

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6532299号
(P6532299)

(45) 発行日 令和1年6月19日(2019.6.19)

(24) 登録日 令和1年5月31日(2019.5.31)

(51) Int. Cl. F 1
A 6 1 B 3/024 (2006.01) A 6 1 B 3/02 F
A 6 1 B 3/032 (2006.01) A 6 1 B 3/02 C

請求項の数 4 (全 13 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2015-108950 (P2015-108950) (22) 出願日 平成27年5月28日 (2015.5.28) (65) 公開番号 特開2016-220832 (P2016-220832A) (43) 公開日 平成28年12月28日 (2016.12.28) 審査請求日 平成30年4月27日 (2018.4.27)</p>	<p>(73) 特許権者 504137912 国立大学法人 東京大学 東京都文京区本郷七丁目3番1号 (74) 代理人 100122275 弁理士 竹居 信利 (74) 代理人 100102716 弁理士 在原 元司 (72) 発明者 朝岡 亮 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大 学法人東京大学内 (72) 発明者 村田 博史 東京都文京区本郷七丁目3番1号 国立大 学法人東京大学内 審査官 富永 昌彦</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 視野検査装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の視標呈示位置のうちから、呈示の対象とする検査視標の位置を選択し、当該選択した位置で、検査視標を被験者に対して呈示する視野検査装置であって、

過去に行われた検査により得られた前記各視標呈示位置における視覚感度の情報を検査結果情報として保持する保持手段と、

前記保持手段が保持する検査結果情報に基づき、被験者の各視標呈示位置での視覚感度の確率分布を推定する推定手段と、

前記複数の視標呈示位置のうち、少なくとも一つの呈示位置での被験者の視覚感度の情報の入力を受け入れる手段と、

前記推定された確率分布を用い、前記受け入れた情報で表される検査視標における被験者の視覚感度の情報と、未だ被験者の視覚感度の情報が入力されていない各検査視標での視覚感度の情報との相互情報量を演算し、当該相互情報量を、次に検査視標を呈示する位置を選択する所定処理に供する処理手段と、

を有する視野検査装置。

【請求項2】

請求項1記載の視野検査装置であって、

前記処理手段は、

前記相互情報量が所定の条件を満足する視覚感度の情報に係る視標呈示位置を、次に検査視標を呈示する位置として選択する処理を行い、当該処理により選択された位置にて検

査視標を呈示する、視野検査装置。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載の視野検査装置であって、

検査視標を呈示する視標呈示位置での被験者の明度閾値を推定する推定手段と、

呈示する前記検査視標の明度を制御する明度制御手段とをさらに有し、

前記推定手段は、前記保持手段が保持する検査結果情報、または前記入力された視覚感度の情報に基づいて得られる、明度に対する視認確率と、所定の明度に対して事前に想定された想定視認確率と、に基づいて前記被験者の明度閾値を推定する視野検査装置。

【請求項 4】

複数の視標呈示位置のうちから、呈示の対象とする検査視標の位置を選択し、当該選択した位置で、検査視標を被験者に対して呈示する視野検査装置を、

過去に行われた検査により得られた前記各視標呈示位置における視覚感度の情報を検査結果情報として保持する保持手段と、

前記保持手段が保持する検査結果情報に基づき、被験者の各視標呈示位置での視覚感度の確率分布を推定する推定手段と、

前記複数の視標呈示位置のうち、少なくとも一つの呈示位置での被験者の視覚感度の情報の入力を受け入れる手段と、

前記推定された確率分布を用い、前記受け入れた情報で表される検査視標における被験者の視覚感度の情報と、未だ被験者の視覚感度の情報が入力されていない各検査視標での視覚感度の情報との相互情報量を演算し、当該相互情報量を、次に検査視標を呈示する位置を選択する所定処理に供する処理手段と、

として機能させるプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、視野検査装置に関する。

【背景技術】

【0002】

人間の視野を検査する視野検査装置として、例えばハンフリー視野計などが知られている。この視野計では、半球状の視野ドーム上に予め定められた複数の点のいずれかに視標を呈示し、被験者は所定の位置にある固視標を固視した状態を維持し、呈示された視標が見えたときに応答スイッチを押下する。視標は例えば視野ドーム上の点に投影された光点であり、その輝度と、呈示する位置とを変化させつつ、被験者が応答スイッチを押下したか否かを調べることで、被験者の視野と、視野の特定の位置における視覚感度（いわゆる閾値）とを検査する。

【0003】

ここで従来の視野検査装置では、どの位置の視標を呈示するかについて例えば、予め既定の点に視標を呈示し、当該位置に呈示した視標が見えたか否かを調べた後、当該点に隣接し、固視標に近い側の視標呈示位置に視標を呈示する...というように、視野の外側から順に、固視標に向って呈示位置を変えながら視標を呈示することが行われていた。

【0004】

また、閾値検査の戦略（ストラテジ）としても、ある視標呈示位置において、視認可能な輝度から 4 dB ずつ輝度を下げ、視認不能になった輝度から 2 dB ずつ輝度を上げて閾値を求め、次の閾値検査のための視標呈示位置で同じことを繰り返すといったようなストラテジが採用されていた。

【0005】

なお、客観的な評価値を得るため、被験者の応答を基に、確率関数によって評価値を求める視野検査装置が、特許文献 1 に開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

【特許文献 1】特開 2 0 0 5 - 1 0 2 9 4 7 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

しかしながら、上記従来例の視野検査装置では、被験者の視野の全体的な状況を捉えるためには、数多くの視標呈示位置で視標を呈示する必要があり、検査に時間がかかっていた。

【 0 0 0 8 】

本発明は上記実情に鑑みて為されたもので、検査時間を短縮可能な視野検査装置を提供することを、その目的の一つとする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

上記従来例の問題点を解決する本発明は、複数の視標呈示位置のうちから、呈示の対象とする検査視標の位置を選択し、当該選択した位置で、検査視標を被験者に対して呈示する視野検査装置であって、過去に行われた検査により得られた前記各視標呈示位置における視覚感度の情報を検査結果情報として保持する保持手段と、前記保持手段が保持する検査結果情報に基づき、被験者の各視標呈示位置での視覚感度の確率分布を推定する推定手段と、前記複数の視標呈示位置のうち、少なくとも一つの呈示位置での被験者の視覚感度の情報の入力を受け入れる手段と、前記推定された確率分布を用い、前記受け入れた情報で表される検査視標における被験者の視覚感度の情報と、未だ被験者の視覚感度の情報が入力されていない各検査視標での視覚感度の情報との相互情報量を演算し、当該相互情報量を、次に検査視標を呈示する位置を選択する所定処理に供する処理手段と、を有することとしたものである。

【発明の効果】

【 0 0 1 0 】

本発明によると、相互情報量により検査視標を呈示すべき位置が案内され、検査時間を短縮できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 1 】

【図 1】本発明の実施の形態に係る視野検査装置の構成例を表すブロック図である。

【図 2】本発明の実施の形態に係る視野検査装置が用いる検査結果情報の内容例を表す説明図である。

【図 3】本発明の実施の形態に係る制御装置の例を表す機能ブロック図である。

【図 4】本発明の実施の形態に係る視野検査装置により演算されるロジスティック曲線の例を表す説明図である。

【図 5】本発明の実施の形態に係る視野検査装置の動作例を表すフローチャート図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 2 】

本発明の実施の形態について図面を参照しながら説明する。本実施の形態の視野検査装置 1 は、図 1 に示すように、視標呈示装置 1 0 と、制御装置 2 0 とを含んで構成される。ここで視標呈示装置 1 0 は、視野ドームと、視野ドーム上に予め定められた複数の検査視標のうち、制御装置 2 0 から入力される指示により選択される検査視標を、制御装置 2 0 から入力された指示による明度で、被験者に呈示するものである。この視標呈示装置 1 0 は、光源からの光を指定された明度まで減光しつつ、視野ドーム上の指定された検査視標の位置に投影する、広く知られた装置等を用いることができるので、ここでの詳しい説明を省略する。なお、この視標呈示装置 1 0 は、被験者により操作されるボタン（不図示）を備え、被験者が当該ボタンを押下したときに、ボタンが押下されたことを表す情報を出力する。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 3 】

制御装置 2 0 は、図 1 に示されるように、制御部 1 1 と、記憶部 1 2 と、操作部 1 3 と、表示部 1 4 と、インタフェース部 1 5 とを含んで構成されている。制御部 1 1 は CPU 等のプログラム制御デバイスであり、記憶部 1 2 に格納されたプログラムに従って動作する。

【 0 0 1 4 】

本実施の形態では、この制御部 1 1 は、利用者（検査者）から、検査視標を呈示する位置（視標呈示位置）の指定と、当該位置で呈示する検査視標の明度の指定とを受け入れて、当該指定された位置にて、指定された明度の検査視標を呈示するよう、視標呈示装置 1 0 に指示する。そして制御部 1 1 は、当該視標呈示位置での被験者の視覚感度の情報の入力を受け入れると、視標呈示位置を特定する情報と、当該入力された視覚感度を表す情報（視認した最も暗い明度、すなわち閾値を表す情報）とを関連付けて、検査記録として記憶部 1 2 に記録していく。

10

【 0 0 1 5 】

またこの制御部 1 1 は、過去に行われた検査により得られた、各視標呈示位置の少なくとも一部での視覚感度の情報を検査結果情報として取得し、視野検査の結果を表す各視標呈示位置での被験者の視覚感度の確率分布を推定する。制御部 1 1 は、当該推定した確率分布を用い、検査記録として記憶部 1 2 に記録した、少なくとも一つの視標呈示位置における被験者の視覚感度の情報と、未だ検査記録として記録されていない（被験者の視覚感度の情報が入力されていない）各視標呈示位置での被験者の視覚感度の情報との相互情報量を演算し、当該相互情報量が所定の条件を満足する視標呈示位置を、次に呈示する位置として選択する。制御部 1 1 は、当該選択した視標呈示位置を表す情報を表示部 1 4 に表示し、検査者に提示する。

20

【 0 0 1 6 】

さらに制御部 1 1 は、検査視標を呈示するべき視標呈示位置の指定を受け入れたときに、当該視標呈示位置での被験者の明度閾値を推定し、当該視標呈示位置で呈示する検査視標の明度を制御することとしてもよい。ここでの推定は、検査結果情報データベースに格納されている検査結果情報、または検査記録に記録された被験者の視覚感度の情報に基づいて得られる、明度に対する視認確率と、所定の明度に対して事前に想定された想定視認確率と、に基づいて行うことができる。本実施の形態のこの制御部 1 1 の詳しい動作については後に述べる。

30

【 0 0 1 7 】

なお、本実施の形態で、制御部 1 1 は、検査終了の旨の指示を受けると、記憶部 1 2 に記録した検査記録を、被験者を特定する情報（入力を受けておく）及び、検査の日時（図示しないカレンダー IC から取得する年月日の情報等でよい）に関連付けて、記憶部 1 2 の検査結果情報データベースに格納する。

【 0 0 1 8 】

記憶部 1 2 は、メモリデバイス、あるいはディスクデバイス等であり、制御部 1 1 によって実行されるプログラムを保持する。このプログラムは、コンピュータ可読、かつ非一時的（Non-Transitory）な記憶媒体に格納されて提供され、この記憶部 1 2 に格納されてもよい。また、このプログラムは、ネットワーク等を介して配信され、この記憶部 1 2 に格納されたものであってもよい。この記憶部 1 2 は、さらに制御部 1 1 のワークメモリとしても動作する。

40

【 0 0 1 9 】

また、本実施の形態では、この記憶部 1 2 には、過去に行われた検査により得られた、複数の既定の視標呈示位置の少なくとも一部での視覚感度の情報を検査結果情報として蓄積する検査結果情報データベースが格納されている。具体的にこの検査結果情報データベースには、図 2 に例示するように、被験者を特定する情報（S）と、検査の日時（D）とに関連付けて、各視標呈示位置（V）ごとに当該被験者が視認した最低明度の値（B）を表す情報を記録した検査結果情報を少なくとも一つ含む。なお、本実施の形態では、この

50

検査結果情報データベースが記憶部 1 2 に格納されたものとしているが、この検査結果情報データベースは、ネットワークを介して接続されたサーバ等に格納され、必要に応じて記憶部 1 2 にその内容を複写して処理に用いてもよい。この検査結果情報データベースを（一時的にも）保持する記憶部 1 2 が、本発明の保持手段に相当する。

【 0 0 2 0 】

操作部 1 3 は、マウスやキーボード等であり、検査を行う検査者の操作を受け入れて、当該操作により表される指示を制御部 1 1 に出力する。また、表示部 1 4 は、ディスプレイ等であり、制御部 1 1 から入力される指示に従って情報を表示する。この表示部 1 4 は、主に検査者に対して情報を呈示するものである。

【 0 0 2 1 】

インタフェース部 1 5 は、視標呈示装置 1 0 に接続され、制御部 1 1 から入力される指示を視標呈示装置 1 0 に出力する。またこのインタフェース部 1 5 は、視標呈示装置 1 0 からボタンが押下されたことを表す信号が入力されると、ボタンが押下された旨の信号を制御部 1 1 に出力する。

【 0 0 2 2 】

ここで制御部 1 1 の動作について説明する。本実施の形態の制御部 1 1 は、記憶部 1 2 に格納されたプログラムを実行することで、機能的に図 3 に例示するように、推定部 2 1 と、情報受入部 2 2 と、情報演算部 2 3 と、選択部 2 4 と、呈示指示部 2 5 とを含んで構成される。

【 0 0 2 3 】

推定部 2 1 は、検査結果情報データベースに蓄積されている、過去の検査結果情報に基づき、被験者の各視標呈示位置での視覚感度の確率分布を推定する。ここで推定部 2 1 は、現在検査を受けようとしている被験者を特定する情報の入力を受け、当該情報で特定される被験者の検査結果情報を抽出し、当該抽出した被験者の過去の検査結果情報に基づき、被験者の各視標呈示位置での視覚感度の確率分布を推定することとしてもよい。また、現在検査を受けようとしている被験者の過去の検査結果情報がない場合、あるいは数が予め定めたいきい値未満である場合は、検査結果情報データベースに蓄積されている、任意の被験者の過去の検査結果情報に基づき、被験者の各視標呈示位置での視覚感度の確率分布を推定してもよい。

【 0 0 2 4 】

またこの推定部 2 1 における各視標呈示位置での被験者の視覚感度の確率分布の推定の方法は問われないが、具体的には、国際公開WO/2014/132470の「視野検査支援装置」にて示される、ベイズ推定による方法等が採用できる。この方法は、上述の国際公開WO/2014/132470のパンフレットに詳述されているので、ここでの繰り返しの説明は省略する。

【 0 0 2 5 】

情報受入部 2 2 は、複数の視標呈示位置のうち、少なくとも一つの視標呈示位置での被験者の視覚感度の情報（視認した最も暗い明度、すなわち閾値を表す情報）の入力を受け入れて、当該視標呈示位置を特定する情報と、入力された視覚感度を表す情報とを関連付けて、検査記録として記憶部 1 2 に記録する。

【 0 0 2 6 】

情報演算部 2 3 は、推定部 2 1 にて推定された確率分布を用い、記憶部 1 2 に記録された検査記録で表される視標呈示位置における被験者の視覚感度の情報と、未だ被験者の検査記録に記録されていない各視標呈示位置での視覚感度の情報との相互情報量を演算する。具体的に、この情報演算部 2 3 は、未だ被験者の検査記録に記録されていない視標呈示位置 W_i ($i = 1, 2, \dots$) を順次選択しつつ、選択した視標呈示位置 W_i での被験者の視覚感度の情報の曖昧さ（情報エントロピー） $H W_i(B)$ を求める。この情報エントロピー $H W_i(B)$ は、推定部 2 1 にて推定された確率分布を参照し、視標呈示位置 W_i での被験者の視覚感度の情報が複数の明度候補 B_j ($j = 1, 2, \dots$) のそれぞれである確率 $p W_i(B_j)$ を用い、

10

20

30

40

【数 1】

$$H_{W_i}(B) = - \sum_j p_{W_i}(B_j) \log(p_{W_i}(B_j)) \quad (1)$$

として演算できる。

【0027】

また情報演算部 23 は、記憶部 12 に記録されている検査記録を参照し、検査記録に記録されている視標呈示位置 V_k ($k = 1, 2, \dots$) における視覚感度の情報 $B(V_k)$ が知られたときの、選択した視標呈示位置 W_i での被験者の視覚感度の情報の曖昧さ (条件付情報エントロピー) $H_{V W_i}(B)$ を演算する。

10

【0028】

この条件付情報エントロピー $H_{V W_i}(B)$ は、推定部 21 にて推定された確率分布を参照し、視標呈示位置 W_i での被験者の視覚感度の情報が複数の明度候補 B_j ($j = 1, 2, \dots$) であり、かつ、視標呈示位置 V_k での被験者の視覚感度の情報が $B(V_k)$ である確率 $p_{W_i}(B(V_k), B_j)$ と、推定部 21 にて推定された確率分布における、視標呈示位置 V_k での被験者の視覚感度の情報が $B(V_k)$ である確率 $p(V_k)$ とを用い、

【数 2】

$$H_{V W_i}(B) = - \sum_k \sum_j \frac{p_{W_i}(B(V_k), B_j)}{p(V_k)} \log \frac{p_{W_i}(B(V_k), B_j)}{p(V_k)} \quad (2)$$

20

として演算できる。

【0029】

情報演算部 23 は、(1), (2) 式から、実際に検査を行い、検査記録に記録された視標呈示位置 V_k での被験者の視覚感度の情報 $B(V_k)$ と、他の (検査記録に記録されていない) 各視標呈示位置 W_i での被験者の視覚感度の情報 $W_i(B_j)$ との相互情報量 I を

30

【数 3】

$$I(B(V_k), W_i(B)) = H_{W_i}(B) - H_{V W_i}(B) \quad (3)$$

として求める。この値は、カルバック・ライブラー情報量の定義により、推定部 21 にて推定された確率分布において、視標呈示位置 V_k での被験者の視覚感度の情報が $B(V_k)$ である確率分布 $P(B(V_k))$ と、視標呈示位置 W_i での被験者の視覚感度の情報が明度候補 B_j である確率分布 $P(W_i(B))$ と、視標呈示位置 V_k ($k = 1, 2, \dots$) における視覚感度の情報が $B(V_k)$ であるときの、視標呈示位置 W_i での被験者の視覚感度の情報が明度候補 B_j である確率分布 $P(B(V_k), W_i(B))$ とを用いたカルバック・ライブラー情報量：

40

【数 4】

$$I(B(V_k), W_i(B)) = D_{KL}(P(B(V_k), W_i(B)) || P(B(V_k))P(W_i(B))) \quad (4)$$

としても演算できる。

【0030】

50

情報演算部 2 3 は、記憶部 1 2 に記録された検査記録で表される視標呈示位置における被験者の視覚感度の情報と、未だ被験者の検査記録に記録されていない各視標呈示位置での視覚感度の情報との相互情報量を演算し、未だ被験者の検査記録に記録されていない各視標呈示位置ごとの相互情報量の値を記憶部 1 2 に格納する。

【 0 0 3 1 】

選択部 2 4 は、記憶部 1 2 に格納された、未だ被験者の検査記録に記録されていない各視標呈示位置ごとの相互情報量の値を参照し、当該相互情報量が所定の条件を満足する視覚感度の情報に係る視標呈示位置を、次に検査視標を呈示する位置として選択する。具体的にここでは、相互情報量を、検査記録に含まれる、今回得られている検査の結果（検査の途中の情報）が得られなかったときの、未だ被験者の検査記録に記録されていない各視標呈示位置での被験者の視覚感度の曖昧さ、つまり検査記録に含まれる、今回得られている検査の結果（検査の途中の情報）に対し、未だ被験者の検査記録に記録されていない各視標呈示位置で被験者の視覚感度を測定することでどれだけの情報量が得られるかを表すものとして定義している。したがって選択部 2 4 はこの相互情報量を最大とする（つまり、条件付エントロピーを最小とする）視標呈示位置を選択することで、より多くの新たな情報量を得ることになる。

10

【 0 0 3 2 】

そこで選択部 2 4 は、記憶部 1 2 に格納された、未だ被験者の検査記録に記録されていない各視標呈示位置ごとの相互情報量の値を参照し、当該相互情報量が最大である視標呈示位置を、次に検査視標を呈示する位置として選択し、当該選択した視標呈示位置を特定する情報を出力する。

20

【 0 0 3 3 】

また、必ずしも相互情報量が最大となるものを選択しなくても、選択部 2 4 は所定のしきい値よりも大きい相互情報量となっている視標呈示位置を選択することとしてもよい。このしきい値は予め定めたものでもよいし、情報演算部 2 3 により得られた相互情報量の値に基づいて、例えばその分散を用いて、平均より分散の所定数倍だけ大きい値をしきい値としてもよい。このとき、選択部 2 4 は、条件を満足する視標呈示位置が複数ある場合は、そのうちからランダムに一つの視標呈示位置を選択してもよいし、当該複数の視標呈示位置を利用者（検査者）に提示し、検査者に当該条件を満足する複数の視標呈示位置のうちから一つの視標呈示位置を選択させてもよい。この場合選択部 2 4 は、当該検査者が選択した視標呈示位置を特定する情報を出力する。

30

【 0 0 3 4 】

呈示指示部 2 5 は、選択部 2 4 が出力する情報で特定される視標呈示位置に、検査視標を呈示する旨の情報を表示部 1 4 に表示し、検査者に対して、呈示する明度を入力するよう求める。呈示指示部 2 5 は、呈示する明度の入力が行われると、当該入力を受け入れて、入力された明度の情報と、選択部 2 4 から入力された、視標呈示位置を特定する情報を、視標呈示装置 1 0 に出力する。

【 0 0 3 5 】

[呈示する検査視標の明度の閾値を推定する例]

さらにこの呈示指示部 2 5 は、検査視標を呈示する視標呈示位置での被験者の明度閾値を推定し、当該推定の結果を表示部 1 4 に表示して、検査者に提示してもよい。本実施の形態の一例では、この推定は、検査結果情報データベースに格納されている検査結果情報、または検査記録に記録された被験者の視覚感度の情報に基づいて得られる、明度に対する視認確率と、所定の明度に対して事前に想定された想定視認確率と、に基づいて行われる。

40

【 0 0 3 6 】

具体的には、呈示指示部 2 5 は、検査視標を呈示する視標呈示位置での被験者の明度閾値（視認する確率と視認しない確率とが同じ、つまり、視認する確率が 0.5 となる明度）を、ロジスティック回帰によって求める。すなわち、予め、明度 b に対する視認確率 $p(b)$ が、ロジスティック曲線

50

【数5】

$$p(b) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha - \beta b}} \quad (5)$$

に従うものとして、このロジスティック曲線に対応するロジット関数

【数6】

$$\log \left[\frac{p(b)}{1 - p(b)} \right] = \alpha + \beta b \quad (6)$$

の右辺の一次式の傾き及び切片を、検査結果情報データベースに格納されている検査結果情報、または検査記録に記録された被験者のこの視標呈示位置での視覚感度の情報に基づいて得られる、明度に対する視認確率と、所定の明度に対して事前に想定された想定視認確率との情報を用いた最小二乗法によって求める。本実施の形態において特徴的なことの一つは、検査結果情報データベースに格納されている検査結果情報、または検査記録に記録された被験者のこの視標呈示位置での視覚感度の情報だけでなく、所定の明度に対して事前に想定された想定視認確率の情報が用いられることである。すなわちここでは、呈示可能な明度のうち、所定の第1しきい値1より高い明度（呈示可能な最大明度（図中で100%として示す）を含む）に対する視認確率を1.0（必ず視認される）として、またはこれに代えて、あるいはこれに加えて、呈示可能な明度のうち、所定の第2しきい値2より低い明度（呈示可能な最小の明度を含む）に対する視認確率を0（必ず視認されない）として、最小二乗法の演算を行う。

【0037】

一例として、呈示指示部25は、検査結果情報データベースに格納されている検査結果情報のうちに、被験者の検査結果情報（被験者を特定する情報に関連付けられた視覚感度の情報）が予め定めた数以上含まれるか否かを調べる。ここで上記検査結果情報のうちに、被験者の検査結果情報が予め定めた数以上（例えば過去10回以上など）含まれていれば、呈示指示部25は検査結果情報データベースに格納されている検査結果情報から被験者の検査結果情報を読み出す。また、上記検査結果情報のうちに、被験者の検査結果情報が含まれていなければ、呈示指示部25は検査結果情報データベースに格納されている検査結果情報を読み出す。

【0038】

呈示指示部25は、読み出した検査結果情報を参照し、選択部24から入力された情報で特定される視標呈示位置での過去の明度ごとの視認確率（視認できたとして記録されている回数を、検査の回数で除したもの）を得て、明度の値と、対応する視認確率とを関連付けて記憶する。また、所定の第1しきい値1より高い明度（呈示可能な最大明度を含む）である少なくとも一つの明度の値と、視認確率「1」とを関連付けて記憶する。さらに、所定の第2しきい値2より低い明度（呈示可能な最小の明度を含む）である少なくとも一つの明度の値と、視認確率「0」とを関連付けて記憶する。

【0039】

呈示指示部25は、ここで関連付けて記憶した明度の値と視認確率との値とを標本データとして(6)式のロジット関数にそれぞれ代入し、右辺の一次式の傾き及び切片を、最小二乗法によって求める。そして呈示指示部25は、求めた、を用いた(5)式のロジスティック曲線（図4に例示）の式を得て、視認確率 $p(b) = 0.5$ に対応する明度の値 b_0 を求める。そして呈示指示部25は、ここで求めた明度の値 b_0 を、選択部24が出力する情報で特定される視標呈示位置に、検査視標を呈示する旨の情報とともに表示

部 1 4 に表示し、検査者に対して、実際に呈示する明度を入力するよう求める。この例では、検査者は、呈示指示部 2 5 により提示された明度の値 b_0 を参照して、実際に呈示する明度を入力することとなる。

【 0 0 4 0 】

なお、ここでの例では、ロジスティック曲線にフィッティングする例について説明したが、フィッティングする対象の曲線は、プロビット曲線、あるいは log-log 曲線であってもよい。いずれの曲線においても、所定の第 1 しきい値 1 より高い明度（呈示可能な最大明度を含む）については、視認確率「 1 」となるようにフィッティングするか、または / 及び、所定の第 2 しきい値 2 より低い明度（呈示可能な最小の明度を含む）である少なくとも一つの明度の値については、視認確率「 0 」となるようにフィッティングする。

【 0 0 4 1 】

[動作]

本実施の形態の視野検査装置 1 は、以上の構成を備えており、次のように動作する。本実施の形態の視野検査装置 1 を利用する検査者は、まず、制御装置 2 0 を操作して被験者を特定する情報を入力する。制御装置 2 0 は、図 5 に示す処理を開始し、この入力された被験者を特定する情報を記憶し、検査結果情報データベースにアクセスして、当該検査結果情報データベースに蓄積されている、過去の検査結果情報のうち、被験者の検査結果情報（被験者を特定する情報に関連付けられた視覚感度の情報）が予め定めた数以上含まれるか否かを調べる（S 1）。

【 0 0 4 2 】

制御装置 2 0 は、ここで上記検査結果情報のうちに、被験者の検査結果情報が予め定めた数以上（例えば過去 1 0 回以上などとして予め定めておく）含まれていれば（Yes ならば）、制御装置 2 0 は、検査結果情報データベースに格納されている検査結果情報から被験者の検査結果情報を読み出す（S 2）。また、処理 S 1 において上記検査結果情報のうちに、被験者の検査結果情報が予め定めた数以上含まれていなければ（No ならば）、制御装置 2 0 は、検査結果情報データベースに格納されている検査結果情報から被験者のものであるか否かを問わずに検査結果情報を読み出す（S 3）。

【 0 0 4 3 】

制御装置 2 0 は、処理 S 2 または S 3 において検査結果情報を読み出すと、当該読み出した検査結果情報に基づき、被験者の各視標呈示位置での視覚感度の確率分布を推定する（S 4）。この処理 S 4 での推定の方法は、例えば国際公開 WO/2014/132470 のパンフレットに詳述されているものとして構わない。

【 0 0 4 4 】

制御装置 2 0 は、検査者に対して、最初の視標呈示位置と、当該位置に呈示する検査視標の明度との入力を求める（S 5）。なお、当初検査視標を呈示する少なくとも一つの指標呈示位置がデフォルトとして定められている場合は、ここでは検査視標の明度の情報の入力のみを求めることとしてもよい。制御装置 2 0 は、ここで入力された情報、あるいは予め定められた情報により、視標呈示位置と、当該視標呈示位置に呈示すべき検査視標の明度とが決定されると、当該決定された視標呈示位置に、決定された明度の検査視標を呈示するよう、視標呈示装置 1 0 を制御する（S 6：視認検査）。そして視標呈示装置 1 0 が上記決定された視標呈示位置に、決定された明度の検査視標を呈示する。被験者は、この検査視標が視認できた場合に、視標呈示装置 1 0 のボタンを押下する。

【 0 0 4 5 】

この処理 S 6 では、検査者は、当該視標呈示位置において被験者が視認可能な最低の明度の値（あるいは視認不能であること）を見出すまで、上記決定された視標呈示位置において呈示する検査視標の明度の指示を入力し、制御装置 2 0 は、視標呈示位置に、指示された明度の検査視標を呈示するよう、視標呈示装置 1 0 を制御することを繰り返す。

【 0 0 4 6 】

これにより、当該決定された視標呈示位置における被験者が視認可能な明度の値（閾値）が得られる。制御装置 2 0 は、当該視標呈示位置を特定する情報と、得られた閾値とを

10

20

30

40

50

関連付けて検査記録として記録する（S7）。

【0047】

制御装置20は、こうして少なくとも一つの指標呈示位置での検査記録が得られると、処理S4で推定された確率分布を用い、処理S7で記録した検査記録で表される視標呈示位置における被験者の視覚感度の情報と、未だ被験者の検査記録に記録されていない各視標呈示位置での視覚感度の情報との相互情報量の値を演算する（S8）。

【0048】

制御装置20は、そして未だ被験者の検査記録に記録されていない各視標呈示位置ごとの相互情報量の値を参照し、当該相互情報量の値が所定の条件を満足する視覚感度の情報に係る視標呈示位置を、次に検査視標を呈示する位置として選択する（S9）。具体的に相互情報量を、上述のように、検査記録に含まれる、今回得られている検査の結果（検査の途中の情報）が得られなかったときの、未だ被験者の検査記録に記録されていない各視標呈示位置での被験者の視覚感度の曖昧さ、つまり検査記録に含まれる、今回得られている検査の結果（検査の途中の情報）に対し、未だ被験者の検査記録に記録されていない各視標呈示位置で被験者の視覚感度を測定することでどれだけの情報量が得られるかを表すものとして定義する場合、制御装置20は、相互情報量の値が最大とである視標呈示位置を選択する。そして制御装置20は、当該選択した視標呈示位置を特定する情報を表示部14に出力する（S10）。検査者は、この表示を参照して、次に検査視標を呈示すべき視標呈示位置と、呈示する検査視標の明度の値とを入力する。この入力を受けて、制御装置20は、処理S6に戻って処理を続ける。

【0049】

また本実施の形態の例では、検査者が検査を終了する指示を行ったときに、制御装置20は、記録している検査記録に対して、被験者を特定する情報と検査の日時の情報とを関連付け、検査結果情報を生成して、検査結果情報データベースに記録する。

【0050】

また、本実施の形態の一例では、検査者に明度の入力を求める際、検査視標を呈示する視標呈示位置での被験者の明度閾値を、過去の検査結果情報と、既定の明度に対する既定の視認確率の値とを標本データとして用いた回帰分析により推定し、当該推定の結果を表示部14に表示して、検査者に提示してもよい。ここでは例えば、1/2の確率で視認する明度の値を、過去の検査結果情報と、既定の明度に対する既定の視認確率の値とを標本データとして用いたロジスティック回帰により推定して、検査者に提示することとすればよい。なお、既定の明度と既定の視認確率の標本データとは、呈示可能な明度のうち、所定の第1しきい値より高い明度（呈示可能な最大明度を含む）に対する視認確率を1.0（必ず視認される）としたものや、呈示可能な明度のうち、所定の第2しきい値より低い明度（呈示可能な最小の明度を含む）に対する視認確率を0（必ず視認されない）とした標本データである。

【0051】

[変形例]

また本実施の形態では、検査者に対して、相互情報量が所定の条件を満足する視覚感度の情報に係る視標呈示位置を、次に検査視標を呈示する位置として選択して提示することとしていたが、本実施の形態はこれに限られない。例えば、本実施の形態の制御装置20は、未だ被験者の検査記録に記録されていない各視標呈示位置での相互情報量を得て、当該未だ被験者の検査記録に記録されていない各視標呈示位置ごとの相互情報量の一覧を表示部14に表示して、検査者に提示してもよい。

【0052】

この一覧表示は、リスト状の表示であってもよいし（その場合は、相互情報量の昇順または降順で並べ替えて表示してもよい）、あるいは模式的に視野を現す図形を表示し、当該図形内の各視標呈示位置に対応する位置に、相互情報量を表す表示（数値、あるいは色や図形の大きさ等によって相互情報量の大きさを表すこととしてもよい）を行っても構わない。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

さらに、上述のように呈示すべき明度の値の推定値を併せて検査者に提示する場合は、当該表示を併せて行っても構わない。

【 0 0 5 4 】

本実施の形態によると、得られる情報量の大きい視標呈示位置が検査者に示され、検査者が当該情報に基づいて視標呈示位置を選択できるため、視野に関する十分な情報を、より少ない視標呈示位置での検査により得ることが可能となる。これにより検査時間が短縮される。

【 0 0 5 5 】

また本実施の形態の明度の推定値を併せて呈示する例によると、検査者が当該情報を参照して、被験者に呈示すべき検査視標の明度の値を設定できるので、より少ない回数で被験者の閾値（視認可能な最低明度）の情報を得ることが可能になり、検査時間が短縮される。

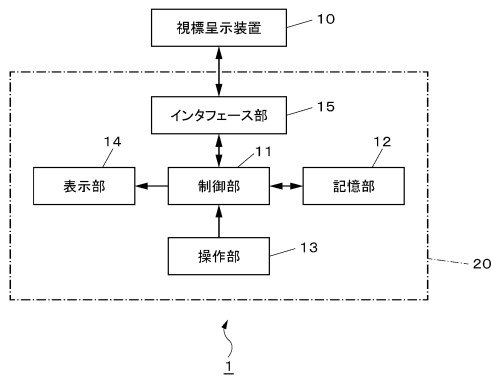
10

【符号の説明】

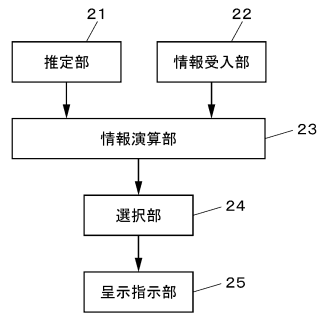
【 0 0 5 6 】

10 視標呈示装置、11 制御部、12 記憶部、13 操作部、14 表示部、15 インタフェース部、20 制御装置、21 推定部、22 情報受入部、23 情報演算部、24 選択部、25 呈示指示部。

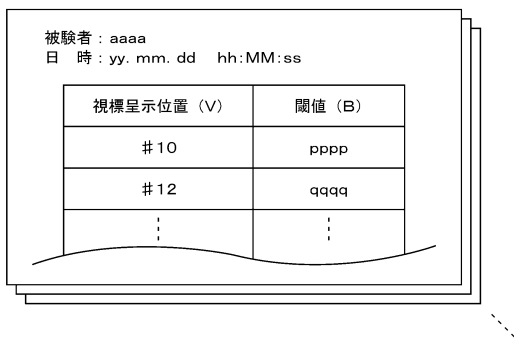
【 図 1 】



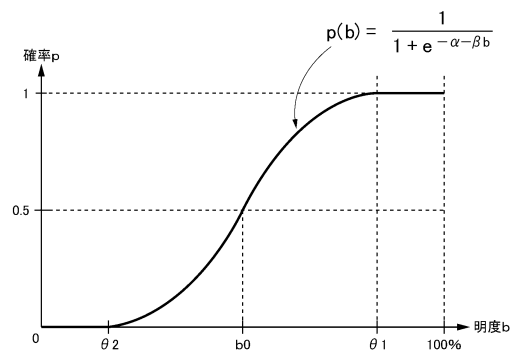
【 図 3 】



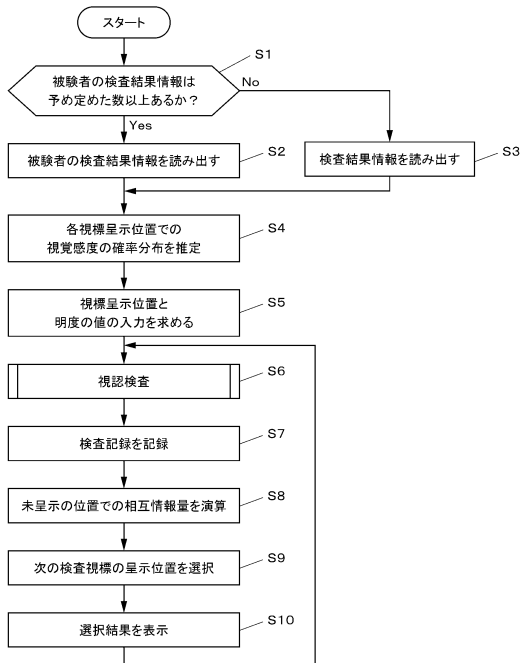
【 図 2 】



【 図 4 】



【図5】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第2014/132470(WO, A1)

特開2012-100714(JP, A)

特開2005-102947(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 3/00 - 3/18