

眼科診療エクレール

Ophthalmic Examination
and Treatment

[シリーズ監修] 相原 一 ● 東京大学教授

[シリーズ編集] 園田康平 ● 九州大学教授

辻川明孝 ● 京都大学教授

堀 裕一 ● 東邦大学教授

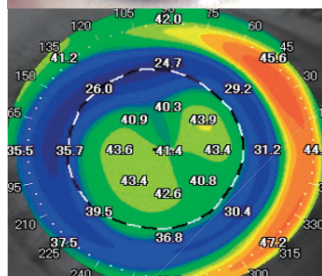
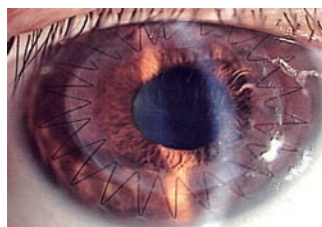
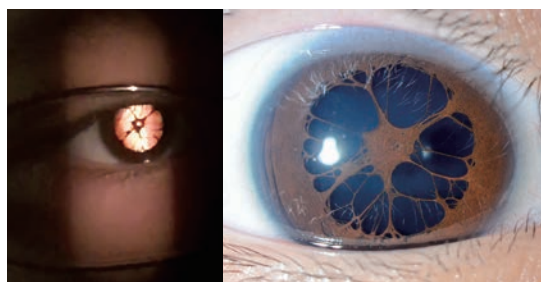
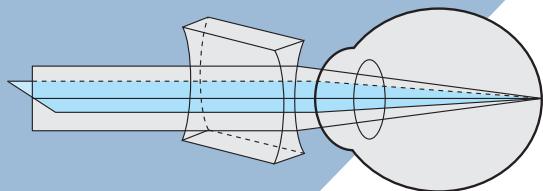
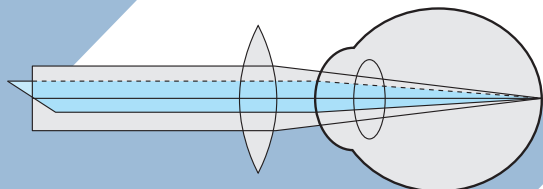
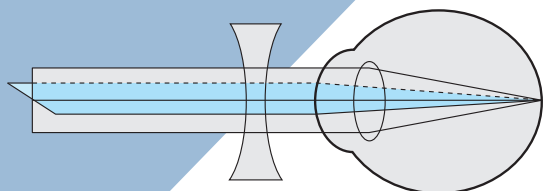
[編集]

堀 裕一 ● 東邦大学教授

7

最新 / 屈折異常と 視力矯正マニュアル

— 検査の基本から矯正の実際と老視対策まで —



シリーズ刊行にあたって

近年の電子機器やデジタル化、ITの進歩に伴い、医療技術も格段に進歩しつつあり、画像解析、遺伝子解析、創薬、ビッグデータの活用とAI、医療デバイスと医療機器などにおいて、飛躍的な発展が見られている。眼科領域においても、光学的な計測技術の進歩と組織のデジタル画像化により、従来は我々が測れず、見えなかった世界までが、今や見えるようになってきた。また、眼という臓器の小ささと感覚器であることから、これまではハードルが高く困難だった少ない試料からの病理診断や遺伝子診断技術が向上したことは大きな進歩である。これらに分子生物学的手法が相まって、新たな診断と治療が可能となってきた。

しかし、眼科学は領域が広く、診断と治療は多岐にわたるため、全てを網羅しながら知識をアップデートしていくのは、現実的に難しい。けれども、忙しい日常診療においても疑問は多く生じるのであり、最新のエビデンスとサイエンスに基づく確実な情報を、患者に還元していくことが常に求められる。

そこで、最新の医学情報—すなわちガイドラインに基づいた眼科日常臨床を支える具体的な知識と最新技術を整理して、エキスパートの執筆陣が読者に提供することにより、眼科学の進歩の成果を、実地医家の先生方が的確に迅速に患者に還元して診療できるようになることを目的として、この『眼科診療エクレール』シリーズを企画した。

本シリーズでは、ガイドラインはもちろんエキスパートのオピニオンを随所に盛り込み、実際の症例を呈示し、視覚的にわかりやすいように多数のイラストや写真、フローチャートを用いて解説いただいた。オープンアクセスが可能な文献は、二次元コードから直ちに参照できるようにした。さらにAdviceやTopicsなどの興味深いコラムをちりばめ、外来診療に必須のマニュアルとして、手元において利用しやすい構成となっている。

「エクレール」とは、フランス語で雷、稲妻、閃光の意味である。外来診療の中で、本シリーズを手にとってぱっと開いて、情報が光となって目に飛び込んで、良かったと思っていただけるような—読者の臨床を支えられる情報を提供できることを願っている。そして、我々の医療技術で患者の光を維持し回復できて、少しでも日常生活を助ける光になれば、監修者・編集者一同この上ないよろこびである。

シリーズ監修 相原 一

シリーズ編集 園田康平

辻川明孝

堀 裕一

序

視力は、人間の生活の質（QOL）に直結する重要な要素であり、我々眼科医は、適切な視力検査・屈折検査を行って各患者の視力と屈折状態をしっかり把握し、必要に応じた屈折矯正を提供する必要があります。視力検査・屈折検査と屈折矯正は、眼科診療における一丁目一番地であることは言うまでもありません。

そこで本シリーズでは今回、「屈折異常と視力矯正」をテーマに取り上げて、屈折異常（近視、遠視、乱視、不正乱視）の解説をはじめ、小児と成人における視力検査と屈折検査、そして様々な視力矯正法の実際について、各分野のエキスパートの先生方に、最新の知見を盛り込んで丁寧にご解説いただきました。

また本書の特徴として、臨床現場における実用性を重視した内容構成に努めました。例えば、最近注目されている、3歳児健診における屈折検査導入とフォトスクリーナーでのスクリーニングに対する解説や、小児近視外来における眼軸長測定の有用性、オルソケラトロジーの導入について取り上げております。視力矯正法としては、眼鏡処方のもとより、コンタクトレンズや屈折矯正手術についても取り上げたほか、円錐角膜に対するハードコンタクトレンズ以外の様々な対応法や、特殊症例に対する白内障手術の際の各種眼内レンズ選択についても、網羅いたしました。さらには、超高齢社会を迎えた我が国において最近とくに関心を集めている「老視」について取り上げ、調節検査や様々な老視対策についてもご解説いただいております。

このように本書では、どの項目も臨床に即した内容で分かりやすくご執筆いただいております。これからしっかりと屈折や視力矯正について学ぼうとしている専門医志望者だけでなく、ベテランの先生方にとっても、最新の情報で日常診療をアップデートできる内容となっております。最初からじっくりと精読されるのも良いですし、診療の合間に興味のあるところから拾い読みしていただいても結構です。ぜひ外来の診察室や医局の本棚に本書を一冊置いていただき、皆様の日常診療や研究活動の一助となり、屈折異常と視力矯正に関する知見を深めるきっかけになることを祈念しております。

最後に、ご多忙のなか本書の執筆にご協力いただきましたすべての先生方、そして制作にご尽力いただいた中山書店編集部の皆様に、心より感謝申し上げます。

2025年2月

担当編集 堀 裕一

目次

Chapter 1 屈折検査と視力検査

1.1 他覚的屈折検査 オートレフラクトメータ	三橋俊文	2
1.2 視力表と視力検査（遠見・近見）の実際	南雲 幹	7
1.3 小児の視力検査(1) 総論	直江幸美, 四宮加容	21
TOPICS 子どもの権利擁護		28
1.4 小児の視力検査(2) 検影法	坂本正明	30
1.5 小児の屈折スクリーニング検査 フォトスクリーナー	柏井真理子	38
1.6 コントラスト感度検査・グレア検査	四倉絵里沙, 鳥居秀成	42
1.7 実用視力	糸川貴之	49
1.8 波面収差解析検査	岩本悠里, 高 静花	54
1.9 眼軸長計測(1) IOL 度数処方	須藤史子	61
ADVICE いったい何を使ったらよいか		64
ADVICE 目標屈折値の設定のコツ		67
1.10 眼軸長計測(2) 小児における眼軸長測定	五十嵐多恵	68

Chapter 2 屈折異常

2.1 屈折異常とは（総論）	不二門 尚	74
2.2 近視(1) 小児・学童の近視と近視進行抑制	松村沙衣子	82
2.3 近視(2) 強度近視	山城健児	91
COLUMN 近視の感受性遺伝子		93
2.4 近視(3) 近視と緑内障	齋藤 瞳	95
ADVICE 診断の難しい近視を伴う緑内障眼, どうする?		100
2.5 遠視(1) 小児の遠視・弱視	福留隆夫, 杉山能子	102
2.6 遠視(2) 遠視と緑内障	山下高明	109
2.7 乱視(1) 乱視と乱視検査	川守田拓志	115
ADVICE クロスシリンダーを用いた自覚乱視検査の注意点		119

ADVICE 乱視表を用いた自覚乱視検査の注意点 120

TOPICS 両眼開放屈折検査機器の登場と乱視の瞳孔径への影響 120

2.8 乱視(2) 角膜形状解析と乱視	前田直之	122
2.9 乱視(3) 水晶体乱視	久保江理	127
2.10 不正乱視(1) 角膜不正乱視と円錐角膜	白根茉莉子, 山口剛史	131
2.11 不正乱視(2) 円錐角膜への対応①ハードコンタクトレンズ	糸井素啓	137
2.12 不正乱視(3) 円錐角膜への対応②クロスリンクング	子島良平	144
2.13 不正乱視(4) 円錐角膜への対応③強膜レンズ	岡島行伸	150
2.14 不正乱視(5) 円錐角膜への対応④外科的アプローチ	小島隆司	156

Chapter 3 屈折矯正法

3.1 眼鏡検査	糸川貴之	166
3.2 眼鏡処方	宇田川さち子	173
3.3 小児の眼鏡処方	長谷部佳世子	180
3.4 コンタクトレンズの種類	土至田 宏	189
3.5 コンタクトレンズのフィッティングと定期検査(1) ハードコンタクトレンズ	松澤亜紀子	196
TOPICS Rigid corneal lens	197	
ADVICE 涙液レンズ	197	
3.6 コンタクトレンズのフィッティングと定期検査(2) ソフトコンタクトレンズ	鈴木 崇	202
3.7 角膜矯正用コンタクトレンズ (オルソケラトロジー)	平岡孝浩	206
3.8 屈折矯正手術(1) 角膜へのアプローチ	神谷和孝	215
3.9 屈折矯正手術(2) 眼内へのアプローチ	五十嵐章史	223
3.10 乱視に対するアプローチ(1) 乱視矯正コンタクトレンズ	宮本裕子	230
3.11 乱視に対するアプローチ(2) トーリック IOL の度数選定と使い方	秦 誠一郎	236

3.12	白内障手術における IOL 選択(1) IOL 度数計算	野口三太郎	244
3.13	白内障手術における IOL 選択(2) 小児の白内障手術における IOL 選択	黒坂大次郎, 亀井翔太	253
3.14	白内障手術における IOL 選択(3) 角膜形状異常眼の IOL 度数計算	渡辺純一, 小林明日香	258
3.15	白内障手術における IOL 選択(4) 老視矯正 IOL	鶴飼祐輝, 佐々木 洋	266

Chapter 4 老視

4.1	老視とは	根岸一乃	278
4.2	調節検査	大口泰治	284
4.3	老視への対策(1) 薬物	中澤洋介	293
4.4	老視への対策(2) 眼鏡処方, 累進眼鏡	梶田雅義	297
4.5	老視への対策(3) マルチフォーカルコンタクトレンズ	月山純子	303
4.6	老視への対策(4) モノビジョン	稗田 牧	312
	索引		318

1.4.2 検影法の実践

■ 推定法

中和が確認できる検査距離の測定や、瞳孔内に結像されたフィラメント像の状態、さらにはそのときのスリーブ位置から屈折度を推定する方法である¹⁾。推定法は、前置レンズを使用せずに屈折度を評価できるため、スクリーニング検査として有用である²⁾。

文献 2



1. 移動法

中和が観察される距離を測定する方法である。特に -2.0 D 以上の近視に有用である。検査距離 50 cm で開散光を用いて逆行がみられた場合、スキヤニングを行いながら被検眼に近づき、中和する検査距離を求める。このとき、検査距離の逆数がそのまま屈折値に相当する。

2. フィラメント結像法³⁾

検査距離 50 cm で、収束光を用いて屈折異常を推定する方法である。フィラメント像が最も細くなるときの検査光線束から屈折度を推定する。検影器のスリーブを上下に動かし、シャープなフィラメント像が結像できれば、 $\pm 4\sim 5\text{ D}$ 以上の屈折異常と推定される。太いフィラメント像や結像しない場合には、屈折異常が軽度と判定できる(図1)。遠視は長収束(検査光の焦点が眼後方)、近視では短収束(検査光の焦点が眼前方)側で結像する。収束光の焦点が 50 cm になる検影器のスリーブ位置に印を付けておくと、短収束か長収束かの判断が容易になる(図2)。

■ 中和法

中和法(図3)は静的検影法の代表的な検査法で、被検眼にレンズを前置して中和を測定する方法である。通常の屋内照明下でも実施でき、検査距離は 50 cm 、開散光を使用する。視線を遮らないように配慮しながら、 $2\sim 3\text{ m}$ ほど離れた位置を注視させる。前置レンズには、検影法専用の板付きレンズがある。固視や体動が安定しない場合は、検眼レンズのほうが小回りがきき、レンズ径も大きく扱いやすい(図3a)。

検査手順は、まずレンズのない状態でスキヤニングを行う。暗い同行や逆行を認めた

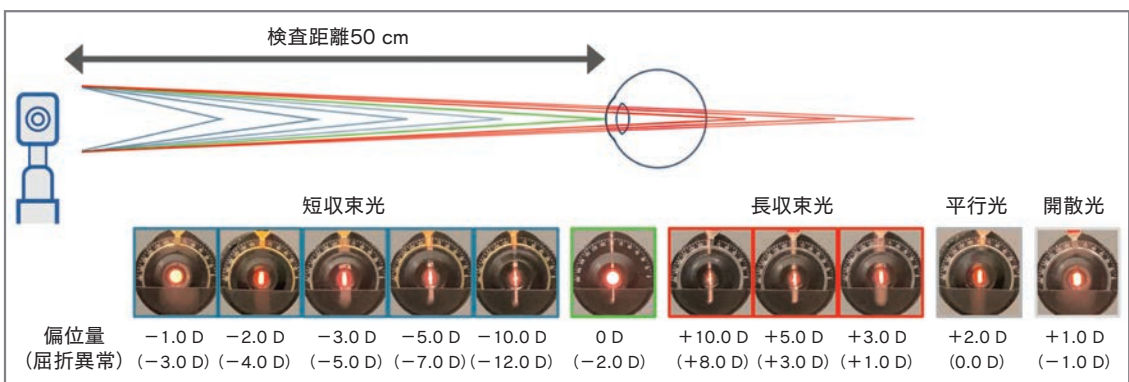


図1 フィラメント結像法

模型眼を用いて、屈折異常によるフィラメント像の見え方の変化を示した

2.3 近視(2) 強度近視

近視の程度が強いものを強度近視と呼ぶ。高度近視と呼ばれることもあるが、日本眼科学会の眼科用語集には強度近視 (high myopia) と記載されており、成書でも強度近視という用語が多く用いられているため、以降は強度近視という用語を使用して解説する。

2.3.1 強度近視の定義

強度近視の定義には、屈折度数と眼軸長が使用されることが多い。屈折度数については、欧米では -5.0 D を基準として強度近視を定義することもあるが、日本では -6.0 D を基準として強度近視を定義するのが一般的である(表1)。眼軸長については、 26.0 mm または 26.5 mm 以上のものを強度近視とすることが多い。

2.3.2 強度近視の疫学

強度近視は急速に増加してきているため、その有病率については調査がいつ行われたものであるかに注意しておく必要がある。日本では -6.0 D を基準とした場合の強度近視の有病率は、2021年に神奈川県で行われた調査では4～6歳で0.2%と報告されており¹⁾、2017年に東京で行われた調査では小学生(6～11歳)で4.0%、10歳では9.8%、中学生(12～14歳)では11.3%と報告されている²⁾。この東京で行われた調査では眼軸長も測定されており、眼軸長が 26.0 mm 以上の割合は小学生で1.2%、中学生で15.2%となっている(表2)。

文献 1



文献 2



表 1 強度近視の定義

	屈折度数	眼軸長
近視	-0.5 D から -6.0 (または -6.5) D	26.0 (または 26.5) mm 未満
強度近視	-6.0 (または -6.5) D よりも強度	26.0 (または 26.5) mm 以上

表 2 強度近視の罹患率

研究名	場所	検査施行年	対象年齢	屈折度数		眼軸長	
				-6.0 D 以下	-5.0 D 以下	26.0 mm 以上	26.5 mm 以上
	神奈川	2021	4～6	0.20%			
	東京	2017	6～11	4.00%		1.20%	
	東京	2017	10	9.80%			
	東京	2017	12～14	11.30%		15.20%	
Tajimi	岐阜	2000～2001	≥ 40	5.60%			
Hisayama	福岡	2005	≥ 40		5.80%		6.20%
Hisayama	福岡	2012	≥ 40				11.30%
Hisayama	福岡	2017	≥ 40		9.50%		10.50%

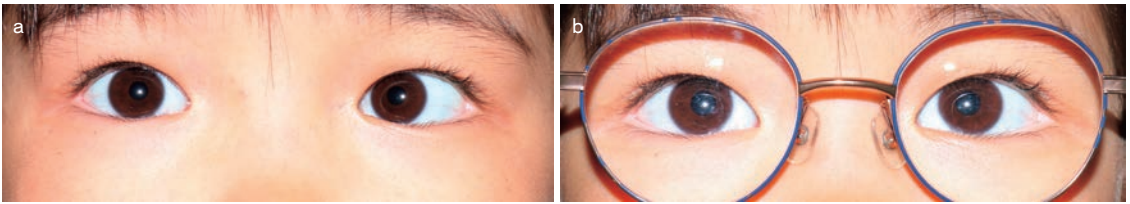


図4 屈折性調節性内斜視

a. 左眼の内斜視がみられる b. 右+4.00 D 左+4.50 D C-0.50 D Ax 120°の眼鏡装用にて、遠近ともに眼位は正位となる

†AC/A比：調節性輻湊対調節比。AC/A比が高いと単位調節に対する輻湊量が大きく、そのために近見が内斜視になる。

調節性内斜視は眼鏡装用により遠近ともに正位あるいは内斜位を示すもので、AC/A比[†]は正常、両眼視機能は比較的良好である。

アトロピン硫酸塩を用いた屈折検査で得られた屈折値をもとに、初回は生理的トーンスを減じない完全矯正で処方する。経過により、生理的トーンスを考慮した値で処方するとよい。はじめて眼鏡を装用してから眼位ずれが消失するまでの期間は86%が3か月以内¹⁰⁾であるが、中には数か月を要する症例もあるので注意が必要である。

《3歳6か月男児の例》

調節麻痺下視力検査	眼鏡処方	(JB)	(SC)
RV = (0.8 × +4.00 D C - 0.25 D Ax 135°)	R) +4.00 D	2ΔE	30ΔET
LV = (0.8 × +4.50 D C - 0.50 D Ax 120°)	L) +4.50 D C - 0.50 D Ax 120°	4ΔE'	35ΔET'

※眼鏡矯正にて眼位が正位または斜位にならず、微小斜視で異常融像を示す症例もあり、鑑別は困難であるが、屈折性調節性内斜視と比べて両眼視機能の予後は不良である。

(2) 部分調節性内斜視 (図5)

眼鏡装用にて斜視角は軽減するものの、10Δ以上の内斜視が残存し両眼単一視ができない症例である。残余斜視に対しては手術が必要になるが、弱視がある場合は弱視の治療を優先させ、経過をみながら治療方針を決定する。手術時期を逃さないように注意する。

《2歳9か月女児の例》

調節麻痺下屈折検査	眼鏡処方	(JB)	(SC)
R) +3.75 D C - 0.50 D Ax 120°	R) +3.75 D	20ΔET	40ΔET
L) +4.25 D C - 0.50 D Ax 55°	L) +4.25 D	25ΔET'	45ΔET'

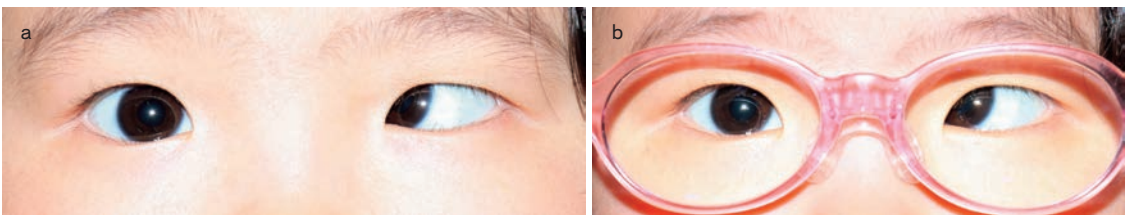


図5 部分調節性内斜視

a. 左眼の内斜視がみられる b. 右+3.75 D 左+4.25 Dの眼鏡装用にて眼位ずれは改善しているが、遠近ともに内斜視が残る

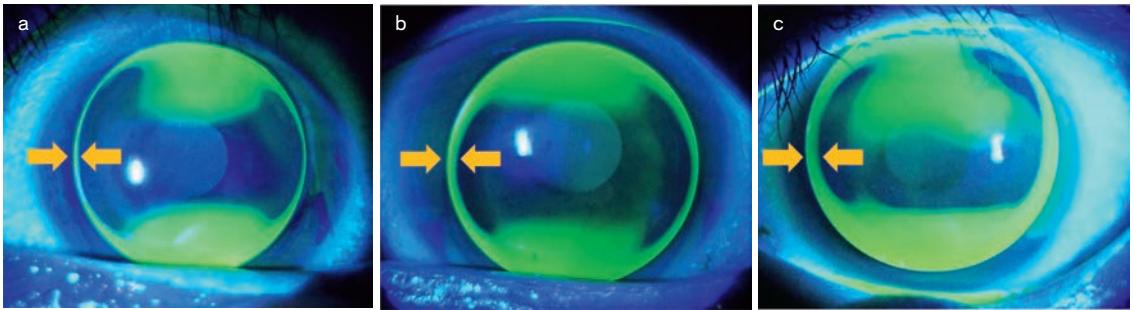


図5 ベベル幅の比較

レンズ周辺部にあるベベル部分のフルオレセイン染色の幅を確認する。a. ベベル幅が狭い b. ベベル幅が適正 c. ベベル幅が広い

自覚的な屈折値をもとに度数を決定する。追加補正が ± 4.0 D以上必要な場合には、換算表を用いて角膜頂点間距離補正を行う。

3.5.3 定期検査のチェックポイント

1. 角結膜のチェック

HCL 着用者では、3時と9時方向の角膜上皮障害を生じる、3時-9時ステイニングを認めることがある。これは、CL エッジ部分の異所性メニスカスによる乾燥や、エッジと角膜上皮の機械的な刺激により生じるとされている。また、長期に使用する HCL では、レンズ内面に蓄積した汚れによりびまん性の角膜上皮障害が生じ、レンズ外面に蓄積した汚れにより上眼瞼結膜に乳頭結膜炎が引き起こされる (図6)。

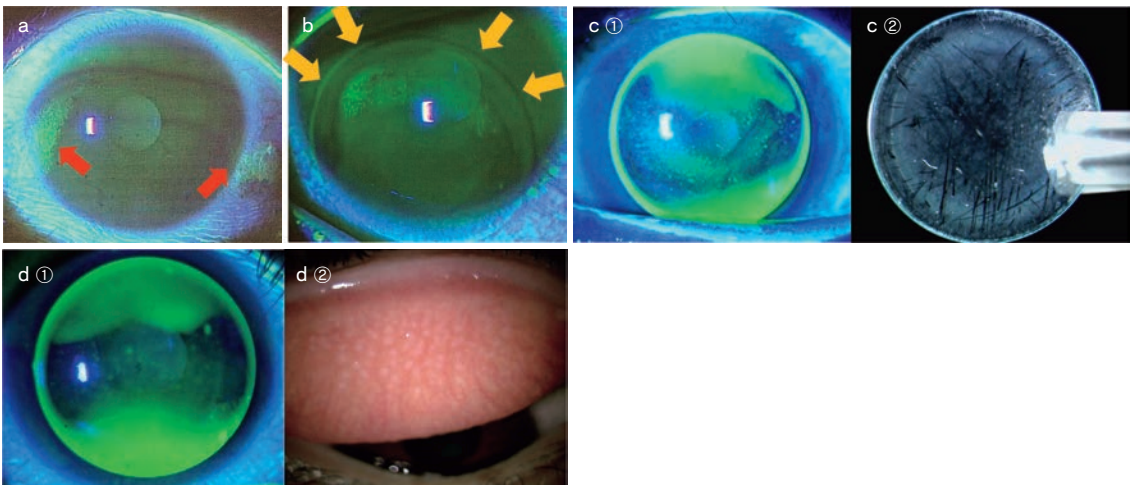


図6 ハードコンタクトレンズによる角結膜障害

- 3時-9時ステイニング：3時と9時方向に角結膜上皮障害を認める（赤矢印）
- 角膜変形（corneal warpage）：レンズによる角膜変形で、HCLの圧痕を認める（黄矢印）
- レンズ内面の汚れによる角膜上皮障害。①レンズフィッティング検査の際に角膜上皮障害認められる ②同症例が装着していたレンズ内面に汚れが観察できる
- コンタクトレンズ起因乳頭結膜炎（contact lens induced papillary conjunctivitis：CLPC）。①レンズフィッティングの際に debris がレンズに付着している ②同症例の上眼瞼結膜に CLPC が認められる












3.11 乱視に対するアプローチ (2)

トーリック IOL の度数選定と使い方

小切開手術やトーリック眼内レンズ (toric intraocular lens : T-IOL) の普及により (表 1), 白内障手術は屈折矯正手術としての役割をはたすようになった。また, 多焦点眼内レンズの普及に伴い, 眼鏡を使用せずに生活したいと希望する患者が増加しており, それに伴って T-IOL の度数計算の精度に対する要求も高まっている。さらに, 近年では単焦点 IOL における T-IOL の比率が 10% を超え, 多焦点 IOL および単焦点 IOL の両方で T-IOL の使用が徐々に増加している。

この状況において重要となるのが, T-IOL 度数の計算と正確な軸合わせである。T-IOL は, 適切に軸を合わせないと逆に視機能を低下させる可能性があるため, その精度が特に重要視されている。本節では, T-IOL を実際に使用するに当たって役立つ,

表 1 主な国内承認 T-IOL

名称	AMO TECNIS® Toric II OptiBlue®	Alcon Clareon® Toric	HOYA Vivinex™ Toric	NIDEK NP-T	KOWA Avansee™ Preload1P Toric	
形状						
焦点	Monofocal IOL	Monofocal IOL	Monofocal IOL	Monofocal IOL	Monofocal IOL	
素材	疎水性アクリル	疎水性アクリル	疎水性アクリル	疎水性アクリル	親水性アクリル	
円柱加入度数 (D)	1.5 ~ 3.75	1 ~ 6	1.5 ~ 4.5	1.5 ~ 4.5	1.5 ~ 6.0	
球面度数 (D)	6 ~ 30	6 ~ 30	10 ~ 30	1 ~ 30	6 ~ 26	
名称	AMO TECNIS Eyhance™	Santen LENTIS® Comfort	HOYA Vivinex™ Gemetric™ Toric	AMO TECNIS Synergy® Toric II	AMO TECNIS Odyssey™ Toric II	Alcon Clareon® PanOptix® Toric
形状						
焦点	Enhanced Monofocal IOL	Enhanced Monofocal IOL	Multifocal IOL	Multifocal IOL	Multifocal IOL	Multifocal IOL
素材	疎水性アクリル	疎水性アクリル	疎水性アクリル	疎水性アクリル	疎水性アクリル	疎水性アクリル
円柱加入度数 (D)	1.5 ~ 3.75	1.5 ~ 3.75	1 ~ 3.75	1 ~ 3.75	1 ~ 3.75	1 ~ 3.75
球面度数 (D)	6 ~ 30	10 ~ 27	10 ~ 30	5 ~ 30	5 ~ 30	6 ~ 30

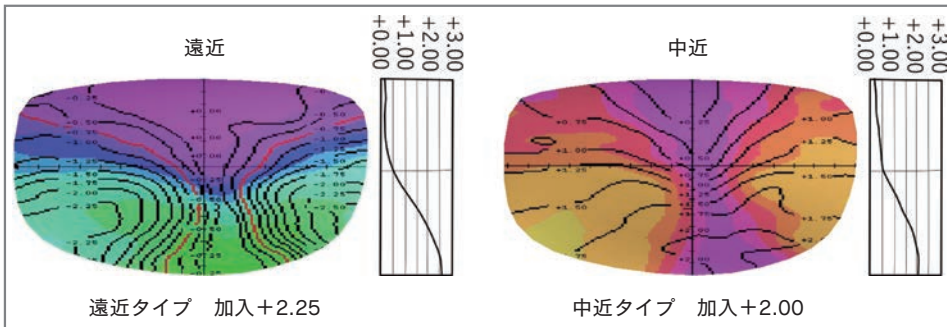


図 11 遠近用と中近用累進屈折力レンズの収差マップ

同一メーカーの遠近と中近用累進屈折力レンズの収差マップを示す。加入度数は+2.25 D と+2.00 D であるが、収差の入り方が異なり、等屈折力線の走り方が異なる。遠近用では中間距離の収差が大きいが、遠くの収差は少ない。中近用では中間距離の収差は小さいが、遠方では収差が大きく、外出時の不快が推測できる

常用眼鏡には適さないが、装用に慣れると自動車の運転にも支障がなくなる症例が少なくない。

3. 近近用累進屈折力レンズ

通常 PC 作業用として使用されているが、銘柄によるデザインの違いが大きいので、処方時にはテストレンズを使用して、処方箋にテスト使用したレンズ銘柄を明記する(図 12)。近近用累進屈折力レンズの処方では、先に近用度数を決めて、レンズの上方向に向かって必要なマイナス度数を加入する。マイナス加入度数であることから、逆進度数とも呼ばれている。

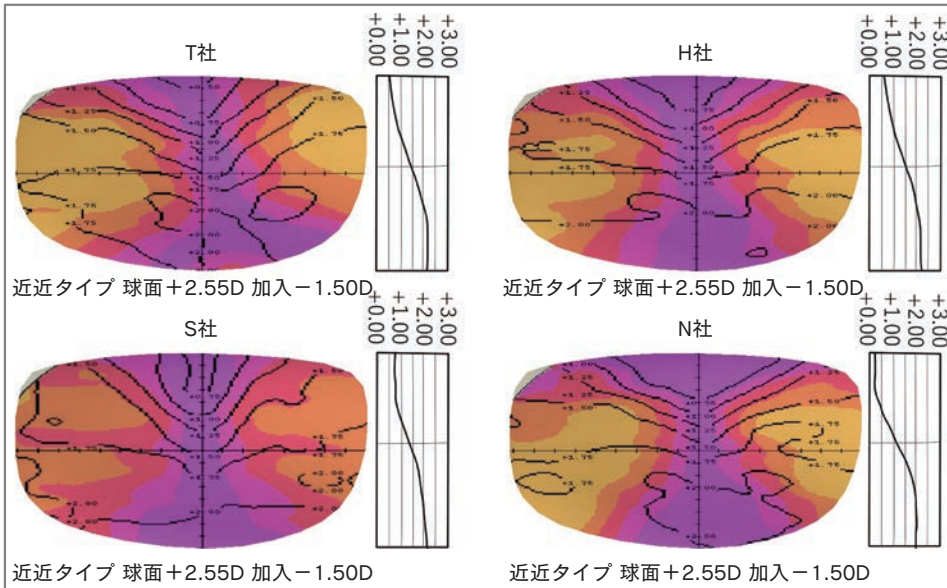


図 12 近近累進屈折力レンズの収差マップ

同一逆進度数の4社の収差マップを示す。メーカーによってデザインがかなり異なっていることがわかる。収差マップの右にあるグラフが示すように、同じ逆進度数(加入度数)であるが、レンズ上部での度数の入り方に大きなメーカー間の差があることがわかる。テストレンズの銘柄を処方箋に明記することが望ましい