

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7246044号
(P7246044)

(45)発行日 令和5年3月27日(2023.3.27)

(24)登録日 令和5年3月16日(2023.3.16)

(51)国際特許分類	F I			
A 6 1 B	3/113(2006.01)	A 6 1 B	3/113	
A 6 1 B	3/024(2006.01)	A 6 1 B	3/024	
G 0 6 F	3/01 (2006.01)	G 0 6 F	3/01	5 1 0
G 0 6 T	7/70 (2017.01)	G 0 6 T	7/70	Z

請求項の数 6 (全15頁)

(21)出願番号	特願2019-40299(P2019-40299)	(73)特許権者	501401618 株式会社ファインデックス 東京都千代田区大手町一丁目7番2号
(22)出願日	平成31年3月6日(2019.3.6)	(74)代理人	100121773 弁理士 相原 正
(65)公開番号	特開2020-141848(P2020-141848 A)	(72)発明者	相原 輝夫 愛媛県松山市三番町四丁目9番地6 株 式会社ファインデックス内
(43)公開日	令和2年9月10日(2020.9.10)	審査官	鷲崎 亮
審査請求日	令和4年2月16日(2022.2.16)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 視標視認判定システム及び視野検査装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

表示される視標をユーザーが視認しているかどうかを判定する視標視認判定システムにおいて、

前記視標を表示するディスプレイと、
前記ユーザーの視線を検出して前記視線の方向に関する視線情報を出力する視線検出部と、

前記視線情報のログを記録する記憶装置と、
前記視標の位置情報と前記視線情報とに基づき、前記ユーザーが前記視標を視認しているか否かを判定する視認判定部であって、

前記視線が前記視標に近接しているか否かを判定する視標近接判定部と、
前記視線が所定の時間、所定の座標位置近傍に位置し続けているか否かを判定する凝視判定部と、

を備え、前記視標近接判定部が近接していると判定すると共に、前記凝視判定部が位置し続けていると判定した場合に、前記ユーザーが前記視標を視認していると判定する視認判定部と、を備えると共に、

前記視認判定部は、前記ディスプレイ上に表示されている前記視標に相当する仮想球と前記視線とが所定の三次元座標系で衝突するか否かを判定する衝突判定部をさらに備え、

前記衝突判定部が衝突していると判定した場合に、前記ユーザーが前記視標を視認していると判定することを特徴とする視標視認判定システム。

【請求項 2】

前記衝突判定部は、前記仮想球として、前記ディスプレイに表示される前記視標の直径よりも大きい衝突判定用の仮想拡大球を用いて判定を行うことを特徴とする請求項 1 記載の視標認識判定システム。

【請求項 3】

前記衝突判定部は、前記視標の位置が前記ディスプレイの光学系中心から離れるにしたがって前記仮想拡大球の拡大率を徐々に大きくすることを特徴とする請求項 2 記載の視標認識判定システム。

【請求項 4】

ユーザーがディスプレイ上に表示される視標を視認しているかどうかを、前記ユーザーの視線を検出する視線検出部の出力に基づいてコンピュータに判定させるための視標視認判定プログラムにおいて、

10

前記視線検出部の出力である視線情報のログを記憶装置に記録する視線情報ログ記録ステップと、

前記視標の位置情報と前記視線情報とに基づき、前記ユーザーが前記視標を視認しているか否かを判定する視認判定ステップであって、

前記視線が前記視標に近接しているか否かを判定する視標近接判定ステップと、

前記視線が所定の時間、所定の座標位置近傍に位置し続けているか否かを判定する凝視判定ステップと、

を備え、前記視標近接判定ステップにおいて近接していると判定すると共に、前記凝視判定ステップにおいて位置し続けていると判定した場合に、前記ユーザーが前記視標を視認していると判定するステップであると共に、

20

前記ディスプレイ上に表示されている前記視標に相当する仮想球と前記視線とが所定の三次元座標系で衝突するか否かを判定する衝突判定ステップをさらに備え、

前記衝突判定ステップが衝突していると判定した場合に、前記ユーザーが前記視標を視認していると判定する視認判定ステップと、

を前記コンピュータに実行させることを特徴とする視標視認判定プログラム。

【請求項 5】

表示される視標をユーザーが視認しているかどうかを判定する視標視認判定システムであって、

30

前記視標を表示するディスプレイと、

前記ユーザーの視線を検出して前記視線の方向に関する視線情報を出力する視線検出部と、

前記視線情報のログを記録する記憶装置と、

前記視標の位置情報と前記視線情報とに基づき、前記ユーザーが前記視標を視認しているか否かを判定する視認判定部であって、前記視線が前記視標に近接しているか否かを判定する視標近接判定部と、前記視線が所定の時間、所定の座標位置近傍に位置し続けているか否かを判定する凝視判定部と、を備え、前記視標近接判定部が近接していると判定すると共に、前記凝視判定部が位置し続けていると判定した場合に、前記ユーザーが前記視標を視認していると判定する視認判定部と、

40

を備える視標視認判定システムを有する視野検査装置において、

前記視標として、注視用視標と測定用視標をセットにして順次前記ディスプレイ上に表示する視標表示部と、

前記視標表示部により前記視標を表示しながら前記視認判定部により前記測定用視標の視認判定を行うことで視野検査を行う視野検査部と、を備え、

前記視標表示部は、前記測定用視標を前記ディスプレイの中心から所定の視野角度内に表示されるように、直前の前記注視用視標と一緒に所定の方向に所定の距離だけスライドさせて表示することを特徴とする視野検査装置。

【請求項 6】

請求項 2 記載の視標視認判定システムを備える視野検査装置において、

50

前記視標として、注視用視標と測定用視標をセットにして順次前記ディスプレイ上に表示する視標表示部と、

前記視標表示部により前記視標を表示しながら前記視認判定部により前記測定用視標の視認判定を行うことで視野検査を行う視野検査部と、を備え、

前記視標表示部は、前記ディスプレイ上に連続して表示される前の前記視標の前記仮想拡大球と後の前記視標の前記仮想拡大球とが一部重畳する場合には、これらの間に仮想のダミー視標を挿入し、前記視標が連続して近傍に表示されることを防止することを特徴とする視野検査装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

【0001】

本発明は、ディスプレイ上に表示される視標をユーザーが視認しているかどうかを判定する視標視認判定システムに関する。

【背景技術】

【0002】

視野を検査するための視野検査装置が従来から提供されており、例えば、下記特許文献1に開示されている。下記特許文献1に開示された視野検査装置では、ユーザーが視標を目で見て認識しているか否かを、ボタン等の入力装置により入力させている。

【0003】

しかし、ユーザーによっては、入力装置の操作に慣れていなかったり、緊張等によって上手く入力装置を操作できなかったりして、入力に失敗する場合があります、視野検査を正確に行えない場合があった。

20

【0004】

これに対して、下記特許文献2には、視線検出装置によりユーザーが視ている方向である視線を自動的に検出し、ユーザーが視標を視認しているかどうかを自動的に判定する視野検査装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】WO2017-022757号公報
特開2011-161122号公報

30

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかし、視線検出装置による視線検出には、ある程度の誤差が発生するため、実際にはユーザーが視標を視認しているのに、視野検査装置が視認していると判定できなかったり、実際にはユーザーが視標を視認していないのに、視野検査装置が視認していると判定したりする場合があります、視野検査に視線検出装置を用いると検査の精度が低下するといった課題がある。

【0007】

40

本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであり、ユーザーが視標を視認しているか否かを自動で高精度に判定することのできる視標視認判定システムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明に係る視標視認判定システムは、表示される視標をユーザーが視認しているかどうかを判定する視標視認判定システムにおいて、前記視標を表示するディスプレイと、前記ユーザーの視線を検出して前記視線の方向に関する視線情報を出力する視線検出部と、前記視線情報のログを記録する記憶装置と、前記視標の位置情報と前記視線情報とに基づき、前記ユーザーが前記視標を視認しているか否かを判定す

50

る視認判定部であって、前記視線が前記視標に近接しているか否かを判定する視標近接判定部と、前記視線が所定の時間、所定の座標位置近傍に位置し続けているか否かを判定する凝視判定部と、を備え、前記視標近接判定部が近接していると判定すると共に、前記凝視判定部が位置し続けていると判定した場合に、前記ユーザーが前記視標を視認していると判定する視認判定部と、を備え、前記視認判定部は、前記ディスプレイ上に表示されている前記視標に相当する仮想球と前記視線とが所定の三次元座標系で衝突するか否かを判定する衝突判定部をさらに備え、前記衝突判定部が衝突していると判定した場合に、前記ユーザーが前記視標を視認していると判定することを特徴とする。

【 0 0 0 9 】

また、本発明に係る視標視認判定プログラムは、ユーザーがディスプレイ上に表示される視標を視認しているかどうかを、前記ユーザーの視線を検出する視線検出部の出力に基づいてコンピュータに判定させるための視標視認判定プログラムにおいて、前記視線検出部の出力である視線情報のログを記憶装置に記録する視線情報ログ記録ステップと、前記視標の位置情報と前記視線情報とに基づき、前記ユーザーが前記視標を視認しているか否かを判定する視認判定ステップであって、前記視線が前記視標に近接しているか否かを判定する視標近接判定ステップと、前記視線が所定の時間、所定の座標位置近傍に位置し続けているか否かを判定する凝視判定ステップと、を備え、前記視標近接判定ステップにおいて近接していると判定すると共に、前記凝視判定ステップにおいて位置し続けていると判定した場合に、前記ユーザーが前記視標を視認していると判定するステップであると共に、前記ディスプレイ上に表示されている前記視標に相当する仮想球と前記視線とが所定の三次元座標系で衝突するか否かを判定する衝突判定ステップをさらに備え、前記衝突判定ステップが衝突していると判定した場合に、前記ユーザーが前記視標を視認していると判定する視認判定ステップと、を前記コンピュータに実行させることを特徴とする。

【 0 0 1 0 】

また、本発明に係る視野検査装置は、表示される視標をユーザーが視認しているかどうかを判定する視標視認判定システムであって、前記視標を表示するディスプレイと、前記ユーザーの視線を検出して前記視線の方向に関する視線情報を出力する視線検出部と、前記視線情報のログを記録する記憶装置と、前記視標の位置情報と前記視線情報とに基づき、前記ユーザーが前記視標を視認しているか否かを判定する視認判定部であって、前記視線が前記視標に近接しているか否かを判定する視標近接判定部と、前記視線が所定の時間、所定の座標位置近傍に位置し続けているか否かを判定する凝視判定部と、を備え、前記視標近接判定部が近接していると判定すると共に、前記凝視判定部が位置し続けていると判定した場合に、前記ユーザーが前記視標を視認していると判定する視認判定部と、を備える視標視認判定システムを有する視野検査装置において、前記視標として、注視用視標と測定用視標をセットにして順次前記ディスプレイ上に表示する視標表示部と、前記視標表示部により前記視標を表示しながら前記視認判定部により前記測定用視標の視認判定を行うことで視野検査を行う視野検査部と、を備え、前記視標表示部は、前記測定用視標を前記ディスプレイの中心から所定の視野角度内に表示されるように、直前の前記注視用視標と一緒に所定の方向に所定の距離だけスライドさせて表示することを特徴とする。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 1 】

本発明によれば、視線検出部の出力に基づいて論理的に判定することで、視標を視認しているか否かを高精度に判定することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 2 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明の実施形態に係る視標視認判定システムの構成を概略的に示す模式図である。

【 図 2 】 図 2 は、本発明の実施形態に係る H M D の構成を概略的に示す要部断面図である。

【 図 3 】 図 3 は、本発明の実施形態に係る H M D の構成を概略的に示す要部斜視図である。

【 図 4 】 図 4 は、本発明の実施形態に係る測定用視標の表示位置を示す図である。

【図 5】図 5 は、本発明の実施形態に係る論理的判定部の判定処理の流れを示すフローチャートである。

【図 6】図 6 は、本発明の実施形態に係る衝突判定部の衝突判定の概念を示す模式図である。

【図 7】図 7 は、本発明の実施形態に係る視野検査結果の出力画面の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照しながら、本発明の実施形態である視標視認判定システム及び視野検査装置について詳細に説明する。視標視認判定システム 1 は、表示装置に表示されるターゲットである視標をユーザーが目で見て認識しているか、すなわち視認しているか否かを、ユーザーの眼が視ている方向である視線を自動的に検出して判定するシステムである。

【0014】

視標視認判定システム 1 は、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) 10 と、制御装置 30 と、HMD 10 と制御装置 30 とを接続する通信用のケーブル 60 とを備えている。

【0015】

HMD 10 は、ユーザーの頭に装着するためのベルトを含む筐体 11 と、ディスプレイ 13 と、凸レンズ 14 と、カメラ 15 と、ホットミラー 16 と、近赤外線の発光部 18 とを備えており、後述する視線検出部 31 と協働して HMD 10 を装着したユーザーの視線を検出するアイトラッキングを行うことができる。

【0016】

ディスプレイ 13 は、液晶ディスプレイであり、ユーザーの右眼用ディスプレイ 13a、左眼用ディスプレイ 13b が、それぞれの左右の眼の前に対向して設置されている。液晶ディスプレイ 13 とユーザーの眼との間には、左右それぞれに右眼用凸レンズ 14a、左眼用凸レンズ 14b が設置されている。ディスプレイ 13 に表示される画像は、凸レンズ 14 を介して、ユーザーの眼に映る。

【0017】

カメラ 15 は、ユーザーの眼を撮像する近赤外線カメラであり、非可視光である近赤外線に基づいて、ユーザーの左右の眼を撮影する。カメラ 15 も右眼用カメラ 15a と左眼用カメラ 15b が設置されている。

【0018】

ディスプレイ 13 と凸レンズ 14 との間には、近赤外線を反射し、可視光を透過させる多層膜が施されたホットミラー 16 が設置されている。ディスプレイ 13 から照射される映像の可視光はホットミラー 16 を透過し、発光部 18 から照射される近赤外線の非可視光はホットミラー 16 で反射される。

【0019】

発光部 18 は、ユーザーの眼を撮影するための照明としての近赤外線を照射する LED (IR-LED) である。発光部 18a、18b は、凸レンズ 14 の周囲にユーザーの眼に対向して、左右にそれぞれ設置されている。

【0020】

カメラ 15 は、ホットミラー 16 に対して、ディスプレイ 13 と反対側の眼側に設置されている。発光部 18 から直接ユーザーの眼に照射される近赤外線は、ユーザーの眼で反射してから凸レンズ 14 を介してホットミラー 16 で反射され、カメラ 15 へと到達して撮像される。

【0021】

制御装置 30 は、各種演算を行うための CPU (Central Processing Unit) 等の演算装置 51 と、各種情報を記憶するための HDD (Hard Disc Drive) や演算処理のワークエリアとして使用される RAM (Random Access Memory) 等の記憶装置 55 とを備えている。

【0022】

記憶装置 55 は、後述する視線検出部 31 が検出する視線情報を記録する視線ログ記憶

10

20

30

40

50

部 5 6 と、ディスプレイ 1 3 に表示する視標情報を記録する視標記憶部 5 7 とを備えている。

【 0 0 2 3 】

また、制御装置 3 0 は、機能的に、視線検出部 3 1 と、視標表示部 3 3 と、視認判定部 4 0 とを備えており、これらの機能は、演算装置 5 1 が記憶装置 5 5 に記憶されている所定のプログラムを実行することで実現される。

【 0 0 2 4 】

視線検出部 3 1 は、カメラ 1 5 の出力であるユーザーの眼の撮影画像に基づいてユーザーが視えている方向、すなわち、視線を検出する。具体的には、視線検出部 3 1 は、各発光部 1 8 a , 1 8 b の近赤外線照射光に起因する角膜上の輝点をそれぞれ検出する。これらの輝点の位置は、ユーザーが視線を移動させても動かないため、視線検出部 3 1 は、これらの輝点の位置に基づき、撮影画像中に2次元座標系を設定する。

10

【 0 0 2 5 】

そして、視線検出部 3 1 は、撮影画像を解析して角膜の前面の中心である角膜頂点を検出し、上記2次元座標系に基づきその座標を求めることで、角膜頂点を原点とする視線の単位ベクトルである視線ベクトルを検出することができる。

【 0 0 2 6 】

この視線の検出は、右眼、左眼に対して独立して行われ、約15ms毎に視線情報が視線ログ記憶部 5 6 に時系列に記録される。視線ログ記憶部 5 6 に記録される視線情報には、視線の方向を示す単位ベクトルである視線ベクトル、視線の原点の項目が含まれている。

20

【 0 0 2 7 】

視標表示部 3 3 は、視標記憶部 5 7 に記録されている視標情報に基づき、ディスプレイ 1 3 上に所定の大きさの視標を順次所定の場所に表示させる。ここで、本実施形態では、視標として、視線を中心付近に戻して注視させるための注視用視標と、視野を測定するための測定用視標との2つの視標が使用され、視標記憶部 5 7 には、1つの測定用視標と1つの注視用視標とが1つの視標セットとして記録されている。

【 0 0 2 8 】

図 4 は、測定用視標の表示位置を示している。本実施形態では、視野角度30°以内の視野を測定するため、格子状の交差点に配置された点が76箇所、盲点付近に集中的に配置された点が13箇所の合計89箇所に測定用視標が表示される。なお、視野角度は、ユーザーがディスプレイ 1 3 の中心を見ており、視線がディスプレイ 1 3 と中心で垂直に交差するときが0°である。

30

【 0 0 2 9 】

なお、本実施形態では、全ての測定用視標が図 4 に示す座標位置に表示されるのではなく、全ての測定用視標がディスプレイ 1 3 の所定の視野角度（本実施形態では18°）内に表示されるように、適宜表示位置が調整される。これらの調整は、測定前に予め行われ、調整後の位置が視標情報として視標記憶部 5 7 に記録される。また、注視用視標は、ディスプレイ 1 3 の中心に固定されるのではなく、測定用視標の調整に合わせた位置（調整前の位置と同じ視野角度の位置）に表示される。

【 0 0 3 0 】

40

これは、測定用視標がディスプレイ 1 3 の中心から離れた位置に表示され、視線のディスプレイ 1 3 の画面に対する傾斜角度が大きくなるにつれて、視線検出部 3 1 による視線検出の精度が低下するため、測定用視標を光学系中心から所定の視野角度（本実施形態では18°）内に位置するようにディスプレイ 1 3 上に表示するためである。

【 0 0 3 1 】

ここで、視線のディスプレイ 1 3 に対する傾斜角度は、視野角度と同様に、ユーザーがディスプレイ 1 3 の中心を視ており、視線がディスプレイ 1 3 と中心で垂直に交差するときを0°とする。

【 0 0 3 2 】

具体的には、測定用視標がディスプレイ 1 3 上で視野角度18°よりも外側に位置する場

50

合には、当該測定用視標を 18° 以内となる位置にスライド移動させてディスプレイ13上に表示するように調整する。このとき、同じセットの直前の注視用視標から当該測定用視標への視線移動角度が変わらないように、直前の注視用視標も当該測定用視標と同じ方向に同じ距離だけスライドさせる。

【0033】

このように、測定用視標をディスプレイ13上に視野角度 18° 以内の位置に表示することで、視線検出部31の検出精度を低下させることなく、安定して高精度に視線を検出することがきる。

【0034】

視認判定部40は、衝突判定部41と、論理的判定部45とを備えており、視線検出部31により検出した視線とディスプレイ13上に表示された測定用視標の座標とに基づいて、ユーザーが視標を視認しているか否かを判定する。

10

【0035】

衝突判定部41は、視線検出部31が検出した視線ベクトル方向の延長線が所定の三次元座標系上で視標と物理的に衝突するか否かで、ユーザーが視標を視認しているか否かを判定する。論理的判定部45は、視線情報のログから論理的な判定手法によりユーザーが視標を視認しているか否かを判定する。

【0036】

衝突判定部41の衝突判定においては、ゲーム開発のプラットフォームである「Unity」(<https://unity3d.com/jp>)のRayCast機能を利用しており、視線情報(原点、視線ベクトル)のRayがオブジェクトである視標(コライダー)の仮想球体と衝突するか否かを判定している(図6参照)。

20

【0037】

ここで、視線検出部31による視線の検出には誤差が発生する場合も多く、実際にはユーザーが視標を視認しているのに、衝突判定では衝突していないと判定されるおそれもある。このため、本実施形態では、図6に示すように、衝突判定時には、ディスプレイ13上に表示される視標71の大きさはそのまま、衝突判定用の視標の大きさを仮想的に拡大して判定を行っている。

【0038】

具体的には、ディスプレイ13上に表示される視標71は、直径2.2567mmの球(円)であるが、衝突判定の際には、視標と中心位置が同じで直径20mmの仮想拡大球72として視線75との衝突判定を行う。この衝突判定用の仮想拡大球72は、衝突判定時に使用される仮想的なものであり、ディスプレイ13上には小さな球(円)の視標71が表示される。

30

【0039】

さらに、本実施形態では、この衝突判定用の仮想拡大球は、ディスプレイ13の光学系の中心から離れるほど大きくなるように設定されている。本実施形態では、視標の表示位置が視野角度で中心 0° から 1° 大きくなるにつれて仮想拡大球の直径を1mmずつ大きくしている。

【0040】

40

これは、本実施形態では光学系に凸レンズ14が設置されており、光軸の中心、すなわち、ディスプレイ13の中心から離れるに従って収差等の影響により視線の検出誤差がより発生し易くなるからである。衝突判定用の仮想拡大球の大きさは適宜変更可能であるが、誤差を良好に吸収するためには、ディスプレイに表示される際の大きさの5倍以上に拡大するのが望ましい。

【0041】

論理的判定部45は、視線移動判定部46と、視標近接判定部47と、凝視判定部48とを備えており、記憶装置55の視線ログ記憶部56に記録される視線情報のログに基づいて、論理的にユーザーが視標を認識して視ているか否かを判定する。この判定は、図5に示すフローチャートに従って行われる。

50

【 0 0 4 2 】

ここで、ディスプレイ 1 3 上に表示される視標が新しい視標に切り替わる際には、ユーザーの視線は、しばらく直前の視標の位置に留まり、ユーザーが新しい視標を見つけると、視線が新しい視標の方向に移動し、新しい視標の位置に到達後は、ユーザーが新しい視標を見続けるため、視線が新しい視標の位置に留まると考えられる。

【 0 0 4 3 】

まず、S 1 において、視線移動判定部 4 6 による視線移動判定を行う。視線移動判定部 4 6 は、視線ログ記憶部 5 6 に記録されている視線情報ログに基づいて、ユーザーの視線が移動しているか否かを判定する。

【 0 0 4 4 】

具体的には、視標が切り替わったタイミングの視線ベクトルと現在の視線ベクトルとの差を求め、この差のベクトルの大きさが所定の閾値（本実施形態では 0.022）以上の場合に、視線が移動していると判定する。

【 0 0 4 5 】

S 1 は、移動していると判定されるまで、視線情報を受け取る度に繰り返され、移動していると判定された場合には、S 2 に進み、視標近接判定部 4 7 による視標近接判定を行う。

【 0 0 4 6 】

視標近接判定部 4 7 は、視線が新しい視標に近付いたかを判定しており、具体的には、視線ベクトルの原点から視標中心へのベクトルと、視線ベクトルとの角度を求め、この角度が所定の角度以下（本実施形態では、8°以下）の場合に、近接したと判定している。

【 0 0 4 7 】

S 2 において、近接したと判定された場合には、S 3 に進み、近接していないと判定された場合には、S 1 に戻る。S 3 では、凝視判定部 4 8 による凝視判定が行われ、ユーザーが所定の座標位置近傍を見続けているか、すなわち、所定の座標位置を凝視しているか否かを判定する。

【 0 0 4 8 】

具体的には、凝視判定部 4 8 は、視線情報ログの直近の所定の個数（本実施形態では 15 個）の視線情報の各成分（ x , y , z ）の標準偏差をそれぞれ算出し、3つの標準偏差の値が全ての所定の閾値（本実施形態では 0.04）以下の場合に、視線が所定の時間、所定の座標位置近傍に位置し続けている、すなわち、ユーザーが所定の座標位置を凝視していると判定する。

【 0 0 4 9 】

S 3 において、凝視していると判定された場合には、ユーザーが視標を視認していると判定し、凝視していないと判定された場合には、S 1 へと戻る。以上、論理的判定部 4 5 は、S 1 の視線移動判定、S 2 の視標近接判定、S 3 の凝視判定が全て Y E S となった場合に、ユーザーが視標を視認していると論理的に判定する。

【 0 0 5 0 】

もちろん、論理的判定部 4 5 による視認判定の方法は適宜変更可能であり、視線移動判定部 4 6、視標近接判定部 4 7 及び凝視判定部 4 8 の各判定方法も適宜変更可能である。また、S 1 ~ S 3 の順序の変更も可能であり、さらには、視標近接判定部 4 7 及び凝視判定部 4 8 の2つの判定によっても視認判定することが可能である。

【 0 0 5 1 】

以上、視標視認判定システム 1 の構成について説明したが、続いて、視標視認判定システム 1 を用いた視野検査方法について説明する。視標視認判定システム 1 は、記憶装置 5 5 に格納された視野検査プログラムを実行することで、視野検査部 4 9 を備えることとなり、視野検査部 4 9 の機能により視野検査装置として使用することができる。

【 0 0 5 2 】

視野検査においては、H M D 1 0 を被験者の頭にセットし、ディスプレイ 1 3 上に順次視標が表示されるので、常に視標を見るように被験者に指示する。測定にあたっては、最

10

20

30

40

50

初にキャリブレーションを行い、視線検出部 3 1 が被験者の視線を正しく検出できるように調整を行う。

【 0 0 5 3 】

初期調整後、視標表示部 3 3 が視標をディスプレイ 1 3 上に表示する。視標表示部 3 3 は、視標記憶部 5 7 に記録されている視標情報に基づいて、右眼用の視標と左眼用の視標とを合わせてランダムに順次ディスプレイ 1 3 上に表示する。

【 0 0 5 4 】

ここで、左眼用の視標は左眼用ディスプレイ 1 3 b 上のみに、右眼用の視標は右眼用ディスプレイ 1 3 a 上のみに表示されるため、検査中は、右眼用又は左眼用の一方の視標のみが右眼用ディスプレイ 1 3 a 又は左眼用ディスプレイ 1 3 b に表示されることになる。

10

【 0 0 5 5 】

注視用視標と測定用視標とは視標セットとして記録されており、視標表示部 3 3 は、各測定用視標を表示する前に、その測定用視標と同じセットの注視用視標を表示し、その後、その測定用視標を表示する。すなわち、視標表示部 3 3 は、注視用視標と測定用視標とを交互にディスプレイ 1 3 上に表示する。

【 0 0 5 6 】

視標の切り換えに関しては、視標表示部 3 3 は、表示されている視標が視認判定部 4 0 により視認されていると判定されると、次の視標に切り換えて表示する。また、視標の表示後、2.5s経過しても視認されない場合には、タイムアウトとし、視認されていないと判定して次の視標セットを表示する。なお、タイムアウトと認定された視標が測定用視標の場合には、当該測定用視標は再計測対象となる。但し、検査パターン毎の終了条件によっては、再計測対象とならない場合もある。

20

【 0 0 5 7 】

ここで、注視用視標と測定用視標とのセットをランダムな順番で所定の視野角度内に表示されるように位置調整しながら順次表示する際には、衝突判定用の仮想拡大球の一部が重なる視標が連続して表示される場合が発生する可能性がある。

【 0 0 5 8 】

このような場合には、後の視標が実際には視認されていない場合でも、表示直後に衝突判定部 4 1 により衝突していると判定されるおそれがある。本実施形態では、このような場合に、ダミーの視標のセットを挿入することで、連続して視標が近傍に表示されることを防止している。

30

【 0 0 5 9 】

具体的には、次に表示される視標のセットの近傍ではないエリアにランダムでダミーの視標セットを表示している。

【 0 0 6 0 】

このような態様で視標表示部 3 3 によりディスプレイ 1 3 上に視標を順次表示しながら、視線検出部 3 1 により被験者の視線を検出し、視認判定部 4 0 が、視線検出部 3 1 の出力である視線情報に基づき、視標毎に被験者が視認していたか否かを判定する。

【 0 0 6 1 】

視認判定部 4 0 は、順次交互に表示される注視用視標と測定用視標に対して、各視標の表示後に視線検出部 3 1 から順次出力される視線情報に基づいて、順次視認判定を行う。視認判定にあたって、視認判定部 4 0 は、まず、衝突判定部 4 1 により視認判定を行い、視線と視標が衝突していると判定された場合には、当該視標を被験者が視認していると判定する。

40

【 0 0 6 2 】

衝突判定部 4 1 により、衝突していないと判定された場合には、続いて、論理的判定部 4 5 により論理的に被験者が視標を視認している否かの判定を行う。論理的判定部 4 5 が視認していると判定した場合には、視認判定部 4 0 は、被験者が当該視標を視認していたと判定する。

【 0 0 6 3 】

50

論理的判定部 4 5 によっても当該視標を認識していないと判定された場合には、当該視標が測定用視標の場合には、視認判定部 4 0 は、当該測定用視標を再計測対象とする。但し、検査パターン毎の終了条件によっては、再計測対象とならない場合もある。全ての測定用視標について一通り視認判定を行うと、引き続き、再計測対象となった測定用視標について、再度、視認判定部 4 0 による視認判定を行う。

【 0 0 6 4 】

再計測対象の視標セットについてもランダムに順次ディスプレイ 1 3 上に表示し、視認判定を行う。再計測でも視認していると判定できなかった測定用視標については、視野検査部 4 9 が暗点であると認定し、再計測で視認していると判定された測定用視標については、さらにもう一度計測対象とする。3 回目の計測で視認していると判定された測定用視標は、視野検査部 4 9 が暗点ではないと認定し、3 回目の計測で視認していないと判定された測定用視標は、視野検査部 4 9 が暗点であると認定する。

10

【 0 0 6 5 】

なお、衝突判定部 4 1 及び論理的判定部 4 5 は、視認していると判定した場合に、当該測定用視標を表示してから、被験者が視認するまでの時間を反応時間として記憶装置 5 5 に記録する。

【 0 0 6 6 】

衝突判定部 4 1 による視認判定の場合には、測定用視標を表示してから衝突した視線までの時間を反応時間として記録する。論理的判定部 4 5 による視認判定の場合の反応時間は、以下のように算出する。これは、論理的判定部 4 5 による視認判定は、上述した判定処理を行うためのタイムラグが生じるため、このタイムラグを除いて実際の反応時間を適切に補正算出するためである。

20

【 0 0 6 7 】

まず、当該視標が表示されたとき（視標が切り替わったとき）の視線の視線ベクトルから、凝視判定されたときの視線の視線ベクトルとの差を求め、この差のベクトルの大きさを当該の視認の際の視線の移動距離とする。この移動距離の 90 % の値を閾値とする。

【 0 0 6 8 】

続いて、視標が切り替わったときから凝視判定されたときまでの全ての視線ログの視線と、当該視標が表示されたときの視線との移動距離を同様に求め、最も早いタイミングで上記閾値を越えた視線までの時間を、論理的判定部 4 5 による視認判定の場合の反応時間とする。

30

【 0 0 6 9 】

衝突判定部 4 1 及び論理的判定部 4 5 は、この反応時間が 100ms 以下の場合には、反応時間が早過ぎて、視標が切り替わった瞬間に偶然に次の視標を捉えてしまったり、前の視標と次の視標が近いために視標が切り替わった瞬間に視線と視標とが偶然衝突してしまったりといった理由が考えられるため、無効な視認判定として、当該測定用視標を再計測対象とする。

【 0 0 7 0 】

また、衝突判定部 4 1 及び論理的判定部 4 5 は、反応時間が所定の時間以上かかると、反応に時間がかかりすぎたとして、当該測定用視標を再計測対象として扱う。ここで、再計測対象となるのは、測定用視標のみである。

40

【 0 0 7 1 】

以上、全ての視標のセットに対して再計測も含めて視認判定が終了すると、視認判定部 4 0 は、視野検査結果を所定の表示装置（図示せず）に出力する。図 7 は、視野検査結果の出力画面の一例を示す図である。

【 0 0 7 2 】

図 7 (a) は、盲点部分を除く各測定用視標での反応時間を高さで示しており、再測定対象となった視標は複数回の測定結果が横に並んで表示されている。図 7 (b) は、暗点と認定された測定用視標の場所を示しており、暗点と認定された測定用視標が大きな丸で示している。

50

【 0 0 7 3 】

図 7 (c) は、各測定用視標との反応時間と暗点と認定された場所の双方を色と濃淡で示しており、反応時間の短い視標近傍は薄い緑色で表示し、反応時間が長くなるにつれて濃い緑色で表示すると共に、暗点近傍が赤く表示している。図 7 (d) は、測定用視標の反応時間を視野角度と関連付けて表示しており、横軸が視野角度、縦軸が反応時間である。

【 0 0 7 4 】

以上、本実施形態に係る視標視認判定システム 1 について説明したが、本実施形態によれば、ユーザーがディスプレイ 1 3 上に表示される視標を視認しているか否かを判定するにあたって、ユーザーの視線情報のログに基づいて論理的判定部 4 5 が論理的に判定することができ、視線検出部 3 1 の視線の検出誤差等がある場合であっても、視認判定を高精度に行うことができる。

10

【 0 0 7 5 】

また、本実施形態では、衝突判定部 4 1 による視標と視線との衝突判定の際に、視標に相当する衝突判定用の仮想拡大球を用いており、同じく視線検出部 3 1 の検出誤差等がある場合であっても高精度に視認判定を行うことができる。

【 0 0 7 6 】

また、本実施形態に係る視野検査装置によれば、高精度に被験者の視認判定を行うことができ、視野検査を正確に行うことができる。また、本実施形態では、視野検査の際に、測定用視標がディスプレイ 1 3 の光学系中心から所定の視野角度（例えば、 18° ）内に表示されるように調整しており、視線検出部 3 1 の検出精度を低下させることなく、安定して高精度に視線を検出し、良好な視野検査を行うことができる。

20

【 0 0 7 7 】

以上、本発明の実施の形態について説明したが、本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、発明の主旨を逸脱しない範囲内で種々の変形が可能である。例えば、上記実施形態では、近赤外線の角膜反射パターンから眼の注視点を推定する非接触型の視線検出部を採用したが、ユーザーの視線を検出できるものであれば、接触式の視線検出部等、適宜他の方式の視線検出部を採用することができる。

【 0 0 7 8 】

また、上記実施形態では、視認判定部は、衝突判定部による視認判定を先に行い、衝突判定部により衝突していないと判定された場合に論理的判定部による視認判定を行っているが、衝突判定部又は論理的判定部の何れかによる視認判定だけでも良いし、論理的判定部による視認判定を先に行ってもよく、視認判定の方法は適宜変更可能である。

30

【 符号の説明 】

【 0 0 7 9 】

1 視標視認判定システム（視野検査装置）

1 0 H M D

1 1 筐体

1 3 ディスプレイ

1 4 凸レンズ

1 5 カメラ

1 6 ホットミラー

1 8 発光部

3 0 制御装置

3 1 視線検出部

3 3 視標表示部

4 0 視認判定部

4 1 衝突判定部

4 5 論理的判定部

4 6 視線移動判定部

4 7 視標近接判定部

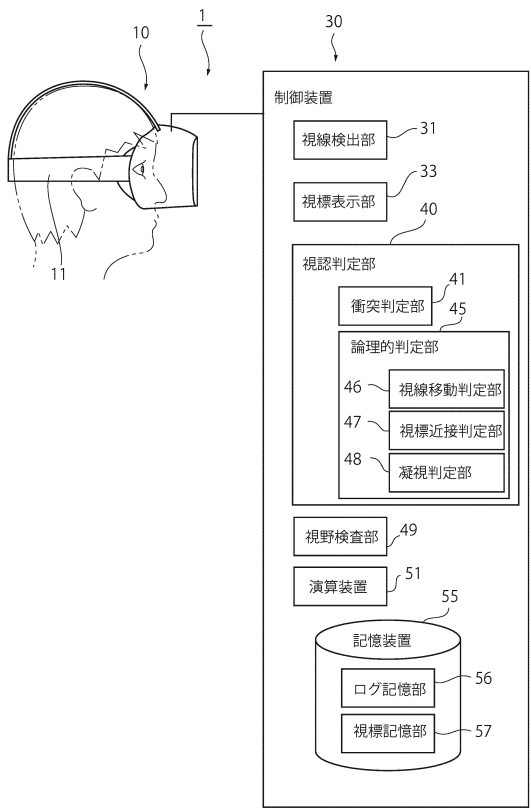
40

50

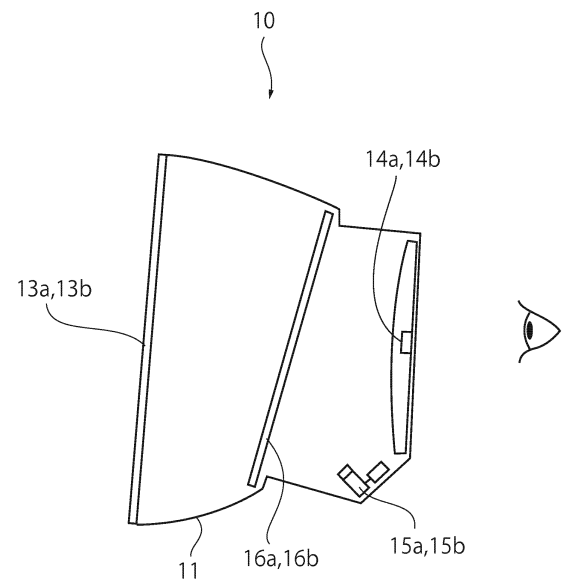
- 4 8 凝視判定部
- 4 9 視野検査部
- 5 1 演算装置
- 5 5 記憶装置
- 5 6 視線ログ記憶部
- 5 7 視標記憶部
- 6 0 ケーブル
- 7 1 視標
- 7 2 仮想拡大球
- 7 5 視線

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

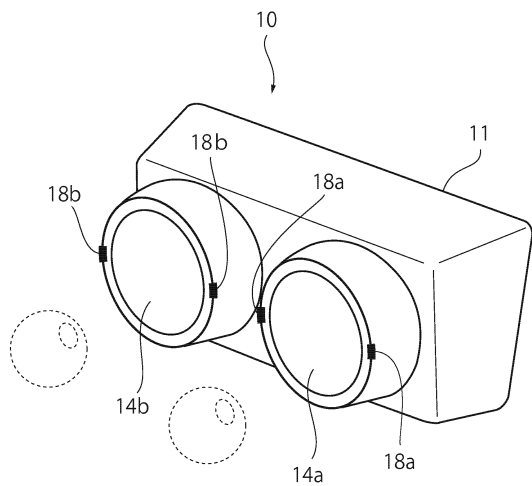
20

30

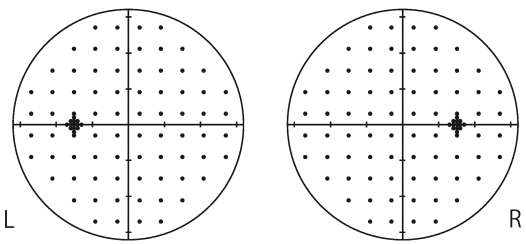
40

50

【図 3】

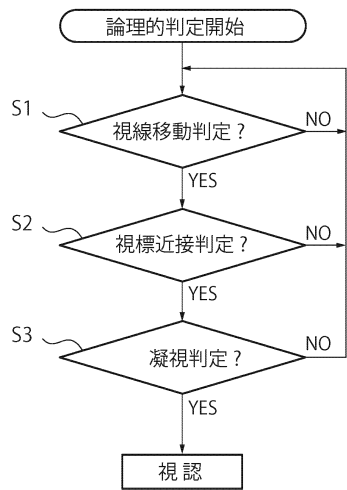


【図 4】

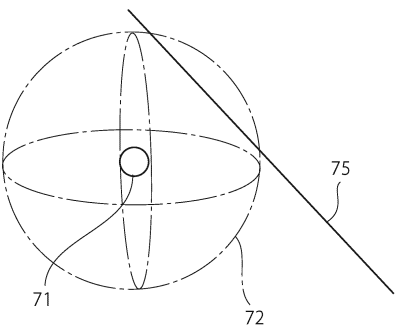


10

【図 5】



【図 6】



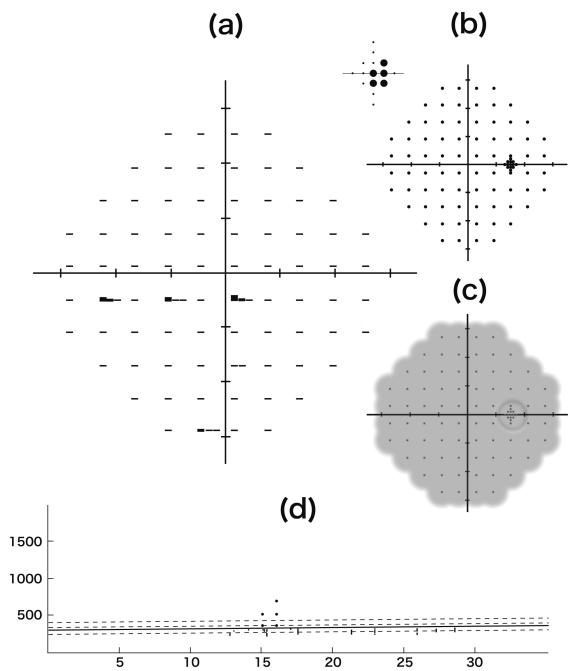
20

30

40

50

【 図 7 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

(56)参考文献

特開 2 0 1 5 - 1 8 1 8 6 8 (J P , A)

特開平 0 9 - 0 2 4 0 2 4 (J P , A)

特表 2 0 1 7 - 5 2 9 9 6 4 (J P , A)

仲泊 聡, アクティブ視野計測システムの開発, 第31回国立障害者リハビリテーションセンター業績発表会, 日本, 国立障害者リハビリテーションセンター, 2022年08月02日, <http://www.rehab.go.jp/achievements/japanese/31th/51.pdf>, <http://www.rehab.go.jp/achievements/japanese/31th/contents.html> の「日時」欄に「平成 2 6 年 1 2 月 1 9 日 (金)」との記載あり

堀田 健仁, VR-HMDを使用したアクティブ視野検査の提案, 情報処理学会第80回全国大会, 日本, 情報処理学会, 2018年03月13日, https://ipsj.ixsq.nii.ac.jp/ej/index.php?active_action=repository_view_main_item_detail&page_id=13&block_id=8&item_id=187971&item_no=1

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

A 6 1 B 3 / 0 0 - 3 / 1 8

G 0 6 F 3 / 0 1

G 0 6 T 7 / 7 0