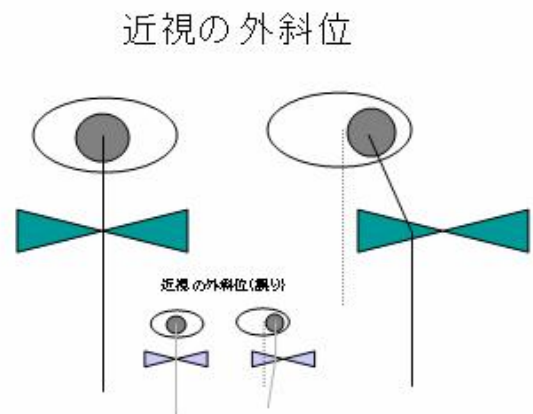
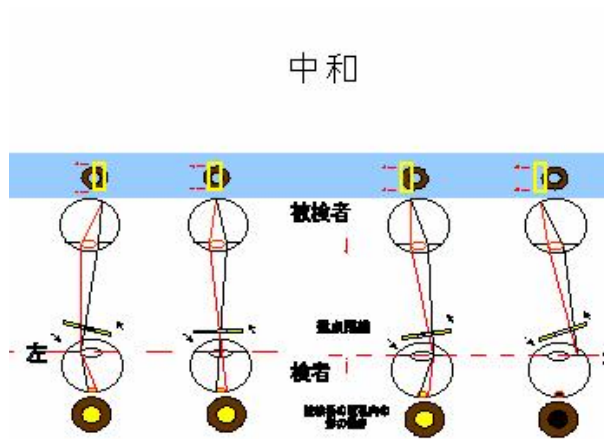


## 図説

# わかりやすい臨床眼光学 (WEB 版)

医学博士 佐渡一成

日本眼科学会認定眼科専門医  
順天堂大学眼科学教室非常勤講師  
さと眼科院長



## はじめに

眼科の医療に携わるものにとって光学、特に眼のしくみや検査の内容にかかわる眼光学を知っていることは最低限必要です。しかし、残念ながら5年前の私を含めて明確に答えられる方はけっして多くはないようです。

途中に頭の体操と題した小欄を挿入しました。この設問に明確に答えられる方にとって、本書はおそらく必要ないものです。

眼光学の知識が整理されていなくても、一般臨床を行なう上では私自身それまでは、ほとんど不都合を感じていませんでした。漠然と「レフラクトメーターは被検眼の屈折測定している」と考えており、レフラクトメーターで得られた数値前後のレンズを検眼枠に入れると視力検査はできていました。詭弁かもしれませんが、便利な器械の出現が我々の考える機会を奪っているのかもしれませんが、もちろん、けっして器械が悪いわけではなく、考えて理解することをせずに漫然と臨床を行なっている我々(私だけ?)が怠けているのです。

5年前に金井淳教授からそれまで柴田博彦先生が担当されていた国立小児病院附属視能訓練学院での眼光学の講義を担当するように指示をいただきました。これから視能訓練士になろうとする学生に「眼光学」の講義を毎週3時間、連続6週間するということは、当時の私にとって「講師がよく知らないのに教える」ということに他ならず、結構難事業でした。特に1年目に私の迷講義を受けることになってしまった学生さんたちにはこの紙面をかりてお詫びとお礼を申し上げます。「混乱した講義につき合わせてしまいました」「質問にもその場で答えられずにすいませんでした」。

わずかつつですが知識が整理されてきますと、もやもやしたものが吹っ切れる快感があり、検査の内容を理解したことで、検査の計画が無駄なく立てられるようになった気がしています。

その後3年間にわたり、国立小児病院附属視能訓練学院と平和学院衛生福祉専門学校視能訓練士科で講義を担当している間に少しずつ整理したものを今回、当時の学生さんへのお詫びとお礼を込めて、本書にまとめてみました。

本書はこれまでに発行されているいわゆる成書とは異なります。眼光学について体系的にまとめたのではなく、学生にわかりやすくと考えて資料にしたものをまとめたからです。教科書ではなく参考書のひとつとして活用していただけたら高いパフォーマンスが期待できると自負しています。

本書をまとめるにあたりましてご助言をいただきました 矢沢興司先生、伊東延子先生をはじめとする順天堂大学のORT、小倉洋子先生、北川恭子先生など多くのORTのみなさんに感謝いたします。

平成13年10月



佐渡一成

## —目次—

はじめに

1	視力	1～ 14
2	光の性質	15～ 40
3	レンズの種類とその働き	41～ 61
4	屈折異常とその矯正	62～ 70
5	調節	71～ 77
6	屈折検査	78～ 98
7	眼鏡	99～109
8	コンタクトレンズ	110～123
9	眼内レンズ	124～125
10	屈折矯正手術	126
11	ロービジョンケア	127～143

INDEX

あとがき

付録：視能訓練士国家試験 一過去問および演習問題一

<MEMO>

## 眼光学 1

### 視力

視力:2点を識別する眼の能力  
かろうじて判別できる2点が眼に対してなす  
角を最小視角といい  
最小視角の逆数で視力を表す

最小視認域:

1線または1点を認める閾値

最小分離域:

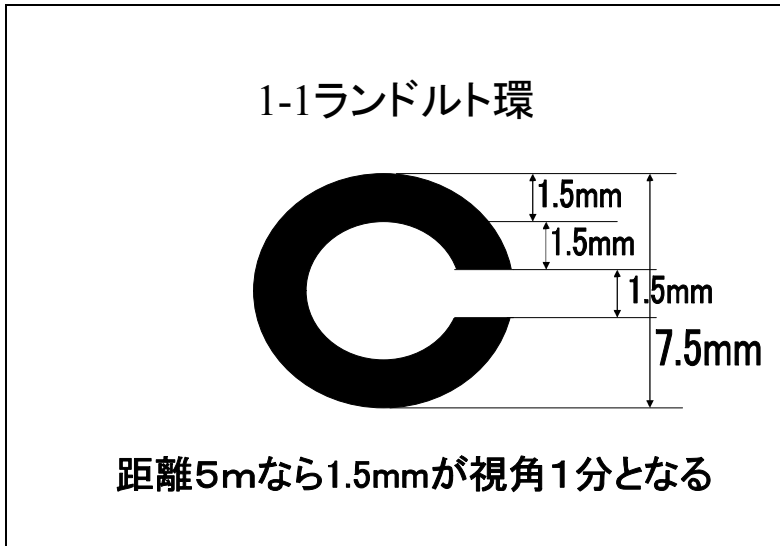
2点または2線を識別して感じる閾値

最小可読域:

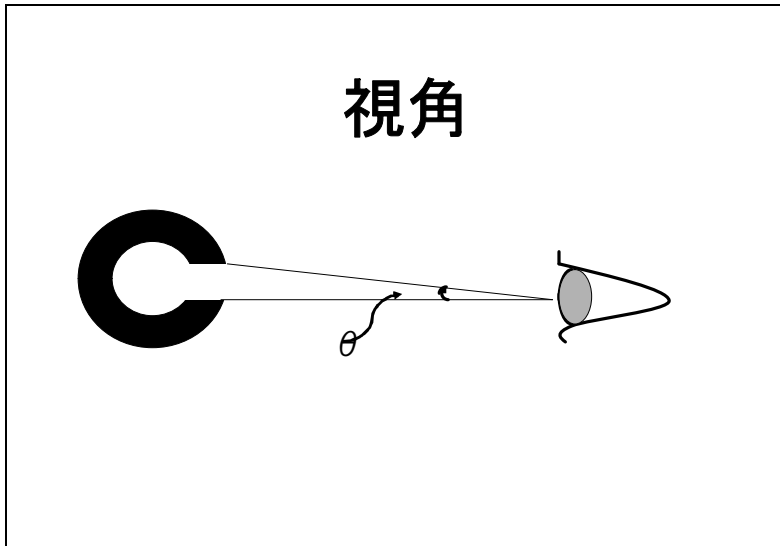
文字を判読できる閾値

副尺視力:

2直線の位置の違いを感じる閾値



標準視標(単位の指標)は視角が1分となるランドルト環



視力 =  $1 / \text{視角}(\theta)$

<u>視角</u>	<u>視力</u>
1分	1.0
2分	0.5
5分	0.2
10分	0.1

## 1-2 裸眼視力と矯正視力

矯正：非正視→正視(状態)

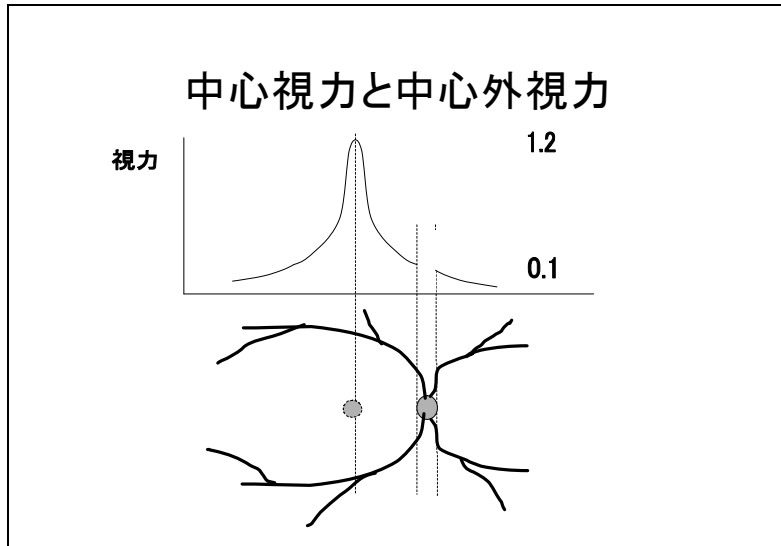
裸眼視力：

矯正しない視力

矯正視力：

眼鏡またはコンタクトレンズで完全に矯正した視力

眼科診療上 視力＝矯正視力



中心視力:

中心窩で見たときの視力

中心外視力:

中心窩以外の網膜部位で見たときの視力



## 遠方視力と近方視力

遠方視力:遠距離における視力(通常 5m)

近方視力:近距離における視力(通常 30cm)

近視:

遠方視力は悪いものの、近方視力は良好

老視:

遠方視力の低下はないが、近方視力は低下する

## 片眼視力と両眼視力

通常は片眼視力

片眼視力:

片眼を遮蔽して測定した視力

両眼開放視力:

遮蔽せず両眼を開いたまま測定した視力

通常 両眼視力は片眼視力より 10%くらい良好

潜伏眼振の場合は片眼遮蔽で眼振が起きるため

両眼視力の方が著しく良好

## 字づまり視力と字ひとつ視力

小児あるいは弱視では  
字ひとつ視力の方が字づまり視力より良好  
(読み分け困難)

字ひとつ視力:

視標をひとつひとつ見せて測定する視力

字づまり視力:

多数の視標が配列された通常の視標を用いて測定される視力

## 少数視力と分数視力

少数視力:国際的な標準視力表示方式

最小視角の逆数を少数で示した視力

分数視力:

分子に検査距離(20フィートまたは6m) 分母に検査に用いた視標を視力1.0の人が  
かろうじて見分けることができる距離で表した視力(Snellen方式)

## 対数視力

少数視力も分数視力も  
視角に反比例する数値であるため  
視力表の視標の各段階は  
視力の実質的な差を示していない

少数視力 0.9-1.0 と 0.1-0.2 は

視力表では共に一段階(0.1の差)であるのに実質的には前者は約10% 後者では100%の差

視力表の視標の段階を等間隔にするためには少数視力の対数値をとらなければならない

LogMAR 視力 :  $\text{Log}_{10}(1/\text{少数視力値})$

少数視力	LogMAR 視力
0.01	2
0.1	1
0.5	0.30103
1.0	0
2.0	-0.30103

## 対比視力

対比視力表を用いて測定された視力

対比視力表：

白地に種々のコントラストの視標を並べた視力表

## 縞視力とMTF

(Modulation Transfer Function)

空間周波数特性

縞視力:

縞の明暗が正弦波的に移行し縞の間隔が漸次狭くなっている縞模様でかろうじて判別できた時の縞の間隔から求めた視力

MTF:

横軸に縞の間隔を 縦軸に縞のコントラストをとり縞として見える点を結んだもの

レーザーを用いたレーザー干渉縞視力は眼の屈折系に影響されず網膜から中枢までの機能を反映している

## 1-3 視力測定法

視力表: 500～700ルクス

5m で 0.1 の視標が判別できないとき

1m で 0.1 の視標が判別できないとき

指数弁

手動弁

光覚弁 (投影確実・不確実)

0 光覚弁なし



## 1-4 乳幼児の視力検査

Preferential looking (PL) 法  
grating acuity cards

Preferential looking (PL) 法:

被検児の前方に2つの窓がありどちらか一方に縞模様を出した場合これが見えれば

被検児の視線がこれを追うという心理的研究に基づいた方法

正解できた縞の幅を視角に換算して視力を求める

grating acuity cards:

簡便な縞視標による検査法

## 眼光学 2

### 光の性質

幾何光学

物理(波動)光学

量子光学

#### 1 幾何光学

光の経路を単に線(光線)として扱いレンズ系・鏡等の結像などの光学現象を扱う

#### 2 物理光学

波(動)としての光の性質

#### 3 量子光学

光を波動性と粒子性を持つものとし光と物質の相互関係を対象

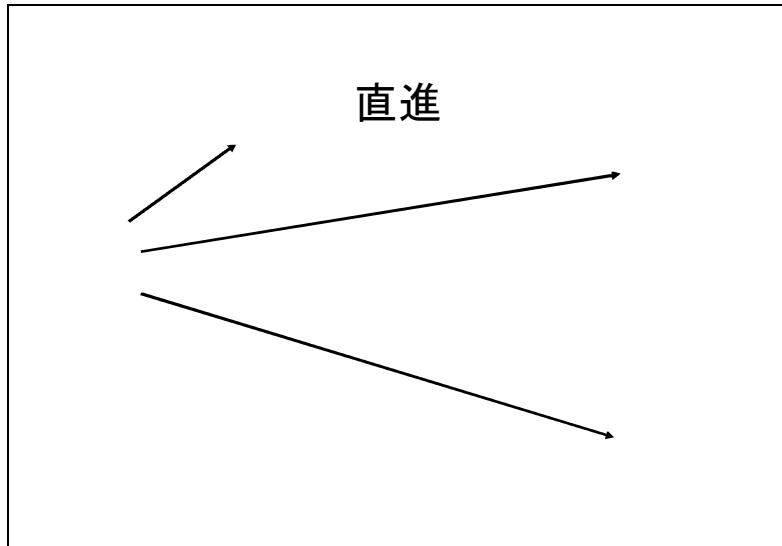
## 2-1 幾何光学

反射  
屈折

- 1 屈折率が一定の媒質内では光は直進する
- 2 逆方向にも同じ経路をたどる
- 3 各光線はお互いに独立であり、干渉しない
- 4 反射と屈折の法則を満足する
- 5 フェルマーの原理

(光が空間内の一点から他点に進むにはその間を最短時間で進むような経路をとる)

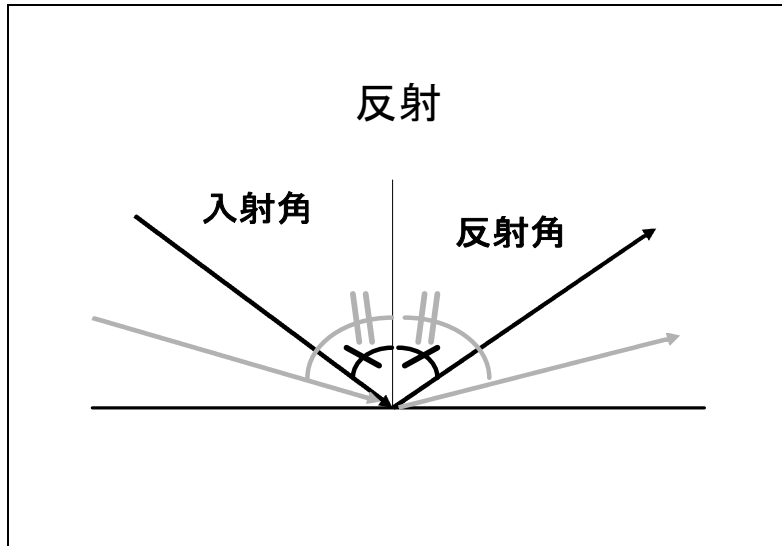
干渉、回折、偏光、散乱あるいは解像力などは幾何光学では正確に取り扱えない



光(可視光線):

波長 400~800nm の範囲の電磁波

屈折率が一定の媒質内では光は直進する



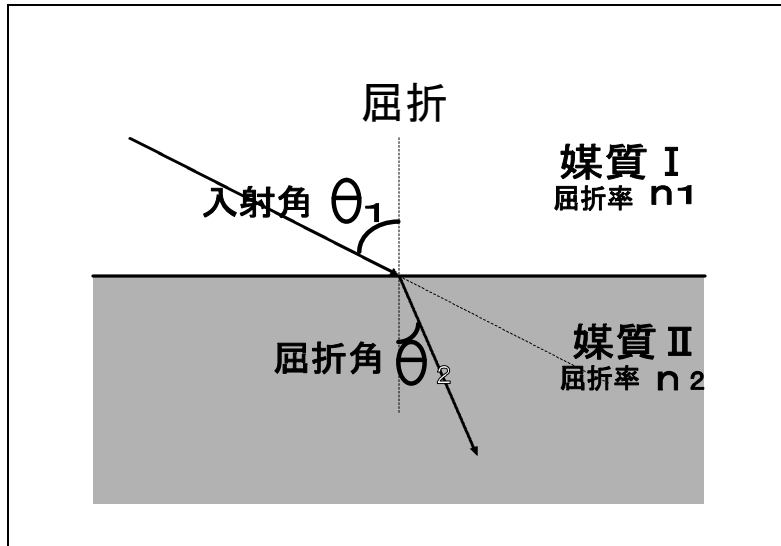
光は異なる媒質の境界面で一部は反射する

入射角＝反射角

(反射の法則)

全反射

臨界角を超えると光は境界面ですべて反射される



光は異なる媒質の境界面で一部は方向を変えて進入する。

これを屈折という。

屈折の法則 : Snell の法則

$$n_1 \cdot \sin \theta_1 = n_2 \cdot \sin \theta_2$$

媒質と媒質の屈折率の差が大きいほど、境界面での屈折が大きくなる。

(均質な物質内では光は直進する:屈折しない)

### 頭の体操(1)

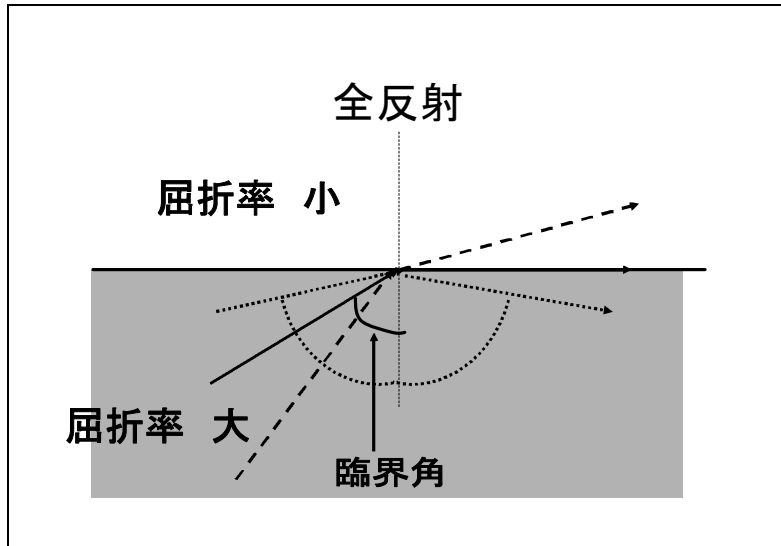
プールの中で眼を開けたとき、  
裸眼だとぼんやりなのに、ゴーグルを  
装用するとはっきり見えるのはなぜ

媒質と媒質の屈折率の差が大きいほど大きな屈折力が生じます。

ゴーグルを装用した場合は、角膜の前面は空気(屈折率約 1.0)ですので、角膜前面で約+40D の屈折力が得られますが、ゴーグルを装用しない場合は角膜の前面が水(屈折率約 1.3)になりますので、その境界である角膜前面で生じる屈折力は非常に小さくなります。

角膜前面の屈折力が小さくなるため、眼球に入る光は網膜よりもずっと後方で結像することになります。

(強い遠視と同様の状態になるためぼんやりしか見えないことになります。)



光が屈折率の大きな媒質から屈折率の小さな媒質に向かって進む場合、光の入射角が臨界角を越えると光は境界面で全反射し、屈折率の小さな媒質中には進めない。



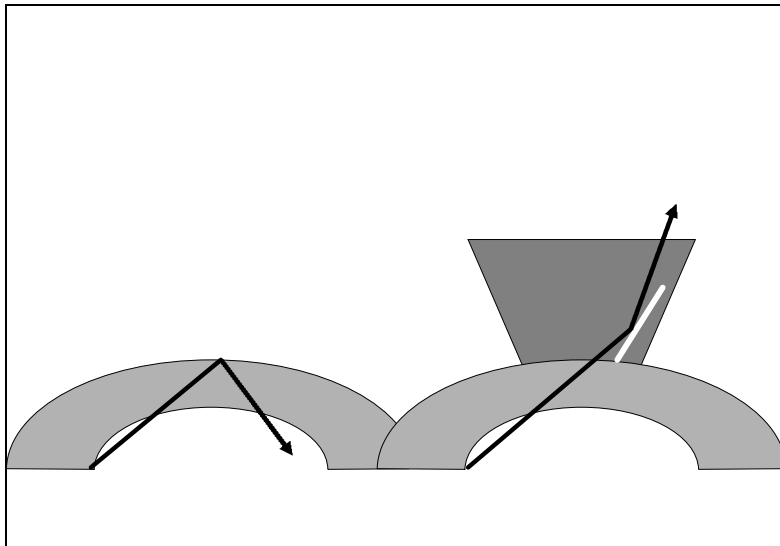
## 頭の体操(2)

隅角を観察する場合、コンタクトレンズを使用するのはなぜか

細隙灯顕微鏡のスリット光および  
観察部の角度をうまく合わせれば  
隅角は見えるか??

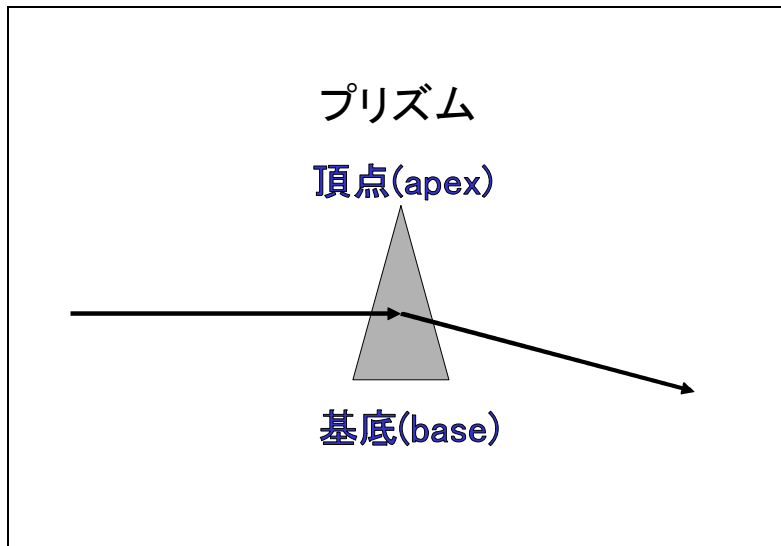
幾何光学の約束として、「光は逆方向にも同じ経路をたどる」ので、「隅角部が見える」には、まず検者の眼から隅角に光が届き、隅角から眼に向かって光が戻ってくる必要があります。

つまり、隅角部を観察するには隅角部からの光が検者の眼に届く必要がありますが、通常の状態では、かりに隅角部に光が届いたとしても隅角部からの光は角膜前面と空気の境界面で全反射がおきるために検者の眼には届きません(見えません)。



一方、メチルセルロース(スコピゾル)を使用し、観察用のコンタクトレンズを角膜上に密着させると、メチルセルロースおよび観察用コンタクトレンズの屈折率は角膜の屈折率に近いので、角膜前面とメチルセルロース・観察用コンタクトレンズの境界面では、全反射がおきなくなります。

このため、検者の眼から隅角に光が届き、隅角から眼に向かって光が戻ってくる経路ができるようになります(隅角部が見えます)。



プリズム:くさび形をした透明体

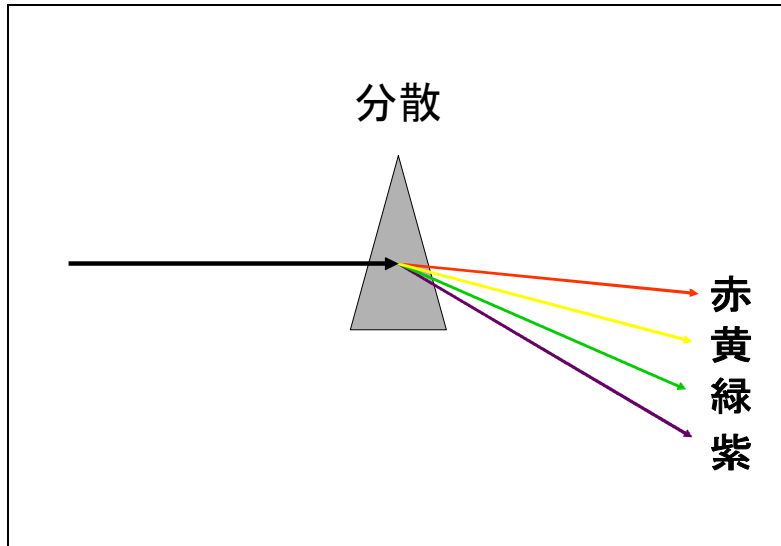
光線は基底側へと曲げられる

1 prism diopter( $\Delta$ ): 1m 離れたところで1cm ずれる場合

f m 離れたところで hcm ずれる場合 :  $h/f$  prism diopter( $\Delta$ )

## 2-2 物理(波動)光学

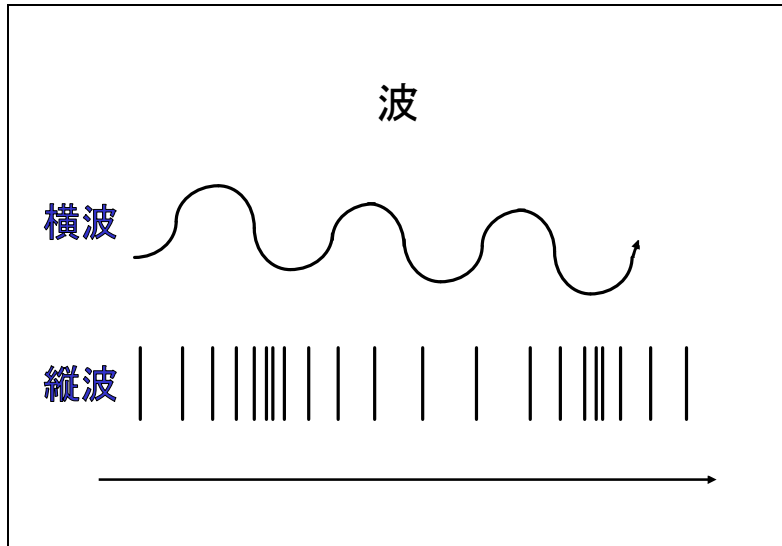
干渉  
回折  
偏光  
散乱  
(解像力)



光は波長によって屈折の度合いが異なる

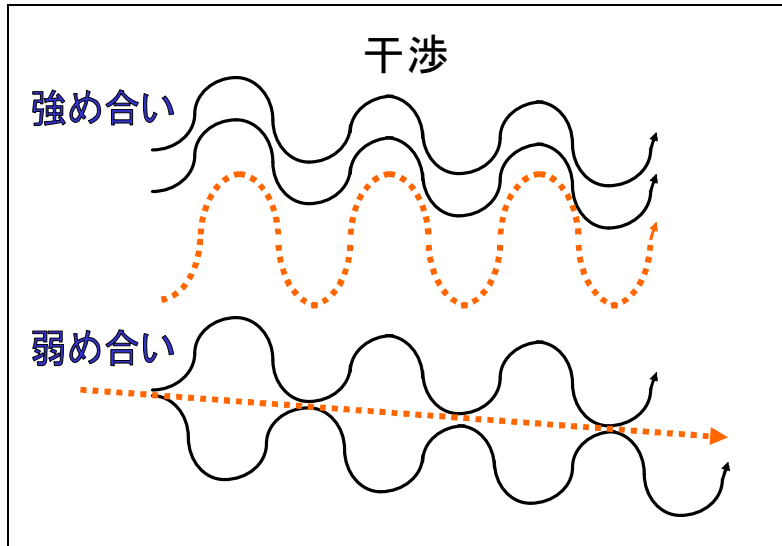
波長が短いほど大きく屈折され

波長が長いほど屈折の度合いは小さい



横波：光

縦波：音

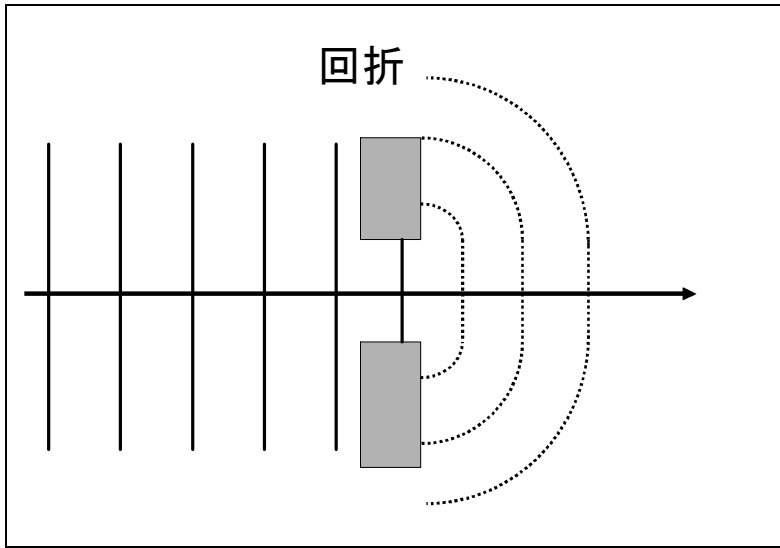


二つの波の山が重なれば

強め合い

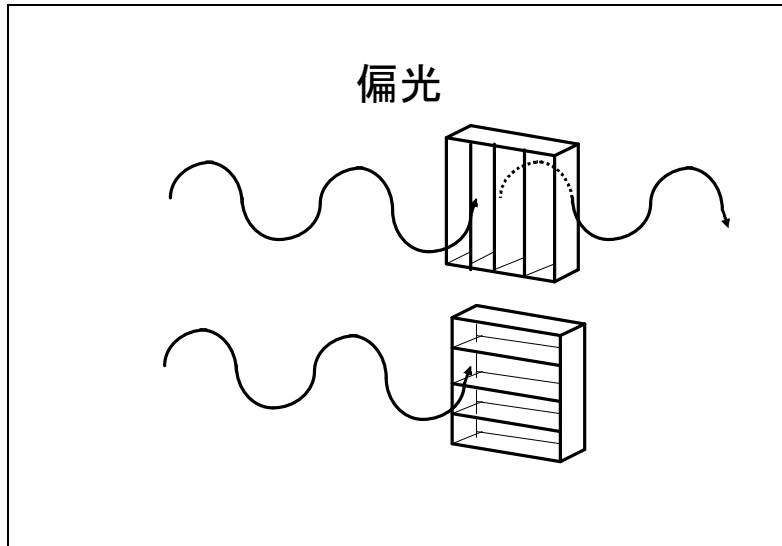
二つの波の山と谷が重なれば

弱め合う



壁の影にも波が回り込む現象



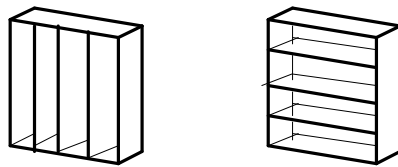


上図には縦方向の波のみが表されているが通常の光はすべての方向の波（縦も横も斜めもすべて 360 度）の成分を含んでいる。

一定の（波の）方向をもった光を偏光という。

偏光板を通すと通常の光のうち一定の波の方向をもった光（偏光）だけが通過する。

## 偏光板(眼鏡)



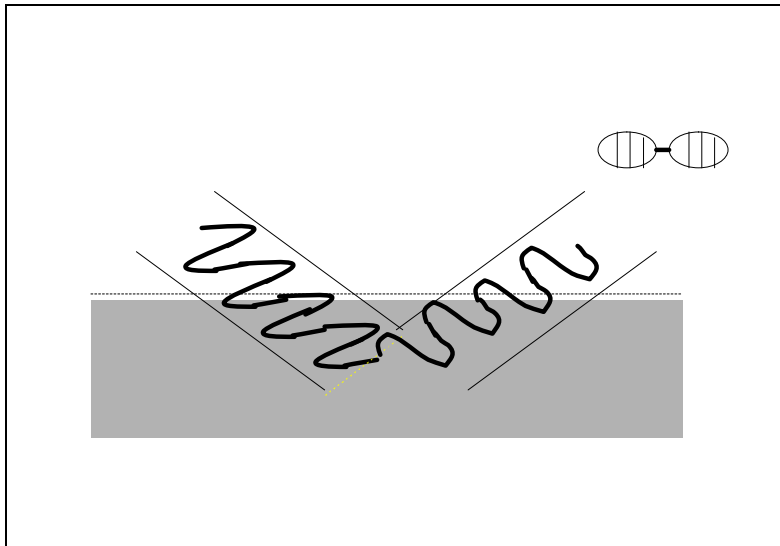
つり用眼鏡：

水面で反射した光の成分を偏光板でカットすることで水中が見えやすくなる。

ショーウィンドーの外側から内側の商品を見る（写真を撮る）：

ショーウィンドーのガラスで反射した光の成分を偏光板でカットすることで

ショーウィンドーの内側が見えやすくなる。



#### 例1:水面(上図)

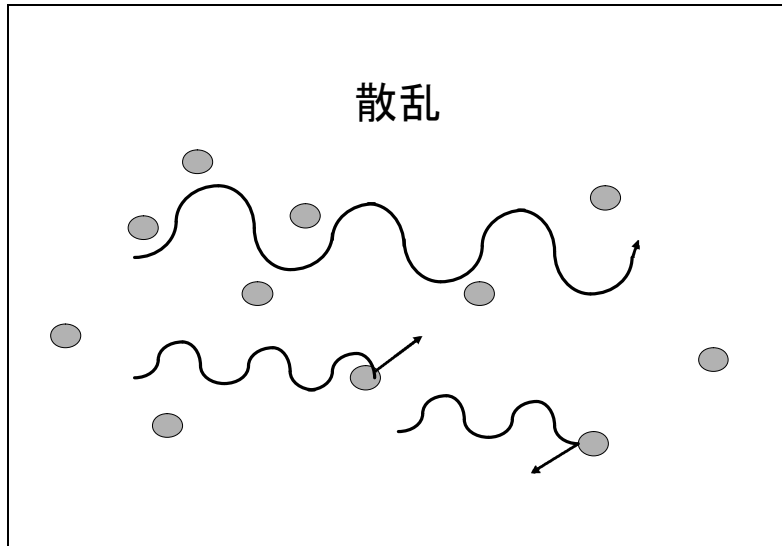
光のうち水面に平行な方向の波の成分(横方向)が水面でよく反射する。

釣り用の偏光眼鏡はこの反射をブロックするように縦方向の偏光を通すようにできている。

#### 例2:ショーウインドー(上図を直角にして考える)

光のうちショーウインドー(ガラス面)平行な方向の波の成分(縦方向)がショーウインドー(ガラス面)でよく反射する。

ショーウインドーの内側をカメラで撮影する場合の偏光板はこの反射をブロックするように横方向の偏光を通すようにできている。



光は小さな粒子にぶつかりとさまざまな方向に散らされる

これを散乱という

散乱は波長が短いほど起きやすい

## レーザー光線

- 1 可干渉性(コヒーレンス):  
2つの光束が干渉を生じる能力 同一位相
- 2 単色性: 単一の波長
- 3 指向性: 光の広がりが非常に少ない

レーザー光: 波長の揃った純粋な光

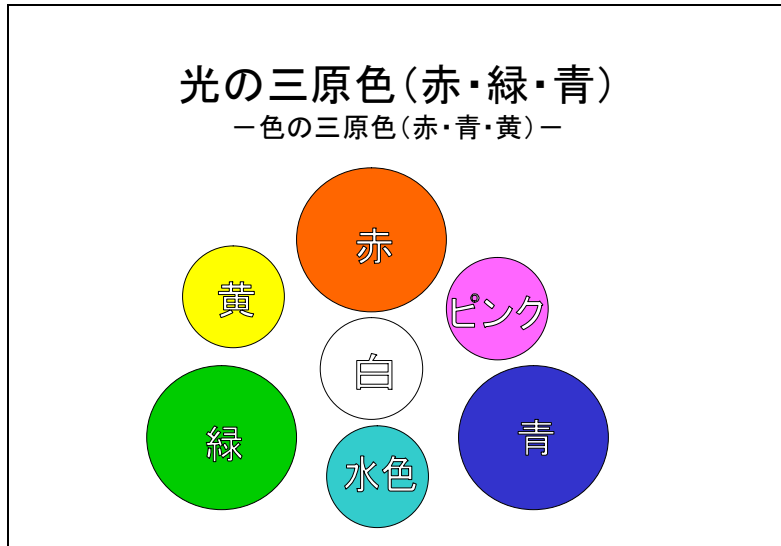
強力なエネルギーを発生する

波長・出力・出力波形(連続波 パルス波)により

影響が異なる

レーザー光の身体に対しての主な作用

- 1) 熱作用による蛋白の変性
- 2) 光化学反応
- 3) 衝撃波による組織破壊



網膜の視細胞のうち

色を感じる細胞(錐体)は3種類

赤・緑・青

テレビのブラウン管も赤・緑・青

バナナは青い光を吸収し

赤と緑を反射するので赤+緑=黄色に見える

絵の具の赤・青・黄は、混ぜるとほとんどの色を作れるので「色の三原色」といわれている

すべて混ぜると灰色になる

## 2-3 物体と像の関係(結像関係)

## vergence

### Vergenceの符号の定義

収束光線束：+

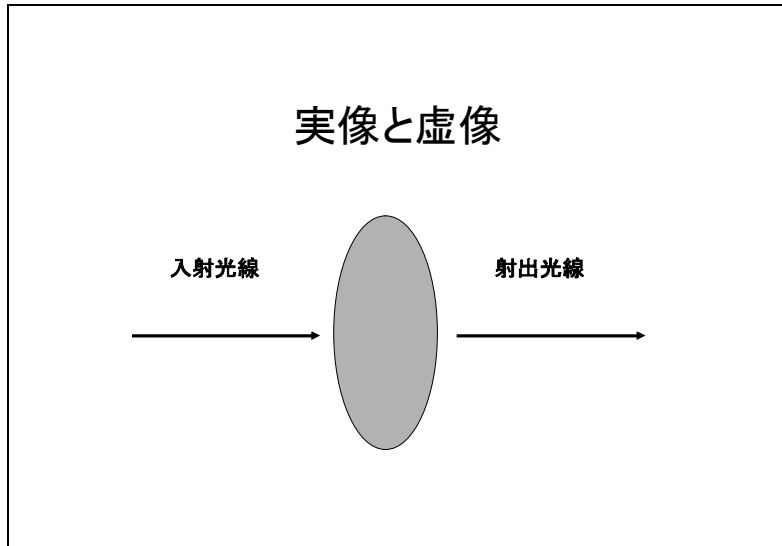
平行光線束：0

開散光線束：-

+レンズは正の vergence を

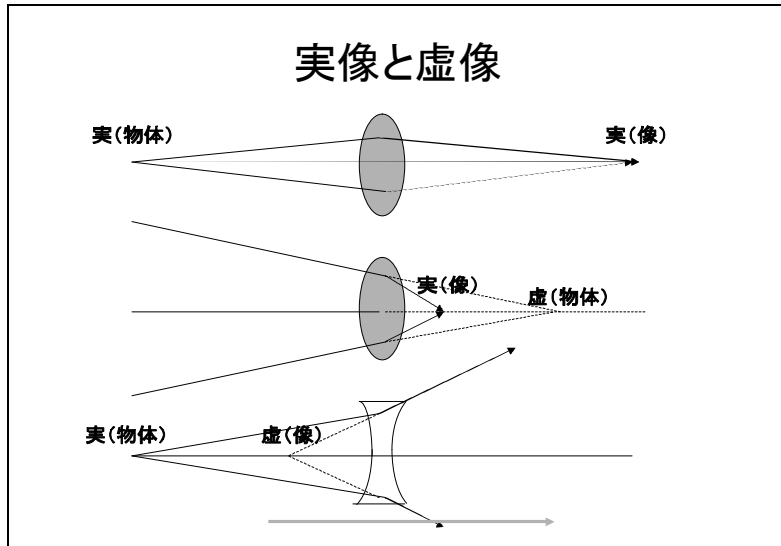
-レンズは負の vergence を光線束にあたえる





通常は入射光線を左側に

射出光線を右側に記載する



物体が入射光線と同じ側(入射側)にあれば 実物体

射出光線と同じ側(射出側)にあれば 虚物体

像 が 入射光線と同じ側(入射側)にあれば 虚像

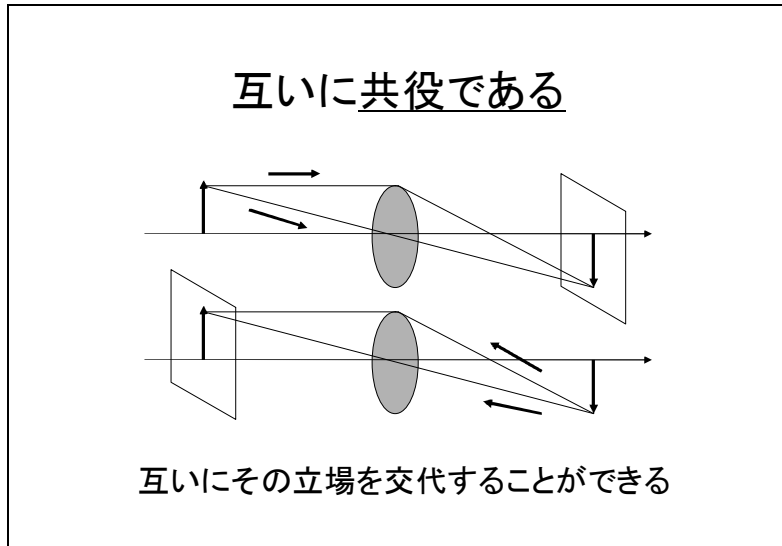
射出光線と同じ側(射出側)にあれば 実像

一般的に実像ができる点にスクリーンを置くと像が写る

虚な物体は入射光線を光学系を超えて光線の進行方向に延長した交点に

虚な像は射出光線を光線の進行方向と逆方向に光学系を超えて延長した交点に位

置する



例えば

遠点 と 網膜

被写体 と フィルム

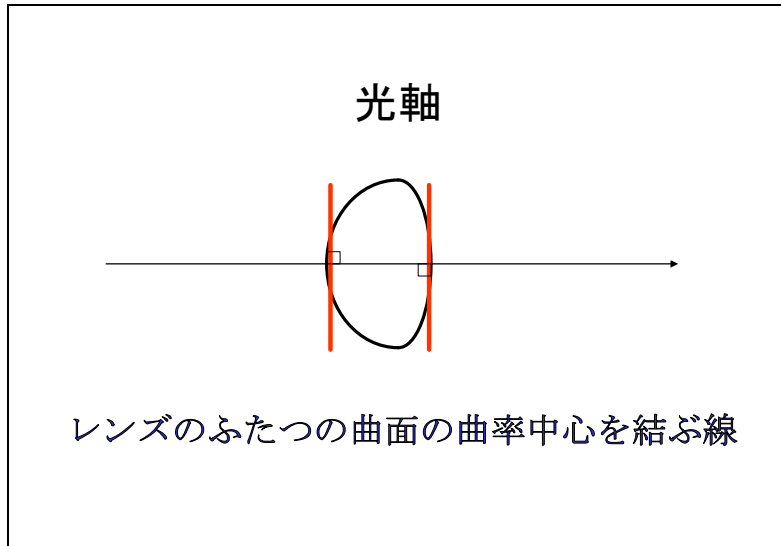
第一焦点と通過後平行となる光線束

第二焦点とレンズに入射する平行光線束

## 眼光学 3

### レンズの種類と働き

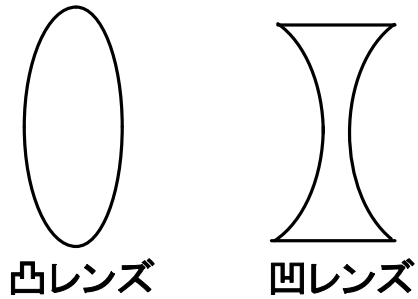
球面レンズ  
円柱レンズ  
トーリックレンズ



光軸はレンズ前、後面に対して垂直

光軸を通る光線はレンズを通過しても屈折を受けずに直進する

### 3-1 球面レンズ



球面レンズ:

光軸を含む断面はすべて同じ形をしている

凸レンズは中央が厚い

凹レンズは周辺が厚い

凸レンズは光(光線束)を収束させ+で表す

凹レンズは光(光線束)を開散させ-で表す

凸レンズ: +度数(D)

凹レンズ: -度数(D)

非球面レンズ:

球面レンズは最良の曲面ではない



メニスカスレンズ:

前面あるいは後面を一定にして他面の曲率を変化させて度をつけたレンズ

**頭の体操(3)**  
**角膜(自体)は凸レンズか？**  
**凹レンズか？**

角膜の屈折力は約+40D

水晶体の屈折力は約+20Dの凸レンズとして働いています。

一方、角膜の厚さは中央部で約0.5mm 周辺部で約1.0mm ですから角膜自体は凹レンズです。

水晶体は形状も凸レンズ、角膜の形状は凹レンズなのに角膜のほうが強い凸レンズとして働いているのはなぜでしょうか。

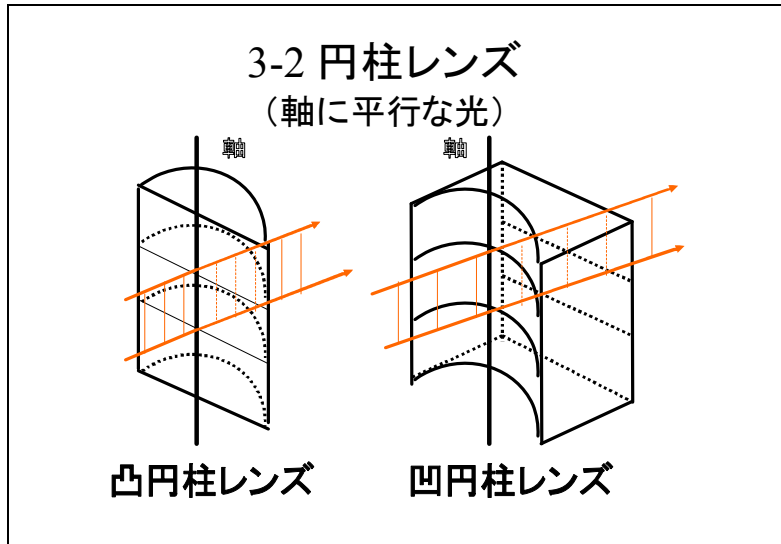
(光の)屈折は媒質と媒質の境界面でおこります。

また、媒質と媒質の屈折率の差が大きいほど大きな屈折力が生じます。

水晶体(屈折率約1.4)は前面も後面も前房水と硝子体という屈折率が1.3位の物質(媒質)には含まれていますので、形状が凸レンズであっても+20D程度の屈折力しか得られません。

一方、角膜(屈折率約1.3)の後面は前房水ですので、ここでの屈折は小さいものの、角膜の前面は通常空気(屈折率約1.0)ですので、この境界である角膜前面で約+40Dの屈折力が得られます。





円柱レンズ:

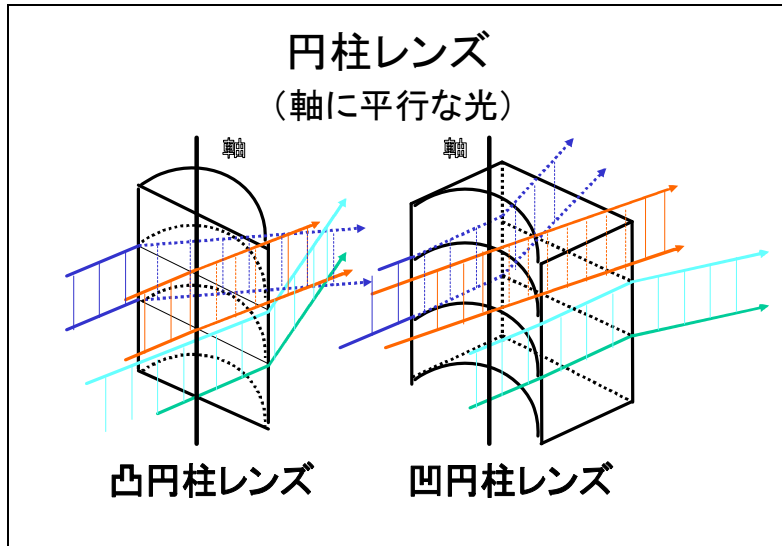
円柱の一部を切り取った形で円柱の軸に平行な向きを円柱レンズの軸 ( axis )という

軸に平行な方向の光は直進

表示方法

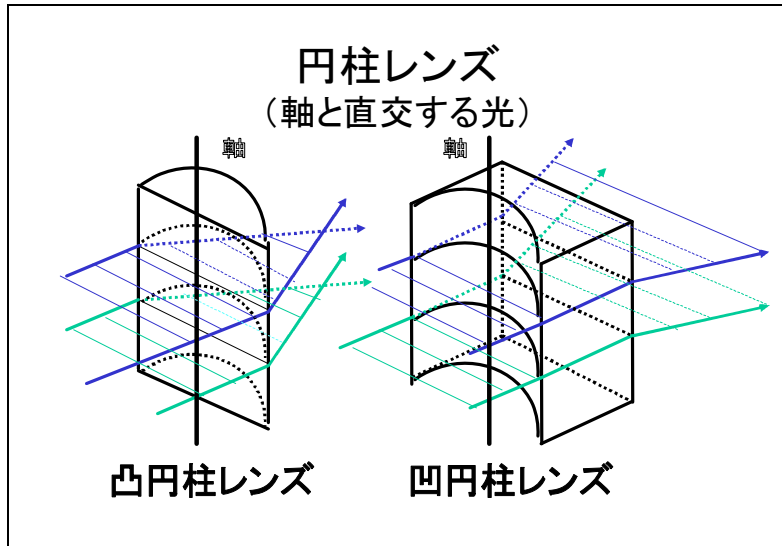
凸円柱レンズ: cyl + 度数(D)\_Ax 軸(°)

凹円柱レンズ: cyl - 度数(D)\_Ax 軸(°)

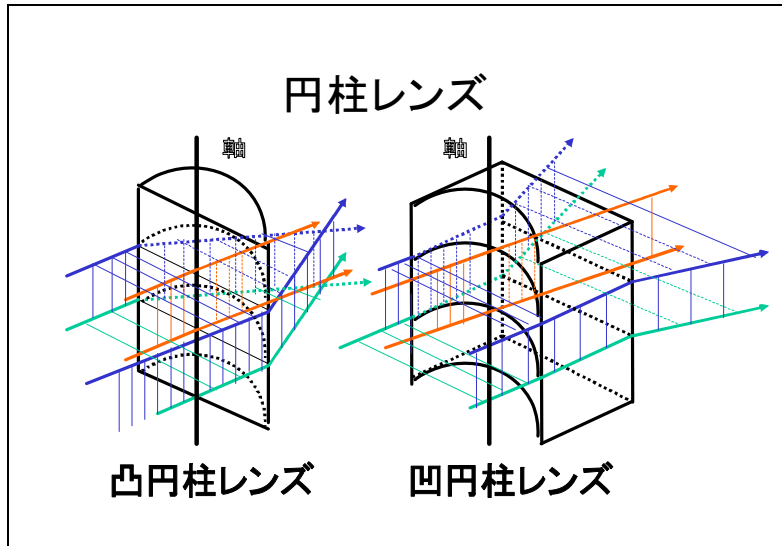


軸に平行な方向の光は直進

軸に直交する方向の光が最も強く屈折される

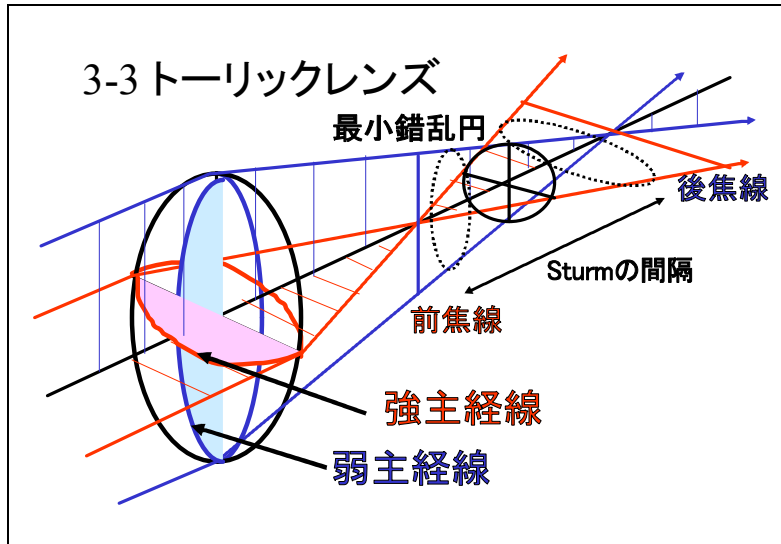


軸に直交する方向の光が最も強く屈折される



軸に平行な方向の光は直進

軸に直交する方向の光が最も強く屈折される



トーリックレンズは球面レンズと円柱レンズの働きが組み合わされたレンズといえる  
 光軸に平行な入射光線は1点には結像せず一度線状に結像してから発散し少し進んだ位置で前の線とは垂直な方向に線状に結像する。

レンズに近い方の焦線を 前焦線

遠い方を 後焦線という

最も屈折力の強い方向の経線を 強主経線

最も屈折力の弱い方向の経線を 弱主経線

前焦線は強主経線方向の光線が収束する位置

後焦線は弱主経線方向の光線が収束する位置

前焦線と後焦線の間には最小錯乱円がある

## 記載方法

- 1 combined cylinder form
- 2 plus cylinder form
- 3 minus cylinder form
- 4 power(optical) cross

以下に同じ状態を示します。

1  $C-1.0D \times 90^\circ = C-2.0D \times 180^\circ$

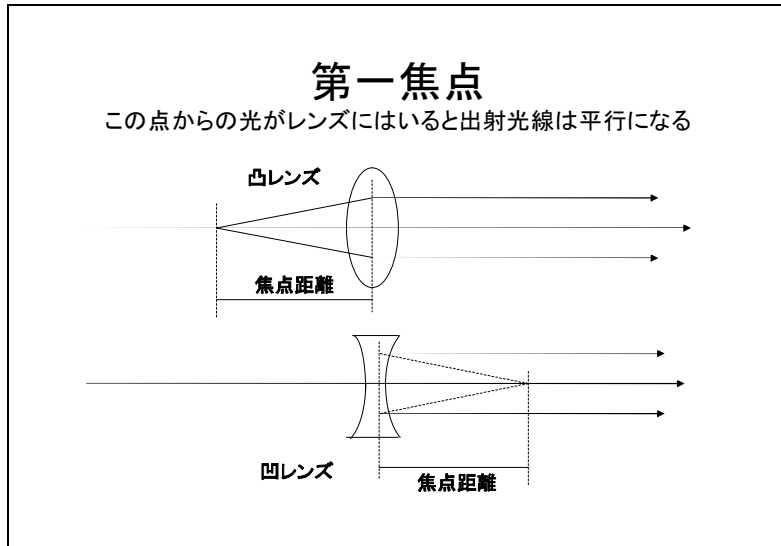
2  $-2.0D = C+1.0D \times 90^\circ$

3  $-1.0D = C-1.0D \times 180^\circ$

4             $-2.0D$

$-1.0D$

### 3-4 焦点・節点・主点



レンズには2つの焦点がある

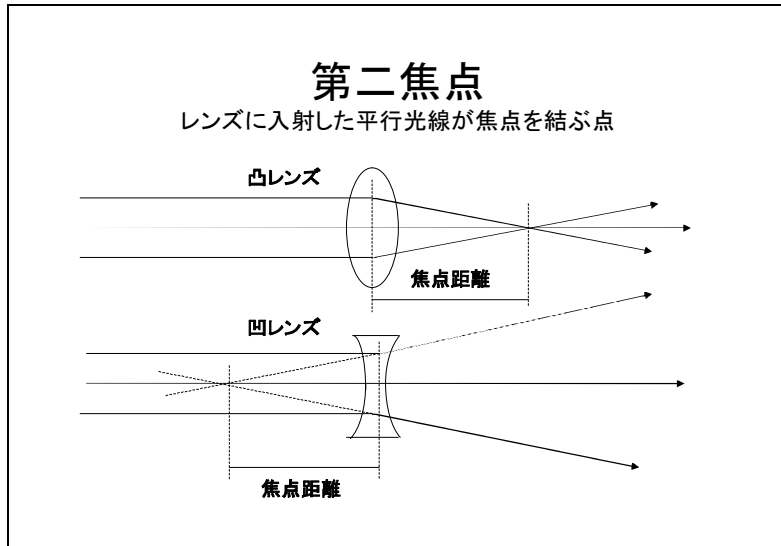
第一焦点:

光軸上の点で無限遠に像を作る物点

その点から発した光がレンズ通過後平行光線束になる点

第一焦点を通り光軸に垂直な面を第一焦点面といいこの面上のどの点から発する光もレンズ通過後平行光線束となる

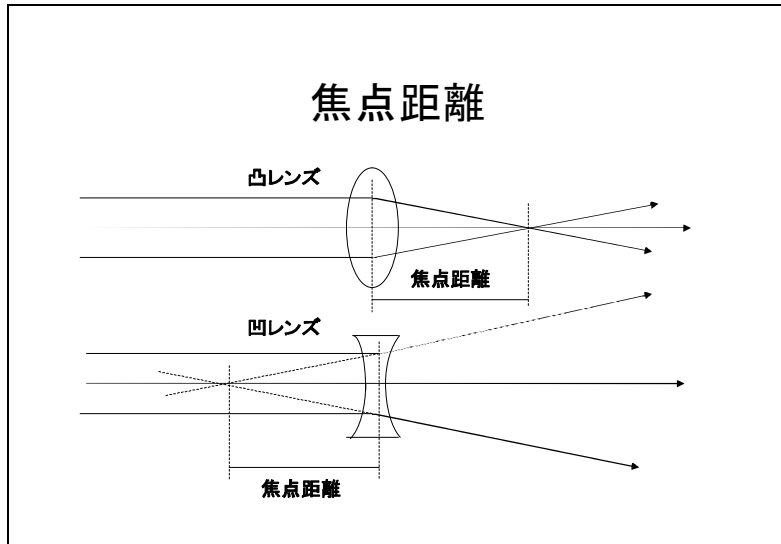




第二焦点:

無限遠にある物体が像を作るような像点

入射する平行光線束が、レンズ通過後に収束あるいは開散した結果交わる点



凸レンズの焦点は光の進行方向で

レンズの向こう側に

凹レンズの焦点は光の進行方向で

レンズの手前に

焦点距離の短いレンズの方が光を強く屈折させる

(度が強い)

焦点距離

屈折力

(前後)主点――

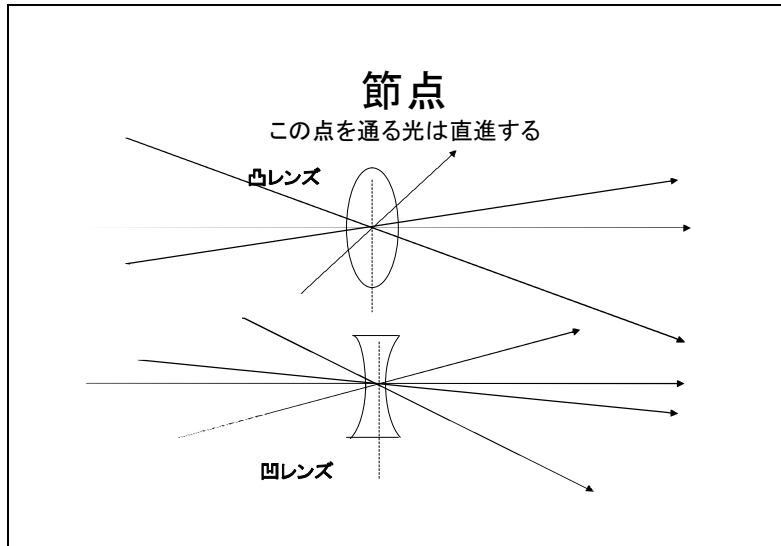
(前後)主点――

前頂点――

前頂点――

後頂点――

後頂点――



レンズ系の理論的な光学中心

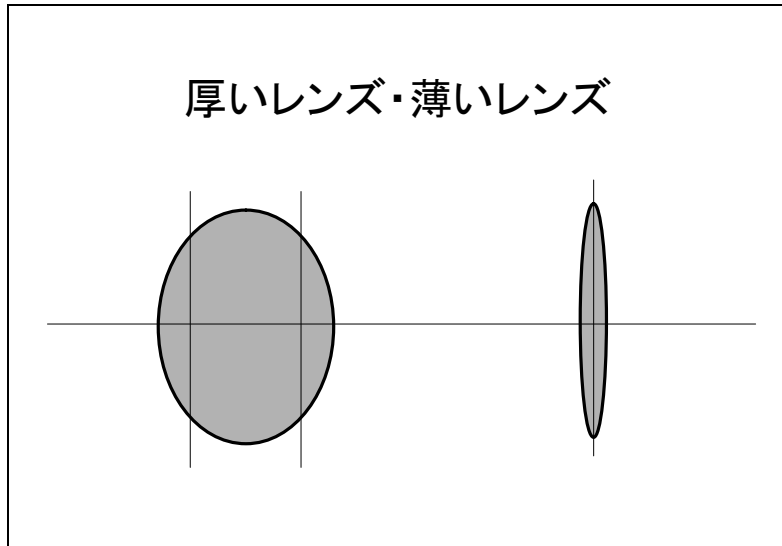
薄い(理想)レンズではレンズの中心にありこの点を通る光線は光軸とどのような角度をとろうと直進する

厚いレンズ

第一節点に向かって入射する光は

第二節点から入射光線と平行な方向へと射出していく

(薄いレンズでは第一・第二節点が一点に重なる)

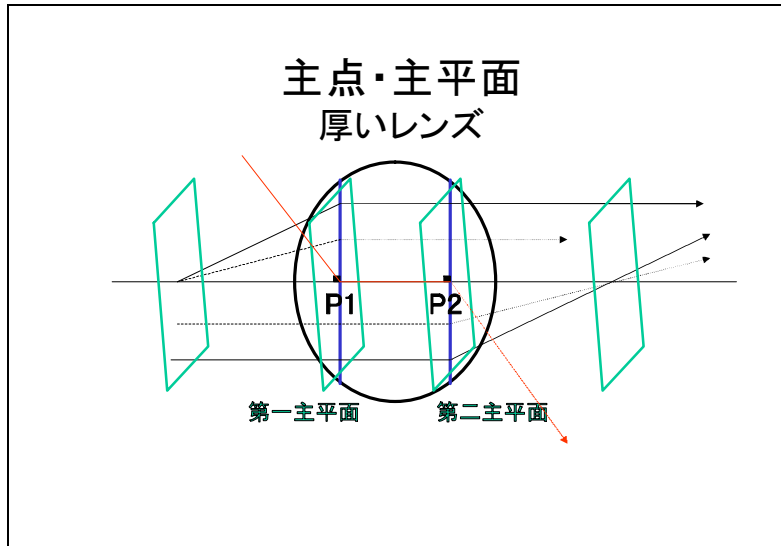


厚いレンズ:

幾何光学で扱う場合レンズの中心厚が無視できないレンズ

薄いレンズ:

幾何光学で扱う場合レンズの中心厚を無視できるレンズ



主点 P1 P2で光軸に垂直に立てた平面をそれぞれ第一主平面、第二主平面という。

第一焦点面から出た入射光線束は第一主平面で屈折し平行な光線束に平行な入射光線束は第二主平面で屈折し第二焦点面上の点に収束する

(複数のレンズを重ねたレンズ系を考える場合に用いる考え方)

第一節点に向かって入射する光は第二節点から入射光線と平行な方向へと射出していく

(薄いレンズでは第一・第二節点が一点に重なる)

### 3-5 レンズの強さを表す単位

D(ディオプター)

$$D = 1 / f$$

f: レンズの焦点距離(m)

焦点距離が

2m(200cm): 0.5D

1m(100cm): 1.0D

0.5m(50cm): 2.0D

0.2m(20cm): 5.0D

0.1m(10cm): 10.0D

凸レンズの場合は+ (プラス)

凹レンズの場合は- (マイナス)

## 3-6 収差

ザイデルの5収差

色収差

ザイデルの5収差

- 1 球面収差
- 2 コマ収差
- 3 非点収差
- 4 像面湾曲
- 5 歪曲収差

色収差

波長の違いによって焦点位置が異なる

Abbe 数: 色収差によるレンズ着色の程度を表す数値

大きいほど着色(色のズレ)は少ない

### 3-7 模型眼

各屈折系の光学常数の実測値  
あるいはそれに近い値を基準にして  
常数を定め作成したもの  
眼球光学系の標準的なモデル

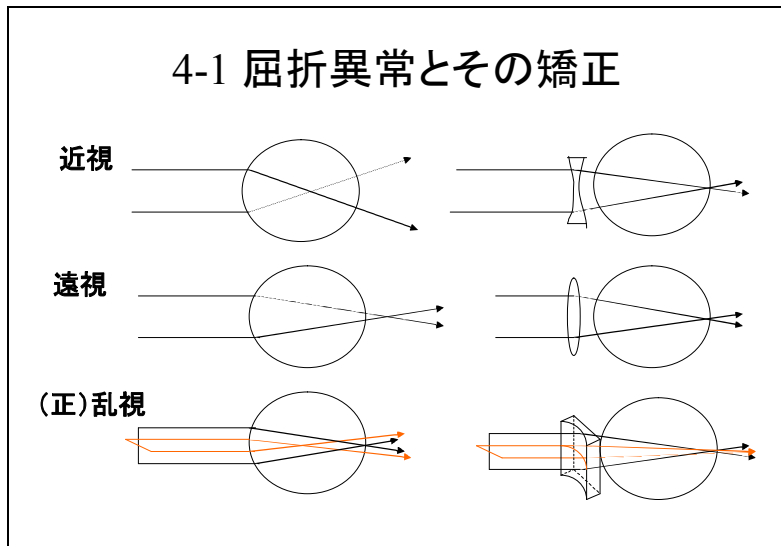
角膜前面曲率半径		7.7mm
屈折率	角膜	1.376
	房水	1.336
	水晶体	1.406
屈折力	<u>角膜</u>	<u>約 40D</u>
	<u>水晶体</u>	<u>約 20D</u>
眼軸長		<u>約 24mm</u>
角膜厚	中央部	約 0.5 mm
	周辺部	約 1.0 mm



眼光学 4

屈折異常とその矯正

## 4-1 屈折異常とその矯正



平行光線は

近視:網膜前に焦点を結ぶ

遠視:網膜より後ろに焦点を結ぶ

乱視:一点には交わらない

近視の矯正には凹レンズ

遠視の矯正には凸レンズ

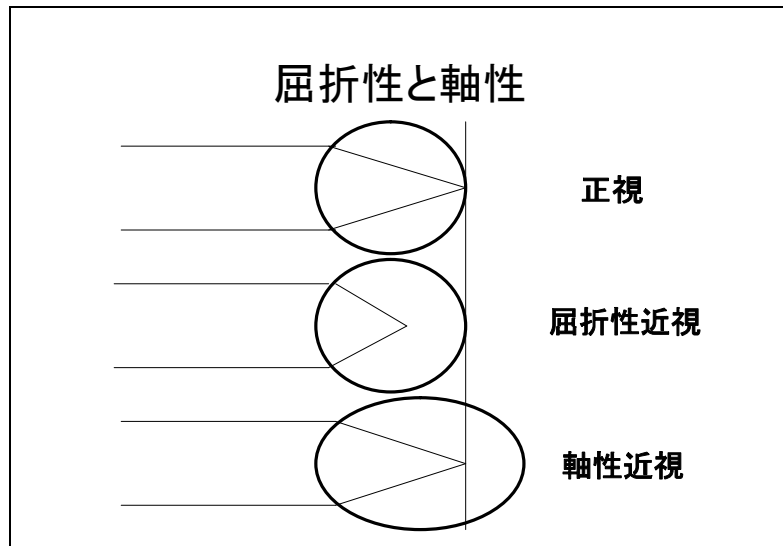
正乱視の矯正には円柱(トーリック)レンズを用いる

全乱視=角膜乱視+その他の乱視(水晶体乱視など)

## 弱度・中等度・強度

弱 度  $\leq 3D$   
3D < 中等度  $\leq 6D$   
6D < 強 度

屈折異常の程度は裸眼視力ではなく矯正に要するレンズの度数で判断する



眼軸長が 1mm 延長すると近視が約 3D 強くなる

屈折性と軸性をクリアカットに分けることはできない

## 潜伏遠視・顕性遠視

$$\text{潜伏遠視} + \text{顕性遠視} = \text{全遠視}$$

潜伏遠視:

調節によって完全に代償されるため通常の屈折検査では検出されない調節麻痺下での屈折検査でのみ検出される

顕性遠視:

通常の屈折検査(非調節麻痺下)で検出される遠視

## 4-2 レンズ(度数)の表示法

近視・遠視・乱視？

$$\underline{S-2.0D=cyl-1.25DAx180^\circ}$$

球面レンズ 円柱レンズ (軸)

-:凹レンズ 近視

+:凸レンズ 遠視

↓  
乱視

2.0

1.25

この数が大きいほど屈折異常の程度が強い

レフラクトメータ、検影法、レンズメータ(眼鏡)はすべて最良の視力を得るために必要なレンズ度数(目安)を調べる方法であり得られる結果は同様に表示できる

### 近視・遠視・乱視？

- 1)  $S - 2.0D = \text{cyl} - 1.25D \text{Ax} 180^\circ$
- 2)  $S + 2.0D = \text{cyl} - 1.25D \text{Ax} 180^\circ$
- 3)  $S - 5.0D = \text{cyl} - 1.25D \text{Ax} 180^\circ$
- 4)  $S + 13.0D = \text{cyl} - 5.25D \text{Ax} 180^\circ$

最も近視が強いのは？

最も遠視が強いのは？

最も乱視が強いのは？

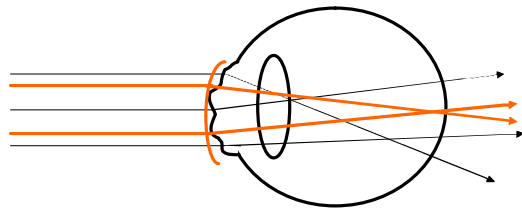
## 4-3 不同視

左右の屈折異常の程度が異なるもので  
一般に屈折度差が2.0D以上のものをいう

不等像視:網膜に映る像の大きさが異なっている状態。不同視が原因となるが不同視と不等像視の意味は異なる。



#### 4-4 角膜不正乱視の矯正 ハード(ガス透過性)コンタクトレンズ



眼鏡やソフトコンタクトレンズでの矯正は不可能

角膜不正乱視はハード(ガス透過性)コンタクトレンズと角膜の間が涙で満たされることでコンタクトレンズの平滑な表面が不正な角膜表面の代わりになることで矯正される

角膜乱視の測定法:

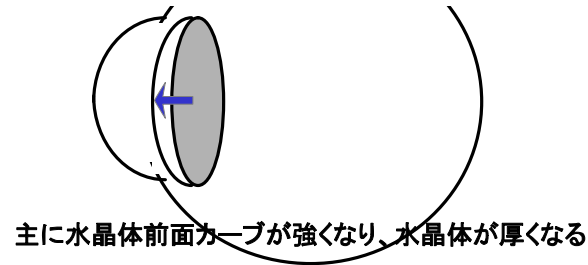
ケラト(オフサルモ)メータ

プラチド角膜計

角膜トポグラフィー など

## 眼光学 5

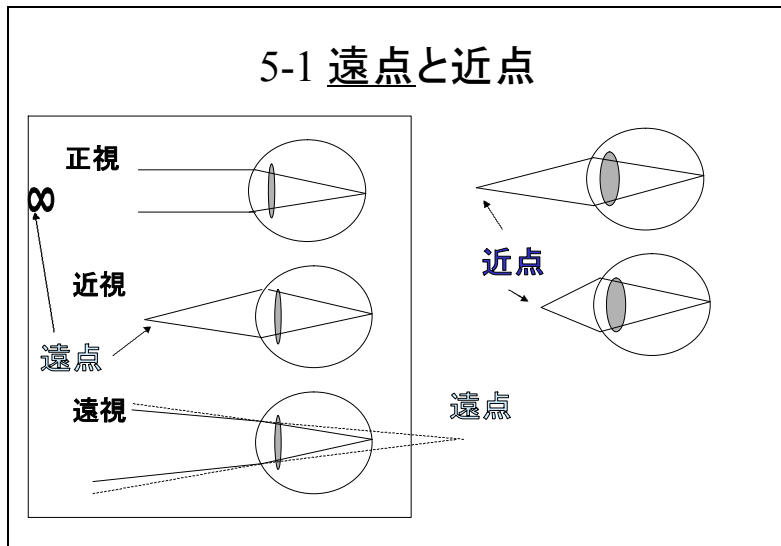
### 調節



### 調節

遠点と近点の範囲内の固視点を毛様体筋と毛様体小帯の緊張・弛緩、水晶体の弾力によって明視できる(ピントを合わせる)眼の働き

- ・無調節状態で明視できる点:遠点
- ・最大に調節して明視できる点:近点
- ・遠点と近点の距離範囲:調節域
- ・調節域をレンズの度(D)であらわしたもの:調節力



遠点:調節していない状態の時

網膜と共役の点(網膜にピントの合う点)

近点:精一杯調節したとき

網膜と共役の点(網膜にピントの合う点)

正視の遠点:無限遠

無調節の時、明視できる点が遠点である。

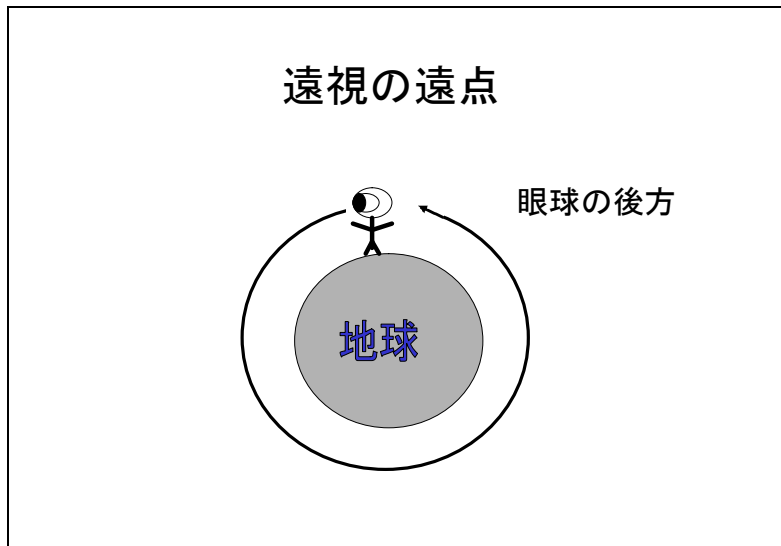
平行光線が網膜上に結像するのが正視である。

明視できるのは平行光線が交わる点:無限遠(平行光線はどこまで行っても交わらない)

近視の遠点:眼前有限距離

近視の場合、平行光線では網膜前に結像する。

網膜に結像する光線(束)は眼球に入る前に開散していなければならない。この開散光線(束)の交わる点(明視できる点:遠点)は眼前有限距離にある。



#### 遠視の遠点: 作図上眼球後方

遠視の場合、平行光線では網膜後方に結像する。

網膜に結像する光線(束)は眼球に入る前に

収束していなければならない。

この収束光線(束)の交わる点(明視できる?点:遠点)は

眼球後方有限距離にある。

無限に前方を見たとしたとき、

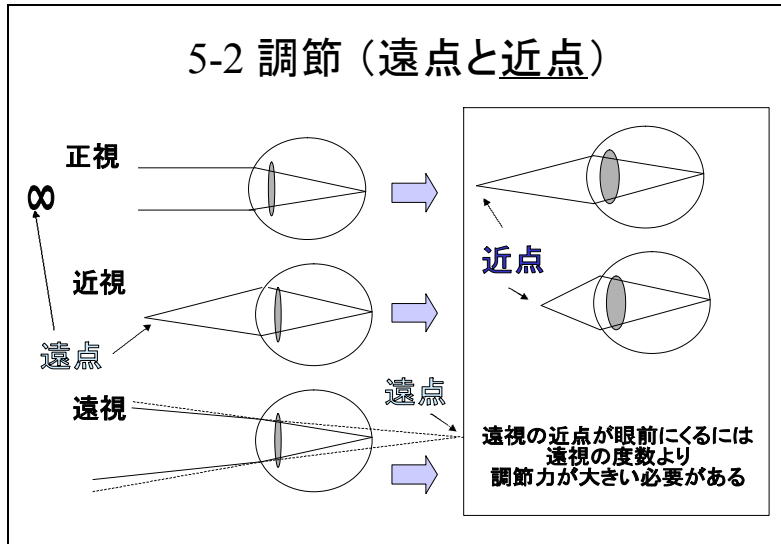
地球に沿って後ろ側まで回ってきたと考えられる?!

遠視が強いほど遠点は眼球に近い。

しかし、眼球前方(視線の)方向に向かって

地球を一回りすると考えると

遠点は遠視が強いほど、視線の方向で考えると遠いと考えられる?!



最大調節の時、明視できる点が近点である。

正視の近点:

調節力が大きければ眼球に近いところまで明視可

近視の近点: 眼前有限距離

近視の場合、遠点が眼前有限距離であるので

近点は調節力に応じて遠点からさらに眼球に近づく

遠視の近点:

遠視の場合、遠点が眼球後方有限距離であるので

屈折異常より調節力が大きければ眼前有限距離になる

調節力が小さければ眼球から遠くなるものの

遠点同様眼球後方のままであると考える

(ピントが合うところはない)

### 5-3 調節力

$$A = 1/n - 1/f$$

- A : 調節力 (D)  
f : 遠点距離 (m) 眼前が+  
n : 近点距離 (m) 眼前が+

調節力が0であれば

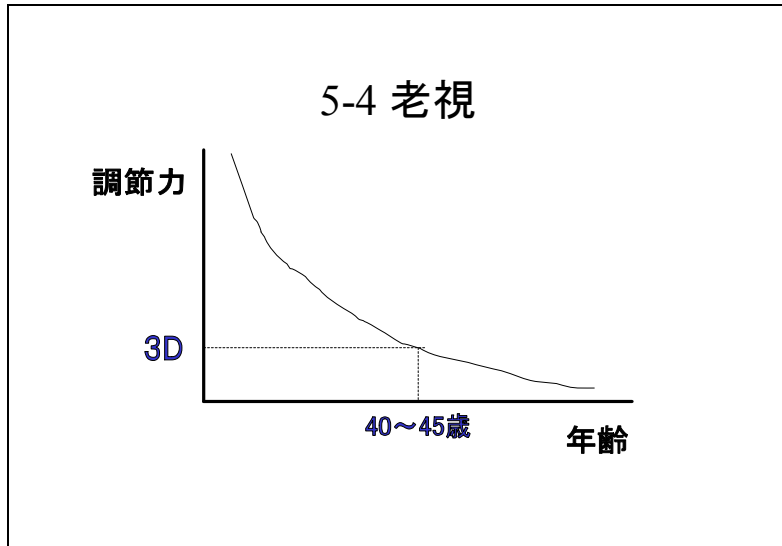
遠点と近点は一致する。

調節0で焦点があっているところが遠点で

めいっぱい調節して焦点を合わせた点が近点である。

近点の屈折度数から遠点の屈折度数を引くと

調節力が得られる。



老視:

年齢とともに調節力が減退し

調節しても近見が困難になった状態

(一種の老化現象で屈折異常とは根本的に異なる)

## 例題

- 1) 近点が10cm 正視の場合の調節力
- 2) 近点が10cm 遠点が眼前50cmの  
近視(-2.0D) の場合の調節力
- 3) 近点が10cm 遠点が眼の後方50cmの  
遠視(+2.0D) の場合の調節力

- 1) 近点が 10cm 正視の場合の調節力

$$A = 1 / 0.1 - 1 / \infty = 10 \text{ (D)}$$

- 2) 近点が 10cm 遠点が眼前 50cm の  
近視(-2.0D) の場合の調節力

$$A = 1 / 0.1 - 1 / 0.5 = 8 \text{ (D)}$$

- 3) 近点が 10cm 遠点が眼の後方 50cm の  
遠視(+2.0D) の場合の調節力

$$A = 1 / 0.1 - 1 / (-0.5) = 12 \text{ (D)}$$



## 眼光学 6

### 屈折検査

自覚的  
他覚的

自覚的:被検者の感覚を重視した検査。

被検者の答えが必要。

乳幼児や意識のないものには検査不能。

他覚的:被検者の感覚を無視した検査。

被検者の答えが不要。

乳幼児や意識のないものでも検査可能。

他覚的な検査を参考に自覚的検査で確認する。

## 6-1 自覚的屈折検査法 —球面レンズ度の決定—

近視例		遠視例	
装用レンズ(D)	視力	装用レンズ(D)	視力
0(裸眼)	0.7	0(裸眼)	0.6
-0.50	1.0	+0.75	1.0
-0.75	1.2	+1.00	1.2
-1.00	1.2	+1.25	1.2
-1.25	0.9	+1.50	1.0
<b>0.7(1.2 × -0.75D)</b>		<b>0.6(1.2 × +1.25D)</b>	

近視の場合は最良の矯正視力をうる

最弱の凹レンズ

遠視の場合は最良の矯正視力をうる

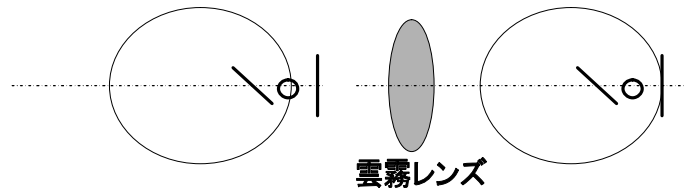
最強の凸レンズ

をもって近視度および遠視度とする

自覚的屈折検査: 被検者の答えが必要

## 雲霧法

調節を除く方法のひとつ  
十分な時間、十分な度数の凸レンズをかける  
焦点が網膜よりも前であれば調節は働かない



焦点が網膜よりも後方にあるとその焦点が網膜上にくるように調節が働く

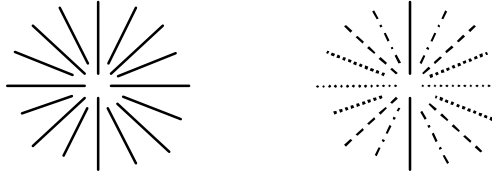
雲霧法の時のレンズ交換(屈折検査)は焦点を網膜の前方から網膜に近づけるように  
行う

## 調節麻痺剤

トロピカマイド(ミドリンP)  
サイクロペントレート(サイプレジン)  
硫酸アトロピン(アトロピン)

調節を除く方法のひとつ

## 放射線図形の乱視表



ぼけている水平方向に凹円柱レンズの軸を合わせる

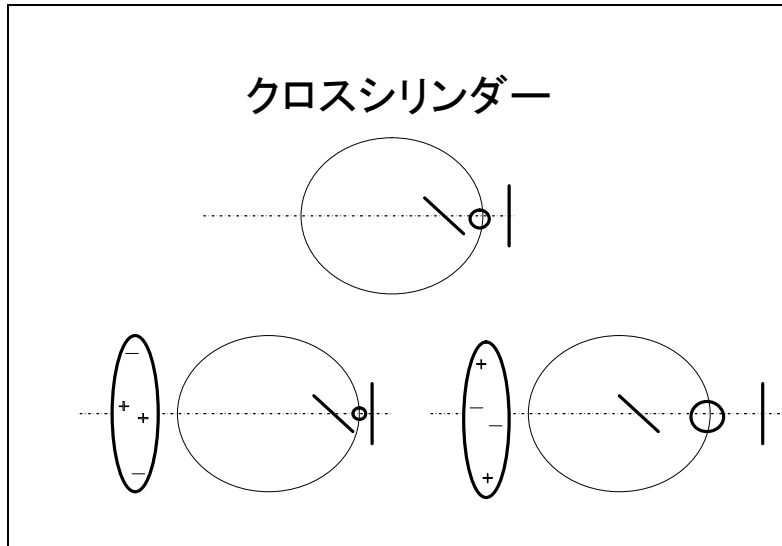
垂直方向にピントが合っていないため水平方向がぼけている

(縦方向のぼけは感じられない)

凹円柱レンズの軸を水平方向におくと

(円柱レンズのパワーは軸と垂直方向に働く)

垂直方向のぼけが矯正される



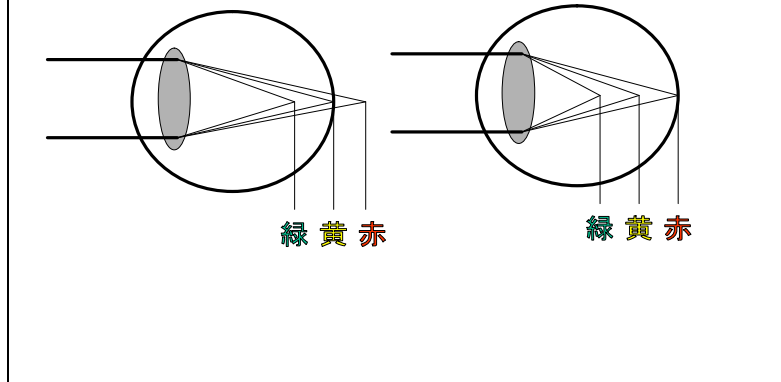
前焦線と後焦線の間最小錯乱円がある

最も見やすい状態: 最小錯乱円が網膜上にあるとき

クロスシリンダーを用いるときは雲霧をせずに最小錯乱円が網膜上にある状態で行う

前焦線と後焦線が近づけば最小錯乱円は小さく(見えやすく)、遠ざかれば大きく(見えにくく)なる。

## 二色(赤緑)テスト



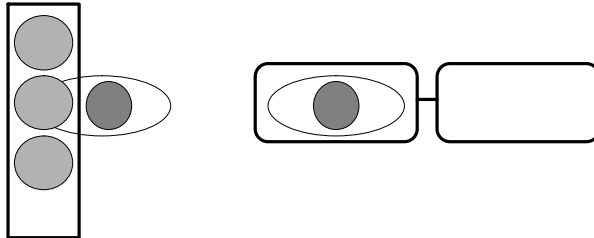
赤と緑が同等に見えていればその矯正レンズは正しい

赤の方が明瞭に見えていれば近視状態なので凹レンズを追加する

緑の方が明瞭に見えていれば遠視状態なので凸レンズを追加する

色収差の応用

## 6-2 他覚的屈折検査 レフラクトメータ・検影法・(レンズメータ)



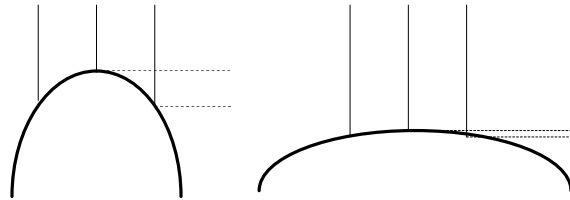
レフラクトメータあるいは検影法(他覚的屈折検査)で得られた値をもとに眼鏡・コンタクトレンズを処方する

対象の目の屈折状態を矯正するのに必要なレンズの度数を測るのがレフラクトメータ・  
検影法

その結果 処方された眼鏡を装用すれば矯正された(よく見える)状態になる



ケラトメータ(オフサルモメータ)  
トポグラフィー(ビデオケラトグラフィー)



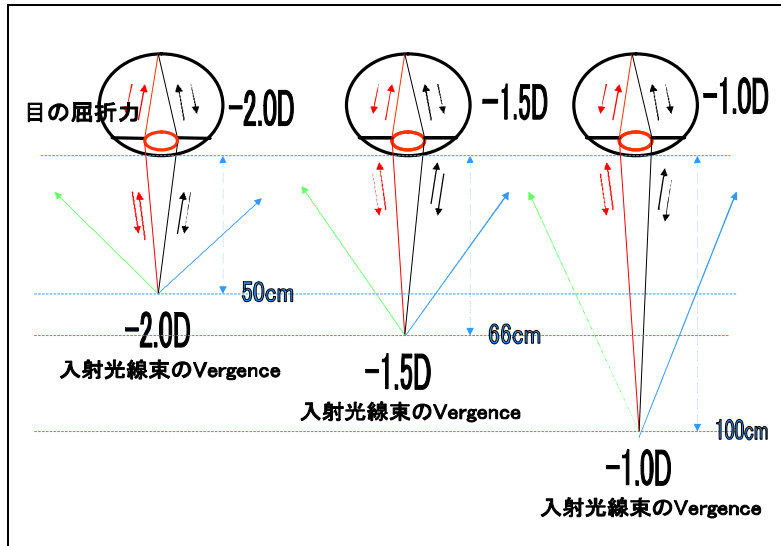
角膜反射像を利用して角膜曲率半径(角膜前面の面屈折度)を測定する

トポグラフィー(ビデオケラトグラフィー)は測定点が非常に多い

## 検影法

屈折異常が大きければ反射は暗く、影(光)の動きは遅い

屈折異常が小さければ反射は明るく、影(光)の動きは早い



線状検影器からの光線は開散光線

50cm の距離であれば-2.0D の Vergence の開散光線が  
被検者の瞳孔から眼内に入射する

66cm の距離であれば-1.5D の Vergence の開散光線が  
被検者の瞳孔から眼内に入射する

**Vergence: 光の広がり具合 (閉じ具合)**

被検者の眼底に入射光線が丁度焦点を結ぶ場合が最も効率良く検者に向かって反射光線が向かう状態である。

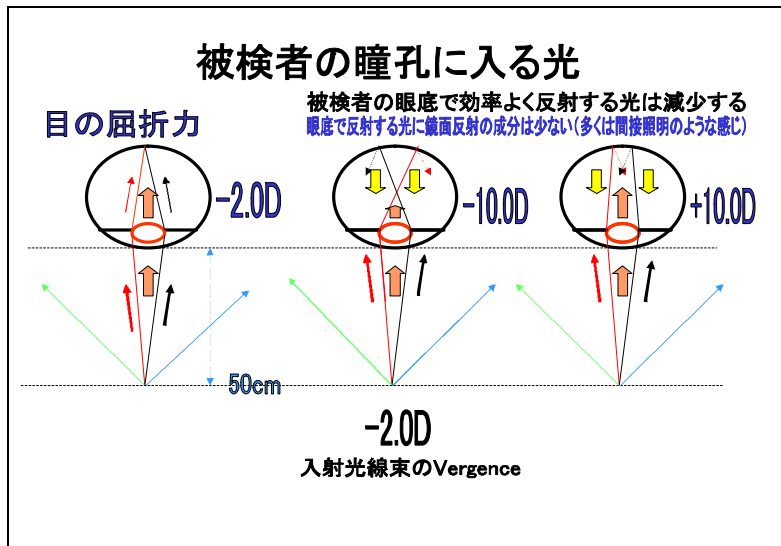
この状態の時、検者に帰ってくる光の(エネルギーの)ロスが最も少ないため検者には被検者の眼底から帰ってくる光が最も明るく見える。

(被検者の眼底と検者の瞳孔は互いに共役である: 中和)

$Vergence = 1 / \text{焦点距離}$

+ Vergence: 収束光線

- Vergence: 開散光線



被検者の瞳孔内に線状検影器から送り込む光について

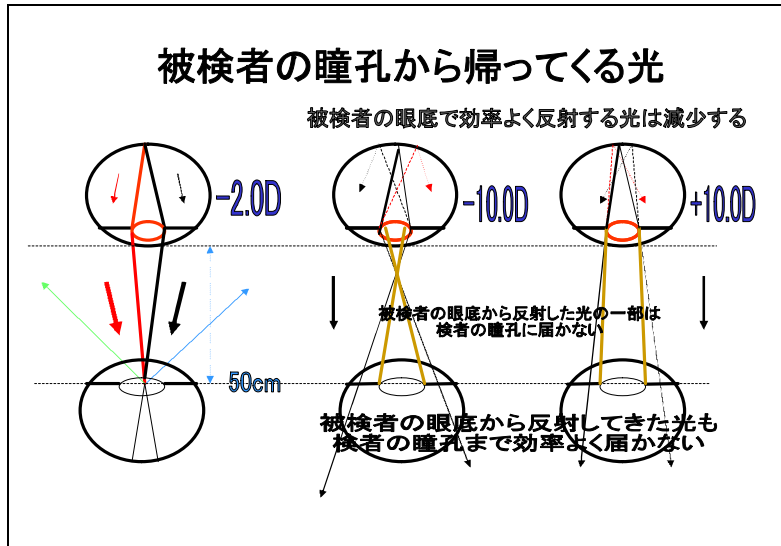
通常 検影法には開散光線を用いる。

被検者の眼に届く開散光線の vergence (広がり具合) は  
線状検影器と被験眼の距離で決まる。

被検者の瞳孔内に入射した光線束のうち、網膜に像を結んだ光線束が最も効率よく  
被検者の瞳孔から帰ってくる。

入射光線と反射光線は同じ経路を(逆方向に)通る。

眼底に像を結ぶ(効率よく反射してくる)光が少ないほど反射してくる光は少なく(暗く)  
なる。

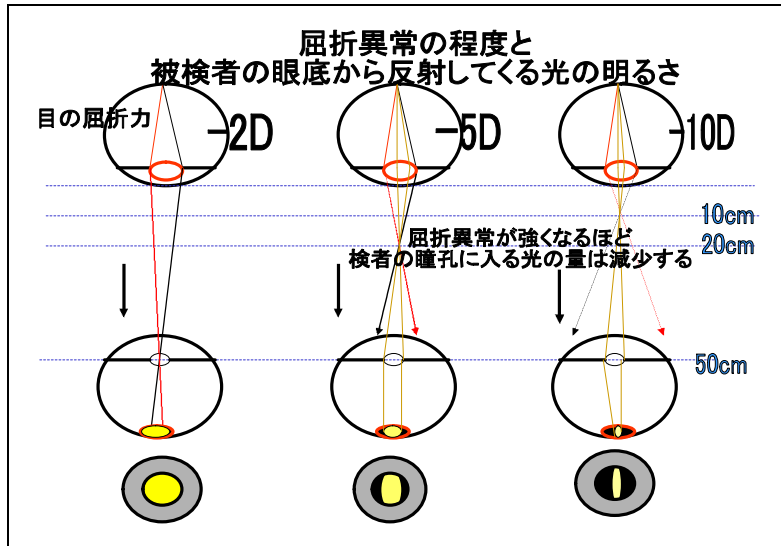


被検眼の屈折状態が中和状態から離れる

(被検眼の遠点から検者の瞳孔までの距離がおおきくなる)ほど検者に向かって反射して来る光量は低下する。

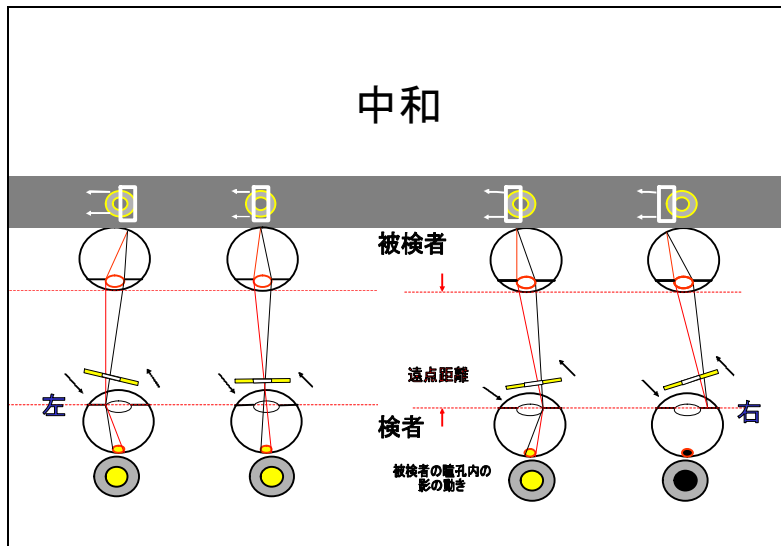
被検者の眼底から反射して来る光は眼底の出発時点を 100%とすると中和の状態であれば 100%検者の眼底に届く。

中和状態から屈折状態のズレが大きくなるにつれて被検者の眼底から検者の眼底に届く光(量)は少なくなる。



被検眼の遠点が検者の瞳孔の距離にあれば被検者の眼底から反射してきた光は100%検者の瞳孔から入射するため被検者の眼底の反射光は明るい。

被検眼の遠点距離(屈折異常)が検者の瞳孔までの距離方ら離れば離れる(屈折異常が強くなる)ほど検者の瞳孔に入る光は少なくなるため被検者の眼底の反射光は暗くなる。



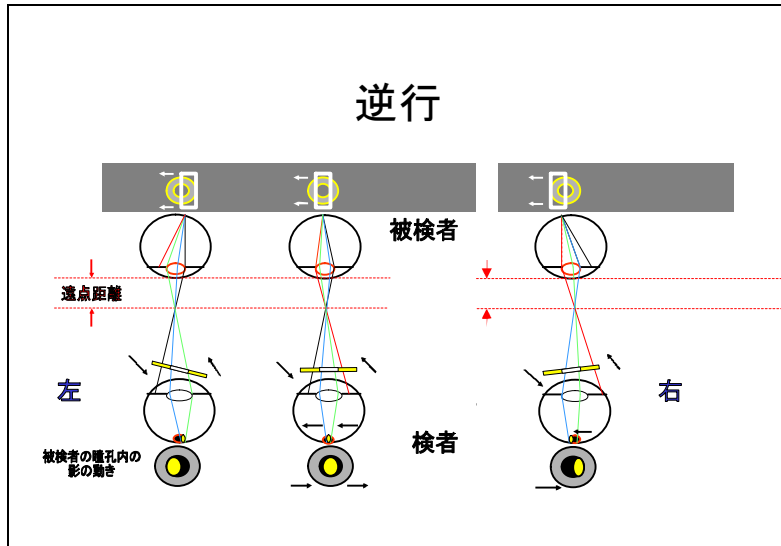
検査距離が 50cm であれば  $-2.0D$

眼底で反射した光はその眼の遠点に像を結ぶ  $-2D$ の遠点は50cmであるので  
 検者の眼(瞳孔)の位置になる。

この場合被検者の眼底で反射した光は瞳孔で焦点を結んだあと開散しながら眼底に  
 届くので、この焦点が虹彩に遮られれば眼底に光は届かない。

(眼底に虹彩の影の動きは生じない)

中和の状態では影(の動き)は生じず、光の点滅状態のみが観察される。



検査距離が 50cm であれば  $-2.0D$  より強い近視

眼底で反射した光はその眼の遠点に像を結ぶ  $-2D$  よりも強い近視の遠点は 50cm 未満であるので検者の眼(瞳孔)よりも前方の位置になる。

この場合被検者の眼底で反射した光は開散しながら瞳孔入ることになる(それから眼底に届く)。

検者は 50cm 前方の被検者の瞳孔を見ているため  $2D$  の調節を行っている。

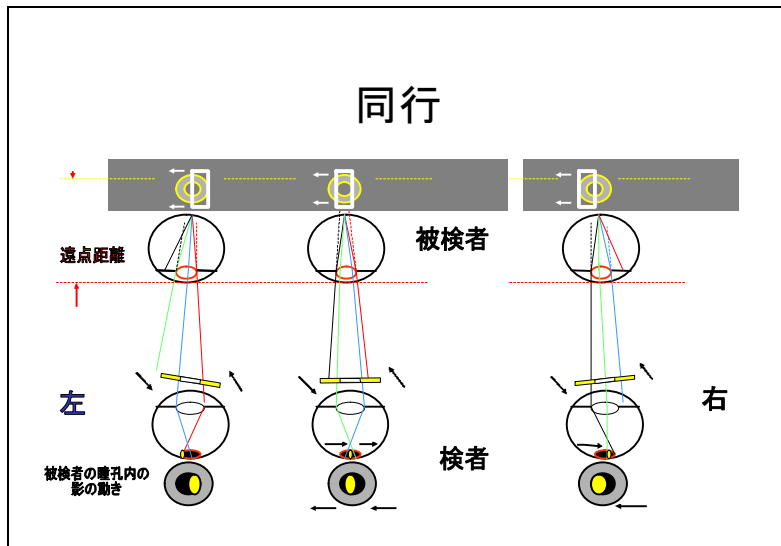
検者は  $2D$  の調節を行っているが、被検者の眼底で反射した光は  $2D$  以上に開散しているため検者の眼内では焦点を結ばずに網膜に達する。

検影器の光を右から左に回転すると被検者の瞳孔の左側からきた光は瞳孔に入れず、右側の瞳孔縁に近い部分からきた光が瞳孔を通過して眼底に達する。

検影機の回転に連れて検者の眼の瞳孔縁の影が右から左に移動する。

網膜上に写ったものは反対に感じるため、検者には左から右に動くように見える。





検査距離が 50cm であれば  $-2.0D$ より弱い近視・正視・遠視

$-2D$ よりも弱い近視・正視・遠視の遠点は50cm以上であるので検者の眼(瞳孔)よりも後方の位置になる。

この場合被検者の眼底で反射した光は収束しながら瞳孔に入り(網膜前で焦点を結び開散しながら)眼底に届く。

検者は 50cm 前方の被検者の瞳孔を見ているため2Dの調節を行っている。

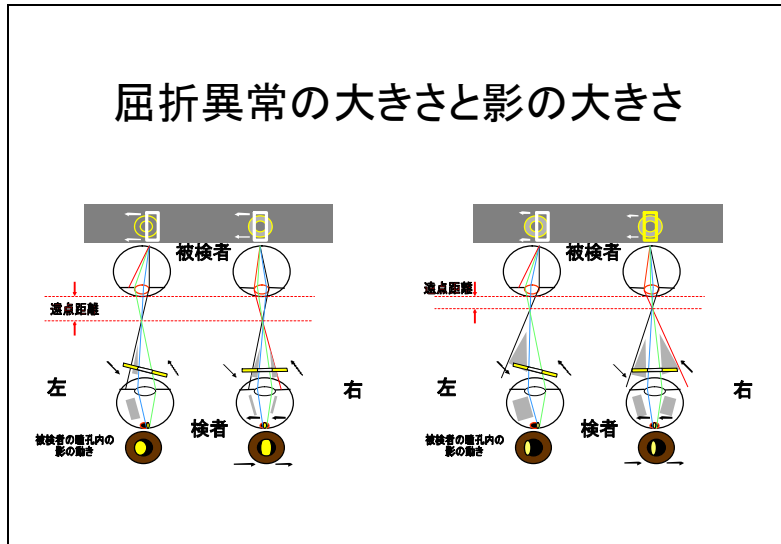
検者は2Dの調節を行っているので、被検者の眼底で反射した光は検者の眼内で一度焦点を結んだ後で網膜に達する。

検影器の光を右から左に回転すると被検者の瞳孔の右側からきた光は瞳孔に入れず、左側の瞳孔縁に近い部分からきた光が瞳孔を通過して眼底に達する。

検影機の回転に連れて検者の眼の瞳孔縁の影が左から右に移動する。

網膜上に写ったものは反対に感じるので、検者には右から左に動くように見える。

## 屈折異常の大きさと影の大きさ



屈折異常が比較的小さい場合は検者の感じる

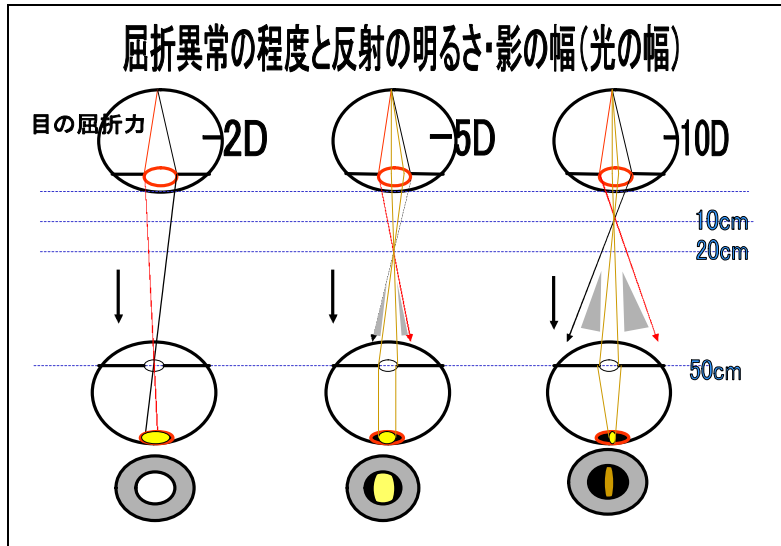
被検者の瞳孔内の影は小さい(光は大きい)

—上図左—

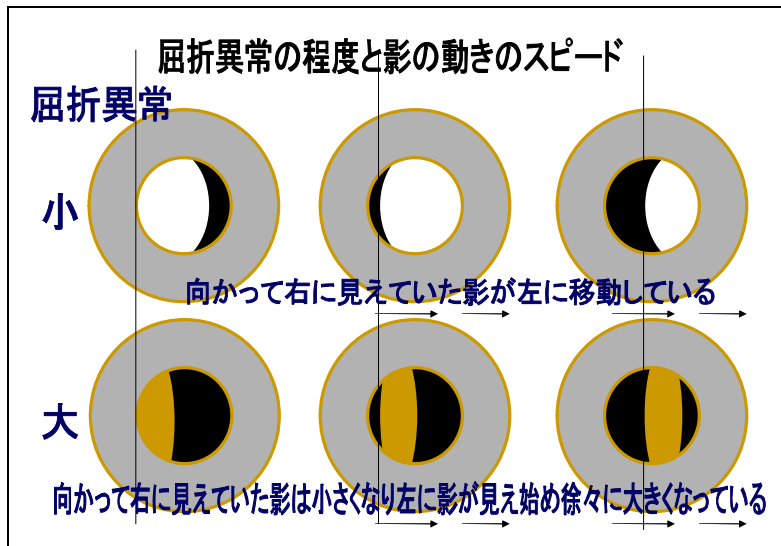
屈折異常が比較的大きい場合は検者の感じる

被検者の瞳孔内の影は大きい(光は小さい)

—上図右—



屈折異常の程度が中和状態から離れるほど反射の明るさは暗くなり、影の幅は大きく  
(光の幅は小さく)なる



上段も下段も向かって左側の影と光の境界の位置は同じである。

屈折異常の小さい上段では真ん中の図ですでに影は向かって右から左に変わり右側の図では左側の影が大きくなっている。

屈折異常の大きい下段では右側の図に至っても光の右側に影が残っている。

このため上段の状態では影(光)の動きが早く下段の状態では影(光)の動きが遅く感じられると思われる

#### 頭の体操(4)

レフラクトメーターや検影法では  
何を測定しているのか

角膜の屈折力は約40D

水晶体の屈折力は約20D

眼球全体の屈折力は約60D

レフラクトメーターの結果

例えば-3.0Dというのは

被検眼の屈折力ではない！！

眼球の屈折力は角膜と水晶体を合わせて約+60Dです。

レフラクトメーターや検影法で得られる結果、

例えば-3.0Dとか+5.0Dという結果は何を測定しているのでしょうか？

+60Dとはかけ離れた値を示すことから、

被検者の眼の屈折力を測定しているわけではないことは明白です。

レフラクトメーターや検影法で測定しているのは、被検眼を矯正する

(正視に合わせる)のに必要なレンズ度数です。

ですから、適切に処方された遠用の眼鏡の度数を

レンズメーターで測定した場合もよく近似した値が得られるわけです。

## 眼光学 7

### 眼鏡

屈折異常を矯正するためには、何らかの形で眼球レンズ系に介入することが必要である。

この屈折矯正の方法には、現在 眼鏡、CL、手術がある。

眼鏡はもともと使用が簡単で、手っ取り早い。

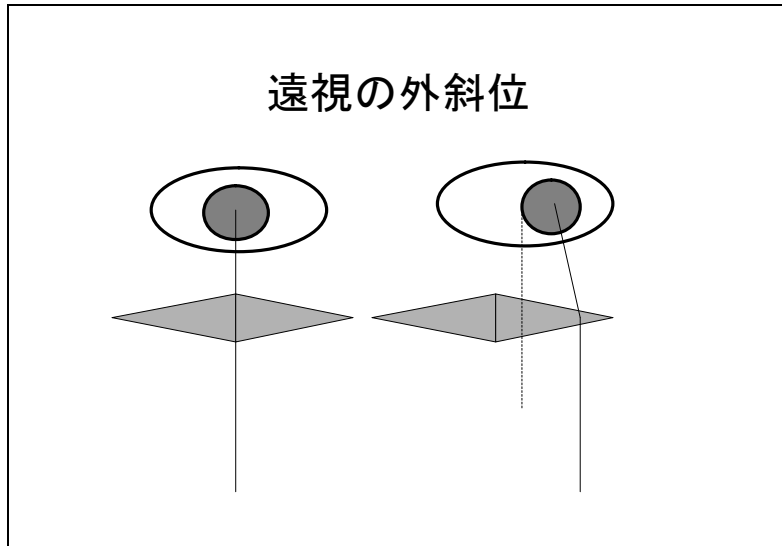
しかし、光学的欠点や、使用上不便な点もある。

## 眼鏡のプリズム効果

プリズムの基底をレンズ中央で合わせたものが凸レンズ

プリズムの頂点をレンズ中央で合わせたもの

(基底はレンズ周辺)が、凹レンズ



遠視:凸レンズ

眼鏡のレンズ中心間距離を小さくする

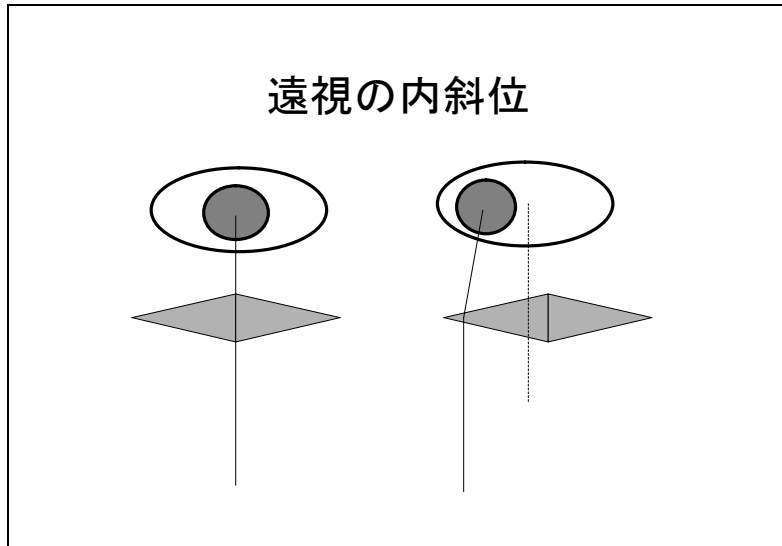
両眼視ができる

外見上 眼位のずれも消失する

レンズ中心間距離が大きいと

複視 眼位ズレが顕性化





遠視:凸レンズ

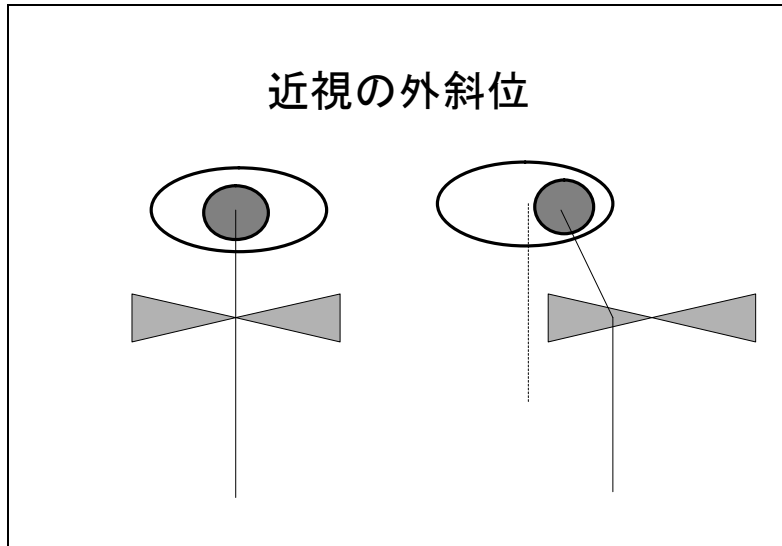
眼鏡のレンズ中心間距離を大きくする

両眼視ができる

外見上 眼位のずれも消失する

レンズ中心間距離が小さいと

複視 眼位ズレが顕性化



近視:凹レンズ

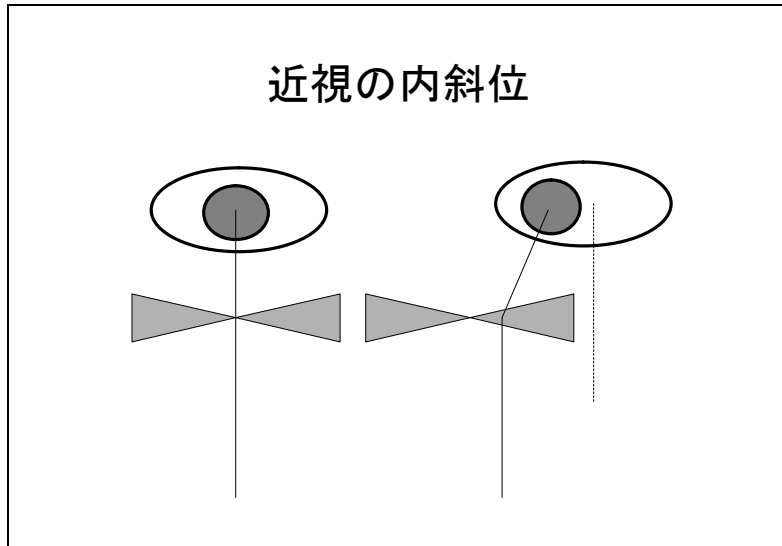
眼鏡のレンズ中心間距離を大きくする

両眼視ができる

外見上 眼位のずれも消失する

レンズ中心間距離が小さいと

複視 眼位ズレが顕性化



近視:凹レンズ

眼鏡のレンズ中心間距離を小さくする

両眼視ができる

外見上 眼位のずれも消失する

レンズ中心間距離が大きいと

複視 眼位ズレが顕性化

## プレントイスの式

$$P = h \cdot D / 10$$

P(Δ) : プリズムジオプトリー

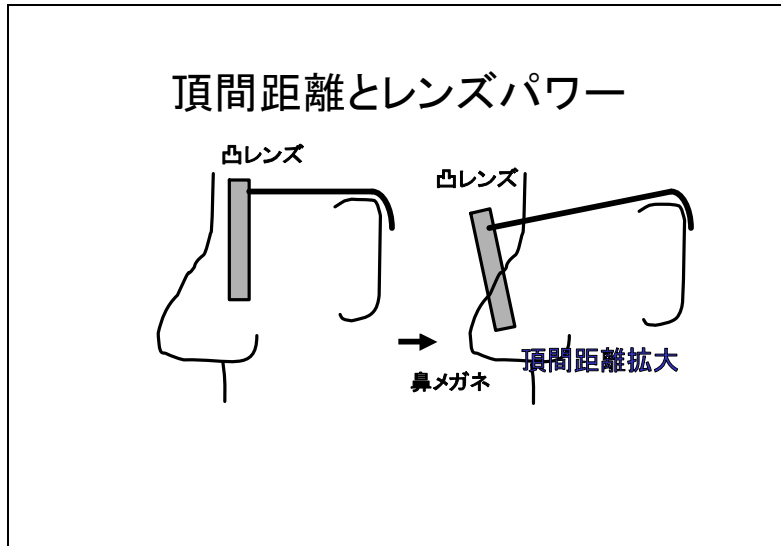
h(mm) : レンズ中心からの偏心量

D(D) : 眼鏡レンズ度

$$P = h \cdot D$$

h(cm)

計算する場合はレンズからの偏心量の単位に注意が必要



頂間距離(12mm)

レンズパワー

**凸レンズ**

$> 12$

弱い度ですむ

(トライアル時頂間距離を大きくしてしまうとできあがった眼鏡の度数は弱すぎてしまう)

$< 12$

強い度が必要

(トライアル時頂間距離を小さくしてしまうとできあがった眼鏡の度数は強すぎてしまう)

**凹レンズ**

$> 12$

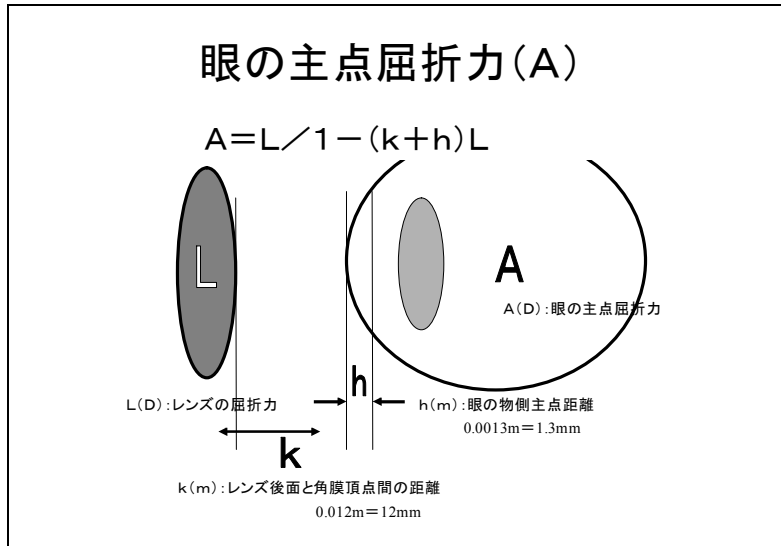
強い度が必要

(トライアル時頂間距離を大きくしてしまうとできあがった眼鏡の度数は強すぎてしまう)

$< 12$

弱い度ですむ

(トライアル時頂間距離を小さくしてしまうとできあがった眼鏡の度数は弱すぎてしまう)



kが 12mm より遠い場合には、

凹レンズでは眼に対する矯正効果(眼の主点屈折力)は弱く、凸レンズでは強くなる

12mm よりも遠い距離で検眼したレンズを処方し、できあがった眼鏡を 12mm の位置で装用させると、凹レンズでは過矯正、凸レンズでは低矯正になる

頂間距離が短くなるほど遠視ではより強い凸レンズが近視ではより弱い凹レンズが必要

頂間距離が長くなるほど遠視ではより弱い凸レンズが近視ではより強い凹レンズが必要

## Knappの法則

純屈折性屈折異常

$$V \doteq 1 + A_g * g$$

純軸性屈折異常

$$V \doteq 1 - A_g * \triangle$$

V : 正常眼に対する網膜像の大きさの比

A<sub>g</sub> : 眼鏡レンズ度

g : レンズと眼球の主点間距離

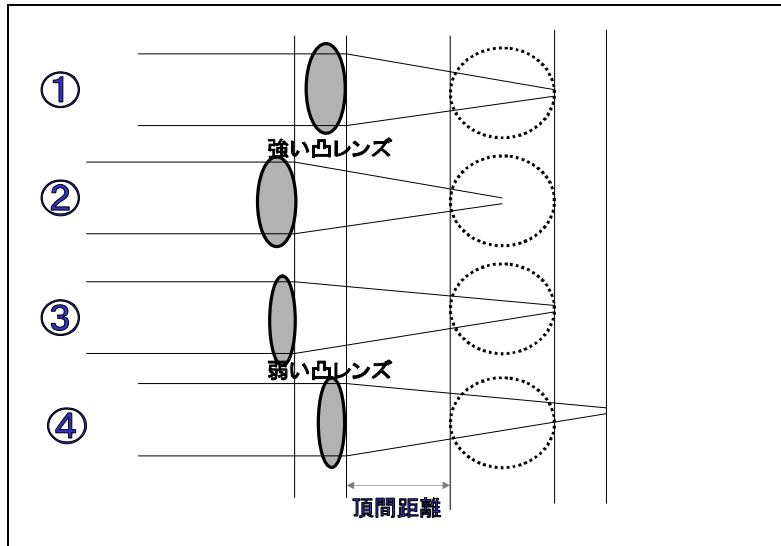
△ : 眼球前焦点とレンズの後主点間距離

(厚さ0のレンズ(shape factor を無視)の場合)

### 軸性屈折異常

眼の第一焦点(前焦点)に眼鏡(眼鏡の後頂点位置:第二主点を一致させる)をかければ網膜像の大きさは正視眼の場合と等しい

實際上、純軸性と純屈折性は分けられないがこのようなことがあるということは忘れてはならない



- ①凸レンズを頂間距離 12mm に装用した場合
- ②頂間距離を気付かずに 12mm 以上としたまま同パワーの凸レンズで矯正すると網膜に結像すべき点が網膜前に移動する(凸レンズが強すぎる)
- ③頂間距離を 12mm 以上としたまま 凸レンズで矯正すると網膜に②よりは弱い凸レンズで網膜上に焦点を結ぶ
- ④③の状態処方した眼鏡を頂間距離 12mm で 装用すると網膜に結像すべき点が網膜後に移動する(凸レンズとしては弱すぎる:低矯正)



## 眼光学 8

### コンタクトレンズの光学

コンタクトレンズの(眼鏡と比較した場合の)光学的特長

- 1 視野が広い
- 2 プリズム作用がほとんどない
- 3 収差がほとんどない
- 4 網膜像の変化が小さい
- 5 円錐角膜など不正乱視の矯正が可能(RGP)

## CLのフィッティング

steep	:	角膜前面のカーブに対して CL後面のカーブがきつい状態
parallel	:	角膜前面のカーブと CL後面のカーブが平行な状態
flat	:	角膜前面のカーブに対して CL後面のカーブがゆるい状態
tight	:	角膜上のCLの動きが少ない状態
good (smooth)	:	角膜上のCLの動きが適正な状態
loose	:	角膜上のCLの動きが過剰な状態

Steep、parallel、flat は「CLと角膜の関係」

ハードコンタクト(ガス透過性ハードコンタクト:RGP)のフィッティング判断に用いる用語。

tight、smooth、loose は「CLの動きの状態」

ソフトコンタクト(SCL)、RGPの双方のフィッティング判断に用いる用語。



センタリング良好であれば

同一角膜に対して

**CLのBCを大きく場合**

CLと角膜間で形成される涙液レンズが凸の場合は凸の程度が小さく凹の場合は凹の程度が大きくなるのでCLのパワーを+側にシフトする必要が生じる。

**CLのBCをスティープにした場合**

CLと角膜間で形成される涙液レンズが凸の場合は凸の程度が大きく凹の場合は凹の程度が小さくなるのでCLのパワーを-側にシフトする必要が生じる。

## 角膜頂点間補正

追加度数が±3.00(4.00)以上の場合必要

CLのパワー決定の際  
眼鏡レンズでの完全矯正値だけでは  
涙液レンズの影響を正確に把握できないため  
必ずTL(トライアルレンズ)を装用した状態での追加  
矯正が必要

トライアルレンズを装用した状態での追加矯正を行う場合

追加矯正の値が±3.0(4.0)Dを超えると頂間距離(12mm)の影響が無視できなくなるため換算表を用いた補正が必要になる。

追加矯正値の絶対値が大きくなるほど補正表を用いても誤差が出やすくなるのでトライアルレンズの度数は可能であれば処方予定値に近いものが望ましい。

## 角膜とRGPのカーブ(曲率半径)

- ・中央部よりも周辺部の方が曲率半径は大きい
- ・ケラトメータは角膜中央部直径(3~4mm)の曲率半径を測定している



- ・ケラト値のBCのCLでは周辺がきつく(steepに)なる
- ・RGPの直径を一段大きくするときはBCも一段大きくする

角膜のカーブは、通常周辺に向かうにしたがって大きくなる。

(角膜屈折矯正手術後は周辺のカーブのほうが小さくなる。)

角膜中央部の曲率が同じであっても、周辺部のカーブは異なる(周辺に向かう変化の度合いが違う)。

RGPの装用感(違和感)は通常CL周辺部のフィッティングによる。

## RGPのフィテイングの見方

- 1) センタリング
- 2) 瞬目に伴うRGPの動き
- 3) フルオレセインパターン
- 4) RGP・角膜間の涙液の動き

- 1) 瞬目で上方に持ち上げられた後に降りてきて角膜中央で落ち着くのが理想
- 2) 瞬目で上方に持ち上げられた後に降りてきてしばらく中央で落ち着き、その後さらに降下。瞬目で・・・
- 3) 全く全面が均一なパターンはない。parallelの状態でも、RGPのベベル部分にはオプチカルゾーンよりも多くの涙液が存在する。
- 4) 瞬目、眼瞼圧、ベベルなどの総合作用で涙液交換が行われる。この涙液交換がスムーズに行われているかどうかについてもチェックする

## 円錐角膜

円錐角膜は角膜不正乱視の代表的な疾患でありRGPによる矯正が第一選択である。

中程度の以上の円錐角膜の場合は球面レンズの二点接触や多段カーブレンズ、ピギーバックシステムなどを要することがある。

## SCLのフィティングの見方

- 1) センタリング
- 2) SCL周辺部が結膜血管を  
圧迫していないかどうか
- 3) 瞬目に伴うSCLの動き

1) CL の安定位置。

CLのエッジが上方視や下方視、瞬目などでも角膜上に移動するようでは loose。

2) CL が結膜血管を圧迫しているようでは tight。

3) 瞬目によって CL は適度に動く。

通常、使い捨てや頻回交換タイプの動きは小さい。

### SCLの動き

C-SCLはマニュアル通り動く

DSCL・FRSCLはマニュアル通りには動かない

(レンズの動き:0.5mm くらい)



## レンズ

球面レンズ : オプティカルゾーンが  
単一の曲率半径

非球面レンズ : オプティカルゾーン内でも  
曲率半径が単一ではない

### 非球面レンズ

- ・非球面レンズ

(オプティカルゾーン内で曲率を変化しているレンズ)

- ・トーリックレンズ

(直行した2つの異なる曲率半径を有するレンズ)

前面トーリック

後面トーリック

両面 (バイ) トーリック

- ・多段カーブレンズ

(ベベル部分より内側に2つ以上の曲率を有するレンズ)

## トーリックレンズ

トーリック面を  
レンズ前面、後面あるいは前後面にもったレンズ

トーリック面とは：  
直交する2つの大きさの異なる曲率半径  
(最大と最小)によって得られる曲面

ちょうど球面レンズと円柱レンズを足して1枚のレンズにした状態。

パワーの異なる2つの円柱レンズを直交させた働きがある。

近視あるいは遠視と同時に乱視も矯正する場合のレンズとして使われる。

両主経線間の面屈折力の差が乱視度数である。

## コンタクトレンズの 回転を安定させる方法

トーリックCLや交代視型遠近両用CLへの応用

プリズムバラスト  
トランケーション  
後面トーリック  
スラブオフ  
ダブル・スラブオフ

- プリズムバラスト： 一方を薄く,他方を厚くし、薄いほうが上方に安定する
- トランケーション： CLの一部を直線的に切り欠くと、この切り欠き部位が下方に位置する
- 後面トーリック： 角膜の強主経線と弱主経線に CLの後面に持たせた強弱2つの曲率とが一致するように安定する
- スラブオフ： 薄くした一方向が上眼瞼に挟まれて安定する
- ダブル・スラブオフ： 上眼瞼と下眼瞼に挟まれて安定するように180度の位置関係の2方向を薄くしてある

### 回転を安定させる方法

SCL	プリズムバラスト ダブルスラブオフ
RGP フロントトーリック	プリズムバラスト
バックトーリック	後面トーリック
バイトーリック	後面トーリック
交代視型遠近両用	プリズムバラスト・トランケーション

## 遠近両用コンタクトレンズ

老視や調節力の低下を補う

### 調節力低下を補う方法

- 1) 近視の場合は低矯正(遠視の場合は過矯正)にすることで、(遠方矯正視力は低下するが)近方矯正視力を改善させる方法を試みる。
- 2) 遠方矯正視力が低下することに不満がある場合は、近用眼鏡の併用の可能性を打診する。あるいは近方視目的に CL で矯正し、遠方視には眼鏡を併用することを打診する。
- 3) 眼鏡の併用を希望しない場合、遠近両用 CL の処方、単焦点の CL (あるいは遠近両用 CL) を用いたモノビジョン処方を試みる。

### 遠近両用 CL の特徴:

遠近両用 CL はひとつの CL に複数の屈折度数を設定しているため、どのような製品であっても一点を注視した場合の明瞭度は単焦点の CL よりも劣る。

## 近見反応

輻輳

調節

縮瞳

近くを見るときには

- ・輻輳(両目ともに鼻側に寄ること)
- ・調節(調節の功 参照)
- ・縮瞳(瞳孔が小さくなること)

が、自然に行われる

遠近両用 CL の処方を考える際には近見反応も考慮すべき

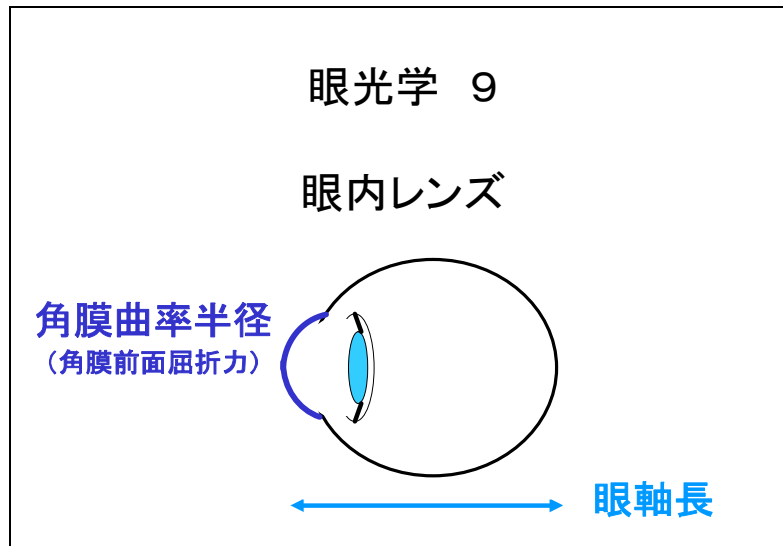
## Stiles-Crawford効果

- \* 網膜視細胞に対して入射する光の方向によって感度が異なる現象
- \* 光覚刺激としては中心窩錐体視細胞の長軸方向に平行な方が効果的
- \* 瞳孔辺縁を通過する光線は視細胞の長軸に対して斜めに入射することになるため同じ強さの光であっても暗く感じる

遠近両用CLの多くはCLの中央部が遠用に、近用部は傍中心部に設計されている。

近見反応の縮瞳を考えれば不利と思われるが、近見の視力値よりも遠見の視力値の方が良好な状態を望む方が多いので、スタイルズ・クロフォード効果を考えると、中央部が遠用にデザインされている遠近両用CLは合目的で、遠見重視のデザインであると考えられる。

逆にCLの中央部が近用度数、傍中心部に遠用度数が設計されている遠近両用CLは近見重視のデザインと考えられる。



「眼内レンズの光学的な目的は角膜表面で屈折を受けた光(光線束)を網膜(中心窩)に結像させることである」といえる。

例えば 術後の屈折状態を正視にする場合、

∞遠からの平行な光線束が角膜(表面)で、ついで眼内レンズで屈折をうけた結果網膜(中心窩)に結像するようにレンズ度数(パワー)を調整する。

眼球で主に光を屈折させるのは角膜(ほとんどが角膜表面)と水晶体(あるいは眼内レンズ)である。

(角膜後面での屈折は、角膜組織と前房水の屈折率の差が小さいため角膜前面に比べてきわめて小さい)

### 理論式

$$P = (n/L - ACD) - (n \times K/n - K \times ACD)$$

P: 正視化眼内レンズパワー(D)

n: 房水および硝子体の屈折率

ACD: 術後前房深度(mm)

L: 眼軸長

K: 角膜曲率

### SRK式

$$P = A - 2.5L - 0.9K$$

P: 正視化眼内レンズパワー(D)

L: 眼軸長

K: 角膜曲率

A: 定数

眼内レンズの度数(パワー)は、眼内に入る光(光線束)が角膜と眼内レンズで屈折をうけた結果、網膜(中心窩)に結像するように計算する。

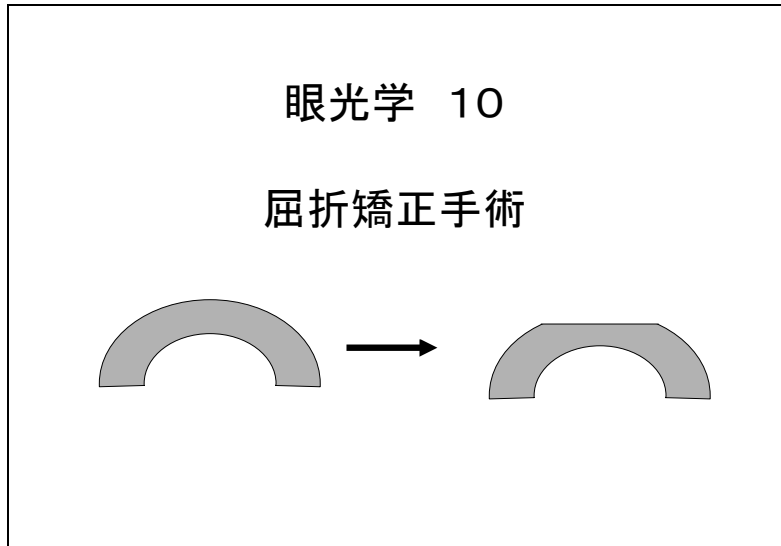
眼内レンズ挿入後の前房深度を確実に予測することが、現状ではできない。

眼軸長(角膜表面から網膜(中心窩)までの距離)は計測できる。

角膜(前面)の屈折力は角膜曲率半径から計算できる。

従って、現在は眼軸長と角膜曲率半径の値から眼内レンズの度数(パワー)が算出されている。





RK : Radial Keratotomy

PRK : Photorefractive Keratectomy

LASIK : Laser in situ keratomileusis

ICR: Intra Corneal Stromal Ring

など

術式(合併症など)は成書に譲るが、眼球の屈折力で最も大きなウエイトを占めている角膜前面の屈折力を外科的(手術的)に変更すること

術式によって方法は異なるが、いずれの術式も近視の矯正であれば矯正目標に合わせて角膜表面を平坦化することで目的を達する。

# 眼光学 11

## ロービジョンケア

見えにくさのために日常生活に不都合を感じている方の見えにくさを軽減することで、日常生活の手助けをすることが「ロービジョンケア」であると考えている。

## ロービジョンとは

比較的あたらしい概念のため、いまだに「ロービジョン」の定義として確立されたものはない。

しかし、平成12年4月に日本ロービジョン学会が発足したので定義も確立されると思われる。

私たちの考えている「ロービジョン」は、全く見えないわけではないが見え方に不自由を持っている方である。例えば 視力は1.2であっても視野が狭かったり、まぶしさが強かったりすれば見えにくくて不自由が生じる。眼鏡やコンタクトレンズで問題なく見える方は晴眼者、両眼とも全く見えない方が盲 この中間 かなり幅の広いゾーンがロービジョンである。

## 視覚障害

- 1 視力障害
- 2 視野障害
- 3 羞明・夜盲

一言で「見えない・見えにくい」といっても様々な見え方、見えにくさがある。

- ・いかに矯正しても十分な矯正視力が得られない場合
- ・視力は良好であっても視野が狭い場合
- ・視力・視野が正常であっても非常にまぶしい場合
- ・視力障害と視野障害の双方がある場合
- ・視力障害と視野障害に加えて羞明(まぶしさ)もある場合

など。

さらに、それぞれに他覚的な程度や自覚的な程度も異なるので、誰一人として同じ「見えにくさ」のひとはいないと思われる。

## 正常



便宜上、手を加えていない写真を提示したが、素早く視線の移動を繰り返しているためにこのように見えていると認識しているが、視線を固定したとすると、中心部は鮮明であるが、周辺部の見え方はこれほど鮮明ではない。

(中心視力と中心外視力の項参照)

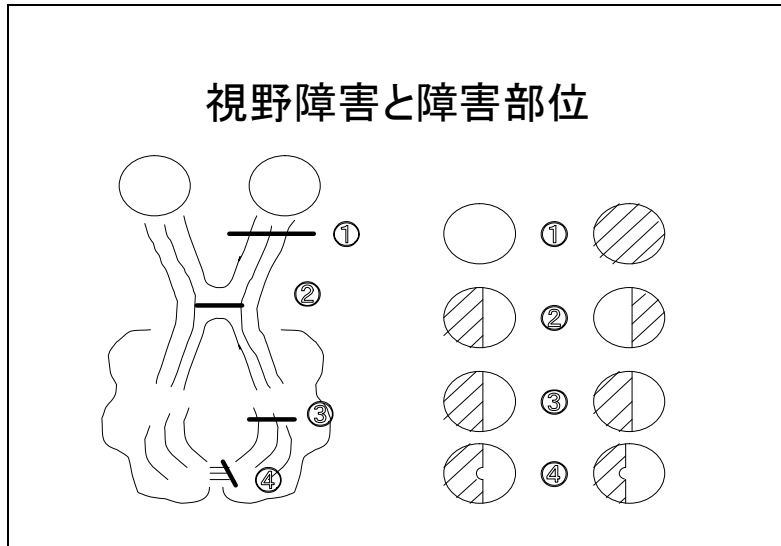
## 視力障害



矯正しても十分な視力が得られない状態。

視野障害がなければ、読み書きなどには不都合があるものの歩行などその他の日常生活への影響は比較的少ない。

## 視野障害と障害部位



正常に見えるためには、眼球だけでなく視神経、大脳(後頭葉の視中枢)までの経路(視路)がすべて正常であることが必要である。

その視路の異常部位によって視野障害のパターンが異なる。

視野異常のパターンから障害部位が推定される。

## 半盲



典型的な視野障害には

1) 半盲、2) 視野狭窄、3) 中心暗点がある。

1) 半盲

自覚症状が少ない。見えない側にぶつかりやすい。





## 2) 視野狭窄

視力が良好であっても、歩行など日常生活に影響の大きいことが多い。

### 中心暗点



### 3) 中心暗点

視力低下が大きく読み書きなどには不自由を生じるが、周辺の視野は保たれているため歩行などの日常生活に対する影響は比較的少ない。

## 羞明

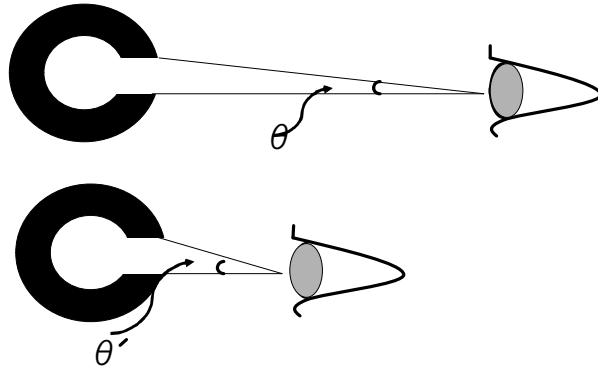


典型的には部屋の中では比較的に見えるのに晴れた日の日中などまぶしくて見えにくい状態。視覚障害をもっている方の多くは、自覚していないことも多いが、羞明をあわせもっている方が多い。このため、羞明に対する対処をすることで見え方の向上が得られることが多い。

## ものを大きく見る方法

- 1 眼を近づける(視角の拡大)
- 2 ものを大きくする(拡大コピー、拡大本など)
- 3 光学的拡大(レンズ系)

### 1 眼を近づける(視角の拡大)



見たいものに眼を近づけることで  
視角が大きくなる結果  
判別しやすく(見やすく)なる。

## 視覚補助具(ロービジョンエイド)

- 1 拡大鏡(ルーペ)
- 2 単眼鏡
- 3 拡大読書器(CCTV)
- 4 遮光眼鏡

見えにくさを補うための道具

- 1 「小さいものは見えないけれども、大きなものなら見える」場合には、拡大鏡や単(双)眼鏡、拡大読書器などの利用を考える。

一般的には、拡大鏡、拡大読書器は近方視用、単(双)眼鏡は遠方視用である。

- 2 見えにくさの原因が羞明(まぶしさ)の場合は、遮光眼鏡(サングラス)の利用を考える。

## 拡大鏡(ルーペ)



いわゆる 虫眼鏡

レンズを用いて像を拡大する。

最も手軽な近見用の視覚補助具。

ライト付きのものもある。

両手での作業は困難。

## 単眼鏡



小さな望遠鏡。

視覚障害を持つ方の場合、両眼の視力が同等なことは少なく、優位眼で用いるようになっている。

(両眼同等の視力であれば双眼鏡でかまわない)

遠見用の視覚補助具。

動きながら遠くを見ることは困難。



## 拡大読書器(CCTV)



連続的に約3倍から40倍の倍率が得られる視覚補助具。

ほとんどの機種で差明のあるかたでも見やすいように白黒反転ができる。

矯正視力0.01であっても新聞が読める事が多い。

小さいものもあるが、携帯にはまだむかない。

## 遮光眼鏡



光の散乱が羞明の原因である。

波長の短い可視光線が散乱しやすく羞明の原因となる。

遮光眼鏡によって波長の短い可視光線が眼内に入るのを防ぎ、羞明によって低下した見え方の改善をはかる。

	項目	ページ
	アルファベット	
	Abbe数	60
	BC(ベースカーブ)	112
	combined cylinder form	51
	dioptr	59
	flat	111,112
	grating acuity cards	14
	ICR(Intra Stromal Ring)	126
	Knappの法則	108
	LASIK(laser in situ keratomileusis)	126
	LogMAR視力	10
	loose	111,117
	minus cylinder form	51
	MTF(Modulation Transfer Function)	12
	parallel	111
	PL(Preferential looking)法	14
	plus cylinder form	51
	power (optical) cross	51
	prism diopter	24,105
	PRK(Photorefractive Keratectomy)	126
	RK(Radial Keratotomy)	126
	smooth	111
	Snellの法則	19
	SRK式	125
	steep	111,112
	Stiles-Crawford効果	123
	Sturmの間隔	50
	tight	111,117
	vergence	37,88,89
ア行	頭の体操	20,22,45,98
	厚いレンズ	57
	色収差	60,84
	薄いレンズ	56,57
	雲霧法	80
	遠近両用コンタクトレンズ	121
	遠視	63,66,68,73,74,101,102
	円錐角膜	116
	円柱レンズ	41,46,47,48,49,50,67,82
	遠点	71,72,73
	遠点距離	75
	遠方視力	6,121
カ行	凹レンズ	43,59,63,100,106,107
	開散	37,43,88,89
	外斜位	101,103
	回折	16,29
	拡大鏡	139,140
	拡大読書器	139,142
	角膜曲率半径	124,125
	角膜曲率半径	114
	角膜前面屈折力	124,125,126
	角膜頂点間補正	113
	角膜トポグラフィー	70
	角膜不正乱視	70,116
	角膜乱視	63,70
	可視光線	17

項目	ページ
ガス透過性ハードコンタクトレンズ (RGI)	111,115,116
眼鏡	67,85,99-109
眼軸長	65,124,125
干渉	16,28
眼内レンズ	124
幾何光学	15
基底	24
逆行	93
球面レンズ	41,43,50,67,118
強主経線	50
矯正	62,63,64,70
矯正視力	4
共役	40
虚像	38,39
虚物体	39
近見反応	122
近視	63,68,74,103,104
近点	71,72,74
近点距離	75
近方視力	6,121
屈折	26
屈折異常	62,63,95,96,97
屈折矯正手術	126
屈折検査	66,78-98
屈折性	65
屈折の法則	19
屈折率	16,17,19
屈折力	55
クロスシリンダー	83
ケラト(オフサルモ)メータ	70,86
検影法	67,85,87-97
顕性遠視	66
光軸	42
後焦線	50,83
光線束	37
後面トリック	120
コヒーレンス(可干渉性)	34
コンタクトレンズ	110-123
サ行 サイクロペントレート	81
最少可読閾	1
最少錯乱円	50,83
最少視角	1
最少視認閾	1
最少分離閾	1
三原色	35
散乱	16,33
視角	2,3,137,138
視覚障害	129
自覚的屈折検査	78,79
視覚補助具	139
軸	46,47,48,49
軸性	65,108
指向性	34
実像	38,39
実物体	39

	項目	ページ
	字づまり視力	8
	字ひとつ視力	8
	縞視力	12
	視野狭窄	134
	弱主経線	50
	遮光眼鏡	139,143
	射出光線	38,39
	視野障害	129,132
	収差	60,110
	収束	37,43
	羞明	129,136
	縮瞳	122
	主点	52,58
	主点屈折力	107
	主平面	58
	少数視力	9
	焦点	52,53,54
	焦点距離	53,54,55,59
	焦点面	53
	視力	1月14日
	視力障害	129,131
	視路	132
	水晶体乱視	63
	錐体	35
	スラブオフ	120
	晴眼者	128
	正視	72,74
	赤緑(二色)テスト	84
	節点	52,56
	全遠視	66
	前焦線	50,83
	全反射	18,21
	潜伏遠視	66
	全乱視	63
	ソフトコンタクトレンズ(SCL)	111,117
タ行	対数視力	10
	対比視力	11
	他覚的屈折検査	78,85
	多段カーブレンズ	118
	縦波	27
	ダブル・スラブオフ	120
	単眼鏡	139,141
	単色性	34
	中心暗点	135
	中心外視力	5
	中心間距離	101,102,103,104
	中心視力	5
	中和	88,90,92
	頂間距離	106,107,113
	調節	66,71-77,,80,122
	調節閾	71
	調節麻痺	66,81
	調節麻痺剤	81
	調節力	71,74,75,76,121
	頂点	24

	項目	ページ
	ディオプター	59
	同行	94
	トーリックレンズ	41,50,51,63,118,119
	凸レンズ	43,59,63,100,106,107
	トランケーション	120
	トロピカマイド	81
ナ行	内斜位	102,104
	入射光線	38,39
ハ行	ハード(ガス透過性)コンタクトレンズ	70
	波長	26,33,34
	反射の法則	18
	半盲	133
	非球面レンズ	43,118
	フィッティング	111,115,117
	フェルマーの定理	16
	副尺視力	1
	物理光学	15,25
	不同視	69
	不等像視	69
	プラチド角膜計	70,86
	プリズム	24
	プリズム効果	100
	プリズムパラスト	120
	プレントイスの式	105
	分散	26
	分数視力	9
	平行	37
	片眼視力	7
	偏光	16,30,32
	偏光板	31
	偏心量	105
	放射線図形	82
マ行	メニスカスレンズ	44
	盲	128
	網膜像	108,110
	模型眼	61
ヤ行	夜盲	129
	横波	27
ラ行	裸眼視力	4
	乱視	63,68
	ランドルト環	2
	硫酸アトロピン	81
	両眼(開放)視力	7
	量子光学	15
	臨界角	21
	涙液レンズ	112
	レーザー光	34
	レフラクトメータ	67,85
	レンズ	41
	レンズメータ	67,85
	老視	6,76,121
	ロービジョン	128
	ロービジョンエイド	139
	ロービジョンケア	127-143

あとがき

この内容は、以前に冊子として販売したことやインターネット経由でデジタルデータを販売したことがあるものです。

今回は、さど眼科（当院）のホームページから無料でダウンロードできるようにしました。

視能訓練士をめざす学生さんだけでなく、現役の眼科医や視能訓練士のみなさんにも役に立つ部分があると思います。

読んでいただきましたら、下記アドレスまで、感想などをお送りください。

**Duty** ではありません（笑）

平成 26 年 10 月 7 日

〒980-0021 仙台市青葉区中央 2-4-11 さど眼科 院長 佐渡一成

E-mail: [kazushige@sado-ec.com](mailto:kazushige@sado-ec.com)

1 光は均質な物質の中では□□し、異なった媒質の中へ進むときはその境界面で反射と□□が起こる。ある面で光が反射するとき、その□□と□□は等しく、これを反射の法則という。高い屈折率から低い屈折率の物質へと光が通過するとき、□□がある限界を超えると光は屈折せず□□が起こる。

一方、光は波としての性質も持っており、ある特定の方向の振動のみを持った光を□□という。二つ以上の波の振動が重なって振動が強め合ったり弱め合ったりすることを□□といい、これを利用して反射率を低下させたものが眼鏡レンズのコーティングである。また、障害物の端を通るとき、背後の陰となるべき場所にも光が達するが、この現象を□□という。

2 レンズの屈折力は□□の逆数をとって表され、その距離を□□単位でとったときの屈折力を□□という。光学的計算では□□から焦点までを焦点距離とするのが便利であるが、眼鏡レンズでは実用的見地より通常□□から像側焦点までの距離で求められる屈折力である□□が用いられ、この屈折力を測定する器械を□□という。眼鏡レンズと角膜の距離は、通常日本人では□□mmとされているが、その距離を遠ざけると、その屈折力は凹レンズの場合□□なったと同じ効果を示し、凸レンズの場合は□□なったと同じ効果になる。

3 目に入る光は主に□□表面で、次いで補助的に□□で屈折を受ける。□□休止状態の眼の網膜に像を結ぶ物点を□□と呼び、それが無限遠にあれば□□、前方有限距離にあれば□□、作図的に後方にあれば□□である。後2者はそれぞれ□□、□□によって屈折状態を□□と同じにもってこることができる。直交する経線間の屈折が規則正しく変化しておれば、□□であり□□で補正する。調節は□□の働きによる□□のふくらみで行われ、その最も強いとき網膜に像を結ぶ物点を□□と呼ぶ。この点と□□との距離の差が□□であり、通常□□単位で表され、年齢が進むと□□なる。このことによって近業にさしつかえが起こったものが□□である。

4 乱視は□□レンズで矯正される□□と、角膜の凹凸のためにそのレンズでは矯正できない□□に大別される。前者はある経線で最も強い屈折力を示す。これを□□といい、その方向が垂直の場合を□□乱視といい、水平の場合には□□乱視という。その他の方向の場合には□□乱視という。

オフサルモメータでは□□乱視を測定することができる。コンタクトレンズ装用後に残った乱視の原因は、主として□□にある。



5 外界の光が眼内に入り網膜に結像するような光学系を眼屈折といい、調節休止の状態を□的屈折といい、水晶体などの屈折が変化した状態を□的屈折または調節という。眼の屈折を検査する方法は大別して他覚的屈折検査法と□屈折検査法に分かれる。他覚的屈折検査に主に用いる方法はレフラクトメーターによるものと□があるが、いずれも調節が入らないように注意すべきである。薬剤による調節緩解措置としてアトロピン、□、□などの点眼による必要がある。特に器械の接眼部からのぞくときに起こる調節の加わった状態を□近視と呼んでいる。□屈折検査法は主にレンズ交換法によるが、このとき調節緩解措置として□が行われる。また注意としてはレンズ角膜間距離を正しく□mmに保たねばならない。屈折検査の最終の球面度決定には赤緑指標による□テストがある。

6 外界の一点から発して、乱視眼に入る光束は屈折して点とならず、各経線ごとに線となり、これを焦線という。

□の焦線を前焦線といい、□の焦線を後焦線といい、その中間に、各経線の集光によりつくられる円が□になる最小錯乱円がある。

乱視表を用いた検査において、乱視表の線の濃淡が最も□に見えるのは眼の前焦線か後焦線が網膜上に結像したときで、もし最小錯乱円が網膜上に結像すれば、乱視表の濃淡が均一になる。したがって、□を網膜上におくことが、乱視検査の原則である。

7 矯正レンズ（眼鏡）と眼との距離は普通□mmが適当とされているが矯正レンズと眼との間隔を近づけると凹レンズの場合、度は□なったと同じ効果となり、凸レンズの場合は□なったのと同じ効果となる。そのため同じ度の近視を矯正するためのコンタクトレンズの度は、眼鏡レンズの度より□。

8 検影法は□屈折検査法である。検者は通常□の距離から被検者の瞳孔内に光を送り込み、それを動かしたときに出る影の移動方向で屈折状態を評価する。裸眼での検影で、影が動かない（中和）状態では□の近視である。板付きレンズのを被検眼の前におき、中和すれば□であり、この状態で影が同行すれば□、影が逆行すれば□である。

9 遠点が眼球後方50cmにある眼は□Dの□である。この眼の調節力が2.5Dであれば近点は眼球□方□cmである。この眼の調節力を全部使って眼前25cmを明視するためには□Dの眼鏡が必要である。

- 10 正乱視には□する2本の□線があり、□の弱い方を□線という。  
円柱レンズの□に□な向きを□といい、その方向の屈折力は□である。
- 11 自覚的屈折検査を実施するとき最も注意しなければならないのは□を除くことである。そのため球面レンズは近視の場合は最高視力の得られる最も□レンズを、遠視の場合は最も□レンズを選ばなければならない。  
乱視を検出するときにもこのことに留意することが大切で、そのためには最高視力の得られた球面レンズを十分に□側によせて乱視表を見させるのがよい。こうすると乱視の□が網膜上またはその前方にくることになる。したがって、この場合の乱視の矯正には□レンズを用いればよく、乱視表の濃く見える方向と□方向が□となる。こうして乱視を矯正するが過矯正になると、乱視表の見え方は□する。  
*放射線乱視表のばけている方向に凹円柱レンズの軸を合わせる（雲霧された状態なら）*  
乱視を完全矯正した後の球面レンズの再調整には色収差を利用した□で確認すればよい。
- 12 この患者は両眼が-2 Dの近視で9 Dの調節力を持っている。この眼に-3 Dの球面レンズを装用させた。  
この装用状態では□Dの□に等しく、□矯正と呼ばれ、遠点は眼の□方□mに移動し、□の原因になりやすい。  
この眼が外界の物体を明瞭に見ることのできる距離は、裸眼状態では□から□で、装用状態では□から□である。
- 13 調節の弛緩状態における網膜の共役点を□という。この点が□にある眼は5 Dの遠視である。この眼は無限遠の距離にある物体を明視するのにさえ□を必要とし、そのために□斜視を起こすことがある。この眼が眼前1 mの物体を明視するためには□Dの調節がいる。この眼の調節力が10 Dあれば、遠くは□から、近くは□まで明視できる。この人が通常の眼とレンズの距離12 mmで完全矯正眼鏡を常用しているとき、もしこれを離せば近点は□くなる。一般に遠視眼を眼鏡矯正した眼は、正視眼に比べて視野が□くなる傾向にある。
- 14 プリズムはそれを通過する光線の進路を□の方向に変える働きがある。プリズムの偏向の単位はプリズムを通った光線を□離れた所で□偏向するときを1△という。1△はおおよそ□度となる。

- 15 眼球は臨床的には点と考えて支障のない□を中心に回転して外界の物体を見る。固視物点と中心窩を結ぶ点を□という。この線と瞳孔中心線のなす角を $\kappa$ 角といい、これをもって臨床的には□とする。最近の教科書では「臨床的に同定できるのは照準線と瞳孔中心線であり、実測できるのは $\lambda$ 角である」との記載があり、注意が必要である。
- 16 眼内レンズの屈折力を決定するのに重要な二つの検査項目とその検査機器をあげよ
- 17 角膜後方6.5cmに遠点のある無水晶体眼について以下の問いに答えよ
- 1 遠方を見るために適切な眼鏡の度数は  
 $6.5\text{ cm}$ は $0.065\text{ m}$  頂間距離  $0.012\text{ m}$
  - 2 1で答えた眼鏡を前へずらしてレンズと角膜との距離が $25\text{ mm}$ になったとき、明視できる角膜からの距離はいくらか
- 18 直像鏡で乳頭上の血管に焦点を合わせ、次いで乳頭周辺の網膜上に焦点を合わせ、それぞれの目盛りを読んだところ  $+2\text{ D}$ と $-2\text{ D}$ であった。この乳頭はいかなる状態か
- 19 軸が $30$ 度のマイナス円柱レンズの屈折力の最も強い方向は何度か
- 20 欧米では視力を分数視力で表すことが多い。例えば  $3/6$  という場合、分子・分母はそれぞれ何を示すのか。また、この場合少数視力にするとどうなるか
- 分子：  
分母：  
少数視力：
- 21 眼球の主点、結点、回旋点はどこか
- 主点：  
結点：  
回旋点：

22 3 m用視力表で屈折検査を行う際、無限大の距離で測定した屈折状態とは何Dの差があるか

23 +3 Dの眼の遠点  
調節力が14 Dである場合の近点  
完全矯正の眼鏡を装用して眼前50cmを明視するときの調節量

24 +4.0D=cyl-2.0DAx20° の矯正レンズを+1 +2 +3 +4 +5 Dの球面レンズと-1 -3 Dの円柱レンズしかない。最少の枚数で行える矯正レンズの組み合わせ

25 アトロピン点眼後 指標を見ると眼前2mで縦線が 眼前1mで横線がそれぞれ明瞭に見えた

- 1 アトロピン点眼の目的
- 2 この眼の屈折状態
- 3 この眼を矯正するレンズ

26 レンズメータで眼鏡レンズを測定して次のように読みとれた

30度方向で-1,50D 120度方向で-2,00D

このレンズの屈折力を球面および円柱レンズの組み合わせで記しなさい

27 遠点が角膜前頂点から後方90mmにあり、遠点の位置に第二焦点をもつレンズで矯正された

- 1 屈折異常の種類
- 2 矯正レンズの種類
- 3 眼鏡レンズの屈折力 (頂間距離 10mm)
- 4 コンタクトレンズの屈折力

$$\underline{90\text{mm}=0.09\text{m} \quad 10\text{mm}=0.01\text{m}}$$

- 28 調節麻痺剤を点眼した後の屈折検査で 右眼+6.0D=cyl-2.0DAx90°  
左眼+4.5D=cyl+2.0DAx180° の屈折度を得た。今回 両眼+7.0D を装用させ  
雲霧法を行っている。矯正視力は両眼とも 0.7 である。  
凹の検眼レンズを雲霧中のレンズの上に加えて、上記の屈折検査法で矯正したい。  
左右眼それぞれどのようなレンズを加えればよいか  
右： 左：
- 29 検影法を 50cm の距離で行い、凹 3.0D 加入で中和された屈折状態を記せ
- 30 無水晶体眼で、凸 10.0D のコンタクトレンズを装着して検影法を行ったところ成績は  
逆行であった。このコンタクトレンズは遠見完全矯正するためにはレンズの屈折力を弱  
くすべきか強くすべきか
- 31 +2D のレンズを被検眼の前に置き 検影法で垂直経線で逆行、水平経線で中和であ  
れば、単性性乱視である。
- 32 正視眼で調節力が 1.5D しかないとき、眼前 25cm のものを明視するためには少なくと  
もの凸レンズ眼鏡が必要である。
- 
- 33 +4D の遠視 12D の調節幅  
遠点：  
近点：  
明視できる範囲：
- 34 -4D の近視 1D の調節幅  
遠点：  
近点：  
明視できる範囲：
- 35 正視 4D の調節幅  
遠点：  
近点：  
明視できる範囲：

36 +2Dの遠視 4Dの調節幅

遠点：

近点：

明視できる範囲：

37 調節力10D：各場合について明視できる範囲

正視

3Dの近視

2Dの遠視

38 5Dの遠視眼

1 眼前50cmを明視するときに必要な調節量

2 眼鏡レンズで矯正し、更に2°の基底外方効果を得たい場合の光学中心位置  
(頂間距離を0とし、片眼であることに注意して答えよ)

39 切れ目の幅1cmのランドルト環の方向を5mの距離でかろうじて判別できた。

1 このランドルト環の切れ目の視角を求めよ

2 このときの視力値

<用語の説明については各自調べること>

40 メニスカスレンズとは

41 レンチクラールレンズとは

42 球面収差とは

43 色収差とは

44 水晶体前面の曲率半径は、調節休止時と最大調節時ではどちらが大きいのか

45 屈折率は角膜と水晶体ではどちらが大きいのか

45 輻輳の4要素



1 光は均質な物質の中では直進し、異なった媒質の中へ進むときはその境界面で反射と屈折が起こる。ある面で光が反射するとき、その入射角と反射角は等しく、これを反射の法則という。高い屈折率から低い屈折率の物質へと光が通過するとき、入射角がある限界を超えると光は屈折せず全反射が起こる。

一方、光は波としての性質も持っており、ある特定の方向の振動のみを持った光を偏光という。二つ以上の波の振動が重なって振動が強め合ったり弱め合ったりすることを干渉といい、これを利用して反射率を低下させたものが眼鏡レンズのコーティングである。また、障害物の端を通るとき、背後の陰となるべき場所にも光が達するが、この現象を回折という。

2 レンズの屈折力は焦点距離の逆数をとって表され、その距離をメートル単位でとったときの屈折力を主点屈折力という。光学的計算では主点から焦点までを焦点距離とするのが便利であるが、眼鏡レンズでは実用的見地より通常後頂点から像側焦点までの距離で求められる屈折力である後頂点屈折力が用いられ、この屈折力を測定する器械をレンズメータという。眼鏡レンズと角膜の距離は、通常日本人では12mmとされているが、その距離を遠ざけると、その屈折力は凹レンズの場合弱くなったと同じ効果を示し、凸レンズの場合は強くなったと同じ効果になる。

3 目に入る光は主に角膜表面で、次いで補助的に水晶体で屈折を受ける。調節休止状態の眼の網膜に像を結ぶ物点を(調節)遠点と呼び、それが無限遠にあれば正視、前方有限距離にあれば近視、作図的に後方にあれば遠視である。後二者はそれぞれ凹レンズ、凸レンズによって屈折状態を正視と同じにもってこることができる。直交する経線間の屈折が規則正しく変化しておれば、正乱視であり円柱レンズで補正する。調節は毛様体筋の働きによる水晶体のふくらみで行われ、その最も強いとき網膜に像を結ぶ物点を(調節)近点と呼ぶ。この点と調節遠点との距離の差が調節幅であり、通常メートル単位で表され、年齢が進むと小さくなる。このことによって近業にさしつかえが起こったものが老視である。

4 乱視は円柱レンズで矯正される正乱視と、角膜の凹凸のためにそのレンズでは矯正できない不正乱視に大別される。前者はある経線で最も強い屈折力を示す。これを強主経線といい、その方向が垂直の場合を直乱視といい、水平の場合には倒乱視という。その他の方向の場合には斜乱視という。

オフサルモメータでは正(または角膜)乱視を測定することができる。コンタクトレンズ装用後に残った乱視の原因は、主として水晶体にある。



- 5 外界の光が眼内に入り網膜に結像するような光学系を眼屈折といい、調節休止の状態を静的屈折といい、水晶体などの屈折が変化した状態を動的屈折または調節という。眼の屈折を検査する方法は大別して他覚的屈折検査法と自覚的屈折検査法に分かれる。他覚的屈折検査に主に用いる方法はレフRACTメーターによるものと検影法があるが、いずれも調節が入らないように注意すべきである。薬剤による調節緩解措置としてアトロピン、シクロペントレート、トロピカマイドなどの点眼による必要がある。特に器械の接眼部からのぞくときに起こる調節の加わった状態を器械近視と呼んでいる。自覚的屈折検査法は主にレンズ交換法によるが、このとき調節緩解措置として雲霧法が行われる。また注意としてはレンズ角膜間距離を正しく12mmに保たねばならない。屈折検査の最終の球面度決定には赤緑指標による二色テストがある。
- 6 外界の一点から発して、乱視眼に入る光束は屈折して点とならず、各経線ごとに線となり、これを焦線という。強主経線の焦線を前焦線といい、弱主経線の焦線を後焦線といい、その中間に、各経線の集光によりつくられる円が正円になる最小錯乱円がある。  
乱視表を用いた検査において、乱視表の線の濃淡が最も明瞭に見えるのは眼の前焦線か後焦線が網膜上に結像したときで、もし最小錯乱円が網膜上に結像すれば、乱視表の濃淡が均一になる。したがって、後焦線を網膜上におくことが、乱視検査の原則である。
- 7 矯正レンズ（眼鏡）と眼との距離は普通12mmが適当とされているが矯正レンズと眼との間隔を近づけると凹レンズの場合、度は強くなったと同じ効果となり、凸レンズの場合は弱くなったのと同じ効果となる。そのため同じ度の近視を矯正するためのコンタクトレンズの度は、眼鏡レンズの度より弱い。
- 8 検影法は他覚的屈折検査法である。検者は通常50cmの距離から被検者の瞳孔内に光を送り込み、それを動かしたときに出る影の移動方向で屈折状態を評価する。裸眼での検影で、影が動かない（中和）状態では-2Dの近視である。板付きレンズの+2Dを被検眼の前におき、中和すれば正視であり、この状態で影が同行すれば遠視、影が逆行すれば近視である。
- 9 遠点が眼球後方50cmにある眼は+2Dの遠視である。この眼の調節力が2.5Dであれば近点は眼球前方200cmである。この眼の調節力を全部使って眼前25cmを明視するためには+3.5Dの眼鏡が必要である。

- 10 正乱視には直交する2本の主経線があり、屈折力の弱い方を弱主経線という。円柱レンズの強主経線に垂直な向きを軸といい、その方向の屈折力は0である。
- 11 自覚的屈折検査を実施するとき最も注意しなければならないのは調節を除くことである。そのため球面レンズは近視の場合は最高視力の得られる最も弱い凹レンズを、遠視の場合は最も強い凸レンズを選ばなければならない。
- 乱視を検出するときにもこのことに留意することが大切で、そのためには最高視力の得られた球面レンズを十分に+（後焦線を網膜上あるいは網膜より前方）側によせて乱視表を見させるのがよい。こうすると乱視の後焦線が網膜上またはその前方にくることになる。したがって、この場合の乱視の矯正には凹円柱レンズを用いればよく、乱視表の濃く見える方向と凹円柱レンズの軸方向が垂直となる。こうして乱視を矯正するが過矯正になると、乱視表の見え方は直交する。90°違ってみえる（調節がおきるため）。放射線乱視表のぼけている方向に凹円柱レンズの軸を合わせる（雲霧された状態なら）横の放射線図形がぼけて見えるのは縦方向がぼけているからである。
- 縦の線が縦方向にぼけても感じず横の線は左右に長いので上下のぼけが目立つため。
- 縦方向を矯正する：円柱レンズの軸は180度—
- 乱視を完全矯正した後の球面レンズの再調整には色収差を利用した二色（赤緑）テストで確認すればよい。
- 12 この患者は両眼が-2Dの近視で9Dの調節力を持っている。この眼に-3Dの球面レンズを装用させた。
- この装用状態では+1Dの遠視に等しく、過矯正と呼ばれ、遠点は眼の後方1mに移動し、眼精疲労の原因になりやすい。
- この眼が外界の物体を明瞭に見ることのできる距離は、裸眼状態では眼前50cmから眼前9.1cmで、装用状態では無限遠から眼前12.5cmである。
- 13 調節の弛緩状態における網膜の共役点を遠点という。この点が眼球後方20cmにある眼は5Dの遠視である。この眼は無限遠の距離にある物体を明視するのにさえ調節を必要とし、そのために（調節性）内斜視を起こすことがある。この眼が眼前1mの物体を明視するためには6Dの調節がいる。この眼の調節力が10Dあれば、遠くは無限遠から、近くは眼前20cmまで明視できる。この人が通常の眼とレンズの距離12mmで完全矯正眼鏡を常用しているとき、もしこれを離せば近点は近くなる。一般に遠視眼を眼鏡矯正した眼は、正視眼に比べて視野が狭くなる傾向にある。

14 プリズムはそれを通過する光線の進路を「基底」の方向に変える働きがある。プリズムの偏向の単位はプリズムを通った光線を「1 m」離れた所で「1 cm」偏向するときを1 Δという。1 Δはおおよそ「0.5 (0.6)」度となる。

15 眼球は臨床的には点と考えて支障のない「回旋点」を中心に回転して外界の物体を見る。固視物点と中心窩を結ぶ点を「視軸」という。この線と瞳孔中心線のなす角をκ角といい、これをもって臨床的には「斜視角」とする。  
最近の教科書では「臨床的に同定できるのは照準線と瞳孔中心線であり、実測できるのはλ角である」との記載があり、注意が必要である。

16 眼内レンズの屈折力を決定するのに重要な二つの検査項目とその検査機器をあげよ

角膜（前面）曲率半径	オフサルモ（ケラト）メータ
眼軸長	超音波 A モード

17 角膜後方 6.5 cm に遠点のある無水晶体眼について以下の問いに答えよ

1 遠方を見るために適切な眼鏡の度数は

$$1 / 0.065 + 0.012 = 12.987 \quad 13 \text{ D}$$

6.5 cm は 0.065 m 頂間距離 0.012 m

2 1 で答えた眼鏡を前へずらしてレンズと角膜との距離が 25 mm になったとき、明視できる角膜からの距離はいくらか

$$1 / 0.065 + 0.025 = 11.111 \quad 13 - 11 = 2 \text{ D のズレ (} -2 \text{ D の近視状態)}$$

$$\text{角膜からの距離} = \text{遠点} \quad \text{遠点} = \text{焦点距離} + \text{頂間距離}$$

$$= 1 / 2 + 0.025 \text{ m} = 0.525 \text{ m} = 52.5 \text{ cm}$$

18 直像鏡で乳頭上の血管に焦点を合わせ、次いで乳頭周辺の網膜上に焦点を合わせ、それぞれの目盛りを読んだところ +2 D と -2 D であった。この乳頭はいかなる状態か

$$1 \text{ mm} : 3 \text{ D} \quad 1/3 \times 4 \text{ D} = 1.3 \text{ mm} \quad \text{突出}$$

19 軸が 30 度のマイナス円柱レンズの屈折力の最も強い方向は何度か

$$120 \text{ 度}$$

20 欧米では視力を分数視力で表すことが多い。例えば 3/6 という場合、分子・分母はそれぞれ何を示すのか。また、この場合少数視力にするとどうなるか

分子：「視標がみえた検査距離」

分母：「検査に用いた視標を視力 1.0 の眼がかろうじて見分ける距離」

少数視力：「0.5」

21 眼球の主点、結点、回旋点はどこか

主点：角膜後方 1.3～2.0 mm (前房中)

結点：角膜後方 6.5～7.3 mm (水晶体後極)

回旋点：角膜後方 13.5～14.0 mm (硝子体中)

22 3 m用視力表で屈折検査を行う際、無限大の距離で測定した屈折状態とは何Dの差があるか

$$1/3 = 0.33\text{D}$$

23 +3 Dの眼の遠点

眼球後方 33.3 cm

調節力が1.4 Dである場合の近点

眼前 9.1 cm

完全矯正の眼鏡を装用して眼前 50 cmを明視するときの調節量

2 D

24 +4.0 D=cyl-2.0 D Ax20° の矯正レンズを+1 +2 +3 +4 +5 Dの球面レンズと-1 -3 Dの円柱レンズしかない。最少の枚数で行える矯正レンズの組み合わせ

$$S + 5\text{D} = \text{cyl} - 3\text{D Ax}20^\circ = \text{cyl} - 1\text{D Ax}110^\circ \text{ の3枚}$$

25 アトロピン点眼後 指標を見ると眼前2mで縦線が 眼前1mで横線がそれぞれ明瞭に見えた

1 アトロピン点眼の目的

調節麻痺 (下における屈折検査)

2 この眼の屈折状態

近視性 (直) 乱視

3 この眼を矯正するレンズ

-0.5 D=cyl-0.5 D Ax180°

・眼前2mで縦線 (焦線) が見える：縦方向はぶれている (横はピントが合っている)。

(横-0.5 D)

眼前1mで横線 (焦線) が見える：横方向はぶれている (縦方向はピントが合っている)。

(縦-1.0 D)

目をレンズに置き換えると

縦の焦線 (2 m)：横に弱主経線 パワー：+0.5 D (軸 90 度)

横の焦線 (1 m)：縦に強主経線 パワー：+1.0 D (軸 180 度)

眼前2mで縦線が見える：軸 90 度に+0.5 Dの円柱レンズがある (軸 90 度+0.5 Dの乱視)

眼前1mで横線が見える：軸 180 度に+1.0 Dの円柱レンズ (軸 180 度+1.0 Dの乱視)

それぞれの方向で矯正 (正視：±0D) するには

横方向 (軸 90 度) に-0.5 D、縦方向 (軸 180 度) に-1.0 Dが必要になる

26 レンズメータで眼鏡レンズを測定して次のように読みとれた

30 度方向で $-1,50D$  120 度方向で $-2,00D$

このレンズの屈折力を球面および円柱レンズの組み合わせで記しなさい

$$\boxed{-1,50D = cyl - 0,5D Ax 120^\circ}$$

レンズメータは軸を合わせて軸に直交する方向のパワーを読む

30 度方向で $-1,50D$ であればパワーは 120 度方向にかかる

power cross を記載するなら注意が必要

検影法＝レフラクトメータ＝レンズメータ

ただレンズメータは軸を合わせ軸に直交している方向のパワーを計測しているので

power cross を記載する際には注意が必要

検影法もレフラクトメータも(眼鏡・コンタクトレンズ)も屈折異常(のある眼)を

矯正(正視に)するのに必要なレンズのパワーを測定している

(レンズとしての)眼の度数そのものを測定しているわけではない

よく混乱するので注意が必要！

27 遠点が角膜前頂点から後方 90mm にあり、遠点の位置に第二焦点をもつレンズで矯正された

- |                        |                                        |
|------------------------|----------------------------------------|
| 1 屈折異常の種類              | $\boxed{\text{遠視}}$                    |
| 2 矯正レンズの種類             | $\boxed{\text{凸レンズ}}$                  |
| 3 眼鏡レンズの屈折力(頂間距離 10mm) | $\boxed{1 / 0.09 + 0.01 = + 10.0 D}$   |
| 4 コンタクトレンズの屈折力         | $\boxed{1 / 0.09 = \text{約} + 11.1 D}$ |
- $\underline{90\text{mm} = 0.09\text{m} \quad 10\text{mm} = 0.01\text{m}}$

28 調節麻痺剤を点眼した後の屈折検査で 右眼 $+6.0D = cyl - 2.0D Ax 90^\circ$

左眼 $+4.5D = cyl + 2.0D Ax 180^\circ$  の屈折度を得た。今回 両眼 $+7.0D$  を装用させ雲霧法を行っている。矯正視力は両眼とも 0.7 である。

凹の検眼レンズを雲霧中のレンズの上に加えて、上記の屈折検査法で矯正したい。

左右眼それぞれどのようなレンズを加えればよいか

右： $\boxed{-1.0D = cyl - 2.0D Ax 90^\circ}$       左： $\boxed{-0.5D = cyl - 2.0D Ax 90^\circ}$

29 検影法を 50cm の距離で行い、凹 3.0D 加入で中和された屈折状態を記せ

$$\boxed{-3 + (-2) = -5 D \text{の近視}}$$

30 無水晶体眼で、凸 10.0D のコンタクトレンズを装着して検影法を行ったところ成績は逆行であった。このコンタクトレンズは遠見完全矯正するためにはレンズの屈折力を弱くすべきか強くすべきか

- 2 D 以上の近視の状態であるから 凸レンズを弱くする

31 + 2 D のレンズを被検眼の前に置き 検影法で垂直経線で逆行、水平経線で中和であれば、単性近視性直乱視である。

32 正視眼で調節力が 1.5D しかないとき、眼前 25cm のものを明視するためには少なくとも 2.5 D の凸レンズ眼鏡が必要である。

眼前 25cm のものを明視する： $1 / 0.25m = 4D$   $4 - 1.5 = 2.5$

33 + 4 D の遠視 1 2 D の調節幅

遠点：角膜（眼球）後方 25cm  $1/4 = 0.25m$

近点：角膜（眼球）前方 12.5cm  $1 / (12 - 4) = 0.125m$

明視できる範囲：角膜（眼球）無限遠から角膜（眼球）前方 12.5cm

34 - 4 D の近視 1 D の調節幅

遠点：角膜（眼球）前方 25cm  $1/4 = 0.25m$

近点：角膜（眼球）前方 20cm  $1 / (1 + 4) = 0.2m$

明視できる範囲：角膜（眼球）前方 25cm から角膜（眼球）前方 20cm

35 正視 4 D の調節幅

遠点：角膜（眼球）前方無限遠  $1/0 = \infty$

近点：角膜（眼球）前方 25cm  $1/4 = 0.25m$

明視できる範囲：角膜（眼球）無限遠から前方 25cm

36 + 2D の遠視 4D の調節幅

遠点：角膜（眼球）後方 50cm  $1/2 = 0.5m$

近点：角膜（眼球）前方 50cm  $1 / (4 - 2) = 0.5m$

明視できる範囲：角膜（眼球）無限遠から角膜（眼球）前方 50cm

37 調節力 10 D : 各場合について明視できる範囲

正視 角膜（眼球）無限遠から角膜（眼球）眼前 10cm  $1/0 = \infty : 1/10 = 0.1m$

3 D の近視 眼前 33.3cm から眼前 7.7cm  $1/3 = 0.333m : 1 / (3 + 10) = 0.077m$

2 D の遠視 無限遠から眼前 12.5cm  $\infty : 1 / (10 - 2) = 0.125m$

38 5 Dの遠視眼

- 1 眼前50 cmを明視するときに必要な調節量  $7 D \quad 5+1/0.5m=7$
- 2 眼鏡レンズで矯正し、更に2 mmの基底外方効果を得たい場合の光学中心位置  
(頂間距離を0とし、片眼であることに注意して答えよ)

$$2 = x \cdot 5 / 10 \quad x = 4 \text{ mm} \quad \text{光学中心位置を外方に}$$

遠視の内斜位では瞳孔間距離を大きく

39 切れ目の幅1 cmのランドルト環の方向を5 mの距離でかろうじて判別できた。

- 1 このランドルト環の切れ目の視角を求めよ  
 $1.5 \text{ mm} = 1 \text{ 分} \quad 1 \text{ cm} = 10 \text{ mm} \quad 10 / 1.5 = 6.66 \text{ 分}$
- 2 このときの視力値  
 $1 / 6.67 = 0.15$

<用語の説明については各自調べること>

- 40 メニスカスレンズとは
- 41 レンチクラールレンズとは
- 42 球面収差とは
- 43 色収差とは
- 44 水晶体前面の曲率半径は、調節休止時と最大調節時ではどちらが大きいのか
- 45 屈折率は角膜と水晶体ではどちらが大きいのか
- 45 輻輳の4要素  
 $\boxed{\text{緊張性輻輳}} \quad \boxed{\text{調節性輻輳}} \quad \boxed{\text{融像性輻輳}} \quad \boxed{\text{近接性輻輳}}$