

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6491798号  
(P6491798)

(45) 発行日 平成31年3月27日(2019.3.27)

(24) 登録日 平成31年3月8日(2019.3.8)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 3/032 (2006.01)

A 6 1 B 3/02

C

A 6 1 B 3/08 (2006.01)

A 6 1 B 3/08

請求項の数 14 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2018-523797 (P2018-523797)	(73) 特許権者	507062222
(86) (22) 出願日	平成28年9月22日 (2016.9.22)		カール ツァイス ヴィジョン インター
(65) 公表番号	特表2018-531120 (P2018-531120A)		ナショナル ゲーエムベーハー
(43) 公表日	平成30年10月25日 (2018.10.25)		ドイツ国 7 3 4 3 0 アーレン トゥル
(86) 国際出願番号	PCT/EP2016/072607		ンシュトラーセ 27
(87) 国際公開番号	W02017/050935	(74) 代理人	100147485
(87) 国際公開日	平成29年3月30日 (2017.3.30)		弁理士 杉村 憲司
審査請求日	平成30年5月8日 (2018.5.8)	(74) 代理人	230118913
(31) 優先権主張番号	102015116110.9		弁護士 杉村 光嗣
(32) 優先日	平成27年9月23日 (2015.9.23)	(74) 代理人	100202326
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)		弁理士 橋本 大佑
早期審査対象出願		(72) 発明者	アルネ オーレンドルフ
			ドイツ国 7 2 0 7 2 テュービンゲン
			ロイトリンガー ストラーセ 9/2

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼の自覚屈折特性を判断するための方法とシステム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

自然画像（30）の使用に基づき被験者の眼（20）の自覚屈折特性を判断するためのシステム（10）であって、

- 少なくとも1つの自然画像（30）が格納されるメモリ装置（11）と、
- 前記メモリ装置（11）から少なくとも1つの自然画像（30）を表示するための表示装置（12）と、
- 前記被験者の眼（20）と前記表示装置（12）との間の光路内に様々な光屈折素子（14、15）を設定するための光学配置（13）であって、前記光学配置（13）は前記表示装置（12）から規定距離（d）に配置され、前記自然画像（30）は様々な空間周波数（f）を有する少なくとも2つの領域を有する、光学配置（13）とを含み、

前記自然画像は空間周波数依存コントラスト（K）を有し、前記コントラストは前記空間周波数（f）が増加すると低下する、システム（10）。

【請求項 2】

前記コントラスト（K）は前記空間周波数（f）に反比例する、ことを特徴とする請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記自然画像の前記コントラスト（K）はより高い空間周波数に対し高められ、特に、前記自然画像により描写される自然風景のコントラストレベルまで高められる、ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載のシステム。

## 【請求項 4】

前記自然画像（30）は、1つの画像内の前記被験者の眼（20）の自覚屈折特性を判断することに必要な複数の空間周波数を含む空間周波数（ $f$ ）の分布を有する、ことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載のシステム。

## 【請求項 5】

前記自然画像（30）は様々な空間周波数（ $f$ ）を有する構造を描写し、

前記空間周波数分布は、前記規定距離（ $d$ ）において観測されると、0.3以下の少なくとも1つの空間周波数と60角解像度以上の少なくとも1つの空間周波数とを有する、ことを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載のシステム。

## 【請求項 6】

前記被験者の嗜好に従って前記自然画像（30）を選択するための選択装置を特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載のシステム。

## 【請求項 7】

前記自然画像（30）は少なくとも1つの異質なコンポーネントを有する、ことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載のシステム。

## 【請求項 8】

少なくとも1つの視力記号が前記自然画像（30）へ少なくとも部分的に組み込まれる、ことを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載のシステム。

## 【請求項 9】

前記表示装置（12）は湾曲表示面を有する、ことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載のシステム。

## 【請求項 10】

前記被験者の頭の運動および／または眼球運動を捕らえるための手段（18）を特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載のシステム。

## 【請求項 11】

前記自然画像（30）は映像であることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載のシステム。

## 【請求項 12】

前記システム（10）はさらに偏心光屈折器（19）を有する、ことを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載のシステム。

## 【請求項 13】

被験者の眼（20）の自覚屈折特性を判断するための複数の画像領域を有する自然画像（30）の使用であって、様々な画像領域は様々な空間周波数を有し、前記自然画像は自然風景を描写し、空間周波数依存コントラスト（ $K$ ）を有し、前記コントラストは前記空間周波数（ $f$ ）が増加すると低下する、使用。

## 【請求項 14】

自然画像（30）の使用に基づき被験者の眼（20）の自覚屈折特性を判断するための方法（100）であって、前記方法は、

- 自然画像（30）の使用に基づき被験者の眼（20）の自覚屈折特性を判断するためのシステム（10）を設ける工程であって、前記システムは、

- 少なくとも1つの自然画像（30）が格納されるメモリ装置（11）と、  
- 前記メモリ装置（11）から少なくとも1つの自然画像（30）を表示するための表示装置（12）と、

- 前記被験者の眼（20）と前記表示装置（12）との間の光路内に様々な光屈折素子（14、15）を設定するための光学配置（13）とを含む、工程と、

- 前記メモリ装置（11）内に格納される少なくとも1つの自然画像（30）を前記表示装置（12）上に表示する工程と、

- 前記光学配置（13）を使用することにより前記被験者の眼（20）と前記表示装置（12）との間の光路内に様々な光屈折素子（14、15）を設定する工程であって、前記表示装置（12）から規定距離（ $d$ ）に前記光学配置（13）が配置される、工程と、

10

20

30

40

50

を含み、

前記自然画像(30)は様々な空間周波数( $f$ )を有する少なくとも2つの領域を有し

、  
前記自然画像は空間周波数依存コントラスト( $K$ )を有し、前記コントラストは前記空間周波数( $f$ )が増加すると低下する、方法(100)。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、自然画像の使用に基づき被検者の眼の自覚屈折特性(*subjective refraction properties*)を判断するためのシステムに関する。10  
本発明はさらに、自然画像または自然風景の使用に基づき被検者の眼の自覚屈折特性を判断するための方法と、被検者の眼の自覚屈折特性を判断するために自然画像を使用することに関する。

【背景技術】

【0002】

自覚屈折判断に関し、例えば被験者の陳述に基づき被験者の屈折誤差を判断するために球面または円柱試験用レンズが被験者の眼の前で旋回される測定用眼鏡またはフォロプターなどの検査装置が知られている。

【0003】

国内および国際基準に従う自覚屈折判断では、視力検査文字(*optotypes*)としても知られる規定視力記号が常に使用される。視力検査文字は、高コントラストを有する白色背景上の黒で示される。基準DIN視力記号として受け入れられているランドルト環(*Landolt ring*)のストローク幅(活字の大きさの $1/5$ )は視力1を対象とした行では1分の角度で眼に対して現われるようにされる。別の視力記号は子供を検査するために頻繁に使用されるタンブリング(*tumbling*)Eである。近視力の検査では、文字表(例えば、*Nieder*読み取り表として知られたもの)が頻繁に使用される。この視力検査文字は個々に提示されるまたは5または10個の視力検査文字の行で提示される。

【0004】

屈折判断のために、様々なサイズの視力検査文字が規定距離において被検者に対して連続的に示される。このため、被検者は表示される視力検査文字から所定距離に座る。眼の欠陥は被検者の解像能力の閾値に近づくことにより判断される。

【0005】

米国特許第6,325,513号明細書は、被検者がこのような測定の場合リラックスした姿勢をとれなく自然な視覚的印象が歪められるという事実を従来技術における不都合として説明する。このため、米国特許第6,325,513号明細書は、屈折判断のための記号が網膜上に投影されるコンパクトな測定用眼鏡の一種を提案する。米国特許第6,325,513号明細書の中で提案される解決策により、生成される測定用画像と環境との重ね合せが、快適でかつリラックスした座位姿勢により可能にされる。自覚屈折判断は視力検査文字を参照してなされる。

【0006】

独国特許出願公開第4091126C2号明細書は、左眼用と右眼用の視力検査記号が交互に表され得る表示装置を有する双眼視力試験のための装置を開示する。表される視力検査記号のいくつかが左眼にだけ示され、そのいくつかは右眼にだけ示され、そのいくつかは両眼に示されるように制御される制御可能密閉装置がこのために提供される。これにより双眼視力試験を可能にする。表示装置は十分に高いフレームレートを有するテレビモニタであり得る。しかし、テレビモニタは通常、必要輝度(例えば $250\text{ cd/m}^2$ )で個々の眼毎に別々の視力記号を表すのに十分な高輝度を有していない。

【発明の概要】

10

20

30

40

50

**【発明が解決しようとする課題】****【0007】**

この背景に対して、本発明の目的は、被検者の眼の自覚屈折特性を判断するためのシステムおよび方法を提供することである。本システムおよび方法は、屈折判断をさらに改善し、特に習慣的屈折誤差の有意な判断を可能にする。

**【課題を解決するための手段】****【0008】**

したがって、本発明の第1の態様によると、自然画像の使用に基づき被検者の眼の自覚屈折特性を判断するためのシステムを提供することが提案される。本システムは、

- 少なくとも1つの自然画像が格納されるメモリ装置と、
- メモリ装置から少なくとも1つの自然画像を表示するための表示装置と、
- 被験者の眼と表示装置との間の光路内に様々な光屈折素子を設定するための光学配置であって、表示装置から規定距離に配置される光学配置と、を含む。

**【0009】**

視力記号の伝統的表現は習慣的屈折の判断における最適結果を必ずしも与えるとは限らないということが分かった。単眼または両眼条件下でかつM K H - H a a s e方法(H a a s e後の測定および補正方法論)中に眼の屈折誤差を測定する際に使用される国内および国際基準に従う伝統的視力検査文字がそれぞれの基準に従って呈示される。しかし、これらの基準条件は通常、被検者が日常生活において遭遇し得る条件に対応しない。

**【0010】**

景観の写真などの自覚屈折判断のための自然画像(特に、自然風景)を使用することが本開示の文脈内で提案される。ここで、自然画像は好適には、画像内に表される対象物の縁から生じる空間周波数分布と、好適には空間周波数依存コントラストとにより区別される。空間周波数依存コントラストは特に、空間周波数が増加すると低下する。M i c h e l s o nに依るコントラストの判断における本発明の文脈で使用される自然画像のコントラスト範囲、すなわち自然画像内に発生するコントラストの範囲は、好適には0.2(これを含む)~1(これを含む)、好適には1(これを含む)~0.3(これを含む)、好適には0.4(これを含む)~1(これを含む)である。

**【0011】**

空間周波数は、どれくらい頻繁に画像の正弦波成分が反復するかの尺度である。画像の正弦波成分間の距離が非常に大きければ、これは低い空間周波数と粗い構造とに対応する。対照的に、正弦波成分間の距離が短ければ、これは高い空間周波数と細かな詳細とに対応する。表示装置からの距離が変化すれば、観察画像の特定空間周波数も変化する。したがって、規定サイズを有する画面の長さおよび/またはピクセルを基準とした空間周波数が表示装置からの観測距離dに依存するということが理解される。しかし、空間周波数はまた、角解像度(c p d ( c y c l e s p e r d e g r e e )とも呼ばれる)での距離非依存値として変換され与えられ得る。空間周波数は視角の単位角当たりの縁の数を意味するものと理解され得る。

**【0012】**

その空間的表現に加えて例えば様々な階調または色レベルの画素の行列の形式で画像はまた、その中に含まれる空間周波数により記述され得る。簡単に言えば、小さな空間周波数はより大きな構造に対応する。高い空間周波数はより小さな構造に対応する。したがって、空間周波数は描写される構造のサイズの尺度である。

**【0013】**

さらに、視力検査文字を使用する際、正しい答えを常に与えることが被検者の望みである。これは、被検者が場合により自分にプレッシャーをかける一種の試験状態を生じる。例えばタンプリングEとその4つの可能な配向などの視力記号の正しい答えの解空間が制限される。被検者は正しい結果の識別を強いるために瞬間的に目を細めて見る可能性がある。

**【0014】**

さらに、被検者は場合により、自身の典型的頭位および体位をとらなく、不自然なまたは緊張した位置で座ることになる。これもまた、異なるやり方で知覚される視覚的印象を生じ、最悪の場合、確定される度数に悪影響を与え得る。その結果、自覚屈折判断の結果と被検者の習慣的屈折誤差との乖離が発生し得る。

【0015】

したがって、ここで説明する解決策では、規定特徴を有する自然画像を参照して被検者の眼の自覚屈折特性の判断を行うということが提案される。自然画像はここでは、特に人が住む典型的環境の自然風景の写真または描写であり得る。屈折判断は、自然画像内に示されるコンテンツに基づき被験者の日常視力条件に合わせられ得る。視力記号を上回るこの解決策の別の利点は、被験者がどの回答を与えることが期待されているかを事前に知らないということである。

10

【0016】

自然画像に基づき、解像能力の閾値への近似により眼の習慣的屈折誤差を判断することが可能である。この目的を達成するために、自然画像は様々な構造サイズまたは空間周波数の様々な特徴を有する。表示装置から規定距離で視認されると、様々なサイズの特徴は、次に解像能力を判断するために使用される様々な観察角度に対応する。例えば、被験者が木または岩形成などの構造を検出し得るかどうかが、または光路内の光屈折素子により、被験者が検出し得るかどうかが試験することが可能である。試験環境の自然風景についても同様である。

【0017】

20

光学配置は、球面または円柱試験レンズなど様々な光屈折素子を被検者の眼と表示装置との間の光路内に導入するのに役立つ。光学配置は例えばフォロブターまたは測定用眼鏡であり得る。

【0018】

本発明の第2の態様によると、画像の使用に基づき被検者の眼の自覚屈折特性を判断するためのシステムが提案される。本システムは、

- 複数の画像領域を有する少なくとも1つの画像が格納されるメモリ装置であって、様々な画像領域は様々な（特に漸増）空間周波数を有し、様々な画像領域は空間周波数が増加すると低下する空間周波数依存コントラストを有する、メモリ装置と、
- メモリ装置から少なくとも1つの（特に自然）画像を表示するための表示装置と、
- 被検者の眼と表示装置との間の光路内に様々な光屈折素子を設定するための光学配置であって、表示装置から規定距離で配置される光学配置と、を含む。

30

【0019】

本発明の第3の態様によると、被験者の眼の自覚屈折特性を判断するための複数の画像領域を有する自然画像を使用することが提案される。様々な画像領域は様々な（特に漸増）空間周波数を有し、自然画像は自然風景を描写する。

【0020】

本発明の第4の態様によると、自然画像の使用に基づき被検者の眼の自覚屈折特性を判断するための方法が提案される。本方法は、

- 自然画像の使用に基づき被検者の眼の自覚屈折特性を判断するためのシステムを提供する工程であって、本システムは、
- 少なくとも1つの自然画像が格納されるメモリ装置と、
- メモリ装置から少なくとも1つの自然画像を表示するための表示装置と、
- 被検者の眼と表示装置との間の光路内に様々な光屈折素子を設定するための光学配置と、を含む、工程と、
- メモリ装置内に格納される少なくとも1つの自然画像を表示装置上に表示する工程と、

40

- 光学配置を使用することにより被検者の眼と表示装置との間の光路内に様々な光屈折素子を設定する工程であって、光学配置は表示装置から規定距離で配置される、工程と、を含む。

50

## 【 0 0 2 1 】

本発明の第 5 の態様によると、自然画像の使用に基づき被検者の眼の自覚屈折特性を判断するための方法が提案される。本方法は、

- 自然画像の使用に基づき被検者の眼の自覚屈折特性を判断するためのシステムを提供する工程であって、本システムは、

- 複数の画像領域を有する少なくとも 1 つの画像が格納されるメモリ装置であって、様々な画像領域は様々な空間周波数を有し、自然画像は自然風景を描写する、メモリ装置と

、

- メモリ装置から少なくとも 1 つの自然画像を表示するための表示装置と、

- 被検者の眼と表示装置との間の光路内に様々な光屈折素子を設定するための光学配置とを有する、工程と、

- メモリ装置内に格納される少なくとも 1 つの自然画像を表示装置上に表示する工程と

、

- 光学配置を使用することにより被検者の眼と表示装置との間の光路内に様々な光屈折素子を設定する工程であって、光学配置は表示装置から規定距離で配置される、工程と、を含む。

10

## 【 0 0 2 2 】

本発明の第 6 の態様によると、自然風景の使用に基づき被験者の眼の自覚屈折特性を判断するための方法が提案される。本方法は、

- 自然風景を有する試験環境を提供する工程であって、所定位置 ( P ) から見た自然風景は様々な空間周波数の様々な領域を有する、工程と、

- 被検者の眼と自然風景との間の光路内に様々な光屈折素子を設定するための光学配置を提供する工程と、

- 光学配置を使用することにより被検者の眼と自然風景との間の光路内に様々な光屈折素子を設定する工程であって、光学配置は所定位置に配置される、工程と、を含む。

20

## 【 0 0 2 3 】

本発明の第 1 の態様に関して詳細に上に説明された利点は、本発明の別の態様にそれに応じて適用される。

## 【 0 0 2 4 】

屈折判断は、習慣的屈折判断を被験者の自然視力条件により似た条件下で行うことが可能であるので、提案された解決案によりさらに改善され得る。

30

## 【 0 0 2 5 】

したがって、初めに述べられた目的は十分に達成される。

## 【 0 0 2 6 】

本システムの 1 つの構成では、自然画像または自然画像の画像領域は、空間周波数が増加すると低下する空間周波数依存コントラストを有し得る。

## 【 0 0 2 7 】

換言すれば、眼の自覚屈折特性を判断するための自然画像または画像の少なくとも 1 つの領域は高い空間周波数より低い空間周波数においてより大きいコントラストを有し得る。ここでの低い空間周波数はより大きな構造に対応する。ここでの高い空間周波数はより小さな構造に対応する。この文脈で、用語「自然画像」は、空間周波数が増加すると低下する空間周波数依存コントラストを有する少なくとも 1 つの画像領域を有する画像を指し得る。対照的に、国内および国際基準に従う従来の視力検査表内の視力検査文字は構造サイズまたは空間周波数とは独立に一定コントラストを有する。従来の視力検査表では、大小の視力検査文字は通常、白色背景上に黒で表される。結局、従来の視力検査表上の視力検査文字の表現は 0 . 9 ~ 1 の一定値を有する M i c h e l s o n による一定コントラストを空間周波数とは独立に有する。対照的に、M i c h e l s o n によるコントラストの判断における本発明の文脈で使用される自然画像のコントラスト範囲は、好適には 0 . 2 ( これを含む ) ~ 1 ( これを含む ) 、好適には 1 ( これを含む ) ~ 0 . 3 ( これを含む ) 、好適には 0 . 4 ( これを含む ) ~ 1 ( これを含む ) である。

40

50

## 【 0 0 2 8 】

コントラストは好適には空間周波数に反比例し得る。少なくとも部分的に、関係  $K(f) = 1/f$  またはより一般的には  $K(f) = f^{-a}$  が適用され得る。ここで  $-1.5 \leq a \leq -0.8$ 、特に  $a = -1.2$ 。対照的に、例えば白色背景上の黒色視力検査記号を有する従来の視力検査表は、空間周波数に対して一定コントラストを有する。これにより、従来の視力検査表内の視力検査文字の最大認識可能性を保証することになる。しかし、空間周波数が増加すると低下する空間周波数依存コントラストを少なくとも領域内に有する自然画像（例えば、眼の自覚屈折特性を判断するための自然風景または画像）の使用は従来の屈折判断を越える結果を提供し得るということが予想外に分かった。特に、被検者は、屈折判断のこのような結果に基づき適応化される視覚補助（visual aid）が日常生活の中でより快適である、と感じ得る。

10

## 【 0 0 2 9 】

コントラストまたは測光（photometric）コントラストは輝度の差であると理解され得る。コントラストは空間的に多かれ少なかれ隣接する刺激間で判断され得る。Michelsonによると、格子パターンのコントラスト  $K_M$  は次式により定義される。

$$K_M = \frac{L_{Max} - L_{Min}}{L_{Max} + L_{Min}} \quad (1)$$

20

ここで、 $L_{Max}$  = 輝度密度最大値、 $L_{Min}$  = 輝度密度最小値。この場合、固定された平均輝度におけるコントラストは、輝度を同じ量だけ増加または低下することにより変化する。しかし、例えばランドルト環などの小さな視力対象物が使用されれば、コントラストは次のWeberに従って定義され得る。

## 【 数 2 】

$$K_W = \frac{L_I - L_U}{L_U} \quad (2)$$

30

ここで、 $L_I$  = 内側視野輝度密度、 $L_U$  = 外側視野輝度密度。視力の検査に関して、コントラストはWeberに従って定義される。本開示内の陳述はMichelsonによるコントラストの定義に関する（Bex, et al., "Spatial frequency, phase, and the contrast of natural images," Journal of the Optical Society of America, Vol. 19, No. 6, 2002も参照）。

## 【 0 0 3 0 】

好適には、自然画像のコントラストは、より高い空間周波数に関し高められ、特に、自然画像により描写される自然風景のコントラストレベルまで高められる。

40

## 【 0 0 3 1 】

より高い空間周波数に対するコントラストを増加することにより、自然画像の画像記録中の撮像システムの低域通過特性が補償され得る。この構成の1つの利点は、自然画像が表示装置上で観測されれば、もたらされる視覚的印象は、自然風景の描写よりむしろ自然風景を直接観測していれば被験者が有するであろうものに似たものとなる。

## 【 0 0 3 2 】

本システムの1つの構成では、自然画像またはその中に描写される自然風景が典型的環境の描写となるような手立てがなされ得る。

## 【 0 0 3 3 】

この構成の1つの利点は、被験者が慣れているコンテンツを見、その結果として、試験

50

状態から自身を心理的に分離することがより良くできることである。したがって、被験者は通常、よりリラックスした姿勢をとることになる。自然画像は好適には、人が住む典型的環境の描写（特に、写真、または写真のようにリアルな描写、またはレンダリングされた描写）に対応し得る。例えば、景観の画像が被験者に示され得る。特に、自然画像は、景観シーンの写真または写真のようにリアルな描写、特に景観シーン（特に、景観に典型的な動植物を有する）の連続的表現であり得る。したがって、自然画像は被験者が慣れている環境であり得る。これによって、典型的視力状態が屈折判断の基準をなすので、習慣的屈折判断においてより良好な結果を達成することが時には可能である。さらに、自然画像は、海岸、森林などの画像など被験者において明白な関連性をもたらすように選択され得る。

10

#### 【0034】

本システムの別の構成では、自然画像が自覚屈折特性を判断するための特徴を有するような手立てがなされ得る。

#### 【0035】

特に本システムの1つの構成では、様々な空間周波数を有する少なくとも2つの領域を自然画像が有するような手立てがなされ得る。様々な空間周波数を有する領域は視力を試験するのに役立つ。小さな構造（換言すると、高い空間周波数）を分解することができるためには、素晴らしい視力が必要である。特定視力に対応する空間周波数の特定範囲に属する「当該領域」（ROI: regions of interest）として知られているものを自然画像内に規定することが可能である。したがって、換言すれば、ROIは照査されるべき空間周波数の範囲を含む自然画像内の領域を表し得る。眼の欠陥は解像能力の自然閾値に近づくことにより判断される。ここでの高い空間周波数は小さな構造サイズに対応する。被験者は、自身の解像能力の閾値に達するまで、様々な空間周波数を有する領域、好適には高くなり続ける空間周波数を有する領域（換言すると、比較的小さな構造サイズまたは対象物）から特徴の名前を挙げるように要求され得る。漸増空間周波数を有する領域のコントラストは低下することが好ましい。コントラストは特に空間周波数に反比例し得る。

20

#### 【0036】

本システムの別の構成では、1つの画像内の被検者の眼の自覚屈折特性を判断するために必要な複数（好適にはすべて）の空間周波数を含む空間周波数の分布を自然画像が有するような手立てがなされ得る。

30

#### 【0037】

換言すれば、自然画像は好適には、詳細忠実度に応じて大きくかつ詳細忠実度が低下すると低下する空間周波数の規定分布を有する。この結果、屈折誤差の判断のためのすべての閾値は1つの画像内に同時に呈示され得ることが好ましい。この構成の1つの利点は、単一画像だけが屈折判断に必要であるということである。一例として、超高層ビル風景は、最大要素として建物から、中型要素として車両、小要素として個々の文字を有する広告掲示板までを含み得る。さらに徐々に増やしていく方法が当然可能である。別の例に示すのは、山脈から葉またはモミの針状の葉までを有する自然風景である。従来の視力検査表とは対照的に、自然画像は、画像要素のサイズが一方向に（例えば、上から下まで）ずっと小さくなるように、設定されないことが好ましい。特に、一連のサイズは一方向に単調に増加または低下しない。画像内の空間周波数の分布は特に擬似乱数的であり得る。結局、この分布は、被験者により直ちに識別可能となり得るような方式に従わない。視力検査文字または個々の視力検査文字は任意選択的に、拡張的やり方（augmented fashion）で呈示され得る（特に、このような風景内に埋め込まれ得る）。

40

#### 【0038】

本システムの別の構成では、様々な空間周波数（ $f$ ）を有する構造を自然画像が描写するような手立てがなされ得る。ここでは、空間周波数分布は、規定距離において観測されると、0.3以下の少なくとも1つの空間周波数と60角解像度以上の少なくとも1つの空間周波数（好適には0.01以下の少なくとも1つの空間周波数と80角解像度以上の

50



少なくとも1つの空間周波数)とを有する。

【0039】

空間周波数分布は、被験者の視力が角度解像能力の測度であると考えられ得るので、角解像度で(すなわち角度に対する空間周波数として)与えられることが好ましい。角度は、被験者が表示装置を視認する規定距離と、表示装置上に表示される構造のサイズとから計算され得る。一例として、自然画像は0.009~85角解像度の空間周波数分布を有し得る。別の例では、自然画像は0.02~70角解像度の空間周波数分布を有し得る。結局、これは下側値 所与範囲 上側値の関係を与える。この範囲内の間隔の構造は任意数の空間周波数を呈示し得る。この場合の空間周波数を有する構造は空間周波数に対応する空間サイズを有する構造を意味するものと理解される。

10

【0040】

本システムの別の構成では、被験者の嗜好に従って自然画像を選択するための選択装置をシステムがさらに有するような手立てがなされ得る。

【0041】

この構成の1つの利点は、屈折判断が被験者の典型的環境に(例えば、照明、コントラスト、カラスpektrum、表されるコンテンツの観点で)適応化され得るということである。屈折判断において被験者の神経伝達関数をこのようにして考慮することが可能であることが好ましい。一例として、都市環境、森林、海岸など被験者にうってつけの環境が選択され得る。別の利点は、被験者が測定状態においてよりリラックスしており、その結果、被験者の眼の自覚屈折特性のより現実的な値が取得され得るという点に見られる。

20

【0042】

本システムの別の構成では、少なくとも1つの異質なコンポーネントを自然画像が有するような手立てがなされ得る。

【0043】

異質なコンポーネントは例えばコンピュータグラフィック的变化であり得る。この構成の1つの利点は、自然画像内の詳細の検出の期待を打ち砕くことが可能である点に見られる。例えば雲の特定形状、楓の木の上のオークの葉、または樹幹の予期しない形状など予期しない詳細が描写され得る。ここでは、また、被験者の期待を弄び、この被験者が期待しなかった異質なコンポーネントを標的化されたやり方で採用することにより、被験者の嗜好が考慮され得ると有利である。

30

【0044】

本システムの別の構成では、少なくとも1つの視力記号が自然画像に少なくとも部分的に組み込まれるような手立てがなされ得る。

【0045】

自覚屈折を判断するための国内および国際基準において示される視力記号またはそれらの幾何学形状は自然画像内に完全にまたは部分的に取り込まれ得ることが好ましい。例えば、自然画像の特徴の距離またはストローク厚さが標準視力記号のものに対応し得る。

【0046】

本システムの別の構成では、表示装置が湾曲表示面を有するような手立てがなされ得る。

40

【0047】

湾曲画面は、湾曲網膜を有する眼の解剖学的条件に対応するので有利である。それにもかかわらず、従来のフラットスクリーン上の表現も可能である。眼の解剖学的条件への近似を可能にするためには、自然画像の表現は好適には、特に没入的感情(immersive feel)と、したがって屈折判断におけるより自然な視覚的印象とを提供するように55インチ以上の対角のスクリーンを有する湾曲表示ユニット上で発生する。しかし、従来のモニタの使用は排除されない。空中の直線状または曲線状面上へのプロジェクタを使用する表現もまた実現可能である。近距離から遠距離における仮想距離までの好適に大きな視野と調整可能焦点領域とを有する仮想現実(VR: virtual reality)システムと、任意選択的に一体化フォロブターまたは適応化光学ユニットとの使用

50

もまた実現可能である。表示面が湾曲していれば、観察者の眼からの距離は表示面の点毎に個々に判断され得る。簡略化目的のために、曲率中心からの距離が考慮され得る。ホログラフィ眼鏡もまた使用され得る。

【0048】

本システムの別の構成では、自覚屈折特性の判断が2次元空間内の単眼的やり方でまたは両眼条件下の単眼的やり方で果たされるような手立てがなされ得る。

【0049】

したがって、屈折判断は2次元または3次元条件下でなされ得る。3次元空間における屈折判断と双眼条件では、偏波フィルタが例えば右眼と左眼の寄与を分離するために使用され得る。

10

【0050】

本システムの別の構成では、システムが被験者の頭の運動および/または眼球運動を捕らえる手段をさらに有するような手立てがなされ得る。

【0051】

この構成に従って、眼球運動を測定する手段がシステムへ組み込まれれば、どの空間周波数が頻繁に視認されるかを実時間で好適に追跡することが、視認される画像上の眼球運動の分布を解析することにより可能である。どの空間周波数が頻繁に検出されるかをそれから導出することが可能である。次に、これは、眼鏡有りと眼鏡無しとの眼の分解可能閾値を正確に規定するために使用され得る。眼の自覚屈折特性は、光学配置により様々な光屈折素子（例えば球面レンズなど）を連続的に導入し、次に各場合において眼の分解可能閾値を判断することにより判断され得る。これは、屈折誤差が補正されるまで繰り返され得る。この構成の1つの利点は、被験者の至急フィードバック無しに被験者の屈折パラメータの判断がなされ得るということである。これは、明瞭に表現することができないまたは十分に明瞭に表現することができない被験者（例えば、子供または障害を有する被験者の場合など）において特に有利である。被験者の頭の運動が捕捉されれば、これは被験者の屈折特性が判断される間に被験者の頭の運動に実時間で適応化されるように画像が視認されることを可能にする。

20

【0052】

本システムの別の構成では、自然画像が動画または映像であるような手立てがなされ得る。

30

【0053】

この構成の1つの利点は、屈折判断がよりリラックスした被験者により行われるように測定状態のストレスが解消され得るということである。結局、この結果は自然視力条件に対応する可能性が高い。動画は、習慣的屈折判断中に被験者に呈示される2次元または3次元映像であり得る。

【0054】

本システムの別の構成では、システムが偏心光屈折器（eccentric photorefractor）をさらに有するような手立てがなされ得る。

【0055】

屈折判断中、屈折誤差の連続測定は例えば偏心光屈折により行われ得ることが好ましい。ここでは、試験者は、屈折判断中に例えば自身のスクリーン上の眼の残留屈折を追跡し、自身の屈折の質を照査し得る。偏心光屈折器は、自然画像が呈示される表示装置と同じ距離に配置されることが好ましい。代替的に、光屈折器は光学配置に備えられ得る、またはその一部として設けられ得る。したがって、光学配置は偏心光屈折器を含み得る。

40

【0056】

自然画像を使用することによる習慣的屈折誤差の確認は、例えば測定用眼鏡、手動フォロプター、またはデジタルフォロプターを使用する既知の主観的方法に取り込まれ得ることが好ましい。

【0057】

一例として、自然画像からの画像コンテンツにより屈折判断の以下の工程の1つまたは

50

複数を行うことが可能である。最良の球面レンズを判断する工程と、乱視を判断する工程と、乱視の軸位置合わせ工程と、乱視の度数調整工程と、単眼および／または双眼球面微調整（赤／緑）工程。この処理中、被験者は自然画像が表示される表示装置を見る。習慣的屈折誤差を測定するために、被験者は、眼の球面誤差また場合により乱視誤差が判断されるとともにその結果、補正され得るように、例えば景観の画像内の木、枝、または葉などの画像コンテンツを評価し、読み出し、識別しなければならない。屈折判断の目的はここでは、最大正補正における最大限に検知可能な空間周波数による習慣的自覚屈折特性の補正である。

#### 【0058】

前述の特徴と以下に説明される特徴は、本発明の範囲から逸脱すること無しに、各場合において規定された組み合わせだけでなく他の組み合わせでまたはそれ自体で使用され得ることは言うまでもない。特に、上記構成と発展形態は、自然画像にだけでなく、本発明の上記別の態様に、特に自然風景と共に試験環境にそれに応じて適用される。

本発明の実施形態は図に示され、以下の明細書においてさらに詳細に説明される。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0059】

【図1】自然画像の使用に基づき被検者の眼の自覚屈折特性を判断するためのシステムの実施形態を示す。

【図2】対応方法の実施形態を示す。

【図3】自然風景に基づき被験者の眼の自覚屈折特性を判断するための例示的シナリオを示す。

【図4】対応方法の実施形態を示す。

【図5】従来の視力検査表の例を示す。

【図6】従来の視力検査表の空間周波数全体にわたるコントラストの概略図を示す。

【図7】自然画像の例を示す。

【図8】図7の例示画像の空間周波数図を示す。

【図9】様々な空間周波数の領域の表記を有する図7の例示画像を示す。

【図10】本開示による画像の空間周波数全体にわたるコントラストの概略図を示す。

【図11】被験者の眼の自覚屈折特性を判断するための方法の実施形態を示す。

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0060】

図1は、自然画像の使用に基づき被検者の眼の自覚屈折特性を判断するためのシステムの実施形態を示す。本システムはここでは参照符号10によりその全体が指示される。

#### 【0061】

被検者の眼20の自覚屈折特性を判断するためのシステム10は、ここでは、少なくとも1つの自然画像30が格納されるメモリ装置11と、メモリ装置11から少なくとも1つの自然画像30を表示するための表示装置12と、被験者の眼20と表示装置12との間の光路内に様々な光屈折素子14、15を設定するための光学配置13であって、表示装置12から規定距離dに配置される光学配置13を含む。

#### 【0062】

この実施形態におけるメモリ装置11は、表示装置12へ組み込まれてもよいし、表示装置11から物理的に離れて配置され、ケーブル無しでまたはケーブルに束縛されたやり方で表示装置11に接続されてもよい。必要なすべては、メモリ装置11内に格納された自然画像30が表示装置12上に表示され得るということである。

#### 【0063】

本例における表示装置12はフラットスクリーンテレビセットである。後者は好適には55インチ以上の対角のスクリーンを有する。表示装置の表示面は、自然画像30のより没入的表現を可能にするようにさらに湾曲され得る。したがって、屈折判断中の視力状態は、被検者の典型的環境における典型的視力条件により近い。表示装置は3Dスクリーンであり得る。3次元表現の1つの利点は、自覚屈折特性の判断が2次元空間における単眼

10

20

30

40

50

的やり方でだけでなく任意選択的に双方向条件下の単眼的やり方でもなされ得るということである。自然画像を映像シーケンスの形式で動かす表現もまた可能である。3D表現のために、シャッター技術または偏波フィルタなどの既知の技術が使用され得る。表示装置12は任意選択的にホログラフィディスプレイである。

#### 【0064】

本例における光学配置は、2つのレンズ素子14、15により簡単な形式で概略的に示されるフォロプターである。代替的に、例えば測定用眼鏡が使用され得る。屈折判断の1つの例示的シナリオでは、被験者は、表示装置12から規定距離において表示装置12の反対側の検査椅子に座り、光学配置13を介し表示装置12上に呈示される自然画像30を観測する。屈折判断の例示的シーケンスについては、図11を参照して以下にさらに詳細に説明する。

10

#### 【0065】

被験者の頭の運動および/または眼球運動を捕らえる手段18をシステム10が有するようにする手立てが任意選択的になされ得る。図示の実施形態では、システム10は、表示装置12上に配置されるこの目的のためのカメラ18を有する。代替的に、例えば、動作感知器が使用され得る。眼球運動の電気眼球図記録(EOG: Electrooculographic)判断もまた可能である。

#### 【0066】

システム10が偏心光屈折器19を有するようにする手立てがさらに任意選択的になされ得る。偏心光屈折器19は表示装置12上に配置され得る。好適には、偏心光屈折器19の一部であるだけでなくまた被験者の頭の運動および/または眼球運動を捕らえる手段として役立つカメラ18が設けられる。したがって、相乗効果を得ることが可能である。

20

#### 【0067】

図2は、自然画像の使用に基づき被検者の眼の自覚屈折特性を判断するための方法の実施形態を示す。本方法は、100により概して表される。

#### 【0068】

ここでの方法100は以下の工程を有する。工程110では、図1を参照して一例として上に説明されたシステム10が提供される。工程120では、メモリ装置11内に格納される少なくとも1つの自然画像30が表示装置12上に表示される。ここでは、複数の画像領域を有する画像がメモリ装置内に格納されることも可能であり、様々な画像領域は様々な空間周波数を有し、自然画像は自然風景を描写し、前記画像は表示装置12上に表示される。工程130では、様々な光屈折素子14、15が、被検者の眼20と、光学配置13を使用する表示装置12との間の光路内に設定され、光学配置13は表示装置12から規定距離dに配置される。屈折判断の例示的シーケンスに関しては、図11をもう一度参照する。

30

#### 【0069】

図3は、自然風景40に基づき被写体21の眼20の自覚屈折特性を判断するための例示的シナリオを示す。

#### 【0070】

図4は、自然風景40の使用に基づき被写体21の眼20の自覚屈折特性を判断するための対応方法400を示す。本方法は以下の工程を含む。工程410では、自然風景40を有する試験環境が提供され、所定位置Pから見た自然風景40は様々な空間周波数の様々な領域を有する。工程420では、被検者の眼20と自然風景との間の光路内に様々な光屈折素子14、15を設定するための光学配置13が設けられる。工程430では、様々な光屈折素子14、15は被検者の眼20と、光学配置13を使用する自然風景との間の光路内に設定され、光学配置13は所定位置Pに配置される。屈折判断の例示的シーケンスに関しては、図11をもう一度参照する。

40

#### 【0071】

自然風景40は、自然画像30と同様に、被写体21の異なる視角 $\theta_1$ 、 $\theta_2$ に対応する異なる構造サイズの特徴を有する。図3に示す例では、自然風景40は様々なサイズの

50

一群の木を有する。例えば観測距離  $d_1$  から視認された木 4 1 の高さ  $h_1$  は視角  $\theta_1$  に対応する。被験者が木 4 1 を検出できなければ、被験者の眼は、少なくとも光屈折光学素子 1 4、1 5 の助けなしには角度  $\theta_1$  を分解することができない。試験目的のために、様々な光屈折素子 1 4、1 5 が被検者の眼 2 0 と木 4 1 との間の光路内に導入され得る。このようにして、被検者の眼の屈折誤差は補正され判断され得、被験者は所望構造（この場合は木 4 1）を検出し得る。さらなる詳細について図 1 1 を参照して説明する。

#### 【0072】

本手順は、自然風景の別の構造または要素に対して繰り返され得る。連続的に小さくなる構造が使用されることが好ましい。この結果、被験者の解像力閾値への近似が得られる。教会 4 2 の場合、被験者は、例えばどのようなタイプの建物が描写されているか、どれだけの数の窓を塔が有するか、何の物体が尖塔の頂部に位置するかと、次から次へと尋ねられ得る。例えば、被験者が教会尖塔上の風向計を見ることができれば、これは少なくとも視角  $\theta_2$  の解像能力（観測距離  $d_2$  から風向計  $h_2$  の高さ）に対応する。換言すれば、自覚屈折特性の判断は、自然画像が表示される表示装置を使用することだけでなく、光学配置を介し自然風景を直接視認することによりなされ得る。自然画像に関する以下の陳述はそれに応じて適用される。

#### 【0073】

図 5 は、従来の視力検査表の例を示す。ここで使用される視力検査記号は数字である。しかし、ランドルト環またはタンブリング E として知られるものなど他の視力検査記号も慣習的なものである。視力検査表は多くの異なるサイズを有する線  $L_0 \sim L_9$  を有する。実際には、完全な個々の視力検査文字が視力の判断のために常に使用される。したがって、本例では、被験者は個々の数字について次から次へと互いに無関係に尋ねられる。

#### 【0074】

サイズと無関係に、視力検査記号は白色背景上の黒で示される。図 6 は、従来の視力検査表の空間周波数全体にわたるコントラストの対応概略図を示す。国内および国際基準に従って、コントラストは、特に視力記号のすべての試験サイズに対して、したがって使用されるすべての空間周波数に対して非常に高い（Michaelson に従って理想的には 1 に等しい）必要がある。図 6 に示すように、コントラストは、空間周波数に対して一定であり、サイズと無関係にすべての視力検査記号に対して同じである。

#### 【0075】

図 5 に一例として示される視力検査表が使用されれば、個々の行は、眼の屈折誤差、したがって存在するいかなる屈折誤差も補償する最適眼鏡度数を規定するために使用される。特に、視力検査表が使用されれば、被験者の視力は個々の行内の光学配置の様々な光屈折素子を使用して試験され、光屈折素子は被験者が可能最小行を識別できるように変更される。0.0275 センチメートル / ピクセル [  $cm / px$  ] のピクセル解像度を有するスクリーン上の 1 m の距離において高さが 998 ピクセル、幅が 2,120 ピクセルの画像サイズの図 5 の視力検査表が使用されれば、以下の視力値が表 1 に従って行  $L_1 \sim L_9$  に対して得られる。ピクセル寸法に関する陳述に加えて、詳細を識別することができるために必要とされる最低解像能力 [  $\log MAR$  ] が与えられる。

#### 【0076】

【表 1】

表1

行	記号の画素高さ	最小必要解像能力 [視力]	最小必要視力 [logMAR]
L1	137	0.04	1.41
L2	102	0.05	1.29
L3	86	0.06	1.21
L4	70	0.08	1.12
L5	60	0.09	1.05
L6	52	0.10	0.99
L7	48	0.11	0.96
L8	43	0.12	0.91
L9	33	0.16	0.80

10

## 【0077】

従来の視力検査表とは対照的に、図7は、自然画像30の例を示す。本例では、自然画像30は被験者が住む典型的田園環境の1つの写真に対応することが好ましい。山脈の背景に対し湖の縁に小屋またはボートハウスが描写される。

20

## 【0078】

自然画像の特性パラメータは特定規則に従う。自然画像の空間的コンテンツは例えばフーリエ変換により数学的に計算され得る。例えば、Matlabソフトウェアでは、命令FFT2がここでは使用され得る。コンピュータモニタ上のピクセル濃度とモニタからの視距離に応じて、どの空間周波数が画像内に存在するかが確認される。

## 【0079】

図8は、図7の例示画像の空間周波数図を示す。水平軸は空間周波数 $f$ を角解像度で与え、垂直軸は対応空間周波数の数 $A$ を与える。図8の例示は、0.0275センチメートル/ピクセル[cm/px]のピクセル解像度により1mの距離において幅が1,920ピクセル、高さが1,200ピクセルのサイズで視認された場合の図7の画像の空間的周波数解析またはフーリエ変換に対応する。図6は、図5の描写の $y$ 方向（換言すると垂直方向）の様々な空間周波数の数を与える。自然画像は時折、空間周波数の数（または空間周波数図の振幅）が、空間周波数が増加すると減少するという事実により特徴付けられ得る。この傾向は破線により図8に示される。特に、自然画像における空間周波数図の振幅は空間周波数に反比例する（Tolhurst et al. "Amplitude spectra of natural images," Ophthalm. Physiol. Opt., Vol. 12, 1992とField et al. "Relations between the statistics of natural images and the response properties of cortical cells," Vol. 4, No. 12, Journal of the Optical Society of America, 1987を参照）。

30

40

## 【0080】

図5と同様に従来の視力検査表を使用する際、個々の視力検査記号を有する個々の行は自覚屈折特性または眼鏡度数を判断するために使用される。対照的に、図7と同様に自然画像を使用する際、様々な画像領域または様々な画像コンテンツが使用され得る。空間的周波数解析を使用することにより、画像コンテンツを導出することが好適には可能である。自然画像内の特徴または画像コンテンツの空間周波数から、視力への変換がなされ得る。

## 【0081】

50

より良い例示のために、図 9 は、様々な空間周波数の領域の表記を有する図 7 の例示画像 30 をもう一度示す。ここで、画像の様々な詳細は画像内の位置 P 1 ~ P 7 により規定される。対応ピクセル寸法は、ここではまた、一例として選択された様々な詳細のそれらの画素数により与えられる。選択される詳細は、習慣的屈折判断中に被験者に尋ねるために使用される当該領域 ( R O I ) として知られたものであり得る。

【 0 0 8 2 】

以下の例示的表は、0 . 0 2 7 5 センチメートル / ピクセル [ c m / p x ] の表示装置の解像能力により 1 m の距離において幅が 1 , 9 2 0 ピクセル、高さが 1 , 2 0 0 ピクセルの画像サイズにおいて詳細を識別することができるために眼の視力がどれくらい素晴らしいかなければならないかを示す。

【 0 0 8 3 】

【表 2】

表 2

位置	画素数	最小必要解像能力 [視力]	最小必要視力 [logMAR]
P1	314	0.0158	1.8
P2	150	0.315	1.5
P3	66	0.08	1.10
P4	34	0.16	0.80
P5	22	0.25	0.6
P6	18	0.3	0.5
P7	7	0.8	0.1

【 0 0 8 4 】

図 10 は、本開示による画像の空間周波数 f 全体にわたるコントラスト k の概略図を示す。空間周波数に対し一定コントラストを有する従来の視力検査表とは対照的に、本開示では、屈折判断のために特に画像 ( そのコントラストは空間周波数が増加すると低下する ) を使用することが提案される。コントラストを判断するために、画素の階調がその隣の画素の階調と比較され得る。コントラストは特に空間周波数に反比例し得る。

【 0 0 8 5 】

換言すれば、提案自然画像の別の規則は、空間周波数が増加するとコントラストが低下することにある。様々な自然画像を評価する際、例えば Tollhurst et al . ( Tollhurst , D . J . , Tadmor , Y . , & Chao , T . ( 1992 ) . Amplitude spectra of natural images . Ophthalmic and Physiological Optics , 12 ( 2 ) , 229 - 232 . ) は、空間周波数が増加するときの低下の傾斜は平均で - 1 . 2であることを示した。この相関はまた、Burton et al . ( Burton et al . , " Color and spatial structure in natural scenes , " Applied Optics , Vol . 26 , No . 1 , 1987 ) により説明されている。

【 0 0 8 6 】

図 11 は、被験者の眼 20 の自覚屈折特性を判断するための方法の例示的实施形態を示す。図 7 または図 9 の自然画像を使用することにより、または図 3 と同様に自然風景を有するシナリオでは、屈折判断は次のように行われ得る。

【 0 0 8 7 】

工程 210 では、当初、被験者の必要とされる球面が判断され得る。被験者は、自身の補正手段を着けていなく、光学ユニット 13 を介し ( 本ケースではフォロプターを介し )

10

20

30

40

50

表示装置 12 上に示される自然画像 30 を視認する。例えば、被験者は当初、位置 1（家）に従って詳細を識別する必要がある。被験者がそうすることができなければ、当初、正レンズ（等級表による）が被験者の前に置かれ、被験者はこの正レンズがより悪いかどうかを尋ねられる。そうでなければ、補正は満足な結果が達成されるまで正レンズで続き得る。イエスであれば、負レンズが、さらに補正するために使用される。その後、等級表によるレンズと画像からのますますより小さな詳細とが使用され得る。例えば顧客が画像内の位置 7（扉用付属部品）を識別することができれば、所望または最良の球面レンズが見出された。

【0088】

次の表は球面レンズの等級表を示す。等級表は、視力に応じて球面補正の判断中に維持されるべきまたは加えられるべきレンズの等級を与える。

【0089】

【表 3】

表3

視力	ジオプター(dpt)でのレンズ等級
0.05 未満	2 dpt
0.05~0.2	1 dpt
0.2~0.5	0.5 dpt
0.5 超	0.25 dpt

【0090】

工程 220 では、乱視補正が判断され得る。最良の球面レンズが見出されると、乱視の試験が発生する。例えば、被験者は位置 5 を視認するように要求され得る。クロスシリンダ（等級表による等級）が導入され、被験者は、これがより良いかまたは悪いかどうかを尋ねられる。したがって、被験者の前にレンズを置きながらもう一度質問をすることが可能である。その答えに依存して、乱視が判断され、対応補正が使用される（イエス）または使用されない（ノー）。レンズに関する質問は、質問がいかなる改善または悪化も生じなくなるまで継続し得る。ここでは、球面誤差が（等級表に従って）追従されるということを保証するように注意がなされるべきである。

【0091】

工程 230 では、乱視補正の軸方向位置が判断され得る。ここで、補正用円柱レンズの正確な軸方向位置がレンズフリッピング（lens flipping）検査により見出され得る。例えば、被験者はここでは位置 3（植物）を見るように要求されることになる。レンズフリッピング検査は、顧客がレンズフリッピング検査中に 2 つの軸方向位置間のいかなる差異も見なくなるまで、継続される。

【0092】

工程 240 では、単眼球面微調整が、特に工程 210 ~ 230 の実行後に行われ得る。この目的を達成するために、被験者は、位置 6 を視認するように要求され得る。最大正を有する最高視力（すなわち最大視力）が達成されるまで、正レンズまたは負レンズが維持され得る。

【0093】

工程 250 では、2 番目の眼の屈折判断が前述の工程 210 ~ 240 と同じように行われ得る。

【0094】

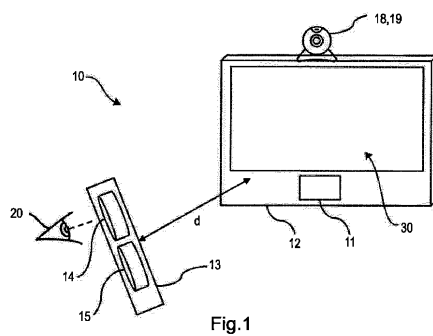
工程 260 では、双眼球面微調整が行われ得る。この目的を達成するために、工程 240 は双眼条件下で行われ得る。この目的を達成するために、顧客は例えば空の雲を視認し得る。



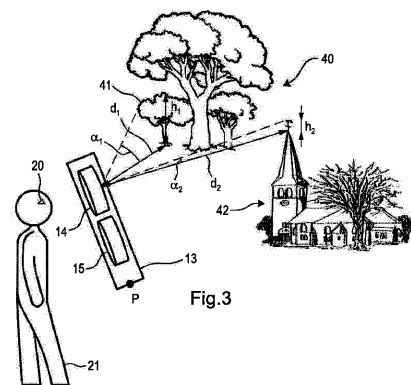
【 0 0 9 5 】

任意選択的に、従来から知られた試験による H a a s e による測定および補正方法論からの測定値の判断が球面、乱視、および円柱などの低次屈折誤差の確認の後に行われ得る。

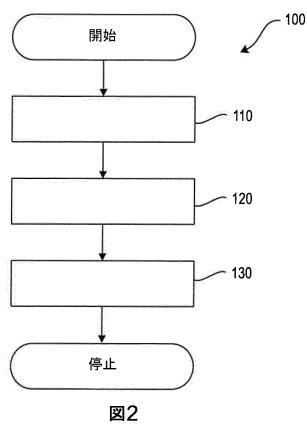
【 図 1 】



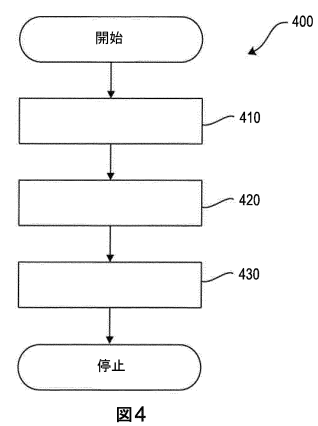
【 図 3 】



【 図 2 】



【 図 4 】



【図5】

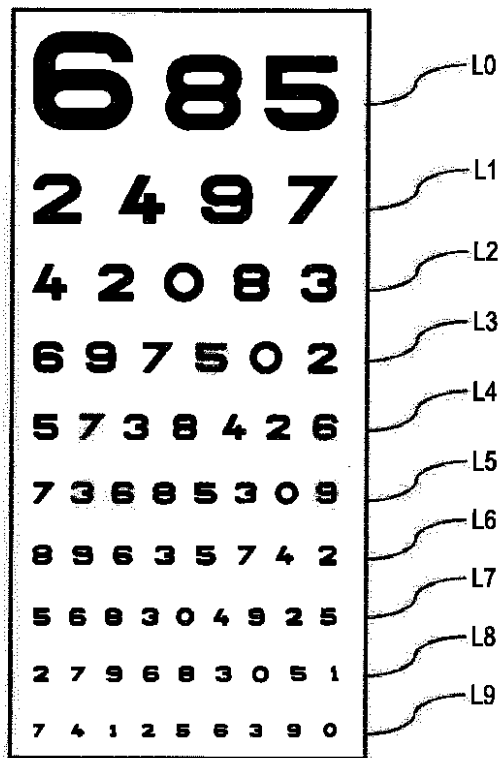


Fig.5

【図6】

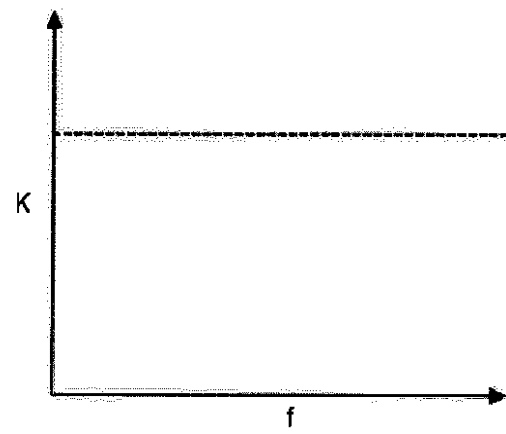


Fig.6

【図7】



Fig.7

【図9】

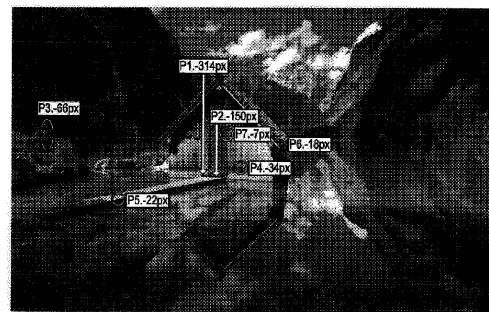


Fig.9

【図8】

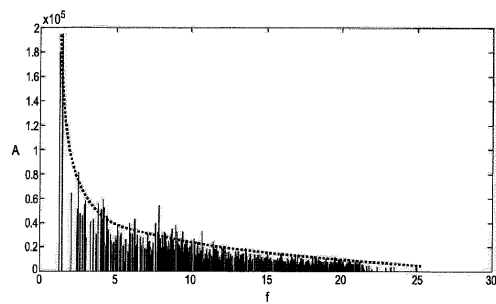


Fig.8

【図 10】

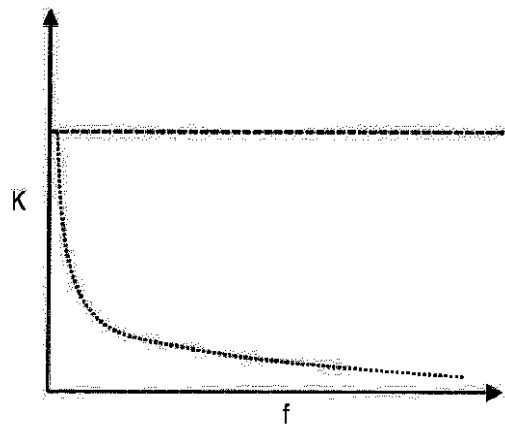


Fig.10

【図 11】

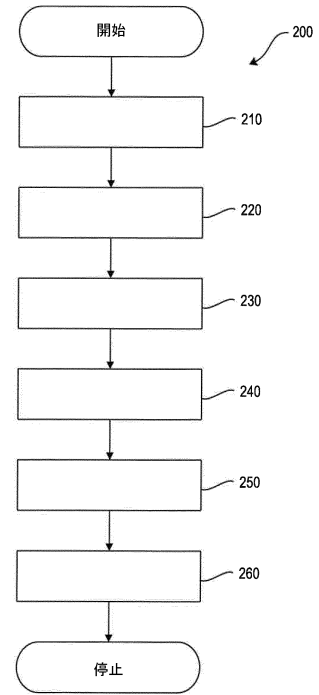


図 11

---

フロントページの続き

- (72)発明者 ジークフリート ワール  
ドイツ国 73072 ドンツドルフ ポストストラーセ 28 / 1  
(72)発明者 ヘスズ - ミゲル カベサ ギジェン  
ドイツ国 73434 アーレン スピツァッカリング 17

審査官 後藤 順也

- (56)参考文献 特開2004 - 275591 (JP, A)  
特開2005 - 253503 (JP, A)  
特開2012 - 040430 (JP, A)  
特開平11 - 028187 (JP, A)  
国際公開第2007 / 026368 (WO, A2)  
観音隆幸ほか, ぼけ順応が視覚の空間周波数伝達特性に与える影響, 電子情報通信学会論文誌D  
, 2007年, 第J90 - D巻、第7号, 第1812 - 1819頁
- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B 3 / 00 - 3 / 18  
医中誌Web