

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4018193号

(P4018193)

(45) 発行日 平成19年12月5日(2007.12.5)

(24) 登録日 平成19年9月28日(2007.9.28)

(51) Int. Cl.		F I		
<b>GO2C</b>	<b>7/06</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2C	7/06
<b>GO2B</b>	<b>3/10</b>	<b>(2006.01)</b>	GO2B	3/10
<b>GO6N</b>	<b>3/00</b>	<b>(2006.01)</b>	GO6N	3/00 550C

請求項の数 1 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願平9-132960	(73) 特許権者	591175675
(22) 出願日	平成9年5月8日(1997.5.8)		ジョンソン・アンド・ジョンソン・ビジョ ン・ケア・インコーポレイテッド
(65) 公開番号	特開平10-68913		アメリカ合衆国、32216 フロリダ州
(43) 公開日	平成10年3月10日(1998.3.10)		、ジャクソンビル、スイート 100、セ ンチュリオン・パークウェイ 7500
審査請求日	平成16年4月28日(2004.4.28)	(74) 代理人	100066474
(31) 優先権主張番号	647005		弁理士 田澤 博昭
(32) 優先日	平成8年5月9日(1996.5.9)	(74) 代理人	100088605
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 加藤 公延
		(72) 発明者	ジェフリー・エフ・ロフマン
			アメリカ合衆国、32233 フロリダ州
			、ジャクソンビル、ブラディ・プレイス・ ブルバード 12389

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学的デザインを最適化する方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のデザイン変数を含む光学的デザインを最適化する方法であって、

(a) 所定の光学的屈折率条件に関連する所定の光学的デザインパラメータを認識する工程と、

(b) 臨床評価で、前記光学的屈折率条件を持つ規定数の患者に視力データと主観的な応答評価を与える各々そのような評価を使用するために1つあるいはそれ以上の前記光学的デザインパラメータを利用しながら光学レンズを形成する工程と、

(c) 前記光学的デザインパラメータと関連する患者のパラメータを入力成分として、また前記視力データと主観的な応答評価を出力成分としてニューラルネットワークに入力する工程と、

(d) 前記ニューラルネットワークをトレーニングして前記入力成分と前記出力成分との間の著しい関係をモデル化してそれによりトレーニングしたニューラルネットワークを作る工程と、

(e) 前記トレーニングしたニューラルネットワークによって評価するため、1つあるいはそれ以上の特定のデザインパラメータを分離し入力して視力と主観的な応答を前記特定のデザインパラメータの関数として予測する工程と、

(f) 1つあるいはそれ以上の前記予測を統合して最適な光学的なデザインを決めて前記光学的な屈折率条件を矯正する工程を含む光学的デザインを最適化する方法。

【発明の詳細な説明】

10

20

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は一般に多焦点眼鏡レンズデザインに関し、特に、中間ネットワーク分析を使用する多焦点眼鏡レンズの最適なデザインを決定する方法に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

物体に焦点を合わせるための個々の眼の能力は、老眼と白内障を含む様々な光学的屈折率条件により影響を受ける。精巧になるように各々の眼は、眼の網膜に結像するために用いる生まれながらの水晶体（レンズ）を備えている。正常な視力の人には眼球水晶体は、本来、遠い物体の像に焦点を合わせる形になっており、眼球水晶体は近い物体の像を網膜に焦点を合わせるため湾曲する。様々な物体の像を網膜に結像させるための眼球水晶体の調節は、アコモデーション（調節）と呼ばれる。

10

## 【0003】

人々の多くは眼の調節が不十分である。例えば、人は年をとるにつれ生まれながらの眼球の結晶性水晶体が硬くなる傾向がある。硬くなると眼球水晶体はその表面の曲率（すなわち湾曲）が変えにくくなる。このように眼球水晶体が曲げにくくなるのが老眼と呼ばれる病状である。老眼は、処方された光学レンズにより矯正される。

## 【0004】

調整が不十分であると、白内障を招くこともある。白内障の人の多くは、それぞれの本来の眼球水晶体を除去して眼球内部で変更あるいは調節できない人工眼内レンズに代える。この病状の人はそれぞれの病状を補うために矯正レンズが必要になる。

20

## 【0005】

調節が不十分であると、いろいろ異なった光学的倍率の多数の異なった領域を持った眼鏡あるいはレンズで矯正することができる。眼鏡を装用している人は、見る物を適正な光学的倍率の眼鏡の一部で見るとして視線を変えなければならない。眼鏡に代わるものが多焦点の性能がある眼鏡コンタクトレンズである。多焦点コンタクトレンズは装用者に視線を変えずに遠近両方の距離にある物に焦点を合わせる能力がある。

## 【0006】

特定の多焦点レンズデザインには交互の光学的倍率を有する複数の同心環状セグメント（リング）に囲まれた円形内部領域がある。その特定の多焦点レンズはその円形内部領域を含め2つあるいは3つ以上の領域に分割されており、そのため様々な光学的倍率の分布を備えている。円形内部領域以外の各領域は1個あるいは2個以上の環状セグメントを有している。

30

## 【0007】

老眼矯正用の好ましい多焦点レンズデザインは、レンズを3つの領域、すなわち、円形内部領域、交互の光学的倍率を有する多数の環状セグメント（リング）からなる環状中間領域及び環状外部領域に分ける。このような好ましいデザインは、1995年5月4日に出版しこの明細書に参考文献として盛り込まれている同時出願中の出願番号第08/434,933号に詳細に説明してある。

## 【0008】

この好ましいデザインでは内部領域が遠用光学的矯正倍率を有する。内部領域は、眼球の瞳孔が収縮して眼に入る光量が制限される場合、高輝度の状態で最も重要である。瞳孔が収縮すると、多焦点レンズの効果的な矯正適用領域は内部領域である。瞳孔が収縮すると高輝度の状態が戸外の陽光が差す際に通常発生し、そのため遠見矯正が必要になる。従って、内部領域に遠用光学的倍率矯正を備えた多焦点レンズをデザインすることが有利である。

40

## 【0009】

好ましいデザインでは、中間領域は遠近両用光学的矯正パワー（倍率）を有する。中間領域は瞳孔がその拡大領域の中央部にある場合、中間輝度の状態で最も重要である。瞳孔がその拡大領域の中央部にあると、多焦点レンズの効果的な矯正適用領域の境界は中間領域

50

である。瞳孔がその拡大領域の中央部にあり、中間輝度の状態は人工光の下で室内であるいは曇りの日か夕暮れ時の戸外で生じる。そのような状態での活動は近見矯正が必要になる読書から、遠視が必要になる自動車の運転までの範囲を変動できる。このように遠近用光学的矯正パワーの両方を有する中間領域を備えた多焦点レンズをデザインすることは有利である。

**【0010】**

好ましいデザインでは、外部領域は遠用光学的矯正パワーを有するようにデザインする。外部領域は、眼の瞳孔が完全に拡大（散瞳）した時、低輝度の状態で最も重要である。眼の瞳孔が完全に拡大すると、多焦点レンズの効果的な矯正適用領域の境界は外部領域である。瞳孔が完全に拡大すると、低輝度状態は夜間に戸外で起きる。夜間の活動は、遠見矯正が必要な自動車の運転や街の散歩を含むのが普通である。従って、遠用光学的矯正パワーを有する外部領域を備えた多焦点レンズをデザインすることは有利である。

10

**【0011】**

上記多焦点レンズデザインは老眼の矯正に好適なデザインであるが、同様にあるいはそれ以上に機能する別のデザインでも可能である。最適なデザインは患者によって変わり、個別の患者のパラメータに依存する。

**【0012】**

コンタクトレンズ装用における最近の開発は、眼から外して捨てる連続装用レンズと終日装用レンズの成形である。この開発は、これらの使い捨てレンズを許容できるコスト/装用比で製造するための高容積自動化設備を必要とする。この環境では小グループの患者らに用立てる多種の多焦点レンズデザインの少量の在庫品を保管することは非実用的である。大グループの患者に用立てる比較的少数のデザインの大量の在庫品を保管することがより望ましい。従って、多くの患者用に適切に視力矯正が行なえる最適なデザインを見つけることは必要である。大グループのレンズをデザインする際の複雑なファクターは、本質的な性能の評価が常に最適な光学的矯正を可能にすることは限らないことである。大勢の患者の最適なデザインを見つけることが本発明の主な目的である。

20

**【0013】**

大グループの患者用の最適な多焦点コンタクトレンズをデザインすることは、そのグループの患者の共通の光学的ニーズに基づく光学的デザインパラメータを選択することを意味する。コンタクトレンズを老眼の患者に装用するために関連した光学的デザインのパラメータは、限定するものでないが、以下のすなわち、環状リング（セグメント）の数、環状リングの間隔、レンズ付加パワー（add power）、単眼用/複眼用関数、及び瞳孔関数である。上記光学的デザインパラメータの各々は、以下のパラグラフで説明する。

30

**【0014】**

前に詳細に説明したように、老眼の治療のための多焦点コンタクトレンズは、様々な光学的パワー分布を有する1つあるいはそれ以上の環状領域に囲まれた円形内部領域からなっている。各領域の光学的パワー分布は瞳孔関数と呼ばれるパラメータで定義される。近用あるいは遠用光学的パワー分布は、ある領域が近用あるいは遠用光学的パワーが支配的であるかを厳密に示すものである。等しい光学的パワー分布は、ある領域が等しい量の近用及び遠用光学的パワーからなっていることを示している（すなわち、ある領域の総面積の半分が近用光学的パワーであり、残りの半分が遠用光学的パワーであるようにその領域内に環状リングがデザインされる）。

40

**【0015】**

多焦点コンタクトレンズは複数の領域でデザインすることができるが、実際のデザインは、以下の瞳孔関数の種類により定義された光学的パワー分布を備えた2つあるいは3つの領域を有するのが通常である。つまり、その瞳孔関数の種類は、内部領域が遠用光学的パワーを有し、外部領域が等量の近用及び遠用光学的パワーを有する遠用/等（ $d/q$ ）、内部領域が遠用光学的パワーを有し、中間領域が等量の近用及び遠用光学的パワーを有し、外部領域が遠用光学的パワーを有する遠用/等/遠用（ $d/q/d$ ）、あるいは内部領域が近用光学的パワーを有し、中間領域が等量の近用及び遠用光学的パワーを有し、外部

50

領域が遠用光学的パワーを有する近用 / 等 / 遠用 (  $n / q / d$  ) である。

【 0 0 1 6 】

多焦点コンタクトレンズをデザインする際に考慮すべき別の光学的デザインパラメータは、多焦点レンズに対となつて関連する単眼用 / 複眼用関数である。単眼用 / 複眼用関数は、1対の各レンズが同一か僅かに異なるかどうかを示すものである。単眼用デザインは両眼を同じレンズデザインに装用するデザインである。複眼用デザインは各眼が僅かに異なったレンズデザインに装用されるデザインである。複眼用デザインは利き眼でない眼のレンズを有するより高い割合の遠用光学的パワーを有する遠用の利き眼に装用するのが普通である。

【 0 0 1 7 】

多焦点レンズの非常に重要な2つの光学的デザインのパラメータは、円形内部領域を囲む環状リングの数とその間の間隔である。これらの2つのパラメータはいろいろな照明状態の下での患者の瞳孔サイズの関数である。それらのパラメータは各領域の光学的パワー分布によって影響も受ける。

【 0 0 1 8 】

別の重要な光学的デザインパラメータは、多焦点レンズの全体の付加パワー矯正をセットするレンズ付加パワーである。レンズ付加パワーは患者らの光学的矯正ニーズの関数である。

【 0 0 1 9 】

前に説明した光学的デザインパラメータに加えて、多焦点レンズデザインは幾つかの患者のパラメータに依存する。関係する患者のパラメータは、限定するわけではないが、患者の年齢、患者の付加屈折率及び患者のロス (  $H_{loss}$  ) を含む。

【 0 0 2 0 】

前に説明したように、人の眼の調節はその人の年齢と共に弱まる。実際、高齢では人は眼の調節能力を全く無くす。この理由のみのために多焦点コンタクトレンズをデザインする際に、患者の年齢を考慮することが重要である。

【 0 0 2 1 】

患者の年齢は多焦点レンズデザインに対して付随する関連性を有する。人の瞳孔のサイズが変わる方法は予測が可能であり、主に照明レベルと人の年齢による。同じ年齢の人の場合、拡大変化の最大最小時の彼らの瞳孔サイズは、照明レベルの関数として同じあるいは略同じ方法で変化する。このように人の瞳孔の最大最小拡大時のサイズは年齢に基づいて予測できる。

【 0 0 2 2 】

異なった照明レベルでの瞳孔のサイズはレンズの効果的な矯正パワー ( 倍率 ) 比に影響を与える。例えば、患者が高度照明の下で遠見の仕事をしていると、患者の瞳孔は収縮し、多焦点レンズの効果的な矯正領域は遠見矯正を要する内部領域である。このように多焦点レンズの効果的な矯正倍率比は、患者の瞳孔サイズの関数であり、患者の瞳孔サイズは照明の関数として患者の年齢と共に変わり、多焦点レンズをデザインする際に、患者の年齢を考慮することが重要である。

【 0 0 2 3 】

比較的近い ( 約 18 インチ ) 像の結像不能は、たとえいくらかでも個人個人が適切に結像できるように、個人の基本的な遠用矯正に付加しなければならない正の光学的パワーの量で測定される。この理由から与えられる正の光学的パワーは、通常、付加屈折率と呼ばれる。大グループの患者に必要な多焦点レンズは、特定のグループの患者すべてが略同じ付加屈折率条件を有することが必要である。

【 0 0 2 4 】

患者のロス (  $H_{loss}$  ) は、近用付加  $R_x$  に匹敵する遠用  $R_x$  で近見の仕事をしようとする場合、いかに多くの視線を患者が失うかの測定である。

【 0 0 2 5 】

特定のレンズデザインの実際の臨床性能は、レンズを装用しての患者の臨床視力測定に基

10

20

30

40

50

づいている。実際の視力 (VA) は  $-10^\circ \text{LogMAR}$  (MARは最小解像角度である) で定義される単位で測定することができる。この方式では、 $20/20$  は  $0.00$  に対応し、 $20/20$  より大きい値は正の値であり、 $20/20$  より小さい値は負の値である。VAはまた最良の眼鏡矯正から失った複数の行で測定することもできる。そのような測定は1行内の複数の文字数に基づき、そのために1行に8文字を付した視力検査表を使用する。

【0026】

VA測定は近用と遠用の光学的性能のために採用することができる。VAは輝度とコントラストの高、低あるいは中間のレベルで測定することもできる。

【0027】

特定のレンズデザインのVA性能は、主観的に測定することができる。主観的な測定値は、異なったレンズデザインを装用した後、個々の患者により主観的な評価に基づくものである。主観的な評価は、所定の範囲から選択される1つの数で規定されるように、患者によるレンズの光学的性能評価に基づいている。

10

【0028】

臨床評価では、実際のVA測定値に基づく特定のレンズデザインの光学的性能は、必ずしも主観的な測定値と一致しないことがわかった。従って、特定のレンズデザインの評価は、実際のVA測定値と主観的なVA測定値の両方に基づけばさらに正確であろうと判断された。

【0029】

異なったデザインの多種の終日装用あるいは連続装用の使い捨て多焦点レンズを在庫にして個々の患者や小グループの患者に使用させることはコスト的に効果的でない。レンズデザインが小グループの患者にのみ有効であれば、それぞれ複数のデザイン、パワー及び付加パワーの多様な組み合わせを在庫するためにかかったコストは簡単には取り戻せない。そのため同じ光学的ニーズを持った大勢の患者に適應させる多焦点レンズをデザインすることは有利である。

20

【0030】

大勢の患者に適應させる最適なレンズデザインを見つけることは、考慮すべき多数のデザイン変数があるため極端に難しい。これらの変数には光学的デザインパラメータと前に説明した患者のパラメータがある。複雑化するファクターは、特定の患者が装用した時に特定のレンズデザインの光学的性能が、別の患者が装用した時に特定のレンズデザインの光学的性能に直線的に関係しないということである。従って、レンズデザインと光学的性能との間の関係は直線的ではなく、そのため最適なデザインを決めるために使える一次式でモデル化できない。

30

【0031】

様々なレンズデザインとそのレンズの光学的性能との間の関係を正確にモデル化できる方法を処方する必要がある。そのため、そのようなモデルは大勢の患者のための最適な多焦点レンズデザインを決定するのに使用されるだろう。

【0032】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は大勢の患者のための多焦点レンズデザインを最適化することである。

40

【0033】

本発明の別の目的は、ニューラルネットワーク解析を利用して大勢の患者のための多焦点レンズデザインを決定することである。

【0034】

本発明のさらに別の目的は種々の多焦点レンズデザインの臨床研究から収集した初期の適合視力 (VA) データを解析し、それでそれらの研究に基づく多焦点レンズデザインを最適化することである。

【0035】

【課題を解決するための手段】

これらの目的と他の目的は、ニューラルネットワークを利用して様々な多焦点レンズデザ

50

インとそれに関連する視力性能との間の真の関係を学習することによって達成される。

【0036】

また本発明の利点は、本発明の好ましい実施態様を記載した以下の説明を考慮すれば明らかになる。

【0037】

【発明の実施の形態】

ニューラルネットワーク解析は、独立変数と従属変数との間の非線形関係をモデル化する方法である。ニューラルネットワーク解析は、独立変数と従属変数との間の関係を正確にモデル化するニューラルネットワークを作ることによって行なわれる。一旦、正確なネットワークを作れば、知られている独立変数に基づいて未知の従属変数の値を予想することができる。慣習によりニューラルネットワークでは、独立変数は入力（インプット）と呼ばれ、従属変数は出力（アウトプット）と呼ぶ。

10

【0038】

ニューラルネットワークのパワーは、そのパワーが入力と出力との間の関係をモデル化するために使用する非線形方程式に見出される。非線形方程式は接続ウェイトと呼ばれる変数のあるセットで定義する複雑な関数である。接続ウェイトは、ニューラルネットワーク内に入力するトレーニングデータを調査するトレーニングアルゴリズムで決定される。トレーニングデータは、モデル化する非線形関係の典型である入力とそれに関連する出力の1セット（組）である。トレーニングアルゴリズムはトレーニングデータを処理し、ニューラルネットワークの予測された出力とトレーニングデータ出力との間のエラーを最小にする1セットのウェイトを見出す。

20

【0039】

ニューラルネットワークは構造的に1つの入力層、1つあるいはそれ以上の隠れた層及び1つの出力層からなっている。出力層と隠れた層は、ニューラルネットワークの主要な構築ブロックである相互接続した処理要素からなる。

【0040】

入力層の主な関数は第一の隠れた層の処理要素に対して入力値を定めることである。各処理要素は各入力に異なるウェイト値を掛け合わせそして個々の積を加える。その結果は非線形トランスファー関数を経て処理要素出力を作る。1層の処理要素出力の全ては、同じ処理が繰り返される次の層の処理要素入力につながる。

30

【0041】

最後の層は線形か非線形の処理要素を含む出力層である。非線形処理要素プロセスは上記の同じ方法で入力する。線形処理要素は、処理要素の入力を処理要素の出力まで簡単に通す。出力層の処理要素の出力はニューラルネットワークの最後の出力を作る。

【0042】

別のニューラルネットワークデザインの問題は、ニューラルネットワークが完全に接続しているかフィードフォワードデザインかを含んでいる。1層からの出力の全てが次の層への入力として使用されれば、ニューラルネットワークは完全に接続される。内部フィードバックループがない（すなわち、1層からの出力が前の層への入力として使用されない）ならば、ニューラルネットワークはフィードフォワードである。

40

【0043】

ニューラルネットワークを作る第一ステップは予測すべきものを定めることである。これらの予測はニューラルネットワークの出力である。次のステップは予測値に影響を与えることも考えられる変数の全てを認識することである。これらの変数はニューラルネットワークへの入力である。一旦、入力と出力を認識したら、ニューラルネットワークの残りの構造は、層の数と処理要素の数を含めて決めなければならない。

【0044】

ニューラルネットワークの残りの層が決まると、ニューラルネットワークが作られる。ニューラルネットワークを作った後、ニューラルネットワークはトレーニングデータを使って訓練される。トレーニングデータは1セットのデータであり、ニューラルネットワーク

50

によってモデル化すべき統計的な関係を示す入力変数と関連する出力変数を含む。収集され使用するトレーニングデータが多ければ多い程、特に、モデル化される関係が統計的であれば良い。

【0045】

トレーニングはニューラルネットワークにより実施されるトレーニングアルゴリズムで行なわれる。トレーニングアルゴリズムはトレーニングデータを処理し、トレーニングデータ入力とトレーニングデータ出力と間の関係を最も密接にモデル化する適切な接続ウェイトを選択する。

【0046】

トレーニングの後、ニューラルネットワークの性能はテストデータを使用して評価できる。テストデータはトレーニングデータと同じ方法で集められる。実際、優れたテスト結果の場合、テストデータは、任意の10%のトレーニングデータからなる必要がある。

10

【0047】

ニューラルネットワークのテストは以下のように行なう。テストデータ入力をニューラルネットワーク内に個々に入力する。ニューラルネットワークを働かせ、予測した出力を各テスト入力に対して集める。予測した出力を実際のテストデータ出力と比較してニューラルネットワークが適切に機能しているかどうかを決める。テストデータに関してうまく機能していないニューラルネットワークは使用すべきではない。

【0048】

ニューラルネットワークをトレーニングしたら、様々な入力に基づく出力を予測するためにニューラルネットワークを使用できる。1セットの変数は、入力として使用され、またニューラルネットワークがそれらの入力に基づく出力を予測するために機能される。次に、得られた予測を、ニューラルネットワークがデザインされた目的のために使用できる。

20

【0049】

本発明は大勢の患者のための最適な多焦点レンズデザインを予測するためにニューラルネットワークを利用する方法を含む。ニューラルネットワークを使用して様々な光学的デザインパラメータと、そのデザインパラメータを使用して形成した関連するレンズの視力性能との間の非線形関係をモデル化する。この発明の方法の詳細な説明は以下の通りである。

【0050】

第一ステップは特定の光学的屈折率条件に関連する光学的デザインパラメータを認識することである。次に、認識した光学的デザインパラメータを使用して特定の屈折率条件を有する規定人数の患者のための視力性能を引出すために臨床評価で使用する光学レンズを作る。

30

【0051】

次に、ニューラルネットワークを、認識した光学的デザインパラメータと様々な患者のパラメータを入力として、また視力データ出力として使用しながら作成する。その作成後、ニューラルネットワークを、臨床評価で集めたデータを使用しながらトレーニングする。

【0052】

トレーニングの後、特定の光学的デザインパラメータを分離し、トレーニングしたニューラルネットワークで評価して特定のパラメータの関数として視力を予測する。その結果得られた視力予測を特定のデザインパラメータに関して解析し、最適なレンズデザインを、光学的屈折率条件を有する大勢の患者らのために決定する。

40

【0053】

本発明の方法の実施態様では、ニューラルネットワークは、タロン (Talon) 開発会社から出されたBRAINニューラルネットワーク開発システム (NNDS) を使用して作られる。ニューラルネットワークは、様々な光学的デザインパラメータとそれらのデザインパラメータを使用しながら作成した関連するレンズのVA / 主観的な性能との間の非線形関係をモデル化するように使用する。ニューラルネットワークは、入力層、出力層、及びトレーニングアルゴリズムで使用して光学的なデザインパラメータと、関連するレンズのVA

50

／主観的な性能との間の関係を正確にモデル化する1セットの接続ウェートを定める相互接続処理要素を有する1つあるいはそれ以上の隠れた層とを有する幾つかの層を含む。BRAIN NNDSはタロンのトレーニングアルゴリズムを利用する。このアルゴリズムは以下の式で示すS字状の非線形トランスファー関数として各処理要素を定義する。

$$\text{アウト} = 1.0 / (1 + e^{-in}) - 0.5$$

この式でアウトは処理要素の出力であり、inは各処理要素の入力にその関連するウェートを掛けた合計であり、 $e^{-in}$  は  $1 \times 10^{-in}$  である。

#### 【0054】

本実施態様ではニューラルネットワークを使用して老眼で中間付加屈折率矯正を要する大勢の患者らにデザインした多焦点コンタクトレンズの同心環状リングの最適個数を決定する。開示した本発明の方法の実施態様の各ステップは以下の通りである。

10

#### 【0055】

第一ステップは老眼で中間付加屈折率矯正を要する患者らの光学的デザインパラメータを確認することであった。光学的デザインパラメータには幾つかの同心環状リング、レンズ付加パワー（倍率）、瞳孔関数及び単眼あるいは複眼対が含まれた。リングの個数は1ないし12個で、レンズ付加パワーは1.5か2.0の値で、瞳孔関数は遠用／等（ $d/q$ ）、遠用／等／遠用（ $d/q/d$ ）、あるいは近用／等／遠用（ $n/q/d$ ）であり、単眼あるいは複眼対は単眼対か複眼対であった。

#### 【0056】

デザインパラメータの様々な組合わせを選択し様々なデザインコードのラベルを貼った。各デザインコードは同じ光学的デザインパラメータを持つ1対の多焦点コンタクトレンズを示した。様々なデザインコードと、関連するデザインパラメータは次の通りである。すなわち、デザインコード103は、12個のリングと1.5のレンズ付加パワーと $d/q$ の瞳孔関数を備えた単眼デザインであり、デザインコード104は、7個のリングと1.5のレンズ付加パワーと $d/q/d$ の瞳孔関数を備えた単眼デザインであり、デザインコード105/6は、6.5個のリングと1.5のレンズ付加パワーと $d/q$ の瞳孔関数を備えた複眼デザインであり、デザインコード107/8は、6個のリングと1.5のレンズ付加パワーと $d/q/d$ の瞳孔関数を備えた複眼デザインであり、デザインコード109/10は、3個のリングと1.5のレンズ付加パワーと $d/q/d$ の瞳孔関数を備えた複眼デザインであり、デザインコード111/12は、4.5個のリングと1.5のレンズ付加パワーと $d/q$ の瞳孔関数を備えた複眼デザインであり、デザインコード113は、5個のリングと1.5のレンズ付加パワーと $d/q/d$ の瞳孔関数を備えた単眼デザインであり、デザインコード114は、6個のリングと1.5のレンズ付加パワーと $n/q/d$ の瞳孔関数を備えた単眼デザインであり、デザインコード203は、12個のリングと2のレンズ付加パワーと $d/q$ の瞳孔関数を備えた単眼デザインであり、デザインコード204は、7個のリングと2のレンズ付加パワーと $d/q/d$ の瞳孔関数を備えた単眼デザインであった。

20

30

#### 【0057】

次に、各デザイングループの特定のデザインパラメータを使って多焦点コンタクトレンズを形成した。そのように形成したレンズを複数の患者に付け、臨床評価を行なって各レンズデザインのVAと主観的な性能を集めた。特定のデザインを装用している患者の場合、高輝度、高コントラストでの近用と遠用の実際のVAを、-1.0 Log MAR方式に基づく視力ユニット（v.a.u.）で測定した。さらに、近用、遠多及び総合レンズの個人的な応答評価を各患者に対して問題のレンズに満足かどうかに基づいて記録した。主観的な応答評価を0と50の間の範囲で選択した。この場合、50を最良の眼鏡矯正とし、0を矯正無しとした。

40

#### 【0058】

光学的デザインパラメータと関連する患者のパラメータを、各レンズデザインを装用している各患者の実際に対応するVAと主観的な応答データに沿って見開きシートに記録した。患者のパラメータには患者の年齢、患者の付加屈折率及び患者のロス（Hloss）があ

50

る。データを付記した見開きシートを表1～表12に示した。

【表1】

デザインコード	任意トレイン学習	光学的デザインパラメータ				患者のパラメータ			実際のVA測定値			主観的な応答評価		
		リング数	レンズ付加パワー	単眼/複眼 mon=1 bin=2	瞳孔 d/q=1 d'/q'/d=2 n/q'/d=3	年齢	付加	Hloss	遠用 hi l hi c	近用 hi l hi c	遠用	近用	全体	
103	0.709	12	1.5	1	1	40	1.00	-0.4	1.20	-0.2	38	38	38	
103	0.888	12	1.5	1	1	44	1.50	-2.0	1.40	0.2	23	40	32	
103	0.715	12	1.5	1	1	42	1.50	-3.0	2.00	-0.4	46	34	40	
103	0.511	12	1.5	1	1	46	1.75	-2.6	1.00	-1.2	40	40	40	
103	0.377	12	1.5	1	1	53	1.75	-2.2	1.00	0.0	46	49	48	
103	0.088	12	1.5	1	1	48	2.00	-3.4	1.00	-0.2	36	50	42	
103	0.161	12	1.5	1	1	53	2.00	-4.0	0.80	-1.8	50	25	50	
103	0.179	12	1.5	1	1	53	2.00	3.8	1.00	2.8	49	41	45	
103	0.161	12	1.5	1	1	50	2.25	-3.6	-1.20	0.4	38	44	41	
103	0.718	12	1.5	1	1	51	2.25	-6.4	0.60	-1.2	50	50	50	
103	0.119	12	1.5	1	1	48	1.00	-0.0	0.50	1.2	40	19	35	
103	0.221	12	1.5	1	1	46	1.00	0.0	0.13	-1.4	37	37	37	
103	0.359	12	1.5	1	1	45	1.00	-0.6	2.63	1.0	9	44	46	
103	0.861	12	1.5	1	1	49	1.25	-1.2	1.00	0.0	0	36	30	
103	0.418	12	1.5	1	1	53	1.50	-3.0	1.50	-0.8	50	50	50	
103	0.366	12	1.5	1	1	50	1.50	-3.2	1.75	1.0	45	40	42	
103	0.758	12	1.5	1	1	60	1.50	-2.6	0.50	-1.2	1	9	10	

【表2】

デザインコード	任意トレイン学習	光学的デザインパラメータ				患者のパラメータ			実際のVA測定値		主観的な応答評価		
		リング数	レンズ付加パワー	単眼/複眼 mon=1, bin=2	瞳孔 d/q=1 d/q/d=2 n/q/d=3	年齢	付加	Hloss	遠用 h1 h1c	近用 h1 h1c	遠用	近用	全体
103	0.923	12	1.5	1	1	50	1.50	-2.4	1.00	-0.6	40	45	45
103	0.760	12	1.5	1	1	52	1.50	-6.8	1.00	-1.0	35	15	15
103	0.938	12	1.5	1	1	53	1.75	-6.4	1.13	-3.0	50	10	35
103	0.571	12	1.5	1	1	54	1.75	-3.0	1.88	-0.8	37	16	24
103	0.226	12	1.5	1	1	52	1.75	04.4	0.75	0.6	45	37	40
103	0.096	12	1.5	1	1	50	1.75	-1.0	-0.13	-0.6	35	36	35
103	0.986	12	1.5	1	1	50	1.75	-3.0	0.00	-1.0	44	10	16
103	0.876	12	1.5	1	1	49	2.00	-5.6	1.25	-0.6	21	26	35
103	0.338	12	1.5	1	1	49	2.25	-6.4	1.50	-2.2	30	15	20
103	0.488	12	1.5	1	1	49	2.25	-5.8	0.63	-3.0	9	15	35
103	0.386	12	1.5	1	1	66	2.25	-3.8	0.88	-0.8	7	0	9
103	0.813	12	1.5	1	1	49	3.00	-4.8	1.25	-1.6	39	4	21
103	0.150	12	1.5	1	1	38	0.50	0.0	2.25	0.0	40	50	45
103	0.864	12	1.5	1	1	40	0.50	-0.4	2.00	0.0	45	50	48
103	0.507	12	1.5	1	1	37	0.75	0.0	2.00	0.0	43	30	45
103	0.121	12	1.5	1	1	38	1.00	0.0	2.00	0.0	35	50	43
103	0.915	12	1.5	1	1	42	1.00	0.0	2.00	0.0	50	50	50
103	0.334	12	1.5	1	1	46	1.25	-2.0	2.00	-2.0	50	35	50
103	0.311	12	1.5	1	1	45	1.25	0.0	2.00	0.0	30	40	35

【表3】

デザインコード	任意トレイニング学習	光学的デザインパラメータ				患者のパラメータ			実際のVA測定値		主観的な応答評価		
		リング数	レンズ付加パワー	単眼/複眼mon=1 bin=2	瞳孔d/q=1 d/q/d=2 n/q/d=3	年齢	付加	Hloss	遠用hic	近用hic	遠用	近用	全体
103	0.791	12	1.5	1	1	48	1.25	-1.0	2.00	-1.0	40	39	40
103	0.744	12	1.5	1	1	67	1.50	-1.0	1.00	0.0	40	45	45
103	0.008	12	1.5	1	1	41	1.50	0.0	2.00	0.0	47	47	49
103	0.989	12	1.5	1	1	44	1.50	0.0	1.00	0.0	35	45	40
103	0.885	12	1.5	1	1	48	1.50	-2.0	1.00	-1.6	50	25	40
103	0.295	12	1.5	1	1	55	1.75	-2.0	0.00	0.0	40	40	50
103	0.459	12	1.5	1	1	38	1.75	-6.0	3.00	-1.0	43	15	25
103	0.505	12	1.5	1	1	47	1.75	-6.0	2.00	-2.6	48	30	45
103	0.827	12	1.5	1	1	51	1.75	-3.4	1.00	0.0	45	45	45
103	0.624	12	1.5	1	1	51	1.75	-3.0	1.00	-1.0	50	25	35
103	0.282	12	1.5	1	1	57	1.75	-5.2	0.25	-1.0	47	35	35
103	0.638	12	1.5	1	1	69	2.00	-1.4	0.00	-0.6	48	40	50
103	0.705	12	1.5	1	1	55	2.25	-1.0	1.13	0.0	49	35	40
103	0.453	12	1.5	1	1	50	2.50	-4.0	1.13	-1.6	48	25	36
104	0.404	7	1.5	1	2	40	1.00	-0.4	0.80	-0.2	38	44	41
104	0.401	7	1.5	1	2	44	1.50	-2.0	1.00	0.2	48	49	49
104	0.379	7	1.5	1	2	42	1.50	-3.0	1.60	-0.2	44	39	42
104	0.326	7	1.5	1	2	46	1.75	-2.6	1.00	-1.0	31	24	28
104	0.066	7	1.5	1	2	53	1.75	-2.2	1.00	0.4	50	46	48

【表4】

デザインコード		光学的デザインパラメータ				患者のパラメータ			実際のVA測定値		主観的な応答評価		
任意トレイニング学習	リング数	レンズ付加パワー	単眼/複眼 mon=1 bin=2	瞳孔 d/q=1 d/q/d=2 n/q/d=3	年齢	付加	Hloss	遠用 h i l h i c	近用 h i l h i c	遠用	近用	全体	
104	0.932	7	1.5	1	2	48	2.00	-3.4	1.00	0.0	50	50	50
104	0.448	7	1.5	1	2	53	2.00	-4.0	1.00	-2.8	50	36	43
104	0.391	7	1.5	1	2	53	2.00	-3.8	0.60	-1.0	49	41	45
104	0.663	7	1.5	1	2	50	2.25	-3.6	1.60	-1.2	25	10	13
104	0.226	7	1.5	1	2	51	2.25	-6.4	0.00	-1.2	50	50	50
104	0.375	7	1.5	1	2	48	1.00	-0.0	0.50	1.0	42	46	46
104	0.793	7	1.5	1	2	46	1.00	0.0	-0.13	-1.8	37	37	37
104	0.044	7	1.5	1	2	41	1.00	0.6	2.00	1.0	21	47	31
104	0.309	7	1.5	1	2	53	1.50	-3.0	1.00	-0.6	50	19	19
104	0.299	7	1.5	1	2	50	1.50	-3.2	1.50	0.8	40	40	40
104	0.910	7	1.5	1	2	50	1.50	-2.4	0.00	1.0	20	45	40
104	0.564	7	1.5	1	2	52	1.50	-6.8	2.00	-2.2	40	15	20
104	0.720	7	1.5	1	2	53	1.75	-6.4	1.88	-1.2	15	40	30
104	0.362	7	1.5	1	2	54	1.75	-3.0	1.75	-0.4	17	18	18
104	0.919	7	1.5	1	2	52	1.75	-4.4	0.75	1.0	45	46	46
104	0.991	7	1.5	1	2	50	1.75	-1.0	0.68	-0.8	13	11	21
104	0.409	7	1.5	1	2	50	1.75	-3.0	0.63	-2.0	37	15	19
104	0.561	7	1.5	1	2	49	2.00	-5.6	0.63	-0.6	15	28	45
104	0.428	7	1.5	1	2	49	2.25	-6.4	1.63	-0.4	38	19	35

【表5】

デザインコード	任意トレイン学習	光学的デザインパラメータ				患者のパラメータ			実際のVA測定値			主観的な応答評価		
		リング数	レンズ付加パワー	単眼/複眼 mon=1 bin=2	瞳孔 d/q=1 d/q/d=2 n/q/d=3	年齢	付加	Hloss	遠用 hi l hi c	近用 hi l hi c	遠用	近用	全体	
104	0.458	7	1.5	1	2	49	2.25	-5.8	0.88	-0.3	20	4	10	
104	0.410	7	1.5	1	2	66	2.25	-3.8	0.88	-0.6	7	3	7	
104	0.460	7	1.5	1	2	49	3.00	-4.8	0.88	-0.6	42	17	34	
104	0.153	7	1.5	1	2	38	0.50	0.0	2.00	0.0	35	45	40	
104	0.867	7	1.5	1	2	40	0.50	-0.4	2.00	0.0	43	45	35	
104	0.893	7	1.5	1	2	37	0.75	0.0	2.00	0.0	45	30	45	
104	0.273	7	1.5	1	2	38	1.00	0.0	1.38	0.0	40	50	45	
104	0.877	7	1.5	1	2	42	1.00	0.0	2.00	0.0	42	50	45	
104	0.228	7	1.5	1	2	46	1.25	-2.0	2.00	0.0 25	35	35	45	
104	0.460	7	1.5	1	2	45	1.25	0.0	2.25	0.0	34	40	30	
104	0.140	7	1.5	1	2	48	1.25	-1.0	2.00	-1.0	45	40	40	
104	0.176	7	1.5	1	2	67	1.50	-1.0	1.00	-1.0	42	48	40	
104	0.240	7	1.5	1	2	41	1.50	0.0	2.00	0.0	47	47	47	
104	0.806	7	1.5	1	2	44	1.5	0.0	0.00	0.0	40	40	40	
104	0.636	7	1.5	1	2	48	1.50	-2.0	1.00	-1.0	50	20	50	
104	0.647	7	1.5	1	2	55	1.75	-2.0	1.00	0.0	48	50	50	
104	0.109	7	1.5	1	2	38	1.75	-6.0	3.00	-1.0	40	20	25	
104	0.068	7	1.5	1	2	47	1.75	-6.0	1.00	-2.6	45	50	47	
104	0.801	7	1.5	1	2	51	1.75	-3.4	1.00	-2.0	40	45	45	

【表6】

任意 トレイン 学習		光学的デザインパラメータ					患者のパラメータ			実際の VA測定値		主観的な応答評価	
デザイン コード	リング 数	レンズ 付加 パワー	単眼/ 複眼 mon=1 bin=2	瞳孔 d/q=1 d/q/d=2 n/q/d=3	年齢	付加	Hloss	遠用 h i l h i c	近用 h i l h i c	遠用	近用	全体	
104	7	1.5	1	2	51	1.75	-3.0	1.00	-2.4	50	50	45	
104	7	1.5	1	2	57	1.75	-5.2	0.00	-1.0	45	48	47	
104	7	1.5	1	2	69	2.00	-1.4	0.00	-1.0	48	40	45	
104	7	1.5	1	2	54	2.00	-6.0	0.00	-1.0	48	48	30	
104	7	1.5	1	2	55	2.25	-1.0	2.00	0.0	49	45	47	
104	7	1.5	1	2	50	2.50	-4.0	2.00	-1.8	45	40	48	
105/6	6.5	1.5	2	1	48	1.00	-0.0	0.75	0.2	26	32	30	
105/6	6.5	1.5	2	1	46	1.00	0.0	-1.00	-1.4	17	20	19	
105/6	6.5	1.5	2	1	45	1.00	-0.6	1.75	1.4	43	48	45	
105/6	6.5	1.5	2	1	50	1.50	-3.2	2.00	0.6	40	48	45	
105/6	6.5	1.5	2	1	52	1.50	-6.8	1.50	-1.0	30	15	20	
105/6	6.5	1.5	2	1	60	1.50	-2.6	0.25	-1.0	25	13	18	
105/6	6.5	1.5	2	1	53	1.50	-3.0	1.13	-0.8	50	5	14	
105/6	6.5	1.5	2	1	50	1.50	-2.4	-0.13	-1.0	30	37	35	
105/6	6.5	1.5	2	1	54	1.75	-3.0	1.75	0.0	16	16	18	
105/6	6.5	1.5	2	1	50	1.75	-1.0	0.88	-0.4	30	20	27	
105/6	6.5	1.5	2	1	53	1.75	-6.4	2.50	-1.6	20	10	15	
105/6	6.5	1.5	2	1	49	2.25	-6.4	2.75	0.0	22	15	18	
105/6	6.5	1.5	2	1	49	2.25	-5.8	0.63	-3.2	37	16	35	

【表7】

デザイン コード	任意 トレイン 学習	光学的デザインパラメータ				患者のパラメータ			実際の VA測定値		主観的な応答評価		
		リング 数	レンズ 付加 パワー	単眼/ 複眼 mon=1 bin=2	瞳孔 d/q=1 d/q/d=2 n/q/d=3	年齢	付加	Hloss	遠用 hi l hi c	近用 hi l hi c	適用	近用	全体
105/6	0.825	6.5	1.5	2	1	49	3.00	-4.8	1.63	-1.6	23	13	21
107/8	0.435	6	1.5	2	2	48	1.00	-0.0	1.25	0.0	44	42	44
107/8	0.932	6	1.5	2	2	45	1.00	-0.6	2.00	1.8	35	37	36
107/8	0.009	6	1.5	2	2	50	1.50	-3.2	1.75	1.2	25	47	35
107/8	0.665	6	1.5	2	2	52	1.50	-6.8	1.00	-1.0	20	30	25
107/8	0.438	6	1.5	2	2	53	1.50	-3.0	1.63	-1.6	50	50	50
107/8	0.373	6	1.5	2	2	50	1.50	-2.4	0.00	-0.4	35	41	37
107/8	0.469	6	1.5	2	2	54	1.75	1.0	1.25	0.2	11	11	11
107/8	0.538	6	1.5	2	2	52	1.75	-4.4	1.25	1.4	37	40	39
107/8	0.412	6	1.5	2	2	50	1.75	-1.0	1.13	0.0	37	32	33
107/8	0.731	6	1.5	2	2	53	1.75	-6.4	1.75	-2.0	25	20	25
107/8	0.214	6	1.5	2	2	66	2.25	-3.8	0.13	-0.6	7	7	7
107/8	0.827	6	1.5	2	2	49	2.25	-6.4	2.50	2.4	19	19	19
107/8	0.309	6	1.5	2	2	49	2.25	-5.8	1.75	-1.8	40	15	35
107/8	0.979	6	1.5	2	2	49	3.00	-4.8	1.88	-2.6	19	2	19
109/10	0.854	3	1.5	2	2	48	1.00	-0.0	0.33	1.0	28	25	26
109/10	0.201	3	1.5	2	2	50	1.50	-3.2	1.75	1.4	30	45	38
109/10	0.246	3	1.5	2	2	60	1.50	-2.6	0.00	-1.6	18	15	20
109/10	0.573	3	1.5	2	2	50	1.50	-2.4	1.88	1.0	29	40	35

【表 8】

デザインコード		任意トレイン学習	光学的デザインパラメータ				患者のパラメータ			実際のVA測定値			主観的な応答評価		
デザインコード	任意トレイン学習	リング数	レンズ付加パワー	単眼/複眼mon=1 bin=2	瞳孔d/q=1 d/q/d=2 n/q/d=3	年齢	付加	Hloss	遠用hic	近用hic	遠用	近用	全体		
109/10	0.044	3	1.5	2	2	54	1.75	-3.0	1.88	1.0	29	28	28		
109/10	0.260	3	1.5	2	2	50	1.75	-1.0	1.88	0.0	39	35	38		
109/10	0.207	3	1.5	2	2	53	1.75	-6.4	1.88	-2.4	25	20	30		
109/10	0.559	3	1.5	2	2	50	1.75	-3.0	1.13	-2.0	37	18	18		
109/10	0.893	3	1.5	2	2	66	2.25	-3.8	0.75	-1.0	10	3	10		
109/10	0.474	3	1.5	2	2	49	2.25	-6.4	1.88	0.6	21	22	21		
109/10	0.569	3	1.5	2	2	49	2.25	-5.8	1.63	-0.4	15	10	15		
111/12	0.479	4	1.5	2	1	48	1.00	-0.0	1.88	1.0	40	39	40		
111/12	0.907	4	1.5	2	1	50	1.50	-3.2	1.88	1.2	35	45	40		
111/12	0.716	4.5	1.5	2	1	60	1.50	-2.6	0.63	-1.0	20	9	21		
111/12	0.413	4.5	1.5	2	1	50	1.50	-2.4	1.88	0.0	24	20	21		
111/12	0.478	4.5	1.5	2	1	54	1.75	-3.0	2.00	1.0	30	29	31		
111/12	0.054	4.5	1.5	2	1	50	1.75	-1.0	1.88	0.8	23	19	19		
111/12	0.926	4.5	1.5	2	1	53	1.75	-6.4	1.88	-0.4	30	40	35		
111/12	0.882	4.5	1.5	2	1	50	1.75	-3.0	0.00	-1.0	38	10	17		
111/12	0.295	4.5	1.5	2	1	66	2.25	-3.8	0.88	-1.4	10	7	14		
111/12	0.829	4.5	1.5	2	1	49	2.25	-6.4	2.00	1.0	19	18	18		
111/12	0.718	4.5	1.5	2	1	49	2.25	-5.8	1.00	-1.0	2	2	0		
111/12	0.042	4.5	1.5	2	1	49	3.00	-4.8	1.88	-2.6	19	2	19		

【表9】

デザインコード	任意トレイン学習	光学的デザインパラメータ				患者のパラメータ			実際のVA測定値		主観的な応答評価		
		リング数	レンズ付加パワー	単眼/複眼 mon=1 bin=2	瞳孔 d/q=1 d/q/d=2 n/q/d=3	年齢	付加	Hloss	遠用 h i l h i c	近用 h i l h i c	遠用	近用	全体
113	0.50	5	1.5	1	2	48	1.00	-0.0	1.63	1.0	44	44	
113	0.426	5	1.5	1	2	46	1.00	0.0	-0.25	-1.4	37	30	
113	0.961	5	1.5	1	2	45	1.00	-0.6	2.88	1.6	47	46	
113	0.006	5	1.5	1	2	50	1.50	-3.2	2.38	1.0	47	45	
113	0.014	5	1.5	1	2	60	1.50	-2.6	-0.25	-1.0	21	17	
113	0.357	5	1.5	1	2	53	1.50	-3.0	1.50	-0.8	38	38	
113	0.642	5	1.5	1	2	50	1.50	-2.4	0.00	1.0	32	36	
113	0.281	5	1.5	1	2	54	1.75	-3.0	1.88	0.6	34	35	
113	0.763	5	1.5	1	2	53	1.75	-4.4	1.50	0.8	30	33	
113	0.161	5	1.5	1	2	50	1.75	-1.0	1.75	-0.8	35	26	
113	0.556	5	1.5	1	2	53	1.75	-6.4	1.00	-0.4	20	20	
113	0.596	5	1.5	1	2	49	2.00	-5.6	0.63	0.0	17	25	
113	0.409	5	1.5	1	2	66	2.25	-3.8	0.88	-1.0	15	10	
113	0.025	5	1.5	1	2	49	2.25	-6.4	2.00	-0.4	23	15	
113	0.613	5	1.5	1	2	49	2.25	-5.8	1.88	-2.0	37	15	
113	0.679	5	1.5	1	2	49	3.00	-4.8	1.00	-1.2	12	15	
114	0.814	6	1.5	1	3	46	1.00	0.0	-0.5	-1.6	37	35	
114	0.465	6	1.5	1	3	45	1.00	-0.6	2.38	1.0	47	42	
114	0.818	6	1.5	1	3	50	1.50	-3.2	2.13	0.6	40	45	

【表10】

デザインコード	任意トレイン学習	光学的デザインパラメータ				患者のパラメータ			実際のVA測定値		主観的な応答評価		
		リング数	レンズ付加パワー	単眼/複眼mon=1 bin=2	瞳孔d/q=1 d/q/d=2 n/q/d=3	年齢	付加	Hloss	遠用hi l h i c	近用hi l h i c	遠用	近用	全体
114	0.719	6	1.5	1	3	60	1.50	-2.6	0.13	-2.0	23	2	19
114	0.971	6	1.5	1	3	53	1.50	-3.0	1.25	-1.2	38	37	38
114	0.385	6	1.5	1	3	50	1.50	-2.4	1.75	0.6	34	36	35
114	0.216	6	1.5	1	3	54	1.75	-3.0	1.88	0.6	28	28	29
114	0.508	6	1.5	1	3	53	1.75	-6.4	2.00	-1.0	36	17	30
114	0.961	6	1.5	1	3	50	1.75	-3.0	0.88	-2.0	40	19	20
114	0.163	6	1.5	1	3	66	2.25	-3.8	1.00	-2.0	10	2	10
114	0.346	6	1.5	1	3	49	2.25	-6.4	1.75	-0.8	19	14	18
114	0.487	6	1.5	1	3	49	2.25	-5.8	1.00	0.0	35	16	25
114	0.171	6	1.51	1	3	49	3.00	-4.8	1.63	-1.2	29	7	13
203	0.596	12	2	1	1	48	1.00	-0.0	0.25	1.0	35	37	36
203	0.014	12	2	1	1	46	1.00	0.0	-1.00	-1.6	16	15	15
203	0.182	12	2	1	1	49	1.25	-1.2	0.00	0.0	20	35	25
203	0.683	12	2	1	1	50	1.50	-3.2	0.63	0.6	30	45	40
203	0.821	12	2	1	1	52	1.50	-6.8	0.00	0.0	5	30	10
203	0.410	12	2	1	1	60	1.50	-2.6	0.63	-1.0	23	16	21
203	0.767	12	2	1	1	50	1.50	-2.4	1.13	-0.6	25	35	30
203	0.022	12	2	1	1	54	1.75	-3.0	0.88	1.0	9	10	14
203	0.582	12	2	1	1	50	1.75	-1.0	1.00	-0.6	39	38	38

【表11】

デザイン コード	任意 トレイン 学習	光学的デザインパラメータ				患者のパラメータ			実際の VA測定値		主観的な応答評価		
		リング 数	レンズ 付加 パワー	単眼/ 複眼 mon=1 bin=2	瞳孔 d/q=1 d/q/d=2 n/q/d=3	年齢	付加	Hloss	遠用 hi l hi c	近用 hi l hi c	遠用	近用	全体
203	0.888	12	2	1	1	53	1.75	-6.4	0.75	0.0	35	45	41
203	0.738	12	2	1	1	50	1.75	-3.0	0.00	-1.0	36	15	19
203	0.657	12	2	1	1	49	2.00	-5.6	0.63	-0.2	8	22	45
203	0.432	12	2	1	1	66	2.25	-3.8	1.63	-1.2	8	3	7
203	0.940	12	2	1	1	49	2.25	-6.4	1.50	0.8	19	15	17
203	0.935	12	2	1	1	49	2.25	-5.8	-0.75	-1.0	7	20	37
203	0.965	12	2	1	1	49	3.00	-4.8	0.88	0.0	17	9	12
204	0.748	7	2	1	2	48	1.00	-0.0	1.00	0.0	36	39	37
204	0.175	7	2	1	2	50	1.50	-3.2	1.63	0.8	35	45	40
204	0.383	7	2	1	2	52	1.50	-6.8	0.00	-2.0	40	20	25
204	0.542	7	2	1	2	60	1.50	-2.6	0.00	-0.6	23	20	25
204	0.661	7	2	1	2	50	1.50	-2.4	2.00	-1.0	30	35	33
204	0.331	7	2	1	2	54	1.75	-3.0	0.25	0.4	14	20	15
204	0.710	7	2	1	2	50	1.75	-1.0	0.50	-0.6	23	19	19
204	0.061	7	2	1	2	53	1.75	-6.4	0.63	-1.4	30	35	40
204	0.257	7	2	1	2	50	1.75	-3.0	0.00	-2.0	37	21	30
204	0.637	7	2	1	2	49	2.00	-5.6	0.50	0.0	14	24	20
204	0.100	7	2	1	2	66	2.25	-3.8	1.88	-1.0	10	6	10
204	0.081	7	2	1	2	49	2.25	-6.4	1.13	0.0	19	18	19

【表12】

デザインコード	任意トレーニング学習	光学的デザインパラメータ				患者のパラメータ			実際のVA測定値		主観的な応答評価		
		リング数	レンズ付加パワー	単眼/複眼 mon=1 bin=2	瞳孔 d/q=d=1 d/q/d=2 n/q/d=3	年齢	付加	Hloss	遠用 h1 l hi c	近用 h1 l hi c	遠用	近用	全体
204	0.661	7	2	1	2	49	2.25	-5.8	1.13	-0.6	45	40	45

10

20

30

40

【0059】

表1～表12から幾つの場合で、主観的な応答評価は実際のVA測定値に相反したことが明らかである。このことは患者はVA測定値がその特定の患者に最適なレンズデザインを与えるとは限らないと考えていることを示している。従って、トレーニングして得られ

50

たニューラルネットワークが様々なレンズデザインと実際のVAと主観的な応答評価の両方との間の非線形関係を正確にモデル化するように、ニューラルネットワークが実際のVAと主観的な応答データの両方で訓練することが重要である。

【0060】

次のステップはBRAIN NNDSを利用して、確認した光学的デザインと患者のパラメータを入力として、実際のVAと主観的な応答を出力として使用しながら、図1に示すように完全に連結したフィードフォワードニューラルネットワークを作ることであった。そこで入力層は7つの入力(I1 - I7)を有し、出力層は5つの出力(O1 - O5)を含む5つの処理要素(PE01 - PE05)を有する。残りのニューラルネットワークの構造は11の処理要素(PEA1 - PEA11)を有する第一の隠れた層と、8つの処理要素(PEA1 - PEA8)を有する第二の隠れた層からなる。

10

【0061】

ニューラルネットワークは図1に示すように相互接続してある。入力層の7つの入力の全てを第一の隠れた層の11の処理要素全ての入力に繋ぐ。第一の隠れた層の11の処理要素の全ての出力を第二の隠れた層の8つの処理要素の全てに入力する。出力層の5つの処理要素の出力は、実際のVAと主観的な応答に対応するニューラルネットワークの5つ出力である。

【0062】

ニューラルネットワークを作った後、臨床評価時に、集めたデータを使いながらニューラルネットワークをトレーニングした。トレーニングは、臨床的に集めたデータが載った見開きシートをニューラルネットワーク内に入力し、トレーニングアルゴリズムに入力デザインデータと出力VA/個人的データとの間の非線形関係を学習させることによって行なった。

20

【0063】

このトレーニングプロセスは以下のように行なう。7つの光学的デザインと患者のパラメータを入力層から第一の隠れた層の11の処理要素の全ての入力につなぐ。図2に示したように各処理要素は各入力に異なった接続ウェートを掛け、個々の積を加える。その結果は上記のようにS字状非線形トランスファー関数を通り、11の処理要素出力を生む。第一の隠れた層の11の処理要素の全てを第二の隠れた層の8つの処理要素の全ての入力につなぐ。また各処理要素は各入力に異なった接続ウェートを掛け、個々の積を加え、その結果をS字状非線形トランスファー関数に通して8つの処理要素出力を生む。第二の隠れた層の8つの処理要素の全てを出力層の5つの処理要素の全ての入力につなぐ。そしてまた各処理要素は各入力に異なった接続ウェートを掛け、個々の積を加え、その結果をS字状非線形トランスファー関数に通して5つの処理要素出力を生む。これらの5つの処理要素出力は、ニューラルネットワークの5つの予測したVA/主観的な出力である。

30

【0064】

このトレーニングプロセス時に、トレーニングアルゴリズムは5つの予測したVA/主観的な出力をトレーニングデータ入力の各セットの関連したトレーニングデータVA/主観的な出力と動的に比較し、接続ウェートを動的に変えて予測した出力とトレーニングデータ出力との間の誤差(エラー)を最小にするセットを見つける。このようにしてトレーニングデータをニューラルネットワークで処理した後、得られた接続ウェートのセットは、トレーニングデータ入力の全てと関連したトレーニングデータ出力との間の関係を正確にモデル化する必要がある。得られたニューラルネットワークはトレーニングしたニューラルネットワークと呼ばれる。

40

【0065】

トレーニング後、トレーニングされたニューラルネットワークを、臨床的に集めたデータの任意の10%を使用しテストした。このデータをテストデータと定義する。テストデータはニューラルネットワークをトレーニングするのに使うデータからなってはならない。うまくいったテスト結果では、これは入力トレーニングデータと出力トレーニングデータとの間の関係を学習し、記憶していないことを保証している。

50

## 【 0 0 6 6 】

本実施態様では、テストデータを、3桁の任意の数発生機を利用することによってトレーニングデータと区別して3桁の数0.000から0.999までを各デザインケースに当てはめた。3桁の数を生み出し、任意のトレーニング/学習数(表1~表12参照)として見開きシートにまとめた。ニューラルネットワークをプログラムしてテストデータとして0.100未満か等しい数に関連したデータとトレーニングデータとして0.100を超えた数に関連したデータの全てを使用した。

## 【 0 0 6 7 】

テストは、7つの光学的デザインと患者のパラメータからなるテスト入力をトレーニングしたニューラルネットワークの入力層内に入力することによって行なった。入力層では、7つのテスト入力を入力層から第一の隠れた層の11の処理要素の全ての入力につなぐ。各処理要素は各入力に、トレーニング時に決定した異なった接続ウェートを掛け、個々の積を加える。その結果はS字状非線形トランスファー関数を通り、11の処理要素出力を生む。第一の隠れた層の11の処理要素の全てを第二の隠れた層の8つの処理要素の全ての入力につなぐ。また各処理要素は各入力に異なった接続ウェートを掛け、個々の積を加え、その結果をS字状非線形トランスファー関数に通して8つの処理要素出力を生む。第二の隠れた層の8つの処理要素の全てを出力層の5つの処理要素の全ての入力につなぐ。そしてまた各処理要素は各入力に所定の接続ウェートを掛け、個々の積を加え、その結果をS字状非線形トランスファー関数に通して5つの処理要素出力を生む。これらの5つの処理要素出力は、ニューラルネットワークの5つの予測したVAと主観的なテスト出力からなる5つの予測されたテスト出力を生む。

## 【 0 0 6 8 】

予測したテスト出力を臨床的に集めたVA/主観的な出力と比較してそれらが実質的に同じかどうか判断した。予測した出力はテストグループの各患者で略同じであり、そのためトレーニングしたニューラルネットワークは有意義であると思われた。

## 【 0 0 6 9 】

さらに健康テストを以下のように行なった。臨床的に集めたデータをデザインでグループ分けし、平均して全ての入力と実際の患者の各デザイングループ(表13参照)の性能出力の平均値を求めた。

## 【 表 1 3 】

10

20

30

各デザイングループの平均入力、出力データ															
ニューラルネットワークへの平均入力										平均的患者性能出力		予測出力		差	
デザインコード	リング数	レンズ付加パワー	単眼/複眼 mon=1 bin=2	瞳孔 type d/g=1 d/q/d=2 n/q/d=3	患者 年齢	患者 付加	患者 hloss	VA 近用 mhh	近用 主観	近用 VA mhh	近用 主観	近用 VA letters	近用 主観		
103	12	1.5	1	1	51.2	1.67	-3.52	-0.76	33	-0.95	34	-1.55	1		
104	7	1.5	1	2	51.2	1.67	-3.52	-0.77	37	-0.66	33	0.90	-4		
105/6	6.5	1.5	2	1	51.2	1.67	-3.52	-0.65	21	-0.39	26	0.90	5		
107/8	6	1.5	2	2	51.2	1.67	-3.52	-0.28	37	-0.47	33	-1.53	-4		
109/0	1	1.5	2	2	51.2	1.67	1.52	0.37	29	0.16	29	1.66	0		
111/2	4.5	1.5	2	1	51.2	1.67	-3.52	0.09	25	-0.21	24	2.44	1		
113	6	1.5	1	2	51.2	1.67	-3.52	0.04	29	-0.56	33	-4.80	4		
114	6	1.5	1	3	51.2	1.67	-3.52	-0.63	26	-0.86	29	-1.87	3		
103	12	2	1	1	51.2	1.67	1.52	-0.20	28	-0.33	28	1.03	0		
104	7	2	1	2	51.2	1.67	3.52	-0.71	27	-0.16	31	2.79	4		

nhhはVAユニットでの近用高コントラスト/高輝度の実際のVA

10

20

30

40

【0070】

各個人のデザインコードの平均入力をトレーニングしたニューラルネットワークへのインプットとして使用して予測した近用VAと主観的な応答出力を得た。これらの予測した出力を表13に示した。

【0071】

50

予測した出力を実際の平均出力と比較し、VAと主観的な出力との差を計算し、表13に示した。VA差を増減文字で計算した。その差はVAユニットでのVA差に、1行の文字数である8を掛けることによって計算される。主観的な差は0ないし50の単位ないし範囲に基づいていた。

【0072】

表13に示したように、VA差は-4.80から2.79までの文字の範囲であり、主観的な差は-4から5までの範囲であり、その両方とも無視することができる。従って、健康テストによってトレーニングしたニューラルネットワークが有効であることがさらに証明された。

【0073】

トレーニングとテストの後、トレーニングしたニューラルネットワークを使用して各レンズのリングの数の関数として幾つかのレンズの遠用と近用のVA応答及び主観的な応答を予測した。精度を上げるために、1から12まで変わるレンズの数の他には定数として5つのレンズデザインの平均入力パラメータをトレーニングしたニューラルネットワーク内に入力した。このようにリングの数の関数である予測したVA出力と主観的な出力の1セットを得た。

【0074】

予測したVAと主観的な出力データを次に、以下の5つのレンズデザインに対してグラフでプロットした。すなわち、そのデザインは、単眼デザインd/q/d、単眼デザインd/q、単眼デザインn/q/d、複眼デザインd/q、及び複眼デザインd/q/dである。

【0075】

以下の出力の各々のために4つのグラフを作成した(図3~6参照)。すなわち、  
 (a) 上で定義した5つのレンズデザインのリング数に対してプロットした高輝度、高コントラストで予測された実際の遠用VA(図3)、  
 (b) 上で定義した5つのレンズデザインのリング数に対してプロットした予測された主観的な遠用応答(図4)、  
 (c) 上で定義した5つのレンズデザインのリング数に対してプロットした高輝度、高コントラストで予測された実際の近遠用VA(図5)、  
 (d) 上で定義した5つのレンズデザインのリング数に対してプロットした予測された主観的な近用応答(図6)。

【0076】

そこで各々のケースで、遠見と近見の両方の場合、主観的な視力結果は実際の視力結果と違ったことは注目に値する。各々のケースで実際の視力結果は、少数のリングで最良の結果をもたらすことを示し右下がりの傾きで示され、一方、主観的な視力結果は、多数のリングが明らかに優先されるのを示し、右上がりの傾きで示される。リングの最適数あるいは矛盾する結果を調和させるピーク値を決めるため、2セットのデータ各々を標準化し複合的なグラフとしてまとめ、これらの2つの複合物の統合を、統合データセットのすべての1つの最適値を示す1つの複合物にまとめた。

【0077】

この複合的な統合を以下の公式で示す。

すなわち、 $Qual(n) = Sub(n) \times Obj(n)$

この式でQual(n)は品質長所関数あるいは複合物統合である。

Sub(n)は主観的な応答である。

Obj(n)は客観的に測定した応答である(VA)。

nはリングの数、あるいは評価の診療変数である。

【0078】

第一の複合の統合を作るために予測された実際の遠用VAと主観的な遠用応答を1.0の値に標準化した。同じリング数に対応する標準化した遠用VA値に主観的な遠用値を掛け、前に定義した5つのレンズデザインのリングの数に対しプロットした。得られたグラフ

10

20

30

40

50

は図7に示したように遠用標準化複合物であった。

【0079】

同じ統合を、次に、近見データに関し1.0の値に標準化した実際の予測された近用VAと主観的な応答で行なった。同じリング数に対応する標準化した近用VA値に主観的な近用値を掛け、前に定義した5つのレンズデザインのリングの数に対しプロットした。得られたグラフは図8に示したように近用標準化複合物であった。

【0080】

次に、遠用標準化複合物に近用標準化複合物を掛け、その結果を前に定義した5つのレンズデザインのリングの数に対しプロットした。得られたグラフは図9に示したように遠用/近用標準化複合物であった。

10

【0081】

最後の統合を、5つのレンズデザインの各々の得られた遠用/近用標準化値の各々を掛けながらそしてそれらをリング数に対してプロットしながら作成した。得られたグラフは、図10に示したように組合わせた5種類のレンズすべての遠用/近用標準化複合物であった。このグラフは5つのレンズデザインすべてに対して予測された出力の組合わせを定義する1つの関数を示す。このグラフは5つのリングと7つのリングの間でピークを示す。従って、老眼で中間付加屈折率矯正が必要な大勢の患者の最適なリング数は5つと7つの間である。

【0082】

この複合物統合技術により種々のデータセットを調和しピークを付けるために使用して個別にテストされるどのような1つのデザイン要素でも選択されよう。この複合物統合技術はまた、図9の結果を図10に示した1つの最適化複合物に統合したケースのように、特に診断治療のための主観的な結果と実際の結果が一般に調和していれば、使用されるだろう。

20

【0083】

本明細書で説明した本発明の方法の好ましい実施態様は、限定はしないが乱視と白内障を含む別の光学的屈折率条件を持った患者のためのリングの最適数を決めるのに変形することもできる。

【0084】

本発明の方法は好ましい実施態様に関して本明細書で説明したが、当業者は、本発明の趣旨と範囲から逸脱することなく形態と詳細の上記内容とその他の変形が本明細書でできることが理解される。

30

【0085】

この発明の具体的な実施態様は以下の通りである。

(1) 前記光学的屈折率条件は老眼と乱視を有するグループから選択される請求項1に記載の方法。

(2) 前記光学的屈折率条件は老眼である実施態様(1)に記載の方法。

(3) 前記光学レンズは、遠用と近用の交互付加パワーのリングを備えた複数の同心環状リング(セグメント)を有する多焦点コンタクトレンズとして形成される実施態様(2)に記載の方法。

40

(4) 前記多焦点コンタクトレンズは、単眼用対が同じ複数のレンズからなり、複眼用対が僅かに異なる複数のレンズからなる単眼用対あるいは複眼用対として形成される実施態様(3)に記載の方法。

(5) 前記光学的デザインパラメータは、

(a) 同心環状リングの数と、

(b) 前記交互のリングが瞳孔関数タイプで定義される付加パワー分布を有する少なくとも2つの領域にグループ分けされる瞳孔関数と、

(c) レンズ付加パワーと、

(d) 単眼用対あるいは複眼用対を含むグループから選択される実施態様(4)に記載の方法。

50

## 【 0 0 8 6 】

( 6 ) 前記光学的デザインパラメータは、前記同心環状リングの数と前記瞳孔関数を含む実施態様 ( 5 ) に記載の方法。

( 7 ) 前記光学的デザインパラメータは前記同心環状リングの数、前記瞳孔関数、前記レンズ付加パワー、及び単眼用対あるいは複眼用対を含む実施態様 ( 6 ) に記載の方法。

( 8 ) 前記患者のパラメータは、

( a ) 患者の年齢と、

( b ) 患者の付加屈折率と、

( c ) Hloss を含むグループから選択される請求項 1 に記載の方法。

( 9 ) 前記患者のパラメータは前記年齢、前記患者の付加屈折率および前記 Hloss を含む実施態様 ( 8 ) に記載の方法。 10

( 1 0 ) 前記光学的屈折率条件は老眼である請求項 1 に記載の方法。

## 【 0 0 8 7 】

( 1 1 ) 前記視力データは、MAR が解像度の最小角度である - 1 0 Log MAR のユニットで測定した高輝度と高コントラストの遠用と近用の視力を含む臨床評価時に得られる実施態様 ( 1 0 ) に記載の方法。

( 1 2 ) 前記視力データは、高輝度と高コントラストの遠用と近用の視力を含む臨床評価から得られる実施態様 ( 1 1 ) に記載の方法。

( 1 3 ) 前記視力データは、患者の最良の眼鏡矯正から失ったラインから測定される実施態様 ( 1 1 ) あるいは ( 1 2 ) に記載の方法。 20

( 1 4 ) 前記主観的な応答評価は、遠用応答、近用応答、及び所定の範囲からの単位無しで評価された全体の応答を含む臨床評価から得られる実施態様 ( 1 0 ) に記載の方法。

( 1 5 ) 前記主観的な応答評価は遠用、近用及び全体の主観的な応答評価を含む実施態様 ( 1 4 ) に記載の方法。

## 【 0 0 8 8 】

( 1 6 ) 前記入力、トレーニング、及び分離工程は、前記入力成分を受けるための少なくとも 1 つの入力を有する入力層と、複合関数をモデル化するための少なくとも 1 つの処理要素を有する少なくとも 1 つの隠れた層を有する実施態様 ( 4 ) に記載の方法。

( 1 7 ) ニューラルネットワークは少なくとも 1 つの第二処理要素を有する出力層をさらに含み、前記出力層は前記出力成分を受けるためそして前記予測した視力と前記予測した主観的な応答を出力するための 1 つの出力を有する実施態様 ( 1 6 ) に記載の方法。 30

( 1 8 ) 前記第二処理要素は前記第一処理要素が線形処理要素である実施態様 ( 1 7 ) に記載の方法。

( 1 9 ) 前記ニューラルネットワークは前記入力層、第一の隠れた層、第二の隠れた層及び前記出力層を含む実施態様 ( 1 8 ) に記載の方法。

( 2 0 ) 前記入力層は 7 つの入力を有し、前記第一の隠れた層は 8 つの処理要素を有し、しかも前記出力層は 5 つの処理要素と 5 つの出力を有する実施態様 ( 1 9 ) に記載の方法。

## 【 0 0 8 9 】

( 2 1 ) 前記光学的な屈折率条件は老眼であり、前記 7 つの入力は、 40

( a ) 同心環状リングの数と、

( b ) 瞳孔関数と、

( c ) レンズ付加パワーと、

( d ) 単眼用対あるいは複眼用対と、

( e ) 患者の年齢と、

( f ) 患者の付加屈折率と、

( g ) Hloss を含むグループから選択される実施態様 ( 2 0 ) に記載の方法。

( 2 2 ) 前記光学的な屈折率条件は老眼であり、前記 5 つの出力は、

( a ) 実際の遠用視力と、

( b ) 実際の近用視力と、 50

(c) 主観的な遠用応答と、  
 (d) 主観的な全体の応答とを含むグループから選択される実施態様(20)に記載の方法。

(23) 前記ニューラルネットワークは、前記第一処理要素を以下のような式  

$$\text{アウト} = 1.0 / (1 + e^{-i_n}) - 0.5$$

この式でアウトは処理要素出力、 $i_n$ は処理要素入力及び $e^{-i_n}$ は $1 \times 10^{-i_n}$ で定義されるS字状の非線形トランスファー関数として定義するタロン(Talon)のトレーニングアルゴリズムを利用する実施態様(16)に記載の方法。

(24) 前記ニューラルネットワークは完全にフィードフォワードデザインである実施態様(16)に記載の方法。

(25) 前記ニューラルネットワークをテストデータでテストして前記トレーニングしたニューラルネットワークが有効であることを証明する工程をさらに含む請求項1に記載の方法。

#### 【0090】

(26) 前記テストデータは前記入力データの任意の10%である実施態様(25)に記載の方法。

(27) 前記光学的屈折率条件は老眼であり、前記1つあるいはそれ以上の特定のデザインパラメータは、

(a) 同心リングの数と、

(b) 瞳孔関数と、

(c) レンズ付加パワーと、

(d) 単眼用対あるいは複眼用対を含むグループから選択される実施態様(4)に記載の方法。

(28) 前記特定のデザインパラメータは同心リングの数である実施態様(26)に記載の方法。

(29) 同心リングの数を変え、評価のために前記トレーニングしたニューラルネットワークに入力してそれにより前記視力と前記主観的な応答を同心リングの数の関数として予測する実施態様(28)に記載の方法。

(30) 前記光学的屈折率条件は老眼であり、前記予測した視力と前記予測した主観的な応答は、

(a) 予測した遠用視力と、

(b) 予測した近用視力と、

(c) 予測した主観的な近用応答と、

(d) 予測した主観的な遠用応答と、

(e) 予測した主観的な全体の応答を含むグループから選択される実施態様(4)に記載の方法。

#### 【0091】

(31) 前記予測した視力は、前記予測した遠用視力と前記予測した近用視力を有する実施態様(30)に記載の方法。

(32) 前記予測した主観的な応答は、前記予測した主観的な近用応答と前記予測した主観的な遠用応答を有する実施態様(30)に記載の方法。

(33) 前記予測した視力と前記予測した主観的な応答は、前記予測した遠用及び近用視力と、前記予測した主観的な遠用及び近用応答を含む実施態様(30)に記載の方法。

(34) 前記予測した視力と前記予測した主観的な応答は、標準化し、組合わせて前記光学的な屈折率条件を持つ大勢の患者のために最適な光学的デザインを決める実施態様(33)に記載の方法。

(35) 前記光学的屈折率条件が老眼であり、前記規定した患者の数が、

(a) 低付加屈折率患者と、

(b) 中間付加屈折率患者と、

(c) 高付加屈折率患者とからなるグループから選択される実施態様(4)に記載の方法

10

20

30

40

50

。

## 【 0 0 9 2 】

( 3 6 ) 前記規定した患者の数は付加屈折率患者数である実施態様 ( 3 5 ) に記載の方法

。

( 3 7 ) 前記光学的デザインパラメータにより前記入力成分をグループに分け、それによって複数のデザイングループを作る工程と、

前記デザイングループの各々の前記入力成分を平均化し、それによって平均入力成分値を得る工程をさらに含む実施態様 ( 4 ) に記載の方法。

( 3 8 ) 前記特定のデザインパラメータが同心環状リングの数であり、前記同心環状リングの数が増加し、前記平均入力成分値で、前記トレーニングされたニューラルネットワークによる評価のために前記トレーニングしたニューラルネットワークに入力し、前記トレーニングされたニューラルネットワークが前記予測した視力と前記予測した主観的な応答を前記同心環状リングの数の関数として出力する実施態様 ( 3 7 ) に記載の方法。

10

( 3 9 ) 前記予測した視力と前記予測した主観的な応答を標準化し、組合わせて前記光学的な屈折率条件を持つ大勢の患者のために最適な光学的デザインを決める実施態様 ( 3 8 ) に記載の方法。

## 【 0 0 9 3 】

## 【 発明の効果 】

以上説明したように、本発明によればニューラルネットワーク解析を使用して多焦点レンズデザインを最適化することができる。

20

## 【 図面の簡単な説明 】

【 図 1 】 ニューラルネットワークの構造を示す。

【 図 2 】 ニューラルネットワークで使用する処理要素の概略図を示す。

【 図 3 】 5 つの異なるレンズデザインのリングの数に対してプロットした高輝度、高コントラストでの予測した実際の遠用 V A のグラフを示す。

【 図 4 】 5 つの異なるレンズデザインのリングの数に対してプロットした予測した主観的な遠用応答評価のグラフを示す。

【 図 5 】 5 つの異なるレンズデザインのリングの数に対してプロットした高輝度、高コントラストでの予測した実際の近用 V A のグラフを示す。

【 図 6 】 5 つの異なるレンズデザインのリングの数に対してプロットした予測した主観的な近用応答評価のグラフを示す。

30

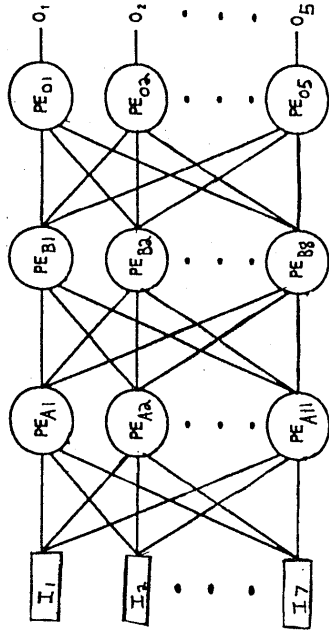
【 図 7 】 5 つの異なるレンズデザインのリングの数に対してプロットした予測した遠用 V A と予測した主観的な遠用応答評価の標準化した複合物のグラフを示す。

【 図 8 】 5 つの異なるレンズデザインのリングの数に対してプロットした予測した近用 V A と予測した主観的な近用応答評価の標準化した複合物のグラフを示す。

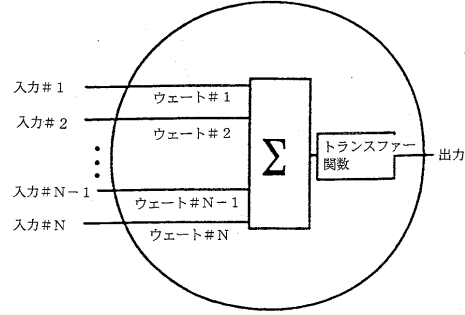
【 図 9 】 5 つの異なるレンズデザインのリングの数に対してプロットした予測した近用 V A / 主観的な応答と遠用 V A / 主観的な応答の標準化した複合物のグラフを示す。

【 図 1 0 】 リングの数に対してプロットした予測した V A / 主観的な応答に関する 5 つのレンズデザインの標準化した複合物のグラフを示す。

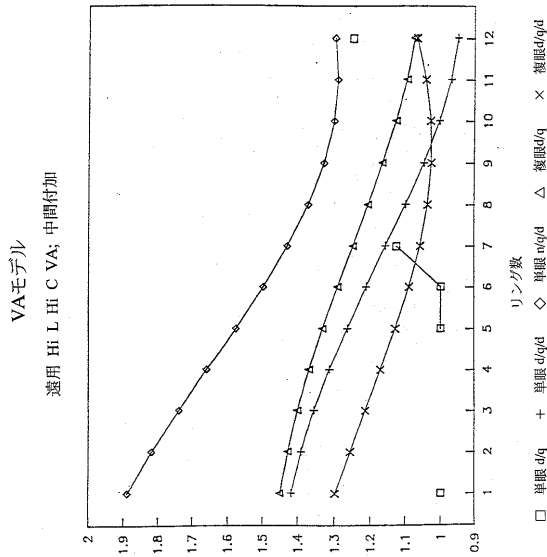
【 図 1 】



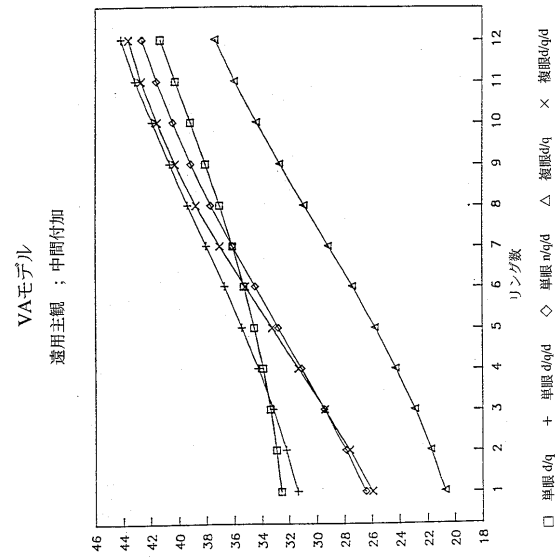
【 図 2 】



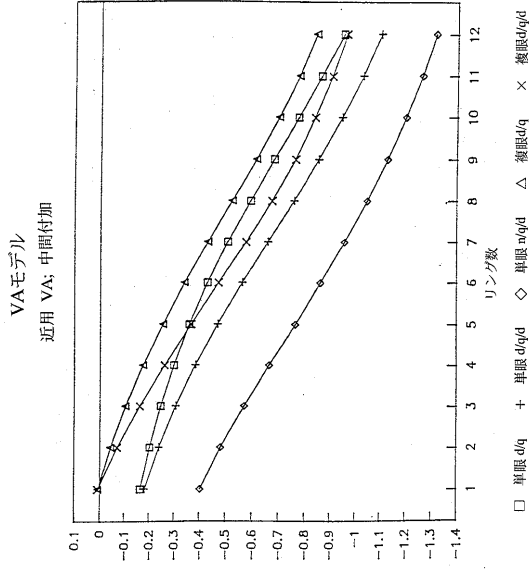
【 図 3 】



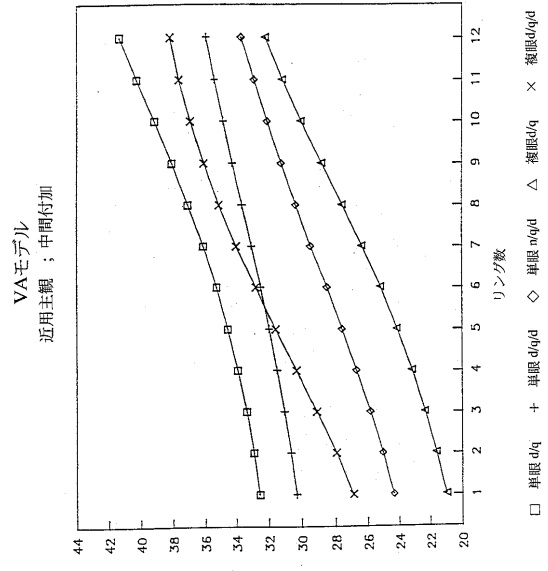
【 図 4 】



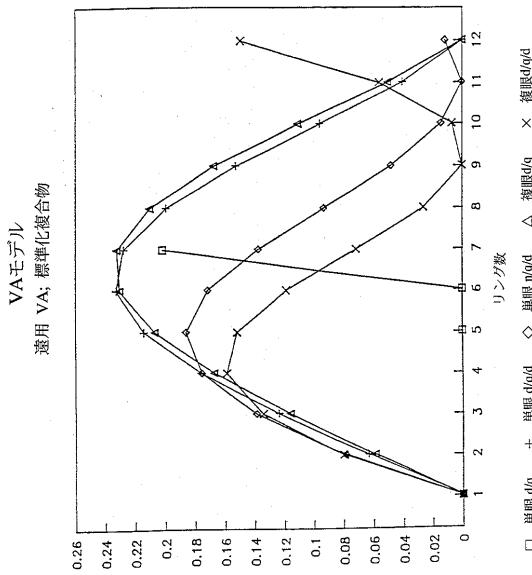
【 図 5 】



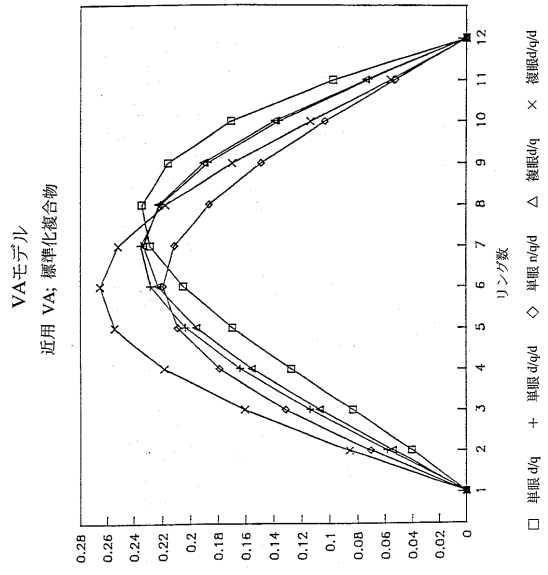
【 図 6 】



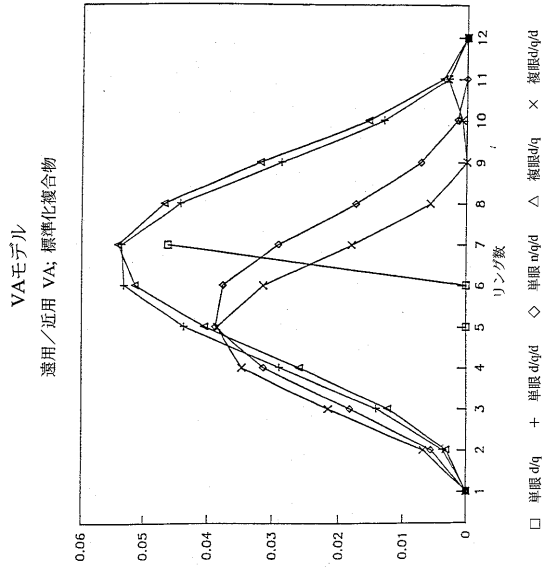
【 図 7 】



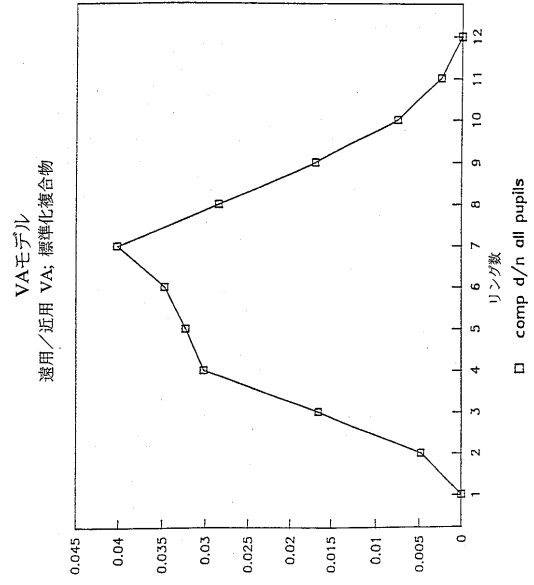
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



---

フロントページの続き

審査官 鈴野 幹夫

(56)参考文献 特開平04 - 200081 (JP, A)  
特開平06 - 203005 (JP, A)  
特開平07 - 005399 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02C 7/06

G02B 3/10

G06N 3/00