TEMセミナー

眼の特性と眼視光学系

禁複製

2025年12月17日

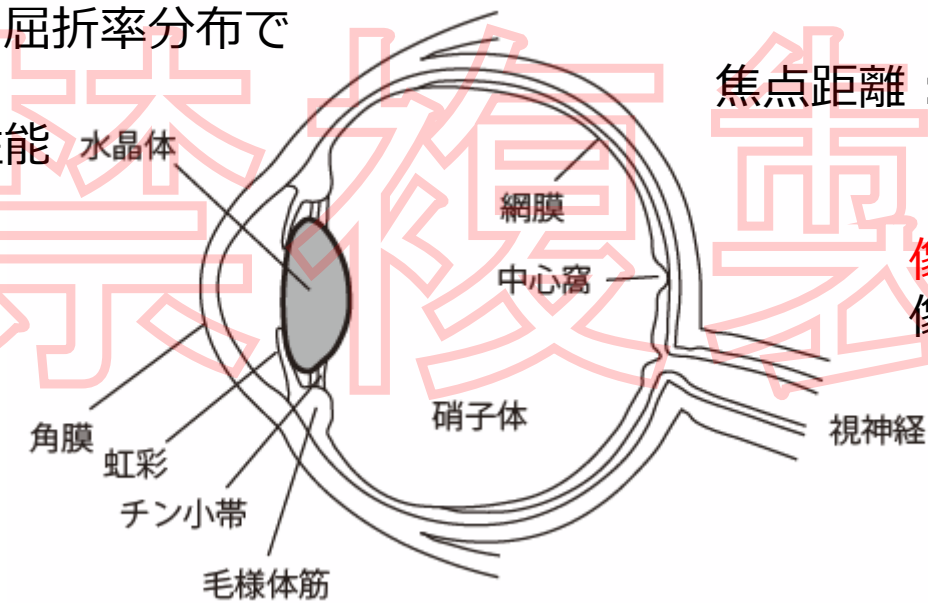
チームオプト株式会社
丸山 晃一

Copyright ©2025 Team-Opt Corp. All rights reserved.

眼の機能

- レンズ：画角の割に構成枚数が少なく 屈折率が低い

水晶体の非球面、屈折率分布で
球面収差補正
中央だけが良い性能



焦点距離：17.1mm

像面湾曲
像の曲率半径＝f × n

強い屈折面(角膜)が　絞り(瞳孔)に対してコンセントリックなので非点収差が少なめ。
色収差補正はできず軸上色収差（F-C）が300μmほどあり 幅で1Dに相当します。

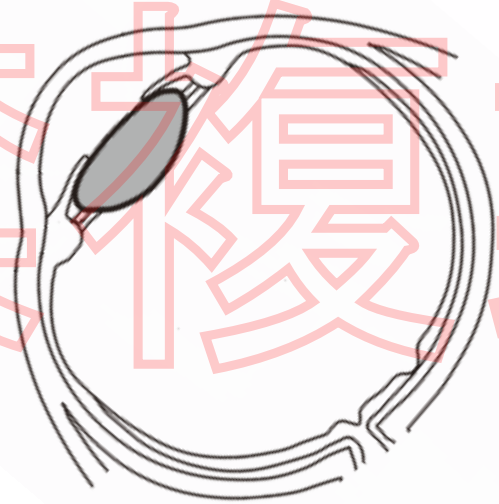
禁複製

Copyright ©2025 Team-Opt Corp. All rights reserved.

眼の機能

- 回旋　目玉の向きを変える

眼は中心窩以外は解像度が低いので、対象物をはっきり見るためには眼球を回旋させ中心窩で見ます。



禁複製

眼球は6つの外眼筋で動くため 回転と共に平行移動もしますが、眼視系の設計には
「角膜表面から13mmほどを回転中心として回旋する」
としてシミュレーションすれば大きな問題はありません。

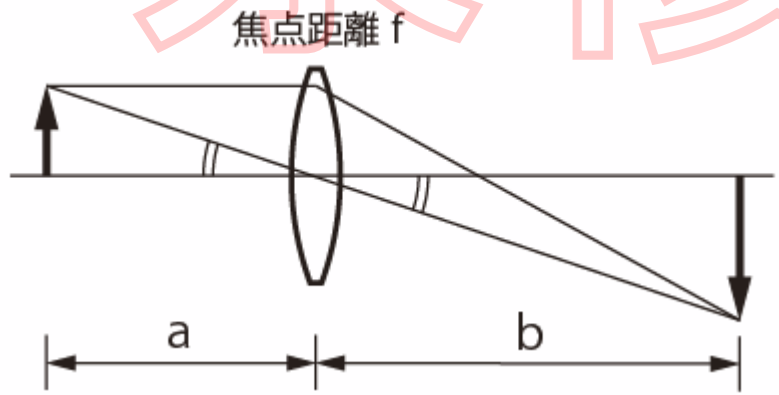
Copyright ©2025 Team-Opt Corp. All rights reserved.

ディオプター

- 眼科で使われる単位 ディオプター

人の調節力、眼鏡の光を曲げる強さ（屈折度数）、を表す単位
メートルで表した焦点距離の逆数

焦点距離500mmのレンズは　**屈折度数** ＝１÷0.5(m)＝２**D**



結像の式
１／a＋１／b＝１／f

距離の逆数なので計算が面倒

レンズパワーと物体距離を
ディオプターで考えると眼と
眼視系のパワーがスッキリ
わかります

禁複製

Copyright ©2025 Team-Opt Corp. All rights reserved.

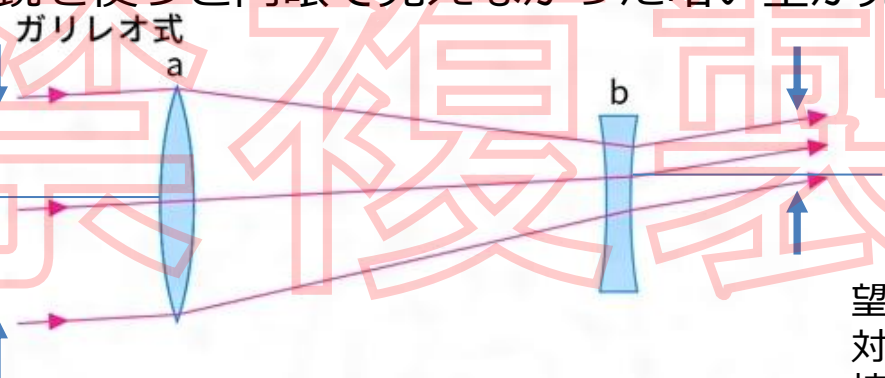
眼視系とは　眼視系の例

- 天体望遠鏡　　：事実上無限遠の遠くのものを拡大するとともに、明るく見る。

図のように角度の差を拡大すると同時に光束幅が狭く変換されるので、角倍率の2乗の光が瞳の中に入射するようになります。この機能によって倍率の高い大きな口径の天体望遠鏡や双眼鏡を使うと肉眼で見えなかった暗い星が見えるようになります。

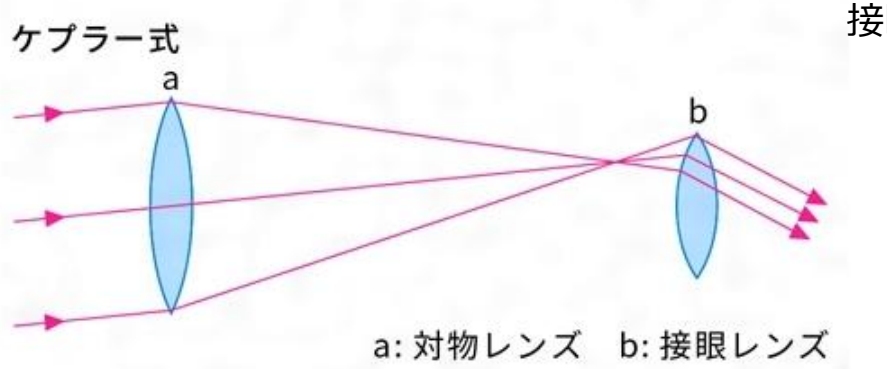
禁複製

ガリレオ式
正負のレンズ群で
構成



望遠鏡の倍率は
対物レンズの焦点距離 f a と
接眼レンズの焦点距離 f b の比
f a/ f b

ケプラー式
正正のレンズ群
前群で一度結像



Copyright ©2025 Team-Opt Corp. All rights reserved.

眼視系とは　眼視系の例

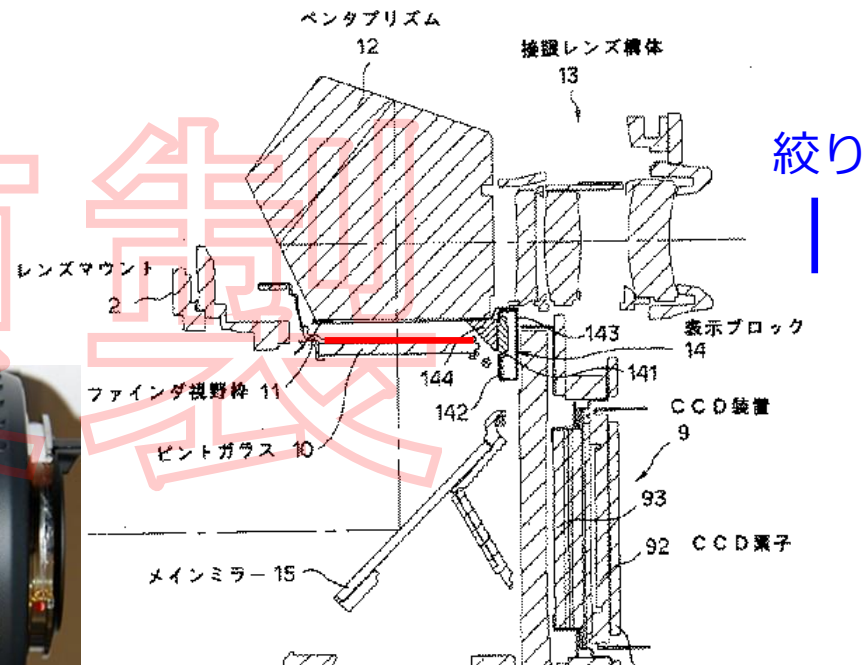
- ファインダー　：構図、ピントずれの確認のための像を作る。

写る範囲の確認のため撮影領域の像（虚像）と
撮像範囲を示す枠の虚像を表示します。

カメラのファインダーなどを 覗き込む時
眼のピント合わせができるほとんどの人は
自然に無限遠ではなく1m
程度のやや近距離にピントを
合わせます。(器械近視)
そのため、ファインダー系は
1m ほど前方に虚像を作る
ように設計されています。



人の眼の瞳が眼視系の絞りです。光学設計は
眼が光学系にぶつからない位置に絞りを設定
して、光が十分に到達するようにします。



特開2006-65013
一眼レフカメラのファインダ装置
ペンタックス株式会社

器械復習

Copyright ©2025 Team-Opt Corp. All rights reserved.

眼鏡を使っている人と眼視光学系

- 眼視光学系を使うとき

眼鏡を外して使う設計
利点：光学系と眼の間の距離を近づけられる。視野角を広く取る場合に光学系を小さくしやすい。
考慮すべき事：近視、遠視の人が眼鏡を外しても見えるように視度調整が必要
欠点：一般に斜視、乱視までは対応できない。

眼鏡をつけたままで使う設計
利点：一つの系で多くの人に対応できる。
考慮すべき事：画角が広い場合、遠近両用眼鏡利用者に違和感が無いか注意する。
欠点：射出瞳をレンズ最終面から十分に外に出さなければならない。眼鏡が眼視光学系に当たらないように、または当たっても傷がつかないようにする。
眼鏡は眼鏡後面から角膜の頂点までの距離を「角膜頂点距離」を12mmとして設計されています。眼鏡をつけたまま使う場合、眼が回旋しない物でアイポイントは18mm位、眼が回旋するならアイポイントは28mm近く取っておく必要がありますが、ここまで離れると眼鏡を掛けない人には目当て等がほしくなります。

Copyright ©2025 Team-Opt Corp. All rights reserved.

ソフトウエアによる眼視系評価

- 眼視光学系のデータの定義評価法

ほとんどの光学設計ソフトウエアは、一点からの光 あるいは無限からの平行光束が入射瞳に向かって入射し 集光する系のシミュレーションが得意で、
眼視光学系の様に光学系の後に射出瞳があり 略平行光が射出する形の評価は不得意です。そのため眼視光学系のデータ定義は、人それぞれ 会社毎 光学系毎にいろいろな手法が使われています。

①虚像側からレンズに光を入れる定義法　（逆通し法）
　最初に瞳がある形になるので光線を確実に決定できる上に、Δy や像面湾曲など普段見慣れている収差量が使えます。
　特許では 「遠い共役点側からレンズに光を進行させる」と言う流儀があります。

②実際に使う向きでレンズを定義し、虚像を評価する方法　（順通し）
　②-0 実収差で評価
　②-1 眼の位置（瞳位置）で「アフォーカル収差」として評価する方法
　②-2 眼の位置に理想レンズ(近軸レンズ)を入れて通常収差として評価する方法
があります。

Copyright ©2025 Team-Opt Corp. All rights reserved.