

明 細 書

発明の名称： トーリックコンタクトレンズ及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、乱視矯正用のトーリックコンタクトレンズに係り、特に、装用時における角膜上でのレンズの方向性の安定化（回転防止）を図ったトーリックコンタクトレンズ及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 乱視は通常、角膜または水晶体形状がきれいな球面でない場合に、眼の縦（垂直方向）と横（水平方向）の曲率半径が異なることにより、外界の一点から出た光が眼内で一点に収束しない状態であり、乱視を矯正するためのソフトコンタクトレンズとして、トーリックコンタクトレンズが広く知られている。

[0003] 乱視の性質上、トーリックコンタクトレンズは、眼球に対して常に決められた向きに装用される必要がある。即ち、レンズの頂部（上端部）として意図した部分が、装用者の眼の頂部（上端部）に常に位置するようになっていなければならない。例えば、装用時にコンタクトレンズが瞬き（眼瞼を閉じる動作）によって回転し、トーリックコンタクトレンズの乱視軸がずれると、視力が不安定になりやすい。そこで、トーリックコンタクトレンズの回転防止または軸の安定化を図るための方法が採り入れられている。その方法の一例として、プリズムバラスト法やスラブオフ法と呼ばれるものがある。

[0004] プリズムバラスト法を採り入れた一例として、特許文献１には、プリズムバラストを、垂直経線に平行な上下線に沿って厚さが下に行くほど増大するように形成することで設定したものが示されている。この例では、垂直経線に垂直な水平方向で厚さが実質的に一樣になるように形成してあり、これらの構成の採用により、レンズの回転防止と装用感の向上を狙っている。また、スラブオフ法を採り入れた一例として、特許文献２には、レンズの周辺部に平坦部分を設けると共に、レンズの中点を通る水平軸に対して鏡像対称性

を持たせ、水平軸に直交する垂直軸の部分を最も薄肉となし、この垂直軸から両側へ平坦部分に沿って徐々に肉厚となるように形成し、水平軸の部分が最大肉厚部となるように設定して、それにより動的安定を図ったトーリックコンタクトレンズが示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特表2004-506925号公報

特許文献2：実開昭50-133151号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ところで、上記特許文献1に開示されたトーリックコンタクトレンズでは、プリズムバラスト機構を採用しているために外側のゾーンでレンズ上端から下端にかけて肉厚が厚くなり、内側ゾーンの下端部から下側エッジにかけての肉厚差が顕著になる。トーリックコンタクトレンズの下端部の肉厚が厚いほど、角膜下部が隆起している人が装着した場合に、瞬き毎にレンズに回転が起きやすく、レンズの向きが不安定になり、良好な軸安定性を得難くなって、装用感も十分に満足できなくなる。また、上記特許文献2に開示されたトーリックコンタクトレンズでは、装用感の良さは得られるものの、レンズの重心が幾何学的中心に存在するため、瞬き毎に角膜上で回転するなどして、軸安定性に欠けやすくなる。

[0007] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、良好な軸安定性と装用感が得られるトーリックコンタクトレンズ及びその製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明者らは、軸安定性と装用感を両立させる方法について鋭意検討した結果、鏡像対称性を有するレンズ前面に2箇所の最大肉厚部を形成し、それら2箇所の最大肉厚部からレンズ下端部にかけて滑らかに肉厚を減少させて

、これらの最大肉厚部の間に谷状の凹みを形成することにより、軸安定性が効果的に発揮されつつ良好な装用感が得られることを見出した。

[0009] 上記課題を解決するために、本発明は以下の構成を備える。

即ち、この発明に従うトーリックコンタクトレンズは、凸状のレンズ前面と凹状のレンズ後面とを有すると共に、レンズ上端部からレンズ下端部にかけて徐々に肉厚が増加するプリズムバラスト構造を有するトーリックコンタクトレンズであって、レンズ前面に、屈折度数を決定する中央光学領域と、該中央光学領域を包囲する円環状の移行領域と、該移行領域を包囲する円環状の周辺領域とが画定されると共に、レンズ前面の形状が、レンズ上端部からレンズ中点を通りレンズ下端部に至る垂直経線を境界とする鏡像対称性を有し、レンズ前面のレンズ中点より下側に、レンズ肉厚が最大となる2箇所の最大肉厚部が配され、これら最大肉厚部からレンズ下端部にかけて滑らかに肉厚が減少しており、それにより、2箇所の最大肉厚部の間に谷状の凹みが形成されている。

[0010] 好ましくは、この発明に従うトーリックコンタクトレンズは、2箇所の最大肉厚部からそれぞれレンズ下端部にかけてレンズの円周方向に測った角度が $15^{\circ} \sim 35^{\circ}$ の範囲にあるのがよい。また、好ましくは、前記最大肉厚部からレンズ下端部にかけて減少する肉厚の変化が $\cos$ 関数により規定されているのがよい。さらに、好ましくは、レンズ前面の中心軸線がレンズ後面の中心軸線に対し下方にオフセットされることで、プリズムバラスト構造が形成されているのがよい。

[0011] 好ましくは、中央光学領域がバイフォーカルまたはマルチフォーカルに設計されたトーリックコンタクトレンズであるのがよい。また、好ましくは、トーリックコンタクトレンズがハイドロゲル素材またはシリコーンハイドロゲル素材のトーリックコンタクトレンズであるのがよい。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、鏡像対称性を有するレンズ前面に2箇所の最大肉厚部を配し、それら2箇所の最大肉厚部からレンズ下端部にかけて滑らかに肉厚を

減少させ、これらの最大肉厚部の間には谷状の凹みが形成される。この結果、装用者の角膜形状に起因する軸安定性の影響を低減され、トーリックコンタクトレンズの軸の安定性の向上を図ることができる。また、レンズ下端部に谷状の凹みが形成されることにより、良好な装用感も得られる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1] 本発明の実施形態のトーリックコンタクトレンズの構成を示す正面図である。

[図2] 同コンタクトレンズのレンズ前面とレンズ後面の中心軸線のズレを示す図で、(a) はレンズを正面から見た場合のレンズ前面の中央光学領域とレンズ後面の中央光学領域のズレを示す図、(b) は同コンタクトレンズの垂直経線に沿った断面図である。

[図3] 同コンタクトレンズにおける所定の角経線上の断面プロフィールを説明するための図で、(a) は該当箇所を示すためのレンズの正面図、(b) は(a) に示した各角経線上での断面プロフィールを示す図である。

[図4] 同コンタクトレンズの厚みの定義の仕方を示す断面図である。

[図5] 同コンタクトレンズの円周A上での肉厚分布を説明するための図で、(a) は点P1から点P2にかけて $\cos$ 関数に基づき肉厚を増加させた場合の肉厚分布図、(b) は点P1から点P2にかけて1次関数に基づき肉厚を増加させた場合の肉厚分布図、(c) は点P1から点P2にかけて2次関数に基づき肉厚を増加させた場合の肉厚分布図、(d) は点P1から点P2にかけてルート関数に基づき肉厚を増加させた場合の肉厚分布図である。

[図6] 同コンタクトレンズのレンズ下端部の肉厚について説明するための図で、(a) はレンズ下端部付近を正面から見た模式図、(b) は(a) 図におけるTH1～TH4の各線に沿った断面での肉厚変化を示す図である。

[図7] レンズ下部の最大肉厚部の展開角度の違いについてテストした結果を示す図である。

[図8] レンズ下端部の肉厚の違いについてテストした結果を示す図である。

[図9] レンズ下端部の肉厚形状の違いについてテストした結果を示す図である。

。

発明を実施するための形態

[0014] この発明の上述の目的、特徴および利点は、図面を参照して行う以下の実施例の詳細な説明から一層明らかとなろう。以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

[0015] 図1と図2(a)及び(b)に示すように、このトーリックコンタクトレンズ10は、凹状のレンズ後面(ベースカーブとも言う)12と凸状のレンズ前面(フロントカーブとも言う)14とによって形成される。ベースカーブ12およびフロントカーブ14が交わる(接合する)箇所には、エッジ16が設けられている。なお、このトーリックコンタクトレンズ10のパラメータには、近視度数: -3.00D、乱視度数: -0.50Dおよび軸: 180°が割り当てられる。

[0016] ベースカーブ12は、装用者の角膜形状に対応した多段階カーブを有する回転対称形で形成される。つまり、ベースカーブ12の形状はどの角経線で切っても同一形状(同心円形状)である。

[0017] ここで、経線とは、レンズ面(ベースカーブ12またはフロントカーブ14)とレンズ中心軸線を含む平面との交差線を意味し、経線の種類には、垂直経線18、水平経線20、および角経線22がある。垂直経線18とは、レンズ上端部24及びレンズ下端部26を通る経線、水平経線20とは、垂直経線18に直交する経線、そして角経線22とは、レンズ中点Oの周りの任意の角度の経線(つまり、レンズ中点Oからエッジ16へ向かってレンズの半径方向に沿うように放射状に延びる線)のことである。なお、角経線22については後で詳しく説明する。

[0018] フロントカーブ14は、レンズ上端部24からレンズ中点Oを通りレンズ下端部26に至る垂直経線18を境界とする鏡像対称性を有している。つまり、レンズ中点Oを通る垂直経線18の右半分と左半分とは同一形状である。このため、左右の眼に区別なく使用することが可能となる。

[0019] フロントカーブ14には、トーリックコンタクトレンズ10の屈折度を

規定する中央光学領域 28 と、該中央光学領域 28 を包囲する円環状の移行領域 30 と、該移行領域 30 を包囲するレンズ最外周領域である円環状の周辺領域 32 とが画定されている。周辺領域 32 の外周側には、ベースカーブ 12 およびフロントカーブ 14 が交わるエッジ 16 が設けられている。

[0020] フロントカーブ 14 の中央光学領域 28 は、トーリック面として形成される。即ち、乱視を矯正するために、直交する 2 つの経線方向において曲率半径が異なるように曲面（トーリック面）が形成されている。

[0021] なお、中央光学領域 28 をトーリック面として形成した場合を、ここにおいても、また後述する実施例においても示しているが、中央光学領域 28 は、視力矯正目的であれば、どのような形状に設定することも可能であり、例えば、二焦点（バイフォーカル）や多焦点（マルチフォーカル）に設定することも可能である。

[0022] 移行領域 30 は、楕円形状の中央光学領域 28 と円環状の周辺領域 32 とを、それらの間の緩衝領域として最短距離で結んでおり、この移行領域 30 があることによって、装用時に触れるレンズと上下眼瞼との間の余計な摩擦を低減して装用感の向上を図っている。

[0023] このトーリックコンタクトレンズ 10 はプリズムバラスト機構を有する。具体的には、図 2（a）及び（b）に示すように、フロントカーブ 14 の中央光学領域 28（実線）の中心軸線 L1 が、ベースカーブ 12 の中央光学領域 34（点線）の中心軸線 L2 に対して下方にオフセットさせられていることにより、レンズ上端部 24 からレンズ下端部 26 にかけて徐々に肉厚が増加するプリズムバラスト構造が形成されている。この結果、レンズ下部が上部よりも厚くなって偏心することで、レンズの回転防止が図られる。なお、トーリックコンタクトレンズ 10 の近視度数は、中央光学領域 28 の曲率 R1 と中央光学領域 34 の曲率 R2 とによって定まる。

[0024] 以下の説明において使用するトーリックコンタクトレンズ 10 の角度位置は、図 3（a）に示すように、レンズ上端部 24 を 90° の位置、レンズ下端部 26 を 270° の位置、水平経線 20 の方向のうち鼻側を 0° の位置、

反対側（耳側）を 180° の位置と定義する。

[0025] 図3（b）を参照して、レンズ中点Oから角経線22毎に区切ってレンズ断面プロフィールを見てみると、移行領域30から周辺領域32までの間で肉厚Sが最大となっている。具体的には、 250° の位置では、エッジ16から周辺領域32にかけてベースカーブ12とフロントカーブ14との距離が離れることで肉厚が厚くなっている。換言すると、角経線22の各々の断面を見ると、周辺領域32と移行領域30が接する点 α から中央光学領域28と移行領域30とが接する点 β までの範囲に最大肉厚箇所が設けられている。

[0026] また、点 α はいずれの角度においてもエッジ16から所定の距離に位置する。一方、点 β は中央光学領域28の形状に応じて角度毎に変化する。具体的には、軸 180° 度が割り当てられたトーリックコンタクトレンズ10の場合、点 α および点 β との距離は、 90° 位置（P1）および 270° 位置（P3）のときに最大となり、 0° 位置および 180° 位置のときに最小となる。こうして、移行領域30は緩衝領域としての機能を果たす。

[0027] さらに、このトーリックコンタクトレンズ10は、鏡像対称性を有するため、 90° から左回り（反時計回り）に 270° までと、 90° から右回り（時計回り）に 270° までの肉厚分布は、角経線22毎に同一である。つまり、レンズ中点Oから角経線22の各々を放射状に切り分けると、断面形状は左右同じである。具体的には、 0° と 180° とは同一であり、 250° と 290° とは同一である。

[0028] ここで、図4を参照して肉厚の定義の仕方について述べると、レンズの肉厚Sは、ベースカーブ12上の任意の点から、この任意の点に対する接線に直交する垂線がフロントカーブ14と交わる点までの距離として定義している。中央光学領域28での肉厚Sは視力矯正のために度数に応じて規定される一方、中央光学領域28を除く移行領域30および周辺領域32における肉厚Sは所望の値に変更することができる。

[0029] 図5（a）に示すように、移行領域30と周辺領域32の境界線である円

周A上の肉厚は、規定された角度で区分されるエリア毎に異なる。具体的には、肉厚は、点P1（ 90° ）から点P2（ 250° ）にかけて $\cos$ 関数で増加し、点P2（ 250° ）から点P3（ 270° ）にかけて $\cos$ 関数で減少する。つまり、 250° の位置で区切られた箇所の肉厚が最大となる。

[0030] 鏡像対称性を有するトーリックコンタクトレンズ10では、点P1（ 90° ）から右回りに 0° を経て点P2'（ 290° ）まで徐々に肉厚が増加し、点P2'（ 290° ）から点P3（ 270° ）まで徐々に肉厚が減少している。つまり、トーリックコンタクトレンズ10を角経線22毎に区切ると、 250° および 290° で区切られた箇所の肉厚が最大となる。ここで、 250° 位置での最大肉厚箇所は最大肉厚部36、そして 290° 位置での最大肉厚箇所は最大肉厚部38と称する。

[0031] なお、図5（a）では、点P1から点P2にかけて肉厚は $\cos$ 関数で増加すると説明したが、点P1から点P2にかけて肉厚は増加すればどのような形状でも採用が可能であり、例えば、図5（b）に示すような1次関数、図5（c）に示すような2関数、そして図5（d）に示すようなルート関数を採用することも可能である。

[0032] 図5（a）に戻って、点P2（ 250° ）から点P3（ 270° ）まで反時計回りに、また、点P2'（ 290° ）から点P3（ 270° ）まで時計回りに肉厚が減少する。これにより、レンズ中点Oから角経線22に沿って反時計回りに 250° から 290° で区切られた範囲にスラブオフ40（図1に示す斜線部）が形成される。スラブオフ40において、 250° から反時計回りに 270° （ 290° から時計回りに 270° ）までの肉厚が $\cos$ 関数で減少することにより、点P3は最大肉厚部36および最大肉厚部38に挟まれた谷状に凹む。この結果、角膜下部が隆起していても、トーリックコンタクトレンズ10がなじむようになり、レンズが角膜に良好にフィットして良好な装用感が得られる。

[0033] 図6（b）中に示す肉厚変化曲線TH1～TH4は、図6（a）に示すよう

に、スラブオフ40を水平経線20（図1参照）と平行に等間隔に区切った際の各切断線TH1～TH4毎の断面を示している。このように、切断線毎の肉厚TH1～TH4は、いずれも端部から中央部にかけていったん盛り上がった後に盛り下がっている。換言すると、レンズ上端部24から左右の最大肉厚部36及び最大肉厚部38にかけて角経線22毎に肉厚が厚くなり、これら最大肉厚部36及び最大肉厚部38からレンズ下端部26にかけて角経線22毎に肉厚が薄くなるため、谷状の断面形状を呈し、肉厚がTH1～TH4のように中央付近（270°位置）が凹んだ分布となる。このようにして、スラブオフ40の谷間Vが形成される。

[0034] 谷間Vは、250°の位置にある最大肉厚部36と290°の位置にある最大肉厚部38間の間隔を示す。角膜下部が窪んでいたとしても、所望する軸はぶれにくくなるものと推察される。なお、谷間Vについては、3～7mmの長さが好ましく、また、4.5～6.5mmの長さであればより好ましい。3mmを下回ると、角膜と上下瞼とで契合する領域が狭くなるため、瞬きする際、スラブオフ40と最大肉厚部36および最大肉厚部38とならびに上下瞼および角膜で生じる摩擦が効果的に発揮されず、この結果、軸のズレ量が増加する。一方、7mmを上回ると、角膜と上下瞼とで契合する領域が広がってしまい、瞬きする際、スラブオフ40と最大肉厚部36および最大肉厚部38とならびに上下瞼および角膜で生じる摩擦が効果的に発揮されず、この結果、軸のズレ量が増加する。

[0035] 図1に戻って、250°及び290°の位置は、レンズ下端部26（270°の位置）からレンズの円周方向に角度を測った際に±20°に開く展開角となる。スラブオフ40の展開角が±20°であるため、軸安定性と装用感とのバランスが保たれる。本実施形態では、270°（レンズ下端部26）から±20°箇所を最大肉厚部36および最大肉厚部38が設けられた位置として説明したが、270°から±15°～35°の範囲である225°～255°（-15°～-35°）の位置と285°～305°（下端部から+15°～+35°）の位置とが実用可能範囲である。

- [0036] つまり、スラブオフ４０の展開角が広がった $\pm 40^{\circ}$ （ $230^{\circ} \sim 310^{\circ}$ ）より大きいとき、角膜下部とフィットする領域が広がるため、瞬き毎に軸がブレやすくなり、軸安定性に欠ける。一方、スラブオフ４０の展開角が狭まった $\pm 10^{\circ}$ （ $260^{\circ} \sim 280^{\circ}$ ）未満のとき、角膜下部とフィットし難くなり、軸安定性が低下する。
- [0037] なお、点Ｐ２から点Ｐ３にかけて肉厚は $\cos$ 関数で減少すると説明したが、点Ｐ２から点Ｐ３にかけて肉厚が、例えば、１次関数で減少すると、後述するスラブオフ４０での形状がより弛みやすくなるため、軸安定性を損なう。
- [0038] 円周Ａ上の 90° 位置での肉厚は、円周Ａ上の 250° 位置での肉厚（最大肉厚部３６）および円周Ａ上の 290° 位置での肉厚（最大肉厚部３８）に対して、「最大肉厚部の肉厚：レンズ上端部の肉厚＝ $2.27 \sim 2.54 : 1$ 」の関係に設定されるのが好ましい。この範囲を外れると、装用感および軸安定性が低下する。
- [0039] また、円周Ａ上の 270° 位置での肉厚は、円周Ａ上の 250° 位置での肉厚（最大肉厚部３６）および円周Ａ上の 290° 位置での肉厚（最大肉厚部３８）に対して、「最大肉厚部の肉厚：レンズ下端部の肉厚＝ $1 \sim 1.27 : 1$ 」の関係に設定されるのが好ましい。この範囲を外れると、装用感および軸安定性が低下する。
- [0040] さらに、円周Ａ上の 90° 位置での肉厚は、円周Ａ上の 270° 位置での肉厚に対して、「レンズ上端部の肉厚：レンズ下端部の肉厚＝ $1 \sim 2.27 : 1$ 」の関係に設定されるのが好ましい。この範囲を外れると、装用感および軸安定性が低下する。
- [0041] なお、ベースカーブ１２およびフロントカーブ１４の各中心軸が一致していてもよい。
- [0042] また、トーリックコンタクトレンズ１０を製造する際に使用するコンタクトレンズ基材としては、重合後にコンタクトレンズ形状を保持し、ハイドロゲルとなりうる重合体、好ましくは、シリコーンを含有し、ハイドロゲルと

なりうる共重合体であればよく、従来からソフトコンタクトレンズ用基材として知られているもの（シリコーンハイドロゲル材料）をそのまま用いることができる。さらに、トーリックコンタクトレンズ10は、キャストモールド製法により重合されるが、このときのモールド型の材質としては、モノマー混合液に対して耐性を有するものであればいかなるものでもよく、例えば、ポリプロピレンが挙げられる。

実施例

[0043] 以下、実施例のトーリックコンタクトレンズを装用した9つの試験について具体的に説明する。表1には、実施例1～4および比較例1～5の特徴を示し、表2には、実施例1～4および比較例1～5にて使用されたトーリックコンタクトレンズの各々に共通するパラメータを示す。

[0044] [表1]

	特徴			
	下部離脱角度	最大肉厚箇所(肉厚)	270° 肉厚	スムージング
実施例1	±20°	250° と 290° (0.28)	0.24	Cos関数(250° ～ 290°)
実施例2	±30°	240° と 300° (0.32)	0.30	Cos関数(240° ～ 300°)
実施例3	±20°	250° と 290° (0.28)	0.22	Cos関数(250° ～ 290°)
実施例4	±20°	250° と 290° (0.25)	0.17	Cos関数(250° ～ 290°)
比較例1	0°	270°	0.28	なし
比較例2	±10°	280° と 280° (0.32)	0.30	Cos関数(280° ～ 280°)
比較例3	±40°	230° と 310° (0.27)	0.23	Cos関数(230° ～ 310°)
比較例4	±20°	250° ～ 290° (0.29)	0.29	Cos関数(250° ～ 290°)
比較例5	±20°	250° と 290° (0.26)	0.24	1次関数(250° ～ 290°)

[0045]

[表2]

球面レンズ度数(SPower)	-3.00D
円柱レンズ度数(CPower)	-0.90D
円柱軸(Aix)	180°
ベースカーブ(BC)	8.5
直径(Dia)	13.8

[0046] 実施例 1～4 のトーリックコンタクトレンズは、実施形態のコンタクトレンズ 10 と同様に、レンズ下端部である 270° の位置に谷状の凹みが存在するものである。つまり、左右両側の最大肉厚部 36 および最大肉厚部 38 から 270° のレンズ下端部 26 にかけて肉厚が徐々に減少している。

[0047] 実施例 1 は、上述した実施形態のトーリックコンタクトレンズ 10 に相当するものである。また、実施例 2 は、実施例 1 のトーリックコンタクトレンズ 10 を基に、スラブオフ 40 の展開角度を ±30° に設計したトーリックコンタクトレンズである。さらに、実施例 3 は、実施例 1 のトーリックコンタクトレンズ 10 を基に、270° 位置の肉厚を実施例 1 よりも薄くなるように設計したトーリックコンタクトレンズである。さらにまた、実施例 4 は、実施例 1 のトーリックコンタクトレンズ 10 を基に、270° 位置の肉厚を実施例 3 よりも薄くなるように設計したトーリックコンタクトレンズである。

[0048] 一方、比較例 1 のトーリックコンタクトレンズは、いわゆる従来のプリズムバラスト機構を備えたトーリックコンタクトレンズであり、最大肉厚箇所がレンズ下端部 26 である 270° に存在し、レンズ上端部 24 からレンズ下端部 26 にかけて徐々に肉厚が厚くなる。また、比較例 2 は、実施例 1 のトーリックコンタクトレンズ 10 を基に、スラブオフ 40 の展開角度を ±1

0° に設計したトーリックコンタクトレンズであり、左右両方の最大肉厚箇所
の谷間Vは実施例1～4に比べ狭い。さらに、比較例3は、実施例1のト
ーリックコンタクトレンズ10を基に、スラブオフ40の展開角度を±40
° に設計したトーリックコンタクトレンズであり、左右両方の最大肉厚箇所
の谷間Vは実施例1～4に比べ広い。さらにまた、比較例4は、実施例1の
トーリックコンタクトレンズ10を基に、スラブオフ40の展開角度を±4
0° とし、最大肉厚箇所を250° 位置から290° 位置にかけて同一肉厚
となるように設計したトーリックコンタクトレンズである。また、比較例5
のトーリックコンタクトレンズは、最大肉厚部36から最大肉厚部38まで
が連続した一定の肉厚である。

[0049] 装用テストは、年代の違う被験者5名の右目に対して行った。装用後15
分経過及び30分経過した時点での軸位置を確認し、この結果を表(a)に
示す。なお、表3の(b)は表3の(a)中に示された記号の説明である。

[0050]

[表3]

(a)

装用者		40代	40代	30代	30代	20代	平均
実施例	time(min)						
実施例 1	15	○	△	△	△	○	8.2
	30	○	△	○	○	○	9.4
実施例 2	15	○	△	▲	○	○	8
	30	△	△	○	○	○	8.8
実施例 3	15	△	△	○	○	○	8.8
	30	○	○	○	○	○	10
実施例 4	15	×	△	▲	×	○	3.2
	30	○	○	○	○	○	10
比較例 1	15	△	○	▲	▲	○	6.6
	30	○	△	▲	▲	△	6
比較例 2	15	▲	○	▲	○	○	7.2
	30	△	△	▲	○	○	7.4
比較例 3	15	×	▲	▲	▲	△	1.6
	30	×	△	▲	△	△	4.2
比較例 4	15	○	△	△	△	○	8.2
	30	○	○	▲	△	○	8
比較例 5	15	△	×	○	○	○	7.4
	30	○	×	○	○	○	8

(b)

270° 位置 (P3) からの軸ズレ		
記号	得点	軸ズレ
○	10	0° 以上 ±10° 未満 (250° ~ 280°)
△	7	±10° 以上 ±20° 未満 (250° ~ 260° , 280° ~ 290°)
▲	3	±20° 以上 ±30° 未満 (240° ~ 250° , 290° ~ 300°)
×	0	±30° 以上 (0° ~ 240° , 300° ~ 360°)

[0051] ここで、最大肉厚部 36 および最大肉厚部 38 と、スラブオフ 40 の展開角度とが軸安定性に与える影響について確認すると、表 4 と、スラブオフ 40 の展開角度毎に区分したグラフである図 7 とに示すように、スラブオフ 40 の下部展開角度が ±20° ~ ±30° 付近の場合に軸安定性の優位性が顕著に得られることが分かった。

[0052]

[表4]

下部展開角度	0°		±10°		±20°		±30°		±40°	
実施例	比較例1		比較例2		実施例1		実施例2		比較例3	
Time (min)	15	30	15	30	15	30	15	30	15	30
評価点	6.8	6	7.2	7.4	8.2	9.4	8	8.8	1.6	4.2

[0053] また、レンズ下端部26付近の肉厚が軸安定性に与える影響について確認すると、表5および図8に示すように、270°の位置での肉厚が薄くなるほど、角膜や上下瞼によって生じる摩擦に起因する形状になじみやすくなるため、軸安定性が向上するものと考えられる。

[0054] [表5]

実施例	実施例4		実施例3		実施例1		比較例4	
実測(mm)	0.1699		0.2221		0.2408		0.2913	
Time (min)	15	30	15	30	15	30	15	30
評価点	3.2	10	8.8	10	8.2	9.4	8.2	8

[0055] さらに、スラブオフ40でのスムージング（肉厚減少度合い）が軸安定性に与える影響について確認すると、表6および図9に示すように、Cos関数で減少する形状の方が1次関数で減少する形状に比べ軸安定性が良好である。これは、P2（250°，290°）からP3（270°）にかけて1次関数で肉厚を減少させると、スラブオフ40が弛みやすくなるため軸安定性が低下するものと考えられる。

[0056]

[表6]

実施例	実施例1		比較例5	
スムージング	Cos 関数 (250° ~ 290°)		1次関数 (250° ~ 290°)	
Time(min)	15	30	15	30
評価点	8.2	9.4	7.4	8

[0057] 以上の結果をまとめると、下部展開角度の頂点に位置する最大肉厚箇所が $\pm 20^\circ \sim \pm 30^\circ$ のときに軸安定性の効果が顕著に発揮（好ましくは $\pm 20^\circ$ ）され、 270° の位置では薄肉化されたときに軸安定性の効果が顕著に発揮される。フロントカーブ 14 に、鏡像対称性を有するレンズ前面に配された 2 箇所の最大肉厚部 36 および最大肉厚部 38 からレンズ下端部 26 にかけて滑らかに肉厚が減少し、これらの最大肉厚部 36 および最大肉厚部 38 の間に谷状のスラブオフ 40 が形成される。この結果、装用者の角膜形状に起因する軸安定性の影響が低減される。これによって、トーリックコンタクトレンズの軸の安定性を確保することができる。また、レンズ下端部 26 に谷状の凹みが形成されることにより、角膜下部が隆起していても、トーリックコンタクトレンズ 10 がなじむようになり、レンズが角膜に良好にフィットして良好な装用感が得られる。要するに、実施例 1～4 のトーリックコンタクトレンズは、比較例 1～5 のトーリックコンタクトレンズに比べ優れていることが明らかとなった。

符号の説明

- [0058] 10 トーリックコンタクトレンズ
 12 レンズ後面（ベースカーブ）
 14 レンズ前面（フロントカーブ）

- 1 6 エッジ
- 1 8 垂直経線
- 2 0 水平経線
- 2 2 角経線
- 2 4 レンズ上端部
- 2 6 レンズ下端部
- 2 8, 3 4 中央光学領域
- 3 0 移行領域
- 3 2 周辺領域
- 3 6, 3 8 最大肉厚部
- 4 0 スラブオフ
- A 境界線（円周）
- O レンズ中点
- L 1 レンズ前面の中心軸線
- L 2 レンズ後面の中心軸線
- V 谷間
- S 肉厚

請求の範囲

- [請求項1] 凸状のレンズ前面と凹状のレンズ後面とを有すると共に、レンズ上端部からレンズ下端部にかけて徐々に肉厚が増加するプリズムバラスト構造を有するトーリックコンタクトレンズにおいて、
- 前記レンズ前面に、屈折度数を決定する中央光学領域と、前記中央光学領域を包囲する円環状の移行領域と、前記移行領域を包囲する円環状の周辺領域とが画定されると共に、
- 前記レンズ前面の形状が、前記レンズ上端部からレンズ中点を通り前記レンズ下端部に至る垂直経線を境界とする鏡像対称性を有し、
- 前記レンズ前面のレンズ中点より下側に、レンズ肉厚が最大となる2箇所の最大肉厚部が配され、前記2箇所の最大肉厚部から前記レンズ下端部にかけて滑らかに肉厚が減少しており、それにより、前記2箇所の最大肉厚部の間に谷状の凹みが形成されることを特徴とするトーリックコンタクトレンズ。
- [請求項2] 前記2箇所の最大肉厚部からそれぞれレンズ下端部にかけてレンズの円周方向に測った角度が $15^{\circ} \sim 35^{\circ}$ の範囲にあることを特徴とする請求項1に記載のトーリックコンタクトレンズ。
- [請求項3] 前記最大肉厚部からレンズ下端部にかけて減少する肉厚の変化が $\cos$ 関数により規定されていることを特徴とする請求項1または2に記載のトーリックコンタクトレンズ。
- [請求項4] 前記レンズ前面の中心軸線が前記レンズ後面の中心軸線に対し下方にオフセットされることで、前記プリズムバラスト構造が形成されていることを特徴とする請求項1～3のいずれか1項に記載のトーリックコンタクトレンズ。
- [請求項5] 前記中央光学領域がバイフォーカルまたはマルチフォーカルに設計されていることを特徴とする請求項1～4のいずれか1項に記載のトーリックコンタクトレンズ。
- [請求項6] ハイドロゲルまたはシリコンハイドロゲルをレンズ素材として用

いたことを特徴とする請求項 1～5 のいずれか 1 項に記載のトーリックコンタクトレンズ。

[請求項7]

凸状のレンズ前面と凹状のレンズ後面とを有すると共に、レンズ上端部からレンズ下端部にかけて徐々に肉厚が増加するプリズムバラスト構造を有するトーリックコンタクトレンズの製造方法において、

前記レンズ前面に、屈折度数を決定する中央光学領域と、前期中央光学領域を包囲する円環状の移行領域と、前記移行領域を包囲する円環状の周辺領域とを画定すると共に、

前記レンズ前面の形状に、前記レンズ上端部からレンズ中点を通り前記レンズ下端部に至る垂直経線を境界とする鏡像対称性を持たせ、

また、前記レンズ前面のレンズ中点より下側に、レンズ肉厚が最大となる2箇所の最大肉厚部を配すると共に、前記最大肉厚部から前記レンズ下端部にかけて滑らかに肉厚が減少するように形成し、それにより、前記2箇所の最大肉厚部の間に谷状の凹みを形成することを特徴とするトーリックコンタクトレンズの製造方法。