

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5042740号
(P5042740)

(45) 発行日 平成24年10月3日(2012.10.3)

(24) 登録日 平成24年7月20日(2012.7.20)

(51) Int.Cl.

A 61 F 2/16 (2006.01)

F 1

A 61 F 2/16

請求項の数 5 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2007-203685 (P2007-203685)
 (22) 出願日 平成19年8月3日 (2007.8.3)
 (65) 公開番号 特開2009-34451 (P2009-34451A)
 (43) 公開日 平成21年2月19日 (2009.2.19)
 審査請求日 平成22年7月30日 (2010.7.30)

(73) 特許権者 000135184
 株式会社ニデック
 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14
 (72) 発明者 平松 浩之
 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株式会社ニデック拾石工場内
 (72) 発明者 伴 幸信
 愛知県蒲郡市拾石町前浜34番地14 株式会社ニデック拾石工場内

審査官 宮崎 敏長

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】眼内レンズ選択装置及びプログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検眼の眼内に挿入される眼内レンズを選択するための眼内レンズ選択装置において、被検眼角膜に測定光を照射しその反射光を受光することにより被検眼角膜が持つ波面収差を測定する測定手段と、

前記測定手段によって得られた被検眼角膜の角膜波面収差と、各種の眼内レンズモデルが持つ波面収差を記憶する記憶手段と、

所望する被検眼の術後残余波面収差を目標値として設定する目標値設定手段と、

前記記憶手段に記憶された被検眼角膜の前記波面収差と眼内レンズモデルが持つ前記波面収差に基づいて被検眼の術後残余波面収差を予想値として各眼内レンズモデル毎に演算する演算手段であって、

前記目標値設定手段によって設定された目標値と前記演算手段によって演算された予想値とを眼内レンズモデル毎に比較することにより目標値に近い眼内レンズモデルを特定する演算手段と、

前記演算手段によって特定された眼内レンズモデルの情報をモニタに表示する表示制御手段と、

を備えることを特徴とする眼内レンズ選択装置。

【請求項 2】

請求項 1 の眼内レンズ選択装置において、

前記演算手段は、前記記憶手段に記憶された被検眼角膜の球面収差に対して前記各眼内

レンズモデルが持つ球面収差分を取り除くことにより求められる被検眼の術後残余球面収差を予想値として各眼内レンズモデル毎に演算する演算手段であることを特徴とする眼内レンズ選択装置。

【請求項 3】

請求項 1 の眼内レンズ選択装置において、

前記表示制御手段は、前記眼内レンズモデルが持つ波面収差と前記被検眼角膜の角膜波面収差とに基づいて、前記眼内レンズモデルを眼内に挿入した場合の所定視標の見え方をシミュレーション画像として構築する画像処理手段を有し、

少なくとも前記演算手段により特定された眼内レンズモデルを用いた場合の前記シミュレーション画像をモデル名とともにモニタすることを特徴とする眼内レンズ選択装置。 10

【請求項 4】

請求項 3 の眼内レンズ選択装置において、

前記モニタに表示する眼内レンズモデルの前記モデル名を前記記憶手段に記憶された他の眼内レンズモデル名に変更するためのモデル名変更手段を備え、

前記表示制御手段は、前記モデル名変更手段によって変更された眼内レンズモデルのモデル名を前記モニタに表示すると共に、対応するシミュレーション画像を前記画像処理手段を用いて変更し、モニタに表示することを特徴とする眼内レンズ選択装置。

【請求項 5】

請求項 1 の眼内レンズ選択装置において、

前記記憶手段は、複数の術者データと、各術者が所望する術後残余波面収差を各術者データに対応づけて記憶させる記憶手段であって、 20

眼内レンズ選択を行う術者を特定するための術者入力手段と、

前記術者入力手段によって特定された術者に対応する術後残余波面収差を前記目標値として設定する目標値設定手段と、を備えることを特徴とする眼内レンズ選択装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、被検眼の眼内に挿入される眼内レンズの選択を行う眼内レンズ選択装置、及び眼内レンズの選択をコンピュータに実行させるプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

従来、白内障手術時に被検眼の眼内に挿入される眼内レンズを処方する手法としては、被検眼を測定して角膜屈折力と眼軸長を得ておき、これと所定の眼内レンズ計算式を用いて処方すべき眼内レンズのパワーを決定するというものであった。

【0003】

また、特許文献 1 には、眼内レンズを選択する装置として、矯正後に患者が希望する期待屈折力を得ておいた上で、その期待屈折力に応じて使用すべきレンズの度数を選択するための演算処理を行い、演算結果を表示する装置が開示されている。

【特許文献 1】特開 2002-119470 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、各メーカーが販売する眼内レンズモデルは、度数が同じレンズであっても、設計コンセプト等の相違から各眼内レンズモデルが持つ波面収差特性（例えば、球面収差）が異なる。しかしながら、上記手法及び装置による眼内レンズの処方は、眼内レンズの度数を決定するためのものであり、波面収差特性の相違を考慮しているものとはいえないかった。

【0005】

また、被検眼が持つ角膜の波面収差と各眼内レンズモデルとが持つ波面収差とによって、術後（眼内レンズ挿入後）の被検眼の残余波面収差を 0 とすることは困難であるが、選 50

択する眼内レンズモデルによって、どの程度残余波面収差が生じるかを術者が認識できることが適正な眼内レンズ処方を行う上で望ましい。

【0006】

本発明は、上記問題点を鑑み、被検眼に適した眼内レンズを選択できる眼内レンズ選択装置及びプログラムを提供することを技術課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記課題を解決するために、本発明は以下のような構成を備えることを特徴とする。

【0008】

(1) 被検眼の眼内に挿入される眼内レンズを選択するための眼内レンズ選択装置において、

被検眼角膜に測定光を照射しその反射光を受光することにより被検眼角膜が持つ波面収差を測定する測定手段と、

前記測定手段によって得られた被検眼角膜の角膜波面収差と、各種の眼内レンズモデルが持つ波面収差を記憶する記憶手段と、

所望する被検眼の術後残余波面収差を目標値として設定する目標値設定手段と、

前記記憶手段に記憶された被検眼角膜の前記波面収差と眼内レンズモデルが持つ前記波面収差に基づいて被検眼の術後残余波面収差を予想値として各眼内レンズモデル毎に演算する演算手段であって、

前記目標値設定手段によって設定された目標値と前記演算手段によって演算された予想値とを眼内レンズモデル毎に比較することにより目標値に近い眼内レンズモデルを特定する演算手段と、

前記演算手段によって特定された眼内レンズモデルの情報をモニタに表示する表示制御手段と、

を備えることを特徴とする。

(2) (1)の眼内レンズ選択装置において、

前記演算手段は、前記記憶手段に記憶された被検眼角膜の球面収差に対して前記各眼内レンズモデルが持つ球面収差分を取り除くことにより求められる被検眼の術後残余球面収差を予想値として各眼内レンズモデル毎に演算する演算手段であることを特徴とする。

(3) (1)の眼内レンズ選択装置において、

前記表示制御手段は、前記眼内レンズモデルが持つ波面収差と前記被検眼角膜の角膜波面収差に基づいて、前記眼内レンズモデルを眼内に挿入した場合の所定視標の見え方をシミュレーション画像として構築する画像処理手段を有し、

少なくとも前記演算手段により特定された眼内レンズモデルを用いた場合の前記シミュレーション画像をモデル名とともにモニタすることを特徴とする。

(4) (3)の眼内レンズ選択装置において、

前記モニタに表示する眼内レンズモデルの前記モデル名を前記記憶手段に記憶された他の眼内レンズモデル名に変更するためのモデル名変更手段を備え、

前記表示制御手段は、前記モデル名変更手段によって変更された眼内レンズモデルのモデル名を前記モニタに表示すると共に、対応するシミュレーション画像を前記画像処理手段を用いて変更し、モニタに表示することを特徴とする。

(5) (1)の眼内レンズ選択装置において、

前記記憶手段は、複数の術者データと、各術者が所望する術後残余波面収差を各術者データに対応づけて記憶させる記憶手段であって、

眼内レンズ選択を行う術者を特定するための術者入力手段と、

前記術者入力手段によって特定された術者に対応する術後残余波面収差を前記目標値として設定する目標値設定手段と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

10

20

30

40

50

【0009】

本発明によれば、被検眼に適した眼内レンズを選択できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図1は、本実施形態に係る眼内レンズ選択装置の全体構成について説明するプロック図である。

【0011】

1は被検眼の眼内に挿入される眼内レンズを選択するための眼内レンズ選択装置であり、CPU(演算制御部)30、入力部40、記憶部(メモリ)35、プリンタ43、モニタ50、画像処理部31等から構成され、各部はバス等を介して接続されている。

10

【0012】

CPU30は、記憶部35に記憶されている眼内レンズ選択プログラムや各種制御プログラムに基づいて各部の動作を制御する。また、入力部40は、具体的に、カーソルキー、数字入力キー、及び各種機能キー等を備えたキーボード42と、マウス41を備える。画像処理部31は、各種データやシミュレーション画像等を表示するモニタ50の表示画面を制御する。また、記憶部35は、HDD等により構成され、CPU30で実行される各種プログラム(装置動作のためのプログラムや眼内レンズを選択するための眼内レンズ選択プログラム)、各種眼内レンズ(IOL)情報、術者情報、測定者情報、各種IOLパワー計算式(SRK-T, SRK, HOLLADAY等)、等を記憶する。なお、CPU(演算制御部)30、入力部40、記憶部35、モニタ50、画像処理部31として、市販のPC(パーソナルコンピュータ)を用い、眼内レンズ選択プログラムをインストールするようにしてもよい。

20

【0013】

なお、眼内レンズ選択装置1には、眼内レンズの選択に利用される被検眼の測定データを取得するための装置として、角膜形状測定装置10及び眼軸長測定装置20が接続されている。ここで、角膜形状測定装置10は、被検眼角膜に測定光を照射しその反射光を受光することにより被検眼角膜が持つ波面収差を測定する装置であり、例えば、被検眼角膜にプラチド指標を投影しその反射光を受光することにより被検眼の角膜形状を測定する装置や光干渉の原理を用いて被検眼の角膜形状を測定する装置等が挙げられる。

30

【0014】

なお、本実施形態の角膜形状測定装置10は、多数のプラチドリングが形成されているプラチド板11、プラチド板のリングパターンをほぼ均一に照明する照明光源12、被検眼角膜に投影されたリングパターン像を撮影するための撮影レンズ13及び二次元撮像素子14を備える前眼部撮像光学系15、制御部16、を含む。この場合、前眼部撮影光学系15は、プラチド画像を撮影する他、図示無き所定の投影光学系によって被検眼角膜上に形成された角膜頂点輝点と、被検眼瞳孔部を含む前眼部画像の撮影に用いられる。さらに、本実施形態の角膜形状測定装置10は、被検眼の眼底に測定光束を投影しその反射光を受光することにより被検眼が持つ眼屈折力分布又は波面収差を測定する測定光学系(例えば、特開平10-108837に開示された位相差方式やシャックハルトマンセンサを用いた眼収差計など)を備える(図示を略す)。なお、眼内レンズ選択装置1と角膜形状測定装置10とは、LAN等で接続されており、角膜形状測定装置10で得られた各種データ(例えば、被検眼角膜の波面収差データ)は、データベースとしての記憶部35に転送される。

40

【0015】

また、眼軸長測定装置20としては、例えば、被検眼に対して超音波プローブを接触させ被検眼からの反射エコーを受信することにより被検眼の眼軸長を測定する装置や、光干渉の原理を用いて被検眼の眼軸長を光学的に測定する装置等が挙げられる。

【0016】

また、記憶部35に記憶されるIOL情報は、各メーカーから提供される眼内レンズの各種モデルに関する情報(眼内レンズモデルデータ)であって、例えば、各モデル毎に、モ

50

デル名、メーカー名、A定数、術後A C D : 予想前房深度 (mm)、眼内レンズが持つS A : 球面収差 (μm)、を含む。なお、本実施形態における眼内レンズが持つ球面収差S A (矯正球面収差)とは、所定の眼内レンズを眼内に挿入したときに矯正される球面収差を表すものであり、被検眼角膜が持つ球面収差と共に、術後の被検眼の球面収差を予想値として算出するために利用される。

【0017】

なお、各メーカーがこのような眼内レンズが持つ球面収差S A を求める場合、設計条件が既知である所定の模型眼における角膜形状に基づいて角膜球面収差 (例えば、+0.30 μm) を求めておくと共に、眼内レンズが挿入されたときの模型眼全体の波面収差に基づいて模型眼全体の球面収差 (例えば、+0.10 μm) を求めておき、模型眼全体の球面収差から角膜球面収差を差し引くことで矯正された球面収差を求ることにより球面収差S A ($+0.10 - (+0.30) = -0.20$) を求める。なお、上記演算処理は、所定の模型眼に対して所定の光学特性を持つ眼内レンズを配置した場合の波面収差をシュミレーションできる光学シュミレーションソフトにより可能である。また、上記説明においては、各メーカーから球面収差S A が提供されるものとしたが、メーカーからの提供もしくは各種計測機器の使用によって眼内レンズの光学特性 (レンズ曲率半径、屈折率、レンズの厚み、コーニック定数、非球面定数など) を得た上で、所定の模型眼に挿入したときの波面収差をシュミレーションすることによって算出することも可能である。

【0018】

記憶部35に記憶される術者情報は、眼内レンズ挿入手術を行う術者の情報であって、例えば、術者名、術者が用いる眼内レンズのIOL情報、術者が所望する被検眼の目標術後残余球面収差TS (詳しくは、後述する)、等を含む。ここでは、術者毎に登録されるIOL情報について、A定数、術後A C D (mm)、S F : SURGERY FACTOR、をそれぞれ術者毎に変更することも可能である。

【0019】

記憶部35に記憶される測定者情報は、超音波診断装置を用いて被検眼の眼軸長を測定する測定者に関する情報であって、測定者名と、これに対応する補正值、を含む。なお、上記IOL情報、術者情報、測定者情報は、それぞれ所定の設定登録画面にて新たな情報を追加登録したり、登録内容の変更を行うことができる。

【0020】

図2は本実施形態に係る眼内レンズ選択装置の動作について説明するフローチャートである。フローチャートにあるように、眼内レンズの選択を行うために用意されたモード (ナビモード) として、CT・REF測定モード、スクリーニングモード、眼軸長測定モード、データ入力モード、IOL選択モード、見え方比較モード、印刷モード、が設けられている。その他、各種設定モード、再印刷モード、詳細確認モード、が設けられている。なお、モニタ50に表示される各モードの表示画面における左側には、図3～図8に示すように、各モードが順に示されたモードリストと現在設定されたモードとを表示する領域70が設けられている。なお、現在設定されているモードに関しては、他のモード表示によりも薄い色で塗りつぶしがなされる。

【0021】

また、モード変更は、図3～図8に示すようにモニタ50上に設けられた、次のモードへ移行するためのモード移行ボタン74と、前のモードへ移行するためのモード移行ボタン75が用いられる。

【0022】

プログラムが起動されて、ナビモードが選択されると、CPU30は、図3に示すような、CT・REF測定画面80に移行する。CT・REF測定画面80には、患者情報を表示する領域81、測定の手順を説明する領域82、測定データ取込ボタン83、患者選択ボタン84、等が設けられている。なお、測定データ取込ボタン83は、角膜形状測定装置10と選択装置1とがLAN接続されていないような場合、USBメモリ等を介してデータを取得するためのボタンである。

10

20

30

40

50

【0023】

ここで、マウス41によって患者選択ボタン84がクリックされると、予め入力された患者リストがモニタ50上に表示される（図示を省略する）ので、この中から該当する患者を選択することにより、患者情報（ID番号、名前、年齢、測定眼、性別、検査日、等）を得る。この場合、キーボード41及びマウス42を用いて患者情報を直接入力するようにしてよい。

【0024】

次に、検者は、領域82に表示された説明に従い、角膜形状測定装置10を用いて、被検眼の眼屈折力分布又は波面収差を測定する（REF測定）。次に、検者は、角膜形状測定装置10を用いて被検眼のプラチド画像及び前眼部画像を撮影する（CT測定）。ここで、角膜形状測定装置10の制御部16は、取得されたプラチド画像に基づいて、角膜曲率分布、被検眼角膜表面の3次元形状（測定光軸L1方向における被検眼角膜高さ分布）、角膜屈折力分布、等の被検眼角膜に関する詳細情報（測定データ）を得る。また、制御部16は、得られた被検眼角膜高さ分布と、収差が0と仮定された角膜高さ分布と、を比較して、その差分情報に基づいて所定の解析径における被検眼角膜の波面収差を求める。なお、被検眼のまぶた等によってプラチド画像の一部が遮られた場合、解析径が小さくなる場合がある。また、制御部16は、撮影された前眼部画像（角膜頂点輝点と瞳孔部を含む画像）に基づいて、被検眼の角膜頂点位置と瞳孔中心位置を抽出し、そのずれ量とずれ方向を演算処理により求める。

【0025】

以上のようにして制御部16による演算処理が完了すると、得られた測定データが記憶部35へ自動的に転送される。この場合、記憶部35に記憶された測定データをモニタ50で確認できるようにしてよい。なお、上記説明においては、角膜形状測定装置10の制御部16を用いて測定データの演算を行うような構成としたが、CPU30側で演算処理を行うようにしてもよい。

【0026】

上記のようにして、CT・REF測定が完了し、マウス41を操作する検者によってモード移行ボタン74がクリックされると、CPU30は、図4に示すようなスクリーニング画面100に移行する。

【0027】

スクリーニング画面100には、角膜形状測定装置10から送られた測定データに基づいた被検眼の前眼部に関する情報を表示する領域101が設けられている。また、IOLのパワー計算を行うために入力される情報を表示する領域102、及びCT・REF測定モードにて得られた測定結果（眼屈折力値SCA、VD、角膜屈折力K1、K2、等）を表示する領域103（図5～図8も同様）が設けられている。

【0028】

領域101には、スクリーニング結果、診断コメント、MDist、角膜球面収差、角膜高次収差、角膜球面収差解析径、が表示される。ここで、スクリーニング結果は、前述のように取得された被検眼の角膜曲率分布に基づいて、CPU30が被検眼の角膜異常の有無を解析した結果であり、正常眼（乱視量0.5D以内）、0.5Dを超える乱視眼、円錐角膜の疑い、円錐角膜、角膜変性症、角膜移植眼、近視眼矯正手術眼、遠視眼矯正手術眼、その他、の中から結果が推測される。診断コメントは、スクリーニング結果に基づいてCPU30がコメントを表示したものである。なお、図4においては、正常眼（NRM）である確率が99%、その他（OTHER）の確率が1%であることを示している。なお、このような角膜解析の詳しい手法については、特開2005-288176号公報を参考にされたい。

【0029】

また、MDistは、前述のように取得された被検眼の角膜頂点と瞳孔中心とのずれ量（偏心距離）と方向を示すものであり、解析結果として、ずれ量がmm単位で表示されると共に、ずれ方向が度単位で表示される。また、CPU30は、取得されたずれ量（mm

10

20

30

40

50

)に応じて正常(NORMAL)、疑いあり(SUSPECT)、異常(ABNORMAL)のうち、被検眼がどれに該当するかの判定を行う。本実施形態では、予め取得されたされた偏心距離M Distが、0mm以上~0.3mm未満であれば、正常と判定し、0.3mm以上~0.5mm未満であれば、異常疑いと判定し、0.5mm以上であれば、異常と判定する。そして、正常と判定されれば、ずれ量が示された領域に対して、緑色の塗りつぶしを行い、異常疑いと判定されれば、黄色の塗りつぶしを行い、異常と判定されれば、赤色の塗りつぶしを行う。

【0030】

また、角膜球面収差は、被検眼角膜が持つ高次収差成分の一つである球面収差を示すものであり、 μm 単位で収差量が表示されるとともに、その解析径が表示される。この場合、CPU30は、前述のように取得される被検眼角膜の波面収差成分に基づいて、ゼルニケの多項式を用いて被検眼の球面収差成分を取り出すことにより被検眼の角膜球面収差を算出する。

【0031】

また、角膜高次収差は、被検眼角膜が持つ高次収差(ゼルニケ多項式の3次以上の成分)の総計を示すを示すものであり、 μm 単位で収差量が表示されるとともに、その解析径が表示される。この場合、CPU30は、前述のように取得される被検眼角膜の波面収差成分に基づいて、ゼルニケの多項式を用いて被検眼の高次収差成分(ゼルニケ多項式の3次以上の成分の合計)を取り出すことにより被検眼の角膜高次収差を算出する。

【0032】

また、角膜球面収差解析径は、角膜形状測定装置10の制御部16が被検眼の波面収差を算出した際の角膜領域を示すものである。なお、解析径について、直径6mm領域での解析を基準としているのは、眼内レンズの一般的な光学部の直径が6mmとしているためである。

【0033】

ここで、CPU30は、解析に用いられた解析径に対して正常か異常かの判定を行う。ここで、解析された解析径が6mmであれば正常と判定し、解析系が5.0mm~6.0mm未満であれば、異常疑いと判定し、5.0mm以下であれば異常と判定する。そして、正常と判定されれば、角膜径を示す領域に対して、緑色の塗りつぶしを行い、異常疑いと判定されれば、黄色の塗りつぶしを行い、異常と判定されれば、赤色の塗りつぶしを行う。

【0034】

以下に、領域102に関する説明を行う。領域102には、選択されるIOLパワー計算式、角膜の術歴、術者名、IOL移植経験の有無、VD:角膜頂点間距離、使用する角膜曲率値、が表示されている。ここで、IOLパワー計算式の名前が表示された領域に設けられたプルダウンボタンがマウス41を介してクリックされると、記憶部35に記憶された計算式が一覧表示され、所望する計算式をクリックすることによって、計算式の選択が可能である。また、前回選択した計算式はデフォルメ(保存)されるようになっており、次の選択においても前回選択した計算式が継続して利用できるようになっている。なお、上記IOL計算式としては、Camellin-Calossi、SRK、SRK-2、SRK-T、BINKHORST, HOFFER-Q等が挙げられる。

【0035】

また、角膜の術歴を示す領域に設けられたプルダウンボタンがマウス41を介してクリックされると、術歴の一覧が表示され、該当する術歴をクリックすることによって、術歴の選択が可能である。なお、本実施形態では、なし(デフォルト)、切開系(RK、AK、CK)、レーザ切除系(PRK、LASIK)、移植又はPTK、から術歴を選択することが可能である。また、術歴選択において、切開系、レーザ切除系、移植又はPTK、の何れかが選択された場合、その矯正値がディオプター表示されるようになっており、矯正値は角膜の術歴がある場合における眼内レンズのパワー計算に利用される。

【0036】

10

20

30

40

50

また、術者名を示す領域に設けられたプルダウンボタンがマウス 4 1 を介してクリックされると、術者の一覧が表示され、該当する術者をクリックすることによって、術者の選択が可能である。

【 0 0 3 7 】

また、IOL 移植の有無を示す領域に設けられたプルダウンボタンがマウス 4 1 を介してクリックされると、はじめてと 2 回目以降の 2 つの選択肢が表示され、該当する選択肢をクリックすることによって、選択が可能である。この情報は、計算式Camellin-Calossi の変数として用いられる。

【 0 0 3 8 】

また、VD を示す領域に設けられたプルダウンボタンがマウス 4 1 を介してクリックされると、選択可能な VD の一覧が表示され、該当する VD をクリックすることによって、VD の選択が可能である。なお、本実施形態では、10.50 mm、12.00 mm、13.75 mm、15.00 mm、16.50 mm、の何れから VD を選択することが可能である。この情報は、計算式Camellin-Calissi の変数として用いられる。

10

【 0 0 3 9 】

また、眼内レンズのパワー計算に使用する角膜曲率を特定するために設けられた 3 つの選択可能領域（ラジオボタン）の内のいずれかをマウス 4 1 を用いてクリック（選択）すると、パワー計算に使用する角膜曲率として、「瞳孔内平均パワー」、「K1 及び K2 の平均値」、「K2 の値」、の何れかが選択されることとなる。また、CPU30 は、記憶部 35 に記憶された被検眼の角膜曲率から算出される角膜屈折力に基づいて推奨する角膜曲率値がどの値であるかを判定する。また、CPU30 は、前述のように算出される被検眼の角膜頂点位置と瞳孔中心とのずれ量に基づいて、角膜中央部（角膜頂点）を基準とした直径約 3 mm における角膜曲率半径値を推奨するか瞳孔領域内における角膜曲率値を推奨するかを判定する（選択する）。なお、本実施形態では、これらの判定を組み合せた上で、判定結果をモニタ 50 に表示する。

20

【 0 0 4 0 】

より具体的には、被検眼の所定領域における角膜曲率に対応する角膜屈折力 K1 及び K2 において、乱視が 0.50 D 以上であれば K2 を推奨する。また、乱視が 0.50 D 未満で、角膜中心と瞳孔中心のずれ量が小さい場合は、K1 と K2 の平均値を使用する。

【 0 0 4 1 】

30

また、ずれ量が大きい場合は、前述のように取得される角膜曲率分布の瞳孔領域内における平均パワーを求めた瞳孔内平均パワーを推奨する。この場合、CPU30 は、まず、前述のように得られる前眼部画像から画像処理により、瞳孔領域（虹彩と瞳孔との境界部分）を抽出すると共に、画像上に形成された角膜輝点を用いて角膜頂点位置を抽出し、角膜頂点位置を基準位置とした瞳孔縁の位置座標を求める。次に、CPU30 は、前述のように得られたプラチド画像に形成された角膜頂点輝点から抽出される角膜頂点位置と前眼部画像から抽出された角膜頂点位置と一致させ、瞳孔縁を重合させることにより、プラチド画像における瞳孔縁の位置座標を算出する。そして、CPU30 は、算出された瞳孔位置縁の位置情報に基づいて瞳孔内における角膜曲率分布（角膜屈折力分布）を求め、平均値を算出する。

40

【 0 0 4 2 】

さらに、CPU30 は、瞳孔内平均パワー、K1（強主経線方向）及び K2（弱主経線方向）の平均値、K2 の値、にマウス 4 1 のカーソルが当てられたときに、術者が角膜曲率を決定する上で参考となるコメントを表示する。例えば、K2 の値に指定された場合、「エキシマレーザ等による屈折矯正手術で乱視成分を矯正することを推奨します」等の表示を行う。

【 0 0 4 3 】

上記のようにして、スクリーニング画面においてすべての項目に関する入力が完了し、マウス 4 1 を操作する検者によってモード移行ボタン 74 がクリックされると、CPU30 は、図 5 に示すような眼軸長測定画面 110 に移行する。

50

【0044】

眼軸長測定画面110には、眼軸長測定に使用した装置に関する情報を表示する領域111、測定値取込ボタン112、得られた測定結果を表示する領域113、等が設かれている。

【0045】

領域111には、使用された測定装置、測定者（超音波式が選択された場合）が表示されている。ここで、測定装置を示す領域に設けられたプルダウンボタンをマウス41を介してクリックすることにより、超音波を用いた接触式眼軸長装置、光干渉を用いた非接触式眼軸長測定装置等がプルダウン表示されるため、該当する装置をクリックすることによって、使用した測定装置を選択することが可能である。この場合、各メーカー毎に装置選択ができるようにしてもよい。10

【0046】

また、測定装置選択において、超音波式が選択された場合、測定者名を示す領域に設けられたプルダウンボタンをクリックすると、予め登録してある測定者の一覧が表示され、該当する測定者をクリックすることによって、測定者の選択をすることができる。なお、測定装置に非接触型が選択された場合には、使用できない。

【0047】

また、眼軸長測定装置20と眼内レンズ選択装置1がLAN等で接続されデータの転送が可能となっている場合、マウス41を介して測定値取込ボタン112がクリックされると、CPU30は、自動的に測定データを取得し、記憶部35に記憶させると共に、画面上に測定結果を領域113に表示する。20

【0048】

また、領域113には、眼軸長、前房深度、水晶体厚、の順で各測定値がmm単位で表示される。ここで、各測定値を示す領域に設けられたスピンボタンがマウス41を介してクリックされると、測定値が所定ステップで変更されるようになっている。この場合、キーボード41を介して測定値を直接入力することも可能である。なお、前述のスクリーニングモードにて、眼軸長をパワー計算に使用し、前房深度、水晶体厚をパワー計算に用いない眼内レンズ計算式（本実施形態では、Camellin-Calossiを除く計算式全て）が選択された場合、CPU30は、眼軸長の項目のみを入力可能とする。

【0049】

また、領域113には、眼軸長の補正結果を示す値がmm単位で表示される。ここで、補正值を示す領域に設けられたスピンボタンがマウス41を介してクリックされると、測定値が所定ステップで変更されるようになっている。ここで、測定装置として超音波式が選択された場合、CPU30は、入力された眼軸長の測定値に対して測定者毎に設定された固有の補正值を加えることにより補正処理を行う。これは、測定者の違い（例えば、測定者によってプローブの当た方が異なる）による測定結果のずれを補正するためのものである。なお、選択した測定者の補正值が0の場合は、補正なしとみなす。また、測定装置として非接触式が選択された場合、接触式の測定値に対応できるように補正処理された補正結果が入力される。なお、非接触式を基準とすることも可能である。30

【0050】

なお、CPU30は、眼軸長、前房深度、水晶体厚、の各測定値に関して、妥当性の判定を行う。なお妥当性の判定は、例えば眼軸長に関して「22mm以上28mm未満を正常、20mm以上22mm未満/28mm以上30mm未満を異常疑い、20mm未満/30mm以上を異常」とし、前房深度に関して、「3.5mm以上4.5mm未満を正常、2.0mm以上3.5mm未満/4.5mm以上5.0mm未満を異常疑い、2.0mm未満/30mm以上を異常」とし、水晶体厚に関して、「2.5mm以上4.0mm未満を正常、2.0mm以上2.5mm未満/4.0mm以上5.0mm未満を異常疑い、2.0mm未満/5.0mm以上を異常」とする。40

【0051】

ここで、CPU30は、正常と判定されれば、各測定値（眼軸長、前房深度、水晶体厚）を示す領域に対してそれぞれ、緑色の塗りつぶしを行い、異常疑いと判定されれば、黄50

色の塗りつぶしを行い、異常と判定されれば、赤色の塗りつぶしを行う。

【0052】

上記のようにして、眼軸長測定が完了し、マウス41を操作する検者によってモード移行ボタン74がクリックされると、CPU30は、図6に示すようなデータ入力画面120に移行する。

【0053】

データ入力画面120には、眼内レンズの処方に使用される情報に関する領域121等が表示される。領域121には、被検眼の眼圧値、角膜中心厚、角膜内皮細胞数、裸眼視力、最高矯正視力、対象眼が優位眼であるか、前立線肥大の治療があるか(治療薬品名、投薬期間)、反対眼の情報(SCA値、VD値、白内障手術済みか否か)、等が表示される。この場合、表示された各項目毎に、測定値の入力、チェック、等が画面上から可能である。なお、CPU30は、眼圧、角膜中心厚、角膜内皮細胞数の測定値に関して、妥当性の判定を行い、緑色(正常)、黄色(異常疑いあり)、赤色(異常)、の何れかの塗りつぶしを測定値を示す領域に対して行うことにより、判定結果を表現する。

【0054】

上記のようにして、データ入力が完了し、マウス41を操作する検者によってモード移行ボタン74がクリックされると、CPU30は、図7に示すようなIOL選択画面130に移行する。

【0055】

IOL選択画面130には、予め記憶部35に登録されている各メーカーから提供されている眼内レンズモデルのうち、推奨する眼内レンズに関する情報を表示するための領域131、眼内レンズのパワー決定に関する情報を表示する領域132、反対眼の情報を表示する領域133、IOL計算式に関する情報を表示する領域134、等が設けられている。

【0056】

領域131には、被検眼の角膜球面収差の測定値、目標とする目標術後残余球面収差TS(以下、目標球面収差に省略する)が表示される。さらに、領域131には、選択された眼内レンズのIOL情報(メーカー名、モデル名、予測前房深度、等)、予想術後残余球面収差PS(以下、予想球面収差PSに省略する)、が各眼内レンズモデル毎に表示される。この場合、CPU30によって選択された複数の候補(本実施形態では第1候補及び第2候補)の眼内レンズモデルに関するIOL情報が表示される。なお、目標球面収差TSは、検者が所望する被検眼の術後の球面収差を表すパラメータである。

【0057】

なお、目標とする目標球面収差TSの入力欄近傍には、スピンボタンが用意されており、このスピンボタンをマウス41を介してクリックすることにより目標値が所定ステップで変更可能である。検者はこのスピンボタン、あるいは入力欄をアクティブにして所望する目標値に設定する。この場合、目標値は、+3μm~-3μmの範囲において、0.01μmステップで変更可能である。なお、目標値は術者毎に予め初期値として記憶部35に記憶(術者情報登録時に登録)されており、CPU30は、IOL選択画面を表示した際に、予め登録された目標値を初期値として表示しておく。この場合、CPU30は、スクリーニング画面100にて設定された術者に対応する目標球面収差TSを記憶部35より取得し、目標値として設定すればよい。また、予想術後前房深度と表示された領域に設けられたプルダウンボタンをクリックすると、A定数、予測術後ACD、SF、の順でIOL情報の登録項目が複数表示され、さらに所望する項目をクリックすることによって、IOL選択画面130上に表示する項目を選択することが可能である。

【0058】

予想球面収差PSは、被検眼角膜が持つ球面収差に対して眼内レンズが持つ球面収差を加えたときの演算結果を表すパラメータであり、被検眼の術後の球面収差を予想するための参考値として用いられる。例えば図7では、被検眼が持つ球面収差を+0.24μmとし、第1候補の眼内レンズ(レンズモデル)を持つ球面収差が-0.19μm、第2候補

10

20

30

40

50

の眼内レンズ（レンズモデル）が持つ球面収差を $-0.21\mu\text{m}$ としている。ここで、CPU30は、演算処理によって被検眼の球面収差と眼内レンズが持つ球面収差との和を求ることにより、第1候補の眼内レンズを挿入した場合の予想球面収差PSを $0.05\mu\text{m}$ 、第2候補の眼内レンズを挿入した場合の予想球面収差PSを $0.03\mu\text{m}$ として、その結果を画面に表示する。

【0059】

次に、本実施形態における眼内レンズの選択手法について説明する。ここで、CPU30は、記憶部35に記憶された被検眼角膜の波面収差データと眼内レンズモデルが持つ波面収差データに基づいて被検眼の術後残余波面収差を予想値として各眼内レンズモデル毎に演算する。そして、CPU30は、前述のように設定された目標値と演算された予想値とを眼内レンズモデル毎に比較することにより目標値に近い眼内レンズモデルを特定する。そして、特定された眼内レンズモデルの情報をモニタ50に表示する。10

【0060】

より具体的には、CPU30は、記憶部35に記憶された被検眼角膜の球面収差データに対して各眼内レンズモデルが持つ球面収差データ分を取り除く（加える）ことにより被検眼の術後残余球面収差を予想値として各眼内レンズモデル毎に演算する。これにより、登録された眼内レンズの全モデルに関して予想球面収差PSを算出する。

【0061】

次に、CPU30は、眼内レンズの各モデル毎に算出された予想球面収差PSと、目標値として設定された検者が所望する被検眼の目標球面収差TSとを比較し、予想球面収差PSが目標球面収差TSに近い順（TS-PSの絶対値が小さい順）に眼内レンズのモデルを順位付けする。なお、目標球面収差TSとは、検者が所望する被検眼の術後の球面収差を示すものである。20

【0062】

次に、CPU30は、順位づけがなされた眼内レンズモデルのリストから、予想球面収差PSが目標球面収差TSに近い2つの眼内レンズモデルを、近い順に、第1候補、第2候補として特定し、候補眼内レンズモデルとして、図7に示すように、モニタ50上に表示する。また、CPU30は、選択された眼内レンズモデルに対応するIOL情報を表示すると共に、選択された眼内レンズにおける予想球面収差PSを表示する。

【0063】

なお、図7において、眼内レンズのモデル名を表示する領域に設けられたプルダウンボタンをクリックすると、予想球面収差PSが目標球面収差TSに近い順に上から並べられた眼内レンズのモデル名が一覧表示され、所望するモデル名をクリックすることによって、画面に表示する眼内レンズモデルの変更が可能である。なお、IOL選択画面130上に表示されるモデル名が変更されると、これに伴い変更された眼内レンズに対応するIOL情報を表示する。30

【0064】

IOL選択画面130の説明に戻る。領域132には、術後の目標屈折力（D）、領域131で選ばれた第一候補、第二候補の眼内レンズモデルに用意されている所定度数毎に術後の眼屈折度値の予想値（術後の目標屈折力が基準）を示した一覧表DL、が表示される。ここで、目標屈折力のディオプター値を示す領域に設けられたプルダウンボタンをクリックすると、目標屈折力値が $-3.00\text{D} \sim +3.00\text{D}$ の範囲で 0.50 単位で一覧表示され、さらに所望する屈折力値をクリックすることによって、目標屈折力値の選択をすることができる。この場合、通常は 0.00D に設定されるのが一般的であるが、被験者のライフスタイル（例えば、近方視での視力を確保したい人）などに合わせて、所望される目標屈折力値が選択・設定される。40

【0065】

以下に、一覧表DLについて説明する。CPU30は、選択された術後の目標屈折力値（D）及び被検眼の測定データ（例えば、角膜屈折力、眼軸長）及び眼内レンズモデルのIOL情報を（例えば、A定数、予測術後ACD、SF、等）を所定のIOL計算式に代入

して算出された IOL パワーから眼内レンズとして用意されている（本実施形態では、0.50 ステップで眼内レンズが用意され、記憶部 35 に各度数情報が記録されている）もので算出された値に近い眼内レンズのパワーを特定する（図 7 の第 1 候補では 20D、第 2 候補では 19.50D）。次に、CPU30 は、特定された眼内レンズパワーで手術を行った場合の術後の屈折力値を予想値 R_x として求めるべく、所定の IOL 計算式における目標屈折力（D）の部分を X として、特定された眼内レンズパワーの値と被検眼の測定データ及び眼内レンズモデルの IOL 情報を所定の IOL 計算式に代入することにより、予想値 R_x ($X = R_x$) を算出する。これにより、前述のように選択された各眼内レンズモデル毎に、予め用意されている眼内レンズパワーの中から、目標屈折力に近い処方が可能な眼内レンズパワーが特定されると共に、特定された眼内レンズパワーによる術後の眼屈折力値が予想値 R_x として算出される。そして、CPU30 は、得られた眼内レンズパワーと予想値を対応づけて出力する（一覧表 DL における塗りつぶし部分参照）。 10

【0066】

また、CPU30 は、設定される目標屈折値を基準として所定範囲内（例えば、±2.00）における所定の度数ステップ（例えば、0.50D）毎に、予め用意されている眼内レンズパワーの中から、屈折度数に近い処方が可能な被検眼に処方すべき眼内レンズパワーを各屈折度数毎に特定し、特定された眼内レンズパワーによる術後の眼屈折力値を予想値 R_x としてそれぞれ算出する。そして、CPU30 は、得られた眼内レンズパワーと予想値を対応づけてそれぞれ出力する（一覧表 DL における塗りつぶしがない部分参照）。図 7 の一覧表 DL の場合、上から順に、目標屈折力に対するずれ量が +2.00、+1.50、+1.00、+0.50、0、-0.50、-1.00、-1.50、-2.00 に対応するように、上記眼内レンズパワーの特定、及び予想値の算出を行った結果を表している。 20

【0067】

上記のようにして、眼内レンズ選択が完了し、マウス 41 を操作する検者によってモード移行ボタン 74 がクリックされると、CPU30 は、図 8 に示すような見え方シミュレーション画面 140 に移行する。

【0068】

見え方シミュレーション画面 140 には、選択された眼内レンズモデルに関する見え方シミュレーションの結果を表示する領域 141、等が設けられている。 30

【0069】

領域 141 には、眼内レンズのモデル名、予想球面収差 PS、ETDRS（視標チャートの一つ）全体、ETDRS 細部、風景の各項目が表示されると共に、これに対応するデータが各眼内レンズモデル毎に表示される。

【0070】

この場合、CPU30 は、記憶部 35 に記憶された眼内レンズモデルが持つ波面収差と被検眼角膜の角膜波面収差とに基づいて、眼内レンズモデルを眼内に挿入した場合の所定視標の見え方をシミュレーション画像として構築する画像処理を行い、少なくとも前述のよう特定された眼内レンズモデルを用いた場合のシミュレーション画像をモデル名とともにモニタ 50 に表示する。 40

【0071】

より具体的には、CPU30 は、前述のように取得された被検眼角膜の波面収差に対して眼内レンズが持つ球面収差を加える演算処理を行ったときの被検眼の波面収差を算出し、算出された波面収差を利用して点像強度特性（point spread function；PSF）を求める。

【0072】

次に、CPU30 は、得られた PSF と所定の指標（ETDRS 全体、ETDRS 全体、風景の各項目）とを画像処理（コンボリューション積分）することにより、選択された眼内レンズを挿入した際に所定の視標がどのように被検眼網膜面に形成されるかのシミュレーション画像を得る。ここで、CPU30 は、選択されている 2 つの眼内レンズモデル 50

(候補として挙げられている眼内レンズモデル)に関してシミュレーション画像を取得し、画像処理部31を介して取得された画像を表示する。すなわち、CPU30は、選択された複数の眼内レンズモデルをそれぞれ被検眼の眼内に挿入した際のシミュレーション画像をモニタ50に並列表示する。

【0073】

なお、モニタ50に表示される眼内レンズモデルのモデル名は、記憶部35に記憶された他の眼内レンズモデル名に変更できるようになっており、モデル名が変更されると、CPU30は、変更された眼内レンズモデルのモデル名をモニタ50に表示すると共に、対応するシミュレーション画像を画像処理により変更し、モニタに表示する。

【0074】

より具体的には、シミュレーション表示500、501には、各眼内レンズ毎に、IOLモデル名、予想球面収差PS、ETDRS全体K、細部、風景を表示する。なお、IOLのモデル名部分をプルダウンすると、予想球面収差PSが目標球面収差TSに近い順に上から並べられた眼内レンズのモデル名が一覧表示される。これらの一覧表示から所望する眼内レンズモデルが選択されると、選択されたモデルに対応する見え方シミュレーション表示がなされる。このようにして、眼内レンズモデルを少なくとも2つ選択可能であって、それぞれのシミュレーション結果を表示させることにより、被験者の観点から眼内レンズ選択を行うことが可能である。なお、モデル名が変更されると、変更された眼内レンズモデルに対応する予想球面収差PSが表示される。なお、上記見え方シミュレーションにおいて、選択された眼内レンズモデルを眼内に挿入した場合の空間周波数特性MTFを表示(例えば、横軸を空間周波数、縦軸をコントラスト感度としたグラフ表示)するようにもよい。なお、MTFは、被検眼の波面収差から求められる点像強度特性PSFをフーリエ変換することによって求めることができる。これにより、より精密な見え方シミュレーションが可能となる。

【0075】

上記のようにして、眼内レンズ選択が完了し、マウス41を操作する検者によってモード移行ボタン74がクリックされると、CPU30は、図示なき印刷画面に移行し、選択された眼内レンズに関する情報等がプリンタ43から印字出力される。

【0076】

以上のような構成とすれば、所望する眼内レンズを効率よく選択することができるので、術者が患者に適した眼内レンズを選択する作業にかかる手間を軽減できる。また、術者が所望する目標残余球面収差に適した眼内レンズを効率よく選択することができるため、術者の好みに応じた眼内レンズ選択が可能となる。

【0077】

なお、以上の説明においては、予め設定した残余術後球面収差を基準に眼内レンズ選択を行うような構成としたが、球面収差以外の高次収差を基準に眼内レンズ選択を行うようにしてもよい。この場合、手術後に残しておきたい高次収差成分の合計値を所定目標値として設定しておき、眼内レンズが持つ収差成分を用いて被検眼の波面収差に対して補正処理をかけることにより予想される術後の残余高次収差を各眼内レンズモデル毎に求め、目標位置に近い眼内レンズモデルをリストアップするようなことが考えられる。

【0078】

また、以上の説明において、眼内レンズモデルのIOL情報として、眼内レンズが着色レンズか否か、材質(アクリル)等を登録できるようにしておき、スクリーニングモード等において、着色レンズか否かの選択、材質の選択、ができるようにしてもよい。この場合、CPU30は、これらの選択結果を考慮して眼内レンズモデルをスクリーニングする(例えば、着色レンズの選択があった場合、着色レンズの眼内レンズモデルのみを選択可能とする)。これにより、検者が選択する眼内レンズモデルが絞られるため、効率的に選択可能となる。

【図面の簡単な説明】

【0079】

10

20

30

40

50

【図1】本実施形態に係る眼内レンズ選択装置の全体構成について説明するブロック図である。

【図2】本実施形態に係る眼内レンズ選択装置の動作について説明するフローチャートである。

【図3】本実施形態に係る眼内レンズ選択装置の動作におけるCT・REF測定画面について説明する図である。

【図4】本実施形態に係る眼内レンズ選択装置の動作におけるスクリーニング画面について説明する図である。

【図5】本実施形態に係る眼内レンズ選択装置の動作における眼軸長測定画面について説明する図である。 10

【図6】本実施形態に係る眼内レンズ選択装置の動作におけるデータ入力画面について説明する図である。

【図7】本実施形態に係る眼内レンズ選択装置の動作におけるIOL選択画面について説明する図である。

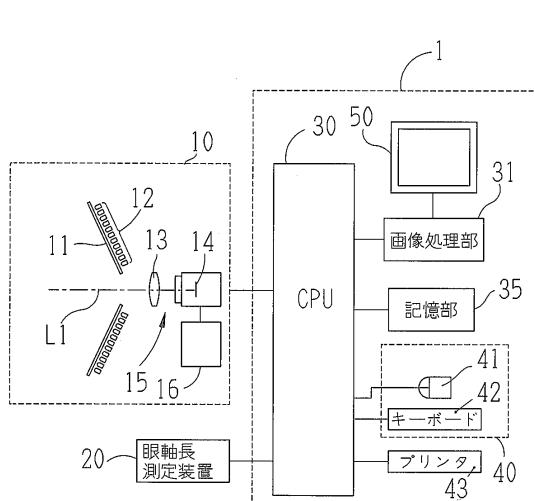
【図8】本実施形態に係る眼内レンズ選択装置の動作における見え方シミュレーション画面について説明する図である。

【符号の説明】

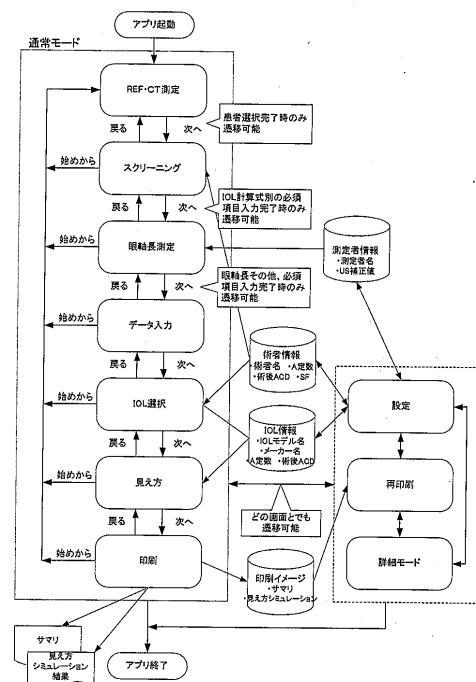
【0080】

- 1 眼内レンズ選択装置
- 10 角膜形状測定装置
- 20 眼軸長測定装置
- 30 CPU
- 35 記憶部
- 40 入力部
- 50 画面処理部
- 41 キーボード
- 42 プリンタ
- 43 モニタ

【図1】



【図2】



【図3】

【 図 5 】

【圖 4】

【 四 6 】

【図7】

【 四 8 】

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-119470(JP,A)
特開2005-288176(JP,A)
米国特許出願公開第2002/0103479(US,A1)
特開2006-116112(JP,A)
特開2000-279438(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 F	2 / 16		
A 61 F	9 / 00	- A 61 F	9 / 08
A 61 B	3 / 00	- A 61 B	3 / 18