

レンズが眼に及ぼす副次効果 * 明記されている項目以外は全て同条件として これでないと訳がわからない！でも臨床は複合的！

プリズム (輻湊)効果 例)±5D 装用 レンズ光心から の偏位置1cm		PD＝光学中心	PD＞光学中心	PD＜光学中心	光学中心／PD	PD／光学中心
	凸	輻湊が多く必要	5△Base in 効果 輻湊が少なくてすむ	5△Base out 効果 輻湊が多く必要	5△Base up 効果	5△Base down 効果
	凹	輻湊が少なくて すむ	5△Base out 効果 輻湊が多く必要	5△Base in 効果 輻湊が少なくてすむ	5△Base down 効果	5△Base up 効果
度数の 矯正効果 例)±5D 装用 頂点間距離 0.012m	* 4Dより大きくなった場合 眼鏡矯正 > CL矯正 ≡ 実際の度数 > 眼鏡矯正 凸凸凹凹 度数 強くなる ← +5.31D +5.0D と -5.0D -4.71D 弱くなる 実際の矯正効果 → +0.31D 余分) (-0.29D 不足) 5D の矯正効果に 矯正度数が少なくてすむ 矯正度数が多く必要 するには					
網膜像の拡大・縮小効果 例)±10D 装用 頂点間距離 1.2cm	眼鏡矯正 > CL矯正 ≧ 正視の大きさ ≧ CL矯正 > 眼鏡矯正 凸凸裸眼凹凹 網膜像 拡大する ← 近距離感 +12% 0% 遠距離感 -12% 縮小する この基準は頂点間距離がほぼ0の時を基準としているので下図の変化のまとめの方向と同じ。					
見かけの調節量 (必要調節量) 例)±10D 装用 4D の調節 頂点間距離 0.012m	眼鏡矯正 < CL矯正 ≡ 正視 ≡ CL矯正 < 眼鏡矯正 凸凸裸眼凹凹 調節量 効果が少なくなる ← 4.0D Acc (0D) 3.22 D Acc (0.78D 分) 効果が多くなる 4D の調節量を得る 必要量は → 5.26D Acc (1.26D 分) 調節が多く必要 4D の調節を得るには 調節が少なくてすむ 調節が少なくてすむ 輻湊も同様と考える					
頂点間距離による 変化のまとめ * それぞれの レンズの置いて いる位置で矯正 されているとして。 だからそれぞれの 項目の枠内の 上下のレンズは 度数は同じもの ではない。 上下のレンズを 眼鏡とCLの比較 と考える。 ・頂点間距離が一 定なら凸レンズ の方が凹レンズ より像が大きく 見える。 ・但し、頂点間距離 が一定だと視界 の広さは+レン ズ<度なし<-レン ズの順で光学的 視野は変化 する	度数	凸		凹		
	像の 大小	矯正度数が多くなってゆく(実際の度数に近づく) 必要度数が多く必要 必要度数が少なくてすむ 矯正度数が少なくなってゆく		矯正度数が少なくなってゆく(実際の度数に近づく) 必要度数が少なくてすむ 必要度数が多く必要 矯正度数が多くなってゆく		
	調節 量	調節効果が多くなってゆく(実際の調節量に近づく) 必要調節量が少なくてすむ 必要調節量が多くなる 調節効果が少なくなってゆく		調節効果が少なくなってゆく(実際の調節量に近づく) 必要調節量が多くなる 必要調節量が少なくてすむ 調節効果が多くなってゆく		
	像の 歪み	歪みが少なくなってゆく(自然に見える) 歪みが多くなってゆく		歪みが少なくなってゆく(自然に見える) 歪みが多くなってゆく		
	視界の 広さ	広くなってゆく(通常の視界になってゆく) 狭くなってゆく フレームが原因		広くなってゆく(通常の視界になってゆく) 狭くなってゆく フレームが原因		

矯正レンズのプリズム効果の式(プレンティスの公式) $\Delta = \text{レンズの屈折力(D)} \times \text{光心からの距離(cm)}$

矯正レンズの網膜像の拡大効果の式(眼鏡倍率 SM) $\% = \text{レンズの屈折力(D)} \times \text{レンズ後頂点から入射瞳までの距離(cm)}$
(裸眼の網膜像の大きさと矯正眼の網膜像大きさの比率) (頂点間距離の代用で可) %でOK

矯正レンズの矯正効果の式 眼鏡や CL の眼に対する効果 = $\text{レンズの屈折力(D)} / (1 - \text{頂点間距離(m)} \times \text{レンズの屈折力(D)})$

矯正レンズの見かけの調節力の式 $D = \text{実際の調節量(D)} / (1 - 2 \times \text{頂点間距離(m)} \times \text{レンズ屈折力(D)})$

参考) Knapp の法則: 矯正レンズを後頂点位置と眼の第一焦点が一致するように装用させれば shape factor(レンズの厚さ)を無視すれば軸性屈折異常に対して常に網膜像の大きさは $RSM=1$ 同じとなる法則

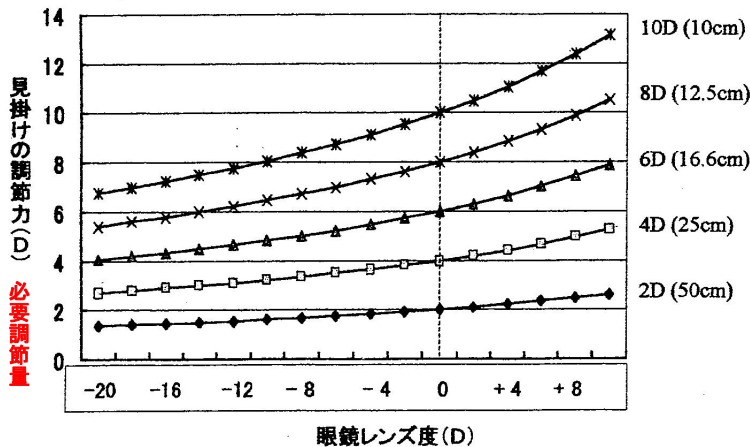
* 軸性の屈折異常眼では眼の前焦点(眼前約15mm)に眼鏡を装用すれば正視眼の網膜像と同じになる 視能学 P108 より

参考)見掛けの調節力の式について

矯正度数による必要な調節力の違い



例えば 25cmを見る場合、眼鏡レンズ度が0Dだと必要調節量は4Dだが、凸レンズの場合度数が強くなるほど、必要調節量は大きくなり、凹レンズは反対に少なくなる。



右肩上がりのグラフから凸レンズは矯正度数が大きくなるほど、必要な調節量が多くなる。
凹レンズは矯正度数が大きくなるほど、必要な調節量が少なくてすむ。
図は所 敬先生の講義資料より

頂間距離による必要な調節力の違い

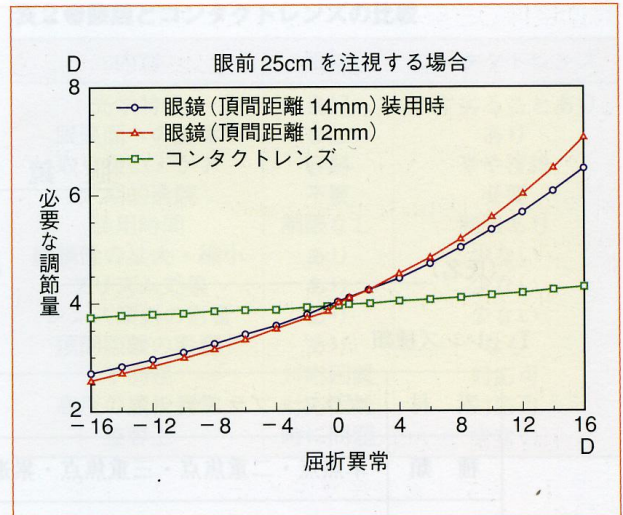


図 10 ●眼鏡・コンタクトレンズ装用時の調節必要量

矯正レンズ屈折力が大きくなるほど差は大きくなる。近視と遠視では逆になる。

(平井宏明：眼科診療プラクティス 95, p13)

右肩上がりのグラフから凸レンズは矯正度数が大きくなるほど、必要な調節量が多くなる。
凹レンズは矯正度数が大きくなるほど、必要な調節量が少なくてすむ
ただしコンタクトレンズでは矯正度数による差は少なく、かつ実際の調節量に近い。
(頂間距離 12mmと 14mmとでは見かけの調節力の計算やレンズの副次効果の頂間距離による変化のまとめとはグラフでは反対となっているが記入間違い?)

不同視の眼鏡とコンタクトレンズについて

不同視とは左右異なる屈折異常のことを言うだけであって、眼鏡装用可能な限界の2D(～3D)の意味は軸性と屈折性かは判別困難なので、一般的に混合していても可能な許容範囲のことである。

すなわち裸眼でも2D(～3D)以上なら一般的に軸性と屈折性は混合していた状態でも不等像(網膜上での像の感覚的な大きさの差)が起こるという意味。屈折異常のある眼はボヤケで拡大しているの、屈折矯正をすると理論上はボヤケによる拡大がなくなるが、今度はレンズによる拡大・縮小が起こるので、屈折矯正は、裸眼以上の不等像にならないようにするには傾きの少ない方を選択する。

純粋な軸性と屈折性とは下のグラフのようになる。

西信元嗣：眼光学の基礎 P54

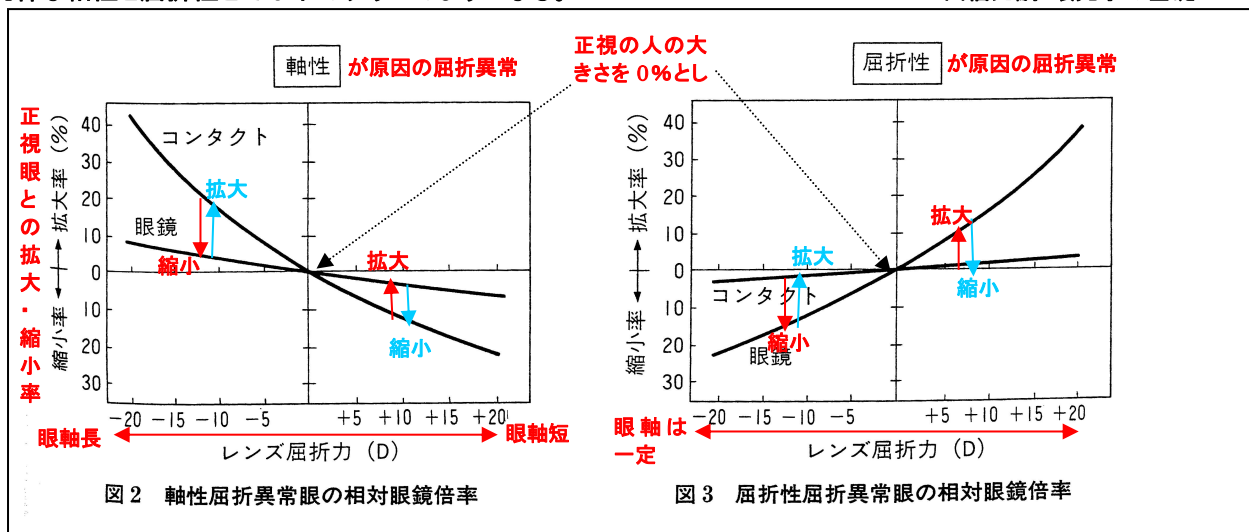


図 2 軸性屈折異常眼の相対眼鏡倍率

図 3 屈折性屈折異常眼の相対眼鏡倍率

相対眼鏡倍率とは;

矯正眼でののはっきりした網膜像の大きさと、標準的な正視眼での網膜像の大きさを比較したもの。

西信元嗣：眼光学の基礎 P54より

このグラフだと純粋な**軸性**は眼鏡も CL もどちらも(他に複合してくるものを除外する前提で)凹レンズで拡大し、凸レンズで縮小することとなる。ただし、その拡大率・縮小率は**眼鏡**の方が傾きを見て少ないのが判る。

反対に純粋な**屈折性**だと眼鏡も CL もどちらも(他に複合してくるものを除外する前提で)凹レンズで縮小し、凸レンズで拡大することとなる。ただし、その拡大率・縮小率は **CL** の方が傾きを見て少ないのが判る。

よって、主な原因が**軸性**だと**眼鏡**の方が拡大・縮小率が少なく(正視の人の大きさに近い)、屈折性だと **CL** の方が拡大・縮小率が少ない(正視の人の大きさに近い)ということになる。また、Knapp の法則により軸性の屈折異常眼では眼の前焦点(眼前約15mm)に眼鏡を装用すれば正視眼と網膜像はほぼ同じになる。

幼少の不同視の場合、殆どが先天性、つまり眼軸の長短によるものなので、頂間距離の影響を考えれば眼鏡による方が拡大・縮小率が少なくなる。

片眼の先天性白内障の術後は屈折性不同視となるので、コンタクトレンズ適応となる。

ただし、両表を比べれば、屈折性・軸性に関係なくすなわち 凸レンズではコンタクトレンズ(頂間距離が短い)は、眼鏡(頂間距離が長い)を基準とすると、縮小(青矢印)する。反対に、凸レンズでは眼鏡は、コンタクトレンズを基準とすると拡大(赤矢印)する。

凹レンズではコンタクトレンズ(頂間距離が短い)は、眼鏡(頂間距離が長い)を基準とすると、拡大(青矢印)する。反対に、凹レンズでは眼鏡は、コンタクトレンズを基準とすると縮小(赤矢印)する。

こととなるので、頂間距離による変化は **レンズの眼に及ぼす副次効果のまとめの表のように**なる。

軸性と屈折性の両者を総合的に判断したか又は眼軸が一定での屈折の変化が視能学 P141 のグラフになるのだと思う。(調べてもはっきりしなかったので言葉を濁します)

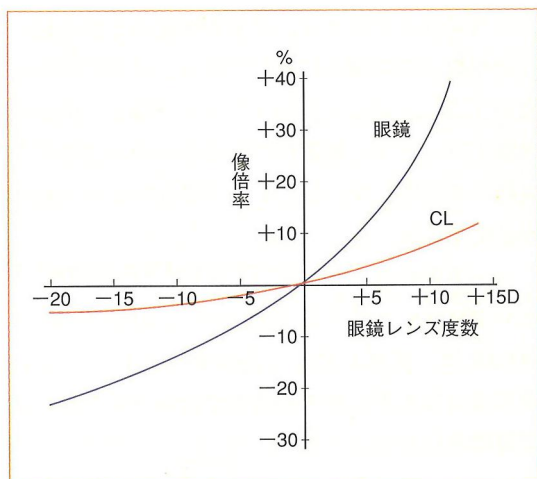


図 12 ●屈折度数と網膜像の倍率

近視眼においては眼鏡でも CL でも網膜像は小さくなるが、その網膜像の縮小程度は大きく異なる。近視に関しては屈折度数が増すほど、眼鏡に比べて CL の方が有利である。

(佐野研二：眼科診療プラクティス 95, p19)

まとめ

○軸性は眼鏡・コンタクトレンズなど、頂間距離に関係なく裸眼と比べて、凹で拡大、凸で縮小するが、眼鏡の方がコンタクトレンズに比べ、屈折度数による変化にあまり影響されず、正視の人の網膜像に近く矯正される。[特に眼の前焦点(眼前約 15mm)に眼鏡を装用すれば正視眼と網膜像はほぼ同じになる。]

○屈折性は眼鏡・コンタクトレンズなど、頂間距離に関係なく裸眼と比べて、凸で拡大、凹で縮小するが、コンタクトレンズの方が眼鏡に比べ、屈折度数による変化にあまり影響されず、正視の人の網膜像に近く矯正される。



とのことでしたが、2014. 11. 29 の視能矯正学会の所 敬先生の講演では、不等像は、軸性でも脳の補償効果により、CL の方が向いているとのことでした！

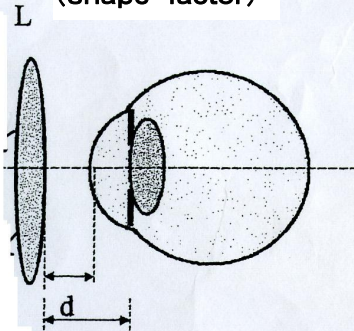


また HCL の場合、涙液のレンズ効果により、スティーブになると**凸レンズ**効果、フラットになると**凹レンズ**効果となり、度数に影響するとのこと。
—視能学 P144 図 16 参照

レンズのみが要因とし、軸性の屈折異常はないとする前提

眼鏡レンズによる拡大・縮小効果

(shape factor)



レンズが薄い場合

$$SM = \frac{1}{1 - dL} \approx 1 + dL$$

SM: Spectacle Magnification

L (D): レンズの後頂点屈折力

d (m): レンズの後頂点から

眼の前主点までの距離

$$SM(\%) \approx dL$$

d (cm): レンズの後頂点から
眼の前主点までの距離

- ±10D の CL の場合 $0.13 \times \pm 10 = \pm 1.3\%$
- +10D の眼鏡の場合 $1.33 \times +10 = +13.3\%$
- -10D の眼鏡の場合 $1.33 \times -10 = -13.3\%$

プレントイスの公式

(Prentice's formula)

$$P = hD$$

光学中心より1cm広い場合

○ +10D のレンズ $1 \times 10 = 10 \Delta$ Base in

○ -10D のレンズ $1 \times 10 = 10 \Delta$ Base out

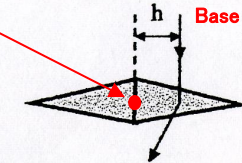
P (Δ): プリズムジオプトリー

h (cm): レンズ光心からの変位量

D (D): 眼鏡レンズ度

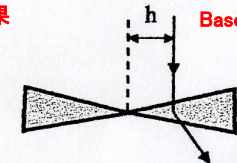
PD > 光学中心

光学中心



凸レンズ

Base in 効果



凹レンズ

Base out 効果

＋になっているものもある。この場合は実際に調節できた値が導き出せるようである。
下記の式は実際に必要な調節量が出る。但し両者とも誤差が出る。

眼鏡レンズによる見掛けの調節力

$$B = \frac{A}{1 - 2kL}$$

B: 眼鏡レンズによる見掛けの調節力(D)

A: A(D)の調節

k: 頂間距離 (m)

L: 眼鏡レンズ度

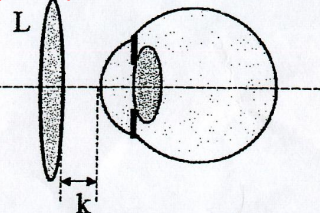
この式は4Dの調節を得るには、何Dの調節が必要か？が計算できる。

25cmを見るためには4Dの調節が必要だが、実際には

○ ±10D の CL の場合 $\frac{4}{1 - 2 \times 0 \times \pm 10} = 4$

○ +10D の眼鏡の場合 $\frac{4}{1 - 2 \times 0.012 \times +10} = 5.26$ 必要

○ -10D の眼鏡の場合 $\frac{4}{1 - 2 \times 0.012 \times -10} = 3.22$ 必要



眼鏡レンズによる矯正効果

(dioptric power)

視光学 P107 の h は 0
として除外

$$A = \frac{L}{1 - kL}$$

△(眼鏡や CL の眼に對する効果)

A(D): 眼の頂点屈折力

L (D): レンズの後頂点屈折力

K (m): 頂点間距離 レンズ度数

例: (眼鏡レンズ度 +10.00D ; -10.00D)

○ ±5D の屈折度の人 が CL 装用の場合 $\frac{\pm 5}{1 - 0 \times \pm 5} = \pm 5$

○ +5D の屈折度の人 が +5D の眼鏡装用の場合 $A = \frac{+10.00}{1 - (0.012)(+10.00)} = +11.36D$

○ -5D の屈折度の人 が -5D の眼鏡装用の場合 $A = \frac{-10.00}{1 - (0.012)(-10.00)} = -8.93D$

$\frac{-5}{1 - 0.012 \times -5} = -4.71 \dots$

矯正レンズを後頂点位置と眼の第一焦点が一致するように装用させれば shape factor(レンズの厚さ)を無視すれば軸性屈折異常に対して常に網膜像の大きさは $RSM=1$ 同じとなる法則(視能学 P108 より) * 軸性の屈折異常眼では眼の前焦点(眼前約15mm)に眼鏡を装用すれば正視眼と網膜像は同じになる

Knappの法則

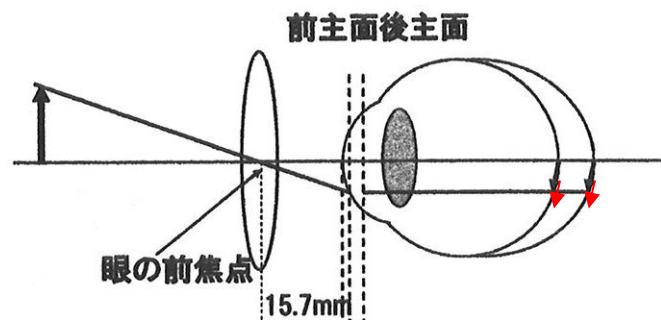


表2●眼鏡とコンタクトレンズの比較 前田直之: 視能学 P141

内容	眼鏡	コンタクトレンズ
光学特性	良好	やや劣ることあり
眼表面への影響	なし	あり
取り扱い・ケア	容易	やや複雑
定期的通院	不要	必要
装用時間	制限なし	制限あり
網膜像の拡大・縮小	あり	少ない
プリズム効果	あり	少ない
レンズ傾斜の影響	あり	少ない
頂間距離の影響	あり	なし
不同視	対応困難	対応可
高度の屈折異常	対応困難	対応可
整容上	時に問題	少ない



効果を考える時はそれ以外のものは全て一定条件にしなければならぬが、色々なものが入ってきて訳がわからなくなってしまう。臨床は複合的で理論通りにはいかないよ！