

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6466112号
(P6466112)

(45) 発行日 平成31年2月6日(2019.2.6)

(24) 登録日 平成31年1月18日(2019.1.18)

(51) Int.Cl. F 1
A 6 1 B 3/06 (2006.01) A 6 1 B 3/06 Z

請求項の数 5 (全 9 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2014-183744 (P2014-183744)</p> <p>(22) 出願日 平成26年9月10日 (2014. 9. 10)</p> <p>(65) 公開番号 特開2016-54941 (P2016-54941A)</p> <p>(43) 公開日 平成28年4月21日 (2016. 4. 21)</p> <p>審査請求日 平成29年8月31日 (2017. 8. 31)</p> <p>特許法第30条第2項適用 第50回 日本眼光学学会 総会 プログラム・抄録集、平成26年9月6日発行</p>	<p>(73) 特許権者 304021831 国立大学法人千葉大学 千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号</p> <p>(72) 発明者 大沼 一彦 千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33号 国 立大学法人千葉大学 フロンティア医工学 センター内</p> <p>(72) 発明者 野田 徹 東京都目黒区東が丘2-5-1 東京医療 保健大学 大学院看護学研究科内</p> <p>審査官 山口 裕之</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 眼中散乱光分布測定方法及び眼中散乱光分布測定装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

表示装置に視標を表示させるとともに前記視標と異なる位置で第一の光を発光させるステップ、

表示装置に再び前記視標を表示するとともに前記視標と位置が重複して眼球に入るよう光路を調整した上で第二の光を発光させるステップ、を備える眼中散乱光分布測定方法。

【請求項2】

前記第一の光を発光させるステップにおいて、前記視標を前記表示装置において位置を異ならせて複数回表示させるとともに、

前記第二の光を発光させるステップにおいて、複数回表示した前記視標の少なくともい
ずれかの視標を表示する請求項1記載の眼中散乱光分布測定方法。 10

【請求項3】

前記第二の光を発光させるステップにおいて、前記第二の光の強度を変化させていく請求項1記載の眼中散乱光分布測定方法。

【請求項4】

前記第一の光を発光させるステップの後に、前記視標の表示に基づき第一の入力を受け付けるステップを備え、

前記第二の光を発光させるステップの後に、前記視標の表示に基づき第二の入力を受け付けるステップを備える請求項1記載の眼中散乱光分布測定方法。

【請求項5】

光を発する光源と、
 表示装置と、
 前記光源から発せられる光の光路を変更させる光路変更部材と、
 入力データを出力する入力装置と、
 前記表示装置の表示及び前記光源の発光を制御するとともに、前記入力装置からの入力データを処理する制御処理装置と、を備え、
前記制御処理装置は、前記表示装置に視標を表示させるとともに前記視標と異ならせた位置で第一の光を発光させた状態における前記入力装置からの第一の入力データを処理し、前記表示装置に再び前記視標を表示するとともに前記視標と位置が重複して眼球に入るよう光路を調整した上で第二の光を発光させた状態における前記入力装置からの第二の入力データを処理する眼中散乱光分布測定装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、眼中散乱光分布測定方法及び眼中散乱光分布測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

白内障をはじめとする視神経疾患に罹患しているか否かを知るために、フリッカーテストと呼ばれる検査が一般的に行われている。フリッカーテストはちらつき検査とも呼ばれ、フリッカーと呼ばれる固視標を点滅させて、被験者から光の点滅の有無に関する判断を得ることによりフリッカー値を測定するものである。

20

【0003】

白内障の検査のため、フリッカーを用いて眼の中の散乱光の強度を測定する装置として、C-Quantという製品がOCULUS社より販売されている。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記販売されているフリッカーを用いた装置は、有用であると考えられるものの、リング光と中心光のフリッカーであるため、その2つの光源の角度のみの散乱強度を測定することになる。また、フリッカーを見ることができないかの閾値は人により異なるといった課題もある。

30

【0005】

さらに、フリッカーを用いた検査では、明暗を繰り返す光源を見る検査のため、被験者の体調や年齢によっては、激しい光の点滅を断続的にみることによる光過敏性の症状、例えば不快気分、頭痛や吐き気など光過敏性発作が引き起こされる可能性があるという課題がある。

【0006】

そこで、本発明は、上記課題を鑑み、フリッカーによらず白内障の程度を正確に測定することができる眼中散乱光分布測定方法及び眼中散乱光分布測定装置を提供することを目的とする。

40

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の一の観点に係る眼中散乱光分布測定方法は、表示装置に視標を表示させるとともに前記視標と異なる位置で第一の光を発光させるステップ、表示装置に再び前記視標を表示するとともに前記視標と位置が重複して眼球に入るよう光路を調整した上で第二の光を発光させるステップ、を備える。

【0008】

また、本発明の他の一の観点に係る眼中散乱光分布測定装置は、光を発する光源と、表示装置と、前記光源から発せられる光の光路を変更させる光路変更部材と、入力データを出力する入力装置と、前記表示装置の表示及び前記光源の発光を制御するとともに、前記

50

入力装置からの入力データを処理する制御処理装置と、を備える。

【発明の効果】

【0009】

以上本発明により、フリッカーによらず白内障の程度を正確に測定することのできる眼中散乱光分布測定方法及び眼中散乱光分布測定装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】実施形態に係る眼中散乱光分布測定装置の概略を示す図である。

【図2】実施形態に係る眼中散乱光分布測定装置の光源の概略図である。

【図3】実施形態に係る眼中散乱光分布測定装置の概略を示す図である。

10

【図4】実施形態に係る眼中散乱光分布測定装置の光路変更部材の概略図である。

【図5】正常眼と白内障の場合の異なる見え方のイメージ図である。

【図6】視標と光が重複した場合のイメージ図である。

【図7】Straylight指数を算出するための概念を示す図である。

【図8】光と視標の位置を重畳させて被験者がどの光強度で見える又は見えなくなるのかを確認する場合のイメージ図である。

【図9】実際において作製した装置の一部の写真図である。

【図10】実施例に係る結果を示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

20

以下、本発明の実施形態について、図面を用いて詳細に説明する。ただし、本発明は多くの異なる形態による実施が可能であり、以下に示す実施形態、実施例の例示に限定されるものではない。

【0012】

図1は、本実施形態に係る眼中散乱光分布測定装置（以下「本装置」という。）1の概略を示す図である。本装置1は、本図で示すように、光を発する光源2と、表示装置3と、光源から発せられる光の光路を変更させる光路変更部材4と、入力データを出力する入力装置5と、表示装置の表示及び光源の発光を制御するとともに入力装置からの入力データを処理する制御処理装置6と、を備える。

【0013】

30

本実施形態における光源2は、上記のとおり光を発するものであって、白内障に罹患している者が問題とする散乱光の光源を想定したものである。また光源2から発せられる光は、等方的に散乱する光ではなく、所定の方向に強い光強度を有する分布を備えた、好ましくは特定の方向に沿った線状の指向性を備えた光であることが好ましい。光源2の波長は上記の機能を有する限りにおいて特に限定されるわけではないが、本装置1によって測定を受ける者（以下「被験者」という。）の認識できる光波長であることが好ましく、可視領域の波長の光が複数混合されたいわゆる白色光であることが好ましい。また具体的な光源2の発光領域の形状、大きさは特に制限されるものではないが、1mm～10mm程度の大きさの点光源であることが好ましく、例えばLED光源であればより容易に光源2とすることができる。なお図2に、表示装置3を正面から見た場合における光源2の配置のイメージ図を示しておく。

40

【0014】

また、本実施形態において光源2は、限定されるわけではないが、光量を制御することのできるものであることが好ましい。詳細については後に詳述するが、光量を制御することで、定量的な評価を行うことができるようになるといった効果がある。

【0015】

また、本実施形態における光源2は、被験者が表示装置3を見た場合に、表示装置3の表示領域内に配置されている。このようにすることで、光源2と表示装置3の視標とを一度に被験者の視野に入れることができるようになる。

【0016】

50

また、本実施形態において、表示装置3は、視標を表示させて被験者に認識させるために用いられるものである。本実施形態において表示装置3は、上記の機能を有する限りにおいて限定されるわけではないが、例えば、液晶を用いた液晶ディスプレイ装置、有機ELを用いた有機ELディスプレイ装置等を用いることができるが、LEDをマトリクス上に配置したLEDマトリクスとすることも可能である。

【0017】

また、本実施形態において光路変更部材4は、上記のとおり光源から発せられる光の光路を変更させるものである。光路変更部材4は、光源を発する光の光路を変更させることで、表示装置3上に表示される視標に重畳させ、その状態で視標が確認できるか否かを被験者からの入力に基づき判断するために用いるものである。なお、光路変更部材4は、高原から発せられる光の光路を変更させない構成とすることもできる。この場合のイメージ図を図3に示しておく。この場合、光源2から発せられた光はそのまま直進する。

【0018】

光路変更部材4は、この機能を有する限りにおいて様々なものを採用することができるが、例えば図4で示すように、光源2から放出される光を所定の角度変化させる可動ミラー41と、更に、視標と重畳する位置において所定の角度で反射させて被験者の視野に入れる半透過型ミラー42と、を備えていることが好ましい。より具体的に説明すると、この構成により可動ミラー41は、一の測定状態においては光路から外し(図4左側)、他の一の測定状態においては光路に挿入する構成とする(図4右側)一方、半透過型ミラー42は常時装置に固定して設定しておき、可動ミラー41からの反射があった場合にこの光を反射させる状態としておく構成が好ましい。このようにすることで、上記一の測定状態においては直接光源2からの光を観測することが可能となり、上記他方の測定状態においては視標と光源からの光を重畳して確認することができるようになる。特に、可動ミラー41と光源2との距離、更に好ましくは、半透過型ミラー42の位置を異ならせることで任意の位置に光源2からの光の反射位置を調整することができるようになる。なお、各ミラーの光路の変化する角度の量は90度程度であることが好ましいが、被験者から見て指標と光源からの光の位置とが確実に重畳するよう、数度程度の角度の調整がなされていることとするのも好ましい。この意味において、可動ミラー及び半透過型ミラーの光路変更角度は80度以上100度以下、より好ましくは85度以上95度以下の範囲内である。

【0019】

また、本実施形態において入力装置5は、入力データを出力するための装置である。入力データとしては適宜調整可能であり限定されるわけではないが、光源2と視標とを表示装置上に表示した場合に、視標を確認することができるか否かに関する情報を含むデータであることが好ましい。限定されるわけではないが、例えば、「視標を視認できる」と「視標を視認できない」の二種類の入力データのいずれかとすることが入力を簡便とする観点から好ましい。入力装置5の具体的な例としては、上記の機能を有する限りにおいて限定されるわけではないが、いわゆるキーボード、マウスを例示することができるが、被験者にとって操作が簡単になるよう、上記の情報を表現する数個のボタンのみを備える特別の入力装置であってもよい。

【0020】

また、本実施形態において、制御処理装置6は、上記のとおり表示装置の表示及び光源の発光を制御するとともに入力装置からの入力データを処理するものである。制御処理装置6としては、限定されるわけではないが、いわゆるパーソナルコンピュータを用いることができる。パーソナルコンピュータの構成としては、一般的な構成のものを採用することができる。例えばCPU(中央演算装置)、メモリやハードディスク等の記録装置及びこれらを接続するバス回路部と、を備えたものを例示することができる。そして、ハードディスクに上記表示装置や光源等の制御を行うためのプログラムを格納させて、これらを実行することで所望の制御処理を行うことができるようになるとともに、この結果に基づき所定の処理を行い、眼中散乱光分光測定を行うことができる。より具体的に説明すると、

制御処理装置 6 は、表示装置に視標を表示させるとともに視標と異ならせた位置で第一の光を発光させた状態における入力装置からの第一の入力データを処理し、表示装置に再び視標を表示するとともに視標と位置が重複して眼球に入るよう光路を調整した上で第二の光を発光させた状態における入力装置からの第二の入力データを処理する。

【 0 0 2 1 】

ここで、上記本装置 1 を用いた眼中散乱光分光測定方法について説明し、その動作、機能について詳細に説明していく。本実施形態に係る眼中散乱光分光測定方法（以下「本方法」という。）は、（ 1 ）表示装置に視標を表示させるとともに視標と異なる位置で第一の光を発光させるステップ、（ 2 ）表示装置に再び視標を表示するとともに視標と位置が重複して眼球に入るよう光路を調整した上で第二の光を発光させるステップ、を備える。

10

【 0 0 2 2 】

まず本方法では、（ 1 ）表示装置に視標を表示させるとともに視標と異なる位置で第一の光を発光させる。このようにすることで、視標の位置や光源からの光の強さによっても異なるが、白内障に罹患している場合は光源 2 からの光が被験者の眼中にて散乱されて視標を視認することができなくなる一方、白内障に罹患していない場合は問題なく視標を確認することができる。この場合のイメージ図を図 5 に示しておく。なお、被験者には、測定の間は光源 2 を注視してもらうようにしておく。

【 0 0 2 3 】

またこのステップにおいては、被験者が光源からの光に遮られることなく視標を確認できたか否かについての情報を含むデータ、すなわち第一の入力データを受け取る手順を含むことが好ましい。この入力データを受け取ることで、被験者が視標を認識できたか否かの判定を行うことができる。この入力データの内容や種類は特に限定されるわけではないが、上記のように、「視標を視認できた」又は「視標を視認できなかった」の二値のデータだけとすると非常に簡便となり好ましい。

20

【 0 0 2 4 】

またこのステップにおいて、視標は表示装置において位置を異ならせて複数回表示させることとし、そのそれぞれに視標を視認できたか否かの入力データの受け取りを行うこととするのも好ましい。一か所だけでは光の散乱の範囲がどの程度であるのかについて判断しにくい場合もあるため、複数回位置を異ならせて視標を表示することで、その範囲を明確に規定することができるようになる。具体的には、例えば上記図 5 において表示される視標を、光源の中心位置から遠ざかる方向又は近づく方向に順次表示させていくことで見える位置の視標と見えない位置の指標を区別することができ、散乱光の範囲を確認することができる。

30

【 0 0 2 5 】

また、本方法では、（ 2 ）表示装置に再び視標を表示するとともに視標と位置が重複して眼球に入るよう光路を調整した上で第二の光を発光させる。すなわち、表示装置に視標を表示するとともに、上記したように、光路変更部材を用い、光源 2 からの光をこの視標と重複するよう光路を調整する。このようにすることで、視標の発光強度と光源 2 との発光強度を直接比較することができる。具体的には視標の発光強度より光源 2 との発光強度が大きい場合は視標を確認することができず、光源 2 の発光強度より視標の発光強度が大きい場合は、視標を確認することができる。すなわち、この光源 2 の発光強度を調整していき、視標が確認できた状態から視標が確認できなかった状態まで変化させてその反応を調べることで、その視標の箇所における散乱の強度を確認することができる。この場合のイメージ図を図 6 に示しておく。

40

【 0 0 2 6 】

なおこのステップにおいて、表示させる視標は、既に一度表示させた視標と同じ、すなわち同じ位置及び強度を備える。一度表示させた視標とすることで、この視標がどの程度の明るさであったのかを同じ基準で確認することができる。

【 0 0 2 7 】

また本ステップでは、視標の表示に基づき第二の入力データを受け付けるステップを備

50

えておくことが好ましい。この入力データを受け取ることで、被験者が視標を見ることができたか否かの情報を含むデータを得ることができる。この入力データの内容や種類は特に限定されるわけではないが、上記のように、「視標を視認できた」又は「視認を視認できなかった」の二値のデータだけとすると非常に簡便となり好ましい。

【0028】

ここで、上記第一の入力データと第二の入力データを用いた白内障の程度の判断手法について説明する。図7は、白内障の判断手法の一つとして提案する Straylight 指数を算出するための概念を示す図であり、図中のグラフにおける横軸は視野角を、縦軸は光強度（対数目盛）を表す。本グラフは、視野角0度の位置に点光源があり、点光源からの光が被験者の眼に入射された場合において、被験者の各視野角においてどの程度の光強度となっているのかに関する光強度の分布のイメージを示す図である。白内障に罹患していない者の場合は、視野角0度において強いピークがあるものの、角度が増加するに従い急激に光強度が減衰している。一方、白内障に罹患している者は、角度が増加してもその減衰は緩やかである。すなわち、白内障の場合は、ある程度の視野角においても光が大きく散乱されているため光強度が強くと維持され、その背後にある物質等を認識することが困難となる。そして、光強度の減衰は0度より大きい範囲で A / θ^2 （ θ は視野角、A は乗数）の式で近似することができるため、この乗数 A を求めることで、白内障がどの程度の状態にあるのかわかるようになる。なお本方法では、この乗数 A の対数 $\log A$ を Straylight 指数として評価の指標とする。

【0029】

すなわち、本方法では、まず、視野角0度（中心）の位置において強いピークの光を発する一方、その周囲に視標を表示させる。この場合、視標の数は視野角を変えて複数表示することが好ましい。また、それぞれの指標の光強度は異ならせてもよいが同じであることが評価精度を向上させる及び簡便化する観点から好ましい。この結果、視野角がどの程度あれば視標を認識することができるか判断することができる。具体的には、視標を視野角0度の位置から少しずつ離していくこと又は近づけていくことでどの段階で被験者は視標を見ることができるようになったのか又は見えなくなったのかを判断することができる。この場合のイメージ図は図7に示したとおりである。なお、この場合において、視野角0度又は基準点における光強度は予め測定しておくことも好ましい。このようにすることで上記乗数 A の精度を高めることができる。

【0030】

上記手順によって、ある光強度における視標が見える視野角と視標が見えない視野角の境界を確認することができる。しかしこの手順だけでは視野角の境界を確認することができるものの、その境界における光強度がどの程度のものであるのかといった情報は十分でない場合がある。そこで、本方法では更に、光路変更部材を用い、上記の測定において表示した視標と光源からの光を重畳させ、光の強度を変化させ、視標が認識できる状態とできない状態の境界を判断する。具体的には、光と視標の位置を重畳させて被験者がどの光強度で見える又は見えなくなるのかを確認する。すなわち、この境界の光強度が被験者の感じている視標の光強度ということになる。この場合のイメージ図を図8に示しておく。なおこの場合において、半透過ミラー等を用いるため、光の反射率等を考慮して判断することが必要となる。なおこの光と視標の位置は境界の位置であることは好ましい一例であるが、上記 A の値を求めることができる限りにおいて境界である必要は必ずしもない。

【0031】

この結果、視野角の境界及びその境界における光強度、視野角0度における光強度を確認することができ、上記式で示される減衰の定量化を図ることが可能となる。

【0032】

以上、本方法によると、フリッカーによらず白内障の程度を正確に測定することのできる眼中散乱光分布測定方法及び眼中散乱光分布測定装置を提供することができる。改めて具体的に説明すると、まず、光源2及び視標を表示し、被験者に視標が見えるか否かの入力を受け付けることで、どの程度の範囲で視標が見えなくなっているのかといった確認が

10

20

30

40

50

可能となる。一方、光源 2 からの光の光路を変更し、視標を重疊することで、その視標の位置では光量がどの程度の明るさであれば見えるのか、見えないのかといった定量的な評価を行うことができる。この結果、分布を推定することが可能となる。

【実施例】

【0033】

上記実施形態に係る眼中散乱光分布測定装置について、実際に試作し、その評価を確認した。本評価は正常眼の 4 名と、白内障に罹患している又は正常眼ではあるが散乱フィルタを用いて白内障類似の状態の 4 名に対して行った。なお図 9 に、この作製した装置における光源、表示装置、光路変更部材に関する写真図を、この結果を図 10 に示しておく。この結果、角度によらず一定の Stray Light 指数を維持できることを確認するとともに、正常眼の者と白内障に罹患している者の間で明確な差異が生じていることを確認した。

10

【0034】

以上、本装置によって発明の効果を確認することができ、視野角の境界及びその境界における光強度を確認することができ、上記式で示される減衰の定量化を図ることが可能となる。

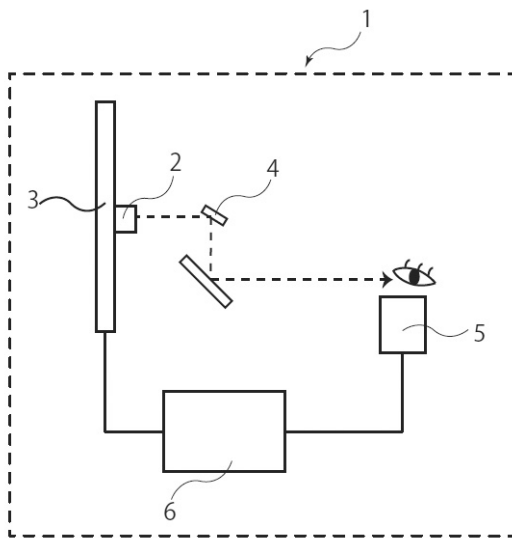
【産業上の利用可能性】

【0035】

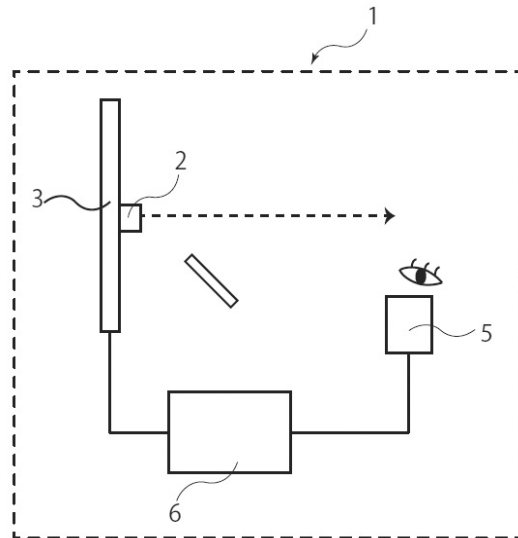
本発明は、眼中散乱光分布測定方法、眼中散乱光分布測定装置として産業上利用可能性がある。

20

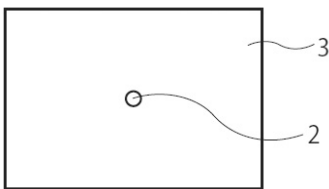
【図 1】



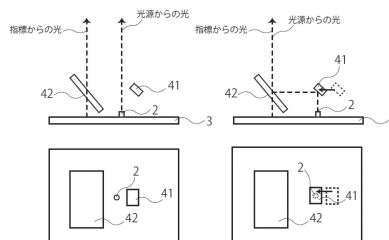
【図 3】



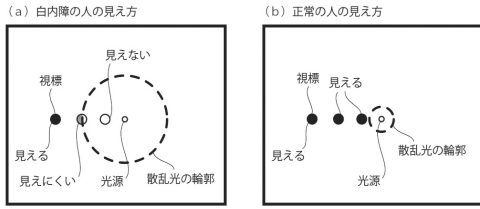
【図 2】



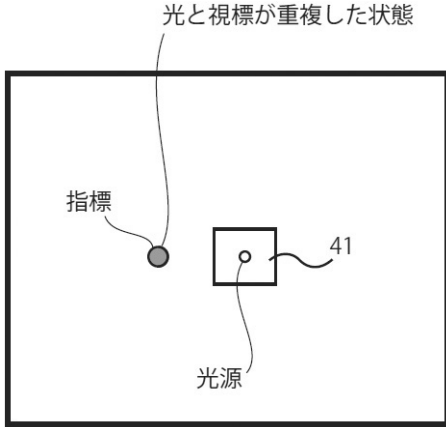
【図 4】



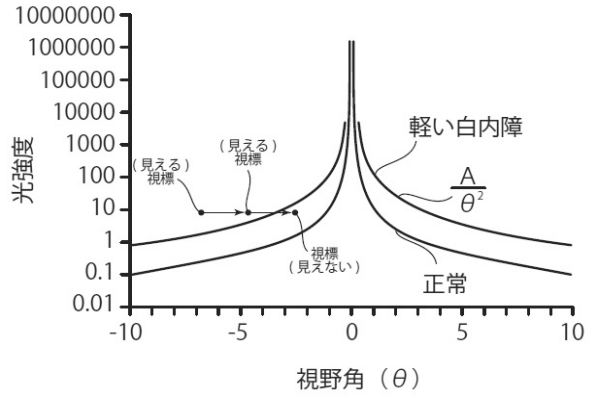
【図5】



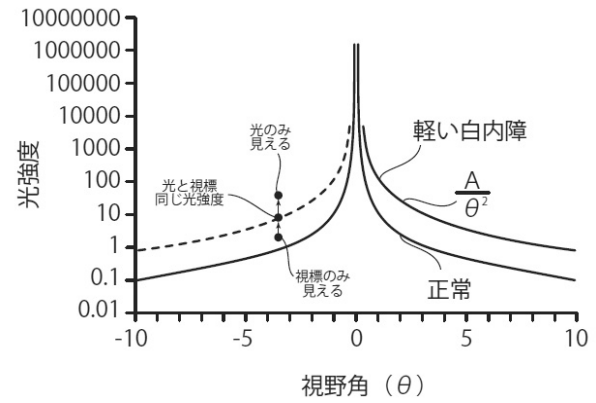
【図6】



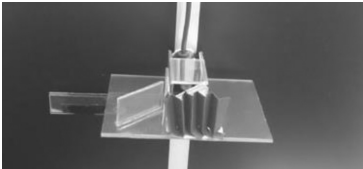
【図7】



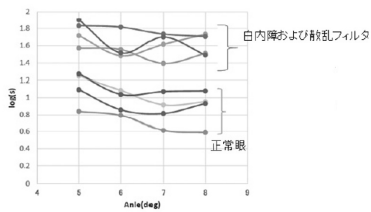
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2012-135528(JP,A)
米国特許第04679917(US,A)
特開平11-009550(JP,A)
特開2014-147427(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 3/06