(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3611155号
(P3611155)
(45)発行日　平成17年1月19日(2005.1.19)　(24)登録日　平成16年10月29日(2004.10.29)

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

請求項の数 5　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願平8-297658
(22)出願日　平成8年10月18日(1996.10.18)
(65)公開番号　特開平10-123469
(43)公開日　平成10年5月15日(1998.5.15)
審査請求日　平成15年7月18日(2003.7.18)

(73)特許権者　000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号
(74)代理人　100095256
弁理士　山口　孝雄
(72)発明者　上野　保典
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号　株式会社ニコン内
(72)発明者　矢成　光弘
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号　株式会社ニコン内
(72)発明者　高橋　文男
東京都千代田区丸の内３丁目２番３号　株式会社ニコン内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】累進多焦点レンズ

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
レンズ屈折面を鼻側領域と耳側領域とに分割する主子午線曲線に沿って、近景に対応する面屈折力を有する近用視矯正領域と、近景よりも実質的に離れた特定距離に対応する面屈折力を有する特定視距離矯正領域と、前記近用視矯正領域と前記特定視距離矯正領域との間において両領域の面屈折力を連続的に接続する累進領域とを備え、
前記近用視矯正領域の中心は、近用アイポイントから前記主子午線曲線に沿って下方に２ｍｍから８ｍｍだけ間隔を隔て、
前記特定視距離矯正領域の下部から上部において屈折表面の縦断面形状は、横断面曲線に沿って前記主子午線曲線との交点から遠ざかるにしたがって縦方向曲率の値が増加する非円形形状であり、
前記累進領域の上部において屈折表面の縦断面形状は、横断面曲線に沿って前記主子午線曲線との交点から遠ざかるにしたがって縦方向曲率の値が増加する非円形形状であり、
前記累進領域の下部において屈折表面の縦断面形状は、横断面曲線に沿って前記主子午線曲線との交点から遠ざかるにしたがって縦方向曲率の値が減少した後に増加する非円形形状であり、
前記近用視矯正領域の上部から下部において屈折表面の縦断面形状は、横断面曲線に沿って前記主子午線曲線との交点から遠ざかるにしたがって縦方向曲率の値が減少する非円形形状であることを特徴とする累進多焦点レンズ。
【請求項２】

前記特定視距離矯正領域の下部から上部において、縦方向曲率の値の増加率は下部から上部に向かって減少することを特徴とする請求項１に記載の累進多焦点レンズ。
【請求項３】
前記累進領域の下部において縦方向曲率の値が減少から増加に転ずる位置は、前記累進多焦点レンズの半径をＷとしたとき、前記主子午線曲線との交点から横方向にＷ／３から２Ｗ／３だけ離れていることを特徴とする請求項１または２に記載の累進多焦点レンズ。
【請求項４】
前記近用視矯正領域の上部から下部において、縦方向曲率の減少率は上部から下部に向かって減少することを特徴とする請求項１乃至３のいずれか１項に記載の累進多焦点レンズ。
【請求項５】
前記累進領域の中央から前記近用視矯正領域において、前記主子午線曲線から横方向に離れた領域での縦方向の面屈折力Ｃは、前記特定視距離矯正領域の中心での表面屈折力をＫ（ディオプター）とし、加入度をＡｄ（ディオプター）としたとき、
（Ａｄ／２＋Ｋ）＜Ｃ＜（Ａｄ＋Ｋ）　　（１）
の条件を満足することを特徴とする請求項１乃至４のいずれか１項に記載の累進多焦点レンズ。
【発明の詳細な説明】
【０００１】
【発明の属する技術分野】
本発明は、眼の調節力の補助として使用する累進多焦点レンズに関する。
【０００２】
【従来の技術】
老視の矯正には、単焦点レンズや、バイフォーカルレンズや、累進多焦点レンズなどが用いられている。これらのレンズの中でも特に累進多焦点レンズは、遠方視時と近方視時とで眼鏡の掛け替えや掛け外しを必要としない。また、累進多焦点レンズは、外観的にもバイフォーカルレンズのような境目がない。したがって、累進多焦点レンズに対する需要がかなり高まっている。
【０００３】
累進多焦点レンズは、眼の調節力が衰退して近方視が困難になった場合の調節力の補助用眼鏡レンズである。一般に、累進多焦点レンズでは、装用時において上方に位置する遠用視矯正領域（以下、「遠用部」という）と、下方の近用視矯正領域（以下、「近用部」という）と、双方の領域の間において連続的に屈折力が変化する累進領域（以下、「中間部」という）とを備えている。なお、本発明において「上方」、「下方」、「水平」および「鉛直」等は、装用時のレンズにおける位置関係を示すものである。また、近用度数と遠用度数との差を加入度と呼ぶ。
【０００４】
一般に、累進多焦点レンズにおいて、遠用部および近用部において明視域（非点隔差が０．５ディオプター以下の範囲）を広く確保し、その間を累進領域（累進帯）で結ぶと、その累進帯の側方領域にレンズ収差が集中するようになる。その結果、特に累進帯の側方領域において結像不良（像のボケ）および像の歪みが発生し、このような領域で視線を振る（移動させる）と装用者には像の歪みが像の揺れとして知覚され、装用感の悪い不快な感じを抱くことになる。
【０００５】
このような視覚特性の課題を解決するために、公知の累進多焦点レンズにおいては様々な観点に基づく設計および評価がなされている。レンズ面の形状に関しては、レンズ面のほぼ中央を上方から下方にかけて鉛直に走る子午線に沿った断面と物体側レンズ面との交線（主子午線曲線）がレンズの加入度などの仕様を表すための基準線として用いられ、レンズの設計においても重要な基準線として用いられている。
【０００６】

また、レンズの装用状態において近用部が中央からわずかに鼻側に寄ることを考慮して、近用部を非対称な配置とした累進多焦点レンズ（以下、「非対称累進多焦点レンズ」という）が提案されている。
このような非対称累進多焦点レンズにおいても、遠用中心と近用中心とを通る断面と物体側レンズ面との交線からなる中心線が基準線として用いられる。本発明においては、これらの基準線を総称して「主子午線曲線」という。
【０００７】
以上のような技術背景の中で、特開昭６２－１０６１７号公報に開示された中近両用の累進多焦点レンズが注目されている。この中近両用累進多焦点レンズは、中間視から近方視を重視する設計に基づく累進多焦点レンズであり、遠近両用累進多焦点レンズと比較して像の揺れや歪みが少なく且つ手元から中間距離までの視野が比較的広く、特に室内では比較的使い易い眼鏡レンズであるといわれている。
【０００８】
【発明が解決しようとする課題】
ところで、目の調節力の衰退の度合いが大きくなるにつれて、加入度の大きなレンズを装用しなければならなくなる。一般に、加入度が大きくなればなるほど、上述のような累進多焦点レンズの欠点が顕著になる。すなわち、加入度が大きくなればなるほど、遠用部および近用部における明視域が狭くなる。その結果、遠用部および近用部において視線を振って快適な側方視をすることができず、顔全体を振って側方視をしなければならなくなる。また、加入度が大きくなればなるほど、遠用部と近用部とを結ぶ累進帯の側方領域におけるレンズ収差が増大する。その結果、累進帯の側方領域で視線を振ると、像の揺れや歪みが増大するとともに装用感がさらに悪化し、装用が困難になってしまうことがある。
【０００９】
また、従来の累進多焦点レンズでは、目の調節力の衰退の度合いに関わらず遠方から近方まで良好に見えるように設定しているため、累進帯が比較的長い。したがって、レンズを眼鏡フレームに枠入れした状態では、近用視領域がフレームの最下部に位置することになり、近方視する場合には視線を大きく下げなければならない。その結果、見づらいばかりでなく、視線を大きく下げることによる眼精疲労を引き起こすことになる。したがって、従来の累進多焦点レンズでは、たとえばデスクワークのような近方作業をある程度長い時間に亘って継続することが困難であった。
【００１０】
ところで、特開昭６２－１０６１７号公報に開示された従来の中近両用累進多焦点レンズでは、累進帯が比較的長いため、一般の累進多焦点レンズに見られる像の揺れや歪みのような欠点はある程度解消されている。しかしながら、上述したように、累進帯が長いため近方視する場合には視線を大きく下げなければならないので、見づらいばかりでなく眼精疲労を引き起こすという不都合があった。
【００１１】
本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、目の調節力の衰退が大きい人でも長い時間に亘って快適に近方視を継続することのできる累進多焦点レンズを提供することを目的とする。
【００１２】
【課題を解決するための手段】
前記課題を解決するために、本発明においては、レンズ屈折面を鼻側領域と耳側領域とに分割する主子午線曲線に沿って、近景に対応する面屈折力を有する近用視矯正領域と、近景よりも実質的に離れた特定距離に対応する面屈折力を有する特定視距離矯正領域と、前記近用視矯正領域と前記特定視距離矯正領域との間において両領域の面屈折力を連続的に接続する累進領域とを備え、
前記近用視矯正領域の中心は、近用アイポイントから前記主子午線曲線に沿って下方に２ｍｍから８ｍｍだけ間隔を隔て、
前記特定視距離矯正領域の下部から上部において屈折表面の縦断面形状は、横断面曲線に

沿って前記主子午線曲線との交点から遠ざかるにしたがって縦方向曲率の値が増加する非円形形状であり、
前記累進領域の上部において屈折表面の縦断面形状は、横断面曲線に沿って前記主子午線曲線との交点から遠ざかるにしたがって縦方向曲率の値が増加する非円形形状であり、
前記累進領域の下部において屈折表面の縦断面形状は、横断面曲線に沿って前記主子午線曲線との交点から遠ざかるにしたがって縦方向曲率の値が減少した後に増加する非円形形状であり、
前記近用視矯正領域の上部から下部において屈折表面の縦断面形状は、横断面曲線に沿って前記主子午線曲線との交点から遠ざかるにしたがって縦方向曲率の値が減少する非円形形状であることを特徴とする累進多焦点レンズを提供する。

【００１３】
本発明の好ましい態様によれば、前記特定視距離矯正領域の下部から上部において、縦方向曲率の値の増加率は下部から上部に向かって減少する。
また、前記累進領域の下部において縦方向曲率の値が減少から増加に転ずる位置は、前記累進多焦点レンズの半径をＷとしたとき、前記主子午線曲線との交点から横方向にＷ／３から２Ｗ／３だけ離れていることが好ましい。

【００１４】
【発明の実施の形態】
図３は、従来の遠近重視の累進多焦点レンズの主子午線曲線上の屈折力分布を示す図である。まず、図３を参照して、従来の遠近重視の累進多焦点レンズの欠点について説明する。
図３に示すように、従来の遠近重視の累進多焦点レンズでは、眼鏡レンズとしての装用基準となる遠用アイポイントＥから遠用部Ｆの下方Ａまでの主子午線曲線に沿った距離が小さい。すなわち、従来の遠近重視の累進多焦点レンズの設計手法では、遠用部Ｆの下方Ａを基準とした遠用アイポイントＥでの屈折力増加量が加入度の約５％である。このため、発生する収差が比較的小さく、良好な視覚特性が得られ、遠用部Ｆの明視域をある程度広くすることが可能になっている。なお、遠用アイポイントとは、眼鏡の装用者が自然の姿勢で遠方を見ているときの視線のレンズ上での通過点であり、遠用フィッティングポイントと呼ばれることもある。

【００１５】
また、従来の遠近重視の累進多焦点レンズでは、遠用アイポイントＥから近用部Ｎの上方Ｂにかけて主子午線曲線上での屈折力を加入度の約９５％だけ増加させている。このため、近用部Ｎの明視域が遠用部Ｆの明視域よりもはるかに小さくなる。したがって、図３に示す屈折力分布を有する累進多焦点レンズは、遠近重視のレンズや遠中重視のレンズとしては実用に耐えることができるが、中近重視のレンズとしては視野が狭いだけでなく像の揺れや歪みが依然として大きく実用に耐えることができない。
さらに、従来の遠近重視の累進多焦点レンズでは、眼鏡レンズとしての装用基準となる遠用アイポイントＥから近用部Ｎまでの距離が大きいため、近方視に移行するのに視線を大きく下げる必要があり、眼精疲労を引き起こしてしまう。

【００１６】
そこで、本発明の累進多焦点レンズでは、遠用部の明視域をある程度犠牲にし、装用者の老視の度合いに応じて近景よりも実質的に離れた特定距離までの範囲（軽度の老視であれば遠方までの範囲）を矯正している。すなわち、本発明では、近用作業時の装用感を最重視して、眼球の回旋疲労が少ないような累進帯の長さを確保している。また、明視域の広い近用部を確保し、且つ最大非点隔差を減少させ、中間部における明視域もある程度確保するとともに特定視距離領域を十分に広くしている。
なお、本発明において、近景よりも実質的に離れた特定距離に対応する面屈折力を有する特定視距離矯正領域を「特定視部」と呼び、特定視部の中心すなわち特定中心と近用部の中心すなわち近用中心との距離を「累進帯の長さ」と呼び、特定中心と近用中心との間で付加される屈折力の増加量を「加入度」と呼ぶ。

【００１７】
本発明では、眼鏡レンズとしての装用基準となる近用アイポイントから近用中心までの距離を２ｍｍから８ｍｍと小さく設定するとともに屈折表面の縦断面形状を所定の性状にしたがって規定している。このため、近用アイポイントから近用部にかけて発生する収差が比較的小さく、良好な視覚特性が得られる。また、視線を大きく下げることなく中間視から近用視へ移行することができるとともに、近用部において広い明視域を確保することができる。さらに、近用部の上部から中間部のほぼ中央に至る領域の側方領域における非点収差の集中が軽減され、像の揺れや歪みなどが抑えられ、近用部および中間部において広い明視域を実現することができる。
【００１８】
さらに、近用アイポイントから特定視部にかけて屈折表面の縦断面形状を本発明にしたがって規定することにより、近用アイポイントから特定視部にかけて視覚特性が改良され、主子午線曲線の側方領域における収差集中が緩和される。その結果、像の揺れや歪みを軽減することができ、広い明視域を確保することができる。
ところで、近用アイポイントから近用中心までの距離を２ｍｍよりも短くすると、近用アイポイントから特定中心にかけて主子午線曲線上での屈折力が大きく低下することになる。その結果、近用アイポイントから特定視部にかけて屈折力の変化の度合いが大きくなり、像の揺れや歪みの少ない良好な中間視状態を得ることができなくなる。さらに、特定視部において十分広い明視域を確保することができなくなる。
【００１９】
また、近用アイポイントから近用中心までの距離を２ｍｍよりも短くすると、近用アイポイントから特定視部までの距離が長くなりすぎて、特定視距離状態において上目遣い気味になってしまう。
一方、近用アイポイントから近用中心までの距離を８ｍｍよりも長くすると、視線を大きく下げなければ近用視領域に移行することができなくなる。その結果、眼精疲労を引き起こすとともに、近用部においてある程度広い明視域を確保することができなくなってしまう。
【００２０】
このような累進多焦点レンズのレンズ面の設計においては、レンズとしての円形形状の範囲内のみにおいて設計評価するのではなく、レンズ面の円形形状を含む図６に示すような四角形を想定し、この四角形内において面形状の設計および評価を行う。レンズの円形形状を包含するより大きな面において曲面を最適化することによって、実用的レンズ面をより滑らかな優れた形状にすることが可能になる。
なお、図６において、ＯＧはレンズの幾何中心であり、Ｗはレンズの半径である。また、曲線Φ５　～Φ－５およびΣ０　～Σ５　は、それぞれｚ軸およびｙ軸に沿った設計上の基準となる横断面および縦断面を示している。
【００２１】
また、一般に、累進多焦点レンズは眼鏡フレームに合わせて加工されるため、遠用部、中間部および近用部の各領域、特に周辺部を含む遠用部および近用部の領域は、フレームの形状によって異なることになる。加工前の累進多焦点レンズは一般に直径が６０ｍ程度以上の円形レンズであり、この円形形状のまま眼鏡小売店に供給され、小売店において所望の眼鏡フレーム形状に合わせて加工される。
したがって、本発明による累進多焦点レンズの面形状の規定においては、加工前の円形形状を基準としている。そして、累進多焦点レンズの最適面形状の設計においては、使用頻度の高い中央領域ばかりでなく、使用される有効領域を含むより広い領域における面形状をも考慮して、収差のバランスを図ることが肝要である。
【００２２】
本発明の実施例を、添付図面に基づいて説明する。
具体的な実施例を説明する前に、まず本発明における横断面および縦断面について説明する。

図４は、レンズの屈折表面σについての横断面曲線を説明する斜視図である。また、図５は、レンズの屈折表面σについての縦断面曲線を説明する斜視図である。図４および図５では、レンズの幾何中心をＯＧとし、幾何中心ＯＧにおける屈折表面σの曲率中心をＯ０とし、幾何中心ＯＧと曲率中心Ｏ０とを通る軸線をｘ軸としている。また、幾何中心ＯＧにおける屈折表面σの曲率半径Ｒ０を半径とする球面を基準球面としている。したがって、基準球面は幾何中心ＯＧにおいてレンズの屈折表面σと接している。また、基準球面の中心Ｏ０を原点として、鉛直方向にｙ軸を、水平方向にｚ軸をとっている。

【００２３】

本発明における「横断面曲線」とは、図４に示すように、上述の基準球面の中心Ｏ０を通りｘｙ平面に直交する平面πｊ（ｊ＝０，±１，±２・・・）によって横断される屈折表面σの横断線のことである。換言すれば、本発明における「横断面曲線」は平面πｊと屈折表面σとの交線であり、図中横断面交線Φｊ（ｊ＝０，±１，±２・・・）として表されている。なお、本発明において横断面曲線を含む平面πｊによって横断されるレンズの断面を「横断面」という。

なお、図４において、屈折表面上の点Ｍｊを含む平面πｊと、ｘｙ平面と屈折表面σとの交線との交点をＭｙとし、交点Ｍｙと曲率中心Ｏ０とを結ぶ線分がｘ軸となす角度をＶｙとしている。また、屈折表面上の点Ｍｊと同じｚ座標成分を有する横断面交線$\Phi_0$　上の点をＭｚとし、点Ｍｚと曲率中心Ｏ０とを結ぶ線分がｘ軸となす角度をＶｚとしている。

【００２４】

本発明における「縦断面曲線」とは、図５に示すように、上述の基準球面の中心Ｏ０を通りｙｚ平面に直交する平面χｊ（ｊ＝０，±１，±２・・・）によって縦断される屈折表面σの縦断線のことである。換言すれば、本発明における「縦断面曲線」は平面χｊと屈折表面σとの交線であり、図中縦断面交線Σｊ（ｊ＝０，±１，±２・・・）として表されている。なお、本発明において縦断面曲線を含む平面χｊによって縦断されるレンズの断面を「縦断面」という。

なお、図５において、屈折表面上の点Ｍｊを含む平面χｊと、ｘｚ平面と屈折表面σとの交線との交点をＭｚとし、交点Ｍｚと曲率中心Ｏ０とを結ぶ線分がｘ軸となす角度をＶｚ’としている。また、屈折表面上の点Ｍｊと同じｙ座標成分を有する横断面交線$\Sigma_0$　上の点をＭｚとし、点Ｍｙと曲率中心Ｏ０とを結ぶ線分がｘ軸となす角度をＶｙ’としている。

【００２５】

図６は、図４のｙｚ平面に投影した横断面交線Φｊおよび図５のｙｚ平面に投影した縦断面交線Σｊの位置を示す図であって、レンズの屈折表面における横断面交線Φｊおよび縦断面交線Σｊの平面的位置を示す図である。

図７は、本発明の実施例にかかる累進多焦点レンズの屈折表面の曲率変化を示す図であって、図６に示す各横断面交線Φ５　～Φ－５に沿った屈折表面σの縦方向の曲率の変化を示す図である。本発明において、屈折表面の縦方向の（縦断面曲線に沿った）曲率を「縦方向曲率」という。

図７において、縦軸には図４の角度Ｖｙを、横軸には図４の角度Ｖｚをそれぞれとっている。

【００２６】

すなわち、図７は、主子午線曲線ＭＭ′と交差する１１個の代表的な横断面曲線に沿った縦方向曲率の変化をプロットしたものである。さらに詳細には、角度Ｖｙが＋２０°～－２０°の範囲で４°ずつ変化する各横断面曲線上で、角度Ｖｚが０°～＋２０°の範囲で４°ずつ変化する各位置における縦方向曲率の変化を、各横断面曲線と主子午線曲線ＭＭ′との交点における縦方向曲率に対する変化として示すものである。すなわち、図７において、縦軸および横軸はそれぞれ角度ＶｙおよびＶｚを示すが、その一方において各位置における縦方向曲率の変化が基準となる縦方向曲率に対して増加するときには上向きの曲線として、減少するときには下向きの曲線として示されている。

【００２７】

次に、本発明における累進多焦点レンズの設計手法について、また累進多焦点レンズの基準となる各点について説明する。
図８は、累進多焦点レンズを装用した状態における眼の様子を説明する図であり、主子午線曲線に沿った断面すなわちレンズの鉛直断面の様子を示している。図示のように、眼球Ｏは眼球回旋点ＣＲを中心に回転するため、視線ｐはレンズＬ上の種々の点を通過することになる。そして、近く物体を見つめるときには顔が下向きになると同時に視線も角度αだけ下がる。このとき累進多焦点レンズを装用していれば、両眼の視線は輻輳しながらレンズＬの主子午線曲線上を中間部から近用部へ移動することになる。視覚を感ずる網膜の部位で最も視力がでるのは黄斑部中心窩であり、物体を見ようとする場合、この中心窩位置に視線が合うように物体に眼を向けて、鮮明な像をこの中心窩位置に形成しなければならない。調節しないとき、この中心窩位置の物体側共役位置を調節遠点と称し、眼球が回転移動したときのこの調節遠点の軌跡Ｔを遠点球面と呼んでいる。

【００２８】

図８は遠視眼状態を示したものであり、遠視眼の調節遠点は眼後に位置するから回旋点ＣＲを中心とした遠点球面Ｔを描くことができる。したがって、この遠点球面Ｔの位置に黄斑部中心窩があることと等価となる。
そこで、この遠点球面Ｔから回旋点ＣＲを通り累進多焦点レンズＬへ向かう光線ｐを考え、この光線ｐがレンズＬで屈折されて収束する位置が物体位置となる。このとき、主子午線曲線に沿った方向のｍ像（メリディオナル像）の位置と主子午線曲線に直交する方向のｓ像（サジタル像）の位置とが合致していれば良好な結像状態となる。しかしながら、一般には、図示のようにｍ像とｓ像とが一致せず、非点隔差を生ずることになる。この非点隔差の程度が著しいと、物体が流れて見え、像の歪み等の不快な視覚の原因となる。

【００２９】

図８に示す曲線は遠点球面Ｔと共役な点の変化を示しており、ｍ像とｓ像との平均位置を結んだ線である。そして、この曲線が、累進多焦点レンズＬのいわゆる加入度曲線に対応している。図８の場合、遠用部の屈折度数が０ディオプター（Ｄ）で近用部の屈折度数が２ディオプターであり、加入度Ａｄが２ディオプターということになる。そして、ｍ像とｓ像との間隔Δがレンズの装用状態における収差としての非点隔差に対応する。
このように、実際に累進多焦点レンズを装用する状態でのレンズの性能評価を行うことによって、最終的に使用状態において最良の性能を発揮することのできる累進多焦点レンズのレンズ設計を行うことが可能になる。

【００３０】

ところで、特定視部の中心すなわち特定中心とは、特定視部での所定の表面屈折平均度数を有する主子午線曲線上の位置であり、実用上は特定視部の測定基準点とされる点である。また、近用部の中心すなわち近用中心とは、近用部での所定の表面屈折平均度数を有する主子午線曲線上の位置であり、実用上は近用部の測定基準点とされる点である。
また、近用アイポイントとは、レンズを眼鏡フレームに枠入れする際に基準とされる位置であり、眼鏡フレームを装用した状態において近用視線通過位置と合致する近用基準点となる。本発明の実施例において、近用アイポイントの位置とレンズの幾何中心とを一致させているが、必ずしも一致させる必要はない。

【００３１】

図１は、本発明の実施例にかかる累進多焦点レンズの領域区分の概要を示す図である。
図１に示すように、本実施例の累進多焦点レンズは、装用時において上方に位置する特定視部Ｆと、下方の近用部Ｎと、双方の領域の間において連続的に屈折力が変化する中間部Ｐとを備えている。レンズ面の形状に関しては、装用状態でレンズ面のほぼ中央を上方から下方にかけて鉛直に走る子午線に沿った断面と物体側レンズ面との交線すなわち主子午線曲線ＭＭ′がレンズの加入度などの仕様を表すための基準線として用いられている。このように対称設計された累進多焦点レンズでは、特定中心Ａ、近用アイポイントＥ、近用中心Ｂは、主子午線曲線ＭＭ′上にある。

【００３２】

このように、図１の累進多焦点レンズは、主子午線曲線ＭＭ′に沿って、近景に対応する面屈折力を有する近用部Ｎと、近景よりも実質的に離れた特定距離に対応する面屈折力を有する特定視部Ｆと、近用部Ｎと特定視部Ｆとの間において両領域の面屈折力を連続的に接続する中間部Ｐとを備えている。そして、特定中心Ａよりも上方を特定視部Ｆ、近用中心Ｂよりも下方を近用部Ｎ、特定中心Ａと近用中心Ｂとの間を中間部Ｐと考えることができる。累進多焦点レンズの屈折面上では屈折力が連続的に変化しており各領域を明確に区分することができないが、レンズの構造を考える上で有効な手段として図１のような領域区分が一般的に採用されている。

【００３３】

図２は、本実施例の累進多焦点レンズの主子午線曲線上の屈折力分布を示す図である。図２において、縦軸は累進多焦点レンズの主子午線曲線を、横軸は主子午線曲線上の屈折度数（単位Ｄ：ディオプター）をそれぞれ示している。

図２に示すように、主子午線曲線上の表面屈折力の平均度数は、特定中心Ａから近用アイポイントＥを経由して近用中心Ｂまで連続的に且つ滑らかに接続するように構成されている。

【００３４】

本実施例の累進多焦点レンズでは、近用アイポイントＥから近用中心Ｂまでの主子午線曲線に沿った距離は５ｍｍである。また、近用アイポイントＥから特定中心Ａまでの主子午線曲線に沿った距離は１４ｍｍである。したがって、特定中心Ａから近用中心Ｂまでの主子午線曲線に沿った距離すなわち累進帯の長さは１９ｍｍである。

また、図２を参照すると、本実施例の累進多焦点レンズでは、特定視部Ｆの平均屈折度数（ベースカーブ）が３．５ディオプターで、加入度Ａｄが１．５ディオプターである。したがって、図示のように、特定中心Ａにおける屈折度数は３．５ディオプターであり、近用中心Ｂにおける屈折度数は５．０ディオプターである。

【００３５】

また、図７に示すように、本実施例の累進多焦点レンズでは、特定視部Ｆの下部から上部（Ｖｙが８°～１６°の範囲）において屈折表面の縦断面形状は、横断面曲線に沿って主子午線曲線ＭＭ’との交点から遠ざかるにしたがって縦方向曲率の値が増加する非円形形状であり、その増加率は下部から上部に向かって減少している。また、特定視部Ｆの最上部（Ｖｙが２０°）において屈折表面の縦断面形状は、主子午線曲線ＭＭ’との交点から遠ざかるにしたがって縦方向曲率の値が増加した後に減少する非円形形状となっているが、レンズの形状が円形であることを考えると側方部の縦断面形状は光学性能に寄与しない。

【００３６】

一方、中間部Ｐの上部（Ｖｙが４°）において屈折表面の縦断面形状は、横断面曲線に沿って主子午線曲線ＭＭ’との交点から遠ざかるにしたがって縦方向曲率の値が増加する非円形形状である。また、中間部Ｐの下部（Ｖｙが０°）において屈折表面の縦断面形状は、横断面曲線に沿って主子午線曲線ＭＭ’との交点から遠ざかるにしたがって縦方向曲率の値が減少した後に増加する非円形形状である。なお、中間部Ｐの下部（Ｖｙが０°）において、縦方向曲率の値が減少から増加に転ずる位置は、累進多焦点レンズの半径をＷとするとき、実用的には主子午線曲線から横断面曲線に沿ってＷ／３～２Ｗ／３だけ離れていることが有効である。

【００３７】

そして、近用部Ｎの上部から下部（Ｖｙが－４°～－１６°の範囲）において屈折表面の縦断面形状は、横断面曲線に沿って主子午線曲線ＭＭ’との交点から遠ざかるにしたがって縦方向曲率の値が単調に減少する非円形形状であり、その減少率は上部から下部に向かって減少している。また、近用部Ｎの最下部（Ｖｙが－２０°）において屈折表面の縦断面形状は、横断面曲線に沿って主子午線曲線ＭＭ’との交点から遠ざかるにしたがって縦方向曲率の値が増加する非円形形状であるが、レンズの形状が円形であることを考えると側方部の縦断面形状は光学性能に寄与しない。

【００３８】
上述のような横断面曲線に沿った縦方向曲率の変化について、特定視部Ｆの下部から上部における側方領域での曲率は、その横断面と主子午線曲線との交点における基準の曲率に対して平均で約１６％増加している。また、中間部Ｐの上部における側方領域での曲率は、その横断面と主子午線曲線との交点における基準の曲率に対して約１２％増加している。また、中間部Ｐの下部（Ｖｙが０°）から近用部Ｎの上部（Ｖｙが－８°）における縦方向曲率の値は減少した後に増加するが、その極小値はその横断面と主子午線曲線との交点における基準の曲率に対して平均で約８％減少している。さらに、近用部Ｎの中央における側方領域での曲率は、その横断面と主子午線曲線との交点における基準の曲率に対して約１１％減少している。

【００３９】
図９は、本実施例の累進多焦点レンズの縦方向の曲率に対応する縦方向の屈折力について縦断面交線に沿った変化を示す図である。すなわち、図９は、図５の縦断面交線Σｊに沿った屈折表面σの縦方向の屈折力をプロットした図であり、屈折表面σの縦方向曲率の縦方向の変化を示すものである。これらの曲線は、種々の縦断面交線（Σｊ）に沿った加入度曲線でもある。
ここで、曲率半径と屈折力とは密接な関係にあり、曲率半径をＲとし、レンズの屈折率をｎとするとき、曲率ρは、次の式（ａ）で表される。
ρ＝１／Ｒ　　（ａ）
また、屈折力Ｄは、次の式（ｂ）で表される。
Ｄ＝（ｎ－１）／Ｒ＝（ｎ－１）ρ　　（ｂ）
そして、曲率半径Ｒをメートル単位とする場合に、屈折力Ｄはディオプター単位で表される。

【００４０】
図９において、縦断面交線Σ０　は主子午線曲線ＭＭ’（Ｖｚ’＝０°）に相当し、この主子午線曲線ＭＭ’に沿った縦方向の屈折力の変化を曲線ｄ０　で示している。そして、縦断面交線Σ１　、Σ２　、Σ３　、Σ４　およびΣ５　はＶｚ’＝４°、８°、１２°、１６°および２０°にそれぞれ対応し、各縦断面交線に沿った縦方向の屈折力の変化を曲線ｄ１　、ｄ２　、ｄ３　、ｄ４　およびｄ５　で示している。ここで、Ｖｚ’＝２０°が累進多焦点レンズとして最大有効径（半径）Ｗにほぼ対応するものとすれば、Σ１　、Σ２　、Σ３　、Σ４　およびΣ５　の位置は、Ｗ／５、２Ｗ／５、３Ｗ／５、４Ｗ／５およびＷの位置にそれぞれ対応することになる。

【００４１】
図９に示すように、レンズの最上部すなわち特定視部Ｆの最上部を除き特定視部Ｆの上部から中間部Ｐの上部において、主子午線曲線上の屈折力（ｄ０　）よりもレンズの側縁部（Σ５　）における屈折力（ｄ５　）の方が大きい。そして、特定視部Ｆの上部から中間部Ｐの上部において、各曲線ｄ１　、ｄ２　、ｄ３　およびｄ４　が曲線ｄ０　とｄ５　との間に存在し、主子午線曲線から横方向へ離れるにしたがって屈折力が大きくなっていることがわかる。

【００４２】
一方、レンズの最下部すなわち近用部Ｎの最下部を除き中間部Ｐの下部から近用部Ｎにおいては、主子午線曲線上の屈折力（ｄ０　）が最も大きく、所定の加入度をもって増大した後に近用部Ｎの上部で減少傾向となる。
また、図９に示すように、中間部Ｐの中央から近用部Ｎにおいて、主子午線曲線から横方向に離れた領域での縦方向の面屈折力Ｃは、特定中心Ａでの表面屈折力Ｋ（３．５ディオプター）および加入度Ａｄ（１．５ディオプター）に対して、Ａｄ／２＋Ｋ（＝４．２４ディオプター）～Ａｄ＋Ｋ（＝５ディオプター）の範囲内に入っている。

【００４３】
図１０は、本実施例の累進多焦点レンズの主子午線曲線に沿った平均屈折力の分布を示す図である。

上述したように、本実施例の累進多焦点レンズは、特定視部Ｆの平均屈折度数（ベースカーブ）が３．５ディオプターで、加入度Ａｄが１．５ディオプターである。したがって、図１０に示すように、特定中心Ａにおいて平均屈折度数はほぼ３．５ディオプターであり、近用中心Ｂにおいて平均屈折度数は５．０ディオプターである。

【００４４】

図１１は、本実施例の累進多焦点レンズの等非点隔差曲線図であり、図８に示す設計手法にしたがってレンズの装用状態における性能評価を行った結果を示している。図１１において、等非点隔差曲線は０．５ディオプターごとの値で示されている。

図１１を参照すると、本実施例の累進多焦点レンズでは、非点隔差の最大値が１．０Ｄ（ディオプター）程度であり、像の揺れや歪みが少ない良好な中間視および近用視が可能であることがわかる。また、特定中心Ａから近用アイポイントＥまでの緩やかな度数勾配および本発明にしたがう縦断面形状により、特定視部Ｆの下部から中間部Ｐにかけて側方領域の等非点隔差を表す線の密度および勾配がともに減少している。

【００４５】

本実施例では、中間視および近用視をし易くするために、眼鏡レンズとしての装用基準となる近用アイポイントＥから近用中心Ｂまでの主子午線曲線に沿った距離を５ｍｍと小さく設定している。このため、顔の正面を見るときにレンズの度数が中間視および中間視からやや近方視に合ったものとなり、中間視および中間視からやや近方視がし易くなっている。また、近用アイポイントＥから近用中心Ｂまでの距離を５ｍｍと小さく設定するとともに屈折表面の縦断面形状を本発明にしたがって規定することにより、図１１に示すように、近用アイポイントＥから近用部Ｎにかけて発生する収差が比較的小さく、良好な視覚特性が得られ、近用部Ｎの明視域をある程度広くすることができる。

【００４６】

また、本実施例では、近用部の上部から中間部Ｐのほぼ中央に至る領域の側方領域における非点収差の集中が軽減され、像の揺れや歪みなどが抑えられ、図１１に示すように近用部Ｎおよび中間部Ｐにおいて広い明視域を実現している。

さらに、本実施例では、近用アイポイントＥから近用中心Ｂまでの距離を５ｍｍと小さく設定するとともに屈折表面の縦断面形状を本発明にしたがって規定することにより、視線を大きく下げることなく中間視領域から近用視領域へ移行することができる。なお、図１１に示すように、近用部Ｎにおける明視域の最大幅$W_N$　は約４０ｍｍであり、近用部Ｎにおいて従来の累進多焦点レンズに比べて十分広い明視域を確保することができる。

【００４７】

また、本実施例では、近用アイポイントＥから特定視部Ｆにかけて屈折表面の縦断面形状を本発明にしたがって規定することにより、近用アイポイントＥから特定視部Ｆにかけて視覚特性が改良され、主子午線曲線の側方領域における収差集中が緩和されている。その結果、像の揺れや歪みを軽減することができ、広い明視域を確保することができる。なお、図１１に示すように、特定視部Ｆにおける明視域の最大幅$W_F$　は約６０ｍｍであり、特定視部Ｆにおいて従来の累進多焦点レンズに比べて十分広い明視域を確保することができる。

【００４８】

なお、本実施例では、近用アイポイントＥから近用中心Ｂまでの距離を５ｍｍと設定しているが、本発明にしたがって屈折表面の縦断面形状を規定することにより、この距離を２ｍｍ～８ｍｍに設定しても同様の効果を得ることができる。ただし、近用アイポイントＥから近用中心Ｂまでの距離を２ｍｍよりも短くすると、近用アイポイントＥから特定中心Ａにかけて主子午線曲線上での屈折力が加入度Ａｄの約９５％だけ低下することになる。その結果、近用アイポイントＥから特定視部Ｆにかけて屈折力の変化の度合いが大きくなり、像の揺れや歪みの少ない良好な中間視状態を得ることができなくなる。さらに、特定視部Ｆにおいて十分広い明視域を確保することができなくなる。

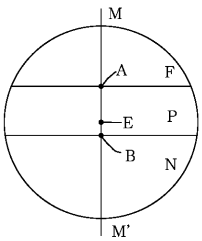
【００４９】

また、近用アイポイントＥから近用中心Ｂまでの距離を２ｍｍよりも短くすると、近用ア

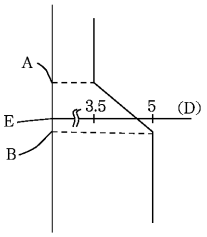
イポイントＥから特定視部Ｆまでの距離が長くなりすぎて、特定距離視状態において上目遣い気味になってしまう。
一方、近用アイポイントＥから近用中心Ｂまでの距離を８ｍｍよりも長くすると、視線を大きく下げなければ近用視領域に移行することができなくなる。その結果、眼精疲労を引き起こすとともに、近用部Ｎにおいてある程度広い明視域を確保することができなくなってしまう。
【００５０】
このように、屈折表面の縦断面形状を本発明にしたがって規定することによって、レンズ面全体に亘る収差バランスを良好に保ち、優れた視覚特性を有する中近重視の累進多焦点レンズを実現することが可能となる。
なお、本実施例では、主子午線曲線を基準として左右対称な累進多焦点レンズに本発明を適用しているが、近用部を鼻側に偏位させた非対称累進多焦点レンズにも本発明を適用することができる。
【００５１】
【効果】
以上説明したごとく、本発明によれば、目の調節力の衰退が大きい人でも長い時間に亘って快適に近方視を継続することのできる累進多焦点レンズを実現することができる。
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の実施例にかかる累進多焦点レンズの領域区分の概要を示す図である。
【図２】本実施例の累進多焦点レンズの主子午線曲線上の屈折力分布を概略的に示す図である。
【図３】従来の遠近重視の累進多焦点レンズの主子午線曲線上の屈折力分布を概略的に示す図である。
【図４】レンズの屈折表面σについての横断面曲線を説明する斜視図である。
【図５】レンズの屈折表面σについての縦断面曲線を説明する斜視図である。
【図６】本発明の累進多焦点レンズを設計するための基準となる横断面および縦断面を説明する図である。
【図７】本発明の実施例にかかる累進多焦点レンズの屈折表面の曲率変化を示す図であって、図６に示す各横断面交線Φ５　～Φ－５に沿った屈折表面σの縦方向の曲率の変化を示す図である。
【図８】累進多焦点レンズを装用した状態における眼の様子を説明する図であり、主子午線曲線に沿った断面すなわちレンズの鉛直断面の様子を示している。
【図９】本実施例の累進多焦点レンズの縦方向の曲率に対応する縦方向の屈折力について縦断面交線に沿った変化を示す図である。
【図１０】本実施例の累進多焦点レンズの主子午線曲線に沿った平均屈折力の分布を示す図である。
【図１１】本実施例の累進多焦点レンズの等非点隔差曲線図である。
【符号の説明】
Ｆ　　特定視部
Ｎ　　近用部
Ｐ　　中間部
Ａ　　特定中心
Ｂ　　近用中心
Ｅ　　近用アイポイント
ＭＭ′主子午線曲線
Ａｄ　加入度
Ｔ　　遠点球面
Ｏ　　眼球
ＣＲ　眼球回旋点
Ｌ　　レンズ

ＯＧ　幾何中心

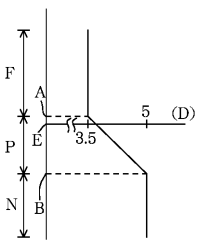
【図１】



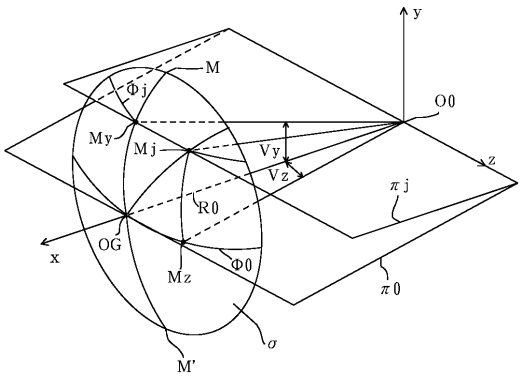

【図２】



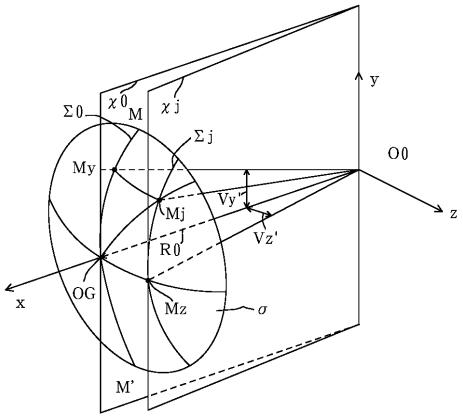

【図３】



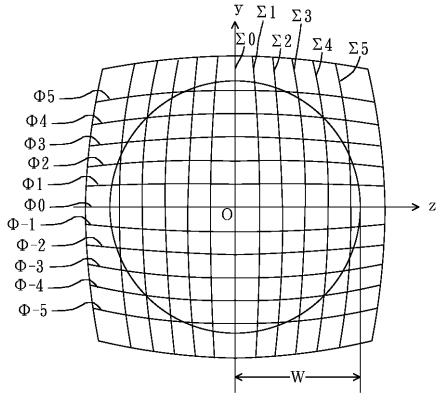

【図４】



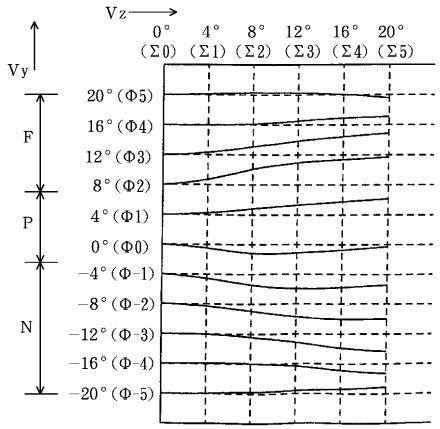

【図５】



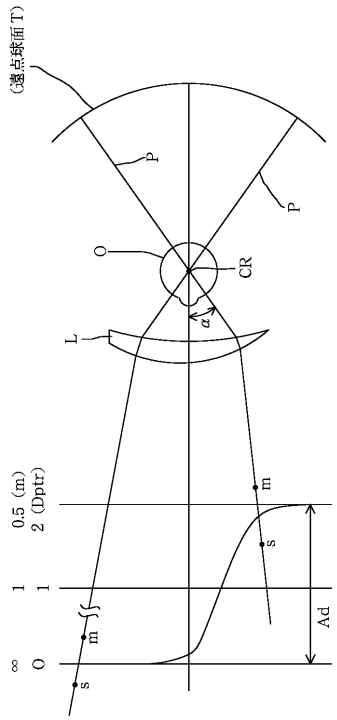
【図６】



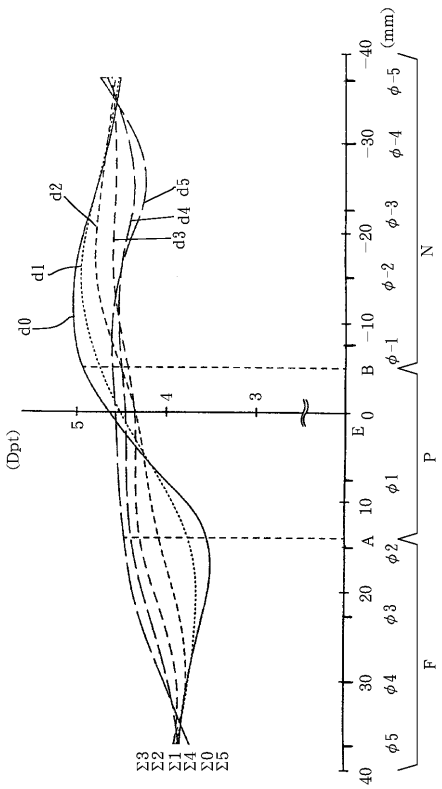

【図７】



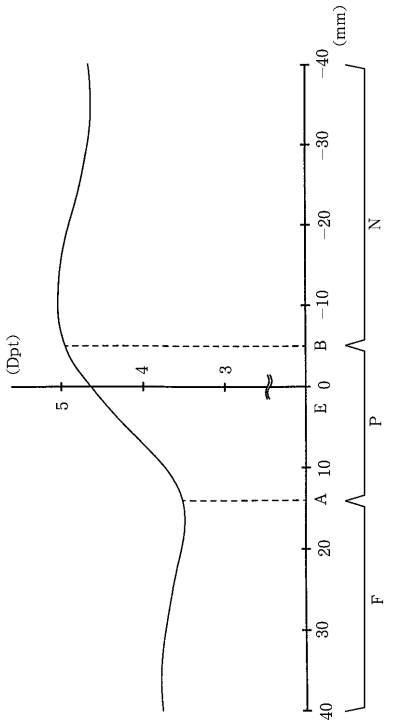

【図８】



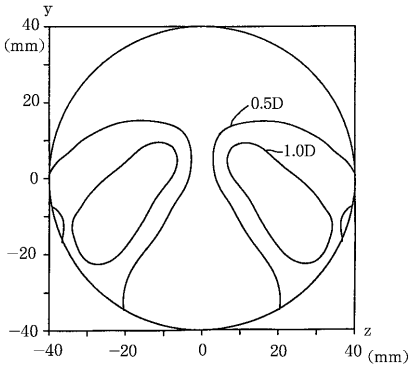

【図９】




【図１０】



【図１１】



フロントページの続き

審査官　峰　祐治

(56)参考文献　特開平８－１１４７７５（ＪＰ，Ａ）
特開平７－２９４８５９（ＪＰ，Ａ）
特開平７－１５９７３７（ＪＰ，Ａ）
特開平１－２２１７２４（ＪＰ，Ａ）
特開平３－４６６１６（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.[7]，ＤＢ名)
G02C 7/06