

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7172294号
(P7172294)

(45)発行日 令和4年11月16日(2022.11.16)

(24)登録日 令和4年11月8日(2022.11.8)

(51)国際特許分類

F I

G 0 3 B 21/14 (2006.01) G 0 3 B 21/14 D

G 0 3 B 21/00 (2006.01) G 0 3 B 21/00 D

H 0 4 N 9/31 (2006.01) H 0 4 N 9/31 8 2 0

請求項の数 10 (全24頁)

(21)出願番号	特願2018-161460(P2018-161460)	(73)特許権者	000002369
(22)出願日	平成30年8月30日(2018.8.30)		セイコーエプソン株式会社
(65)公開番号	特開2020-34741(P2020-34741A)		東京都新宿区新宿四丁目1番6号
(43)公開日	令和2年3月5日(2020.3.5)	(74)代理人	110001081弁理士法人クシブチ国際特許事務所
審査請求日	令和3年7月27日(2021.7.27)	(72)発明者	松本 雄一郎
			長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内
		審査官	新井 重雄

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 プロジェクター、色補正システム、及びプロジェクターの制御方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の色光を発する固体光源と、
前記固体光源が発する前記第1の色光を蛍光体に当てることで所定色の色光を得て、得られた前記所定色の色光を分光することで前記所定色の色光を第2の色光と第3の色光とに分離する光源光学系と、
前記第1の色光、前記第2の色光及び前記第3の色光を変調する光変調部と、
前記光変調部により変調された前記第1の色光、前記第2の色光及び前記第3の色光を合成した画像光を投射面に投射する投射部と、
前記画像光が前記投射面に結像した画像の色を、第1表色系を構成する複数の色、及び第2表色系を構成する少なくとも1の色について測定する測定部と、
前記測定部が測定した前記第1表色系を構成する複数の色の第1測定値、及び前記測定部が測定した前記第2表色系を構成する少なくとも1の色の第2測定値を前記第2表色系の色に変換した変換値に基づき、補正パラメータを生成する補正パラメータ生成部と、を備え、
前記測定部は、前記第1の色光の波長域において、前記第1の色光のスペクトル特性に対応した透過率特性を有する光学フィルターを備える、プロジェクター。

【請求項2】

前記光学フィルターは、前記測定部の分光感度特性のうち、前記第1の色光の波長域における、前記第1表色系を構成する色に関する分光感度特性を、前記第2表色系を構成す

る色の等色関数に対応させる透過率特性を有する、請求項 1 記載のプロジェクター。

【請求項 3】

前記光学フィルターは、第 1 光学フィルター及び第 2 光学フィルターを備え、

前記第 2 光学フィルターは、前記第 1 の色光の波長域で透過率がピークを示す透過率特性を有し、

前記第 1 光学フィルターは、前記第 2 光学フィルターの透過率特性と組み合わせられて、前記第 1 の色光の波長域において、前記第 1 表色系を構成する色に関する分光感度特性を、前記第 2 表色系を構成する色の等色関数に対応させる透過率特性を有する、請求項 1 又は 2 記載のプロジェクター。

【請求項 4】

前記第 1 光学フィルターは、前記第 1 の色光の波長域よりも長波長の領域において前記第 2 の色光及び前記第 3 の色光を透過させる透過率特性を有する、請求項 3 記載のプロジェクター。

【請求項 5】

前記第 1 光学フィルターは、前記第 1 の色光の波長域よりも長波長の領域の透過率が、前記第 1 の色光の波長域の透過率よりも低い、請求項 3 又は 4 記載のプロジェクター。

【請求項 6】

前記測定部は、受光素子を備え、

前記光学フィルターは、前記第 2 の色光の波長域で透過率がピークを示す透過率特性の第 3 光学フィルターと、前記第 3 の色光の波長域で透過率がピークを示す透過率特性の第 4 光学フィルターと、を備え、

前記第 2 光学フィルター、前記第 3 光学フィルター及び前記第 4 光学フィルターは、前記受光素子を構成する画素のいずれかに対応付けて配置される、請求項 3 から 5 のいずれか 1 項に記載のプロジェクター。

【請求項 7】

前記第 1 光学フィルターは、前記受光素子を構成する画素の各々に対応付けて配置される、請求項 6 記載のプロジェクター。

【請求項 8】

前記第 1 表色系は R G B 表色系であり、前記第 2 表色系は X Y Z 表色系であり、

前記測定部は、前記 R G B 表色系を構成する R、G、及び前記 X Y Z 表色系を構成する Z の各色の測定値を出力する、請求項 1 から 7 のいずれか 1 項に記載のプロジェクター。

【請求項 9】

第 1 の色光を発する固体光源と、

前記固体光源が発する前記第 1 の色光を蛍光体に当てることで所定色の色光を得て、得られた前記所定色の色光を分光することで前記所定色の色光を第 2 の色光と第 3 の色光とに分離する光源光学系と、

前記第 1 の色光、前記第 2 の色光及び前記第 3 の色光を変調する光変調部と、

前記光変調部により変調された前記第 1 の色光、前記第 2 の色光及び前記第 3 の色光を合成した画像光を投射面に投射する投射部と、を備えるプロジェクターと、

前記画像光が前記投射面に結像した画像の色を、第 1 表色系を構成する複数の色、及び第 2 表色系を構成する少なくとも 1 の色について測定する測定部と、

前記測定部が測定した前記第 1 表色系を構成する複数の色の第 1 測定値、及び前記測定部が測定した前記第 2 表色系を構成する少なくとも 1 の色の第 2 測定値を前記第 2 表色系の色に変換した変換値に基づき、補正パラメータを生成する補正パラメータ生成装置と、を備え、

前記測定部は、前記第 1 の色光の波長域において、前記第 1 の色光のスペクトル特性に対応した透過率特性を有する光学フィルターを備える、色補正システム。

【請求項 10】

固体光源が発する第 1 の色光と、前記第 1 の色光を基に得られる第 2 の色光と、第 3 の色光とをそれぞれ変調し、合成した画像光を投射面に投射するプロジェクターの制御方法

10

20

30

40

50

であって、

前記画像光が前記投射面に結像した画像の色を、第1表色系を構成する複数の色、及び第2表色系を構成する少なくとも1の色について測定部で測定する測定ステップと、

測定された前記第1表色系を構成する複数の色の第1測定値、及び測定された前記第2表色系を構成する少なくとも1の色の第2測定値を前記第2表色系の色に変換した変換値に基づき、補正パラメータを生成する生成ステップと、を有し、

前記測定ステップは、前記第1の色光の波長域において、前記第1の色光のスペクトル特性に対応した透過率特性を有する光学フィルターを備える前記測定部により、前記第2表色系を構成する少なくとも1の色について測定する、プロジェクターの制御方法。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、プロジェクター、色補正システム、及びプロジェクターの制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、プロジェクターでは、画像光を測色して、測色結果に基づいて画像光の色調整を行っている。例えば、引用文献1は、プロジェクターの光路中に、所与のスペクトル成分を除去する光学フィルターを配置し、光路中に光学フィルターを配置した状態と、光路中に光学フィルターを配置しない状態とを切り替えることで、擬似的に6バンドのマルチバンド測定を実現するプロジェクターを開示する。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2010-145372号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、画像の色を精度よく測定して画像光の色補正を行うことを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

30

上記目的を達成する一態様は、第1の色光を発する固体光源と、前記固体光源が発する前記第1の色光を蛍光体に当てることで所定色の色光を得て、得られた前記所定色の色光を分光することで前記所定色の色光を第2の色光と第3の色光とに分離する光源光学系と、前記第1の色光、前記第2の色光及び前記第3の色光を変調する光変調部と、前記光変調部により変調された前記第1の色光、前記第2の色光及び前記第3の色光を合成した画像光を投射面に投射する投射部と、前記画像光が前記投射面に結像した画像の色を、第1表色系を構成する複数の色、及び第2表色系を構成する少なくとも1の色について測定する測定部と、前記測定部が測定した前記第1表色系の色の第1測定値を前記第2表色系の色に変換した変換値と、前記測定部が測定した前記第2表色系を構成する少なくとも1の色の第2測定値とに基づき、補正パラメータを生成する補正パラメータ生成部と、を備え、前記測定部は、前記第1の色光の波長域において、前記第1の色光のスペクトル特性に対応した透過率特性を有する光学フィルターを備える、プロジェクターである。

40

【0006】

上記プロジェクターにおいて、前記光学フィルターは、前記測定部の分光感度特性のうち、前記第1の色光の波長域における、前記第1表色系を構成する色に関する分光感度特性を、前記第2表色系を構成する色の等色関数に対応させる透過率特性を有する構成であってもよい。

【0007】

上記プロジェクターにおいて、前記光学フィルターは、第1光学フィルター及び第2光学フィルターを備え、前記第2光学フィルターは、前記第1の色光の波長域で透過率がピ

50

ークを示す透過率特性を有し、前記第 1 光学フィルターは、前記第 2 光学フィルターの透過率特性と組み合わせられて、前記第 1 の色光の波長域において、前記第 1 表色系を構成する色に関する分光感度特性を、前記第 2 表色系を構成する色の等色関数に対応させる透過率特性を有する。

【 0 0 0 8 】

上記プロジェクターにおいて、前記第 1 光学フィルターは、前記第 1 の色光の波長域よりも長波長の領域において前記第 2 の色光及び前記第 3 の色光を透過させる透過率特性を有する構成であってもよい。

【 0 0 0 9 】

上記プロジェクターにおいて、前記第 1 光学フィルターは、前記第 1 の色光の波長域よりも長波長の領域の透過率が、前記第 1 の色光の波長域の透過率よりも低い構成であってもよい。

10

【 0 0 1 0 】

上記プロジェクターにおいて、前記測定部は、受光素子を備え、前記光学フィルターは、前記第 2 の色光の波長域で透過率がピークを示す透過率特性の第 3 光学フィルターと、前記第 3 の色光の波長域で透過率がピークを示す透過率特性の第 4 光学フィルターと、を備え、前記第 2 光学フィルター、前記第 3 光学フィルター及び前記第 4 光学フィルターは、前記受光素子を構成する画素のいずれかに対応付けて配置される構成であってもよい。

【 0 0 1 1 】

上記プロジェクターにおいて、前記第 1 光学フィルターは、前記受光素子を構成する画素の各々に対応付けて配置される構成であってもよい。

20

【 0 0 1 2 】

上記プロジェクターにおいて、前記第 1 表色系は R G B 表色系であり、前記第 2 表色系は X Y Z 表色系であり、前記測定部は、前記 R G B 表色系を構成する R、G、及び前記 X Y Z 表色系を構成する Z の各色の測定値を出力する構成であってもよい。

【 0 0 1 3 】

上記目的を達成する別の一の態様は、第 1 の色光を発する固体光源と、前記固体光源が発する前記第 1 の色光を蛍光体に当てることで所定色の色光を得て、得られた前記所定色の色光を分光することで前記所定色の色光を第 2 の色光と第 3 の色光とに分離する光源光学系と、前記第 1 の色光、前記第 2 の色光及び前記第 3 の色光を変調する光変調部と、前記光変調部により変調された前記第 1 の色光、前記第 2 の色光及び前記第 3 の色光を合成した画像光を投射面に投射する投射部と、前記画像光が前記投射面に結像した画像の色を、第 1 表色系を構成する複数の色、及び第 2 表色系を構成する少なくとも 1 の色について測定する測定部と、を備えるプロジェクターと、前記測定部が測定した前記第 1 表色系の色の第 1 測定値を前記第 2 表色系の色に変換した変換値と、前記測定部が測定した前記第 2 表色系を構成する少なくとも 1 の色の第 2 測定値とに基づき、補正パラメータを生成する補正パラメータ生成装置と、を備え、前記測定部は、前記第 1 の色光の波長域において、前記第 1 の色光のスペクトル特性に対応した透過率特性を有する光学フィルターを備える、色補正システムである。

30

【 0 0 1 4 】

上記目的を達成するさらに別の一の態様は、固体光源が発する第 1 の色光と、前記第 1 の色光を基に得られる第 2 の色光と、第 3 の色光とをそれぞれ変調し、合成した画像光を投射面に投射するプロジェクターの制御方法であって、前記画像光が前記投射面に結像した画像の色を、第 1 表色系を構成する複数の色、及び第 2 表色系を構成する少なくとも 1 の色について測定部で測定する測定ステップと、測定された前記第 1 表色系の色の第 1 測定値を前記第 2 表色系の色に変換した変換値と、前記測定部が測定した前記第 2 表色系を構成する少なくとも 1 の色の第 2 測定値とに基づき、補正パラメータを生成する生成ステップと、を有し、前記測定ステップは、前記第 1 の色光の波長域において、前記第 1 の色光のスペクトル特性に対応した透過率特性を有する光学フィルターを備える前記測定部により、前記第 2 表色系を構成する少なくとも 1 の色について測定する、プロジェクターの

40

50

制御方法である。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 5 】

【図 1】プロジェクターの構成図。

【図 2】測定部の構成図。

【図 3】カラーフィルターを構成する各フィルターの配置の一例を示す図。

【図 4】測定値、変換値及び目標値を示す変数を示す図。

【図 5】撮像部の分光感度特性と、等色関数の分光感度特性とを示す図。

【図 6】投射光の分光波長特性を示す図。

【図 7】投射部が投射した B 光の分光波長特性を示す図。

10

【図 8】Z フィルターを備える測定部の分光感度特性を示す図。

【図 9】測定部が備える光学フィルターの分光透過率を示す図。

【図 10】補正パラメータ生成部の動作を示すフローチャート。

【図 11】システム構成図。

【図 12】色補正システムのシステム構成図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 6 】

以下、本発明の実施形態について添付図面を参照しながら説明する。

図 1 は、プロジェクター 100 の概略構成を示す構成図である。

プロジェクター 100 は、光学的な画像である画像光を生成して投射面 180 に投射する投射部 150 等を含む画像投射系と、光学的な画像の元になる画像データを電氣的に処理する画像処理部 165 等を含む画像処理系と、これら各部を制御する制御部 110 とを備える。

20

【 0 0 1 7 】

投射部 150 は、光源部 120、光変調部 130 及び投射光学系 140 を備える。光源部 120 は、固体光源として、青色レーザー光を射出する青色半導体レーザー素子により構成されるレーザー光源 121、122 を備える。青色レーザー光を、以下では青色光と表記する。青色光は、本発明の「第 1 の色光」に相当する。レーザー光源 121、122 の各々は、複数の半導体素子を備え、各半導体素子が青色光を射出する構成であってもよい。また、光源部 120 は、レーザー光源 121、122 が射出した青色光を走査する光走査素子、青色光の光学特性を高めるためのレンズ群、光量を低減させる調光部等を備えていてもよい。光走査素子、レンズ群及び調光部の図示は省略する。

30

【 0 0 1 8 】

さらに光源部 120 は、レーザー光源ドライバー 123、124、光源光学系 127 及び拡散板 128 を備える。光源光学系 127 は、蛍光体ホイール 125 及び分光部 126 を備える。

レーザー光源ドライバー 123 は、後述する光源駆動部 153 から入力される制御信号に従ってレーザー光源 121 を駆動する。レーザー光源ドライバー 124 は、光源駆動部 153 から入力される制御信号に従ってレーザー光源 122 を駆動する。

蛍光体ホイール 125 は、レーザー光源 121 から射出された青色光を補色となる黄色光に変換する。黄色光は、本発明の「所定色の色光」に相当する。分光部 126 は蛍光体ホイール 125 から入射された黄色光を赤色光と緑色光とに分離する。赤色光は、本発明の「第 2 の色光」又は「第 3 の色光」に相当し、緑色光は、本発明の「第 3 の色光」又は「第 2 の色光」に相当する。拡散板 128 は、レーザー光源 122 から射出された青色光を拡散させる。

40

【 0 0 1 9 】

レーザー光源 121 から射出された青色光は、蛍光体ホイール 125 の蛍光体に入射され、黄色光に変換される。変換された黄色光は分光部 126 に入射され、黄色光を波長成分により赤色光と緑色光とに分離される。分光部 126 により分離された赤色光及び緑色光は、それぞれ光変調部 130 に入射され、赤色の画像光及び緑色の画像光に変調される。

50

【 0 0 2 0 】

また、レーザー光源 1 2 2 から射出された青色光は、拡散板 1 2 8 に入射され、拡散板 1 2 8 によって拡散される。拡散板 1 2 8 により拡散された青色光は、光変調部 1 3 0 に入射され、青色の画像光に変調される。光変調部 1 3 0 により変調された青色、赤色及び緑色の画像光は、不図示のクロスダイクロイックプリズム等の合成光学系によって合成され、投射光学系により投射面 1 8 0 に投射される。

【 0 0 2 1 】

光源駆動部 1 5 3 は、制御部 1 1 0 の制御に従ってレーザー光源ドライバー 1 2 3、1 2 4 を制御し、レーザー光源 1 2 1、1 2 2 の点灯及び消灯と、レーザー光源 1 2 1、1 2 2 が射出する光の輝度とを制御する。

10

【 0 0 2 2 】

光変調部 1 3 0 は、光源部 1 2 0 から入射された青色光、赤色光及び緑色光を変調して画像光を生成し、生成した画像光を投射光学系 1 4 0 に出力する。光変調部 1 3 0 の具体的な構成は、例えば、赤色、緑色及び青色の 3 原色に対応した 3 枚の透過型又は反射型の液晶パネルを用いた方式や、DLP (Digital Light Processing) 方式であってもよい。

【 0 0 2 3 】

本実施形態では、光変調部 1 3 0 が赤色、緑色及び青色の 3 原色の色光に対応した 3 枚の透過型の液晶パネルを備える構成である場合について説明する。青色光を変調する液晶パネルを B パネル 1 3 1 と表記し、赤色光を変調する液晶パネルを R パネル 1 3 3 と表記し、緑色光を変調する液晶パネルを G パネル 1 3 5 と表記する。

20

【 0 0 2 4 】

B パネル 1 3 1、R パネル 1 3 3 及び G パネル 1 3 5 の各々は、複数の画素がマトリクス状に配置された構成を備え、各画素は液晶パネルドライバー 1 5 5 により駆動される。

【 0 0 2 5 】

液晶パネルドライバー 1 5 5 は、後述する画像処理部 1 6 5 から入力された画像信号に基づいて、B パネル 1 3 1、R パネル 1 3 3 及び G パネル 1 3 5 の各々を構成する各画素を駆動する駆動電圧を生成する。液晶パネルドライバー 1 5 5 は、生成した駆動電圧を不図示の透明電極に印加して B パネル 1 3 1、R パネル 1 3 3 及び G パネル 1 3 5 を構成する各画素の透過率を調整し、B パネル 1 3 1、R パネル 1 3 3 及び G パネル 1 3 5 に画像を描画する。光変調部 1 3 0 により変調された赤色光、緑色光及び青色光の各色光は、クロスダイクロイックプリズムにより合成されて画像光となり、投射光学系 1 4 0 に射出される。

30

【 0 0 2 6 】

投射光学系 1 4 0 は、光変調部 1 3 0 で変調された画像光を投射面 1 8 0 に投射して結像させるためのレンズ群を備える。投射光学系 1 4 0 は、不図示のモーターの回転によってレンズ群が駆動され、ズーム、フォーカス及び絞りの調整が行われる。レンズ群及びモーターの図示は省略する。投射光学系 1 4 0 は、手動の操作によりレンズ群を動かしてズーム、フォーカス及び絞りの調整が行われる構成であってもよい。

【 0 0 2 7 】

また、プロジェクター 1 0 0 は、操作部 1 7 1、表示部 1 7 3、リモコン受光部 1 7 5、測定部 1 7 7 及び入出力インターフェイス 1 7 9 を備える。操作部 1 7 1、表示部 1 7 3、リモコン受光部 1 7 5 及び測定部 1 7 7 の各々は、入出力インターフェイス 1 7 9 に接続される。また、入出力インターフェイス 1 7 9 は、バス 1 0 1 に接続され、同じくバス 1 0 1 に接続された制御部 1 1 0 とバス 1 0 1 を介してデータの送受信を行う。

40

【 0 0 2 8 】

操作部 1 7 1 は、プロジェクター 1 0 0 の筐体表面に設けられた各種のボタンやスイッチを備え、これらのボタンやスイッチの操作に対応した操作信号を生成して入出力インターフェイス 1 7 9 に出力する。入出力インターフェイス 1 7 9 は、操作部 1 7 1 から入力された操作信号を制御部 1 1 0 に出力する。

【 0 0 2 9 】

50

表示部 173 は、LCD (liquid crystal display) 等の表示パネルを備え、制御部 110 の制御により画像や図形、文字等を表示する。また、表示パネルの下に操作部 171 としてのタッチパネルを重ねて配置し、タッチされた表示パネルの位置をタッチパネルにより検出可能な構成としてもよい。

【0030】

リモコン受光部 175 は、リモコン 5 から送信される赤外線信号を受光し、受光した赤外線信号をデコードして操作信号を生成して入出力インターフェイス 179 に出力する。入出力インターフェイス 179 は、リモコン受光部 175 から入力された操作信号を制御部 110 に出力する。

【0031】

測定部 177 は、投射部 150 により画像光が投射された投射面 180 を撮像し、画像光が投射面 180 で結像した画像の色を測定する。本実施形態の測定部 177 は、赤色、緑色及び青色の各色について測定する。

【0032】

図 2 は、測定部 177 の構成を示す構成図である。

ここで、図 2 を参照しながら測定部 177 の構成について説明する。測定部 177 は、フィルター部 210、撮像部 220 及び A/D 変換部 230 を備える。撮像部 220 は、撮像レンズ 221、カラーフィルター 222 及び受光素子 223 を備えた RGB カメラにより構成される。撮像部 220 は、画像光が投射面 180 で結像した画像の色を、RGB 表色系を構成する各色で測定する。RGB 表色系は、本発明の「第 1 表色系」に相当する。

【0033】

フィルター部 210 は、Z フィルター 211 と、Z フィルター 211 を固定する固定部材 212 とを備え、撮像レンズ 221 の前面に設けられる。Z フィルター 211 は、本発明の「第 1 光学フィルター」に相当する。Z フィルター 211 は、測定部 177 が備える光学フィルター 240 の一部を構成する。光学フィルター 240 は、Z フィルター 211 とカラーフィルター 222 とから構成される。

【0034】

Z フィルター 211 は、受光素子 223 の受光特性を変更する光学フィルターである。Z フィルター 211 は、予め設定された波長域において、撮像部 220 の分光透過率特性を人の目の特性に近づける特性を有している。具体的には、Z フィルター 211 の分光透過率は、カラーフィルター 222 の分光透過率との積により等色関数 $z(\lambda)$ の分光透過率特性となるように調整されている。つまり、Z フィルター 211 及びカラーフィルター 222 を透過した色光の分光透過率が、等色関数 $z(\lambda)$ の分光感度に一致するように Z フィルター 211 の分光透過率が調整されている。従って、Z フィルター 211 及びカラーフィルター 222 を透過した色光を撮像部 220 で撮像することで、XYZ 表色系の 3 刺激値の Z 成分である Z 値を測定することができる。等色関数は、人間の目の分光感度分布を再現するように構成された関数であり、国際照明委員会である CIE によって規格化されている。CIE の規格では、等色関数は人間が 3 次元の色座標を持っていることを反映して、 $x(\lambda)$ 、 $y(\lambda)$ 及び $z(\lambda)$ の 3 つの等色関数が規定されている。 λ は、波長を示す。また、XYZ 表色系は、CIE 1931 表色系とも呼ばれ、本発明の「第 2 表色系」に相当する。

【0035】

フィルター部 210 は、カラーフィルター 222 の前面の第 1 位置に Z フィルター 211 が位置するように設置される。本実施形態の Z フィルター 211 は、その特性により、カラーフィルター 222 の前面に固定設置可能であるが、測定部 177 にスライド自在に保持されてもよい。その場合、フィルター部 210 は、モーターの駆動により、スライドレールに沿って移動し、第 1 位置と第 2 位置とに移動する。第 2 位置は、カラーフィルター 222 の前面に Z フィルター 211 が位置しない位置である。すなわち、フィルター部 210 が第 2 位置にある場合、光が Z フィルター 211 を透過することなくカラーフィルター 222 に入射される。Z フィルター 211 が第 1 位置にある場合、Z フィルター 211

10

20

30

40

50

1を透過した光が、Rフィルター251、Gフィルター253及びBフィルター255のいずれかを透過し、透過した光が、受光素子223を構成する画素のいずれかに受光される。

【0036】

撮像レンズ221は、撮像レンズ221を通った光を、受光素子223を構成する各素子に集光させる集光レンズである。

【0037】

カラーフィルター222は、撮像レンズ221により集光された光のうち、特定の波長の光を透過させて分光する。図3は、カラーフィルター222を構成する各フィルターの配置の一例を示す図である。カラーフィルター222は、赤色光を透過するRフィルター251、緑色光を透過させるGフィルター253及び青色光を透過させるBフィルター255の3種類のフィルターが所定のパターンで2次元的に配置された構成を有する。Bフィルター255は、本発明の「第2光学フィルター」に相当する。また、Rフィルター251は、本発明の「第3光学フィルター」に相当し、Gフィルター253は、「第4光学フィルター」に相当する。

10

【0038】

第2光学フィルターであるBフィルター255は、青色光の波長域、例えば、445nm以上、465nm以下の波長域で透過率がピークを示す透過率特性を有する。また、第3光学フィルターであるRフィルター251は、赤色光の波長域、例えば、620nm以上、750nm以下の波長域で透過率がピークを示す透過率特性を有する。また、第4光学フィルターであるGフィルター253は、緑色光の波長域、例えば、495nm以上、570nm以下の波長域で透過率がピークを示す透過率特性を有する。

20

【0039】

受光素子223は、CCD (Charge-Coupled Device) イメージセンサーやCMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) イメージセンサーにより構成され、各々が光電変換素子を備える複数の画素を2次元的に配列した構成を備える。

受光素子223を構成する各画素は、カラーフィルター222のRフィルター251、Gフィルター253及びBフィルター255のいずれかに対応付けられる。受光素子223は、Rフィルター251、Gフィルター253及びBフィルター255のいずれかを通過した光を画素ごとに光電変換し、受光量に対応した電荷を蓄積する。受光素子223は、所定のタイミングで入力される信号に基づいて蓄積電荷に対応した電圧のアナログ信号を順次出力する。

30

【0040】

また、Zフィルター211は、受光素子223を構成する画素の各々に対応して配置される。すなわち、Zフィルター211を透過した光が、Rフィルター251、Gフィルター253及びBフィルター255のいずれかを透過し、透過した光が、受光素子223を構成する画素のいずれかに受光される。

【0041】

A/D変換部230は、受光素子223が出力したアナログ信号に対して、例えばサンプリング、ゲイン調整、A/D変換等の処理を行ってデジタル信号を出力する。A/D変換部230により変換されたデジタル信号は、測定値として制御部110に入力される。

40

【0042】

なお、図2には、フィルター部210は、撮像レンズ221の前面に設けた構成を示すが、Zフィルター211と、カラーフィルター222の間に設けた構成であてもよい。

【0043】

次にプロジェクター100の画像処理系について説明する。

プロジェクター100は、インターフェイス161、フレームメモリー163、画像処理部165及び制御部110を画像処理系として備える。

【0044】

インターフェイス161は、有線接続用のコネクタと、このコネクタに対応したイ

50

ンターフェイス回路とを備え、プロジェクター１００に画像データを供給する画像供給装置に有線接続される。図１において、コネクタ及びインターフェイス回路の図示は省略する。インターフェイス１６１は、画像供給装置から受信した画像データを画像処理部１６５に出力する。

図１には、プロジェクター１００と画像供給装置とを有線接続した場合を示すが、プロジェクター１００と画像供給装置とを無線により接続してもよい。また、画像データは、画像供給装置から受信した画像データであってもよいし、制御部１１０のメモリー１１１に予め記憶された画像データであってもよい。

【００４５】

画像処理部１６５は、画像データをフレームメモリー１６３に展開する。フレームメモリー１６３は、複数のバンクを備える。各バンクは、画像データの１フレームを書き込み可能な記憶容量を有する。フレームメモリー１６３は、例えば、ＳＤＲＡＭ（Synchronous Dynamic Random Access Memory）により構成される。

【００４６】

画像処理部１６５は、フレームメモリー１６３に展開した画像データに対して、例えば、解像度変換処理又はリサイズ処理、歪曲収差の補正、形状補正処理、デジタルズーム処理、画像の色合いや輝度の調整等の画像処理を行う。画像処理部１６５は、制御部１１０により指定された処理を実行し、必要に応じて、制御部１１０から入力されるパラメータを使用して処理を行う。また、画像処理部１６５は、上記のうち複数の画像処理を組み合わせ合わせて実行することも勿論可能である。画像処理部１６５は、画像処理の終了した画像データをフレームメモリー１６３から読み出し、画像信号として液晶パネルドライバー１５５に出力する。

【００４７】

制御部１１０は、メモリー１１１及びプロセッサ１１３及びその他周辺回路を備える。図１において、周辺回路の図示は省略する。メモリー１１１は、記憶装置である。メモリー１１１は、不揮発性の記憶装置により構成してもよいし、不揮発性の記憶装置及び揮発性の記憶装置により構成してもよい。不揮発性の記憶装置は、例えば、ＥＥＰＲＯＭやフラッシュメモリー等の半導体メモリーにより構成することができる。揮発性の記憶装置は、例えば、ＲＡＭにより構成することができる。メモリー１１１は、プロセッサ１１３が実行する制御プログラムや、画像処理に用いるパラメータ等を記憶する。

【００４８】

プロセッサ１１３は、単一のプロセッサで構成されてもよいし、複数のプロセッサで構成されてもよい。また、プロセッサ１１３は、メモリー１１１の一部または全部と、その他の回路と統合されたＳｏＣ（System on a chip）で構成されてもよい。さらに、プロセッサ１１３は、プログラムを実行するＣＰＵと、演算処理を実行するＤＳＰ（Digital Signal Processor）との組合せにより構成してもよい。また、プロセッサ１１３の機能の全てを、ハードウェアに実装した構成としてもよく、プログラマブルデバイスを用いて構成してもよい。

【００４９】

また、制御部１１０及び画像処理部１６５は、それぞれ独立して又は一体的にＦＰＧＡ（field-programmable gate array）やＡＳＩＣ（Application Specific Integrated Circuit）等のハードウェア回路で構成してもよい。また、制御部１１０及び画像処理部１６５は、それぞれ独立して又は一体的にプログラムを実行して所定の機能を実現するＣＰＵ（Central Processing Unit）、ＭＰＵ（Microprocessor unit）で構成してもよい。

【００５０】

プロセッサ１１３は、メモリー１１１が記憶する制御プログラムを実行して、プロジェクター１００の各部を制御する。例えば、プロセッサ１１３は、操作部１７１やリモコン５により受け付けた操作に対応した画像処理の実行指示と、この画像処理に用いるパラメータとを画像処理部１６５に出力する。パラメータには、例えば、投射面１８０に投射する画像の幾何的な歪みを補正する幾何補正パラメータ等が含まれる。また、プ

10

20

30

40

50

ロセッサ 113 は、光源駆動部 153 を制御してレーザー光源ドライバ 123、124 を制御し、レーザー光源 121、122 の点灯と消灯とを制御し、輝度を調整する。幾何補正パラメータは、一般的に知られたパラメータであるため、幾何補正パラメータの詳細については説明を省略する。

【0051】

また、プロセッサ 113 は、補正パラメータ生成部 115 を機能ブロックとして備える。機能ブロックとは、プロセッサ 113 が、プログラムに従った制御動作を実行することで実現される機能に対応したブロックである。

【0052】

補正パラメータ生成部 115 は、画像の色合いを補正する補正パラメータを生成する。補正パラメータ生成部 115 は、生成した補正パラメータを画像処理部 165 に出力する。

【0053】

プロジェクター 100 は、投射部 150 が投射面 180 に投射した画像を撮像部 220 で撮像して画像の色を測定し、測定した色に基づいて投射部 150 が投射する画像の色を補正する色補正を行う。画像処理部 165 は、補正パラメータを用いて、画像データの明るさや色合いを補正する補正処理を行う。

【0054】

図 4 は、測定値、変換値及び目標値を示す変数を示す。測定値、変換値及び目標値の詳細については後述する。以下、図 4 を参照しながらプロジェクター 100 の動作を説明する。

制御部 110 のメモリ 111 には、色補正の目標値が記憶されている。プロジェクター 100 の出荷前に、原色光を投射部 150 により投射して、専用の測色機により投射面 180 で結像した画像を測色して目標値を得る。原色光は、赤の単色光である R 光、緑の単色光である G 光、及び青の単色光である B 光である。測色機は、投射面 180 で結像した画像を測色し、XYZ 表色系の三刺激値である X 値、Y 値及び Z 値を測色値として出力する。R 光を測色機により測色した場合の測色値を (X_r, Y_r, Z_r) と表記する。X、Y 及び Z と共に表記した小文字「r」は、R 光を測色して得た測色値であることを示す。同様に、G 光を測色機により測色した場合の測色値を (X_g, Y_g, Z_g) と表記する。X、Y 及び Z と共に表記した小文字「g」は、G 光を測色して得た測色値であることを示す。また、B 光を測色機により測色した場合の測色値を (X_b, Y_b, Z_b) と表記する。X、Y 及び Z と共に表記した小文字「b」は、B 光を測色して得た測色値であることを示す。また、メモリ 111 に記憶された目標値を (X_{r0}, Y_{r0}, Z_{r0}) 、 (X_{g0}, Y_{g0}, Z_{g0}) 及び (X_{b0}, Y_{b0}, Z_{b0}) と表記する。 (X_{r0}, Y_{r0}, Z_{r0}) 、 (X_{g0}, Y_{g0}, Z_{g0}) 及び (X_{b0}, Y_{b0}, Z_{b0}) を総称する場合に、目標値 $X_0 Y_0 Z_0$ と表記する。

【0055】

プロジェクター 100 は、プロジェクター 100 が R 光、G 光、及び B 光をそれぞれ投射した投射面 180 をプロジェクター 100 の撮像部 220 により撮像する。撮像部 220 は、RGB カメラにより構成されるため、撮像部 220 の撮像画像により、R 値、G 値及び B 値が測定値として得られる。以下、撮像画像により得られた測定値を $R_1 G_1 Z_1$ と表記する。R 光の投射を撮像部 220 により撮像した場合の測定値を (R_{r1}, G_{r1}, Z_{r1}) と表記し、G 光の投射を撮像部 220 により撮像した場合の測定値を (R_{g1}, G_{g1}, Z_{g1}) と表記し、B 光の投射を撮像部 220 により撮像した場合の測定値を (R_{b1}, G_{b1}, Z_{b1}) と表記する。小文字「r」、「g」及び「b」については、X 値、Y 値及び Z 値の場合と同様である。

【0056】

また、メモリ 111 には、変換パラメータ M が記憶される。変換パラメータ M は、測定値 (R_{r1}, G_{r1}, Z_{r1}) 、 (R_{g1}, G_{g1}, Z_{g1}) 及び (R_{b1}, G_{b1}, Z_{b1}) を、XYZ 値に変換する 3 行 3 列の行列式である。変換パラメータ M の算出式を

式 (1) に示す。

【 0 0 5 7 】

【 数 1 】

$$M = \begin{pmatrix} X_{r0} & X_{g0} & X_{b0} \\ Y_{r0} & Y_{g0} & Y_{b0} \\ Z_{r0} & Z_{g0} & Z_{b0} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_{r1} & R_{g1} & R_{b1} \\ G_{r1} & G_{g1} & G_{b1} \\ Z_{r1} & Z_{g1} & Z_{b1} \end{pmatrix}^{-1} \quad \cdots \cdots (1)$$

10

【 0 0 5 8 】

ここで、色補正の目標値を R G B 値ではなく、X Y Z 表色系の X Y Z 値により設定する理由について説明する。図 5 は、撮像部 2 2 0 の分光感度特性と、等色関数の分光感度特性とを示す図である。

図 5 に実線で示す曲線 3 0 1 は、B 光を撮像した撮像部 2 2 0 の分光感度を示す。また、破線で示す曲線 3 0 2 は、等色関数 $z (\quad)$ の分光感度を示す。また、実線で示す曲線 3 0 3 は、G 光を撮像した撮像部 2 2 0 の分光感度を示す。また、破線で示す曲線 3 0 4 は、等色関数 $y (\quad)$ の分光感度を示す。また、実線で示す曲線 3 0 5 は、R 光を撮像した撮像部 2 2 0 の分光感度を示す。また、破線で示す曲線 3 0 6 は、等色関数 $x (\quad)$ の分光感度を示す。なお、図 5 は、曲線 3 0 3 で示す G 光を撮像した撮像部 2 2 0 の分光感度と、曲線 3 0 4 で示す等色関数 $y (\quad)$ の分光感度との光強度の最大値が「 1 . 0 」となるように正規化した状態を示している。

20

【 0 0 5 9 】

一般的に、撮像部 2 2 0 の分光感度と、等色関数の分光感度とは、図 5 に示すように一致しない場合が多い。等色関数は、人間の目の感度分布を示す関数であり、人が実際に目で見た感度に近い特性となる。このため、撮像部 2 2 0 の撮像結果に基づいて色補正を行うと、撮像部 2 2 0 の分光感度と、等色関数の分光感度とが近似していないと、人間の目で見ると好ましい補正結果にならない場合がある。このため、色補正の目標値を、X Y Z 表色系の 3 刺激値である X Y Z 値により設定しておき、撮像部 2 2 0 の撮像画像から得られた測定値 $R_1 G_1 B_1$ を X Y Z 値に変換する。測定値 $R_1 G_1 B_1$ を変換した値を変換値 $X_1 Y_1 Z_1$ と表記する。変換値 $X_1 Y_1 Z_1$ と目標値 $X_0 Y_0 Z_0$ とに基づいて補正パラメータを生成する。これにより人間の目の感度分布に従った感度で色補正を行うことができる。

30

【 0 0 6 0 】

ところで、レーザー光源 1 2 1、1 2 2 は、経年劣化や温度変化の影響により波長スペクトルに変化が生じる。波長スペクトルに変化が生じた場合、撮像部 2 2 0 の撮像画像から得られた $R_1 G_1 B_1$ 値を $X_1 Y_1 Z_1$ 値に変換すると、変換した $X_1 Y_1 Z_1$ 値に誤差が含まれ、正確な測定結果が得られない場合がある。

【 0 0 6 1 】

本実施形態のプロジェクター 1 0 0 は、レーザー光源 1 2 2 から射出され、拡散板 1 2 8 で拡散された B 光を光変調部 1 3 0 に入射させて変調し、画像光を生成する構成である。つまり、B 光は、レーザー光源 1 2 2 が射出した光をそのまま用いている。このため、レーザー光源 1 2 2 の温度変化や経時変化等が生じた場合、B 光のスペクトルに変形が生じ、ピークを示す波長位置がシフトしてしまう場合がある。

40

【 0 0 6 2 】

図 6 は、投射部 1 5 0 が投射した光の分光波長特性を示す図である。図 6 の横軸は波長であり、縦軸は光強度である。また、波長の単位はナノメートルであり、光強度の単位は任意単位とする。図 6 に実線で示す曲線 3 1 1 は、B 光の分光波長特性を示し、破線で示す曲線 3 1 2 は、G 光の分光波長特性を示し、一点鎖線で示す曲線 3 1 3 は、R 光の分光波長特性を示す。B 光の分光波長特性を示す波形は、図 6 に示すように、4 6 0 n m 付近

50

において急峻にピークが立ち、半値幅が狭い波形となる。これに対して R 光及び G 光の分光波長特性を示す波形は、ピークが立った波形とはならず、また、半値幅が広い波形となる。

【 0 0 6 3 】

また、プロジェクター 1 0 0 は、レーザー光源 1 2 1 が射出した B 光を蛍光体ホイール 1 2 5 で黄色光に変換し、変換した黄色光を波長成分により赤色光と緑色光とに分離して R 光や G 光を生成する。図 6 に示すように、R 光や G 光は、半値幅が広く、温度変化や経年劣化によりスペクトル形状や、ピーク波長のシフトが生じて、撮像部 2 2 0 が撮像した画像により求められる測定値に生じる誤差は小さい。

【 0 0 6 4 】

図 7 は、図 6 の一部拡大図であり、B 光の分光波長特性の 4 3 5 以上、4 7 5 nm 以下の範囲を示す図であり、さらに、B 光のピークを示す波長位置がシフトした状態を示す図である。図 7 に示す曲線 3 2 1 は、ピークを示す波長位置がシフトする前の B 光の分光波長特性を示し、曲線 3 2 3 は、ピークを示す波長位置がシフトした後の B 光の分光波長特性を示す。さらに、図 7 において、ハッチングを施して示す波長範囲 3 2 0 は、B 光の波長のシフト範囲を示す。

【 0 0 6 5 】

また、図 7 において、実線で示す曲線 3 0 1 は、撮像部 2 2 0 の分光感度を示す。破線で示す曲線 3 0 2 は、等色関数 z () の分光感度を示す。つまり、曲線 3 0 2 は、人間の目の感度に対応する。図 7 において、曲線 3 0 1 が曲線 3 2 1 に交差する位置は、曲線 3 0 2 が曲線 3 2 1 に交差する位置よりも低い。すなわち、B 光の分光波長特性が曲線 3 2 1 である場合、撮像部 2 2 0 が撮像した撮像画像は、人間の目が感じるよりも B 光を暗く撮像する。

【 0 0 6 6 】

また、図 7 において、曲線 3 0 1 が曲線 3 2 3 に交差する位置での光強度は、曲線 3 0 2 が曲線 3 2 3 に交差する位置での光強度よりも高い。すなわち、B 光の分光波長特性が曲線 3 2 3 である場合、撮像部 2 2 0 が撮像した撮像画像は、人間の目が感じるよりも B 光を明るく撮像する。

【 0 0 6 7 】

このため本実施形態のプロジェクター 1 0 0 は、撮像部 2 2 0 の前面に等色関数 Z () の特性を作る Z フィルター 2 1 1 を設け、撮像部 2 2 0 により 3 刺激値のうちの Z 値を測定するように構成した。

【 0 0 6 8 】

図 8 は、Z フィルター 2 1 1 を備えた測定部 1 7 7 の分光感度特性を示す図である。

図 8 に示す一点鎖線で示す曲線 3 0 1 は、撮像部 2 2 0 の分光感度特性、すなわち B フィルター 2 5 5 の分光透過率に対応する。また、図 8 に破線で示す曲線 3 0 2 は、等色関数 z () の分光感度特性を示す。また、図 8 に実線で示す曲線 3 4 0 は、Z フィルター 2 1 1 及び B フィルター 2 5 5 により構成された光学フィルター 2 4 0 の分光透過率を示す。Z フィルター 2 1 1 は、B フィルター 2 5 5 と共に、B 光の波長域において、青色光の透過率特性を、XYZ 表色系の Z 値の透過率特性に変換するフィルターである。すなわち、光学フィルター 2 1 1 は、B 光の波長域における、RGB 表色系を構成する青色に関する分光感度特性を、XYZ 表色系を構成する等色関数 z () の分光感度特性に対応させる透過率特性を有する。

【 0 0 6 9 】

また、Z フィルター 2 1 1 の分光透過率は、カラーフィルター 2 2 2 を構成する B フィルター 2 5 5 の分光透過率との積により等色関数 z () の分光感度に一致又はほぼ一致するように調整されている。すなわち、Z フィルター 2 1 1 及び B フィルター 2 5 5 により構成される光学フィルターの分光透過率は、等色関数 z () の分光感度に一致又はほぼ一致する。このため、Z フィルター 2 1 1 及びカラーフィルター 2 2 2 を透過した B 光を撮像部 2 2 0 で撮像した場合、撮像部 2 2 0 の分光感度は、等色関数 z () の分光感

10

20

30

40

50

度に一致又はほぼ一致する。従って、投射部 150 が投射する色光を測定部 177 により人間の目の感度に近い感度で測定することができ、B 光の波長のばらつきの影響を受けない高精度な測定が可能になる。

【0070】

また、Z フィルター 211 は、予め設定された波長範囲、例えば、B 光の波長域である 445 nm 以上、465 nm 以下の範囲において、カラーフィルター 222 の分光透過率との積により等色関数 $z(\lambda)$ の分光感度となるように調整されている。このため、すべての可視光域において、撮像部 220 の分光感度が等色関数 $z(\lambda)$ の分光感度に一致するように分光透過率を調整された Z フィルター 211 を作成するよりも、Z フィルター 211 の作成が容易になる。

10

【0071】

図 9 は、測定部 177 が備える光学フィルター 240 の分光透過率を示す図である。

図 9 に破線で示す曲線 301、303、305 は、図 5 に示す曲線 301、303、305 と同様、B 光を撮像した撮像部 220 の分光感度、すなわち、B フィルター 255、G フィルター 253、R フィルター 251 の分光透過率に対応する。さらに、図 9 に一点鎖線で示す曲線 341 は、Z フィルター 211 の分光透過率を示す。また、図 9 に実線で示す曲線 343 は、Z フィルター 211 及び B フィルター 255 により構成される光学フィルター 240 の分光透過率を示す。

【0072】

図 9 を参照すると明らかなように、Z フィルター 211 の分光透過率は、B 光の波長域である 445 nm 以上、465 nm 以下の範囲において、透過率が 0 % となるようなことはなく、B 光のスペクトル特性に対応して所定の透過率を有する。また、Z フィルター 211 の分光透過率は、B 光の波長域において、波長が長波長になるほど、透過率が低下するように設定されている。また、Z フィルター 211 の分光透過率は、B 光の波長域での透過率が、R 光及び G 光の波長域の透過率よりも高くなるように設定されている。また、Z フィルター 211 の分光透過率は、B 光の波長域の上限である 465 nm よりも大きい波長域、すなわち、R 光及び G 光の波長域において予め設定された透過率となるように設定されており、R 光及び G 光を遮断することなく少なくとも一部の R 光及び G 光を透過させる。このため、曲線 343 で示す光学フィルター 240 の分光透過率は、R 光及び G 光の波長域において 0 % ではなく、所定の透過率となる。

20

30

【0073】

図 10 は、プロジェクター 100 の動作を示すフローチャートである。

図 10 を参照しながらプロジェクター 100 の動作を説明する。

制御部 110 は、例えば、撮像部 220 による前回の画像の測定から予め設定された時間が経過した場合、又はリモコン 5 や操作部 171 により色補正の操作を受け付けると、赤色の単色光である R 光を投射部 150 に投射させる（ステップ S1）。例えば、制御部 110 は、B パネル 131 及び G パネル 135 の透過率が 0 %、R パネル 133 の透過率が 100 % となるように画像処理部 165 を制御してもよい。具体的には、制御部 110 は、画像処理部 165 に、赤色単色の画像データを処理させ、処理後の画像データに対応した画像信号を液晶パネルドライバー 155 に出力させる。赤色単色に対応した画像信号を入力した液晶パネルドライバー 155 は、B パネル 131 及び G パネル 135 の透過率が 0 %、R パネル 133 の透過率が 100 % となるように制御する。

40

【0074】

また、制御部 110 は、光源駆動部 153 を制御してレーザー光源 122 を消灯させ、レーザー光源 121 だけを点灯させてもよい。このとき、制御部 110 は、G パネル 135 の透過率が 0 %、R パネル 133 の透過率が 100 % となるように画像処理部 165 を制御する。

【0075】

次に、制御部 110 は、測定部 177 に測定を実行させ、測定部 177 から測定値を取得する（ステップ S2）。ここでは、制御部 110 は、測定値として R 成分である R_{r1}

50

、G成分である G_{r1} 、Z成分である Z_{r1} を取得する。ステップS2は、本発明の「測定ステップ」に相当する。図4に示す測定値(R_{r1} 、 G_{r1} 、 Z_{r1})が得られる。「 R_{r1} 」及び「 G_{r1} 」は、本発明の「第1測定値」に相当し、 Z_{r1} は、本発明の「第2測定値」に相当する。

【0076】

Zフィルター211は、B光の波長域よりも長波長の領域であるR光の波長域において、所定の透過率で光を透過させる透過率特性を有している。このため、Zフィルター211を撮像レンズ221の前面に配置しても、撮像部220によりR光の光強度を測定することが可能となる。

【0077】

測定値 R_{r1} は、Zフィルター211及びカラーフィルター222のRフィルター251を通過したR光を受光した受光素子223の出力に対応した測定値である。測定値 G_{r1} は、Zフィルター211及びカラーフィルター222のGフィルター253を通過したR光を受光した受光素子223の出力に対応した測定値である。また、測定値 Z_{r1} は、Zフィルター211及びカラーフィルター222のBフィルター255を通過したR光を受光した受光素子223の出力に対応した測定値である。

【0078】

次に、制御部110は、投射面180に投射する色光をR光からG光に変更し、G光を投射面180に投射させる(ステップS3)。例えば、制御部110は、Bパネル131及びRパネル133の透過率が0%、Gパネル135の透過率が100%となるように画像処理部165を制御する。また、制御部110は、青色光の生成に使用されるレーザー光源122を消灯させ、レーザー光源121だけを点灯させてもよい。このとき、制御部110は、Rパネル133の透過率が0%、Gパネル135の透過率が100%となるように画像処理部165を制御する。

【0079】

次に、制御部110は、測定部177に測定を実行させ、測定部177から測定値を取得する(ステップS4)。ここでは、制御部110は、測定値としてR成分である R_{g1} 、G成分である G_{g1} 、Z成分である Z_{g1} を取得する。ステップS4は、本発明の「測定ステップ」に相当する。図4に示す測定値(R_{g1} 、 G_{g1} 、 Z_{g1})が得られる。「 R_{g1} 」及び「 G_{g1} 」は、本発明の「第1測定値」に相当し、 Z_{g1} は、本発明の「第2測定値」に相当する。

【0080】

Zフィルター211は、B光の波長域よりも長波長の領域であるG光の波長域において、所定の透過率で光を透過させる透過率特性を有している。このため、Zフィルター211を撮像レンズ221の前面に配置しても、撮像部220によりG光の光強度を測定することが可能となる。

【0081】

測定値 R_{g1} は、Zフィルター211及びカラーフィルター222のRフィルター251を通過したG光を受光した受光素子223の出力に対応した測定値である。測定値 G_{g1} は、Zフィルター211及びカラーフィルター222のGフィルター253を通過したG光を受光した受光素子223の出力に対応した測定値である。また、測定値 Z_{g1} は、Zフィルター211及びカラーフィルター222のBフィルター255を通過したG光を受光した受光素子223の出力に対応した測定値である。

【0082】

次に、制御部110は、投射面180に投射する色光をG光からB光に変更し、B光を投射面180に投射させる(ステップS5)。例えば、制御部110は、Rパネル133及びGパネル135の透過率が0%、Bパネル131の透過率が100%となるように画像処理部165を制御する。また、制御部110は、R光及びG光の生成に使用されるレーザー光源121を消灯させ、レーザー光源122だけを点灯させてもよい。Zフィルター211の分光透過率は、B光の波長域の透過率が、R光及びG光の波長域の透過率より

10

20

30

40

50

も高くなるように設定されている。

【 0 0 8 3 】

次に、制御部 1 1 0 は、測定部 1 7 7 に測定を実行させ、測定部 1 7 7 から測定値を取得する（ステップ S 6）。ここでは、制御部 1 1 0 は、測定値として R 成分である R_{b1} 、G 成分である G_{b1} 、Z 成分である Z_{b1} を取得する。ステップ S 6 は、本発明の「測定ステップ」に相当する。図 4 に示す測定値（ R_{b1} 、 G_{b1} 、 Z_{b1} ）が得られる。「 R_{b1} 」及び「 G_{b1} 」は、本発明の「第 1 測定値」に相当し、 Z_{b1} は、本発明の「第 2 測定値」に相当する。

【 0 0 8 4 】

Z フィルター 2 1 1 及び B フィルター 2 5 5 により構成される光学フィルター 2 4 0 は、B 光の波長域において、青色に関する分光感度特性を、X Y Z 表色系の等色関数 z （）の分光感度特性に対応させる特性を有している。

【 0 0 8 5 】

測定値 R_{b1} は、R フィルター 2 5 1 を通過した B 光を受光した受光素子 2 2 3 の出力に対応した測定値である。測定値 G_{b1} は、G フィルター 2 5 3 を通過した B 光を受光した受光素子 2 2 3 の出力に対応した測定値である。また、測定値 Z_{b1} は、Z フィルター 2 1 1 及びカラーフィルター 2 2 2 の B フィルター 2 5 5 を通過した B 光を受光した受光素子 2 2 3 の出力に対応した測定値である。

【 0 0 8 6 】

次に、制御部 1 1 0 は、R 光、G 光及び B 光の各々を投射面 1 8 0 に投射して測定した測定値である $R_1 G_1 Z_1$ 値を $X_1 Y_1 Z_1$ 値に変換する（ステップ S 7）。この変換により図 4 に示す変換値（ X_{r1} 、 Y_{r1} 、 Z'_{r1} ）（ X_{g1} 、 Y_{g1} 、 Z'_{g1} ）及び（ X_{b1} 、 Y_{b1} 、 Z'_{b1} ）が得られる。制御部 1 1 0 は、以下に示す変換式（2）により、 $R_1 G_1 Z_1$ 値を $X_1 Y_1 Z_1$ 値に変換する。 X_{r1} 、 Y_{r1} 、 Z'_{r1} 、 X_{g1} 、 Y_{g1} 、 Z'_{g1} 及び X_{b1} 、 Y_{b1} 、 Z'_{b1} は、本発明の「変換値」に相当する。

【 0 0 8 7 】

$R_1 G_1 Z_1$ 値のうちの R_1 値は、R 光を投射して測定した R_{r1} と、G 光を投射して測定した R_{g1} と、B 光を投射して測定した R_{b1} とを含む。また、 $R_1 G_1 Z_1$ 値のうちの G_1 値は、R 光を投射して測定した G_{r1} と、G 光を投射して測定した G_{g1} と、B 光を投射して測定した G_{b1} とを含む。また、 $R_1 G_1 Z_1$ 値のうちの Z_1 値は、R 光を投射して測定した Z_{r1} と、G 光を投射して測定した Z_{g1} と、B 光を投射して測定した Z_{b1} とを含む。

また、変換後の値である $X_1 Y_1 Z_1$ 値のうちの X_1 値は、R 成分である X_{r1} と、G 成分である X_{g1} と、B 成分である X_{b1} とを含む。また、変換後の値である $X_1 Y_1 Z_1$ 値のうちの Y_1 値は、R 成分である Y_{r1} と、G 成分である Y_{g1} と、B 成分である Y_{b1} とを含む。

【 0 0 8 8 】

【 数 2 】

$$\begin{pmatrix} X_{r1} & X_{g1} & X_{b1} \\ Y_{r1} & Y_{g1} & Y_{b1} \\ Z'_{r1} & Z'_{g1} & Z'_{b1} \end{pmatrix} = M \times \begin{pmatrix} R_{r1} & R_{g1} & R_{b1} \\ G_{r1} & G_{g1} & G_{b1} \\ Z_{r1} & Z_{g1} & Z_{b1} \end{pmatrix} \quad \cdots \cdots (2)$$

【 0 0 8 9 】

上記式（2）において Z'_{r1} は、式（2）による演算後の Z 値の R 成分である。また、 Z'_{g1} は、式（2）による演算後の Z 値の G 成分である。また、 Z'_{b1} は、式（2）による演算後の Z 値の B 成分である。

【 0 0 9 0 】

制御部 110 は、測定部 177 の測定値である $R_1 G_1 Z_1$ 値を $X_1 Y_1 Z_1$ 値に変換すると、変換した $X_1 Y_1 Z_1$ 値と、目標値 $X_0 Y_0 Z_0$ とに基づいて、色補正に用いる補正パラメーターを算出する（ステップ S8）。ステップ S8 は、本発明の「生成ステップ」に相当する。変換値（ X_{r1} 、 Y_{r1} 、 Z_{r1} ）と、目標値（ X_{r0} 、 Y_{r0} 、 Z_{r0} ）とに基づいて補正パラメーターが算出される。同様に、変換値（ X_{g1} 、 Y_{g1} 、 Z_{g1} ）と、目標値（ X_{g0} 、 Y_{g0} 、 Z_{g0} ）とに基づいて補正パラメーターが算出される。同様に、変換値（ X_{b1} 、 Y_{b1} 、 Z_{b1} ）と、目標値（ X_{b0} 、 Y_{b0} 、 Z_{b0} ）とに基づいて補正パラメーターが算出される。制御部 110 は、算出した補正パラメーターをメモリー 111 に保存する。

【0091】

制御部 110 は、画像供給装置からの画像データの供給が開始されると、メモリー 111 から補正パラメーターを読み出し、読み出した補正パラメーターを画像処理部 165 に出力する。

【0092】

画像処理部 165 は、インターフェイス 161 が受信した画像データをフレームメモリー 163 に展開する。画像処理部 165 は、制御部 110 から取得した補正パラメーターを用いて、展開した画像データの明るさや色合いを補正する補正処理を行う（ステップ S9）。画像処理部 165 は、補正処理が終了すると、フレームメモリー 163 に展開された画像データを読み出し、画像信号として液晶パネルドライバー 155 に出力する。液晶パネルドライバー 155 は、画像処理部 165 から入力された画像信号に基づいて駆動電圧を生成する。液晶パネルドライバー 155 は、生成した駆動電圧により B パネル 131、R パネル 133 及び G パネル 135 を駆動し、B パネル 131、R パネル 133 及び G パネル 135 に画像を描画する。これにより補正パラメーターにより補正された画像光が投射面 180 に投射される（ステップ S10）。

【0093】

以上説明したように本実施形態のプロジェクター 100 は、固体光源としてのレーザー光源 121、122 と、光源光学系 127 と、光変調部 130 と、投射部 150 と、測定部 177 と、補正パラメーター生成部 115 とを備える。

【0094】

レーザー光源 121、122 は、第 1 の色光としての青色光を発する。

光源光学系 127 は、レーザー光源 122 が発する青色光を蛍光体ホイール 125 に当てることで所定色の色光である黄色光を得る。また、光源光学系 127 は、得られた黄色光を赤色光と緑色光とに分離する。

光変調部 130 は、赤色光、緑色光及び青色光を変調する。

投射部 150 は、光変調部 130 により変調された赤色光、緑色光及び青色光を合成した画像光を投射面 180 に投射する。

測定部 177 は、投射面 180 に結像した画像光の色を、第 1 表色系である RGB 表色系を構成する R 及び G の色で測定する。また、測定部 177 は、XYZ 表色系を構成する 3 刺激値の Z 値を測定する。

補正パラメーター生成部 115 は、測定部 177 が測定した RGB 表色系の色の測定値を XYZ 表色系の色に変換した変換値を求める。また、補正パラメーター生成部 115 は、求めた変換値と、測定部 177 が測定した Z 値とに基づいて補正パラメーターを生成する。

また、測定部 177 は、B 光の波長域において、B 光のスペクトル特性に対応した透過率特性を有する光学フィルター 240 を備える。

従って、画像光の色を精度よく測定して画像光の色補正を行うことができる。

【0095】

また、光学フィルター 240 は、測定部 177 の分光感度特性のうち、B 光の波長域における、RGB 表色系を構成する色に関する分光感度特性を、XYZ 表色系を構成する色の等色関数に対応させる透過率特性を有している。

10

20

30

40

50

従って、投射面 180 に結像した画像光の色のうち、XYZ 表色系の色を測定部 177 により測定することができる。

【0096】

光学フィルター 240 は、第 1 光学フィルターとしての Z フィルター 211 と、第 2 光学フィルターとしての B フィルター 255 とを備える。

B フィルター 255 は、B 光の波長域で透過率がピークを示す透過率特性を有する。

Z フィルター 211 は、B フィルター 255 の透過率特性と組み合わせられて、B 光の波長域において、青色に関する分光感度特性を、XYZ 表色系を構成する色の等色関数 $z(\lambda)$ の分光感度に対応させる透過率特性を有する。

従って、撮像部 220 が備えるカラーフィルター 222 の B フィルター 255 に Z フィルター 211 を組み合わせることで、XYZ 表色系の色を測定部 177 により測定することができる。

10

【0097】

また、Z フィルター 211 は、青色光の波長域よりも長波長の領域において赤色光及び緑色光を透過させる透過率特性を有する。

従って、Z フィルター 211 を備える測定部 177 により赤色光及び緑色光の色を測定することができ、測定時間を短縮することができる。

【0098】

また、Z フィルター 211 は、青色光の波長域よりも長波長の領域の透過率が、青色光の波長域の透過率よりも低い。

20

従って、青色光に基づいて XYZ 表色系の Z 値を精度よく測定することができる。

【0099】

また、測定部 177 は、受光素子 223 を備える。

光学フィルター 240 を構成するカラーフィルター 222 は、赤色光の波長域で透過率がピークを示す透過率特性の R フィルター 251 と、緑色光の波長域で透過率がピークを示す透過率特性の G フィルター 253 とを備える。

R フィルター 251、G フィルター 253 及び B フィルター 255 は、受光素子 223 を構成する画素のいずれかに対応付けて配置される。

従って、R フィルター 251 を透過した赤色光、及び G フィルター 253 を透過した緑色光の色を測定することができる。

30

【0100】

また、Z フィルター 211 は、受光素子 223 を構成する画素の各々に対応付けて配置される。

従って、Z フィルター 211 を透過した色光を受光素子 223 で受光することができる。

【0101】

また、第 1 表色系は RGB 表色系であり、第 2 表色系は XYZ 表色系であり、測定部 177 は、RGB 表色系を構成する R、G の色の測定値を出力し、XYZ 表色系を構成する X、Y、Z のうち少なくとも 1 の色である Z の色の測定値を出力する。

従って、測定した R 値及び G 値を XYZ 表色系の色に変換した変換値と、測定した XYZ 表色系の Z 値を XYZ 表色系の色に変換した変換値とに基づいて補正パラメータを生成することができる。

40

【0102】

[変形例 1]

上述したフローチャートの説明では、1 台のプロジェクター 100 が投射する画像光の色を補正する場合を例に説明したが、2 台のプロジェクター 100 が投射する画像光の色合わせを行う場合も本発明を適用可能である。

【0103】

図 11 は、変形例のシステム構成を示す図である。

例えば、プロジェクター 100 としてプロジェクター 100A とプロジェクター 100B との 2 台のプロジェクター 100 を用意する。プロジェクター 100A とプロジェクタ

50

ー 1 0 0 B とは、有線ケーブル又は無線通信により相互に通信可能に接続されている。プロジェクター 1 0 0 A とプロジェクター 1 0 0 B とは、投射面 1 8 0 の水平方向に平行に並べられる。

【 0 1 0 4 】

また、プロジェクター 1 0 0 A が投射面 1 8 0 の左側の投射領域に画像光を投射し、プロジェクター 1 0 0 B が投射面 1 8 0 の右側の投射領域に画像光を投射する。プロジェクター 1 0 0 A が画像を投射する投射領域を投射領域 1 8 1 という。また、プロジェクター 1 0 0 B が画像を投射する投射領域を投射領域 1 8 3 という。プロジェクター 1 0 0 A は、測定部 1 7 7 を備える。この測定部 1 7 7 は、投射領域 1 8 1 及び 1 8 3 を測定できる画角を有する。また、測定部 1 7 7 の撮像部 2 2 0 が撮像した撮像画像から投射領域 1 8 1 と、投射領域 1 8 3 とを区別するため、プロジェクター 1 0 0 A は、予め設定されたパターン画像を投射領域 1 8 1 に投射して撮像部 2 2 0 により撮像する。そして、プロジェクター 1 0 0 A は、撮像画像においてパターン画像が撮像された領域を投射領域 1 8 1 として特定する。同様に、プロジェクター 1 0 0 A は、プロジェクター 1 0 0 B に、予め設定されたパターン画像を投射領域 1 8 3 に投射させて撮像部 2 2 0 により撮像する。プロジェクター 1 0 0 A は、撮像画像においてパターン画像が撮像された領域を投射領域 1 8 3 として特定する。

10

【 0 1 0 5 】

プロジェクター 1 0 0 A は、図 1 0 に示すフローチャートに従って投射領域 1 8 1 に R 光、G 光、B 光を順次投射し、測定部 1 7 7 により測定を行う。具体的には、R 光が投射された投射領域 1 8 1 を測定して R 成分である R_r 、G 成分である G_r 、Z 成分である Z_r を測定する。また、G 光が投射された投射領域 1 8 1 を測定して R 成分である R_g 、G 成分である G_g 、Z 成分である Z_g を測定する。また、B 光が投射された投射領域 1 8 1 を測定して R 成分である R_b 、G 成分である G_b 、Z 成分である Z_b を測定する。その後、プロジェクター 1 0 0 A は、上述した式 (2) を用いて R G Z 値を X Y Z 値に変換する。

20

【 0 1 0 6 】

次に、プロジェクター 1 0 0 A は、プロジェクター 1 0 0 B に R 光の投射を指示する。プロジェクター 1 0 0 B は、プロジェクター 1 0 0 A の指示に従い、投射領域 1 8 3 に R 光を投射する。プロジェクター 1 0 0 A は、プロジェクター 1 0 0 B が R 光を投射すると、測定部 1 7 7 により投射領域 1 8 3 を測定して R 成分である R_r 、G 成分である G_r 、Z 成分である Z_r を測定する。同様に、プロジェクター 1 0 0 A は、プロジェクター 1 0 0 B が G 光を投射すると、測定部 1 7 7 により投射領域 1 8 3 を測定して R 成分である R_g 、G 成分である G_g 、Z 成分である Z_g を測定する。同様に、プロジェクター 1 0 0 A は、プロジェクター 1 0 0 B が B 光を投射すると、測定部 1 7 7 により投射領域 1 8 3 を測定して R 成分である R_b 、G 成分である G_b 、Z 成分である Z_b を測定する。

30

【 0 1 0 7 】

次に、プロジェクター 1 0 0 A は、上述した式 (2) を用いて R G B 値を X Y Z 値に変換する。

【 0 1 0 8 】

次に、プロジェクター 1 0 0 A は、投射領域 1 8 1 の測定値を変換した X Y Z 値を目標値とし、投射領域 1 8 3 の測定値を変換した X Y Z 値を目標値に補正パラメータを生成する。プロジェクター 1 0 0 A は、生成した補正パラメータをプロジェクター 1 0 0 B に送信する。プロジェクター 1 0 0 B は、プロジェクター 1 0 0 A から受信した補正パラメータを用いて画像データを補正し、補正した画像データに基づく画像光を投射領域 1 8 3 に投射する。

40

【 0 1 0 9 】

[変形例 2]

また、上述した実施形態では、プロジェクター 1 0 0 に、測定部 1 7 7 と、補正パラメータ生成部 1 1 5 とを設けた構成について説明したが、プロジェクター 1 0 0 の外部に、補正パラメータ生成部 1 1 5 を設けた構成であってもよい。

50

【 0 1 1 0 】

図 1 2 は、通信部 4 0 1 及び補正パラメーター生成部 4 0 2 を備える制御装置 4 0 0 と、プロジェクター 1 0 0 とを備える色補正システムのシステム構成図である。制御装置 4 0 0 は、例えば、プロセッサやメモリーを備えるコンピュータにより実現される。制御装置 4 0 0 は、本発明の「補正パラメーター生成装置」に相当する。

【 0 1 1 1 】

通信部 4 0 1 は、有線接続用のコネクタと、このコネクタに対応したインターフェイス回路とを備え、プロジェクター 1 0 0 に有線接続される。コネクタ及びインターフェイス回路の図示は省略する。

補正パラメーター生成部 4 0 2 は、プロジェクター 1 0 0 の測定部 1 7 7 が測定した測定値をプロジェクター 1 0 0 から受信する。補正パラメーター生成部 4 0 2 は、受信した測定値 R 値、G 値、B 値及び Z 値に基づいて補正パラメーターを生成する。補正パラメーター生成部 4 0 2 は、生成した補正パラメーターをプロジェクター 1 0 0 に送信する。

10

【 0 1 1 2 】

補正パラメーター生成部 4 0 2 は、制御プログラムをプロセッサが実行することで実現してもよいし、FPGA (field-programmable gate array) やASIC (Application Specific Integrated Circuit) 等のハードウェア回路で構成してもよい。

【 0 1 1 3 】

また、測定部 1 7 7 に代えて、プロジェクター 1 0 0 の外部に設けられたカメラ等の撮像装置を使用してもよい。例えば、上述した制御装置 4 0 0 に測定部を設けて、この測定部により投射面 1 8 0 に結像した画像光の色を測定してもよい。

20

【 0 1 1 4 】

上述した実施形態は、本発明の好適な実施の形態である。ただし、これに限定されるものではなく、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において種々の変形実施が可能である。

例えば、上述した実施形態では、投射部 1 5 0 により投射面 1 8 0 に R 光、G 光及び B 光を投射したが、R 光、G 光及び B 光の各々の階調を変更して、変更した各階調で測定部 1 7 7 が測定して測定値を出力してもよい。このように構成することで、色補正の精度をさらに高めることができる。

【 0 1 1 5 】

また、本発明のプロジェクターの制御方法を、プロジェクター 1 0 0 が備えるコンピュータ、又はプロジェクター 1 0 0 に接続した外部装置により実現することも可能である。この場合、本発明のプロジェクターの制御方法を、当該方法を実現するためにコンピュータが実行するプログラムの態様で構成してもよい。また、プロジェクターの制御方法を、このプログラムをコンピュータで読み取り可能に記録した記録媒体、或いは、このプログラムを伝送する伝送媒体の態様で構成することも可能である。

30

【 0 1 1 6 】

また、図 1 0 に示すフローチャートの処理単位は、プロジェクター 1 0 0 の制御部 1 1 0 の処理を理解容易にするために、主な処理内容に応じて分割したものである。図 1 0 のフローチャートに示す処理単位の分割の仕方や名称によって本発明が制限されることはない。また、制御部 1 1 0 の処理は、処理内容に応じて、さらに多くの処理単位に分割することもできるし、1 つの処理単位がさらに多くの処理を含むように分割することもできる。また、上記のフローチャートの処理順序も、図示した例に限られるものではない。

40

【 0 1 1 7 】

また、プロセッサ 1 1 3 が実行するプログラムは、メモリー 1 1 1 に限らず、プロジェクター 1 0 0 とは別体として構成される記憶装置や記憶媒体等に記憶しておくことも可能である。また、プロセッサ 1 1 3 が、外部の装置に記憶されたプログラムを取得して実行する構成としてもよい。

【 0 1 1 8 】

また、上述した実施形態では、光変調部 1 3 0 が透過型の液晶パネルを備える構成を例にして説明したが、液晶パネルは、反射型の液晶パネルであってもよい。また、液晶パネ

50

ルに代えて D M D (Digital Micromirror Device) を用いた D L P (Digital Light Processing) によりプロジェクター 1 0 0 を構成してもよい。

【符号の説明】

【 0 1 1 9 】

5 ... リモコン、1 0 0、1 0 0 A、1 0 0 B ... プロジェクター、1 0 1 ... バス、1 1 0 ... 制御部、1 1 1 ... メモリー、1 1 3 ... プロセッサ、1 1 5 ... 補正パラメータ生成部、1 2 0 ... 光源部、1 2 1、1 2 2 ... レーザ光源、1 2 3、1 2 4 ... レーザ光源ドライバー、1 2 5 ... 蛍光体ホイール、1 2 6 ... 分光部、1 2 7 ... 光源光学系、1 2 8 ... 拡散板、1 3 0 ... 光変調部、1 3 1 ... B パネル、1 3 3 ... R パネル、1 3 5 ... G パネル、1 4 0 ... 投射光学系、1 5 0 ... 投射部、1 5 3 ... 光源駆動部、1 5 5 ... 液晶パネルドライバー、1 6 1 ... インターフェイス、1 6 3 ... フレームメモリー、1 6 5 ... 画像処理部、1 7 1 ... 操作部、1 7 5 ... リモコン受光部、1 7 7 ... 測定部、1 7 9 ... 入出力インターフェイス、1 8 0 ... 投射面、1 8 1 ... 投射領域、1 8 3 ... 投射領域、2 1 0 ... フィルター部、2 1 1 ... Z フィルター、2 1 2 ... 固定部材、2 2 0 ... 撮像部、2 2 1 ... 撮像レンズ、2 2 2 ... カラーフィルター、2 2 3 ... 受光素子、2 3 0 ... A / D 変換部、2 4 0 ... 光学フィルター、2 5 1 ... R フィルター、2 5 3 ... G フィルター、2 5 5 ... B フィルター、4 0 0 ... 制御装置 (補正パラメータ生成装置)、4 0 1 ... 通信部、4 0 2 ... 補正パラメータ生成部。

10

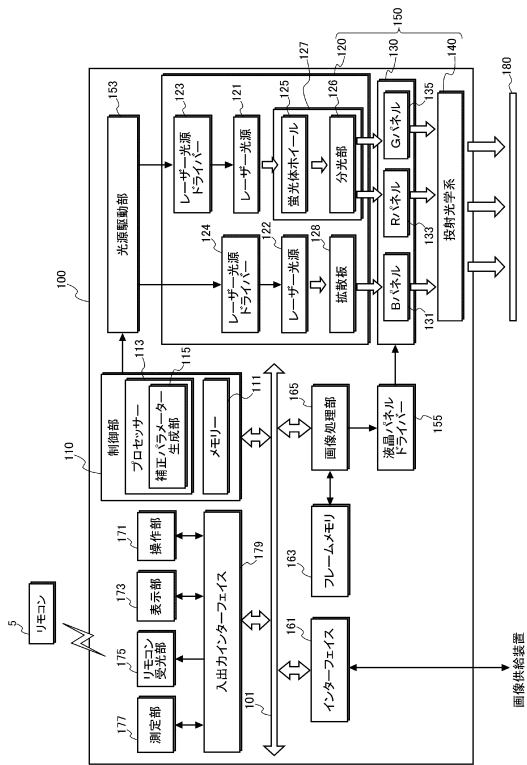
20

30

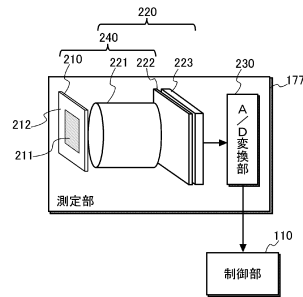
40

50

【図面】
【図 1】



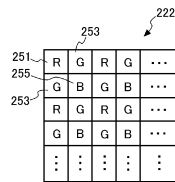
【図 2】



10

20

【図 3】



【図 4】

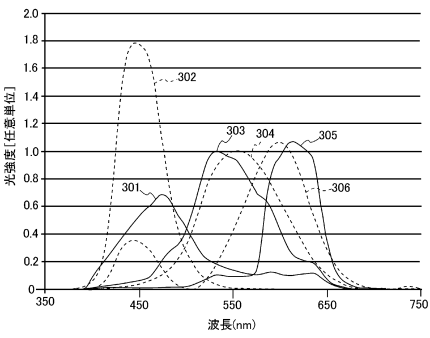
投射光	測定値	変換値	目標値
R光	(Rr1,Gr1,Zr1)	(Xr1,Yr1,Zr1)	(Xr0,Yr0,Zr0)
G光	(Rg1,Gg1,Zg1)	(Xg1,Yg1,Zg1)	(Xg0,Yg0,Zg0)
B光	(Rb1,Gb1,Zb1)	(Xb1,Yb1,Zb1)	(Xb0,Yb0,Zb0)

30

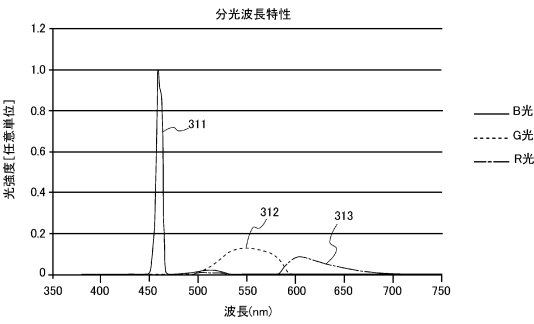
40

50

【図 5】



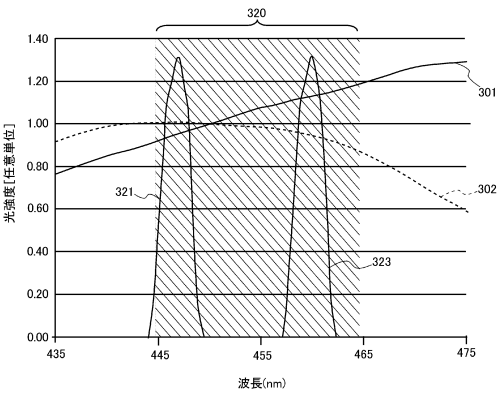
【図 6】



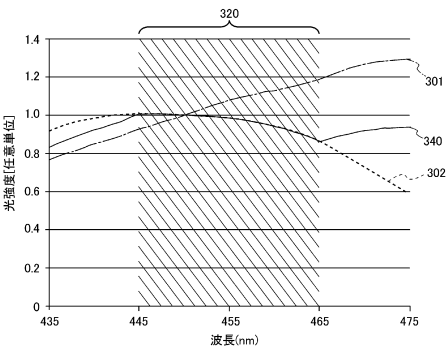
10

20

【図 7】



【図 8】

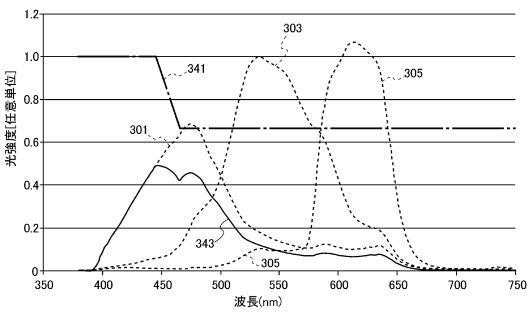


30

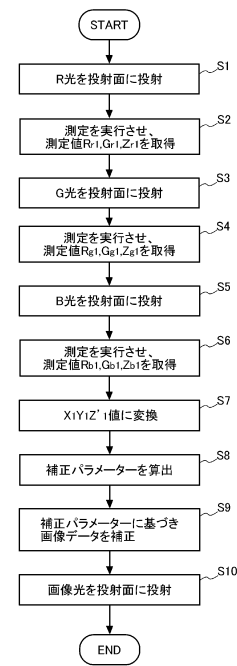
40

50

【図 9】



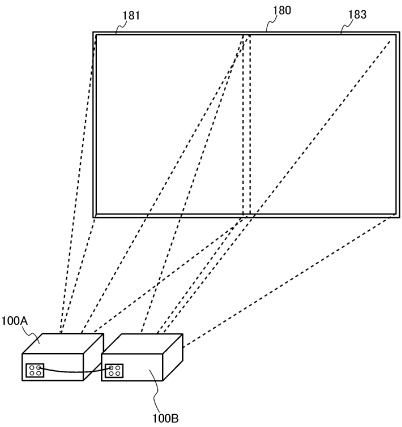
【図 10】



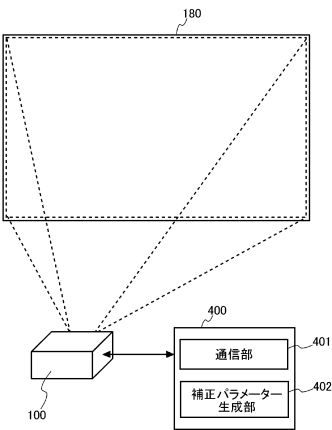
10

20

【図 11】



【図 12】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2 0 1 4 - 0 6 6 8 0 5 (J P , A)
 特開 2 0 1 7 - 1 2 9 7 0 3 (J P , A)
 特開 2 0 0 5 - 1 5 7 3 1 6 (J P , A)
 特開 2 0 1 5 - 1 0 0 0 8 8 (J P , A)
 特開 2 0 0 8 - 1 6 0 4 4 1 (J P , A)
 特開 2 0 1 5 - 1 6 2 8 0 7 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- G 0 3 B 2 1 / 1 4
 G 0 3 B 2 1 / 0 0
 H 0 4 N 9 / 3 1