

(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.

G02C 7/06 (2006.01)

F 1

G 02 C 7/06

請求項の数 5 (全 33 頁)

(21) 出願番号 特願2012-86221 (P2012-86221)  
 (22) 出願日 平成24年4月5日 (2012.4.5)  
 (65) 公開番号 特開2013-218004 (P2013-218004A)  
 (43) 公開日 平成25年10月24日 (2013.10.24)  
 審査請求日 平成27年2月20日 (2015.2.20)

(73) 特許権者 313001099  
 イーエイチエス レンズ フィリピン インク  
 フィリピンズ カビテ 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  
 (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  $O V P f_1$  が、前記遠用部測定基準点における水平方向の面屈折力  $O H P f_1$  よりも大きく、かつ、前記  $O V P f_1$  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  $O V P n_1$  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  $O V P n_1$  が、前記近用部測定基準点における水平方向の面屈折力  $O H P n_1$  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

10

20

点における垂直方向の面屈折力  $I V P f_1$  、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  $I H P f_1$  、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  $I V P n_1$  、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  $I H P n_1$  、前記  $O V P f_1$  、前記  $O H P f_1$  、前記  $O V P n_1$  、および前記  $O H P n_1$  が、以下の条件を満たす、累進屈折力レンズ。

$$I V P f_1 - I H P f_1 = O V P f_1 - O H P f_1$$

$$I V P n_1 - I H P n_1 = O V P n_1 - O H P n_1$$

ただし、乱視処方を含まず、前記  $I V P f_1$  、  $I H P f_1$  、  $I V P n_1$  および  $I H P n_1$  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  $O V P f_1$  が、前記遠用部測定基準点における水平方向の面屈折力  $O H P f_1$  よりも大きく、かつ、前記  $O V P f_1$  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  $O V P n_1$  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、 $D H f$ 、 $D V f$  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。

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 $OVP_f$ が、遠用部測定基準点における水平方向の面屈折力 $OHP_f$ よりも大きく、かつ、 $OVP_f$ 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 $OVP_n$ 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、 $OVP_n$ が、近用部測定基準点における水平方向の面屈折力 $OHP_n$ 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 $IVP_f$ 、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 $IHP_f$ 、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 $IVP_n$ 、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 $IHP_n$ 、 $OVP_f$ 、 $OHP_f$ 、 $OVP_n$ 、および $OHP_n$ が、以下の条件を満たす。  
 $IVP_f - IHP_f = OVP_f - OHP_f$   
 $IVP_n - IHP_n = OVP_n - OHP_n$   
ただし、乱視処方を含まず、 $IVP_f$ 、 $IHP_f$ 、 $IVP_n$ および $IHP_n$ は絶対値である。

30

## 【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 $OVP_f$ が、遠用部測定基準点における水平方向の面屈折力 $OHP_f$ よりも大きく、かつ、 $OVP_f$ 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 O V P n<sub>1</sub> 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を示す図。 50

を示す図。

【図21】振動（ゆれ指標IDd）を示す図。

【図22】変形量（ゆれ指標IDs）を示す図。

【図23】図23(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23(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24】図24(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24(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25】図25(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25(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26】図26(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26(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27】図27(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27(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27(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27(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28】図28(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28(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28(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28(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29】図29(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29(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29(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29(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30】図30(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30(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30(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30(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31】図31(a)は実施例2-1のレンズの非点収差分布を示す図、図31(b)は実施例2-2のレンズの非点収差分布を示す図、図31(c)は比較例2のレンズの非点収差分布を示す図、図31(d)は従来例2のレンズの非点収差分布を示す図。

【図32】図32(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32(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32(c)は比較例2のレンズの等価球面度数分布を示す図、図32(d)は従来例2のレンズの等価球面度数分布を示す図。

【図33】振動（ゆれ指標IDd）を示す図。

【図34】変形量（ゆれ指標IDs）を示す図。

【図35】像倍率を示す図。

【図36】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37】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。 10

「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。 20

「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。

#### 【0016】

30

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。

#### 【0017】

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対の眼鏡用レンズ10Lおよび10Rと、レンズ10Lおよび10Rをそれぞれ装着した眼鏡フレーム20とを有する。レンズ10Lおよび10Rは、累進屈折力レンズである。レンズ10Lおよび10R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10Lおよび10Rは、それぞれ、物体側の面19Aと、眼球側の面19B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10Rおよび10Lを共通してレンズ10と称する。 40

#### 【0018】

図2(a)は右眼用レンズ10Rを示している。レンズ10Rは、上方に遠用部11を含み、下方に近用部12を含む。さらに、レンズ10Rは、中間部（累進部、累進帯）13を含む。また、レンズ10Rは、主注視線14を含む。レンズ10R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Pe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Peをレンズの座標原点とし、水平基準線15（フィッティングポイントPe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Pe

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。

## 【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  $\pm 10$ 度程度である。

## 【0027】

20

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Rc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に矩形模様50を配置する。

## 【0028】

30

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Rc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°)で表される。

## 【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  $\pm 10$ 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40cmから30cm程度の近距離、中間部13は1mから50cm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2mから3m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+°。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×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×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×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標の1つは振動を示すゆれ指標IDd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IDs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)×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(ゆれ指標)IDdを説明する図である。ゆれ指標IDd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、ゆれ指標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(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、ゆれ指標IDs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標である。すなわち、ゆ

50

れ指標 I D s は、矩形模様 5 0 の全体形状の変形の大きさに相当する。ゆれ指標 I D s は、図 9 および 10 に示すように矩形模様 5 0 の垂直格子線 5 1、垂直格子線 5 2、水平格子線 5 3 及び水平格子線 5 4 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 5 3 および 5 4 の移動量（斜線塗りつぶし部分）を表し、図 10 は垂直格子線 5 1 および 5 2 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 I D s は、ゆれ指標 I D d と同様に、垂直格子線 5 1 及び垂直格子線 5 2 の移動量を合算することで「揺らぎ感」を、水平格子線 5 3 及び水平格子線 5 4 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もつっていた場合、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。

#### 【 0 0 3 9 】

ゆれ指標 I D 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 I D 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、ゆれ指標 I D s として、垂直格子線 5 1、垂直格子線 5 2、水平格子線 5 3 及び水平格子線 5 4 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 5 0 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。

#### 【 0 0 4 0 】

ゆれ指標 I D d および I D 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 I D 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 I D s を「変形量」と表現することがある。

#### 【 0 0 4 1 】

以降において、振動に関する指標 I D d は、中心の水平格子線 5 3 を含むすべての水平格子線 5 3 および 5 4 の勾配の変化量（水平方向成分）と、中心の垂直格子線 5 1 を含むすべての垂直格子線 5 1 および 5 2 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 I D 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。

#### 【 0 0 4 2 】

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、I D 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。

#### 【 0 0 4 3 】

以降において、変形量に関する指標 I D s は、中心の水平格子線 5 3 を含むすべての水平格子線 5 3 および 5 4 の変動面積と、中心の垂直格子線 5 1 を含むすべての垂直格子線 5 1 および 5 2 の変動面積との合算値である。

#### 【 0 0 4 4 】

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 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。

10

20

30

40

50

## 【0045】

## 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OVPf<sub>1</sub>が、遠用部測定基準点Fcにおける水平方向の面屈折力OHPf<sub>1</sub>よりも大きく、かつ、OVPf<sub>1</sub>が近用部測定基準点Ncにおける垂直方向の面屈折力OVPn<sub>1</sub>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。

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

$$OVPf_1 \quad OVPn_1 \dots (1b)$$

## 【0046】

10

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。

## 【0047】

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。

## 【0048】

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OVPfが、当該点yにおける水平方向の面屈折力OHPfよりも大きく、かつ、OVPf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OVPn以上である。すなわち、外面19Aは以下の条件を満たす。

20

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

$$OVPf \quad OVPn \dots (1ba)$$

## 【0049】

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。

## 【0050】

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。

## 【0051】

30

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OVPn<sub>1</sub>と水平方向の面屈折力OHPn<sub>1</sub>とに関する以下の条件を含むことが望ましい。

$$OVPn_1 \quad OHPn_1 \dots (1c)$$

## 【0052】

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。

40

$$OVPn_1 > OHPn_1 \dots (1c')$$

## 【0053】

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OVPnと、当該点xにおける水平方向の面屈折力OHPnとに関する以下の条件を含むことが望ましい。

$$OVPn \quad OHPn \dots (1ca)$$

## 【0054】

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。

$$OVP_n > OHP_n \dots (1ca')$$

#### 【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 (1aa)、(1ba) および (1ca) 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 TF1 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 TF2 を含む。第 2 のトーリック面の要素 TF2 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  $IVP_f$ 、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  $IHP_f$ 、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  $IVP_n$ 、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  $IHP_n$  について以下の条件を含む。

$$IVP_f - IHP_f = OVP_f - OHP_f \dots (2a)$$

$$IVP_n - IHP_n = OVP_n - OHP_n \dots (2b)$$

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は含まない。以下においても同様である。また、面屈折力  $IVP_f$ 、 $IHP_f$ 、 $IVP_n$  および  $IHP_n$  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  $IVP_f$ 、当該点 y に対応する点における水平方向の面屈折力  $IHP_f$ 、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  $IVP_n$ 、当該点 x に対応する点における水平方向の面屈折力  $IHP_n$  について以下の条件を含む。

$$IVP_f - IHP_f = OVP_f - OHP_f \dots (2aa)$$

$$IVP_n - IHP_n = OVP_n - OHP_n \dots (2ba)$$

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  $IVP_f$ 、 $IHP_f$ 、 $IVP_n$  および  $IHP_n$  は絶対値である。

#### 【0058】

なお、条件 (2a)、(2b)、(2aa) および (2ba) 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 (2aa) および (2ba) は以下のように記載される。

$$IVP_f - IHP_f =$$

$$OVP_f / (1 - t / n \times OVP_f) - OHP_f / (1 - t / n \times OHP_f) \dots (2aa')$$

$$IVP_n - IHP_n =$$

$$OVP_n / (1 - t / n \times OVP_n) - OHP_n / (1 - t / n \times OHP_n) \dots (2ba')$$

10

20

30

40

50

· · · ( 2 b a ' )

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。

【 0 0 5 9 】

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 )  $V P ( y )$  および水平方向の透過屈折力 ( 度数 )  $H P ( y )$  は、視線 2 がレンズ 10 の各面 19 A および 19 B に対して垂直であるとすると以下の式により近似的に得られる。

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

$$H P ( y ) = O H P ( y ) - I H P ( y ) \cdots ( 4 )$$

【 0 0 6 0 】

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 ( シエイプファクター ) 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 ( 3 a ) および式 ( 4 a ) となる。

$$V P ( y ) = O V P ( y ) / ( 1 - t / n * O V P ( y ) ) - I V P ( y ) \cdots ( 3 a )$$

$$H P ( y ) = O H P ( y ) / ( 1 - t / n * O H P ( y ) ) - I H P ( y ) \cdots ( 4 a )$$

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。  $O V P ( y )$  は主注視線 14 に沿った垂直方向の面屈折力、  $I V P ( y )$  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、  $O H P ( y )$  は、主注視線 14 に沿った水平方向の面屈折力、  $I H P ( y )$  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 19 A および内面 19 B 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 19 A の  $y$  座標および内面 19 B の  $y$  座標として適用することが好ましい。

【 0 0 6 1 】

また、主注視線 14 以外の領域においては、レンズ 10 の各面 19 A および 19 B 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 ( 2 a a ) および ( 2 b a ) 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、レンズ厚みが充分に小さい薄肉レンズを例に本発明をさらに説明する。

【 0 0 6 2 】

2.1 実施例 1 - 1

図 11 ( a ) および図 11 ( 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、実施例 1 - 1 のレンズ 10 a を設計した。実施例 1 - 1 のレンズ 10 a は、内面 19 B 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 14 mm 、処方度数 ( 遠用度数、  $S p h$  ) が 0.00 D 、加入度数 (  $A d d$  ) が 2.00 D である。なお、実施例 1 - 1 のレンズ 10 a の直径は 65 mm であり、乱視度数は含まれていない。実施例 1 - 1 のレンズ 10 a 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 10 a は、内外面にトーリック面の要素を含む。

【 0 0 6 3 】

図 11 ( a ) には、実施例 1 - 1 のレンズ 10 a 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 ( 表面屈折力 )  $O H P ( y )$  を破線で示し、垂直方向の面屈折力 ( 表面屈折力 )  $O V P ( y )$  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。

【 0 0 6 4 】

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

10

20

30

40

50

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  $OVP_f$  と近用部測定基準点  $N_c$  の垂直方向の面屈折力  $OVP_n$  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  $OHP_f$  は 3.0 (D) で、 $OVP_f$  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、 $OHP_n$  は  $OVP_n$  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、 $IVP_f$  と  $IHP_f$  との差は 3.0 (D)、 $IVP_n$  と  $IHP_n$  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  $OVP_f$ 、中間部 13 の垂直方向の面屈折力  $OVP_m$  および近用部 12 の垂直方向の面屈折力  $OVP_n$  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  $OVP_f$ 、 $OVP_m$  および  $OVP_n$  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  $IVP_f$  は 6.0 (D) であり、中間部 13 の垂直方向の面屈折力  $IVP_m$  は累進的に減少し、近用部 12 の垂直方向の面屈折力  $IVP_n$  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  $IVP_f$ 、 $IVP_m$  および  $IVP_n$  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】

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OVPf<sub>1</sub>は6.0(D)で、近用部測定基準点Ncの垂直方向の面屈折力OVPn<sub>1</sub>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OHPf<sub>1</sub>は3.0(D)で、OVPf<sub>1</sub>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、OHPn<sub>1</sub>はOVPn<sub>1</sub>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、IVPf<sub>1</sub>とIHPf<sub>1</sub>との差は3.0(D)、IVPn<sub>1</sub>とIHPn<sub>1</sub>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。

10

20

#### 【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OVPfは6.0(D)であり、中間部13の垂直方向の面屈折力IVPmは累進的に減少し、近用部12の垂直方向の面屈折力IVPn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OHPf、中間部13の垂直方向の面屈折力OHPmおよび近用部12の垂直方向の面屈折力OHPn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OVPfが水平方向の面屈折力OHPfに対し3.0(D)大きく、近用部12では垂直方向の面屈折力OVPnが水平方向の面屈折力OHPn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'))。

30

#### 【0076】

内面19Bでは、遠用部11の垂直方向の面屈折力IVPfは6.0(D)であり、中間部13の垂直方向の面屈折力IVPmは累進的に減少し、近用部12の垂直方向の面屈折力IVPn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IHPfは3.0(D)であり、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。

40

#### 【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IVPfが水平方向の面屈折力IHPfに対し3.0(D)大きく、近用部12では垂直方向の面屈折力IVPnが水平方向の面屈折力IHPn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】

50

### 2.3 比較例 1

図13(a)および図13(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、比較例1のレンズ10cを設計した。比較例1のレンズ10cは、外面19Aおよび内面19B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10cは、遠用部測定基準点Fcにおける垂直方向の面屈折力OVP<sub>f</sub>よりも近用部測定基準点Ncにおける垂直方向の面屈折力OVP<sub>n</sub>が大きい。したがって、上記式(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10cの外面19A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19Bは外面19A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TF2は含まない。

#### 【0080】

具体的には、遠用部測定基準点Fcにおける水平方向の面屈折力OHP<sub>f</sub>は3.0(D)で、垂直方向の面屈折力OVP<sub>f</sub>よりも3.0(D)小さく式(1a)を満たすが、面屈折力OVP<sub>f</sub>は6.0(D)で、近用部測定基準点Ncの垂直方向の面屈折力OVP<sub>n</sub>(8.0(D))よりも小さく、式(1b)を満たさない。しかしながら、近用部測定基準点Ncにおいては、OHP<sub>n</sub>はOVP<sub>n</sub>よりも5.0(D)小さく、式(1c')を満たし、内面19Bにおいても、遠用部測定基準点Fcおよび近用部測定基準点Ncに対応する点におけるIVP<sub>f</sub>とIHP<sub>f</sub>との差は3.0(D)、IVP<sub>n</sub>とIHP<sub>n</sub>との差は5.0(D)であり、式(2a)および(2b)を満たす。外面19Aおよび内面19B、遠用部測定基準点Fcおよび近用部測定基準点Nc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10cの外面19Aの主注視線14に沿った遠用部11の面屈折力をみると、外面19Aの遠用部11の垂直方向の面屈折力OVP<sub>f</sub>は6.0(D)であり、中間部13の垂直方向の面屈折力OVP<sub>m</sub>は増大し、近用部12の垂直方向の面屈折力I<sub>VP</sub><sub>n</sub>は8.0(D)である。外面19Aの遠用部11の水平方向の面屈折力OHP<sub>f</sub>、中間部13の垂直方向の面屈折力OHP<sub>m</sub>および近用部12の垂直方向の面屈折力OHP<sub>n</sub>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OVP<sub>f</sub>が水平方向の面屈折力OHP<sub>f</sub>に対し3.0(D)大きく、近用部12では垂直方向の面屈折力OVP<sub>n</sub>が水平方向の面屈折力OHP<sub>n</sub>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(1aa)および(1ca')は満たすが、式(1ba)は満たさない。

#### 【0082】

内面19Bでは、遠用部11の垂直方向の面屈折力IVP<sub>f</sub>、中間部13の垂直方向の面屈折力IVP<sub>m</sub>、近用部12の垂直方向の面屈折力IVP<sub>n</sub>は6.0(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。遠用部11の水平方向の面屈折力IHP<sub>f</sub>は3.0(D)であり、中間部13の水平方向の面屈折力IHP<sub>m</sub>は累進的に減少し、近用部12の水平方向の面屈折力IHP<sub>n</sub>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。

#### 【0083】

レンズ10cの内面19B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IVP<sub>f</sub>が水平方向の面屈折力IHP<sub>f</sub>に対し3.0(D)大きく、近用部12では垂直方向の面屈折力IVP<sub>n</sub>が水平方向の面屈折力IHP<sub>n</sub>に対して5.0(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(2aa)および(2ba)を満たす。

10

20

30

40

50

## 【0084】

## 2.4 従来例1

図14(a)および図14(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、従来例1のレンズ10dを設計した。従来例1のレンズ10dは、外面19Aが球面で内面19B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14(a)および図14(b)の表記は図11(a)および図11(b)と共通である。

## 【0085】

従来例1のレンズ10dは、外面19Aの垂直方向の面屈折力OVPf、OVPmおよびOVPnが水平方向の面屈折力OHPf、OHPmおよびOHPnに等しく3.0(D)である。内面19Bの垂直方向の面屈折力IVPf、IVPmおよびIVPnは、水平方向の面屈折力IHf、IHmおよびIHPnにそれぞれ等しく、遠用部11の面屈折力は3.0(D)、近用部12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10dの外面19Aおよび内面19Bはトーリック面を含まない。

## 【0086】

## 2.5 評価

図15(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10a～10dの外面19Aの面非点収差分布をそれぞれ示し、また、図16(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10a～10dの外面19A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。

$$ESP = (OHP + OVP) / 2 \dots (5)$$

ここで、OHPは物体側の面(外面)19A上の任意の点における水平方向の面屈折力、OVPは物体側の面(外面)19Aにおける垂直方向の面屈折力である。

## 【0087】

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Pe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14を示している。以下に示す図においても同様である。

## 【0088】

図17(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10a～10dの内面19Bの面非点収差分布を示し、図18(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10a～10dの内面19Bの等価球面面屈折力分布を示す。

## 【0089】

図19(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10a～10d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20(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10a～10d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20(a)～(d)には、遠用部測定基準点Fcおよび近用部測定基準点Ncを参考のため示してある。

## 【0090】

図15(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19A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17(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19Bはトーリック面の要素を含み、図17(d)に示した従来例1の内面19B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19(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 19A および内面 19B 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 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 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 10a ~ 10c において、外面 19A 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 19B に導入することにより、図 20 (d) に示す従来例 1 のレンズ 10d 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 10a ~ 10d 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  $ID_d$  を示し、図 22 は変形量に関する指標  $ID_s$  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  $ID_d$  とし、各レンズ 10a ~ 10d 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 10a ~ 10d 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 19A 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  $ID_s$  として、各レンズ 10a ~ 10d 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  $ID_s$  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 10a および 10b 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 10d より小さい。したがって、実施例 1-1 および 1-2 のレンズ 10a および 10b 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 10c 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 にかけては、指標  $ID_d$  および  $ID_s$  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 10c では、像のゆれの改善が得られにくいことがわかった。

#### 【0097】

40

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。

#### 【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。

10

### 【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。

20

### 【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OVPf<sub>1</sub>と近用部測定基準点Ncの垂直方向の面屈折力OVPn<sub>1</sub>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OHPf<sub>1</sub>は6.0(D)で、OVPf<sub>1</sub>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OHPn<sub>1</sub>は垂直方向の面屈折力OVPn<sub>1</sub>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、IVPf<sub>1</sub>とIHPf<sub>1</sub>との差は3.0(D)、IVPn<sub>1</sub>とIHPn<sub>1</sub>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。

30

### 【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OVPf、中間部13の面屈折力OVPmおよび近用部12の面屈折力OVPn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OHPf、中間部13の面屈折力OHPmおよび近用部12の面屈折力OHPn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OVPf、OVPmおよびOVPnが水平方向の面屈折力OHPf、OHPmおよびOHPn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。

40

### 【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IVPfは5.0(D)、中間部13の面屈折力IVPmは累進的に減少し、近用部12の面屈折力IVPn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IHPfは2.0(D)、中間部13の面屈折力IHPmは累進的に減少し、近用部12の面屈折力IHPnは0.0

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 (2a a) および (2b a) 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 10 共通である。

【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 OVPf<sub>1</sub> は 9.0 (D) で、近用部測定基準点 Nc の垂直方向の面屈折力 OVPn<sub>1</sub> 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<sub>1</sub> は 6.0 (D) で、OVPf<sub>1</sub> 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、OHPn<sub>1</sub> は OVPn<sub>1</sub> 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、IVPf<sub>1</sub> と IH Pf<sub>1</sub> との差は 3.0 (D)、IVPn<sub>1</sub> と IH Pn<sub>1</sub> 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 OVPf は 9.0 (D)、中間部 13 の面屈折力 IVPm は累進的に減少し、近用部 12 の面屈折力 IVPn 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 OVPf 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 OVPn 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 (1a a)、(1b a) および (1c a') 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 IVPf は 5.0 (D)、中間部 13 の面屈折力 IVPm は累進的に減少し、近用部 12 の面屈折力 IVPn 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 IH Pf は 2.0 (D)、中間部 13 の面屈折力 IH Pm は累進的に減少し、近用部 12 の面屈折力 IH Pn 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 (2a a) および (2b a) 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10gを設計した。比較例2のレンズ10gは、外面19Aおよび内面19B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10gは、遠用部測定基準点Fcにおける垂直方向の面屈折力OVPf<sub>1</sub>よりも近用部測定基準点Ncにおける垂直方向の面屈折力OVPn<sub>1</sub>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10g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TF1および第2のトーリック面の要素TF2は含まない。

10

#### 【0111】

具体的には、遠用部測定基準点Fcにおける水平方向の面屈折力OHPf<sub>1</sub>は6.0(D)で、OVPf<sub>1</sub>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Fcにおける垂直方向の面屈折力OVPf<sub>1</sub>は9.0(D)で、近用部測定基準点Ncの垂直方向の面屈折力OVPn<sub>1</sub>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Ncにおいては、OHPn<sub>1</sub>はOVPn<sub>1</sub>よりも5.0(D)小さく、式(1c')を満たす。内面19Bにおいては、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、IVPf<sub>1</sub>とIHPf<sub>1</sub>との差は3.0(D)、IVPn<sub>1</sub>とIHPn<sub>1</sub>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19Aは第1のトーリック面の要素TF1を含まないが、外面19Aおよび内面19B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10gの主注視線14に沿った面屈折力では、外面19Aの垂直方向の面屈折力は、遠用部11の面屈折力OVPfは9.0(D)、中間部13の面屈折力OVPmは累進的に増大し、近用部12の面屈折力OVPnは11.0(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OHPf、中間部13の面屈折力OHPmおよび近用部12の面屈折力OHPnが一定で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OVPfが水平方向の面屈折力OHPfに対し3.0(D)大きく、近用部12では垂直方向の面屈折力OVPnが水平方向の面屈折力OHPn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(1aa)および(1ca')は満たすが、式(1ba)は満たさない。

30

#### 【0113】

内面19Bの垂直方向の面屈折力は、遠用部11の面屈折力IVPf、中間部13の面屈折力IVPmおよび近用部12の面屈折力IVPnが5.0(D)と一定であり、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IHPfは2.0(D)、中間部13の面屈折力IHPmは累進的に減少し、近用部12の面屈折力IHPn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。

40

#### 【0114】

レンズ10g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IVPfが水平方向の面屈折力IHPfに対し3.0(D)大きく、近用部12では垂直方向の面屈折力IVPnが水平方向の面屈折力IHPnに対して5.0(D)大きい。したがって、式(2aa)および(2ba)を満足し、内面19Bに形成されたトーリック面は、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。

#### 【0115】

##### 3.4 従来例2

図26(a)および図26(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、従来例2のレンズ10hを設計した。従来例2のレンズ10hは、外面19Aが球面で内面19B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10hは、外面19Aの垂直方向の面屈折力OVPf、OVPmおよびOVPnが水平方向の面屈折力OHPf、OHPmおよびOHPnに等しく6.0(D)である。内面19Bの垂直方向の面屈折力IVPf、IVPmおよびIVPnは、水平方向の面屈折力IHf、IHmおよびIHn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10hの外面19Aおよび内面19Bはトーリック面を含まない。

#### 【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10e~10hの外面19A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10e~10hの外面19A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10e~10hの内面19B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10e~10hの内面19Bの等価球面面屈折力分布を示す。

#### 【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10e~10h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10e~10h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19A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19B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10h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10e~10gが得られる。等価球面度数分布においても同様である。

#### 【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10e~10h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10eおよび10f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IDdおよび指標IDSが従来例1のレンズ10h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10eおよび10f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。

#### 【0122】

比較例2のレンズ10gについては、遠用部11において指標IDdおよび指標IDS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IDdおよびIDS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10g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19Aおよび内面19Bにトーリック面の要素を導入す

10

20

30

40

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。

#### 【0124】

さらに、内外面にトーリック面の要素を持つレンズ10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10の水平方向（横方向、左右方向）に長い橢円形（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10は、大きな眼鏡フレーム20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。10

#### 【0125】

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。

#### 【0126】

図35に、光線追跡法により求めた、比較例2のレンズ10gおよび従来例2のレンズ10hの主注視線14上の像倍率を示している。比較例2のレンズ10gの像倍率は、主注視線14上の遠用部11の下側から近用部12に至る広い範囲において、従来例2のレンズ10hの像倍率よりも大きくなっている。特に、中間部13の全域から近用部12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13から近用部12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。20

#### 【0127】

比較例1および比較例2のレンズ10は、遠用部測定基準点Fcおよび近用部測定基準点Ncにおいて以下の条件を満たす。

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

$$OVPn_1 > OVPf_1 \dots (1d)$$

$$OVPn_1 > OHPn_1 \dots (1c)$$

$$OVPn_1 > OHPn_1 \dots (1c')$$

$$IVPf_1 - IH Pf_1 = OVPf_1 - OHPf_1 \dots (2a)$$

$$IVPn_1 - IH Pn_1 = OVPn_1 - OHPn_1 \dots (2b)$$

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。

#### 【0128】

なお、比較例1および比較例2の主注視線14に沿った面は以下の条件を満たす。

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

$$OVPn > OVPf \dots (1da)$$

$$OVPn > OHPn \dots (1ca)$$

$$OVPn > OHPn \dots (1ca')$$

$$IVPf - IH Pf = OVPf - OHPf \dots (2aa)$$

$$IVPn - IH Pn = OVPn - OHPn \dots (2ba)$$

#### 【0129】

図36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100においてユーザーの眼鏡仕様を取得すると、ステップ101において、条件(1a)～(1c)を満たす第1のトーリック面の要素TF1を含む外面（物体側の面）19Aを設計する。第1のトーリック面の要素TF1は、条件(1c')を含むことが望ましい。

#### 【0130】

10

20

30

40

50

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、眼鏡仕様に基づきレンズ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できる。また、レンズの肉厚が大きい場合にはシェーブ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】

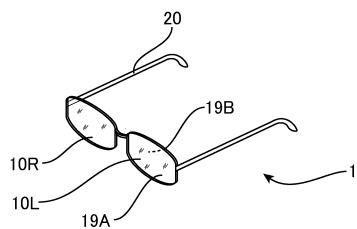
1 眼鏡、10、10L、10R レンズ

11 遠用部、12 近用部、13 中間部(累進部)

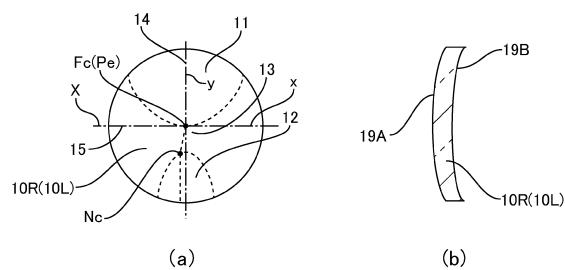
19A 物体側の面、19B 眼球側の面

20 フレーム

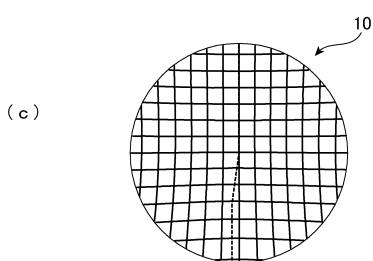
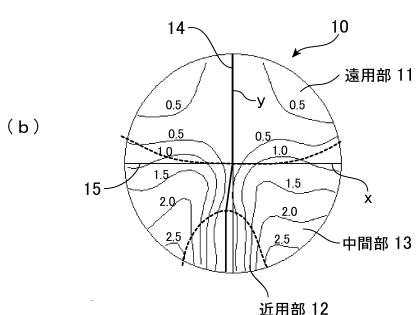
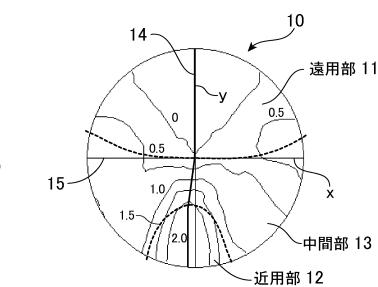
【図1】



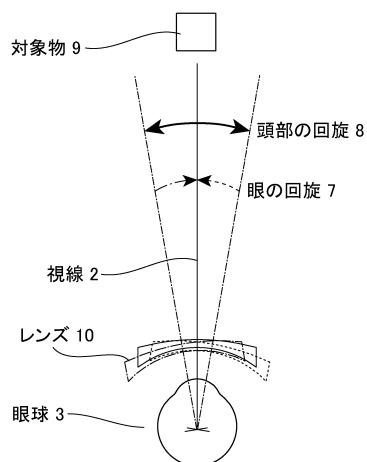
【図2】



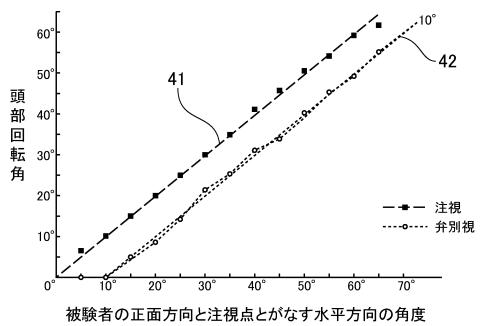
【図3】



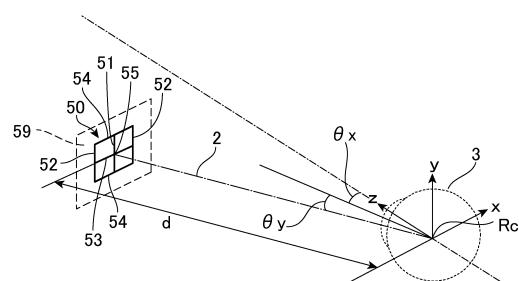
【図4】



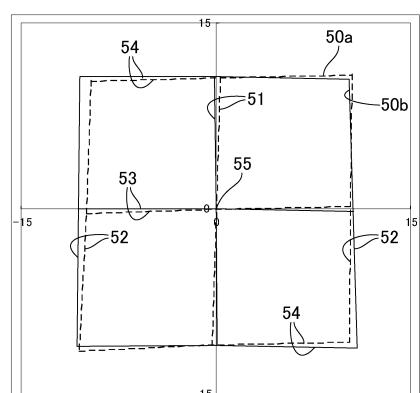
【図5】



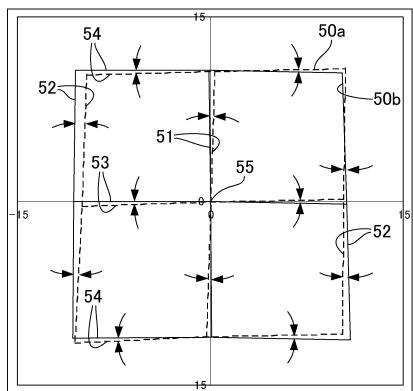
【図6】



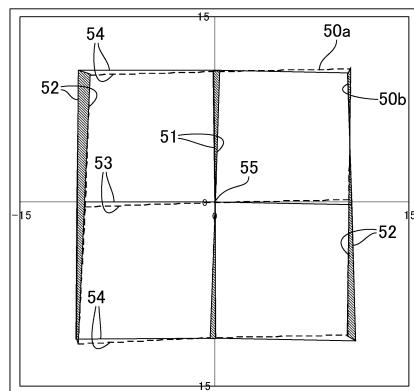
【図7】



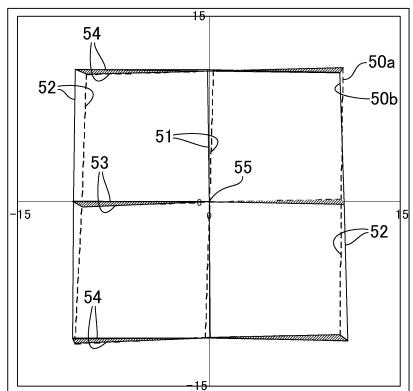
【図8】



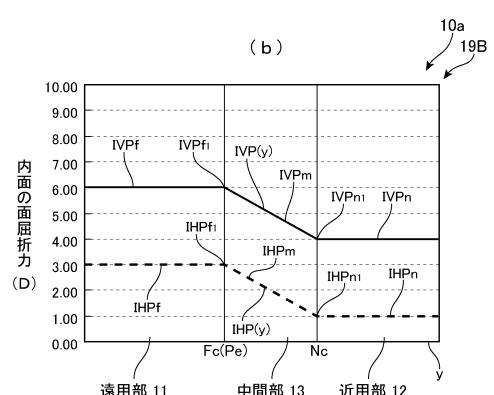
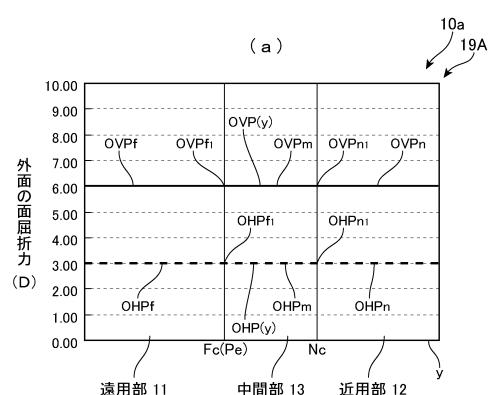
【図10】



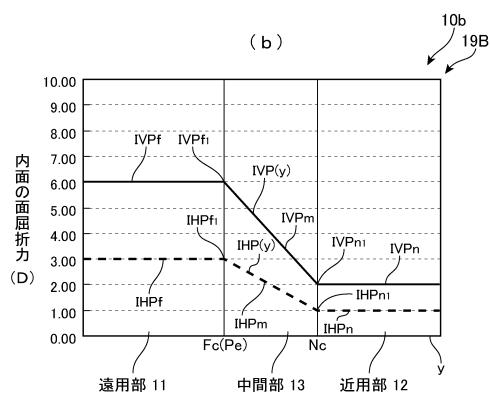
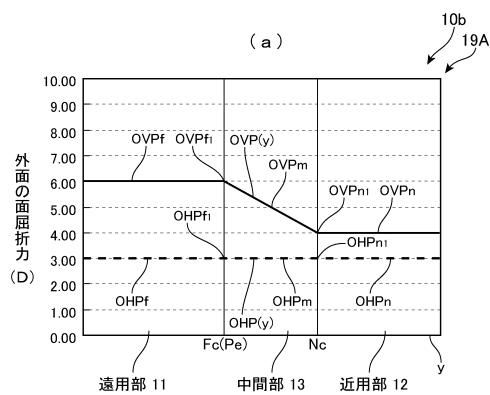
【図9】



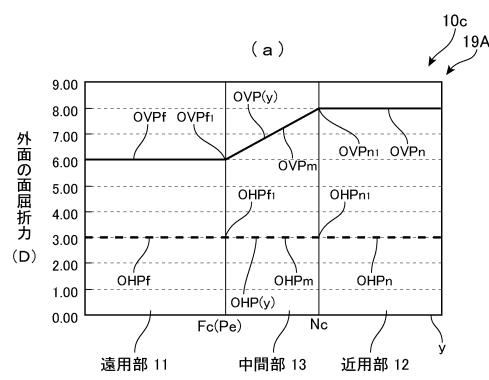
【図11】



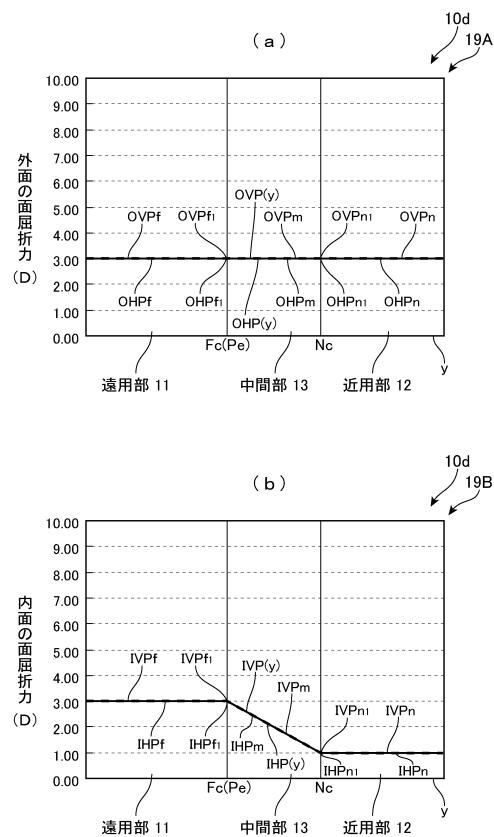
【図12】



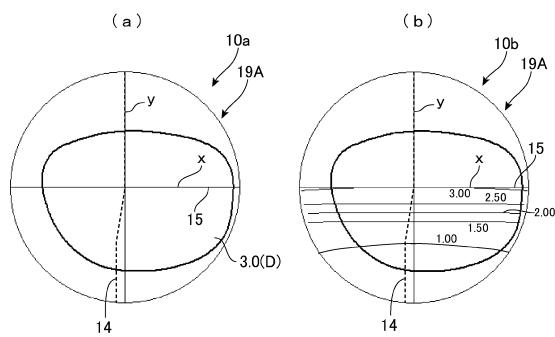
【図13】



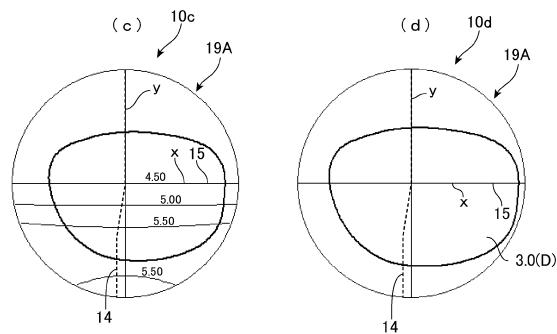
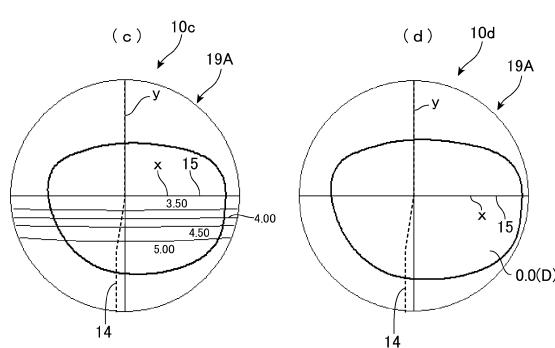
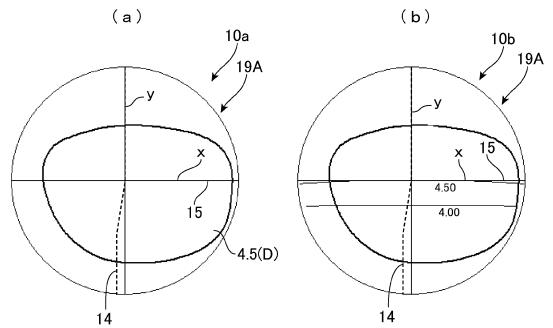
【図14】



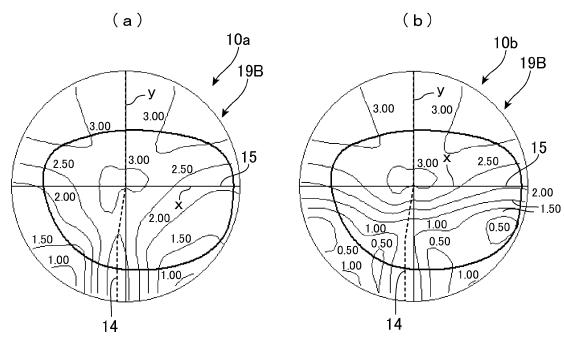
【図15】



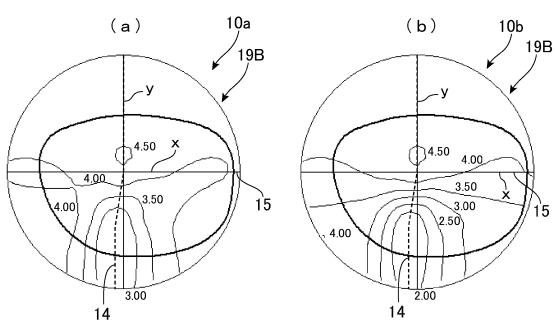
【図16】



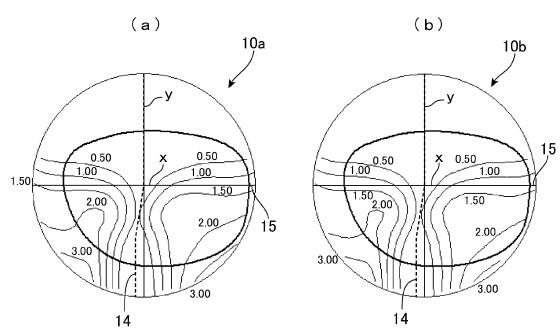
【図17】



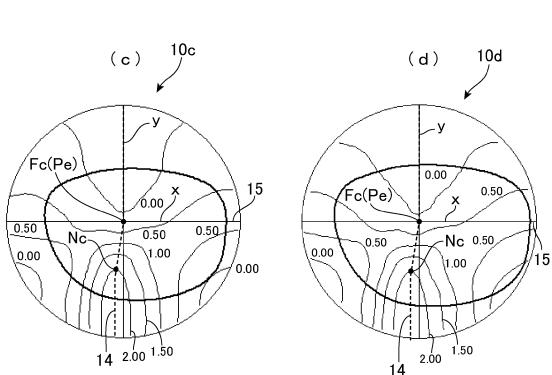
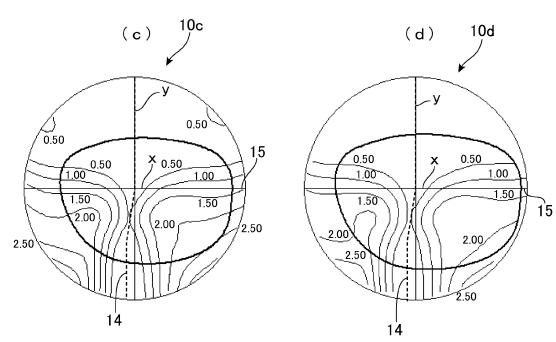
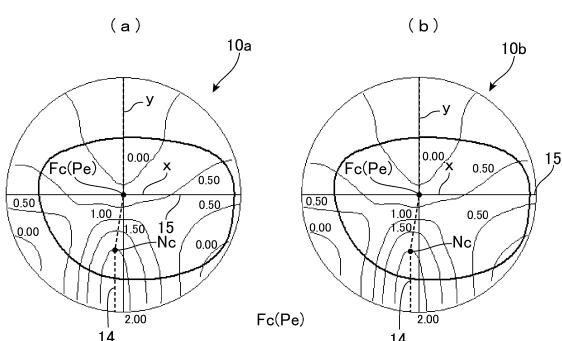
【図18】



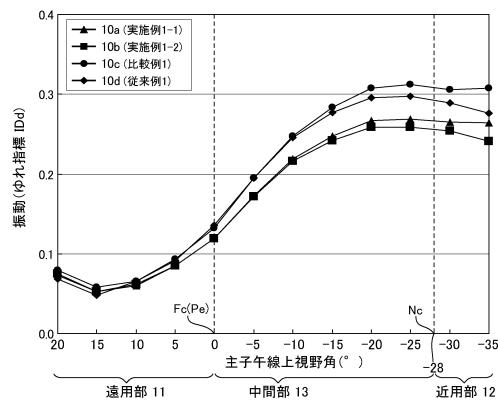
【図19】



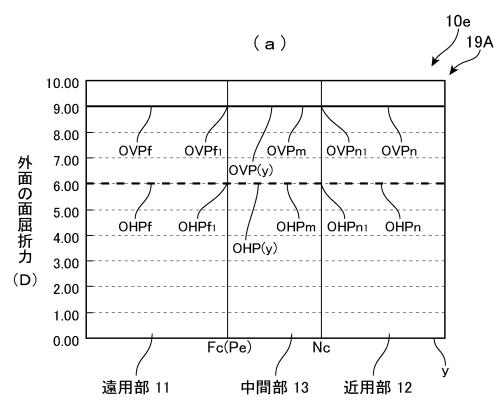
【図20】



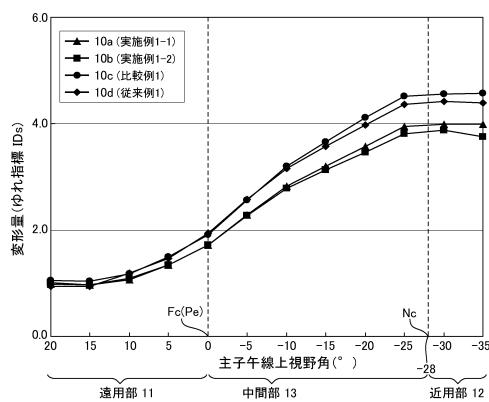
【図21】



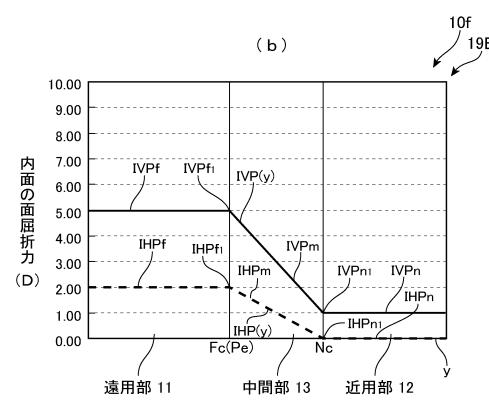
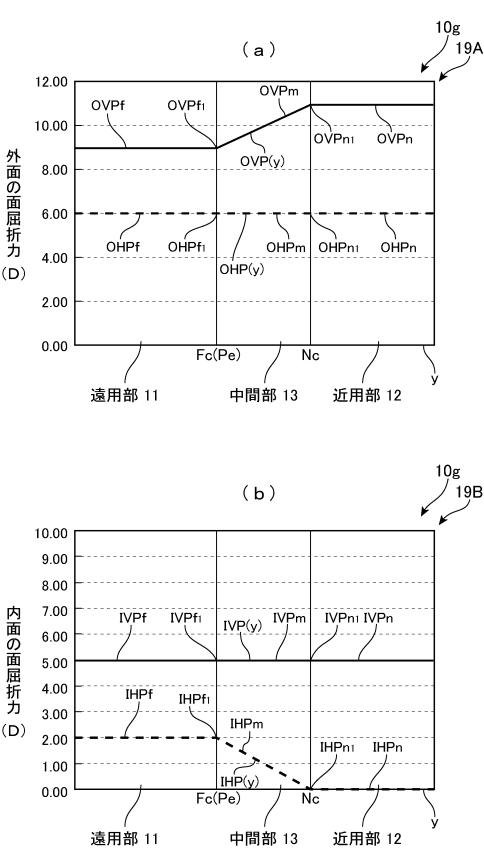
【図23】



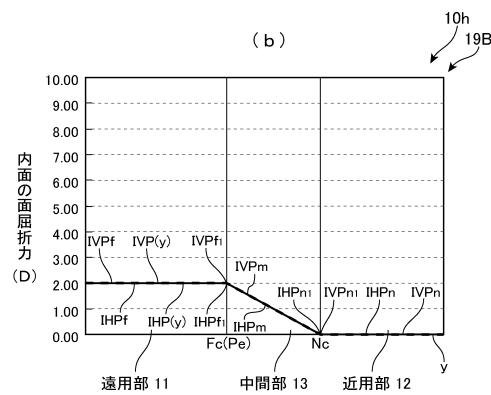
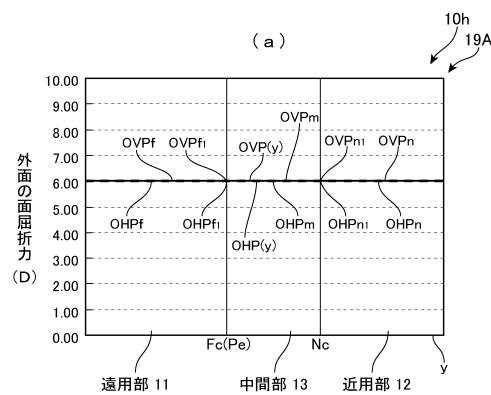
【図22】



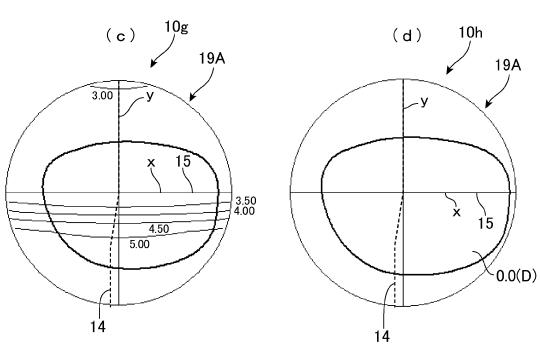
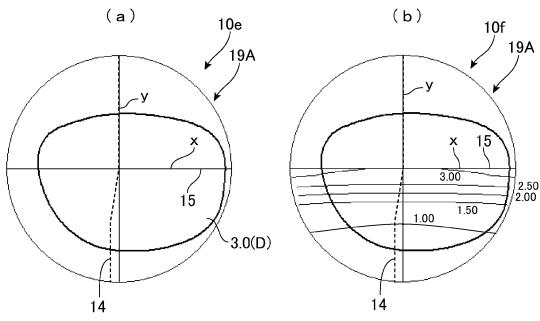
【図25】



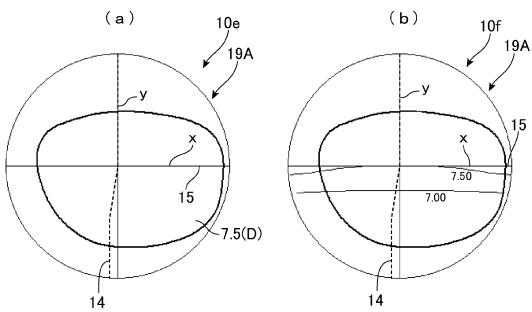
【図26】



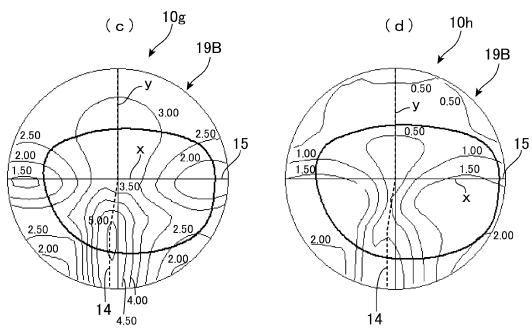
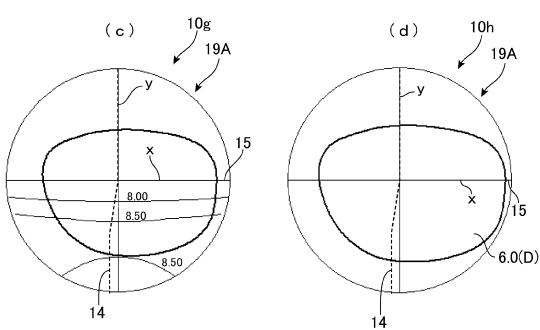
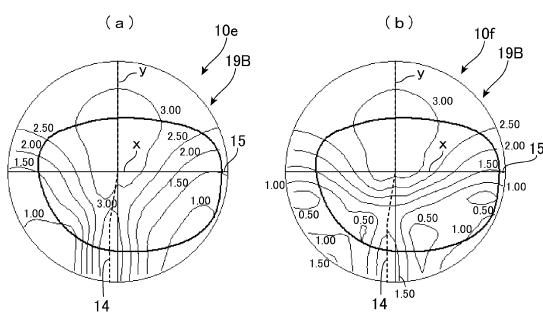
【図27】



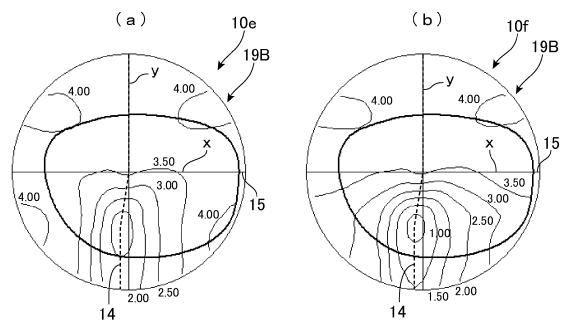
【図28】



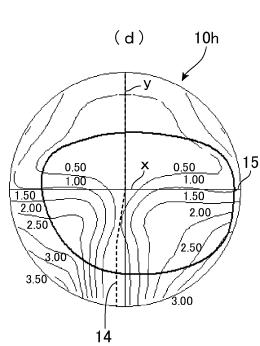
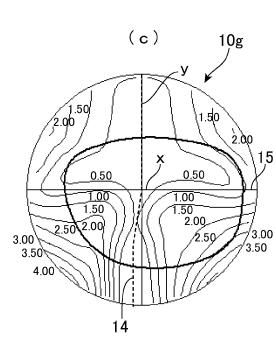
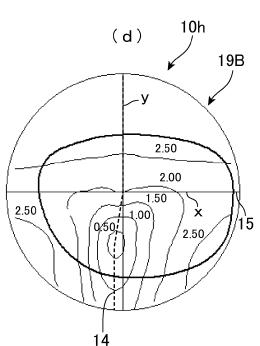
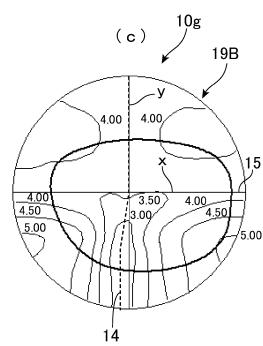
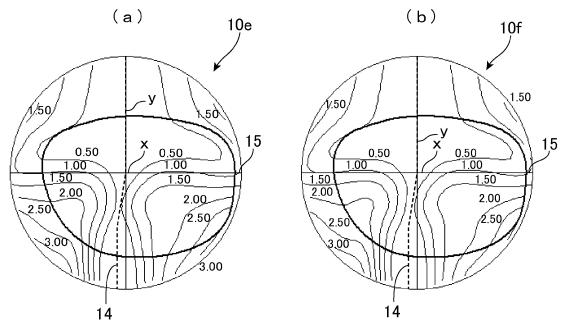
【図29】



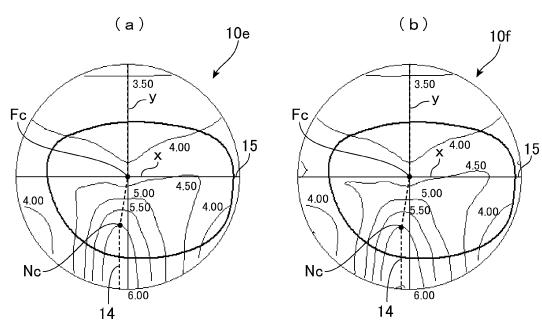
【図30】



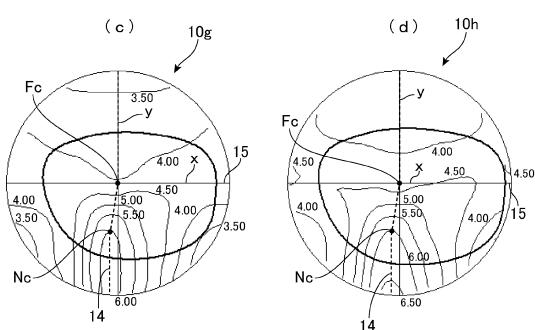
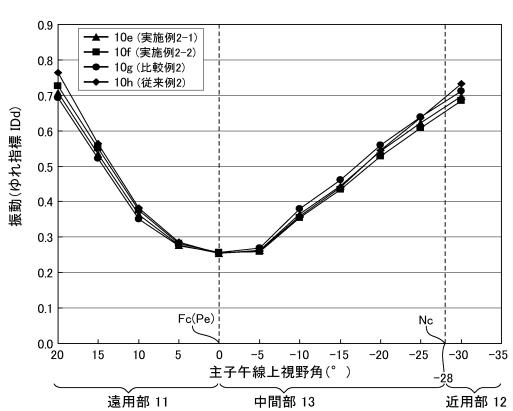
【図31】



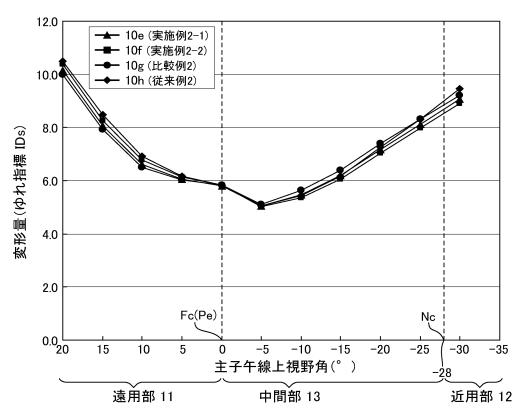
【図32】



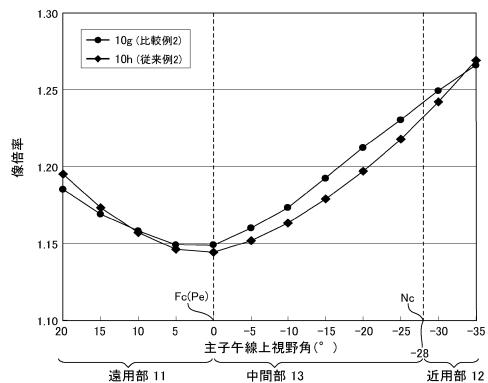
【図33】



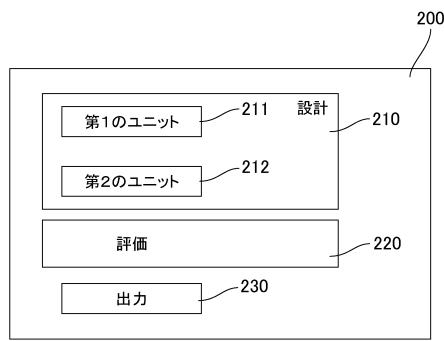
【図34】



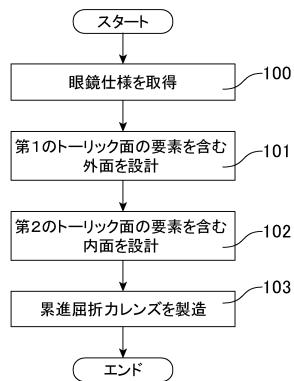
【図35】



【図37】



【図36】



---

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