

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6440054号
(P6440054)

(45) 発行日 平成30年12月19日(2018.12.19)

(24) 登録日 平成30年11月30日(2018.11.30)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 B 3/06 (2006.01)

A 6 1 B 3/06 Z DMB

請求項の数 36 (全 32 頁)

(21) 出願番号 特願2018-531786 (P2018-531786)
 (86) (22) 出願日 平成29年7月5日(2017.7.5)
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2017/024643
 (87) 国際公開番号 W02018/025561
 (87) 国際公開日 平成30年2月8日(2018.2.8)
 審査請求日 平成30年3月22日(2018.3.22)
 (31) 優先権主張番号 特願2016-153657 (P2016-153657)
 (32) 優先日 平成28年8月4日(2016.8.4)
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 515109779
 イリスコミュニケーション株式会社
 東京都千代田区東神田1-5-1-130
 1
 (74) 代理人 100078880
 弁理士 松岡 修平
 (72) 発明者 矢野 雅文
 宮城県仙台市泉区旭丘堤1-12-9
 審査官 宮川 哲伸

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学素子作製方法及び光学素子、並びに、色調整プログラム及び色調整装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1色成分のスペクトル強度、該第1色成分の波長帯域よりも短い波長帯域の第2色成分のスペクトル強度、該第2色成分の波長帯域よりも短い波長帯域の第3色成分のスペクトル強度を個別に変更可能な複数の検査画像を取得する工程と、

前記複数の検査画像のうち少なくとも第1検査画像について、前記第3色成分のスペクトル強度を変化させずに、前記第1色成分のスペクトル強度を変化させる工程と、

前記複数の検査画像のうち少なくとも前記第1検査画像とは異なる第2検査画像について、前記第3色成分のスペクトル強度を変化させずに、前記第2色成分のスペクトル強度を変化させる工程と、

被検者が前記第1及び第2検査画像を見たときに、所定の検査条件を満たす前記第1色成分のスペクトル強度R_sと前記第2色成分のスペクトル強度G_sを取得する工程と、

前記スペクトル強度R_s及び前記スペクトル強度G_sに基づいて、透過する光のうち前記第1色成分の光強度及び前記第2色成分の光強度を調整する光学要素を備える光学素子を作製する工程と、

を含む、

光学素子作製方法。

【請求項2】

前記複数の検査画像は、

前記第2色成分のスペクトル強度及び前記第3色成分のスペクトル強度が、それぞれ

前記第 1 検査画像の該第 2 色成分のスペクトル強度及び該第 3 色成分のスペクトル強度と同じである第 3 検査画像と、

前記第 1 色成分のスペクトル強度及び前記第 3 色成分のスペクトル強度が、それぞれ前記第 2 検査画像の該第 1 色成分のスペクトル強度及び該第 3 色成分のスペクトル強度と同じである第 4 検査画像と、を含み、

前記所定の検査条件は、

前記第 1 検査画像の前記第 1 色成分のスペクトル強度を、前記第 3 検査画像の該第 1 色成分のスペクトル強度と同じスペクトル強度を持っている状態から変化させた場合に、前記被検者が該第 1 検査画像の色と該第 3 検査画像の色の差異を識別不可能な状態から識別可能な状態に変わる条件と、

10

前記第 2 検査画像の前記第 2 色成分のスペクトル強度を、前記第 4 検査画像の該第 2 色成分のスペクトル強度と同じスペクトル強度を持っている状態から変化させた場合に、前記被検者が該第 2 検査画像の色と該第 4 検査画像の色の差異を識別不可能な状態から識別可能な状態に変わる条件と、を含む、

請求項 1 に記載の光学素子作製方法。

【請求項 3】

前記光学要素は、

透過する光のうち前記第 1 色成分の波長帯域の光強度を、前記所定の検査条件を満たす前記第 1 検査画像の前記第 1 色成分のスペクトル強度の変化量の所定倍に調整し、

透過する光のうち前記第 2 色成分の波長帯域の光強度を、前記所定の検査条件を満たす前記第 2 検査画像の前記第 2 色成分のスペクトル強度の変化量の所定倍に調整する、

20

請求項 2 に記載の光学素子作製方法。

【請求項 4】

前記所定の検査条件は、

前記複数の検査画像の前記第 1 色成分のスペクトル強度を同じ割合で変化させると共に、該複数の検査画像の前記第 2 色成分のスペクトル強度を同じ割合で変化させた場合に、該複数の検査画像の色の差異について最も高い視認性を与える条件である、

請求項 1 に記載の光学素子作製方法。

【請求項 5】

30

前記光学要素は、

透過する光のうち前記第 1 色成分の波長帯域の光強度を、前記所定の検査条件を満たす前記第 1 検査画像の前記第 1 色成分のスペクトル強度の所定倍に調整し、

透過する光のうち前記第 2 色成分の波長帯域の光強度を、前記所定の検査条件を満たす前記第 2 検査画像の前記第 2 色成分のスペクトル強度の所定倍に調整する、

請求項 4 に記載の光学素子作製方法。

【請求項 6】

互いに異なる色を有し、互いの前記第 3 色成分のスペクトル強度が略同じである第 1 比較画像及び第 2 比較画像を取得する工程と、

前記第 1 比較画像の前記第 3 色成分のスペクトル強度と、前記第 2 比較画像の前記第 3 色成分のスペクトル強度を、同時に変化させる工程と、

40

前記被検者が前記第 1 比較画像と前記第 2 比較画像を見たときに、所定の比較条件を満たす前記第 3 色成分のスペクトル強度 B_m を取得する工程と、を更に含み、

前記光学素子を作製する工程において、

前記スペクトル強度 B_m に基づいて、透過する光のうち前記第 3 色成分の波長帯域の光強度を調整する第 3 色成分用光学要素を備える前記光学素子が作製される、

請求項 1 から請求項 5 の何れか一項に記載の光学素子作製方法。

【請求項 7】

前記第 1 比較画像及び前記第 2 比較画像の変更可能な前記第 3 色成分のスペクトル強度の最大値 B_{max} を取得する工程を更に含み、

50

前記第 3 色成分用光学要素は、

透過する光のうち前記第 3 色成分の波長帯域の光強度を B_m / B_{max} に調整する、
請求項 6 に記載の光学素子作製方法。

【請求項 8】

前記所定の比較条件は、前記第 1 比較画像の色と前記第 2 比較画像の色の差異について最も高い視認性を与える条件である、

請求項 6 又は請求項 7 に記載の光学素子作製方法。

【請求項 9】

前記第 1 比較画像の前記第 3 色成分のスペクトル強度と前記第 2 比較画像の前記第 3 色成分のスペクトル強度を前記スペクトル強度 B_m に固定し、該第 1 比較画像の前記第 1 色成分のスペクトル強度及び該第 2 比較画像の前記第 2 色成分のスペクトル強度を、略同じ値を維持した状態で変化させる工程と、

前記被検者が前記第 1 比較画像と前記第 2 比較画像を見たときに前記所定の比較条件を満たす、該第 1 比較画像の前記第 1 色成分のスペクトル強度 R_c 及び該第 2 比較画像の前記第 2 色成分のスペクトル強度 G_c を取得する工程と、
を更に含み、

前記光学要素は、前記スペクトル強度 R_c と前記スペクトル強度 G_c の少なくとも一方に基づいて、透過する光のうち前記第 1 色成分の波長帯域の光強度及び前記第 2 色成分の波長帯域の光強度を調整する、

請求項 6 から請求項 8 の何れか一項に記載の光学素子作製方法。

【請求項 10】

第 1 色成分のスペクトル強度、該第 1 色成分の波長帯域よりも短い波長帯域の第 2 色成分のスペクトル強度、該第 2 色成分の波長帯域よりも短い波長帯域の第 3 色成分のスペクトル強度を個別に変更可能な複数の検査画像を取得し、

前記複数の検査画像のうち少なくとも第 1 検査画像について、前記第 3 色成分のスペクトル強度を変化させずに、前記第 1 色成分のスペクトル強度を変化させ、

前記複数の検査画像のうち少なくとも前記第 1 検査画像とは異なる第 2 検査画像について、前記第 3 色成分のスペクトル強度を変化させずに、前記第 2 色成分のスペクトル強度を変化させ、

被検者が前記第 1 及び第 2 検査画像を見たときに、所定の検査条件を満たす前記第 1 色成分のスペクトル強度をスペクトル強度 R_s 、前記第 2 色成分のスペクトル強度をスペクトル強度 G_s とした場合、前記スペクトル強度 R_s 及び前記スペクトル強度 G_s に基づいて、透過する光のうち前記第 1 色成分の光強度及び前記第 2 色成分の光強度を調整する光学要素を備える、
光学素子。

【請求項 11】

前記複数の検査画像は、

前記第 2 色成分のスペクトル強度及び前記第 3 色成分のスペクトル強度が、それぞれ前記第 1 検査画像の該第 2 色成分のスペクトル強度及び該第 3 色成分のスペクトル強度と同じである第 3 検査画像と、

前記第 1 色成分のスペクトル強度及び前記第 3 色成分のスペクトル強度が、それぞれ前記第 2 検査画像の該第 1 色成分のスペクトル強度及び該第 3 色成分のスペクトル強度と同じである第 4 検査画像と、を含み、

前記所定の検査条件は、

前記第 1 検査画像の前記第 1 色成分のスペクトル強度を、前記第 3 検査画像の該第 1 色成分のスペクトル強度と同じスペクトル強度を持っている状態から変化させた場合に、前記被検者が該第 1 検査画像の色と該第 3 検査画像の色の差異を識別不可能な状態から識別可能な状態に変わる条件と、

前記第 2 検査画像の前記第 2 色成分のスペクトル強度を、前記第 4 検査画像の該第 2 色成分のスペクトル強度と同じ強度を持っている状態から変化させた場合に、前記被検者

10

20

30

40

50

が該第2検査画像の色と該第4検査画像の色の差異を識別不可能な状態から識別可能な状態に変わる条件と、を含む、
請求項10に記載の光学素子。

【請求項12】

前記光学要素は、

透過する光のうち前記第1色成分の波長帯域の光強度を、前記所定の検査条件を満たす前記第1検査画像の前記第1色成分のスペクトル強度の変化量の所定倍に調整し、

透過する光のうち前記第2色成分の波長帯域の光強度を、前記所定の検査条件を満たす前記第2検査画像の前記第2色成分のスペクトル強度の変化量の所定倍に調整する、
請求項11に記載の光学素子。

10

【請求項13】

前記所定の検査条件は、

前記複数の検査画像の前記第1色成分のスペクトル強度を同じ割合で変化させると共に、該複数の検査画像の前記第2色成分のスペクトル強度を同じ割合で変化させた場合に、該複数の検査画像の色の差異について最も高い視認性を与える条件である、
請求項10に記載の光学素子。

【請求項14】

前記光学要素は、

透過する光のうち前記第1色成分の波長帯域の光強度を、前記所定の検査条件を満たす前記第1検査画像の前記第1色成分のスペクトル強度の所定倍に調整し、

透過する光のうち前記第2色成分の波長帯域の光強度を、前記所定の検査条件を満たす前記第2検査画像の前記第2色成分のスペクトル強度の所定倍に調整する、
請求項13に記載の光学素子。

20

【請求項15】

互いに異なる色を有し、互いの前記第3色成分のスペクトル強度が略同じである第1比較画像及び第2比較画像を取得し、

前記第1比較画像の前記第3色成分のスペクトル強度と、前記第2比較画像の前記第3色成分のスペクトル強度を、同時に変化させ、

前記被検者が前記第1比較画像と前記第2比較画像を見たときに、所定の比較条件を満たす前記第3色成分のスペクトル強度をスペクトル強度 B_m とした場合、

30

前記スペクトル強度 B_m に基づいて、透過する光のうち前記第3色成分の波長帯域の光強度を調整する第3色成分用光学要素を更に備える、
請求項10から請求項14の何れか一項に記載の光学素子。

【請求項16】

前記第1比較画像及び前記第2比較画像の変更可能な前記第3色成分のスペクトル強度の最大値をスペクトル強度 B_{max} とした場合、

前記第3色成分用光学要素は、

透過する光のうち前記第3色成分の波長帯域の光強度を B_m/B_{max} に調整する、
請求項15に記載の光学素子。

40

【請求項17】

前記所定の比較条件は、前記第1比較画像の色と前記第2比較画像の色の差異について最も高い視認性を与える条件である、
請求項15又は請求項16に記載の光学素子。

【請求項18】

前記第1比較画像の前記第3色成分のスペクトル強度と前記第2比較画像の前記第3色成分のスペクトル強度を前記スペクトル強度 B_m に固定し、該第1比較画像の前記第1色成分のスペクトル強度及び該第2比較画像の前記第2色成分のスペクトル強度を、略同じ値を維持した状態で変化させ、

前記被検者が前記第1比較画像と前記第2比較画像を見たときに前記所定の比較条件を

50

満たす、該第1比較画像の前記第1色成分のスペクトル強度 R_c 及び該第2比較画像の前記第2色成分のスペクトル強度をスペクトル強度 G_c とした場合、前記光学要素は、前記スペクトル強度 R_c と前記スペクトル強度 G_c の少なくとも一方に基づいて、透過する光のうち前記第1色成分の波長帯域の光強度及び前記第2色成分の波長帯域の光強度を調整する、

請求項15から請求項17の何れか一項に記載の光学素子。

【請求項19】

第1色成分のスペクトル強度、該第1色成分の波長帯域よりも短い波長帯域の第2色成分のスペクトル強度、該第2色成分の波長帯域よりも短い波長帯域の第3色成分のスペクトル強度を個別に変更可能な複数の検査画像を取得する工程と、

10

前記複数の検査画像のうち少なくとも第1検査画像について、前記第3色成分のスペクトル強度を変化させずに、前記第1色成分のスペクトル強度を変化させる工程と、

前記複数の検査画像のうち少なくとも前記第1検査画像とは異なる第2検査画像について、前記第3色成分のスペクトル強度を変化させずに、前記第2色成分のスペクトル強度を変化させる工程と、

被検者が前記第1及び第2検査画像を見たときに、所定の検査条件を満たす前記第1色成分のスペクトル強度 R_s と前記第2色成分のスペクトル強度 G_s を取得する工程と、

画像信号に基づく画像を表示する工程と、

前記スペクトル強度 R_s 及び前記スペクトル強度 G_s に基づいて、前記画像信号に基づく画像の前記第1色成分におけるスペクトル強度と前記第2色成分におけるスペクトル強度の少なくとも一方を調整する工程と、

20

を含む方法をコンピュータに実行させるための色調整プログラム。

【請求項20】

前記複数の検査画像は、

前記第2色成分のスペクトル強度及び前記第3色成分のスペクトル強度が、それぞれ前記第1検査画像の該第2色成分のスペクトル強度及び該第3色成分のスペクトル強度と同じである第3検査画像と、

前記第1色成分のスペクトル強度及び前記第3色成分のスペクトル強度が、それぞれ前記第2検査画像の該第1色成分のスペクトル強度及び該第3色成分のスペクトル強度と同じである第4検査画像と、を含み、

30

前記所定の検査条件は、

前記第1検査画像の前記第1色成分のスペクトル強度を、前記第3検査画像の該第1色成分のスペクトル強度と同じスペクトル強度を持っている状態から変化させた場合に、前記被検者が該第1検査画像の色と該第3検査画像の色の差異を識別不可能な状態から識別可能な状態に変わる条件と、

前記第2検査画像の前記第2色成分のスペクトル強度を、前記第4検査画像の該第2色成分のスペクトル強度と同じスペクトル強度を持っている状態から変化させた場合に、前記被検者が該第2検査画像の色と該第4検査画像の色の差異を識別不可能な状態から識別可能な状態に変わる条件と、を含む、

請求項19に記載の色調整プログラム。

40

【請求項21】

前記画像信号に基づく画像のスペクトル強度を調整する工程において、

前記画像の前記第1色成分のスペクトル強度が、調整前のスペクトル強度に対して、前記所定の検査条件を満たす前記第1検査画像の前記第1色成分のスペクトル強度の変化量の所定倍に調整され、

前記画像の前記第2色成分のスペクトル強度が、調整前のスペクトル強度に対して、前記所定の検査条件を満たす前記第2検査画像の前記第2色成分のスペクトル強度の変化量の前記所定倍に調整される、

請求項20に記載の色調整プログラム。

【請求項22】

50

前記所定の検査条件は、

前記複数の検査画像の前記第1色成分のスペクトル強度を同じ割合で変化させると共に、該複数の検査画像の前記第2色成分のスペクトル強度を同じ割合で変化させた場合に、該複数の検査画像の色の差異について最も高い視認性を与える条件である、請求項19に記載の色調整プログラム。

【請求項23】

前記画像信号に基づく画像のスペクトル強度を調整する工程において、

前記画像の前記第1色成分のスペクトル強度が、調整前のスペクトル強度に対して、前記所定の検査条件を満たす前記第1検査画像の前記第1色成分のスペクトル強度の所定倍に調整され、

10

前記画像の前記第2色成分のスペクトル強度が、調整前のスペクトル強度に対して、前記所定の検査条件を満たす前記第2検査画像の前記第2色成分のスペクトル強度の前記所定倍に調整される、

請求項22に記載の色調整プログラム。

【請求項24】

互いに異なる色を有し、互いの前記第3色成分のスペクトル強度が略同じである第1比較画像及び第2比較画像を取得する工程と、

前記第1比較画像の前記第3色成分のスペクトル強度と、前記第2比較画像の前記第3色成分のスペクトル強度を、同時に変化させる工程と、

前記被検者が前記第1比較画像と前記第2比較画像を見たときに、所定の比較条件を満たす前記第3色成分のスペクトル強度 B_m を取得する工程と、を更に含み、

20

前記画像信号に基づく画像のスペクトル強度を調整する工程において、

前記スペクトル強度 B_m に基づいて、前記画像信号に基づく画像の前記第3色成分のスペクトル強度が調整される、

請求項19から請求項23の何れか一項に記載の色調整プログラム。

【請求項25】

前記第1比較画像及び前記第2比較画像の変更可能な前記第3色成分のスペクトル強度の最大値 B_{max} を取得する工程を更に含み、

前記画像信号に基づく画像のスペクトル強度を調整する工程において、

前記画像の前記第3色成分におけるスペクトル強度が、調整前のスペクトル強度に対して、 B_m / B_{max} に調整される、

30

請求項24に記載の色調整プログラム。

【請求項26】

前記所定の比較条件は、前記第1比較画像の色と前記第2比較画像の色の差異について最も高い視認性を与える条件である、

請求項24又は請求項25に記載の色調整プログラム。

【請求項27】

前記第1比較画像の前記第3色成分のスペクトル強度と前記第2比較画像の前記第3色成分のスペクトル強度を前記スペクトル強度 B_m に固定し、該第1比較画像の前記第1色成分のスペクトル強度及び該第2比較画像の前記第2色成分のスペクトル強度を、略同じ値を維持した状態で変化させる工程と、

40

前記被検者が前記第1比較画像と前記第2比較画像を見たときに前記所定の比較条件を満たす、該第1比較画像の前記第1色成分のスペクトル強度 R_c 及び該第2比較画像の前記第2色成分のスペクトル強度 G_c を取得する工程と、を更に含み、

前記画像信号に基づく画像のスペクトル強度を調整する工程において、

前記スペクトル強度 R_c と前記スペクトル強度 G_c の少なくとも一方に基づいて、前記画像の前記第1色成分のスペクトル強度及び前記第2色成分のスペクトル強度が調整される、

請求項24から請求項26の何れか一項に記載の色調整プログラム。

50

【請求項 28】

第1色成分のスペクトル強度、該第1色成分の波長帯域よりも短い波長帯域の第2色成分のスペクトル強度、該第2色成分の波長帯域よりも短い波長帯域の第3色成分のスペクトル強度を個別に変更可能な複数の検査画像を取得する検査画像設定部と、

前記複数の検査画像のうち少なくとも第1検査画像について、前記第3色成分のスペクトル強度を変化させずに、前記第1色成分のスペクトル強度を変化させ、該複数の検査画像のうち少なくとも前記第1検査画像とは異なる第2検査画像について、前記第3色成分のスペクトル強度を変化させずに、前記第2色成分のスペクトル強度を変化させるスペクトル強度変更部と、

被検者が前記第1及び第2検査画像を見たときに、所定の検査条件を満たす前記第1色成分のスペクトル強度 R_s と前記第2色成分のスペクトル強度 G_s を取得するスペクトル強度取得部と、

画像信号に基づく画像を表示する画像表示部と、

前記スペクトル強度 R_s 及び前記スペクトル強度 G_s に基づいて、前記画像信号に基づく画像の前記第1色成分におけるスペクトル強度と前記第2色成分におけるスペクトル強度の少なくとも一方を調整するスペクトル強度調整部と、
を備える色調整装置。

【請求項 29】

前記複数の検査画像は、

前記第2色成分のスペクトル強度及び前記第3色成分のスペクトル強度が、それぞれ前記第1検査画像の該第2色成分のスペクトル強度及び該第3色成分のスペクトル強度と同じである第3検査画像と、

前記第1色成分のスペクトル強度及び前記第3色成分のスペクトル強度が、それぞれ前記第2検査画像の該第1色成分のスペクトル強度及び該第3色成分のスペクトル強度と同じである第4検査画像と、を含み、

前記所定の検査条件は、

前記第1検査画像の前記第1色成分のスペクトル強度を、前記第3検査画像の該第1色成分のスペクトル強度と同じスペクトル強度を持っている状態から変化させた場合に、前記被検者が該第1検査画像の色と該第3検査画像の色の差異を識別不可能な状態から識別可能な状態に変わる条件と、

前記第2検査画像の前記第2色成分のスペクトル強度を、前記第4検査画像の該第2色成分のスペクトル強度と同じスペクトル強度を持っている状態から変化させた場合に、前記被検者が該第2検査画像の色と該第4検査画像の色の差異を識別不可能な状態から識別可能な状態に変わる条件と、を含む、
請求項 28 に記載の色調整装置。

【請求項 30】

前記スペクトル強度調整部は、

前記画像の前記第1色成分のスペクトル強度を、調整前のスペクトル強度に対して、前記所定の検査条件を満たす前記第1検査画像の前記第1色成分のスペクトル強度の変化量の所定倍に調整し、

前記画像の前記第2色成分のスペクトル強度を、調整前のスペクトル強度に対して、前記所定の検査条件を満たす前記第2検査画像の前記第2色成分のスペクトル強度の変化量の前記所定倍に調整する、
請求項 29 に記載の色調整装置。

【請求項 31】

前記所定の検査条件は、

前記複数の検査画像の前記第1色成分のスペクトル強度を同じ割合で変化させると共に、該複数の検査画像の前記第2色成分のスペクトル強度を同じ割合で変化させた場合に、該複数の検査画像の色の差異について最も高い視認性を与える条件である、
請求項 28 に記載の色調整装置。

【請求項 3 2】

前記スペクトル強度調整部は、

前記画像の前記第 1 色成分におけるスペクトル強度を、調整前のスペクトル強度に対して、前記所定の検査条件を満たす前記第 1 検査画像の前記第 1 色成分のスペクトル強度の所定倍に調整し、

前記画像の前記第 2 色成分におけるスペクトル強度を、調整前のスペクトル強度に対して、前記所定の検査条件を満たす前記第 2 検査画像の前記第 2 色成分のスペクトル強度の前記所定倍に調整する、

請求項 3 1 に記載の色調整装置。

【請求項 3 3】

10

互いに異なる色を有し、互いの前記第 3 色成分のスペクトル強度が略同じである第 1 比較画像及び第 2 比較画像を設定する比較画像設定部を更に備え、

前記スペクトル強度変更部は、

前記第 1 比較画像の前記第 3 色成分のスペクトル強度と、前記第 2 比較画像の前記第 3 色成分のスペクトル強度を、同時に変化させ、

前記スペクトル強度取得部は、

前記被検者が前記第 1 比較画像と前記第 2 比較画像を見たときに、所定の比較条件を満たす前記第 3 色成分のスペクトル強度 B_m を取得し、

前記スペクトル強度調整部は、

前記スペクトル強度 B_m に基づいて、前記画像信号に基づく画像の前記第 3 色成分のスペクトル強度を調整する、

20

請求項 2 8 から請求項 3 2 の何れか一項に記載の色調整装置。

【請求項 3 4】

前記第 1 比較画像及び前記第 2 比較画像の変更可能な前記第 3 色成分のスペクトル強度の最大値 B_{max} を取得する最大値取得部を更に備え、

前記スペクトル強度調整部は、

前記画像の前記第 3 色成分のスペクトル強度を、調整前のスペクトル強度に対して、 B_m / B_{max} に調整する、

請求項 3 3 に記載の色調整装置。

【請求項 3 5】

30

前記所定の比較条件は、前記第 1 比較画像の色と前記第 2 比較画像の色の差異について最も高い視認性を与える条件である、

請求項 3 3 又は請求項 3 4 に記載の色調整装置。

【請求項 3 6】

前記スペクトル強度変更部は、前記第 1 比較画像の前記第 3 色成分のスペクトル強度と前記第 2 比較画像の前記第 3 色成分のスペクトル強度を前記スペクトル強度 B_m に固定し、該第 1 比較画像の前記第 1 色成分のスペクトル強度及び該第 2 比較画像の前記第 2 色成分のスペクトル強度を、略同じ値を維持した状態で変化させ、

前記スペクトル強度取得部は、前記被検者が前記第 1 比較画像と前記第 2 比較画像を見たときに前記所定の比較条件を満たす、該第 1 比較画像の前記第 1 色成分のスペクトル強度 R_c 及び該第 2 比較画像の前記第 2 色成分のスペクトル強度 G_c を取得し、

40

前記スペクトル強度調整部は、前記スペクトル強度 R_c と前記スペクトル強度 G_c の少なくとも一方に基づいて、画像の前記第 1 色成分のスペクトル強度及び前記第 2 色成分のスペクトル強度を調整する、

請求項 3 3 から請求項 3 5 の何れか一項に記載の色調整装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

50

本発明は、光学素子作製方法及び光学素子、並びに、色調整プログラム及び色調整装置に関する。

【背景技術】

【0002】

人の視覚に関する障害として、色覚異常が知られている。色覚異常には、例えば、特定の波長帯域の光に対する感度が低い色盲、色弱や、光をまぶしく感じる光過敏症が含まれる。これらの色覚異常は、患者の網膜上の3つの錐体細胞（S錐体細胞、M錐体細胞、L錐体細胞）の感度が、健常者と比較して高い又は低いことによって発生する。S錐体細胞、M錐体細胞、L錐体細胞は、それぞれ青、緑、赤の光に対して反応する細胞である。色覚異常を矯正する方法として、光の透過特性が患者に合わせて調整された光学素子（カラーレンズ）を使用する方法が知られている。患者は、特性が調整されたカラーレンズを有する眼鏡をかけることにより、色覚異常を矯正することができる。

10

【0003】

患者に合わせたカラーレンズを作成するためには、患者の青、緑、赤の3つの光に対する色覚特性（感度）を検査する必要がある。しかし、3つの光の感度の組み合わせは無数にあるため、色覚特性の検査は、検査をする者と患者の両方にとって負荷が大きかった。

【0004】

患者に合わせたカラーレンズを作製する方法は従来から知られている。例えば、特開平6-18819号公報（以下、「特許文献1」と記す。）に、患者の色覚特性を分類する眼鏡の作製方法が記載されている。特許文献1に記載の眼鏡の作製方法では、複数の患者の色覚特性の検査結果に基づいて、色覚特性が32種に分類されている。特許文献1では、患者の色覚特性が、32種の色覚特性の何れに該当するかが検査される。検査結果に基づいてカラーレンズの特性を決定することにより、患者の色覚異常が矯正される。

20

【0005】

また、特開2000-116601号公報（以下、「特許文献2」と記す。）には、色覚特性の検査方法が記載されている。特許文献2では、色覚異常の検査画像がモニタに表示される。検査画像は、カラーレンズの特性に応じたフィルタ処理が施されている。患者が、モニタに表示される複数の検査画像の中から、検査画像内の文字を判別できるものを選択することにより、患者の色覚特性が判定される。

【0006】

また、特開2013-70774号公報（以下、「特許文献3」と記す。）には、LED（Light Emitting Diode）を用いた色覚特性の検査方法が記載されている。特許文献3では、基準となる白色LED光源と、赤、青、緑の光の光強度を個別に変更可能な比較用のLED光源が並べて配置される。患者が白色LED光源から射出された光と比較用のLED光源から射出された光が同じ色に見えるときの、赤、青、緑の光強度に基づいて、患者の色覚特性が判定される。

30

【発明の概要】

【0007】

特許文献1及び特許文献2に記載の色覚検査方法では、患者の色覚特性が予め定められた分類の何れに該当するかが判定される。そのため、予め定められた分類に該当しない色覚特性を有する患者や、複数の分類の中間の色覚特性を有する患者に対しては、正確な検査結果が得られないという問題がある。また、特許文献3に記載の色覚検査方法では、LED光源の赤、青、緑の3つの光の強度を3次元的に変更させる必要がある。そのため、検査時間が長くなり、検査の被検者にかかる負荷が大きくなるという問題がある。

40

【0008】

本発明は上記の事情に鑑みてなされたものであり、その目的とするところは、被検者への負荷が少なく、被検者の色覚特性に合わせた色調整が可能な光学素子作製方法及び光学素子、並びに、色調整プログラム及び色調整装置を提供することである。

【0009】

本発明の一実施形態に係る光学素子作製方法は、第1色成分のスペクトル強度、第1色

50

成分の波長帯域よりも短い波長帯域の第2色成分のスペクトル強度、第2色成分の波長帯域よりも短い波長帯域の第3色成分のスペクトル強度を個別に変更可能な複数の検査画像を取得する工程と、複数の検査画像のうち少なくとも第1検査画像について、第3色成分のスペクトル強度を変化させずに、第1色成分のスペクトル強度を変化させる工程と、複数の検査画像のうち少なくとも第1検査画像とは異なる第2検査画像について、第3色成分のスペクトル強度を変化させずに、第2色成分のスペクトル強度を変化させる工程と、被検者が第1及び第2検査画像を見たときに、所定の検査条件を満たす第1色成分のスペクトル強度 R_s と第2色成分のスペクトル強度 G_s を取得する工程と、スペクトル強度 R_s 及びスペクトル強度 G_s に基づいて、透過する光のうち第1色成分の光強度及び第2色成分の光強度を調整する光学要素を備える光学素子を作製する工程と、を含む。

10

【0010】

本発明の一実施形態に係る光学素子は、第1色成分のスペクトル強度、第1色成分の波長帯域よりも短い波長帯域の第2色成分のスペクトル強度、第2色成分の波長帯域よりも短い波長帯域の第3色成分のスペクトル強度を個別に変更可能な複数の検査画像を取得し、複数の検査画像のうち少なくとも第1検査画像について、第3色成分のスペクトル強度を変化させずに、第1色成分のスペクトル強度を変化させ、複数の検査画像のうち少なくとも第1検査画像とは異なる前記第2検査画像について、第3色成分のスペクトル強度を変化させずに、第2色成分のスペクトル強度を変化させ、被検者が第1及び第2検査画像を見たときに、所定の検査条件を満たす第1色成分のスペクトル強度をスペクトル強度 R_s 、第2色成分のスペクトル強度をスペクトル強度 G_s とした場合、スペクトル強度 R_s 及びスペクトル強度 G_s に基づいて、透過する光のうち第1色成分の光強度及び第2色成分の光強度を調整する光学要素を備える。

20

【0011】

本発明の一実施形態に係る色調整プログラムは、第1色成分のスペクトル強度、第1色成分の波長帯域よりも短い波長帯域の第2色成分のスペクトル強度、第2色成分の波長帯域よりも短い波長帯域の第3色成分のスペクトル強度を個別に変更可能な複数の検査画像を取得する工程と、複数の検査画像のうち少なくとも第1検査画像について、第3色成分のスペクトル強度を変化させずに、第1色成分のスペクトル強度を変化させる工程と、複数の検査画像のうち少なくとも第1検査画像とは異なる第2検査画像について、第3色成分のスペクトル強度を変化させずに、第2色成分のスペクトル強度を変化させる工程と、被検者が第1及び第2検査画像を見たときに、所定の検査条件を満たす第1色成分のスペクトル強度 R_s と第2色成分のスペクトル強度 G_s を取得する工程と、画像信号に基づく画像を表示する工程と、スペクトル強度 R_s 及びスペクトル強度 G_s に基づいて、画像信号に基づく画像の第1色成分におけるスペクトル強度と第2色成分におけるスペクトル強度の少なくとも一方を調整する工程と、を含む。

30

【0012】

本発明の一実施形態に係る色調整装置は、第1色成分のスペクトル強度、第1色成分の波長帯域よりも短い波長帯域の第2色成分のスペクトル強度、第2色成分の波長帯域よりも短い波長帯域の第3色成分のスペクトル強度を個別に変更可能な複数の検査画像を取得する検査画像設定部と、複数の検査画像のうち少なくとも第1検査画像について、第3色成分のスペクトル強度を変化させずに、第1色成分のスペクトル強度を変化させ、複数の検査画像のうち少なくとも第1検査画像とは異なる第2検査画像について、第3色成分のスペクトル強度を変化させずに、第2色成分のスペクトル強度を変化させるスペクトル強度変更部と、被検者が第1及び第2検査画像を見たときに、所定の検査条件を満たす第1色成分のスペクトル強度 R_s と第2色成分のスペクトル強度 G_s を取得するスペクトル強度取得部と、画像信号に基づく画像を表示する画像表示部と、スペクトル強度 R_s 及びスペクトル強度 G_s に基づいて、画像信号に基づく画像の第1色成分におけるスペクトル強度と第2色成分におけるスペクトル強度の少なくとも一方を調整するスペクトル強度調整部と、を備える。

40

【0013】

50

本発明の実施形態によれば、被検者への負荷が少なく、被検者の色覚特性に合わせた色調整が可能な光学素子作製方法及び光学素子、並びに、色調整プログラム及び色調整装置が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】図1は、本発明の実施形態にかかる色調整装置の概略図である。

【図2】図2は、本発明の実施形態にかかる色調整装置の概略図である。

【図3】図3は、本発明の実施形態にかかる色調整方法のフローチャートである。

【図4】図4は、本発明の実施形態にかかる被検者の青色の光に対する色覚の検査方法のフローチャートである。

10

【図5】図5は、本発明の実施形態にかかる比較画像を示す図である。

【図6】図6は、本発明の実施形態にかかる被検者の赤色及び緑色の光に対する色覚の検査方法のフローチャートである。

【図7】図7は、本発明の実施形態にかかる検査画像を示す図である。

【図8】図8は、本発明の実施形態にかかる検査画像の赤色成分の変更範囲を示す図である。

【図9】図9は、本発明の実施形態にかかる検査画像を示す図である。

【図10】図10は、本発明の実施形態にかかる検査画像の緑色成分の変更範囲を示す図である。

【図11】図11は、本発明の実施形態の変形例にかかる被検者の赤色及び緑色の光に対する色覚の検査方法のフローチャートである。

20

【図12】図12は、本発明の実施形態の変形例にかかる検査画像セットを示す図である。

【図13】図13は、本発明の実施形態の変形例にかかる検査画像セットを示す図である。

【図14】図14は、本発明の実施形態の変形例にかかる被検者の赤色及び緑色の光に対する色覚の検査方法のフローチャートである。

【図15】図15は、本発明の実施形態の変形例にかかる検査画像セットを示す図である。

【図16】図16は、本発明の実施形態にかかる光学素子の断面図を示す。

30

【図17】図17は、本発明の実施形態にかかる光学素子の断面図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

【0016】

[色調整装置]

図1は、本発明の一実施形態における色調整プログラムを実行するための色調整装置1の概略図を示す。色調整プログラムは、被検者300が使用するモニタ等の画面の色を、被検者300の色覚特性に応じて調整するためのプログラムである。図1に示すように、色調整装置1は、表示装置100及びコントローラ200を備える。

40

【0017】

コントローラ200は、例えば、パソコンや携帯端末機器等の情報処理装置である。コントローラ200は、CPU (Central Processing Unit) 201、RAM (Random Access Memory) 202及びROM 203 (Read Only Memory) を備えている。CPU 201は、ROM 203に記憶されるプログラム204を実行する。RAM 202は、CPU 201がプログラム204を実行する際に、一時的なデータの記憶領域として使用される。プログラム204は、色調整装置1を制御するためのアプリケーションや、OS (Operating System) 等を含んでいる。また、コントローラ200は、表示装置100に画像信号を出力する。

【0018】

50

表示装置１００は、例えば、液晶ディスプレイ又はＣＲＴ（Cathode Ray Tube）ディスプレイである。表示装置１００には、コントローラ２００から出力された画像信号に基づく画像が表示される。

【００１９】

また、表示装置１００は、変調された光を投射するプロジェクタであってもよい。図２は、表示装置１００にプロジェクタを使用する場合の色調整装置１の概略図である。この場合、プロジェクタによって、画像信号に基づく画像がスクリーン４００に投射される。

【００２０】

[色調整方法]

次に、色調整装置１を用いた色調整方法について詳細に説明する。

10

【００２１】

本実施形態における色調整方法では、表示装置１００に表示される画像の色が調整される。人は、網膜上の複数の錐体細胞によって色を感じている。錐体細胞には、Ｌ錐体細胞、Ｍ錐体細胞、Ｓ錐体細胞が含まれる。Ｌ錐体細胞は、赤色の光に対して比較的高い感度を有する。Ｍ錐体細胞は、赤色の波長帯域よりも短い波長帯域の緑色の光に対して比較的高い感度を有する。Ｓ錐体細胞は、緑色の波長帯域よりも短い波長帯域の青色の光に対して比較的高い感度を有する。これらの錐体細胞の感度の波長依存性により、人の色覚には波長依存性が生じる。また、各錐体細胞の感度には個人差がある。これにより、人の色覚には個人差が生じる。

【００２２】

20

本実施形態の色調整方法では、色覚の波長依存性や個人差に基づいて表示装置１００に表示される画像の色が調整される。具体的には、表示装置１００に表示される画像の赤色成分のスペクトル強度、緑色成分のスペクトル強度、青色成分のスペクトル強度が調整される。これにより、表示装置１００を使用する人によって、見易い、或いは、色の違いを識別し易い画像を表示装置１００に表示させることができる。

【００２３】

図３は、本実施形態における色調整方法のフローチャートを示す。図３のフローチャートに示される色調整方法は、ＣＰＵ２０１がプログラム２０４を実行することによって開始される。

【００２４】

30

処理ステップＳ１００では、主に、被検者３００の青色の光に対する色覚が検査される。処理ステップＳ２００では、被検者３００の赤色と緑色の光に対する色覚が検査される。処理ステップＳ３００では、被検者３００の色覚に基づいて、モニタに表示される画像の色が調整される。以下では、各処理ステップＳ１００、Ｓ２００、Ｓ３００について詳細に説明する。

【００２５】

[処理ステップＳ１００]

図４は、処理ステップＳ１００の詳細を示すフローチャートである。処理ステップＳ１００では、光過敏症（又は、アーレンシンドローム）を有する被検者３００の色覚が検査される。アーレンシンドロームは、青色の光に対するＳ錐体細胞の感度が異常に高いことが原因と考えられている。そのため、処理ステップＳ１００では、被検者３００の青色の光に対する色覚、及び、青色の光に対する色覚と青以外の色の光に対する色覚の差（又は比）が検査される。なお、被検者３００がアーレンシンドロームを有していない場合は、後述するように処理ステップＳ１００は省略されてもよい。

40

【００２６】

[図４の処理ステップＳ１０１]

処理ステップＳ１０１では、２つの比較画像１０Ａ及び１０Ｂが表示装置１００に表示される。各比較画像１０Ａ及び１０Ｂは互いに異なる色を有している。図５は、表示装置１００に表示される比較画像１０Ａ及び１０Ｂの一例を示す図である。この例では、矩形形状の比較画像１０Ｂ内に、円形状の比較画像１０Ａが表示される。なお、比較画像１０Ａ

50

及び10Bは、2つの画像を同時に視認できるように近接して表示されていればよく、その大きさや形状は、図5に示す例に限定されない。例えば、比較画像10Aは、円形状ではなく、数字やアルファベット等の文字を表してもよい。或いは、比較画像10A及び10Bは何れも矩形形状を有しており、並んで表示されていてもよい。

【0027】

各比較画像10A及び10Bの色は、RGB色空間における色成分(R、G、B)で表される。ここで、Rは画像の赤色成分のスペクトル強度を示し、Gは画像の緑色成分のスペクトル強度を示し、Bは画像の青色成分のスペクトル強度を示す。比較画像10Aの色成分は(R1、0、B1)であり、比較画像10Bの色成分は(0、G1、B1)である。すなわち、比較画像10Aの青色成分と比較画像10Bの青色成分は同じ大きさ(スペクトル強度)である。また、比較画像10Aの赤色成分R1と、比較画像10Bの緑色成分G1は、同じ大きさであることが望ましい。

10

【0028】

また、各比較画像10A及び10Bの各色成分の大きさは、個別に変更可能である。例えば、各比較画像の各色成分が8ビット(256階調)のR画像信号、G画像信号、B画像信号で表されている場合、各比較画像の各色成分の大きさは0から255の間で変更可能である。

【0029】

[図4の処理ステップS102]

処理ステップS102では、処理ステップS101で表示された比較画像10A及び10Bを用いて、被検者300にとって最適な青色成分の大きさが検査される。詳しくは、被検者300が表示装置100に表示されている比較画像10A及び10Bを見ている状態で、検査員は、比較画像10Aの青色成分B1と比較画像10Bの青色成分B1を、等しい大きさに維持したまま変更する。この時、比較画像10Aの赤色成分R1及び比較画像10Bの緑色成分G1は、例えば、設定可能な値の約中央の値(8ビットの場合、128付近)に固定されている。そして、被検者300が比較画像10Aと比較画像10Bの色の違いを最も明瞭に認識(視認)可能な青色成分Bmが測定される。

20

【0030】

被検者300の色覚の特性や、被検者300の明瞭さの判断基準によっては、比較画像10Aと比較画像10Bの色の違いを最も明瞭に認識できる条件(青色成分の測定値Bm)が複数存在する場合がある。この場合、例えば、被検者300が最も明瞭であると認識した複数の青色成分B1の平均値或いは中央値を測定値Bmとしてもよい。或いは、被検者300が比較画像10Aと比較画像10Bの色の違いを明瞭に識別できる複数の青色成分B1のうち、被検者300の好み(色の好み、見易さ等)に応じて何れか一つの青色成分B1が測定値Bmとして選択されてもよい。

30

【0031】

例えば、被検者300がアーレンシンドロームを有している場合、比較画像10A及び10Bの青色成分B1が比較的大きいと、被検者300は比較画像10A及び10Bを眩しいと感じる。そのため、アーレンシンドロームを有している被検者300にとって、比較画像10Aと比較画像10Bの色の違いを識別することは難しい。この場合、測定値Bmは、設定可能な青色成分の最大値Bmax(8ビットの場合、255)よりも小さい値となる。

40

【0032】

一方、被検者300がアーレンシンドロームを有していない場合、比較画像10Aと比較画像10Bの青色成分B1が比較的大きくても、被検者300は比較画像10A及び10Bを眩しいとは感じ難い。また、各比較画像10A及び10Bの青色成分B1が大きくなるほど、被検者300は各比較画像を明るく感じ、比較画像10Aと比較画像10Bの色の違いを識別し易くなる場合がある。そのため、アーレンシンドロームを有していない被検者300の測定値Bmは、通常、アーレンシンドロームを有している被検者300の測定値Bmよりも大きくなる。

50

【0033】

[図4の処理ステップS103]

処理ステップS103では、比較画像10A及び10Bを用いて、被検者300にとって最適な青色成分と赤色成分及び緑色成分との比Fが検査される。詳しくは、被検者300が表示装置100に表示されている比較画像10A及び10Bを見ている状態で、検査員は、比較画像10Aの赤色成分R1の大きさと比較画像10Bの緑色成分G1の大きさを、略同じ値を維持したまま変更する。この時、比較画像10A及び比較画像10Bの青色成分B1は、測定値Bmに固定されている。また、比較画像10Aの赤色成分R1の大きさと比較画像10Bの緑色成分G1の大きさは、厳密に同じ値である必要はない。

【0034】

処理ステップS103では、被検者300が比較画像10Aと比較画像10Bの色の違いを最も明瞭に識別できる比較画像10Aの赤色成分の大きさRc及び比較画像10Bの緑色成分の大きさGcが測定される。次いで、測定値Id及び比Fが、次の式1に基づいて計算され、コントローラ200内の所定の記録領域（例えば、RAM202内）に記録される。

(式1)

$$Id = (Rc + Gc) / 2$$

$$F = Id / Bm$$

ここで、測定値Idは、赤色成分の大きさRcと緑色成分の大きさGcの平均値である。なお、本処理ステップS103において、RcとGcは略同じ値に維持されているため、RcとGcの何れか一方を測定値Idとしてもよい。

【0035】

被検者300がアーレンシンドロームを有している場合、被検者300の赤色や緑色の光に対する感度は、青色の光に対する感度に比べて低い。この場合、測定値Idは、測定値Bmよりも大きくなり、比Fは1よりも大きくなる。

【0036】

[処理ステップS200]

次に、処理ステップS200について詳細に説明する。図6は、処理ステップS200の詳細を示すフローチャートである。処理ステップS200では、被検者300の赤色と緑色の光に対する色覚が検査される。

【0037】

[図6の処理ステップS201]

処理ステップS201では、2つの検査画像20A及び20Bが表示装置100に表示される。図7は、表示装置100に表示される検査画像20A及び20Bの一例を示す図である。この例では、矩形状の検査画像20B内に、円環状の検査画像20Aが表示される。なお、検査画像20A及び20Bは、2つの画像を同時に視認できるように近接して表示されていればよく、その大きさや形状は、図7に示す例に限定されない。例えば、検査画像20Aは、円環状ではなく、数字やアルファベット等の文字を表してもよい。或いは、検査画像20A及び20Bは何れも矩形状を有しており、並んで表示されてもよい。

【0038】

検査画像20Aの色成分は(Rv、G2、B2)、検査画像20Bの色成分は(R2、G2、B2)である。すなわち、検査画像20Aの緑色成分及び青色成分は、それぞれ検査画像20Bの緑色成分及び青色成分と同じ大きさである。また、赤色成分R2及び緑色成分G2は同じ大きさである。赤色成分R2及び緑色成分G2は、例えば、設定可能な値の約中央の値(8ビットの場合、128付近)である。或いは、赤色成分R2及び緑色成分G2はそれぞれ、処理ステップS103で測定されたRc及びGcである。また、青色成分B2は、処理ステップS102で測定された測定値Bm、或いは、ゼロである。なお、各色成分R2、G2、B2は、上記の値に限定されない。被検者300が見やすいように上記の値から適宜変更されてもよい。

【0039】

[図6の処理ステップS202]

処理ステップS202では、処理ステップS201で表示された検査画像20A、20Bを用いて、被検者300の赤色の光に対する色覚が検査される。詳しくは、被検者300が表示装置100に表示されている検査画像20A及び20Bを見ている状態で、検査員は、検査画像20Aの赤色成分Rvの大きさを変更する。なお、検査画像20Aの赤色成分Rvの初期値は、R2に設定されている。そのため、検査員が赤色成分Rvの大きさを変える前は、検査画像20Aと検査画像20Bは同一の色を有している。そして、被検者300が検査画像20Aと検査画像20Bの色の違いを識別可能となる検査画像20Aの赤色成分Rvの大きさRs1が測定される。次いで、差分ΔRが、次の式2に基づいて計算されて所定の記録領域に記録される。

(式2)

$$\Delta R = |R2 - Rs1|$$

【0040】

なお、処理ステップS202では、赤色成分Rvは、初期値R2よりも大きくなるように変更されてもよく、初期値R2よりも小さくなるように変更されてもよい。また、差分ΔRは、赤色成分Rvが初期値R2よりも大きくなるように変更された場合と、赤色成分Rvが初期値R2よりも小さくなるように変更された場合の両方において測定されてもよい。この場合、2つの差分ΔRの平均値が、差分ΔRとして記録される。

【0041】

更に、処理ステップS202では、赤色成分Rvと共に、赤色成分R2及び緑色成分G2が等しい値を維持した状態で変更される。この場合、赤色成分R2（緑色成分G2）毎に、被検者300が検査画像20Aと検査画像20Bの色の違いを識別可能となる検査画像20Aの赤色成分Rvの大きさRs1が測定される。次いで、各赤色成分Rs1に対して、差分ΔRが計算される。この複数の差分ΔRの代表値（平均値、中央値又は最頻値）が、差分ΔRとして記録される。

【0042】

図8は、検査画像20Aの赤色成分Rvと、検査画像20Bの赤色成分R2が変更される範囲を示す図である。図8の横軸は検査画像20Aの赤色成分Rvを表し、縦軸は検査画像20Bの赤色成分R2を表す。なお、処理ステップS202では、赤色成分R2と検査画像20A及び検査画像20Bの緑色成分G2は等しい値が維持されるため、図8の縦軸は、緑色成分G2も表す。また、図8では、各色成分が8ビット（256階調）で表されている。

【0043】

図8において、R2=Rvの直線上では、検査画像20Aと検査画像20Bは何れも、色成分（R2、G2、B2）を有する。そのため、R2=Rvのとき、被検者300は、その色覚特性に拘わらず、検査画像20Aと検査画像20Bの色の違いを識別することはできない。

【0044】

処理ステップS202において、検査画像20Aの赤色成分Rvが変更されると、図8における座標は、R2=Rvの直線上から左右に（横軸に沿って）移動する。このとき、検査画像20Aの赤色成分は変化するが、検査画像20Bは何れの色成分も変化しない。被検者300が検査画像20Aと検査画像20Bの色の違いを識別可能となったときの、赤色成分Rvの変化量が差分ΔRである。差分ΔRは、図8に示すように、各赤色成分R2（緑色成分G2）に対して、R2=Rvの直線の左右それぞれに、差分ΔR1、ΔR2として測定される。この2つの差分ΔR1、ΔR2の何れか一方を差分ΔRとしてもよい。或いは、2つの差分ΔR1、ΔR2の平均値を差分ΔRとしてもよい。

【0045】

また、処理ステップS202では赤色成分R2（及び緑色成分G2）も変更される。そのため、赤色成分R2毎に差分ΔR（R2）が測定される。ここで、差分ΔR（R2）は、例えば、R2=Rvの直線の左右に表れる差分ΔR1（R2）、ΔR2（R2）の平均

10

20

30

40

50

値である。この場合、複数の差分 ΔR (R_2) の代表値が差分 ΔR となる。

【0046】

なお、処理ステップS202において、赤色成分 R_v 及び赤色成分 R_2 (緑色成分 G_2) は、1階調毎に変更される必要はない。例えば、5階調毎や10階調毎のように、数階調毎に変更されてもよい。また、赤色成分 R_2 は、変更可能な全ての範囲 (8ビットの場合、0から255の範囲) で変更される必要はない。例えば、赤色成分 R_2 の値が小さくなると、検査画像20A及び検査画像20Bが明度の低い画像となり、差分 ΔR を正確に測定できなくなる可能性がある。そのため、赤色成分 R_2 は、例えば、初期値 (8ビットの場合、128付近、或いは、 R_c) 以上の範囲でのみ変更されてもよい。或いは、処理ステップS202において、赤色成分 R_2 は、変更されずに、初期値のまま固定されてい

10

【0047】

[図6の処理ステップS203]

処理ステップS203では、2つの検査画像20C及び20Dが表示装置100に表示される。図9は、表示装置100に表示される検査画像20C及び20Dの一例を示す図である。この例では、矩形状の検査画像20D内に、円環状の検査画像20Cが表示される。なお、検査画像20C及び20Dは、2つの画像を同時に視認できるように近接して表示されていればよく、その大きさや形状は、図9に示す例に限定されない。例えば、検査画像20Cは、円環状ではなく、数字やアルファベット等の文字を表してもよい。或いは、検査画像20C及び20Dは何れも矩形状を有しており、並んで表示されてもよい。

20

【0048】

検査画像20Cの色成分は (R_2 、 G_v 、 B_2)、検査画像20Dの色成分は (R_2 、 G_2 、 B_2) である。すなわち、検査画像20Cの赤色成分及び青色成分は、それぞれ検査画像20Dの赤色成分及び青色成分と同じ大きさである。赤色成分 R_2 及び緑色成分 G_2 は同じ大きさである。赤色成分 R_2 及び緑色成分 G_2 は、設定可能な値の約中央の値 (8ビットの場合、128付近) である。或いは、赤色成分 R_2 及び緑色成分 G_2 はそれぞれ、処理ステップS103で測定された R_c 及び G_c である。また、青色成分 B_2 は、処理ステップS102で測定された測定値 B_m 、或いは、ゼロである。なお、各色成分 R_2 、 G_2 、 B_2 は、上記の値に限定されない。被検者300が見やすいように上記の値から適宜変更されてもよい。

30

【0049】

[図6の処理ステップS204]

処理ステップS204では、処理ステップS203で表示された検査画像20C、20Dを用いて、被検者300の緑色の光に対する色覚が検査される。詳しくは、被検者300が表示装置100に表示されている検査画像20C及び20Dを見ている状態で、検査員は、検査画像20Cの緑色成分 G_v の大きさを変更する。なお、検査画像20Cの緑色成分 G_v の初期値は、 G_2 に設定されている。そのため、検査員が緑色成分 G_v の大きさを変える前は、検査画像20Cと検査画像20Dは同一の色を有している。そして、被検者300が検査画像20Cと検査画像20Dの色の違いを識別可能となる検査画像20Cの緑色成分 G_v の大きさ G_{s1} が測定される。次いで、差分 ΔG が、次の式3に基づいて

40

(式3)

$$\Delta G = |G_2 - G_{s1}|$$

【0050】

なお、処理ステップS204では、緑色成分 G_v は、初期値 G_2 よりも大きくなるように変更されてもよく、初期値 G_2 よりも小さくなるように変更されてもよい。また、差分 ΔG は、緑色成分 G_v が初期値 G_2 よりも大きくなるように変更された場合と、緑色成分 G_v が初期値 G_2 よりも小さくなるように変更された場合の両方において計算されてもよい。この場合、2つの差分 ΔG の平均値が差分 ΔG として記録される。

【0051】

50

更に、処理ステップS 2 0 4では、緑色成分G vと共に、赤色成分R 2及び緑色成分G 2が等しい値を維持した状態で変更される。この場合、緑色成分G 2（赤色成分R 2）毎に、被検者3 0 0が検査画像2 0 Cと検査画像2 0 Dの色の違いを識別可能となる検査画像2 0 Cの緑色成分G vの大きさG s 1が測定される。次いで、各緑色成分G s 1に対して、差分 ΔG が計算される。この複数の差分 ΔG の代表値（平均値、中央値又は最頻値）が、差分 ΔG として記録される。

【0 0 5 2】

図1 0は、検査画像2 0 Cの緑色成分G vと、検査画像2 0 Dの緑色成分G 2が変更される範囲を示す図である。図1 0の縦軸は検査画像2 0 Cの緑色成分G vを表し、縦軸は検査画像2 0 Dの緑色成分G 2を表す。なお、処理ステップS 2 0 4では、緑色成分G 2と検査画像2 0 C及び検査画像2 0 Dの赤色成分R 2は等しい値が維持されるため、図1 0の横軸は、赤色成分R 2も表す。また、図1 0では、各色成分が8ビット（2 5 6階調）で表されている。

10

【0 0 5 3】

図1 0において、 $G 2 = G v$ の直線上では、検査画像2 0 Cと検査画像2 0 Dは何れも、色成分（R 2、G 2、B 2）を有する。そのため、 $G 2 = G v$ のとき、被検者3 0 0は、被検者3 0 0の色覚特性に拘わらず、検査画像2 0 Cと検査画像2 0 Dの色の違いを識別することはできない。

【0 0 5 4】

処理ステップS 2 0 4において、検査画像2 0 Cの緑色成分G vが変更されると、図1 0における座標は、 $G 2 = G v$ の直線上から上下に（縦軸に沿って）移動する。このとき、検査画像2 0 Cの緑色成分は変化するが、検査画像2 0 Dは何れの色成分も変化しない。被検者3 0 0が検査画像2 0 Cと検査画像2 0 Dの色の違いを識別可能となったときの、緑色成分G vの変化量が差分 ΔG である。差分 ΔG は、図1 0に示すように、各緑色成分G 2（赤色成分R 2）に対して、 $G 2 = G v$ の直線の上下それぞれに、差分 $\Delta G 1$ 、 $\Delta G 2$ として測定される。この2つの差分 $\Delta G 1$ 、 $\Delta G 2$ の何れか一方を差分 ΔG としてもよい。或いは、2つの差分 $\Delta G 1$ 、 $\Delta G 2$ の平均値を差分 ΔG としてもよい。

20

【0 0 5 5】

また、処理ステップS 2 0 4では緑色成分G 2（及び赤色成分R 2）も変更される。そのため、緑色成分G 2毎に差分 ΔG （G 2）が測定される。ここで、差分 ΔG （G 2）は、例えば、 $G 2 = G v$ の直線の上下に表れる差分 $\Delta G 1$ （G 2）、 $\Delta G 2$ （G 2）の平均値である。この場合、複数の差分 ΔG （G 2）の代表値が差分 ΔG となる。

30

【0 0 5 6】

なお、処理ステップS 2 0 4において、緑色成分G v及び緑色成分G 2（赤色成分R 2）は、1階調毎に変更される必要はない。例えば、5階調毎や10階調毎のように、数階調毎に変更されてもよい。また、緑色成分G 2は、変更可能な全ての範囲（8ビットの場合、0から2 5 5の範囲）で変更される必要はない。例えば、緑色成分G 2は、例えば、初期値（8ビットの場合、1 2 8付近、或いは、G c）以上の範囲でのみ変更されてもよい。或いは、処理ステップS 2 0 4において、緑色成分G 2は、変更されずに、初期値のまま固定されていてもよい。

40

【0 0 5 7】

[図6の処理ステップS 2 0 5]

処理ステップS 2 0 5では、差分 ΔR 及び差分 ΔG に基づいて、測定値R m、G mが計算される。詳しくは、測定値R m及び測定値G mは、次の式4によって計算される。

（式4）

$$R m = \Delta R / \max (\Delta R, \Delta G)$$

$$G m = \Delta G / \max (\Delta R, \Delta G)$$

ここで、「 $\max (\Delta R, \Delta G)$ 」は、 ΔR と ΔG のうち、大きい方の値を意味する。計算された測定値R m、G mは所定の記録領域に記録される。

【0 0 5 8】

50

なお、測定値 R_m 及び測定値 G_m は、次の式 4 A によって計算されてもよい。

(式 4 A)

$$R_m = C_0 \times \Delta R$$

$$G_m = C_0 \times \Delta G$$

ここで、 C_0 は定数であり、被検者 300 の好みに応じて適宜変更可能である。

【0059】

処理ステップ S 202、S 204 で測定される差分 ΔR 及び ΔG はそれぞれ、被検者 300 の赤色の光に対する感度及び緑色の光に対する感度に対応する。処理ステップ S 202 では、検査画像 20 A と検査画像 20 B が同じ色の状態（検査画像 20 A の色成分が（ R_2 、 G_2 、 B_2 ）である状態）から、検査画像 20 A の赤色成分のみが変更される。被検者 300 の赤色の光に対する感度が比較的高い場合、検査画像 20 A の赤色成分を大きく変更させなくても、被検者 300 は検査画像 20 A と検査画像 20 B の違いを識別することができる。これに対し、被検者 300 の赤色の光に対する感度が比較的低い場合、被検者 300 は検査画像 20 A の赤色成分の変化を認識し難い。そのため、被検者 300 が検査画像 20 A と検査画像 20 B の違いを識別可能となるまでに、検査画像 20 A の赤色成分を大きく変更する必要がある。従って、差分 ΔR （測定値 R_m ）は、被検者 300 の赤色の光に対する感度が高いほど小さくなり、被検者 300 の赤色の光に対する感度が低いほど大きくなる。

10

【0060】

差分 ΔR （測定値 R_m ）と同様に、差分 ΔG （測定値 G_m ）は、被検者 300 の緑色の光に対する感度が高いほど小さくなり、被検者 300 の緑色の光に対する感度が低いほど大きくなる。そのため、差分 ΔR と差分 ΔG の比（測定値 R_m と測定値 G_m の比）は、被検者 300 の赤色の光に対する感度と緑色の光に対する感度の比に対応する。

20

【0061】

[処理ステップ S 300]

次に、処理ステップ S 300 について詳細に説明する。処理ステップ S 300 では、処理ステップ S 100 で測定された測定値 B_m 、最大値 B_{max} 及び比 F と、処理ステップ S 200 で測定された測定値 R_m 、 G_m に基づいて、被検者 300 が使用するモニタの色が調整される。このモニタは、色調整装置 1 の表示装置 100 であってもよく、被検者 300 が使用するパソコン、携帯端末、テレビ等のモニタや、被検者 300 が使用するプロジェクタであってもよい。以下では、モニタが色調整装置 1 の表示装置 100 である場合について説明する。

30

【0062】

表示装置 100 に表示される画像（映像）は、画像信号に基づいて生成される。この画像信号は、表示装置 100 の仕様に応じて、RGB 色空間における各色成分を表す RGB 画像信号や、輝度信号 Y 及び色差信号 C_b 、 C_r 等が使用される。何れの種類の画像信号も、マトリクス変換処理を行うことにより、RGB 画像信号に変換することができる。処理ステップ S 300 では、この RGB 画像信号の調整が行われる。

【0063】

色調整後の RGB 画像信号のレベル R_a 、 G_a 、 B_a は、それぞれ次の式 5 で表される。

40

(式 5)

$$R_a = R_d \times F \times R_m$$

$$G_a = G_d \times F \times G_m$$

$$B_a = B_d \times B_m / B_{max}$$

R_d 、 G_d 、 B_d はそれぞれ、色調整前の表示装置 100 の RGB 画像信号のレベルである。

【0064】

式 5 で表される色調整処理では、色調整前の画像信号 B_d に、青色成分の測定値 B_m と最大値 B_{max} との比が乗ぜられる。例えば、被検者 300 が青色の光に対する感度が高

50

いアーレンシンドロームを有している場合、測定値 B_m は最大値 B_{max} よりも小さい。そのため、補正後の青色の画像信号のレベル B_a は、補正前の青色の画像信号レベル B_d よりも小さくなる。これにより、被検者 300 が表示装置に表示される画像に対して感じる眩しさを低減することができる。

【0065】

また、式 5 で表される色調整処理では、色調整前の赤色の画像信号のレベル R_d に、比 F と測定値 R_m が乗ぜられる。また、色調整前の緑色の画像信号のレベル G_d に、比 F と測定値 G_m が乗ぜられる。比 F は、被検者 300 の赤色及び緑色の光に対する感度と、青色の光に対する感度の比を表している。また、測定値 R_m と測定値 G_m はそれぞれ、被検者 300 の赤色光に対する感度と緑色の光に対する感度に対応している。そのため、この色調整処理により、表示装置 100 に表示される画像の色が、被検者 300 の赤色、緑色、青色の光に対する感度のバラつきに応じて補正される。

10

【0066】

このように、本実施形態では、画像信号のレベルが被検者 300 の色覚に応じて調整されることにより、被検者 300 が眩しいと感じることが無く、且つ、色を識別し易い画像を表示装置 100 に表示させることができる。

【0067】

また、本実施形態では、色調整処理に、測定値 B_m 、比 F 、測定値 R_m 及び測定値 G_m が使用される。このうち、測定値 B_m は、処理ステップ S102 において、比較画像 10A 及び比較画像 10B の青色成分を一次元的に変更することによって測定される。また、比 F は、処理ステップ S103 において、比較画像 10A の赤色成分及び比較画像 10B の緑色成分が同じ値を維持した状態で一次元的に変更することによって測定される。更に、測定値 R_m 及び G_m は、処理ステップ S202 で赤色成分 R_v と赤色成分 R_2 (及び緑色成分 G_2) を二次元的に変更することによって測定される差分 ΔR と、処理ステップ S204 で検査画像 20C の緑色成分 G_v と緑色成分 G_2 (及び赤色成分 R_2) を二次元的に変更することによって測定される差分 ΔG に基づいて求められる。

20

【0068】

このように、本実施形態では、色調整処理に使用されるパラメータ (測定値 B_m 、比 F 、測定値 R_m 、測定値 G_m) は何れも、画像 (比較画像 10A、10B、検査画像 20A ~ 20D) の色成分を一次元的又は二次元的に変更することによって求められる。そのため、従来技術のように、画像 (LED 光源) の各色成分を三次元的に変更させて患者の色覚を検査する方法に比べて、被検者 300 や検査員に対する検査の負荷を小さくすることができる。

30

【0069】

なお、式 5 では、RGB 画像信号が、パラメータ (測定値 B_m 、比 F 、測定値 R_m 、測定値 G_m) を用いて調整されるが、処理ステップ S300 の処理はこれに限定されない。例えば、式 5 をマトリクス変換することにより、RGB 画像信号ではなく、YCbCr 画像信号のレベルの調整を行うことができる。

【0070】

以上が本発明の例示的な実施形態の説明である。本発明の実施形態は、上記に説明したものに限定されず、本発明の技術的思想の範囲において様々な変形が可能である。例えば明細書中に例示的に明示される実施形態等又は自明な実施形態等を適宜組み合わせた内容も本発明の実施形態に含まれる。

40

【0071】

(検査項目に関する変形例)

上述の実施形態では、処理ステップ S100 及び処理ステップ S200 において、色調整処理に使用されるパラメータ (測定値 B_m 、比 F 、測定値 R_m 、測定値 G_m) が取得されるが、本実施形態の処理はこれに限定されない。

【0072】

例えば、図 3 に示す処理のうち、処理ステップ S100 は省略されてもよい。この場合

50

、測定値 B_m 及び比 F は取得されず、測定値 R_m 及び測定値 G_m が取得される。例えば、被検者 300 がアーレンシンドロームを有していない場合、表示装置に表示される画面に対して眩しさを感じない場合がある。そのため、アーレンシンドロームを有していない被検者 300 に対しては、眩しさを感じる主な原因である青色成分の測定値 B_m の測定を省略することができる。この場合、処理ステップ S 300 における色調整後の RGB 画像信号のレベル R_a 、 G_a 、 B_a はそれぞれ、次の式 6 で表される。

(式 6)

$$R_a = C_1 \times R_d \times R_m$$

$$G_a = C_1 \times G_d \times G_m$$

$$B_a = C_2 \times B_d$$

10

ここで、 C_1 及び C_2 は定数であり、被検者 300 の好みに応じて適宜変更可能である。例えば、 C_1 及び C_2 は何れも 1 であってもよい。或いは、もし、被検者 300 が表示装置に表示される画像を眩しいと感じた場合は、 C_2 が 1 より小さく設定されてもよい。

【0073】

処理ステップ S 300 における色調整後の RGB 画像信号のレベル R_a 、 G_a 、 B_a はそれぞれ、次の式 6 A に基づいて計算されてもよい。

(式 6 A)

$$R_a = C_1 \times R_d \times R_m / G_m$$

$$G_a = C_1 \times G_d$$

$$B_a = C_2 \times B_d$$

20

また、色調整後の RGB 画像信号のレベル R_a 、 G_a 、 B_a はそれぞれ、次の式 6 B に基づいて計算されてもよい。

(式 6 B)

$$R_a = C_1 \times R_d$$

$$G_a = C_1 \times G_d \times G_m / R_m$$

$$B_a = C_2 \times B_d$$

測定値 R_m と測定値 G_m は、それぞれ被検者 300 の赤色の光に対する感度及び緑色の光に対する感度に応じて変化する。式 6 A 又は式 6 B では、測定値 R_m と測定値 G_m の比が、R 画像信号の信号レベル R_d と G 画像信号の信号レベル G_d の何れか一方に乗ぜられている。これにより、被検者 300 の赤色の光に対する感度と緑色の光に対する感度の違いに基づいて、画像の色が調整される。なお、 C_1 及び C_2 は何れも 1 であってもよい。そのため、 C_1 と C_2 の両方が 1 である場合、式 6 A では、R 画像信号の信号レベルのみが調整され、式 6 B では、G 画像信号の信号レベルのみが調整される。

30

【0074】

また、処理ステップ S 100 において、比 F を測定する処理ステップ S 103 が省略されてもよい。この場合、処理ステップ S 300 における色調整後の RGB 画像信号のレベル R_a 、 G_a 、 B_a はそれぞれ、次の式 7 で表される。

(式 7)

$$R_a = C_3 \times R_d \times R_m$$

$$G_a = C_3 \times G_d \times G_m$$

$$B_a = B_d \times B_m / B_{max}$$

40

ここで、 C_3 は定数であり、被検者 300 の好みに応じて適宜変更可能である。

【0075】

或いは、処理ステップ S 200 は実行されず、処理ステップ S 100 のみが実行されて、測定値 B_m 及び比 F が測定されてもよい。例えば、被検者 300 がアーレンシンドロームを有しているが、赤色の光に対する感度と緑色の光に対する感度の比は、色覚が正常人と差が無い場合、処理ステップ S 200 を省略することができる。この場合、処理ステップ S 300 における色調整後の RGB 画像信号のレベル R_a 、 G_a 、 B_a はそれぞれ、次の式 8 で表される。

(式 8)

50

$$R_a = R_d \times F$$

$$G_a = G_d \times F$$

$$B_a = B_d \times B_m / B_{max}$$

【0076】

また、上述の実施形態では、処理ステップS100が実行された後に、処理ステップS200が実行されるが、本発明の実施形態はこれに限定されない。例えば、処理ステップS200が実行された後に、処理ステップS100が実行されてもよい。この場合、処理ステップS200で使用される検査画像20A～20Dの青色成分B2は、被検者300が検査画像に対して眩しさを感じないように調整される。また、検査画像20A及び20Bの青色成分B2は、被検者300が検査画像20Aと検査画像20Bの色の違いを最も識別し易い値に設定されてもよい。また、検査画像20C及び20Dの青色成分B2は、被検者300が検査画像20Cと検査画像20Dの色の違いを最も識別し易い値に設定されてもよい。また、検査画像20A～20Dの青色成分B2は、ゼロに設定されてもよい。

10

【0077】

(色調整方法に関する変形例1)

上述の実施形態では、処理ステップS200で測定値Rm及びGmが求められる。しかし、本実施形態の測定値Rm及びGmの求め方は、この方法に限定されない。

【0078】

[処理ステップS400]

20

図11は、本実施形態の変形例1において、測定値Rm及びGmを求めるための処理ステップS400を示すフローチャートである。処理ステップS400は、図3に示す処理ステップS200の代わりに実行される。

【0079】

[図11の処理ステップS401]

処理ステップS401では、2つの検査画像セット30A及び30Bが、同時に又は一つずつ表示装置に表示される。図12は、検査画像セット30Aを示す図である。図13は、検査画像セット30Bを示す図である。

【0080】

検査画像セット30Aは、3つの画像セットX1、X2、X3を含む。画像セットX1は、画像31Aと画像32Aを含む。画像セットX2は、画像33Aと画像33Aを含む。画像セットX3は、画像35Aと画像36Aを含む。なお、検査画像セット30Aは、画像セットX1～X3に加え、他の画像セットを有していてもよい。

30

【0081】

画像31Aの色成分は(R31x、G31x、B31x)、画像32Aの色成分は(R32x、G31x、B31x)である。すなわち、画像31Aと画像32Aの間で、緑色成分と青色成分は同じ値である。また、3つの色成分R31x、G31x、B31xは同じ値を有する。そのため、画像31Aは無彩色の画像である。また、画像32Aの赤色成分R32xは、画像31Aの赤色成分R31xとは異なる値を有する。そのため、画像31Aは、R32x>R31xの場合は赤系の有彩色を有し、R32x<R31xの場合はシアン系の有彩色を有する。

40

【0082】

画像33Aの色成分は(R33x、G33x、B33x)、画像34Aの色成分は(R34x、G33x、B33x)である。すなわち、画像33Aと画像34Aの間で、緑色成分と青色成分は同じ値である。また、3つの色成分R33x、G33x、B33xは同じ値を有する。そのため、画像33Aは無彩色の画像である。また、画像34Aの赤色成分R34xは、画像33Aの赤色成分R33xとは異なる値を有する。

【0083】

画像35Aの色成分は(R35x、G35x、B35x)、画像36Aの色成分は(R36x、G35x、B35x)である。すなわち、画像35Aと画像36Aの間で、緑色

50

成分と青色成分は同じ値である。また、3つの色成分R 3 5 x、G 3 5 x、B 3 5 xは同じ値を有する。そのため、画像3 5 Aは無彩色の画像である。また、画像3 6 Aの赤色成分R 3 6 xは、画像3 5 Aの赤色成分R 3 5 xとは異なる値を有する。

【0084】

次の表1に、検査画像セット30Aに含まれる複数の画像セットX1～X3の色成分の一例を示す。いずれの画像セットにおいても、2つの画像間の緑色成分と青色成分は同じ値であり、赤色成分は異なる値である。また、画像セット内の一方の画像（画像31A、33A、35A）は無彩色で、他方の画像（画像32A、34A、36A）は有彩色である。

【表1】

		赤色成分	緑色成分	青色成分
画像セット X1	画像31A	1 6 9	1 6 9	1 6 9
	画像32A	2 2 3	1 6 9	1 6 9
画像セット X2	画像33A	1 2 8	1 2 8	1 2 8
	画像34A	1 9 4	1 2 8	1 2 8
画像セット X3	画像35A	9 1	9 1	9 1
	画像36A	1 2 8	9 1	9 1

【0085】

検査画像セット30Bは、3つの画像セットY1、Y2、Y3を含む。画像セットY1は、画像31Bと画像32Bを含む。画像セットY2は、画像33Bと画像33Bを含む。画像セットY3は、画像35Bと画像36Bを含む。なお、検査画像セット30Bは、画像セットY1～Y3に加え、他の画像セットを有していてもよい。

【0086】

画像31Bの色成分は（R 3 1 y、G 3 1 y、B 3 1 y）、画像32Bの色成分は（R 3 1 y、G 3 2 y、B 3 1 y）である。すなわち、画像31Bと画像32Bの間で、赤色成分と青色成分は同じ値である。また、3つの色成分R 3 1 y、G 3 1 y、B 3 1 yは同じ値を有する。そのため、画像31Bは無彩色の画像である。また、画像32Bの緑色成分G 3 2 yは、画像31Bの緑色成分G 3 1 yとは異なる値を有する。そのため、画像31Bは、G 3 2 y > G 3 1 yの場合は緑系の有彩色を有し、G 3 2 y < G 3 1 yの場合はマゼンタ系の有彩色を有する。

【0087】

画像33Bの色成分は（R 3 3 y、G 3 3 y、B 3 3 y）、画像34Bの色成分は（R 3 3 y、G 3 4 y、B 3 3 y）である。すなわち、画像33Bと画像34Bの間で、赤色成分と青色成分は同じ値である。また、3つの色成分R 3 3 y、G 3 3 y、B 3 3 yは同じ値を有する。そのため、画像33Bは無彩色の画像である。また、画像34Bの緑色成分G 3 4 yは、画像33Bの緑色成分G 3 3 yとは異なる値を有する。

【0088】

画像35Bの色成分は（R 3 5 y、G 3 5 y、B 3 5 y）、画像36Bの色成分は（R 3 5 y、G 3 6 y、B 3 5 y）である。すなわち、画像35Bと画像36Bの間で、赤色成分と青色成分は同じ値である。また、3つの色成分R 3 5 y、G 3 5 y、B 3 5 yは同じ値を有する。そのため、画像35Bは無彩色の画像である。また、画像36Bの緑色成分G 3 6 yは、画像35Bの緑色成分G 3 5 yとは異なる値を有する。

【0089】

次の表2に、検査画像セット30Bに含まれる複数の画像セットY1～Y3の色成分の一例を示す。いずれの画像セットにおいても、2つの画像間の赤色成分と青色成分は同じ値であり、緑色成分は異なる値である。また、画像セット内の一方の画像（画像31B、33B、35B）は無彩色で、他方の画像（画像32B、34B、36B）は有彩色である。

【表 2】

		赤色成分	緑色成分	青色成分
画像セット Y1	画像 3 1 B	1 6 9	1 6 9	1 6 9
	画像 3 2 B	1 6 9	2 2 3	1 6 9
画像セット Y2	画像 3 3 B	1 2 8	1 2 8	1 2 8
	画像 3 4 B	1 2 8	1 9 4	1 2 8
画像セット Y3	画像 3 5 B	9 1	9 1	9 1
	画像 3 6 B	9 1	1 2 8	9 1

10

【0090】

[図 11 の処理ステップ S 402]

処理ステップ S 402 では、処理ステップ S 401 で表示された検査画像セット 30A 及び 30B を用いて、被検者 300 の色覚が検査される。詳しくは、被検者 300 は、検査画像セット 30A 及び 30B を見て、どちらの検査画像セットの方が、各画像セットに含まれる 2 つの画像の差異を識別し易いかを選択する。被検者 300 が検査画像セット 30A 及び 30B の一方を選択すると、その選択内容を示す情報が所定の記録領域に記録される。

【0091】

例えば、被検者 300 の赤色の光に対する感度が、緑色の光に対する感度よりも高い場合について考える。この場合、被検者 300 は、画像の緑色成分の変化よりも、赤色成分の色の変化を認識しやすい。そのため、この被検者 300 は、検査画像セット 30A の方が、各画像セットに含まれる 2 つの画像の差異を識別し易いと感じる。従って、被検者 300 が、検査画像セット 30A の方が、各画像セットに含まれる 2 つの画像の差異を識別し易いと感じた場合、その被検者 300 の赤色の光に対する感度は、緑色の光に対する感度よりも高いと推測される。一方、被検者 300 が、検査画像セット 30B の方が、各画像セットに含まれる 2 つの画像の差異を識別し易いと感じた場合、その被検者 300 の緑色の光に対する感度は、赤色の光に対する感度よりも高いと推測される。

20

【0092】

[図 11 の処理ステップ S 403]

処理ステップ S 403 では、処理ステップ S 201 と同じ処理が実行される。すなわち、処理ステップ S 403 では、2 つの検査画像 20A 及び 20B が表示装置 100 に表示される。検査画像 20A の色成分は (R_v、G₂、B₂)、検査画像 20B の色成分は (R₂、G₂、B₂) である。

30

【0093】

[図 11 の処理ステップ S 404]

処理ステップ S 404 は、赤色成分 R_v と赤色成分 R₂ 及び緑色成分 G₂ の変更される範囲が異なること以外は、処理ステップ S 202 と同じである。処理ステップ S 404 で変更される赤色成分 R_v と赤色成分 R₂ 及び緑色成分 G₂ の範囲は、処理ステップ S 402 における被検者 300 の選択内容によって異なる。

40

【0094】

処理ステップ S 402 において、被検者 300 が、検査画像セット 30A の方が画像セットに含まれる 2 つの画像の差異を識別し易いと感じた場合、その被検者 300 の赤色の光に対する感度は、緑色の光に対する感度よりも高いと推測される。そのため、その被検者 300 に対しては、赤色成分よりも緑色成分が大きい検査画像を用いることにより、被検者 300 の赤色の光の感度と緑色の光に対する感度の差が抑制された状態で色覚の検査を行うことができる。従って、この場合、処理ステップ S 404 では、赤色成分 R_v と赤色成分 R₂ 及び緑色成分 G₂ は、 $R_v \leq G_2$ を満たす範囲で変更される。この範囲は、図 8 において、 $R_2 = R_v$ の直線の左側（上側）の範囲に相当する。

【0095】

50

一方、処理ステップS402において、被検者300が、検査画像セット30Bの方が画像セットに含まれる2つの画像の差異を識別し易いと感じた場合、その被検者300の緑色の光に対する感度は、赤色の光に対する感度よりも高いと推測される。そのため、その被検者300に対しては、緑色成分よりも赤色成分が大きい検査画像を用いることにより、被検者300の赤色の光の感度と緑色の光に対する感度の差が抑制された状態で色覚の検査を行うことができる。従って、この場合、処理ステップS404では、赤色成分 R_v と赤色成分 R_2 及び緑色成分 G_2 は、 $R_v \geq G_2$ を満たす範囲で変更される。この範囲は、図8において、 $R_2 = R_v$ の直線の右側（下側）の範囲に相当する。

【0096】

処理ステップS404では、被検者300の色覚に応じた範囲で赤色成分 R_v と赤色成分 R_2 及び緑色成分 G_2 が変更され、被検者300が検査画像20Aと検査画像20Bの色の違いを識別可能となる検査画像20Aの赤色成分 R_v の大きさ R_{s1} が測定される。また、式2に基づいて、差分 ΔR が計算されて記録される。

【0097】

[図11の処理ステップS405]

処理ステップS405では、処理ステップS203と同じ処理が実行される。すなわち、処理ステップS405では、2つの検査画像20C、20Dが表示装置100に表示される。検査画像20Cの色成分は（ R_2 、 G_v 、 B_2 ）、検査画像20Dの色成分は（ R_2 、 G_2 、 B_2 ）である。

【0098】

[図11の処理ステップS406]

処理ステップS406は、緑色成分 G_v と赤色成分 R_2 及び緑色成分 G_2 の変更される範囲が異なること以外は、処理ステップS204と同じである。処理ステップS406で変更される緑色成分 G_v と赤色成分 R_2 及び緑色成分 G_2 の範囲は、処理ステップS402における被検者300の選択内容によって異なる。

【0099】

処理ステップS402において、被検者300が、検査画像セット30Aの方が画像セットに含まれる2つの画像の差異を識別し易いと感じた場合、処理ステップS406では、緑色成分 G_v と赤色成分 R_2 及び緑色成分 G_2 は、 $R_2 \leq G_v$ を満たす範囲で変更される。この範囲は、図10において、 $G_2 = G_v$ の直線の左側（上側）の範囲に相当する。一方、被検者300が、検査画像セット30Bの方が画像セットに含まれる2つの画像の差異を識別し易いと感じた場合、処理ステップS406では、緑色成分 G_v と赤色成分 R_2 及び緑色成分 G_2 は、 $R_2 \geq G_v$ を満たす範囲で変更される。この範囲は、図10において、 $G_2 = G_v$ の直線の右側（下側）の範囲に相当する。

【0100】

処理ステップS406では、被検者300の色覚に応じた範囲で緑色成分 G_v と赤色成分 R_2 及び緑色成分 G_2 が変更され、被検者300が検査画像20Aと検査画像20Bの色の違いを識別可能となる検査画像20Cの緑色成分 G_v の大きさ G_{s1} が測定される。また、式3に基づいて、差分 ΔG が計算されて記録される。

【0101】

[図11の処理ステップS407]

処理ステップS407では、処理ステップS205と同じ処理が実行される。すなわち、処理ステップS407では、式4に基づいて、測定値 R_m 、 G_m が計算されて、記録される。

【0102】

このように、本変形例1では、処理ステップS402において、被検者300の赤色の光に対する感度と緑色の光に対する感度のどちらが高いかが測定される。次いで、被検者300の色覚に応じて、差分 ΔR 及び差分 ΔG を測定する際に、検査画像の色成分を変更する範囲が制限される。そのため、測定値 R_m 、 G_m を測定するための被検者300と検査員の負荷を更に低減することができる。

10

20

30

40

50

【0103】

(色調整方法に関する変形例2)

また、本実施形態における測定値R_m及びG_mの求め方は、処理ステップS200や処理ステップS400に記載の方法に限定されない。

【0104】

図14は、本実施形態の変形例2において、測定値R_m及びG_mを求めるための処理ステップS500を示すフローチャートである。処理ステップS500は、図3に示す処理ステップS200の代わりに実行される。

【0105】

[図14の処理ステップS501]

処理ステップS501では、検査画像セット40が表示装置100に表示される。図15は、検査画像セット40を示す図である。図15に示すように、検査画像セット40は、8つの検査画像40A～40Hを含んでいる。各検査画像40A～40Hの色成分を次の表3に示す。

【表3】

	赤色成分	緑色成分	青色成分
検査画像40A	R4	0	0
検査画像40B	0	G4	0
検査画像40C	0	0	B4
検査画像40D	R4	G4	B4
検査画像40E	R4	G4	0
検査画像40F	0	G4	B4
検査画像40G	R4	0	B4
検査画像40H	0	0	0

【0106】

検査画像40A、40D、40E、40Gは、同じ赤色成分R4を有する。検査画像40B、40D、40E、40Fは、同じ緑色成分G4を有する。全ての検査画像40A～40Hは、赤色成分R4と緑色成分G4を個別に変更可能である。例えば、赤色成分R4が変更されると、全検査画像40A～40Hの赤色成分が同じ割合で変更される。ただし、検査画像40B、40C、40F、40Hは、赤色成分を有していない（赤色成分がゼロである）ため、検査画像40B、40C、40F、40Hの赤色成分は変化しない。また、緑色成分G4が変更されると、全検査画像40A～40Hの緑色成分が同じ割合で変更される。ただし、検査画像40A、40C、40G、40Hは、緑色成分を有していない（緑色成分がゼロである）ため、検査画像40A、40C、40G、40Hの緑色成分は変化しない。

【0107】

また、検査画像40C、40D、40F、40Gは、同じ青色成分B4を有する。青色成分B4は、処理ステップS102で測定された測定値B_mに設定されている。ただし、上述の「検査項目についての変形例」で説明したように、処理ステップS500が実行される前に、処理ステップS100が省略されている場合がある。この場合、測定値B_mは測定されていないため、青色成分B4は被検者300が検査画像セット40に対して眩しさを感じないような値に設定される。

【0108】

[図14の処理ステップS502]

処理ステップS502では、処理ステップS501で表示された検査画像セット40を用いて、被検者300の色覚が検査される。詳しくは、被検者300が表示装置100に表示されている検査画像セット40を見ている状態で、検査員は、検査画像40A～40Hの赤色成分R4及び緑色成分G4の大きさを個別に変更する。そして、被検者300が

8つの検査画像40A～40Hの色の違いを最も明瞭に認識できる赤色成分Rs2及び緑色成分Gs2が測定される。

【0109】

処理ステップS502において、被検者300の色覚の特性や、被検者300による明瞭さの判断基準によっては、検査画像40A～40Hの色の違いを明瞭に認識できる条件が複数存在する場合がある。例えば、被検者300が明瞭であると認識した赤色成分R4が複数ある場合、複数の赤色成分R4の中心値を赤色成分Rs2としてもよい。また、被検者300が明瞭であると認識した緑色成分G4が複数ある場合、複数の緑色成分G4の中心値を緑色成分Gs2としてもよい。或いは、被検者300が検査画像40A～40Hの色の違いを明瞭に認識できる複数の条件のうち、被検者300の好み（色の好み、見易さ等）に応じて何れか一つの条件における赤色成分R4及びG4を、赤色成分Rs2及び緑色成分Gs2としてもよい。

10

【0110】

[図14の処理ステップS503]

処理ステップS503では、赤色成分Rs2及び緑色成分Gs2に基づいて、測定値Rm、Gmが計算される。詳しくは、測定値Rm及び測定値Gmは、次の式9によって計算される。

(式9)

$$Rm = Rs2 / \max(Rs2, Gs2)$$

$$Gm = Gs2 / \max(Rs2, Gs2)$$

20

計算された測定値Rm、Gmは所定の記録領域に記録される。

【0111】

なお、処理ステップS502で用いられる検査画像セット40は、様々な色を有する複数の検査画像を含んでいればよく、検査画像の数は8つに限定されない。

【0112】

また、検査画像セット40に含まれる検査画像40A～40Hの色成分は、表3に示す例に限定されない。例えば、検査画像40A、40D、40E、40Gは、同じ赤色成分R4を有する必要はなく、検査画像間で赤色成分の大きさが異なってもよい。また、検査画像40B、40D、40E、40Fは、検査画像間で緑色成分の大きさが異なってもよい。この場合、処理ステップS502において、検査員は、各検査画像40A～40Hの赤色成分を同じ割合で調整すると共に、各検査画像40A～40Hの緑色成分を同じ割合で調整する。また、この場合の赤色成分Rs2及び緑色成分Gs2はそれぞれ、被検者300が8つの検査画像40A～40Hの色の違いを最も明瞭に識別できる条件において、複数の検査画像40A～40Hの赤色成分の最大値及び緑色成分の最大値である。

30

【0113】

また、検査画像セット40の代わりに、様々な色を含む風景写真や絵画、静物画等を表す画像が検査に用いられてもよい。この場合、検査に用いられる画像全体のRGBの各色成分がコントローラ200により個別に変更可能である。

【0114】

40

また、処理ステップS502では、赤色成分R4及び緑色成分G4が二次元的に変更されるが、本変形例における処理ステップS502はこの処理に限定されない。例えば、処理ステップS502の代わりに、次の2つの処理ステップS502A及びS502Bが実行されてもよい。

【0115】

[処理ステップS502A]

処理ステップS502Aでは、被検者300が表示装置100に表示されている検査画像セット40を見ている状態で、検査員は、検査画像40A～40Hの緑色成分G4を固定したまま、赤色成分R4のみを変更する。この時、緑色成分G4は、処理ステップS103で測定された測定値Gcに固定されている。なお、処理ステップS103を実行せず

50

に処理ステップS 5 0 2 Aを実行する場合、緑色成分G 4は、例えば、設定可能な最大値（8ビットの場合、2 5 5）に設定される。そして、被検者3 0 0が8つの検査画像4 0 A～4 0 Hの色の違いを最も明瞭に認識できる赤色成分R s 2が測定される。

【0 1 1 6】

[処理ステップS 5 0 2 B]

処理ステップS 5 0 2 Bでは、被検者3 0 0が表示装置1 0 0に表示されている検査画像セット4 0を見ている状態で、検査員は、検査画像4 0 A～4 0 Hの赤色成分R 4を固定したまま、緑色成分G 4のみを変更する。この時、赤色成分R 4は、処理ステップS 1 0 3で測定された測定値R cに固定される。なお、処理ステップS 1 0 3を実行せずに処理ステップS 5 0 2 Bを実行する場合、赤色成分R 4は、例えば、設定可能な最大値（8

10

【0 1 1 7】

このように、処理ステップS 5 0 2 A及びS 5 0 2 Bでは、赤色成分R 4と緑色成分G 4の一方が固定された状態で、他方が一次的に変更される。そのため、処理ステップS 5 0 2 A及びS 5 0 2 Bでは、赤色成分R 4と緑色成分G 4を二次元的に変更する処理ステップS 5 0 2に比べて検査条件が少なくなり、被検者3 0 0や検査員の検査にかかる負荷を低減することができる。

【0 1 1 8】

（色調整に関する変形例）

20

上述の実施形態の処理ステップS 3 0 0では、モニタの画像信号のレベルが調整されるが、本実施形態の処理ステップS 3 0 0は、この処理に限定されない。例えば、処理ステップS 3 0 0では、各パラメータ（測定値B m、比F、測定値R m、測定値G m）を用いて、被検者3 0 0の色覚を矯正する光学素子が作製されてもよい。光学素子は、例えば、眼鏡又はコンタクトレンズのように被検者3 0 0の目に装着されて使用される。

【0 1 1 9】

光学素子は、赤色の波長帯域の光に対する透過率をT R、緑色の波長帯域の光に対する透過率をT G、青色の波長帯域の光に対する透過率をT Bとした場合、次の式1 0に示される比を満たすように設計される。

（式1 0）

30

$$T R : T G : T B = F \times R m : F \times G m : B m / B m a x$$

ここで、T Rは、波長7 0 0 n m付近における透過率である。T Gは、波長5 4 6 . 1 n m付近における透過率である。T Bは、波長4 3 5 . 8 n m付近における透過率である。

【0 1 2 0】

なお、光学素子を設計する際に、赤色の波長帯域と緑色の波長帯域の境界、及び、緑色の波長帯域と青色の波長帯域の境界は、特定の波長に限定されない。例えば、光学素子を設計する際の赤色の波長帯域と緑色の波長帯域の境界は、波長7 0 0 n mと波長5 4 6 . 1 n mの中間の波長であればよい。また、例えば、光学素子を設計する際の緑色の波長帯域と青色の波長帯域の境界は、波長5 4 6 . 1 n mと波長4 3 5 . 8 n mの中間の波長であればよい。更に、光学素子の透過率は、赤色の波長帯域と緑色の波長帯域の間、及び、

40

緑色の波長帯域と青色の波長帯域の間において、緩やかに変化するように設計されてもよい。光学素子は、透過スペクトルを、式1 0を満たすように変更させるものであればよく、その材料や透過スペクトルを変更させる原理については特に限定されない。

【0 1 2 1】

例えば、光学素子は、眼鏡のレンズやコンタクトレンズ等の透明な基板にカラーコーティングを施すことによって作製されてもよい。図1 6は、カラーコーティングが施された光学素子6 0 0の断面図を示す。透明な基板6 1 0の材料は、例えば、可視光帯域の光を実質的に減衰させることなく透過させる材料であり、例えば、ガラスや樹脂が使用される。基板6 1 0の表面には、赤色の波長帯域の光に対する透過率がT Rのカラーコーティング6 1 1 R、緑色の波長帯域の光に対する透過率がT Gのカラーコーティング6 1 1 G、

50

青色の波長帯域の光に対する透過率がT Bのカラーコーティング6 1 1 Bが施される。

【0 1 2 2】

各カラーコーティング6 1 1 R、6 1 1 G、6 1 1 Bの度合い（コーティングの厚さ）は、光学素子6 0 0の透過率が式1 0を満たすように決定される。また、各カラーコーティング6 1 1 R、6 1 1 G、6 1 1 Bは、透明材料の表面に形成された誘電体多層膜であってもよい。或いは、各カラーコーティング6 1 1 R、6 1 1 G、6 1 1 Bは、染色剤が溶かされた染色液に基板6 1 0を浸漬することによってコーティングされてもよい。また、カラーコーティング6 1 1 R、6 1 1 G、6 1 1 Bは別々にコーティングされる必要はない。例えば、一つのカラーコーティングによって、赤色、緑色、青色の全ての波長帯域の透過スペクトルを変化させてもよい。

10

【0 1 2 3】

また、カラーコーティング6 1 1 Rは、赤色の波長帯域以外の光の透過率を変化させることによって、赤色の波長帯域の光の強度を他の帯域の光に対して相対的に変化させるものであってもよい。また、カラーコーティング6 1 1 Gは、緑色の波長帯域以外の光の透過率を変化させることによって、緑色の波長帯域の光の強度を他の帯域の光に対して相対的に変化させるものであってもよい。また、カラーコーティング6 1 1 Bは、青色の波長帯域以外の光の透過率を変化させることによって、青色の波長帯域の光の強度を他の帯域の光に対して相対的に変化させるものであってもよい。

【0 1 2 4】

また、光学素子6 0 0は、透明な材料に染色剤を混合して作製されてもよい。図1 7は、染色剤が混合された光学素子6 0 0の断面図を示す。透明材料6 2 0は、可視光帯域の光を実質的に減衰させることなく透過させる材料であり、例えば、ポリカーボネイトやP MMA等の樹脂が使用される。透明材料6 2 0には、3つの染色剤6 2 1 R、6 2 1 G、6 2 1 Bが混合されている。染色剤6 2 1 Rは、光学素子6 0 0を透過する赤色の光の強度を変化させる。染色剤6 2 1 Gは、光学素子6 0 0を透過する緑色の光の強度を変化させる。染色剤6 2 1 Bは、光学素子6 0 0を透過する青色の光の強度を変化させる。各染色剤6 2 1 R、6 2 1 G、6 2 1 Bの混合量及び混合比は、光学素子6 0 0の透過率が式1 0を満たすように決定される。染色剤6 2 1 R、6 2 1 G、6 2 1 Bが混合された透明材料6 2 0は、例えば、眼鏡のレンズやコンタクトレンズの形状に成形される。透明材料6 2 0の成形は、例えば、3 Dプリンタや金型を用いた射出成型によって行われる。

20

30

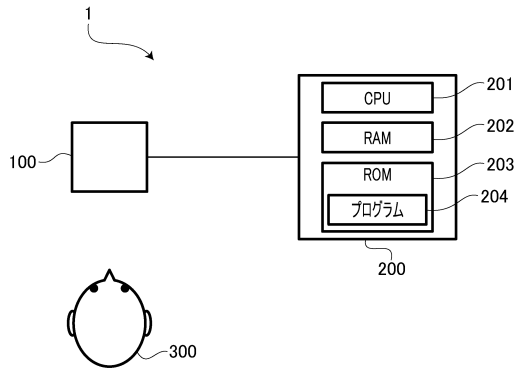
【0 1 2 5】

この光学素子6 0 0の作製方法では、単に染色剤6 2 1 R、6 2 1 G、6 2 1 Bを透明材料6 2 0に混合することによって光学素子6 0 0を作製することができる。そのため、この方法は、光学素子6 0 0の作製が容易であるというメリットを有する。

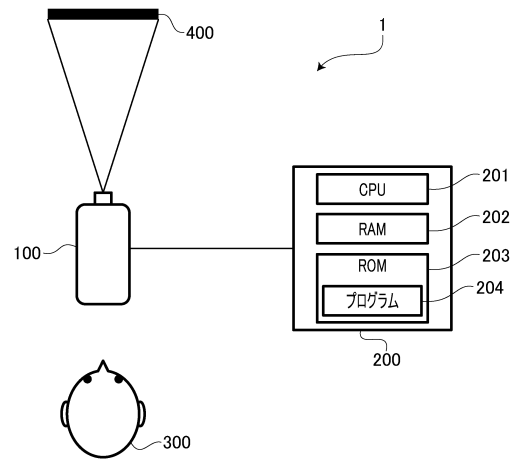
【0 1 2 6】

作製された光学素子6 0 0は、眼鏡のレンズ又はコンタクトレンズとして被検者3 0 0に装着される。光学素子6 0 0によって被検者3 0 0の目に入射する光の各色成分の光強度が調整されることにより、被検者3 0 0の色覚特性が矯正される。

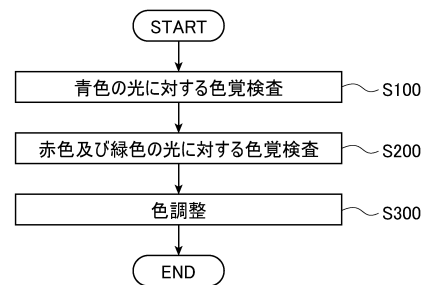
【図 1】



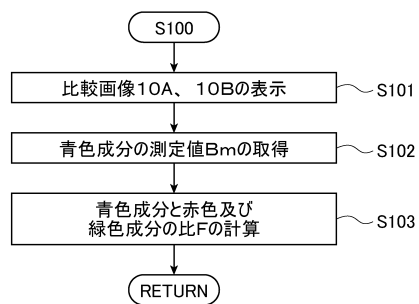
【図 2】



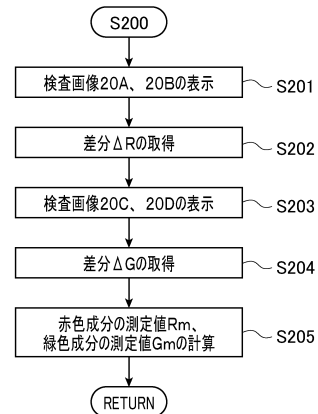
【図 3】



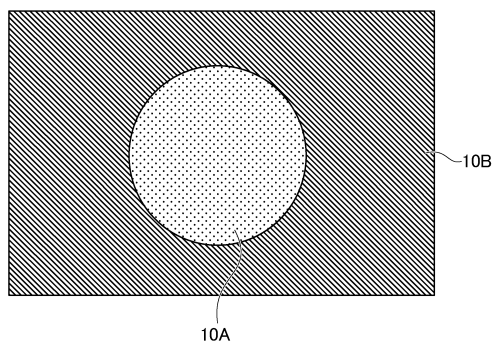
【図 4】



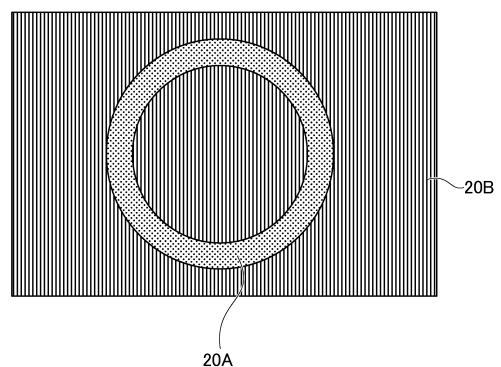
【図 6】



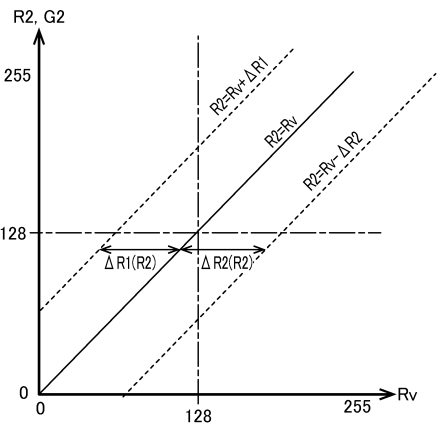
【図 5】



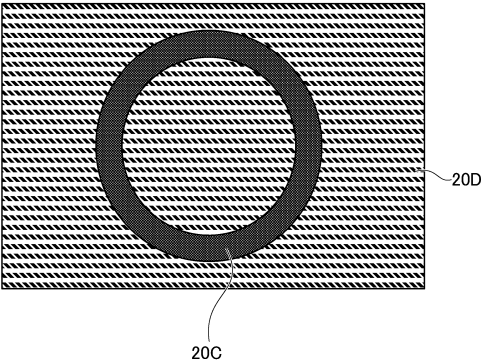
【図 7】



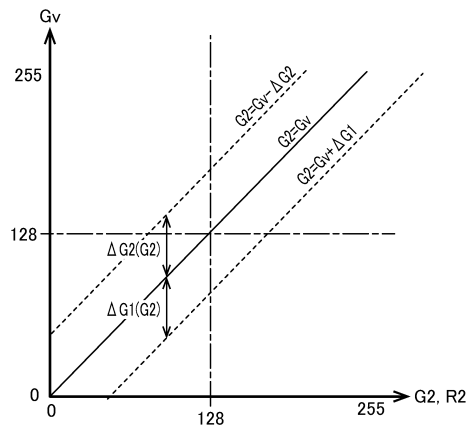
【図 8】



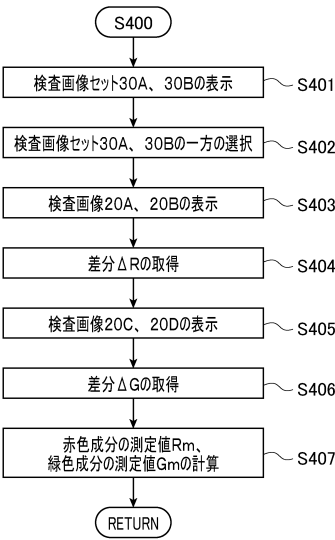
【図 9】



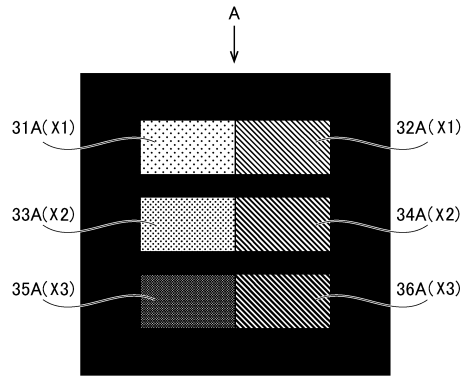
【図 10】



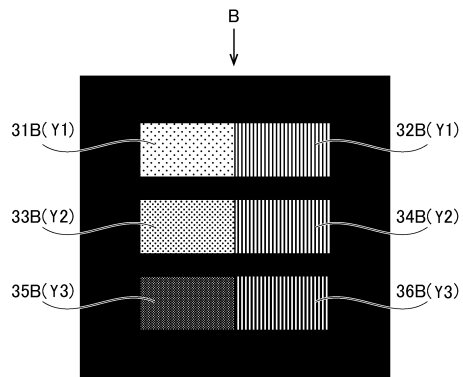
【図 11】



【図 1 2】



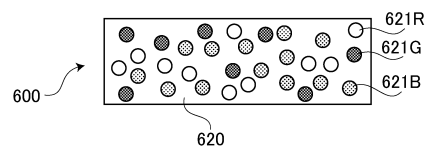
【図 1 3】



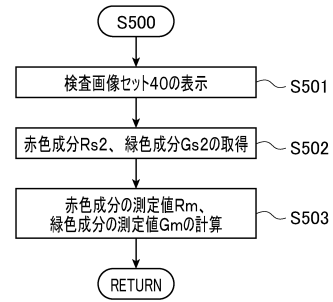
【図 1 6】



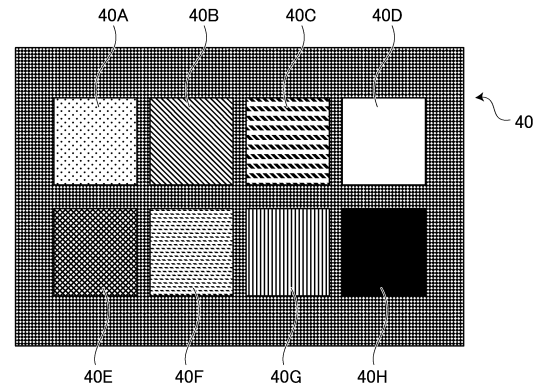
【図 1 7】



【図 1 4】



【図 1 5】



フロントページの続き

(56)参考文献 国際公開第03/084448 (WO, A1)

特開平6-18819 (JP, A)

特開2013-70774 (JP, A)

特開2000-116601 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 3/00 - 3/16