8.3	衝撃絶縁	71	8.6	2自由度系の衝撃と過渡応答	77
8.3.1	衝撃波形の特徴	71			
8.3.2	衝撃スペクトル	72			
8.3.3	衝撃絶縁	73			

第9章 非線形振動

9.1	非線形振動の種々相	79	9.2.1	等傾線法	83
9.2	相平面の応用	81	9.2.2	相平面 δ 法	83

9.2.3	リエナールの方法	83	9.3.5	ボブリュボフ-ミトロポルスキ ーの漸近法	89
9.2.4	点写像の方法	83	9.3.6	調和バランス法とリッツ・ガレ ルキン法	91
9.3	解析的手法	84	9.3.7	等価線形化手法	92
9.3.1	厳密解	84	9.3.8	機械的方法	93
9.3.2	反復法	86	9.3.9	多自由度系および連続体の非線 形振動	93
9.3.3	摂動法	86			
9.3.4	平均法	87			

第10章 自励振動

10.1	概説	94	10.5.3	係数励振系の絶対安定	100
10.2	負性抵抗	94	10.5.4	係数励振系の強制振動	101
10.3	振動系の安定性判別	95	10.6	マシューの方程式の安定判別線図	102
10.3.1	フルビッツの安定判別法	95	10.7	自己同期	103
10.3.2	多自由度振動系の安定の十分 条件	96	10.7.1	概説	103
10.3.3	振動的不安定と非振動的不安定	96	10.7.2	非線形自励系振動の強制同期	103
10.4	自励振動の定常振幅	97	10.7.3	自励回転	103
10.4.1	準線形振動	97	10.7.4	回転軸心が調和振動する不平 衡ロータ	104
10.4.2	し(弛)緩振動	97	10.7.5	転動回転機構	104
10.5	係数励振	98	10.7.6	自動平衡装置	104
10.5.1	係数励振の例	98	10.7.7	結合系	105
10.5.2	係数励振の安定性	99	10.7.8	同期周波数が整数比の自己同期	105

第11章 不規則振動

11.1	確率密度関数	106	11.5	線形分布定数系の定常不規則振動	113
11.1.1	一次元確率密度関数	106	11.5.1	モード解析	113
11.1.2	二次元確率密度関数	106	11.5.2	相関関数とスペクトル密度	113
11.1.3	定常エルゴード過程	106	11.5.3	時空間定常入力をもつ場合	114
11.1.4	モーメントと相関関数	107	11.6	非線形問題と非定常問題	115
11.1.5	相関関数の性質	107	11.6.1	伊藤形確率微分方程式	115
11.1.6	正規確率過程	107	11.6.2	フォッカー・プランク方程式	115
11.2	パワースペクトル密度関数	108	11.6.3	モーメント方程式	116
11.2.1	調和分析	108	11.6.4	不規則変動係数をもつ系	117
11.2.2	ウィナー・ヒンチンの式	108	11.6.5	等価線形化法	117
11.2.3	相互スペクトル密度関数	109	11.6.6	摂動法	118
11.3	線形1自由度系の定常不規則振動	109	11.7	不規則振動データの処理	118
11.3.1	線形系一般	109	11.7.1	相関関数の推定	118
11.3.2	線形1自由度系	110	11.7.2	標準法によるスペクトル密度 の推定	119
11.4	線形多自由度系の定常不規則振動	111	11.7.3	FFT法によるスペクトル密 度の推定	119
11.4.1	モード解析	111	11.7.4	ARモデルのあてはめによる スペクトル密度の推定	120
11.4.2	相関関数とスペクトル密度	111			
11.4.3	行列形式による表示	112			

第 12 章 熱・流体を含む系の振動

12・1 流体関連振動	121	12・5・3 翼および翼群の固有振動数と振動モード	132
12・1・1 流体力	121	12・5・4 翼の共振応力	133
12・1・2 付加質量	121	12・5・5 翼の自励振動 - フラッタ	133
12・2 管路系の流体振動	123	12・6 容器内の流体の振動	134
12・2・1 基礎式	123	12・6・1 容器内の流体の固有振動	134
12・2・2 剛体的振動	123	12・6・2 自由表面をもつ容器内液体の加振応答	135
12・2・3 波動方程式の一般解	124	12・6・3 弾性容器と内部流体の連成振動	135
12・2・4 一様管路の気柱振動	124	12・7 海洋浮体の運動	136
12・2・5 伝達行列による固有振動数計算法	124	12・7・1 座標系	136
12・2・6 脈動応答計算法	124	12・7・2 運動の種類	137
12・2・7 管路系の自励波動	125	12・7・3 浮体に働く流体力	137
12・3 カルマン渦による振動	125	12・7・4 流体力の計算法	138
12・3・1 固定円柱の後流に発生する渦列	125	12・7・5 係留索による復原力	138
12・3・2 単一柱の振動	126	12・7・6 規則波を受ける浮体の運動方程式	138
12・3・3 複数個の柱群	128	12・7・7 海洋不規則波	138
12・4 流力弾性振動	128	12・8 熱および気液二相流に起因する振動	139
12・4・1 直交流による振動	128	12・8・1 熱による気柱振動	139
12・4・2 平行流および環状流による振動	131	12・8・2 熱によるはりや弦の振動	141
12・5 流体機械の翼の振動	132	12・8・3 気液二相流系の振動	141
12・5・1 励振源	132		
12・5・2 旋回失速	132		

第 13 章 往復機械の力学

13・1 一組のピストン・クランク機構の運動と荷重	142	13・3・3 クランク軸ねじり振動ダンパ	145
13・1・1 ピストン・クランク機構の運動	142	13・4 シリンダ列・クランク室への励振荷重の合成	146
13・1・2 各部の慣性荷重と等価系	142	13・4・1 励振荷重を合成する意義	146
13・1・3 ガス力による荷重	143	13・4・2 x, y 力と x, y モーメントの合成	146
13・2 クランク軸トルクと回転数変動	143	13・4・3 シリンダ列・クランク室トルクの合成	148
13・2・1 1 シリンダ機械のクランク軸トルク	143	13・5 シリンダ列・クランク室の振動	148
13・2・2 多シリンダ機械のクランク軸トルク	143	13・5・1 往復機械の支持法	148
13・2・3 回転数変動	144	13・5・2 シリンダ列・クランク室の変形振動	150
13・3 クランク軸系の振動	144	13・6 弁機構の振動	151
13・3・1 クランク軸系の固有振動	144		
13・3・2 クランク軸のねじり強制振動	144		

第 14 章 回 転 機 械 の 力 学

14・1 駆動トルクと回転速度……………	153	14・4 危険速度通過……………	161
14・1・1 原動機と負荷の特性……………	153	14・4・1 一定加速度で危険速度を通過 する場合……………	161
14・1・2 平衡速度とその安定性……………	153	14・4・2 有限な駆動トルクで危険速度 を通過する場合……………	161
14・1・3 一定のトルクによる加速……………	154	14・5 滑り軸受……………	162
14・1・4 一定でないトルクによる加速……………	154	14・5・1 軸受油膜の作用……………	162
14・1・5 変速機を含む回転軸系……………	154	14・5・2 軸受油膜係数の定義……………	162
14・1・6 クラッチを含む回転軸系……………	154	14・5・3 軸受油膜係数の計算方法……………	162
14・2 回転軸のふれまわり……………	155	14・5・4 軸受油膜係数の実験による求 め方……………	163
14・2・1 偏心のある軸の危険速度……………	155	14・5・5 軸受油膜係数の値……………	163
14・2・2 回転体の横変位と傾きが連成 する軸のふれまわり……………	156	14・5・6 回転軸の安定性および振動へ の影響……………	165
14・2・3 ジャイロモーメント……………	158	14・6 その他の軸受……………	166
14・2・4 回転体の不釣合いによる強制 振動……………	158	14・6・1 玉軸受……………	166
14・2・5 その他の危険速度……………	159	14・6・2 気体軸受……………	167
14・2・6 軸の自励的ふれまわり……………	159	14・7 回転速度変動による軸のふれまわり	170
14・2・7 軸の不安定なふれまわり……………	160	14・8 ロータの釣合い……………	171
14・3 危険速度の計算法……………	160	14・8・1 剛性ロータ……………	171
14・3・1 静たわみ曲線を用いるレーレ ー法……………	160	14・8・2 弾性ロータ……………	172
14・3・2 ダンカレーの実験公式……………	160		
14・3・3 伝達マトリックス法……………	160		

第 15 章 耐 震 設 計

15・1 耐震工学の基本と地震……………	174	15・3・2 運動方程式の解析……………	178
15・1・1 地震学と地震工学の発達……………	174	15・3・3 地震応答スペクトルを用いた モード解析法……………	179
15・1・2 設計条件としての地震……………	174	15・3・4 代表的な機械構造物の地震応 答解析……………	180
15・2 耐震設計……………	176	15・4 液体貯槽の地震応答解析……………	181
15・2・1 重要度分類……………	176	15・4・1 基礎式……………	181
15・2・2 設計地震動……………	177	15・4・2 スロッシング……………	181
15・2・3 損傷様式……………	177	15・4・3 連成振動……………	181
15・2・4 損傷機構、振動特性解析、応 答解析……………	177	15・5 各種耐震設計手法の概要……………	182
15・2・5 許容応力・許容変形……………	177	15・5・1 耐震設計の手順と手法……………	182
15・2・6 設計細目……………	177	15・5・2 機器別耐震設計手法……………	183
15・3 機械構造物の地震応答解析……………	177		
15・3・1 振動モデル……………	177		

第 16 章 振動の数値解法

16・1 固有振動数の近似解法	184	16・2・7 伝達マトリックス法の特徴	190
16・1・1 レーレー法.....	184	16・3 有限要素法	190
16・1・2 静たわみ法.....	185	16・3・1 運動方程式.....	190
16・1・3 リッツの方法.....	186	16・3・2 固有値解法.....	191
16・1・4 ガレルキンの方法.....	186	16・4 モード解析	192
16・1・5 サウスウェルの方法.....	186	16・4・1 伝達関数の表現.....	192
16・1・6 ダンカレーの方法.....	186	16・4・2 有限要素法への適用.....	193
16・2 伝達マトリックス法	187	16・4・3 曲線適合.....	193
16・2・1 伝達マトリックス法の概要.....	187	16・5 部分構造合成法	194
16・2・2 状態量ベクトルと伝達マトリ ックス.....	187	16・5・1 伝達関数合成法.....	194
16・2・3 伝達マトリックス法による振 動解析.....	187	16・5・2 モード合成法.....	195
16・2・4 ばね質量系の振動解析への応用	188	16・6 応答解析	196
16・2・5 はりの曲げ振動解析への応用...	188	16・6・1 運動方程式とその解法.....	196
16・2・6 数値計算法.....	189	16・6・2 数値積分法のアルゴリズムと 選定のための指針.....	199
		16・6・3 数値積分法の特長.....	199

索引 (和・英) 巻末

A 4 編 材 料 力 学

企画・編集 岡村弘之 小泉 堯 小林英男 古賀達蔵
 坂田勝 清水真佐男 白鳥正樹 中沢一
 中桐滋 林郁彦

執筆 阿部博之 朝田泰英 新井淳一 安藤 柱
 井上達雄 石川博將 市川昌弘 小倉敬二
 尾田十八 大谷隆一 大坪英臣 大西紘夫
 大矢弘史 金澤健二 菊地文雄 岸輝雄
 岸田路也 北川浩 橘内良雄 桐岡健
 久納孝彦 小泉堯 小林英男 古賀達蔵
 児玉昭太郎 鯉淵興二 駒井謙治郎 近藤恭平
 斎藤憲司 坂田勝 渋谷壽一 島田平八
 清水真佐男 城野政弘 白鳥正樹 神馬敬
 高梨晃一 高橋昭夫 竹園茂男 谷順二
 茶谷明義 土田栄一郎 戸川隼人 富田佳宏
 中桐滋 西谷弘信 林郁彦 平川賢爾
 平野陽一 前川一郎 松本浩之 三好俊郎
 宮入裕夫 村上敬宜 矢川元基 山川宏
 山田邦博 横内康人 吉野利男 渡辺勝彦

目 次

第 1 章 変形する固体の力学

<p>1.1 荷重..... 1</p> <p> 1.1.1 速度による分類..... 1</p> <p> 1.1.2 分布様式による分類..... 1</p> <p> 1.1.3 作用による分類..... 1</p> <p>1.2 支持条件および支持反力..... 2</p> <p>1.3 応力の定義および種類..... 2</p> <p> 1.3.1 内力と応力..... 2</p> <p> 1.3.2 平面応力..... 2</p> <p> 1.3.3 モールの応力円..... 3</p> <p>1.4 三軸応力..... 3</p> <p> 1.4.1 応力成分..... 3</p> <p> 1.4.2 応力だ円体..... 3</p> <p> 1.4.3 モールの応力円..... 3</p> <p>1.5 つりあい方程式..... 4</p> <p>1.6 ひずみの定義および種類..... 4</p> <p> 1.6.1 変形とひずみ..... 4</p>	<p> 1.6.2 縦ひずみ..... 4</p> <p> 1.6.3 せん断ひずみ..... 4</p> <p> 1.6.4 体積ひずみ..... 4</p> <p>1.7 三軸ひずみ..... 4</p> <p> 1.7.1 ひずみ成分..... 4</p> <p> 1.7.2 ひずみ成分の座標変換..... 4</p> <p> 1.7.3 ひずみのだ円体とモールのひずみ円..... 5</p> <p>1.8 適合条件式..... 5</p> <p>1.9 対称性および重ね合せの原理..... 5</p> <p>1.10 弾性変形..... 5</p> <p> 1.10.1 定義..... 5</p> <p> 1.10.2 弾性係数..... 5</p> <p> 1.10.3 弾性の基礎式..... 6</p> <p> 1.10.4 ひずみエネルギーと弾性エネルギー..... 6</p> <p> 1.10.5 二次元弾性論..... 7</p>
---	---

1・10・6	三次元弾性論	8	1・11・8	塑性不安定	17
1・10・7	弾性論で用いられるエネルギー原理	8	1・12	粘弾性変形	18
1・10・8	均質異方性弾性論	9	1・12・1	定義	18
1・10・9	熱応力	9	1・12・2	線形粘弾性の基礎式	19
1・10・10	弾性安定	11	1・12・3	非線形粘弾性現象	19
1・11	塑性変形	11	1・13	クリープ変形	19
1・11・1	定義	11	1・13・1	定義	19
1・11・2	塑性に関する材料定数	12	1・13・2	クリープ変形の解析	20
1・11・3	構成式	12	1・13・3	弾性および塑性の解との類似	20
1・11・4	塑性の基礎式	15	1・14	固体の力学における変分原理	21
1・11・5	塑性の一般的諸定理	16	1・15	大変形におけるひずみと応力	22
1・11・6	すべり線場の理論	16	1・15・1	変形とひずみ	22
1・11・7	残留応力	17	1・15・2	応力	22

第 2 章 は り

2・1	はりのせん断力と曲げモーメント	23	2・10・2	重ね合せ法	37
2・1・1	外力と支持反力	23	2・10・3	エネルギー法	37
2・1・2	はりのせん断力	23	2・11	平等強さのはり	37
2・1・3	はりの曲げモーメント	23	2・12	組合せばり	37
2・1・4	面積モーメント法	23	2・13	はりの塑性曲げ	38
2・2	断面二次モーメントおよび断面係数	24	2・13・1	単純曲げ	38
2・3	はりの曲げモーメントによる応力	27	2・13・2	極限曲げモーメント	38
2・4	曲げモーメントによる傾斜とたわみ	27	2・13・3	はりの崩壊荷重	38
2・5	せん断力、曲げモーメント、たわみ、傾斜の図表	27	2・13・4	曲げと軸力のもとでの崩壊	39
2・6	主軸まわり以外の曲げによる応力とたわみ	32	2・14	はりの衝撃曲げ	39
2・7	曲げひずみエネルギー	33	2・14・1	先端が衝撃される片持ばり	39
2・8	せん断力によるはりの応力とたわみ	33	2・14・2	中央が衝撃される両端支持ばり	39
2・8・1	せん断力による応力	33	2・15	曲りばり	39
2・8・2	せん断応力によるたわみ	34	2・15・1	曲りばりの応力	39
2・8・3	せん断中心	34	2・15・2	曲りばりのたわみ	40
2・9	移動荷重を受けるはり	35	2・15・3	円環の曲げモーメントとたわみ	41
2・10	不静定ばり	36	2・16	はりの座屈	41
2・10・1	3モーメントの式	36	2・16・1	はりの横座屈	41
			2・16・2	小曲率曲りばりの飛び移り	42
			2・16・3	はりの塑性座屈	43

第 3 章 軸

3・1	丸軸のねじり	43	3・3	各種断面形の軸のねじり	45
3・1・1	弾性変形	43	3・4	薄肉構造材のねじり	45
3・1・2	塑性変形	43	3・4・1	薄肉閉断面材のねじり	45
3・2	一樣断面真直軸のねじり	43	3・4・2	薄肉開断面材のねじり	45
3・2・1	弾性変形	43	3・5	コイルばね	46
3・2・2	塑性変形	45	3・6	軸の応力集中	46

3・6・1 段付軸のねじり	46	3・7・2 塑性変形	46
3・6・2 環状Vみぞを有する軸のねじり	46	3・8 軸の座屈	47
3・6・3 キーみぞを有する軸	46	3・8・1 丸軸のねじり座屈	47
3・7 組合せ応力を受ける軸	46	3・8・2 薄い円筒かくのねじり座屈	47
3・7・1 弾性変形	46		

第4章 柱

4・1 短柱	47	4・6 中間軸荷重の作用を受ける長柱の座屈荷重	51
4・1・1 軸荷重を受ける短柱の応力	47	4・6・1 中央に集中軸荷重のある場合	51
4・1・2 断面の核、核半径	47	4・6・2 一様分布軸荷重（自重）のある場合	51
4・2 一様断面の長柱の座屈	47	4・7 断面の変化する長柱	51
4・2・1 比例限度以内における座屈：オイラーの座屈理論	47	4・7・1 断面の変化する長柱の座屈荷重	51
4・2・2 比例限度以上における座屈	48	4・7・2 一様強さおよび最小重量の長柱	52
4・3 横荷重・集中曲げモーメントなどを受ける長柱	49	4・8 せん断変形および圧縮変形の影響を受ける長柱の座屈荷重	52
4・4 元たわみおよび偏心荷重を受ける長柱	50	4・8・1 せん断変形の影響を受ける場合	52
4・4・1 元たわみのある長柱	50	4・8・2 せん断および圧縮変形の影響を受ける場合	52
4・4・2 偏心荷重を受ける長柱	50	4・9 薄肉材よりなる柱の座屈	52
4・5 曲げをともなう長柱の軸圧縮強度	50		

第5章 平板の曲げ

5・1 横荷重を受ける平板	52	5・1・3 平板の塑性曲げ	63
5・1・1 平板の弾性曲げ	52	5・2 直交異方性板の曲げ	64
5・1・2 平板の大たわみ	61	5・3 平板の座屈	64

第6章 円板、円筒および球

6・1 円板	64	6・2・2 内外圧を受ける薄肉円筒	71
6・1・1 内外圧を受ける円板の弾性変形	64	6・2・3 内圧を受ける円筒の塑性変形	72
6・1・2 内外圧を受ける円板の塑性変形	65	6・2・4 内圧を受ける円筒の破壊	73
6・1・3 回転円板	66	6・2・5 組合せ円筒	73
6・1・4 応力一様な回転円板	66	6・2・6 回転円筒	73
6・1・5 板厚がゆるやかに変化する回転円板	66	6・2・7 円筒の熱応力	74
6・1・6 回転円板の塑性変形	66	6・2・8 圧力容器の設計基準	75
6・1・7 回転円板の破壊	67	6・3 球	75
6・1・8 円板の熱応力	68	6・3・1 内外圧を受ける中空球の弾性変形	75
6・1・9 遠心応力、熱応力の近似解法	69	6・3・2 内圧を受ける中空球の塑性変形	76
6・2 円筒	71	6・3・3 薄肉球かく	77
6・2・1 内外圧を受ける円筒の弾性変形	71	6・3・4 球の熱応力	77

第 7 章 骨組および薄肉構造

7・1 骨組構造	77	7・3・4 開断面薄肉はりの曲げねじり	85
7・1・1 たわみ度たわみ角法	77	7・3・5 薄肉柱の座屈	85
7・1・2 モーメント分配法	78	7・4 かく構造	85
7・1・3 骨組の極限解析	79	7・4・1 かく理論の基礎と分類	85
7・1・4 ラーメンの座屈	79	7・4・2 かくの膜理論	86
7・2 薄板構造	80	7・4・3 かくの曲げ理論	87
7・2・1 せん断場理論	80	7・4・4 かくの非線形理論	88
7・2・2 張力場理論	81	7・5 薄肉構造物の座屈	89
7・3 薄肉はり構造	82	7・5・1 平板の座屈	89
7・3・1 はりの弾性理論	82	7・5・2 薄肉材の壁面座屈	91
7・3・2 薄肉はりのねじり解析	83	7・5・3 かくの座屈	92
7・3・3 曲げを受ける薄肉はりのせん断 応力	84		

第 8 章 応力集中, 応力拡大係数および接触応力

8・1 応力集中	94	8・2・2 応力拡大係数の例	104
8・1・1 定義と概説	94	8・2・3 ダグデル模型	108
8・1・2 応力集中の例	94	8・2・4 応力拡大係数の解析法	108
8・1・3 応力集中の簡易解析	102	8・3 接触応力	108
8・1・4 応力集中と塑性変形	102	8・3・1 接触応力概説	108
8・2 応力拡大係数	103	8・3・2 接触応力の例	109
8・2・1 定義と概説	103		

第 9 章 材料の強度

9・1 材料の変形	109	9・3・2 S-N 曲線と疲労限度	117
9・1・1 単軸応力下の材料の応力-ひず み関係	109	9・3・3 き裂の発生と進展	117
9・1・2 弾性係数	110	9・3・4 疲労強度のばらつき	119
9・1・3 理想的すべり強度と転位	110	9・3・5 疲労強度におよぼす諸因子の影 響	119
9・1・4 多結晶材料の降伏	111	9・3・6 環境疲労	123
9・1・5 変形抵抗の温度・ひずみ速度依 存性	111	9・3・7 高温疲労	124
9・1・6 バウシニング効果	111	9・3・8 低サイクル疲労	125
9・1・7 材料の異方性と集合組織	111	9・3・9 組合せ部材の疲労	127
9・2 静的強度	112	9・4 クリープ強度	130
9・2・1 材料の破壊	112	9・4・1 クリープ変形	130
9・2・2 単軸応力下の静的強度	113	9・4・2 クリープ破断	131
9・2・3 多軸応力下の静的強度	113	9・4・3 クリープき裂の発生と進展	131
9・2・4 破壊じん性	114	9・5 環境強度	132
9・2・5 代表的な材料の静的強度	116	9・5・1 応力腐食割れ	132
9・3 疲労強度	116	9・5・2 水素ぜい化割れ	133
9・3・1 疲労と塑性変形	116	9・6 衝撃強度	133
		9・6・1 衝撃強度	133

9・6・2 シャルピー衝撃値と遷移温度 … 134	9・7・1 強度設計で用いられる応力の分類 … 135
9・6・3 熱衝撃 … 135	9・7・2 許容応力, 安全率, 信頼性 … 135
9・7 強度設計 … 135	

第 10 章 材料試験および実験応力解析

10・1 静的強度試験 … 137	10・5 環境強度試験 … 146
10・1・1 引張試験 … 137	10・6 衝撃試験 … 146
10・1・2 圧縮試験 … 138	10・6・1 衝撃引張り, 圧縮試験 … 146
10・1・3 曲げ試験 … 138	10・6・2 シャルピー試験 … 147
10・1・4 ねじり試験 … 138	10・6・3 計装化シャルピー試験 … 147
10・1・5 その他の試験 … 139	10・6・4 熱衝撃試験 … 147
10・1・6 材料試験機 … 139	10・7 硬さ試験 … 147
10・2 破壊じん性試験 … 140	10・7・1 ブリネル硬さ … 148
10・2・1 K_{Ic} 試験 … 140	10・7・2 ビッカース硬さ … 148
10・2・2 J_{Ic} 試験 … 141	10・7・3 ロックウェル硬さ … 148
10・2・3 COD 試験 … 141	10・7・4 ショア硬さ … 150
10・2・4 動的破壊じん性試験 … 142	10・7・5 各種硬さ間の関係 … 150
10・2・5 その他の破壊じん性 … 142	10・8 フラクトグラフィ (破面解析) … 150
10・3 疲労試験 … 142	10・9 き裂および欠陥の検査法 … 152
10・3・1 疲労試験機 … 143	10・10 ひずみおよび応力の測定 … 153
10・3・2 疲労強度試験と疲労限度の決定法 … 143	10・10・1 変位計 … 153
10・3・3 疲労き裂進展試験 … 144	10・10・2 電気抵抗ひずみゲージ … 153
10・3・4 その他の疲労試験 … 144	10・10・3 X線による応力測定 … 153
10・4 クリープ試験 … 145	10・10・4 光弾性による応力測定法 … 154
10・4・1 クリープ及びクリープ破断試験 … 145	10・10・5 応力塗料およびめっき法 … 154
10・4・2 応力リラクゼーション試験 … 145	10・10・6 格子法, モアレ法 … 155
10・4・3 クリープ支配下の高温低サイクル疲労試験 … 146	10・10・7 ホログラフィ法, スペックル法, コースティックス法 … 155

第 11 章 有限要素法

11・1 変分原理による有限要素法の基礎 … 155	11・2・1 代表的な有限要素と変位関数 … 160
11・1・1 微小変位弾性問題に対する有限要素法の基礎理論 … 155	11・2・2 特殊な有限要素と変位関数 … 162
11・1・2 幾何学的非線形問題に対する変分原理 … 158	11・2・3 大規模連立一次方程式の解法と固有値問題の解法 … 163
11・1・3 材料非線形問題に対する変分原理 … 158	11・2・4 直接積分 … 164
11・1・4 動的問題に対する変分原理 … 159	11・3 材料力学への有限要素法の応用 … 165
11・1・5 変位法, 応力法とハイブリッド法 … 160	11・3・1 骨組構造, 薄板構造の有限要素解析 … 165
11・2 有限要素法で用いられる変位関数と技法 … 160	11・3・2 非線形問題の解析 … 166
	11・3・3 応力集中問題と破壊力学問題の解析 … 167
	11・4 有限要素法と適用上の問題点 … 169

A 5 編 流 体 工 学

企画・編集	大橋 秀雄 小林 敏雄 富田 幸雄	大田 英輔 田島 清瀬 松木 正勝	大場 利三郎 高田 浩之 山口 惇	川瀬 武彦 竹中 俊夫
執筆 者	赤川 浩爾 伊藤 英覚 大橋 秀雄 梶 昭次郎 木谷 勝 小林 陵二 田島 清瀬 谷田 好通 永野 進 橋本 弘之 村田 暹	赤松 映明 飯田 誠一 大場 利三郎 神山 新一 小竹 進 島 章 大宮司 久明 富田 幸雄 難波 昌伸 本田 睦 森川 敬信	有賀 一郎 市川 常雄 近江 宗一 亀本 喬司 小橋 安次郎 妹尾 泰利 高田 浩之 豊倉 富太郎 西尾 健二 松尾 一 山口 惇	安藤 常世 大田 英輔 岡島 厚 川瀬 武彦 小林 敏雄 田古里 哲夫 竹中 俊夫 中山 泰喜 西山上 哲光

目 次

第 1 章 流れに関する諸問題とその取扱い

1・1 流体工学の歴史…………… 1	1・2・3 流線…………… 3
1・2 流れに関する基本的な問題…………… 2	1・2・4 変形と回転…………… 3
1・2・1 連続体としての流体…………… 2	1・2・5 層流と乱流…………… 3
1・2・2 粘性と圧縮性…………… 2	1・2・6 流れを表す量と関係式…………… 4

第 2 章 流 体 の 性 質

2・1 流体の物性…………… 5	2・1・6 飽和蒸気圧…………… 9
2・1・1 密度、比体積および比重…………… 5	2・1・7 気体の溶解度…………… 9
2・1・2 圧縮性…………… 5	2・2 熱力学概要…………… 9
2・1・3 粘性…………… 6	2・2・1 基本関係式…………… 9
2・1・4 熱伝導性…………… 8	2・2・2 状態線図…………… 11
2・1・5 表面張力…………… 8	

第 3 章 流 体 静 力 学

3・1 基礎方程式…………… 12	3・1・2 圧力の伝達…………… 12
3・1・1 圧力…………… 12	3・1・3 圧力の単位…………… 12

3.1.4 基礎方程式	12	3.2.3 平面に作用する液体圧	13
3.1.5 等圧面	12	3.2.4 曲面に作用する液体圧	13
3.2 重力場における圧力	12	3.2.5 浮力	13
3.2.1 流体の深さと圧力	12	3.2.6 浮体	13
3.2.2 ヘッド	12	3.2.7 浮体の安定性	14

第 4 章 流体力学の基礎関係式

4.1 流れの調べ方	15	4.7 運動量の法則	18
4.2 保存方程式	15	4.7.1 運動量の保存と物体の受ける力	18
4.2.1 連続の式	15	4.7.2 角運動量の保存と物体の受ける力	19
4.2.2 運動方程式	15	4.8 エネルギー積分とベルヌーイの式	20
4.2.3 エネルギー方程式	16	4.8.1 エネルギー積分	20
4.3 構成方程式	16	4.8.2 ベルヌーイの式	20
4.4 ナビエ・ストークスの方程式	17	4.8.3 動圧, 静圧, 総圧	21
4.5 境界条件	17	4.8.4 回転系における流れ	21
4.6 相似則	17	4.9 渦度と循環, 速度ポテンシャル流れ関数	21
4.6.1 相似の条件	17	4.9.1 渦度と循環	21
4.6.2 レイノルズ数	17	4.9.2 速度ポテンシャル	22
4.6.3 マッハ数	18	4.9.3 流れ関数	22
4.6.4 フルード数, グラスホフ数, ウェーバ数	18	4.10 基礎式の円筒座標, 極座標表示	22
4.6.5 ストローハル数	18	4.10.1 運動方程式	22
4.6.6 ペクレ数, プラントル数, エッカート数	18	4.10.2 連続の式	23
4.6.7 模型実験	18	4.10.3 エネルギー方程式	23

第 5 章 理想流体の流れ

5.1 二次元渦なし流れと複素関数	24	5.6.2 渦によって誘導される速度	30
5.1.1 渦なし流れ	24	5.6.3 渦の動き	30
5.1.2 複素関数	24	5.6.4 渦層	31
5.2 等角写像とその応用	25	5.6.5 渦列	31
5.2.1 等角写像	25	5.7 非定常流れ	31
5.2.2 ポテンシャル流れへの応用	27	5.7.1 水槽よりの流出	31
5.3 特異点法とその応用	27	5.7.2 液柱の振動	32
5.3.1 特異点分布	27	5.7.3 流体中における物体の運動と見掛けの質量	32
5.3.2 流れの表示	28	5.7.4 波の運動	32
5.3.3 物体の表示	28	5.7.5 タンク内に満たされた液の固有振動数	33
5.4 ブラジウスの公式	29	5.7.6 自由噴流の振動	33
5.5 不連続流れ	29	5.7.7 液滴の振動	33
5.5.1 翼および翼列	29	5.7.8 船の波	34
5.5.2 噴流	29		
5.6 渦, 誘導速度および安定性	30		
5.6.1 渦の性質	30		

第 6 章 粘性流体の流れ

6.1 厳密解の得られる流れ	35	6.1.6 広がり流れと狭まり流れ	37
6.1.1 平行壁間の流れ	35	6.2 ストークスおよびオゼーンの近似とその考え方	37
6.1.2 円管内の流れ	35	6.3 油膜潤滑	38
6.1.3 平板が急に動きだすときの流れ	36	6.4 微小すきまを通る流れ, その他	40
6.1.4 二次元のよどみ点流れ	36		
6.1.5 回転している円板近くの流れ	37		

第 7 章 境界層流れ

7.1 境界層の概念	42	7.3.6 任意の圧力こう配における乱流境界層の解法	47
7.2 層流境界層とその解法	43	7.4 軸対称流の境界層	48
7.2.1 平板層流境界層に対するブラジウスの解	43	7.4.1 よどみ点流れ	48
7.2.2 任意の圧力こう配における層流境界層の解法	44	7.4.2 長い円柱のまわりの厚い境界層	48
7.3 乱流境界層とその解法	45	7.4.3 平面上の回転流れ	48
7.3.1 方程式	45	7.5 三次元境界層	49
7.3.2 せん断応力分布	45	7.6 非定常境界層	50
7.3.3 速度分布	45	7.7 境界層のはく離と制御	50
7.3.4 局所摩擦則	46	7.7.1 境界層のはく離	50
7.3.5 平板乱流境界層の解法	46	7.7.2 境界層の制御	51

第 8 章 乱流理論

8.1 乱流の発生	52	8.3.3 一様等方性乱流	53
8.1.1 線形安定論	52	8.3.4 局所等方性乱流	54
8.1.2 非線形安定論	52	8.3.5 非等方性乱流	55
8.1.3 かく乱の乱雑化とカオス理論	52	8.4 輸送理論および乱流モデル	55
8.2 連続式, 運動およびエネルギー方程式	52	8.4.1 渦動粘性モデル	55
8.3 乱流の統計理論	53	8.4.2 輸送理論と混合距離モデル	55
8.3.1 確率分布とモーメント	53	8.4.3 種々の乱流記述モデル	55
8.3.2 相関とスペクトル	53		

第 9 章 圧縮性流体の流れ

9.1 流れの分類	56	9.2.3 摩擦および熱伝導のある流れ	58
9.1.1 状態方程式	56	9.2.4 擬似衝撃波, その他	59
9.1.2 音速とマッハ数	56	9.3 二次元流れ	59
9.1.3 マッハ数による流れの分類	56	9.3.1 斜め衝撃波	59
9.2 一次元流れ	56	9.3.2 プラントル・マイヤー流れ	60
9.2.1 一次元流れの基礎式	57	9.3.3 特性曲線法	60
9.2.2 ノズルとディフューザ	58	9.3.4 ホドグラフ法	61

9.4 圧縮性境界層	61	9.5.1 遷音速流れ	62
9.4.1 層流圧縮性境界層	61	9.5.2 超音速線形理論	62
9.4.2 乱流圧縮性境界層	61	9.5.3 極超音速流れ	62
9.4.3 回復温度	61	9.6 圧縮性流れに関する相似	62
9.4.4 平板境界層	61	9.6.1 平面に近い流れ	62
9.4.5 境界層と衝撃波の干渉	61	9.6.2 細い軸対称物体のまわりの流れ	63
9.5 遷音速流れ, その他	62	9.6.3 細長い物体の理論	63

第 10 章 噴 流 と 後 流

10.1 噴流と後流の構造	64	10.2.6 噴流の利用	68
10.2 噴流理論と実例	65	10.3 後流理論と実例	68
10.2.1 基礎	65	10.3.1 基礎	68
10.2.2 自由噴流	65	10.3.2 周期性後流	68
10.2.3 壁面噴流	65	10.3.3 乱流後流	69
10.2.4 各種の噴流	66	10.3.4 後流の干渉と制御	69
10.2.5 噴流の干渉	67	10.3.5 各種の後流	70

第 11 章 流 路 内 の 流 れ

11.1 流路内の流れと損失	73	11.3.11 管路の総損失	82
11.1.1 流体摩擦とせん断応力	73	11.4 複雑な管路の損失	82
11.1.2 滑らかな円管の速度分布	73	11.4.1 分配管	82
11.1.3 粗い円管の速度分布	74	11.4.2 集合管	83
11.1.4 流路内の二次流れ	74	11.4.3 管路網	83
11.2 直管の管摩擦係数	74	11.5 直管および曲り管内の二次流れ	83
11.2.1 円管の管摩擦	74	11.5.1 非円形断面の直管内の二次流れ	83
11.2.2 滑らかな円管の管摩擦係数	74	11.5.2 曲り管内の二次流れ	84
11.2.3 粗い円管の管摩擦係数	74	11.6 回転管内の二次流れ	84
11.2.4 実用管の管摩擦係数	75	11.6.1 垂直軸のまわりに回転する直管	84
11.2.5 流量と使用年数	75	11.6.2 回転U字管	84
11.2.6 非円形断面の直管	76	11.7 案内および整流装置	85
11.2.7 同心回転二重円管	76	11.7.1 案内羽根入りベンド	85
11.3 管路の諸損失	76	11.7.2 翼列案内羽根入りエルボ	85
11.3.1 管路における損失ヘッド	76	11.7.3 金網	85
11.3.2 助走区間における損失ヘッド	76	11.7.4 多孔板	86
11.3.3 管路の入口	77	11.7.5 整流格子	86
11.3.4 広がり管と細まり管	77	11.7.6 その他の整流装置	86
11.3.5 ベンドとエルボ	78	11.8 開きよの流れ	86
11.3.6 管継手	79	11.8.1 等流における平均流速	86
11.3.7 弁とコック	79	11.8.2 流量が最大となる開きよの断面	87
11.3.8 オリフィス板, ノズルおよび ベンチェリ管	81	11.8.3 流速分布	87
11.3.9 分岐管と合流管	81	11.8.4 比エネルギーと限界水深	87
11.3.10 管路の出口	82	11.8.5 背水曲線	87
		11.8.6 跳水	88

第 12 章 流体機械の内部流れ

12・1 ノズル	89	12・4・3 準三次元流れの基礎式	92
12・2 ディフューザ	89	12・4・4 準三次元流れの渦度	93
12・3 渦巻室および出入口の流れ	90	12・4・5 面 S_2 内の流れの計算	93
12・3・1 ポンプ・圧縮機の渦巻室	90	12・4・6 流線座標の平衡式	94
12・3・2 タービンの渦巻室	90	12・4・7 流線曲率法	94
12・3・3 水車の吸出し管	90	12・4・8 面 S_1 と面 S_2 の流れの関係	94
12・3・4 直交するダクトからの吸込み と吐出し	91	12・5 回転円板まわりの流れ	95
12・3・5 環状通路	91	12・6 ラビリンス通路の流れ	96
12・4 ターボ機械の軸対称流れ	91	12・6・1 ラビリンスシールの原理と流 れの作用	96
12・4・1 半径平衡	91	12・6・2 ラビリンスシールの形成	96
12・4・2 ターボ機械内の流れの基礎式	92	12・6・3 ラビリンス通路内の流れの挙動	96

第 13 章 流体中の物体に働く力

13・1 揚力、抗力およびモーメント	97	13・4・1 回転円体に働く力	102
13・2 球に働く力	98	13・4・2 円板に働く力	102
13・3 円柱およびその他の柱状物体に働 く力	99	13・4・3 その他の三次元物体に働く力	102
13・3・1 円柱に働く力	99	13・5 壁面の影響	102
13・3・2 長方形断面柱に働く力	100	13・6 円柱群および角柱群に働く力	104
13・3・3 I 形および L 形断面柱に働く力	101	13・6・1 直列 2 物体の抗力係数	104
13・3・4 流線形断面支柱に働く力	101	13・6・2 並列 2 物体の抗力係数	104
13・3・5 その他の断面形の柱状物体に 働く力	101	13・6・3 円管群の抗力係数	105
13・3・6 カルマンの渦列により誘起さ れる力	101	13・7 種々の流れの中の物体に働く力	105
13・4 三次元物体に働く力	102	13・7・1 乱流境界層の中の垂直平板や 直立円柱に働く力	105
		13・7・2 一様流中に斜めに置かれた円 柱に働く力	106

第 14 章 翼 および 翼 列

14・1 翼	107	14・3・1 準三次元流れ	109
14・1・1 翼形	107	14・3・2 翼列	109
14・1・2 層流翼	107	14・4 直線翼列	110
14・1・3 遷音速翼	107	14・4・1 基本関係	110
14・1・4 超音速翼	108	14・4・2 理論	111
14・1・5 スーパーキャビテーション翼	108	14・4・3 減速翼列データ	112
14・2 翼の特性	108	14・4・4 増速翼列データ	114
14・2・1 翼の空力的諸係数	108	14・5 円形翼列	114
14・2・2 翼の特性	108	14・5・1 回転翼列と静止翼列	114
14・2・3 レイノルズ数の影響	109	14・5・2 円形翼列データ	115
14・2・4 マッハ数の影響	109	14・6 翼列後流および二次流れ	115
14・3 翼列	109	14・7 非定常の翼および翼列理論	116

14・7・1 非失速単独翼の理論……………	116	14・7・4 失速翼列の理論……………	117
14・7・2 非失速翼列の理論……………	117	14・8 旋回失速……………	118
14・7・3 失速単独翼の理論……………	117	14・9 フラッタ……………	118

第 15 章 管路の非定常流れ

15・1 管内の波動伝ば……………	120	15・4 サージング……………	123
15・2 管内の非定常流れの基礎理論……………	120	15・5 脈動流……………	125
15・3 水撃・油撃……………	122		

第 16 章 振動・非定常現象および波動

16・1 容器内の液体の振動……………	126	16・3・1 加速度に比例する流体力……………	129
16・1・1 容器内の液体の固有振動数……………	126	16・3・2 流体の相対速度に関する流 体力……………	130
16・1・2 容器内の液体の液面動揺……………	126	16・3・3 軸方向流れによる流体力……………	130
16・1・3 等断面管内の液面振動……………	126	16・3・4 渦流出に伴う流体力……………	130
16・1・4 長い管で連結された二つの液 槽内の液面振動……………	126	16・3・5 その他の非定常流体力……………	131
16・2 流れの不安定性……………	127	16・4 流動励起振動……………	131
16・2・1 界面の不安定……………	127	16・5 波および波浪……………	131
16・2・2 平行な流れの不安定……………	127	16・5・1 波の理論……………	131
16・2・3 遠心力による不安定……………	128	16・5・2 波の変形……………	132
16・2・4 加熱による不安定……………	128	16・5・3 沖浜の構造物が受ける力……………	132
16・3 各種物体に働く非定常流体力……………	129		

第 17 章 空力音響・騒音

17・1 空力音響の基礎……………	133	17・4・3 はく離流騒音……………	137
17・2 ダクト伝ばと放射……………	133	17・5 回転音源による騒音……………	137
17・2・1 伝ば中の減衰……………	134	17・5・1 移動音源の一般論……………	137
17・2・2 音響回路……………	134	17・5・2 プロペラ、ヘリコプタロータ 騒音……………	137
17・2・3 ダクトモードとダクト遮断……………	134	17・5・3 ターボ機械の回転音……………	138
17・2・4 音響ライニング……………	134	17・5・4 回転翼による広帯域周波数騒 音ほか……………	138
17・2・5 放射音響インピーダンス……………	134	17・5・5 回転騒音源に関する対策……………	138
17・2・6 指向性……………	135	17・6 自励的原因による発生音……………	138
17・3 空力騒音の基礎……………	135	17・6・1 カルマン渦に関連した自励音…	139
17・4 ジェット騒音・境界層騒音および はく離流騒音……………	136	17・6・2 エッジトーンに関連した自励音	139
17・4・1 ジェット騒音……………	136	17・6・3 超音速流に関連した自励音……………	139
17・4・2 境界層騒音……………	137		

第 18 章 乱流拡散

18・1 乱流拡散と拡散係数……………	140	18・1・2 せん断流中での乱流拡散……………	140
18・1・1 一様流中での乱流拡散……………	140	18・1・3 拡散方程式……………	140

18・2 運動量 ($\tilde{S} = \rho \tilde{u}_i$) の輸送	140	18・3・2 自由対流	141
18・2・1 境界層近似と速度分布	140	18・4 物質 [$\tilde{S} = \tilde{c}$ (濃度)] の拡散	141
18・3 熱量 [$\tilde{S} = \tilde{H}$ (エンタルピ)] の拡散	141	18・5 大気乱流	141
18・3・1 強制対流	141	18・6 圧縮性流体の乱流	142

第 19 章 キャビテーション

19・1 サブキャビテーション	143	19・2・3 SC 翼	147
19・1・1 キャビテーション気泡	143	19・2・4 SC 機械の特徴	148
19・1・2 発生機構	144	19・3 中間領域における諸問題	148
19・1・3 翼形および翼列	146	19・3・1 壊食	148
19・2 スーパーキャビテーション	146	19・3・2 振動	149
19・2・1 流れの概要	146	19・3・3 騒音 (超音波)	149
19・2・2 通気	146		

第 20 章 混相流

20・1 固気二相流	150	20・2・4 流れの分類	152
20・1・1 沈降速度 (終速度)	150	20・2・5 直管部の圧力損失	152
20・1・2 管軸方向の固体粒子の運動	150	20・2・6 鉛直面内のベンドの圧力損失	153
20・1・3 定常状態の直管部の圧力損失	150	20・2・7 流れの乱れ	153
20・1・4 ベンドの圧力損失	150	20・3 気液二相流	153
20・1・5 加速損失	151	20・3・1 流動様式	153
20・1・6 閉そく限界	151	20・3・2 基礎方程式	153
20・1・7 高濃度低速流れ	151	20・3・3 ボイド率	154
20・1・8 気流の乱れ	152	20・3・4 圧力損失	155
20・2 固液二相流	152	20・4 カプセル輸送	155
20・2・1 固気二相流との相違点	152	20・4・1 空気カプセル	155
20・2・2 濃度	152	20・4・2 水力カプセル	155
20・2・3 沈降速度	152		

第 21 章 非ニュートン流体

21・1 流動様式による流体の分類	156	21・3・2 各種の構成方程式	157
21・2 基礎方程式	156	21・3・3 細管法によって流動曲線を求める方法	157
21・2・1 応力運動方程式	156	21・3・4 べき乗則流体	157
21・2・2 連続の方程式	156	21・3・5 エリス流体	158
21・2・3 エネルギー方程式	156	21・4 塑性流体	159
21・2・4 構成方程式 (レオロジー方程式)	156	21・4・1 ビンガム流体	159
21・3 純粘性流体	156	21・5 粘弾性流体	159
21・3・1 流動曲線による分類	156		

第 22 章 電磁流体力学, 希薄気体力学

22・1 電磁流体力学	161	22・2・2 速度分布関数とボルツマン方程式	165
22・1・1 基礎方程式	161	22・2・3 適応係数	166
22・1・2 相似則	161	22・2・4 モーメント方程式と保存方程式	166
22・1・3 厳密解の得られる流れ	162	22・2・5 自由分子流	167
22・1・4 種々の流れ	163	22・2・6 中間流など	167
22・1・5 遷移流, 乱流	164	22・3 実在気体の高速流れ	168
22・1・6 プラズマ	165	22・3・1 振動緩和を伴う流れ	168
22・2 希薄気体力学	165	22・3・2 解離 - 再結合反応を伴う流れ	169
22・2・1 希薄気体の流れの分類	165		

第 23 章 流体実験および計測

23・1 流体実験法	170	23・5・2 気体の流量測定	180
23・2 相似則, 次元解析, 模型実験	170	23・6 流体実験設備	182
23・2・1 相似則	170	23・6・1 風洞	182
23・2・2 次元解析	171	23・6・2 水槽	183
23・2・3 模型実験	171	23・7 流れの可視化	184
23・3 物性値の計測	171	23・7・1 手法の分類	184
23・3・1 密度	171	23・7・2 適用限界	184
23・3・2 粘度・動粘度	171	23・7・3 手法の選択	184
23・3・3 空気含有量	172	23・8 データ処理	185
23・4 圧力, 温度, 流速および乱れの測定	172	23・8・1 圧力データの処理	185
23・4・1 圧力の測定	172	23・8・2 温度の計測	185
23・4・2 流速および乱れの測定	173	23・8・3 時系列処理	186
23・4・3 圧縮性流れの測定	176	23・9 計算機を用いた数値実験	188
23・5 流量測定	176	23・9・1 実時間シミュレーション	188
23・5・1 液体の流量測定	176	23・9・2 計算空気力学	188

第 24 章 流れの数値解析

24・1 数値解法の概要	189	24・5 境界層流れ	195
24・2 非圧縮性流れ	191	24・5・1 粘性流・非粘性流干渉法	195
24・2・1 非粘性流れ	191	24・5・2 乱流粘性モデル	196
24・2・2 粘性流れ	191	24・5・3 境界層方程式の解法	196
24・3 圧縮性流れ	192	24・6 サージ, 水撃等における数値解析例	197
24・3・1 非粘性流	192	24・6・1 圧縮機系のサージ	197
24・3・2 粘性流	193	24・6・2 管路の過度現象解析	197
24・4 回転機械における数値解析例	193	24・7 その他の流れにおける数値解析例	198
24・4・1 準三次元解法	193	24・7・1 ディフューザの圧力係数	198
24・4・2 三次元解法	194	24・7・2 固・気二相流	198
		24・7・3 境界の変形を伴う非定常流	199

A 6 編 熱 工 学

企画・編集	越 後 亮 三	棚 沢 一 郎	平 野 敏 右	片 山 功 蔵	手 塚 俊 一	山 口 譽 起	小 徳 渡	竹 岡 直 康	進 静 一	高 平	城 田	敏 賢	美 賢																			
執筆 者	相 原 利 雄	石 黒 亮 二	小 口 幸 成	甲 藤 好 郎	清 瀬 景 平	小 竹 進 二	鈴 木 健 二	高 城 敏 美	谷 口 博 昭	長 井 哲 雄	藤 宮 内 敏 康	渡 部 康 一	鮎 川 恭 三	上 松 公 彦	尾 添 村 弘	久 保 田 弘	斎 藤 彬 基	鈴 木 野 忠 幸	富 田 恭 康	服 藤 森 康	川 添 村 弘	保 田 弘	藤 野 部 恭 康	三 彦 之 洋 敏 夫 之 夫 雄 賢 伸 夫	伊 植 大 神 斎 世 武 土 前 矢	藤 田 竹 沢 友 藤 古 田 居 方 田 順	猛 辰 一 孝 言	宏 洋 友 淳 孟 基 彦 昭 薫 夫 信 三	猪 越 笠 木 黒 真 田 棚 中 平 南 山	飼 後 木 村 崎 田 中 沢 山 野 山 口	亮 伸 元 晏 雄 宏 一 敏 龍 馨	茂 三 英 雄 夫 三 明 郎 恒 右 緒 起

目 次

第 1 章 エ ネ ル グ

1・1 概説……………	1	1・3 エネルギー変換……………	2
1・2 エネルギーの分類……………	1	1・4 エネルギー輸送・貯蔵……………	3

第 2 章 エ ネ ル グ 資 源

2・1 燃焼用燃料……………	5	2・2・3 核燃料の製錬……………	27
2・1・1 燃料資源……………	5	2・2・4 ウランの濃縮……………	28
2・1・2 固体燃料……………	5	2・2・5 核燃料の加工・組立……………	29
2・1・3 液体燃料……………	11	2・2・6 核燃料の再処理……………	30
2・1・4 気体燃料……………	18	2・3 その他のエネルギー資源……………	31
2・2 原子核燃料……………	25	2・3・1 自然エネルギー……………	31
2・2・1 核燃料資源とサイクル……………	25	2・3・2 生物エネルギー……………	34
2・2・2 核燃料の性質……………	27		

第 3 章 熱 力 学

3.1 温度	35	3.9 空気などの気体	44
3.2 熱量・比熱・潜熱	35	3.9.1 空気の性質と状態式	44
3.2.1 熱・仕事・動力の単位	35	3.9.2 ヘリウム、窒素、水素などの 性質	45
3.2.2 比熱	36	3.10 蒸気および圧縮液	45
3.2.3 融解熱・気化熱	36	3.10.1 蒸気の一般的性質	45
3.3 熱力学の第一法則	36	3.10.2 飽和蒸気の性質	45
3.3.1 熱力学的系	36	3.10.3 過熱蒸気の性質	45
3.3.2 状態量	36	3.10.4 圧縮液の性質	45
3.3.3 内部エネルギー・エンタルピ	36	3.10.5 水および水蒸気の性質	45
3.3.4 状態式	36	3.10.6 冷媒の種類と性質	48
3.3.5 熱力学の第一法則	36	3.10.7 その他の蒸気の性質	48
3.3.6 P V 線図と仕事	37	3.10.8 蒸気の状態変化	48
3.4 熱力学の第二法則	37	3.11 湿り空気の性質と状態変化	54
3.4.1 熱力学の第二法則	37	3.11.1 湿り空気の性質	54
3.4.2 熱力学サイクル	37	3.11.2 飽和湿り空気表	54
3.4.3 カルノーの原理と最大仕事	37	3.11.3 湿り空気の状態変化	54
3.4.4 熱力学温度	37	3.12 各種サイクル	55
3.4.5 エントロピ・有効エネルギー (エクセルギ)	38	3.12.1 サイクルと熱効率、動作係数	55
3.4.6 可逆過程と不可逆過程	38	3.12.2 カルノーサイクル・スターリ ングサイクル・エリクソンサイ クル	55
3.5 熱力学の第三法則	39	3.12.3 内燃機関の理論サイクル	56
3.6 熱力学の一般関係式	39	3.12.4 ガスタービンの理論サイクル	57
3.6.1 マクスウェルの関係式	39	3.12.5 蒸気理論サイクル	59
3.6.2 比熱に関する一般関係式	39	3.12.6 複合理論サイクル	61
3.6.3 内部エネルギーとエンタルピの 関係式	39	3.12.7 冷凍・ヒートポンプの理論サ イクル	62
3.6.4 自由エネルギー	39	3.12.8 液化の原理	64
3.6.5 ジュール・トムソン効果	40	3.13 気体の流動	64
3.7 気体・液体・固体	40	3.13.1 流れの一般基礎式	64
3.7.1 純粋物質の相と P v T 関係	40	3.13.2 外部仕事を含まぬ定常一次元流	65
3.7.2 三重点・臨界点	41	3.13.3 等エントロピ流れ	66
3.8 理想気体	41	3.13.4 先細ノズルよりの等エントロ ピ噴流	67
3.8.1 理想気体の状態式	41	3.13.5 末広ノズルよりの等エントロ ピ噴流	68
3.8.2 半理想気体	42	3.13.6 摩擦損失を伴うノズルよりの 噴流	68
3.8.3 理想気体の状態量	42	3.13.7 一様断面管路内の流れ	69
3.8.4 理想気体の状態変化	43		
3.8.5 理想気体の混合	44		
3.8.6 理想混合気体の性質	44		
3.8.7 半理想気体の状態変化	44		

第 4 章 燃 焼

4.1 燃焼の基礎理論	71	4.1.2 量論計算	71
4.1.1 化学反応	71	4.1.3 断熱火炎温度と平衡組成	72

4・2 燃焼現象	75	4・3・2 燃焼装置内の流れと火炎構造	85
4・2・1 火炎の形態	75	4・3・3 振動燃焼	85
4・2・2 燃焼反応	75	4・4 燃焼に伴う環境汚染とその抑制	86
4・2・3 着火	76	4・4・1 ばいじん	86
4・2・4 予混合火炎	78	4・4・2 硫黄酸化物 (SO _x)	87
4・2・5 拡散火炎	81	4・4・3 窒素酸化物 (NO _x)	87
4・2・6 液体燃焼	81	4・4・4 一酸化炭素、炭化水素	90
4・2・7 固体燃焼	82	4・4・5 濃度換算と排出係数	91
4・2・8 デトネーション	83	4・4・6 汚染物質の拡散	91
4・3 燃焼装置内の燃焼	84	4・4・7 燃焼に伴う騒音	92
4・3・1 各種燃料の燃焼	84		

第5章 伝熱 (物質移動を含む)

5・1 伝熱の基本形態	94	5・8 強制対流乱流熱伝達	114
5・1・1 伝熱	94	5・8・1 乱流境界層	114
5・1・2 熱伝導と熱放射	94	5・8・2 乱流場における熱・物質・運動量輸送	117
5・1・3 対流と熱伝達	94	5・8・3 乱流場における流れと熱伝達の解析	118
5・1・4 熱通過	94	5・8・4 平板に沿う強制対流乱流熱伝達	118
5・2 熱伝導の基本	95	5・8・5 管内流 (内部流) の強制対流乱流熱伝達	119
5・2・1 熱伝導の基本式	95	5・8・6 外部流の強制対流乱流熱伝達	120
5・2・2 熱伝導の微分方程式	95	5・9 自然対流熱伝達	122
5・2・3 温度伝導率	96	5・9・1 基礎的事項	122
5・3 熱伝導方程式の解法	96	5・9・2 平板の自然対流熱伝達	123
5・3・1 解析的方法	96	5・9・3 物体まわりの自然対流熱伝達	124
5・3・2 数値解法	97	5・9・4 管路および熱サイフンの自然対流熱伝達	124
5・3・3 その他の解法	99	5・9・5 密閉空間内における自然対流熱伝達	126
5・4 熱放射 (熱ふく射) の基本	100	5・10 その他の重要な対流熱伝達	127
5・4・1 基本法則	100	5・10・1 高速気流の熱伝達	127
5・4・2 形態係数と放射熱交換	101	5・10・2 希薄気体の熱伝達	128
5・4・3 放射率, 吸収率	101	5・10・3 超臨界圧流体の熱伝達	128
5・4・4 熱放射の吸収, 射出, 散乱の機構	102	5・10・4 液体金属の熱伝達	130
5・5 熱放射による伝熱	103	5・10・5 非ニュートン流体の熱伝達	130
5・5・1 ガス体の放射理論	103	5・10・6 充てん層・流動層における熱伝達	131
5・5・2 ふく射輸送理論と輸送式	104	5・10・7 化学反応を伴う対流熱伝達	133
5・5・3 ふく射輸送式の解法	105	5・10・8 電磁流体の対流熱伝達	134
5・5・4 火炎等の熱放射	106	5・11 プール沸騰熱伝達	134
5・6 対流熱伝達の基本	107	5・11・1 沸騰現象	134
5・6・1 熱伝達率	107	5・11・2 プール沸騰と沸騰特性曲線	135
5・6・2 境界層, 層流・乱流と熱輸送	107	5・11・3 核沸騰熱伝達	135
5・6・3 対流熱伝達の基礎方程式	108	5・11・4 バーンアウト現象	136
5・6・4 次元解析と無次元数	109	5・11・5 膜沸騰熱伝達	137
5・7 強制対流層流熱伝達	109		
5・7・1 平板に沿う強制対流層流熱伝達	109		
5・7・2 管内流 (内部流) の強制対流層流熱伝達	111		
5・7・3 外部流の強制対流層流熱伝達	113		

5・12 強制流動沸騰熱伝達	138	5・14・2 拡散	145
5・12・1 二相流動現象と熱伝達	138	5・14・3 物質伝達と熱伝達のアナロジ	145
5・12・2 二相流の主要パラメータの性質	138	5・14・4 物質伝達を伴う熱伝達	146
5・12・3 サブクールおよび低クオリティ域の熱伝達	139	5・15 伝熱促進と断熱	148
5・12・4 中・高クオリティ域の熱伝達	140	5・15・1 拡大伝熱面による伝熱促進	148
5・12・5 強制流動沸騰流における限界熱流束	140	5・15・2 強制対流熱伝達の促進	149
5・13 凝縮熱伝達	141	5・15・3 相変化伝達の促進	150
5・13・1 凝縮現象	141	5・15・4 ヒートパイプ	151
5・13・2 滴状凝縮熱伝達	142	5・15・5 保温, 保冷と断熱	151
5・13・3 膜状凝縮熱伝達	142	5・16 熱交換器の基礎	152
5・13・4 多成分系蒸気の凝縮	143	5・16・1 熱通過率と対数平均温度差	152
5・13・5 水平円管群における凝縮	144	5・16・2 熱交換流路の形成	152
5・14 物質移動	144	5・16・3 熱交換器の設計計算法	153
5・14・1 物質移動の基本	144	5・16・4 熱交換器の形態と実際の留意事項	153

第 6 章 熱工学における測定法

6・1 温度測定	154	6・3 ガス濃度測定	158
6・1・1 各種の温度計および温度測定法	154	6・3・1 安定成分の測定	158
6・1・2 温度測定に関する注意事項	155	6・3・2 不安定成分の測定	159
6・2 熱的諸量の測定	156	6・4 二相流における測定	160
6・2・1 比熱および熱量の測定	156	6・4・1 気液二相流	160
6・2・2 熱伝導率, 温度伝導率の測定	157	6・4・2 固気二相流	160
6・2・3 その他の熱的諸量の測定	158	6・4・3 固液二相流	161

第 7 章 熱物性値

7・1 総論	162	7・4 固体の熱物性値	164
7・2 気体の熱物性値	162	7・5 燃料・燃焼生成物の諸性質	164
7・2・1 常圧下の気体の熱物性値	162	7・5・1 固体燃料	164
7・2・2 高圧下の気体の熱物性値	162	7・5・2 液体燃料	164
7・3 液体の熱物性値	163	7・5・3 気体燃料	164
7・3・1 常圧下の液体の熱物性値	163	7・5・4 燃焼生成物	164
7・3・2 高圧下の液体の熱物性値	163	7・6 その他の諸性質	164
7・3・3 液体金属および熔融塩の熱物性値	163		

A 7 編 システム理論

——計測・制御・管理工学——

企画・編集 池 辺 洋 市 川 惇 信 市 川 邦 彦 海 辺 不 二 雄
大 野 秀 嶺 木 村 誠 北 森 俊 行 寺 野 寿 郎
人 見 勝 人 三 卷 達 夫 森 秀 太 郎 森 田 矢 次 郎
森 村 正 直 師 岡 孝 次

執 筆 者 秋 庭 雅 夫 伊 藤 正 美 飯 塚 幸 三 飯 山 雄 次
市 川 惇 信 海 辺 不 二 雄 大 野 秀 嶺 金 井 喜 美 雄
北 森 俊 行 小 林 彬 小 林 靖 雄 千 住 鎮 雄
田 村 捷 利 高 橋 輝 男 寺 野 寿 郎 中 溝 高 好
人 見 勝 人 古 田 勝 久 真 壁 肇 宮 埜 寿 夫
武 藤 康 彦 村 松 林 太 郎 森 隆 比 古 森 田 矢 次 郎
森 村 正 直 山 崎 弘 郎

目 次

第 1 章 システムの理論

1.1 総論	1	1.3 決定理論と最適化	12
1.1.1 システム概念	1	1.3.1 決定問題	12
1.1.2 システムズアプローチ	2	1.3.2 効用理論	13
1.2 システム分析	3	1.3.3 不確実性を伴う決定	15
1.2.1 概説	3	1.3.4 最適化手法	18
1.2.2 システム構造の分析	4	1.3.5 多目的最適化	20
1.2.3 決定論的モデル	8	1.4 システムの評価	22
1.2.4 確率論的モデル	10	1.4.1 単一システムの経済性評価	22
1.2.5 システムシミュレーション	11	1.4.2 総合評価	24

第 2 章 計測の理論

2.1 計測一般	26	2.2.4 真の値と誤差	34
2.1.1 総論	26	2.2.5 静的データの処理	36
2.1.2 計測の概論	26	2.2.6 動的データの処理	37
2.2 計測理論	28	2.3 計測系の計画と設計	41
2.2.1 基礎原理	28	2.3.1 機能とその実現	41
2.2.2 尺度論	30	2.3.2 数式モデルと計算機	45
2.2.3 多次元尺度構成	31	2.3.3 設計の段階	46

第 3 章 制 御 の 理 論

3・1 制御理論一般	50	3・3・3 スカラ系の設計法	73
3・1・1 総論	50	3・3・4 多変数系の設計法	75
3・1・2 制御の概念	50	3・4 その他の制御理論	77
3・2 線形システム論	51	3・4・1 離散時間系	77
3・2・1 システムの表現	51	3・4・2 最適制御	79
3・2・2 解とその性質	53	3・4・3 適応制御	81
3・2・3 システムの構造	55	3・4・4 統計的同定および推定	84
3・2・4 状態フィードバック	60	3・4・5 非線形制御	87
3・2・5 オブザーバ	62	3・5 制御系の計画と設計	89
3・2・6 安定論	64	3・5・1 制御系の設計手順	89
3・3 制御系設計論	67	3・5・2 スカラ制御系の設計	91
3・3・1 設計仕様	67	3・5・3 多変数制御系	94
3・3・2 スカラ系の補償	69	3・5・4 多入出力系の安定解析	98

第 4 章 管 理 工 学

4・1 管理工学の必要性和概要	100	4・5 品質の計画と管理	126
4・1・1 管理工学の必要性和本章の内容の範囲	100	4・5・1 品質保証, 信頼性	126
4・1・2 管理工学の小史	100	4・5・2 品質管理	131
4・2 システムの計画と設計	102	4・6 納期・生産量の計画と管理	135
4・2・1 概説	102	4・6・1 生産量管理	135
4・2・2 計画・設計方式の手順	105	4・6・2 生産方式	137
4・2・3 予測の方式	108	4・6・3 生産指示と発注	139
4・2・4 創造性開発	110	4・6・4 日程計画・管理	140
4・3 製品の企画と設計	111	4・6・5 プロジェクト管理	142
4・3・1 需要分析と商品企画	111	4・7 原価の計画と管理	143
4・3・2 製品の開発・設計手順	113	4・7・1 原価計画	143
4・4 生産システムの改良と設計	115	4・7・2 原価管理	144
4・4・1 主生産工程の改良と設計	115	4・7・3 価値分析	145
4・4・2 工場計画および運搬システムの設計	123	4・8 人間的要素の計画と管理	146
4・4・3 プラントエンジニアリング	125	4・8・1 人間の特性	146
		4・8・2 人間機械系の計画・管理	148
		4・8・3 安全・保安の計画と設計・評価	151

索引 (和・英)	巻末
----------	----

A 8 編 電 気 工 学

企画・編集 新井照男 植田清隆 大西和夫 白井克彦
土屋喜一 長谷川健介 三浦武雄

執筆者 阿部芳夫 秋月影雄 浅井治 新井照男
飯田昌二 岩本雅民 植田清隆 江刺正喜
小野沢輝夫 大西和夫 岡戸弘行 金子英二
川内豊行 小林良治 白井克彦 鈴木英一
滝本和夫 谷ノ内健太郎 長坂長彦 長谷川健介
深沢和夫 深町洋二 三上亘 柳沢健
山口昌一郎

目 次

第 1 章 電 気 ・ 磁 気 の 基 礎

1.1 電磁気	1	1.3.5 2端子対回路網	10
1.1.1 静電界	1	1.3.6 分布定数回路	11
1.1.2 定常電流と静磁界	2	1.3.7 過渡現象	11
1.1.3 電磁誘導	3	1.4 電磁気測定	13
1.1.4 電磁界	4	1.4.1 単位と絶対測定	13
1.2 物質と電磁界	5	1.4.2 直流測定	13
1.2.1 誘電体	5	1.4.3 高周波・マイクロ波測定	14
1.2.2 磁性体	5	1.4.4 オシログラフとカウンタ	15
1.2.3 物質中の電磁界	6	1.5 機械系と電気系の相似性 (アナロジ)	16
1.2.4 荷電粒子の運動	7	1.5.1 機械系, 電気系物理量のアナ ロジ	16
1.2.5 超電導	7	1.5.2 機械および電気回路素子間の アナロジ	17
1.3 電気回路	7	1.5.3 機械回路から電気回路への変換	18
1.3.1 電気回路の基礎法則	7	1.5.4 回転運動系の取扱い	18
1.3.2 交流回路	8		
1.3.3 交流回路網の方程式	9		
1.3.4 1端子対回路網	9		

第 2 章 電 子 機 器

2.1 半導体素子	19	2.1.5 半導体センサ	22
2.1.1 半導体の物理	19	2.2 アナログ機器	24
2.1.2 ダイオード	19	2.2.1 基本電子回路	24
2.1.3 トランジスタ	20	2.2.2 アナログ集積回路	26
2.1.4 集積回路	21	2.2.3 演算増幅器応用回路	28

2.3 デジタル回路	29	2.3.4 マイクロプロセッサ	36
2.3.1 回路のパルス応答	29	2.4 その他の機器	39
2.3.2 デジタル回路	30	2.4.1 表示機器	39
2.3.3 デジタル集積回路	32	2.4.2 レーザ	40

第 3 章 電 力 機 器

3.1 電力機器一般	43	3.6.2 リニアモータ	56
3.1.1 電力機器の種類	43	3.7 変圧器、リアクトル	58
3.1.2 電力機器の適用一般	44	3.7.1 変圧器の原理	58
3.1.3 駆動方式と電動機の選定	44	3.7.2 変圧器の特性	58
3.2 直流機	46	3.7.3 変圧器の種類と結線方式	58
3.2.1 直流機の原理と構造	46	3.7.4 リアクトル	59
3.2.2 直流機の種類と特性	46	3.8 電磁石応用機器	59
3.2.3 直流機の制御方式と用途	47	3.8.1 電磁石	59
3.3 誘導機	49	3.8.2 電磁クラッチおよびブレーキ	60
3.3.1 三相誘導機の原理と構造	49	3.8.3 磁気軸受	60
3.3.2 三相誘導機の種類と特性	49	3.8.4 磁気チャックおよび磁気ローラ	61
3.3.3 単相誘導電動機	50	3.8.5 電磁ポンプ	61
3.3.4 誘導機の用途	51	3.8.6 電磁開閉器	62
3.4 交流整流子機	52	3.9 半導体電力変換装置	62
3.4.1 交流整流子電動機の原理と構造	52	3.9.1 電力用半導体素子	62
3.4.2 交流整流子電動機の種類と特性	52	3.9.2 電力変換回路	63
3.4.3 交流整流子機の用途	53	3.9.3 半導体電力変換装置の用途	65
3.5 同期機	53	3.10 電動機の制御システム	65
3.5.1 同期機の原理と構造	53	3.10.1 直流電動機の制御	65
3.5.2 同期発電機の特性	54	3.10.2 誘導電動機の制御	66
3.5.3 同期電動機の特性	54	3.10.3 同期電動機の制御	67
3.5.4 同期電動機の用途	55	3.10.4 特殊電動機の制御	68
3.6 制御用特殊電動機	55	3.10.5 電動機制御システムの用途	70
3.6.1 ステップモータ	55		

第 4 章 応 用

4.1 照明	71	4.3.1 電気化学の基礎	75
4.1.1 光の測定	71	4.3.2 電解	75
4.1.2 光源	71	4.3.3 腐食	76
4.1.3 照明設計	72	4.3.4 めっき	77
4.2 電熱	72	4.4 その他	77
4.2.1 抵抗加熱	73	4.4.1 電子顕微鏡	77
4.2.2 アーク加熱	73	4.4.2 磁気記録・記憶装置	78
4.2.3 誘導加熱	74	4.4.3 図形入出力装置	78
4.3 電気化学	75	4.4.4 産業用視覚装置	79

第 5 章 電 力 設 備

5.1 発電設備	80	5.3.3 配電系の制御・保護	86
5.1.1 水力発電	80	5.3.4 配電線の管理	87
5.1.2 火力発電所	80	5.3.5 配電設備	88
5.1.3 原子力発電	81	5.4 工場配電系統	89
5.1.4 特殊発電	81	5.4.1 回路方式	89
5.2 送変電設備	82	5.4.2 工場配電機器	89
5.2.1 架空送電線	82	5.4.3 工場配電設計	91
5.2.2 地中ケーブル	83	5.4.4 工場方法と材料	92
5.2.3 変電所	83	5.5 法規および規格	93
5.3 配電系統と設備	84	5.5.1 法規	93
5.3.1 配電系統	84	5.5.2 規格	94
5.3.2 配電系統方式	84	5.5.3 電気用図記号	95

索引（和・英）	巻末
---------	----

B 1 編 機械要素設計・トライボロジー

企画・編集	井 沢 実 小 川 潔 木 村 好 次 小 玉 正 雄 下 郷 太 郎 寺 田 利 邦 中 島 尚 正 林 輝 北 郷 薫 森 美 郎
執筆 者	青 木 和 彦 青 木 弘 阿 武 芳 朗 井 沢 実 石 川 二 郎 岩 崎 茂 夫 上 野 拓 小 川 潔 大 山 康 郎 太 田 省 三 郎 岡 田 博 文 岡 部 平 八 郎 木 村 好 次 佐 藤 豪 酒 井 高 男 酒 井 保 男 下 郷 太 郎 竹 原 康 辻 岡 康 寺 内 喜 男 寺 田 利 邦 中 沢 一 仁 戸 部 鞆 彦 西 村 允 服 部 寛 二 林 輝 久 門 輝 正 平 林 弘 藤 田 公 明 舟 橋 宏 明 星 野 次 郎 星 野 道 男 北 郷 薫 本 莊 恭 夫 牧 野 洋 松 本 美 韶 宮 下 政 和 宮 田 弘 矢 田 恒 二 矢 部 寛 山 口 章 三 郎 山 下 正 忠 山 田 真 二 山 近 純 一 郎 山 本 晃 山 本 隆 司 山 本 雄 二 吉 本 勇 和 田 稻 苗 鷺 田 彰

目 次

第 1 章 機械設計の基礎と製図

1・1 機械設計の進め方……………	1	1・6 製図に用いる用紙、線および文字……………	11
1・1・1 機械設計と設計工学……………	1	1・6・1 製図用紙の大きさの様式……………	11
1・1・2 設計の分類……………	1	1・6・2 製図に用いる線……………	11
1・1・3 設計情報の処理……………	2	1・6・3 製図に用いる文字……………	11
1・1・4 設計の評価基準……………	3	1・7 製図における図形の表し方……………	12
1・1・5 自動設計……………	4	1・7・1 製図に用いる投影法……………	12
1・1・6 機械設計と工作法……………	5	1・7・2 製図における図形の表し方……………	12
1・2 設計と標準化……………	7	1・7・3 断面図の示し方……………	12
1・2・1 工業規格……………	7	1・7・4 特別な図示方法……………	14
1・2・2 標準数……………	7	1・7・5 製図に用いる尺度……………	15
1・3 寸法公差……………	8	1・8 寸法および寸法許容限界の記入方法……………	15
1・4 はめあい……………	9	1・8・1 寸法および寸法許容限界の記 入の原則……………	15
1・5 製図……………	10	1・8・2 寸法記入方法……………	15
1・5・1 製図と図面……………	10	1・8・3 特別な形体の寸法記入方法……………	16
1・5・2 製図の目的……………	10	1・8・4 寸法の許容限界記入方法……………	17
1・5・3 図面が具備しなければならな い基本要件……………	11	1・9 幾何公差の図示方法……………	18
1・5・4 製図規格……………	11	1・9・1 幾何公差の種類とその記号……………	18

1.9.2	幾何公差の図示方法	18	1.11.1	ねじ製図	22
1.9.3	データム図示方法	18	1.11.2	歯車製図	24
1.9.4	幾何公差の適用を限定する図 示方法	20	1.11.3	ばね製図	26
1.9.5	理論的に正確な寸法の図示方法	20	1.11.4	ころがり軸受製図	26
1.9.6	突出し公差域の指示方法	20	1.11.5	センタ穴製図	27
1.9.7	最大実体公差方式の適用の指 示方法	20	1.12	溶接部の表示方法	27
1.10	面の肌合いの図示方法	21	1.12.1	溶接記号	27
1.10.1	面の肌合いと、表面粗さの種類	21	1.12.2	溶接部の非破壊試験記号	28
1.10.2	面の肌合いの図示方法	21	1.12.3	記号表示例	28
1.10.3	仕上げ記号	22	1.13	機械材料の標準形状と重量	28
1.11	要素の特殊な図示方法	22	1.13.1	炭素鋼および合金鋼	29
			1.13.2	ステンレス鋼	29
			1.13.3	非鉄金属	29

第 2 章 トライボロジー

2.1	トライボロジーの基礎	30	2.3	潤滑法	51
2.1.1	表面のトポグラフィ	30	2.3.1	潤滑法	51
2.1.2	固体表面の接触	30	2.3.2	潤滑系	52
2.1.3	摩擦	32	2.3.3	潤滑管理	57
2.1.4	境界潤滑	33	2.4	摩擦面の損傷	59
2.1.5	流体潤滑	35	2.4.1	損傷の種類	59
2.2	潤滑剤	42	2.4.2	損傷の検出	60
2.2.1	潤滑剤の選択	42	2.4.3	摩耗	61
2.2.2	潤滑油	43	2.4.4	ころがり疲れ	64
2.2.3	グリース	46	2.4.5	焼付き	66
2.2.4	固体潤滑剤	48	2.4.6	その他の損傷	68
2.2.5	試験方法	49			

第 3 章 機 械 要 素

3.1	機械の機能と機械要素	70	a.	軸	91
3.1.1	機械の機能	70	b.	各種の軸	94
3.1.2	機械要素	71	c.	軸関係のJIS	97
3.2	機械要素および装置	72	d.	軸継手	97
3.2.1	ねじおよびリベット	72	e.	クラッチ	100
a.	ねじ	72	f.	キー、スプラインおよびセ レーション	102
b.	リベットおよびリベット継手	81	3.2.5	歯車	108
3.2.2	ピン、コッタおよび止め輪	83	a.	歯車の種類、平歯車、はす ば歯車、バックラッシ、仕 上寸法、精度	108
a.	ピン	83	b.	インポリュート円筒歯車の 強さ	114
b.	コッタ	84	c.	スコ어링強さ、潤滑	117
c.	止め輪	84	d.	かき歯車	120
3.2.3	溶接継手および接着継手	87	e.	ウォームギヤ	123
a.	溶接継手	87			
b.	接着継手	89			
3.2.4	軸、軸継手、キーおよびスプ ライン	91			

f. その他の歯車	126	a. すべりねじ伝動装置	172
3・2・6 軸受	128	b. ボールねじ伝動装置	173
a. すべり軸受	128	3・2・14 歯車伝動装置	175
b. ころがり軸受	133	a. 平行軸歯車装置	175
c. 特殊軸受	138	b. 遊星歯車装置	176
d. 直動玉軸受	140	3・2・15 ベルト伝動装置	179
3・2・7 シール	141	a. 平形ベルト伝動	179
a. メカニカルシール	141	b. V形ベルト伝動	180
b. オイルシール	143	c. 歯付ベルト伝動	184
3・2・8 ばね	144	d. その他のベルトによる伝動	185
a. コイルばね	144	3・2・16 チェーン伝動装置	185
b. 重ね板ばね	145	a. ローラチェーン伝動	186
c. トーションバー	146	b. サイレントチェーン伝動	187
d. さらばね	146	3・2・17 無段変速装置	188
e. 空気ばね	147	a. 機械式変速方式	189
3・2・9 フライホイール	148	b. 間接変速方式	192
a. エネルギー貯蔵用フライホイール	148	3・2・18 リンク装置	192
b. 回転軸系の平滑化に用いるフライホイール	148	a. リンク機構の構成	192
c. フライホイールの慣性モーメント	149	b. 数の総合	192
d. フライホイールの強さ	149	c. 剛体の平面運動	193
3・2・10 緩衝器およびダンパ	149	d. 平面機構の運動	194
a. 油圧緩衝器	149	e. 機構の慣性作用	195
b. 摩擦緩衝器	150	f. 関数創成機構の総合	195
c. ばね緩衝器	150	g. 径路創成機構の総合	196
d. 油圧ダンパ	150	h. 空間機構	197
e. 粘性ダンパ	151	3・2・19 カム装置	198
f. 摩擦ダンパ	152	a. カム概説	198
g. 電磁ダンパ	152	b. カムの種類と用途	198
3・2・11 案内およびリベット	152	c. カム曲線	198
a. すべり案内	152	d. カムの特性値とその計算	201
b. ころがり案内	153	e. カムの設計と加工	202
c. ベッド	153	3・2・20 間欠運動装置	204
3・2・12 配管要素	156	a. 間欠運動の概要	204
a. 配管	156	b. ゼネバ機構	205
b. 管	157	c. 間欠歯車装置	205
c. 管継手	163	d. カムによる間欠運動装置	205
d. 弁およびコック	165	e. つめ車	206
e. ガスケット	170	f. リンクによる間欠運動装置	206
3・2・13 ねじ伝動装置	172	3・2・21 クラッチおよびブレーキ装置	207
		a. クラッチ	207
		b. ブレーキ装置	211

B 2 編 加工学・加工機器

企画・編集	伊東 蓮	東村 淳	誼博 淳	木内 古	内岩 川	学児 勇	酒井 豊	保男 晃	塩野 進	崎上 昭	三
執筆 者	阿武 小岡 梶 小神 谷 奈良 中 葉 林 松 安 山	武倉 田 谷 林 馬 村 良 山 下 井 田	芳信 昭次郎 誠 昭 敬 久 治 一郎 益次郎 豊 春 司 卓	井川 大岡 木 内 齊 田 千々 中 仲 馬 日 比 野 永 原 直 吉	直 逸 幸 学 勝 政 司 健 児 嘉 邦 次 惇 文 雄 正 久 人 嘉 太郎	哉 雄 雄 学 政 司 児 邦 次 惇 文 雄 正 久 人 嘉 太郎	石 黒 太 恩 木 沢 田 積 中 成 蓮 藤 村 柳 吉	省 三 郎 忠 男 諄 二 博 明 雄 郎 淳 也 司 門 勇	岩 田 加 北 塩 田 豊 中 新 林 藤 矢 山 和	一 和 納 正 宏 幸 政 西 居 昌 吹 崎 龍	明 雄 郎 昭 行 雄 男 実 嘉 輝 大 豊 平 児

目 次

第 1 章 加工学一般

1・1 加工学の体系……………	1	1・1・5 仕上工程に用いる加工法……………	2
1・1・1 加工工程一般……………	1	1・2 加工工程の計画法……………	2
1・1・2 成形工程に用いる加工法……………	1	1・2・1 工程設計の立て方……………	2
1・1・3 切断・結合工程に用いる加工法……………	1	1・2・2 生産方式と加工工程……………	3
1・1・4 除去工程に用いる加工法……………	1	1・2・3 製造原価と加工工程……………	4

第 2 章 鑄 造

2・1 鑄造の基礎……………	5	2・2・3 遠心鑄造法……………	16
2・1・1 熔融金属の性質……………	5	2・2・4 ダイカスト……………	16
2・1・2 鑄造における湯流れ……………	7	2・2・5 低加圧鑄造法……………	16
2・1・3 鑄造における凝固と組織……………	8	2・2・6 高加圧鑄造法……………	17
2・1・4 鑄造における諸現象……………	9	2・2・7 金型鑄造法……………	17
2・2 鑄造法各論……………	11	2・2・8 真空鑄造法……………	17
2・2・1 砂型鑄造法……………	11	2・2・9 連続鑄造法……………	17
2・2・2 精密鑄造法……………	14	2・2・10 各種鑄造法の特徴……………	18

2・3 鑄造工場設備	18	2・4・3 鑄造品の外形形状	25
2・3・1 溶解設備	18	2・4・4 鑄造品の内面形状	27
2・3・2 造型設備	21	2・4・5 鑄造品の断面形状	28
2・3・3 鑄物処理設備	21	2・4・6 機械加工を考慮した形状	31
2・3・4 砂処理設備	22	2・4・7 鑄造品の寸法許容差	32
2・3・5 環境衛生設備	23	2・5 鑄造品の材質	33
2・3・6 鑄造工場のレイアウト	24	2・5・1 材質の分類	33
2・4 鑄造品の形状	24	2・5・2 材質の選定	33
2・4・1 鑄造品形状の特徴	24	2・5・3 鑄造品の材料特性	33
2・4・2 鑄造品形状のチェック	24		

第 3 章 溶接および切断

3・1 溶接の基礎	35	3・4・5 摩擦圧接	64
3・1・1 溶接現象	35	3・4・6 熱間圧接	64
3・1・2 溶接機器	36	3・4・7 その他の方法	65
3・1・3 溶接熱伝導	39	3・5 ろう付および接着法	65
3・1・4 溶接による欠陥と変質	40	3・5・1 ろう付および接着法一般	65
3・1・5 溶接による変形と残留応力	42	3・5・2 はんだ付	65
3・1・6 溶接継手	45	3・5・3 硬ろう付	66
3・1・7 溶接設計	48	3・5・4 ろう付設計	67
3・2 融接法	52	3・5・5 接着法	67
3・2・1 融接法一般	52	3・6 熱切断および熱加工	67
3・2・2 被覆アーク溶接	52	3・6・1 熱切断および熱加工一般	67
3・2・3 サブマージアーク溶接	53	3・6・2 ガス切断	68
3・2・4 ガスシールドアーク溶接	55	3・6・3 アーク切断	69
3・2・5 プラズマアーク溶接	56	3・6・4 特殊切断	69
3・2・6 セルフシールドアーク溶接	56	3・6・5 炎加工	70
3・2・7 エレクトロスラグ溶接	57	3・7 各種材料の溶接および溶接法の選択	
3・2・8 電子ビーム溶接	57	指針	70
3・2・9 レーザ溶接	58	3・7・1 各種材料の溶接一般	70
3・2・10 ガス溶接	58	3・7・2 鉄鋼材料の溶接	70
3・2・11 テルミット溶接	58	3・7・3 非鉄金属材料の溶接	74
3・2・12 肉盛り溶接, その他	59	3・7・4 非金属材料の溶接	75
3・3 抵抗溶接法	59	3・8 溶接施工管理	76
3・3・1 抵抗溶接法一般	59	3・8・1 溶接施工管理一般	76
3・3・2 重ね抵抗溶接	59	3・8・2 溶接施工	77
3・3・3 突合せ抵抗溶接	61	3・8・3 溶接管理	78
3・4 固相溶接法	62	3・8・4 環境・安全および衛生	79
3・4・1 固相溶接法一般	62	3・9 試験および検査	79
3・4・2 常温溶接	63	3・9・1 試験および検査一般	79
3・4・3 拡散溶接	63	3・9・2 溶接性試験	79
3・4・4 爆発溶接	64	3・9・3 非破壊試験	80

第4章 塑性加工

4・1 塑性加工の基礎	80	4・2・3 引抜き加工	98
4・1・1 総論	80	4・2・4 鍛造加工	100
4・1・2 塑性力学の基礎	81	4・2・5 せん断加工	106
4・1・3 塑性加工の解析法	82	4・2・6 板材の成形加工	107
4・1・4 塑性加工における測定法	85	4・2・7 ロール成形加工	110
4・1・5 材料の塑性加工性	86	4・2・8 転造加工・スピニング	111
4・1・6 塑性加工における摩擦と潤滑	88	4・2・9 曲げ加工	112
4・1・7 塑性加工における熱処理	90	4・2・10 矯正加工	113
4・1・8 塑性加工品の特性	91	4・2・11 高エネルギー速度加工	114
4・2 塑性加工法各論	91	4・2・12 粉末加工(焼結金属加工)	115
4・2・1 圧延加工	91	4・2・13 プラスチックの塑性加工	117
4・2・2 押出し加工	97		

第5章 切削加工

5・1 切削加工の基礎	119	5・2 切削加工法各論	129
5・1・1 切削加工理論	119	5・2・1 旋削	129
5・1・2 切削工具	122	5・2・2 穴あけ・リーマ加工	130
5・1・3 加工誤差とその要因	123	5・2・3 中ぐり	131
5・1・4 切削仕上面の形状とその特性	124	5・2・4 形削り・立て削り・平削り	132
5・1・5 工具損傷と工具寿命	125	5・2・5 フライス削り	133
5・1・6 切削油剤とその効果	126	5・2・6 ブローチ削り	135
5・1・7 切りくず処理	126	5・2・7 歯切り・シェービング加工	136
5・1・8 経済的切削条件	127	5・2・8 ねじ切り	137
5・1・9 難削材とその加工	127	5・2・9 その他の切削	137
5・1・10 超精密切削加工	128		

第6章 砥粒加工

6・1 研削加工の基礎	138	6・2・4 平面研削	146
6・1・1 研削加工理論	138	6・2・5 歯車研削	147
6・1・2 砥粒および研削工具	140	6・2・6 ねじ研削	147
6・1・3 加工精度とその要因	142	6・2・7 その他の研削	148
6・1・4 研削仕上面の性状	142	6・2・8 ホーニング	148
6・1・5 砥石摩耗と寿命	143	6・2・9 超仕上げ	149
6・1・6 研削液とその効果	143	6・2・10 研摩布紙加工	149
6・1・7 経済的研削加工条件	144	6・3 遊離砥粒による加工法各論	149
6・1・8 難削材の研削	144	6・3・1 ラッピング	149
6・2 研削加工法各論	144	6・3・2 バフ加工	150
6・2・1 円筒研削	145	6・3・3 バレル加工	150
6・2・2 内面研削	146	6・3・4 噴射加工	151
6・2・3 心なし研削	146	6・3・5 超音波加工	151

第7章 特殊加工

7.1 概説	151	7.2.5 化学加工	155
7.2 特殊加工法各論	152	7.3 その他	156
7.2.1 放電加工	152	7.3.1 マイクロ波加工	156
7.2.2 電子ビーム加工・イオンビーム加工・プラズマ加工	153	7.3.2 electro-stream 加工	156
7.2.3 レーザビーム加工	154	7.3.3 液体ジェット加工	156
7.2.4 電解加工	155	7.3.4 静水圧利用加工	156

第8章 表面処理

8.1 表面処理一般	156	8.3.2 りん酸塩処理	160
8.2 金属皮膜処理	156	8.3.3 その他	160
8.2.1 電気めっき	156	8.4 表面硬化法	160
8.2.2 溶融めっき	158	8.4.1 浸炭, 窒化など	160
8.2.3 拡散めっき	158	8.4.2 高周波焼入れ	161
8.2.4 溶射	158	8.4.3 炎焼入れ	161
8.2.5 蒸着めっき	159	8.4.4 その他	161
8.2.6 その他	159	8.5 非金属皮膜処理	161
8.3 化成処理	160	8.5.1 プラスチックライニング	161
8.3.1 陽極酸化	160	8.5.2 セラミックコーティング	161

第9章 加工機械

9.1 工作機械一般	162	9.5 工作機械の構造	171
9.2 工作機械の種類	162	9.5.1 本体構造	171
9.2.1 旋盤	162	9.5.2 駆動機構	172
9.2.2 ボール盤	163	9.5.3 案内面および主軸受	173
9.2.3 中ぐり盤	164	9.5.4 自動化機器	175
9.2.4 平削り盤	164	9.6 工作機械の数値制御および適応制御	176
9.2.5 形削り盤および立て削り盤	165	9.6.1 数値制御工作機械一般	176
9.2.6 フライス盤	165	9.6.2 数値制御工作機械のソフトウェア	177
9.2.7 研削盤	165	9.6.3 数値制御工作機械用機器	178
9.2.8 ブローチ盤	166	9.6.4 工作機械の適応制御	180
9.2.9 歯車加工用機械	166	9.7 塑性加工機械	181
9.2.10 複合専用工作機械	166	9.7.1 塑性加工機械一般	181
9.2.11 数値制御工作機械	166	9.7.2 圧延機	181
9.3 工作機械の選択	167	9.7.3 プレス	183
9.3.1 工作機械の創成運動	167	9.7.4 引抜き加工機	184
9.3.2 各種加工法と工作機械の関連	167	9.7.5 せん断加工機	185
9.3.3 加工要求と工作機械の選択	168	9.7.6 回転加工機	186
9.4 工作機械の性能評価	169	9.7.7 曲げ加工機	186
9.4.1 静剛性, 動剛性および熱変形	169	9.7.8 矯正加工機	187
9.4.2 工作機械-工具-工作物系におよぼす剛性の影響	170	9.7.9 特殊加工機	188
9.4.3 工作精度および加工能力の評価法	170		

第10章 加工測定

10・1 長さの測定	188	10・4・2 表面あらさの測定	207
10・1・1 長さの実用標準	188	10・4・3 表面うねりの測定	208
10・1・2 長さの測定器	190	10・5 ねじの測定	209
10・1・3 長さ測定の問題点	196	10・5・1 ねじの公差	209
10・2 角度の測定	199	10・5・2 ゲージ検査	210
10・2・1 角度の実用標準	199	10・5・3 寸法および形状偏差の測定	210
10・2・2 角度測定器	200	10・5・4 送りねじの測定	211
10・2・3 角度測定の問題点	201	10・6 歯車の測定	211
10・3 形状、姿勢、位置および振れの測定	202	10・6・1 ピッチの測定	211
10・3・1 一般事項	202	10・6・2 歯形の測定	212
10・3・2 形状の測定	202	10・6・3 歯みぞのふれの測定	212
10・3・3 姿勢の測定	204	10・6・4 歯すじ方向誤差の測定	212
10・3・4 位置の測定	205	10・6・5 総合誤差の測定	212
10・3・5 ふれの測定	206	10・6・6 歯厚の測定（仕上げ寸法の管理）	213
10・4 表面の測定	206		
10・4・1 一般事項	206		

第11章 自動生産システム

11・1 自動生産システム一般	213	11・3・1 システム適合形機械	216
11・2 自動生産システムに必要な機能	215	11・3・2 搬送機器	216
11・2・1 機能の分類	215	11・3・3 オンライン計測器	217
11・2・2 生産システムのレイアウト	216	11・3・4 その他の機器	218
11・3 自動生産システム用機器	216		

索引（和・英）	巻末
---------	----

B 3 編 計 測 と 制 御

企画・編集	市岡 篤 今井 秀孝 佐伯 浩人 土屋 喜一 島山 正俊 森永 智昭
執筆者	新井 照男 市岡 篤 今井 秀孝 内川 恵三郎 内山 英樹 海辺 不二雄 梅谷 陽二 小野 晃 小野 俊彦 小野 敏郎 大野 勇 大野 秀嶺 柿浦 宏 北森 俊行 久保 敦 小林 彬 佐伯 浩人 四十万 稔 椎木 晃 清水 哲夫 下村 尚久 鈴木 秀夫 清野 昭一 曾根 悟 高田 信久 高橋 貞夫 辻岡 康 坪井 邦夫 戸川 達男 南雲 良一 中川 一良 中段 和宏 中野 道雄 中村 久夫 中村 靖 西端 健 島山 正俊 花房 秀郎 原田 謹爾 樋田 並照 久田 孝一 平田 賢 藤村 貞夫 本田 辰篤 増山 淳 松井 潤吉 松井 立二 三浦 重孝 三浦 甫 三井 清人 三卷 達夫 森田 矢次郎 森永 智昭 矢野 宏 山本 重彦 吉井 征治 吉田 清之 吉田 豪 和田 力 若林 忠男 渡辺 紀之

目 次

第 1 章 単 位 と 標 準

1・1	次元と次元系	1		1・2・3	国際単位系の使い方	5
1・1・1	次元と次元式	1		1・2・4	国際単位系以外の単位との関係	7
1・1・2	次元系と次元解析	1		1・3	標準の供給	8
1・2	国際単位系	2		1・3・1	標準器と標準物質	8
1・2・1	国際単位系の構成	2		1・3・2	トレーサビリティ	8
1・2・2	基本単位とその実現	4		1・3・3	物理量と工業量	9

第 2 章 測 定 概 論

2・1	測定の尺度	10		2・3・1	測定値の不確かさ	12
2・2	測定方式の分類	11		2・3・2	誤差の要因	13
2・2・1	直接測定と間接測定	11		2・3・3	誤差の種類	14
2・2・2	絶対測定と比較測定	11		2・3・4	誤差の性質	14
2・2・3	各種の測定方式	12		2・4	校正の方法	15
2・3	測定誤差の要因と性質	12		2・4・1	校正の目的	15

2.4.2	校正方法と誤差	16	2.6.4	安定性の表し方	30
2.4.3	測定における SN 比	18	2.6.5	直線性とヒステリシスの表し方	31
2.4.4	校正周期	19	2.7	測定結果のまとめ	32
2.5	測定計画の立て方	23	2.7.1	数値の扱い方	32
2.5.1	測定計画の基本	23	2.7.2	測定結果の数量化	32
2.5.2	測定計画の具体化	24	2.7.3	測定結果のグラフ化	34
2.6	測定精度の表示	26	2.7.4	相関と回帰	35
2.6.1	正確度の評価と表示	27	2.7.5	関数近似	36
2.6.2	精密度の評価と表示	28	2.7.6	検定と推定	37
2.6.3	総合精度	30			

第 3 章 各種変量の測定

3.1	基本量の測定	39	3.3.1	熱的諸量	67
3.1.1	長さ	39	3.3.2	湿度	69
3.1.2	質量	43	3.4	各種物性値の測定	70
3.1.3	時間	47	3.4.1	密度, 比重	70
3.1.4	電流	49	3.4.2	粘度	72
3.1.5	温度	51	3.4.3	弾性係数	74
3.1.6	物質量	53	3.4.4	線膨張係数	75
3.1.7	光度	54	3.5	その他の諸量の測定	77
3.2	力学量の測定	55	3.5.1	レーザ出力	77
3.2.1	力, 動力, 回転数	55	3.5.2	放射線	79
3.2.2	圧力, 真空度	59	3.5.3	音	81
3.2.3	振動, 速度, 加速度	61	3.5.4	環境計測	83
3.2.4	流量, 流速	63	3.5.5	放射線応用計測	85
3.3	熱的諸量, 湿度の測定	67	3.5.6	超音波応用計測	87

第 4 章 計測・制御系の動特性

4.1	計測・制御系の感度と雑音	89	4.3	動特性の測定法	95
4.1.1	感度と安定性	89	4.3.1	過渡応答法	95
4.1.2	残留偏差と偏差定数	90	4.3.2	周波数応答法	95
4.1.3	雑音の要因と除去	91	4.3.3	不規則信号による動特性測定法	97
4.2	動特性の表示法	91	4.3.4	動特性測定用機器	98
4.2.1	過渡応答の評価法	91	4.4	補償法	100
4.2.2	周波数特性の表示	92	4.4.1	補償の考え方	100
4.2.3	過渡特性と周波数特性の関係	93	4.4.2	各種の補償	101
4.2.4	相関関数とスペクトル密度	94			

第 5 章 検出・変換および伝送

5.1	検出と変換	103	5.2	伝送	113
5.1.1	工業用変換器	103	5.2.1	電気による信号伝送	113
5.1.2	A-D 変換	110	5.2.2	光による信号伝送	116
5.1.3	D-A 変換	112	5.2.3	空気による伝送	119

第 6 章 制 御 機 器

6.1 データ処理	122	6.3 操作部	148
6.1.1 表示の方法	122	6.3.1 操作部の種類と特性	148
6.1.2 記録の方法	123	6.3.2 調節弁	149
6.1.3 情報処理の方法	125	6.3.3 電磁弁, 電動弁	152
6.1.4 計算機の応用	128	6.3.4 フルイディスク	153
6.2 調節部	131	6.4 シーケンス制御	155
6.2.1 制御方式	131	6.4.1 シーケンス制御の定義	155
6.2.2 電子式制御装置	135	6.4.2 シーケンス制御系の構成	155
6.2.3 空気式制御装置	137	6.4.3 シーケンス制御の種類	155
6.2.4 油圧式制御装置	141	6.4.4 シーケンス制御装置の種類	156
6.2.5 制御用計算機とマイクロコンピュータ	143	6.4.5 シーケンス制御の例	157

第 7 章 応 用

7.1 計測の応用	161	7.2.2 プロセス制御	169
7.1.1 リモートセンシング	161	7.2.3 シーケンス制御	169
7.1.2 異常検出およびその予測技術	162	7.3 総合システム	171
7.1.3 パターン認識, 画像計測	163	7.3.1 生産管理システム	171
7.1.4 生体計測	165	7.3.2 交通システム	172
7.1.5 シミュレーションモデリング	166	7.3.3 物流システム	173
7.2 自動制御の応用	167	7.3.4 エネルギーシステム	174
7.2.1 サーボ機構	167	7.3.5 ロボット	176

第 8 章 計 装

8.1 計測制御システム	178	8.2.6 計装機器の仕様	185
8.1.1 プロセスと計測制御システム	178	8.3 実施計画と施工・試運転	188
8.1.2 計測制御システムの構成	178	8.3.1 プロジェクトの実施	188
8.2 計装計画と設計	179	8.3.2 機器の購入と検査	190
8.2.1 プロセスの計装計画	179	8.3.3 計装工事と試運転	192
8.2.2 計測制御ループの表現	179	8.4 計装の保守・教育	193
8.2.3 プロセス方程式と制御方程式	179	8.4.1 計測機器の精度管理	193
8.2.4 数式モデルの作成	181	8.4.2 計測制御機器の保全	194
8.2.5 計測制御システムの基本設計	181	8.4.3 計装技術者の教育・訓練	197

B 4 編 材 料 学 ・ 工 業 材 料

企画・編集	岩 田 修 一 黒 柳 卓 福 島 貞 夫	岡 田 直 昭 島 村 昭 治 宮 入 裕 夫	加 藤 誠 軌 大 門 正 機	神 尾 彰 彦 中 田 栄 一
執 筆 者	阿 部 喜 佐 男 梅 川 莊 吉 大 谷 利 勝 木 村 啓 造 黒 柳 卓 田 中 政 直 鳥 居 壯 中 田 栄 一 藤 田 利 夫 松 尾 陽 太 郎 森 忠 夫	石 橋 種 三 小 野 寺 真 作 岡 田 昭 次 郎 木 村 康 夫 佐 藤 充 典 田 中 良 平 中 島 勝 久 日 野 太 郎 藤 本 邦 彦 松 本 庸 夫 山 戸 一 成	今 井 庸 二 尾 野 幹 也 加 藤 誠 軌 菊 池 正 夫 柴 田 浩 司 高 橋 恒 夫 中 島 常 雄 福 井 彰 一 細 井 祐 三 南 宏 和 山 根 正 之	岩 田 修 一 大 石 不 二 夫 神 尾 彰 彦 久 世 孝 島 村 昭 治 筒 井 晃 一 中 島 宏 興 福 島 貞 夫 松 井 徹 夫 宮 入 裕 夫

目 次

第 1 章 工業材料一般（材料学）

1・1 材料の基礎 1 1・1・1 元素の物理的性質 1 1・1・2 物質内の原子配列 1 1・1・3 工業材料の特性 1 1・1・4 実用金属材料の物理的性質 6 1・2 金属材料 6 1・2・1 金属および合金の相と組織 6 1・2・2 拡散 8 1・2・3 金属の変形 8	1・2・4 加工と再結晶（硬化と軟化） 8 1・2・5 耐環境性 9 1・3 残留応力の発生とその影響 10 1・4 非金属材料 11 1・4・1 非金属材料の分類 11 1・4・2 非金属材料の特徴 11 1・4・3 有機高分子材料 12 1・4・4 無機材料 13 1・5 その他の特異な性質 14
---	--

第 2 章 工業材料の処理方法

2・1 材料の生い立ち 14 2・1・1 鋳造品 14 2・1・2 鍛造品 15 2・1・3 焼結品 15 2・2 熱処理 15 2・2・1 熱処理の目的 15 2・2・2 焼なまし 16	2・2・3 焼ならし 16 2・2・4 焼入れ，溶体化処理 16 2・2・5 焼もどし，時効処理 17 2・2・6 特殊熱処理 17 2・3 表面処理 18 2・4 材料の複合化 18 2・4・1 クラッド 18
--	--

2・4・2 分散強化……………	19	2・4・4 組織制御……………	21
2・4・3 繊維強化複合材料……………	19		

第 3 章 金属材料の検査と試験

3・1 金属材料の分析法および鑑別法……………	21	3・4・2 放射線透過試験……………	23
3・1・1 化学分析法……………	21	3・4・3 超音波探傷試験……………	24
3・1・2 機器分析法……………	21	3・4・4 磁気探傷試験……………	24
3・1・3 簡易鑑別法……………	21	3・4・5 浸透探傷試験……………	25
3・2 組織検査……………	21	3・4・6 電磁誘導探傷試験……………	25
3・2・1 肉眼検査……………	21	3・4・7 アコースティック・エミッシ ョン法……………	25
3・2・2 顕微鏡組織検査……………	21	3・5 材料試験……………	25
3・2・3 結晶粒度試験……………	22	3・5・1 引張試験……………	25
3・2・4 非金属介在物検査……………	22	3・5・2 硬さ試験……………	25
3・2・5 その他の物理冶金試験……………	22	3・5・3 衝撃試験……………	25
3・3 金属材料の欠陥……………	22	3・5・4 疲労試験……………	25
3・3・1 圧延材の欠陥……………	22	3・5・5 クリーブ試験……………	26
3・3・2 鍛造品の欠陥……………	22	3・6 その他の試験……………	26
3・3・3 鑄造品の欠陥……………	23	3・6・1 腐食試験……………	26
3・3・4 熱処理に関連した欠陥……………	23	3・6・2 摩耗試験……………	26
3・3・5 溶接欠陥……………	23	3・6・3 被削性試験……………	26
3・4 非破壊検査……………	23	3・6・4 プレス成形性試験……………	26
3・4・1 種類と適用……………	23		

第 4 章 工業材料と JIS 規格

工業材料と JIS 規格……………	27
-------------------	----

第 5 章 鉄 鋼 材 料

5・1 炭素鋼……………	27	5・2・1 フェライト系ステンレス鋼……………	48
5・1・1 炭素鋼の規格……………	27	5・2・2 マルテンサイト系ステンレ ス鋼……………	49
5・1・2 炭素鋼の成分……………	27	5・2・3 オーステナイト系ステンレ ス鋼……………	49
5・1・3 リムド鋼とキルド鋼……………	30	5・2・4 二相ステンレス鋼……………	49
5・1・4 炭素鋼の熱処理……………	31	5・2・5 析出硬化形ステンレス鋼……………	50
5・1・5 低炭素鋼……………	32	5・2・6 ステンレス合金……………	50
5・1・6 中炭素鋼……………	34	5・3 耐熱鋼および耐熱合金……………	51
5・1・7 高炭素鋼……………	36	5・4 軸受鋼……………	53
5・1・8 構造用低合金高張力鋼……………	37	5・4・1 高炭素クロム軸受鋼および浸 炭軸受鋼……………	53
5・1・9 構造用合金鋼……………	38	5・4・2 耐熱軸受鋼および耐食軸受鋼……………	54
5・1・10 超強靱鋼……………	47		
5・2 ステンレス鋼およびステンレス合 金……………	48		

5.5	ばね鋼	54	5.6.6	みがき特殊帯鋼	57
5.5.1	熱処理ばね鋼	54	5.7	鑄鉄	57
5.5.2	加工ばね鋼	55	5.7.1	普通鑄鉄	57
5.6	工具鋼	55	5.7.2	球状黒鉛鑄鉄	59
5.6.1	炭素工具鋼, 合金工具鋼	55	5.7.3	可鍛鑄鉄	60
5.6.2	切削用工具鋼	56	5.7.4	合金鑄鉄	60
5.6.3	冷間成形用型鋼	56	5.8	鑄鋼	61
5.6.4	熱間成形用型鋼	56	5.8.1	普通鑄鋼	61
5.6.5	ゲージ用鋼	57	5.8.2	特殊鑄鋼	61

第 6 章 非 鉄 金 属 材 料

6.1	銅およびその合金	63	6.6.1	亜鉛の物理的および化学的性質	80
6.1.1	銅の物理的および化学的性質	63	6.6.2	亜鉛およびその合金の種類	81
6.1.2	銅およびその合金の種類	63	6.6.3	亜鉛およびその合金の性質	81
6.1.3	銅およびその合金の性質	65	6.7	鉛, すず, カドミウム, インジウム およびそれらの合金	82
6.2	ニッケルおよびその合金	70	6.7.1	鉛およびその合金	82
6.2.1	ニッケルの物理的および化学的性質	70	6.7.2	すずおよびその合金	83
6.2.2	ニッケルおよびその合金の種類	71	6.7.3	カドミウムおよびその合金	84
6.2.3	ニッケルおよびその合金の性質	72	6.7.4	インジウムおよびその合金	84
6.3	アルミニウムおよびその合金	72	6.7.5	低融点合金	84
6.3.1	アルミニウムの物理的および化学的性質	72	6.8	ろう接合金	85
6.3.2	アルミニウムおよびその合金の種類	73	6.8.1	はんだ	85
6.3.3	アルミニウムおよびその合金の性質	74	6.8.2	ろう	85
6.4	マグネシウムおよびその合金	77	6.9	その他の金属および合金	87
6.4.1	マグネシウムの物理的および化学的性質	77	6.9.1	ベリリウムおよびその合金	87
6.4.2	マグネシウムおよび合金の種類	78	6.9.2	ジルコニウムおよびその合金	87
6.4.3	マグネシウムおよびその合金の性質	78	6.9.3	タンタルおよびその合金	87
6.5	チタンおよびその性質	79	6.9.4	ニオブおよびその合金	88
6.5.1	チタンの物理的および化学的性質	79	6.9.5	クロムおよびその合金	88
6.5.2	チタンおよびその合金の種類	79	6.9.6	タングステン, モリブデンおよびそれらの合金	88
6.5.3	純チタンおよびその合金の性質	80	6.9.7	銀およびその合金	89
6.6	亜鉛およびその合金	80	6.9.8	金およびその合金	89
			6.9.9	白金およびその合金	89
			6.9.10	パラジウム, イリジウムおよびそれらの合金	89
			6.9.11	スカンジウム (Sc), イットリウム (Y), 希土類金属とその合金	89
			6.9.12	ウラン (U), トリウム (Th), プルトニウム (Pu)	90

第 7 章 焼 結 金 属 材 料

7.1 概説	91	7.3.2 多孔質部品	94
7.2 金属粉末	91	7.3.3 摩擦部品	95
7.3 各種の焼結材料	94	7.3.4 切削工具, 型工具, 耐摩耗工 具	95
7.3.1 機械部品	94		

第 8 章 電 磁 気 材 料

8.1 導電材料	97	8.2.3 永久磁石材料	105
8.1.1 導電線材料	97	8.2.4 非磁性鋼	106
8.1.2 超導材料	99	8.3 絶縁材料	106
8.1.3 接点材料	99	8.3.1 絶縁材料の性質と種類	107
8.1.4 測温材料	99	8.3.2 無機絶縁材料	108
8.1.5 抵抗材料	101	8.3.3 有機絶縁材料	109
8.1.6 特殊電気, 電子材料	102	8.4 強誘電体材料	109
8.2 磁性材料	104	8.4.1 強誘電体材料の特性	109
8.2.1 磁性材料の種類	104	8.4.2 強誘電体材料の用途	109
8.2.2 磁心材料	104		

第 9 章 有 機 高 分 子 材 料

9.1 プラスチック	110	9.5.2 合成皮革	143
9.1.1 プラスチック一般	110	9.6 塗料	144
9.1.2 プラスチック系複合材料	117	9.6.1 塗料の構成	144
9.1.3 プラスチックを利用した設計 の考え方	126	9.6.2 塗料の分類	144
9.2 ゴム	128	9.6.3 塗料の製造	145
9.2.1 ゴム材料一般	128	9.6.4 塗装	146
9.2.2 強化ゴム	129	9.6.5 塗料の乾燥	147
9.3 木質材料	133	9.6.6 塗料の適用基準	147
9.3.1 天然木質(木材)	133	9.7 接着剤およびシーリング材	147
9.3.2 木質系複合材料	135	9.7.1 接着剤の種類と特徴	147
9.3.3 合成木材	136	9.7.2 金属の接着	149
9.4 紙および繊維製品	137	9.7.3 木材の接着	149
9.4.1 紙, 不織布, 合成紙	137	9.7.4 ゴム・プラスチックの接着	149
9.4.2 繊維製品	138	9.7.5 その他の材料の接着	150
9.4.3 補強膜	139	9.7.6 特殊接着剤	150
9.4.4 分離膜	142	9.7.7 シーリング材の種類と特徴	152
9.5 皮革	143	9.8 その他	153
9.5.1 天然皮革	143	9.8.1 多層シート	153
		9.8.2 サンドイッチ板	154

B 5 編 流 体 機 械

企画・編集	有賀一郎 田中宏裕 宮代裕	井田富夫 辻茂	大橋秀雄 豊倉富太郎	妹尾泰利 松木正勝
執筆 者	安達勤 新井実 生井武文 岩城健治 岡田昌康 倉田公雄 近藤正道 妹尾泰利 田原晴男 高原北雄 豊倉富太郎 松永成徳 村上光清 山口惇	安部克郎 有賀一郎 石原智男 大嶋政夫 加藤大策 小泉康夫 酒井俊道 左右田純一 高杉秀雄 高松康生 生井喜三郎 松村益至 村田暹 渡辺敬	東昭 井田富夫 市川常雄 大谷巖一 門泰一 小嶋英一 下村惇 田中宏 高田昌実 辻茂 松尾栄人 三村義雄 森嶋信太郎	荒木獻次 井上雅弘 今市憲作 大橋秀雄 久保田喬 小宮宗治 鈴木昭次 田中弘義 高橋浩爾 寺田孝一郎 松木正勝 宮代裕 山川洋幸

目 次

第 I 部 流 体 機 械 一 般

第 I・1 章 流 体 機 械 の 分 類

1・1 流体機械の定義と範囲……………	1	1・4 ターボ形流体機械の分類……………	2
1・2 分類と名称……………	1	1・5 その他の流体機械……………	2
1・3 容積形流体機械の分類……………	1		

第 I・2 章 流 体 機 械 に お け る エ ネ ル ギ 変 換

2・1 流体のエネルギー……………	3	2・2・2 比仕事……………	4
2・1・1 流体が保有するエネルギー……………	3	2・2・3 有効仕事……………	4
2・1・2 流体の伝達エネルギー……………	3	2・2・4 効率……………	4
2・1・3 全エンタルピ……………	3	2・3 有効仕事の算定……………	4
2・2 エネルギー変換の基本関係……………	3	2・3・1 非圧縮性流体の有効仕事……………	4
2・2・1 エネルギーの釣合い……………	3	2・3・2 圧縮機の有効仕事……………	5

2・3・3 タービンの有効仕事	6	2・4・1 効率の分類	6
2・4 効率の細分化	6	2・4・2 流体効率と要素効率	7

第 I・3 章 容積形流体機械の作動原理

3・1 基本構造	8	3・5 性能	9
3・2 インジケータ線図	8	3・5・1 ポンプの効率とその相似性	9
3・3 吐出し流量とその変動	8	3・5・2 性能曲線	10
3・4 駆動動力および効率	9		

第 I・4 章 ターボ形流体機械の作動原理

4・1 基礎構造と流れ	11	4・5 戻り通路と渦巻室	15
4・1・1 被動機と原動機	11	4・5・1 戻り通路	15
4・1・2 遠心式と軸流式	11	4・5・2 渦巻室	15
4・1・3 多段構造	11	4・6 半径平衡方程式	16
4・2 オイラーの法則	11	4・6・1 動・静翼列外における半径平衡	16
4・3 羽根車の働き	12	4・6・2 動・静翼列内における半径平衡	16
4・3・1 遠心羽根車および斜流羽根車の働き	12	4・7 渦流れ形式	17
4・3・2 反動度	13	4・8 翼列の選定	18
4・3・3 無衝突流入角	13	4・9 円板摩擦	18
4・3・4 軸流羽根車の働き	14	4・10 性能	19
4・4 ディフューザの働き	14	4・10・1 相似則	19
4・4・1 軸流機械の静翼	14	4・10・2 性能曲線と特性表示	19
4・4・2 遠心ポンプ、圧縮機のディフューザ	14	4・10・3 模型試験	20
		4・10・4 比速度	20

第 I・5 章 流体機械と管路システム

5・1 抵抗曲線と作動点	22	5・4・1 ターボ形流体機械	24
5・2 連合運転	22	5・4・2 容量部	24
5・3 サージング	23	5・4・3 抵抗部	24
5・4 管路システムの動的解析	24		

第 I・6 章 流体機械の騒音

6・1 騒音とその指示	25	6・6 騒音の予測	27
6・2 騒音発生とメカニズム	25	6・6・1 送風機、圧縮機の騒音予測	27
6・3 比騒音	26	6・6・2 ポンプの騒音予測	28
6・4 音響出力	26	6・7 水中騒音と気中騒音	29
6・5 騒音の伝ばと減衰	27		

第Ⅱ部 水力機械

第Ⅱ・1章 水力機械一般

1・1 水力機械の分類	30	1・3・2 性能試験	36
1・2 ターボ形水力機械の流れと性能	30	1・3・3 模型試験	36
1・2・1 落差・全揚程, 入力・出力および効率	30	1・3・4 実物試験	37
1・2・2 インペラ内の流れと理論ヘッド	31	1・3・5 寸法効果と性能換算	37
1・2・3 水力損失および漏れ	32	1・4 水力機械のキャビテーション	37
1・2・4 相似則と比速度	33	1・4・1 キャビテーションとNPSH	37
1・2・5 インペラに働く力	33	1・4・2 キャビテーションの相似則	38
1・2・6 揚液の粘度と固形物濃度の影響	33	1・4・3 キャビテーション損傷	39
1・2・7 材料	34	1・4・4 キャビテーション試験	39
1・2・8 シール	35	1・5 管路システムと過渡現象	39
1・3 性能試験と寸法効果	35	1・5・1 不安定特性とサージング	39
1・3・1 性能・特性の表示	35	1・5・2 圧力脈動と騒音	40
		1・5・3 水撃とその防止法	41

第Ⅱ・2章 水車およびポンプ水車

2・1 形式と選定	45	2・6・1 構造	59
2・1・1 比速度と形式	45	2・6・2 特性	59
2・1・2 形式の選定	45	2・7 小形水車	59
2・1・3 キャビテーション	46	2・7・1 S形チューブラ水車	59
2・2 ベルトン水車	47	2・7・2 貫流水車	59
2・2・1 水の作用	47	2・8 付属装置	59
2・2・2 構造	47	2・8・1 調速機	59
2・2・3 特性	49	2・8・1 入口弁	61
2・3 フランシス水車	49	2・8・3 制圧機	61
2・3・1 水の作用	49	2・9 運転と制御	62
2・3・2 構造	50	2・9・1 運転モード	62
2・3・3 特性	51	2・9・2 始動・停止	62
2・4 斜流水車とプロペラ水車	52	2・9・3 過渡現象	62
2・4・1 水の作用	52	2・9・4 振動	63
2・4・2 構造	52	2・10 水力発電設備	63
2・4・3 特性	54	2・10・1 有効落差	63
2・5 フランシス形ポンプ水車	54	2・10・2 出力, 入力および効率	64
2・5・1 水の作用	54	2・10・3 貯水池, 調整池, 逆調整池	64
2・5・2 構造	55	2・10・4 発電方式	64
2・5・3 特性	56	2・10・5 導水設備	64
2・6 斜流形およびプロペラ形ポンプ水車	59	2・10・6 発電所の形式	65

第 II・3 章 ターボ形ポンプ

3・1 分類と選定	66	3・3・3 性能	80
3・1・1 分類	66	3・3・4 実例	80
3・1・2 仕様	66	3・4 軸流ポンプ	81
3・1・3 形式の選定	66	3・4・1 特徴	81
3・1・4 キャピテーション	67	3・4・2 設計	81
3・1・5 形式と仕様を選定する際に考慮すべき事項	68	3・4・3 性能	82
3・2 遠心ポンプ	69	3・4・4 実例	83
3・2・1 構成	69	3・5 ポンプ運転とポンプ設備	84
3・2・2 形式	70	3・5・1 抵抗曲線とポンプ運転点	84
3・2・3 設計	70	3・5・2 吐出し流量制御	85
3・2・4 性能	73	3・5・3 自動運転	87
3・2・5 実例	76	3・5・4 ポンプの基礎と据付け	88
3・3 斜流ポンプ	77	3・5・5 吸込水槽	88
3・3・1 特徴	77	3・5・6 配管	91
3・3・2 設計	77	3・5・7 ポンプ設備の実例	91

第 II・4 章 容積形ポンプおよび特殊ポンプ

4・1 往復ポンプ	92	4・2・1 渦流ポンプ（再生ポンプ、渦ポンプ）	96
4・1・1 形式、特徴、用途	92	4・2・2 噴流ポンプ	97
4・1・2 設計	92	4・2・3 特殊ポンプ	99
4・1・3 性能	95		
4・2 その他のポンプ	96		

第 II・5 章 流体伝動装置

5・1 流体による動力伝達の分類と特徴	102	5・3・2 特性と設計	106
5・1・1 分類	102	5・3・3 補助機構	109
5・1・2 特徴	102	5・4 油圧伝動装置	110
5・2 流体継手	102	5・4・1 分類と構成	110
5・2・1 構造および作用	102	5・4・2 特性	111
5・2・2 特性	103	5・5 歯車装置と組合わせた流体伝動装置	112
5・2・3 補助機構	104	5・5・1 自動変速機	112
5・3 トルクコンバータ	105	5・5・2 油圧－機械式伝動装置	112
5・3・1 構造および作用	105		

第Ⅲ部 空気機械

第Ⅲ・1章 空気機械一般

1・1 空気機械の分類と選定	115	1・2・2 漏れ止め装置	118
1・1・1 分類	115	1・2・3 推力釣合い	119
1・1・2 選定	115	1・2・4 軸受	120
1・1・3 比速度と特性	116	1・3 性能試験と性能換算	120
1・1・4 各形式の特長比較	116	1・3・1 性能換算	120
1・2 ターボ圧縮機の軸系	117	1・3・2 圧縮性の影響	121
1・2・1 軸系の危険速度	117	1・3・3 寸法効果	121

第Ⅲ・2章 容積形送風機および圧縮機

2・1 回転送風機および圧縮機	123	2・2・3 吸込・吐出し弁, ピストン棒 パッキン	127
2・1・1 種類および使用範囲	123	2・2・4 冷却方法, ドレン分離器	128
2・1・2 二葉形	123	2・2・5 吐出し流量の調節法	128
2・1・3 ベーン形	124	2・2・6 潤滑法	130
2・1・4 ローリングピストン形	124	2・2・7 実例	131
2・1・5 ねじ形(二軸形)	125	2・3 据付け, 運転, 振動とその防止法	133
2・2 往復圧縮機	126	2・3・1 据付け, 運転および保守	133
2・2・1 構成と形式	126	2・3・2 振動とその防止法	134
2・2・2 流量, 体積効率と回転速度	127	2・3・3 圧縮機管路の共振とその防止法	134

第Ⅲ・3章 ターボ形送風機および圧縮機

3・1 遠心・斜流送風機および圧縮機の設計	136	3・3・3 羽根車の固有振動数	146
3・1・1 特徴と適用範囲	136	3・4 軸流送風機および圧縮機の設計	146
3・1・2 全体設計	136	3・4・1 特徴と適用範囲	146
3・1・3 羽根車の設計	136	3・4・2 子午面流れと動翼・静翼の設計	147
3・1・4 ディフューザの設計	138	3・4・3 巡回失速, サージングおよびフ ラッタに対する配慮	148
3・1・5 巡回失速およびサージング	139	3・5 軸流送風機および圧縮機の構造と特性	149
3・2 遠心送風機および圧縮機各論	140	3・5・1 軸流送風機	149
3・2・1 多翼ファン	140	3・5・2 軸流圧縮機	151
3・2・2 ラジアルファン	140	3・6 軸流圧縮機の強度	151
3・2・3 後向き羽根ファン	140	3・6・1 動翼および静翼の構造と強度	151
3・2・4 遠心ブロワ	141	3・6・2 ロータおよびケーシングの構造 と強度	152
3・2・5 斜流送風機および圧縮機	142	3・7 特殊形送風機	153
3・2・6 遠心圧縮機	143	3・7・1 横流送風機	153
3・3 遠心圧縮機羽根車の強度	145	3・7・2 渦流送風機	153
3・3・1 主板, 側板の強度	145		
3・3・2 羽根の強度	146		

3・8 据付け、運転、振動および保守……………	153	3・8・2 振動、騒音……………	155
3・8・1 据付け、運転および保守……………	153		

第 III・4 章 真 空 ポ ン プ

4・1 真空ポンプ一般……………	156	4・4 遠心式真空ポンプ……………	158
4・1・1 定義と分類……………	156	4・5 エゼクタ真空ポンプ……………	158
4・1・2 圧力および流量の表示……………	156	4・6 高真空ポンプ……………	158
4・1・3 機械式真空ポンプの特徴と特性……………	156	4・6・1 種類……………	158
4・2 往復式真空ポンプ……………	157	4・6・2 油回転真空ポンプ……………	158
4・3 回転式真空ポンプ……………	157	4・6・3 メカニカルブースポンプ……………	160
4・3・1 特徴と種類……………	157	4・6・4 軸流分子ポンプ……………	160
4・3・2 二葉式真空ポンプ……………	157	4・6・5 油拡散ポンプ……………	160
4・3・3 水封式真空ポンプ……………	157	4・6・6 クライオポンプ……………	161
4・3・4 ベーン式真空ポンプ……………	158		

第 III・5 章 軸流タービンおよびラジアルタービン

5・1 形式と選定……………	162	5・2・2 構造……………	166
5・1・1 形式……………	162	5・3 ラジアルタービン……………	167
5・1・2 選定……………	163	5・3・1 性能……………	167
5・2 軸流タービン……………	163	5・3・2 構造……………	169
5・2・1 性能……………	163		

第 III・6 章 風 車

6・1 風の特性……………	170	6・3 性能と出力の算定……………	173
6・1・1 風のエネルギー……………	170	6・3・1 空力性能……………	173
6・1・2 風の変化……………	170	6・3・2 変動荷重……………	174
6・2 種類、構造および特徴……………	171	6・4 風車の強度……………	175
6・2・1 歴史……………	171	6・4・1 静的強度……………	175
6・2・2 種類……………	171	6・4・2 動的強度……………	176
6・2・3 構造……………	172	6・5 風車の制御……………	176
6・2・4 諸外国の実例……………	172	6・5・1 トルク制御……………	176
6・2・5 日本の実例……………	173	6・5・2 偏揺角制御……………	176
6・2・6 その他の風車……………	173		

第 IV 部 油 空 圧 機 器

第 IV・1 章 油 空 圧 機 器 一 般

1・1 油空圧技術の特質……………	177	1・2 油空圧機器の分類と用途……………	177
1・1・1 油圧技術の特質……………	177	1・2・1 油圧機器の分類と用途……………	177
1・1・2 空気圧技術の特質……………	177	1・2・2 空気圧機器の分類と用途……………	177

1.3 基礎理論	177	1.3.3 空気圧アクチュエータの特性	179
1.3.1 油圧ポンプの特性	177	1.3.4 油空圧システムに生ずる諸現象	179
1.3.2 油圧モータの特性	178		

第 IV・2 章 作 動 油

2.1 作動油の種類	182	2.3 難燃性作動油	183
2.2 作動油の性状	182	2.4 汚染管理	183

第 IV・3 章 油 圧 ポ ン プ ・ モ ー タ

3.1 分類と特徴	184	3.4.2 ピストンモータ	191
3.2 歯車ポンプ・モータ	184	3.5 ねじポンプ・モータ	192
3.2.1 構造と種類	184	3.6 低速高トルクモータ	192
3.2.2 押しのけ容積	184	3.7 油圧ポンプ・モータの騒音	195
3.2.3 逃げ溝	186	3.7.1 騒音の特性と発生原因	195
3.2.4 その他	186	3.7.2 騒音エネルギーの伝達機構と低騒音化対策	195
3.3 ベーンポンプ・モータ	187	3.7.3 騒音の測定方法	196
3.3.1 ベーンポンプ	187	3.7.4 各種油圧ポンプ・モータの騒音レベル	196
3.3.2 ベーンモータ	188	3.8 油圧ポンプのキャビテーション	196
3.4 ピストンポンプ・モータ	188		
3.4.1 ピストンポンプ	188		

第 IV・4 章 油空圧シリンダおよびアクチュエータ

4.1 分類	197	4.2.2 揺動形アクチュエータ	199
4.2 油圧シリンダおよび揺動形アクチュエータ	197	4.3 空気圧シリンダおよび空気圧モータ	201
4.2.1 油圧シリンダ	197	4.3.1 空気圧シリンダ	201
		4.3.2 空気圧モータ	202

第 IV・5 章 油 圧 制 御 弁

5.1 分類と機能	204	5.4.5 カウンタバランス弁	206
5.2 弁に働く力	204	5.4.6 アンロードリリーフ弁	206
5.2.1 スプール弁に働く力	204	5.5 流量制御弁	206
5.2.2 ポペット弁に働く力	204	5.5.1 絞り弁	206
5.3 制御弁の特性	205	5.5.2 流量調整弁	207
5.3.1 圧力流量特性	205	5.5.3 流量調整弁のジャンピング現象	207
5.3.2 流体固着	205	5.5.4 分流弁, 集流弁, 分集流弁	207
5.3.3 安定性	205	5.6 方向制御弁	207
5.4 圧力制御弁	206	5.6.1 方向制御の構造	207
5.4.1 リリーフ弁	206	5.6.2 方向切換弁の種類	207
5.4.2 シーケン弁	206	5.7 電気-油圧サーボ弁	208
5.4.3 減圧弁	206	5.7.1 電気-油圧サーボ弁の構造	208
5.4.4 アンロード弁	206	5.7.2 性能	208

5・7・3 種類、その他……………	208	5・8・2 ロジック弁……………	208
5・8 その他のバルブ……………	208	5・8・3 その他……………	208
5・8・1 比例制御弁……………	208		

第 IV・6 章 空気圧制御弁

6・1 分類と機能……………	209	6・4・2 速度制御弁……………	211
6・2 制御弁の特性……………	209	6・4・3 急速排気弁……………	211
6・2・1 圧力流量特性……………	209	6・5 方向制御弁……………	211
6・2・2 ノズルフラップ弁の背圧静特性	210	6・5・1 逆止め弁, シャットル弁……………	211
6・3 圧力制御弁……………	210	6・5・2 切換弁のポート数と構造……………	211
6・3・1 リリーフ弁……………	210	6・5・3 弁の位置……………	212
6・3・2 減圧弁……………	210	6・5・4 弁の切換操作方式……………	212
6・4 流量制御弁……………	211	6・6 サーボ弁……………	212
6・4・1 絞り弁, 排気絞り弁……………	211		

第 IV・7 章 油空圧付属機器

7・1 フィルタ……………	213	7・4 ルブリケータ……………	214
7・1・1 油圧用フィルタ……………	213	7・5 消音器……………	214
7・1・1 空気圧用フィルタ……………	213	7・6 油空圧用継手・配管……………	215
7・2 アクムレータ……………	213	7・7 油空圧用シール……………	215
7・3 熱交換器……………	214		

第 IV・8 章 油空圧回路

8・1 回路の構成と表示……………	216	8・2・6 シーケンス回路……………	219
8・2 油圧基本回路……………	216	8・3 空気圧基本回路……………	219
8・2・1 油圧源回路……………	216	8・3・1 空気圧源回路……………	219
8・2・2 圧力制御回路……………	217	8・3・2 圧力制御回路……………	219
8・2・3 速度制御回路……………	217	8・3・3 速度制御回路……………	219
8・2・4 方向制御回路……………	218	8・3・4 方向制御回路……………	220
8・2・5 同期制御回路……………	218	8・3・5 シーケンス回路……………	220

第 V 部 流体の物性値

第 V・1 章 主要液体の物性値

1・1 水……………	221	1・3 その他の液体……………	225
1・2 油……………	222		

第 V・2 章 主要気体の物性値

2・1 空気	226	2・2 その他の気体	230
2・1・1 標準大気	226	2・2・1 各種気体の物性値	230
2・1・2 乾き空気の物性と状態式	226	2・2・2 実在気体の状態式と圧縮係数	230
2・1・3 湿り空気の物性	227	2・2・3 混合ガス	233

索引 (和・英)	巻末
----------	----

B 6 編 動 力 プ ラ ン ト

企画・編集	秋田	山中	宏明	植堀	田辰	洋昭	坂井	彰恭	澤村	井上	定治	定朗
執筆者	青朝	木倉	成英	文永	赤荒	川川	浩爾	秋野	金次	秋山	守隆	守隆
	慶	慶	永	雄	小倉	倉成	夫美	荒木	良一	池田	清司	清司
	大田	田	辰	充	岡		毅	大部	浩	大菊	謙一	謙一
	黒澤	沢	辰	雄	黒田	田	博	小島	秀夫	小林	道夫	道夫
	鈴槌	槌	達	夫	塩関	中	昌	塩谷	辰夫	清水	幸久	幸久
	二樋	樋	昭	勲	中二	村宮	二	中本	泰發	野田	哲俊	哲俊
	樋口	口	雄	史	久益	野田	勝恭	深松	英	伏三	谷木	谷木
	堀村	村	昭	史	益望	田月	恭惠	山崎	泰	三山	田林	田林
	山室	室	治	朗	望由	月利	達	吉	昇	若	修二	修二
	渡部	部	信	弘	由	利	達	吉	昇	若	修二	修二
			洋									

目 次

第 1 章 ボ イ ラ

1・1	ボイラの種類と構造	1	1・5・1	過熱器	22
1・1・1	ボイラの概要と分類	1	1・5・2	再燃器	23
1・1・2	丸ボイラ	2	1・5・3	エコノマイザ	23
1・1・3	自然循環式水管ボイラ	2	1・6	空気予熱器	24
1・1・4	強制循環式水管ボイラ	4	1・6・1	空気予熱器の作用, 種類	24
1・1・5	貫流ボイラ	5	1・6・2	空気予熱器の構造	24
1・1・6	特殊ボイラ	7	1・7	ボイラの付属品	25
1・2	ボイラの火炉と伝熱面の計算	9	1・7・1	安全弁	25
1・3	ボイラの水循環	12	1・7・2	水面計	26
1・3・1	蒸発管内の気液二相流	12	1・7・3	スートブロウ	26
1・3・2	循環ボイラ	12	1・7・4	気水分離器	26
1・3・3	貫流ボイラ	13	1・7・5	その他の付属品	27
1・4	ボイラ燃焼装置および火炉	14	1・8	通風および煙突	27
1・4・1	石炭燃焼	14	1・8・1	通風	27
1・4・2	油燃焼	17	1・8・2	通風力と通風抵抗	27
1・4・3	ガス燃焼	20	1・8・3	煙突の容量	28
1・4・4	火炉の構造および材料	21	1・8・4	煙突の構造	28
1・5	過熱器, 再燃器およびエコノマイザ	22	1・8・5	通風ファン	29

1・9 給水処理	29	1・11・3 耐圧部分の強度	41
1・9・1 概説	29	1・11・4 構造解析	42
1・9・2 水処理装置による不純物の除去	30	1・11・5 溶接, 熱処理, 試験	42
1・9・3 水処理薬品による水質調節	33	1・12 ボイラの試験および性能	43
1・9・4 水質管理	34	1・12・1 ボイラの性能試験	43
1・9・5 内部洗浄によるスケールの除去	35	1・12・2 ボイラ効率	43
1・10 ボイラの自動制御	35	1・12・3 ボイラの熱勘定	44
1・10・1 基本制御回路	35	1・12・4 ボイラの熱損失	44
1・10・2 ボイラの負荷制御	36	1・12・5 ボイラの燃焼性能	45
1・10・3 ボイラのサブグループ制御	38	1・12・6 ボイラの蒸発性能	45
1・10・4 自動バーナ制御	38	1・13 ボイラの取扱いおよび法規	45
1・11 ボイラの強さ	39	1・13・1 ボイラの取扱い	45
1・11・1 ボイラに作用する荷重	39	1・13・2 ボイラの障害	47
1・11・2 材料および許容応力	40	1・13・3 ボイラに関する法規および規格	47

第 2 章 蒸 気 機 関

2・1 蒸気機関の構造および形式	48	2・1・2 蒸気機関の形式	48
2・1・1 蒸気機関の構造	48	2・2 蒸気機関の性能と設計	50

第 3 章 蒸 気 タ ー ビ ン

3・1 蒸気タービンの動作方式および分類	51	3・5・2 速度複式衝動タービン (カー チス段)	63
3・1・1 段	51	3・5・3 反動タービン	63
3・1・2 分類	51	3・6 蒸気タービンの構成部分	63
3・2 蒸気タービンの種類と構造	52	3・6・1 タービン車室	63
3・2・1 復水タービン	52	3・6・2 ノズル (噴口)	65
3・2・2 背圧タービン	55	3・6・3 動翼	66
3・2・3 抽気タービン	56	3・6・4 仕切板	67
3・2・4 混圧タービン	57	3・6・5 タービン円板と円胴	68
3・2・5 その他のタービン	57	3・6・6 水滴分離構造	69
3・3 ノズルおよび動翼における蒸気の流 れおよびその作用	57	3・6・7 タービン軸	69
3・3・1 蒸気の流れの特徴	57	3・6・8 パッキン	70
3・3・2 速度三角形, 膨張線および基 本式	58	3・6・9 軸受	71
3・4 蒸気タービンにおける諸損失と効率	59	3・6・10 軸継手	72
3・4・1 一般	59	3・6・11 タービン材料	72
3・4・2 プロフィル損失	60	3・7 调速装置	73
3・4・3 二次損失	61	3・7・1 機械油圧式调速装置	73
3・4・4 流出速度損失	61	3・7・2 電気油圧式调速装置	76
3・4・5 周辺効率 (乾き翼列効率)	61	3・7・3 非常装置および各種保安装置	78
3・4・6 湿り損失	61	3・8 蒸気タービンの性能および試験	80
3・4・7 内部漏えい損失	61	3・8・1 蒸気タービンの性能	80
3・4・8 翼車の回転円板損失など	61	3・8・2 蒸気タービンの試験	82
3・5 蒸気タービンの主要大きさの計算	62	3・9 蒸気タービンの取扱いおよび故障	83
3・5・1 圧力複式衝動タービン	62	3・9・1 蒸気タービンの取扱い	83
		3・9・2 蒸気タービンの故障	84

第4章 復水および給水加熱装置

4.1 復水器の種類と構造	85	4.4 空気抽出器、復水ポンプ	89
4.1.1 復水器の種類	85	4.4.1 空気抽出器	89
4.1.2 復水器の構造と材質	85	4.4.2 復水ポンプ	90
4.2 復水器の設計	86	4.5 給水系統	90
4.2.1 復水器の基本計算	86	4.5.1 給水補給	90
4.2.2 冷却水温度	87	4.5.2 給水装置	91
4.2.3 復水器熱負荷	87	4.5.3 給水加熱器	92
4.2.4 真空度	87	4.5.4 脱気器	93
4.2.5 設計上予定あるいは仮定すべき数値	87	4.5.5 蒸化器	94
4.2.6 冷却水の復水器内水頭損失	87	4.6 冷却水系統	94
4.2.7 冷却管ささえ板の間隔	88	4.6.1 冷却水系統と循環水ポンプ	94
4.3 復水器の性能	88	4.6.2 湿式冷却塔	95
4.3.1 復水器に要求される復水器の性能	88	4.6.3 乾式冷却塔	96
4.3.2 復水器の真空低下の原因とその対策	88	4.7 空冷復水器	96
		4.8 復水器の取扱いおよび故障	97
		4.8.1 復水器の取扱い	97
		4.8.2 復水器の故障	97

第5章 蒸気動力プラント

5.1 熱サイクルおよび経済性	99	5.4.2 温排水対策	113
5.1.1 一般	99	5.4.3 排水処理	114
5.1.2 ランキンサイクル	99	5.4.4 騒音対策	115
5.1.3 再生サイクル	100	5.5 配管	115
5.1.4 再熱再生サイクル	100	5.5.1 配管方式	115
5.1.5 背圧タービンの経済性	101	5.5.2 管径および管内流体の速度	116
5.1.6 抽気タービンの経済性	102	5.5.3 圧力降下	116
5.2 蒸気動力プラントの計画	102	5.5.4 管の材料、厚み	116
5.2.1 計画の要点	102	5.6 複合サイクル	116
5.2.2 動力使用の目的と負荷	102	5.6.1 一般	116
5.2.3 燃料	103	5.6.2 蒸気・ガスタービン複合サイクル	117
5.2.4 タービンおよびボイラの単位容量	104	5.6.3 二流体サイクル	121
5.2.5 蒸気条件の向上と経済性	104	5.7 熱の有効利用	121
5.2.6 内外の火力プラント	105	5.7.1 排ガス・排気・温排水の利用	121
5.2.7 プラント熱効率	105	5.7.2 冷熱利用	123
5.2.8 発電原価	106	5.7.3 熱の多目的利用	124
5.3 蒸気動力プラントの運転および制御	107	5.7.4 アキュムレータ	124
5.3.1 プラントの運転	107	5.8 地熱利用プラント	125
5.3.2 計算機運転	108	5.8.1 地熱動力プラント	125
5.3.3 変圧運転	108	5.8.2 熱サイクル	125
5.3.4 プラントの保守	108	5.8.3 地熱プラント計画	126
5.4 環境対策	109	5.8.4 内外の地熱プラント	127
5.4.1 大気汚染防止対策	109		

第 6 章 原子炉の原理

6・1 原子核	128	6・2 原子核反応	129
6・1・1 原子核	128	6・2・1 原子核反応	129
6・1・2 同位体	128	6・2・2 原子核分裂	130
6・1・3 放射性核種	128	6・2・3 核融合反応	131
6・1・4 結合エネルギー	128	6・3 原子炉の構成と原理	131
6・1・5 中性子	128	6・3・1 原子炉の構成	131
		6・3・2 原子炉理論の基礎	133

第 7 章 原 子 炉

7・1 原子炉の種類と構造	137	7・6 安全設計	155
7・1・1 ガス冷却炉	137	7・6・1 安全設計の目的、基本方針と 安全審査	155
7・1・2 軽水炉	137	7・6・2 発電用軽水形原子炉の安全設 計と安全評価	155
7・1・3 重水炉	139	7・7 原子動力プラント基本構成	156
7・1・4 高速増殖炉	139	7・7・1 直接サイクル	157
7・1・5 船用炉	140	7・7・2 間接サイクル	158
7・1・6 原子炉（原子力）一覧表	141	7・7・3 多目的利用原子動力プラント	160
7・2 原子炉核熱設計	141	7・8 主要機器および付属設備	160
7・2・1 核設計	141	7・8・1 原子炉圧力容器および炉内構 造物	160
7・2・2 熱設計	145	7・8・2 蒸気発生器	161
7・3 燃料	147	7・8・3 冷却材循環装置	162
7・3・1 軽水炉の燃料	147	7・8・4 おもな付属系統	162
7・3・2 重水炉の燃料	148	7・8・5 燃料取扱い装置	164
7・3・3 ガス冷却炉の燃料	148	7・8・6 制御棒駆動装置	164
7・3・4 高速増殖炉の燃料	149	7・8・7 原子炉格納容器	164
7・3・5 燃料の構造設計	149	7・8・8 配管系	165
7・4 構造設計	149	7・8・9 放射性廃棄物処理設備	165
7・4・1 適用基準	149	7・8・10 プラント自動保全機器	166
7・4・2 機器と運転状態の区分	150	7・9 工学的安全施設および緊急停止系	166
7・4・3 構造設計基準	150	7・9・1 原子炉緊急停止系	166
7・4・4 構造材料	152	7・9・2 非常用炉心冷却系	166
7・4・5 強度解析手法	152	7・9・3 原子炉格納施設	167
7・4・6 放射線の影響	152	7・9・4 工学的安全施設の補助設備	167
7・4・7 品質管理	153	7・10 制御および計装	167
7・5 耐震設計	153	7・10・1 原子炉の制御	167
7・5・1 耐震設計の基本	153	7・10・2 原子炉の計装	168
7・5・2 耐震重要度分類	153	7・10・3 計算機応用	169
7・5・3 耐震設計上の注意事項	153		
7・5・4 地震荷重	154		
7・5・5 荷重の組合せと許容応力	154		
7・5・6 動的解析	154		

第 8 章 原子動力プラント

8・1 原子動力プラントの計画	170	8・3・6 起動前試験	174
8・1・1 立地計画	170	8・4 品質保証と検査	175
8・1・2 配置計画	170	8・4・1 品質保証	175
8・1・3 環境と安全	171	8・4・2 検査	175
8・1・4 プラント建設	171	8・5 放射線管理および放射性廃棄物管理	175
8・1・5 経済性	171	8・5・1 従事者などの被ばく管理	175
8・2 原子動力プラントの運転および制御	172	8・5・2 発電所で発生する放射性廃棄物の管理(放射性廃棄物管理)	176
8・2・1 起動	172	8・5・3 周辺環境への放出放射能の影響の監視(環境放射線管理)	176
8・2・2 停止	172	8・6 燃料管理	176
8・2・3 通常運転	172	8・6・1 運転中の炉心管理	176
8・2・4 プラントの制御	173	8・6・2 燃料取替	176
8・3 原子動力プラントの保守および定期検査	173	8・6・3 起動時炉物理試験	177
8・3・1 通常運転中の保守点検	173	8・6・4 長期の燃料管理	177
8・3・2 定期検査	174	8・6・5 使用済み燃料の輸送	177
8・3・3 供用期間中検査	174	8・7 保障措置と設備防護対策	177
8・3・4 原子炉格納容器漏えい率検査	174	8・7・1 保障措置	177
8・3・5 原子炉圧力容器構造材の監視試験	174	8・7・2 設備防護対策	177

第 9 章 核融合炉

9・1 核融合炉の形式と原理	178	9・2 核融合炉の構成	179
9・1・1 核融合炉の形式	178	9・2・1 磁気閉込め形核融合炉	179
9・1・2 核融合炉の原理	178	9・2・2 慣性閉込め形核融合炉	180
		9・2・3 ハイブリッド炉	181

第 10 章 各種発電方式

10・1 太陽熱および太陽光発電	182	10・3・4 オンサイト用燃料電池発電プラント	186
10・1・1 太陽熱発電	182	10・4 熱電発電	186
10・1・2 太陽光発電	183	10・4・1 原理	186
10・2 電磁流体発電	183	10・4・2 熱電材料	187
10・2・1 電磁流体発電機	183	10・4・3 熱電発電機の用途	187
10・2・2 熱サイクル	184	10・5 熱電子発電	187
10・3 燃料電池	184	10・5・1 原理	187
10・3・1 燃料電池	184	10・5・2 セシウム封入形熱電子発電機	187
10・3・2 燃料電池発電プラントの構成と機能	185	10・5・3 電極材料	187
10・3・3 電気事業用燃料電池発電プラント	185	10・5・4 熱電子発電機の用途	187

B 7 編 内 燃 機 関

企画・編集	小 栗 達 木 下 啓次郎 金 原 淑 郎 嶋 本 譲 鈴 木 孝 古 浜 庄 一 本 岡 隆 雄 八 木 静 夫 渡 部 英 一
執 筆 者	青 木 千 明 秋 葉 鏢二郎 伊 藤 源 嗣 飯 沼 一 男 池 上 詢 犬 伏 才 延 小 田 垣 徳 幸 小 保 方 富 夫 大 関 博 大 滝 英 征 大 山 耕 一 近 江 敏 明 岡 田 信 近 表 原 功 貝 原 延 宏 神 本 武 征 菊 川 敏 男 北 村 恒 二 金 原 淑 郎 久 保 田 道 雄 小 菅 昭一郎 佐 藤 昭二郎 斎 藤 孟 嶋 本 譲 須 田 正 爾 須 田 寿 杉 山 佐太雄 鈴 木 昭 夫 鈴 木 孝 田 丸 卓 高 田 浩 之 高 原 北 雄 之 谷 村 篤 秀 野 村 俊 夫 原 村 成 憲 廣 安 博 之 古 浜 庄 一 松 岡 信 村 山 正 森 田 隆 之 八 木 静 夫 柳 原 茂 山 崎 慎 一 山 本 唯 雄 吉 田 正 一 和 栗 雄太郎 渡 部 英 一

目 次

第 1 章 一 般

<p>1.1 概要..... 1</p> <p>1.1.1 容積形と速度形..... 1</p> <p>1.1.2 容積形内燃機関の特徴と種類..... 1</p> <p>1.2 性能..... 2</p> <p>1.2.1 性能関係の定義と主要関係式..... 2</p> <p>1.2.2 サイクル..... 4</p> <p>1.2.3 熱勘定..... 7</p> <p>1.2.4 インジケータ線図..... 8</p> <p>1.2.5 火花点火機関の性能..... 9</p> <p>1.2.6 圧縮点火機関の性能..... 11</p> <p>1.2.7 大気状態の影響（出力修正）..... 12</p> <p>1.3 吸・排気および掃気..... 14</p> <p>1.3.1 四サイクル機関の吸・排気..... 14</p> <p>1.3.2 四サイクル機関の吸気過程..... 14</p> <p>1.3.3 四サイクル機関の排気過程..... 16</p> <p>1.3.4 二サイクル機関の掃気過程..... 16</p> <p>1.3.5 掃気方式の分類と実例..... 17</p> <p>1.3.6 掃気作用に及ぼす諸影響..... 18</p> <p>1.3.7 過給..... 18</p>	<p>1.3.8 エアフィルタ..... 19</p> <p>1.4 燃料および燃焼..... 20</p> <p>1.4.1 燃料..... 20</p> <p>1.4.2 火花点火機関の燃焼..... 20</p> <p>1.4.3 圧縮点火機関の燃焼..... 22</p> <p>1.4.4 燃焼と排気..... 25</p> <p>1.5 騒音と振動..... 31</p> <p>1.5.1 燃焼騒音..... 31</p> <p>1.5.2 吸・排気音と消音..... 32</p> <p>1.5.3 機械音と振動..... 33</p> <p>1.6 潤滑油および潤滑..... 34</p> <p>1.6.1 潤滑油への要求..... 34</p> <p>1.6.2 低燃費、始動性を目的とした 潤滑油..... 35</p> <p>1.6.3 潤滑油供給法..... 35</p> <p>1.6.4 潤滑法の例..... 35</p> <p>1.7 冷却..... 36</p> <p>1.7.1 燃焼室壁の熱伝達..... 36</p> <p>1.7.2 空気冷却..... 37</p>
--	---

1.7.3 液体冷却.....	37	1.7.4 ラジエータ.....	38
-----------------	----	------------------	----

第 2 章 主要部品の構造および設計

2.1 中高速機関.....	40	2.2 低速大形機関.....	59
2.1.1 シリンダヘッド.....	40	2.2.1 シリンダヘッド, 諸弁.....	59
2.1.2 シリンダヘッドガスケット.....	41	2.2.2 機関本体ブロック, シリンダ ライナ, 主軸受, スラスト軸受.....	60
2.1.3 シリンダブロック, シリンダ ライナ, 主軸受.....	41	2.2.3 クランク軸.....	62
2.1.4 クランク軸.....	44	2.2.4 ピストン, ピストンピン, ピ ストンリング.....	64
2.1.5 ピストン, ピストンピン, ピ ストンリング.....	48	2.2.5 連接棒, クロスヘッドピン, クロスヘッド軸受.....	67
2.1.6 連接棒.....	55	2.2.6 弁機構.....	69
2.1.7 弁機構.....	56		

第 3 章 圧縮点火機関

3.1 燃焼制御.....	71	3.5 圧縮点火機関の排出ガスと騒音対策...	87
3.1.1 概要.....	71	3.5.1 排出ガス対策.....	87
3.1.2 熱発生率.....	71	3.5.2 騒音対策.....	88
3.1.3 空気流動と燃料噴射率.....	72	3.6 船舶推進用ディーゼル.....	89
3.2 燃焼室.....	74	3.6.1 船用大形ディーゼル機関.....	89
3.2.1 直接噴射式燃焼室.....	74	3.6.2 船用中形ディーゼル機関.....	90
3.2.2 予熱燃室式燃焼室.....	75	3.6.3 軽量高出力ディーゼル機関.....	90
3.2.3 渦流室式燃焼室.....	76	3.7 発電用ディーゼル機関.....	90
3.3 燃料噴射系統.....	77	3.8 車両用ディーゼル機関.....	91
3.3.1 燃料噴射特性.....	77	3.8.1 鉄道車両用ディーゼル機関.....	91
3.3.2 燃料噴射機構.....	80	3.8.2 自動車用ディーゼル機関.....	91
3.3.3 噴射制御機構.....	82	3.8.3 建設機械用ディーゼル機関.....	92
3.3.4 燃料噴射系統の耐久性.....	83	3.8.4 農業用ディーゼル機関.....	92
3.4 ニサイクル機関の掃気および過給装置.....	84	3.9 小形はん用ディーゼル機関.....	93
3.4.1 掃気装置.....	84	3.10 二元燃料機関.....	93
3.4.2 過給方式.....	85	3.11 省エネルギー.....	94
3.4.3 排気タービン過給機.....	85	3.11.1 船用プラント.....	94
3.4.4 特殊過給機.....	87	3.11.2 陸上プラント.....	94
		3.11.3 自動車.....	95

第 4 章 火花点火機関

4.1 燃料系統.....	97	4.2 電気点火装置.....	104
4.1.1 気化器の理論.....	97	4.2.1 概説.....	104
4.1.2 気化器の構造.....	98	4.2.2 バッテリ点火装置.....	104
4.1.3 気化器の種類.....	100	4.2.3 マグネット式点火装置.....	104
4.1.4 ガソリン噴射方式.....	101	4.2.4 点火時期の電子制御.....	105
4.1.5 ガソリン噴射装置.....	102	4.2.5 点火プラグ.....	106
4.1.6 燃料供給装置.....	103	4.2.6 雑音防止器.....	108

4.3 燃烧室	108	4.5.3 燃費改善	117
4.3.1 燃烧室の具備すべき条件	108	4.5.4 排気ガスの生成抑制	118
4.3.2 普通用いられる燃烧室	108	4.5.5 排気ガスの後処理	119
4.3.3 選択の条件	110	4.5.6 ブローバイガス対策	119
4.3.4 層状給気の燃烧室	111	4.5.7 燃料蒸発ガス対策	119
4.4 自動車用ガソリン機関	112	4.5.8 ガソリン機関の電子制御	120
4.4.1 概説	112	4.6 用途別ガソリン機関	120
4.4.2 往復動機関	112	4.6.1 航空用ガソリン機関	120
4.4.3 ロータリ機関	114	4.6.2 二輪自動車用ガソリン機関	121
4.4.4 過給装置	115	4.6.3 小形はん用ガソリン機関	123
4.5 自動車用ガソリン機関の排出ガス対 策と燃費改善	116	4.7 燃料の異なる機関	124
4.5.1 概説	116	4.7.1 石油（灯油）機関	124
4.5.2 希薄燃焼	117	4.7.2 ガス機関	125

第 5 章 ガスタービンおよびジェットエンジン

5.1 ガスタービン	126	5.4.3 構造	149
5.1.1 種類と特徴	126	5.4.4 セラミックガスタービン	150
5.1.2 性能	127	5.5 ターボシャフトエンジンおよび ターボプロップエンジン	151
5.1.3 圧縮機	129	5.5.1 種類と特徴	151
5.1.4 タービン	132	5.5.2 性能	152
5.1.5 ガスタービンの潤滑法	134	5.5.3 制御	153
5.1.6 燃焼装置	135	5.5.4 構造	154
5.1.7 燃料制御装置	137	5.6 ターボジェットエンジンおよび ターボファンエンジン	154
5.1.8 熱交換器	138	5.6.1 種類と特徴	154
5.1.9 ガスタービン材料	139	5.6.2 性能	156
5.2 発電用および工業用ガスタービン	141	5.6.3 構造	159
5.2.1 発電用ガスタービン	141	5.6.4 V/STOL 機用エンジン	160
5.2.2 高効率ガスタービン	142	5.6.5 騒音および減音対策	160
5.2.3 工業用ガスタービン	143	5.7 ラムジェットおよびパルスジェット	161
5.2.4 小形ガスタービン	144	5.7.1 ラムジェット	161
5.3 船用ガスタービン	144	5.7.2 パルスジェット	162
5.4 自動車用ガスタービン	147		
5.4.1 種類と特徴	147		
5.4.2 性能	148		

第 6 章 ロケット，その他

6.1 ロケット一般	163	6.2.4 モータの構造	169
6.1.1 種類と特徴および基本特性	163	6.3 液体ロケット	170
6.1.2 飛しょう体の質量構成	164	6.3.1 液体推進剤	170
6.1.3 ノズル性能	164	6.3.2 推進剤供給系	171
6.2 固体ロケット	166	6.3.3 燃焼器	171
6.2.1 固体推進剤	166	6.3.4 推力室の構造および冷却	173
6.2.2 燃焼特性	166	6.3.5 性能	173
6.2.3 推薬の力学的性質	168	6.3.6 制御	174

6・3・7 構造……………	174	6・4・2 ハイブリッドシステム……………	176
6・4 その他の機関および特殊燃料機関……………	175	6・4・3 特殊燃料機関……………	178
6・4・1 スターリング機関……………	175		

第 7 章 測 定 法

7・1 ガスおよび各部の温度測定……………	181	7・3・4 流れの可視化……………	185
7・1・1 ガスの温度測定……………	181	7・4 ガス分析……………	185
7・1・2 壁温の測定……………	182	7・4・1 内燃機関におけるガス分析の 利用……………	185
7・2 燃料噴射系の測定……………	183	7・4・2 ガス分析装置……………	186
7・2・1 噴射圧力……………	183	7・4・3 試料サンプリング……………	186
7・2・2 噴射量……………	183	7・5 振動・騒音の測定……………	187
7・2・3 燃料噴射率……………	183	7・5・1 振動の測定……………	187
7・2・4 ニードル弁リフト……………	183	7・5・2 騒音の測定……………	188
7・2・5 噴霧……………	184	7・6 その他の測定……………	189
7・3 ガス流動の測定……………	184	7・6・1 摩擦損失の測定……………	189
7・3・1 吸入空気流量の測定……………	184	7・6・2 摩耗の測定……………	190
7・3・2 流速・乱れの測定……………	184	7・6・3 潤滑油消費量 (OC) の測定……………	191
7・3・3 流速測定法……………	184		

索引 (和・英) …………… 巻末

B 8 編 熱交換器・空気調和・冷凍

企画・編集	相原利雄 小竹進 手塚俊一	越後亮三 斎藤孝基 中山恒	小笠原祥五 棚沢一郎 渡部康一	片山功蔵 千葉孝男
執筆 者	相原利雄 上原春男 尾形久直 田中修 千葉孝男 西山賢次 望月貞成	伊藤正昭 塩冶震太郎 岡田英武 田中康雄 手塚俊一 橋爪源一郎	飯田健二 小笠原祥五 片山功蔵 高田秋一 豊中俊之 廣瀬久	宇佐見久雄 小口幸成 斎藤孝基 高田俱之 中山恒 増淵正美

目 次

第 1 章 熱 交 換 器

<p>1.1 概説…………… 1</p> <p> 1.1.1 分類…………… 1</p> <p> 1.1.2 熱交換器の理論…………… 1</p> <p> 1.1.3 熱交換器の計画と選択…………… 4</p> <p>1.2 各種熱交換器…………… 7</p> <p> 1.2.1 多管円筒形熱交換器〔シェル・ アンド・チューブ形熱交換器〕… 7</p> <p> 1.2.2 プレート形熱交換器…………… 8</p>	<p> 1.2.3 空冷式熱交換器…………… 10</p> <p> 1.2.4 コンパクト熱交換器…………… 12</p> <p> 1.2.5 自然空冷式熱交換器…………… 13</p> <p> 1.2.6 凝縮器…………… 15</p> <p> 1.2.7 蒸発器…………… 18</p> <p> 1.2.8 蓄熱式熱交換器…………… 20</p> <p> 1.2.9 全熱交換器…………… 22</p> <p> 1.2.10 ヒートパイプ式熱交換器…………… 23</p>
---	--

第 2 章 空 気 調 和

<p>2.1 概説…………… 25</p> <p> 2.1.1 空気調和…………… 25</p> <p> 2.1.2 快感用空気調和…………… 25</p> <p> 2.1.3 産業用空気調和…………… 26</p> <p> 2.1.4 空気調和設備の構成…………… 26</p> <p>2.2 空気調和負荷…………… 26</p> <p> 2.2.1 負荷の形態と種類…………… 26</p> <p> 2.2.2 設計温湿度…………… 26</p> <p> 2.2.3 最大負荷計算法…………… 27</p> <p> 2.2.4 年間負荷計算法…………… 30</p> <p> 2.2.5 装置容量…………… 31</p>	<p>2.3 空調方式・空気調和機…………… 32</p> <p> 2.3.1 空調方式…………… 32</p> <p> 2.3.2 湿り空気線図と空調サイクル… 33</p> <p> 2.3.3 空気調和機…………… 33</p> <p> 2.3.4 空気浄化装置…………… 33</p> <p> 2.3.5 暖房方式…………… 35</p> <p>2.4 熱源装置…………… 37</p> <p> 2.4.1 熱源方式…………… 37</p> <p> 2.4.2 冷凍機・ヒートポンプ…………… 37</p> <p> 2.4.3 冷却塔…………… 38</p> <p> 2.4.4 蓄熱槽…………… 39</p> <p> 2.4.5 ボイラ設備…………… 40</p>
---	--

2.5	ダクトおよび配管	41	2.6	応用	46
2.5.1	吹出し口・吸込口	41	2.6.1	快感用空気調和設備	46
2.5.2	ダクト	41	2.6.2	産業用空気調和	48
2.5.3	水配管	43	2.6.3	地域冷暖房	50
2.5.4	蒸気配管	44	2.6.4	太陽熱冷暖房	50

第 3 章 冷 凍

3.1	概説	52	3.3	吸収冷凍機	62
3.1.1	冷凍の原理と冷凍サイクル	52	3.3.1	単効用吸収冷凍機	63
3.1.2	冷媒とライン	55	3.3.2	二重効用吸収冷凍機	63
3.2	蒸気圧縮冷凍機	57	3.3.3	直火式冷温水機	64
3.2.1	容積式冷凍機	57	3.3.4	太陽熱・廃熱利用吸収冷凍機	64
3.2.2	冷凍機の特長	60	3.4	冷凍応用	65
3.2.3	冷媒	60	3.4.1	概説	65
3.2.4	冷凍装置の構成	60	3.4.2	冷蔵庫	65
3.2.5	ヒートポンプ	61	3.4.3	製氷装置	66
3.2.6	遠心冷凍機	61	3.4.4	凍結装置	66
			3.4.5	低温流通装置	66

第 4 章 極 低 温 工 学

4.1	冷凍・液化サイクル	69	4.2.4	ヘリウム	72
4.1.1	原理	69	4.3	低温技術	72
4.1.2	リンデサイクル	69	4.3.1	使用材料	72
4.1.3	クロードサイクル	69	4.3.2	断熱法	72
4.1.4	その他	69	4.4	応用	73
4.2	液化技術	70	4.4.1	低温破碎	73
4.2.1	天然ガス	70	4.4.2	分離・吸着	73
4.2.2	空気	71	4.4.3	電力への応用	73
4.2.3	水素	71	4.4.4	超電導利用	74

索引(和・英)..... 巻末

