

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第5976366号
(P5976366)

(45) 発行日 平成28年8月23日(2016. 8. 23)

(24) 登録日 平成28年7月29日(2016. 7. 29)

(51) Int.Cl.

G O 2 C 7/06 (2006.01)

F I

G O 2 C 7/06

請求項の数 5 (全 33 頁)

(21) 出願番号	特願2012-86221 (P2012-86221)	(73) 特許権者	313001099
(22) 出願日	平成24年4月5日 (2012. 4. 5)		イーエイチエス レンズ フィリピン イ
(65) 公開番号	特開2013-218004 (P2013-218004A)		ンク
(43) 公開日	平成25年10月24日 (2013. 10. 24)		フィリピンズ カビテ ジェネラル テュ
審査請求日	平成27年2月20日 (2015. 2. 20)		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
		(74) 代理人	100091362
			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】 累進屈折力レンズおよび累進屈折力レンズの設計方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

遠用部と近用部とを含む累進屈折力レンズであって、
第 1 のトーリック面の要素を含む物体側の面と、
前記第 1 のトーリック面の要素をキャンセルする第 2 のトーリック面の要素を含む眼球
側の面と、
を有し、
前記第 1 のトーリック面の要素は、前記物体側の面の前記遠用部に予め定められる遠用
部測定基準点における垂直方向の面屈折力 $OV P f_1$ が、前記遠用部測定基準点における
水平方向の面屈折力 $OH P f_1$ よりも大きく、かつ、前記 $OV P f_1$ が、前記物体側の面の
前記近用部に予め定められる近用部測定基準点における垂直方向の面屈折力 $OV P n_1$
よりも大きい、
累進屈折力レンズ。

【請求項 2】

請求項 1 において、
前記第 1 のトーリック面の要素は、前記 $OV P n_1$ が、前記近用部測定基準点における
水平方向の面屈折力 $OH P n_1$ よりも大きい、累進屈折力レンズ。

【請求項 3】

請求項 2 において、
前記第 2 のトーリック面の要素の、前記眼球側の面の前記遠用部測定基準点に対応する

点における垂直方向の面屈折力 $IVPf_1$ 、前記遠用部測定基準点に対応する点における水平方向の面屈折力 $IHPf_1$ 、前記眼球側の面の前記近用部測定基準点に対応する点における垂直方向の面屈折力 $IVPn_1$ 、前記近用部測定基準点に対応する点における水平方向の面屈折力 $IHPn_1$ 、前記 $OV Pf_1$ 、前記 $OHP f_1$ 、前記 $OV P n_1$ 、および前記 $OHP n_1$ が、以下の条件を満たす、累進屈折力レンズ。

$$IVPf_1 - IHPf_1 = OV Pf_1 - OHP f_1$$

$$IVPn_1 - IHPn_1 = OV P n_1 - OHP n_1$$

ただし、乱視処方を含まず、前記 $IVPf_1$ 、 $IHPf_1$ 、 $IVPn_1$ および $IHPn_1$ は絶対値である。

【請求項 4】

10

請求項 1 ないし 3 のいずれかにおいて、前記物体側の面は、垂直方向の面屈折力が水平方向の面屈折力よりも大きく、前記垂直方向の面屈折力と前記水平方向の面屈折力との差が一定のトーリック面を含む、累進屈折力レンズ。

【請求項 5】

遠用部と近用部とを含む累進屈折力レンズの設計方法において、
第 1 のトーリック面の要素を含むように物体側の面を設計することと、
前記第 1 のトーリック面の要素をキャンセルする第 2 のトーリック面の要素を含むように、眼球側の面を設計することと、
を含み、

前記第 1 のトーリック面の要素は、前記物体側の面の前記遠用部に予め定められる遠用部測定基準点における垂直方向の面屈折力 $OV Pf_1$ が、前記遠用部測定基準点における水平方向の面屈折力 $OHP f_1$ よりも大きく、かつ、前記 $OV Pf_1$ が、前記物体側の面の前記近用部に予め定められる近用部測定基準点における垂直方向の面屈折力 $OV P n_1$ よりも大きい、

20

累進屈折力レンズの設計方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、累進屈折力レンズおよび累進屈折力レンズの設計方法に関する。

【背景技術】

30

【0002】

特許文献 1 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 1 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、 DHf 、 DVf 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 DHn 、 DVn とするとき、 $DHf + DHn < DVf + DVn$ 、かつ、 $DHn < DVn$ 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

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特開 2003 - 344813 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

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

50

。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の一態様は、遠用部と近用部とを含む累進屈折力レンズである。この累進屈折力レンズは第1のトーリック面の要素を含む物体側の面と、第1のトーリック面の要素をキャンセルする第2のトーリック面の要素を含む眼球側の面と、を有する。第1のトーリック面の要素は、物体側の面の遠用部に予め定められる遠用部測定基準点における垂直方向の面屈折力 $OV P f_1$ が、遠用部測定基準点における水平方向の面屈折力 $OH P f_1$ よりも大きく、かつ、 $OV P f_1$ が、物体側の面の近用部に予め定められる近用部測定基準点における垂直方向の面屈折力 $OV P n_1$ 以上である。

10

【0006】

この累進屈折力レンズは、遠用部測定基準点におけるメリディオナル方向の面屈折力（パワー）がサジタル方向の面屈折力よりも大きい物体側の面のトーリック面の要素を含む。物体側の面のトーリック面の要素（第1のトーリック面の要素）は、眼球側のトーリック面の要素（第2のトーリック面の要素）によりキャンセルされる。

【0007】

これらのトーリック面の要素は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、累進屈折力レンズを通した像のゆれを抑制するのに効果的である。たとえば、このようなトーリック面の要素は、累進屈折力レンズを通して物体を見る際の視線の動きに対して、視線と物体側の面とのなす角度の変位を抑制できると考えられる。このため、累進屈折力レンズを通して得る像の諸収差を低減でき、像のゆれをさらに抑制できる累進屈折力レンズを提供できる。

20

【0008】

第1のトーリック面の要素は、 $OV P n_1$ が、近用部測定基準点における水平方向の面屈折力 $OH P n_1$ よりも大きいことが望ましい。近用部においても、像のゆれを抑制可能な累進屈折力レンズを提供できる。

【0009】

第2のトーリック面の要素の、眼球側の面の遠用部測定基準点に対応する点における垂直方向の面屈折力 $IV P f_1$ 、遠用部測定基準点に対応する点における水平方向の面屈折力 $IHP f_1$ 、眼球側の面の近用部測定基準点に対応する点における垂直方向の面屈折力 $IV P n_1$ 、および近用部測定基準点に対応する点における水平方向の面屈折力 $IHP n_1$ 、 $OV P f_1$ 、 $OH P f_1$ 、 $OV P n_1$ 、および $OH P n_1$ が、以下の条件を満たす。

30

$$IV P f_1 - IHP f_1 = OV P f_1 - OH P f_1$$

$$IV P n_1 - IHP n_1 = OV P n_1 - OH P n_1$$

ただし、乱視処方を含まず、 $IV P f_1$ 、 $IHP f_1$ 、 $IV P n_1$ および $IHP n_1$ は絶対値である。

【0010】

この累進屈折力レンズの物体側の面の一例は、垂直方向の面屈折力が水平方向の面屈折力よりも大きく、垂直方向の面屈折力と水平方向の面屈折力との差が一定のトーリック面を含むものである。これにより、物体側の面の設計が簡易になる。

40

【0011】

本発明の他の態様の1つは、遠用部と近用部とを含む累進屈折力レンズの設計方法であり、以下を含む。

1. 第1のトーリック面の要素を含むように物体側の面を設計すること。
2. 第1のトーリック面の要素をキャンセルする第2のトーリック面の要素を含むように、眼球側の面を設計すること。

【0012】

この第1のトーリック面の要素は、物体側の面の遠用部に予め定められる遠用部測定基準点における垂直方向の面屈折力 $OV P f_1$ が、遠用部測定基準点における水平方向の面屈折力 $OH P f_1$ よりも大きく、かつ、 $OV P f_1$ が、物体側の面の近用部に予め定めら

50

れる近用部測定基準点における垂直方向の面屈折力 $OV P n_1$ 以上である。

【0013】

本態様によれば、物体側の面および眼球側の面に、トーリック面の要素を含む累進屈折力レンズを設計できる。これらのトーリック面の要素は、乱視矯正を目的とするものではなく、像のゆれを抑制するのに効果的である。したがって、像のゆれが抑制された累進屈折力レンズを設計できる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【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。 10

【図3】図3(a)はレンズの等価球面度数分布を示す図、図3(b)は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格子線の変化量を示す図。

【図10】矩形模様の格子線の垂直格子線の変化量を示す図。 20

【図11】図11(a)は実施例1-1の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1-1の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1-2の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1-2の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)は従来例1のレンズの外面の主注視線上の面屈折力を示す図、図14(b)は従来例1のレンズの内面の主注視線上の面屈折力を示す図。

【図15】図15(a)は実施例1-1のレンズの外面の面非点収差分布を示す図、図15(b)は実施例1-2のレンズの外面の面非点収差分布を示す図、図15(c)は比較例1のレンズの外面の面非点収差分布を示す図、図15(d)は従来例1のレンズの外面の面非点収差分布を示す図。 30

【図16】図16(a)は実施例1-1のレンズの外面の等価球面面屈折力分布を示す図、図16(b)は実施例1-2のレンズの外面の等価球面面屈折力分布を示す図、図16(c)は比較例1のレンズの外面の等価球面面屈折力分布を示す図、図16(d)は従来例1のレンズの外面の等価球面面屈折力分布を示す図。

【図17】図17(a)は実施例1-1のレンズの内面の面非点収差分布を示す図、図17(b)は実施例1-2のレンズの内面の面非点収差分布を示す図、図17(c)は比較例1のレンズの内面の面非点収差分布を示す図、図17(d)は従来例1のレンズの内面の面非点収差分布を示す図。 40

【図18】図18(a)は実施例1-1のレンズの内面の等価球面面屈折力分布を示す図、図18(b)は実施例1-2のレンズの内面の等価球面面屈折力分布を示す図、図18(c)は比較例1のレンズの内面の等価球面面屈折力分布を示す図、図18(d)は従来例1のレンズの内面の等価球面面屈折力分布を示す図。

【図19】図19(a)は実施例1-1のレンズの非点収差分布を示す図、図19(b)は実施例1-2のレンズの非点収差分布を示す図、図19(c)は比較例1のレンズの非点収差分布を示す図、図19(d)は従来例1のレンズの非点収差分布を示す図。

【図20】図20(a)は実施例1-1のレンズの等価球面度数分布を示す図、図20(b)は実施例1-2のレンズの等価球面度数分布を示す図、図20(c)は比較例1のレンズの等価球面度数分布を示す図、図20(d)は従来例1のレンズの等価球面度数分布 50

を示す図。

【図 2 1】振動（ゆれ指標 ID_d ）を示す図。

【図 2 2】変形量（ゆれ指標 ID_s ）を示す図。

【図 2 3】図 2 3（a）は実施例 2 - 1 のレンズの外面の主注視線上の面屈折力を示す図、図 2 3（b）は実施例 2 - 1 のレンズの内面の主注視線上の面屈折力を示す図。

【図 2 4】図 2 4（a）は実施例 2 - 2 のレンズの外面の主注視線上の面屈折力を示す図、図 2 4（b）は実施例 2 - 2 のレンズの内面の主注視線上の面屈折力を示す図。

【図 2 5】図 2 5（a）は比較例 2 のレンズの外面の主注視線上の面屈折力を示す図、図 2 5（b）は比較例 2 のレンズの内面の主注視線上の面屈折力を示す図。

【図 2 6】図 2 6（a）は従来例 2 のレンズの外面の主注視線上の面屈折力を示す図、図 2 6（b）は従来例 2 のレンズの内面の主注視線上の面屈折力を示す図。

【図 2 7】図 2 7（a）は実施例 2 - 1 のレンズの外面の面非点収差分布を示す図、図 2 7（b）は実施例 2 - 2 のレンズの外面の面非点収差分布を示す図、図 2 7（c）は比較例 2 のレンズの外面の面非点収差分布を示す図、図 2 7（d）は従来例 2 のレンズの外面の面非点収差分布を示す図。

【図 2 8】図 2 8（a）は実施例 2 - 1 のレンズの外面の等価球面面屈折力分布を示す図、図 2 8（b）は実施例 2 - 2 のレンズの外面の等価球面面屈折力分布を示す図、図 2 8（c）は比較例 2 のレンズの外面の等価球面面屈折力分布を示す図、図 2 8（d）は従来例 2 のレンズの外面の等価球面面屈折力分布を示す図。

【図 2 9】図 2 9（a）は実施例 2 - 1 のレンズの内面の面非点収差分布を示す図、図 2 9（b）は実施例 2 - 2 のレンズの内面の面非点収差分布を示す図、図 2 9（c）は比較例 2 のレンズの内面の面非点収差分布を示す図、図 2 9（d）は従来例 2 のレンズの内面の面非点収差分布を示す図。

【図 3 0】図 3 0（a）は実施例 2 - 1 のレンズの内面の等価球面面屈折力分布を示す図、図 3 0（b）は実施例 2 - 2 のレンズの内面の等価球面面屈折力分布を示す図、図 3 0（c）は比較例 2 のレンズの内面の等価球面面屈折力分布を示す図、図 3 0（d）は従来例 2 のレンズの内面の等価球面面屈折力分布を示す図。

【図 3 1】図 3 1（a）は実施例 2 - 1 のレンズの非点収差分布を示す図、図 3 1（b）は実施例 2 - 2 のレンズの非点収差分布を示す図、図 3 1（c）は比較例 2 のレンズの非点収差分布を示す図、図 3 1（d）は従来例 2 のレンズの非点収差分布を示す図。

【図 3 2】図 3 2（a）は実施例 2 - 1 のレンズの等価球面度数分布を示す図、図 3 2（b）は実施例 2 - 2 のレンズの等価球面度数分布を示す図、図 3 2（c）は比較例 2 のレンズの等価球面度数分布を示す図、図 3 2（d）は従来例 2 のレンズの等価球面度数分布を示す図。

【図 3 3】振動（ゆれ指標 ID_d ）を示す図。

【図 3 4】変形量（ゆれ指標 ID_s ）を示す図。

【図 3 5】像倍率を示す図。

【図 3 6】レンズの設計および製造の過程を示すフローチャート。

【図 3 7】レンズの設計装置のブロック図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

本実施形態の説明に用いる主要な用語について説明する。

レンズの「物体側の面」とは、装用者が眼鏡を装用したときに対象物に対向する面を意味する。「外面」「凸面」とも言う。

レンズの「眼球側の面」とは、装用者が眼鏡を装用したときに装用者の眼球に対向する面を意味する。「内面」「凹面」とも言う。

レンズの「遠用部」とは、遠距離の物を見る（遠方視の）ための視野部である。

レンズの「近用部」とは、近距離の物を見る（近方視の）ための、遠用部とは度数（屈折力）が異なる視野部である。

レンズの「中間部」とは、遠用部と近用部とを連続的に屈折力が変化するように連結す

10

20

30

40

50

る領域である。中間視のための部分、累進部、累進帯とも言う。

「物体側の面（眼球側の面）の遠用部」とは、レンズの遠用部に対応する物体側の面（眼球側の面）の領域である。

「物体側の面（眼球側の面）の近用部」とは、レンズの近用部に対応する物体側の面（眼球側の面）の領域である。

「物体側の面（眼球側の面）の中間部」とは、レンズの中間部に対応する物体側の面（眼球側の面）の領域である。

レンズの「上方」とは、使用者が眼鏡を装用したときにおける装用者の頭頂側を意味する。

レンズの「下方」とは、使用者が眼鏡を装用したときにおける装用者のあご側を意味する。

「主注視線」とは、遠方視・中間視・近方視をするときに視野の中心となる物体側の面上の位置を結んだ線である。「主子午線」とも言う。

「主注視線に対応する線」とは、遠方視・中間視・近方視をするときに視野の中心となる眼球側の面上の位置を結んだ線である。

「遠用部測定基準点」とは、レンズの遠用部の度数（透過屈折力）が適用されるレンズの物体側の面における座標を意味する。遠用部測定基準点は遠用部に予め定められ、必要に応じて明示される。なお、「点」となっているが微小な面積を含んでいてもよい。

「近用部測定基準点」とは、レンズの近用部の度数（透過屈折力）が適用されるレンズの物体側の面における座標を意味する。近用部測定基準点は近用部に予め定められ、必要に応じて明示される。なお、「点」となっているが微小な面積を含んでいてもよい。

「遠用部測定基準点に対応する点」とは、遠用部測定基準点を通り物体側の面に垂直な光線と眼球側の面との交点の座標を意味する。

「近用部測定基準点に対応する点」とは、近用部測定基準点を通り物体側の面に垂直な光線と眼球側の面との交点の座標を意味する。

レンズの「垂直方向」とは、遠用部における主注視線の方向を意味する。なお、隠しマークによって示される水平方向に直交する方向としても良い。

レンズの「水平方向」とは、垂直方向に直交する方向を意味する。なお、一般にレンズには水平方向を示す隠しマークが施されている。

【 0 0 1 6 】

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。

【 0 0 1 7 】

本例では、ユーザー側（着用者側、眼球側）から見て、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 1 0 L および 1 0 R と、レンズ 1 0 L および 1 0 R をそれぞれ装着した眼鏡フレーム 2 0 とを有する。レンズ 1 0 L および 1 0 R は、累進屈折力レンズである。レンズ 1 0 L および 1 0 R の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 1 0 L および 1 0 R は、それぞれ、物体側の面 1 9 A と、眼球側の面 1 9 B とを含む。以下においては、右眼用および左眼用の眼鏡用レンズ 1 0 R および 1 0 L を共通してレンズ 1 0 と称する。

【 0 0 1 8 】

図 2 (a) は右眼用レンズ 1 0 R を示している。レンズ 1 0 R は、上方に遠用部 1 1 を含み、下方に近用部 1 2 を含む。さらに、レンズ 1 0 R は、中間部（累進部、累進帯） 1 3 を含む。また、レンズ 1 0 R は、主注視線 1 4 を含む。レンズ 1 0 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 1 1 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、水平基準線 1 5（フィッティングポイント P e を通る水平方向の線、X 軸）に沿った方向の座標を x 座標、垂直基準線（第 1 の基準線） Y（フィッティングポイント P

10

20

30

40

50

eを通る垂直方向の線、Y軸)に沿った方向の座標を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、フィッティングポイントPeを過ぎたあたりから鼻側に曲がる。なお、本実施形態においては、遠用部測定基準点FcはフィッティングポイントPeに一致するように設定され、近用部測定基準点Ncは、近用部12の上端と主注視線14との交点に一致するように設定される。

【0019】

なお、以下においてレンズとして右眼用のレンズ10Rを中心に説明するが、レンズは左眼用のレンズ10Lであってもよく、左眼用のレンズ10L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レンズ10Rと左右対称の構成となる。

【0020】

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。レンズ10の性能の1つは、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)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。

【0021】

1. ゆれの評価方法

図3(a)に、典型的なレンズ10の等価球面度数分布(単位はディオプトリ(D))を示し、図3(b)に、非点収差分布(単位はディオプトリ(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。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。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するので、中間部13の側方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では所定の量だけ遠用部11よりも度数が高く、近用部12から中間部13、遠用部11へと順次度数が減少する。このレンズ10においては、遠用部11の度数(遠用度数、Sph)は0.00D(ディオプトリ)であり、加入度数(ADD)は2.00Dである。

【0022】

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。

【0023】

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(図4では対象物9)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。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。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。水平回旋(水平回転)による前庭動眼反射の神経機構はある程度解明されており、頭部の回旋8を水平半規管が検知し、水平半規管からの入力(40)が外眼筋に抑制性と興奮性の作用を与え、眼球3を動かすと考えられている。

【0024】

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レンズ10が回旋する。このため、前庭動眼反射によりレンズ10を通過する視線2は相対的にレンズ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。

【0025】

図5は、対象物探索時の頭位(眼位)運動を観察した一例を示すグラフである。横軸は被験者の正面方向と注視点(対象物)とがなす水平方向の角度、縦軸は頭部回転角を示す

10

20

30

40

50

。図5に示されるグラフは、注視点より水平方向にある角度だけ移動した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。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、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に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。

【0026】

10

一方、レンズの場合は、中間部13では度数の変化があるため、前庭動眼反射により対象物9を見る時の垂直方向の頭部の回旋が大きいと、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。そのため、前庭動眼反射により対象物9を見る時の垂直方向の頭部の最大回旋角は、水平方向の最大回旋角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、垂直方向では水平方向の最大回旋角より小さく、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。

【0027】

図6に、仮想空間の仮想面59に配置された対象物9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。図6に示される例では、対象物9は矩形模様50である（図6には対象物9の符号は示していない）。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。 x 軸、 y 軸、 z 軸は互いに直交している。 $y-z$ 平面に対して角度 α 、 $x-z$ 平面に対して角度 β をなす方向に、距離 d を隔てた仮想面59に矩形模様50を配置する。

20

【0028】

図6に示される例においては、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55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、以下に示すようにピッチ（隣り合う垂直格子線51（水平格子線53）同士の間隔）がレンズ10の上に視野角で設定されるように仮想面59と眼球3との距離 d を調整する。なお、ピッチは、回旋中心 R_c と幾何学的中心55を結ぶ直線を基準として水平方向または垂直方向の角度（単位 $^\circ$ ）で表される。

30

【0029】

図6に示される例では、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 $\times m$ 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。

40

【0030】

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ピッチは小さく、デスクトップパソコンの画面では格子のピッチは大きくとることができる。

【0031】

一方、仮想面59までの距離 d については、レンズ10の場合は、遠用部11、中間部13、近用部12により想定される対象物9の距離が変わるので、それを考慮して遠用部11では数 m 以上の遠距離、近用部12では40 cm から30 cm 程度の近距離、中間部13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13、近用部12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

50

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い。

【0032】

レンズ10の屈折作用により矩形模様50は視野方向(x 、 y)からずれた視野方向に観察される。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 $+$ °頭部を回旋させると顔と一緒にレンズ10も $+$ °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 $-$ °、即ち $-$ °回旋するので、レンズ10の上では視線2は $-$ °移動した位置を使って矩形模様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、矩形模様50は実際の形とは違った形で観察される。この形状のずれが像のゆれの要因となる。

10

【0033】

このため、本項で説明するゆれの評価方法においては、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 $\times 1$ の両端位置における矩形模様50の画像を幾何学的中心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 $\times 1$ 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 $\times m$ (約10度)である。

【0034】

本実施形態でゆれの評価に用いられる指数の1つは振動を示すゆれ指標 ID_d であり、水平格子線53および54、および垂直格子線51および52の傾きの変化を示す。他の1つは変形量を示すゆれ指標 ID_s であり、水平格子線53および54、および垂直格子線51および52の移動面積を示す。

20

【0035】

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。図7に示される状態は、矩形模様50を動かさず、水平角度(振り角)10度でレンズ10を装用して頭部を左右に動かしたときに、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)である。図7においては、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。なお、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(図示せず)。振り角を上下に設定した場合に観察される像(上回旋画像及び下回旋画像)も同様に求めることができる。

30

【0036】

矩形模様50aおよび50bは、レンズ10を通して矩形模様50を見ながら頭を振ったときにユーザーが実際に認識する矩形模様50の像に相当する。矩形模様50aおよび50bの差は、頭を振ったときにユーザーが認識する像の動きを表していると見なすことができる。

【0037】

図8は、ゆれ指標(ゆれ指数) ID_d を説明する図である。ゆれ指標 ID_d は、各格子線51~54の傾きの変化を表す指標である。図8に示すように矩形模様50の垂直格子線51、垂直格子線52、水平格子線53及び水平格子線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 ID_d を12個求めることができる。このうち水平方向の格子線(水平格子線)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(垂直格子線)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、水平格子線53及び水平格子線54の勾配の変化量を合算すると「波打ち(うねり)感」としてゆれを定量評価できる。また、垂直格子線51及び垂直格子線52の勾配の変化量を合算すると「揺らぎ感」としてゆれを定量評価できる。

40

【0038】

図9および図10は、ゆれ指数 ID_s を説明する図である。垂直格子線51、垂直格子線52、水平格子線53及び水平格子線54の移動面積を表す指数である。すなわち、ゆ

50

れ指数 ID_s は、矩形模様 50 の全体形状の変形の大きさに相当する。ゆれ指標 ID_s は、図 9 および 10 に示すように矩形模様 50 の垂直格子線 51、垂直格子線 52、水平格子線 53 及び水平格子線 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）を表した図である。移動量（面積）で表わされるゆれ指標 ID_s は、ゆれ指標 ID_d と同様に、垂直格子線 51 及び垂直格子線 52 の移動量を合算することで「揺らぎ感」を、水平格子線 53 及び水平格子線 54 の移動量を合算することで「波打ち（うねり）感」を定量評価できる。ただし、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。

10

【0039】

ゆれ指標 ID_d 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、ゆれ指標 ID_s 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、ゆれ指数 ID_s として、垂直格子線 51、垂直格子線 52、水平格子線 53 及び水平格子線 54 の移動面積を頭部の回旋を加える前（0 度）における矩形模様 50 の面積で割り、比率（たとえば、パーセント）表示した数値を用いることも可能である。

【0040】

ゆれ指標 ID_d および ID_s は、水平方向成分（「波打ち（うねり）感」の指標）、垂直方向成分（「揺らぎ感」の指標）、および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 ID_d は「振動」と表現し、格子線の移動量から得られるゆれ指標 ID_s を「変形量」と表現することがある。

20

【0041】

以降において、振動に関する指標 ID_d は、中心の水平格子線 53 を含むすべての水平格子線 53 および 54 の勾配の変化量（水平方向成分）と、中心の垂直格子線 51 を含むすべての垂直格子線 51 および 52 の勾配の変化量（垂直方向成分）とを合算または平均した値である。すなわち、以降におけるゆれ指標 ID_d は、すべての格子線の勾配の変化量の総和または平均である。

【0042】

30

実際にユーザーがゆれを感じているときには対象物に含まれるただ 1 つの水平あるいは垂直の線の変動よりも、形として捉えている対象物の輪郭（おおよその形状）の変動として知覚されているという事実からすると、 ID_d の水平方向成分および垂直方向成分は、ユーザーの感覚に近い。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、それらを合算した値が一番ユーザーの感覚に近い指標と言える。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い場合には「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、評価してもよい。

【0043】

40

以降において、変形量に関する指標 ID_s は、中心の水平格子線 53 を含むすべての水平格子線 53 および 54 の変動面積と、中心の垂直格子線 51 を含むすべての垂直格子線 51 および 52 の変動面積との合算値である。

【0044】

変形量による指標 ID_s のメリットは、倍率の変化が加味される点である。特にレンズ 10 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 ID_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。

50

【 0 0 4 5 】

2. 実施形態 1

以下の実施形態のレンズ 10 の物体側の面（外面）19A は、遠用部測定基準点 Fc における垂直方向の面屈折力 $OV Pf_1$ が、遠用部測定基準点 Fc における水平方向の面屈折力 $OH Pf_1$ よりも大きく、かつ、 $OV Pf_1$ が近用部測定基準点 Nc における垂直方向の面屈折力 $OV Pn_1$ 以上である、第 1 のトーリック面の要素（物体側の面のトーリック面の要素）TF1 を含む。第 1 のトーリック面の要素 TF1 は、以下の条件を含む。

$$OV Pf_1 > OH Pf_1 \cdots (1a)$$

$$OV Pf_1 \geq OV Pn_1 \cdots (1b)$$

【 0 0 4 6 】

式 (1a) は、遠用部測定基準点 Fc がトーリック面（トロイダル面）の要素を含むことを示す。

【 0 0 4 7 】

式 (1b) は、物体側の面 19A の度数が、少なくとも測定基準点の垂直方向の面屈折力に関して、加入度がゼロか、遠用部 11 の面屈折力が近用部 12 の面屈折力よりも大きい逆加入となっていることを示す。

【 0 0 4 8 】

なお、以下の各実施形態においては、外面 19A は、遠用部 11 の主注視線 14 上の任意の点 y における垂直方向の面屈折力 $OV Pf$ が、当該点 y における水平方向の面屈折力 $OH Pf$ よりも大きく、かつ、 $OV Pf$ が近用部 12 上の任意の点 x における垂直方向の面屈折力 $OV Pn$ 以上である。すなわち、外面 19A は以下の条件を満たす。

$$OV Pf > OH Pf \cdots (1aa)$$

$$OV Pf \geq OV Pn \cdots (1ba)$$

【 0 0 4 9 】

式 (1aa) は、主注視線 14（に沿った領域）が、トーリック面（トロイダル面）の要素を含むことを示す。

【 0 0 5 0 】

式 (1ba) は、外面 19A の度数は、少なくとも主注視線 14（に沿った領域）の垂直方向の面屈折力に関して、加入度がゼロか、逆加入となっていることを示す。

【 0 0 5 1 】

第 1 のトーリック面の要素 TF1 は、近用部測定基準点 Nc における垂直方向の面屈折力 $OV Pn_1$ と水平方向の面屈折力 $OH Pn_1$ とに関する以下の条件を含むことが望ましい。

$$OV Pn_1 \geq OH Pn_1 \cdots (1c)$$

【 0 0 5 2 】

外面 19A の近用部測定基準点 Nc が、水平方向の面屈折力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備えていてもよいが、垂直方向の面屈折力が水平方向の面屈折力よりも大きいトーリック面と水平方向の面屈折力が垂直方向の面屈折力よりも大きいトーリック面とが混在していると、レンズ 10 を通して物を見たときに像のゆれが拡大する要因になる可能性がある。したがって、近用部測定基準点 Nc も垂直方向面屈折力が水平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ことが望ましい。このため、第 1 のトーリック面の要素 TF1 は、以下の条件をさらに満足することが好ましい。

$$OV Pn_1 > OH Pn_1 \cdots (1c')$$

【 0 0 5 3 】

なお、以下の実施形態においては、外面 19A は、さらに、以下の条件を満たす面（トーリック面）であることが望ましい。すなわち、外面 19A の近用部 12 の主注視線 14 上の任意の点 x における垂直方向の面屈折力 $OV Pn$ と、当該点 x における水平方向の面屈折力 $OH Pn$ とに関する以下の条件を含むことが望ましい。

$$OV Pn \geq OH Pn \cdots (1ca)$$

【 0 0 5 4 】

10

20

30

40

50

外面 19 A の近用部 12 が、水平方向の面屈折力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備えていてもよいが、垂直方向の面屈折力が水平方向の面屈折力よりも大きいトーリック面と水平方向の面屈折力が垂直方向の面屈折力よりも大きいトーリック面とが混在していると、レンズ 10 を通して物を見たときに像のゆれが拡大する要因になる可能性がある。したがって、近用部 12 も垂直方向の面屈折力が水平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ことが望ましい。このため、外面 19 A のトーリック面は、以下の条件をさらに満足することが好ましい。

$$OVP_n > OHP_n \cdots (1c a')$$

【0055】

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 または基準線 Y 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、上記条件 (1a a)、(1b a) および (1c a) に示した外面 19 A における条件は、少なくとも主注視線 14 上において成立することが好ましく、主注視線 14 を中心として水平方向に約 10 mm 以内で成立することがより好ましい。主注視線 14 を中心として 10 mm 以内で成立すれば、像のゆれを軽減するなどの効果を十分に得ることができる。

【0056】

レンズ 10 の眼球側の面（内面）19 B は、第 1 のトーリック面の要素 TF 1 による面屈折力のシフトをキャンセルする第 2 のトーリック面の要素 TF 2 を含む。第 2 のトーリック面の要素 TF 2 は、遠用部測定基準点 Fc に対応する点における垂直方向の面屈折力 $IVPf_1$ 、遠用部測定基準点 Fc に対応する点における水平方向の面屈折力 $IHPf_1$ 、近用部測定基準点 Nc に対応する点における垂直方向の面屈折力 $IVPn_1$ 、近用部測定基準点 Nc に対応する点における水平方向の面屈折力 $IHPn_1$ について以下の条件を含む。

$$IVPf_1 - IHPf_1 = OVPf_1 - OHPf_1 \cdots (2a)$$

$$IVPn_1 - IHPn_1 = OVPn_1 - OHPn_1 \cdots (2b)$$

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を含まない。以下においても同様である。また、面屈折力 $IVPf_1$ 、 $IHPf_1$ 、 $IVPn_1$ および $IHPn_1$ は絶対値である。

【0057】

なお、以下の実施形態においては、内面 19 B は、遠用部 11 の主注視線 14 上の任意の点 y に対応する点における垂直方向の面屈折力 $IVPf$ 、当該点 y に対応する点における水平方向の面屈折力 $IHPf$ 、近用部 12 上の任意の点 x に対応する点における垂直方向の面屈折力 $IVPn$ 、当該点 x に対応する点における水平方向の面屈折力 $IHPn$ について以下の条件を含む。

$$IVPf - IHPf = OVPf - OHPf \cdots (2a a)$$

$$IVPn - IHPn = OVPn - OHPn \cdots (2b a)$$

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を含まない。以下においても同様である。また、面屈折力 $IVPf$ 、 $IHPf$ 、 $IVPn$ および $IHPn$ は絶対値である。

【0058】

なお、条件 (2a)、(2b)、(2a a) および (2b a) はレンズの厚みが薄いと仮定したときの条件式である。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式は、形状係数（シェイプファクター）が加味される。たとえば、条件式 (2a a) および (2b a) は以下のように記載される。

$$IVPf - IHPf = \frac{OVPf}{(1 - t/n \times OVPf)} - \frac{OHPf}{(1 - t/n \times OHPf)} \cdots (2a a')$$

$$IVPn - IHPn = \frac{OVPn}{(1 - t/n \times OVPn)} - \frac{OHPn}{(1 - t/n \times OHPn)}$$

・・・(2ba')

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

【0059】

このレンズ10において、主注視線14に沿った垂直方向の透過屈折力(度数) $VP(y)$ および水平方向の透過屈折力(度数) $HP(y)$ は、視線2がレンズ10の各面19Aおよび19Bに対して垂直であるとする以下により近似的に得られる。

$$VP(y) = OVP(y) - IVP(y) \cdots (3)$$

$$HP(y) = OHP(y) - IHP(y) \cdots (4)$$

【0060】

ここで式(3)および式(4)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(3a)および式(4a)となる。

$$VP(y) = OVP(y) / (1 - t / n * OVP(y)) - IVP(y) \cdots (3a)$$

$$HP(y) = OHP(y) / (1 - t / n * OHP(y)) - IHP(y) \cdots (4a)$$

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。 $OVP(y)$ は主注視線14に沿った垂直方向の面屈折力、 $IVP(y)$ は主注視線14に対応する線に沿った垂直方向の面屈折力、 $OHP(y)$ は、主注視線14に沿った水平方向の面屈折力、 $IHP(y)$ は主注視線14に対応する線に沿った水平方向の面屈折力である。また、より正確に透過屈折力を求めるためには、レンズ周辺部においては、外面19Aおよび内面19Bを視線2が透過する位置のズレを光線追跡により求めて、外面19Aの y 座標および内面19Bの y 座標として適用することが好ましい。

【0061】

また、主注視線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(3)および(4)の関係が近似的に成立する。また、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(2aa)および(2ba)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。

【0062】

2.1 実施例1-1

図11(a)および図11(b)に、外面19Aおよび内面19Bの面屈折力をそれぞれ示すように、実施例1-1のレンズ10aを設計した。実施例1-1のレンズ10aは、内面19Bに累進要素を含む、内面累進レンズと称されるものである。基本的な眼鏡仕様は、屈折率1.67のレンズ基材を用い、累進帯長14mm、処方度数(遠用度数、 Sph)が0.00D、加入度数(Add)が2.00Dである。なお、実施例1-1のレンズ10aの直径は65mmであり、乱視度数は含まれていない。実施例1-1のレンズ10aは、遠用部11の処方平均度数が0(D)のプラノと称されるレンズである。実施例1-1のレンズ10aは、内外面にトーリック面の要素を含む。

【0063】

図11(a)には、実施例1-1のレンズ10aの外面(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) $OHP(y)$ を破線で示し、垂直方向の面屈折力(表面屈折力) $OVP(y)$ を実線で示している。なお、図示した屈折力の単位はディオプトリ(D)であり、以下の各図においても特に記載しない限り共通である。

【0064】

図11(b)には、実施例1-1のレンズ10aの内面(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) $IHP(y)$ を破線で示し、垂直方向の面屈折力(表面屈折力) $IVP(y)$ を実線で示している。内面19Bの水平方向の面

屈折力 $IHP(y)$ と、垂直方向の面屈折力 $IVP(y)$ とは本来負の値になるが、本明細書においては、内面 19B 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 を原点とする主注視線 14 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 を原点とする水平基準線 15 の座標である。

【0065】

実施例 1 - 1 のレンズ 10a は、上記式 (1a)、(1b)、(1c') (2a) および (2b) の条件を満たす。したがって、レンズ 10a の外面 19A は第 1 のトーリック面の要素 TF_1 を含み、内面 19B は第 2 のトーリック面の要素 TF_2 を含む。

【0066】

具体的には、遠用部測定基準点 F_c における垂直方向（縦方向）の面屈折力 $OV Pf_1$ と近用部測定基準点 N_c の垂直方向の面屈折力 $OV Pn_1$ とが等しく、 $6.0(D)$ である（式 (1b)）。また、遠用部測定基準点 F_c における水平方向（横方向）の面屈折力 $OHP f_1$ は $3.0(D)$ で、 $OV Pf_1$ よりも $3.0(D)$ 小さい（式 (1a)）。近用部測定基準点 N_c においても同様に、 $OHP n_1$ は $OV Pn_1$ よりも $3.0(D)$ 小さい（式 (1c')）。内面 19B の遠用部測定基準点 F_c に対応する点および近用部測定基準点 N_c に対応する点においても同様に、 $IV Pf_1$ と $IHP f_1$ との差は $3.0(D)$ 、 $IV Pn_1$ と $IHP n_1$ との差は $3.0(D)$ であるので、式 (2a) および (2b) が成り立つ。すなわち、内面 19B は、外面 19A の第 1 のトーリック面の要素 TF_1 をキャンセルする第 2 のトーリック面の要素 TF_2 を含む。

【0067】

また、実施例 1 - 1 のレンズ 10a は、上記式 (1aa)、(1ba)、(1ca')、(2aa) および (2ba) の条件を満たす。したがって、レンズ 10a の外面 19A は主注視線 14 にトーリック面の要素を含み、内面 19B は主注視線 14 に対応する線に沿ったトーリック面の要素を含む。

【0068】

具体的には、外面 19A の遠用部 11 の垂直方向（縦方向）の面屈折力 $OV Pf$ 、中間部 13 の垂直方向の面屈折力 $OV Pm$ および近用部 12 の垂直方向の面屈折力 $OV Pn$ は一定で、 $6.0(D)$ である（式 (1ba)）。また、外面 19A の遠用部 11 の水平方向（横方向）の面屈折力 $OHP f$ 、中間部 13 の垂直方向の面屈折力 $OHP m$ および近用部 12 の垂直方向の面屈折力 $OHP n$ は一定で $3.0(D)$ である。外面 19A には、主注視線 14 に沿って、垂直方向の面屈折力 $OV Pf$ 、 $OV Pm$ および $OV Pn$ が水平方向の面屈折力 $OHP f$ 、 $OHP m$ および $OHP n$ に対してそれぞれ $3.0(D)$ 大きい単純なトーリック面が形成されており、式 (1aa) および (1ca') が成り立つ。典型的には外面 19A の全体が単純なトーリック面である。

【0069】

内面 19B では、遠用部 11 の垂直方向の面屈折力 $IV Pf$ は $6.0(D)$ であり、中間部 13 の垂直方向の面屈折力 $IV Pm$ は累進的に減少し、近用部 12 の垂直方向の面屈折力 $IV Pn$ は $4.0(D)$ であり、所定の加入度 ($2.0(D)$) を得ている。遠用部 11 の水平方向の面屈折力 $IHP f$ は $3.0(D)$ であり、中間部 13 の水平方向の面屈折力 $IHP m$ は累進的に減少し、近用部 12 の水平方向の面屈折力 $IHP n$ は $1.0(D)$ であり、所定の加入度 ($2.0(D)$) を得ている。

【0070】

レンズ 10a の内面 19B においては、主注視線 14 に対応する線に沿って、水平方向の面屈折力 $IHP f$ 、 $IHP m$ および $IHP n$ に対して垂直方向の面屈折力 $IV Pf$ 、 $IV Pm$ および $IV Pn$ がそれぞれ $3.0(D)$ 大きいトーリック面が形成されている。このため、内面 19B は、外面 19A のトーリック面による面屈折力をキャンセルするトーリック面を含む（式 (2aa) および (2ba)）。

【0071】

2.2 実施例 1 - 2

10

20

30

40

50

図12(a)および図12(b)に外面19Aおよび内面19Bの面屈折力をそれぞれ示すように、実施例1-2のレンズ10bを設計した。実施例1-2のレンズ10bは、内面19Bに累進要素を含み、外面19Aに逆累進要素を含む、外面逆累進レンズと称されるレンズである。基本的な眼鏡仕様は実施例1-1と同じである。また、図12(a)および図12(b)の表記は図11(a)および図11(b)と共通である。

【0072】

実施例1-2のレンズ10bも、上記式(1a)、(1b)、(1c')、(2a)および(2b)の条件を満たす。したがって、レンズ10bの外面19Aは第1のトーリック面の要素TF1を含み、内面19Bは第2のトーリック面の要素TF2を含む。

【0073】

具体的には、遠用部測定基準点Fcにおける垂直方向の面屈折力 $OV P f_1$ は6.0(D)で、近用部測定基準点Ncの垂直方向の面屈折力 $OV P n_1$ よりも2.0(D)大きい(式(1b))。また、遠用部測定基準点Fcにおける水平方向の面屈折力 $OH P f_1$ は3.0(D)で、 $OV P f_1$ よりも3.0(D)小さい(式(1a))。近用部測定基準点Ncにおいては、 $OH P n_1$ は $OV P n_1$ よりも1.0(D)小さい(式(1c'))。内面19Bの遠用部測定基準点Fcおよび近用部測定基準点Ncに対応する点においても同様に、 $IV P f_1$ と $IHP f_1$ との差は3.0(D)、 $IV P n_1$ と $IHP n_1$ との差は1.0(D)であるので、式(2a)および(2b)が成り立つ。すなわち、内面19Bは、外面19Aの第1のトーリック面の要素TF1をキャンセルする第2のトーリック面の要素TF2を含む。

【0074】

また、実施例1-2のレンズ10bは、式(1aa)、(1ba)、(1ca')、(2aa)および(2ba)の条件を満たす。したがって、レンズ10bの外面19Aは主注視線14にトーリック面の要素を含み、内面19Bは主注視線14に対応する線に沿ったトーリック面の要素を含む。

【0075】

具体的には、外面19Aの遠用部11の垂直方向の面屈折力 $OV P f$ は6.0(D)であり、中間部13の垂直方向の面屈折力 $IV P m$ は累進的に減少し、近用部12の垂直方向の面屈折力 $IV P n$ は4.0(D)である(式(1ba))。外面19Aの遠用部11の水平方向の面屈折力 $OH P f$ 、中間部13の垂直方向の面屈折力 $OH P m$ および近用部12の垂直方向の面屈折力 $OH P n$ は一定で3.0(D)である。したがって、外面19Aには、主注視線14に沿って、遠用部11では垂直方向の面屈折力 $OV P f$ が水平方向の面屈折力 $OH P f$ に対し3.0(D)大きく、近用部12では垂直方向の面屈折力 $OV P n$ が水平方向の面屈折力 $OH P n$ に対して1.0(D)大きいトーリック面が形成されている(式(1aa)および(1ca'))。

【0076】

内面19Bでは、遠用部11の垂直方向の面屈折力 $IV P f$ は6.0(D)であり、中間部13の垂直方向の面屈折力 $IV P m$ は累進的に減少し、近用部12の垂直方向の面屈折力 $IV P n$ は2.0(D)であり、外面19Aの垂直方向の面屈折力に対し所定の加入度(2.0(D))を得ている。また、遠用部11の水平方向の面屈折力 $IHP f$ は3.0(D)であり、中間部13の水平方向の面屈折力 $IHP m$ は累進的に減少し、近用部12の水平方向の面屈折力 $IHP n$ は1.0(D)であり、外面19Aの水平方向の面屈折力に対し所定の加入度(2.0(D))を得ている。

【0077】

また、レンズ10bの内面19Bにおいては、主注視線14に対応する線に沿って、遠用部11では垂直方向の面屈折力 $IV P f$ が水平方向の面屈折力 $IHP f$ に対し3.0(D)大きく、近用部12では垂直方向の面屈折力 $IV P n$ が水平方向の面屈折力 $IHP n$ に対して1.0(D)大きいトーリック面が形成され、外面19Aのトーリック面による面屈折力をキャンセルしている(式(2aa)および(2ba))。

【0078】

10

20

30

40

50

2.3 比較例 1

図 13 (a) および図 13 (b) に外面 19 A および内面 19 B の面屈折力をそれぞれ示すように、比較例 1 のレンズ 10 c を設計した。比較例 1 のレンズ 10 c は、外面 19 A および内面 19 B に累進要素を含む、内外面累進レンズと称されるレンズである。基本的な眼鏡仕様は実施例 1 - 1 と同じである。また、図 13 (a) および図 13 (b) の表記は図 11 (a) および図 11 (b) と共通である。

【0079】

比較例 1 のレンズ 10 c は、遠用部測定基準点 F_c における垂直方向の面屈折力 $OV P f_1$ よりも近用部測定基準点 N_c における垂直方向の面屈折力 $OV P n_1$ が大きい。したがって、上記式 (1 a)、(1 c')、(2 a) および (2 b) の条件を満たすが、式 (1 b) を満たさない。したがって、レンズ 10 c の外面 19 A は垂直方向の面屈折力が水平方向の面屈折力よりも大きいトーリック面を含み、内面 19 B は外面 19 A のトーリック面の要素をキャンセルする要素を含むが、第 2 のトーリック面の要素 $TF 2$ は含まない。

【0080】

具体的には、遠用部測定基準点 F_c における水平方向の面屈折力 $OH P f_1$ は 3.0 (D) で、垂直方向の面屈折力 $OV P f_1$ よりも 3.0 (D) 小さく式 (1 a) を満たすが、面屈折力 $OV P f_1$ は 6.0 (D) で、近用部測定基準点 N_c の垂直方向の面屈折力 $OV P n_1$ (8.0 (D)) よりも小さく、式 (1 b) を満たさない。しかしながら、近用部測定基準点 N_c においては、 $OH P n_1$ は $OV P n_1$ よりも 5.0 (D) 小さく、式 (1 c') を満たし、内面 19 B においても、遠用部測定基準点 F_c および近用部測定基準点 N_c に対応する点における $IV P f_1$ と $IHP f_1$ との差は 3.0 (D)、 $IV P n_1$ と $IHP n_1$ との差は 5.0 (D) であり、式 (2 a) および (2 b) を満たす。外面 19 A および内面 19 B、遠用部測定基準点 F_c および近用部測定基準点 N_c においてキャンセルする垂直方向のトーリック面の要素を含む。

【0081】

比較例 1 のレンズ 10 c の外面 19 A の主注視線 14 に沿った遠用部 11 の面屈折力を見ると、外面 19 A の遠用部 11 の垂直方向の面屈折力 $OV P f$ は 6.0 (D) であり、中間部 13 の垂直方向の面屈折力 $OV P m$ は増大し、近用部 12 の垂直方向の面屈折力 $IV P n$ は 8.0 (D) である。外面 19 A の遠用部 11 の水平方向の面屈折力 $OH P f$ 、中間部 13 の垂直方向の面屈折力 $OH P m$ および近用部 12 の垂直方向の面屈折力 $OH P n$ は一定で 3.0 (D) である。したがって、外面 19 A には、主注視線 14 に沿って、遠用部 11 では垂直方向の面屈折力 $OV P f$ が水平方向の面屈折力 $OH P f$ に対し 3.0 (D) 大きく、近用部 12 では垂直方向の面屈折力 $OV P n$ が水平方向の面屈折力 $OH P n$ に対して 5.0 (D) 大きいトーリック面が形成されている。したがって、式 (1 a a) および (1 c a') は満たすが、式 (1 b a) は満たさない。

【0082】

内面 19 B では、遠用部 11 の垂直方向の面屈折力 $IV P f$ 、中間部 13 の垂直方向の面屈折力 $IV P m$ 、近用部 12 の垂直方向の面屈折力 $IV P n$ は 6.0 (D) であり、外面 19 A の垂直方向の面屈折力に対し所定の加入度 (2.0 (D)) を得ている。遠用部 11 の水平方向の面屈折力 $IHP f$ は 3.0 (D) であり、中間部 13 の水平方向の面屈折力 $IHP m$ は累進的に減少し、近用部 12 の水平方向の面屈折力 $IHP n$ は 1.0 (D) であり、外面 19 A の水平方向の面屈折力に対し所定の加入度 (2.0 (D)) を得ている。

【0083】

レンズ 10 c の内面 19 B は、主注視線 14 に対応する線に沿って、遠用部 11 では垂直方向の面屈折力 $IV P f$ が水平方向の面屈折力 $IHP f$ に対し 3.0 (D) 大きく、近用部 12 では垂直方向の面屈折力 $IV P n$ が水平方向の面屈折力 $IHP n$ に対して 5.0 (D) 大きいトーリック面が形成され、外面 19 A のトーリック面の要素による面屈折力をキャンセルしている。したがって、式 (2 a a) および (2 b a) を満たす。

【 0 0 8 4 】

2 . 4 従来例 1

図 1 4 (a) および図 1 4 (b) に、外面 1 9 A および内面 1 9 B の面屈折力をそれぞれ示すように、従来例 1 のレンズ 1 0 d を設計した。従来例 1 のレンズ 1 0 d は、外面 1 9 A が球面で内面 1 9 B に累進要素を含む、内面累進レンズと称されるレンズである。基本的な眼鏡仕様は実施例 1 - 1 と同じである。また、図 1 4 (a) および図 1 4 (b) の表記は図 1 1 (a) および図 1 1 (b) と共通である。

【 0 0 8 5 】

従来例 1 のレンズ 1 0 d は、外面 1 9 A の垂直方向の面屈折力 $OV P f$ 、 $OV P m$ および $OV P n$ が水平方向の面屈折力 $OH P f$ 、 $OH P m$ および $OH P n$ に等しく 3 . 0 (D) である。内面 1 9 B の垂直方向の面屈折力 $IV P f$ 、 $IV P m$ および $IV P n$ は、水平方向の面屈折力 $IHP f$ 、 $IHP m$ および $IHP n$ にそれぞれ等しく、遠用部 1 1 の面屈折力は 3 . 0 (D)、近用部 1 2 の面屈折力は 1 . 0 (D) となり所定の加入度を得ている。したがって、この従来例 1 のレンズ 1 0 d の外面 1 9 A および内面 1 9 B はトーリック面を含まない。

【 0 0 8 6 】

2 . 5 評価

図 1 5 (a) ~ (d) に、実施例 1 - 1、実施例 1 - 2、比較例 1 および従来例 1 のレンズ 1 0 a ~ 1 0 d の外面 1 9 A の面非点収差分布をそれぞれ示し、また、図 1 6 (a) ~ (d) に実施例 1 - 1、実施例 1 - 2、比較例 1 および従来例 1 のレンズ 1 0 a ~ 1 0 d の外面 1 9 A の等価球面面屈折力分布を示す。等価球面面屈折力 ESP は以下の式で得られる。

$$ESP = (OH P + OV P) / 2 \cdots (5)$$

ここで、 $OH P$ は物体側の面 (外面) 1 9 A 上の任意の点における水平方向の面屈折力、 $OV P$ は物体側の面 (外面) 1 9 A における垂直方向の面屈折力である。

【 0 0 8 7 】

なお、それぞれの図に示した値の単位はディオプトリ (D) であり、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 P_e とした眼鏡フレームへの枠入れ時の形状イメージも太い実線で示されている。また、破線で主注視線 1 4 を示している。以下に示す図においても同様である。

【 0 0 8 8 】

図 1 7 (a) ~ (d) に実施例 1 - 1、実施例 1 - 2、比較例 1 および従来例 1 のレンズ 1 0 a ~ 1 0 d の内面 1 9 B の面非点収差分布を示し、図 1 8 (a) ~ (d) に実施例 1 - 1、実施例 1 - 2、比較例 1 および従来例 1 のレンズ 1 0 a ~ 1 0 d の内面 1 9 B の等価球面面屈折力分布を示す。

【 0 0 8 9 】

図 1 9 (a) ~ (d) に実施例 1 - 1、実施例 1 - 2、比較例 1 および従来例 1 のレンズ 1 0 a ~ 1 0 d 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 2 0 (a) ~ (d) に実施例 1 - 1、実施例 1 - 2、比較例 1 および従来例 1 のレンズ 1 0 a ~ 1 0 d 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す。なお、図 2 0 (a) ~ (d) には、遠用部測定基準点 F_c および近用部測定基準点 N_c を参考のため示してある。

【 0 0 9 0 】

図 1 5 (a) ~ (c) に示すように実施例 1 - 1、実施例 1 - 2 および比較例 1 の外面 1 9 A はトーリック面の要素を含み、それによる非点収差が発生する。図 1 7 (a) ~ (c) に示すように、実施例 1 - 1、実施例 1 - 2 および比較例 1 の内面 1 9 B はトーリック面の要素を含み、図 1 7 (d) に示した従来例 1 の内面 1 9 B の収差にトーリック面の要素による収差を合成した収差が発生する。ただし、非球面補正を行っているために単純な合成にはなっていない。図 1 9 (a) ~ (c) に示すように、実施例 1 - 1、実施例 1

10

20

30

40

50

- 2 および比較例 1 の外面 19 A および内面 19 B によるレンズ全体の非点収差は、図 19 (d) に示す非点収差とほぼ等しい。したがって、これらの実施例および比較例において、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は、内面 19 B にトーリック面の要素を入れることによりキャンセルできることがわかる。

【0091】

等価球面度数分布においても同様であり、図 20 (a) ~ (c) に示すように、これらの実施例および比較例のレンズ 10 a ~ 10 c において、外面 19 A にトーリック面の要素を入れ、そ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内面 19 B に導入することにより、図 20 (d) に示す従来例 1 のレンズ 10 d とほぼ同様の屈折力分布を得ることができる。

10

【0092】

図 21 および図 22 に、実施例 1 - 1、実施例 1 - 2、比較例 1 および従来例 1 のレンズ 10 a ~ 10 d を通して見える像のゆれを、上記において説明したゆれの評価方法により求めた結果を示している。図 21 は、振動に関する指標 I D d を示し、図 22 は変形量に関する指標 I D s を示す。矩形模様 50 の視野角ピッチは 10 度、頭部の振りは左右方向とし、その振り角は左右に各 10 度としている。

【0093】

図 21 は、すべての格子線の振動の総和または平均を示す「全 L」を指標 I D d とし、各レンズ 10 a ~ 10 d の主注視線 14 に沿った幾つかの視野角で求めている。それぞれのレンズ 10 a ~ 10 d のフィッティングポイント P e は視野角 0 度の水平正面視、即ち第一眼位における装用者の視線 2 と外面 19 A との交点である。遠用部 11 はフィッティングポイント P e から上方に 20 度まで、中間部 13 はフィッティングポイント P e から下方に - 28 度付近までであり、そこから下が近用部 12 に当たる。

20

【0094】

図 22 は、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」を指標 I D s として、各レンズ 10 a ~ 10 d の主注視線 14 に沿った幾つかの視野角で求めている。指標 I D s は変形量を比率 (%) で表している。

【0095】

図 21 および図 22 に示すように、実施例 1 - 1 および 1 - 2 のレンズ 10 a および 10 b においては、主注視線 14 上の遠中近のほぼすべての領域にわたって指標 I D d および指標 I D s が、従来例 1 のレンズ 10 d より小さい。したがって、実施例 1 - 1 および 1 - 2 のレンズ 10 a および 10 b を通して見ることにより、像のゆれを改善できることがわかった。特に遠用部 11 の下方から、中間部 13 および近用部 12 においてゆれの改善効果が大きいと予想される。

30

【0096】

比較例 1 のレンズ 10 c については、遠用部 11 において指標 I D d および指標 I D s の改善がみられる。しかしながら、中間部 13 から近用部 12 にかけては、指標 I D d および I D s が、ともに従来例 1 よりも大きくなっている。したがって、比較例 1 のレンズ 10 c では、像のゆれの改善が得られにくいことがわかった。

【0097】

すなわち、外面累進タイプのレンズにおいては、内外面に垂直方向の面屈折力が水平方向の面屈折力よりも大きいトーリック面を導入しても、像のゆれを改善する効果は得られにくい。他のタイプのレンズにおいては、内外面に垂直方向の面屈折力が水平方向の面屈折力よりも大きいトーリック面を導入することにより、像のゆれを改善できることがわかった。外面累進タイプのレンズにおいては、近用部において像が拡大される傾向がある。このため、近用部にトーリック面を導入すると像の拡大傾向が増長され、像のゆれの改善効果を上回り、結果として、外面累進タイプのレンズにおいては中間部から近用部にかけて像のゆれが拡大する可能性がある。

40

【0098】

垂直方向の面屈折力が水平方向の面屈折力よりも大きいトーリック面の要素により像の

50

ゆれが軽減できる要因の1つは、トーリック面を導入することによりレンズを通して物体を見る際の視線の動きに対して、視線と物体側の面とのなす角度の変位を抑制できることであると考えられる。視線と物体側の面とのなす角度の変位が小さくなれば、像面湾曲などの諸収差の発生が抑制され、レンズを通して得る像のゆれの低減に効果があると考えられる。

【0099】

3. 実施形態2

3.1 実施例2-1

図23(a)および図23(b)に外面19Aおよび内面19Bの面屈折力をそれぞれ示すように、実施例2-1のレンズ10eを設計した。実施例2-1のレンズ10eは、内面19Bに累進要素を含む、内面累進レンズと称されるものである。基本的な眼鏡仕様は、屈折率1.67のレンズ基材を用い、累進帯長14mm、処方度数(遠用度数、Sph)が4.00D、加入度数(Add)が2.00Dである。なお、実施例2-1のレンズ10eの直径は65mmであり、乱視度数は含まれていない。実施例2-1のレンズ10eは、遠用部11の処方平均度数が4.0(D)の遠視用のプラス度数のレンズである。実施例2-1のレンズ10eは、内外面にトーリック面の要素を含む。図23(a)および図23(b)の表記は図11(a)および図11(b)と共通である。

【0100】

実施例2-1のレンズ10eは、上記式(1a)、(1b)、(1c')、(2a)および(2b)の条件を満たす。したがって、レンズ10eの外面19Aは第1のトーリック面の要素TF1を含み、内面19Bは第2のトーリック面の要素TF2を含む。

【0101】

実施例2-1のレンズ10eの構成は実施例1-1のレンズ10aに類似している。具体的には、遠用部測定基準点Fcにおける垂直方向(縦方向)の面屈折力 $OV Pf_1$ と近用部測定基準点Ncの垂直方向の面屈折力 $OV Pn_1$ とが等しく、9.0(D)であり、式(1b)を満たす。また、遠用部測定基準点Fcにおける水平方向(横方向)の面屈折力 $OH Pf_1$ は6.0(D)で、 $OV Pf_1$ よりも3.0(D)小さく、式(1a)を満たす。近用部測定基準点Ncにおいては、水平方向の面屈折力 $OH Pn_1$ は垂直方向の面屈折力 $OV Pn_1$ よりも3.0(D)小さく、式(1c')を満たす。内面19Bの遠用部測定基準点Fcに対応する点および近用部測定基準点Ncに対応する点においては、 $IV Pf_1$ と $IHP f_1$ との差は3.0(D)、 $IV Pn_1$ と $IHP n_1$ との差は3.0(D)であり、式(2a)および(2b)を満たす。すなわち、外面19Aは第1のトーリック面の要素TF1を含み、内面19Bは、外面19Aの第1のトーリック面の要素TF1をキャンセルする第2のトーリック面の要素TF2を含む。

【0102】

実施例2-1の外面19Aは、主注視線14に沿った垂直方向の面屈折力は、遠用部11の面屈折力 $OV Pf$ 、中間部13の面屈折力 $OV Pm$ および近用部12の面屈折力 $OV Pn$ は一定で、9.0(D)であり式(1ba)を満たす。水平方向の面屈折力は、遠用部11の $OH Pf$ 、中間部13の面屈折力 $OH Pm$ および近用部12の面屈折力 $OH Pn$ は一定で6.0(D)である。したがって、外面19Aには、主注視線14に沿って、垂直方向の面屈折力 $OV Pf$ 、 $OV Pm$ および $OV Pn$ が水平方向の面屈折力 $OH Pf$ 、 $OH Pm$ および $OH Pn$ に対してそれぞれ3.0(D)大きい単純なトーリック面が形成されており、式(1aa)および(1ca')を満たす。典型的には外面19Aの全体が単純なトーリック面である。

【0103】

内面19Bでは、主注視線14に対応する線に沿った垂直方向の面屈折力は、遠用部11の面屈折力 $IV Pf$ は5.0(D)、中間部13の面屈折力 $IV Pm$ は累進的に減少し、近用部12の面屈折力 $IV Pn$ は3.0(D)であり、所定の加入度(2.0(D))を得ている。水平方向の面屈折力は、遠用部11の面屈折力 $IHP f$ は2.0(D)、中間部13の面屈折力 $IHP m$ は累進的に減少し、近用部12の面屈折力 $IHP n$ は0.0

10

20

30

40

50

(D)であり、所定の加入度(2.0(D))を得ている。したがって、内面19Bは式(2aa)および(2ba)を満たし、外面19Aのトーリック面による面屈折力をキャンセルするトーリック面を含む。

【0104】

3.2 実施例2-2

図24(a)および図24(b)に外面19Aおよび内面19Bの面屈折力をそれぞれ示すように、実施例2-2のレンズ10fを設計した。実施例2-2のレンズ10fは、実施例1-2と同様に、内面19Bに累進要素を含み、外面19Aに逆累進要素を含む、外面逆累進レンズと称されるレンズである。基本的な眼鏡仕様は実施例2-1と同じである。また、図24(a)および図24(b)の表記は図11(a)および図11(b)と共通である。

10

【0105】

実施例2-2のレンズ10fも、上記式(1a)、(1b)、(1c')、(2a)および(2b)の条件を満たす。したがって、レンズ10fの外面19Aは第1のトーリック面の要素TF1を含み、内面19Bは第2のトーリック面の要素TF2を含む。

【0106】

具体的には、遠用部測定基準点Fcにおける垂直方向の面屈折力 $OV Pf_1$ は9.0(D)で、近用部測定基準点Ncの垂直方向の面屈折力 $OV Pn_1$ よりも2.0(D)大きく、式(1b)を満たす。また、遠用部測定基準点Fcにおける水平方向の面屈折力 $OH Pf_1$ は6.0(D)で、 $OV Pf_1$ よりも3.0(D)小さく、式(1a)を満たす。近用部測定基準点Ncにおいては、 $OH Pn_1$ は $OV Pn_1$ よりも1.0(D)小さく、式(1c')を満たす。内面19Bの遠用部測定基準点Fcおよび近用部測定基準点Ncに対応する点においては、 $IV Pf_1$ と $IHP f_1$ との差は3.0(D)、 $IV Pn_1$ と $IHP n_1$ との差は1.0(D)であり、式(2a)および(2b)を満たす。したがって、外面19Aは第1のトーリック面の要素TF1を含み、内面19Bは、外面19Aの第1のトーリック面の要素TF1をキャンセルする第2のトーリック面の要素TF2を含む。

20

【0107】

実施例2-2のレンズ10fの主注視線14に沿った面においては、外面19Aの垂直方向の面屈折力は、遠用部11の面屈折力 $OV Pf$ は9.0(D)、中間部13の面屈折力 $IV Pm$ は累進的に減少し、近用部12の面屈折力 $IV Pn$ は7.0(D)である。外面19Aの水平方向の面屈折力は、遠用部11の面屈折力 $OH Pf$ 、中間部13の面屈折力 $OH Pm$ および近用部12の面屈折力 $OH Pn$ は一定で6.0(D)である。したがって、外面19Aには、主注視線14に沿って、遠用部11では垂直方向の面屈折力 $OV Pf$ が水平方向の面屈折力 $OH Pf$ に対し3.0(D)大きく、近用部12では垂直方向の面屈折力 $OV Pn$ が水平方向の面屈折力 $OH Pn$ に対して1.0(D)大きいトーリック面が形成されている。したがって、式(1aa)、(1ba)および(1ca')を満たす。

30

【0108】

内面19Bの垂直方向の面屈折力は、遠用部11の面屈折力 $IV Pf$ は5.0(D)、中間部13の面屈折力 $IV Pm$ は累進的に減少し、近用部12の面屈折力 $IV Pn$ は1.0(D)であり、外面19Aの垂直方向の面屈折力に対し所定の加入度(2.0(D))を得ている。水平方向の面屈折力は、遠用部11の面屈折力 $IHP f$ は2.0(D)、中間部13の面屈折力 $IHP m$ は累進的に減少し、近用部12の面屈折力 $IHP n$ は0.0(D)であり、外面19Aの水平方向の面屈折力に対し所定の加入度(2.0(D))を得ている。したがって、式(2aa)および(2ba)を満たし、内面19Bは外面19Aのトーリック面による面屈折力をキャンセルするトーリック面を含む。

40

【0109】

3.3 比較例2

図25(a)および図25(b)に外面19Aおよび内面19Bの面屈折力をそれぞれ

50

示すように、比較例 2 のレンズ 10 g を設計した。比較例 2 のレンズ 10 g は、外面 19 A および内面 19 B に累進要素を含む、内外面累進レンズまたは外面累進レンズと称されるレンズである。基本的な眼鏡仕様は実施例 2 - 1 と同じである。また、図 25 (a) および図 25 (b) の表記は図 11 (a) および図 11 (b) と共通である。

【0110】

比較例 2 のレンズ 10 g は、遠用部測定基準点 F_c における垂直方向の面屈折力 $OV P f_1$ よりも近用部測定基準点 N_c における垂直方向の面屈折力 $OV P n_1$ が大きい。したがって、比較例 1 と同様に、式 (1a)、(1c')、(2a) および (2b) の条件を満たすが、式 (1b) を満たさない。したがって、レンズ 10 g は内外面でキャンセルするトーリック面を含むが、第 1 のトーリック面の要素 $T F 1$ および第 2 のトーリック面の要素 $T F 2$ は含まない。

10

【0111】

具体的には、遠用部測定基準点 F_c における水平方向の面屈折力 $OH P f_1$ は 6.0 (D) で、 $OV P f_1$ よりも 3.0 (D) 小さく、式 (1a) を満たす。しかしながら、遠用部測定基準点 F_c における垂直方向の面屈折力 $OV P f_1$ は 9.0 (D) で、近用部測定基準点 N_c の垂直方向の面屈折力 $OV P n_1$ よりも 2.0 (D) 小さく、式 (1b) を満たさない。近用部測定基準点 N_c においては、 $OH P n_1$ は $OV P n_1$ よりも 5.0 (D) 小さく、式 (1c') を満たす。内面 19 B においては、遠用部測定基準点 F_c および近用部測定基準点 N_c に対応する点において、 $IV P f_1$ と $IHP f_1$ との差は 3.0 (D)、 $IV P n_1$ と $IHP n_1$ との差は 5.0 (D) であり、式 (2a) および (2b) を満たす。したがって、外面 19 A は第 1 のトーリック面の要素 $T F 1$ を含まないが、外面 19 A および内面 19 B は相互にキャンセルするトーリック面の要素を含む。

20

【0112】

比較例 1 のレンズ 10 g の主注視線 14 に沿った面屈折力では、外面 19 A の垂直方向の面屈折力は、遠用部 11 の面屈折力 $OV P f$ は 9.0 (D)、中間部 13 の面屈折力 $OV P m$ は累進的に増大し、近用部 12 の面屈折力 $OV P n$ は 11.0 (D) である。外面 19 A の水平方向の面屈折力は、遠用部 11 の面屈折力 $OH P f$ 、中間部 13 の面屈折力 $OH P m$ および近用部 12 の面屈折力 $OH P n$ が一定で 6.0 (D) である。したがって、外面 19 A には、主注視線 14 に沿って、遠用部 11 では垂直方向の面屈折力 $OV P f$ が水平方向の面屈折力 $OH P f$ に対し 3.0 (D) 大きく、近用部 12 では垂直方向の面屈折力 $OV P n$ が水平方向の面屈折力 $OH P n$ に対して 5.0 (D) 大きいトーリック面が形成されている。したがって、式 (1a a) および (1c a') は満たすが、式 (1b a) は満たさない。

30

【0113】

内面 19 B の垂直方向の面屈折力は、遠用部 11 の面屈折力 $IV P f$ 、中間部 13 の面屈折力 $IV P m$ および近用部 12 の面屈折力 $IV P n$ が 5.0 (D) と一定であり、外面 19 A の垂直方向の面屈折力に対し所定の加入度 (2.0 (D)) を得ている。水平方向の面屈折力は、遠用部 11 の面屈折力 $IHP f$ は 2.0 (D)、中間部 13 の面屈折力 $IHP m$ は累進的に減少し、近用部 12 の面屈折力 $IHP n$ は 0.0 (D) であり、外面 19 A の水平方向の面屈折力に対し所定の加入度 (2.0 (D)) を得ている。

40

【0114】

レンズ 10 g の内面 19 B においては、主注視線 14 に対応する線に沿って、遠用部 11 では垂直方向の面屈折力 $IV P f$ が水平方向の面屈折力 $IHP f$ に対し 3.0 (D) 大きく、近用部 12 では垂直方向の面屈折力 $IV P n$ が水平方向の面屈折力 $IHP n$ に対して 5.0 (D) 大きい。したがって、式 (2a a) および (2b a) を満足し、内面 19 B に形成されたトーリック面は、外面 19 A のトーリック面による面屈折力をキャンセルしている。

【0115】

3.4 従来例 2

図 26 (a) および図 26 (b) に外面 19 A および内面 19 B の面屈折力をそれぞれ

50

示すように、従来例 2 のレンズ 10 h を設計した。従来例 2 のレンズ 10 h は、外面 19 A が球面で内面 19 B に累進要素を含む、内面累進レンズと称されるレンズである。基本的な眼鏡仕様は実施例 2 - 1 と同じである。また、図 26 (a) および図 26 (b) の表記は図 11 (a) および図 11 (b) と共通である。

【0116】

従来例 2 のレンズ 10 h は、外面 19 A の垂直方向の面屈折力 $OV P f$ 、 $OV P m$ および $OV P n$ が水平方向の面屈折力 $OH P f$ 、 $OH P m$ および $OH P n$ に等しく 6.0 (D) である。内面 19 B の垂直方向の面屈折力 $IV P f$ 、 $IV P m$ および $IV P n$ は、水平方向の面屈折力 $IHP f$ 、 $IHP m$ および $IHP n$ にそれぞれ等しく、遠用部 11 の面屈折力は 2.0 (D)、近用部 12 の面屈折力は 0.0 (D) となり所定の加入度を得ている。したがって、この従来例 2 のレンズ 10 h の外面 19 A および内面 19 B はトーリック面を含まない。

10

【0117】

3.5 評価

図 27 (a) ~ (d) に、実施例 2 - 1、実施例 2 - 2、比較例 2 および従来例 2 のレンズ 10 e ~ 10 h の外面 19 A の面非点収差分布をそれぞれ示し、また、図 28 (a) ~ (d) に実施例 2 - 1、実施例 2 - 2、比較例 2 および従来例 2 のレンズ 10 e ~ 10 h の外面 19 A の等価球面面屈折力分布を示す。

【0118】

図 29 (a) ~ (d) に実施例 2 - 1、実施例 2 - 2、比較例 2 および従来例 2 のレンズ 10 e ~ 10 h の内面 19 B の面非点収差分布を示し、図 30 (a) ~ (d) に実施例 2 - 1、実施例 2 - 2、比較例 2 および従来例 2 のレンズ 10 e ~ 10 h の内面 19 B の等価球面面屈折力分布を示す。

20

【0119】

図 31 (a) ~ (d) に実施例 2 - 1、実施例 2 - 2、比較例 2 および従来例 2 のレンズ 10 e ~ 10 h 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 32 (a) ~ (d) に実施例 2 - 1、実施例 2 - 2、比較例 2 および従来例 2 のレンズ 10 e ~ 10 h 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す。

【0120】

これらの実施例、比較例および従来例においても、図 27 (a) ~ (c) に示す外面 19 A のトーリック面の要素による非点収差が、図 29 (a) ~ (c) に示す内面 19 B のトーリック面の要素によりキャンセルされ、図 31 (a) ~ (d) に示すように、レンズ全体としては、従来例 2 のレンズ 10 h と同様の非点収差を備えた実施例 2 - 1、実施例 2 - 2 および比較例 2 のレンズ 10 e ~ 10 g が得られる。等価球面度数分布においても同様である。

30

【0121】

図 33 および図 34 に、実施例 2 - 1、実施例 2 - 2、比較例 2 および従来例 2 のレンズ 10 e ~ 10 h を通して見える像のゆれを、図 21 および図 22 と同様に評価した結果を示している。実施例 2 - 1 および 2 - 2 のレンズ 10 e および 10 f においては、主注視線 14 上の遠中近のほぼすべての領域にわたって指標 $ID d$ および指標 $ID s$ が従来例 1 のレンズ 10 h と同じか小さい。したがって、実施例 2 - 1 および 2 - 2 のレンズ 10 e および 10 f を通して見ることにより、像のゆれを改善できることがわかった。特に遠用部 11 および近用部 12 においてゆれの改善効果が大きいと予想される。

40

【0122】

比較例 2 のレンズ 10 g については、遠用部 11 において指標 $ID d$ および指標 $ID s$ の改善がみられる。しかしながら、中間部 13 から近用部 12 の一部にかけては、指標 $ID d$ および $ID s$ が従来例 2 よりも大きくなる。したがって、比較例 2 のレンズ 10 g においても、像のゆれの改善が得られにくいことがわかった。

【0123】

このように、レンズ 10 の外面 19 A および内面 19 B にトーリック面の要素を導入す

50

ることにより、処方度数（遠用度数）が 0 . 0 (D) のプラノレンズ、および処方度数がプラスの遠視用のレンズにおいて像のゆれが改善できることがわかった。同様に、処方度数がマイナスの近視用のレンズにおいても像のゆれを改善できる。

【 0 1 2 4 】

さらに、内外面にトーリック面の要素を持つレンズ 1 0 は、垂直方向の面屈折力が水平方向の面屈折力よりも大きい。逆に言うと、水平方向の面屈折力が垂直方向の面屈折力よりも小さく、水平方向の曲率が小さくなる。このため、水平方向に長く、顔に沿ってカーブする眼鏡レンズに適している。また、枠入れの際に、レンズ 1 0 の水平方向（横方向、左右方向）に長い楕円形（横長）のレンズを形成しやすい。したがって、垂直方向の面屈折力が水平方向の面屈折力よりも大きいトーリック面の要素を持つレンズ 1 0 は、大きな眼鏡フレーム 2 0 に対して適応しやすいレンズを提供できるという利点も備えている。

【 0 1 2 5 】

なお、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 5 0 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。

【 0 1 2 6 】

図 3 5 に、光線追跡法により求めた、比較例 2 のレンズ 1 0 g および従来例 2 のレンズ 1 0 h の主注視線 1 4 上の像倍率を示している。比較例 2 のレンズ 1 0 g の像倍率は、主注視線 1 4 上の遠用部 1 1 の下側から近用部 1 2 に至る広い範囲において、従来例 2 のレンズ 1 0 h の像倍率よりも大きくなっている。特に、中間部 1 3 の全域から近用部 1 2 の上側において、像倍率が大きく向上している。したがって、中間部 1 3 から近用部 1 2 にかけての広い領域において、視野が良好になると考えられる。図示していないが、比較例 1 の像倍率と従来例 1 の像倍率とを比較した場合も同様の結果が得られる。

【 0 1 2 7 】

比較例 1 および比較例 2 のレンズ 1 0 は、遠用部測定基準点 F c および近用部測定基準点 N c において以下の条件を満たす。

$$OVPf_1 > OHPf_1 \cdots (1a)$$

$$OVpn_1 > OVPf_1 \cdots (1d)$$

$$OVpn_1 - OHPn_1 \cdots (1c)$$

$$OVpn_1 > OHPn_1 \cdots (1c')$$

$$IVPf_1 - IHPf_1 = OVPf_1 - OHPf_1 \cdots (2a)$$

$$IVpn_1 - IHPn_1 = OVpn_1 - OHPn_1 \cdots (2b)$$

このような垂直方向のトーリック面を内外に備えたレンズは、像のゆれの改善に対し像倍率を向上する効果がいっそう得られやすいレンズであることがわかった。

【 0 1 2 8 】

なお、比較例 1 および比較例 2 の主注視線 1 4 に沿った面は以下の条件を満たす。

$$OVPf > OHPf \cdots (1aa)$$

$$OVpn > OVPf \cdots (1da)$$

$$OVpn - OHPn \cdots (1ca)$$

$$OVpn > OHPn \cdots (1ca')$$

$$IVPf - IHPf = OVPf - OHPf \cdots (2aa)$$

$$IVpn - IHPn = OVpn - OHPn \cdots (2ba)$$

【 0 1 2 9 】

図 3 6 に、上述した眼鏡用の累進屈折力レンズを設計および製造する過程の概要を示している。ステップ 1 0 0 においてユーザーの眼鏡仕様を取得すると、ステップ 1 0 1 において、条件 (1 a) ~ (1 c) を満たす第 1 のトーリック面の要素 T F 1 を含む外面（物体側の面）1 9 A を設計する。第 1 のトーリック面の要素 T F 1 は、条件 (1 c ') を含むことが望ましい。

【 0 1 3 0 】

次に、ステップ１０２において、条件（２ａ）および（２ｂ）を含む、第２のトーリック面の要素ＴＦ２を含む内面（眼球側の面）１９Ｂを設計する。第２のトーリック面の要素ＴＦ２は、トーリック面であって、第１のトーリック面の要素ＴＦ１により外面１９Ａに形成される面屈折力のシフトをキャンセルするものである。さらに、ステップ１０３において、上記のステップで設計されたレンズ１０を製造する。

【０１３１】

この設計方法は、ＣＰＵおよびメモリなどの適当なハードウェア資源を含むコンピュータが上記処理１００～１０２を実行するコンピュータプログラム（プログラム製品）としてメモリやＲＯＭなどの適当な媒体に記録して提供できる。ネットワークを通じて提供してもよい。

10

【０１３２】

図３７に、レンズ１０の設計装置の一例を示している。この設計装置２００は、眼鏡仕様に基きレンズ１０を設計する設計ユニット２１０と、設計されたレンズ１０のゆれ指標ＩＤｄおよびＩＤｓを上記の方法により求めて評価する評価ユニット２２０と、評価ユニット２２０で求められたゆれ指標ＩＤｄをユーザー（装着者）が見やすい状態、たとえば、グラフ化して出力する出力ユニット２３０とを含む。出力ユニット２３０により、ユーザーはゆれの少ないレンズ１０を自らの判断で選択することが可能となる。

【０１３３】

設計ユニット２１０は、物体側の面（外面）１９Ａを設計する第１のユニット２１１と、眼球側の面（内面）１９Ｂを設計する第２のユニット２１２とを含む。第１のユニット２１１は上述した設計方法のステップ１０１の処理を行う機能を有し、第２のユニット２１２は上述した設計方法のステップ１０２の処理を行う機能を有する。設計装置２００の一例は、ＣＰＵ、メモリおよびディスプレイといった資源を備えたパーソナルコンピュータであり、パーソナルコンピュータを設計装置２００として機能させるプログラムをダウンロードして実行することにより上記の機能を含む設計装置２００を実現できる。

20

【０１３４】

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、より精度良いレンズを提供することが出来る。

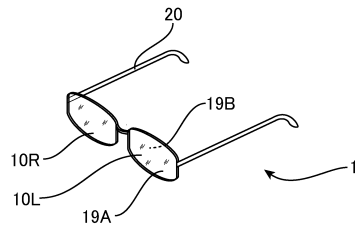
30

【符号の説明】

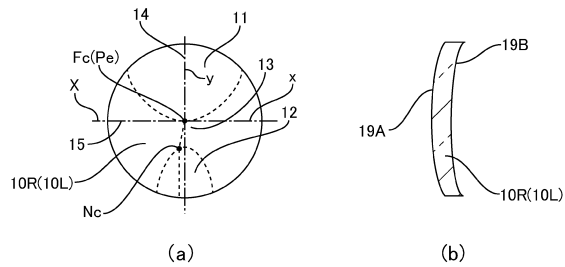
【０１３５】

- １ 眼鏡、 １０、 １０Ｌ、 １０Ｒ 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

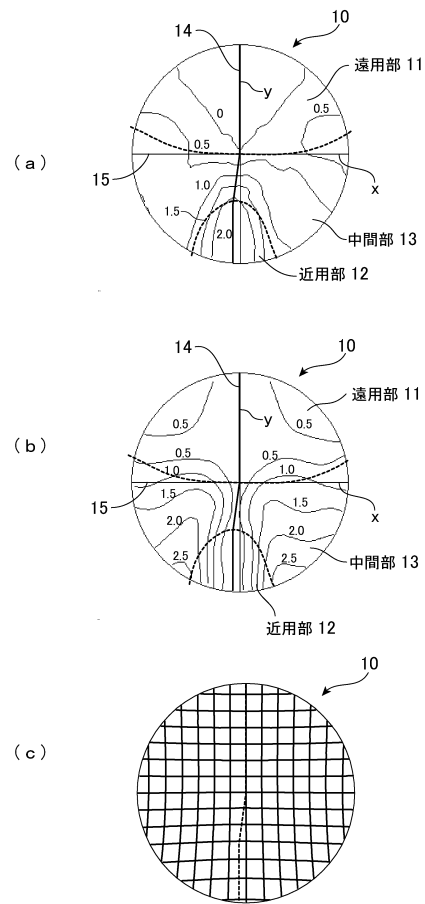
【図 1】



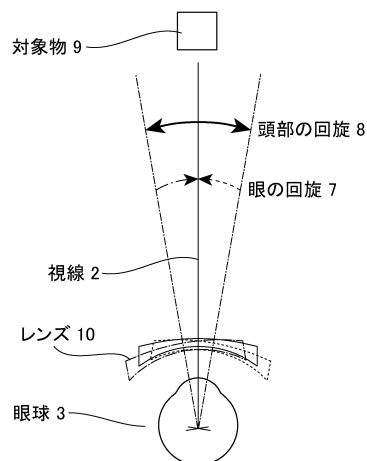
【図 2】



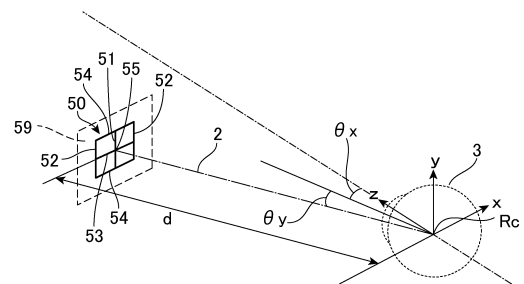
【図 3】



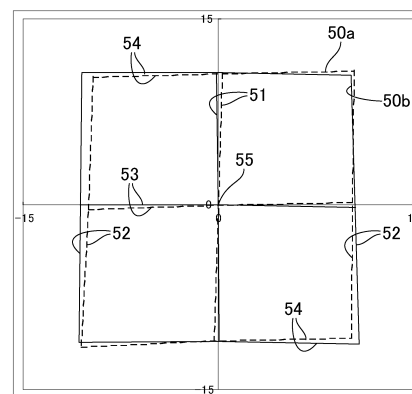
【図 4】



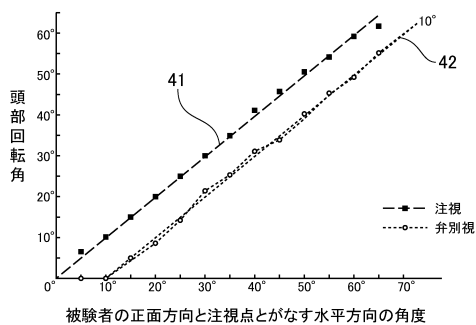
【図 6】



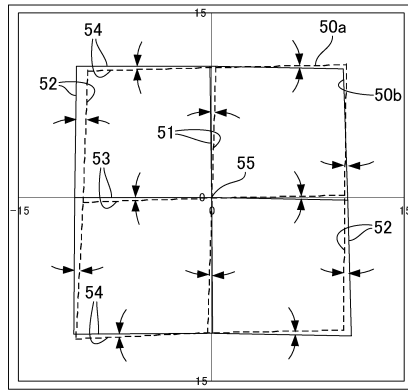
【図 7】



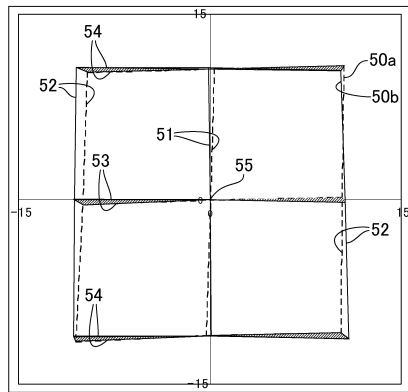
【図 5】



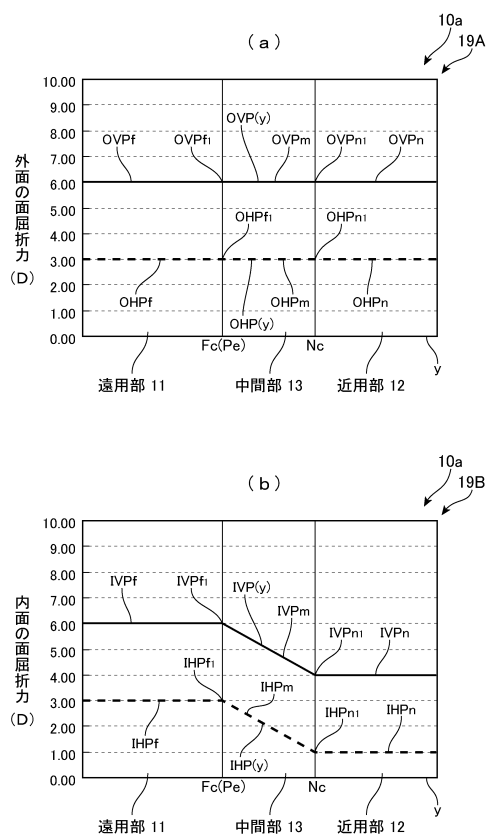
【図 8】



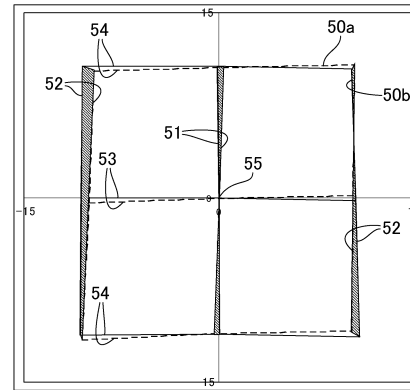
【図 9】



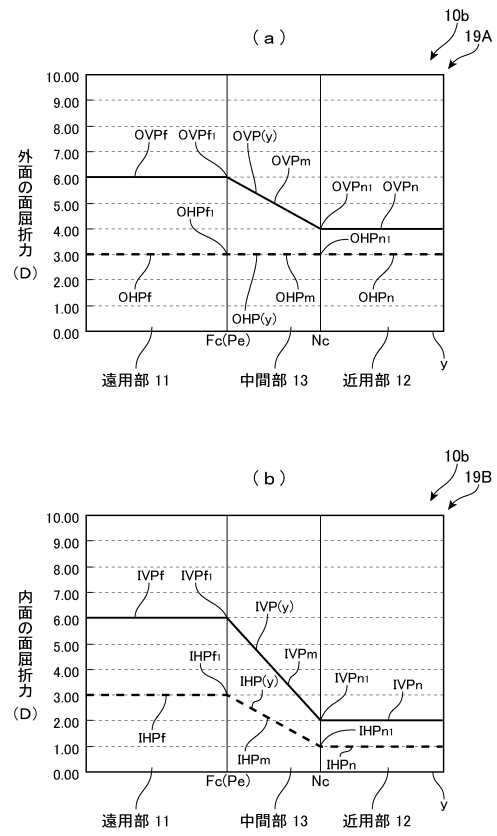
【図 11】



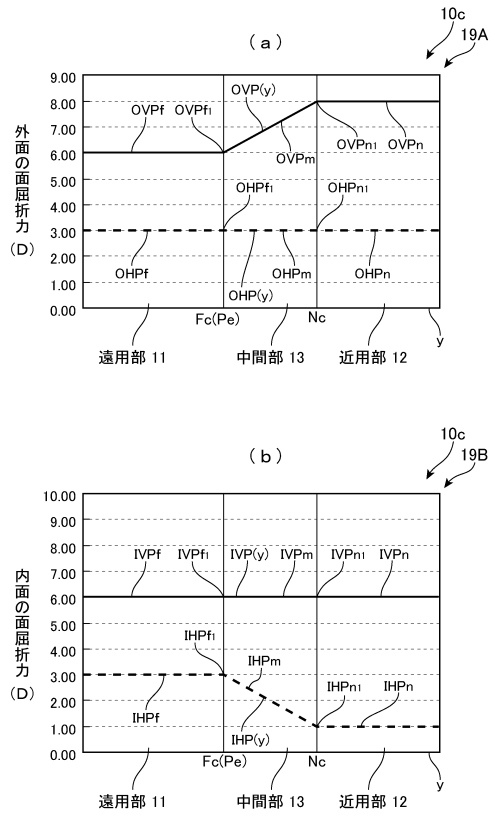
【図 10】



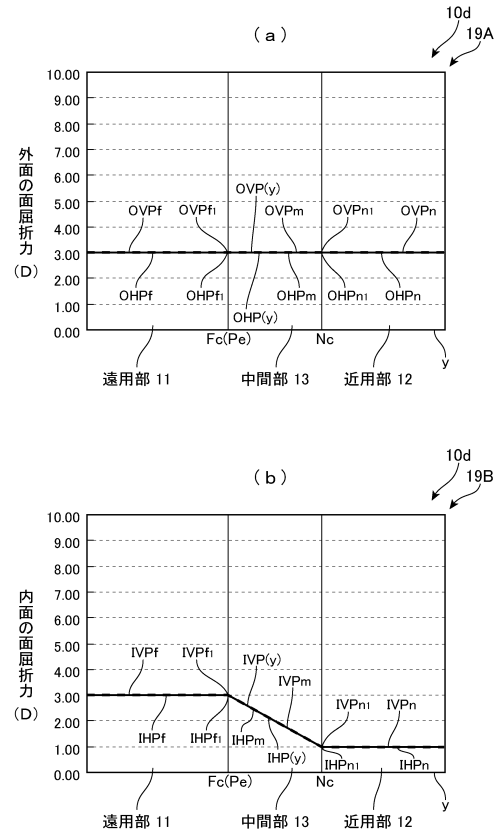
【図 12】



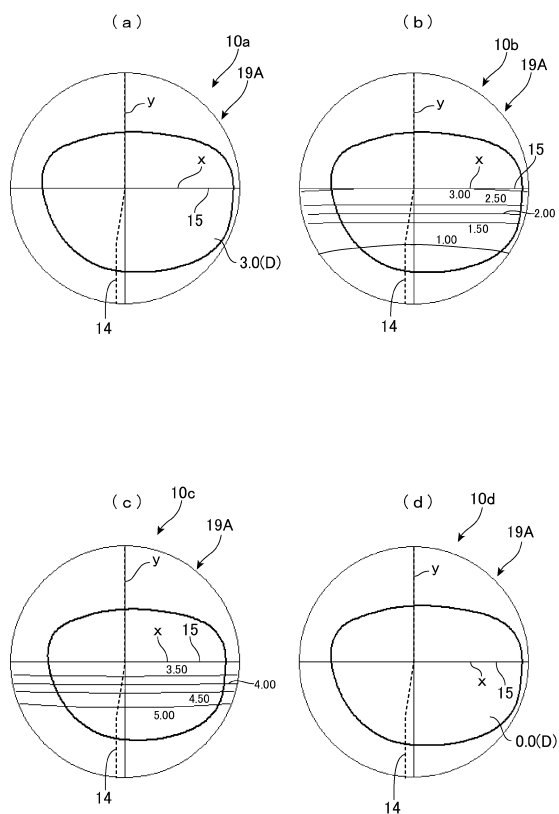
【図 13】



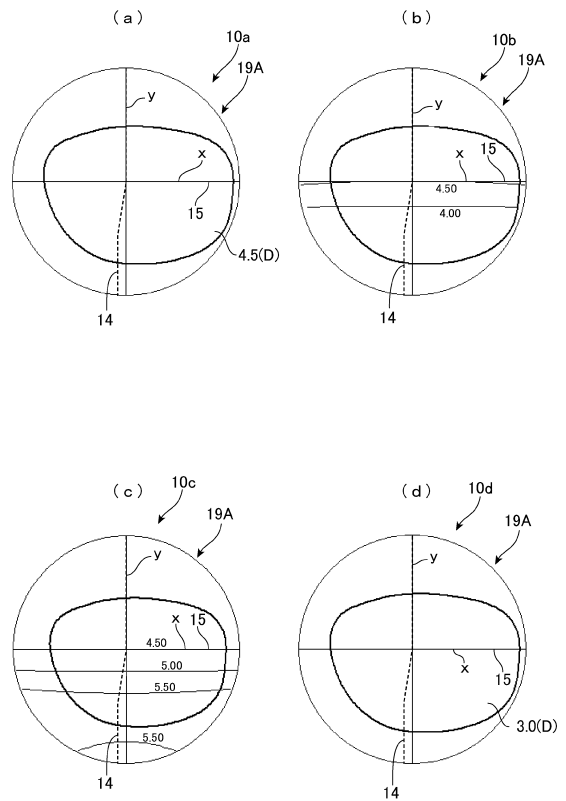
【図 14】



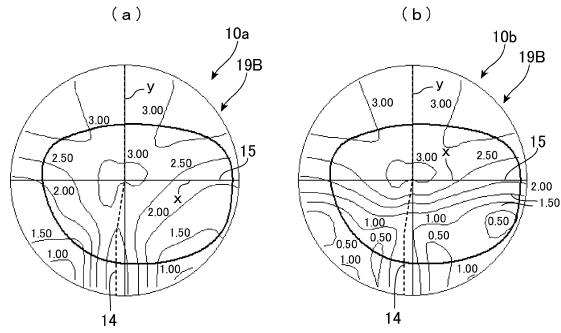
【図 15】



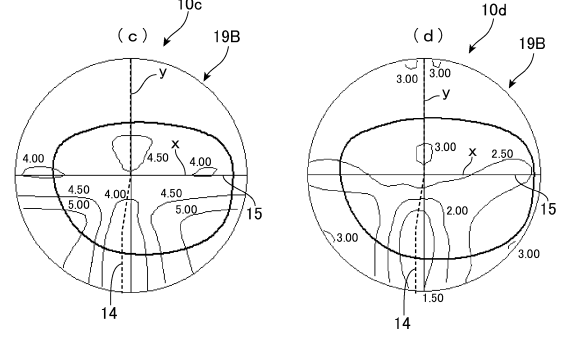
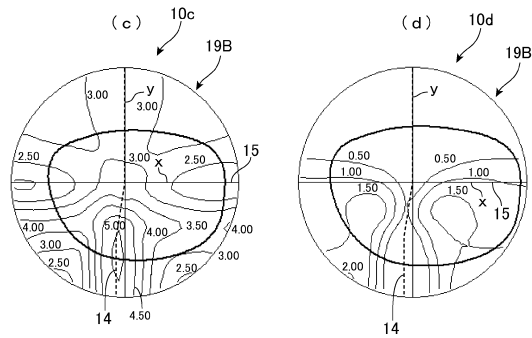
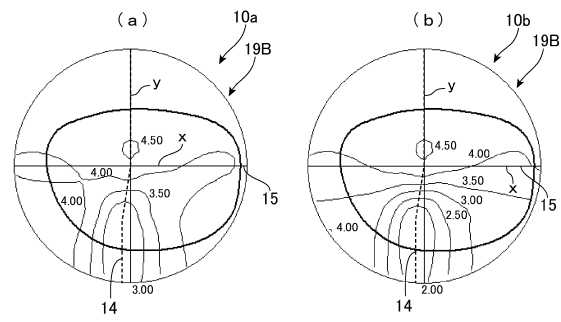
【図 16】



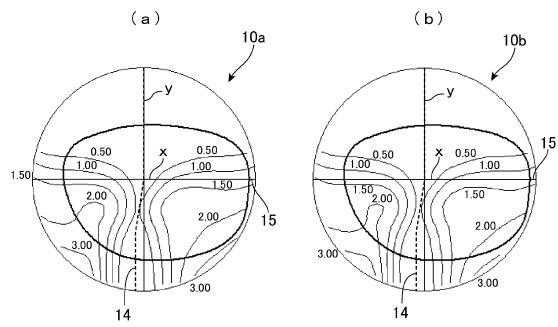
【図 17】



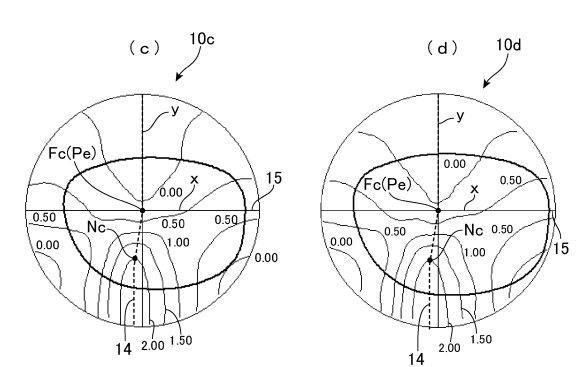
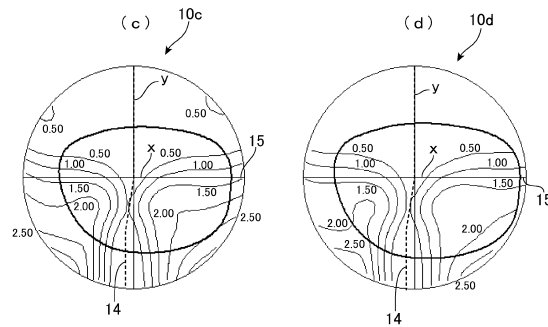
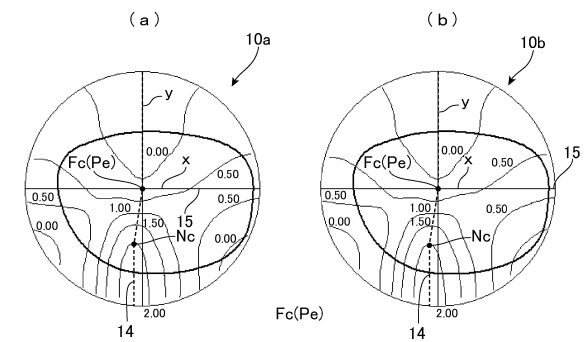
【図 18】



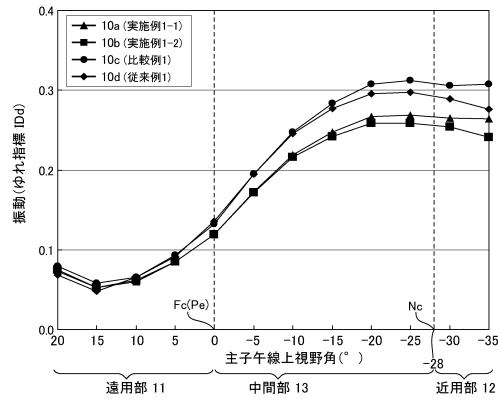
【図 19】



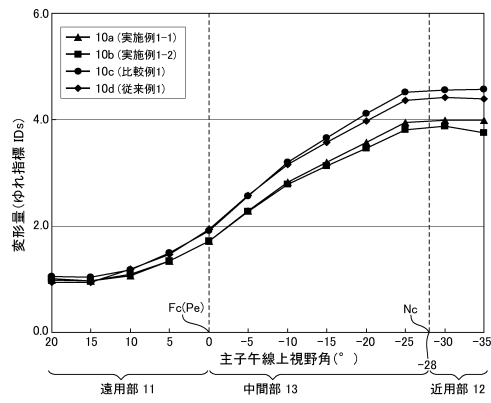
【図 20】



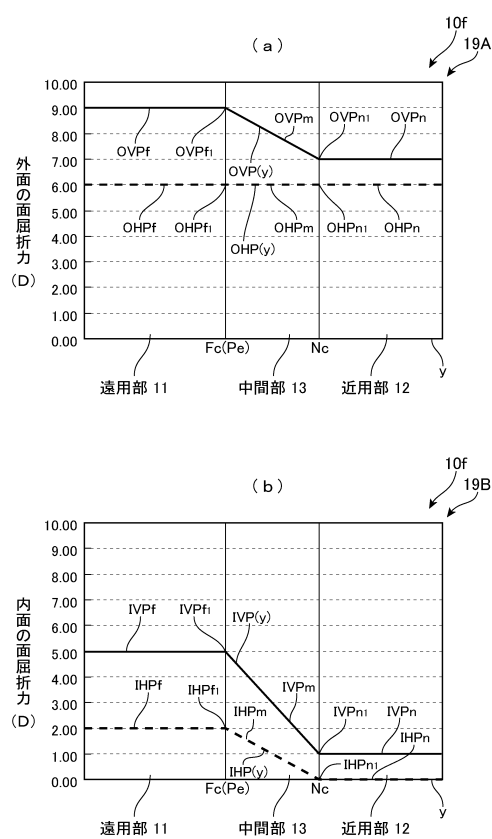
【図 2 1】



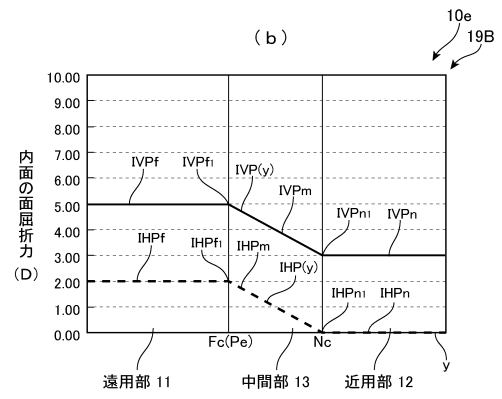
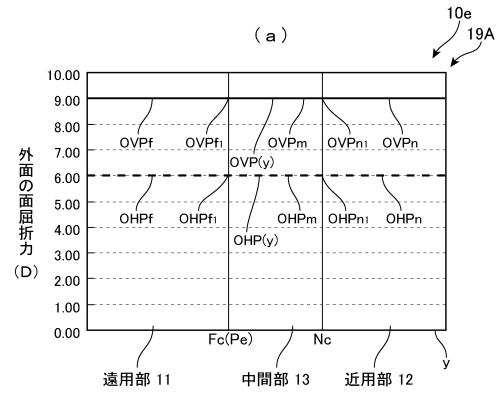
【図 2 2】



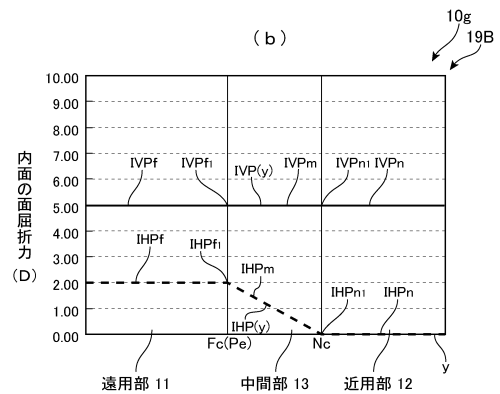
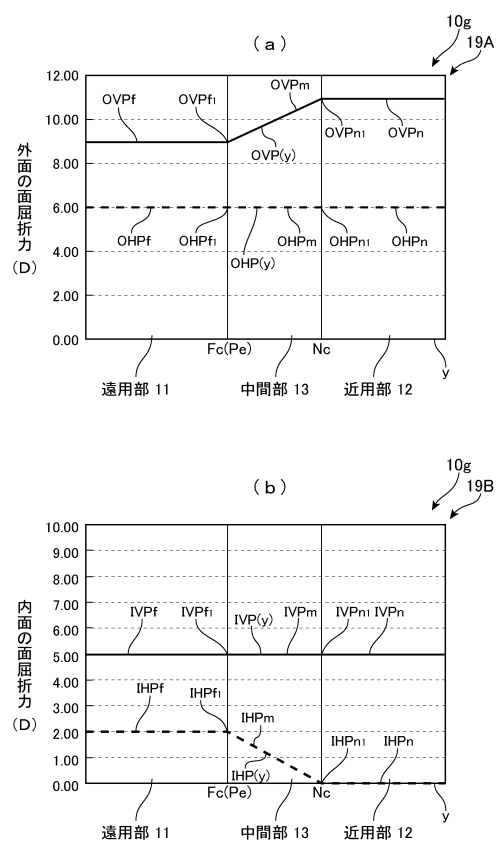
【図 2 4】



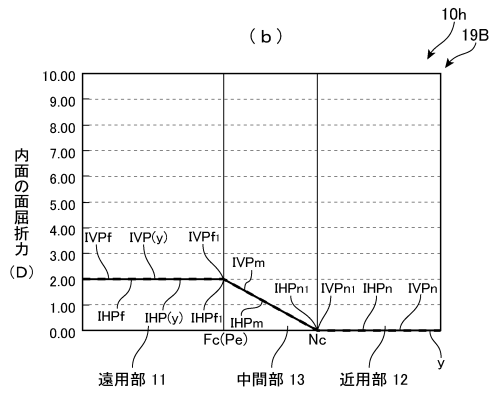
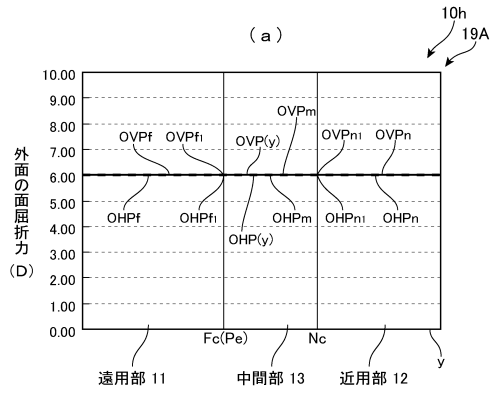
【図 2 3】



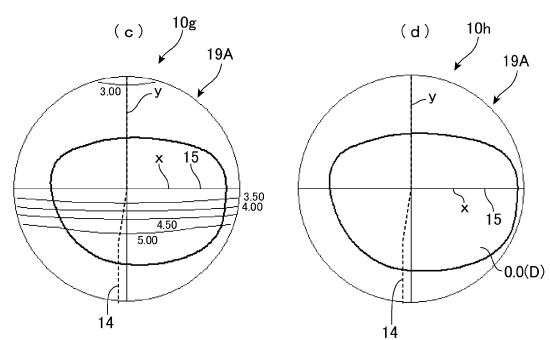
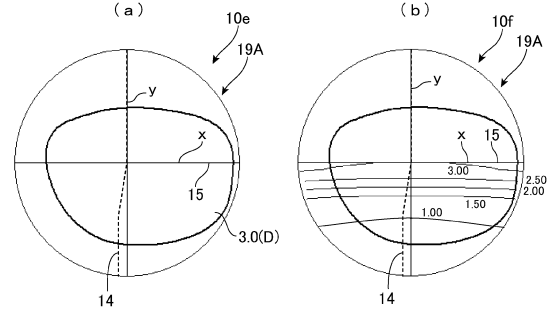
【図 2 5】



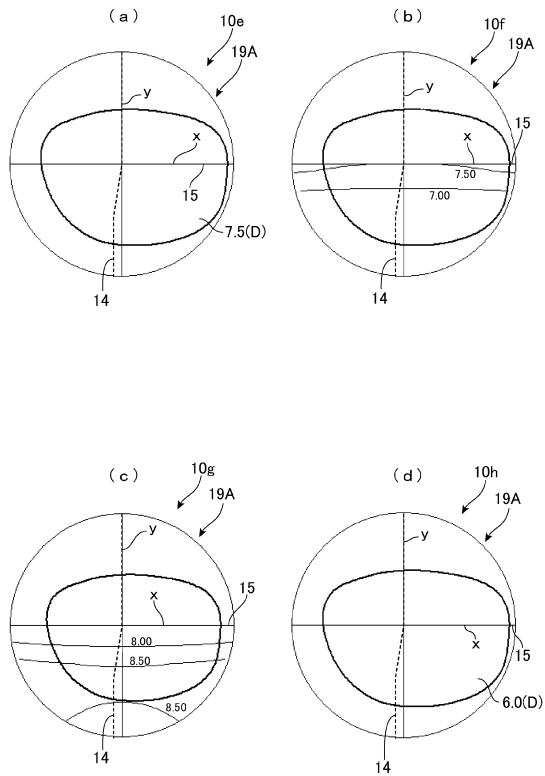
【図 26】



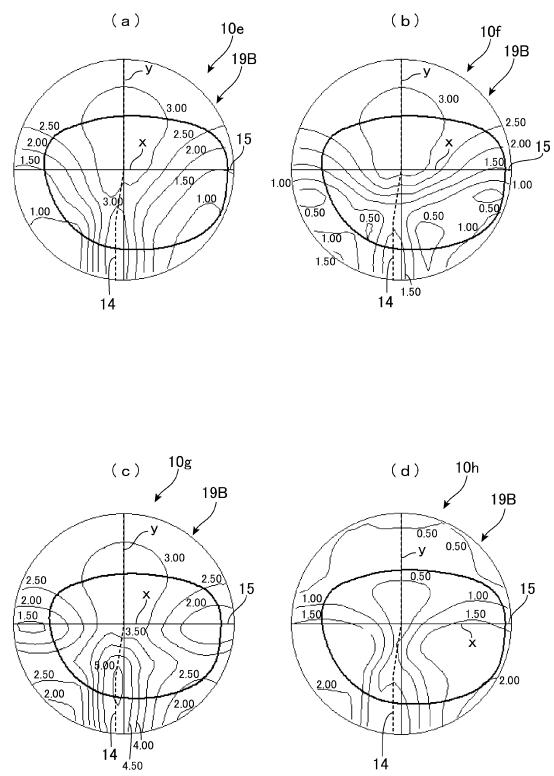
【図 27】



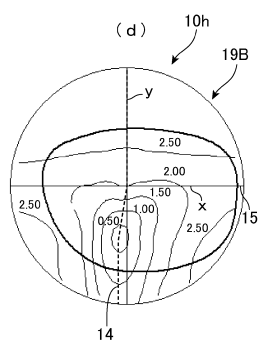
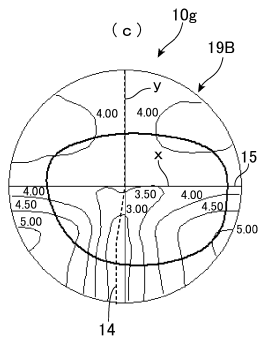
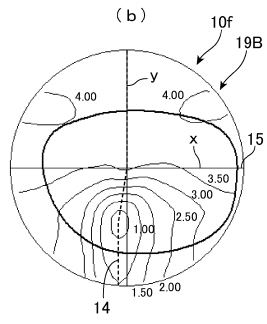
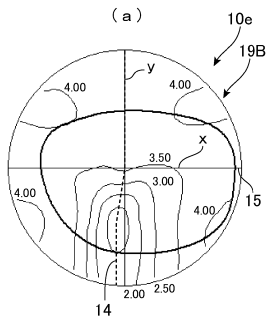
【図 28】



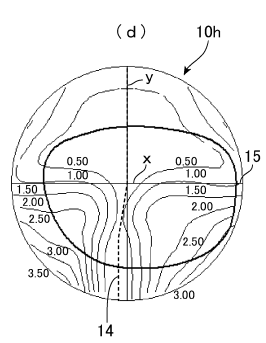
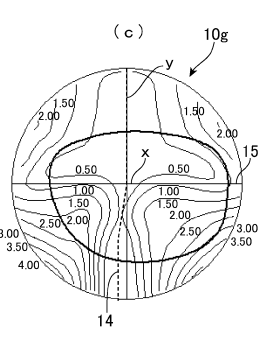
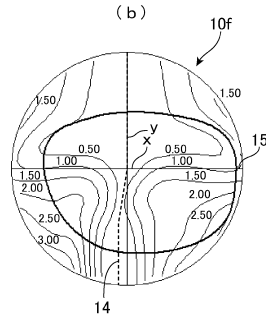
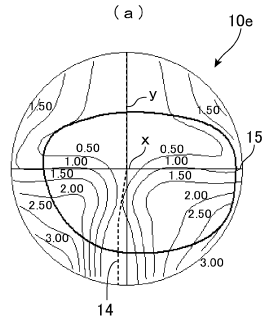
【図 29】



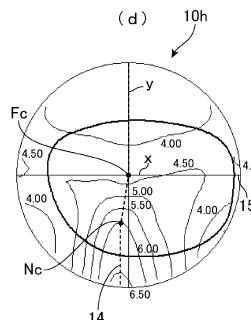
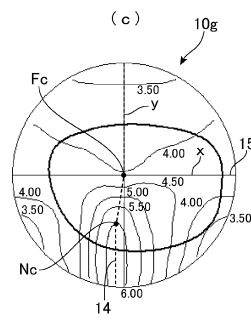
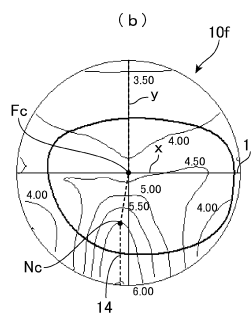
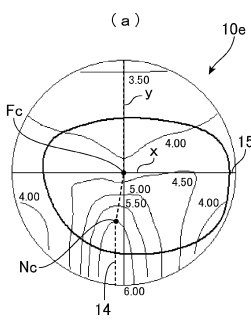
【図30】



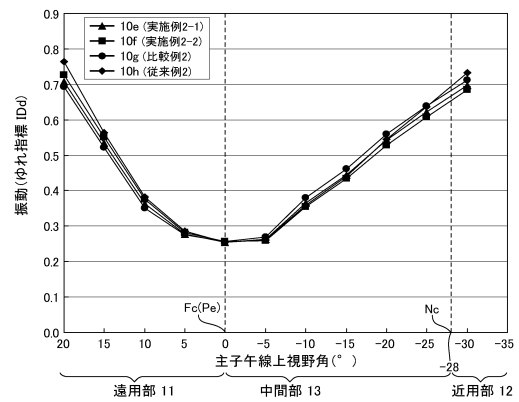
【図31】



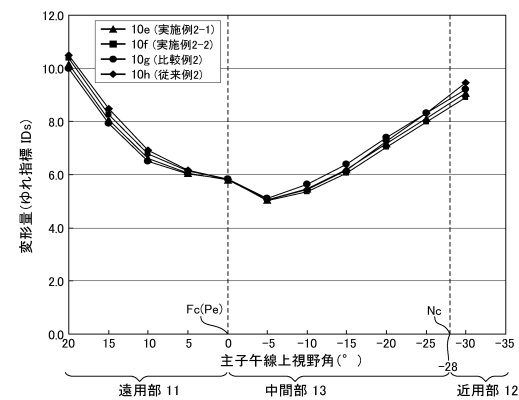
【図32】



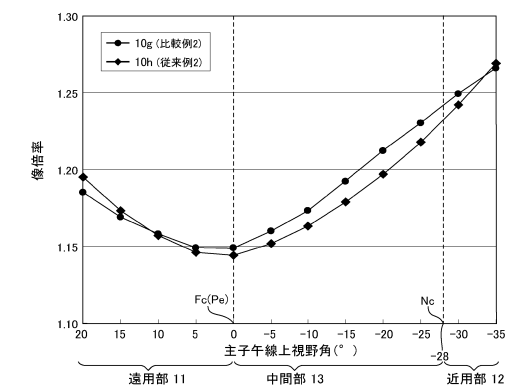
【図33】



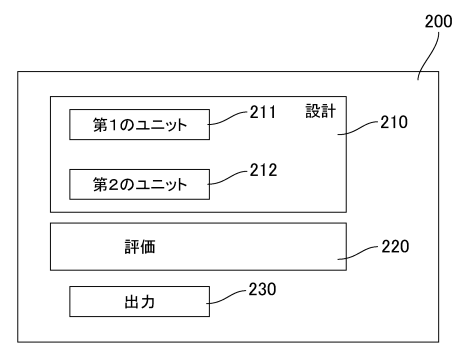
【図34】



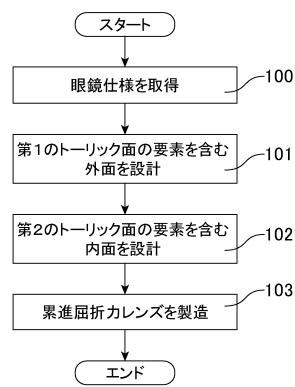
【図 3 5】



【図 3 7】



【図 3 6】



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 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

(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 加賀 唯之

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 特開2006-350381(JP, A)

特開2012-013742(JP, A)

特開2002-372689(JP, A)

国際公開第2010/083860(WO, A1)

特開2012-220655(JP, A)

特開2012-173595(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02C 7/06