

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5822484号
(P5822484)

(45) 発行日 平成27年11月24日(2015.11.24)

(24) 登録日 平成27年10月16日(2015.10.16)

(51) Int.Cl.

G02C 7/06 (2006.01)

F I

G02C 7/06

請求項の数 7 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2011-36810 (P2011-36810)	(73) 特許権者	313001099
(22) 出願日	平成23年2月23日 (2011.2.23)		イーエイチエス レンズ フィリピン インク
(65) 公開番号	特開2012-173596 (P2012-173596A)		フィリピンズ カピテ ジェネラル テュリアス ハバレラ ゲートウェイ ビジネス パーク スペシャル エクスポート プロセッシング ゾーン
(43) 公開日	平成24年9月10日 (2012.9.10)	(74) 代理人	100091362
審査請求日	平成26年2月10日 (2014.2.10)		弁理士 阿仁屋 節雄
		(74) 代理人	100090136
			弁理士 油井 透
		(74) 代理人	100105256
			弁理士 清野 仁
		(74) 代理人	100145872
			弁理士 福岡 昌浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼鏡用レンズ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

度数の異なる遠用部と近用部とを含む眼鏡用の累進屈折力レンズであって、主注視線またはフィッティングポイントを通る垂直基準線に沿った物体側の面の前記遠用部の水平方向の面屈折力 $OHPf$ および垂直方向の面屈折力 $OV Pf$ と、前記主注視線または前記垂直基準線に沿った前記物体側の面の前記近用部の水平方向の面屈折力 $OHPn$ および垂直方向の面屈折力 $OV Pn$ と、前記主注視線または前記垂直基準線に沿った眼球側の面の前記遠用部の垂直方向の面屈折力 $IV Pf$ および前記近用部の垂直方向の面屈折力 $IV Pn$ としたときに、

前記物体側の面は、前記面屈折力 $OHPf$ が前記面屈折力 $OV Pf$ よりも大きく、前記面屈折力 $OHPn$ が前記面屈折力 $OV Pn$ よりも大きいトーリック面の要素を含み、

前記主注視線または前記垂直基準線に沿った前記眼球側の面は、前記物体側の面のトーリック面の要素による面屈折力のシフトをキャンセルする要素を含み、さらに、以下の条件を満たす累進屈折力レンズ。

$$OV Pf > OV Pn$$

$$IV Pf - IV Pn > OV Pf - OV Pn$$

ただし、前記面屈折力 $IV Pf$ および $IV Pn$ は絶対値である。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記主注視線または前記垂直基準線に沿った眼球側の面の前記遠用部の水平方向の面屈折力 $IHPf$ および前記近用部の水平方向の面屈折力 $IHPn$ および

10

20

垂直方向の面屈折力 $I V P n$ が以下の条件を満たす累進屈折力レンズ。

$$O H P f - O V P f = I H P f - I V P f$$

$$O H P n - O V P n = I H P n - I V P n$$

ただし、乱視処方とは含まず、前記面屈折力 $I H P f$ および $I H P n$ は絶対値である。

【請求項 3】

請求項 1 において、前記主注視線または前記垂直基準線に沿った前記眼球側の面の前記遠用部の水平方向の面屈折力 $I H P f$ および垂直方向の面屈折力 $I V P f$ と、前記近用部の水平方向の面屈折力 $I H P n$ および垂直方向の面屈折力 $I V P n$ とが以下の条件を満たす累進屈折力レンズ。

$$I H P f - I V P f =$$

$$O H P f / (1 - t / n \times O H P f) - O V P f / (1 - t / n \times O V P f)$$

$$I H P n - I V P n =$$

$$O H P n / (1 - t / n \times O H P n) - O V P n / (1 - t / n \times O V P n)$$

ここで、 t は前記累進屈折力レンズの厚み（単位メートル） n は前記累進屈折力レンズの基材の屈折率であり、前記面屈折力 $I H P f$ 、 $I V P f$ 、 $I H P n$ および $I V P n$ は絶対値であり、乱視処方とは含まない。

【請求項 4】

請求項 2 または 3 において、さらに、以下の条件を満たす累進屈折力レンズ。

$$I H P f > I V P f$$

$$I H P n > I V P n$$

$$I H P f > I H P n$$

【請求項 5】

請求項 4 において、さらに、以下の条件を満たす累進屈折力レンズ。

$$O H P f = O H P n$$

【請求項 6】

請求項 1 において、前記主注視線または前記垂直基準線を挟んだ、少なくとも $\pm 10 \text{ mm}$ の範囲内において前記条件が満たされている累進屈折力レンズ。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のいずれかに記載の累進屈折力レンズと、

前記累進屈折力レンズが取り付けられた眼鏡フレームとを有する眼鏡。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、眼鏡用レンズに関するものである。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、老視などの視力の補正に適した眼鏡レンズに用いられる累進多焦点レンズにおいて、従来、物体側の面に付加されていた累進屈折面を眼球側の面に設けることが記載されている。これにより、物体側の面をベースカーブが一定の球面にできるので、倍率のシェープ・ファクターによる変動を防止することが可能となり、遠用部と近用部の倍率差を縮小することができ、また、累進部の倍率の変化を抑制することができる。従って、倍率差による像の揺れや歪みを低減することができ、快適な視野が得られる累進多焦点レンズを提供することができる。さらに、特許文献 1 には、合成式を用いて累進屈折面と乱視矯正用のトーリック面とを眼球側の面に合成することが可能となり、乱視矯正用の累進多焦点レンズにおいても像の揺れや歪みを低減することができることが記載されている。

【0003】

特許文献 2 には、遠用部および近用部といった屈折力の異なる視野部分を備えた眼鏡用の多焦点レンズにおいて、物体側の面の遠用部の平均面屈折力と近用部の平均面屈折力の差を加入度より数学的に小さくし、さらに、眼球側の面の遠用部の平均面屈折力および近

10

20

30

40

50

用部の平均面屈折力を調整することにより所定の加入度を備えた眼鏡用の多焦点レンズを提供することが記載されている。物体側の面の平均面屈折力を遠用部および近用部の倍率差が小さくなるように調整することが可能となり、さらに、物体側の面の平均面屈折力の差を少なくすることも可能である。従って、倍率差による像の揺れや歪みが少なく、さらに、非点収差の改善された明視域が広く像の揺れなどの少ない快適な視野が得られる多焦点レンズを提供することができる。

【 0 0 0 4 】

特許文献 3 には、遠用部と近用部における像の倍率差を低減し、処方値に対する良好な視力補正と、装用時における歪みの少ない広範囲な有効視野を与える両面非球面型累進屈折力レンズを提供することが記載されている。そのため、特許文献 3 においては、物体側表面の第 1 の屈折表面において、遠用度数測定位置 F 1 における横方向の表面屈折力及び縦方向の表面屈折力をそれぞれ、 $D H f$ 、 $D V f$ とし、この第 1 の屈折表面において、近用度数測定位置 N 1 における横方向の表面屈折力及び縦方向の表面屈折力をそれぞれ $D H n$ 、 $D V n$ とするとき、 $D H f + D H n < D V f + D V n$ 、かつ、 $D H n < D V n$ となる関係式を満足させると共に、第 1 の屈折表面の F 1 及び N 1 における表面非点収差成分を、眼球側表面の第 2 の屈折表面にて相殺し、前記第 1 と第 2 の屈折表面とを合わせて処方値に基づいた遠用度数と加入度数とを与えることが記載されている。

【 0 0 0 5 】

特許文献 4 には、累進屈折力レンズに必然的に生じる像の歪みやボケを減少させ、装用感を向上させることができる累進屈折力レンズを提供することが記載されている。そのため、特許文献 4 においては、外面と内面の両面を累進面とする両面累進レンズとすると共に、外面の面加入度をマイナスとし、外面と内面の平均面屈折力分布が相似になるように累進面形状を設計する。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 6 】

【 特許文献 1 】 国際公開 W 0 9 7 / 1 9 3 8 2 号公報

【 特許文献 2 】 国際公開 W 0 9 7 / 1 9 3 8 3 号公報

【 特許文献 3 】 特開 2 0 0 3 - 3 4 4 8 1 3 号公報

【 特許文献 4 】 特開 2 0 0 4 - 0 0 4 4 3 6 号公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 7 】

これらの技術により、性能の向上はされてきているものの、依然として累進屈折力レンズの特性、特にゆれに関して適合できないユーザーもあり、更なる改善が求められている。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明の一態様は、度数の異なる遠用部と近用部とを含む眼鏡用の累進屈折力レンズであって、主注視線またはフィッティングポイントを通る垂直基準線に沿った物体側の面の遠用部の水平方向の面屈折力 $O H P f$ および垂直方向の面屈折力 $O V P f$ と、主注視線または垂直基準線に沿った物体側の面の近用部の水平方向の面屈折力 $O H P n$ および垂直方向の面屈折力 $O V P n$ と、主注視線または垂直基準線に沿った眼球側の面の遠用部の垂直方向の面屈折力 $I V P f$ および近用部の垂直方向の面屈折力 $I V P n$ としたときに、物体側の面は、面屈折力 $O H P f$ が面屈折力 $O V P f$ よりも大きく、面屈折力 $O H P n$ が面屈折力 $O V P n$ よりも大きいトーリック面の要素を含み、主注視線または垂直基準線に沿った眼球側の面は、物体側の面のトーリック面の要素による面屈折力のシフトをキャンセルする要素を含む。すなわち、この累進屈折力レンズは以下の条件を満たす。

$$O H P f > O V P f \cdots (1)$$

$$O H P n > O V P n \cdots (2)$$

【 0 0 0 9 】

さらに、この累進屈折力レンズは以下の条件を満たす。

$$OVPf > OVPn \cdots (3)$$

$$IVPf - IVPn > OVPf - OVPn \cdots (4)$$

ただし、面屈折力 $IVPf$ および $IVPn$ は絶対値である。

【 0 0 1 0 】

この累進屈折力レンズは、物体側の面（外面）の主注視線またはフィッティングポイントを通る垂直基準線（双方を主子午線とも呼ぶ）に沿ったトーリック面（トロイダル面とも呼ぶ）の要素を含む外面逆累進レンズ（両面累進レンズ）である。物体側の面のトーリック面の要素は、遠用部および近用部とも、水平方向の面屈折力 $OH Pf$ および $OH Pn$ の方が、垂直方向の面屈折力 $OVP f$ および $OVP n$ より大きく（条件（１）および（２））、そのため、中間部も同様のトーリック面の要素を含む。すなわち、遠用部および近用部とも、物体側の面の縦方向（垂直方向）の曲率に対して横方向（水平方向）の曲率の方が大きい。

10

【 0 0 1 1 】

両面累進レンズ（外面逆累進レンズ）は、物体側の面の近用部の面屈折力を、加入度とは逆に、遠用部の面屈折力に対して小さくすること（条件（３））により、累進屈折力レンズの遠用部を通して得る像と近用部を通して得る像との倍率差を縮小できる。加入度は、眼球側の面（内面）の近用部の面屈折力と遠用部の面屈折力との差を、外面の近用部の面屈折力と遠用部との差よりも大きくすることにより確保できる（条件（４））。さらに、この累進屈折力レンズは外面に水平方向の面屈折力の方が垂直方向の面屈折力よりも大きいトーリック面の要素を含む。したがって、いっそうゆれの小さな累進屈折力レンズを提供できる。

20

【 0 0 1 2 】

すなわち、眼鏡レンズを通して得られる像にゆれが発生する際の視線（眼）の動きの典型的なものは、頭部の動きを補償する前庭動眼反射により頭部に対して眼球（視線）が動くことによるものである。前庭動眼反射により視線の動く範囲は水平方向（横方向）が一般的に広い。したがって、物体側の面に、水平方向の面屈折力が垂直方向の面屈折力よりも大きなトーリック面の要素を導入することにより、視線が水平方向に動く際に、視線が眼鏡レンズの物体側の面を通過する角度の変動を抑制できる。このため、視線を動かした際に眼鏡レンズを通して得る像の諸収差を低減でき、眼鏡レンズを通して得られる像のゆれの少ない眼鏡レンズを提供できる。

30

【 0 0 1 3 】

物体側の面の逆累進の要素は、垂直方向の面屈折力および水平方向の面屈折力により導入してもよい。しかしながら、物体側の面の構造が複雑になる。このため、面屈折力の小さい垂直方向の面屈折力により物体側の面に逆累進の要素を導入することが望ましい。低コストで、像のゆれの少ない累進屈折力レンズを提供できる。

【 0 0 1 4 】

主注視線または垂直基準線に沿った眼球側の面（内面）の遠用部の水平方向の面屈折力 $IHP f$ および近用部の水平方向の面屈折力 $IHP n$ は以下の条件を満たすことが望ましい。

40

$$OHP f - OVP f = IHP f - IVP f \cdots (5)$$

$$OHP n - OVP n = IHP n - IVP n \cdots (6)$$

ただし、これらの条件および以下に示す条件は乱視処方を含まない。すなわち、これらの条件は遠用処方における乱視処方は含まない。以下においても同様である。また、面屈折力 $IHP f$ および $IHP n$ は絶対値である。

【 0 0 1 5 】

条件（５）および（６）により、外面の遠用部および近用部のトーリック面の要素による屈折力のシフトをそれぞれキャンセルするトーリック面の要素を内面の遠用部および近用部に設けることができる。これにより、中間部においても、外面のトーリック面の要素

50

により屈折力のシフトをキャンセルするためのトーリック面の要素を設けることができる。

【 0 0 1 6 】

なお条件 (5) および (6) はレンズの厚みが小さいとしたときの条件式であり、一般に眼鏡レンズの屈折力計算に用いられるレンズの厚みを考慮した形状係数 (シェイプファクター) を加味した条件式 (5 a) および (6 a) は以下の通りである。

$$\begin{aligned} IHPf - IVPf = \\ OHPf / (1 - t / n \times OHPf) - OVPf / (1 - t / n \times OVPf) \\ \dots (5a) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} IHPn - IVPn = \\ OHPn / (1 - t / n \times OHPn) - OVPn / (1 - t / n \times OVPn) \\ \dots (6a) \end{aligned}$$

ここで、 t はレンズの厚み (単位メートル) n はレンズ素材の屈折率である。

【 0 0 1 7 】

このようにレンズの厚みを加味して式を使い、より精度良く、外面に加えられたトーリック面の要素を内面でキャンセルできるが、式 (5) および式 (6) の簡略式によっても、目的はほぼ達成できる。

【 0 0 1 8 】

外面のトーリック面の要素を内面のトーリック面の要素によりキャンセルすることにより、内外面のトーリック面の要素を、乱視矯正を目的とするものではなく、眼 (視線) の動きにともなう眼鏡レンズを通した像のゆれを抑制するために、いっそう効果的に利用できる。

【 0 0 1 9 】

さらに、この累進屈折力レンズは以下の条件を満たすことが望ましい。

$$IHPf > IVPf \dots (7)$$

$$IHPn > IVPn \dots (8)$$

$$IHPf > IHPn \dots (9)$$

【 0 0 2 0 】

条件 (7) および (8) は、条件 (5) および (6) と実質的には等価であるが、内面に水平方向の面屈折力の方が垂直方向の面屈折力より大きいトーリック面の要素を導入することにより、外面のトーリック面の要素により面屈折力のシフトをキャンセルできる。さらに、条件 (9) により、水平方向の面屈折力の所定の加入度を内面で確保することができる。

【 0 0 2 1 】

この累進屈折力レンズは以下の条件を満たすことも有効である。

$$OHPf = OHPn \dots (10)$$

【 0 0 2 2 】

外面の水平方向の面屈折力を一定 (一律) にすることができ、内面の垂直方向の面屈折力を一定にできるので、製造が容易で収差の少ない累進屈折力レンズを提供できる。

【 0 0 2 3 】

累進屈折力レンズはさらに以下の条件を満たすことが望ましい。

$$OHPf - OVPf = IHPf - IVPf = C1 \dots (5')$$

$$OHPn - OVPn = IHPn - IVPn = C2 \dots (6')$$

ただし、 $C1$ および $C2$ は定数であり、以下の範囲を満たすことが望ましい。

$$1(D) < C1, C2 < 6(D) \dots (11)$$

ただし、単位 D はディオプトリーである。

定数 $C1$ および $C2$ はさらに、以下の範囲を満たすことが望ましい。

$$1(D) < C1, C2 < 4(D) \dots (11')$$

【 0 0 2 4 】

また、上記の累進屈折力レンズは、主注視線または垂直基準線を挟んだ $\pm 10 \text{ mm}$ の範

10

20

30

40

50

圈内において上記の各条件を満たすことが望ましい。累進屈折力レンズを使用するときの人の視覚の特性として、主注視線上で使用頻度が極めて大きく、像のゆれを感じるはその主注視線近傍を使い視作業をするときである。したがって、水平方向の面屈折力 OHP の強度方向へのシフトは、少なくとも主注視線を中心として水平方向に $\pm 10\text{ mm}$ あれば像のゆれを軽減する効果は十分に得ることができる。

【0025】

本発明の異なる態様の1つは、上記の累進屈折力レンズと、累進屈折力レンズが取り付けられた眼鏡フレームとを有する眼鏡である。

【図面の簡単な説明】

【0026】

【図1】眼鏡の一例を示す斜視図。

【図2】図2(a)は累進屈折力レンズの一方のレンズを模式的に示す平面図、図2(b)はその断面図。

【図3】図3(a)は眼鏡用レンズの等価球面度数分布を示す図、図3(b)は眼鏡用レンズの非点収差分布を示す図、図3(c)は正方格子を見たときの歪曲の状態を示す図。

【図4】前庭動眼反射を示す図。

【図5】前庭動眼反射の最大角度を示す図。

【図6】矩形模様を設定する様子を示す図。

【図7】矩形模様の幾何学的なずれを重ね合わせて示す図。

【図8】矩形模様の格子線の傾きの変化を示す図。

【図9】矩形模様の格子線の水平方向の格子線の変化量を示す図。

【図10】矩形模様の格子線の垂直方向の格子線の変化量を示す図。

【図11】図11(a)は実施例1の累進屈折力レンズの外面の主注視線上の面屈折力を示す図、図11(b)は実施例1の累進屈折力レンズの内面の主注視線上の面屈折力を示す図。

【図12】図12(a)は実施例2の累進屈折力レンズの外面の主注視線上の面屈折力を示す図、図12(b)は実施例2の累進屈折力レンズの内面の主注視線上の面屈折力を示す図。

【図13】図13(a)は比較例1の累進屈折力レンズの外面の主注視線上の面屈折力を示す図、図13(b)は比較例1の累進屈折力レンズの内面の主注視線上の面屈折力を示す図。

【図14】図14(a)は実施例1の累進屈折力レンズの外面の面非点収差分布を示す図、図14(b)は実施例2の累進屈折力レンズの外面の面非点収差分布を示す図、図14(c)は比較例1の累進屈折力レンズの外面の面非点収差分布を示す図。

【図15】図15(a)は実施例1の累進屈折力レンズの外面の等価球面面屈折力分布を示す図、図15(b)は実施例2の累進屈折力レンズの外面の等価球面面屈折力分布を示す図、図15(c)は比較例1の累進屈折力レンズの外面の等価球面面屈折力分布を示す図。

【図16】図16(a)は実施例1の累進屈折力レンズの内面の面非点収差分布を示す図、図16(b)は実施例2の累進屈折力レンズの内面の面非点収差分布を示す図、図16(c)は比較例1の累進屈折力レンズの内面の面非点収差分布を示す図。

【図17】図17(a)は実施例1の累進屈折力レンズの内面の等価球面面屈折力分布を示す図、図17(b)は実施例2の累進屈折力レンズの内面の等価球面面屈折力分布を示す図、図17(c)は比較例1の累進屈折力レンズの内面の等価球面面屈折力分布を示す図。

【図18】図18(a)は実施例1の累進屈折力レンズの非点収差分布を示す図、図18(b)は実施例2の累進屈折力レンズの非点収差分布を示す図、図18(c)は比較例1の累進屈折力レンズの非点収差分布を示す図。

【図19】図19(a)は実施例1の累進屈折力レンズの等価球面度数分布を示す図、図19(b)は実施例2の累進屈折力レンズの等価球面度数分布を示す図、図19(c)は

10

20

30

40

50

比較例 1 の累進屈折力レンズの等価球面度数分布を示す図。

【図 2 0】実施例 1 の累進屈折力レンズの振動（ゆれ指標 I D d）を示す図。

【図 2 1】実施例 1 の累進屈折力レンズの変形量（ゆれ指標 I D s）を示す図。

【図 2 2】実施例 2 の累進屈折力レンズの振動（ゆれ指標 I D d）を示す図。

【図 2 3】実施例 2 の累進屈折力レンズの変形量（ゆれ指標 I D s）を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0027】

図 1 は、眼鏡の一例を斜視図にて示している。図 2（a）は、本発明の実施形態の 1 つの累進屈折力レンズの一方のレンズを平面図にて模式的に示している。図 2（b）は、その累進屈折力レンズの一方のレンズを断面図にて模式的に示している。

10

【0028】

本例では、使用者側（ユーザー側、着用者側、眼球側）からみて、左側を左、右側を右として説明する。この眼鏡 1 は、左眼用および右眼用の左右一对の眼鏡用レンズ 10 L および 10 R と、レンズ 10 L および 10 R をそれぞれ装着した眼鏡フレーム 20 とを有する。眼鏡用レンズ 10 L および 10 R は、それぞれ、累進屈折力レンズ、より具体的には、累進多焦点レンズ（累進屈折力レンズ）である。レンズ 10 L および 10 R は、それぞれ、基本的な形状は物体側に凸のメニスカスレンズである。したがって、レンズ 10 L および 10 R は、それぞれ、物体側の面（凸面、以下外面ともいう）19 A と、眼球側（使用者側）の面（凹面、以下内面ともいう）19 B とを含む。

【0029】

20

図 2（a）は右眼用レンズ 10 R を示している。このレンズ 10 R は、上方に遠距離の物を見る（遠方視の）ための視野部である遠用部 11 を含み、下方に遠用部 11 と異なる度数（屈折力）の近距離の物を見る（近方視の）ための視野部である近用部 12 を含む。さらに、レンズ 10 R は、これら遠用部 11 と近用部 12 とを連続的に屈折力が変化するように連結する中間部（中間視のための部分、累進部、累進帯）13 を含む。また、レンズ 10 R は、遠方視・中間視・近方視をするときに視野の中心となるレンズ上の位置を結んだ主注視線（主子午線とも呼ばれる）14 を含む。眼鏡用レンズ 10 R をフレーム枠に合わせて外周を成形し枠入れする際に遠方水平正面視（第一眼位）での視線が通過するようにするレンズ上の基準点であるフィッティングポイント P e は遠用部 11 のほぼ下端に位置するのが通常である。以下においてはこのフィッティングポイント P e をレンズの座標原点とし、水平方向の座標を X 座標、垂直方向の座標を Y 座標とする。主注視線 14 は遠用部 11 から近用部 12 方向にほぼ垂直に伸び、Y 座標に対してフィッティングポイント P e を過ぎたあたりから鼻側に曲がる。

30

【0030】

なお、以下において眼鏡用レンズとして右眼用の眼鏡用レンズ 10 R を中心に説明するが、眼鏡用レンズ、眼鏡レンズまたはレンズは左眼用の眼鏡用レンズ 10 L であってもよく、左眼用の眼鏡用レンズ 10 L は、左右の眼の眼鏡仕様の差を除けば基本的には右眼用の眼鏡用レンズ 10 R と左右対称の構成となる。また、以下においては、右眼用および左眼用の眼鏡用レンズ 10 R および 10 L を共通して眼鏡用レンズ（またはレンズ）10 と称する。

40

【0031】

累進屈折力レンズ 10 の光学性能のうち視野の広さについては、非点収差分布図や等価球面度数分布図により知ることができる。累進屈折力レンズ 10 の性能の 1 つは、累進屈折力レンズ 10 を着用して頭を動かしたときに感じるゆれ（ユレ、揺れ）も重要であり、非点収差分布や等価球面度数分布がほとんど同じであっても、ゆれに関して差が発生することがある。以下においては、まず、ゆれの評価方法について説明し、その評価方法を用いて、本願の実施形態と、従来例とを比較した結果を示す。

【0032】

1. ゆれの評価方法

図 3（a）に、典型的な累進屈折力レンズ 10 の等価球面度数分布（単位はディオプタ

50

ー(D))を示し、図3(b)に、非点収差分布(単位はディオプター(D))を示し、図3(c)に、このレンズ10により正方格子を見たときの歪曲の状態を示している。累進屈折力レンズ10においては、主注視線14に沿って所定の度数が加入される。したがって、度数の加入により、中間領域(中間部、累進領域)13の側方には大きな非点収差が発生し、その部分では物がぼやけて見えてしまう。等価球面度数分布は近用部12では所定の量だけ度数がアップし、中間部13、遠用部11へと順次度数が減少する。この累進屈折力レンズ10においては、遠用部11の度数(遠用度数、Sph)は3.00D(ディオプトリー)であり、加入度数(ADD)は2.00Dである。

【0033】

この度数のレンズ10上の位置による違いにより、度数の大きな近用部12では遠用部11に比べ像の倍率が大きくなり、中間部13から近用部12の側方では、正方格子像はひずんで見える。これが頭を動かしたときの像のゆれ(ユレ)の原因となる。

【0034】

図4に、前庭動眼反射(Vestibulo-Ocular Reflex(VOR))の概要を示している。人はものを見ているとき頭部が動くと視界も動く。このとき、網膜上の像も動く。その頭部の動き(顔の回旋(回転)、頭部の回旋)8を相殺するような眼球3の動き(眼の回旋(回転))7があれば視線2は安定し(動かず)、網膜像は動かない。このような網膜像を安定化させる機能をもつ、反射的な眼球運動を代償性眼球運動という。その代償性眼球運動の一つが前庭動眼反射であり、頭部の回旋が刺激となり反射を生じる。水平回転(水平回旋、水平旋回)による前庭動眼反射の神経機構はある程度解

【0035】

頭部が回旋したとき、前庭動眼反射により眼球が回旋すると網膜像は動かないが、図4に破線および一点鎖線で示したように頭部の回旋に連動して眼鏡レンズ10が回旋する。このため、前庭動眼反射により眼鏡レンズ10を通過する視線2は相対的に眼鏡レンズ10の上を動く。したがって、前庭動眼反射により眼球3が動く範囲、すなわち、前庭動眼反射により視線2が通過する範囲で眼鏡用レンズ10の結像性能に差があると、網膜像がゆれることがある。

【0036】

図5は、視標探索時の頭位(眼位)運動を観察した一例を示している。図5に示した幾つかのグラフは、注視点より水平方向にある角度だけ移動した視標(対象物)を認識するために、頭部がどの程度回旋するかを示している。視標(対象物)を注目させる注視の状態においては、グラフ41に示すように頭部は対象物とともに回旋する。これに対して、視標(対象物)を単に認識する程度の弁別視の状態においては、グラフ42に示すように、頭部の動きは対象物の角度(移動)に対して10度程度小さく(少なく)なる。この観察結果により、眼球の動きにより対象物を認識できる範囲の限界を約10度程度に設定できる。したがって、自然な状態で人間が頭部を動かしながら前庭動眼反射により対象物を見るときの水平方向の頭部の回旋角度は左右にそれぞれ最大10度程度(前庭動眼反射により眼球3が動く最大水平角度 $\times m$)と考えられる。

【0037】

一方、前庭動眼反射により対象物を見る時の垂直方向の頭部の最大回旋角は、累進屈折力レンズの場合は、中間部では度数の変化があるため、大きく動くと対象物の距離に対して度が合わなくなり、像がぼけてしまうことから、水平方向のものよりも小さくなることが考えられる。以上から、ゆれのシミュレーションを行う場合のパラメータとなる頭部回旋角は水平方向で左右に約10度程度、垂直方向ではそれより小さく、例えば上下に5度程度を用いるのが好ましい。また、前庭動眼反射により視線が動く範囲の典型的な値は、水平方向では、主注視線14の左右 ± 10 度程度であることが分かる。

【0038】

図6に、仮想空間の仮想面59に配置された観察目標物、本例においては矩形模様50

に対して頭部を回旋させたときの前庭動眼反射を加味した視覚のシミュレーションを行う様子を示している。仮想空間に眼球 3 の回旋中心 R_c を原点として、水平正面方向に z 軸を設定し、水平方向に x 軸、垂直方向に y 軸を設定する。 $y - z$ 平面に対して角度 x 、 $x - z$ 平面に対して角度 y をなす方向に、距離 d を隔てた仮想面 59 に観察目標物の矩形模様 50 を配置する。

【0039】

本例においては、矩形模様 50 は縦横に 2 等分された正方格子であり、幾何学的中心 55 を通る中心の垂直格子線 51 および中心の垂直格子線 51 に対して左右対称な左右の垂直格子線 52 と、幾何学的中心を通る中心の水平格子線 53 および中心の水平格子線 53 に対し上下対称な上下の水平格子線 54 とを含む。この正方格子の矩形模様 50 を、以下

10

【0040】

この例では、眼鏡レンズ 10 を実際の装用時と同じ位置・姿勢で眼球 3 の前に配置し、注視点に対して前庭動眼反射により眼球 3 が動く最大水平角度 x_m の近傍、すなわち、注視点に対して ± 10 度に左右の垂直格子線 52 および上下の水平格子線 54 がそれぞれ見えるように仮想面 59 を設定する。

【0041】

この正方格子の矩形模様 50 のサイズは視野角で規定することができ、見る対象物に合わせて設定することが可能である。例えばモバイルパソコンの画面などでは格子の視野ピッチは小さく、デスクトップパソコンの画面のような対象物では格子の視野ピッチは大きくとることができる。

20

【0042】

一方、観察目標物（仮想面）59 までの距離 d については、累進屈折力レンズ 10 の場合は、遠用部、中間部、近用部により想定される観察対象物の距離が変わるので、それを考慮して遠用部では数 m 以上の遠距離、近用では 40 cm から 30 cm 程度の近距離、中間部は 1 m から 50 cm 程度の中間距離にすることが妥当である。ただし、例えば歩行時には中間部、近用部でも 2 m から 3 m の距離のものが観察対象となるので、あまり厳密にレンズ上の遠・中・近の領域に合わせて距離 d を設定する必要はなく、そのゆれ指標計算結果に対する影響も大きくはない。

30

【0043】

レンズ屈折作用により目標対象物である矩形模様 50 は視野方向（ x 、 y ）からずれた視野角方向に観察される。このときの矩形模様 50 の観察像は通常の光線追跡法により求めることができる。この状態を基本として、水平方向に $+$ θ 度頭部を回旋させると顔と一緒にレンズ 10 も $+$ θ 度回旋する。このとき前庭動眼反射により眼球 3 は逆方向に $-\theta$ 度、即ち $-\theta$ 度回旋するので、レンズ 10 の上では視線 2 は $-\theta$ 度移動した位置を使って目標物の矩形模様 50 の幾何学的中心 55 を見ることになる。したがって、レンズ 10 の視線 2 の透過箇所や視線 2 のレンズ 10 への入射角度が変わるので、目標対象物である矩形模様 50 は違った形で観察される。

【0044】

40

このため、頭部を左右または上下に反復回旋したときの、最大または所定の回旋角度 x_1 の両端位置における観察目標物（矩形模様）50 の画像を観察目標物の幾何学中心 55 で重ね合わせ、両者の形状のずれを幾何学的に計算する。水平角度 x_1 の一例は前庭動眼反射により眼球 3 が動く最大水平角度 x_m （約 10 度）である。

【0045】

ゆれの評価に用いられる指数の 1 つはゆれ指標 ID_d であり、このゆれ指標 ID_d は、水平格子線 53 および 54、および垂直格子線 51 および 52 の傾きの変化を計算するものである。ゆれ指標 ID_s は水平格子線 53 および 54、および垂直格子線 51 および 52 の移動面積を計算するものである。

【0046】

50

図7は、注視点に対して第1の水平角度（振り角） $\times 1$ （10度）で左右に眼球3および矩形模様50を動かしたときの矩形模様50の像の一例を示している。この状態は、水平角度（振り角）10度で頭部とともに眼鏡用レンズ10を左右に動かしたときに、矩形模様50を動かさず視線2が矩形模様50の幾何学的中心55から動かないように矩形模様50を見ている状態に相当する。矩形模様50a（破線）は、振り角10°で光線追跡法により眼鏡レンズ10を介して観察される像（右回旋画像）であり、矩形模様50b（実線）は同様に振り角-10°で観察される像（左回旋画像）であり、それらの矩形模様50aおよび50bを幾何学的中心55が一致するように重ねて示している。ちなみに、振り角0°で観察される矩形模様50の像はこれらのほぼ中間に位置する。振り角を上下に設定した場合に観察される像（上回旋画像および下回旋画像）も同様に求めることができる。

10

【0047】

これらの画像（矩形模様）50aおよび50bは、観察目標物を、眼鏡レンズ10を通して見ながら、頭を振ったときにユーザーが実際に得られる目標対象物の像であり、これらの像50aおよび50bの差（変形）は、頭を振ったときの像の動きを表していると考えられる。

【0048】

図8に、ゆれ指標（ゆれ指数）IDdを示している。ゆれ指標IDdは、各格子線51～54の傾きの変化である。図8に示すように矩形模様50の各辺（格子線）51～54の勾配の変化量を幾何学的に計算することにより、ゆれ指数IDdを12個求めることができる。このうち水平方向の格子線53および54の勾配の変化量は「波打ち（うねり）」を表し、垂直方向の格子線51および52の勾配の変化量は「揺らぎ」を表していると考えられる。したがって、格子線51～54の勾配の変化量を方向毎に合算するとそれぞれ「波打ち（うねり）感」、「揺らぎ感」としてゆれ（ユレ）を定量評価できる。

20

【0049】

図9および図10に、ゆれ指標（ゆれ指数）IDsを示している。ゆれ指標IDsは、ゆれの評価に用いられる異なる指数であり、矩形模様50の全体形状の変形の大きさである。ゆれ指標IDsは、図9および10に示すように矩形模様50の格子線51～54のそれぞれの移動量を面積として幾何学的に計算することによって、12個の数値を得ることができる。図9は水平方向の格子線53および54の移動量（斜線塗りつぶし部分）を表し、図10は垂直方向の格子線51および52の移動量（斜線塗りつぶし部分）を表したものである。移動量（面積）で表わされるゆれ指標IDsは、先の勾配の変化量で表わされるゆれ指標IDdと同じ傾向を示すが、レンズ10がゆれ評価位置付近で大きな倍率変化を持っていた場合、例えば水平方向に伸び縮みが生ずるような変形がある場合は、それらの要素も包含した指標となる。

30

【0050】

これらのゆれ指標IDdおよびIDsは、水平方向成分、垂直方向成分、それらの合算値として、用途により使い分けることができる。以降において、勾配の変化から得られるゆれ指標IDdは「振動」と表現し、格子線の移動量から得られるゆれ指標IDsを「変形量」と表現することがある。

40

【0051】

「振動」のゆれ指標IDdの単位は、視野角座標上での各格子線の勾配の変化量であるので無次元である。一方、「変形量」のゆれ指標IDsの単位は、視野角座標上での面積であるので、度の二乗である。なお、この変形量によるゆれ指数IDsは、頭部の回旋を加える前の0度での面積で変化量の面積を割って、無次元化して、比率（たとえば、パーセント）表示することも可能である。

【0052】

振動に関する指標IDdは、中心格子線（Center Line）51および53の振動のうち、水平方向の格子線53のものを「水平@CL」、垂直方向の格子線51のものを「垂直@CL」として指標化する。また、その中心格子線53を含むすべての水平格

50

子線 5 3 および 5 4 の振動を「水平 L」、同様にすべての垂直格子線 5 1 および 5 2 の振動を「垂直 L」、その両者を合算したすべての格子線の振動の総和または平均を「全 L」として指標化する。

【 0 0 5 3 】

「水平 @ C L」と「垂直 @ C L」は計算が容易で簡便であるので、レンズ 1 0 の全面にわたって計算し、マップ化するような場合には便利である。一方、「水平 L」、「垂直 L」は、実際に人（ユーザー）がゆれを感じているときにはただ 1 つの水平あるいは垂直の線の変動だけではなく、形として捉えている対象物のアウトラインの変動が同時に知覚されているという事実からすると、よりユーザーの感覚に近い指標であると言える。

【 0 0 5 4 】

さらに、ユーザーにおいては水平方向も垂直方向も同時に知覚されるので、それらを合算した「全 L」が一番妥当な指標となる。しかしながら、ユーザーによって「波打ち（うねり）」と「揺らぎ」に対する感受性が異なる可能性や、個人の生活環境による視線の使い方が水平方向での視線移動が多く「波打ち（うねり）」を問題としたり、その逆に「揺らぎ」を問題にするケースが考えられる。したがって、各方向成分により、ゆれを指標化し、評価することも有用である。

【 0 0 5 5 】

変形量に関する指標 I D s については、すべての水平格子線 5 3 および 5 4 の変動面積を「水平 L」、すべての垂直格子線 5 1 および 5 2 の変動面積を「垂直 L」、それらの合算を「全 L」として指標化する。成分毎の指標化とその合算による指標化の必要性については前述の振動に関するものと同じである。変形量による指標 I D s のメリットは、倍率の変化が加味される点である。特に累進屈折力レンズ 1 0 の場合は垂直方向に度数の加入がされる。このため、首を縦方向に振ってものを見た場合、度数の変化によって像が拡大・縮小されたり、前後に揺動して見えたりする現象がある。また加入度数が大きい場合も近用部の側方で倍率が落ちる現象が顕著になる。このため、像の横方向での伸び縮みが発生する。変形量による指標 I D s はこれらの変化を数値化できるので、評価方法として有用である。

【 0 0 5 6 】

2 . 実施例

2 . 1 実施例 1

図 1 1 (a) に実施例 1 の累進屈折力レンズ 1 0 a の外面（物体側の面）1 9 A の主注視線 1 4 に沿った水平方向の面屈折力（表面屈折力）O H P (y) と、垂直方向の面屈折力（表面屈折力）O V P (y) とをディオプトリー（ D ）を単位として示している。図 1 1 (b) に、累進屈折力レンズ 1 0 a の内面（眼球側の面）1 9 B の主注視線 1 4 に沿った水平方向の面屈折力（表面屈折力）I H P (y) と、垂直方向の面屈折力（表面屈折力）I V P (y) とをディオプトリー（ D ）を単位として示している。内面 1 9 B の面屈折力 I H P (y) と、垂直方向の面屈折力 I V P (y) とは本来負の値になるが、本明細書においては、内面 1 9 B の面屈折力はいずれも絶対値を示す。以下においても同様である。また、y 座標は、フィッティングポイント P e を原点とする垂直基準線の座標である。以下において述べる x 座標は、フィッティングポイント P e を原点とする垂直基準線に垂直な水平基準線に垂直な水平基準線の座標である。主注視線（主子午線）1 4 は、垂直基準線に対して鼻よりに輻輳しているが、座標としては y 座標を用いて示す。

【 0 0 5 7 】

この累進屈折力レンズ 1 0 a において主注視線 1 4 に沿った水平方向の透過屈折力（度数）H P および垂直方向の透過屈折力（度数）V P においては視線 2 がレンズ 1 0 a の各面 1 9 A および 1 9 B に対して垂直であるとする H P および V P は以下の式により得られる。

$$H P (y) = O H P (y) - I H P (y) \cdots (1 2)$$

$$V P (y) = O V P (y) - I V P (y) \cdots (1 3)$$

【 0 0 5 8 】

ここで式(12)および式(13)はレンズの厚みが小さいとしたときの関係式であり、一般に眼鏡レンズの屈折力計算に用いられるレンズの厚みを考慮した形状係数(シェイプファクター)を加味した関係式に置き換えることも可能である。その場合は、以下の式(12a)および式(13a)となる。

$$HP(y) = \frac{OHP(y)}{(1 - t/n \times OHP(y))} - \frac{IHP(y)}{\dots (12a)}$$

$$VP(y) = \frac{OVP(y)}{(1 - t/n \times OVP(y))} - \frac{IVP(y)}{\dots (13a)}$$

ここで、 t はレンズの厚み(単位メートル) n はレンズ素材の屈折率である。また、式(12)、(12a)、(13)、(13a)の y 座標についても、より正確に行うためには、レンズ周辺部においては、視線のレンズ上の透過位置の外側と内側でのズレを光線追跡により求めて適用することも可能である。

【0059】

また、主視線14以外の領域においては、レンズ10の各面19Aおよび19Bに対する視線2が垂直方向から傾き、プリズム効果を考慮する必要がある。しかしながら、上記の式(12)および(13)の関係が近似的に成立する。

【0060】

同様に、上述したように、物体側(外面)19Aに加えられたトーリック面の要素をキャンセルするために眼球側(内面側)19Bの面屈折力は条件(5a)および(6a)にしたがって操作することが好ましい。しかしながら、レンズ厚みが十分に小さい薄肉のレンズにおいては条件(5)および(6)によりトーリック面の要素をほぼキャンセルできる。したがって、以下においては、レンズ厚みが十分に小さい薄肉レンズを例に本発明をさらに説明する。

【0061】

実施例1の累進屈折力レンズ10aは、セイコーエプソン社製累進屈折力レンズ「セイコーP-1シナジー1.67AS(屈折率1.67)に眼鏡仕様として累進帯長14mm、処方度数(遠用度数、Sph)が3.00(D)、加入度数(Add)が2.00(D)を適用して設計されたものである。なお、レンズ10aの直径は65mmであり、乱視度数は含まれていない。

【0062】

実施例1の累進屈折力レンズ10aは、さらに、外面19Aを水平方向の面屈折力OHPが垂直方向の面屈折力OVPより大きなトーリック面(トロイダル面)の要素を含む累進面(逆累進面)で構成し、内面19Bを、外面のトーリック面の要素により面屈折力のシフトをキャンセルするトーリック面の要素を含む内面累進面により構成している。

【0063】

具体的には、図11(a)に示した外面19Aは、遠用部11の垂直方向(縦方向)の面屈折力OVPfは一定で7.0(D)であり、中間部13の垂直方向の面屈折力OVPmは逆累進的に減少し、近用部12の垂直方向の面屈折力OVPnは一定の5.0(D)になっている。したがって、近用部12の垂直方向の面屈折力OVPnは、遠用部11の垂直方向の面屈折力OVPfに対して2.0(D)減少している(逆累進)。

【0064】

一方、外面19Aの遠用部11の水平方向の面屈折力OHPfは一定で8.5(D)であり垂直方向の面屈折力OVPfに対し1.5(D)大きくなる方向にシフトしている。近用部12の水平方向の面屈折力OHPnもまた一定で6.5(D)であり、垂直方向の面屈折力OVPnに対し、遠用部11と同様に1.5(D)大きい方向にシフトしている。さらに中間部13において同様に水平方向の面屈折力OHPmが垂直方向の面屈折力OVPmに対して水平方向の面屈折力OHPmが大きくなる方向に1.5(D)シフトしているので、遠用部11、近用部12および中間部13のすべての領域で一律1.5(D)の水平方向に強主経線をもつトーリック面の要素をもっている。

【0065】

10

20

30

40

50

図 1 1 (b) に示した内面 1 9 B では、遠用部 1 1 の垂直方向 (縦方向) の面屈折力 $I V P f$ は一定で 4 . 0 (D) であり、中間部 1 3 の垂直方向の面屈折力 $I V P m$ は累進的に減少し、近用部 1 2 の垂直方向の面屈折力 $I V P n$ は一定の 0 . 0 (D) になっている。したがって、近用部 1 2 の垂直方向の面屈折力 $I V P n$ は、遠用部 1 1 の垂直方向の面屈折力 $I V P f$ に対して 4 . 0 (D) 減少している。しかしながら、上述したように、外面 1 9 A では、近用部 1 2 の垂直方向の面屈折力 $O V P n$ が、遠用部 1 1 の垂直方向の面屈折力 $O V P f$ に対して 2 . 0 (D) 減少 (逆累進) している。このため、内面 1 9 B の垂直方向の面屈折力においては、2 . 0 (D) の加入度が実現されている。

【 0 0 6 6 】

内面 1 9 B の遠用部 1 1 の水平方向の面屈折力 $I H P f$ は一定で 5 . 5 (D) であり、中間部 1 3 の水平方向の面屈折力 $I V P m$ は累進的に減少し、近用部 1 2 の水平方向の面屈折力 $I V P n$ は 1 . 5 (D) になっている。このため、内面 1 9 B の水平方向の面屈折力においては、2 . 0 (D) の加入度が実現されている。したがって、水平方向、垂直方向とも、内面 1 9 B で 2 . 0 (D) の加入度が実現されている。

【 0 0 6 7 】

さらに、遠用部 1 1、近用部 1 2、中間部 1 3 のすべての領域において、垂直方向の面屈折力 $I V P f$ に対して水平方向の面屈折力 $I H P f$ が 1 . 5 (D) 大きくなる方向にシフトしている。このため、この累進屈折力レンズ 1 0 a の内面 1 9 B は、外面 1 9 A のトーリック面の要素による面屈折力のシフトをキャンセルするトーリック面の要素を含む。

【 0 0 6 8 】

また、実施例 1 の累進屈折力レンズ 1 0 a は、上記の条件 (1) ~ (1 1) の内、(1 0) を除いた全てを備えている。すなわち、外面 1 9 A の主注視線 1 4 に沿った領域の遠用部 1 1 の水平方向の面屈折力 $O H P f$ は、垂直方向の面屈折力 $O V P f$ より大きい (条件 (1))。また、外面 1 9 A の主注視線 1 4 に沿った領域の近用部 1 2 の水平方向の面屈折力 $O H P n$ は、垂直方向の面屈折力 $O V P n$ より大きい (条件 (2))。さらに、遠用部 1 1 の垂直方向の面屈折力 $O V P f$ は、近用部 1 2 の垂直方向の面屈折力 $O V P n$ より大きく、逆累進になっている (条件 (3))。なお、外面 1 9 A の主注視線 1 4 に沿った領域の中間部 1 3 の水平方向の面屈折力 $O H P m$ も、垂直方向の面屈折力 $O V P m$ より大きい。

【 0 0 6 9 】

また、内面 1 9 B の主注視線 1 4 に沿った領域の遠用部 1 1 の垂直方向の面屈折力 $I V P f$ と近用部 1 2 の垂直方向の面屈折力 $I V P n$ との差は、外面 1 9 A の主注視線 1 4 に沿った領域の遠用部 1 1 の垂直方向の面屈折力 $O V P f$ と近用部 1 2 の垂直方向の面屈折力 $O V P n$ との差より大きく、外面 1 9 A の逆累進に対して内面 1 9 B において加入度が実現できるようになっている (条件 (4))。

【 0 0 7 0 】

さらに、内面 1 9 B の遠用部 1 1 は、外面 1 9 A の水平方向の面屈折力 $O H P f$ と垂直方向の面屈折力 $O V P f$ とのシフトをキャンセルする水平方向の面屈折力 $I H P f$ と垂直方向の面屈折力 $I V P f$ とを含む (条件 (5))。また、内面 1 9 B の近用部 1 2 も、外面 1 9 A の水平方向の面屈折力 $O H P n$ と垂直方向の面屈折力 $O V P n$ とのシフトをキャンセルする水平方向の面屈折力 $I H P n$ と垂直方向の面屈折力 $I V P n$ とを含む (条件 (6))。なお、同様に、内面 1 9 B の中間部 1 3 は、外面 1 9 A の水平方向の面屈折力 $O H P m$ と垂直方向の面屈折力 $O V P m$ とのシフトをキャンセルする水平方向の面屈折力 $I H P m$ と垂直方向の面屈折力 $I V P m$ とを含む。

【 0 0 7 1 】

さらに、内面 1 9 B の主注視線 1 4 に沿った領域の遠用部 1 1 の水平方向の面屈折力 $I H P f$ は、垂直方向の面屈折力 $I V P f$ より大きい (条件 (7))。また、内面 1 9 B の主注視線 1 4 に沿った領域の近用部 1 2 の水平方向の面屈折力 $I H P n$ は、垂直方向の面屈折力 $I V P n$ より大きい (条件 (8))。さらに、遠用部 1 1 の水平方向の面屈折力 $I H P f$ は、近用部の水平方向の面屈折力 $I H P n$ より大きい (条件 (9))。なお、内面

10

20

30

40

50

19Bの主注視線14に沿った領域の中間部13の水平方向の面屈折力IHPmも、垂直方向の面屈折力IVPmより大きい。

【0072】

さらに、この累進屈折力レンズ10aでは、遠用部11の外表面19Aの水平方向の面屈折力OHPfと垂直方向の面屈折力OV Pfとの差(シフト)と、内面19Bの水平方向の面屈折力IHPfと垂直方向の面屈折力IV Pfとの差(シフト)は一定の値C1であり、C1は1.5(D)である(条件(11)および(11'))。また、近用部12の外表面19Aの水平方向の面屈折力OHPnと垂直方向の面屈折力OV Pnとの差(シフト)と、内面19Bの水平方向の面屈折力IHPnと垂直方向の面屈折力IV Pnとの差(シフト)は一定の値C2であり、C2は1.5(D)である(条件(11)および(11'))。

10

【0073】

2.2 実施例2

図12(a)に実施例2の累進屈折力レンズ10bの外表面(物体側の面)19Aの主注視線14に沿った水平方向の面屈折力(表面屈折力)OHP(y)と、垂直方向の面屈折力(表面屈折力)OV P(y)とをディオプトリー(D)を単位として示している。図12(b)に、累進屈折力レンズ10bの内表面(眼球側の面)19Bの主注視線14に沿った水平方向の面屈折力(表面屈折力)IHP(y)と、垂直方向の面屈折力(表面屈折力)IV P(y)とをディオプトリー(D)を単位として示している。

【0074】

20

実施例2の累進屈折力レンズ10bは、セイコーエプソン社製累進屈折力レンズ「セイコーP-1シナジー1.67AS(屈折率1.67)」に実施例1と同じ眼鏡仕様を適用して設計されたのである。

【0075】

実施例2の累進屈折力レンズ10bも、実施例1の累進屈折力レンズ10aと同様に、外表面19Aおよび内表面19Bにトーリック面の要素を含む。具体的には、実施例2の累進屈折力レンズ10bは、外表面19Aの遠用部11の垂直方向(縦方向)の面屈折力OV Pfは7.0(D)で、中間部13の垂直方向の面屈折力OV Pmは逆累進的に減少し、近用部12で5.0(D)に到達し、近用部12の垂直方向の面屈折力OV Pnは5.0(D)になっている。

30

【0076】

一方、外表面19Aの遠用部11の水平方向の面屈折力OHPfは一定で10.0(D)であり垂直方向の面屈折力OV Pfに対し3.0(D)大きくなる方向にシフトしている。近用部12の水平方向の面屈折力OHPnもまた一定で8.0(D)であり、垂直方向の面屈折力OV Pnに対し、遠用部11と同様に3.0(D)大きい方向にシフトしている。さらに中間部13において同様に水平方向の面屈折力OHPmが垂直方向の面屈折力OV Pmに対して水平方向の面屈折力OHPmが大きくなる方向に3.0(D)シフトしているので、遠用部11、近用部12および中間部13のすべての領域で一律3.0(D)の水平方向に強主経線をもつトーリック面の要素をもっている。

【0077】

40

内表面19Bでは、遠用部11の垂直方向の面屈折力IV Pfは4.0(D)で、中間部13の垂直方向の面屈折力OV Pmは累進的に減少し、近用部12で0.0(D)に到達し、近用部12の垂直方向の面屈折力OV Pnは0.0(D)になっている。したがって、外表面19Aの垂直方向の面屈折力の逆累進をキャンセルし、所定の加入度(2.0(D))が実現できている。また、内表面19Bの遠用部11の水平方向(横方向)の面屈折力IHPfは7.0(D)で、中間部13の水平方向の面屈折力IHPmは累進的に減少し、近用部12の水平方向の面屈折力IHPnは3.0(D)となり、所定の加入度(2.0(D))を実現している。

【0078】

したがって、遠用部11、近用部12、中間部13のすべての領域において、垂直方向

50

の面屈折力 $I V P f$ に対して水平方向の面屈折力 $I H P f$ が $3.0 (D)$ 大きくなる方向にシフトしている。このため、この累進屈折力レンズ $10 b$ では、内面 $19 B$ は、外面 $19 A$ のトーリック面の要素による面屈折力のシフトをキャンセルするトーリック面の要素を含む。

【0079】

また、実施例 2 の累進屈折力レンズ $10 b$ は、実施例 1 の累進屈折力レンズ $10 a$ と同様に上記の条件 (1) ~ (11) の内、(10) を除いた全てを備えている。なお、定数 $C 1$ は $3.0 (D)$ であり、定数 $C 2$ もまたは $3.0 (D)$ である。

【0080】

2.3 比較例 1

実施例 1 および 2 の累進屈折力レンズ $10 a$ および $10 b$ と比較するために、比較例 1 として、上記と同じ眼鏡仕様で外面 $19 A$ および内面 $19 B$ が球面を基本とする内外面累進屈折力レンズ $10 c$ を設計した。

【0081】

図 13 (a) に比較例 1 の累進屈折力レンズ $10 c$ の外面 (物体側の面) $19 A$ の主注視線 14 に沿った水平方向の面屈折力 $O H P (y)$ と、垂直方向の面屈折力 $O V P (y)$ とをディオプトリー (D) を単位として示している。図 13 (b) に、累進屈折力レンズ $10 c$ の内面 (眼球側の面) $19 B$ の主注視線 14 に沿った水平方向の面屈折力 (表面屈折力) $I H P (y)$ と、垂直方向の面屈折力 (表面屈折力) $I V P (y)$ とをディオプトリー (D) を単位として示している。

【0082】

比較例 1 の累進屈折力レンズ $10 c$ は、外面 $19 A$ の遠用部 11 は主注視線の近傍では球面であり、水平方向の面屈折力 $O H P f$ と、垂直方向の面屈折力 $O V P f$ とは同一で $7.0 (D)$ である。中間部 13 において垂直方向の面屈折力 $O V P m$ および水平方向の面屈折力 $O H P m$ は逆累進的に減少し、近用部 12 でともに $5.0 (D)$ に到達している。近用部 12 の垂直方向の面屈折力 $O V P n$ および水平方向の面屈折力 $O H P n$ はともに一定の $5.0 (D)$ になっている。

【0083】

内面 $19 B$ も、遠用部 11 は主注視線の近傍では球面であり、水平方向の面屈折力 $I H P f$ と、垂直方向の面屈折力 $I V P f$ とは同一で $4.0 (D)$ である。中間部 13 の水平方向の面屈折力 $I H P m$ と垂直方向の面屈折力 $I V P m$ は累進的に減少し、近用部 12 で所定の加入度 ($2.0 (D)$) に到達している。近用部 12 の水平方向の面屈折力 $I H P n$ と垂直方向の面屈折力 $I V P n$ は一定の $0.0 (D)$ になっている。したがって、外面 $19 A$ の逆累進をキャンセルし、所定の加入度 ($2.0 (D)$) が実現できている。

【0084】

なお、図 11、図 12 および図 13 に示した面屈折力の変化は、あくまでも基本構成を理解するために簡略して示したものがある。実際の設計においては、レンズ周辺視における収差を補正するための意図した非球面補正がこれに加わり、遠用部の上方や近用部においては垂直方向と水平方向で多少の屈折力の変動が生じてくる。

【0085】

2.4 比較

これら実施例 1、実施例 2 および比較例 1 の累進屈折力レンズ $10 a$ 、 $10 b$ および $10 c$ は、遠用部 11 および近用部 12 を通して得られる像の倍率差を縮小でき、像のゆれを抑制できる累進屈折力レンズである。すなわち、眼鏡レンズの倍率 M は近似的に以下の式で表わされる。

$$M = M_s \times M_p \cdots (14)$$

【0086】

ここで、 M_s はシェープ・ファクター、 M_p はパワー・ファクターと呼ばれる。レンズ基材の屈折率を n 、レンズの物体側の面のベースカーブ (面屈折力) を D (ディオプトリー)、レンズの眼球側の面の頂点 (内側頂点) から眼球までの距離を L 、内側頂点の屈折

力（内側頂点屈折力）を P （度数 S ）、レンズ中心の厚みを t とすると、 M_p および M_s は、以下のように表される。

$$M_s = 1 / (1 - D \times t / n) \cdots (15)$$

$$M_p = 1 / (1 - L \times P) \cdots (16)$$

【0087】

なお、式（15）および（16）の計算にあたっては、ベースカーブ D および内側頂点屈折力 P についてはディオプトリ（ D ）を、また、厚み t および距離 L についてはメートル（ m ）を用いる。

【0088】

したがって、式（14）は、以下のようになる。

$$M = \{1 / (1 - D \times t / n)\} \times \{1 / (1 - L \times P)\} \cdots (17)$$

【0089】

この式（17）からわかるように、屈折力 P が大きくなると倍率 M も大きくなり、加入度が加わる近用部 12 の方が像の倍率 M が大きくなる。一方、ベースカーブ D 、すなわち、外面 19A の面屈折力を小さくすることにより倍率 M を小さくできる。したがって、近用部 12 の外面 19A の面屈折力を小さくすることにより近用部 12 の像の倍率変化を抑制できる。

【0090】

さらに、実施例 1 および 2 の累進屈折力レンズ 10a および 10b は、外面 19A 及び内面 19B の主視線 14 に沿った領域にトーリック面の要素を含み、外面 19A のトーリック面の要素による面屈折力のシフトは、内面 19B のトーリック面の要素によりキャンセルされるようにしている。このため、比較例 1 の累進屈折力レンズ 10c と変わらぬ度数が確保され、その一方で、累進屈折力レンズ 10a および 10b を通過する視線 2 とレンズ 10a および 10b とが交差する角度変化が小さくなるので、像のゆれをさらに抑制できる。

【0091】

図 14（a）に実施例 1 の累進屈折力レンズ 10a の外面 19A の面非点収差分布を示し、図 14（b）に実施例 2 の累進屈折力レンズ 10b の外面 19A の面非点収差分布を示し、図 14（c）に比較例 1 の累進屈折力レンズ 10c の外面 19A の面非点収差分布を示している。なお、図の縦横の直線は円形のレンズの幾何学中心を通る基準線（垂直基準線 y および水平基準線 x ）を示し、その交点である幾何学中心をフィッティングポイントとした眼鏡フレームへの枠入れ時の形状イメージも示されている。以下に示す図においても同様である。

【0092】

これらの図に示すように、実施例 1 の累進屈折力レンズ 10a の外面 19A の面非点収差は、比較例 1 の累進屈折力レンズ 10c の外面 19A の面非点収差に、水平方向に強主経線を持つ非点収差（1.5（ D ））が合成される。また、実施例 2 の累進屈折力レンズ 10b の外面 19A の面非点収差は、比較例 1 の累進屈折力レンズ 10c の外面 19A の面非点収差に、水平方向に強主経線を持つ非点収差（3.0（ D ））が合成される。しかしながら、収差を調整するための非球面補正も加わっているために単純な合成とはならない。以下においても同様である。

【0093】

図 15（a）に実施例 1 の累進屈折力レンズ 10a の外面 19A の等価球面面屈折力分布を示し、図 15（b）に実施例 2 の累進屈折力レンズ 10b の外面 19A の等価球面面屈折力分布を示し、図 15（c）に比較例 1 の累進屈折力レンズ 10c の外面 19A の等価球面面屈折力分布を示している。等価球面面屈折力 ESP は以下の式（18）で得られる。 $ESP = (OHP + OVP) / 2 \cdots (18)$

【0094】

これらの図に示すように、実施例 1 の累進屈折力レンズ 10a の外面 19A の等価球面面屈折力分布は、比較例 1 の累進屈折力レンズ 10c の外面 19A の等価球面面屈折力に

10

20

30

40

50

、ほぼ0.75(D)の等価球面屈折力が全体に合成されている。実施例2の累進屈折力レンズ10bの外面19Aの等価球面面屈折力分布は、比較例1の累進屈折力レンズ10cの外面19Aの等価球面面屈折力に、ほぼ1.5(D)の等価球面屈折力が全体に合成されている。

【0095】

図16(a)に実施例1の累進屈折力レンズ10aの内面19Bの面非点収差分布を示し、図16(b)に実施例2の累進屈折力レンズ10bの内面19Bの面非点収差分布を示し、図16(c)に比較例1の累進屈折力レンズ10cの内面19Bの面非点収差分布を示している。

【0096】

これらの図に示すように、実施例1の累進屈折力レンズ10aの内面19Bの面非点収差は、比較例1の累進屈折力レンズ10cの内面19Bの面非点収差に、水平方向に強主経線を持つ非点収差(1.5(D))が合成される。また、実施例2の累進屈折力レンズ10bの内面19Bの面非点収差は、比較例1の累進屈折力レンズ10cの内面19Bの面非点収差に、水平方向に強主経線を持つ非点収差(3.0(D))が合成される。

【0097】

図17(a)に実施例1の累進屈折力レンズ10aの内面19Bの等価球面面屈折力分布を示し、図17(b)に実施例2の累進屈折力レンズ10bの内面19Bの等価球面面屈折力分布を示し、図17(c)に比較例1の累進屈折力レンズ10cの内面19Bの等価球面面屈折力分布を示している。

【0098】

これらの図に示すように、実施例1の累進屈折力レンズ10aの内面19Bの等価球面面屈折力分布は、比較例1の累進屈折力レンズ10cの内面19Bの等価球面面屈折力に、ほぼ0.75(D)の等価球面屈折力が全体に合成されている。実施例2の累進屈折力レンズ10bの内面19Bの等価球面面屈折力分布は、比較例1の累進屈折力レンズ10cの内面19Bの等価球面面屈折力に、ほぼ1.5(D)の等価球面面屈折力が全体に合成されている。

【0099】

図18(a)に実施例1の累進屈折力レンズ10aのレンズ上の各位置を透して観察したときの非点収差分布を示し、図18(b)に実施例2の累進屈折力レンズ10bのレンズ上の各位置を透して観察したときの非点収差分布を示し、図18(c)に比較例1の累進屈折力レンズ10cのレンズ上の各位置を透して観察したときの非点収差分布を示している。これらの図に示すように、実施例1の累進屈折力レンズ10aの非点収差分布および実施例2の累進屈折力レンズ10bの非点収差分布は、比較例1の累進屈折力レンズ10cの非点収差分布とほぼ同等である。

【0100】

図19(a)に実施例1の累進屈折力レンズ10aのレンズ上の各位置を透して観察したときの等価球面度数分布を示し、図19(b)に実施例2の累進屈折力レンズ10bのレンズ上の各位置を透して観察したときの等価球面度数分布を示し、図19(c)に比較例1の累進屈折力レンズ10cのレンズ上の各位置を透して観察したときの等価球面度数分布を示している。これらの図に示すように、実施例1の累進屈折力レンズ10aの等価球面度数分布および実施例2の累進屈折力レンズ10bの等価球面度数分布は、比較例1の累進屈折力レンズ10cの等価球面度数分布とほぼ同等である。

【0101】

したがって、実施例1の累進屈折力レンズ10a、あるいは実施例2の累進屈折力レンズ10bとして、非球面補正を効果的に使用することにより、非点収差分布および等価球面度数分布において比較例1の累進屈折力レンズ10cとほとんど同じ性能の累進屈折力レンズが得られることがわかる。

【0102】

図20に、実施例1の累進屈折力レンズ10aの比較例1の累進屈折力レンズ10cに

10

20

30

40

50

対するゆれの評価方法により求めた振動に関する指標 ID_d を示している。また、図 2 1 に、上述した、ゆれの評価方法により求めた変形量に関する指標 ID_s を示している。なお、観察対象格子 5 0 の視野角ピッチは 1 0 度、頭部の振りは左右方向とし、その振り角は左右に各 1 0 度としている。なお、図 2 1 では、変形量に関する指標 ID_s は変形量を比率 (%) で表している。

【 0 1 0 3 】

振動に関する指標 ID_d については、中心格子線 5 3 を含むすべての水平格子線 5 3 および 5 4 の振動の和である「水平 L 」と、同様にすべての垂直格子線 5 1 および 5 2 の振動の和である「垂直 L 」と、その両者を合算したすべての格子線の振動の総和または平均を示す「全 L 」とを、実施例 1 の累進屈折力レンズ 1 0 a、および比較例 1 の累進屈折力レンズ 1 0 c の主注視線 (主子午線) に沿った幾つかの点で求めている。それぞれのレンズ 1 0 a および 1 0 c のフィッティングポイント P_e が視野角 0 度の水平正面視、即ち第一眼位にある。遠用部 1 1 はフィッティングポイント P_e から上方に 2 0 度まで、中間部 1 3 はフィッティングポイント P_e から下方に - 2 8 度付近までであり、そこから下が近用部 1 2 に当たる。

【 0 1 0 4 】

変形量に関する指標 ID_s についても、中心格子線 5 3 を含むすべての水平格子線 5 3 および 5 4 の変動面積の和である「水平 L 」と、すべての垂直格子線 5 1 および 5 2 の変動面積の和である「垂直 L 」と、その両者を合算したすべての格子線の変動面積の総和または平均を示す「全 L 」とを、実施例 1 の累進屈折力レンズ 1 0 a、および比較例 1 の累進屈折力レンズ 1 0 c の主注視線 (主子午線) に沿った幾つかの点で求めている。

【 0 1 0 5 】

図 2 0 および図 2 1 に示すように、振動に関する指標 ID_d および変形量に関する指標 ID_s のいずれでも、実施例 1 の累進屈折力レンズ 1 0 a の方が比較例 1 の累進屈折力レンズ 1 0 c より小さくなっている。像のゆれの改善効果は主注視線 1 4 上の遠中近のすべての領域にわたり現れている。

【 0 1 0 6 】

図 2 2 に、実施例 2 の累進屈折力レンズ 1 0 b の比較例 1 の累進屈折力レンズ 1 0 c に対するゆれの評価方法により求めた振動に関する指標 ID_d を示している。また、図 2 3 に、上述した、ゆれの評価方法により求めた変形量に関する指標 ID_s を示している。

【 0 1 0 7 】

実施例 1 の累進屈折力レンズ 1 0 a と同様に、振動に関する指標 ID_d および変形量に関する指標 ID_s のいずれでも、実施例 2 の累進屈折力レンズ 1 0 b の方が比較例 1 の累進屈折力レンズ 1 0 c より小さくなっている。また、像のゆれの改善効果は主注視線 1 4 上の遠中近のすべての領域にわたり現れており、実施例 1 の累進屈折力レンズ 1 0 a よりも大きい。実施例 2 の累進屈折力レンズ 1 0 b は、外面 1 9 A および内面 1 9 B に設けたトーリック面の要素による面屈折力のシフトが遠用部 1 1 では 3 . 0 (D)、近用部 1 2 では 5 . 0 (D) であり、実施例 1 の累進屈折力レンズ 1 0 a のシフト量のほぼ 2 倍である。したがって、トーリック面の要素による面屈折力のシフト量が多い方が、像のゆれの改善効果が大きいと推定される。

【 0 1 0 8 】

このように、外面 1 9 A および内面 1 9 B にトーリック面の要素を導入した実施例 1 および 2 の累進屈折力レンズ 1 0 a および 1 0 b は、眼鏡レンズとしての一般的な性能である非点収差分布および度数分布は、トーリック面の要素を含まない (乱視矯正を対象としてない眼鏡レンズとして) 球面をベースとした比較例 1 の累進屈折力レンズ 1 0 c と同等の性能を備えている。さらに、実施例 1 および 2 の累進屈折力レンズ 1 0 a および 1 0 b は、比較例 1 の累進屈折力レンズ 1 0 c に対し、前庭動眼反射により視線 2 (眼球 3) が動くような場合の像のゆれを小さくできることがわかった。これは、内外面にトーリック面の要素を入れることにより、特に、主注視線 1 4 に沿った領域の内外面にトーリック面の要素を導入することにより、視線 2 が前庭動眼反射により動いたときに、視線 2 が眼鏡

レンズ 10 a および 10 b に対して入射および出射する角度変化を抑制でき、視線 2 が前庭動眼反射により動いたときの諸収差の変動を抑制できることが 1 つの要因であると考えられる。

【0109】

したがって、実施例 1 および 2 の累進屈折力レンズ 10 a および 10 b は、像のゆれに適合しにくいユーザーあるいはアプリケーションに対して好適な眼鏡レンズである。累進屈折力レンズ 10 を使用するときの人の視覚の特性として、主注視線 14 上での使用頻度が極めて大きく、像のゆれを感じるのはその主注視線 14 近傍を使い視作業をするときである。したがって、外面 19 A における水平方向の面屈折力 OHP の強度方向へのシフトは、少なくとも主注視線 14 を中心として水平方向に約 10 mm あれば像のゆれを軽減する効果は十分に得ることができる。

10

【0110】

また、上記においては、評価のための観察指標の模様として正方格子の矩形模様 50 を用いたが、水平方向と垂直方向での格子のピッチを変えることにより各方向での評価の精度や密度を変えたり、さらに格子の本数を増やすことにより、評価の精度・密度を変えることも可能である。

【0111】

さらに、この眼鏡用の累進屈折力レンズ 10 は、外面 19 A が水平方向の面屈折力 OHP の方が垂直方向の面屈折力 OVP よりも大きいトーリック面の要素を含み、内面 19 B も外面 19 A と同等のトーリック面の要素を含む。したがって、この累進屈折力レンズ 10 は、レンズ全体が顔に沿ってトロイダル状にカーブしたレンズにしやすい、レンズ外面の水平方向が従来のものより深くなっている。このため、この累進屈折力レンズ 10 は、近年注目を浴びているラップアラウンドタイプと呼ばれる、顔のカーブに合わせてこめかみ側にレンズが回り込む眼鏡デザインに好適である。

20

【0112】

また、上記では、外面 19 A が一般的な外面累進レンズにおける外面の累進面を反転させたような累進面を持つ累進屈折力レンズ 10 を例に説明しているが、外面 19 A の水平方向の面屈折力を一定としてもよい。いずれの場合も、外面 19 A の水平方向の面屈折力と垂直方向の面屈折力が異なることによる面屈折力のシフトをキャンセルするように内面 19 B の水平方向の面屈折力および垂直方向の面屈折力を選択することが望ましい。

30

【0113】

以上の説明は遠用処方に乱視処方がない場合についてのものであったが、乱視処方がある場合には、内面側に乱視補正のためのトーリック面（トロイダル面）成分を合成することにより乱視処方を含めることが可能である。また、レンズの肉厚が大きい場合にはシェープファクターを考慮して、内面側に補正を加えることにより、より精度良い眼鏡レンズを提供することが出来る。

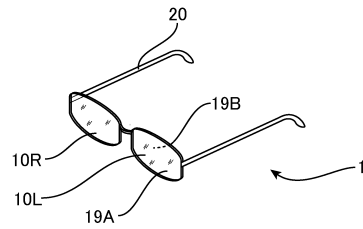
【符号の説明】

【0114】

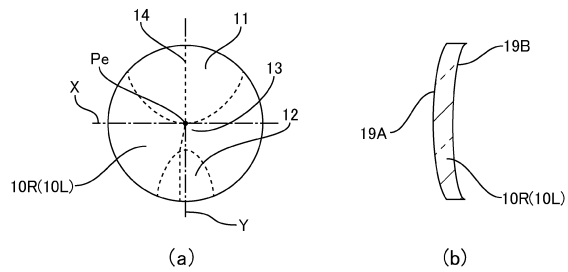
- 1 眼鏡、 10、10L、10R 眼鏡用レンズ
- 11 遠用部、 12 近用部、 13 中間部（累進部）
- 19A 物体側の面、 19B 眼球側の面
- 20 フレーム

40

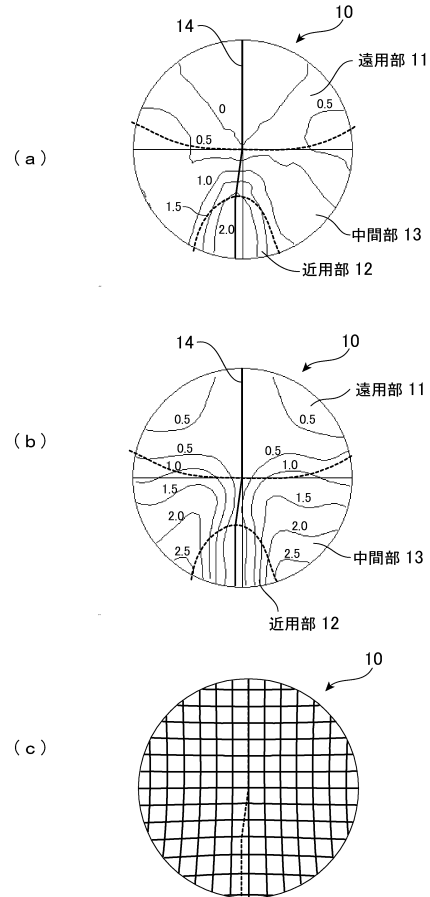
【図 1】



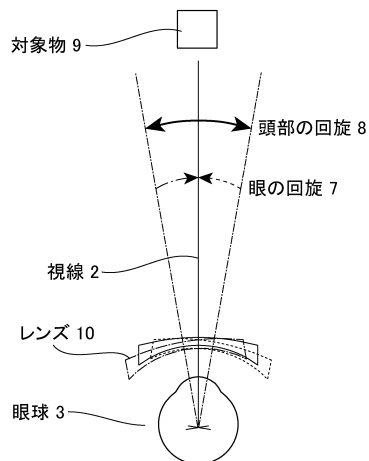
【図 2】



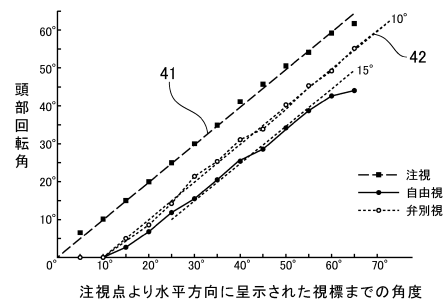
【図 3】



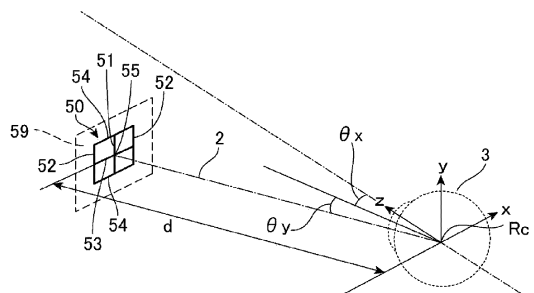
【図 4】



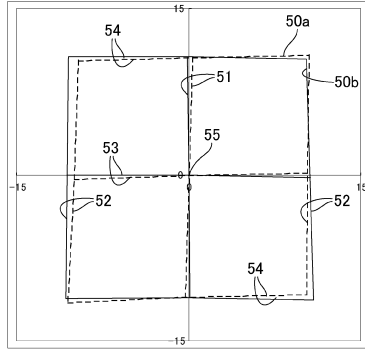
【図 5】



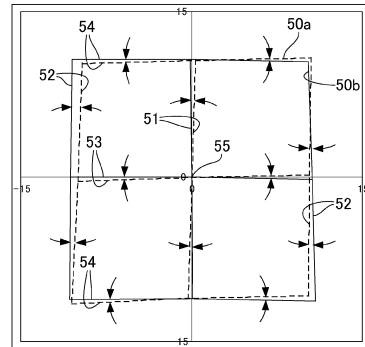
【図 6】



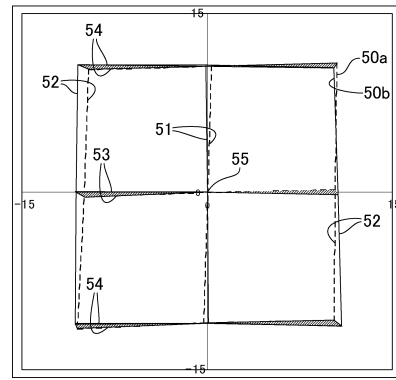
【図 7】



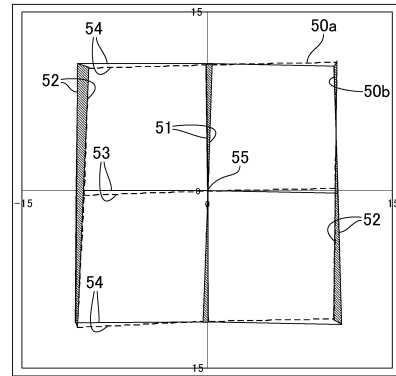
【図 8】



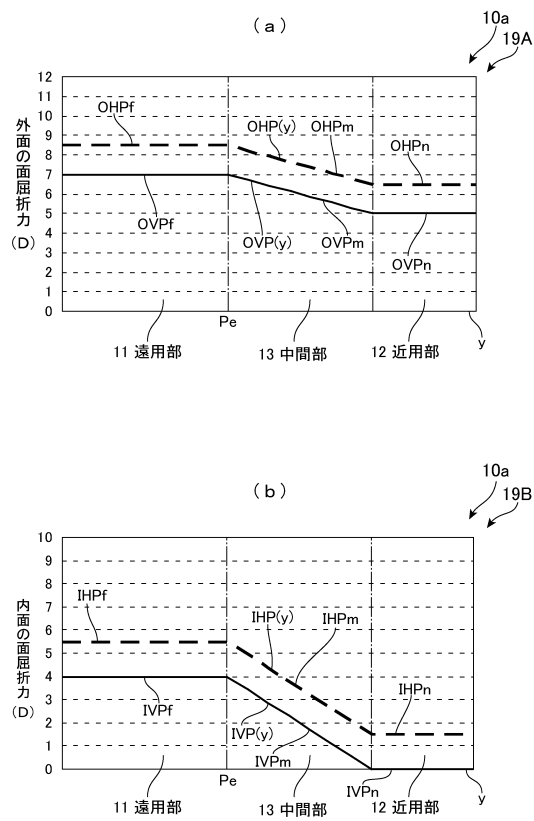
【図 9】



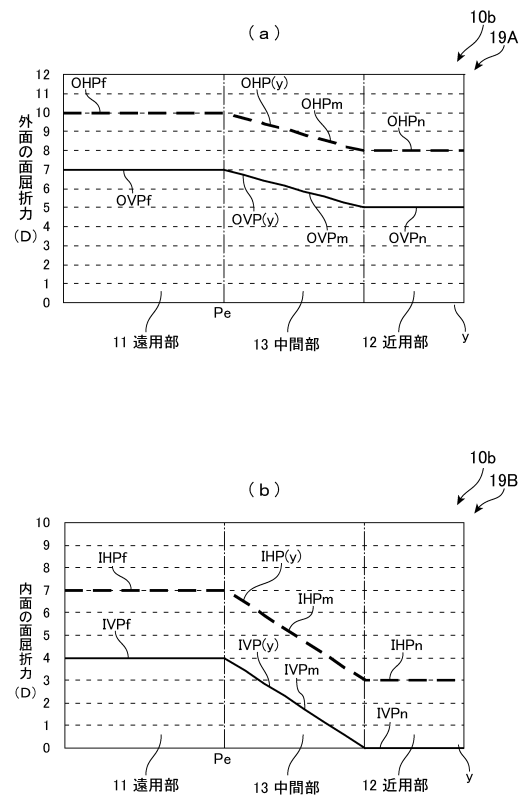
【図 10】



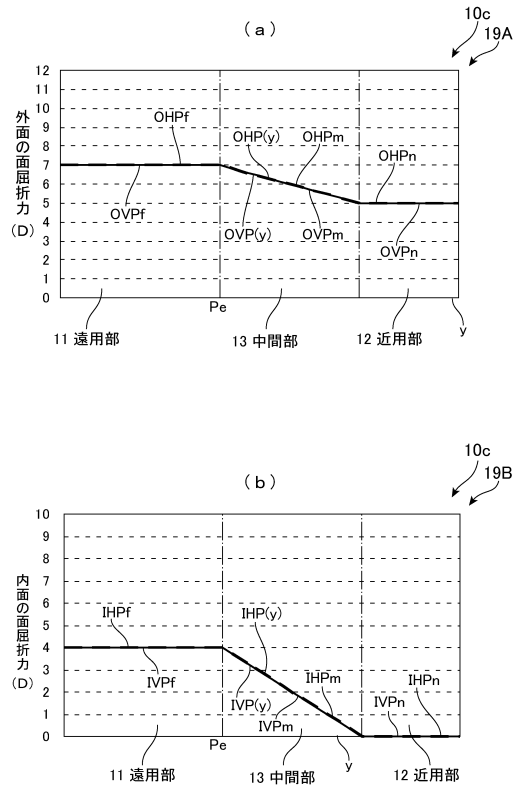
【図 11】



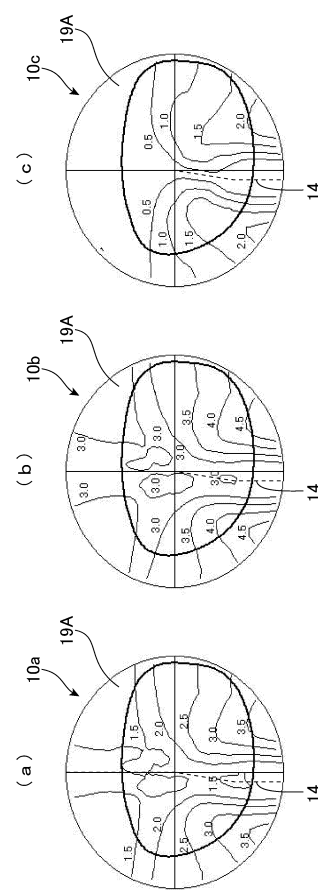
【図 12】



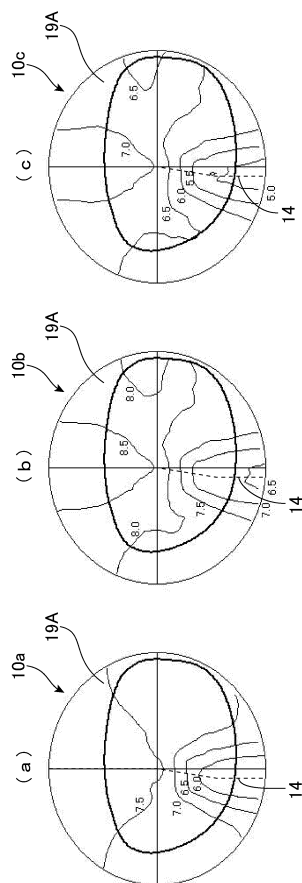
【図 13】



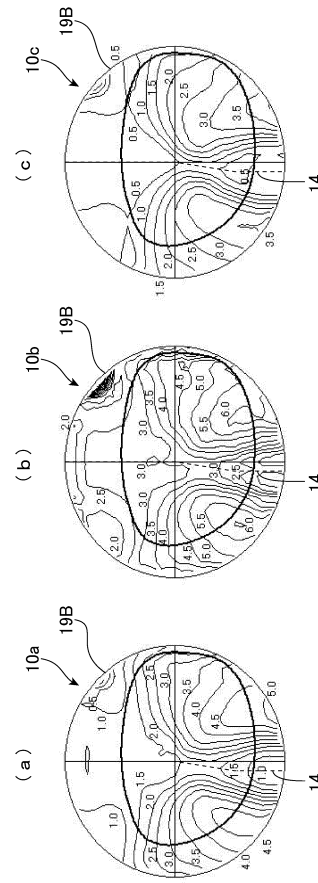
【図 14】



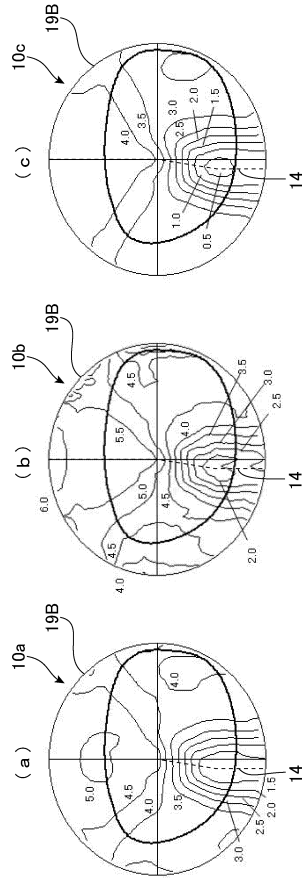
【図 15】



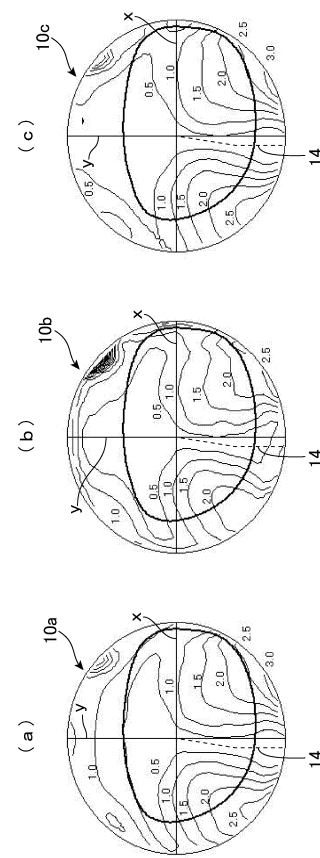
【図 16】



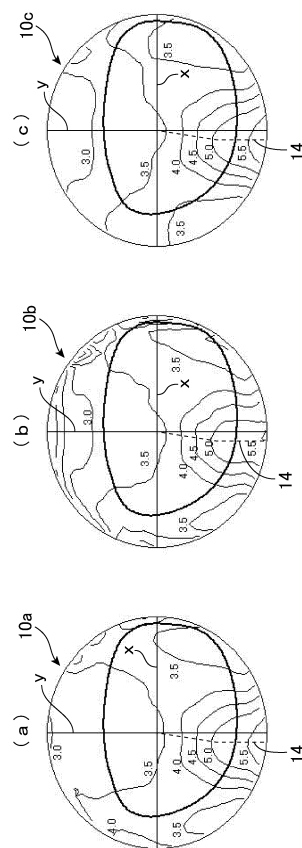
【図 17】



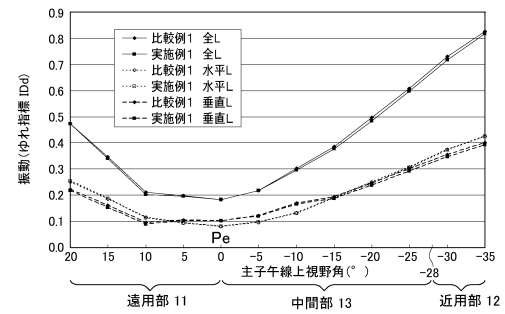
【図 18】



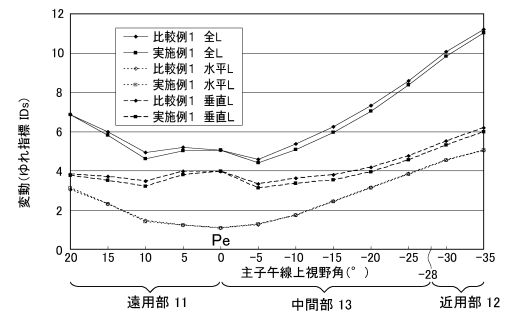
【図 19】



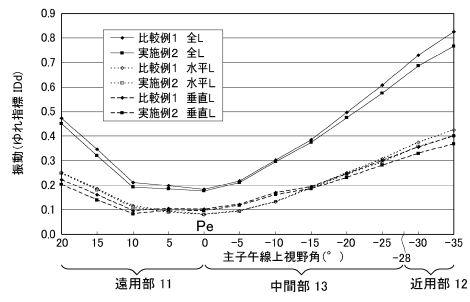
【図 20】



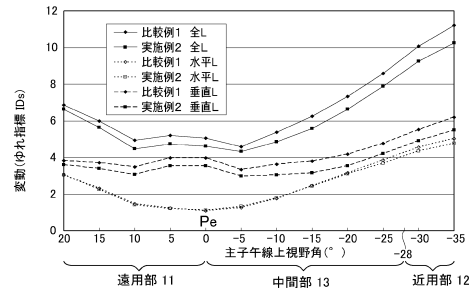
【図 21】



【図 2 2】



【図 2 3】



フロントページの続き

(74)代理人 100161034

弁理士 奥山 知洋

(72)発明者 篠原 俊英

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

(72)発明者 森 貴照

長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内

審査官 吉川 陽吾

(56)参考文献 国際公開第97/019383(WO, A1)

特開2003-084244(JP, A)

特開2006-023786(JP, A)

特開2005-202130(JP, A)

特開2010-237403(JP, A)

特開2010-002713(JP, A)

特開2002-122824(JP, A)

特開平07-294859(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02C 7/06