

# 目次

第1章 序章	1
第2章 次元解析	3
2.1 物理次元に関する2つの規則	3
2.2 ミスの発見方法	6
2.3 バッキンガムのパイ定理	7
2.4 揚力	11
2.5 スケールの関係	12
2.6 管を流れる流体と管の半径の関係	15
第3章 冪級数	17
3.1 テイラー級数	17
3.2 宇宙塵による地球の肥大	23
3.3 弾むボール	25
3.4 複数の薄膜の層による光線の反射, 透過	29
第4章 球面座標と円柱座標	33
4.1 球面座標の導入	33
4.2 座標系の変換	37
4.3 球面座標による加速度の表現	39
4.4 球面座標での体積の積分	42

4.5	円柱座標 . . . . .	45
<b>第5章</b>	<b>勾配</b>	<b>49</b>
5.1	勾配ベクトルの性質 . . . . .	49
5.2	気圧力 . . . . .	53
5.3	微分と積分 . . . . .	56
5.4	エネルギー保存則からのニュートンの法則 . . . . .	59
5.5	時間による全微分と偏微分 . . . . .	61
5.6	球面座標による勾配ベクトルの表示 . . . . .	65
<b>第6章</b>	<b>ベクトル場の発散</b>	<b>69</b>
6.1	ベクトル場の束 . . . . .	69
6.2	発散の概念 . . . . .	71
6.3	湧き出しと吸い込み . . . . .	74
6.4	円柱座標での発散の表示 . . . . .	77
6.5	5次元に生命は存在するか? . . . . .	79
<b>第7章</b>	<b>ベクトル場の回転</b>	<b>85</b>
7.1	回転の概念 . . . . .	85
7.2	ベクトル場の回転とは何か? . . . . .	87
7.3	剛体回転による渦度 . . . . .	89
7.4	ずれによる渦度 . . . . .	90
7.5	直進する電流が作る磁場 . . . . .	92
7.6	球面座標と円柱座標 . . . . .	93
<b>第8章</b>	<b>ガウスの定理</b>	<b>97</b>
8.1	ガウスの定理の公式 . . . . .	97
8.2	球対称な質量がもたらす重力場 . . . . .	98

8.3	音波の表現	100
8.4	流量と確率	103
<b>第9章</b>	<b>ストークスの定理</b>	<b>107</b>
9.1	ストークスの定理	107
9.2	ガウスの定理とストークスの定理	110
9.3	真っ直ぐな電線の電流が作る磁場	112
9.4	磁気誘導とレンツの法則	113
9.5	アハラノフ-ボーム効果	115
9.6	翼端渦	120
<b>第10章</b>	<b>ラプラシアン</b>	<b>125</b>
10.1	関数の曲率	125
10.2	2点間の最短距離	129
10.3	石鹸膜の形	132
10.4	面積が最小となる曲面の形	137
10.5	物質の安定性	139
10.6	雷はどこから落ちるか?	141
10.7	ラプラシアンの球面座標, 円柱座標による表示	143
10.8	調和関数と積分の平均	143
<b>第11章</b>	<b>保存則</b>	<b>147</b>
11.1	保存則の一般形	147
11.2	連続方程式	149
11.3	運動量, エネルギーの保存	150
11.4	熱方程式	155
11.5	核爆弾の爆発	161
11.6	粘性とナヴィエ-ストークス方程式	163
11.7	量子力学と流体力学	166

<b>第12章</b>	<b>スケール解析</b>	<b>171</b>
12.1	風呂の水の渦 . . . . .	172
12.2	微分の3つの解釈 . . . . .	174
12.3	運動方程式の移流項 . . . . .	178
12.4	幾何学的波線理論 . . . . .	181
12.5	地球のマントルは対流しているのだろうか? . . . . .	186
12.6	方程式を無次元にする . . . . .	188
<b>第13章</b>	<b>線形代数</b>	<b>193</b>
13.1	射影 . . . . .	193
13.2	直交していないベクトルへの射影 . . . . .	197
13.3	コリオリの力と遠心力 . . . . .	200
13.4	正方行列の固有値分解 . . . . .	206
13.5	行列の関数 . . . . .	209
13.6	振動系の正規モード . . . . .	212
13.7	特異値のある場合の行列の分解 . . . . .	215
13.8	ハウスホルダー変換 . . . . .	221
<b>第14章</b>	<b>ディラックのデルタ関数</b>	<b>227</b>
14.1	デルタ関数とは . . . . .	227
14.2	デルタ関数の性質 . . . . .	232
14.3	関数のデルタ関数 . . . . .	234
14.4	多変数関数のデルタ関数 . . . . .	235
14.5	球面座標のデルタ関数 . . . . .	236
14.6	電子の自己エネルギー . . . . .	238
<b>第15章</b>	<b>フーリエ解析</b>	<b>243</b>
15.1	有限区間の実フーリエ解析 . . . . .	243

15.2	有限区間における複素フーリエ級数 . . . . .	247
15.3	積分区間が無限大のフーリエ変換 . . . . .	250
15.4	フーリエ変換とデルタ関数 . . . . .	251
15.5	符号, 係数の変更 . . . . .	252
15.6	2つの信号の畳み込みと相関 . . . . .	255
15.7	線形フィルターと畳み込み定理 . . . . .	258
15.8	残響除去のフィルター . . . . .	262
15.9	振動数フィルターのデザイン . . . . .	265
15.10	線形フィルターと線形代数 . . . . .	268
<b>第 16 章</b>	<b>解析関数</b>	<b>273</b>
16.1	コーシー・リーマンの方程式 . . . . .	273
16.2	電位 . . . . .	277
16.3	流体の流れと解析関数 . . . . .	279
<b>第 17 章</b>	<b>複素積分</b>	<b>283</b>
17.1	解析的でない関数 . . . . .	283
17.2	留数定理 . . . . .	284
17.3	原始関数に頼らない積分計算 . . . . .	288
17.4	シロップの中の粒子 . . . . .	292
<b>第 18 章</b>	<b>グリーン関数：一般原理</b>	<b>297</b>
18.1	ブランコに乗る少女 . . . . .	297
18.2	既出のグリーン関数 . . . . .	302
18.3	インパルス応答としてのグリーン関数 . . . . .	303
18.4	グリーン関数の一般論 . . . . .	306
18.5	放射性起源熱と地球の温度 . . . . .	310
18.6	非線形系とグリーン関数 . . . . .	314

<b>第19章</b>	<b>グリーン関数：応用</b>	<b>319</b>
19.1	$N$ 次元の熱方程式	319
19.2	インパルス入力に対するシュレディンガー方程式	324
19.3	1次元, 2次元, 3次元, それぞれのヘルムホルツ方程式	327
19.4	1次元, 2次元, 3次元, それぞれの波動方程式	334
19.5	音を聞くということ	340
<b>第20章</b>	<b>正規モード</b>	<b>343</b>
20.1	1次元の正規モード	343
20.2	2次元の正規モード	346
20.3	球の正規モード	350
20.4	正規モードの直交関係	355
20.5	ベッセル関数と減衰余弦関数	360
20.6	ルジャンドル関数と減衰余弦関数	363
20.7	正規モードとグリーン関数	367
20.8	低速度層の導波	373
20.9	漏洩モード	377
20.10	放射制動	381
<b>第21章</b>	<b>ポテンシャル理論</b>	<b>387</b>
21.1	重力場ポテンシャルのグリーン関数	388
21.2	2次元の上方接続	390
21.3	3次元の上方接続	393
21.4	地球の重力場	395
21.5	ダイポール, クアドロポールと一般相対性理論	399
21.6	マルチポール展開	403
21.7	地球のクアドロポール場	408
21.8	第5の力	411

<b>第 22 章 直交座標系のベクトルとテンソル</b>	<b>413</b>
22.1 座標変換 . . . . .	413
22.2 ユニタリー行列 . . . . .	416
22.3 ずれと体積変化 . . . . .	420
22.4 和の規約 . . . . .	424
22.5 行列と座標変換 . . . . .	426
22.6 テンソルの定義 . . . . .	428
22.7 すべてのベクトルがテンソルであるとは限らない . . . . .	431
22.8 テンソルの積 . . . . .	433
22.9 変形と回転 . . . . .	436
22.10 応力テンソル . . . . .	439
22.11 流体の圧力はなぜ等方的なのか? . . . . .	442
22.12 特殊相対性理論 . . . . .	444
<b>第 23 章 摂動論</b>	<b>449</b>
23.1 一般的な摂動論 . . . . .	450
23.2 ボルン近似 . . . . .	454
23.3 線形走時断層像法 . . . . .	459
23.4 摂動論の限界 . . . . .	462
23.5 WKB 近似 . . . . .	466
23.6 整合性の問題 . . . . .	470
23.7 特異摂動論 . . . . .	472
<b>第 24 章 積分の漸近解</b>	<b>477</b>
24.1 一番単純な技法 . . . . .	477
24.2 階乗 $n!$ と $e$ , $\sqrt{\pi}$ との関係 . . . . .	481
24.3 最急降下法 . . . . .	486
24.4 群速度と停留位相の方法 . . . . .	491

24.5	ベッセル関数の漸近解 $J_0(x)$ . . . . .	495
24.6	波の反射 . . . . .	498
<b>第 25 章</b>	<b>変分法</b>	<b>503</b>
25.1	缶の設計 . . . . .	503
25.2	なぜ缶は丸いのか? . . . . .	505
25.3	2 点間の最短距離 . . . . .	507
25.4	大円 . . . . .	510
25.5	オイラー・ラグランジュ方程式 . . . . .	516
25.6	古典力学におけるラグランジュ関数 . . . . .	519
25.7	変分法から見た光線 . . . . .	521
25.8	ラグランジュ乗数 . . . . .	524
25.9	最適な形の缶を設計する . . . . .	529
25.10	鎖の形 . . . . .	531
<b>第 26 章</b>	<b>終章——知恵と力と——</b>	<b>537</b>
	<b>参考文献</b>	<b>539</b>
	<b>訳者あとがき</b>	<b>549</b>
	<b>索引</b>	<b>551</b>