

目 次

1. 光 学 技 術 史	(會田軍太夫)
1.1 光学の発生	1
1.2 レンズの拡大力の思想	2
1.3 アルハゼンの光学	3
1.4 レンズの誕生	5
1.5 レンズの材料と研磨	8
1.6 レンズの基礎理論の誕生	14
1.7 望遠鏡の製作	16
1.8 光学ガラスの出現	20
1.9 19世紀から20世紀にいたる光学技術	25
1.10 最近の光学技術	30
2. 光 学 の 基 礎	
2.1 幾何光学	(鈴木 達朗) 35
2.1.1 記号, 符号	35
2.1.2 反射, 屈折の法則	37
a. 垂直入射	37
b. 全反射, 臨界角	37
2.1.3 理想的結像光学系	37
a. 射影変換, 焦点	37
c. 横倍率, 縦倍率, 主平面, 主点	39
b. 焦点を原点とした結像公式:	39
ニュートンの公式	38
e. 主点を原点とした結像公式	40
d. 角倍率, 節点	39
2.1.4 作図による像点の解法	40
2.1.5 望遠系の一般式	40
2.1.6 2個の光学系の組合せ	41
a. 結像公式, 焦点, 焦点距離	41
b. 望遠系	42
2.1.7 1個の球面による屈折	43
a. 結像公式	43
d. 倍率	45
b. 主点, 焦点, 焦点距離	44
e. ラグランジュ—ヘルムホルツの式	46
c. 像の作図法	45
2.1.8 球面による反射	46
2.1.9 2個の屈折面からなる系, 厚い単レンズ	46
2.1.10 両側の屈折率が等しい単レンズ	48
2.1.11 望遠系	48
2.1.12 2個のレンズの組合せ	49
2.1.13 薄いレンズ, レンズ系	51

2.1.14 多くの屈折面を持つ球面光学系	53
2.1.15 紋り, 主光線, 入射瞳, 射出瞳	55
2.1.16 口径比, 口径蝕	57
2.1.17 収 差	57
2.1.18 収差多項式	58
2.1.19 収 差 図 形	58
a. 球面収差	58
b. コマ収差	59
c. 非点収差, 像面弯曲	60
d. 歪曲収差	63
2.1.20 正弦 条件	63
2.1.21 ハーシュルの条件	65
2.1.22 火面, 最小錯乱円	66
2.1.23 色 収 差	67
2.1.24 薄肉レンズの色収差	68
a. 1枚の薄肉レンズ	68
b. 密着薄肉レンズ系	68
c. 分離した薄肉レンズ系	69
2.1.25 厚肉レンズの色収差	71
2.1.26 肉眼的色消, 写真的色消, 超色消	71
2.1.27 波 面 収 差	72
2.1.28 参照球面中心位置の変更に伴なう波面収差の変化	74
a. 像点の縦移動	74
b. 像点の横移動	75
2.1.29 波面収差と光線収差	75
2.2 物理光学	(繩田 滋則) 77
2.2.1 光 波	77
a. 波動の正弦表示	77
b. 波動の複素表示	79
c. 球面波	80
d. 重ね合わせの原理	80
2.2.2 回 折	81
a. Fraunhofer回折とFresnel回折	81
b. 回折像を求める一般式	82
c. $N=2$ の場合 (Young の実験)	84
d. N が大きい数の場合	85
e. 回折格子	85
f. 回折格子の分解能	86
2.2.3 単開口の Fraunhofer 回折	87
a. 単開口に対する Kirchhoff 積分	87
b. 単開口の Fraunhofer 回折	87
c. 円形単開口	88
d. 矩形単開口	89
e. 回折格子と Missing orders の現象	91
f. 反射型回折格子	91
2.2.4 Fresnel 回折	93
a. 矩形単開口	93
b. Babinet の原理	95
c. 円形単開口	96
d. Zone blate	97
2.2.5 Lateral coherence と Longitudinal coherence	98
a. 準單色光源の場合の回折	98
b. Lateral coherence (Spatial coherence)	98
c. van Cittert-Zernike の定理	100
d. Michelson's steller interferometer	100

e. Longitudinal coherence (Temporal coherence).....	101
2.2.6 偏 光.....	102
a. 橢円, 円, 直線偏光.....	102
b. Stokes parameter	104
c. Stokes parameter の測定.....	106
d. Stokes parameter と Poincare 球.....	107
2.3 像 形 成.....	109
2.3.1 コヒーレンスと像形成.....	(辻内 順平).....109
(1) コヒーレンスの概念	109
a. 解析信号と相互コヒーレンス 函数.....	109
b. 準単色光のコヒーレンス.....	110
(2) コヒーレンスの伝播	112
a. 広い光源で照明された面の コヒーレンス.....	112
b. コヒーレンスの伝播.....	114
(3) 結像とコヒーレンス	118
a. 部分的コヒーレンスの結像.....	119
b. 透過物体の結像.....	121
(4) 近似的な扱い——光学機械への応用	123
a. コントラストの小さい物体の 結像.....	123
b. 有効光源の求め方.....	125
c. 光学機械における部分的 コヒーレント結像.....	126
2.3.2 統計光学.....	(宮本 健郎).....128
(1) 緒 言	128
(2) 2次のコヒーレンス函数	128
(3) スペクトルによる表現	131
(4) 部分偏光	133
(5) 相互スペクトル純度	134
(6) 確率分布函数	134
(7) 4次の相関	136
(8) 部分偏光と強度相関	138
(9) 光電子計数の確率分布	138
(10) 热的光とレーザー光の $P(n, t)$	139
(11) 光强度のゆらぎと光電子計数のゆらぎの関係	140
(12) 光電子計数の相関	142
(13) 光子のパンチング効果	142
(14) 過渡的重畠の現象	143
(15) 付 記	144
2.3.3 フーリエ結像論.....	(村田 和美).....145
(1) 点像とそのフーリエスペクトル	145
a. 点像の振幅分布および强度 分布.....	145
b. 広がりのある物体とその像	147
c. フーリエスペクトルの写像	147

(2) レスポンス函数 (Optical Transfer Function)	148
a. OTF の定義	148
b. OTF の 1 次元表示	149
(3) 正弦波格子および矩形波格子の写像	151
a. 正弦波格子の像	151
b. 矩形波格子の像	153
(4) 噚函数と OTF との関係	154
a. コヒーレントな場合	154
b. インコヒーレントな場合	155
(5) OTF の計算法 (I)——波動光学的方法	157
a. 波動光学的計算の基礎式	157
b. 数値計算法	157
(6) OTF の計算法 (II)——幾何光学的方法	159
a. 幾何光学的方法の基礎式	159
b. スポットダイアグラムによる	162
(7) フーリエ理論による光学系の評価法	163
a. 多重光学系の OTF	163
b. OTF 曲線による評価	164
c. OTF の値をパラメーターの函数	165
(8) 光学雑音のフーリエ理論による取扱い	167
(9) 光学におけるサンプリングの定理	168
(10) フーリエ理論に関する諸公式	169
2.3.4 特殊な結像法	(辻内 順平) 172
(1) Apodisation	172
(2) Super resolution	175
a. 噛函数を変える方法	175
b. 像面絞りによる方法	176
c. 走査格子による方法	177
d. 偏光を利用する方法	178
e. 波長によるコード化を使う	179
(3) 低域フィルター	179
(4) 収差補償フィルター	180
2.3.5 光学像の処理	(辻内 順平) 182
(1) 相 関	182
(2) 空間周波数分析	185
(3) 空間周波数フィルタリング	187
a. 不鮮明像の鮮明化	187
b. 画像の S/N 比の向上	190
(4) マスキング	191
a. 写真による方法	191
b. フォトトロピー物質による	192
方法	192
c. けい光体の消光現象による	193
方法	192
d. ハッシュル効果を利用する	194
(5) マッチトフィルタリング	195

(6) 光学像のコード化	197
a. 網版写真.....	197
b. オプチカルファイバーによる 方法.....	198
2.3.6 ホログラフィ	(辻内 順平) 200
(1) ホログラフィの原理	200
a. ガボール (Gabor) のホロ グラフィ.....	201
b. Leith & Upatnieks のホロ グラフィ.....	203
(2) ホログラフィの光学的特性	205
a. 結像公式.....	205
b. 収差.....	207
c. 結像特性.....	208
d. ホログラフィの特徴.....	209
(3) ホログラムの技術	211
a. 光 源.....	211
b. 感光材料.....	212
c. ホログラフィ装置.....	214
(4) ホログラフィの応用	218
a. 画像の記録.....	218
b. 顕微鏡.....	222
c. 光学情報処理.....	223
d. 干渉分光への応用.....	224
e. 干渉測定.....	225
f. その他の測定.....	227
(5) インコヒーレントホログラム	228
a. フレネル帯板の影絵を作る 方法.....	229
b. 干渉計を用いる方法.....	230

3. 光 学 測 定 法

A. 光学測定 I	(村田 和美) 233
3.1 レンズの諸定数の測定	233
3.1.1 光学測定台	233
3.1.2 焦点位置の測定	235
a. 焦点の定義.....	235
b. 眼視による焦点面の測定.....	236
c. 光電的な焦点面測定.....	237
d. 像点距離および機械的像点 距離の測定.....	238
3.1.3 主点位置の測定	238
a. 焦点距離から決める方法.....	238
b. ノーダルスライド法.....	238
3.1.4 焦点距離の測定	240
a. 直接測定法.....	240
b. 結像関係式を利用する方法.....	240
c. 焦点距離の収差を測定する 方法.....	242
3.1.5 像の明るさの測定	243
a. 口径比の測定.....	243
b. 有効口径比の測定.....	244
c. 開口効率および画面照度比 の測定.....	244
3.2 レンズの結像性能の測定	245
3.2.1 収差の測定	245

a. 光線収差の測定	245	b. 波面収差の測定	248
3.2.2 点像および線像の測定			250
a. 点像の測定	250	b. 線像の測定	251
3.2.3 解像力の測定			252
a. 光学測定台による方法	253	c. 投影試験による方法	254
b. 撮影試験による方法	254		
3.3 レンズの OTF の測定			255
3.3.1 光学的フーリエ解析法			256
a. 測定の原理	256	c. 位相の測定	258
b. 正弦波格子	257		
3.3.2 光学および電気的フーリエ解析法			260
a. 測定の原理	260	c. 三角波格子を用いる測定法	262
b. 矩形波格子を用いる測定法	261		
3.3.3 電気的フーリエ解析法			263
a. 線像のフーリエ解析	263	b. エッジ像のフーリエ解析	264
3.3.4 自己相関法			265
a. トワイマン型干渉計による 方法	265	b. 偏光型干渉計による方法	266
3.3.5 相互相関法			267
3.3.6 单一周波数における OTF の測定			267
B. 光学測定 II			270
3.4 屈折率の測定		(斎藤 弘義)	270
3.4.1 一般的事項			270
3.4.2 屈折法則に基づく屈折率の測定			271
a. デュク・ド・ショルヌ法	271	c. 全反射の臨界角から求める 方法	273
b. 分光計を用いる方法	272		
3.5 干渉計による測定		(斎藤 弘義)	275
3.5.1 一般的事項			275
3.5.2 干渉計用光源			276
3.5.3 干渉計の基本的型式			277
a. ヤングの複スリット	277	d. シャリング干渉計	279
b.マイケルソン干渉計および トワイマングリーン干渉計	278	e. コモン・パス干渉計	280
c. マッハツェンダー干渉計	278	f. 偏光分割による干渉計	282
3.5.4 干渉測定の応用			283
a. 複スリット干渉の応用	283	c. 多重光束干渉法	288
b. 長さの測定	286		
3.6 偏光の測定		(斎藤 弘義)	291
3.6.1 一般的事項			291
3.6.2 偏光度の測定			292
a. Pile of plates compensator	292	b. サバール板を用いる方法	292

c. 回転検光子を用いた光電的測定	293
3.6.3 偏光状態の測定	294
a. 偏光状態の表わし方	294
b. 偏光測定の種別	295
3.6.4 方位偏光計（旋光計）	295
3.6.5 楕円偏光計	296
a. レーリー補償器	297
b. バビネおよびバビニー	
ソレイユ補償器	297
c. セナルモン補償器	297
d. 半影装置	298
e. 回転補償器	298
3.6.6 光電式偏光計	299
a. 機械的変調を用いる方式	299
b. フラデーセルを用いる方式	300
3.6.7 偏光測定の応用	304
a. 偏光解析法	304
b. 光弾性実験法	305
3.7 モワレ縞応用	(清水嘉重郎) 307
3.7.1 光学的回折格子によるモワレ縞	308
3.7.2 実用上の問題点	311
a. 光 源	311
b. 回折格子とその配置	311
3.7.3 各種のモワレ縞応用	313
4. 光 源 と 測 光	
4.1 測光量とその単位	(吉江 清) 315
4.1.1 放射束と光束	315
4.1.2 放射強度と光度	316
4.1.3 放射照度と照度、放射束発散度と光束発散度	318
4.1.4 点光源による照度	319
4.1.5 放射輝度と輝度	319
4.1.6 完全拡散面	320
4.2 完全拡散面の性質	(吉江 清) 321
4.2.1 完全拡散面光源による照度	321
4.2.2 円板光源による照度	322
4.2.3 光錐体の定理	322
4.2.4 球光源による照度	323
4.2.5 立体角投射の定理	323
4.2.6 円板光源および球光源による照度	324
4.2.7 境界積分の定理	325
4.2.8 矩形光源による照度	325
4.2.9 等照度球面の定理	327
4.2.10 円板光源の軸外の点の照度	328
4.2.11 完全拡散面による相互反射	329

4.2.12 積分球内壁の照度.....	329
4.2.13 レンズによる像の照度.....	330
4.2.14 レンズによる像の輝度.....	333
4.3 光 源.....	(吉江 清).....334
4.3.1 温度放射とルミネッセンス.....	334
4.3.2 黒 体.....	334
4.3.3 放射率とキルヒhoffの法則.....	336
4.3.4 色温度と分布温度.....	337
4.3.5 測光一次標準器.....	338
4.3.6 白熱電球.....	339
4.3.7 けい光ランプ.....	342
a. 構造と種類.....	342
b. 点灯方式.....	344
c. けい光ランプの高効率化と高出力化.....	347
4.3.8 高圧水銀ランプ.....	348
a. 高圧水銀ランプの種類.....	348
b. 構造と点灯.....	350
4.3.9 その他の光源.....	351
a. ナトリウムランプ.....	351
b. キセノンランプ.....	351
4.4 測 光.....	(吉江 清).....352
4.4.1 電球の分布温度の測定.....	352
4.4.2 光度の測定.....	353
a. 距離の逆2乗則による方法.....	353
b. 受光器の光束対光電流特性を利用する方法.....	354
4.4.3 全光束の測定.....	354
4.4.4 照度の測定.....	355
4.4.5 同色測光と異色測光.....	355
4.4.6 分光測光による異色測光.....	356
4.5 レーザ.....	(神山 雅英).....358
4.5.1 レーザ光の性質.....	358
4.5.2 気体レーザ.....	359
a. 気体レーザの発振波長.....	359
b. 気体レーザ光の諸性質.....	360
4.5.3 固体レーザ.....	362
a. ルビーレーザ.....	362
b. ガラスレーザ.....	363
c. YAG レーザ.....	364
4.5.4 半導体レーザ.....	367
4.6 けい(螢)光, りん(燐)光.....	(神山 雅英).....369
4.6.1 はじめに.....	369
4.6.2 けいりん光の励起と発光.....	370
a. 簡単な原理.....	370
b. ルミネッセンスの一般的性質.....	371
c. 實用的けいりん光体の例.....	372
4.6.3 電界発光.....	373
a. 電荷キャリア注入ルミネッセンス.....	374

b. EL ランプ	374
4.7 オプトエレクトロニクス	(神山 雅英) 375
4.7.1 はじめに	375
4.7.2 オプトエレクトロニクス	378
4.7.3 オプティカル・カップリング	381
4.7.4 レーザとオプトエレクトロニクス	384
5. 色彩工学序説	(日置 隆一)
5.1 はじめに	387
5.2 CIE 表色系	388
5.2.1 混色系の基礎	388
5.2.2 RGB 表色系	389
5.2.3 XYZ 表色系	393
5.2.4 X ₁₀ Y ₁₀ Z ₁₀ 表色系	397
5.2.5 色の表示	398
a. 光源の色の表示	399
b. 物体の色の表示	399
c. 標準白色面	400
d. 標準照明	400
e. 主波長・刺激純度	402
5.3 UCS 表色系	404
5.3.1 XYZ 表色系の色度図	404
5.3.2 ジャッドの UCS 表色系	404
5.3.3 マックアダムの UCS 表色系	406
5.3.4 Scofield-Judd-Hunter の $\alpha\beta$ 色度図	410
5.4 ULCS 表色系	410
5.4.1 マンセル表色系	411
5.4.2 アダムスの chromatic value 系	412
5.4.3 ハンターの Lab 空間	414
5.4.4 U*V*W* 表色系	414
5.5 色 差	416
5.5.1 色差の NBS 単位	416
5.5.2 CIE の色差式	417
5.5.3 アダムスの色差式	417
5.5.4 ハンターの色差式	417
5.6 色 温 度	418
5.6.1 黒体軌跡	418
5.6.2 分布温度	419
5.6.3 色温	420
6. 薄膜の技術	(金原 篤)
6.1 はしがき	423
6.2 基本技術	423

6.2.1 真空蒸着.....	424
a. 蒸着装置.....	424
b. 排気系.....	427
6.2.2 スパッタリング.....	433
a. スパッタリング法の原理 と特長.....	433
b. 物理スパッタリング.....	435
c. 化学スパッタリング.....	437
6.2.3 その他の薄膜製作技術.....	437
a. 熱酸化法と陽極酸化法.....	437
b. 気相成長法.....	439
6.2.4 膜厚測定技術.....	440
a. はしがき.....	440
b. 比色法.....	441
c. くり返し反射干渉法.....	441
d. 干渉色と光電測光法.....	442
e. 振動石英法とイオン電流法.....	444
f. その他の方法.....	445
6.2.5 基板の表面処理.....	446
a. はしがき.....	446
b. 洗剤処理.....	447
c. クロム酸法.....	447
d. 超音波洗浄法.....	447
e. イオン衝撃法.....	447
f. 一般的注意.....	448
6.3 光学用薄膜.....	448
6.3.1 波動としての光.....	448
a. 鏡.....	448
b. 反射防止膜.....	449
c. 干渉フィルター.....	450
d. 回折格子.....	451
e. 偏光子.....	451
f. 位相板.....	451
6.3.2 光子としての光.....	452
a. 光電面.....	452
b. 光電導.....	452
c. 光電池.....	453
d. EL	453
e. けい(螢)光体.....	454
6.3.3 間接的利用法.....	454
a. 透明電導性薄膜.....	454
b. 保護膜.....	455
c. 非球面化.....	455
d. 装飾用.....	456
7. 写 真 技 術	編集・菊池 真一
7.1 写真材料の特性.....	(菊池 真一).....459
7.1.1 写真的特徴.....	459
a. 記録性.....	459
b. 眼の代用.....	459
c. 分光感度.....	460
d. 長さの測定.....	460
e. 光度の測定.....	460
7.1.2 銀塗写真感光層の構造.....	461
7.1.3 感光の原理.....	463
7.1.4 ハロゲン銀の分光感度と分光増感.....	464
7.1.5 写真材料の特性.....	466
7.1.6 各種の写真材料とその特性.....	467

7.2 現像・定着.....	(本多 健一).....	467
7.2.1 写真処理.....		467
7.2.2 現像.....		468
a. 現像の機構.....	d. カブリ.....	470
b. 現像の進行.....	e. 物理現像.....	470
c. 現像の速度.....		469
7.2.3 現像主薬およびその他の助剤.....		471
a. 現像主薬.....	c. 保恒剤.....	473
b. 現像促進剤.....	d. 抑制剤その他の添加剤.....	473
7.2.4 現像液処方および操作.....		473
a. 処法.....	c. 現像停止液.....	473
b. 現像操作.....		473
7.2.5 定着.....		474
a. 定着反応.....	c. 定着液処方.....	474
b. 硬膜.....		474
7.2.6 水洗.....		474
7.3 カラー写真材料.....	(友田 宜忠).....	474
7.3.1 カラー写真的諸方式.....		475
7.3.2 多層乳剤のカラー写真材料.....		475
a. 外型カラー写真材料と内型	c. 反転カラー写真材料とネガ	
カラー写真材料.....	ポジ法カラー写真材料.....	476
b. 多層乳剤カラー写真材料の構造.....	d. 発色現象.....	479
構造.....	e. 自動マスキング.....	482
7.3.3 拡散転写法カラー写真材料.....		484
7.3.4 銀色素漂白法カラー写真材料.....		485
7.3.5 色の対応しないカラー写真材料.....		485
a. 記録紙.....	d. 航空用赤外カラー写真材料.....	486
b. 広露光域感光材料.....	e. マスク用カラーフィルム.....	486
c. X線、電子線写真.....		486
7.4 非銀塩写真材料.....	(菊池 真一).....	486
7.4.1 非銀塩写真的発達とその分類.....		486
7.4.2 電子写真.....		487
a. 感度分布.....	d. PIP法.....	489
b. 周辺効果とその除去法.....	e. 放射線ゼログラフィ.....	489
c. 電子写真的特種形.....		489
7.4.3 ジアゾ写真法.....		490
7.4.4 感熱写真.....		493
7.4.5 感光性樹脂.....		494
7.5 マイクロ写真.....	(小穴 純).....	496
7.5.1 マイクロ写真の概略.....		496
a. 普通のマイクロ・フィル	ミング.....	497

b. 超マイクロ写真.....	498
7.5.2 マイクロ写真用の感光材料.....	498
7.5.3 マイクロ写真用の撮影レンズ.....	499
7.5.4 マイクロ写真的撮影機.....	501
7.5.5 ネガの撮影解像力.....	502
7.5.6 ネガ像の品位.....	503
7.6 映画技術.....	(笹井 明) 505
7.6.1 映画の原理.....	505
7.6.2 カメラ(映画撮影機).....	506
7.6.3 映画用フィルム.....	507
7.6.4 フィルムの現像処理.....	508
7.6.5 焼付.....	510
7.6.6 映写.....	511
7.6.7 撮影と編集.....	511

レンズ設計

8.1 光線追跡に入るまで.....	(丸山 修治) 513
8.1.1 曲面における光線の屈折と反射.....	513
a. 屈折と反射.....	513
b. 曲面の法線.....	514
c. 直角全反射プリズムの 臨界角.....	514
8.1.2 ガウス領域における関係式.....	514
a. 一つの球面による結像.....	514
b. 焦点距離・倍率.....	514
c. ラグランジュ・ヘルムホルツ の式.....	515
d. 主要点とそれに関係した結像 関係式.....	515
e. 任意の共役点を基準にとった 結像関係式.....	517
f. 一つの球面および単レンズ.....	518
g. 近軸光線の追跡.....	519
h. 光路図.....	520
8.1.3 ザイデル領域における光学系の性質.....	521
a. ザイデル収差の式.....	521
b. ザイデル係数.....	523
c. δ_v, τ_v の意味.....	524
d. $h_v=0$ のときのザイデル係数.....	524
e. $Q_v=0$ のときのザイデル係数.....	525
f. $d\left(\frac{1}{ns}\right)_v = 0$ のときのザイデル 係数.....	525
g. 曲率の中心が入射瞳に 共役な面.....	525
h. 頂点が入射瞳に共役な面.....	526
i. 二つの光学系の組合せ.....	527
j. 球面収差とコマの無い光学系.....	527
k. 球面収差・コマ・非点収差 のない光学系.....	528
l. 一つの屈折球面.....	529
m. 平凸あるいは平凹レンズ.....	529
n. 単レンズの(1).....	530
o. 単レンズの(2).....	531
p. ツィンケン・ゾンマーの条件 を満たす単レンズ.....	532
q. 同心の光学系.....	532
r. A_v, Γ_v の符号.....	532
s. 薄いレンズの光学系.....	533
t. 平凸レンズの球面収差.....	534
u. 球面反射鏡の球面収差.....	535

v. 色収差.....	535
8.2 光線追跡以後.....	(三宅 和夫).....536
8.2.1 光線追跡法.....	536
a. 符号の約束.....	536
b. 球面による屈折.....	537
8.2.2 スキー光線追跡.....	538
a. 記号の説明.....	538
b. 追跡式の算出.....	539
8.2.3 共軸非球面光学系の追跡式.....	539
a. 共軸非球面の式.....	539
b. つぎの面への移行の式.....	540
8.2.4 5次収差係数の計算.....	541
a. 記号、符号に関する約束.....	541
b. 近軸光線追跡.....	541
8.2.5 レンズの自動設計.....	544
a. 減衰最小自乗法.....	544
b. 境界条件の処理.....	546
c. グラッシュベルの方法.....	547
d. 鈴木氏の方法.....	548
e. グレイの方法.....	550

9. 光学材料と加工

編集・木下 是雄

9.1 ガラスの物性.....	(横田 良助).....551
9.1.1 ガラス状態とガラス化条件.....	551
9.1.2 ガラスの構造.....	554
9.1.3 ガラス構造の不均一性とスピノーダル分解.....	556
a. スピノーダル分解.....	556
b. 熱ゆらぎによる不均一性.....	558
9.1.4 転移域における緩和現象.....	559
9.1.5 ガラスの機械的性質.....	563
a. ガラスの弾性率.....	563
b. ガラスのマイクロプラスティシティ.....	563
9.1.6 ガラスの着色.....	564
a. 着色イオンによるもの.....	564
b. コロイドによる着色.....	565
c. 放射線による着色.....	565
d. 放射線による着色の防止法.....	566
e. 透過率自動可変ガラス.....	566
9.1.7 ファラデー回転能の大きいガラス.....	566
9.2 光学ガラス.....	(泉谷 徹郎).....568
9.2.1 光学ガラスの発展.....	568
9.2.2 光学ガラスの屈折率、分散.....	568
9.2.3 光学ガラスの種類と組成.....	570
9.2.4 光学ガラスの特質.....	575
a. 着色.....	576
b. ヤケについて.....	576
c. 光学ガラスの研磨性について.....	579

9.2.5 む す び.....	580
9.3 光学ガラスの加工.....	(塩見 桂三・小林 節郎) 580
9.3.1 序 説.....	580
a. 歴 史.....	580
b. ガラスの特性.....	582
c. ガラス加工法の分類.....	582
9.3.2 光学ガラス素材.....	585
a. 光学的性質.....	585
b. 加工的性質.....	586
c. 形状区分.....	588
d. 素材製造.....	588
9.3.3 プレス, 切断.....	589
a. プレス.....	589
b. 切 断.....	590
9.3.4 荒ざり研削.....	592
a. 球面の研削加工.....	592
b. 平面の研削加工.....	596
c. 研磨材.....	597
d. 球面平面の砂荒ざり.....	608
9.3.5 はりつけ.....	614
a. 皿工具.....	614
b. はりつけ剤.....	614
c. はりつけ作業.....	615
9.3.6 砂かけ作業.....	620
9.3.7 研磨, みがき.....	622
a. 研磨機.....	622
b. みがき皿, 研磨皿.....	624
c. 研磨用ピッヂ, みがき皿材料.....	625
d. 研磨剤.....	629
e. 研磨液.....	631
f. ガラスの研磨機構.....	631
g. 研磨作業.....	632
h. はがし, 洗浄.....	634
9.3.8 部品検査.....	635
9.3.9 心取り.....	639
a. 心取り一般.....	639
b. ペルクランプ式自動心取機.....	640
c. 接着式手動, 自動心取機.....	642
d. 併用式.....	642
e. 心取り検査.....	642
9.3.10 非球面の加工	643
a. 概 要.....	643
b. 非球面の加工.....	643
9.3.11 ガラス目盛	653
a. 機械的方法.....	653
b. 化学的方法.....	657
c. 物理的方法.....	660
9.3.12 ガラスめっき法	660
a. 化学的方法.....	660
b. 物理的方法.....	662
9.3.13 コーティング	667
a. 単層膜反射防止.....	668
b. 多層膜反射防止.....	669
c. その他の反射防止膜.....	669
d. コーティング装置.....	670
e. 膜厚コントロール.....	670
9.3.14 パルサム作業	671
a. パルサム作業の目的.....	671
b. パルサムの準備.....	672

c. 光学接着剤の条件	672	e. パルサム作業工程	672
d. 接着剤の種類	672	f. パルサムの検査	672
9.4 光学結晶		(大浦 政弘) 674	
9.4.1 概 論		674	
9.4.2 光学結晶の育成		677	
a. ブリッジマン法	677	c. ベルヌーイ法	678
b. チョクラルスキー法	677	d. 溶融法	678
9.4.3 光学的特性		679	
9.4.4 他の物理化学的特性		684	
9.4.5 光学結晶の加工方法		685	
9.5 光学プラスチックス		(谷田部善雄) 688	
9.5.1 プラスチックス		688	
9.5.2 プラスチックス光学材料の利点		689	
9.5.3 光学用に適するプラスチックス材料		690	
9.5.4 加 工 法		692	
a. 鋳造成形法	692	c. 射出成形法	694
b. 圧縮成型法	693		
9.5.5 プラスチックスレンズの取扱い		694	
9.6 フィルター		(會田軍太夫) 695	
9.6.1 フィルターとは		695	
9.6.2 フィルターの種類		695	
a. 一般写真用フィルター	695	b. 特殊フィルター	716
9.7 光学纖維		(大頭 仁) 718	
9.7.1 光学纖維		718	
9.7.2 光学的性質		719	
a. 開口数	719	d. 両端面の断面直径が異なる	
b. 透過率	719	光学纖維	722
c. 像の伝達特性	721	e. 細繊光学系の特徴	722
9.7.3 加 工 法		722	
a. 素 材	722	d. 溶融法	725
b. ロッド法	723	e. 細繊の配列	725
c. マルチプル・ファイバー法	724		
9.7.4 応 用		725	
a. 可燃性の、長い細繊光学系	725	c. 両端面の配列を変えた纖維	
b. 板状あるいは棒状の纖維		光学系	727
光学系	726	d. その他	727
10. 生理光学			
10.1 視覚の物理		(池田 光男) 729	
10.1.1 可 視 域		729	
10.1.2 比視感度の測定		730	

a. 直接比較法	730	d. 閾値法	731
b. 順次法	730	e. CIE 比視感度	731
c. フリッカーフォード法	731		
10.1.3 視覚系の感度測定の実際	732		
a. 光の与え方	732	c. 光学系	735
b. 瞳孔径の変化とスタイルズ-クロフォード効果	733	d. 閾値の決定	736
10.1.4 閾値法による分光感度	736		
a. 絶対閾値	736	b. 弁別閾値	737
10.1.5 視覚系の絶対感度	737		
a. 光の知覚に必要な最小光量子数	737	b. 1個の桿体を刺激するに必要な最小光量子数	739
10.1.6 順応光による感度の変化	739		
10.1.7 暗順応曲線	740		
10.1.8 時間的に変化のある順応光下における感度の変化	741		
10.1.9 視覚系の空間周波数特性	742		
a. 閾値法	742	c. マッハバンドを用いる方法	743
b. 比較法	743		
10.1.10 視覚系の時間周波数特性	745		
10.2 眼の光学	(中尾 主一) 747		
10.2.1 眼(視器)	747		
a. 定義	747	c. 視路	747
b. 眼球	747	d. 付属器	748
10.2.2 眼屈折	748		
a. 定義	748	d. 矯正眼	752
b. 模型眼	748	e. 調節	752
c. 球面屈折異常	749		
10.2.3 眼光学系(中間透光体)の光学常数	753		
a. 液液層	753	e. 水晶体	754
b. 角膜	753	f. 硝子体	758
c. 房水	754	g. 眼軸長	759
d. 瞳孔	754		
10.2.4 網膜像	759		
a. 視力	759	d. 焦点深度	761
b. 眼球の収差	760	e. 屈折異常眼の朦胧と朦胧像	762
c. 拡散函数とOTF	760		
10.2.5 網膜の特性	763		
a. 組織特性	763	d. 順応	765
b. スタイルズ-クロフォード効果	764	e. 識別閾値と臨界融合頻度	767
c. 感光性視物質	765	f. 電気生理	767

10.2.6	両眼視	768
a.	眼球運動	768
b.	輻 緫	769
10.2.7	視野	269
10.3	眼の光学的測定技術	(大島祐之) 771
10.3.1	眼の屈折度の検査	771
a.	自覚的方法	772
b.	他覚的方法	773
10.3.2	調節の測定	775
10.3.3	眼の屈折要素の測定	776
a.	角膜の曲率半径の測定	776
b.	水晶体の曲率半径の測定	778
c.	眼内の屈折面の位置の測定	778
10.3.4	眼の収差その他	779
10.4	光線による眼障害	(山地良一) 780
10.4.1	有害光線	780
10.4.2	光の波長による種類と作用	780
10.4.3	眼組織の光の吸収、透過	781
a.	角膜	782
b.	房水	782
c.	水晶体	782
d.	硝子体	782
10.4.4	光による眼の障害	782
a.	紫外線による眼の障害	783
b.	可視光線による視の障害	783
c.	赤外線による眼の障害	783
10.5	眼鏡レンズ	(曾田軍太夫) 784
10.5.1	眼鏡レンズの屈折度	784
10.5.2	厚いレンズの屈折度	786
10.5.3	眼鏡レンズの種類	788
a.	球面レンズ	788
b.	円柱レンズ	789
c.	トリック・レンズ	789
d.	多焦点レンズ	790
e.	サイズ・レンズ	792
f.	白内障レンズ	793
g.	レンチクラール・レンズ	793
h.	コンタクト・レンズ	793
i.	弱視レンズ	794
10.5.4	乱視矯正用レンズの種類	794
a.	単性レンズ	794
b.	複性レンズ	794
c.	混合性レンズ	795
d.	乱視レンズのつくり方	795
10.5.5	球面と円柱レンズをトリック・レンズに換算する理論	796
10.5.6	トリック面の公式	798
10.5.7	二つの円柱レンズを組合せたときの屈折度	800
10.5.8	眼鏡レンズの収差	802
10.6	弱視レンズ	(梶浦陸雄) 805
10.6.1	遠用眼鏡	806
10.6.2	近用眼鏡	806

10.6.3 遠近両用	808
10.7 コンタクトレンズ	(中島 章) 810
10.7.1 用途、種類	810
10.7.2 CL 用材料	811
10.7.3 CL の構造、設計	812
10.7.4 CL の製造、規格	814
10.7.5 CL の検査	815
10.8 保護眼鏡	(曾田軍太夫) 818

11. 光学機械

11.1 望遠鏡	(小杉 俊一) 825
11.1.1 望遠鏡	825
11.1.2 望遠鏡の原理	825
a. ガリレイ望遠鏡とケプラー 望遠鏡の原理	825
b. 地上望遠鏡の原理	826
11.1.3 望遠鏡の性能	827
a. 倍率	827
b. 視界	827
c. 明るさと瞳径	828
d. 分解力	828
e. 双眼鏡による浮上り度	829
11.1.4 対物レンズと接眼レンズの形式と特徴	829
a. 対物レンズ	829
b. 接眼レンズ	829
11.1.5 望遠鏡の種類と特徴	830
a. 天体望遠鏡	830
b. 地上望遠鏡	831
c. 双眼鏡	831
d. 潜望鏡	833
11.1.6 検査	833
11.2 顕微鏡	(宮田 尚一・早水 良定) 834
11.2.1 顕微鏡光学系の基本	834
a. 倍率	834
b. 入射瞳、射出瞳、主光線	835
11.2.2 顕微鏡の分解能	836
11.2.3 顕微鏡の焦点深度	837
a. 肉眼視の場合	837
b. 写真撮影の場合	838
11.2.4 顕微鏡対物レンズ	838
a. 対物レンズの種類	838
b. 同焦点および作動距離	838
c. 顕微鏡対物レンズの収差	839
11.2.5 接眼レンズ	846
a. 接眼レンズの種類	846
b. 接眼レンズの視野数	846
11.2.6 顕微鏡の照明系	847
a. サブステージ・コンデンサー	848
b. クリティカル照明	849
c. 接眼レンズの収差	847
d. 実際の照明	849
e. 暗視野照明	850

c. ケーラー照明	849
11.2.7 各種の顕微鏡	850
a. 生物顕微鏡	850
b. 金属顕微鏡	852
c. 位相差顕微鏡	853
d. 偏光顕微鏡	855
11.3 カメラ	858
11.3.1 カメラの種類とその付属品	858
a. カメラの種類	858
b. 付属品	860
11.3.2 一般用カメラの機構	861
a. カメラボデー	861
b. フィルム給送機構	861
c. 構図および焦点合せのための機構	863
11.4 映画機械	875
11.4.1 撮影機	876
a. 光学系	879
b. フィルム送り機構	881
11.4.2 映写機	884
a. 光学系	884
b. フィルムの送り機構	884
11.4.3 編集機	886
11.4.4 スライド映写機	887
a. 照明系	889
b. スライド変換装置	889
11.5 光学測定器	891
11.5.1 長さの測定器	891
a. 垂型測長器	891
b. 読取装置	892
c. 横型測長器	893
11.5.2 角度の測定器	895
a. 光学的角度定規	896
b. 光学式円形テーブル	896
11.5.3 真直度の測定器	897
a. オートコリメータ	898
b. アラインメント望遠鏡	899
11.5.4 輪郭形状の測定器	901
a. テレセントリック系	901
b. 投影検査器	902
c. 投影器の工作機械への応用	905
11.5.5 工具の測定器	906
a. 工具顕微鏡	906
b. 工具顕微鏡の使用法	908
c. 万能測定顕微鏡	910

11.6 測量器械	(丸安 隆和)	911	
11.6.1 トランシット .....	.....	911
11.6.2 ウイルド製セオドライト .....	.....	912
11.6.3 スタジア測量 .....	.....	912
11.6.4 水平標尺による距離測定 .....	.....	912
11.6.5 レベル .....	.....	912
11.6.6 テルロメーター .....	.....	914
11.6.7 ジオデメーター .....	.....	914
11.6.8 真北測定用ジャイロ付経緯儀 .....	.....	915
11.6.9 写真測量用カメラ .....	.....	916
a. 航空写真測量用カメラ	916	b. 地上写真測量用カメラ	916
11.6.10 傾わい修正機 .....	.....	916
11.6.11 写真測量用図化機 .....	.....	917
11.7 医用光学器械	(霜島 正)	918	
11.7.1 総論 .....	.....	918
a. 定義と分類	918	b. 共通の問題点	918
11.7.2 内視鏡 .....	.....	918
a. 概論	918	d. 胃カメラ	920
b. 硬性内視鏡	919	e. ファイバースコープを用いた 内視鏡	920
c. 軟性胃鏡	920		
11.7.3 眼科用光学器械 .....	.....	923
a. 検査、診断用器械	923	b. 治療、手術用器械	927
11.7.4 手術用顕微鏡	929	
12. 分光機器	編集・吉永 弘		
12.1 分光法	(藤田 茂)	931	
12.1.1 プリズムによる分光法 .....	.....	931
a. プリズムの形状	931	d. 分解の限界と分解能	933
b. プリズムの分散	931	e. 明るさ	933
c. プリズムによるスペクトル線 の強度分布	932	f. プリズムによるスペクトル線 の弯曲	934
12.1.2 回折格子による分光法 .....	.....	953
a. 回折格子の種類	935	g. アノーマリー	940
b. 回折格子の分散	937	f. ゴースト	941
c. 分解能	938	h. 回折格子によるスペクトル線の 弯曲	942
d. 回折格子によるスペクトル 線の強度分布	938	i. プリズムと回折格子の比較	942
e. グレーティング			
12.1.3 マルチスリット分光法 .....	.....	943
a. ゴーレイの方式	943	b. ジラードの方式	943
12.1.4 二光束干渉分光法	945	

a. 原理. 非周期的に光路差を 変化させる場合	945	c. 明るさと分解能	947
b. 装置函数	946	d. 特殊な方法	948
12.1.5 ファブリペロー干渉計による分光法			949
a. 原理	949	d. スペクトルの走査法	952
b. 装置函数	950	e. 反射膜	953
c. 明るさと分解能	951	f. 球面ファブリペロー干渉計	954
12.1.6 特殊な分光法			955
a. SISAM	955	b. PEPSIOS	957
12.1.7 分光法の比較			957
a. 明るさ	957	b. 分解能と信号対雑音比の関係	958
12.2 赤外光学素子・極紫外光学素子			960
12.2.1 赤外光学素子		(三石 明善)	960
a. 光 源	960	d. 偏光器	974
b. 光学材料	962	e. 検出器	976
c. フィルター	969		
12.2.2 極紫外光学素子		(中井 样夫)	996
a. 極紫外光源	996	c. 極紫外検出器	1007
b. 極紫外光学材料	1005		
12.3 測光方式とデータ処理		(南 茂夫)	1014
12.3.1 吸収・反射スペクトルの測定と方式			1015
a. 分光光度計と信号処理	1015	c. 可視・紫外域分光光度計の 測光方式	1020
b. 赤外域分光光度計の測光 方式	1019	d. 光学活性物質の分光測定と 方式	1021
12.3.2 発光スペクトルの測定と方式			1024
a. 発光分光分析における 測光方式	1024	c. けい(螢)光およびラマン 散乱光の測光	1026
b. 分光放射の測定と方式	1025		
12.3.3 時間分解分光測光の方式			1028
a. 繰返し現象のサンプリング法 による測光	1028	c. 高速走査分光光度計の 測光方式	1030
b. 単発現象の測光法	1029		
12.3.4 分光測光とデータ処理			1031
a. 分光測光に用いられる A-D 変換法	1032	b. 測光データの函数変換	1034
c. 測光精度とデータ処理		c. 測光精度とデータ処理	1037
12.4 分光器			1042
12.4.1 極紫外分光器		(鈴木 範人)	1042
a. 凹面回折格子	1042	c. 真空紫外単色計	1050
b. 分光写真器	1046	d. 真空系と差圧排気	1057
12.4.2 可視紫外域分光機器		(遠山健次郎)	1059

a. 分光器の基本形	1059	c. 発光スペクトル測定用 分光機器	1077
b. 吸収スペクトル測定用分光 機器	1067	d. その他の分光機器	1084
12.4.3 赤外域分光装置.....		(岩崎 敏勝)	1088
a. プリズム赤外分光装置	1089	d. 干渉分光装置	1101
b. 回折格子赤外分光装置	1093	e. 高速記録赤外分光装置	1104
c. 遠赤外分光装置	1098	f. 特殊装置	1106

13. 宇 宙 光 学

13.1 気象光学.....		(正木 光)	1109
13.1.1 まえがき			1109
13.1.2 大気中の異常屈折に基づく現象			1109
13.1.3 虹, 光環, 量			1110
13.1.4 エアロゾルによる光の散乱と吸収			1112
13.1.5 野外物体の見かけの輝度, 色, 対比の距離による変化と視程			1117
13.1.6 大気中における光の吸収, 地上における太陽の放射照度			1121
13.2 スペース・オプティックス		(岩田 総)	1123
13.2.1 宇宙開発と宇宙工学			1123
a. 宇宙開発の意義	1123	d. 宇宙開発用機器および衛星 などの搭載機器に要求される 特質	1125
b. 宇宙開発の歴史	1124		
c. 宇宙科学および宇宙工学の 成立	1124		
13.2.2 スペース・オプティックスとは			1127
a. スペース・オプティックスの 対象	1127	d. 宇宙における光通信	1130
b. 高速飛翔体の光学計測	1127	e. 人工衛星などのエネルギー 源に関する問題	1131
c. 人工衛星などに搭載する観測用 光学機器	1129		
13.2.3 宇宙分光学			1132
a. 前説	1132	c. ロケット搭載の分光器	1133
b. 太陽の紫外部および極端 紫外部の分光学	1132	d. 人工衛星搭載の光学機器	1136
13.2.4 人工衛星などの動力源			1137
a. 長寿命の人工衛星などの 動力源	1137	b. 太陽電池	1137
c. Solar Concentrator		c. Solar Concentrator	1138
13.2.5 おわりに			1140

増補・目次

1. 最近の光学技術	(曾田軍太夫)
1.1 光学技術からオプトエレクトロニクスへ	1145
1.2 誘導放出の発想	1145
1.3 誘導放出の実現	1146
1.4 アッペの結像理論から情報技術へ	1146
1.5 レーザー光技術と光学纖維技術の発展	1147
1.6 電気光学材料の開発の向上	1149
1.7 む　す　び	1149
2. 光学像の処理	(辻内 順平)
2.1 ホログラフィックフィルタリング	1150
a. 光学的マッチトフィルタリング.....	1151
b. コード変換.....	1152
c. デコンボリューション.....	1152
d. 加減算.....	1153
2.2 インコヒーレントマッチトフィルタリング	1154
2.3 撮送波写真	1155
a. 单一周波数一次元格子.....	1155
b. ランダム撮送波写真.....	1157
3. ホログラフィー	(辻内 順平)
3.1 ホログラフィックメモリー	1160
a. ホログラフィックメモリーの形成.....	1160
b. ホログラフィックメモリーの記憶容量.....	1161
c. 多重記録とホログラフィックメモリー.....	1164
d. ホログラフィックメモリーの実用.....	1170
3.2 ホログラフィー干涉	1172
a. ホログラフィー干涉.....	1172
b. 透過位相物体の測定.....	1173
c. 物体表面の変形の測定.....	1173
d. 振動の測定.....	1176
e. 形状の比較.....	1179
3.3 ホログラム記録材料	1180
a. ハロゲン化銀感光材料.....	1180

b.	重クロム酸ゼラチン	1181
c.	フォトレジスト	1182
d.	サーモプラスチック	1182
e.	その他の感光材料	1183
4. レーザー		(宅間 宏)
4.1	波長可変レーザー	1188
a.	波長可変レーザーの分類	1188
b.	色素レーザー	1188
c.	光パラメトリック発振器	1190
d.	スピンドリップ・ラマンレーザー (SFR レーザー)	1194
e.	半導体ダイオードレーザー	1195
4.2	紫外線レーザー	1195
4.3	高出力レーザー	1196
a.	CO ₂ レーザー	1197
b.	化学レーザー	1198
c.	高出力ガラスレーザー	1199
5. オプトエレクトロニクス		(宅間 宏)
5.1	光検出器とその使い方	1201
a.	光電管	1201
b.	光電子増倍管	1204
c.	半導体ダイオード	1209
5.2	撮像管とその応用	1212
a.	シリコン・ターゲット・ビジョン	1212
b.	ビジョンの分光学への応用	1213
5.3	高速イメージ管とその応用	1215
6. 非銀塩写真材料		(菊池真一・鋤柄光則)
6.1	ホトクロミズム(追加)	1217
a.	有機系ホトクロミック材料	1217
b.	無機系ホトクロミック材料	1219
6.2	液晶	1219
a.	液晶の電気光学効果	1220
b.	液晶の熱光学効果	1221
7. 光学結晶		(大浦政弘・富田勝彦)
7.1	概要——その後の発展——	1223
7.2	光学結晶育成法の発展	1223

a.	チョクラルスキー法.....	1224
b.	エピタキシャル法.....	1224
c.	ゾーン溶融法.....	1224
d.	透明セラミックス製作法.....	1224
7.3	オプトエレクトロニクスとしての特性	1225
7.4	光学結晶の新しい加工方法	1230
a.	結晶方位の決定法.....	1230
b.	切 断.....	1232
c.	研 摩.....	1232
d.	平面度の検査.....	1233
e.	平行度の検査.....	1233

8. 光 学 繊 維

(大頭 仁)

8.1	追補にあたって	1234
8.2	ガラス素材	1234
8.3	紫外・赤外用ガラス素材	1237
8.4	プラスチック光学纖維	1239
8.5	集束性光学纖維	1241
8.6	単モード伝送用光学纖維	1243
8.7	おわりに	1245

9. 望 遠 鏡

(小杉 傑一)

9.1	プリズム	1247
a.	プリズムの作用.....	1247
b.	プリズムの種類.....	1248
c.	プリズムの誤差.....	1250
9.2	望遠鏡の変倍方式	1254
a.	対物レンズ変倍式.....	1254
b.	正立レンズ変倍式.....	1254
c.	接眼レンズ変倍式.....	1255
d.	バローレンズ.....	1255
9.3	天体望遠鏡の集光力と極限等級	1255
9.4	主要な天体望遠鏡	1256

10. フ メ ラ

(中村 重彌)

10.1	写真レンズ	1259
a.	写真レンズの構成タイプ.....	1259
b.	写真レンズの特性.....	1263
c.	写真レンズの明るさ.....	1268

11. スペース・オプティックス	(西 恵三)
11.1 はじめに	1271
11.2 太陽スペクトル観測用高分散分光系	1271
a. エシェル-グレーティング分光系	1272
b. エシェル-ファブリペロー干渉分光系	1272
c. バルーン搭載用収差除去分光系	1272
11.3 狹帯域（単色）太陽像観測用光学系	1273
a. 凹面回折格子による方法	1273
b. ピンホールおよび zone plate による方法	1273
c. 斜入射型結像系	1274
d. 真空紫外領域スペクトロヘリオグラフ	1274
e. コロナグラフ	1276
11.4 太陽系以外の天体観測	1277
a. 高分散紫外領域分光計	1277
b. OAO-2	1277
11.5 おわりに	1279
索引	1281