(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第4531761号
(P4531761)
(45)発行日　平成22年8月25日(2010.8.25)　(24)登録日　平成22年6月18日(2010.6.18)

(51)Int.Cl.　F I
G02C 7/06 (2006.01)　G02C 7/06

請求項の数 11　(全 37 頁)

(21)出願番号	特願2006-527288 (P2006-527288)
(86)(22)出願日	平成16年8月23日 (2004.8.23)
(65)公表番号	特表2007-506995 (P2007-506995A)
(43)公表日	平成19年3月22日 (2007.3.22)
(86)国際出願番号	PCT/EP2004/009400
(87)国際公開番号	WO2005/036238
(87)国際公開日	平成17年4月21日 (2005.4.21)
審査請求日	平成18年6月28日 (2006.6.28)
(31)優先権主張番号	10345214.1
(32)優先日	平成15年9月29日 (2003.9.29)
(33)優先権主張国	ドイツ(DE)

前置審査

(73)特許権者　306008296
ローデンストック．ゲゼルシャフト．ミット．ベシュレンクテル．ハフツング
ドイツ連邦共和国．デー－８０４６９．ミュンヘン．イサルタルストラーセ．４３
(74)代理人　100117787
弁理士　勝沼　宏仁
(74)代理人　100091982
弁理士　永井　浩之
(74)代理人　100107537
弁理士　磯貝　克臣
(74)代理人　100105795
弁理士　名塚　聡
(74)代理人　100096895
弁理士　岡田　淳平

最終頁に続く

(54)【発明の名称】非点収差の拡散と回転が小さい一連のプログレッシブ眼鏡レンズ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
少なくとも１つのプログレッシブ表面を有するプログレッシブ眼鏡レンズの製造方法であって、該レンズは、
・遠距離を見るように構成され、遠距離基準点を有する遠距離視覚部分と、
・近距離を見るように構成され、近距離基準点を有する近距離視覚部分と、
・前記遠距離視覚部分と近距離視覚部分との間に配置されたプログレッシブゾーンとを有し、
レンズの作用は、アディションとして既知の値により基本ラインに沿って、遠距離基準点での値から近距離基準点の値へ上昇する形式のプログレッシブ眼鏡レンズの製造方法において、
プログレッシブレンズの［製造時における］計算および最適化工程は、ベクトル非点収差A→（以下、「A→」は
【数１】

$$\vec{A}$$

を表わすものである。）の回転の絶対値|rotA→|、拡散の絶対値|divA→|の双方又はその一方ができるだけ小さくなるように実行する工程であって、ベクトル非点収差A→の回転の絶対値|rotA→|が、近距離視覚部分、遠距離視覚部分の双方またはその一方で、約0.25アディション/dpt・dpt/mmである|rotA→|maxを越えて上昇しないように実行するとと

もに、y≧-8mmの領域内では、ベクトル非点収差A→のすべての拡散の絶対値|divA→|に、(0.1/mm)×アディションより大きい極値が存在しないように実行する工程を有し、

ベクトル非点収差A→の絶対値|A→|は、プログレッシブレンズの使用位置での非点収差の絶対値に比例するか、またはプログレッシブレンズの少なくとも１つのプログレッシブ表面の表面非点収差の絶対値に比例し、

ベクトル非点収差A→の方向は、プログレッシブレンズの使用位置での非点収差のシリンダ軸に比例するか、またはプログレッシブレンズの少なくとも１つのプログレッシブ表面の表面非点収差のシリンダ軸に比例することを特徴とする製造方法。

【請求項２】

計算および最適化工程は、ベクトル非点収差A→の拡散の一般的最大値|divA→|がレンズの良好な視力ゾーンの外に、有利にはレンズの周辺エリアに配置されるように実行し、該良好な視力ゾーンでは、ベクトル非点収差の絶対値|A→|が0.6dptより小さくなることを特徴とする請求項１記載の方法。

【請求項３】

計算および最適化工程は、ベクトル非点収差A→の拡散の絶対値|divA→|の一般的最大値の位置のx座標が6.0mmより大きく、y座標が-8.5mmより小さくなるように実行し、ここでxは使用位置での水平軸、yは垂直軸であり、ゼロ点x=0,y=0はレンズの中心点より4mm下にあることを特徴とする請求項１または２記載の方法。

【請求項４】

計算および最適化工程は、(0.1/mm)×アディションの値を越える、ベクトル非点収差A→の拡散の絶対値|divA→|のすべての極値が、アディション≧2.0dptであるすべてのプログレッシブ表面に対してレンズのy≧-9mmの領域の外となるように実行することを特徴とする請求項１から３までのいずれか１項記載の方法。

【請求項５】

計算および最適化工程は、ベクトル非点収差A→の回転の絶対値|rotA→|がy=-14mmの水平区間で、約0.115アディション/dpt・dpt/mm、有利には約0.08アディション/dpt・dpt/mmである|rotA→|maxの絶対値を越えないように実行することを特徴とする請求項１から４までのいずれか１項記載の方法。

【請求項６】

計算および最適化工程は、ベクトル非点収差A→の回転の絶対値|rotA→|がy=+6mmの水平区間で、約0.115アディション/dpt・dpt/mm、有利には約0.06アディション/dpt・dpt/mmである|rotA→|maxの最大値を越えないように実行することを特徴とする請求項１から５までのいずれか１項記載の方法。

【請求項７】

計算および最適化工程は、y=3mmとy=5mmの間の遠距離視覚部分では、y=一定の少なくとも１つの水平区間が存在し、該水平区間に沿ってベクトル非点収差A→の回転の絶対値|rotA→|が基本ラインから|x|=16mmの座標の外側に向かって単調に上昇するように実行することを特徴とする請求項１から６までのいずれか１項記載の方法。

【請求項８】

計算および最適化工程は、ベクトル非点収差A→の拡散divA→がy=0mmの水平区間では、約(0.11アディション/dpt+0.03)dpt/mm、有利には約(0.08アディション/dpt+0.03)dpt/mmである(divA→)maxの最大値を越えて上昇しないように実行することを特徴とする請求項１から７までのいずれか１項記載の方法。

【請求項９】

計算および最適化工程は、ベクトル非点収差A→の拡散divA→がy=0mmの水平区間で、約(-0.07アディション/dpt-0.11)dpt/mm、有利には約(-0.05アディション/dpt-0.08)dpt/mmである(divA→)minの最小値を下回らないように実行することを特徴とする請求項１から８までのいずれか１項記載の方法。

【請求項１０】

計算および最適化工程は、ベクトル非点収差A→の拡散divA→がy=-14mmの水平区間では

、約(0.12アディション/dpt+0.06)dpt/mmである(divA→)maxの最大値を越えて上昇しないように実行することを特徴とする請求項１から９までのいずれか１項記載の方法。
【請求項１１】
計算および最適化工程は、ベクトル非点収差A→の拡散divA→がy=-14mmの水平区間では、約(-0.13アディション/dpt-0.05)dpt/mmである(divA→)minの最小値を下回らないように実行することを特徴とする請求項１から１０までのいずれか１項記載の方法。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、少なくとも１つのプログレッシブ表面を有するプログレッシブ眼鏡レンズの製造方法、および少なくとも１つのプログレッシブ表面を有するプログレッシブレンズに関するものである。
【背景技術】
【０００２】
プログレッシブ眼鏡レンズは、境目のない双焦点レンズまたは多焦点レンズとしても知られており、一般的に公知である。このレンズは、遠距離にある対象物を観察するように構成された遠距離視覚部分と、近距離にある対象物を観察するように構成された近距離視覚部分と、プログレッシブゾーンとを有し、プログレッシブゾーンは遠距離視覚部分と近距離視覚部分との間に配置されている。プログレッシブゾーンではレンズの作用が連続的に遠距離視覚部分の値から近距離視覚部分の値に上昇する。このレンズ作用の上昇はアディションとして公知である。プログレッシブ表面と称されるレンズの少なくとも1つの表面における曲率の変化は、レンズのこのプログレッシブ作用を形成するために必要である。しかし光学的結像特性に不利に作用する表面非点収差はプログレッシブ作用と関連して不可避のものである。この非点収差は典型的には平坦なラインまたは湾曲したライン（基本ライン）に沿ってだけゼロであり、このラインの側方ではミンクビッツの法則に従い表面屈折率の勾配の２倍で上昇する。その結果、これは歪みおよびぶれの形態の視覚的欠陥として現れる。網膜で知覚される画像の動体視、例えば「揺れ」および「ポンピング」ではとりわけ煩わしく感じられ、環境によってはプログレッシブレンズの装着特性に非常に不利に作用する。
【０００３】
特許文献１には、プログレッシブ表面を有するプログレッシブレンズが記載されている。ここでプログレッシブ表面の平均表面屈折率値の勾配の最大値はプログレッシブゾーンに配置された基本ラインの一部であり、レンズの全プログレッシブ表面にわたって表面のシリンダおよび/または非点収差はアディションと、一定値である係数kcmaxとの乗算により得られる積の値より小さい。
【特許文献１】ドイツ連邦共和国特許第４３４２２３４Ｃ２号公報
【発明の開示】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
本発明の課題は、改善された装着特性を有するプログレッシブ眼鏡レンズを提供することである。本発明の別の課題は、本発明のプログレッシブレンズの製造方法を提供することである。
【課題を解決するための手段】
【０００５】
この課題は、請求項１の構成を有するプログレッシブレンズの製造方法により解決される。有利な実施例は従属請求項に記載されている。
【０００６】
本発明によれば、少なくとも１つのプログレッシブ表面を有するプログレッシブ眼鏡レンズの製造方法であって、レンズは、
・遠距離を見るように構成され、遠距離基準点を有する遠距離視覚部分と、

・近距離を見るように構成され、近距離基準点を有する近距離視覚部分と、
・前記遠距離視覚部分と近距離視覚部分との間に配置されたプログレッシブゾーンとを有し、
レンズの作用は遠距離基準点での値から近距離基準点の値へ、基本ラインに沿って上昇し、該上昇はアディションとして既知の値により行われる形式の製造方法において、
プログレッシブレンズの計算工程および最適化工程を［製造時に］実行し、これにより、ベクトル非点収差A→（以下、「A→」は

$\vec{A}$

を表わすものである。）の回転|rotA→|および/または拡散|divA→|の絶対値ができるだけ小さくなるようにし、ここでベクトル非点収差A→の絶対値|A→|は、プログレッシブレンズの使用位置における非点収差の絶対値、またはプログレッシブレンズの少なくとも１つのプログレッシブ表面の表面非点収差の絶対値に比例し、ベクトル非点収差A→の方向は、プログレッシブレンズの使用位置における非点収差のシリンダ軸、またはプログレッシブレンズの少なくとも１つのプログレッシブ表面の表面非点収差のシリンダ軸に比例する。

【０００７】

遠距離視覚部分は通常、使用位置でレンズの上方部分に配置されており、近距離視覚部分はレンズの下方部分に配置されている。遠距離視覚部分は通常、無限大の距離を見るように構成されており、近距離視覚部分はとりわけ読書のために構成されている。眼鏡レンズを特別の適用のために使用する場合、例えば航空機パイロットのレンズまたはコンピュータモニタでの作業のためのレンズでは、遠距離視覚部分と近距離視覚部分とを異なって配置することができ、異なる距離に対して構成することができる。さらに複数の近距離視覚部分および遠距離視覚部分が存在していてもよく、同様にプログレッシブゾーンが複数でも良い。

【０００８】

プログレッシブレンズは（前面または背面に）１つのプログレッシブ表面または２つのプログレッシブ表面を有する。プログレッシブ表面は、眼に向いた側、ないしは背面または対象物側、ないしはレンズの前面とすることができ、反対の側は通常、球表面または円環表面を有する。この球表面または円環表面はレンズの非点収差の表面変化には寄与しない。レンズが２つのプログレッシブ表面を有する場合、できるだけ小さくすべき、ベクトル非点収差|rotA→|と|divA→|の導関数が、前面と背面（すなわち眼側表面と対象物側表面）との作用結合によって発生する。アディションの値は、遠距離基準点と近距離基準点における屈折力の使用値の差として計算される。

【０００９】

本発明によれば、非点収差の空間的変動の特性が、その方向情報も含めて非常に有利であるプログレッシブレンズ、すなわち可及的に小さいプログレッシブレンズが作製される。本発明によれば、このような方向変動は、頭部または視線が運動した際に発生する揺れまたはジャンピングとして知られる視覚的印象の変化の原因であることを認識する。

【００１０】

とりわけ、非点収差のシリンダ軸の変化または変動は二次的なパラメータなのではなく、反対に非常に重要なパラメータであることを認識する。これと比較して、従来技術によるレンズはこれまで、方向情報も含めたその表面非点収差の空間的変動を考慮していなかった。

【００１１】

プログレッシブレンズの表面特性については、これまで文献ではせいぜいキャンバ高さの２次導関数が議論されていた特許文献１のようにいくつかの場合、表面屈折率値∇D(x,y)または表面非点収差∇A(x,y)の勾配、すなわち表面のキャンバ高さの３次導関数が論議されていた。特許文献１の特許明細書では、動的視覚に対するこの勾配の重要性、すなわ

ち頭部または視線、または両者が運動した際の視覚条件に対する重要性が何カ所かで示唆されている。

【００１２】

しかし非点収差は常に２次元スケール関数としてだけ解釈され、この２次元スケール関数は、通常は曲率の主円弧の差$|1/r_1-r_2|$に比例すると定義される。従来のアプローチは非点収差のシリンダ軸を無視し、その絶対値にだけ専念するか、または特許文献１に記載のように、表面非点収差の絶対値の勾配にだけ専念していた。

【００１３】

本発明は新たな発見に基づくものであり、非点収差の場合のようにシリンダ軸も有する数量の空間的変化では、対象となる絶対値が変化するだけでなく、その方向情報も変化することを認識する。しかし非点収差のシリンダ軸の変化に関する情報は光学的補正に対して重要であるが、非点収差のベクトルフィールドがその絶対値にまで低減されると、失われてしまう。

【００１４】

非点収差のシリンダ軸が果たす役割は、例えば屈折の検出に基づき説明することができる。ここで非点収差のシリンダ軸の検出は、非点収差の絶対値の検出の前に連続して実行される。その理由は、シリンダ軸を例えばクロスシリンダ法により検出する場合、絶対値が推定されるシリンダがそのシリンダ軸に関して、クロスシリンダによってシリンダ軸が最適に設定されるまで変化されるからである。これに続いて最終的にシリンダの絶対値が決定される。シリンダの絶対値を軸の設定の前に検出しようとする試みでは、絶対値検出中に斜めに曲がったシリンダが発生することとなる。このことにより、その絶対値が補正シリンダの大きさと軸エラーの大きさに依存するシリンダが得られることとなる。従って、２つの恒久的に変化するパラメータが得られ、この２つのパラメータは交互に反復して補正しなければならない。しかし非点収差のシリンダ軸がすでに既知であれば、補正シリンダは常に十分な程度で変化され、クロスシリンダは維持される。最終的に補正シリンダの軸が正しく検出されれば、この軸は屈折不足と一致し、生じるシリンダ作用はゼロとなる。これはH. Diepes著の刊行物「Refraktionsbestimniung [屈折検出]」、Heinz Postenrieder出版、Pforzheim (1972), 322ページに例えば記載されている。

【００１５】

視覚に不利な作用を有することに加えて、非点収差は上記ですでに示したように歪みを引き起こす。網膜像の歪みから生じる主観的知覚もまたシリンダ軸の方向に依存する。このことは、J. Reiner著の「Auge und Brille［眼と眼鏡］」、4版、Ferdinand Enke出版、Stuttgart (1987), 27ページに記載されている。法則に従う、または法則に反する非点収差が存在しても、生じる歪みは眼鏡装着者に対してはさほど障害とはならない。なぜなら歪みは垂直方向または水平方向でだけ発生するからである。このタイプの歪みはしばしば側方位置からの覗き込みによって発生し、従って未知ではない。眼鏡装着者に対する問題は主に、斜めのシリンダ軸を伴う非点収差の場合に発生する。なぜなら網膜における垂直方向および水平方向の対象エレメントの像が傾斜するからである。このタイプの歪みは非常に煩わしいものである。なぜなら垂直方向および水平方向のラインが空間的に相互に垂直ではなく、90°から異なる角度で発生するからである(90°より大きいかまたは小さい)。その結果、レンズに順応するのを困難にする融像問題が生じる。本発明によれば、このような知覚的融像に対するストレスは非点収差のシリンダ軸が側方への眼球運動により変化する場合に予期されることが発見された。非点収差作用が発生し、この作用が絶対値的には同じであるが、傾斜したシリンダ軸を有する場合、このシリンダ軸はレンズを通る視点に依存しても変化し、このことがレンズを周辺エリアで我慢できないものにする。

【００１６】

非点収差の空間的変動を記述するためには、まず適切なベクトル非点収差を定義する。このベクトル非点収差の空間的分散は相応のベクトルフィールドを定義する。(非点収差の絶対値とシリンダ軸に相当する)このベクトル非点収差の絶対値と方向の変化を計算に組み込めば、すなわちレンズ、とりわけプログレッシブレンズを最適化すれば、結像特性

の改善につながり、ひいては装着特性を改善する新たなアスペクトが得られる。これについて以下に説明する。とりわけベクトル非点収差A→の導関数を記述するためには、その回転と拡散、すなわちベクトル演算子rotA→=∇→×A→とdivA→=∇→・A→を考察するのが有利である。

【００１７】

本発明はプログレッシブレンズの表面非点収差と、使用位置での非点収差の両方を考慮するものであるが、以下では例としてプログレッシブ表面の表面非点収差を考察する。従って以下では、ベクトル表面非点収差の詳細な定義を示し、次に使用位置でのベクトル非点収差を簡単に同様に定義する。

【００１８】

ベクトル表面非点収差A→の定義

プログレッシブ表面のキャンバ高さは次の関数により定義される；

【数１】

$$z = f(x,y),$$

ここで座標(x、y)は投影面にある。キャンバ高さとは、座標(x、y)の点と表面頂点の接線面との距離であると理解されたい。

【００１９】

主曲率を計算するために必要な第１の基本式は

【００２０】

【数２】

$$g(x,y)=\begin{pmatrix} E & F \\ F & G \end{pmatrix}=\begin{pmatrix} 1+f_x^2 & f_x f_y \\ f_x f_y & 1+f_y^2 \end{pmatrix}$$

であり、第２の基本式は

【００２１】

【数３】

$$l(x,y)=\begin{pmatrix} K & L \\ L & M \end{pmatrix}=\frac{-1}{\sqrt{1+f_x^2+f_y^2}}\begin{pmatrix} f_{xx} & f_{xy} \\ f_{xy} & f_{yy} \end{pmatrix}$$

である。

ここで導関数は、$f_x=\partial f_x(x,y)$、$f_y=\partial_y f(x,y)$、$f_{xx}=\partial_x{}^2 f(x,y)$、$f_{yy}=\partial_y{}^2 f(x,y)$、$f_{xy}=\partial_x \partial_y f(x、y)$により省略されている。主曲率k１とk２および主曲率方向は次の数式で示される一般的固有値問題の解である。

【００２２】

【数４】

$$\begin{pmatrix} K & L \\ L & M \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{pmatrix}-\begin{pmatrix} E & F \\ F & G \end{pmatrix}\begin{pmatrix} x_1 & x_2 \\ y_1 & y_2 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} k_1 & 0 \\ 0 & k_2 \end{pmatrix}=0. \qquad (1)$$

【００２３】

このようにして計算された固有ベクトル(x_1,y_1)と(x_2,y_2)は、レンズ表面の接線面にあり、かつそこで主曲率方向を指示するベクトルの投影である。

【００２４】

主曲率方向を計算するために、固有ベクトル(x_1,y_1)と(x_2,y_2)をその計算後に、接線面の系に変換しなければならない。この変換は、全固有値問題自体を接線面に変換することによってもっとも良好に実行することができる。このことは次式に代入することにより実行される

【００２５】
【数５】

$$\begin{pmatrix} K & L \\ L & M \end{pmatrix}_{eff} \begin{pmatrix} u_1 & u_2 \\ v_1 & v_2 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} u_1 & u_2 \\ v_1 & v_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} k_1 & 0 \\ 0 & k_2 \end{pmatrix} = 0 \qquad (2)$$

第1基本式はこの提示ではユニットマトリクスであるから、固有ベクトル(u_1,v_1)と(u_2, v_2)は接線面内になければならない。
【００２６】
オリジナル問題(1)を単純に左から
【００２７】
【数６】

$$\begin{pmatrix} E & F \\ F & G \end{pmatrix}^{-1}$$

により乗算するのがもっとも単純なように思われる。しかしこれにより非対称マトリクス
【００２８】
【数７】

$$\begin{pmatrix} K & L \\ L & M \end{pmatrix}_{eff}$$

が生じることとなり、その固有ベクトルはもはや直交しない。なぜなら(u,v)座標系が傾斜することとなるからである。対称性を維持するためには、第1基本式gを対角形状に変換しなければならない：
$W^T g W = g_d \Leftrightarrow g = W g_d W^T = (W g_d^{1/2})\ (W g_d^{1/2})^T$
ここでg_dは固有値gを有する対角マトリクス、Wはカラムに固有ベクトルgを有するマトリクスである。トランスフォーメーション$(W g_d^{1/2})^T$はベクトル(x、y)を次式により接線面に変換する。
【００２９】
【数８】

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = (W g_d^{1/2})^T \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix},$$

なぜなら(u,v)面におけるベクトルの長さは次式により定義されるからである。
【００３０】
【数９】

$$\begin{aligned} (u \quad v) \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} &= (x \quad y)(W g_d^{1/2})(W g_d^{1/2})^T \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \\ &= (x \quad y) g \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \end{aligned}$$

【００３１】
(u,v)面への各変換$(W g_d^{1/2})^T$により、
【００３２】
【数１０】

$$R = \begin{pmatrix} \cos\varphi & \sin\varphi \\ -\sin\varphi & \cos\varphi \end{pmatrix}$$

が(u,v)面内での回転であれば、$(Wg_d^{1/2}R)^T$もまたそのようなトランスフォーメーションである。回転Rをこのようにして、u軸が接線面と水平面により形成される交点と一致するようにセットアップするのが実際的である。このことは$(Wg_d^{1/2}R)^T$の左下マトリクスエレメントが消失するような角度φによって達成することができる。計算により検算できるように、これは$\varphi_0=\arctan f_y/f_x\sqrt{(1+f_x^2+f_y^2)}$の場合に対して当てはまり、生じた変換は次式により定義される。

【００３３】

【数１１】

$$T=(Wg_d^{1/2}R(\varphi_0))^T=\frac{Sign(f_x)}{\sqrt{(1+f_y^2)(1+f_x^2+f_y^2)}}\begin{pmatrix}(1+f_y^2) & 0\\ -f_xf_y & \sqrt{1+f_x^2+f_y^2}\end{pmatrix}\quad \text{または}$$

$$T^{-1}=\frac{Sign(f_x)}{\sqrt{1+f_y^2}}\begin{pmatrix}\sqrt{1+f_x^2+f_y^2} & 0\\ f_xf_y & 1+f_y^2\end{pmatrix}$$

【００３４】

そして固有値問題は、$g=T^TT$を次式に代入することにより表すことができる。

【００３５】

【数１２】

$$\begin{pmatrix}K & L\\ L & M\end{pmatrix}\begin{pmatrix}x_1 & x_2\\ y_1 & y_2\end{pmatrix}-T^TT\begin{pmatrix}x_1 & x_2\\ y_1 & y_2\end{pmatrix}\begin{pmatrix}k_1 & 0\\ 0 & k_2\end{pmatrix}=0\Leftrightarrow$$

$$\left(T^{-1}\right)^T\begin{pmatrix}K & L\\ L & M\end{pmatrix}T^{-1}T\begin{pmatrix}x_1 & x_2\\ y_1 & y_2\end{pmatrix}-T\begin{pmatrix}x_1 & x_2\\ y_1 & y_2\end{pmatrix}\begin{pmatrix}k_1 & 0\\ 0 & k_2\end{pmatrix}=0\Leftrightarrow$$

$$\begin{pmatrix}K & L\\ L & M\end{pmatrix}_{eff}\begin{pmatrix}u_1 & u_2\\ v_1 & v_2\end{pmatrix}-\begin{pmatrix}u_1 & u_2\\ v_1 & v_2\end{pmatrix}\begin{pmatrix}k_1 & 0\\ 0 & k_2\end{pmatrix}=0$$

【００３６】

固有値問題はこのようにして第2基本式の対称提示を含む接線面に変換される：

【００３７】

【数１３】

$$\begin{pmatrix}K & L\\ L & M\end{pmatrix}_{eff}=\left(T^{-1}\right)^T\begin{pmatrix}K & L\\ L & M\end{pmatrix}T^{-1}=$$

$$\frac{1}{\left(1+f_y^2\right)\sqrt{1+f_x^2+f_y^2}}\begin{pmatrix}\dfrac{-f_x(1+f_y^2)+f_xf_y(-f_xf_y^2+2f_{xy}(1+f_y^2))}{1+f_x^2+f_y^2} & \dfrac{f_xf_y^2-f_{xy}(1+f_y^2)}{\sqrt{1+f_x^2+f_y^2}}\\ \dfrac{f_xf_y^2-f_{xy}(1+f_y^2)}{\sqrt{1+f_x^2+f_y^2}} & -f_y\end{pmatrix}$$

そして主曲率k1とk2および所属の主曲率方向(u1,v1)と(u2,v2)が得られる。

【００３８】

量|k1-k2|により定義される絶対値を有するベクトル非点収差を定義するために、すなわち非点収差に対するベクトルフィールドを定義するために、角度を2倍にすると有利である。このことは、極座標でのTABOスキームのシリンダ軸をチェックするのに通常実行され、例えば刊行物WO01/81979に提案されている。第1シリンダ軸の方向を近似的に角度Ψ=

arctanv1/u1によって定義すれば、ベクトル非点収差を次式により定義することができる：

【００３９】

【数１４】

$$\vec{A} = (n-1)|k_2 - k_1| \begin{pmatrix} \cos 2\psi \\ \sin 2\psi \end{pmatrix}$$

$$= \frac{n-1}{(1+f_y^2)(1+f_x^2+f_y^2)^{3/2}} \begin{pmatrix} -2f_x f_{xy} f_y (1+f_y^2) + f_{xx}(1+f_y^2)^2 + f_x^2(-1+f_y^2) f_{yy} - (1+f_y^2) f_{yy} \\ 2\sqrt{1+f_x^2+f_y^2}\,(f_{xy} + f_{xy} f_y^2 - f_x f_y f_{yy}) \end{pmatrix}$$

(3),

ここでnは屈折率である。

【００４０】

第2シリンダ軸により新たなベクトル非点収差が得られるのではなく、包括的なプラスまたはマイナス符号が生じるだけであることを述べておく。この第2シリンダ軸は第1シリンダ軸に対して垂直であり、角度を2倍にすることにより直角から180°に拡張される。

【００４１】

ベクトル表面非点収差と同じように、使用位置での非点収差もベクトル的に$|k_2-k_1|$(cos2Ψ,sin2Ψ)として定義される。ここでk_1,k_2は、屈折表面の第2基本式の固有値ではなく、出現する波面である。屈折率に依存する量(n-1)は固有値に含まれている(式(3)での表面非点収差による状況とは異なる)。従って付加的係数として乗算する必要はない。角度Ψは波面での接線面に対するものであり、基準方向としてこの面と水平面との交線を有する。波面を無限大から垂直に入射するため、式(3)に定義された係数が使用位置での垂直非点収差に対して得られる。それ以外の場合、偏差が得られる。

【００４２】

以下では、非点収差A→は式(3)により定義されるベクトル表面非点収差として理解されることを述べる。

【００４３】

ベクトル非点収差の第1近似は、キャンバ高さの1次導関数f_x,f_yが1と比較して小さい、すなわち$1+f_x^2$　1、$1+f_y^2$　1等々であることを仮定すると得られる。ベクトル非点収差に対しては次式が当てはまる：

【００４４】

【数１５】

$$\vec{A} = (n-1) \begin{pmatrix} f_{xx} - f_{yy} \\ 2f_{xy} \end{pmatrix} \qquad (4)$$

【００４５】

式(4)から、ベクトル非点収差はキャンバ高さの2次導関数の表現である。

【００４６】

全体としてこれにより、ベクトルフィールドA→の独立した4つの導関数が得られる。すなわち$\partial A_x/\partial x$、$\partial A_x/\partial y$、$\partial A_y/\partial x$および$\partial A_y/\partial y$である。これらはすべて同じオーダーを有する。これらすべてに興味があるが、以下ではベクトル非点収差のこれら4つの導関数のうち、特に一般的に使用される2つの組み合わせに限定する。すなわちその拡散

$$\mathrm{div}\vec{A} = \nabla \rightarrow \cdot \vec{A} = \partial A_x/\partial x + \partial A_y/\partial y \qquad (5)$$

と、その回転のz成分

$$(\mathrm{rotA}\rightarrow)_z=(\nabla\rightarrow\cdot A\rightarrow)_z=\partial A_y/\partial x+\partial A_x/\partial y \qquad (6)$$

である。

【００４７】

簡単にするため、$(\mathrm{rotA}\rightarrow)_z$ではなく、rotA→を以下では使用する。なぜならrotA→=(0, 0, $(\mathrm{rotA}\rightarrow)_z$)だからである。

【００４８】

式(3)からベクトル非点収差A→に対して導出された、rotA→とdivA→に対する正確な式はスペースの理由からここに示さないが、そこから得られた正確な結果を以下の図に示す。ベクトル非点収差に対して式(3)により得られた近似を上記した式(5)と(6)に代入すると、これによりベクトル非点収差の拡散および回転に対する以下の近似が得られる：

$$\mathrm{divA}\rightarrow\propto f_{xxx}+f_{xyy} \quad \text{および} \quad (\mathrm{rotA}\rightarrow)_z\propto f_{yyy}+f_{xxy} \qquad (7)$$

上記した式(7)からベクトル非点収差A→の回転と拡散はキャンバ高さの導関数を表すことが分かる。全部で、キャンバ高さの独立した4つの3次導関数が存在する。すなわちf_{xxx}, f_{xxy}, f_{xyy}, f_{yyy}である。

【００４９】

本発明の方法により作製される眼鏡レンズは、従来の方法により作製された眼鏡レンズと比較して、眼鏡レンズの非点収差の絶対値の点でも方向の点でも格段に改善された装着特性を有する。本発明では、プログレッシブレンズに内在する非点収差を取り扱うのであり、この非点収差は肉眼の自然な非点収差を補正するために用いるものではないことを述べておく（肉眼の非点収差はレンズ全体をわたっていずれにしろ一定であり、従って無視できる導関数を有する）。

【００５０】

計算および最適化工程は有利には次のように実行される。すなわち、ベクトル非点収差A→の拡散の一般的絶対値|divA→|がレンズの良好な視野ゾーンの外に、有利にはレンズの周辺エリアに配置されるようにするのである。この良好な視野ゾーンでは、ベクトル非点収差の絶対値|A→|が0.6dptより小さく、有利には0.5dpt以下である。

【００５１】

これによりdivA→の障害となる最大値および最小値が視覚目的のため頻繁には使用されない領域にシフトされ、これによりレンズの装着特性が改善される。0.5dptより大きな値を有する非点収差だと、網膜に斜めに知覚される像が生じる。

【００５２】

計算および最適化工程はまた有利には次のように実行される。すなわち、ベクトル非点収差A→の拡散の絶対値|divA→|の一般的最大値の位置のx座標が6.0mmより大きく、y座標が-8.5mmより小さくなるように実行する。ここでxは使用位置での水平軸、yは垂直軸であり、ゼロ点x=0,y=0はレンズの中心点より4mm下にある。

【００５３】

従って水平軸xは、縁なしレンズの2つのパーマネントマークにより定義される方向に対して平行である。このパーマネントマークは基本ラインから側方に17mmの距離で存在する。垂直軸yは水平方向に対して垂直である。ゼロ点x=0,y=0はレンズの中心点より4mm下にあり、非偏心レンズの場合はレンズの中心に相当する。ほとんどのレンズの場合、これはまたプリズム基準点でもある。すなわちこの点は、レンズのプリズム作用を規定すべき点である。センタリング点はレンズの中央より4mm上にあり、レンズ上に十字の形態で前もってスタンプされている。プログレッシブレンズの表面非点収差を考察する場合、xとyは、プログレッシブレンズの頂点を通る接線面にある。

【００５４】

y≧-8mmの領域内では、ベクトル非点収差A→のすべての拡散|divA→|に取り立てて極値は存在しない。この特徴はすべてのアディションに対して満たされる。

【００５５】
divA→の極値は、その絶対値が(0.1/mm)×アディションより大きい場合に甚だしい値と見なされる。
【００５６】
さらに計算および最適化工程は次のように実行される。すなわち(0.1/mm)×アディションの値を越える、ベクトル非点収差A→の拡散の絶対値|divA→|のすべての極値が、アディション≧2.0dptであるすべてのプログレッシブ表面に対してレンズのy≧-9mmの領域の外となるように実行される。この特徴はすべての基本曲線に対して満たされる。
【００５７】
加えて計算および最適化工程を次のように実行すると有利である。すなわちベクトル非点収差A→の回転の絶対値|rotA→|が近距離視覚部分および/または遠距離視覚部分で、約0.25アディション/dpt・dpt/mmである|rotA→|maxの最大値を越えて上昇しないようにする。
【００５８】
特に有利には計算および最適化工程は次のように実行する。すなわちベクトル非点収差A→の回転の絶対値|rotA→|がy=-14mmの水平区間で、約0.115アディション/dpt・dpt/mmである|rotA→|maxの絶対値、有利には約0.08アディション/ｄｐｔ・ｄｐｔ/mmである|rotA→|maxの絶対値を越えないように実行する。
【００５９】
さらに有利には計算および最適化工程は次のように実行する。すなわち、ベクトル非点収差A→の回転の絶対値|rotA→|がy=+6mmの水平区間で、約0.115アディション/dpt・dpt/mmである|rotA→|maxの最大値、有利には約0.06アディション/dpt・dpt/mmである|rotA→|maxの最大値を越えないように実行する。
【００６０】
計算および最適化工程は有利には次のように実行される。すなわちy=3mmとy=5mmの間の遠距離視覚部分では、y=一定の少なくとも1つの水平区間が存在し、この水平区間に沿ってベクトル非点収差A→の回転の絶対値|rotA→|が基本ラインから|x|=16mmの座標の外側に向かって単調に上昇するように実行される。
【００６１】
さらに計算および最適化工程を次のように実行すると有利である。すなわち、ベクトル非点収差A→の拡散divA→がy=0mmの水平区間では、約(0.11アディション/dpt+0.03)dpt/mm、有利には約(0.08アディション/dpt+0.03)dpt/mmである(divA→)maxの最大値を越えて上昇しないように実行する。
【００６２】
計算および最適化工程は有利には次のように実行される。すなわちベクトル非点収差A→の拡散divA→がy=0mmの水平区間で、約(-0.07アディション/dpt-0.11)dpt/mm、有利には約(-0.05アディション/dpt-0.08)dpt/mmである(divA→)minの最小値を下回らないように実行される。
【００６３】
プログレッシブレンズの製造方法は計算および最適化工程においてとりわけ有利には次のように実行される。すなわちベクトル非点収差A→の拡散divA→がy=-14mmの水平区間では、約(0.12アディション/dpt+0.06)dpt/mmである(divA→)maxの最大値を越えて上昇しないように実行される。
【００６４】
さらに計算および最適化工程が次のように実行されると有利である。すなわちベクトル非点収差A→の拡散divA→がy=-14mmの水平区間で、約(-0.13アディション/dpt-0.05)dpt/mmである(divA→)minの最小値を下回らないように実行される。
【００６５】
さらに本発明によれば、少なくとも1つのプログレッシブ表面を有するプログレッシブレンズが提供され、このレンズは：

・遠距離を見るように構成され、遠距離基準点を有する少なくとも1つの遠距離視覚部分と、
・近距離を見るように構成され、近距離基準点を有する少なくとも1つの近距離視覚部分と、
・前記遠距離視覚部分と近距離視覚部分との間に配置されたプログレッシブゾーンとを有し、
レンズの作用は遠距離基準点での値から近距離基準点の値へ、基本ラインに沿って上昇し、該上昇はアディション（またはアドパワー）と称される値により行われ、
ここで
・ベクトル非点収差A→の拡散の絶対値|divA→|の一般的最大値がレンズの良好な視野ゾーンの外に、有利にはレンズの周辺エリアに配置されており、
当該良好な視野ゾーンでは、ベクトル非点収差の絶対値|A→|が0.6dptより小さく、有利には0.5dpt以下であり、
・ベクトル非点収差A→の回転の絶対値|rotA→|が、近距離視覚部分および/または遠距離視覚部分で、約0.25アディション/dpt・dpt/mmである|rotA→|maxの最大値を越えて上昇せず、
ベクトル非点収差A→の絶対値|A→|は、プログレッシブレンズの使用位置での非点収差の絶対値に比例するか、またはプログレッシブレンズの少なくとも1つのプログレッシブ表面の表面非点収差の絶対値に比例し、
ベクトル非点収差A→の方向は、プログレッシブレンズの使用位置での非点収差のシリンダ軸に比例するか、またはプログレッシブレンズの少なくとも1つのプログレッシブ表面の表面非点収差のシリンダ軸に比例する。

【００６６】

重要な特徴および定義に関しては、上に述べたレンズ製造方法の詳細な記述を参照されたい。

【００６７】

ベクトル非点収差A→の拡散の絶対値|divA→|の一般的最大値の位置のx座標は、6.0mmより大きく、y座標は有利には-8.5mmより小さく、ここでxは使用位置での水平軸、yは垂直軸であり、ゼロ点x=0,y=0はレンズの中心点より4mm下にある。

【００６８】

アディション≧2.0dptであるプログレッシブ表面すべてに対して、(0.1/mm)×アディションの値を越える、ベクトル非点収差A→の拡散の絶対値|divA→|のすべての極値が、レンズのy≧-9mmの領域の外になるようにすると有利である。

【００６９】

ベクトル非点収差A→の回転の絶対値|rotA→|は、y=-14mmの水平区間で、約0.115アディション/dpt・dpt/mmである|rotA→|maxの最大値、有利には約0.08アディション/dpt・dpt/mmである|rotA→|maxの最大値を越えない。

【００７０】

ベクトル非点収差A→の回転の絶対値|rotA→|が、y=+6mmの水平区間で、約0.115アディション/dpt・dpt/mmである|rotA→|maxの最大値、有利には約0.06アディション/dpt・dpt/mmである|rotA→|maxの最大値を越えないと有利である。

【００７１】

y=3mmとy=5mmの間の遠距離視覚部分では、y=一定の少なくとも1つの水平区間が存在し、この水平区間に沿ってベクトル非点収差A→の回転の絶対値|rotA→|が基本ラインから|x|=16mmの座標の外側に向かって単調に上昇すると有利である。

【００７２】

ベクトル非点収差A→の拡散divA→が、y=0mmの水平区間では、約(0.11アディション/dpt+0.03)dpt/mm、有利には約(0.08アディション/dpt+0.03)dpt/mmである(divA→)maxの最大値を越えて上昇しないようにすると有利である。

【００７３】

ベクトル非点収差A→の拡散divA→が、y=0mmの水平区間で、約(-0.07アディション/dpt -0.11)dpt/mm、有利には約(-0.05アディション/dpt-0.08)dpt/mmである(divA→)minの最小値を下回らないと有利である。

【００７４】

ベクトル非点収差A→の拡散divA→が、y=-14mmの水平区間では、約(0.12アディション/dpt+0.06)dpt/mmである(divA→)maxの最大値を越えて上昇しないと有利である。

【００７５】

ベクトル非点収差A→の拡散divA→が、y=-14mmの水平区間では、約(-0.13アディション/dpt-0.05)dpt/mmである(divA→)minの最小値を下回らないと有利である。

【００７６】

本発明を以下、有利な実施例の添付図面に基づき詳細に説明する。

【００７７】

図1Aは、従来技術によるレンズの前面における表面屈折値dptの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【００７８】

図1Bは、実施例1によるレンズの前面における表面屈折値dptの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【００７９】

図1Cは、実施例2によるレンズの前面における表面屈折値dptの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【００８０】

図2Aは、従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の絶対値dptの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【００８１】

図2Bは、実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の絶対値dptの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【００８２】

図2Cは、実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の絶対値dptの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【００８３】

図3Aは、従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の絶対値の勾配dptの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【００８４】

図3Bは、実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の絶対値の勾配dpt/mmの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【００８５】

図3Cは、実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の絶対値の勾配dptの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【００８６】

図4Aは、従来技術によるレンズの前面における表面非点収差のベクトルフィールドを座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【００８７】

図4Bは、実施例1によるレンズの前面における表面非点収差のベクトルフィールドを座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【００８８】

図4Cは、実施例2によるレンズの前面における表面非点収差のベクトルフィールドを座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【００８９】

図5Aは、従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の回転rotA→をdpt/mmで、座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【００９０】
図5Bは、実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の回転rotA→をdpt/mmで、座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【００９１】
図5Cは、実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の回転rotA→をdpt/mmで、座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【００９２】
図6Aは、従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→をdpt/mmで、座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【００９３】
図6Bは、実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→をdpt/mmで、座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【００９４】
図6Cは、実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→をdpt/mmで、座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【００９５】
図7Aは、従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=3mmの水平区間で示す図である。
【００９６】
図7Bは、実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=4.8mmの水平区間で示す図である。
【００９７】
図7Cは、実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=3mmの水平区間で示す図である。
【００９８】
図7Dは、2.0、2.5および3.0dptのアディションを有する実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=3mmの水平区間で示す図である。
【００９９】
図8Aは、従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=6mmの水平区間で示す図である。
【０１００】
図8Bは、実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=6mmの水平区間で示す図である。
【０１０１】
図8Cは、実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=6mmの水平区間で示す図である。
【０１０２】
図8Dは、1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションを有する実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=6mmの水平区間で示す図である。
【０１０３】
図8Eは、1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションを有する実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=6mmの水平区間で示す図である。
【０１０４】
図9Aは、従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。
【０１０５】
図9Bは、実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の

経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。

【０１０６】

図9Cは、実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。

【０１０７】

図9Dは、1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションを有する実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。

【０１０８】

図9Eは、1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションを有する実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。

【０１０９】

図10Aは、従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=0mmの水平区間で示す図である。

【０１１０】

図10Bは、実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=0mmの水平区間で示す図である。

【０１１１】

図10Cは、実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=0mmの水平区間で示す図である。

【０１１２】

図10Dは、1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションを有する実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=0mmの水平区間で示す図である。

図10Eは、1.0、2.0、2.5、3.0および3.5ｄｐｔのアディションを有する前面の表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=0mmの水平区間で示す図である。

【０１１３】

図11Aは、従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。

【０１１４】

図11Bは、実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。

【０１１５】

図11Cは、実施例2による前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。

【０１１６】

図11Dは、1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションを有する実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。

【０１１７】

図11Eは、1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションを有する実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。

【０１１８】

以下、本発明の特徴をより詳細に、2つの実施例(実施例1と実施例2)に基づき説明する。さらに従来技術による眼鏡レンズとの比較を行う。

【０１１９】

同等のすべてのレンズ(2つの実施例のレンズおよび従来技術によるレンズ)は、球面/円環背面(接眼面)と、プログレッシブ前面(対象物面)を有する。この場合、非点収差の回転

および拡散特性は、前面における特性だけに基づいて説明することができる。本発明の2つの実施例によるレンズのプログレッシブ表面はそれぞれ4dptの基本曲線と2dptのアディションを有し、ここでアディション値は常に、遠距離基準点B_Fと近距離基準点B_Nにおける屈折率の使用値の差を示す。

【０１２０】

すべての図に対して座標は、ゼロ点(x,y)=(0,0)が中心点B_zの下方4mmに配置されるように選択されており、ここで通常の場合にように、xは使用位置での水平方向、yは垂直方向である。さらに表面非点収差とは以下、式(3)で定義されるように垂直表面非点収差であると理解すべきである。

【０１２１】

従来技術に対する図面は常に図Aとして示されており、実施例1によるものは図Bとして、実施例2によるものは図Cとして示されている。実施例1と実施例2の相応するmmでのチャンバ高さは、mmでの座標(x、y)の関数として、表3Aと3Bに示されている。表3Aは本発明の実施例1によるプログレッシブ表面に対するキャンバ高さを、表3Bは本発明の実施例2によるプログレッシブレンズに対するキャンバ高さをmmで示す。

【０１２２】

この状況では、背面の特性と他のパラメータ(表1に示されている)もまた、前面の特性に加えて特定された場合にだけレンズは完全に特徴付けられる。表1は、実施例1および2による本発明のレンズおよび従来技術によるレンズの特性を完全に示す。この場合、式はシリンダ値がゼロであることを示しており、従ってレンズの背面はシリンダ値ゼロを有する。従ってそれらの表面屈折率だけが示されている。前面は基本曲線に従って調整されている。従来技術によるレンズの前面が本発明によるレンズよりも大きな基本曲線を有する(4.0dptではなく5.7dpt)という事実は、本発明のレンズの撓みが比較的浅いことによるものである。しかしこの相違は、非点収差の前面の分散には影響を及ぼさず、従って従来技術との本発明の互換性にも影響を及ぼさない。互換性に対して重要なのは、本発明と従来技術とが同じ処方に所属する、すなわち同じ処方値を有することである。

【０１２３】

【表１】

特性	従来技術（プログレッシブライフ１）	本発明(実施例1)	本発明(実施例2)
表面 基本曲線	5.7	4.0	4.0
表面屈折値 B_Fでの前面(dpt)	6.5	4.5	4.5
表面屈折値 背面(dpt)	-5.82	-4.05	-4.10
処方データ			
球面(dpt)	0.5	0.5	0.5
シリンダ(dpt)	0.0	0.0	0.0
軸(dpt)	0.0	0.0	0.0
アディション(dpt)	2.0	2.0	2.0
プリズム(cm/m)	0.0	0.0	0.0
センタリング			
瞳孔内距離(mm)	63.0	64.0	64.0
角膜頂点距離(mm)	15.0	13.0	13.0
前方チルト(deg)	8.0	7.0	7.0
眼球ピボット点距離(mm)	28.5	26.5	26.5
スタンプポイント			
遠距離基準点(x,y)	(0.0,8.0)	(0.0,8.0)	(0.0,8.0)
中心点(x,y)	(0.0,4.0)	(0.0,4.0)	(0.0,4.0)
近距離基準点(x,y)	(-2.5,-14.0)	(-2.5,-14.0)	(-2.5,-14.0)
プリズム基準点(x,y)	(0.0,0.0)	(0.0,0.0)	(0.0,0.0)
材料			
名称	Perfalit 1.5	Perfalit 1.6	Perfalit
屈折率 n	1.502	1.597	1.502
レンズデータ			
中心厚 d(mm)	4.7	2.34	2.6
直径(mm)	80.0	65.0	65.0
縮小プリズム厚(cm/m)	0.0	1.0	0.0

【０１２４】

レンズは第1に所定に屈折率分布によって特徴付けられる。これは従来技術に対しては図1Aに、実施例1に対しては図1Bに、実施例2に対しては図1Cに示されている。図1Aから1Cは、前面の平均表面屈折率値$D=(n-1)(k_1+k_2)/2$の分布を座標(x、y)の関数としてmmで示すものであり、ここでnは屈折率、k1,2は前面の主曲率を表す。平均屈折率の分布は、0.25dptの間隔での同じ値の等値線および/または高度線として示されている。

【０１２５】

図1Aから1Cに示されるように、本発明のレンズでは表面屈折率値は遠距離視覚部分での4.5dptから近距離視覚部分の6.25dptへ、従来技術のレンズの場合よりも比較的小さく上昇する。従来技術のレンズでの上昇は5.25dptから7.25dptである。従って前面の表面非点収差は従来技術よりも小さい。本発明の1つの利点は、本発明が球形背面と共に、使用位置で従来技術と同じ2.0dptのアディションを達成し、しかも、非点収差を使用位置で、この高い値を達成するために従来技術のように背面に付加する必要がないことである。とりわけ光線通過が斜めであるため、使用位置での2.0dptのアディションが、前面の表面屈折率値の上昇が2.0dpt以下であっても達成される。本発明による非点収差の使用最大値は、実施例1に対して2.41dpt、実施例2に対して2.53dptであり、従来技術では2.92dptである。

図2Aから2Cは、式(3)による前面の非点収差の絶対値を、座標(x、y)の関数としてmmでプロットしたものであり、図2Aは従来技術、図2Bは実施例1、そして図2Cは実施例2を示す。表面非点収差の絶対値の経過は0.25dptの間隔の等値線によって示されている。非点収

差の絶対値|A→|を考察することにより得られるすべての情報は図2A～2Cに示されている。

【０１２６】

図2Aが示すように、従来技術では表面非点収差の最大絶対値が式(3)に従い2.62dptである。これと比較して表面非点収差の最大絶対値は、本発明の実施例1では2.04dpt(図2B)、実施例2では2.16dpt(図2C)である。

【０１２７】

図3Aから3Cは、前面の非点収差の絶対値の勾配|grad(|A→|)|をdpt/mmで座標(x、y)の関数としてmmで、従来技術(図3A)、実施例1(図3B)、および実施例2(図3C)に対して示す。勾配の分布は0.05dpt/mmの間隔で等値線により示されている。

【０１２８】

図2Aから2Cに示された非点収差の絶対値の分布と比較すると、非点収差の全体ベクトルフィールドA→の分布線図が方向情報も含んでいることが分かる。図4Aから４Cは、前面の表面非点収差のベクトルフィールド座標(x,y)の関数としてmmで示すものであり、従来技術については図4A、実施例1については図4B、実施例2については図4Cに示されている。相応して図5Aから５Cは、非点収差の回転rotA→の分布をdpt/mmで座標(x、y)の関数としてmmで示すものであり、従来技術については図5A、実施例1については図5B、実施例2については図5Cに等値線によって示されている。相応して図6Aから6Cは、非点収差の拡散divA→の分布をdpt/mmで座標(x、y)の関数としてmmで示すものであり、従来技術については図6A、実施例1については図6B、実施例2については図6Cに等値線によって示されている。

【０１２９】

従来技術に対する図4Aから分かるように、非点収差のベクトルキャンバは(x,y)=(20,-6)mmを中心にする領域で、すべて近似的に同じ長さを有するが、しかし方向は大きく異なる。しかしこの変化は、非点収差の絶対値|A→|の線図に基づいては認識することができない。例えば絶対値勾配|grad(|A→|)|の大きさは、図3Aに示すように(x,y)=(20,-6)を中心とする領域では0.1dpt/mmを越えない値を取る。非点収差A→の大きな変動は、0.4dpt/mmを越える値を取る非点収差の回転rotA→の大きさによってのみ可視となる。これは図5Aに例として示されている。これと比較すると、非点収差の回転rotA→の大きさは同じ領域(x、y)=(20,-16)で、本発明の実施例1(図5B)と実施例2(図5C)に対してはわずか0.15dpt/mmのオーダーである。

【０１３０】

実施例1と実施例2および従来技術によるレンズの非点収差の拡散divA→と回転rotA→のさらなる量的フィーチャを以下、水平区間(x:可変、y=一定)に基づいて説明する。

【０１３１】

図-A（図7Aから図11A）は従来技術に基づくものであり、図-B（図7Bから図11B）は第1実施例に基づくものであり、図-C（図7Cから図11C）は第2実施例にそれぞれ基づくものである。

【０１３２】

図7Dは、実施例2の前面と同じ形式の前面の2.0, 2.5および3.0dptの一連のアディションに基づくものである。

【０１３３】

図-D(図8Dから図11D)は、実施例1の前面と同じ形式の一連の前面に基づくものであり、それら前面は使用位置でのそれらのアディションだけが異なっている。ここに示された一連の前面は、1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションをそれぞれ有する。

【０１３４】

図-E(図8Eから図11E)は、実施例2の前面と同じ形式の一連の前面に基づくものであり、それら前面は使用位置でのそれらのアディションだけが異なっている。ここに示された一連の前面は、1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションをそれぞれ有する。

【０１３５】

divA→の極値の位置

非点収差の回転rotA→と拡散divA→は良質なレンズでは最小でなければならない。divA→は通常、レンズ内で極値を有するから、この極値がレンズの周辺のさらに外側に配置されると有利である。

【０１３６】

従来技術では非点収差の拡散divA→は多数の顕著な極値を有し、これらの極値は図6Aに示されるように相互に接近している。これと比較すると、本発明の前面の非点収差divA→の拡散の分布は非常にスムーズである(実施例1に対する図6Bおよび/または実施例2に対する図６C参照)。レンズの中心に接近した極値は存在せず、それらは顕著でもない。顕著な値はy≧-8mmの領域の外側だけにあることが明白である。用語「顕著」とは、極値の絶対値が(0.1/mm)×アディションを越える極値に当てはまる。実施例1で非点収差の拡散の絶対値|divA→|の最大値は(x,y)=(１１．３,-１１．９)のときに最小値を取り、大きさは0.31dpt/mmである。実施例2では0.39dpt/mmの最大値に、(x、y)=(１１．９,-１３．８)で達する。これと比較すると、従来技術に対する拡散の絶対値|divA→|の最大値は0.6dpt/mmであり、ポイント(x、y)=(6.1,-8,3)でレンズの中心により接近する。

【０１３７】

領域ｙ≧-8mm内には非点収差divA→の拡散の極値（または顕著な極値）が存在しない。この特性は、本発明による設計の一連のすべてのアディション1.0、2.0、2.5、3.0、3.5dptに当てはまる(表2Aおよび表2B参照)。表2Aは非点収差の拡散divA→の極値(最大値および最小値)の位置を本発明の実施例1によるレンズについて示すものであり、表２Bは非点収差の拡散divA→の極値の位置を本発明の実施例2のレンズについて示すものである。アディション2.0を越えるシリーズから領域ｙ≧-9mmの領域でも極値が存在しない。

【０１３８】

【表２Ａ】

X/Y	-30,0	-27,5	-25,0	-22,5	-20,0	-17,5	-15,0	-12,5	-10,0	-7,5	-5,0	-2,5	0,0
30,0	7,01201	6,43297	5,90677	5,43260	5,00970	4,63738	4,31515	4,04262	3,81937	3,64506	3,51945	3,44238	3,41370
27,5	6,45126	5,87398	5,34940	4,87673	4,45520	4,08414	3,76295	3,49122	3,26854	3,09458	2,96913	2,89199	2,86301
25,0	5,94229	5,36642	4,84311	4,37160	3,95115	3,58108	3,26080	2,98982	2,76771	2,59413	2,46884	2,39164	2,36240
22,5	5,48467	4,90984	4,38746	3,91676	3,49705	3,12769	2,80810	2,53778	2,31621	2,14301	2,01789	1,94067	1,91121
20,0	5,07803	4,50393	3,98210	3,51184	3,09249	2,72352	2,40439	2,13453	1,91342	1,74059	1,61569	1,53850	1,50886
17,5	4,72215	4,14848	3,62683	3,15656	2,73718	2,36829	2,04933	1,77972	1,55890	1,38637	1,26170	1,18459	1,15483
15,0	4,41704	3,84349	3,32158	2,85086	2,43108	2,06188	1,74274	1,47309	1,25235	1,07998	0,95551	0,87851	0,84867
12,5	4,16294	3,58917	3,06654	2,59496	2,17438	1,80444	1,48467	1,21458	0,99358	0,82115	0,69675	0,61985	0,58998
10,0	3,96016	3,38571	2,86204	2,38928	1,96748	1,59637	1,27550	1,00441	0,78266	0,60977	0,48519	0,40831	0,37843
7,5	3,80967	3,23383	2,70868	2,23440	1,81101	1,43827	1,11581	0,84320	0,62004	0,44599	0,32070	0,24362	0,21371
5,0	3,71317	3,13537	2,60807	2,13164	1,70609	1,33117	1,00651	0,73172	0,50645	0,33048	0,20363	0,12573	0,09567
2,5	3,67289	3,09268	2,56284	2,08367	1,65527	1,27741	0,94974	0,67185	0,44341	0,26429	0,13470	0,05500	0,02441
0,0	3,69136	3,10822	2,57551	2,09317	1,66132	1,27983	0,94829	0,66625	0,43335	0,24959	0,11561	0,03249	0,00048
-2,5	3,77113	3,18444	2,64841	2,16252	1,72669	1,34085	1,00453	0,71718	0,47843	0,28849	0,14858	0,06048	0,02564
-5,0	3,91476	3,32393	2,78382	2,29382	1,85346	1,46248	1,12048	0,82676	0,58095	0,38359	0,23657	0,14245	0,10365
-7,5	4,12320	3,52790	2,98338	2,48872	2,04319	1,64635	1,29779	0,99689	0,74323	0,53769	0,38294	0,28243	0,23934
-10,0	4,39668	3,79639	3,24684	2,74690	2,29575	1,89268	1,53713	1,22838	0,96640	0,75255	0,59019	0,48365	0,43671
-12,5	4,73486	4,12888	3,57342	3,06742	2,60998	2,20026	1,83740	1,52047	1,25014	1,02850	0,85958	0,74823	0,69854
-15,0	5,13735	4,52477	3,96243	3,44945	2,98485	2,56766	2,19689	1,87204	1,59445	1,36663	1,19286	1,07812	1,02670
-17,5	5,60350	4,98305	4,41272	3,89182	3,41930	2,99417	2,61592	2,28437	2,00117	1,76898	1,59198	1,47510	1,42263
-20,0	6,13248	5,50293	4,92400	4,39476	3,91409	3,48151	3,09679	2,75975	2,47238	2,23735	2,05851	1,94042	1,88720
-22,5	6,72414	6,08520	5,49741	4,95974	4,47146	4,03220	3,64182	3,30038	3,00994	2,77320	2,59354	2,47498	2,42147
-25,0	7,38002	6,73144	6,13480	5,58921	5,09398	4,64877	4,25345	3,90837	3,61559	3,37784	3,19806	3,07971	3,02646
-27,5	8,10252	7,44403	6,83876	6,28578	5,78429	5,33370	4,93397	4,58577	4,29112	4,05266	3,87311	3,75547	3,70299
-30,0	8,89531	8,22653	7,61273	7,05260	6,54507	6,08942	5,68566	5,33480	5,03857	4,79945	4,62007	4,50324	4,45190

X/Y	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0
30,0	3,43327	3,50112	3,61754	3,78293	3,99778	4,26263	4,57809	4,94480	5,36347	5,83487	6,35980	6,93907
27,5	2,88204	2,94911	3,06456	3,22882	3,44240	3,70590	4,01992	4,38516	4,80234	5,27222	5,79559	6,37326
25,0	2,38093	2,44730	2,56189	2,72513	2,93759	3,19989	3,51269	3,87670	4,29266	4,76133	5,28348	5,85992
22,5	1,92930	1,99506	2,10889	2,27127	2,48279	2,74411	3,05592	3,41899	3,83405	4,30185	4,82314	5,39869
20,0	1,52657	1,59181	1,70500	1,86667	2,07746	2,33806	2,64920	3,01168	3,42622	3,89354	4,41436	4,98938
17,5	1,17223	1,23702	1,34969	1,51085	1,72117	1,98136	2,29221	2,65451	3,06899	3,53631	4,05706	4,63194
15,0	0,86582	0,93024	1,04255	1,20343	1,41359	1,67379	1,98481	2,34742	2,76234	3,23019	3,75137	4,32646
12,5	0,60693	0,67110	0,78325	0,94416	1,15462	1,41536	1,72712	2,09060	2,50646	2,97531	3,49742	4,07311
10,0	0,39525	0,45929	0,57161	0,73307	0,94446	1,20641	1,51953	1,88444	2,30178	2,77209	3,29556	3,87253
7,5	0,23049	0,29470	0,40778	0,57059	0,78370	1,04756	1,36270	1,72967	2,14906	2,62137	3,14701	3,72608
5,0	0,11254	0,17752	0,29230	0,45743	0,67321	0,93990	1,25788	1,62768	2,04987	2,52502	3,05363	3,63552
2,5	0,04163	0,10826	0,22601	0,39496	0,61483	0,88556	1,20746	1,58106	2,00695	2,48576	3,01789	3,60302
0,0	0,01837	0,08788	0,21031	0,38495	0,61068	0,88695	1,21398	1,59236	2,02279	2,50596	3,04211	3,63084
-2,5	0,04431	0,11771	0,24619	0,42836	0,66194	0,94550	1,27910	1,66340	2,09927	2,58747	3,12811	3,72121
-5,0	0,12251	0,20000	0,33515	0,52591	0,76895	1,06163	1,40343	1,79501	2,23746	2,73156	3,27749	3,87579
-7,5	0,25746	0,33838	0,47979	0,67894	0,93194	1,23494	1,58645	1,98688	2,43737	2,93857	3,49084	4,09522
-10,0	0,45377	0,53676	0,68318	0,88953	1,15173	1,46512	1,82711	2,23739	2,69683	3,20629	3,76642	4,37838
-12,5	0,71470	0,79855	0,94818	1,15987	1,42954	1,75226	2,12447	2,54487	3,01371	3,53215	4,10126	4,72211
-15,0	1,04225	1,12639	1,27772	1,49296	1,76798	2,09792	2,47879	2,90874	3,38722	3,91521	4,49402	5,12452
-17,5	1,43771	1,52195	1,67420	1,89161	2,17018	2,50527	2,89290	3,33095	3,81837	4,35581	4,94447	5,58532
-20,0	1,90190	1,98622	2,13909	2,35779	2,63857	2,97718	3,36998	3,81475	4,31014	4,85633	5,45418	6,10517
-22,5	2,43600	2,52033	2,67349	2,89288	3,17496	3,51598	3,91280	4,36323	4,86571	5,41989	6,02648	6,68710
-25,0	3,04117	3,12543	3,27850	3,49807	3,78087	4,12366	4,52375	4,97906	5,48813	6,05011	6,66536	7,33549
-27,5	3,71829	3,80244	3,95512	4,17451	4,45784	4,80218	5,20515	5,66492	6,18020	6,75011	7,37454	8,05484
-30,0	4,46795	4,55223	4,70446	4,92368	5,20766	5,55367	5,95950	6,42364	6,94508	7,52312	8,15756	8,84917

【０１３９】

【表２Ｂ】

X/Y	-30,0	-27,5	-25,0	-22,5	-20,0	-17,5	-15,0	-12,5	-10,0	-7,5	-5,0	-2,5	0,0
30,0	7,07685	6,50602	5,98575	5,51551	5,09488	4,72350	4,40110	4,12747	3,90253	3,72631	3,59880	3,51939	3,48743
27,5	6,50679	5,93804	5,41954	4,95076	4,53130	4,16085	3,83915	3,56607	3,34150	3,16540	3,03781	2,95833	2,92640
25,0	5,98922	5,42224	4,90519	4,43761	4,01910	3,64936	3,32820	3,05553	2,83124	2,65525	2,52756	2,44798	2,41607
22,5	5,52352	4,95799	4,44212	3,97547	3,55767	3,18845	2,86768	2,59527	2,37117	2,19527	2,06750	1,98777	1,95582
20,0	5,10919	4,54479	4,02982	3,56384	3,14652	2,77762	2,45705	2,18478	1,96074	1,78486	1,65703	1,57716	1,54510
17,5	4,74581	4,18223	3,66786	3,20229	2,78520	2,41641	2,09587	1,82357	1,59950	1,42357	1,29566	1,21567	1,18351
15,0	4,43296	3,86999	3,35594	2,89049	2,47338	2,10446	1,78373	1,51124	1,28701	1,11097	0,98298	0,90291	0,87065
12,5	4,17021	3,60775	3,09386	2,62830	2,21089	1,84160	1,52046	1,24755	1,02296	0,84667	0,71856	0,63847	0,60615
10,0	3,95747	3,39533	2,88152	2,41570	1,99783	1,62794	1,30611	1,03251	0,80728	0,63052	0,50214	0,42196	0,38965
7,5	3,79556	3,23331	2,71924	2,25304	1,83454	1,46384	1,14105	0,86640	0,64018	0,46259	0,33367	0,25326	0,22092
5,0	3,68570	3,12283	2,60805	2,14099	1,72168	1,34999	1,02603	0,75002	0,52235	0,34339	0,21339	0,13240	0,09991
2,5	3,62990	3,06579	2,54974	2,08141	1,66084	1,28786	0,96243	0,68470	0,45503	0,27393	0,14194	0,05951	0,02653
0,0	3,63076	3,06489	2,54712	2,07716	1,65493	1,28030	0,95309	0,67320	0,44076	0,25628	0,12074	0,03543	0,00105
-2,5	3,69140	3,12333	2,60340	2,13144	1,70726	1,33062	1,00116	0,71840	0,48206	0,29265	0,15183	0,06189	0,02469
-5,0	3,81473	3,24419	2,72185	2,24760	1,82115	1,44193	1,10928	0,82249	0,58103	0,38539	0,23799	0,14221	0,10103
-7,5	4,00175	3,42901	2,90460	2,42813	1,99898	1,61636	1,27944	0,98743	0,73985	0,53723	0,38263	0,28055	0,23509
-10,0	4,25267	3,67813	3,15172	2,67277	2,24042	1,85375	1,51200	1,21440	0,96026	0,75025	0,58841	0,48032	0,43108
-12,5	4,56762	3,99126	3,46248	2,98040	2,54420	2,15303	1,80624	1,50298	1,24216	1,02488	0,85655	0,74372	0,69181
-15,0	4,94702	4,36806	3,83608	3,35016	2,90953	2,51353	2,16138	1,85211	1,58483	1,36165	1,18858	1,07254	1,01907
-17,5	5,39017	4,80762	4,27161	3,78129	3,33580	2,93453	2,57676	2,26179	1,98939	1,76218	1,58619	1,46832	1,41413
-20,0	5,89620	5,30922	4,76859	4,27332	3,82264	3,41605	3,05303	2,73342	2,45745	2,22794	2,05063	1,93203	1,87760
-22,5	6,46489	5,87267	5,32677	4,82629	4,37055	3,95901	3,59165	3,26856	2,99043	2,76002	2,58265	2,46421	2,40997
-25,0	7,09666	6,49805	5,94644	5,44081	4,98018	4,56451	4,19408	3,86893	3,58978	3,35937	3,18269	3,06514	3,01162
-27,5	7,79271	7,18673	6,62886	6,11786	5,65292	5,23424	4,86207	4,53601	4,25651	4,02667	3,85116	3,73490	3,68238
-30,0	8,55550	7,94149	7,37659	6,86006	6,39146	5,97079	5,59766	5,27113	4,99167	4,76277	4,58872	4,47398	4,42258

X/Y	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0
30,0	3,50292	3,56618	3,67806	3,83929	4,04997	4,31020	4,62019	4,98011	5,39018	5,85068	6,36195	6,92447
27,5	2,94190	3,00511	3,11698	3,27808	3,48841	3,74809	4,05734	4,41634	4,82533	5,28454	5,79435	6,35524
25,0	2,43150	2,49474	2,60665	2,76762	2,97763	3,23687	3,54555	3,90389	4,31205	4,77031	5,27903	5,83867
22,5	1,97117	2,03453	2,14652	2,30730	2,51705	2,77598	3,08431	3,44223	3,84989	4,30755	4,81556	5,37433
20,0	1,56049	1,62398	1,73593	1,89656	2,10614	2,36496	2,67319	3,03099	3,43848	3,89591	4,40356	4,96177
17,5	1,19899	1,26251	1,37437	1,53492	1,74453	2,00348	2,31190	2,66990	3,07757	3,53508	4,04268	4,60064
15,0	0,88614	0,94962	1,06145	1,22211	1,43199	1,69134	2,00025	2,35877	2,76692	3,22483	3,73267	4,29065
12,5	0,62156	0,68499	0,79695	0,95793	1,16837	1,42845	1,73817	2,09752	2,50649	2,96507	3,47336	4,03150
10,0	0,40500	0,46847	0,58074	0,74237	0,95373	1,21492	1,52583	1,88634	2,29636	2,75583	3,26474	3,82330
7,5	0,23630	0,29997	0,41289	0,57561	0,78841	1,05119	1,36368	1,72567	2,13702	2,59758	3,10754	3,66708
5,0	0,11538	0,17964	0,29380	0,45830	0,67318	0,93807	1,25255	1,61634	2,02930	2,49152	3,00309	3,56422
2,5	0,04227	0,10781	0,22421	0,39155	0,60939	0,87708	1,19408	1,56013	1,97524	2,43963	2,95341	3,51677
0,0	0,01724	0,08515	0,20546	0,37738	0,59960	0,87103	1,19117	1,55999	1,97776	2,44477	2,96122	3,52726
-2,5	0,04132	0,11282	0,23878	0,41737	0,64590	0,92251	1,24673	1,61898	2,03988	2,50993	3,02948	3,59857
-5,0	0,11759	0,19305	0,32558	0,51234	0,74913	1,03280	1,36270	1,73958	2,16439	2,63801	3,16105	3,73348
-7,5	0,25069	0,32948	0,46824	0,66330	0,90942	1,20194	1,53949	1,92279	2,35286	2,83083	3,35757	3,93335
-10,0	0,44554	0,52622	0,66990	0,87223	1,12742	1,42959	1,77592	2,16690	2,60366	3,08732	3,61876	4,19845
-12,5	0,70541	0,78682	0,93354	1,14119	1,40406	1,71545	2,07077	2,46992	2,91427	3,40480	3,94213	4,52680
-15,0	1,03217	1,11371	1,26191	1,47294	1,74124	2,06002	2,42380	2,83121	3,28355	3,78170	4,32588	4,91665
-17,5	1,42697	1,50839	1,65711	1,86997	2,14170	2,46566	2,83623	3,25129	3,71125	4,21681	4,76841	5,36643
-20,0	1,89043	1,97160	2,12035	2,33398	2,60752	2,93479	3,31048	3,73178	4,19840	4,71057	5,26915	5,87496
-22,5	2,42289	2,50383	2,65235	2,86601	3,14021	3,46937	3,84858	4,27480	4,74698	5,26525	5,83047	6,44401
-25,0	3,02482	3,10554	3,25358	3,46672	3,74088	4,07118	4,45292	4,88311	5,36035	5,88454	6,45649	7,07762
-27,5	3,69595	3,77662	3,92417	4,13680	4,41085	4,74204	5,12614	5,55995	6,04208	6,57224	7,15106	7,77987
-30,0	4,43675	4,51761	4,66491	4,87726	5,15143	5,48364	5,87017	6,30779	6,79480	7,33093	7,91672	8,55327

【０１４０】

水平区間における非点収差の回転|rotA→|における単調変化

レンズの中心に接近した非点収差の回転|rotA→|の変化はとりわけ問題である。従ってx=0mmにおいて無視できる値|rotA→|を有し、これが無限のx値の方向にできるだけ緩慢に、かつ均一に上昇するレンズが所望される。

【０１４１】

従来技術とは異なり、本発明のレンズの遠距離視覚部分には水平区間が存在し、この水平区間に沿って|rotA→|の上昇は少なくとも|x|≦16mmの領域にわたり単調である。水平区間の正確な位置は設計に依存し、y=3mmとy=5mmの間で変化する。本発明のレンズ(実施例1と実施例２)と従来技術のレンズの設計は異なるから、水平区間は実施例1に対してy=4.8mm(図7B)、実施例2に対してy=3mm(図7C)であり、従来技術に対する相応する水平区間はy=3mm(図7A)である。

【０１４２】

図7Bは、本発明の実施例1に対する非点収差の回転の絶対値|rotA→|の水平区間y=4.8mmを、従来技術(図7A)の相応する区間と比較して示すものである。実施例1による本発明のレンズに対しては、|rotA→|の値がx=0mmで、以前の値(図7B)の30%に低下しており、無限のx値への上昇は|x|≦16mmの全領域において緩慢で単調である。これに対して従来技術では同じ領域に大きな変動と多数の極値が発生する。

【０１４３】

本発明の実施例2によるレンズに対しては単調エリアがy=3mmに配置されている。すなわちよりレンズの中心に接近しており、単調特性も図7Cに示すように|x|≦20mmの領域を越えている。

【０１４４】

非点収差の回転の絶対値|rotA→|がアディションに依存していても、単調上昇のフィーチャは存在し、少なくとも実施例2に対しては|x|≦20mmの領域で複数のアディションがほとんど変化しない。アディション2.0を別にして、本発明による設計では実施例2に対しても一連のアディション1,0、2.0、2.5、3.0、3.5のうちアディション2.5dptに対しては単調要求が満たされ、アディション3.0に対しても依存性|rotA→|は顕著な極値を領域|x|≦20mm内で有していない。これは図7Dに示されている。

【０１４５】

非点収差の回転と拡散の極値

本発明を以下、従来技術と最大値に関して比較する。この最大値は非点収差の回転の絶対値|rotA→|と拡散divA→を特徴的水平区間(x、y=一定)に沿って取る。

【０１４６】

図8Aから8Dは、非点収差の回転の絶対値の経過をdpt/mmで、y=+6mmの水平区間において示す。図8Aに示すように、非点収差の回転の絶対値|rotA→|はy=+6mmの水平区間で従来技術に対しては大きく変化し、0.3dpt/mmを越える最大値を取る。比較すると本発明の実施例1では、非点収差の回転の絶対値|rotA→|は基本ラインに接近していると0.03dpt/mmより小さく、全水平区間に沿って0.12dpt/mmを越えて上昇しない。これは図8Bに示されている。実施例2に対しても、|rotA→|は基本ラインの近傍で0.03dpt/mmの値を下回り、全水平区間に沿って0.12dpt/mmを越えて上昇することはない。これは図8Cに示されている。

【０１４７】

量|rotA→|は近似的にアディションにより線形にスケーリングされる。これはアディション1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptの一連のレンズに対して図8D(実施例1)と図8E(実施例2)に示されている。とりわけ最大値は線形にスケーリングされる。すなわち実施例1に対しては次の関係式に従い：

|rotA→|max　0.06アディション/dpt・dpt/mm

そして実施例2に対しては次の関係式に従いスケーリングされている：

|rotA→|max　0.07アディション/dpt・dpt/mm

図9Aから9Eは、非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間において示す。　図9Aから９Cは、|rotA→|の経過を、2.0dptのアディションを有する

レンズに対して従来技術(図9A)、実施例1(図9B)、および実施例2(図9C)について示す。
図9D(実施例1)と図9E(実施例2)は、1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションを有する一連のレンズに対する|rotA→|の経過を示す。

【０１４８】

図9Aの|rotA→|の経過は、0.5dpt/mmの値を越える非常に顕著な最大値と急峻なエッジを特徴とする。しかし図9Bの経過は0.17dpt/mmより小さい値のさほど顕著でない最大値を特徴とする。同じことが図9Cの経過にも当てはまり、ここでは最大値が0.16dpt/mmより小さい値を有する。さらにこの経過は、負のｘ値ではほとんど平坦である。

【０１４９】

図9Aから9Cは、従来技術のrotA→変動が本発明の場合よりも非常に大きいことを示す。rotA→の大きさも近似的に線形にy=-14mmでアディションによりスケーリングされており、図9Dと図9Eには、それぞれ異なるアディションによる実施例1と実施例2の一連のレンズに対して示されている。最大値はとりわけ線形にスケーリングされている。すなわち実施例1に対しては次の関係式により：

|rotA→|max　0.08アディション/dpt・dpt/mm

そして実施例2に対しては次の関係式によりスケーリングされている：

|rotA→|max　0.07アディション/dpt・dpt/mm

図10Aから10Eは非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=0mmの水平区間で示す。図10Aに示されているように、この経過は急峻なエッジを伴う、divA→の非常に顕著な最大値と最小値により特徴付けられ、最大値は0.25dpt/mmより大きく、最小値は-0.25dpt/mmより小さい。しかし実施例1では、divA→の最大値は0.18dpt/mmより小さく、最小値は-0.18dpt/mmより大きい。実施例2も同様に最大値と最小値に対して比較的に小さな値を取る。divA→の最大値は実施例2では0.11dpt/mmより小さく、最小値は-0.11dpt/mmより大きい。

【０１５０】

図10Aから10Cに示されているように、従来技術から本発明への改善が、y=0mmでのdivA→の大きさの点でとりわけ明白である。従来技術では多数の極値と急峻なエッジを備え、最大値が0.25dpt/mmより大きいことを特徴とする非平坦な特性(図10Ａ)が、実施例1では図10Ｂに示すように、|x|≦5mmに対して1つの最大値と1つの最小値の絶対値が0.17dpt/mmより小さく、0.06dpt/mmより小さい値を有する平坦な形状となっている。例えば実施例2に対しては、極値の絶対値が同様に0.11dpt/mmより小さく、エッジも0.011dpt/mmの絶対値を越えない(図10C)。

【０１５１】

divA→の大きさはy=0mmでは線形にスケーリングされていないが、アディションと一致している。これは図10D(実施例1)および図10E(実施例2)に、アディション1.0,2.0,2.5,3.0および3.5dptの本発明のレンズに対して示されている。最大値は、実施例1に対しては次の関係式に従いスケーリングされ：

(divA→)max　(0.08アディション/dpt+0.03)dpt/mm

最小値に対しては次の関係式に従いスケーリングされる：

(divA→)min　(-0.05アディション/dpt-0.08)dpt/mm

実施例2に対しては次式が当てはまる：

(divA→)max　(0.042アディション/dpt+0.029)dpt/mm

(divA→)min　(-0.022アディション/dpt-0.06)dpt/mm

図11Aから11Eは非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す。図11Aに示されているように、y=-14mmでの拡散の経過は、急峻なエッジを伴う、非常に顕著な最大値と最小値により特徴付けられ、最大値は0.45dpt/mmより大きく、最小値は-0.6dpt/mmより小さい。しかし本発明の実施例による拡散の経過は非常にスムーズであり、実施例1では最大値は0.3dpt/mmの値より小さく、最小値は-0.35dpt/mmの値より大きい。実施例2に対しては、最大値が0.4dpt/mmであり、最小値が-0.4dpt/mmより大きい値である。

【０１５２】

図11D(実施例1)と図11E(実施例2)は、1.0,2.0,2.5,3.0および3.5dptのアディションを

有する一連のレンズに対する非点収差の拡散の経過を示す。y=0mmの水平区間と同じように、divA→の大きさは同様にy=-14mmでスケーリングされており、実施例1に対しては1.0,2.0,2.5,3.0および3.5dptのアディションに対して図11Dに示されている。実施例2に対しては、関係は線形(図11E参照)であるが、divA→の絶対値は実施例1の場合よりも大きくなっている。実施例1でのdivA→の最大値に対しては次式が当てはまる：

(divA→)max (0.12アディション/dpt+0.06)dpt/mm

最小値に対しては次式が当てはまる：

(divA→)min (-0.13アディション/dpt-0.05)dpt/mm

実施例2に対しては次式が当てはまる：

(divA→)max 0.2アディション/dpt・dpt/mm

(divA→)min -0.22アディション/dpt・dpt/mm

【０１５３】

【表３Ａ】

X/Y	-30,0	-27,5	-25,0	-22,5	-20,0	-17,5	-15,0	-12,5	-10,0	-7,5	-5,0	-2,5	0,0
30,0	7,01201	6,43297	5,90677	5,43260	5,00970	4,63738	4,31515	4,04262	3,81937	3,64506	3,51945	3,44238	3,41370
27,5	6,45126	5,87398	5,34940	4,87673	4,45520	4,08414	3,76295	3,49122	3,26854	3,09458	2,96913	2,89199	2,86301
25,0	5,94229	5,36642	4,84311	4,37160	3,95115	3,58108	3,26080	2,98982	2,76771	2,59413	2,46884	2,39164	2,36240
22,5	5,48467	4,90984	4,38748	3,91676	3,49705	3,12769	2,80810	2,53778	2,31621	2,14301	2,01789	1,94067	1,91121
20,0	5,07803	4,50393	3,98210	3,51184	3,09249	2,72352	2,40439	2,13453	1,91342	1,74059	1,61569	1,53850	1,50886
17,5	4,72215	4,14848	3,62683	3,15656	2,73718	2,36829	2,04933	1,77972	1,55890	1,38637	1,26170	1,18459	1,15483
15,0	4,41704	3,84349	3,32158	2,85086	2,43108	2,06188	1,74274	1,47309	1,25235	1,07998	0,95551	0,87851	0,84867
12,5	4,16294	3,58917	3,06654	2,59496	2,17438	1,80444	1,48467	1,21458	0,99358	0,82115	0,69675	0,61985	0,58998
10,0	3,96016	3,38571	2,86204	2,38928	1,96748	1,59637	1,27550	1,00441	0,78266	0,60977	0,48519	0,40831	0,37843
7,5	3,80967	3,23383	2,70868	2,23440	1,81101	1,43827	1,11581	0,84320	0,62004	0,44599	0,32070	0,24362	0,21371
5,0	3,71317	3,13537	2,60807	2,13164	1,70609	1,33117	1,00651	0,73172	0,50645	0,33048	0,20363	0,12573	0,09567
2,5	3,67289	3,09268	2,56284	2,08367	1,65527	1,27741	0,94974	0,67185	0,44341	0,26429	0,13470	0,05500	0,02441
0,0	3,69136	3,10822	2,57551	2,09317	1,66132	1,27983	0,94829	0,66625	0,43335	0,24959	0,11561	0,03249	0,00048
-2,5	3,77113	3,18444	2,64841	2,16252	1,72669	1,34085	1,00453	0,71718	0,47843	0,28849	0,14858	0,06048	0,02564
-5,0	3,91476	3,32393	2,78382	2,29382	1,85346	1,46248	1,12048	0,82676	0,58095	0,38359	0,23657	0,14245	0,10365
-7,5	4,12320	3,52790	2,98338	2,48872	2,04319	1,64635	1,29779	0,99689	0,74323	0,53769	0,38294	0,28243	0,23934
-10,0	4,39668	3,79639	3,24684	2,74690	2,29575	1,89268	1,53713	1,22838	0,96640	0,75255	0,59019	0,48365	0,43671
-12,5	4,73486	4,12888	3,57342	3,06742	2,60998	2,20026	1,83740	1,52047	1,25014	1,02850	0,85958	0,74823	0,69854
-15,0	5,13735	4,52477	3,96243	3,44945	2,98485	2,56766	2,19689	1,87204	1,59445	1,36663	1,19286	1,07812	1,02670
-17,5	5,60350	4,98305	4,41272	3,89182	3,41930	2,99417	2,61592	2,28437	2,00117	1,76898	1,59198	1,47510	1,42263
-20,0	6,13248	5,50293	4,92400	4,39476	3,91409	3,48151	3,09679	2,75975	2,47238	2,23735	2,05851	1,94042	1,88720
-22,5	6,72414	6,08520	5,49741	4,95974	4,47146	4,03220	3,64182	3,30038	3,00994	2,77320	2,59354	2,47498	2,42147
-25,0	7,38002	6,73144	6,13480	5,58921	5,09398	4,64877	4,25345	3,90837	3,61559	3,37784	3,19808	3,07971	3,02646
-27,5	8,10252	7,44403	6,83876	6,28578	5,78429	5,33370	4,93397	4,58577	4,29112	4,05266	3,87311	3,75547	3,70299
-30,0	8,89531	8,22653	7,61273	7,05260	6,54507	6,08942	5,68566	5,33480	5,03857	4,79945	4,62007	4,50324	4,45190

X/Y	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0
30,0	3,43327	3,50112	3,61754	3,78293	3,99778	4,26263	4,57809	4,94480	5,36347	5,83487	6,35980	6,93907
27,5	2,88204	2,94911	3,06456	3,22882	3,44240	3,70590	4,01992	4,38516	4,80234	5,27222	5,79559	6,37326
25,0	2,38093	2,44730	2,56189	2,72513	2,93759	3,19989	3,51269	3,87670	4,29266	4,76133	5,28348	5,85992
22,5	1,92930	1,99506	2,10889	2,27127	2,48279	2,74411	3,05592	3,41899	3,83405	4,30185	4,82314	5,39869
20,0	1,52657	1,59181	1,70500	1,86667	2,07746	2,33806	2,64920	3,01168	3,42622	3,89354	4,41436	4,98938
17,5	1,17223	1,23702	1,34969	1,51085	1,72117	1,98136	2,29221	2,65451	3,06899	3,53631	4,05706	4,63194
15,0	0,86582	0,93024	1,04255	1,20343	1,41359	1,67379	1,98481	2,34742	2,76234	3,23019	3,75137	4,32646
12,5	0,60693	0,67110	0,78325	0,94416	1,15462	1,41536	1,72712	2,09060	2,50646	2,97531	3,49742	4,07311
10,0	0,39525	0,45929	0,57161	0,73307	0,94446	1,20641	1,51953	1,88444	2,30178	2,77209	3,29556	3,87253
7,5	0,23049	0,29470	0,40778	0,57059	0,78370	1,04756	1,36270	1,72967	2,14906	2,62137	3,14701	3,72608
5,0	0,11254	0,17752	0,29230	0,45743	0,67321	0,93990	1,25788	1,62768	2,04987	2,52502	3,05363	3,63552
2,5	0,04163	0,10826	0,22601	0,39496	0,61483	0,88556	1,20746	1,58106	2,00695	2,48576	3,01789	3,60302
0,0	0,01837	0,08788	0,21031	0,38495	0,61068	0,88695	1,21398	1,59236	2,02279	2,50596	3,04211	3,63084
-2,5	0,04431	0,11771	0,24619	0,42836	0,66194	0,94550	1,27910	1,66340	2,09927	2,58747	3,12811	3,72121
-5,0	0,12251	0,20000	0,33515	0,52591	0,76895	1,06163	1,40343	1,79501	2,23746	2,73156	3,27749	3,87579
-7,5	0,25746	0,33838	0,47979	0,67894	0,93194	1,23494	1,58645	1,98688	2,43737	2,93857	3,49084	4,09522
-10,0	0,45377	0,53676	0,68318	0,88953	1,15173	1,46512	1,82711	2,23739	2,69683	3,20629	3,76642	4,37838
-12,5	0,71470	0,79855	0,94818	1,15987	1,42954	1,75226	2,12447	2,54487	3,01371	3,53215	4,10126	4,72211
-15,0	1,04225	1,12639	1,27772	1,49296	1,76798	2,09792	2,47879	2,90874	3,38722	3,91521	4,49402	5,12452
-17,5	1,43771	1,52195	1,67420	1,89161	2,17018	2,50527	2,89290	3,33095	3,81837	4,35581	4,94447	5,58532
-20,0	1,90190	1,98622	2,13909	2,35779	2,63857	2,97718	3,36998	3,81475	4,31014	4,85633	5,45418	6,10517
-22,5	2,43600	2,52033	2,67349	2,89288	3,17496	3,51598	3,91280	4,36323	4,86571	5,41989	6,02648	6,68710
-25,0	3,04117	3,12543	3,27850	3,49807	3,78087	4,12366	4,52375	4,97906	5,48813	6,05011	6,66536	7,33549
-27,5	3,71829	3,80244	3,95512	4,17451	4,45784	4,80218	5,20515	5,66492	6,18020	6,75011	7,37454	8,05484
-30,0	4,46795	4,55223	4,70446	4,92368	5,20766	5,55367	5,95950	6,42364	6,94508	7,52312	8,15756	8,84917

【０１５４】

【表３Ｂ】

X/Y	-30,0	-27,5	-25,0	-22,5	-20,0	-17,5	-15,0	-12,5	-10,0	-7,5	-5,0	-2,5	0,0
30,0	7,07685	6,50602	5,98575	5,51551	5,09488	4,72350	4,40110	4,12747	3,90253	3,72631	3,59880	3,51939	3,48743
27,5	6,50679	5,93804	5,41954	4,95076	4,53130	4,16085	3,83915	3,56607	3,34150	3,16540	3,03781	2,95833	2,92640
25,0	5,98922	5,42224	4,90519	4,43761	4,01910	3,64936	3,32820	3,05553	2,83124	2,65525	2,52756	2,44798	2,41607
22,5	5,52352	4,95799	4,44212	3,97547	3,55767	3,18845	2,86768	2,59527	2,37117	2,19527	2,06750	1,98777	1,95582
20,0	5,10919	4,54479	4,02982	3,56384	3,14652	2,77762	2,45705	2,18478	1,96074	1,78488	1,65703	1,57716	1,54510
17,5	4,74581	4,18223	3,66786	3,20229	2,78520	2,41641	2,09587	1,82357	1,59950	1,42357	1,29566	1,21567	1,18351
15,0	4,43296	3,86999	3,35594	2,89049	2,47338	2,10446	1,78373	1,51124	1,28701	1,11097	0,98298	0,90291	0,87065
12,5	4,17021	3,60775	3,09386	2,62830	2,21089	1,84160	1,52046	1,24755	1,02296	0,84667	0,71856	0,63847	0,60615
10,0	3,95747	3,39533	2,88152	2,41570	1,99783	1,62794	1,30611	1,03251	0,80728	0,63052	0,50214	0,42196	0,38965
7,5	3,79556	3,23331	2,71924	2,25304	1,83454	1,46384	1,14105	0,86640	0,64018	0,46259	0,33367	0,25326	0,22092
5,0	3,68570	3,12283	2,60805	2,14099	1,72168	1,34999	1,02603	0,75002	0,52235	0,34339	0,21339	0,13240	0,09991
2,5	3,62990	3,06579	2,54974	2,08141	1,66084	1,28786	0,96243	0,68470	0,45503	0,27393	0,14194	0,05951	0,02653
0,0	3,63076	3,06489	2,54712	2,07716	1,65493	1,28030	0,95309	0,67320	0,44076	0,25628	0,12074	0,03543	0,00105
-2,5	3,69140	3,12333	2,60340	2,13144	1,70726	1,33062	1,00116	0,71840	0,48206	0,29265	0,15183	0,06189	0,02469
-5,0	3,81473	3,24419	2,72185	2,24760	1,82115	1,44193	1,10928	0,82249	0,58103	0,38539	0,23799	0,14221	0,10103
-7,5	4,00175	3,42901	2,90460	2,42813	1,99698	1,61636	1,27944	0,98743	0,73985	0,53723	0,38263	0,28055	0,23509
-10,0	4,25267	3,67813	3,15172	2,67277	2,24042	1,85375	1,51200	1,21440	0,96026	0,75025	0,58841	0,48032	0,43108
-12,5	4,56762	3,99126	3,46248	2,98040	2,54420	2,15303	1,80624	1,50298	1,24216	1,02488	0,85655	0,74372	0,69181
-15,0	4,94702	4,36806	3,83608	3,35016	2,90953	2,51353	2,16138	1,85211	1,58483	1,36165	1,18858	1,07254	1,01907
-17,5	5,39017	4,80762	4,27161	3,78129	3,33580	2,93453	2,57676	2,26179	1,98939	1,76218	1,58619	1,46832	1,41413
-20,0	5,89620	5,30922	4,76859	4,27332	3,82264	3,41605	3,05303	2,73342	2,45745	2,22794	2,05063	1,93203	1,87760
-22,5	6,46489	5,87267	5,32677	4,82629	4,37055	3,95901	3,59165	3,26856	2,99043	2,76002	2,58265	2,46421	2,40997
-25,0	7,09666	6,49805	5,94644	5,44081	4,98018	4,56451	4,19408	3,86893	3,58978	3,35937	3,18269	3,06514	3,01162
-27,5	7,79271	7,18673	6,62886	6,11786	5,65292	5,23424	4,86207	4,53601	4,25651	4,02667	3,85116	3,73490	3,68238
-30,0	8,55550	7,94149	7,37659	6,86006	6,39146	5,97079	5,59766	5,27113	4,99167	4,76277	4,58872	4,47398	4,42258

X/Y	2,5	5,0	7,5	10,0	12,5	15,0	17,5	20,0	22,5	25,0	27,5	30,0
30,0	3,50292	3,56618	3,67806	3,83929	4,04997	4,31020	4,62019	4,98011	5,39018	5,85068	6,36195	6,92447
27,5	2,94190	3,00511	3,11698	3,27808	3,48841	3,74809	4,05734	4,41634	4,82533	5,28454	5,79435	6,35524
25,0	2,43150	2,49474	2,60665	2,76762	2,97763	3,23687	3,54555	3,90389	4,31205	4,77031	5,27903	5,83867
22,5	1,97117	2,03453	2,14652	2,30730	2,51705	2,77598	3,08431	3,44223	3,84989	4,30755	4,81556	5,37433
20,0	1,56049	1,62398	1,73593	1,89656	2,10614	2,36496	2,67319	3,03099	3,43848	3,89591	4,40356	4,96177
17,5	1,19899	1,26251	1,37437	1,53492	1,74453	2,00348	2,31190	2,66990	3,07757	3,53508	4,04268	4,60064
15,0	0,88614	0,94962	1,06145	1,22211	1,43199	1,69134	2,00025	2,35877	2,76692	3,22483	3,73267	4,29065
12,5	0,62156	0,68499	0,79695	0,95793	1,16837	1,42845	1,73817	2,09752	2,50649	2,96507	3,47336	4,03150
10,0	0,40500	0,46847	0,58074	0,74237	0,95373	1,21492	1,52583	1,88634	2,29636	2,75583	3,26474	3,82330
7,5	0,23630	0,29997	0,41289	0,57561	0,78841	1,05119	1,36368	1,72567	2,13702	2,59758	3,10754	3,66708
5,0	0,11538	0,17964	0,29380	0,45830	0,67318	0,93807	1,25255	1,61634	2,02930	2,49152	3,00309	3,56422
2,5	0,04227	0,10781	0,22421	0,39155	0,60939	0,87708	1,19408	1,56013	1,97524	2,43963	2,95341	3,51677
0,0	0,01724	0,08515	0,20546	0,37738	0,59960	0,87103	1,19117	1,55999	1,97776	2,44477	2,96122	3,52726
-2,5	0,04132	0,11282	0,23878	0,41737	0,64590	0,92251	1,24673	1,61898	2,03988	2,50993	3,02948	3,59857
-5,0	0,11759	0,19305	0,32558	0,51234	0,74913	1,03280	1,36270	1,73958	2,16439	2,63601	3,16105	3,73348
-7,5	0,25069	0,32948	0,46824	0,66330	0,90942	1,20194	1,53949	1,92279	2,35286	2,83083	3,35757	3,93335
-10,0	0,44554	0,52622	0,66990	0,87223	1,12742	1,42959	1,77592	2,16690	2,60366	3,08732	3,61876	4,19845
-12,5	0,70541	0,78682	0,93354	1,14119	1,40406	1,71545	2,07077	2,46992	2,91427	3,40480	3,94213	4,52680
-15,0	1,03217	1,11371	1,26191	1,47294	1,74124	2,06002	2,42380	2,83121	3,28355	3,78170	4,32588	4,91665
-17,5	1,42697	1,50839	1,65711	1,86997	2,14170	2,46566	2,83623	3,25129	3,71125	4,21681	4,76841	5,36643
-20,0	1,89043	1,97160	2,12035	2,33398	2,60752	2,93479	3,31048	3,73178	4,19840	4,71057	5,26915	5,87496
-22,5	2,42289	2,50383	2,65235	2,86601	3,14021	3,46937	3,84858	4,27480	4,74698	5,26525	5,83047	6,44401
-25,0	3,02482	3,10554	3,25358	3,46672	3,74088	4,07118	4,45292	4,88311	5,36035	5,88454	6,45649	7,07762
-27,5	3,69595	3,77662	3,92417	4,13680	4,41085	4,74204	5,12614	5,55995	6,04208	6,57224	7,15106	7,77987
-30,0	4,43675	4,51761	4,66491	4,87726	5,15143	5,48364	5,87017	6,30779	6,79480	7,33093	7,91672	8,55327

【図面の簡単な説明】

【０１５５】

【図１Ａ】従来技術によるレンズの前面における表面屈折値dptの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【図１Ｂ】実施例1によるレンズの前面における表面屈折値dptの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【図１Ｃ】実施例2によるレンズの前面における表面屈折値dptの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【図２Ａ】従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の絶対値dptの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【図２Ｂ】実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の絶対値dptの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【図２Ｃ】実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の絶対値dptの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。

【図３Ａ】従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の絶対値の勾配dptの経過

を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【図３Ｂ】実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の絶対値の勾配dptの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【図３Ｃ】実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の絶対値の勾配dptの経過を座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【図４Ａ】従来技術によるレンズの前面における表面非点収差のベクトルフィールドを座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【図４Ｂ】実施例1によるレンズの前面における表面非点収差のベクトルフィールドを座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【図４Ｃ】実施例2によるレンズの前面における表面非点収差のベクトルフィールドを座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【図５Ａ】従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の回転rotA→をdpt/mmで、座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【図５Ｂ】図5Bは、実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の回転rotA→をdpt/mmで、座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【図５Ｃ】実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の回転rotA→をdpt/mmで、座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【図６Ａ】従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→をdpt/mmで、座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【図６Ｂ】実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→をdpt/mmで、座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【図６Ｃ】実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→をdpt/mmで、座標(x,y)の関数としてmmで示す図である。
【図７Ａ】従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=3mmの水平区間で示す図である。
【図７Ｂ】実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=4.8mmの水平区間で示す図である。
【図７Ｃ】実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=3mmの水平区間で示す図である。
【図７Ｄ】2.0、2.5および3.0dptのアディションを有する実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=3mmの水平区間で示す図である。
【図８Ａ】従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=6mmの水平区間で示す図である。
【図８Ｂ】実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=6mmの水平区間で示す図である。
【図８Ｃ】図8Cは、実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=6mmの水平区間で示す図である。
【図８Ｄ】1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションを有する実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=6mmの水平区間で示す図である。
【図８Ｅ】1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションを有する実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=6mmの水平区間で示す図である。
【図９Ａ】図9Aは、従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。
【図９Ｂ】実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。
【図９Ｃ】実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。

【図９Ｄ】1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションを有する実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。
【図９Ｅ】1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションを有する実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の回転の絶対値|rotA→|の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。
【図１０Ａ】従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=0mmの水平区間で示す図である。
【図１０Ｂ】実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=0mmの水平区間で示す図である。
【図１０Ｃ】図10Cは、実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=0mmの水平区間で示す図である。
【図１０Ｄ】1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションを有する実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=0mmの水平区間で示す図である。
【図１０Ｅ】1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションを有する前面の表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=0mmの水平区間で示す図である。
【図１１Ａ】従来技術によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。
【図１１Ｂ】実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。
【図１１Ｃ】実施例2による前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。
【図１１Ｄ】1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションを有する実施例1によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。
【図１１Ｅ】1.0、2.0、2.5、3.0および3.5dptのアディションを有する実施例2によるレンズの前面における表面非点収差の拡散divA→の経過をdpt/mmで、y=-14mmの水平区間で示す図である。

【図１Ａ】

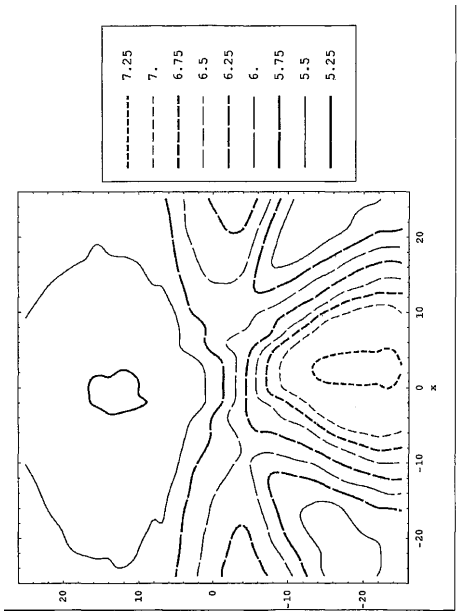


Fig. 1A

【図１Ｂ】

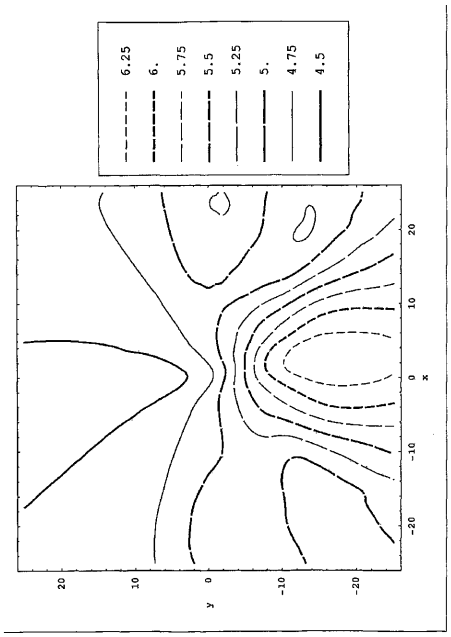


Fig. 1B

【図１Ｃ】

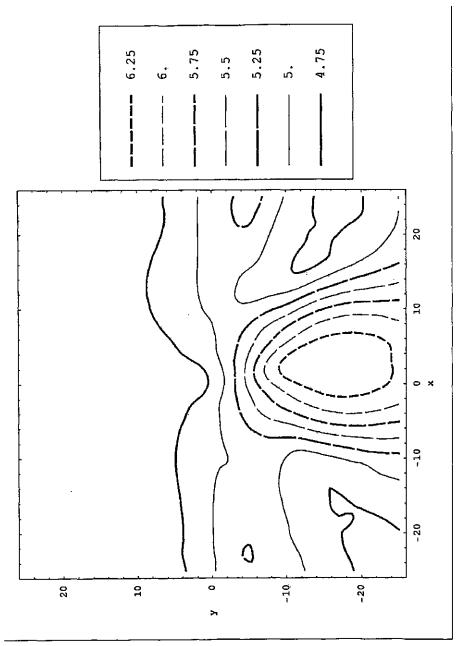


Fig. 1C

【図２Ａ】

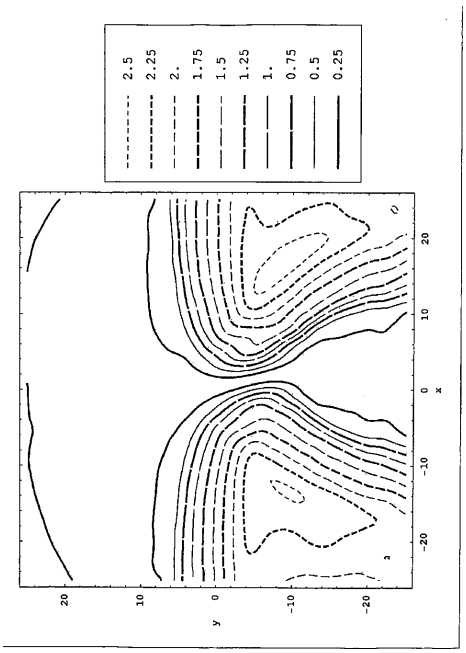


Fig. 2A

【図２Ｂ】

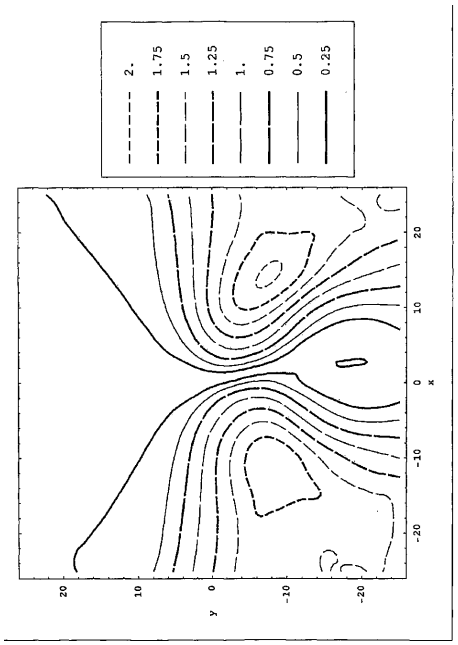


Fig. 2B

【図２Ｃ】

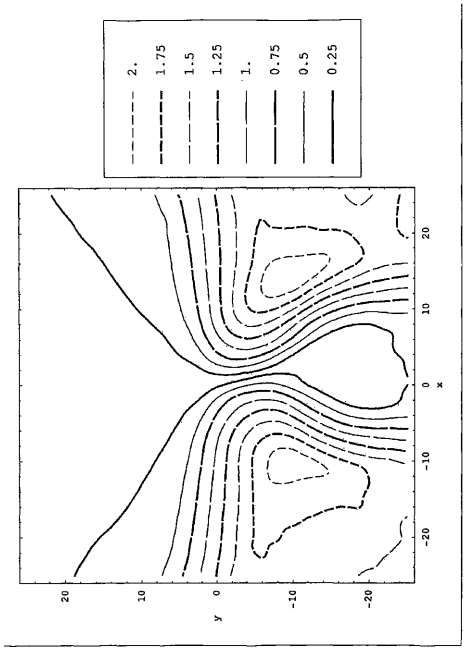


Fig. 2C

【図３Ａ】

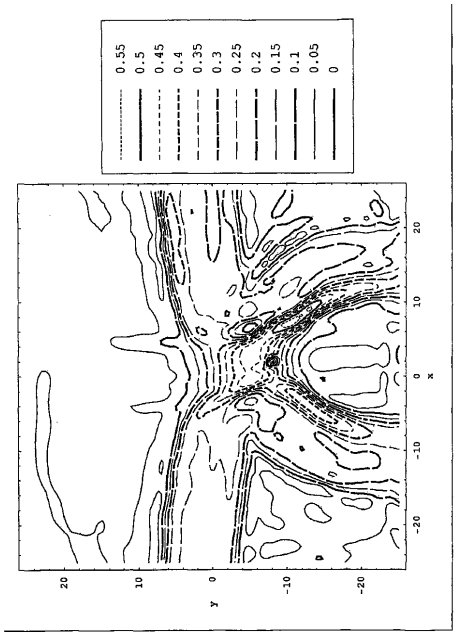


Fig. 3A

【図３Ｂ】

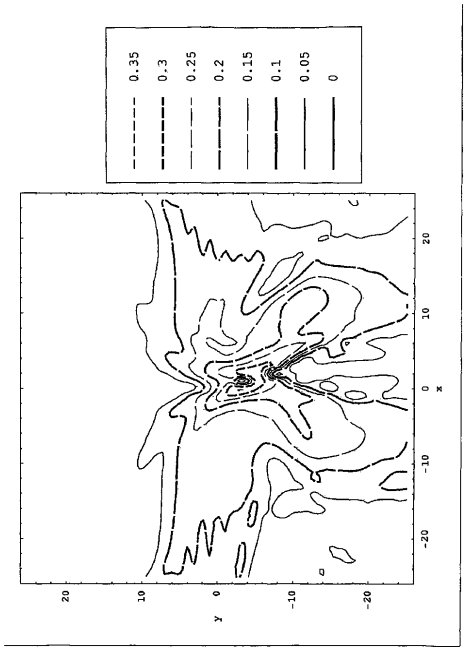


Fig. 3B

【図３Ｃ】

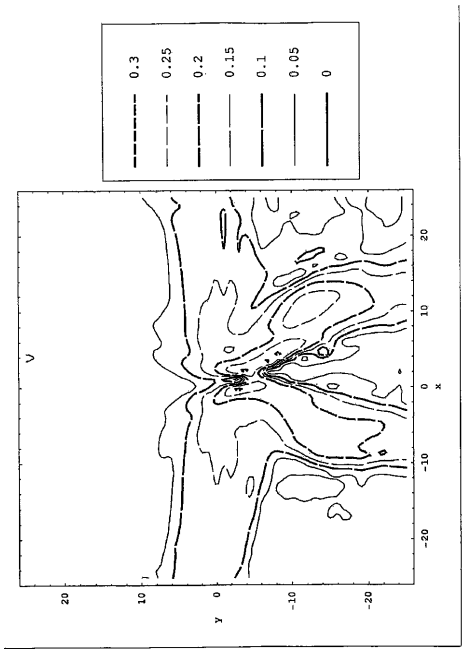


Fig. 3C

【図４Ａ】

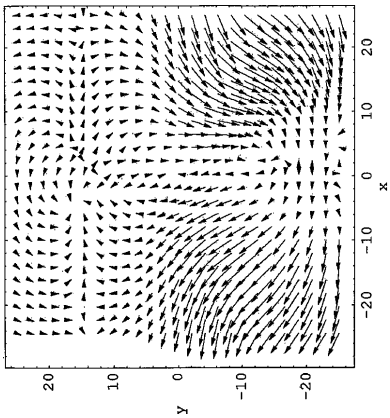


Fig. 4A

【図４Ｂ】

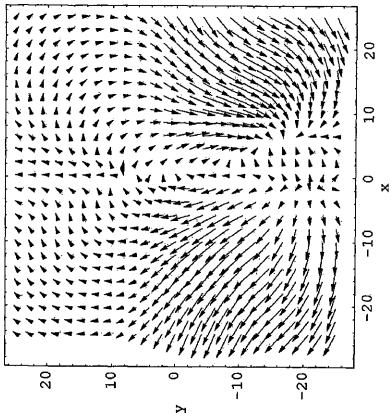


Fig. 4B

【図４Ｃ】

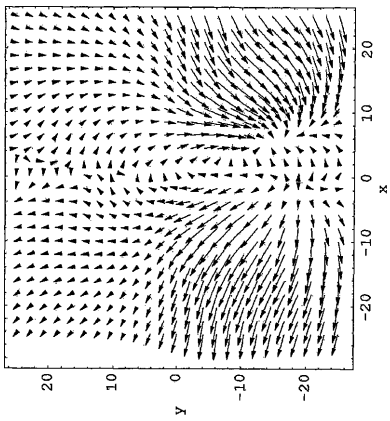


Fig. 4C

【図５Ａ】

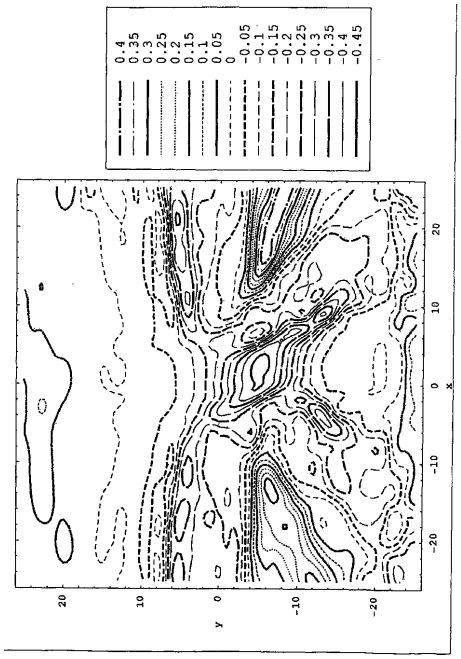


Fig. 5A

【図５Ｂ】

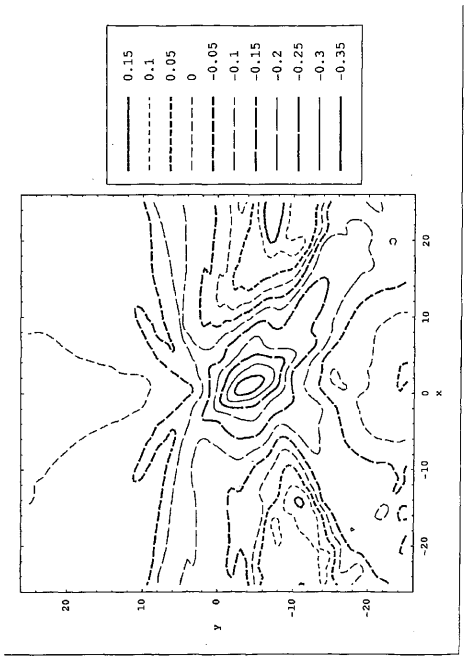


Fig. 5B

【図５Ｃ】

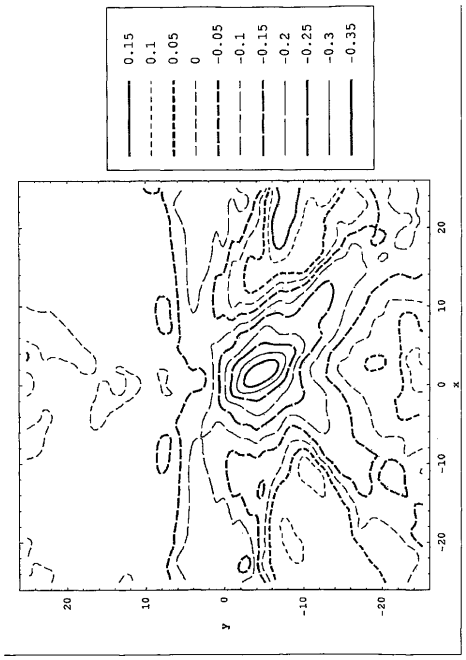


Fig. 5C

【図６Ａ】

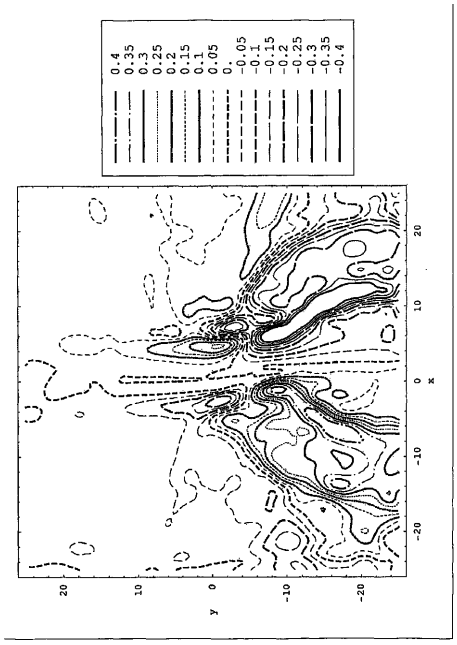


Fig. 6A

【図６Ｂ】

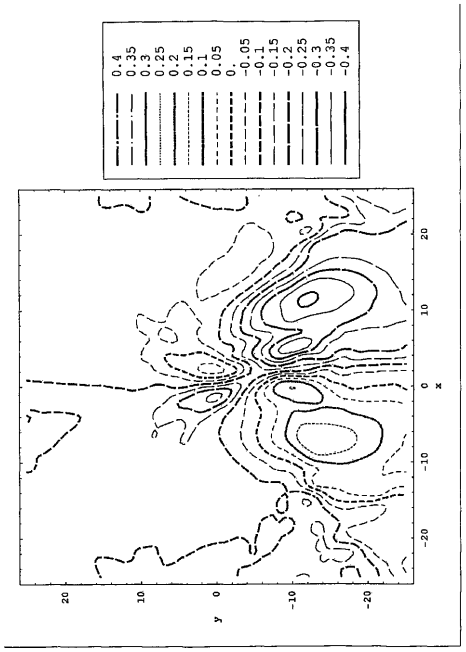


Fig. 6B

【図６Ｃ】

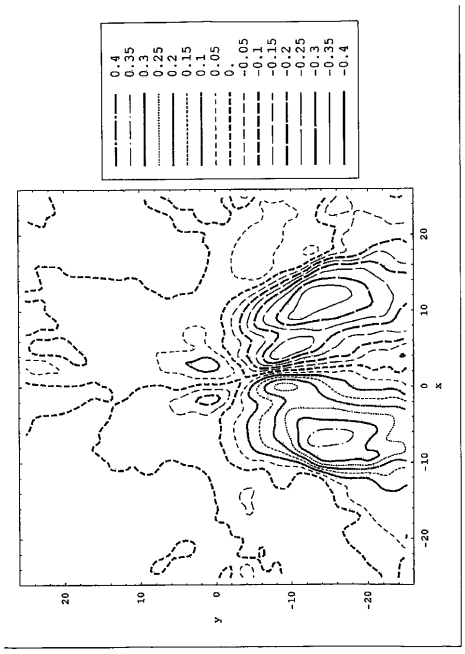


Fig. 6C

【図７Ａ】

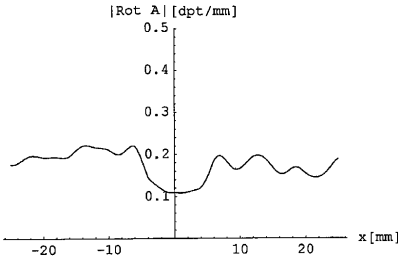


Fig. 7A

【図７Ｂ】

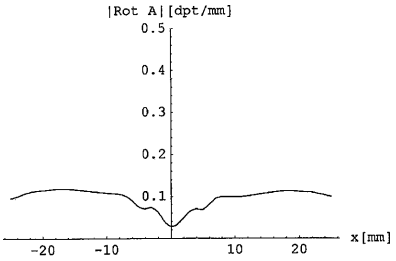


Fig. 7B

【図７Ｃ】

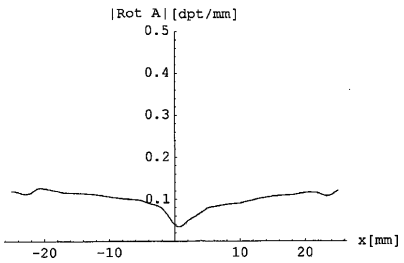


Fig. 7C

【図７Ｄ】

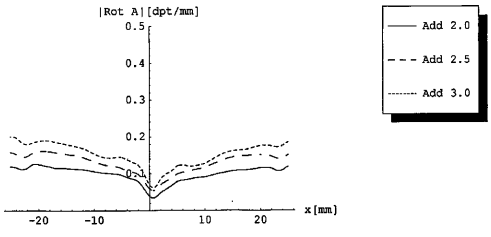


Fig. 7D

【図８Ａ】

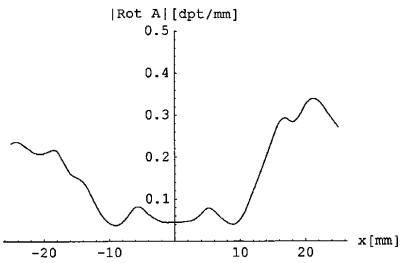


Fig. 8A

【図８Ｂ】

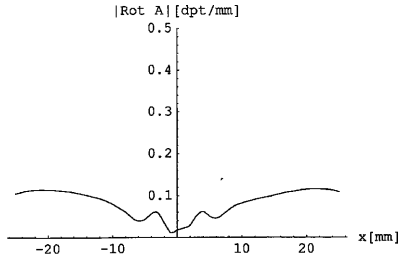


Fig. 8B

【図８Ｃ】

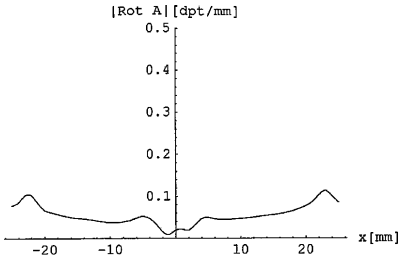


Fig. 8C

【図８Ｄ】

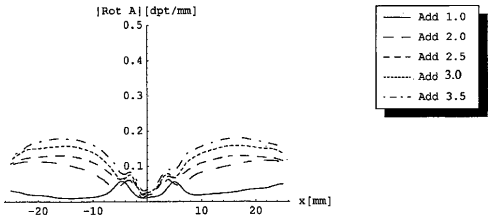


Fig. 8D

【図８Ｅ】

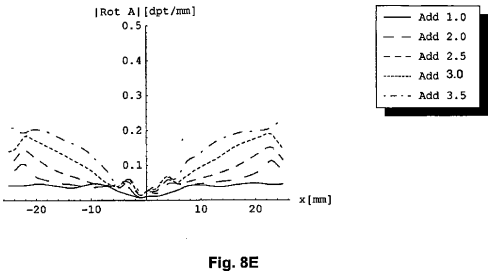


Fig. 8E

【図９Ａ】

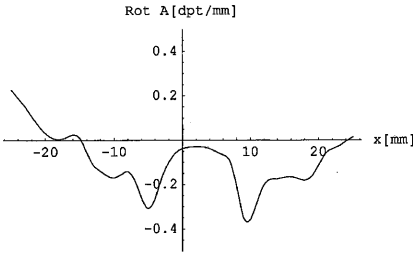


Fig. 9A

【図９Ｂ】

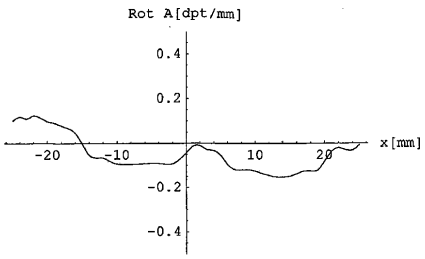


Fig. 9B

【図９Ｃ】

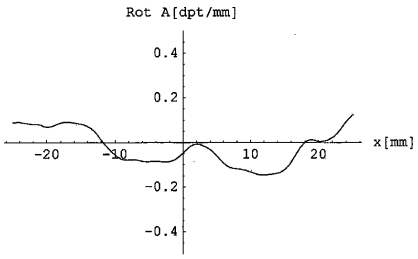


Fig. 9C

【図９Ｄ】

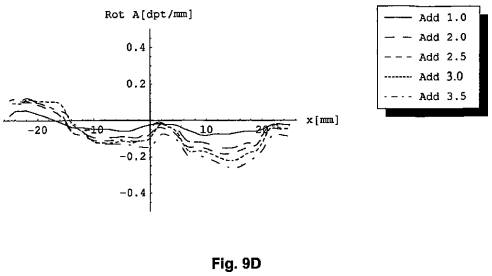


Fig. 9D

【図９Ｅ】

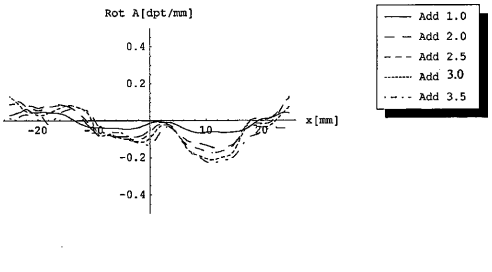


Fig. 9E

【図１０Ａ】

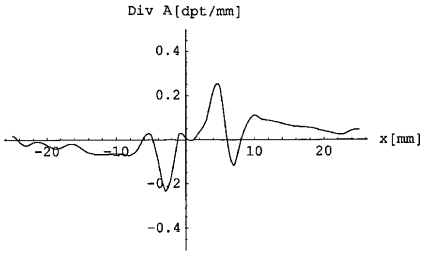


Fig. 10A

【図１０Ｂ】

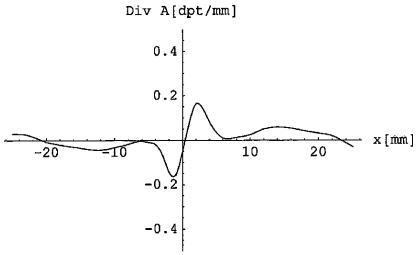


Fig. 10B

【図１０Ｃ】

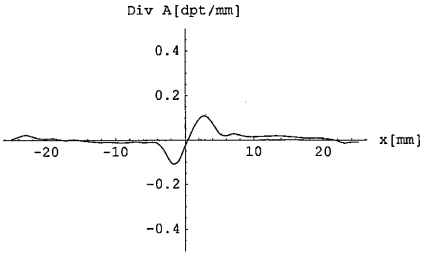


Fig. 10C

【図１０Ｄ】

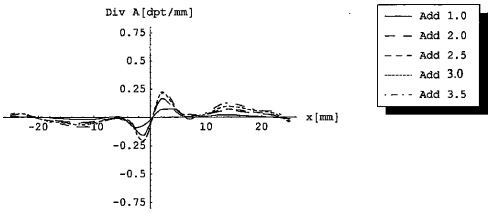


Fig. 10D

【図１０Ｅ】

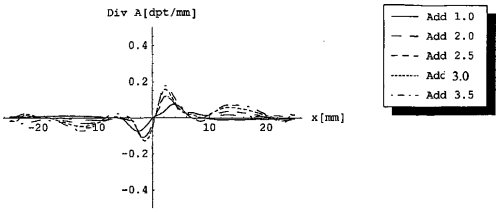


Fig. 10E

【図１１Ａ】

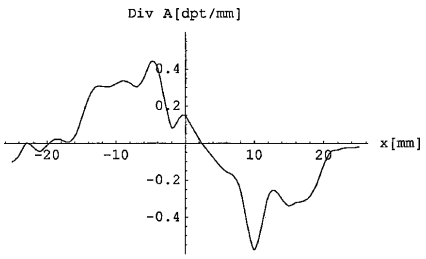


Fig. 11A

【図１１Ｂ】

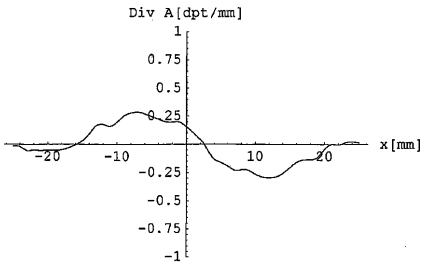


Fig. 11B

【図１１Ｃ】

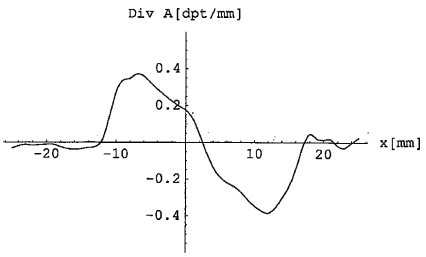


Fig. 11C

【図１１Ｄ】

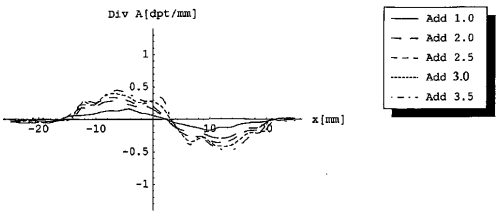


Fig. 11D

【図１１Ｅ】

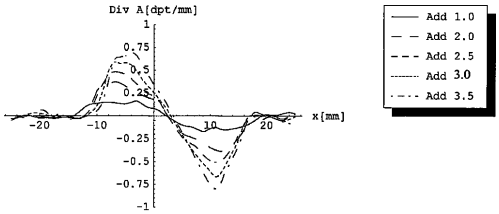

Div A[dpt/mm]
1
0.75
0.5
0.25
-20
-10
10
20
x[mm]
-0.25
-0.5
-0.75
-1
Add 1.0
Add 2.0
Add 2.5
Add 3.0
Add 3.5

Fig. 11E

フロントページの続き

(74)代理人 100106655
弁理士 森 秀行
(74)代理人 100127465
弁理士 堀田 幸裕
(74)代理人 100141830
弁理士 村田 卓久
(72)発明者 アルタイマー．ヘルムート
ドイツ連邦共和国．８７６５０．バイスヴァイルーラウヒドルフ．アン．デア．ハルデ．２
(72)発明者 エッサー．グレゴール
ドイツ連邦共和国．８１７３５．ミュンヘン．マデルゼデルストラーセ．１７
(72)発明者 ベッケン．ヴォルフガング
ドイツ連邦共和国．８１５４１．ミュンヘン．ヴェリンハーストラーセ．２８
(72)発明者 ハイマール．ヴァルター
ドイツ連邦共和国．デー８０３３７．ミュンヘン．タルキルヒナーストラーセ．２８
(72)発明者 ヴェルク．アンドレア
ドイツ連邦共和国．デー８１５４７．ミュンヘン．オトカーストラーセ．７
(72)発明者 ヴェーナー．エッダ
ドイツ連邦共和国．デー８２２７５．エメリッヒ．ヨーセフーヘーベルーストラーセ．３１

審査官 後藤 慎平

(56)参考文献 特開平１１－００２７８５（ＪＰ，Ａ）
特開平０６－２１４１９９（ＪＰ，Ａ）
国際公開第０１／０８８６０１（WO，Ａ１）
米国特許第０５７１５０３２（ＵＳ，Ａ）
特開平０８－２３４１４６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
G02C 1/00-13/00