

明 細 書

発明の名称 : 眼鏡レンズ

技術分野

[0001] 本発明は、眼鏡レンズに関する。

背景技術

[0002] 近年、近視人口が増加の傾向にある。近視については、眼球に入射する光の一部が、網膜の奥に結像すると進行が促進し、手前に結像すると抑制される、と報告されている。

このことから、近視等の屈折異常の進行を抑制する眼鏡レンズとして、透過光が所定位置（例えば、眼球の網膜上の位置）で焦点を結ぶように形成された第1領域と、透過光が所定位置とは異なる位置（例えば、眼球の網膜上以外の位置）で焦点を結ぶように形成された第2領域と、を有するものがある。具体的には、物体側の面である第1領域としての凸面に、当該凸面とは異なる曲面を有して当該凸面から突出する複数の凸状領域が第2領域として形成されたものがある（例えば、特許文献1参照）。

かかる構成の眼鏡レンズによれば、物体側の面から入射し眼球側の面から出射する光線が、原則的には装用者の網膜上に焦点を結ぶが、凸状領域の部分を通じた光線については網膜上よりも物体側寄りの位置で焦点を結ぶ。つまり、網膜の奥に結像する光を減らし、手前に結像する光を増やすアプローチを採っており、これにより近視の進行が抑制されることになる。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許出願公開第2017／0131567号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 眼球に入射する光は、網膜の中心窩を含む中心視野のみならず、中心視野の外側にある周辺視野の部分においても知覚される。

ただし、眼球に入射した光の知覚に際して、中心視野では高空間周波数の明暗パターンの感受性が強い一方で、周辺視野では低空間周波数の明暗パターンの感受性が強いことが知られている。つまり、周辺視野は、中心視野に比べて低解像度の空間分解能となっており、焦点位置を探す手掛かりとされる光刺激が中心視野とは異なって知覚される。

そのため、周辺視においては、第2領域を透過した光が網膜上よりも物体側寄りの位置で焦点を結ぶことが知覚されず、その結果として近視進行を抑制する効果が発揮されないおそれがある。

[0005] この点については、中心視野の対応部分と周辺視野の対応部分とでレンズ構造を相違させて対応することも考えられる。具体的には、中心視野の対応部分と周辺視野の対応部分とで第2領域の形状や度数等を相違させたり、一方の部分に強い像面湾曲を与えたりすることが考えられる。しかしながら、レンズ構造を部分的に相違させると、レンズ全体では表面が不均一となり、見た目が損なわれてしまう。また、眼球の回旋時には、レンズ構造の分布と視線との対応関係が変わるため、必ずしも十分な効果が得られるとは限らない。

[0006] 本発明は、周辺視においても、眼鏡レンズに屈折異常進行の抑制効果を発揮させることを可能にする技術の提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明は、上記目的を達成するために案出されたものである。

本発明の第1の態様は、

透過光が眼内の所定位置で焦点を結ぶように形成された第1領域と、前記透過光が前記所定位置からデフォーカスした位置で焦点を結ぶように形成された複数の第2領域と、を有する眼鏡レンズであって、

前記複数の第2領域は、負の球面収差を有する

眼鏡レンズである。

[0008] 本発明の第2の態様は、

前記複数の第2領域は、前記負の球面収差を有することで、周辺視におい

て知覚される光が前記所定位置以外の位置における偽集光として認知されるように構成されている

第 1 の態様に記載の眼鏡レンズである。

- [0009] 本発明の第 3 の態様は、
前記周辺視における前記透過光についてのガボール関数を用いた評価値が、前記所定位置以外の位置で極大値を有するように、前記複数の第 2 領域の球面収差が与えられている

第 1 または第 2 の態様に記載の眼鏡レンズである。

- [0010] 本発明の第 4 の態様は、
前記周辺視における前記透過光についてのガボール関数を用いた評価値が、前記所定位置以外の位置で最大値を有するように、前記複数の第 2 領域の球面収差が与えられている

第 1 から第 3 のいずれか 1 態様に記載の眼鏡レンズである。

- [0011] 本発明の第 5 の態様は、
前記複数の第 2 領域は、前記負の球面収差を有することで、前記第 2 領域の最外部を通過する光線と前記最外部から前記第 2 領域の半径の 10% だけ内側を通過する光線との交わる位置が、前記所定位置と前記所定位置からデフォーカスした位置との間にあるように構成されている

第 1 から第 4 のいずれか 1 態様に記載の眼鏡レンズである。

- [0012] 本発明の第 6 の態様は、
前記複数の第 2 領域は、前記第 2 領域の中心から離れるほど曲率が小さくなるような非球面形状で形成されている

第 1 から第 5 のいずれか 1 態様に記載の眼鏡レンズである。

- [0013] 本発明の第 7 の態様は、
前記透過光が通過する瞳孔径の範囲内に前記複数の第 2 領域のうちの少なくとも三つが配されるとともに、当該三つの前記第 2 領域の各基準点を結ぶ図形が鋭角三角形となるように、前記複数の第 2 領域のサイズおよび配置間隔が形成されている

第 1 から第 6 のいずれか 1 態様に記載の眼鏡レンズである。

[0014] 本発明の第 8 の態様は、

前記複数の第 2 領域は、六方配置されている

第 1 から第 7 のいずれか 1 態様に記載の眼鏡レンズである。

[0015] 本発明の第 9 の態様は、

前記複数の第 2 領域は、多層構造によって構成されており、

前記多層構造における最も内側の層は、デフォーカス度数を付与する作用を持つ層であり、

それよりも外側の層は、負の球面収差を付与する作用を持つ層である

第 1 から第 8 のいずれか 1 態様に記載の眼鏡レンズである。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、周辺視においても、眼鏡レンズに屈折異常進行の抑制効果を発揮させることが可能になる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の一実施形態における眼鏡レンズの一例を示す正面図である。

[図2]図 1 に示す眼鏡レンズを透過する光の経路を示す概略断面図（その 1）である。

[図3]図 1 に示す眼鏡レンズを透過する光の経路を示す概略断面図（その 2）である。

[図4]中心視および周辺視の場合の、各セグメントに入射する光の主光線の経路を示す概略断面図である。

[図5]図 1 に示す眼鏡レンズにおける凸状領域の形状および曲率を示す拡大図である。

[図6]図 5 に示す凸状領域を透過する光が眼球の中心視野によって知覚される場合のシミュレーション像を示す説明図である。

[図7]図 5 に示す凸状領域を透過する光が眼球の周辺視野によって知覚される場合のシミュレーション像を示す説明図である。

[図8]本発明の実施例およびその比較例に係る各眼鏡レンズのセグメントの形

状を示す説明図である。

[図9]本発明の実施例およびその比較例に係る各眼鏡レンズのセグメントの曲率分布を示す説明図である。

[図10]本発明の実施例に係る眼鏡レンズについてのガボール係数（評価値）のグラフの例を示す説明図である。

[図11]比較例に係る眼鏡レンズについてのガボール係数（評価値）のグラフの例を示す説明図である。

[図12]本発明の他の実施形態における眼鏡レンズの要部構成例を示す側断面図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の実施形態を、図面に基づいて説明する。なお、以下の説明は例示であって、本発明は例示された態様に限定されるものではない。

[0019] （１）眼鏡レンズの構成

まず、本実施形態で例に挙げる眼鏡レンズの構成について説明する。

[0020] 本実施形態で例に挙げる眼鏡レンズは、眼鏡装用者の眼の屈折異常の進行を抑制する屈折異常進行抑制レンズである。屈折異常進行抑制レンズは、眼の屈折異常を矯正する処方に基づく第１の屈折力を有する第１領域と、第１の屈折力とは異なる屈折力を有し、眼の屈折異常の進行を抑制するように眼の網膜以外の位置に焦点を結ばせる機能を有する第２領域と、を有して構成されたものである。

[0021] 屈折異常進行抑制レンズには、近視の進行を抑制する近視進行抑制レンズと、遠視の進行を抑制する遠視進行抑制レンズとがある。以下の説明では、近視進行抑制レンズを例に挙げる。

[0022] 図１は、本実施形態における眼鏡レンズの一例を示す正面図である。図２および図３は、図１に示す眼鏡レンズを透過する光の経路を示す概略断面図である。

[0023] （全体構成）

本実施形態に係る眼鏡レンズ１は、物体側の面と眼球側の面とを有する。

「物体側の面」は、眼鏡レンズ１を備えた眼鏡が装用者に装用された際に物体側に位置する表面である。「眼球側の面」は、その反対、すなわち眼鏡レンズ１を備えた眼鏡が装用者に装用された際に眼球側に位置する表面である。本実施形態において、物体側の面は凸面であり、眼球側の面は凹面である。つまり、眼鏡レンズ１は、メニスカスレンズである。

[0024] また、眼鏡レンズ１は、レンズ基材を備えて構成されている。レンズ基材は、例えば、チオウレタン、アリル、アクリル、エピチオ等の熱硬化性樹脂材料によって形成されている。なお、レンズ基材を構成する樹脂材料としては、所望の屈折度が得られる他の樹脂材料を選択してもよい。また、樹脂材料ではなく、無機ガラス製のレンズ基材としてもよい。

[0025] レンズ基材の物体側の面と眼球側の面との少なくとも一方には、被膜が形成されている。被膜としては、例えば、ハードコート膜および反射防止膜（ＡＲ膜）が挙げられるが、これらに加えて、さらに他の膜が形成されていてもよい。

ハードコート膜は、例えば、熱可塑性樹脂またはＵＶ硬化性樹脂を用いて形成されている。ハードコート膜は、ハードコート液にレンズ基材を浸漬させる方法や、スピコート等を使用することにより、形成することができる。このようなハードコート膜の被覆によって、眼鏡レンズ１の耐久性向上が図れるようになる。

反射防止膜は、例えば、 ZrO_2 、 MgF_2 、 Al_2O_3 等の反射防止剤を真空蒸着により成膜することにより、形成されている。このような反射防止膜の被覆によって、眼鏡レンズ１を透した像の視認性向上が図れるようになる。

[0026] （凸状領域）

本実施形態に係る眼鏡レンズ１において、例えば、レンズ基材の物体側の面（凸面）には、当該面から物体側に向けて突出するように、複数の凸状領域が形成されている。そして、各凸状領域は、レンズ基材の物体側の面とは異なる曲率の曲面によって構成されている。このような凸状領域を有するレ

レンズ基材をハードコート膜や反射防止膜等の被膜が覆うと、その被膜の表面にも、レンズ基材の凸状領域に倣って、複数の凸状領域が形成されることになる。つまり、眼鏡レンズ1の物体側の面（凸面）には、レンズ基材の凸状領域およびこれを覆う被膜の厚さに依拠して、当該面から物体側に向けて突出するように形成された複数の凸状領域6が配置されている。なお、ここでは、複数の凸状領域6が物体側の面に配置されている場合を例示するが、必ずしもこれに限定されることはなく、物体側の面と眼球側の面との少なくとも一方の面に配置されていけばよい。

[0027] 複数の凸状領域6は、図1に示すように、眼鏡レンズ1の表面において、それぞれが規則的に配列されている。図例において、複数の凸状領域6は、レンズ中心の近傍に部分的に配置されているが、これに限定されることはなく、各凸状領域6が規則的に配列されていれば、レンズ全面に配置されていてもよいし、レンズ中心を囲うように円周状に配置されていてもよい。

[0028] また、複数の凸状領域6は、それぞれが独立した島状に（すなわち、互いに隣接することなく離間した状態で）配置されている。つまり、本実施形態において、各凸状領域6は、それぞれが離散的（すなわち、それぞれが連続しておらず、ばらばらに散らばった状態で）配置されている。ただし、ここでは、各凸状領域6の全てが独立した島状である場合を例示するが、必ずしもこれに限定されることはなく、隣り合う領域の外縁同士が連結する、あるいは接するものを含むように各凸状領域6が配置されていてもよい。

[0029] （光学特性）

以上のような構成の眼鏡レンズ1では、物体側の面3に凸状領域6を有することで、以下のような光学特性が実現され、その結果として眼鏡装用者の近視等の屈折異常の進行を抑制することができる。

[0030] 図2に示すように、眼鏡レンズ1において、凸状領域6が形成されていない領域（以下「ベース領域」という。）の物体側の面3に入射した光は、眼球側の面4から出射した後、眼球20の網膜20A上に焦点を結ぶ。つまり、眼鏡レンズ1を透過する光線は、原則的には、眼鏡装用者の網膜20A上

に焦点を結ぶ。換言すると、眼鏡レンズ1のベース領域は、所定位置Aである網膜20A上に焦点を結ぶように、眼鏡装用者の処方に応じて曲率が設定されている。したがって、眼鏡レンズ1のベース領域は、眼鏡装用者の眼の屈折異常を矯正する処方に基づく第1の屈折力を有し、レンズ透過光が所定位置Aである網膜20A上に焦点を結ぶように形成された「第1領域」として機能することになる。なお、本明細書でいう「焦点を結ぶ」とは、光が集中して結像することを意味するが、必ずしも無収差の結像である必要はなく、球面収差や非点収差を持つものであってもよい。本明細書における「焦点」とは、視覚にとって極大値をとる点として認識される地点のことを意味する。

[0031] その一方で、図3に示すように、眼鏡レンズ1において、凸状領域6に入射した光は、眼球側の面4から出射した後、眼球20の網膜20Aよりも物体側寄りの位置（デフォーカス位置）で焦点を結ぶ。つまり、凸状領域6は、眼球側の面4から出射する光を、所定の位置Aよりも物体側寄りの位置Bに収束させる。この収束位置Bは、複数の凸状領域6の各々に応じて、位置 B_1 、 B_2 、 B_3 、 $\dots$ B_N として存在する。したがって、複数の凸状領域6の各々は、レンズ透過光が所定位置Aからデフォーカスした位置Bに焦点を結ぶように形成された「第2領域」として機能することになる。以下、第2領域として機能する凸状領域6のことを「セグメント」ともいう。

[0032] このように、眼鏡レンズ1は、原則として物体側の面3から入射した光線を眼球側の面4から出射させて所定の位置Aに収束させる一方で、セグメント6が配置された部分においては、所定の位置Aよりも物体側寄りの位置B（ B_1 、 B_2 、 B_3 、 $\dots$ B_N ）に光線を収束させる。つまり、眼鏡レンズ1は、眼鏡装用者の処方を実現するための光線収束機能とは別の、物体側寄りの位置Bへの光線収束機能を有する。このような光学特性を有することで、眼鏡レンズ1は、眼鏡装用者の近視等の屈折異常の進行を抑制する効果（以下「近視抑制効果」という。）を発揮させることができる。

[0033] （2）周辺視の概要

上述した眼鏡レンズ1の光学特性は、主として、入射した光が、レンズ透過後に網膜の中心窩を含む中心視野に到達し、その中心視野の部分において知覚される場合のものである。ただし、眼球の網膜は、周辺視にも対応している。ここでいう「周辺視」とは、中心視野の外側にある周辺視野の部分において光を知覚することをいう。

[0034] 図4は、中心視および周辺視の場合の、各セグメントに入射する光の主光線の経路を示す概略断面図である。

[0035] 図4の例をはじめとした多くの場合、周辺視野20Bに到達する光は、中心視野20Cに到達する光に対して、角度を持って眼鏡レンズ1に入射する。

[0036] 中心視野20Cに到達する光に対して角度を持った光は、眼鏡レンズ1を透過し、さらに眼球20の瞳孔20Dを通過すると、網膜20Aの周辺視野20Bの部分に到達し、その周辺視野20Bにおいて知覚されることになる。周辺視野20Bは、中心視野20Cに比べて、低解像度の空間分解能である。具体的には、周辺視野20Bの視細胞においては、中心視野20Cの10～20%程度の分解能しかない。そのため、周辺視野20Bでは、焦点位置を探す手掛かりとされる光刺激が中心視野20Cの場合とは異なって知覚されるおそれがある。

[0037] したがって、周辺視では、上述したように光が位置Bにて収束していても、周辺視野20Bがそれを検知しないおそれがある。つまり、周辺視野20Bでは焦点位置を探す手掛かりとされる光刺激が中心視野20Cの場合とは異なるので、眼鏡レンズ1のセグメント6を透過した光が網膜20A上よりも物体側寄りの位置Bで焦点を結ぶことが知覚されず、その結果として近視進行を抑制する効果が発揮されないおそれがある。

[0038] ここで、中心視野20Cで知覚される結像と周辺視野20Bで知覚される結像との違いについて、具体的に説明する。

図5は、眼鏡レンズ1におけるセグメント6の形状および曲率を示す拡大図である。

ここでは、図5に示すようなセグメントが六方配置されている領域Cに着目し、その領域C内の各セグメント6を透過した光がどのように知覚されるかを説明する。

[0039] 図6は、眼鏡レンズ1のセグメント6を透過する光が眼球20の中心視野20Cによって知覚される場合のシミュレーション像を示す説明図である。

図例は、網膜20A上における所定位置Aを「0D（ディオプトリ）」とした場合に、所定位置Aよりも「3.4D」の分だけ物体側寄りの位置Bで焦点を結ぶようにセグメント6が形成されている眼鏡レンズ1につき、3.4Dから0Dまでの複数箇所において、そのセグメント6を透過する光が中心視野20Cでどのように知覚されるかを、シミュレーションによって求めた結果を示している。

図6に示すように、中心視野20Cの分解能を考慮したシミュレーションによれば、各セグメント6を透過した光は、位置B（すなわち+3.4Dの位置）において、光の知覚状態を示す図中白丸図形の径が最小となり、最も集光して感じるように知覚されることがわかる（図6中に示す矢印D参照）。

[0040] 図7は、眼鏡レンズ1のセグメント6を透過する光が眼球20の周辺視野20Bによって知覚される場合のシミュレーション像を示す説明図である。

図例においても、上述した中心視野20Cの場合と同様に、所定位置A（0D）とそれよりも物体側寄りの位置B（+3.4D）との間の複数箇所におけるシミュレーション結果を示している。

図7に示すように、周辺視野20Bの分解能を考慮したシミュレーションによれば、上述した中心視野20Cの場合とは異なり、位置B（すなわち+3.4Dの位置）において最も集光して感じることはない。つまり、各セグメント6を透過する光が個別に知覚されることがなく、それぞれが合体して一つの光として知覚され、しかも全体的にぼやけて感じるように知覚されることがわかる。

[0041] 以上のように、中心視野20Cと周辺視野20Bとでは、分解能の違いに

起因して、光の知覚態様が異なる。そのため、中心視野 20C に対して近視抑制効果を発揮するように形成されたセグメント 6 であっても、それだけでは周辺視においても近視抑制効果を発揮し得るとは限らない。

[0042] 周辺視においても近視抑制効果を発揮させるためには、中心視野 20C の対応部分と周辺視野 20B の対応部分とで眼鏡レンズ 1 のレンズ構造を相違させて対応することも考えられる。具体的には、中心視野 20C の対応部分と周辺視野 20B の対応部分とでセグメント 6 の形状や度数等を相違させたり、一方の部分に強い像面湾曲を与えたりすることが考えられる。しかしながら、レンズ構造を部分的に相違させると、レンズ全体では表面が不均一となり、見た目が損なわれてしまう。また、眼球の回旋時には、レンズ構造の分布と視線との対応関係が変わるため、必ずしも十分な効果が得られるとは限らない。つまり、中心視野 20C の対応部分と周辺視野 20B の対応部分とでレンズ構造を相違させることは好ましくない。また、周辺視を考慮することで、中心視野 20C に対する近視抑制効果が損なわれてしまうことも好ましくない。

[0043] この点につき、本願発明者は、鋭意検討を行った。その結果、中心視野 20C に対する近視抑制効果を損なうことなく、周辺視においても少なからず近視抑制効果を発揮し得るようにすべく、以下のようなレンズ構造に想到するに至った。

[0044] 例えば、周辺視では、中心視野 20C との分解能の違いに起因して、光が全体的にぼやけて感じるように知覚される。つまり、中心視野 20C の場合とは異なり、位置 B（すなわち +3.4D の位置）において最も集光して感じることはない。しかしながら、位置 B において最も集光を感じなくても、少なくとも位置 A（すなわち 0D の位置）よりも物体側寄りの位置（例えば、図 7 中に示す矢印 E 参照）において最も集光して感じるように知覚されていれば（すなわち、光の知覚状態を示す図中白丸図形の径が最小となれば）、少なからず近視抑制効果を発揮し得ると考えられる。周辺視において、少なくとも位置 A よりも物体側寄りの位置において集光を感じさせるためには

、周辺視野 20 B における低解像度の空間分解能によるボケ像の重なりを利用すればよい。つまり、周辺視では、低分解能ゆえに各セグメント 6 を透過した光がボケ像として知覚されるが、そのボケ像同士の重なり部分によって光エネルギーが増大すれば、その重なり部分の位置にあたかも集光点が存在するように知覚させることが可能となる。以下、ボケ像同士の重なりを利用して光学的な焦点位置以外で疑似的に集光点として知覚させることを、単に「偽集光」ということとする。

[0045] このような偽集光をさらに効果的に発生させるためには、各セグメントのボケ像の辺縁部の光エネルギーが、ボケ像の中心部と比較して高くなるように、各セグメントが負の球面収差特性を有していればよい。

[0046] つまり、本願発明者は、低解像度の空間分解能となる周辺視についても屈折異常進行の抑制効果を発揮させることを可能にすべく、周辺視において知覚される光が所望の位置（すなわち、網膜 20 A 上の焦点位置 A 以外の位置）における偽集光として認知されるように、複数のセグメント 6 のそれぞれに負の球面収差を与えるレンズ構造に想到するに至った。

[0047] （3）セグメントの球面収差

以下、本実施形態に係る眼鏡レンズ 1 における、複数のセグメント 6 の球面収差について説明する。

[0048] 球面収差とは、各セグメント 6 の中心からの距離に応じて、集光する位置が光軸方向に異なる現象を指す。特に、セグメント 6 の中央部を透過する光線の眼内での集光位置に対し、より辺縁部を透過する光線の眼内での集光位置が、より眼鏡レンズ 1 から離れる側にあるときに、「負の球面収差」を持つと呼ぶ。

[0049] 球面収差を持つとき、セグメント 6 から射出された光線の密度が不均一になる。特に、近軸的な集光位置よりも眼鏡レンズ 1 から遠い側においては、光束の辺縁部で光線が密になり、光エネルギーが高い輪体状の領域が出現する（例えば、図 6（d）（e）参照）。

[0050] そして、このような球面収差を持つとき、セグメント 6 の中心からの距離

が異なる光線同士が、光軸あるいはセグメント6の主光線から離れた地点で交わることがある。つまり、輪体状の領域同士が重なることがある。このときは、光束内に特に光エネルギーが高い領域が出現する。このように、輪体状の領域同士の重なり部分によって光エネルギーが増大すれば、その重なり部分の位置にあたかも集光点が存在するように知覚させること、すなわち偽集光を発生させることが可能となる。

[0051] 以上のように、各セグメント6が負の球面収差を有していれば、周辺視において知覚される光が、網膜20A上の焦点位置A以外の位置における偽集光として認知され得るようになる。

[0052] 各セグメント6に負の球面収差を与えるためには、セグメント6の凸面形状を非球面形状にすることが一つの手法として挙げられる。具体的には、セグメント6の中心からの距離が離れるに従いつつ、凸面の曲率が小さくなるような非球面形状に設定することで、負の球面収差を与えることができる。

[0053] (4) セグメントの配置

上述したように、偽集光は、複数のセグメント6の光束が重なることで起こる。したがって、眼鏡レンズ1は、瞳内に複数のセグメント6を含むことが好ましい。具体的には、透過光が通過する瞳孔径の範囲内に、複数のセグメント6のうちの少なくとも三つが配されるとともに、当該三つのセグメント6の各基準点を結ぶ図形が鋭角三角形となるように、各セグメント6のサイズおよび配置間隔が形成されていることが好ましい。ここで、セグメント6の基準点とは、当該セグメント6が配置された位置を特定する上で基準となる点のことをいう。例えば、セグメント6が平面視円形状である場合、当該セグメント6の中心点が基準点となり得る。

[0054] このような配置を実現すべく、複数のセグメント6は、六方配置（特に、六方最密配置）されていることが最も好ましい。

[0055] このような眼鏡レンズ1において、各セグメント6が偽集光を生じさせるか否かについては、例えば、以下に説明する手法で検証（評価）することができる。

[0056] 人間の視野は、ガボール変換に似た作用により像を認知している（参考文献：J.Daugman, “Entropy reduction and decorrelation in visual coding by oriented neural receptive fields”, Trans. on Biomedical Engineering, Vol. 36, No. 1, pp. 107-114(1989).）。このことに倣えば、人間の視野でどのように光が知覚されるかについては、以下の（１）式に示すガボール関数を用いた評価値によって、ある程度検証（評価）することが可能であると考えられる。なお、（１）式において、 x は網膜上の水平方向座標、 y は網膜上の垂直方向座標であり、いずれも単位はmmとする。本例では、 x 方向のガボール関数を例示したが、 y 方向や中間的な方向のガボール関数を用いてもよい。

[0057] [数1]

$$G(x, y) = \exp\left\{-\frac{x^2 + y^2}{2a^2}\right\} \cos\left(\frac{2\pi x}{a}\right)$$

[0058] ガボール関数を用いた評価に際しては、例えば、上記の（１）式に示すガボール関数を幾何光学的スポット（人間の視野の空間分解能を考慮したスポットではない）に畳み込み、その畳み込んだ結果の最大値をガボール係数（すなわち、ガボール関数を用いた評価値）とし、その評価値を偽集光が生じているか否かの評価に用いればよい。評価に用いるガボール係数は、人間が視認するコントラストの評価値に相当する。具体的には、上記の（１）式において、中心視野では $a = 0.015$ 、周辺視野では $a = 0.105$ として計算し、最良フォーカス位置での値1に規格化してガボール係数（評価値）をグラフ上に表示する。グラフは、詳細を後述するように、横軸に網膜上の所定位置Aと各セグメント6が焦点を結ぶ位置Bとの間の距離（デフォーカス量、単位：ディオプタ）を採り、縦軸にガボール係数（ガボール関数を用いた評価値、単位：無次元量）を採って作成することが考えられる。

[0059] このようなグラフを作成した場合に、周辺視において各セグメント6の間で偽集光が生じていると、当該セグメント6を透過する光についてのガボール関数を用いた評価値が、所定位置A（OD）以外の位置において極大値を

有することになる。したがって、ガボール関数を用いた評価結果であるグラフ上において、周辺視において各セグメント6を透過する光についてのガボール関数を用いた評価値が所定位置A（OD）以外の位置で極大値を有していると、当該セグメント6が配置された眼鏡レンズ1は、所定位置A以外の位置に偽集光を生じさせるように、各セグメント6に球面収差が与えられているとともに、各セグメント6が配置されている、と言い換えることができる。

[0060] 極大値は、最大値であるとより好ましい。ただし、極大値は必ずしも最大値である必要はなく、十分な大きさをもった極大値であれば、最大値でなくとも偽集光として認識される。例えば、極大値は、最大値と最小値の中間値よりも大きな値をもっていればよい。

実施例

[0061] 以下、実施例を挙げて、本発明をさらに具体的に説明する。ここでは、実施例について説明するとともに、その比較例についても簡単に説明する。また、実施例および比較例では、ガボール関数を用いた評価結果についても説明する。なお、本発明が以下に説明する実施例に限定されないことはいうまでもない。

[0062] （実施例）

実施例として、各セグメント6の直径 $D = 0.8 \text{ mm}$ 、隣り合うセグメント6同士の間隔 $L = 1.05 \text{ mm}$ 、セグメント6の面積比率 $K = 0.5$ 、各セグメント6に与える度数 $P = 3.4 D$ となるように、複数のセグメント6が配置された眼鏡レンズ1を形成した。

[0063] セグメント6は、曲率半径 $r = 177 \text{ mm}$ 、円錐係数 $k = 0$ 、四次非球面係数 $A = -8.17 \times 10^{-4}$ として、セグメント中心からの距離 h に対する下記（2）式に従うサグ量 Z と、セグメントとベース形状の境界を連続的にするための定数項とを、ベース形状に付加した形状から構成されている。

[0064]

[数2]

$$z = \frac{\frac{h^2}{r}}{1 + \sqrt{1 - \frac{(1+k)h^2}{r^2}}} + Ah^4 \dots (2)$$

[0065] 図8は、実施例に係る眼鏡レンズのセグメントの形状を示す説明図である。

図中においては、実施例に係る眼鏡レンズ1におけるセグメント6の断面形状（すなわち、上記（2）式に従うサグ量Zをベース形状に付加した形状）を、実線で示している。

[0066] このような構成の眼鏡レンズ1の製造にあたっては、まず、レンズ基材を注型重合等の公知の成形法により成形する。例えば、複数の凹部が備わった成形面を有する成型型を用い、注型重合による成形を行うことにより、少なくとも一方の表面に凸状領域を有するレンズ基材が得られる。その場合において、上記の使用に合致するように、複数の凹部が形成されてなる成型型を用いればよい。

そして、レンズ基材を得たら、次いで、そのレンズ基材の表面に、必要に応じてハードコート膜や反射防止膜等の被膜を形成する。被膜の形成は、既述した公知の成膜法を用いて行うことができる。

このような手順の製造方法により、実施例に係る眼鏡レンズ1が得られる。

[0067] 図9は、実施例に係る眼鏡レンズのセグメントの曲率分布を示す説明図である。

図中においては、実施例に係る眼鏡レンズ1におけるセグメント6の曲率分布（すなわち、非球面形状の曲率分布）を、実線で示している。

[0068] 図9に示すように、実施例に係る眼鏡レンズ1について、セグメント6の中心部付近の曲率は5.6 [1/M] であるのに対し、セグメント6の最外部付近の曲率は4.1 [1/M] と小さくなっている。

[0069] 以上のようなセグメント6によれば、負の球面収差が発生し、セグメント

6の最外部を透過する光線と、その最外部からセグメント6の半径の10%だけ内側を通過する光線との交わる位置が、所定位置Aである網膜20Aより1.7D手前の位置、すなわち網膜20Aと当該網膜20Aからデフォーカスしたセグメント6の焦点位置Bとの間の中間地点に存在することになる。

[0070] 図10は、実施例に係る眼鏡レンズ1についてのガボール係数（評価値）のグラフの例を示す説明図である。図例のグラフは、横軸に網膜上の所定位置A（0D）と各セグメント6が焦点を結ぶ位置B（3.5D）との間の距離（デフォーカス量）を採り、縦軸にガボール係数（ガボール関数を用いた評価値）を採っており、最良フォーカス位置での値1に規格化したガボール係数（評価値）を表示している。なお、グラフ中において、中心視野20Cの分解能を考慮して計算したガボール係数については実線で示し、周辺視野20Bの分解能を考慮して計算したガボール係数（すなわち、周辺視の場合のガボール係数）については破線で示している。

[0071] 図10に示すグラフによれば、破線で示す周辺視の場合に、1.7Dの地点において、ガボール係数が極大値を有していることがわかる。つまり、かかる眼鏡レンズ1において、各セグメント6が網膜上の所定位置A以外の位置に偽集光を生じさせ、その結果として、中心視野20Cに対する近視抑制効果を損なうことなく、周辺視の場合についても近視抑制効果を発揮させ得ることを確認した。

[0072] （比較例）

ここで、比較例の眼鏡レンズについて簡単に説明する。比較例の眼鏡レンズは、上述の実施例で説明した形状から、（2）式における四次非球面係数Aの項を $A=0$ に変更したものである。すなわち、比較例の眼鏡レンズにおけるセグメントは、球面形状を持つ（図8および図9に示す破線参照）。

[0073] 図11は、比較例に係る眼鏡レンズについてのガボール係数（評価値）のグラフの例を示す説明図である。図例のグラフにおいても、横軸、縦軸、実線、破線等は、図10に示すグラフの場合と同様である。

[0074] 図11に示すグラフによれば、破線で示す周辺視の場合に、所定位置A（

OD)において、ガボール係数が極大値を有していることがわかる。つまり、比較例に係る眼鏡レンズは、セグメントが球面収差を持たないため、所定位置A(OD)以外の位置に偽集光を生じさせることがない。したがって、比較例1に係る眼鏡レンズでは、周辺視の場合に近視抑制効果を発揮させることができない。

[0075] (変形例等)

以上に本発明の実施形態および実施例を説明したが、本発明の技術的範囲は、上述の例示的な開示内容に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能である。

[0076] 図12は、他の実施形態における眼鏡レンズの要部構成例を示す側断面図である。

図例の眼鏡レンズは、セグメントを非球面形状とするために、デフォーカス度を有する基材11の上に非球面層12を付与して構成されている。例えば、基材11は射出成型による樹脂レンズ基材を、非球面層12はハードコート膜を、それぞれ兼ねていてもよい。このような構成を用いることで、個人にあわせた近視抑制効果の調整が容易になる。

つまり、負の球面収差を有するセグメントは、多層構造によって構成されていてもよい。その場合、多層構造における最も内側の層(具体的には、基材11によって構成される層)は、デフォーカス度を付与する作用を持つ層となり、それよりも外側の層(具体的には、非球面層12によって構成される層)は、負の球面収差を付与する作用を持つ層となる。

[0077] また、例えば、上述の開示内容では、物体側の面3に凸状領域6を有する構成の眼鏡レンズ1を例に挙げたが、本発明は他の構成の眼鏡レンズに適用することも可能である。すなわち、本発明は、透過光が所定位置で焦点を結ぶように形成された第1領域と、第1領域とは異なるデフォーカス位置で焦点を結ぶように形成された複数の第2領域と、を有して構成された眼鏡レンズであれば、レンズ表面に凸状領域6を有するレンズ構造のみならず、レンズ表面が平滑であるレンズ構造にも適用することが可能である。

[0078] また、例えば、上述の開示内容では、主として、眼鏡レンズが近視進行抑制レンズである場合を例に挙げたが、本発明は遠視進行抑制レンズに適用することも可能である。

[0079] また、例えば、上述の開示内容では、主として、凸状領域（セグメント）6が六方配置されている場合を例に挙げたが、本発明がこれに限定されることはない。すなわち、本発明は、六方配置以外の配置であっても、周辺視において偽集光を生じさせるように、各凸状領域（セグメント）が配置されていればよい。

符号の説明

[0080] 1…眼鏡レンズ、3…物体側の面、4…眼球側の面、6…凸状領域（セグメント）、11…基材、12…非球面層、20…眼球、20A…網膜、20B…周辺視野、20C…中心視野