

(19)日本国特許庁(J P)

# (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003 - 75785

(P2003 - 75785A)

(43)公開日 平成15年3月12日(2003.3.12)

(51) Int.Cl <sup>7</sup>	識別記号	F I	テ-マ-ト <sup>*</sup> (参考)
G 0 2 C 13/00		G 0 2 C 13/00	2 H 0 0 6
A 6 1 B 3/028		7/04	
G 0 2 C 7/04		A 6 1 B 3/02	A

審査請求 有 請求項の数 42 O L (全 26数)

(21)出願番号 特願2002 - 125049(P2002 - 125049)

(22)出願日 平成14年4月25日(2002.4.25)

(31)優先権主張番号 特願2001 - 187154(P2001 - 187154)

(32)優先日 平成13年6月20日(2001.6.20)

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 594156949  
株式会社ビジョンメガネ  
大阪府東大阪市長栄寺4番2号

(72)発明者 戸島 章雄  
兵庫県明石市鳥羽1978 - 10 プレステージ  
西明石2 602号

(72)発明者 吉田 武彦  
大阪府東大阪市長栄寺4番2号 株式会社ビ  
ジョンメガネ内

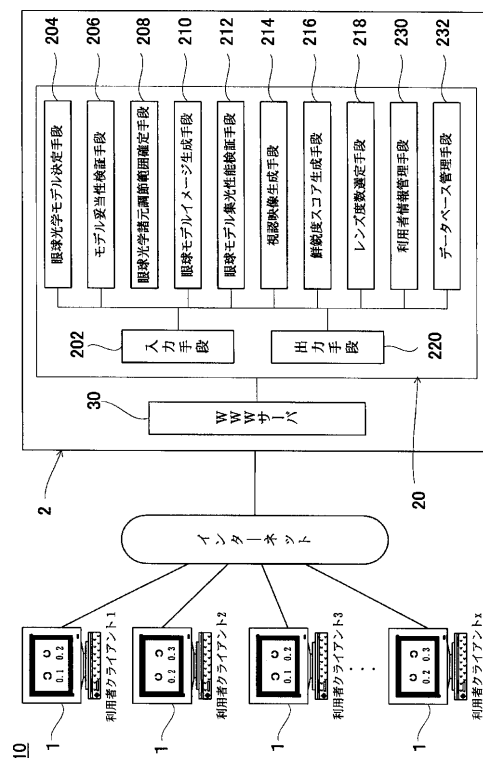
(74)代理人 100079577  
弁理士 岡田 全啓  
Fターム(参考) 2H006 BC07 DA05

## (54)【発明の名称】 眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムおよびその方法

### (57)【要約】

【課題】 各人の眼にあった眼鏡・コンタクトレンズの度数を決定することができる眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムおよびその方法を得る。

【解決手段】 本発明の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム20は、被検査者の眼の状態に関する情報を入力する入力手段202と、入力手段202により入力された眼の状態に関する情報に対応して、眼球光学モデルを決定する手段204と、眼球光学モデルを決定する手段により決定された眼球光学モデルを用いて、被検査者が眼鏡・コンタクトレンズを装着したときの集光性能を検証し、レンズ度数を選定するレンズ度数の選定手段218を含む。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 被検査者の眼の状態に関する情報を入力する入力手段と、

前記入力手段により入力された眼の状態に関する情報に対応して、眼球光学モデルを決定する手段と、

前記眼球光学モデルを決定する手段により決定された眼球光学モデルを用いて、被検査者が眼鏡・コンタクトレンズを装用したときの集光性能を検証し、レンズ度数を選定するレンズ度数の選定手段とを含む、眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項2】 前記入力手段は、乱視軸測定チャートを表示して、乱視軸を測定する手段を含む、請求項1に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項3】 前記入力手段は、遠点視力測定チャートを表示して、遠点視力を測定する手段を含む、請求項1または請求項2に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項4】 前記入力手段は、近点距離測定チャートを表示して、近点距離を測定する手段を含む、請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項5】 前記入力手段は、前記測定された遠点視力から遠点距離を演算する手段を有する、請求項3または請求項4に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項6】 前記入力手段は、前記演算された遠点距離から概算レンズ度数を決定する手段を有する、請求項5に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項7】 前記眼球光学モデルは、水晶体の前面皮質、核質および後面皮質の各層をそれぞれ複数のレンズの組合せで模擬する、請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項8】 前記眼球光学モデルは、前記水晶体を模擬する各レンズの屈折率が、レンズ中心からの距離にしたがって小さくなる特性を有する、請求項1ないし請求項7のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項9】 前記眼球光学モデルは、前記水晶体を模擬する各レンズの屈折率が、レンズ中心の屈折率・(レンズ中心からの直線距離の自乗値/屈折率分布係数)で表される屈折率の分布特性を有する、請求項8に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項10】 前記水晶体を模擬する各レンズの屈折率分布係数は、前記水晶体を模擬する複数のレンズの光軸方向中心から光軸方向への距離にしたがって小さくなる、請求項7ないし請求項9のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項11】 前記眼球光学モデルは、前記水晶体を模擬する各レンズの単位長さ当たりの調節力の配分を記述したパワー配分係数を用いて光学諸元を演算する、請

求項7ないし請求項10のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項12】 前記眼球光学モデルを決定する手段は、被検査者の年齢、概算レンズ度数等の眼の情報に基づきスタート眼球光学モデルを決定する、請求項1ないし請求項11のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項13】 前記眼球光学モデルを決定する手段は、前記入力された被検査者の近点距離から遠点距離までの間の任意の調節点において、眼球光学モデルの妥当性を検証する手段を有する、請求項1ないし請求項12のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項14】 前記入力された被検査者の近点距離と遠点距離との間の任意の調節点は、被検査者の近点距離と遠点距離とから算出された調節中点を含む、請求項13に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項15】 前記眼球光学モデルを決定する手段は、曲率半径と非球面の離心率とをパラメータとして自動収差補正処理を行う、請求項13または請求項14に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項16】 前記眼球光学モデルを決定する手段は、近点側および/または遠点側における調節限界において、眼球光学モデルの妥当性を検証する手段を含む、請求項1ないし請求項15のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項17】 前記眼球光学モデルを決定する手段は、決定した眼球光学モデルのイメージを表示する、請求項1ないし請求項16のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項18】 前記レンズ度数の選定手段は、使用用途に応じて定めた単数または複数の距離における集光性能を検証する機能を有する、請求項1ないし請求項17のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項19】 前記レンズ度数の選定手段は、裸眼状態の眼球光学モデルの集光状態を比較検証する機能を有する、請求項1ないし請求項18のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項20】 前記レンズ度数の選定手段は、前記眼球光学モデルによる視認映像のぼけ度合いを示す鮮鋭度スコアを演算する手段を含む、請求項1ないし請求項19のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項21】 前記レンズ度数の選定手段は、前記眼球光学モデルの模擬視認映像を提示する手段を含む、請求項1ないし請求項20のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システム。

【請求項22】 被検査者の眼の状態に関する情報を収集するステップと、前記収集ステップで収集された眼の

状態に関する情報に対応して、眼球光学モデルを決定するステップと、

前記眼球光学モデルを決定するステップにより決定された眼球光学モデルを用いて、被検査者が眼鏡・コンタクトレンズを装用したときの集光性能を検証し、レンズ度数を選定するステップとを含む、眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項23】 前記収集するステップは、乱視軸測定チャートを表示して、乱視軸を測定するステップを含む、請求項22に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項24】 前記収集するステップは、遠点視力測定チャートを表示して、遠点視力を測定するステップを含む、請求項22または請求項23に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項25】 前記収集するステップは、近点距離測定チャートを表示して、近点距離を測定するステップを含む、請求項22ないし請求項24のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項26】 前記収集するステップは、前記測定された遠点視力から遠点距離を演算するステップを有する、請求項24または請求項25に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項27】 前記収集するステップは、前記演算された遠点距離から概算レンズ度数を決定するステップを有する、請求項26に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項28】 前記眼球光学モデルは、水晶体の前面皮質、核質および後面皮質の各層をそれぞれ複数のレンズの組合せで模擬する、請求項22ないし請求項27のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項29】 前記眼球光学モデルは、前記水晶体を模擬する各レンズの屈折率が、レンズ中心からの距離にしたがって小さくなる特性を有する、請求項22ないし請求項28のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項30】 前記眼球光学モデルは、前記水晶体を模擬する各レンズの屈折率が、レンズ中心の屈折率 - (レンズ中心からの直線距離の自乗値 / 屈折率分布係数) で表される屈折率の分布特性を有する、請求項29に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項31】 前記水晶体を模擬する各レンズの屈折率分布係数は、前記水晶体を模擬する複数のレンズの光軸方向中心から光軸方向への距離にしたがって小さくなる、請求項28ないし請求項30のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項32】 前記眼球光学モデルは、前記水晶体を模擬する各レンズの単位長さ当たりの調節力の配分を記述したパワー配分係数を用いて光学諸元を演算する、請

\*請求項28ないし請求項31のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項33】 前記眼球光学モデルを決定するステップは、被検査者の年齢、概算レンズ度数等の眼の情報に基づきスタート眼球光学モデルを決定する、請求項22ないし請求項32のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項34】 前記眼球光学モデルを決定するステップは、前記入力された被検査者の近点距離から遠点距離までの間の任意の調節点において、眼球光学モデルの妥当性を検証するステップを有する、請求項22ないし請求項33のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項35】 前記入力された被検査者の近点距離と遠点距離との間の任意の調節点は、被検査者の近点距離と遠点距離とから算出された調節中点を含む、請求項34に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項36】 前記眼球光学モデルを決定するステップは、曲率半径と非球面の離心率とをパラメータとして自動収差補正処理を行う、請求項34または請求項35に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項37】 前記眼球光学モデルを決定するステップは、近点側および/または遠点側における調節限界において、眼球光学モデルの妥当性を検証するステップを含む、請求項22ないし請求項36のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項38】 前記眼球光学モデルを決定するステップは、決定した眼球光学モデルのイメージを表示する、請求項22ないし請求項37のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項39】 前記レンズ度数の選定するステップは、使用用途に応じて定めた単数または複数の距離における集光性能を検証するステップを有する、請求項22ないし請求項38のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項40】 前記レンズ度数の選定するステップは、裸眼状態の眼球光学モデルの集光状態を比較検証するステップを有する、請求項22ないし請求項39のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項41】 前記レンズ度数の選定するステップは、前記眼球光学モデルによる視認映像のぼけ度合いを示す鮮鋭度スコアを演算するステップを含む、請求項22ないし請求項40のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【請求項42】 前記レンズ度数の選定するステップは、前記眼球光学モデルの模擬視認映像を提示するステップを含む、請求項22ないし請求項41のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、眼鏡・コンタクトレンズの度数決定システムおよびその方法に関し、特に、ネットワーク上で何人も自覚視力測定あるいは眼鏡・コンタクトレンズの度数決定を行うことができる遠隔自覚視力測定システムに用いて好適な、眼鏡・コンタクトレンズの度数決定システムおよびその方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の眼鏡レンズを選定する手段として、眼球モデルを利用した方法がある。眼球モデルとしては、Gullstrandの模型眼、Le-Grandの模型眼がよく知られている。この模型眼は、もっぱら眼鏡レンズの設計と評価用に用いられてきた。眼鏡レンズの設計の場合、眼の光学モデルとして標準的なモデルを一つ準備すれば、標準的な眼の場合のいろいろな度数のレンズを設計することができる。それで済むのは、ある人の眼の構造がどうであれ、選べる眼鏡レンズの度数が0.25D毎に用意されているため、実際に掛けてみれば矯正に適する眼鏡レンズは必ず見つかるからである。つまり選択の自由度があるからである。一方、現在、裸眼視力あるいは矯正後の視力の測定を行うには、眼科医に行き診察を受けることによって行われたり、あるいは眼鏡店に用意されている視力測定機器をもって視力の測定が行われている。近年、例えば、インターネットのようなネットワーク上で、仮想的な商店街が形成されているが、この仮想的な商店街に設けられた眼鏡店舗においてオンラインで裸眼視力及び矯正視力の測定をできるシステムは存在しない。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】ところが、各人の眼にあった眼鏡レンズの度数を唯一決定しようとする場合、眼球モデルのように眼の光学モデルを万人共通と考えたのでは光学計算の誤差が大きくなり、決定することができない。各人の眼の光学モデルを逐一構築することによってはじめて実現できる。従来の模型眼をそのまま流用することの問題点は、次のようなことがある。

- ・従来の模型眼は、欧米人の測定値をもとにしたものであり、他の人種、たとえば、日本人の生体眼の実測値に近い模型を構築しようとする場合には、使うことができない。たとえば、角膜曲率半径の場合、欧米人と比して日本人のほうが曲率半径は小さい。

- ・測定値の平均値から一つのモデルを作成している。文献によると前房深度は年齢に応じて変化するというデータや、軽度の近視の場合、眼軸長は近視度と相関があるというデータがあり、明らかに各人の年齢、近視度に応じた眼球光学モデルを構築する必要がある。

- ・水晶体の屈折率は不均質な分布をしているのに平均屈折率を使用している。水晶体の構造を2重構造にして単純化しているため、光線追跡結果の誤差が大きい。一方、医療機関や眼鏡店に行くには、時間や距離等から困難な場合に、インターネットを介して遠隔的に視力を測

定することができるシステムの実現が待ち望まれている。特に、現在掛けている眼鏡によってあるいはコンタクトによっては従来と比較して物が見づらくなってきているような場合、眼鏡やコンタクトの買換えをする必要があるかどうかを判断するために、遠隔的に裸眼視力あるいは矯正後の視力の測定を行うことが出来ると極めて便利である。それゆえに、この発明の主たる目的は、各人の眼にあった眼鏡・コンタクトレンズの度数を決定することができるシステムおよびその方法を提供することである。

【0004】

【課題を解決するための手段】

【0005】請求項1に記載の発明は、被検査者の眼の状態に関する情報を入力する入力手段と、入力手段により入力された眼の状態に関する情報に対応して、眼球光学モデルを決定する手段と、眼球光学モデルを決定する手段により決定された眼球光学モデルを用いて、被検査者が眼鏡・コンタクトレンズを装用したときの集光性能を検証し、レンズ度数を選定するレンズ度数の選定手段を含む、眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。この場合には、被検査者固有の眼球光学モデルが構築されて、その眼球光学モデルを用いてレンズ度数の選定が行われる。これにより、被検査者に最も適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0006】請求項2に記載の発明は、入力手段が、乱視軸測定チャートを表示して、乱視軸を測定する手段を含む、請求項1に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。これにより、被検査者の乱視軸を把握することが可能である。

【0007】請求項3に記載の発明は、入力手段が、遠点視力測定チャートを表示して、遠点視力を測定する手段を含む、請求項1または請求項2に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。これにより、被検査者の遠点視力を把握することが可能である。

【0008】請求項4に記載の発明は、入力手段が、近点距離測定チャートを表示して、近点距離を測定する手段を含む、請求項1ないし請求項3のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。これにより、被検査者の近点距離を把握することが可能である。

【0009】請求項5に記載の発明は、入力手段が、測定された遠点視力から遠点距離を演算する手段を有する、請求項3または請求項4に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。この場合には、遠点視力から遠点距離が演算され、その値に基づいて眼球光学モデルが決定される。これにより、被検査者は、実際に遠点距離を測ることなく遠点視力を測ることにより被検査者に最も適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。これは、被検査者が狭い

部屋などにおいて、眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定する場合において好適である。

【0010】請求項6に記載の発明は、入力手段が、演算された遠点距離から概算レンズ度数を決定する手段を有する、請求項5に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。この場合には、被検査者の年齢、近点距離および遠点距離を入力することで眼球光学モデルが決定される。これにより、被検査者は年齢、近点距離および遠点距離を入力することで、被検査者に最も適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0011】請求項7に記載の発明は、眼球光学モデルが、水晶体の前面皮質、核質および後面皮質の各層をそれぞれ複数のレンズの組合せで模擬する、請求項1ないし請求項6のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。この場合には、実際の眼球の構造に類似した構成の眼球光学モデルを構築することができる。これにより、さらに被検査者に適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0012】請求項8に記載の発明は、眼球光学モデルが、水晶体を模擬する各レンズの屈折率が、レンズ中心からの距離にしたがって小さくなる特性を有する、請求項1ないし請求項7のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。この場合には、さらに、実際の眼球の構造に類似した構成の眼球光学モデルを構築することができる。これにより、さらに被検査者に適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0013】請求項9に記載の発明は、眼球光学モデルが、水晶体を模擬する各レンズの屈折率が、レンズ中心の屈折率 - (レンズ中心からの直線距離の自乗値 / 屈折率分布係数) で表される屈折率の分布特性を有する、請求項8に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。この場合にも、さらに、実際の眼球の構造に類似した構成の眼球光学モデルを構築することができる。これにより、さらに被検査者に適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0014】請求項10に記載の発明は、水晶体を模擬する各レンズの屈折率分布係数は、水晶体を模擬する複数のレンズの光軸方向中心から光軸方向への距離にしたがって小さくなる、請求項7ないし請求項9のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。この場合にも、さらに、実際の眼球の特性に類似した構成の眼球光学モデルを構築することができる。これにより、さらに被検査者に適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0015】請求項11に記載の発明は、眼球光学モデルが、水晶体を模擬する各レンズの単位長さ当たりの調節力の配分を記述したパワー配分係数を用いて光学諸元

を演算する、請求項7ないし請求項10のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。この場合にも、さらに、実際の眼球の調節力を考慮した眼球光学モデルを構築することができる。これにより、さらに被検査者に適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0016】請求項12に記載の発明は、眼球光学モデルを決定する手段が、被検査者の年齢、概算レンズ度数等の眼の情報に基づきスタート眼球光学モデルを決定する、請求項1ないし請求項11のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。この場合には、被検査者の年齢、概算レンズ度数等の情報に基づいて、眼球光学モデルが選定され、被検査者に最も適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数が選定される。これにより、被検査者は年齢と、概算レンズ度数等を算出するために必要な情報を入力するだけで、被検査者に最も適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0017】請求項13に記載の発明は、眼球光学モデルを決定する手段が、入力された被検査者の近点距離から遠点距離までの間の任意の調節点において、眼球光学モデルの妥当性を検証する手段を有する、請求項1ないし請求項12のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。この場合には、さらに綿密に被検査者の眼球を模擬した眼球光学モデルを決定する。これにより、さらに被検査者に適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0018】請求項14に記載の発明は、入力された被検査者の近点距離と遠点距離との間の任意の調節点は、被検査者の近点距離と遠点距離とから算出された調節中点を含む、請求項13に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。これにより、調節力をそれぞれ緊張側または弛緩側に等分配分することができる。

【0019】請求項15に記載の発明は、眼球光学モデルを決定する手段が、曲率半径と非球面の離心率とをパラメータとして自動収差補正処理を行う、請求項13または請求項14に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。この場合には、自動収差補正処理が短い時間で行なわれる。これにより、迅速に被検査者に最も適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0020】請求項16に記載の発明は、眼球光学モデルを決定する手段が、近点側および/または遠点側における調節限界において、眼球光学モデルの妥当性を検証する手段を含む、請求項1ないし請求項15のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。これにより、さらに被検査者に適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0021】請求項17に記載の発明は、眼球光学モデルを決定する手段が、決定した眼球光学モデルのイメー

ジを表示する、請求項 1 ないし請求項 16 のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。これにより、被検査者は自分の眼球光学モデルがどのように決定されたのかを閲覧することが可能である。

【0022】請求項 18 に記載の発明は、レンズ度数の選定手段が、使用用途に応じて定めた単数または複数の距離における集光性能を検証する機能を有する、請求項 1 ないし請求項 17 のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。この場合には、実際の使用用途に応じた 3 つの距離に集光性能が算出され、これにより、選定したレンズが使用用途に適した物なのか被検査者が容易に判断することが可能となる。

【0023】請求項 19 に記載の発明は、レンズ度数の選定手段が、裸眼状態の眼球光学モデルの集光状態と比較検証する機能を有する、請求項 1 ないし請求項 18 のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。この場合には、裸眼状態と矯正後の状態における集光状態が比較検証することで、眼鏡やコンタクトレンズを装着したときにどのような変化が生ずるかが明確となる。これにより、さらに的確なレンズの選定を正確に行うことができる。

【0024】請求項 20 に記載の発明は、レンズ度数の選定手段が、眼球光学モデルによる視認映像のぼけ度合いを示す鮮鋭度スコアを演算する手段を含む、請求項 1 ないし請求項 19 のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。この場合には、裸眼状態と矯正後の状態における集光状態が比較検証することで、どのような変化があったのか明確となる。これにより、さらに的確なレンズの選定を正確に行うことができる。

【0025】請求項 21 に記載の発明は、レンズ度数の選定手段が、眼球光学モデルの模擬視認映像を提示する手段を含む、請求項 1 ないし請求項 20 のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムである。この場合には、被検査者が視認する映像のぼけ度合いを直接画面上で視認して確認することができる。これにより、被検査者は容易にレンズの選定を行うことができる。

【0026】請求項 22 に記載の発明は、被検査者の眼の状態に関する情報を収集するステップと、収集ステップで収集された眼の状態に関する情報に対応して、眼球光学モデルを決定するステップと、眼球光学モデルを決定するステップにより決定された眼球光学モデルを用いて、被検査者が眼鏡・コンタクトレンズを装着したときの集光性能を検証し、レンズ度数を選定するステップとを含む、眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。この場合には、被検査者固有の眼球光学モデルが構築されて、その眼球光学モデルを用いてレンズ度数の選定が行われる。これにより、被検査者に最も適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能であ

る。

【0027】請求項 23 に記載の発明は、収集するステップが、乱視軸測定チャートを表示して、乱視軸を測定するステップを含む、請求項 22 に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。これにより、被検査者の乱視軸を把握することが可能である。

【0028】請求項 24 に記載の発明は、収集するステップが、遠点視力測定チャートを表示して、遠点視力を測定するステップを含む、請求項 22 または請求項 23 に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。これにより、被検査者の遠点視力を把握することが可能である。

【0029】請求項 25 に記載の発明は、収集するステップが、近点距離測定チャートを表示して、近点距離を測定するステップを含む、請求項 22 ないし請求項 24 のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。これにより、被検査者の近点距離を把握することが可能である。

【0030】請求項 26 に記載の発明は、収集するステップが、測定された遠点視力から遠点距離を演算するステップを有する、請求項 24 または請求項 25 に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。これにより、被検査者は、実際に遠点距離を測ることなく遠点視力を測ることにより被検査者に最も適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。これは、被検査者が狭い部屋などにおいて、眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定する場合において好適である。

【0031】請求項 27 に記載の発明は、収集するステップが、演算された遠点距離から概算レンズ度数を決定するステップを有する、請求項 26 に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。この場合には、被検査者の年齢、近点距離および遠点距離を入力することで眼球光学モデルが決定される。これにより、被検査者は年齢、近点距離および遠点距離を入力することで、被検査者に最も適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0032】請求項 28 に記載の発明は、眼球光学モデルが、水晶体の前面皮質、核質および後面皮質の各層をそれぞれ複数のレンズの組合せで模擬する、請求項 22 ないし請求項 27 のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。この場合には、実際の眼球の構造に類似した構成の眼球光学モデルを構築することができる。これにより、さらに被検査者に適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0033】請求項 29 に記載の発明は、眼球光学モデルが、水晶体を模擬する各レンズの屈折率が、レンズ中心からの距離にしたがって小さくなる特性を有する、請求項 22 ないし請求項 28 のいずれかに記載の眼鏡・コ

ンタクトレンズ度数決定方法である。この場合には、さらに、実際の眼球の構造に類似した構成の眼球光学モデルを構築することができる。これにより、さらに被検査者に適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0034】請求項30に記載の発明は、眼球光学モデルは、水晶体を模擬する各レンズの屈折率が、レンズ中心の屈折率 - (レンズ中心からの直線距離の自乗値 / 屈折率分布係数) で表される屈折率の分布特性を有する、請求項29に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。この場合にも、さらに、実際の眼球の構造に類似した構成の眼球光学モデルを構築することができる。これにより、さらに被検査者に適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0035】請求項31に記載の発明は、水晶体を模擬する各レンズの屈折率分布係数が、水晶体を模擬する複数のレンズの光軸方向中心から光軸方向への距離にしたがって小さくなる、請求項28ないし請求項30のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。この場合にも、さらに、実際の眼球の特性に類似した構成の眼球光学モデルを構築することができる。これにより、さらに被検査者に適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0036】請求項32に記載の発明は、眼球光学モデルは、水晶体を模擬する各レンズの単位長さ当たりの調節力の配分を記述したパワー配分係数を用いて光学諸元を演算する、請求項28ないし請求項31のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。この場合にも、さらに、実際の眼球の調節力を考慮した眼球光学モデルを構築することができる。これにより、さらに被検査者に適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0037】請求項33に記載の発明は、眼球光学モデルを決定するステップが、被検査者の年齢、概算レンズ度数等の眼の情報に基づきスタート眼球光学モデルを決定する、請求項22ないし請求項32のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。この場合には、被検査者の年齢、概算レンズ度数等の情報に基づいて、眼球光学モデルが選定され、被検査者に最も適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数が選定される。これにより、被検査者は年齢と、概算レンズ度数等を算出するために必要な情報を入力するだけで、被検査者に最も適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0038】請求項34に記載の発明は、眼球光学モデルを決定するステップが、入力された被検査者の近点距離から遠点距離までの間の任意の調節点において、眼球光学モデルの妥当性を検証するステップを有する、請求項22ないし請求項33のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。この場合には、さら

に綿密に被検査者の眼球を模擬した眼球光学モデルを決定する。これにより、さらに被検査者に適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0039】請求項35に記載の発明は、入力された被検査者の近点距離と遠点距離との間の任意の調節点は、被検査者の近点距離と遠点距離とから算出された調節中点を含む、請求項34に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。これにより、調節力をそれぞれ緊張側または弛緩側に等分配分することができる。

【0040】請求項36に記載の発明は、眼球光学モデルを決定するステップが、曲率半径と非球面の離心率とをパラメータとして自動収差補正処理を行う、請求項34または請求項35に記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。この場合には、自動収差補正処理が短い時間で行なわれる。これにより、迅速に被検査者に最も適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0041】請求項37に記載の発明は、眼球光学モデルを決定するステップが、近点側および/または遠点側における調節限界において、眼球光学モデルの妥当性を検証するステップを含む、請求項22ないし請求項36のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。これにより、さらに被検査者に適した眼鏡・コンタクトレンズのレンズ度数を選定することが可能である。

【0042】請求項38に記載の発明は、眼球光学モデルを決定するステップが、決定した眼球光学モデルのイメージを表示する、請求項22ないし請求項37のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。これにより、被検査者は自分の眼球光学モデルがどのように決定されたのかを閲覧することが可能である。

【0043】請求項39に記載の発明は、レンズ度数の選定するステップが、使用用途に応じて定めた単数または複数の距離における集光性能を検証するステップを有する、請求項22ないし請求項38のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。この場合には、実際の使用用途に応じた3つの距離に集光性能が算出される。これにより、選定したレンズが使用用途に適した物なのか被検査者が容易に判断することが可能となる。

【0044】請求項40に記載の発明は、レンズ度数の選定するステップが、裸眼状態の眼球光学モデルの集光状態を比較検証するステップを有する、請求項22ないし請求項39のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。この場合には、裸眼状態と矯正後の状態における集光状態が比較検証することで、眼鏡やコンタクトレンズを装用したときに、どのような変化が生ずるのか明確となる。これにより、さらに的確なレンズの選定を正確に行うことができる。

【0045】請求項41に記載の発明は、レンズ度数の選定するステップが、眼球光学モデルによる視認映像のぼけ度合いを示す鮮鋭度スコアを演算するステップを含む、請求項22ないし請求項40のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。この場合には、裸眼状態と矯正後の状態における集光状態が比較検証することで、どのような変化があったのか明確となる。これにより、さらに的確なレンズの選定を正確に行うことができる。

【0046】請求項42に記載の発明は、レンズ度数の選定するステップが、眼球光学モデルの模擬視認映像を提示するステップを含む、請求項22ないし請求項41のいずれかに記載の眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法である。この場合には、被検査者が視認する映像のぼけ度合いを直接画面上で視認して確認することができる。これにより、被検査者は容易にレンズの選定を行うことができる。

【0047】この発明の上述の目的、その他の目的、特徴および利点は、図面を参照して行う以下の発明の実施の形態の詳細な説明から一層明らかとなる。

#### 【0048】

【発明の実施の形態】図1は、この発明の一実施形態における眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムを適用した眼鏡・コンタクトレンズ度数決定サーバを備えた遠隔自覚視力測定システムの構成例を示す図である。図1に示すように、この遠隔自覚視力測定システム10は、利用者クライアント1、電子サービスセンタ2のハードウェアから構成される。これらはネットワークで物理的に接続されている。なお、以下の説明では、利用者クライアント1、電子サービスセンタ2を接続するネットワークがインターネットであるものとして説明を行う。この遠隔自覚視力測定システム10は、利用者クライアント1から入力された年齢や着用条件と、近視、遠視および乱視の度数等の視力測定データに基づいて、被検査者固有の眼球光学モデルを構築し、被検査者に最適な度数を決定できるシステムであって、電子サービスセンタ2を備える。

【0049】電子サービスセンタ2は、眼鏡・コンタクトレンズ度数決定サーバ20を備え、入力手段202、眼球光学モデル決定手段204、モデル妥当性検証手段206、眼球光学諸元調節範囲確定手段208、眼球光学モデルイメージ生成手段210、眼球光学モデル集光性能検証手段212、視認映像生成手段214、鮮鋭度スコア生成手段216、レンズ度数選定手段218、出力手段220、利用者情報管理手段230およびデータベース管理手段232を備え、さらに、WWW(World Wide Web)サーバ30を備える。具体的には、パーソナルコンピュータ、ワークステーション、サーバ等を含む情報処理機器をもって構成されている。データベース管理手段232によって管理されるデータベースは、磁気

ディスク装置、光ディスク装置等の記憶装置内に格納される。そして、電子サービスセンタ2は、広域コンピュータネットワーク(インターネット)を介して、利用者クライアント1と接続される。

【0050】WWWサーバ30は、利用者クライアント1が電子サービスセンタ2のデータベース管理手段232等にアクセスするためのインターフェイスとして用いられる、ホームページを提供する。また、WWWサーバ30は、データベース管理手段232が管理するデータベースに対して登録・閲覧要求等を行う権限を有する利用者であるかどうか等をパスワード・識別子(ID)で認証する、利用者認証手段(図示しない)を有する。

【0051】レンズ度数選定手段218は、被検査者が眼鏡・コンタクトレンズを装着したときの光学性能を検証し、レンズ度数を選定する。

【0052】入力手段202は、被検査者の着用条件、年齢、近点距離、遠点距離等の被検査者の目の情報を入力することができるように構成されている。また、入力手段202は、乱視軸測定チャートを表示して乱視軸を測定する乱視軸測定手段と、遠点視力を測定する遠点視力測定チャートを表示して遠点距離を測定する遠点視力測定手段と、近点距離測定チャートを表示して近点距離を測定する近点距離測定手段と、遠点視力から遠点距離を算出する遠点距離算出手段と、遠点距離などから概算レンズ度数を決定する手段を有する。

【0053】眼球光学モデル決定手段204は、被検査者の年齢、概算レンズ度数等の眼の情報に基づきスタート眼球光学モデルを決定することができるように構成されている。そして、眼球光学モデル決定手段204は、被検査者の近点距離と遠点距離とから算出された調節中点における被検査者の眼球における集光状態が最適となるような眼球の光学諸元によって眼球光学モデルを決定するように構成されている。なお、この実施形態においては、被検査者の眼球の調節力を緊張側または弛緩側に等分に配分することにより、眼球が限界まで緊張または限界まで弛緩した状態を構築できることから、調節中点における眼球光学モデルを決定するように構成した。

【0054】以下、本実施形態において構築する眼球光学モデルについて説明を行う。眼球光学モデルとは、図2に示すような人の眼球と眼鏡・コンタクトレンズなどのレンズとを、図3に示すような複数のレンズから光学係数値モデルとして構築したものである。眼球光学モデルは、図3に示すように、眼球の光線屈折要素たる、角膜、前房、水晶体、硝子体と、光学評価面たる網膜とから構成される。これらの要素について以下の光学諸元に基づいて、眼球光学モデルが構築される。

眼鏡・コンタクトレンズ：レンズ前面の曲率半径 $R_1$ 、厚み、屈折率、レンズ後面の曲率半径 $R_2$   
 角膜：前面の曲率半径 $R_3$ 、厚み、屈折率、後面の曲率半径 $R_4$

前房：厚み、屈折率

水晶体：前面皮質の曲率半径（6層のレンズにより前面皮質を模擬し、それぞれのレンズの境界面の曲率半径R5、R6、R7、R8、R9、R10、R11）および厚み、核質の曲率半径（8層のレンズにより核質を模擬し、それぞれのレンズの境界面の曲率半径R11、R12、R13、R14、R15、R16、R17、R18、R19）および厚み、後面皮質の曲率半径（6層のレンズにより後面皮質を模擬し、それぞれのレンズの境界面の曲率半径R19、R20、R21、R22、R23、R24、R25）および厚み、そしてそれぞれ屈折率

硝子体：屈折率、厚み

網膜：曲率半径R26

なお、上述した光学諸元は各個人の年齢や眼球の調節能力により異なるが、この実施形態においては、日本人を対象とした生体計測データの値と文献データの値とを基準に標準パターンとして光学眼球光学モデルをあらかじめ構築している。

【0055】以下は眼球光学モデルを構築するのに適用可能な文献データの一例である。

(i) 前房深度について

日本眼科学会誌 第62巻11号(1958)相沢克夫「前房深度に関する研究」によれば、前房深度と年齢との関係において、

08~15歳	3.66mm
16~30歳	3.71
31~51歳	3.51
51~77歳	3.18

のような変化がある。すなわち前房深度は弱年期より身体の発育に平行して次第にその深度を増し、成年期において最も深くなり、その後は身体の退化現象と一致して順次浅くなって行く傾向があると述べている。

(ii) 眼軸長について

日本眼科学会誌 第63巻7号(1959)佐藤勉他「近視の本態に関する研究その1」によれば、軽度の近視の場合、眼軸長は近視度が強くなると共に次第に値を増し、両者の間に見事な相関があることを示している\*

概算レンズ度数 年齢区分 (D)	0	-2	-4	-6
18(10~26)	3.58	3.75	3.87	3.98
36(27~44)	3.42	3.57	3.70	3.80
47(45~49)	3.10	3.25	3.37	3.44
55(50~59)	2.94	3.10	3.23	3.31

【0059】表2は、年齢と概算レンズ度数との相関性から適用した眼軸長の値である。

【0060】

【表2】

\*述べている。

(iii) 水晶体の重量について

書名 The eye, 出版者 New York ; London : Academic Press, 著者標目 Davson, Hugh, 1909-, Graham, L.

T., Jr.によれば、水晶体の重量は、

20~39歳 174mg

40~59歳 204mg

80~99歳 266mg

のように加齢と共に増加の一途をたどることが述べられている。

(iv) 水晶体厚径について

新臨床眼科全書3A 市川宏ほか編 金原出版 1993

によれば、水晶体厚径は、年齢と共に増加すると述べている。

【0056】上述した文献の値および生体計測データの値を適用して予め構築した眼球光学モデルは、スタート眼球光学モデルとして用いられる。スタート眼球光学モデルは、年齢および概算レンズ度数が同じ値である場合に大体共通した眼球の特性を有することに着目して、全ての年齢および概算レンズ度数の組合せについて、スタート眼球モデルを構築するのではなく、縦軸に年齢区分、横軸に概算レンズ度数区分を設け、それぞれの区分の中央値における眼球光学モデルをあらかじめ構築する。縦軸をM区分、横軸をN区分とするとM×N個のスタート眼球光学モデルが構築される。すなわち、縦軸を年齢区分（たとえば20才までは5歳きざみ、20才以上は6歳刻みや10歳刻みなど）、横軸を概算レンズ度数（たとえば1.0D刻み）とした表において、各区分の中央値の組合せ（たとえば35歳で必要補正量が-2.5Dのレンズ度数）におけるスタート眼球光学モデルをあらかじめ構築する。以下、本実施形態において構築したスタート眼球モデルの光学諸元の幾つかの値を例示する。

【0057】表1は、年齢と概算レンズ度数との相関性から適用した前房深度の値である。

【0058】

【表1】

概算レンズ度数 年齢区分 (D)	0	-2	-4	-6
18(10~26)	23.50	24.40	25.10	26.02
36(27~44)	23.70	24.50	25.20	26.00
47(45~49)	23.70	24.50	25.20	26.00
55(50~59)	23.70	24.50	25.20	26.00

きな変化が現れないため、年齢区分「55(50~59)」と同じ値を使用するように、この実施形態においては構成した。

【0062】また、この実施形態においては、上述した文献データ等に内容に基づいて、眼球光学モデル決定手段により構築する水晶体各層のレンズについて、次のようなパラメータを導入した。以下、眼球光学モデルの水晶体に対応する光学諸元について導入したパラメータについて説明を行う。

【0063】眼球光学モデル構築手段により構築される水晶体各層のレンズの非球面は、次式で表されるように決定する。

【0064】

【式1】 
$$Z = \frac{CY^2}{1 + \sqrt{1 - (K+1)C^2Y^2}} + A_4Y^4 + A_6Y^6 + A_8Y^8 + \dots$$

【0065】式1において、Rは基準球面半径、Cは1/R、Kは離心率である。ただし非球面係数であるA4、A6、A8・・・は第1項により十分にレンズの形状が表されるので、すべて0として値をとる。

【0066】また、水晶体を模擬する各レンズは、部位により屈折率が異なる不均質な屈折率の分布を有するものとして構成する。なお、図4に示すように、各レンズのレンズ中心から光軸に直交する方向に距離rだけ離れた位置における屈折率nrは、次式により表される。

【0067】

【式2】 
$$n_r = n_{r_0} - \Delta n(r)$$

【0068】ただし、式2において、nr0はレンズ中心における屈折率、n(r)はレンズ中心からの距離に応じて減ずる屈折率の量であり、Δn(r)は、次式により表される。

【0069】

【式3】 
$$\Delta n(r) = r^2 / K_s$$

【0070】ただし、式3において、Ksは屈折率分布係数であり、この値によりレンズの屈折率分布の不均質の度合いを表す。この係数の値は、上述した文献データ等に基づいて各レンズ毎に定められるが、水晶体の中心部ほど屈折率が高いことに着目して、表3に示すように、水晶体を模擬する複数のレンズの光軸方向の中心部に近いレンズほど、高い値を有するように構成した。

【0071】

【表3】

Table with 2 columns: レンズ (Lens) and 屈折率分布係数 (Refractive Index Distribution Coefficient). Rows include R5-R6 (250), R8-R9 (290), R11-R12 (325), R13-R14 (360), R17-R18 (400), R19-R20 (360), R22-R23 (300).

【0072】以上より、たとえば屈折率分布係数Ksの値が200であるレンズのレンズ中心における屈折率nr0が1.410である場合には、レンズ中心より1.0mm離れた部分での屈折率は1.405となり、1.5mm離れた場合には1.399となる。

【0073】さらに、眼球光学モデル構築手段は、眼球が緊張または弛緩することにより、屈折力を調節するように、水晶体を模擬する各レンズの単位長さ当たりの調節力の配分を記述したパワー配分係数を用いて光学諸元を演算して、水晶体が弛緩、緊張した状態を模擬するように光学諸元を決定する。この実施形態において、パワー配分係数を用いて各レンズの光学諸元を変化させる値は、屈折率分布係数Ksと非球面係数Kと曲率半径Rとした。以下、それについて例をもって説明する。

【0074】調節中位点における眼球光学モデルの光学諸元が決定されている場合には、調節中点から-aD側(近点距離)、または+aD側(遠点距離)だけ調節を行えんとする。なお、ここでいうDとは、ディオプトリのことであり、この値は、レンズの基準点から焦点までの距離(単位はメートル)の逆数で表されるものである。このとき、弛緩側にbD分だけ調節を行った場合には、眼球光学モデルの水晶体のレンズの諸元は、パワー配分係数を使用して、調節中点での屈折率分布係数Ks、非球面係数Kおよび曲率半径Rの値を(1+x\*b/a)倍することにより弛緩した状態の眼球を模擬する眼球光学モデルが決定される。反対に、緊張側にbD分だけ調節を行った場合には、調節中点での光学諸元の値を(1-x\*b/a)倍することにより緊張した状態の眼球を模擬する眼球光学モデルが決定される。このように、スタート眼球光学モデルは、調節力に応じて水晶体の上記光学諸元を変化させることにより、任意の弛緩または緊張の度合いを表す眼球光学モデルで構築されている。

【0075】ここで一例を示すと、被検査者の近点距離でのレンズ度数を-10.2Dで、遠点距離が-0.2Dである場合、調節中位点でのレンズ度数は-5.02Dとなる。ここで調節中点における各レンズの屈折率分布係数Ksが表4の左から2つ目の欄に示されている値の場合には、各レンズのの値と調節量の値から、弛緩側および緊張側の屈折率分布係数Ksは、表4に示すような値となる。

【0076】

【表4】

70

レンズ	調節中点屈折率分布係数 $K_s$	$\alpha$	弛緩側屈折率分布係数 $K_s$	緊張側屈折率分布係数 $K_s$
R5-R6	250	0.400	350.0	150.0
R8-R9	290	0.388	402.5	177.5
R11-R12	325	0.385	450.0	200.0
R13-14	360	0.382	497.5	222.5
R17-R18	400	0.375	550.0	250.0
R19-R20	360	0.360	489.6	230.4
R22-R23	300	0.333	399.9	200.1

【0077】また、非球面係数Kについても、表5に示すような値となる。

【0078】

【表5】

境界面番号	調節中点非球面係数K	$\alpha$	弛緩側非球面係数K	緊張側非球面係数K
R5	2.000	0.700	3.400	0.600
R8	-0.600	0.700	-1.020	-0.180
R11	-0.800	0.700	-1.360	-0.240
R13	-1.000	0.700	-1.700	-0.300
R17	-1.200	0.700	-2.040	-0.360
R19	-1.100	0.700	-1.870	-0.330
R22	-1.000	0.700	-1.700	-0.300
R25	-0.200	0.700	-0.340	-0.060

【0079】基準球面半径Rについては、表6に示すような値となる。

【0080】

10 【表6】

境界面番号	調節中点基準球面半径R	$\alpha$	弛緩側基準球面半径R	緊張側基準球面半径R
R5	7.122	-0.295	10.102	5.500
R8	5.308	-0.299	7.572	4.086
R11	4.230	-0.301	6.052	3.251
R13	3.622	-0.341	5.496	2.701
R17	-3.346	-0.240	-4.400	-2.699
R19	-3.833	-0.183	-4.692	-3.240
R22	-4.634	-0.144	-5.414	-4.051
R25	-5.858	-0.085	-6.402	-5.399

【0081】なお、この実施形態においてパワー配分係数は、日本人を対象とした生体計測データの値や文献データの値など基にして求められている。

【0082】モデル妥当性検証手段206は、中点と、20 近点側および遠点側における調節限界において、眼球光学モデルの妥当性を検証する。

【0083】眼球光学諸元調節範囲確定手段208は、調節中点における眼球の調節範囲を確定するように構成され、さらに、調節中点における眼球の調節範囲を確定した眼球光学モデルのイメージを表示するように構成されている。

【0084】さらに、眼球光学モデル集光性能検証手段212は、使用用途に応じて定めた3つの距離における眼球光学モデルの集光状態を検証する。なお、使用用途30 に応じて定めた3つの距離として、例えば、読書やデスクワークを想定した0.3m(近距離)、パソコンの作業などを想定した0.5~0.6m(中間距離)、車の運転を想定した5m(遠距離)である。また、眼球光学モデル集光性能検証手段212は、裸眼状態の眼球光学モデルの集光状態を比較検証する機能を有する。

【0085】視認映像生成手段214は、眼鏡・コンタクトレンズにより矯正をする前および/または矯正をした後における、被検査者の視認映像を生成する。

【0086】鮮鋭度スコア生成手段216は、眼鏡・コ40 ンタクトレンズによる矯正をする前および/または矯正をした後における、被検査者の視認の鮮鋭度スコアを導き出す。

【0087】利用者クライアント1は、利用者により視

力測定を申し込む際に利用される端末であり、例えばパーソナルコンピュータにより実現される。

【0088】利用者クライアント1は、利用者であるユーザとの間のインターフェイスとなる入出力装置であり、具体的には、キーボード、マウスなどの入力装置、並びに、ディスプレイなどの出力装置によって実現される。この利用者クライアント1は、電子サービスセンタ2のWWWサーバ30と各種のデータのやり取りを行うインターフェイスとしてWWWブラウザ等のアクセス手段を有する。この利用者クライアント1が、パーソナルコンピュータである場合には、WWWブラウザは、そのメモリに格納されるプログラムとして実現される。

【0089】以下、このシステムをインターネット(広域コンピュータネットワーク)等のネットワーク上において、ホームページ等を利用して実現する場合について説明する。

【0090】まず、電子サービスセンタ2は、WWWサーバ30により、インターネット上にホームページを立ち上げる。利用者は、広域コンピュータネットワークに接続された利用者クライアント1のWWWブラウザ等のアクセス手段により、電子サービスセンタ2のホームページをインターフェイスとする利用者情報管理手段230にアクセスし、視力測定を要求する。電子サービスセンタ2は、WWWサーバ30が有する利用者認証手段によって、利用者のパスワードおよび/又は利用者識別子(ID)の利用者認証情報により、利用者が正規に登録された会員であることを認証した上で、電子サービスセンタ2の利用者情報管理手段230は、利用者より広域

コンピュータネットワークを介して登録が要求されて送信された情報を利用者情報データベースに書き込み管理する。

【0091】この時、利用者が初めて視力測定システムを利用する者であることが判明した場合は、住所、氏名、生年月日、電話番号等の基本属性、目の調子（手元が見えにくい）、眼鏡に対する要望等のデータの入力を要求する、基本属性等入力画面を利用者クライアント1に送信し利用者クライアント1によって利用者は必要な事項を入力し電子サービスセンタ2に送信する。更に、利用者は、パスワードおよび利用者会員識別子（ID）等の登録も行い、利用者情報管理手段230はかかる利用者からの情報を広域コンピュータネットワークを介して利用者情報データベースに書き込み管理する。

【0092】電子サービスセンタ2においてデータベース管理手段232が管理する各データベースの構造は、次のとおりである。利用者情報データベースには、利用者を特定する情報として、利用者コード、利用者識別子（ID）、利用者パスワード、住所、氏名、生年月日、電話番号等の基本属性等を含む、利用者情報が格納され記憶される。これらの利用者情報は、利用者情報管理手段230により利用者クライアント1に送信される利用者情報登録画面に入力されたデータに利用者コードが付与されて登録されるものである。なお、全項目について必ずしもデータが登録されていなくてもよい。利用者情\*

\*報識別子（ID）およびパスワードは、オフラインで入手した利用者情報に基づいて、サービスセンタにおいて決定してもよく、また利用者からの最初のアクセス時に自動的に付与されるようにしても良い。

【0093】視力を測定するための基準データベースには、利用者毎に、使用目的、近点距離、遠点距離、年齢、前度数、前度数での両眼視力、前度数での左右バランス、前メガネの使用年数、コンタクトの種類（併用の場合）、希望矯正視力、視力に関係する病気の有無などのデータが格納され記憶される。

【0094】視力測定データベースには、裸眼視力、矯正視力、瞳孔間距離、遠用矯正度数、近用矯正度数、測定日付、度数決定者などのデータが格納され記憶される。視力表データベースには、度数とランドルト環との関係を示すデータが格納され記憶される。

【0095】近視情報データベースには、近視の度、近視度と視力の関係、近視の種類（度数）、治療法が登録されて管理される。なお、近視とは、眼が調節を全く行っていない時に眼に入った平行光線が網膜の前方の一点に像を結ぶ眼（遠点が眼前有限）である。

近視の度は遠点距離の逆数をもって表す（例えば、遠点距離 = 50 cm  $1 / 0.5 = 2 D$  の如くである。）

近視度と視力の関係は、表7の通りである。

【0096】

【表7】

裸眼視力	近視度	矯正視力	裸眼視力	近視度	矯正視力
0.8	-0.5	1.2	0.07	-5.0	1.2
0.5	-1.0	1.2	0.06	-6.0	0.9
0.3	-1.5	1.2	0.05	-7.0	0.7
0.2	-2.0	1.2	0.04	-8.0	0.6
0.1	-3.0	1.2	0.03	-9.0	0.5

【0097】近視の種類（度数）は、次の通りである。軽度近視（-4D）、中等度近視（-4D乃至-7D）、強度近視（-7D乃至-10D）、最強度近視（-10D以上）

近視の治療法として適度の凹レンズを装用する。

【0098】遠視情報データベースには、遠視の度、遠視の種類、遠視の治療法が登録されて管理される。なお、遠視とは眼が調節を全く行っていない時に、眼に入った平行光線が網膜の後方の一点に像を結ぶ眼（遠点が眼後有限）である。遠視の種類は、例えばその度数で表すが次の通りである。

軽度遠視（+4D）、中等度遠視（+4D乃至+7D）、強度遠視（+7D）

遠視の治療として適度の凸レンズを装用する。

【0099】乱視情報データベースには、乱視の度、乱視の種類、治療法が登録されて管理される。なお、乱視とは、眼が調節を全く行っていない時に、眼に入った平行光線が一点に結像しないことである。乱視の種類は、次の通りである。

正乱視（屈折面の不均整が対称的）

不正乱視（同じ経線の中で変曲度が異なり、結像しない）

乱視の治療としては、次の通りである。

単性乱視（適度の円柱レンズを装用）

複性乱視（円柱レンズと球面レンズを組み合わせて装用）

不正乱視（コンタクトレンズ装用）

【0100】年令と眼球の調節力の関係に関するデータ

ベースには、たとえば、図5に示すように、各年令に対応する平均的な調節力が記録され管理されている。

【0101】スタート眼球光学モデルデータベースには、縦軸に年令区分、横軸に概算レンズ度数区分が設けられ、それぞれの区分の中央値における眼球光学モデルがあらかじめ作成されている。したがって、縦軸をM区分、横軸をN区分とすると、M×N個のスタート眼球光学モデルが記録され管理されている。

【0102】視認映像データベースには、眼鏡・コンタクトレンズにより矯正をする前および/または矯正をした後における、被検査者の視認映像および鮮鋭度スコアが記録され管理されている。

【0103】次に、遠隔自覚視力測定システム10により視力を測定する方法について以下説明する。まず、裸眼視力の測定方法について説明する。まず、利用者クライアント1から電子サービスセンタ2に接続すると、利用者認証画面として、IDコード入力画面を送信する。利用者認証画面は、利用者認証情報の入力を促す画面である。利用者クライアント1では、利用者認証画面を受信して表示し、利用者認証情報を入力して、電子サービスセンタ2へ送信する。利用者認証情報は、パスワード、ユーザーID等の情報である。電子サービスセンタ2では、利用者認証情報を受信し、これをもとに、データベース管理手段232・利用者情報管理手段230により利用者情報データベースを検索して認証を行う。電子サービスセンタ2では、データベース管理手段232により利用者クライアント1へ利用者会員トップページとしてのサービスメニュー画面を送信する。利用者クライアント1では、サービスメニュー画面を受信して表示する。次いで、利用者は、サービスメニュー画面において、裸眼視力の測定をする場合には、「裸眼視力測定」をクリックする。すると、利用者クライアント1に、装用条件入力画面が、電子サービスセンタ2からWWWサーバ30を介して送信される。装用条件としては、眼鏡・コンタクトレンズを装用したい目的（例えば、手元のものを見るとき、遠くのものを見るとき、自動車運転時など、どのようなときに掛けたいのか等）や視環境（日常どの範囲でどの距離のものを見ていることが多いか。仕事上でパソコン作業が多いか等）がある。さらに、利用者情報入力画面が、電子サービスセンタ2からWWWサーバ30を介して送信される。利用者情報入力画面においては、利用者を特定する情報として、利用者コード、利用者識別子（ID）、利用者パスワード、住所、氏名、生年月日、電話番号等の基本属性等を含む利用者情報、使用目的、近点距離、遠点距離、年令、前度数、前度数での両眼視力、前度数での左右バランス、前メガネの使用年数、コンタクトの種類（併用の場合）、希望矯正視力、視力に関係する病気の有無などのデータの入力が促される。

【0104】次に、利用者クライアント1に裸眼視力測

定画面が、電子サービスセンタ2からWWWサーバ30を介して送信される。まず、図6に示す乱視指標が表示され、1mの範囲内で距離を変えながら見え方にムラがないかチェックする。利用者は、一方の目を手でふさぎ、片目で裸眼視力測定画面（図示せず）を見る。裸眼視力測定画面には、片目で注視する画像または視標が示されている。次に、利用者は、頸を固定し、裸眼視力測定画面からの距離を一定にする。例えば、顔を固定するために手の平の上に頸を乗せ、肘を机の上につく。そして、近点距離を測定する。近点距離測定は、被検査者が画面を楽に見て、画面にどこまで近づくことができるかを調べる。ぼけないで見える位置で顔を静止し、画面から眼までの距離を測定したものが近点距離である。次に、遠点距離を測定する。遠点距離測定は、被検査者が画面を楽に見て、画面からどこまで遠ざかることができるかを調べる。ぼけないで見える最長位置（ぼけ始める位置）で顔を静止し、画面から眼までの距離を測定したものが遠点距離である。裸眼視力測定画面からの距離を一定にするため、水平状態に定規もしくは物差しを設置し、画面から眼までの距離を測り、入力する。

【0105】次に、眼鏡・コンタクトレンズ度数決定方法について、図7に示すフローチャートに基づいて説明する。まず、被検査者の眼の状態に関する情報として、測定された近点距離（被検査者が画面を楽に見て、画面にどこまで近づくことができるかを調べる。ぼけないで見える位置で顔を静止し、画面から眼までの距離を測定したもの）および測定された遠点距離（被検査者が画面を楽に見て、画面からどこまで遠ざかることができるかを調べる。ぼけないで見える位置で顔を静止し、画面から眼までの距離を測定したもの）、装用条件（眼鏡・コンタクトレンズを装用したい目的：例えば、手元のものを見るとき、遠くのものを見るとき、自動車運転時など、どのようなときに掛けたいのか等。視環境：日常どの範囲でどの距離のものを見ていることが多いか。仕事上でパソコン作業が多いか等）および年令を、WWWブラウザを介して入力手段202において入力する。年令は、眼の調節力、特に水晶体の弾力性との関係があり、調節力は、年令の増加とともに、減少する（図5参照）。このように、調節力が、年令の増加とともに減少する原因は、水晶体の弾力性が年令の増加とともに低下し、距離に応じて屈折力を変化させることが困難になるためであると考えられている。そして、調節力は、年令とともに減弱するが、同年齢の者は、だいたい等しい調節力を持っていると推定されている。

【0106】弱年齢で近視の場合は、近点距離の測定に誤差が生じやすい傾向にあるため、別途視力検査を実施した結果に基づいて、誤差の補正を行うための補正テーブルを作成して、近点距離の誤差を補正するように構成してもよい。

【0107】次に、年令と近点距離および遠点距離の情

報により、眼鏡・コンタクトレンズの概算レンズ度数を決定する。そして、遠点距離および近点距離から導き出された概算レンズ度数から、調節中点位置を算出する。例えば、遠点距離が1m、近点距離が25cmだったとすると、遠点距離での補正に必要なレンズ度数は、 $-1.0D$ （ディオプトリ）、近点距離での補正に必要なレンズ度数は、 $-4.0D$ である。概算レンズ度数は、これらの中央と考え、

$$(-1-4)/2 = -2.5D$$

となる。このときの距離は、その逆数となり、40cmとなる。この40cmの距離を調節中点位置と考える。【0108】次に、眼球光学モデル決定手段204によって、年令と概算レンズ度数から、スタート眼球光学モデルを決定する。スタート眼球光学モデルとは、縦軸に年令区分、横軸に概算レンズ度数区分を設け、それぞれの区分の中央値における眼球光学モデルをあらかじめ作成したものである。縦軸をM区分、横軸をN区分とするとM×N個のスタート眼球光学モデルが存在することになる。すなわち、縦軸を年齢区分（たとえば20才までは5歳きざみ、20才以上は10歳刻み）、横軸を概算レンズ度数（たとえば1.0D刻み）とした表において、各区分の中央値の組合せ（たとえば35歳で必要補正量が $-2.5D$ のレンズ度数）におけるスタート眼球光学モデルをあらかじめ作成しておくものである。

【0109】その人の年令、概算レンズ度数が具体的に入力されると、M×N個のスタート眼球光学モデルの中から一つを選定できる。この選定されたスタート眼球光学モデルは、その人固有の眼球光学モデルを構築するための光学系自動設計処理を行うにあたり、初期値として使用される。このスタート眼球光学モデルは、年令、概算レンズ度数によらない単独のスタート眼球光学モデルを使用した光学系自動設計処理に比べると、自動設計処理の収束が早く、処理速度を短縮でき、Webでの利用が可能となる。また、解（集光状態が最高となるような光学諸元）の信頼性が高い。

【0110】ここで、スタート眼球光学モデルの決定方法について説明する。

(1)概算レンズ度数区分と年令区分のなかから一つの組合せを仮定する。調節中点位置を、人の調節機能の中位状態とし、その中位状態における人の眼の屈折力を矯正するのが概算レンズ度数であるとする、概算レンズ度数より調節中点位置を求める。

【0111】(2)このスタート眼球光学モデルを使用して、具体的に調節中点位置から光線を眼に入力し、その光線の網膜上への集光状態を評価し、最良の集光状態となるように、光学系自動設計処理を行い、光学諸元を変化させ、最適の解（光学諸元）を決定する。これは、後述する「調節中点におけるその人の眼球光学モデル構築処理」と同じである。

(3)年令に応じた平均的な調節範囲の関係表を用いて、

仮定の年令において、その年令相応の平均的な調節範囲を持つとして、調節範囲の上限、下限における眼球屈折度を導き出し、それより、近点距離、遠点距離を導き出す。

(4)調節限界（近点側）および調節限界（遠点側）におけるスタート眼球光学モデルの妥当性をチェックし、妥当性があればスタート眼球光学モデル決定とし、集光状態が悪い場合は(3)に戻り、再処理を行う。

(5)以上の処理をM×N個分、実行し、M×N個のスタート眼球光学モデルを作成する。

(6)M×N個の眼球光学モデルの光学諸元について矛盾、連続性を中心に全体的に考察し、修正を加える。場合によっては(2)からの処理を再試行する。特に水晶体の屈折率分布の決定については再試行が予想される。

【0112】次に、調節中点における、被検査者の眼球光学モデルを構築する。この調節中点における眼球光学モデルの構築は、光学系自動設計計算により、前記スタート眼球光学モデルから出発して、集光状態が最適となるよう、人の眼球の光学諸元を自動的に決定するものである。ここにおける光学系自動設計計算とは、レンズ自動設計プログラムを使用した光線追跡による光学諸元の自動決定プロセスをいう。これらの手法の代表例として、減衰最小二乗法（Dumped Least Squares Method）があるが、この実施形態においては、この手法を用いて集光状態が最適となるように自動収差補正処理を行う。

【0113】自動収差補正処理は、最終的な性能条件（ここでは、調節中点位置にある無限に小さい点物体から、眼球光学モデルの瞳径（たとえば3mm）に対し、複数の光線を入射高さを変えて入光させ、光線追跡を行い、網膜上の一点に結像する状態にする、集光性能の良い状態にすること）を満足するように、光学諸元を少しずつ変化させながら、網膜上の到達点の位置ずれ量の自乗和を極小となるように補正を行う。なお、レンズが球面である場合には、眼球光学モデルの光学諸元のうち各レンズの曲率半径と面間隔を変化させた場合、そして、レンズが非球面である場合には、レンズの基準球面の曲率半径と非球面係数を変化させた場合において、解の収束を迅速に行われることが判明したので、この実施形態においては、それぞれの場合において、上述した光学諸元をパラメータとして自動収差補正を行うように構成した。

【0114】次に、モデル妥当性検証手段206によって、調節限界（近点側）における眼球光学モデルの妥当性をチェックする。この妥当性チェックは、人の眼球が有している調節力の分だけ眼球屈折度をアップ（UP）させ、光学系自動設計計算により、集光状態が良いことを確認するものである。ここにおいて、調節力分だけ眼球屈折度をアップ（UP）とは、次のようなことをいう。遠点距離が1m（ $-1.0D$ ）、近点距離が25cm

m (-4.0 D) とすると、調節中点位置は40 cm (-2.5 D) となり、近点側では、調節中点位置にくらべ、-1.5 Dの補正量に相当する眼球屈折度UPが必要となる。この-1.5 D相当の眼球屈折度の増強となるよう、前述したように、眼球光学モデルの光学諸元を $(1 + x b / a)$ 倍し、光学系自動設計の境界条件を制御しながら、近点距離25 cmの位置にある無限に小さい点物体から、眼球光学モデルの瞳径(たとえば3 mm)に対し、複数の光線を入射高さを変えて入光させ、光線追跡を行い、網膜上の一点に結像する状態にするよう、光学諸元を変化させて光学系自動設計を実行する。その結果、一点に集光したと見なせる状態になれば、調節限界における光学モデルのシミュレーションが成功したとし、調節中点におけるその人の眼球光学モデルが妥当であったと判断する。

【0115】次に、モデル妥当性検証手段206によって、調節限界(遠点側)における眼球光学モデルの妥当性をチェックする。この妥当性チェックは、人の眼球が有している調節力のみでなく眼球屈折度をダウン(DOWN)させ、光学系自動設計計算により、集光状態が良いことを確認するものである。ここにおいて、調節力のみでなく眼球屈折度をダウン(DOWN)とは、次のようなことをいう。遠点距離が1 m (-1.0 D)、近点距離が25 cm (-4.0 D) とすると、調節中点位置は40 cm (-2.5 D) となり、遠点側では、調節中点位置にくらべ、+1.5 Dの補正量に相当する眼球屈折度ダウン(DOWN)が必要となる。この+1.5 D相当の眼球屈折度の減少となるよう前述したように、眼球光学モデルの光学諸元を $(1 - x b / a)$ 倍し、光学系自動設計の境界条件を制御しながら、遠点距離1 mの位置にある無限に小さい点物体から、眼球光学モデルの瞳径(たとえば3 mm)に対し、複数の光線を入射高さを変えて入光させ、光線追跡を行い、網膜上の一点に結像する状態にするよう、光学諸元を変化させて光学系自動設計を実行する。その結果、一点に集光したと見なせる状態になれば、調節限界における光学モデルのシミュレーションが成功したとし、調節中点におけるその人の眼球光学モデルが妥当であったと判断する。

【0116】さらに、モデル妥当性検証手段206によって、近点側および遠点側の調節限界外、すなわち眼球の調節範囲外における眼球光学モデルの妥当性をチェックをする。

【0117】次に、眼球光学諸元調節範囲確定手段208によって、調節中点位置における眼球光学モデルについて眼球の光学諸元の調節範囲の確定を行う。調節中点位置における眼球光学モデル、光学諸元の調節範囲の確定は、次のようになる。モデル妥当性検証手段206によって調節限界(近点側)における眼球光学モデルの妥当性をチェックする処理およびモデル妥当性検証手段206によって調節限界(遠点側)における眼球光学モデ

ルの妥当性をチェックする処理のチェックにより、調節中点におけるその人の眼球光学モデル構築処理結果の調節中点位置における眼球光学モデルを妥当と判断し、その眼球光学モデルを、次に述べる裸眼状態での3つの距離における調節を伴う集光性能算出処理および矯正後の3つの距離における調節を伴う集光性能算出処理で使用する。調節限界における光学諸元の変化範囲(特に水晶体が薄くなったり、厚くなったりする時の水晶体厚さ、前面曲率半径、後面曲率半径の変化範囲)も、モデル妥当性検証手段206によって調節限界(近点側)における眼球光学モデルの妥当性をチェックする処理およびモデル妥当性検証手段206によって調節限界(遠点側)における眼球光学モデルの妥当性をチェックする処理により決定したことになるこれらが確定すると、物体距離に応じた眼の調節をシミュレーションできる。

【0118】次に、眼球光学モデルイメージ生成手段210によって、決定された眼球光学モデルのイメージ、例えば、眼球断面図を生成し、その眼球光学モデルについての説明もあわせて表示するようにしてもよい。

【0119】次に、眼球光学モデル集光性能検証手段212によって、被検査者の裸眼状態における3つの距離における調節を伴う集光性能を算出し検証する。モデル妥当性検証手段206によって調節限界(近点側)における眼球光学モデルの妥当性をチェックする処理およびモデル妥当性検証手段206によって調節限界(遠点側)における眼球光学モデルの妥当性をチェックする処理と同様に、物体の距離に応じた、調節中点位置からの眼球屈折度アップ(UP)あるいはダウン(DOWN)量を求め、光学系自動設計の境界条件を制御しながら、光学系自動設計を実行する。このようにして求められた光学諸元は、仮想的に眼球がピント調節を行ったときの眼の状態を表している。これ以上、集光状態が良くなりえないという状態まで繰り返し計算を行い、最終的な光学諸元を、物体距離におけるベストの集光状態とする。集光性能を評価するには、ある距離にある無限に小さい点物体から、眼球光学モデルの瞳径(たとえば3 mm)に対し、数百本程度の光線を均一に分散させて入光させ、光線追跡を行い、網膜上のどの場所に結像するかを計算する。ぼけの度合いを評価するには、網膜上の点像の強度分布の2次元フーリエ変換を行うことにより、空間周波数特性(OTF)を算出し像評価を行う。3つの距離とは、見え方が大きく変わる可能性のある3距離を選ぶ。たとえば、0.3 m(近距離)、0.5~0.6 m(中間距離)、5 m(遠距離)である。物体距離が遠点より遠い場合は、遠点距離における調節力で集光性能をチェックする。物体距離が近点より近い場合は、近点距離における調節力で集光性能をチェックする。物体距離が近点と遠点の間にある場合は、中点からの調節力だけ眼球屈折度を変化させて集光性能をチェックする。

【0120】次に、眼球光学モデル集光性能検証手段2

12によって、眼鏡・コンタクトレンズにおいて矯正した後の3つの距離における調節を伴う集光性能を算出し検証する。すなわち、眼球光学モデルの前に実際の眼鏡レンズ(レンズ前面の曲率半径、後面の曲率半径、硝子材屈折率が既知のレンズ)を置き、裸眼状態における集光性能算出処理と同様の計算を行う。概算レンズ度数と装用条件から、適合する仮想レンズを決定し、その眼鏡・コンタクトレンズを装用した状態における集光性能に関する光学シミュレーションを行う。さらに、3つの距離における鮮鋭度スコアのバランスが悪い場合は、レンズの度数を少し変化させて、再度光学シミュレーションを行う。

#### 【0121】(A) 鮮鋭度スコアの算出

次に、鮮鋭度スコア生成手段216によって、調節力の範囲内で眼の光学諸元を変化させて、集光性能が最適となる状態を作り出し、そのときの鮮鋭度スコアを算出する。鮮鋭度スコアは、集光状態の評価で算出する。ある距離にある無限に小さい点物体から、眼球光学モデルの瞳径(たとえば3mm)に対し、数百本程度の光線を均一に分散させて入光させ、光線追跡を行い、網膜上のどの場所に結像するかを計算する。その点像の強度分布の2次元フーリエ変換して得た値を空間周波数特性(OTF)と言う。網膜上で強度分布がどうなるかを調べれば、ぼけの度合いを評価できる。空間周波数とは縞模様の細かさを表す値であり、単位長あたりの縞の本数で定義される。視覚系の場合は、視角1度あたりの縞の本数で表す。たとえば縞の間隔を $w$ (degree)とすれば $u = 1/w$ (cycles/deg)となる。ぼけ判定に用いる $w$ 値を網膜の分解能から決定し、その時の $u$ 値から鮮鋭度スコアを算出する。

【0122】次に、レンズ度数選定手段218によって、おすすめレンズを確定する。そして、視認映像生成手段214によって、おすすめレンズにおいて矯正後および矯正前の3つの距離における視認映像を生成する。すなわち、裸眼状態とおすすめレンズを装用した場合の見え方を提示する。また、前記鮮鋭度スコアを提示し、視認画像の中に表示する(図9図示)。

【0123】(B) 視認画像の生成あるいは選定  
視認映像生成手段214によって、高精細に撮影された3つの距離の画像を用意する。この画像に対し画素単位で $N \times N$ サイズの平滑化フィルタ処理を行い、画像をぼかす。ぼけの具合は $N$ 値(最低3)、フィルタ重み付け、処理回数により調整できる。フィルタ処理後の画像について、空間周波数解析によりボケ具合を判定し、前記(A)鮮鋭度スコアの算出で求めた鮮鋭度スコアとの対応付けを行う。いくつかの鮮鋭度スコアに対応する画像を準備する。また、準備された画像に特定平滑化フィルタ処理を一回かけた画像に対応するスコア値を算出しておく。前記(A)鮮鋭度スコアの算出でスコア値が求められれば、そのスコア値により、対応する画像を直接呼び

出して表示するか、フィルタ処理を行い、結果画像をその鮮鋭度スコアに一致させて表示するかする。

【0124】さらに、視認映像生成手段214によって、レンズを変更して、3距離における見え方画像を提示し、比較をできるようにする。すなわち、レンズ度数を変更して、眼鏡・コンタクトレンズを装用した状態の光学シミュレーションを行う。そして、眼球の調節範囲内で光学諸元を変化させて、集光性能が最適となる状態を作り出し、そのときの鮮鋭度スコアを算出する。また、レンズ度数選定手段218により特定のレンズ度数における鮮鋭度スコアが既に計算済みの場合は、そのデータを使用する。

【0125】電子サービスセンタ2は、前記したようにして生成された見え方画像・鮮鋭度スコアを出力手段220によりWWWサーバ30を介して利用者クライアント1に送信する。また、別に準備した自覚視力測定結果を、自覚視力測定結果画面によって利用者クライアント1に送信し表示する。自覚視力測定結果には、次のようなものが含まれる。DIST(遠用度数を表す)、READ(近用度数を表す)、SPH(球面度数を表す)、CYL(乱視度数を表す)、AXIS(軸を表す)、P.D.(右目の中心から左目の中心の距離を表す。即ち、瞳孔間距離を表す)。なお、遠用度数及び近用度数の何れも、右目(R・)及び左目(L・)について表す。

【0126】現行のオートレフによる視力測定は遠方視力を最良にするレンズ選定をしたことになっており、測定後に実際に装用して、装用条件を加味して選択するレンズ度数を調整しているが、この発明によれば、あるレンズを装用した時の複数の距離における見え方を鮮鋭度スコアで算出できるので、はじめに入力された装用条件を加味して、3つの距離における見え方のバランスを検討し、快適に使用できる最適な度数を提示できる。つまり、現状では実際の"見え具合"を確かめる自覚検査が必須であるが、これを省略することができる。これはオンラインショッピングには好適である。

【0127】なお、この実施形態においては、被検査者の調節中点における眼球光学モデルを構築するように構成したが、これに限らず、被検査者の近点距離と遠点距離との間の任意の点における眼球光学モデルを構築するように構成されてもよい。この場合には、眼球光学モデルを構築した調節位置に応じて、緊張側または弛緩側に調節力を配分することにより、近点側または遠点側の調節限界における眼球光学モデルを構築することが可能である。

【0128】上述の実施形態においては、被検査者の固有の眼球光学モデルを構築するための光学自動設計処理の初期値として、年齢を $M$ 個、概算レンズ度数を $N$ 個に区分分けして、その区分の中央値によりあらかじめ構築しておいたスタート眼球光学モデルを使用した。これ

に限らず、被検査者が入力したデータに最も適合する眼球光学モデルを光学自動設計処理の初期値と使用してもよい。この場合には、被検査者により入力された年齢と、算出した概算レンズ度数に応じて、区分の中央値から差分を加除することにより、被検査者の眼球の状態の対応した眼球光学モデルを初期値として使用する。これにより、中央値によりあらかじめ構築しておいたスタート眼球光学モデルを使用して自動収差補正を行った場合より少ない時間で自動収差補正を行うことができる。

【0129】さらに、この実施形態においては、ぼけ判定に用いるw値を網膜の分解能から決定し、その時のu値から鮮鋭度スコアを算出してたが、これに限らず、その他の手法により鮮鋭度スコアを算出してもよい。たとえば、入光させる光線の空間周波数を変化させて、OTF値が70%となる場合の空間周波数を値を求める。この場合には、入光させる光線の空間周波数を一定の範囲について一定の刻みで変化させ、最低空間周波数を0、最高空間周波数を100として、OTF値が70%となる空間周波数を求めることにより、0から100に展開された鮮鋭度スコアが得られる。

【0130】なお、この実施形態においては、視認映像生成手段216により生成された視認映像をそのまま被検査者に関連させていたが、これに限らず、映像のボケ度合いの補正を行ってから被検査者に映像を提示するように構成されてもよい。これは、人間が1度視認した物体・風景やそれに類似する物体・風景を見る場合、実際にはボケている映像でも人間は1度見た物体・風景に関する記憶から映像情報が補完されるため、視認している映像が明瞭に見えるように感じる傾向があるためである。よって、具体的には、多数の被検査者により、視認映像生成手段216により生成された映像と実際に被検査者が視認したときに感ずるボケ度合いの差異を検証する。検証を行った結果に基づいて補正係数テーブルを作成して、補正係数テーブルによりボケ度合いの補正を行った結果に基づいて被検査者に映像を提示するように構成する。

【0131】また、この実施形態においては、被検査者が裸眼視力測定画面を用いて画面からどこまで遠ざかることができるのかを実際に計測して遠点距離のデータを入力して概算レンズ度数を算出するように構成したが、これに限らず、遠点視力から遠点距離を算出するように構成されてもよい。

【0132】図11に上記遠点視力から遠点距離を演算する処理を含む、乱視軸の判定、遠点視力の測定、近点距離の測定を行う他の実施形態を示す。まず、被検査者の属性を取得するための被検査者属性入力画面を表示し(S10)、被検査者の入力した属性を取得して被検査者データとして保存する(S12)。被検査者の属性には、年齢・性別・身長等の個人情報と、メガネやコンタクトレンズを主に使用する場所に関する装着条件情報とがある。図

12は個人情報取得の際の表示画面例であり、図13は装着条件取得の際の表示画面例である。ここで、装着条件の「読書」「デスクワーク」は近距離用を、「パソコン」は中距離用を、「車の運転」は遠距離用をそれぞれ想定している。

【0133】次に、乱視軸の判定をするための乱視軸判定チャートを表示し(S14)、被検査者の選択した方位を取得して選択方位データに保存する(S16)。図14は乱視軸判定の説明画面例であり、図15は乱視軸判定画面例である。図のように、乱視軸判定チャートは複数の平行線からなる、45度・90度・135度・180度の4方向の線状群から構成される。被検査者が乱視を有する場合は明瞭に見える方位とつぶれて薄く見える方位が生じるので、見え方の異なる方位のゾーンをクリックするよう促す。このように、見え方の異なる方位を選択させるようにしたのは、乱視は物体との距離によってよく見える方向が変化する可能性があるため、最初からよく見える方位とすると乱視軸の判断を誤る恐れがあるからである。従って、本願発明では、この段階では乱視軸の主軸は決定せず、後の遠点距離を求めることで明らかにするようにしている。乱視を有しない被検査者は、原則として全方位が同じに見えるはずであるので、全部が同じに見える又はわからないをクリックした被検査者は乱視を有しないものとして、以下の測定は水平についてのみ行う。

【0134】乱視軸判定チャートは、背景色は緑色、線の色は黒色とし、線幅は2画素、線間幅は3画素とした。背景色は、白色では輝度が明るすぎて目が縮縮し、被写界深度が深くなって4つのゾーンの見え方の差が小さくなるという問題があるため、目にやさしいグリーン系統を用いて輝度を抑えたものである。線の色は、多数の被検査者に対して行った検眼実験の結果から、見やすいとされた黒色とした。線幅は、特にディスプレイがCRTの場合は電子銃のフォーカスポケが発生することから、1画素では水平・垂直と斜めで見え方に差異が生じてしまうため、最低2画素とした。線間幅は、乱視判定においてチャートまでの距離が極端に短いと乱視軸が変化し、誤判定の可能性があるため、1mの距離から線間の隙間を認識できるように設定した。視力1.0(視角1分)は、1mの距離で切れ目0.29mmを識別する能力であり、14インチ液晶ディスプレイまたは17インチCRTを使用してほぼ1画素に相当する。従って、2画素で視力0.5程度に相当するが、検眼対象者はメガネを必要とする人であることから、更に間隔を広げ、3画素とした。また、乱視軸の方位を4方向としたのは、4方向でも十分に実用的なメガネやコンタクトレンズの選定ができることと、被検査者が独自で判断するものであるから、できる限り容易かつ誤りなく判定できる必要があるためである。

【0135】次に、被検査者が選択した選択方位について

の遠点視力を測定するため、選択方位の視力測定チャートを表示し（S18）、被検者が選択した視認限界を取得して、第1視認限界データに保存する（S20）。図16は遠点視力測定の説明画面例であり、図17は遠点視力測定画面例である。図のように、視力測定チャートは一定線幅の3本の黒線と2本の白線からなる線状濃淡画像であり、視力に対応して線幅をI段階（10段階から20段階程度）に変えた複数のチャートを表示する。これに対し、被検者に3本に見える一番小さいマークをクリックするよう促す。このように、3本に見えるマークを選択させるようにしたので、ランドルト環のように単一の間隙を視認するのに対して被検者の判断が容易になっている。尚、被検者にはコンピュータ画面から腕を伸ばした距離で遠点視力を測定するように促しているが、これは腕の長さは身長にほぼ比例するので、事前に入力された身長データによって被検者とチャートの距離が予測できるからである。このように、被検者はコンピュータ画面との距離を測定したり、画面表示サイズを調整したりする必要がないので、簡便に測定できる。

【0136】同様に、被検者が選択した選択方位と直交する方位についての遠点視力を測定するため、選択方位と直交する方位の視力測定チャートを表示し（S22）、被検者が選択した視認限界を取得して、第2視認限界データに保存する（S24）。

【0137】次に、被検者が選択した方位の近点距離を測定するため、選択方位の近点距離測定チャートを表示し（S26）、被検者の入力した近点距離を第1近点距離データに保存する（S28）。図18は近点距離測定の説明画面例であり、図19は近点距離測定画面例である。図のように、近点距離測定チャートは緑色の背景に設けられた3本の黒線からなる。画面のメッセージにより、被検者に対して、最初にできる限り画面に近づき、それから3本線がはっきり見える位置まで遠ざかり、画面から目までの距離を測定してcm単位で入力するように促す。尚、近点距離測定チャートは、コンピュータ画面に接近して視認するため、前述の視力測定チャートに比べて細い線を使用する。但し、年齢によって解像力の差があるため、若年層は細い線を、中高年層は若干太い線を使用する。

【0138】同様に、被検者が選択した選択方位と直交する方位についての近点距離を測定するため、選択方位の近点距離測定チャートを表示し（S30）、被検者の入力した近点距離を第2近点距離データに保存する（S32）。

【0139】次に、第1視認限界データと第1近点距離データと被検者限界データとから遠点距離を求め、第1遠点距離データに保存する（S34）。同様に、第2視認限界データと第2近点距離データと被検者限界データとから遠点距離を求め、第2遠点距離データに保存する（S36）。遠点距離の演算は、あらかじめ多数の被検

\*者で学習させたニューラルネットワークを用いて行う。図20に遠点距離演算用ニューラルネットワークの構成例を示す。図のように、入力層はI段階の遠点視力（視力測定チャートから被検者が選択した視認限界）とJ段階の近点距離（近点距離測定チャートから被検者が測定した近点距離）とK段階の被検者属性（年齢・性別・身長）とを、出力層はN段階の遠点距離を有する。年齢・性別をパラメータとするのは、これによって被検者の目の調節力が変わるからである。また、身長は前述のように被検者と画面の距離を腕の長さで合わせるようにしており、腕の長さに比例する身長を代用パラメータとして用いたものである。学習方法としては、いわゆるバック・プロパゲーション法を用いた。ここで、入力パラメータの近点距離と演算結果の遠点距離は、レンズ度数への換算を容易にするため、いずれもメートル単位で表した距離の逆数であるD（ディオプトリ）値に変換して取り扱う。尚、ニューラルネットワークは、乱視軸の選択方位と選択方位に直交する方位の2つの独立する学習モデルを生成し、それぞれ個別に計算するようにした。また、画面の見え方はディスプレイの種類によって変わるので、ディスプレイが液晶かCRTかによって独立に学習させたニューラルネットワークを用いて演算するようにした。

【0140】なお、上述してきた実施形態においては、遠点距離から概算レンズ度数を算出するように構成したが、これに限らず、入力された遠点視力から概算レンズ度数を決定するように構成されてもよい。この場合には、統計データに基づいて作成された、遠点視力の値に対応する概算レンズ度数を記憶した対応表が使用され、該対応表に基づいて概算レンズ度数が決定される。

【0141】また、上述してきた実施形態においては、レンズ度数を決定する過程において、近距離（0.3m）、中間距離（0.5～0.6m）、遠距離（5m）3つの距離における眼球光学モデルの集光性能を検証したが、これに限らず、これら以外の距離における集光性能を検証してもよいし、必ずしも、近距離、中間距離、遠距離全てについて集光性能が検証されなくてもよい。

【0142】

【発明の効果】この発明によれば、被検査者固有の眼球光学モデルを構築するので、各人の眼にあった眼鏡・コンタクトレンズの度数を決定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施形態における眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムを適用した眼鏡・コンタクトレンズ度数決定サーバを備えた遠隔自覚視力測定システムの構成例を示す図である。

【図2】眼球を示す断面図解図である。

【図3】眼球光学モデルを示す断面図解図である。

【図4】水晶体を模擬する各レンズの屈折率分布の状況を説明するための図解図である。

- 【図5】 年齢と目の調節力との関係を示す図である。
- 【図6】 乱視指標の例を示す図解図である。
- 【図7】 眼鏡・コンタクトレンズ度数決定システムのフローを示す図である。
- 【図8】 スタート眼球光学モデルを示す概要図である。
- 【図9】 提示画像の表現方法を示す図解図である。
- 【図10】 矯正前後の見え方画像の図解図である。
- 【図11】 本願発明の検眼装置の一実施形態にかかる処理フロー図である。
- 【図12】 個人情報入力画面の表示例を示す図である。
- 【図13】 装着条件入力画面の表示例を示す図である。
- 【図14】 乱視軸判定の説明画面の表示例を示す図である。
- 【図15】 乱視軸判定画面の表示例を示す図である。
- 【図16】 遠点視力測定の説明画面の表示例を示す図である。
- 【図17】 遠点視力測定画面の表示例を示す図である。
- 【図18】 近点距離測定の説明画面の表示例を示す図である。
- 【図19】 近点距離測定画面の表示例を示す図である。

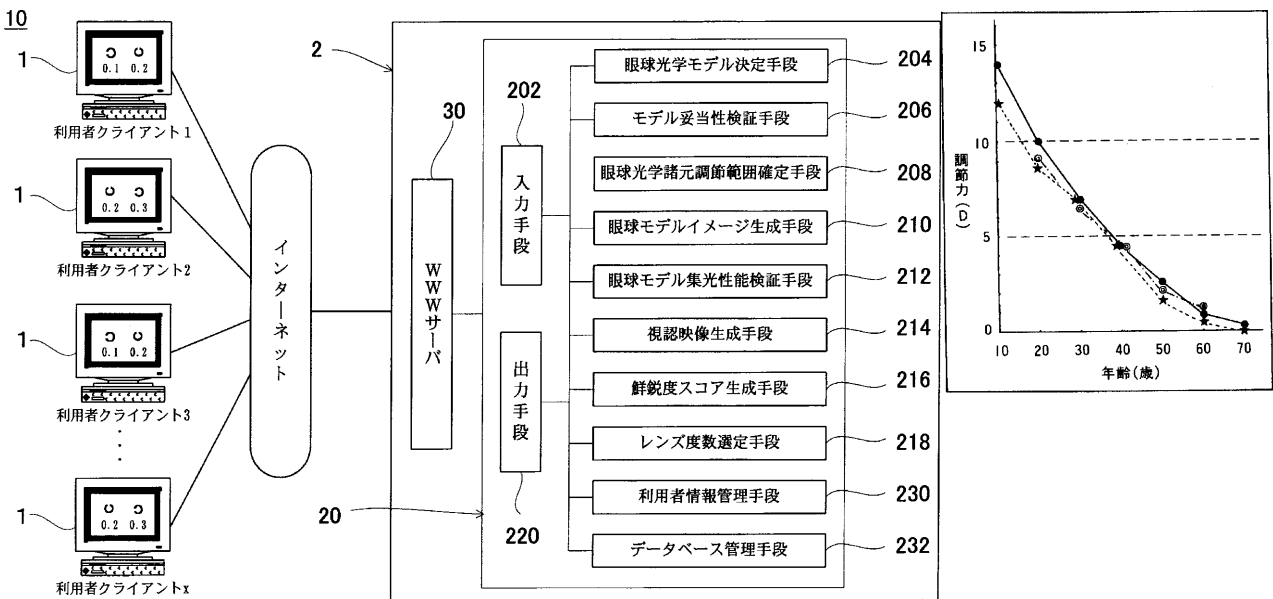
\*【図20】 遠点距離演算用ニューラルネットワークの構成例を示す図である。

【符号の説明】

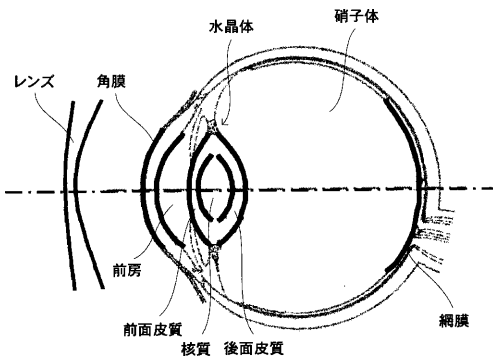
- 1 利用者クライアント
- 2 電子サービスセンタ
- 10 遠隔自覚視力測定システム
- 20 眼鏡・コンタクトレンズ度数決定サーバ
- 202 入力手段
- 204 眼球光学モデル決定手段
- 206 モデル妥当性検証手段
- 208 眼球光学諸元調節範囲確定手段
- 210 眼球光学モデルイメージ生成手段
- 212 眼球光学モデル集光性能検証手段
- 214 視認映像生成手段
- 216 鮮鋭度スコア生成手段
- 218 レンズ度数選定手段
- 220 出力手段
- 230 利用者情報管理手段
- 232 データベース管理手段
- 30 WWWサーバ

【図1】

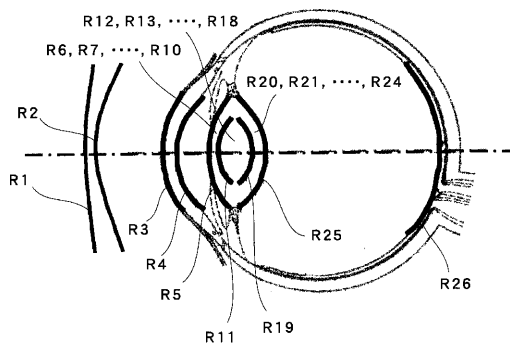
【図5】



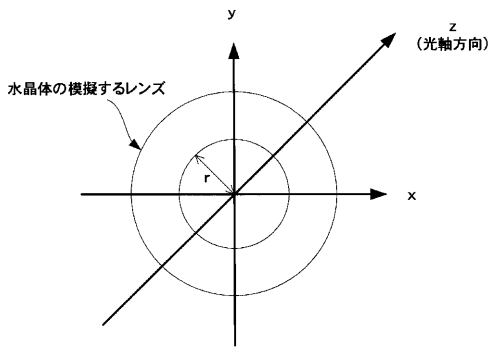
【図2】



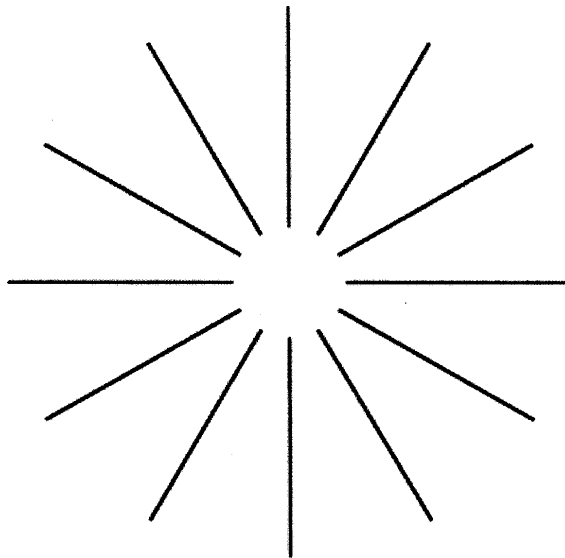
【図3】



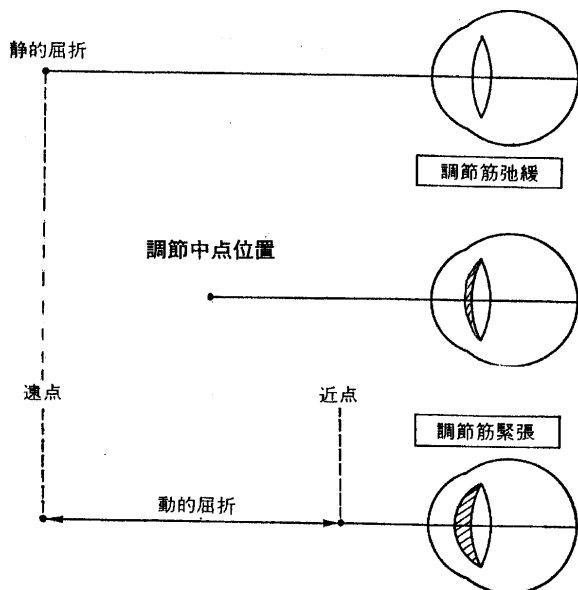
【図4】



【図6】



【図8】



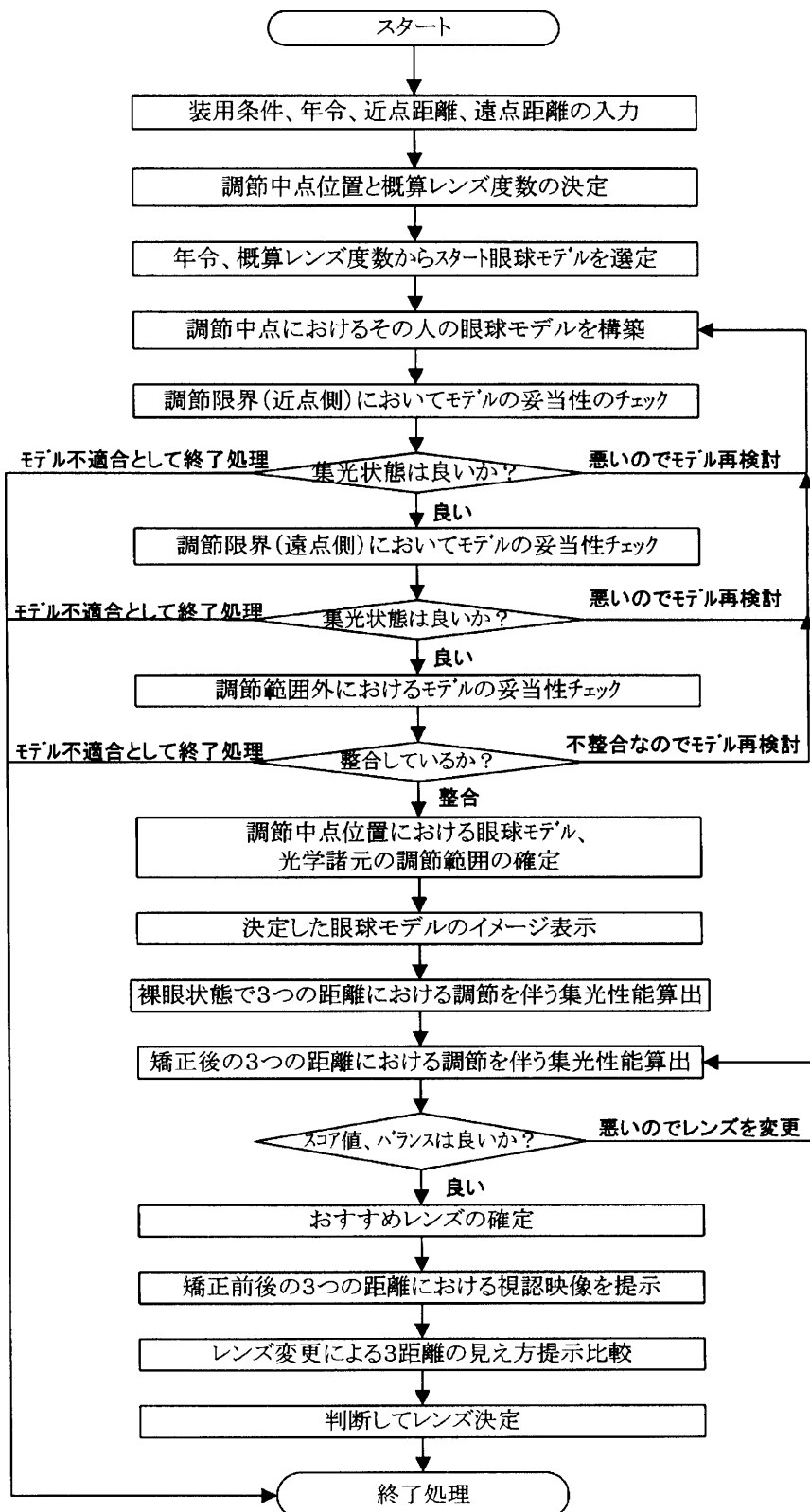
【図15】

**乱視軸の測定**


全部同じに見える。      よくわからない。

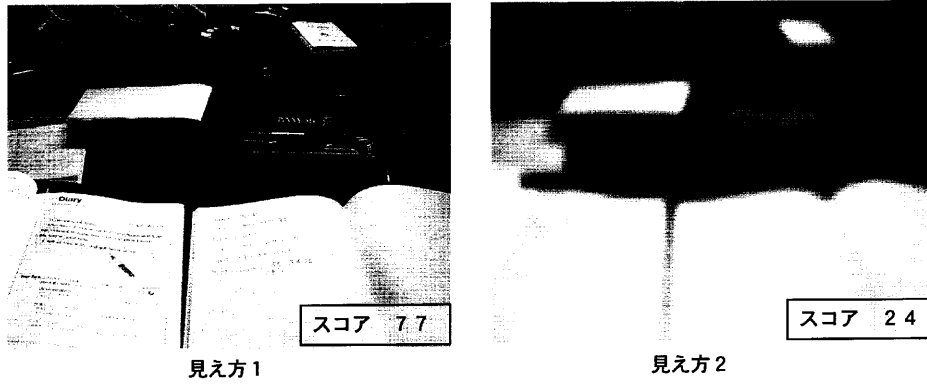
見え方が他のゾーンと違って見えるゾーンがあればゾーンをクリックしてください。もし、どのゾーンも同じように見える場合やよくわからない場合には、対応する項目をクリックしてください。

【図7】



【図9】

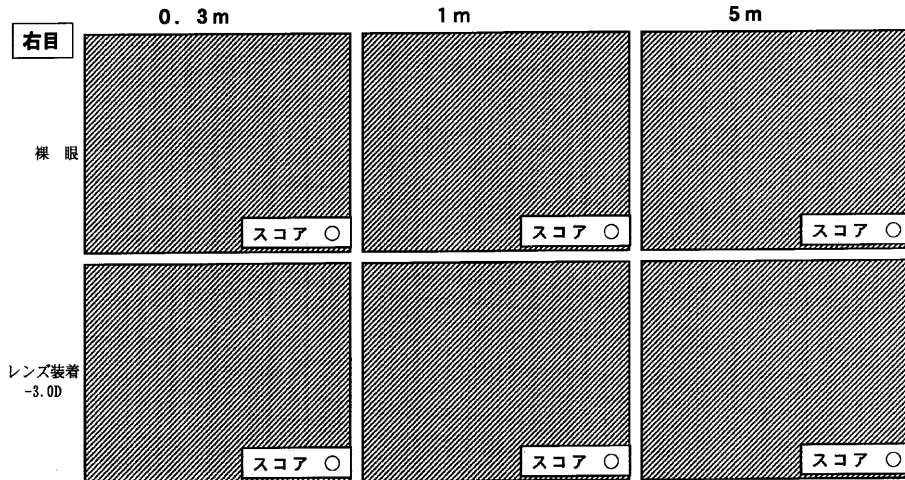
<提示画像の表現方法>



画像の鮮鋭度を表すスコアを併記する。このスコアが高すぎると見えすぎ状態、低いとボケ状態となる。

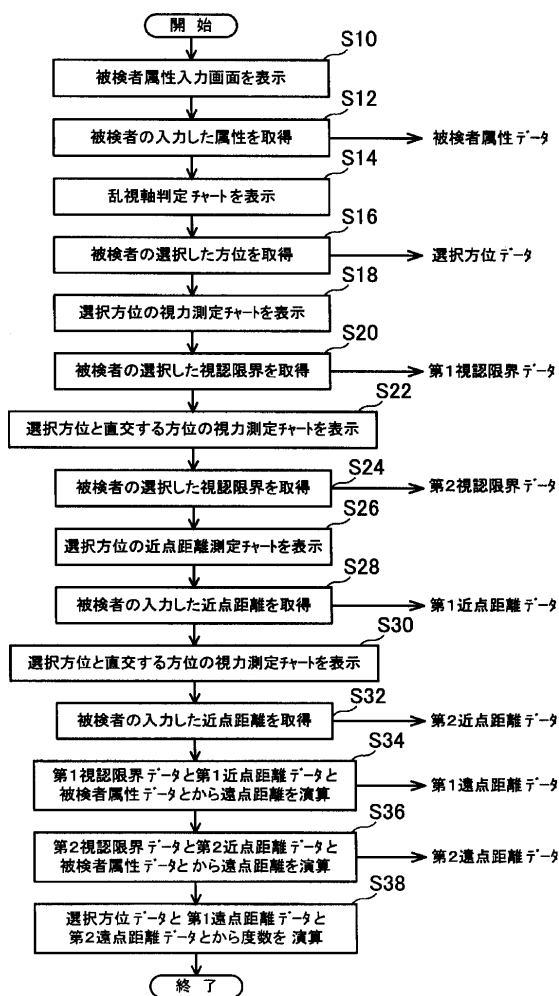
【図10】

<矯正前後の見え方提示>



横方向に物体の距離を3段階、縦方向に裸眼/レンズ装着の2段階、見え方を計6画像で示す。  
縦方向をレンズ1/レンズ2とすれば、2つのレンズの違いを表示することも、この提示方法で可能。

【図11】



【図19】

**近点距離の測定**

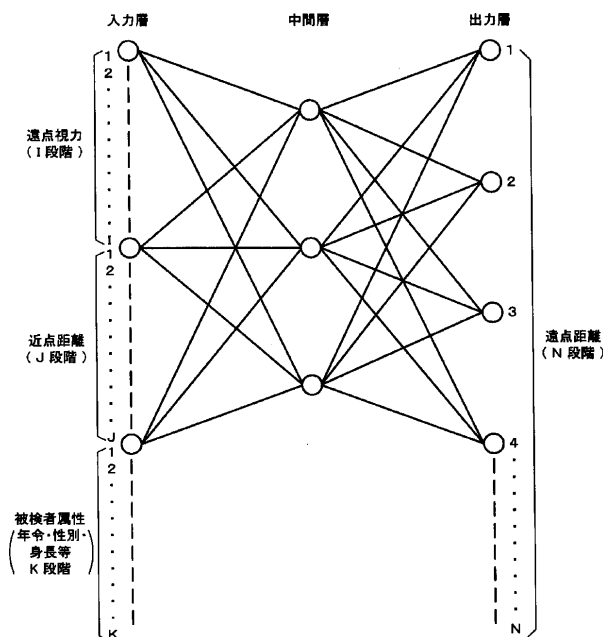
最初にできるだけ近づき、それから三本線がはっきり見える位置まで遠ざかってください。画面から目までの距離をメジャーで測り、cm単位で入力してください。

【図17】

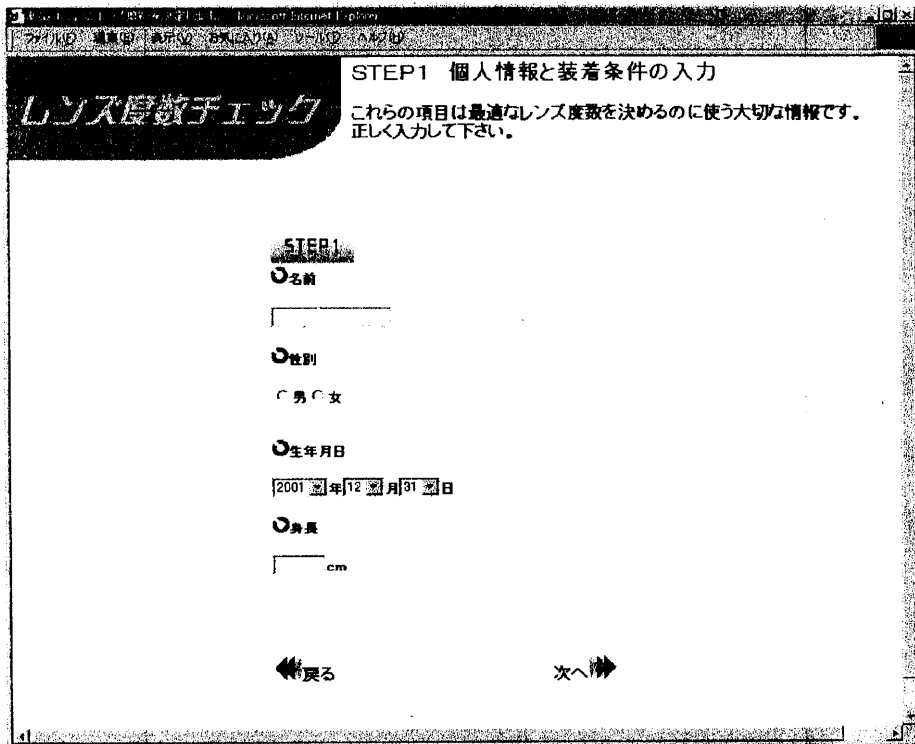
**遠点視力の測定**

■	■	■	■	■	どれも三本線に見えない
1	2	3	4	5	
					どれも三本線に見えない場合は、「どれも三本線に見えない」をクリックしてください。
10	9	8	7	6	

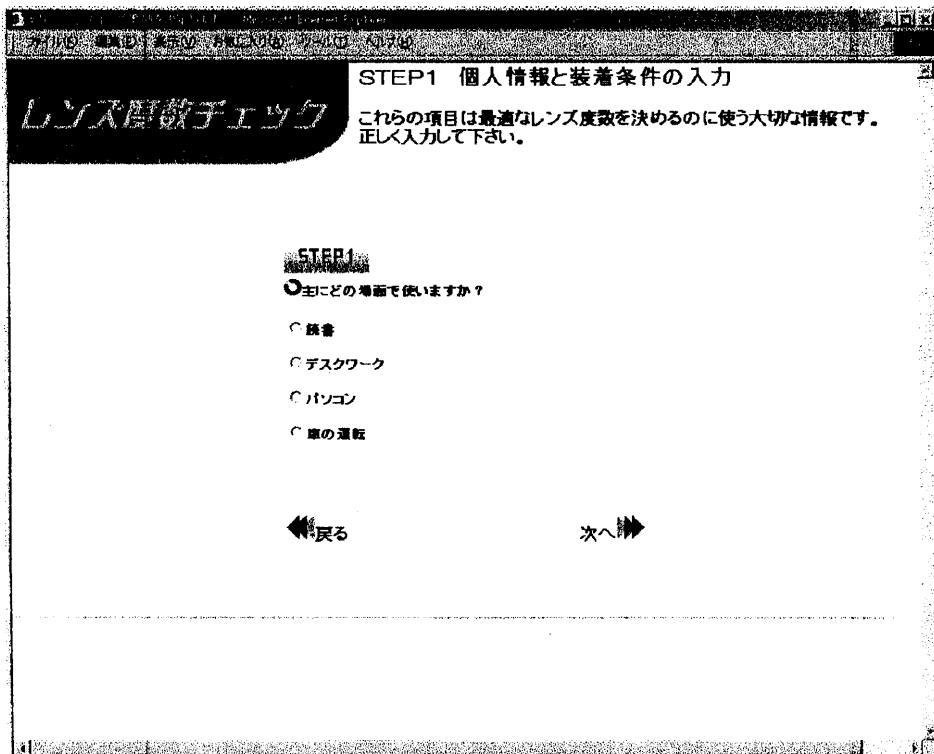
【図20】



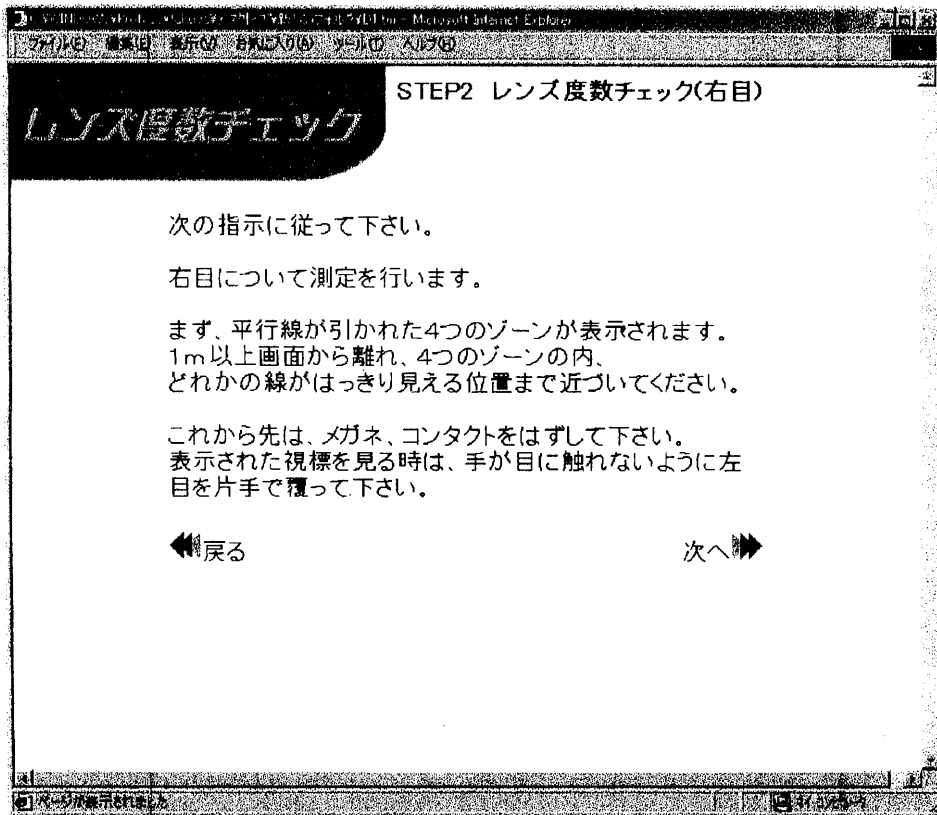
【図12】



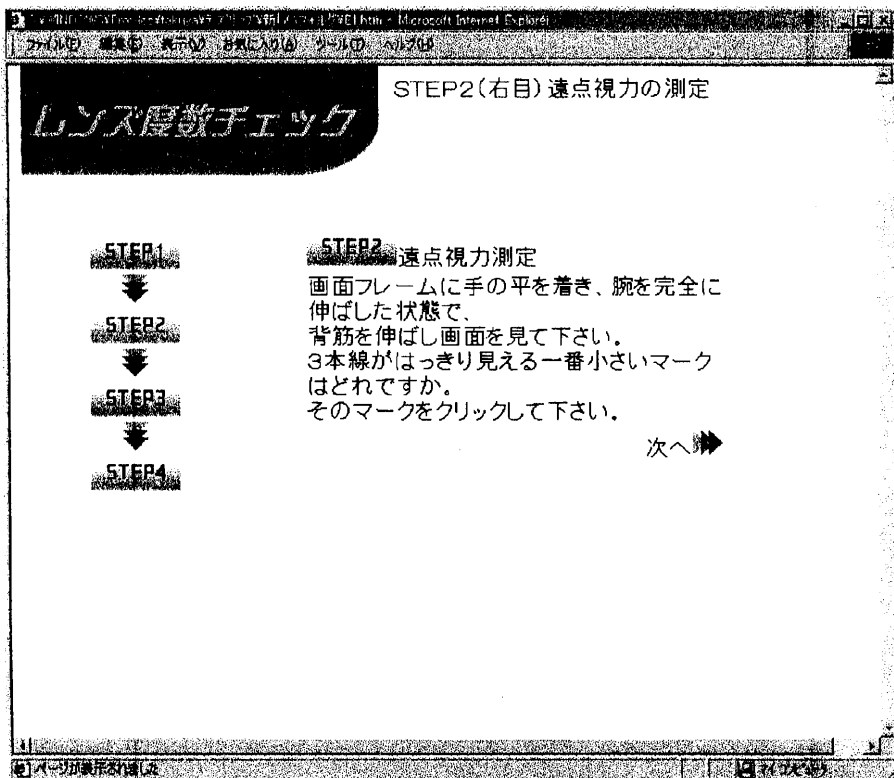
【図13】



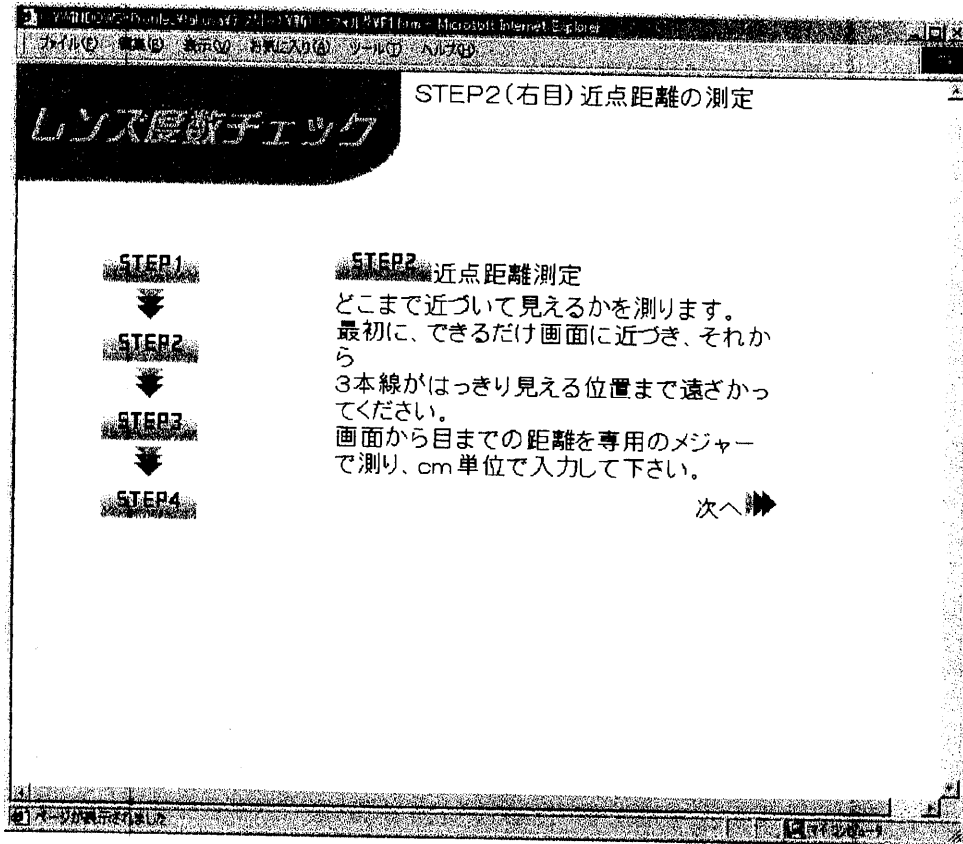
【図14】



【図16】



【図18】



专利名称(译)	用于确定眼镜和隐形眼镜屈光力的系统和方法		
公开(公告)号	<a href="#">JP2003075785A</a>	公开(公告)日	2003-03-12
申请号	JP2002125049	申请日	2002-04-25
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社威炯眼镜		
申请(专利权)人(译)	公司Vision眼镜		
[标]发明人	戸島章雄 吉田武彦		
发明人	戸島 章雄 吉田 武彦		
IPC分类号	G02C13/00 A61B3/028 A61B3/032 A61B5/00 G02C7/04		
CPC分类号	A61B3/0025 A61B3/028 A61B3/032 A61B5/0002		
FI分类号	G02C13/00 G02C7/04 A61B3/02.A A61B3/028		
F-TERM分类号	2H006/BC07 2H006/DA05 4C316/AA13 4C316/FA01 4C316/FA18 4C316/FB12 4C316/FC21 4C316/FY05 4C316/FZ01		
优先权	2001187154 2001-06-20 JP		
其他公开文献	JP4014438B2		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

摘要(译)

要解决的问题：获得能够确定适合每个人眼睛的眼镜/隐形眼镜的屈光度的眼镜/隐形眼镜的屈光度系统及其方法。本发明的眼镜/隐形眼镜屈光度确定系统20对应于输入装置202，用于输入与对象的眼睛状况有关的信息和由输入装置202输入的与眼睛状况有关的信息。用于确定眼球光学模型的装置204和由用于确定眼球光学模型的装置确定的眼球光学模型用于验证当受试者佩戴眼镜/隐形眼镜时的聚光性能，以及用于选择光焦度的透镜光焦度选择装置218。

