(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4722841号
(P4722841)
(45)発行日　平成23年7月13日(2011.7.13)　(24)登録日　平成23年4月15日(2011.4.15)

(51)Int.Cl.		F I		
G02C 7/06	(2006.01)	G02C	7/06	
G02C 13/00	(2006.01)	G02C	13/00	
G06F 17/50	(2006.01)	G06F	17/50	680A

請求項の数 13　(全 17 頁)

(21)出願番号　特願2006-517262 (P2006-517262)
(86)(22)出願日　平成16年6月15日 (2004.6.15)
(65)公表番号　特表2007-520731 (P2007-520731A)
(43)公表日　平成19年7月26日 (2007.7.26)
(86)国際出願番号　PCT/US2004/018913
(87)国際公開番号　WO2005/006058
(87)国際公開日　平成17年1月20日 (2005.1.20)
審査請求日　平成19年6月14日 (2007.6.14)
(31)優先権主張番号　10/606,391
(32)優先日　平成15年6月26日 (2003.6.26)
(33)優先権主張国　米国(US)

(73)特許権者　505425373
エシロール　アンテルナシオナル　(コンパニー　ジェネラレ　ドプテイク)
フランス国　シャラントン　ル　ポン　リュー　ド　パリ　147
(74)代理人　100106002
弁理士　正林　真之
(72)発明者　ベンジャミン　シー　ウーリー
アメリカ合衆国　ヴァージニア州　ロアノーク　エルク　ヒル　ドライブ　5115
審査官　堀井　康司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】累進加入レンズの設計方法

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
累進加入レンズの製造方法であって、
ａ）累進加入面を記述するステップ、および、
ｂ）下記の式のメリット関数を用いて前記面を最適化するステップ、を含み、
【数１】

$$MF = MF_{blur} + MF_{power} + MF_{other}$$

ここにおいて、
MF_{blur}は、次式とともに像の不鮮明さを制御するメリット関数であり、
【数２】

$$MF_{blur} = \sum_{\theta_x}\sum_{\theta_y} Wrms_{\theta_x,\theta_y}\left(RMS_{\theta_x,\theta_y}\right)^2$$

ここで、
θ_xは、水平方向の眼球回転角度であり、
θ_yは、垂直方向の眼球回転角度であり、
RMS_{θ_x,θ_y}は、眼のレンズの像において計算されたＲＭＳスポットサイズで

あり、

$Wrms_{\theta x, \theta y}$は、視野位置に対する重み付けであり、

MF_{power}は、次式とともに平均球面屈折力を制御するメリット関数であり、

【数３】

$$MF_{power} = \sum_{\theta_x}\sum_{\theta_y} W\phi_{\theta_x,\theta_y}\cdot\left(\Phi_{\theta_x,\theta_y} - P_{\theta_x,\theta_y}\right)^2$$

ここで、

$P_{\theta x, \theta y}$は、所望の球面屈折力であり、

θ_xとθ_yは、眼球回転角度であり、

$\Phi_{\theta x, \theta y}$は、実際の球面屈折力であり、

$W\Phi_{\theta x, \theta y}$は、屈折力誤差に対するその特定の視野点の重み付けであり、

MF_{other}は、外面および製造可能性に対する制約を制御するメリット関数であり、

前記最適化した面に従って前記累進加入レンズを製造するステップをさらに含む、累進加入レンズの製造方法。

【請求項２】

請求項１に記載の方法であって、前記面は、連続性、微分連続性、または２次微分連続性の面として記述される、累進加入レンズの製造方法。

【請求項３】

請求項１または２に記載の方法であって、前記面は、下記の等式に従って記述され、

【数４】

$$sag_{x,y} = Delta_{x,y} + \frac{c\cdot r^2}{1+\left[1-(1+k)\cdot c^2\cdot r^2\right]} + \alpha_1\cdot r^2 + \alpha_2\cdot r^4 + \alpha_3\cdot r^6 + \alpha_4\cdot r^8 + \ldots$$

ここで、

ｃは、面曲率であり、

ｒは、前記レンズの光軸からの半径の距離であり、

ｋは、円錐定数であり、

α１，α２，α３，α４は、各々係数であり、

$Delta_{x, y}$は、ｘとｙの関数であるデルタ・サグである、累進加入レンズの製造方法。

【請求項４】

累進加入レンズの製造方法であって、

ａ）少なくとも二つの累進加入面を記述するステップ、および、

ｂ）下記の式のメリット関数を用いて前記面を最適化するステップ、を含み、

【数５】

$$MF = MF_{blur} + MF_{power} + MF_{other}$$

ここにおいて、

MF_{blur}は、次式とともに像の不鮮明さを制御するメリット関数であり、

【数６】

$$MF_{blur} = \sum_{\theta_x}\sum_{\theta_y}\left[Wrms_{\theta_x,\theta_y}\cdot\left(RMS_{\theta_x,\theta_y}\right)^2 + Wast_{\theta_x,\theta_y}\cdot\left(AstF_{\theta_x,\theta_y} - AF_{\theta_x,\theta_y}\right)^2\right] \quad (IX)$$

ここで、

θ_xは、水平方向の眼球回転角度であり、
θ_yは、垂直方向の眼球回転角度であり、
$RMS_{\theta x, \theta y}$は、眼のレンズの像において計算されたＲＭＳスポットサイズであり、
$Wrms_{\theta x, \theta y}$は、視野位置に対する重み付けであり、
$AstF_{\theta x, \theta y}$は、前面からのレンズ面の非点収差、または前面から目によって見られたレンズ全体の非点収差への寄与であり、
$Wast_{\theta x, \theta y}$は、不要な非点収差に置かれた重み付けであり、
MF_{power}は、平均球面屈折力を制御するメリット関数であり、
MF_{other}は、外面および製造可能性に対する制約を制御するメリット関数であり、
前記最適化した面に従って前記累進加入レンズを製造するステップをさらに含む、累進加入レンズの製造方法。

【請求項５】
請求項４に記載の方法であって、前記面は、各々独立した、連続性、微分連続性、または２次微分連続性の面として記述される、累進加入レンズの製造方法。

【請求項６】
請求項４または５に記載の方法であって、前記面は、それぞれ下記の等式に従って記述され、

【数７】

$$sag_{x,y} = Delta_{x,y} + \frac{c \cdot r^2}{1 + \left[1 - (1+k) \cdot c^2 \cdot r^2\right]} + \alpha_1 \cdot r^2 + \alpha_2 \cdot r^4 + \alpha_3 \cdot r^6 + \alpha_4 \cdot r^8 + \ldots$$

ここで、
ｃは、面曲率であり、
ｒは、前記レンズの光軸からの半径の距離であり、
ｋは、円錐定数であり、
α１，α２，α３，α４は、各々係数であり、
$Delta_{x, y}$は、ｘとｙの関数であるデルタ・サグである、累進加入レンズの製造方法。

【請求項７】
請求項４～６のいずれか１項に記載の方法であって、MF_{power}は、

【数８】

$$MF_{power} = \sum_{\theta_x} \sum_{\theta_y} W\phi_{\theta_x,\theta_y} \cdot \left(\Phi_{\theta_x,\theta_y} - P_{\theta_x,\theta_y}\right)^2 + Wadd_{\theta_x,\theta_y} \left[\left(AddF_{\theta_x,\theta_y} - PF_{\theta_x,\theta_y}\right)^2 + \left(AddB_{\theta_x,\theta_y} - PB_{\theta_x,\theta_y}\right)^2\right]$$

であり、
ここで、
θ_xは、水平方向の眼球回転角度であり、
θ_yは、垂直方向の眼球回転角度であり、
$P_{\theta x, \theta y}$は、所望の球面屈折力であり、
$\Phi_{\theta x, \theta y}$は、実際の球面屈折力であり、
$W\Phi_{\theta x, \theta y}$は、屈折力誤差に対するその特定の視野点の重み付けであり、
$AddF_{\theta x, \theta y}$は、前記レンズの前面上で計算された加入屈折力であり、
$AddB_{\theta x, \theta y}$は、前記レンズの後面上で計算された加入屈折力であり、
$PF_{\theta x, \theta y}$は、前記前面に対する加入屈折力の目標であり、
$PB_{\theta x, \theta y}$は、前記後評面に対する加入屈折力の目標であり、
$Wadd_{\theta x, \theta y}$は、重み付けである、累進加入レンズの製造方法。

【請求項８】

請求項４～６のいずれか１項に記載の方法であって、MF_{power}は、

【数９】

$$MF_{power} = Wadd_{far}\left[\left(AddF_{far} - PF_{far}\right)^2 + \left(AddB_{far} - PB_{far}\right)^2\right] + \left[\sum_{\theta_x}\sum_{\theta_y} W\phi_{\theta_x,\theta_y}\cdot\left(\Phi_{\theta_x,\theta_y} - P_{\theta_x,\theta_y}\right)^2\right]$$

であり、

ここで、

θ_xは水平方向の眼球回転角度であり、

θ_yは垂直方向の眼球回転角度であり、

$P_{\theta x,\theta y}$は、所望の球面屈折力であり、

$\Phi_{\theta x,\theta y}$は、実際の球面屈折力であり、

$W\Phi_{\theta x,\theta y}$は、屈折力誤差に対するその特定の視野点の重み付けであり、

$AddF_{\theta x,\theta y}$は、前記レンズの前面上で計算された加入屈折力であり、

$AddB_{\theta x,\theta y}$は、前記レンズの後面上で計算された加入屈折力であり、

$PF_{\theta x,\theta y}$は、前記前面に対する加入屈折力の目標であり、

$PB_{\theta x,\theta y}$は、前記後面に対する加入屈折力の目標であり、

$Wadd_{\theta x,\theta y}$は、重み付けであり、

$AddF_{far}$、$AddB_{far}$、PF_{far}、PB_{far}および$Wadd_{far}$は、遠方域において、$AddF_{\theta x,\theta y}$、$AddB_{\theta x,\theta y}$、$PF_{\theta x,\theta y}$、$PB_{\theta x,\theta y}$および$Wadd_{\theta x,\theta y}$にそれぞれ対応する、累進加入レンズの製造方法。

【請求項９】

請求項４～６のいずれか１項に記載の方法であって、

ｃ）前記レンズ面を記述するための係数のセットを決定して前記メリット関数の値を最小にするステップをさらに含む、累進加入レンズの製造方法。

【請求項１０】

請求項９に記載の方法であって、ステップｃ）は、

（ｉ）レンズの前面のカーブ及び後面のカーブである最適化変数を選択するステップ、

（ｉｉ）MF_{other}を最小にするステップ、

により行われる、累進加入レンズの製造方法。

【請求項１１】

請求項４～１０のいずれか１項に記載の方法であって、

前記累進加入レンズは、第１および第２の累進加入面を含み、前記第１の累進加入面に対する不要な非点収差は、０．２５ディオプトリより大きい、累進加入レンズの製造方法。

【請求項１２】

請求項４～１０のいずれか１項に記載の方法であって、

前記累進加入レンズは、第１の加入屈折力を持つ第１の累進加入面と、第２の加入屈折力を持つ第２の累進加入面とを含み、前記第１の累進加入面の最大不要非点収差は、前記第１の加入屈折力よりも大きい、累進加入レンズの製造方法。

【請求項１３】

請求項４～１０のいずれか１項に記載の方法であって、

前記累進加入レンズは、第１の累進加入面、第２の累進加入面、ならびに、前記第１および第２の累進的面の加入屈折力のおよその合計である全体のレンズ加入屈折力を含み、前記最大不要非点収差は、前記全体のレンズの加入屈折力のおよそ半分よりも少ない、累進加入レンズの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は累進加入レンズの設計方法に関する。特に、本発明は像の不鮮明さを利用して

累進加入レンズの設計を最適化する方法を提供する。本発明はまた、レンズの複数の累進面を同時に最適化する方法を提供する。

【背景技術】

【０００２】

屈折異常（症）の矯正のために眼科用レンズを使用することは良く知られている。例えば、累進加入レンズ（「ＰＡＬｓ」）のような多焦点レンズは、老眼の処置に用いられている。ＰＡＬの累進面は、遠焦点から近焦点へ漸増する光学屈折力（度数）のため連続的に累進し、ゆるやかな遠・中間及び近視野を提供する。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００３】

累進面を設計して最適化するいくつかの方法が知られている。これらの方法は、レンズの性能が面収差、即ち、レンズ面の非点収差及び平均屈折力（度数）誤差、面形状、あるいは面収差と面形状の両者によって規定されていることから不利である。レンズの性能を面の計算に基づいて最適化すると、結果的に目と共に好適に機能しないレンズになってしまう。

【０００４】

そのうえ、レンズの面形状をある特定の数学的枠組みで制限することによっては、最適な設計形態を達成することはできない。なおさらに、面収差を利用してレンズ性能を最適化することによれば、一つ以上の累進加入面を持つＰＡＬの最適化においては、各面の最適化が個々に必要となり、可能な限り最良の全般的レンズ性能を提供するために各々の面で収差の一因となるものを均衡させることになり、設計者の能力を制限することになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【０００５】

本発明において、累進面の設計方法と、同方法によってもたらされるレンズが提供される。本発明の方法は、像の不鮮明さを用いてメリット関数（誤差関数）を構成する。一つのレンズの、面形状あるいは複数面の形状は任意に規定され、像の不鮮明さに基づくメリット関数を最小にするように最適化される。

【０００６】

一つの実施形態において、本発明は累進加入レンズの設計方法を提供し、上記方法は、本質的に、ａ）累進加入面を記述して、ｂ）次式のメリット関数式を用いて面を最適化することからなり、

【数１】

$$MF = MF_{blur} + MF_{power} + MF_{other}$$

ここで、

MF_{blur}は、像の不鮮明さを制御するメリット関数であり、

MF_{power}は、平均球面屈折力を制御するメリット関数であり、そして、

MF_{other}は、外面及び製造可能性に対する制約を制御するメリット関数である。

【０００７】

本発明の目的のために、「累進加入レンズ」とは、少なくとも一つの累進加入面を持つレンズを意味する。「累進加入面」または「累進面」とは、遠視野帯及び近視野帯、ならびに遠視野帯及び近視野帯を連結する光学屈折力（度数）を増減する中間視野帯を有する連続した非球面のことである。

【０００８】

本発明の方法の第一段階において、上記の面（累進加入面）が記述される。上記面は、連続性、微分連続性、または２次微分連続性の面として記述、または表現される。上記面の記述に使用される係数は、面を全体的（包括的）よりもむしろ局所的に制御して面形状が小さな局所領域における最適化を可能にするものでなければならない。上記面が取る可能性のある形状は、レンズ部材の密度、あるいは上記面の記述に使用される係数によって

のみ限定される。随意に、面の表現は対称性を強いることがある。

【０００９】
好ましい面の記述は、回転対称の基本的な非球面のものであって、次式の形状を取り、
【数２】

$$sag_{x,y} = Delta_{x,y} + \frac{c \cdot r^2}{1 + \left[1 - (1+k) \cdot c^2 \cdot r^2\right]} + \alpha_1 \cdot r^2 + \alpha_2 \cdot r^4 + \alpha_3 \cdot r^6 + \alpha_4 \cdot r^8 + \ldots \quad (I)$$

ここで、
ｃは、面曲率であり、
ｒは、光軸またはレンズの中心からの半径の距離であり、
ｋは、円錐定数であり、
α１，α２，α３，及びα４は、係数であり、そして、
$Delta_{x,y}$は、ｘとｙの関数であるデルタ・サグ（サジッタ）である。
【００１０】
$Delta_{x,y}$は、多数の方法のいずれかによって表現されてもよい。例えば、上記面は多面体形の切片に分割されてもよく、また、各切片上の面は適切な境界線条件を適用して多項式として表現されてもよい。上記多面体形の切片のサイズは変更されて形状の定義に任意の微細な分割を与えてもよい。別法として、上記面はバイキュービック・スプライン（双三次スプライン補間）にフィットするｘ，ｙ，ｚの３点で表してもよい。もう一つの代案として、スプライン定数自身を、上記面を表す定数として使用することができる。なお、もう一つの別法として、上記面はｘ，ｙ、及び傾斜値によって表すことができ、それらは次いでバイキュービック・スプライン（双三次スプライン補間）にフィットする。別法として、非一様有理Ｂスプライン（ＮＵＲＢＳ；ナーブス）、あるいは、ＮＵＲＢＳまたはベジェ曲線を使用してもよい。しかしながら、各場合に、面の形状を局所的に制御して面全体に悪影響を及ぼさない係数、あるいは数個の係数が存在すべきである。
【００１１】
本発明の方法の第二段階において、上記面は、以下のメリット関数を用いて最適化される。
【数３】

$$MF = MF_{blur} + MF_{power} + MF_{other} \quad (II)$$

上記メリット関数の第一部分であるMF_{blur}は、像の質を制御する。像の質は目で見た場合の像の不鮮明さの測定で定義され、上記の目は眼点の周りで回転してレンズの各部分を通して像を見る。眼点は一般的にレンズの背後およそ２５から２７ｍｍに位置する。
【００１２】
完全レンズの焦点において、像の不鮮明さはＲＭＳスポットサイズ（ＲＭＳ：二乗平均平方根）として計算されてもよく、好ましくはＲＭＳスポットサイズとして計算される。別法として、他の像の不鮮明さ測定が用いられてもよく、これらは、ｘ（軸）におけるＲＭＳスポットサイズに加えてｙ（軸）におけるＲＭＳスポットサイズ、シュトレール比、アキュータンス等を包含するが、これらに限定されるものではない。像の不鮮明さを計測するための便利な手段は、何ら収差を起こさないレンズ、即ち、「完全」レンズを、およそ１５－２０ｍｍの焦点距離を持つ眼点に配置することによって目をシミュレートすることである。上記完全レンズは、次に眼点の周りに回転させられる。別法として、グルストランドの図式的な眼球モデルのような、より洗練された眼球モデルを使用することができ、このモデルは、網膜上の像の不鮮明さの計測を可能にする。本発明の目的のための像の不鮮明度の計測は、限定しないがＣｏｄｅＶ^{TM}、ＯＬＳＯ^{TM}及びＺＥＭＡＸ^{TM}を含

む市販のソフトウエアを用いて行われてもよい。

【００１３】

ＲＭＳスッポトサイズを用いて、メリット関数の像の不鮮明部分は以下の式によって与えられ、

【数４】

$$MF_{blur} = \sum_{\theta_x}\sum_{\theta_y} Wrms_{\theta_x,\theta_y}\left(RMS_{\theta_x,\theta_y}\right)^2 \qquad \text{(III)}$$

ここで、

θ_xは、水平方向の眼球回転角度であり、

θ_yは、垂直方向の眼球回転角度であり、

$RMS_{\theta x,\theta y}$は、眼のレンズの像において計算されたＲＭＳスポットサイズであり、

$Wrms_{\theta x,\theta y}$は、メリット関数が適応されて、レンズの特定の部分を通じて像の質により大きな強調をもたらすことを可能にする視野位置（フィールド・ポジション）に対する重み付けである。上記メリット関数の不鮮明部分は像の鮮明度を制御するものである。もし望むならば、追加の条項を加えてスキュー歪を制御してもよい。

【００１４】

MF_{power}は、レンズの各部分を通じて平均球面屈折力を制御する。累進レンズに対しては、眼の回転角度θ_xとθ_yに依存する所望の、あるいは目標の球面屈折力$P_{\theta x,\theta y}$が存在する。実際の球面屈折力は$\Phi_{\theta x,\theta y}$である。平均球面屈折力に対するメリット関数は以下の式（ＩＶ）に従って決定されてもよい。

【数５】

$$MF_{power} = \sum_{\theta_x}\sum_{\theta_y} W\phi_{\theta_x,\theta_y}\left(\Phi_{\theta_x,\theta_y} - P_{\theta_x,\theta_y}\right)^2 \qquad \text{(IV)}$$

ここで、$W\Phi_{\theta x,\theta y}$は、その特定の視野点に対する屈折力（度数）誤差上の重み付けである。相対的な重み付けは一般に、近及び遠視野帯において、また、レンズの縦のメリジアン（垂直子午線）に沿ってより大きくなっている。

【００１５】

MF_{other}は、外面上の、あるいは製造可能性の諸問題に対応する目標または制約を含む。外面上の問題は、目の上のレンズの状況に影響するであろうレンズの最大エッジ厚み、ベースカーブの選択、及び他のパラメータを含む可能性があるが、これに限定されるものではない。製造可能性の問題は、最小エッジ厚み、最大面変化率、与えられた距離上での最大勾配変化、及びレンズの製造工程によって影響を受けて制約されるであろう他のレンズのパラメータを包含するが、これらに限定されるものではない。メリット関数のこの第三部分は以下の式によって与えられる。

【数６】

$$MF_{other} = MF_{cosmetics} + MF_{manufacturability} \qquad \text{(V)}$$

【００１６】

メリット関数と、種々の角度θ_x、θ_y間の角度分離に必要条件を課する面記述の表現とは、相互に関連がある。仮に、メリット関数によるレンズの角度のサンプリングが、面係数によって制御される局所の面プロファイルに対して余りにも荒いと、その時は、メリット関数は最小にされ、しかも角度θ_xとθ_yの間にくる角度の位置におけるレンズの性能は制御不能となり得る。レンズの性能が角度のサンプリング点の間で不変であることを確保するためには、θ_xとθ_yは実質的に独立してレンズ面係数によって制御されるレンズ面領域間の角度分離値よりも少ないことが好ましい。

【００１７】
像の不鮮明に基づくメリット関数を用いてすべての像の質、平均屈折力（度数）、外面上の、及び製造上の目標を達成するためのレンズ全体の最適化の出発点となるレンズの形態は、レンズの素材、レンズ面の輪郭、レンズ中心の厚さ、及びレンズの直径によって決定される。別法として、出発点となるレンズの形態は、最適累進面形状を決定して必要な平均球面屈折力を与え、且つ、不要な非点収差を最小限にする従来の累進レンズ設計方法を用いて決定されてもよい。この場合、最終設計は従来の設計の形状に似ているが、しかし、像の不鮮明に基づくメリット関数を用いて最適化されているので光学的性能は改善されている。

【００１８】
本発明の方法の最終段階は、累進レンズ面を記述するために用いられる係数のセットを決定してメリット関数の値を最小にすることである。累進面を記述するために使用される係数に加えて、使用されてもよい他の最適化変数があり、これらはレンズの厚さとプリズム、同様に、曲率、円錐定数及び非累進面に対する非球面の条件を包含する。使用される最適化法には、パウエル法、あるいは市販のレンズ設計のソフトウェアパッケージに使用されている最小二乗法（ＤＬＳ）タイプのアルゴリズムのような、メリット関数の局所の最小値を見出すために設計された方法を含むことができる。最適化法は、また、メリット関数の全体的（包括的）な最小値を見出すために設計されシミュレートされたアニーリングアルゴリズムまたはジェネティックアルゴリズム（ＧＡ）のような方法を含むことができる。好ましい方法は、シミュレーテッドアニーリングのような全体的（包括的）な方法と最小二乗法（ＤＬＳ）アルゴリズムのような局所的方法とを併用することである。

【００１９】
代わりに、且つ、好ましくは、出発点となるレンズの形状は、最終設計の形状の変更にさらなる柔軟性を持たせる手順を用いて決定することができる。本実施の形態において、レンズの出発点を決定する手順は、先ず、必要なベース屈折力、または遠方視野の球面屈折力を提供し、且つ、外面上ならびに機械的な制限を満足させる前方と後方の球面カーブを決定することである。このことは、最適化変数として、前側と後側のレンズ面の曲率及びレンズの厚さを用いて、外面上ならびに製造上の必要条件を制御するメリット関数の部分、MF_{other}を最小にすることによって行われる。

【００２０】
上記レンズは、レンズの厚さ、曲率及び対称の非球面条件を含む最適化変数を持つ単一視野レンズとして最適化されてもよい。本実施の形態において、使用されるメリット関数は、単一視野レンズに適切なように調整された目標（$P_{\theta x, \theta y}$）及び加重（重み付け）（$W\Phi_{\theta x, \theta y}$，$Wrms_{\theta x, \theta y}$）を持つ$MF_{other}$，$MF_{rms}$と$MF_{power}$を含むことになる。レンズの屈折力（度数）はベース屈折力であり、その目的は遠視野帯において適度に良好な性能を提供することである。

【００２１】
最適化変数は、次にレンズの縦のメリジアン（垂直子午線）に沿って面係数のみを含めるために設定される。屈折力（度数）に対する重み付け$W\Phi_{\theta x, \theta y}$は、所望の累進加入プロファイルに設定される垂直子午線に沿う以外はゼロに設定される。屈折力目標$P_{\theta x, \theta y}$は、所望の累進屈折力プロファイルを与えるように設定される。このメリット関数及びこれらの係数で最適化すると、その結果のレンズは外面上ならびに製造上の必要条件を満足し、遠視野領域で良好な性能を持ち、また、縦軸に沿って正確な加入屈折力を与えるようになる。このレンズは完全なメリット関数による最適化に対する良き出発点となるレンズを提供する。別法として、完全メリット関数は、$Wrms\Phi_{\theta x, \theta y}$を正常の重み付けに設定し、$Wrms_{\theta x, \theta y}$を垂直子午線に沿う以外はゼロに設定し、また、全面を最適化して使用することができる。このことは、出発点として、屈折力の必要条件を満たし、レンズのメリジアン（子午線）に沿って像の不鮮明を最適化したレンズを提供する。

【００２２】
提示されたように、メリット関数は、ある特定のパラメータの値とそのパラメータに対

する目標の値の間の差の二乗の和である一般形を取る。当事者は、最小の曲率値のような制限はこの形に転換され得ること、あるいはメリット関数を構成する種々のパラメータを目標にし、または制約するための代りの方法があることを認識することであろう。

【００２３】

これまで記述された方法の実施の形態は、レンズの前面または後面である累進面を持つレンズの設計に適している。しかしながら、本発明の方法は、別法の実施の形態においては、一つ以上の面が累進屈折力に寄与するレンズの設計に使用することが可能である。本発明のそのような方法において、両面の同時最適化が可能であり、それは、上記メリット関数が、レンズ全体で生じ、単に面収差のみによって生じるのではない像の不鮮明さについての測定からなっているからである。

【００２４】

複数の累進加入面を最適化する目的のために、上記メリット関数を改変して、以下のように、各面によって寄与される加入屈折力の相対的量を与えることが可能である。

【数７】

$$MF_{power} = \sum_{\theta_x}\sum_{\theta_y} W\phi_{\theta_x,\theta_y}\cdot\left(\Phi_{\theta_x,\theta_y} - P_{\theta_x,\theta_y}\right)^2 + Wadd_{\theta_x,\theta_y}\left[\left(AddF_{\theta_x,\theta_y} - PF_{\theta_x,\theta_y}\right)^2 + \left(AddB_{\theta_x,\theta_y} - PB_{\theta_x,\theta_y}\right)^2\right] \quad \text{(VI)}$$

ここで、

θ_xは水平方向の眼球回転角度であり、

θ_yは垂直方向の眼球回転角度であり、

$\Phi_{\theta x,\theta y}$は、実際の球面屈折力であり、

$P_{\theta x,\theta y}$は、所望の球面屈折力であり、

$W\Phi_{\theta x,\theta y}$は、その特定の視野点に対する屈折力（度数）誤差上の重み付けであり、

$AddF_{\theta x,\theta y}$は、前面上の計算された加入屈折力であり、

$AddB_{\theta x,\theta y}$は、後面上の計算された加入屈折力であり、

$PF_{\theta x,\theta y}$は、前面に対する加入屈折力の目標であり、

$PB_{\theta x,\theta y}$は、後面に対する加入屈折力の目標であり、そして、

$Wadd_{\theta x,\theta y}$は、これら屈折力のバランス維持に適用される重み付けである。

ここで「加入屈折力」とは、累進面の近及び遠視野帯間の屈折力（加入度数）の差を意味する。

【００２５】

式ＶＩは、加入屈折力がレンズの前及び後面に対して寄与されるレンズの場合を示している。メリット関数の第一部分は式ＩＶと同一であり、全般的なレンズの平均球面屈折力のプロファイルを与える。追加の項目は、前及び後面の加入屈折力に対する目標を提供する。記載のように、当然のことながら、前面の加入屈折力及び後面の加入屈折力に対する目標は、トータル屈折力目標と一致している。

【００２６】

遠視野帯における加入屈折力に対する寄与が特定の値を取るレンズが所望される場合、式ＶＩは、以下の式に縮小される。

【数８】

$$MF_{power} = Wadd_{far}\left[\left(AddF_{far} - PF_{far}\right)^2 + \left(AddB_{far} - PB_{far}\right)^2\right] + \left[\sum_{\theta_x}\sum_{\theta_y} W\phi_{\theta_x,\theta_y}\cdot\left(\Phi_{\theta_x,\theta_y} - P_{\theta_x,\theta_y}\right)^2\right] \quad \text{(VII)}$$

レンズの前面及び後面に対して寄与される相対加入屈折力を制御するこの能力をもって、パラメトリック・デザイン研究を行ってレンズの前面及び後面間の屈折力の最適なバランスを決定することができる。

【００２７】

加入屈折力の寄与する前面及び後面両方を有するレンズを最適化する場合、メリット関数の像の不鮮明部分は以下のように変更してもよい。

【数９】

$$MF_{blur} = \sum_{\theta_x}\sum_{\theta_y}\left[Wrms_{\theta_x,\theta_y}\cdot\left(RMS_{\theta_x,\theta_y}\right)^2 + Wast_{\theta_x,\theta_y}\cdot\left(AstF_{\theta_x,\theta_y} - AF_{\theta_x,\theta_y}\right)^2\right] \quad \text{(VIII)}$$

ここで、$AstF_{\theta x,\theta y}$は、前面からのレンズ面の非点収差、あるいは前面から目によって見られたレンズ全体の非点収差への寄与であり、$Wast_{\theta x,\theta y}$は、不要な非点収差に置かれた重み付けである。

【００２８】

式ＶＩＩＩは、制御されるべき前面によって寄与される垂直コリドールに沿って不要な非点収差の量を容認する。メリット関数への寄与が中央の縦軸に沿って考慮されるのみであることを明示するために、θ_xはゼロに設定される。式ＶＩＩＩは、θ_xをゼロとせず、全面に対する不要な非点収差を目標にすることを含み、あるいは不要な非点収差の目標を後面に対するものとすべく変更可能であるが、好ましい方法は前面に対する中央の垂直コリドールに沿っての非点収差を目標（ターゲット）にすることである。

【００２９】

代わりとなる最適化は、累進面を記述するために使用された多面体要素間の境界条件を選択的に緩和することによって導くことが可能である。例えば、面の第一及び第二の導関数が厳密に０ではないが、最小レベルのプリズム及び斜角非点収差を導入してもよいことを特定することが可能である。これら導関数の最大値を特定して、境界で導入された不連続性が微細であることを述べてもよい。これらの最大値は各切片の位置に従って変動し、その位置はまた、割当てられた重み付けにも影響する。一方、非点収差及びより高次の収差によって、また、他方、プリズムによって引き起こされる光学収差間の兼合いは、全般的な累進加入レンズの設計の最適化の改善を導くのに特に有用である。

【００３０】

従来の累進加入レンズの設計方法は、垂直コリドールに沿った不要な非点収差が所定量、一般に０．２５ディオプトリ以下であることを要求する。「不要な非点収差」とは、一つ以上のレンズ面によって導入または引き起こされる望ましくない非点収差のことである。一つ以上の面がレンズの累進特性に寄与する場合、各面は少量の不要な非点収差を持つように抑制されて、両面に対する不要な非点収差の総量は０．２５ディオプトリ以下である。本発明の方法においては、本方法が複数の累進面の同時最適化を考慮に入れるので、一つの面からの不要な非点収差の寄与がおよそ０．２５ディオプトリ以上のこともある。一つの面の不要な非点収差は、他の面によって相殺されることがある。例えば、垂直コリドールに沿った０．２５ディオプトリより大きな不要な非点収差に対する正の寄与は、後面からの負の寄与によって相殺することができる。このように、もう一つの実施の形態において、本発明は、累進加入レンズ、本質的には第一の累進加入面ともう一つの累進加入面とからなる累進加入レンズを含み、上記第一の累進加入面についての不要な非点収差は約０．２５ディオプトリよりも大きい累進加入レンズを提供する。

【００３１】

加えて、本発明の方法は、レンズの最大不要非点収差を、従来の設計法を用いては達成できないレベルまで低減することを可能にする点で、一つ以上の累進加入面を持つレンズの設計に有利である。「最大不要非点収差」とは、不要な非点収差の領域における不要非点収差の最高の測定可能なレベルのことである。従来の設計法は、各面に対する最大不要非点収差を最小限にすることを必要とする。対照的に、本発明の方法においては、すべての累進加入面が同時に最適化されて一つの累進面からの全ての最大不要非点収差への寄与が一つ以上の他の累進面によって相殺されることを可能にする。

【００３２】

典型的に、一つの累進面に対する最大不要非点収差は、最小限にされ、その面によるレ

ンズの加入屈折力への寄与より少ないかまたは等しくなるが、しかし、ディオプトリで加入屈折力の約０．７５倍より低くはならない。この理由は、従来の設計技法を用いて、最大不要非点収差を加入屈折力の０．７５倍以下に低減して、累進レンズに対して許容し得る累進屈折力プロファイルを取得することが困難であるからである。例えば、２．０ディオプトリの屈折力加入面に対して、その面に対する最大不要非点収差は、典型的に約１．５と２．０ディオプトリの間である。

【００３３】

しかしながら、本発明に従って設計されたレンズにおいて、単一面に対する最大不要非点収差は、その面に対する加入屈折力よりも大きいことがある。それはこの不要な非点収差がそのレンズのもう一つの累進面の同時最適化によって相殺できるからである。このように、さらにもう一つの実施の形態において、本発明は、累進加入レンズ、本質的には第一の加入屈折力を持つ第一の累進加入面及びもう一つの加入屈折力を持つもう一つの累進加入面からなる累進加入レンズを含み、上記第一の累進面の最大不要非点収差は第一の加入屈折力よりも大きい累進加入レンズを提供する。

【００３４】

加えて、本発明の方法は、面のうちの一つに対する最大不要非点収差がその面に対する加入屈折力より低いならば、全体のレンズの最大非点収差は本発明の方法により第二のＰＡＬ面（累進加入面）を用いて低減され、他の面からの最大不要非点収差を相殺することができる。このように、全体のレンズの最大非点収差は本発明の方法を用いてレンズの加入屈折力のおよ０．７５倍よりも小さく、好ましくはレンズの加入屈折力のおよそ０．５倍になることができる。

【００３５】

本発明は、以下の実施例を考慮することによってさらに明瞭になるであろうが、これら実施例は本発明を限定するものではない。

【実施例】

【００３６】

＜実施例１＞

二つの累進面を持つレンズの基本実施例が提供され、上記レンズはその各面上に全加入屈折力の一部を有する。加えて、各面上の不要な非点収差のピークは、米国特許第６１４９２７１号に記載のように調整不良（ミスアライン）であった。図１から図３は、加入屈折力、不要な非点収差、及びＲＭＳスポットサイズを示す。プロットは－６０から６０度である。これらのプロットにおけるレンズの直径は６０ｍｍである。この、及びこれに続くすべての設計は、－４．０ディオプトリの球面屈折力ならびに２．０ディオプトリの加入屈折力を有する。

【００３７】

＜実施例２＞

二つの累進面を持つレンズが本発明の方法を用いて提供された。上記レンズは－４．０ディオプトリの球面屈折力ならびに２．０ディオプトリの加入屈折力を有する。上記レンズのこれらの面は、式Ｉの形態の式の係数によって決定された。レンズの前面は基準曲率ｃ及び円錐定数ｋによって定義され、また、残余の回転対称の非球面項目はゼロである。$Delta_{xy}$は、上記レンズの右半分を定義する均等に間隔をあけられた点からなる４×８点の格子に対するバイキュービック・スプライン（双三次スプライン補間）係数のセットによって定義される。上記レンズは左右の対称を有する。上記レンズの後面は同様の関数によって定義され、後面上の円錐係数ｋは０であった。

【００３８】

これら面を表現するために使用される関数の最善の適合が実施例１のベースライン設計のための面に対してなされた。このことは本発明の方法を用いて上記二つの面の同時最適化のための出発点を提供した。最適化は、最適化変数が前面上の円錐定数（基準曲率は一定に保たれた）、後面の曲率及び前ならびに後面に対するスプライン係数であるとして、最小二乗法（ＤＬＳ）タイプの最適化アルゴリズムを用いて行われた。レンズの最適化に

使用されたメリット関数は、式ＩＶの形態の球面屈折力の寄与及び式ＶＩＩＩの形態の像の不鮮明さの寄与を包含した。レンズは、左右対称性を利用して、レンズ面にほぼ均等に間隔をあけて存在する２１点において、角度（θ_x，θ_y）でサンプリングされた。

【００３９】

目標の球面屈折力$P_{\theta x, \theta y}$は、実施例１のレンズの実際の球面屈折力であるように設定された。重み付けの因子$W\Phi_{\theta x, \theta y}$は、遠方基準点における値１．０に相対的な以下の値を与えられた。加入屈折力が計算される近用基準点において、相対値は１００であった。近用及び遠方基準点間のレンズの中央水平コリドールに沿った諸点において、上記値は５に設定された。視野の諸点において、重み付けの因子は０．１に設定された。

【００４０】

式ＶＩＩＩの形態のメリット関数への不鮮明関数の一因となるものは、メリット関数のＲＭＳスポットサイズ部分の相対的重み付け$Wrms_{\theta x, \theta y}$を、中央、垂直コリドールに沿った不要な非点収差からの寄与$Wast_{\theta x, \theta y}$に基づくメリット関数への寄与の１０倍に調整して使用された。中央、垂直コリドールに沿った重み付け$Wrms_{\theta x, \theta y}$は、上記コリドールから離れた値の２倍であり、また、中央、垂直コリドールに沿った重み付け$Wast_{\theta x, \theta y}$は、上記コリドールから離れた値の２０倍である。図４から図６はレンズの性能の結果の要約を示している。

【００４１】

不要な非点収差とＲＭＳスポットサイズ両者の比較は、ベースライン設計についての図１から図３に示された結果と比較すると、より低い最大値ならびにより広い近及び中間視野帯を示している。実施例２において、２．０ディオプトリの加入レンズに対する最大限の不要な非点収差は１．２５ディオプトリである。

【００４２】

＜実施例３＞

実施例３のレンズは二つの累進面を有する。このレンズの両面、メリット関数、及び最適化方法は以下の点を除いては実施例２と同様である。式ＶＩＩＩのメリット関数への像の不鮮明関数の一因となるものは、メリット関数のＲＭＳスポットサイズの相対的重み付け$Wrms_{\theta x, \theta y}$を、中央、垂直コリドールに沿った不要な非点収差からの寄与$Wast_{\theta x, \theta y}$に基づくメリット関数への寄与に等しくなるように調整して使用された。

【００４３】

このレンズの性能の要約がグラフで図７から図９に示されている。このレンズにおいて、この２．０ディオプトリの加入屈折力レンズに対する最大不要非点収差はおよそ０．７５ディオプトリである。従来のＰＡＬ（累進加入レンズ）と比較して、このレンズは最大不要非点収差及びＲＭＳスポットサイズの大幅な低下ならびに近用及び中間の読取り域幅の増大を実現する。

【図面の簡単な説明】

【００４４】

【図１】実施例１のレンズの加入屈折力を示す同等点のプロット図（ｉｓｏ－ｐｌｏｔ）である。

【図２Ａ】実施例１のレンズの不要な非点収差を示す同等点のプロット図（ｉｓｏ－ｐｌｏｔ）である。

【図２Ｂ】実施例１のレンズの不要な非点収差を示す同等点のプロット図（ｉｓｏ－ｐｌｏｔ）である。

【図３Ａ】実施例１のレンズに対するシミュレートされた眼のＲＭＳスポットサイズ（ＲＭＳ：二乗平均平方根）を示す同等点のプロット図（ｉｓｏ－ｐｌｏｔ）である。

【図３Ｂ】実施例１のレンズに対するシミュレートされた眼のＲＭＳスポットサイズ（ＲＭＳ：二乗平均平方根）を示す同等点のプロット図（ｉｓｏ－ｐｌｏｔ）である。

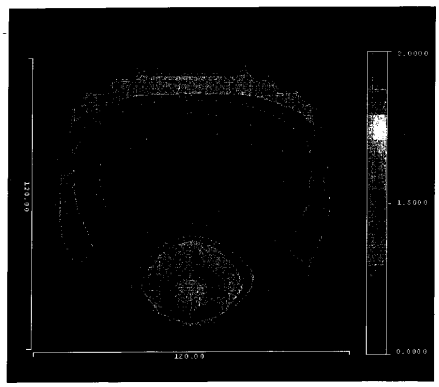
【図４】実施例２のレンズの加入屈折力を示す同等点のプロット図（ｉｓｏ－ｐｌｏｔ）である。

【図５】実施例２のレンズの不要な非点収差を示す同等点のプロット図（ｉｓｏ－ｐｌｏ

ｔ）である。
【図６】実施例２のレンズに対するシミュレートされた眼のＲＭＳスポットサイズを示す同等点のプロット図（ｉｓｏ－ｐｌｏｔ）である。
【図７】実施例３のレンズの加入屈折力を示す同等点のプロット図（ｉｓｏ－ｐｌｏｔ）である。
【図８Ａ】実施例３のレンズの不要な非点収差を示す同等点のプロット図（ｉｓｏ－ｐｌｏｔ）である。
【図８Ｂ】実施例３のレンズの不要な非点収差を示す同等点のプロット図（ｉｓｏ－ｐｌｏｔ）である。
【図９】実施例３のレンズに対するシミュレートされた眼のＲＭＳスポットサイズを示す同等点のプロット図（ｉｓｏ－ｐｌｏｔ）である。

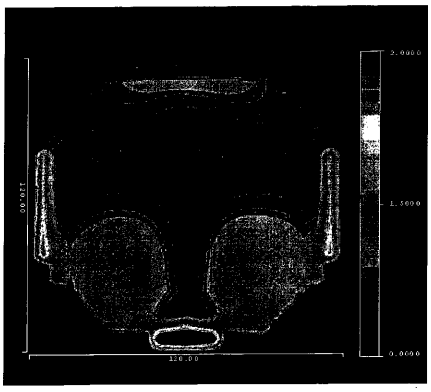
【図１】

FIG. 1



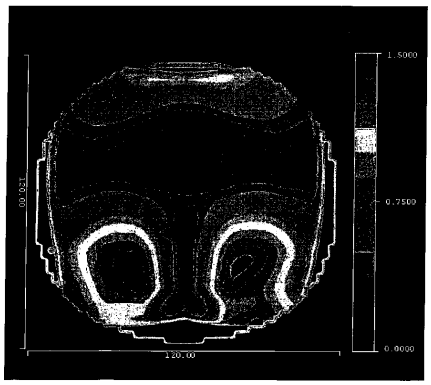
【図２Ａ】

FIG. 2A



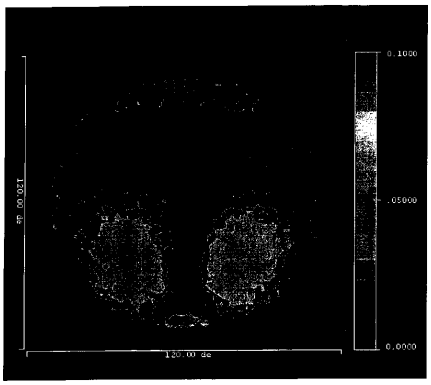
【図２Ｂ】

FIG. 2B



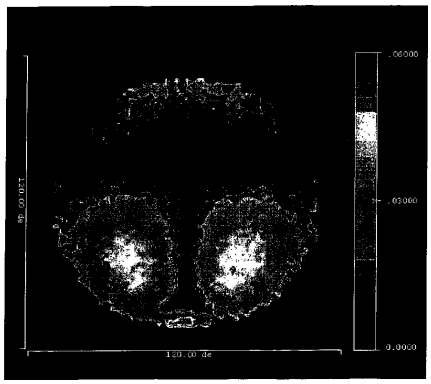
【図３Ａ】

FIG. 3A



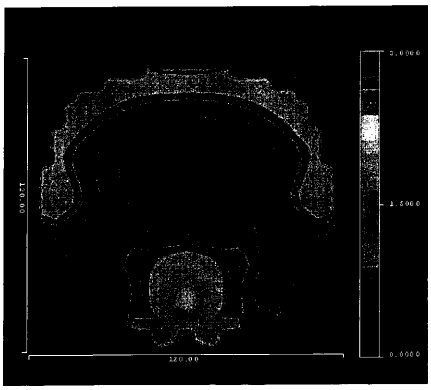
【図３Ｂ】

FIG. 3B



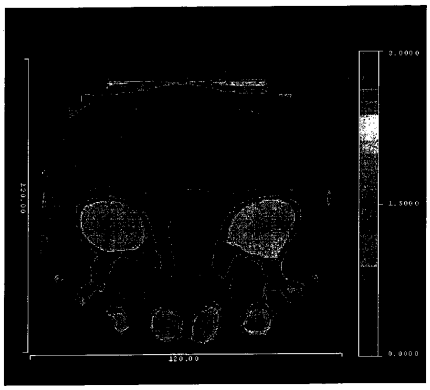
【図４】

FIG. 4



【図５】

FIG. 5

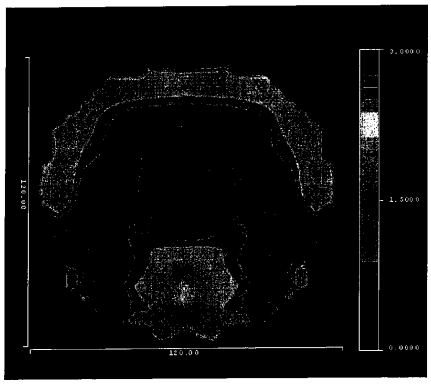


【図６】

FIG. 6

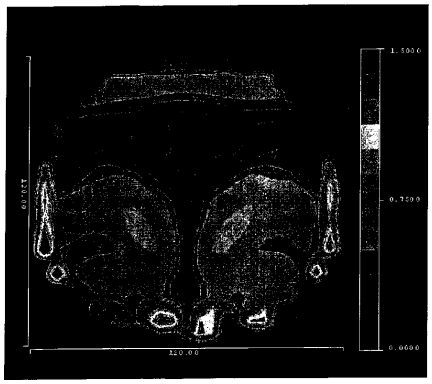
【図７】

FIG. 7



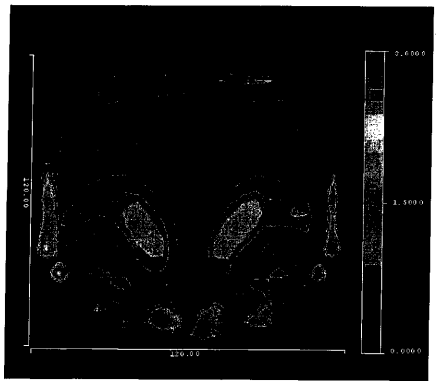
【図８Ａ】

FIG. 8A



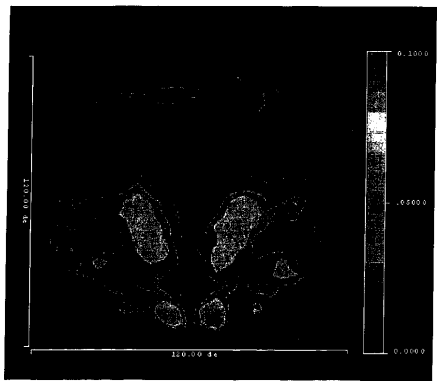
【図８Ｂ】

FIG. 8B



【図９】

FIG. 9



フロントページの続き

(56)参考文献　特開昭６４－０６３９２３（ＪＰ，Ａ）
特開２００３－０２９１５０（ＪＰ，Ａ）
特開２０００－１１１８４６（ＪＰ，Ａ）
国際公開第９７／０１９３８３（WO，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G02C　7/06
G02C　13/00
G06F　17/50