

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検者の両眼視機能を検査するために被検者の左右眼に視標を呈示する視標呈示装置において、

ディスプレイを有し、被検者の左右眼に対して視差を持った視標を表示する表示手段と、

被検者の瞳孔間距離を入力する瞳孔間距離入力手段と、

前記瞳孔間距離入力手段によって入力された前記瞳孔間距離に基づき、前記視標が基準位置から融像位置まで浮き上がって認識されるか、又は沈み込んで認識されるように、前記視標の視標間隔を調節して前記ディスプレイに表示する制御手段と、
を有する、
ことを特徴とする視標呈示装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 の視標呈示装置において、

前記制御手段は、前記瞳孔間距離と前記基準位置から前記融像位置までの融像距離との積を被検者から前記融像位置までの距離で除して求めた視標間隔に基づき、前記視標の視標間隔を調節して前記ディスプレイに表示する、
ことを特徴とする視標呈示装置。

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 の視標呈示装置において、

前記ディスプレイは、カラー表示可能なディスプレイであって、1 ピクセル内に複数種類の単色の各輝度を変更して表示可能な複数のサブピクセルを有するディスプレイであり、

20

前記制御手段は、前記視標を表示するピクセルと境界を成すピクセルにおいて、前記視標間隔に基づき、1 つのサブピクセルの輝度を制御する、
ことを特徴とする視標呈示装置。

【請求項 4】

請求項 3 の視標呈示装置において、

前記制御手段は、前記視標を黒色又は白色の何れか 1 色で前記ディスプレイに表示する、
ことを特徴とする視標呈示装置。

30

【請求項 5】

請求項 4 の視標呈示装置において、

前記制御手段は、前記ディスプレイに表示される前記視標の背景を前記視標の反対色で表示する、
ことを特徴とする視標呈示装置。

【請求項 6】

被検者の両眼視機能を検査するための視標を呈示する視標呈示装置は、

視標を表示するためのディスプレイと、

被検者の左右眼の瞳孔間距離を入力する瞳孔間距離入力部と、

40

ディスプレイに立体視検査用の左眼用視標及び右眼用視標を表示させる制御部であって、被検者の両眼視で見える融像視標が、「基準位置から所定の融像位置までの融像距離」浮き上がって又は沈み込んで認識されるように、入力された瞳孔間距離に基づいて左眼用視標と右眼用視標との左右方向の視標間隔を取得し、取得した視標間隔に基づいてディスプレイに左眼用視標及び右眼用視標を表示させる制御部と、
を備える、ことを特徴とする視標呈示装置。

【請求項 7】

請求項 6 の視標呈示装置において、

制御部は、瞳孔間距離と融像距離との積を、被検者から融像位置までの距離で除して視標間隔を求める、ことを特徴とする視標呈示装置。

50

【請求項 8】

請求項 6 又は 7 の視標呈示装置において、

制御部は、ディスプレイが有する 1 ピクセルの整数倍より細かな距離として、視標間隔を被検者に認識させるために、右眼用視標及び左眼用視標の少なくとも一方の境界であって、左右方向の境界が位置するピクセルの輝度を取得し、取得した視標間隔に基づいて変える、ことを特徴とする視標呈示装置。

【請求項 9】

請求項 6 又は 7 の視標呈示装置において、

ディスプレイは、1 ピクセル毎に色の異なる複数のサブピクセルが左右方向に並べられたカラーディスプレイであり、

制御部は、1 ピクセルの整数倍より細かな距離として視標間隔を被検者に認識させるために、右眼用視標及び左眼用視標の少なくとも一方の境界であって、左右方向の境界が位置するピクセル内の各サブピクセルの輝度を、取得した視標間隔に基づき、視標側から背景側に順に変化させる、ことを特徴とする視標呈示装置。

【請求項 10】

請求項 9 の視標呈示装置において、

制御部は、視標を黒色又は白色の何れか 1 色でディスプレイに表示する、ことを特徴とする視標呈示装置。

【請求項 11】

請求項 10 の視標呈示装置において、

制御部は、ディスプレイに表示される視標の背景を視標の反対色で表示する、ことを特徴とする視標呈示装置。

【請求項 12】

請求項 6 ～ 11 の何れかの視標呈示装置は、

基準位置から所定の融像位置までの融像距離を入力する融像距離入力部を備えている、ことを特徴とする視標呈示装置。

【請求項 13】

請求項 6 ～ 12 の何れかの視標呈示装置において、

左眼用視標及び右眼用視標は、同一形状、同一サイズ及び同一色である、ことを特徴とする視標呈示装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、被検者の両眼視機能を検査するために被検者の左右眼に視標を呈示する視標呈示装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

近年、液晶パネル等のディスプレイに視標を呈示（表示）することによって被検者眼の視力等を検査する視標呈示装置が知られている（例えば、特許文献 1 参照）。このような装置では、ディスプレイに表示する視標を変えることにより、様々な種類、形状、サイズ、等の視標を被検者眼に呈示できる。また、このような装置では、偏光等を利用して視標を被検者の左眼に呈示するための左眼用視標と、被検者の右眼に呈示するための右眼用視標に分離している。左眼用視標と右眼用視標のディスプレイ上での表示間隔（視標間隔）を持たせることによって、視標に視差を持たせている。これにより、被検者には、視標がディスプレイから浮き上がって（又は、沈み込んで）認識される。このようにして、立体視機能検査等の両眼視機能検査が行える。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0003】**

【特許文献 1】特開 2009 - 207569 号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

このような視差を持った視標を被検者が左右眼で見ると、視標は浮き上がって見える、又は沈み込んで見える。しかし、被検者の左右眼の瞳孔間距離が異なると、視標の浮き上がり量（距離）又は沈み込み量（距離）が異なって見える。すなわち、視差を持つ視標の融像位置は、瞳孔間距離の異なる被検者の左右眼には異なって見える。

【0005】

本発明は、上記従来技術の問題点に鑑み、被検者の瞳孔間距離に基づいて視差を持つ視標の融像位置が最適になるように調整することにより、より正確な検査が行える視標呈示装置を提供することを技術課題とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明は、上記課題を解決するために、以下の構成を有することを特徴とする。

（１）被検者の両眼視機能を検査するために被検者の左右眼に視標を呈示する視標呈示装置において、ディスプレイを有し、被検者の左右眼に対して視差を持った視標を表示する表示手段と、被検者の瞳孔間距離を入力する瞳孔間距離入力手段と、前記瞳孔間距離入力手段によって入力された前記瞳孔間距離に基づき、前記視標が基準位置から融像位置まで浮き上がって認識されるか、又は沈み込んで認識されるように、前記視標の視標間隔を調節して前記ディスプレイに表示する制御手段と、を有する、ことを特徴とする。

20

（２）（１）の視標呈示装置において、前記制御手段は、前記瞳孔間距離と前記基準位置から前記融像位置までの融像距離との積を被検者から前記融像位置までの距離で除して求めた視標間隔に基づき、前記視標の視標間隔を調節して前記ディスプレイに表示する、ことを特徴とする。

（３）（１）又は（２）の視標呈示装置において、前記ディスプレイは、カラー表示可能なディスプレイであって、１ピクセル内に複数種類の単色の各輝度を変更して表示可能な複数のサブピクセルを有するディスプレイであり、前記制御手段は、前記視標を表示するピクセルと境界を成すピクセルにおいて、前記視標間隔に基づき、１つのサブピクセルの輝度を制御する、ことを特徴とする。

（４）（３）の視標呈示装置において、前記制御手段は、前記視標を黒色又は白色の何れか１色で前記ディスプレイに表示する、ことを特徴とする。

30

（５）（４）の視標呈示装置において、前記制御手段は、前記ディスプレイに表示される前記視標の背景を前記視標の反対色で表示する、ことを特徴とする。

（６）被検者の両眼視機能を検査するための視標を呈示する視標呈示装置は、視標を表示するためのディスプレイと、被検者の左右眼の瞳孔間距離を入力する瞳孔間距離入力部と、ディスプレイに立体視検査用の左眼用視標及び右眼用視標を表示させる制御部であって、被検者の両眼視で見える融像視標が、「基準位置から所定の融像位置までの融像距離」浮き上がって又は沈み込んで認識されるように、入力された瞳孔間距離に基づいて左眼用視標と右眼用視標との左右方向の視標間隔を取得し、取得した視標間隔に基づいてディスプレイに左眼用視標及び右眼用視標を表示させる制御部と、を備える、ことを特徴とする。

40

（７）（６）の視標呈示装置において、制御部は、瞳孔間距離と融像距離との積を、被検者から融像位置までの距離で除して視標間隔を求める、ことを特徴とする。

（８）（６）又は（７）の視標呈示装置において、制御部は、ディスプレイが有する１ピクセルの整数倍より細かな距離として、視標間隔を被検者に認識させるために、右眼用視標及び左眼用視標の少なくとも一方の境界であって、左右方向の境界が位置するピクセルの輝度を取得し、取得した視標間隔に基づいて変える、ことを特徴とする。

（９）（６）又は（７）の視標呈示装置において、ディスプレイは、１ピクセル毎に色の異なる複数のサブピクセルが左右方向に並べられたカラーディスプレイであり、制御部は、１ピクセルの整数倍より細かな距離として視標間隔を被検者に認識させるために、右

50

眼用視標及び左眼用視標の少なくとも一方の境界であって、左右方向の境界が位置するピクセル内の各サブピクセルの輝度を、取得した視標間隔に基づき、視標側から背景側に順に変化させる、ことを特徴とする。

(10) (9)の視標呈示装置において、制御部は、視標を黒色又は白色の何れか1色でディスプレイに表示する、ことを特徴とする。

(11) (10)の視標呈示装置において、制御部は、ディスプレイに表示される視標の背景を視標の反対色で表示する、ことを特徴とする。

(12) (6)~(11)の何れかの視標呈示装置は、基準位置から所定の融像位置までの融像距離を入力する融像距離入力部を備えている、ことを特徴とする。

(13) (6)~(12)の何れかの視標呈示装置において、左眼用視標及び右眼用視標は、同一形状、同一サイズ及び同一色である、ことを特徴とする。

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、被検者の瞳孔間距離に基づいて視差を持つ視標の融像位置が最適になるように調整することにより、より正確な検査が行える。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図1は、本実施形態の視標呈示装置の概略外観図である。視標呈示装置100の筐体10の前面には、表示手段である視標呈示部30が設けられている。視標呈示部30は、被検者との距離が6m等の遠方距離の位置に置かれた場合にも所定サイズの視力検査用視標70a(例えば、VA(Visual Acuity)2.0のランドルト環視標)等の視標が呈示(表示)可能な大きさを持つ画面を備えており、内部にはカラー液晶ディスプレイ31が配置されている(図2参照)。ディスプレイ31には、例えば、解像度SXGAの19インチ、17インチ、等のものを用いることができる。なお、筐体10は、壁に掛けて使用できる薄型とされている。

【0009】

筐体10の前面の下方には、操作手段(操作部)であるリモートコントローラ(以下、リモコン)60からの赤外通信信号を受信する受信部11が設けられている。また、筐体10の下部には、装置100の設置距離(被検者(被検者眼)から視標呈示部30までの距離)の設定(入力)等の各種設定(入力)を行うための設定手段(設定部(入力部))であるファンクションキー12が設けられている。

【0010】

リモコン60は、視標呈示部30(ディスプレイ31)に呈示(表示)される視標を選択するための選択手段(選択部(セクタ))である複数の視標選択キー(ボタン)61と、選択された視標等の情報を表示する表示手段(表示部)である液晶ディスプレイ62と、赤外通信信号を送信する送信部63と、を備えている。また、リモコン60は、装置100の設置距離を入力するための入力手段(入力部)である設置距離入力キー(ボタン)64と、被検者の瞳孔間距離(PD(pupillary distance))を入力するための入力手段(入力部)である瞳孔間距離入力キー(ボタン)65と、視差を持つ視標の融像距離を入力するための入力手段(入力部)である融像距離入力キー(ボタン)66と、を備えている。なお、被検者に呈示される立体視検査用の視標は、被検者の左眼に呈示するための左眼用視標と、被検者の右眼に呈示するための右眼用視標とを有している。立体視検査用の左眼用視標と右眼用視標は、左右方向において所定の視標間距離離れて呈示される。被検者の左眼に左眼用視標が見え、被検者の右眼に右眼用視標が見え、被検者がそれぞれの視標を融像(一つの像として見る)すると、視標は浮き上がって(又は沈み込んで)認識される。なお、融像距離とは、基準面(基準位置、ここでは、ディスプレイ31の表示面)から浮き上がって見える、又は沈み込んで見える視標までの距離とする。なお、融像距離は、被検者から浮き上がって見える、又は沈み込んで見える視標までの距離としてもよい。

【0011】

図2は、視標呈示部30の概略構成図と装置100の制御系の概略ブロック図とである

10

20

30

40

50

。視標呈示部 30 は、カラーディスプレイであるカラー液晶ディスプレイ 31 と、ディスプレイ 31 の前面に配置（貼付）されたシート状の偏光光学部材 32 と、を備えている。ディスプレイ 31 には、1 ピクセルで様々な色が表示できるように、赤色、青色及び緑色（光の三原色）のサブピクセルが 1 ピクセル内に左右方向（ここでは、水平方向と一致する）に並べられている。偏光光学部材 32 は、少なくともディスプレイ 31 の視標呈示（表示）領域をカバーする大きさを持っている。

【0012】

ディスプレイ 31 と受信部 11 とファンクションキー 12 とは、装置 100 の制御手段（制御部）である制御ユニット 40 に接続されている。また、制御ユニット 40 には、様々な視標のデータを記憶する記憶手段（記憶部）であるメモリ 41 が接続されており、また、リモコン 60 からの指令信号を解読するデコード回路等を備えている。制御ユニット 40 は、リモコン 60 からの視標切換えの指令信号等の入力により、ディスプレイ 31 の各ピクセルの表示を制御する。また、制御ユニット 40 は、ディスプレイ 31 に表示させた視標の境界（視標と背景との境界）において、ピクセル毎にサブピクセル処理することにより、視標の表示（呈示）位置が移動したように被検者に見せる（認識させる）（詳しくは後述する）。

【0013】

偏光光学部材 32 について説明する。ディスプレイ 31 からは、所定の方向（垂直方向、水平方向又は斜め 45 度方向）の偏光軸を持つ直線偏光の光が出射される。本実施形態では、垂直方向の偏光軸を持つ直線偏光の光が出射される。偏光光学部材 32 は、ディスプレイ 31 が持つ 1 ピクセルの所定倍の大きさに対応して左右方向に延びるライン状で且つ縦方向（鉛直方向）に交互に配置された光学領域 32a と光学領域 32b とを備えている。光学領域 32a と光学領域 32b とは、ディスプレイ 31 からの直線偏光の光を通してさせるときに、互いに直交する偏光軸を持つ直線偏光の光に変換する。本実施形態では、偏光光学部材 32 として、位相差機能を持つ 1/2 波長板と同等の機能を持つものが使用されている。1/2 波長板は、周知のように、入射光の偏光軸が 1/2 波長板の高速軸（又は低速軸）に対して角度で入射したときに、その振動方向を $2 \times$ 回転させる。すなわち、1/2 波長板は、入射光の偏光方向に対して高速軸（又は低速軸）である光学的主軸方向を傾斜させることにより、入射光の偏光軸方向（振動方向）を回転させる機能を持つものであり、入射光の光量をそのまま維持できる特性を持つものである。

【0014】

立体視検査等の両眼視機能検査では、互いに直交する偏光軸を持つ偏光フィルタ 91L と偏光フィルタ 91R とを備える偏光眼鏡 90 を被検者が装用し、被検者の左眼の前に偏光フィルタ 91L が配置され、被検者の右眼の前に偏光フィルタ 91R が配置される。本実施形態の偏光フィルタ 91L は 45 度方向に偏光軸を持っており、偏光フィルタ 91R は 135 度方向に偏光軸を持っている。また、被検者が偏光眼鏡 90 を装用する代わりに、左右の検査窓に球面レンズ、柱面レンズ、補助レンズ、等が切換え配置される自覚式屈折力検査装置（以下、ホロプタ）200 が使用されてもよい。この場合には、ホロプタ 200 は、互いに直交する偏光軸を持つ偏光フィルタ 201L（45 度方向に偏光軸を持つ）と偏光フィルタ 201R（135 度方向に偏光軸を持つ）とを備え、被検者の左眼の前に配置される左検査窓に偏光フィルタ 201L が配置され、被検者の右眼の前に配置される右検査窓に偏光フィルタ 201R が配置される。

【0015】

一方、光学領域 32a は左眼用の光学領域であり、本実施形態では、その光学的主軸方向は、偏光眼鏡 90 又はホロプタ 200 が備える左眼用の偏光フィルタ 91L 又は 201L の偏光方向である 45 度方向と一致した偏光方向の光にディスプレイ 31 からの光を変換するように配置されている。また、光学領域 32b は右眼用の光学領域であり、本実施形態では、その光学的主軸方向は、偏光眼鏡 90 又はホロプタ 200 が備える右眼用の偏光フィルタ 91R 又は 201R の偏光方向である 135 度方向と一致した偏光方向の光にディスプレイ 31 からの光を変換するように配置されている。このため、被検者が左右眼

の前に配置された偏光フィルタ 9 1 L 及び 9 1 R、又は偏光フィルタ 2 0 1 L 及び 2 0 1 R を通して視標呈示部 3 0 を見ると、左眼には偏光フィルタ 9 1 L 又は 2 0 1 L を透過可能な光学領域 3 2 a からの光のみが視認され、光学領域 3 2 b からの光は偏光フィルタ 9 1 R 又は 2 0 1 R で遮断されることによって視認されない。逆に、右眼には偏光フィルタ 9 1 R 又は 2 0 1 R を透過可能な光学領域 3 2 b からの光のみが視認され、光学領域 3 2 a からの光は偏光フィルタ 9 1 L 又は 2 0 1 L で遮断されることによって視認されない。このようにして、被検者の左右眼に入射する光を分離でき、被検者の左右眼にそれぞれ異なる視標を呈示できる。すなわち、視差を持つ視標を被検者の左右眼に呈示できる。

【0016】

次に、ディスプレイ 3 1 に呈示（表示）される三桿検査用視標について説明する。図 3 は、本実施形態の三桿検査用視標（画像）を正面から見た状態を示す図である。図 4 は、三桿検査用視標と被検者の瞳孔間距離との関係を説明する図である。図 5 は、サブピクセル処理について説明する図である。図 6 は、三桿検査用視標の見え方を模式的に示した図である。

【0017】

なお、本実施形態では、検査距離（＝装置 1 0 0 の設置距離）D E を 2 . 5 m としており、検査の基準となる視標からの浮き上がり量又は沈み込み量を 2 c m としている。また、装置の設置距離は、2 . 5 m から 6 . 0 m まで 5 0 c m 刻みで設定可能となっている。

【0018】

視標（画像）7 0 には、簡易的な三桿検査をするために、3 種類の視標が含まれている。本実施形態の視標 7 0 は、三桿計での三桿検査を模した検査が行えるように、桿（棒）状の視標とされている。視標 7 0 は、被検者から検査距離 D E 離れた位置に見える（認識される）、検査の基準となる視標（第 1 視標）7 1 と、基準視標 7 1 から融像距離 F D 分浮き出がって被検者に見える（認識される）視標（第 2 視標）7 2 と、基準視標 7 1 から融像距離 F D 分沈み込んで被検者に見える（認識される）視標（第 2 視標）7 3 と、を含んでいる。視標 7 0 の背景 7 0 a は白色であり、視標 7 1、7 2 及び 7 3 は、すべて同一色の黒色である。また、視標 7 1、7 2 及び 7 3 は、同形状、同サイズとされる。

【0019】

視標 7 1 は、左右眼に同じ位置に認識されるように、1 つの視標である。視標 7 2 は、左眼用視標 7 2 L と右眼用視標 7 2 R とを含む。視標 7 2 L と視標 7 2 R とは、間隔 W 2 隔てられている。被検者の両眼視によって、視標 7 2 が融像して見えるように、視標 7 2 L 及び 7 2 R は、同形状、同サイズ及び同色とされる。視標 7 3 は、左眼用視標 7 3 L と右眼用視標 7 3 R とを含む。視標 7 3 L と視標 7 3 R とは、間隔 W 3 隔てられている。被検者の両眼視によって、視標 7 3 が融像して見えるように、視標 7 3 L 及び 7 3 R は、同形状、同サイズ及び同色とされる。間隔 W 2 は、検査距離 D E と被検者の瞳孔間距離 P D とに基づいて定められており、何れの瞳孔間距離 P D であっても視標 7 2 は視標呈示部 3 0 の画面から一定距離（融像距離 F D ）分浮き上がって見える（認識される）ような間隔とされている。同様に、間隔 W 3 は、検査距離 D E と被検者の瞳孔間距離 P D とに基づいて定められており、何れの瞳孔間距離 P D であっても視標 7 3 は視標呈示部 3 0 の画面から一定距離（融像距離 F D ）分沈み込んで見える（認識される）ような間隔とされている。

【0020】

本実施形態の装置での三桿検査は、三桿計での三桿検査を模した検査が行えるように、検査距離 D E が 2 . 5 m に設定されており、被検者の瞳孔間距離 P D に拘らず、視標 7 2 の浮き上がり量と視標 7 3 の沈み込み量とが共に 2 c m に設定されている。検査距離 D E は、三桿計での三桿検査において被検者眼から固定配置された左右 2 つの桿までの距離と等しくなっている。融像距離 F D （浮き上がり量及び沈み込み量）は、三桿計での三桿検査において被検者眼が深視力を持つと判定される条件に基づいて設定されている。すなわち、三桿計での三桿検査においては、被検者の操作によって移動される中央の桿が左右の桿から前後 2 c m 以内に位置されることにより、三桿検査の合格が判定される。このため

、融像距離 $F D$ は、この条件に合うようになっている。

【 0 0 2 1 】

また、本実施形態では、視標 7 0 は、ベクターデータとしてメモリ 4 1 に記憶されている。制御ユニット 4 0 は、検査距離 $D E$ 、瞳孔間距離 $P D$ 及び融像距離 $F D$ に基づいて視標間隔（視標間距離） $W 2$ 及び $W 3$ を求め（取得し）、求められた視標間隔 $W 2$ 及び $W 3$ に基づいて視標 7 0 を生成し、視標呈示部 3 0 に呈示する（ディスプレイ 3 1 に表示する）。

【 0 0 2 2 】

次に、瞳孔間距離 $P D$ と融像距離 $F D$ との関係を説明する。ここでは、浮き上がって見せる場合を例に挙げて説明する。図 4 では、各位置を点として示している。左眼 $E L$ と右眼 $E R$ とが並ぶ面 S は、検査距離 $D E$ を隔てて、左眼用視標 $P L$ と右眼用視標 $P R$ とが並ぶ面 T （視標呈示部 3 0 の画面と一致）と対向している。左眼 $E L$ と視標 $P L$ とを結んだ線分と右眼 $E R$ と視標 $P R$ とを結んだ線分との交点に、視標の融像位置 $F P$ ができる。面 T から融像位置 $F P$ までの距離が融像距離 $F D$ となる。左眼 $E L$ と右眼 $E R$ との間隔を瞳孔間距離 $P D$ とし、視標 $P L$ と視標 $P R$ との間隔を視標間隔 W とする。

【 0 0 2 3 】

ここで、立体視検査における視差は、左眼 $E L$ と融像位置 $F P$ とを結んだ線分と右眼 $E R$ と融像位置 $F P$ とを結んだ線分とが成す角度 θ_1 と、左眼 $E L$ と面 T の中心 C とを結んだ線分と右眼 $E R$ と中心 C とを結んだ線分とが成す角度 θ_2 と、の差分となる。従って、検査距離 $D E$ と視標間隔 W とがそれぞれ一定であれば、視差は、瞳孔間距離 $P D$ に拘らず一定となる。しかし、融像距離 $F D$ は、瞳孔間距離 $P D$ に応じて変化する。具体的に、瞳孔間距離 $P D$ と融像距離 $F D$ との関係を示すと、図 4 における三角形の関係から、以下の式 1 のようになる。なお、 $D E - F D$ は、被検者から融像位置 $F P$ までの距離になる。

【 0 0 2 4 】

$$P D : W = D E - F D : F D \quad (\text{式 1})$$

式 1 を、融像距離 $F D$ について解くと、以下の式 2 のようになる。

【 0 0 2 5 】

$$F D = W \cdot D E / (P D + W) \quad (\text{式 2})$$

式 2 から、融像距離 $F D$ は、瞳孔間距離 $P D$ に依存することがわかる。また、融像距離 $F D$ は、視標間隔 W に依存することがわかる。式 1 を視標間隔 W について解くと、以下の式 3 のようになる。

【 0 0 2 6 】

$$W = P D \cdot F D / (D E - F D) \quad (\text{式 3})$$

本実施形態では、融像距離 $F D$ を一定（2 c m）とし、瞳孔間距離 $P D$ を変数とし、融像距離 $F D$ を一定とできるような視標間隔 W を求め、視標を生成する。

【 0 0 2 7 】

次に、視標間隔 W の調節幅を説明する。例えば、瞳孔間距離 $P D$ を 1 m m ステップで入力して、何れの場合にも融像距離 $F D$ を 2 c m とする場合を例に挙げ、瞳孔間距離 $P D$ を 6 0 m m の場合と 5 9 m m の場合とで視標間隔 W の差を説明する。式 3 において、 $F D = 2 0$ (m m)、 $D E = 2 5 0 0$ (m m) とすると、 $P D = 6 0$ (m m) の場合は、 $W = 0 . 4 8 4$ (m m) となり、 $P D = 5 9$ (m m) の場合は、 $W = 0 . 4 7 6$ (m m) となる。瞳孔間距離 $P D$ と視標間隔 W との関係は、線形であるため、瞳孔間距離 $P D$ が 1 m m 変化すれば、視標間隔 W は 0 . 0 0 8 m m 程度変化させればよいこととなる。従って、検査距離 $D E$ が 2 . 5 m の場合の使用において、視標呈示部 3 0（ディスプレイ 3 0）の解像度が 0 . 0 0 8 m m であれば、瞳孔間距離 $P D$ が 1 m m ステップで変化する場合に対応した視標を呈示することができる。

【 0 0 2 8 】

次に、視標間隔 W の調節表示について説明する。図 5 は、視標 7 2 又は 7 3 において、左右眼の何れかに呈示する場合での境界周辺の 2 ピクセルを模式的に示したものである。各ピクセルには、色の異なる複数のサブピクセルを左右方向に並べられている。各ピクセル

10

20

30

40

50

ル 8 1 及び 8 2 は、3 つのサブピクセルを備える。サブピクセルとしては、赤色を表示する（赤色発光する）ためのサブピクセル 8 1 R 及び 8 2 R と、緑色を表示する（緑色発光する）ためのサブピクセル 8 1 G 及び 8 2 G と、青色を表示する（青色発光する）ためのサブピクセル 8 1 B 及び 8 2 B と、である。各サブピクセルは、各単色を 2 5 6 階調の輝度で独立して表示（発光）可能であり、輝度としては、0 ~ 2 5 5 までとする。すべてのサブピクセルの輝度が 0 であれば、ピクセルは黒色として見え（認識され）、すべてのサブピクセルの輝度が 2 5 5 であれば、ピクセルは白色として見える（認識される）。

【 0 0 2 9 】

ピクセル 8 1 とピクセル 8 2 との間には、境界 B がある。ピクセル 8 1 は、すべてのサブピクセル（8 1 R、8 1 G、8 1 B）が輝度 0 であり、黒色として見える（認識される）。一方、ピクセル 8 2 は、すべてのサブピクセル（8 2 R、8 2 G、8 2 B）が輝度 2 5 5 であり、白色として見える（認識される）。この場合、視標 7 2 又は 7 3 の輪郭の位置は、境界 B にあるように見える。

10

【 0 0 3 0 】

この状態において、サブピクセル 8 2 R を輝度 0 にすると、ピクセル 8 2 は、シアン色として見える（認識される）。しかし、ピクセル 8 1 の隣のサブピクセル 8 2 R は、黒色として見える（認識される）。このため、被検者にとって、視標 7 2 又は 7 3 の輪郭の位置は、境界 B を越えてサブピクセル 8 2 R とサブピクセル 8 2 G の境界 B 1 にあるように見える（認識される）。このとき、ピクセル 8 2 は、シアン色に見えるものの、視標 7 2 又は 7 3 の周辺では黒色と白色とで表示されている（見えている）ことと、ピクセル 8 2 が 1 ピクセル分しかないことと、から、被検者にシアン色が見える（認識される）ことは少ない。同様に、サブピクセル 8 2 G 又は 8 2 B の輝度を 0 にすることによっても、視標 7 2 又は 7 3 の輪郭の位置を変更して被検者に見せる（認識させる）ことができる。

20

【 0 0 3 1 】

このようにして、1 ピクセル内の 3 つのサブピクセルの輝度を変えることにより、視標 7 2 又は 7 3 の輪郭の位置（視標間隔）を 1 ピクセルよりも下のオーダーで変更できる。制御ユニット 4 0 は、視標間隔がディスプレイ 3 1 が有するピクセルの整数倍より細かな距離となる場合に、サブピクセル処理を行う。制御ユニット 4 0 は、左眼用視標及び左眼視標の少なくとも一方に対してサブピクセル処理を行う。例えば、一方の視標の境界を処理する場合、一方の視標の左右方向の輪郭（両側の輪郭）に対して、それぞれ処理する。制御ユニット 4 0 は、演算により視標の境界のピクセルの輝度（サブピクセルの輝度）を取得し、ディスプレイ 3 1 の表示制御を行う。これによって、制御ユニット 4 0 が求めた視標間隔（被検者の PD に対応する）で、被検者に立体検査用視標が呈示可能となる。

30

【 0 0 3 2 】

以上の説明では、サブピクセルの輝度を 0 又は 2 5 5 としたが、サブピクセルの輝度を段階的に変更することによっても、視標 7 2 又は 7 3 の輪郭の位置を変更できる。例えば、サブピクセルの 2 5 6 階調の輝度を 8 等分する。輝度は、1 ステップ当り 3 2 の数値で変更することとなる。例えば、サブピクセル 8 2 R の輝度を 1 2 7 とすると、境界 B と境界 B 1 との間の発光量が半分になり、サブピクセル 8 2 R とサブピクセル 8 2 G との間に発光量に濃淡差が生じる。これにより、被検者には、境界 B と境界 B 1 との間の境界 B 2 に視標 7 2 又は 7 3 の輪郭の位置があるように見える（認識される）。すなわち、サブピクセル 8 2 R の輝度（サブピクセル間の濃淡差）に応じて、視標 7 2 の輪郭の位置を境界 B から境界 B 1 内で移動させて認識させることができる。これは、サブピクセル 8 2 G 及び 8 2 B においても同様である。また、ピクセル内のサブピクセルは、視標側から背景側に順（この場合は、8 2 R、8 2 G、8 2 B の順）に輝度を変化させることで、境界の位置（輪郭）を視標側から背景側へと移動させる（移動したように被検者に認識させる）ことができる。

40

【 0 0 3 3 】

このようにして、視標の輪郭の位置を 1 つのサブピクセル内で変更させて被検者に認識させることができる。上記のサブピクセル処理をするためには、背景 7 0 a と視標 7 2 又

50

は 7 3 とのコントラストをできるだけ高くすると共に、視標 7 2 又は 7 3 の境界の色の影響を軽減するために、視標 7 2 又は 7 3 の色は白色と黒色との一方から選択することが好ましく、背景 7 0 a の色も白色と黒色との他方から選択することが好ましい。

【 0 0 3 4 】

上記の例では、1つのサブピクセルの輝度を8等分としたため、1ピクセル(ピクセル 8 2)では、視標 7 2 又は 7 3 の輪郭の位置を、 8×3 の 2 4 通りで調節することができる。従って、1ピクセルが 0 . 1 9 mm 程度のディスプレイを視標呈示部 3 0 に用いる場合、視標 7 2 又は 7 3 の輪郭の位置を、0 . 0 0 8 mm 程度のステップで調節することができる。

【 0 0 3 5 】

以上のような構成を有する視標呈示装置 1 0 0 での三桿検査における動作について説明する。検者は、検査の前に装置 1 0 0 の設定を行い、また、検査距離 D E (被検者の検査位置)と融像距離 F D とを決定し、リモコン 6 0 のキー 6 4 及び 6 6 又はファンクションキー 1 2 を操作して入力する。する。また、被検者の瞳孔間距離 P D をリモコン 6 0 のキー 6 5 又はファンクションキー 1 2 を操作して入力する。瞳孔間距離 P D は、瞳孔間距離計等で予め入手しておく。制御ユニット 4 0 は、リモコン 6 0 又はファンクションキー 1 2 からの指令信号に基づいて、検査距離 D E、融像距離 F D 及び瞳孔間距離 P D をメモリ 4 1 に記憶させる。

【 0 0 3 6 】

次に、検者は、偏光眼鏡 9 0 を装用した被検者又は左右眼前にホロプタ 2 0 0 を配置した被検者を検査位置に位置させ、キー 6 1 を操作して三桿検査用視標 7 0 を呈示させる。制御ユニット 4 0 は、リモコン 6 0 からの指令信号に基づいて、メモリ 4 1 に記憶された検査距離 D E、融像距離 F D 及び瞳孔間距離 P D を呼び出し(読み出し)、視標 7 0 の融像距離(浮き上がり量及び沈み込み量)が設定(入力)された融像距離 F D になるように、検査距離 D E 及び瞳孔間距離 P D に基づいて視標 7 2 の視標間隔 W 2 と視標 7 3 の視標間隔 W 3 とを求める。制御ユニット 4 0 は、求めた視標間隔 W 2 及び W 3 に基づいて、視標 7 0 (視標 7 1、7 2 及び 7 3)を生成する。制御ユニット 4 0 は、視標 7 0 の表示に際して、ディスプレイ 3 1 のサブピクセル処理を行う。視標 7 0 のうち、左眼用の視標 7 2 L 及び 7 3 L が、光学領域 3 2 a 及び偏光フィルタ 9 1 L 又は 2 0 1 L を介して、被検者の左眼 E L に入射する。同様に、右眼用の視標 7 2 R 及び 7 3 R が、光学領域 3 2 b 及び偏光フィルタ 9 1 R 又は 2 0 1 R を介して、被検者の右眼 E R に入射する。視標 7 1 は、左右眼 E L 及び E R にそれぞれ入射して認識される。被検者には、視標 7 1 は、ディスプレイ 3 1 の画面の位置である被検者から 2 . 5 m 離れた位置に見える(認識される)。また、視標 7 2 が視標 7 1 から浮き上がって見え(認識され)、視標 7 3 が視標 7 1 から沈み込んで見える(認識される)。

【 0 0 3 7 】

そして、検者は、3つの視標 7 1、7 2 及び 7 3 がどのように見えるかを被検者に確認する。視標 7 2 が視標 7 1 よりも前方(手前側)にあるように見えると被検者が答えるか、又は視標 7 3 が視標 7 1 よりも後方(奥側)にあるように見えると被検者が答えれば、被検者が三桿検査に合格する深視力を持つものと判定できる。

【 0 0 3 8 】

このようにして、本装置によれば、簡単な構成で三桿検査が行える。また、被検者の瞳孔間距離に拘らず、一定の融像距離だけ視標が浮き上がって見える、又は沈み込んで見える。このため、検査の精度を向上できる。

【 0 0 3 9 】

なお、以上の説明では、三桿検査用視標(画像)が3種類の視標を含む構成としているが、これに限るものではない。検査の基準となる視標と、基準視標に対して所定量浮き上がって見える(認識される)視標と所定量沈み込んで見える(認識される)視標との何れかと、を含むものであってもよい。

【 0 0 4 0 】

また、以上の説明では、視標をベクターデータ（ベクターイメージ）としてメモリに記憶させ、瞳孔間距離の設定（入力）結果に基づいて制御ユニットが視標間隔を求め、ディスプレイに表示するものとしたが、これに限るものではない。異なる複数の瞳孔間距離に対応する複数の視標画像をメモリ 4 1 に記憶させ、瞳孔間距離の入力に基づいて制御ユニット 4 0 が適切な視標画像をメモリ 4 1 から読み出してディスプレイ 3 1 に表示するものとしてもよい。なお、これは、検査距離及び融像距離についても同様である。

【0041】

また、以上の説明では、検査距離と設置距離とが一致する場合を例に挙げたが、これに限るものではない。視標の融像距離は、基準となる位置から浮き上がって見える、又は沈み込んで見えればよい。従って、例えば、設置距離を 5 . 0 m とし、基準視標 7 1 が設置距離から 2 . 5 m 浮き上がって見え、さらに、視標 7 2 が視標 7 1 から融像距離分浮き上がって見え、視標 7 3 が視標 7 1 から融像距離分沈み込んで見えるようにしてもよい。

10

【0042】

また、以上の説明では、被検者の左右眼に呈示される視標を分離するために、所定の偏光軸を持つ偏光光学部材、偏光フィルタ、等を用いるものとしているが、円偏光を利用してもよい。また、以上の説明では、被検者の左右眼に呈示される視標を分離するために、ディスプレイの前面に配置された偏光光学部材と、被検者眼の前に配置される偏光眼鏡又はホロプタと、を用いるものとしているが、これに限るものではない。色を用いて視標を分離する構成、液晶シャッタを用いて視標を分離する構成、等であってもよい。例えば、被検者の左眼に呈示される視標を赤色とし、被検者の右眼に呈示される視標を緑色とし、赤緑眼鏡（左眼用に赤色フィルタが配置され、右眼用に緑色フィルタが配置された眼鏡）を被検者に装用させて検査するものであってもよい（もちろん、前述と同様に、ホロプタに赤色フィルタと緑色フィルタとを配置してもよい）。なお、色は赤緑に限定されるものではない。また、被検者の左右眼に入射する光を所定の時間間隔で交互に透過・遮断させる液晶シャッタ機能付き眼鏡を被検者に装用させ、所定の時間間隔に同期させて左眼用視標と右眼用視標とを交互に呈示（表示）して検査するものであってもよい。

20

【0043】

なお、以上の説明では、ディスプレイ 3 0 のピクセルにおいて、サブピクセル処理をすることで、視標の輪郭の位置を調節する構成としたが、これに限るものではない。視標の境界に位置するピクセルにおいて、ピクセル単位で処理する構成としてもよい。具体的には、ピクセルをグレースケールで輝度を変化させる。言い換えると、ピクセル内のサブピクセルの輝度を同じ値として輝度を変更する構成とする。このため、ディスプレイは、必ずしもカラーディスプレイでなくてもよい。モノクロディスプレイでもよい。

30

【0044】

なお、以上の説明では、簡易的な三桿検査をするために視標を呈示するものとしたが、被検者の立体視機能等の両眼視機能を検査するために視標を呈示するものであればよい。

【図面の簡単な説明】

【0045】

【図 1】本実施形態の視標呈示装置の概略外觀図である。

【図 2】視標呈示部の概略構成図と装置の制御系の概略ブロック図とである。

40

【図 3】本実施形態の三桿検査用視標（画像）を正面から見た状態を示す図である。

【図 4】三桿検査用視標と被検者の瞳孔間距離との関係を説明する図である。

【図 5】サブピクセル処理について説明する図である。

【図 6】三桿検査用視標の見え方を模式的に示した図である。

【符号の説明】

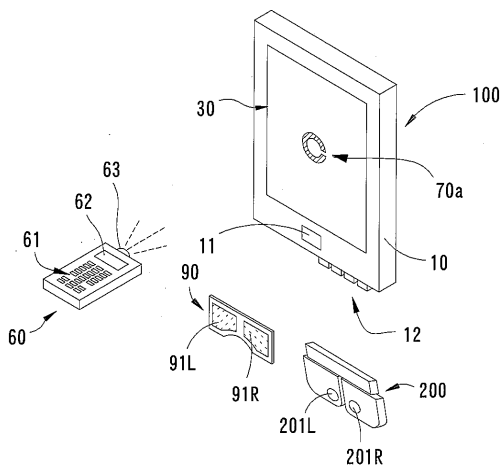
【0046】

- 3 0 視標呈示部
- 3 1 ディスプレイ
- 3 2 偏光光学部材
- 4 0 制御ユニット

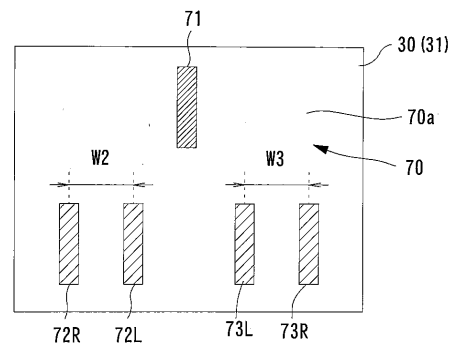
50

4 1 メモリ
6 0 リモコン
1 0 0 視標呈示装置

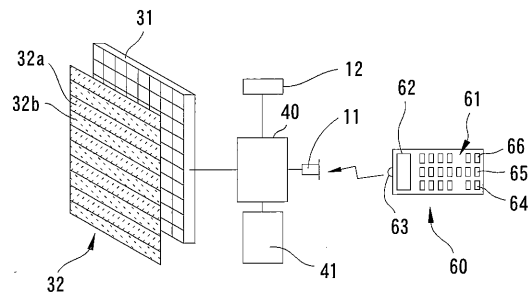
【図 1】



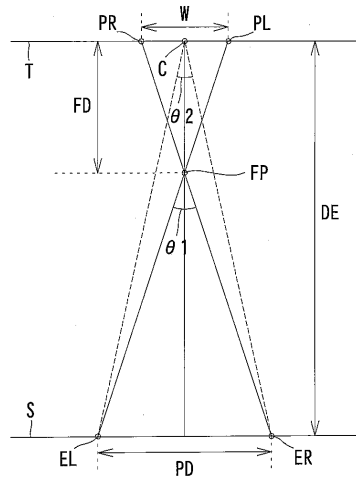
【図 3】



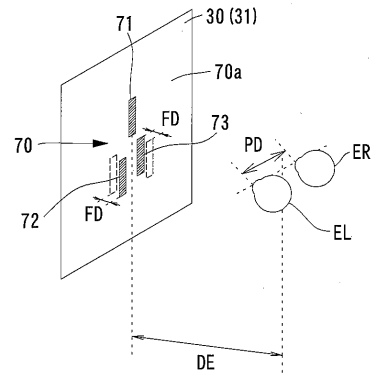
【図 2】



【 図 4 】



【 図 6 】



【 図 5 】

